

발간등록번호
--------

11-1543000-000637-01
----------------------

## 종자처리(코팅, 펠렛팅 등) 및 비파괴 선별기술 개발

(Development of Seed treatment and Nondestructive classification technology)

부산대학교

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “중자처리(코팅, 펠렛팅 등) 및 비파괴 선별기술 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014 년 9월 19일

주관연구기관명 : 부산대학교  
주관연구책임자 : 강 점 순  
세부연구책임자 : 강 점 순  
연 구 원 : 손 병 구  
연 구 원 : 박 은 지  
연 구 원 : 이 규 빈  
연 구 원 : 방 정 재  
연 구 원 : 정 용 호  
연 구 원 : 윤 태 호  
협동연구기관명 : 대구대학교  
협동연구책임자 : 민 태 기  
연 구 원 : 류 연 주  
연 구 원 : 홍 바 른  
협동연구기관명 : 경상대학교  
협동연구책임자 : 강 남 준  
연 구 원 : 황 미 란  
연 구 원 : 김 희 은  
연 구 원 : 조 태 길  
협동연구기관명 : 충남대학교  
협동연구책임자 : 조 병 관  
연 구 원 : 김 대 용  
연 구 원 : 배 형 진  
연 구 원 : Santosh Lohumi  
협동연구기관명 : 현대중묘(주)  
협동연구책임자 : 박 상 신  
연 구 원 : 강 경 옥  
연 구 원 : 정 기 준  
연 구 원 : 황 영 완  
연 구 원 : 박 영 애  
연 구 원 : 강 숙 자  
위탁연구기관명 : 시설원예시험장  
위탁연구책임자 : 이 한 철

# 요 약 문

## I. 제 목

종자처리(코팅, 펠렛팅 등) 및 비파괴 선별기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### □ 연구개발의 필요성

- 21세기에는 종자산업이 국가경쟁력의 새로운 원천으로 인식이 부상되고 있음
  - 특히 종자산업은 유전공학기법의 활용으로 첨단과학기술 산업의 접목이 용이한 분야이며 농업을 한 단계 더 도약시킬 수 있는 생명산업으로 인식됨
  - 21세기 정부의 척도는 종자를 비롯한 유전자원의 양과 질이 결정요인으로 작용
  - 유전자원의 수집 및 활용을 통한 신작물과 신품종의 개발 없이는 선진농업 진입에 한계점을 지님
- 종자산업이 농작물 생산을 뒷받침하는 원자재의 원활한 공급이라는 단순한 종속적인 역할에 그치지 않고 첨단기술이 융합된 고품질 종자의 개발·생산에 독립적인 영역을 확보 중에 있음
  - 종자처리 기술도 신품종과 같이 지적재산권에 의해 보호
- 세계적 종자기업은 인수합병을 거쳐 대형화되고 있고, 연구개발비에 집중적인 투자
  - 세계종자 시장의 50% 이상을 3개사가 차지
  - 연구개발비는 총매출액의 10~15% 수준
- 우리나라의 종자산업은 농업분야 중에서 대표적인 지식산업이며, 고부가가치를 창출하는 블루오션 산업이자 수출지향적 산업임
  - 자본, 기술 집약적 산업으로 인적자원이 풍부한 우리나라 실정에 적합한 산업
  - 정부 2015년까지 종자수출 1억불 달성하여 종자강국을 목표
- 현재 채소종자의 국내시장 규모는 약 1,500~1,600억원 규모이고, 54개 이상의 종자회사들이 십자화과, 고추 등 일부 품목에 신품종 육성이 이루어지고 있으나, 종자품질에 관련된 연구는 미흡하였음
- 국내종자 시장은 채소재배 면적의 정체, 육묘산업에 발전에 따른 종자효율 증가, 외국 채소종자의 잠식 등으로 지속적 감소가 예상
  - 외국시장 개척 시 시장지배력은 품질과 가격에 의해 결정
  - 수출지향적 종자산업 정착을 위해 고품질 가공종자 필요
- 선진국에서는 첨단 종자처리를 이용하여 고품질의 종자를 생산하여 부가가치를 상승
  - 펠렛처리 기술 : 미국의 Incotec, 일본의 스미도모
  - 발아촉진 및 무병화 처리기술 : 신젠타, 사카다, 다끼이

- 선진국 : 고품질 가공종자의 수요가 매년 증가



<미국 Incotec사에서 보유하고 있는 종자 코팅기술>

순위	회사명	국적	주사업	매출액 (억달러)
1	Mosanto +Seminis	미국	제약,농약	28.02
2	Pioneer(DuPont)	미국	제약,농약	26.00
3	Syngenta	스위스	제약,농약	12.39
4	Groupe Limagrain	프랑스	종자	10.44
5	KWS AG	독일	종자	6.22
6	Land O'Lakes	미국	종자	5.38
7	Sakata	일본	종자	4.16
8	Bayer Crop Science	독일	제약,종자	3.87
9	Takii	일본	종자	3.66
10	DLF-Trifolium	네덜란드	종자	3.20
11	Delta & Pine Land	미국	종자(면화)	3.15

<세계 11대 종자회사의 국적과 모기업의 주력사업 및 매출액>

- 현재 우리나라의 종자가공 기술은 이미 상용화 된 분야도 있으나 아직까지 연구개발 단계
  - 상용화 분야 : Priming 종자, 필름코팅 종자, 종자소독
  - 개발진행분야
    - 비파괴 우량종자 선별기술, 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발, bio-control 처리종자
- 종자가공 처리 및 비파괴 우량종자 선별 기술의 원천기술 확보 시급
  - 종자산업의 국제경쟁력 강화를 위해 국내기술에 독자적 기술 확보가 절실
  - 본 연구진들에 의해 다년간 연구수행으로 축적된 종자처리, 가공기술 및 비파괴 우량종자 선별 기술을 더욱 개선하여 핵심 무기화 함

- 이러한 연구와 축적된 기술을 바탕으로 종자 가공산업을 농업의 블루오션이자 수출지향적 산업으로 육성함
- 대부분의 원예작물은 적절한 유묘관리가 필요하며, 특히 미세종자들은 크기가 불균일하여 기계화 파종에 어려움 있음
- 종자펠렛의 목적은 종자 크기와 무게를 증가시킨 후 기계화 정밀파종하여 파종과 수확 노력을 절감하고 종자를 절약하는데 있음
- 본 연구가 수행될 시 국내의 종자가공 분야는 부가가치가 높은 종자산업으로 성장 할 수 있을 것이며, 개발된 고품질의 펠렛종자는 국내는 물론 외국에서도 경쟁력 우위를 점할 수 있을 것임

## □ 연구개발의 목적

- 본 연구과제의 최종목표는 아래와 같이 요약될 수 있음
- 미세 채소종자의 기계화 생력파종을 위한 종자펠렛 가공기술 확보
- 종자처리 및 선별분야 원천기술 확보
  - 특허출원 8건, 등록 4건, 품종명칭등록, 4건, 품종생산판매신고 4건, 논문 16건
- 국내 부존자원을 활용한 종자펠렛 신물질 발굴
- 저비용, 고효율 펠렛접착 물질 개발
- 무병화 펠렛종자 생산기술 확립
- 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발로 공정단가 30% 절감
- 유용미생물 활용한 펠렛종자 생산기술 확보
- 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 확보
- 외국 펠렛종자 수입의존도 탈피 및 펠렛종자 생산기술의 국산화 점유율 80% 달성
- 비파괴적 우량종자 선별의 원천기술 2건 확보
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발
- 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 개발
- 비파괴적으로 퇴화종자를 선별할 수 있는 기술개발로 고품질 종자 확보
- 가지과 채소종자(토마토와 고추)의 발아율과 입묘율 향상을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
- 친환경 우량묘 생산을 위한 가지과 및 박과 채소종자의 bio-control 종자처리기술 개발
- 쌈채소와 새싹채소의 생육촉진 및 친환경 안전생산을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
- 우량종자 비파괴검사를 위한 초분광 영상 계측기술 개발
- 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별 예측 모델개발
- 우량종자 종합 비파괴 선별시스템 및 실용화 기술 개발(2건)
- 펠렛종자의 산업화로 채소 시판 종자의 30% 신수요 창출
- 종자시장 분석 및 수출 전략구축으로 종자수출 20억원 달성

- 초분광 영상시스템을 활용한 비파괴 우량종자의 산업화
- 종자가공 산업 육성 및 수출활성화로 세계시장 점유율 10% 달성
- FTA대비 국내 종자처리 및 가공산업의 경쟁력 및 고부가가치 20% 강화
- 종자산업체 현장적응용 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 세부과제 1: 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발

1. 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고품질 물질 선별
  - 배추, 상추종자 대상
  - 규조토, talc, kaoline, clay 등의 광물질과 bark 비롯한 유기물질 탐색 및 선별
  - 종자 펠렛고형 물질의 물리성 및 화학성 검정
  - 각각의 펠렛물질로 제조된 펠렛종자의 발아성 및 유효활력 검정
2. 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별
  - PVA, PVP, MC, CMC 등의 접착제 종류와 처리농도로 펠렛하여 발아성 검정
  - 펠렛용이성 및 경도 조사
3. 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정
  - 무, 배추, 상추, 고추, 토마토 종자를 대상으로 펠렛배율별 물리성, 발아율 조사
4. 펠렛종자의 발아촉진법 개발
  - 작물별 최적 priming 조건을 설정한 후 종자를 펠렛하여 발아성 검정
  - 펠렛종자에 식물생장조절제, 영양물질 등 발아활성물질 첨가하여 발아성 검정
  - 펠렛종자에 산소공급원 첨가하여 발아성 검정
5. 무병화 펠렛종자 생산기술개발
  - 살균제, 살충제 첨가조건 설정하여 무병화 펠렛종자 생산
  - 살균제 및 살충제 첨가 펠렛종자 공정 매뉴얼 작성
6. 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발
  - 살균제, 착색제, 증량제 종류 탐색 및 적정 혼합배율 설정
  - 염료, 안료의 착색제 가능성 및 경제성 분석
7. 유용미생물 활용한 펠렛종자 생산기술
  - 시설연작지 재배용 유용 미생물 첨가 펠렛종자 개발
  - 유용미생물(바실러스) 종류 및 처리수준 구명
  - 유용미생물 담체선발 및 혼합배율 설정
8. 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 개발

- 소수형 펠렛물질, 수화형 코팅물질 탐색
- 코팅층의 분해와 붕괴형태 정도 조사
- 발아성 및 유효활력 검정

#### 9. 칼라 펠렛종자 생산기술 개발

- 수입대체용 펠렛착색제 탐색
- 칼라 펠렛종자의 발아성 검정

### 협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발

#### 1. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발

- 예비시험을 통하여 resazurin과 yeast 혼합용액에서 종자누출성분과 반응하여 변색되는 것을 발견하였고 종자의 품질과의 연관성이 있음을 확인
- Resazurin 이외에 ninhydrin, methylene blue 및 침지용액과 반응하는 시약을 이용하여 누출 성분과의 반응성을 구명
- 비파괴 single seed의 품질을 용이하게 대량으로 측정하기 위하여 96-well plate를 이용하여 측정법을 kit화 함

#### 2. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립

- 예비시험을 통하여 십자화과 종자에서 sinapine과 amino acid 성분이 누출됨을 발견하여 종자코팅을 통한 선별원리 발견(기술개발 시스템 확립 가능성 높음-대학)
- 종자 산업체에서 용이하게 응용할 수 있는 종자흡수체계 확립
- 종자코팅을 위한 기계, 코팅물질, 접착제 등의 개선
- 발색된 coating 종자를 color sorter를 이용한 기계화 선별법 확립
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립 연구내용 및 추진체계

### 협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

#### 1. 발아촉진과 활력증진을 위한 priming 처리기술 개발

- 대상작물 : 가지과(고추, 토마토)
- Priming 최적조건 : 처리물질, 처리농도 및 처리시간 선별
- 처리물질 및 농도 :  $KNO_3$  등 3물질 3처리 농도
- 조사항목 : 발아율, 발아세 검정

#### 2. Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 구성요인 분석



- 대상작물 : 가지과(고추, 토마토), 박과(오이, 멜론, 수박)
  - 채소종자의 종류에 따른 발아 특성 구명
  - 처리물질에 따른 발아 생리 구명
  - 종자처리 용액의 pH, 무기염 농도, 수분압 등 구성요인별 발아특성 구명
3. Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발
- 대상작물 : 가지과(고추, 토마토), 박과(오이, 멜론, 수박)
  - 종자처리 시 생육촉진을 위한 생리활성물질 탐색 : GABA, GB, Polyamines 등
  - 종자처리 시 발병억제를 위한 생리활성물질 탐색 : ASM, BABA, INA 등
  - 생리활성물질의 처리방법 및 처리효과 구명 : 생육촉진 및 PR단백질 발현 여부
4. 쌈채소와 새싹채소 종자의 생육촉진 및 안전생산을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
- 대상작물 : 쌈채소(상추), 새싹채소(양배추, 배추, 알팔파)
  - 발아균일 및 생육촉진을 위한 종자처리 물질 선발 : GB 등 4처리
  - 안전생산을 위한 종자처리 물질 탐색 및 선발 : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 등 4처리
5. Bio-control 종자처리기술 개발 및 산업화
- 종자의 이용목적별 처리기술 확립 : 재배용, 식물공장용, 어린잎 채소용 등
  - Bio-control 종자처리 효과 : 발아율, 초기생육, 육묘기 발병억제 등

### 협동3과제 : 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발

1. 초분광 영상을 이용한 on-line 우량종자 비파괴 선별 기술 개발
- 시스템 구성 : Spectrograph, CCD 카메라, 할로젠 램프
  - 주요사양 : 검출파장 400-1,000nm (1,000-1,700nm 확장), Resolution 5nm, 고속 영상프레임 획득
  - 초분광 영상을 통해 국부 영역의 분광 정보 획득이 가능하고 육안 및 칼라 이미지로 검출할 수 없는 미세 병해 및 손상여부의 검사가 가능함
  - 연구방법: 우량종자 선별 최적 분광 모델개발을 위한 초분광 영상 획득장치 구축 → 파장별 영상 조합을 통한 최적 선별 조건 구명 → 고속선별을 위한 다분광 영상 시스템 구축
2. 초분광 영상정보를 이용한 우량종자 예측 모델 및 종합판별 기술개발
- 우량종자 선별을 위한 분석 모델 개발
    - 대상종자의 상태별 초분광 영상 데이터베이스 구축
    - 대상종자 : 수박, 고추, 토마토, 무, 배추, 상추

- 스펙트럼의 peak, wavelength ratio, area 등 간편 분석을 이용한 모델 개발
- 케모메트릭을 이용한 이병 및 발아율 예측 모델 개발 : Principal component analysis (PCA), Partial least squares analysis (PLS), Canonical variate analysis (CVA) 모델 등을 이용한 정성 및 정량 분석 모델 개발
- 분석 정확도 향상을 위한 최신 분류기를 이용한 예측 모델 향상 연구 : Linear discriminant analysis (LDA), k-nearest neighbor, support vector machine, Adaboosting 방법 등의 활용
- 실시간 계측을 위한 소프트웨어 개발 및 분류 정확도 분석

### 3. 실용화를 위한 우량종자 비파괴 측정 표준화 및 검증

- 종자 물리·화학 특성 비파괴 계측을 위한 초분광 영상시스템 calibration 기술개발
  - 형광 광원을 이용한 광과장 calibration
  - 표준 반사물질을 이용한 반사율 calibration
  - 표준 영상을 이용한 영상 해상도 최적화
- 초분광 영상정보를 이용한 종자 물성 및 성분 비파괴 계측 기술개발
  - 흡광도를 이용한 종자 조직 및 수분상태 정량화 기술 개발
  - 분광정보를 이용한 종자 성분 예측 모델 개발
- 실용화를 위한 측정방법 표준화 및 시스템 성능검증
- 개발 시스템의 국산 실용화를 위한 시스템 구축 방안 제시

## 협동4과제 : 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

### 1. 종자 생산지, Lot별 발아조사

- 대상작물 : 배추, 무, 고추, 토마토, 상추, 수박, 품종별(2), 생산지별(2), Lot별 발아력 검정

### 2. 종자 입자선별, 비중선별 방법의 과학화

- 작물별 종자의 입자선별, 비중선별 방법의 과학화 및 발아성 검정

### 3. 작물별 종자 펠렛용이성 타진

- 십자화과, 가지과 작물의 펠렛형성능 검정
- 폐기되는 극소립 종자의 펠렛종자 생산 가능성 검토
- 펠렛종자 부가가치 및 펠렛용이성 분석

### 4. Priming 종자의 발아촉진 효과검정

- 최적 priming 조건으로 채소종자의 품종별 priming 효과 검정
- 발아촉진 효과 및 발아율 검정

- 저활력 종자의 priming 효과 검정
  - Priming 종자의 저장성 검정
5. SMP 최적조건 구명 및 처리종자의 산업화
    - 적정 SMP carrier 종류 선별
    - carrier, 수분, 종자 혼합배율 설정
  6. 펠렛종자 배율별 유묘생장 반응 검정
    - 펠렛종자의 입자크기를 구분하여 유묘생장을 검정
    - 펠렛배율별 유묘생장 검정
  7. 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성
    - Priming 처리기술, bio-control 처리기술, 필름코팅, 펠렛 종자생산의 과학화, 표준화 및 공정 매뉴얼 작성
    - 종자가공 산업현장에서 활용할 수 있는 매뉴얼 제공
  8. 펠렛종자의 대량생산 기술 확립
    - 펠렛종자의 대량생산에 적용될 수 있는 펠렛제조 기술을 모색
    - 펠렛 피복물질 첨가 방법에 따른 펠렛효율성 검토
  9. 펠렛종자의 저장성 검정
    - 펠렛종자의 저장온도, 기간에 따른 발아력 검정
    - 펠렛종자의 재배적 특성 비교
  10. Bio-control, 비파괴 선별된 고품질 종자 및 가공종자의 산업화
    - Bio-control 처리종자, priming 종자, 펠렛종자의 산업화
    - 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술 및 초분광 영상기술 구축
  11. 국내외 종자산업 동향분석 및 수출시장분석
    - 국내외 종자산업 동향 분석
    - 수출시장 분석
  12. 중국, 동남아의 종자시장 분석 및 수출전략 구축
    - 중국, 동남아 채소시장 분석
    - 수출전략 구축

13. 첨단가공 처리된 채소종자의 수출전략 구축 및 경제성 분석
- 첨단가공 종자의 수출전략 구축
  - 동남아, 중국 등 수출 20억원 창출을 위한 전략분석

## IV. 연구개발결과

### 세부과제 : 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발

본 연구는 기계화 생력 파종이 가능한 고품질 펠렛종자 생산기술을 개발하며, 아울러 국내의 종자가공 분야를 고부가가치 산업으로 성장도약 할 수 있도록 연구의 주안점을 두었다.

1. 펠렛 피복물질 중 보수력은 높은 피복물질은 igitite와 bentonite 였으며, 이들은 각각 107% 및 92%의 보수력을 보였다. 반면 calcium carbonate, kaolin은 보수력이 32% 및 52%에 불과하여 보수력이 낮은 피복물질이었다. Diatomaceous earth(DME)와 diatomaceous earth burning (DMEB), kaoline 등의 피복물질을 사용하여 제조한 펠렛종자들은 대체적으로 펠렛층의 외부표면이 부드럽게 매끈하였다.
2. 펠렛종자 제조에 사용되는 피복물질 가운데 diatomaceous earth(DME), diatomaceous earth burning (DMEB), diatomaceous earth(DME) + zeolite(ZE) 혼합물질, diatomaceous earth burning (DMEB) + kaolin(KL)등의 혼합물질에서 높은 발아율을 보여 채소종자의 펠렛제조용 적합한 피복물질이었다. 반면 bentonite는 발아 지연 현상도 뚜렷하였는데, 그 원인은 피복물질의 높은 전기전도도 및 pH에 원인이었다.
3. 펠렛 종자제조에 사용되는 접착제 중 polyvinyl alcoho(PVA)은 처리농도에 관계없이 다른 접착제에 비해 높은 발아율을 보여 종자 펠렛용 접착제로 적합하였다. 반면 sodium silicate solution에서는 발아율이 급격하게 저하되어 펠렛종자 접착제로는 적합하지 않았다. 펠렛제조용 접착제로 우수성이 입증된 polyvinyl alcohol(PVA)도 분자량에 따라 펠렛종자의 물리성과 발아성에 영향을 미쳤으며, 펠렛종자 제조에 최적인 polyvinyl alcohol(PVA) 분자량은 500이 좋았다.
4. 무처리 종자에 대한 펠렛종자의 증량배율이 펠렛배율이며, 펠렛배율에 따라 발아율과 발아속도에는 차이가 있었으며, 펠렛직경이 증가할수록 발아율은 감소되었고, 발아속도는 지연되었다. 적정 펠렛배율은 배추는  $\phi 3.0 \sim 3.5\text{mm}$ , 상추에서는  $\phi 3.0 \sim 3.5\text{mm}$ , 무에서는  $\phi 4.5 \sim 5.0\text{mm}$ 로 펠렛하는 것이 좋았다.
5. Priming 후 펠렛제조한 종자는 priming 처리를 하지 않고 펠렛처리된 종자에 비해 발아율이 높은 경향이었고, 발아속도는 빨랐다. 아울러 파종 후 30일간 생육시킨 초기생육도 높은 경향을 보였다. 따라서 펠렛제조에 의해 발아력이 저하되는 문제를 priming 처리를 한 후 펠렛제조 함으로써 극복할 수 있었다.
6. 배추, 상추, 무 등의 채소종자를 펠렛제조하는 과정에서  $\text{GA}_3$  첨가하면 실내발아조건에서는 발아율 증진과 발아촉진 효과가 크지 않았으나, 포장에 파종하면  $\text{GA}_3$  첨가하지 않는 펠레종자에 비해 묘출현율과 유묘생육이 향상되는 경향이였다. 첨가되는  $\text{GA}_3$  처리농도는  $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  좋았다.
7. 펠렛종자에 MS medium 첨가하면 발아율 향상과 발아촉진 효과가 크지 않았다. 포장조건에서 MS medium이 첨가된 펠렛종자는 나종자에 비해 묘출현율이 저하되었다. 그 정도는 첨가농도가 높은 MS medium 1/2 처리에서 현저하였다. 그러나 펠렛종자내에 MS medium 첨가농도가 낮은 1/8이 처리구에서는 전반적인 생육이 좋았다.
8. 펠렛종자내에 산소발생원인  $\text{BaO}_2$  첨가는 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 감소되는

경향이었고, 발아속도도 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 BaO<sub>2</sub> 첨가농도가 상대적으로 높은 0.6% 처리구에서 더욱 뚜렷하였다.

9. 펠렛종자내에 살균제를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 감소하였고, 발아속도는 지연되었다. 이러한 경향은 살균제의 첨가농도가 높은 500mg·L<sup>-1</sup> 처리구에서 뚜렷하였다. 펠렛종자에 적용될 수 있는 살균제 종류는 베노람 이었고 적정농도는 250mg·L<sup>-1</sup> 가 좋았다.
10. 펠렛종자에 살충제를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 약간 감소되었고, 발아속도는 약간 지연되었다. 펠렛종자에 적용될 수 있는 살충제 종류는 메치였고, 적정농도는 250mg·L<sup>-1</sup> 가 좋았다.
11. 필름코팅에 적합한 증량제는 talc, 접착제로는 PVA, 살균제로는 베노람이었고, 적정농도는 250mg·L<sup>-1</sup> 가 좋았다. 필름코팅 종자에 사용되는 착색제는 수입에 의존하고 있는데, 본 연구에서는 수성 페인트 색소로 필름코팅 착색제로 사용한 결과 발아를 크게 저해하지 않았고, 외관도 우수하여 수입산을 대체할 수 있었다.
12. 배추 펠렛종자내에 유용미생물의 적정 처리농도는 미생물의 종류에 따라 달랐다. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)의 처리에서는 16.3 X 10<sup>7</sup> CFU(표준용액의 1/4희석 배양액)처리에서 좋았고, KACC13073(*Bacillus sp*)은 0.9 X 10<sup>7</sup> CFU 처리(표준용액의 1/8희석 배양액)에서, KACC13087(*Bacillus sp*)은 16.3 X 10<sup>7</sup> CFU 처리(표준배양액)에서 그리고 KACC13751(*Bacillus subtilis*)은 30.5 X 10<sup>7</sup> CFU 처리(표준용액의 1/2희석 배양액)에서 유묘생장이 무처리에 비해 좋았다.
13. 상추 펠렛종자에 유용미생물인 KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp*), KACC13087(*Bacillus sp*) KACC13751(*Bacillus subtilis*) 처리하면 무처리보다는 발아율이 높았고, 건전 발아율도 높았다. 또한 발아속도는 표준용액을 1/4 희석한 배양액에서는 신속한 발아가 진행되는 경향이였다.
14. 유용미생물 처리방법에 따라 종자 및 유묘활력에 영향을 받았으며, 전반적으로 펠렛제조 하는 과정 중 미생물에 분무하는 것이 좋았다. 온실에서 유묘생육을 비교한 결과에서도 펠렛제조 하는 과정 중 미생물에 분무하는 것이 미생물에 침지 후 펠렛하는 것보다 유묘생장에 좋았다.
15. 미생물로 펠렛된 종자의 미생물 생존율은 미생물의 종류 및 저장기간에 따라 차이가 있었다. 대적으로 미생물로 펠렛된 종자는 저장 6주 후에도 높은 생존율을 유지하였다.
16. 토양함수량이 60% 조건에서는 bentonite와 diatomaceous earth로 펠렛된 종자에서 묘출현율이 높았다. 그러나 토양함수량이 80% 조건에서는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 펠렛된 종자들이 묘출현율이 높았다. 따라서 건조토양에서는 bentonite로 펠렛된 종자를 과습토양에서는 calcium carbonate로 펠렛된 종자를 선택적으로 이용하면 입묘율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 반면 diatomaceous earth로 펠렛된 종자는 토양함수량에 관계없이 높은 묘출현을 보였다.
17. 배추 나종자의 종단 및 횡단직경이 1.63 x 1.71mm 였으나 펠렛종자를 완성한 후에는 직경이 3.48 x 3.66mm로 증가하였다. 상추 나종자의 종단 및 횡단직경이 1.19 x 3.87mm 였으나 펠렛종자를 완성한 후에는 직경이 2.93 x 4.60mm로 직경이 증가하였다. 무 나종자의 종단 및 횡단직경이 2.59 x 3.49mm 였으나 펠렛종자를 완성한 후에는 펠렛종자의 직경이 5.20 x 5.60mm로 직경이 증가하였다.
18. 칼라 펠렛종자 생산을 사용되는 착색제 종류에 따라 발아율에는 큰 차이는 없었다. 그러나 착색제로 펠렛된 종자는 무처리 종자에 비해 발아속도는 약간 지연되었으나 현저하지는 않았다. 따라서 칼라 펠렛제조에 사용되는 착색제 자체는 발아를 크게 억제하지 않았다.

## 협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발

### 1. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발

- 가. 종자 누출물 중 아미노산 누출을 이용한 검정은 닌하이드린 반응을 이용하여 개개 종자에서 누출된 아미노산을 96-well plate 상에서 발색하는데 성공함으로써 이루어 졌다. 발색 강도가 매우 뚜렷하여 육안으로 발색 강도를 무색, 약한 색, 중간 색 및 강한 색으로 구분하여 조사하였고, 아울러 96-well plate에서 발색된 누출액을 multi-plate reader로 개개 종자에서 누출된 아미노산의 흡광도를 읽어서 흡광도 값과 발아와의 관계를 조사하였다.
- 나. 공시된 무와 배추종자 전체 평균의 직선회귀 상관에서 발색강도와 발아와의 관계는 무 및 배추 종자에서  $r^2=0.97$  및  $r^2=0.95$  이었고, 흡광도와 발아와의 관계는 무 및 배추 종자에서  $r^2=0.90$  및  $r^2=0.94$ 로서 매우 상관관계가 높았다. 따라서 관찰된 발색강도와 흡광도에 속하는 종자의 발아를 예측하기 위하여 logistic regression 통계방법으로 발색강도와 흡광도에 속하는 종자의 발아확률을 구하는 logistic regression model을 구축하였다.
- 다. 무와 배추종자의 퇴화종자와 건전종자에서 누출되는 무기성분 중 Ca, Mg, P, Na, K, B, Mo, Mn, Cu, Fe 및 Zn 성분을 분석하였다. 분석된 무기성분 중에서 인산은 퇴화종자에서 건전종자 보다 많은 차이로 누출되는 것을 발견하고 종자관별을 위한 표지 성분으로 선택하여 분석방법을 탐구한 결과 개개 종자에서 누출되는 인산을 molybdenum blue method 방법으로 발색반응을 유도하는데 성공하였다.
- 라. 96-well plate 상에서 종자 누출액의 인산을 발색하여 흡광도를 측정하고 흡광도와 발아와의 관계를 조사하였다. 공시된 무와 배추종자 각 5 품종에 대한 전체 평균의 직선회귀 상관에서 흡광도와 발아와의 관계는 무 및 배추 종자에서  $r^2=0.98$ 로서 매우 높은 상관을 나타내었다.
- 마. 아미노산에서와 마찬가지로 관찰된 흡광도에 속하는 종자의 발아를 예측하기 위하여 logistic regression 통계방법으로 발색강도와 흡광도에 속하는 종자의 발아확률을 구하는 logistic regression model을 구축하였다.
- 바. 마그네슘은 무와 배추종자에서 매우 적은 양이 누출되나 퇴화종자에서 건전종자 보다 많은 차이로 마그네슘이 누출되기 때문에 검정방법을 탐구하여 Eriochrome Black T(EBT) 방법으로 개개 종자 누출액의 마그네슘 성분을 발색하고 흡광도(570 nm)를 읽는데 성공하였다. 그러나 무 종자 8품종과 배추종자 10 품종의 자연퇴화 종자에서 누출된 마그네슘과 발아와의 관계를 조사한 결과 대체적으로 부의 상관관계를 나타내었으나 무 종자에서 상관계수  $r^2= 0.59$ 에서  $0.93$ 이었고, 배추 종자에서는  $r^2= 0.40$ 에서  $0.87$ 로 다양하게 나타나 품종 간 차이가 심한 경향을 보였다.
- 사. 상기 연구에서 아미노산 누출과 인산누출 방법 중에서 통계적으로 인산누출방법이 정확도가 높다는 결과가 나왔다. 또한 인산발색은 발색시약을 첨가하면 즉시 발색하였고 아미노산 발색은 발색시약 첨가 후 일정시간 고온에 두어야 발색하는 특성을 가지고 있어서 검정시간 면에서도 인산방법이 유리하다고 볼 수 있다. 그러나 종자의 성분 누출 특성에 따라 아미노산이나 인산 또는 마그네슘 등이 유리할 수도 있을 것으로 생각된다.

### 2. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립

- 가. 비파괴 종자 선별시스템의 개요는 퇴화종자에서 누출되는 아미노산을 종자코팅을 통하여

코팅 층에 흡착시켜서 발색함으로써 퇴화종자를 선별하는 기술이다. 따라서 종자에 수분흡수->코팅-> 건조의 순서를 거치는데 이러한 단계에서 최적의 조건을 탐구하는 것이 결론이라고 할 수 있다.

- 나. 수분흡수는 종자를 물에 2-3시간 침지하거나 perlite에 수분을 44% 첨가하여 25℃에서 48시간 SMP처리하는 것이 좋았다. 종자코팅은 cellulose(microcrystalline):talc=2:1을 이용하고, binder는 gum arabic 3%와 ninhydrin 0.3를 이용하여 film coating하는 것이 가장 적당하였다.
- 다. 코팅된 종자는 20℃에서 2시간 건조하고 이어서 35℃에서 2시간 건조하면 발색되었다. 발색된 종자는 color sorter를 이용하여 단시간에 선별이 가능하였다. 발색된 종자를 선별하여 무처리, 코팅종자, 발색종자 및 무색종자로 나누어 실내 및 육묘 트레이에서 파종한 결과 무색종자가 발아 및 육묘출현이 가장 좋았고 발색종자는 거의 발아하지 않았다.

## 협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

1. Priming은 토마토와 고추종자의 발아촉진을 위한 종자처리기술로 잘 확립되어 있지만, 종자처리시 각종 무기염을 사용해야하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하여 priming 처리효과를 배가시키고 초기 생육촉진을 위한친환경적인 bio-control 종자처리기술을 개발하고자 GABA 등 생리활성물질을 종자처리하여 발아촉진과 입묘율 증진 효과를 검정하였다. 고추종자의 발아촉진에는 큰 효과가 없었지만, 토마토 종자에서는 발아촉진효과 있었다. 치상 후 1일째의 발아율이 priming 처리 대비 GABA, GB, SPD, SPM 및 JA 처리시 발아촉진 효과가 뚜렷하였으며 특히 JA 0.05mM 처리구에서는 1일째 100% 발아하여 priming 처리보다 우수한 발아촉진 효과를 보였다. 또한 이러한 토마토 종자의 입묘율도 priming 종자보다 우수하여 bio-control 종자처리기술의 기초자료로 활용할 가치가 있었다. 따라서 이러한 기초기술을 실용화하기 위해서는 추후에 대량 처리기술과 포장에서의 생육촉진 효과를 검정할 필요가 있을 것으로 사료되었다.
2. 가지과와 박과작물의 육묘 시 가장 큰 문제점 중의 하나가 토양전염성 병원균에 의한 발병인데, 이러한 병원균을 방제하기 위해서 화학농약을 사용하기 때문에 친환경농업의 장애물로 작용하고 있다. 제 3세대 농약으로 잘 알려진 ASM, BABA, 및 JA 등의 이용 가능성을 검토하고자 이러한 물질 처리가 가지과 박과종자의 발아와 발병억제 단백질의 발현에 미치는 영향을 분석하였다. 고추종자의 경우 ASM과 JA 처리시에는 처리농도에 의한 발아억제 현상은 없었지만 고농도 ASM(0.5mM)과 INA(0.1mM) 처리시에는 발아가 억제되는 경향을 보였다. 또한 오이와 멜론 종자의 발아에도 BABA와 JA는 처리농도에 따른 발아율 차이가 없었지만 ASM과 INA 처리시에는 처리농도에 따른 발아억제 현상이 뚜렷하였다. 발아율에 영향을 미치지 않는 농도를 선별하여 처리한 결과 발병억제 단백질의 활력도 증가하는 경향을 보여 육묘기 발병억제를 위한 친환경 bio-control 종자처리기술의 기초자료로 활용가치가 있을 것으로 기대된다.
3. 새싹채소의 생육촉진을 위한 생리활성물질 처리 및 발아조건에 따른 처리효과를 분석한 결과, GABA, GB, SPD 및 SPM 처리시 발아 적온하에서는 큰 차이가 없었지만 고온하에서 발아촉진 효과와 더불어 생체중도 증가하는 경향을 보였다. 배추의 새싹채소 종자에서는 공시된 생리활성물질 처리 효과가 뚜렷하였다. 그러나 알팔파와 양배추 새싹채소 종자에서는 물질에 따라 통계적 유의성이 인정되지 않아 재검토가 필요한 것으로 사료된다.



### 협동3과제 : 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발

1. 우량종자 비파괴 검사를 위한 초분광 영상계측 시스템을 개발하였음. 분광 영상 기술은 빛의 각 파장별 전자기적 정보를 이용하여 영상을 분석하는 기술로 의학, 과학 수사, 군사 등의 분야에서 널리 이용되는 첨단 기술임
2. 이는 각 파장에서 연속적으로 영상이 획득되고 초분광 영상기술과 분광기술이 융합한 기술로 기존의 분광기술이 대상물 전체의 분광정보를 제공하는 것과는 달리 대상물 세부 공간영역에 대한 미세 영역별 분광정보를 제공하므로 대상물의 공간영역별 물리, 화학적 분석이 가능하게 됨
3. VIS/NIR(300 nm ~ 1000 nm)영역을 측정할 수 있는 초분광 시스템과, 단파적외선 영역(1000 nm ~ 2500 nm)영역을 측정할 수 있는 초분광 시스템 2개를 구축하였으며 초분광 시스템을 구동할 수 있는 소프트웨어를 개발함. 본 개발된 소프트웨어를 이용하여 발아종자와 퇴화종자의 판별측정을 시행함
4. 위 시스템을 이용하여 건전종자와 퇴화종자의 판별을 위해 건전종자와 인위적으로 퇴화시킨 퇴화종자를 측정, 판별모델을 개발함. 이는 초분광 시스템이 시료의 물리·화학적 특성을 측정할 수 있는 장점을 이용하여 퇴화종자내의 물리·화학적 변화를 측정하고 다양한 전처리 분류 모델을 개발함. 이 분류모델을 이용하여 우량종자의 비파괴 선별 가능성을 평가하였음
5. 2종류의 초분광 시스템과 FT-NIR, Raman 분광시스템을 이용한 건전종자와 퇴화종자의 측정 데이터와 8개의 전처리별 결과를 통해 최적의 분석방법 도출하였음. 이러한 측정결과를 바탕으로 데이터베이스를 구축하여 채소종자별 최적의 판별분석 모델을 제시하였음. 최적의 판별 모델을 이용하여 종자별로 최적 선별모델을 개발하고 판별정확도와 속도 향상 및 산업화에 이바지 할 것으로 기대됨

### 협동4과제 : 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

1. 1차년도에서 일반적인 종자의 발아 확인하고, 생산종자의 연도별 생산지, Lot 별 크기와 품종별 생산량의 비율을 규명하고 분류된 품목의 사이즈별로 incubator와 상토에서 발아 조사하여 priming 처리와 펠렛처리를 위한 데이터를 구축하였다.
2. 2차년도에는 부산대학교의 펠렛기술과 경상대의 priming 처리를 적용해 산업체에서 적용 가능성을 모색하고자 채소작물별 실내와 상토에서 종자활력을 확인하였고, 농가에 공급하여 실증실험을 실시하였다. Priming 처리종자는 다양한 채소종자에서 발아촉진 효과가 인정되어 산업화를 위한 양산체계를 구축하였다.
3. 종자크기별로 정선·분류된 종자 중 크기가 작은 소립종자와 유전적으로 소립종자에 해당되는 상추종자를 기계화 파종을 위한 세부 1과제의 방법에 따라 펠렛제조하여 펠렛공정 기술을 확립하였다. 아울러 다양한 펠렛피복 물질로 펠렛제조된 종자를 실내와 상토에서 발아력을 평가하였다. 또한 노지에 재배하여 종자의 특성을 비교 관찰하였다.

4. 현대종묘에서 생산된 고추, 토마토, 수박, 무, 배추 종자를 입자선별을 실시해 채소작물별 시판에 적합한 크기를 구명하고자 크기로 다섯 가지로 구분하였다. 각각의 크기별로 입자 선별된 종자의 비율과 발아력을 조사하였다. 선별된 종자 가운데 극대립 종자와 극소립 종자는 상대적으로 활력이 떨어졌으며, 이들 종자를 제거만으로도 발아력이 향상되었다.
5. 종자의 크기별로 발아에 차이가 있었고, 모든 품종들에서 중립이 발아세, 발아율이 높았다. 고추, 토마토의 소립 및 극소립 종자들은 중립종자에 비해 발아율이 약간 낮았다. 소립 종자의 경우 중립 종자에 비해 발아세가 다소 낮지만 priming처리하여 활력을 증진시킨 후 시판하거나 큰 무리가 없었다.
6. 2009년도 생산된 5종의 채소작물 종자를 크기별로 입자선별을 실시하였다. 그 결과 실제 판매 가능한 대립종 및 중립 종자비율은 무 45%, 배추 55%를 차지하였다. 특히 수박은 시판가능한 대립 및 중립 비율이 85%로 공시된 채소작물 중에서 가장 높았다.
7. 최종적으로 선별과 비중선별을 거친 후 시판 가능종자는 고추는 76%, 토마토는 85%, 수박은 81%, 배추는 67% 무는 68%의 정선된 중실한 종자를 확보할 수 있었다.
8. 생산된 십자화과 채소종자들은 소립종과 극소립종이 30% 이상 혼재되어 있어 priming 처리 후 펠렛제조하면 98% 이상 까지도 사용이 가능하였다. 따라서 종자회사는 채종비용 절감과 더불어 시판되지 못했던 소립종자의 재활용이 가능하여 불필요한 종자의 낭비를 줄일 수 있다.
9. 고추종자에서  $K_3PO_4$ 로 priming 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아세와 발아율이 향상되었다. 그러나 그 효과는 1개월까지만 지속되었고, 3개월 저장 후에는 발아율이 급속히 감소하였다. 반면 SMP 처리종자는 처리직후에는 무처리 종자와 비슷한 발아세와 발아율을 보였지만 저장기간이 경과할수록 발아력이 향상하였고, 저장 12개월 후에도 발아촉진 효과가 지속되었다. 따라서  $K_3PO_4$ 로 priming 처리된 종자는 3개월 이내의 단기 판매용으로, SMP 처리종자는 장기판매용으로 적당하였다.
10. 토마토 100mM의  $KNO_3$ 로 priming 처리된 종자는 무처리 종자보다 20%~30% 높은 발아세를 보였고, 발아율도 높았다. 저장 1개월 후에는 발아세와 발아력이 감소되었다. 반면 50% 수분공급한 SMP 처리종자는 저장 6개월 후에도 발아촉진 효과가 지속되었다.
11. 채소작물 종자를 SMP 처리한 결과 Micro Cel-E(synthetic calcium silicate)를 고체 carrier로 사용했을 때 전체적으로 높은 발아율을 보였으나, 발아속도 단축되었다. 적정 처리는 작물에 따라 달랐지만 토마토와 고추에서도 종자, carrier, 수분 혼합배율 5.0: 6.0: 6.0(v/v/v)에서 발아촉진 효과가 높았다. 처리온도 및 처리기간은 20℃에서 4일 처리가 좋았다.
12. 작물별 펠렛배열에 따른 유묘생장을 조사한 결과 배추, 상추종자는  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ , 무에서는  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  크기로 펠렛하는 것이 기계화 파종 및 묘출현과 유묘생장에 좋았다.
13. 종자산업체에서 손쉽게 이용할 수 있는 종자가공 처리의 매뉴얼이 필요하다. 본 과제를 통해 산업체 직접 활용 가능한 작물별 priming, SMP, 필름코팅, 펠렛 가공기술의 매뉴얼을 구축하였다.
14. 펠렛종자의 대량생산에 적용될 수 있는 제조기술은 펠렛제조기에 종자를 넣고 이어서 접착제와

피복물질을 서서히 첨가하는 공정방법이었다. 이러한 방식은 피복물질 + 접착제 + 종자를 혼합한 후 수분을 공급하면서 펠릿 제조하는 방식보다 펠릿종자 생산의 효율성이 높았다.

15. 펠릿종자의 발아율은 저장기간에 큰 영향을 받았다. 상추종자의 경우 펠릿직후의 발아세는 나종자보다 14% 높았지만 그 이후 1개월 후부터는 급격히 발아가 감소하였고, 저장 3개월에서는 전혀 발아하지 않았다.
16. 현대종묘에서는 협동 3과제 연구기관인 경상대로부터 priming 기술과 bio-control 기술을 이전받아 종자처리 시스템을 구축하였고 이미 산업화를 진행중에 있다. 펠릿종자의 산업화는 현대종묘의 펠릿기술에 부산대학교의 펠릿기술을 접목하여 내년부터는 십자화과 작물에서 펠릿종자의 양산체계를 구축할 예정이다. 또한 협동1과제인 대구대학교 개발된 누출성분 표지를 이용한 비파적 종자선별 시스템을 도입하여 십자화과 작물에서 활용할 수 있는 시스템 구축하였다. 아울러 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 선별기술은 2016년부터 도입하여 산업화 할 계획이다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 세부과제 : 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발

#### 1. 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고품질 물질 선별

##### 가. 연구성과

- 배추, 상추, 무종자를 대상으로 종자 펠렛에 적합한 펠렛물질들을 구명하기 위해 규조토, talc, kaoline, clay 등을 공시하여 종자펠렛에 적합한 펠렛물질로는 소성 규조토임을 확인함
- 종자 펠렛 고품질 물질의 물리성 및 화학성 검정하여 펠렛종자의 발아성과의 관련성을 구명함

##### 나. 성과활용

- 종자산업체의 펠렛종자의 대량생산에 활용될 수 있는 최적 펠렛물질을 구명함으로써 고품질 펠렛종자 생산의 지침서로 활용

#### 2. 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별

##### 가. 연구성과

- PVA, PVP, MC, CMC 등의 접착제 종류와 처리농도로 펠렛하여 발아성 검정하였고, 발아를 억제하지 않으면서 펠렛형성이 용이한 접착제로는 PVA가 선발됨. 또한 PVA의 분자량에 따라 발아성과 수분분해 용해성을 검정한 결과 PVA 500이 가장 우수한 것으로 판정됨

##### 나. 성과활용

- 펠렛제조 후 파열에 견딜 수 있는 일정한 경도 유지와 파종 후 수분용해도가 우수한 펠렛 접착제를 선발하여 고품질 펠렛종자 생산의 단초를 제공함
- 가격이 저렴하고 발아에 장애를 주지 않는 접착제가 선발되어 고품질 펠렛종자 생산에 활용될 수 있는 지침서로 이용

#### 3. 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정

##### 가. 연구성과

- 무, 배추, 상추, 고추, 토마토 종자를 대상으로 펠렛배율별 발아율 조사한 결과 펠렛배율이 높아지면 발아율이 약간 감소하는 경향임
- 고추에서 기계파종에 적합하고 높은 발아력을 유지할 수 있는 적정 펠렛직경은  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ , 토마토에서는  $\phi 3.5\sim 4.0\text{mm}$ , 상추, 배추에서는  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ , 무는  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 가 좋았음

##### 나. 성과활용

- 채소 작물별 기계파종에 적합하고 높은 발아력을 유지한 적정 펠렛배율을 확립함
- 전체적인 외형은 둥글고 적정 경도를 유지하면서 기계화 파종이 가능한 작물별 적정 펠렛배율이 확립되어 고품질 펠렛종자 생산의 활용될 수 있는 중요한 정보를 제공

#### 4. 펠렛종자의 발아촉진법 개발

##### 가. 연구성과

- 작물별 최적 priming 조건에서 priming 처리된 종자를 펠렛제조하면 priming 처리를 하지 않고 펠렛처리된 종자에 비해 발아율이 높은 경향이었고, 발아속도는 빨랐음. 아울러 파종 후 30일간 생육시킨 초기생육도 높은 경향을 보였음
- 배추, 상추, 무 등의 채소종자를 펠렛제조하는 과정에서 GA<sub>3</sub> 첨가하면 실내발아조건에서는 발아율 증진과 발아촉진 효과가 크지 않았으나, 포장에 파종하면 GA<sub>3</sub> 첨가하지 않는 펠레종자에 비해 묘출현율과 유묘생육이 향상되는 경향이었음. 첨가되는 GA<sub>3</sub> 처리농도는 100mg·L<sup>-1</sup> 좋았음
- 펠렛종자에 MS medium 첨가하면 발아율 향상과 발아촉진 효과가 크지 않았음. 포장조건에서 MS medium이 첨가된 펠렛종자는 나종자에 비해 묘출현율이 저하됨. 그 정도는 첨가농도가 높은 MS medium 1/2 처리에서 현저하였음. 그러나 펠렛종자내에 MS medium 첨가농도가 낮은 1/8이 처리구에서는 전반적인 생육이 좋았음
- 펠렛종자내에 산소발생원인 BaO<sub>2</sub> 첨가는 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 감소되는 경향이었고, 발아속도도 지연되었음. 이러한 경향은 BaO<sub>2</sub> 첨가농도가 상대적으로 높은 0.6% 처리구에서 더욱 현저하였음

##### 나. 성과활용

- 작물별 최적 priming 조건에서 priming 처리된 종자를 펠렛제조함으로써 펠렛종자에서 발아력이 저하되는 문제를 극복하였음
- GA<sub>3</sub>가 첨가된 펠렛종자는 특히, GA<sub>3</sub>가 첨가되지 않은 펠렛종자에 비해 묘출현율과 유묘생육이 향상됨. 그 효과는 GA<sub>3</sub> 100mg·L<sup>-1</sup> 첨가처리에서 좋았음. 따라서 GA<sub>3</sub> 첨가농도를 구명하여 고품질 펠렛 채소종자 생산을 위한 중요한 단초를 제공함
- 펠렛종자에 MS medium 첨가는 발아율 향상과 묘생육에 미치는 효과는 낮아 고품질 펠렛종자 생산에 적용하기에는 한계점이 있었음
- 펠렛종자내에 산소발생원인 BaO<sub>2</sub> 첨가는 오히려 발아율이 감소시켜 고품질 펠렛종자 생산에 적합하지 않았음

#### 5. 무병화 펠렛종자 생산기술개발

##### 가. 연구성과

- 펠렛종자내에 살균제를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 감소하였고, 발아속도는 지연되었음. 이러한 경향은 살균제의 첨가농도가 높은 500mg·L<sup>-1</sup> 처리구에서 뚜렷하였음. 펠렛종자에 적용될 수 있는 살균제 종류는 베노람 이었고 적정농도는 250mg·L<sup>-1</sup>가 좋았음
- 펠렛종자에 살충제를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 약간 감소되

있음. 펠릿종자에 적용될 수 있는 살충제 종류는 메치였고, 적정농도는  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  가 좋았음  
나. 성과활용

- 살균제, 살충제 첨가조건 설정하여 무병화 펠릿종자 생산을 가능함
- 살균제 및 살충제 첨가 펠릿종자 공정 매뉴얼 작성으로 대량 펠릿생산 기술 확보

## 6. 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발

가. 연구성과

- 필름코팅에 적합한 증량제는 talc, 접착제로는 PVA, 살균제로는 베노람이었고, 적정농도는  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  가 좋았음

나. 성과활용

- 살균제, 착색제, 증량제 종류 탐색 및 적정 혼합배율을 확립함
- 필름코팅 종자에 사용되는 착색제는 수입에 의존하고 있는데, 본 연구에서는 수성 페인트 색소로 필름코팅 착색제로 사용한 결과 발아를 크게 저해하지 않았고, 외관도 우수하여 국내산으로 대체할 수 있었음
- 착색제를 국내산으로 대체할 수 있어 저비용 필름 코팅종자의 기술정보를 제공

## 7. 유용미생물 활용한 펠릿종자 생산기술

가. 연구성과

- 배추 펠릿종자내에 유용미생물의 적정 처리농도는 미생물의 종류에 따라 달랐음. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)의 처리에서는  $16.3 \times 10^7$  CFU(표준용액의 1/4희석 배양액) 처리에서 좋았고, KACC13073(*Bacillus sp*)은  $0.9 \times 10^7$  CFU 처리(표준용액의 1/8희석 배양액)에서, KACC13087(*Bacillus sp*)은  $16.3 \times 10^7$  CFU 처리(표준배양액)에서 그리고 KACC13751(*Bacillus subtilis*)은  $30.5 \times 10^7$  CFU 처리(표준용액의 1/2희석 배양액)에서 유묘생장이 무처리에 비해 좋았음
- 상추 펠릿종자에 유용미생물인 KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp*), KACC13087(*Bacillus sp*) KACC13751(*Bacillus subtilis*) 처리하면 무처리보다는 발아율이 높았고, 건전 발아율도 높았음. 또한 발아속도는 표준용액을 1/4 희석한 배양액에서는 신속한 발아가 진행되었음
- 유용미생물 처리방법에 따라 종자 및 유묘활력에 영향을 받았으며, 전반적으로 펠릿제조 하는 과정중 미생물에 분무하는 것이 발아율 및 유묘생육에 좋았음
- 미생물로 펠릿된 종자의 미생물 생존율은 미생물의 종류 및 저장기간에 따라 차이가 있었음. 대체적으로 미생물로 펠릿된 종자는 저장 6주 후에도 높은 생존율을 유지하였음

나. 성과활용

- 채소작물별 펠릿종자에 적합한 유용 미생물 종류 및 첨가농도를 확립함
- 펠릿종자에 적합한 유용미생물 혼합배율을 확립함

- 유용 미생물 펠렛종자의 시기별 생존율을 검정하여 장기 저장법의 정보를 제공

## 8. 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 개발

### 가. 연구성과

- 토양함수량이 60% 조건에서는 bentonite로 펠렛된 종자에서 묘출현율이 높았고, 토양함수량이 80% 조건에서는 calcium carbonate로 펠렛된 종자들이 묘출현율이 높았음. 반면 diatomaceous earth로 펠렛된 종자는 토양함수량에 관계없이 높은 묘출현을 보였음
- 완성된 배추 펠렛종자는 직경이 3.48 x 3.66mm로, 상추 펠렛종자는 2.93 x 4.60mm, 무 펠렛종자는 5.20 x 5.60mm로 직경이 증가하였음

### 나. 성과활용

- 건조토양에서는 수분보유력이 높은 펠렛물질인 bentonite로 펠렛된 종자가 과습토양에서는 수분보유력이 낮은 펠렛물질인 calcium carbonate로 펠렛된 종자를 선택적으로 이용하면 입묘율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨

## 9. 칼라 펠렛종자 생산기술 개발

### 가. 연구성과

- 칼라 펠렛종자 생산을 사용하는 착색제 종류에 따라 발아율에는 큰 차이는 없었음. 따라서 칼라 펠렛제조에 사용되는 착색제 자체는 발아를 크게 억제하지 않았음

### 나. 성과활용

- 펠렛종자 착색제는 수입에 의존하고 있는데, 국내산 수성 페인트 색소로 대체 가능하여 외화 절감이 가능하였음
- 칼라 펠렛종자는 미관효과도 높일 수 있고, 파종위치를 정확하게 식별 수 있는 장점이 있어 고부가가치를 창출이 가능함

## 협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발

### 1. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발

#### 가. 연구성과

- 퇴화종자 누출액 중 아미노산, 인산 및 마그네슘 성분을 이용하여 퇴화종자를 판별하는 연구에서 각 누출 성분을 단일종자 단위에서 분석하고 발아와의 관계를 구명
- 누출성분을 이용하여 발아를 예측하는 통계적인 모델을 구축
- 기술은 ① 단일종자를 판별 가능 ② 단일 성분을 분석 ③ 비파괴적 ④ 판별이 신속 ⑤ 한번에 많은 종자를 분석 가능 ⑥ 96-well plate 및 8-channel pipette 을 이용하여 간편하게 종자 누출액을 발색하고(kit화) multiplate reader로 흡광도를 신속하게 측정함으로써 경제적이며 간편하다는 것이 특징

나. 성과활용

- 아미노산, 인산 및 마그네슘 성분을 이용하여 퇴화종자를 신속하게 판별하는 기술은 전혀 새로운 기술로서 특허출원 하였음
- 각 성분이 많이 누출되는 품종의 퇴화종자를 신속하게 판별하는데 활용 가능하며 종자 산업체, 연구기관 등 종자발아검사를 필요로 하는 곳에서 활용 가능한 기술을 제공함

2. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립

가. 연구성과

- 퇴화종자에서 누출되는 아미노산을 흡착할 수 있는 종자코팅방법을 확립
- 코팅종자를 발색하여 육안으로 판별하거나 색채선별기로 선별하는 방법을 제시
- 아미노산을 유도할 수 있는 적정 수분흡수 방법 확립
- 적정 종자코팅물질, 접착제를 선발
- 아미노산 누출로 발색된 종자를 color sorter를 이용하여 기계적으로 선별
- 종자코팅을 이용하여 아미노산 누출종자를 비파괴적으로 선별하는 시스템을 확립

나. 성과활용

- 퇴화종자에서 아미노산이 누출되는 종자에 대하여 종자코팅 방법으로 선별하는 기술을 제공함

**협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발]**

1. Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 구성요인 분석

가. 연구성과

- 가지과(고추, 토마토)와 박과(오이, 멜론, 수박) 작물의 Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발
- 발병억제물질인 ASM, BABA 및 INA의 종자 전처리가 종자의 발아에 미치는 영향을 분석하고 종자 처리물질로의 이용 가능성 검토

나. 성과활용

- 발병억제 물질 종자 전처리가 가지과 종자의 발아에 미치는 영향에 대하여 학술논문화
- 발병억제 물질 처리 후 생육초기의 발병억제 효과를 재검정한 후 산업화할 예정

2. Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발

가. 연구성과

- 식물유래 천연생리활성 물질을 이용한 종자처리 기술 확보

나. 성과활용

- 친환경 이미지 제고 및 안전성 확보



### 3. 쌈채소와 새싹채소 종자의 생육촉진 및 안전생산을 위한 bio-control 종자처리기술 개발

#### 가. 연구성과

- 새싹채소종자의 생육촉진을 생리활성물질 처리효과 구명

#### 나. 성과활용

- 생리활성물질 처리 및 발병억제물질 처리 효과에 대한 내용을 학술 논문 계획중

### 4. Bio-control 종자처리기술 개발 및 산업화

#### 가. 연구성과

- 가지과(고추, 토마토)와 박과(오이, 멜론, 수박) 작물 생육촉진과 발병억제를 위한 생리활성물질 및 발병억제 물질 처리효과 구명

#### 나. 성과활용

- 생육촉진을 위한 생리활성물질 처리 및 발병억제를 위한 발병억제물질 처리 효과에 대한 재 검정 후 산업체에 기술이전 예정

## 협동3과제 : 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발

### 1. 초분광 영상을 이용한 on-line 우량종자 비파괴 선별 기술 개발

#### 가. 연구성과

- 400nm ~ 1000nm의 영역을 측정할 수 있는 초분광 Vis/NIR 영상 시스템과 1000nm ~ 1700nm 초분광 SWIR 영상 시스템, 형광 영역을 측정할 수 있는 초분광 형광 영상 시스템을 개발함
- 초분광 영상 시스템은 영상과 분광분석 기술을 융합한 최첨단 기술로써, 기존의 분광기술이 가지고 있던 one by one 측정 방식을 극복하고 대량의 시료를 빠르고 정확하게 측정 할 수 있으며, 이를 통해 많은 비용과 시간을 절감할 수 있음
- 영상과 시료의 스펙트럼이 융합된 3D hypercube 방식을 사용하여 시료의 물리화학적 특성의 파악할 수 있으며, 이를 통하여 종자의 퇴화과정에서 유출되는 효소나 호르몬의 변화로 인해 야기되는 화학적 성분의 변화를 측정하여 우량종자를 선별하는 것이 가능함

#### 나. 성과활용

- 본 연구에서 개발된 비파괴 우량종자 선별 시스템은, 기존의 종자산업에서 이용되고 있는 CCD 카메라를 이용한 종자 선별기, 비중차를 이용한 종자 선별기, 형태나 무게를 이용한 선별기보다 빠르고 정확하게 우량종자를 선별할 수 있는 기술임

### 2. 초분광 영상정보를 이용한 우량종자 예측 모델 및 종합판별 기술 개발

#### 가. 연구성과

- 초분광 Vis/NIR, SWIR, 형광 영상 정보를 이용하여 우량 채소종자(배추, 상추, 무, 고추, 토마

토, 수박)를 선별할 수 있는 측정기를 통한 선별 모델을 개발함

- 초분광 Vis/NIR, SWIR, 형광 영상 시스템을 이용하여 건전종자와 퇴화종자의 영상을 측정하고, Principal component analysis (PCA), Partial least squares analysis (PLS), Partial least squares analysis Discrimination Analysis (PLS-DA)의 분석을 통해 우량종자를 선별하기 위한 모델을 개발함

나. 성과활용

- 초분광 영상 시스템을 이용하여 건전종자와 퇴화종자의 특성을 파악하고 선별모델을 개발하여 우량종자의 선별을 위한 기틀을 마련하고 우량종자 예측 모델 및 종합판별 기술 개발하였음

### 3. 실용화를 위한 우량종자 비파괴 측정 표준화 및 검증

가. 연구성과

- 초분광 Vis/NIR, SWIR, 형광 영상 시스템을 이용하여 채소종자(배추, 상추, 무, 고추, 토마토, 수박)의 초분광 영상을 측정하고, 다양한 전처리 방법을 이용하여 우량종자 선별을 위한 최적의 표준모델을 제시함
- 초분광 영상 시스템을 제어하고 초분광 영상을 분석하여 우량종자를 선별하기 위해 전용 프로그램을 개발하였으며, 이를 이용하여 초당 16개의 종자를 측정하는 것이 가능하였음
- 본 연구에서 개발된 초분광 영상 시스템을 이용한 우량종자의 선별 결과, 표준모델의 경우 VIS/NIR의 경우 평균 86%의 정확도를 나타냈으며, SWIR 초분광 시스템의 경우 평균 94%의 정확도를 나타냄. 표준 모델을 이용하여 초분광 영상을 이용한 우량종자의 선별 결과 VIS/NIR의 경우 평균 77%의 정확도를 나타냈으며, SWIR 초분광 시스템의 경우 평균 79%의 정확도를 나타냄.

나. 성과활용

- 본 연구를 통해 초분광 영상 시스템과 전용 프로그램을 이용하여 우량종자를 비파괴적으로 선별할 수 있는 원천기술을 개발하였으며, 이는 글로벌 종자기업의 독점화로 인해 침체되어 있는 국내 종자산업에 큰 활력을 줄 것으로 기대됨

## 협동4과제 : 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

### 1. 종자 생산지, Lot별 발아조사

가. 연구성과

- 배추, 고추, 무, 토마토, 상추, 수박, 대목 품종의 최적의 생산지 선별 및 확보

나. 성과활용

- 선별된 최적의 생산지에 맞는 품종의 생산으로 우량종자 확보가 가능

### 2. 종자 입자선별, 비중선별 방법의 과학화

가. 연구성과

- 작물별 크기와 비중의 일관성 확보
- 종자 관리의 편리성과 활용도를 높임

나. 성과활용

- 품종의 종자 크기별 용도에 맞는 판매처의 다변화 확보
- 활용도가 떨어지는 종자의 사용 가능 방법 연구

3. 작물별 펠렛용이성 타진

가. 연구성과

- 구조도와 탈크 등을 이용하여 펠렛 가능성 확인
- PVA, CMC 등 접착제 종류별 발아성과 가능성 확인

나. 성과활용

- 배추와 무의 판매에 어려움이 있는 소립종자에 펠렛 적용하여 종자의 낭비를 막고 매출증대에 기여.
- 소립종자와 상추 종자 외 기타 업체류의 펠렛 적용
- 펠렛종자 부가가치 및 경제성 분석

4. Priming 종자의 발아촉진 효과 검정

가. 연구성과

- 작물별 priming 처리의 발아촉진 효과 검정
- Priming 처리 종자의 저장성 검정
- 작물별 최적의 priming 처리 방법과 활용방안 습득
- Priming 처리 종자의 공급으로 인지도 상승

나. 성과활용

- 각각의 priming 처리 방법에 따라 품종에 국한하지 않고 품목에 적용하여 향후 3년 이내 3배 이상 처리하여 매출 증대에 기여
- 처리종자는 고가 판매로 기업 이윤창출에 기여

5. SMP 최적조건 규명 및 처리종자의 산업화

가. 연구성과

- 적정 SMP carrier 종류 선발
- carrier, 수분, 종자 혼합배율 설정
- 다양한 품종에 SMP 처리하여 품목별 매뉴얼 확보
- 생산지, Lot별 생산 종자를 SMP 처리한 결과를 토대로 하여 품종에 적합한 생산지 확보가 가능

나. 성과활용

- 일부 박과 품종에 적용하였던 SMP 처리를 확대하여 전체 박과 종자에 적용하여 매출 증대에 기여
- 판매에 어려움이 있던 종자를 처리하여 종자의 낭비를 막아 경제성을 확보
- 채종비용 절감과 재배 농가의 호응도 제고로 회사의 인지도 상승

6. 종자처리 및 선별 기술 매뉴얼 작성

가. 연구성과

- Priming 처리기술, bio-control 처리기술, 필름코팅, 펠렛 종자생산의 과학화, 표준화 및 공정 매뉴얼 작성

나. 성과활용

- 종자가공 산업현장에서 활용할 수 있는 매뉴얼 제공
- Priming 처리 기술을 적용한 종자의 확대로 판매 증가와 매출 증대
- 펠렛 종자의 생산으로 산업화에 적합한 대량생산기술 확립

7. 펠렛종자의 대량생산 기술 확립

가. 연구성과

- 펠렛종자의 대량생산에 적용될 수 있는 펠렛제조 기술을 확립
- 펠렛 피복물질 첨가 방법에 따른 펠렛효율성 구명

나. 성과활용

- 펠렛종자의 대량생산에 적용될 수 있는 펠렛제조 기술 개발로 처리비용 절감
- 고품질 펠렛제조 기술 과학화 및 표준기술 확립

8. 펠렛종자의 저장성 검정

가. 연구성과

- 펠렛종자의 저장온도, 기간에 따른 발아력 검정
- 펠렛종자의 재배적 특성 비교

나. 성과활용

- 펠렛종자의 시판전략을 구축
- 펠렛종자의 장기저장을 위한 펠렛공정 기술 요구를 촉발

9. Bio-control, 비파괴 선별된 고품질 종자 및 가공종자의 산업화

가. 연구성과

- Bio-control 처리종자, priming 종자, 펠렛종자의 산업화 기술축적
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술 및 초분광 영상기술 구축

나. 성과활용

- Bio-control 처리종자, priming 종자, 펠렛종자의 산업화 중 이거나 계획
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술 및 초분광 영상기술 구축으로 고품질 우량종자 생산

10. 국내외 종자산업 동향분석 및 수출시장분석

가. 연구성과

- 국내외 종자산업 동향 분석
- 수출시장 분석

나. 성과활용

- 중국, 인도, 태국, 필리핀 등에 고추, 수박, 무, 배추 등 수출 가능성 타진 및 수출

## SUMMARY

### Subject 1. Development of Seed pelleting technology for mechanized labor-saving sowing

This study aimed to develop high-quality pelleted seed production system, and pave the way to develop the field of seed processing as a high value-added business

1. Among the coating materials tested for seed pelleting, igoalite and bentonite showed the highest moist retention of 107% and 92%, respectively. Whereas, calcium carbonate and kaolin showed only 32% and 52% moist retention, respectively, and were the coating materials of low water folding capacity. Seeds pelleted by diatomaceous earth(DME), diatomaceous earth burning (DMEB), and kaoline showed soft and smooth outer surface.
2. Among the coating materials tested for seed pelleting, diatomaceous earth(DME), diatomaceous earth burning (DMEB), diatomaceous earth(DME) + zeolite(ZE) mixture, and diatomaceous earth burning (DMEB) + kaolin(KL) mixture showed high germination rate and were appropriate for pelleting vegetable seeds. Whereas, bentonite showed significantly delayed germination, which was caused by high electric conductivity and pH.
3. Among the adhesives tested for seed pelleting, polyvinyl alcohol(PVA) showed a germination rate higher than other adhesives regardless of treatment concentrations and was the most appropriate for seed pelleting. Whereas, germination rate drastically decreased in sodium silicate solution, which was not suitable adhesive for seed pelleting. Polyvinyl alcohol(PVA), a previously known superior adhesive, differentially influenced the physical property and germination depending on molecular weight(MW), and the best MW for pelleting was 500.
4. Pellet magnification represents the magnification of the weight of pelleted seeds on that of untreated seeds. Seed germination rate decreased and germination time increased as the pellet diameter increased. Suitable pellet magnifications were  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$  for Chinese cabbage and lettuce and  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  for radish.
5. Seeds pelleted after priming showed higher germination rate and speed compared to seeds pelleted without priming. In addition, higher growth rates were observed for seedlings grown for 30 days. Therefore, the problem of impoverished germination by pelleting could be overcome by priming before pelleting.

6. For pelleting of vegetable seeds including Chinese cabbage, lettuce, and radish, the addition of GA<sub>3</sub> did not significantly increase germination rate and effects for promoted germination under the interior germination condition. However, under the field condition, improved seedling emergence and growth were observed compared to pelleted seeds without addition of GA<sub>3</sub>. The best concentration of GA<sub>3</sub> was 100mg·L<sup>-1</sup>.
7. The addition of MS medium did not improved germination rate and effects for promoted germination. In the field, MS medium-added pelleted seeds showed lower seedling emergence compared to bare seeds. Seedling emergence rate was the lowest in the treatment of MS medium 2/1, a relatively high concentration. However, seedling growth for pelleted seeds was better in the treatment of low concentration of MS medium 1/8.
8. The addition of BaO<sub>2</sub>, a causative for oxygen generation decreased germination rate and speed compared to untreated pelleted seeds. The tendency was more distinct in the treatment of 0.6%, a relative high BaO<sub>2</sub> concentration.
9. The addition of fungicide to pelleted seeds decreased germination rate and speed compared to untreated pelleted seeds. The tendency was more distinct in the treatment of 500mg·L<sup>-1</sup>, a relative high fungicide concentration. The fungicide applicable to pelleted seeds was 'Benoram' and its suitable concentration was 250mg·L<sup>-1</sup>.

## **Subject 2. Development of High-quality Seed classification technology**

### **1. Use of chemical compounds leaked from single seed as an indicator for assessing viability**

We have established methods to evaluate seed viability and predict seed germination using amino acid, phosphate and magnesium leakage from single seed of Chinese cabbage and radish.

Amino acid leakage from artificially aged single seed was verified by developing color with ninhydrin treatment on seed leachate. Eight different cultivars of naturally-aged (and intact) radish, seven cultivars of Chinese cabbage and one cultivar of cabbage (*B. oleracea var. capitata* L.) seeds were used. The seeds were individually soaked in distilled water and treated with the ninhydrin reagent. A clearly distinct purple color was observed for the treated seed leachate, with intensities that varied with the seed quality. Four separate fractions were identified based on their color intensity: colorless, weak, medium, and strong. Nine fractions from the radish seeds and eleven

fractions from the Chinese cabbage and cabbage seeds were identified based on color absorbance values. A germination test was performed with seeds in each fraction identified. In a test of three cultivars of artificially aged radish and Chinese cabbage seeds, the relationship between percent germinated and color intensity appeared to have a very high negative correlation in linear regression with  $r^2=0.97$  for radish seeds and  $r^2=0.95$  for Chinese cabbage seeds. Similarly, there relationship between the percent germinated and the absorbance had a high negative correlation, with  $r^2=0.90$  for radish seeds and  $r^2=0.94$  for Chinese cabbage seeds. The probability of germination was calculated using a logistic regression model based on the color intensity or the absorbance of the seed leachate to predict germination.

Inorganic compounds, Ca, Mg, P, Na, K, B, Mo, Mn, Cu, Fe and Zn, in the seed leachate of artificially aged seeds from three cultivars of radish (*Raphanus sativus L.*) and Chinese cabbage (*Brassicarapa ssp. pekinensis*) seeds were measured and compared to those of non-aged seeds, and a technique to detect phosphate leakage from the leachate from single seeds was developed as a tool for assessing viability. Phosphate leakage from single seed leachate of naturally aged seeds of five cultivars of radish (*Raphanus sativus L.*) and Chinese cabbage (*Brassicarapa ssp. pekinensis*) was used to assess viability. Seeds were individually soaked in distilled water in 96 well plates, after which 50  $\mu\text{L}$  of leachate was taken from each well and treated with phosphate assay reagent from molybdenum blue method. An intense bluish-purple color formed instantly with intensities that varied by seed quality. Absorbance was read using multi-plate reader, after which the absorbance values were divided into five fractions that were subjected to germination tests using seeds from each fraction. Linear regression analysis for normal seedlings and absorbance revealed a very high negative correlation with  $r^2 = -0.99$  for both radish and Chinese cabbage seeds. The probability of germination was calculated using a logistic regression model according to the absorbance fraction. As the value of the absorbance fraction increased, the probability of germination decreased. Both the prediction model for Chinese cabbage and radish predicted the probability of germination well. Magnesium leakage from single seed leachate of naturally aged seeds of eight cultivars of radish (*Raphanus sativus L.*) and ten cultivars of Chinese cabbage (*Brassicarapa ssp. pekinensis*) was used to assess viability. Seeds were individually soaked in distilled water in 96 well plates, after which 50  $\mu\text{L}$  of leachate was taken from each well and treated with 80  $\mu\text{L}$  of magnesium assay reagent from Eriochrome Black T (EBT) method and succeeded to have redish color formed instantly with intensities that varied by seed quality. Absorbance was read at 570 nm using multi-plate reader, after which the absorbance values were divided into five fractions that were subjected to germination tests using seeds from each fraction. Linear regression analysis for germination and absorbance revealed a various level of negative correlation which was  $r^2$  from 0.59 to 0.93 in radish seeds and from 0.40 from 0.87 in Chinese cabbage seeds. High differences of magnesium leakage



among cultivars could be from small quantities of magnesium leakage from individual seed and big differences among cultivars in leakage of magnesium.

## **2. Establishment of nondestructive seed separation system using seed coating to capture amino acid leaked from single seed**

A nondestructive system for detecting deteriorated seeds by amino acid leakage was established on radish and Chinese cabbage seeds. Seeds were first soaking or SMP treated to absorb water about 40% and then coated with cellulose powder to trap amino acid leakage. The best coating material to make film coating was revealed cellulose (microcrystalline):talc=2:1 because it had good physical character and commercial value as smooth surface after coating. The optimum ninhydrin concentration was 0.3% mixed with binder to develop color. Binder mixed with ninhydrin was gum arabic 3.0%. In drying process after coating, the optimum temperature was first 20°C for 2 h and then 35°C for 2 h to have good color intensity. Coated color seeds could be separated using color sorter very fast and efficiently. In germination test of seeds including control, coated seeds, color seeds and non-color seeds in the lab and nursery tray, the highest percentage of germination revealed in the non-color seeds and the worst or nearly non germination was in the color seeds.

## **Subject 3. Development of seed treatment technology for high quality of vegetable crops seeds**

In order to improve seed germination and establishment of cucurbitaceae and solanaceae crops, the effects of priming on seeds were investigated. The conditions for priming such as osmotic potential, chemicals, priming duration and priming temperature have been optimized to insure an early germination and more uniform growth of seedlings in cucurbitaceae and solanaceae crops. Seed priming increased germination rate, and reduced T<sub>50</sub> (days for 50% of the final germination) and MGT (mean germination time) in cucurbitaceae and solanaceae crops.

To establish the methods of bio-control seed treatment, the effects of treatment of plant defense activators and plant growth activators were determined. Seed pre-treatment with plant defense activators such as ASM, BABA and INA reduced germination rate and activated PR proteins. However, seed pre-treatment with low concentration of ASM and INA successfully controlled germination rate and activation of PR proteins. Seed pre-treatment with plant growth activators such as ALA, GB and JA increased germination rate and reduced T<sub>50</sub> and MGT in cucurbitaceae and solanaceae crops. Our results in seed pre-treatment of plant defense and growth activators seems to be useful tools for bio-control seed treatment.

#### **Subject 4. Development of nondestructive sorting technology for seed using hyperspectral imaging**

From the last several decades demanding of food has been inclined rapidly with the shortage of food caused by a number of factors such as, raising population, climate change, limitation of arable land area and post harvesting waste of cereal or vegetables occurs notably in developing countries due to the improper handling and lack of suitable techniques. The seed industries across the world which cover a large portion of economical gain, have been highly working on the development of reliable cultivation techniques suitable to the geographical condition of the area, with the objective to provide high quality seeds and crops to overcome the problem of food shorting.

The importance of vegetables is well known in human daily life. vegetable is one of the main food that is produced and adopted worldwide, and the Most important food in many food. and all vegetable comes from seed. However, low germination ability of seed highly affected the vegetable crop production. During storage, a number of Many physiological and biochemical changes which take place during seed deterioration are or have been used to assess seed quality (McDonald 1999). However in the case of prolonged storage, the seed viability decrease with the change in lipid peroxidation (Svetlana Balesevic et al., 2011). Conventional ways to estimate seed aging are time consuming and leads to end use of seeds. Thus, need to develop fast and nondestructive seed sorting system based on the germination ability to improve the cucumber's productivity and marketability.

In measurement of germination ability, the most popular methods is spectroscopy in non-destructive testing agriculture. In spectroscopy, near-infrared spectrometry is one of spectroscopy in non-destructive testing agriculture. near-infrared spectrometry which measures the reflectance spectra at a wavelength rage from 900-2500 nm was can measure quantitative analysis from detecting C-H, N-H, O-H or monofunctional, in many area, just like that food science, pharmaceutical science or chemical science have wide application. And SWIR (Short Wave Infrared Reflectance) hyper spectroscopy is state-of-the-art technology in non, a nondestructive and fast hyperspectral imaging technique was used, which can measure a large number of samples at a single time and provide both spectral and spatial information from the scanned sample.

Hyperspectral imaging is a fast emerging technique, nowadays highly in use for quality measurement of agricultural and food products. Hyperspectral short wave infrared (SWIR) is the state-of-the-art technology, fusion between spectrographic and image technique that can analysis the physicochemical characteristic because it can build the physicochemical display using the detail spectral information of sample's area.

In this work we attempt to develop a fast and non-destructive technique for detection of viable and

non-viable vegetable seeds by means of image processing using Hyper maging system. In addition, FT-NIR, Raman using pre-processing methods. and Suggest the best method and pre-processing model.

### **Subject 5. Industrialization of vegetable seeds by Advanced Processing Technology**

These days, the reducing agricultural labor by sharp industrialization led into a rise in farming cost including an increase in wage, and consequently preference to high-quality seeds is on the rise every day. The purpose of this research was to improve uniformity of seeds in various selection ways in order to avoid waste of the bad seeds degenerated by seed-aging and secure profitability; define priming technique of each crop to maintain vitality of seeds and thereby establish the technology of germination energy and life extension of seeds; use Pelleting technique to make possible seeding through mechanization; and ultimately make high-quality seeds by using seed-processing techniques.

As for selection of seeds, from the 1st year, this research had defined the size and rate of each item in the process of collecting control seeds, sorting out them by size and weight, removing immature seeds, checked and inspected germination energy/rate according to each selection process.

To apply Priming technique which is used to shorten a germination period of seeds and improve germination capability, this research combined the Priming technique (the second collaborative project) established by the research team led by Prof. Kang Nam-jun of Gyeongsang National University with the Priming technique which was applied to some varieties by this research team; defined Priming conditions of each crop; analyzed the processing effect and retention period by Lot and by production region.

Pellet technology is transferred after expensive royalty is paid, or seeds are pelleted with the expensive equipment and materials imported. Therefore, relatively expensive pelleted seeds are supplied domestically. For the reason, this research applied the domestic Pellet technique studied by Pusan National University to analyze the availability and salability of Pellet technique.

In the 1st year of the project, germination of general seeds was investigated; the year based production region of each seed, the size by Lot, and the yield rate by variety were defined; germination of the classified seeds by size in incubator and bed soil was inspected to build the data to be used for Priming and Pelleting. Since the second year of the project, the Pellet technique of Pusan National University and Priming technique of Gyeongsang National University were applied to look into their applicability in the industry in the processing course and in incubator and bed soil by item; the techniques expanded to other varieties than the control seeds in order to examine the process effects, and were supplied to farms to find their possibility. Although there were

different results according to some production environments and cultivation conditions, Priming effect and retention period were verified, and applicability to many different varieties was also proved. In addition, the Pellet manufacturing process for mechanization seeding of small seeds and small lettuce seeds among the selected and classified seeds by size was tested on the basis of the research method of the 1st detailed task, and its forming possibility was verified. And the characteristics of seeds were observed in the processes of forming various solid materials, testing performance in bed soil and incubator, and cultivating the germinated seeds in the bare ground. The lettuce tested showed the characteristics of its seed as it is, and was supplied to local farms to test its performance.

What has done in the 1st year of the project in 2011 was to survey the germination capability of the seeds randomly collected (red pepper, tomato, watermelon, radish, cabbage); sort out the seeds of red pepper, tomato, watermelon, radish, and cabbage by size to define the size of each seed by item, to classify them into five types by size, and to study and examine the germination capability and rate of the classified seeds by size; to verify that germination capability was improved only in the way of removing extremely large and small seeds which have relatively low vitality; to sort out the screened seeds by weight for the purpose of removing immature seeds to study a way of increasing germination capability.

The Priming technique which had been applied since the 2nd year of the project was employed to recycle the seeds which have weak germination capability; prevent waste of seeds; reduce production cost; and secure economic feasibility and market competitiveness. To apply the Priming technique of the 2nd collaborator Gyeongsang National University and the Priming technique applied to some crops by this research team, red pepper was processed with  $K_3PO_4$ ; tomato with  $KNO_3$ ; watermelon and stock with calcium silicate, and then the SMP process effect and a retention period were analyzed. The existing SMP technique was applied to red pepper and tomato seeds, solanaceous crops, for analysis, and then in the course of studying and analyzing the effect up to 19 months by crop, Lot, and production region, its effect was proved.

Since mechanization seeding is on the rise, this research team used Pelleting process to form originally small seeds and the seeds that have excellent germination capability but are small and thus hardly sells into solid materials to examine germination capability and look into whether the characteristics of the seeds appeared through cultivation test; applied the technique to local farms to compare the Pelleted seeds with other control seeds in terms of size, hardness and germination capability and analyze salability.

In application of the ways defined in Priming technique of each crop, the Priming technique was applied to the seeds of watermelon, stock, red pepper and others, and the processed seeds are on sale. Because their germination energy and rate are uniformed, farmers' response to them is good.

Therefore, the primmed seeds increased from 200kg at the early stage of the project to over 900kg, more than four times. The volume of primmed seeds is expected to rise annually, and is considered to go up to over 3,000kg within three years. It is scheduled to apply the priming technique to various varieties of solanaceae and cucurbitaceae to analyze their salability. In the condition that Pelleting process was recognized, a germination retention period was analyzed by bed soil test, and cultivation test proved that the process didn't affect the characteristics of seeds. Local farms were instructed to cultivate the pelleted seeds. And the Pelleted seeds were compared with other control seeds in terms of size, hardness and germination capability and cultivation performance to check the possibility of the process and analyze something to be improved. The future plan is to expand the technique to nationwide suburb regions where green vegetables are cultivated to let farmers employ the technique and thereby analyze the possibility of the technique; and apply the Pelleting process to many different seeds to increase proficiency.

# Contents

<b>Chapter 1. A summary of research project</b> .....	<b>43</b>
Session 1. Objectives and necessity of research .....	43
Session 2. Scope of research .....	50
<b>Chapter 2. Current status of technology in domestic and abroad</b> .....	<b>55</b>
<b>Chapter 3. Research in developmental research</b> .....	<b>63</b>
Session 1. Theoretical and experimental approach .....	63
Session 2. Research contents .....	68
Session 3. Results in developmental Research .....	77
<b>Subject 1: Development of Seed pelleting technology for mechanized labor-saving sowing</b> ...	<b>77</b>
1. Selection of pelleting materials utilizing domestic natural resources .....	77
2. Selection of low-cost, high efficiency pelleting adhesives .....	93
3. Determination of suitable pelleting magnificence for vegetable seeds .....	101
4. Technology development for promoting germination of pelleted seeds .....	106
5. Technology development for producing disease-free pelleted seeds .....	131
6. Technology development for processing low-cost film coated seeds .....	139
7. Technology development for processing used by effective microbial .....	233
8. Technology for producing pelleted seeds for different soil moisture .....	259
9. Technology for color pelleting .....	262
<b>Subject 2 : Development of High-quality Seed classification technology</b> .....	<b>276</b>
1. Use of chemical compounds leaked from single seed as an indicator for assessing viability .....	276
가. Seed viability test using amino acid leakage from single seed leachate .....	276
나. Leakage of inorganic compounds from seeds and viability test using phosphate leakage from single seed leachate .....	306
다. Seed viability test using magnesium leakage from single seed leachate .....	325
2. Establishment of nondestructive seed separation system using seed coating to capture amino acid leaked from single seed .....	353
가. Material and Methods .....	353
(1) Seed coating system for seed separation using amino acid leakage .....	353

(3) Separating coating seed colored from amino acid leakage using color sorter .....	357
(4) Germination test of separating seeds in lab and nursery tray .....	357
4. Results and Conclusion .....	358
(1) Seed coating system for seed separation using amino acid leakage .....	358
(2) Research on coating materials, binder and water absorption .....	364
(3) Separating coating seed colored from amino acid leakage using color sorter .....	375
(4) Germination test of separating seeds in lab and nursery tray .....	379

**Subject 3 : Development of Seed treatment technology for high quality og vegetable crops seeds .....** 392

1. Analysis of optimum priming conditions for seed germinability of vegetable crops ...	392
2. Analysis of factors for development of bio-control seed treatment .....	399
3. Detection and selection of material for bio-control seed treatment .....	402
4. Development of Bio-control seed treatment .....	439
5. Development of bio-control seed treatment for growth promotion of sprout seeds ....	449

**Subject 4. Development of nondestructive sorting technology for seed using hyperspectral imaging. ....** 465

1. Development of Line-scan Hyperspectral imaging (HSI) system .....	465
2. Seed data accusation using HSI system and development of calibration model .....	472
3. Development of predictive models and determine the spectral characteristics of the seeds .....	476
4. The discrimination of seed quality using hyperspectral chemical imaging .....	479
5. Development of PLS-DA model to characterize seed viability using HSI technique ...	485
6. Development of image processing technique to combined with camt model to visualize the viability of seeds. ....	495
7. Measurements of vegetable seeds using hyperspectral fluorescence imaging .....	500
8 FT-NIR spectroscopy .....	510
9. Raman spectroscopy .....	513
10. SWIR(short wavelength infrared) hyperspetral imaging system .....	515
11. Vis/NIR(Visable and Near infrared) hyperspetral imaging system .....	522
12. The development of software of discrimination of seed quality .....	527
13. The propose of standard model of discrimination of seed quality .....	528
14. Germination test of seed .....	535
15. System accuracy measurement .....	537

15. System accuracy measurement .....	537
<b>Subject 5. Industrialization of vegetable seeds by Advanced Processing Technology .....</b>	<b>552</b>
1. Germination test by seed production area and Lot .....	552
2. Make seed selection techniques scientific .....	559
3. Test of availability pelleting seed by crop .....	562
4. Germination promoting effect test of Priming seeds .....	564
5. Search of SMP optimum conditions and industrialization of treated seeds .....	591
6. Seedling growth test on size of pellet seeds .....	599
7. Creating a seed treatment manual .....	601
8. Establishment of mass production technology of pellet seeds .....	604
9. Storage test of pellet seeds .....	606
10. Industrialization of processing seeds and high quality seeds that is selected Bio-control and non-destructive .....	616
11. Export market and trend analysis of the seed industry at internal and external .....	619
12. Seed production and market (Chinese, Vietnam, India) of vegetable seed Southeast Asia .....	628
13. Construction of export strategy and the development of seed industry .....	639
<b>Chapter 5. Application of developed technology .....</b>	<b>646</b>
Session 1. Plans for commercialization .....	646
Session 2. Plans for spreading technology by workshop and publicity .....	647
Session 3. Plans for securing IPR by patents, cultivars and publications .....	651
Session 4. Plans for further study and application on other studies .....	655
Session 5. Plans for research and development projects .....	656
<b>Chapter 6. Oversea science information obtained .....</b>	<b>657</b>
<b>Chapter 7. Literatures .....</b>	<b>65</b>



# 목 차

<b>제1장 연구개발과제의 개요</b> .....	<b>43</b>
제1절 연구개발 목적과 필요성 .....	43
제2절 연구개발 범위 및 내용 .....	50
<b>제2장 국내·외 기술개발 현황</b> .....	<b>55</b>
<b>제3장 연구 개발수행 내용 및 결과</b> .....	<b>63</b>
제1절 이론적 실험적 접근방법 .....	63
제2절 연구개발 수행내용 .....	68
제3절 연구개발 결과 .....	77
<b>세부과제: 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발</b> .....	<b>77</b>
1. 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고품질물질 선별 .....	77
2. 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별 .....	93
3. 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정 .....	101
4. 펠렛종자의 발아촉진법 개발 .....	106
5. 무병화 펠렛종자 생산기술개발 .....	131
6. 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발 .....	139
7. 유용미생물을 활용한 펠렛종자 생산기술 .....	233
8. 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 .....	259
9. 칼라펠렛 기술 생산기술 .....	262
<b>협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발</b> .....	<b>276</b>
1. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발 .....	276
가. 종자 침출액의 아미노산 누출을 이용한 종자의 품질 검정 .....	276
나. 종자 침출액의 무기성분 분석과 인산 누출을 이용한 종자의 품질 검정 .....	306
다. 종자 침출액의 마그네슘(Mg) 누출을 이용한 종자의 품질 검정 .....	325
2. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립 .....	353
가. 재료 및 방법 .....	353
(1) 비파괴 종자선별을 위한 종자코팅법 확립 .....	353
(2) 코팅재료, 접착제(binder) 및 수분흡수 방법 탐구 .....	355
(3) 발색종자 색체선별기를 이용한 선별시험 .....	357
(4) 선별된 발색종자 실내 및 육묘상 발아조사 .....	357

(1) 비파괴 종자선별을 위한 종자코팅법 확립 .....	358
(2) 코팅재료, 접착제(binder) 및 수분흡수 방법 탐구 .....	364
(3) 색채선별기를 이용한 선별시험 .....	375
(4) 선별된 발색종자 실내 및 육묘상 발아조사 .....	379
<b>협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발 .....</b>	<b>392</b>
1. 채소종자의 발아촉진을 위한 priming 최적 조건 분석 .....	392
2. Bio-control 종자처리 기술개발을 위한 구성요인 분석 .....	399
3. Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발 .....	402
4. Bio-control 종자처리기술 개발 .....	439
5. 새싹채소 종자의 생육촉진을 위한 Bio-control 종자처리 기술 개발 .....	449
<b>협동3과제: 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발 .....</b>	<b>465</b>
1. Line-scan 초분광 영상 기술 개발 .....	465
2. 종자 초분광 영상 데이터베이스 구축 및 초분광 영상 Calibration 구축 .....	472
3. 종자별 스펙트럼 특성 및 판별 예측 모델 개발 .....	476
4. 초분광 영상을 이용한 퇴화종자 판별 .....	479
5. 종자활력도 초분광 영상 예측 모델 개발 .....	485
6. 케모메트릭 융합 초분광 영상처리 기술 개발 .....	495
7. 초분광 형광 영상 측정 .....	500
8. FT-NIR 분광분석법 .....	510
9. Raman Spectroscopy .....	513
10. 단파적외선 초분광 이미징 시스템 .....	515
11. 초분광 Vis/NIR 이미징 시스템 .....	522
12. 우량종자 판별 통합 소프트웨어 개발 .....	527
13. 종자 종류별 선별 표준모델 제시 .....	528
14. 종자의 발아력 실험 .....	535
15. 개발 시스템 성능검증 .....	537
<b>협동4과제: 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화 .....</b>	<b>552</b>
1. 종자 생산지별, Lot별 발아력 검정 .....	552
2. 종자선별 기술의 과학화 .....	559
3. 작물별 펠렛종자 용이성 타진시험 .....	562
4. Priming 종자의 발아촉진 효과 검정 .....	564
5. SMP 최적조건 구명 및 처리종자의 산업화 .....	591

6. 펠렛종자 배율별 유묘생장 반응 검정 .....	599
7. 종자처리 매뉴얼 작성 .....	601
8. 펠렛종자의 대량생산 기술 확립 .....	604
9. 펠렛종자의 저장성 검정 .....	606
10. Bio-control, 비과과 선별된 고품질 종자 및 가공종자의 산업화 .....	616
11. 국내외 종자산업 동향분석 및 수출시장 .....	619
12. 동남아(중국, 베트남, 인도) 채소종자 생산현황 및 종자시장 .....	628
13. 종자산업의 발전과 수출전략 구축 .....	639
<b>제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>	<b>642</b>
<b>제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....</b>	<b>646</b>
제1절 실용화· 산업화계획 .....	646
제2절 교육·지도홍보 등 기술확산 계획 .....	647
제3절 특허, 품종, 논문 등 지적재산권 확보계획 등 .....	651
제4절 추가연구, 타연구에 활용 계획 .....	655
제5절 연구기획사업 .....	656
<b>제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보 .....</b>	<b>657</b>
<b>제7장 참고문헌 .....</b>	<b>658</b>

# 제1장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발 목적과 필요성

### 1. 연구개발의 필요성

#### 가. 기계화 생력파종을 위한 종자 펠릿기술 개발

- 대부분의 원예작물은 적절한 유묘관리가 필요하며, 특히 미세종자들은 크기가 불균일하여 기계화 파종에 어려움 있음
- 종자펠렛의 목적은 종자 크기와 무게를 증가시킨 후 기계화 정밀파종하여 파종과 수확 노력을 절감하고 종자를 절약하는데 있음
- 또한 영양물질, 살균제, 발아촉진 물질을 코팅과정 과정중 종자표면에 공급하면 발아 미세환경을 개선하여 묘의 생장을 촉진시키며, 영양경합원인 잡초의 생육을 억제하여 입묘 증진에도 유용함
- 종자펠렛은 40년전 형태가 불균일한 사탕무에서 처음 실시된 이후 원예작물을 비롯한 공예작물, 사료작물에도 이용되고 있음
- 현재 대부분의 채소재배 영농현장에서는 파종을 수작업에 의존하고 있으며, 이에 따라 종자량이 과다하게 소모되어 종자비용 상승 등 생산단가 증가 요인으로 작용함
- 이는 곧, 인건비 상승으로 이어져 파종 및 수확비용 증가, 생산물의 품질저하 및 경쟁력 약화의 원인이며 외국의 고품질 펠렛종자 수입을 유발함
- 종자펠렛의 고품질로써는 석회를 포함한 여러 광물질들이 사용되고 있으며, 펠렛 고품질물질의 사용법은 대부분 특허이거나 극비사항임
- 따라서 국내부존 자원을 활용한 펠렛 피복물질의 발굴이 필요하며, 발굴된 고품질물질의 화학적 조작방법과 공정기술은 국제적으로 지권재산권을 확보 할 수 있음
- 펠렛종자 공정과정은 일반적으로 접착제를 종자 표면에 분사하여 종자와 펠렛물질을 결합시키면서 펠렛종자가 생산됨
- 고품질의 펠렛종자를 생산하기 위해서는 가격이 저렴하고 친환경적이면서 발아에 장애를 주지 않는 적정 접착제 탐색이 요구됨
- 펠렛종자는 발아측면에서 볼 때 종자표면에 에워싸고 있는 고품질물질에 의해 산소공급이 부분적으로 차단되어 발아가 지연되고 발아율이 저하하는 현상이 있음
- 펠렛종자의 발아지연 문제를 해결하고자 발아촉진 처리된 priming 종자를 펠렛하거나 펠렛 고품질물질에 영양물질과 산소발생원을 첨가하여 그 효과를 모색하고자 함
- 칼라 펠렛종자는 화훼종자의 경우 화색, 채소종자에서는 소독처리를 상징. 또한 착색된 펠렛종자는 품종간 구별이 용이하고 파종된 종자를 쉽게 식별할 수 있다는 장점이 있음
- 국내의 종자업체에서 시판되고 있는 원예작물 종자는 종자보호와 발아촉진을 위해 살균제, 살충제, 생물방제제 및 생장조절제 첨가되어 종자의 원형을 유지하면서 크기만 2% 증가시

킨 필름 코팅종자가 상용화되고 있음

- 그러나 필름코팅에 사용되는 착색제 대부분이 외국으로부터 수입에 의존하고 있는 실정임
- 이에 따라 칼라 펠렛종자나 필름코팅에 사용되는 수입산 착색제를 대체할 수 있는 착색제를 탐색하여 펠렛종자의 착색증진 방안을 모색하고자 함
- 90년대에 접어들면서 국내에서도 고품질의 종자에 관심을 가지게 되었고, 이를 뒷받침이라도 하듯 일부 종묘회사에서는 고품질 종자생산을 위하여 선진국으로부터 기술도입이 진행되고 있으며, 이에 상응하는 기술료를 지불하고 있음
- 펠렛종자를 생산하고 있는 주요기업은 미국의 INCOTEC, 일본의 스미도모 등이 있으나, 이들 회사는 자사의 판매이익과 직접적으로 관련되어 펠렛공정 기법과 펠렛에 사용되는 고품질 물질의 종류 및 특성은 대외비임
- 설령, 이들 회사로부터 종자 펠렛기술을 도입한다 하더라도 royalty를 지불하여야만 가능하기 때문에 종자 펠렛공정 기술은 반드시 자체적으로 개발되어야 함
- 따라서 외국 기술을 답습하는 모방형 펠렛종자 생산기술을 탈피하여 순수 국내기술에 의한 종자펠렛 생산기술의 확보가 필요함
- 본 연구가 수행될 시 국내의 종자가공 분야는 부가가치가 높은 종자산업으로 성장할 수 있을 것이며, 개발된 고품질의 펠렛종자는 국내는 물론 외국에서도 경쟁력 우위를 점할 수 있을 것임

## 나. 고품질 종자선별 기술개발

- 종자는 필연적으로 저장 중에 퇴화하며, 퇴화종자는 외형적으로는 변화가 없기 때문에 분별이 어려움
- 종자산업적 측면에서 퇴화종자를 신속히 분별하여 종자의 품질을 판별하는 기술은 경제적으로나 경쟁적으로 매우 중요한 첨단기술임
- 종자의 생리적인 품질검사, 즉 발아검사는 종자를 파종하여 발아할 때까지 시간과 인력이 필요한 작업임
- 현재 종자산업체에서 반드시 거치는 종자검사로서 1) 기내발아검사, 2) 포장출현검사(상토 발아검사), 3) 종자활력검사(TZ test 등)를 실시하고 있음
- 따라서 종자상태에서 종자의 품질을 신속하고 간단하면서 비파괴적으로 검정할 수 있는 기술은 막대한 경비와 시간을 절약하기 위하여 매우 중요함
- 현재 ISTA에서 공인하고 국제적으로 사용하고 있는 기술은 TZ-test 및 전기전도도 검정 등이 있는데 이들은 종자를 파괴해야 하며 single seed 단위로 검사하기에는 불편함
- 퇴화종자를 판별하기 위해서는 종자퇴화 생리를 이용해야 함. 종자퇴화는 종자 세포막의 lipid의 산화에서 시작됨
- 퇴화가 진행되면 세포막이 파괴되어 종자가 수분을 흡수하면 세포내 물질이 누출됨, 종자 내에서 누출되는 성분은 당, 아미노산, 무기물, 알콜 등 휘발성물질 등을 포함하여 매우 다

양함. 또한 세포내 mitochondria 막이 파괴되어 호흡이 저하됨

- 최근에 유럽의 ASTEC 회사에서 종자호흡을 측정하는 Q2 기계를 개발하여 종자품질 검정에 이용하고 있음. 그러나 호흡측정에 약 72시간이 요구되는 단점이 있음
- 최근에는 종자누출 성분이 resazurin을 환원하여 색을 변화시키는 현상을 발견함. 따라서 본 시험에서 resazurin을 이용한 종자검정 시스템을 구축하며, 동일한 원리로서 종자누출 성분에 반응하는 여러 가지 시약을 탐색하여 다른 판별기술도 모색하고자 함
- 종자 품질검정과 아울러 비파괴적으로 종자를 선별하는 기술은 종자산업 현장에서 고품질의 종자를 획득하여 종자의 부가가치를 향상시키고, 종자수출에 기여할 수 있는 매우 중요한 첨단 기술임
- 현재 종자기술 수준은 종자의 발아력을 향상하거나 파괴적인 방법으로 종자활력을 검정하는 방법은 있으나 원천적으로 불발아종자를 선별하는 기술은 없음
- 최근 십자화과 채소종자에서 sinapine 및 amino acid 성분 누출을 이용하여 비파괴적으로 종자를 선별하는 기술을 개발함. 기술의 과정은 종자수분흡수(종자침지)→셀룰로스 필름코팅→발색약 처리→발색종자 선별이라는 과정을 거침
- 하지만 종자를 침지한 후 표면의 수분을 제거과정은 종자업계에서 대량의 종자를 처리하기에 불편한 점이 뒤 따름
- 이외에도 cellulose 이외에 더 저렴하고 좋은 종자코팅 재료도 탐색할 필요가 있으며, 또한 침지로 인한 종자의 imbibition damage도 우려되므로 침지법 이외의 종자수분 흡수 방법도 개선할 필요가 있음
- 따라서 본 연구에서는 종자 산업에서 쉽게 응용할 수 있도록 전 과정을 개선하여 실용적으로 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립을 수행하고자 함

#### 다. 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

- Priming 등 종자품질을 향상시키기 위한 종자처리 기술은 사용하는 물질의 조제방법이나 종류에 따라 osmotic priming, solid matrix priming, membrane priming 등 세분화되어 있으며 많은 연구가 진행되어 처리온도, 처리기간 등에 따른 효과가 잘 정립되어 있음
- Priming 등과 같은 종자처리 기술은 종자의 발아에 대한 효율성만 강조한 기술임. 최근 사회적문제로 대두되고 있는 환경친화적 지속농업을 위해서는 종자산업에서도 친환경 종자처리기술을 개발하여 안전성을 보장할 필요가 있음
- 특히 원예작물 중에서 채소종자는 포장 재배용, 식물공장 및 새싹 또는 어린잎 채소 종자 등으로 다양하게 분화되어 사용목적에 따라 각종 화학약제로 부터의 안전성이 매우 중요한 요인으로 작용하고 있음
- 따라서 종자의 펠렛 등 종자 가공기술에 따른 발아효율성 제고와 종자전염성 병원균을 방제하기 위해 사용하는 종자소독 개념을 친환경적인 방법으로 priming 처리와 동시에 해결할 수 있는 기술개발이 필요한 시점임

- 이러한 관점에서 본 과제는 종자의 활력유지 및 발아율 향상을 위한 종자 전처리 기술을 확보하고, 친환경 우량묘 생산을 위한 bio-control 종자처리기술을 개발하는데 있음

#### 라. 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별 기술 개발

- 기계화 정밀과종을 위해 펠렛팅된 종자는 가격이 비싸므로 결주 방지 등 생산성 및 경제성을 높이기 위해서는 철저한 불량종자 선별을 수행해야 함
- 기존의 선별방법 중 가장 기초적인 선별방법으로는 염수를 이용하여 비중으로 우량 및 불량 종자를 선별하는 비중선별법이 있음
- 그러나 이 방법은 종자 내부나 외부에 공기가 존재하거나 또는 부착되어 있는 경우 정확한 선별을 기대하기가 어렵고, 노동력이 많이 소요되는 단점이 있음
- 또한 기존 방법 중 Tetrazolium test (Hampton and TeKrony, 1995)와 같은 화학적 선별 방법과 Standard germination test (ISTA, 1999)는 파괴적인 방법이며 결과 확인까지 장시간이 소요되므로 실제 종자선별 현장에서 활용하기는 어려움이 있음
- 현재까지 비파괴 우량종자 선별의 정확도를 유지하면서 최소 또는 무전처리 및 실시간 검사가 가능한 기술이 꾸준히 연구 개발되고 있음. 특히 최근에 종자 비파괴 측정에 많이 활용되고 있는 근적외선 분광기술은 대상물질의 원자결합 특성을 이용하여 화학 및 물리적 성질을 신속하게 비파괴 분석할 수 있는 방법임
- 근적외선 분광은 780-2,500 nm 파장대의 광을 이용하여 주로 C-H, O-H, N-H 등의 원자결합 특성을 측정할 수 있으며 대상물의 성분을 약 0.1% 이내까지 전처리 없이 정밀하게 분석할 수 있음
- 근적외선 분광기술은 1960년대부터 종자 비파괴 측정에 적용되기 시작하였음. 최근까지 곡물의 수분 및 단백질 등의 성분함량 측정, 곡물의 품종 분류, 종자 내부의 충해 여부진단 등에 관한 연구가 보고 되고 있음
- 특히 종자의 활력도 비파괴 측정과 관련해서는 내부 퇴화 및 공동에 의한 불량종자 등을 별할 수 있음이 보고되었으며(Soltani, 2003; Tigabu, 2003), 국내에서는 Min 등 (2003, 2008)이 사과 및 무 종자의 활력도를 근적외선 분광을 이용하여 높은 정확도로 분석할 수 있음을 보고함
- 근적외선 분광기술은 상기한 다양한 장점으로 인해 종자 비파괴 선별을 위한 기존방법의 강력한 대안기술로 활발히 연구되고 있으나, 종자 전체면에 대한 공간적인 변화 정보가 배제된 평균개념의 측정방법이므로 종자의 부분적인 손상이나 발아에 매우 중요한 배아부분의 미세한 손상 등 비록 전체적인 근적외선 분광정보에 영향을 주지는 않으나 발아에 치명적인 영향을 주는 요인들을 분석하기에는 한계가 있음
- 따라서 종자 전체의 평균적인 분광정보를 넘어 종자 세부영역별 분광정보를 획득할 수 있다면 보다 정확하고 정량적인 우량종자 선별이 가능함
- 최근 새로운 기술로 응용이 되기 시작하는 초분광 영상기술은 분광에 영상을 융합한 기술

입. 기존의 분광기술이 대상물의 전체 평균 분광정보를 제공하는 것과는 달리 초분광 영상 기술은 대상물의 세부 공간영역에 대한 미세 영역별 분광정보를 제공하므로 대상물에 대한 정교한 물리, 화학적인 분석을 가능하게 함. 최근 해외에서 옥수수과 밀의 초기 발아여부 (Koc, 2008), 진균 감염진단 (Fiore, 2010), 층해여부 (Singh, 2010), 효소 활성도 (Xing, 2011) 등의 측정에 초분광 영상기술이 응용되었음

- 본 연구에서는 비파괴 종자선별 기술로 연구 되어오고 있는 근적외선 분광기술에 공간 정보를 추가한 초분광 영상기술을 활용하여 기존의 분광기술의 평균적인 분광정보로는 정확한 측정이 어려웠던 국부적인 병징, 공동 및 조직변화, 그리고 물리적 미세 손상 등 종자활력 및 종자 품질에 영향을 줄 수 있는 요인들을 정확하고 신속하게 비파괴 검출할 수 있는 실용화 기술을 개발하고자 함

#### 마. 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

- 작물재배에서 입묘 확보는 생산성과 직결되는데, 입묘에 관여하는 요인들은 품종, 종자 활력, 토질, 기후조건, 파종시기, 파종방법, 재배방법 그리고 토양내 길항물질, 미생물, 유기물의 함량, 토양에 존재하는 잡초, 병원균, 근류균 등이 관여
- 이들 요인들은 단독 또는 복합적으로 작용하여 묘출현을 지연 또는 감소시키는데, 재배자들은 일부 요인은 조절이 가능하나, 대부분은 조절이 불가능 함
- 이를 위해 재배자들은 전 재배면적에 농약이나 비료를 전면살포하고 있으나, 이러한 처리들은 상당한 경제적 손실을 초래
- 소량의 물질로 종자에 처리를 가하는 종자처리는 경제적이고 처리 효율성을 극대화시킬 수 있는 방안임
- 펠렛종자는 급속한 산업화로 농촌노동력 부족과 노동 임금 상승 등 열악한 조건에 직면해 있는 우리의 현실로 볼 때 반드시 정착되어야 할 부분임
- 원예작물의 생력화를 위한 기계화 정밀파종 체계에서는 온도 및 토양수분등 불량환경 조건에 파종되는 경우가 많아 고품질 우량종자의 요구도가 절실
- 종자처리 중 priming 처리는 불량환경조건에서도 발아력을 증강시키는 종자처리이며, 선진국의 종묘회사에서는 priming 처리된 종자를 시판하고 있음
- 따라서 본 연구는 작물별로 확립된 priming 처리기술을 활용하여 고품질의 priming 종자를 시판할 계획임
- 종자의 priming 처리는 발아기간의 단축 및 포장출현율의 향상, 묘출현의 균일성 및 규격모 향상에 유효함
- 펠렛종자는 기계화 파종이 가능한 가공종자이므로 발아력이 다소 감소하는 문제점이 나타날 수 있으나, 발아촉진 처리된 priming 종자를 펠렛하여 산업화를 추진함
- 발아촉진이 가능한 priming 종자의 이점과 기계화 파종이 가능한 펠렛종자의 이점을 조화한 고품질 펠렛종자의 생산은 불량환경조건에서의 발아율을 향상시킬 수 있어 수요가 급증



## 할 것임

- 또한 고품질 펠렛종자의 이용은 재배자들의 파종노력과 시간을 줄이고, 귀중한 종자절감에 유효함
- 지금까지 국내 기술에 의해 생산된 펠렛종자는 수입산에 비해 발아력이 낮은 문제점이 있었으나, 자체 개발한 펠렛공정 기술을 이전 받아 고품질의 펠렛종자를 생산함
- 본 과제를 통해 펠렛종자 공정의 독자적 기술을 확보하여 생산단가를 절감시키고 내수는 물론 외국으로 수출을 모색하여 기업이윤을 창출함
- 필름코팅에 사용되는 물질을 수입에 의존하고 있으나 이를 대체할 수 있는 물질을 탐색하고, 아울러 고품질 필름코팅 종자생산을 위한 살균제, 증량제, 착색제의 혼합비율 등을 확립하여 산업화시킴
- 최근 종자요구도가 다양하여 종자이용 목적에 따라 친환경으로 종자처리 요구도가 증가함. Bio-control 처리기술을 응용하여 현장실증 검정을 거친 후 재배목적에 따라 재배용, 식물공장용, 새싹채소용으로 산업화 추진
- 우량종자를 선별하는 기술은 국내 종자업체에서 가장 취약한 분야임. 기존의 선별방법 중 가장 기초적인 선별방법으로는 염수를 이용하여 비중으로 우량 및 불량종자를 선별하는 비중선별법을 사용함
- 비파괴적으로 종자를 선별하는 기술은 종자산업 현장에서 고품질의 종자를 획득하여 종자의 부가가치를 향상시킬 수 있는 첨단 기술임
- 또한 개발된 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술을 활용하여 종자산업 현장의 적응시험을 거쳐 산업화 추진
- 협동3과제에서 확립된 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 선별기술을 활용하여 실증시험을 거친 후 고품질 종자선별의 산업화 추진

## 2. 연구개발의 목적

- 미세 채소종자의 기계화 생력파종을 위한 종자펠렛 가공기술 확보
- 종자처리 및 선별분야 원천기술 확보
  - 특허출원 8건, 등록 4건, 품종명칭등록, 4건, 품종생산판매신고 4건, 논문 16건
- 국내 부존자원을 활용한 종자펠렛 신물질 발굴
- 저비용, 고효율 펠렛접착 물질 개발
- 무병화 펠렛종자 생산기술 확립
- 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발로 공정단가 30% 절감
- 유용미생물 활용한 펠렛종자 생산기술 확보
- 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 확보
- 외국 펠렛종자 수입의존도 탈피 및 펠렛 종자 생산기술의 국산화 점유율 80% 달성
- 비파괴적 우량종자 선별의 원천기술 2건 확보
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발
- 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 개발
- 비파괴적으로 퇴화종자를 선별할 수 있는 기술개발로 고품질 종자 확보
- 가지과 채소종자(토마토와 고추)의 발아율과 입묘율 향상을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
- 친환경 우량묘 생산을 위한 가지과 및 박과 채소종자의 bio-control 종자처리기술 개발
- 쌈채소와 새싹채소의 생육촉진 및 친환경 안전생산을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
- 우량종자 비파괴검사를 위한 초분광 영상 계측기술 개발
- 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별 예측 모델개발
- 우량종자 종합 비파괴 선별시스템 및 실용화 기술 개발(2건)
- 펠렛종자의 산업화로 채소 시판 종자의 30% 신수요 창출
- 종자시장 분석 및 수출 전략구축으로 종자수출 20억원 달성
- 초분광 영상시스템을 활용한 비파괴 우량종자의 산업화
- 종자가공 산업 육성 및 수출활성화로 세계시장 점유율 10% 달성
- FTA대비 국내 종자처리 및 가공산업의 경쟁력 및 고부가가치 20% 강화
- 종자산업체 현장적응용 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성

## 제2절 연구개발 범위 및 내용

### 1. 세부과제: 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발

연구개발의 범위	연구개발 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고품질물질 선별</li> <li>○ 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별</li> <li>○ 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 펠렛 피복물질 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 규조토, talc, kaoline, clay 등</li> </ul> </li> <li>○ 펠렛 접착물질 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류 PVA, PVP, MC, CMC 등</li> <li>- 처리농도 구명</li> <li>- 발아율 검정</li> </ul> </li> <li>○ 채소종자의 적정 배율 설정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무, 배추, 상추, 고추, 토마토 종자</li> </ul> </li> <li>○ 펠렛배율별 물리성, 발아율 조사</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 펠렛종자의 발아촉진법 개발</li> <li>○ 무병화 펠렛종자 생산기술개발</li> <li>○ 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Priming 후 종자펠렛                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무, 배추, 고추, 토마토, 상추</li> </ul> </li> <li>○ 펠렛종자에 발아활성물질 첨가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물생장조절제, 영양물질 등</li> </ul> </li> <li>○ 펠렛종자에 산소공급원 첨가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 처리제의 종류, 농도구명</li> </ul> </li> <li>○ 살균제 첨가조건 설정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류 및 농도 탐색 등</li> </ul> </li> <li>○ 살충제 첨가조건 설정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종류 및 농도 탐색 등</li> </ul> </li> <li>○ 살균제 종류 탐색</li> <li>○ 착색제 종류 탐색</li> <li>○ 증량제 종류 탐색</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유용미생물 활용한 펠렛종자 생산기술</li> <li>○ 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 개발</li> <li>○ 칼라 펠렛종자 생산기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유용미생물 선발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바실러스 등 2수준</li> </ul> </li> <li>○ 유용미생물 처리농도 구명                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 담체선발</li> <li>- 혼합비율 설정</li> </ul> </li> <li>○ 소수형 펠렛물질, 수화형 코팅물질 탐색</li> <li>○ 토양수분의 발아세 유도활력 검정</li> <li>○ 착색제 선발</li> <li>○ 수입대체용 펠렛착색제 탐색</li> <li>○ 칼라 펠렛종자의 작물별 발아력 검정</li> </ul>

## 2. 협동1과제: 고품질 종자선별 기술개발

연구개발의 범위	연구개발 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발</li> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자 인위퇴화 처리(십자화과 종자)</li> <li>○ 건전종자와 퇴화종자의 누출성분 탐색</li> <li>○ 누출성분 판별 시약 탐색</li> <li>○ 발색시약처리법 연구</li> <li>○ 종자수분 흡수체계 기술확립(드럼흡수 등)</li> <li>○ 종자누출을 유도할 수 있는 적정 수분 함량 조사</li> <li>○ 수분흡수 방법별 imbibition damage 조사</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발</li> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대상작물 : 십자화과 종자</li> <li>○ 누출성분 평가를 위한 분석법 탐구 (absorbance, spectrometer 등)</li> <li>○ 96-well plate 이용장치 개발</li> <li>○ 발색시약 분주장치 개발</li> <li>○ 종자품질판별 재현성 및 정확성 조사</li> <li>○ 인큐베이션 box 개발</li> <li>○ 종자수분 흡수체계 기술 확립(드럼흡수 등)</li> <li>○ 종자누출을 유도할 수 있는 적정 수분 함량 조사</li> <li>○ 수분흡수 방법별 침윤장해 조사</li> <li>○ 종자 누출 흡수용 film coating 재료 탐색</li> <li>○ 종자 film coating용 적정 binder 탐색</li> <li>○ Coating 재료별 발색 및 선별 효율성 조사</li> <li>○ 처리별 종자선별 및 발아 조사</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발</li> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자품질 판별 시스템 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발색 plate reading 장치확립</li> </ul> </li> <li>○ 산업체 응용을 위한 96-well plate kit 제작</li> <li>○ 신속 정확한 종자품질 판별용 software 구축</li> <li>○ 침지에서 선별과정의 시스템화 연구               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 침지, 코팅, 건조 등</li> </ul> </li> <li>○ 선별의 기계화(color sorter 이용)실험</li> <li>○ 대량 종자처리 및 코팅 실험(종자회사와 연계)</li> <li>○ 포장 파종 및 입묘 조사 (효율평가)</li> </ul>

### 3. 협동2과제: 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

연구개발의 범위	연구개발 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bio-control 종자처리 기술 개발을 위한 구성요인 분석</li> <li>○ 발아촉진과 활력증진을 위한 priming 처리기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자 종류에 따른 발아 특성 구명</li> <li>○ 처리물질에 따른 발아 생리 구명</li> <li>○ 종자처리 용액의 pH, 무기염 농도, 수분압 등 구성요인별 발아특성 구명</li> <li>○ 대상작물 : 가지과 및 박과 종자</li> <li>○ Priming 최적조건 : 처리물질, 처리 농도 및 처리시간 선발</li> <li>○ 처리물질 및 농도 : KNO<sub>3</sub> 등 4 처리 물질, 3 처리농도</li> <li>○ 조사항목 : 발아율, 발아세 검정</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bio-control 종자처리 기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자처리시 생육촉진 생리활성물질 탐색 : GABA, GB, Polyamines 등</li> <li>○ 종자처리 시 발병억제 생리활성물질탐색 : ASM, BABA, INA 등</li> <li>○ 생리활성물질의 처리방법 및 처리효과 구명 : 생육촉진 및 PR단백질 발현 여부</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bio-control 종자처리 기술 개발 및 산업화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bio-control 종자처리 효과 검정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발아율, 초기생육, 육묘기 발병억제</li> </ul> </li> <li>○ 종자의 이용목적별 처리기술 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재배용, 식물공장용, 어린잎 채소용 등</li> </ul> </li> </ul>

#### 4. 협동3과제: 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발

연구개발의 범위	연구개발 내용
○ 우량종자 비파괴검사를 위한 초분광 영상계측 기술 개발	○ Line-scan 초분광 영상 기술 개발 ○ 종자 초분광 영상 데이터베이스 구축 ○ 초분광 영상 calibration 기술 개발
○ 우량종자 비파괴 선별 초분광 영상 예측 모델개발	○ 종자활력도 초분광 영상 예측 모델 개발 ○ 케모메트릭 융합 초분광 영상처리 기술 개발 ○ 실시간 종자선별을 위한 자동검출 기술개발
○ 우량종자 종합 비파괴 선별시스템 개발 및 실용화를 위한 시스템 성능검증	○ 고속검사를 위한 영상처리 기술개발 ○ 실용화를 위한 측정방법 표준화 ○ 우량종자 판별 통합 시스템 및 소프트웨어 개발 ○ 우량종자 비파괴 선별시스템 검증 ○ 선별시스템 국산 산업화를 위한 세부방안 도출

5. 협동4과제: 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

연구개발의 범위	연구개발 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자처리 및 가공기술을 활용한 채소종자의 산업화</li> <li>○ 종자시장 분석 및 수출 전략구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대상작물 : 무, 배추, 상추, 고추, 토마토, 수박</li> <li>○ 종자 생산지, Lot별 발아조사</li> <li>○ 종자 입자선별, 비중선별</li> <li>○ 작물별 종자 펠렛용이성 타진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성분석, 처리비용 산출</li> </ul> </li> <li>○ 국내외 종자산업 동향분석 및 수출시장분석</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자처리 및 가공기술을 활용한 채소종자의 산업화</li> <li>○ 종자시장 분석 및 수출 전략구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Priming 종자의 발아촉진 효과검정</li> <li>○ SMP 최적조건 구명 및 처리종자의 산업화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- carrier 선별 혼합 및 처리기간 구명</li> </ul> </li> <li>○ 펠렛종자 배율별 유묘생장반응 검정</li> <li>○ 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Priming 처리, bio-control 처리, 필름코팅, 펠렛종자생산의 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> <li>○ 중국, 동남아의 종자시장 분석 및 수출전략 구축</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자처리 및 가공기술을 활용한 채소종자의 산업화</li> <li>○ 종자시장 분석 및 수출 전략구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 펠렛종자의 대량생산 기술 확립</li> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자의 산업화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대량처리 조건구명</li> </ul> </li> <li>○ Bio-control 처리 종자의 산업화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업화를 위한 조건구명 및 시제품 생산</li> </ul> </li> <li>○ 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 산업화</li> <li>○ 첨단가공 처리된 채소종자의 수출전략 구축 및 경제성 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종자수출 매뉴얼 작성</li> <li>- 동남아, 중국 등 수출 20억원 창출</li> </ul> </li> </ul>

## 제2장 국내·외 기술개발 현황

### 1. 국내 제품생산 및 시장현황

- 국내 종자산업의 농업분야 시장규모는 2008년 4억 달러로 세계시장의 1%에 불과
  - 기후변화 대응, 웰빙 등의 트렌드로 고부가가치 창출이 가능한 미래유망산업으로 각광
  - 2007년 기준 종자수출과 수입은 각각 2,000만달러 및 4,000만달러로 수입이 수출의 2배 수준
  - 유전자원이 풍부한 미, 중, 인도 등이 중심 시장을 형성하고 있으며, 이들 국가를 포함한 상위 6개국 전체 시장의 약 54%를 점유
- 농산업 분야중 블루오션 산업
  - 신제품 개발에 성공해 원천기술을 확보할 경우, 지적재산권 획득을 통한 고부가가치 창출 가능
  - 토마토 종자가격은 12~13만원/g (금의 3배 수준)
  - 가공종자는 무처리 종자에 비해 1.3배 부가가치 상승
  - 농·식품산업 발전의 견인차 역할을 수행
- 연구개발비 투자 미흡으로 종자산업의 경쟁력은 취약한 실정
  - 다국적기업의 1년 R&D 투자가 국내 종자산업의 시장규모를 상회
  - 2008년 몬산토의 R&D 투자는 9.8억달러로 국내 시장규모의 2배를 능가
  - 국내업체 중 10인 이하의 소규모 업체가 97%이며, 규모의 영세성으로 R&D 투자여력이 미흡
  - 농우바이오(국내시장 점유율 21%): 매출의 17%를 R&D에 투자하며 종자개발에 고군분투
- 한국은 약 26만점의 유전자원을 보유한 세계 6위국임에도 불구하고 국산 종자 보급률이 매우 저조
  - 외국 종자에 대한 로열티 급증
  - 가공종자에 대한 로열티도 증가할 전망
- 현재 채소종자의 국내시장 규모는 약 1,500~1,600억원 규모
  - 54개 이상의 종자회사들이 십자화과, 고추 등 일부 품목에 신제품 육성
  - 종자품질에 관련된 연구는 미흡하였음
  - 국내 가공종자(펠렛종자)의 채소종자의 10%를 감안한다면 150~160억원 정도 추정
  - 고품질 가공종자의 지속적으로 증가하고 있고 2020년 500억원 시장규모를 형성할 것으로 예측
- 국내종자 시장은 감소할 전망
  - 채소재배 면적의 정체, 육묘산업에 발전에 따른 종자효율 증가, 외국 채소종자의 잠식 등으로 지속적 감소가 예상
  - 외국시장 개척시 시장지배력은 품질과 가격에 의해 결정
  - 수출지향적 종자산업 정착을 위해 고품질 가공종자 필요



## 종자 및 가공종자의 부가가치

구분	단위	가격(원)	비고
금	g 당	43,000	
토마토종자	"	130,000	금 가격의 3배
토마토 펠렛종자	"	169,000	나종자 가격의 1.3배

"가공처리  
고부가가치  
창출 가능"

- 고부가가치 종자처리 및 가공기술 개발로 종자업계의 경쟁력을 강화
  - 고품질의 펠렛생산 생산 : 무처리 종자에 제한 1.3배의 고부가가치 창출
  - 테이프 종자 및 메트종자 등도 수요 증가가 예측
  - 발아촉진 처리 : 국내 종자업체들 대부분 priming 처리 후 시판
  - 무병화 처리 : 친환경 재배기술의 증가로 수요창출 기대
- 고부가가치 종자처리 및 가공기술 개발에 공격적인 투자필요
  - 바이오테크놀로지를 접목한 고품질의 가공종자 생산에 투자 필요
  - 해외 의존도가 높은 종자가공과 선별기술을 확보하여 수입대체 및 로열티 부담 경감에 기여
- 웰빙시대에 부응하는 친환경 종자처리기술 개발의 필요성 증대
  - 종자산업에서도 친환경 종자처리기술을 개발하여 안전성이 보장할 필요가 있음
  - 국내 친환경 우량묘 생산을 위한 bio-control 종자처리기술은 전무
  - 친환경 신선채소 요구도의 증가로 신수요 창출이 가능한 분야
- 종자산업에서 퇴화종자를 신속히 분별하여 종자의 품질을 판별하는 기술은 경제적으로나  
경종적으로 매우 중요한 첨단기술
  - 현재 ISTA에서 공인하고 있는 TZ-test 및 전기전도도 측정법은 종자파괴를 수반
  - 종자누출 성분으로 지표로 종자상태에서 비파괴적으로 종자품질을 신속하고 간단하게 측정 가능
- 종자 상태에서 single seed 단위로 발아종자와 불발아종자로 판별하거나 선별하는 국  
내기술은 없고, 본 연구진이 유일함
  - 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립은 종자수출에 기여할 수 있는 매  
우 중요한 첨단 기술
- 현재 우리나라의 종자가공 기술은 이미 상용화 된 분야도 있으나 아직까지 연구개발 단계
  - 상용화 분야 : Priming 종자, 필름코팅 종자, 종자소독
  - 개발진행분야 : 비파괴 우량종자 선별기술, 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별 기술








개발, bio-control 처리종자

- 종자가공 처리 및 비파괴 우량종자 선별분야 기술의 원천기술 확보가 시급
  - 종자산업의 국제경쟁력 강화를 위해 국내 독자적 기술 확보가 절실
- 종자선별 기계화와 아울러 종자가공 처리 및 비파괴 선별기와 분광분석기기의 시장도 확대될 전망광분석기



<상용화되고 있는 펠릿종자, 필름코팅 종자>

○ 분광분석기기

업체	제품명	제품사진	제품기능
Foss	OenoFoss		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발효 중인 소량 와인액의 품질 파라미터를 측정함</li> <li>• 당류, 산류, pH 등 7개 파라미터 분석 가능</li> <li>• 시료의 전처리나 화학약품을 사용할 필요가 없음</li> <li>• <a href="http://www.atfrontier.com/">http://www.atfrontier.com/</a></li> </ul>
케이맥	SV5000		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application별 Slit 및 측정과장별 Grating option</li> <li>• <a href="http://kmac.to/">http://kmac.to/</a></li> </ul>
Mecasys	OPTIZEN 3320UV		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auto gain control 기능</li> <li>• Sliding LC mirror changer</li> <li>• <a href="http://www.mecasys.co.kr/">http://www.mecasys.co.kr/</a></li> </ul>
SCINCO	S-3100		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1024 Channel의 광다이오드 어레이 검출기를 이용한 빠른 측정</li> <li>• 넓은 영역의 application에 적용가능</li> <li>• <a href="http://www.ssid.co.kr/">http://www.ssid.co.kr/</a></li> </ul>
(주)나노마크스	DA 7200 Analyzer		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diode Array 기술</li> <li>- 과장 분리가 불필요하며 전과장의 스캔이 동시에 이루어 짐</li> <li>• <a href="http://www.pointer.kr/">http://www.pointer.kr/</a></li> </ul>
두리테크	SpectraStar 2400D		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시료의 전처리가 필요없음</li> <li>• Maker와 상관없이 사용중인 NIR장비의 검량식을 추가 분석 없이 손쉽게 100% 이설 가능</li> <li>• <a href="http://dooreetech.com/">http://dooreetech.com/</a></li> </ul>
휴먼코퍼레이션	X-ma 6100S		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre-aligned deuterium lamp</li> <li>• Auto 8 cell holder</li> <li>• <a href="http://www.humancorp.co.kr">http://www.humancorp.co.kr</a></li> </ul>

- 국내의 분석기기(분광분석기 포함)시장은 2003년 수출입 통계에 비춰볼 때 세계시장의 2.5%인 약 5억달러이며, 국내 생산량은 0.4억달러로 세계시장의 0.2%로 예측
- 국내 시장 규모는 2003년 약 5700억원으로 세계시장의 연평균 6%의 성장세로 비춰볼 때, 현재 2010년에는 약 8500억원으로 예상되며, 2013년에는 1조 원에 이를 것으로 분석됨
- 이와 같이 연구와 축적된 기술을 바탕으로 중자 가공산업 활성화시킨다면 수출지향적 산

업으로 육성 가능한 분야

- 본 연구진들에 의해 다년간 연구수행 결과 축적된 종자처리, 가공기술 및 비파괴 우량종자 선별기술들을 핵심 무기화하여 세계시장 선점 가능

## 2. 국외 제품생산 및 시장 현황

- 세계 종자산업의 시장규모는 2008년 약 700억달러 수준
- 몬산토(미), 듀폰, 신젠타(서) 등 기술과 자본이 풍부한 다국적기업의 과점화 현상이 더욱 심화되는 추세
  - 글로벌 10대기업4)의 시장점유율 : 14%(1996년) → 49%(2004년) → 67%(2007년)
  - 막대한 자본과 시간을 필요로 하는 종자개발의 효율성을 높이기 위해 M&A 등 전략적 제휴를 통해 개발품목을 늘리고 사업영역을 확장
  - 몬산토의 경우 지금까지 20개 이상 업체를 M&A하였고, 2005년 세계최대의 채소 종자업체인 세미니스(란)를 인수하며 업계 1위로 도약
- 글로벌 기업들 곡물기업과의 전략적 제휴를 통해 종자개발에서 가공·유통까지 수직계열화된 사업 포트폴리오를 구축
  - 몬산토는 카길(미)과 '종자의 안정적 공급'을 위한 전략적 제휴를 맺고 유전자조작 기술 관련 합작회사를 설립
  - 시장규모가 크고 성장률이 높은 중, 인도등과 같은 신흥국 시장으로 사업지역을 확대
  - 듀폰은 2009년 인도종자 기업 2개사를 인수합병하고, 미국의 지역최초로 인도에 생명과학연구센터를 설립하는 등 신흥국에서의 사업을 확대하기 위해 인도를 중점 활용할 방침
- 선진외국 종자가공 분야에 집중적인 연구 이루어짐
  - Priming 종자 : 대부분 종자회사 priming 처리하여 발아증간 처리 후 시판
  - 필름코팅 종자 : 시판중인 종자 대부분 필름코팅 처리
  - 펠렛코팅 종자 : 사탕무의 90%, 당근의 40%, 상추의 60% 펠렛처리 후 시판
  - 펠렛종자 90년대부터 가공종자 수요급증
- 종자가공 처리의 선도기업
  - 미국의 INCOTEC, 일본의 스미도모
  - 펠렛공정 기법과 펠렛물질은 대외비임
- 외국 기술을 답습하는 모방형 펠렛종자 생산기술을 탈피하여 순수 국내기술에 의한 종자 펠렛 생산 기술의 확보가 절실

### 세계의 11대 종자회사의 매출액

회사(나라)	매출액(백만달러)	
	2002	2004
1위 몬산토(미국)	1,600	2,803
2위 파이오니아/듀폰(미국)	2,000	2,600
3위 산젠타(스위스)	937	1,239
4위 리마그렐 그룹(프랑스)	433	1,044
5위 KWS AG(독일)	391	622
6위 랜드 오레이크(미국)	-	538
7위 사카다(일본)	376	416
8위 바이에르 크롭 사이언스(독일) (Bayer Crop Science)	250	387
9위 다카이(일본)	-	366
10위 DLF-Trifolium(덴마크)	-	320
11위 엘타 & 파인 랜드(미국)	258	315

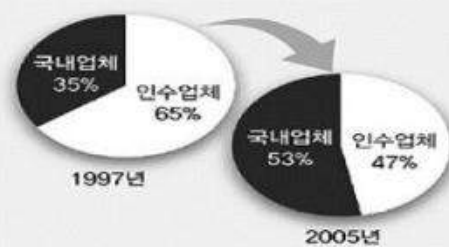
※ 몬산토(미국)는 제1의 채소종자업체 세미니스(네덜란드) 인수. 듀폰(미국)은 거대화학회사, 산젠타(스위스)는 노비티스(제약회사)가 대주주  
 자료 : 국제농종신품재단(ETC GROUP:www.etcgroup.org)

### 세계 종자 시장 성장 추이

(단위: 양백)



### 국내 외국계 기업과 토종 기업의 시장 점유율



### 선진국의 종자처리 현황(INCOTEC)

Crop	Pellet	Film coating	Priming	Upgrading	Disinfection
Cabbage	○	○		○	○
Carrot	○		○	○	○
Celery	○		○	○	
Cucumber	○	○	○	○	
Eggplant	○	○	○	○	
Lettuce	○	○	○		
Melon	○	○	○		
Onion	○	○	○		
Pepper	○	○	○		
Radish	○	○	○	○	
Spinach	○	○	○	○	
Sweet Corn	○	○	○	○	
Tobacco	○	○	○	○	
Tomato	○	○	○		
Watermelon		○	○		

- 네덜란드 ASTEC 회사(<http://www.astecnet.com>)에서 종자호흡을 측정하여 종자의 활력을 검정하는 기계(Q2)를 제조하여 판매 중
  - 해당 가격이 약 40,000 유로로 고가
  - 원리 : 호흡이 왕성한 종자는 건전종자, 또 호흡이 약한 종자는 퇴화종자로 판별
  - 단점 : 판정하기까지 약 72시간 소요, 검사한 종자는 재사용이 불가
  - 연구소, 종자회사 등에 판매 중

- 비파괴적으로 우량종자를 single seed 단위로 선별하는 기술은 국제적인 기술분야
  - 종자의 내용 성분(지방산, 단백질 등)을 판별하기 위하여 근적외선분광광도계를 이용한 분석 실시
  - 기술확립시 종자검사에 시간과 노력 절감이 가능하여 수요 급신장 분야
- 친환경 종자처리기술
  - 선진국을 중심으로 친환경 우량묘 생산을 위한 bio-control 종자처리에 연구가 진행중이며, 일부는 실용화 단계
  - 친환경 신선채소 요구도의 증가로 신수요 창출이 가능한 분야
- 선별기계 분광분석기 시장
  - 세계 분석기기 시장은 매년 5~6% 정도 안정적으로 성장하고 있으며, 2003년도 24조, 2005년 27조, 2010년 36조로 예상

업체	제품명	제품 사진	제품 기능
Verian	600 series IR		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retro Reflector optic 장착</li> <li>• <a href="https://www.varian.co.kr/">https://www.varian.co.kr/</a></li> </ul>
Agilent	UV-Vis Spectroscopy		<ul style="list-style-type: none"> <li>• UV-Vis spectral acquisition and analysis in less than 1 second</li> <li>• <a href="http://www.chem.agilent.com/">http://www.chem.agilent.com/</a></li> </ul>
horiba	LabRAM ARAMIS		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fast multi-wavelength operation 기능</li> <li>• <a href="http://www.horiba.com/">http://www.horiba.com/</a></li> </ul>
Specim	Aisa EAGLE		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 970 ~ 2500nm</li> <li>• <a href="http://www.specim.fi/">http://www.specim.fi/</a></li> </ul>
Head wall	Hyperspec NIR (900~1700nm)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 900 ~ 1700nm</li> <li>• <a href="http://www.headwallphotonics.com/">http://www.headwallphotonics.com/</a></li> </ul>
AROPTIX	ANIR 0.9-2.6		<ul style="list-style-type: none"> <li>• High stability in wavelength position and intensity</li> <li>• A miniature Fourier Transform Spectrometer (FTS) based on innovative micro-mechanical technology for NIR spectroscopy</li> <li>• 900~2600nm</li> <li>• <a href="http://www.arcoptix.com/">http://www.arcoptix.com/</a></li> </ul>
Angstrom Advanced	S410 NIR Spectrometer		<ul style="list-style-type: none"> <li>• High throughput transmission grating</li> <li>• NIR 900- 1700nm</li> <li>• <a href="http://www.angstrom-advanced.com/">http://www.angstrom-advanced.com/</a></li> </ul>

### 3) 국내외 기술개발 현황

연구수행 기관	기술개발현황	연구개발성과의 활용현황
부산대학교	- 고품질 펠렛제조 기술	- 펠렛물질 접촉제 선발
대구대학교	- 고품질 종자선별 기술	- 펠렛기술 산업체로 기술이전
경상대학교	- Bio-control 종자처리 기술	- 국제적 원천기술
충남대학교	- 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별 기술 개발	- 산업체 기술이전중 - 채소종자 맞춤형 기술개발로 산업체로 기술이전 - 산업체로 기술이전중
미국 Incotec 사 일본 스미도모사	- 펠렛처리 기술 확보 - 종자가공 처리의 원천기술 확보	- 펠렛종자 산업화 주도 - 가공종자의 산업화
선진국의 종묘업체	- 발아촉진 및 무병화 처리기술 ▪ 신젠타, 사카다, 다끼이 - Priming 종자, 필름코팅 종자, 종자소독 ▪ 선진국 중요업체 대부분, 국내종묘업체 - 비파괴 우량종자 선별기술 ▪ 네덜란드 리루트사	- 실용화, 산업화
미농무성	- 분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술	- 실용화 산업화 단계까지 진입
본 연구진	- 종자처리, 가공기술 및 비파괴 우량종자 선별 기술	- 국내 종묘산업을 발전견인

## 제3장 연구 개발수행 내용 및 결과

### 제1절 이론적 실험적 접근방법

- 현재 채소종자의 국내시장 규모는 약 1,500~1,600억원 규모이고, 54개 이상의 종자회사들이 십자화과, 고추 등 일부 품목에 신품종 육성이 이루어지고 있으나, 종자품질에 관련된 연구는 미흡하였다.
- 종자산업이 농작물 생산을 뒷받침하는 원자재의 원활한 공급이라는 단순한 종속적인 역할에 그치지 않고 첨단기술이 융합된 고품질 종자의 개발·생산에 독립적인 영역을 확보 중에 있다. 그중 종자처리 기술도 신품종과 같이 지적재산권에 의해 보호 받고 있다.
- 세계적 종자기업은 인수합병을 거쳐 대형화되고 있고, 연구개발비는 총매출액의 10~15% 수준에 있을 만큼 연구개발비에 집중적인 투자를 하고 있으며, 세계 종자시장의 50% 이상을 3개사가 차지할 정도로 대형화되고 있는 추세이다.
- 우리나라의 종자산업은 농업분야 중에서 대표적인 지식산업이며, 고부가가치를 창출하는 블루오션 산업이자 수출지향적 산업이다. 특히, 종자산업은 자본, 기술 집약적 산업으로 인적자원이 풍부한 우리나라 실정에 적합한 산업으로 정부는 2015년까지 종자수출 1억불 달성하여 종자강국을 목표로 하고 있다.
- 국내종자 시장은 채소재배 면적의 정체, 육묘산업에 발전에 따른 종자효율 증가, 외국 채소종자의 잠식 등으로 지속적 감소가 예상된다. 국제종자 시장에서 시장지배력은 품질과 가격에 의해 결정되며, 수출지향적 종자산업 정착을 위해 고품질 가공종자 필요하다.
- 선진국에서는 첨단 종자처리를 이용하여 고품질의 종자를 생산하여 부가가치를 상승하고 있다. 미국의 Incotec, 일본의 스미도모 회사 등은 펠렛처리 기술을 확보하여 이윤을 창출하고 있고, 다국적인 종자기업인 몬산토와 신젠타 등은 발아촉진 및 무병화 처리기술을 시장지배력을 높이고 있다.
- 최근 세계 종자시장은 고품질 가공종자의 수요가 매년 증가하고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 종자가공 기술인 priming 종자, 필름코팅 종자 등은 이미 상용화 된 분야도 있으나 고급 가공기술에 속하는 펠렛종자, bio-control 처리기술, 종자선별 처리기술, 비파괴 우량종자 선별기술은 아직까지 연구단계에 머물러 있다.
- 이러한 관점에서 종자가공 처리 및 비파괴 우량종자 선별 기술의 원천기술 확보가 시급하며, 종자산업의 국제경쟁력 강화를 위해 국내의 독자적 기술 확보가 절실한 실정이다. 따라서 본 연구진들에 의해 다년간 연구수행으로 축적된 종자처리, 가공기술 및 비파괴 우량종자 선별 기술을 더욱 개선한다면 이를 핵심 무기화 할 수 있을 것이다.
- 이러한 연구와 축적된 기술을 바탕으로 종자 가공산업을 농업의 블루오션이자 수출지향적 산업으로 육성하고자 하였다.
- 이러한 연구목적을 달성하기 위해 1개의 세부과제와 4개의 협동과제 그리고 협동과제 내에



1개의 위탁과제로 포함하여 연구개발을 추진하였다.

- 또한 종자생리, 종자처리, 종자선별 및 종자생산 풍부한 전문지식과 현장 감각을 보유한 연구원을 초빙하여 독자적 기술을 개발한 후 이를 산업화시켜 종자가공 산업이 농산업 가운데 대표적인 미래성장으로 정착될 수 있도록 연구결과를 도출하였다.
- [세부1과제]는 “기계화 생력파종을 위한 종자펠렛 기술개발”로 외국 기술을 답습하는 모방형 펠렛종자 생산기술을 탈피하여 순수 국내기술에 의한 고품질의 펠렛종자 생산에 관한 연구를 수행하였다. 또한 [세부과제] 확립된 기술을 산업체에 기술이전하여 고품질의 펠렛종자가 산업화로 될 수 있도록 연구계획을 수립하였다.
- [협동1과제]는 종자 품질검정 및 비파괴적으로 종자를 선별기술로서 종자산업 현장에서 고품질의 종자 확보가 가능한 기술을 취급되고 있다. 이러한 기술수준을 지금보다 한 단계 더 발전시킨다면 종자의 부가가치를 향상시키고, 수출에 크게 기여할 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 종자 산업에서 쉽게 응용할 수 있는 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립을 수행하도록 하였다.
- [협동2과제]는 “채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술개발”로 사용목적에 따라 종자는 각종 화학약제로부터의 안전성 확보가 매우 중요하다. 따라서 종자활력 및 발아율 향상을 위한 종자 전처리 기술과 친환경 우량묘 생산을 위한 bio-control 종자처리 기술개발에 주력하도록 하였다.
- [협동3과제]는 우량종자를 현장에서 신속히 비파괴적으로 선별할 수 있는 실시간 선별기술 개발에 관한 연구를 수행하였다. 초분광 영상의 시스템개발과 케모메트릭과 영상을 융합하여 종자의 활력 예측모델 개발을 수행토록 하였다. 또한 상용화를 위한 측정기술의 표준화와 시스템 성능검증과 종자의 고속 자동검사를 위한 영상처리 알고리즘 개발도 병행토록 하였다. 연구 성과의 산업화를 위해 핵심기술 개발 이후에는 농산물 선별시스템 제조 회사에 기술 이전하여 산업화가 원활하게 진행될 수 있도록 하였다.
- [협동4과제]는 “첨단가공기술을 이용한 채소종자의 산업화”로 발아촉진 처리종자, 펠렛종자 등을 비파괴적 선별기술을 활용하여 우량종자를 산업화될 수 있도록 하였다. 본 과제를 통해 확보된 종자처리 원천기술을 이용하여 중국과 동남아와 외국 수출 촉진을 위해 원예특작과학원 시설원예시험장에 위탁연구를 수행토록 조치하였다.
- 본 과제의 연구대상 항목에 따라 부산대학교와 경상대학교, 충남대학교, 대구대학교, 현대종묘 및 원예특작과학원 시설원예시험장으로 구성된 연구원간 원활한 연구과제가 수행되도록 유기적인 상호토론 및 협력체계를 구축하였다. 또한 전문기술을 요하는 정도에 따라 연구원을 적절히 편성함으로써 효율적인 연구가 수행되도록 조정하였다.
- 과제수행에 필요한 기자재는 부산대학교와 경상대학교, 충남대학교, 대구대학교, 현대종묘 및 시설원예시험장에서 대부분 확보하고 있으나, 공동으로 사용하여야 하는 기자재는 사용에 차질이 없도록 유기적인 협조체계를 구축하였다.

- 종자처리 및 비파괴적 선별기술 산업화에 선진국의 기술정보를 대부분 확보하고 있으며, 그 외에 미진한 정보는 이미 협력체계가 구축되어 있는 외국의 연구자와 상호교류 또는 연락망을 통해 정보수집하여 연구를 수행하였다.
- 이와 같이 비파괴적 선별기법을 활용한 우량종자는 생산은 부가가치가 높은 종자 산업으로 성장 가능할 수 있을 것이며, 개발된 고품질의 가공종자는 국내는 물론 외국에서도 경쟁력 우위를 점할 수 있을 것으로 판단된다.

### 세부1과제 : 기계화 생력파종을 위한 종자 펠릿기술 개발

- 종자펠릿의 목적은 종자 크기와 무게를 증가시킨 후 기계화 정밀파종하여 파종과 속음 노력을 절감하고 종자를 절약하는데 있다. 또한 영양물질, 살균제, 발아촉진 물질을 코팅공정 과정에서 종자표면에 공급하면 발아 미세환경을 개선하여 묘의 생장을 촉진시키며, 영양경합 원인 잡초의 생육을 억제하여 입묘 증진에도 유용하다.
- 종자펠릿의 고품질로는 석회를 포함한 여러 광물질들이 사용되고 있으며, 펠릿 고품질물질의 사용법은 대부분 특허이거나 극비사항이다. 따라서 국내부존 자원을 활용한 펠릿 피복물질의 발굴이 필요하며, 발굴된 고품질물질의 화학적 조작방법과 공정기술은 국제적으로 지권재산권을 확보 할 수 있을 것이다.
- 이러한 관점에서 펠릿공정기술, 필름종자 생산, 펠릿종자의 발아증진 기술 등에 독자적 기술 확립하고자 하였다.
- 또한 외국 기술을 답습하는 모방형 펠릿종자 생산기술을 탈피하여 순수 국내기술에 의한 종자펠릿 생산기술을 확보하는데 연구의 주안점을 주었다.
- 아울러 국내의 종자가공 분야를 고부가가치 산업으로 성장도약 할 수 있도록 연구결과를 도출하였다.

### 협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발

- 종자산업적 측면에서 퇴화종자를 신속히 분별하여 종자의 품질을 판별하는 기술은 경제적으로나 경쟁적으로 매우 중요한 첨단기술이다.
- 종자상태에서 종자의 품질을 신속하고 간단하면서 비파괴적으로 검정할 수 있는 기술은 막대한 경비와 시간을 절약하기 위하여 매우 중요하다.
- 종자는 퇴화가 진행되면 세포막이 파괴되어 종자가 수분을 흡수하면 세포내 물질이 누출하게 된다. 종자 내에서 누출되는 성분은 당, 아미노산, 무기물, 알콜 등 휘발성물질 등을 포함하여 매우 다양하다.
- 최근에는 종자누출 성분이 resazurin을 환원하여 색을 변화시키는 현상을 발견하였다. 따라서 본 시험에서 resazurin을 이용한 종자검정 시스템을 구축하며, 동일한 원리로서 종자누출 성분에 반응하는 여러 가지 시약을 탐색하여 다른 판별기술도 모색하고자 하였다.
- 현재 종자기술 수준은 종자의 발아력을 향상하거나 파괴적인 방법으로 종자활력을 검정하

는 방법은 있으나 원천적으로 불발아종자를 선별하는 기술은 없다.

- 따라서 본 연구에서는 종자 산업에서 쉽게 응용할 수 있도록 전 과정을 개선하여 실용적으로 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템을 확립하고자 하였다.

## 협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

- Priming 등과 같은 종자처리 기술은 종자의 발아에 대한 효율성만 강조한 기술이다. 최근 사회적문제로 대두되고 있는 환경친화적 지속농업을 위해서는 종자산업에서도 친환경 종자처리기술을 개발하여 안전성을 보장할 필요가 있다.
- 특히 원예작물 중에서 채소종자는 포장 재배용, 식물공장 및 새싹 또는 어린잎 채소 종자 등으로 다양하게 분화되어 사용목적에 따라 각종 화학약제로 부터의 안전성이 매우 중요한 요인으로 작용하고 있다.
- 따라서 종자의 펠렛 등 종자 가공기술에 따른 발아효율성 제고와 종자전염성 병원균을 방제하기 위해 사용하는 종자소독 개념을 친환경적인 방법으로 priming 처리와 동시에 해결할 수 있는 기술개발이 필요한 시점이다.
- 이러한 관점에서 본 과제는 종자의 활력유지 및 발아율 향상을 위한 종자 전처리 기술을 확보하고, 친환경 우량묘 생산을 위한 bio-control 종자처리기술을 개발하는데 연구의 주안점을 두었다.

## 협동3과제 : 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발

- 현재까지 비파괴 우량종자 선별의 정확도를 유지하면서 최소 또는 무전처리 및 실시간 검사가 가능한 기술이 꾸준히 연구 개발되고 있다. 특히 최근에 종자 비파괴 측정에 많이 활용되고 있는 근적외선 분광기술은 대상물질의 원자결합 특성을 이용하여 화학 및 물리적 성질을 신속하게 비파괴 분석할 수 있는 방법이다.
- 근적외선 분광기술은 종자 비파괴 선별을 위한 기존방법의 강력한 대안기술로 활발히 연구되고 있으나, 종자 전체면에 대한 공간적인 변화 정보가 배제된 평균개념의 측정방법이므로 종자의 부분적인 손상이나 발아에 매우 중요한 배아부분의 미세한 손상 등 비록 전체적인 근적외선 분광정보에 영향을 주지는 않으나 발아에 치명적인 영향을 주는 요인들을 분석하기에는 한계가 있다.
- 따라서 종자 전체의 평균적인 분광정보를 넘어 종자 세부영역별 분광정보를 획득할 수 있다면 보다 정확하고 정량적인 우량종자 선별이 가능하다.
- 최근 새로운 기술로 응용이 되기 시작하는 초분광 영상기술은 분광에 영상을 융합한 기술이다. 기존의 분광기술이 대상물의 전체 평균 분광정보를 제공하는 것과는 달리 초분광 영상기술은 대상물의 세부 공간영역에 대한 미세 영역별 분광정보를 제공하므로 대상물에 대한 정교한 물리, 화학적인 분석을 가능하게 하다.
- 본 연구에서는 비파괴 종자선별 기술로 연구 되어오고 있는 근적외선 분광기술에 공간 정

보를 추가한 초분광 영상기술을 활용하여 기존의 분광기술의 평균적인 분광정보로는 정확한 측정이 어려웠던 국부적인 병징, 공동 및 조직변화, 그리고 물리적 미세 손상 등 종자활력 및 종자 품질에 영향을 줄 수 있는 요인들을 정확하고 신속하게 비파괴 검출할 수 있는 실용화 기술을 개발하고자 하고자 하였다.

#### 협동4과제 : 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

- 소량의 물질로 종자에 처리를 가하는 종자처리는 경제적이고 처리 효율성을 극대화시킬 수 있는 방안이다.
- 펠렛종자는 급속한 산업화로 농촌노동력 부족과 노동 임금 상승 등 열악한 조건에 직면해 있는 우리의 현실로 볼 때 반드시 정착되어야 할 부분이다. 원예작물의 생력화를 위한 기계화 정밀파종 체계에서는 온도 및 토양수분등 불량환경 조건에 파종되는 경우가 많아 고품질 우량종자의 요구도가 절실하다. Priming 처리는 불량환경조건에서도 발아력을 증강시키는 종자처리이며, 선진국의 종묘회사에서는 priming 처리된 종자를 시판하고 있다.
- 따라서 본 연구는 작물별로 확립된 종자처리 기술을 활용하여 고품질의 priming 종자, Bio-control 처리종자, 펠렛종자, 필름코팅 종자를 산업화하여 내수는 물론 외국으로 수출을 모색하여 기업이윤을 창출하고자 하였다.

## 제2절 연구개발 수행내용

### 세부과제 : 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발

#### □ 연구목표

- 미세 채소종자의 기계화 생력파종을 위한 펠렛종자 가공기술 확보
- 국내 부존자원을 활용한 종자펠렛 신물질 발굴
- 저비용, 고효율 펠렛접착 물질 개발
- 채소종자의 적정 펠렛배율 구명
- 불량환경 조건에서 내발아성 강화된 펠렛종자 생산기술 확보
- 무병화 펠렛종자 생산기술 확립
- 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발
- 유용미생물 활용한 펠렛종자 생산기술 확보
- 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산 기술 확보
- 칼라 펠렛종자 생산기술 개발
- 외국 펠렛종자 수입의존도 탈피 및 펠렛 종자 생산기술의 국산화

#### □ 연구내용

- 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고형물질 선별
  - 배추, 상추종자 대상
  - 규조토, talc, kaoline, clay 등의 광물질과 bark 비롯한 유기물질 탐색 및 선별
  - 종자 펠렛고형 물질의 물리성 및 화학성 검정
  - 각각의 펠렛물질로 제조된 펠렛종자의 발아성 및 유묘활력 검정
- 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별
  - PVA, PVP, MC, CMC 등의 접착제 종류와 처리농도로 펠렛하여 발아성 검정
  - 펠렛용이성 및 경도 조사
- 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정
  - 무, 배추, 상추, 고추, 토마토 종자를 대상으로 펠렛배율별 물리성, 발아율 조사
- 펠렛종자의 발아촉진법 개발
  - 작물별 최적 priming 조건을 설정한 후 종자를 펠렛하여 발아성 검정
  - 펠렛종자에 식물생장조절제, 영양물질 등 발아활성물질 첨가하여 발아성 검정
  - 펠렛종자에 산소공급원 첨가하여 발아성 검정
- 무병화 펠렛종자 생산기술개발
  - 살균제, 살충제 첨가조건 설정하여 무병화 펠렛종자 생산
  - 살균제 및 살충제 첨가 펠렛종자 공정 매뉴얼 작성
- 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발

- 살균제, 착색제, 증량제 종류 탐색 및 적정 혼합배율 설정
- 염료, 안료의 착색제 가능성 및 경제성 분석



필름코팅종자



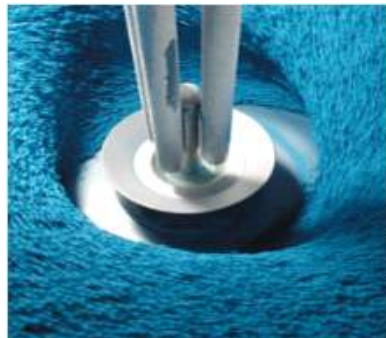
펠릿종자



펠릿종자 제조과정



칼라펠릿종자



드럼식 펠릿종자 생산



펠릿종자 발아율 검정

<연구 및 개발계획 중인 종자가공 기술분야>

- 유용미생물 활용한 펠릿종자 생산기술
  - 시설연작지 재배용 유용 미생물 첨가 펠릿종자 개발
  - 유용미생물(바실러스) 종류 및 처리수준 구명
  - 유용미생물 담체선발 및 혼합배율 설정
- 토양수분 맞춤형 펠릿종자 생산기술 개발
  - 소수형 펠릿물질, 수화형 코팅물질 탐색
  - 코팅층의 분해와 붕괴형태 정도 조사
  - 발아성 및 유묘활력 검정
- 칼라 펠릿종자 생산기술 개발
  - 수입대체용 펠릿착색제 탐색
  - 칼라 펠릿종자의 발아성 검정

**협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발**

□ 연구목표

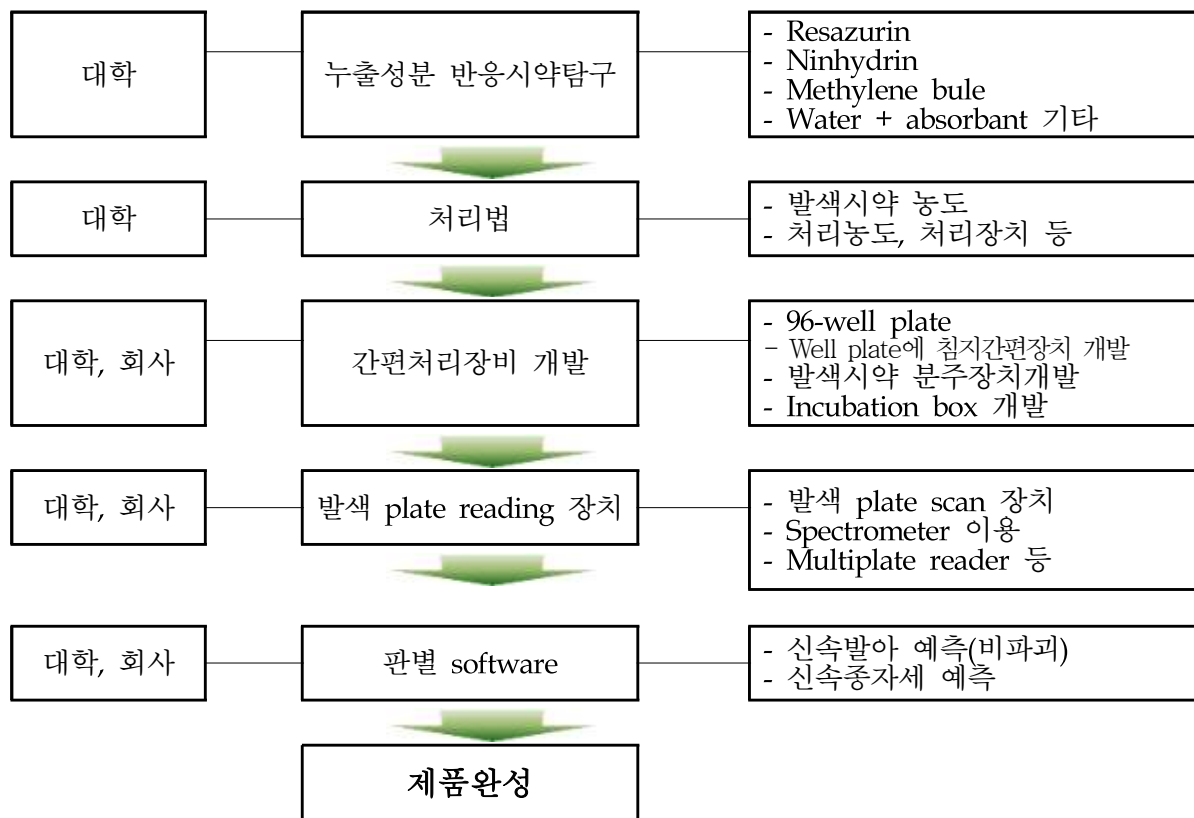
- 비파괴적 우량종자 선별의 원천기술 확보

- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발
- 종자 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 개발
- 비파괴적으로 퇴화종자를 선별할 수 있는 기술개발로 고품질 종자 확보

□ 연구내용

- 대상종자: 십자화과 작물
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발
  - 예비시험을 통하여 resazurin과 yeast 혼합용액에서 종자누출성분과 반응하여 변색되는 것을 발견하였고 종자의 품질과의 연관성이 있음을 확인(개발 가능성 높음)
  - Resazurin 이외에 ninhydrin, methylene blue 및 침지용액과 반응하는 시약을 이용하여 누출성분과의 반응성을 구명(대학)
  - 비파괴 single seed의 품질을 용이하게 대량으로 측정하기 위하여 96-well plate를 이용하여 측정법을 kit화 함(대학 및 업체)

○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발의 추진체계



- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립
  - 예비시험을 통하여 십자화과 종자에서 sinapine과 amino acid 성분이 누출됨을 발견하여 종자코팅을 통한 선별원리 발견(기술개발 시스템 확립 가능성 높음-대학)
  - 종자 산업체에서 용이하게 응용할 수 있는 종자흡수체계 확립(대학, 종자회사)

- 종자코팅을 위한 기계, 코팅물질, 접착제 등의 개선 필요(대학, 해당 산업체)
- 발색된 coating 종자를 color sorter를 이용한 기계화 선별법 확립(대학, 산업체)
  - 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립



## 협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

### □ 연구목표

- 가지과 채소 종자의 발아율과 입묘율 향상을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
- 친환경 우량묘 생산을 위한 가지과 및 박과채소 종자의 bio-control 종자처리기술 개발
- 쌈채소와 새싹채소의 생육촉진 및 친환경 안전생산을 위한 bio-control 종자처리기술 개발

### □ 연구내용

- 발아촉진과 활력증진을 위한 priming 처리기술 개발
  - 대상작물 : 가지과(고추, 토마토)
  - Priming 최적조건 : 처리물질, 처리농도 및 처리시간 선발
  - 처리물질 및 농도 :  $KNO_3$  등 3물질 3처리 농도
  - 조사항목 : 발아율, 발아세 검정
- Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 구성요인 분석
  - 대상작물 : 가지과(고추, 토마토), 박과(오이, 멜론, 수박)
  - 채소종자의 종류에 따른 발아 특성 구명



- 처리물질에 따른 발아 생리 구명
- 종자처리 용액의 pH, 무기염 농도, 수분압 등 구성요인별 발아특성 구명
- Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발
  - 대상작물 : 가지과(고추, 토마토), 박과(오이, 멜론, 수박)
  - 종자처리 시 생육촉진을 위한 생리활성물질 탐색 : GABA, GB, Polyamines 등
  - 종자처리 시 발병억제를 위한 생리활성물질 탐색 : ASM, BABA, INA 등
  - 생리활성물질의 처리방법 및 처리효과 구명 : 생육촉진 및 PR단백질 발현 여부
- 쌈채소와 새싹채소 종자의 생육촉진 및 안전생산을 위한 bio-control 종자처리기술 개발
  - 대상작물 : 쌈채소(상추), 새싹채소(양배추, 배추, 알파파)
  - 발아균일 및 생육촉진을 위한 종자처리 물질 선발 : GB 등 4처리
  - 안전생산을 위한 종자처리 물질 탐색 및 선발 : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 등 4처리
- Bio-control 종자처리기술 개발 및 산업화
  - 종자의 이용목적별 처리기술 확립 : 재배용, 식물공장용, 어린잎 채소용 등(산업체 기술이전)
  - Bio-control 종자처리 효과 : 발아율, 초기생육, 육묘기 발병억제 등



종자 priming 장치(경상대)



재배용



식물공장용



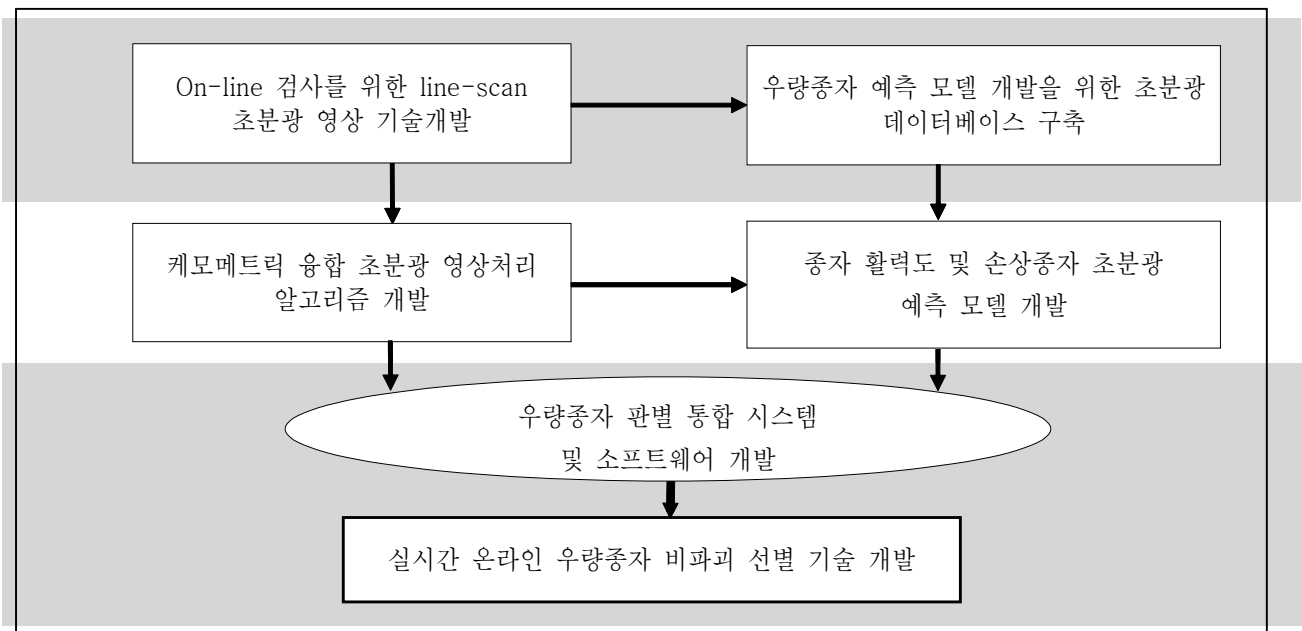
새싹채소용

### 협동3과제 : 초분광 영상을 이용한 불량종자 비파괴 선별기술 개발

□ 연구목표

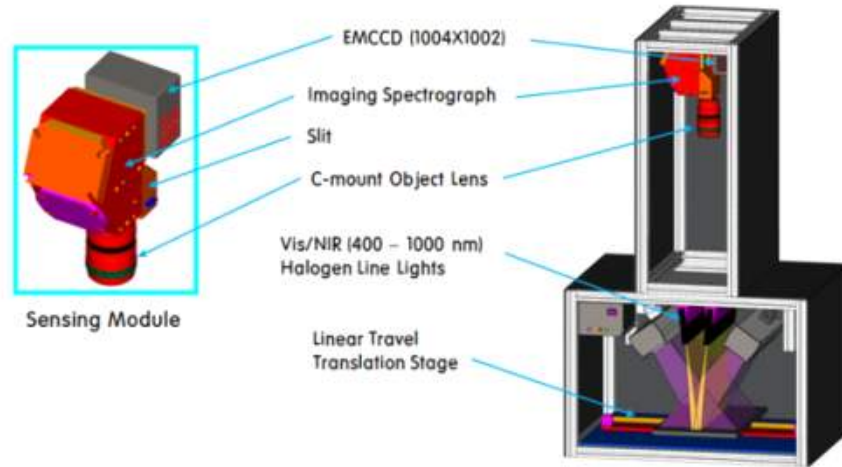
- 불량종자 비파괴검사를 위한 초분광 영상계측 기술 개발
- 초분광 영상을 이용한 불량종자 비파괴 선별 예측 모델개발
- 불량종자 종합 비파괴 선별시스템 및 실용화 기술 개발

□ 연구내용



[협동3과제 연구추진 체계도]

- 초분광 영상을 이용한 on-line 불량종자 비파괴 선별 기술 개발
  - 시스템 구성 : Spectrograph, CCD 카메라, 할로젠 램프
  - 주요사양 : 검출파장 400-1,000nm (1,000-1,700nm 확장), Resolution 5nm, 고속 영상프레임 획득
  - 초분광 영상을 통해 국부 영역의 분광 정보 획득이 가능하고 육안 및 갈라 이미지로 검출할 수 없는 미세 병해 및 손상여부의 검사가 가능함
  - 연구방법: 불량종자 선별 최적 분광 모델개발을 위한 초분광 영상 획득장치 구축 → 파장별 영상 조합을 통한 최적 선별 조건 구명 → 고속선별을 위한 다분광 영상 시스템 구축



[초분광 영상 시스템 개략도]

- 초분광 영상정보를 이용한 우량종자 예측 모델 및 종합판별 기술개발
  - 우량종자 선별을 위한 분석 모델 개발
  - 대상종자의 상태별 초분광 영상 데이터베이스 구축
  - 대상종자 : 수박, 고추, 토마토, 무, 배추, 상추
  - 스펙트럼의 peak, wavelength ratio, area 등 간편 분석을 이용한 모델 개발
  - 케모메트릭을 이용한 이병 및 발아율 예측 모델 개발 : Principal component analysis (PCA), Partial least squares analysis (PLS), Canonical variate analysis (CVA) 모델 등을 이용한 정성 및 정량 분석 모델 개발
  - 분석 정확도 향상을 위한 최신 분류기를 이용한 예측 모델 향상 연구 : Linear discriminant analysis (LDA), k-nearest neighbor, support vector machine, Adaboosting 방법 등의 활용
  - 실시간 계측을 위한 소프트웨어 개발 및 분류 정확도 분석
  
- 실용화를 위한 우량종자 비파괴 측정 표준화 및 검증
  - 종자 물리·화학 특성 비파괴 계측을 위한 초분광 영상시스템 calibration 기술개발
  - 형광 광원을 이용한 광과장 calibration
  - 표준 반사물질을 이용한 반사율 calibration
  - 표준 영상을 이용한 영상 해상도 최적화
  - 초분광 영상정보를 이용한 종자 물성 및 성분 비파괴 계측 기술개발
  - 흡광도를 이용한 종자 조직 및 수분상태 정량화 기술 개발
  - 분광정보를 이용한 종자 성분 예측 모델 개발
  - 실용화를 위한 측정방법 표준화 및 시스템 성능검증
  - 개발 시스템의 국산 실용화를 위한 시스템 구축 방안 제시

< 개발 기술의 목표 >

- 우량종자 선별 정확도 : 98% 이상
- 처리 속도 : 실시간 (초당 20개 이상)
- 공간 활용도가 높은 콤팩트형 : 전장 2m 이내

< 시스템 최종 성능검증 및 보완 >

- 현장 실증 시험을 통한 오차 요인 분석 및 보정 (온습도 등)
- 사용자 편의성 향상을 위한 설계
- 비전문가 활용 가능한 쉬운 소프트웨어 및 관리방법 개발
- 개발 제품 상품성 향상을 위한 시스템 안정화

**협동4과제 : 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화**

연구목표

- 펠렛종자의 산업화 및 신수요 창출
- Priming처리 기술을 이용한 고품질 종자의 산업화
- 초분광 영상시스템을 활용한 비파괴 우량종자 선별기술의 산업화
- 종자가공 산업 육성 및 수출활성화로 세계시장 점유율 10% 달성
- FTA대비 국내 종자처리 및 가공산업의 경쟁력 및 고부가가치 20% 이상 강화
- 종자처리 및 선별기술의 매뉴얼 작성
- 종자수출의 시장분석, 중국 및 동남아 수출전략 분석

연구내용

- 종자처리 및 가공기술을 활용한 채소종자의 산업화 및 종자수출
  - 첨단가공 처리된 채소종자의 산업화를 위한 정보수집 및 계획수립
  - 첨단가공 처리된 채소종자의 수출전략 구축 및 경제성 분석
- 종자 생산지, Lot별 발아조사
  - 대상작물 : 배추, 무, 고추, 토마토, 상추, 수박, 품종별(2), 생산지별(2), Lot별 발아력 검정
- 종자 입자선별, 비중선별 방법의 과학화
  - 작물별 종자의 입자선별, 비중선별 방법의 과학화 및 발아성 검정
- 작물별 종자 펠렛용이성 타진
  - 십자화과, 가지과 작물의 펠렛형성능 검정
  - 작물별 펠렛종자의 경도 및 발아성 검정
- Priming 종자의 발아촉진 효과검정
  - 확보된 작물별 최적 priming 조건으로 채소종자의 품종별 priming 효과 검정
  - 발아촉진 효과 및 발아율 검정
- SMP 최적조건 구명 및 처리종자의 산업화

- 적정 SMP carrier 종류 선발
- carrier, 수분, 종자 혼합배율 설정
- 펠렛종자 배율별 유묘생장 반응 검정
  - 펠렛종자의 입자크기를 구분하여 유묘생장을 검정
- 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성
  - Priming 처리기술, bio-control 처리기술, 필름코팅, 펠렛 종자생산의 과학화, 표준화 및 공정 매뉴얼 작성
- 펠렛종자의 대량생산 기술 확립
  - 드럼식 코팅기의 회전속도, 접착제 농도, 적정 종자공급량 확립
- 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자의 산업화
  - 협동 1과제에서 확립된 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술을 활용하여 종자 산업 현장의 적응시험을 거쳐 산업화 추진
- Bio-control 종자처리 기술 개발 및 산업화
  - 확립된 Bio-control 처리기술을 응용하여 재배목적에 따라 재배용, 식물공장용, 새싹채소용으로 산업화 추진
- 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 산업화
  - 확립된 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 선별기술을 활용하여 종자산업 현장의 적응시험을 거쳐 산업화 추진
- 국내외 종자산업 동향분석 및 수출시장분석
- 중국, 동남아의 종자시장 분석 및 수출전략 구축
- 첨단가공 처리된 채소종자의 수출전략 구축 및 경제성 분석
  - 종자수출 매뉴얼 작성
  - 동남아, 중국 등 수출 20억원 창출

### 제3절 연구개발 결과

#### 세부과제: 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발

##### 1. 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고품질 선별

###### 가. 연구목적

종자산업은 첨단과학기술의 접목이 용이하여 농업을 한 단계 더 도약시킬 수 있는 생명산업으로 평가되고 있다. 발아에 장애를 유발하지 않는 비활성 물질로 종자를 피복하여 종자크기를 증가시킨 펠렛종자는 기계화 파종이 가능하여 파종과 수확작업을 생력화 할 수 있는 이점이 있다. 경쟁적인 측면에서 입묘율의 확보는 생산성과 직결된다. 펠렛종자는 펠렛 제조과정 중 영양물질, 살균제, 발아 촉진 물질의 첨가가 쉽고 포장조건에서 맞닿을 수 있는 입묘 저해요인을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 입묘증진에도 유용하다. 따라서 파종과 입묘관리를 생력화시킬 수 있는 펠렛종자의 도입은 절실하며, 펠렛종자를 이용한 파종작업을 생력화 한다면 농촌 노동력 부족 문제 해결에도 이점으로 작용할 것이다.

펠렛종자를 제조하기 위해서는 기본적으로 피복물질과 종자에 피복물질을 부착시키는 접착제가 필요하며, 펠렛 피복물질로 chalk, sawdust, sand, cellite, krilium, bentonite clay, calcium carbonate, diatomaceous earth, zeolite, talc, bauxite, peatmoss 및 vermiculite 등이 광물질과 사용되고 있다. 또한 이들 피복물질의 물리, 화학적 특성에 따라 펠렛종자의 발아력과 종자 품질에도 관여한다.

그러나 종자펠렛 기술이 발달된 선진국에서는 피복물질의 물리적 특성과 화학적 배합비율은 자국의 판매이익과 연관되어 있어 공개를 꺼리고 있다. 설령 이들로부터 펠렛기술을 도입하더라도 로열티를 지불해야 하기 때문에 자체적으로 펠렛 피복물질의 화학적 특성을 구명하는 것이 시급한 실정이다. 하지만 국내의 펠렛종자에 관한 연구는 미국이나 일본의 기술을 탐색하는 초보적인 단계이고, 펠렛 피복물질의 물리, 화학적 특성을 구명한 연구는 일부에 불과하다.

따라서 본 연구는 고품질의 펠렛종자 생산과 관련된 피복물질의 물리, 화학적 특성을 구명함과 아울러 펠렛 피복물질이 발아에 미치는 영향을 모색하기 위해 수행되었다. 이와 함께 국내의 부존자원 가운데 종자 펠렛에 적합한 피복물질을 선별하고자 하였다.

###### 나. 재료 및 방법

###### (1) 펠렛 피복물질의 물리, 화학성

공시된 채소종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(청죽면, 현대종묘), 배추(신통노랑, 현대종묘), 무(미락, 현대종묘) 종자였다. 또한 본 실험에서는 채소종자의 펠렛에 가격이 저렴하고 경제적 가치가 높은 펠렛 피복물질을 탐색하기 위하여 Bentonite (BE), Calcium carbonate

(CC), Diatomaceous earth (DME), Igalite (IG) (IG), Kaolin (KL), Phyrophyllite (PP), Zeolite (ZE) 등의 단일 물질과 이들 물질을 혼합한 (1: 1: v/v)한 BE + CC, BE + DME, BE + DMEB, BE + IG, BE + KL, BE + PP, BE + TC, BE + ZE, CC + DME, CC + DMEB, CC + IG, CC + KL, CC + PP, CC + TC, CC + ZE, DME + DMEB, DME + IG, DME + KL, DME + PP, DME + TC, DME + ZE, DMEB + IG, DMEB + KL, DMEB + PP, DMEB + TC, DMEB + ZE, IG + KL, IG + PP, IG + TC, IG + ZE, KL + PP, KL + TC, KL + ZE, PP + TC, PP + ZE, TA + ZE 등 총 45개의 혼합물질을 사용하였다.

종자펠렛에 사용되는 피복물질의 물리성은 부피, 용적밀도, 보수력, E.C 및 pH를 조사하였다. 부피측정은 100g의 피복물질을 500 ml의 메스실린더에 채워 증가하는 높이를 부피로 계산하였다. 보수력 측정은 100g의 피복물질에 수분을 서서히 가하여 최대함수량의 무게를 천칭하여 아래 공식에 따라 단위건물중으로 보수력을 산출하였다.

$$\text{펠렛 피복재료의 보수력} = \frac{\text{흡수 후의 최대무게} - \text{흡수전의 무게}}{\text{흡수전의 무게}} \times 100$$

펠렛 피복물질의 pH 및 전기전도도 조사는 피복물질과 증류수를 1:5로 희석시켜 1시간 진탕시킨 후 pH meter와 EC meter(VWR Scientific 1054)로 측정하였다. 펠렛종자의 경도 조사는 종자 경도계 (Fujiwara, Japan)를 이용하여 수직으로 압박하여 깨어질때의 압력(g/cm<sup>2</sup>)으로 표시하였다. 펠렛종자의 열개성 조사는 펠렛종자에 수분을 가한 후 펠렛이 열개되는 형태와 열개시간을 조사하였다.

## (2) 펠렛종자 제조공정

펠렛종자의 제조방법은 회전드럼식의 펠렛 제조기(seed processing, holland)에 1kg의 종자를 넣은 후 접착제를 분무하고 이어서 단일 또는 혼합한 피복물질을 소량씩 투입하면서 펠렛팅하였다. 펠렛종자의 제조 과정중 접착제 분무는 펠렛 초기단계에는 PVA(polyvinyl alcohol) 0.5% 수용액을 중간 단계에는 1.0% 수용액을 펠렛 완성단계에는 2.0%(w/v) 수용액을 분무하였다. 펠렛 제조기의 회전속도는 펠렛제조 초기에는 60~70rpm, 중간단계에는 100~150rpm, 펠렛 완성단계에는 400~500rpm으로 조절하였다. 펠렛종자의 완성단계에는 경도를 강화하기 위하여 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다.

## (3) 펠렛피복 물질이 채소종자의 발아율에 미치는 영향

펠렛 단일물질 및 이들 물질을 혼합하여 45종의 펠렛 피복물질을 조성한 후 채소종자를 펠렛제조하여 20℃ 및 25℃에서 발아성을 조사하였다. 발아조사는 펠렛종자를 petridish(9 cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 편 후 100립씩 완전임의배치 3반복으로 암상태의 20±1℃ 및 25±1℃ 항온기에서 발아력을 조사하였다.

발아조사는 종자를 치상하여 12시간 간격으로 18일까지 조사하였고, 발아판정은 유근이 펠렛층을 뚫고 1mm이상 신장한 것으로 하였다. 기타 실험절차는 ISTA(1985) rule에 준해서 실시하였다. 평균 발아소요일수(MDG)는 Hartmann과 Kester (1983)공식을 이용하였고, 최종 발아율의 50%가 발아하

는데 소요되는 일수( $T_{50}$ )는 아래의 공식에 의해 산출하였다.

$$T_{50} = T_i + \frac{(N + 1)/2 - N_i}{(N_j - N_i)} \times (T_j - T_i)$$

N : 발아조사 마감시간까지 발아된 종자수의 합계

$N_i$ : N에 대한 50% 직전까지 발아된 종자수의 합계

$N_j$ : N에 대한 50% 직후에 발아된 종자수의 합계

$T_i$ :  $N_i$  시점까지 소요된 발아기간

$T_j$ :  $N_j$  시점까지 소요된 발아기간

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 펠렛 피복물질의 물리, 화학성

펠렛종자의 물리성은 펠렛종자의 경도 유지에도 중요하며, 기계화 파종과 발아에도 관여하는 요인이다. 펠렛 피복물질 가운데 Igalite( $1.89\text{cm}^3/\text{g}$ )가 용적부피가 가장 높은 피복물질이었고, diatomaceous earth burning(DMEB; 소성 규조토)도  $1.50\text{cm}^3/\text{g}$ 의 부피비를 보여 용적부피가 높은 피복물질이었다(Table 1.1). 펠렛 피복물질의 용적밀도는 펠렛종자의 중량을 결정하는 요인인데, 용적밀도가 낮으면 중량이 가볍고 공극율이 높은 장점이 있다. 본 실험에 사용된 펠렛 피복물질 가운데 용적밀도가 낮은 피복물질은 Igalite와 소성 규조토(diatomaceous earth burning)로  $0.53$  및  $0.67(\text{g}/\text{cm}^3)$  용적밀도를 보였다. 따라서 이들 피복물질로 펠렛된 종자는 산소와 수분투과성이 좋을 것으로 판단되었다.

펠렛 피복물질 중 보수력은 높은 피복물질은 igoalite와 bentonite 였으며, 이들은 각각 107% 및 92%의 보수력을 보였다. 반면 calcium carbonate, kaolin은 보수력이 32% 및 52%에 불과하여 보수력이 낮은 피복물질이었다.

파종된 종자는 자연조건에 따라 건조에서 과습까지 넓은 수분 범위를 가지게 된다. 선진 외국에서는 토양의 수분상태에 따라 보수력이 다른 피복물질로 제조된 펠렛종자를 선택적으로 사용하고 있다. 보수력이 높은 피복물질로 펠렛된 종자는 건조토양에 파종하더라도 피복물질이 주위의 수분을 흡수하여 발아가 가능하고, 이에 따라 입묘율을 향상시킬 수 있다. 따라서 보수력이 높았던 igoalite와 bentonite로 펠렛된 종자는 건조토양에 적합할 것으로 예측되며, 반면 보수력이 낮았던 calcium carbonate와 kaolin으로 펠렛된 종자는 함수율이 높은 토양에서 적합할 것으로 판단된다. 따라서 종자 특성과 파종되는 토양의 수분조건에 따라 이에 맞는 펠렛 피복물질을 선택하는 것이 중요할 것으로 판단되었다.

펠렛 피복물질의 pH는 피복물질의 종류에 따라 4.1~9.8까지 다양하였다. Kaolin과 phyrophyllite는 pH가 각각 5.27과 5.49로 약산성이었고, igoalite는 4.1로 강산성이었다. 반면 Talc는 pH가 9.08, bentonite 8.78, 소성규조토 8.67 및 zeolite는 8.55로 약 알카리성인 피복 물질이었고, 이들과 혼합한 피복물질들도 대체적으로 pH가 높게 나타났다.

피복물질의 전기전도도는 bentonite에서  $2.75\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았고, 다음이 igoalite로



2.35mS · cm<sup>-1</sup> · g<sup>-1</sup>였다. 또한 이들 피복물질들과 혼합한 경우에도 전기전도도가 높게 나타났다. 이에 비해 calcium carbonate, phyrophyllite 및 kaolin 등의 피복물질은 전기전도도가 0.85mS · cm<sup>-1</sup> · g<sup>-1</sup> 이하로 낮았으며, 그중 calcium carbonate 에서 전기전도도가 0.55mS · cm<sup>-1</sup> · g<sup>-1</sup>로 가장 낮았다. 따라서 펠렛 피복물질의 물리성 가운데 강 알카리와 강산성 및 전기전도도가 높은 피복물질로 펠렛된 종자는 발아가 억제될 것으로 추측되었다.

펠렛 피복물질의 입자 크기는 펠렛 형성에 중요한데, 입자가 적은 피복물질로 펠렛하면 경도는 강해지나 입자가 큰 것에 비해 기공성은 낮아진다. 따라서 펠렛종자가 실용화되기 위해서는 펠렛형성이 쉽고 다공성을 지니면서 발아를 억제하지 않는 펠렛 피복물질이 선발되어야 한다.

산업화되고 있는 펠렛종자들이 무처리 종자에 비해 발아가 지연되는데, 그 원인은 종자를 피복하고 있는 펠렛층이 산소와 수분공급을 저해하는 것으로 해석되고 있다. 따라서 펠렛종자의 발아를 촉진시키기 위해서는 입자가 큰 피복물질로 펠렛제조 하는 것이 좋지만 펠렛공정이 어렵고, 경도가 낮아져 운송이나 기계화 파종 중에 펠렛층이 균열되는 단점이 있다.

Bentonite를 비롯한 45개 조합의 펠렛 피복물질을 사용하여 펠렛종자 생산에 펠렛형성 정도, 펠렛 후 종자경도, 발아를 위해 수분흡수 후 펠렛층이 열개형태를 조사한 결과는 Table 1.2에서 보는 바와 같다. 펠렛종자를 제조하는 목적이 파종의 기계화에 있으므로 펠렛종자의 형태는 둥글고 표면은 매끄러운 것이 좋다.

펠렛 형성정도는 피복물질에 큰 차이를 보였는데, 대체적으로 규조토(Diatomaceous earth, DME), 소성규조토(Diatomaceous earth burning, DMEB), kaolin, talc 및 zeolite 등에서 펠렛형성 정도가 좋았다. 반면 bentonite, calcium carbonate, phyrophyllite 등은 펠렛형성 정도가 좋지 않은 피복물질이었고, 이들 물질과 혼합한 피복물질도 펠렛 형성이 좋지 않았다.

펠렛종자는 일정한 경도가 있어야만 실용화가 가능하며, 쉽게 부서지는 펠렛종자는 취급과 기계파종에 문제될 수 있다. 펠렛종자의 경도는 펠렛 피복물질의 종류와 접착제 농도에 의해 결정된다. 본 실험에서는 bentonite로 펠렛된 종자에서 경도가 1,048g로 가장 높았고, 이를 다른 피복물질과 혼합한 경우에도 펠렛종자의 경도가 증가하였다. 규조토와 소성규조토로 펠렛제조된 종자는 365g의 경도를 보였다. 그러나 calcium carbonate를 피복물질 사용하여 펠렛하면 경도가 낮아졌다. 이는 곧 기계화 파종할 때 펠렛종자가 쉽게 부서진다는 것을 의미한다. 따라서 calcium carbonate는 단독으로 펠렛제조하기 보다는 다른 피복물질과의 혼합하여 사용하면 좋을 것으로 판단되었다.

종자펠렛 전문업체인 일본 스미도모사에서 규정하고 있는 펠렛종자의 경도는 SS형과 S형은 200~300g, L형은 300~500g, LL형은 400~600g, LLL형은 400~600g일 때 발아에 장애를 주지 않으면서 기계파종에 적합하다고 알려져 있다. 배추종자를 대상으로 본 실험을 실시한 결과 S형에 속하는 배추는 200~300g 정도의 경도를 유지해야 하는데, 본 실험에서는 펠렛 피복물질에 따라 약간의 차이는 있으나, 경도가 대체적으로 이 범위에 포함되었다.

Table 1.1. Volumes, bulk densities, water holding capacities, conductivity and pH by the same weight of particulate matters tested for seed pelleting.

Pelleting particulate matter	Volume (cm <sup>3</sup> /g)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Water holding capacity (% dw basis)	Conductivity (mS·cm <sup>-1</sup> ·g <sup>-1</sup> )	pH (1:5)
Bentonite (BE)	1.08	0.93	92	2.75	8.78
Calcium carbonate (CC)	0.84	1.19	32	0.55	8.47
Diatomaceous earth (DME)	1.30	0.77	67	1.25	7.96
Diatomaceous earth burning (DMEB)	1.50	0.67	87	2.35	8.67
Igalite (IG)	1.89	0.53	107	1.25	4.09
Kaolin (KL)	1.36	0.74	52	0.85	5.27
Phyrophyllite (PP)	1.23	0.81	63	0.75	5.49
Talc(TC)	1.16	0.86	56	1.00	9.08
Zeolite (ZE)	1.28	0.78	61	0.85	8.55
BE + CC	1.10	0.91	60	1.65	9.66
BE + DME	1.50	0.67	86	2.45	8.62
BE + DMEB	1.24	0.81	85	2.75	9.09
BE + IG	1.55	0.65	101	2.15	6.95
BE + KL	1.15	0.87	82	2.40	8.33
BE + PP	1.08	0.93	76	2.65	8.77
BE + TC	1.12	0.89	74	2.60	9.49
BE + ZE	1.18	0.85	68	2.90	9.10
CC + DME	1.06	0.94	47	1.15	8.35
CC + DMEB	1.22	0.82	68	1.30	9.02
CC + IG	1.40	0.71	69	2.35	7.66
CC + KL	1.08	0.93	41	1.25	8.10
CC + PP	0.98	1.02	44	0.90	8.37
CC + TC	1.05	0.95	45	0.70	9.27
CC + ZE	1.00	1.00	48	2.40	9.73
DME + DMEB	1.37	0.73	72	1.80	8.36
DME + IG	1.58	0.63	83	1.55	6.60
DME + KL	1.38	0.73	64	1.35	7.42
DME + PP	1.25	0.80	67	1.15	7.54
DME + TC	1.24	0.81	63	1.20	8.74
DME + ZE	1.20	0.83	70	1.85	8.72
DMEB + IG	1.75	0.57	106	2.00	5.41
DMEB + KL	1.47	0.68	69	1.70	7.33
DMEB + PP	1.29	0.77	69	1.60	7.69
DMEB +TC	1.32	0.76	65	1.20	9.02
DMEB + ZE	1.36	0.74	74	1.45	9.04
IG + KL	1.56	0.64	82	0.80	4.39
IG + PP	1.54	0.65	95	0.85	4.42
IG + TC	1.44	0.69	91	1.35	7.33
IG + ZE	1.68	0.60	76	1.00	6.67
KL + PP	1.25	0.80	54	0.55	5.15
KL + TC	1.26	0.79	46	0.95	8.37
KL + ZE	1.25	0.80	48	0.90	7.88
PP + TC	1.29	0.78	59	0.90	8.81
PP + ZE	1.18	0.85	52	0.85	8.23
TA + ZE	1.18	0.85	54	1.60	9.78

Table 1.2. The granulation capacity, hardness, and dissolving type of Chinese cabbage seeds pelleted with various of particulate matters.

Pelleting particulate matter	Granulation capacity <sup>z</sup>	Hardness <sup>y</sup> (g)	Dissolving type
Bentonite (BE)	+	1,048	Swell
Calcium carbonate (CC)	+	98	Melt
Diatomaceous earth (DME)	++	365	Split
Diatomaceous earth burning (DMEB)	++	372	Split
Igalite (IG)	+	324	Split
Kaolin (KL)	++	116	Swell
Phyrophyllite (PP)	+	235	Split
Talc(TC)	++	276	Split
Zeolite (ZE)	++	345	Split
BE + CC	+	347	Swell
BE + DME	+	786	Swell
BE + DMEB	++	834	Swell
BE + IG	+	667	Swell
BE + KL	++	612	Swell
BE + PP	+	523	Swell
BE + TC	++	576	Swell
BE + ZE	++	823	Swell
CC + DME	++	156	Split +Melt
CC + DMEB	++	167	Split +Melt
CC + IG	+	132	Split +Melt
CC + KL	+	119	Melt
CC + PP	+	142	Split +Melt
CC + TC	++	128	Split +Melt
CC + ZE	++	208	Split +Melt
DME + DMEB	++	363	Split
DME + IG	++	334	Split
DME + KL	++	298	Swell + Split
DME + PP	+	267	Split
DME + TC	++	286	Split
DME + ZE	++	304	Split
DMEB + IG	++	245	Split
DMEB + KL	++	227	Swell + Split
DMEB + PP	+	256	Split
DMEB +TC	++	267	Split
DMEB + ZE	++	312	Split
IG + KL	+	256	Split
IG + PP	+	246	Split
IG + TC	++	248	Split
IG + ZE	+	239	Split
KL + PP	+	318	Swell + Split
KL + TC	++	204	Swell + Split
KL + ZE	++	197	Swell + Split
PP + TC	+	208	Split
PP + ZE	+	228	Split
TA + ZE	++	249	Split

<sup>z</sup> + good, ++ very good

<sup>y</sup> Hardness is the force(g) required to crushed pelleted seed

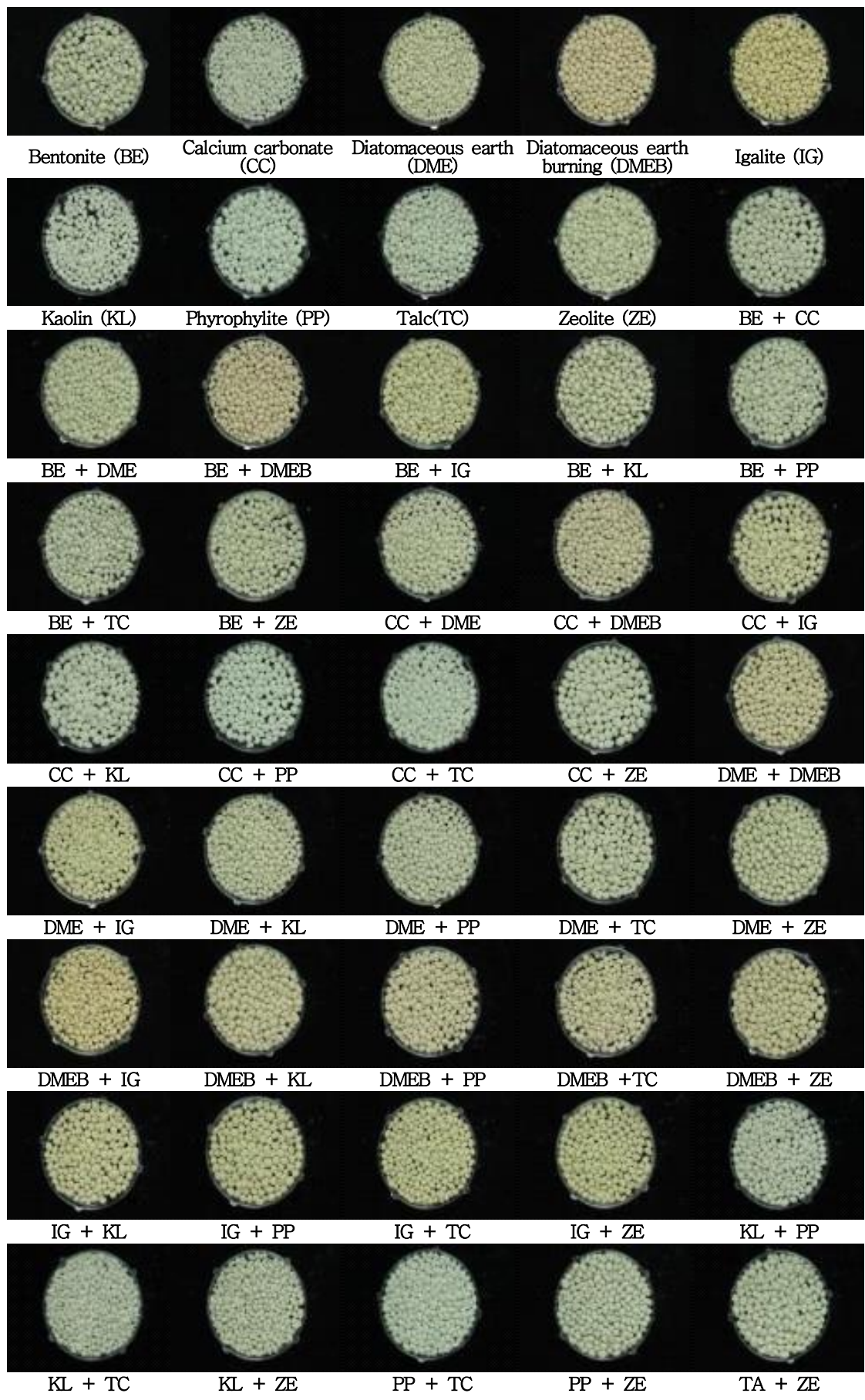


Fig. 1.1. Appearance of pelleted lettuce seed with various pelleting particulate matters.

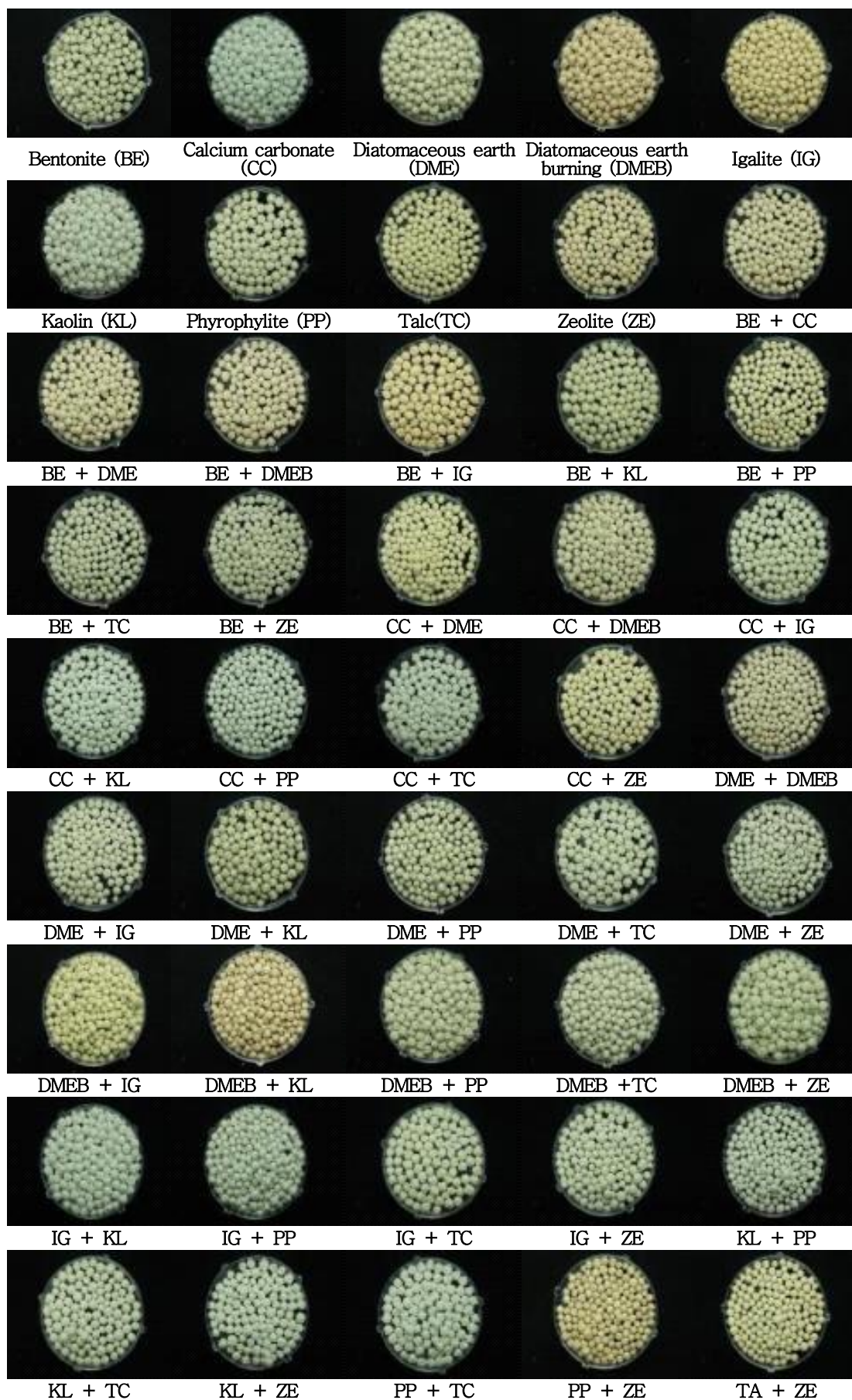


Fig. 1.2. Appearance of pelleted Chinese cabbage lettuce seed with various pelleting particulate matters.

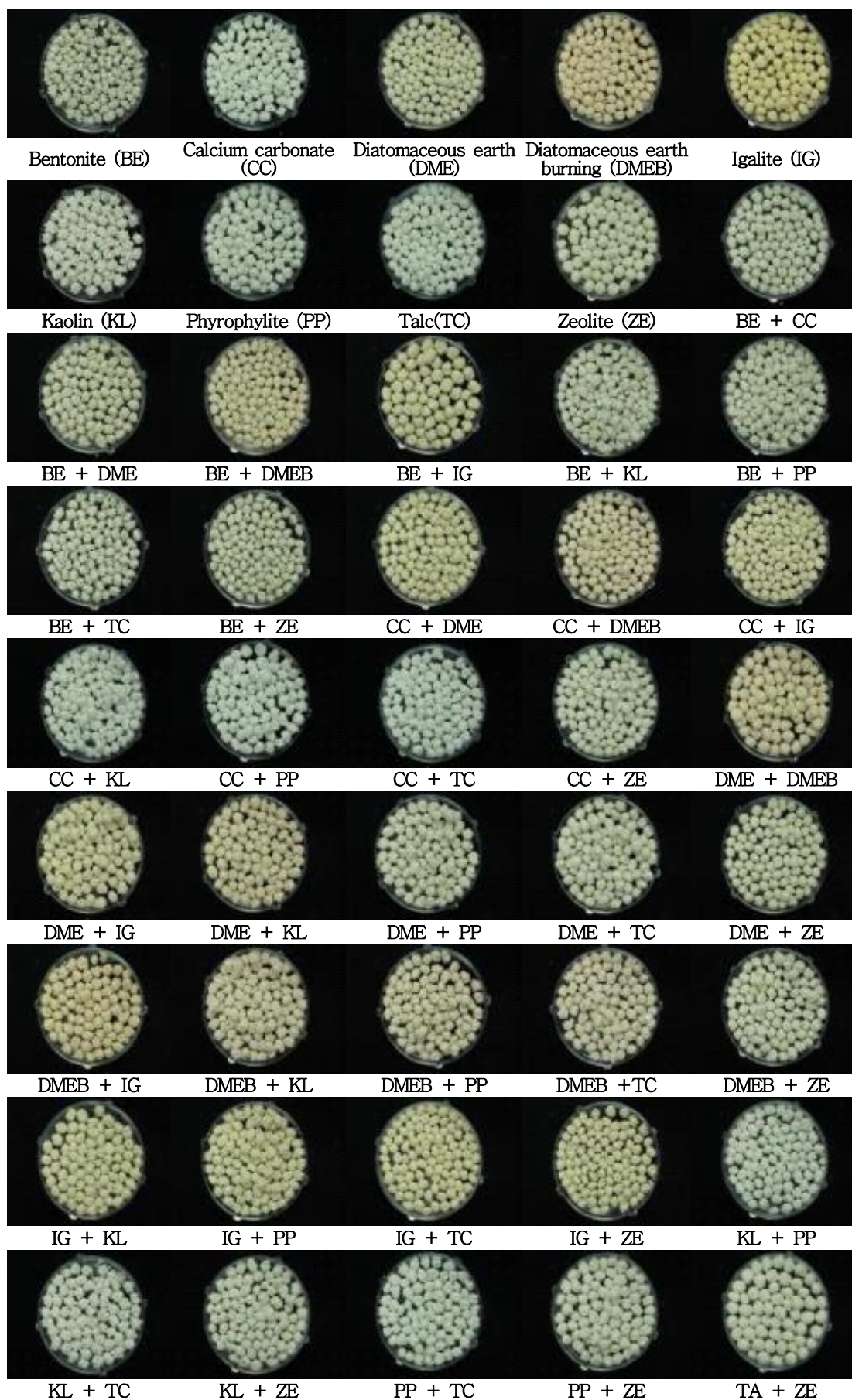


Fig. 1.3. Appearance of pelleted radish seed with various pelleting particulate matters.

과중된 펠렛종자가 발아측면에서 볼 때 수분을 흡수한 후 빨리 펠렛층이 분해되는 것이 좋다. 종자 수분을 흡수한 후 펠렛층이 분해되는 형태는 펠렛 피복물질의 종류에 따라 다양하였다. 펠렛층이 중앙부분이 갈라지면서 열개되는 피복물질은 규조토와 소성규조토, iginalite, phyrophyllite, talc, zeolite 등 이었다. 펠렛층이 물에 용해되면서 분해하는 용해형은 calcium carbonate 였다. 반면 bentonite는 펠렛종자가 수분을 흡수하면 부피가 증가하는 팽창형이었다.

Kaolin도 팽창형이었으나 bentonite 보다는 팽창되는 정도가 낮았다. 열개 용해형은 calcium carbonate(CC) + diatomaceous earth(DME), calcium carbonate(CC) + diatomaceous earth burning (DMEB), calcium carbonate(CC) + iginalite, calcium carbonate(CC) + phyrophyllite(PP), calcium carbonate(CC) + zeonite(ZE) 였다. 팽창열개형은 diatomaceous earth(DME) + kaolin(KL), diatomaceous earth burning (DMEB) + kaolin(KL), kaolin(KL) + phyrophyllite(PP), kaolin(KL) + talc(TC), kaolin(KL) + zeolite(ZE)등의 피복물질 이었다. 열개형은 종자가 수분을 흡수하면서 팽압에 의하여 펠렛층이 열개되는데, 이러한 형태는 낮은 수분 조건하에서도 펠렛층이 쉽게 열개되는 이점이 있다. 반면 용해형은 펠렛층이 용해되기 위해서는 열개정보다 수분요구도가 높아 토양함수율이 높은 곳에 과중하면 좋을 것으로 예측되었다.

Fig. 1.1~1.3은 상추, 배추, 무 등 채소종자에 여러 가지 피복물질로 펠렛팅하여 외부형태를 나타낸 것이다. 펠렛종자의 색깔은 기계과중에 중요한 의미가 있는데, 이는 토양색깔과 구별되어 과중위치를 정확하게 진단할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 피복물질 중 talc, calcium carbonate, zeolite, phyrophyllite, kaolin, talc 및 kaolin은 회백색을 띤 피복물질이었고, bentonite는 회갈색 이었다. 이에 비해 diatomaceous earth(DME) 및 iginalite는 옅은 노란색, diatomaceous earth burning (DMEB) 황토색을 띠었다.

규조토와 소성 규조토, kaoline 등의 피복물질을 사용하여 제조한 펠렛종자들은 대체적으로 펠렛층의 외부표면이 부드럽게 매끈하였다. 특히 kaolin은 단독으로 사용했을 경우 외부표면은 매끈하고 좋으나, 집착제 함수율이 높아 구형에 가까운 펠렛형태가 되지 못하는 어려움이 있었다. 따라서 kaolin를 펠렛제조외 피복물질로 사용할 때는 단독보다는 다른 물질과의 혼합하여 사용하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. Talc는 미세입자로 종자에 부착성이 좋았고 펠렛형성 능력도 우수하였으나, 다른 피복물질들에 비해 무게가 증가되는 경향이었고, 펠렛제조 후 표면의 매끈함 정도는 kaolin에 비해 낮았다.

Table 1.3. Effect of pellet particulate matters on percent germination and T<sub>50</sub> of pepper seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
Bentonite (BE)	91.2	8.63	92.2	7.43
Calcium carbonate (CC)	92.4	6.53	93.2	6.52
Diatomaceous earth (DME)	96.2	6.24	97.2	5.23
Diatomaceous earth burning (DMEB)	95.4	6.34	96.4	5.31
Igalite (IG)	93.4	6.72	94.8	5.62
Kaolin (KL)	93.8	6.43	94.4	6.23
Phyrophyllite (PP)	93.6	6.73	92.2	6.33
Talc(TC)	94.6	6.64	96.8	6.12
Zeolite (ZE)	94.2	6.78	96.6	6.34
BE + CC	90.2	8.12	92.6	8.12
BE + DME	92.6	8.04	94.2	7.23
BE + DMEB	93.2	8.23	92.8	7.42
BE + IG	91.8	8.32	92.2	7.18
BE + KL	92.8	8.54	93.8	7.22
BE + PP	90.8	8.39	92.4	7.42
BE + TC	91.8	6.98	94.6	7.08
BE + ZE	93.6	7.65	94.2	6.83
CC + DME	93.6	7.12	95.6	6.25
CC + DMEB	91.2	6.98	94.2	6.32
CC + IG	92.2	6.78	93.4	6.41
CC + KL	93.2	6.43	94.6	6.43
CC + PP	90.4	6.62	89.4	6.12
CC + TC	92.4	6.83	94.4	6.28
CC + ZE	92.8	6.24	93.6	5.98
DME + DMEB	94.2	6.23	96.2	5.34
DME + IG	94.0	6.43	93.0	5.52
DME + KL	93.8	6.67	94.2	5.53
DME + PP	92.8	6.84	93.4	5.78
DME + TC	95.4	6.53	96.6	5.43
DME + ZE	96.6	6.41	95.8	5.61
DMEB + IG	95.4	6.39	94.4	5.47
DMEB + KL	95.8	6.64	96.2	5.59
DMEB + PP	94.2	6.72	95.8	5.62
DMEB +TC	94.6	6.55	95.6	5.49
DMEB + ZE	94.2	6.31	95.8	5.39
IG + KL	94.2	7.32	95.4	6.63
IG + PP	93.8	6.96	92.8	5.78
IG + TC	92.6	7.29	90.6	6.19
IG + ZE	93.4	7.93	92.6	6.85
KL + PP	94.2	7.32	96.2	6.53
KL + TC	93.6	7.12	94.8	6.36
KL + ZE	95.2	6.86	96.2	6.12
PP + TC	92.8	7.42	93.8	6.78
PP + ZE	93.2	7.32	94.6	6.32
TA + ZE	94.6	6.34	95.2	5.64
Untreated	98.6	5.74	97.6	4.46
LSD(0.05)	1.4	0.20	1.3	0.19

Seeds were dark-germinated at 20°C and dark-germinated at 25°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.



Table 1.4. Effect of pellet particulate matters on percent germination and T<sub>50</sub> of tomato seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
Bentonite (BE)	82.4	7.12	84.0	6.16
Calcium carbonate (CC)	82.2	6.12	84.0	4.89
Diatomaceous earth (DME)	85.2	5.43	86.2	4.23
Diatomaceous earth burning (DMEB)	86.8	5.39	85.6	4.17
Igalite (IG)	93.4	6.42	92.8	5.34
Kaolin (KL)	82.6	5.89	84.4	5.17
Phyrophyllite (PP)	81.6	5.78	83.4	5.08
Talc(TC)	83.2	5.65	84.2	5.13
Zeolite (ZE)	82.6	5.49	85.6	4.89
BE + CC	80.4	6.78	81.8	5.33
BE + DME	81.4	6.43	82.4	5.65
BE + DMEB	83.3	6.54	84.4	5.48
BE + IG	82.6	6.72	83.2	5.43
BE + KL	80.8	6.90	82.8	5.67
BE + PP	78.6	7.12	81.4	5.61
BE + TC	80.6	7.02	82.6	5.86
BE + ZE	81.4	6.68	82.2	6.01
CC + DME	82.6	6.59	80.4	5.63
CC + DMEB	81.6	6.45	83.2	5.76
CC + IG	80.2	6.38	82.8	5.74
CC + KL	83.4	6.63	82.2	5.47
CC + PP	80.8	6.42	84.2	5.73
CC + TC	80.4	6.33	82.4	5.88
CC + ZE	82.4	6.64	85.6	5.52
DME + DMEB	82.6	5.51	84.2	4.22
DME + IG	83.2	5.83	84.8	4.78
DME + KL	81.8	5.90	82.4	4.64
DME + PP	81.4	6.12	83.4	4.45
DME + TC	84.2	5.80	85.0	4.32
DME + ZE	83.6	5.92	85.2	4.53
DMEB + IG	86.4	6.12	87.6	4.32
DMEB + KL	83.8	6.23	86.2	4.52
DMEB + PP	83.2	6.12	85.4	4.53
DMEB + TC	84.2	5.88	86.8	4.76
DMEB + ZE	83.6	5.82	84.6	4.66
IG + KL	83.2	7.02	84.4	6.30
IG + PP	84.8	6.23	86.6	5.80
IG + TC	83.6	6.89	84.2	5.93
IG + ZE	83.4	7.04	85.6	6.14
KL + PP	82.9	6.54	84.4	5.88
KL + TC	81.6	6.85	82.4	5.64
KL + ZE	82.2	6.12	84.6	5.97
PP + TC	83.8	6.62	82.2	5.72
PP + ZE	83.7	7.02	85.8	6.12
TA + ZE	84.5	5.84	86.4	5.23
Untreated	85.2	4.36	86.4	3.61
LSD(0.05)	1.5	0.20	1.4	0.20

Seeds were dark-germinated at 20°C and dark-germinated at 25°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.

Table 1.5. Effect of pellet particulate matters on percent germination and T<sub>50</sub> of lettuce seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
Bentonite (BE)	94.4	3.32	95.3	3.21
Calcium carbonate (CC)	98.2	2.52	96.4	2.43
Diatomaceous earth (DME)	98.2	1.75	97.5	1.68
Diatomaceous earth burning (DMEB)	99.4	1.87	98.6	1.65
Igalite (IG)	98.4	2.52	97.6	2.32
Kaolin (KL)	98.6	2.35	96.6	2.37
Phyrophyllite (PP)	96.4	2.54	97.4	2.43
Talc(TC)	96.2	2.49	97.6	2.38
Zeolite (ZE)	97.6	2.39	98.6	2.21
BE + CC	94.4	3.12	96.4	2.78
BE + DME	96.6	3.09	97.2	2.88
BE + DMEB	95.4	3.13	96.4	2.82
BE + IG	94.6	3.22	93.2	2.91
BE + KL	94.8	3.12	95.4	2.67
BE + PP	96.6	2.89	97.2	2.74
BE + TC	96.6	2.91	95.4	2.45
BE + ZE	96.4	3.04	97.2	2.34
CC + DME	94.2	3.13	96.2	2.28
CC + DMEB	96.4	2.98	97.5	2.20
CC + IG	94.2	2.87	95.6	2.36
CC + KL	95.4	2.96	96.2	2.43
CC + PP	94.8	3.02	95.5	2.27
CC + TC	93.4	2.89	95.6	2.42
CC + ZE	96.4	3.01	97.2	2.29
DME + DMEB	98.6	1.81	98.6	1.78
DME + IG	96.2	1.95	98.4	1.92
DME + KL	97.8	2.13	98.4	1.89
DME + PP	96.6	2.21	97.2	2.22
DME + TC	96.6	2.17	97.2	2.01
DME + ZE	96.8	2.32	97.4	1.98
DMEB + IG	96.2	2.42	95.8	2.12
DMEB + KL	95.8	2.18	97.4	2.05
DMEB + PP	94.2	2.12	97.9	2.16
DMEB + TC	94.8	2.23	96.3	2.19
DMEB + ZE	96.6	2.09	97.2	2.08
IG + KL	93.2	2.33	96.8	2.12
IG + PP	94.4	2.43	95.2	2.19
IG + TC	94.6	2.33	95.6	2.34
IG + ZE	93.3	2.48	94.2	2.38
KL + PP	93.8	2.56	94.2	2.32
KL + TC	92.6	2.38	94.2	2.29
KL + ZE	94.6	2.23	95.5	2.31
PP + TC	93.6	2.37	94.2	2.44
PP + ZE	93.8	2.43	94.4	2.19
TA + ZE	94.8	2.56	95.2	2.27
Untreated	99.0	1.43	98.6	1.38
LSD(0.05)	1.6	0.20	1.4	0.21

Seeds were dark-germinated at 20°C and dark-germinated at 25°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.

Table 1.6. Effect of pellet particulate matters on percent germination and T<sub>50</sub> of Chinese cabbage seeds.

Particulate matter	20 °C		25 °C	
	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
Bentonite (BE)	96.8	3.45	98.4	3.04
Calcium carbonate (CC)	98.2	2.87	98.8	2.52
Diatomaceous earth (DME)	99.0	1.87	99.6	1.78
Diatomaceous earth burning (DMEB)	99.6	1.93	99.2	1.69
Igalite (IG)	99.4	2.73	98.6	2.49
Kaolin (KL)	99.4	2.54	99.3	2.61
Phyrophyllite (PP)	98.0	2.65	99.0	2.72
Talc(TC)	98.2	2.65	99.2	2.48
Zeolite (ZE)	99.6	2.59	99.6	2.39
BE + CC	99.0	3.43	98.2	2.90
BE + DME	98.0	3.23	97.6	2.92
BE + DMEB	98.4	3.38	99.4	3.01
BE + IG	98.6	3.43	98.2	3.11
BE + KL	99.0	3.38	98.8	2.77
BE + PP	99.0	3.12	98.6	2.84
BE + TC	99.0	3.21	98.2	2.56
BE + ZE	99.4	3.23	97.8	2.53
CC + DME	99.2	3.16	98.2	2.43
CC + DMEB	99.0	3.18	98.6	2.52
CC + IG	99.0	3.12	98.4	2.56
CC + KL	98.0	3.07	98.4	2.59
CC + PP	98.0	3.11	97.4	2.62
CC + TC	98.6	2.78	98.6	2.36
CC + ZE	99.0	3.01	98.2	2.43
DME + DMEB	100.0	1.97	98.6	1.96
DME + IG	98.0	2.04	98.6	2.03
DME + KL	99.0	2.22	97.8	1.98
DME + PP	99.2	2.43	98.0	2.34
DME + TC	99.4	2.32	98.6	2.19
DME + ZE	99.0	2.43	98.0	2.19
DMEB + IG	99.4	2.54	99.0	2.32
DMEB + KL	99.0	2.34	99.0	2.11
DMEB + PP	99.0	2.39	98.6	2.32
DMEB +TC	99.8	2.43	97.8	2.43
DMEB + ZE	99.4	2.34	98.4	2.24
IG + KL	98.4	2.47	97.8	2.38
IG + PP	98.6	2.53	98.0	2.31
IG + TC	97.8	2.67	98.2	2.46
IG + ZE	99.0	2.67	98.6	2.43
KL + PP	98.7	2.65	99.0	2.49
KL + TC	98.4	2.65	98.6	2.43
KL + ZE	99.6	2.58	98.4	2.43
PP + TC	98.7	2.52	98.2	2.54
PP + ZE	98.6	2.59	97.8	2.32
TA + ZE	98.4	2.72	99.0	2.32
Untreated	100.0	0.96	100.0	0.81
LSD(0.05)	1.6	0.20	1.5	0.21

Seeds were dark-germinated at 20 °C and dark-germinated at 25 °C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.

Table 1.7. Effect of pellet particulate matters on percent germination and T<sub>50</sub> of radish seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
Bentonite (BE)	88.4	2.97	87.6	2.89
Calcium carbonate (CC)	90.8	2.32	93.4	2.16
Diatomaceous earth (DME)	94.0	1.63	94.2	1.56
Diatomaceous earth burning (DMEB)	95.6	1.72	93.8	1.58
Igalite (IG)	91.6	2.23	92.6	1.90
Kaolin (KL)	93.4	2.32	94.6	2.14
Phyrophyllite (PP)	92.2	2.42	94.8	2.23
Talc(TC)	91.4	2.53	93.4	2.24
Zeolite (ZE)	94.6	2.65	93.6	2.44
BE + CC	91.0	2.66	92.4	2.73
BE + DME	88.2	2.67	91.4	2.57
BE + DMEB	92.4	2.71	92.8	2.69
BE + IG	87.8	2.81	91.8	2.79
BE + KL	93.2	2.63	92.6	2.51
BE + PP	86.6	2.73	92.6	2.63
BE + TC	91.4	2.54	90.8	2.44
BE + ZE	91.4	2.45	92.6	2.39
CC + DME	92.5	2.51	93.2	2.49
CC + DMEB	92.2	2.58	93.4	2.52
CC + IG	93.0	2.61	92.8	2.52
CC + KL	91.2	2.71	92.2	2.64
CC + PP	91.4	2.68	90.5	2.56
CC + TC	93.6	2.54	94.2	2.48
CC + ZE	92.0	2.45	93.2	2.37
DME + DMEB	95.4	1.73	94.8	1.61
DME + IG	93.2	1.81	93.2	1.78
DME + KL	94.6	1.91	94.2	1.83
DME + PP	95.2	2.05	93.8	1.93
DME + TC	95.4	1.98	94.4	1.86
DME + ZE	94.0	2.07	93.6	1.98
DMEB + IG	93.4	2.11	92.8	2.04
DMEB + KL	93.6	2.23	92.4	2.12
DMEB + PP	93.6	1.98	92.5	1.86
DMEB +TC	93.3	1.88	94.4	1.80
DMEB + ZE	94.6	1.93	93.8	1.87
IG + KL	93.4	2.43	92.4	2.37
IG + PP	92.6	2.61	91.6	2.53
IG + TC	89.8	2.54	87.8	2.36
IG + ZE	87.4	2.64	91.4	2.54
KL + PP	92.4	2.88	90.4	2.72
KL + TC	92.4	2.48	93.4	2.38
KL + ZE	91.8	2.51	90.8	2.34
PP + TC	92.4	2.53	93.6	2.48
PP + ZE	93.4	2.51	92.8	2.61
TA + ZE	93.4	2.68	92.7	2.62
Untreated	96.8	0.91	96.2	0.78
LSD(0.05)	1.4	0.19	1.5	0.18

Seeds were dark-germinated at 20°C and dark-germinated at 25°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.

### (3) 펠렛피복 물질이 채소종자의 발아율에 미치는 영향

펠렛 종자생산에 사용되는 피복물질의 종류에 따라 외형이 불량하여 상품성이 없는 펠렛종자가 생산될 수 있다. 또한 외형이 우수하더라도 발아를 저해하는 물질이 있으면 실용성이 없을 것이다. 펠렛종자의 생산과정은 접착제를 분사하여 펠렛 피복물질이 종피에 연속적으로 덧씌워져 펠렛층이 형성되면서 펠렛종자가 완성된다. 지금까지 널리 사용된 펠렛 피복물질로는 여러 가지 광물질들이 주로 이용되어 왔다. 그러나 이들 물질보다도 더 우수한 피복물질이 탐색된다면 고품질의 펠렛종자 생산에 활용 될 수 있을 것이다.

아울러 펠렛종자가 실용화되기 위해서는 발아에 장애를 주지 않고 외형이 우수한 피복물질을 탐색이 우선되어야 한다. 이러한 목적으로 펠렛 단일 피복물질 및 이들 피복물질을 혼합하여 45종의 펠렛 피복물질을 조성한 후 고추, 토마토, 상추, 배추, 무 종자를 대상으로 펠렛종자를 제조하여 20℃ 및 25℃에서 발아성을 조사한 결과는 Table 1.3~1.7에서 보는 바와 같다.

펠렛조제 않은 무처리 고추종자의 발아율은 20℃에서 98.6%, 25℃에서는 97.6% 였다. 전반적으로 고추종자를 펠렛제조하면 발아율이 무처리 종자보다는 1~8% 정도 낮았다. 또한 피복물질의 종류에 따라 발아율과 발아속도에도 큰 차이가 있었다. 펠렛하지 않은 무처리 종자의 발아율이 98%인 점을 감안한다면 펠렛제조에 사용되는 피복물질들이 발아성에 관련하였다.

고추에서 펠렛제조에 사용되는 피복물질 중 95% 이상의 높은 발아율을 보인 펠렛 피복물질은 diatomaceous earth(DME), diatomaceous earth burning (DMEB), diatomaceous earth(DME) + zeolite(ZE) 혼합물질, diatomaceous earth(DME) + talc(TC) 혼합물질, diatomaceous earth burning (DMEB) + kaolin(KL)등의 혼합물질 이었다.

종자펠렛에 사용되는 피복물질의 종류에 따라 발아속도가 차이가 있었고, 펠렛제조된 종자는 전반적으로 발아가 약간 지연되는 경향을 보였다. 무처리 종자는 최종발아율에 대해 50% 발아하는데 소요되는 일수 즉  $T_{50}$ 은 20℃에서는 5.74일, 25℃에서는 4.46일 이었다. 반면 펠렛 종자들은 무처리 종자에 비해  $T_{50}$ 이 0.5~2.89일 지연되었다. 특히 bentonite 에서는 발아속도의 지연현상이 현저하여 무처리에 비해  $T_{50}$ 이 2.89일 늦었다. 뿐만 아니라 bentonite와 혼합한 피복물질로 펠렛한 종자들은 대체적으로 발아율이 다른 피복물질에 비해 낮았고, 발아지연 정도가 두렷하였다.

반면 diatomaceous earth(DME), diatomaceous earth burning (DMEB) 등의 피복물질로 펠렛한 종자는 다른 피복물질에 비해 발아율은 높았고, 발아지연 현상은 낮았다.

토마토(Table 1.4), 상추(Table 1.5), 배추(Table 1.6), 무(Table 1.7)에서도 전반적인 경향은 고추와 유사하였다. 모든 작물에서 펠렛조제된 종자는 나종자에 비해 발아속도가 지연되었다.

이상과 같이 45종의 펠렛 피복물질로 채소종자를 펠렛제조 한 후 피복물질이 발아에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 diatomaceous earth(DME)와 diatomaceous earth burning (DMEB)의 피복물질에서 높은 발아율을 보여 채소종자의 펠렛제조의 우수한 피복물질로 평가되었다(Table 1.3~1.7). 반면 bentonite는 발아지연 현상도 뚜렷하였는데, 그 원인은 피복물질의 높은 전기전도도 및 pH에 기인된 것으로 해석된다.

## 2. 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별

### 가. 연구목적

펠렛 종자 생산공정은 접착제(binder, polymer)를 종자 표면에 분사하여 펠렛물질을 종피에 지속적으로 부착시키면서 완성된다. 펠렛종자 제조에 사용되는 피복물질은 어느 정도의 응집능력이 있기 때문에 펠렛제조기의 드럼내에서 회전시키면 응집화 될 수 있으나, 결합성을 강화시키기 위해서는 접착제가 필요하다. 접착제 없이 펠렛제조된 종자는 깨어지거나 부서지기 쉽다.

접착제의 역할은 종자와 피복물질간의 결합도 중요하지만 종자 발아에 장애를 주어서는 안 된다. 종자 펠렛에 사용되는 접착제의 선택은 수분용해도, 과일에 견딜 수 있는 일정한 경도, 기질 친화성 및 응집정도를 고려하여 선택해야 한다. 또한 가격이 저렴하고 발아에 장애를 주지 않으면서 결합능력이 우수한 접착제를 선별은 고품질 펠렛종자 생산의 선결요건이다.

본 연구는 종자펠렛 제조에 적합한 접착제를 선별하기 위해 펠렛 접착제의 종류와 농도가 채소 종자의 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 접착제 종류 및 농도가 발아율에 미치는 영향

공시된 채소종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(청축면, 현대종묘), 배추(신통노랑, 현대종묘), 무(미락, 현대종묘) 종자였다. 본 실험에서는 채소종자의 펠렛제조에 이용될 수 있는 가격이 저렴하고, 경제적 가치가 높은 접착제를 탐색하고자 하였다.

이를 위해 종자펠렛에 사용되는 접착제의 종류 및 농도가 발아에 미치는 영향을 조사하기 위하여 나중자를 치상한 후 arabic gum, carboxymethyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, methyl cellulose, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone, sodium silicate solution를 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 농도로 조성한 용액을 5mL 공급하여 20℃와 25℃에서 발아력을 조사하였다. 대조구는 접착제 대신에 증류수를 5ml 공급하였다.

#### (2) Polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량에 따른 펠렛종자의 물리성 및 발아성에 미치는 영향

종자 펠렛제조에 polyvinyl alcohol(PVA)이 최적 접착제로 구명되었으나 다양한 분자량의 polyvinyl alcohol(PVA)이 시판되고 있다. 따라서 펠렛제조 과정중 polyvinyl alcohol(PVA) 접착제를 사용하여 분자량에 따른 펠렛용이성, 펠렛종자의 경도, 수분흡수한 후 펠렛층의 분해성 및 발아력에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

실험에 공시된 종자는 상추(청축면, 현대종묘), 배추(신통노랑, 현대종묘), 무(미락, 현대종묘) 종자였다. Polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량은 각각 500, 1500, 및 3000 이었고, 이들 처리농도는 1% 였다. 펠렛제조를 위한 피복 물질로는 diatomaceous earth(DME)를 사용하였다. 펠렛종자의 발아율은 20℃에서 조사하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 접착제 종류 및 농도가 발아율에 미치는 영향

펠렛종자가 산업화되기 위해서는 가격이 저렴하고 환경 친화적이면서 발아에 장애를 주지 않는 접착제가 선별되어야 한다. Table 1.8~1.12는 8종의 접착제에서 처리농도를 달리 조성한 용액을 발아배지에 공급하여 20℃와 25℃에서 발아력을 조사하여 종자펠렛용 접착제를 선별하고자 하였다. 20℃에서 고추종자의 발아율은 접착제 종류 및 처리농도의 단독요인 및 이들 요인상호간에 유의성이 인정되었으나, 25℃에서는 접착제 종류 및 처리농도의 단독요인 및 요인상호간의 유의성은 인정되지 않았다. 무처리 종자의 발아율은 20℃에서 99% 였다. 접착제 중 polyvinyl alcohol(PVA)은 처리농도에 관계없이 다른 접착제에 비해 높은 발아율을 보였다.

Carboxymethyl cellulose도 다른 접착제에 비해 발아율은 높은 경향이였으며, 점성이 강해 펠렛 종자를 제조하는 과정중에 분무하는데 어려움이 있었다. Methyl cellulose도 높은 점성으로 분무하는데 어려움이 있었고, 이와 아울러 처리농도가 높아지면 발아율이 저하되는 단점이 있었다.

접착제의 종류 및 농도가 고추종자의 발아력에 영향을 미쳤고, 전반적으로 접착제 농도가 높아지면 발아율이 감소하였는데, 이러한 현상은 sodium silicate solution에서 뚜렷하였다(Table 1.8). 발아온도에 관계없이 발아속도 개념인  $T_{50}$ 과 MGT(평균발아일수)는 접착제 종류 및 처리농도의 단독요인 및 이들 상호 요인간에도 유의성이 인정되었다.

무처리 종자의  $T_{50}$ 과 MDG는 20℃에서 5.37일과 5.62일이 소요되었고, 25℃에서는 각각 3.87일과 4.26일이 소요되었다. 그러나 발아배지에 접착제가 공급되면 접착제의 종류 및 농도에 따라 약간의 차이는 있으나, 발아속도가 0.2~2.1일 정도 지연되었다. 발아지연 정도는 sodium silicate solution에서 뚜렷하였다. 반면 polyvinyl alcohol에서는 처리농도에 관계없이 높은 발아율을 보였고, 다른 접착제에 비해서도 발아억제 정도가 낮았다(Table 1.8).

토마토(Table 1.9)에서도 접착제의 종류 및 농도에 따라 발아율과 발아속도에 차이가 있었으며, 특히 sodium silicate solution 처리에서는 발아율이 급격하게 저하되었다.

상추(Table 1.10)에서도 접착제의 종류와 농도에 따라 발아율과 발아속도에 차이가 있었으며, 20℃에 치상된 무처리 종자의  $T_{50}$ 과 MDG는 1.34일과 1.68일 이었으나, 접착제가 발아배지에 첨가되면 발아속도가 약간 지연되는 경향을 보였다.

배추(Table 1.11)에서는 sodium silicate solution은 발아율을 저하시키고, 발아속도를 지연시켰으나, 그 외의 접착제 종류 및 농도간에는 발아율과 발아속도에는 큰 영향을 주지 않았다. 반면 무(Table 1.12)에서는 접착제의 농도 및 종류에 따라 발아율과 발아속도에 차이가 있었다. 전반적으로 polyvinyl alcohol 처리는 종류를 공급한 대조구에 비해서도 발아율이 크게 억제하지 않았다.

5종의 채소종자를 대상으로 접착제가 발아율과 발아속도에 미치는 영향을 조사한 결과 발아배지에 접착제가 공급되면 증류수를 공급한 대조구에 비해 발아속도가 약간 지연되었다. 접착제 중 polyvinyl alcohol(PVA)이 처리농도에 관계없이 높은 발아율을 보였고, 다른 접착제에 비해서도 발아억제 정도가 낮았다.

Table 1.8. Effect of pelleting binder and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of pepper seeds.

Polymer	Conc. (%)	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)
Arabic gum	0.5	96.3	5.65	5.91	97.3	4.37	4.75
	1.0	96.7	5.73	5.99	95.3	4.27	4.63
	1.5	97.3	5.77	6.07	96.7	4.28	4.66
	2.0	93.3	6.00	6.31	96.7	4.10	4.48
	Mean	95.9	5.79	6.07	96.5	4.25	4.63
Carboxymethyl cellulose	0.5	96.0	5.31	5.69	98.0	4.13	4.58
	1.0	94.0	5.65	5.95	97.3	4.32	4.68
	1.5	96.7	5.63	5.93	98.0	4.29	4.66
	2.0	97.3	5.72	6.01	96.7	4.52	4.87
	Mean	96.0	5.58	5.90	97.5	4.32	4.70
Hydroxyethyl cellulose	0.5	95.3	5.89	6.21	92.0	4.77	5.13
	1.0	94.0	5.74	6.08	98.0	4.30	4.67
	1.5	88.7	5.99	6.32	97.3	4.36	4.84
	2.0	97.3	5.76	6.11	93.3	4.53	4.91
	Mean	93.8	5.85	6.18	95.2	4.49	4.89
Methyl cellulose	0.5	95.3	5.44	5.81	96.0	4.08	4.43
	1.0	89.3	5.98	6.28	96.0	4.49	4.87
	1.5	92.0	5.78	6.13	98.0	4.41	4.79
	2.0	89.3	6.34	6.52	92.0	4.69	5.11
	Mean	91.5	5.89	6.18	95.5	4.42	4.80
Polyvinyl alcohol	0.5	94.0	5.37	5.85	98.0	4.22	4.72
	1.0	98.0	5.58	5.91	99.3	4.25	4.68
	1.5	92.7	5.56	5.86	97.3	4.28	4.72
	2.0	96.7	5.50	5.84	99.3	4.32	4.76
	Mean	95.3	5.50	5.87	98.5	4.27	4.72
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	94.0	5.39	5.80	96.7	4.27	4.68
	1.0	92.0	5.74	6.06	93.3	4.30	4.73
	1.5	96.0	5.73	6.13	94.0	4.34	4.80
	2.0	94.0	5.80	5.93	92.0	4.53	4.90
	Mean	94.0	5.66	5.98	94.0	4.36	4.78
Sodium silicate solution	0.5	95.3	6.26	6.56	96.7	4.15	4.44
	1.0	94.7	7.20	7.43	97.3	4.80	5.19
	1.5	87.3	7.75	7.99	93.3	5.62	5.94
	2.0	24.7	7.76	8.00	82.0	6.37	6.51
	Mean	75.5	7.24	7.49	92.3	5.24	5.52
Untreated		99.3	5.37	5.62	88.7	3.87	4.26
Significance							
Polymer chemicals (A)		*** z	***	***	NS	***	***
Polymer conc. (B)		***	***	***	NS	***	***
A × B		***	***	***	NS	***	***

z \*, \*\*, \*\*\* Significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.



Table 1.9. Effect of pelleting binder and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of tomato seeds.

Polymer	Conc. (%)	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T50 (days)	MGT (days)	Germ. (%)	T50 (days)	MGT (days)
Arabic gum	0.5	84.7	4.26	4.68	85.3	3.11	3.57
	1.0	84.0	4.17	4.59	86.7	3.44	3.93
	1.5	85.3	4.35	4.79	83.3	3.57	4.07
	2.0	82.7	4.48	4.94	84.7	3.42	3.88
	Mean	84.1	4.31	4.75	85.0	3.39	3.87
Carboxymethyl cellulose	0.5	88.7	4.19	4.00	86.7	3.06	3.48
	1.0	84.7	4.50	4.38	85.3	3.16	3.57
	1.5	72.0	5.25	5.04	87.3	3.50	4.17
	2.0	74.0	4.55	4.84	86.0	3.59	4.33
	Mean	79.8	4.62	4.56	86.3	3.33	3.89
Hydroxyethyl cellulose	0.5	82.7	4.32	4.52	84.7	3.58	3.85
	1.0	76.7	4.16	4.46	82.0	3.76	4.04
	1.5	79.3	5.12	5.00	87.3	4.00	4.33
	2.0	79.3	4.93	4.61	88.0	4.39	4.88
	Mean	79.5	4.63	4.64	85.5	3.93	4.27
Methyl cellulose	0.5	85.7	4.37	4.80	87.3	3.24	3.47
	1.0	85.3	3.24	4.67	88.0	2.95	3.62
	1.5	88.0	4.46	4.78	90.7	3.01	3.71
	2.0	82.7	4.39	4.65	82.7	3.18	3.60
	Mean	85.4	4.36	4.72	87.2	3.10	3.60
Polyvinyl alcohol	0.5	85.7	4.30	4.58	87.3	3.10	3.61
	1.0	82.0	4.19	4.66	81.3	3.18	3.43
	1.5	89.3	4.33	4.84	88.0	3.24	3.68
	2.0	83.3	3.94	4.22	84.0	3.14	3.48
	Mean	85.1	4.19	4.57	85.2	3.17	3.55
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	86.0	3.97	4.05	91.3	2.94	3.42
	1.0	85.3	4.02	4.20	83.3	2.87	3.35
	1.5	84.0	4.23	4.37	83.3	3.21	3.58
	2.0	82.0	4.17	4.27	87.3	2.95	3.61
	Mean	84.3	4.10	4.22	86.3	2.99	3.49
Sodium silicate solution	0.5	46.7	6.84	7.03	80.0	6.55	6.80
	1.0	8.7	2.95	2.93	10.7	6.93	6.54
	1.5	1.3	0.75	0.83	2.0	2.46	2.00
	2.0	0.7	0.29	0.33	0.0	-	-
	Mean	14.3	2.70	2.78	23.7	3.98	3.83
Untreated		85.0	4.37	4.51	86.3	2.86	3.50
Significance							
Polymer chemicals (A)		*** <sup>z</sup>	***	***	***	*	NS
Polymer conc. (B)		***	*	**	***	*	**
A × B		***	***	***	***	***	***

<sup>z</sup> \*, \*\*, \*\*\* Significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

Table 1.10. Effect of pelleting binder and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of lettuce seeds.

Polymer	Conc. (%)	20 °C			25 °C		
		Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)
Arabic gum	0.5	96.7	0.94	1.45	99.3	0.84	1.38
	1.0	98.7	0.89	1.33	98.0	0.88	1.55
	1.5	100.0	0.91	1.49	96.7	0.84	1.46
	2.0	99.3	0.87	1.42	99.3	0.85	1.42
	Mean	98.7	0.90	1.42	98.3	0.85	1.45
Carboxymethyl cellulose	0.5	97.3	1.26	1.72	95.3	1.14	1.56
	1.0	99.3	1.27	1.81	94.7	1.30	1.85
	1.5	94.0	1.37	1.92	87.3	1.30	1.84
	2.0	94.7	1.52	1.77	83.3	1.88	2.38
	Mean	96.3	1.35	1.80	90.7	1.40	1.91
Hydroxyethyl cellulose	0.5	100.0	1.29	1.64	94.7	1.14	1.48
	1.0	94.0	1.30	1.77	95.3	1.29	1.87
	1.5	98.0	1.31	1.76	97.3	1.29	2.00
	2.0	92.0	1.35	1.84	94.7	1.27	1.67
	Mean	96.0	1.31	1.75	95.5	1.25	1.76
Methyl cellulose	0.5	97.3	1.18	1.59	98.7	1.11	1.58
	1.0	98.7	1.38	1.73	98.7	1.20	1.76
	1.5	91.3	1.48	1.97	96.0	1.30	1.79
	2.0	99.3	1.39	1.88	94.0	1.63	2.20
	Mean	96.7	1.36	1.79	96.8	1.31	1.83
Polyvinyl alcohol	0.5	96.7	1.34	1.74	99.3	1.19	1.59
	1.0	100.0	1.35	1.74	98.7	1.30	1.73
	1.5	98.7	1.34	1.70	98.7	1.38	2.00
	2.0	99.3	1.34	1.65	98.0	1.27	1.67
	Mean	98.7	1.34	1.70	98.7	1.28	1.75
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	99.3	1.27	1.62	98.0	1.24	1.62
	1.0	99.3	1.35	1.70	97.3	1.22	1.65
	1.5	99.3	1.26	1.55	100.0	1.17	1.67
	2.0	98.0	1.30	1.65	99.3	1.19	1.55
	Mean	99.0	1.30	1.63	98.7	1.20	1.62
Sodium silicate solution	0.5	93.3	0.92	1.46	94.0	0.87	1.54
	1.0	92.0	1.61	1.91	87.3	1.49	2.12
	1.5	76.7	1.88	2.46	64.0	1.80	2.65
	2.0	42.7	3.54	3.69	22.7	2.20	3.22
	Mean	76.7	1.99	2.38	67.0	1.59	2.38
Untreated		100.0	1.34	1.68	98.0	1.33	1.68
Significance							
Polymer chemicals (A)		*** z	***	***	***	***	***
Polymer conc. (B)		***	***	***	***	***	***
A × B		***	***	***	***	***	***

z \*, \*\*, \*\*\* Significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

Table 1.11. Effect of pelleting binder and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of Chinese cabbage seeds.

Polymer	Conc. (%)	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)
Arabic gum	0.5	100.0	0.76	1.04	100.0	0.65	0.88
	1.0	100.0	0.80	1.07	99.3	0.58	0.81
	1.5	100.0	0.76	1.01	99.3	0.47	0.73
	2.0	100.0	0.78	1.05	99.3	0.63	0.84
	Mean	100.0	0.78	1.04	99.5	0.58	0.81
Carboxymethyl cellulose	0.5	100.0	0.83	1.11	100.0	0.53	0.53
	1.0	100.0	0.86	1.16	100.0	0.59	0.60
	1.5	99.3	0.90	1.17	100.0	0.57	0.57
	2.0	100.0	1.08	1.35	100.0	0.67	0.69
	Mean	99.8	0.92	1.20	100.0	0.59	0.60
Hydroxyethyl cellulose	0.5	100.0	0.82	1.08	100.0	0.61	0.60
	1.0	100.0	0.84	1.13	100.0	0.68	0.66
	1.5	100.0	1.08	1.32	100.0	0.90	0.81
	2.0	99.3	1.12	1.35	100.0	1.27	0.91
	Mean	99.8	0.96	1.22	100.0	0.87	0.74
Methyl cellulose	0.5	100.0	0.73	0.98	100.0	1.22	0.86
	1.0	100.0	0.71	0.94	100.0	1.03	0.81
	1.5	100.0	0.74	1.00	100.0	0.64	0.62
	2.0	99.3	0.79	1.09	100.0	0.93	0.80
	Mean	99.8	0.74	1.00	100.0	0.95	0.77
Polyvinyl alcohol	0.5	100.0	0.85	1.12	100.0	0.77	0.68
	1.0	100.0	0.81	1.08	100.0	0.75	0.68
	1.5	100.0	0.91	1.21	100.0	0.72	0.65
	2.0	100.0	0.84	1.13	100.0	0.74	0.71
	Mean	100.0	0.85	1.14	100.0	0.74	0.68
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	100.0	0.88	1.15	99.3	0.81	0.75
	1.0	100.0	0.92	1.19	100.0	0.77	0.69
	1.5	100.0	0.87	1.14	100.0	0.65	0.62
	2.0	99.3	0.80	1.09	99.3	1.11	0.85
	Mean	99.8	0.87	1.15	99.7	0.84	0.73
Sodium silicate solution	0.5	99.3	0.88	1.16	98.7	0.74	0.98
	1.0	76.0	1.23	1.56	98.7	0.83	1.17
	1.5	32.7	1.53	1.88	76.0	0.84	1.21
	2.0	13.3	1.34	1.83	29.3	0.82	1.09
	Mean	55.3	1.24	1.58	75.7	0.81	1.11
Untreated		100.0	0.82	1.26	100.0	0.85	0.74
Significance							
Polymer chemicals (A)		*** z	***	***	***	***	***
Polymer conc. (B)		***	***	***	***	NS	*
A × B		***	***	***	***	NS	*

z \*, \*\*, \*\*\* Significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

Table 1.12. Effect of pelleting binder and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of radish seeds.

Polymer	Conc. (%)	20 °C			25 °C		
		Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)
Arabic gum	0.5	94.0	0.82	1.23	94.7	0.74	1.19
	1.0	90.7	0.85	1.33	90.0	0.70	1.10
	1.5	89.3	0.89	1.41	94.0	0.73	1.10
	2.0	94.0	0.88	1.33	93.3	0.78	1.26
	Mean	92.0	0.86	1.33	93.0	0.74	1.16
Carboxymethyl cellulose	0.5	92.0	1.07	1.43	92.7	0.77	1.08
	1.0	94.0	1.01	1.45	95.3	0.77	1.12
	1.5	88.0	1.10	1.55	90.7	0.81	1.16
	2.0	92.7	1.22	1.59	88.7	1.01	1.34
	Mean	91.7	1.10	1.50	91.8	0.84	1.17
Hydroxyethyl cellulose	0.5	92.7	0.89	1.26	90.0	0.64	1.05
	1.0	94.0	1.01	1.38	88.0	0.76	1.21
	1.5	91.3	1.06	1.34	97.3	0.95	1.33
	2.0	90.7	1.11	1.46	94.7	1.00	1.39
	Mean	92.7	1.02	1.36	92.5	0.84	1.24
Methyl cellulose	0.5	95.3	0.88	1.25	94.0	0.67	0.98
	1.0	97.3	1.07	1.39	93.3	0.91	1.30
	1.5	97.3	1.11	1.51	94.7	0.83	1.18
	2.0	92.7	1.03	1.41	95.3	1.00	1.35
	Mean	95.7	1.02	1.39	94.3	0.85	1.20
Polyvinyl alcohol	0.5	96.0	1.07	1.43	93.3	0.77	1.09
	1.0	97.3	1.14	1.48	92.7	0.82	1.17
	1.5	96.0	1.22	1.55	93.3	0.85	1.20
	2.0	92.7	1.23	1.52	95.3	0.90	1.23
	Mean	95.5	1.17	1.50	93.7	0.84	1.17
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	96.0	1.04	1.39	90.0	0.69	1.00
	1.0	92.7	1.09	1.49	92.7	0.72	1.05
	1.5	95.3	1.10	1.39	96.0	0.79	1.19
	2.0	94.7	1.08	1.48	94.0	0.82	1.21
	Mean	94.7	1.08	1.44	93.7	0.75	1.11
Sodium silicate solution	0.5	83.3	1.01	1.65	84.0	1.25	1.80
	1.0	82.0	1.66	2.39	86.0	0.95	1.49
	1.5	32.7	1.52	1.85	45.3	1.49	2.22
	2.0	18.0	2.69	3.16	14.0	1.79	2.27
	Mean	54.0	1.72	2.26	57.3	1.37	1.95
Untreated		95.3	0.88	0.45	94.7	0.71	1.11
Significance							
Polymer chemicals (A)		*** z	***	***	***	***	***
Polymer conc. (B)		***	*	**	***	***	***
A × B		***	NS	**	***	NS	NS

z \*, \*\*, \*\*\* Significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

접착제 농도에 따라 발아율에는 차이가 있었으며, 저농도인 0.5%에서는 발아율이 전반적으로 높았으나, 고농도인 2.0%에서는 발아율이 감소되었고, 발아속도도 지연되었다. 고농도의 접착제로 펠렛제조된 종자는 경도는 증가하지만 발아력이 저하되는 단점이 있다. 적정 처리농도는 접착제의 종류에 따라 다르나 0.5~4.0% 범위가 적당하다고 알려져 있다(Baxter와 Wates, 1986).

그러나 본 실험에 사용된 접착제 중 polyvinyl alcohol(PVA)은 고농도에서도 발아억제 현상이 낮았다. 이는 펠렛종자의 경도 강화를 위해 접착제 농도를 증가시키더라도 발아를 크게 억제하지 않는다는 것을 시사하고 있다.

펠렛종자에 적합한 접착제를 선별한 선행연구에서는 methyl cellulose와 gum arabic 등이 가장 우수하다고 보고한바 있다. 목초종자에서는 석회를 피복물질로 사용한 경우는 methyl cellulose 접착제가 좋았고, 활성탄소를 피복물질로 사용했을 때는 polyvinyl acetate가 접착능력이 우수했다고 하여 펠렛 피복물질에 따라 적정 접착제가 달라진다고 하였다. 또한 유용 미생물을 코팅할 경우 접착제 종류에 따라 미생물의 생존율이 달랐으며, 저렴한 가격 및 접착능력을 감안했을 때 methyl cellulose가 가장 우수한 접착제라고 하였다.

그러나 본 실험에서는 polyvinyl alcohol 최적 접착제로 판단되었다. Arabic gum, polyvinyl pyrrolidone도 우수한 접착제였고, arabic gum의 경우 종자발아를 억제하지는 않았으나, 접착력이 떨어지는 문제점이 있었다. 반면 carboxymethyl cellulose와 methyl cellulose를 펠렛 접착제로 사용했을 때 발아율이 감소되며, 발아속도가 저하되는 문제점이 있었다(Table 1.8~1.12).

## (2) Polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량에 따른 펠렛종자의 물리성에 미치는 영향

종자 펠렛제조에 polyvinyl alcohol(PVA)이 최적 접착제로 구명되었으나 화학약품사에서는 다양한 분자량의 polyvinyl alcohol(PVA)이 시판되고 있다. 따라서 polyvinyl alcohol(PVA) 분자량 차이가 펠렛제조 과정중의 펠렛용이성, 펠렛종자의 경도, 수분흡수 후 펠렛층의 분해성 및 발아력에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.13과 같다.

실험에 공시된 상추, 배추, 무 종자를 펠렛제조하는 과정중 접착제인 polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량을 달리하여 펠렛제조하면 펠렛형성 정도가 달랐다. 전반적으로 polyvinyl alcohol(PVA) 500 접착제로 사용하여 펠렛제조하면 전 채소종자에서 polyvinyl alcohol(PVA) 3000에 비해 펠렛형성 정도가 좋았다. 그러나 제조된 펠렛종자의 경도의 경도는 polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량이 높을수록 경도는 증가하였다. 수분흡수 후 펠렛층의 분해성도 polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량에 따라 차이가 있었고, polyvinyl alcohol(PVA) 500을 접착제로 사용하여 펠렛제조된 종자에서는 수분흡수 후 30분만에 펠렛층이 분해가 완료되었다. 그러나 polyvinyl alcohol(PVA) 1500으로 펠렛제조된 종자펠렛층이 분해하는데 2.5~2.8시간이 소요되었고, polyvinyl alcohol(PVA) 3000으로 펠렛제조된 종자는 펠렛층이 분해하는데 8.4~9.7시간이 소요되었다.

또한 접착제인 polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량 차이에 따라 발아력에도 큰 차이가 있었다. Polyvinyl alcohol(PVA)의 분자량이 높으면 발아력이 저하되었고, 발아속도는 저하되었다. 이와 같이 polyvinyl alcohol(PVA) 분자량에 의한 발아력 차이는 펠레층의 분해속도에 의한 것으로 해석되며,

펠렛층의 분해가 늦으면 펠렛층 내부에 있는 종자에 산소와 수분공급이 불량하게 되고 이는 곧 발아력 저하로 이어지는 판단된다.

따라서 펠렛제조용 접착제로 우수성이 입증된 polyvinyl alcohol(PVA)도 분자량에 따라 펠렛종자의 물리성과 발아성에 영향을 미쳤으며, 펠렛종자 제조에 최적인 polyvinyl alcohol(PVA) 분자량은 500이 좋았다(Table 1.13).

Table 1.13. Effect of polyvinyl alcohol(PVA) molecules weight on granulation capacity, hardness, and dissolving time of various vegetable seeds pelleted with diatomaceous earth.

Pelleting binder	Granulation capacity <sup>z</sup>	Hardness <sup>y</sup> (g)	Dissolving time(hrs)	20°C	
				Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
<i>Lettuce</i>					
PVA 500		326	0.3	96.2	1.56
PVA 1500	**	378	2.5	93.6	1.78
PVA 3000	**	423	8.4	86.4	1.85
LSD(0.05)	*	15	0.2	8.9	0.20
<i>Chinese cabbage</i>					
PVA 500		357	0.2	97.2	0.72
PVA 1500	**	412	2.7	94.6	0.89
PVA 3000	**	456	9.7	87.2	1.36
LSD(0.05)	*	17	0.3	4.4	0.21
<i>Radish</i>					
PVA 500		337	0.2	95.4	0.87
PVA 1500	**	387	2.8	94.6	1.21
PVA 3000	**	414	8.6	82.6	1.57
LSD(0.05)	*	22	0.3	4.2	0.23

<sup>z</sup> + good, ++ very good

<sup>y</sup> Hardness is the force(g) required to crushed pelleted seed

### 3. 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정

#### 가. 연구목적

종자펠렛은 미세분말의 점토, 규조토, 피트모스 등의 무기물 또는 유기물로 종자를 피복하여 종자의 크기를 증가시키거나 표면을 부드럽게 한 것이다. 종자펠렛은 유해균과 곤충의 피해로부터 종자를 보호하기 위해 개발되었으나 최근에는 근류균의 보호, 영양물질의 공급, 조류나 쥐의 피해로부터 보호, 식물생장조절제 공급, 수분흡수력 증진, 산소공급, 발아촉진 유도, 발아지연 유도, 종자무게 및 크기의 증가, 선택성 제초제 및 해독성 제초제 공급 등 그 범위가 다양하다.

나종자에 대한 펠렛종자의 중량 배율이 펠렛 배율인데, 펠렛 배율이 낮으면 직경이 작은 펠렛종자가 생산된다. 직경이 작은 펠렛종자는 발아는 빠르나, 경도가 낮아 수송이나 파종작업 중에 펠렛층이 파열되기 쉽다. 그러나 펠렛배율이 높고 경도가 강해지면 발아율이 저하되고 발아속도는 지연된다.

고품질의 펠렛종자는 전체적인 외관이 구형이면서 수송과 기계화 파종에 견딜 수 있는 경도를 유지하여야 한다. 펠렛종자의 경도는 SS형과 S형은 200~300g, L형은 300~500g, LL형은 400~600g,

LLL형은 400~600g일 때가 발아를 크게 억제하지 않으면서 기계화 파종에 적합한 정도라고 알려져 있다.

본 연구는 채소종자별 펠렛직경에 따른 발아성을 검정하여 기계화 파종에 적합한 펠렛직경을 설정하기 위해 수행되었다.

## 나. 재료 및 방법

공시된 채소종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(청측면, 현대종묘), 배추(신통노랑, 현대종묘), 무(미락, 현대종묘) 종자였다. Diatomaceous earth(규조토)를 피복물질로 사용하여 펠렛하였다. 기타 펠렛공정 방법은 실험 1에서 보는 바와 같다. 펠렛 종자의 크기가 발아율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 코팅종자의 직경을 캘리퍼를 사용하여  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$ ,  $2.5\sim 3.0\text{mm}$ ,  $3.0\sim 3.5\text{mm}$ ,  $3.5\sim 4.0\text{mm}$  및  $4.5\sim 5.0\text{mm}$  범위로 분류하였다. 펠렛종자의 발아실험은 페트리 디쉬(9 cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 넣고 완전임의배치 3반복으로 50립씩 치상하여 암상태의  $25^{\circ}\text{C}$  항온기에서 실시하였다.

발아조사는 종자를 치상하여 12시간 간격으로 18일까지 조사하였고, 발아판정은 유근이 펠렛층을 뚫고 1mm이상 신장한 것으로 하였다. 기타 실험절차는 ISTA(1985) rule에 준해서 실시하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 펠렛배율에 따른 발아력

무처리 종자에 대한 펠렛종자의 중량배율이 펠렛배율이다. 펠렛배율이 낮으면 펠렛층이 얇은 것을 의미하며, 펠렛배율이 높으면 펠렛층이 두꺼워 발아율이 저하된다(Miller, 1971; Cho 등, 2000). 따라서 기계파종에 적합하고 높은 발아력을 지닌 적정 펠렛배율을 확립하는 무엇보다도 중요하다.

Table 1.14 은 고추를 비롯한 5종의 채소종자를 펠렛크기를 달리하여 발아성을 조사한 결과이다. 펠렛되지 않는 나종자의 중량은 고추 3.4mg, 토마토 6.7mg, 상추 1.2mg, 배추 3.4mg, 무 12.8mg이었다.

고추에서 나종자의 발아율은 98.4% 였으나, 펠렛배율이 높아지면 발아율이 약간 감소하는 경향이었고,  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  크기로 펠렛한 종자는 나종자에 비해 발아율이 4% 감소하였다. 또한 발아속도 ( $T_{50}$ )도 펠렛배율이 증가하면 발아는 지연되었다. 펠렛되지 않는 나종자의  $T_{50}$ 이 4.51일 였으나, 펠렛 직경을  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$ 로 펠렛한 종자는  $T_{50}$ 이 6.08일로 지연되었고,  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  직경으로 펠렛한 종자는 6.84일이 소요되었다.

펠렛배율이 높고 펠렛직경이 클수록 발아력이 저하되는 원인은 펠렛층의 두께에 의해 수분과 산소투과성이 제한되어 발아가 지연되는 것으로 해석된다.

펠렛종자의 신속한 발아 측면에서는 펠렛배율이 낮은  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$  직경의 펠렛종자가 좋으나, 기계파종용으로 이용하기에는 크기가 작았다. 따라서 고추에서 기계파종에 적합하고 높은 발아율을 유지할 수 있는 적정 펠렛직경은  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 가 좋았다.

Table 1.14. Percent germination and T<sub>50</sub> of various vegetable seeds at 25°C as affected the by the diameter of pelleted seeds.

Pellet seed diameter <sup>z</sup> (mm)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
<i>Pepper</i>		
2.0 ~ 2.5	96.4	6.08
2.5 ~ 3.0	95.2	6.12
3.0 ~ 3.5	96.0	6.56
3.5 ~ 4.0	94.2	6.46
4.5 ~ 5.0	94.6	6.84
Unpelleted	98.4	4.51
LSD(0.05)	2.4 <sup>y</sup>	0.46
<i>Tomato</i>		
2.0 ~ 2.5	83.4	5.12
2.5 ~ 3.0	82.0	5.43
3.0 ~ 3.5	82.2	5.56
3.5 ~ 4.0	82.3	5.50
4.5 ~ 5.0	80.0	5.67
Unpelleted	85.4	3.70
LSD(0.05)	3.6	0.39
<i>Lettuce</i>		
2.0 ~ 2.5	97.8	2.62
2.5 ~ 3.0	98.3	3.12
3.0 ~ 3.5	96.2	3.76
3.5 ~ 4.0	97.3	3.67
4.5 ~ 5.0	95.8	3.88
Unpelleted	98.8	1.37
LSD(0.05)	NS	0.42
<i>Chinese cabbage</i>		
2.0 ~ 2.5	98.4	1.85
2.5 ~ 3.0	98.6	2.25
3.0 ~ 3.5	98.4	2.12
3.5 ~ 4.0	96.6	2.45
4.5 ~ 5.0	97.2	2.82
Unpelleted	100.0	0.84
LSD(0.05)	4.1	0.36
<i>Radish</i>		
2.0 ~ 2.5	94.3	1.91
2.5 ~ 3.0	92.0	2.34
3.0 ~ 3.5	92.2	2.66
3.5 ~ 4.0	90.3	2.45
4.5 ~ 5.0	91.0	2.78
Unpelleted	96.6	0.81
LSD(0.05)	3.1	0.41
Significances		
Cultivar (A)	*	**
Pelleting size (B)	**	*
A × B	*	*

<sup>z</sup> Seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns are separated by LSD at  $P = 0.05$ .

<sup>x</sup> NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05$  and  $0.01$ , respectively.





Fig. 1.3. The ours researchers ensured that the seed pellets and grading equipment.

토마토에서도 펠릿배율에 따라 발아율과 발아속도에는 차이가 있었으며, 펠릿직경이 증가할수록 발아율은 감소되었고, 발아속도는 지연되었다. 나종자의 발아율은 85.4% 였고,  $T_{50}$ 은 3.70일이 소요되었다.  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$  직경으로 펠릿된 종자는 발아율이 83%였고, 발아속도인  $T_{50}$ 은 5.12일이 소요되었다. 이에 반해  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 로 펠릿된 종자는 80%의 발아율을 보였고,  $T_{50}$ 은 5.67일이 소요되었다. 이러한 결과는  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$ 로 펠릿된 종자에 비해 발아율은 3.4% 감소되었고,  $T_{50}$ 은 9.6일이 지연되는 결과였다. 토마토에서 기계파종에 적합한 적정 펠릿직경은  $\phi 3.5\sim 4.0\text{mm}$ 가 좋았다.

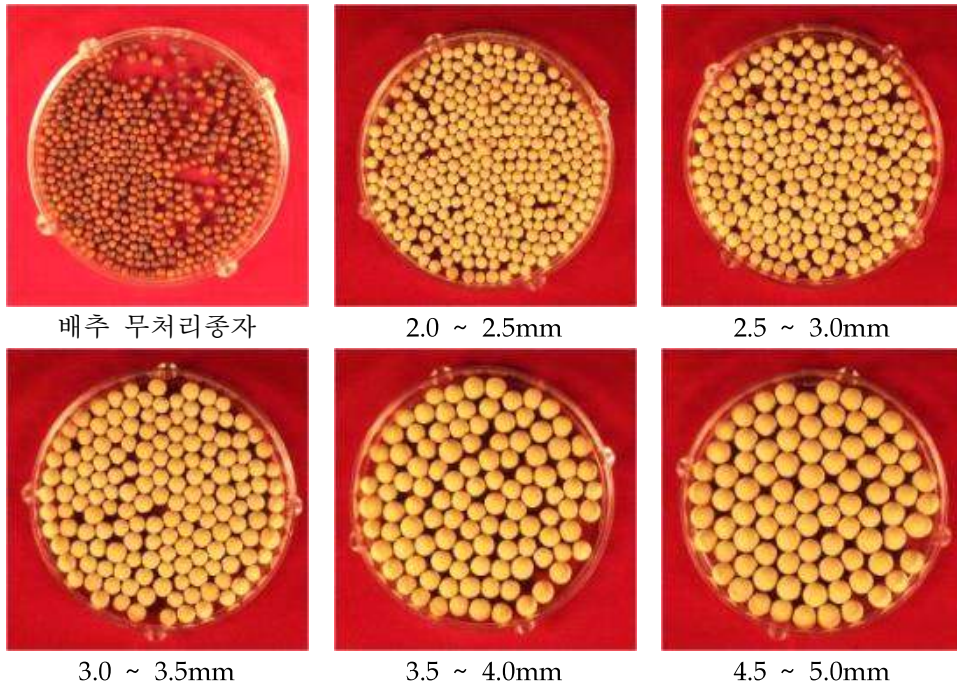


Fig. 1.4. Classified according to the diameter of the pelleted Chinese cabbage seeds.

상추에서는 펠렛배율에 따른 발아율 차이는 없었으나, 펠렛직경이 증가하면  $T_{50}$ 이 지연되었는데,  $\phi 4.5 \sim 5.0\text{mm}$ 로 펠렛된 종자는  $\phi 2.0 \sim 2.5\text{mm}$  직경으로 펠렛된 종자보다  $T_{50}$ 이 1.26일이 지연되었다. 상추에서 기계파종에 적합하고 높은 발아력을 유지할 수 있는 적정 펠렛직경은  $\phi 3.0 \sim 3.5\text{mm}$ 가 좋았다.

배추와 무에서도 펠렛직경이 증가할수록 발아율은 감소되었고, 발아속도는 지연되었다. 배추에서 기계화 파종에 적합한 펠렛직경은  $\phi 3.0 \sim 3.5\text{mm}$ , 무에서는  $\phi 4.5 \sim 5.0\text{mm}$ 로 펠렛하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 이와 같이 펠렛종자의 직경이 작을수록 발아력이 높았다. 반면 직경이 클수록 발아율이 감소하였고, 발아속도는 지연되었다. 그 원인은 발아에 필요한 산소와 수분 공급을 펠렛층이 차단한 것에 기인된 것으로 해석된다.

일본의 펠렛 전문업체인 스미도모사는 펠렛직경을 작물에 따라 분류하여 펠렛직경이 1.5~2.0mm 일 때 SS형, 2.0~3.0mm일 때 S형, 2.5~3.5mm일 때 L형, 3.5~4.5mm일 때 LL형, 4.5~6.0mm일 때 LLL형으로 구분하고 있다.

SS형에 속하는 작물은 샐러리, 페츄니아, 릭 등이며, S형에 속하는 작물은 상추, 파슬리, L형은 상추, 배추, 양배추, 당근이며, LL형은 파, 양파, 토마토, 가지, LLL형은 무, 오이, 고추 등이 포함된다 고 하였다.

본 실험에서는 고추종자의 적정 펠렛직경은  $\phi 4.5 \sim 5.0\text{mm}$ , 토마토에서는  $\phi 3.5 \sim 4.0\text{mm}$ , 상추에서는  $\phi 3.0 \sim 3.5\text{mm}$ , 배추에서는  $\phi 3.0 \sim 3.5\text{mm}$ , 무에서는  $\phi 4.5 \sim 5.0\text{mm}$ 로 펠렛하는 것이 좋을 것으로 판단 된다.

## 4. 펠렛종자의 발아촉진법 개발

### 가. 연구목적

외국계 종자기업의 국내시장 점유율은 외환위기 전 14%에서 현재 50% 수준으로 확대되었고, 국내에 진출한 외국계 기업은 국내 종자회사가 보유했던 육종기술 확보에 주력하였다. 그 후 구조조정과 사업 집중화를 시행하며 연구개발 예산과 인력을 축소하였다. 다국적 종자 기업이 국내진출의 주 목적이 아시아 시장 선점을 위한 거점 확보 차원 이었으나, 최근 아시아 시장의 거점을 중국, 인도로 이동하는 추세에 있다.

국내 종자산업 규모는 약 1,400억원으로 파악되며, 2000년 이래 시장 규모는 정체된 상태이다. 종자산업 매출은 경기 변동에 크게 영향을 받지 않은 편이다. 국내 종자기업 수는 1998년 332개에서 2009년 819개로 증가하였으나(농촌진흥청) 영세한 판매·생산업체가 대부분이며, 유전자원 관리, 신 품종 육성, 가공 처리 등의 기술력을 가진 업체는 소수에 불과한 실정이다.

기술력과 자금력을 가진 4개사를 제외한 800여개 기업은 모두 중소 및 개인 기업으로 대부분 영세하며, 영농조합 형태로 많다. 따라서 제한된 내수시장에 많은 업체들이 난립한 결과 경쟁 심화로 일부 선도 기업을 제외하고는 경영실적 부진한 실정이다. 영세업자의 난립으로 신 품종 개발 기업들의 품종 보호권 침해가 빈발하고 이는 산업 성장을 저해시키는 요인으로 작용하고 있다.

국내 종자기업은 배추, 고추, 무에 대한 육종 기술은 세계적 수준이나, 고부가가치 품목인 양파, 토마토, 양배추, 파프리카 등의 육종 기술과 유전자원은 부족하고 육종기술 개발이 특정 품목에 치우쳐 있다. 특히 종자품질 향상과 관련된 종자처리 및 가공처리 기술 분야는 선진국에 비해 매우 취약한 상태에 있다. 따라서 국내 종묘기업들도 종자처리와 가공기술 분야에 과감한 투자 및 연구 인력을 양성하지 않으면 글로벌 기업과의 기술력 격차는 더욱 멀어질 것으로 예측된다.

펠렛종자는 토양의 발아 미세 환경을 개선시킬 수 있는 경제적인 종자처리법이다. 현재 우리나라의 농업은 급속한 산업화로 농촌의 노동력이 부족한 상태이다. 또한 노동 임금이 급격히 상승되고 있고, 농촌인구의 급속한 노령화로 인해 작물재배의 생력화가 절실히 요구된다.

콩과 같은 대립종자들은 종자형태가 균일하여 파종기로 직파재배가 가능하지만 미세하거나 형태가 불규칙한 종자는 파종, 육묘 및 본포에 정식하기까지 여러 단계를 거쳐야 하므로 생산단가가 상승하게 된다. 지금 영농현장에서 종자의 발아력 증진을 위한 방안으로 priming, 성장조절제 처리 등의 종자처리 등이 이용되고 왔다. 하지만 이들 처리들은 종자활력 증진에 유용하지만 기계화에 의한 정밀파종은 불가능하다. 미세하여 발아가 낮은 채소종자를 신속하고 균일한 모를 출현시킬 수 있는 priming의 장점과 기계화 파종이 가능한 펠렛의 장점을 조합한다면 유용한 측면이 많을 것이다. 아울러 priming후 펠렛된 종자는 강건하고 균일한 생육이 가능하여 생산물의 품질향상 효과도 기대할 수 있다.

국내 종자기업은 십자화과, 고추 등 일부 품목에서 독보적인 육성기술을 확보하고 있으나, 기계화 파종이 가능한 펠렛공정 기술은 초보적인 단계에 머물러 있다. 반면 선진국의 선도 종자기업들은 자 회사의 이익보호를 위해 펠렛 피복물질과 펠렛공정 방법의 know-how는 대부분이 대외비로 하고 있다. 따라서 국내에서 선진국의 기술을 도입할 경우 이에 상응하는 기술료를 지불해야 한다. 따라

서 외화절감과 국내의 종자 펠렛기술의 제고를 위해서는 자체적인 기술 개발이 필요한 시기이다.

우량종자란 다수성, 내병성 및 유전적 순도가 높으면서 발아율과 발아세가 왕성한 종자를 의미한다. 이러한 우량종자를 선별하기 위해서는 중량 및 체적에 의한 방법, 비중에 의한 방법이 사용된다. 채종된 종자들은 저장 과정을 거치면서 활력이 저하하게 된다. 종자의 활력 상실은 불가피한 생리현상이지만 활력이 저하된 종자를 식물생장조절제(Kang 등, 1997; Karssen, 1995; Persson, 1993)처리에 의해 부분적인 활력 회복이 가능하다. 생장조절제 종자처리는 배 발육이 불완전하거나 종피의 기계적 저항이 높은 종자에서 발아억제 요인을 극복하여 발아를 촉진시킨다. 또한 광발아성 종자에서는 광처리 효과를 대체하여 암조건에서도 발아가 가능하다.

이러한 관점에서 본 연구는 발아력이 우수한 고품질의 펠렛종자를 생산하기 위해서 priming 종자를 펠렛하여 그 효과를 모색하고자 하였다. 아울러 펠렛제조 과정에서 생장조절제 및 무기영양, 산소공급원을 첨가하여 펠렛종자의 발아율에 미치는 영향을 조사하였다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) Priming 후 종자펠렛

공시된 채소 종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)였다. Priming 처리는 선행연구를 통해 구명된 최적조건으로 priming 처리하였다. 작물별 처리조건은 고추는 200mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>에서 20℃에서 5일간, 토마토는 150mM KNO<sub>3</sub>에서 20℃에서 4일간, 상추는 50mM KNO<sub>3</sub> 용액에서 20℃에서 12시간, 배추 50mM KNO<sub>3</sub> 용액에서 20℃에서 12시간, 무는 50mM KNO<sub>3</sub> 용액에서 20℃에서 12시간 priming 처리하였다. Priming 처리는 내경 9.0cm의 petridish에 종자를 5g 넣고 각각의 priming 용액을 15ml 공급하여 화학제의 증발 방지를 위해 밀봉한 후 암조건으로 처리하였다. Priming 후 종자는 증류수에 2분간 수세하여 실온에서 12시간 건조시킨 후 펠렛제조 시료로 사용하였다.

Priming 처리된 종자는 회전드럼식의 펠렛 제조기(seed processing, Holland)에 접착제를 분무하고 이어서 diatomaceous earth(규조토)를 소량씩 투입하면서 펠렛팅하였다. 펠렛종자의 제조 과정 중 접착제 분무는 펠렛 초기단계에는 PVA (polyvinyl alcohol) 0.5% 수용액, 중간단계에는 1.0% 수용액, 펠렛 완성단계에는 2.0%(w/v) 수용액을 분무하였다.

펠렛 제조기의 회전속도는 펠렛제조 초기에는 60~70rpm, 중간단계에는 100~150rpm, 펠렛 완성 단계에는 400~500rpm으로 조절하였다. 펠렛종자의 완성단계에는 경도를 강화하기 위하여 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다. 펠렛제조된 priming 종자와 펠렛제조된 무처리 종자, 그리고 무처리 나 종자의 발아성을 하였다. 발아조사는 petridish(9 cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 편 후 펠렛종자 50립씩을 완전임의배치 3반복으로 암상태의 20±1℃에서 발아력을 조사하였다.

발아조사 시간은 종자를 치상 후 12시간 간격으로 18일까지 조사하였고, 발아판정은 유근이 펠렛층을 뚫고 1mm 이상 신장한 것으로 하였다. 기타 실험절차는 ISTA(1985) rule에 준해서 실시하였다.

Priming 처리된 펠렛종자의 묘출현율은 플러그 트레이에 원예용 상토(바로그, 서울바이오)를 충전한 다음 50립의 종자를 3반복으로 파종 한 후 출현된 개체수를 백분율로 환산하여 묘출현율을 조사하였

다. 초기생육 조사를 위해 2L의 플라스틱 포트에 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 30일후 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 묘출현과 초기생육 검정시험은 복합환경제어가 가능한 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다.

## (2) 펠렛종자에 발아활성물질 첨가

### (가) 펠렛종자에 지베렐린 첨가가 발아에 미치는 영향

펠렛종자 제조과정 중 성장조절제 첨가가 펠렛종자의 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 공시된 채소 종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)였다. 성장조절제는 gibberellic acid(GA<sub>3</sub>, Dae Jung)의 처리농도는 50mg·L<sup>-1</sup> 및 100mg·L<sup>-1</sup> 였다. 펠렛 제조과정중 성장조절제 첨가방법은 접착제(PVA 1%)에 희석 용해한 각각의 gibberellic acid 용액을 분무하며 펠렛팅하였다. 이때 사용된 펠렛 피복물질은 diatomaceous earth(규조토) 였다. GA<sub>3</sub> 첨가된 펠렛종자와 첨가되지 않은 펠렛종자, 나종자의 발아력을 20℃의 발아기에서 조사하였다.

### (나) 펠렛종자에 지베렐린 첨가가 묘출현을 및 초기생육에 미치는 영향

공시된 채소 종자와 gibberellic acid의 처리농도 및 펠렛종자에 gibberellic acid 첨가방법은 위의 조건과 동일하였다. GA<sub>3</sub> 첨가된 펠렛종자의 묘출현율을 조사하였다. 이를 위해 플러그 트레이에 원예용 상토(바로그, 서울바이오)를 충전한 다음 50립의 종자를 3반복으로 파종 한 후 출현된 개체수를 백분율로 환산하여 묘출현율을 조사하였다. 초기생육 조사를 위해 2L의 플라스틱 포트에 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 30일후 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 묘출현과 초기생육 검정시험은 복합환경제어가 가능한 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다.

### (다) 펠렛종자에 무기영양 첨가가 발아에 미치는 영향

공시된 채소 종자와 펠렛제조하는 과정중 무기영양 첨가방법은 gibberellic acid 방법과 동일하였다. 무기영양 급원으로 MS medium(Sigma)을 표준농도(44g/L)의 1/2, 1/4 및 1/8 농도로 조성하였다. MS medium이 첨가된 펠렛종자와 첨가되지 않은 펠렛종자의 발아력을 20℃의 발아기에서 조사하였다.

### (라) 펠렛종자에 무기영양 첨가가 묘출현을 및 초기생육에 미치는 영향

무기영양급원인 MS medium이 첨가된 펠렛종자의 묘출현율을 조사하였다. 이를 위해 플러그 트레이에 원예용 상토(바로그, 서울바이오)를 충전한 다음 50립의 종자를 3반복으로 파종 한 후 출현된 개체수를 백분율로 환산하여 묘출현율을 조사하였다. 초기생육 조사를 위해 2L의 플라스틱 포트에 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 30일후 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 묘출현과 초기생육 검정시험은 복합환경제어가 가능한 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다.

### (3) 펠릿종자에 산소공급원 첨가

BaO<sub>2</sub>를 산소공급원으로 첨가한 펠릿종자의 발아촉진 정도를 조사하기 위하여 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘) 종자를 사용하였다. BaO를 접착제에 첨가하여 펠릿팅 과정에 분무하였다. 사용된 접착제는 polyvinyl alcohol(PVA) 1%였으며, BaO<sub>2</sub>를 0.2, 0.4, 0.6% 용액을 조성하여 분무하였다. 이때 사용된 펠릿 피복물질은 diatomaceous earth(규조토) 였고, 20℃의 발아기에서 발아력을 조사하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) Priming 후 종자펠릿

Priming과 코팅의 장점을 조합하려는 시도는 90년대부터 상추종자를 중심으로 진행되어 왔다. Priming 종자는 신속한 발아와 균일한 묘출현을 유도하며, 그 효과는 불량조건에서 더욱 현저하다. Table 1.15~1.22는 펠릿종자의 종자의 발아지연 문제를 극복하기 위한 수단으로 종자를 priming 처리한 종자를 펠릿제조하여 20℃에서 발아성을 조사한 것이다. 무처리 종자의 발아력이 비교적 높은 배추에서는 priming 처리 후 펠릿된 종자는 발아율을 증진시키지는 못하였다. 무처리 종자의 T<sub>50</sub>이 0.8일이었고, priming 처리후 펠릿된 종자도 무처리와 동일한 T<sub>50</sub>를 보여 배추종자를 priming 처리 후 펠릿하더라도 발아속도 단축시키는 효과는 크지 못하였다(Table 1.15).

배추종자를 펠릿제조하여 파종 후 30일째의 초기생육을 조사한 결과는 Table 1.16.과 같다. Priming 처리 후 펠릿제조된 종자와 priming 처리하지 않고 펠릿제조된 종자간 묘출현율, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중은 유의성은 인정되지 않았으나 priming 처리 후 펠릿제조된 종자에서 묘출현율과 초기생육이 좋았다.

상추에서는 나종자를 펠릿하면 발아율이 약간 감소하였다. 펠릿제조에 관계없이 상추종자는 T<sub>50</sub>이 0.8~0.9일아 소요되어 발아가 빠른 채소종자였다. 나종자에 비해 펠릿제조된 종자에서 발아가 지연되었으나, 현저한 수준은 아니었다. 또한 priming 후 펠릿제조한 종자와 priming 처리하지 않고 펠릿제조한 종자간에도 발아율과 발아속도에 큰 차이가 없었다(Table 1.17).

Table 1.15. Effect of priming before seed pelleting on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage(T<sub>50</sub>) of pelleted Chinese cabbage seeds.

Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Pelleting	98.0	0.9
Primed pelleting	98.0	0.8
Untreated	98.7	0.8
LSD(0.05)	NS	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KNO<sub>3</sub> at 20℃ for 12 hrs and dark-germinated at 20℃ for up to 11 days. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.16. Effect of priming before seed pelleting on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of Chinese cabbage seedlings at 30 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleting	99.1	20.2	1,420.1	69.9	4.4
Primed pelleting	97.2	21.2	1,473.5	79.9	4.5
Untreated	98.1	21.4	1,406.2	66.9	4.3
LSD(0.05)	NS	NS	NS	2.2	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KNO<sub>3</sub> at 20°C for 12 hrs. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Fig. 1.5. Changes in early growth by the priming before seed pelleting of Chinese cabbage seedlings at 30 days after sowing.

Table 1.17. Effect of priming before seed pelleting on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage(T<sub>50</sub>) of pelleted lettuce seeds.

Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Pelleting	94.6	0.9
Primed pelleting	97.3	0.9
Untreated	100.0	0.8
LSD(0.05)	1.3	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KNO<sub>3</sub> at 20°C for 12 hrs and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.18. Effect of priming before seed pelleting on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of lettuce seedlings at 30 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleting	84.7	15.4	1,263	53.0	1.7
Primed pelleting	87.0	16.2	1,222	53.9	1.9
Untreated	88.2	16.6	1,324	54.1	1.7
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KNO<sub>3</sub> at 20°C for 12 hrs. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

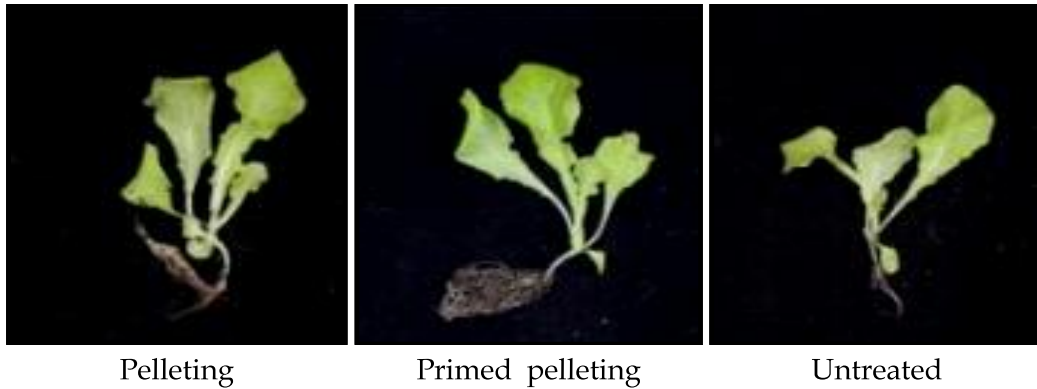


Fig. 1.6. Changes in early growth by the priming before seed pelleting of lettuce seedlings at 30 days after sowing.

상추종자를 펠릿제조하여 묘출현율과 파종 후 30일째의 초기생육을 조사하였다(Table 1.18). Priming 처리 후 펠릿제조된 종자와 priming 처리하지 않고 펠릿제조된 종자에 비해 묘출현율, 엽수, 엽면적, 생체중 등 전반적인 생육이 좋았으나 유의성은 인정되지 않았다.

무종자에서는 priming 후 펠릿제조한 종자, priming 처리를 하지 않고 펠릿제조한 종자 그리고 나중간 발아율에는 큰 차이가 없었고, 발아속도 개념은  $T_{50}$ 도 0.8일로 뚜렷한 차이가 없었다(Table 1.19). 펠릿제조한 종자는 나중자에 비해 발아율이 약간 감소하였고, 발아속도는 펠릿제조에 관계없이  $T_{50}$ 이 2.9~3.0일로 큰 차이가 없었다.

무종자를 펠릿제조하여 묘출현율과 파종 후 30일째의 초기생육을 조사한 결과 priming 처리 후 펠릿제조된 종자는 priming 처리하지 않고 펠릿제조된 종자에 비해 묘출현율, 엽수, 엽면적, 생체중 등 전반적인 생육이 좋았으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 1.20).

Table 1.19. Effect of priming before seed pelleting on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage( $T_{50}$ ) of pelleted radish seeds.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleting	88.1	0.8
Primed pelleting	91.2	0.8
Untreated	92.7	0.8
LSD(0.05)	NS	NS

Seeds were dark-primed in 50mM  $KNO_3$  at 20°C for 12 hrs and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Table 1.20. Effect of priming before seed pelleting on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of lettuce seedlings at 30 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleting	82.4	13.1	878	10.4	0.9
Primed pelleting	84.0	13.5	894	10.8	0.9
Untreated	86.2	13.8	883	11.0	0.9
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KNO<sub>3</sub> at 20°C for 12 hrs. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

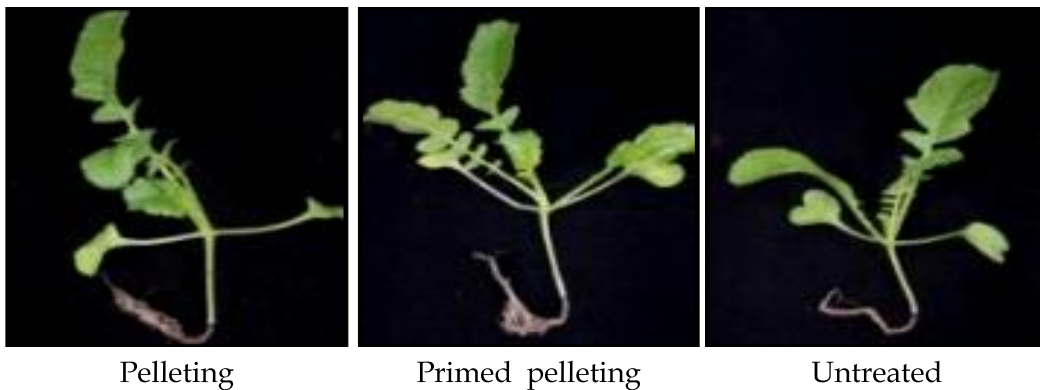


Fig. 1.7. Changes in early growth by the priming before seed pelleting of radish seedlings at 30 days after sowing.

토마토에서는 펠릿제조한 종자는 나종자에 비해 발아율이 약간 감소하였고, 펠릿제조한 종자는 발아속도가 나종자에 비해 약간 지연되었다. Priming 처리를 하지 않고 펠릿제조한 종자는 T<sub>50</sub>이 3.0일이 소요되었으나, priming 후 펠릿제조된 종자는 2.9일로 발아속도 단축 효과는 크지 않았다 (Table 1.21).

고추에서는 펠릿제조한 종자는 나종자에 비해 발아율이 약간 감소하였고, 펠릿제조한 종자는 발아속도가 나종자에 비해 약간 지연되었다. Priming 처리를 하지 않고 펠릿제조한 종자는 T<sub>50</sub>이 4.7일이 소요되었으나, priming 후 펠릿제조된 종자는 3.6일로 0.9일이 발아속도가 단축되었다 (Table 1.22).

펠릿제조한 종자는 나종자에 비해 배추, 상추, 무종자에서 통계적인 유의성은 없었으나 발아율이 약간 감소하는 경향이였다. 전반적으로 priming 후 펠릿제조한 종자는 priming 처리를 하지 않고 펠릿처리된 종자에 비해 발아율이 높은 경향이였고, 발아속도는 빨랐다. 아울러 파종 후 30일간 생육시킨 초기생육도 높은 경향을 보였다. 따라서 펠릿제조에 의해 발아력이 저하되는 문제를 priming 처리를 한 후 펠릿제조 함으로써 극복할 수 있었다. 따라서 priming 종자를 펠릿은 펠릿종자의 발아지연 문제를 극복할 수 있는 펠릿공정 기술이었다.

Table 1.21. Effect of priming before seed pelleting on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage( $T_{50}$ ) of pelleted tomato seeds.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Primed pelleting	87.1	2.9
Pelleting	86.9	3.0
Untreated	91.4	3.0
LSD(0.05)	2.1	NS

Seeds were dark-primed in 200mM  $KNO_3$  at 20°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at  $P = 0.05$ .

Table 1.22. Effect of priming before seed pelleting on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage( $T_{50}$ ) of pelleted pepper seeds.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Primed pelleting	99.3	3.6
Pelleting	98.3	4.7
Untreated	98.7	4.5
LSD(0.05)	NS	0.3

Seeds were dark-primed in 200mM  $K_3PO_4$  at 20°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at  $P = 0.05$ .

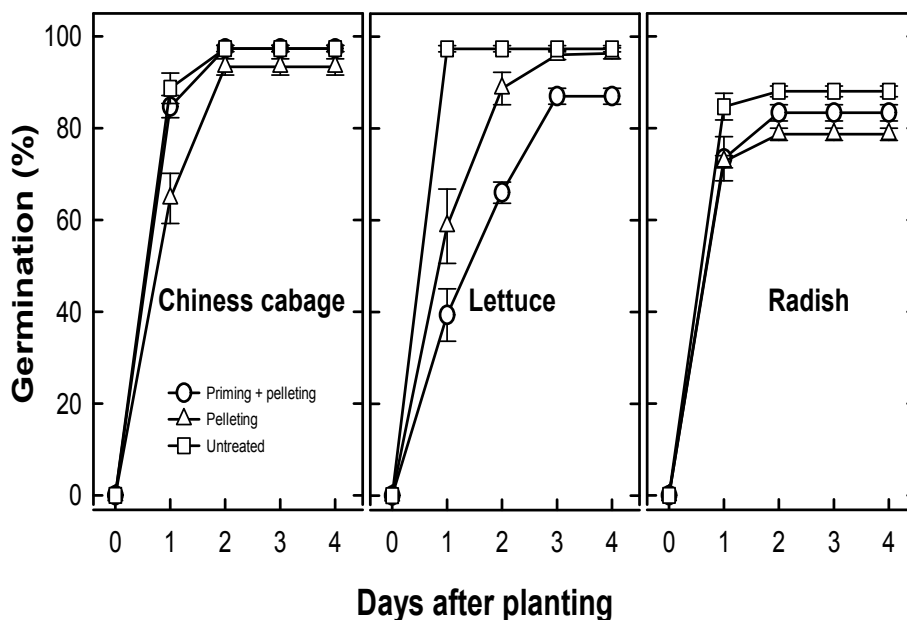


Fig. 1.8. Changes in percent germination of priming before seed pelleting processing of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

(2) 펠릿종자에 발아활성물질 첨가

### (가) 펠렛종자에 지베렐린 첨가가 발아에 미치는 영향

종자 발아성에 관여하는 호르몬의 역할은 발아억제 물질이 존재할 때 gibberellin이 존재해도 cytokinin이 없으면 발아하지 않으나 gibberellin과 cytokinin이 공존하면 발아억제 물질이 존재해도 발아가 가능하다. 따라서 gibberellin이 일차적으로 발아촉진에 관여하며, cytokinin은 2차적으로 관여한다고 알려져 있다. 이와 같이 종자 발아성은 발아 촉진물질과 억제물질의 균형에 의해 결정된다는 것을 의미한다.

종자의 발아촉진에 1차적으로 관여하는 gibberellin은 종자성숙과 더불어 증가되며, 이외에도 저온층적 처리나 후숙처리 중에도 증가한다. Cytokinin이 종자발아에 관여하는 기작은 명확하지 않으나 전사촉매작용, 운반촉매작용, 막투과성 조절작용을 개선시키는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 펠렛종자는 나종자에 비해 발아율 감소하고 발아속도가 지연되는 문제점이 있다. 따라서 펠렛종자에서 발아력을 증진시킬 수 있는 방안을 모색하기 위하여 펠렛종자에 식물생장조절제인 지베렐린을 첨가하여 그 효과를 검정하고자 하였다.

몇 가지 채소종자를 펠렛 제조하는 과정중 GA<sub>3</sub>를 첨가하여 발아성에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.23~ 1.27). 펠렛종자에 GA<sub>3</sub>를 첨가하면 작물의 종류에 따라 발아에 미치는 효과가 약간 달랐다. 배추 펠렛종자에 GA<sub>3</sub>가 첨가되면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비해 발아율에는 큰 차이가 없었다. 반면 발아속도는 GA<sub>3</sub>를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비해 발아속도가 빨랐다. 따라서 배추 펠렛종자에 GA<sub>3</sub> 첨가는 발아율 증진 효과는 크지 않았지만 발아속도 단축에는 효과가 있었다. 반면 첨가되는 GA<sub>3</sub> 처리농도간에는 큰 차이는 없었다(Table 1.23).

무처리된 상추종자 98.7%의 높은 발아율을 보였고, GA<sub>3</sub> 첨가된 펠렛종자들도 97.4% 이상의 높은 발아율을 보여 펠렛제조 과정중 GA<sub>3</sub> 첨가는 발아율 증진에는 그다지 효과적이지 못했다. 또한 발아속도 단축 효과도 미약하였다(Table 1.24).

이러한 현상은 무에서도 유사하였고, 발아가 비교적 신속하게 이루어지는 무에서도 펠렛제조 과정중에 GA<sub>3</sub> 첨가는 발아율을 증진시키는 경향이었으나 통계적인 유의성 인정되지 않았다(Table 1.25).

토마토와 고추에서도 펠렛제조하는 과정중에 GA<sub>3</sub> 첨가는 발아율을 증진시키지 못했고, 발아속도는 단축되어 조기발아하는 경향이지만 유의성이 있는 수준은 아니었다. 또한 첨가되는 GA<sub>3</sub> 농도에 의한 차이는 크지 않았지만 대체적으로 100mg·L<sup>-1</sup> 처리가 50mg·L<sup>-1</sup> 처리보다 발아력 증진에 좋았다. 전반적으로 토마토와 고추에서 펠렛제조 종자는 나종자에 비해 발아속도가 지연되었다(Table 1.26, 1.27).

본 실험에서 펠렛종자에 GA<sub>3</sub> 첨가가 발아력 향상과 발아촉진 효과가 크지 않았으나, 이들 종자를 포장이나 불량환경 조건에 파종한다면 현저한 효과를 보일 것으로 생각된다.

Table 1.23 Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted Chinese cabbage seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	98.7	0.9
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	99.3	1.0
Pelleted	98.0	1.3
Untreated	98.0	0.8
LSD(0.05)	NS	0.2

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.24 Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted lettuce seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	97.4	0.8
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	97.7	0.9
Pelleted	95.3	0.9
Untreated	98.7	0.8
LSD(0.05)	NS	NS

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.25. Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted radish seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	92.5	0.9
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	96.0	0.8
Pelleted	90.3	0.9
Untreated	92.7	0.8
LSD(0.05)	NS	NS

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.26. Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted tomato seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	96.1	4.2
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	94.3	4.3
Pelleted	93.0	4.6
Untreated	94.8	3.7
LSD(0.05)	NS	0.2

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.27. Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted pepper seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	99.3	5.7
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	97.3	5.6
Pelleted	99.3	5.8
Untreated	96.7	5.2
LSD(0.05)	NS	0.2

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

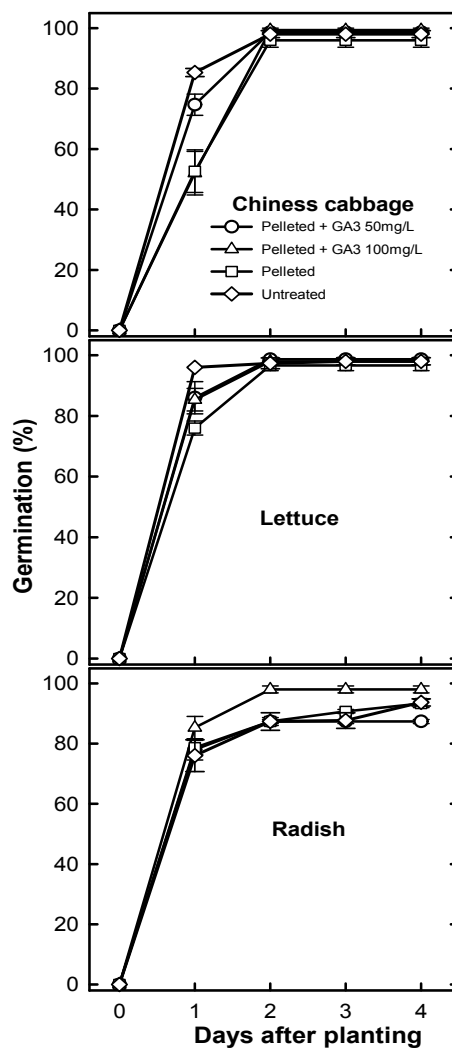


Fig. 1.9. Changes in percent germination of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

(나) 펠렛종자에 지베렐린 첨가가 묘출현 및 초기생육에 미치는 효과

펠렛종자에 GA<sub>3</sub>를 첨가하여 발아성을 비교한 결과 작물에 따라 차이는 있었으나 전반적으로

GA<sub>3</sub>를 첨가한 펠릿종자는 이를 첨가하지 않은 펠릿종자에 비해 발아촉진 효과가 있었다. 따라서 이러한 효과들이 포장조건에서 출현율 증진과 생육촉진으로 연결되는지를 검정하고자 하였다(Table 1.28~1.30).

Table 1.28. Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of Chinese cabbage seedlings at 30 days after sowing in greenhouse.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	96.9	10.6	363.9	9.6	0.75
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	96.7	11.2	358.5	9.9	0.75
Untreated	99.0	11.0	373.8	10.2	0.79
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

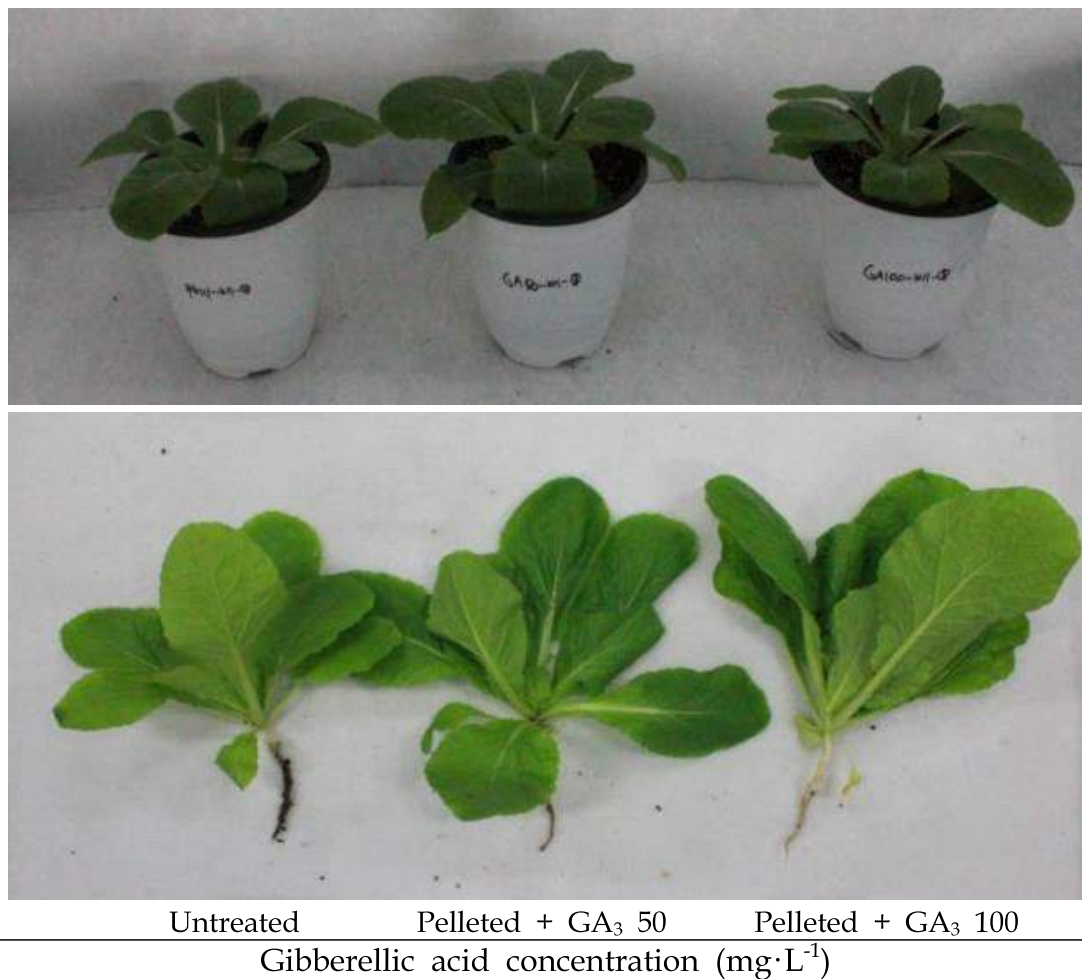


Fig. 1.10. Changes in early growth by the gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing of Chinese cabbage seedlings at 30 days after sowing.

Table 1.29. Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of lettuce seedlings at 30 days after sowing in greenhouse.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	85.4	9.0	161.7	4.04	0.51
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	84.6	8.7	157.4	3.77	0.43
Untreated	85.4	9.1	151.7	3.79	0.41
LSD(0.05)	NS	NS	8.3	NS	NS

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

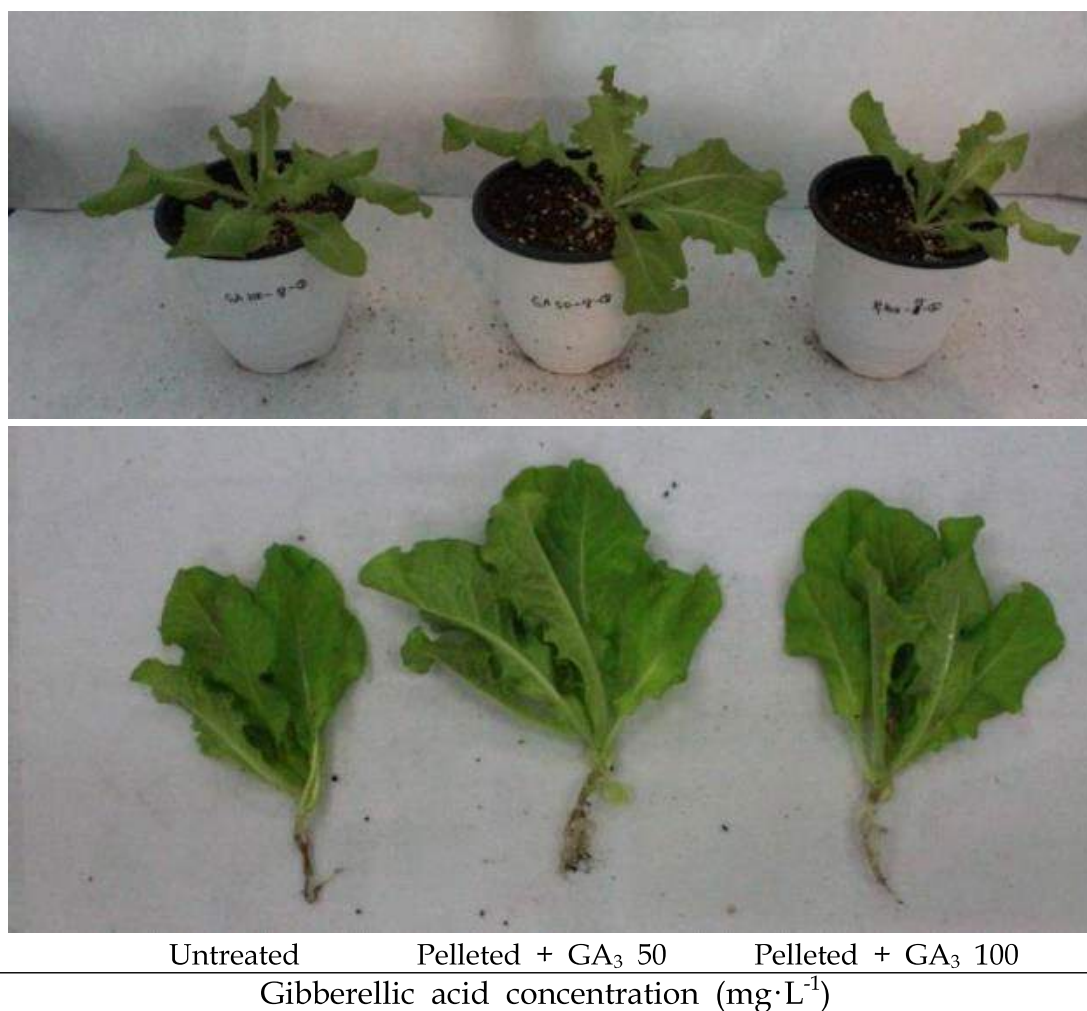


Fig. 1.11. Changes in early growth by the gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing of lettuce seedlings at 30 days after sowing.

Table 1.30. Effect of gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of radish seedlings at 30 days after sowing in greenhouse.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleted + GA <sub>3</sub> 50mg·L <sup>-1</sup>	88.5	8.6	203.1	10.7	0.81
Pelleted + GA <sub>3</sub> 100mg·L <sup>-1</sup>	89.6	8.6	279.1	10.7	0.92
Untreated	97.9	8.6	205.2	10.4	0.81
LSD(0.05)	4.2	NS	NS	NS	NS

Gibberellic acid at 50 and 100mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

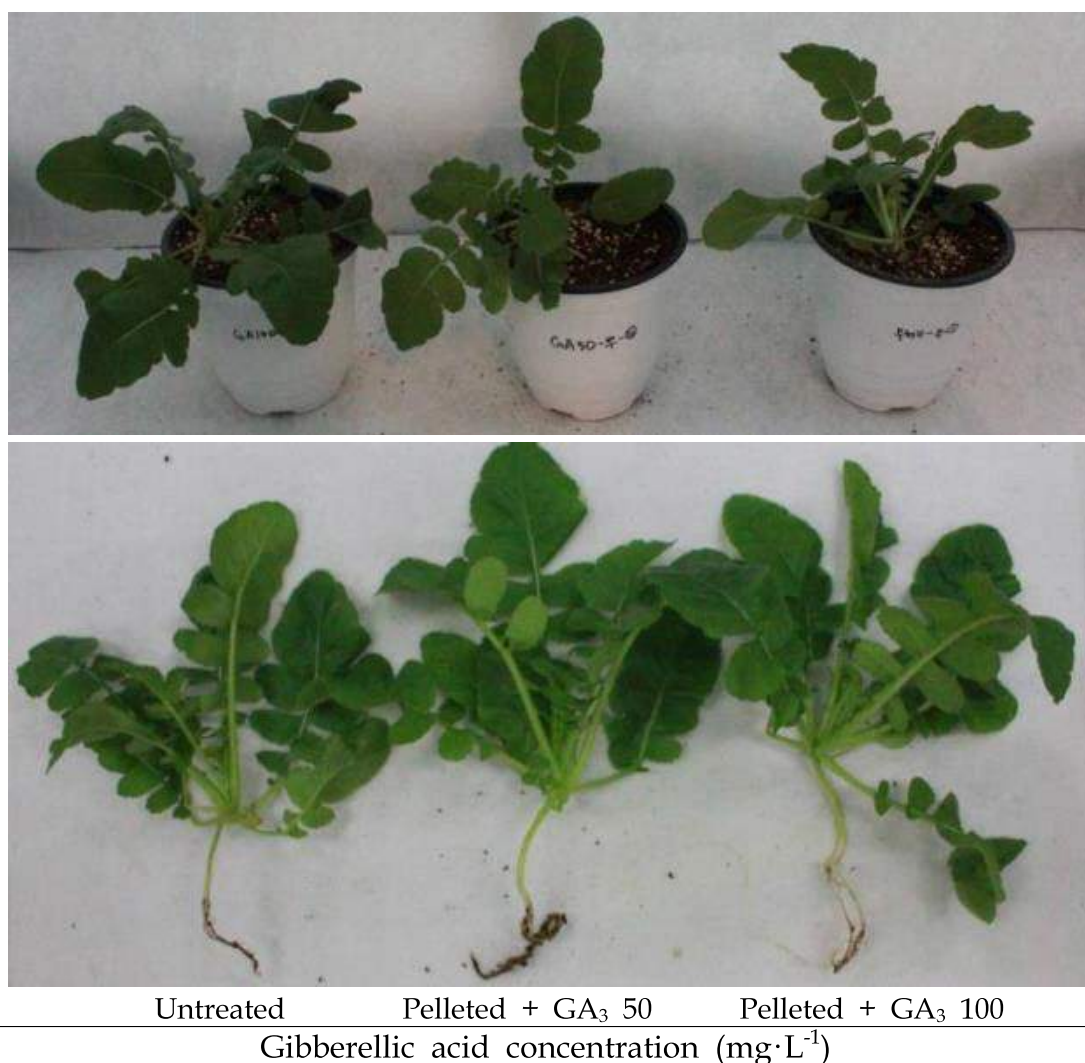


Fig. 1.12. Changes in early growth by the gibberellic acid incorporating into the seed pelleting processing of radish seedlings at 30 days after sowing.



GA<sub>3</sub>가 첨가된 배추 펠렛종자는 나종자에 비해 출현율이 약간 낮았으나 유의성은 없었다. 또한 GA<sub>3</sub>가 첨가된 펠렛종자는 파종 후 30일간 생육시킨 배추의 엽수, 엽면적, 생체중도 나종자와 큰 차이가 없었다. 일반적으로 펠렛종자는 나종자에 비해 묘출현율이 저하되는 것이 일반적인 현상이지만 본 연구에서는 묘출현율도 큰 차이가 없었고, 파종 후 30일째의 생육에도 큰 차이가 없었다(Table 1.28).

상추 나종자의 묘출현율은 85.4%였고, GA<sub>3</sub> 첨가된 펠렛종자들도 이와 유사한 묘출현율을 나타내었다. 또한 GA<sub>3</sub> 첨가된 펠렛종자를 파종하여 30일간 생육시킨 후 유묘생장을 비교한 결과 나종자와 유의적인 차이가 없었다. 첨가되는 GA<sub>3</sub> 농도에 따라 묘출현율과 초기생육에 큰 차이는 없었지만 50mg·L<sup>-1</sup> 보다는 100mg·L<sup>-1</sup> 첨가하면 전반적인 생육이 좋았다(Table 1.29).

비교적 발아가 빠른 무에서도 펠렛제조 과정중에 GA<sub>3</sub> 첨가는 묘출현율을 증진시키지는 못했다. 전반적인 생육 또한 나종자와 큰 차이는 없었다. 일반적으로 펠렛종자는 나종자에 비해 생육이 늦고, 발아가 지연되어 묘생장이 늦어지는 것이 일반적인 현상이지만 본 연구에서는 배추, 상추, 무 등의 채소종자를 펠렛제조하는 과정중에 GA<sub>3</sub> 첨가하면 묘출현, 초기생육 등이 나종자에 유사하거나 약간 나은 경향을 보였다. 이는 펠렛종자의 실용화를 촉진시킬 수 있는 유용한 근거가 될 것으로 판단된다.

이러한 연구결과는 선행연구에서도 보고되고 있으며, 종자 전처리 과정중에 GA<sub>3</sub>를 첨가하면 상추, 셀러리 및 명아주 등에서 발아력이 향상되었다고 하였다. 그 효과는 암조건에서 지베렐린이 광효과를 대신함으로써 발아를 촉진한다고 하였다(Khan과 Karssen, 1980; Khan 등, 1980,1981).

또한 고추종자의 priming 처리중 GA<sub>3</sub> 첨가는 발아율과 T<sub>50</sub> 단축에 효과가 있었으며, 특히 저온에서 발아시킨 경우 효과적임을 밝혔다(Nelson과 Sharples, 1980). 상추종자에서 priming 과정중 GA<sub>3</sub> 첨가는 발아억제 물질인 ABA가 존재하더라도 높은 발아력을 보였는데(Khan과 Saminy, 1982), 그 효과는 priming 처리중 첨가된 지베렐린이 신속한 유근신장을 유도한 것에 기인된다고 하였다.

토마토 종자를 priming 과정중 BAP 100mg·L<sup>-1</sup>을 첨가하면 발아력을 증진시키지는 못했으나(Odell과 Cantliffe, 1986), 셀러리(Tanne와 Cantliffe, 1989), 프리물러(Finchsavage, 1991) 및 임파센스(Finchsavage, 1991)에서 BAP 첨가하면 발아율을 증진되었고 발아속도가 단축되었다고 하였다.

따라서 종자처리 과정중에 성장조절제 첨가는 작물이나 품종에 따라 효과가 다르게 나타나므로 체계적인 연구 검토가 필요하다.

#### (다) 펠렛종자에 영양물질 첨가가 발아에 미치는 영향

영양물질을 펠렛종자에 첨가하는 것은 종자의 영양물질 흡수를 증대시키고, 잡초의 영양물질 흡수를 최소화하여 발아 후 유묘생장을 향상시킬 수 있다. 또한 영양물질이 종자에 근접되어 토양 시비를 한 것보다 영양물질 흡수효율을 3~4배 높일 수 있는 장점이 있다. 이외에 경제적 측면에서도 종

자가 입모를 형성하기까지 투입되는 비료량을 절감할 수 있다.

몇 가지 채소작물의 종자를 펠렛 제조하는 과정중 무기영양 급원인 MS medium 첨가하여 발아성을 조사한 결과는 Table 1.31.~ 1.35에 나타내었다.

펠렛종자에 MS medium를 첨가하면 채소작물에 따라 발아에 미치는 효과가 약간씩 달랐다. MS medium이 첨가된 배추 펠렛종자는 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비해 유의성은 인정되지 않으나 처리농도가 높아질수록 발아율이 약간 감소하는 경향이였다. 발아속도 또한 MS medium를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비해 발아가 지연되었으나 통계적인 유의성은 없었다(Table 1.31).

상추에서도 펠렛종자에 MS medium를 첨가하면 발아율에는 큰 변화가 없었다. 발아속도는 펠렛종자에 첨가되는 MS medium의 농도에 관계없이 T<sub>50</sub>이 0.8일로 발아속도에는 큰 영향을 주지 못했다(Table 1.32). 무에서도 펠렛종자에 MS medium를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자간 발아율과 발아속도에 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다(Table 1.33). 따라서 발아가 단시일내에 신속하게 이루어지는 배추, 상추, 무에서는 펠렛종자내에 MS medium 첨가는 그 효과가 현저하지 못했다.

토마토와 고추에서도 펠렛종자에 MS medium 첨가는 발아율을 증진시키지 못했다. 발아속도 또한 MS medium 처리농도가 높을수록 지연되는 경향이였다(Table 1.34, 1.35).

본 실험에서 펠렛종자에 MS medium 첨가는 발아율 향상과 발아촉진 효과가 크지 않았으나, 포장에서 유묘출현 이후 유묘생장기에서는 효과가 있을 것으로 예측된다.

고농도의 영양물질을 첨가하면 발아장애 현상이 나타날 수 있으며, 특히 농축된 가용성 비료를 펠렛제조 과정중 첨가하면 발아가 지연된다 하였다(Scott, 1975b).

Table 1.31. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on germination and T<sub>50</sub> of pelleted Chinese cabbage seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Pelleted + MS medium 1/2	98.0	0.9
Pelleted + MS medium 1/4	97.3	1.2
Pelleted + MS medium 1/8	97.3	1.1
Pelleted	98.0	1.0
Untreated	100.0	0.8
LSD(0.05)	NS	0.2

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.32. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted lettuce seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + MS medium 1/2	100.0	0.8
Pelleted + MS medium 1/4	98.1	0.8
Pelleted + MS medium 1/8	100.0	0.8
Pelleted	98.0	0.8
Untreated	100.0	0.8
LSD(0.05)	NS	NS

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.33. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted radish seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + MS medium 1/2	90.7	0.8
Pelleted + MS medium 1/4	87.1	0.8
Pelleted + MS medium 1/8	90.7	0.9
Pelleted	90.2	0.8
Untreated	89.3	0.8
LSD(0.05)	NS	NS

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.34. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted tomato seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Pelleted + MS medium 1/2	87.1	4.3
Pelleted + MS medium 1/4	92.6	4.2
Pelleted + MS medium 1/8	90.6	4.1
Pelleted	91.0	4.1
Untreated	92.6	3.7
LSD(0.05)	NS	0.2

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.35. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on germination and T<sub>50</sub> of pelleted pepper seeds at 20°C.

Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Pelleted + MS medium 1/2	96.0	6.7
Pelleted + MS medium 1/4	95.3	6.2
Pelleted + MS medium 1/8	96.7	6.3
Pelleted	96.7	6.0
Untreated	98.0	5.8
LSD(0.05)	NS	0.2

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

또한 비료성분의 삼투압이 종자발아에 미치는 효과는 20세기 초반부터 많은 연구가 있어왔다. Uhvis(1946)는 NaCl 용액에 종자를 침지하면 발아가 억제되었는데 그 원인은 NaCl 용액의 삼투작용으로 인해 종자내로 수분 이동이 제한된 것이라고 하였다. 밑에서는 100kg/ha 이상의 고농도의 화학비료를 펠릿하면 과인산이 유묘생장을 억제하는 정도가 가장 컸다고 하였다(Guttay, 1957).

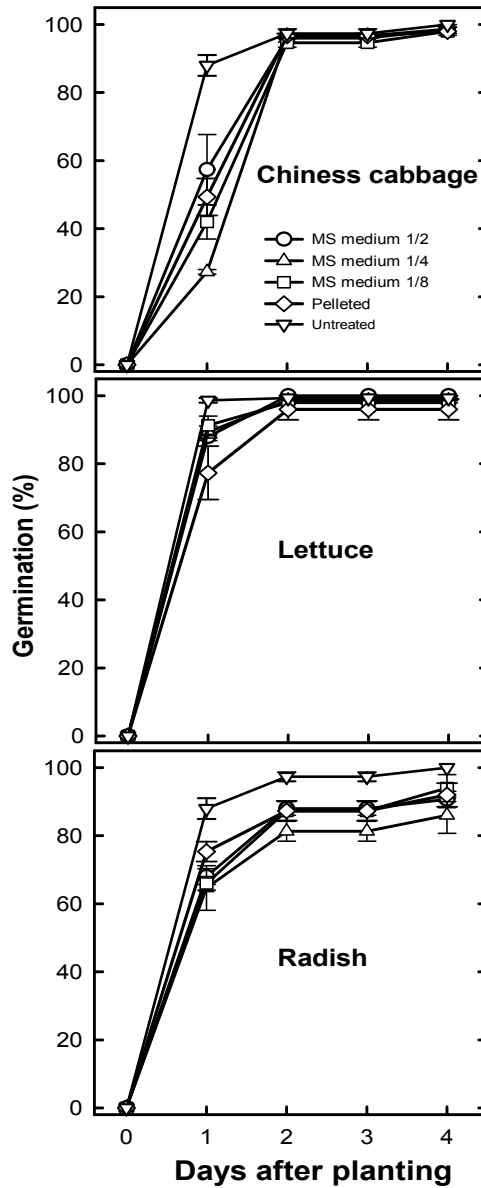


Fig. 1.13. Changes in percent germination of MS medium incorporating into the seed pelleting processing of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

이와 같이 영양물질을 펠렛종자에 첨가하여 발아가 지연되는 원인은 (1) 첨가된 영양물질이 수분장력을 낮춤으로써 종자의 수분흡수를 억제하고, (2) 고농도의 영양물질이 종자발아에 독성으로 작용한 것으로 해석된다. 따라서 펠렛종자에서 첨가되는 영양물질 범위는 발아를 억제하지 않은 수준이 적합할 것으로 판단된다.

Scott(1986, 87)는 인산급원인 monocalcium phosphate를 펠렛종자에 첨가하면 비료장해를 유발한다고 하였다. 이와 같이 monocalcium phosphate 첨가에 의한 발아감소 원인을 수용성 영양물질일

것으로 예측하여 지효성과 불용성 영양물질이 종자펠렛 첨가용으로 적합하다고 하였다.

Scout(1985) 등은 영양물질로 펠렛된 라이그라스는 영양물질의 성분에 따른 차이가 현저하였고, 수용성 영양물질을 첨가한 펠렛종자는 묘출현이 억제 또는 지연되었으나 지효성을 영양물질 첨가한 펠렛종자는 묘출현율을 향상시켰다고 하였다.

따라서 펠렛종자에 영양물질의 첨가 효율을 높이기 위해서는 채소종자별 수분흡수력에 근거하여 적정 첨가농도를 설정할 필요가 있었다. 본 실험에서 펠렛종자를 제조하는 과정중 MS medium 첨가는 저농도인 1/8배액이 적합한 것으로 판단되었다.

#### (라) 펠렛종자에 무기영양 첨가가 묘출현율 및 초기생육에 미치는 영향

실내 발아실험에서 펠렛종자에 영양물질을 첨가하면 작물에 따라 차이는 있었으나 이를 첨가하지 않은 펠렛종자보다 발아율이 약간 저하되는 경향이였다. 그러나 영양물질의 첨가농도가 낮은 1/8 처리에서는 무처리보다 발아력이 나은 경향을 보였다. 이와 같이 고농도의 영양물질 첨가에 의한 발아억제 또는 지연의 원인은 선행연구 결과와 본 연구결과들을 종합하여 볼 때 첨가되는 영양물질이 수분장력을 낮춤으로써 종자에 수분공급이 제한된 것으로 해석되었다.

그러나 실내실험은 단지 발아율에만 국한된 것이므로 펠렛종자에 첨가된 영양물질이 설령 발아를 억제 또는 지연하였지만 발아 후의 묘생장에는 유용하게 이용될 수 있으므로 이에 대해서 세밀하게 검정할 필요가 있었다.

이러한 관점에서 MS medium이 첨가된 펠렛종자를 온실에 파종하여 묘출현율과 생육반응을 검정하고자 하였다(Table 1.36~1.38). 펠렛종자에 MS medium를 첨가하면 채소종자에 따라 묘출현율과 생육반응이 약간씩 달랐다.

MS medium이 첨가된 배추 펠렛종자는 나종자에 비해 묘출현율이 저하되었다. 그 정도는 첨가농도가 높은 MS medium 1/2 처리에서 현저하였다. MS medium 1/2를 첨가한 펠렛종자는 파종 후 30일째의 생육도 다른 첨가농도에 비해 부진하였다. 그러나 1/4 및 1/8의 MS medium 첨가된 펠렛종자는 나종자와 동등하거나 더 나은 생육을 보였다. 특히 MS medium 1/8이 첨가된 펠렛종자는 묘출현율도 높았을 뿐만 아니라 전반적인 생육이 나종자를 파종한 것보다 우수하였다(Table 1.36).

상추에서도 펠렛종자에 MS medium를 첨가하면 묘출현율에는 큰 변화가 없었다. 그러나 MS medium를 첨가한 펠렛종자는 파종 후 30일째의 엽수와 엽면적 등의 생육은 MS medium 첨가농도에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 무기영양의 첨가농도가 높은 1/2 첨가구에서 생육이 부진하였다. 이와 같은 원인으로는 선행연구에서는 고농도의 영양물질을 첨가하면 발아장해 현상이 나타날 수 있으며, 특히 농축된 가용성 비료를 펠렛제조 과정중 첨가하면 발아가 지연된다 하였다(Scott, 1975b). 배추와 마찬가지로 상추에서도 MS medium 1/8이 첨가된 펠렛종자에서 전반적인 생육이 좋았다(Table 1.37).

무에서는 펠렛종자에 MS medium의 첨가 농도가 높은 MS medium 1/2 처리에서 묘출현율이 저하되었다. 나종자는 97.9%의 묘출현율을 보였으나 MS medium 1/2이 첨가된 펠렛종자는 86.5%의 묘출현율을 보여 나종자에 비해 묘출현율이 11% 저하되었다. 파종 후 30일째의 생육은 MS medium

첨가농도에 따른 유의적인 차이는 없었으나, MS medium 농도가 높은 1/2 첨가처리에서 생육이 부진하였다. 무에서는 MS medium 1/8이 첨가된 펠렛종자에서 전반적인 생육이 가장 좋았다(Table 1.38).

영양물질을 펠렛종자에 첨가하면 묘생육 촉진과 수량성 증진되었다는 보고들은 많다. 목초인 라이그라스 종자를 인산으로 펠렛하면 파종 후 2년간 효과가 지속되었으며(Varth와 Clifford, 1973), 무처리구에 비해 생장율이 2~4배 증가되었다고 하였다(Varth와 Clifford, 1973b). 인산이 소량 첨가된 상추 펠렛종자를 직파하면 생장율이 무처리에 비해 향상되었고(Sharples와 Gentry, 1980), 옥수수에서는 0.2kg/P/ha 정도의 소량의 인산을 종자펠렛하면 첨가하면 수량성이 향상되었다고 하였다(Gutty 등, 1957).

비료성분이 놓이는 위치에 따라 작물생육이 달라지며(Bates, 1971), 종자펠렛에 비료성분을 소량으로 첨가했을 때 옥수수의 초기생육이 관행시비법보다 3~4배 정도 효과적이라 하였다(Snid와 Bates, 1971). 토양에 시용된 비료는 작물이 흡수할 수 있는 유효성분이 낮으나 인산펠렛 처리는 비료성분이 종자에 근접하여 비료효율이 상대적으로 높일 수 있다(Fiedler 등, 1983). 인산 펠렛한 버팔로그라스 종자는 파종 후 4일 이내에 인산을 이용하여 초기 생육을 향상되었다. 이는 비료성분이 종자에 근접 위치한 작물의 흡수가 용이하여 식물생장이 향상된 것으로 풀이된다. 특히 저온조건하에서 인산흡수가 제한될 때 유동성이 없는 인산 흡수를 용이하도록 하기 위한 대안이 펠렛처리 라고 하였다(Klepper 등, 1983).

Scott와 Blair(1988a)는 calcium phosphate와 인산급원을 달리하여 묘생장을 비교한 결과 인산급원에서 분해된 인산이 알팔파의 유묘 생장을 촉진시켰으나 그 효과는 달랐다고 하였다. 각각의 인산급원들은 엽수와 수확량을 증가시켰고, 인산공급원에서 분해되는 인산의 함량이 많을 때 유묘생장도 증진된다고 하였다. 또한 *Phalaris* 종자를 5kg P/ha 공급하여 인산펠렛한 후 27일 재배한 것은 토양 시비의 경우 20kg P/ha 공급해야만 이와 동등한 크기의 작물생산이 가능하다고 하였다(Scott와 Balir, 1988b). 따라서 펠렛종자에 적정 농도의 영양물질 첨가는 유묘생장에는 유효하였다. 이러한 연구결과를 바탕으로 고품질 펠렛종자에 생산에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1.36. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of Chinese cabbage seedlings at 30 days after sowing in greenhouse.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleted + MS medium 1/2	90.6	11.0	313.9	10.4	0.61
Pelleted + MS medium 1/4	95.8	12.2	355.5	14.8	0.71
Pelleted + MS medium 1/8	96.9	12.2	378.3	15.4	0.77
Untreated	99.0	12.4	368.9	14.0	0.74
LSD(0.05)	4.80	NS	NS	3.0	0.06

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Untreated                      1/2                      1/4                      1/8

MS medium(dilution)

Fig. 1.14. Changes in early growth by the MS medium incorporating into the seed pelleting processing of Chinese cabbage seedlings at 30 days after sowing.

Table 1.37. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of lettuce seedlings at 30 days after sowing in greenhouse.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleted + MS medium 1/2	93.8	8.0	151.7	4.0	0.20
Pelleted + MS medium 1/4	92.6	8.6	161.7	5.5	0.32
Pelleted + MS medium 1/8	94.7	8.8	184.5	5.8	0.36
Untreated	95.4	8.6	174.7	5.5	0.35
LSD(0.05)	NS	NS	NS	1.24	NS

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Untreated                      1/2                      1/4                      1/8

MS medium(dilution)

Fig. 1.15. Changes in early growth by the MS medium incorporating into the seed pelleting processing of lettuce seedlings at 30 days after sowing.



Table 1.38. Effect of MS medium incorporating into the seed pelleting processing on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight and dry weight of radish seedlings at 30 days after sowing in greenhouse.

Seed treatment	Emergence (%)	No. of Leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Pelleted + MS medium 1/2	86.5	8.6	203.1	10.41	0.80
Pelleted + MS medium 1/4	92.7	8.6	255.8	13.76	0.85
Pelleted + MS medium 1/8	92.7	9.0	289.8	13.81	0.89
Untreated	97.9	9.4	282.0	13.55	0.87
LSD(0.05)	6.1	NS	NS	NS	NS

MS medium at 1/2, 1/4 and 1/8 dilution were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

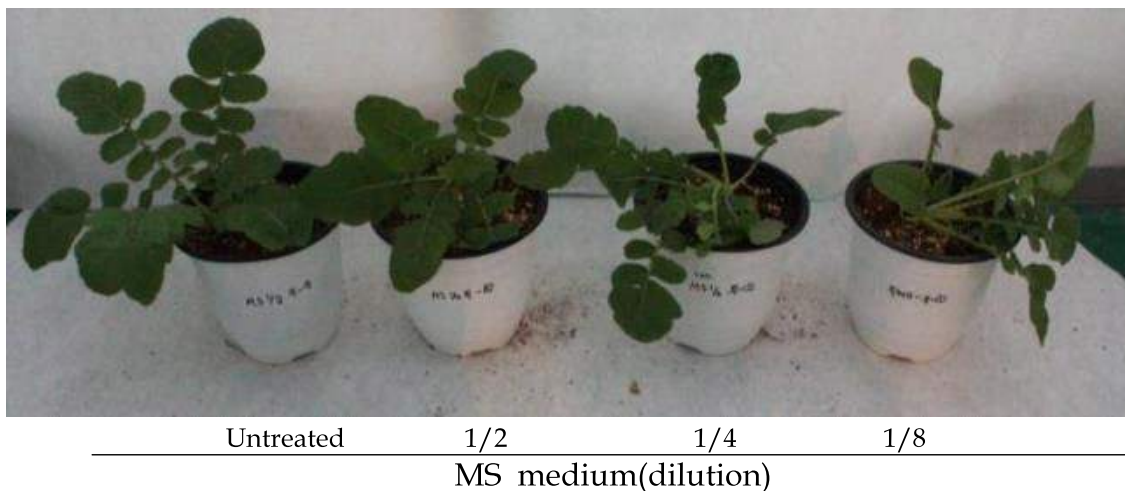


Fig. 1.16. Changes in early growth by the MS medium incorporating into the seed pelleting processing of radish seedlings at 30 days after sowing.

### (3) 펠렛종자에 산소공급원 첨가

펠렛종자는 발아측면에서 볼 때 종자표면에 여분의 피복물질에 의하여 산소공급이 억제되어 발아가 지연되고 발아율이 저하되기 쉽다. 정밀파종을 위해 산업화되고 있는 펠렛종자에서 발아율 감소 원인은 공기와 수분 이동의 제한에 의한 것으로 보고 있다. 따라서 본 연구는 펠렛종자의 발아지연 문제를 극복하기 위한 방안으로 펠렛종자에 산소발생원인 BaO<sub>2</sub> 펠렛공정의 단계에 첨가하여 그 효과를 검토하고자 하였다(Table 1.39).

채소종자의 펠렛공정의 최종단계에 BaO<sub>2</sub> 첨가는 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 감소되는 경향이었고, 발아속도도 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 공시된 전 채소작물의 종자에서 BaO<sub>2</sub> 농도가 상대적으로 높은 0.6% 첨가구에서 더욱 뚜렷하였다. 배추의 나중자는 발아율이 99.0% 였고, BaO<sub>2</sub> 첨가되지 않은 펠렛종자의 발아율이 98% 였다. 반면 펠렛종자에 BaO<sub>2</sub>를 첨가하면 발아율에는 큰 차이는 없었으나, 발아속도는 약간 지연되는 경향이였다. 나중자의 T<sub>50</sub>은 0.8일 였으나, 펠렛하면 T<sub>50</sub>이 지연되었고, 이러한 경향은 BaO<sub>2</sub> 첨가농가가 증가할수록 더욱 뚜렷하였다. 상추 나중자의 발아율은 99% 였고, T<sub>50</sub>은 0.8일 이었다. 반면 펠렛종자에 산소발생원인 BaO<sub>2</sub> 첨가하

면 발아율이 약간 감소하였고, 발아속도는 0.3일 정도 지연되었다.

Table 1.39. Effect of BaO<sub>2</sub> incorporating into the seed pelleting processing on germination and T<sub>50</sub> of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

Crop	Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Chinese cabbage	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.2%	99.0	1.2
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.4%	98.4	1.3
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.6%	98.3	1.3
	Pelleted	98.0	1.1
	Untreated	99.0	0.8
	LSD(0.05)	NS	0.2
Lettuce	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.2%	96.0	1.1
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.4%	97.1	1.2
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.6%	95.0	1.2
	Pelleted	97.0	1.0
	Untreated	99.0	0.8
	LSD(0.05)	2.1	0.2
Radish	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.2%	85.7	1.1
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.4%	85.2	1.2
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.6%	84.7	1.2
	Pelleted	87.2	1.0
	Untreated	89.3	0.9
	LSD(0.05)	NS	0.2
Tomato	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.2%	86.1	4.7
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.4%	90.6	4.6
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.6%	89.6	4.7
	Pelleted	90.0	4.3
	Untreated	93.6	3.7
	LSD(0.05)	2.1	0.3
Pepper	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.2%	95.0	6.9
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.4%	94.3	6.7
	Pelleted + BaO <sub>2</sub> 0.6%	94.0	6.6
	Pelleted	96.7	6.5
	Untreated	98.0	5.9
	LSD(0.05)	2.2	0.3

BaO<sub>2</sub> at 0.2, 0.4 and 0.6% were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무종자에서는 산소발생원인 BaO<sub>2</sub> 펠렛종자에 첨가하면 발아율에는 큰 차이가 없었고, 발아속도는 0.2일 정도 지연되었다. 반면 발아하는데 소요되는 시간이 긴 토마토와 고추에서는 BaO<sub>2</sub> 펠렛종자에 첨가하면 발아율은 약간씩 감소하였고, 발아속도는 0.7~1.0일 정도 지연되었다.

발아중인 종자에 산소를 공급하기 위해 펠렛과정에 peroxides를 첨가한 연구들은 효과적이었다는 보고와 발아와 묘출현을 억제하였다는 상반된 보고들이 제기되고 있다. Brocklehurst와 Dearman (1983)은 당근과 양파에서 peroxides를 첨가하면 출현율을 증진시키지 못했지만 라이그라스 (ollerenshaw, 1985)에서는 묘출현율이 향상되었다고 하였다. 또한 peroxides로 펠렛처리된 산소가

부족한 토양에서 종자내 산소공급에 효과가 있었고, 특히 수도에서  $\text{CaO}_2$  펠릿처리는 담수상태에서 산소를 공급하는 효과가 컸다고 하였다.

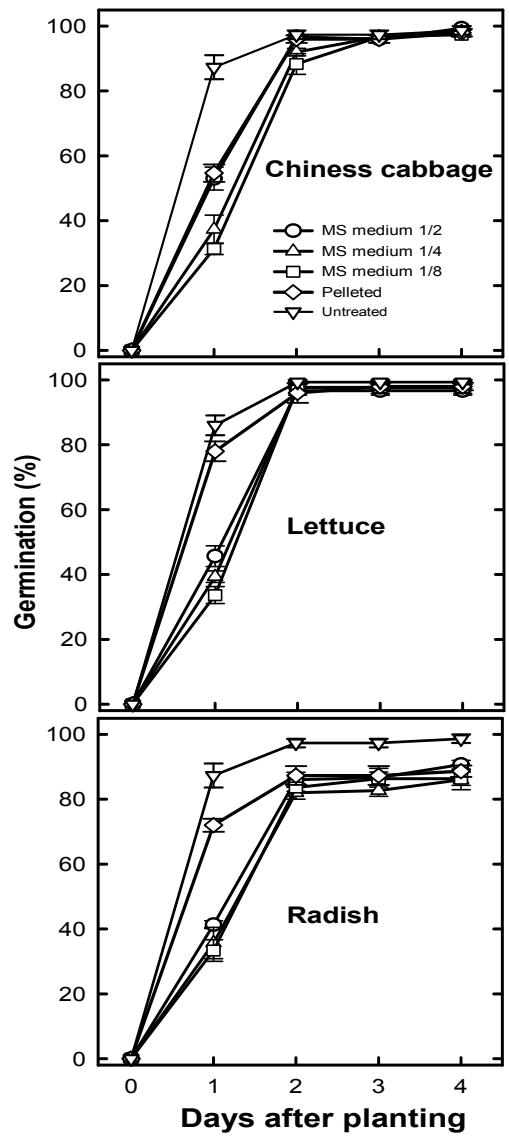


Fig. 1.17. Changes in percent germination of  $\text{BaO}_2$  incorporating into the seed pelleting processing of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

Calcium peroxide(Sladdin and Lynch, 1983)로 펠렛된 종자는 저습토양에 파종된 밀에서 산소공급 효과는 없었으나 발아율은 향상되었는데, 그 원인은 antimicrobial 작용과 광독성 물질을 중화한 것에 기인한다고 하였다.

본 연구에서 BaO<sub>2</sub> 첨가된 펠렛종자에서 발아력 감소원인은 (1) BaO<sub>2</sub> 무첨가 펠렛종자의 pH가 7.2 이었고, BaO<sub>2</sub> 첨가구에서는 pH가 9.5인 점을 감안한다면 pH 상승에 의한 발아력 저하와 (2) 펠렛 피복물질에 축적된 BaO<sub>2</sub>가 종자 수분흡수를 방해하여 발아가 저하된 것으로 추측된다.

본 실험에서 사용된 BaO<sub>2</sub>는 불용성이지만 물에서 노출시간이 경과하면 서서히 O<sub>2</sub> 분해하는 성질이 있다. 따라서 BaO<sub>2</sub> 첨가에 의해 펠렛종자의 발아력이 저하되었으나, 반면 저농도의 BaO<sub>2</sub>를 펠렛종자 첨가한다면 산소공급 측면에서 유용할 것이다. 이는 곧 발아증진으로 연결될 수 있으므로 이에 대한 차후 연구가 필요한 분야라고 판단된다.

## 5. 무병화 펠렛종자 생산기술개발

### 가. 연구목적

토양재배에서는 연작은 토양의 이화학성 악화로 생리장해 및 병해충 발생이 심하게 된다. 아울러 생산성을 증대를 목적으로 화학비료와 농약의 과도한 사용은 염류집적, 가스발생 및 양분의 불균형으로 작물이 연약하게 자라게 되어 토양에서 전염되는 병해충의 피해를 초래하게 된다.

토양병해의 방제로는 약제방제, 물리적 방제, 생태적 방제, 저항성 품종의 이용 등을 들 수 있다. 이러한 방제 방법은 각각의 장단점이 있기 때문에 한 가지 수단으로 완전방제가 어렵다. 또한 이러한 방법들은 시간과 경제적 비용이 많이 소요되는 단점이 있다.

살충제를 첨가한 펠렛종자는 많은 작물에서 산업화 되고 있으며, 살충제를 펠렛종자에 첨가함으로써 벼, 보리, 콩과 작물에서 매미충, 양파에서 양파 파리 등의 해충 방제가 가능하였다. 이와 같이 살균, 살충제 종자처리는 각종 병해충을 방제하기 위하여 재배토양의 전면적에 살포하는 것보다는 소량의 약제를 종자에 직접 처리함으로써 약제사용량을 줄일 수 있고, 더불어 한번 처리로 병해충을 방제할 수 있는 장점이 있다.

토양에는 작물 생육을 촉진하는 유용 미생물뿐만 아니라 유해한 미생물들이 존재하는데, 작물은 이러한 유해한 미생물들에 의해 입묘가 불량해지고 생산성이 저하된다. 살균제를 첨가한 펠렛종자는 병해에 대한 내성을 증진시키고, 토양유해균으로부터 종자와 묘를 보호할 목적으로 사용된다.

살균제의 종자처리는 유해균의 생장이 왕성하고 불량 발아조건인 저온에 파종된 종자에서 효과가 우수하다(Yen과 Carter, 1972). 살균제와 살충제를 혼합하여 종자처리하면 처리효과를 상승시킬 수가 있으나, 살균제와 살충제의 화학적 조성에 따라 상호작용을 나타내는 것도 있는 반면 길항작용으로 작물생육에 나쁜 영향을 주는 경우도 있다(Chatrath, 1977).

살균제나 살충제 혼합처리의 또 다른 이점은 파종된 종자를 개미, 조류 및 설치류들이 식량으로 인식하지 못하도록 하여 입묘율을 향상시킬 수 있다. 최근에는 조류나 설치류(토끼, 쥐)로부터 종자를 보호할 수 있는 종자펠렛 방법과 보호제 개발에 많은 연구가 진행 중에 있다. 본 연구는 살균제와 살충제를 펠렛종자에 첨가하여 발아성을 검정하기 위해 수행되었다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) 살균제 첨가조건 설정

살균제가 첨가된 펠렛종자의 발아성을 검정하고자 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)을 사용하였다. 살균제는 베노람(동부한농)  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 호마이(전진산업)  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 접착제에 용해시킨 후 펠렛 공정 중 분무하였다. 이때 사용된 펠렛 피복물질은 diatomaceous earth(규조토)였다. 펠렛종자의 발아성 검정은  $20^{\circ}\text{C}$ 의 식물생장조절실에서 수행하였다.

### (2) 살충제 첨가조건 설정

살충제를 펠렛종자에 첨가하기 위해 에이팜(신젠타 코리아)  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 매치(신젠타 코리아)  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 접착제 PVA(1%)에 용해하여 펠렛 공정 중 분무하였다. 사용된 종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)이었다. 이때 사용된 펠렛 피복물질은 diatomaceous earth(규조토)였다. 펠렛종자의 발아조사는  $20^{\circ}\text{C}$ 의 식물생장조절실에서 검정하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 살균제 첨가조건 설정

펠렛종자에 살균제를 첨가하면 각종 곰팡이병을 방제하기 위하여 전 작물재배에 약제를 살포하는 것보다 약제사용량을 줄일 수 있어 경제적이다. 따라서 펠렛종자에 살균제 첨가는 기계화 파종과 더불어 입묘증진 효과를 기대할 수 있을 것이다. 이러한 목적으로 Table 1.40~1.44는 펠렛종자에 살균제를 첨가하여 살균제 종류 및 농도에 따라 펠렛종자의 발아성을 검정하였다.

채소종자의 펠렛공정의 최종단계에 살균제를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 감소하였고, 발아속도는 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 실험에 공시된 전 채소작물의 펠렛종자에서 살균제의 첨가농도가 높은  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  처리구에서 뚜렷하였다.

배추의 나종자는 발아율이 99%였고, 살균제가 첨가된 펠렛종자도 이와 유사한 발아율을 보여 살균제 첨가에 의한 발아율 감소현상이 나타나지 않았다. 반면 발아속도는 나종자의 경우  $T_{50}$ 이 0.9일였으나, 살균제를 첨가된 펠렛종자는  $T_{50}$ 이 나종자에 비해 .1~0.3일 정도 지연되었다. 첨가되는 살균제의 종류에 따라 펠렛종자의 발아속도에 차이가 있었는데, 전반적으로 베노람이 호마이보다 발아를 덜 지연시키는 살균제였다(Table 1.40).

상추 나종자의 발아율은 92%였고,  $T_{50}$ 은 0.8일 이었다. 펠렛종자에 살균제를 첨가하면 발아율에는 큰 차이가 없었지만 발아속도는 나종자와 동일하거나 0.2일 정도가 지연되었다(Table 1.41). 무에서는 나종자의 발아율이 95.3% 였다. 반면 펠렛종자에 살균제를 첨가하면 발아율에는 큰 차이는 없었으나, 호마이  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  첨가구에서 나종자에 비해 발아율이 4% 감소하였다.

토마토에서는 펠렛종자에 살균제를 첨가하면 발아율은 약간씩 감소하였고, 발아속도는 1.5일 정도

지연되었다(Table 1.43). 살균제의 종류에 따라 발아율과 발아속도에 차이가 있었는데, 전반적으로 베노람이 호마이보다 발아율을 억제하는 정도가 낮았다. 고추에서 펠렛종자에 살균제 첨가는 발아율에는 큰 차이가 없으나 발아속도를 0.8일 정도 지연시켰다(Table 1.44).

이와 같은 결과는 불량환경 요인이 배제된 실내의 petridish 상에서 얻어진 결과이므로 실제 영농 현장에서 살균제가 첨가된 펠렛종자를 파종하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비해 묘출현율과 초기생육을 향상시킬 것으로 예측된다.

지금까지 살균제를 이용한 종자처리에는 곡류의 감부기병(Alcock, 1978), 보리의 흰가루병, 목화의 *Rhizoctonia* (Cole와 Cavill, 1977), 옥수수 및 사탕수수의 노균병 방제에 성공적으로 이용되어 왔다 (Lal 등, 1979). 또한 살균제의 종자처리 약제를 엽면살포한 경우보다 *Pythium*과 *Phytophthora* 방제 효과가 뛰어나며, 묘출현율과 생산성 향상되었다는 선행보고도 있다(Falloon, 1980).

이와 더불어 살균제와 살충제를 혼합하여 첨가한다면 처리효율을 극대화시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 살균제를 첨가한 펠렛종자는 흰가루병, 노균병으로부터 종자나 유묘를 보호하는데 큰 효과가 있을 것이며, 채소 펠렛종자에 적용될 수 있는 살균제 종류는 베노람 이었고 적정농도는 250mg·L<sup>-1</sup> 가 좋았다.

Table 1.40. Effect of fungicide incorporating into the seed pelleting processing on germination and T<sub>50</sub> of pelleted Chinese cabbage seeds at 20°C.

Fungicide	Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Homai	250	98.7	1.2
	500	96.7	1.3
Venoram	250	100.0	1.1
	500	100.0	1.0
Untreated		99.3	0.9
LSD(0.05)		NS	0.2

Fungicide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.41. Effect of fungicide incorporating into the seed pelleting processing on germination and T<sub>50</sub> of pelleted lettuce seeds at 20°C.

Fungicide	Concentration (mg/L)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Homai	250	100.0	1.2
	500	100.0	1.0
Venoram	250	100.0	0.8
	500	100.0	0.8
Untreated		100.0	0.8
LSD(0.05)		NS	0.2

Fungicide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.42. Effect of fungicide incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted radish seeds at 20°C.

Fungicide	Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Homai	250	96.4	1.0
	500	98.0	1.0
Venoram	250	91.3	0.8
	500	96.7	0.8
Untreated		95.3	0.8
LSD(0.05)		2.1	0.1

Fungicide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.43. Effect of fungicide incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted tomato seeds at 20°C.

Fungicide	Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Homai	250	83.1	6.3
	500	74.3	6.5
Venoram	250	80.9	5.3
	500	80.8	5.8
Untreated		92.1	3.9
LSD(0.05)		2.3	0.3

Fungicide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.44. Effect of fungicide incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted pepper seeds at 20°C.

Fungicide	Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	$T_{50}$ (days)
Homai	250	99.3	6.0
	500	98.7	6.2
Venoram	250	98.1	6.2
	500	98.7	6.1
Untreated		100.0	5.3
LSD(0.05)		NS	0.2

Fungicide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.  
Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

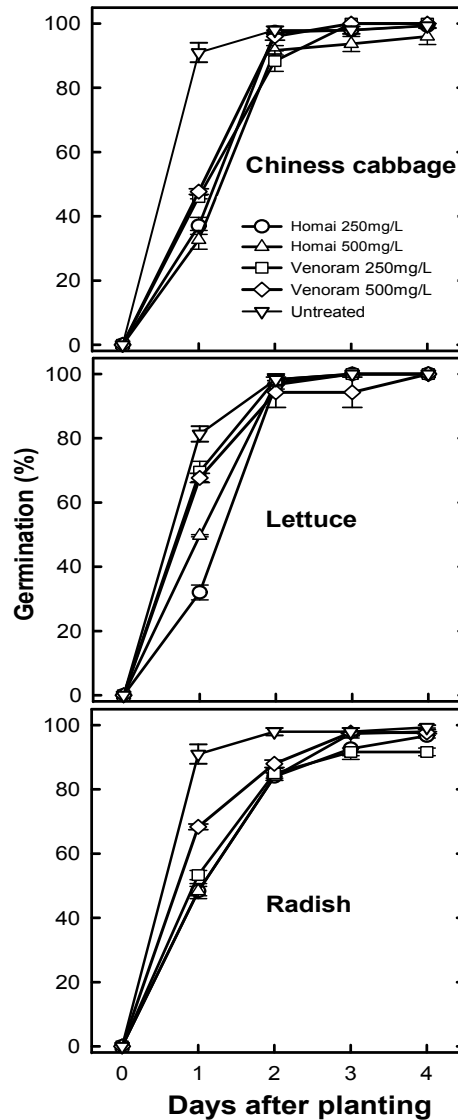


Fig. 1.18. Changes in percent germination of fungicide incorporating into the seed pelleting processing of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

## (2) 살충제 첨가조건 설정

최근의 채소생산은 경지면적의 협소, 경영규모의 영세성, 고수익의 추구, 시장점유율의 안정적 확보, 기상 및 입지 등의 지역성, 노동의 양적과 질적제한 등으로 인하여 전업화 및 단지화 추세로 나아가고 있으며 이에 따라 연작이 늘어나고 있다. 또한 채소재배는 연작에 의한 수량 감소를 보상받기 위하여 경작자는 더 많은 비료와 농약을 사용하는 악순환이 반복되고 있는 실정이다. 이와 같이 연작과 다비재배는 토양의 이화학적 성질을 악화시키고 토양병해충의 밀도를 증가시켜 작물생육에 많은 피해를 주고 있어 안전적 생산이 어려운 농가포장이 증가하고 있다.

토양병의 발생 원인은 주로 연작에 의해 발생되며, 최근 연중재배 및 시설의 고정화 때문에 연작을 피할 수 없는 조건으로 토양내의 병원균의 번식이 증가, 각종 장애물질이 토양 내에 축적되어 토



양물리성의 악화, 토양염류 축적, 연작에 의한 병원균의 누적 및 선택적 증식에 의하여 피해가 크게 나타난다. 이 뿐만 아니라 화학비료의 연용, 토양내의 유기물 함량이 감소 원인이 되어 토양 내의 유익한 미생물이 토양내의 병원균과 경쟁하게 함으로써 병원균의 생장 초래로 토양 병원균 증가의 원인이 되고 있다.

Table 1.45. Effect of pesticide incorporating into the seed pelleting processing on germination and  $T_{50}$  of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

Crop	Pesticide	Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Chinese cabbage	A-farm	250	98.9	1.2
		500	100.0	1.2
	Match	250	98.1	1.2
		500	99.3	1.2
	Untreated LSD(0.05)		99.3 NS	0.9 0.2
Lettuce	A-farm	250	100.0	1.0
		500	100.0	0.9
	Match	250	100.0	0.8
		500	98.7	0.9
	Untreated LSD(0.05)		100.0 NS	0.8 NS
Radish	A-farm	250	92.5	0.8
		500	91.2	0.9
	Match	250	95.3	0.9
		500	94.6	1.0
	Untreated LSD(0.05)		91.3 NS	0.8 NS
Tomato	A-farm	250	91.2	3.9
		500	92.6	4.1
	Match	250	86.4	3.7
		500	89.1	4.1
	Untreated LSD(0.05)		92.1 NS	3.9 0.2
Pepper	A-farm	250	98.7	6.1
		500	97.3	6.0
	Match	250	98.0	6.0
		500	95.8	5.9
	Untreated LSD(0.05)		99.0 NS	5.6 0.2

Pesticide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with diatomaceous earth.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

펠렛종자에 살충제 첨가는 채소류에 생산에 초기 살충제 살포량을 경감시킬 수 있으며, 종자에 잔존하는 해충과 채소종자가 입묘를 형성하는 과정중에 발생하는 해충을 방제할 수 있는 이점이 있다. 또한 종자 펠렛에 사용되는 살충제 종류 중에는 침투 특성이 30일 이상 지속되는 그 기간 동안 해충의 침입을 예방할 수 있다.

이로 인해 재배자들은 살충제 엽면살포로 인한 비용 및 노동력을 절감할 수 있고, 더불어 살충제를 물리적으로 다뤄야 수고를 덜 수 있다. 미국에서는 살충제 첨가한 펠렛종자가 상용화되고 있는데, 그 대표적인 작물이 양파의 고자리파리, 양파총채벌레를 예방 및 방제를 위한 목적으로 이용되고 있다. 또한 당근에서는 당근바구미(carrot weevil), 무에서는 테두리진딧물류, 양배추에서는 진딧물, 온실가루이, 총채벌레 및 선충류를 방제하기 위한 수단으로 살충제를 첨가한 펠렛종자의 산업화 연구가 진행되고 있다.

Table 1.45는 펠렛종자에 살충제를 첨가하여 살충제 종류 및 농도에 따라 펠렛종자의 발아성을 검정하였다. 펠렛종자에 살충제를 첨가하면 이를 첨가하지 않은 펠렛종자에 비하여 발아율이 약간 감소되었고, 발아속도는 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 살충제의 첨가농도가 높은  $500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  펠렛종자에서 뚜렷하였다.

배추의 나중자는 발아율이 99% 였고, 살충제가 첨가된 펠렛종자도 98% 이상의 높은 발아율을 보였다. 반면 배추 나중자의  $T_{50}$ 은 0.9일인 반면 살충제 펠렛종자에 첨가하면  $T_{50}$ 이 0.2~0.5일 정도 지연되었다(Table 1.45).

상추에서도 나중자와 살충제가 첨가된 펠렛종자 모두 98% 이상의 높은 발아율을 보여 살충제 첨가에 의한 발아율 감소 현상은 나타나지 않았다. 반면 발아속도는 나중자에 비해 살충제가 첨가된 펠렛종자는  $T_{50}$ 이 같거나 약간 0.2일 정도 지연되었다. 무의 나중자는 발아율이 91%였고, 살충제가 첨가된 펠렛종자도 91~95%의 발아율을 보여 발아율에는 유의적인 차이는 없었다.

토마토에서는 펠렛종자에 살충제를 첨가하면 통계적인 유의적 인정되지 않으나 발아율은 약간씩 감소하였고, 이러한 경향은 메치에서 뚜렷하였다. 발아속도는 나중자에 비해 지연되는 경향이나 그 정도는 경미하였다. 고추에서 펠렛종자에 살충제 첨가하면 발아율에는 큰 차이가 없으나 발아속도를 0.4일 정도 지연시켰다. 첨가되는 살충제의 종류에 따라 펠렛종자의 발아속도에 차이가 있었는데, 전반적으로 메치가 에이팜보다 발아를 억제시키는 정도가 낮았다

그러나 살충제가 첨가된 펠렛종자가 발아의 최적 조건이 부여 실내 항온기에서는 발아율이 약간 지연되었으나, 살충제가 첨가된 펠렛종자를 토양병원균과 유해 해충에 노출된 포장상태에서 파종하였을 때는 묘출현율과 더불어 초기생육을 향상시킬 것으로 예측된다. 채소 펠렛종자에 적용될 수 있는 살충제 종류는 메치였고, 적정농도는  $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  가 좋았다.

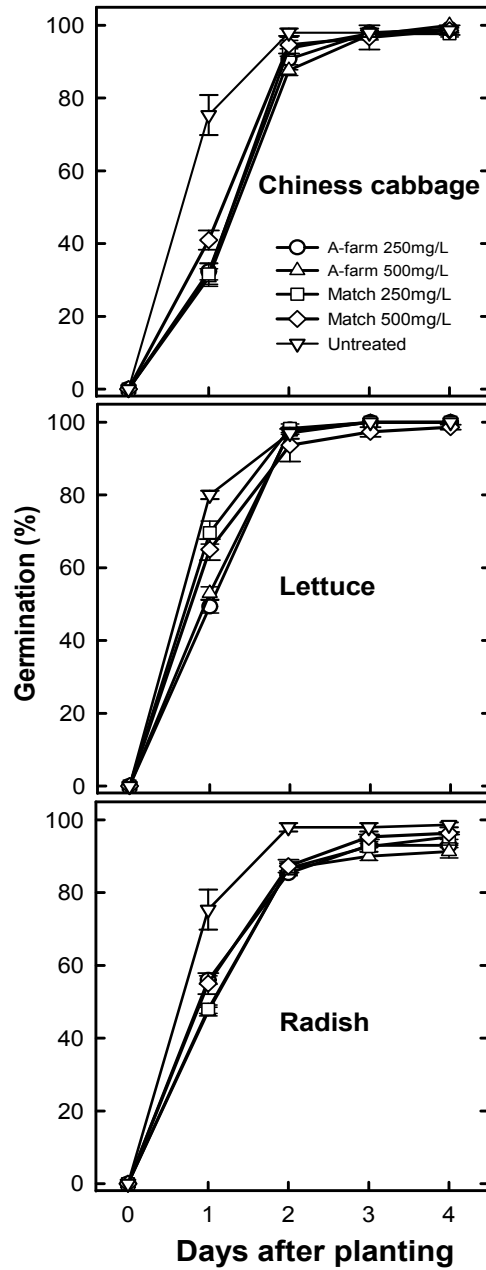


Fig. 1.19. Changes in percent germination of pesticide incorporating into the seed pelleting processing of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

## 6. 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발

### 가. 연구목적

종자를 보호하기 위해 종자 처리제를 사용한 것은 초기 작물보호 방법 중 하나였다. 오늘날 종자 처리는 새로운 기술의 개발로 계속 발전하고 있으며, 시장규모는 향후 급격히 증가할 것으로 예측하고 있다. 농민은 고대부터 작물을 보호하기 위하여 종자처리를 해왔다. 기록상 가장 오래된 종자처리 사례로서는 양파 즙액, 사이프러스(Cypress) 추출물, 재(Ash), 올리브 잔재, 서양파(leek) 즙의 활용을 들 수 있다. 소금물 처리는 1660년대 중반부터 이용되어 왔으며, 구리 화합물은 1700년대 중반 등장하였다. 기타 주목할 만한 종자처리제로서는 1740년부터 1808년까지 이용된 비소(砒素, Arsenic) 그리고 1915년부터 1982년까지 이용된 수은을 들 수 있다.

1960년대까지 종자처리는 단순히 종자표면을 소독 또는 보호하는 것이었다. 처음으로 침투성 살균제가 사용된 것은 1968년 이었다. 이러한 침투성 살균제는 종자표면에 약효를 미칠 뿐 아니라 식물체로 이행하여 공기 전염성 병원균으로부터 유묘를 보호하는 역할까지 하였다. 1990년대 이후 새로운 종류의 살균제, 살충제, 살선충제가 개발되어 인간 및 환경에 대한 영향은 줄이면서 예방·방제할 수 있는 병해충은 늘어나게 되었다.

최근 종자가격이 상승하고 다수확 등 우량형질을 보유한 종자가 등장함에 따라 생산자들은 부가가치를 증진시키기 위해 더욱더 종자처리에 관심을 가지게 되었다.

2009년 세계 종자처리 시장규모는 25억 달러 이상으로 추정된다. 종자의 가치 및 가격은 상승 중에 있으며, 이에 따라 기업에서는 종자가치의 상승을 위해 종자처리 및 가공산업은 지속적으로 성장할 것으로 예측되고 있다. 재배면적 기준 종자처리제 규모는 살균제가 2억ha 이상으로 가장 크고, 살충제는 처리종자 재식면적의 약 1/3에서 사용되고 있으나 살균제 처리보다 50% 이상 높은 시장가치를 갖는 것으로 파악되고 있다.

영농현장에서 입묘기에 발생하는 각종 병원균과 충해로부터 유묘를 보호하기 위해 살균제나 살충제를 종자에 피막처리를 해 왔으나, 이러한 관행적인 방법은 먼저 발생량이 많고 처리자의 건강을 해치는 단점이 있었다. 필름 코팅된 종자는 먼지발생량을 줄여 재배자가 안전하게 이용할 수 있을 뿐만 아니라 병원균의 침입으로부터 종자와 유묘를 보호할 수 있다.

최근에는 우리나라의 종묘회사에서도 종자의 원래 형태와 모양을 유지시키면서 크기만 2% 증가시킨 필름 코팅종자를 산업화하고 있다. 필름 코팅과정은 활성물질을 조제한 후 필름코팅 제조기에 종자를 넣고 활성물질을 서서히 가하면 코팅 종자가 완성된다. 이러한 처리기술을 이용하면 종자크기를 1~10% 증가시킨 필름 코팅종자의 대량생산이 가능하다. 필름 코팅종자의 포함되는 물질로는 살균제, 살충제, 생물방제제, 색소 및 착색제 그리고 필요로 하는 목적에 따라 생장조절물질을 첨가되기도 한다.

최근에는 Taylor등이 개발한 생물적 코팅 시스템은 드럼내에 종자를 굴리면서 수성 접착제, 고형물질 및 생물방제 약품 등의 혼합액을 분사하여 종자 두께가 0.1mm 증가시키는 처리 기술이다.

필름 코팅의 장점은 (1) 종자에 균일한 약제 처리가 가능하며 (2) 필름 코팅된 종자는 먼지 발생이 없어 안전하게 취급할 수 있다. (3) 종자 외형이 좋아지고 밝은 색으로 코팅된 것을 식별이 용이

하다. (4) 또한 입묘를 향상시키기 위해 살균제, 살충제, 생물방제제 및 유용미생물의 첨가가 용이한 장점도 내포하고 있다.

지금까지 종자 코팅 연구자들과 종묘업계 연구진들의 많은 연구에 바탕으로 필름 코팅기술에 괄목할 만한 많은 진전이 있었으나, 불량조건에서 내성을 지닌 코팅종자 생산에는 아직까지 미흡한 점이 많다. 따라서 본 연구는 저비용 고품질의 필름코팅 종자를 생산하기 위해 수입에 의존하고 있는 착색제를 수용성 페인트 염료로 대체할 수 있는 가능성을 모색하며, 필름코팅의 효율화를 위한 적정 처리 조건을 확립하고자 하였다. 또한 필름코팅에 사용되는 착색제가 유묘세 및 포장조건에서 묘출현을 및 생육에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) 증량제 탐색

저비용 필름코팅 공정기술을 개발하기 위하여 사용된 증량제는 Talc와 Zeolite 였다. 증량제는 1%의 PVA 용액 1L에 증량제를 각각 25g, 50g씩 첨가하였고, 착색제로 Farbosol red 1.5g을 첨가하였다. 실험에 공시된 채소종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘) 종자였고, 펠렛제조기에 종자 200g 넣고, 이와 같이 조성된 혼합용액을 공급하여 필름코팅하였다. 필름코팅된 종자는 실온에서 24시간 건조시킨 후 20℃에서 발아력을 조사하였다.

### (2) 접착제 탐색

필름 코팅에 적합한 접착제를 선별하기 위하여 PVA와 CMC의 1%, 2% 용액을 각각 조성 후 1L당 Talc 25g과 Farbosol red 1.5g을 첨가하였다. 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)를 펠렛제조기에서 필름코팅하였다. 필름코팅 방법은 위의 방법과 동일하였고, 필름코팅된 종자는 20℃에서 발아력을 조사하였다.

### (3) 살균제 종류 탐색

필름코팅에 적합한 살균제 선별시험을 위한 사용된 접착제 1% PVA 였고, 1L의 PVA 용액에 증량제인 Talc를 25g과 착색제 Farbosol red 1.5g을 첨가하였다. 필름코팅에 사용된 살균제는 호마이(전진산업)와 베노람(동부한농)이었고, 처리수준은 각각 250mg/L, 500mg/L 이었다. 이와 같이 필름코팅 혼합 용액으로 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)를 필름코팅하여 20℃에서 발아력을 조사하였다.

### (4) 착색제 종류 탐색

적정 착색제를 탐색하기 위한 공시된 종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘)이었다. 색소는 Brilliant Blue R, F.Cromom Brown MRH, Farbosol Blue 3G, Farbosol Yellow F4G, Rifafix Orange 2 Rn, Rifafix Red

2BN, Rifafix Red 3BN 150, Rifafix Yellow Brown HN, Rifazol Brill. Blue R Sp 및 Rifazol Turquoise Blue G를 포함한 고체색소 10 종류와 수성용 페인트 색소로 사용하는 black, bright blue, bright green, brown yellow, red brown 및 yellow로 이루어진 액체색소 6종류를 사용하였다. 각 종자를 필름코팅하기 위하여 접착제(PVA 1%) 1L 용액에 증량제인 talc 25g을 첨가하였으며, 고체색소는 3g(0.3%)와 6g(0.6%), 액체색소는 10ml(0.1%)와 20ml(0.2%)를 첨가하였다. 아울러 살균제로 호마이(전진산업)를 250mg/L 첨가하였다. 이와 같이 혼합필름 코팅 조성 용액으로 종자를 필름코팅하여 20°C에서 발아력을 조사하였다.

#### (5) 필름코팅 종자의 착색제가 종자활력에 미치는 영향

필름코팅에 사용되는 착색제가 종자활력에 미치는 영향을 조사하기 위해 사용된 증량제는 talc였다. 이외에 필름코팅 색소의 종류와 필름코팅 제조 방법은 위에 방법과 동일하였다. 실험에 공시된 배추 종자는 대동배추(농우바이오), 팔공배추(경신종묘), 봄누리배추(경신종묘)였고, 상추종자는 청치마(농우바이오), 경신적치마(경신종묘), 경신통섬(경신종묘), 경신적치마(경신종묘), 한농뚝섬(동부팜한농), 한농적치마(동부팜한농), 무 종자는 백옥무(농우바이오), 금정대형봄무(경신종묘), 동천무(동부팜한농), 태정무(동부팜한농)를 사용하였다. 착색제로 필름코팅된 종자를 BP 검정을 이용한 종자활력 및 유묘 생육정도를 조사하였다.

BP 검정법에 의한 종자의 활력조사는 BP 검정용 용지인 heavy 용지와 regular 용지를 증류수에 흡습시켜 25°C에서 1일간 보관하였다. 그 후 수분을 적당히 제거한 heavy 용지에 50립의 필름코팅 종자를 동일한 간격으로 배열시킨 후 regular 용지를 덮어 20°C 항온기에 치상하여 종자활력을 조사하였다. 종자활력 조사는 2회에 걸쳐 시행되었으며, 1차 조사는 치상 4일(상추, 무) 및 5일(배추)후 정상묘와 비정상묘, 불발아종자 등을 검정하였고, 최종조사인 2차 조사는 치상 7일(상추, 무) 및 10일(배추) 후에 실시하였다. 최종 조사일에는 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

#### (6) 필름코팅 종자의 묘출현 및 초기생육에 미치는 영향

공시채소 종자 및 필름코팅의 착색제 종류 및 필름코팅 제조 방법은 위에 방법과 동일하였다. 필름코팅에 사용되는 착색제가 묘출현율에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 플러그 트레이에 원예용 상토(바로그, 서울바이오)를 충전한 다음 50립의 종자를 3반복으로 파종 한 후 출현된 개체수를 백분율로 환산하여 묘출현율을 표시하였다. 초기생육 조사를 위해 2L의 플라스틱 포트에 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 30일후에 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 묘출현과 초기생육 검정시험은 복합환경제어가 가능한 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다.

### 다. 결과 및 고찰

#### (1) 증량제 탐색

필름 코팅종자는 종자의 원래 형태와 모양을 유지시키면서 착색제, 살균제, 살충제, 접착제 첨가하여 크기만 2% 증가시킨 종자이다. 고품질의 필름코팅 종자는 운반, 수송, 기계화 파종 중에 종자

끼리 서로 달라붙은 것이 없어야 하며, 처리된 약제들이 종피에 잘 부착되어야 한다. 또한 필름코팅에 사용되는 증량제들이 종자의 발아, 출현, 입묘에 지장을 주어서는 안 된다. 필름코팅 종자를 생산하는 공정은 이러한 단점을 최소화할 수 있는 기술이 필요하다. 따라서 필름코팅 증량제의 종류에 필름코팅 된 종자의 발아율이 달라질 수 있다. 따라서 높은 발아력을 유지시킬 수 있는 종자에 독성이 주지 않은 증량제가 선발되어야 할 것이다.

이러한 관점에서 저비용 고효율의 증량제를 선발하여 산업화 할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다(Table 1.46). 배추 필름코팅 증자는 부피증가와 표면을 부드럽게 하기 위해 첨가되는 증량제의 종류 및 농도에 따라 발아율에는 큰 차이가 없었다. 또한 발아속도도 증량제의 종류 및 농도에 의해 차이는 크지 않았다. 따라서 배추에서는 필름코팅 종자의 증량제로 사용되는 talc와 zeolite는 발아에 독성을 유발하지 않는 우수한 증량제 였다. 다만 zeolite에 비해 tale를 필름코팅 증량제로 사용하면 코팅형성능력이 우수하였고, 종피 부착성도 좋았다.

상추에서 무처리 종자의 발아율이 99.3% 였고, tale와 zeolite로 필름코팅된 종자들도 98% 이상의 높은 발아율을 보여 이들 증량제들은 발아를 저해하지 않는 필름코팅 증량제였다. 또한 무처리 종자의  $T_{50}$ 이 0.6일 이었고, tale와 zeolite를 증량제로 사용하여 필름코팅된 종자들도 나종자와 유사한 발아속도를 보였다.

무 종자에서도 필름코팅 되지 않은 나종자의 발아율이 89.3% 였고, 필름코팅된 종자들도 85% 이상의 발아율을 보였다. 또한 무처리구 종자의  $T_{50}$ 이 0.9일 이었으나, 필름코팅된 종자들은 오히려 무처리 종자보다 발아속도가 빠른 경향이었으나 통계적인 유의성은 없었다. 토마토와 고추에서도 증량제를 달리하여 필름코팅하여 발아력을 검정한 결과도 배추, 상추, 무와 유사한 경향을 보였다.

이상의 결과에서 필름코팅에 사용되는 증량제의 종류에 따라 필름코팅된 채소종자의 발아력에 큰 차이가 없었다. 이는 필름코팅에 사용되는 증량제가 종자발아에 저해하지 않는 것을 반증하는 결과이다. 따라서 tale와 zeolite 모두 필름코팅의 증량제들로 우수함이 입증되었으나 코팅용이성과 필름코팅 후의 외관을 고려했을 때 talc가 좋았다(Table 1.46).

Table 1.46. Effect of different kinds of film coating particulate matter on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

Crop	Film coating particulate matter	Concentration (g·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Chinese cabbage	Talc	25	98.7	0.7
		50	99.3	0.7
	Zeolite	25	98.0	0.7
		50	99.3	0.7
	Untreated		100.0	1.0
	LSD(0.05)		NS	NS
Lettuce	Talc	25	99.3	0.6
		50	99.3	0.5
	Zeolite	25	100.0	0.6
		50	98.0	0.5
	Untreated		99.3	0.6
	LSD(0.05)		NS	NS
Radish	Talc	25	88.7	0.7
		50	90.0	0.7
	Zeolite	25	96.0	0.6
		50	85.3	0.7
	Untreated		89.3	0.9
	LSD(0.05)		NS	NS
Tomato	Talc	25	92.7	2.8
		50	92.0	2.7
	Zeolite	25	92.7	2.7
		50	90.7	2.8
	Untreated		95.3	2.9
	LSD(0.05)		NS	NS
Pepper	Talc	25	98.7	4.3
		50	96.0	4.3
	Zeolite	25	99.3	4.3
		50	100.0	4.7
	Untreated		100.0	3.7
	LSD(0.05)		NS	NS

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

## (2) 접착제 탐색

필름코팅에 사용되는 접착제는 종자와 피복물질간의 결합을 강화시키는데 있다. 또한 응집능력이 우수하고 발아에 장애를 주지 않으면서 가격이 저렴한 접착제가 구명되어야 할 것이다. Table 1.47 은 필름코팅에 적합한 접착제를 선별하기 위해 필름코팅 혼합액의 접착제 농도를 달리하여 필름코팅한 종자의 발아력을 조사한 결과이다.

실험에 공시된 전 채소작물의 종자에서 접착제의 종류 및 농도에 따라 필름코팅 종자의 발아율에는 큰 변화가 없었고, 발아속도에도 큰 차이가 없었다. 배추 무처리 종자의 발아율이 100% 였고, 필름코팅 혼합용액에 접착제 종류를 달리하여 필름코팅한 종자들도 97% 이상의 높은 발아율을 보였다. 또한 상추에서 무처리 종자의 발아율이 99% 였고, 접착제 종류 및 농도를 달리한 필름코팅 종자들도 무처리 종자 이상의 높은 발아율을 보였다. 뿐만 아니라 접착제 종류 및 농도를 달리하여 필름코팅된 종자는



T<sub>50</sub>도 무처리에 동등한 빠른 발아속도를 보였다.

Table 1.47. Effect of different kinds of film coating binder on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

Crop	Film coating binder	Concentration (%)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Chinese cabbage	Carboxymethyl cellulose	1	99.3	0.6
		2	98.7	0.6
	Polyvinyl alcohol	1	97.3	0.6
		2	100.0	0.6
	Untreated LSD(0.05)		100.0 NS	1.0 NS
Lettuce	Carboxymethyl cellulose	1	100.0	0.5
		2	99.3	0.5
	Polyvinyl alcohol	1	99.3	0.5
		2	99.3	0.5
	Untreated LSD(0.05)		99.3 NS	0.6 NS
Radish	Carboxymethyl cellulose	1	95.3	0.6
		2	90.7	0.6
	Polyvinyl alcohol	1	88.0	0.7
		2	100.0	0.6
	Untreated LSD(0.05)		97.3 NS	0.7 NS
Tomato	Carboxymethyl cellulose	1	90.0	2.8
		2	94.0	2.5
	Polyvinyl alcohol	1	93.3	2.6
		2	92.0	2.8
	Untreated LSD(0.05)		95.3 NS	2.3 NS
Pepper	Carboxymethyl cellulose	1	100.0	4.5
		2	93.3	4.3
	Polyvinyl alcohol	1	100.0	4.3
		2	98.0	4.5
	Untreated LSD(0.05)		100.0 NS	3.7 NS

Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무에서도 무처리 종자의 발아율이 97% 였고, 접착제 종류 및 농도를 달리하여 필름코팅한 종자들도 무처리 종자와 동등한 높은 발아율 및 발아속도도 비슷하였다. 토마토에서도 전반적인 경향은 배추와 유사하였고, 필름코팅의 접착제 종류와 농도에 따른 발아율과 발아속도의 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다. 고추에서는 필름코팅한 종자에서 발아속도가 약간 지연되었으나, 발아율에는 큰 변화가 없었다. 고농도의 접착제로 필름코팅된 종자는 먼지발생량은 적으나 발아력이 저하될 수 있다. 적정 처리농도는 접착제의 종류에 따라 다르지만 0.5~4.0% 범위가 적당하다고 알려져 있다(Baxter와 Wates, 1986). 그러나 본 실험에 사용된 접착제 중 PVA는 고농도에서도 발아억제 현상이 낮았다. 특히 저비용 고효율 등 경제적인 측면을 고려한다면 PVA의 경우 1% 첨가하더라도 접착능력이 우수하여 채소종자의 필

필름코팅용으로 적합한 접착제였다(Table 1.47).

### (3) 살균제 종류 탐색

종자에 잔존하는 병원균은 종자상태에서는 큰 문제가 되지 않을 수도 있지만 나중에 큰 피해를 초래할 수 있으므로 미연에 방지하는 조치가 필요하다. 필름코팅은 살균제를 첨가함으로써 종자소독을 겸할 수 있어 처리가 간편하고 시간과 노력을 절감할 수 있다.

Table 1.48. Effect of different kinds of film coating fungicide on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted various vegetable crop seeds at 20°C.

Crop	Fungicide	Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Chinese cabbage	Homai	250	100.0	0.7
		500	99.3	0.6
	Venoram	250	98.7	0.7
		500	100.0	0.6
	Untreated		100.0	0.9
	LSD(0.05)		NS	NS
Lettuce	Homai	250	99.3	0.5
		500	100.0	0.5
	Venoram	250	100.0	0.5
		500	99.3	0.5
	Untreated		99.3	0.6
	LSD(0.05)		NS	NS
Radish	Homai	250	89.3	0.7
		500	90.0	0.7
	Venoram	250	86.7	0.7
		500	86.0	0.6
	Untreated		89.3	0.9
	LSD(0.05)		NS	NS
Tomato	Homai	250	100.0	3.0
		500	97.3	4.8
	Venoram	250	94.7	4.6
		500	100.0	3.9
	Untreated		95.3	4.3
	LSD(0.05)		NS	NS
Pepper	Homai	250	100.0	5.5
		500	100.0	6.0
	Venoram	250	100.0	5.4
		500	100.0	5.1
	Untreated		100.0	3.7
	LSD(0.05)		NS	NS

Fungicide at 250, and 500mg·L<sup>-1</sup> were added to the during film coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.48은 종자소독용 살균제인 호마이와 베노람을 농도별로 첨가된 필름코팅 혼합용액으로 필름코팅 종자를 제조하여 발아성을 검정하였고, 이를 근거로 필름코팅 종자에 적합한 살균제를 선발하고자 하였다.

채소작물에 관계없이 필름코팅에 사용되는 살균제 종류 및 처리농도에 의해 발아율에는 큰 변화가 없었고, 발아속도에도 큰 차이가 없었다. 배추의 나종자는 발아율이 100% 였고, 살균제가 첨가된 필름코팅 종자는 98% 이상의 높은 발아율을 보였다. 나종자의 T<sub>50</sub>은 0.9일 이었고, 살균제를 첨가하여 필름코팅 종자도 나종자보다 발아속도가 빨랐으나, 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

상추 나종자의 발아율은 99%였고, T<sub>50</sub>은 0.6일 이었다. 필름코팅 종자에 살균제를 첨가하면 발아율에는 큰 차이가 없었고, 발아속도도 나종자와 유사하여 살균제 첨가에 의한 발아억제 및 발아속도 지연 현상은 나타나지 않았다. 무에서도 나종자는 발아율이 89% 였고, 살균제 종류 및 처리농도에 관계없이 살균제가 첨가된 필름코팅 종자는 86% 이상의 발아율을 보여 살균제 첨가가 발아를 억제하지는 않았다. 또한 발아속도는 유의성은 인정되지 않으나 나종자보다 빠르게 발아하는 경향이였다.

토마토와 고추에서도 필름코팅 종자에 살균제를 첨가하면 발아율에는 큰 변화가 없었고, 발아를 지연시키는 현상도 관찰되지 않았다. 살균제의 종류에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이는 없었으나, 전반적으로 베노람이 호마이보다 좋은 결과를 보였다(Table 1. 48). 채소 필름코팅에 적합한 살균제는 베노람이었고, 적정농도는 250mg·L<sup>-1</sup> 가 좋았다.

#### (4) 착색제 종류 탐색

종자처리 산업은 작물재배 면적 및 소비자들의 고품질의 종자 요구도에 의해 결정된다. 종자 가격이 상승함에 따라 재배자들은 병해충에 의한 피해를 감안해 과종량을 많게 하거나 아니면 기존 경작관행법을 탈피하여 정밀파종이 가능한 우량종자를 요구하고 있다. 재배자들은 우량종자 사용으로 종자량을 절감하고 결주율을 줄임으로써 결과적으로 생산성을 향상시킬 수 있다. 우리나라 종자처리 시장은 연간 3.5%의 비율로 성장할 것으로 예측하고 있다.

필름코팅 종자는 착색되는 것이 일반적이고, 또한 착색된 필름 코팅종자는 화훼종자의 경우 꽃의 색깔, 채소종자에서는 소독처리를 상징한다. 또한 착색된 필름종자는 품종간 구별이 용이하고 과종된 위치를 쉽게 식별할 수 있는 장점이 있다. 국내의 종묘업체 시판되고 있는 필름코팅 종자는 종자 보호와 발아촉진을 위해 살균제, 살충제, 생물방제제 및 생장조절제가 첨가되어 종자의 원형을 유지시키면서 크기만 2% 증가시킨 것이다. 그러나 필름코팅에 사용되는 착색제의 대부분이 외국으로부터 수입에 의존하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 수입되는 착색제를 대체할 수 있는 물질을 탐색하고 필름종자의 착색을 증진시키고자 하였다. 이와 함께 필름코팅 착색제들이 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다 (Table 1.49~1.53, Fig. 1.20~1.29, Photo. 1.1~1.10)

배추종자에서 발아율과 발아속도는 필름코팅에 사용되는 착색제 종류 및 처리농도에 의해 큰 영향을 받지 않았다. 나종자의 발아속도인 개념인 T<sub>50</sub>은 0.9일 이었고, 다양한 착색제로 필름코팅된 종

자는  $T_{50}$ 이 0.8~0.9일로 무처리 종자와 비슷한 발아속도를 보였다(Table 1.49). 또한 고체착색제와 액체 착색제간의 발아율과 발아속도에는 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

상추종자에서 다양한 고체 및 액체 착색제를 필름코팅 혼합용액에 첨가하여 필름코팅된 종자의 발아성을 조사한 결과 착색제들이 발아율과 발아속도에 큰 영향을 주지 않았다. 따라서 필름코팅에 첨가되는 착색제들은 외관상으로는 시각적인 효과를 높일 수 있고, 재배자들에게 소독처리 했다는 것을 인지시킨다. 재배자들은 살균제, 살충제가 첨가된 필름코팅 종자를 사용함으로써 토양 병원균의 침입으로부터 종자나 유묘를 보호 할 수 있을 뿐만 아니라 착색된 필름코팅 종자는 파종위치를 정확하게 식별할 수 있는 이점도 가지게 된다(Table 1.50).

무 종자에서도 0.6%의 Rifazol Brill. Blue R. Sp 착색제에서 발아율이 감소되었을 뿐 나머지의 고체 및 액체 착색제에서 처리구에서는 높은 발아율을 보였고, 발아속도를 지연시키는 작용도 없었다(Table 1.51). 토마토(Table 1.52)와 고추(Table 1.53)에서도 전반적인 경향은 배추, 상추 및 무와 유사한 경향이었고, 필름코팅에 사용되는 고체 및 액체 착색제들이 발아율을 억제하지는 않았다. 또한 발아속도를 지연시키는 작용도 없었다. 이상의 결과로 필름코팅 종자에서 시각적인 효과를 높이기 위해 사용되는 착색제는 발아를 억제하지 않는 것으로 나타났다.

국내의 종묘업체에서 필름코팅 종자에 사용되는 착색제는 수입에 의존하고 하고 있다. 본 연구에서는 수성 액체 페인트 용액을 필름코팅 착색제로 사용한 결과 발아를 크게 저해하지 않았고, 필름코팅 종자의 외관이 고체 착색제에 비해 우수하였다. 또한 고체 착색제는 이를 용해시켜 사용해야 하는 불편이 뒤따르지만 액체 착색제는 용액의 희석 및 조제가 간편하다는 장점이 있었다.

따라서 지금까지 필름코팅을 위해 수입되던 착색제를 국내 수용성 페인트를 착색제로 대체할 수 있었다. 아울러 색깔이 가미된 필름코팅 종자는 시각적 효과를 높일 수 있고, 부가적으로 토양색깔과 대비되는 색으로 필름 코팅된 종자는 파종위치를 정확하게 식별 할 수 있는 이점도 있다. 착색제 종류 가운데 발아를 억제시키지 않고 외관이 우수한 필름코팅 착색제는 고체보다는 액체 착색제가 좋았다. 본 연구에서는 가격은 저렴하면서 품질이 우수한 액체 착색제를 밝힘으로써 필름코팅 종자의 산업화에 처리단가 절감과 고부가가치 창출에 기여할 것으로 판단된다.

Table 1.49. Effect of different kind of film coating color on percent germination and T<sub>50</sub> of film coated Chinese cabbage seeds at 20°C.

Color material	Concentration (%)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>Solid color material</i>			
Brilliant Blue R	0.3	99.3	0.8
	0.6	99.3	0.8
F.Cromom Brown MRH	0.3	98.7	0.8
	0.6	100.0	0.8
Farbosol Blue 3G	0.3	99.3	0.8
	0.6	100.0	0.8
Farbosol Yellow F4G	0.3	100.0	0.8
	0.6	98.7	0.8
Rifax Orange 2 Rn	0.3	99.3	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifax Red 2BN	0.3	100.0	0.8
	0.6	99.3	0.8
Rifax Red 3BN 150	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifax Yellow Brown HN	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifazol Brill. Blue R Sp	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifazol Turquoise Blue G	0.3	99.3	0.8
	0.6	100.0	0.8
Untreated		99.3	0.9
LSD(0.05)		NS	NS
<i>Liquid color material</i>			
Black	1.0	99.3	0.8
	2.0	100.0	0.8
Bright Blue	1.0	99.3	0.8
	2.0	99.3	0.9
Bright Green	1.0	99.3	0.9
	2.0	100.0	0.9
Brown Yellow	1.0	97.4	0.9
	2.0	98.7	0.8
Red Brown	1.0	99.3	0.9
	2.0	100.0	0.8
Yellow	1.0	98.7	0.9
	2.0	99.3	0.8
Untreated		99.3	0.9
LSD(0.05)		NS	NS

Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

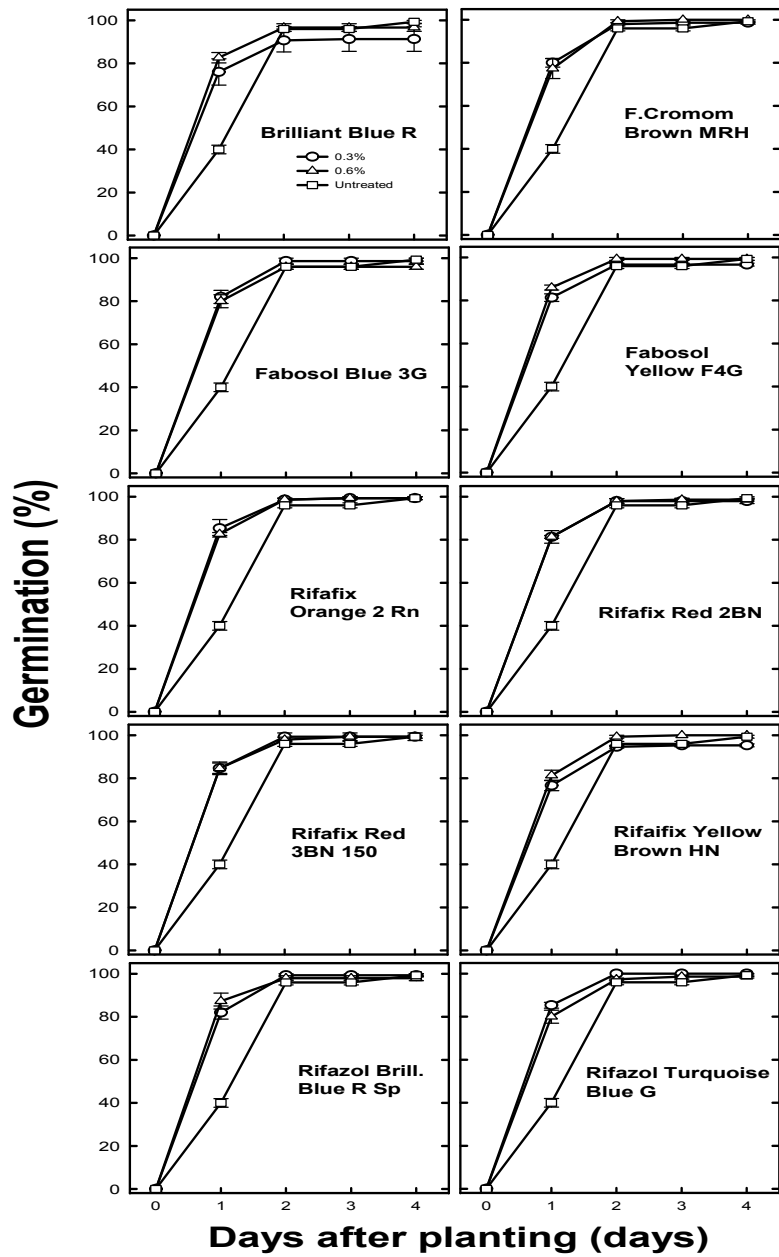


Fig. 1.20. Changes in percent germination of different solid colorant of film coated Chinese cabbage seeds at 20°C.

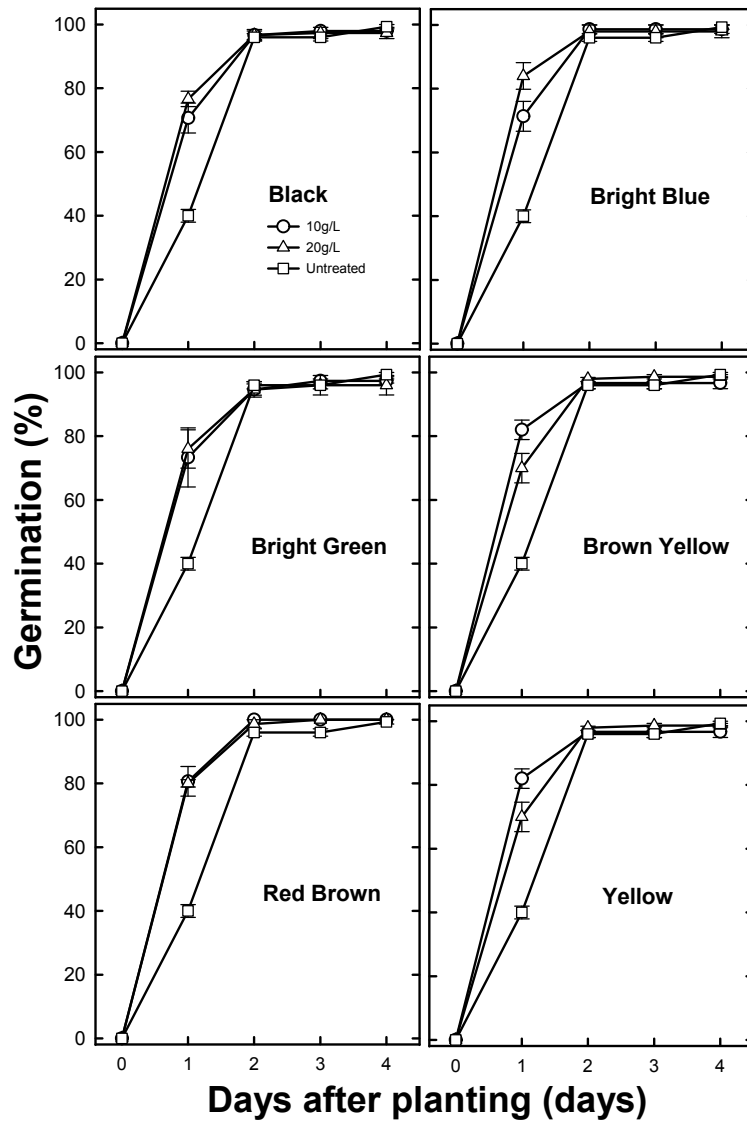


Fig. 1.21. Changes in percent germination of different liquid colorant of film coated Chinese cabbage seeds at 20°C.

Table 1.50. Effect of different kind of film coating color on percent germination and T<sub>50</sub> of film coated lettuce seeds at 20°C.

Color material	Concentration (%)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>Solid color material</i>			
Brilliant Blue R	0.3	100.0	0.8
	0.6	98.7	0.8
F.Cromom Brown MRH	0.3	99.3	0.8
	0.6	99.3	0.8
Farbosol Blue 3G	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Farbosol Yellow F4G	0.3	98.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifafix Orange 2 Rn	0.3	100.0	0.8
	0.6	98.7	0.8
Rifafix Red 2BN	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifafix Red 3BN 150	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifafix Yellow Brown HN	0.3	99.3	0.9
	0.6	100.0	0.8
Rifazol Brill. Blue R Sp	0.3	100.0	0.8
	0.6	100.0	0.8
Rifazol Turquoise Blue G	0.3	97.3	0.8
	0.6	99.3	0.8
Untreated		100.0	0.8
LSD(0.05)		NS	NS
<i>Liquid color material</i>			
Black	1.0	100.0	0.8
	2.0	98.7	0.8
Bright Blue	1.0	100.0	0.8
	2.0	100.0	0.7
Bright Green	1.0	100.0	0.8
	2.0	100.0	0.8
Brown Yellow	1.0	100.0	0.7
	2.0	100.0	0.8
Red Brown	1.0	99.3	0.8
	2.0	99.3	0.8
Yellow	1.0	100.0	0.8
	2.0	97.3	0.8
Untreated		100.0	0.8
LSD(0.05)		NS	NS

Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



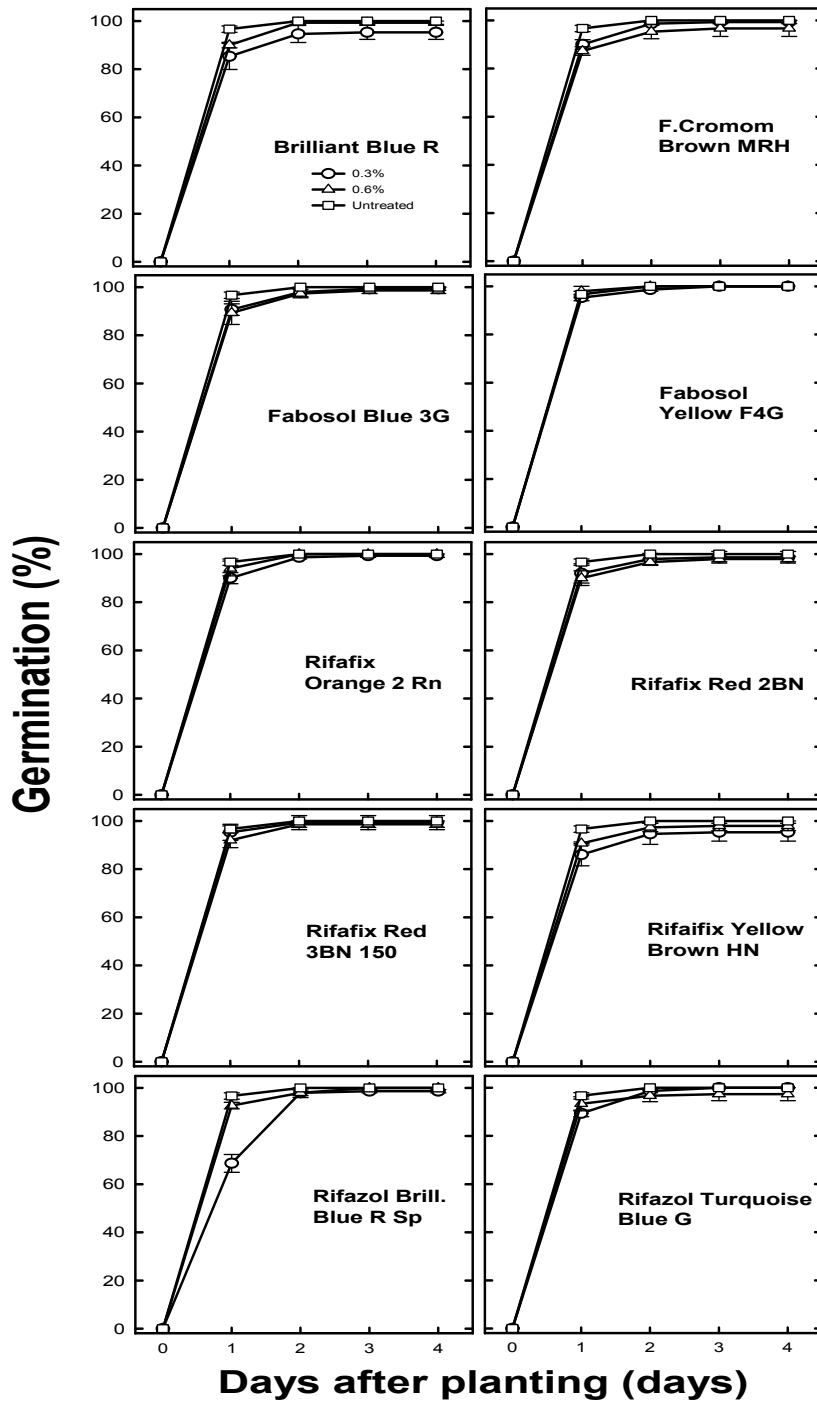


Fig. 1.22. Changes in percent germination of different solid colorant of film coated lettuce seeds at 20°C.

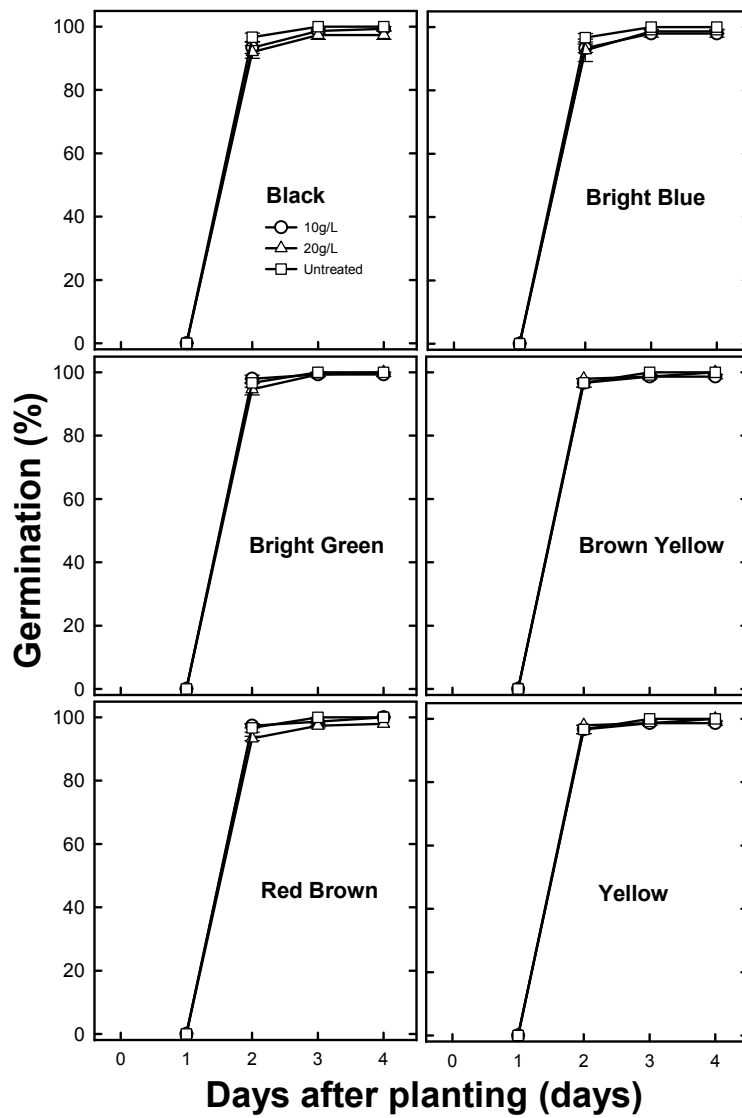


Fig. 1.23. Changes in percent germination of different liquid colorant of film coated lettuce seeds at 20°C.

Table 1.51. Effect of different kind of film coating color on percent germination and T<sub>50</sub> of film coated radish seeds at 20°C.

Color material	Concentration (%)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>Solid color material</i>			
Brilliant Blue R	0.3	96.6	0.8
	0.6	93.2	0.8
F.Cromom Brown MRH	0.3	96.0	0.8
	0.6	93.3	0.8
Farbosol Blue 3G	0.3	94.0	0.8
	0.6	98.7	0.7
Farbosol Yellow F4G	0.3	94.4	0.8
	0.6	94.6	0.8
Rifafix Orange 2 Rn	0.3	94.1	0.9
	0.6	94.7	0.8
Rifafix Red 2BN	0.3	92.4	0.8
	0.6	96.7	0.8
Rifafix Red 3BN 150	0.3	94.6	0.8
	0.6	92.4	0.7
Rifafix Yellow Brown HN	0.3	95.3	0.8
	0.6	91.2	0.8
Rifazol Brill. Blue R Sp	0.3	96.7	0.8
	0.6	85.8	0.9
Rifazol Turquoise Blue G	0.3	93.9	0.8
	0.6	86.0	0.8
Untreated		96.0	0.8
LSD(0.05)		0.2	NS
<i>Liquid color material</i>			
Black	1.0	94.7	0.8
	2.0	96.7	0.8
Bright Blue	1.0	94.0	0.8
	2.0	93.3	0.8
Bright Green	1.0	92.1	0.8
	2.0	92.6	0.8
Brown Yellow	1.0	94.6	0.8
	2.0	95.2	0.7
Red Brown	1.0	93.3	0.8
	2.0	92.2	0.7
Yellow	1.0	95.7	0.8
	2.0	93.9	0.8
Untreated		96.0	0.8
LSD(0.05)		NS	NS

Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

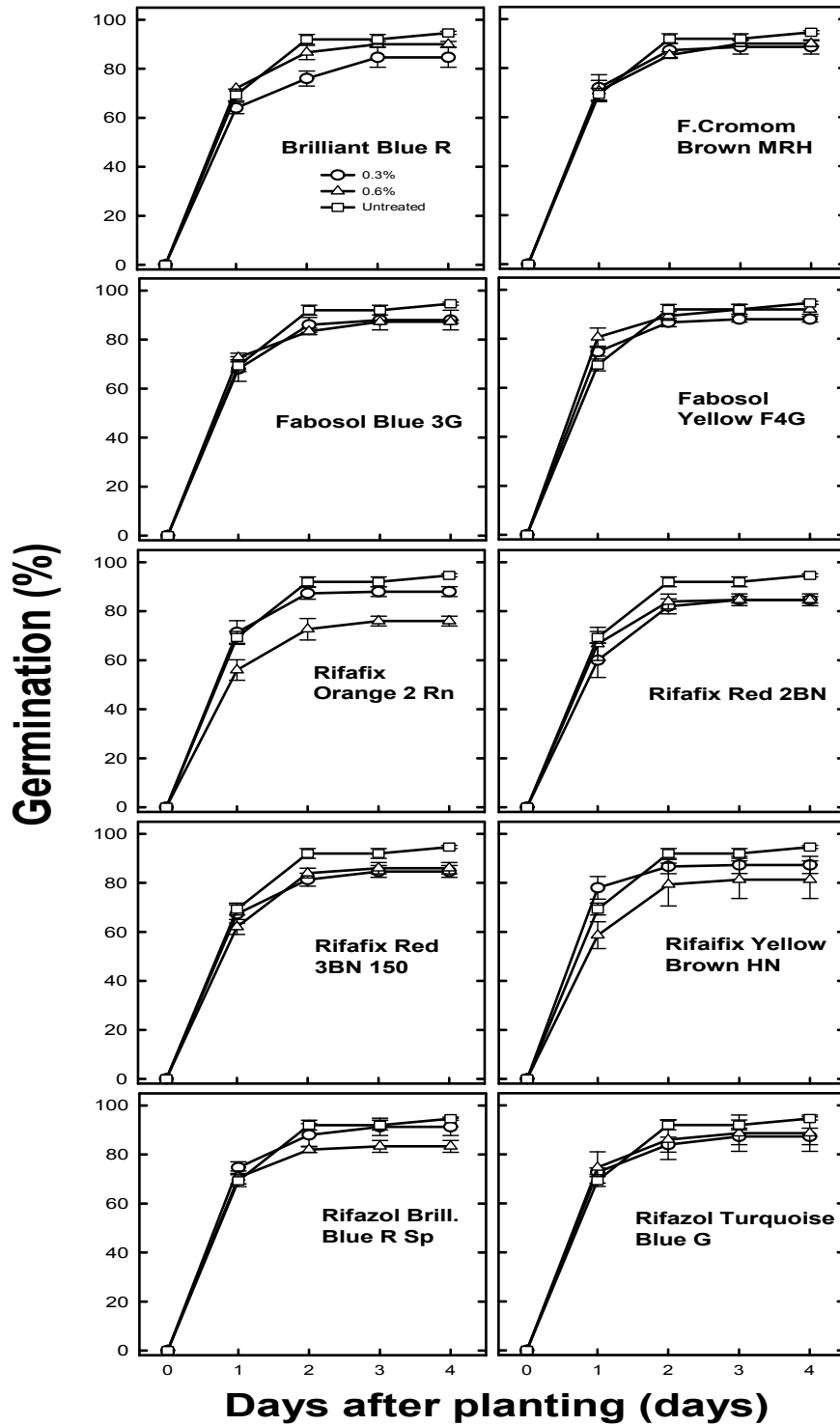


Fig. 1.24. Changes in percent germination of different solid colorant of film coated radish seeds at 20°C.

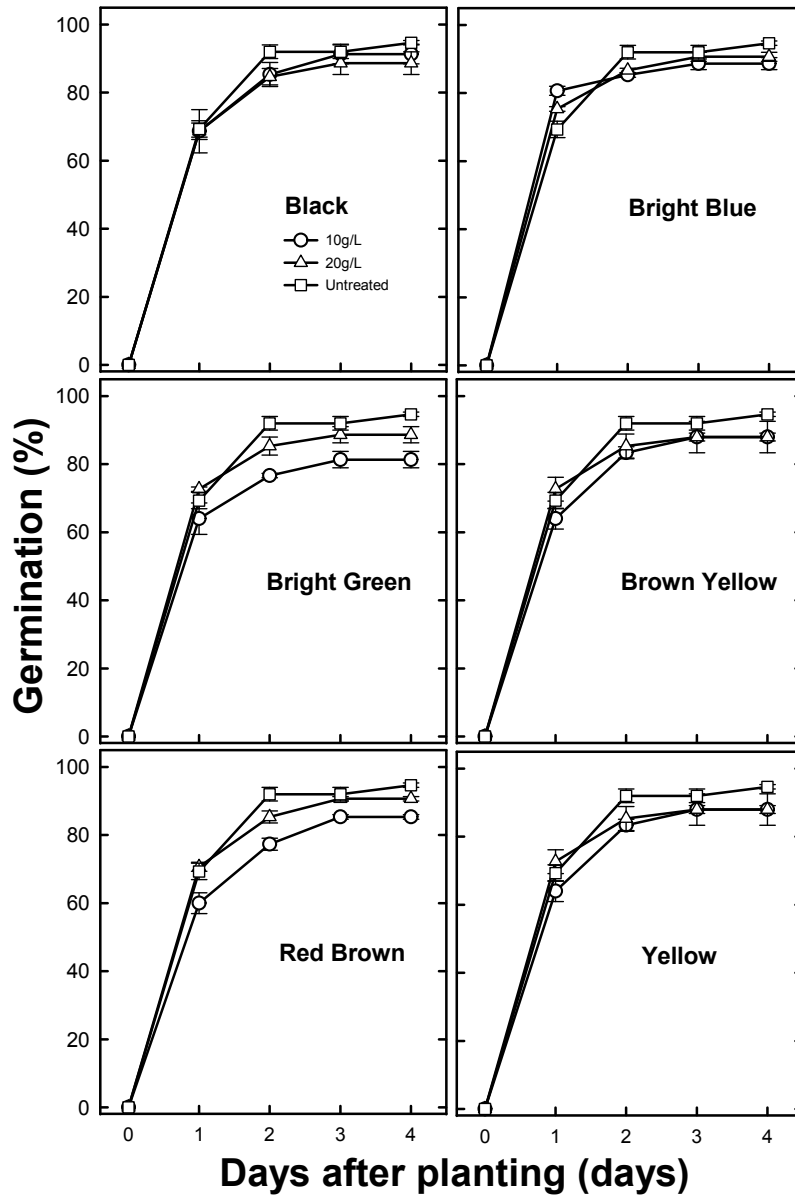


Fig. 1.25. Changes in percent germination of different liquid colorant of film coated radish seeds at 20°C.

Table 1.52. Effect of different kind of film coating color on percent germination and T<sub>50</sub> of film coated tomato seeds at 20°C.

Color material	Concentration (%)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>Solid color material</i>			
Brilliant Blue R	0.3	90.7	3.4
	0.6	86.3	4.5
F.Cromom Brown MRH	0.3	94.2	3.9
	0.6	90.1	4.0
Farbosol Blue 3G	0.3	91.1	4.2
	0.6	87.1	4.6
Farbosol Yellow F4G	0.3	88.2	4.1
	0.6	88.9	4.8
Rifax Orange 2 Rn	0.3	90.8	3.5
	0.6	88.2	3.6
Rifax Red 2BN	0.3	90.0	3.4
	0.6	88.8	4.0
Rifax Red 3BN 150	0.3	89.4	3.4
	0.6	91.5	3.5
Rifax Yellow Brown HN	0.3	90.7	4.0
	0.6	94.2	4.6
Rifazol Brill. Blue R Sp	0.3	93.5	3.5
	0.6	87.6	3.9
Rifazol Turquoise Blue G	0.3	85.9	4.0
	0.6	88.4	4.0
Untreated		92.1	4.0
LSD(0.05)		NS	0.2
<i>Liquid color material</i>			
Black	1.0	94.6	3.5
	2.0	89.5	3.9
Bright Blue	1.0	93.9	3.4
	2.0	93.3	3.8
Bright Green	1.0	89.2	3.8
	2.0	88.8	3.9
Brown Yellow	1.0	90.9	3.9
	2.0	85.0	3.7
Red Brown	1.0	88.6	3.4
	2.0	90.9	4.1
Yellow	1.0	83.7	3.6
	2.0	92.6	3.7
Untreated		92.1	4.0
LSD(0.05)		3.2	0.3

Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

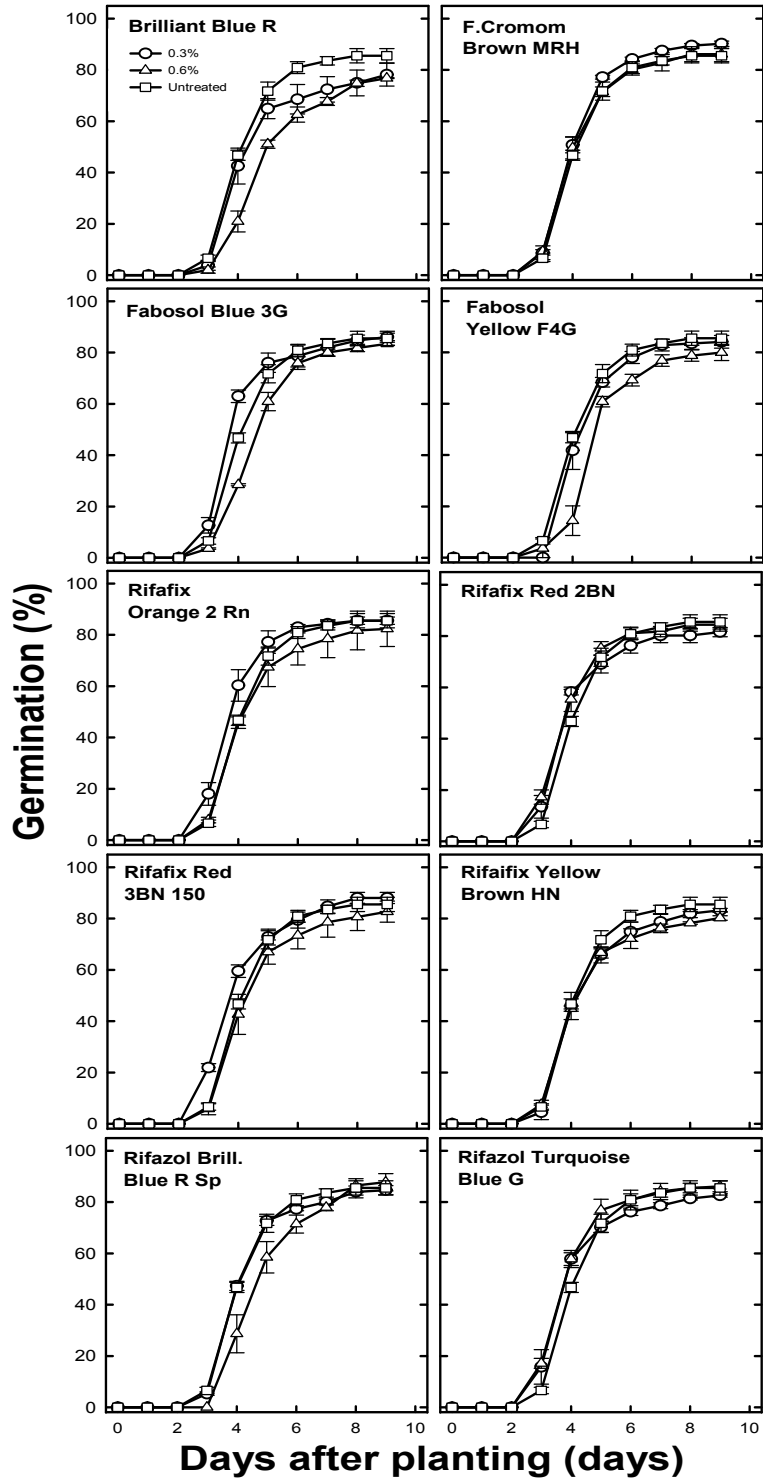


Fig. 1.26. Changes in percent germination of different solid colorant of film coated tomato seeds at 20°C.

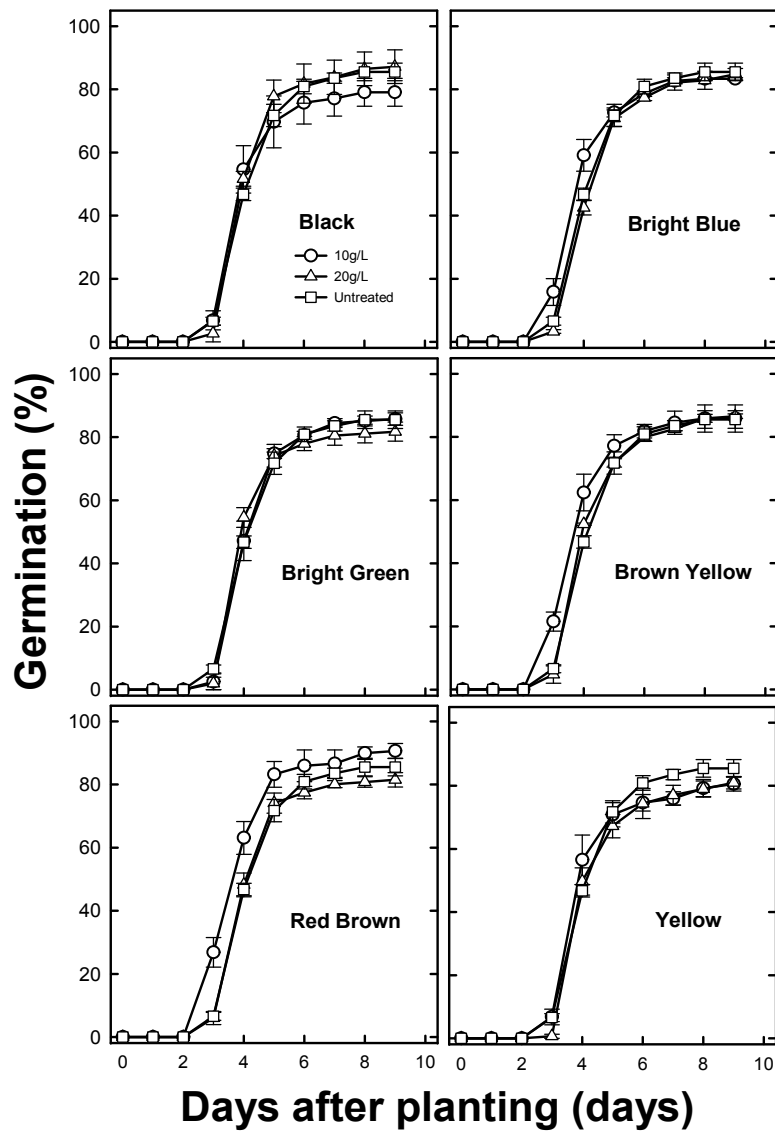


Fig. 1.27. Changes in percent germination of different liquid colorant of film coated tomato seeds at 20°C.



Table 1.53. Effect of different kind of film coating color on percent germination and T<sub>50</sub> of film coated pepper seeds at 20°C.

Color material	Concentration (%)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>Solid color material</i>			
Brilliant Blue R	0.3	98.7	5.7
	0.6	97.5	5.7
F.Cromom Brown MRH	0.3	98.1	5.7
	0.6	100.0	5.7
Farbosol Blue 3G	0.3	99.4	5.8
	0.6	98.6	5.8
Farbosol Yellow F4G	0.3	98.2	5.5
	0.6	100.0	5.6
Rifax Orange 2 Rn	0.3	99.3	5.5
	0.6	98.1	5.7
Rifax Red 2BN	0.3	98.6	5.6
	0.6	100.0	5.7
Rifax Red 3BN 150	0.3	100.0	5.5
	0.6	97.3	5.6
Rifax Yellow Brown HN	0.3	99.3	5.6
	0.6	98.7	5.5
Rifazol Brill. Blue R Sp	0.3	100.0	5.7
	0.6	98.6	5.7
Rifazol Turquoise Blue G	0.3	99.3	5.7
	0.6	99.4	5.5
Untreated		98.0	6.1
LSD(0.05)		NS	NS
<i>Liquid color material</i>			
Black	1.0	98.4	5.3
	2.0	97.6	5.4
Bright Blue	1.0	100.0	5.6
	2.0	100.0	5.7
Bright Green	1.0	100.0	5.5
	2.0	98.3	5.7
Brown Yellow	1.0	100.0	5.7
	2.0	98.7	5.6
Red Brown	1.0	100.0	5.8
	2.0	100.0	5.7
Yellow	1.0	98.3	5.7
	2.0	98.8	5.5
Untreated		98.0	6.1
LSD(0.05)		NS	NS

Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

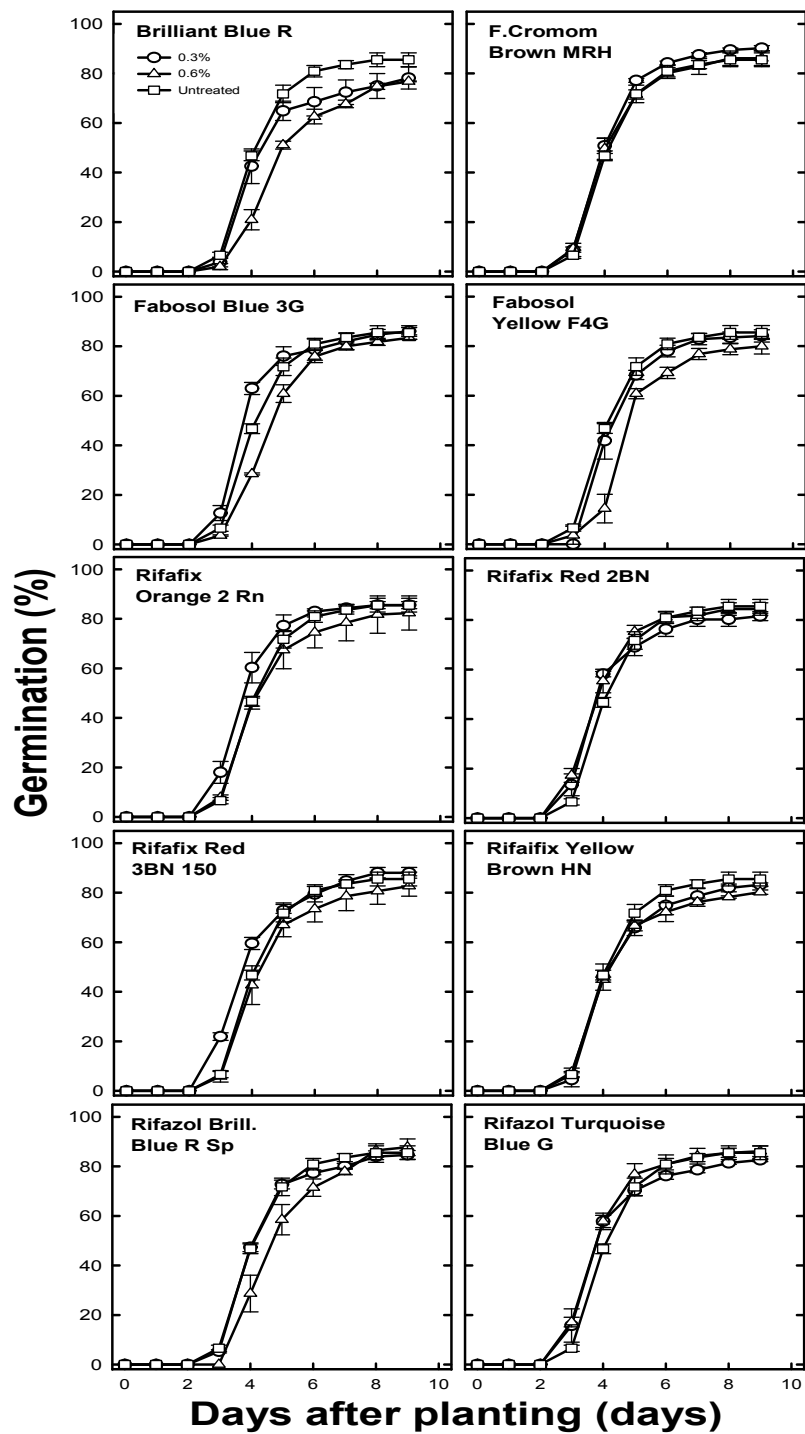


Fig. 1.28. Changes in percent germination of different solid colorant of film coated pepper seeds at 20°C.

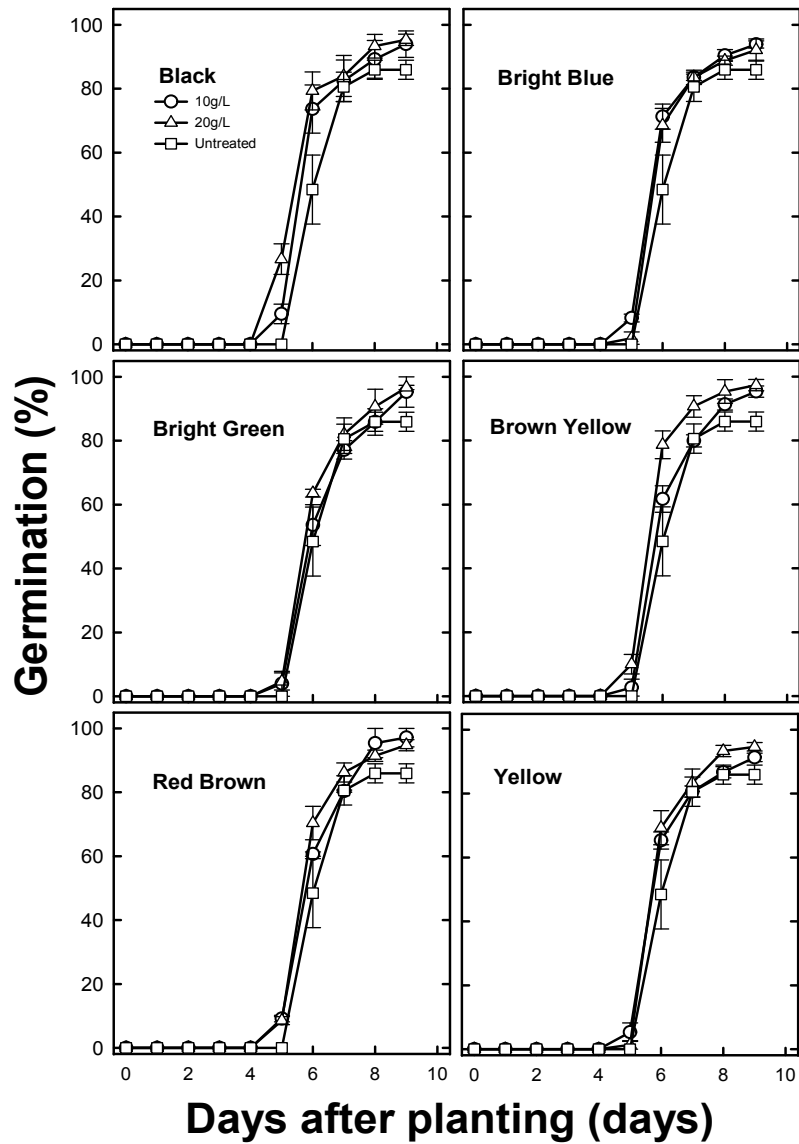
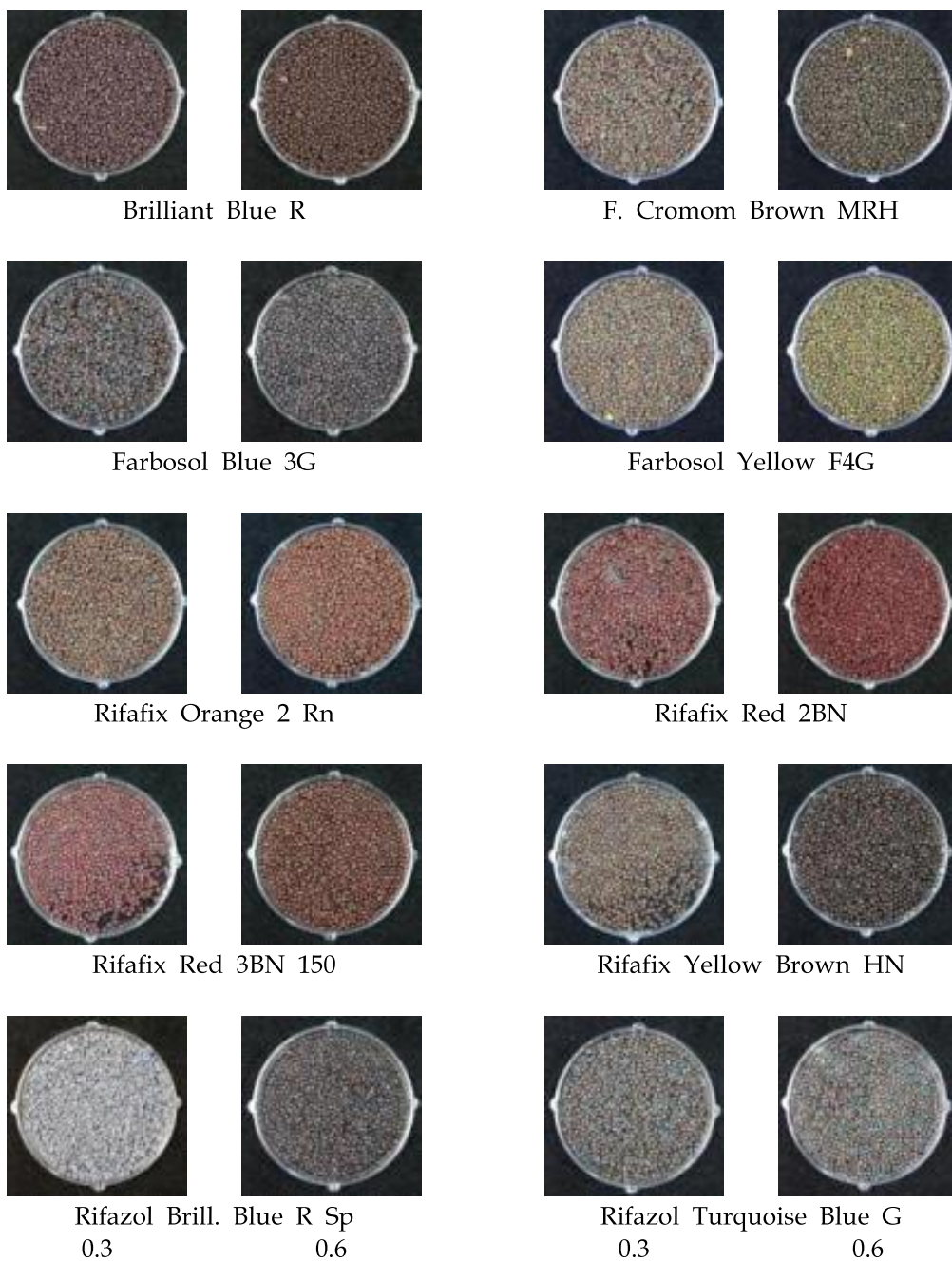


Fig. 1.29. Changes in percent germination of different liquid colorant of film coated pepper seeds at 20°C.



Solid color materials concentration (%)

Photo. 1.1 Colors of film coating on Chinese cabbage seed according to use different solid dyes.




---

Solid color materials concentration (%)

Photo. 1.2. Colors of film coating on lettuce seed according to use different solid dyes.

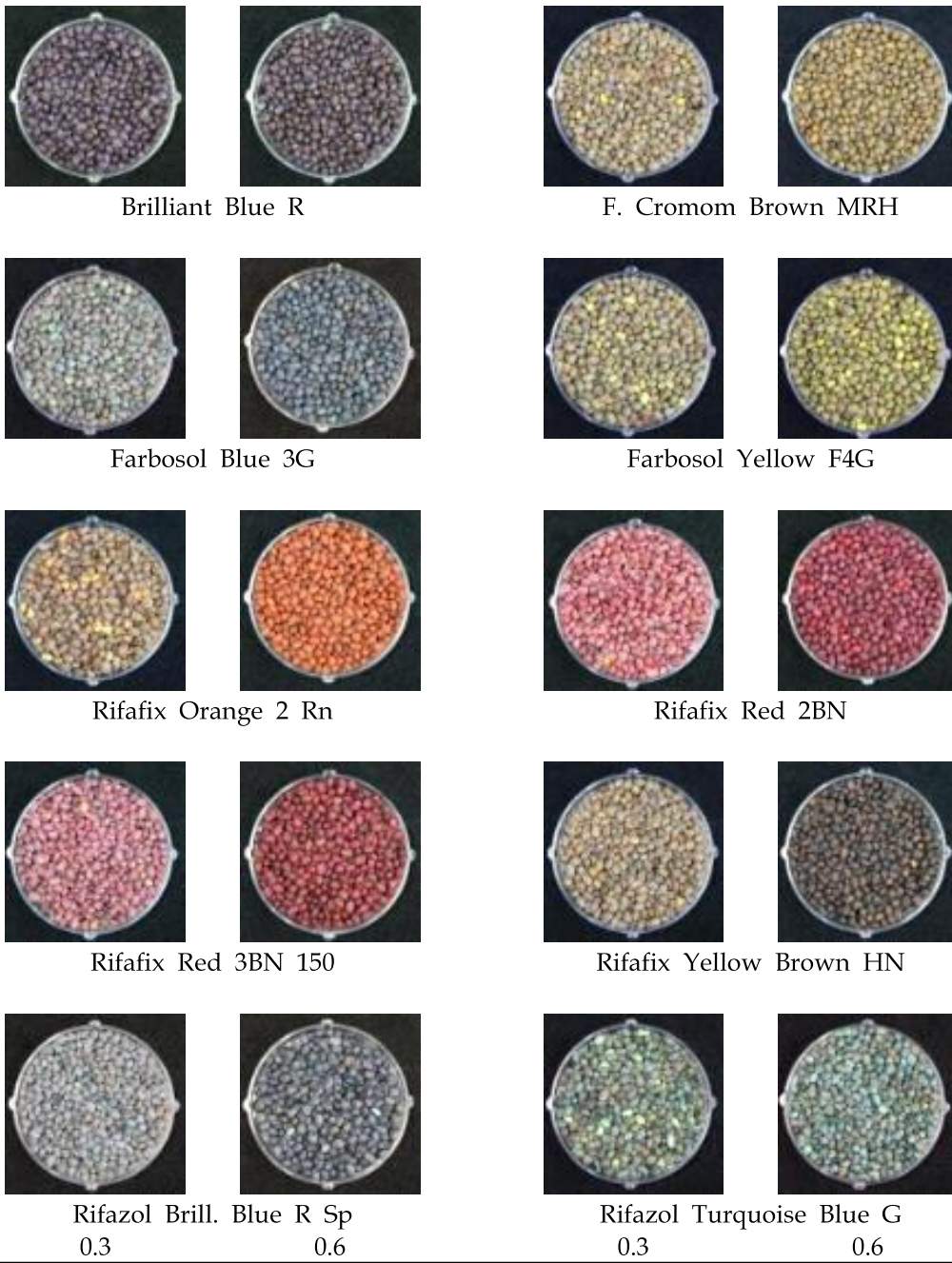
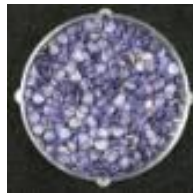
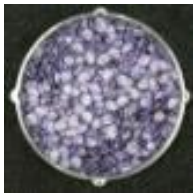


Photo. 1.3. Colors of film coating on radish seed according to use different solid dyes.



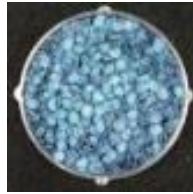
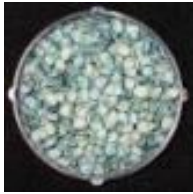
Photo. 1.4. Colors of film coating on tomato seed according to use different solid dyes.



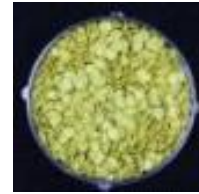
Brilliant Blue R



F. Cromom Brown MRH



Farbosol Blue 3G



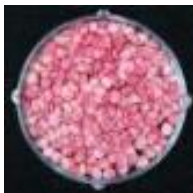
Farbosol Yellow F4G



Rifafix Orange 2 Rn



Rifafix Red 2BN



Rifafix Red 3BN 150



Rifafix Yellow Brown HN



Rifazol Brill. Blue R Sp  
0.3                      0.6



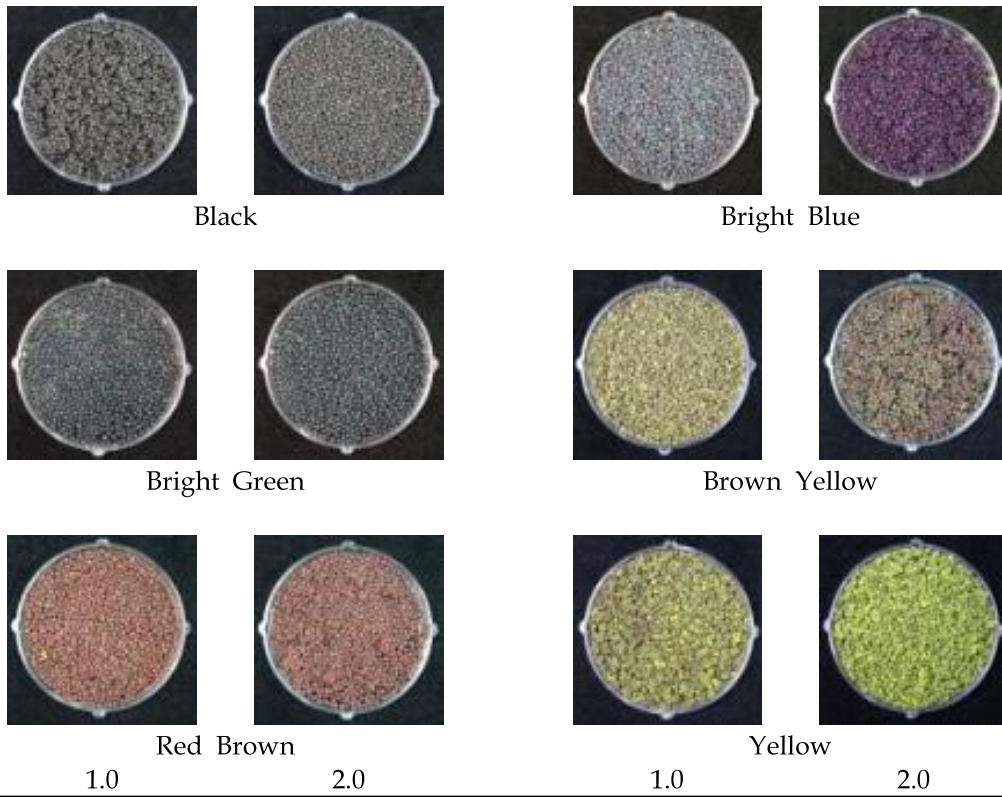
Rifazol Turquoise Blue G  
0.3                      0.6

---

Solid materials concentration (%)

Photo. 1.5. Colors of film coating on pepper seed according to use different solid dyes.

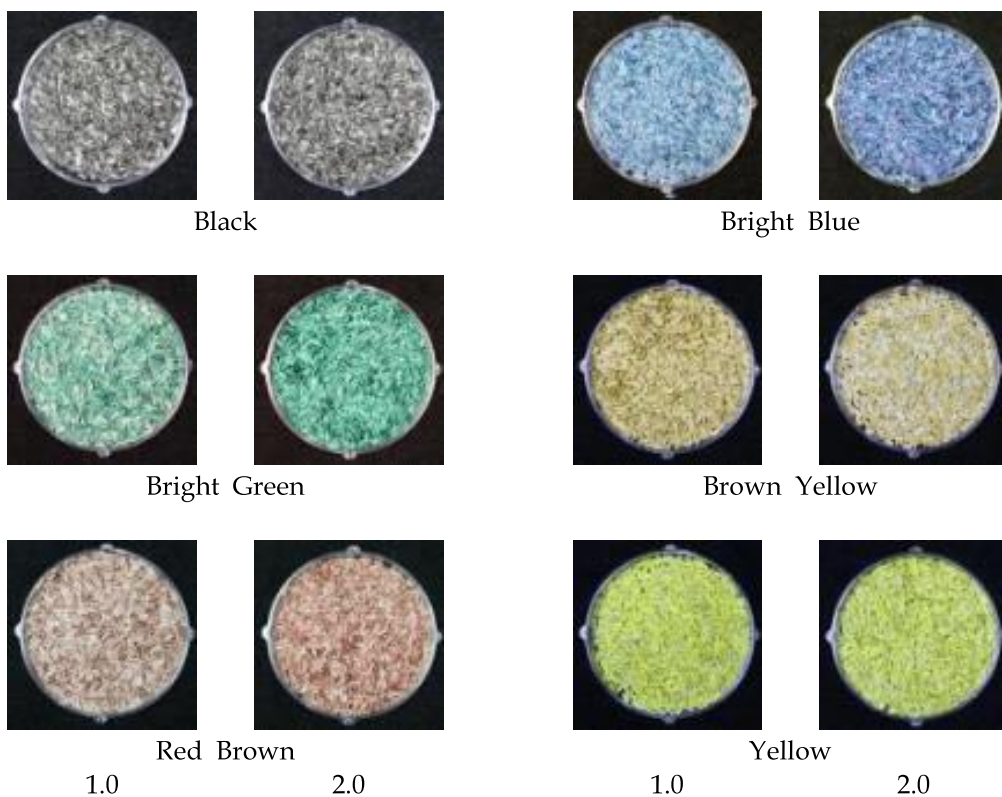





---

Liquid color materials concentration (%)

Photo. 1.6 Colors of film coating on Chinese cabbage seed according to use different liquid dyes.



1.0

2.0

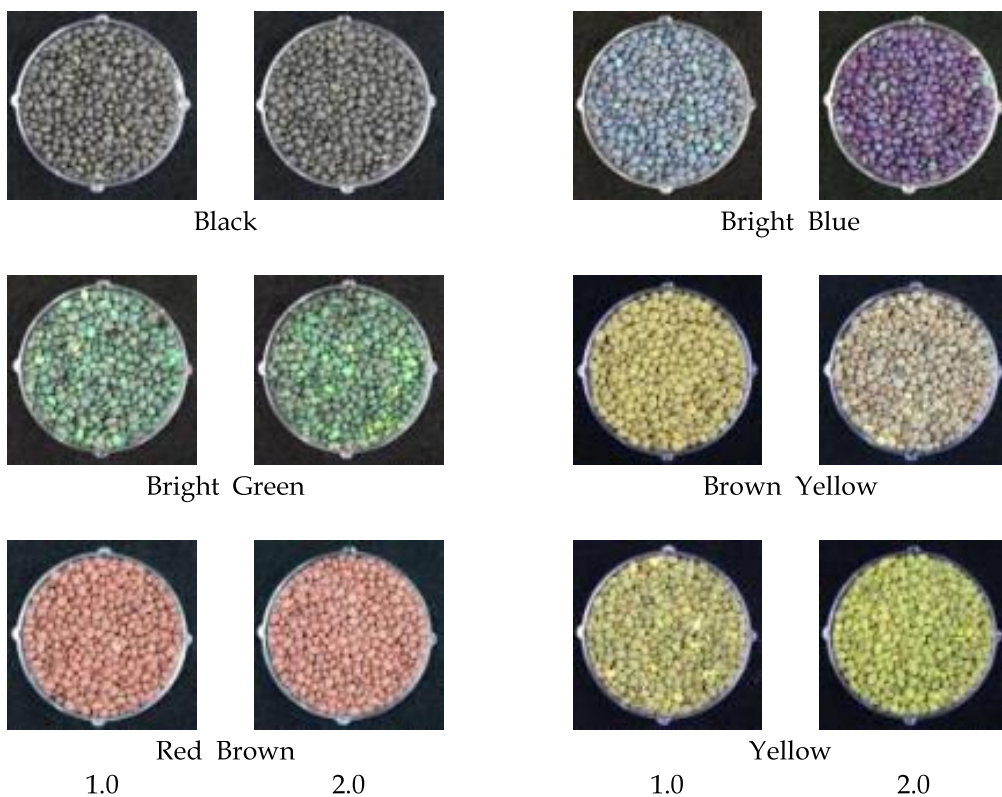
1.0

2.0

---

Liquid color materials concentration (%)

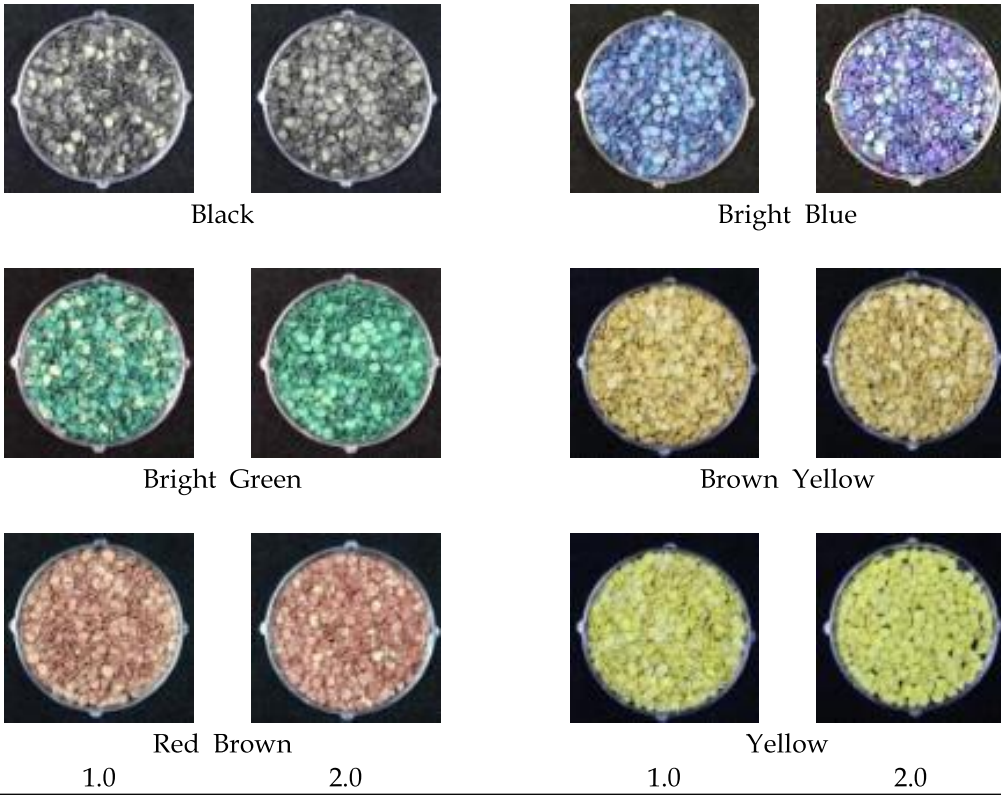
Photo. 1.7. Colors of film coating on lettuce seed according to use different liquid dyes.




---

Liquid color materials concentration (%)

Photo. 1.8. Colors of film coating on radish seed according to use different liquid dyes.




---

Liquid color materials concentration (%)

Photo. 1.9. Colors of film coating on pepper seed according to use different liquid dyes.

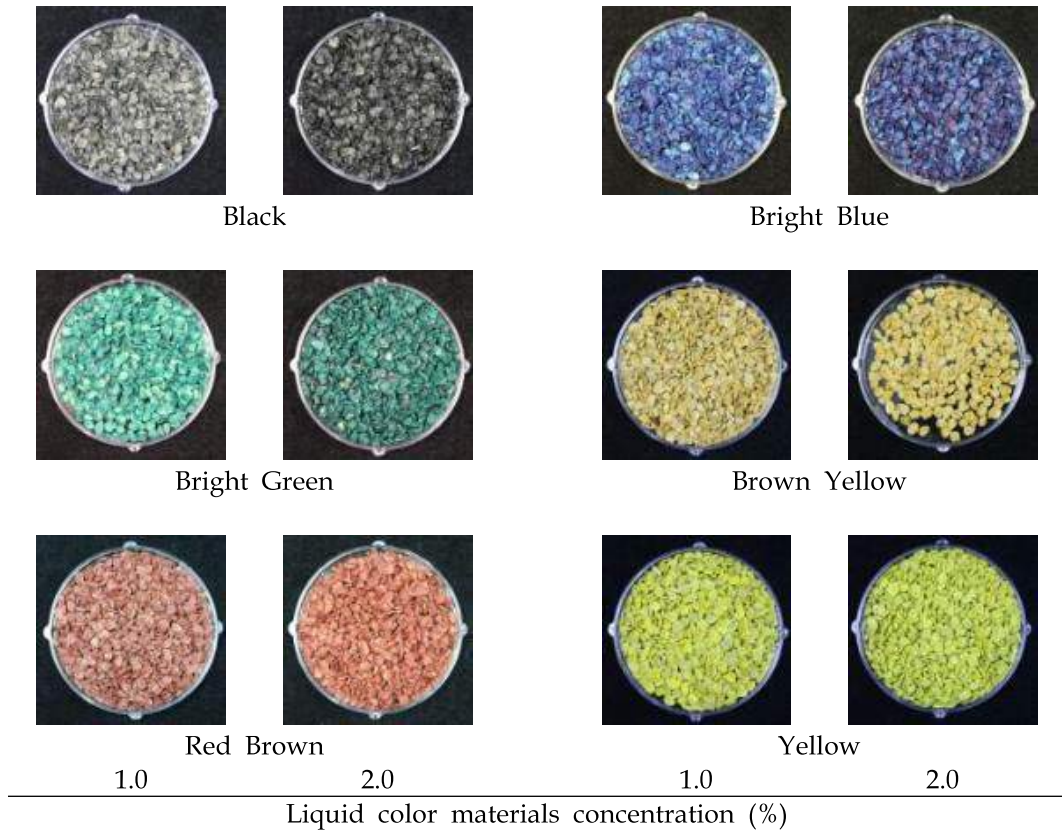


Photo. 1.10. Colors of film coating on tomato seed according to use different liquid dyes.

**(5) 필름코팅 종자의 착색제가 종자활력에 미치는 영향**

세계 종자시장은 미국을 선두로 네덜란드, 프랑스 등의 농업선진국이 주도하고 있으며, 아시아에서는 일본이 세계적인 수준에 있는 반면 우리나라는 일부 원예작물에서 육종기술은 우수하지만 종자가공 기술은 아직 해결해야 할 부분이 많다. 농업이 발전하기 위해서는 종자의 품질이 향상되어야 하며, 양질 종자가 지속적으로 생산되고 아울러 생산된 종자의 고품질화를 위해서는 가공기술의 확보와 아울러 가격이 안정되어야 한다. 종자의 필름코팅이란 종자의 표면에 얇은 친수성 막을 덧입히는 처리로서 취급이 용이하고 살균 및 살충제 등의 혼입이 가능하고, 외관상의 식별이 용이하며 외관상의 품질 제고 등의 효과가 있다.

필름코팅에 사용되는 착색제들이 실내 발아율 검정에서는 종자발아를 억제하거나 지연시키지 않았다. 본 연구에서는 필름 코팅에 사용되는 착색제들이 종자활력에는 미치는 영향을 조사하고자 각각의 착색제로 필름코팅 종자를 BP 검정을 통해 시기별 유묘활력을 검정하였다.

배추종자를 여러 가지 고체 및 액체 착색제로 필름코팅한 증자를 20℃에 치상하여 시기별을 종자 및 유묘활력을 조사하였다(Table 1.54~1.59 및 Fig. 1.30~1.32).

‘팔공’ 배추종자를 필름코팅하여 BP 검정을 통해 종자활력을 검정한 결과 착색제의 종류에 따라 치상 후 5일째와 10일후의 발아세에는 유의적인 차이는 없었다. 또한 발아 10일째의 유묘의 하배축 길이, 생체중 및 건물중에서도 착색제 종류에 따른 차이는 없었다(Table 1.54, 1.55, Fig. 1.30).

‘대통’ 배추를 여러 가지 착색제로 필름코팅하여 종자활력을 조사한 결과에서도 발아 5일째와 10

일째의 발아세에도 유의적인 차이는 없었다. 발아 10일째의 유묘생육인 하배축과 뿌리길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 생체중 및 건물중에는 차이가 인정되지 않았다. 전반적으로 착색제는 액체 착색제가 고체 착색제에 비해 발아세와 유묘생육이 좋았으나 현저한 수준은 아니었다(Table 1.56, 1.57, Fig. 1.31).

Table 1.54 Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated 'Palkong' Chinese cabbage seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	5 days			10 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	80.0	6.7	86.7	83.3	6.7	100.0
F.Cromom Brown MRH	86.7	4.4	91.1	90.0	3.3	98.7
Farbosol Yellow F4G	92.2	4.4	96.6	92.2	4.4	100.0
Rifafix Orange 2 Rn	86.7	2.2	88.9	87.8	2.2	100.0
Rifafix Red 2BN	88.9	4.4	93.3	91.1	3.3	98.7
Rifafix Red 3BN 150	93.3	4.4	97.7	98.9	1.1	98.0
Rifafix Yellow Brown HN	86.7	6.7	93.4	92.2	1.1	97.3
Rifazol Brill. Blue R Sp	80.0	8.9	88.9	86.7	3.3	99.3
Rifazol Turquoise Blue G	82.2	7.8	90.0	82.2	10.0	99.3
Farbosol Blue 3G	90.0	4.4	94.4	91.1	5.6	93.3
Farbosol Blue 6G	92.2	3.3	95.5	94.4	3.3	97.8
Untreated	86.7	8.9	95.6	91.1	6.7	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	88.9	3.3	92.3	91.1	2.2	99.3
Red Brown	85.6	12.2	98.7	88.9	8.9	99.3
Yellow	88.9	8.9	97.8	94.4	4.4	99.3
Brown Yellow	85.6	7.8	93.4	85.6	8.9	100.0
Bright Green	94.4	1.1	95.5	94.4	1.1	97.3
Bright Blue	90.0	3.3	93.3	91.1	5.6	98.0
Black	85.6	6.7	92.3	85.6	6.7	100.0
Untreated	86.7	8.9	95.6	91.1	6.7	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.55. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Palkong' Chinese cabbage seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	10 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.5	3.2	0.04	0.002
F.Cromom Brown MRH	3.7	3.1	0.04	0.002
Farbosol Yellow F4G	3.2	3.3	0.03	0.002
Rifafix Orange 2 Rn	4.1	5.1	0.04	0.002
Rifafix Red 2BN	4.5	3.9	0.04	0.002
Rifafix Red 3BN 150	3.8	3.5	0.05	0.002
Rifafix Yellow Brown HN	3.1	5.7	0.04	0.002
Rifazol Brill. Blue R Sp	3.8	6.0	0.05	0.002
Rifazol Turquoise Blue G	3.8	4.2	0.04	0.002
Farbosol Blue 3G	4.2	3.0	0.06	0.002
Farbosol Blue 6G	3.8	3.3	0.05	0.002
Untreated	3.7	4.0	0.05	0.002
LSD 0.05	NS	1.7	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	3.4	4.8	0.04	0.002
Red Brown	3.3	7.0	0.04	0.002
Yellow	3.5	5.5	0.04	0.002
Brown Yellow	4.3	2.9	0.04	0.001
Bright Green	4.1	3.7	0.05	0.002
Bright Blue	3.7	4.3	0.04	0.002
Black	4.3	4.3	0.05	0.002
Untreated	3.7	4.0	0.05	0.002
LSD 0.05	NS	1.4	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Fig. 1.30. Changes in seedling growth of 'Palkong' Chinese cabbage seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.



Table 1.56. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated 'Daetong' Chinese cabbage seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	5 days			10 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	96.7	2.2	98.9	97.8	2.2	100.0
F.Cromom Brown MRH	97.8	0.0	97.8	97.8	2.2	100.0
Farbosol Yellow F4G	97.8	1.1	100.0	98.9	1.1	97.8
Rifafix Orange 2 Rn	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 2BN	97.8	1.1	98.9	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 3BN 150	95.6	3.3	98.9	96.7	3.3	99.3
Rifafix Yellow Brown HN	98.9	1.1	99.3	98.9	1.1	99.3
Rifazol Brill. Blue R Sp	98.9	0.0	98.9	98.9	1.1	100.0
Rifazol Turquoise Blue G	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Farbosol Blue 3G	98.9	0.0	100.0	98.9	0.0	100.0
Farbosol Blue 6G	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Untreated	98.9	1.1	100.0	100.0	0.0	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	98.7	0.2	98.9	98.9	0.2	99.1
Red Brown	99.3	0.7	100.0	99.3	0.7	100.0
Yellow	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Brown Yellow	100.0	0.0	100.0	98.9	1.1	100.0
Bright Green	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Bright Blue	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Black	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.57. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Daetong' Chinese cabbage seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	10 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.6	5.4	0.00	0.002
F.Cromom Brown MRH	4.6	5.9	0.05	0.002
Farbosol Yellow F4G	4.9	6.1	0.04	0.002
Rifafix Orange 2 Rn	5.1	6.0	0.03	0.002
Rifafix Red 2BN	4.3	5.6	0.04	0.001
Rifafix Red 3BN 150	4.2	6.2	0.03	0.001
Rifafix Yellow Brown HN	3.8	5.6	0.04	0.002
Rifazol Brill. Blue R Sp	5.2	6.5	0.05	0.002
Rifazol Turquoise Blue G	5.0	6.0	0.04	0.002
Farbosol Blue 3G	2.6	3.2	0.03	0.002
Farbosol Blue 6G	3.2	3.9	0.05	0.002
Untreated	4.4	5.8	0.04	0.002
LSD 0.05	0.9	1.1	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	5.0	6.1	0.04	0.002
Red Brown	5.2	6.8	0.05	0.002
Yellow	5.0	5.5	0.04	0.002
Brown Yellow	4.5	5.3	0.03	0.002
Bright Green	4.4	4.9	0.04	0.002
Bright Blue	4.3	4.8	0.05	0.002
Black	6.4	5.9	0.06	0.002
Untreated	4.4	5.8	0.04	0.002
LSD 0.05	0.7	1.0	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

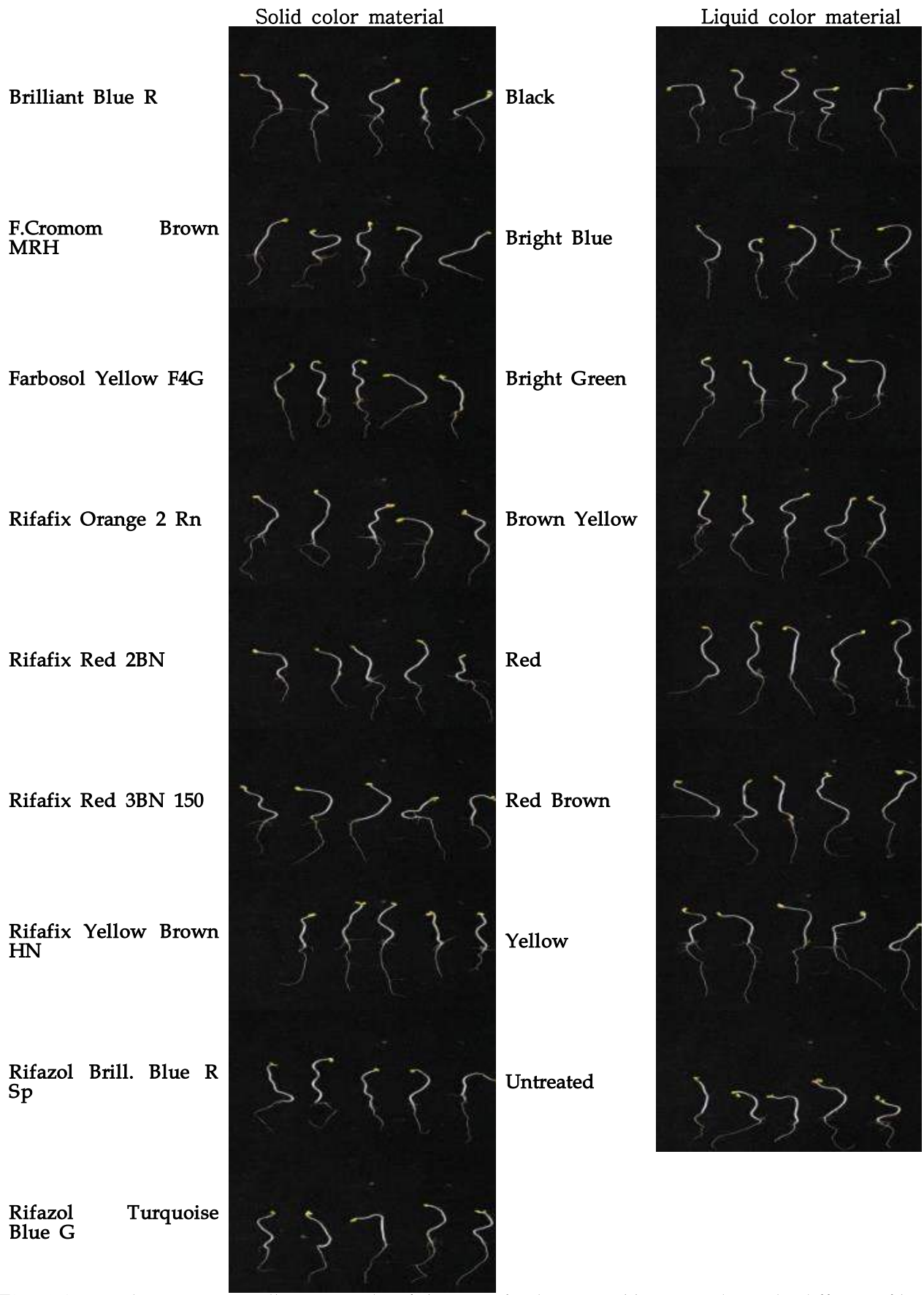


Fig. 1.31. Changes in seedling growth of 'Daetong' Chinese cabbage seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.

‘봄누리’를 착색제를 달리한 필름코팅한 종자에서도 발아 5일째와 10일째의 발아세에도 유의적인 차이는 없었다. 치상 후 10일째에는 첨가되는 착색제의 종류에 관계없이 대부분이 100% 발아하였고 비성적인 발아는 거의 없었다. 반면 과중 10일째의 유묘의 하배축과 뿌리길이는 필름코팅 착색제 종류에 따라 약간의 차이는 있었으나, 생체중 및 건물중에는 유의적인 차이는 없었다(Table 1.58, 1.59, Fig. 1.32).

Table 1.58. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Bomruri’ Chinese cabbage seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	5 days			10 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
F.Cromom Brown MRH	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
Farbosol Yellow F4G	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Orange 2 Rn	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 2BN	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 3BN 150	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Yellow Brown HN	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifazol Brill. Blue R Sp	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifazol Turquoise Blue G	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	100.0
Farbosol Blue 3G	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Farbosol Blue 6G	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Untreated l	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	98.9	1.1	100.0	100.0	0.0	100.0
Red Brown	98.9	0.0	100.0	98.9	0.0	98.9
Yellow	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Brown Yellow	98.9	0.0	100.0	98.9	0.0	100.0
Bright Green	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Bright Blue	98.9	1.1	100.0	100.0	0.0	100.0
Black	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.59. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Bomruri' Chinese cabbage seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	10 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.6	5.4	0.00	0.002
F.Cromom Brown MRH	4.6	5.9	0.05	0.002
Farbosol Yellow F4G	4.9	6.1	0.04	0.002
Rifafix Orange 2 Rn	5.1	6.0	0.03	0.002
Rifafix Red 2BN	4.3	5.6	0.04	0.001
Rifafix Red 3BN 150	4.2	6.2	0.03	0.001
Rifafix Yellow Brown HN	3.8	5.6	0.04	0.002
Rifazol Brill. Blue R Sp	5.2	6.5	0.05	0.002
Rifazol Turquoise Blue G	5.0	6.0	0.04	0.002
Farbosol Blue 3G	2.6	3.2	0.03	0.002
Farbosol Blue 6G	3.2	3.9	0.05	0.002
Untreated	4.4	5.8	0.04	0.002
LSD 0.05	0.9	1.1	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	5.0	6.1	0.04	0.002
Red Brown	5.2	6.8	0.05	0.002
Yellow	5.0	5.5	0.04	0.002
Brown Yellow	4.5	5.3	0.03	0.002
Bright Green	4.4	4.9	0.04	0.002
Bright Blue	4.3	4.8	0.05	0.002
Black	6.4	5.9	0.06	0.002
Untreated	4.4	5.8	0.04	0.002
LSD 0.05	0.6	1.0	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

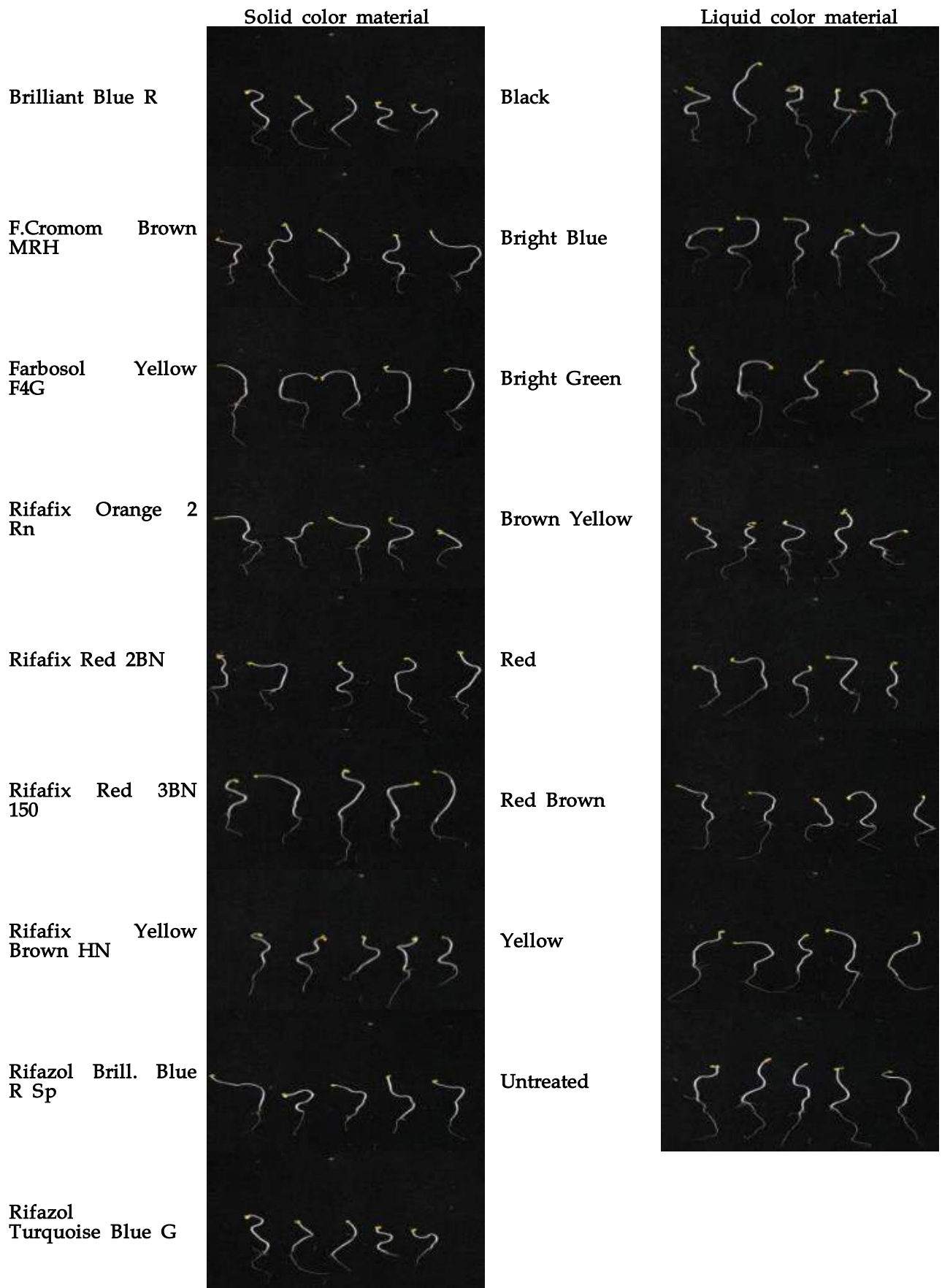


Fig. 1.32. Changes in seedling growth of 'Bomruri' Chinese cabbage seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 10 days after sowing at 20°C.

상추종자에서 여러 가지 고체 및 액체 착색제로 필름코팅한 종자를 20℃에 치상하여 시기별을 종자와 유묘활력을 조사하였다(Table 1.60~1.69. 및 Fig. 1.33~1.37).

‘경신탕섬’ 상추를 여러 가지 착색제를 첨가하여 필름코팅한 후 BP test에 의해 종자활력 조사한 결과 발아 4일째와 7일째의 착색제에 의한 차이가 있었으며, 착색제 중 고체 착색제인 Farbosol blue 3G에서 발아세가 약간 저하되었다. 또한 발아 10일째의 유묘의 하배축 및 뿌리길이는 착색제에 따라 차이가 있었으나, 생체중과 건물중은 큰 차이가 없었다(Table 1.60, 1.61, Fig. 1.33).

Table 1.60. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Kyungsinttusum’ lettuce seeds at 20℃.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	81.1	1.1	82.3	85.6	1.1	86.7
F.Cromom Brown MRH	82.2	2.2	84.4	86.7	2.2	88.9
Farbosol Yellow F4G	90.0	0.0	90.0	91.1	1.1	92.2
Rifafix Orange 2 Rn	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 2BN	95.6	0.0	95.6	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 3BN 150	88.9	0.0	88.9	88.9	0.0	88.9
Rifafix Yellow Brown HN	91.1	3.3	94.4	95.6	3.3	98.9
Rifazol Brill. Blue R Sp	83.3	0.0	83.3	85.6	0.0	85.6
Rifazol Turquoise Blue G	93.3	2.2	95.5	93.3	0.0	93.3
Farbosol Blue 3G	88.9	0.0	88.9	88.9	0.0	88.9
Farbosol Blue 6G	83.3	0.0	83.3	83.3	0.0	83.3
Untreated	85.6	6.7	92.3	90.0	6.7	96.7
LSD 0.05	8.9	3.4	8.9	8.33	NS	8.5
<i>Liquid color material</i>						
Red	87.8	0.0	87.8	95.6	0.0	95.6
Red Brown	88.9	0.0	88.9	92.2	0.0	92.2
Yellow	91.1	1.1	92.2	92.2	1.1	93.3
Brown Yellow	93.3	1.1	94.4	94.4	1.1	95.5
Bright Green	85.6	2.2	87.8	92.2	2.2	94.4
Bright Blue	94.4	1.1	95.5	96.7	1.1	97.8
Black	87.8	3.3	91.1	90.0	3.3	93.3
Untreated	85.6	6.7	92.3	90.0	6.7	96.7
LSD 0.05	4.2	3.2	NS	NS	3.1	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.61. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Kyungsinttusum' lettuce seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.0	2.4	0.01	0.002
F.Cromom Brown MRH	2.8	3.0	0.02	0.001
Farbosol Yellow F4G	3.6	2.4	0.01	0.001
Rifafix Orange 2 Rn	2.7	2.6	0.02	0.000
Rifafix Red 2BN	3.5	2.4	0.01	0.000
Rifafix Red 3BN 150	3.4	1.6	0.02	0.002
Rifafix Yellow Brown HN	3.7	2.2	0.02	0.001
Rifazol Brill. Blue R Sp	2.3	2.8	0.01	0.001
Rifazol Turquoise Blue G	1.7	3.6	0.01	0.001
Farbosol Blue 3G	4.0	3.1	0.02	0.000
Farbosol Blue 6G	3.7	2.5	0.02	0.001
Untreated	2.9	3.8	0.01	0.000
LSD 0.05	0.8	0.8	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	3.8	2.3	0.02	0.002
Red Brown	1.8	3.5	0.01	0.002
Yellow	2.4	3.7	0.01	0.000
Brown Yellow	3.5	2.1	0.01	0.002
Bright Green	3.4	2.2	0.02	0.001
Bright Blue	3.4	2.1	0.01	0.001
Black	3.2	1.8	0.02	0.000
Untreated	2.9	3.8	0.01	0.000
LSD 0.05	0.7	0.6	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



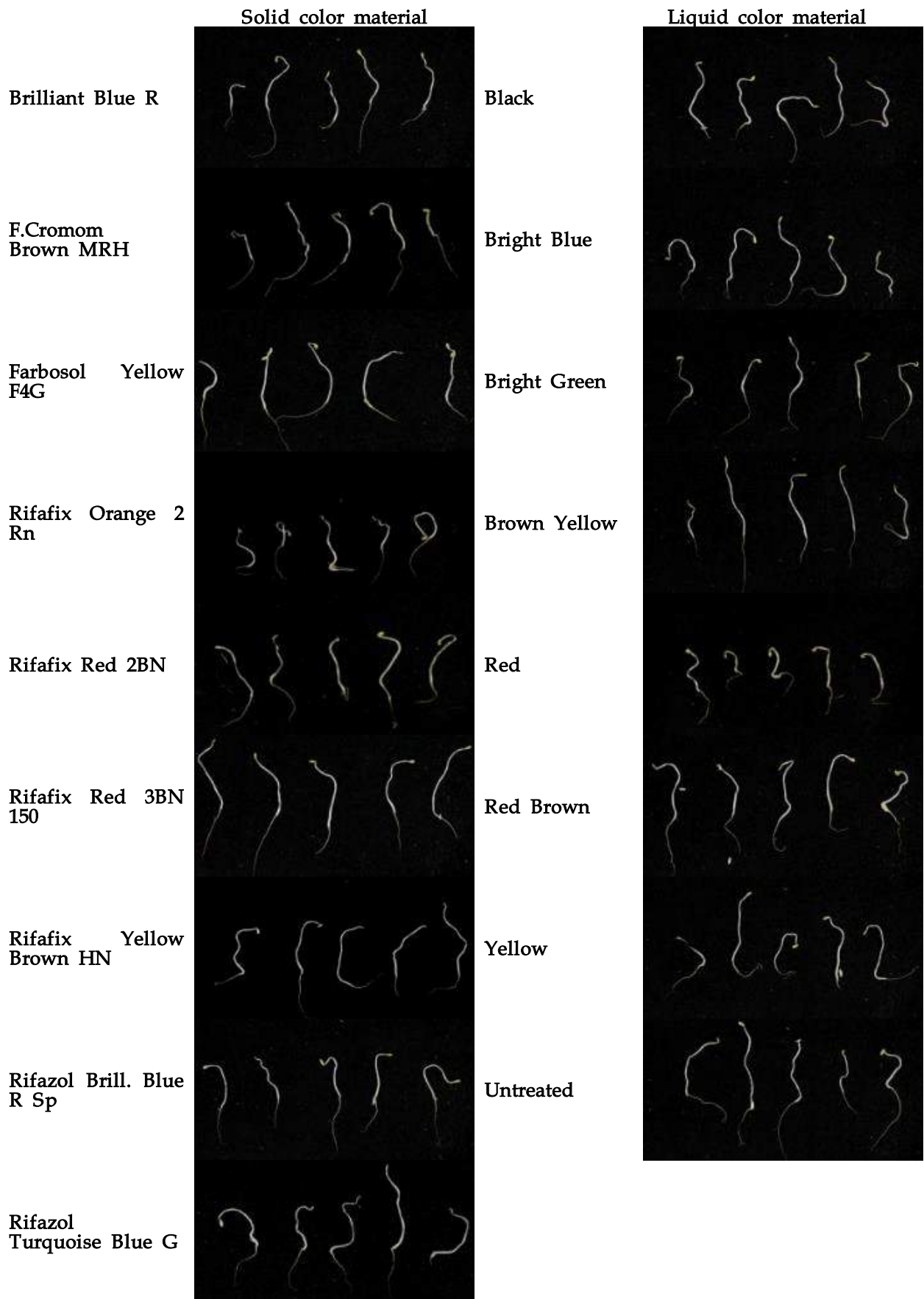


Fig. 1.33. Changes in seedling growth of 'Kyungsinttusum' lettuce seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

‘경신적치마’ 상추에서도 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자는 발아 4일째에는 고체 착색제인 F.Cromom Brown MRH에서만 발아세가 낮았다. 그러나 발아 7일째에서는 필름코팅에 첨가되는 착색제의 종류에 따라 발아세에는 유의적인 차이가 없었다. 또한 발아 7일째의 유묘의 하배축과 뿌리길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 생체중 및 건물중에는 유의적인 차이는 없었다 (Table 1.62, 1.63, Fig. 1.34).

Table 1.62. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Kyungsinjeokchima’ lettuce seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	84.4	0.0	84.4	84.4	1.1	85.5
F.Cromom Brown MRH	70.0	0.0	70.0	87.8	4.4	92.2
Farbosol Yellow F4G	95.6	0.0	95.6	95.6	0.0	95.6
Rifafix Orange 2 Rn	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	98.9
Rifafix Red 2BN	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifafix Red 3BN 150	94.4	0.0	94.4	95.6	1.1	96.7
Rifafix Yellow Brown HN	96.7	0.0	96.7	96.7	0.0	96.7
Rifazol Brill. Blue R Sp	83.3	0.0	83.3	85.6	2.2	87.8
Rifazol Turquoise Blue G	88.9	0.0	88.9	88.9	1.1	90.0
Farbosol Blue 3G	87.8	0.0	87.8	90.0	0.0	90.0
Farbosol Blue 6G	86.5	0.0	86.5	97.8	0.0	87.8
Untreated	96.7	0.0	96.7	93.3	3.3	96.6
LSD 0.05	9.1	NS	9.1	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	92.2	0.0	87.8	93.3	1.1	95.6
Red Brown	96.7	1.1	88.9	93.3	5.6	92.2
Yellow	97.8	0.0	92.2	97.8	0.0	93.3
Brown Yellow	92.2	0.0	94.4	92.2	1.1	95.5
Bright Green	90.0	0.0	87.8	91.1	0.0	94.4
Bright Blue	94.4	2.2	95.5	95.6	2.2	97.8
Black	93.3	1.1	91.1	94.4	1.1	93.3
Untreated	96.7	0.0	92.3	93.3	3.3	96.7
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.63. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Kyungsinjeokchima' lettuce seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.0	3.0	0.02	0.001
F.Cromom Brown MRH	3.0	2.9	0.02	0.001
Farbosol Yellow F4G	3.4	3.3	0.02	0.001
Rifafix Orange 2 Rn	3.9	1.9	0.02	0.001
Rifafix Red 2BN	3.1	3.0	0.01	0.001
Rifafix Red 3BN 150	3.0	2.8	0.01	0.001
Rifafix Yellow Brown HN	3.0	2.8	0.02	0.001
Rifazol Brill. Blue R Sp	3.3	3.2	0.02	0.001
Rifazol Turquoise Blue G	3.8	3.1	0.02	0.001
Farbosol Blue 3G	3.3	2.1	0.02	0.000
Farbosol Blue 6G	3.8	3.6	0.02	0.001
Untreated	3.2	3.1	0.01	0.001
LSD 0.05	0.6	0.7	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	4.2	2.7	0.01	0.000
Red Brown	3.3	3.3	0.02	0.001
Yellow	3.5	2.9	0.02	0.001
Brown Yellow	3.7	2.9	0.02	0.001
Bright Green	3.9	3.3	0.01	0.000
Bright Blue	3.1	3.6	0.02	0.001
Black	3.0	2.9	0.02	0.001
Untreated	3.2	3.1	0.01	0.001
LSD 0.05	0.5	0.6	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

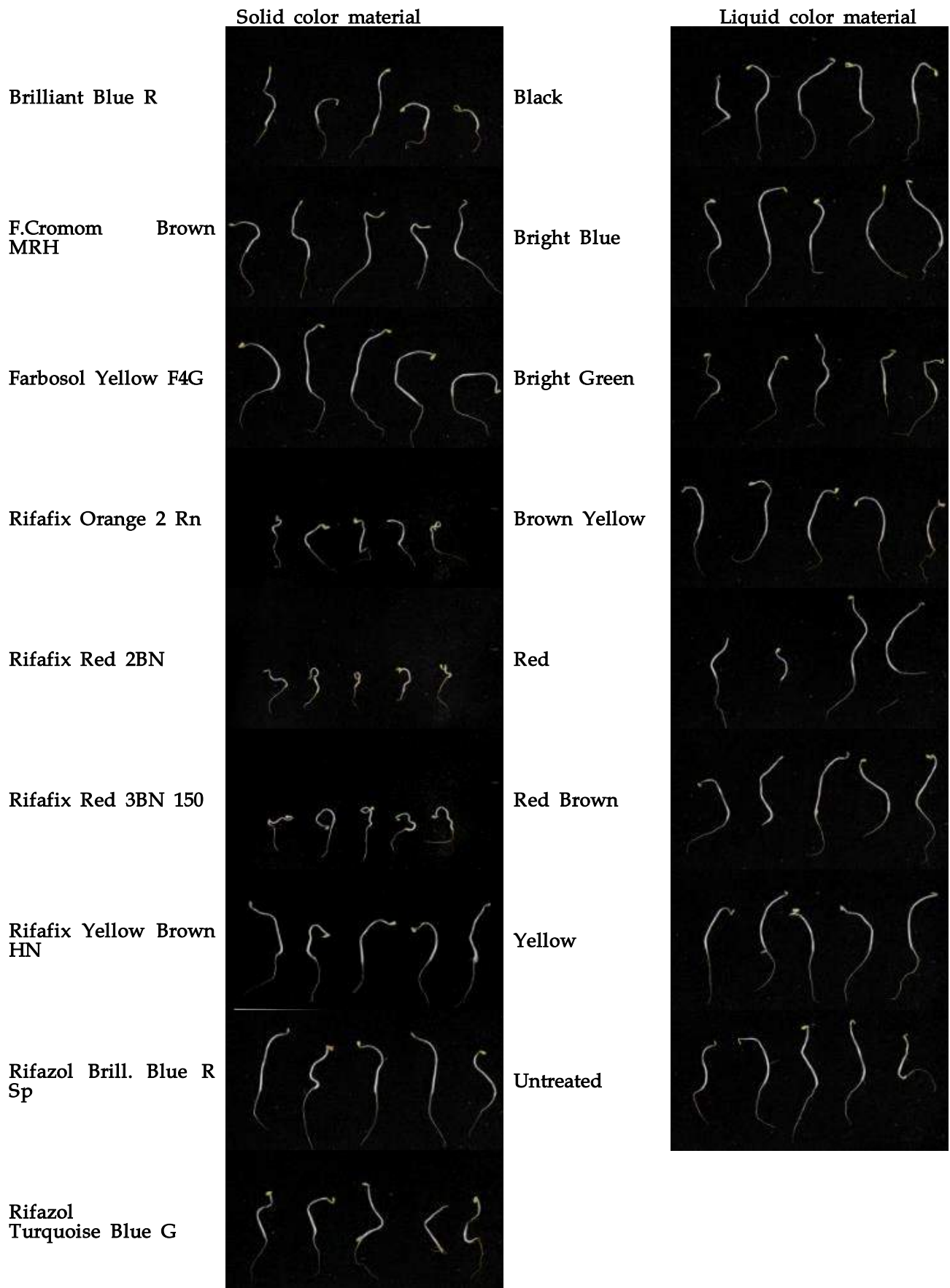


Fig. 1.34. Changes in seedling growth of 'Kyungsinjeokchima' lettuce seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

‘청치마’ 상추에서도 전반적인 경향은 ‘경신적치마’와 유사하였고, 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자는 발아 4일째에는 착색제 처리간 발아세에는 큰 차이가 없었다. 그러나 발아 7일째에서는 Farbosol blue 3G에서만 발아율이 낮았을 뿐 착색제 처리간에 따른 차이는 크지 않았다. 또한 발아 7일째의 유묘의 하배축과 뿌리길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 생체중 및 건물중에는 유의적인 차이는 없었다(Table 1.64, 1.65, Fig. 1.35).

Table 1.64. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Cheongchima’ lettuce seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	97.8	0.0	97.8	100.0	0.0	100.0
F.Cromom Brown MRH	94.4	1.1	95.5	98.9	1.1	100.0
Farbosol Yellow F4G	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Rifafix Orange 2 Rn	95.6	2.2	97.8	96.7	2.2	97.7
Rifafix Red 2BN	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Rifafix Red 3BN 150	95.6	3.3	98.9	96.7	3.3	99.9
Rifafix Yellow Brown HN	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Rifazol Brill. Blue R Sp	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Rifazol Turquoise Blue G	97.8	1.1	98.9	98.9	1.1	100.0
Farbosol Blue 3G	86.7	0.0	86.7	86.7	0.0	86.7
Farbosol Blue 6G	98.2	0.0	98.2	100.0	0.0	100.0
Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	3.2	NS	3.2
<i>Liquid color material</i>						
Red	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Red Brown	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Yellow	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
Brown Yellow	96.7	1.1	97.8	97.8	1.1	98.9
Bright Green	96.7	0.0	96.7	100.0	0.0	100.0
Bright Blue	97.8	0.0	97.8	100.0	0.0	100.0
Black	90.0	0.0	90.0	92.7	0.0	92.7
Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.65. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Cheongchima' lettuce seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	2.4	3.0	0.02	0.000
F.Cromom Brown MRH	2.9	1.9	0.01	0.000
Farbosol Yellow F4G	2.1	2.1	0.02	0.001
Rifafix Orange 2 Rn	2.2	1.9	0.02	0.000
Rifafix Red 2BN	2.4	2.9	0.02	0.000
Rifafix Red 3BN 150	2.4	2.4	0.01	0.001
Rifafix Yellow Brown HN	1.8	2.5	0.01	0.000
Rifazol Brill. Blue R Sp	2.9	3.1	0.01	0.001
Rifazol Turquoise Blue G	2.6	2.8	0.01	0.001
Farbosol Blue 3G	3.4	2.9	0.02	0.001
Farbosol Blue 6G	2.4	1.9	0.02	0.001
Untreated	2.9	2.4	0.02	0.001
LSD 0.05	0.8	0.5	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	2.6	2.7	0.02	0.000
Red Brown	2.2	2.3	0.01	0.001
Yellow	3.2	2.7	0.02	0.000
Brown Yellow	2.2	2.4	0.01	0.001
Bright Green	2.5	3.2	0.02	0.000
Bright Blue	3.3	3.2	0.02	0.000
Black	2.4	3.1	0.01	0.001
Untreated	2.9	2.4	0.02	0.001
LSD 0.05	0.7	0.4	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Fig. 1.35. Changes in seedling growth of 'Cheongchima' lettuce seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20 °C.

‘한농뚝섬’ 상추에서도 필름코팅에 첨가되는 착색제에 발아 4일째와 7일째의 발아세에는 큰 차이가 없었다. 또한 발아 7일째의 유묘의 하배축과 뿌리길이 및 생체, 건물중에도 착색제 종류에 따라 유의적인 차이는 없었다(Table 1.66, 1.67, Fig. 1.36). 통계적인 유의성은 인정되지 않으나 종자활력 및 유묘활력에는 고체 착색제보다는 액체 착색제가 좋은 경향이였다.

Table 1.66. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Hannongttusum’ lettuce seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	91.1	1.1	92.2	92.2	1.1	93.3
F.Cromom Brown MRH	92.2	1.1	93.3	94.4	1.1	95.5
Farbosol Yellow F4G	94.4	2.2	96.6	95.6	2.2	97.8
Rifafix Orange 2 Rn	93.3	2.2	95.5	93.3	2.2	95.5
Rifafix Red 2BN	95.6	0.0	95.6	98.9	0.0	98.9
Rifafix Red 3BN 150	95.6	0.0	95.6	95.6	0.0	95.6
Rifafix Yellow Brown HN	92.2	2.2	94.4	96.7	2.2	98.9
Rifazol Brill. Blue R Sp	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
Rifazol Turquoise Blue G	91.1	0.0	91.1	91.1	0.0	91.1
Farbosol Blue 3G	98.8	0.0	98.8	100.0	0.0	100.0
Farbosol Blue 6G	96.7	0.0	96.7	96.7	0.0	96.7
Untreated	91.1	0.0	91.1	92.0	0.0	92.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	97.8	0.0	97.8	98.9	0.0	98.9
Red Brown	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Yellow	97.8	0.0	97.8	100.0	0.0	100.0
Brown Yellow	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Bright Green	96.7	1.1	97.8	98.9	1.1	100.0
Bright Blue	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	98.9
Black	97.8	0.0	97.8	97.8	0.0	97.8
Control	91.1	0.0	91.1	92.0	0.0	92.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Table 1.67. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Hannongttusum' lettuce seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.6	2.3	0.02	0.000
F.Cromom Brown MRH	4.4	2.4	0.01	0.000
Farbosol Yellow F4G	2.1	2.0	0.02	0.001
Rifafix Orange 2 Rn	1.9	1.5	0.02	0.000
Rifafix Red 2BN	2.6	2.1	0.02	0.000
Rifafix Red 3BN 150	2.8	2.3	0.01	0.001
Rifafix Yellow Brown HN	3.0	2.9	0.01	0.000
Rifazol Brill. Blue R Sp	2.5	2.3	0.01	0.001
Rifazol Turquoise Blue G	2.4	2.1	0.01	0.001
Farbosol Blue 3G	2.8	2.4	0.02	0.001
Farbosol Blue 6G	3.2	2.6	0.02	0.001
Untreated	4.1	2.7	0.02	0.001
LSD 0.05	0.9	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	2.9	2.7	0.02	0.000
Red Brown	2.7	2.6	0.01	0.001
Yellow	2.3	2.2	0.02	0.000
Brown Yellow	3.0	2.5	0.01	0.001
Bright Green	2.8	2.7	0.02	0.000
Bright Blue	2.2	2.1	0.02	0.000
Black	3.4	2.9	0.01	0.001
Untreated	4.1	2.7	0.02	0.001
LSD 0.05	0.7	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

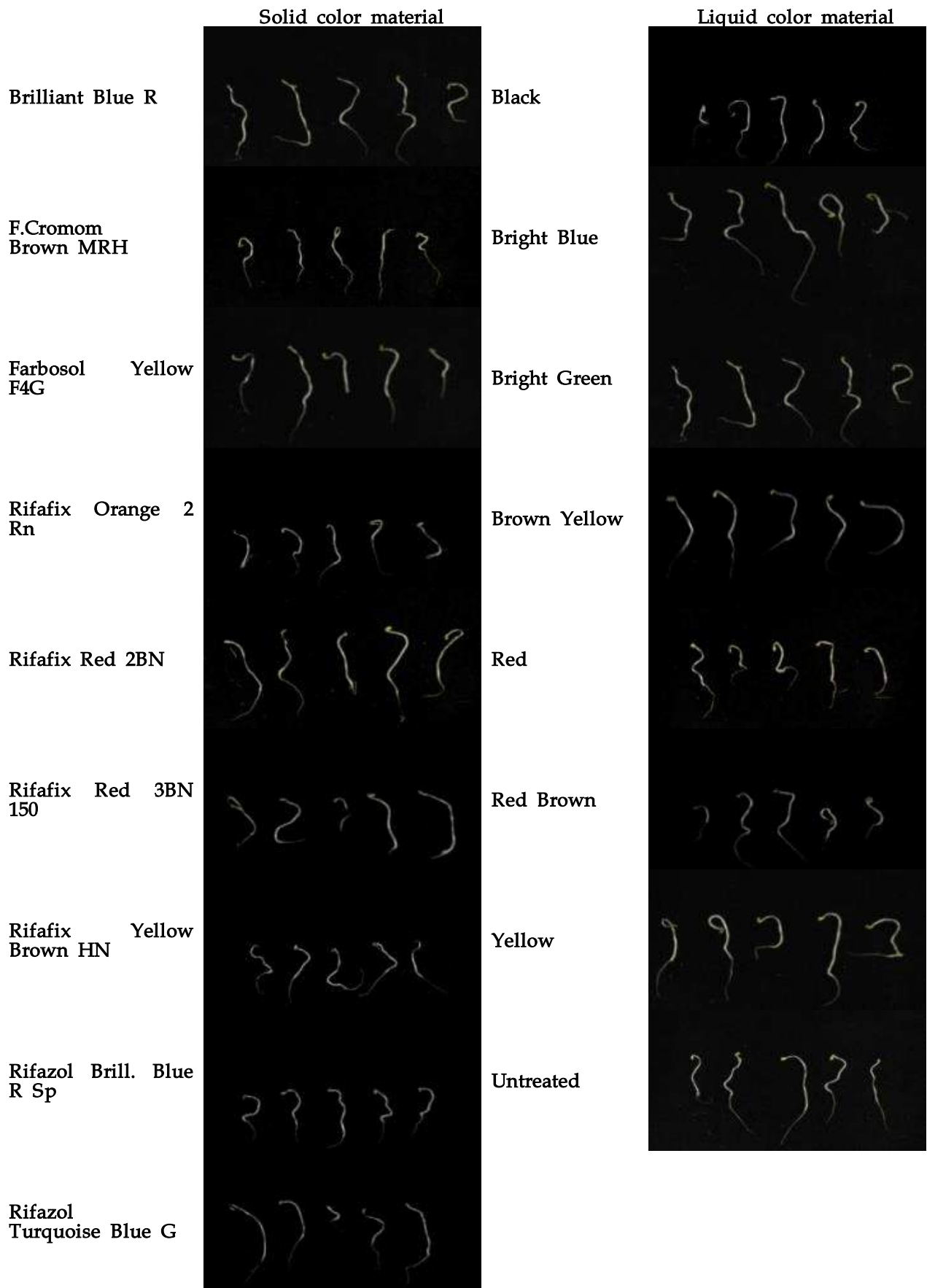


Fig. 1.36. Changes in seedling growth of 'Hannongttusum' lettuce seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

‘한농적치마’ 상추에서도 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 BP 검정한 결과 발아 4일째와 7일째의 발아세에는 큰 차이가 없었다. 이와 아울러 발아 7일째의 유묘의 하배축 길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 생체중 및 건물중에는 큰 차이가 없었다(Table 1.68, 1.69, Fig. 1.37).

Table 1.68. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Hannongjeokchima’ lettuce seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	96.7	1.1	97.8	97.8	1.1	98.9
F.Cromom Brown MRH	92.2	0.0	92.2	100.0	0.0	100.0
Farbosol Yellow F4G	91.1	4.4	95.5	95.6	4.4	100.0
Rifafix Orange 2 Rn	93.3	1.1	94.4	97.8	1.1	98.9
Rifafix Red 2BN	96.7	0.0	96.7	98.9	0.0	98.9
Rifafix Red 3BN 150	88.9	6.7	95.6	88.9	6.7	95.6
Rifafix Yellow Brown HN	95.6	0.0	95.6	97.8	0.0	97.8
Rifazol Brill. Blue R Sp	91.1	2.2	93.3	98.9	1.1	100.0
Rifazol Turquoise Blue G	93.3	0.0	93.3	94.4	0.0	94.4
Farbosol Blue 3G	98.8	0.0	98.8	100.0	0.0	100.0
Farbosol Blue 6G	97.6	0.0	97.6	100.0	0.0	100.0
Untreated	94.8	1.2	96.0	94.8	1.2	96.0
LSD 0.05	8.0	NS	NS	5.4	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Red Brown	93.3	6.7	100.0	93.3	6.7	93.3
Yellow	97.8	2.2	100.0	97.8	2.2	97.8
Brown Yellow	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
Bright Green	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	98.9
Bright Blue	97.8	2.2	100.0	97.8	2.2	97.8
Black	96.7	2.2	98.9	96.7	2.2	96.7
Untreated	94.8	1.2	96.0	94.8	1.2	94.8
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.69. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Hannongjeokchima' lettuce seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	3.6	2.3	0.02	0.000
F.Cromom Brown MRH	4.4	2.4	0.01	0.000
Farbosol Yellow F4G	2.1	2.0	0.02	0.001
Rifafix Orange 2 Rn	1.9	1.5	0.02	0.000
Rifafix Red 2BN	2.6	2.1	0.02	0.000
Rifafix Red 3BN 150	2.8	2.3	0.01	0.001
Rifafix Yellow Brown HN	3.0	2.9	0.01	0.000
Rifazol Brill. Blue R Sp	2.5	2.3	0.01	0.001
Rifazol Turquoise Blue G	2.4	2.1	0.01	0.001
Farbosol Blue 3G	2.8	2.4	0.02	0.001
Farbosol Blue 6G	3.2	2.6	0.02	0.001
Untreated	4.1	2.7	0.02	0.001
LSD 0.05	0.90	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	2.9	2.7	0.02	0.000
Red Brown	2.7	2.6	0.01	0.001
Yellow	2.3	2.2	0.02	0.000
Brown Yellow	3.0	2.5	0.01	0.001
Bright Green	2.8	2.7	0.02	0.000
Bright Blue	2.2	2.1	0.02	0.000
Black	3.4	2.9	0.01	0.001
Untreated	4.1	2.7	0.02	0.001
LSD 0.05	1.1	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

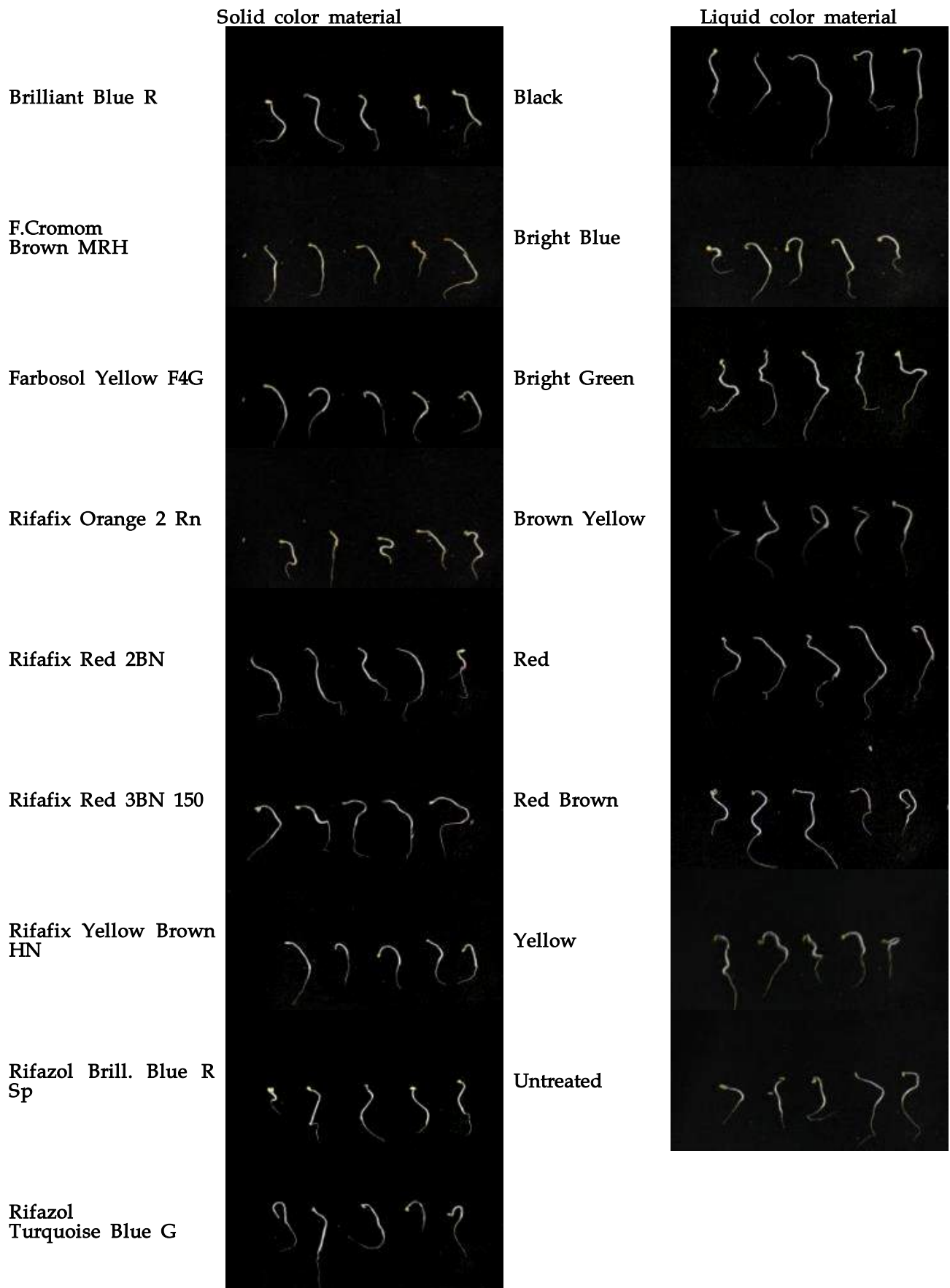


Fig. 1.37. Changes in seedling growth of 'Hannongjeokchim' lettuce seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

무종자에서 여러 가지 고체 및 액체 착색제로 필름코팅한 종자를 20℃에 치상하여 시기별을 종자 활력과 유묘활력을 조사하였다(Table 1.70~1.77. 및 Fig. 1.38~1.41).

‘태정’ 무 종자를 여러 가지 착색제를 첨가하여 필름코팅한 후 종자활력을 검정하기 위해 BP test 한 결과 치상 후 4일째와 7일째의 발아세에는 착색제에 의한 차이가 있었으며, 착색제 중 고체 착색제인 F. Cromom Brown MRH에서 발아세가 약간 저하되었다. 또한 발아 7일째의 유묘의 하배축 및 뿌리길이는 착색제에 따라 차이가 있었으나, 생체중과 건물중은 큰 차이가 없었다(Table 1.70, 1.71, Fig. 1.38).

Table 1.70. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Taejeong’ radish seeds at 20℃.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	94.4	0.0	94.4	96.7	0.0	96.7
F.Cromom Brown MRH	76.7	6.7	83.4	83.3	7.8	91.1
Farbosol Yellow F4G	88.9	3.3	92.2	90.0	4.4	94.4
Rifafix Orange 2 Rn	86.7	2.2	88.9	91.1	5.6	96.7
Rifafix Red 2BN	88.9	3.3	92.3	92.2	2.2	94.4
Rifafix Red 3BN 150	96.7	0.0	96.7	100.0	0.0	100.0
Rifafix Yellow Brown HN	84.4	1.1	85.5	87.8	0.0	87.8
Rifazol Brill. Blue R Sp	85.6	2.2	87.8	88.9	2.2	91.1
Rifazol Turquoise Blue G	87.8	0.0	87.8	94.4	1.1	95.5
Farbosol Blue 3G	95.6	0.0	95.6	95.6	0.0	95.6
Farbosol Blue 6G	95.6	0.0	95.6	95.6	0.0	95.6
Untreated	95.6	0.0	95.6	98.9	0.0	98.9
LSD 0.05	11.1	NS	NS	10.1	3.8	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	82.2	1.1	83.3	85.6	1.1	86.7
Red Brown	91.1	1.1	92.2	93.3	2.2	95.5
Yellow	95.6	1.1	96.7	97.8	0.0	97.8
Brown Yellow	94.4	2.2	96.6	96.7	2.2	98.9
Bright Green	93.3	2.2	95.6	96.7	2.2	98.9
Bright Blue	92.2	1.1	93.3	95.6	1.1	96.7
Black	90.0	0.0	90.0	97.8	0.0	97.8
Untreated	95.6	0.0	95.6	98.9	0.0	98.9
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.71. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Taejeong' radish seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	7.2	6.0	0.22	0.007
F.Cromom Brown MRH	8.9	6.0	0.26	0.008
Farbosol Yellow F4G	8.0	6.0	0.23	0.006
Rifafix Orange 2 Rn	8.9	7.1	0.23	0.008
Rifafix Red 2BN	7.7	4.6	0.22	0.007
Rifafix Red 3BN 150	7.9	7.1	0.23	0.010
Rifafix Yellow Brown HN	6.7	4.6	0.23	0.009
Rifazol Brill. Blue R Sp	7.1	5.0	0.28	0.009
Rifazol Turquoise Blue G	9.1	5.6	0.31	0.009
Farbosol Blue 3G	11.6	9.2	0.26	0.012
Farbosol Blue 6G	11.5	7.0	0.25	0.010
Untreated	8.0	5.3	0.23	0.007
LSD 0.05	1.52	1.80	0.00	0.00
<i>Liquid color material</i>				
Red	7.6	5.4	0.25	0.010
Red Brown	9.4	4.7	0.27	0.008
Yellow	8.1	4.6	0.26	0.007
Brown Yellow	6.7	5.7	0.28	0.010
Bright Green	6.5	5.9	0.20	0.007
Bright Blue	8.1	7.6	0.21	0.009
Black	7.2	5.3	0.26	0.008
Untreated	8.0	5.3	0.23	0.007
LSD 0.05	1.52	1.80	0.00	0.00

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

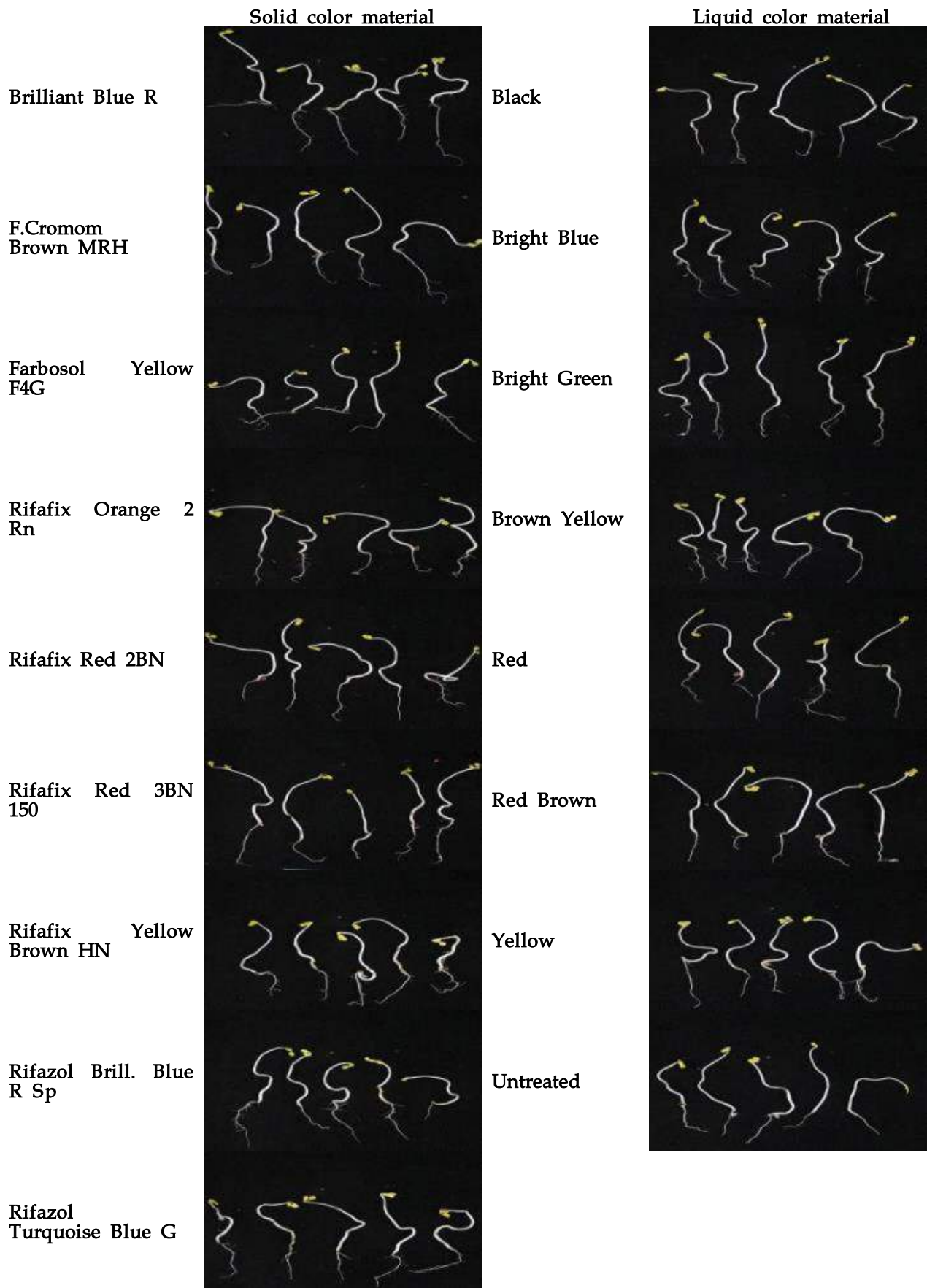


Fig. 1.38. Changes in seedling growth of 'Taejeong' radish seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20 °C.



‘금정대형무’ 무 종자에서도 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 BP 검정에 의해 발아 4일째와 7일째의 정상발아와 총발아세에는 큰 차이가 없었다. 이와 아울러 치상 후 7일째의 유묘의 하배축 길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 뿌리길이, 생체중 및 건물중에는 큰 차이가 없었다 (Table 1.72, 1.73, Fig. 1.39).

Table 1.72. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Keumjeongdaehyeongmu’ radish seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	93.3	0.0	93.3	93.3	0.7	94.0
F.Cromom Brown MRH	96.7	0.0	96.7	97.8	1.1	98.9
Farbosol Yellow F4G	91.1	2.2	93.3	95.6	3.3	98.9
Rifafix Orange 2 Rn	94.4	0.0	94.4	96.7	0.0	96.7
Rifafix Red 2BN	94.4	0.0	94.4	98.9	0.0	98.9
Rifafix Red 3BN 150	93.3	2.2	95.5	96.7	2.2	98.9
Rifafix Yellow Brown HN	88.9	5.6	94.5	88.9	5.6	94.5
Rifazol Brill. Blue R Sp	92.2	0.0	92.2	98.9	0.0	98.9
Rifazol Turquoise Blue G	91.1	0.0	91.1	91.1	1.1	92.3
Farbosol Blue 3G	96.7	0.0	96.7	96.7	0.0	96.7
Farbosol Blue 6G	95.6	0.0	95.6	95.6	0.0	95.6
Untreated	94.4	0.0	94.4	95.6	0.0	95.6
LSD 0.05	NS	3.7	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	93.3	1.1	94.4	95.6	2.2	97.9
Red Brown	91.1	0.0	91.1	100.0	0.0	100.0
Yellow	92.2	5.6	97.8	93.3	5.6	98.9
Brown Yellow	95.6	1.1	96.7	96.7	2.2	98.9
Bright Green	91.1	4.4	95.5	93.3	2.2	95.5
Bright Blue	93.3	1.1	94.4	95.6	1.1	96.7
Black	95.6	1.1	96.7	95.6	1.2	96.8
Untreated	94.4	0.0	94.4	95.6	0.0	95.6
LSD 0.05	NS	2.1	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.73. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Keumjeongdaehyeongmu' radish seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	7.5	7.0	0.22	0.078
F.Cromom Brown MRH	7.5	5.8	0.15	0.006
Farbosol Yellow F4G	7.2	4.9	0.17	0.004
Rifafix Orange 2 Rn	5.6	4.6	0.17	0.010
Rifafix Red 2BN	6.2	6.7	0.16	0.004
Rifafix Red 3BN 150	6.8	4.7	0.25	0.006
Rifafix Yellow Brown HN	6.6	4.4	0.20	0.004
Rifazol Brill. Blue R Sp	7.4	6.5	0.21	0.004
Rifazol Turquoise Blue G	6.8	7.2	0.17	0.010
Farbosol Blue 3G	8.6	7.5	0.15	0.006
Farbosol Blue 6G	8.9	6.3	0.18	0.008
Untreated	6.9	6.3	0.18	0.006
LSD 0.05	1.48	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	6.2	6.1	0.16	0.004
Red Brown	6.9	5.5	0.19	0.006
Yellow	6.4	6.3	0.21	0.004
Brown Yellow	7.7	5.9	0.18	0.004
Bright Green	8.5	5.5	0.17	0.004
Bright Blue	7.3	6.8	0.18	0.004
Black	7.1	6.6	0.18	0.006
Untreated	6.9	6.3	0.18	0.006
LSD 0.05	1.48	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

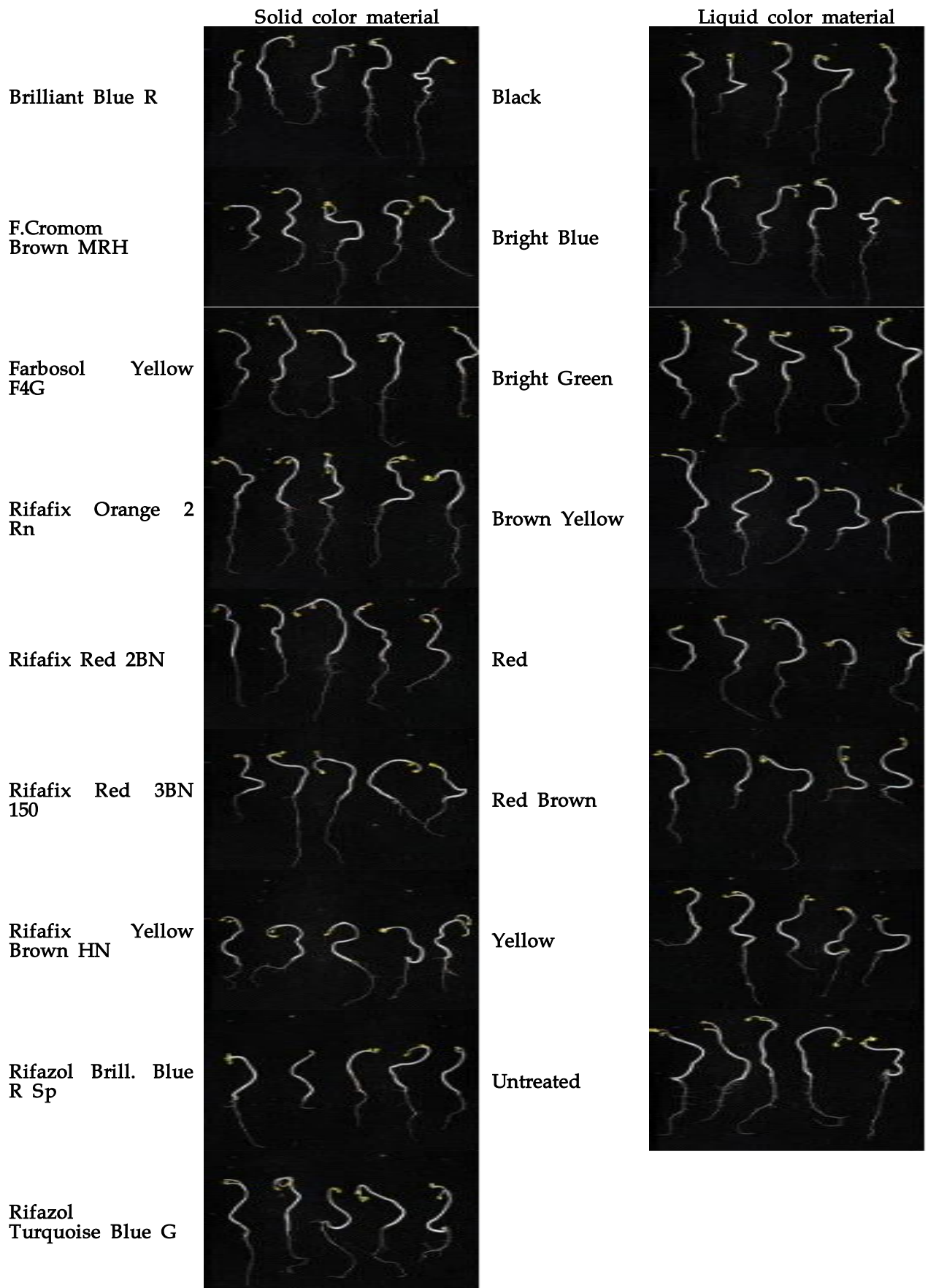


Fig. 1.39. Changes in seedling growth of 'Keumjeongdaehyeongmu' radish seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

‘백옥’ 무 종자에서도 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 20℃에 치상하여 BP 검정을 통해 발아 4일째와 7일째의 정상발아와 비정상발아 및 총 발아세 등 종자활력을 검정하였다. 그 결과 치상 후 4일째의 발아세와 7일째에 발아세에는 착색제 종류에 따른 유의적인 차이가 없었다. 이와 아울러 치상 후 7일째의 유효의 하배축 길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 뿌리길이, 생체중 및 건물중에는 큰 차이가 없었다(Table 1.74, 1.75, Fig. 1.40).

Table 1.74. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Baekok’ radish seeds at 20℃.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	96.7	1.1	97.8	96.7	1.1	97.8
F.Cromom Brown MRH	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	98.9
Farbosol Yellow F4G	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Rifafix Orange 2 Rn	95.6	0.0	95.6	96.7	1.1	97.8
Rifafix Red 2BN	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Rifafix Red 3BN 150	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Rifafix Yellow Brown HN	93.3	0.0	93.3	95.6	1.1	96.7
Rifazol Brill. Blue R Sp	95.6	3.3	98.9	95.6	3.3	98.9
Rifazol Turquoise Blue G	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Farbosol Blue 3G	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	98.9
Farbosol Blue 6G	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
Untreated	97.8	1.1	98.9	98.9	1.1	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
Red Brown	96.7	1.1	97.8	96.7	1.1	97.8
Yellow	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
Brown Yellow	94.4	4.4	98.9	95.6	4.4	99.6
Bright Green	97.8	2.2	100.0	97.8	2.2	100.0
Bright Blue	97.8	0.0	97.8	97.8	1.1	98.9
Black	98.9	0.0	98.9	100.0	0.0	100.0
Untreated	97.8	1.1	98.9	98.9	1.1	100.0
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20℃.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.75. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Baekok' radish seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	6.2	7.2	0.13	0.004
F.Cromom Brown MRH	7.4	5.1	0.16	0.004
Farbosol Yellow F4G	7.0	6.7	0.16	0.005
Rifafix Orange 2 Rn	6.5	7.2	0.18	0.004
Rifafix Red 2BN	8.4	8.0	0.15	0.004
Rifafix Red 3BN 150	6.9	5.6	0.15	0.005
Rifafix Yellow Brown HN	8.3	7.0	0.15	0.002
Rifazol Brill. Blue R Sp	7.3	6.9	0.11	0.002
Rifazol Turquoise Blue G	7.0	6.7	0.13	0.002
Farbosol Blue 3G	9.4	8.3	0.17	0.008
Farbosol Blue 6G	8.2	8.0	0.14	0.004
Untreated	6.8	7.3	0.11	0.004
LSD 0.05	1.43	NS	0.00	0.000
<i>Liquid color material</i>				
Red	6.7	6.8	0.08	0.004
Red Brown	6.6	7.8	0.11	0.006
Yellow	7.2	7.0	0.06	0.002
Brown Yellow	7.1	8.5	0.09	0.004
Bright Green	7.8	7.1	0.12	0.004
Bright Blue	6.9	8.2	0.10	0.004
Black	6.9	7.5	0.10	0.002
Untreated	6.8	7.3	0.11	0.004
LSD 0.05	1.43	NS	0.00	0.000

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

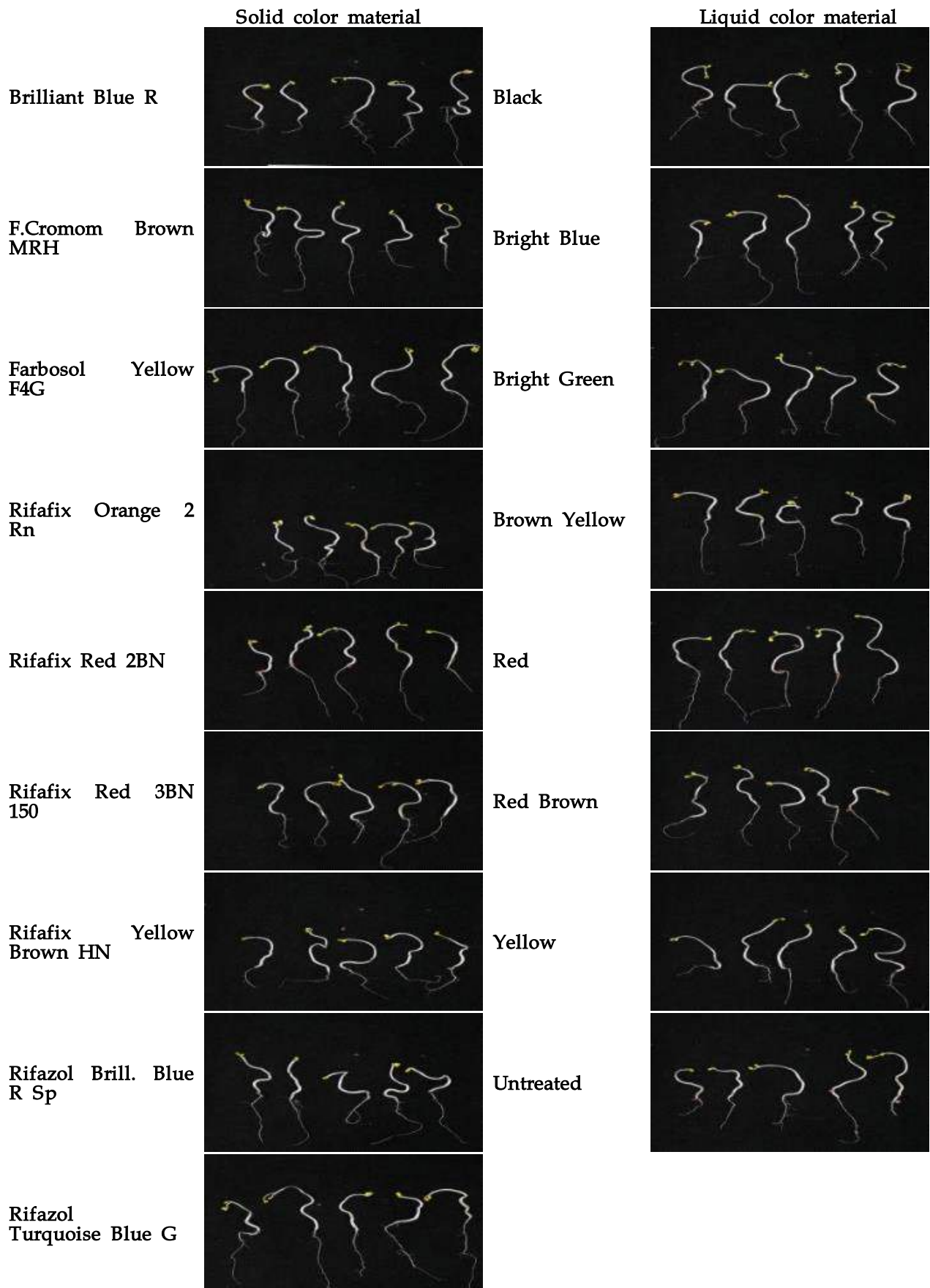


Fig. 1.40. Changes in seedling growth of 'Baekok' radish seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20 °C.

‘동천’ 무 종자에서도 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 BP 검정을 통해 발아 4일째와 7일째의 정상발아와 비정상발아 및 총 발아세 등 종자활력을 검정하였다. 그 결과 치상 후 4일째의 발아세에서는 착색제 종류에 따른 차이가 인정되었고, 착색제 중에서 Farbosol Yellow F4G에서 발아세가 약간 저하되었으나 치상 후 7일째의 정상발아율에는 착색제 종류에 따른 유의적인 차이가 없었다. 또한 치상 후 7일째의 유묘의 뿌리길이는 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나, 그 외의 하배축 길이, 생체중 및 건물중 등의 유묘생장에는 큰 차이가 없었다(Table 1.76, 1.77, Fig. 1.41).

Table 1.76. Effect of different kind of film coating colorant on germination rate of film coated ‘Dongcheon’ radish seeds at 20°C.

Film coating colorant	Germination rate(%)					
	4 days			7 days		
	Normal	Abnormal	Total	Normal	Abnormal	Total
<i>Solid color material</i>						
Brilliant Blue R	83.3	0.0	83.3	88.9	8.9	97.8
F.Cromom Brown MRH	81.1	0.0	81.1	88.9	3.3	92.2
Farbosol Yellow F4G	74.4	1.1	75.5	86.7	2.2	88.9
Rifafix Orange 2 Rn	77.8	2.2	80.0	84.4	4.4	88.8
Rifafix Red 2BN	84.4	2.2	86.6	90.0	2.2	92.3
Rifafix Red 3BN 150	85.6	0.0	85.6	91.1	3.3	94.4
Rifafix Yellow Brown HN	84.4	3.3	87.7	90.0	3.3	93.3
Rifazol Brill. Blue R Sp	86.7	1.1	87.8	88.9	5.6	94.5
Rifazol Turquoise Blue G	80.0	2.2	82.3	87.8	5.6	93.4
Farbosol Blue 3G	88.9	0.0	88.9	88.9	0.0	88.9
Farbosol Blue 6G	86.7	0.0	86.7	86.7	0.0	86.7
Untreated	93.3	3.3	96.6	97.8	1.1	98.9
LSD 0.05	12.8	NS	11.0	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>						
Red	85.0	0.0	85.0	88.6	2.2	100.0
Red Brown	90.0	1.1	91.1	91.1	5.6	96.7
Yellow	90.0	1.1	91.1	92.2	1.1	93.3
Brown Yellow	80.0	7.8	87.8	86.7	6.7	93.4
Bright Green	86.9	1.1	88.0	87.4	4.4	91.8
Bright Blue	84.4	0.0	84.4	88.9	7.8	96.7
Black	87.8	1.1	88.9	87.8	3.8	91.1
Untreated	93.3	3.3	96.6	97.8	1.1	98.9
LSD 0.05	10.8	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.77. Effect of different kind of film coating colorant on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of film coated 'Dongcheon' radish seedlings at 20°C.

Film coating colorant	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
			Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>				
Brilliant Blue R	9.5	7.6	0.23	0.006
F.Cromom Brown MRH	9.8	7.5	0.26	0.006
Farbosol Yellow F4G	8.9	6.9	0.21	0.008
Rifafix Orange 2 Rn	10.2	8.2	0.26	0.010
Rifafix Red 2BN	9.1	8.7	0.28	0.010
Rifafix Red 3BN 150	9.1	5.6	0.20	0.004
Rifafix Yellow Brown HN	9.9	8.2	0.25	0.010
Rifazol Brill. Blue R Sp	9.8	7.9	0.28	0.008
Rifazol Turquoise Blue G	8.7	5.6	0.19	0.008
Farbosol Blue 3G	10.3	6.6	0.22	0.010
Farbosol Blue 6G	7.6	7.6	0.23	0.010
Untreated	10.2	7.6	0.23	0.006
LSD 0.05	NS	2.1	NS	NS
<i>Liquid color material</i>				
Red	9.4	6.5	0.20	0.008
Red Brown	9.4	6.4	0.23	0.004
Yellow	9.9	7.6	0.29	0.008
Brown Yellow	9.6	6.8	0.28	0.008
Bright Green	8.8	8.4	0.27	0.006
Bright Blue	10.2	8.8	0.27	0.004
Black	9.0	9.5	0.26	0.006
Untreated	10.2	7.6	0.23	0.006
LSD 0.05	NS	2.1	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20°C.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

배추, 상추, 무 등의 채소종자를 대상으로 필름 코팅에 사용되는 착색제 종류가 종자활력 및 유묘활력에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인할 수 있었다. 이러한 연구결과들은 수용성 페인트로 사용되는 색소들을 종자코팅 착색제로 이용 가능성을 제시하는 결과이다. 따라서 산업체에서 필름 코팅용으로 수용성 페인트 색소를 활용한다면 제조단가 절감에 유용할 것으로 판단된다.



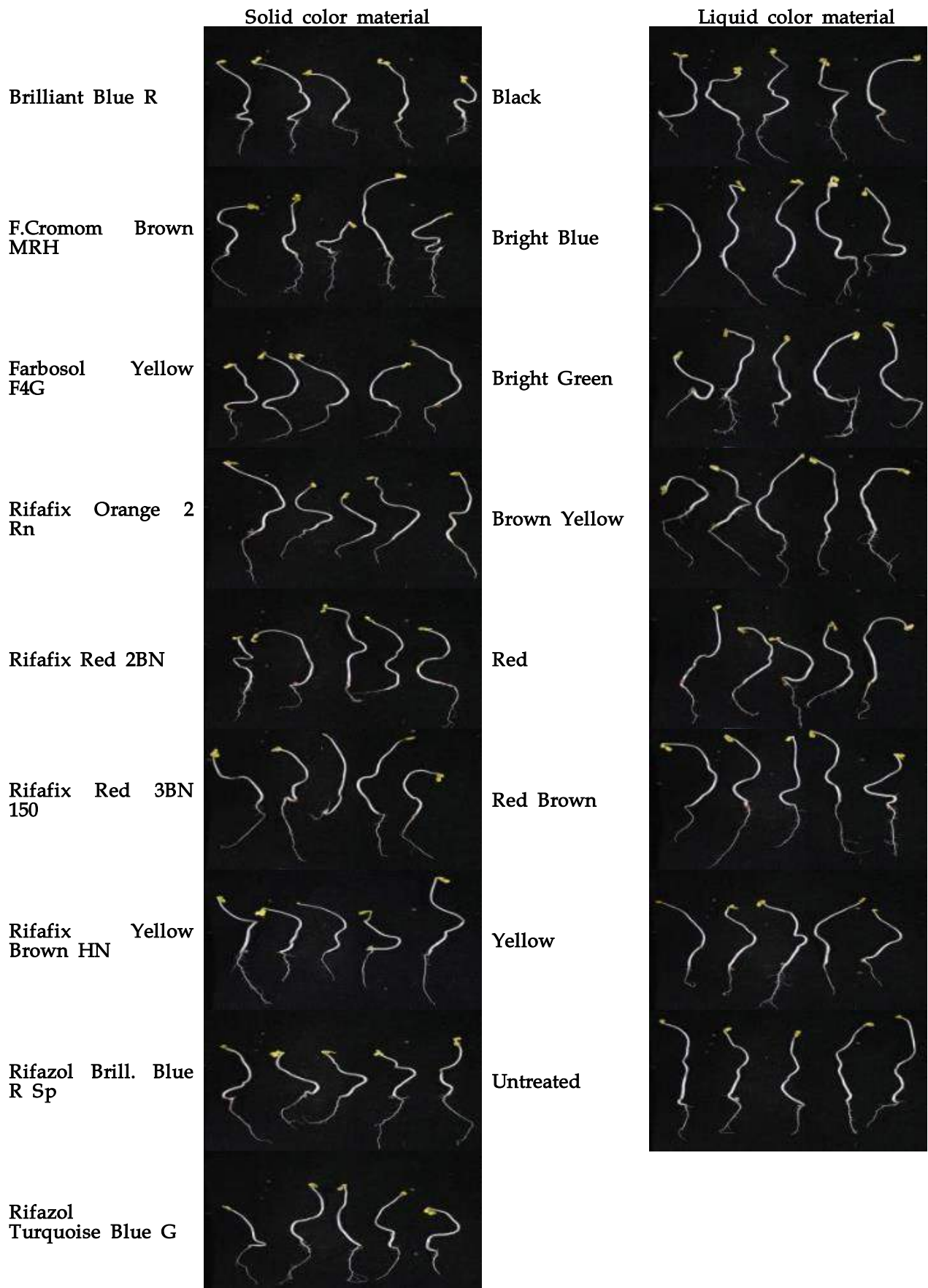


Fig. 1.41. Changes in seedling growth of 'Dongcheon' radish seeds with different film coating colorant. Seedling growth measured 7 days after sowing at 20 °C.

(6) 필름코팅 종자의 착색제가 묘출현 및 초기생육에 미치는 영향

21 세기의 농업 분야는 생명공학이 폭넓게 사용됨으로써 유망산업으로 부각될 전망이고, 종자 산업은 그 중에서 중추적인 역할을 할 가능성이 크다. 또한 종자 산업을 21세기 농업의 첨단 분야로 설정하고 고부가가치 산업으로 육성하기 위한 전략도 수립되어야 할 것이다. 특히 종자가공은 종자 산업을 한 단계 더 발전시킬 수 있는 분야이다.

Table 1.78. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Palkong' Chinese cabbage seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	97.0	15.2	1,774.7	139.1	4.34
F.Cromom Brown MRH	100.0	15.2	2,051.7	157.7	5.99
Farbosol Yellow F4G	98.2	14.8	1,950.0	150.7	3.57
Rifafix Orange 2 Rn	98.8	14.6	1,751.0	125.7	5.41
Rifafix Red 2BN	98.3	16.4	1,801.0	133.2	4.36
Rifafix Red 3BN 150	98.8	14.0	1,616.6	135.5	3.88
Rifafix Yellow Brown HN	97.6	15.4	1,981.0	135.4	5.84
Rifazol Brill. Blue R Sp	97.6	14.0	1,895.0	148.4	4.52
Rifazol Turquoise Blue G	95.8	14.6	1,705.9	163.5	5.19
Farbosol Blue 3G	97.3	15.2	1,890.5	145.6	4.56
Farbosol Blue 6G	96.4	14.8	1,950.5	139.6	4.95
Untreated	97.6	16.0	1,815.4	129.1	6.57
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	95.6	14.2	1,594.6	112.8	3.49
Red Brown	98.9	15.8	1,978.8	165.1	3.35
Yellow	97.8	15.4	2,064.6	145.7	4.15
Brown Yellow	98.3	16.2	1,804.7	149.5	3.15
Bright Green	92.8	15.2	1,696.0	148.3	4.18
Bright Blue	97.0	13.2	1,862.0	134.8	3.86
Black	99.4	16.0	2,085.8	159.7	5.67
Untreated	97.6	16.0	1,815.4	129.1	6.57
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Photo.1.11. Chinese cabbage 'Palkong' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

재배자들은 가공처리된 고품질의 우량종자의 사용함으로써 생산성을 증대시킬 수 있고, 종자 업체는 고가에 판매 할 수 있는 이점으로 최근 종자가공 분야에 많은 연구가 이루어지고 있다.

그러나 아무리 우수한 종자처리 기술이 있더라도 그 효과가 영농 현장에 까지 지속되어야만 실용이 있을 것이다. 필름 코팅종자에 사용되는 착색제들이 실내에 발아실험과 BP 검정에서 발아를 크게 억제하지는 않았다.

Table 1.79. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Daetong' Chinese cabbage seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	95.2	14.4	1,32.5	128.4	4.68
F.Cromom Brown MRH	100.0	14.0	1,712.3	129.3	4.23
Farbosol Yellow F4G	92.9	14.4	1,736.3	131.1	4.79
Rifafix Orange 2 Rn	100.0	14.2	1,446.9	111.2	4.24
Rifafix Red 2BN	96.4	14.2	2,010.8	127.9	0.25
Rifafix Red 3BN 150	98.8	16.0	2,011.1	149.1	0.21
Rifafix Yellow Brown HN	97.6	14.0	1,500.8	111.8	1.75
Rifazol Brill. Blue R Sp	97.6	15.2	1,731.5	126.0	4.23
Rifazol Turquoise Blue G	91.7	14.6	1,638.6	125.0	5.39
Farbosol Blue 3G	96.4	14.2	1,710.2	123.5	4.36
Farbosol Blue 6G	92.9	14.2	1,950.2	132.9	4.25
Untreated	97.6	14.0	1,682.1	110.8	0.22
LSD 0.05	NS	NS	NS	30.9	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	95.2	15.4	1,996.3	134.0	5.48
Red Brown	100.0	14.0	1,805.6	125.8	4.49
Yellow	96.4	14.8	1,639.0	125.7	4.79
Brown Yellow	100.0	15.6	1,868.4	136.6	4.89
Bright Green	98.8	14.2	1,380.6	130.4	4.28
Bright Blue	94.0	15.2	1,812.4	131.3	4.52
Black	8.8	16.0	1,642.8	126.0	4.55
Untreated	97.6	14.0	1,682.1	110.8	0.22
LSD 0.05	NS	NS	NS	12.8	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Photo.1.12. Chinese cabbage 'Daetong' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.80. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Bomruri' Chinese cabbage seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	98.8	13.2	1,726.5	115.0	3.50
F.Cromom Brown MRH	100.0	13.6	1,850.3	142.2	3.73
Farbosol Yellow F4G	98.8	12.8	1,878.6	128.0	4.07
Rifafix Orange 2 Rn	97.6	12.6	1,872.5	139.9	3.63
Rifafix Red 2BN	100.0	14.0	2,013.5	138.6	4.97
Rifafix Red 3BN 150	98.8	13.8	1,756.0	120.2	4.94
Rifafix Yellow Brown HN	97.6	13.6	1,719.2	114.7	3.20
Rifazol Brill. Blue R Sp	97.6	14.6	1,902.2	134.9	2.58
Rifazol Turquoise Blue G	100.0	14.0	1,634.0	124.0	3.08
Farbosol Blue 3G	98.2	13.6	1,878.6	125.6	3.50
Farbosol Blue 6G	100.0	14.6	1,901.5	130.5	3.25
Untreated	97.6	13.4	1,659.2	121.1	3.72
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	95.8	15.6	1,997.3	139.7	4.94
Red Brown	97.9	13.4	1,860.3	120.1	4.41
Yellow	99.0	13.2	1,806.1	125.4	3.91
Brown Yellow	96.9	13.2	2,021.5	117.6	4.16
Bright Green	100.0	13.4	1,699.4	116.1	3.45
Bright Blue	100.0	12.6	1,673.2	121.2	3.81
Black	100.0	13.0	1,802.3	128.6	3.85
Untreated	97.6	13.4	1,659.2	121.1	3.72
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

따라서 이러한 효과들이 포장조건에서 출현율과 초기생육에 까지 지속되는지를 검정하고자 여러 가지 착색제로 필름코팅 한 배추, 상추 및 무 종자를 파종하여 그 효과를 비교하였다 (Table 1.78~1.89, Photo. 1.11~1.21). 배추를 여러 가지 착색제로 필름코팅하여 포장에서 묘출현과 초기생육을 조사한 결과는 Table 1.78~1.80 및 Photo. 1.11~1.13.에 나타내었다.

‘팔공’ 배추에서 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 온실에 파종하여 묘출현과 초기생육을 조사한 결과 묘출현율은 착색제 처리간에 유의적인 차이는 없었다. 또한 유묘의 초기생육인 엽수, 엽

면적 및 생체중과 건물중도 착색제 종류에 따라 유의성은 인정되지 않았다(Table 1.78, Photo. 1.11).

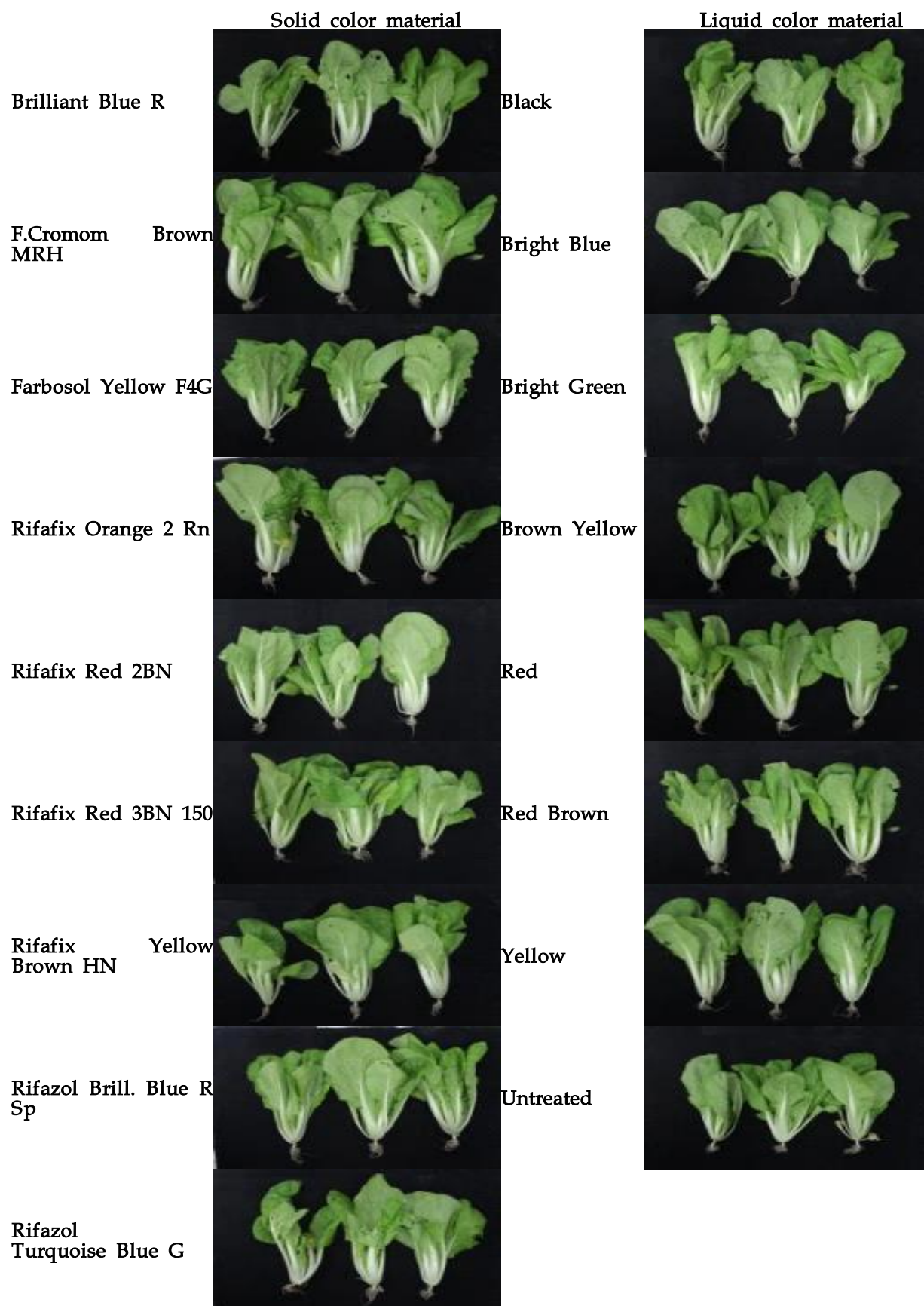


Photo.1.13. Chinese cabbage 'Bomruri' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

‘대통’과 ‘봄누리’ 배추에서 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 온실에 파종하여 묘출현과 초기생육을 조사한 결과 전반적인 경향은 ‘팔공’과 유사하였다. 묘출현율은 착색제 처리간 유의적인 차이는 없었고, 유묘의 초기생육인 엽수, 엽면적 및 생체중과 건물중도 착색제 종류에 따라 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 필름 코팅 접착제는 포장조건에서도 묘출현과 유묘생장을 억제하지는 않았다(Table 1.79, 1.80, Photo. 1.12, 1.13).

Table 1.81. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated ‘Kyungsinttusum’ lettuce seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	83.3	8.6	1,169.4	73.6	2.14
F.Cromom Brown MRH	79.2	10.0	1,177.3	78.6	2.03
Farbosol Yellow F4G	89.6	8.2	855.9	71.4	2.12
Rifafix Orange 2 Rn	92.7	8.6	744.3	60.4	1.90
Rifafix Red 2BN	89.6	8.8	1,059.0	68.1	1.89
Rifafix Red 3BN 150	94.8	9.8	8,36.54	75.9	2.02
Rifafix Yellow Brown HN	91.7	10.0	1,160.4	74.1	2.16
Rifazol Brill. Blue R Sp	77.1	9.2	1,200.5	69.8	2.18
Rifazol Turquoise Blue G	92.2	8.2	817.4	71.0	1.90
Farbosol Blue 3G	71.9	11.2	804.1	70.2	2.00
Farbosol Blue 6G	78.6	11.8	925.3	71.5	2.36
Untreated	83.3	10.6	912.9	63.6	1.99
LSD 0.05	10.2	NS	303.8	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	88.5	9.0	948.6	65.4	1.87
Red Brown	88.5	10.6	713.3	61.8	1.74
Yellow	97.8	9.8	785.2	69.8	1.79
Brown Yellow	93.3	9.4	1,097.9	75.1	2.15
Bright Green	88.5	10.6	871.4	75.1	2.47
Bright Blue	92.7	9.8	931.5	53.2	1.77
Black	91.7	8.8	765.6	53.9	1.67
Untreated	83.3	10.6	912.9	63.6	1.99
LSD 0.05	NS	NS	243.3	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



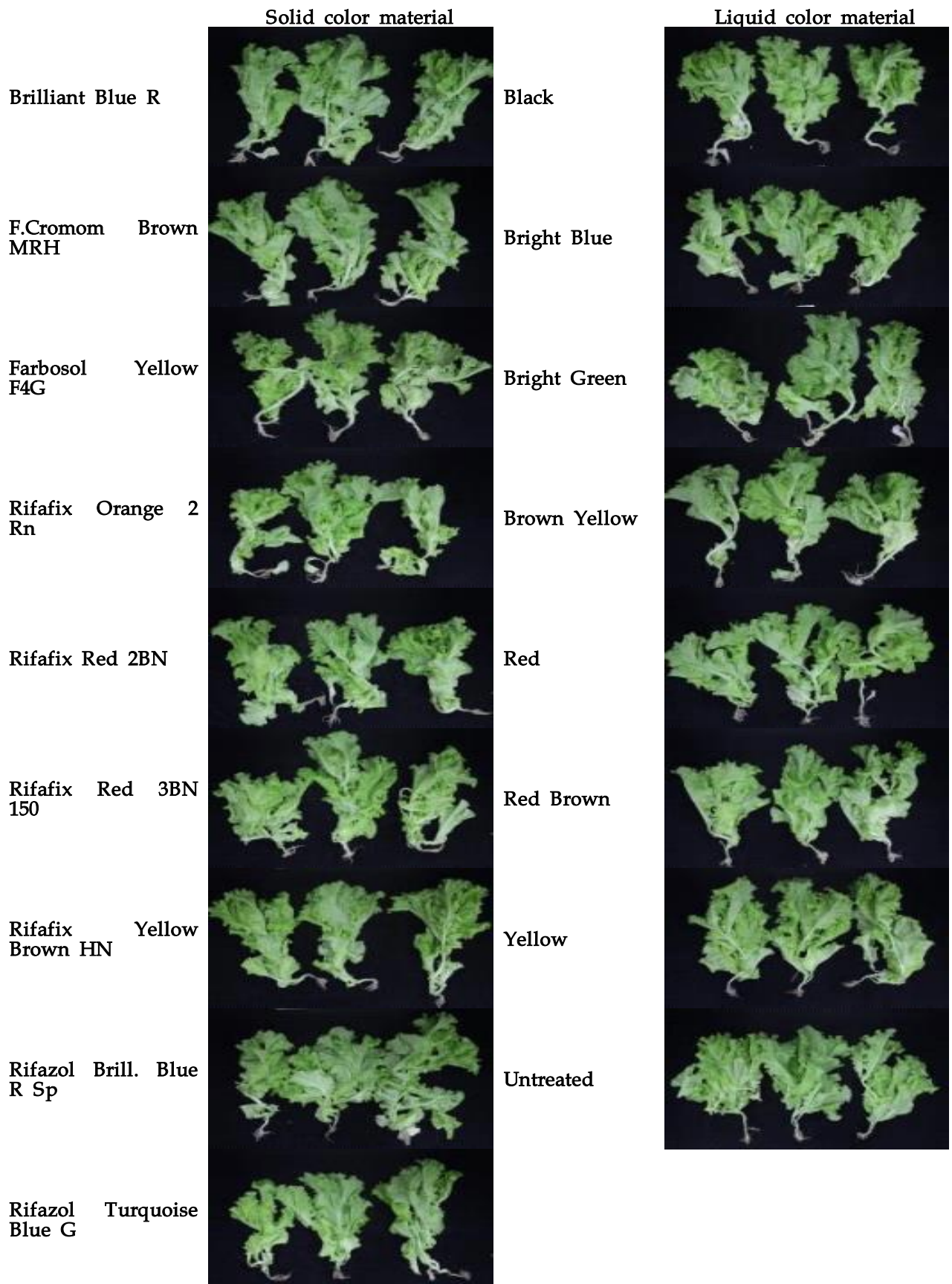


Photo.1.14. Lettuce 'Kyungsinttusum' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.82. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Kyungsinjeokchima' lettuce seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	77.1	12.8	1,342.4	56.60	0.08
F.Cromom Brown MRH	87.5	13.4	1,564.3	78.66	0.15
Farbosol Yellow F4G	93.8	12.0	1,295.0	62.86	0.10
Rifafix Orange 2 Rn	88.5	12.2	1,522.2	60.08	0.10
Rifafix Red 2BN	84.4	12.6	1,728.6	68.25	0.17
Rifafix Red 3BN 150	85.4	12.2	1,205.8	64.27	0.08
Rifafix Yellow Brown HN	78.1	12.8	1,290.0	67.16	0.14
Rifazol Brill. Blue R Sp	85.4	10.2	937.5	67.54	0.12
Rifazol Turquoise Blue G	82.3	11.8	1,195.8	71.63	0.12
Farbosol Blue 3G	75.0	12.2	872.4	66.36	0.15
Farbosol Blue 6G	91.7	11.6	885.3	69.63	0.15
Untreated	95.8	12.0	1,222.9	56.92	0.10
LSD 0.05	10.3	NS	579.4	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	89.2	12.0	1,118.2	75.66	0.14
Red Brown	89.6	10.0	1,117.3	63.90	0.11
Yellow	93.8	11.2	1,301.1	67.58	0.19
Brown Yellow	90.6	10.8	1,098.0	58.45	0.08
Bright Green	87.5	12.8	1,200.5	59.30	0.08
Bright Blue	87.5	13.0	1,368.2	68.26	0.08
Black	95.8	12.0	1,143.5	65.79	0.19
Untreated	95.8	12.0	1,222.9	56.92	0.10
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

상추종자를 여러 가지 착색제로 필름코팅하여 포장에서 묘출현과 초기생육을 조사한 결과는 Table 1.81~1.85 및 Photo. 1.14~1.18.에 나타내었다.

'경신평' 상추에서 여러 가지 착색제로 필름코팅한 종자를 온실에 파종하여 묘출현과 초기생육을 조사한 결과 묘출현율은 고품 착색제인 Rifazol Brill. Blue R Sp 및 Farbosol Blue 3G에서 묘출현이 저하되었다. 또한 엽면적도 착색제 종류에 따라 차이는 있었으나 엽수, 생체중 및 건물중은 유의적인 차이는 없었다(Table 1.81, Photo. 1.14).



Photo.1.15. Lettuce 'Kyungsinjeokchima' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.83. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Cheongchima' lettuce seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	100.0	16.8	1,893.9	92.96	3.07
F.Cromom Brown MRH	91.7	16.2	2,059.9	91.71	3.42
Farbosol Yellow F4G	91.7	17.4	2,189.7	97.61	3.34
Rifafix Orange 2 Rn	92.7	16.0	1,428.4	75.40	2.33
Rifafix Red 2BN	94.8	17.6	1,867.7	93.92	3.32
Rifafix Red 3BN 150	93.8	14.2	1,431.4	60.25	3.02
Rifafix Yellow Brown HN	92.7	15.6	1,995.6	97.70	3.82
Rifazol Brill. Blue R Sp	92.7	15.8	2,044.4	95.56	3.91
Rifazol Turquoise Blue G	92.7	14.8	1,725.2	92.33	3.15
Farbosol Blue 3G	96.9	14.4	1,243.7	76.71	3.05
Farbosol Blue 6G	99.0	15.0	1,143.1	75.79	3.29
Untreated	90.6	16.4	1,209.2	66.38	2.54
LSD 0.05	NS	NS	389.3	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	100.0	15.2	1,698.5	87.16	2.82
Red Brown	99.0	17.0	1,657.7	99.07	3.24
Yellow	96.9	15.0	1,801.5	85.51	2.77
Brown Yellow	82.3	17.2	1,534.9	87.54	2.95
Bright Green	90.6	16.4	1,507.0	80.80	2.72
Bright Blue	96.9	15.6	1,805.5	90.81	2.98
Black	100.0	15.4	2,010.1	92.30	3.40
Untreated	90.6	16.4	1,209.1	66.38	2.54
LSD 0.05	NS	NS	338.6	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

'경신적치마' 상추에서는 고휘형 착색제인 Farbosol Blue 3G에서 묘출현이 저하되었으나, 그 외의 착색제 처리간에는 유의적인 차이는 없었다. 또한 엽면적도 착색제 종류에 따라 차이는 엽수, 생체 중 및 건물중은 유의적인 차이는 없었다(Table 1.82, Photo. 1.15). 또한 '청치마' 상추에서는 착색제에 따라 묘출현에는 차이가 없었으며, 엽면적을 제외한 모든 엽수, 생체중 및 건물중에는 착색제 처리간 유의적인 차이는 없었다(Table 1.83, Photo. 1.16).



Photo.1.16. Lettuce 'Cheongchima' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.84. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Hannongttusum' lettuce seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	92.7	9.8	798.6	55.43	0.81
F.Cromom Brown MRH	96.9	9.6	1,129.8	67.94	0.87
Farbosol Yellow F4G	95.8	9.2	985.3	68.63	0.91
Rifafix Orange 2 Rn	95.8	11.6	910.4	66.72	1.08
Rifafix Red 2BN	96.9	10.8	1,052.6	62.91	1.07
Rifafix Red 3BN 150	96.9	10.0	804.2	56.14	0.86
Rifafix Yellow Brown HN	92.7	11.0	1,028.1	70.05	0.94
Rifazol Brill. Blue R Sp	94.8	11.0	926.6	64.12	1.27
Rifazol Turquoise Blue G	95.8	10.6	856.8	64.29	0.80
Farbosol Blue 3G	74.5	10.8	773.2	53.20	0.96
Farbosol Blue 6G	81.3	10.0	846.1	53.20	0.74
Untreated	82.9	9.0	822.9	55.45	0.76
LSD 0.05	14.2	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	94.8	11.4	1,253.0	63.24	1.22
Red Brown	94.8	9.8	826.2	62.03	0.93
Yellow	99.0	9.8	1,057.3	64.88	0.90
Brown Yellow	99.0	10.2	1,151.2	60.03	1.03
Bright Green	95.8	9.4	905.8	61.07	1.26
Bright Blue	95.8	10.2	785.8	55.50	0.85
Black	82.3	9.6	834.5	65.51	0.80
Untreated	82.9	9.0	822.9	55.45	0.76
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

'한농뚝섬' 상추에서는 고휘 착색제인 Farbosol Blue 3G에서 묘출현이 저하되었으나, 그 외의 착색제 처리간에는 유의적인 차이는 없었다. 그러나 30일째의 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체 및 건물중은 착색제 처리간 유의적인 차이는 없었다(Table 1.84, Photo. 1.17).

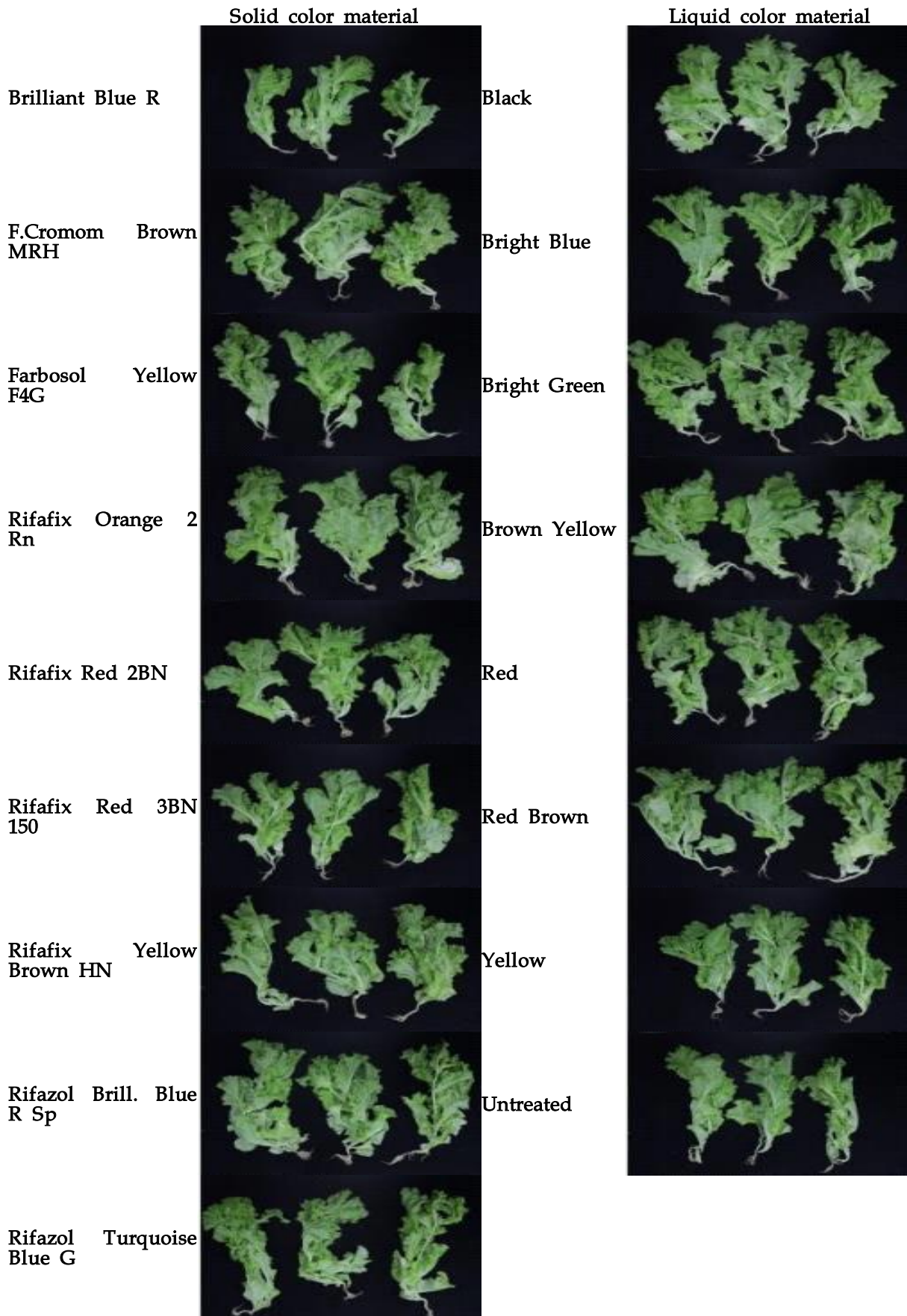


Photo.1.17. Lettuce 'Hannongttusum' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.85. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Hannongjeokchima' lettuce seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	83.3	13.0	1,427.0	74.23	1.66
F.Cromom Brown MRH	90.6	11.2	1,210.0	62.49	1.86
Farbosol Yellow F4G	84.4	13.8	1,066.2	77.42	1.29
Rifafix Orange 2 Rn	91.7	10.0	1,029.1	57.38	1.49
Rifafix Red 2BN	88.5	13.0	1,570.2	77.09	2.23
Rifafix Red 3BN 150	87.5	10.8	779.0	58.10	1.87
Rifafix Yellow Brown HN	86.5	11.0	1,273.0	68.01	1.71
Rifazol Brill. Blue R Sp	89.6	12.6	1,218.7	65.11	1.92
Rifazol Turquoise Blue G	85.4	13.6	1,364.6	68.63	2.12
Farbosol Blue 3G	94.8	11.6	836.3	55.42	1.33
Farbosol Blue 6G	93.8	13.0	1,190.4	65.62	1.67
Untreated	93.8	12.0	1,204.2	60.01	1.84
LSD 0.05	NS	NS	431.1	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	93.8	13.2	1,537.8	72.61	1.94
Red Brown	93.8	14.6	1,390.4	69.92	1.28
Yellow	88.5	11.4	1,581.4	74.64	1.82
Brown Yellow	88.5	12.2	1,268.2	63.35	1.58
Bright Green	83.3	12.2	1,404.8	72.24	1.75
Bright Blue	90.6	13.0	1,581.8	84.36	2.33
Black	96.9	12.4	1,323.4	76.39	2.27
Untreated	93.8	12.0	1,204.3	60.01	1.84
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

'한농적치마' 상추에서는 필름 코팅 착색제 종류에 따른 묘출현율에는 유의적인 차이가 없었고, 엽면적은 Farbosol Blue 3G 처리구에 낮았으나 그 외 착색제 처리간에는 유의적인 차이가 없었다. 또한 생체 및 건물중은 착색제 처리간 유의적인 차이는 없었다(Table 1.85, Photo. 1.18).



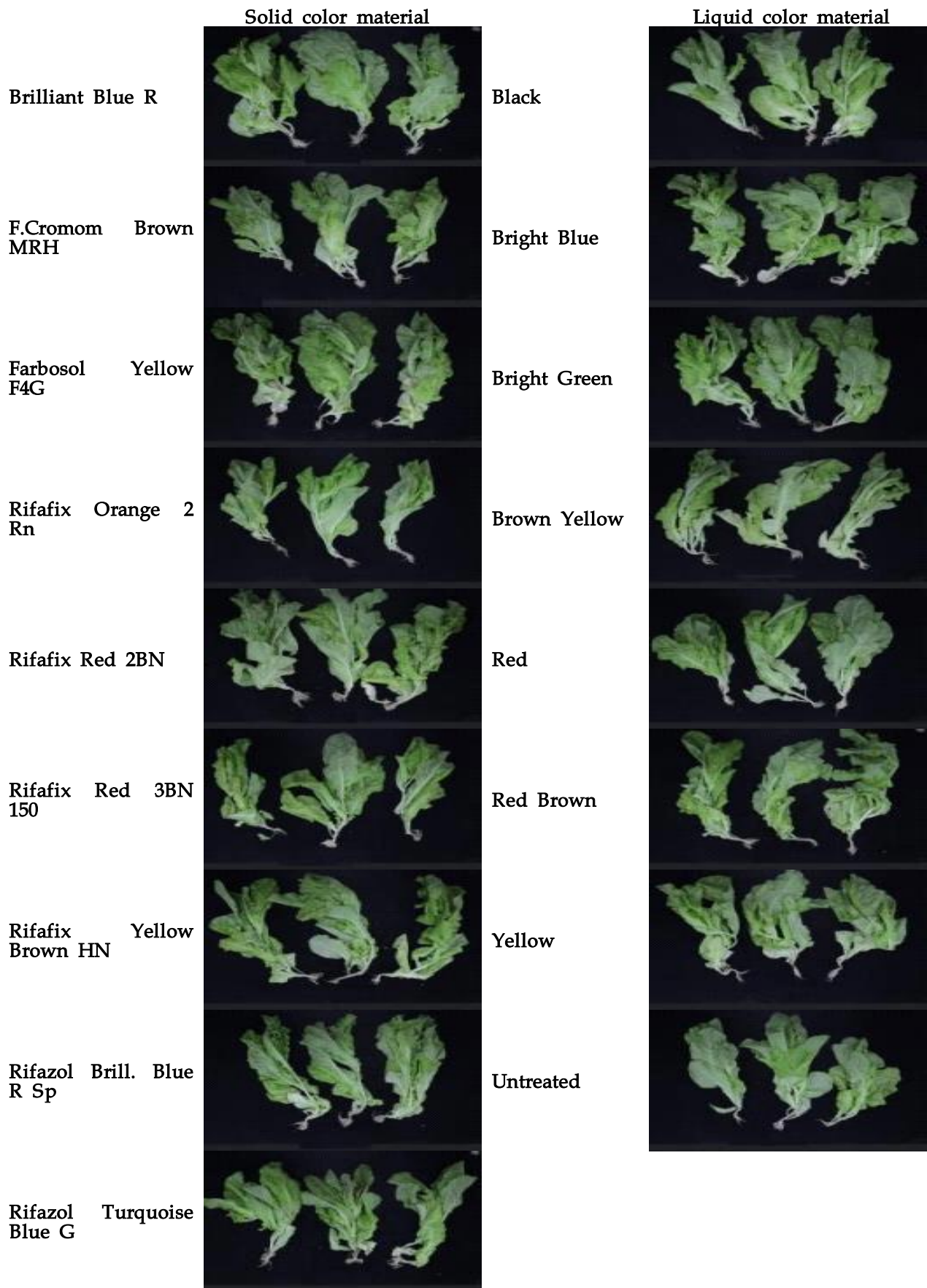


Photo.1.18. Lettuce 'Hannongjeokchima' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.86. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Taejeong' radish seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	89.3	9.8	826.2	66.68	5.43
F.Cromom Brown MRH	92.9	10.6	862.1	61.98	5.05
Farbosol Yellow F4G	90.5	10.8	827.9	57.83	4.84
Rifafix Orange 2 Rn	89.3	11.0	976.0	66.26	5.14
Rifafix Red 2BN	94.0	10.8	899.8	58.42	4.69
Rifafix Red 3BN 150	91.7	9.80	820.9	54.43	4.66
Rifafix Yellow Brown HN	84.5	10.2	1,071.1	62.87	4.94
Rifazol Brill. Blue R Sp	89.3	9.8	815.3	58.23	4.74
Rifazol Turquoise Blue G	95.2	10.6	1,049.2	74.73	5.67
Farbosol Blue 3G	89.3	10.5	856.0	65.89	5.56
Farbosol Blue 6G	95.2	10.6	855.9	69.36	5.36
Untreated	94.0	11.0	948.4	61.42	5.30
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	93.8	10.8	855.3	58.55	5.05
Red Brown	97.6	10.8	1,047.2	67.12	5.50
Yellow	86.9	11.4	1,018.0	66.41	5.63
Brown Yellow	89.3	11.4	877.5	60.52	4.80
Bright Green	100.0	11.2	952.2	62.94	5.89
Bright Blue	95.2	11.4	920.6	65.98	5.78
Black	92.9	10.4	911.5	71.77	5.39
Untreated	94.0	11.0	948.4	61.42	5.30
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무종자를 여러 가지 착색제로 필름코팅하여 포장에서 묘출현과 초기생육을 조사한 결과는 Table 1.86~1.89 및 Photo. 1.19~1.22.에 나타내었다.

'태정' 무에서 필름 코팅 착색제 종류에 따른 묘출현율에는 유의적인 차이가 없었고, 파종 후 30일째의 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체 및 건물중은 착색제 처리간 유의적인 차이는 없었다 (Table 1.86, Photo. 1.19).

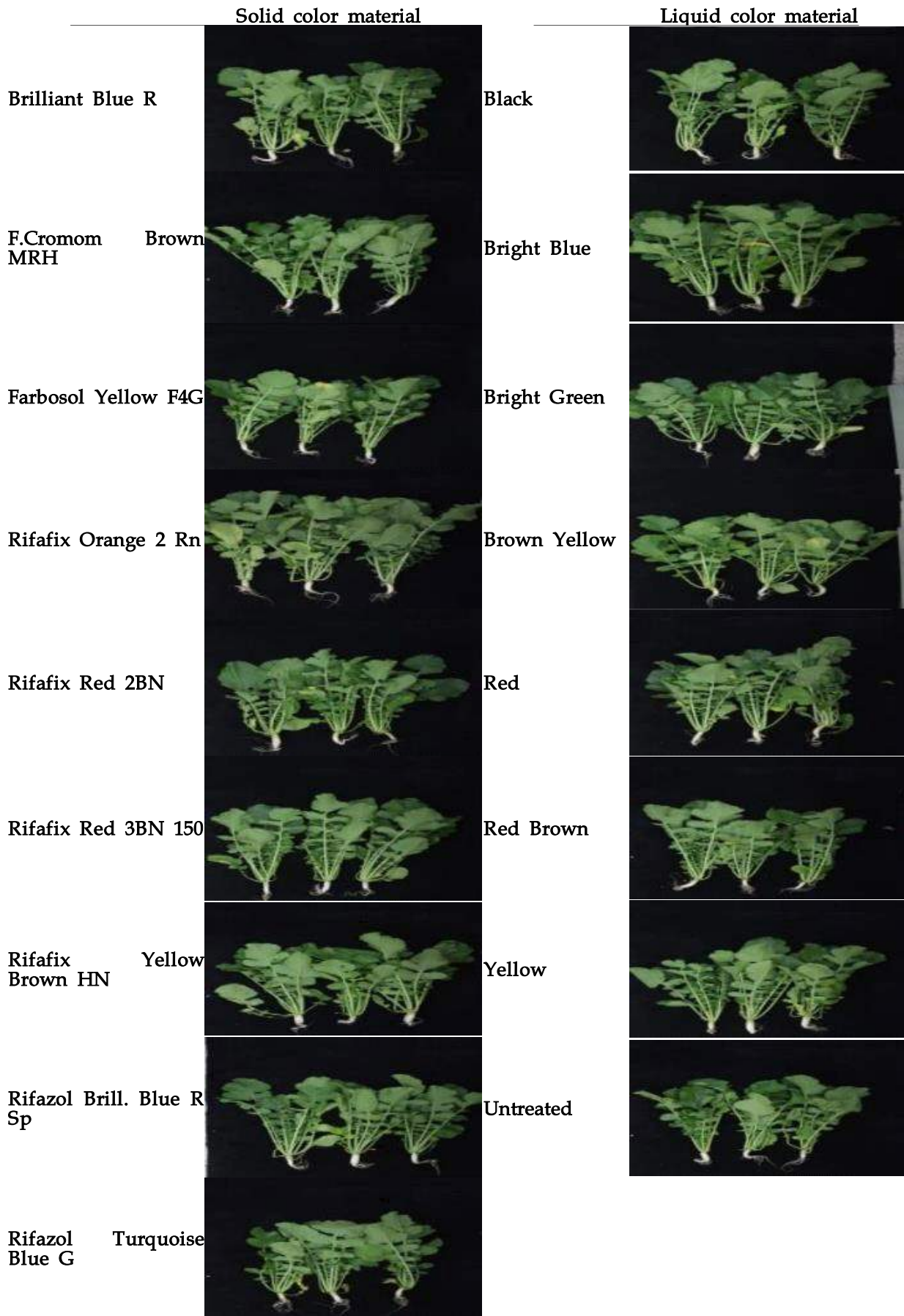


Photo.1.19. Radish Taejeong' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.87. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Keumjeongdaehyeongmu' radish seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	72.6	9.8	769.3	50.81	4.42
F.Cromom Brown MRH	89.3	11.4	1,036.6	67.36	5.47
Farbosol Yellow F4G	94.0	9.0	820.0	52.94	4.26
Rifafix Orange 2 Rn	91.7	11.0	920.0	71.12	4.85
Rifafix Red 2BN	90.5	10.2	700.0	58.42	4.52
Rifafix Red 3BN 150	83.3	10.8	888.6	68.08	5.04
Rifafix Yellow Brown HN	90.5	10.6	901.7	60.80	4.90
Rifazol Brill. Blue R Sp	83.3	9.2	746.8	58.28	4.38
Rifazol Turquoise Blue G	94.0	9.8	801.4	50.50	4.16
Farbosol Blue 3G	78.0	9.6	890.5	55.63	4.03
Farbosol Blue 6G	90.5	9.8	910.6	54.89	4.56
Untreated	86.9	10.6	858.4	57.98	4.92
LSD 0.05	14.2	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	89.3	11.2	1,023.4	68.28	5.51
Red Brown	95.2	10.2	886.4	58.77	4.89
Yellow	90.5	10.0	840.8	58.18	4.65
Brown Yellow	90.5	11.0	900.2	64.36	4.70
Bright Green	95.2	10.6	920.0	64.93	4.91
Bright Blue	86.9	9.0	807.8	52.10	4.07
Black	92.9	11.0	947.8	62.02	4.85
Untreated	86.9	10.6	858.4	57.98	4.92
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

'금정대형' 무에서는 필름 코팅 착색제 종류에 따른 묘출현율은 Brilliant Blue R 및 Farbosol Blue 3G에서 출현율이 저하되었으나 그 외 나머지 착색제 처리간에는 큰 차이가 없었다. 또한 파종 후 30일째의 엽수, 엽면적, 생체 및 건물중 변화에도 착색제 처리간 유의성은 인정되지 않았다 (Table 1.87, Photo. 1.20).

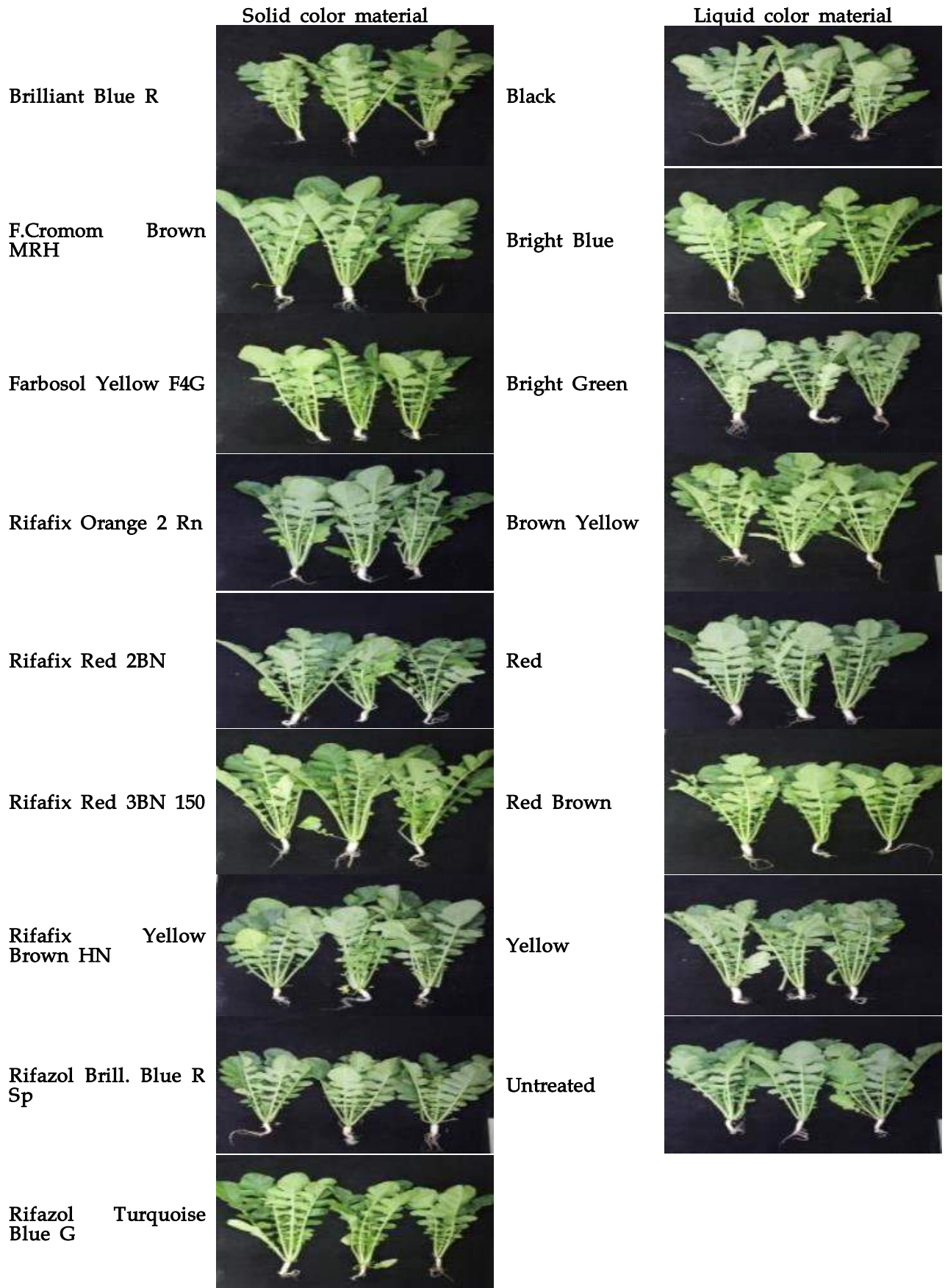


Photo.1.20. Radish 'Keumjeongdaehyeongmu' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.88. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Baekok' radish seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	97.6	11.8	760.6	54.26	4.12
F.Cromom Brown MRH	97.6	11.6	736.1	56.61	4.13
Farbosol Yellow F4G	92.9	12.0	929.9	63.92	4.80
Rifafix Orange 2 Rn	97.6	11.5	665.1	51.87	4.33
Rifafix Red 2BN	96.4	11.0	902.8	59.94	3.76
Rifafix Red 3BN 150	97.6	10.9	830.0	64.26	4.65
Rifafix Yellow Brown HN	96.4	10.6	916.8	58.30	5.08
Rifazol Brill. Blue R Sp	97.6	11.6	724.3	54.04	4.35
Rifazol Turquoise Blue G	96.4	10.8	723.8	55.08	4.15
Farbosol Blue 3G	97.6	11.6	750.6	55.65	4.56
Farbosol Blue 6G	97.6	11.2	765.2	56.96	4.32
Untreated	97.6	10.9	779.4	57.53	4.34
LSD 0.05	NS	NS	126.4	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	95.2	10.0	780.9	52.79	3.88
Red Brown	95.2	11.6	992.4	70.19	5.35
Yellow	94.0	12.0	827.0	60.86	4.41
Brown Yellow	96.4	11.4	816.7	56.48	4.31
Bright Green	97.6	11.6	871.7	61.10	4.54
Bright Blue	98.8	11.4	718.9	63.97	5.20
Black	97.6	11.6	887.3	64.98	4.49
Untreated	97.6	10.9	779.4	57.53	4.34
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

'백옥' 무에서는 필름 코팅 착색제 종류에 따른 묘출현율에는 유의적인 차이가 없었다. 또한 파종 후 30일째의 엽면적은 착색제 종류에 따른 차이가 인정될 뿐 엽수와 생체 및 건물중은 착색제 처리간에 유의성은 없었다(Table 1.88, Photo. 1.21).

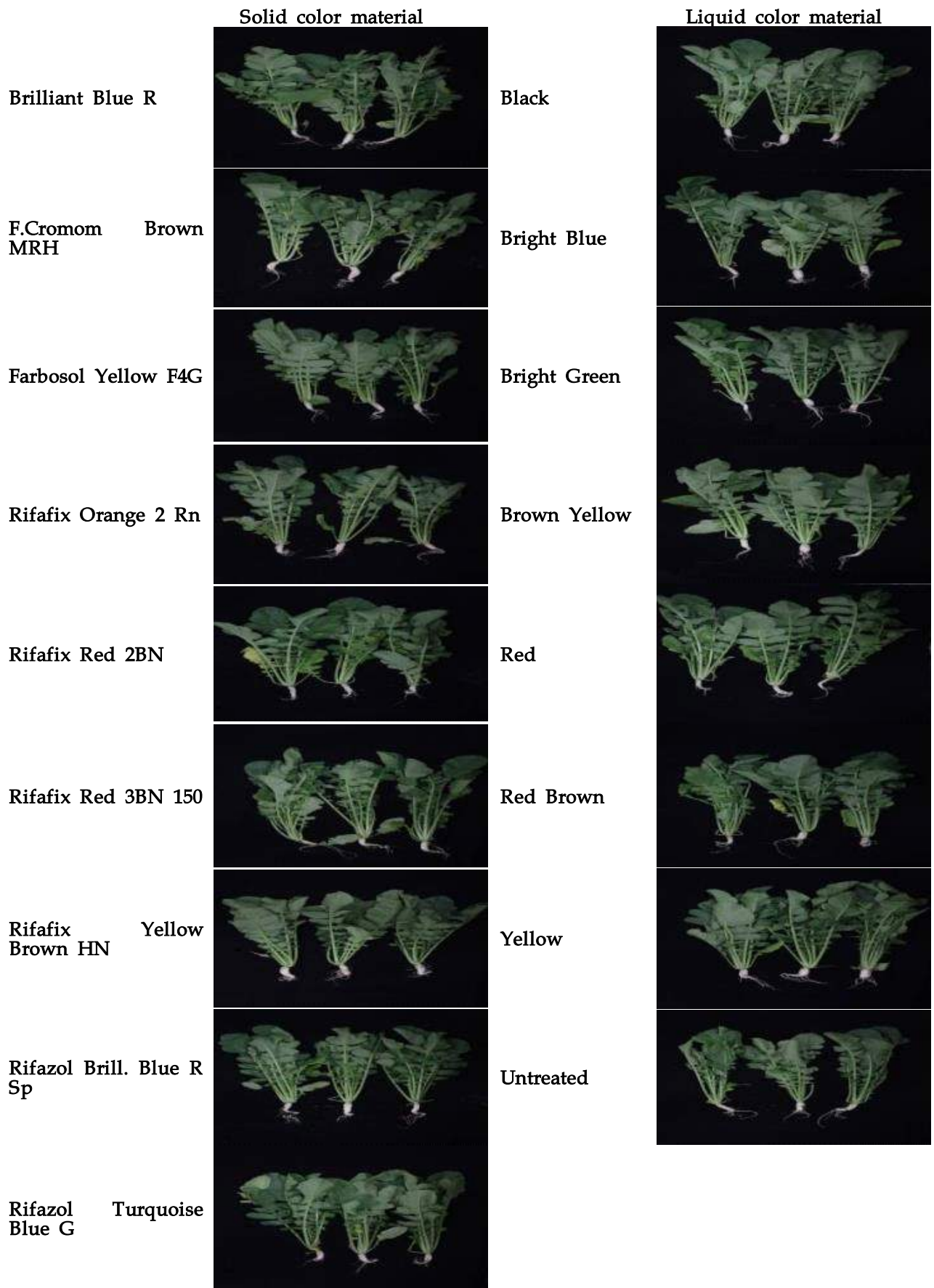


Photo.1.21. Radish 'Baekok' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

Table 1.89. Effect of different kind of film coating colorant on growth of film coated 'Dongcheon' radish seedlings measured at 30 days after sowing.

Film coating colorant	Emergence (%)	No. of leaf	Leaf area(cm <sup>2</sup> )	30 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
<i>Solid color material</i>					
Brilliant Blue R	90.5	11.4	1,112.6	76.91	6.84
F.Cromom Brown MRH	79.8	11.4	923.1	62.95	5.28
Farbosol Yellow F4G	81.0	11.2	1,079.7	78.18	5.75
Rifafix Orange 2 Rn	82.1	12.2	910.4	75.90	5.51
Rifafix Red 2BN	81.0	12.0	981.7	69.33	5.83
Rifafix Red 3BN 150	86.9	11.4	944.2	68.96	6.39
Rifafix Yellow Brown HN	90.5	11.2	993.2	74.35	6.16
Rifazol Brill. Blue R Sp	85.7	12.6	1,216.3	84.93	6.18
Rifazol Turquoise Blue G	86.9	11.2	952.5	72.10	5.40
Farbosol Blue 3G	88.1	11.4	986.6	75.65	6.00
Farbosol Blue 6G	87.5	11.2	990.5	76.30	5.86
Untreated	80.0	11.2	950.4	75.08	5.67
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Liquid color material</i>					
Red	84.5	11.8	1,009.8	79.99	5.66
Red Brown	88.1	12.2	1,062.6	79.96	5.91
Yellow	96.4	10.6	1,214.1	74.64	5.64
Brown Yellow	78.6	11.5	1,140.5	79.56	5.65
Bright Green	85.7	12.4	1,143.6	80.93	5.69
Bright Blue	88.1	11.6	1,109.3	80.92	6.40
Black	86.9	11.6	1,195.9	81.39	5.84
Untreated	80.0	11.2	950.4	75.08	5.67
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Film coating solid colorant at 0.3% and liquid colorant 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed coating processing. Seed film coating with talc.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

‘동천’ 무에서는 필름 코팅 착색제 종류에 따른 묘출현율에는 유의적인 차이가 없었다. 또한 파종 후 30일째의 엽면적, 엽수, 생체 및 건물중도 착색제 처리간에 큰 차이가 없었다(Table 1.89, Photo. 1.22). 이상의 결과에서 채소종자의 필름코팅에 사용되는 착색제들이 종자 및 유효활력 그리고 포장조건에서 묘출현율과 초기생육에도 큰 영향을 주지 않았다. 이와 아울러 착색제로 사용되는 고체 착색제와 액체 착색제를 효율성을 비교한 결과 액체 착색제가 종자발아와 초기생육을 억제하는 정도가 낮았다. 또한 필름 코팅제조를 위한 위해 첨가되는 농도가 고체 착색제(0.3%)에 비해



낮고(0.1%), 조제한 용이하다는 장점이 있어 산업체에서 활용할 수 있는 적정 착색제였다.

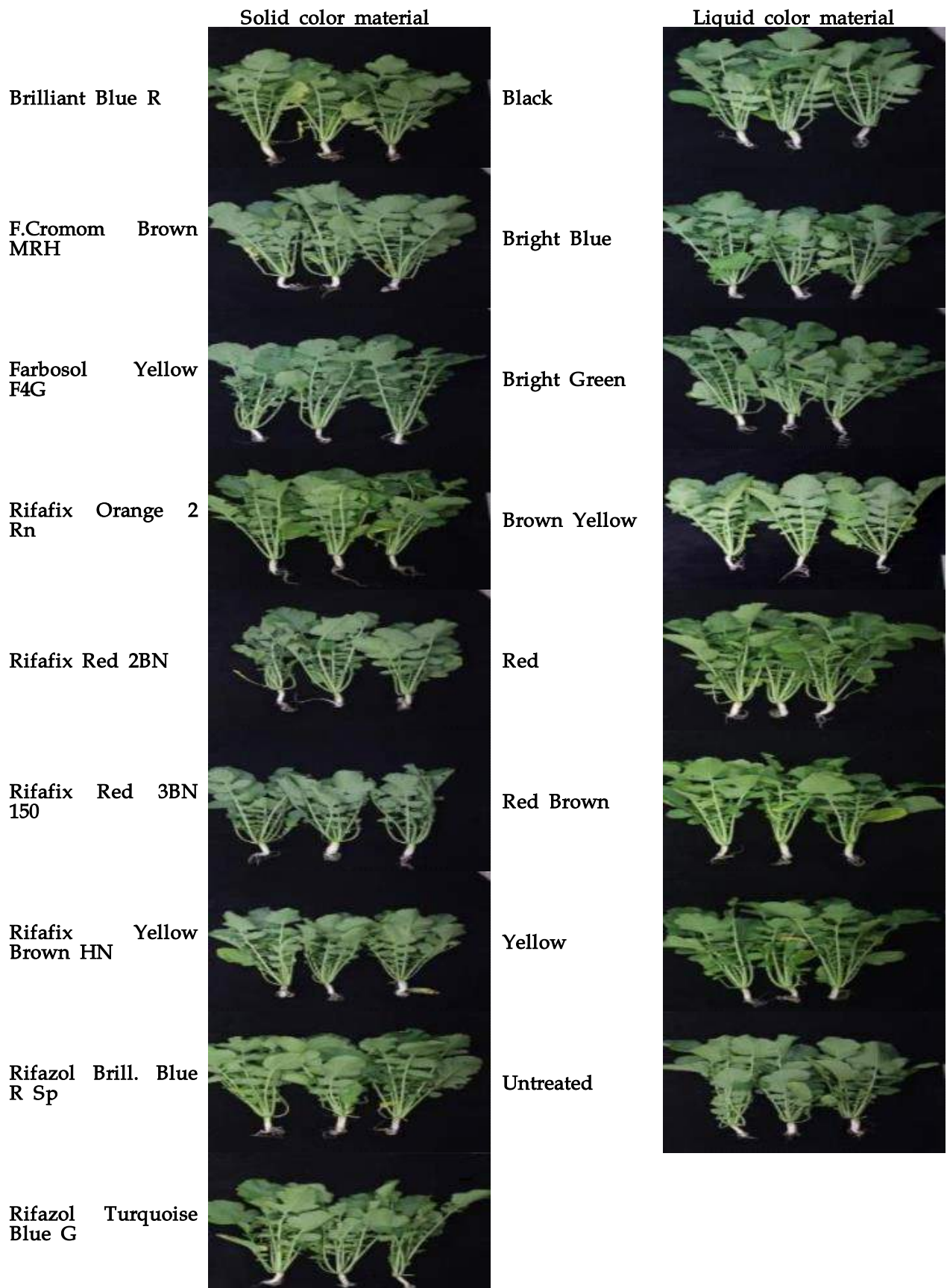


Photo.1.22. Radish 'Dongcheon' seedling growth by the different film coating colorant. Seedling growth measured 30 days after sowing in greenhouse.

## 7. 유용미생물을 활용한 펠렛종자 생산기술

### 가. 연구목적

토양은 식물생존의 터전이며, 식물에게 필요한 양수분 공급과 식물 지탱해주는 역할을 한다. 그러나 오늘날 작물재배는 화학비료나 농약의 과용, 오염된 수질, 유해물질의 축적에 의해 토양오염 정도가 심각한 수준이다. 그 결과 토양의 자정능력이 상실하여 생산성 저하, 안전성 위협, 미생물 멸종 등의 부작용을 초래하고 있다.

경제가 발달함에 따라 원예산업도 노동집약형에서 시설 등의 자재를 대량 투입하는 자본집약형으로 급속히 전환되고 있으며, 특히 원예작물은 계절적 생산을 탈피하여 연중생산이 가능하게 되었다.

그러나 화학비료나 농약에 의존하여 단일작물을 연작재배 함에 따라 토양병해충의 발생, 농약 저항성 해충의 출현 및 토양 이화학적 악화에 의한 지력저하 등이 문제되고 있다. 그중에서 토양병해는 작물 생산의 최대 위협요인이며, 토양병원균의 생존기간은 5년 이상으로 지속적으로 병을 유발하고 있다.

종자처리가 지향하는 목적은 두 가지로 대별할 수 있다. 첫째는 토양 스트레스 경감과 둘째는 물질을 종자에 직접 처리하여 식물생장을 향상시키는 방법이다. 전자의 경우는 건조 및 과습 토양조건에서 수분흡수를 증진 또는 경감시킬 수 있는 물질을 종자에 첨가하여 입묘를 촉진시키는 방법이다. 반면 비해 후자는 생장조절물질과 화학비료를 첨가하거나 유용한 미생물을 종자에 증식시켜 작물생장을 촉진시키는 방법이다.

생물적 펠렛종자는 흔히 화학제와 더불어 혼용이 가능하며, 유용균이나 박테리아도 동일한 목적으로 사용되기도 한다. 생물적 펠렛종자의 목적은 토양전염병 방제뿐 아니라 근권환경을 개선하여 식물의 생장을 증진시키는데 있다. 그러나 이들 방법은 처리된 미생물들이 종자 및 토양에서 생존이 전제되어야 하므로 결과가 불명확한 단점이 있다. 생물적 펠렛종자가 실용화되기 위해서는 펠렛종자의 유용효과가 포장 조건까지 연결되어야 한다. 그러나 생물적 종자처리는 화학적 종자 처리와는 달리 종자에 접종된 미생물이 증식되어야만 작물의 생육을 촉진시킬 수 있다.

종자에 코팅된 미생물들이 증식되기 위해서 생물적 및 비생물적 제한 요인을 극복해야만 한다. 최근에는 작물의 근권환경 개선을 위해 많은 유용미생물들이 개발되어 시판되고 있다. 이와 아울러 작물에 따라 특이성을 갖는 유용미생물을 개발하기 위한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

본 연구는 채소종자 펠렛에 적합한 유용미생물을 선발하기 위해 유용미생물을 펠렛한 종자를 발아성을 검정하며, 그 유용효과가 묘출현과 초기생육에까지 지속되는지를 검정하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 채소종자별 유용미생물 적정농도 탐색

본 실험에 사용된 유용미생물은 농촌진흥청 유전자원센터에서 분양받은 건조저항성이 있는 bacillus 레이스인 KACC13068 (*Bacillus thuringiensis*), KACC13073 (*Bacillus sp.*), KACC13087 (*Bacillus sp.*) 그리고 KACC13751 (*Bacillus subtilis*) 등 4가지 종을 이용하였다. 각 미생물을 TSB(Tryptic Soy Broth, Merck KgaA) 액체배지에 배양시켜 30℃ 항온기에서 1시간 간격으로 24시간동안 미생물의 OD값과 cfu/ml값을 구하여 미생물 생장곡선을 확보하였다. 최상기의 미생물 개수

를 기준(Standard)으로 1/2배액, 1/4배액 및 1/8배액으로 미생물 희석액을 조성하여 종자처리 침지 용액으로 사용하였다.

실험에 사용되는 채소종자는 배추('월동황제배추', 현대종묘), 상추('열강적치마', 현대종묘), 무('진광무', 현대종묘) 종자였고, 미생물 종자침지 처리는 배추와 상추 종자는 3g, 무종자는 5g을 각각의 미생물 종류와 농도별로 희석조성된 미생물 용액 30ml에 침지처리 하였다. 이때 처리온도와 처리기간은 30℃에서 24시간 처리였다. 처리된 종자는 흐르는 물에 수세하여 실온에서 12시간 건조시켜 발아율과 유묘활력을 검정하였다. 미생물 희석액에 따른 OD값은 분광광도계 630nm에서 실시하였고, OD값에 의한 CFU값은 다음과 같다(Table 1.90.).

Table 1.90. Od and CFU of various microbial as affected by microbial dilution.

Microbial	Concentration(dilution)							
	Standard		1/2		1/4		1/8	
	OD	cfu/ml	OD	cfu/ml	OD	cfu/ml	OD	cfu/ml
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	1.559	65.0x10 <sup>7</sup>	0.954	32.5x10 <sup>7</sup>	0.587	16.3x10 <sup>7</sup>	0.446	8.1x10 <sup>7</sup>
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	1.432	7.2x10 <sup>7</sup>	0.840	3.6x10 <sup>7</sup>	0.598	1.8x10 <sup>7</sup>	0.374	0.9x10 <sup>7</sup>
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	0.862	66.0x10 <sup>7</sup>	0.392	33.0x10 <sup>7</sup>	0.289	16.2x10 <sup>7</sup>	0.166	8.3x10 <sup>7</sup>
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	1.807	61.0x10 <sup>7</sup>	1.386	30.5x10 <sup>7</sup>	1.000	15.3x10 <sup>7</sup>	0.693	7.6x10 <sup>7</sup>

종자펠렛에 첨가되는 적정 미생물의 종류 및 농도를 구명하고자 각각의 미생물 종류 및 농도별로 침지처리된 종자의 발아성을 조사하였고, 아울러 BP 발아검정법을 활용해 종자 및 유묘활력을 조사하였다. 발아조사는 petridish(9 cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 편 후 펠렛종자 50립씩을 완전임의배치 3반복으로 암상태의 20±1℃에서 발아력을 조사하였다.

BP 발아검정은 BP용지(Heavy paper)에 일정한 간격으로 30립씩 3반복을 치상하여 20℃의 항온기에서 실시하였다. 조사방법은 1차 조사는 상추, 무종자는 치상 후 4일째에, 배추는 치상 후 5일째에 실시하였다. 2차 최종조사는 상추, 배추는 치상 후 7일째, 무는 치상 후 10일째에 실시하였다. 조사항목으로는 1, 2차 조사에서는 정상묘와 비정상묘, 불발아종자를 검정하였고, 2차 최종조사에는 유묘의 생육인 하배축 길이, 뿌리길이, 생체중 및 건물중을 조사하였다.

## (2) 유용미생물 처리된 펠렛종자가 묘출현 및 초기생육에 미치는 영향

각각의 채소종자에 따라 종자발아에 효과적이었던 적정 유용미생물 종류 및 농도를 선별하였던 결과를 근거로 펠렛종자에 유용미생물의 첨가 방법을 달리하여 그 효과를 모색하였다. 채소종자별 미생물 처리밀도 및 희석배율은 Table 1.91과 같다.

펠렛종자에 유용미생물 처리방법은 (1) 채소종자(상추, 배추 3g, 무 5g)를 30℃에서 24시간 미생물

조성액 30ml에 침지시킨 후 펠렛제조한 종자와 (2) 펠렛 접착제에 미생물배양액(PVA 1% : 배양액 = 15:1)을 첨가하여 이를 펠렛제조 공정중에 분무하여 펠렛팅하였다. 또한 (3) 미생물을 처리하지 않고 diatomaceous earth로 펠렛제조한 종자와 (4) 무처리 종자의 발아성을 20℃에서 조사하였다. 이때 사용된 펠렛 피복물질은 diatomaceous earth 였고, 접착제는 PVA(1.0%) 였다.

Table 1.91. Effect of seed treatment with microbial for optimum CFU treatment conditions of various vegetable seeds.

Microbial	Vegetable seeds					
	Radish		Chinese Cabbage		Lettuce	
	CFU	Dilution	CFU	Dilution	CFU	Dilution
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	8.1 X 10 <sup>7</sup>	1/8	16.3 X 10 <sup>7</sup>	1/4	32.5 X 10 <sup>7</sup>	1/2
KACC13073 ( <i>Bacillus</i> sp.)	1.8 X 10 <sup>7</sup>	1/4	0.9 X 10 <sup>7</sup>	1/8	1.8 X 10 <sup>7</sup>	1/4
KACC13087 ( <i>Bacillus</i> sp.)	16.5 X 10 <sup>7</sup>	1/4	66.0 X 10 <sup>7</sup>	Standard	16.2 X 10 <sup>7</sup>	1/4
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	7.6 X 10 <sup>7</sup>	1/8	30.5 X 10 <sup>7</sup>	1/2	7.6 X 10 <sup>7</sup>	1/8

BP 발아검정 방법 및 절차는 위의 방법과 동일하였다. 유용미생물을 침지처리 후 펠렛된 종자와 펠렛과정중 유용미생물들을 첨가한 펠렛종자 및 미생물 첨가하지 않는 펠렛종자 등 미생물 처리방법이 묘출현과 유묘생육에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 플러그 트레이에 원예용 상토(바로그, 서울바이오)를 충전한 다음 50립의 종자를 3반복으로 파종 한 후 묘출현율을 표시하였다. 초기 생육 조사를 위해 2L의 플라스틱 포트에 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 30일후에 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 묘출현과 초기생육 검정시험은 20℃로 온도제어된 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다.

### (3) 유용미생물 처리된 펠렛종자의 시기별 미생물 생존을 검정

미생물 생물검정은 펠렛 직후부터 1주일 간격으로 6주간 실시하였다. 시험관에 미생물로 펠렛된 종자 1g을 멸균수 9ml에 혼합하여 1/10 희석액을 조제하였다. 이를 1/10000배까지 희석하여 TSA(Tryptic Soy Agar, Merck KgaA)배지에 도말하여 1일간 30℃ 항온기에서 배양시켜 시간별 미생물의 활성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 채소종자별 유용미생물 적정농도 탐색

유용미생물 처리된 펠렛종자는 유해균으로 부터 종자나 유묘를 보호하여 안전한 작물재배를 가능하게 하는 장점이 있다. 이러한 목적으로 건조저항성을 가진 바실러스 4종의 미생물을 농도를 달리한 용액에 침지한 후 종자발아력과 유묘활력을 검정하여 펠렛종자에 첨가하기 위한 적정 처리농도를 구명하고자 하였다.

배추종자에서 4종의 유용미생물을 농도별로 침지처리하여 20℃에서 종자의 발아성 및 유묘활력을 조사하였다(Table 1.92~1.93 및 Fig. 1.42).

Table 1.92. Effect of different kind of microbial and concentration on percent germination, T<sub>50</sub> and viability of Chinese cabbage seeds at 20℃.

Microbial	Concen. (Dilution)	Germin. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Viability			
				5 days		7 days	
				Normal (%)	Abnormal (%)	Normal (%)	Abnormal (%)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	100.0	0.3	100.0	0.0	100.0	0.0
	1/2	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	1/4	96.7	0.3	96.7	0.0	96.7	0.0
	1/8	98.9	0.3	98.9	0.0	98.9	0.0
	Untreated	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	LSD 0.05	NS	NS	NS	0.0	NS	0.0
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Standard	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	1/2	94.4	0.3	94.4	0.0	94.4	0.0
	1/4	97.8	0.3	97.8	0.0	97.8	0.0
	1/8	100.0	0.3	100.0	0.0	100.0	0.0
	Untreated	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	LSD 0.05	NS	NS	NS	0.0	NS	0.0
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	1/2	97.8	0.3	97.8	0.0	97.8	0.0
	1/4	96.7	0.3	96.7	0.0	96.7	0.0
	1/8	100.0	0.3	100.0	0.0	100.0	0.0
	Untreated	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	LSD 0.05	NS	NS	NS	1.6	NS	1.6
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Standard	97.8	0.3	97.8	0.0	97.8	0.0
	1/2	98.9	0.3	95.6	3.3	95.6	3.3
	1/4	96.7	0.3	96.7	0.0	96.7	0.0
	1/8	100.0	0.3	100.0	0.0	100.0	0.0
	Untreated	100.0	0.3	96.7	3.3	96.7	3.3
	LSD 0.05	NS	NS	NS	0.0	NS	0.0

Seed were soaking in water at 20℃ for 24 hrs and germinated at 20℃ for up to 7 days. Untreated seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.93. Effect of different kind of microbial and concentration on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of Chinese cabbage seedlings measured for 7 days at 20°C.

Treatment	Dilution	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	5.1	7.7	0.04	0.003
	1/2	6.8	6.6	0.03	0.003
	1/4	7.4	9.2	0.04	0.003
	1/8	5.2	5.0	0.04	0.003
	Untreated	3.7	4.7	0.05	0.003
	LSD 0.05	1.0	2.0	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Standard	6.3	8.3	0.04	0.003
	1/2	5.9	8.3	0.06	0.002
	1/4	7.1	8.2	0.05	0.002
	1/8	6.1	8.3	0.05	0.002
	Untreated	3.7	4.7	0.05	0.002
	LSD 0.05	0.8	2.7	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	5.8	7.4	0.04	0.003
	1/2	6.3	7.2	0.05	0.002
	1/4	6.2	7.5	0.06	0.002
	1/8	7.1	9.1	0.07	0.003
	Untreated	3.7	4.7	0.06	0.002
	LSD 0.05	1.2	2.3	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Standard	5.4	7.5	0.04	0.003
	1/2	6.9	7.5	0.05	0.002
	1/4	4.8	5.6	0.06	0.002
	1/8	4.8	8.6	0.06	0.002
	Untreated	3.7	4.7	0.05	0.002
	LSD 0.05	1.3	2.4	NS	NS

Seed were soaking in water at 20°C for 24 hrs and germinated at 20°C for up to 7 days. Untreated seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무처리된 배추종자는 발아율이 100% 였고, 유용미생물인 KACC13087(*Bacillus sp.*), KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp.*) 및 KACC13751(*Bacillus subtilis*)를 농도별로 침지처리한 종자도 96% 이상 높은 발아율을 보였다. 따라서 배추종자에서 유용미생물 처리에 의해 발아율을 향상시키지는 못했다. 또한 발아속도 개념인 T<sub>50</sub>도 유용미생물 처리와 무처리 종자 모두 0.3일이 소요되어 미생물 처리는 배추종자에서 신속한 발아를 촉진하는 효과는 미약하였다.

그러나 발아 7일째의 유효생육에는 유용미생물 처리에 의해 하배축길이, 뿌리를 향상시키는 효과가 있었다. 또한 생체중은 유용미생물 처리에 의해 향상되는 경향이였으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 유용미생물의 적정 처리농도는 미생물의 종류에 따라 달랐다. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)의 처리에서는  $16.3 \times 10^7$  CFU(표준용액의 1/4희석 배양액)처리에서 좋았고,

KACC13073(*Bacillus sp*)은  $0.9 \times 10^7$  CFU 처리(표준용액의 1/8희석 배양액)에서, KACC13087(*Bacillus sp*)은  $16.3 \times 10^7$  CFU 처리(표준배양액)에서 그리고 KACC13751(*Bacillus subtilis*)은  $30.5 \times 10^7$  CFU 처리(표준용액의 1/2희석 배양액)에서 유묘생장이 무처리에 비해 좋았다.

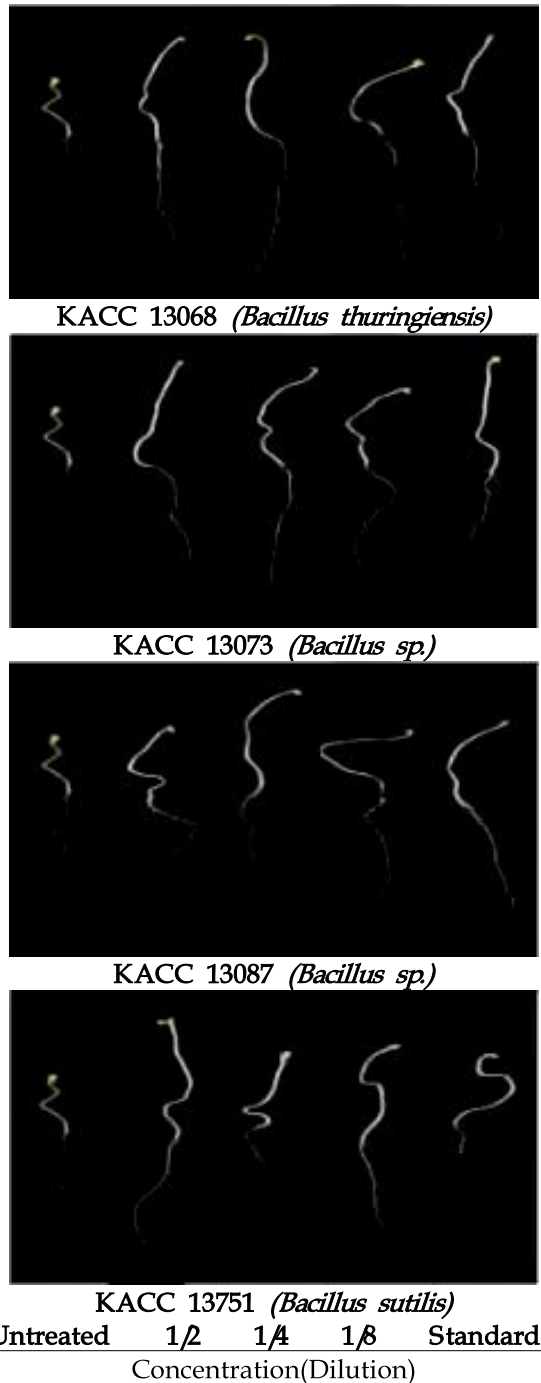


Fig. 1.42. Effect of different kind of microbial and concentration on growth of Chinese cabbage seedlings measured for 7 days at 20°C.

Table 1.94. Effect of different kind of microbial and concentration on percent germination, T<sub>50</sub> and viability of lettuce seeds at 20°C.

Microbial	Concen. (Dilution)	Germin. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Viability			
				4 days		7 days	
				Normal (%)	Abnormal (%)	Normal (%)	Abnormal (%)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	85.6	0.8	78.9	6.7	78.9	6.7
	1/2	96.7	0.7	93.3	3.3	93.3	3.3
	1/4	71.1	0.7	64.4	6.7	64.4	6.7
	1/8	66.7	0.7	56.7	10.0	56.7	10.0
	Untreated	77.8	0.6	64.4	13.3	64.4	13.3
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Standard	92.2	0.4	88.9	3.3	88.9	3.3
	1/2	87.8	0.4	77.8	10.0	77.8	10.0
	1/4	82.2	0.4	68.9	13.3	68.9	13.3
	1/8	78.9	0.3	68.9	10.0	68.9	10.0
	Untreated	77.8	0.6	64.4	13.3	64.4	13.3
	LSD 0.05	NS	0.2	NS	NS	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	81.1	0.3	74.4	6.7	74.4	6.7
	1/2	76.7	0.4	66.7	10.0	66.7	10.0
	1/4	84.4	0.3	77.8	6.7	77.8	6.7
	1/8	94.4	0.3	87.8	10.0	87.8	6.7
	Untreated	77.8	0.6	64.4	13.3	67.8	10.0
	LSD 0.05	NS	0.1	NS	NS	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Standard	72.2	1.1	62.2	10.0	62.2	10.0
	1/2	91.1	0.4	84.4	6.7	84.4	6.7
	1/4	87.8	1.0	81.1	6.7	81.1	6.7
	1/8	100.0	0.4	96.7	3.3	96.7	3.3
	Untreated	77.8	0.6	64.4	13.3	64.4	13.3
	LSD 0.05	NS	0.3	NS	5.0	NS	5.0

Seed were soaking in water at 20°C for 24 hrs and germinated at 20°C for up to 7 days. Untreated seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

상추종자에서 4종의 유용미생물을 농도별로 침지처리하여 20°C에서 종자의 발아성 및 유묘활력을 조사하였다(Table 1.94~1.95 및 Fig. 1.43.).

무처리된 상추종자는 발아율은 77.8% 였으나, 유용미생물인 KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp.*), KACC13087(*Bacillus sp.*) KACC13751(*Bacillus subtilis*) 처리한 종자들은 대체적으로 무처리보다는 발아율이 높았고, 건전 발아율도 높았다. 또한 발아속도는 유용미생물 종류와 따라 달랐으며, 대체적으로 표준용액에서는 발아속도가 지연되었으나 표준용액을 1/4 희석한 배양액에서는 신속한 발아가 진행되는 경향이였다.

유용미생물 처리에 의해 발아 7일째의 유묘의 하배축 길이에는 미생물 처리효과가 현저하지 않았다. 그 외의 생체중과 건물중은 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 상추종자의 발아 및 유묘생장



에 촉진시킬 수 있는 적정 미생물은 KACC13751(*Bacillus subtilis*)은  $7.6 \times 10^7$  CFU로 표준용액의 1/8희석 배양액에서 유묘생장이 무처리에 비해 좋았다. 그 외 KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)의 처리에서는  $32.5 \times 10^7$  CFU 처리(1/8희석 배양액)에서 좋았고, KACC13073(*Bacillus sp.*)은  $1.8 \times 10^7$  CFU(1/4희석 배양액)에서, KACC13087(*Bacillus sp.*)은  $16.2 \times 10^7$  CFU(표준용액의 1/4희석 배양액)에서 유묘생장이 좋았다.

Table 1.95. Effect of different kind of microbial and concentration on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of lettuce seedlings measured for 7 days at 20°C.

Microbial	Dilution	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	2.6	1.7	0.02	0.001
	1/2	3.0	2.2	0.02	0.001
	1/4	2.3	1.1	0.02	0.001
	1/8	2.4	1.8	0.02	0.001
	Untreated	2.6	2.6	0.02	0.001
	LSD 0.05	NS	0.7	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Standard	2.5	1.6	0.02	0.001
	1/2	2.8	1.5	0.02	0.001
	1/4	2.4	2.3	0.02	0.001
	1/8	2.5	2.0	0.02	0.001
	Untreated	2.6	2.6	0.02	0.001
	LSD 0.05	NS	0.7	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	2.1	1.3	0.02	0.001
	1/2	2.4	1.7	0.02	0.001
	1/4	2.8	1.6	0.02	0.001
	1/8	1.5	1.0	0.02	0.001
	Untreated	2.6	2.6	0.02	0.001
	LSD 0.05	NS	0.8	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Standard	2.2	1.2	0.02	0.001
	1/2	2.8	2.1	0.02	0.001
	1/4	2.3	1.0	0.02	0.001
	1/8	2.5	1.6	0.02	0.001
	Untreated	2.6	2.6	0.02	0.001
	LSD 0.05	NS	0.7	NS	NS

Seed were soaking in water at 20°C for 24 hrs and germinated at 20°C for up to 7 days. Untreated seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



KACC 13068 (*Bacillus thuringiensis*)



KACC 13073 (*Bacillus sp.*)



KACC 13087 (*Bacillus sp.*)



KACC 13751 (*Bacillus subtilis*)

Untreated	1/2	1/4	1/8	Standard
Concentration(Dilution)				

Fig. 1.43. Effect of different kind of microbial and concentration on growth of lettuce seedlings measured for 7 days at 20°C.

Table 1.96. Effect of different kind of microbial and concentration on percent germination, T<sub>50</sub> and viability of radish seeds at 20°C.

Microbial	Concen. (Dilution)	Germin. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Viability			
				4 days		7 days	
				Normal (%)	Abnormal (%)	Normal (%)	Abnormal (%)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	53.3	0.8	53.3	0.0	53.3	0.0
	1/2	53.3	0.9	50.0	3.3	50.0	3.3
	1/4	52.2	1.0	52.2	0.0	52.2	0.0
	1/8	45.6	1.2	45.6	0.0	45.6	0.0
	Untreated	90.0	0.3	73.3	16.7	73.3	16.7
	LSD 0.05	14.0	0.4	13.8	3.1	13.8	3.1
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Standard	44.4	1.2	44.4	0.0	44.4	0.0
	1/2	47.8	1.1	47.8	0.0	47.8	0.0
	1/4	36.7	1.2	36.7	0.0	36.7	0.0
	1/8	38.9	1.3	35.6	3.3	35.6	3.3
	Untreated	90.0	0.3	73.3	16.7	73.3	16.7
	LSD 0.05	10.2	NS	11.3	3.1	11.3	3.1
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	41.1	0.4	41.1	0.0	41.1	0.0
	1/2	18.9	0.5	18.9	0.0	18.9	0.0
	1/4	38.9	0.7	38.9	0.0	38.9	0.0
	1/8	40.0	0.6	40.0	0.0	40.0	0.0
	Untreated	90.0	0.3	76.7	13.3	76.7	13.3
	LSD 0.05	12.1	NS	13.1	2.7	13.1	2.7
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Standard	42.2	1.8	42.2	0.0	42.2	0.0
	1/2	46.7	1.3	43.3	3.3	43.3	3.3
	1/4	68.9	0.8	68.9	0.0	68.9	0.0
	1/8	71.1	0.7	67.8	3.3	67.8	3.3
	Untreated	92.2	0.3	82.2	10.0	82.2	10.0
	LSD 0.05	20.1	0.5	27.7	4.1	27.7	4.1

Seed were soaking in water at 20°C for 24 hrs and germinated at 20°C for up to 7 days. Untreated seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무종자에서 4종의 유용미생물을 농도별로 침지처리하여 20°C에서 BP 발아검정법에 의해 종자의 발아성 및 유묘활력을 조사하였다(Table 1.96~1.97 및 Fig. 1.44).

무처리된 무종자는 발아율이 90% 였으나, 유용미생물인 KACC13087(*Bacillus sp.*), KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp.*) 및 KACC13751(*Bacillus subtilis*)를 농도별로 침지처리한 종자는 발아율이 18~71%에 불과하여 무처리에 비해 발아율이 극히 저조하였다. 따라서 무종자에 미생물 처리는 발아율을 향상시키지는 못했다. 또한 발아속도도 무처리에 비해 지연되는 경향을 보였다. 그러나 발아 7일째의 유묘생육 비교에서는 유용미생물이 처리된 종자는 무처리에 비해 유묘생장을 향상시키는 효과는 인정되었다.

Table 1.97. Effect of different kind of microbial and concentration on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of lettuce seedlings measured for 7 days at 20°C.

Microbial	Dilution	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	7 day old seedling	
				Fresh weight(g)	Dry weight (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	9.8	11.6	0.29	0.009
	1/2	6.4	8.4	0.19	0.008
	1/4	9.9	20.3	0.24	0.008
	1/8	8.9	10.5	0.25	0.009
	Untreated	6.6	9.4	0.29	0.013
	LSD 0.05	NS	8.9	0.09	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Standard	10.2	19.1	0.30	0.011
	1/2	11.3	11.9	0.26	0.010
	1/4	10.4	13.7	0.26	0.008
	1/8	11.8	19.1	0.31	0.011
	Untreated	6.6	9.4	0.29	0.013
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Standard	11.0	11.5	0.27	0.009
	1/2	10.5	10.8	0.26	0.008
	1/4	10.9	13.2	0.26	0.010
	1/8	7.4	8.1	0.22	0.007
	Untreated	6.6	9.4	0.29	0.013
	LSD 0.05	2.1	NS	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Standard	4.7	6.8	0.13	0.011
	1/2	6.8	7.3	0.18	0.006
	1/4	6.6	9.7	0.25	0.010
	1/8	12.4	16.4	0.31	0.011
	Untreated	6.6	9.4	0.29	0.013
	LSD 0.05	NS	NS	0.10	NS

Seed were soaking in water at 20°C for 24 hrs and germinated at 20°C for up to 7 days. Untreated seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

유용미생물의 적정 처리농도는 미생물의 종류에 따라 달랐다. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)의 처리에서는  $8.1 \times 10^7$  CFU 처리(표준용액의 1/8희석 배양액)에서 좋았고, KACC13073(*Bacillus sp.*)은  $1.8 \times 10^7$  CFU 처리(표준용액의 1/4희석 배양액)에서, KACC13087(*Bacillus sp.*)은  $16.5 \times 10^7$  CFU (표준용액의 1/4희석 배양액)에서 그리고 KACC13751(*Bacillus subtilis*)은  $7.6 \times 10^7$  CFU(표준용액의 1/8희석 배양액)처리에서 유묘생장이 무처리에 비해 좋았다.



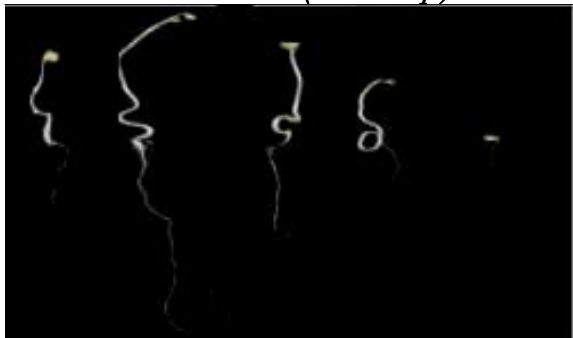
KACC 13068 (*Bacillus thuringiensis*)



KACC 13073 (*Bacillus sp.*)



KACC 13087 (*Bacillus sp.*)



KACC 13751 (*Bacillus subtilis*)

Untreated	1/2	1/4	1/8	Standard
Concentration(Dilution)				

Fig. 1.44. Effect of different kind of microbial and concentration on growth of radish seedlings measured for 7 days at 20°C.

(2) 펠렛종자의 유용미생물 처리방법 확립

유용미생물을 이용한 고품질 펠렛종자는 생산의 전제조건은 유용미생물의 확보와 최적처리 조건이 구축되어야 하며, 이올러 첨가된 미생물이 종자내에 생존율을 높이는 기술이 필요하다. 따라서 채소종자별 확립된 최적 처리밀도 및 희석배율로 처리방법을 달리하여 BP 발아검정법에 의해 종자 및 유묘활력에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.98~1.101).

유용미생물을 첨가하면 채소종자에 따라 차이는 있었으나, 실내조건에서 종자활력 및 유묘활력 증진에 그 효과가 입증된 바 있다.

Table 1.98. Effect of seed pelleting with effect microbial on seed viability of Chinese cabbage seeds at 20°C.

Microbial	Pelleting methods	Viability					
		4 days			10 days		
		Normal (%)	Abnor. (%)	Total (%)	Normal (%)	Abnor. (%)	Total (%)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	88.9	1.1	90.0	97.2	1.1	98.3
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	98.9
	Only pelleting <sup>x</sup>	94.4	3.3	97.8	96.7	3.3	100.0
	Untreated <sup>w</sup>	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	5.4	NS	6.8	NS	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	96.7	0.0	96.7	98.9	0.0	98.9
	Pelleting with microbial	64.4	0.0	64.4	64.4	0.0	64.4
	Only pelleting	94.4	3.3	97.8	96.7	3.3	100.0
	Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
	LSD 0.05	6.0	NS	6.8	6.0	NS	5.1
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	98.9	1.1	100.0	98.9	1.1	100.0
	Pelleting with microbial	98.9	0.0	98.9	98.9	0.0	98.9
	Only pelleting	94.4	3.3	97.8	96.7	3.3	100.0
	Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
	LSD 0.05	3.1	NS	NS	NS	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	97.8	0.0	97.8	98.9	0.0	98.9
	Pelleting with microbial	97.8	1.1	98.9	97.8	1.1	98.9
	Only pelleting	94.4	3.3	97.8	96.7	3.3	100.0
	Untreated	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
	LSD 0.05	3.1	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.99. Effect of seed pelleting with effect microbial on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of Chinese cabbage seedlings measured for 10 days at 20°C.

Microbial	Pelleting methods	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	10 day old seedling	
				Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	7.6	7.9	0.03	0.01
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	9.3	8.2	0.05	0.01
	Only pelleting <sup>x</sup>	7.3	7.7	0.04	0.01
	Untreated <sup>w</sup>	6.4	7.3	0.02	0.00
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	NS	1.2	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	7.8	8.0	0.04	0.01
	Pelleting with microbial	7.5	6.0	0.04	0.01
	Only pelleting	7.3	7.7	0.04	0.01
	Untreated	6.4	7.3	0.02	0.00
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	6.6	8.1	0.04	0.01
	Pelleting with microbial	8.2	6.2	0.04	0.00
	Only pelleting	7.3	7.7	0.04	0.01
	Untreated	6.4	7.3	0.02	0.00
	LSD 0.05	NS	1.1	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	7.8	9.7	0.03	0.01
	Pelleting with microbial	8.0	6.9	0.07	0.01
	Only pelleting	7.3	7.7	0.04	0.01
	Untreated	6.4	7.3	0.02	0.00
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Soking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

그러나 실내조건에서 발아증진 및 유묘촉진 등에 우수한 효과를 보인 유용미생물들도 포장상태에서는 상반된 결과를 나타낼 수 있다. 따라서 유용미생물이 첨가된 펠릿종자가 실용적으로 이용하기 위해서는 실내에서 보인 유용효과들이 포장조건에서도 연결되어야 할 것이다.

이러한 목적으로 Table 1.98~1.106 및 Photo. 1.23~1.25는 실내에서 종자활력에 증진에 효과적이었던 최적 조건의 미생물 처리농도를 설정한 후 첨가방법을 달리하여 BP 발아검정법에 의한 유묘활력과 포장조건에서 묘출현율 및 초기생육에 미치는 효과를 조사한 결과이다.

배추종자에서 최적조건이 설정된 4종의 유용미생물을 처리방법을 달리하여 20°C에서 BP 발아검정법에 의해 시기별 발아세를 조사하였고, 온실에 파종하여 묘출현 및 파종 30일째의 초기생육을 조사하였다(Table 1.98~1.100 및 Photo. 1.23).

Table 1.100. Effect of different kind of microbial and methods on percent emergence, number of leaf, leaf area, fresh weight, dry weight of Chinese cabbage seedlings measured for 30 days in greenhouse.

Microbial	Pelleting methods	Emer. (%)	No. of leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	84.0	13.8	1,050.5	62.0	3.31
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	95.2	12.0	996.3	53.7	2.69
	Only pelleting <sup>x</sup>	96.4	15.6	1,116.6	61.1	3.17
	Untreated <sup>w</sup>	97.6	13.0	1,226.8	53.5	2.84
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	NS	1.6	147.2	NS	0.34
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	86.9	13.8	926.8	53.9	2.90
	Pelleting with microbial	97.6	13.8	931.6	63.2	2.79
	Only pelleting	96.4	15.6	1,116.6	61.1	3.17
	Untreated	97.6	13.0	1,226.8	53.5	2.84
	LSD 0.05	NS	1.5	214.6	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	94.5	13.8	1,031.6	57.2	2.84
	Pelleting with microbial	97.6	13.0	996.6	61.9	2.89
	Only pelleting	96.4	15.6	1,116.6	61.1	3.17
	Untreated	97.6	13.0	1,226.8	53.5	2.84
	LSD 0.05	NS	1.7	NS	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	96.4	15.0	1,031.7	55.4	3.12
	Pelleting with microbial	97.6	14.4	1,103.8	66.0	3.13
	Only pelleting	96.4	15.6	1,116.6	61.1	3.17
	Untreated	97.6	13.0	1,226.8	53.5	2.84
	LSD 0.05	NS	1.5	NS	8.8	NS

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무처리된 배추종자는 발아율이 100% 였으나, 유용미생물인 KACC13087(*Bacillus sp.*), KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp.*) 및 KACC13751(*Bacillus subtilis*) 처리하면 발아율이 약간 감소하였으나 유의성은 있는 수준은 아니었다. 따라서 미생물 처리는 발아율을 향상시키지는 못했다. 그러나 발아 10일째의 유묘생육 비교에서는 유용미생물이 처리된 종자는 미생물의 종류에 따라 다르나 전반적으로 무처리에 비해 유묘생장을 향상시키는 경향이였다.

유용미생물 처리방법에 따라 종자 및 유묘활력에 영향을 받았으며, 전반적으로 펠렛제조 하는 과정중 미생물에 분무하는 것이 좋았다(Table 1.98~1.99 및 Photo. 1.23). 온실의 상토조건에서 유묘생육을 비교한 결과 유용미생물 가운데 KACC13087(*Bacillus sp.*) 처리가 전반적인 유묘생장이 가장 좋았고, 처리방법은 펠렛제조 하는 과정중 미생물에 분무하는 것이 좋았다(Table 1.100).





KACC13087 (*Bacillus sp.*)



KACC13068 *Bacillus thuringiensis*)



KACC13073 (*Bacillus sp.*)



KACC13751 (*Bacillus subtilis*)

SM + P   Pelleting + MB   Only pelleting   Untreated

Photo. 1.23. Effect of different methods microbial on growth of Chinese cabbage seedlings measured for 30 days in greenhouse. Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth. Added microbial during pelleting and only pelleting with diatomaceous earth. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

Table 1.101. Effect of seed pelleting with effect microbial on seed viability of lettuce seeds at 20°C.

Microbial	Pelleting methods	Viability					
		4 days			10 days		
		Normal (%)	Abnor. (%)	Total (%)	Normal (%)	Abnor. (%)	Total (%)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	54.4	0.0	54.4	54.8	0.0	54.8
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	53.3	0.0	53.3	58.2	0.0	58.2
	Only pelleting <sup>x</sup>	57.8	0.0	57.8	66.7	0.0	66.7
	Untreated <sup>w</sup>	61.1	0.0	61.1	67.8	0.0	67.8
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	45.6	1.1	46.7	45.6	1.1	46.7
	Pelleting with microbial	48.3	1.1	49.4	55.6	1.1	56.7
	Only pelleting	57.8	0.0	57.8	66.7	0.0	66.7
	Untreated	61.1	0.0	61.1	67.8	0.0	67.8
	LSD 0.05	NS	NS	NS	8.7	NS	8.7
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	43.6	0.0	43.6	43.6	0.0	43.6
	Pelleting with microbial	56.8	0.0	56.8	56.8	0.0	56.8
	Only pelleting	57.8	0.0	57.8	66.7	0.0	66.7
	Untreated	61.1	0.0	61.1	67.8	0.0	67.8
	LSD 0.05	6.5	NS	7.2	9.0	NS	9.0
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	48.6	0.0	48.6	52.6	0.0	52.6
	Pelleting with microbial	55.3	0.0	55.3	56.4	0.0	56.4
	Only pelleting	57.8	0.0	57.8	66.7	0.0	66.7
	Untreated	61.1	0.0	61.1	67.8	0.0	67.8
	LSD 0.05	7.2	NS	7.2	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

상추종자에서 4종의 유용미생물을 최적 처리조건으로 처리방법을 달리하여 20°C에서 시기별 발아세와 온실에서 묘출현율 및 초기생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.101~1.103 및 Photo. 1.24).

무처리된 상추종자는 발아율이 67.8% 였으나, 유용미생물인 KACC13087(*Bacillus sp.*), KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp.*) 및 KACC13751(*Bacillus subtilis*) 처리하면 발아율이 약간 감소하였으나 유의성은 있는 수준은 아니었다.

Table 1.102. Effect of seed pelleting with effect microbial on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of lettuce seedlings measured for 10 days at 20°C.

Microbial	Pelleting methods	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	10 day old seedling	
				Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	3.1	2.6	0.02	-
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	3.6	2.9	0.03	-
	Only pelleting <sup>x</sup>	3.1	3.2	0.02	-
	Untreated <sup>w</sup>	3.0	3.2	0.02	-
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	NS	NS	NS	-
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	2.4	2.2	0.02	-
	Pelleting with microbial	3.2	2.5	0.03	-
	Only pelleting	3.1	3.2	0.02	-
	Untreated	3.0	3.2	0.02	-
	LSD 0.05	0.5	0.8	NS	-
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	2.3	1.3	0.02	-
	Pelleting with microbial	2.2	2.4	0.03	-
	Only pelleting	3.1	3.2	0.02	-
	Untreated	3.0	3.2	0.02	-
	LSD 0.05	NS	1.7	NS	-
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	2.8	2.4	0.02	-
	Pelleting with microbial	4.1	2.9	0.02	-
	Only pelleting	3.1	3.2	0.02	-
	Untreated	3.0	3.2	0.02	-
	LSD 0.05	0.7	0.7	NS	-

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

따라서 미생물 처리는 발아율을 향상시키지는 못했다. 그러나 발아 10일째의 유묘생육 비교에서는 유용미생물이 처리된 종자는 미생물의 종류 및 처리방법에 따라 다르지만 전반적으로 펠릿제조하는 과정중 미생물을 분무하는 것이 유묘생장에 좋았다.

온실의 상토조건에서 유묘생육을 비교한 결과 유용미생물 가운데 KACC13068(*Bacillus thuringiensis*) 처리가 전반적인 유묘생장이 가장 좋았고, 처리방법은 미생물에 침지 후 펠릿하는 것이 좋았다(Table 1.103).

Table 1.103. Effect of different kind of microbial and methods on number of leaf, leaf area, fresh weight, dry weight of lettuce seedlings measured for 30 days in greenhouse.

Microbial	Pelleting methods	Emer. (%)	No. of leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	39.3	13.6	971.2	45.5	1.96
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	64.4	15.8	1,024.7	52.2	2.09
	Only pelleting <sup>x</sup>	30.2	15.2	1,200.3	50.1	2.19
	Untreated <sup>w</sup>	41.7	15.0	1,212.2	49.4	2.46
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	14.9	NS	NS	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	36.7	14.8	1,063.8	46.0	2.17
	Pelleting with microbial	83.3	14.8	1,343.8	55.8	2.34
	Only pelleting	30.2	15.2	1,200.3	50.1	2.19
	Untreated	41.7	15.0	1,212.2	49.4	2.46
	LSD 0.05	10.3	NS	194.0	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	32.1	13.8	1,014.8	48.8	2.08
	Pelleting with microbial	43.8	15.4	1,285.8	56.3	2.45
	Only pelleting	30.2	15.2	1,200.3	50.1	2.19
	Untreated	41.7	15.0	1,212.2	49.4	2.46
	LSD 0.05	9.5	NS	NS	8.7	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	41.4	13.8	1,230.3	56.5	2.10
	Pelleting with microbial	71.2	15.4	1,307.6	53.4	2.40
	Only pelleting	30.2	15.2	1,200.3	50.1	2.19
	Untreated	41.7	15.0	1,212.2	49.4	2.46
	LSD 0.05	15.4	NS	232.3	NS	NS

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



KACC13087 (*Bacillus sp.*)



KACC13068 *Bacillus thuringiensis*)



KACC13073 (*Bacillus sp.*)



KACC13751 (*Bacillus subtilis*)

**SM + P   Pelleting + MB   Only pelleting   Untreated**

Photo. 1.24. Effect of different methods microbial on growth of lettuce seedlings measured for 30 days in greenhouse. days. Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth. Added microbial during pelleting and only pelleting with diatomaceous earth. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

Table 1.104. Effect of seed pelleting with effect microbial on seed viability of radish seeds at 20°C.

Microbial	Pelleting methods	Viability					
		4 days			10 days		
		Normal (%)	Abnor. (%)	Total (%)	Normal (%)	Abnor. (%)	Total (%)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	10.0	0.0	10.0	10.0	4.4	14.4
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	62.2	2.2	64.4	62.2	4.4	66.7
	Only pelleting <sup>x</sup>	72.2	1.1	73.3	68.9	17.8	86.7
	Untreated <sup>w</sup>	73.3	16.7	90.0	73.3	16.7	90.0
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	15.9	5.1	16.4	16.6	8.9	14.8
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	65.6	0.0	65.6	66.7	1.1	67.8
	Pelleting with microbial	68.9	1.1	70.0	74.4	8.9	83.3
	Only pelleting	72.2	1.1	73.3	68.9	17.8	86.7
	Untreated	73.3	16.7	90.0	73.3	16.7	90.0
	LSD 0.05	NS	4.1	NS	NS	NS	13.1
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	22.2	0.0	22.2	22.2	3.3	25.6
	Pelleting with microbial	37.8	1.1	38.9	44.4	2.2	46.7
	Only pelleting	72.2	1.1	73.3	68.9	17.8	86.7
	Untreated	73.3	16.7	90.0	73.3	16.7	90.0
	LSD 0.05	12.6	4.1	12.4	14.7	8.1	13.5
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	7.8	0.0	7.8	7.8	0.0	7.8
	Pelleting with microbial	60.0	2.2	62.2	61.1	4.4	65.6
	Only pelleting	72.2	1.1	73.3	68.9	17.8	86.7
	Untreated	73.3	16.7	90.0	73.3	16.7	90.0
	LSD 0.05	12.4	5.1	12.8	13.3	8.1	12.0

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

무종자에서 4종의 유용미생물을 최적 처리조건으로 처리방법을 달리하여 20°C에서 시기별 발아세와 온실에서 묘출현을 및 초기생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.104~1.106 및 Photo. 1.25).

무처리된 무종자는 발아율이 90.0% 였으나, 유용미생물인 KACC13087(*Bacillus sp.*), KACC13068(*Bacillus thuringiensis*), KACC13073(*Bacillus sp.*) 및 KACC13751(*Bacillus subtilis*) 처리하면 발아율이 약간 감소하였다. 발아세 감소는 정도는 미생물 처리방법에 따라 차이가 있었으며, 전반적으로 미생물을 침지처리 후 펠렛제조한 종자에서 발아율 감소현상이 심하였다. 따라서 무종자에서는 미생물 처리는 발아율을 향상시키지는 못했다.

그러나 발아 10일째의 유묘생육 비교에서는 유용미생물이 처리된 종자는 미생물의 종류에 따라 다르나 전반적으로 미생물이 처리된 펠렛종자는 무처리에 비해 유묘생장을 향상시키는 경향이였다.

Table 1.105. Effect of seed pelleting with effect microbial on hypocotyl length, root length, fresh and dry weight of radish seedlings measured for 10 days at 20°C.

Microbial	Pelleting methods	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	10 day old seedling	
				Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	10.0	11.5	0.27	0.01
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	12.2	14.3	0.24	0.01
	Only pelleting <sup>x</sup>	11.9	13.2	0.18	0.01
	Untreated <sup>w</sup>	10.2	12.4	0.26	0.01
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	NS	NS	NS	NS
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	10.1	11.2	0.19	0.01
	Pelleting with microbial	11.5	13.6	0.22	0.02
	Only pelleting	11.9	13.2	0.18	0.01
	Untreated	10.2	12.4	0.26	0.01
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	11.3	11.6	0.22	0.01
	Pelleting with microbial	8.3	11.2	0.21	0.01
	Only pelleting	11.9	13.2	0.18	0.01
	Untreated	10.2	12.4	0.26	0.01
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	8.2	10.8	0.17	0.01
	Pelleting with microbial	11.5	10.9	0.21	0.01
	Only pelleting	11.9	13.2	0.18	0.01
	Untreated	10.2	12.4	0.26	0.01
	LSD 0.05	NS	2.4	NS	NS

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

또한 온실의 상토조건에서 묘출현율과 유묘생육을 비교한 결과 실내의 BP 종자검정법에서와 동일하게 미생물 처리에 의해 묘출현율이 감소되었다. 그러나 유묘생육은 미생물에 처리에 의해 촉진되는 경향이었으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 미생물 처리방법은 펠렛공정중에 미생물에 분무하는 것이 좋았다(Table 1.104). 유용미생물을 이용한 펠렛종자는 종자내에 미생물의 생존이 종자처리의 성패를 좌우하는 요인이 된다. 가장 보편적으로 유용미생물을 처리하는 방법은 종자표면에 미생물을 도포하는 방법인데, 이를 경우 유용미생물이 종자표면에 접촉성이 떨어지게 된다. 따라서 접착제에 미생물을 첨가하여 펠렛공정중에 분무하면 접착력을 향상시킬 수 있었다. 다른 접종방법으로는 종자에 진공 또는 압력에 의해 미생물을 강제로 주입할 수 있으나 이는 미생물이 생존하는데 불량환경이 될 수 있다.

본 연구에서는 종자를 유용미생물에 침지한 후 펠렛하는 것보다는 펠렛공정중에 접착제 용액에 미생물을 첨가하여 분무하는 것이 효과적이었다.



KACC13087 (*Bacillus sp.*)



KACC13068 *Bacillus thuringiensis*)



KACC13073 (*Bacillus sp.*)



KACC13751 (*Bacillus subtilis*)

**SM + P    Pelleting + MB    Only pelleting    Untreated**

Photo. 1.25. Effect of different methods microbial on growth of radish seedlings measured for 30 days in greenhouse. Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth. Added microbial during pelleting and only pelleting with diatomaceous earth. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.



Table 1.106. Effect of different kind of microbial and methods on number of leaf, leaf area, fresh weight, dry weight of radish seedlings measured for 30 days in greenhouse.

Microbial	Pelleting methods	Emer. (%)	No. of leaf	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
KACC13087 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting <sup>z</sup>	66.7	11.0	659.8	50.9	2.84
	Pelleting with microbial <sup>y</sup>	59.5	10.8	592.8	40.6	2.36
	Only pelleting <sup>x</sup>	59.5	11.0	605.9	45.8	2.72
	Untreated <sup>w</sup>	83.3	11.4	479.3	36.9	1.98
	LSD 0.05 <sup>v</sup>	16.9	NS	NS	NS	0.81
KACC13068 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	Microbial soaking + pelleting	12.4	12.0	560.5	45.8	2.58
	Pelleting with microbial	61.9	11.2	602.8	41.8	2.37
	Only pelleting	59.5	11.0	605.9	45.8	2.72
	Untreated	83.3	11.4	479.3	36.9	1.98
	LSD 0.05	18.2	NS	NS	NS	0.58
KACC13073 ( <i>Bacillus sp.</i> )	Microbial soaking + pelleting	18.3	10.9	595.3	39.2	2.21
	Pelleting with microbial	45.2	12.2	648.2	47.0	2.62
	Only pelleting	59.5	11.0	605.9	45.8	2.72
	Untreated	83.3	11.4	479.3	36.9	1.98
	LSD 0.05	21.9	NS	NS	NS	NS
KACC13751 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	Microbial soaking + pelleting	17.1	11.6	560.0	51.8	2.79
	Pelleting with microbial	75.0	11.2	644.1	48.6	2.82
	Only pelleting	59.5	11.0	605.9	45.8	2.72
	Untreated	83.3	11.4	479.3	36.9	1.98
	LSD 0.05	18.9	NS	NS	NS	0.78

<sup>z</sup> Soaking seeds in microbial culture solution for 24 hrs at 30°C and then seed pelleting with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Added microbial during pelleting with diatomaceous earth.

<sup>x</sup> Only pelleting with diatomaceous earth.

<sup>w</sup> Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>v</sup> Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

### (3) 유용미생물 처리된 펠렛종자의 시기별 미생물 생존율 검정

유용미생물을 이용한 펠렛종자는 종자내에 미생물의 생존이 종자처리의 성패를 좌우하는 요인이 된다. 펠렛종자에 첨가된 유용미생물이 생존하기 위해서는 길항미생물과의 경쟁과 종자에서 용출되는 독성물질로부터 보호가 필요하다. 또한 종자 펠렛에 이용되는 유용미생물은 건조에 대한 저항성이 있어야만 실용화 될 수 있다. 이와 아울러 펠레종자에 첨가된 미생물이 장기간 종자내에서 생존하여야만 처리효율을 극대화시킬 수 있다.

이러한 목적으로 미생물로 펠렛된 종자의 미생물 생존율을 조사하고자 펠렛직후 부터 6주 까지 1주일 단위로 생존율을 조사하였다(Fig. 1.45~1.47). 배추종자에서 미생물로 펠렛된 종자는 미생물의 종류에 따라 생존율에는 차이가 있었는데, KACC13087 (*Bacillus sp.*)는 펠렛직후 240 cfu/ml 였으나, 1주일 후에는 미생물 개체수가 38,000cfu/ml로 증가하였다가 완만하게 감소하였다. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)는 펠렛제조한 후 1주일 경과하면 개체수가 증가하다가 저장 2주후에는 급격하게 개체수가 감소하였고, 그 후로는 증가속도가 완만하다가 저장 6주후에는 18,000 cfu/ml 개체수를 나타내었다. KACC13073 (*Bacillus sp.*)은 펠렛제조 직후 37,000

cfu/ml 였으나, 저장 6주후에도 37,000 cfu/ml 개체수를 유지하였다. 반면 KACC13751(*Bacillus subtilis*) 펠릿제조 직후 미생물 개체수가 900 cfu/ml 였으나, 저장 6주후에도 10,000 cfu/ml로 개체수가 오히려 증가하였다.

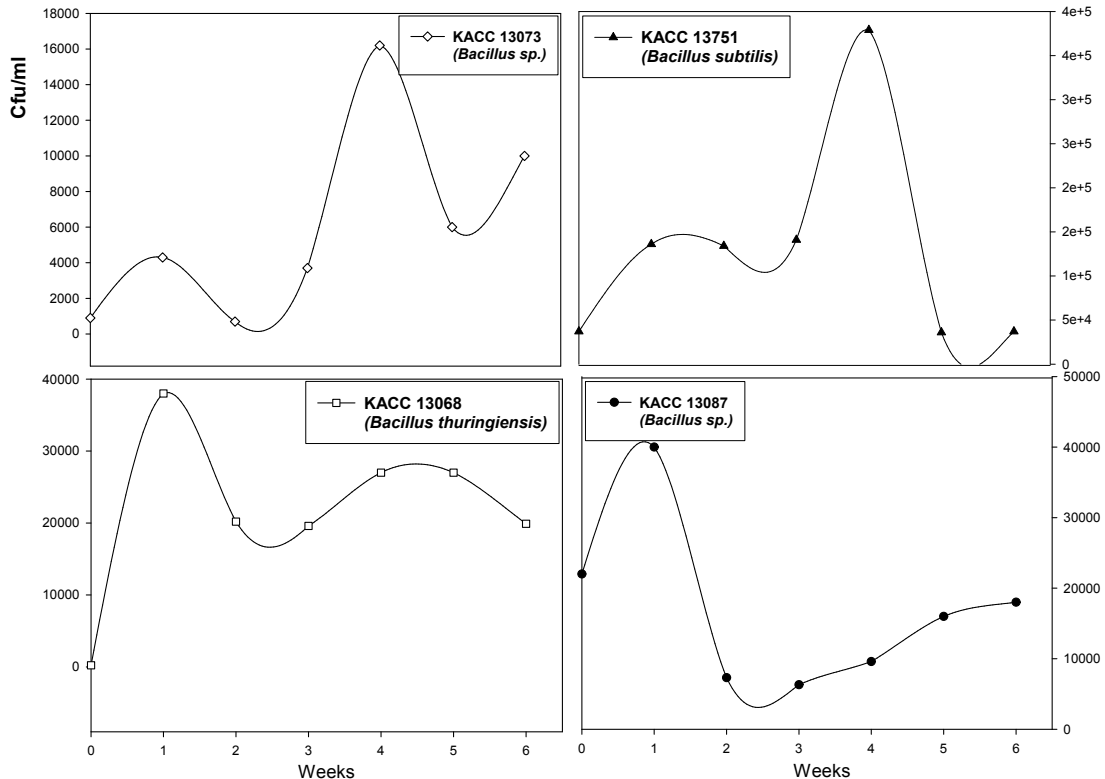


Fig. 1.45. Effect of storage periods after microbial seed pelleting on microbial survival of pelleted Chinese cabbage seeds.

상추종자에서 미생물로 펠릿된 종자는 미생물의 종류 및 펠릿종자 저장기간에 따라 생존율에는 차이가 있었다. KACC13087(*Bacillus sp.*)는 펠릿직후 보다는 저장기간이 경과하면서 미생물 개체수가 증가하였고, 저장 6주 후에는 9,900cfu/m의 미생물 개체수를 보였다. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)는 펠릿제조 직후부터 개체수가 감소하다가 저장 5주부터 증가하여 저장 6주후에는 15,000 cfu/ml 개체수를 나타내었다. KACC13073(*Bacillus sp.*)은 펠릿제조 직후 26,000 cfu/ml 였으나, 저장 6주후에도 16,000 cfu/ml 미생물 개체수가 감소하였다. 반면 KACC13751(*Bacillus subtilis*) 펠릿제조 직후 미생물 개체수가 100 cfu/ml 였으나, 저장 6주후에는 7,100 cfu/ml로 개체수가 오히려 증가하였다.

무종자에서 미생물로 펠릿된 종자의 미생물 생존율은 저장기간에 따라 차이가 있었다. KACC13087(*Bacillus sp.*)는 펠릿직후 보다는 저장기간이 경과하면서 미생물 개체수가 증가하였고, 저장 5주 후에는 10,000cfu/m의 미생물 개체수를 보였다. KACC13068(*Bacillus thuringiensis*)는 펠릿제조 직후부터 개체수가 감소하다가 저장 1주 후부터 지속적으로 증가하여 저장 6주후에는 18,000 cfu/ml 개체수를 나타내었다.

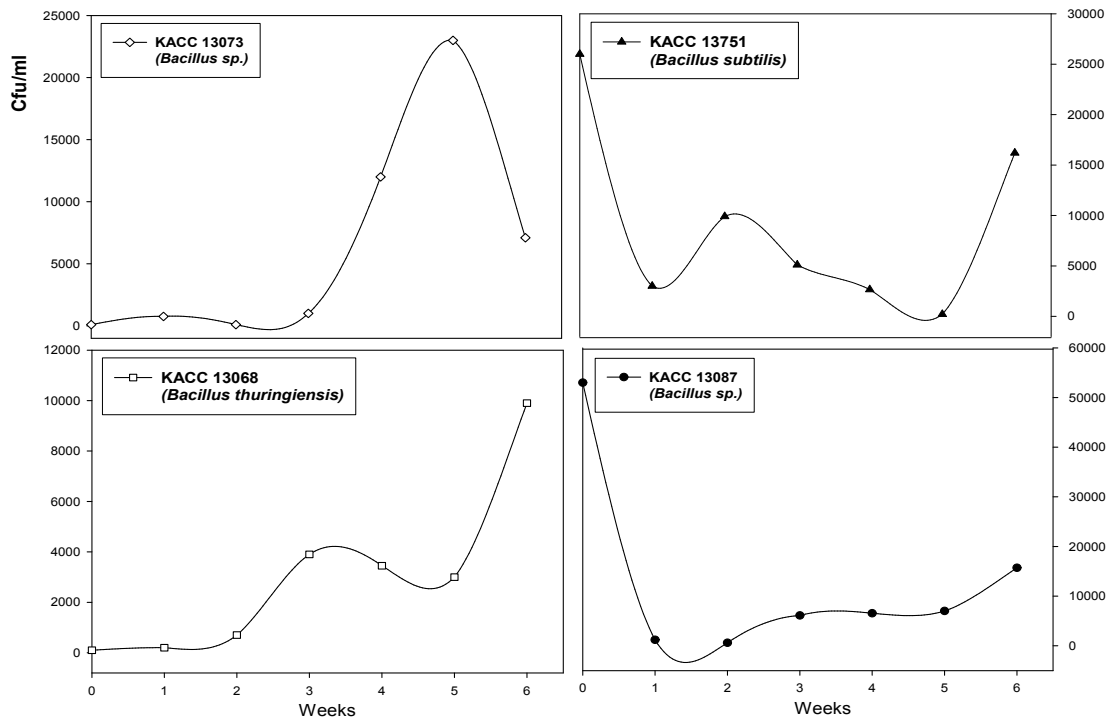


Fig. 1.46. Effect of storage periods after microbial seed pelleting on microbial survival of pelleted lettuce seeds.

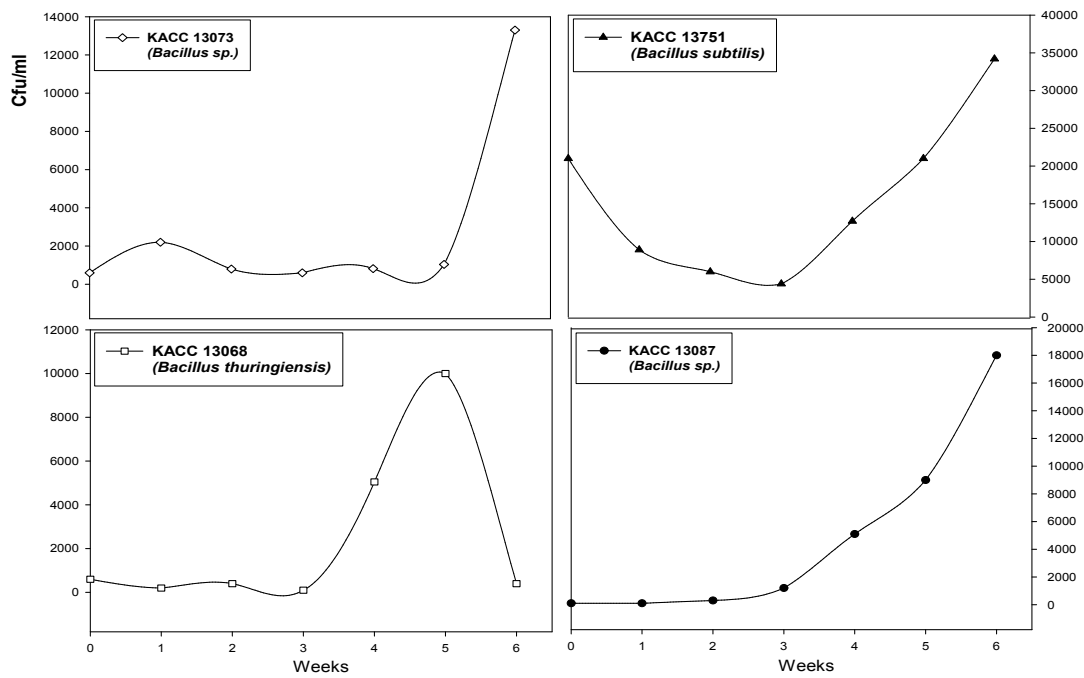


Fig. 1.47. Effect of storage periods after microbial seed pelleting on microbial survival of pelleted radish seeds.

KACC13073(*Bacillus sp.*)은 펠렛제조 직후 26,000 cfu/ml 였으나, 저장 6주후에도 32,000 cfu/ml 높은 밀도의 미생물 개체수를 보였다. 반면 KACC13751(*Bacillus subtilis*) 펠렛제조 직후 미생물 개체수가 600 cfu/ml 였으나, 저장 6주 후에는 13,300 cfu/ml로 개체수가 오히려 증가하였다.

## 8. 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술

### 가. 연구목적

우리나라의 기후변화는 지난 100년(1912~2008)에 비해 평균 기온이 1.7°C 상승하여 전 지구 평균 기온상승(0.74±0.03°C)보다 높으며, 강수량은 19% 증가한 것으로 나타났다. 지구온난화에 따라 고온과 관련된 기후지수 발생빈도가 증가하고, 저온과 관련된 기후지수는 감소하는 양상을 나타내고 있다. 특히 호우 일수 발생 빈도 증가로 재해 피해가 증가하고 있다.

미래에는 홍수와 가뭄 등 기상재해 현상이 빈번해지고 강도가 커질 것으로 예상되고 있다. 이러한 기후변화는 작물의 생육시기와 생육특성에 영향을 미침으로써 농작물의 생산성에 변화를 야기할 것이다. 따라서 기후변화에 따른 기상재해 및 생태계 변화와 대응할 수 있는 내재해성 강해진 품종개발과 아울러 불량환경에서도 높은 발아율을 보유한 종자가 요구된다.

펠렛종자는 종자 주위에 여러 가지 활성물질 첨가가 용이하여 발아 미세환경을 개선시킬 수 있는 이점이 있다. 과중된 종자는 자연조건에 따라 건조에서 과습까지 넓은 수분 범위를 가지게 된다. 선진외국에서는 종자가 과중될 장소가 과습 토양이나, 건조 토양이나에 따라 피복물질을 달리한 펠렛종자가 시판되고 있다.

수화형 펠렛종자는 수분흡수력이 높은 피복물질로 펠렛한 것이며, 소수형 펠렛종자는 저온침윤장해에 민감한 종자에서 수분흡수를 지연시킬 목적으로 소수형 피복물질로 펠렛제조한 것이다. 따라서 수화형 펠렛종자는 건조토양에서, 소수형 코팅종자는 과습토양에서 임묘율을 향상시킬 수 있다.

본 연구는 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 펠렛한 종자를 토양함수량이 다른 상토에 과중하여 유묘출현율과 초기생육을 검정하기 위해 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

채소종자는 토양의 수분환경에 의해 묘출현이 달라질 수 있다. 수분보유력이 각기 다른 펠렛 피복물질로 펠렛된 종자의 출현율과 초기생육을 검정하기 위해 사용된 채소종자는 배추(‘월동황제배추’, 현대종묘), 상추(‘열강적치마’, 현대종묘), 무(‘진광무’, 현대종묘) 종자였다.

종자펠렛 피복물질중 수분보유력이 높았던 benonite(중량의 97% 수분보유), diatomaceous earth(중량의 87% 수분보유) 및 수분보유력이 낮았던 calcium carbonate(중량의 32% 수분보유)로 펠렛팅하였다. 실험에 사용된 상토는 바로크(서울바이오)였다. 토양의 함수량은 2ℓ의 포트에 상토 500g을 넣고 함수량을 각각 60% 및 80%로 조절한 다음 펠렛종자를 과중하여 묘출현율과 30일 생육한 유묘의 생육을 조사하였다. 묘출현과 초기생육 검정시험은 20°C로 온도제어된 부산대학교 첨단온실에서 수행되었다. 과중 후 상토의 함수량 조절은 1일 간격으로 포트 무게를 측정하여 부족분의 수분을 공급

하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

Table 1.107~1.108은 배추, 상추 및 무종자를 수분보유력이 다른 피복물질로 펠렛한 다음 토양함수율을 60%와 80%로 조절된 상토에 파종하여 묘출현율과 초기생육을 조사한 결과이다. 배추에서 묘출현율은 펠렛 피복물질에 따라 차이가 있었다. 토양함수량이 60%인 조건에 파종된 무처리 종자의 출현율은 98.8%였고, bentonite, diatomaceous earth 및 calcium carbonate로 펠렛된 종자는 무처리 종자보다 낮은 97.3%, 96.4% 및 87.8%의 묘출현율을 보였다. 출현속도 또한 펠렛 피복물질에 따라 차이를 보였다. 무처리 종자의  $T_{50}$ 은 2.3일이 소요되었으나, bentonite로 펠렛된 종자는 무처리 종자에 비해 1.4일, diatomaceous earth로 펠렛된 종자는 1.0일, calcium carbonate로 펠렛된 종자는 1.8일이 지연되었다. 이처럼 펠렛종자는 무처리 종자에 비해 전반적으로 묘출현율이 약간 감소하였고, 출현속도도 지연되었다.

그러나 수분보유력이 높은 피복물질인 bentonite로 펠렛된 종자는 calcium carbonate로 펠렛된 종자보다는 출현율이 높았고 출현속도도 빨랐다. 그러나 30일간 생육시킨 유묘의 생체중과 건물중은 무처리 종자와 펠렛종자간에 큰 차이는 없었다. 따라서 건조토양에서는 수분보유력이 높은 피복물질로 펠렛하는 것이 좋았다.

80% 토양함수량에서 파종된 무처리 종자의 출현율은 99.2%였다. 펠렛종자의 출현율은 무처리 종자보다 낮았고, 또한  $T_{50}$ 은 1.3~2.2일이 지연되었다. Bentonite로 펠렛된 종자는 60% 토양함수량 조건보다 낮은 묘출현율이 낮았고 출현속도는 지연되었다. 또한 초기생육도 60% 토양함수량 조건보다는 낮은 경향이었다. 반면 diatomaceous earth로 펠렛된 종자는 60%와 80% 토양함수량 조건에서 다른 피복물질로 펠렛된 종자에 비해 묘출현율도 높았고, 출현속도도 빨랐다. 이와 함께 유묘생육도 dfms 피복물질로 펠렛된 종자에 비해 높았으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 diatomaceous earth로 펠렛된 종자는 토양함수량 조건에 관계없이 높은 출현율과 빠른 출현속도를 보여 환경내성이 강화된 펠렛피복 물질로 판단되었다.

Table 1.108은 상추종자를 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 펠렛된 종자의 묘출현율과 출현속도 및 초기생육을 조사한 결과이다. 전반적인 경향은 배추와 유사하였다. 펠렛 피복물질에 관계없이 펠렛된 종자는 무처리 종자에 비해 출현율이 감소되었고, 출현속도는 지연되었다.

토양함수량이 60% 조건에서는 bentonite와 diatomaceous earth로 펠렛된 종자가 calcium carbonate로 펠렛된 종자에 비해 묘출현율이 높았다. 그러나 토양함수량이 80% 조건에서는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 펠렛된 종자들이 bentonite로 펠렛된 종자보다 높은 출현율을 보였으며, 출현속도도 빨랐다. 그러나 유묘의 초기생육은 무처리와 펠렛 피복물질을 달리한 펠렛종자 상호간에 유의적인 차이는 없었다. 전반적으로 상추의 입묘형성과 생육에는 토양함수량을 80%를 유지하는 것이 60% 함수량보다 묘출현율이 높았고 초기생육도 향상되는 경향을 보였다.

Table 1.109은 무종자를 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 펠렛된 종자의 묘출현율과 출현속도 및 초기생육을 조사한 결과이다. 전반적인 경향은 배추, 상추와 유사하였다. 토양함수량이

60% 조건에서는 bentonite와 diatomaceous earth로 펠렛된 종자가 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 묘출현율이 높았다. 그러나 토양함수량이 80% 조건에서는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 펠렛된 종자들이 bentonite로 펠렛된 종자보다 출현율이 높았다. 그러나 유묘의 초기생육은 무처리와 펠렛 피복물질을 달리한 펠렛종자 상호간에 유의적인 차이는 없었다.

이상의 결과에서 펠렛종자는 파종 장소가 과습 또는 건조토양 조건에 따라 펠렛 피복물질을 달리 해야 될 것으로 판단된다. 전반적으로 diatomaceous earth로 펠렛된 종자는 토양함수량에 관계없이 높은 묘출현율을 보여 종자업체에서 산업화 할 수 있는 적정 펠렛 피복물질이었다. 재배자들은 건조토양에서는 bentonite로 펠렛된 종자를 과습토양에서는 calcium carbonate로 펠렛된 종자를 선택적으로 이용하면 입묘율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1.107. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence( $T_{50}$ ) and plant dry weight of pelleted Chinese cabbage seeds as influenced by three pelleting particulate materials in greenhouse.

Pelleting particulate materials	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	Growth <sup>z</sup>	
			FW (g/plant)	DW (g/plant)
<i>Soil moisture content 60%</i>				
Bentonite	97.3	3.7	57.8	2.98
Diatomaceous earth	96.4	3.3	59.3	3.12
Calcium carbonate	87.8	4.1	56.4	2.78
Untreated	98.8	2.3	58.4	3.15
LSD (0.05) <sup>y</sup>	4.6	0.3	NS	NS
<i>Soil moisture content 80%</i>				
Bentonite	86.4	4.3	57.2	2.88
Diatomaceous earth	97.2	3.4	61.4	3.15
Calcium carbonate	96.4	3.7	57.6	2.97
Untreated	99.2	2.1	59.6	3.18
LSD (0.05)	7.3	0.3	NS	NS

<sup>z</sup> Determinated 30 days after sowing

<sup>y</sup> Means in columns within each soil water content are separated at  $P=0.05$ .

Table 1.108. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence( $T_{50}$ ) and plant dry weight of pelleted lettuce seeds as influenced by three pelleting particulate materials in greenhouse.

Pelleting particulate materials	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	Growth <sup>z</sup>	
			FW (g/plant)	DW (g/plant)
<i>Soil moisture content 60%</i>				
Bentonite	83.6	4.6	50.4	2.11
Diatomaceous earth	84.4	3.8	51.2	2.33
Calcium carbonate	76.4	4.8	48.6	2.07
Untreated	86.8	2.8	50.9	2.21
LSD (0.05) <sup>y</sup>	5.2	0.5	NS	NS
<i>Soil moisture content 80%</i>				
Bentonite	74.2	4.9	49.1	2.12
Diatomaceous earth	85.2	3.6	51.4	2.38
Calcium carbonate	82.6	4.1	50.4	2.19
Untreated	87.4	2.6	51.8	2.32
LSD (0.05)	6.5	0.4	NS	NS

<sup>z</sup> Determinated 30 days after sowing

<sup>y</sup> Means in columns within each soil water content are separated at  $P=0.05$ .

Table 1.109. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence( $T_{50}$ ) and plant dry weight of pelleted radish seeds as influenced by three pelleting particulate materials in greenhouse.

Pelleting particulate materials	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	Growth <sup>z</sup>	
			FW (g/plant)	DW (g/plant)
<i>Soil moisture content 60%</i>				
Bentonite	90.6	3.8	42.1	2.80
Diatomaceous earth	92.4	3.6	44.1	2.96
Calcium carbonate	88.8	4.2	42.8	2.72
Untreated	95.8	2.6	43.8	2.84
LSD (0.05) <sup>y</sup>	4.4	0.3	NS	NS
<i>Soil moisture content 80%</i>				
Bentonite	84.6	4.5	41.4	2.76
Diatomaceous earth	94.2	3.3	45.2	2.92
Calcium carbonate	90.7	3.5	43.8	2.79
Untreated	96.8	2.2	44.6	2.88
LSD (0.05)	6.0	0.4	NS	NS

<sup>z</sup> Determinated 30 days after sowing

<sup>y</sup> Means in columns within each soil water content are separated at  $P=0.05$ .

## 9. 칼라펠렛 기술 생산기술

### 가. 연구목적

펠렛종자는 부족한 노동력 문제를 완화시킬 수 있는 기계화 및 생력화를 향상시킬 수 있는 대안이지만 다양한 재배조건과 우리나라의 주요 작물에 널리 이용될 수 있는 효율적인 방법이 개발되어 있지 않는 실정이다. 특히 미세한 채소종자의 경우 직파재배와 기계화 파종을 위해서는 펠렛 처리가 전제되어야 한다. 또한 고품질 펠렛종자를 생산하기 위해서는 펠렛내에 성장조절물질, 영양물질 및 유용미생물 및 생물학적 방제를 위한 길항균 등과의 혼용처리에 대한 기초연구가 확립되어야 한다.

착색된 펠렛종자는 화훼종자의 경우 꽃의 색깔, 채소종자에서는 소독처리를 상징한다. 또한 착색된 펠렛종자는 품종간 구별과 파종된 위치를 쉽게 식별할 수 있는 장점이 있다. 또한 칼라 펠렛종자는 외관상 보기가 좋아 부가가치를 창출할 수 있다. 따라서 본 연구는 고품질의 칼라 펠렛종자를 생산하기 착색제를 처리하여 이들 착색제들이 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다.

## 나. 재료 및 방법

칼라착색제 개발을 위해 사용된 채소종자는 배추(‘월동황제배추’, 현대종묘), 상추(‘열강적치마’, 현대종묘), 무(‘진광무’, 현대종묘) 종자였다. 펠렛종자의 착색제가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 사용된 색소는 수용성 페인트 색소로 Red, Red Brown, Yellow, Brown yellow, Bright green, Bright blue, Black 및 Purple(노루페인트 칼라믹스) 등을 포함한 6 종류였고, 이들 농도는 0.1% 였다. 이들 착색제를 접착제(PVA 1%) 용액에 참가하여 펠렛공정 최종단계에 이를 분무하여 칼라 펠렛종자를 완성하였다. 이때 사용된 펠렛 피복물질은 talc + kaoline(1:1 v/v)를 혼합한 피복물질이었다. 칼라 펠렛종자의 발아율 조사는 20℃에서 실시되었다.

## 다. 결과 및 고찰

나종자에 대한 펠렛종자의 중량 배율이 펠렛 배율인데, 펠렛배율이 낮으면 직경이 작은 펠렛종자가 생산된다. 직경이 작은 펠렛종자는 발아는 빠르나, 경도가 낮아 수송이나 파종작업중에 펠렛층이 파열되기 쉽다. 그러나 펠렛배율이 높고 경도가 강해지면 발아율이 저하되고 발아속도는 지연된다.

따라서 작물에 따라 외형이 우수하고 일정 경도를 유지한 적정 펠렛직경을 설정하는 것이 중요하다. Fig. 1.48~1.50.은 펠렛종자가 완성되까지 소요시간과 크기를 변화를 나타낸 것이다.

배추는 펠렛종자를 완성하기까지 대략 30분 정도가 소요되며 나종자의 종단 및 횡단직경이 1.63 x 1.71mm 였으나 펠렛종자를 완성한 후에는 펠렛종자의 직경이 3.48 x 3.66mm로 증가하였다. 상추종자는 펠렛종자를 완성하기까지 대략 60분 정도가 소요되며, 나종자의 종단 및 횡단직경이 1.19 x 3.87mm 였으나 펠렛종자를 완성한 후에는 펠렛종자의 직경이 2.93 x 4.60mm로 직경이 증가하였다.

무종자는 펠렛종자를 완성하기까지 대략 30분 정도가 소요되며, 나종자의 종단 및 횡단직경이 2.59 x 3.49mm 였으나 펠렛종자를 완성한 후에는 펠렛종자의 직경이 5.20 x 5.60mm로 직경이 증가하였다.



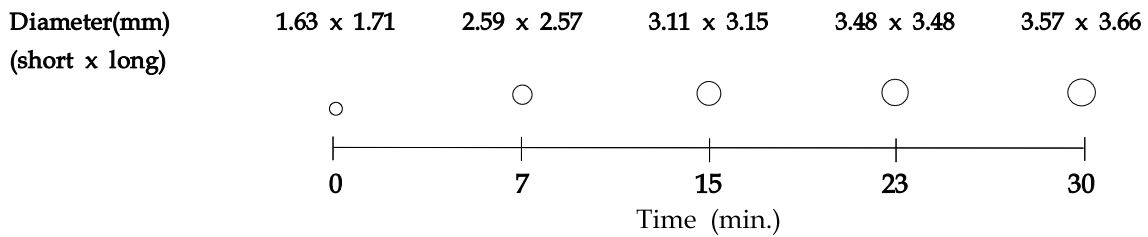


Fig. 1.48. Changes in pelleting size during pelleting processing time of Chinese cabbage seeds.

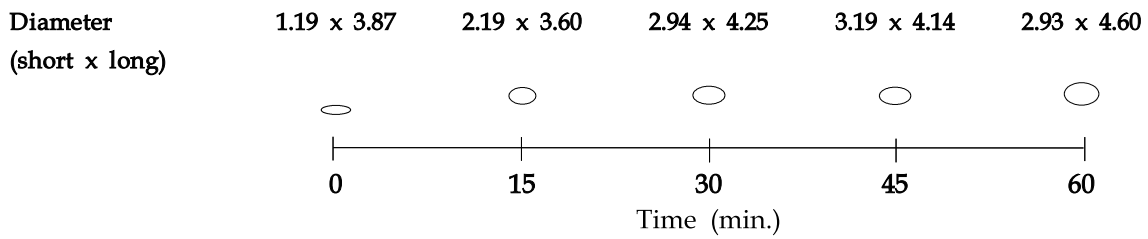


Fig. 1.49. Changes in pelleting size during pelleting processing time of lettuce seeds.

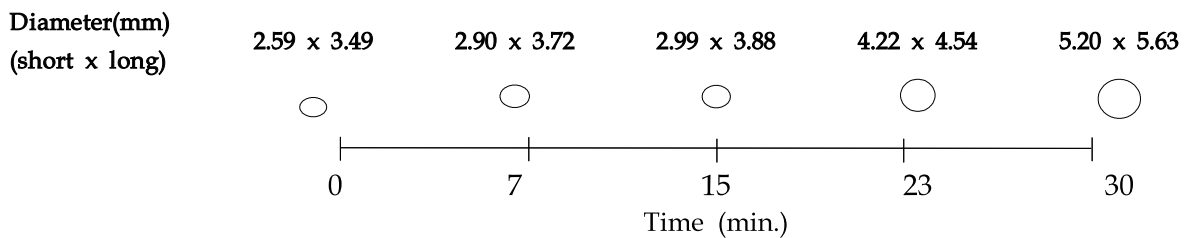


Fig. 1.50. Changes in pelleting size during pelleting processing time of radish seeds.

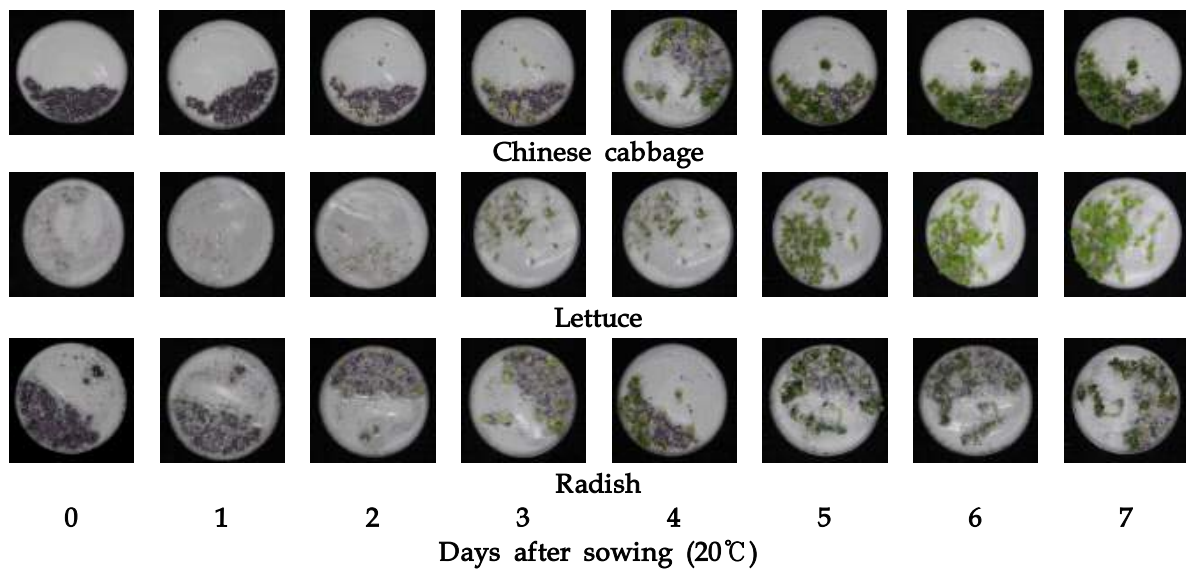


Photo. 1.26 Changes in germination of pelleted vegetable seeds at 20°C.

Table 1. 110. Effect of different kind of pellet colorant on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted Chinese cabbage seeds at 20°C.

Pellet colorant	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Red	98.0	0.6
Red Brown	100.0	0.3
Yellow	97.3	0.8
Brown Yellow	97.3	0.6
Bright Green	98.0	0.6
Bright Blue	98.0	0.5
Black	96.7	0.5
Purple	99.3	0.4
Only coating	96.7	0.4
Control	100.0	0.3
LSD 0.05	NS	0.1

Pelleting colorant at 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with talc + kaoline(1:1 v/v). Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1. 111. Effect of different kind of pellet colorant on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted lettuce seeds at 20°C.

Pellet colorant	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Red	96.7	0.8
Red Brown	94.7	0.8
Yellow	97.3	0.8
Brown Yellow	96.0	0.8
Bright Green	91.3	1.1
Bright Blue	96.0	0.9
Black	93.3	0.9
Purple	96.7	0.9
Only coating	98.7	0.8
Control	94.7	0.8
LSD 0.05	NS	0.1

Pelleting colorant at 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with talc + kaoline(1:1 v/v). Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1. 112. Effect of different kind of pellet colorant on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted lettuce seeds at 20°C.

Pellet colorant	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Red	83.3	1.0
Red Brown	76.7	1.0
Yellow	76.0	1.0
Brown Yellow	79.3	0.9
Bright Green	85.3	0.9
Bright Blue	83.3	1.3
Black	77.3	1.1
Purple	86.7	1.1
Only coating	78.0	1.1
Control	96.7	0.7
LSD 0.05	8.9	NS

Pelleting colorant at 0.1% in binder solution(0.1% PVA) were added to the during seed pelleting processing. Seed pelleting with talc + kaoline(1:1 v/v). Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.



Photo. 1.27. Colors pelleted seeds with different pelleting colorant of Chinese cabbage seed.

칼라 펠렛종자 생산을 위해 사용되는 착색제가 채소 펠렛종자의 발아율과 T<sub>50</sub>에 미치는 영향을 20°C에서 조사하였다(Table 1.110~1.112, Photo 1.27~1.29). 배추 펠렛종자의 발아율은 착색제 종류에 따라 큰 차이는 없었다. 그러나 칼라 펠렛된 종자는 무처리 종자에 비해 발아속도는 약간 지연되었으나 현저하지는 않았다. 상추의 칼라 펠렛종자에서도 발아율은 펠렛 착색제 종류에 따라 큰 차이가 없었다. 또한 발아속도도 무처리에 비해 유의적인 차이는 없었다. 무종자 칼라 펠렛종자의 발아율에는 펠렛 착색제 종류에 따라 큰 차이는 없었으나, 착색제로 펠렛된 종자는 무처리 종자에 비해 발아속도는 약간 지연되었으나 그 효과는 크지 않았다. 따라서 칼라 펠렛제조에 사용되는 착색제 자체는 발아를 크게 억제하지 않았다.

칼라 펠렛종자는 미관효과도 높일 수 있고, 파종위치를 정확하게 식별 수 있는 장점이 있어 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 판단된다.



Photo. 1.28. Colors pelleted seeds with different pelleting colorant of lettuce seed.



Photo. 1.29. Colors pelleted seeds with different pelleting colorant of radish seed.

## 10. 참고문헌

1. Alvarado, A. D., K.J. Bradford, and J. D. Hewitt. 1987. Osmotic priming of tomato seeds: Effects on germination, field emergence, seedling growth, and fruit yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:427-432.
2. Antonov, I., K. Slavov, P. Purvanov and S. Stanchev. 1978. Pelleting of sugar beet seed and of some other crops. *Plant Sci.* 15:120-135.
3. Baxter, L., and L. Waters. 1986. Effect of hydrophilic polymer seed coating on the field performance of sweet corn and cowpea. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:31-34.
4. Baxter, J., L. Waters. 1986. Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the imbibition, respiration and germination of sweet corn at four matric potentials. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:17-20
5. Berrie, A. M. M. and D. S. H. Drennan. 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. *New Phytol.* 70:135-142.
6. Black, R. A. and F. M. Elhadi. 1992. Presowing treatments of acacia senegal seed germination and growth. *Tropical Agriculture.* 69:15-20.
7. Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience.* 21:1105-1112.
8. Bradford, K. J., D. M. May, B. J. Hoyle, Z. S. Skibinski, S. J. Scott, and K. B. Tyler. 1988. Seed and soil treatments to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils. *Crop Sci.* 28:1001-1005.
9. Brocklehurst, P. A. and J. Dearman. 1983. Effect of calcium peroxide as a supplier of oxygen for seed germination and seedling emergence in carrot and onion. *Seed Sci. & Techno.* 11:293-299.
10. Brocklehurst, P. A., W. E. Rankin, and T. H. Thomas. 1983. Stimulation of celery seed germination and seedling growth with combined ethephon, gibberellin and polyethylene glycol seed treatments. *Plant Growth Regulat.* 1:195-202.
11. Bujalski, W., A. W. Nienow, G. M. Petch, R. L. K. Drew, and R. B. Maude. 1992. The process

- engineering of leek seeds: A Feasibility study. *Seed Sci. & Technol.* 20:129-139.
12. Burris, J. S. and D. C. Mecgee. 1991. Seed coating technology. Reserach work at Iowa State University, Seed Science Center, Ames, Iowa 50011.
  13. Canerday, R. 1990. Coating creates nutrient environment. *Seed World*. June. p48-49.
  14. 조정래, 박중춘, 강성모, 최영환, 정연옥, 강점순, 김희규, 정헌재, 신원교, 이도현. 1991. 인공 씨감자 및 채소종자의 coating 가공법 개발. 과학기술처 특정연구개발사업 보고서.
  15. 조정래, 강성모, 정연옥, 강남준, 강점순. 1994. 발아촉진과 입모율 향상을 위한 채소종자의 Priming 및 Coating에 관한 연구. 한국과학재단 핵심전문연구과제 보고서.
  16. 조정래, 강성모, 강남준, 강점순. 1995. 원예작물 일관생산체계를 위한 공장육모시스템 개발. 농촌진흥청 특정연구과제 완결보고서.
  17. 조정래, 강성모, 박창석, 김석현, 강남준, 강점순, 신원교, 노치웅, 황연현, 조강희, 정연옥, 강갑수. 1998. 채소 및 화훼종자의 고품질화 기술개발을 위한 priming 및 coating에 관한 연구. 농림부. 최종 연구보고서.
  18. 조정래, 정연옥. 1994. 원예작물 일관생산체계를 위한 공정육모시스템 개발. 고추종자 Coating에 의한 초기생육 촉진연구. 1993년도 농촌진흥청 특정연구과제 보고서.
  19. Conway. K. E. 1986. Use of fluid drilling gels to deliver biological control agents to soil. *Plant Dis.* 70:835-39
  20. Dadlani, M., V. V. Shenoy and D. V. Seshu. 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. *Seed Sci. & Technol.* 20:307-313.
  21. Davis, T. D., J. E. Ells, and R. H. Walser. 1990. Emergence, growth and freezing tolerance of tomato seedlings grown from uniconazole-treated seeds. *HortScience.* 25:312-313.
  22. Dearman, J., P. A. Brocklehurst, and R.L.K. Drew. 1987. Effects of osmotic priming and ageing on the germination and emergence of carrot and leek seed. *Ann. Appl. Biol.* 111:717-722.
  23. Duan, X., and J. S. Burris. 1995. Effect of pericarp factors on film coated sugar beet germination. Forurth. National Sympo. Stand Establishment of Horticultural Crops. p.51-60.

24. Durrant, M. J., and A. H. Loads. 1986. The effect of pellet structure on the germination and emergence of sugar-beet seed. *Seed Sci. & Technol.*14:343-53
25. Finch-Savage, W. E. and C. J. Cox. 1982. Effects of adding plant nutrients to the gel carrier used for fluid-drilling early carrots. *J. Agr. Sci.* 99:295-303.
26. Ells, J. E. 1963. The influence of treating tomato seed with nutrient solutions on emergence rate and seedling growth. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 83:684-687.
27. Giammichele, L. A., and W. Pill. 1984. Protection of fluid-drilled tomato seedling against damping-off by fungicide incorporation in a gel carrier. *HortScience* 19:877-79
28. Gray, D. and J. R. A. Steckel. 1977. Effects of presowing treatments of seeds on germination and establishment of parsnips. *J. Hort. Sci.* 52:525-534.
29. Haigh, A. M., E. W. R. Barlow, and T. L. Milthorpe. 1986. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:660-665.
30. Halmer, P. 1988. Technical and commercial aspects of seed pelleting and film-coating. In *Application to Seeds and Soil*(ed.). T.J. Martin, pp. 191-204. Thornton Heath/Surrey, England, Bri. Crop. Prot. Counc.
31. Halsey, L. H. and J. M. 1985. White. Influence of raw and coated seed on production of carrots in relation to seeder device. *HortScience.* 15:142-144.
32. Harman, G. E., and A. G. Taylor. 1988. Improved seedling performance by integration of biological control agents at favorable pH levels with solid matrix priming. *Phytopathology.* 78:520-25
33. Herner, R.C. 1986. Germination under cold soil conditions. *HortScience.* .21:1118-1122.
34. Heydecker, W. 1978. Stress and seed germination: An agronomic view, p. 237-282. In: A.A. Khan (ed.). *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination.* Elsevier/North-Holland, Amsterdam.
35. Hwang, W. D. and F. J. M. Sung. 1991. Prevention of soaking injury in edible soybean seed by ethyl cellulose coating. *Seed Sci. & Technol.* 18:269-278.

36. 伊東 正. 1988. シード・プライミング, そ菜種子生産研究會.ハイテクによる野菜の採種. 誠文堂新光社, 日本. p.199-210.
37. Jackson, I. M., S. Roberts, P. Timmins, and H. Sen. 1989. Comparison of laboratory-scale processing techniques in the production of coated pellets. *Pharm. Technol. Intl.* Nov./Dec., p 22-32.
38. Jeffs, K. A. 1978. Seed treatment. Collaborative International pesticides analytical council. pp. 91-101.
39. 정연옥, 조정래. 1994. 토마토 및 고추 종자의 Coating 기술개발에 관한 연구. 한국원예학회지 인쇄 중.
40. 강점순, 조정래. 1996. 수박 종자의 Priming 처리가 발아 및 유묘생장에 미치는 영향. 한국원예학회. 37:12-18.
41. 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 토마토 종자의 Priming과 처리후 발아기간중의 형태학적 변화. 한국원예학회. 37: 206-213.
42. 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 수분 및 염분 Stress 조건에서 토마토 종자의 발아에 미치는 priming 효과. 한국원예학회. 37:616-521.
43. 강점순, 조정래. 1996. 적정 priming 조건이 토마토 종자의 발아와 유묘생장에 미치는 효과. 한국원예학회. 37: 645-652.
44. Kaufman G. 1994. Seed coating: A tool for stand establishments: A stimulus to seed quality. *HortTechnology.* Oct/Dec. 98-102.
45. Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 13: 131-181.
46. Khan, A. A. and A. G. Taylor. 1986. Polyethylene glycol incorporation in table beet seeds pellets to improve emergence and yield in wet soil. *HortScience.* 21:987-989.
47. Kitamura, S., Watanabe, M., and M. Nakazama. 1981. Process for producing coated seed. US Patent 4,250,660
48. Kurosawa, T. 1976. Effect of seed coating with calcium peroxide on seedling stand in the mechanized direct-sowing rice culture on the paddy field. Rpt. Tohoku Br. Crop Sci. Soc. Jpn. 17:42-43.



49. Langan, T. D., J. W. Pendleton and E. S. Oplinger. 1986. Peroxide coated seed emergence in water-saturated soil. *Agron. J.* 78:769-772.
50. Leaver, J. P., and E. H. Roberts. 1984. Peroxides in seed coatings. *Outlook Agric.* 13:147-53
51. Lewes, J. A., and H. C. Papavizas. 1985. Characteristics of alginate pellets formulated with *Trichoderma* and *Gliocladium* and their effects on the proliferation of the fungi in soil. *Plant Pathol.* 34: 571-77
52. Longden, P. C. 1975. Sugar-beet pelleting. *Agr. Dev. & Advisory Sery. Quart. Rev.* 18:73-80.
53. Lowther, W. L. and P. D. Johnstone. 1979. Coating materials for commercial inoculated and coated clover seed. *N.Z.J. Agric. Res.* 22:475-478.
54. Matthews, A. 1981. Evaluation of techniques for germination and vigour studies. *Seed Sci. & Technol.* 9:543-551.
55. Maude, R. B., R. L. K. Drew, D. Gray, G. M. Petch, W. Bujalski, and A. W. Nienow. 1992. Strategies for control of seed borne *Alternaria daugi* (Leaf blight) of carrots in priming and process engineering systems. *Plant Pathology* 41:204-214.
56. Mayberry, K. S. and F. E. Robinson. 1982. Lettuce coatings. *Amer. Veg. Grower* 30:32.
57. Miller, W. F. and C. Sooter. 1967. Improving emergence of pelleted vegetable seed. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 10:658-666.
58. Markey, A. E. 1990. Growers benefit from seed technology. *Amer. Veg. Grower.* 38:14-16.
59. Nakamura, A. and N. Enohara. 1980. Germination improvement of vegetable seeds using polyethylene glycol. I. Eggplant, *Cryptotaenia japonica* and carrot. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 48:443-452.
60. 中村俊一郎, 寺西武夫, 青木美珠代. 1982. ポリエチレングリコール処理によるセルリー及びホウレンソウ種子の発芽促進. *園学雑.* 50:461-467.
61. Nelson, J. M. and G. C. Sharples. 1980. Stimulation of tomato, pepper, and sugarbeet seed germination at low temperature by growth regulators. *J. Seed Technol.* 5:62-68.

62. Perl, M. and Z. Feder. 1981. Improved seedling development of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.) by seed treatment for pregermination activities. *Seed Sci. & Technol.* 9:655-663.
63. Porter, F. E., and H. E. Kaerwer. 1974. Coated seeds and methods .US Patent 3,808,740
64. Powell, A. A., and S. Matthews. 1988. Seed treatments: Developments and prospects. *Outlook Agric.* 17:97-103
65. Pyzik, T. P., and M. D. Orzolek. 1986. The effect of plant growth regulators and other compounds in gel on the emergence and growth of tomato seedling in a cool potting medium. *J. Hortic. Sci.* 61:89-94
66. Robabi. H. 1994. Film-coating of horticultural seed. *HortTechnology.* 4: 104-105.
67. Robinson, F. E. and K. S. Mayberry. 1976. Seed coating, precision planting and sprinkler irrigation for optimum stand establishment. *Agron. J.* 68:694-695.
68. Roos, E. E. and E. D. Moore. 1975. Effect of seed coating on performance of lettuce seeds in greenhouse soil tests. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100:573-576.
69. Sachs, M., Cantliffe, D. J., and T. A. Nell. 1981. Germination studies of clay coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:385-89
70. Sachs, M., Cantliffe, D. J., Nell, T. A. 1982. Germination behavior of sand coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:412-16
71. Sanders, D. C., J. A. Ricotta and L. Hodges. 1990. Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. *HortScience.* 25:181-183.
72. Scott, D., Archie, W. J. 1978. Sulphur, phosphate and molybdenum coating of legume seed. *NZJ. Agric. Res.* 21:643-49
73. Scott, J. M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy* .42:43-83.
74. Scott, J. M., R. S. Jessop, R. J. Steer and G. D. Mclacjlan. 1987. Effect of nutrient seed coating on the emergence of wheat and oat. *Fertilizer Res.* 14:205-217.

75. Sharples, G.C. and J.P. Gentry. 1980. Lettuce emergence from vermiculite seed tablets coating activated carbon and phosphorus. *HortScience* .15:73-75.
76. Silcock, R. G., and F. T. Smith, F. T. 1982. Seed coating and localized application of phosphate for improving seedling growth of grasses in acid, sandy red earths. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 785-802.
77. Smid, A. E. and T. E. Bates. 1971. Response of corn to small amounts of fertilizer placed with the seed : V. Seed coating compared with banding. *Agron. J.* 63:380-384.
78. Sooter, C. A., and W. F. Milier. 1978. The effect of pellet coating on the seedling emergence from lettuce seed. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 21:1034-39
79. Tanne, I. and D. J. Cantliffe. 1989. Seed treatments to improve rate and uniformity of celery seed germination. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 102:319-322.
80. Tarquis, A. M., R. L. A Bruno, G. B. and J. M. Duran. 1995. A geometrical method to quantify seed coating treatments. *Fourth. National Sympo. Stand Establishment of Horticultural Crops.* p.261-268.
81. Taylor, A. G. 1987. Seed coatings to reduce imbibitional chilling injury. *Ann. Rep. Bean Improve. Crop.* 30: 30-31
82. Taylor, A. G. and G. E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28:321-339
83. Taylor, A. G., G. E. Harman, and P. A. Nielsen. 1994. Biological seed treatments using *Trichoderma harzianum* for horticultural crops. *HortTechnogy.* 4: 105-109.
84. Taylor, A. G., Searcy. S. W., Motes, J. E., and L. O. Roth. 1981. Separation, singulation and precision planting of germinated seed. *HortScience.* 16:198-200
85. Taylor, A. G., T. C. Min and C.A. Mallaber. 1991. Seed coating system to upgrade Brassicaceae seed quality by exploiting sinapine leakage. *Seed Sci. & Technol.* 19:423-433.
86. Tonkin, J. H. B. 1979. Pelleting and other presowing treatments. *Adv. Res. Technol. Seeds* 4:84-105
87. Tonkin, J. H. B. 1984. Pelleting and other presowing treatments. *Ave. Res. Technol. Seeds*

9:94-127.

88. Valdes, V. M. and K. J. Bradford. 1987. Effects of seed coating and osmotic priming on the germination of lettuce seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:153-156.
89. Valdes, V. M., K.J. Bradford, and K.S. Mayberry. 1985. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. *HortScience.* 20:1112-1114.
90. Welsh, J. F., K. R. Rooney, and K. L. Johnson. 1995. Physiological and mechanical effects of film coating on seedling emergence and seed plantability. *Forurth. National Sympo. Stand Establishment of Horticultultural Crops.* p.61-68.

## 협동1과제 : 고품질 종자선별 기술개발

### 1. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발

#### 가. 종자 침출액의 아미노산 누출을 이용한 종자의 품질 검정

##### (1) 실험재료 및 방법

##### (가) 종자시료

인위퇴화종자 시험재료는 발아가 비교적 우수한 무 종자 및 배추종자를 각 3품종을 이용하였고 (Table 2.1), 자연퇴화종자는 4℃에서 여러 해 동안 보관되어 자연적으로 퇴화된 무 및 배추종자 각 8품종을 이용하였다(Table 2.2).

Table 2.1. Seed samples for artificially aged radish and cabbage varieties.

No	Genus species	Crop	Cultivar	Year	Source
1	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Gwandongyeoreum		Heungnong
2	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Saessakmoo	2011	Nongwoo
3	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Jangnoksoo		Heungnong
4	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Alpine summer		Heungnong
5	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Bulam plus		Heungnong
6	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Sumo60		Heungnong

Table 2.2. Seed samples for naturally aged radish and cabbage varieties.

No	Genus species	Crop	Cultivar	Year	Source
1	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Sweet Acere		Heungnong
2	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Jangbaekminong	1991	Heungnong
3	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Baekwangmoo	1995	Heungnong
4	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Gwandongyeoreum		
5	<i>R. sativus</i> L.	Radish	R-347	2002	Nongwoobio
6	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Jangnoksoo		
7	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Chungwoonmoo		
8	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Saessakmoo	2011	Nongwoobio
9	<i>B. oleracea var. capitata</i> L.	Cabbage	Dynamic	2002	Nongwoobio
10	<i>B. rapa. ssp. pekinensis</i>	Chinese Cabbage	Norangbom	1995	Heungnong
11	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Sumo60		Heungnong
12	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Bulam No.3	1995	Heungnong
13	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Satnorang	1995	Nongwoobio
14	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Saessakbaechu	2011	Nongwoobio
15	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Jonggabom	1996	Heungnong
16	<i>B. rapa. ssp. pekinensis.</i>	Chinese Cabbage	Hwangbokyeoreum	2003	Nongwoobio

##### (나) 인위퇴화 처리

인위퇴화처리는 종자수분함량을 20%로 조절하고 polyethylene vinyl bag에 넣어 종자를 진공 상태로 밀봉한 후 45℃ 수조에 bag을 담그어 0, 24, 48, 72 시간 둔 후 20℃에서 본래의 무게로 건조하여 사용하였다.

#### (다) 종자침출액 준비

각 품종별 무, 배추종자를 1개의 96 웰플레이트에 88개씩 담고 3반복(3개 플레이트) 총 264개를 담은 후 배추종자에는 증류수 100 $\mu$ L, 무 종자에는 증류수 150 $\mu$ L씩으로 4시간 침지한 침출액을 이용하였다.

#### (라) 닐하이드린 시약

닐하이드린 시약은 에틸렌글라이콜(ethylene glycol, OCI Co., Korea):4N 아세테이트 완충액(sodium acetate buffer pH 5.5, Kanto chemical Co., Japan):스테너스클로라이드( $\text{SnCl}_2$ , Junsei chemical Co., Japan) = 30:10:1 용액에 2%의 닐하이드린(ninhydrin)을 용해하여 제조하였다. 배추 및 무종자의 경우 종자 한 개에 100  $\mu$ L의 닐하이드린 시약이 필요하므로 종자 수에 따라 시약의 양을 조절하여 조제하였다.

#### (마) 닐하이드린 처리방법

종자 침지 후 각 종자에 대하여 종자침출액 50 $\mu$ L를 취하여 닐하이드린 시약 100 $\mu$ L와 혼합 후 80 $^{\circ}$ C 온도에서 30분간 두어 발색하였다. 발색된 plate는 색의 강도에 따라 분류하고 각 색에 속한 종자를 각각 파종하여 정상발아, 비정상발아 및 불 발아로 구분하여 발아와의 관계를 조사하였다.

#### (바) 종자침출액의 흡광도 측정

흡광도 측정은 멀티플레이트 리더기(multiplate reader, Opsys MR, Dynex Technology, Chantilly, VA, USA)에 570nm의 흡광도 필터를 장착하고 96 웰 플레이트를 기계에 넣어 흡광도를 읽었다. 한 개의 96 웰플레이트 중 8개의 홀은 블랭크(blank)로 종자를 넣지 않고 닐하이드린 시약만 넣어서 측정하고, 종자를 침지한 88개의 침출액 시료는 해당 흡광도를 컴퓨터에서 해당 소프트웨어(Revelation Quick Link Software)를 이용하여 읽고, 흡광도에 따라 분류하였다. 인위퇴화 종자 무, 배추, 각각 3품종에 대하여 각 120개 종자를 그리고 자연퇴화종자 무, 배추 각각 8 품종에 대하여 각 품종 당 264개의 종자침출액의 흡광도는 0.000에서 3.500까지 배추는 0.150 간격으로, 무에서는 0.300간격으로 구분하고 각 흡광도 범위에 속하는 종자의 발아를 정상발아, 비정상발아 및 불 발아로 구분하여 조사하였다.

#### (사) 실험과정의 도해

실험과정을 간단히 도해하면 Fig. 2.1과 같다.

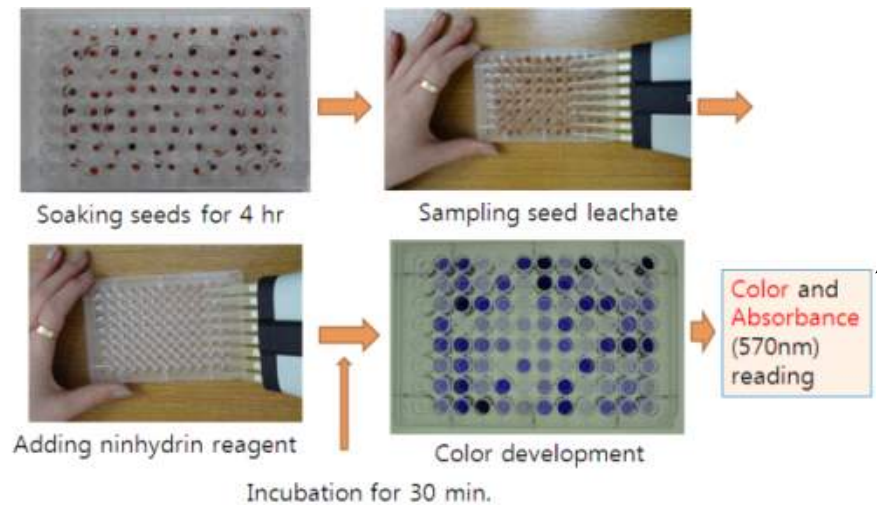


Fig. 2.1. Illustration of color development from ninhydrin method using seed leachate on 96-well plate.

**(아) 발아율 예측을 위한 확률 계산**

발아율 예측을 위하여 발아확률, 불발아확률의 2가지 확률을 구하기 위해 로지스틱 회귀모형을 이용하였다.

**(2) 결과 및 고찰**

**(가) 인위퇴화 종자 아미노산 누출과 발아와의 관계**

① 종자침출액의 아미노산 검정

0, 24, 48, 72시간 인위퇴화 처리된 배추와 무 종자의 닌하이드린 발색은 Fig. 2.2에 예시된 것과 같다.

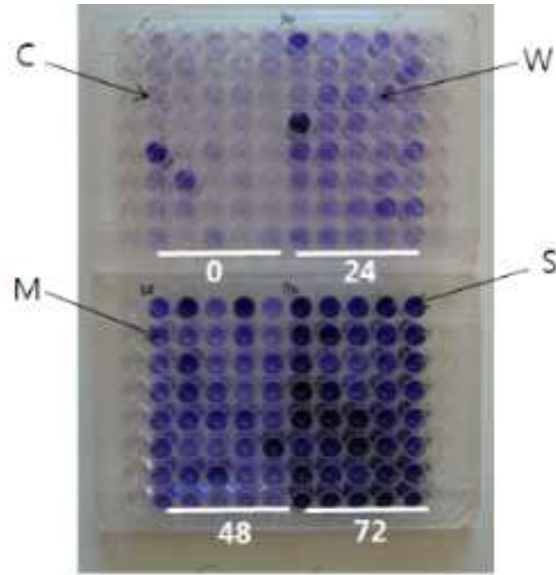


Fig. 2.2. Color development from ninhydrin treatment on the leachate of artificially aged cabbage and radish seeds in general (C: colorless, W: weak color, M: medium color, S: strong color).

발색의 정도는 인위퇴화처리 기간이 길수록 색이 진하였다. 색의 강도에 따라서 무색 (colorless), 약한 색(weak color), 중간 색(medium color) 및 강한 색(strong color)으로 구분하여 색의 강도별로 발아검사를 실시하였다.

② 종자침출액의 발색강도별 발아

발색된 침출액에서 취한 종자를 흡광도가 낮은 것에서 높은 순서대로 발아를 조사한 결과, 발색된 plate와 동일위치에서 발아된 배추종자와 무 종자를 비교하면 Fig. 2.3.과 같다.



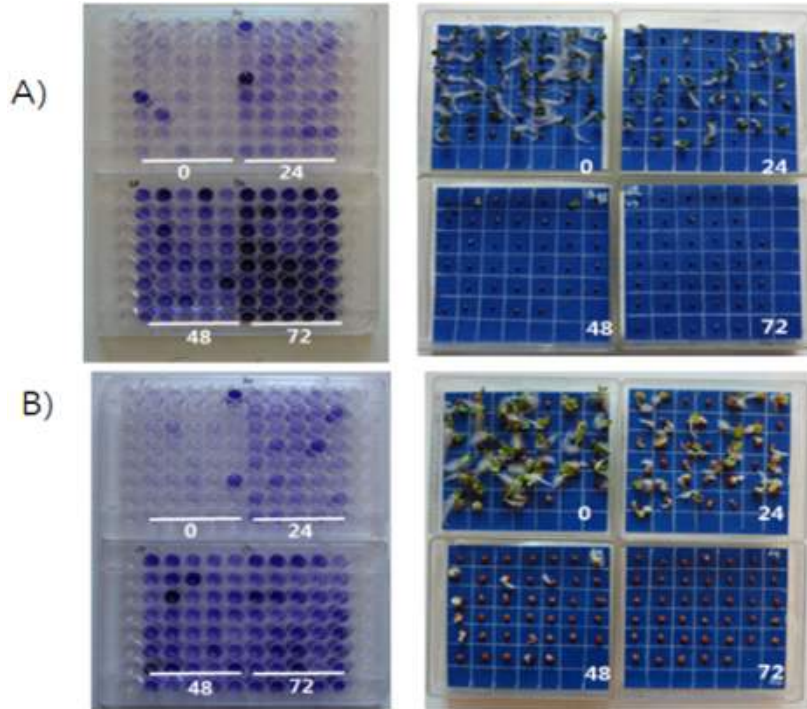


Fig. 2.3. Germination test of artificially aged cabbage(A, cv. Sumo60) and radish(B, cv. Saessak) seeds taken from same position as soaking tray depend on the color intensity.

퇴화정도가 진행 될수록 다투이드린 발색 강도가 강한 색으로 진행되었으며 발색정도별 종자발아에서도 발색정도가 강할수록 불발아종자가 많아지는 경향을 나타내었다. 무 및 배추 종자 각 3품종에 대하여 0, 24, 48, 72시간 인위퇴화한 종자의 침출액을 다투이드린으로 발색하고 퇴화기간별, 발색 강도별로 파종하여 발아 조사한 결과 Table 2.3.과 같다. 퇴화기간이 길어질수록 침출액의 발색정도는 강한 색으로 변화하였다. 그리고 종자 발아율에서 전체적으로 침출액이 무색에서 무 종자는 각각 100, 97, 86%로서 발아율이 가장 높았고 색이 강해질수록 발아율이 비례적으로 낮아 졌다. 강한 색에서는 각각 1, 12, 5%로 가장 낮았다. 배추종자에서는 이러한 경향이 더욱 뚜렷하여 무색에서 배추 종자는 각각 100, 100, 94%로서 발아율이 가장 높았고 색이 강해질수록 발아율이 비례적으로 발아율이 낮아 강한 색에서는 각각 0, 0, 1%로 가장 낮았다.

### ③ 무 종자침출액의 흡광도별 발아

무 종자 각 3품종에 대하여 0, 24, 48, 72시간 인위퇴화한 종자의 침출액을 다투이드린으로 발색하고 흡광도를 측정하여 퇴화기간별, 또는 흡광도를 0.3 간격으로 9개 구간을 정하여 각 구간에 속하는 종자를 파종하여 발아 조사한 결과 Table 2.4와 같다. 종자퇴화 기간이 길어질수록 또한 흡광도가 커질수록 정상 발아한 종자가 줄고 죽은 종자가 늘어났다. 또한 발아율에서 흡광도가 커질수록 각 구간에 속하는 종자의 발아율이 일정한 경향으로 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 2.4 이상의 높은 흡광도에서도 약간의 불규칙한 비정상 발아도 나타났다.

④ 배추 종자침출액의 흡광도별 발아

배추 종자 각 3품종에 대하여 0, 24, 48, 72시간 인위퇴화한 종자의 침출액을 닌하이드린으로 발색하고 흡광도를 측정하여 퇴화기간별, 또는 흡광도를 0.15 간격으로 11개 구간을 정하여 각 구간에 속하는 종자를 파종하여 발아 조사한 결과 Table 2.5와 같다. 종자퇴화 기간이 길어질수록 또한 흡광도가 커질수록 정상발아 종자 수가 줄고 죽은 종자가 늘어났다. 또한 발아율에서 흡광도가 커질수록 각 구간에 속하는 종자의 발아율이 일정한 경향으로 감소하는 경향을 나타내었다. 여기에서는 무 종자와는 다르게 흡광도 범위가 0.9 이상에서는 발아하는 종자가 거의 없었다.

Table 2.3. Germination of artificially aged radish and cabbage seeds depend on aging time and color intensity from ninhydrin treatment on seed leachate.

Var.	0			24			48			72			Total			Germ (%)	
	N <sup>2)</sup>	A	D	N	A	D	N	A	D	N	A	D	Sum	N	A		D
<b>Radish</b>																	
<b>Kwandong</b>																	
C <sup>1)</sup>	18	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	18	1	0	100
W	31	3	1	8	0	3	0	0	4	-	-	-	50	39	3	8	84
M	39	12	9	5	2	66	0	1	62	0	0	45	241	44	15	182	24
S	0	0	6	0	1	35	0	0	53	0	0	75	170	0	1	169	1
<b>Sassakmoo</b>																	
C	75	0	2	0	1	0	-	-	-	-	-	-	78	75	1	2	97
W	35	1	0	50	3	14	2	3	1	0	0	3	112	87	7	18	84
M	4	2	0	32	8	10	21	43	40	0	5	92	257	57	58	142	45
S	0	0	1	1	1	0	0	2	8	0	0	20	33	1	3	29	12
<b>Jangnoksoo</b>																	
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	6	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	7	6	0	1	86
M	57	5	25	26	11	23	0	0	33	0	0	6	186	83	16	87	53
S	0	5	22	2	8	49	0	0	87	0	0	114	287	2	13	272	5
<b>Cabbage</b>																	
<b>Alpine summer</b>																	
C	56	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	56	0	0	100
W	55	3	0	32	17	20	0	0	4	-	-	-	131	87	20	24	82
M	3	2	1	6	9	30	0	0	80	0	0	48	179	9	11	159	11
S	-	-	-	0	0	6	0	0	36	0	0	72	114	0	0	114	0
<b>Bulam plus</b>																	
C	42	6	0	3	0	0	-	-	-	-	-	-	51	45	6	0	100
W	41	12	4	32	14	9	5	10	21	0	0	2	150	78	36	36	76
M	3	6	4	10	31	18	1	14	60	0	0	91	238	14	51	173	27
S	0	0	2	0	0	3	0	0	9	0	0	27	41	0	0	41	0
<b>Sumo60</b>																	
C	64	3	1	9	9	4	-	-	-	-	-	-	90	73	12	5	94
W	34	4	2	21	10	19	0	2	47	0	0	12	151	55	16	80	47
M	5	2	1	18	13	12	0	0	60	0	0	55	166	23	15	128	21
S	0	0	4	1	0	4	0	0	11	0	0	53	73	1	0	72	1

1) C: colorless, W: weak color, M: medium color, S: strong color

2) N: normal seedling, A: abnormal seedling, D: dead

Table 2.4. Germination of artificially aged radish seeds depend on aging time and absorbance at 570 nm of seed leachate after ninhydrin treatment.

Var.	0			24			48			72			Total			Germ (%)	
	N	A	D	N	A	D	N	A	D	N	A	D	Sum	N	A		D
<b>Kwandong</b>																	
<0.300	59	5	1	5	0	2	0	0	2	0	0	0	74	64	5	5	93
0.301-0.600	22	7	1	8	0	14	0	0	11	0	0	1	64	30	7	27	58
0.601-0.900	6	4	5	0	1	20	0	0	15	0	0	1	52	6	5	41	21
0.901-1.200	1	0	2	0	0	12	0	0	12	0	0	7	34	1	0	33	3
1.201-1.500	0	0	0	0	1	12	0	0	16	0	0	13	42	0	1	41	2
1.501-1.800	0	0	3	0	0	10	0	0	6	0	0	6	25	0	0	25	0
1.801-2.100	0	0	0	0	0	5	0	1	6	0	0	12	24	0	1	23	4
2.101-2.400	0	0	0	0	0	4	0	0	9	0	0	14	27	0	0	27	0
>2.401	0	0	4	0	1	25	0	0	42	0	0	66	138	0	1	137	1
<b>Saessak</b>																	
<0.300	109	1	2	43	7	14	4	3	2	0	0	5	190	156	11	23	88
0.301-0.600	4	2	0	33	5	6	10	19	18	0	4	31	132	47	30	55	58
0.601-0.900	0	0	0	6	0	2	7	13	10	0	1	28	67	13	14	40	40
0.901-1.200	1	0	0	0	0	2	1	7	6	0	0	19	36	2	7	27	25
1.201-1.500	0	0	0	1	1	0	1	1	3	0	0	7	14	2	2	10	29
1.501-1.800	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	6	10	0	2	8	20
1.801-2.100	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	7	12	0	1	11	8
2.101-2.400	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	5	0	0	5	0
>2.401	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	9	14	0	0	14	14
<b>Jangnoksoo</b>																	
<0.300	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	8	100
0.301-0.600	32	1	7	1	1	2	0	0	0	0	0	0	44	33	2	9	80
0.601-0.900	18	0	8	3	1	3	0	0	3	0	0	1	37	21	1	15	59
0.901-1.200	3	3	6	5	2	9	0	0	6	0	0	2	36	8	5	23	36
1.201-1.500	5	2	6	9	3	6	0	0	12	0	0	1	44	14	5	25	43
1.501-1.800	0	2	1	7	4	5	0	0	8	0	0	2	29	7	6	16	45
1.801-2.100	0	0	7	2	4	7	0	0	7	0	0	0	27	2	4	21	22
2.101-2.400	0	1	2	0	2	2	0	0	4	0	0	0	11	0	3	8	36
>2.401	0	1	10	0	2	40	0	0	80	0	0	114	247	0	3	244	1

⑤ 퇴화기간별 종자침출액의 흡광도 변이

배추 및 무 종자에 대하여 인위퇴화 기간별 종자에서 누출된 침출액을 닌하이드린으로 발색하고 각 침출액을 개개의 종자 단위로 흡광도를 읽은 후 흡광도 순서대로 나열하였다(Fig. 2.4). Fig. 4에서 보면 각 품종별 공히 인위퇴화 기간이 길수록 닌하이드린으로 발색된 각 종자 침출액의 흡광도가 높게 나타나고 있다. 그러나 품종 간에 흡광도의 변화의 차이가 서로 달라서 Saessakmoo, Bulam plus, Sumo60은 변화의 간격이 좁고, Kwandong, Jangnoksoo, Alpine

summer 같은 품종은 변화의 간격이 넓은 것으로 나타났다. 변화의 간격이 좁은 것은 변화의 폭이 넓은 품종 보다 더욱 세포막이 튼튼하고 건전한 종자일 것으로 추정된다.

⑥ 종자침출액의 발색강도별, 흡광도별 발아와의 상관관계

인위퇴화된 무 3품종과 배추 3품종에 대하여 닐하이드린으로 발색 후 발색강도별 또는 흡광도별 종자를 파종하고 발아와의 상관관계를 회귀직선 식을 구하고 회귀계수로 나타내었다 (Table 2.6., 2.7.). 발색강도별 발아와의 상관계수에서 무 종자는 0.95 - 0.99(평균 0.97), 배추 종자는 0.91-0.98(평균 0.95)로 나타났고, 흡광도별 발아와의 상관계수는 무 종자에서 0.83 - 0.98(평균 0.90), 배추 종자는 0.91 - 0.96(평균 0.94)으로 높은 상관관계를 나타내었다.

Table 2.5 Germination of artificially aged cabbage seeds depend on aging time and absorbance at 570 nm of seed leachate after ninhydrin treatment.

Var.	0			24			48			72			Total			Germ (%)	
	N	A	D	N	A	D	N	A	D	N	A	D	Sum	N	A		D
<b>Alpine summer</b>																	
<0.150	78	1	0	13	3	8	0	0	0	0	0	0	103	91	4	8	92
0.151-0.300	32	3	0	17	11	14	0	0	1	0	0	0	78	49	14	15	81
0.301-0.450	4	1	0	7	10	9	0	0	6	0	0	0	37	11	11	15	59
0.451-0.600	0	0	0	1	1	9	0	0	10	0	0	1	22	1	1	20	9
0.601-0.750	0	0	0	0	0	7	0	0	17	0	0	0	24	0	0	24	0
0.751-0.900	0	0	1	0	0	3	0	0	15	0	0	1	20	0	0	20	5
0.901-1.050	0	0	0	0	0	3	0	0	11	0	0	3	17	0	0	17	0
1.051-1.200	0	0	0	0	0	1	0	0	7	0	0	4	12	0	0	12	0
0.201-1.350	0	0	0	0	0	1	0	0	7	0	0	5	13	0	0	13	0
1.351-1.500	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	5	16	0	0	16	0
>1.501	0	0	0	0	0	2	0	0	35	0	0	101	138	0	0	138	0
<b>Bulam plus</b>																	
<0.150	81	17	2	20	9	0	5	10	13	0	0	0	157	106	36	15	90
0.151-0.300	3	4	0	21	25	7	1	3	30	0	0	6	100	25	32	43	57
0.301-0.450	2	1	4	4	10	11	0	8	17	0	0	12	69	6	19	44	36
0.451-0.600	1	1	0	0	1	6	0	2	8	0	0	27	46	1	4	41	11
0.601-0.750	0	0	1	0	0	2	0	1	8	0	0	11	23	0	1	22	9
0.751-0.900	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	13	17	0	0	17	0
0.901-1.050	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	13	15	0	0	15	0
1.051-1.200	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	5	0	0	5	0
0.201-1.350	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	10	13	0	0	13	0
1.351-1.500	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5	7	0	0	7	0
>1.501	0	0	1	0	0	2	0	0	4	0	0	21	28	0	0	28	0
<b>Sumo60</b>																	
<0.150	59	4	1	17	9	3	0	0	11	0	0	0	104	76	13	15	86
0.151-0.300	34	3	1	11	20	7	0	0	36	0	0	11	123	45	23	55	55
0.301-0.450	7	2	1	6	10	8	0	1	15	0	0	8	58	13	13	32	45
0.451-0.600	2	0	1	10	1	3	0	1	16	0	0	10	44	12	2	30	32
0.601-0.750	1	0	0	2	4	2	0	0	11	0	0	11	31	3	4	24	23
0.751-0.900	0	0	0	0	1	2	0	0	6	0	0	6	15	0	1	14	7
0.901-1.050	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	8	12	0	0	12	0
1.051-1.200	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	9	15	0	0	15	0
0.201-1.350	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	2	6	0	0	6	0
1.351-1.500	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	10	0	0	10	0
>1.501	0	0	3	0	0	2	0	0	11	0	0	46	62	0	0	62	0

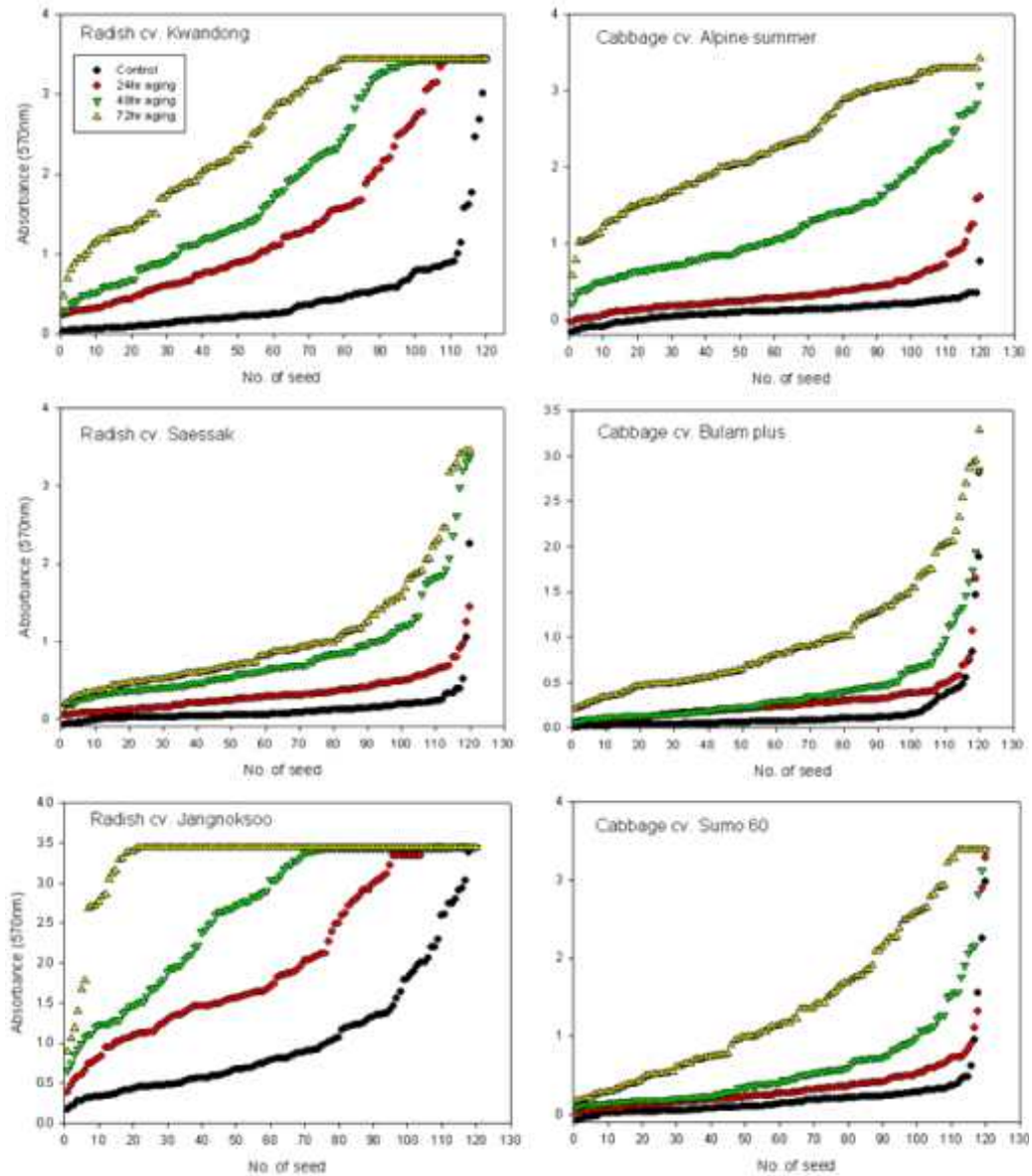


Fig. 2.4. Absorbance differences of seed leachate after ninhydrin treatment from radish and cabbage seeds aged for 0, 24, 48 and 72 hours when absorbance values are lined up with the order from low to high.

Table 2.6. Correlation regression between ninhydrin color intensity and germination percentage on radish and cabbage.

Variety	Regression equation	Coefficient value ( $r^2$ )
<b>Radish</b>		
Kwangdong	$Y = -35.8x + 106$	0.95
Saessak	$Y = -29.4x + 103$	0.97
Jangnoksoo	$Y = -40.5x + 129$	0.99
Average		0.97
<b>Cabbage</b>		
Alpine summer	$Y = -37.1x + 104$	0.91
Bulam plus	$Y = -34.9x + 103$	0.98
Sumo 60	$Y = -30.5x + 87$	0.96
Average		0.95

Table 2.7. Correlation regression between absorbance of ninhydrin color at 570 nm and germination percentage on radish and cabbage.

Variety	Regression equation	Coefficient value ( $r^2$ )
<b>Radish</b>		
Kwangdong	$Y = -30.8x + 90$	0.98
Saessak	$Y = -11x + 72$	0.90
Jangnoksoo	$Y = -9.8x + 86$	0.83
Average		0.90
<b>Cabbage</b>		
Alpine summer	$Y = -25.6x + 100$	0.94
Bulam plus	$Y = -17.8x + 78$	0.91
Sumo 60	$Y = -13.4x + 76$	0.96
Average		0.94

#### (나) 자연퇴화 종자 아미노산 누출과 발아와의 관계

##### ① 종자침출액의 아미노산 검정

4℃에 저장되어 10여년 보관된 것부터 최근 종자까지 다양한 자연 퇴화된 무 종자 8품종과 배추 종자 8품종에서 동일하게 종자침출액의 색을 조사한 결과 인위퇴화종자에서 보였던 것과 동일하게 색의 강도별로 Fig. 2.5에서처럼 무색(colorless), 약한 색(weak color), 중간 색 (medium color) 및 강한 색(strong color)으로 구분하여 4가지로 분류할 수 있었다.



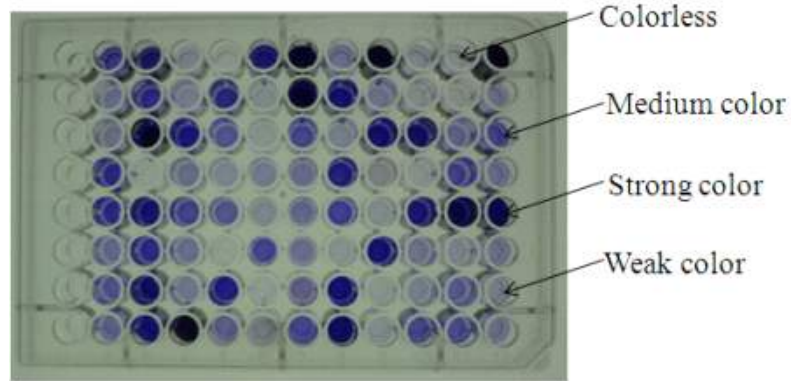


Fig. 2.5. Color development from ninhydrin treatment on leachate from naturally aged cabbage and radish seeds in general and four color fractions.

② 무 종자침출액의 발색강도별 발아

자연퇴화 된 무 종자 8품종에 대하여 96-well plate 상에서 닌하이드린으로 발색하고 4가지 발색강도별로 조사하여 종자발아와의 관계를 조사하였다. 8품종의 무 종자에서 각 품종의 발색 양상과 종자발아 형태는 Fig. 2.6에서 보는 바와 같다.

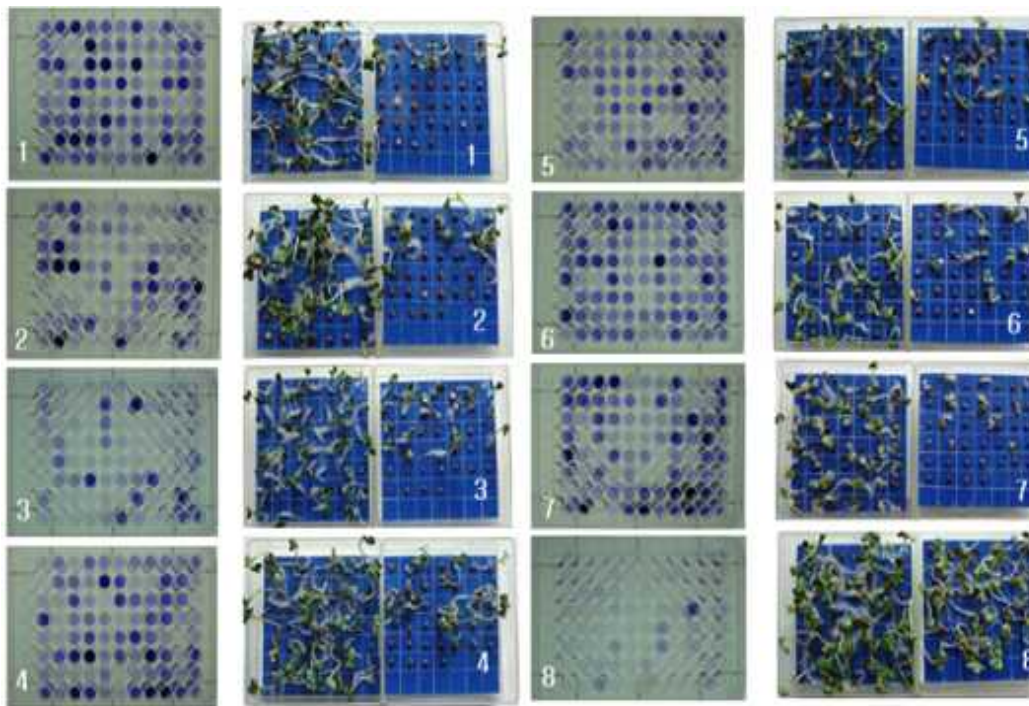


Fig. 2.6. Germination of naturally aged 8 varieties of radish seeds depend on color intensity of seed leachate after ninhydrin treatment when the seeds planted in the order from colorless to strong color. (The No. is correspond with variety as Table 2)

Fig. 2.6에서 보는 것과 같이 강한 색이 많은 품종(1, 7번)은 불발아종자가 많고, 반면에 무색이나 약

한 색이 많은 품종(3, 8번)은 발아가 우수한 것을 볼 수 있다. 실제적으로 무 종자 침출액의 발색 강도별 8 품종의 무 종자의 발아율을 보면 Table 2.8과 같다. 발색 강도별로 8품종의 평균 발아율에서 무색에서는 94.6%, 약한 색에서는 84.6%, 중간 색에서는 59.9%, 그리고 강한 색에서는 15.5%로서 색이 강할수록 종자 발아율이 비례적으로 낮아지는 현상을 보였다.

Table 2.8. Germination of naturally aged 8 varieties of radish seeds depend on color intensity of leachate after ninhydrin treatment.

Color fraction	Seed lot*	Percentage of seed				Color fraction	Seed lot*	Percentage of seed			
		Nor.	Abn.	Dead	Total ger.			Nor.	Abn.	Dead	Total ger.
<b>Colorless</b>	1	81	8	11	89	<b>Medium</b>	1	20	19	61	39
	2	85	0	16	85		2	23	25	52	48
	3	98	1	1	99		3	16	25	59	41
	4	97	2	2	98		4	46	25	29	71
	5	89	0	11	89		5	30	29	41	59
	6	100	0	0	100		6	60	7	34	67
	7	87	13	0	100		7	42	17	41	59
	8	96	2	3	97		8	75	20	5	95
<b>Mean</b>		<b>83.9</b>	<b>3.3</b>	<b>5.5</b>	<b>94.6</b>	<b>Mean</b>	<b>39.0</b>	<b>20.9</b>	<b>40.3</b>	<b>59.9</b>	
<b>SE</b>		5.358	1.677	1.770	5.829	<b>SE</b>	7.346	2.423	6.450	6.468	
<b>Weak</b>	1	71	8	21	79	<b>Strong</b>	1	0	3	97	3
	2	64	11	25	75		2	0	0	100	0
	3	71	17	12	88		3	0	17	83	17
	4	86	9	5	95		4	6	4	91	10
	5	56	6	38	62		5	0	0	100	0
	6	85	4	11	89		6	13	4	83	17
	7	86	6	9	91		7	8	1	90	10
	8	87	11	2	98		8	33	33	33	67
<b>Mean</b>		<b>75.8</b>	<b>9.0</b>	<b>15.4</b>	<b>84.6</b>	<b>Mean</b>	<b>7.5</b>	<b>7.8</b>	<b>84.6</b>	<b>15.5</b>	
<b>SE</b>		4.216	1.439	4.213	1.213	<b>SE</b>	4.027	4.096	7.753	7.739	

\*Seed lot: The No. is correspond with variety as Table 2.

또한 무 종자 침출액의 발색 강도별 정상발아, 비정상 발아 및 불발아종자의 비율을 8품종에 대하여 평균한 결과 Fig. 2.7과 같다.

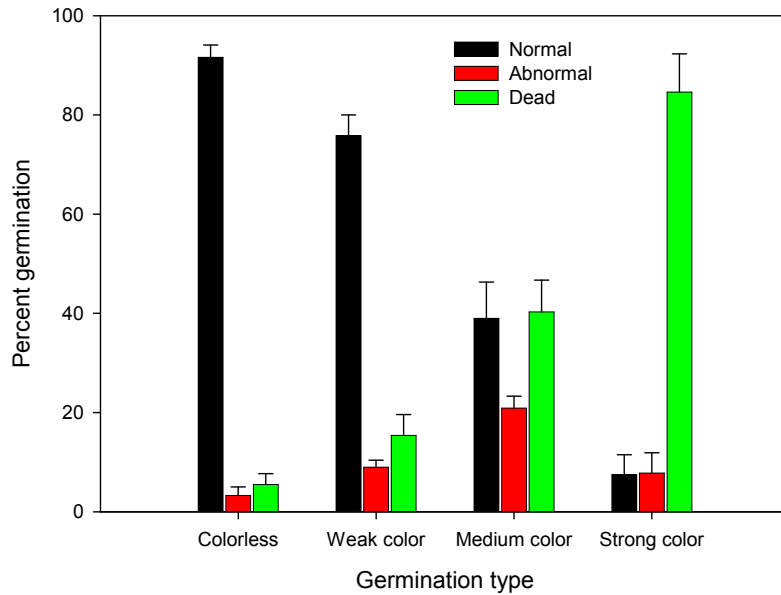


Fig. 2.7. The rate of normal, abnormal and dead of naturally aged radish seeds depend on color intensity of leachate from ninhydrin treatment. (averaged 8 varieties, vertical bar: standard error).

닌하이드린으로 발색된 무 종자 침출액의 발색강도별 발아 양상에서 무색에서는 정상발아가 90% 이상이었고 비정상 및 불발아 비율은 극히 적었으나 발색정도가 강할수록 정상발아 비율이 점차 줄어들고 비정상발아 및 불발아 비율이 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 강한 색에서는 거의가 불발아종자였고 비정상발아나 불발아는 매우 낮은 현상을 보였다. 따라서 종자침출액의 닌하이드린에 의한 발색강도는 무 종자 발아형태와 매우 밀접한 관계가 있음을 나타내었다.

### ③ 배추 종자침출액의 발색강도별 발아

자연퇴화된 배추 종자 8품종에 대하여 96-well plate 상에서 닌하이드린으로 발색하고 4가지 발색강도별로 조사하여 종자발아와의 관계를 조사하였다. 8품종의 배추 종자에서 각 품종의 발색 양상과 종자발아 형태는 Fig. 2.8에서 보는 바와 같다.

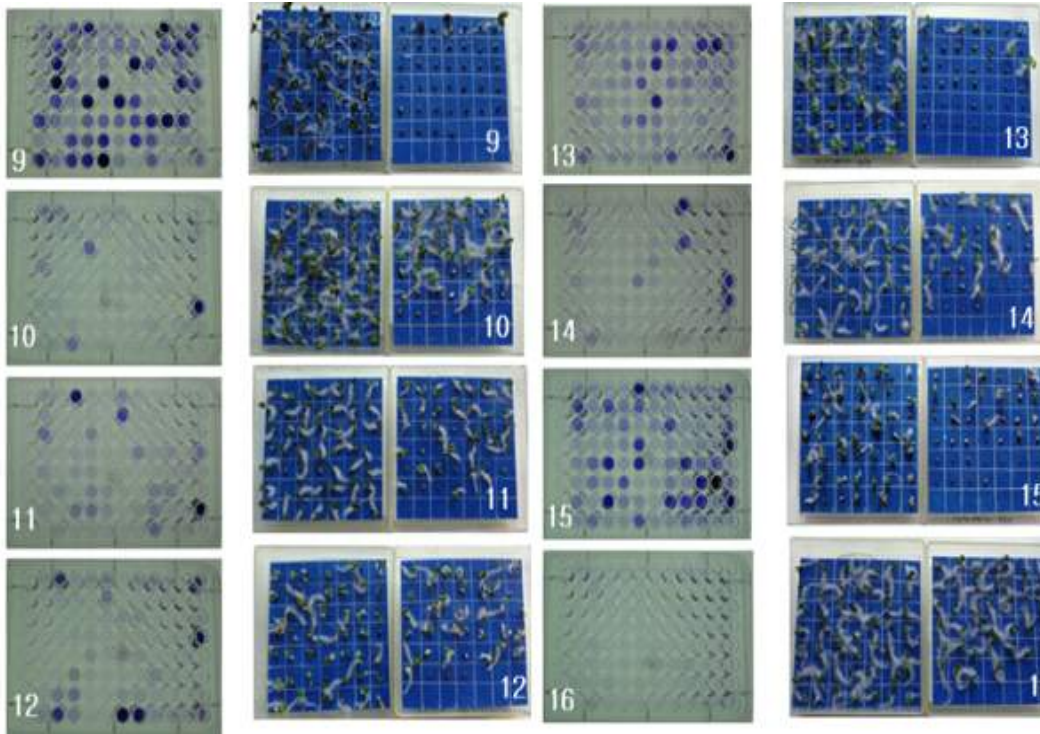


Fig. 2.8. Germination of naturally aged 8 varieties of cabbage seeds depend on color intensity of seed leachate after ninhydrin treatment when the seeds planted in the order from colorless to strong color. (The No. is correspond with variety as Table 2)

Fig.2.8에서 보는 것과 같이 강한 색이 많은 품종(9, 15번)은 불발아종자가 많고, 반면에 무색이나 약한 색이 많은 품종(10, 11, 12, 14, 16번)은 발아가 우수한 것을 볼 수 있다. 실제로 배추 종자 침출액의 발색 강도별 8 품종의 발아율을 보면 Table 2.8과 같다. 발색 강도별로 8품종의 평균 발아율에서 무색에서는 97.4%, 연한 색에서는 93.8%, 중간 색에서는 54.8%, 그리고 강한 색에서는 6.1%로서 색이 강할수록 종자 발아율이 비례적으로 낮아지는 현상을 보였다. 그러나 무 종자에서는 무색과 약한 색에서 발아율의 차이가 컸고 강한 색에서도 약간의 발아율을 나타내었으나 배추 종자에서는 무색과 약한 색에서 발아율의 차이가 크지 않았고, 강한 색에서는 발아율이 급격히 낮아짐을 보였다.

또한 무 종자 침출액의 발색 강도별 정상발아, 비정상 발아 및 불발아종자의 비율을 8품종에 대하여 평균한 결과 Fig. 2.9와 같다. 닐하이드린으로 발색된 배추종자 침출액의 발색강도별 발아 양상에 서 무색에서는 정상발아가 90% 이상이었고 비정상 및 불발아 비율은 극히 적었으나 발색정도가 강할수록 정상발아 비율이 점차 줄어들고 비정상발아 및 불발아 비율이 급격히 증가하는 것으로 나타나 무 종자에서와 비슷한 양상이었다. 그러나 강한 색에서는 정상발아는 없었고 약간의 비정상 발아와 거의가 불발아종자로서 무 종자와는 차이를 보였다. 따라서 종자침출액의 닐하이드린에 의한 발색강도는 배추종자 발아형태와 매우 밀접한 관계가 있음을 나타내었다.

Table 2.9. Germination of naturally aged 8 varieties of cabbage seeds depend on color intensity of leachate after ninhydrin treatment.

Color fraction	Seed lot*	Percentage of seed				Color fraction	Seed lot*	Percentage of seed			
		Nor	Abn.	Dead	Total ger. (%)			Nor	Abn.	Dead	Total ger. (%)
Colorless	9	79	8	13	87	Medium	9	37	6	56	43
	10	100	0	0	100		10	38	34	28	72
	11	94	6	0	100		11	44	32	25	75
	12	97	2	1	99		12	25	22	53	47
	13	93	5	3	97		13	8	19	74	26
	14	88	8	4	96		14	11	18	71	29
	15	100	0	0	100		15	29	50	21	79
	16	100	0	0	100	16	67	0	34	67	
Mean		93.9	3.6	2.6	97.4	Mean	32.4	22.6	45.3	54.8	
SE		4.1	1.3	1.6	4.1	SE	5.0	5.7	7.9	7.4	
Weak	9	73	18	10	90	Strong	9	0	4	96	4
	10	89	7	4	96		10	0	17	83	17
	11	76	22	2	98		11	0	0	100	0
	12	89	10	1	99		12	0	11	89	11
	13	58	27	13	86		13	0	11	89	11
	14	63	23	15	85		14	0	0	100	0
	15	83	13	5	96		15	0	0	100	0
	16	100	0	0	100	16	0	0	0	0	
Mean		78.8	15.0	6.3	93.8	Mean	0.0	6.1	93.9	6.1	
SE		5.0	3.2	2.0	2.1	SE	0.0	2.4	11.4	2.4	

\*Seed lot: The No. is correspond with the variety as Table 2.

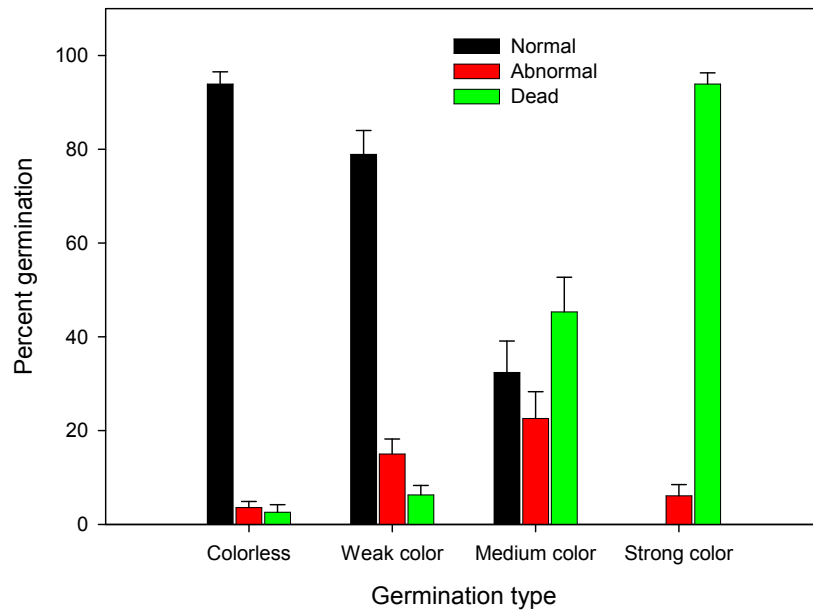


Fig. 2.9. The rate of normal, abnormal and dead seeds of naturally aged cabbage seeds depend on color intensity of leachate from ninhydrin treatment. (averaged 8 varieties, vertical bar: standard error).

#### ④ 무 종자침출액의 흡광도별 발아

96-well plate에서 개개의 종자에서 침출된 침출액을 닌하이드린으로 발색하고 multiplate reader기로 96-well plate 전체의 흡광도를 읽은 후 무 종자는 0.300 간격으로 구분하여 전체 구간을 9개 구간으로 구분하였다. 그리고 각각 8품종에 대하여 각 품종을 각 흡광도 구간에 속하는 종자의 발아를 정상발아, 비정상발아 및 불 발아로 구분하여 조사한 결과를 Table 2.10에서 나타내었다. 흡광도가 낮을수록 즉, 무 종자에서는 흡광도 값이 0.600 이하에서 정상발아의 비율이 가장 높았고 흡광도가 클수록 즉, 1.201 이상에서는 거의 정상발아가 나타나지 않았다. 또한 불발아종자는 무 종자에서 흡광도 1.500 이상에서 거의 발아하지 않았다. 또한 8품종의 무 종자에 대하여 흡광도 범위별 정상발아, 비정상발아 및 불발아를 모두 평균하였을 때 흡광도와 발아 양상에 대한 경향을 Fig. 2.10에서 나타내었다. 흡광도에서 보는 것과 같이 무 종자가 퇴화할수록 아미노산이 많이 누출되고 따라서 닌하이드린으로 강하게 발색되어 흡광도가 높아짐으로써 종자의 퇴화정도를 나타내고 퇴화정도는 발아와의 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 2.10. Germination of naturally aged 8 varieties of radish seeds depend on different absorbance (570nm) range of leachate after ninhydrin treatment.

Abs. range	No.	1**				2				3				4			
		N*	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA
<0.300	1	56	6	13	62	81	17	29	98	160	23	15	183	73	16	9	89
0.301-0.600	2	30	11	39	41	23	12	30	35	7	9	27	16	45	13	11	58
0.601-0.900	3	4	10	33	14	4	8	15	12	0	4	8	4	25	5	8	30
0.901-1.200	4	0	3	12	3	0	1	11	1	0	0	2	0	13	2	9	15
1.201-1.500	5	1	1	7	2	2	0	7	2	0	0	3	0	2	1	11	3
1.501-1.800	6	0	2	8	2	0	0	6	0	0	1	2	1	1	1	5	2
1.801-2.100	7	0	0	7	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	1	0	1
2.101-2.400	8	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
>2.401	9	0	1	14	1	0	0	13	0	0	0	1	0	1	0	11	1

Abs. range	No.	5				6				7				8			
		N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA
<0.300	1	47	3	30	50	14	0	6	14	92	6	12	98	219	18	7	237
0.301-0.600	2	34	14	34	48	39	4	9	43	25	7	11	32	12	0	1	12
0.601-0.900	3	14	7	19	21	27	5	25	32	6	7	11	13	1	1	0	2
0.901-1.200	4	2	7	12	9	25	4	15	29	7	5	9	12	1	1	0	2
1.201-1.500	5	1	1	9	2	11	3	11	14	5	3	7	8	0	1	0	1
1.501-1.800	6	1	1	10	2	8	0	8	8	3	2	5	5	0	1	0	1
1.801-2.100	7	0	0	8	0	5	0	5	5	3	0	3	3	0	0	0	0
2.101-2.400	8	0	0	1	0	5	0	8	5	1	0	3	1	0	0	0	0
>2.401	9	0	0	9	0	6	0	21	6	5	1	25	6	0	0	1	0

\*N : Normal, A: Abnormal, D: Dead, NA: Normal + Abnormal (Germination)

\*\* The No. is correspond with the variety as Table 2.

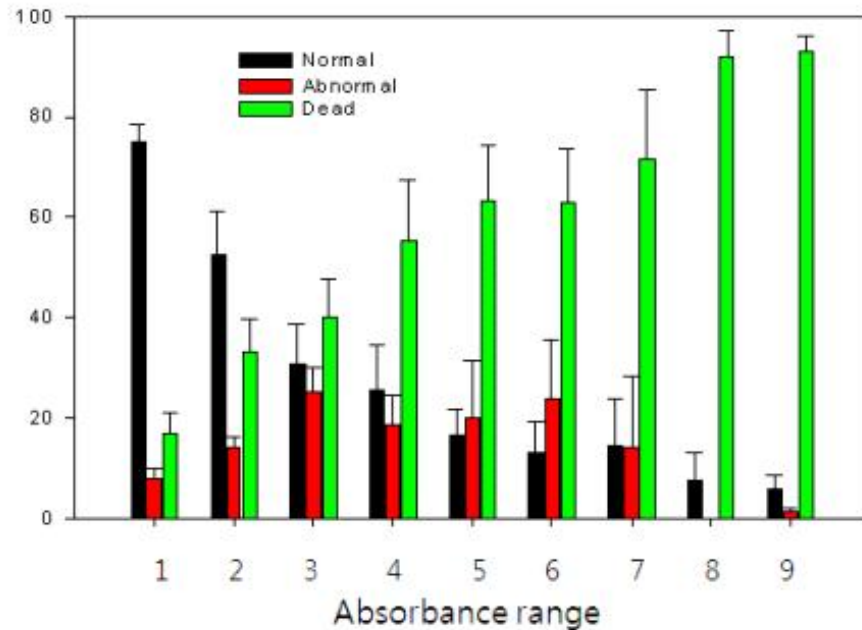


Fig. 2.10. The rate of normal, abnormal and dead of naturally aged radish seeds depend on different absorbance (570nm) range of leachate after ninhydrin treatment. (averaged 8 varieties, vertical bar: standard error).

⑤ 배추 종자침출액의 흡광도별 발아

무 종자에서와 마찬가지로 96-well plate에서 개개의 종자에서 침출된 침출액을 닌하이드린으로 발색하고 multiplate reader기로 96-well plate 전체의 흡광도를 읽은 후 배추 종자는 0.150 간격으로 구분하여 전체 구간을 11개 구간으로 구분하였다. 그리고 8품종에 대하여 각 흡광도 구간에 속하는 종자의 발아를 정상발아, 비정상발아 및 불발아로 구분하여 조사한 결과를 Table 2.11에서 나타내었다. 흡광도가 낮을수록 즉, 배추 종자에서는 흡광도 값이 0.450 이하에서 정상발아의 비율이 가장 높았고 흡광도가 클수록 즉, 0.750 이상에서는 정상발아가 거의 나타나지 않았다. 또한 흡광도 0.751 이상에서 거의 발아하지 않았다. 또한 8품종의 배추 종자에 대하여 흡광도 범위별 정상발아, 비정상발아 및 불발아를 모두 평균하였을 때 흡광도와 발아양상에 대한 경향을 Fig. 2.11에서 나타내었다. 흡광도에서 보는 것과 같이 무 종자와 마찬가지로 배추 종자에서도 종자가 퇴화할수록 아미노산이 많이 누출되고 따라서 닌하이드린으로 강하게 발색되어 흡광도가 높아짐으로써 종자의 퇴화정도를 나타내고 퇴화정도는 발아와의 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.



Table 2.11. Germination of naturally aged 8 varieties of Chinese cabbage seeds depend on different absorbance (570nm) range of leachate after ninhydrin treatment.

Abs. range	No.	9**				10				11				12			
		*N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA
<0.150	1	36	3	6	39	210	6	2	216	161	17	0	178	208	7	3	215
0.151-0.300	2	42	9	4	51	15	11	5	26	41	15	4	56	20	9	1	29
0.301-0.450	3	30	5	10	35	1	2	4	3	6	7	1	13	2	0	1	2
0.451-0.600	4	9	3	9	12	0	1	2	1	2	2	2	4	0	1	1	1
0.601-0.750	5	2	1	9	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0.751-0.900	6	2	1	13	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0.901-1.050	7	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1.051-1.200	8	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0.201-1.350	9	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.351-1.500	10	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
>1.501	11	0	0	48	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	1	6	1

Abs. range	No.	13				14				15				16			
		*N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA	N	A	D	NA
<0.150	1	110	26	15	136	199	31	16	230	22	2	1	24	253	1	0	254
0.151-0.300	2	20	16	24	36	2	2	3	4	64	17	3	81	8	0	1	8
0.301-0.450	3	1	9	13	10	0	0	3	0	32	34	12	66	0	0	1	0
0.451-0.600	4	0	0	9	0	0	1	0	1	9	12	6	21	0	0	0	0
0.601-0.750	5	0	0	4	0	0	0	1	0	0	8	3	8	0	0	0	0
0.751-0.900	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8	3	8	0	0	0	0
0.901-1.050	7	0	0	3	0	0	0	1	0	0	3	2	3	0	0	0	0
1.051-1.200	8	0	1	0	1	0	0	2	0	0	4	1	4	0	0	0	0
0.201-1.350	9	0	1	3	1	0	0	0	0	0	3	1	3	0	0	0	0
1.351-1.500	10	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
>1.501	11	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0	12	0	0	0	0	0

\*N : Normal, A: Abnormal, D: Dead, NA: Normal + Abnormal (Germination)

\*\*The No. is correspond with the variety as Table 2.

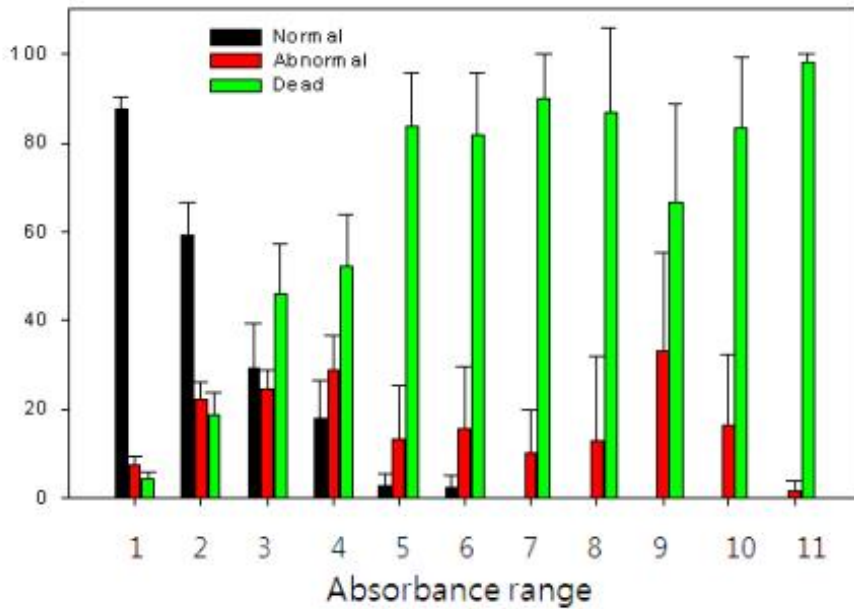


Fig. 2.11. The rate of normal, abnormal and dead of naturally aged cabbage seeds depend on different absorbance (570nm) range of leachate after ninhydrin treatment. (averaged 8 varieties, vertical bar: standard error).

⑥ 종자침출액의 발색강도와 발아확률 계산

앞에서의 결과와 같이 닐하이드린으로 종자침출액을 발색한 결과 발색정도가 강할수록 종자 발아율이 낮고 발색 정도가 낮을수록 발아율이 높음으로써 발아율과의 밀접한 관계가 있음을 나타내었다. 따라서 이러한 결과에 대하여 통계적으로 유의성을 검정하고 미지의 종자에 대하여 과중하지 않고 간단하게 종자 침출액을 발색하고 그 발색 정도에 따라 발아율을 예측할 수 있는 모델을 만들 필요가 있다. 육안으로 판별되는 무색(colorless), 약한 색(weak color), 중간 색(medium color), 및 강한 색(strong color)으로 분류할 때 각 범위에 속하는 종자의 발아확률을 구하면 미지의 종자에 대하여 발색 범위를 육안으로 구분하고 발아확률을 곱하면 발아율을 예측할 수 있다.

모델을 만들기 위한 로지스틱 회귀분석은 종속변수(Y)가 독립변수로부터 단지 2가지의 이항 값(0, 1)을 나타내는 통계방법이다. 즉 독립변수로부터 로지스틱 회귀계수를 구하면 종속변수의 2가지 값의 발생 확률을 예측할 수 있다. 그러므로 독립변수인 종자침출액의 발색강도를 이용하여 발아하는 확률과 발아하지 않는 확률을 구함으로써 미지의 종자발아를 예측 가능하다. 무종자와 배추종자 침출액의 발색강도별 발아확률 계산을 다음과 같다.

이항반응 Y와 양적 설명변수 X에 대해  $\pi(x)$ 를  $X=x$ 일 때 “발아성공 확률”이라 하면, 발아 확률  $\pi(x)$ 는 이항분포의 모수이다. 로지스틱회귀모형은  $\pi(x)$ 의 로짓에 대해 선형식,

$$\begin{aligned} \log\ddot{y}[\pi(x)] &= \log\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right) \text{ 로 정의된다.} \\ &= \beta_0 + \beta_1 x \end{aligned}$$

이는 S-곡선 형태의 함수로서 증가 또는 감소하는 곡선을 나타낸다.

### ㉔ 무 종자

무 종자 침출액의 아미노산을 닌하이드린으로 발색하고 발색강도에 따른 발아확률계산 기본 공식은 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} \log\ddot{y}[\pi(x)] &= \log\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right) \text{ ----- (1)} \\ &= \beta_0 + \beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \beta_3 d_3 \end{aligned}$$

여기서

$d_1 = 1, d_2 = 0, d_3 = 0$  : colorless

$d_1 = 0, d_2 = 1, d_3 = 0$  : weak color

$d_1 = 0, d_2 = 0, d_3 = 1$  : medium color

$d_1 = 0, d_2 = 0, d_3 = 0$  : strong color

라고 할 때, Table 2.12의 최대가능도변수 추정에 따라 무 종자 침출액의 닌하이드린 발색강도별 발아확률을 위한 로지스틱회귀계수는

$\log\ddot{y}[\hat{\pi}(x)] = -1.8894 + 5.0513d_1 + 3.5627d_2 + 2.1355d_3$ 로 주어진다.

Table 2.12. Analysis of maximum likelihood parameter estimates for germination of radish depend on the color intensity of seed leachate after ninhydrin treatment.

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	Odds ratio
Intercept	1	-1.8894	0.2104	80.63	<.0001	0.1511
D1	1	5.0513	0.3528	205.02	<.0001	256.22
D2	1	3.5627	0.2377	224.58	<.0001	35.26
D3	1	2.1355	0.2200	94.19	<.0001	8.46

\* 로지스틱 회귀계수는 유의수준 0.05보다 작으므로 모두 매우 유의하다.

따라서 발아확률 공식은

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \beta_3 d_3}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \beta_3 d_3}} \text{ 의 기본공식에 따라 Table 2.12에 따라}$$

$$\pi(x) = \frac{\exp(-1.8894 + 5.0513d_1 + 3.5627d_2 + 2.1355d_3)}{1 + \exp(-1.8894 + 5.0513d_1 + 3.5627d_2 + 2.1355d_3)} \quad (2)$$

따라서 무 종자 발아확률은 공식 (2)에 따라 Table 2.13과 같다.

Table 2.13. Probability of germination of radish seeds calculated by logistic coefficient from color intensity of seed leachate.

Color	Probability of germination
Colorless	0.96
Weak color	0.84
Medium color	0.56
Strong color	0.13

#### ㉔ 배추 종자

배추 종자 침출액의 아미노산을 닌하이드린으로 발색하고 발색강도에 따른 발아확률계산 기본 공식은 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} \log \bar{y} [\pi(x)] &= \log \left( \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right) \quad \text{-----} \quad (3) \\ &= \beta_0 + \beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \beta_3 d_3 \end{aligned}$$

여기서,

$d_1 = 1, d_2 = 0, d_3 = 0$  : colorless

$d_1 = 0, d_2 = 1, d_3 = 0$  : weak color

$d_1 = 0, d_2 = 0, d_3 = 1$  : medium color

$d_1 = 0, d_2 = 0, d_3 = 0$  : strong color

라고 할 때, Table 2.14의 최대가능도변수 추정에 따라 무 종자 침출액의 닌하이드린 발색강도별 발아확률을 위한 로지스틱회귀계수는,

$\log \bar{y} [\hat{\pi}(x)] = -2.7473 + 6.6916d_1 + 5.5831d_2 + 3.1614d_3$ 로 주어진다.

발색 강도에 따른 배추종자 발아확률 기본계산공식

$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \beta_3 d_3}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \beta_3 d_3}}$  에 따라서 Table 14 최대가능도변수 추정에 따라 발아확률  $\pi(x)$ 는,

$$\pi(x) = \frac{\exp(-2.7473 + 6.6916d_1 + 5.5931d_2 + 3.1614d_3)}{1 + \exp(-2.7473 + 6.6916d_1 + 5.5831d_2 + 3.1614d_3)} \text{ -----(4)}$$

이다.

Table 2.14. Analysis of maximum likelihood parameter estimates for germination of cabbage seeds depend on the color intensity of seed leachate after ninhydrin treatment.

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq	Odds ratio
Intercept	1	-2.7473	0.4613	35.46	<.0001	0.0064
D1	1	6.6916	0.5344	156.77	<.0001	805.61
D2	1	5.5831	0.4862	131.89	<.0001	265.89
D3	1	3.1614	0.4707	45.12	<.0001	23.60

\* 로지스틱 회귀계수는 유의수준 0.05보다 작으므로 모두 매우 유의하다.

따라서 배추종자 발아확률은 공식 (4)에 따라 Table 2.15와 같이 나타났다.

Table 2.15. Probability of germination cabbage seeds calculated by logistic coefficient from color intensity of seed leachate.

Color	Probability of germination
Colorless	0.98
Weak color	0.94
Medium color	0.60
Strong color	0.06

공식 (2)과 (4)를 이용하여 무 및 배추종자의 종자누출물의 아미노산 발색 강도별 발아확률을 logistic regression curve로 그리면 Fig. 2.12와 같다.

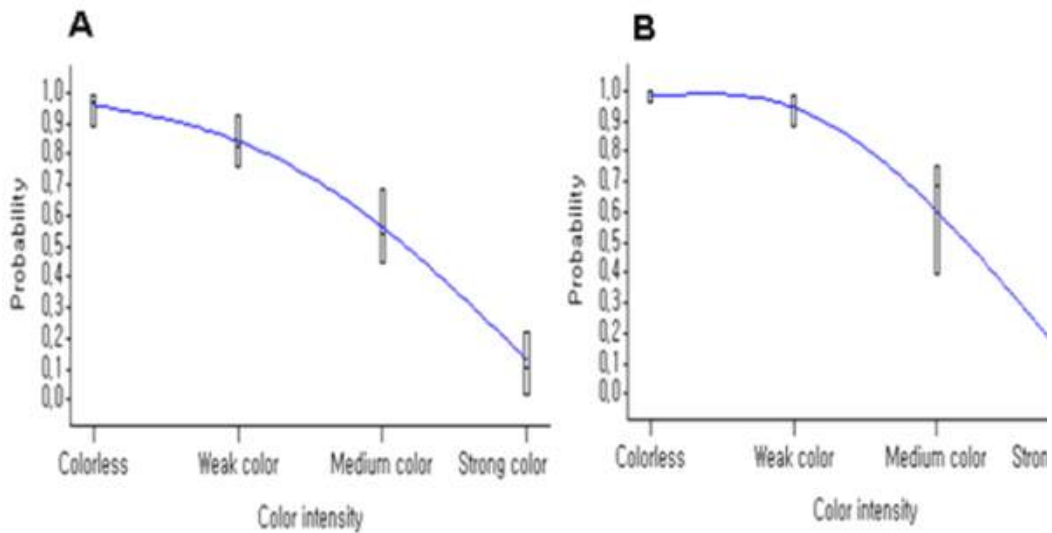


Fig. 2.12. The predicted probabilities of radish (A) and the Chinese cabbage or cabbage (B) seed germination based on the color intensity of seed leachates after the NR treatment (Vertical bars indicate the box-plot for the observed germination probabilities of eight cultivars. The bottom and top edges of the box are located at the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles of the observed germination probabilities of eight cultivars. The center horizontal line represents the median).

⑦ 종자침출액의 흡광도와 발아확률 계산

무 및 배추 종자 각 8품종에 대하여 96-well plate 상에서 개개의 종자의 침출액을 취하여 닌하이드린으로 발색한 후 multiplate reader를 이용하여 개개의 종자 침출액의 흡광도를 읽었다. 무 종자는 흡광도 값을 0.300 간격으로 9개로 구분하였고, 배추종자에서는 흡광도 값을 0.150 간격으로 11개로 흡광도가 낮은 값에서부터 높은 값으로 구분하였다. 각 흡광도 간격별 해당 종자에 대하여 발아검사를 실시하고 각 흡광도 간격별 종자의 발아확률을 로지스틱 회귀계수로 다음과 같이 계산하였다. 흡광도 간격별 종자의 발아확률을 로지스틱 회귀계수는 하나의 연속적인 흡광도 변수를 가진다고 볼 수 있기 때문에 다음과 같은 logistic regression 기본 model을 이용할 수 있다.

$$\begin{aligned} \log\left[\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right] &= \log\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right) \text{-----(5)} \\ &= \beta + \beta_1 x \end{aligned}$$

공식(5)에서 발아확률은 흡광도 구간의 값  $x$ 에 따라  $\pi(x)$ 로 나타난다.

㉞ 무 종자

Table 2.16에서 무 종자 발아확률의 최대가능도변수 추정을 나타내었다. 귀무가설에서 하나의 자유도를 가진 Chi-square 분포를 하며 p-value가 0.001보다 적어서 model은 매우 높은 유의성을 나타내었다.  $\beta_1$  값이 음의 값을 나타내고 있는데 이는 흡광도 값이 증가함에 따라 발아확률이 감소함을 의미한다.

Table 2.16. Analysis of maximum likelihood parameter estimates for germination of radish seeds depend on the absorbance(570nm) of seed leachate after ninhydrin treatment.

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	2.0356	0.0895	517.27	<.0001
Abs. range	1	-0.5102	0.0287	315.76	<.0001

\* 로지스틱 회귀계수는 유의수준 0.05보다 작으므로 모두 매우 유의하다.

따라서 무 종자의 발아확률 계산 model은

$\log\pi(x)/(1-\pi(x)) = 2.0358 - 0.5102x$ 로 나타나며, 따라서 무 종자 누출물의 아미노산 발색 흡광도를 이용한 발아확률  $\pi(x)$ 는,

$$\pi(x) = \frac{2.0356 - 0.5102x}{1 + \exp(2.0356 - 0.5102x)} \quad (6)$$

으로 나타낼 수 있다. 공식 (6)에 따라 무 종자의 흡광도 구간별 발아확률은 Table 2.17과 같다.

Table 2.17. Probability of germination radish seeds calculated by logistic coefficient from absorbance of seed leachate.

Abs. range	Germination probability
<0.300	0.82
0.301-0.600	0.73
0.601-0.900	0.62
0.901-1.200	0.50
1.201-1.500	0.37
1.501-1.800	0.26
1.801-2.100	0.18
2.101-2.400	0.11
>2.401	0.07

#### ㉠ 배추 종자

무 종자와 동일한 방법으로 발아확률 기본 공식 (5)를 이용할 수 있으며, Table 2.18에서 배추 종자 발아확률의 최대가능도변수 추정을 나타내었다. 귀무가설에서 하나의 자유도를 가진

Chi-square 분포를 하며 p-value가 0.001보다 적어서 model은 매우 높은 유의성을 나타내었다.  $\beta_1$  값이 음의 값을 나타내고 있는데 이는 흡광도 값이 증가함에 따라 발아확률이 감소함을 의미한다.

Table 2.18. Analysis of maximum likelihood parameter estimates for germination of cabbage seeds depend on the absorbance(570nm) of seed leachate after ninhydrin treatment.

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	3.6991	0.1369	729.66	<.0001
Abs. range	1	-0.7514	0.0445	285.78	<.0001

\* 로지스틱 회귀계수는 유의수준 0.05보다 작으므로 모두 매우 유의하다.

따라서 배추 종자의 발아확률 계산 model은

$\log\hat{\pi}(x) = 3.6991 - 0.7514x$ 로 나타나며, 따라서 배추 종자 누출물의 아미노산 발색 흡광도를 이용한 발아확률  $\pi(x)$ 는,

$$\pi(x) = \frac{3.6991 - 0.7514x}{1 + \exp(3.6991 - 0.7514x)} \quad (7)$$

으로 나타낼 수 있다. 공식 (7)에 따라 배추 종자의 흡광도 구간별 발아확률은 Table 2.19와 같다.

Table 2.19. Probability of germination of Chinese cabbage seeds calculated by logistic coefficient from absorbance of seed leachate.

Abs. range	Probability of germination
<0.150	0.95
0.151-0.300	0.90
0.301-0.450	0.81
0.401-0.600	0.67
0.601-0.750	0.49
0.751-0.900	0.31
0.901-1.050	0.17
1.051-1.200	0.09
1.201-1.350	0.04
1.351-1.500	0.02
>1.501	0.01

Fig. 2.13에서 무와 배추 종자의 발아확률을 나타내는 logistic regression curve를 나타내었다. 무 종자와 배추종자의 발아확률은 유사한 모양을 나타내었으나 배추종자의 발아확률 커브가



급한 경사로 감소하는 경향을 나타내었다. 커브의 기울기를 나타내는 흡광도 계수는 배추종자 발아확률에서 -0.7514로서 무 종자 발아확률에서의 -0.5102 보다 낮았다. 그리고 배추종자에서 수직 bar의 길이가 대체로 길게 나타나서 배추종자 발아확률의 변이가 무 종자 보다 크게 나타났다.

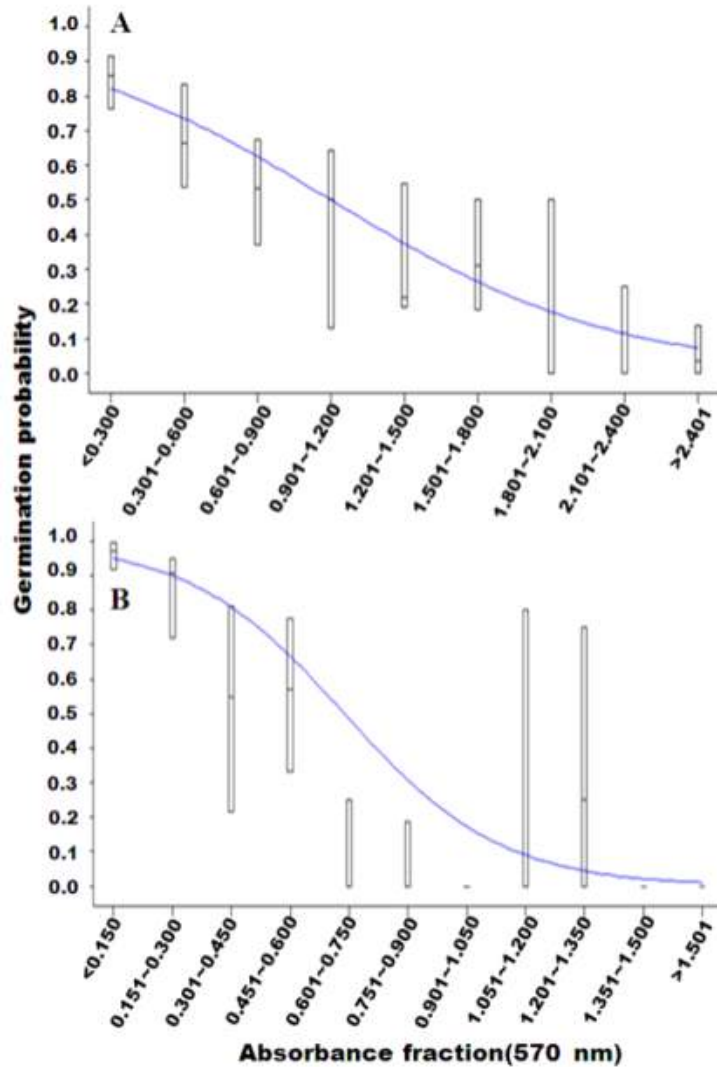


Fig. 2.13. The germination probabilities of the radish(A) and Chinese cabbage(B) seeds with seed leachate absorbance after the ninhydrin treatment. Vertical bars indicate the box-plot for the observed germination probabilities of eight cultivars, included one cultivar of cabbage. The bottom and top edges of the box are located at the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles of the observed germination probabilities of eight cultivars. The center horizontal line represents the median.

⑧ 발아확률을 이용한 발아율 예측

앞에서 계산된 발색의 강도별 무 종자와 배추종자의 발아확률과, 흡광도별 무 종자와 배추종자의 발아확률을 이용하여 공시된 무 및 배추종자 각 8품종에 대하여 발아율을 예측하여 Table 2.20과 2.21에서 나타내었다.

Table 2.20. Prediction analysis of germination for radish and Chinese cabbage seeds calculated by the equations with the probability from color intensity after ninhydrin treatment on seed leachate.

Variety*	Actual germination (%)	Predicted germination (%)	Relative error (%)	Percent correct
<i>Radish</i>				
1	47	60	13	72
2	56	66	10	82
3	77	78	1	99
4	75	64	11	85
5	56	62	6	89
6	60	52	8	87
7	67	62	5	93
8	97	85	12	88
Average			8.3 ± 4.1**	86.9 ± 7.9
<i>Chinese cabbage</i>				
9	55	65	10	82
10	93	90	3	97
11	95	89	6	94
12	94	90	4	96
13	69	81	12	83
14	89	93	4	96
15	81	70	11	86
16	99	95	4	96
Average			6.8 ± 3.7	91.3 ± 6.4

\* The number is correspond with the variety as Table 2.

\*\* average ± standard deviation

Table 2.21. Prediction analysis of germination for radish and Chinese cabbage seeds calculated by the equations with the probability from absorbance of seed leachate after ninhydrin treatment.

Variety*	Actual germination (%)	Predicted germination (%)	Relative error (%)	Percent correct
<i>Radish</i>				
1	47	63	16	66
2	56	69	13	77
3	77	77	0	100
4	75	66	9	88
5	56	64	8	86
6	60	49	11	82
7	67	60	7	90
8	97	80	17	97
Average			10.1 ± 5.5	85.8 ± 10.9
<i>Chinese cabbage</i>				
9	55	59	4	93
10	93	92	1	99
11	95	90	5	95
12	94	91	3	97
13	69	86	17	75
14	89	92	3	97
15	81	72	9	89
16	99	95	4	96
Average			5.8 ± 5.1	92.6 ± 7.7

\* The number is correspond with variety as Table 2.

발색강도와 흡광도를 이용한 발아확률을 이용하여 발아율을 예측한 결과 발색도와 흡광도에서 서로 유사한 결과를 나타내었다. 또한 발색강도와 흡광도를 이용한 발아율을 예측에서 공히 배추종자의 발아율예측 적중률이 높았다.

## 나. 종자 침출액의 무기성분 분석과 인산 누출을 이용한 종자의 품질 검정

### (1) 재료 및 방법

(가) 종자누출물의 무기성분 분석

① 분석시료

무 종자 3품종(관동무, 새싹무, 장녹수)와 배추종자 3품종(Bulam plus, Sumo60, Alpine summer)를 발아가 안 되도록 인위퇴화 처리한 것과 무처리 종자 를 시료로 사용하였다.

② 무기성분 분석 방법

종자시료 1.0g에 2차 증류수 10ml 넣어서 4시간 침지한 후 종자누출 용액 시료에서 무기성분을 분석하였다. 분석 성분은 Ca, Mg, P, Na, K, B, Mo, Mn, Cu, Fe, Zn 이었고 분석 기기는 ICP Optical Emission Spectrometr (Varian 720-ES)를 이용하였다. 기기의 분석 조건은 다음과 같다.

**Condition:**

Rf power(W)	1200
Gas flow rates (L min <sup>-1</sup> )	
Auxiliary	1.50
Plasma	15.0
Nubulizer	0.75
Replicate read time(s)	3.0
Instr stabilization delay (s)	15

**Sample introduction setting:**

Sample uptake delay (s)	30
Pump rate (rpm)	15
Rinse time (s)	10

(나) 종자 누출물질의 P 누출을 이용한 종자품질 검정

① 종자시료

Table 2.22. Seed samples for naturally aged radish and Chines cabbage varieties.

No	Genus species	Crop	Cultivar	Year	Source
1	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Sweet Acere		Monsanto
2	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Baekwangmoo	1995	Heungnong
3	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Gwandongyeoreu		Monsanto
4	<i>R. sativus</i> L.	Radish	R-347	2002	Nongwoobio
5	<i>R. sativus</i> L.	Radish	Saessakmoo	2011	Nongwoobio
6	<i>B. rapa. ssp. pekinensis</i>	Chinese Cabbage	Norangbom	1995	Heungnong
7	<i>B. rapa. ssp. pekinensis</i>	Chinese Cabbage	Sumo60		Monsanto
8	<i>B. rapa. ssp. pekinensis</i>	Chinese Cabbage	Bulam plus	1995	Heungnong
9	<i>B. rapa. ssp. pekinensis</i>	Chinese Cabbage	Alpine summer	2011	Nongwoobio
10	<i>B. rapa. ssp. pekinensis</i>	Chinese Cabbage	Winter pride	1996	Heungnong

## ② 종자처리

### ㉠ 인위퇴화 종자

배추종자 winter pride, Bulam plus와 무종자 관동여름, 새싹무 종자 각각 2품종을 대상으로 하여 인위퇴화종자를 만들어 인산누출 시험을 실시하였다. 인위퇴화는 종자를 수분 20%로 조절하여 비닐팩에 밀봉한 후 45°C 수조에서 24, 48, 72 시간 두었다. 처리 완료 후 본래의 무게로 건조하여 시료로 사용하였다.

### ㉡ 자연퇴화 종자

자연퇴화종자는 Table 2.22 종자시료에서 나타낸 것과 같이 4°C에서 서로 다른 오랜 기간 동안 보관하여 온 종자로서 서로 다른 여러 수준의 퇴화정도를 나타낸 무종자 5품종, 배추종자 5품종을 각각 사용하였다.

### ㉢ 종자누출물의 인산검정 방법

종자 누출물에 함유된 인산을 검정할 수 있는 방법을 탐색한 결과 2가지 방법으로 검정이 가능하였다. 방법은 ① Molybdenum Blue Method ② Malachite Green Method로서 alachite Green Method는 Malachite는 유독성 화합물로 알려져 있어서 Molybdenum Blue Method (MBM) 방법을 이용하여 인산을 검정 하였다. Molybdenum Blue Method 방법은 ① 5N sulfuric acid ② 25% ammonium molybdate ③ 0.1M Ascorbic acid ④ Potassium antimonyl tartrate (1mg Sb/ml)의 시약을 만들고 이들의 혼합용액을 ①: ②: ③: ④ = 10: 3: 6: 1 의 비율로 혼합하여 혼합시약(mixed reagent)으로 이용하였다.

종자 누출물에 함유된 P를 발색하기 위하여 96-well plate에서 3시간 동안 종자 1개씩 넣은 후 배추는 증류수 100 $\mu$ l, 무 종자는 150 $\mu$ l를 가하여 3시간 동안 침지 하였다. 침지된 용액 50 $\mu$ l를 새로운 96-well plate에 담고 mixed reagent 40 $\mu$ l를 가하면 P 성분의 농도에 따라 blue color로 즉시 발색 되었다. 발색된 종자누출액을 multi-plate reader (Opsys MR, Dynex Technology, Chantilly, VA, USA)로 흡광도를 읽어 인산누출 정도를 판별하였다.

### ㉣ 발아시험

종자누출 물이 P 성분 농도에 따라 발색된 후 96-well plate를 micro plate reader를 이용하여 개개의 종자에 대하여 630 nm에서 absorbance를 측정하였다. 측정된 absorbance 값을 0.000-0.100, 0.101-0.200, 0.201-0.300, 0.300-0.400 및 >0.401 로 5단계로 구분하여 각 absorbance 구간에 속하는 종자를 blue blotter에 파종하여 발아 형태를 조사하였다. 개개 종자의 발아 형태를 normal, abnormal 및 dead 종자로 구분하여 조사하였으며, 발색된 96-well plate는 scanner로 scan하여 그 image를 사진으로 기록하였다.

### ㉤ 통계적 처리

Absorbance와 발아와의 상관관계를 linear regression을 통하여 분석하였고, absorbance 각

구간에서의 종자가 발아할 확률을 logistic regression 방법으로 분석하여 absorbance를 통하여 발아율 예측에 응용할 수 있는 방법을 제시하였다.

## (2) 결과 및 고찰

### ① 종자누출물의 무기성분 분석

무 및 배추종자 각 3품종에서 건전종자(무처리)와 인위퇴화종자에서 각각 Ca, Mg, P, Na, K, B, Mo, Mn, Cu, Fe and Zn의 무기성분을 분석한 결과는 Table 2.23와 같다. 무 및 배추종자의 건전종자(무처리)와 인위퇴화 공히 K 성분이 가장 많이 누출되었으며, 이어서 P, Na, Ca, Mg 성분이 누출되었고 B, Mn 와 Cu는 거의 누출이 없었다. 다만, 배추종자에서 Mo 및 Fe, 무 종자에서 Zn이 흔적 수준의 누출이 있었다. P, Na, Ca, Mg 및 B 성분은 무처리 종자 보다 인위 퇴화종자에서 상당히 많은 양이 누출되었다. Ca, Mg, P, Na 및 K 성분은 배추종자의 인위퇴화 종자에서 무처리 종자보다 1.2, 8.6, 7.2, 1.2 및 4.2 배 많이 누출되었으며 무 종자에서는 1.3, 7.8, 9.6, 1.7, 및 3.2 배 많이 누출되었다 (Fig. 2.14). 무처리 종자와 인위퇴화종자를 비교할 때 가장 많이 차이가 나는 누출성분은 무, 배추 공히 Mg 와 P 성분으로 나타났다. 따라서 Mg 와 P 성분은 종자의 퇴화여부를 검정할 수 있는 좋은 지표로서 이용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 Mg 성분은 P 성분에 비하여 누출량이 매우 적었다. 종자로부터 무기성분 누출에 대한 결과를 바탕으로 하여 본 실험에서 P 성분 누출을 이용하여 종자품질 검정에 이용하고자 하였다.

Table 2.23. Inorganic compounds (Ca, Mg, P, Na, K, B, Mo, Mn, Cu, Fe, and Zn) leakage from AA and NA Chinese cabbage and radish seeds.

Cultivar	Leaked inorganic compounds (ppm·g seed <sup>-1</sup> ·10mL <sup>-1</sup> DW)										
	Ca	Mg	P	Na	K	B	Mo	Mn	Cu	Fe	Zn
<b><i>Chinese cabbage</i></b>											
Bulam plus											
NA <sup>x</sup>	7.52	1.57	15.72	10.19	70.07	0.00	0.005	0	0	0.00	0
AA <sup>y</sup>	9.39	9.63	93.63	16.78	356.22	0.04	0.004	0	0	0.02	0
Sumo60											
NA	10.08	1.12	8.67	10.74	67.30	0.040	0.004	0	0	0.00	0
AA	10.79	9.57	51.46	8.95	216.26	0.008	0.005	0	0	0.04	0
Alpine											
NA	3.15	0.54	9.19	7.90	53.22	0	0.10	0	0	0	0.0
AA	5.20	8.73	98.09	9.26	215.90	0	0.11	0	0	0	1.6
Average											
NA	6.92±	1.08±	11.19±	9.61±	63.51±						
	3.50 <sup>z</sup>	0.52	3.93	1.50	9.02						
AA	8.46±	9.31±	81.06±	11.66	266.13±						
	2.91	0.50	25.73	±4.43	86.68						
<b><i>Radish</i></b>											
Kwandong											
NA	5.64	1.14	16.18	6.54	100.50	0.19	0.006	0	0	0	0.00
AA	7.24	10.02	85.98	8.14	273.07	0.05	0.004	0	0	0	0.04
Sessak											
NA	1.17	0.01	2.52	2.67	25.83	0.04	0.000 2	0	0	0	0
AA	2.32	0.42	9.34	10.13	93.61	0.02	0.000 2	0	0	0	0
Jangnoksoo											
NA	16.48	3.26	9.69	10.23	109.48	0.07	0.004	0	0	0	0.000
AA	19.79	23.75	87.40	14.45	379.55	0.04	0.010	0	0	0	0.002
Average											
NA	7.76±	1.47±	9.46±	6.48±	78.60±						
	7.87	1.64	6.83	3.78	45.92						
AA	9.77±	11.40±	60.91±	10.91	248.74±						
	8.99	11.72	25.79	±3.23	83.44						

x: non-aged (control) seed , y: artificially aged seed (non-viable seed), z: average ± std. dev.

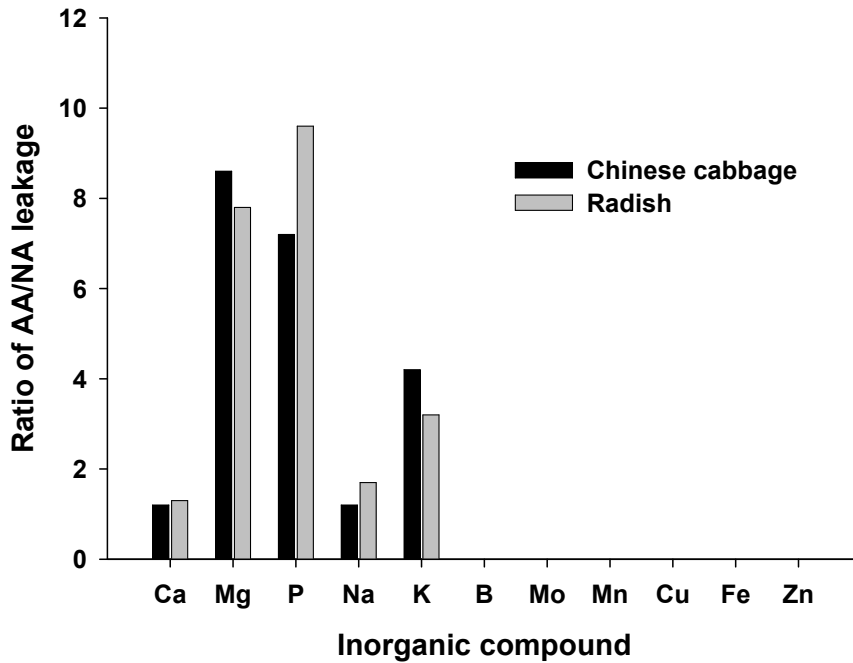


Fig. 2.14. The average ratio of AA to NA seed leakage from Chinese cabbage and radish seeds.

(나) 종자 누출물질의 P 누출을 이용한 종자품질 검정

① 인위퇴화 종자

㉔ 종자 누출액 P 검정

개개 종자누출액 50 $\mu$ l를 채취하여 새로운 96-well plate에 옮기고 각 well에 40 $\mu$ l의 MBM 시약을 첨가한 결과 즉시 청자주색으로 종자 누출액이 발색되었다 (Fig. 2.15). P 성분이 누출된 양에 따라 발색된 강도가 다르게 나타난 것으로 인위퇴화 종자의 퇴화기간이 0, 24, 48 및 72 시간으로 길어질수록 발색강도가 강하게 나타났다(Fig. 2.15, 2.16).

㉕ 누출액의 흡광도와 발아

Absorbance 값을 5단계로 나누고 각 단계별로 인위퇴화 종자 0, 24, 48 및 72시간 퇴화처리한 종자 총 480립을 정상, 비정상묘 및 죽은 종자로 구분하여 Table 2.24에 나타내었다. Absorbance 값이 높아질수록 정상묘 및 비정상묘는 줄어들고 죽은 종자는 증가하는 경향을 나타내었다. 무 및 배추 종자 공히 총 발아율은 종자퇴화 기간에 따라 그리고 absorbance 값이 낮은 값에서 높은 값으로 갈수록 발아율이 낮아지는 경향을 보였다.



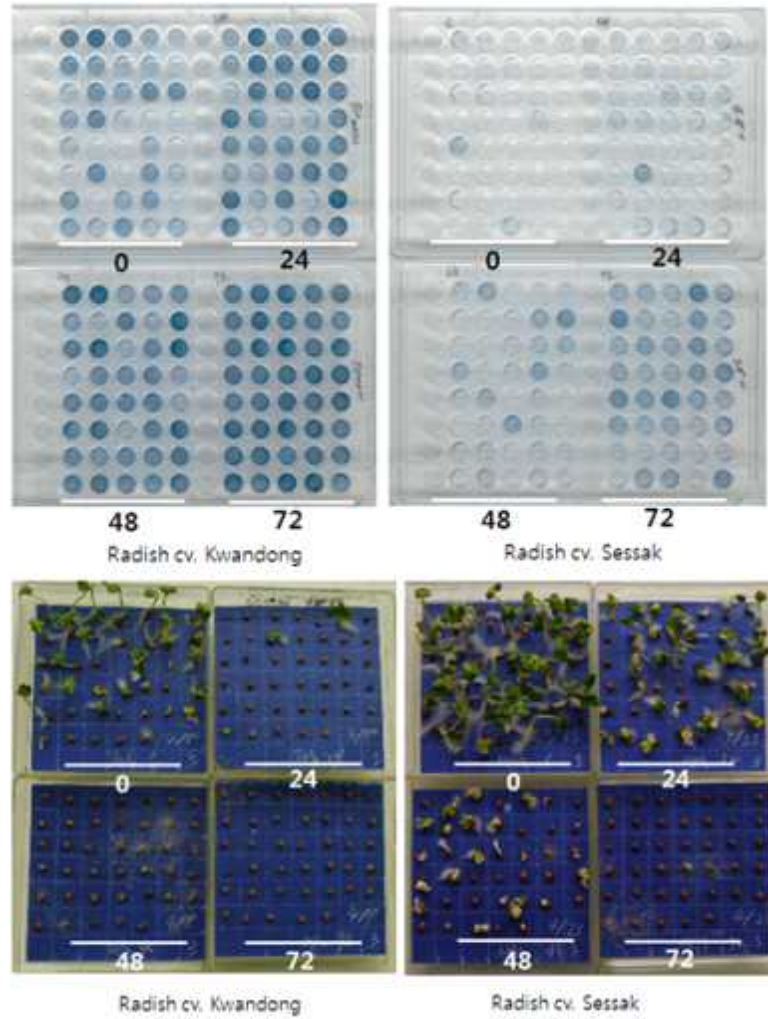


Fig. 2.15. The scan image of 96-well plate with single seed leachate from 0, 24, 48, and 72 h aged seeds of radish after being developed color with MBM reagent treatment. Color of seed leachate become gradually stronger goes from 24 to 72 h aged than control corresponded to viability loss. Seed germination was also well matched with the color intensity from aged time.

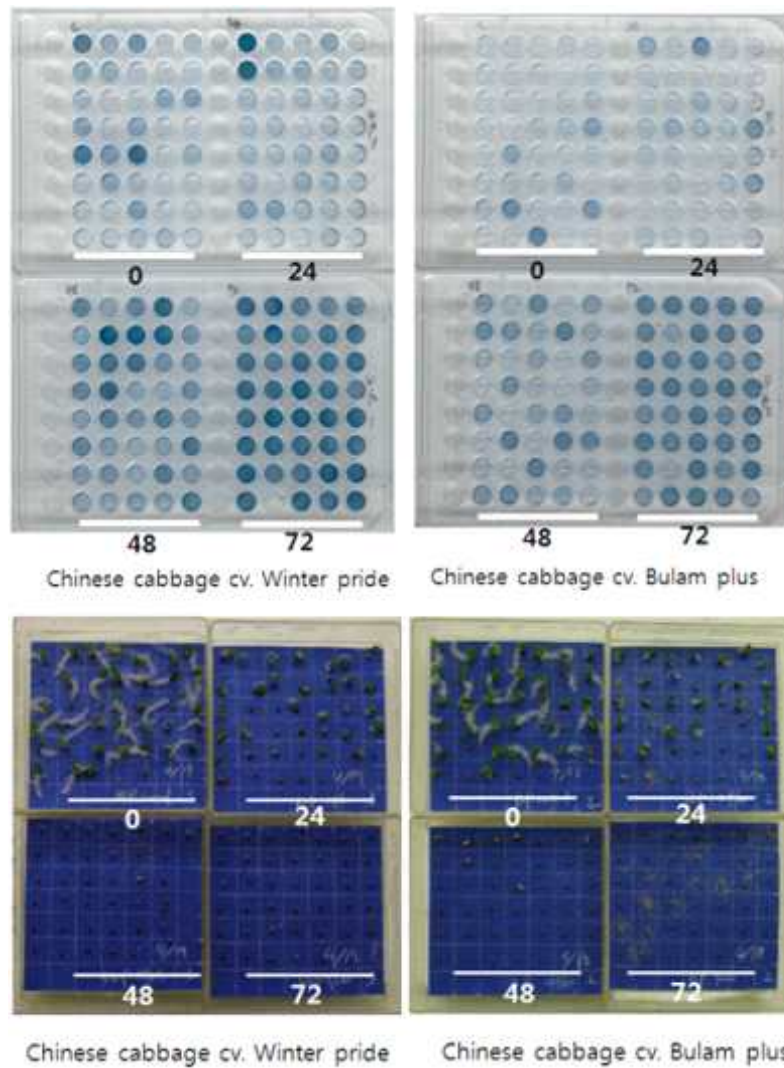


Fig. 2.16. The scan image of 96-well plate with single seed leachate from 0, 24, 48, and 72 h aged seeds of Chinese cabbage after being developed color with MBM reagent treatment. Color of seed leachate become gradually stronger goes from 24 to 72 h aged than control corresponded to viability loss. Seed germination was also well matched with the color intensity from aged time.

Table 2.24. Seedling classification of Chinese cabbage and radish seeds based on the aging time and absorbance of the leachate, calculated by summing seeds through the whole aging time in each absorbance (630 nm) fraction of the leachate.

Cultivar	Absorbance range (630nm)	0 hr			24 hr			48 hr			72 hr			Total			Germination (N+A, %)	
		N*	A	D	N	A	D	N	A	D	N	A	D	Sum	N	A		D
<i>Chinese cabbage</i>	0.000-0.100	63	2	7	10	31	4	0	0	2	0	0	2	121	73	33	15	88
Alpine	0.101-0.200	23	5	1	10	24	17	0	0	12	0	0	1	93	33	29	31	67
	0.201-0.300	8	1	1	1	8	9	0	0	20	0	0	5	53	9	9	35	34
	0.301-0.400	0	1	4	0	0	3	0	0	26	0	0	27	61	0	1	60	2
	> 0.401	0	0	4	0	0	3	0	0	60	0	0	85	152	0	0	152	0
	total	94	9	17	21	63	36	0	0	120	0	0	120	480	115	72	293	
Bulam plus	0.000-0.100	79	8	3	53	17	1	0	20	2	0	0	1	184	132	45	7	96
	0.101-0.200	7	6	2	2	12	3	0	4	12	0	0	5	53	9	22	22	58
	0.201-0.300	1	2	4	0	0	8	0	1	18	0	0	22	56	1	3	52	7
	0.301-0.400	0	1	3	0	0	14	0	0	22	0	0	61	101	0	1	100	1
	> 0.401	0	1	3	0	0	10	0	0	41	0	0	31	86	0	1	85	1
total	87	18	15	55	29	36	0	25	95	0	0	120	480	142	72	266		
<i>Radish</i>	0.000-0.100	44	1	1	4	1	14	0	0	6	0	0	0	71	48	2	21	70
Kwandong	0.101-0.200	24	3	4	2	0	18	0	0	14	0	0	0	65	26	3	36	45
	0.201-0.300	10	2	6	0	0	20	0	0	17	0	0	1	56	10	2	44	21
	0.301-0.400	2	5	14	0	0	28	0	0	24	0	0	13	86	2	5	79	8
	> 0.401	1	0	3	0	0	33	0	0	59	0	0	106	202	1	0	201	0
	total	81	11	28	6	1	113	0	0	120	0	0	120	480	87	12	381	
Saessak	0.000-0.100	94	0	0	73	6	1	50	9	0	0	0	7	240	217	15	8	97
	0.101-0.200	12	0	1	3	1	0	2	1	6	0	0	12	38	17	2	19	50
	0.201-0.300	8	0	0	2	0	1	1	0	4	0	0	21	37	11	0	26	30
	0.301-0.400	0	0	1	0	0	0	0	0	11	0	1	29	42	0	1	41	2
	> 0.401	0	0	4	0	0	33	0	0	36	0	0	50	123	0	0	123	0
total	114	0	6	78	7	35	53	10	57	0	1	119	480	245	18	217		

\* N: normal seedling, A: abnormal seedling, D: dead seed (non-viable; no germination)

㊦ 종자누출액의 흡광도와 발아와의 상관관계

인위퇴화 종자에서 종자누출액의 흡광도와 발아와의 관계를 직선회귀 상관관계를 계산하였다

(Table 2.25). 무 배추 각 2품종에서 발아와 흡광도는 부의 상관관계로서 배추에서  $R^2 = 0.95$  및 0.83 그리고 무 종자에서  $R^2 = 0.95$  및 0.91로 나타났다. 따라서 P 성분은 종자의 품질을 검정할 수 있는 좋은 지표로서 이용될 것으로 기대된다.

Table 2.25. Regression analysis of absorbance values (630 nm) of seed leachate vs. germination percentages for Chinese cabbage and radish seeds.

Cultivar	Regression equation	Coefficient value( $r^2$ )
<u>Chinese cabbage</u>		
Alpine	$Y = -24.1x + 86.4$	0.95
Bulam plus	$Y = -24.7x + 82$	0.83
<u>Radish</u>		
Kwandong	$Y = -17.7x + 64.1$	0.95
Sessak	$Y = -24.2x + 84.2$	0.91

#### ㉔ 퇴화기간별 누출액의 흡광도 변이

인위퇴화기간별 0, 24, 48 및 72시간 퇴화한 개개 종자에서 누출되는 P 성분을 낮은 값으로부터 높은 값 순서로 배열하였을 때의 그림은 Fig. 2.17과 같다. 그림에서와 같이 그래프의 추이는 0시간 퇴화가 가장 낮은 흡광도를 보이고 있으며 순서대로 24, 48 및 72시간 퇴화기간이 길수록 흡광도는 높은 위치의 그래프로 나타나고 있다. 따라서 퇴화정도에 따라 P 누출이 비례하여 누출됨으로써 종자품질 검정의 표지로서의 좋은 기능을 나타내었다.

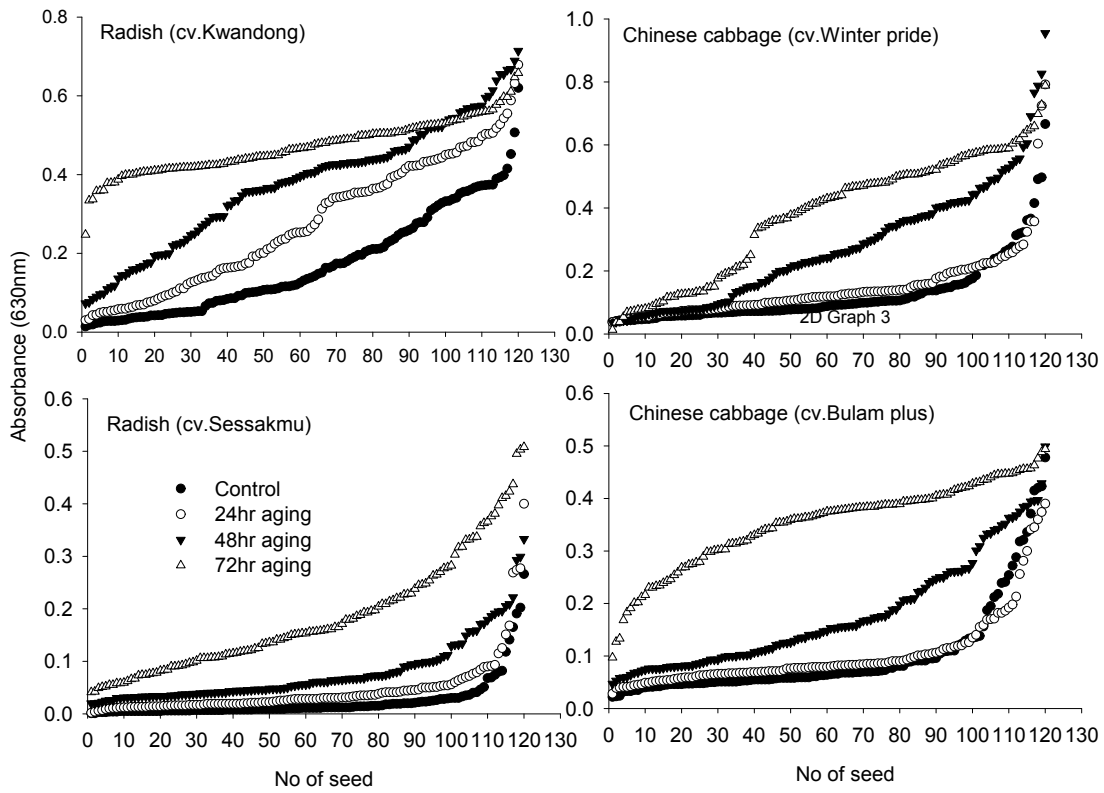


Fig. 2.17. Absorbance distribution of leachate from individual seeds depend on aging time when the values are distributed from low to high.

② 자연퇴화 종자

㉠ 인산누출 검정과 발아

무 및 배추 종자 각 5 품종의 자연퇴화한 개개의 종자에서 누출되는 인산을 검정하기 위하여 종자누출액에 인산발색시약을 첨가한 결과 즉시 발색하였다. 발색된 모양과 종자발아를 대비한 그림은 Fig. 2.18과 2.19와 같다. 육안으로 관찰해볼 때 96-well plate에서 발색의 강도가 강한 종자가 많은 곳에서 종자 발아도 저조한 경향을 보이고 있다.

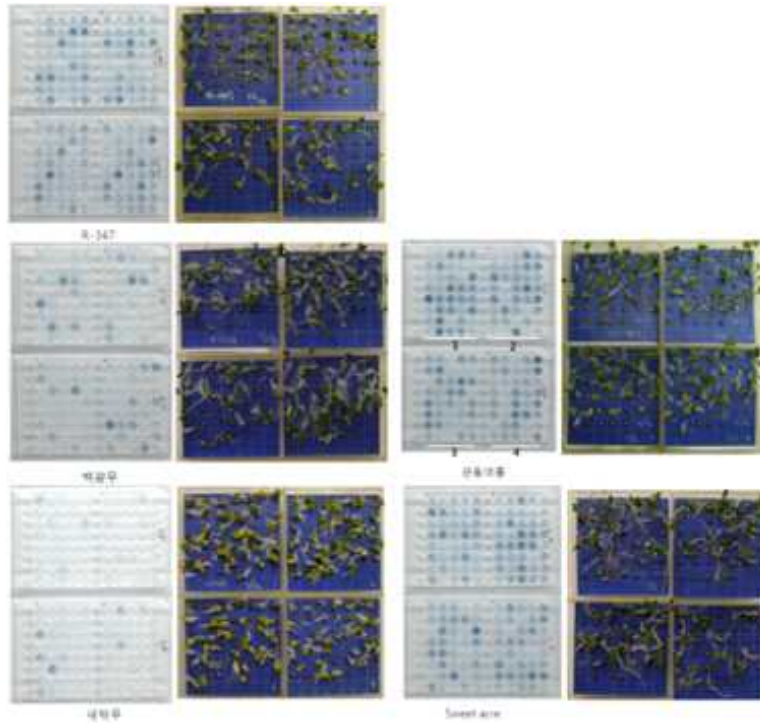


Fig. 2.18. Phosphate detection from five cultivars of radish seeds with MBM reagent and germination.

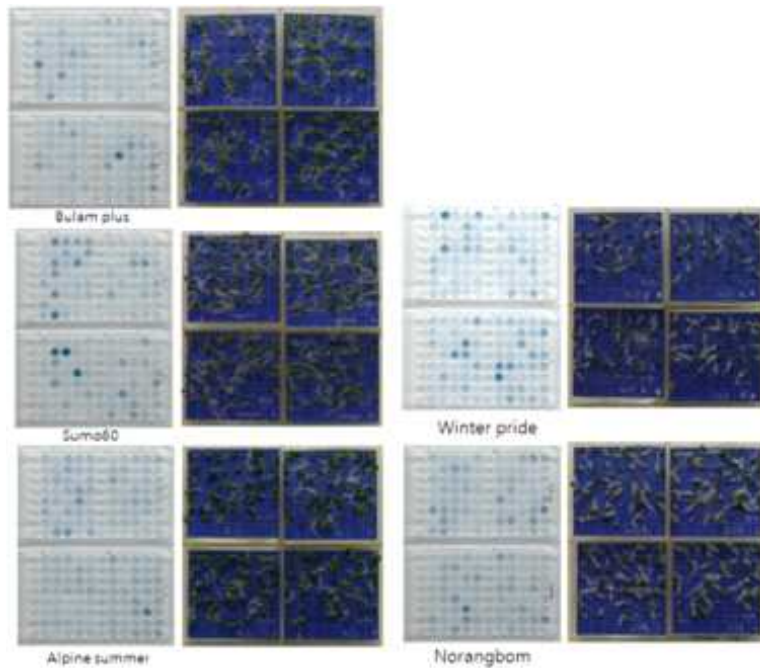


Fig. 2.19. Phosphate detection from five cultivars of Chinese cabbage seeds with MBM reagent and germination.

#### ㊤ 종자 침출액의 absorbance 구간별 발아

개개종자에서 누출된 인산을 MBM시약으로 발색한 후 발아와의 정확한 관계를 조사하기 위하여 개개의 종자에서 누출된 인산으로 발색된 96-well plate를 multi-plate reader를 이용하여

흡광도를 읽고 흡광도 범위별로 속한 종자에 대하여 발아 검정을 수행하였다(Table 2.26).

발아시험은 무 및 배추종자 각 5품종에 대하여 품종 당 160개의 종자를 조사하였다. 각 흡광도 범위에 속하는 종자에 대하여 정상묘, 비정상묘 및 불발아종자(죽은 종자)로 구분하여 조사하였으며 전체적인 발아는 정상묘와 비정상묘를 합한 것을 흡광도 구간별 총 종자 수로 나누어 백분율로 나타내었다. 무 종자(Table 2.26)와 배추종자(Table 2.27)에서 나타난 것과 같이 흡광도 값이 낮은 곳에서 높은 곳으로 갈수록 정상묘와 비정상묘는 감소되었고 죽은 종자는 증가되는 현상을 보였다. 또한 흡광도 값이 증가할수록 총 발아율은 감소하는 경향을 보였다.

흡광도 값의 변화와 발아와의 관계를 통계적으로 보기위하여 무, 배추 5품종 평균에 대하여 직선회귀분석을 하였다(Fig. 2.20). 직선회귀에서 무, 배추종자 공히 높은 부의 상관 ( $r=0.99$ )을 나타내었다.

Table.2.26. Classification of seedlings and germination from radish seeds in each absorbance fraction of the leachate, calculated by summing seeds.

Cultivar	Absorbance fraction (630nm)	Total			Germination	
		Sum	N*	A*	(N+A,%)	
<i>Radish</i> Kwandong	0.000-0.100	55	54	1	0	100
	0.101-0.200	46	41	2	3	93
	0.201-0.300	22	16	1	5	77
	0.301-0.400	17	8	3	6	65
	>0.401	20	1	3	16	20
	<i>total</i>	160	120	10	30	81
R-347	0.000-0.100	60	51	9	0	100
	0.101-0.200	27	23	0	4	85
	0.201-0.300	13	8	1	4	69
	0.301-0.400	15	6	0	9	40
	>0.401	45	1	1	43	4
	<i>total</i>	160	89	11	60	63
Sweet acre	0.000-0.100	41	32	6	3	93
	0.101-0.200	26	16	4	6	77
	0.201-0.300	21	8	2	11	48
	0.301-0.400	29	2	1	26	10
	>0.401	43	2	0	41	5
	<i>total</i>	160	60	13	87	46
Baekwang	0.000-0.100	115	102	8	5	96
	0.101-0.200	11	3	4	4	64
	0.201-0.300	5	0	2	3	40
	0.301-0.400	8	0	0	8	0
	>0.401	21	0	0	21	0
	<i>total</i>	160	105	14	41	74
Sessakmu	0.000-0.100	150	137	12	1	99
	0.101-0.200	5	3	2	0	100
	0.201-0.300	1	0	0	1	0
	0.301-0.400	2	1	0	1	0
	>0.401	2	0	0	2	0
	<i>total</i>	160	141	14	5	97

\* N: Normal seedling, A:Abnormal seedling, D: Dead seed (no germination)



Table.2.27. Classification of seedlings and germination from Chinese cabbage seeds in each absorbance fraction of the leachate, calculated by summing seeds.

Cultivar	Absorbance fraction (630nm)	Total				Germination (N+A,%)
		Sum	N	A	D	
<i>Chinese cabbage</i> Bulam plus	0.000-0.100	112	95	15	2	98
	0.101-0.200	14	8	4	2	86
	0.201-0.300	9	6	1	2	78
	0.301-0.400	4	0	0	4	0
	>0.401	21	1	0	20	5
	total	160	110	20	30	81
Sumo60	0.000-0.100	109	100	8	1	99
	0.101-0.200	29	25	3	1	97
	0.201-0.300	4	3	0	1	75
	0.301-0.400	5	4	0	1	80
	>0.401	13	1	1	11	15
	total	160	133	12	15	91
Alpine summer	0.000-0.100	54	53	0	1	98
	0.101-0.200	96	85	8	3	97
	0.201-0.300	8	3	1	4	50
	0.301-0.400	1	0	0	1	0
	>0.401	1	0	0	1	0
	total	160	141	9	10	94
Winter pride	0.000-0.100	92	83	4	5	95
	0.101-0.200	37	32	2	3	92
	0.201-0.300	13	6	2	5	62
	0.301-0.400	7	3	0	4	43
	>0.401	11	0	0	11	0
	total	160	124	8	28	83
Norangbom	0.000-0.100	89	84	4	1	99
	0.101-0.200	50	33	10	7	86
	0.201-0.300	19	13	3	3	84
	0.301-0.400	0	0	0	0	0
	>0.401	2	0	0	2	0
	total	160	130	17	13	92

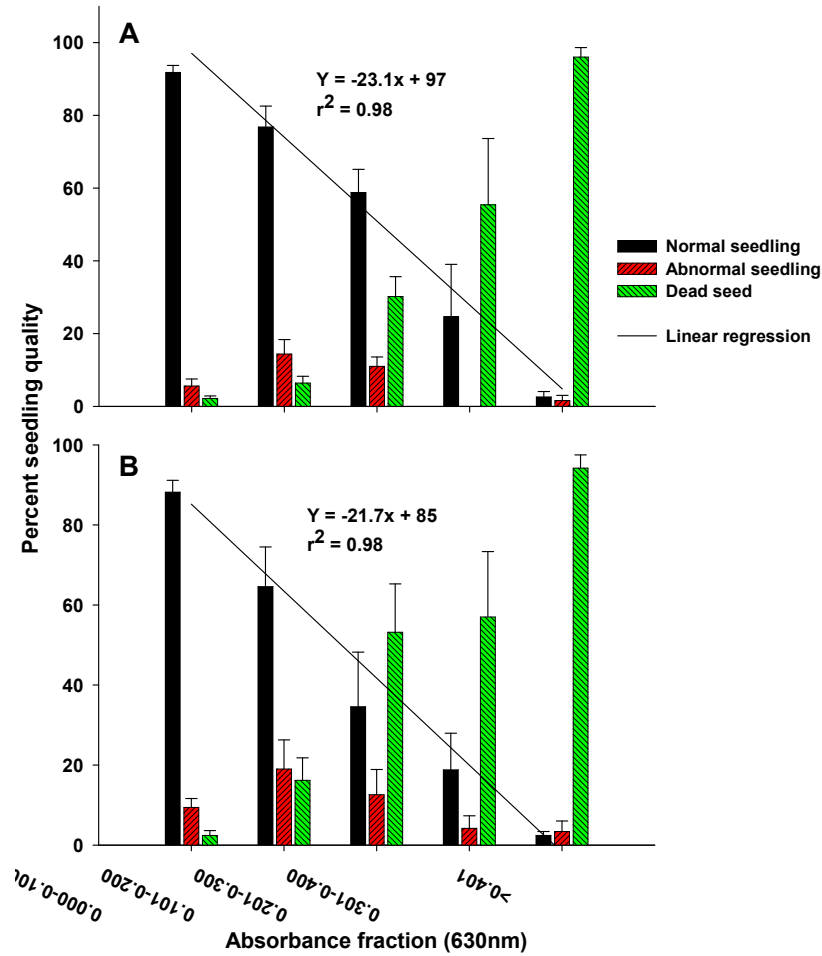


Fig.2.20. Percent seedling quality (normal, abnormal and dead seed) of five cultivars of Chinese cabbage (A) and radish (B) in each absorbance fraction of seed leachate. Linear regression was calculated between normal seedlings and absorbance fractions from low to high.

### ㊤ 발아율 예측을 위한 발아확률 계산

그림에서와 같이 흡광도 값과 발아율과 부의 높은 상관성이 있음을 나타내었기 때문에 이를 근거로 하여 구분된 흡광도 범위에 속한 종자에 대하여 발아할 확률을 알면 미지의 종자에 대하여 종자누출 액의 흡광도만 알면 발아율을 예측할 수 있다. 따라서 통계적으로 '성공'과 '실패' 확률을 계산하는 logistic regression 방법을 이용하여 종자의 '발아'와 '불발아'의 두 가지 범주를 계산하였다. 흡광도를 낮은 값에서 높은 값으로 각 5구간으로 나누었기 때문에 통계적으로 하나의 연속변수를 가진 logistic regression model을 만들 수 있다. 즉 logistic regression model은 (1)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\log \frac{\pi(\chi)}{1-\pi(\chi)} = \beta_0 + \beta_1\chi \text{ ----- (1)}$$

여기서  $\pi_\chi$ 는 흡광도  $\chi$ 가 주어질 때 발아할 확률을 나타낸다.  $\beta_1$ 은 흡광도 한 구분단위에 따른 발아확률의 변이를 나타내는 변수이다. Table 2.28은 배추종자 발아를 위한 logistic regression model의 최대가능도변수 추정(maximum likelihood parameter estimates)을 나타낸다. 귀무가설 하에서 시험통계 값에서 자유도가 1인  $\chi^2$  분포를 하고 있으며  $P$ -value < 0.001로서 model은 유의성이 인정된다. 따라서 logistic regression model은  $\log\pi/(1-\pi)=5.5818 - 1.5639\chi$  이며 흡광도 변이에 따른 발아 추정비율은  $0.21 = [\exp(\beta_1) = \exp(-1.5639)]$ 이다. 즉 흡광도 단위가 한 단위 증가할 때 발아율이 21% 감소함을 나타낸다. 따라서 흡광도를 알면 다음 model에 따라 발아확률을 예측할 수 있다. 배추종자 발아확률 계산할 수 있는 model은 (2)와 같다.

$$\pi(\chi) = \frac{\exp(5.5818 - 1.5639\chi)}{1 + \exp(5.5818 - 1.5639\chi)} \text{ ----- (2)}$$

로 나타낼 수 있다.

동일한 방법으로 무 종자에서도 Table 2.29의 최대가능도변수 추정(maximum likelihood parameter estimates)에 따라 logistic regression model은 (3)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\log\frac{\pi}{1-\pi} = 5.1395 - 1.5507\chi$$

$$\pi(\chi) = \frac{\exp(5.1395 - 1.5507\chi)}{1 + \exp(5.1395 - 1.5507\chi)} \text{ -----(3)}$$

Table 2.28. Analysis of maximum likelihood parameter estimates of Chinese cabbage seed germination depending on the absorbance (630 nm) of seed leachate (based on the average of five cultivars).

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	5.5818	0.3626	237.01	<0.0001
Range	1	-1.5639	0.1299	145.04	<0.0001

Table 2.29. Analysis of maximum likelihood parameter estimates of radish seed germination depending on the absorbance (630 nm) of seed leachate (based on the average of five cultivars).

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	5.1395	0.3182	260.86	<0.0001
Range	1	-1.5507	0.0988	246.34	<0.0001

종자누출액의 인산을 발색한 후 흡광도 값과 발아와의 관계를 이용하여 발아확률을 구할 수 있게 되었다. 공식 (2)와 (3)을 이용하여 흡광도 변이에 따른 발아확률의 변이를 배추종자는 Fig. 2.21A와 무 종자는 Fig. 2.21B에서 나타내었다. 배추종자와 무 종자의 발아확률 그래프는 매우 유사한 양상을 보였다. 수직으로 그려진 그림은 변이를 나타낸 것으로 무 종자에서 배추 종자 보다 변이가 큰 것으로 나타나 무 종자보다 배추 종자 발아확률을 예측하기에 더욱 적합한 것으로 나타났다. 또한 공식 (2)와 (3)을 이용하여 배추 종자와 무 종자의 흡광도 구간별 발아확률을 계산하여 Table 2.30에서 나타내었다.

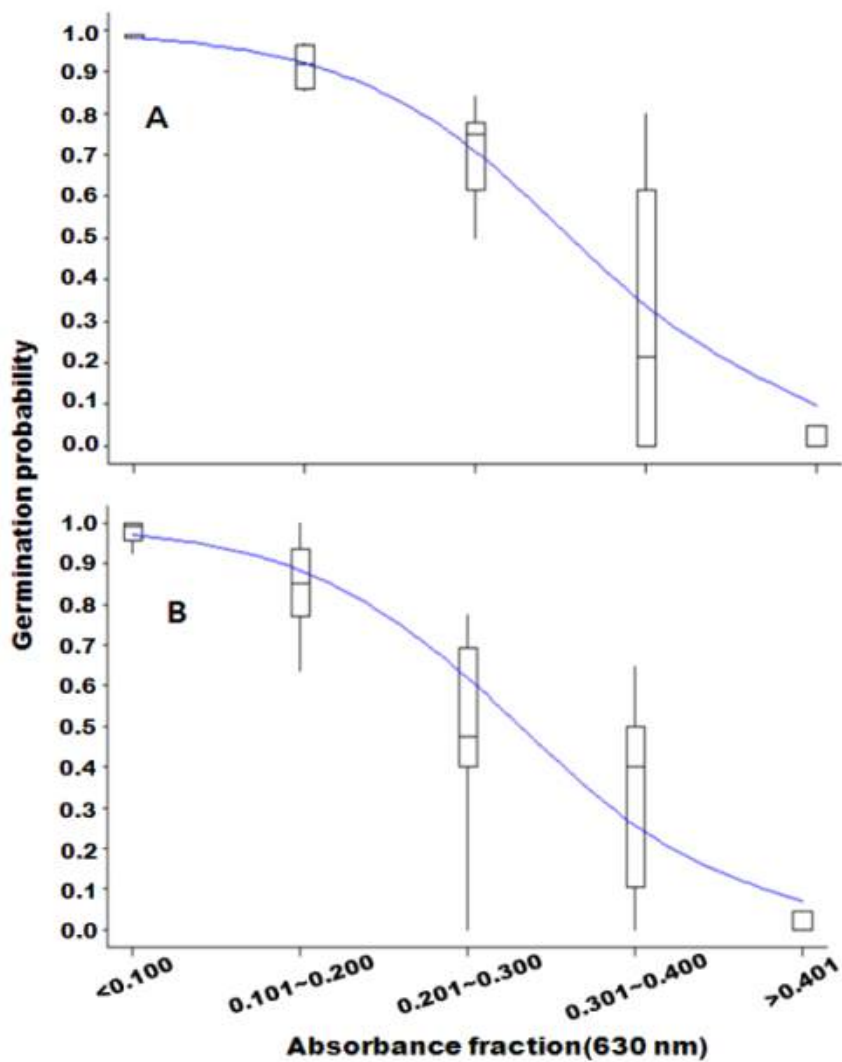


Fig. 2.21. The germination probabilities of Chinese cabbage (A) and radish (B) seeds with seed leachate absorbance after RP treatment. The vertical length of the boxes represent the variation of the observed germination probabilities of five cultivars. Vertical bars indicate the box-plot for the observed germination probabilities of five cultivars. The bottom and top edges of the box are located at the 25th and 75th percentiles of the observed germination probabilities of five cultivars. The center horizontal line represents the median. Vertical lines at the edge of each box represent the maximum (the upper) and minimum (the lower) value respectively.

Table 2.30. Germination probability of Chinese cabbage and radish seeds.

Absorbance fraction	Germination probability	
	Chinese cabbage	Radish
0.000-0.100	0.982	0.973
0.101-0.200	0.921	0.885
0.201-0.300	0.709	0.620
0.301-0.400	0.338	0.257
>0.401	0.096	0.068

## 다. 종자 침출액의 마그네슘(Mg) 누출을 이용한 종자의 품질 검정

### (1) 연구배경

2차년도 실험에서 무처리 및 인위퇴화처리 종자에서 무기성분 분석을 통하여 Fig. 2.22에서와 같이 인산과 칼리 성분이 가장 많이 누출되었으며 그 중 인산 누출이 무처리와 인위퇴화 처리 간 비율에서 가장 높음을 발견하고 2차년도 시험에서 인산누출을 이용한 종자선별 기술을 성공적으로 개발하였다. K 성분은 가장 많이 누출되는 성분이지만 인위퇴화종자/무처리 비율이 높지 않아 종자선별 index로서는 일단 배제하고, Mg 누출에서 인위퇴화종자/무처리 비율이 가장 높아 3차년도 시험에서는 Mg 누출을 이용한 종자선별 기술을 개발코자 하였다.

### (2) 재료 및 방법

(가) 종자누출물의 Mg 검정 방법

개개 종자에서 누출되는 Mg 성분을 96 well plate 상에서 검정하는 방법을 찾기 위한 실험을 다음과 같은 처리로 실시하였다.

분석방법	Absorbance	품종	시료 : 시약
1. EBT 방법	1. 570 nm	1. 관동 무	1. 20 $\mu$ l : 80 $\mu$ l
2. Calmagite 방법	2. 630 nm	2. Alpine 배추	2. 30 $\mu$ l : 80 $\mu$ l
			3. 40 $\mu$ l : 80 $\mu$ l
			4. 50 $\mu$ l : 80 $\mu$ l

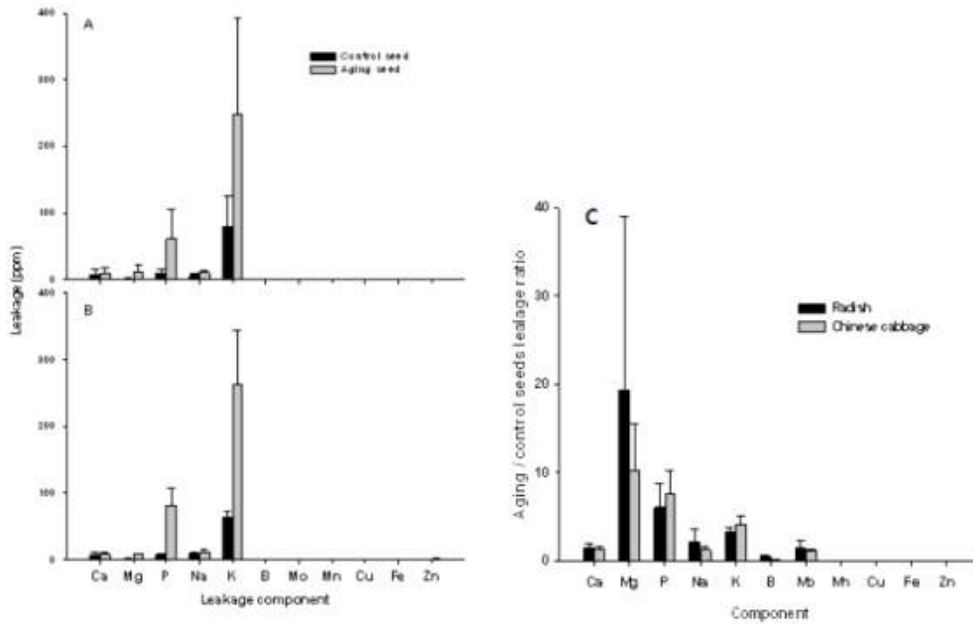


Fig. 2.22. A: Inorganic leakage from radish seeds, B: Inorganic leakage from Chinese cabbage seeds, C: The ratio of inorganic compounds leakage from aged/control seeds of radish and Chinese cabbage seeds.

종자 누출물에 함유된 Mg를 흡광도를 읽어 검정할 수 있는 방법을 탐구한 결과 2가지 방법으로 발색이 가능하였다. 방법은 ① Eriochrome Black T(EBT) ② Calmagite로 시도하였다.

① Eriochrome Black T(EBT)

㉞ Stock solution

75 mg/L EBT, 83mg/L EGTA, 100mL dimethylsulfoxide, 40mg/L sodium chloride, 10mL/L Brij, 6mL/L Triton X-100

상기 용액을 hydrochloride로 pH 6.0으로 조절

㉞ Stock buffer 용액

110g/L diethanolamine, 0.5g/L sodium cyanide

상기 용액을 sodium hydroxide로 pH 12.0으로 조절

상기 ①② 용액을 같은 양으로 혼합하여 working solution으로 이용

② Calmagite 방법

㉞ Stock solution

82mg/L EGTA, 100mL dimethylsulfoxide, 131mg/L calmagite, 40mg/L sodium chloride, 10mL/L Brij, 6mL/L Triton X-100

상기 용액을 hydrochloride로 pH 7.0으로 조절

㉔ Stock buffer 용액

110g/L diethanolamine, 0.5g/L sodium cyanide, 10mL/L Brij, 6mL/L Triton X-100

상기 용액을 sodium hydroxide로 pH 12.0으로 조절

상기 ㉔ 용액을 같은 양으로 혼합하여 working solution으로 이용

종자 누출물에 함유된 Mg를 발색하기 위하여 96 well plate에서 3시간 동안 종자 1개씩 넣은 후 배추는 증류수 100 $\mu$ l, 무 종자는 150 $\mu$ l를 가하여 3시간 동안 침지하였다. 침지된 용액 20, 30, 40, 50 $\mu$ l를 새로운 96 well plate에 담고 mixed reagent 80 $\mu$ l를 가하면 Mg 성분의 농도에 따라 발색정도를 조사관찰 하였다. 발색된 96 well plate를 570nm와 630nm absorbance로 측정하였다.

① 종자시료

무처리 종자와 인위퇴화 종자로서 배추: Alpine summer와 무: 관동여름 종자를 이용함

㉕ 종자인위퇴화 처리법

종자를 수분 20%로 조절하여 비닐팩에 밀봉한 후 45°C 수조에서 24, 48, 72 시간 두었다. 처리 완료 후 본래의 무게로 건조하여 시료로 사용하였다.

(나) 인위퇴화종자의 Mg 누출과 발아

① 종자시료

인위퇴화종자와 Mg 누출과 발아와의 관계 조사용으로는 다음의 무 와 배추종자를 이용

- 무(*Raphanus sativus* L.) :

- 현대 (2011년산)
- 백광무(1995년산, 흥농)
- 새싹무(2011, 농우)

- 배추(*B. rapa* ssp. *pekinensis*)

- Bulam plus (1995, 흥농)
- Sumo60 (-, 흥농)
- Alpine summer (1995, 흥농)

㉕ 종자인위퇴화 처리법

종자를 수분 20%로 조절하여 비닐팩에 밀봉한 후 45°C 수조에서 24, 48, 72 시간 두었다. 처리 완료 후 본래의 무게로 건조하여 시료로 사용하였다.



## ② Mg 검정

EBT 방법으로 발색하여 570 nm에서 absorbance를 측정하였다. 또한 발색 유무에 따라 육안으로 검정하여 발아와의 관계를 조사하였다. Absorbance 측정 후 이를 <-0.070, -0.070~-0.041, -0.040~-0.011, -0.010~-0.019, >0.019의 5구간으로 구분하였다.

## ③ 발아 시험

Absorbance가 측정된 종자를 blotter 파종하여 개개의 종자의 발아 형태를 normal, abnormal 및 dead 종자로 구분하여 조사하였다. 발색된 96well plate는 간단하게 scanner를 이용하여 image를 사진으로 기록하였다. 또한 육안으로 발색 유무에 따라 발아와의 관계를 조사하였다.

(다) 자연퇴화종자의 Mg 누출과 발아

### ① 종자시료

- 무(*Raphanus sativus* L.) :

- 새싹 (2011년산, 농우)
- R-347(2002년산, 흥농)
- 백광(2011, 농우)
- 관동(1998, 흥농)
- 청운(1998, 흥농)
- 장녹수(2010, 흥농)
- Sweet acere (-, 흥농)
- 미농조생

- 배추(*B. rapa* ssp. *pekinensis*) :

- Alpine summer (1995, 흥농)
- Sumo60(-, 흥농)
- 불암 3호(1995, 흥농)
- 노랑봄(1995, 흥농)
- 장손
- 불암플러스(1995, 흥농)
- Winter pride
- 종가(1996, 흥농)
- 장미
- 셋노랑

## ② Mg 검정

EBT 방법으로 발색하여 570 nm에서 absorbance를 측정하였다. 또한 발색 유무에 따라 육안으로 검정하여 발아와의 관계를 조사하였다. Absorbance 측정 후 이를 <-0.070, -0.070~-0.041,

-0.040~-0.011, -0.010~-0.019, >0.019 의 5구간으로 구분하였다.

### ③ 발아 시험

Absorbance가 측정된 종자를 blotter 파종하여 개개의 종자의 발아 형태를 normal, abnormal 및 dead 종자로 구분하여 조사하였다. 발색된 96-well plate는 간단하게 scanner를 이용하여 image를 사진으로 기록하였다. 또한 육안으로 발색 유무에 따라 발아와의 관계를 조사하였다.

## (3) 결과 및 고찰

(가) 종자누출물의 Mg 검정 방법

### ① 검정방법에 따른 Mg성분의 발색 반응

인위퇴화 (0, 24, 48, 72시간 퇴화)된 개개 종자(cv.관동여름) 에서 누출된 Mg를 EBT 방법으로 발색된 모양을 Fig. 23에서 나타내었다. 0, 24, 48, 72 시간 인위퇴화시킨 무(관동여름)와 배추종자(Alpine summer)를 개개종자별로 침지하고 침지한 sample에 대하여 Mg 성분을 EBT 방법과 Calmagite 방법으로 발색하는데 성공하였다. 퇴화기간별 종자의 누출물의 발색은 Fig. 2.23과 2.24에서 보는 바와 같이 퇴화기간이 긴 종자일수록 발색강도가 높아져서 퇴화정도를 잘 나타내었다.

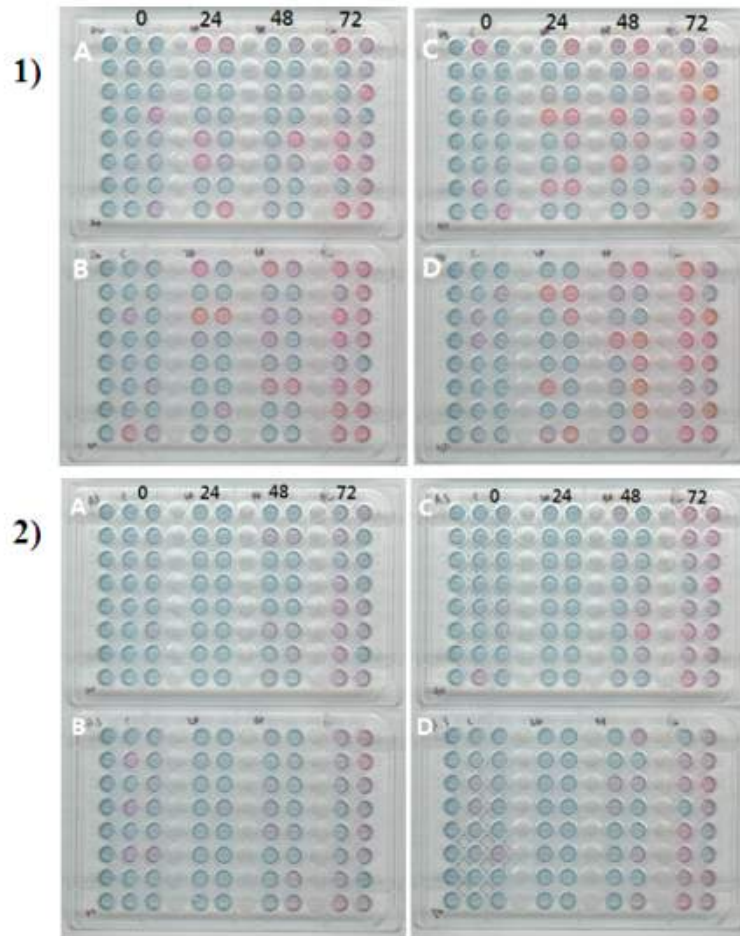


Fig. 2.23. Color reaction from **EBT** method for Mg detection of artificially aged radish and Chinese cabbage seeds(cv. 1: 관동여름, 2: Alpine summer). The seeds were aged for 0, 24, 48, 72 h. (A: sample  $20\mu\text{l}$ +EBT  $80\mu\text{l}$ , B:sample  $30\mu\text{l}$ +EBT  $80\mu\text{l}$ , C: sample  $40\mu\text{l}$ +EBT  $80\mu\text{l}$ , D: sample  $50\mu\text{l}$ +EBT  $80\mu\text{l}$ )

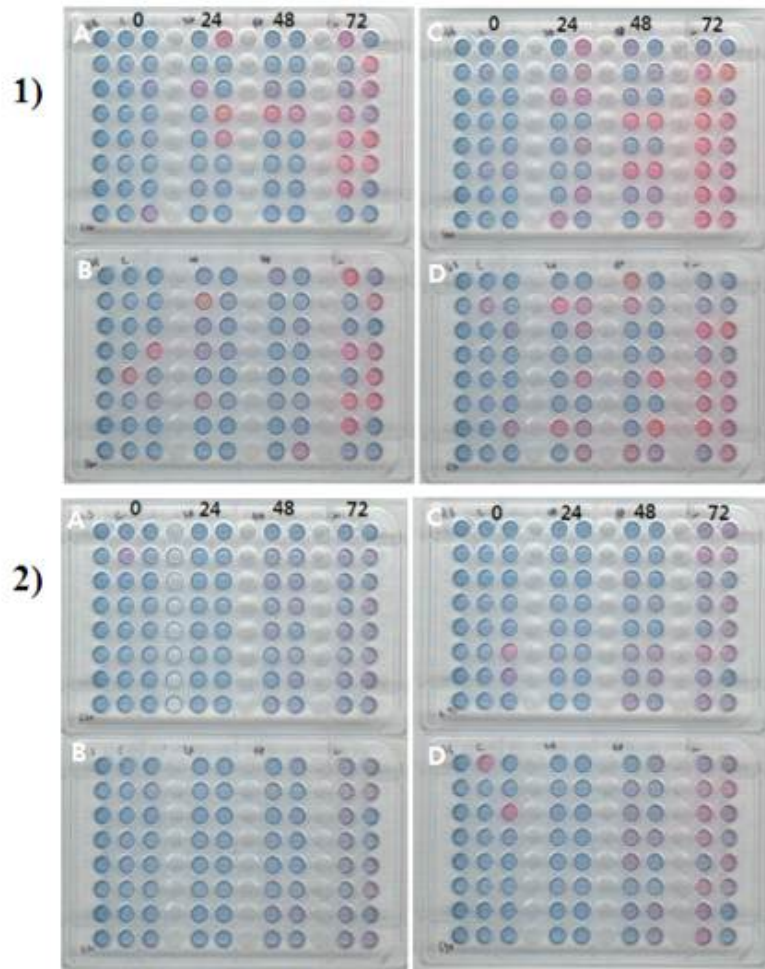


Fig. 2.24. Color reaction from **Calmagite** method for Mg detection of artificially aged radish and Chinese cabbage seeds(cv. 1: 관동여름, 2: Alpine summer). The seeds were aged for 0, 24, 48, 72 h. (A: sample  $20\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ , B:sample  $30\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ , C: sample  $40\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ , D: sample  $50\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ )

## ② Mg 누출액의 흡광도 측정

관동여름 종자에 대하여 control, 24, 48, 72 시간 인위퇴화종자에서 누출된 Mg을 EBT 방법으로 sample  $20\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ , sample  $30\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ , sample  $40\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$ , sample  $50\mu\text{l}$ +Calmagite시약  $80\mu\text{l}$  처리후 발색된 개개의 종자 누출액에 대한 absorbance를 570 nm로 측정된 것과 630nm로 측정된 것을 Fig. 2.25와 Fig.2.26에서, 그리고 Calmagite 방법으로 570 nm로 측정된 것을 Fig. 2.27과 630nm로 측정된 것을 Fig.2.28에서 나타내었다. 발색된 모양을 보면 무 종자에서 배추종자 보다 색이 더 선명하게 발색되었다.

종합적으로 종자에서 누출되는 Mg성분은 EBT 방법이나 Calmagite방법에서 발색이 가능하였으며, absorbance 측정결과와 발색된 모양을 종합적으로 고려할 때 특히 absorbance에서 인위

퇴화 정도에 따라 흡광도의 차이가 뚜렷이 나타나고 퇴화정도와 흡광도 사이에 가장 linear한 상관성이 있는 것을 선택하였다. 따라서 선택된 발색방법은 EBT 방법, absorbance는 570nm, 그리고 sample:시약 비율은  $50\mu\text{l} : 80\mu\text{l}$ 으로 하는 것이 가장 우수한 것으로 판단하였다. 따라서 향후 측정하는 인위퇴화종자와 자연퇴화종자에서 Mg 측정은 모두 발색방법을 EBT 방법으로 하고, absorbance는 570nm, 그리고 sample:시약 비율은  $50\mu\text{l} : 80\mu\text{l}$ 으로 이용하고자 한다.

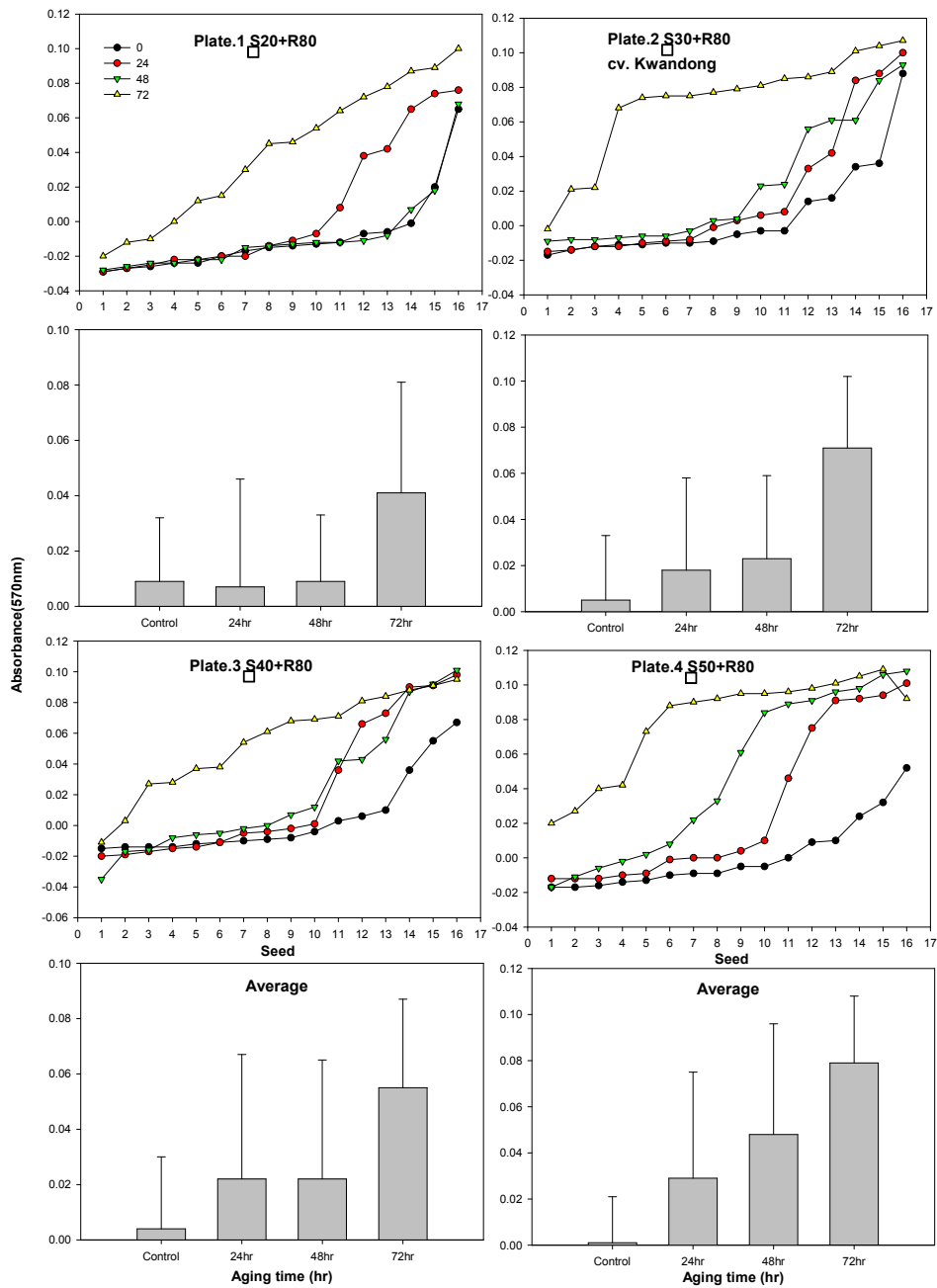


Fig. 2.25. Absorbance measurement(570 nm) of the single seed leachate from artificially aged radish seeds which leachate had color reacted by EBT method (cv. Kwandong). The graph are represented as sample  $20\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ , sample  $30\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ , sample  $40\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ , sample  $50\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ .

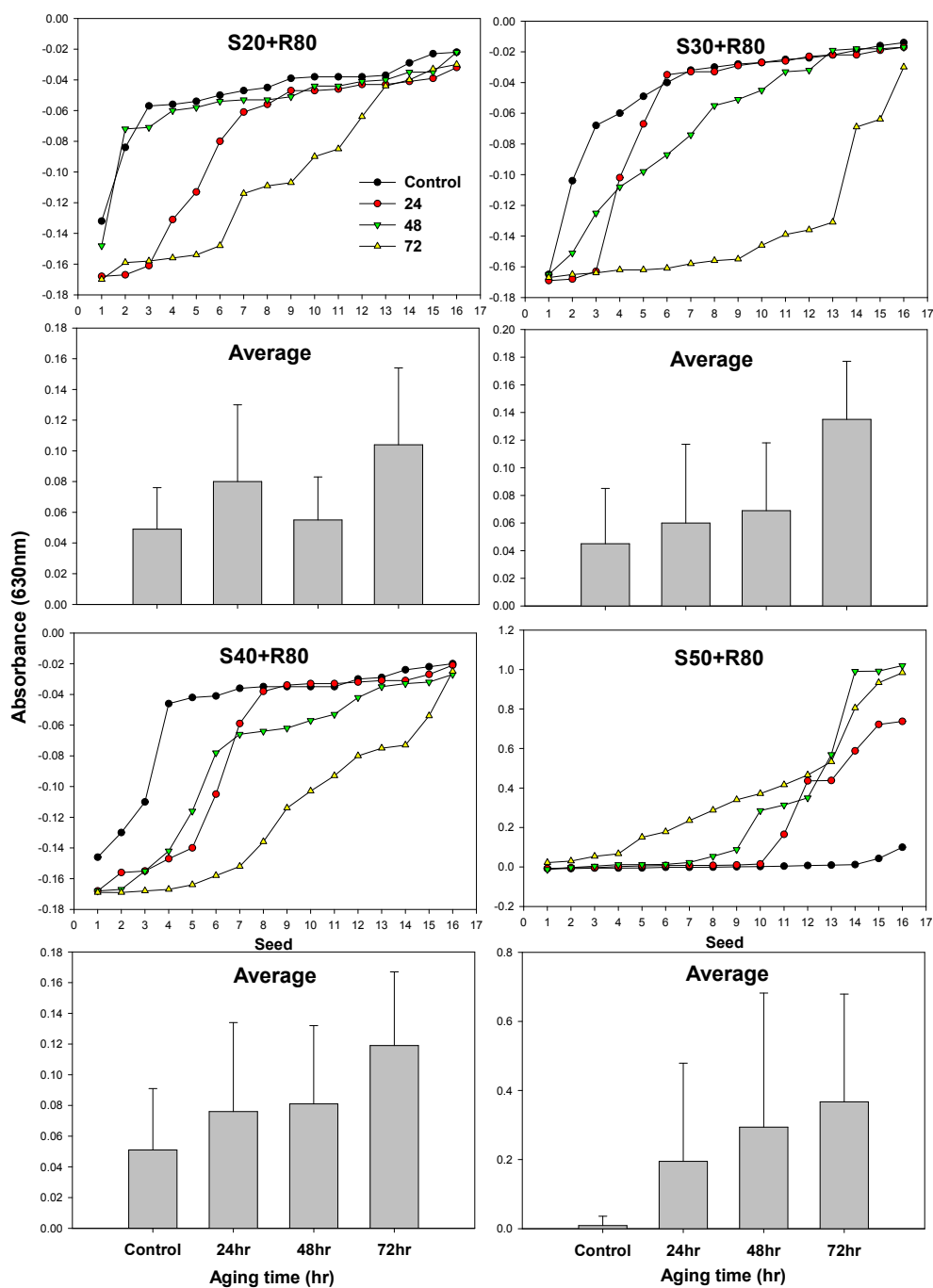


Fig. 2.26. Absorbance measurement(630 nm) of the single seed leachate from artificially aged radish seeds which leachate had color reacted by EBT method (cv. Kwandong). The graph are represented as sample  $20\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ , sample  $30\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ , sample  $40\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ , sample  $50\mu\text{l} + \text{EBT } 80\mu\text{l}$ .

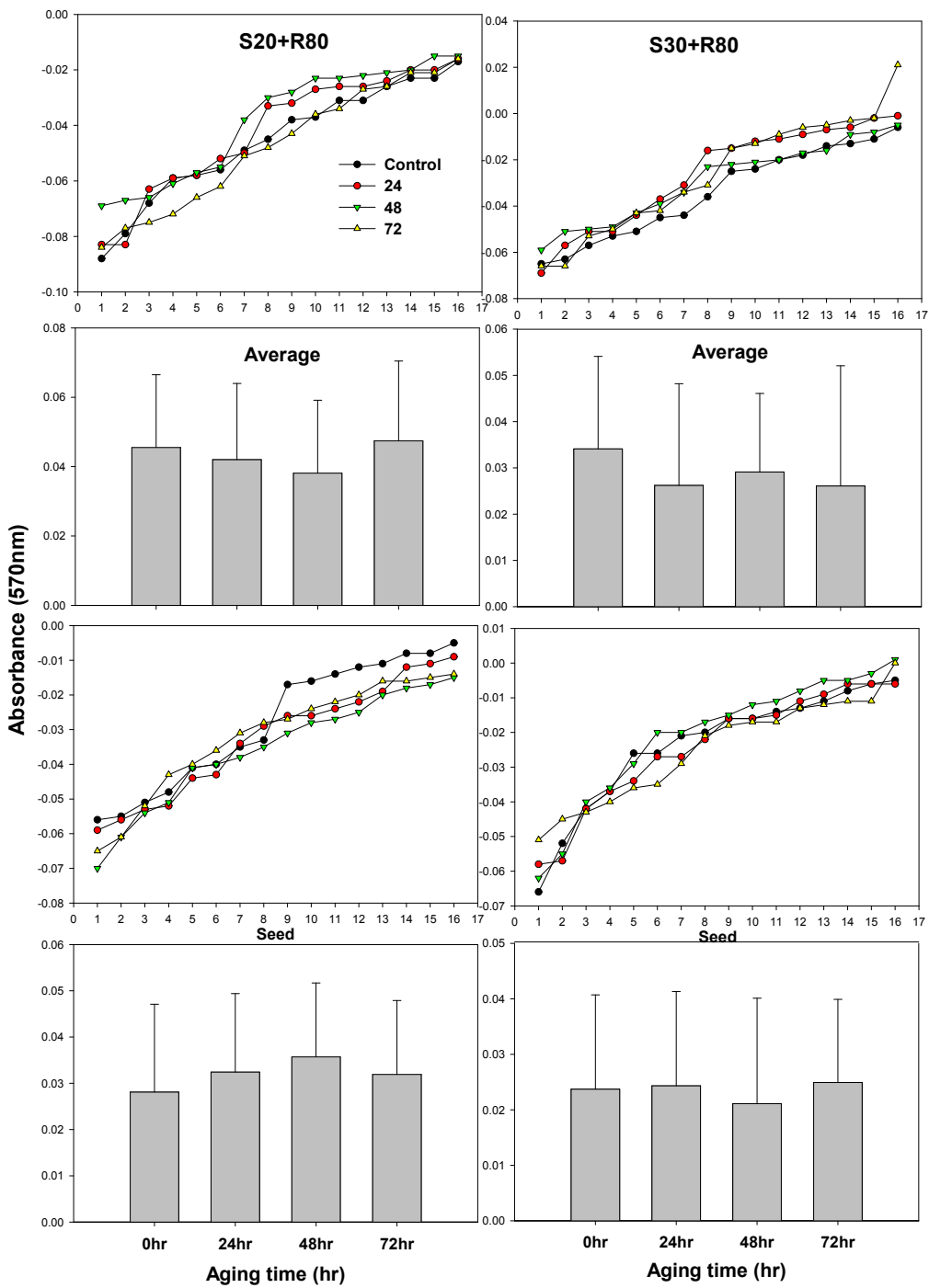


Fig. 2.27. Absorbance measurement(570 nm) of the single seed leachate from artificially aged radish seeds which leachate had color reacted by Calmagite method (cv. Kwandong). The graph are represented as sample 20 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l, sample 30 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l, sample 40 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l, sample 50 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l.

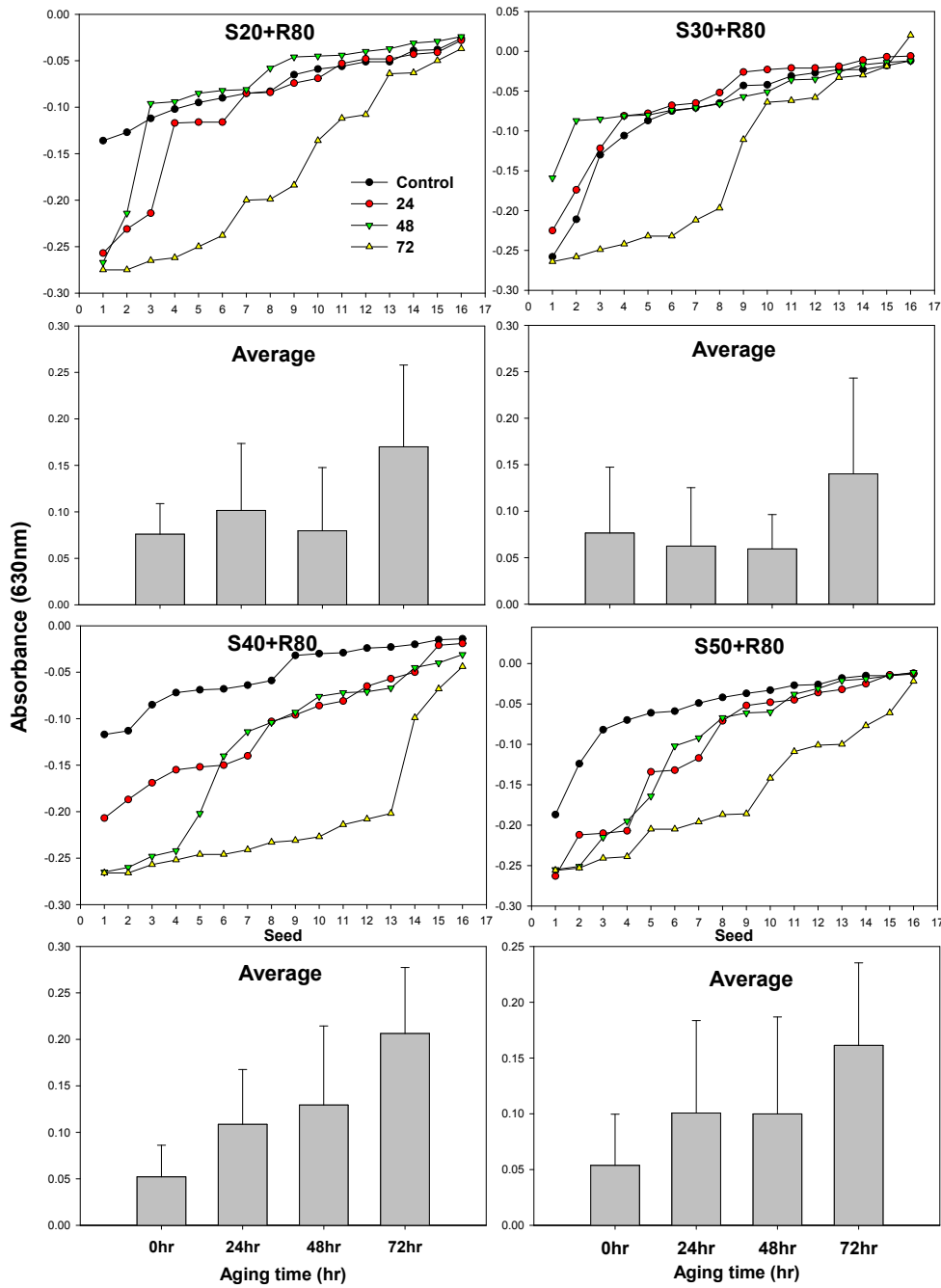


Fig. 2.28. Absorbance measurement(630 nm) of the single seed leachate from artificially aged radish seeds which leachate had color reacted by Calmagite method (cv. Kwandong). The graph are represented as sample 20 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l, sample 30 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l, sample 40 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l, sample 50 $\mu$ l+Calmagite 80 $\mu$ l.

(나) 인위퇴화종자의 Mg 누출과 발아

① 인위퇴화 시간별 흡광도 변이

무, 배추 각 3품종에 대하여 0, 24, 48, 72 시간 인위퇴화종자의 누출물을 단일 종자단위로 Mg 성분을 발색한 후 570 nm에서 absorbance값을 읽은 후 흡광도 값을 낮은 값에서 높은 값



순서로 나타내어 퇴화정도에 따른 Mg 누출상태를 나타내고자 하였다 (Fig. 2.29). 그림 에서 보면 무 종자 보다 배추종자에서 퇴화정도별 Mg이 더 차등화 되어 나타났다.

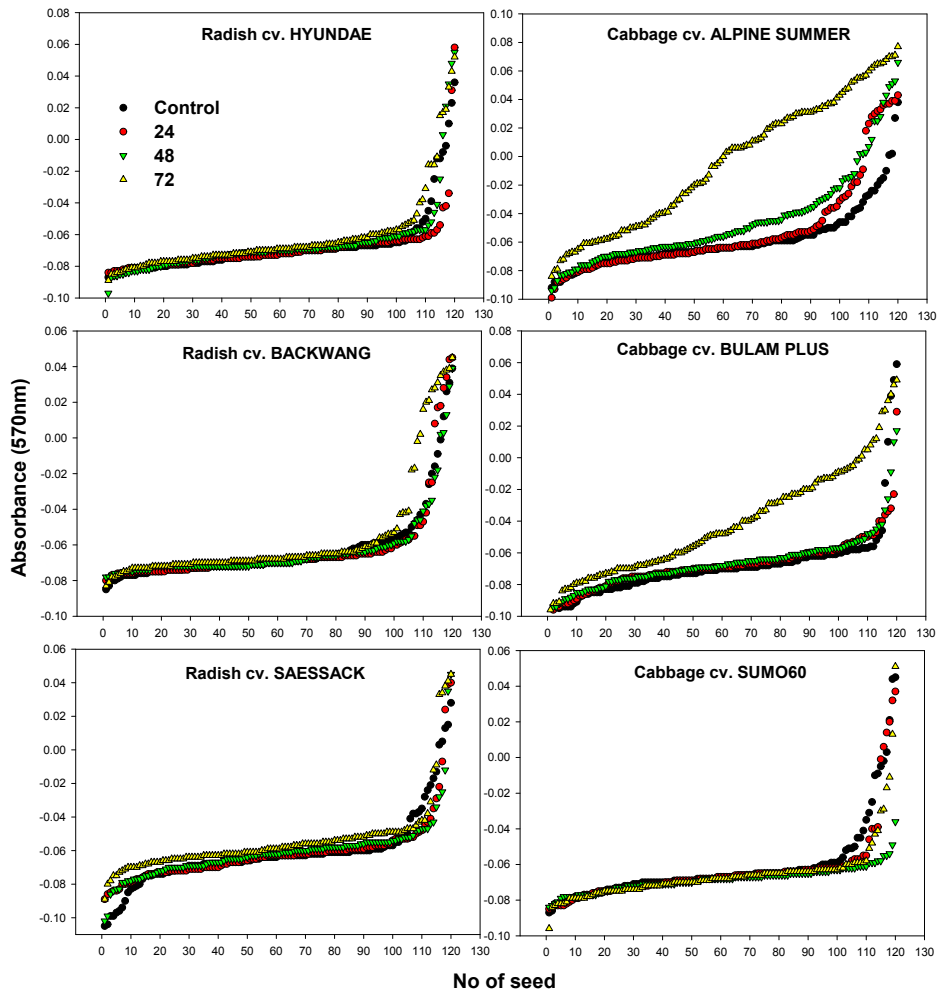


Fig.2.29. Mg leakage from 3 cultivars of radish and chinese cabbage which seeds were artificially aged for 0, 24, 48 and 72 h. Absorbance(570 nm) value was read in each seed leachate and lined up from low to high.

## ② Mg 누출과 발아

무, 배추 각 3품종에 대하여 0, 24, 48, 72 시간 인위퇴화 처리하고 개개종자별로 96-well plate에서 침지한 후 종자침출액에 대하여 Mg누출에 의한 발색 반응을 관찰하고 또한 발아반응을 같이 관찰하였다(Fig. 2.30, 2.31).

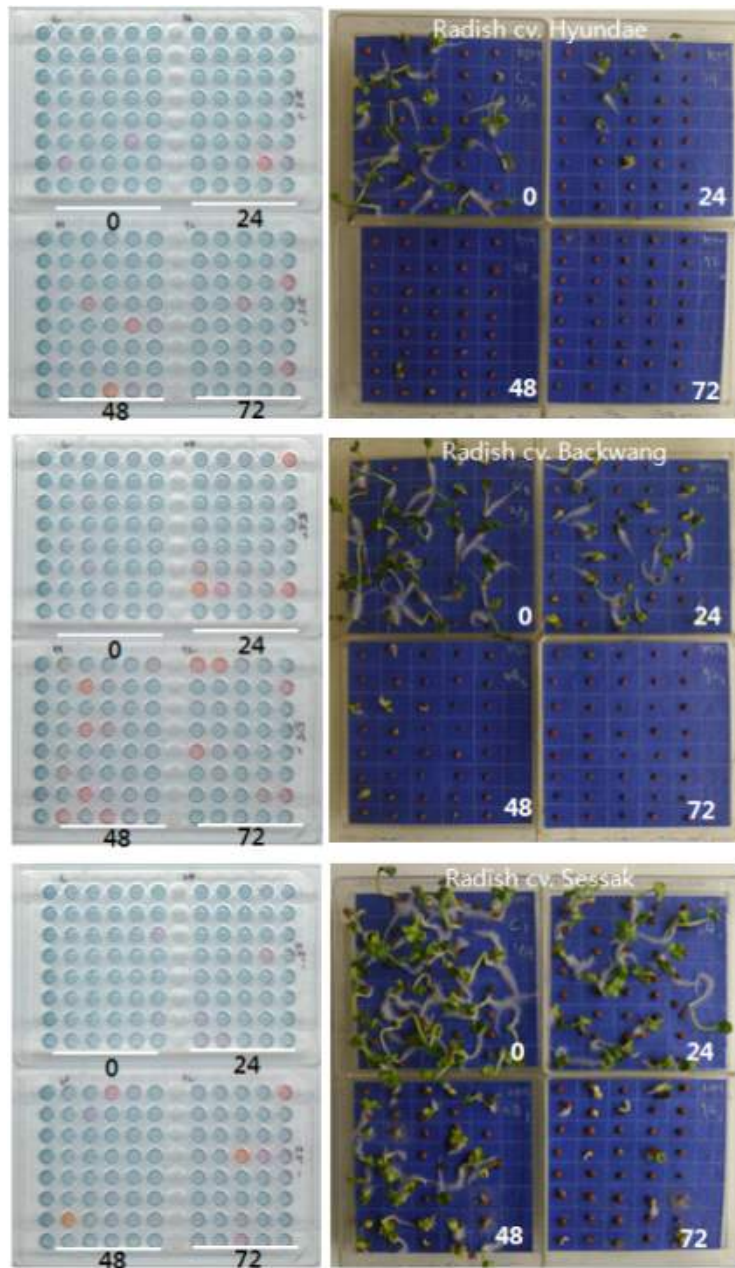


Fig. 2.30. The color reaction from Mg leakage and germination from 3 cultivars of radish seeds which seeds were artificially aged for 0, 24, 48, 72 h.

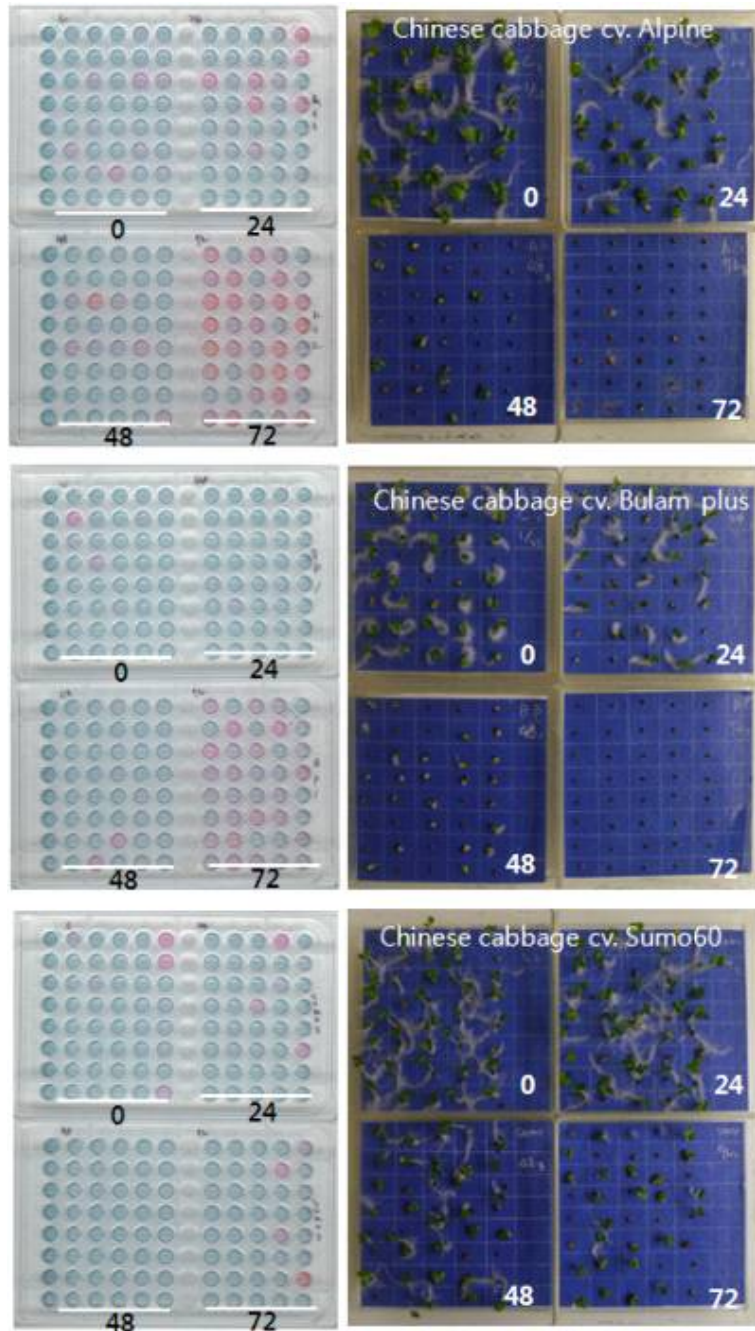


Fig. 2.31. The color reaction from Mg leakage and germination from 3 cultivars of Chinese cabbage seeds which seeds were artificially aged for 0, 24, 48, 72 h.

그림에서 보면 무 종자에서는 퇴화정도별 발색반응과 발아형태가 잘 맞지 않은 것처럼 관찰되었으며 배추 종자에서는 퇴화정도별 발색 강도가 강해지는 현상을 보였고 발아형태도 발색 정도에 따라 관련이 큰 것으로 나타났다. 5단계의 흡광도 구간 별 0, 24, 48, 72시간 인위퇴화 처리한 무, 배추 각 3품종에 대하여 종자발아를 조사하여 정상(N), 비정상(A) 또는 불발아(D)로 구분하여 Table 2.31에서 나타내었다.

Table 2.31. Seedling classifications of radish and Chinese cabbage seeds depend on the aging time and absorbance of the leachate.

Cultivar	Absorbance	0hr			24hr			48hr			72hr			Total			Germination (N+A, %)	
		N	A	D	N	A	D	N	A	D	N	A	D	sum	N	A		D
<i>Radish</i>	-0.070 <	41	1	24	9	3	55	0	1	54	0	0	51	239	50	5	184	23
<i>Hyundae</i>	-0.07~ -0.041	24	4	17	7	2	41	0	8	51	0	0	56	210	31	14	165	21
	-0.040~-0.011	4	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	7	15	4	0	11	27
	-0.010~0.019	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	5	1	0	4	20
	> 0.019	0	0	2	0	1	1	0	0	4	0	0	3	11	0	1	10	9
	total	70	5	45	16	6	98	0	9	111	0	0	120	480	86	20	480	
<i>Backwang</i>	-0.070 <	36	3	8	22	7	26	0	9	46	0	0	30	187	58	19	110	41
	-0.070~-0.041	49	7	7	24	6	26	1	14	40	0	0	75	249	74	27	148	41
	-0.040~-0.011	2	0	2	1	0	1	0	0	5	0	0	3	14	3	0	11	21
	-0.010~0.019	0	0	3	0	0	3	0	2	1	0	0	2	11	0	2	9	18
	> 0.019	0	0	3	0	0	4	0	0	2	0	0	10	19	0	0	19	0
total	87	10	23	47	13	60	1	25	94	0	0	120	480	135	48	480		
<i>Saessak</i>	-0.070 <	28	0	0	20	1	13	18	1	3	0	3	5	92	66	5	21	77
	-0.070~-0.041	78	0	0	48	7	24	48	30	14	0	21	82	352	174	58	120	66
	-0.040~-0.011	8	0	1	2	0	1	2	2	0	0	1	2	19	12	3	4	79
	-0.010~0.019	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6	4	1	1	83
	> 0.019	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	5	11	0	0	11	0
total	118	0	2	70	9	41	68	33	19	0	25	95	480	256	67	480		
<i>Chinese cabbage</i>	-0.070 <	30	0	1	31	1	3	1	5	12	0	0	5	89	62	6	21	76
	-0.070~-0.041	69	1	3	50	2	7	3	26	35	0	0	32	228	122	29	77	66
	-0.040~-0.011	11	0	0	6	2	5	0	6	17	0	0	18	65	17	8	40	38
	-0.010~0.019	2	0	1	0	1	1	0	0	6	0	0	20	31	2	1	28	10
	> 0.019	1	1	0	0	0	11	0	0	9	0	0	45	67	1	1	65	3
total	113	2	5	87	6	27	4	37	79	0	0	120	480	204	45	480		
<i>Bulamplus</i>	-0.070 <	54	3	1	38	7	4	0	14	33	0	0	23	177	92	24	61	66
	-0.070~-0.041	43	5	9	41	17	6	2	32	34	0	0	43	232	86	54	92	60
	-0.040~-0.011	0	0	1	2	1	3	0	0	2	0	0	32	41	2	1	38	7
	-0.010~0.019	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	16	20	0	1	19	5
	> 0.019	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	6	10	0	0	10	0
total	97	8	15	81	25	14	2	47	71	0	0	120	480	180	80	480		
<i>Sumo60</i>	-0.070 <	28	2	2	34	4	2	26	15	3	14	19	10	159	102	40	17	89
	-0.070~-0.041	70	3	4	58	11	2	47	17	11	18	28	25	294	193	59	42	86
	-0.040~-0.011	2	0	1	0	1	2	1	0	0	0	1	2	10	3	2	5	50
	-0.010~0.019	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	10	8	0	2	80
	> 0.019	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	1	7	0	0	7	0
total	105	5	10	95	16	9	74	32	14	32	48	40	480	306	101	480		

N: normal seedling, A: abnormal seedling, D: dead seed

③ Mg 흡광도와 발아

종자발아와 absorbance와의 관계를 품종별 회귀직선으로 나타내어 인위퇴화 종자에서 누출된 Mg에 의한 흡광도와 발아와의 관계를 계산하여 회귀방정식과 상관계수로 나타내었다. (Fig.

2.32, Table 2.32) 종합적으로 인위퇴화 시간별 absorbance와 발아와의 관계에서 무 종자에서 3 품종 중 1품종이  $r^2=0.90$ 이었고, 배추종자에서는 3품종 중 2품종이  $r^2=0.96, 0.97$ 로서 높은 상관을 보였다. 그러나 품종별로 상관계수가 다르게 나타났고, 무보다 배추종자에서 비교적 더 높은 상관을 나타내었다 (Table 2.32).

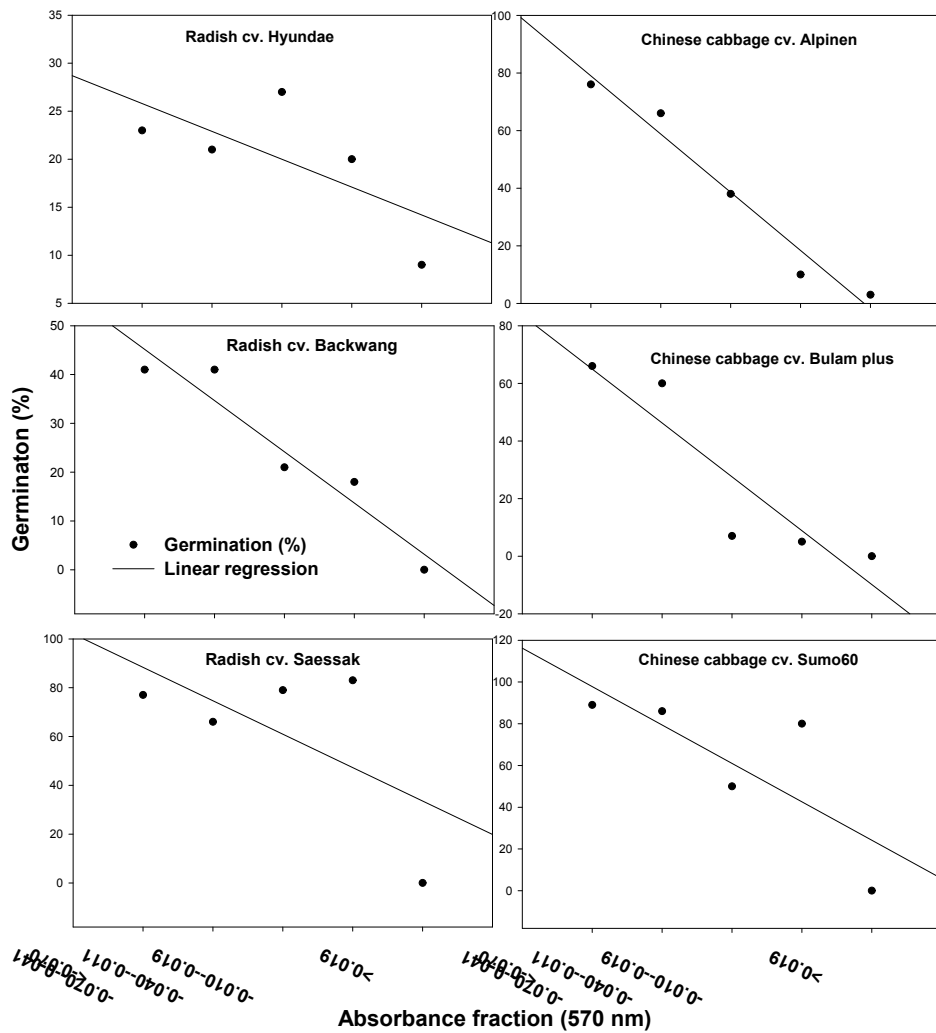


Fig. 2.32. The linear regression graph between absorbance fractions from leachate and germination of 3 cultivars of radish and Chinese cabbage seeds that were artificially aged for 0, 24, 48, 72 h.

Table 2.32. The regression equation and coefficient value between absorbance fractions from leachate and germination of 3 cultivars of radish and Chinese cabbage seeds that were artificially aged for 0, 24, 48, 72 h.

Cultivar	Regression equation	Coefficient value ( $r^2$ )
<i>Radish</i>		
Hyundae	$Y = -2.7x + 25.8$	0.47
Backwang	$Y = -10.5x + 45.2$	0.91
Sesak	$Y = -13.7x + 88.4$	0.39
<i>Chinese cabbage</i>		
Alpine summer	$Y = -20.2x + 79.0$	0.96
Bulam plus	$Y = -15.7x + 69.6$	0.97
Sumo60	$Y = -18.4x + 97.8$	0.60

(다) 자연퇴화 종자의 Mg 누출과 발아

① Mg 누출과 발아

무 종자(Fig. 2.33) 및 배추 종자(Fig. 2.34)에서 개개 종자에서 누출된 Mg 성분을 발색하고 발색된 각 위치의 종자의 발아를 사진으로 나타내었다. 대체적으로 발색이 유무에 따라 즉, 발색이 강하고 많으면 발아가 저조한 현상을 보이고 발색이 없는 것은 발아가 양호한 현상을 보였다. 그러나 무 종자에서 장녹수, 미농조생, 그리고 배추종자에서 Winter pride, Bulam plus 등에서는 발색과 발아현상이 다른 양상을 보였다. 즉, 장녹수에서는 많은 양의 Mg성분이 누출해서 발색 강도가 강함에도 불구하고 발아가 거의 안 될 것으로 예측했으나 저조하지만 발아가 되었고, 반대로 미농조생 품종에서는 Mg성분 누출이 거의 없어 발색강도가 약함에도 발아가 매우 저조함을 보였다(Fig. 2.33). 또한 배추종자에서 winter pride, Bulam plus에서도 거의 동일한 현상을 나타내었다 (Fig. 2.34).

Fig. 2.33 및 2.34에서와 같이 누출된 Mg성분을 발색한 96-well plate를 multi plate reader를 이용하여 흡광도(570nm)를 읽고 나타난 흡광도에 따라 5 구간으로 나눈 후 각 흡광도 구간별 종자의 발아를 검사하여 normal seedling, abnormal seedling 및 dead seed로 구분하여 표시하였다. 대체적으로 흡광도 수치가 낮은 구간에서 높은 구간으로 갈수록 발아율이 저조한 현상을 보였다. 그러나 품종간의 차이가 심한 경향을 보였다.(Table 2.33, 2.34)

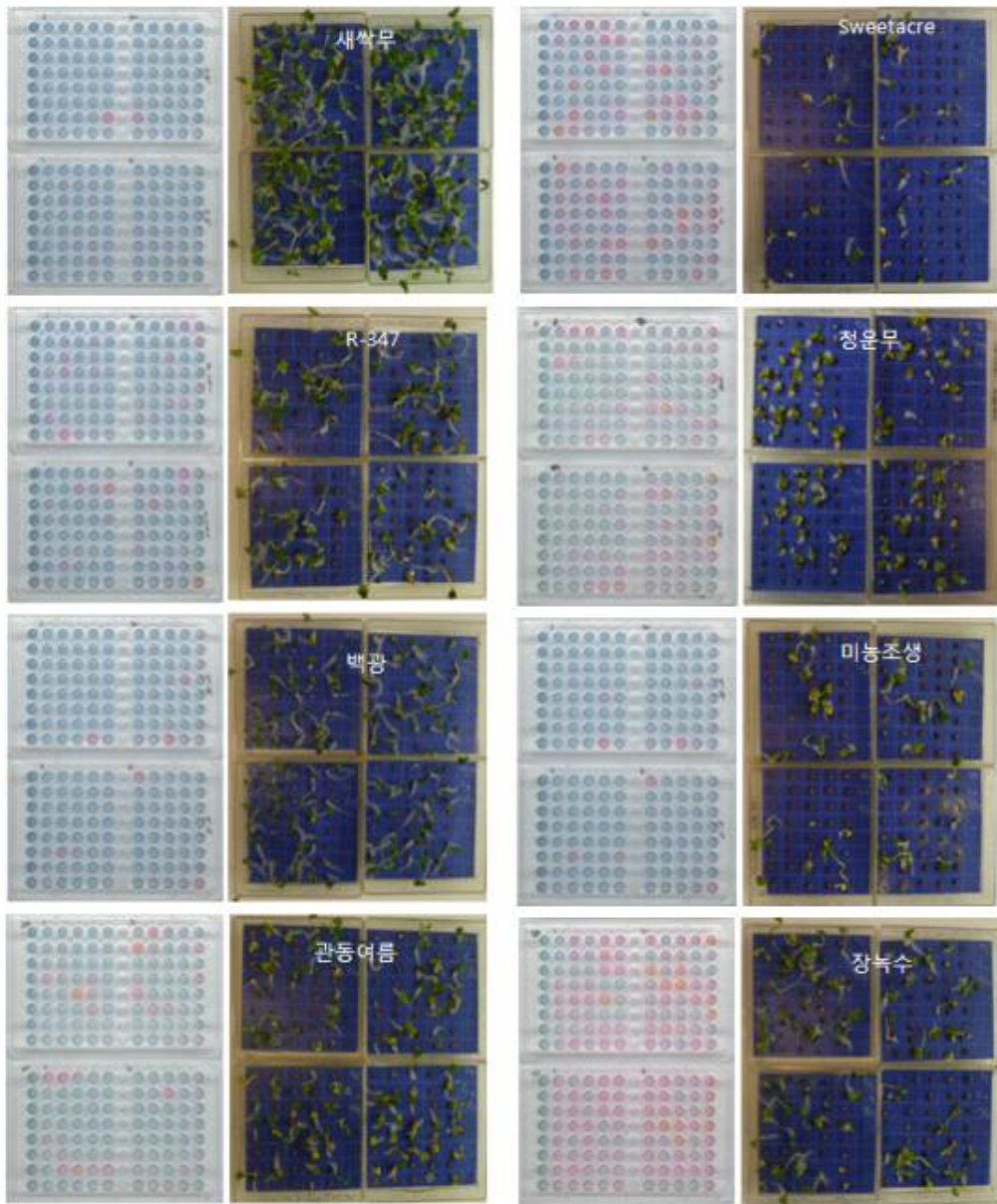


Fig. 2.33. The color reaction from Mg leakage from single seed leachate and germination from 8 cultivars of radish seeds that were naturally aged for various levels.

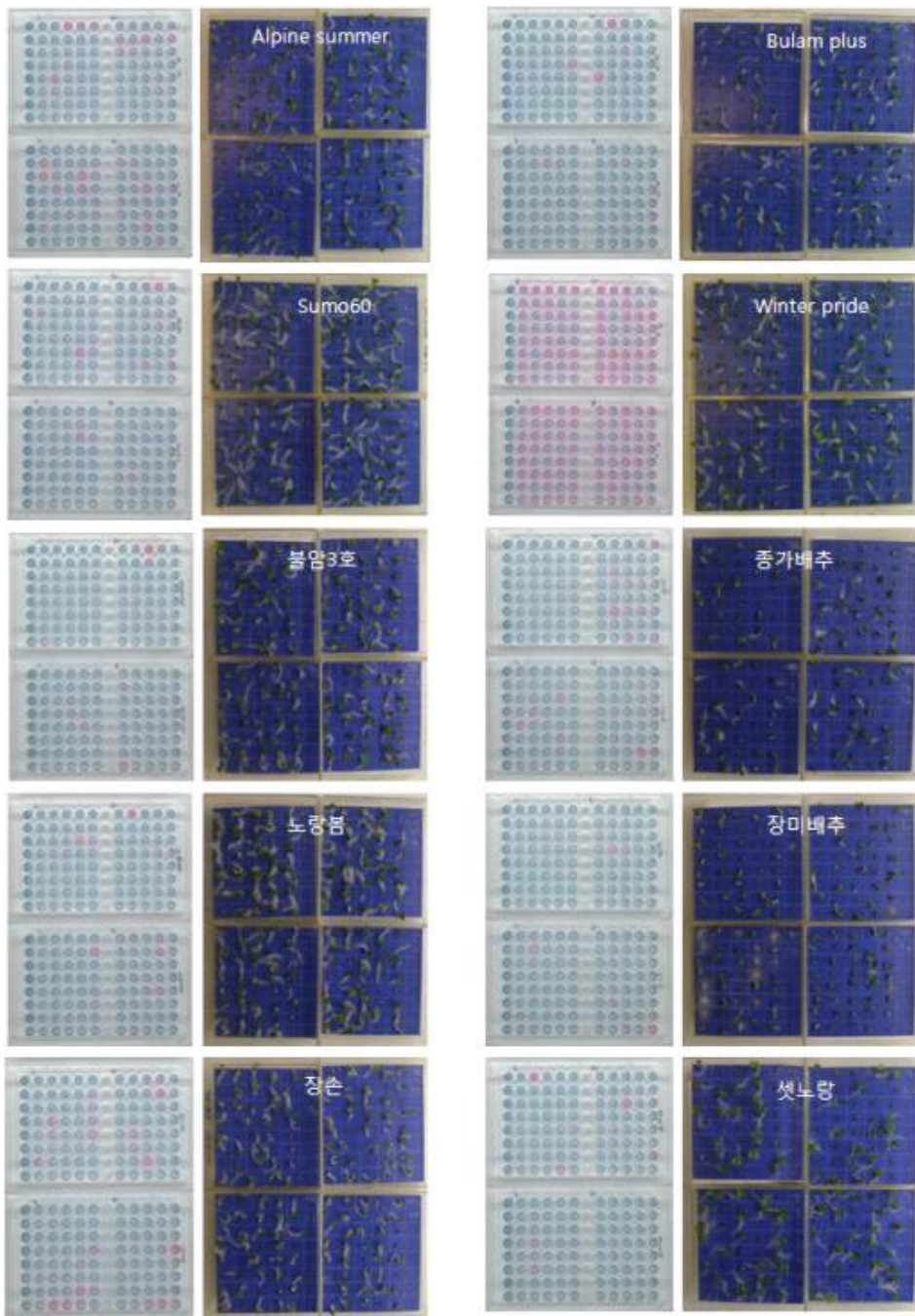


Fig. 2.34. The color reaction from Mg leakage from single seed leachate and germination from 10 cultivars of Chinese cabbage seeds that were naturally aged for various levels.



Table 2.33. Seedling classifications of naturally aged 8 cultivars of radish seeds depend on absorbance fractions of the leachate.

Cultivar	Absorbance fraction	SUM	Normal	Abnormal	Dead	Germination (% , N)	Germination (% , N+A)
<i>Radish</i> Saessak	0.070 <	152	143	4	5	94	97
	0.070~ 0.041	6	6	0	0	100	100
	0.040~ 0.011	0	0	0	0	0	0
	0.010~ 0.019	1	0	0	1	0	0
	> 0.019	1	0	0	1	0	0
	total	160					
R-347	0.070 <	130	49	8	73	38	44
	0.070~ 0.041	19	9	2	8	47	58
	0.040~ 0.011	5	3	0	2	60	60
	0.010~ 0.019	5	1	0	4	20	20
	> 0.019	1	0	0	1	0	0
	total	160					
Backwang	0.070 <	145	109	7	29	75	80
	0.070~ 0.041	8	5	1	2	63	75
	0.040~ 0.011	3	0	0	3	0	0
	0.010~ 0.019	2	0	0	2	0	0
	> 0.019	2	0	0	2	0	0
	total	160					
Kwandong	0.070 <	20	11	2	7	55	65
	0.070~ 0.041	105	60	12	33	57	69
	0.040~ 0.011	21	6	3	12	29	43
	0.010~ 0.019	6	0	1	5	0	17
	> 0.019	8	0	0	8	0	0
	total	160					
Chungwoon	0.070 <	10	10	0	0	100	100
	0.070~ 0.041	71	52	5	14	73	80
	0.040~ 0.011	53	38	0	15	72	72
	0.010~ 0.019	17	10	2	5	59	71
	> 0.019	9	0	0	9	0	0
	total	160					
Jangnockssoo	0.070 <	1	1	0	0	100	100
	0.070~ 0.041	20	12	1	7	60	65
	0.040~ 0.011	37	18	4	15	49	59
	0.010~ 0.019	50	21	7	22	42	56
	> 0.019	52	0	6	46	0	12
	total	160					
Sweet acre	0.070 <	93	18	10	65	19	30
	0.070~ 0.041	20	3	1	16	15	20
	0.040~ 0.011	23	1	1	21	4	9
	0.010~ 0.019	15	0	0	15	0	0
	> 0.019	9	0	0	9	0	0
	total	160					
Minong Joseng	0.070 <	100	23	5	72	23	28
	0.070~ 0.041	29	1	2	26	3	10
	0.040~ 0.011	10	1	0	9	10	10
	0.010~ 0.019	14	0	1	13	0	7
	> 0.019	7	0	0	7	0	0
	total	160					

Table 2.34A. Seedling classifications of naturally aged 10 cultivars of Chinese cabbage seeds depend on absorbance fractions of the leachate.

Cultivar	Absorbance fraction	SUM	Normal	Abnor	Dead	Germination (% , N)	Germination (% , N+A)
<i>Chinese cabbage</i>	0.070 <	111	107	1	3	96	97
	0.070~ 0.041	30	24	3	3	80	90
	0.040~ 0.011	10	9	0	1	90	90
	0.010~ 0.019	7	3	0	4	43	43
	> 0.019	2	0	0	2	0	0
	total	160					
Sumo60	0.070 <	124	116	5	3	94	98
	0.070~ 0.041	27	24	2	1	89	96
	0.040~ 0.011	3	0	0	3	0	0
	0.010~ 0.019	4	0	0	4	0	0
	> 0.019	2	0	0	2	0	0
	total	160					
Bulam no.3	0.070 <	138	133	3	2	96	99
	0.070~ 0.041	16	16	0	0	100	100
	0.040~ 0.011	3	0	0	3	0	0
	0.010~ 0.019	2	0	0	2	0	0
	> 0.019	1	0	0	1	0	0
	total	160					
Norangbom	0.070 <	143	126	7	10	88	93
	0.070~ 0.041	10	8	0	2	80	80
	0.040~ 0.011	4	3	0	1	75	75
	0.010~ 0.019	1	0	0	1	0	0
	> 0.019	2	0	0	2	0	0
	total	160					
Jangson	0.070 <	68	62	2	4	91	94
	0.070~ 0.041	67	58	2	7	87	90
	0.040~ 0.011	13	8	2	3	62	77
	0.010~ 0.019	5	0	0	5	0	0
	> 0.019	7	0	0	7	0	0
	total	160					

Table 2.34B. Seedling classifications of naturally aged 10 cultivars of Chinese cabbage seeds depend on absorbance fractions of the leachate.

Cultivar	Absorbance fraction	SUM	Normal	Abnor	Dead	Germination (% , N)	Germination (% , N+A)
Bulam plus	0.070 <	129	96	8	25	74	81
	0.070~ 0.041	25	22	0	3	88	88
	0.040~ 0.011	2	0	0	2	0	0
	0.010~ 0.019	2	0	0	2	0	0
	> 0.019	2	0	0	2	0	0
	total	160					
Winter pride	0.070 <	2	1	0	1	50	50
	0.070~ 0.041	24	24	0	0	100	100
	0.040~ 0.011	42	38	3	1	90	98
	0.010~ 0.019	48	45	0	3	94	94
	> 0.019	44	40	0	4	91	91
	total	160					
Jongga	0.070 <	84	55	14	15	65	82
	0.070~ 0.041	65	40	12	13	62	80
	0.040~ 0.011	6	3	1	2	50	67
	0.010~ 0.019	2	0	0	2	0	0
	> 0.019	2	0	0	2	0	0
	total	159					
jangmi	0.070 <	68	46	10	12	68	82
	0.070~ 0.041	84	51	19	14	61	83
	0.040~ 0.011	7	3	1	3	43	57
	0.010~ 0.019	0	0	0	0	0	0
	> 0.019	1	0	0	1	0	0
	total	160					
Satnorang	0.070 <	160	96	19	45	60	72
	0.070~ 0.041	0	0	0	0	0	0
	0.040~ 0.011	0	0	0	0	0	0
	0.010~ 0.019	0	0	0	0	0	0
	> 0.019	0	0	0	0	0	0
	total	160					

② 흡광도와 발아

Fig. 2.35과 2.36에서 무 및 배추 각 품종별 흡광도 구간과 발아율의 상관관계를 회귀직선으로 나타내었다. 대체적으로 부의 상관관계를 나타내었으나 품종 간 차이가 심한 경향을 보였다. Table 2.35에서는 Fig. 2.35와 2.36에서 나타난 상관계수를 나타내었다. 무 종자에서 상관계

수  $r^2 = 0.59$ 에서  $0.93$ 이었고, 배추 종자에서는  $r^2 = 0.40$ 에서  $0.87$ 로 다양하게 나타났다.

종합적으로 결과를 고찰하면 무 및 배추 종자에서 누출되는 Mg 성분과 발아와의 관계는 일정하지 않은 현상으로 품종 간 차이가 심한 경향이였다. 즉, 품종에 따라 Mg 누출과 발아와 관계가 높은 품종이 있는가 하면 관계가 없는 품종이 있음을 나타내고 있다. 이는 2차년도 무기성분 누출에서 볼 때 개개 종자에서 누출되는 Mg 양이 매우 적고 품종에 따라 누출의 차이가 심하기 때문으로 추측된다. 따라서 무 및 배추 종자의 경우 Mg성분은 품종에 따라 검정이 가능하였으나 누출된 Mg 성분의 수준과 발아와의 관계는 일정한 관계를 나타내지 않았다. 그러나 선별적으로 발아와의 상관성이 높은 품종도 있기 때문에 앞으로 Mg 누출과 발아와의 관계가 높은 품종을 선택하여 선별적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 시험에서는 일단 개별종자 단위로 Mg성분을 검정할 수 있다는 기초적인 정보를 제공하고 앞으로 여러 종류의 종자에 대하여 Mg 성분 누출과 발아와의 관계에 대하여 더욱 연구가 필요하다고 판단된다.

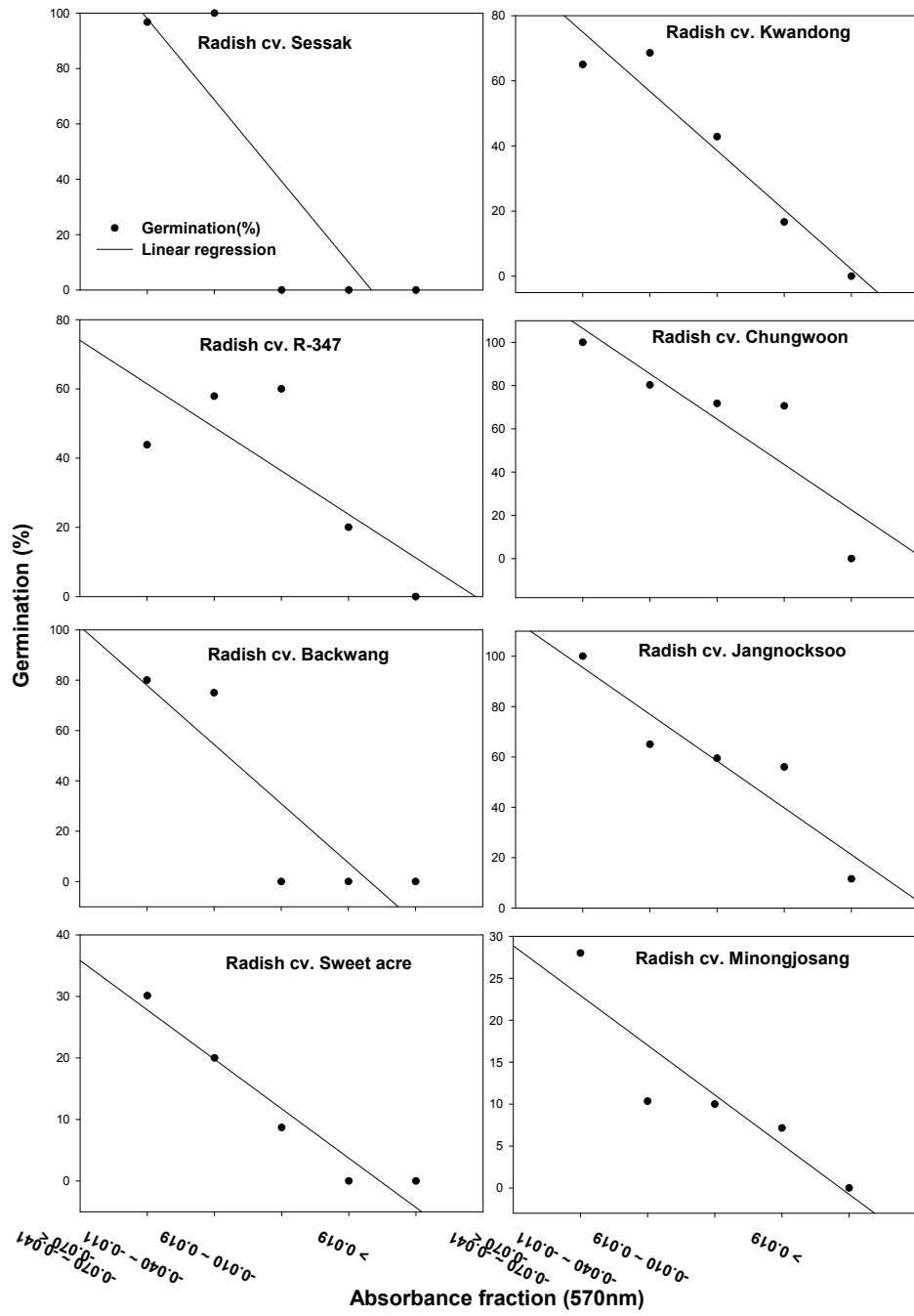


Fig. 2.35. The linear regression graph between absorbance fractions from seed leachate and germination of 8 cultivars of radish seeds that were naturally aged for various level.

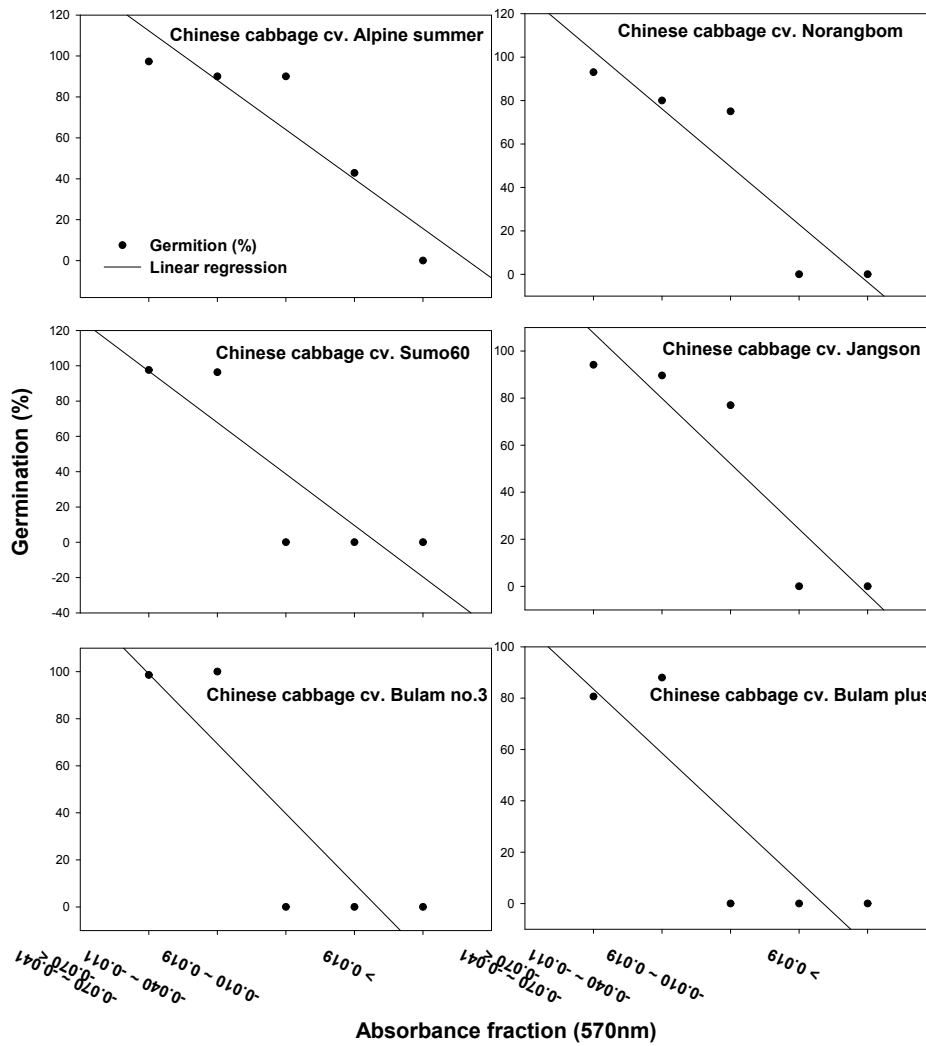


Fig. 2.36a. The linear regression graph between absorbance fractions from seed leachate and germination of 10 cultivars of Chinese cabbage seeds that were naturally aged for various level.

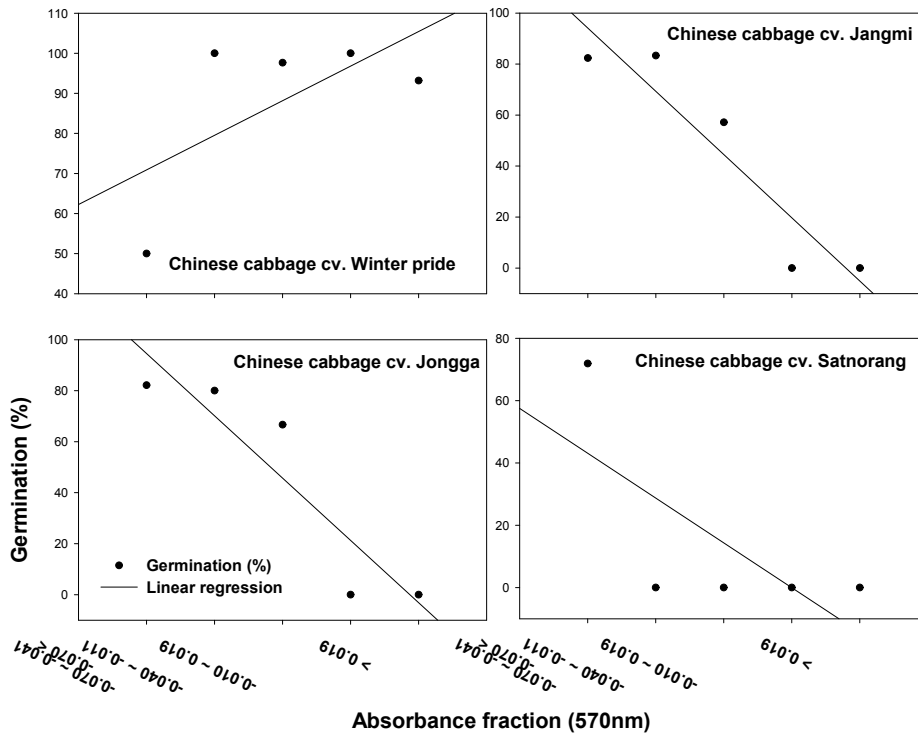


Fig. 2.36b. The linear regression graph between absorbance fractions from seed leachate and germination of 10 cultivars of Chinese cabbage seeds that were naturally aged for various level.

Table 2.35. The regression equation and coefficient value between absorbance fractions from seed leachate and germination of 8 cultivars of radish and 10 cultivars of Chinese cabbage seeds that were naturally aged for various level.

Cultivar	Regression equation	Coefficient value ( $r^2$ )
<i>Radish</i>		
Sessak	$Y = -29.3X + 98$	0.74
R-347	$Y = -12.6X + 61.5$	0.59
Backwang	$Y = -23.5X + 78$	0.76
Kwandong	$Y = -8.0X + 27.8$	0.93
Chungwoon	$Y = -18.2X + 75$	0.92
Jangnocksoo	$Y = -21X + 106.5$	0.76
Sweet acre	$Y = -18.6X + 95.6$	0.87
Minongjosang	$Y = -5.9X + 22.9$	0.82
<i>Average</i>		0.80±0.12
<i>Chinese cabbage</i>		
Alpine summer	$Y = -24.2X + 112.4$	0.83
Sumo60	$Y = -29.1X + 97.1$	0.75
Bulam no.3	$Y = -29.7X + 99.1$	0.75
Norangbom	$Y = -26.6X + 102.8$	0.85
Jangson	$Y = -27.8X + 107.7$	0.84
Bulam plus	$Y = -24.9X + 83.6$	0.73
Winter pride	$Y = -8.64X + 70.9$	0.40
Jongga	$Y = -24.4X + 94.6$	0.84
Jangmi	$Y = -24.8X + 94.2$	0.87
Satnorang	$Y = -14.4X + 43.1$	0.50
<i>Average</i>		0.74±0.16

## 라. 종합 고찰

퇴화종자는 세포 내 기관들의 막이나 세포막이 파괴되기 때문에 수분을 흡수할 때 세포 내용 물질들이 밖으로 침출된다. 이러한 원리를 기초로 하여 개개 본 실험의 목적은 종자에서 침출되는 물질을 검정하여 발아와의 관계를 관찰하고 나아가 발아를 예측할 수 있는 방법을 찾고자 하였다. 3차년에 걸쳐서 종자에서 누출되는 유기물로서 아미노산을 검정하였고 또한 무기물로서 인산과 마그네슘을 검정하여 발아와의 관계를 조사하였다. 국제적으로 지금까지의 종자누출물질의 검정은 개개 종자가 아니라 최소 그램(g) 단위의 종자를 사용하여 전기전도도를 검정하는 방법이 주된 기술로 이용되고 있다. 전기전도도 검정은 또한 개개의 성분을 검정하는 것이 아니라 종자에서 누출되는 모든 전하물질에 대한 반응을 관찰하는 것으로 성적의 오차가 심한 것으로 알려져 있다. 본 실험의 특징은 개개 종자 단위로 또한 개개 성분 단위로 누출물질을 검정하는 것으로 더욱 정확하고 간편한 방법으로서 국제적으로 새로운 기술이라 할 수 있다.

아미노산 누출 검정은 닌하이드린 반응을 이용하여 개개 종자에서 누출된 아미노산을 발색하였다. 발색 강도가 매우 뚜렷하여 육안으로 발색 강도를 무색, 약한 색, 중간 색 및 강한 색으



로 구분하여 조사하였고, 아울러 96-well plate에서 발색된 누출액을 multi-plate reader로 흡광도를 읽어서 흡광도 값과 발아와의 관계를 조사하였다. 공시된 무와 배추종자 전체 평균의 직선회귀 상관에서 발색강도와 발아와의 관계는 무 및 배추 종자에서  $r^2=0.97$  및  $r^2=0.95$  이었고, 흡광도와 발아와의 관계는 무 및 배추 종자에서  $r^2=0.90$  및  $r^2=0.94$ 로서 매우 상관관계가 높았다. 따라서 관찰된 발색강도와 흡광도에 속하는 종자의 발아를 예측하기 위하여 logistic regression 통계방법으로 발색강도와 흡광도에 속하는 종자의 발아확률을 구하는 logistic regression model을 개발하였다.

인산누출을 검정하여 종자발아와의 관계를 조사하게 된 것은 무와 배추종자에서 건전종자와 퇴화된 종자에서 누출된 무기성분을 분석한 결과 퇴화종자에서 건전종자 보다 많은 차이로 인산과 마그네슘이 누출되는 것을 발견하였기 때문이다. 더욱이 인산은 개개의 퇴화종자에서 비교적 많이 누출되기 때문에 인산을 이용하게 되었고, 개개 종자에서 누출되는 인산을 molybdenum blue method 방법으로 발색반응을 유도하는데 성공하였다. 96-well plate 상에서 종자 누출액의 인산을 발색하여 흡광도를 측정하고 흡광도와 발아와의 관계를 조사하였다. 공시된 무와 배추종자 각 5품종에 대한 전체 평균의 직선회귀 상관에서 흡광도와 발아와의 관계는 무 및 배추 종자에서  $r^2=0.98$ 로서 매우 높은 상관을 나타내었다. 아미노산에서와 마찬가지로 관찰된 흡광도에 속하는 종자의 발아를 예측하기 위하여 logistic regression 통계방법으로 발색강도와 흡광도에 속하는 종자의 발아확률을 구하는 logistic regression model을 개발하였다.

마그네슘 누출을 검정하게 된 것은 상기에서와 같이 무기성분 누출에서 매우 적은 양이 누출되지만 퇴화종자에서 건전종자 보다 많은 차이로 마그네슘이 누출되기 때문이다. 여러 시간별로 인위 퇴화한 종자를 시료로 이용하여 마그네슘 누출을 검정한 결과 Eriochrome Black T(EBT) 방법으로 개개 종자 누출액의 마그네슘 성분을 발색하고 흡광도(570 nm)를 읽는데 성공하였다. 그러나 무 종자 8품종과 배추종자 10품종의 자연퇴화 종자에서 누출된 마그네슘과 발아와의 관계를 조사한 결과 대체적으로 부의 상관관계를 나타내었으나 무 종자에서 상관계수  $r^2= 0.59$ 에서  $0.93$ 이었고, 배추 종자에서는  $r^2= 0.40$ 에서  $0.87$ 로 다양하게 나타나 품종 간 차이가 심한 경향을 보였다. 이것은 무기성분 누출에서 볼 때 개개 종자에서 누출되는 Mg 양이 매우 적고 품종에 따라 누출의 차이가 심하기 때문으로 추측된다. 그러나 선별적으로 발아와의 상관성이 높은 품종도 있기 때문에 앞으로 Mg 누출과 발아와의 관계가 높은 품종 및 종을 선택하여 선별적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

상기 연구에서 아미노산 누출과 인산누출을 이용한 방법 중에서 어떤 방법이 더정확한 방법인지 통계적으로 비교해 보았다. 두 종류의 logistic regression model을 비교하기 위하여 Akaike Information Criterion (AIC)와 Bayesian Information Criterion (BIC) 방법을 이용하였다. 작은 수치의 AIC와 BIC 값이면 더욱 정확도가 높음을 나타낸다. Table 2.36과 2.37에서 무 및 배추종자 공히 인산누출 방법이 아미노산 누출 방법 보다 AIC와 BIC값이 작았다. 더욱이 max-rescale R-square 값이 인산누출 방법이 아미노산 누출 방법 보다 커서 인산누출 방법이 아미노산 누출 방법 보다 우수하다는 결론을 얻었다. 또한 인산발색은 발색시약을 첨가하면 즉

시 발색하였고 아미노산 발색은 발색시약 첨가 후 일정시간 고온에 두어야 발색하는 특성을 가지고 있어서 검정시간 면에서도 인산방법이 유리하다고 볼 수 있다. 그러나 종자의 성분 누출 특성에 따라 아미노산이나 인산 또는 마그네슘 등이 유리할 수도 있을 것으로 생각된다.

Table 2.36. Comparison of model performance for Chinese cabbage

Model	AIC	BIC	Max-rescaled R-Square
amino acid leakage test	374.29	378.79	0.7036
phosphate leakage test	81.06	83.42	0.8104

Table 2.37. Comparison of model performance for radish

Model	AIC	BIC	Max-rescaled R-Square
amino acid leakage test	485.07	489.56	0.5463
phosphate leakage test	115.84	118.27	0.8786

## 2. 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립

### 가. 재료 및 방법

#### (1) 비파괴 종자선별을 위한 종자코팅법 확립

##### (가) 종자코팅 기기

종자코팅 기기는 자체 제작한 것 (Fig. 2.37)으로 회전하는 rotating pan과 회전속도를 조절할 수 있으며 pan의 각도를 조절할 수 있도록 고안되었다. 코팅방법은 rotating pan에 종자를 넣고 binder를 sprayer로 분무하면서 코팅물질을 pan에 넣어 종자에 코팅물질을 입히는 방법이다. 이때 종자가 pan 안에서 잘 회전하도록 적당한 속도와 pan의 각도를 조절해 준다.

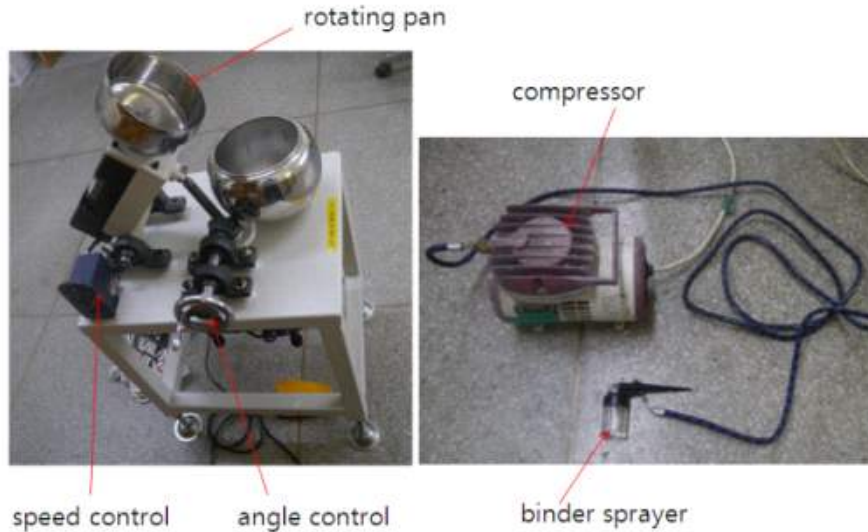


Fig. 2.37. Seed coating machine with compressor and sprayer.

(나) 종자의 아미노산 침출에 대한 기초조사

① 종자 침출 시 무게 증가와 침출액의 전기전도율 변이

농우 무(품종 미상, 채종년도 미상, 발아율 46%) 종자 1g을 30ml 증류수에 침지시킨 후 매 1시간 마다 꺼내어 0 ~ 5시간 까지 무게와 수분 증가율 및 전기전도도를 측정한다.

(다) 코팅방법 확립

① Coating 재료

㉠ 공시종자 : 농우 무(품종 미상, 채종년도 미상, 발아율 46%)

㉡ Coating material : Perlite, Cellulose(Sigma, type 101)

㉢ Binder : Arabic Gum 5%

㉣ Ninhydrin concentration : 0.5%

② Coating 방법

㉠ 5g의 종자를 D·W에 1시간 단위로 1 ~ 4hr 침지시킨 후 꺼내어 흐르는 물에 1~3분정도 충분히 씻어내고 표면의 물기를 제거한 후 Perlite로 코팅

㉡ 종자 5g당 사용된 perlite 또는 cellulose 이용

㉢ Binder+ninhydrin의 양은 각각 1.0g과 3ml

㉣ 코팅 후 20℃에서 2시간 건조 후 35℃에서 2시간 건조

(라) Cellulose 종류별 아미노산 발색

① Cellulose 종류

㉠ Sigma(type 101)

㉡ 대정화학(microcrystalline)

② Coating 재료

- ㉠ 공시종자 : 농우 무(품종 미상, 채종년도 미상, 발아율 46%)
- ㉡ Binder : Arabic Gum 5%
- ㉢ Ninhydrin concentration : 0.5%

(마) Ninhydrin의 농도에 따른 발색

- ① Ninhydrin의 농도
- 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%

② Coating 재료

- ㉠ 공시종자 : 농우 무(품종 미상, 채종년도 미상, 발아율 46%)
- ㉡ Binder : Arabic Gum 5%
- ㉢ Coating material(Cellulose) : 대정화학(microcrystalline)

(바) 코팅종자의 발색과 발아

- ① Coating 재료
- ㉠ 공시종자 : 현대종묘 무(품종 미상, 채종년도 미상, 발아율 65%)
- ㉡ Coating material(Cellulose) : 대정화학(microcrystalline)
- ㉢ Binder : Arabic Gum 5%
- ㉣ Ninhydrin concentration : 0.3%

② 코팅종자 발색 정도와 발아

- ㉠ 10g 의 종자를 D·W에 3hr 침지시킨 후 꺼내어 흐르는 물에 1~3분정도 충분히 씻어내고 표면의 물기를 제거한 후 cellulose(대정화학)로 코팅
- ㉡ 종자 10g 당 사용된 cellulose와 Binder+ninhydrin의 양은 각각 2.0g과 6ml
- ㉢ 코팅 후 20℃에서 2시간 건조 후 35℃에서 2시간 건조
- ㉣ 발색 정도별로 구분(strong color, weak color, colorless)

**(2) 코팅재료, 접착제(binder) 및 수분흡수 방법 탐구**

(가) 코팅재료 탐구

코팅재료를 cellulose, talc, perlite 3종류를 선정하여 여러 비율로 다음과 같이 혼합하여 코팅을 수행하고 드럼부착성, 종자간 부착성, 코팅 후 탈피성 및 코팅의 상품성을 조사하였다.

① 처리

1. Cell. : Talc = 0 : 1 (비율로 혼합)

2. Cell. : Talc = 1 : 2
3. Cell. : Talc = 1 : 1
4. Cell. : Talc = 2 : 1
5. Cell. : Talc = 1 : 0
6. Cell. : Perl. = 0 : 1
7. Cell. : Perl. = 1 : 2
8. Cell. : Perl. = 1 : 1
9. Cell. : Perl. = 2 : 1
10. Cell. : Perl. = 1 : 0

(나) 접착제 탐구

코팅재료 별 Cellulose : Talc =2:1 또는 Cellulose : Perlite =2:1로 하였을 때 접착제 Gum arabic 농도를 0, 1, 2, 3, 4, 5%로 하여 코팅종자의 드럼부착성, 종자간 부착성, 코팅 후 탈피성 및 코팅의 상품성을 조사하였다.

(다) 수분흡수 방법 탐구

종자를 침지하지 않고 SMP(Solid matrix Priming) 방법으로 perlite에 여러 수준의 수분을 가하고 종자와 혼합하여 수분을 흡수하도록 하였다. 처리 내용은 다음과 같다.

Perlite의 수분함량

1. Perlite 8g + water 1ml + seed 5g (Perlite MC:12.5%)
2. Perlite 8g + water 2ml + seed 5g (Perlite MC:25.0%)
3. Perlite 8g + water 3ml + seed 5g (Perlite MC:37.5%)
4. Perlite 8g + water 4ml + seed 5g (Perlite MC:50.0%)
5. Perlite 8g + water 5ml + seed 5g (Perlite MC:62.5%)
6. Perlite 8g + water 6ml + seed 5g (Perlite MC:75.0%)

(라) 코팅종자 발아검사

① 공시품종

- 배추종자: 노랑봄, 불암3호, 장미, 장손
- 무종자: R-347, 청운무, Sweet acre, 백광무

② 코팅처리

- 코팅재료: cellulose: talc =2:1 혼합
- 바인더: Gum arabic 3%
- 발색: Ninhydrin 0.3%

### (3) 발색종자 색채선별기를 이용한 선별시험

(가) 색채선별기 선별시험

#### ① 종자 시료

기계선별을 위하여 대량의 종자가 필요하기 때문에 종자회사에서 폐기되는 품종미상의 배추 종자를 실험 대상으로 하였다. 총 종자량은 약 2,000g 이었고 총 종자량의 약 9%에 해당하는 아미노산 발색 종자 약 180g을 혼합하여 색채선별기로 발색종자를 선별하는 실험을 실시하였다. 종자코팅은 180g의 100% 불발아 배추종자를 cellulose:talc = 2:1 혼합, 바인더는 Gum arabic 3%, 그리고 ninhydrin 0.3%를 이용하여 실시하였다.

#### ② 색채선별기

실험에 이용한 색채선별기(color sorter)는 Model: PUBU King 1(Daewon GSI, WAEGWAN, KOREA)를 사용하였다. 기계의 사양은 다음과 같다.

모델명	PUBU King-1
작동 온도	0 - 45℃
소요 전력	AC 220V , 1.6KW ( 히터 미사용시: 1KW )
채널수	64 CHANEL
선별단계	1단
에어 컴프레서 용량	10 HP 이상
시스템 크기	1040 x 1524 x 1560 (W x L x H)
처리량	1 ~ 3 TON/HR

### (4) 선별된 발색종자 실내 및 육묘상 발아조사

(가) 종자시료

- 무(*Raphanus sativus* L.) :

- 청운(1998, 흥농)
- 현대(2000, -)
- 천하대형봄무
- R-347(2002년산, 흥농)
- 관동(1998, 흥농)

- 배추(*B. rapa* ssp. *pekinensis*) :

- Sumo60(-, 흥농)
- 샛노랑
- 평강쑥음(2000, 동부)
- Winter pride

(나) 종자코팅 방법

대상 종자를 cellulose:talc =2:1 혼합물질을 이용하여 Gum arabic 3%를 바인더로 이용하여 코팅하고 ninhydrin 0.3%를 이용하여 발색하였다.

(다) 실내 및 육묘상에서 발아율 조사

① 실내발아 조사

아미노산 누출로 인한 발색종자에 대한 발아검사를 실시하기 위하여 무처리(Control), 코팅종자(Coating), 코팅 후발색종자(Coating+color seed) 및 코팅 후무색종자(Coating + non-color seed) 등 4처리로 구분하여 실내에서 blue blotter에 파종하여 25℃ 항온실에 두면서 매일 발아된 종자를 조사하였다(Fig. 2.38). 반복 당 50립 3반복으로 실시하였다.

② 육묘상 발아 조사

8x16 홀의 육묘 트레이에 상토를 넣고 실내 발아에서와 동일한 종자 4처리를 처리당 32종자씩 3반복으로 파종하였다. 파종 후 매일 종자출현을 조사하였다.



Fig. 2.38. Germination test of four treatments of coating seeds as control, coating, coating+color seeds and coating +non-color seeds.

## 나. 결과 및 고찰

### (1) 비파괴 종자선별을 위한 종자코팅법 확립

(가) 종자코팅 기기

자체 제작한 코팅기계를 이용하여 성공적으로 코팅작업을 수행 하였다. 특이할 것은 binder 분무는 mist spray가 중요하였으며 spray 입자가 클 경우 종자가 서로 달라붙어 코팅작업이 어려웠다. 코팅은 film 코팅으로 코팅 목적은 종자에서 누출되는 아미노산을 흡착할 수 있는 정도의 코팅을 목적으로 하였다.

(나) 종자의 아미노산 침출에 대한 기초조사

종자에서 아미노산이 누출되도록 하기 위하여 코팅 전에 종자를 물에 침지하여 건조되기 전에 binder에 ninhydrin을 첨가하여 코팅하는 방법을 택한다. 따라서 종자를 침지하였을 때 물

을 흡수하는 시간과 종자의 내용물질이 누출되는 시간에 대한 기초 자료가 필요하다. 이러한 자료를 기초로 하여 종자 침지시간을 정할 수 있고 또한 아미노산이 발색되는 시간을 가늠할 수 있기 때문이다. Fig. 2.39, 40, 41를 보면 종자를 물에 침지했을 때 침지 후 3-4 시간까지 수분흡수가 이루어지고 5시간에는 완만한 수분흡수를 보이고 있어 침지 후 4-5시간이면 무 종자는 최대의 수분흡수가 이루어짐을 나타내었다. 따라서 전기전도도는 종자 침지 후 4시간 까지 완만하게 증가하다가 4시간 이후에 급격한 증가를 보였다. 이는 종자가 4시간 침지까지 수분을 최대한 흡수 후에 세포내용 물질을 급격히 누출한다는 것을 나타내는 것으로 판단된다.

Table 2.38. Percent water uptake of seeds depend on soaking time. (%)

Time(hr) \ Rep.	0	1	2	3	4	5
1	5.73	20.46	24.39	27.80	33.61	39.07
2	5.73	19.88	25.21	28.90	37.24	41.02
3	5.73	18.12	25.88	29.11	36.84	40.87
Average	5.730	19.487	25.160	28.603	35.897	40.320
stdev.	0.00	0.70	0.43	0.41	1.15	0.63

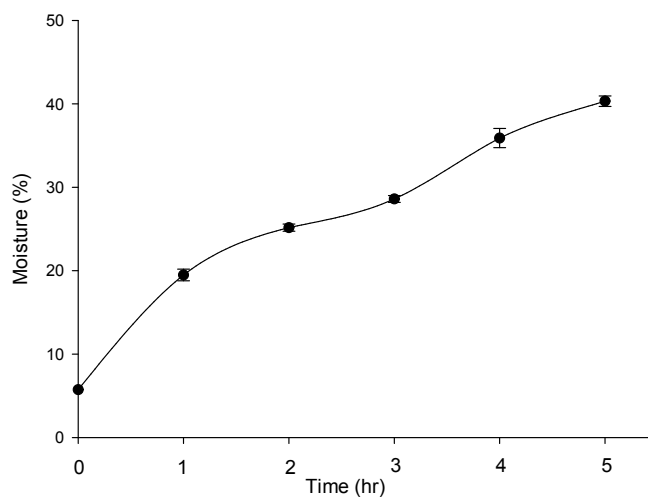


Fig. 2.39. Water absorption rate depend on soaking time for seeds.



Table 2.39. Weight increase of seeds depend on time for soaking. (g)

Time(hr) \ Rep.	0	1	2	3	4	5
1	1.000	1.144	1.300	1.354	1.480	1.552
2	1.000	1.200	1.320	1.356	1.501	1.568
3	1.000	1.179	1.280	1.377	1.527	1.604
Average	1.000	1.174	1.300	1.362	1.503	1.575
stdev.	0.000	0.016	0.012	0.007	0.014	0.015

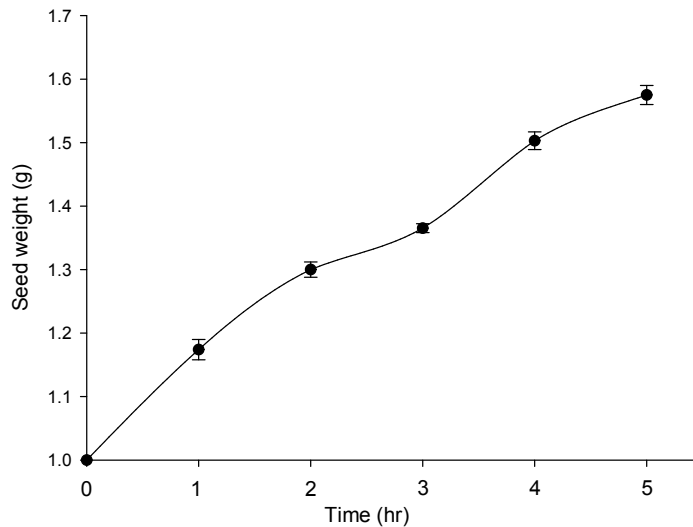


Fig. 2.40. Average weight increase of seeds depend on time for soaking.

Table 2.40. Conductivity changes of seeds depend on soaking time. (ms)

Time(hr) \ Rep.	0	1	2	3	4	5
1	0.00	0.064	0.102	0.133	0.169	0.259
2	0.00	0.066	0.112	0.140	0.178	0.261
3	0.00	0.060	0.098	0.129	0.169	0.288
Average	0.000	0.063	0.104	0.134	0.172	0.269
stdev.	0.000	0.002	0.004	0.003	0.003	0.009

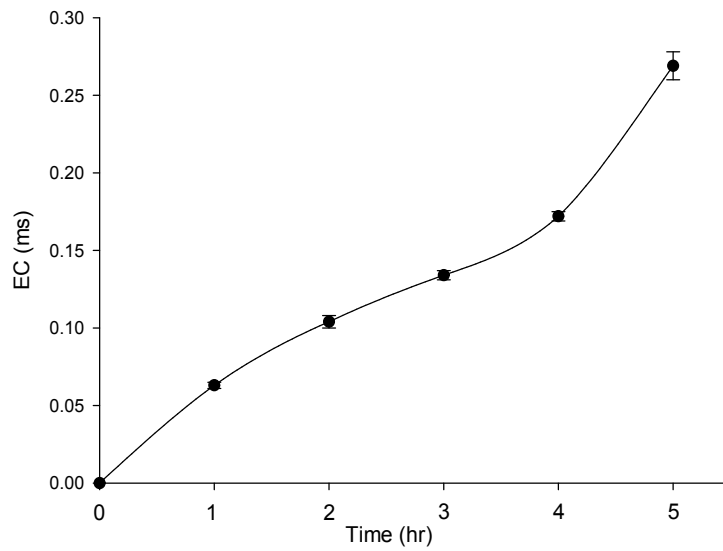


Fig. 2.41. Average conductivity increase of seed leachate depend on soaking time.

(다) 종자선별을 위한 코팅방법 확립

① 종자 침종시간 및 코팅물질 탐구

코팅물질 perlite와 cellulose (Sigma, type 101)을 이용하고 종자 침지시간을 1, 2, 3, 4 시간으로 하여 종자를 코팅하고 아미노산 발색을 하였을 때 Fig. 2.42 및 2.43와 같다.

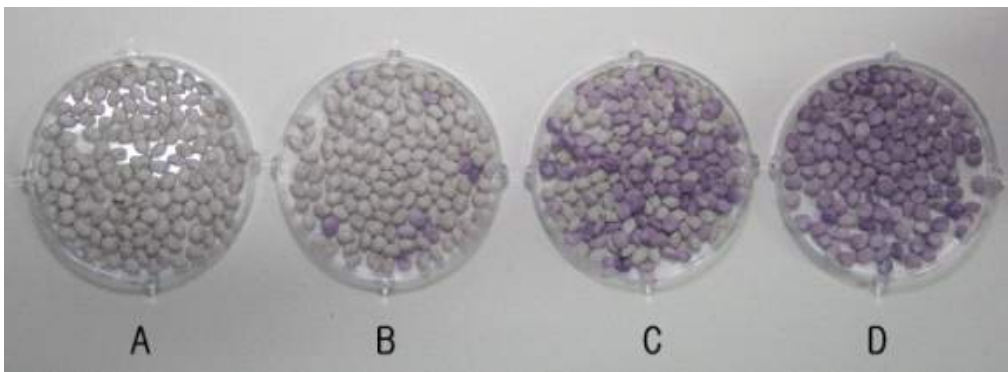


Fig. 2.42. Seed coating with perlite and color response with ninhydrin treatment. (A: 1hr, B: 2hr, C: 3hr, D: 4hr soaking)

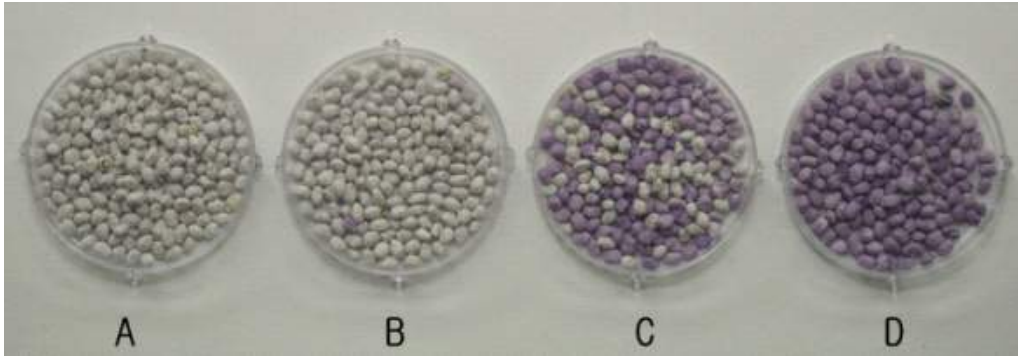


Fig. 2.43. Seed coating with cellulose(Sigma type 101) and color response with ninhydrin treatment. (A: 1hr, B: 2hr, C: 3hr, D: 4hr soaking)

Perlite와 cellulose를 이용한 코팅 종자에서 3시간 침지 후부터 아미노산 발색반응이 나타났으며 종자선별을 위한 발색에 가장 적합한 침종 시간은 3시간 정도로 나타났다. 코팅물질을 perlite만을 가지고 코팅 했을 경우 경도가 좋지 못하고 먼지가 날리는 단점이 있었으나 cellulose로 코팅 했을 경우 perlite보다 무게 당 부피가 커서 작은 무게로도 코팅에 용이 했으며 경도와 발색이 모두 우수한 것으로 판단되었다. 그러나 고순도의 cellulose(sigma type 101)은 상당히 고가이므로 가격 면에서 부적합 하다고 사료되어 가격이 저렴한 cellulose (대정화학, microcrystalline)을 사용하여 코팅시험을 하였다.

## ② Cellulose 종류별 아미노산 발색

흰색을 지니며 종자에서 누출되는 아미노산을 잘 흡착하고 종자코팅에도 가장 우수한 코팅물질은 cellulose로 판단되어 비교적 값이 저렴한 cellulose (대정화학, microcrystalline)와 Sigma에서 나온 cellulose type 101을 이용하여 코팅하고 발색을 비교하였다 (Fig. 2.44).

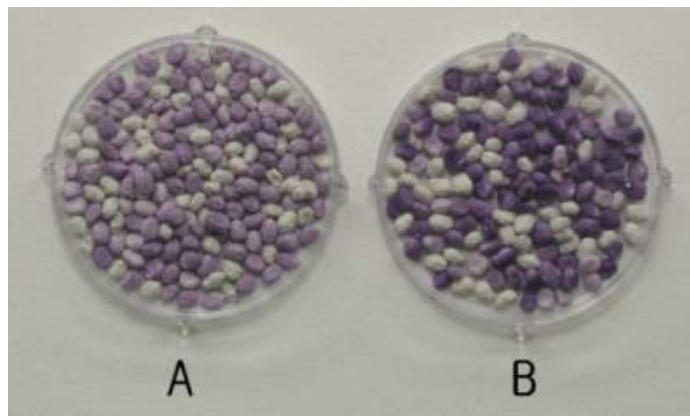


Fig. 2.44. Seed coating with different cellulose(A: Sigma type 101, B: Daejung, microcrystalline) and color response with ninhydrin treatment.

무게당 부피의 비율은 Sigma의 제품(고순도)보다 대정화학의 제품(일반순도)이 더 낮았고 Sigma 제품과 대정화학 제품의 입도 크기는 20 ~ 100 $\mu$ m로 비슷하였다. 대정 화학의 cellulose가 코팅 시 종자 표면이 매끄럽게 잘 되었으며 발색도 대체로 우수하였다. 또한 고순도의

cellulose(Sigma, type 101)보다 대정화학의 제품이 1/10정도로 가격 경쟁력이 있는 제품으로 판단된다.

(라) Ninhydrin의 농도

코팅물질을 대정화학(microcrystalline) cellulose로 하고 binder를 Arabic Gum 5%로 하여 코팅하고 ninhydrin 용액 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%로 발색하여 적합한 ninhydrin 농도를 찾고자하였다 (Fig. 2.45).

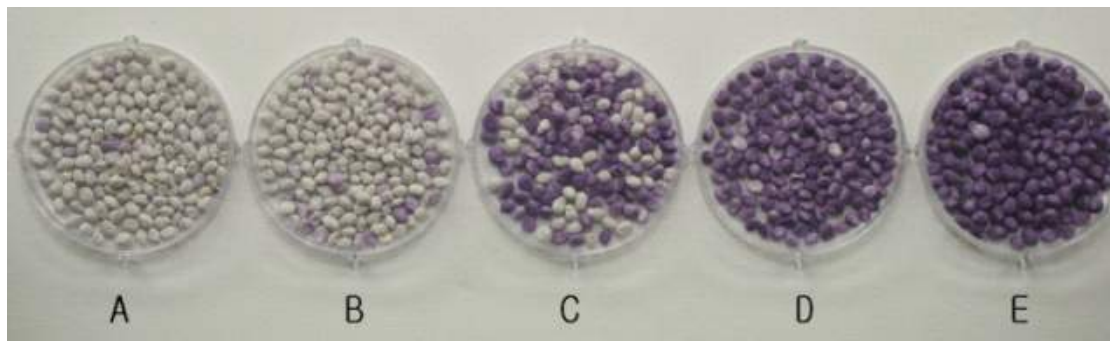


Fig. 2.45. Treating different concentrations of ninhydrin to observe optimum color intensity for classifying color seeds. The seeds were coated with a cellulose (Daejung, microcrystalline)(A: 0.1%, B: 0.2%, C: 0.3%, D: 0.4%, E: 0.5%).

Fig. 2.45에서 ninhydrin 0.1%과 0.2%의 농도에서는 발색이 거의 되지 않았으며 0.3%의 농도에서부터 발색이 확실히 이루어지는 것을 볼 수 있었다. 그리고 0.4% 이상의 농도에서는 발색의 정도가 심하였으며 시간이 지날수록 점점 더 많이 발색되어 구분이 어려웠다. 따라서 0.3%의 농도가 발색종자를 선별하기 위한 가장 적절한 농도로 판단되며 시간의 경과에 따라서도 더 이상 색의 변화가 없었다.

(마) 코팅종자의 발색정도별 발아

코팅물질을 대정화학(microcrystalline) cellulose로 하고 binder를 Arabic Gum 5%로 하여 코팅하고 ninhydrin 용액 0.3%로 발색하여 발색된 코팅종자에서 발색 강도 별 강한 색(strong color), 약한 색(weak color) 및 무색(colorless)으로 종자를 구분하여 blotter에 파종하여 발아상태를 검정하였다(Fig. 2.46, 2.47, Table 2.41). 강한 색 종자는 거의 발아되지 않았고 약한 색 종자는 평균 57%, 그리고 무색 종자는 94%의 발아율로 나타났다. 따라서 수분을 흡수한 무 종자는 종자 퇴화 정도에 따라 퇴화정도가 심할수록 많은 아미노산을 누출하며, 누출되는 아미노산을 코팅물질(cellulose)로 흡착하고 ninhydrin으로 발색하는데 성공하였다. 발색된 종자를 발색 강도 별로 선별하여 파종한 결과 아미노산이 많이 누출된 종자일수록, 즉 발색 강도가 강할수록 발아가 저조하였음을 확인하였다.

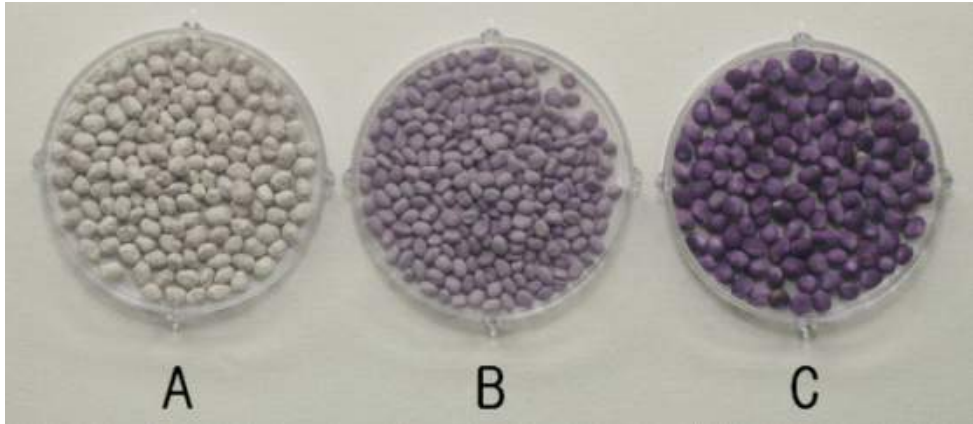


Fig. 2.46. Coating seeds with color from ninhydrin reaction were classified as colorless (A), weak color (B) and strong color (C) seeds depend on color intensity.

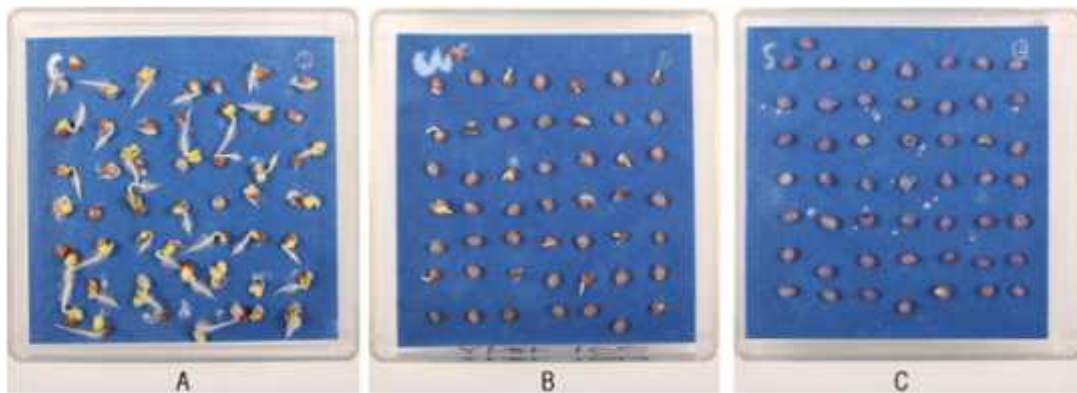


Fig. 2.47. Coating seeds with different color from ninhydrin reaction were germinated on blotter. The seeds were colorless (A), weak color (B) and strong color (C) seeds.

Table 2.41. Percentage of germination of coating seeds which have different color intensity from ninhydrin treatment.

Color intensity Rep.	Strong color	Weak color	Colorless
1	0	56	94
2	1	43	92
3	1	72	95
Average	1	57	94
Stdev.	0.33	8.39	0.88

## (2) 코팅재료, 접착제(binder) 및 수분흡수 방법 탐구

### (가) 코팅재료 탐구

지금까지 조사에서 코팅물질을 cellulose로 하여 코팅종자를 만들어 아미노산 누출을 이용한 발색 종자를 만드는데 성공하였으나 더욱 다양한 코팅물질을 탐구하여 경제적이며 상품적인 코팅종자를

만들 필요가 있다. 코팅물질의 기본 조건은 종자코팅을 하여 종자에서 누출되는 아미노산을 코팅 층에 흡착시켜 발색함으로써 유색코팅종자를 만드는 것이 목적임으로 (유색종자=퇴화종자, 무색종자=건전종자) 코팅재료는 흰색의 분말이어야 유색을 구별할 수 있다. 따라서 시험재료를 Fig. 2.48에서와 같이 흰색으로 된 cellulose, talc, perlite를 선택하였다.



Fig. 2.48. Coating materials: cellulose (Daejung chem. microcrystalline), talc(Nongwoobio), and perlite (green pamix 200 mesh).

상기 3가지 종류에 대하여 cellulose:talc 그리고 cellulose:perlite를 여러 비율로 혼합하여 코팅하고 코팅종자의 드럼부착성, 종자간 부착성, 코팅 후 탈피성 및 코팅의 상품성을 조사하였다 (Table 2.42). 종자 간 부착성이나 드럼부착성이 낮고 상품성이 좋은 코팅 재료는 cell: talc = 2:1과 cell: perlite =2:1의 혼합비율로 코팅한 것이 가장 우수하였다. 코팅 재료 혼합한 코팅 종자의 모양은 Fig. 2.49과 2.50와 같다.

Table 2.42. Characteristics of coating seeds coated with various combination of materials.

Combination of coating material	Characteristics of coating seed				Selection
	Sticking to drum	Sticking to seeds	Breaking crust	Commercial value	
cell:talc					
0 : 1	+++	-	++	+	
1 : 2	++	-	-	+++	
1 : 1	+	-	-	+++	
2 : 1	-	-	-	+++	O
1 : 0	-	-	-	+++	
cell:perl.					
0 : 1	-	++	++	++	
1 : 2	-	+	+	+++	
1 : 1	-	-	+	+++	
2 : 1	-	-	-	+++	O
1 : 0	-	-	-	+++	

- Sticking to drum: -: Non, +: Weak, ++: Medium, +++: High

- Sticking to seeds: -: Non, +: Weak, ++: Medium, +++: High

- Breaking crust: - : Non, +: Weak, ++: Medium, +++: High

- Commercial value: -: Non, +: Weak, ++: Medium, +++: High

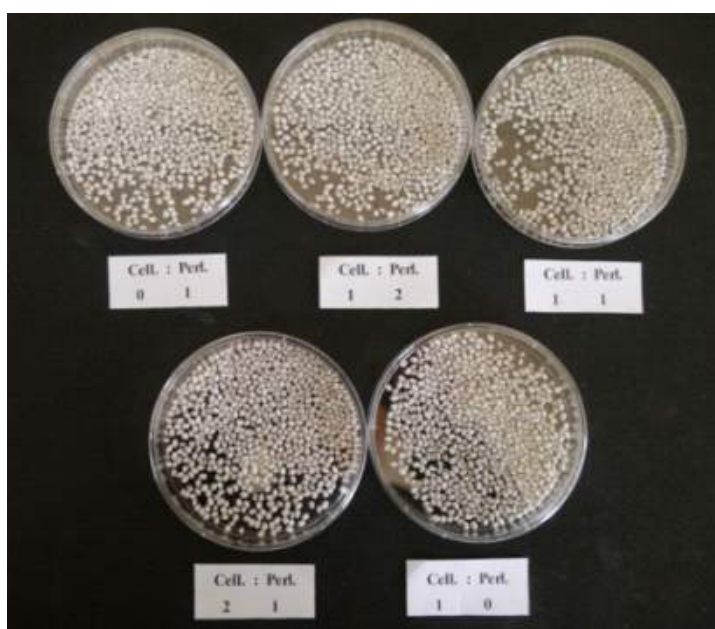


Fig. 2.49. Coating seeds coated with various combination of cellulose : perlite.



Fig. 2.50. Coating seeds coated with various combination of cellulose : talc.

(나) 접착제(binder) 탐구

코팅 바인더는 이미 예비실험에서 Gum arabic 이 발아를 억제하지 않고 아미노산 발색에도 지장이 없는 것으로 확인되어 이미 선발 되었다. 위에서 cell : talc와 cell : perlite 혼합 시험에서 각 2:1 혼합이 우수하여 이들 재료를 이용하였을 때 바인더 Gum arabic의 적정 농도를 실험하였다. 여러 가지 농도의 Gum arabic을 이용하여 코팅하고 코팅종자의 드럼부착성, 종자 간 부착성, 코팅 후 탈피성 및 코팅의 상품성을 조사하였다. (Table 2.43, Fig. 2.51)

① Cellulose : Talc =2:1 혼합

Table 2.43. Characteristics of coating seed coated with cellulose:talc =2:1 and various binder concentration

Binder concentration	Characteristics of coating seed				Selection
	Sticking to drum	Sticking to seeds	Breaking crust	Commercial value	
0(water)	-	-	+++	-	
1%	-	-	++	+	
2%	-	-	+	++	
3%	-	-	-	+++	O
4%	-	-	-	+++	
5%	-	-	-	+++	



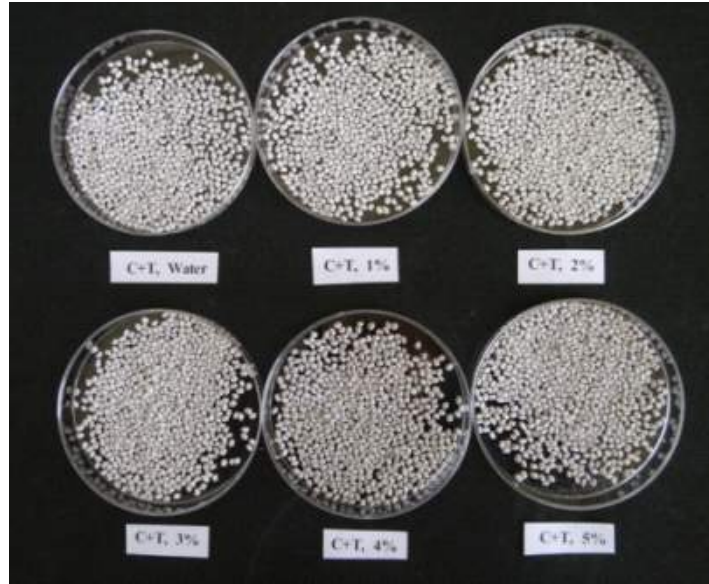


Fig. 2.51. Coating seeds coated with cellulose:talc =2:1 and various concentration of binder.

Cellulose : Talc =2:1 로 코팅하였을 때 gum arabic 농도는 Table 2.43에서와 같이 3% 이상에서 드럼부착성, 종자간 부착성, 코팅 후탈피성이 낮고 상품성이 높았다. 그러나 binder의 농도가 낮을수록 경제성이 있기 때문에 binder 0.3%가 적당한 것으로 나타났다.

② Cellulose : Perlite =2:1 혼합

Cellulose : Perlite =2:1로 코팅하였을 때 코팅종자의 특성은 Table 2.44과 같고 코팅종자 모양은 Fig. 2.52와 같다.

Table 2.44. Characteristics of coating seed coated with cellulose:perlite =2:1 and various binder concentration

Binder concentration	Characteristics of coating seed				Selection
	Sticking to drum	Sticking to seeds	Breaking crust	Commercial value	
0(water)	-	-	+++	-	
1%	-	-	+++	+	
2%	-	-	++	++	
3%	-	-	+	+++	
4%	-	-	+	+++	
5%	-	-	-	+++	○



Fig. 2.52. Coating seeds coated with cellulose:perlite=2:1 and various concentration of binder.

Cellulose : Perlite =2:1로 코팅하였을 때 5% 이하의 바인더 농도에서 코팅 후 탈피성이 있음을 발견하였다. 따라서 전체적으로 종합평가 해 볼 때 cellulose : perlite =2:1로 코팅하였을 때 코팅 후 탈피성이 cellulose+talc 보다 컸고 cellulose : perlite =2:1 은 binder 5%에서 탈피성이 없어서 3%의 binder농도와 cellulose+talc로 코팅하는 것이 경제성에서 유리한 것으로 판단되었다. 따라서 탈피성과 상품성을 고려할 때 cellulose : talc=2:1의 조합이 cellulose + perlite 보다 우수한 것으로 평가되어 적정 코팅물질로 선택되었고 접착제로서는 gum arabic 0.3%가 적절한 것으로 판단되었다.

(다) 수분흡수 방법 탐구

코팅종자가 코팅 층에 누출된 아미노산을 흡착하도록 하기 위해서는 코팅하기 전에 종자에 수분을 흡수하도록 하여야 한다. 수분흡수는 일반적으로 물에 3-4시간 정도 침지한 후 표면의 수분을 제거하고 코팅을 한 후 건조하는 방법을 수행한다. 그러나 산업적으로 종자를 물에 침지하는 것이 매우 어려우므로 흡수방법을 종자 priming 방법의 하나인 SMP(Solid matrix Priming) 방법을 시도하였다. SMP 방법으로 perlite 분말에 물을 흡습시키고 종자를 혼합하여 일정기간 두어서 흡수토록 하였다. SMP처리는 perlite 8g에 물 1-6mL까지 혼합하고 종자 5g을 같이 혼합하여 여러 단계의 perlite의 수분함량으로 처리하였다. Perlite의 수분함량은 12.5, 25.0, 37.5, 50.0, 62.5와 75.0%로 조절하였다. 처리기간은 48시간으로 하고 처리온도는 25℃로 하였다. 48시간 후의 종자의 수분함량은 Table 2.45과 같고 각 처리별 코팅 종자를 발색한 결과 Fig. 2.53와 같다.

Table 2.45. Seed moisture content after 48 h SMP treatment

Perlite moisture content (%)	Seed weight(g)	Perlite weight(g)	Seed moisture content (%)	Water added to perlite (ml)
12.5	5.80	7.66	21	1
25.0	6.51	7.99	35	2
37.5	6.94	8.70	44	3
50.0	7.22	9.31	50	4
62.5	7.65	9.98	58	5
75.0	8.00	10.54	65	6

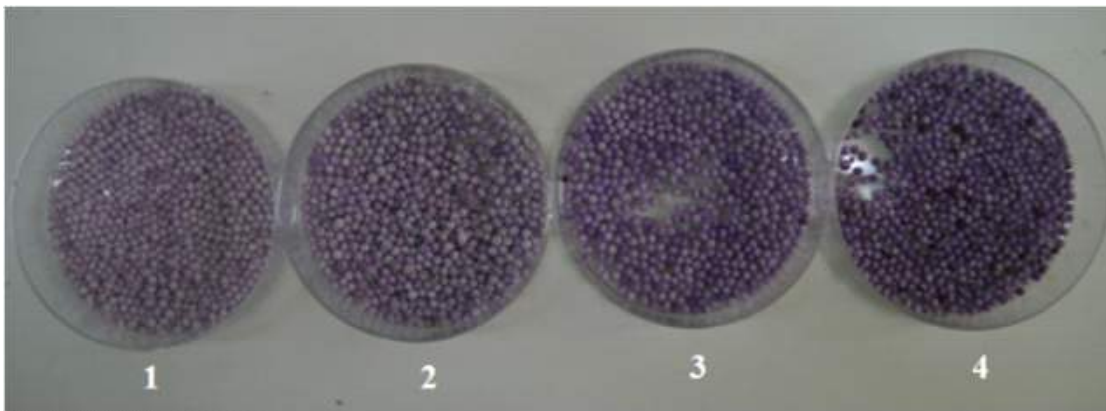


Fig. 2.53. Color reaction of coating seeds coated with cellulose:talc=2:1 and 3% gum arabic and treated 0.3% ninhydrin. The seeds were coated after SMP treatment for 48 h at 25°C. (seed moisture content, 1: 21%, 2: 35%, 3: 44%, 4: 50.0%)

SMP 처리 후 코팅종자를 ninhydrin으로 발색한 결과 Fig. 2.53에서와 같이 종자수분함량이 44% 정도에서 발색이 적당하게 되었으며 수분함량이 50% 이상에서는 모든 종자가 다 발색되어서 발색 안 된 종자를 선별하기가 어려웠다. 그리고 SMP 처리 후 종자를 solid material에서 분리하는 것이 번거로운 일로 대두 되었으며 또한 분리된 종자를 그대로 코팅하고 발색하였을 때 거의 모든 종자가 발색하는 현상을 보였다. 이것은 SMP 중에 누출된 아미노산이 모든 종자에 오염되는 것으로 판단되며 분리된 종자를 흐르는 수돗물에 세척한 후 코팅하는 것이 중요하였다. SMP 처리 후 코팅하는 문제는 priming과 종자선별이라는 두 가지 처리를 할 수 있다는 장점이 있으나 산업적으로 침지하는 방식과 SMP처리가 어떤 것이 경제적인지 더욱 검토가 필요할 것으로 사료된다.

(라) 선별된 코팅종자 발아검사

종자 코팅 후 건조하여 발색한 종자를 Fig. 2.54에서와 같이 무처리(무코팅, control), 코팅 무

색(no color), 코팅 연한색(weak color), 코팅 강한색(strong color) 종자로 분리하고 blue blotter에 파종하여 발아조사 하였다. 발아 조사한 결과 발아한 종자의 모양은 배추 종자는 Fig. 2.55, 무 종자는 Fig. 2.56와 같고 파종 후 매일 발아 검사하여 경시적인 발아상태는 배추종자가 Fig. 2.57, 무 종자가 Fig. 2.58에서와 같다.

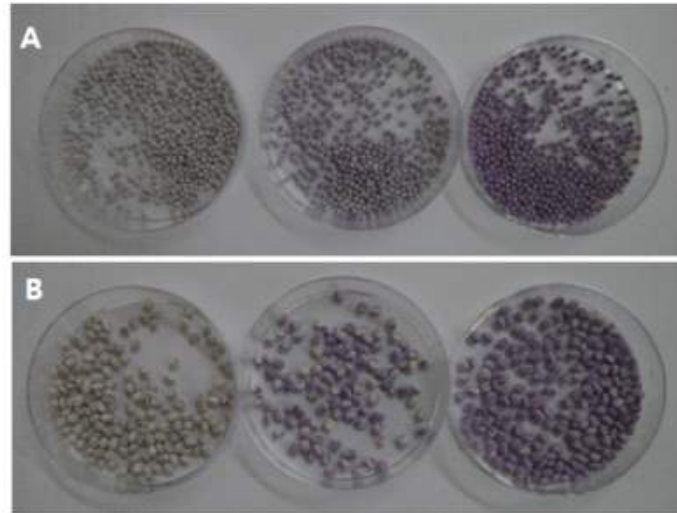


Fig. 2.54. Separated coating seeds of Chinese cabbage(A) and radish(B) depend on color intensity as no color, weak, and strong color.

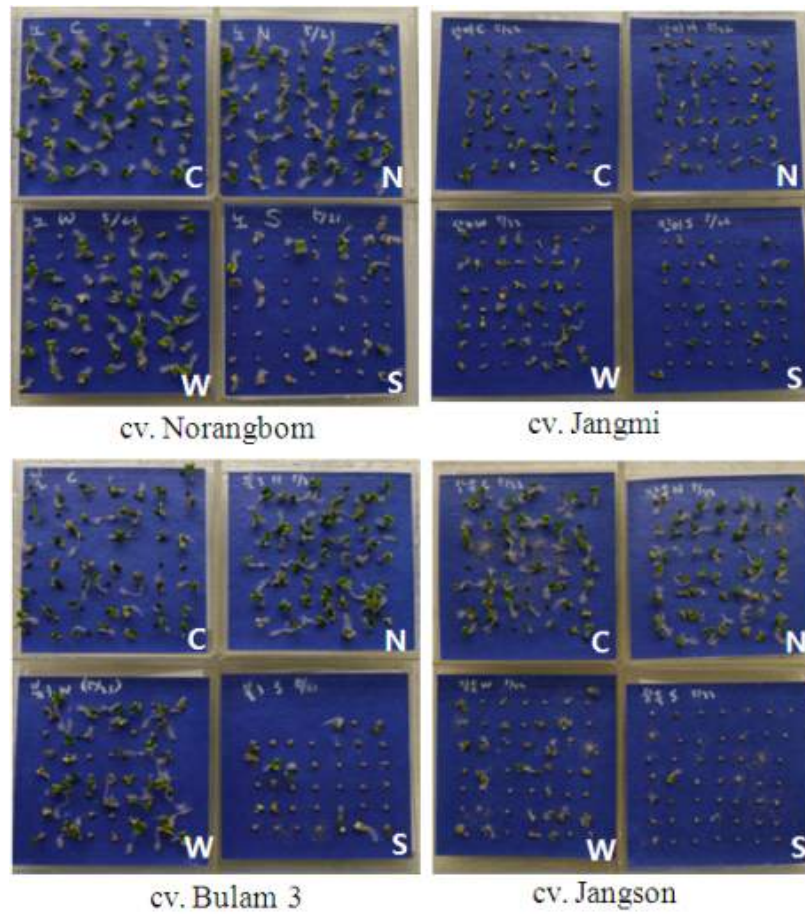


Fig. 2.55. Germination of Chinese cabbage coating seeds after separating to color intensity as control(C), no color(N), weak(W), and strong(S) color.

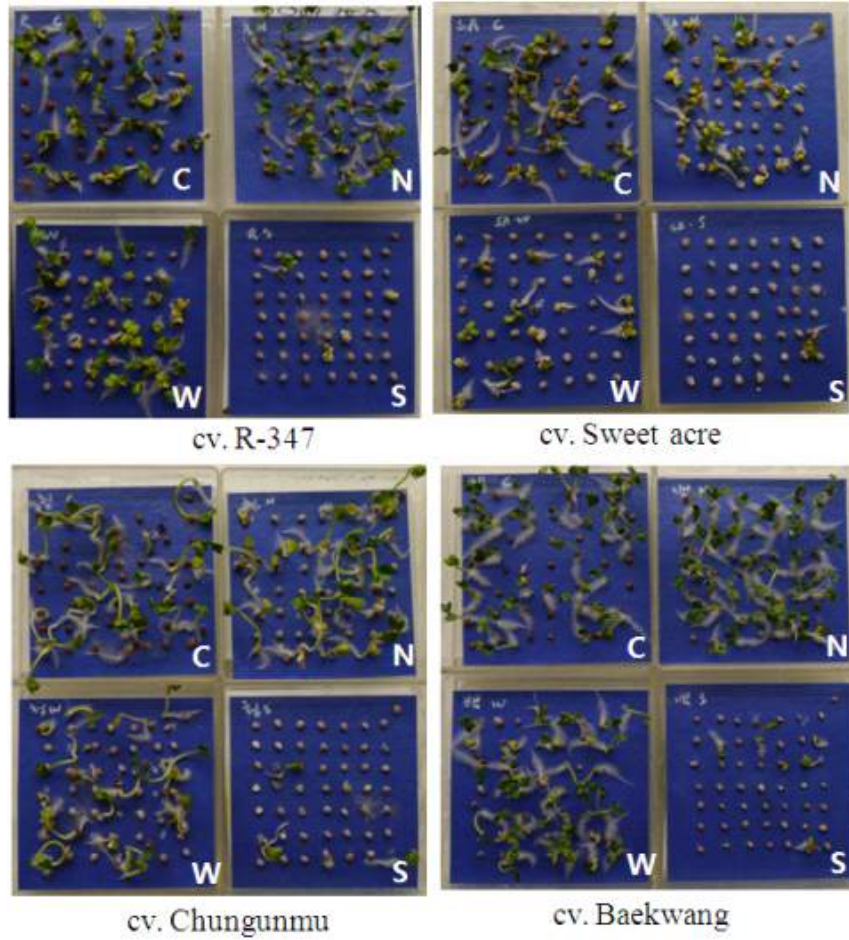


Fig. 2.56. Germination of radish coating seeds after separating to color intensity as control(C), no color(N), weak(W), and strong(S) color.

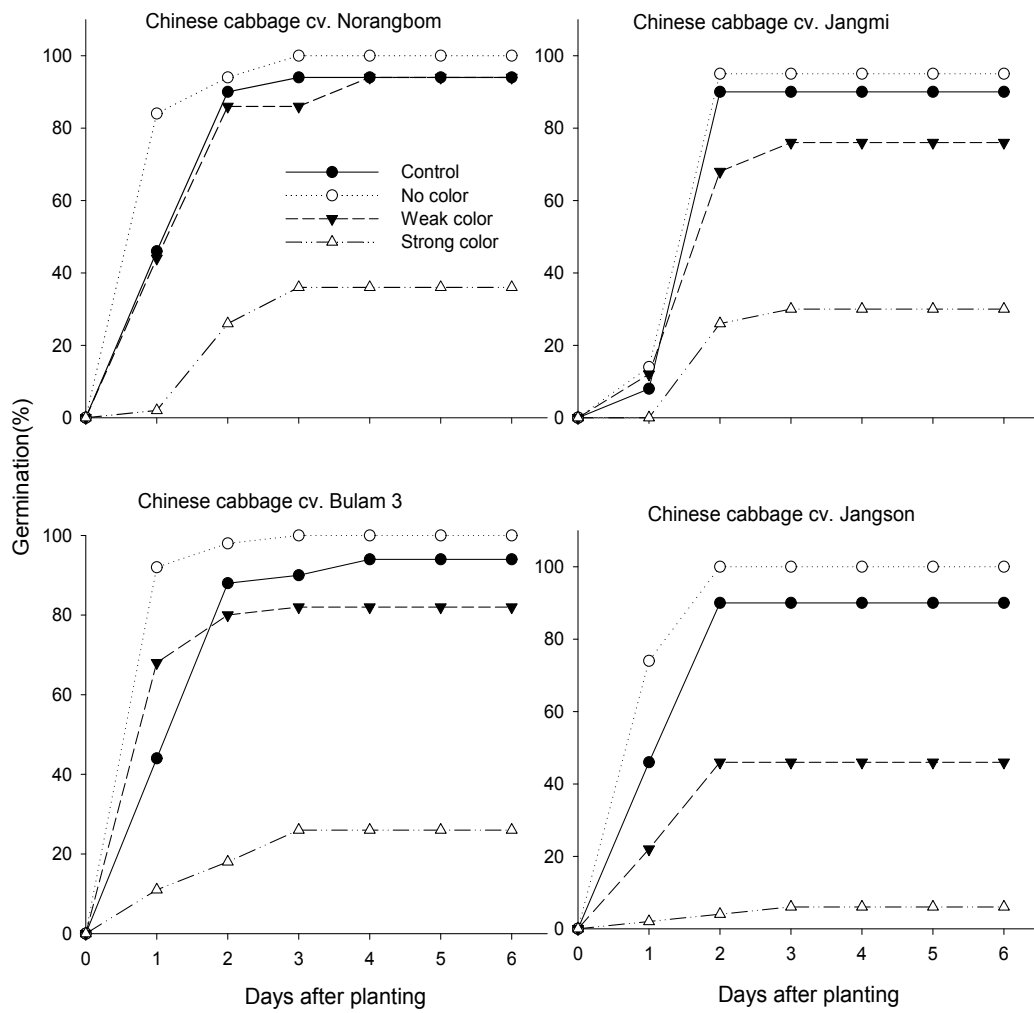


Fig. 2.57. Time course germination of Chinese cabbage coating seeds after separating to color intensity as control, no color, weak, and strong color.

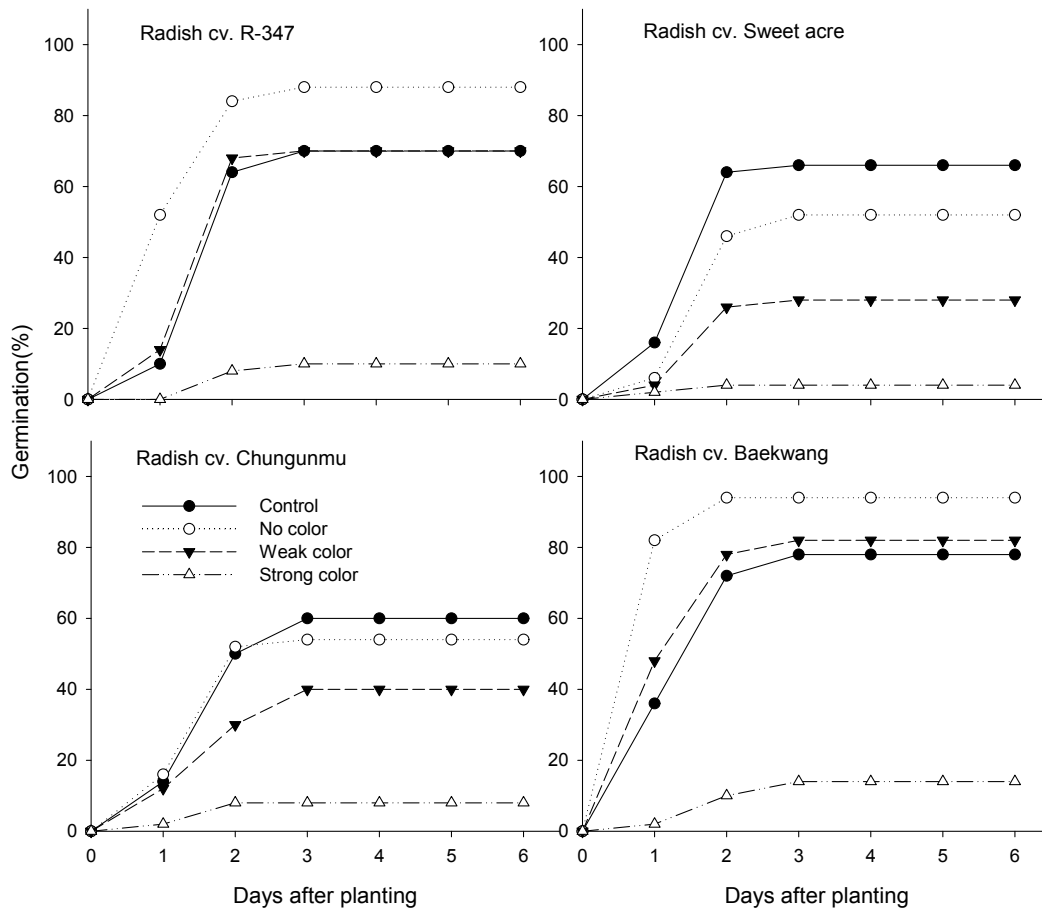


Fig. 2.58. Time course germination of radish coating seeds after separating to color intensity as control, no color, weak, and strong color.

아미노산 누출에 의한 발색종자를 색의 강도별로 선별하여 과중한 무 및 배추 종자에서 공히 코팅 무색 종자가 무처리 종자보다 발아가 우수하였고, 강한 색의 종자에서 발아율이 매우 저조하였다. 이것은 종자가 퇴화될수록 세포막 파괴가 심하여 종자의 발아능이 약해지고 아울러 세포 내의 아미노산 누출이 많아진다는 것을 나타낸다.

### (3) 색체선별기를 이용한 선별시험

무 및 배추종자에 대하여 cellulose를 이용하여 film coating하고 코팅층에 ninhydrin을 처리하여 퇴화종자에서 누출된 아미노산을 발색함으로써 발색된 종자를 선별하는 실험을 실시하였다. 지금까지의 코팅재료, 바인더 및 ninhydrin 적정농도 개발에 대한 실험에서 코팅재료는 cellulose:talc =2:1 혼합, 바인더는 Gum arabic 3%가 좋았고 ninhydrin 농도는 0.3%에서도 발색이 가능하여 경제적인 농도로 판명되었다. 따라서 이어서 밝혀진 적정 코팅재료를 이용하여 퇴화종자를 cellulose로 코팅 후 발색하고 색체선별기를 이용하여 발색된 종자를 선별하는 실험을 실시하였다. 그리고 무 및 배추 종자에 대하여 퇴화종자를 발색한 후 실내 발아검사 및 육묘 상에서 과중하여 종자 출현율을 아울러 조사하였다.



(가) 색체선별기를 이용한 선별

색체선별기는 고해상도 CCD 카메라가 장착되었고 고휘도의 LED가 설치되어 있어서 미세한 색체도 인식하여 압축공기의 에어건으로 해당 종자를 밀어내어 선별하는 원리로 되어 있다 (Fig. 2.59).

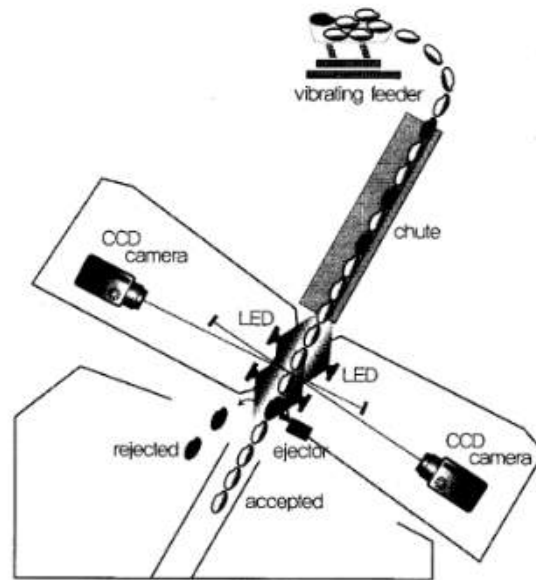


Fig. 2.59. Diagram of color sorter and principle.

무처리 종자와 발색한 종자를 혼합하여 색체선별기 종자 공급구에 넣고 CCD Spot Sensitivity 감도에서 Light 70%로 조절하여 발색종자 선별조건을 맞춘 후 기계를 작동하였다. 실제의 기계모양과 외부구조 및 작업광경은 Fig. 2.60와 같다.



Fig. 2.60. Color sorter (Model: PUBU-K) and working on seed separation.

2000g의 종자를 종자 공급구에 넣고 기계작동 후 5초 간격으로 20초까지 종자출구에서 나오는 발색된 코팅종자의 선별된 종자량은 Fig. 2.61에서 보는 바와 같다. 20초 정도의 시간에서 약 2,000g의 종자를 1차적으로 모두 선별하였다. 따라서 시간당 약 200-300kg의 종자를 선별할 수 있을 것으로 추정된다. 1차적인 선별결과는 Table 2.46에서와 같다.

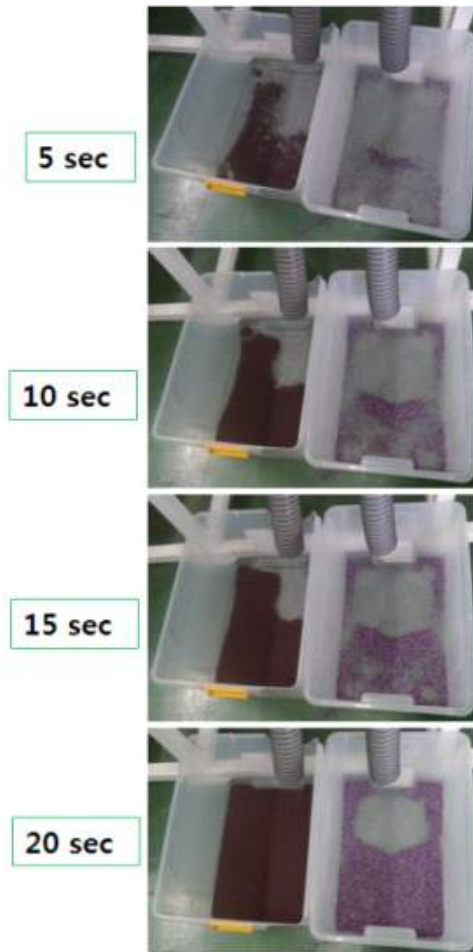


Fig. 2.61. Time course separation of color seeds using color sorter. It took about 20s to separate 2000g of seeds.

Table 2.46. Separation result after first separation using color sorter

Seed	Before separation(g)	After 1st separation(g)	Ratio of color seed after 1st separation (g)
Non-color seed	1,866 (91.2%)	1740.34 (85.1%)	141.3 (46.3%)
Color seed	180 (9.1%)	<b>305.12</b> <b>(14.9%)</b>	163.8 (53.7%)
Total	2,046	2045.5	<b>305.12</b>

약 2,000g의 무처리+발색종자 혼합종자를 색체선별기에서 약 20초 만에 1차선별 한 결과 Table 2.46와 같다. 즉, 1차선별 후 무처리 종자 85.1%는 100% 무처리 종자로 선별되었고, 나머지 종자 14.9% (약 305g)는 무처리 종자와 발색종자가 혼합된 종자이었다. 1차선별 후 혼합된 종자의 비율은 무처리종자 46.3%, 발색종자 53.7% 이었다. 이 혼합된 종자는 다시 2차 및 3차 선별을 통하여 거의 모든 종자를 100% 선별가능하다고 기계전문가는 판단하였다. 2차 선별은

최소한 종자량이 2kg 이상이 필요하기 때문에 305g의 종자로서는 불가하였다.

결론적으로 코팅된 발색종자는 색채선별기로 무난하게 선별이 가능함을 확인하였다.

#### (4) 선별된 발색종자 실내 및 육묘상 발아조사

지금까지의 무 및 배추의 퇴화종자에서 아미노산이 누출되는 것을 이용하여 종자선별을 위한 종자코팅 방법과 선별방법 등에서 실험을 실시하였다. 따라서 최적화된 종자코팅방법과 선별을 통하여 종자를 선별하고 실내 및 온실 육묘상에서 종자의 발아를 검정하였다.

##### (가) 실내 발아조사

Fig. 2.38에서 제시된 4가지 처리 종자를 Fig. 2.62 및 2.63에서 보는 바와 같이 blue blotter에 파종하여 실내발아검사 하였다. 발아검사에서 배추 무 종자 공히 발색종자(C:color seed)에서 거의 종자가 발아하지 않았고 무색종자(D: non-color seed)에서는 발아가 우수하였다.

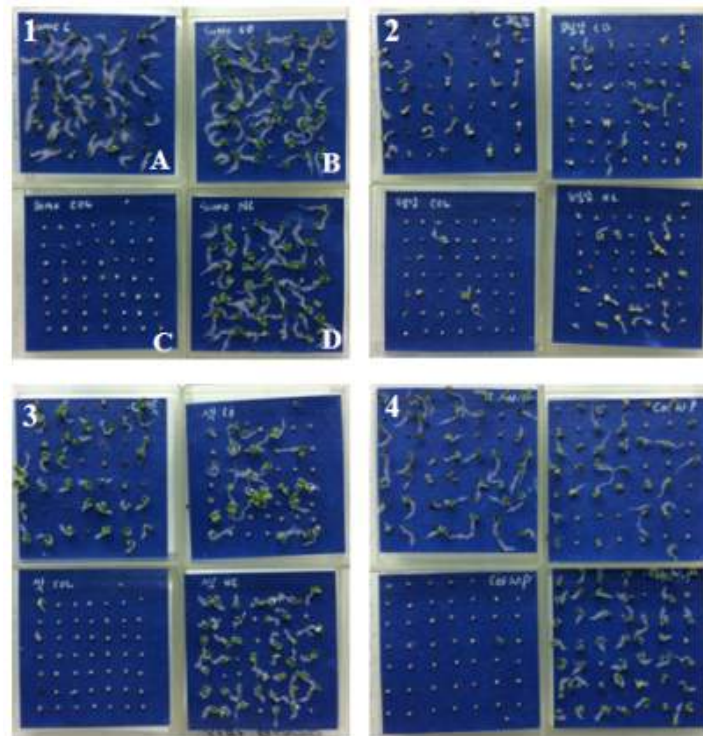


Fig. 2.62. Lab germination test of 4 cultivars of Chinese cabbage coating seeds after separation of color seeds from amino acid leakage. (A: control, B: coating seed, C: color seed, D: non-color seed, 1. Sumo 60, 2. Pyungkang, 3. Setnorang, 4. winter pride)

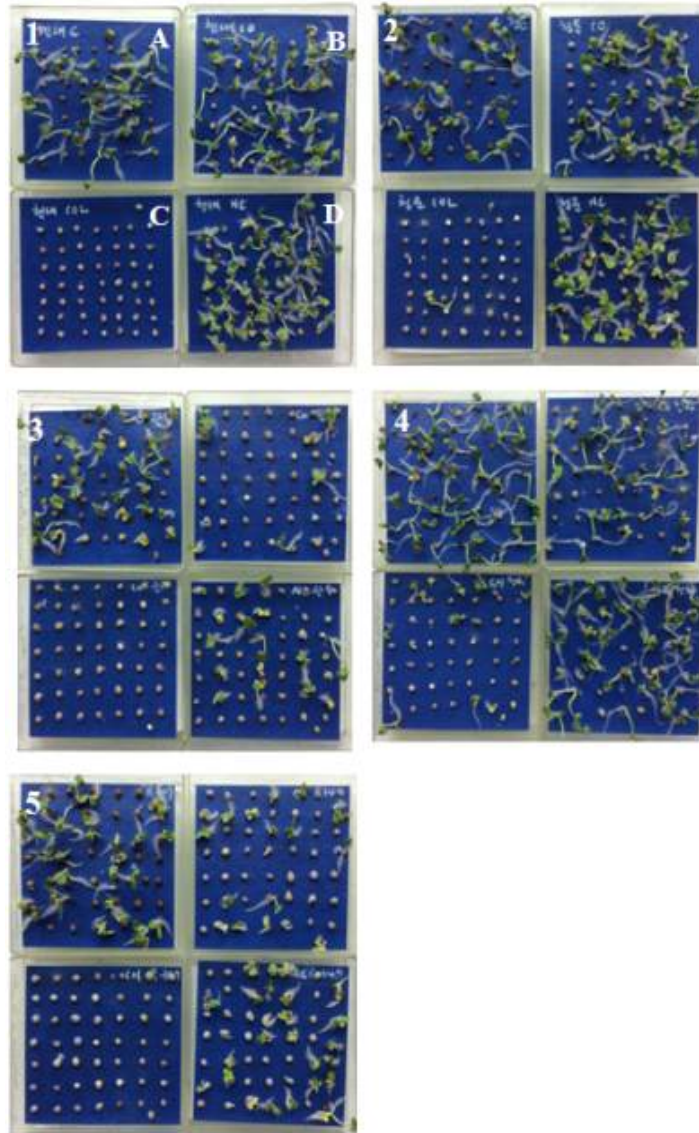


Fig. 2.63. Lab germination test of 5 cultivars of radish coating seeds after separation of color seeds from amino acid leakage. (A: control, B: coating seed, C: color seed, D: non-color seed, 1.Hyundae, 2. Chungunmu, 3. Kwandong, 4. Chunhadaehyung, 5. R-347).

배추 및 무 종자의 실내발아검사에서 경시적으로 매일 조사한 발아 현황을 Fig. 2.64 및 2.65에서 나타내었다. 일반적으로 무 종자 및 배추종자 공히 color seed에서 발아가 가장 저조하였으며 coating+non-color seed에서 발아속도나 발아율에서 가장 우수하였다. 그러나 퇴화가 지나치게 진행된 종자인 경우에는 발색종자 선별에서도 발색 강도가 강해서 선별이 어려웠고 선별 효과가 크게 나타나지 않았다. 그리고 선별효과는 품종에 따라 차이를 보였다.

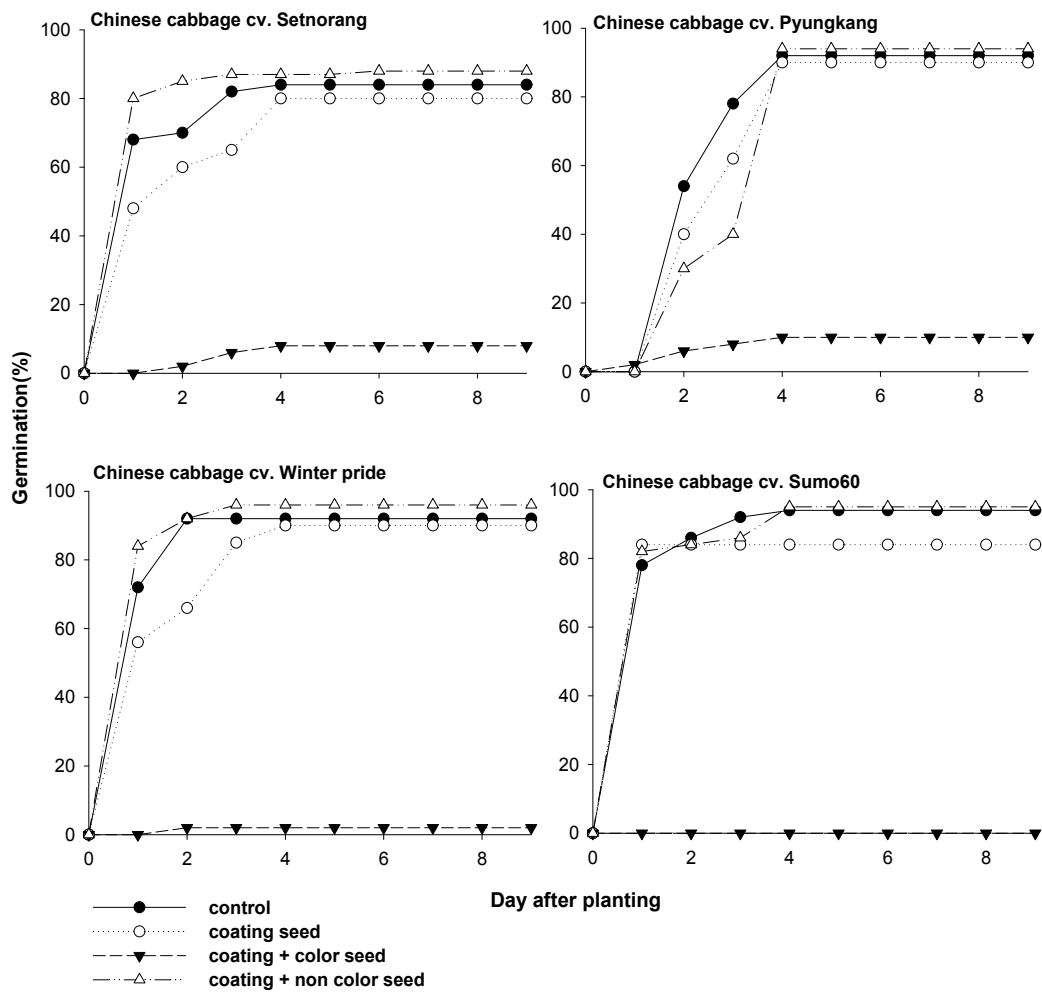


Fig. 2.64. Time course lab germination of 4 cultivars of Chinese cabbage coating seeds after separating to color intensity as control, coating seed, coating+color seed, and coating+non color seeds.

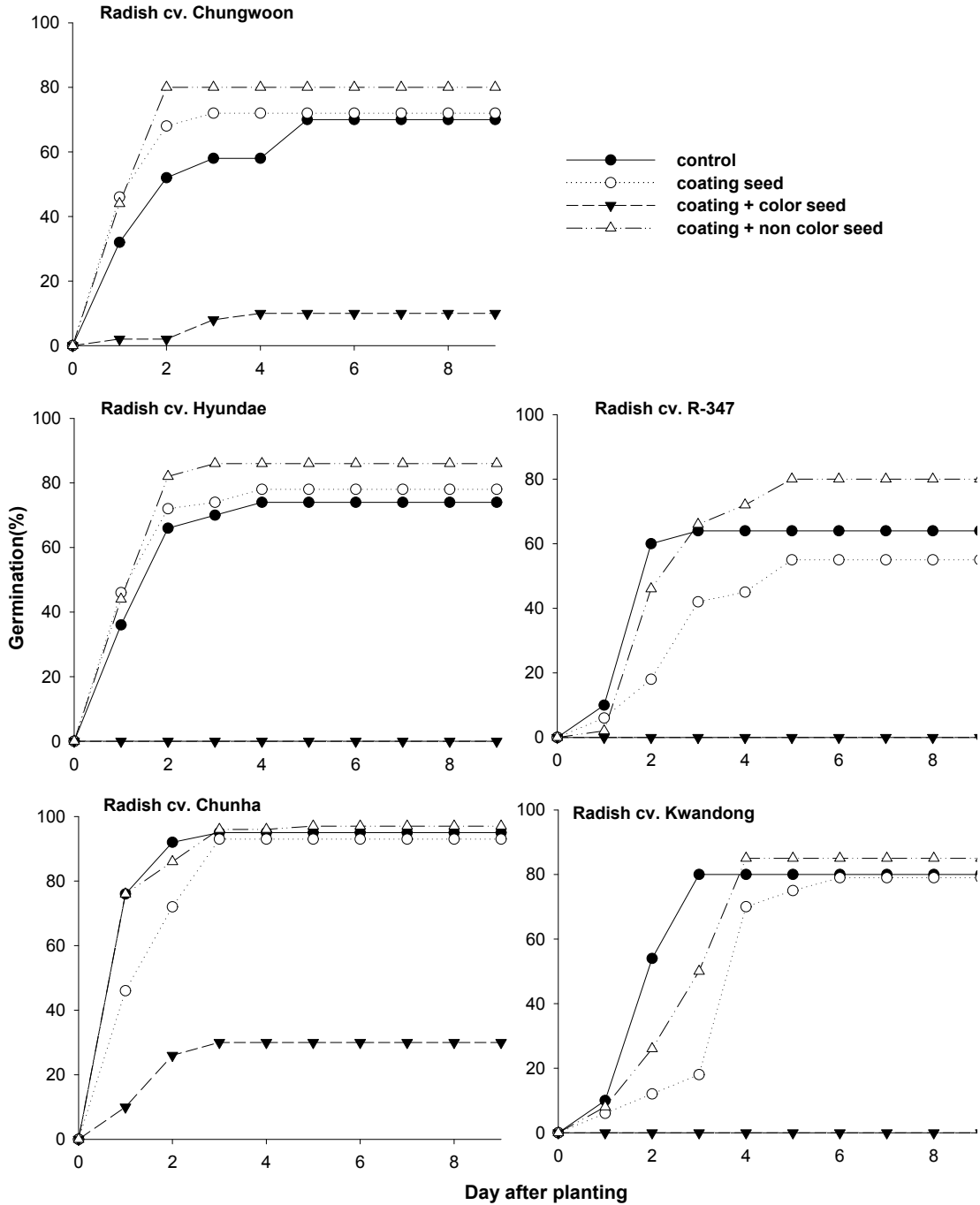


Fig. 2.65. Time course lab germination of 5 cultivars of radish coating seeds after separating to color intensity as control, coating seed, coating+color seed, and coating+non color seeds.

(나) 육묘상 발아 조사

Fig. 2.38에서 제시된 4가지 처리 종자를 Fig. 2.66 및 2.67에서 보는 바와 같이 온실에서 육묘 트레이에 파종하여 육묘출현을 검사하였다. 온실 육묘트레이 육묘출현검사에서 실내 발아시험에서와 마찬가지로 배추 무 종자 공히 발색종자(C:color seed)에서 거의 종자가 발아하지 않았고 무색종자(D: non-color seed)에서는 발아가 가장 우수하였다.



Fig. 2.66. Seedling growth of 4 cultivars of Chinese cabbage on nursery tray after separating to color intensity as control(C), coating seed(CO), color seed(CL), and non color seeds(NC), 1. Sumo 60, 2. Pyungkang, 3. Setnorang, 4. winter pride, A: 6 days after planing, B: 12 days after planing).





Fig. 2.67. Seedling growth of 5 cultivars of radish on nursery tray after separating to color intensity as control(C), coating seed(CO), color seed(CL), and non color seeds(NC), 1.Hyundae, 2. Chungunmu, 3. Kwandong, 4. Chunhadaehyung, 5. R-347, A: 6 days after planing, B: 12 days after planing).

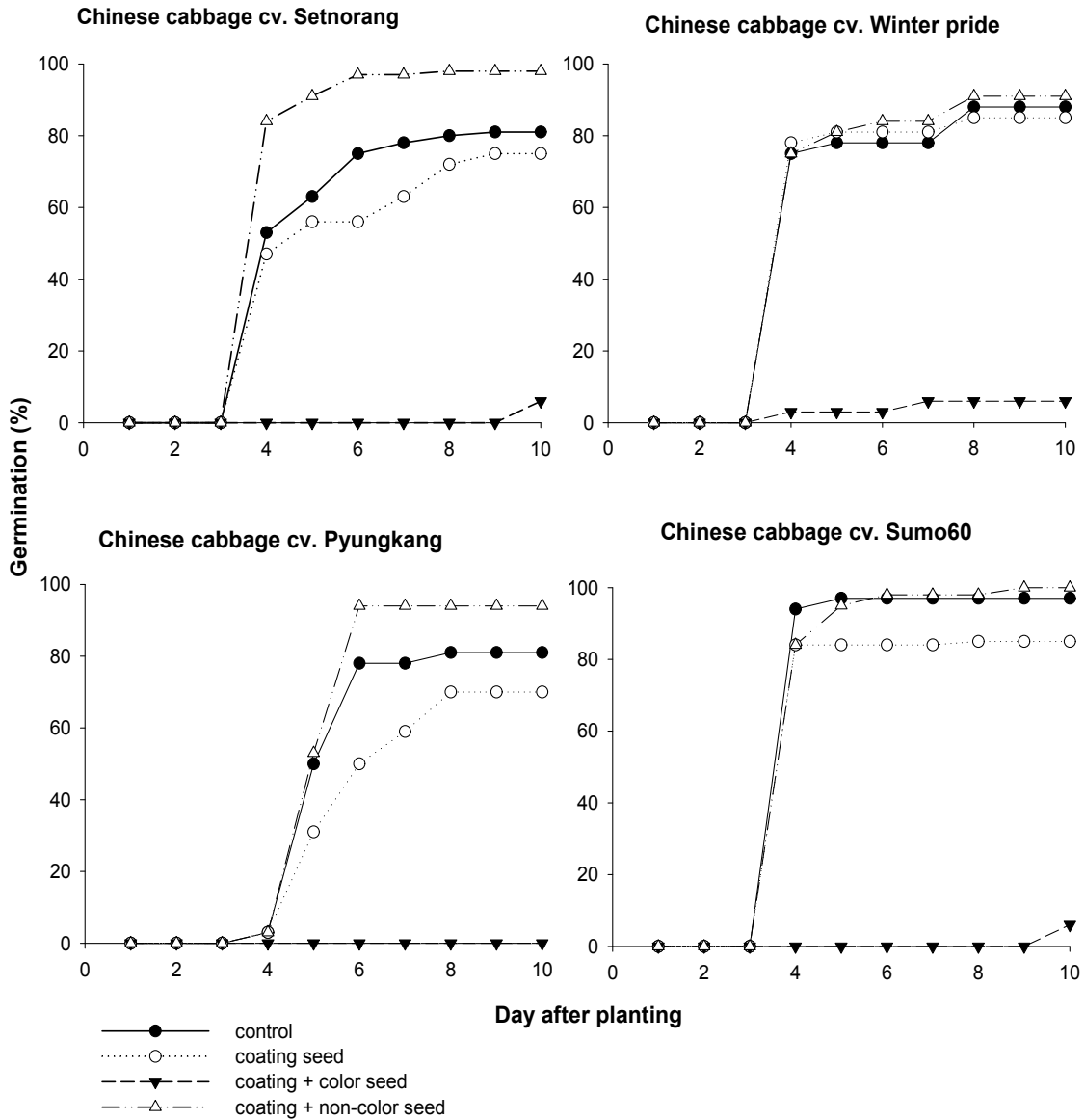


Fig. 2.68. Time course seedling emergence on nursery tray in 4 cultivars of Chinese cabbage coating seeds after separating to color intensity as control, coating seed, coating+color seed, and coating+non color seeds.

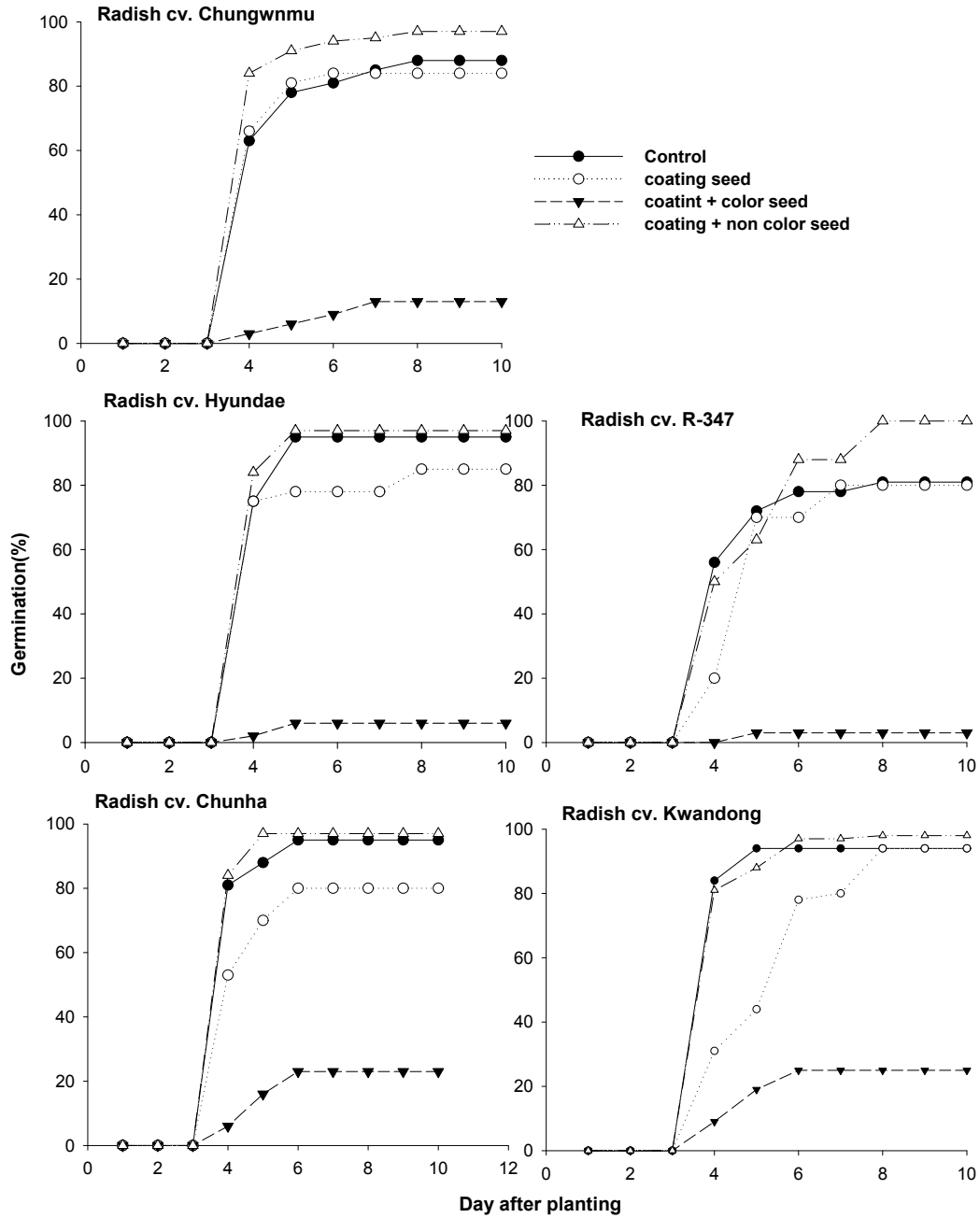


Fig. 2.69. Time course seedling emergence on nursery tray in 5 cultivars of radish coating seeds after separating to color intensity as control, coating seed, coating+color seed, and coating+non color seeds.

전체적으로 지금까지의 실험에서 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자선별 시스템을 Fig. 2.70에서 나타내었다.

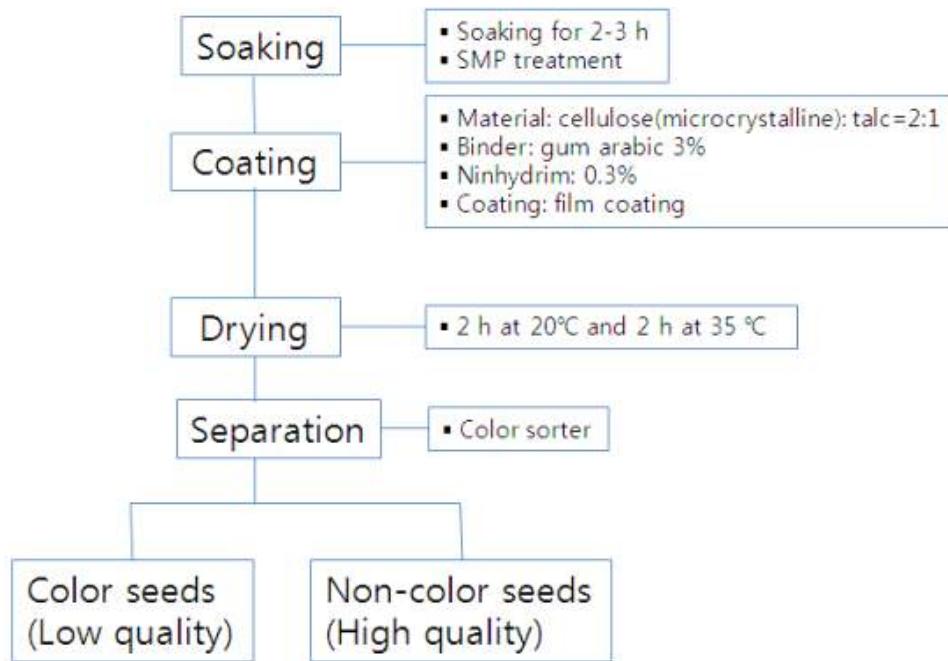


Fig. 2.70. Diagram for seeds coating system for separating high quality seeds.

### 3. 참고문헌

1. Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1970. Viability and leaching of sugar from germinating barley. *Crop Sci.* 10: 31-34.
2. Agrawal, O.K. 1977. Germination, fat acidity and leaching of sugars from five cultivars of paddy (*Oryzasativa*) seeds during storage. *Seed Sci. and Technol.* 5:489-498.
3. Agresti, A. 2007. An introduction to categorical data analysis. 2nd ed. Wiley, New Jersey.
4. Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification, *IEEE Transactions on Automatic Control.* 19 (6): 716 - 723.
5. Basavarajappa, B S., H.S. Shetty and H.S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Sci. and Technol.* 19:279-286.
6. Cheng, H.Y, G.H. Zheng, X.F. Wang, Y. Liu, Y.T. Yan and J. Lin. 2005. Possible involvement of  $K^+/Na^+$  in assessing the seed vigor index. *J. Integ. Plant Biol.* 47:935-941.
7. Dadlani, M. and P. K. Agrawal. 1983. Factors influencing leaching of sugar and electrolytes from carrots and okra seeds. *Sci. Hort.* 19: 39-44.
8. Dawidowicz-Grzegorzewska, A. and A. Podstolski. 1992. Age-related changes in the ultrastructural and membrane properties of *Brassicanapus*L.seeds. *Annals of Bot.* 69:39-46.
9. Duke, S.H. and G. Kakefuda. 1981. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibitions of legume seeds. *Plant Physiol.* 67: 449-456.
10. International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing (Edition 2009). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
11. Jalink, H. van der Schoor, R. Frandas, A. van Pijlen, J.G. and R.J. Bino. 1998. Chlorophyll fluorescence of *Brassica oleracea* seeds as a non-destructive marker for seed maturity and seed performance. *Seed Science Research.* 8:437-448.

12. Kim, D.H., S.H. Han and J.H. Song. 2011. Evaluation of the inorganic compound leakage and carbohydrates as indicator of physiological potential of *Ulmusparvifolia* seeds. *New Forests*. 41:3-11.
13. Larson, L.A. 1968. The effect soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedling growth. *Plant Physiol*. 43: 255-259.
14. Lee, S.S. and S.B. Hong. 1997. Leakage of organic and inorganic compounds from different seed qualities of onion, welsh onion, and leaf lettuce varieties. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38: 625-628.
15. Leopold, A.C. 1980. Temperature effects on soybean imbibitions and leakage. *Plant Physiol*. 65: 1096-1098.
16. Loomis, E.L. and O.E. Smith. 1980. The effect of artificial aging on the concentration of Ca, Mg, Mn, K, and Cl in imbibing cabbage seed. *J. Amer. Soc. Hort. sci.* 105:647-650.
17. Lott. J.N.A., V. Carvdek and J. Carson. 1991. Leakage of K, Mg, Cl, Ca and Mn from imbibing seeds, grain and isolated seed parts. *Seed Sci. Research*. 1: 229-233.
18. Madhusudanan, K.N. and K.M. Johnson. 1990. Solute leakage from winged bean (*Psophocarpustetragonolobus*) seeds. *Seed Sci. & Technol.* 18:157-162.
19. Min, T.G., Boseung Choi and B.R. Hong. 2013. Predicting probability of radish (*Raphanus sativus* L.), Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*), and cabbage (*B. oleracea* var. *capitata* L.) seeds via amino acid leakage parameters. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54: 388-398.
20. Min, T.G. and B.R. Hong. 2013. A simple method to determine amino acid leakage and germination capabilities from single radish (*Raphanussativus* L.) and Chinese cabbage (*Brassicarapa* ssp. *pekinensis*) seeds. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54:249-256.
21. Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27:31-36.

22. Nagelkerke, N. J. D. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*.78: 691-692.
23. Osborne, D.J. 1982. Deoxyribonucleic acid integrity and its repair in seed germination. In *The Physiology and Biochemistry of Seed Development and Germination*. ed. A.A. Khan. pp. 435-463. Elsevier, New York.
24. Powell, A.A. and S. Matthews. 1981. A physical explanation for solute leakage from dry pea embryos during imbibitions. *J. Exp. Bot.* 32:1045-1050.
25. Quyang, X., T. van Voorthuysen, P.E. Toorop and H.W.M. Hilhorst. 2002. Seed vigor, aging, and osmopriming affect anion and sugar leakage during imbibitions of maize (*Zeamays*L.)caryopses. *Int. J. plant Sci.* 163:107-112.
26. Roberts, E.H. and R. Ellis. 1982. Physiological, ultrastructural and metabolic aspects of seed viability. In *The Physiology and Biochemistry of Seed Development and Germination*. ed. A.A. Khan, pp. 465-483. Elsevier, New York.
27. SAS Institute Inc. 2014. SAS/STAT software: The GENMOD procedure, the LOGISTIC procedure, release 9.4 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
28. Schwarz, G. E. 1978. Estimating the dimension of a model, *Annals of Statistics*. 6 (2): 461 - 464.
29. Shtatland, E. S., Moore, S., and Barton, M. B. 2000. Why we need an measure of fit (and not only one) in Proc Logistic and Proc Genmod, *Proceedings of the twenty-fifth annual SAS Users Group International Conference*. 265-25.
30. Siddique, M. A. and P. B. Goodwin. 1985. Conductivity measurements on single seeds to predict the germinability of French beans. *Seed Sci. and Technol.*13: 43-652.
31. Simon, E.W. and R.M. Raja Harun. 1972. Leakage during imbibition. *J. Exp. Botany* 23: 1076-1085.

32. Tao, Kar-Ling J. 1978. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. *J. Seed Technol.* 3: 10-18.



## 협동2과제 : 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발

### 1. 채소종자의 발아촉진을 위한 priming 최적 조건 분석

#### 가. 시험재료 및 방법

가지과와 박과 채소종자의 최적 priming 조건을 확인하고자 가지과 작물은 고추(부춘고추, 몬산토코리아)와 토마토(라피토, De Ruiter Seeds)를 사용하였으며 박과작물은 오이(가락만춘오이, 몬산토코리아), 멜론(엘스타이탄, 몬산토코리아) 및 수박(삼복꿀수박, 몬산토코리아)을 사용하였다. Priming 처리 물질로는  $KNO_3$ ,  $K_3PO_4$ ,  $K_2HPO_4$  및  $Ca(NO_3)_2$  등을 이용하여, 처리 후에는 증류수로 2~3번 씻은 후 petri dish에 흡습지(No. 2, Whatman)를 깔고 종자 50립씩 4반복으로 치상하여 발아실험을 수행하였다. 발아실험은 유근이 1mm 이상 신장된 것을 발아한 종자로 간주하여 발아율과 T50 및 평균발아소요일수(mean germination time, MGT)을 조사하였다. 최종 발아율은 국제종자검정협회(ISTA)의 규정에 준하여 고추와 토마토는 치상 후 14일, 오이는 12일, 멜론은 14일, 수박은 8일간 조사하였으며 아래 공식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Germination} = (N / S) \times 100$$

식에서 N ; 총 발아 수, S ; 총 공시 종자 수이다.

T50은 Coolbear 등(1984)의 방법에 준하여 조사하였는데 아래 공식을 이용하여 계산하였다.

$$T_{50} = T_i + \frac{(N+1)/2 - N_i}{(N_j - N_i)} \times (T_j - T_i)$$

N ; 최종 발아조사기간까지 발아된 전체 종자수,  $N_i$  ; N에 대한 50% 직전까지 발아된 종자수의 합계,

$N_j$  ; N에 대한 50% 직후에 발아된 종자수의 합계,  $T_i$  ;  $N_i$  시점까지 소요된 발아기간,

$T_j$  ;  $N_j$  시점까지 소요된 발아기간, 단,  $N_i < (N+1)/2 < N_j$  이어야 한다.

평균 발아 소요일수는 Hartmann과 Kester(1983)의 방법에 준하여 아래 공식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{MGT} = \sum(t_i \times n_i) / N$$

식에서 N ; 총 발아 수,  $t_i$  ; 치상 후 조사 일수,  $n_i$  ; 조사 당일의 발아 수이다.

실험 통계분석은 Duncan의 다중검정(DMRT)을 하였는데, SAS(Statistical Analysis System, version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였다.

#### 나. 주요 결과

##### (1) Priming 최적 조건 설정

(가) 고추 종자의 priming 최적 물질 및 농도

고추 종자의 발아 촉진을 위한 priming시 삼투조절을 위한 무기염 종류는  $KNO_3$ ,  $K_3PO_4$ ,  $K_2HPO_4$  및  $Ca(NO_3)_2$  등을 처리한 결과  $K_3PO_4$  처리가 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 무처리 고추종자의 경우, 치상 후 5일째에 85% 이상의 발아율을 보였지만  $K_3PO_4$ 를 사용하여 priming 하면 발아촉진 효과는 뚜

렸하였다. 고추종자의 발아촉진 효과는 100mM와 200mM  $K_3PO_4$ 가 비슷하였지만, 무기염의 사용량 등 여러 가지 측면에서 낮은 농도가 경제적일 것으로 판단되었다(Fig. 3.1). 따라서 앞으로 고추종자의 Bio-control 종자처리기술 개발을 위해서는 기본적으로 100mM  $K_3PO_4$ 로 priming 하는 것을 원칙으로 하고 생리활성물질을 첨가하여 발아율뿐만 아니라 발병억제 효과 등을 검정할 계획이다.

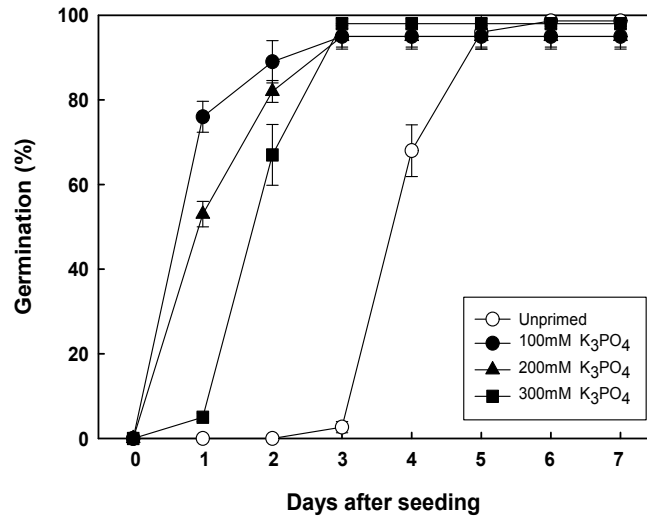


Fig. 3.1. 고추종자의  $K_3PO_4$  priming 처리 농도별 발아율

(나) 파프리카 종자의 priming 최적 물질 및 농도

파프리카 종자의 발아 촉진을 위한 priming시 삼투조절을 위한 무기염 종류는  $KNO_3$ ,  $K_3PO_4$ ,  $K_2HPO_4$  및  $Ca(NO_3)_2$  등을 처리한 결과 고추와 마찬가지로  $K_3PO_4$  처리가 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 그러나 무처리와 priming 종자의 발아 양상이 큰 차이가 없어 파프리카 종자의 경우 발아촉진을 위한 종자처리 기술개발은 큰 의미가 없을 것으로 판단된다(Fig. 3.2). 따라서 파프리카 종자의 경우 발아 촉진을 위한 종자처리 기술개발보다는 발병억제를 위한 종자처리 기술개발이 필요한 것으로 사료 된다. 특히 치상 후 발아가 거의 하루 만에 이루어지므로 생리활성물질 처리 시 처리 과정 중에 발아되는 문제점 등이 발생 할 것으로 사료된다.

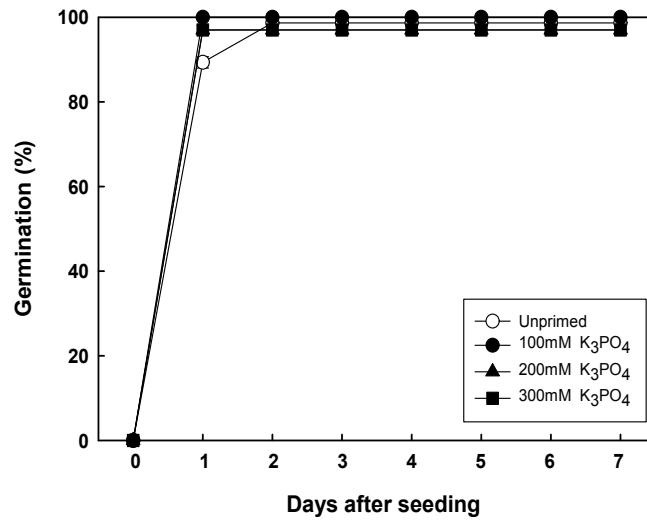


Fig. 3.2. 파프리카 종자의 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> priming 처리 농도별 발아율

(다) 토마토 종자의 priming 최적 물질 및 농도

토마토 종자의 발아 촉진을 위한 priming시 삼투조절을 위한 무기염 종류는 KNO<sub>3</sub>, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 및 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 등을 처리한 결과 KNO<sub>3</sub> 처리가 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 무처리 토마토 종자의 경우, 치상 후 3일째에 85% 이상의 발아율을 보였지만, KNO<sub>3</sub>를 사용하여 priming 하면 치상 후 1일째에 85% 이상의 발아율을 보여 발아촉진 효과는 뚜렷하였으며 처리농도간에는 차이가 없었다(Fig. 3.3). 따라서 앞으로 토마토 종자의 Bio-control 종자처리기술 개발을 위해서는 기본적으로 100mM KNO<sub>3</sub>로 priming 하는 것을 원칙으로 하고 생리활성물질을 첨가하여 발아율뿐만 아니라 발병억제 효과 등을 검정하였다.

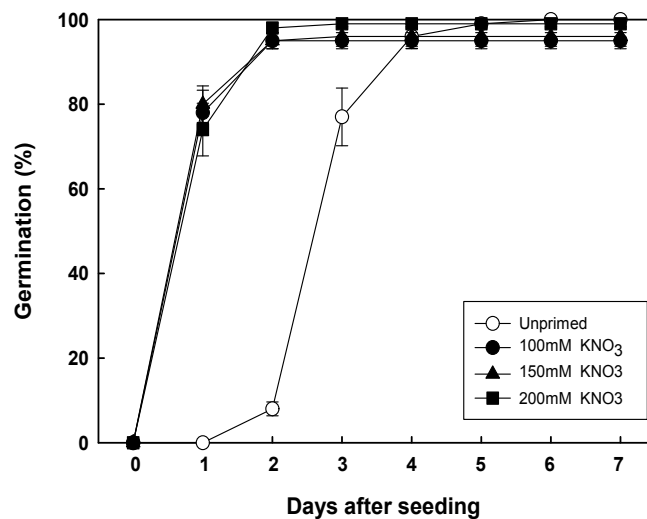


Fig. 3.3. 토마토 종자의 KNO<sub>3</sub> priming 처리 농도별 발아율

## (2) 생리활성 물질 첨가가 발아에 미치는 영향 분석

(가) 생리활성물질 첨가가 고추 종자의 발아에 미치는 영향

고추종자의 발아촉진은  $K_3PO_4$ 를 이용한 priming에 의해서 뚜렷한 효과를 보였지만, priming 시 생리활성물질 첨가에 따른 발아촉진 효과는 Fig. 3.4.에서 보는 바와 같이 생리활성물질의 종류와 농도에 따라 다른 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

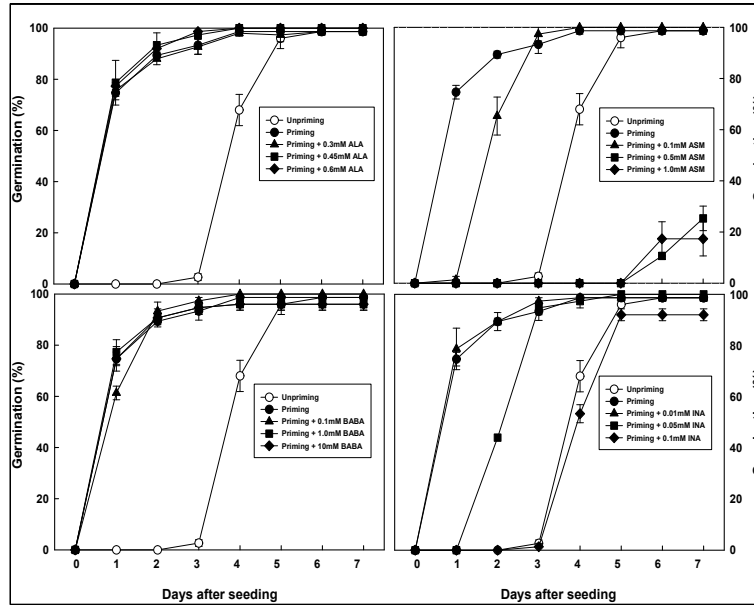


Fig. 3.4. 고추 종자의 priming 처리 시 생리활성물질 첨가가 발아에 미치는 영향

priming시 ALA(5-aminolevulenic acid)와 BABA(DL-amino-n-butyric acid) 첨가는 priming에 의한 발아촉진 효과에 큰 영향을 미치지 않았지만, ASM(acibenzolar-S-methyl)과 INA(2,6-dichloroisonicotinic acid) 첨가는 농도에 따라 발아촉진 효과에 미치는 영향이 다른 것으로 분석되었다. 본 연구의 목표가 발아에 영향을 미치지 않으면서도 종자의 발아 시 발병억제 단백질의 발현이 일어나는 종자처리 기술개발이므로 이러한 결과는 발아촉진과 발병억제 단백질 발현이라는 두 가지 측면에서 앞으로 많은 세부적인 연구의 필요성을 제기해주고 있다.

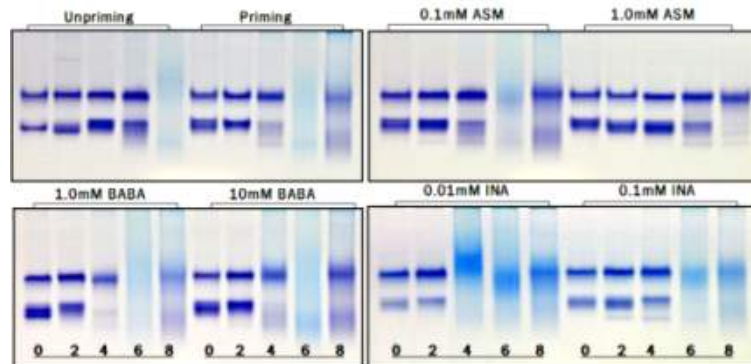


Fig. 3.5. 고추종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따른 발아시기별 MDH banding pattern

Priming과 priming시 생리활성물질을 첨가한 고추종자의 발아시기별 MDH banding pattern

을 분석한 결과는 Fig. 3.5와 같다. 고추종자의 MDH 효소의 밴드 밀도는 발아초기에는 증가하다가 발아와 더불어 감소하는 경향을 보였는데, 생리활성물질의 종류와 농도에 따른 차이가 뚜렷하였다. 이러한 결과는 앞으로 생리활성물질을 이용한 bio-control 종자처리 기술개발의 기초 자료로 활용성이 높을 것으로 사료된다.

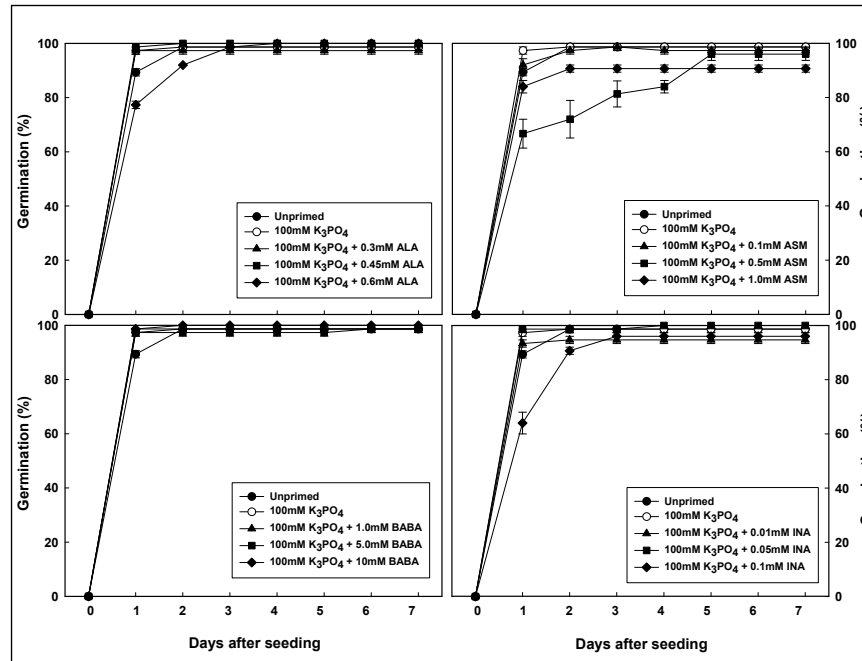


Fig. 3.6. 파프리카 종자의 priming 처리 시 생리활성물질 첨가가 발아에 미치는 영향

(나) 생리활성물질 첨가가 파프리카 종자의 발아에 미치는 영향

파프리카 종자의 발아촉진은 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>를 이용한 priming에 의해서 뚜렷한 효과를 보였지만, priming시 생리활성물질 첨가에 따른 발아촉진 효과는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다(Fig. 3.6). 그러나 ASM 처리구에서 농도가 높으면 발아촉진 효과가 감소하는 경향을 보였으며 INA 처리구에서는 발아촉진이나 발아율에는 큰 영향을 미치지 않았지만, 발아 후 유근의 기형화 현상을 유발시켜 구체적인 원인을 분석해 볼 필요가 있었다(Fig. 3.7).

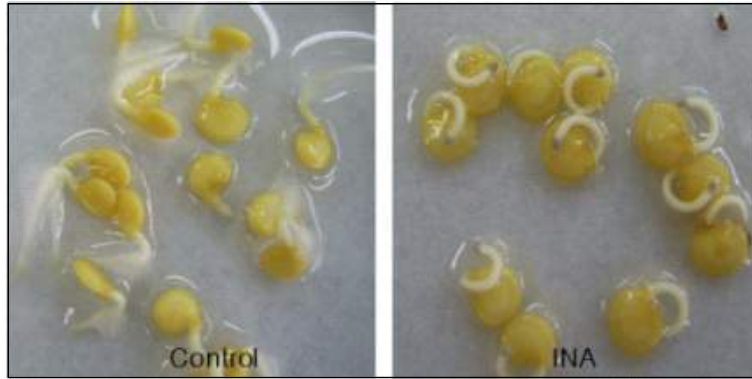


Fig. 3.7. 파프리카 종자의 발아 시 생리활성물질 첨가에 따른 유근의 기형화 현상

(다) 생리활성물질 첨가가 토마토 종자의 발아에 미치는 영향

토마토 종자의 발아촉진은  $KNO_3$ 를 이용한 priming에 의해서 뚜렷한 효과를 보였지만, priming시 생리활성물질 첨가에 따른 발아촉진 효과는 Fig. 3.12에서 보는 바와 같이 생리활성물질의 종류와 농도에 따라 다른 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 전반적으로 ALA와 BABA 첨가구에서는 발아에 큰 영향을 미치지 않았지만, ASM과 INA의 높은 농도에서는 발아촉진 효과가 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3.8과 3.9).

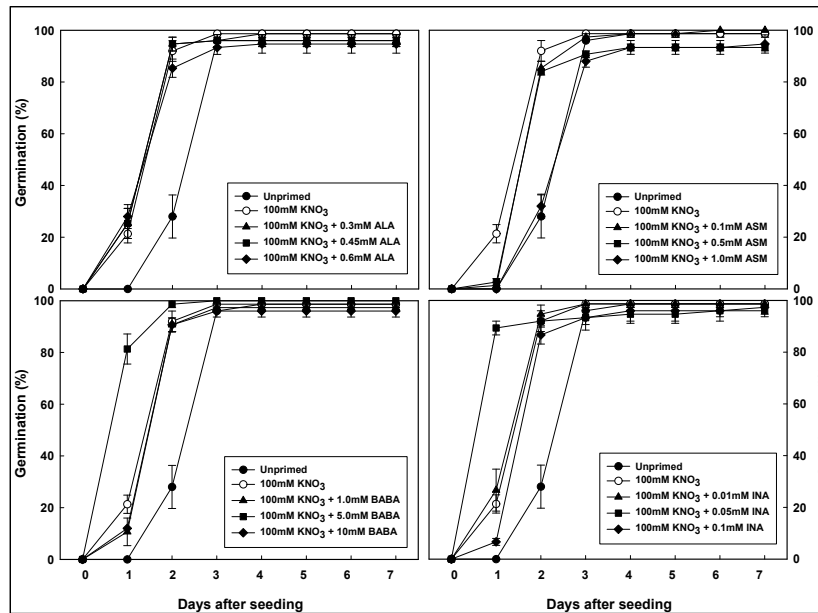


Fig. 3.8. 토마토 종자의 priming 처리 시 생리활성물질 첨가가 발아에 미치는 영향

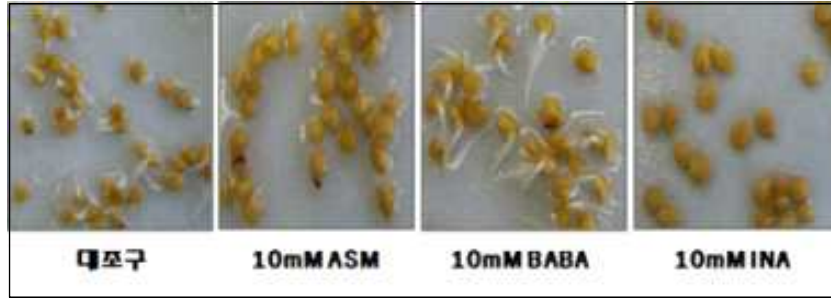


Fig. 3.9. 생리활성물질 첨가에 토마토 종자의 발아 양상

(라) 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 발아에 미치는 영향

생리활성물질 처리가 멜론 종자의 발아에 미치는 영향은 Fig. 3.10과 같다. 생리활성물질 및 처리 농도에 따라 발아에 미치는 영향은 큰 차이를 보였는데, ASM 처리구에서는 1mM 이하의 농도에서는 발아에 큰 영향을 미치지 못했지만 10mM 농도에서는 발아 억제 효과가 뚜렷하였다. 그러나 BABA 처리구에서는 처리농도(10mM 이하)에 상관없이 발아에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. INA 처리구에서는 10mM 농도에서는 발아가 억제되는 경향을 보였지만 1.0mM 이하의 농도에서는 발아에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다(Fig. 3.11). 생리활성물질의 종류와 농도에 따른 발아 촉진 효과는 MDH 효소의 겔 활성에서도 유사한 결과를 보였다(Fig. 3.12).

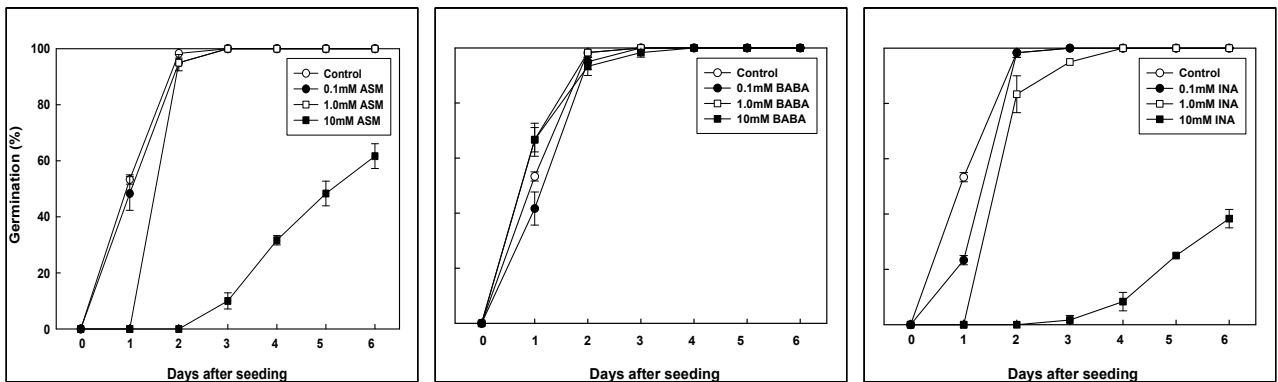


Fig. 3.10. 멜론 종자의 priming 처리 시 생리활성물질 첨가가 발아에 미치는 영향

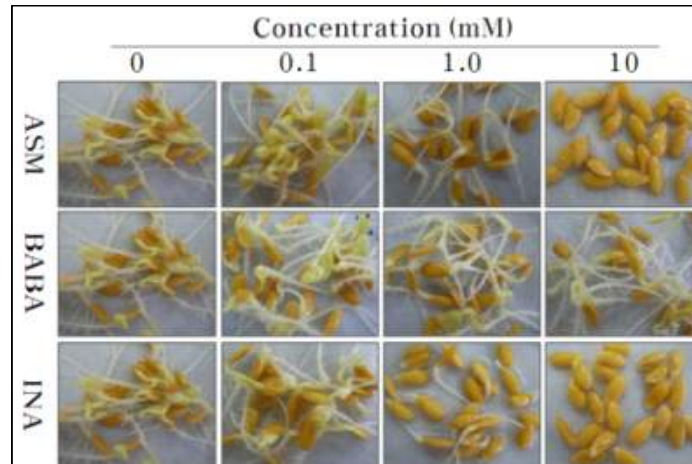


Fig. 3.11. 멜론 종자에 있어서 생리활성물질과 처리 농도가 발아에 미치는 영향

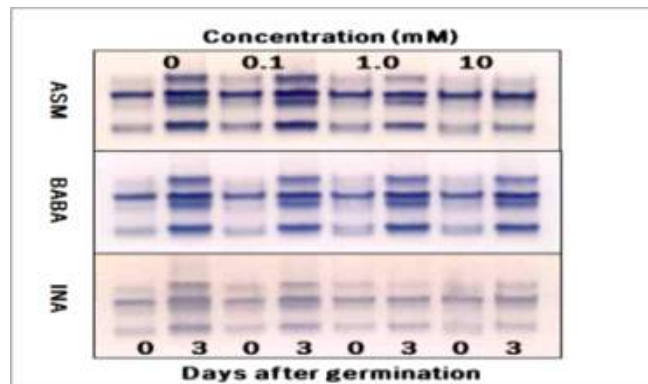


Fig. 3.12. 생리활성물질 처리에 따른 멜론 종자의 발아시기별 MDH banding pattern

## 2. Bio-control 종자처리 기술개발을 위한 구성요인 분석

### 가. 시험재료 및 방법

가지과와 박과 작물의 발아 특성을 구명하고자 가지과 작물은 고추(부춘고추, 몬산토코리아)와 토마토(라피토, De Ruiter Seeds)를 공시하였으며 박과작물은 오이(가락만춘오이, 몬산토코리아)와 멜론(얼스타이탄, 몬산토코리아) 및 수박(삼복꿀수박, 몬산토코리아)을 공시하였다. Petri dish에 흡습지(No. 2, Whatman)를 깔고 종자 50립씩 4반복으로 치상하여 발아실험을 수행하였다. 발아실험은 유근이 1mm 이상 신장된 것을 발아한 종자로 간주하여 발아율과  $T_{50}$  및 평균발아소요일수(mean germination time, MGT)을 조사하였다. 최종 발아율은 국제종자검정협회(ISTA)의 규정에 준하여 고추와 토마토는 치상 후 14일, 오이는 12일, 멜론은 14일, 수박은 8일간 조사하였으며 발아율,  $T_{50}$ , 평균 발아 소요일수 및 통계분석은 '발아촉진과 활력증진을 위한 priming 최적 조건 분석'에서와 동일한 방법으로 수행하였다.

### 나. 주요 결과



### (1) 가지과 종자의 발아 특성

Priming은 고추, 토마토 등 가지과 종자의 발아효율 증진을 위한 종자처리 기술로 다른 작물에 비해 잘 정립되어 있다. 그러나 발아효율을 증진시키는 종자처리기술에 무병화 기술을 접목하기 위해서는 종자의 발아 특성을 이해하고 무병화시킬 수 있는 기술을 적용해야 한다. 우리나라의 주요 가지과 작물인 고추, 파프리카 및 토마토 종자의 발아온도에 따른 발아율 차이는 Fig. 3.1과 같다. 전반적으로 낮은 온도에 비해 온도가 높을수록 발아율과 발아세는 증가하였지만, 작물에 따른 차이가 있었다. 고추종자의 경우 25℃ 처리에서는 4일째, 20℃ 처리에서는 6일째, 15℃ 처리에서는 14일째에 85% 이상의 발아율을 보여 온도에 따른 발아율은 큰 차이가 있었다. 그러나 파프리카 종자는 25℃ 처리와 20℃ 처리간에는 차이가 없었으며 15℃ 처리에서는 초기 발아율이 약간 감소하는 경향을 보였다. 토마토 종자의 경우 고추종자와 유사한 경향을 보였는데, 25℃ 처리에서는 처리 후 3일째에 85% 이상의 발아율을 보인 반면 20℃ 처리에서는 초기발아율(85%)이 4일 정도 지연되는 경향을 보였고 15℃ 처리에서는 치상 후 14일째의 발아율이 53%로 처리온도에 따른 발아율은 큰 차이가 있었다(Fig. 3.13). 따라서 bio-control 종자처리 기술개발을 위해서는 생리활성물질 처리 및 처리 후 발아온도에 대한 실험이 선행되어야 할 것으로 판단되었다.

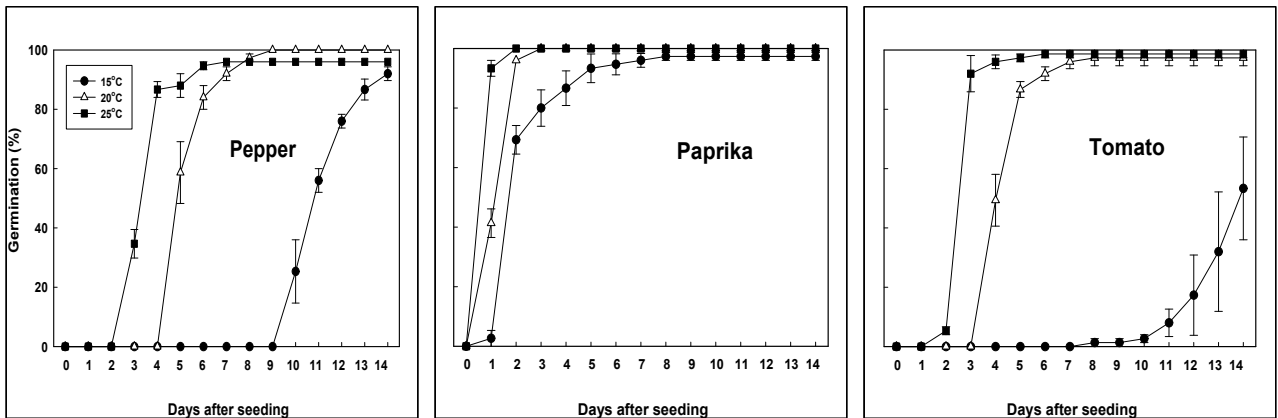


Fig. 3.13. 발아 온도에 따른 가지과 종자의 발아율

고추와 파프리카 종자의 발아 온도에 따른 발아 시기별 MDH(malate dehydrogenase) 효소의 겔 활성 변화는 발아촉진 효과와 유사한 경향을 보였다. 발아촉진 효과가 뚜렷하였던 높은 온도에서는 치상 후 8일(고추) 또는 4일째(파프리카)에 밴드의 밀도가 급격하게 감소하여 이미 발아가 완료 되었음을 판단할 수 있었다(Fig. 14). 그러나 낮은 온도(15℃)에서는 밴드의 밀도에 차이가 없어 발아가 지연되고 있음을 알 수 있었다. 종자의 발아 시 호흡과 관련된 MDH 효소의 이러한 활성 차이는 앞으로 bio-control 종자처리 기술 적용 시 종자의 발아력 검정을 위한 표지로서의 활용 가능성이 있을 것으로 판단된다.

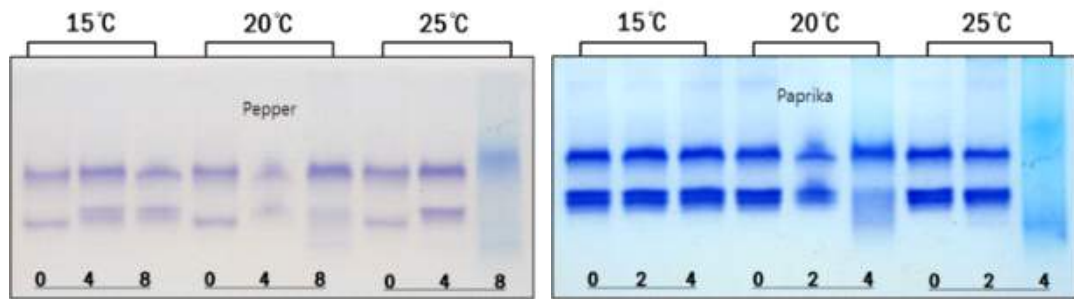


Fig. 14. 발아 온도에 따른 고추와 파프리카 종자의 발아시기별 MDH banding pattern 차이

## (2) 박과 종자의 발아 특성

박과 종자의 발아 시 발병억제 기작을 발현시키기 위해 생리활성물질을 이용하는 가장 효과적인 방법은 생리활성물질이 포함된 용액에 일정기간 침지하는 것으로 판단되지만, 처리과정 중에 처리온도에 따라 발아가 일어나는 문제점이 생길 수도 있다. 따라서 이러한 문제점을 방지하기 위해서는 온도에 따른 발아 양상을 이해하는 것이 매우 중요한 요인으로 작용할 것으로 판단된다. 박과종자의 발아 양상은 온도 조건에 따라 큰 차이가 있었는데, 오이종자의 경우, 25°C 처리에서는 치상 후 1일째에, 20°C 처리에서는 치상 후 2일째에 85% 이상의 발아율을 보였지만, 15°C 처리에서는 7일째에 85%의 발아율을 보여 처리 온도에 따른 발아율 차이가 심하였다. 멜론 종자의 경우, 25°C와 20°C 처리에서는 발아 양상에 큰 차이가 없었지만 15°C 처리에서는 치상 후 14일째에도 거의 발아하지 않았다. 수박 종자의 경우도 25°C와 20°C 처리에서는 발아 양상에 큰 차이가 없었지만 15°C 처리에서는 치상 후 8일째의 발아율이 17%로 온도에 따른 발아율 차이가 심하였다(Fig. 3.15). 발아 온도에 따른 주요 박과작물의 발아 양상 차이를 분석한 결과들은 Bio-control 종자처리 기술 개발을 위한 기초자료로 매우 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

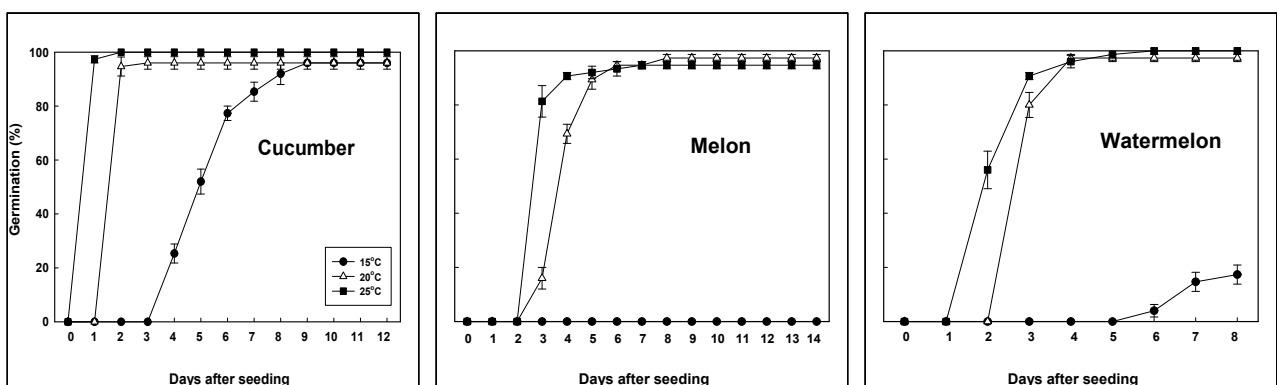


Fig. 3.15. 발아 온도에 따른 박과 종자의 발아율

오이, 멜론, 및 수박 종자의 발아 온도에 따른 발아 시기별 MDH(malate dehydrogenase) 효소의 겔 활성 변화는 Fig. 3.16과 같은데, 가지과 작물인 고추나 파프리카와 다른 밴드의 패턴

을 보였다(Fig. 3.16). 가지과 작물은 종자가 발아한 후에는 밴드의 밀도가 감소하는 경향을 보였지만 박과 종자는 발아한 종자의 밴드 밀도가 높게 나타나는 경향을 보였다. 이러한 결과는 종자의 크기나 종자가 가진 저장 양분의 함량에 따른 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 앞으로 bio-control 종자처리 기술 적용 시 종자의 발아력 검정을 위한 표지로서 활용 가능성이 있을 것으로 판단된다.

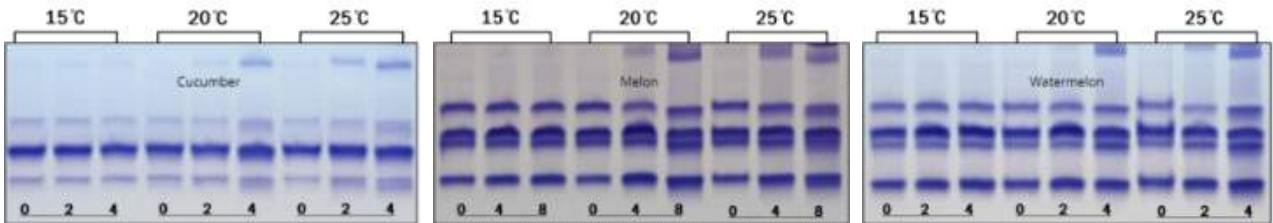


Fig. 3.16. 발아 온도에 따른 박과 종자의 발아시기별 MDH banding pattern

### 3. Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발

#### 가. 시험재료 및 방법

##### (1) 생리활성물질 처리 및 발아성 검정

생리활성물질 처리가 발아에 미치는 영향을 분석하고자 가지과 작물은 고추(부춘고추, 몬산토코리아)와 토마토(라피토, De Ruiter Seeds)를 공시하였으며 박과작물은 오이(가락만춘오이, 몬산토코리아)와 멜론(얼스타이탄, 몬산토코리아) 및 수박(삼복꿀수박, 몬산토코리아)을 공시하였다. Priming 처리가 필요한 고추, 토마토, 수박은 priming 용액에, priming 처리가 필요하지 않은 오이와 멜론은 증류수에 생리활성물질을 처리하였다. 생리활성물질은 gamma-aminobutyric acid(GABA), glycinebetaine(GB), spermidine(Spd), spermine(Spm), jasmonic acid(JA) 및 5-aminolevulic acid(ALA)를 각각 3농도로 조절하여 고추는 100mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액으로 5일간, 토마토는 100mM KNO<sub>3</sub> 용액으로 3일간, 수박은 150mM KNO<sub>3</sub> 용액으로 1일간 처리하였으며, 오이와 멜론은 증류수로 1일간 처리하였다. 처리 후에는 증류수로 2~3번 씻은 후 petri dish에 흡습지(No. 2, Whatman)를 깔고 종자 50립씩 4반복으로 치상하여 발아실험을 수행하였다. 발아실험은 유근이 1mm 이상 신장된 것을 발아한 종자로 간주하여 발아율과 T<sub>50</sub> 및 평균발아소요일수(mean germination time, MGT)을 조사하였다. 최종 발아율은 국제종자검정협회(ISTA)의 규정에 준하여 고추와 토마토는 치상 후 14일, 오이는 12일, 멜론은 14일, 수박은 8일간 조사하였으며 발아율, T<sub>50</sub>, 평균 발아 소요일수 및 통계분석은 '발아촉진과 활력증진을 위한 priming 최적 조건 분석'에서와 동일한 방법으로 수행하였다.

##### (2) 생리활성물질 처리에 따른 입묘율 및 초기 성장 특성 조사

생리활성물질 처리가 묘 출현율과 초기 성장에 미치는 효과를 검토하기 위하여 육묘시험이

수행되었다. 생리활성물질 처리방법은 이전의 처리와 동일하며, 처리 후에는 증류수로 2~3번 씻은 다음 25공 플러그 트레이에 상토(파워믹스)를 충전한 후 종자 25립씩 3반복으로 파종하였으며, 파종 후 3주간 자엽이 완전히 전개한 것을 출현한 것으로 간주하여 묘출현율과 E<sub>50</sub> 및 평균입묘소요일수(mean establishment time, MET)을 조사하였다. 생육조사는 파종 후 35일(토마토), 40일(고추), 25일(오이), 35일(멜론), 35일(수박)간 생육시킨 유묘를 반복당 5개체씩 채취하여 생체중, 건물중 등을 조사하였다.

### (3) 발병억제 물질 처리 및 발아성 검정

(가) 발병억제물질 처리에 따른 가지과와 박과 종자의 발아력 검정

발병억제 물질 처리가 발아에 미치는 영향을 분석하기 위해 사용된 공시작물은 가지과 작물인 고추와 파프리카, 박과 작물인 오이와 멜론을 사용하였는데, 고추와 파프리카는 각각 부춘고추(몬산토코리아)와 스페셜(ENZA ZADEN, The Netherlands) 품종을 사용하였고, 오이와 멜론은 각각 가락만춘오이(몬산토코리아)와 얼스타이탄(몬산토코리아) 품종을 사용하였다. 고추 종자의 발병억제 물질 처리는 100mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액에 acibenzolar-S-methyl(ASM, 0.1, 0.5, 1.0mM), β-aminobutyric acid(BABA, 0.1, 1.0, 10mM), 2,6-dichloroisonicotinic acid(INA, 0.01, 0.05, 0.1mM) 및 jasmonic acid(JA, 0.01, 0.05, 0.1mM)를 첨가하여 priming 처리하였다. 종자를 priming 용액에 담구어 완전히 밀봉하여 20℃의 암상태로 조절된 성장상(HB-103M, 한백과학)을 이용하여 5일 동안 priming 처리 하였다. Priming 처리 후 즉시 종자를 꺼내어 증류수로 세척 후 발아 및 효소분석을 위한 실험용 종자로 사용하였다. 파프리카 종자의 발병억제 물질 처리는 ASM(0.1, 0.5, 1.0mM), BABA(0.1, 1.0, 10mM), INA(0.01, 0.05, 0.1mM) 및 JA(0.01, 0.05, 0.1mM) 용액에 종자를 침지한 후 20℃의 암상태로 조절된 성장상에서 1일 처리하였다. 처리 후 즉시 종자를 꺼내어 증류수에 세척 후 발아 및 효소분석을 위한 실험용 종자로 사용하였다. 오이와 멜론 종자의 발병억제 물질 처리는 ASM(0.1, 1.0, 10mM), BABA(1.0, 5.0, 10mM), INA(0.1, 1.0, 10mM) 및 JA(0.01, 0.05, 0.1mM) 용액에 종자를 침지한 후 완전히 밀봉하여 20℃의 암상태로 조절된 성장상에서 1일 침지하였다. 종자 전처리 후 즉시 꺼내어 증류수로 세척 후 발아 및 효소분석을 위한 실험용 종자로 사용하였다. 발병억제 물질을 처리한 종자의 발아 실험은 25℃의 암상태로 조절된 성장상을 이용하여 처리 후 증류수로 2~3번 씻은 후 4반복으로 petri dish (9.0 x 1.5cm)에 흡습지(Whatman No. 2)를 깔고 종자 50립을 치상하여 발아 실험을 수행하였다. 유근이 1mm 이상 신장된 것을 발아한 종자로 간주하였으며, 1일 간격으로 최종 발아율, T<sub>50</sub>(종자의 50% 이상이 발아한 일 수), 평균 발아 소요일수(MGT) 등을 조사하였다. 최종 발아율은 국제종자검정협회(ISTA)의 규정에 준하여 고추와 파프리카는 치상 후 14일, 오이는 12일, 멜론은 14일간 조사하였으며 발아율, T<sub>50</sub>, 평균 발아 소요일수 및 통계분석은 '발아촉진과 활력증진을 위한 priming 최적 조건 분석'에서와 동일한 방법으로 수행하였다.

(나) 발아 관련 효소 단백질 활성 검정

단백질은 100mM Tris-HCl(pH 8.0)으로 추출하였는데 막자사발을 사용하여 종자 20립 당 3mL의 완충용액으로 마쇄한 다음 28,000 x g로 4℃에서 20분간 원심분리(Allegra 64R, Beckman, USA)시켰다. 원심분리 후 추출액에 존재하는 소분자 화합물을 제거하기 위하여 PD-10 column(GE Healthcare, USA)을 통과시켜 얻은 단백질 분획을 효소의 활성 측정 및 동위효소 분석 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준단백질로 사용하여 Bradford 방법(1976)으로 정량하였다. Malate dehydrogenase(MDH, EC 1.1.1.37) 동위효소 분석을 위한 전기영동은 SDS가 포함되지 않은 10% polyacrylamide slab 겔에서 시료 당 20 $\mu$ g의 단백질로 조정하여 전개시켰다. 전극 완충액은 Tris-glycine(pH 8.8)이었으며 겔 당 120V로 조정하여 4℃에서 6시간 영동시켰다. 전기영동 후 1M DL-Malate, 0.45mM NAD, 0.48mM MTT 및 0.13mM PMS가 함유된 100mM Tris(pH 7.5) 용액에 겔을 담구어 30℃ 암상태에서 1시간 동안 반응을 유도한 후 banding pattern을 조사하였다.

## 나. 주요 결과

### (1) 생리활성물질 처리 및 발아성 검정

고추 종자의 발아 촉진을 위한 priming시 가장 효과적으로 분석된 100mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>에 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리하였다. 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 고추 종자는 Fig. 3.17에서 보는 바와 같이 1일 째 모든 처리구에서 75% 이상 발아하였으며 GABA, GB, Spd, Spm, JA 및 ALA 등의 생리활성물질 첨가 시에도 발아 촉진 효과는 priming 처리와 차이가 없었다. 따라서 priming 처리 시 물질 첨가가 아닌 단독 처리에 의한 발아 촉진 효과에 대한 검정이 필요한 것으로 사료된다.

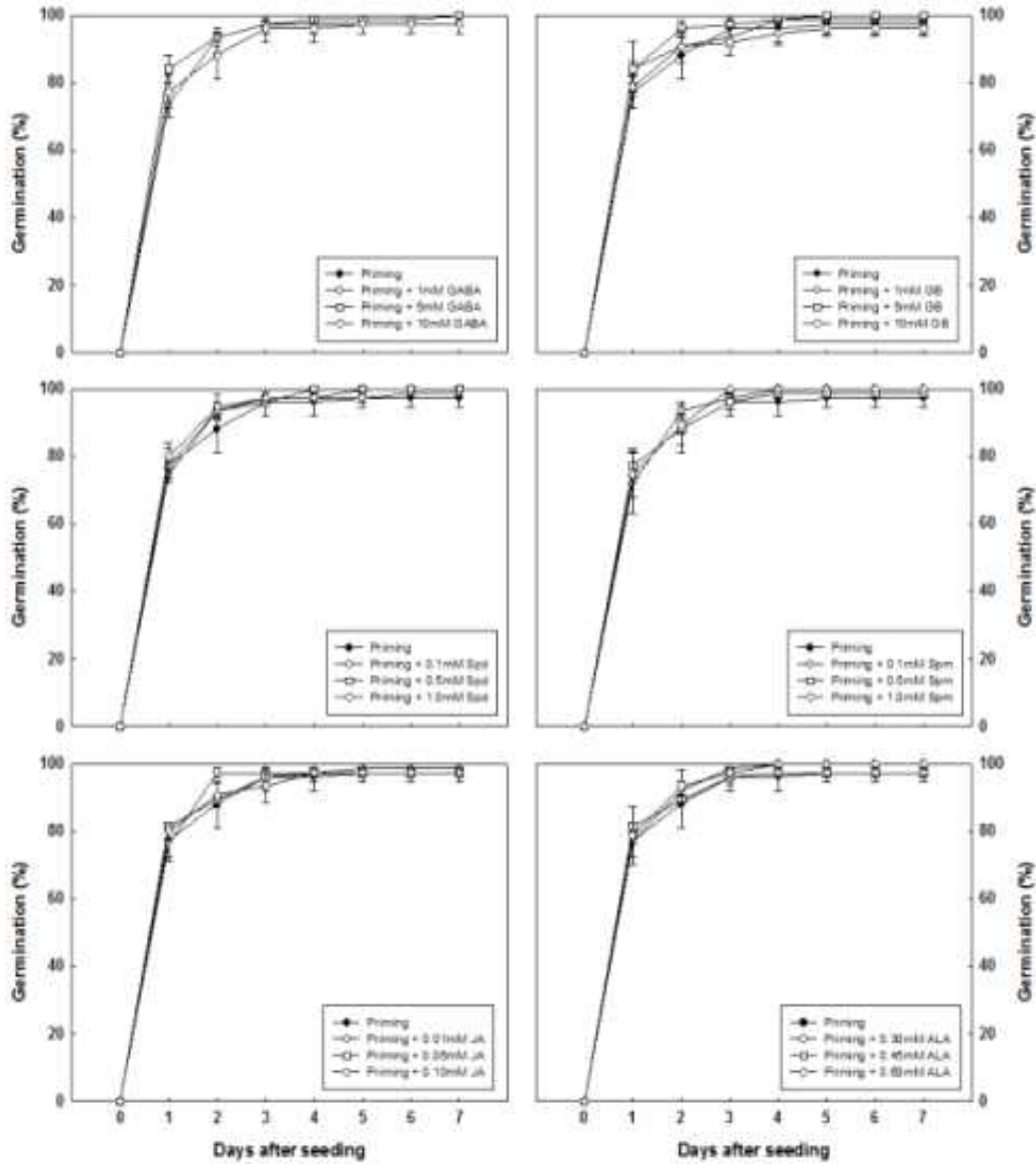


Fig. 3.17. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 발아에 미치는 영향

고추 종자의 최종 발아율,  $T_{50}$ (종자의 50% 이상이 발아한 일 수) 및 MGT(평균 발아 소요일 수)를 나타낸 결과는 Table. 3.1과 같다. 고추 종자의 치상 후 14일 째 최종 발아율은 생리활성 물질 종류와 농도에 따른 차이 없이 모든 처리구에서 97% 이상으로 나타났으며, 모든 처리구에서  $T_{50}$ 과 MGT도 통계적인 유의성이 없는 것으로 분석되었다. 고추 종자의 priming시 첨가한 처리 물질의 종류와 농도에 따른 발아에는 차이가 없어 생리활성물질이 발아에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table. 3.1. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 발아에 미치는 영향.

Treatment		Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Priming	-	97.0 a	0.66 a	1.33 a
	1.0	97.3 a	0.69 a	1.29 a
GABA	5.0	100.0 a	0.62 a	1.29 a
	10.0	100.0 a	0.66 a	1.25 a
GB	1.0	98.7 a	0.61 a	1.28 a
	5.0	100.0 a	0.63 a	1.24 a
	10.0	96.0 a	0.64 a	1.29 a
Spd	0.1	98.7 a	0.69 a	1.34 a
	0.5	100.0 a	0.68 a	1.33 a
	1.0	100.0 a	0.65 a	1.31 a
Spm	0.1	100.0 a	0.75 a	1.37 a
	0.5	98.7 a	0.67 a	1.35 a
	1.0	100.0 a	0.71 a	1.36 a
JA	0.01	98.7 a	0.68 a	1.27 a
	0.05	97.3 a	0.62 a	1.26 a
	0.10	97.3 a	0.64 a	1.29 a
ALA	0.30	100.0 a	0.67 a	1.32 a
	0.45	97.3 a	0.62 a	1.26 a
	0.60	100.0 a	0.68 a	1.31 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

\*\* GABA; gamma-aminobutyric acid, GB; glycinebetaine, Spd; Spermidine, Spm; spermine, JA; jasmonic acid, ALA; 5-aminolevulic acid

토마토 종자는 발아 촉진을 위한 priming시 가장 효과적으로 분석된 100mM KNO<sub>3</sub>에 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리하였다. 토마토 종자의 priming시 생리활성물질의 첨가는 priming 처리구와 비교하여 초기 발아에 효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 3.18). 특히 0.05mM JA 처리구에서 치상 1일째 100% 발아하여 발아 촉진 효과가 뚜렷하였다. 0.01mM과 0.10mM JA와 0.30mM, 0.45mM 및 0.60mM ALA 처리구의 경우 다른 처리구와 비교하여 1일 째 발아율이 priming 처리구와 비슷하거나 다소 높게 나타났으나 2일 째 모두 80% 이상 발아하여 발아에는 문제가 없었다.

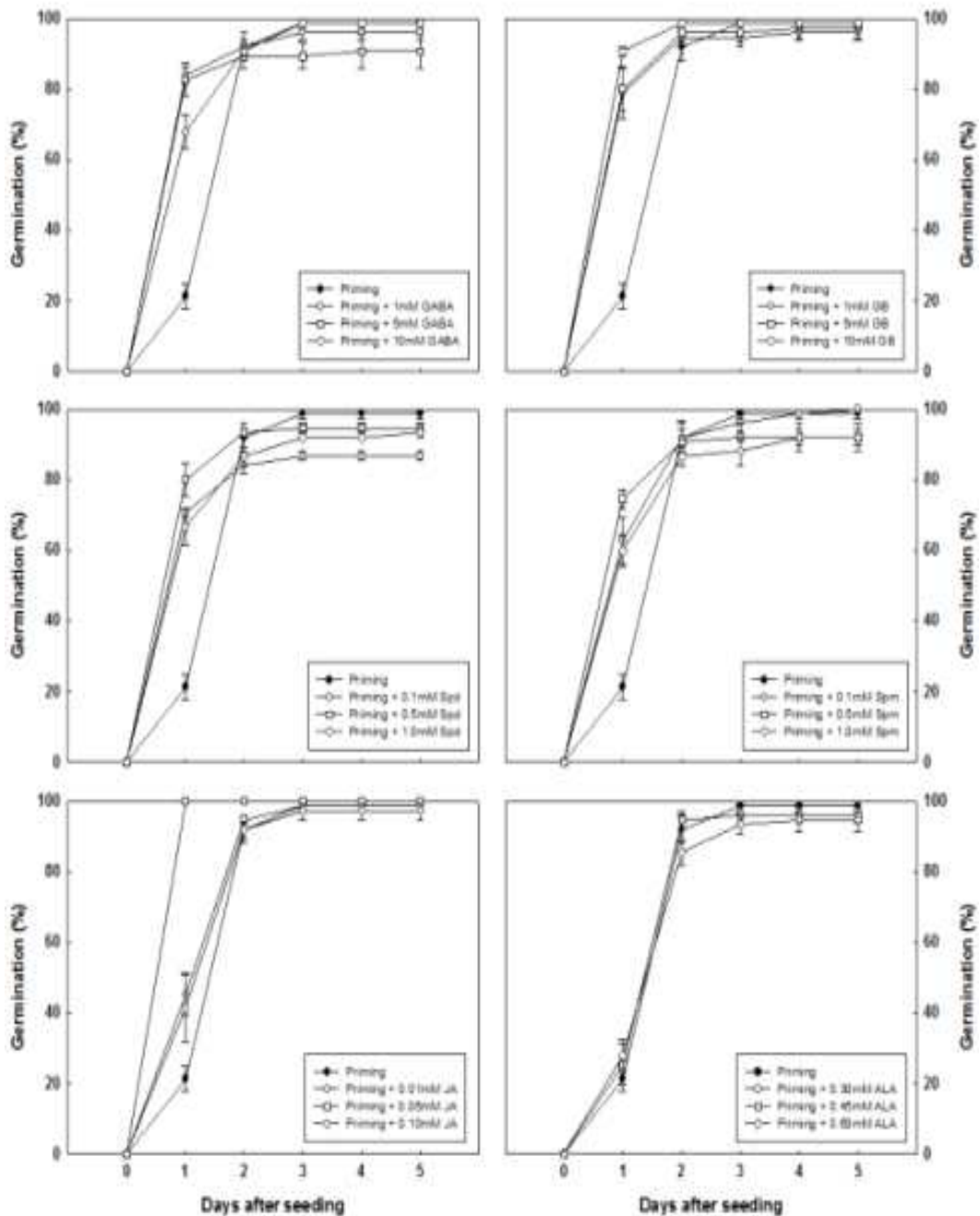


Fig. 3.18. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 발아에 미치는 영향

생리활성물질 처리에 따른 토마토 종자의 최종 발아율과  $T_{50}$ , MGT를 분석한 결과는 Table. 3.2와 같다. 토마토 종자의 치상 14일 째 최종 발아율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 89%이상 발아하여 발아율은 차이를 보이지 않았다. 대조구인 priming 종자의  $T_{50}$ 은 1.63일인데 비해 GABA, GB, Spd 및 Spm 처리구의  $T_{50}$ 은 0.57일에서 0.85일로 나타나 대조구보다 약 1일 정도 단축되는 경향을 보였다. 그러나 JA와 ALA 처리구의  $T_{50}$ 은 대조구와 비슷하거나 지연되는 경향을 보였다. 그러나 이러한 처리구에서도 치상 2일 째에 일시에 발아하여 MGT는 모든 처리구에서 대조구의 1.98일과 비교하여 단축됨을 확인 할 수 있었다.



생리활성물질 처리가 가지과 종자의 발아에 미치는 영향을 분석한 결과, 일부 처리구에서 조기 발아를 유도하였으나 최종 발아율에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 생리활성물질 첨가가 포장조건에서 영향을 미칠 수 있는지를 확인하기 위하여 가지과 종자의 priming시 생리활성물질을 첨가하여 입묘율 향상 및 초기 성장 촉진 효과 등을 검정할 계획이다.

Table. 3.2. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 발아에 미치는 영향

Treatment		Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Priming	-	97.0 abc	1.63 a	1.98 a
	1.0	98.7 ab	0.61 b	1.34 e-i
GABA	5.0	90.7 cd	0.57 b	1.12 hij
	10.0	100.0 a	0.77 b	1.48 c-g
	1.0	100.0 a	0.67 b	1.43 d-h
GB	5.0	100.0 a	0.66 b	1.33 e-i
	10.0	98.7 ab	0.57 b	1.08 ij
	0.1	89.3 d	0.66 b	1.38 d-i
Spd	0.5	96.0 a-d	0.63 b	1.23 f-j
	1.0	94.7 a-d	0.75 b	1.45 c-g
	0.1	100.0 a	0.85 b	1.51 b-g
Spm	0.5	92.0 a-d	0.64 b	1.20 g-j
	1.0	93.3 ab	0.82 b	1.54 b-f
	0.01	98.7 a	1.61 a	1.58 b-e
JA	0.05	100.0 bcd	0.52 b	1.00 j
	0.10	98.7 ab	1.52 a	1.69 a-d
	0.30	96.0 a-d	1.73 a	1.75 abc
ALA	0.45	96.0 a-d	1.73 a	1.75 abc
	0.60	94.7 a-d	1.88 a	1.81 ab

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

오이 종자의 경우 무처리 종자와 priming 종자의 발아에 큰 차이가 없어 발아 촉진을 위한 priming 처리는 의미가 없으므로 증류수에 생리활성물질을 처리하여 생육 촉진 효과를 분석하였다. 오이 종자의 생리활성물질 처리 결과는 Fig. 3.19에서 보는바와 같이 생리활성물질 종류 및 농도에 따른 발아율 차이는 나타나지 않았다. 따라서 생리활성물질 처리에 대한 발아 촉진

효과보다는 입묘율 등과 같은 초기 생육상에 대한 효과 검정이 필요할 것으로 사료되었다.

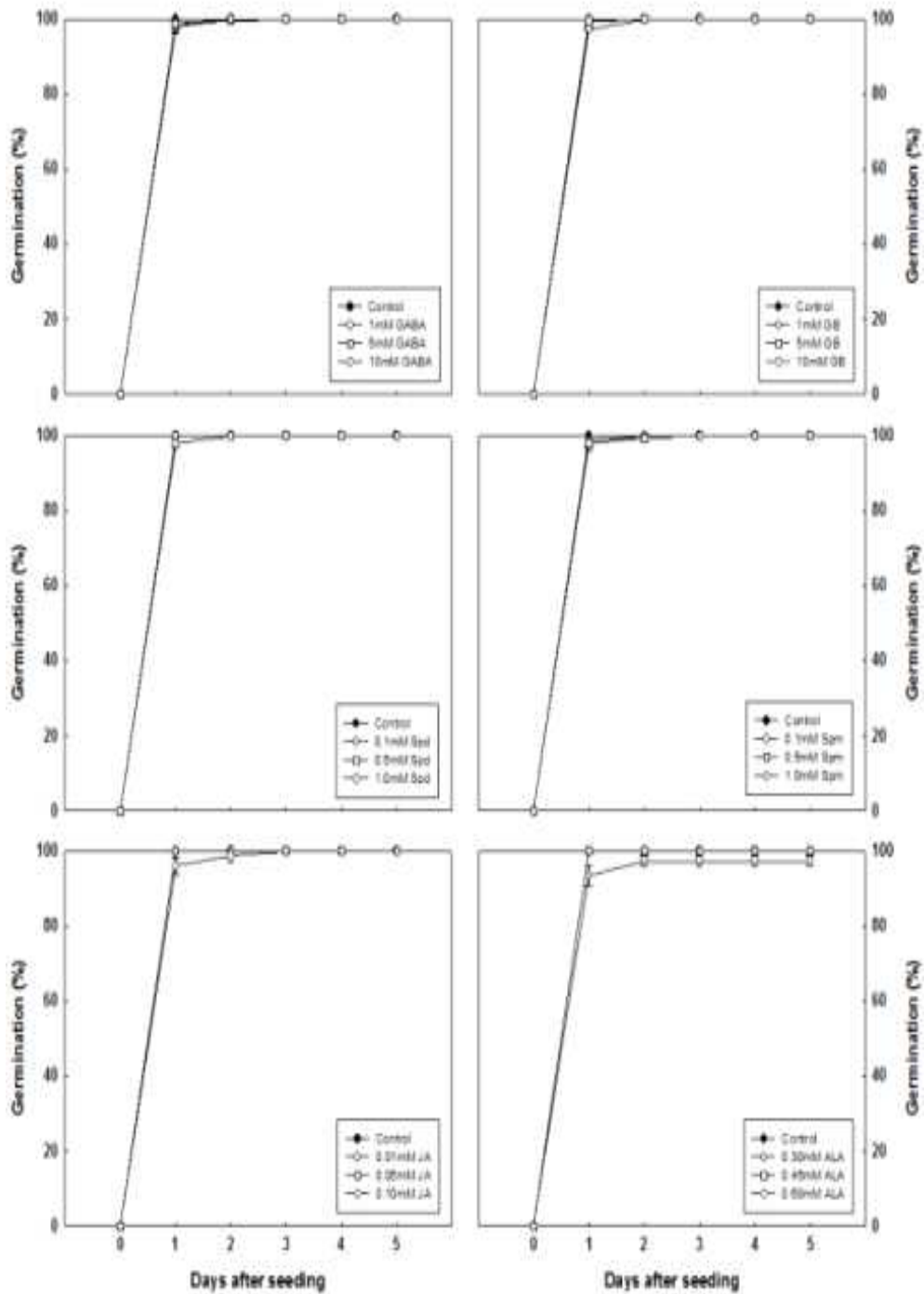


Fig. 3.19. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 발아에 미치는 영향

생리활성물질 처리에 따른 오이 종자의 최종 발아율,  $T_{50}$  및 MGT를 조사한 결과는 Table. 3.3과 같다. 오이 종자의 최종 발아율은 대부분 처리에서 100%였으며  $T_{50}$ 과 MGT도 처리구 간에 큰 차이가 없어 생리활성물질 처리에 따른 발아 촉진 효과는 없는 것으로 나타났다.

Table. 3.3. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 발아에 미치는 영향

Treatment		Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	100.0 a	0.51 b	1.00 b
GABA	1.0	100.0 a	0.52 ab	1.02 ab
	5.0	100.0 a	0.52 ab	1.02 ab
	10.0	100.0 a	0.52 ab	1.01 ab
GB	1.0	100.0 a	0.51 b	1.00 b
	5.0	100.0 a	0.51 ab	1.01 b
	10.0	100.0 a	0.52 ab	1.03 ab
Spd	0.1	100.0 a	0.52 ab	1.02 ab
	0.5	100.0 a	0.51 b	1.00 b
	1.0	100.0 a	0.52 ab	1.02 ab
Spm	0.1	100.0 a	0.52 ab	1.01 ab
	0.5	100.0 a	0.52 ab	1.03 ab
	1.0	100.0 a	0.52 ab	1.03 ab
JA	0.01	100.0 a	0.51 b	1.00 b
	0.05	100.0 a	0.51 b	1.00 b
	0.10	100.0 a	0.53 a	1.05 a
ALA	0.30	97.3 b	0.53 a	1.04 ab
	0.45	100.0 a	0.51 b	1.00 b
	0.60	100.0 a	0.51 b	1.00 b

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

멜론 종자의 경우 무처리 종자와 priming 종자의 발아에 큰 차이가 없어 발아 촉진을 위한 priming 처리는 의미가 없으므로 증류수에 생리활성물질을 처리하여 생육 촉진 효과를 확인하였다. 멜론 종자의 생리활성물질 처리는 대조구와 비교하여 발아에 비교적 효과가 있는 것으로 나타났으며, 생리활성물질의 종류와 농도에 따라 다른 영향을 미치는 것으로 분석되었다(Fig. 3.20). 전반적으로 GABA, GB, Spd 및 Spm 처리구에서는 처리 농도에 따른 차이가 크지 않았지만, JA와 ALA의 중간 농도에서는 발아 촉진 효과가 감소하는 경향을 보였다.

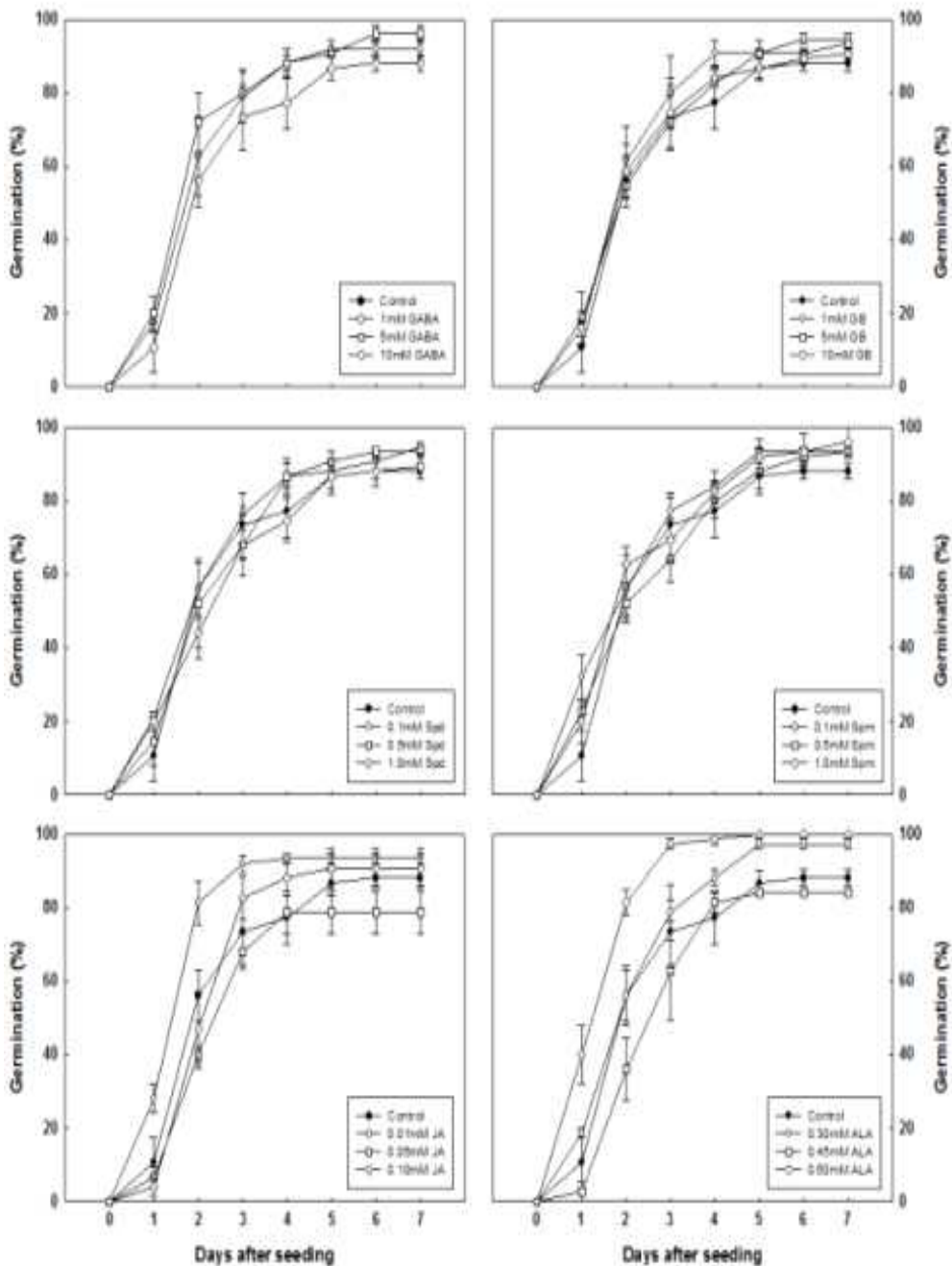


Fig. 3.20. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 발아에 미치는 영향

멜론 종자의 최종 발아율과  $T_{50}$  및 MGT를 분석한 결과는 Table. 3.4와 같은데, 대조구의 처상 14일 째 최종 발아율은 88%로 나타났으나 0.05mM JA 처리구와 0.45mM ALA를 제외한 모든 처리구에서 90% 이상 발아하여 발아 촉진에 효과가 있었다. JA 0.01mM 처리구와 ALA 0.60mM 처리구의  $T_{50}$ 은 각각 1.85일과 1.83일로 대조구의 2.56일보다 단축되는 경향을 보였다. 대조구의 MGT는 3.21일인데 반해 0.01mM JA는 1.92일로 1일 이상 단축 효과가 있었으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 분석되었다.

Table. 3.4. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 발아에 미치는 영향.

Treatment		Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	88.0 bc	2.56 a	3.21 a
	1.0	94.7 ab	2.48 a	2.17 a
	5.0	100.0 a	2.59 a	2.02 a
GABA	10.0	93.3 ab	2.61 a	3.40 a
	1.0	97.3 ab	2.59 a	2.20 a
	5.0	94.7 ab	2.68 a	3.71 a
GB	10.0	90.7 abc	2.48 a	3.27 a
	0.1	97.3 ab	2.74 a	2.62 a
	0.5	94.7 ab	2.74 a	3.42 a
Spd	1.0	90.7 abc	2.82 a	3.22 a
	0.1	100.0 a	2.79 a	2.90 a
	0.5	93.3 ab	2.73 a	4.24 a
Spm	1.0	96.0 ab	2.62 a	2.20 a
	0.01	93.3 ab	1.85 b	1.92 a
	0.05	78.7 d	2.54 a	3.48 a
JA	0.10	90.7 abc	2.56 a	2.62 a
	0.30	97.3 ab	2.52 a	2.78 a
	0.45	84.0 cd	2.83 a	3.85 a
ALA	0.60	100.0 a	1.83 b	2.54 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

수박 종자의 발아 촉진을 위한 priming시 가장 효과적으로 분석된 150mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>에 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리하였다. 수박 종자의 priming시 생리활성물질의 첨가가 priming 처리 종자와 비교하여 발아 촉진 효과가 크지는 않았으나 초기 발아 촉진 효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 3.21). 특히 JA와 ALA 처리구에서 치상 후 1일째 발아율은 0%였으나 2일 째 77% 이상으로 일시적으로 발아하는 경향을 보였으며 최종 발아율에도 차이가 없었다. 이러한 결과는 발아의 균일성을 향상시키는데 효과적인 종자 처리방법이 될 수 있을 것으로 사료되었다.

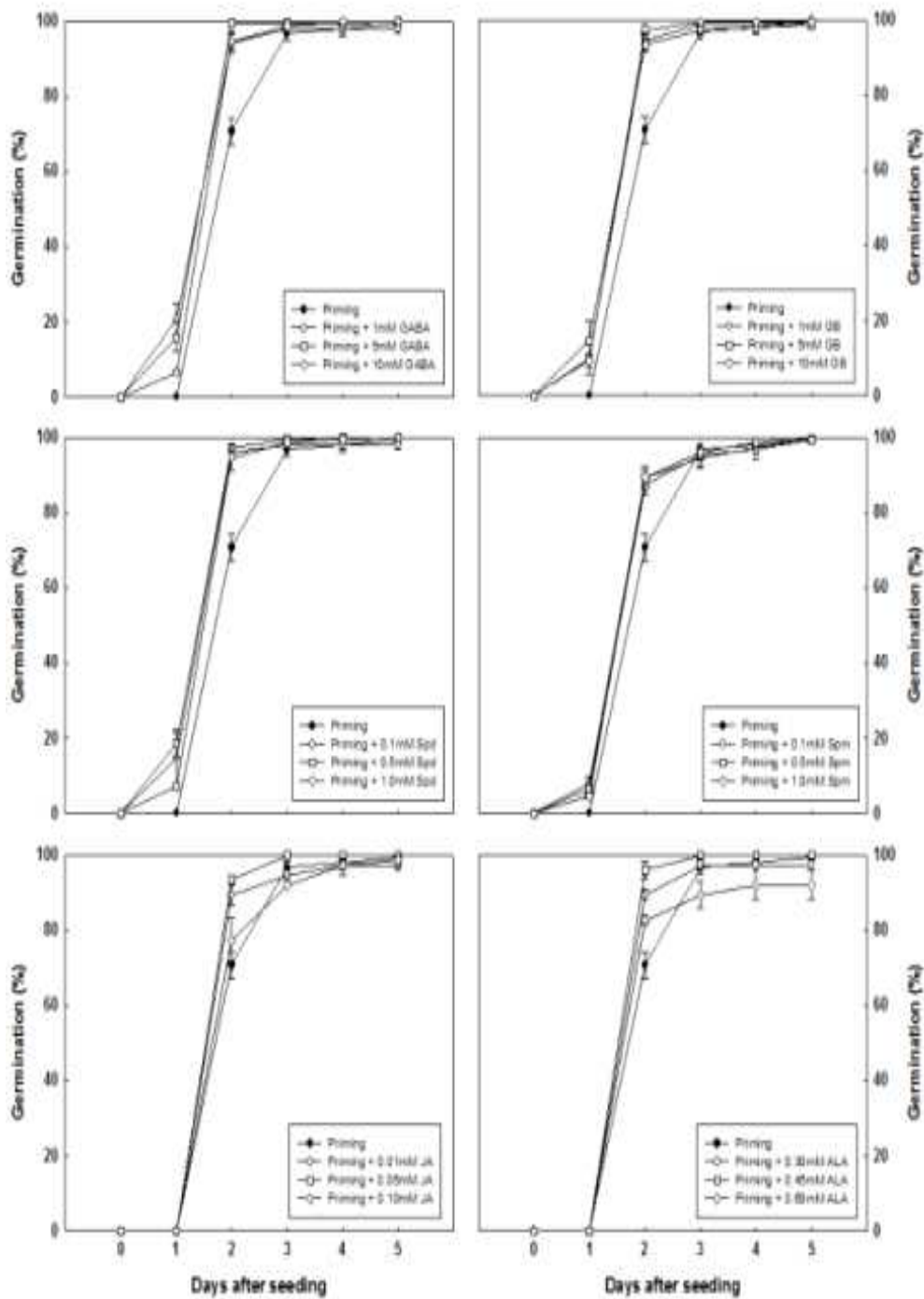


Fig. 3.21. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 발아에 미치는 영향

수박 종자의 최종 발아율과 T<sub>50</sub> 및 MGT를 분석한 결과는 Table. 3.5와 같다. 수박 종자의 최종 발아율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 96% 이상 발아하였다. Priming 처리구의 T<sub>50</sub>과 MGT는 대조구와 비교하여 고농도 JA와 ALA 처리구를 제외한 생리활성물질 처리구에서 감소하는 것으로 나타나 발아 촉진 효과가 인정되는 경향을 보였다.

Table. 3.5. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 발아에 미치는 영향.

Treatment		Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Priming	-	100.0 a	1.73 a	2.35 a
	1.0	98.0 ab	1.69 ab	1.83 g
GABA	5.0	100.0 a	1.62 b-d	1.86 efg
	10.0	100.0 a	1.58 cde	2.00 b-e
GB	1.0	100.0 a	1.60 b-d	1.98 b-f
	5.0	98.7 ab	1.65 a-d	1.93 c-g
	10.0	99.3 a	1.58 cde	1.93 c-g
Spd	0.1	98.7 ab	1.63 b-d	1.90 d-g
	0.5	100.0 a	1.65 a-d	1.85 fg
	1.0	100.0 a	1.59 cde	2.00 b-e
Spm	0.1	99.3 a	1.62 b-d	2.09 b
	0.5	99.3 a	1.63 b-d	2.12 b
	1.0	99.3 a	1.60 b-d	2.09 b
JA	0.01	97.3 ab	1.56 de	2.11 b
	0.05	100.0 a	1.55 e	2.07 bc
	0.10	98.7 ab	1.66 abc	2.30 a
ALA	0.30	97.3 ab	1.56 cde	2.08 b
	0.45	100.0 a	1.53 e	2.04 b-d
	0.60	96.0 b	1.59 b-d	2.29 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

생리활성물질 처리가 박과 종자의 발아에 미치는 영향을 분석한 결과 일부 처리구에서 조기 발아를 유도하는 것으로 나타났으나 최종 발아율에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 생리활성물질 첨가가 포장조건에서 영향을 미칠 수 있는지를 확인하기 위하여 박과 종자에 생리활성물질을 처리하여 입묘율 향상 및 초기 성장 촉진 효과 등을 검정할 계획이다.

## (2) 생리활성물질 처리에 따른 입묘율 및 초기 성장 특성 조사

고추 종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따라 최종 입묘율의 차이는 크지 않았지만 초기 입묘율이 눈에 띄게 향상된 것으로 나타났다(Fig. 3.22). 생리활성물질 중 Spd와 Spm 처리구의 초기 입묘율 향상이 가장 뚜렷하였으며, GB와 ALA 처리구의 입묘율 향상 효과는 대조구보다 입묘가 촉진되는 경향이였지만 다른 처리구와 비교하여 입묘율 향상이 낮은 경향을 보였다.

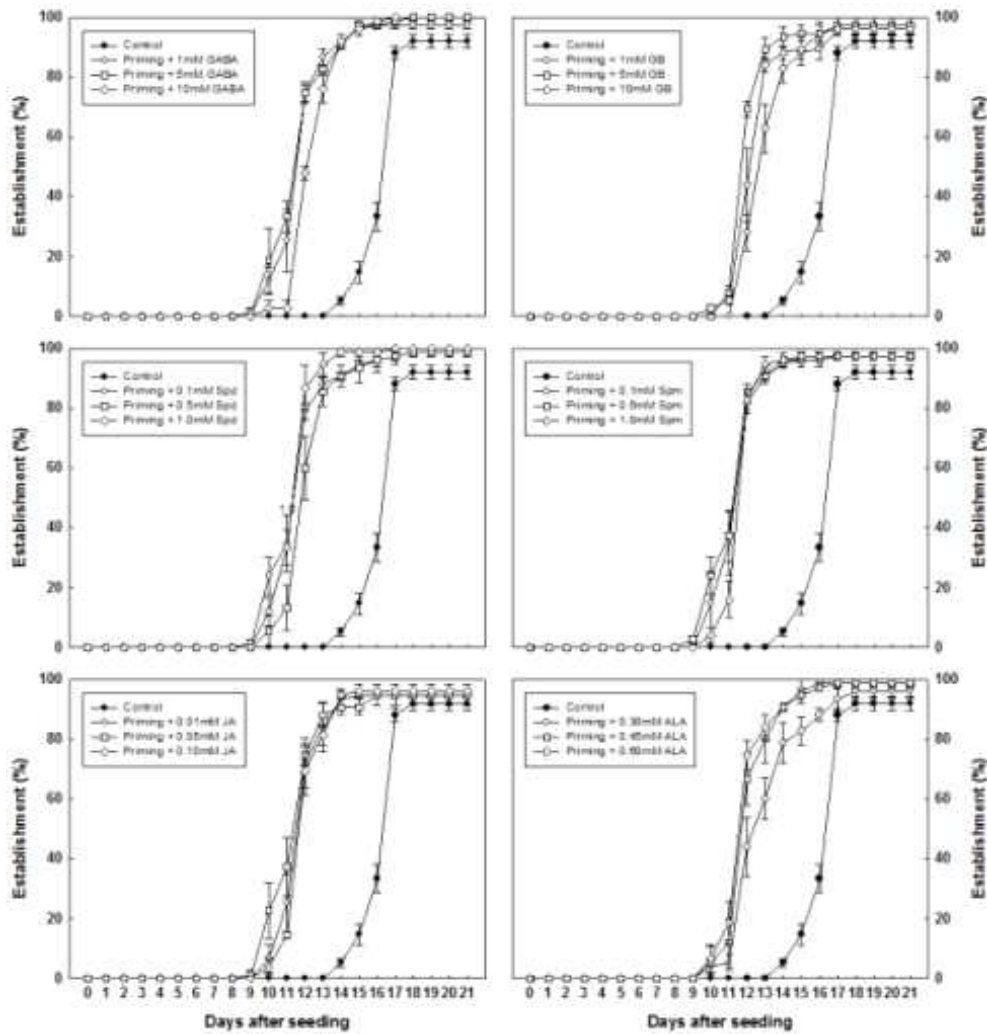


Fig. 3.22. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 입묘에 미치는 영향

생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 고추 종자의 최종 입묘율과 MET 및 E<sub>50</sub>을 나타낸 결과(Table. 3.6), 최종 입묘율은 92%에서 100%로 처리 물질이나 처리 농도에 따른 입묘율 차이는 없었으나 E<sub>50</sub>은 대조구와 비교하여 생리활성물질 처리구에서 5일 정도 단축되었으며, 평균입묘소요일수를 3일 이상 단축되어 조기 입묘를 유도하는 것으로 나타났다. 생리활성물질 종류별로 Spm 처리가 입묘소요일수 단축에 가장 효과적이었으며, GB 처리구가 비교적 낮은 효과를 나타내었다.



Table. 3.6. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment		Establishment (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	92.0 b	16.04 a	16.46 a
GABA	1.0	97.3 ab	11.04 cd	12.02 e-h
	5.0	100.0 a	11.05 cd	12.05 e-h
	10.0	100.0 a	11.73 c	12.84 bcd
	1.0	96.0 ab	12.39 b	13.36 b
GB	5.0	97.3 ab	11.03 cd	12.38 e-g
	10.0	96.0 ab	11.37 cd	12.75 cd
	0.1	98.7 ab	10.74 d	11.87 fgh
Spd	0.5	98.7 ab	11.38 cd	12.52 de
	1.0	100.0 a	11.04 cd	11.77 gh
	0.1	97.3 ab	10.73 d	11.78 gh
Spm	0.5	97.3 ab	11.04 cd	11.58 h
	1.0	97.3 ab	11.03 cd	11.99 e-h
	0.01	94.7 ab	11.04 cd	12.05 e-h
JA	0.05	94.7 ab	10.74 d	11.73 gh
	0.10	96.0 ab	11.04 cd	12.24 e-g
	0.30	96.0 ab	11.75 c	13.26 bc
ALA	0.45	98.7 ab	11.04 cd	12.44 edf
	0.60	98.7 ab	11.04 cd	12.26 e-g

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

토마토 종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따라 입묘율은 대조구와 비교하여 최종 입묘율과 초기 입묘율이 눈에 띄게 향상된 것으로 나타났으며 그 효과는 처리 물질의 종류와 농도에 따라서 차이가 있었다(Fig. 3.23). 생리활성물질 중 GABA와 ALA 처리구의 입묘율 향상이 가장 뚜렷하였으며, Spm 처리구의 입묘율 향상 효과는 비교적 낮은 경향을 보였다. 또한 고농도 Spd와 저농도 Spm 처리구에서 대조구와 비슷한 입묘율을 나타내어 입묘율 향상에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 발아에 문제가 없었던 실험실 내부 결과와는 차이가 있었다.

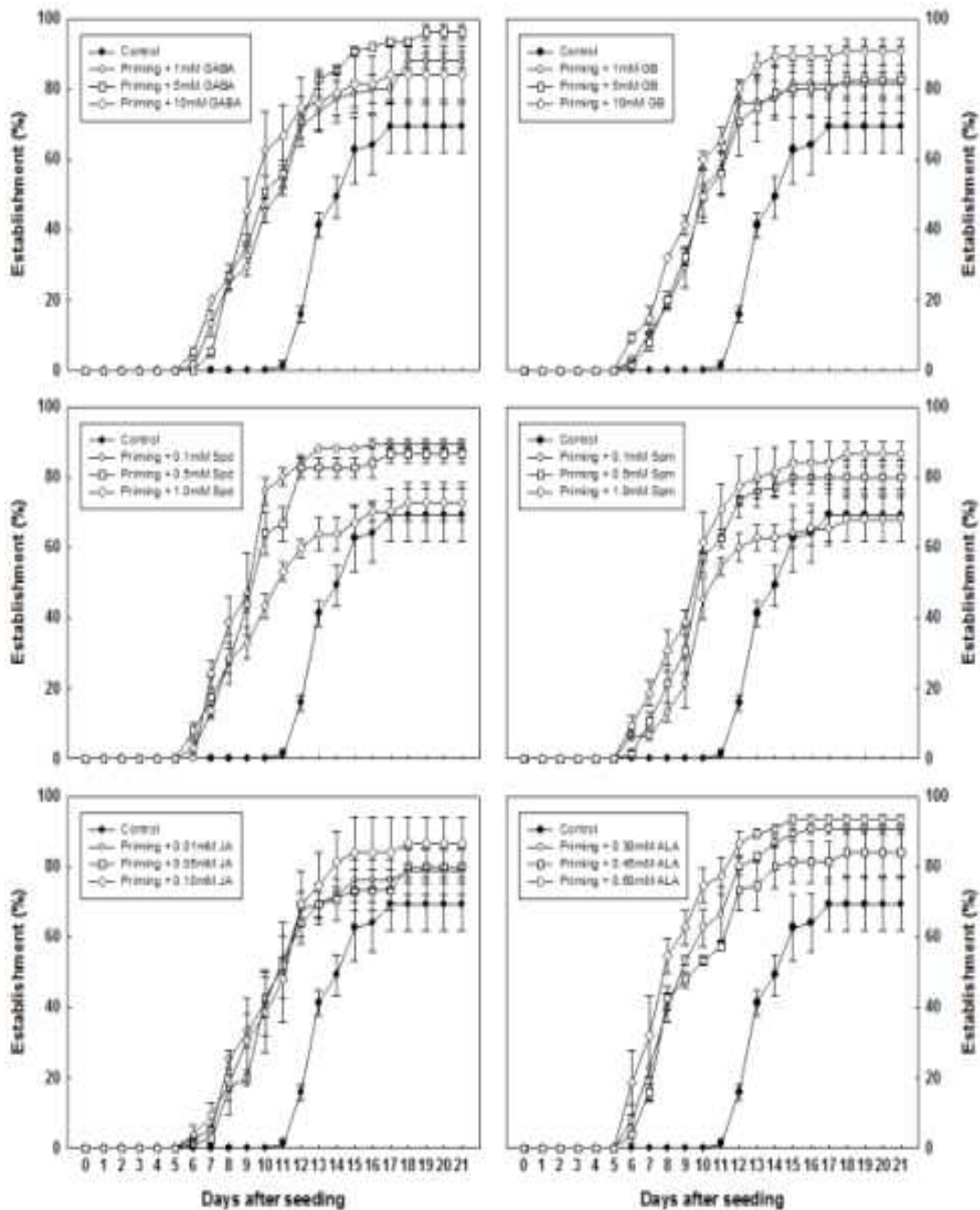


Fig. 3.23. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 입묘에 미치는 영향

생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 토마토 종자의 최종 입묘율과 MET 및 E<sub>50</sub>을 나타낸 결과는 Table. 3.7과 같다. 생리활성물질 첨가에 따른 대조구의 최종 입묘율 69%와 비교하여 처리구는 68%에서 96%로 나타나 처리 물질과 농도에 따라 입묘율에 미치는 영향이 다른 것으로 분석되었다. E<sub>50</sub>은 대조구와 비교하여 2~5일 단축에 효과적이었으며, MET는 3~5일 정도 단축시키는 것으로 나타나 생리활성물질 처리가 빠른 입묘를 유도하는 것으로 나타났다.

Table. 3.7. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment		Establishment (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	69.3 cd	12.08 a	13.62 a
	1.0	88.0 ab	9.46 b	10.90 bc
GABA	5.0	96.0 a	9.94 b	10.83 bc
	10.0	84.0 a-d	8.43 bc	9.60 cde
GB	1.0	81.3 a-d	9.48 b	10.09 bcd
	5.0	82.7 a-d	8.82 bc	10.33 bcd
	10.0	90.7 ab	9.12 bc	9.75 b-e
Spd	0.1	89.3 ab	7.76 cd	9.12 de
	0.5	86.7 abc	8.81 bc	9.59 cde
	1.0	72.9 bcd	9.25 bc	10.13 bcd
Spm	0.1	68.0 d	9.42 b	10.17 bcd
	0.5	80.0 a-d	8.76 bc	9.81 b-e
	1.0	86.7 abc	8.80 bc	9.73 b-e
	0.01	78.7 a-d	9.81 b	10.37 bcd
JA	0.05	80.0 a-d	9.42 b	11.01 b
	0.10	86.7 abc	9.47 b	10.87 bc
	0.30	90.7 ab	7.81 cd	9.46 de
ALA	0.45	84.0 a-d	7.79 cd	9.71 b-e
	0.60	93.3 a	6.75 cd	8.71 e

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

생리활성물질 첨가에 의한 발아 촉진이 포장조건에서도 유지되는지를 검정하고자 포장검정을 실시하였다. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 입묘율에 미치는 영향을 분석한 결과는 Fig. 3.24와 같다. 오이 종자의 생리활성물질 처리에 따른 최종 입묘율은 대조구와 비슷하게 나타났으나 JA 처리구에서 초기 입묘율이 향상된 것으로 나타났다. GABA와 ALA 처리구는 대조구와 비교하여 최종 입묘율에는 차이가 없었으나, 생육기간 동안 입묘가 지연되는 경향이였다.

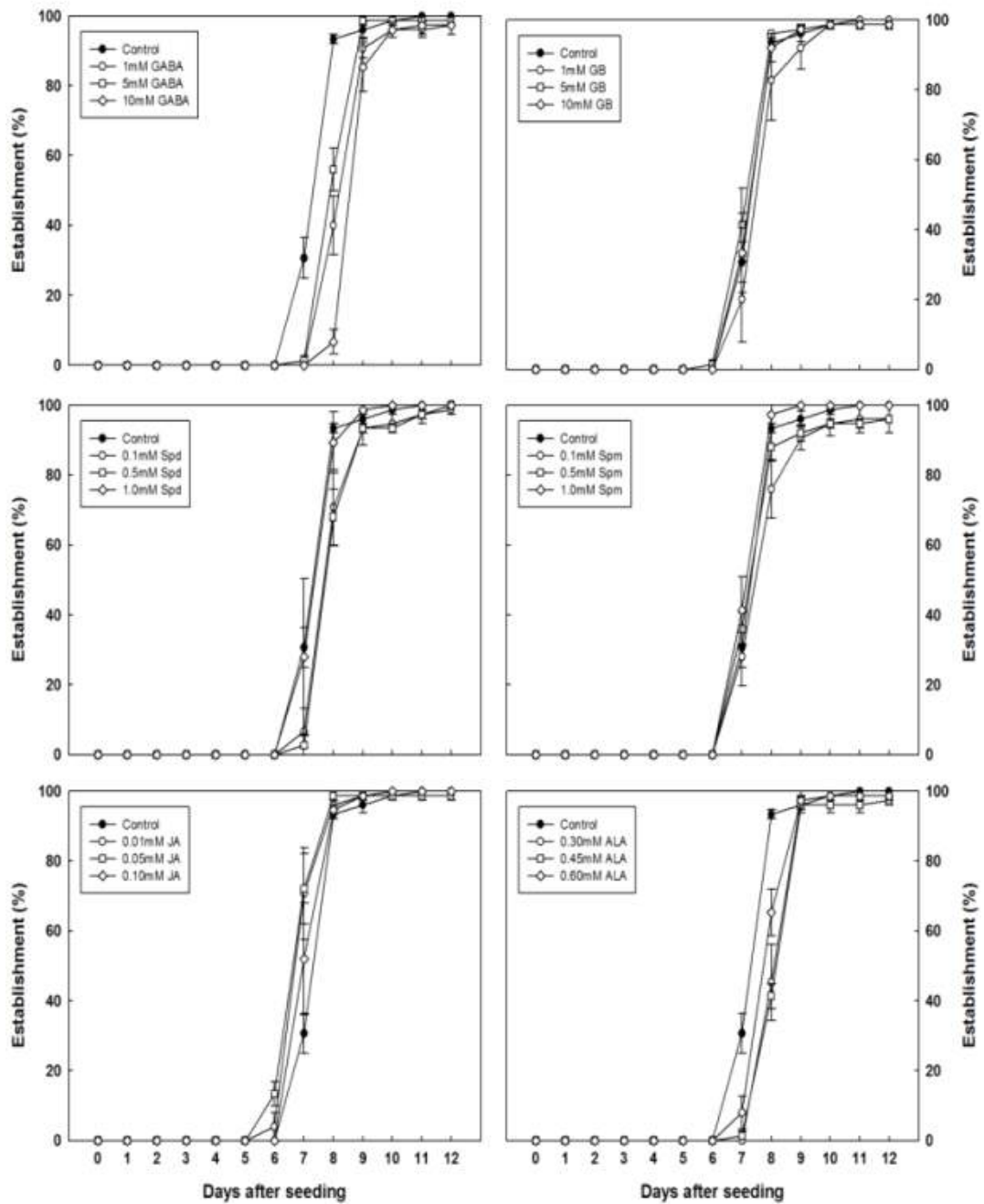


Fig. 3.24. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 입묘에 미치는 영향

오이 종자의 생리활성물질 처리에 의한 최종 묘출현율과  $E_{50}$  및 MET를 분석한 결과(Table. 3.8), 오이 종자의 최종 묘출현율은 대조구와 비교하여 차이가 없었으며,  $T_{50}$ 과 MET도 비슷하거나 지연되는 경향을 보여 생리활성물질 처리가 묘출현에 미치는 영향이 미미하였다.

Table. 3.8. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment		Establishment (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	100.0 a	7.03 b	7.81 efg
GABA	1.0	98.7 a	6.70 bc	7.77 efg
	5.0	98.7 a	6.04 d	7.42 gh
	10.0	98.7 a	7.03 b	8.12 b-e
GB	1.0	100.0 a	7.03 b	8.07 c-f
	5.0	98.7 a	6.70 bc	7.60 fgh
	10.0	100.0 a	6.70 bc	7.81 efg
Spd	0.1	98.7 a	7.03 b	8.33 a-d
	0.5	100.0 a	7.03 b	8.45 abc
	1.0	100.0 a	6.69 bc	7.84 d-g
Spm	0.1	97.3 a	7.04 b	8.07 c-f
	0.5	97.3 a	7.04 b	7.86 d-g
	1.0	100.0 a	6.70 bc	7.61 fgh
JA	0.01	98.7 a	6.03 d	7.27 h
	0.05	98.7 a	6.04 d	7.13 h
	0.10	100.0 a	6.36 cd	7.55 gh
ALA	0.30	100.0 a	7.05 b	8.64 a
	0.45	97.3 a	8.05 a	8.60 ab
	0.60	98.7 a	7.04 b	8.27 a-e

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

멜론 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 입묘율을 나타낸 결과는 Fig. 3.25와 같다. 멜론 종자의 최종 입묘율은 대조구와 비교하여 차이는 없었으나 Spd와 Spm 첨가가 초기 입묘율을 향상시키는 것으로 나타났다. GB와 ALA 처리구는 대조구와 비교하여 비슷한 입묘율 양상을 보여 생리활성물질에 따른 입묘 특성을 확인할 수 있었다.

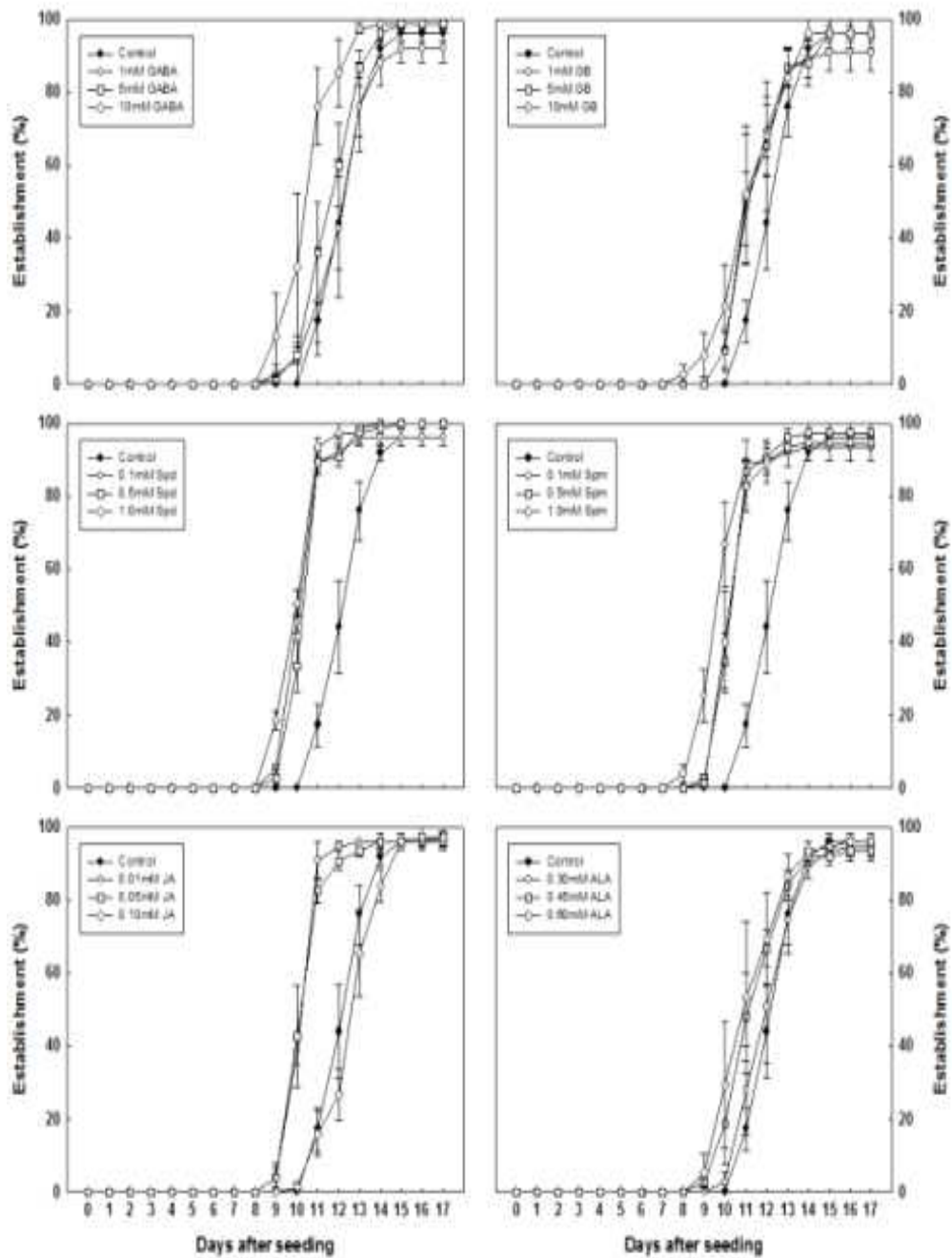


Fig. 3.25. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 입묘에 미치는 영향

멜론 종자의 최종 입묘율과  $E_{50}$  및 MET를 확인한 결과는 Table. 3.9와 같다. 대조구를 포함한 모든 처리구의 최종 입묘율은 91% 이상으로 생리활성물질 처리에 따른 입묘 차이는 나타나지 않았다. 그러나  $E_{50}$ 의 경우 대조구와 비교하여 0.1mM Spm 처리구에서 1.5일 정도 단축되었으나, 0.10mM JA 처리구는 오히려 지연되는 경향이였다. MET는 대조구와 비교하여 0.1mM Spm 처리구에서 2.5일 정도 단축 효과를 확인할 수 있었다.

Table. 3.9. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment		Establishment (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	96.0 ab	11.72 ab	12.61 ab
GABA	1.0	93.3 ab	11.39 abc	12.53 ab
	5.0	98.7 ab	11.06 a-d	12.08 abc
	10.0	98.7 ab	9.71 def	10.92 c-g
	1.0	90.7 b	10.39 b-f	11.66 b-e
GB	5.0	96.0 ab	10.71 b-e	11.90 a-d
	10.0	96.0 ab	10.74 b-e	11.57 b-f
	0.1	96.0 ab	9.71 def	10.58 efg
Spd	0.5	100.0 a	10.04 c-f	10.85 d-g
	1.0	100.0 a	9.39 ef	10.44 fg
	0.1	93.3 ab	9.05 f	10.08 g
Spm	0.5	97.3 ab	10.04 c-f	10.81 d-g
	1.0	94.7 ab	9.37 ef	10.76 d-g
	0.01	97.3 ab	10.04 c-f	10.71 d-g
JA	0.05	96.0 ab	9.70 def	10.74 d-g
	0.10	97.3 ab	12.39 a	13.03 a
	0.30	96.0 ab	11.39 abc	12.51 ab
ALA	0.45	93.3 ab	10.74 b-e	11.65 b-e
	0.60	96.0 ab	10.06 c-f	11.50 b-f

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

수박 종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따른 최종 입묘율은 처리 간에 처리 물질의 종류와 농도에 따라서 차이가 없는 것으로 분석되었다(Fig. 3.26). 그러나 GABA와 GB 첨가는 조기 입묘를 유도하여 초기 입묘율 향상에 영향을 미치는 것으로 분석되어 발아를 단축시킨 발아율 조사결과와 유사하였다. 또한 ALA의 저농도, 고농도 처리구의 초기 입묘율도 대조구와 비교하여 높게 나타났으나 ALA의 중간농도 처리구에서 비교적 입묘가 지연되는 경향이였다. Spd와 Spm 처리구의 경우 대조구와 비교하여 빠른 묘 출현을 보이기는 했으나 뚜렷한 차이는 없었다.

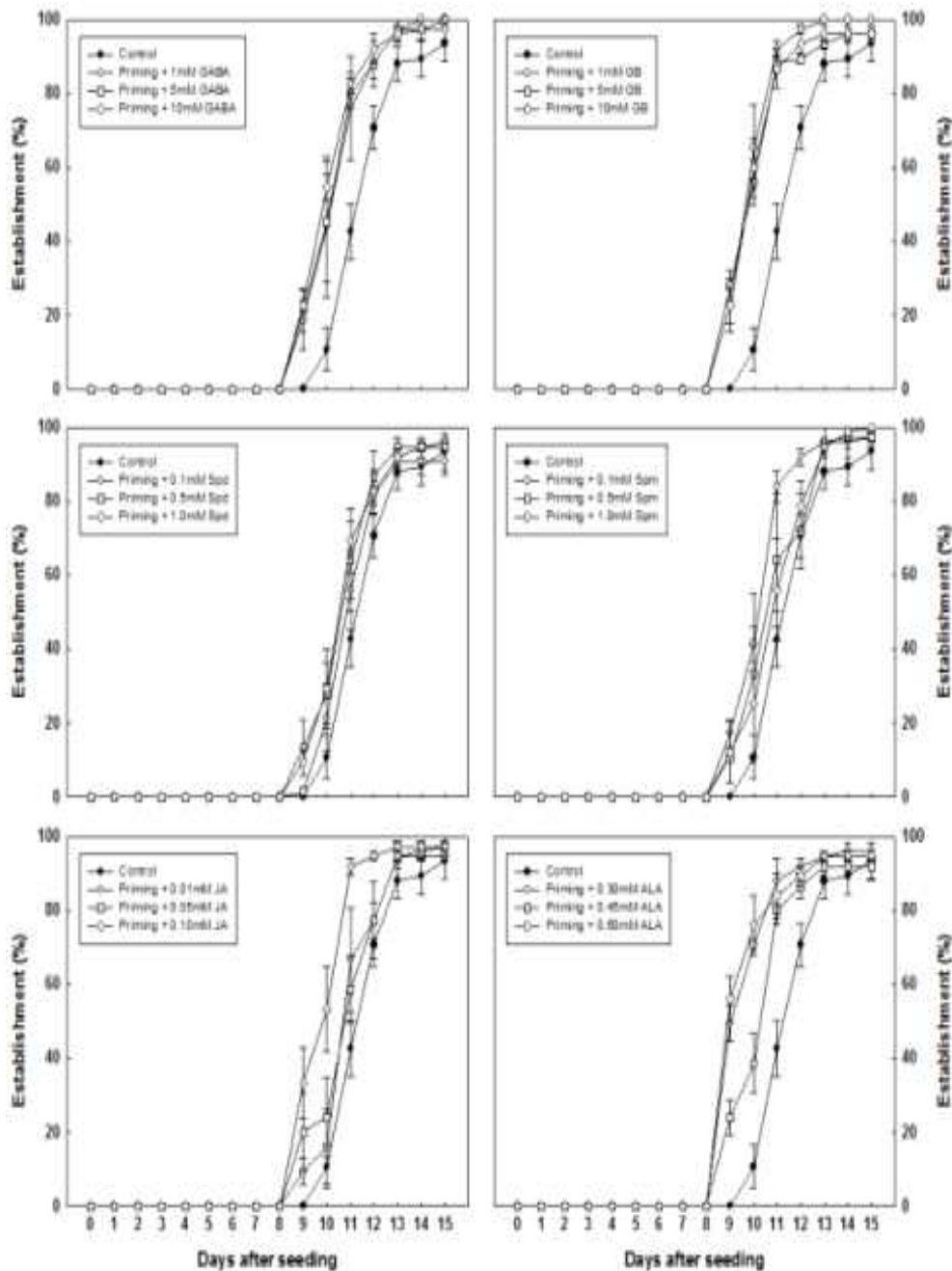


Fig. 3.26. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 입묘에 미치는 영향

Table. 3.10은 수박 종자의 최종 입묘율과 E<sub>50</sub> 및 MGT를 분석한 결과이다. 대조구의 E<sub>50</sub>은 10.4일 소요되었으나, 생리활성물질 처리 종자는 저농도와 고농도 ALA 처리구에서 8.4일 소요되어 E<sub>50</sub>이 2일 단축되었으며, MGT 또한 2일 정도 단축되는 효과를 확인할 수 있었다. 그러나 저농도 Spd와 JA의 E<sub>50</sub>은 대조구와 유의차를 보이지 않았다. 대조구의 MET와 비교하여 GABA와 GB 및 ALA 처리구의 경우 1일 이상 단축되는 경향이었으며, 전체적인 입묘 향상 효과는 ALA에서 나타났다.



Table. 3.10. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment		Establishment (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	93.3 a	10.39 a	11.75 a
GABA	1.0	100.0 a	9.73 ab	10.76 b-f
	5.0	100.0 a	9.72 ab	10.71 b-g
	10.0	97.3 a	9.39 abc	10.42 c-g
GB	1.0	100.0 a	9.05 bc	10.23 efg
	5.0	96.0 a	9.39 abc	10.30 d-g
	10.0	97.3 a	9.05 bc	10.34 d-g
Spd	0.1	93.3 a	10.38 a	11.42 ab
	0.5	96.0 a	10.06 ab	11.04 a-e
	1.0	94.7 a	10.05 ab	11.01 a-e
Spm	0.1	97.3 a	10.05 ab	10.61 b-g
	0.5	98.7 a	10.05 ab	11.24 a-d
	1.0	100.0 a	10.06 ab	11.35 abc
JA	0.01	94.7 a	10.39 a	11.22 a-d
	0.05	97.3 a	10.06 ab	11.20 a-d
	0.10	98.7 a	9.05 bc	10.30 d-g
ALA	0.30	97.3 a	8.38 c	10.00 fg
	0.45	93.3 a	9.73 ab	10.62 b-g
	0.60	94.7 a	8.40 c	9.77 g

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

입묘율 향상의 효과가 초기 생장까지 이어질 수 있는지를 확인하기 위하여 고추 종자를 파종하여 40일 간 생장시킨 후 생장조사를 실시하였다. 고추 종자를 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 결과(Table. 3.11), 생리활성물질 처리구는 대조구와 비교하여 생육이 월등히 향상되었다. 파종 40일 째 고추의 생체중은 대조구의 식물체당 0.96g과 비교하여 0.5mM Spm 처리구의 생체중은 식물체당 1.81g으로 약 2배 생육이 증가한 것으로 분석되었다.

Table. 3.11. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment		Root length (cm)	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
Plant activator	Concn. (mM)		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
Control	-	11.2 d	0.68 e	0.28 h	0.96 h	0.08 g	0.03 c	0.11 c
GABA	1.0	11.1 d	1.00 bcd	0.49 ef	1.49 bcd	0.13 a-e	0.05 abc	0.18 ab
	5.0	11.3 d	1.06 ab	0.51 def	1.57 a-d	0.15 abc	0.05 abc	0.20 a
	10.0	12.0 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	0.87 cd	0.48 ef	1.35 def	0.11 ef	0.04 bc	0.15 bc
GB	1.0	11.6 cd	0.84 cd	0.35 gh	1.19 fg	0.12 cde	0.05 abc	0.17 ab
	5.0	11.6 cd	0.62 e	0.36 gh	0.98 gh	0.09 fg	0.08 a	0.17 ab
	10.0	13.0 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	0.94 bcd	0.49 def	1.43 cde	0.13 a-d	0.05 abc	0.18 ab
Spd	0.1	14.0 b	1.20 a	0.51 def	1.71 ab	0.15 ab	0.04 bc	0.19 ab
	0.5	12.3 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	1.19 a	0.42 fg	1.62 abc	0.14 abc	0.04 abc	0.19 ab
	1.0	13.6 b	1.05 ab	0.67 a	1.72 ab	0.13 a-d	0.07 ab	0.20 a
Spm	0.1	16.3 a	1.01 bc	0.53 c-f	1.54 bcd	0.13 b-e	0.04 abc	0.17 ab
	0.5	12.9 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	1.19 a	0.62 abc	1.81 a	0.16 a	0.05 abc	0.21 a
	1.0	12.7 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	1.00 bcd	0.61 a-d	1.60 abc	0.13 a-d	0.04 abc	0.18 ab
JA	0.01	12.8 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	0.92 bcd	0.48 ef	1.41 c-f	0.12 cde	0.04 bc	0.16 ab
	0.05	12.9 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	1.00 bcd	0.71 a	1.71 ab	0.14 abc	0.05 abc	0.20 a
	0.10	13.1 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	1.00 bcd	0.55 b-e	1.55 bcd	0.13 b-e	0.05 abc	0.17 ab
ALA	0.30	12.5 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	0.84 d	0.42 fg	1.25 ef	0.12 de	0.03 c	0.15 bc
	0.45	12.8 <sup>bc</sup> <sub>d</sub>	0.97 bcd	0.63 ab	1.61 abc	0.14 a-d	0.06 abc	0.19 ab
	0.60	13.3 bc	0.90 bcd	0.63 ab	1.53 bcd	0.12 cde	0.05 abc	0.17 ab

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

토마토 종자를 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리하여 35일 간 성장시킨 후 성장조사를 실시한 결과 토마토의 생장은 대조구와 비교하여 대부분의 처리구에서 향상되었다(Table. 3.12). Spm 0.1mM 처리구의 경우 대조구와 생체중이 비슷하여 생육 촉진 효과를 확인할 수 없었으

나, 1mM, 10mM GABA 및 1.0mM GB 처리구에서 대조구에 비해 생체중이 증가된 것으로 나타났다.

Table. 3.12. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment		Root length (cm)	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
Plant activator	Concn. (mM)		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
Control	-	14.0 b	2.13 c	0.59 d	2.72 d	0.18 c	0.32 bc	0.21 d
	1.0	12.3 b	3.03 a	0.92 a	3.95 a	0.28 a	0.07 a	0.35 a
GABA	5.0	14.7 ab	2.06 c	0.74 a-d	2.80 cd	0.20 bc	0.04 abc	0.25 bcd
	10.0	16.9 ab	2.97 a	0.93 a	3.90 a	0.28 a	0.06 a	0.34 a
GB	1.0	14.0 b	3.03 a	0.86 ab	3.89 a	0.28 a	0.05 a	0.33 ab
	5.0	13.9 b	2.82 ab	0.82 abc	3.64 ab	0.25 abc	0.06 a	0.31 abc
	10.0	14.9 ab	2.01 c	0.92 a	2.93 bcd	0.25 abc	0.07 a	0.31 abc
Spd	0.1	14.0 b	2.16 c	0.77 a-d	2.93 bcd	0.20 bc	0.05 abc	0.25 bcd
	0.5	14.7 ab	2.63 abc	0.80 abc	3.43 a-d	0.25 abc	0.06 a	0.31 abc
	1.0	14.0 b	2.64 abc	0.93 a	3.58 abc	0.23 abc	0.06 a	0.29 a-d
Spm	0.1	14.4 ab	1.99 c	0.72 bcd	2.71 d	0.22 abc	0.06 a	0.27 a-d
	0.5	14.4 ab	2.15 c	0.71 bcd	2.86 bcd	0.22 abc	0.06 a	0.27 a-d
	1.0	15.2 ab	2.51 abc	0.70 bcd	3.21 a-d	0.25 abc	0.05 ab	0.32 abc
JA	0.01	14.4 ab	2.56 abc	0.75 a-d	3.31 a-d	0.27 ab	0.06 a	0.33 ab
	0.05	15.3 ab	2.29 bc	0.65 cd	2.94 bcd	0.23 abc	0.05 ab	0.29 a-d
	0.10	17.4 a	2.34 bc	0.75 a-d	3.09 bcd	0.24 abc	0.05 abc	0.29 a-d
	0.30	14.7 ab	2.04 c	0.88 ab	2.92 bcd	0.20 bc	0.03 c	0.23 cd
ALA	0.45	15.8 ab	2.08 c	0.89 ab	2.97 bcd	0.23 abc	0.06 a	0.29 a-d
	0.60	16.2 ab	2.21 bc	0.89 ab	3.10 bcd	0.25 ab	0.07 a	0.32 ab

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

입묘율 향상의 효과가 초기 성장까지 이어질 수 있는지를 확인하기 위하여 오이 종자를 파종하여 25일 간 성장시킨 후 성장조사를 실시하였다. 오이 종자를 생리활성물질을 첨가하여

priming 처리한 결과 오이의 생장은 대조구와 비교하여 일부 처리구에서 향상되었다(Table. 3.13). 초기 생장 비교에서 처리간 다소 차이가 있었지만 생리활성물질 처리 종자는 생체중이 증가되는 경향이였다.

Table. 3.13. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment		Root length (cm)	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
Plant activator	Concn. (mM)		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
Control	-	10.6 ab	2.56 def	1.18 cde	3.74 efg	0.25 d-h	0.07 abc	0.32 c-f
	1.0	11.5 ab	2.92 cd	1.33 abc	4.25 b-e	0.34 a	0.07 ab	0.41 a
GABA	5.0	10.7 ab	2.91 cd	1.40 abc	4.30 bcd	0.29 bcd	0.08 a	0.37 ab
	10.0	11.1 ab	2.37 fg	0.97 def	3.34 g	0.21 h	0.05 de	0.26 g
GB	1.0	10.6 ab	2.61 def	0.89 f	3.49 g	0.24 fgh	0.05 e	0.29 efg
	5.0	11.5 ab	2.86 cde	1.24 a-d	4.10 c-f	0.24 fgh	0.06 a-d	0.30 d-g
	10.0	11.2 ab	2.47 ef	1.12 c-f	3.59 fg	0.25 e-h	0.06 b-e	0.31 d-g
Spd	0.1	9.4 b	2.31 fg	0.98 def	3.30 g	0.22 h	0.05 de	0.27 fg
	0.5	11.5 a	2.47 ef	1.28 abc	3.75 efg	0.22 h	0.06 b-e	0.28 fg
	1.0	11.2 ab	2.57 def	0.90 ef	3.48 g	0.23 gh	0.06 b-e	0.29 efg
Spm	0.1	11.0 ab	2.31 fg	1.47 a	3.79 d-g	0.23 fgh	0.07 abc	0.30 d-g
	0.5	9.4 ab	3.00 bc	1.15 c-f	4.15 cde	0.25 d-h	0.05 e	0.30 efg
	1.0	11.3 ab	3.37 ab	1.17 c-f	4.54 abc	0.28 b-f	0.05 cde	0.33 b-e
JA	0.01	10.7 ab	3.73 a	1.11 c-f	4.84 a	0.32 ab	0.06 abc	0.37 ab
	0.05	9.4 ab	3.40 ab	1.19 bcd	4.59 abc	0.31 abc	0.07 abc	0.38 ab
	0.10	10.4 ab	3.12 bc	1.16 c-f	4.29 bcd	0.27 c-g	0.06 a-d	0.33 b-e
ALA	0.30	10.7 ab	3.22 bc	1.36 abc	4.58 abc	0.28 b-f	0.06 b-e	0.34 b-e
	0.45	11.3 ab	3.24 bc	1.47 ab	4.71 ab	0.29 bc	0.07 ab	0.36 abc
	0.60	10.4 ab	3.13 bc	1.39 abc	4.52 abc	0.29 b-e	0.06 a-e	0.35 bcd

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

생리활성물질을 첨가한 멜론 종자를 파종 후 35일 간 성장시킨 결과는 Table. 3.14와 같다.

생리활성물질 첨가는 대조구 비교하여 생체중 및 건물중이 증가하여 성장 촉진 효과가 인정되었으며, 처리 물질 간 다소 차이가 있었지만 0.1mM Spm 처리구의 생체중은 식물체당 8.4g으로 대조구의 식물체당 3.9g와 비교하여 성장 촉진 효과가 2배 이상 뛰어난 것으로 나타났다. 대조구와 비교하여도 발아에 문제가 없었고, 입묘소요일수 단축 효과가 현저한 0.1mM Spm이 멜론 종자처리에 가장 적합한 물질 및 농도로 판단되었다.

Table. 3.14. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 초기 성장에 미치는 영향.

Treatment		Root length (cm)	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
Plant activator	Concn. (mM)		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
Control	-	13.9 ab	2.08 i	1.72 hi	3.80 f	0.14 h	0.10 cd	0.24 fg
	1.0	11.5 bcd	2.31 hi	1.44 i	3.75 f	0.15 gh	0.08 d	0.23 g
GABA	5.0	10.7 cd	2.75 fgh	1.99 e-i	4.74 def	0.17 e-h	0.16 bc	0.33 cde
	10.0	10.1 cd	2.57 ghi	2.18 e-i	4.75 def	0.16 fgh	0.16 bc	0.32 c-f
GB	1.0	12.1 bc	2.84 efg	1.82 ghi	4.67 ef	0.18 c-g	0.12 cd	0.31 d-g
	5.0	12.2 bc	2.98 d-g	3.00 bcd	5.98 bc	0.19 b-f	0.15 bc	0.34 cde
	10.0	10.5 cd	3.34 b-e	2.80 b-e	6.15 bc	0.20 b-e	0.13 bcd	0.33 cde
Spd	0.1	8.9 d	3.49 bcd	2.48 d-h	5.97 bc	0.21 bcd	0.15 bc	0.36 cde
	0.5	9.9 cd	3.55 bc	2.50 d-g	6.06 bc	0.22 bc	0.14 bc	0.37 cde
	1.0	15.0 a	3.10 b-g	1.89 e-i	4.99 cde	0.22 bcd	0.12 cd	0.34 cde
Spm	0.1	10.9 cd	4.18 a	4.18 a	8.37 a	0.27 a	0.24 a	0.50 a
	0.5	10.0 cd	3.17 b-f	3.00 bcd	6.17 b	0.18 d-g	0.15 bc	0.33 cde
	1.0	11.1 bcd	3.54 bcd	3.36 bc	6.90 b	0.19 c-f	0.15 bc	0.34 cde
JA	0.01	9.7 cd	3.35 b-e	2.96 bcd	6.32 b	0.23 b	0.16 bc	0.39 bcd
	0.05	9.8 cd	3.64 b	2.77 b-e	6.41 b	0.23 b	0.15 bc	0.38 b-e
	0.10	11.6 bcd	3.01 c-g	2.81 b-e	5.82 bcd	0.17 e-h	0.14 bcd	0.31 d-g
ALA	0.30	10.5 cd	3.03 c-g	3.04 bcd	6.07 bc	0.16 e-h	0.13 bcd	0.29 efg
	0.45	10.3 cd	3.43 bcd	2.61 c-f	6.03 bc	0.21 bcd	0.19 ab	0.40 bc
	0.60	9.4 cd	3.44 bcd	3.43 b	6.87 b	0.21 bcd	0.25 a	0.46 ab

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

수박 종자를 파종하여 35일 간 성장시킨 후 성장조사를 실시한 결과는 Table. 3.15와 같다. 수박 종자를 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 결과, 수박의 생장은 대조구와 비교하여 일부 처리구에서 향상되었고, ALA와 JA 고농도 처리구에서는 오히려 대조구보다 생장이 저조하였다. ALA 처리의 경우 발아율에도 영향을 미치지 않았고, 초기 입묘의 비율도 높아 초기 생장이 좋았을 것으로 예상하였으나 생장이 저조하여 ALA 첨가의 입묘율 향상 효과가 초기 성장까지 이어지지 못한 것으로 분석되었다. 따라서 초기 입묘의 효과를 지속적으로 이어나갈 수 있는 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

Table. 3.15. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 초기 성장에 미치는 영향

Treatment		Root length (cm)	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
Plant activator	Concn. (mM)		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
Control	-	8.6 abc	1.78 gh	1.35 cd	3.13 e	0.17 d	0.11 abc	0.28 b-e
	1.0	9.7 abc	2.26 b-e	1.63 a-d	3.89 bcd	0.20 abc	0.13 ab	0.33 ab
GABA	5.0	11.1 a	2.49 abc	1.72 abc	4.22 abc	0.23 a	0.22 abc	0.35 a
	10.0	8.8 abc	1.80 gh	1.51 a-d	3.31 de	0.19 a-d	0.12 ab	0.32 abc
GB	1.0	8.6 abc	1.98 e-h	1.25 d	3.23 e	0.19 a-d	0.10 a-e	0.30 a-d
	5.0	9.3 abc	2.41 a-d	1.27 cd	3.68 cde	0.22 ab	0.09 b-f	0.31 a-d
	10.0	7.6 c	2.18 c-f	1.51 a-d	3.69 cde	0.21 abc	0.13 ab	0.35 a
Spd	0.1	10.6 ab	2.11 d-g	1.38 bcd	3.50 de	0.20 abc	0.11 a-d	0.31 abc
	0.5	8.4 bc	2.31 a-e	1.39 bcd	3.70 cde	0.20 abc	0.12 abc	0.33 ab
	1.0	8.6 abc	2.58 ab	1.94 a	4.52 a	0.21 abc	0.14 a	0.35 a
Spm	0.1	10.0 abc	2.63 a	1.83 ab	4.46 ab	0.21 abc	0.12 abc	0.32 ab
	0.5	8.6 abc	1.89 fgh	1.27 cd	3.15 e	0.18 cd	0.08 c-g	0.26 c-f
	1.0	10.8 ab	1.89 fgh	1.41 bcd	3.30 de	0.17 d	0.06 e-h	0.23 ef
JA	0.01	10.2 abc	2.31 a-e	1.62 a-d	3.93 bcd	0.19 a-d	0.07 d-h	0.26 c-f
	0.05	9.0 abc	2.27 b-e	1.43 bcd	3.70 cde	0.18 cd	0.05 fgh	0.23 ef
	0.10	8.9 abc	1.92 fgh	0.39 e	2.31 f	0.21 abc	0.04 gh	0.25 def
ALA	0.30	9.1 abc	1.92 fgh	0.46 e	2.38 f	0.21 abc	0.04 gh	0.25 def
	0.45	7.8 c	1.75 h	0.44 e	2.19 f	0.18 bcd	0.03 h	0.21 f
	0.60	8.1 bc	2.05 e-h	0.51 e	2.56 f	0.22 a	0.04 gh	0.26 c-f

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

### (3) 발병억제 물질 처리 및 발아성 검정

(가) 발병억제 물질 처리가 가지과 종자의 발아에 미치는 영향

① 발아율, 평균 발아 소요일수 및 T<sub>50</sub>

발병억제 물질 및 처리 농도에 따른 고추와 파프리카 종자의 발아율, T<sub>50</sub> 및 평균 발아 소요일수를 분석한 결과는 Table. 3.16과 같다. 고추 종자의 치상 후 14일째의 최종 발아율은 BABA와 JA 처리구에서는 처리 농도에 상관없이 90% 이상이였지만, 0.5mM ASM과 0.1mM INA 처리구에서는 각각 25%와 37%를 보여 고농도에서는 발아를 억제 시키는 것으로 분석되었다. 특히 고추 종자의 priming시 발아 촉진 효과는 T<sub>50</sub>과 평균 발아 소요일수에서 뚜렷하였는데, T<sub>50</sub>은 무처리 종자가 2.79일인데 비해 priming 종자가 0.66일로 2.13일 단축되었으며 평균 발아 소요일수는 priming 종자가 0.33일로 무처리 종자의 3.31일보다 3일 이상 단축되는 경향을 보였다. Priming에 의한 T<sub>50</sub> 단축은 발병억제 물질 종류 및 처리 농도에 따라 뚜렷한 차이가 있었는데, BABA와 JA 처리 시에는 처리 농도에 상관없이 발아 촉진 효과가 그대로 나타났지만, ASM과 INA는 처리 농도에 따라 발아 촉진 효과에서는 억제되는 경향을 보였다. 특히 0.5mM과 1.0mM ASM 처리구와 0.1mM INA 처리구에서는 치상한 종자의 50% 이상이 발아하지 않아 T<sub>50</sub>과 평균 발아 소요일수를 계산할 수 없었다. 파프리카 종자의 최종 발아율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 90% 이상으로 처리간 차이가 없었고, T<sub>50</sub>에서도 대조구의 0.57일과 처리간 차이가 없어 발병억제 물질 처리가 파프리카 종자의 발아성에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다. 그러나 0.5mM ASM 처리구에서는 평균 발아 소요일수가 1일정도 지연되었고, 0.1mM INA 처리구에서는 대조구 대비 0.3일 정도 지연되는 경향을 보여 발병억제 물질의 종류에 따라 농도가 높으면 발아력에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

Table. 3.16. 발병억제 물질 처리가 고추와 파프리카 종자의 발아에 미치는 영향

Treatment		Pepper			Paprika		
Plant activator	Concentration (mM)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Control	-	99 a	2.79 a	3.31 a	99 ab	0.57 b	1.09 bc
Priming	-	97 a	0.66 d	0.33 e	-	-	-
ASM	0.10	97 a	0.96 c	0.67 d	97 ab	0.56 b	0.96 c
	0.50	25 c	-	-	96 ab	0.79 a	2.07 a
	1.00	17 c	-	-	91 c	0.56 b	1.07 bc
BABA	0.10	97 a	0.63 d	0.23 e	99 ab	0.52 b	0.99 bc
	1.00	96 a	0.65 d	1.27 c	100 a	0.53 b	1.07 bc
	10.0	93 a	0.61 d	1.19 c	99 ab	0.53 b	1.01 bc
INA	0.01	96 a	0.65 d	0.30 e	95 bc	0.53 b	0.99 bc
	0.05	99 a	1.85 b	2.24 b	100 a	0.53 b	1.04 bc
	0.10	37 b	-	-	96 ab	0.79 a	1.39 ab
JA	0.01	99 a	0.68 d	0.27 e	97 ab	0.54 b	1.00 bc
	0.05	97 a	0.63 d	1.26 c	100 a	0.52 b	1.00 bc
	0.10	97 a	0.63 d	1.29 c	95 bc	0.52 b	1.00 bc

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

## ② 발아 관련 효소의 활성 변화

Priming 동안에 일어나는 여러 가지 효소의 활성증가는 일반적인 현상이며, 작물에 따라 보고된 효소의 종류는 다르지만, priming 효과가 일어나는 요인중의 하나가 이러한 효소의 활성 증가에 있다고 하여 발아와 관련된 효소의 활성 증가에 큰 의미를 부여하였다. 이러한 효소의 활성 증가는 발아 촉진에 직접적인 영향을 미친다고 볼 수 있기 때문에 발병억제 물질 처리가 가지과 작물인 고추와 파프리카 종자의 발아에 미치는 영향을 밝히고자 발아와 관련된 3가지 효소의 활성을 측정하였다.

Table. 3.17은 고추 종자의 치상 후 6일째 aldolase, ICL 및 IDH 효소 활성을 비교한 결과이다. Aldolase 활성 증가는 저장 탄수화물의 분해 촉진과 더불어 대사작용의 활성화를 유도함으로써 priming에 의한 발아 촉진에 크게 기여할 것으로 사료된다. Aldolase 활성은 물질의 종류 및 처리 농도에 따라 차이가 있었지만, 전반적으로 대조구 종자에 비해 높은 활성을 유지하는 경향을 보였다. 그러나 이러한 활성 증가 양상의 차이에도 불구하고 가장 높은 활성 증가율은 0.01과 0.05mM INA를 처리한 종자에서 96%와 94%로 나타났다. 이러한 활성 차이는 발아 촉진 효과와 밀접한 관계가 있을 것으로 판단되는데, BABA나 JA 처리구의 종자는 이미 발아하였기 때문에 활성이 그렇게 높지 않지만 고농도의 ASM이나 INA 처리구는 발아 속도가 늦기 때문에 상대적으로 높은 것으로 판단된다. ICL 효소 활성 변화는 전반적으로 무처리 종자보다 priming과 priming시 물질 처리 종자에서 높은 활성을 보였다. ICL은 지질 대사작용에 중요한 역할을 한다고 알려져 있는데 이러한 효소 활성 증가는 고추 종자에 존재하는 지질의 분해를 촉진시켜 발아 촉진에 영향을 미친 것으로 사료된다. IDH 효소 활성은 무처리 종자와 비교하여 물질 처리 종자에서 높은 경향을 보였는데, 10mM BABA나 0.1mM INA와 같은 고농도의 물질을 처리 하였을 때 각각 74%와 104%의 증가율을 보여 priming시 물질 처리에 따른 종자의 활력 차이를 알 수 있었다. 또한 0.01mM과 0.1mM JA를 제외한 모든 처리구에서 priming 종자보다 활성이 높아 priming시 물질을 처리하면 종자의 발아 촉진 효과와 동시에 종자의 활력을 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.



Table. 3.17. 발병억제 물질 처리가 고추 종자의 발아관련 효소활성에 미치는 영향.

Treatment		Aldolase	ICL	IDH
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	5.7(100)	4.5(100)	8.4(100)
ASM	0.10	5.8(101)	5.2(114)	13.0(155)
	0.50	10.7(187)	7.8(172)	14.5(173)
	1.00	9.0(159)	6.8(150)	23.3(278)
BABA	0.10	8.7(153)	4.8(107)	12.6(150)
	1.00	7.4(131)	6.7(148)	13.2(157)
	10.0	7.2(127)	5.1(114)	14.6(174)
INA	0.01	11.2(196)	6.0(133)	15.0(179)
	0.05	11.1(194)	9.2(203)	20.2(241)
	0.10	8.5(149)	5.7(127)	17.1(204)
JA	0.01	3.9( 69)	4.2( 92)	7.4( 88)
	0.05	6.4(112)	6.1(135)	12.8(153)
	0.10	4.2( 74)	4.8(106)	9.2(109)

Table. 3.18은 파프리카 종자의 치상 후 2일째 aldolase, ICL 및 IDH 효소 활성을 분석한 결과이다. Aldolase 활성은 ASM 처리시 처리 농도에 따라 활성 차이가 있었는데, 치상 후 2일째 85% 이상 발아하였던 0.1mM ASM 처리는 대조구 대비 활성이 45% 낮았지만 발아율은 차이가 없었다. 발아가 지연되었던 1.0mM ASM 처리구는 대조구 대비 활성이 11% 낮게 나타났다. 반면에 BABA와 JA는 농도에 상관없이 높은 활성을 유지하였는데, 10mM BABA와 0.1mM JA 처리시 대조구 대비 각각 57%와 25% 증가하였다. INA는 낮은 농도를 처리하였을 때 활성이 높았는데, 대조구와 비교하여 106%, 96%, 95%로 큰 차이가 없었다. ICL 활성은 물질을 처리하였을 때 전반적으로 높은 활성을 보였다. 특히 BABA 처리는 모든 처리구에서 대조구 대비 18%, 11%, 51% 증가하였고, JA는 처리 농도에 상관없이 활성 증가율이 높았다. IDH 활성은 BABA, INA 및 JA는 처리 농도에 상관없이 전반적으로 활성 증가율이 높았다. 그러나 ASM은 처리 농도에 따라 활성 차이가 있었는데, 0.5mM ASM은 종자의 발아 촉진과 더불어 활성도 30% 증가하였지만, 0.1mM 처리는 발아율은 대조구와 차이가 없지만 활성은 14%로 낮게 나타났다.

Table. 3.18. 발병억제 물질 처리가 파프리카 종자의 발아관련 효소활성에 미치는 영향.

Treatment		Aldolase	ICL	IDH
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	6.26(100)	7.33(100)	16.84(100)
ASM	0.10	3.42( 55)	4.39( 60)	14.44( 86)
	0.50	6.75(108)	9.39(128)	21.97(130)
	1.00	5.56( 89)	7.37(101)	18.66(111)
BABA	0.10	7.31(117)	8.66(118)	21.73(129)
	1.00	6.93(111)	8.12(111)	19.89(118)
	10.0	9.84(157)	11.07(151)	26.61(158)
INA	0.01	6.64(106)	6.18( 84)	18.50(110)
	0.05	6.04( 96)	6.47( 88)	15.01( 89)
	0.10	5.94( 95)	6.98( 95)	21.23(126)
JA	0.01	6.37(102)	8.23(112)	21.78(129)
	0.05	8.27(132)	9.35(128)	26.24(156)
	0.10	7.84(125)	10.11(138)	16.89(100)

(나) 발병억제 물질 처리가 박과 종자의 발아에 미치는 영향 분석

① 발아율, 평균 발아 소요일수 및 T<sub>50</sub>

발병억제 물질 처리가 오이 종자의 발아에 미치는 영향을 분석한 결과는 Fig. 3.27과 같다. 전반적으로 무처리 종자 대비 발병억제 물질 처리 종자의 치상 후 시기별 발아율 변화 양상에는 큰 차이가 없어 발병억제 물질 처리가 오이 종자의 발아에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 치상 후 1일째 고농도의 ASM과 INA 처리구를 제외한 모든 처리구에서 99% 발아하여 무처리 종자의 99% 발아율 차이가 없었다. 그러나 10mM ASM 처리시 치상 후 2일째 81% 발아했으나 유근이 비정상적으로 발아하였고, 10mM INA 처리에서도 발아는 하였지만 발아된 유근이 정상적인 유근과 달리 비정상적으로 돌출하여 발아에 문제가 있는 것으로 분석되었다.

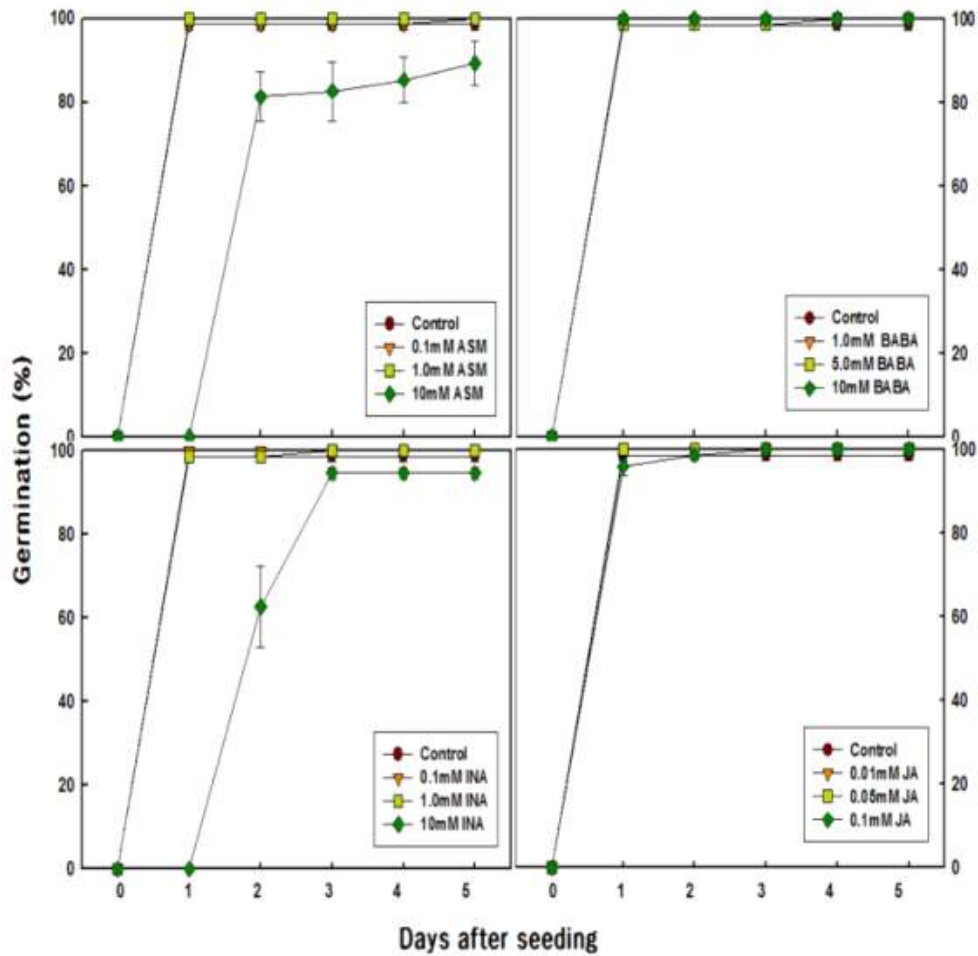


Fig. 3.27. 발병억제 물질 처리가 오이 종자의 발아에 미치는 영향

발병억제 물질 종류와 처리 농도에 따른 멜론 종자의 발아율 변화는 Fig. 3.28과 같다. 오이 종자와는 달리 발병억제 물질 종류 및 농도에 따라 발아율 차이가 심한 것으로 판단되었다. 치상 후 3일째 대조구의 발아율은 92%였는데 비해 0.1mM ASM 처리구에서는 치상 후 3일째 61%에서 5일째에 거의 90% 수준이었고, 1.0mM의 처리구는 4일째까지 21% 이하의 발아율을 보이다가 5일째에 87% 수준으로 분석되어 ASM과 INA의 높은 농도 처리에서는 초기의 발아가 억제되는 경향을 보였다. 또한 10mM ASM 처리구에서는 치상 후 5일째까지 거의 발아하지 않아 지나친 고농도 처리구에서는 발아억제 효과가 뚜렷하여 종자 전처리 물질로 실용화 가능성이 없는 것으로 판단되었다. BABA 처리구에서는 처리 농도와 상관없이 발아율에는 큰 영향을 미치지 않았다. INA 처리시 0.1과 1.0mM 농도에서는 초기 발아가 억제 되는 경향을 보였지만 치상 후 3일째 90% 이상 발아하였다. 그러나 10mM 농도에서는 거의 발아하지 않아 고농도 처리는 발아율에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. JA 처리시에는 전반적으로 시기별 발아율 변화 양상에는 큰 차이가 없었지만 0.05와 0.1mM 농도에서 치상 후 5일째까지 발아율이 약간 감소하는 경향을 보였다

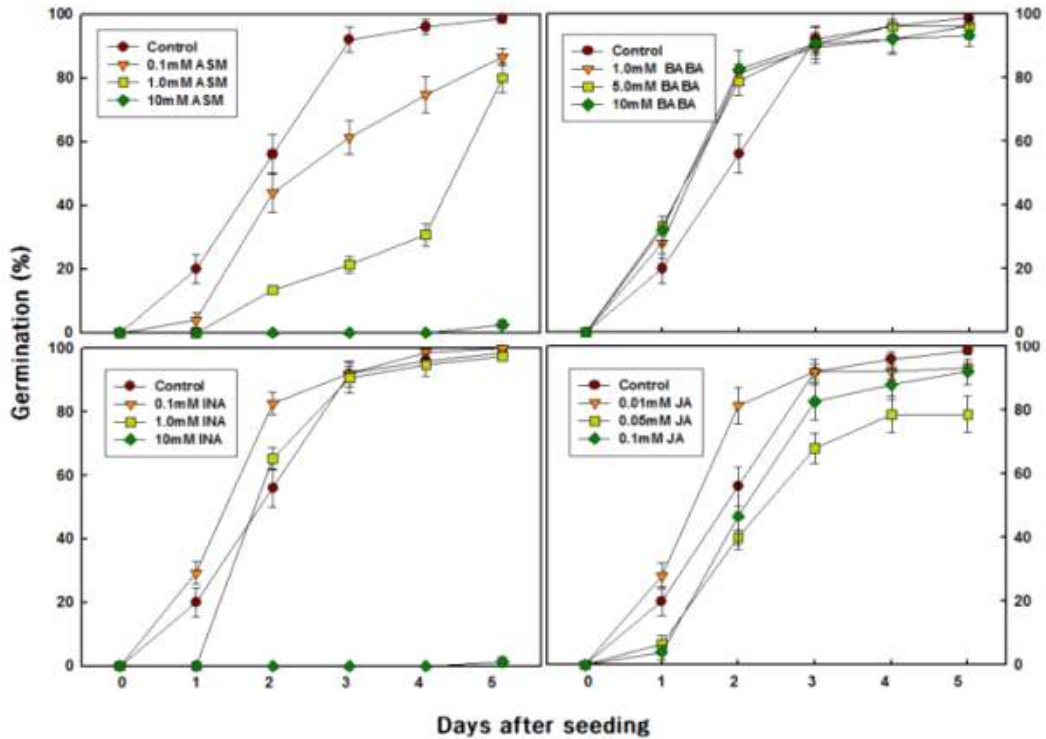


Fig. 3.28. 발병억제 물질 처리가 멜론 종자의 발아에 미치는 영향

Table. 3.19는 오이와 멜론 종자의 발아율,  $T_{50}$  및 평균 발아 소요일수를 분석한 결과이다. 전반적으로 발병억제 물질 처리는 오이 종자의 최종 발아율과 발아 촉진에 큰 영향을 미치지 않았는데, 치상 후 12일째의 최종 발아율은 10mM ASM을 제외한 모든 처리구에서 95% 이상을 보여 오이 종자의 발아율 향상에는 물질이 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 그러나 물질의 종류와 처리 농도에 따라  $T_{50}$ 과 평균 발아 소요일수는 차이가 있어 발아 촉진에는 영향을 미치는 것으로 판단되었다. ASM 10mM 처리구의  $T_{50}$ 과 평균 발아 소요일수는 대조구 대비 각각 1.06일과 1.21일 지연되어 고농도의 ASM 처리는 발아에 문제가 있는 것으로 나타났다. 또한 10mM INA를 처리하면 대조구와 비교하여 평균 발아 소요일수는 1.34일,  $T_{50}$ 은 1.65일 지연되어 고농도의 INA 처리도 발아에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 반면에 멜론 종자는 물질의 종류와 처리 농도에 따라 종자의 발아율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. BABA와 JA 처리구의 발아율은 대조구 대비 큰 차이가 없었지만, 10mM ASM 처리에서는 최종 발아율이 3%였고 10mM INA 처리구에서는 종자가 발아하지 않아 고농도 처리에 의한 발아억제 효과가 뚜렷하게 나타났다.  $T_{50}$ 과 평균 발아 소요일수에서도 BABA와 JA 처리구에서는 농도에 따라 약간의 차이는 있었지만 대조구보다 좋거나 비슷한 결과를 보였다. 특히 ASM과 INA 처리 시 1.0mM 이상의 농도에서는 치상한 종자의 50% 이상이 발아하지 않아  $T_{50}$ 과 평균 발아 소요일수를 계산할 수 없었다. JA는 농도에 따라 발아율 차이가 심했지만 0.01mM JA는 대조구 대비 발아율은 낮지만 유의적 차이 없었으며, 평균 발아 소요일수가 0.46일,  $T_{50}$ 도 0.73일 단축되었다. 그러나 0.05mM JA 처리구는 최종 발아율이 낮으며,  $T_{50}$ 도 0.83일 지연되었다.

Table. 3.19. 발병억제 물질 처리가 오이와 멜론 종자의 발아에 미치는 영향.

Treatment		Cucumber			Melon		
Plant activator	Concentration (mM)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	MGT (Days)
Control	-	99 a	0.52 c	1.00 c	99 a	2.65 c	2.32 b
ASM	0.10	100 a	0.53 c	1.05 c	87 bc	2.64 c	3.55 a
	1.00	100 a	0.52 c	1.00 c	80 c	4.79 a	4.18 a
	10.0	89 b	1.58 b	2.21 b	3 d	-	-
BABA	1.00	100 a	0.52 c	1.00 c	96 ab	1.94 d	1.98 b
	5.00	100 a	0.53 c	1.04 c	96 ab	2.10 cd	1.89 b
	10.0	100 a	0.52 c	1.00 c	93 ab	1.97 d	1.81 b
INA	0.10	100 a	0.52 c	1.00 c	100 a	1.98 cd	2.02 b
	1.00	100 a	0.53 c	1.03 c	97 a	1.78 d	2.43 b
	10.0	95 a	2.17 a	2.34 a	0 d	-	-
JA	0.01	100 a	0.52 c	1.00 c	93 ab	1.92 d	1.86 b
	0.05	100 a	0.52 c	1.00 c	79 c	3.48 b	2.54 b
	0.10	100 a	0.54 c	1.05 c	91 ab	2.29 cd	2.56 b

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

② 발아 관련 효소의 활성 변화

Table. 3.20은 오이 종자의 치상 후 3일째 aldolase, ICL 및 IDH 효소 활성을 분석한 결과인데, aldolase 활성은 모든 처리구에서 대조구보다 높은 경향을 보였다. 전반적으로 ASM 처리구의 활성은 대조구보다 높았는데 발아시 유근의 돌출이 정상적이었던 농도에서는 30% 수준의 활성 증가가 있었지만, 유근이 비정상적으로 돌출하였던 10mM ASM 처리구에서도 대조구 대비 77% 증가하는 경향을 보였다. BABA와 JA 처리시 aldolase 활성은 모든 처리구에서 대조구보다 높은 활성을 보였다. 그러나 INA 처리구에서는 처리 농도에 따라 약간의 활성 차이가 있었는데, 0.1mM 처리구에서는 대조구보다 높았지만 1.0과 10mM을 처리구에서는 대조구와 비슷한 경향을 보였다. ICL 활성도 대조구 대비 발병억제 물질 처리구의 활성이 전반적으로 높은 경향을 보였다. 이상의 결과로 보아 발병억제 물질 처리에 의한 오이 종자의 발아력 억제가 있었던 점을 감안하면 발병억제 물질 처리에 의한 aldolase, ICL 및 IDH의 활성 증가와 발아 촉진에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 판단하기는 어려울 것으로 보인다.

Table. 3.20. 발병억제 물질 처리가 오이 종자의 발아관련 효소활성에 미치는 영향.

Treatment		Aldolase	ICL	IDH
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	5.1(100)	4.0(100)	7.0(100)
ASM	0.10	6.3(123)	6.3(158)	12.7(183)
	1.00	6.8(133)	7.8(196)	15.7(225)
	10.0	9.0(177)	7.1(177)	17.2(246)
BABA	1.00	5.6(111)	10.2(255)	12.3(176)
	5.00	5.7(112)	13.4(335)	9.2(132)
	10.0	7.0(137)	4.7(117)	14.9(213)
INA	0.10	6.1(119)	4.1(101)	7.6(109)
	1.00	5.4(105)	5.1(128)	11.9(171)
	10.0	5.5(108)	5.9(148)	15.6(223)
JA	0.01	5.8(114)	8.0(201)	19.0(272)
	0.05	6.9(135)	8.4(211)	17.8(254)
	0.10	6.4(126)	4.1(103)	8.9(128)

Table. 3.21은 멜론 종자의 치상 후 6일째 aldolase, ICL 및 IDH 효소 활성을 분석한 결과이다. Aldolase는 발아에 문제가 있었던 처리 물질과 농도에서 활성이 낮았는데, 10mM ASM과 INA 처리구는 대조구 대비 활성이 각각 29%와 36% 낮아 발아 촉진 효과를 억제시키는 것으로 분석되었다. 발아에 문제가 없었던 BABA는 모든 처리 농도에서 대조구 대비 높은 활성을 유지하였으며, 10mM 처리구에서도 59% 증가하여 물질 처리에 따라 발아에 영향을 미치지 않았다. JA 처리는 농도에 따른 차이가 심하였으며, 0.05mM 처리구는 대조구 대비 16% 높았다. ICL 활성도 aldolase 활성과 유사한 경향을 보였는데, 발아에 문제가 없었던 처리구에서 발아와 더불어 꾸준한 증가 양상을 보였다. 반면에 발아에 문제가 있던 10mM ASM과 INA는 대조구 대비 각각 29%와 47% 활성이 감소하여 발아에 영향을 미친 것으로 분석되었다. IDH 활성도 발아와 더불어 활성이 증가하는 것으로 나타났지만 물질의 종류와 처리 농도에 따라 활성 차이가 심하였다. 따라서 무병화 종자 가공기술 개발을 위해서는 이러한 효소의 활성과 발아력과의 세부적인 연관관계를 분석할 필요성이 필요하다고 판단된다.

Table. 3.21. 발병억제 물질 처리가 멜론 종자의 발아관련 효소활성에 미치는 영향.

Treatment		Aldolase	ICL	IDH
Plant activator	Concentration (mM)			
Control	-	7.8(100)	7.4(100)	16.0(100)
ASM	0.10	6.9( 88)	6.1( 82)	12.8( 80)
	1.00	9.5(123)	8.5(115)	16.5(103)
	10.0	6.3( 81)	5.3( 71)	12.0( 75)
BABA	1.00	10.7(139)	9.1(123)	17.9(112)
	5.00	12.3(159)	10.2(138)	18.8(118)
	10.0	7.9(102)	7.6(102)	15.2( 95)
INA	0.10	8.2(106)	7.4( 99)	12.6( 79)
	1.00	7.1( 91)	6.2( 84)	9.9( 62)
	10.0	5.0( 64)	4.0( 53)	8.2( 51)
JA	0.01	6.4( 83)	5.3( 72)	9.96( 60)
	0.05	9.0(116)	7.8(105)	12.6( 79)
	0.10	6.3( 82)	5.8( 78)	11.7( 73)

발병억제 물질 처리가 오이 종자의 MDH 동위효소의 활성화에 미치는 영향을 분석한 결과는 Fig. 3.29와 같다. 오이 종자의 MDH는 Rm이 0.06, 0.29, 0.43 및 0.51인 4개의 주된 밴드가 발현하였는데, 전반적으로 치상 후 일수가 경과함에 따라 밴드의 밀도가 증가하는 경향을 보였다. 발아에 문제가 되지 않았던 BABA와 JA 처리구에서는 발아와 더불어 지속적으로 증가하는 경향을 보였지만, ASM과 INA 처리구에서는 처리 농도에 따라 밴드의 밀도 차이가 심하게 나타났다. 발아에 문제가 있었던 10mM ASM과 INA 처리구에서는 치상 후 0일째 밴드와 유사한 banding pattern을 보여 발아가 지연되고 있음을 알 수 있었다. 발아에 문제가 없었던 처리 농도에서 Rm이 0.06과 0.43인 밴드는 치상 후 0일째 대비 3일에는 밀도가 급격하게 증가하는 경향을 보였다.

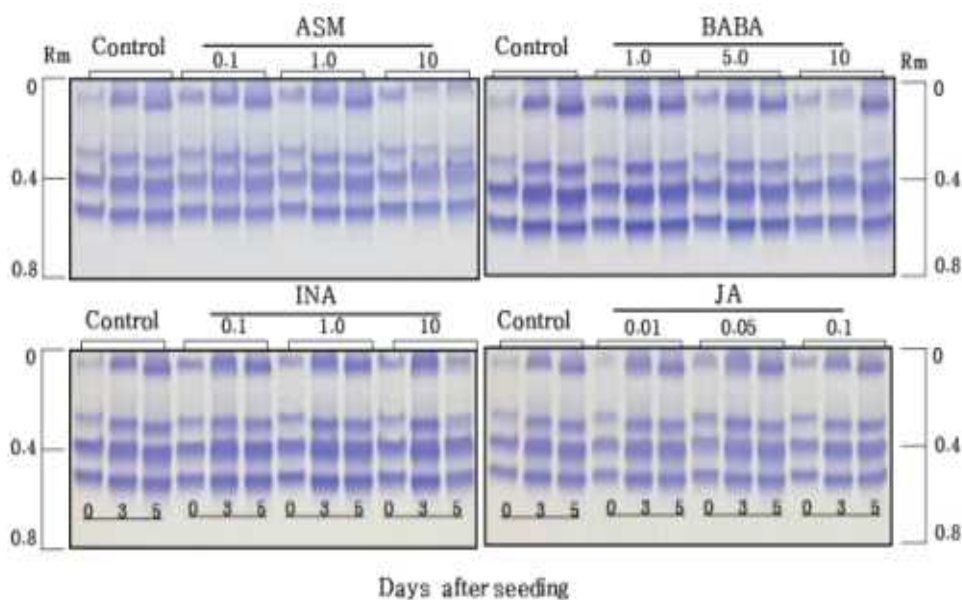


Fig. 3.29. 발병억제 물질 처리에 따른 오이 종자의 발아시기별 MDH banding pattern

Fig. 3.30은 멜론 종자의 발병억제 물질 처리가 MDH 겔 활성 변화에 미치는 영향을 분석한 결과인데, 발병억제 물질 및 처리 농도에 따라 발아에 미치는 영향은 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 멜론 종자의 MDH도 오이 종자와 마찬가지로 Rm이 0.06, 0.29, 0.43 및 0.51인 4개의 주된 밴드가 발현하였다. 발아에 문제가 없었던 처리구의 Rm이 0.06과 0.29인 밴드는 발아초기 증가한 후 감소하였는데, 발아 억제 효과가 있었던 10mM ASM과 INA 처리구는 큰 변화가 없었다. Rm이 0.43인 밴드는 발아 할수록 밴드 밀도가 증가하였으며, BABA는 처리 농도에 상관 없이 밴드 밀도가 증가하여 발아에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. INA 처리는 고농도에서는 발아가 억제되는 경향을 보였지만 1.0mM 이하의 농도에서는 대조구와 유사한 banding pattern을 보여 발아에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

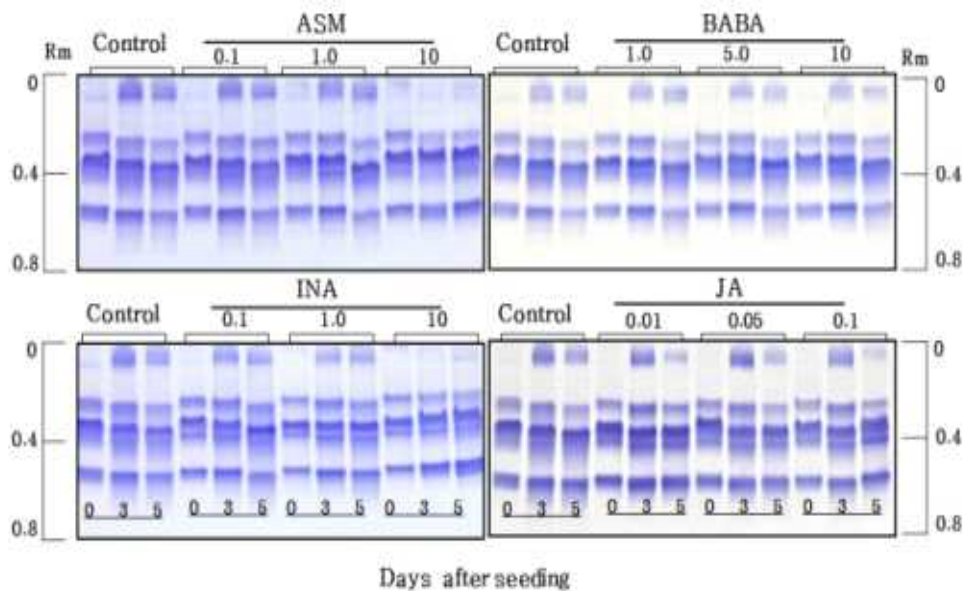


Fig. 3.30. 발병억제 물질 처리에 따른 멜론 종자의 발아시기별 MDH banding pattern

#### 4. Bio-control 종자처리기술 개발

##### 가. 시험재료 및 방법

가지과 작물은 고추(부춘고추, 몬산토코리아)와 토마토(라피토, De Ruiter Seeds)를 공시하였으며 박과작물은 오이(가락만춘오이, 몬산토코리아)와 멜론(엘스타이탄, 몬산토코리아) 및 수박(삼복꿀수박, 몬산토코리아)을 공시하였다. Priming 처리가 필요한 고추, 토마토, 수박은 priming 용액에, priming 처리가 필요하지 않은 오이와 멜론은 증류수에 생리활성물질을 처리하였다. 생리활성물질은 이전 연구결과를 통해 선발한 농도의 GABA, GB, Spd, Spm, JA 및 ALA를 고추는 100mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액으로 5일간, 토마토는 100mM KNO<sub>3</sub> 용액으로 3일간, 수박은 150mM KNO<sub>3</sub> 용액으로 1일 간 처리하였으며, 오이와 멜론은 증류수로 1일간 처리하였다. 처리 후에는 증류수로 2~3번 씻은 다음 25공 플러그 트레이에 상토(파워믹스)를 충전한 후 종자 25립씩 3반복으로 파종하였으며, 파종



후 3주간 자엽이 완전히 전개한 것을 출현한 것으로 간주하여 묘 출현율과 E<sub>50</sub> 및 평균입묘소요일수 (MET)을 조사하였다. 생육조사는 과종 후 가지과(토마토, 고추)는 14일간, 박과(오이, 멜론, 수박)는 25일간 생육시킨 유묘를 이용하여 생체중, 건물중 등을 조사하였다.

## 나. 주요 결과

### (1) 종자 처리 시 입묘 및 초기생육 촉진을 위한 생리활성물질 처리효과 구명

(가) 생리활성물질 처리가 가지과 종자의 입묘에 미치는 영향

고추 종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따라 최종 입묘율의 차이는 크지 않았지만 GABA, GB, spm, ALA 처리구에서 초기 입묘율이 향상된 것으로 나타났다(Fig. 3.31). 생리활성 물질 중 spd와 JA처리구에서는 대조구보다 늦은 입묘와 낮은 입묘율을 보였다.

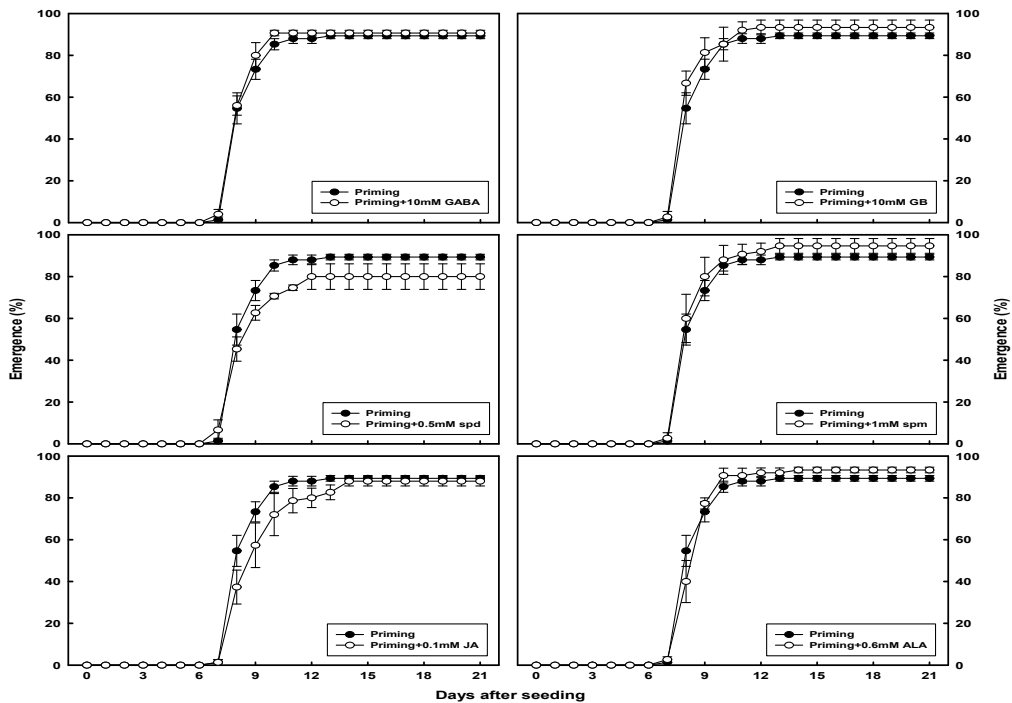


Fig. 3.31. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 입묘에 미치는 영향

생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 고추 종자의 최종 입묘율과 MET 및 E<sub>50</sub>을 나타낸 결과(Table. 3.22), 최종 입묘율은 88%에서 95%로 처리 물질에 따른 큰 차이는 없었으나 생리활성물질 첨가가 입묘율 향상에 영향을 줄 수 있는 것으로 보인다. E<sub>50</sub>은 대조구의 8.05일과 비교하여 GABA처리구는 7.94일과 GB 처리구는 7.80일로 약간 단축됨을 확인할 수 있었지만 MET는 통계적인 유의성을 나타내지 않았다.

Table. 3.22. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Control	89.3 ab	8.05 ab	8.37 a
10mM GABA	90.7 a	7.94 ab	8.26 a
10mM GB	93.3 a	7.80 b	8.25 a
0.5mM spd	80.0 b	8.29 ab	8.54 a
1mM spm	94.7 a	8.03 ab	8.47 a
0.1mM JA	88.0 ab	8.65 a	9.08 a
0.6mM ALA	93.3 a	8.20 ab	8.53 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

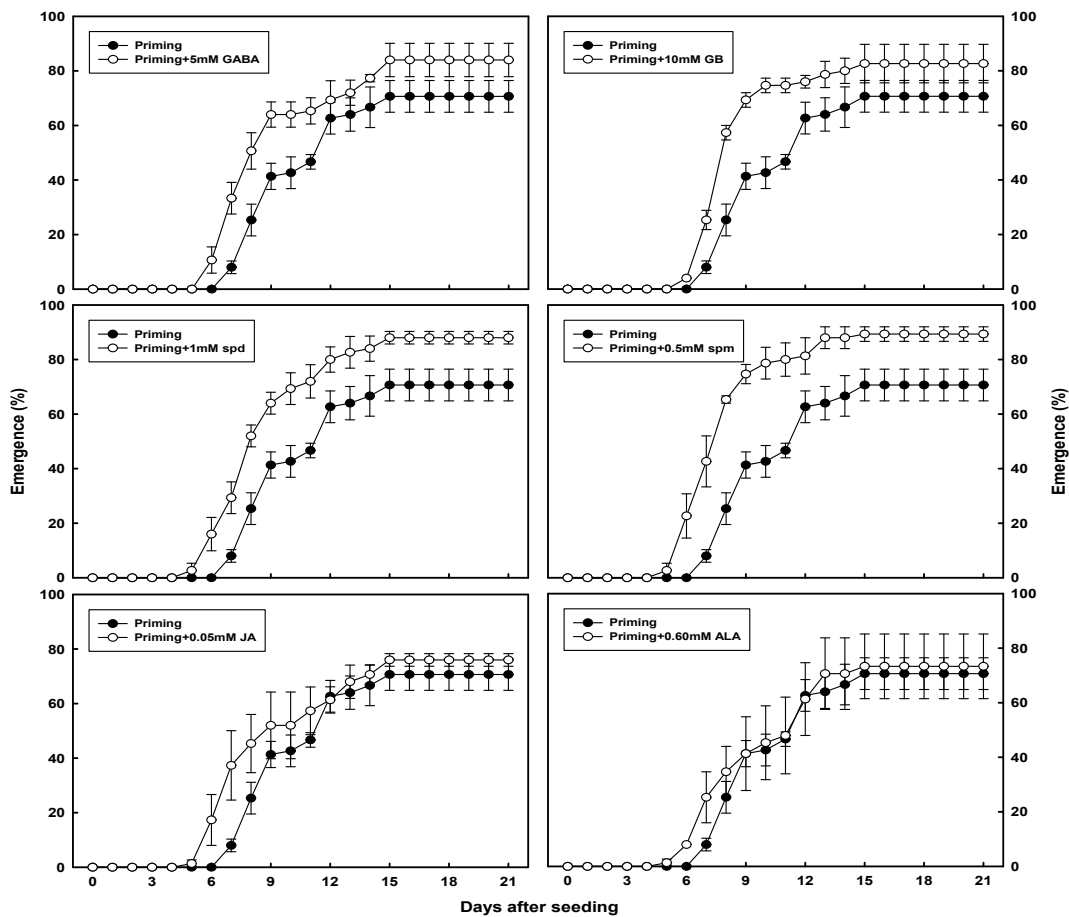


Fig. 3.32. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 입묘에 미치는 영향

토마토 종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따라 대조구와 비교하여 최종 입묘율과 초기 입묘가 향상된 것으로 나타났으며 그 효과는 처리 물질의 종류에 따라서 차이가 있었다(Fig. 3.32). 생리활성물질 중 spm 처리구의 입묘율 향상이 가장 뚜렷하였으며, GABA, GB, spd 처리구의 입묘율 향상 효과는 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 또한 JA와 ALA 처리구에서 대조구보다 초기에 약간 빠른 입묘를 보였으나 최종 입묘율은 차이를 보이지 않았다.

Table. 3.23. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Control	70.7 a	10.40 a	9.74 a
5mM GABA	84.0 a	7.64 bc	8.77 ab
10mM GB	82.7 a	7.36 c	8.24 ab
1mM spd	88.0 a	7.59 bc	8.49 ab
0.5mM spm	89.3 a	6.56 c	7.74 b
0.05mM JA	76.0 a	8.16 abc	8.68 ab
0.6mM ALA	73.3 a	10.19 ab	9.31 ab

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 토마토 종자의 최종 입묘율과 MET 및 E<sub>50</sub>을 나타낸 결과는 Table. 3.23과 같다. 생리활성물질 첨가에 따른 대조구의 최종 입묘율 71%와 비교하여 처리구는 73%에서 89%로 나타나 처리 물질에 따라 입묘율에 미치는 영향이 다른 것으로 분석되었다. E<sub>50</sub>은 대조구와 비교하여 2~5일 단축에 효과적이었으며, MET는 3~5일 정도 단축시키는 것으로 나타나 생리활성물질 처리가 빠른 입묘를 유도하는 것으로 나타났다.

(나) 생리활성물질 처리가 박과 종자의 입묘에 미치는 영향

생리활성물질 첨가에 의한 발아 축진이 포장조건에서도 유지되는지를 검정하고자 포장검정을 실시하였다. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 입묘율에 미치는 영향을 분석한 결과는 Fig. 3.33과 같다. 오이 종자의 생리활성물질 처리에 따른 최종 입묘율은 대조구와 비슷하게 나타났으나 ALA 처리구에서 초기 입묘율이 향상된 것으로 나타났다. spd 처리구는 대조구와 비교하여 최종 입묘율에는 차이가 없었으나, 생육기간 동안 입묘가 지연되는 경향이였다.

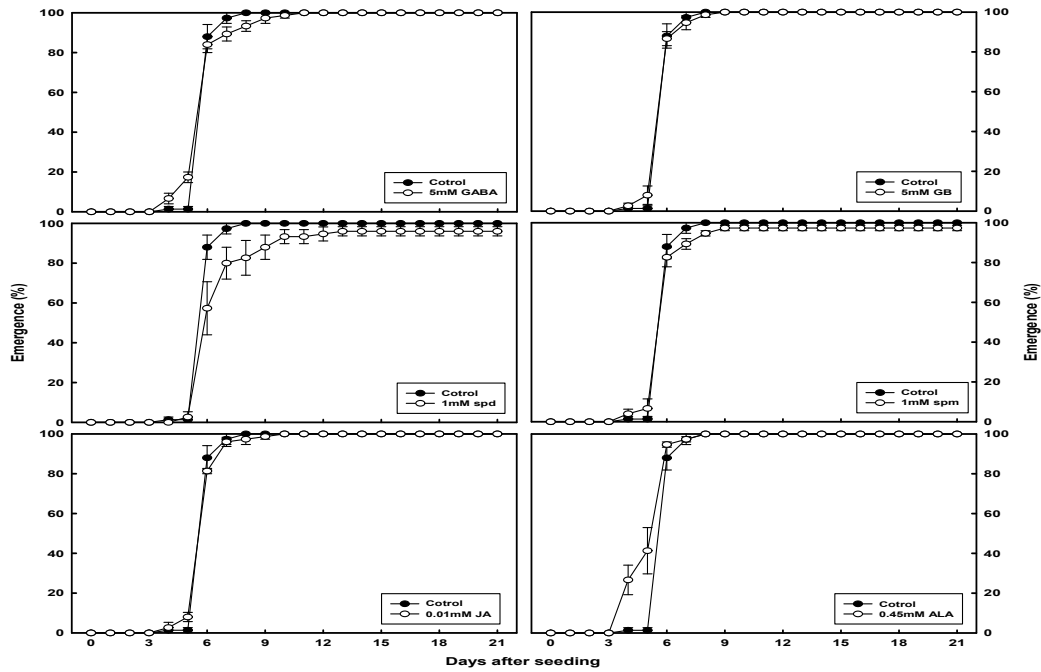


Fig. 3.33. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 입묘에 미치는 영향

오이 종자의 생리활성물질 처리에 의한 최종 묘출현율과 E<sub>50</sub> 및 MET를 분석한 결과(Table. 3.24), 오이 종자의 최종 묘출현율은 96% 이상으로 대조구와 비교하여 차이가 없었다. E<sub>50</sub>의 경우 spd 처리가 대조구와 비교하여 0.5일 정도 느렸고, ALA처리는 0.5정도 빠른 것으로 나타났고, MET도 6.47일로 나타난 spd를 제외한 처리구에서 대조구와 유사해 나타나 생리활성물질 처리가 묘출현에 미치는 효과가 미미하였다.

Table. 3.24. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Control	100.0 a	5.36 b	5.75 b
5mM GABA	100.0 a	5.27 b	5.82 b
5mM GB	100.0 a	5.29 b	5.70 b
1mM spd	96.0 b	5.86 a	6.47 a
1mM spm	97.3 ab	5.32 b	5.78 b
0.01mM JA	100.0 a	5.30 b	5.77 b
0.45mM ALA	100.0 a	4.86 b	5.39 b

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

멜론 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 입묘율을 나타낸 결과는 Fig. 3.34와 같다. 멜론 종자의 파종 후 6일째부터 입묘하기 시작하여 최종 입묘율은 대조구와 비교하여 차이는 없었으나 JA와 ALA 첨가가 초기 입묘율을 향상시키는 것으로 나타났다. spm 처리구는 대조구와 유사하

였고, GABA, GB와 spd 처리구는 대조구와 비교하여 늦은 입묘를 보였다.

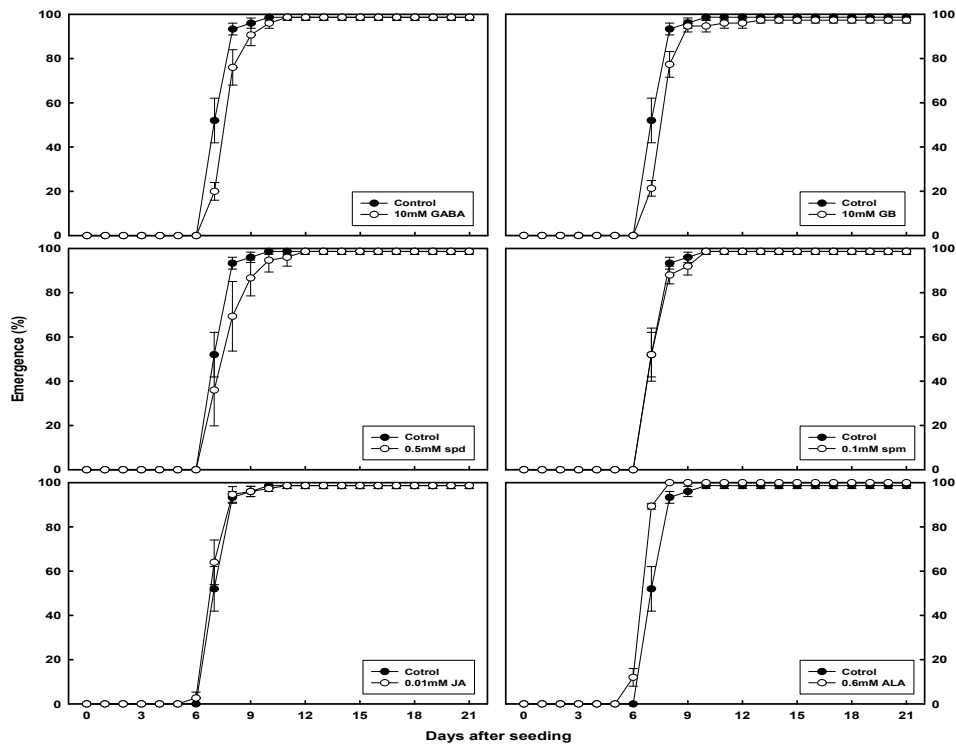


Fig. 3.34. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 입묘에 미치는 영향

Table. 3.25. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Control	98.7 a	7.05 ab	7.40 ab
10mM GABA	98.7 a	7.53 a	7.91 a
10mM GB	97.3 a	7.49 a	7.87 a
0.5mM spd	98.7 a	7.61 a	7.95 a
0.1mM spm	98.7 a	7.17 ab	7.44 ab
0.01mM JA	98.7 a	6.87 b	7.22 bc
0.6mM ALA	100.0 a	6.59 b	6.81 c

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

멜론 종자의 최종 입묘율과 E<sub>50</sub> 및 MET를 확인한 결과는 Table. 3.25와 같다. 대조구를 포함한 모든 처리구의 최종 입묘율은 97% 이상으로 생리활성물질 처리에 따른 입묘 차이는 나타나지 않았다. 그러나 E<sub>50</sub>의 경우 대조구의 7.05일과 비교하여 ALA처리에서 6.59일, JA처리에서 6.87일로 단축되었고, 나머지 처리구는 대조구보다 오히려 지연되는 경향이였다. MET 또한 E<sub>50</sub>과 마찬가지로 JA와 ALA에서 단축 효과를 확인할 수 있었다.

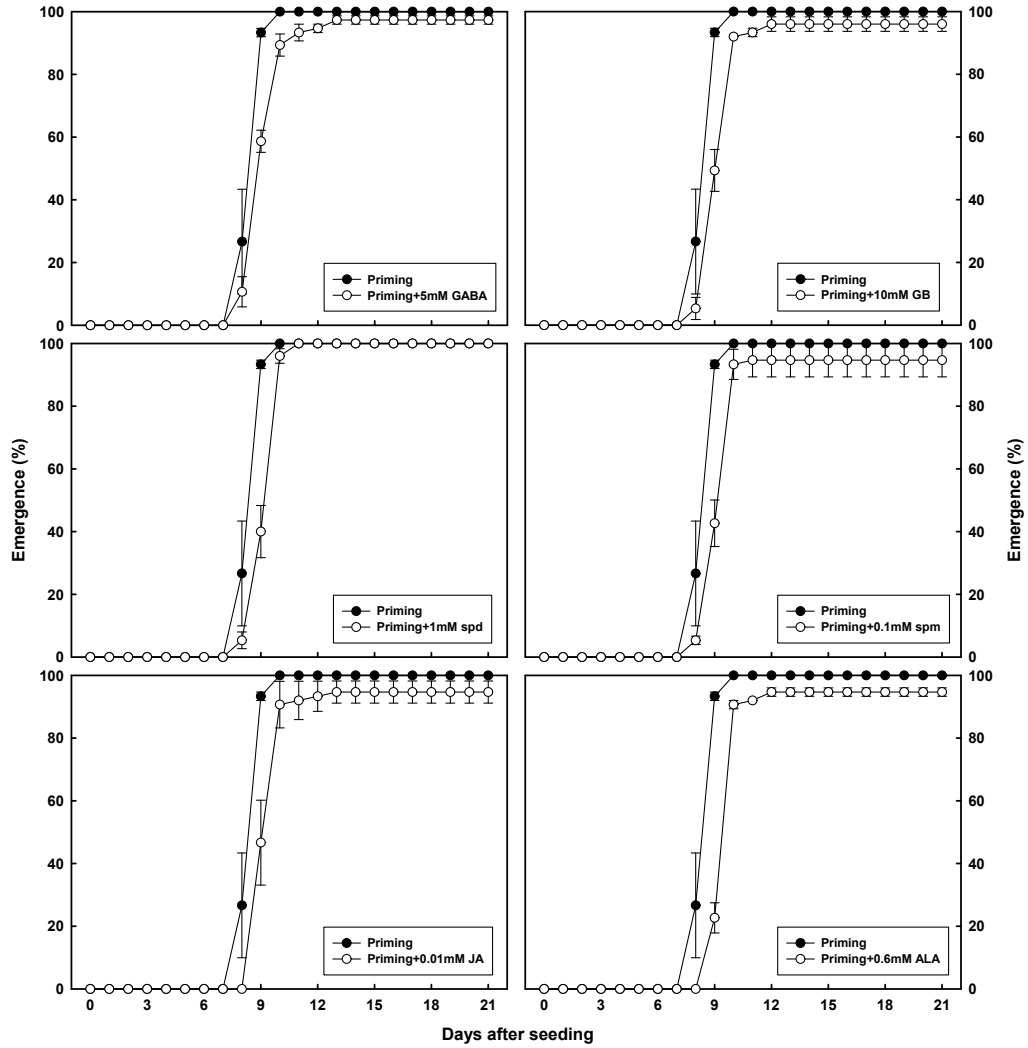


Fig. 3.35. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 입묘에 미치는 영향

수박 종자의 priming시 생리활성물질 첨가에 따른 입묘율 결과는 다음과 같다(Fig. 3.35). 8일째부터 입묘하기 시작하여 대조구는 9일, 처리구는 10일 째 90% 이상 입묘하였으나 처리간에 차이는 없었다. 그러나 GABA와 GB 첨가는 조기 입묘를 유도하여 초기 입묘율 향상에 영향을 미치는 것으로 나타나 발아를 단축시킨 발아율 조사결과와 유사하였다. 또한 ALA의 초기 입묘율도 대조구와 비교하여 높게 나타났으나 ALA 처리구에서 비교적 입묘가 지연되는 경향이 있었다. Spd와 Spm 처리구의 경우 대조구와 비교하여 빠른 묘 출현을 보이기는 했으나 뚜렷한 차이는 없었다.

Table. 3.26. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 입묘에 미치는 영향.

Treatment	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MET (days)
Control	100.0 a	8.37 c	8.62 b
5mM GABA	97.3 a	8.74 bc	9.14 a
10mM GB	96.0 a	8.97 ab	9.17 a
1mM spd	100.0 a	9.08 ab	9.24 a
0.1mM spm	94.7 a	9.05 ab	9.15 a
0.01mM JA	94.7 a	9.03 ab	9.33 a
0.6mM ALA	94.7 a	9.20 a	9.42 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

Table. 3.26은 수박 종자의 최종 입묘율과 E<sub>50</sub> 및 MGT를 분석한 결과이다. 대조구의 E<sub>50</sub>은 8.37일 소요되었으나, 생리활성물질 처리 종자는 ALA 처리구에서 8.4일 소요되어 E<sub>50</sub>이 2일 단축되었으며, MGT 또한 2일 정도 단축되는 효과를 확인할 수 있었다. 그러나 Spd와 JA의 E<sub>50</sub>은 대조구와 유의차를 보이지 않았다. 대조구의 MET와 비교하여 GABA와 GB 및 ALA 처리구의 경우 1일 이상 단축되는 경향이었으며, 전체적인 입묘 향상 효과는 ALA에서 나타났다.

Table. 3.27. 생리활성물질 처리가 고추 종자의 초기 생장에 미치는 영향

Treatment	Plant height (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Dry matter (%)
Priming	4.90 a	11.57 a	0.92 a	0.09 a	9.20 a
Priming+10mM GABA	4.92 a	12.85 a	0.93 a	0.09 a	9.59 a
Priming+10mM GB	4.92 a	14.27 a	0.86 a	0.08 a	9.97 a
Priming+0.5mM spd	5.28 a	13.27 a	1.04 a	0.10 a	9.88 a
Priming+1mM spm	5.18 a	13.48 a	1.01 a	0.10 a	9.35 a
Priming+0.1mM JA	5.27 a	13.20 a	0.91 a	0.09 a	10.31 a
Priming+0.6mM ALA	5.23 a	11.87 a	0.91 a	0.09 a	10.36 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

(다) 생리활성물질 처리가 가지과 종자의 초기 생장에 미치는 영향

입묘율 향상의 효과가 초기 성장까지 이어질 수 있는지를 확인하기 위하여 고추 종자를 파종하여 25일 간 생장시킨 후 생장조사를 실시하였다. 고추 종자를 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 결과(Table. 3.27), 파종 25일 째 고추의 생체중은 대조구의 식물체당 0.92g과 비교하여 0.5mM Spd 처리구의 생체중은 식물체당 1.04g으로 약간 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 대부분의 생리활성물질 처리구는 대조구와 비교하여 생체중, 건물중, 건물률에서 통계적인 유의성이 나타나지 않았다.

Table. 3.28. 생리활성물질 처리가 토마토 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment	Plant height (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Dry matter (%)
Priming	8.97 a	19.82 a	3.05 a	0.28 ab	8.95 b
Priming+5mM GABA	9.30 a	24.43 a	2.72 ab	0.31 a	11.82 a
Priming+10mM GB	8.85 ab	27.30 a	1.97 c	0.23 ab	11.55 a
Priming+1mM spd	7.27 c	25.20 a	2.13 bc	0.28 ab	12.92 a
Priming+0.5mM spm	7.95 bc	24.95 a	1.70 c	0.21 b	12.24 a
Priming+0.05mM JA	7.07 c	21.40 a	1.62 c	0.21 b	13.11 a
Priming+0.6mM ALA	7.38 c	16.95 a	1.86 c	0.24 ab	12.68 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

토마토 종자를 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리하여 25일 간 성장시킨 후 성장조사를 실시한 결과 토마토의 생장은 대조구와 비교하여 처리구에서 감소하였다(Table. 3.28). 5mM GABA 처리구의 경우 대조구와 비교하여 초장과 생체중에서 비슷한 생장을 나타냈지만 나머지 처리구에서는 생육이 감소한 것으로 나타났다.

Table. 3.29. 생리활성물질 처리가 오이 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment	Plant height (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Dry matter (%)
Control	3.42 b	13.93 a	1.40 cd	0.13 bc	9.28 ab
10mM GABA	3.52 b	16.93 a	1.30 cd	0.13 bc	10.23 a
5mM GB	3.45 b	14.70 a	1.29 d	0.13 bc	10.29 a
1mM spd	3.45 b	13.55 a	1.30 cd	0.12 c	8.97 bc
1mM spm	3.85 a	14.77 a	1.70 b	0.14 bc	7.97 c
0.01mM JA	3.58 ab	16.43 a	1.60 bc	0.15 b	9.27 ab
0.45mM ALA	4.18 a	15.25 a	2.03 a	0.18 a	8.87 bc

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

(라) 생리활성물질 처리가 박과 종자의 초기 생장에 미치는 영향

입묘율 향상의 효과가 초기 성장까지 이어질 수 있는지를 확인하기 위하여 오이 종자를 파종하여 25일 간 성장시킨 후 성장조사를 실시하였다. 오이 종자에 생리활성물질을 처리한 결과 오이의 생장은 대조구와 비교하여 일부 처리구에서 향상되었다(Table. 3.29). 초장과 생체중에 있어서 spm, JA와 ALA 첨가는 생육 촉진 효과가 있는 것으로 나타났으며, 그 효과는 생체중



증가로 이어짐을 확인할 수 있었다.

Table. 3.30. 생리활성물질 처리가 멜론 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment	Plant height (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Dry matter (%)
Control	3.28 bc	13.68 a	1.03 a	0.07 a	6.58 b
10mM GABA	3.40 ab	16.88 a	0.99 ab	0.08 a	7.57 ab
10mM GB	3.67 a	16.90 a	1.01 ab	0.07 a	6.97 ab
0.5mM spd	2.98 c	14.77 a	0.98 ab	0.07 a	7.46 ab
0.1mM spm	2.97 c	16.07 a	0.99 ab	0.07 a	7.38 ab
0.01mM JA	3.18 bc	18.42 a	0.76 b	0.06 a	7.96 a
0.6mM ALA	3.50 ab	18.82 a	0.99 ab	0.08 a	8.12 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

생리활성물질을 첨가한 멜론 종자를 파종 후 14일 간 성장시킨 결과는 Table. 3.30과 같다. 대조구와 비교하여 GABA, GB, ALA 첨가는 초장이 증가하였으며, spd와 spm 첨가는 감소하였다. 근장과 건물률은 통계적인 유의성이 나타나지 않았으며, 건물률의 경우 대조구와 비교하여 처리구에서 높은 것으로 나타난다. 0.01mM JA처리구는 초장에서는 대조구와 차이가 없었지만 생체중은 30% 정도 적어 생육촉진을 위한 생리활성물질로서 부적합하다고 여겨진다.

Table. 3.31. 생리활성물질 처리가 수박 종자의 초기 생장에 미치는 영향.

Treatment	Plant height (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Dry matter (%)
Priming	3.20 bc	8.93 ab	0.63 a	0.06 ab	9.52 bc
Priming+5mM GABA	3.37 abc	12.52 a	0.55 ab	0.05 bc	9.10 bc
Priming+10mM GB	3.57 a	10.12 ab	0.48 b	0.04 c	9.02 bc
Priming+1mM spd	3.67 a	9.27 ab	0.47 b	0.05 bc	10.25 bc
Priming+0.1mM spm	3.50 ab	7.87 b	0.63 a	0.05 bc	7.74 c
Priming+0.01mM JA	3.48 abc	9.68 ab	0.47 b	0.05 bc	10.96 ab
Priming+0.6mM ALA	3.13 c	10.25 ab	0.53 b	0.07 a	12.96 a

\* Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

수박 종자를 파종하여 14일 간 성장시킨 후 성장조사를 실시한 결과는 Table. 3.31과 같다. 수박 종자를 생리활성물질을 첨가하여 priming 처리한 결과, 수박의 초장은 대조구와 비교하여 처리구에서 향상되었으나 0.6mM ALA 처리구에서는 오히려 대조구보다 초장이 감소하였다.

생체중의 경우 대조구와 0.1mM spm 처리구는 차이가 없었지만 나머지 처리구에서는 감소하였다.

## 5. 새싹채소 종자의 생육촉진을 위한 Bio-control 종자처리 기술 개발

### 가. 시험재료 및 방법

시험재료는 (주)다농의 새싹배추, 새싹양배추, 새싹알팔파를 사용하여 치상온도별 생리활성물질 처리에 따른 발아율을 조사하였다. 대조구로 4℃에 보관 중인 종자를 이용하였으며, 증류수와 생리활성물질을 처리하였다. 생리활성물질은 GABA, GB, spd, spm를 각각 3농도로 조절하여 15mL 용액과 함께 20℃ 암상태에서 6시간 동안 처리하였다. 처리 후에는 증류수로 2~3번 씻은 다음 petri dish에 흡습지(NO. 2, Whatman)를 깔고 종자 50립씩 3반복으로 치상하여 10, 20 및 30℃에서 발아실험을 수행하였다. 발아실험은 유근이 1mm 이상 신장된 것을 발아한 종자로 간주하여 발아율과 T<sub>50</sub> 및 평균발아소요일수(mean germination time, MGT)을 조사하였다. 새싹채소의 경우 일반적으로 4~7일 이내에 식용가능하기 때문에 7일째 최종발아율을 조사하였다. 초기 발아율 향상을 확인하기 위하여 처음 2일간은 12시간 간격으로 조사하였으며, 치상 후 7일째 총생체중을 측정하였다. 발아율, T<sub>50</sub>, 평균 발아 소요일수 및 통계분석은 '발아촉진과 활력증진을 위한 priming 최적 조건 분석'에서와 동일한 방법으로 수행하였다.

### 나. 주요 결과

#### (1) 새싹채소 종자의 발아특성

새싹채소는 짧은 생육주기를 가지고, 생육 환경에 영향을 많이 받기 때문에 생산이 계획적으로 이루어져야 한다. 따라서 새싹채소종자의 발아 특성을 이해하기 위하여 주요 새싹채소로 이용되는 작물인 알팔파, 배추, 양배추의 발아온도에 따른 발아율 차이를 조사하였다. 전반적으로 온도가 낮아질수록 발아가 지연되는 경향이었으나 그 속도는 작물 간 차이가 있었다(Fig. 3.36). 알팔파의 초기 생육이 가장 빨랐으며, 배추는 초기 생육이 지연되었다. 알팔파종자의 경우 20℃와 30℃ 처리에서 1일째 대부분의 종자가 발아하여 높은 발아율을 보였고, 10℃ 처리에서는 2일정도 발아가 지연되어 3일째에 대부분이 발아하였다. 배추 종자는 알팔파 종자와 비슷한 경향이었는데 20℃ 처리에서 30℃와 비교하여 다소 발아가 늦기는 했지만 1.5일 이후 대부분 발아하였고, 10℃ 처리에서는 3일째부터 발아하였지만 최종 발아율은 세 온도 중 가장 높게 나타났다. 양배추 종자는 20℃와 30℃처리 간에 차이가 없었으며, 10℃ 처리에서 5일째부터 약간씩 발아하기 시작했으나 발아율이 현저히 떨어지는 것으로 나타났다.

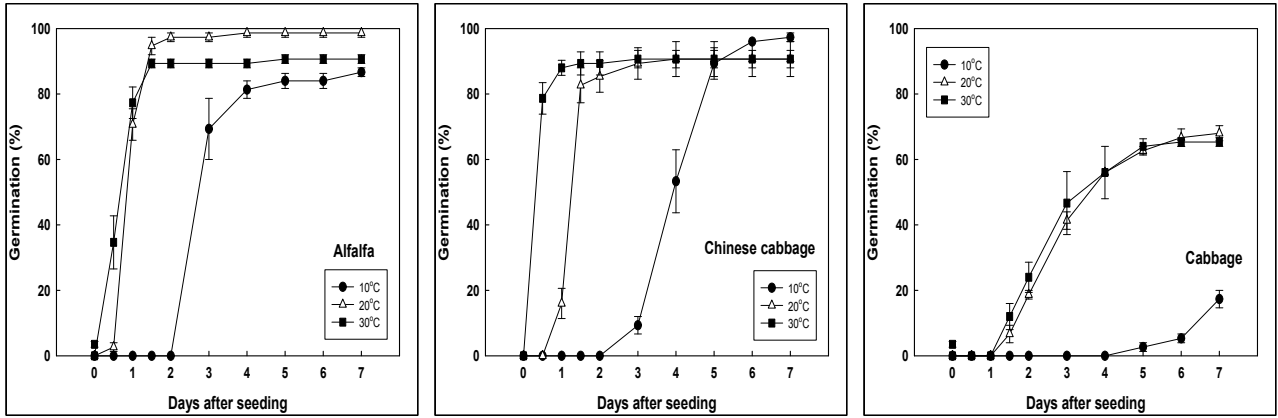


Fig. 3.36. 발아 온도에 따른 새싹채소 종자의 발아율

## (2) 생리활성물질 처리가 새싹채소 종자의 발아에 미치는 영향

Fig. 3.37은 발아온도 10°C에서 알팔파 새싹종자의 발아율을 나타낸 결과로 물질의 종류와 농도에 따라서 초기발아율이나 최종 발아율에 차이를 보였다. GABA와 GB처리구는 발아기간 동안 대조구와 비교하여 비슷하거나 낮은 발아율을 보였고, spd와 spm처리구는 치상 후 2일까지 대조구보다 조기 발아하였으나 그 이후부터 발아폭이 감소하여 대조구와 비슷하거나 낮은 발아율을 나타냈다.

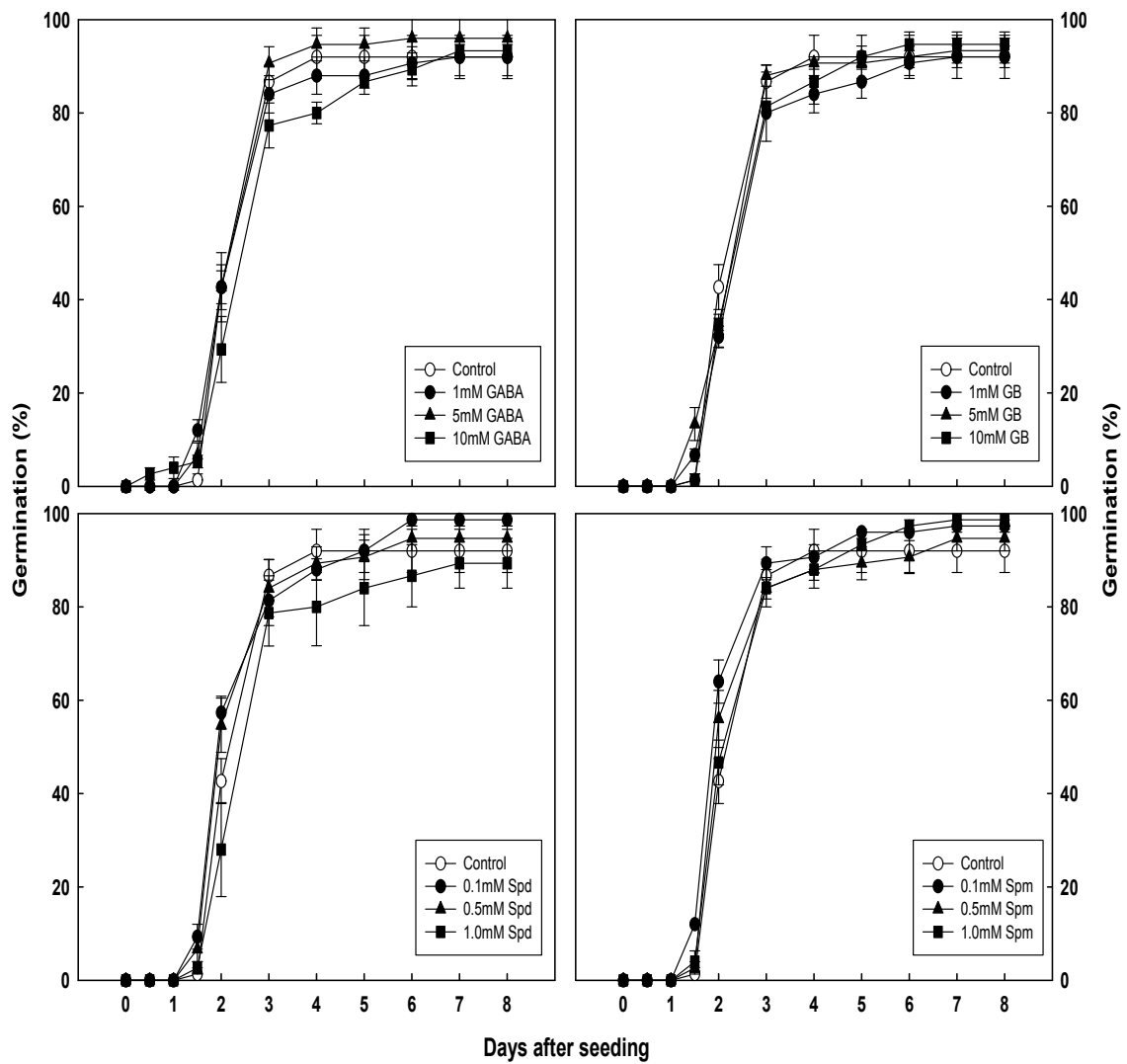


Fig. 3.37. 생리활성물질 첨가에 따른 10°C에서 알팔파새싹채소 종자의 발아율

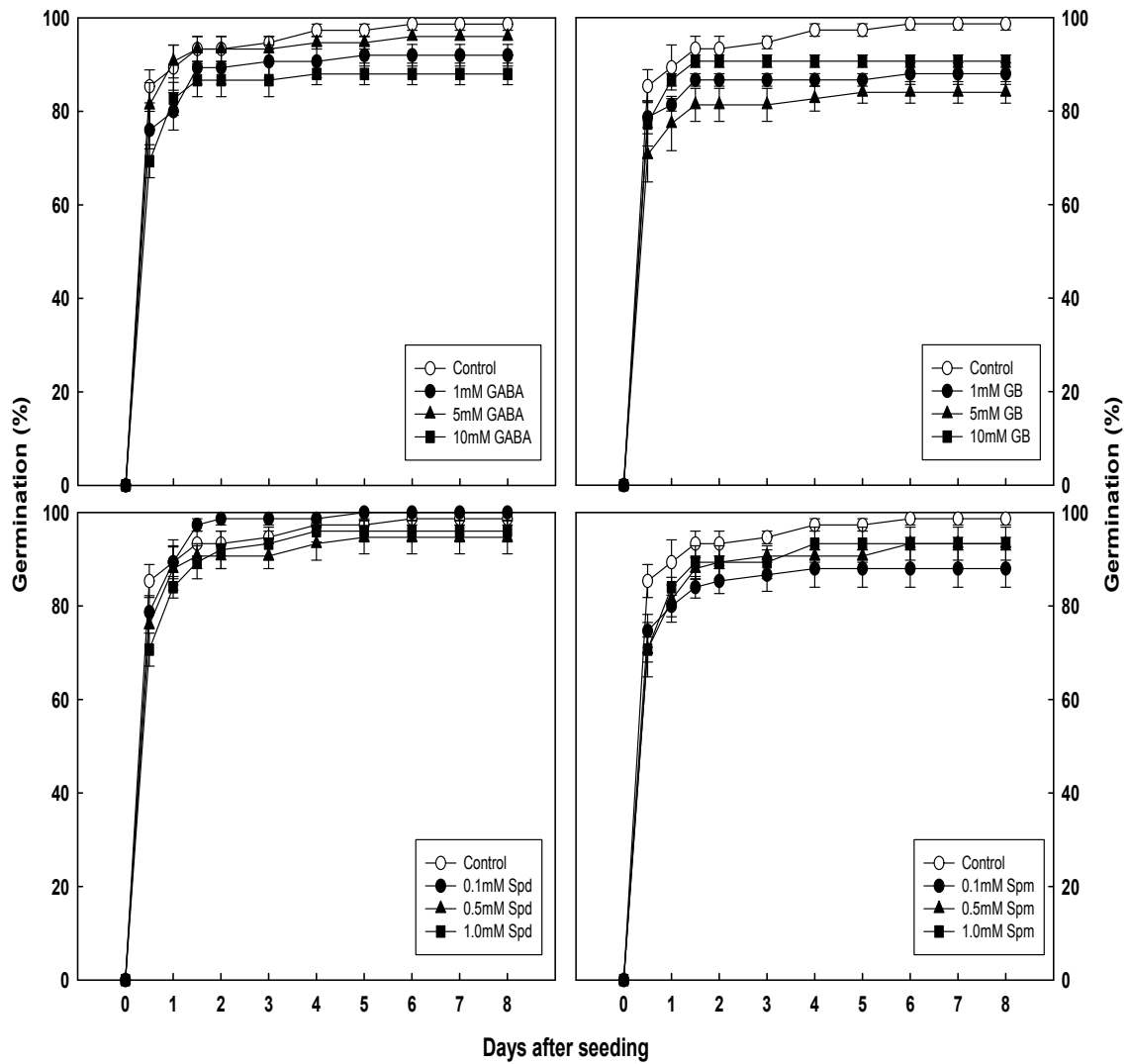


Fig. 3.38. 생리활성물질 첨가에 따른 20°C에서 알팔파새싹채소 종자의 발아율

Fig. 3.38은 알팔파새싹채소 종자에 생리활성물질을 첨가하여 20°C에서 발아시킨 결과이다. 대조구와 모든 처리구에서 1일째 80% 이상 발아하였으나 저농도 spd를 제외한 처리구의 발아율은 대조구에 비해 낮았다. 대체로 GB와 spm처리에서는 초기 발아속도와 최종 발아율이 감소하는 것으로 나타났다.

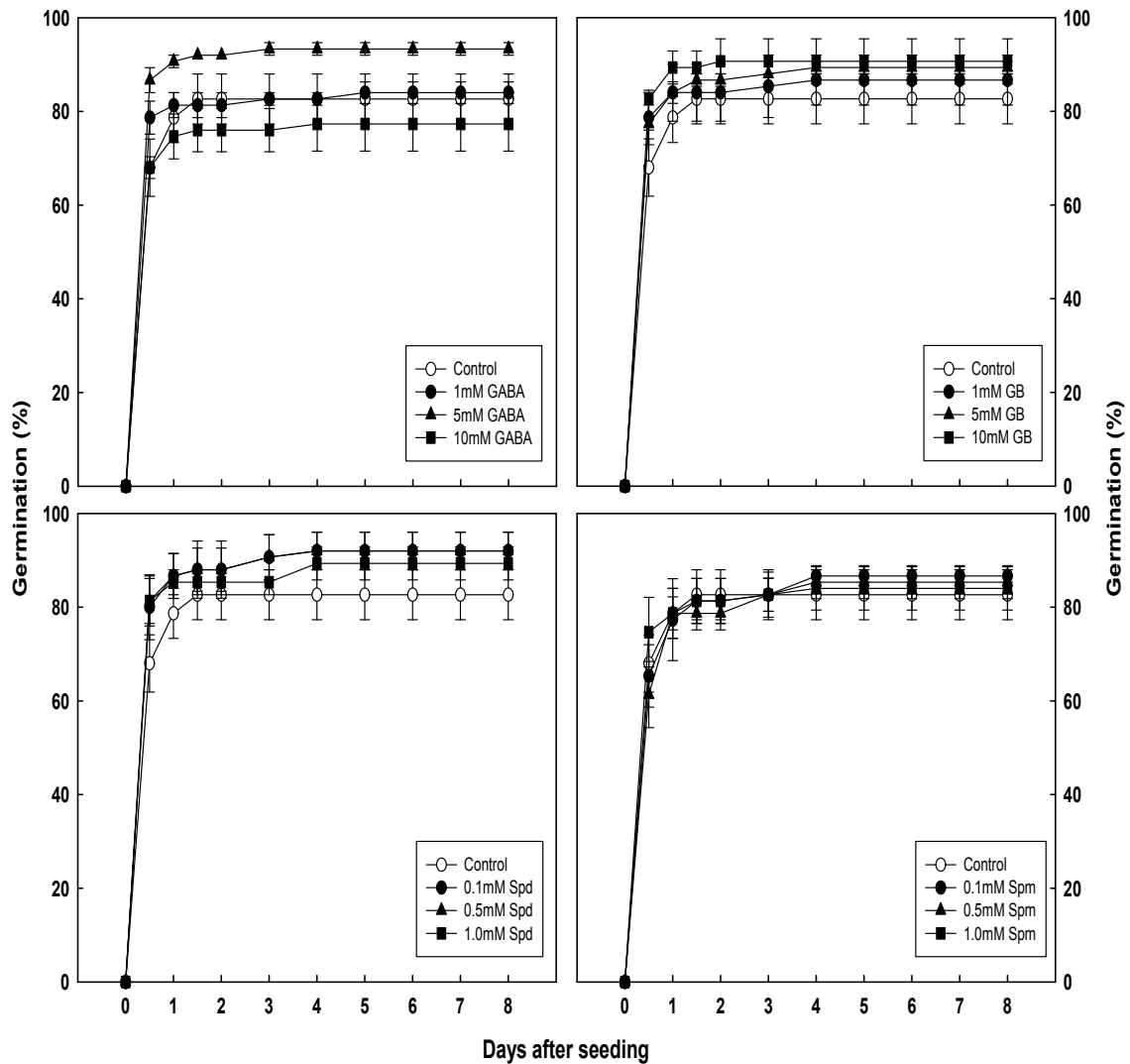


Fig. 3.39. 생리활성물질 첨가에 따른 30℃에서 알팔파새싹채소 종자의 발아율

알팔파새싹채소 종자에 생리활성물질을 첨가하여 30℃에서 발아시킨 결과 생리활성물의 종류와 농도에 따라 차이가 있었다(Fig. 3.39). 가장 큰 효과는 5mM GABA에서 나타났는데 치상 후 1일째 91%의 발아율로 대조구의 79%와 비교하여 조기 발아하여 고온에서 가장 효과적이었다. 또한 GB와 spd 처리에서도 생육 촉진 효과를 확인할 수 있었지만 spm처리는 대조구와 비슷하게 발아하여 고온에서의 발아촉진에 효과가 없었다.

대체적으로 알팔파새싹채소 종자의 경우 온도에 관계없이 5mM GABA가 조기 발아와 최종 발아율 향상에 효과적이었다. 따라서 이러한 효과가 초기 생육까지 이어지는지 확인하기 위한 생육조사를 실시하여 확인할 필요가 있다.

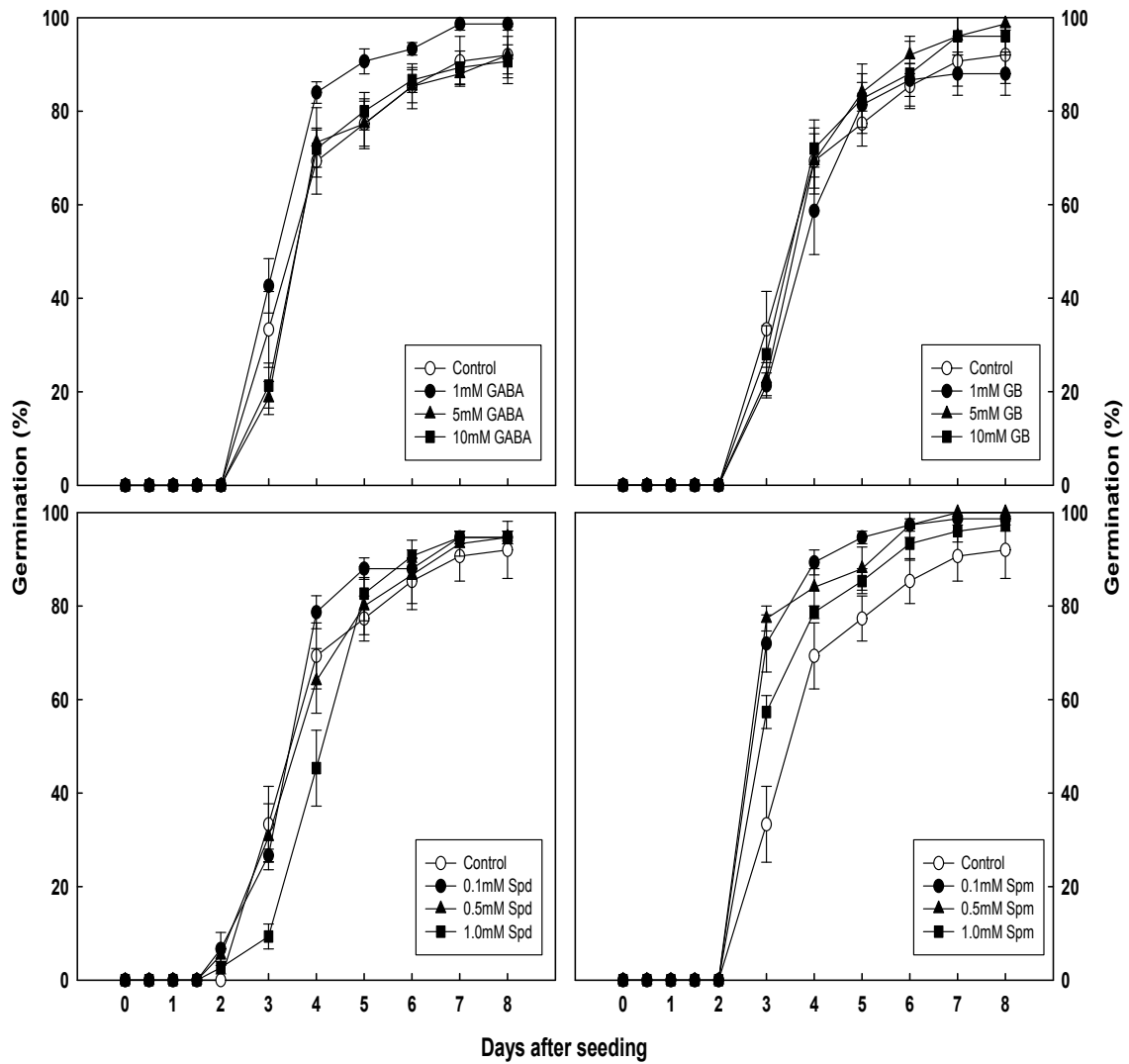


Fig. 3.40. 생리활성물질 첨가에 따른 10°C에서 배추새싹채소 종자의 발아율

Fig. 3.40은 생리활성물질 첨가에 따른 10°C에서 배추새싹채소 종자의 발아율 결과로 생리활성물질의 종류와 농도에 따라서 발아에 영향을 미쳤다. 저농도 GABA 첨가는 대조구와 비교하여 조기 발아와 발아율이 향상되었고, 나머지 처리구에서는 대조구와 비슷한 경향이었다. GB와 spd 처리는 대조구와 비슷하거나 낮은 발아를 보였고, spm 처리는 세농도 모두 대조구보다 빠른 발아와 발아율 향상에 효과 있었다.

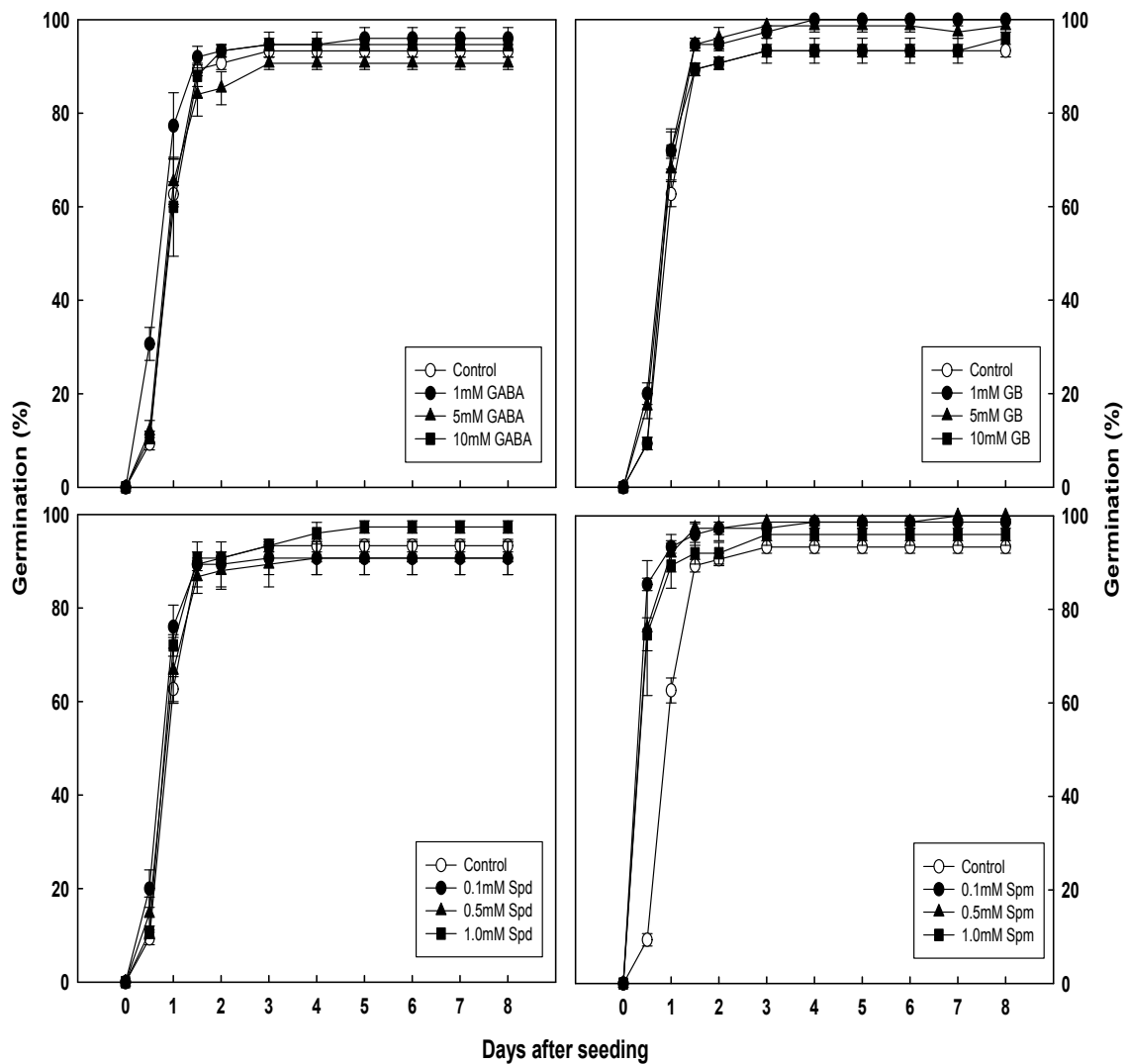


Fig. 3.41. 생리활성물질 첨가에 따른 20℃에서 배추새싹채소 종자의 발아율

생리활성물질을 첨가시킨 배추새싹채소 종자를 20℃에서 발아시킨 결과는 Fig. 3.41과 같은데, 10℃의 결과와 유사하였다. 20℃에서는 85% 이상의 높은 발아를 보였는데, GABA, GB, spd는 대조구와 유사하게 발아했지만 spm처리는 세농도 모두에서 0.5일째 대부분 발아하여 다른 생리활성물질과 비교하여 조기 발아에 큰 효과를 보였다.



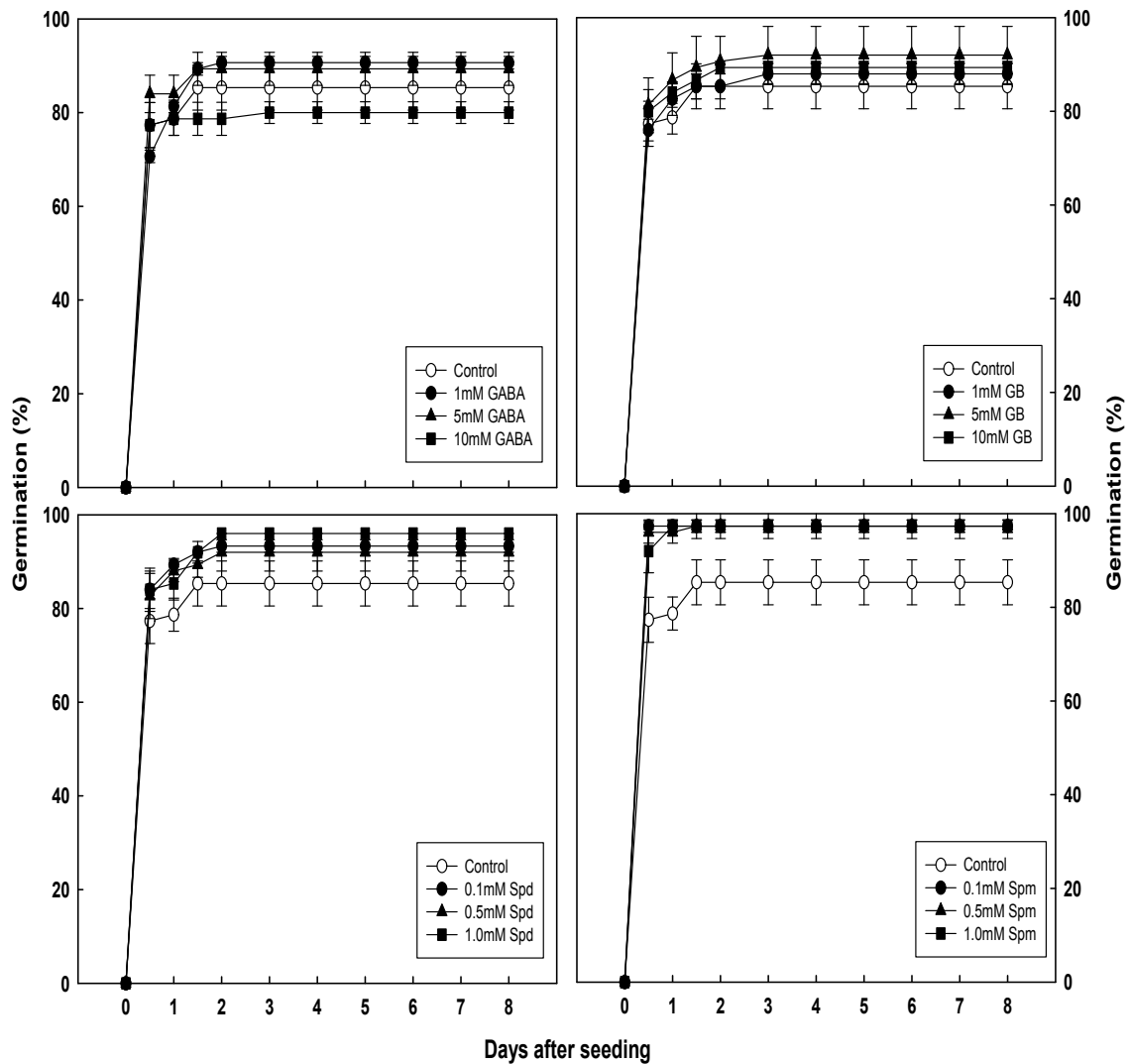


Fig. 3.42. 생리활성물질 첨가에 따른 30℃에서 배추새싹채소 종자의 발아율

생리활성물질을 첨가하여 30℃에서 배추새싹채소 종자를 발아시킨 결과(Fig. 3.42), 대조구와 처리구 모두 0.5일째에 대부분이 발아하였으나 발아율 향상 효과는 spm처리에서 가장 좋았다. spm처리의 0.5일째 발아율은 96%에서 97%으로 높은 경향이였으며, 고농도 GABA 첨가구에서 79%로 발아율이 감소한 것을 제외하고 대조구에 비하여 잘 발아하였다.

배추새싹채소 종자는 고온에서 생리활성물질 첨가 효과가 크게 나타났으며, spm 처리가 농도에 상관없이 효과적으로 나타나 저농도의 spm 처리로도 충분한 초기 발아율 향상 효과를 얻을 수 있었다.

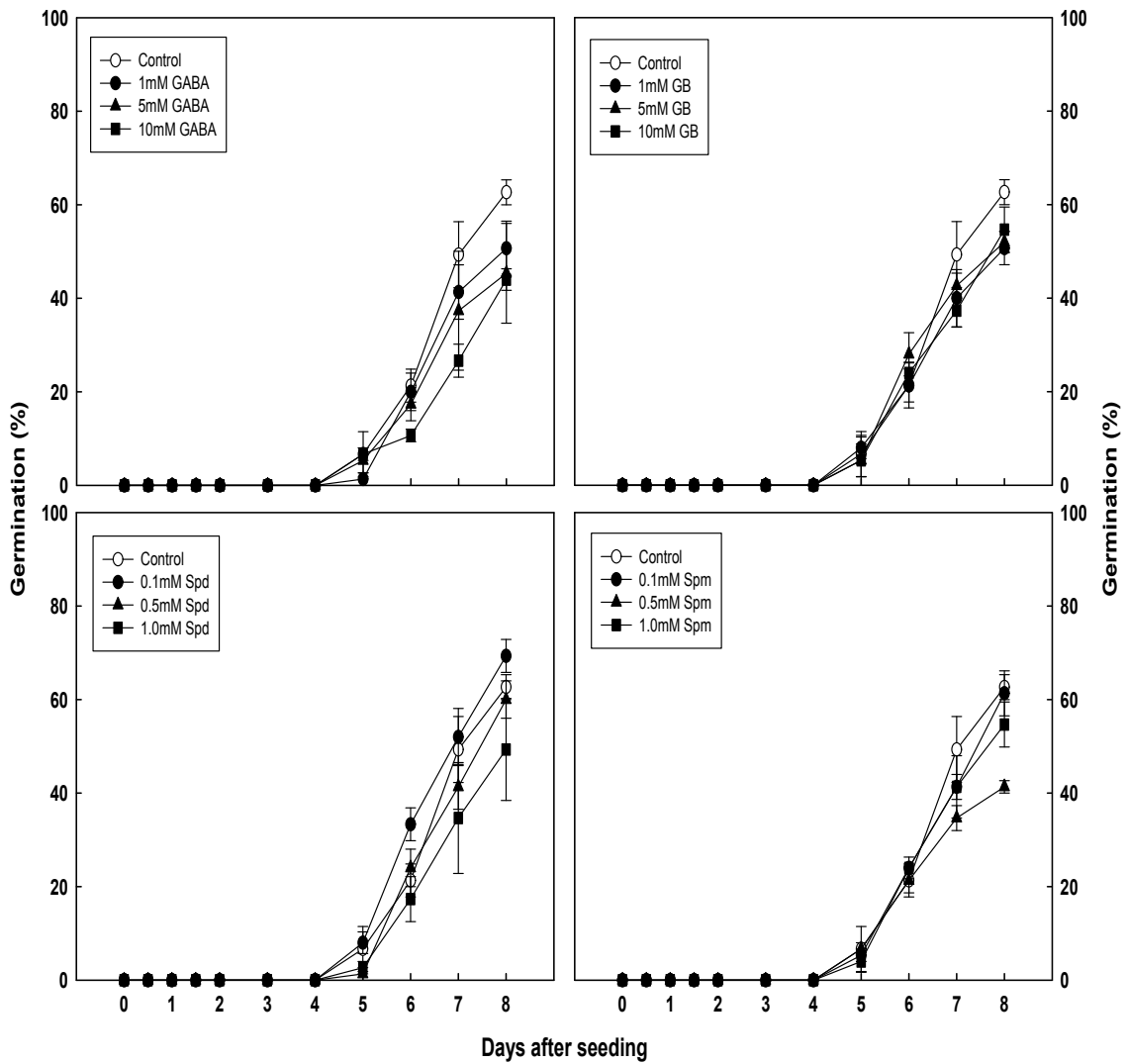


Fig. 3.43. 생리활성물질 첨가에 따른 10°C에서 양배추새싹채소 종자의 발아율

Fig. 3.43은 양배추새싹채소 종자에 생리활성물질을 첨가하여 10°C에서 발아시킨 결과이다. 양배추새싹채소 종자는 알팔파와 배추새싹채소 종자와 비교하여 저온에서의 발아율이 현저하게 낮았는데, 이는 생리활성물질의 첨가에도 큰 효과를 보이지 않았다. 저농도 spd 처리구에서 초기 발아율과 최종 발아율이 증가하였지만 대조구와 비교하여 큰 차이는 없었다.

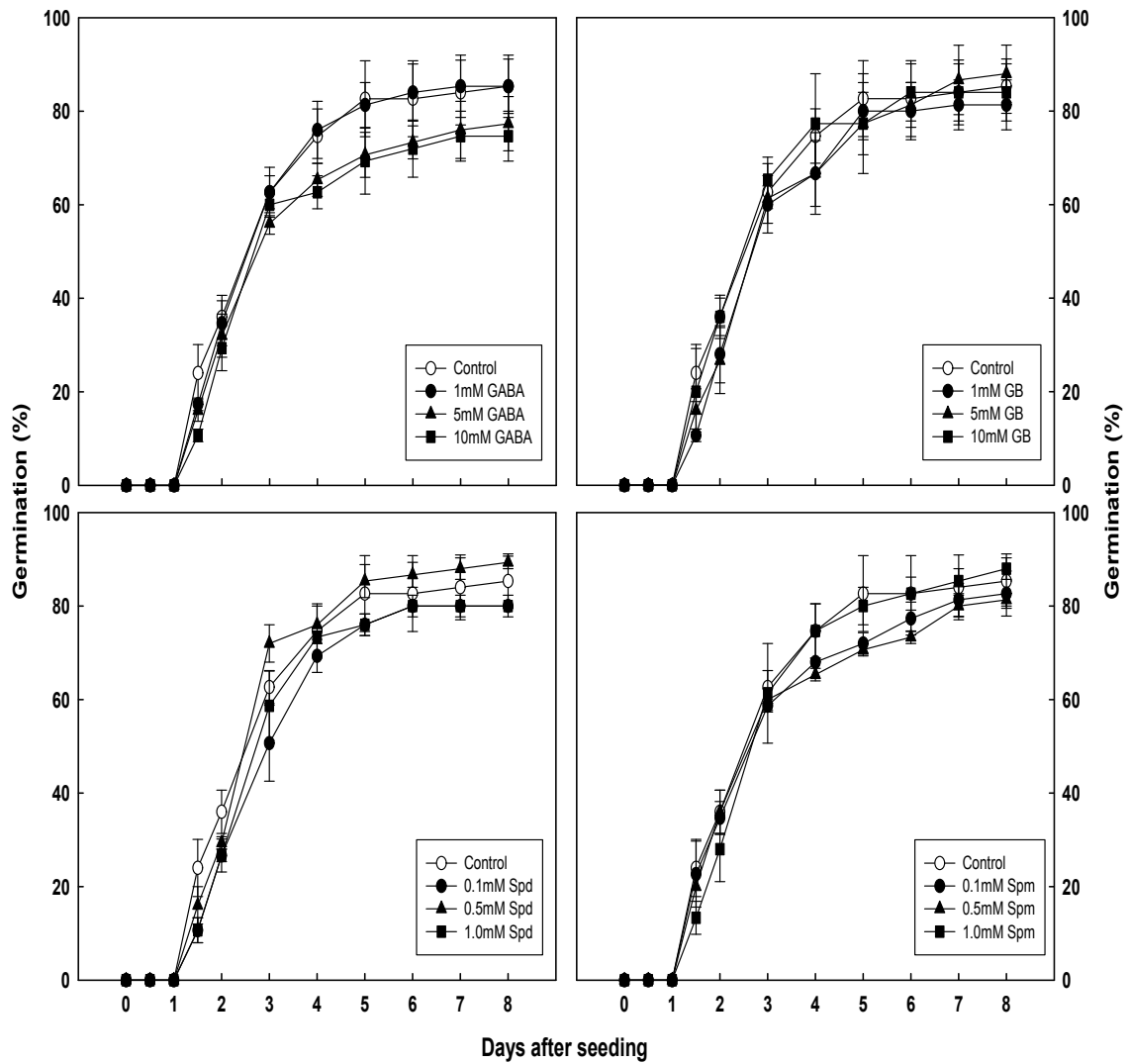


Fig. 3.44. 생리활성물질 첨가에 따른 20°C에서 양배추새싹채소 종자의 발아율

양배추새싹채소종자를 20°C에서 발아시킨 결과는 Fig. 3.44와 같은데, 생리활성물질 첨가구는 대조구와 비슷하거나 낮게 발아하는 것으로 나타났다. 중간농도 spd에서 대조구보다 발아율이 높았지만 큰 차이는 없었고, GABA의 중간농도와 고농도, spm의 저농도와 중간농도에서 대조구와 비교하여 발아율이 감소하였다.

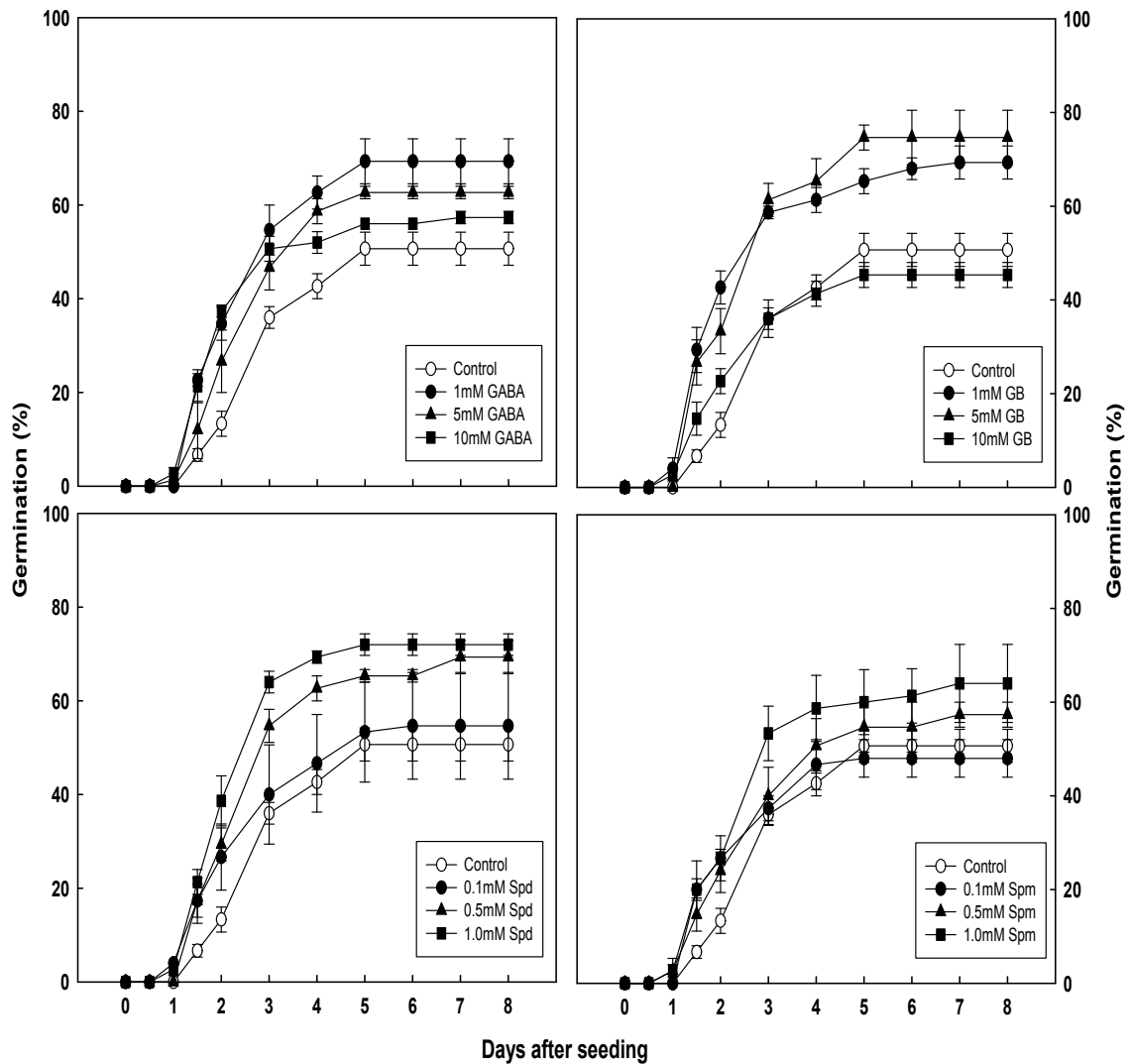


Fig. 3.45. 생리활성물질 첨가에 따른 30°C에서 양배추새싹채소 종자의 발아율

양배추새싹채소 종자를 생리활성물질을 첨가하여 30°C에서 발아시킨 결과 생리활성물질 첨가 효과가 뚜렷하게 나타났다(Fig. 3.45). 생리활성물질의 종류와 농도에 따른 차이가 있었는데 GABA와 GB는 농도가 낮을수록, spd와 spm은 농도가 높을수록 발아가 잘되는 경향이었지만 spm은 발아향상 효과가 크지 않았다. 고농도 GABA와 GB, 저농도 spd와 spm은 대조구와 비슷하거나 낮은 발아를 보여 생육촉진을 위한 첨가물질로서 부적당하다고 판단된다.

### (3) 생리활성물질 처리가 새싹채소의 생장에 미치는 영향

Table. 3.32는 알팔파새싹채소 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 발아 후 7일째 총 생체중을 나타낸 결과이다. 총 생체중은 20°C에서 높았고, 30°C, 10°C 순이었다. 20°C의 경우 통계적으로 유의성이 없었지만 10°C와 30°C에서 물질의 종류와 농도에 따라 생체중에 차이를 보였다.

Table. 3.32. 알팔파새싹채소 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 총 생체중.

Treatment (mM)	Fresh weight (g/50sprouts)		
	10°C	20°C	30°C
Control	0.68 ab	1.10 a	0.53 ab
GABA	1.0	0.67 ab	1.07 a
	5.0	0.67 ab	1.27 a
	10.0	0.63 bcd	1.09 a
	1.0	0.63 bcd	1.09 a
GB	5.0	0.63 bcd	1.01 a
	10.0	0.56 cd	1.05 a
	0.1	0.65 abc	1.15 a
spd	0.5	0.62 bcd	1.13 a
	1.0	0.54 d	1.15 a
	0.1	0.73 a	1.11 a
spm	0.5	0.63 bcd	1.10 a
	1.0	0.60 bcd	1.07 a
			0.39 b
		0.32 b	
		0.37 b	

Table. 3.33은 배추 새싹채소 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 치상 후 7일째 총 생체중 결과이다. 대체로 spm 처리구가 다른 생리활성물질과 비교하여 온도에 상관없이 생육촉진에 효과가 있었고, 이는 생리활성물질 첨가에 따른 조기 발아와 발아율 향상 효과가 지속적으로 이어진 결과로 배추 새싹채소 재배 시 spm처리를 고려할 필요가 있다고 생각된다.

Table. 3.33. 배추 새싹채소 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 총 생체중.

Treatment (mM)	Fresh weight (g/50sprouts)		
	10°C	20°C	30°C
Control	0.47 abc	1.09 ab	0.75 d
GABA	1.0	0.47 bc	1.16 ab
	5.0	0.46 bc	1.07 ab
	10.0	0.36 c	1.01 ab
	1.0	0.41 bc	1.07 ab
GB	5.0	0.43 bc	1.09 ab
	10.0	0.41 bc	0.98 b
	0.1	0.44 bc	1.05 ab
spd	0.5	0.43 bc	1.10 ab
	1.0	0.41 bc	1.11 ab
	0.1	0.62 a	1.15 ab
spm	0.5	0.50 abc	1.19 a
	1.0	0.55 ab	1.05 ab
			0.96 ab
		0.93 abc	
		0.94 abc	

양배추새싹채소 종자의 생리활성 물질 첨가에 따른 치상 후 7일째 총 생체중에 대한 결과는 Table. 3.34와 같다. 치상온도 20°C에서 생육이 가장 좋았고, 생육이 좋지 못했던 10°C와는 두 배 이상 차이 나는 결과였다. 30°C의 경우 20°C와 비슷하게 발아하는 경향이었지만 생육은 부진하여 고온에서 장애를 입는 것으로 나타났다. 따라서 양배추새싹채소 종자는 저온에서는 발아가 불량하고, 고온에서는 생육이 불량하여 온도에 대한 민감성이 큰 것으로 나타나 20°C 전후의 온도에서 재배하는 것이 적합하다고 여겨진다.

Table. 3.34. 양배추새싹채소 종자의 생리활성물질 첨가에 따른 총 생체중.

Treatment (mM)	Fresh weight (g/50sprouts)		
	10°C	20°C	30°C
Control	0.45 a	1.18 b	0.53 ab
GABA	1.0	0.37 ab	1.30 ab
	5.0	0.33 b	1.87 b
	10.0	0.38 ab	1.14 b
GB	1.0	0.39 ab	1.25 ab
	5.0	0.33 b	1.25 ab
	10.0	0.37 ab	1.25 ab
spd	0.1	0.47 a	1.27 ab
	0.5	0.37 ab	1.37 ab
	1.0	0.38 ab	1.21 ab
spm	0.1	0.43 ab	1.25 ab
	0.5	0.41 ab	1.24 ab
	1.0	0.39 ab	1.45 a

## 6. 참고문헌

1. Bokshi, A.I., S.C. Morris, and B.J. Deverall. 2003. Effects of benzothiadiazole and acetylsalicylic acid on  $\beta$ -1,3-glucanase activity and disease resistance in potato. *Plant Pathology*. 52 :22-27.
2. Cohen, Y. and U. Gisi. 1994. Systemic translocation of  $^{14}\text{C}$ -DL-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 45 :441-446.
3. Cohen, Y., T. Niderman, E. Mosinger and R. Fluhr. 1994.  $\beta$ -aminobutyric acid induces the accumulation of pathogenesis-related proteins in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and resistance to late blight infection caused by *Phytophthora infestans*. *Plant Physiol.* 104 : 59-66.
4. Coolbear, P., A.J. Newell, and J.A. Bryant. 1987. An evaluation of the potential of low temperature presowing treatments of tomato seeds as a means of improving germination performance. *Ann. Appl. Bio.* 110 :185-194.
5. Cools, H.J. and H. Ishii. 2002. Pre-treatment of cucumber plants with acibenzolar-S-methyl systemically primes a phenylalanine ammonia lyase gene (PAL1) for enhanced expression upon attack with a pathogenic fungus. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 61 :273-280.
6. Creelman R. A. and J. E. Mullet. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 48 :355 - 81.
7. Gonzalez-zertuche, L., A. Orozco-segovia, C. Baskin and J.M. Baskin. 2002. Effects of priming on germination of *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (Loganiaceae) seeds and possible ecological significance. *Seed Sci. Technol.* 30 :535-548.
8. Heydecker, W. 1974. Germination of an idea : The priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report :50-57.
9. Jeong, Y.O. 1994. Effect of seed priming and physiological mechanisms involved in earlier germination on primed pepper (*Capsicum annum* L.) seeds. Ph D. Thesis. Gyeongsang National University, Korea.

10. Kang, N.J., J.L. Cho, and S.M. Kang. 1997. Low temperature germinability of K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-primed and pH-regulated seeds of pepper. J. Kor. S<sup>o</sup>C. Hort. Sci. 38 :459-463.
11. Kang, J.S., Y.W. Choi, B.G. Son, Y.J. Lee, C.K. Ahn, I.S. Choi, and H.C. Park. 2003. Effect of osmotic priming and solid matrix priming to improved seed vigor and early growth of pepper and tomato seeds. Kor. J. Life. Sci. 13 :433-440
12. Kaus, H., E. Theisinger-Hinkel, R. Mindermann and U. Conrath. 1992. Dichloroisonicotinic and salicylic acid, inducers of systemic acquired resistance, enhance fungal elicitor responses in parsley cells. Plant J. 2 :655-660.
13. Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed condition. Hort. Rev. 13 :131-181.
14. Kim, S. E., C. K. Kang, and J. M. Lee. 2001. Effects of treatment and storage after priming on germination and seedling growth in watermelon. J. Kor. S<sup>o</sup>C. Hort. Sci. 42 :43-47.
15. Kubik, K.K., J.A. Eastin, J.D. Eastin, and K.M. Eskridge. 1988. Solid matrix priming of tomato and pepper. Pr<sup>o</sup>C. Int. Conf. stand Est. Hortic. Crops, Lancaster, PA. pp. 86-96.
16. McClendon, J.H. 1981. The osmotic pressure of concentrated solution of polyethylene glycol 6,000, and its variation with temperature. J. Exp. Bot. 32 :861-866.
17. Mckee, T. A., N. E. Hoffman, and S. F. Yang. 1982. The effect of plant-hormone pretreatments on ethylene production and synthesis of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in water-stressed wheat leaves. Planta. 155 :437-443.
18. Ryals, J. A., U. H. Neuenschwander, M. G. Willits, A. Molina, H. Y. Steiner, and M. D. Hunt. 1996. Systemic acquired resistance. Plant Cell 8 :1809-1819.
19. Silue, D., E. Pajot, and Y. Cohen. 2002. Induction of resistance to downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower by DL-β-amino-n-butanoic acid (BABA). plant Pathology. 51 :97-102.



20. Sunwoo, J. Y., Y. K. Lee, and B. K. Hwang. 1996. Induced resistance against *hytophthora capsici* in pepper plants in response to DL- $\beta$ -amino-n-butyric acid. European J. Plant Pathology. 102 :663-670.
21. Taylor, A.G., D.E. Klein, and T.H. Whitlow. 1988. SMP: Solid matrix priming of seeds. Sci. Hort. 37 :1-11.
22. Welbaum, G. E. and K. J. Bradford. 1991. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.) IV. Characteristics of the perisperm during seed development. J. Exp. Bot. 42 :309-399.
23. Ziadi, S., S. Barbedette, J.F. Godard, C. Monot, D. Le Corre, and D. Silue. 2001. Production of pathogenesis-related proteins in the cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)-downy mildew (*Peronospora parasitica*) pathosystem treated with acibenzolar-S-methyl. 50 :579-586.

# 협동3과제: 초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발

## 1. Line-scan 초분광 영상 기술 개발

### 가. 초분광 영상 기술

초분광 영상 기술은 빛의 각 파장별 전자기적 정보를 이용하여 영상을 분석하는 기술로 의학, 과학 수사, 군사 등의 분야에서 널리 이용되고 있으며 특히 농업분야에서 농축산물의 품질 및 안정성 계측 등에 최근 활발히 이용되는 첨단 기술이다. 초분광 영상은 각 파장별 연속적으로 획득된 영상을 말하며, 획득원리는 Fig. 4.1.과 같다. 렌즈에 투사된 영상은 slit을 통과 하면서 1차원 정보가 되고 spectrograph에 의해 각 파장별로 분광이 생성되며 1차원 정보가 분광 정보를 포함한 2차원 정보로 변환된다. 이러한 영상들은 Fig. 4.2.에서 보는 것과 같이 3D hypercube라는 대용량 정보를 구성하게 되며 2차원의 영상 정보와 각 픽셀 별 스펙트럼 정보를 동시에 가지게 된다.<sup>(2)</sup> 따라서 초분광 영상 기술은 분광에 영상을 융합한 기술로 기존의 분광기술이 대상물 전체의 분광정보를 제공하는 것과는 달리 대상물 세부 공간 영역에 대한 미세 영역별 분광정보를 제공하므로 대상물의 공간영역별 물리, 화학적 분석이 가능하다.

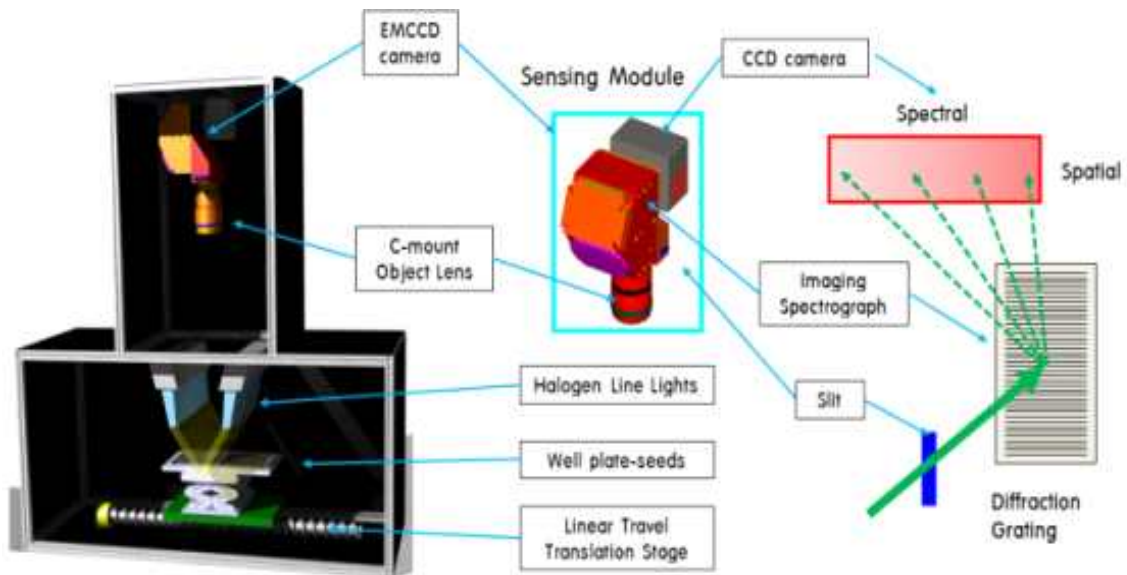


Fig. 4.1. Schematic of hyperspectral image system.

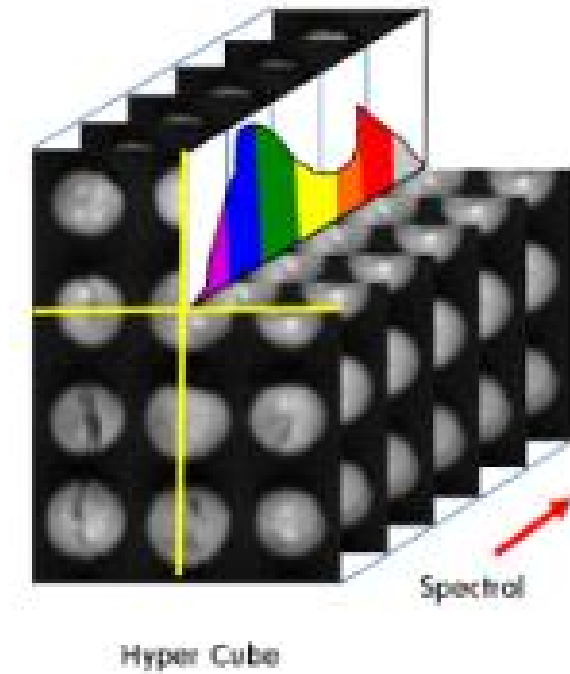


Fig. 4.2. Structure of the 3D hypercube.

#### 나. 초분광 구축을 위한 FT-NIR spectroscopy을 이용한 종자의 스펙트럼 측정

FT-NIR spectroscopy는 푸리에 변환 근적외선 분광기의 약자로 1960년대 초 실용화된 이후 농산물의 원산지 검사에 주로 이용되어 오다가 이 후 응용범위가 확대되어 최근에는 농업, 식품, 사료분야 뿐만 아니라 화학, 생화학, 화장품등의 품질측정 분야에 널리 보급되어 사용되고 있다. 기존 NIR측정 방법은 기계적인 회전으로 파장을 측정하기 때문에 파장의 정확성이 떨어지고 장치의 낮은 안정성으로 시료의 성상이 복잡한 경우 정밀한 분석이 어려운 문제가 있다. 하지만 FT-NIR 측정방법은 이러한 기기 구조의 단점을 보완하기 위해 간섭계를 장착하고 여기에서 얻은 신호를 푸리에 변환함으로써 정확도 높은 스펙트럼을 얻고 기기내부에 He-Ne 레이저를 장착해 파장의 위치를 언제나 정확하게 컨트롤함으로써 측정의 정확도와 안정성을 기존 NIR 측정 장치에 비해 10~100배까지 개선한 방식이다.<sup>(3)</sup> 실제 분석기기 시장은 FT-NIR 장비가 기존장치를 빠른 속도로 대체하고 있는 추세이다. Fig. 4.3.은 본 연구를 위해 사용한 Thermo사의 Antaris II FT-NIR Analyzer 이다. 시스템의 세부 사항은 Table 4.1.와 같다.



Fig. 4.3. FT-NIR spectroscopy.

Table 4.1. Specification of the FT-NIR Analyzer.

Detection	High-sensitivity, high-estability, Matched InGaAs
Instrument	Dimensions 40.6 cm (width) × 68.5 cm (depth) × 33 cm (height)
Weight	47.7 Kg
Source	Halogen NIR source
Spectral Range	12000 ~ 3800 cm <sup>-1</sup> (833 ~2630 nm)
Resolution	4 cm <sup>-1</sup> across spectral range (6nm at 1250 nm)

#### 다. FT-NIR 스펙트럼 측정

NIR 스펙트럼은 단일 종자의 반사 스펙트럼으로 Fig. 4.4.과 같이 낱알의 sample holder를 이용하여 측정하였다. 각 단일종자를 holder 위에 위치한 후 스펙트럼(1100~2400 nm)을 32회 스캔하여 평균값을 분석에 이용하였다. 해상도는 2.8 nm이었고, background 데이터는 샘플의 스펙트럼 측정 전 매회 실시하였다.



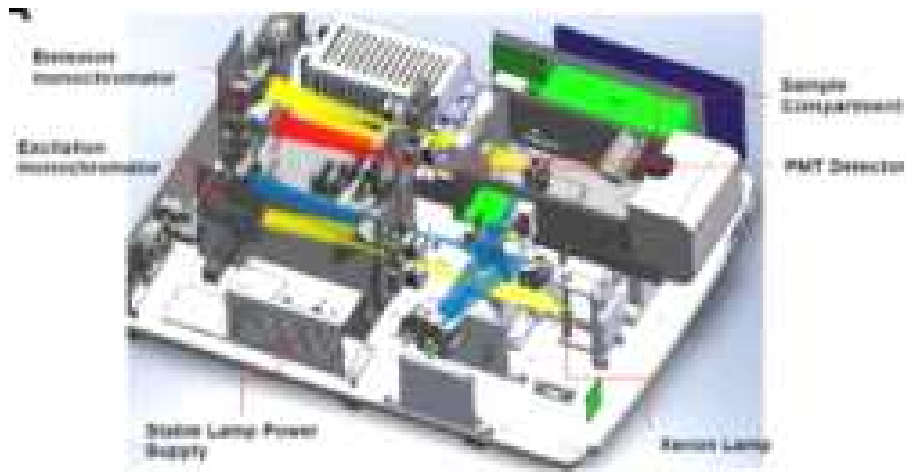
Fig. 4.4 Photo of a single seed holder.

#### 라. 초분광 구축을 위한 Fluorescence Spectromete을 이용한 종자의 스펙트럼 측정

Fluorescence Spectrometer는 특정 파장대의 빛을 조사하면 대상 시료의 특성에 따라 방출하는 형광을 파장대별로 측정하는 기기이다. 형광 분광계는 150W의 xenon lamp, excitation monochromator, emission monochromator, PMT detector 등으로 구성되어 있으며, Xenon-arc lamp에서 방출된 빛은 excitation monochromator를 통하여 시료에 조사된다. 조사된 빛은 90°로 반사되어 emission monochromator를 통과하여 형광 특성을 intensity로 나타낸다. 본 연구에서는 종자 발아율과 형광의 특성을 분석하기 위해 조사광에 따른 방출파장을 연속적으로 측정하여 종자의 형광특성을 확인하였다. Fig. 4.5.은 본 연구를 위해 사용한 fluorescence spectrometer system(SCINCO, FluoroMate FS-2, Korea) 이며, 세부사항은 Table 4.2.과 같다.



(a)



(b)

Fig. 4.5. Photo(a) and schematic(b) of FluoroMate FS-2 fluorescence spectrometer system

Table 4.2. Specification of the FS-2 fluorescence spectrometer system.

Component	Type
Xenon-arc lamp	150 W
Wavelength Range	190~900 nm
Monochromator	1200 groove/mm
Minimum Resolution	0.5 nm

#### 마. Fluorescence Spectrometer 측정

형광 스펙트럼 또한 단일 종자를 이용하여 측정하였으며, 종자의 종류마다 PMT(photo multiplier tube)를 이용하여 조사광의 세기를 조절하여 사용하였다. Fig. 4.6과 같이 xenon-arc lamp에서 방출된 빛이 종자에 조사되도록 precision cell의 중앙에 종자를 위치하여 실험을 실시하였다. 본 실험에서는 PMT 650, 700, 750, 800 volt와 integration time을 20 msec로 설정하여 수행하였다. 조사를 위한 광은 200 ~ 750 nm 까지 5 nm 간격으로 하였으며, 이에 따른 방출광은 각 조사파장 보다 30 nm 긴 파장부터 측정하였다. 방출 파장의 범위는 230 ~ 900nm 까지 1 nm 간격 이었다. 조사광에 따른 형광 방출 강도를 3차원 emission-excitation matrix (EMEX)로 구성하여 종자의 형광특성을 분석하였다.



Bring a Excitation into focus

(a)



(b)

Fig. 4.6. Photos of a fluorescence measurement unit (a) and precision cells (b).

#### 바. 초분광 반사광 및 형광 스펙트럼 이미지 획득

본 연구에서는 초분광 영상은 Halogen lamp와 UV-A(365 nm) lamp 광원을 이용해 반사광과 형광 두 가지 형태로 촬영 하였다. Halogen lamp을 이용한 초분광 반사광 영상은 노출시간을 0.0085 sec로 설정하고 모터의 이동을 0.1 mm 간격으로 2300 스텝으로 하여 총 23 cm 길이의 면적을  $2300 \times 502$  pixel의 해상도로 영상을 획득하였다. 획득한 영상들은 2차원의 영상 정보와 픽셀 별로 각 스펙트럼 정보를 Fig. 4.7.과 같이 3D Hypercube의 대용량 정보를 구성하게 된다. Hypercube는 400 nm ~ 1000 nm 까지의 영상과 스펙트럼 정보를 포함하고 있다. 또한 UV-A(365 nm) lamp를 이용한 초분광 형광 영상은 노출시간 2 sec, 0.1 mm 간격으로 1000 스텝으로 총 길이 10 cm 길이의 면적을  $1000 \times 502$  pixel의 해상도의 형광 영상으로 획득하였다. 각 픽셀별 형광 스펙트럼은 400 nm ~ 700 nm 이다.

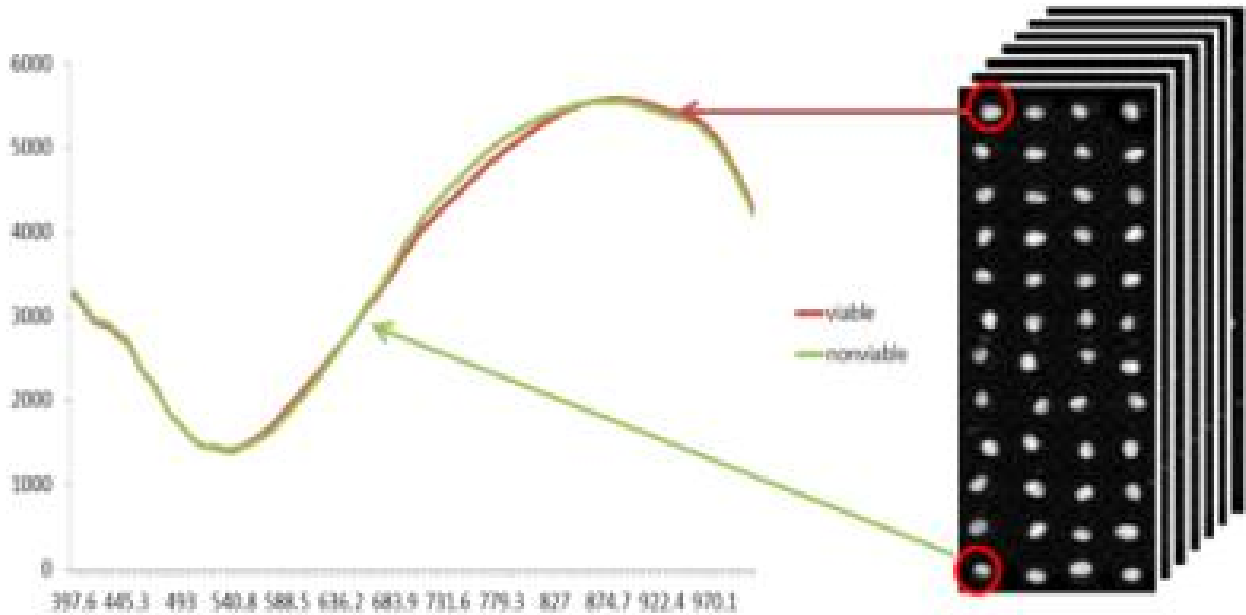


Fig. 4.7. Mean spectra of viable and nonviable seeds extracted from the hypercube.

#### 사. 초분광 영상 시스템 구축

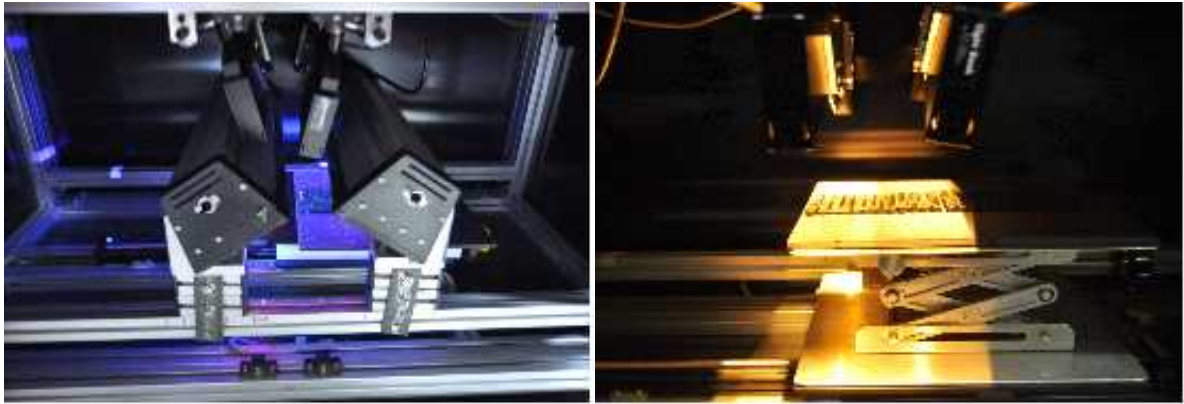
Fig. 4.8.은 본 연구에서 구축한 초분광 영상 시스템이다. 초분광 영상 시스템은 영상 획득을 위한 electron multiplying charge-coupled device(EMCCD) camera(Luca RDL- 604M, Andor Technology, South windor CT, USA)와 imaging spectrograph(VNIR, Headwll photonics, Fitchburg, MA, USA), 그리고 step motor로 구동되는 시료이송부로 구성되어 있다. 제어 시스템 소프트웨어는 Visual Basic 6.0을 이용하여 구축하였으며, 렌즈의 노출시간을 설정하면 카메라에서 자동으로 step motor의 이송속도 및 촬영시간을 계산하여 구동 할 수 있도록 하였다. 렌즈에 투사된 영상은 25 $\mu$ m 두께의 slit을 통과하면서 line-scan이 되고 spectrograph에 의하여 각 파장별로 분광이 생성된다. 분광된 정보는 EMCCD 카메라에 의해 증폭되어 이미지로 저장된다.

또한 광원은 Fig. 4.9.(a) 광량 조절이 가능한 365 nm UV-A light source (Fig. 4.9.(a))와 100 W급 halogen lamp (Fig. 4.9.(b))를 이용하였다. Halogen lamp에 가이드를 설치하여 조사폭 조절이 가능하도록 설계하였다. 가이드는 3개를 1 set로 하였고, 배추종자에 조명을 최적화하기 위해 수직 방향으로 약 15°, 가이드와 가이드 사이는 약 30°정도 기울어지도록 설치하여 반사광의 공간에 따른 불균일성을 최소화 하였다.





Fig. 4.8. The hyperspectral imaging system..



(a)

(b)

Fig. 4.9. The UV-A (a) and the halogen lamp illumination (b) for samples.

## 2. 종자 초분광 영상 데이터베이스 구축 및 초분광 영상 Calibration 구축

### 가. 스펙트럼 전처리

원본 스펙트럼 데이터에서 기기 조건의 변화에 따른 영향을 제거하고 불규칙한 대상물의 형상에 의한 광산란을 보정하고 우수한 판별예측모델을 개발하기 위해 다양한 통계적인 방법에 의한 전처리(pretreatment)를 실시하였다. 본 연구에서 실시한 전처리는 평균, 최대값, 일정범위의 3가지 정규화를 사용하였으며, 종자의 불규칙한 형상에 의한 광산란의 영향을 제거하기 위해 MSC(Multiplicative Scatter Correction), SNV(Standard Normal Variate) 전처리를 실시하였다. 또한 광경로의 차이나 측정환경의 변화 등에 기인한 베이스라인의 이동을 제거하거나 미소성분의 스펙트럼 특성을 강조하기 위해 Savitzky-Golay 1차, 2차 미분법을 사용하였다.

### 나. 종자의 스펙트럼 특성 분석

퇴화종자를 선별하기 위한 종자 스펙트럼 특성을 분석하기 위해 주성분 분석(principle component analysis)을 실시하였다. 주성분 분석은 고차원 특징 벡터들의 정보를 유지하면서 저차원으로 차원을 축소하는 다변량 데이터 처리 방법 중 하나이다. 주성분 분석법은 종자의 스펙트럼의 변위 즉 종자의 광 특성을 최대한으로 표현하는 새로운 변수들의 선형결합을 구하게 된다. 이를 행렬로 표현 하면 아래의 식과 같다.

$$Y = W^T X \quad (1)$$

where  $W^T$  : weighting coefficient

$X$  : wavelength of a total spectrum

변환행렬인 고유벡터  $W^T$ 은 각 스펙트럼의 공분산을 통해서 구할 수 있으며, 주성분은 고유치가 큰 고유벡터의 순서대로 구하게 된다. 고유치가 큰 고유벡터는 영향력이 크다는 것을 의미하는데 이를 이용하여 각 종자의 광 특성 영향력이 큰 파장대를 분석 할 수 있게 된다.

### 다. 종자 판별 모델 개발

근적외선에서의 흡수는 배음대와 결합대에서 발생되므로 띠나비가 증가되어 배음대와 결합대가 심하게 중첩된다. 따라서 단순한 회귀분석으로는 단순한 화학조성일 경우를 제외하고는 검량이 불가능하다. 따라서 다중회귀분석법을 이용하여야 하며 이중 근적외선의 흡수들의 중첩으로 스펙트럼이 복잡하고 분석이 어려운 경우는 주성분회귀법(Principal Component Regression, PCR)이나 부분최소제곱회귀법(Partial Least Squares, PLS)을 주로 사용하고 있다. PCR 모델은 스펙트럼(독립변수) 데이터의 주성분을 구하고 그 주성분을 이용하여 회귀식을 구하는 반면, PLS 모델은 스펙트럼 뿐만 아니라 실제 측정된 농도(종속변수)를 동시에 고려하여 새로운 변수를 찾고 이를 이용하여 회귀식을 구한다. 이와 같이 독립변수와 종속변수를 모두 고려하기 때문에 PCR 모델보다 더 안정적인 특징이 있다. PLS 모델을 행렬로 표현하면 다음 식과 같다.

$$X = TP + E_X \quad (2)$$

$$Y = UQ + E_Y$$

where T : the matrix of X score

P : the matrix of X factors

U : the matrix of Y score

Q : the matrix of Y factors

E : error

여기서 스펙트럼 X의 score 행렬 T와 측정된 농도 Y의 score 행렬 U는 다음과 같은 관계가 있다.

$$U = BT + E \quad (3)$$

where B : regression coefficients for PLSR

정량적 분석 외에 정성적 분석법도 활용이 되는데 대표적인 방법이 PLS-DA(Partial Least Squares-Discriminant Analysis)이다. 기존의 PLS 모델과는 달리 PLS-DA는 종속변수로 농도 대신 판별하고자 하는 그룹들을 가상 변수를 설정하여 이를 판별 가능한 회귀모델이다. 본 연구에서는 건전종자와 퇴화종자를 판별하기 위해 PLS-DA 모델을 개발하였다.

### 라. 종자의 발아력 실험

모든 실험에서 사용된 종자는 개별종자에 대한 건전종자와 퇴화종자를 식별하기 위해 국제 종자검정협회(ISTA) 규정에 따라 그림 10과 같이 발아력 실험을 실시하였다.<sup>(4)</sup> Table 4.3.은 실험에 사용된 종자와 발아조건, 발아확인일수, 발아방법을 나타낸다.

Table 4.3. Rules of germination tests suggested by ISTA.

종자	학명	온도	최종발아확인일수	발아법
배추	Brassica campestris L	25℃	7	TP
상추	Lactuca sativa L	20℃	7	
무	Raphanus sativus L	25℃	10	
토마토	Lycopersicon esculentum	25℃	14	
고추	Capsicum annum L	25℃	14	

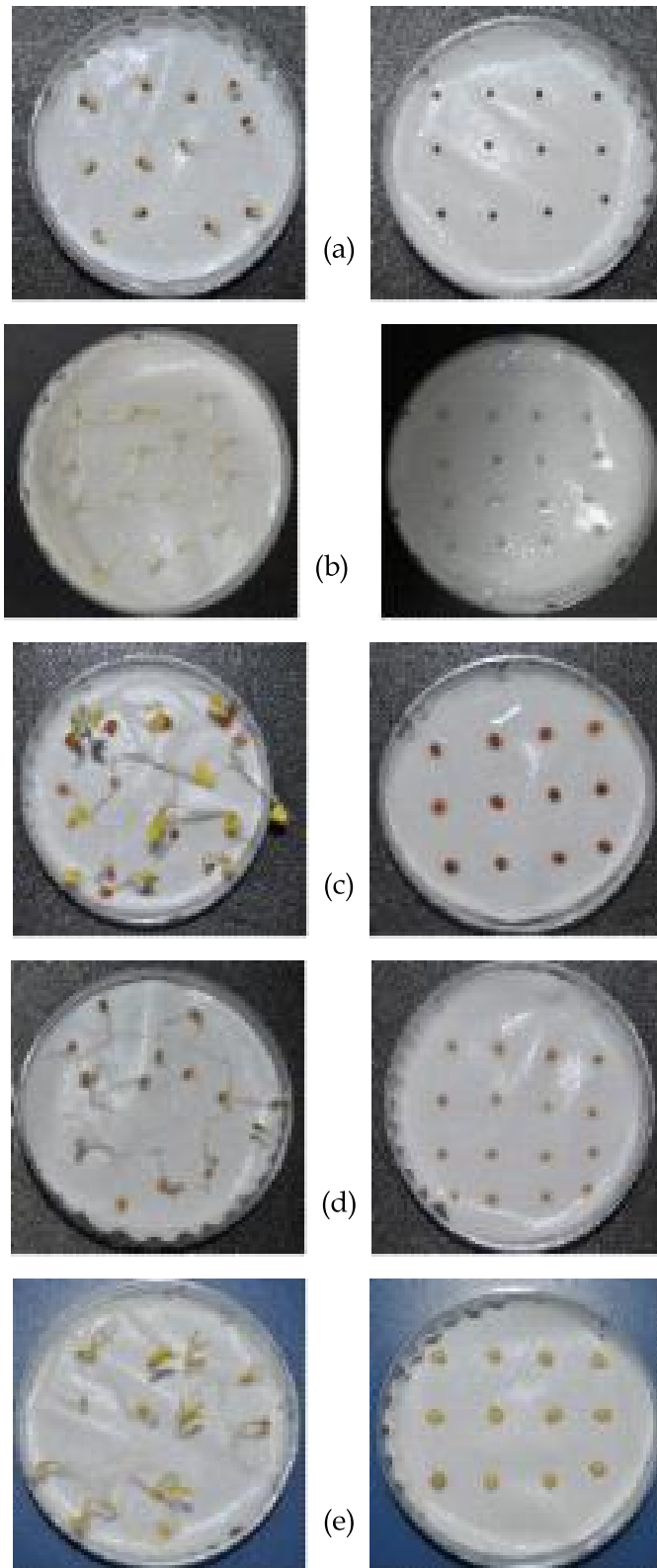


Fig. 4.10. Germination test results of viable and nonviable seeds

(a)Cabbage seeds, (b)Lettuce seeds, (c)Radish seeds, (d)Tomato seeds, (e)Pepper seeds

#### 마. 공시시료 및 종자 퇴화처리

본 연구에 사용된 종자는 H사의 무처리 종자를 이용하였다. 실험에 사용한 종자는 Table

4.4.와 같이 모두 5종을 이용하였다. 발아종자와 불발아종자를 식별하기 위해 인위적으로 건전 종자를 퇴화처리 하였다. 퇴화처리는 건전종자의 함수율을 20%로 조정한 후 진공 포장하여 4 5°C water bath에서 완전히 퇴화 할 때 까지 보관하였다.<sup>(5)</sup> 배추, 상추, 무 종자는 3일 후, 완전히 퇴화 되었으며, 토마토와 고추 종자는 7일 후 완전히 발아가 되지 않았다. 그 후 20°C의 incubator에서 건전종자와 퇴화종자 모두 원래의 무게까지 건조하였다. Fig. 4.11.와 같이 외관 상으로는 건전종자와 퇴화종자의 종피의 색이나, 모양 모두 동일하여 구분하기 어려웠다. 이에 초분광 시스템 및 국제종자검정협회(ISTA) 규정에 따라 4°C로 보관하며 실험에 사용하였다.

Table 4.4. Types of seeds used in the experiments.

종자	학명	품종
배추	<i>Brassica campestris</i> L	신통노랑
상추	<i>Lactuca sativa</i> L	열강적치마
무	<i>Raphanus sativus</i> L	백금주무
토마토	<i>Lycopersicon esculentum</i>	홍광
고추	<i>Capsicum annum</i> L	PR-815



Fig. 4.11. Photos of normal seeds(left) and aged seeds(right).

### 3. 종자별 스펙트럼 특성 및 판별 예측 모델 개발

## 가. NIR 스펙트럼 특성 및 퇴화종자 판별 예측 모델 평가

본 연구에서는 FT-NIR을 이용하여 측정한 스펙트럼 중 발아력 실험 후 식별된 발아종자와 불발아종자 스펙트럼을 분석에 사용하였다. 두 그룹의 종자를 판별하는 모델을 개발하기 전에 주성분 분석(PCA)을 실시하여 종자의 스펙트럼의 특성을 분석하였다. 주성분분석을 통해 주성분 즉 각 파장대의 weighting coefficient를 확인하여 스펙트럼의 특성을 확인하였다. Weighting coefficient는 각 파장대의 선형결합으로 이루어지기 때문에 weighting coefficient가 큰 값은 해당 파장의 영향력이 크다는 것을 의미한다. 이 방법을 통해 영향력이 큰 파장을 도출하고 건전종자와 퇴화종자를 구분 여부를 정성적으로 분석하는데 활용하였다. 또한 발아종자와 불발아종자를 판별하기 위한 예측 모델은 PLS-DA를 적용하여 모델을 개발하였으며 판별정확도를 통해 개발된 모델의 검증을 실시하였다.

## 나. 발아력 실험 결과

건전종자와 퇴화종자의 스펙트럼 식별을 위해 실시한 발아력 실험 결과 건전종자는 3일 이내에 발아가 발아율 99%로 완료되는 것을 확인 할 수 있었다. 퇴화시간 24h 이후로 발아되는 종자가 확연히 줄어들었고 퇴화처리 48시간 후 발아가 진행 되더라도 건전종자에 비해 발아기간이 긴 양상을 보였다. 다음을 실험결과를 요약한 것이다.

○ 600립의 배추 종자 중 발아력 실험 후 식별된 건전종자 252립과 퇴화종자 199립의 스펙트럼을 이용해 PLS-DA 모델을 개발. 1620 nm, 2000 nm, 2190 nm, 2380 nm 파장대가 주된 영향을 미친 것으로 나타남. 이러한 파장대는 CH, CH<sub>2</sub> and CH<sub>3</sub> 화학적 작용기에 의한 것으로 판단됨. Calibration 모델의 경우 MSC와 SNV 전처리는 각각 89.8 %, 90.5%로 높은 정확도를 보였으며, 개발된 모델의 성능의 경우 일정 범위값 전처리(Normalization Mean)는 83.9%의 정확도로 일정 범위값을 이용한 전처리가 가장 높은 정확도를 나타내었음.

○ 상추종자는 건전종자 120립과 12 h, 24 h, 48 h, 72 h로 퇴화처리한 각 120립씩 480립의 퇴화종자를 실험에 이용하였음. 총 측정된 상추종자는 600립이며 건전종자와 퇴화종자를 식별한 스펙트럼을 이용하여 분석하였으며 1215, 1440, 1725, 2310 nm가 주된 영향을 끼치는 것을 판단됨. 1215 nm의 파장대는 CH<sub>3</sub> 구조, 1725 nm와 2310 nm는 CH<sub>2</sub>, 1440 nm는 CH 영향을 미치는 파장대로 모두 C-H 결합에 의한 CH, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub> 화학적 작용기의 영향으로 판단됨. 총 600립의 상추 종자 중 발아력실험을 후 식별된 건전종자 117립과 퇴화종자 333립의 스펙트럼을 이용해 PLS-DA 모델을 개발하였음. Calibration 모델의 경우 Savitzky-Golay 1차 미분 전처리 PLS-DA 모델이 97.5%의 정확도로 가장 우수한 분류 정확도를 나타내었음. 개발된 모델의 성능을 평가하기 위한 Test 모델의 경우 MSC 전처리를 사용했을 때 정확도가 93.3%로 건전종자와 퇴화종자 구분에 가장 우수한 것으로 나타남.

○ 무종자의 경우 시료는 무 종자 599립 중 발아력 실험을 통해 식별된 건전종자 309립과 퇴화종자 290립의 스펙트럼을 분석에 이용하였음. 2000 nm와 2380 nm 파장대가 가장 큰 영향

을 미치는 것으로 나타남. 이는 배추종자와 마찬가지로 유리기(free radicals)에 의한 종피의 세포막을 파괴가 퇴화의 가장 주된 원인인 것으로 판단됨. 개발된 PLS 모델의 경우 Calibration 모델의 경우 Savitzky-Golay 1차 미분 전처리 PLS-DA 모델이 93.1%의 정확도로 가장 우수한 분류 정확도를 나타냄. 모델의 검증 결과 SNV 전처리 방법이 정확도 84.0 %로 가장 우수한 모델로 나타냄.

○ 고추종자의 경우 고추의 건전종자 413립과 불발아종자 357립의 스펙트럼을 분석에 이용하였음. 고추의 발아종자와 불발아종자의 스펙트럼 간에 변이에 주된 영향을 미치는 파장대는 1215 nm, 1765 nm, 2280 nm, 2323 nm 로 판단됨. 이러한 파장대는 C-H 결합에 의한 화학적 작용기의 영향으로 판단되며 발아종자 308립과 불발아종자 266립의 스펙트럼을 이용하여 모델을 개발하였음. Calibration 모델의 경우 Savitzky-Golay 1차 미분법을 이용한 모델이 96.5 %의 정확도를 나타내었으며 판별 모델 검증 결과 높은 정확도를 나타낸 전처리는 MSC 전처리로 92.9 %의 정확도를 나타냄.

○ 토마토 종자의 경우 토마토 건전종자 110립과 7일간 퇴화시킨 종자 128립을 이용하여 PLS-DA 모델을 개발하였음. 모델 개발 시 영향이 큰 파장대는 1152 nm, 1225 nm, 1620 nm, 2140 nm 등으로 나타남. 이는 1152 nm와 1225 nm는 C-H 2차 배음대, 1620 nm는 CH<sub>3</sub>, 2140 nm는 C-H str.+ C=C str. 진동 모드로 인한 영향으로 토마토의 퇴화과정에서 종피의 파괴에 의한 종자 내의 물리적 화학적 변화에 기인한 것으로 판단됨. 개발된 모델의 calibration 결과에 따르면 MSC를 이용한 모델은 퇴화종자 판별 정확도는 100%로 우수한 결과를 나타내었으며 개발된 모델을 검증한 결과 전처리를 실시하지 않은 raw 데이터에서 94.3%의 정확도를 나타냄.

#### 다. 종자별 형광 특성 확인

각각 건전종자 5립과 퇴화종자 5립을 이용해 종자의 형광특성에 대한 예비실험을 실시하였다. 종자의 형광 특성을 확인하기 위해 Fluorescence Spectrometer를 이용하여 각 종자의 형광 특성을 분석하였다. 또한 측정된 스펙트럼은 발아력 실험을 통해 식별된 종자만을 사용하였다. 조사된 광은 200 nm ~ 750 nm 까지 5 nm 간격이었으며 이에 따른 형광 방출강도는 각 조사파장 별로 230 ~ 900nm 범위에서 1 nm 간격으로 측정하였다. 다음은 실험결과를 요약한 것이다.

○ 배추의 건전종자와 퇴화종자 형광 스펙트럼 사이에 emission 350~500 nm와 650~740 nm에 차이가 확인됨. Excitation 330~380 nm에서 emission 350~500 nm는 퇴화된 십자화과 종자에서 발생하는 sinapine 성분의 영향으로 판단되며, excitation 630~680 nm에서 emission 650~740 nm 사이의 피크는 십자화과 종자가 성숙하는 과정에서 발생하는 chlorophyll에 변화에 기인한 것으로 판단됨.

○ 무종자의 경우 배추 종자와 같은 십자화과로 비슷한 양상이 나타남. Excitation 630~680 nm에서 emission 650~740 nm 사이의 피크는 chlorophyll의 변화에 의한 것으로 판단되며

excitation 450 ~ 500nm에서 배추종자와는 다른 형태를 보여 건전종자와 퇴화종자 사이에 차이가 있는 것으로 나타남.

○ 상추종자의 경우 형광 특성은 건전종자와 퇴화종자의 형태는 비슷하게 나타났으며 상추종자가 가지고 있는 고유의 형광특성으로 판단됨. Excitation 350~500nm 광을 조사하였을 때 emission 400~600nm에서 건전종자와 퇴화종자의 형광신호에서 차이를 보임. 이는 퇴화하는 과정에서 상추종자의 성분이 변화하는 것으로 판단됨

○ 고추종자의 경우 excitation 360~550 nm 와 emission 400~660 nm에서 반응을 보였음. 건전종자와 퇴화종자는 비슷한 형태를 보였으며, 그 양 또한 큰 차이가 없는 것으로 나타남.

○ 토마토 종자의 경우 건전종자와 퇴화종자의 형광특성을 보면 excitation 400~450 nm 파장에서 차이를 보임. 이는 토마토 고유의 자연형광으로 보이며 퇴화하는 과정에서의 구성 성분의 변화에 의해 형광 반응의 차이로 판단됨.

#### 4. 초분광 영상을 이용한 퇴화종자 판별

초분광 영상 시스템을 이용하여 측정된 초분광 영상에서 종자 영역의 스펙트럼을 추출하여 발아력실험을 통해 건전과 퇴화로 분류된 종자의 스펙트럼을 두 그룹으로 분류하여 분석에 사용하였다.

##### 가. 초분광 반사광(Reflectance) 영상

추출한 각 픽셀에 대한 분석은 PLS-DA를 적용하여 판별 모델을 개발하였다. 또한 최적으로 제안된 모델의 beta coefficient를 이용하여 PLS 영상을 구성하였고 PLS영상은 아래의 식에 의해 구할 수 있다.

$$PLS\_image = \sum_{i=1}^n W_i H_i + constant \quad (4)$$

where  $W_i$  : beta coefficients

$H_i$  : the image at  $i^{th}$  wavelength of a total of n spectral images

constant : beta coefficients constant

PLS 영상에 영상처리를 이용하고 임계값을 적용하여 퇴화종자 검출 알고리즘을 개발하였다. 퇴화된 배추종자를 검출하는 영상처리 과정은 Fig. 4.12.과 같다. 832 nm의 파장영상을 이용하여 종자를 제외한 나머지 배경을 제거한 마스킹 이미지를 만들었다. 마스킹 영상은 종자 영역은 '1'이고 종자를 제외한 나머지 영역은 '0' 값을 가지게 된다. 이 마스킹 이미지에 건전종자와 퇴화종자를 판별하는 PLS 모델의 beta coefficient를 이용한 PLS 영상을 곱하기 연산하여 종자 이외의 배경부분을 제거하였다. 또한 PLS 모델에 의한 건전종자와 퇴화종자를 판별하는



기준을 임계값으로 적용하여 퇴화종자만 검출하는 최종 결과 영상을 얻을 수 있었다. 또한 픽셀수를 고려한 영상처리로 정확도를 높였다. 종자의 평균 크기(픽셀수)와 판별정확도를 기준으로 검출 알고리즘을 개발하였다. 종자의 평균 크기는 3시그마법에 의해 정하였다. 시그마는 통계 분석의 표준편차를 나타내는데 사용되는 기호로 평균과 표준편차는 평균에서 사용되는 가장 기본적인 방법이며, 표준편차는 분포도의 편평도를 나타내는 지표로 사용되기도 한다. 기본적인 시그마법의 경우 약 66%의 값들이 평균에서 양쪽으로 표준편차 범위에 포함되나 3시그마법은 정규분포일 경우 99.73%의 데이터를 포함한다. 퇴화종자 판별식을 나타내면 아래와 같다.

$$Y = (X - 3\sigma) \times A \quad (5)$$

where X : Mean of seed size

$\sigma$  : Standard deviation of seed size

A : Classification accuracy of PLS model

배추종자의 초분광 반사광 영상의 경우 건전종자 84립과 퇴화종자 108립의 초분광 반사광 영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼 데이터를 추출하여 부분 최소 자승법 (Partial Least Squares) 을 적용하여 건전종자와 퇴화종자의 구별 가능한 모델을 개발하였다. 초분광 영상 시스템을 이용하여 측정된 초분광 반사광 영상에서 배추종자 영역의 스펙트럼을 추출하여 발아력실험을 통해 건전과 퇴화로 분류된 종자의 스펙트럼을 두 그룹으로 분류하여 분석에 사용하였으며 550 nm, 620 nm, 680 nm 파장대가 주된 영향을 미친 것으로 나타났다. 건전종자와 퇴화종자의 분류하는데 가장 큰 영향을 미친 파장대는 680 nm 부근인 것으로 나타남. Calibration 모델의 결과의 경우 건전종자는 97.4%, 퇴화종자는 96.2% 이었으며 전체 96.7%의 분류 정확도를 보였다. 개발된 PLS모델의 성능을 확인하기 위해 만든 Test set의 경우 건전종자는 97.2% 이고 퇴화종자는 96.7%로 전체 96.9%의 분류 정확도를 보였다. 전체 퇴화종자 검출 영상과 발아테스트의 결과의 경우 전체 192립의 배추 종자 중 7립이 오분류 되어 96.8%의 정확도로 나타났다.

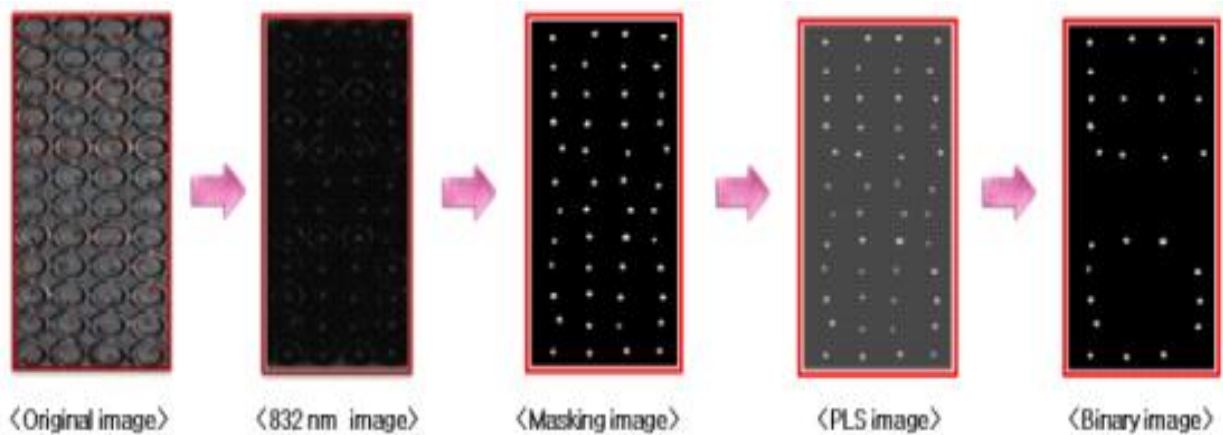


Fig. 4.12. Image processing for detecting nonviable cabbage seeds.

#### 나. 초분광 형광(Fluorescence) 영상

Fluorescence Spectrometer를 이용하여 확인한 종자의 형광특성 중 UV-A lamp 광원을 이용해 초분광 형광 영상을 획득하였다. 추출한 건전종자와 퇴화종자의 각 픽셀에 대한 분석은 파장별 ANOVA 분석을 통해 최적의 판별 파장영상을 선택하였다. 건전종자 36립과 퇴화종자 36립의 초분광 형광 영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼 데이터를 추출하여 각 파장별 ANOVA 분석을 실시하였다. 배추의 건전종자 스펙트럼 데이터는 6653 pixel, 퇴화종자 6229 pixel 이었으며, ANOVA 분석을 통해 건전종자와 퇴화종자의 스펙트럼 간에 판별 가능한 파장영상을 확인하였다.

Fig. 4.13.은 초분광 형광 영상 데이터의 평균 스펙트럼을 보여준다. 전체적으로 퇴화종자에서 형광 반응이 높은 것으로 확인되었다. 형광 영상에서 추출한 건전종자와 퇴화종자의 스펙트럼을 이용해 ANOVA 분석을 실시한 결과 Fig. 4.14.와 같이 492 nm 영역에서 가장 큰 F값이 나왔다. 이는 배추종자가 퇴화하는 과정에서 발생하는 sinapin 성분의 영향이라고 판단된다. F값에 의해 선정된 최적파장을 기준으로 배추의 건전종자와 퇴화종자를 구분하는 임계값을 계산하였다.

배추의 퇴화종자를 검출하기 위한 임계값 선정을 위해 각 파장영상에서 픽셀 intensity값 분포를 Fig. 4.15.과 같이 히스토그램으로 표현하였다. 건전종자와 퇴화종자의 intensity값의 평균과 표준편차를 고려해서 임계값으로 설정하였다. 따라서 임계값은 330으로 정하였으며 이를 이용하여 이진화를 실시하여 퇴화종자를 검출하였다.

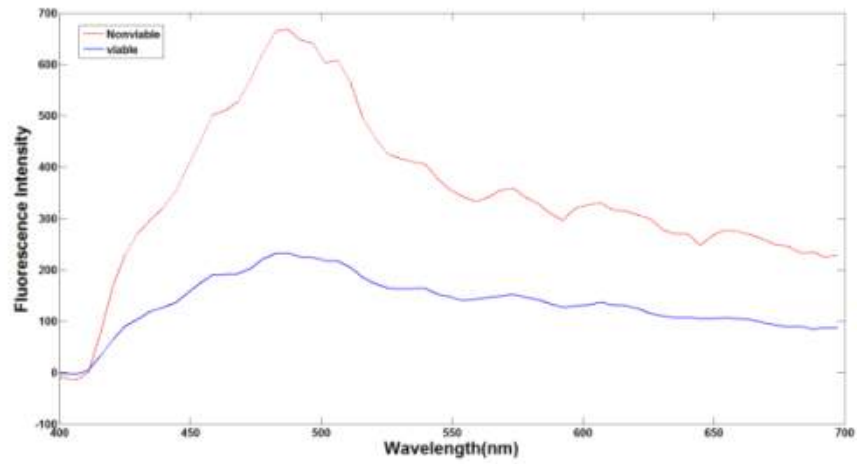


Fig. 4.13. Mean fluorescence spectra of viable and non-viable cabbage seeds.

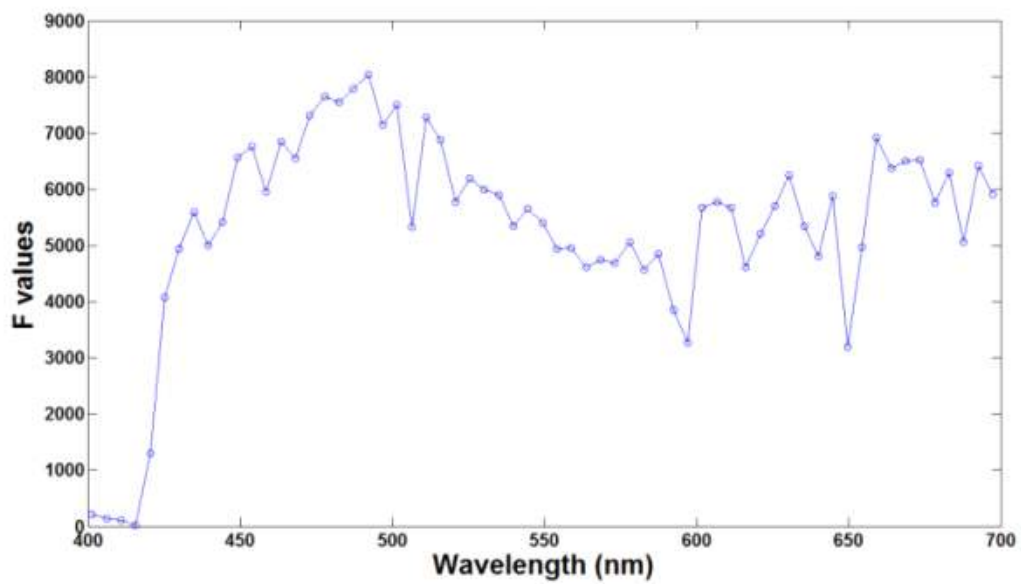


Fig. 4.14. F values of ANOVA for discriminating viable and nonviable of cabbage seed.

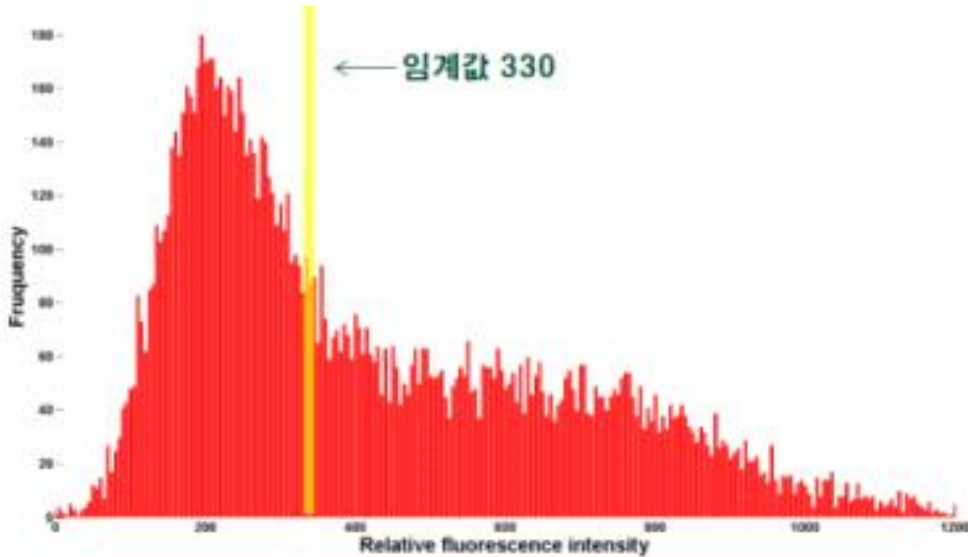


Fig. 4.15. Histogram of relative fluorescence intensity of viable and nonviable cabbage seed.

#### 다. 퇴화종자 검출 영상 및 발아력 실험 결과

Fig. 4.16.는 최적의 파장 492 nm 영상을 이용해 330을 기준으로 이진화하여 퇴화종자를 검출하는 처리 과정이다. 건전종자의 형광반응이 없어 배경과 종자를 구분하기 어려웠다. 따라서 형광반응을 하는 퇴화종자에 대해서만 검출을 실시하였다. 영상처리는 잡음을 제거하기 위해 중간값 필터를 사용하였고, 반사광 영상과 같이 배추종자의 평균 크기에 정확도를 고려하여 검출을 실시하였다.

임계값 330을 기준으로 각 픽셀에 대한 정확도는 Table 4.5.과 같이 89.5%로 나타났으며, 이를 이용한 영상에 적용한 정확도는 Tabel 4.6.과 같이 전체 72립 중 오검출 3립으로 95.8%의 정확도를 보였다. 검출 결과 영상 및 발아실험 결과는 Fig. 4.17.과 같다. 하지만 현재 사용한 광원 UV-A lamp는 광량이 작아 낮은 형광 intensity를 보여 분석에 어려움이 있었다. 차후 큰 광량을 가진 광원을 제작하여 사용한다면 검출 정확도를 높일 수 있을 것이라 판단된다. 다음은 실험결과를 요약한 것이다.

○ 배추종자와 같은 방법으로 진행된 무종자의 초분광 반사광 영상의 경우 스펙트럼 데이터를 추출하여 부분 최소 자승법 (Partial Least Squares)을 적용하여 건전종자와 퇴화종자를 구별할 수 있는 모델을 개발함. 무종자의 스펙트럼 데이터는 건전종자 50,744 pixel, 퇴화종자 46822 pixel 임. 이 중 건전종자 40,595 pixel, 퇴화종자 37,437 pixel의 스펙트럼은 식별 모델을 개발하는데 사용했으며, 모델 개발에 사용하지 않았던 건전종자 10,149 pixel과 퇴화종자 9,385 pixel의 스펙트럼은 개발된 모델의 검증에 사용하였음. 550 nm, 620 nm, 680nm, 700 nm 파장대가 주된 영향을 미친 것으로 확인되었으며 이는 chlorophyll의 변화의 영향이 주요 원인인 것으로 판단됨. PLS 모델의 calibration 결과 분석 결과 92.2%의 분류 정확도를 나타내었음.

PLS모델의 성능을 평가하기 위해 모델 개발에 사용하지 않은 스펙트럼 데이터를 이용한 test set는 분석결과 92.5%의 분류 정확도를 나타내었으며 퇴화종자 검출 영상의 경우 전체 144립의 배추 종자 중 5립이 잘못 분류되어 96.5%의 정확도를 나타냄.

○ 배추종자와 같은 방법으로 진행된 무종자의 초분광 형광 영상의 경우 건전종자 20립과 퇴화종자 20립의 초분광 형광 영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼 데이터를 추출하여 각 파장별 ANOVA 분석을 실시한 결과 673 nm 영역이 가장 큰 F값으로 확인됨. 최적 파장인 673 nm 영상을 이용해 intensity 725을 기준으로 이진화하여 퇴화종자를 검출하였음. 픽셀에 대한 정확도는 80.6% 이며 이미지를 이용한 검출은 전체 40립 중 4립 오검출되어 90.0%로 나타남.

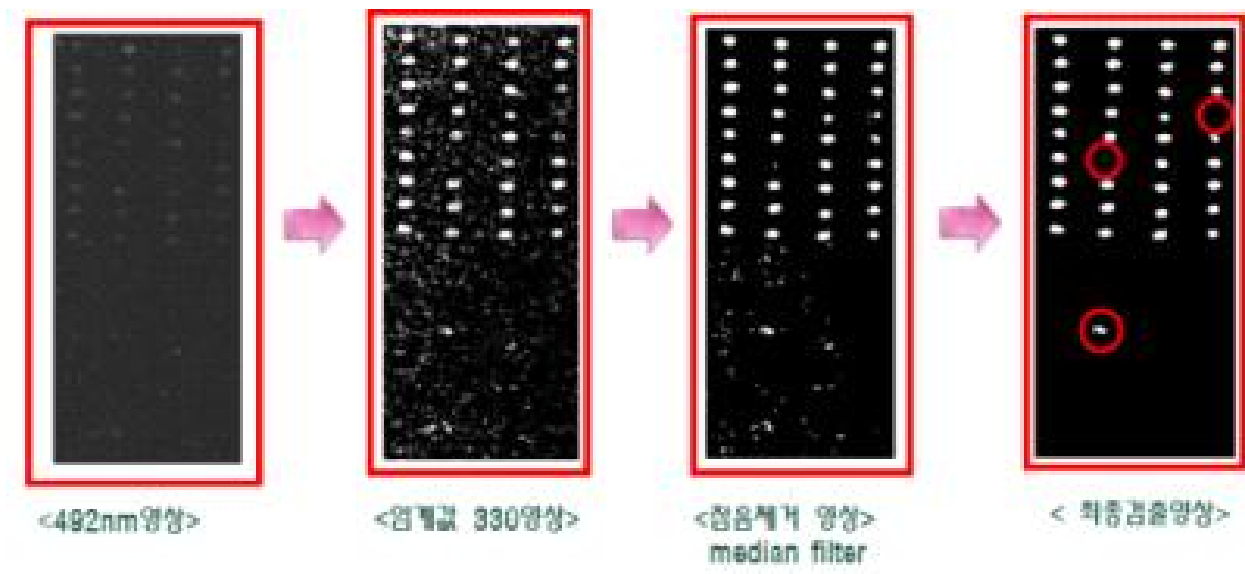


Fig. 4.16. Image processing for detecting nonviable cabbage seeds.

Table 4.5. Results of classification for pixel of viable and nonviable cabbage seeds.

	Total*	Correct*	Incorrect*	Accuracy
Viable seed	6653	5980	673	89.9
Non-viable seed	6229	5553	676	89.1
Total	12882	11533	1349	89.5

\*Number of pixels

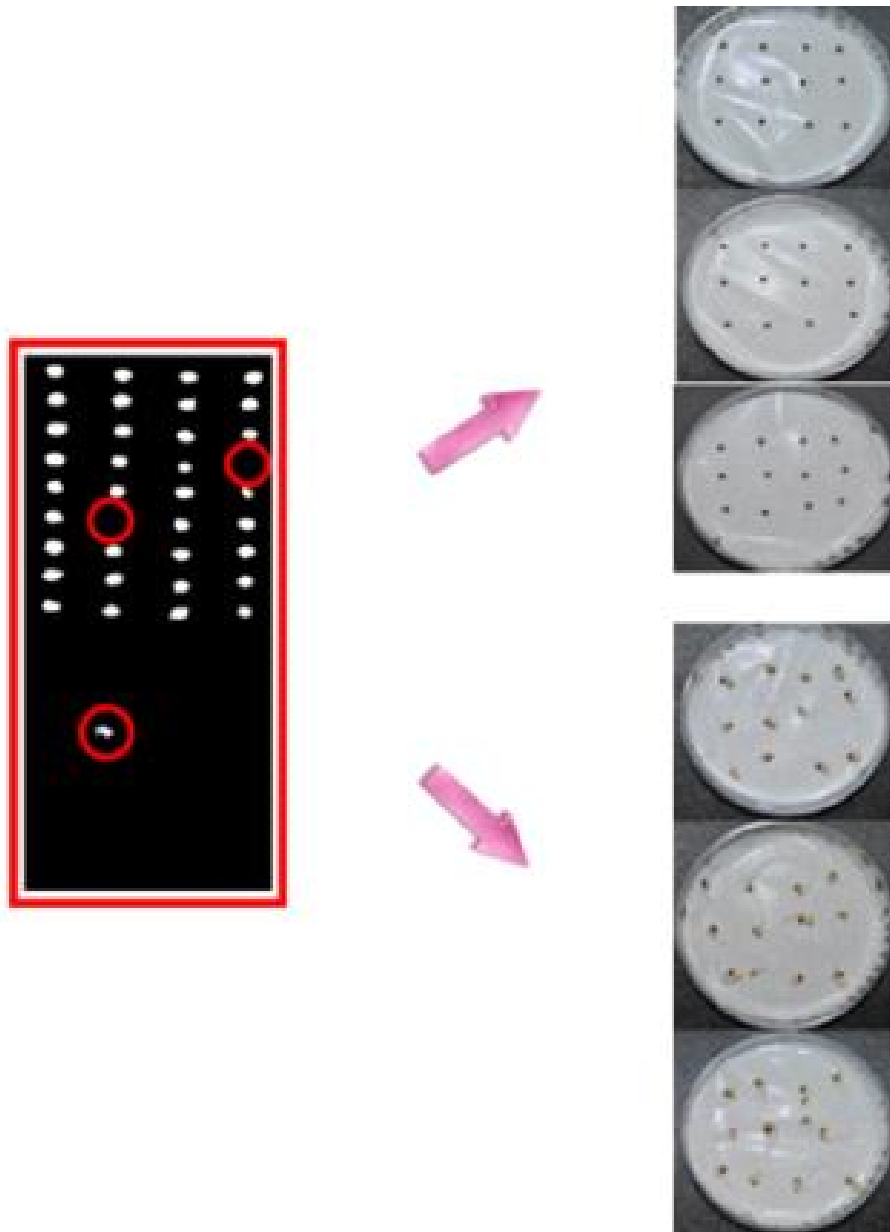


Fig. 4.17. Detecting results of nonviable cabbage seeds with germination tests.

Table 4.6. Classification results for viable and nonviable cabbage seeds.

Classification	Total	Correct	Incorrect	Accuracy
Total	72	69	3	95.8 %

## 5. 종자활력도 초분광 영상 예측 모델 개발

### 가. 단파적외선(Shortwave Infrared, SWIR) 초분광 영상 시스템

초분광 영상 기술은 빛의 각 파장별 전자기적 정보를 이용하여 영상을 분석하는 기술로 의

학, 과학 수사, 군사 등의 분야에서 널리 이용되고 있으며 특히 농업분야에서 농축산물의 품질 및 안정성 계측 등에 최근 활발히 이용되는 첨단 기술이다. 초분광 영상은 각 파장별 연속적으로 획득된 영상을 말하며, 획득원리는 Fig. 4.18.과 같다. 렌즈에 투사된 영상은 slit을 통과 하면서 1차원 정보가 되고 imaging spectrograph에 의해 각 파장별로 분광이 생성되며 1차원 정보가 분광정보를 포함한 2차원 정보로 변환된다. 이러한 영상들은 Fig. 4.19.에서 보는 것과 같이 3D hypercube라는 대용량 정보를 구성하게 되며 2차원의 영상 정보와 각 픽셀 별 스펙트럼 정보를 동시에 가지게 된다. 따라서 초분광 영상 기술은 분광에 영상을 융합한 기술로 기존의 분광기술이 대상물 전체의 분광정보를 제공하는 것과는 달리 대상물 세부 공간 영역에 대한 미세 영역별 분광정보를 제공하므로 대상물의 공간영역별 물리, 화학적 분석이 가능하다.

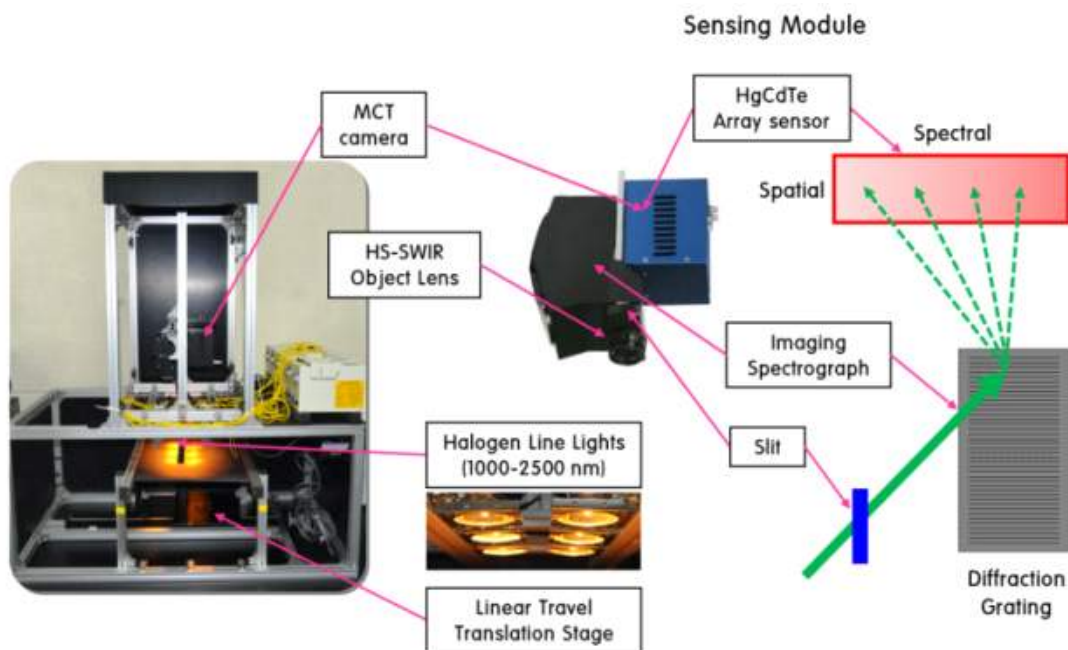


Fig. 4.18. Schematic of hyperspectral image system.

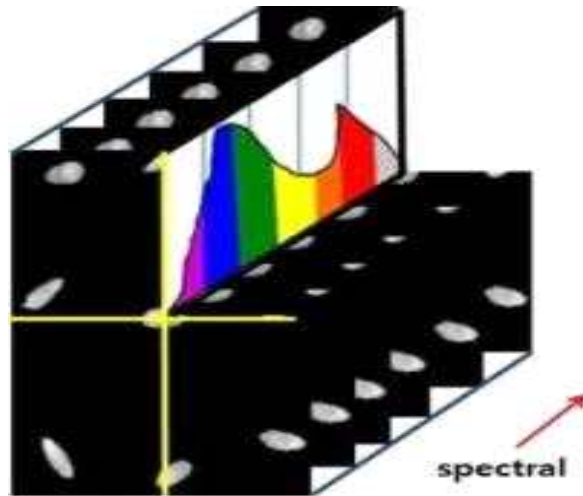


Fig. 4.19. Structure of the 3D hypercube.

#### 나. 단파적외선(Shortwave Infrared, SWIR) 초분광 영상 시스템 구축

초분광 영상 시스템은 최근 주목받는 비파괴 광학적 영상법으로 기존의 이미지 정보 이외에도 일정범위 내의 연속적인 파장에서 제공되는 이미지를 얻게 되는데, 이를 이용하면 특정 생체조직에서 일어나는 반응 및 상태를 분석할 수가 있다. 본 연구에서는 가시광선이 가지는 파장대역(400-700 nm)을 넘어선 1100-1700 nm의 단파적외선(Short wave infrared, SWIR)영역의 광특성을 이용하여 초분광 영상을 획득하고자 하였다. Fig. 4.20.은 본 연구를 위해 구축한 초분광 SWIR 영상시스템이다.

이 시스템은 MCT센서, 초점 조절이 가능한 C-Mount 렌즈가 구비된 Imaging Spectrograph와 스텝 모터로 구동되는 시료 이송부, 광량 조절이 가능한 텅스텐-할로젠 선광원으로 구성되었다. 초분광 영상 획득은 제작사에서 제공된 소프트웨어 개발 킷을 활용하여 개발된 Visual Basic 6.0 프로그램으로 구축하여 사용하였다. Fig. 4.21.는 구축된 시스템으로 시료를 측정하는 장면이다.



Fig. 4.20. The hyperspectral SWIR imaging system.



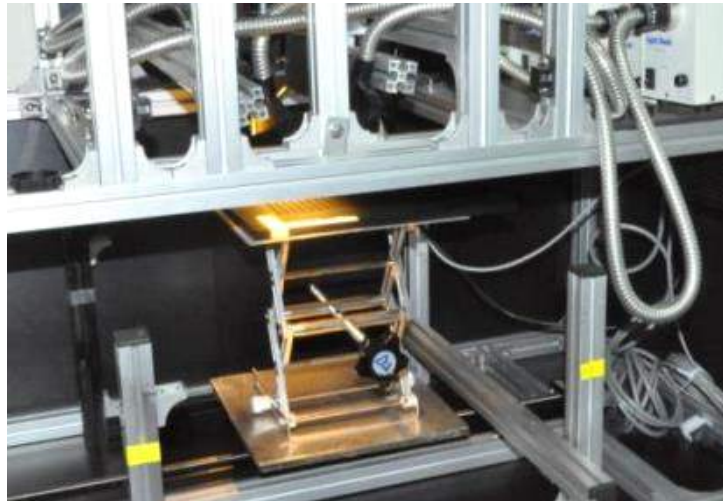


Fig. 4.21. Scanning process using the hyperspectral SWIR system for seed samples.

#### 다. 초분광 형광 영상 시스템 구축

본 연구에서는 초분광 SWIR 영상시스템과 함께 초분광 형광 영상 시스템을 사용하였다. 초분광 형광 영상 시스템은 영상 획득을 위한 electron multiplying charge-coupled device(EMCCD) camera(Luca RDL- 604M, Andor Technology, South windor CT, USA)와 imaging spectrograph(VNIR, Headwll photonics, Fitchburg, MA, USA), 그리고 step motor로 구동되는 시료이송부로 구성되어 있다. 제어 시스템 소프트웨어는 Visual Basic 6.0을 이용하여 구축하였으며, 렌즈의 노출시간을 설정하면 카메라에서 자동으로 step motor의 이송속도 및 촬영시간을 계산하여 구동 할 수 있도록 하였다. 렌즈에 투사된 영상은  $25\mu\text{m}$  두께의 slit을 통과 하면서 line-scan이 되고 spectrograph에 의하여 각 파장별로 분광이 생성된다. 분광된 정보는 EMCCD 카메라에 의해 증폭되어 이미지로 저장된다. Fig. 4.22.는 초분광 형광 영상 시스템이다.

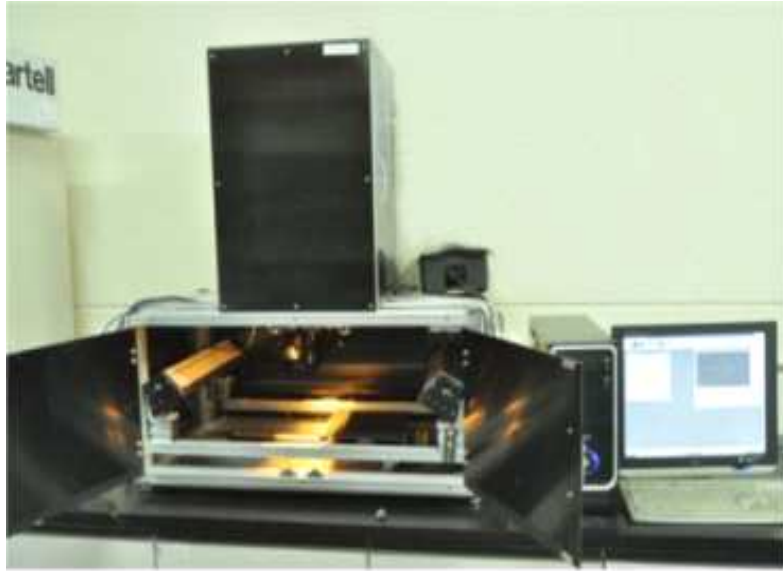


Fig. 4.22. Hyperspectral fluorescence imaging system.

#### 라. 초분광 형광 영상을 위한 LED 광원제작

대상물에 일정한 파장의 빛을 조사하면 조사된 빛의 파장보다 긴 파장에서 빛이 방출되는 현상을 형광이라 한다. 고추와 토마토의 발아와 불발아종자를 판별하기 위한 최적 조사광을 선정하기 위해 형광 광도계를 통해 조사광에 따른 형광방출 특성을 분석하였다. 형광 광도계를 통해 조사해본 결과 350~450 nm와 470~500 nm 가 최적의 조사광으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 400 nm의 10W급 power LED 5개를 직렬로 연결하여 광원을 제작하였다(Fig. 4.23). 초분광 형상 영상을 위한 LED는 개당 최대 허용전압이 15.6V 이므로 그 보다 조금 낮은 전력으로 설정하여 LED 개당 13V의 전압으로 5개씩 총 65V의 전압을 연결하여 사용하였다. 전원부의 구성은 24V의 SMPS(Switched-mode power supply) 3개를 직렬로 연결하여 전체 전압을 65V로 설정하였다(Fig. 4.24.).

LED 광원에서 400 nm 파장 보다 긴 파장의 광을 제거하기 위해 저역통과필터를 사용하여 광원에서 발생하는 410 nm 이후의 광을 완전히 차단하였다. 또한 고광원에서 나오는 짧은 파장 카메라의 유입되는 것을 막기 위해 카메라에 고역통과 필터(450 nm)를 장착하여 반사광을 제거 시켰다. Line-scan 방식을 통해 초분광 영상이 획득되므로 조사되는 빛의 형태가 직선 형태로 시료에 고르게 분포될 수 있도록 하기 위해 LED 광원 중간에 semi-cylinder-lens를 이용하여 빛을 일정하게 모아주도록 제작 설계하였다(Fig. 4.25.).

일반적으로 power LED를 장시간 사용하면 고온의 열이 발생한다. 본 실험에서 사용된 power LED의 경우 Fig. 4.26.과 같이 광원의 온도가 23℃ 이상으로 증가하면 광량이 약해지는 현상이 발생 되므로 광원의 온도를 23℃ 이하로 유지해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 발열 방출 효율이 좋은 알루미늄 재질로 케이스를 구성하고 LED와 알루미늄 판 사이에 heat sink compound를 발라 열의 방출을 쉽도록 하였다. 또한 1 set 당 광원에 12 V의 2.5 × 2.5 cm 팬 2개를 양쪽에 설치하여 고온의 열이 밖으로 배출되도록 제작 하였다(Fig. 4.27.).

초분광 형광 영상을 측정하기 전 LED 광원의 안정화 검증 실험을 실시하였다. 실험은 광원을 켜 후 20분 후부터 1시간 동안 10분 간격으로 광원의 온도와 초분광 영상 시스템 내부의 온도변화를 측정하였다. 또한 초분광 영상 스펙트럼의 intensity를 이용하여 안정화 되는 시간을 확인하였다. Table 4.7.은 시간에 따른 광원의 온도와 시스템 내부의 온도를 나타낸 것이다. 온도 변화를 보면 50분 후 온도가 더 이상 증가하지 않는 것으로 확인 되었지만 LED의 온도 조건인 23℃ 보다는 높은 것으로 나타났다. 하지만 Fig. 4.28.과 같이 시간에 따른 초분광 영상의 intensity를 확인 한 결과 60분 이후에 더 이상 빛의 세기가 낮아지지 않는 것으로 나타났다. 따라서 광원을 켜고 60분 후 부터는 광원의 온도와 초분광 영상의 intensity가 변하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 실험에서는 초분광 형광 영상 측정을 Fig. 4.29.와 같이 LED 광원을 켜 후 60분 후에 실시하였다.

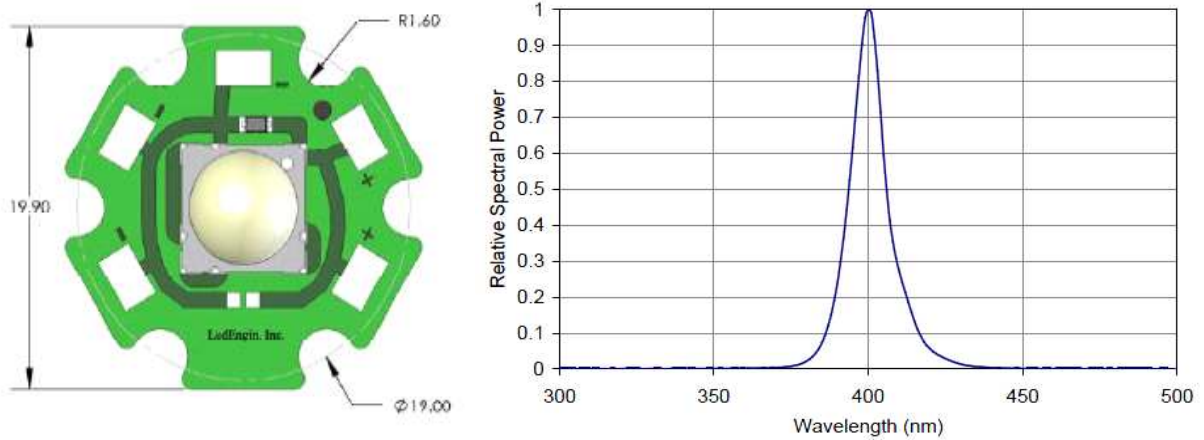


Fig. 4.23. Schematics of the power LED and typical spectrum of the power LED(400 nm).



Fig. 4.24. Photo of the installed power LEDs (a) and the switched-mode power supplies of 24 V.

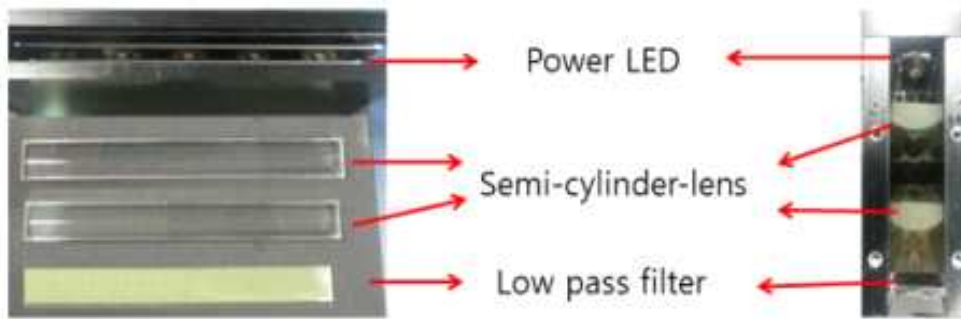


Fig. 4.25. Components for the assembly of the LED light source.

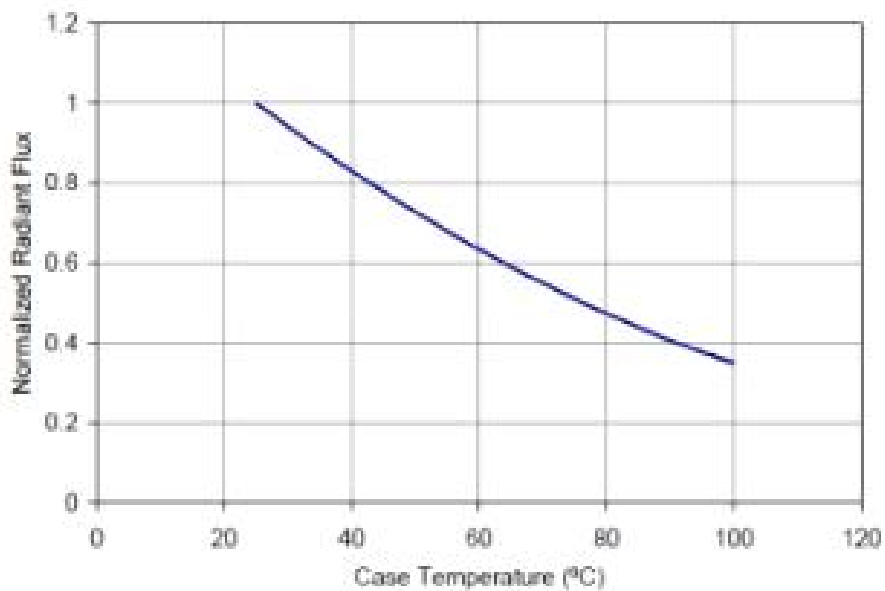
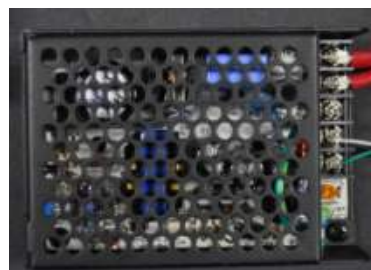


Fig. 4.26 Radiant flux of the LED over temperature.



(A)



(B)

Fig. 4.27. A cooling fan (A) and a switched-mode power supply of 12 (B).

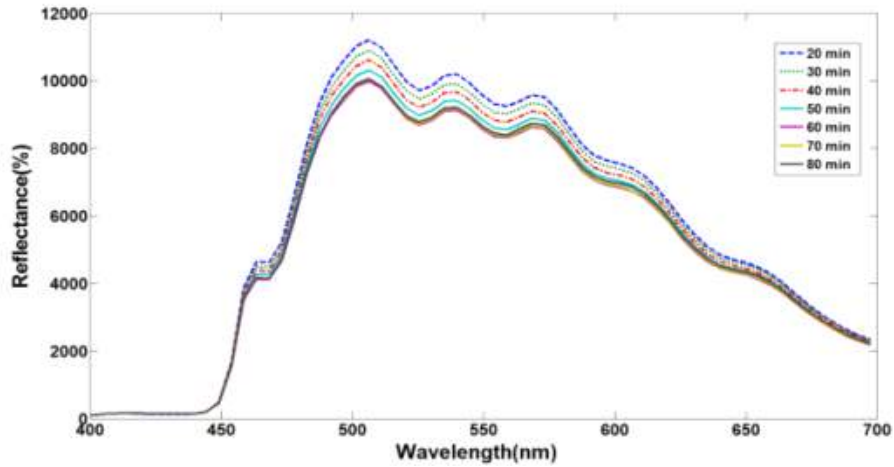


Fig. 4.28. Intensity change of hyperspectral fluorescence image over time.

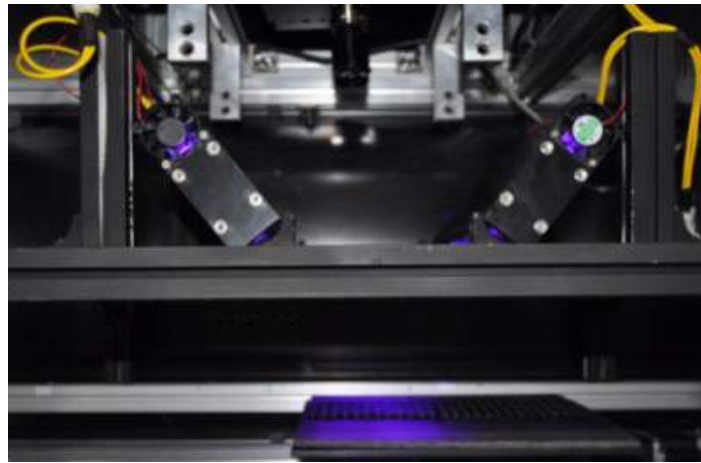


Fig. 4.29. Illumination for seed samples using LED light sources.

Table 4.7. Temperature change of LED light source over time

Temperature(°C)	Time(m)						
	20	30	40	50	60	70	80
Light source	36.2	38.1	39.4	41.5	42.5	42.6	42.4
Indoor of system	23.5	26.2	27.3	28.1	28.8	29.1	28.9

#### 마. 라만 스펙트럼 측정을 통한 건전종자와 퇴화종자의 스펙트럼 측정

라만 분광분석법이란 Fig. 4.30.과 같이 빛이 어떤 매질을 통과할 때 빛의 파장이 일부 변화되어 산란(scattering)이 되는 현상으로 조사된 파장보다 긴 파장(stoke)과 짧은 파장(anti-stoke)의 산란을 라만 산란(Raman scattering or Raman effect)이라 한다. 산란 되어 나오는 빛을 분

광계를 통해 계측하여 산란된 비의 세기를 주파수에 따른 띠(band) 혹은 반복적 피크(series of peaks)로 표시되는 스펙트럼(Spectrum)을 이용한 분석방법이 라만 분광분석법이다. 분자가 자외선이나 가시광선을 받았을 때 분자가 여기 상태(excited vibrational state)로 들뜬 후 바닥상태로 내려오며 에너지를 방출하게 되며, 이를 통해 산란이 일어나게 된다. 이때 원래 가지고 있던 에너지를 그대로 유지하면서 산란되는 가정을 레일리 산란(Rayleigh scattering)이라 하는데 산란 되는 빛이 레일리 산란과 비교해 얼마만큼 에너지를 잃었거나 혹은 얻었는가를 관찰함으로써 진동 에너지를 측정할 수 있다. 이 측정된 값을 통하여 다중회귀분석과 같은 통계적 기법과 컴퓨터 기술을 이용하여 물질의 구성 성분 또는 이화학적 특성을 분석할 수 있는데 이러한 기술을 이용하면 시료를 전처리 없이 비 파괴적으로 대상 성분을 동시에 신속하게 분석할 수 있다.

분자가 자외선이나 가시광선을 받았을 때 분자는 여기 상태(excited vibrational state)로 들뜨게 되고 이 여기상태의 분자는 세 가지 기전을 거쳐 다시 바닥상태(ground state)로 내려오게 되는데 이는 Fig. 4.31.와 같다. 입사 광원의 에너지를 모두 방출하면서 바닥상태로 떨어지게 되면 입사된 광원과 같은 에너지(주파수)의 빛이 산란되어 방출된다. 이 산란이 레일리 산란이고, 반면 분자의 진동에너지만큼을 흡수하거나 방출한 후 바닥상태로 돌아오는 경우를 라만 산란이라고 한다. 이때 전자 상태는 바뀌지 않지만 진동 상태의 전이가 일어난다. 분자의 진동 에너지를 흡수한 후 바닥상태로 돌아오는 경우를 Stokes 효과라 하고 이대 복사선의 에너지가 분자에 의해 흡수되었으므로 입사된 광원보다 낮은 에너지 즉 보다 긴 파장의 빛이 산란된다. 반면 분자가 가지고 있던 진동 에너지를 방출하고 바닥상태로 돌아오는 경우를 anti-Stokes 효과라고 하고 복사선이 분자로부터 에너지를 얻은 상태이므로 입사된 광원보다 높은 에너지 즉 짧은 파장의 빛이 산란되어 나온다. 이러한 라만 산란 과정을 통해서 입사된 광원과 물질간의 에너지 교환이 일어나게 된다. 물질이 흡수 혹은 방출하는 에너지는 각 물질을 구성하는 분자 구조와 밀접한 관계가 있고 라만 산란에 따른 산란광은 각 물질에 따라 고유하므로 산란광을 분석하면 물질의 분자구조를 추론할 수 있게 된다.

파장이 785 또는 1064 nm인 근적외선을 낼 수 있는 Nd:YAG 레이저를 이용한 near-IR FT 라만 분광법(Near-infrared Fourier transform Raman spectroscopy, near-IR Raman spectroscopy)과 CCD (charge coupled device) 검출기를 이용한 분산형 라만 분광학 등이 그 예이다. 또 파장이 270 nm 이하인 자외선을 이용하면 형광 영역이 라만 스펙트럼 영역 밖에서 분리되어 발생하기 때문에 순수한 라만 스펙트럼 측정이 용이할 수 있다. 본 연구에서는 785 nm의 레이저를 이용한 라만분광을 이용하였다.

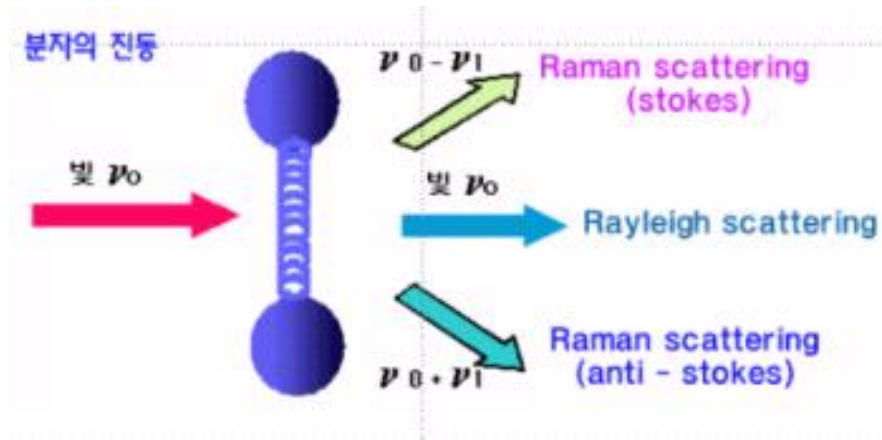


Fig. 4.30. Rayleigh and Raman scattering.  $\nu_0$ , frequency of insight;  $\nu_1$ , frequency of molceulary vibration

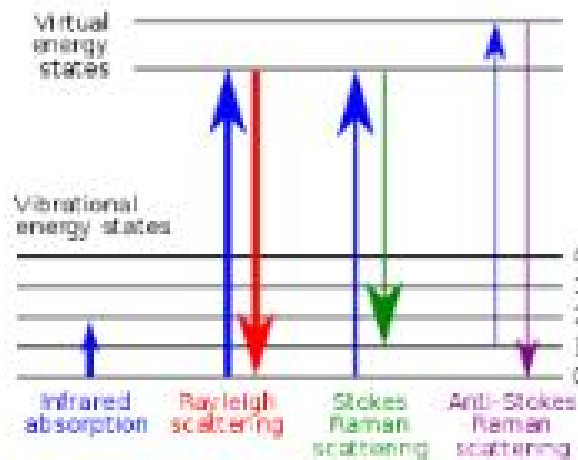


Fig. 4.31. Types of Raman scattering.

#### 바. Raman Spectroscopy

라만 분광분석기는 단일 파장이 입사광선이 분자 시료에서 산란될 때 그 일부분은 파장이 변한다는 라만효과를 이용한 분석기이며 대상물의 화학 작용기의 존재를 판단하여 분자의 정성분석에 주로 이용되는 기기이다. 라만분광법은 빛이 어떤 매질을 통과할 때 빛의 파장을 변화시켜 빛의 일부는 진행방향에서 이탈해 다른 방향으로 진행되는 산란현상이 발생하며 이러한 산란된 빛은 광원과 물질간의 에너지 변화에 기인하여 물질이 흡수 혹은 방출하는 에너지로 물질의 분자 구조와 밀접한 관련이 있다. 이러한 라만 산란광을 이용하여 물질의 분자구조를 추론할 수 있으므로 전처리 없이 비파괴적으로 시료의 성분이나 품질을 정량적으로 평가가 가능하다. 또한 수분의 영향을 많이 받는 근적외선 분광법에 비해 라만 분광법은 수분에 영향을 적게 받기 때문에 근적외선 분광법외에 물질의 정량, 정성 분석에 많이 이용 되어 지고 있다. 현재 종자를 구성하는 성분 차이를 라만 분광법을 이용하여 분류하고(Baranski et al.,

2005), 정량적으로 성분을 분석 및 예측 가능하다고 보고되고 있다(Carlos et al., 2008). 라만 분광법은 적외선법과 비교하였을 때 시료의 제조가 용이하며, 유리용기에 저장된 상태에서도 측정이 가능하며 물을 용매로 활용할 수 있다. 본 연구에서는 Fig. 4.32와 같은 Raman spectroscopy (RAMAN WORKSTATION™, Kaiser Optical Systems INC. Ann Arbor, USA)를 이용하여 라만 산란 스펙트럼을 측정하였다. Raman 시스템의 사양은 Table 4.8.과 같다.

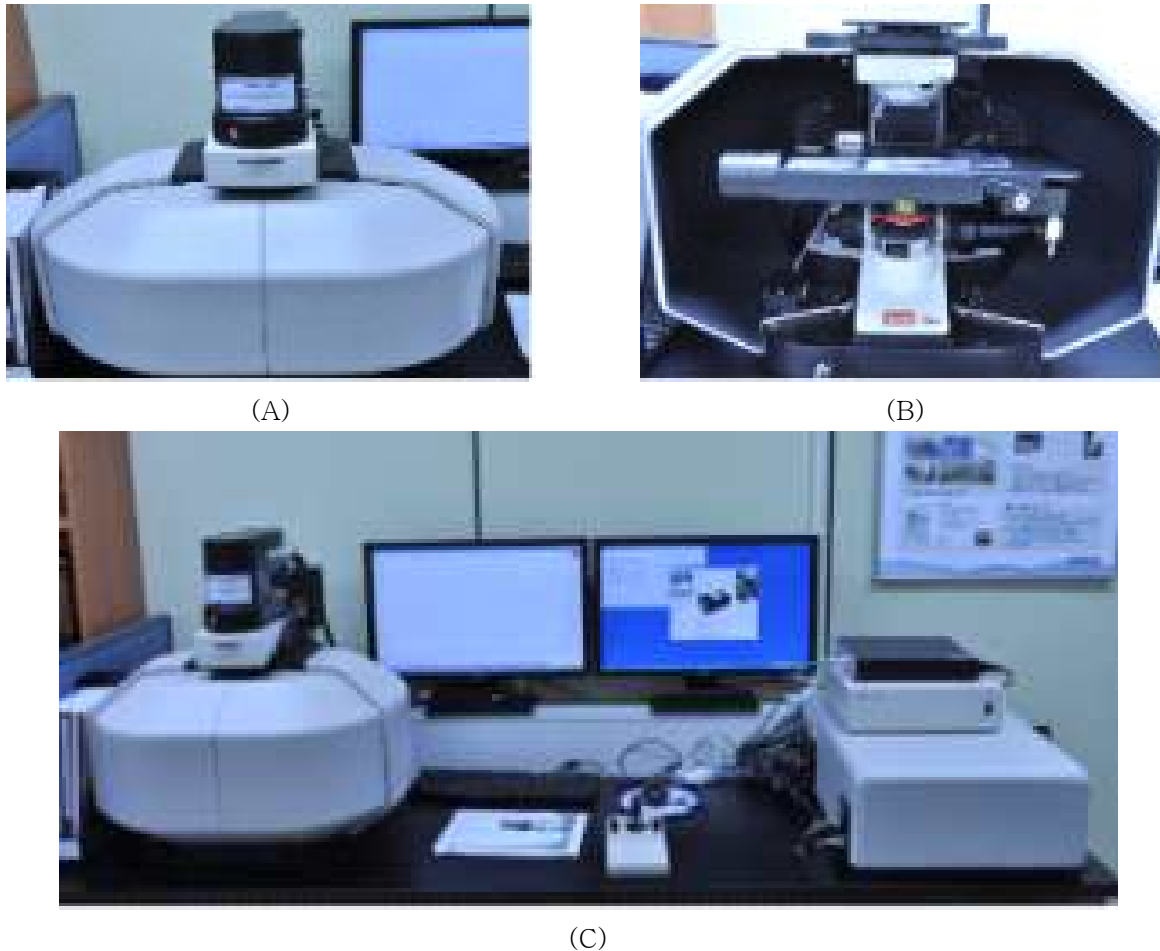


Fig. 4.32. The raman system (A : exterior, B : interior, C : entire system with accessory).

Table 4.8. Specification of the raman system.

System	Kaiser Optical Systems
Laser	Excitation laser(785 nm, Diode laser)
Spot size	1, 2, 6 mm
Circular illumination area	1 ~ 28.3 mm <sup>2</sup>
Detector	Charge-coupled device(CCD) detector
Grating	Holographic transmission grating
Focal length	64 mm
Power	0 ~ 400 mW
Spectral Range	1900 ~ 100 cm <sup>-1</sup>

## 6. 케모메트릭 융합 초분광 영상처리 기술 개발



### 가. 초분광 SWIR 반사광 영상 측정

초분광 반사광 영상은 스텝 모터의 이동을 0.1 mm 간격으로 1200 스텝으로 하여 측정하였다. 배추, 상추, 고추 3개의 종자에 대해 건전종자 108개, 퇴화종자 108개씩, 총 216개를 사용하였다. 배추, 상추, 고추의 경우 1200 스텝으로 초분광 반사광 영상을 획득하였다. 측정된 영상의 경우 948 nm ~ 2500 nm의 영역의 하이퍼 큐브의 형태이며 분석은 948 nm ~ 1600 nm 영역의 데이터를 사용하였다. 1600 nm 이상의 영역은 상대적으로 신호가 낮아 분석에서 제외하였다.

### 나. 스펙트럼 전처리

원본 스펙트럼 데이터에서 기기 조건의 변화에 따른 영향을 제거하고 불규칙한 대상물의 형상에 의한 광산란을 보정하고 우수한 판별예측모델을 개발하기 위해 다양한 통계적인 방법에 의한 전처리(pretreatment)를 실시하였다. 본 연구에서 실시한 전처리는 평균, 최대값, 일정범위의 3가지 정규화를 사용하였으며, 종자의 불규칙한 형상에 의한 광산란의 영향을 제거하기 위해 MSC(Multiplicative Scatter Correction), SNV(Standard Normal Variate) 전처리를 실시하였다. 또한 광경로의 차이나 측정환경의 변화 등에 기인한 베이스라인의 이동을 제거하거나 미소성분의 스펙트럼 특성을 강조하기 위해 Savitzky-Golay 1차, 2차 미분법을 사용하였다.

### 다. 분산분석

분산분석(Analysis of variance, ANOVA)은 통계학에서 두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때 집단 내의 분산, 총 평균과 각 집단 평균의 차이에 의해 생긴 집단 간 분산의 비교를 통해 만들어진 F분포를 이용하여 가설검정을 하는 방법이다. 분산분석의 종류는 일원분산분석(one-way ANOVA), 이원분산분석(two-way ANOVA), 다원변량분산분석(MANOVA), 공분산분석(ANCOVA) 등이 있다. 본 연구에서는 일원분산분석을 사용하였는데 독립변수는 1개이며 독립변수 내의 집단이 2개 이상인 경우에 사용되는 방법이다. F 값을 구하는 과정은 Table 4.9에 나타난 바와 같다.

Table 4.9에 의해 F값을 구할 수 있으며, F값은 그룹 간의 제곱평균(MSA)과 그룹 내 제곱평균(MSE)에 의해 크게 영향을 받는다. 그룹 간 제곱평균이 커지거나 그룹 내 제곱평균이 작아지면 F값이 커지므로 F값이 크다는 의미는 그룹 간에 차이가 크다는 의미로 각 그룹을 구별하기 쉽다는 의미를 가지게 된다. 이를 이용하여 발아종자와 불발아종자를 구분하는 최적의 파장조합을 조사하였다. 차이가 크다는 의미로 각 그룹을 구별하기 쉽다는 의미를 가지게 된다. 이를 이용하여 발아종자와 불발아종자를 구분하는 최적의 파장조합을 조사하였다.

Table 4.9. One-way ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of square	Mean square	F0
Factor A (between groups)	a-1	$SSA = \sum_{i=1}^a n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2$	$MSA = \frac{SSA}{(a-1)}$	$\frac{MSA}{MSE}$
Error (within groups)	N-a	$SSE = SST - SSA$	$MSE = \frac{SSE}{(N-a)}$	
Total	N-1	$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y})^2$		

where, a = The number of levels for a factor,  $n_i$  = The number of trials at ith factor level,  $\bar{y}_{ij}$  = The response value at ith factor level and jth trial,  $\bar{y}$  = Mean of all samples within all group,  $\bar{y}_i$  = Mean of at ith factor level

### 라. 주성분 분석(Principal Component Analysis)

주성분 분석은 고차원 특징 벡터들의 정보를 유지하면서 저차원으로 차원을 축소하는 다변량 데이터 처리 방법 중 하나이다. 주성분 분석법은 식 (1)과 같이 스펙트럼의 변위 즉 종자의 광 특성을 최대로 표현하는 새로운 변수들의 선형결합으로 구하게 된다.

변환행렬인 고유벡터를 통해 각 스펙트럼의 공분산을 통해서 구할 수 있으며, 주성분은 고유치가 큰 고유벡터의 순서대로 구하게 된다. 고유치가 큰 고유벡터는 영향력이 크다는 것을 의미하는데 이를 이용하여 각 종자의 광 특성 영향력이 큰 과장대를 분석 할 수 있게 된다. 주성분은 고유치가 큰 고유벡터의 순서대로 배열되게 되며, 각 주성분의 전체 변위를 표현하는 비율은 식 (6)에 의해 계산 할 수 있다.

$$Var_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^M \lambda_j} \times 100 \quad (6)$$

where,  $Var_i$  : variance which is described by the eigenvector

$\lambda_i$  : the ith eigenvalue

고유벡터를 이용하여 주성분 영상을 구성하고 최종적으로 발아종자와 불발아종자를 선별하는 영상에 이용하였다. 주성분 영상은 식(7)에 의해 구할 수 있다.

$$PC\_image = \sum_{i=1}^n W_i H_i \quad (7)$$

where,  $W_i$  : weighting coefficient

$H_i$  : image at ith wavelength of a total of n

### ⑤ 부분최소제곱 판별분석(Partial Least Squares-Discriminant Analysis )

부분최소제곱(Partial Least Squares : PLS) 회귀 분석법은 주성분(PCA) 분석법을 보완한 방법으로 스펙트럼(독립변수) 데이터의 주성분을 구하고 그 주성분을 이용하여 회귀식을 구하는 주성분분석과는 다르게 스펙트럼뿐만 아니라 실제 측정된 종속변수 값을 동시에 고려하여 새로운 변수를 찾고 이를 이용하여 회귀식을 구하는 방법이다. 이와 같이 독립변수와 종속변수를 모두 고려하기 때문에 독립변수만을 고려하는 주성분 모델보다 더 안정적인 특징을 보인다.

PLS 방법은 정량적 분석 외에 정성적 분석법도 활용이 되는데 대표적인 방법이 PLS-DA(Partial Least Squares-Discriminant Analysis) 방법이다. 기존의 PLS 모델과는 달리 PLS-DA는 종속변수로 연속적인 값 대신 판별하고자 하는 그룹들을 가상 변수로 설정하여 이를 판별 하는 회귀모델이다. 본 연구에서는 건전종자와 퇴화종자를 판별하기 위해 PLS-DA 모델을 이용하였다. 또한 스펙트럼 X의 score 행렬 T와 측정된 농도 Y의 score 행렬 U의 관계식으로 구한 beta coefficient를 이용하여 초분광 영상에서 PLS 영상을 구성하고 이를 발아종자와 불발아종자를 선별하는 영상 구성에 이용하였다.

모든 데이터 분석은 MATLAB(version 7.0.4, The Mathworks, Natick, MA, USA) 프로그램을 이용하였고, 그래프 분석에는 Origin Pro(version 8.1, OriginLab, USA)를 이용하였다.

#### 마. 종자의 발아력 실험(공시시료 및 종자 퇴화처리)

본 연구에 사용된 종자는 H사에서 제공된 무처리 종자를 이용하였다. 실험에 사용한 종자는 Table 4.10.과 같다. 발아종자와 불발아종자 판별을 위해 인위적으로 건전종자를 퇴화처리 하였다. 퇴화처리는 건전종자의 함수율을 20%로 조정한 후 진공 포장하여 45°C water bath에서 완전히 퇴화 할 때 까지 보관하였다. 이 후 20°C의 incubator에서 건전종자와 퇴화종자 모두 원래의 무게까지 건조하였다. 모든 과정은 국제종자검정협회(ISTA) 규정에 따랐으며 퇴화처리가 완료된 후 4°C로 보관하며 실험에 사용하였다. 추후 발아 실험결과 배추, 상추종자는 3일 후 완전히 퇴화된 것으로 확인되었으며, 고추는 7일 후 완전히 퇴화된 것으로 확인되었다. 배추와 상추, 초추의 발아실험 조건은 Table 4.11.과 같다.

모든 실험에서 사용된 종자는 개별종자에 대한 건전종자와 퇴화종자를 식별하기 위해 국제종자검정협회(ISTA) 규정에 따라 발아력 실험을 실시하였다.

Table 4.10. Types of seeds used in the experiments.

종 자	학 명	품 종
배추	<i>Brassica campestris</i> L	신통노랑
상추	<i>Lactuca sativa</i> L	열강적치마
고추	<i>Capsicum annum</i> L	PR-815

Table 4.11. Rules of germination tests suggested by ISTA.

종 자	학 명	온 도	최종발아 확인일수	발아법
배추	Brassica campestris L	25°C	7	
상추	Lactuca sativa L	20°C	7	TP
고추	Capsicum annuum L	25°C	14	

#### 바. TP (Top of paper)법과 BP (Between of paper)법

종자의 발아란 종자가 적합한 환경조건하에서 정상적인 식물로 계속 발육할 수 있는 능력을 지닌 중요한 식물의 구조가 출현 발달하는 것으로 정의될 수 있다. 종자의 발아의 시험방법은 ISTA 규정에 맞추어 TP (Top of paper)법을 이용하여 배추, 상추, 고추종자 발아실험을 하였다. 종자는 순도검사를 마친 정립종자를 무작위로 추출하여 사용하였으며, 발아조사의 결과는 백분율로 나타내었다. ISTA 규정에 따라 각 종자에 맞는 치상법과 온도를 고려하여 Germination chamber에서 일정한 온도 하에서 시행하였다.

#### 사. 초분광 SWIR 반사광 영상 측정실험 결과

할로젠램프를 이용하여 획득된 반사광 스펙트럼 중 948 nm ~ 1600 nm의 영역대를 사용하여 종자별로 건전종자 36립과 퇴화종자 36립씩 두 그룹으로 나누어 비교·분석하였다. 각각 종자별로 건전종자 36립과 퇴화종자 36립씩 72립을 한 플레이트에 배열 후 측정하였다. 다음은 초분광을 이용한 종자의 측정결과 분석결과를 요약한 것이다.

○배추종자의 경우 건전종자 36립과 퇴화종자 36립의 초분광 반사광 영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼 데이터를 추출하여 부분 최소 자승법(Partial Least Squares, PLS)을 적용하여 건전종자와 퇴화종자의 선별모델을 개발하였음. 각 종자의 스펙트럼 데이터는 건전종자 2,640 Pixel, 퇴화종자 2,637 Pixel 이었으며, 이 중 건전종자 2,111 Pixel, 퇴화종자 2,109 Pixel 은 모델을 개발하는데 사용하였다. 모델 개발에 사용하지 않았던 건전종자 529 Pixel과 퇴화종자 528 Pixel 의 스펙트럼은 개발된 모델의 검증에 사용함. 1440~1450 nm, 1580 nm, 1620~1645 nm, 1695 nm 파장대가 주된 영향을 주는 것으로 판단됨. 1580 nm은 glucose의 O-H 결합에 의한 결과로 보이며, 1620~1645 nm와 1695 nm는 CH<sub>3</sub> 구조의 C-H str. first overtone 의 영향인 것으로 판단됨. PLS 모델의 calibration 결과에 따르면 건전종자는 79.3%, 퇴화종자는 83.7%의 정확도로 분류되었으며 전체적으로 81.5%의 분류 정확도를 나타냄. 모델 개발 검증 결과에 따르면 건전종자는 78.1% 그리고 퇴화종자는 82.0%의 정확도로 분류되었고 전체 80.0%의 분류 정확도를 나타냄. 퇴화종자 검출 영상에 따른 결과에 따르면 전체 72립의 배추 종자 중 10립이 잘못 분류되어 86.1%의 정확도로 나타남.

○상추종자의 경우 건전종자 36립과 퇴화종자 36립의 초분광 반사광 영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼 데이터를 추출하여 PLS 분석을 적용하여 건전종자와 퇴화종자의 선별모델을 개발하였음. 각 종자의 스펙트럼 데이터는 건전종자 4,042 Pixel과 퇴화종자 5,045 Pixel 이었으며, 이 중 건전종자의 3,231 Pixel과 퇴화종자의 4,036 Pixel 은 식별 모델을 개발하는데 사용하였고 나머지 건전종자의 811 Pixel, 퇴화종자의 1,009 Pixel 의 스펙트럼은 개발된 모델의 검증하기 위해 사용됨. 1200~1250nm 1440~1450 nm, 1580 nm 파장대가 주된 영향을 미친 것으로 나타남. 1440~1450 nm은 CH 구조의 2C-H str. + 2C-H def. 진동 모드, 1580 nm은 glucose의 O-H 결합에 의한 결과로 판단됨. PLS 모델의 calibration 결과에 따르면 건전종자의 정확도는 69.7%이며 퇴화종자는 81.3% 이었으며 전체는 76.2%의 분류 정확도를 나타냄. 모델 개발 검증 결과에 따르면 정확도는 건전종자의 경우는 67.7% 이고 퇴화종자의 경우는 80.6%이며 전체 74.9%의 분류 정확도를 나타냄. 퇴화종자 검출 영상에 따른 결과에 따르면 전체 72립의 상추 종자 중 5립이 오분류 되어 93.1%의 정확도로 나타남.

○고추종자의 경우 건전종자 36립과 퇴화종자 36립의 초분광 반사영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼 데이터를 추출하여 PLS분석을 적용하여 건전종자와 퇴화종자의 선별모델을 개발하였음. 각 종자의 스펙트럼 데이터는 건전종자 5,540 Pixel, 퇴화종자 7,834 Pixel 이었으며, 이 중 건전종자 4,432 Pixel, 퇴화종자 6,264 Pixel 은 식별 모델을 개발하는데 사용하였고 모델 개발에 사용되지 않았던 건전종자 1,108 Pixel, 퇴화종자 1,570 Pixel 의 스펙트럼은 개발된 모델의 검증에 사용됨. 1400 nm, 1550 ~ 1650 nm의 파장대가 주된 영향을 미친 것으로 나타남. 1400 nm는 C-H 결합에 의한 CH<sub>3</sub>의 영향, 1550 ~ 1650 nm은 C-H 결합에 의한 CH<sub>2</sub>의 영향으로 판단되며 이는 종자의 발아에 영향을 미치는 억제 물질인 abscisic acid(ABA)의 C-H 결합과 관련된 것으로 판단됨. 스펙트럼 데이터를 이용한 PLS 모델의 Calibration 결과에 따르면 건전종자는 52.0%, 퇴화종자는 84.7%의 정확도를 보였으며 전체적으로 71.1%의 분류 정확도를 나타냄. 모델 개발 검증 결과에 따르면 건전종자는 52.6%, 퇴화종자는 82.7%의 정확도를 보였고 전체적으로 69.7%의 분류 정확도를 나타냄. 퇴화종자 검출 영상에 따른 결과에 따르면 전체 72립의 고추 종자 중 18립이 오분류 되어 75.1%의 정확도로 나타남.

## 7. 초분광 형광 영상 측정

### 가. Fluorescence Spectrometer 측정

형광 스펙트럼 또한 단일 종자를 이용하여 측정하였으며, 종자의 종류마다 PMT(photo multiplier tube)를 이용하여 조사광의 세기를 조절하여 사용하였다. 형광광도계(Fig. 4.33.)의 xenon-arc lamp에서 방출된 빛이 종자에 조사되도록 precision cell의 중앙에 종자를 위치하여 실험을 실시하였다. 본 실험에서는 PMT 650, 700, 750, 800 volt와 integration time을 20 ms으로 설정하여 수행하였다. 조사를 위한 광은 200 ~ 750 nm 영역에서 5 nm 간격으로 하였으며, 이에 따른 방출광은 각 조사파장 보다 30 nm 긴 파장부터 측정하였다. 방출 파장의 측정

범위는 230 ~ 900 nm이며 측정간격은 1 nm이었다. 조사광에 따른 형광 방출 강도를 3차원 emission-excitation matrix (EMEX)로 구성하여 종자의 형광특성을 분석하였다. 다음은 Fluorescence Spectrometer를 이용한 실험결과 및 분석결과를 요약한 것이다.

○ 고추종자의 경우 건전종자 20립과 퇴화종자 20립을 이용하여 종자의 형광특성에 대한 예비실험을 실시하였음. Fluorescence Spectrometer를 이용하여 각 종자의 형광 특성을 측정 및 분석 결과 형광 스펙트럼은 조사광 350~450 nm 일 때 400~620 nm 사이에서 형광 방출이 나타났으며, 470~ 500 nm 일 때 500~650 nm 사이에서 형광 방출 피크가 나타남. 조사광 350~450 nm의 영역에서 불발아종자가 발아종자보다 다소 높은 반응을 보였고 470~500 nm 영역에서는 반대로 발아종자가 더 높게 나타남.

○ 토마토종자의 경우 건전종자 20립과 퇴화종자 20립을 이용하여 종자의 형광특성에 대한 예비실험을 실시하였음. Fluorescence Spectrometer를 이용하여 각 종자의 형광 특성을 측정 및 분석 결과 조사광 370~450 nm 일 때 420~600 nm 사이에서 형광 방출이 나타났으며, 450 ~500 nm 일 때 500~620 nm 사이에서 형광 방출 피크가 나타남. 하지만 고추종자와는 다르게 모든 영역에서 발아종자보다 불발아종자에서 더 높은 양상을 나타냄. 이러한 형광 특성은 종자가 퇴화하는 과정에서 발생하는 amino acid과 관련된 protein의 누출과 관련된 것으로 판단됨(Narayana and Wendell, 2000; Kester 등, 1997; Wettlaufer and Carl Leopold, 1991). Protein은 350~400 nm 광에서 형광 방출 피크가 나타나며 이러한 protein의 변형에 의한 영향으로 발아종자와 불발아종자 사이에 형광 방출의 차이가 발생한다고 판단됨. 따라서 본 연구에서는 두 종류 종자에서 공통적으로 사용할 수 있는 350~450 nm의 중간인 400 nm LED 광원을 조사광으로 사용하여 초분광 형광 영상을 획득함.



Fig. 4.33. FluoroMate FS-2 fluorescence spectrometer system.

#### 나. 초분광 형광 영상 측정

초분광 형광 영상은 노출시간(exposure time)을 0.032 s로 설정하고 스텝 모터의 이동을 0.1

mm 간격으로 2300 스텝으로 하여 총 23 cm 길이의 면적을 2300 × 502 pixels의 공간해상도로 형광 영상을 획득하였다. 측정된 형광 스펙트럼의 영상의 범위는 450-700 nm 이었으며, 고추와 토마토 종자는 Table 4.12와 같이 건전종자 144립과 퇴화종자 144립을 형광 영상 촬영과 발아력 검증 실험에 사용하였다.

Table 4.12. Number of the samples for hyperspectral fluorescence imaging.

Seed	Normal seed*	Aged seed*	Total*
Pepper	144	144	288
Tomato	144	144	288

\*Number of sample

#### 다. 토마토종자 선별결과

Table 4.34.은 토마토의 발아종자와 불발아종자의 평균 형광 스펙트럼을 나타낸다. 스펙트럼 형태는 비슷하게 나왔으나 500~700 nm에서 퇴화종자가 높은 형광 반응이 나타났다. 하지만 두 그룹의 스펙트럼은 편차가 심하여 두 그룹을 분류하기 위한 최적파장을 확인하기 위해 분산 분석과 주성분 분석을 실시하고 이를 이용하여 정확도를 평가 하였다.

일반적인 토마토 종자는 치상 후 3일 후부터 발아가 시작되어 11일 이내에 발아가 완료되었으며, 초분광 형광 영상에 사용된 종자는 각각 91.7%의 발아율을 보였으며 퇴화 처리한 종자는 모두 발아되지 않았다. 전체적으로 고추종자보다 낮은 발아율을 보였다. 초분광 형광 영상 촬영에 사용된 각각 288립의 종자 중 132립의 발아종자와 156립의 불발아종자로 두 그룹으로 분류하여 분석에 이용하였다.

토마토의 초분광 형광 영상에서 추출한 전체 픽셀 데이터 중 무작위의 30%인 발아종자 19,010개와 불발아종자 23,224개의 픽셀을 이용하여 최적 파장 조합을 구하기 위해 두 파장의 스펙트럼 비율 값을 이용하여 분산분석을 실시하였다. 이 중 70%의 33,788개를 calibration 그룹으로 정하고 이를 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 분석에 사용하지 않은 30%인 8,446개를 test 그룹으로 구성하고 판별 정확도를 구하였다. Fig. 4.35.는 파장별 비율값을 이용한 분산 분석에 의한 F값의 결과를 보여준다. 결과에 따르면 F값이 가장 큰 파장대는 479 nm와 588 nm의 비율 값으로 확인되었다.

최적의 파장비인 479 nm와 588 nm의 비율값을 이용하여 두 그룹을 가장 잘 분류 할 수 있는 최적의 임계값을 정하여 판별 정확도를 계산하고 test 그룹의 데이터인 발아종자 3,802개와 불발아종자 4,644개의 픽셀을 이용하여 판별 정확도를 검증하였다. Table 4.13.은 calibration 그룹의 판별 정확도로 발아종자의 경우 72.9%, 불발아종자의 경우 74.3%로 나타났으며 전체 73.6%의 정확도를 보였다. 또한 Table 4.14.는 test 그룹의 픽셀 데이터를 이용하여 검증한 결과로 발아종자는 77.3%, 불발아종자는 74.3%로 전체 76.0%의 정확도를 보였다.

초분광 형광 데이터를 이용하여 선택된 최적파장 479 nm와 588 nm의 비율 영상을 이용하여 퇴화종자만 검출하는 영상을 구성하고 판별 정확도를 평가 하였다. Table 4.15.는 전체 불발아 종자 검출 정확도를 나타낸 것이며, Fig. 4.36.은 전체 불발아종자 검출 영상 및 발아테스트 결과를 보여준다. 토마토의 퇴화종자를 판별하기 위한 최적의 초분광 형광 비율 영상을 이용한 종자 판별정확도는 전체 288립 중 45립이 오분류 되어 84.4%의 정확도를 나타냈다.

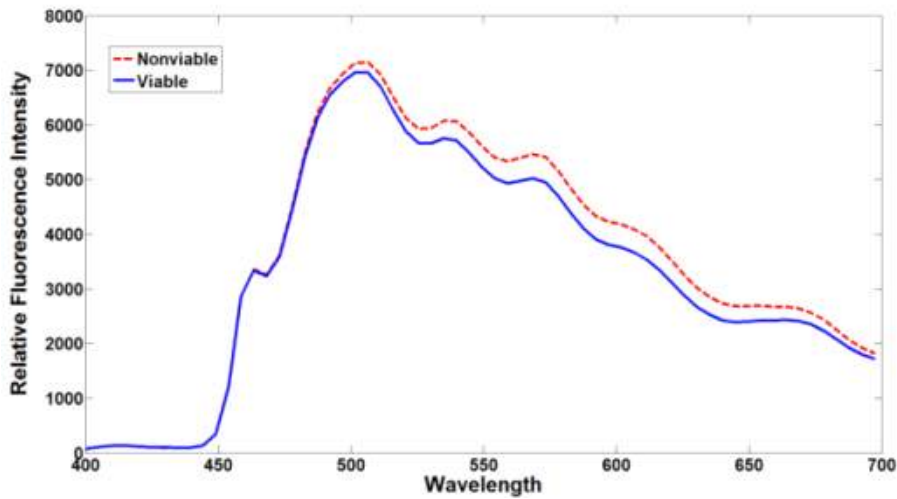


Fig. 4.34. Mean fluorescence spectra of viable and non-viable tomato seeds.

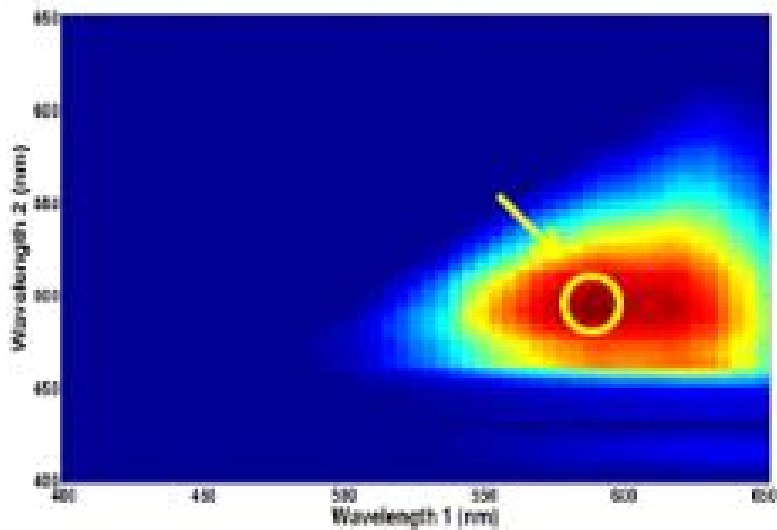


Fig. 4.35. F values of wavelength ratios used for classification of viable and non-viable tomato seeds using fluorescence data.



Table 4.13. Calibration results of classification between viable and nonviable tomato seeds using an optimal threshold value and ratio of fluorescence spectral data(479 nm/588 nm).

Calibration	Total*	Correct*	Incorrect*	Accuracy(%)
Viable	15208	11082	4126	72.9
Non-viable	18580	13797	4783	74.3
Total	33788	24879	8909	73.6

\*Number of pixels

Table 4.14. Test results of classification between viable and nonviable tomato seeds using an optimal threshold value and ratio of fluorescence spectral data(479 nm/588 nm)

Test	Total*	Correct*	Incorrect*	Accuracy(%)
Viable	3802	2824	978	77.3
Non-viable	4644	3592	1052	74.3
Total	8446	6416	2030	76.0

\*Number of pixels

Table 4.15. Classification results of viable and non-viable tomato seeds using fluorescence ratio images(479 nm/588 nm).

Classification	Total	Correct	Incorrect	Accuracy(%)
Total	288	243	45	84.4

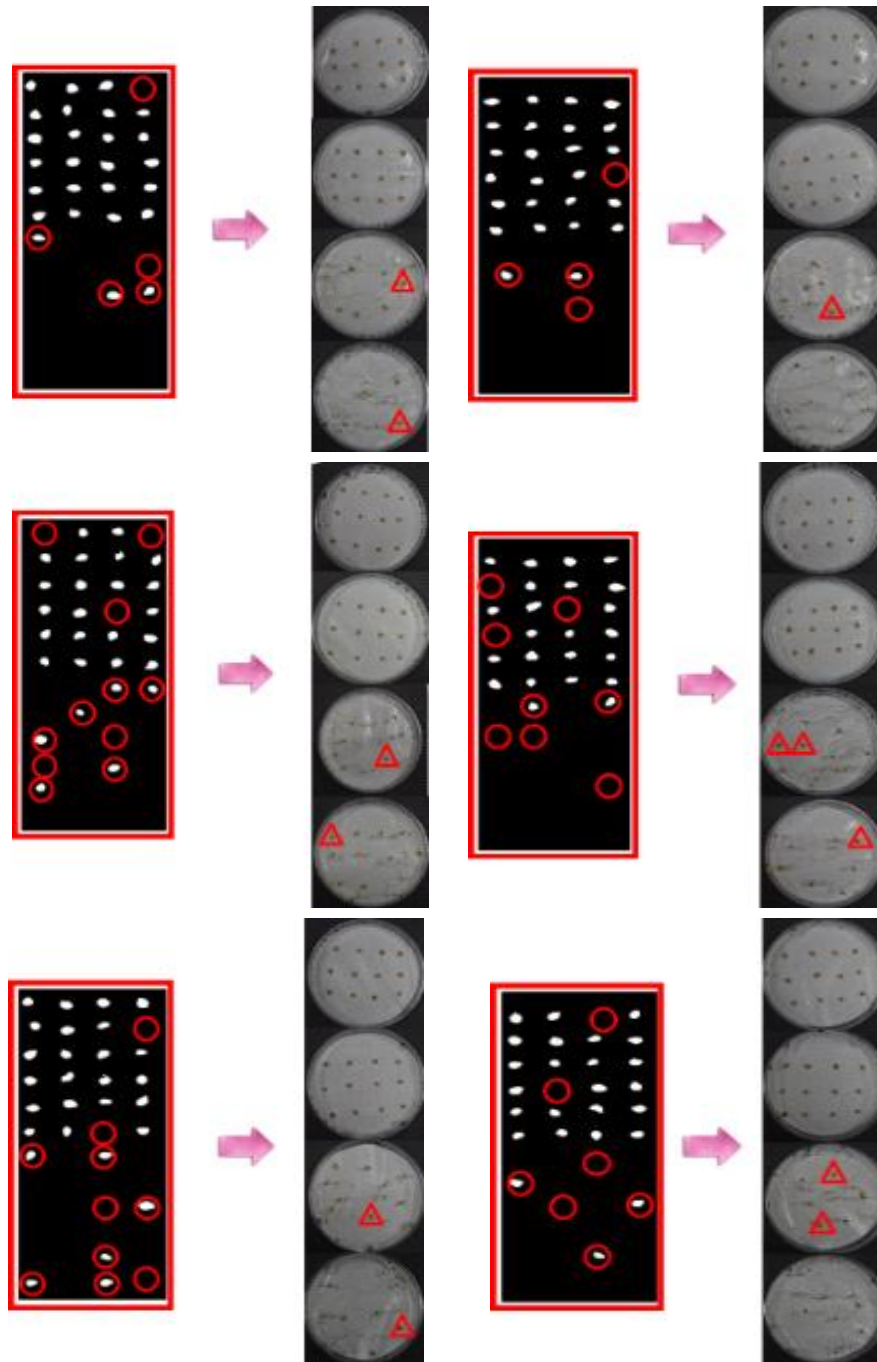


Fig. 4.36. Detection results of nonviable tomato seeds using fluorescence ratio image with the germination tests(circle: misclassification, triangle: not germinated).

#### 라. 주성분분석을 이용한 종자 판별

토마토 종자의 초분광 형광 스펙트럼 데이터의 calibration 그룹을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다. 변환 행렬의 고유치를 분석한 결과 제 1~4까지의 주성분의 변이가 전체 변이의 98.7%까지 표현 하였다. Fig. 4.37.은 제 4 주성분까지의 가중치이며 이 들 중 가장 영향력이 큰 파장 7개를 선택해 다시 주성분 분석을 실시하였다. 선정된 파장은 453 nm, 463 nm, 501 nm, 510 nm, 550 m, 630 nm, 678 nm 이었으며 이들의 주성분을 이용하여 토마토의 발아종자와 불발아종자를 판별해 내기 위한 픽셀의 정확도를 계산하였다. 7개의 주성분 중 가장 정확도가 높은 주성분을 이용하여 주성분 영상을 구성하고 이 영상을 이용하여 발아종자를 판별하였다.

Table 4.16.과 Table 4.17.은 선정된 7개의 파장을 다시 주성분 분석하여 얻은 각 주성분을 이용해 토마토의 발아종자와 불발아종자의 판별 정확도를 계산한 것이다. 주성분 중 가장 정확도가 높은 제 3 주성분을 이용하여 주성분 영상을 구성하고 이를 불발아종자 판별에 이용하였다.

Table 4.18.은 제 3 주성분 영상을 이용한 불발아종자 판별 정확도이며 그림 38은 토마토의 불발아종자 검출 영상 및 발아테스트 결과이다. 전체 288립의 토마토 종자 중 54립이 오검출되어 81.3%의 정확도를 나타냈다. 다음은 실험결과를 요약한 것이다.

○ 토마토 종자의 경우 고추종자와 같은 방법으로 Fluorescence spectrometer에 의해 선정된 조사광 파장인 400 nm를 구현 할 수 있는 LED 광원을 이용하여 초분광 형광 영상을 획득하였음. 전체 288립의 고추종자 중 134립의 발아종자와 154립의 불발아종자를 이용하여 분석에 사용함. 형광 스펙트럼의 형태는 비슷하게 나왔으나 450~500 nm는 발아종자의 형광반응이 높게 확인되었으며 550~700 nm 까지는 불발아종자의 형광반응이 높게 나타남.

○ 초분광 형광 영상에서 추출한 전체 픽셀 데이터 중 무작위의 30%인 발아종자 30,463개와 불발아종자 33,188개의 픽셀을 이용한 분산분석을 실시함. 분산분석 결과 가장 F값이 큰 파장대는 496 nm와 621 nm의 비율 값으로 확인됨. 최적의 파장비에서 임계값을 계산한 결과 (502 nm/874 nm)영역으로 나타났으며 픽셀에 최적 파장비 및 임계값을 적용하여 발아종자와 불발아종자를 구분을 위한 정확도를 검증하였음.

○ Calibration 그룹의 판별 정확도는 발아종자는 86.0%. 불발아종자는 87.7%로 나타났으며 전체 86.9%의 정확도를 나타냄. 또한 모델 검증 결과는 발아종자는 86.6%, 불발아종자 87.9%로 전체 87.3%의 정확도를 나타냄. 초분광 형광 영상의 최적 비율 영상을 이용한 종자 판별정확도는 전체 288립 중 27립이 오분류 되어 90.6%의 정확도를 나타냄.

○ 주성분 분석을 이용하여 각 주성분에서 weighting이 가장 큰 파장대, 487 nm, 506 nm, 530 nm, 550 nm를 선택하여 최적의 임계값을 계산하고 분류 정확도를 계산하였음. 종자 판별 영상을 구성한 결과 전체 288립 중 266립을 검출하여 92.4%의 정확도로 나타남.

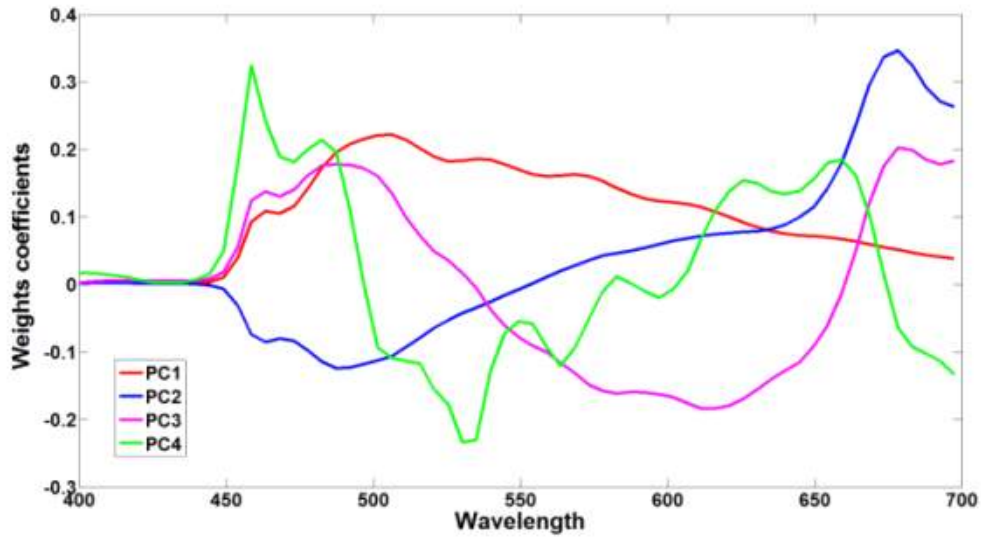


Fig. 4.37. Spectral weighting coefficients of principal components.

Table 4.16. Calibration results of classification between viable and nonviable tomato seeds using an optimal threshold value and each principal component.

Principal component	Viable					Non-Viable				Total Accuracy (%)
	Total*	Total*	Correct*	Incorrect*	Accuracy(%)	Total*	Correct*	Incorrect*	Accuracy(%)	
1		15208	7932	7276	52.1	18580	8109	10471	43.6	47.5
2		15208	5807	9401	38.1	18580	8685	9895	46.7	42.9
3		15208	10751	4457	70.6	18580	14001	4579	75.3	73.3
4	33788	15208	7807	7401	51.3	18580	9643	8937	51.9	51.6
5		15208	7859	7349	51.6	18580	9096	9484	48.9	50.2
6		15208	7410	7798	48.7	18580	8522	10058	45.8	47.2
7		15208	7604	7604	50.0	18580	9098	9482	48.9	49.4

\*Number of pixels

Table 4.17. Calibration results of classification between viable and nonviable tomato seeds using an optimal threshold value and each principal component.

Principal component	Total*	Viable			Accuracy (%)	Non-Viable			Accuracy (%)	Total Accuracy (%)
		Total*	Correct*	Incorrect*		Total*	Correct*	Incorrect*		
1		3802	2212	1590	58.1	4644	1975	2669	42.5	49.6
2		3802	1350	2452	35.5	4644	2431	2213	52.3	44.8
3		3802	2639	1163	69.4	4644	3833	811	82.5	76.6
4	8446	3802	1986	1816	52.2	4644	2304	2340	49.6	50.8
5		3802	2438	1364	64.1	4644	1705	2939	36.7	49.1
6		3802	1844	1958	48.5	4644	2210	2434	47.5	48.0
7		3802	2098	1704	55.1	4644	2145	2499	46.1	50.2

\*Number of pixels

Table 4.18. Classification results of viable and non-viable tomato seeds using the third principal component image.

Classification	Total	Correct	Incorrect	Accuracy (%)
Total	288	234	54	81.3

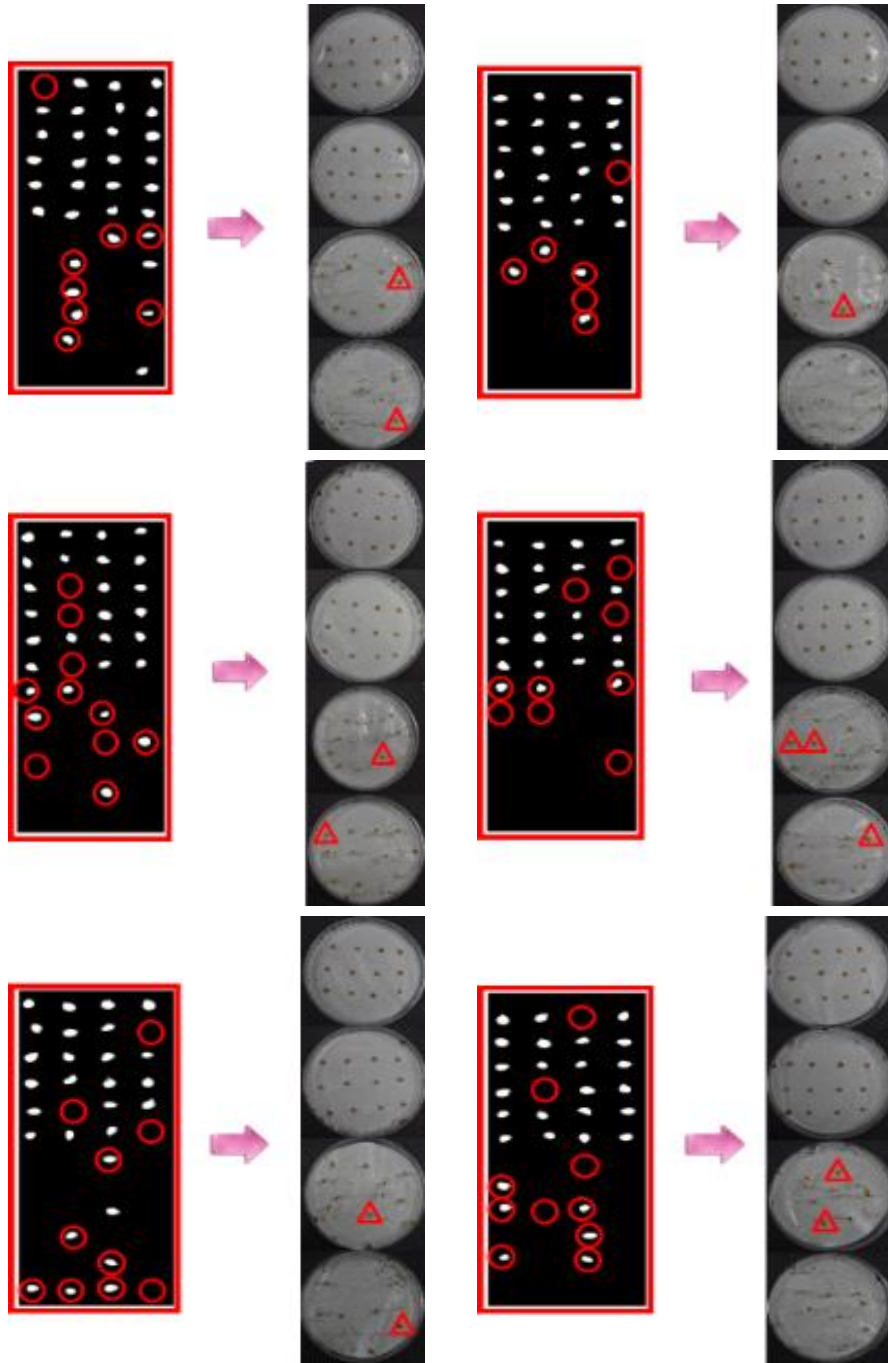


Fig. 4.38. Detection results of nonviable tomato seeds using third principal component images with the germination tests(circle : misclassification, triangle : not germinated).

#### 마. 라만 스펙트럼 데이터 분석

라만 스펙트럼은 근적외선 스펙트럼과는 다르게 레이저를 이용하여 라만 산란 스펙트럼을 얻기 때문에 해당 광원 파장에 시료가 형광반응을 가지고 있다면 라만 밴드의 특징을 관찰하기 어렵다. 일반적인 생물학적 시료는 형광반응을 가지고 있기 때문에 라만 스펙트럼 안에 형광 신호가 포함되어 있다. 따라서 순수한 라만 스펙트럼을 얻기 위해서는 이러한 형광 신호를

제거해야 한다. 현재 라만 스펙트럼에서 형광 신호를 제거하기 위해 효과적이고 간단하여 polynomial fitting 방법이 널리 사용되어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 polynomial fitting 방법을 이용하였으며, 16차 방정식을 이용하여 기준선 보정을 200번 반복 계산하여 라만 스펙트럼의 형광 신호를 제거하였다. 근적외선과 라만 분광은 재현/반복성은 다른 기기에 비해 매우 우수하지만, 항상 같은 스펙트럼을 얻는 것은 불가능하다. 따라서 스펙트럼 측정 시 포함되는 외부의 영향 또는 분광기의 잡음을 제거하기 위해 스펙트럼에 전처리를 실시 하였다. 본 연구에서 최대값, 최소값, 일정범위 정규화와 고체 시료의 광 경로 및 광원의 변동 같은 광 산란의 영향을 제거하기 위해 MSC(Multiplicative Scatter Correction), SNV(Standard Normal Variate) 전처리를 사용하였고 미소성분의 스펙트럼 특성을 강조하기 위해 Savitzky-Golay 1차, 2차 미분법으로 총 7가지 전처리를 사용하였다. 측정된 라만 스펙트럼 970-1800 cm<sup>-1</sup> 범위를 분석에 이용하였다. 모든 전처리한 스펙트럼 데이터를 이용하여 부분최소제곱판별분석 (Partial Least Squares Discrimination Analysis, PLS-DA)법을 적용하여 고추종자의 발아와 불발아 판별 예측 모델을 개발하였다. 다음은 실험결과를 요약한 것이다.

○ 고추종자의 경우 16차 polynomial fitting 방법을 이용하여 형광 신호를 제거하였음. 형광 신호가 제거된 후 고추 종자의 주요 라만 피크를 확인한 결과 주요 라만 피크는 1090 cm<sup>-1</sup>(C-O), 1154 cm<sup>-1</sup>(C-C), 1263 cm<sup>-1</sup>(CH), 1440 cm<sup>-1</sup>(CH<sub>2</sub>), 1520 cm<sup>-1</sup>(C=C)로 나타남. 이는 고추 종자가 구성하는 화학적 조성물질에 기인한 것으로 판단되며 1064 cm<sup>-1</sup>와 1006 cm<sup>-1</sup>, 1465 cm<sup>-1</sup>, 1605 cm<sup>-1</sup>, 1657 cm<sup>-1</sup>의 영역은 기존의 보고된 문헌들과 같은 glucose와 관련된 당 (sugar)과 amino acid와 관련된 protein 피크와 일치함 건전종자 144립과 퇴화종자 144립에 대한 라만 스펙트럼 측정 후 발아력 검증 실험을 통해 발아종자와 불발아종자로 구분한 후 분석을 실시하였음.

○ 발아종자와 불발아종자의 스펙트럼 중 70%는 calibration 그룹으로 설정하고 모델 개발에 사용하였으며 나머지 30%는 prediction 그룹으로 설정하여 개발된 모델을 검증하기 위해 사용됨. 고추의 발아종자와 불발아종자를 판별하기 위한 예측 모델은 부분최소 제곱판별분석 (PLS-DA)을 이용하여 개발됨. Calibration 모델의 결과에 따르면 avitzky\_Golay\_2nd를 이용한 전처리가 99.0%의 가장 높은 분류 정확도를 나타냄. prediction 그룹 스펙트럼을 이용하여 개발된 모델을 검증한 결과 전처리를 하지 않은 경우의 모델이 95.5%로 가장 높은 판별 정확도를 나타냄.

## 8. FT-NIR 분광분석법

9+-근적외선(Near-Infrared, NIR) 분광분석법은 가시광선이 가지는 파장대역 (400~780 nm)을 넘어선 800~2500 nm의 근적외선영역(가시광선 보다는 에너지가 낮고 중적외선 보다는 에너지가 높음)의 광 특성을 분석하여 의미 있는 결과를 도출하는 것을 말한다. 이 방법은 각종 성분의 분자구조와 유기성분에 의한 근적외선 영역의 흡수현상을 다중회귀분석과 같은 통계적

기법과 컴퓨터 기술을 이용하여 물질의 구성 성분 또는 이화학적 특성을 분석하는 방법이다. 근적외선 영역에서의 흡수는 적외선 영역에서의 기준 진동의 배음대 또는 결합대의 진동에 따라 일어나는 흡수에 의해서 생기며, 특히 수소원자가 관여하는 O-H, N-H, C-H의 관능기에 의해 영향을 받게 된다. 이러한 기본 분자 진동의 배음대와 결합대는 복수 성분의 정보가 포함되어 있으며, 이들의 스펙트럼으로부터 다중회귀분석 등의 통계적 기법을 통해 물리화학적 특성 등의 정보를 얻을 수 있다. 따라서 이러한 기술을 이용하면 비파괴적으로 대상 시료의 성분을 동시에 신속하게 분석 할 수 있다.

FT-NIR은 간섭계(Interferometer)라는 부품을 장착하고 여기에서 얻은 신호를 컴퓨터가 푸리에 변환(Fourier Transform, FT)함으로써 스펙트럼을 얻는 방식을 사용하며, 또한 기기 내부에 He-Ne 레이저를 장착해 파장의 위치를 언제나 정확하게 컨트롤함으로써 기기의 정확도와 안정성을 기존 분산형 NIR 장비에 10~100배까지 획기적으로 개선한 방법이다. Fig. 4.39.는 FT-NIR spectroscopy에서 반사 스펙트럼을 측정하는 원리를 나타내며 Fig. 4.40.은 실험에 사용된 FT-NIR spectroscopy(Antaris II FT-NIR analyzer, Thermo Scientific co., USA)와 시료 홀더를 나타낸다. Table 4.19.는 실험에 사용된 FT-NIT spectroscopy의 사양을 나타낸다.

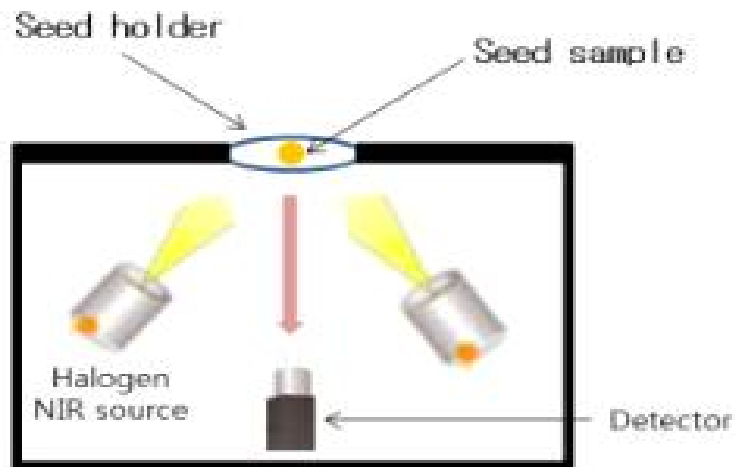


Fig. 4.39. Measurement of Seed sample using FT-NIR.





Fig. 4.40. The picture of FT-NIR Spectroscopy and Sample holder.

Table 4.19. FT-NIR Specifications.

Item	Specification
Detection	High-sensitivity, high-estability matched InGaAs
Interferometer	Proven frictionless, stable, long-life Michelson
Instrument	Dimensions 40.6 cm (width) x 68.5 cm (depth) x 33 cm (height)
Source	Long-life, high intensity halogen NIR source; spare source included with system, guaranteed filament image alignment
System Status Indicators	Indicator lights report scan, laser, power, and source status continuously
Operator Communication Indicators	Red, yellow and green LED indicators communicate pass/fail/prompt
Sealed and Desiccated	Yes
Purge	Optional
Power Requirements	90~264 VAC
Integrated Computing	Optional
Spectral Range	12000 ~ 3800 $\text{cm}^{-1}$ (833 ~ 2630 nm)
Resolution	4 $\text{cm}^{-1}$ across spectral range (6 nm at 1250 nm); 2 $\text{cm}^{-1}$ option across spectral range (3 nm at 1250 nm)
Wavenumber Reproducibility (system to system)	Better than .05 $\text{cm}^{-1}$ (.008 nm at 1250 nm)
Wavenumber Repeatability (single system)	10 measurement standard deviation < 0.006 $\text{cm}^{-1}$
Wavenumber Accuracy	$\pm 0.03 \text{ cm}^{-1}$ (0.005 nm at 1250 nm)
Photometric Linearity (USP)	Slope 1.0 $\pm 0.05$ and an intercept of 0.0 $\pm 0.05$

## 9. Raman Spectroscopy

빛이 어떤 매질을 통과할 때 빛의 파장을 변화시켜 빛의 일부는 진행 방향에서 이탈해 다른 방향으로 진행하는 현상을 산란(scattering)이라 하고 빛의 파장을 변화시키는 산란 현상을 라만 산란(Raman scattering 혹은 Raman effect)이라 하는데, 1928년 Raman 등이 용액에 파란색 빛을 투과하였을 때 초록색 빛깔을 띠는 빛이 산란되어 나오는 것을 관찰함으로써 처음 발견하였다. 이후 라만 산란을 측정하는 분광계(spectrometer)의 발달로 산란된 빛의 세기를 주파수에 따른 띠(band) 혹은 반복적 피크(series of peaks)로 표시되는 스펙트럼(spectrum)을 이용한 라만 분광학은 분자의 진동 스펙트럼을 측정하여 분자의 진동 구조를 연구하거나 물질의 정성, 정량 분석에 이용되었으나 최근에는 생체조직의 세포 내 혹은 세포 외의 생화학적, 형태학적 정보 분석을 위한 연구에도 적용되고 있다

라만 분광분석법은 이러한 라만 산란효과를 이용하여 샘플의 특성을 측정하는 방법으로써 라만 산란 과정을 통해서 입사된 광원과 물질간의 에너지 교환이 일어나게 된다. 물질이 흡수 혹은 방출하는 에너지는 각 물질을 구성하는 분자 구조와 밀접한 관계가 있고 라만 산란에 따른 산란광은 각 물질에 따라 고유하므로 산란광을 분석하면 물질의 분자구조를 추론할 수 있게 되는 원리이다.

본 연구에 사용된 라만 분광분석기기는 Fig. 4.41.과 같은 BWTEK사의 I-Raman Plus(i-Raman Plus, B&W Tek, USA)를 사용하여 측정하였다. Table 4.20.은 실험에 사용된 Raman 시스템의 사양을 나타낸다.



Fig. 4.41. Raman Spectroscopy.

Table 4.20. Raman system specifications.

Lasers		
532nm Excitation	< 50mW	
785 Excitation	< 300mW	
Laser Power Control	< 300mW	
Spectrometer	Range	Resolution*
BWS465-532H	175cm <sup>-1</sup> - 3300cm <sup>-1</sup>	~ 3.0cm <sup>-1</sup> @ 614nm
Detector		
Detector Type	High quantum efficiency CCD array	
Pixel Number	2048 Effective Detector Elements	
Effective Pixel Size	14 μm x ~ 0.9 mm	
CCD Cooling Temperature	-2° C	
Dynamic Range	50,000:1 (Typical)	
Digitization Resolution	16-bit or 65,535:1	
Integration	100ms - 30 mins	
Electronics		
Computer Interface	USB 3.0 / 2.0	
Trigger	Yes (Compatible with BWTek Probes)	
Power Options		
DC Power Adaptor	12V DC @ 6.6 Amps	
Battery	Optional	
Physical		
Dimensions	6.7x13.4x9.2in (17x34x23.4cm)	
weight	~6.6lbs (~3kg)	
Operation Temperature	0° C - 35° C	
Storage Temperture	-10° C - 60° C	
Humidity	10% - 85%	
*Typical Resolution Measured Using Pen Lamp Emission		

## 10. 단파적외선 초분광 이미징 시스템

### 가. 우량종자 판별용 단파적외선 초분광 이미징 시스템

초분광 단파적외선 영상 시스템은 기존의 적외선 분광분석 장비와 카메라를 융합시킨 신기술로써, 분광과 영상의 융합을 통해 대상물 세부 공간 영역에 대한 미세 영역별 분광정보를 제공한다. 샘플분광분석 장비의 스펙트럼과 카메라 이미지를 융합하여 각 픽셀이 스펙트럼 데이터를 포함하고 있는 3D Hypercube 형태로 정보를 생성하며, 3D Hypercube는 스펙트럼 영역대의 각각의 스펙트럼마다 이미지로 구성되어진 3차원 형태를 띤다. 각각의 픽셀이 샘플의 이미지의 스펙트럼 정보를 포함하고 있으므로 샘플의 국지적인 물리화학적 특성을 파악할 수 있으며, 기존의 분광분석측정법의 point by point 형식의 측정방식보다 신속하고 대량의 측정이 가능하므로 새로운 차세대 측정법으로 주목받으며 활발히 연구가 시행되고 있다. 농업분야에서는 원격측정(위성, 헬기, 무인헬기 등)에 응용하여 작물의 모니터링을 통한 수분 스트레스, 병충해 측정, 수확량 예측 등에 쓰이고 있으며, 식품안전 분야에서는 식품의 결함이나 유해물질 검출, 식품의 부패 검출, 식품의 품질 검정 등이 많이 사용된다. 이외에도 광업, 군사, 화학, 환경, 천문학 등에서 유용하게 사용되고 있다.

초분광 단파적외선 영상 시스템의 구조는 Fig. 4.42와 같으며 Fig. 4.43과 같이 MCT(Mercury cadmium telluride sensor)센서(Xeva-2.5-320, Xenics, Belgium)와 Image spectrograph 탑재된 카메라(SWIR, Headwall photonics, Fitchburg, MA, USA), 초점 조절이 가능한 C-Mount 렌즈가 구비된 Imaging Spectrograph와 스텝 모터로 구동되는 시료 이송부, 광량 조절이 가능한 텅스텐-할로겐 선광원으로 구성되었다. 초분광 영상 획득은 제작사에서 제공된 소프트웨어 개발 킷을 활용하여 개발된 Visual Basic 6.0 프로그램으로 구축하여 사용되었다.

초분광 단파적외선 영상 시스템은 2차원의 공간영상 정보와 각 화소의 분광정보를 동시에 획득하는 3차원 데이터를 이용하며, 이는 물질이 가지고 있는 물리적이나 생화학적 특징을 분석할 수 있는 장점을 가지고 있다. 넓은 면적에 대한 세부적인 분광정보를 획득하고 분석할 수 있어 대량의 시료를 동시에 측정할 수 있다. 초분광 단파적외선 카메라의 데이터 획득원리는 그림 44와 같다. 렌즈를 통과한 영상은 1차원의 픽셀별 분광정보를 가지게 되는데, 이후 image spectrograph를 통과하며 파장별로 분광을 생성하며 2차원 데이터로 변환이 이루어진다. 이 데이터를 이용하여 영상과 융합, 3D Hypercube라는 대용량 정보를 구상하게 되는데 이는 2차원의 영상정보와 각 픽셀별 스펙트럼 정보를 동시에 가지게 된다.

초분광 시스템을 통한 종자의 측정방법은 Fig. 4.45와 같이 스텝모터에 의해 구동되는 시료 이송부가 세팅된 스텝수와 간격에 따라 초분광 이미지를 획득한다. 시료 이송부에 치상된 플레이트를 스텝모터의 움직임에 따라 한 스텝씩 움직이며 이미지를 획득하고, 측정된 스텝별 초분광 이미지는 마지막에 하나로 구성되어 초분광 이미지의 획득이 가능하다. 측정된 초분광 이미지를 통해 산출된 최적의 파장대의 이미지를 선택하여, 배경이 제거된 masking image를 구성

후 개발된 PLS-DA 모델을 이용하여 발아종자와 퇴화종자를 구별하였다. 모든 스펙트럼 영역대를 측정할 경우 초당 16립의 종자의 측정이 가능하며, 최적의 파장만을 측정할 경우 더욱 빠른 속도의 측정이 가능해진다.

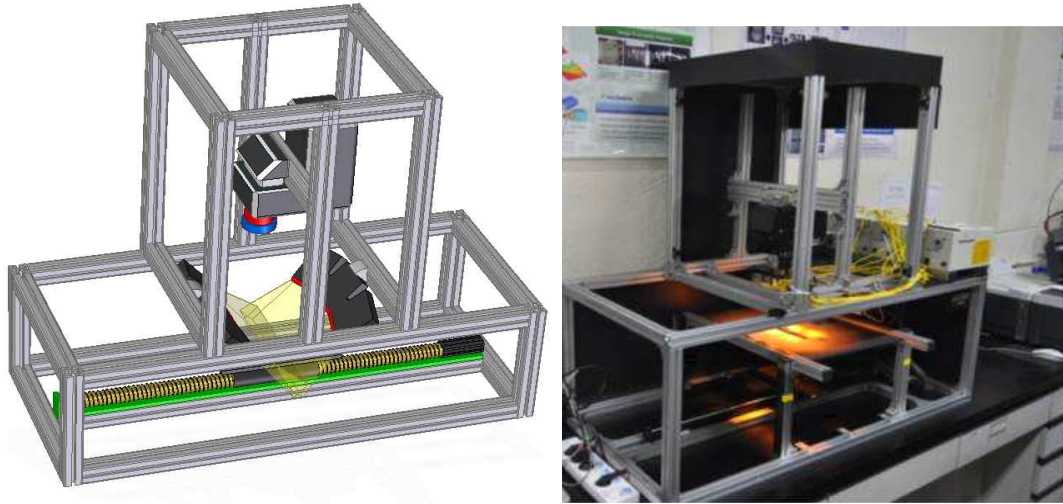


Fig. 4.42. SWIR Hyper imaging System.

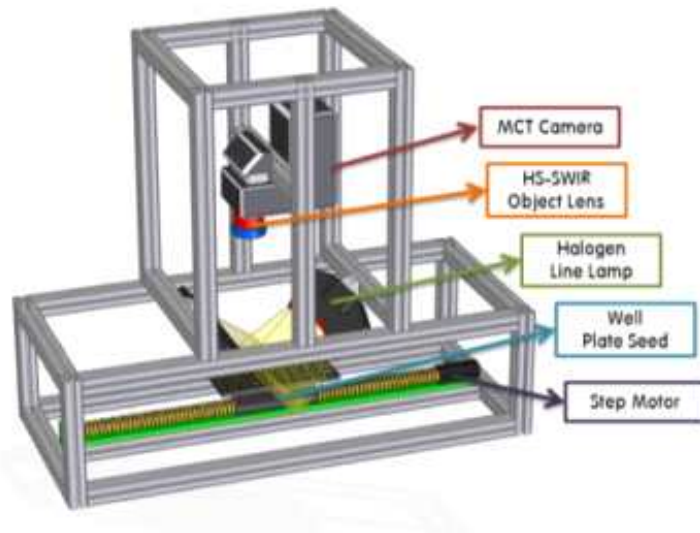


Fig. 4.43. Schematic of hyperspectral image system.

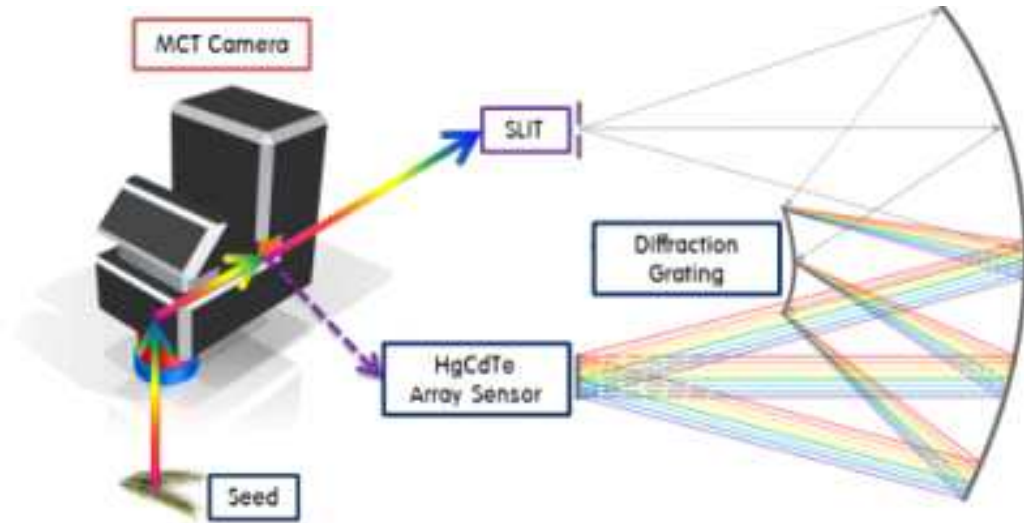


Fig. 4.44. Algorithm of acquisition of data image using Hyperspectral camera

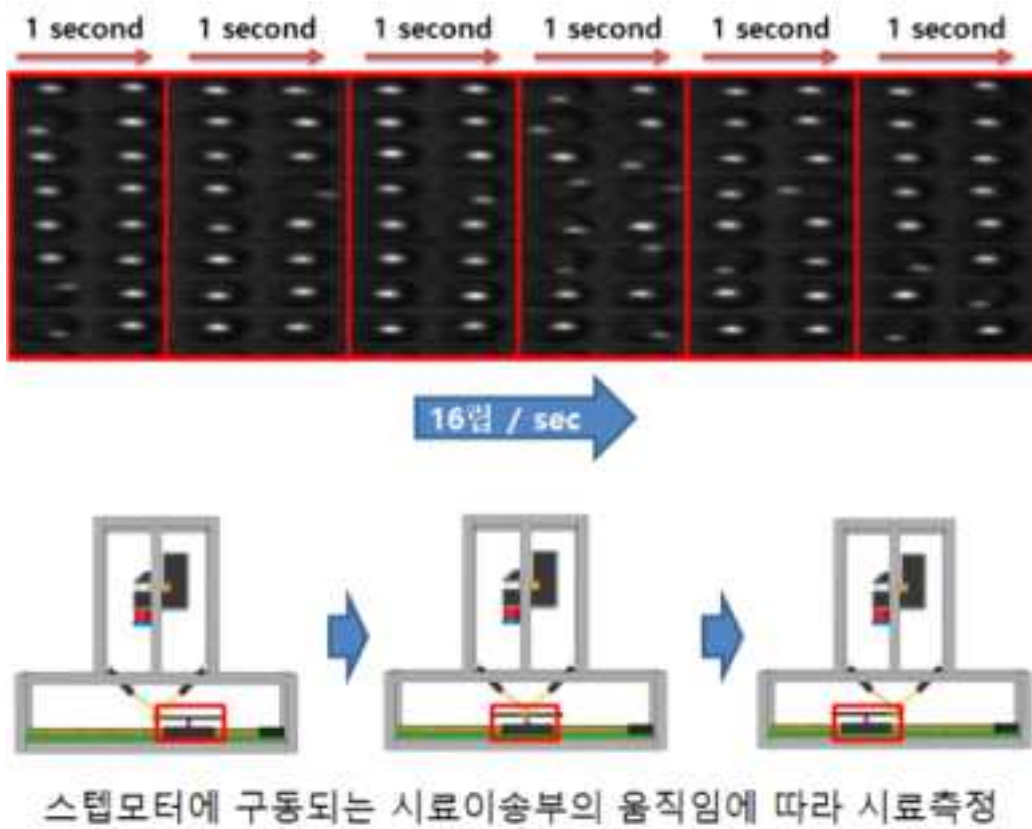


Fig. 4.45. Speed and method of measurement of hyperspectral image

나. 단파적외선 초분광 이미지 시스템용 소프트웨어 개발

Fig. 4.46.는 우량종자 판별 통합 시스템의 소프트웨어의 메인 화면이다. 위 소프트웨어를 통해 단파적외선 초분광 시스템을 통해 샘플의 측정과 카메라 및 스텝모터의 설정이 가능하다.

소프트웨어의 자세한 설명은 다음과 같다.

1. 매뉴창 : 측정의 시작, 중지가 가능
2. 제어창 : 카메라의 Exposure Time, 스텝수, 스텝간격, 이송테이블, AD Voltage, 쿨러, 측정된 파일의 저장을 설정한다
3. Intensity Display : 측정되는 샘플의 Intensity의 상태를 보여준다. 반사광의 경우 빛이 반사되는 세기의 확인이 가능하다
4. Image Display : 설정된 세팅에 따른 시료이송부의 샘플의 이송에 따라 측정되는 초분광 이미지를 보여준다
5. 상태 Display : 현재 온도, 측정 스텝수, 측정시간을 확인할 수 있다

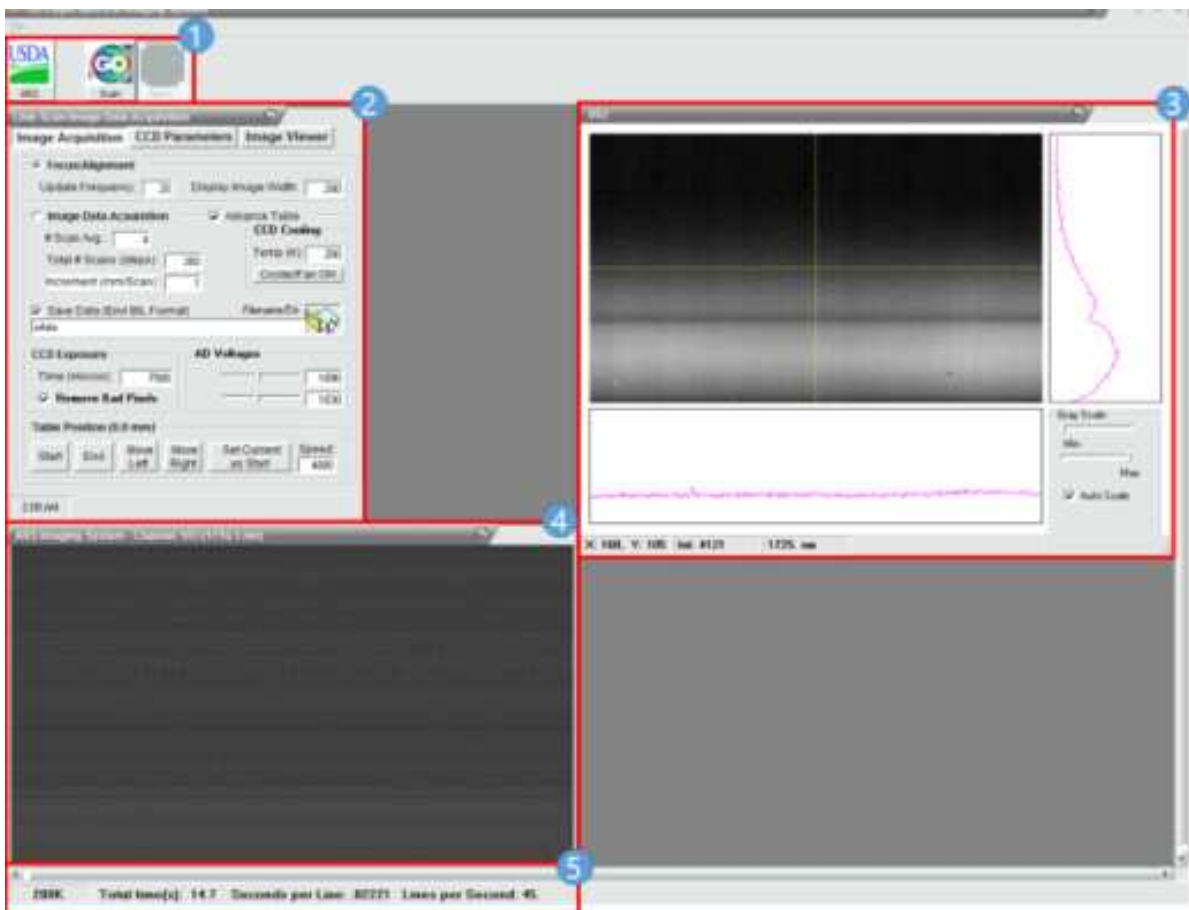


Fig. 4.46. The picture of SWIR software.

(1) 이미지획득 제어창

이미지획득 제어창은 Fig. 4.47과 같이 구성되 있으며 디스플레이의 이미지 및 스텝모터의 설정이 가능하다. 세부 내용은 다음과 같다.

1. Focus/Alignment : 디스플레이 이미지의 설정과 영상 획득 주기를 설정
2. Image Data Acquisition : Step수와 스텝간격을 설정할 수 있으며, 설정된 주기와 간격을 통해 초분광 이미지를 획득한다. 또한 측정된 이미지의 저장경

로와 이름, 카메라의 쿨러의 ON/OFF와 온도설정을 통해 자동 쿨러 ON/OFF의 설정이 가능.

3. CCD Exposure : 초분광 카메라의 Exposure time 설정이 가능하다. 또한 설정을 통해 Bad Pixel의 제거 설정이 가능하다
4. AD Voltages : Voltages의 설정이 가능하다.
5. Table Position : 시료이송부의 스텝모터의 위치의 이동이 가능하며, 시작위치와 Speed의 설정이 가능하다.

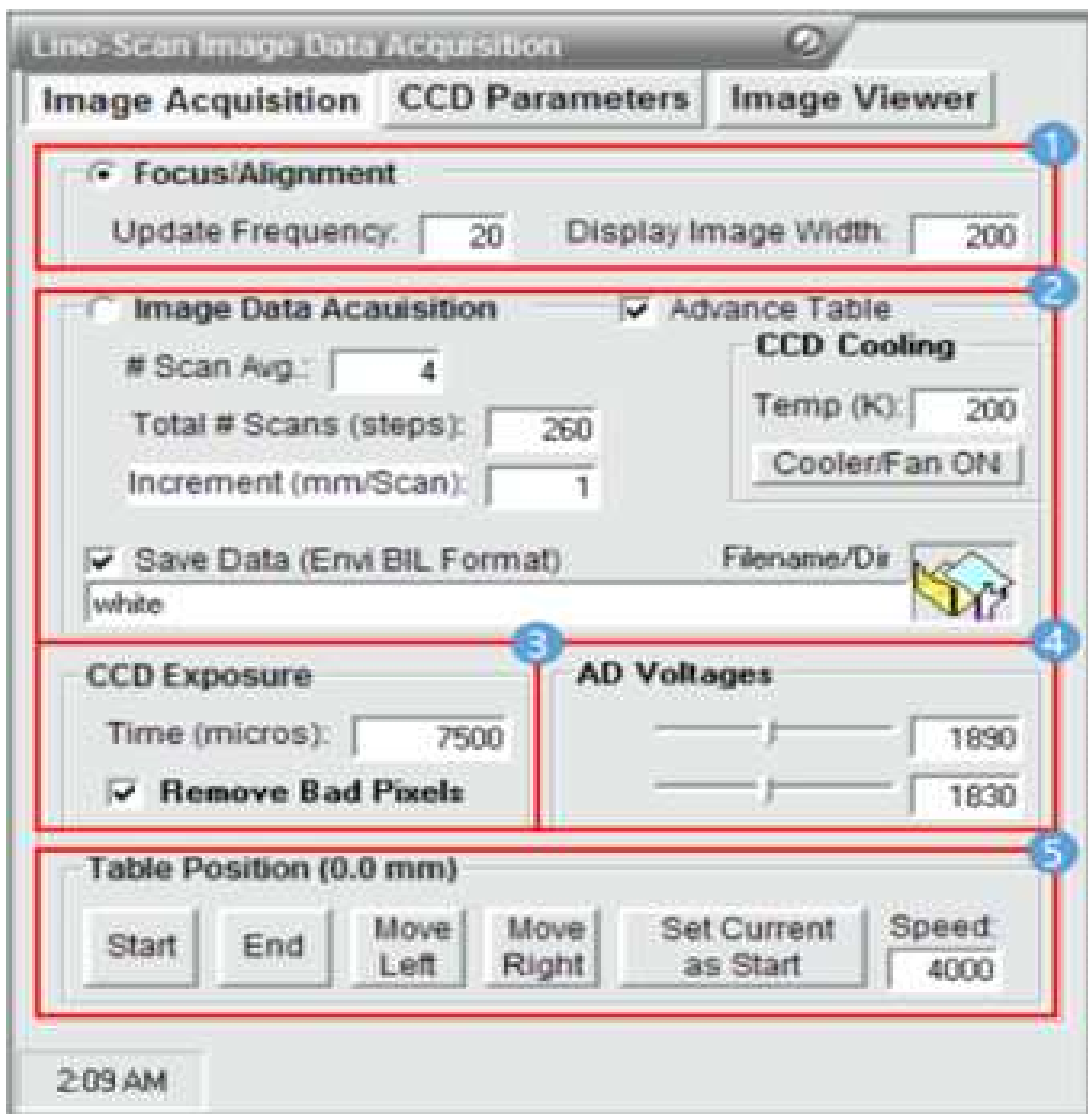


Fig. 4.47. The picture of SWIR software of control panel of image acquisition.

## (2) CCD 파라미터 제어창

CCD 파라미터 제어창은 Fig. 4.48과 같으며 획득되는 초분광 영상의 프레임의 설정 및 배드 픽셀의 보정이 가능하다. 세부내용은 다음과 같다.



1. Imaging Type : 초분광 영상의 프레임의 크기의 설정이 가능하다.
2. Pixel Correction : Bad Pixel의 제거를 위한 보정 작업을 할 수 있다.

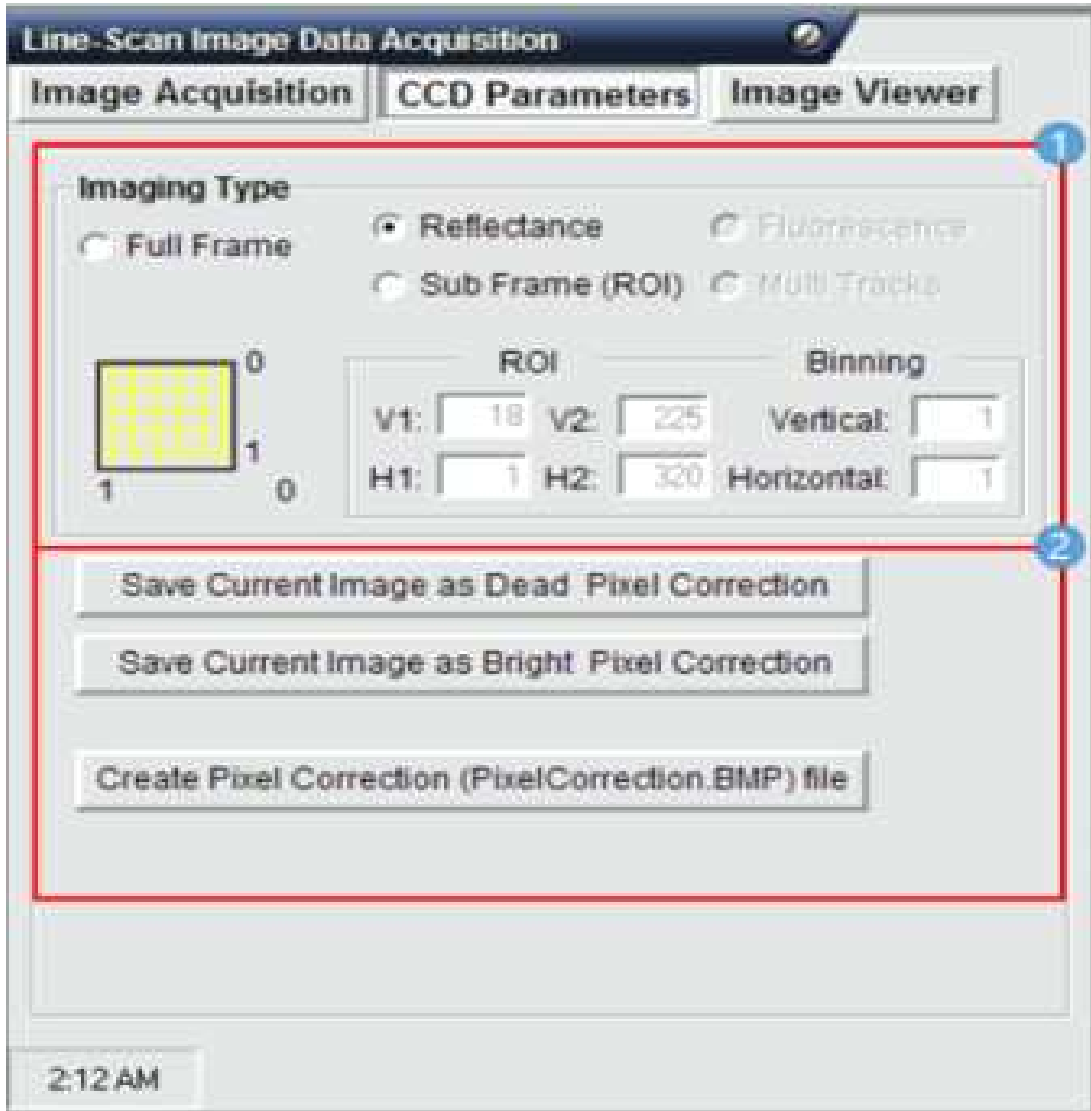


Fig. 4.48. The picture of SWIR software of control panel of CCD parameters.

### (3) 이미지뷰어 제어창

이미지뷰어 제어창은 Fig. 4.48과 같으며 획득된 이미지의 확인이 가능하다. 저장된 이미지의 로드를 통해 이미지의 파장별 및 원하는 파장대의 이미지의 확인이 가능하다. 자세한 내용은 다음과 같다.

1. Showing Image : 저장된 초분광 이미지를 불러와 초분광 이미지의 파장별로 확인이 가능하다. 또한 원하는 영역대를 설정해 볼 수 있다. 주로 원하는 초분광 이미지의 파장 영역대를 찾기위해 많이 사용된다.
2. Pixel Correction : 저장된 초분광 이미지를 불러올 수 있다.

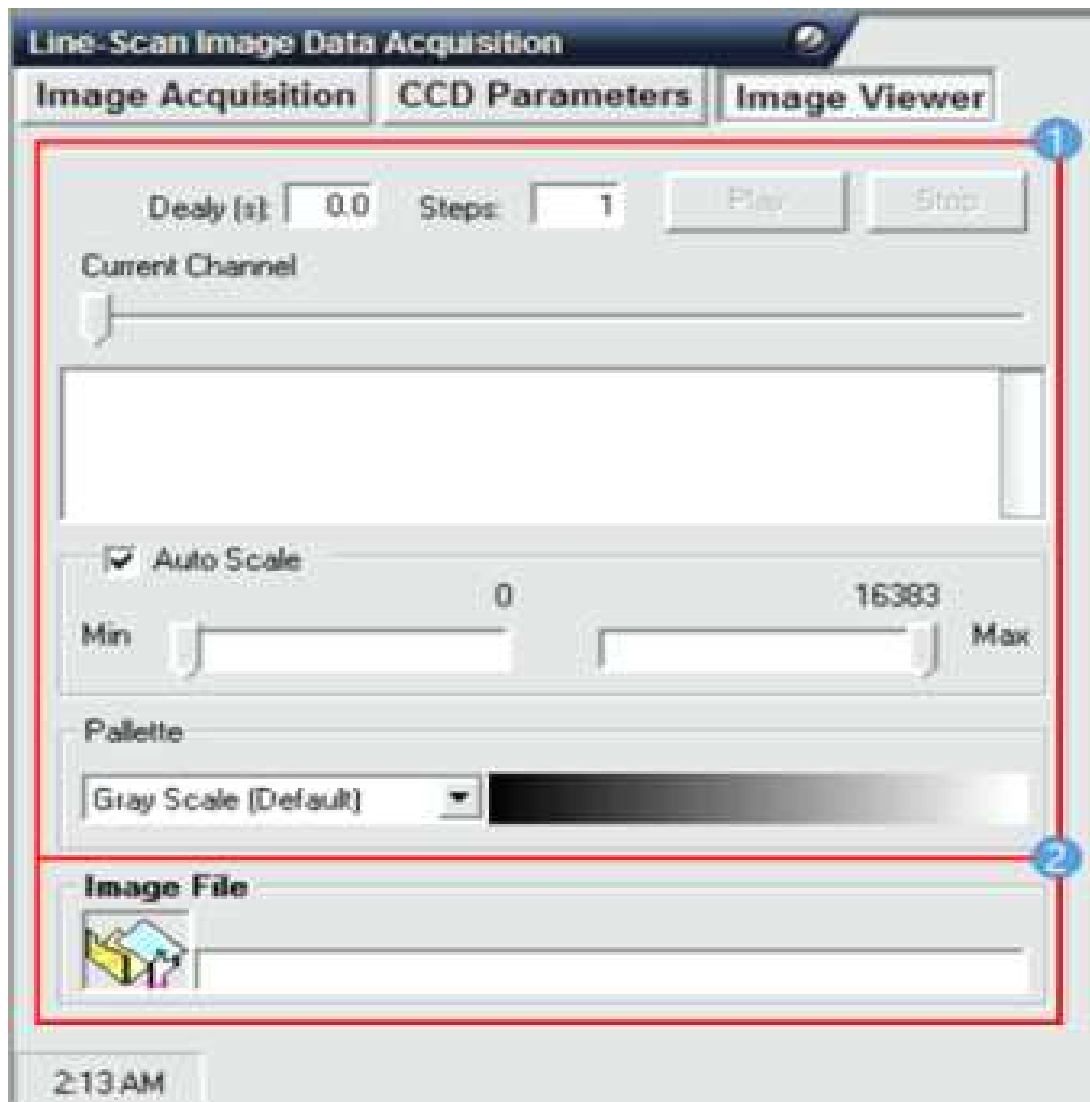


Fig. 4.48. The picture of SWIR software of control panel of image viewer.

## 11. 초분광 Vis/NIR 이미징 시스템

### 가. 우량종자 판별용 초분광 Vis/NIR 이미지 시스템

Fig. 4.49.는 전자기파의 종류에 따른 파장을 나타낸다. 초분광 VIS/NIR 영상 시스템은 초분광 단파적외선 영상 시스템과 같이 연속적인 광 파장에서 획득된 대용량의 분광영상을 의미하며 2차원의 공간영상 정보와 각 화소의 분광정보를 동시에 획득하는 3차원 데이터를 이용하며, 이는 물질이 가지고 있는 물리적이거나 생화학적 특징을 분석할 수 있는 장점을 가지고 있다. 넓은 면적에 대한 세부적인 분광정보를 획득하고 분석할 수 있어 대량의 시료를 동시에 측정할 수 있다. 본 연구에서 구축한 초분광 VIS/NIR 영상 획득 시스템은 영상 획득을 위한 electron multiplying charge-coupled device(EMCCD) camera(Luca RDL- 604M, Andor Technology, South windor, CT, USA)와 imaging spectrograph(VNIR, Headwll photonics, Fitchburg, MA, USA), 그리고 step motor로 구동되는 시료이송부로 구성되어 있다. 제어 시스템 소프트웨어는 Visual Basic 6.0을 이용하여 구축하였으며, 렌즈의 노출시간을 설정하면 카메라에서 자동으로 step motor의 이송속도 및 촬영시간을 계산하여 구동 할 수 있도록 하였다. 초분광 단파적외선 카메라의 데이터 획득원리는 Fig. 4.50.과 같다. 렌즈에 투사된 영상은  $5\ \mu\text{m}$  두께의 slit을 통과하면서 line-scan이 되고 spectrograph에 의하여 각 파장별로 분광이 생성된다. 분광된 정보는 EMCCD 카메라에 의해 증폭되어 이미지로 저장된다.

초분광 시스템을 통한 종자의 측정방법은 SWIR 초분광 시스템과 마찬가지로, Fig. 4.51.과 같이 스텝모터에 의해 구동되는 시료이송부가 세팅된 스텝수와 간격에 따라 초분광 이미지를 획득한다. 시료 이송부에 치상된 플레이트를 스텝모터의 움직임에 따라 한 스텝씩 움직이며 이미지를 획득하고, 측정된 스텝별 초분광 이미지는 마지막에 하나로 구성되어 초분광 이미지의 획득이 가능하다. 측정된 초분광 이미지를 통해 산출된 최적의 파장대의 이미지를 선택하여, 배경이 제거된 masking image를 구성 후 개발된 PLS-DA 모델을 이용하여 발아종자와 퇴화종자를 구별하였다. 모든 스펙트럼 영역대를 측정할 경우 초당 16립의 종자의 측정이 가능하며, 최적의 파장만을 측정할 경우 더욱 빠른 속도의 측정이 가능해진다.



Fig. 4.49. Visible light and infrared area.

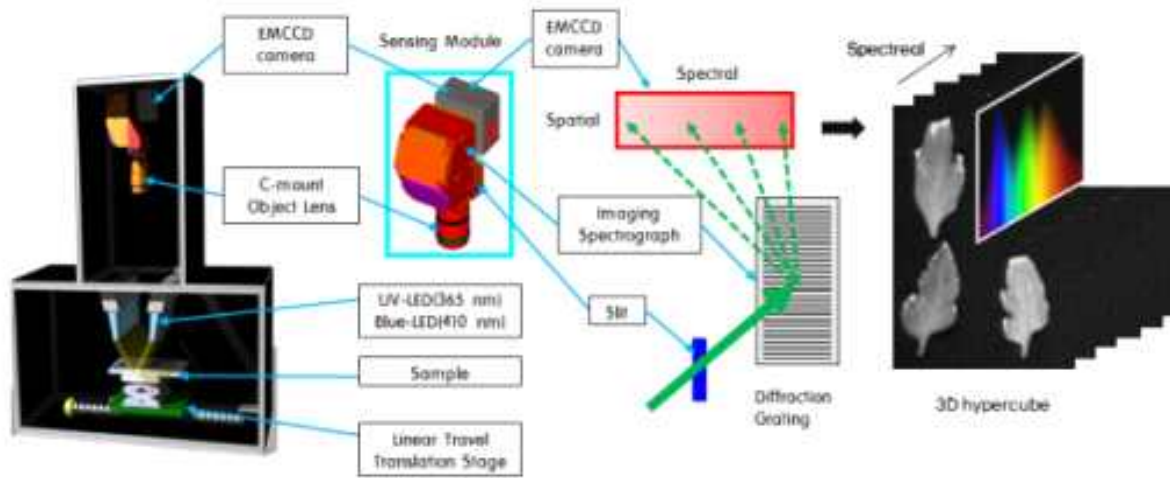


Fig. 4.50. Schematic of hyperspectral image system.

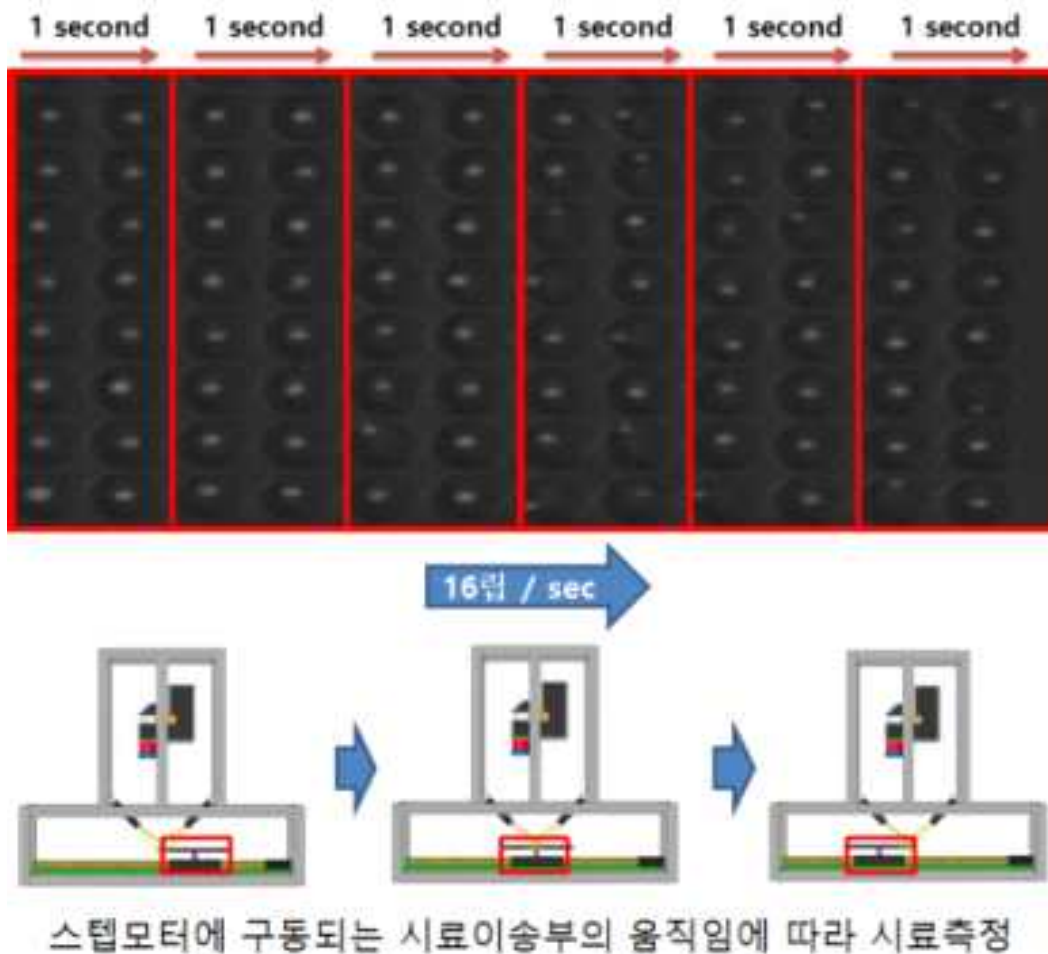


Fig. 4.51. Speed and method of measurement of hyperspectral image.

#### 나. 초분광 Vis/NIR 이미지 시스템용 소프트웨어 개발

Fig. 4.52는 VIS/NIR 초분광 시스템의 메인화면이다. 이 소프트웨어는 VIS/NIR 초분광 시스템의 연동을 통해 초분광 영상 획득이 가능하며 카메라의 스텝모터의 설정과 측정된 초분광 이미지의 확인과 영상의 Intensity의 확인이 가능하다. 자세한 내용은 다음과 같다.

1. 메뉴창 : 측정의 시작, 중지가 가능하며 EMCCD 센서의 설정과 시료이송부의 설정이 가능.
2. 제어창 : 초분광 영상의 이미지 타입, 스텝수, 스텝간격, 이송데이블, 쿨러, 측정된 파일의 저장경로와 이름의 설정이 가능.
3. Intensity Display : 측정되는 샘플의 Intensity의 상태를 보여준다. 반사광의 경우 반사광의 세기의 확인이 가능하며, 형광영상의 경우 형광신호의 세기의 확인이 가능.
4. Image Display : 설정된 세팅에 따른 시료이송부의 샘플의 이송에 따라 측정되는 초분광 이미지를 보여준다.
5. 상태 Display : 현재 온도, 측정 스텝수, 측정시간을 확인할 수 있다.

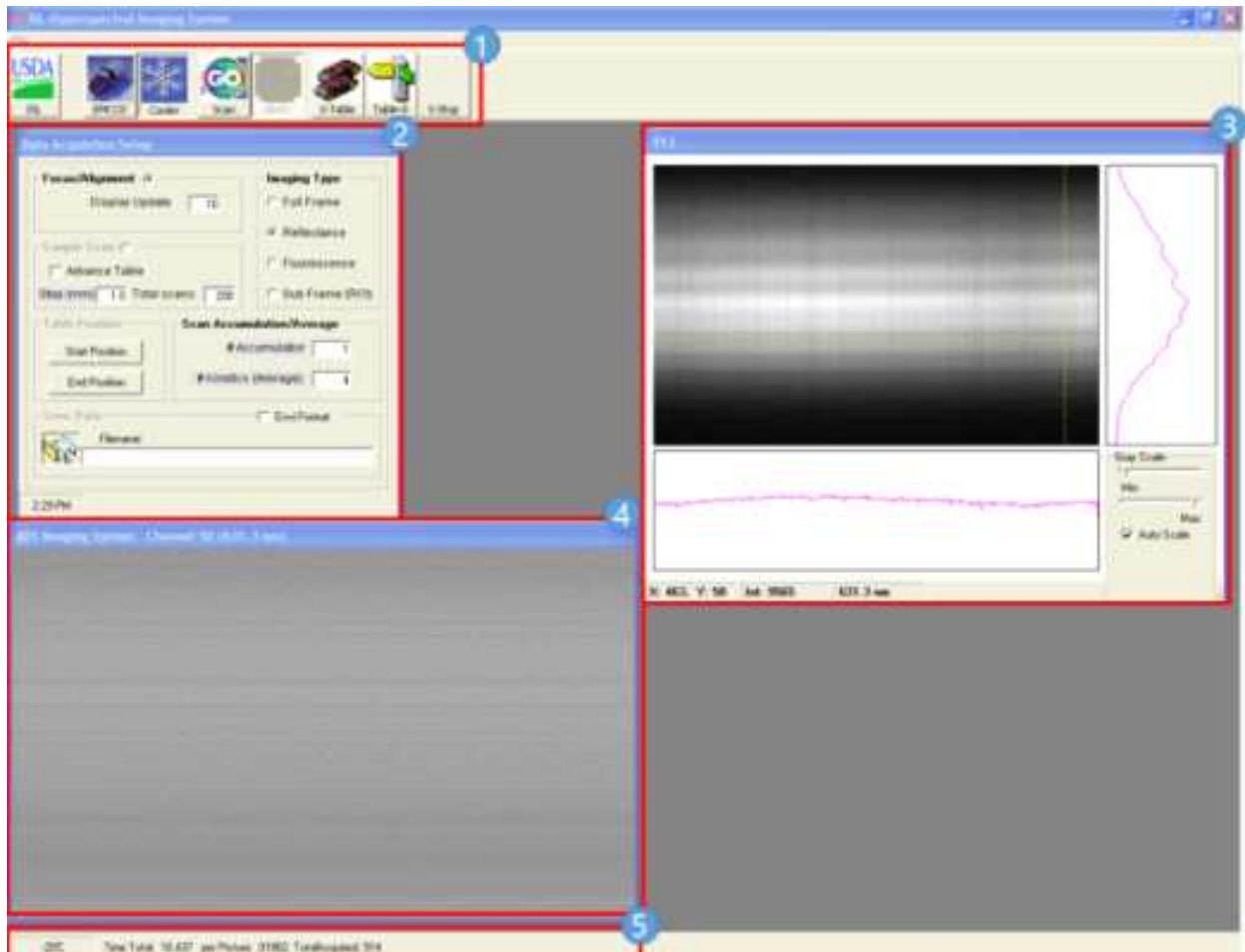


Fig. 4.52. The picture of VIS/NIR software.

(1) 이미지 획득 제어창

이미지 획득 제어창은 VIS/NIR 초분광 시스템의 설정 및 설정이 가능한 컨트롤 패널이며 Fig. 4.53와 같다. 이 패널에서는 디스플레이의 이미지 영상 획득 주기 및 스텝모터의 스텝 간격 및 초분광 이미지의 획득 타입을 설정 할 수 있다. 자세한 내용은 다음과 같다.

1. Focus/Alignment : 디스플레이 이미지의 영상 획득 주기의 설정이 가능하다.
2. Sample Scan : Step수와 스텝간격을 설정할 수 있으며, 설정된 주기와 간격을 통해 초분광 이미지를 획득한다.
3. Imaging Type : 초분광 이미지의 획득 타입의 설정이 가능하다. 반사광과 형광 이미지의 획득 설정을 지정할 수 있다.
4. Table Position : 시료이송부의 포지션을 처음 시작장소와 끝장소로 이동시킬 수 있다
5. Scan Accumulation / Average : 초분광 영상 데이터를 획득시 반복적으로 획득한 데이터를 중첩시켜 평균을 내어 정확도를 향상시킬 수 있음.
6. Save Data : 획득된 초분광 영상의 저장경로와 이름의 설정이 가능.

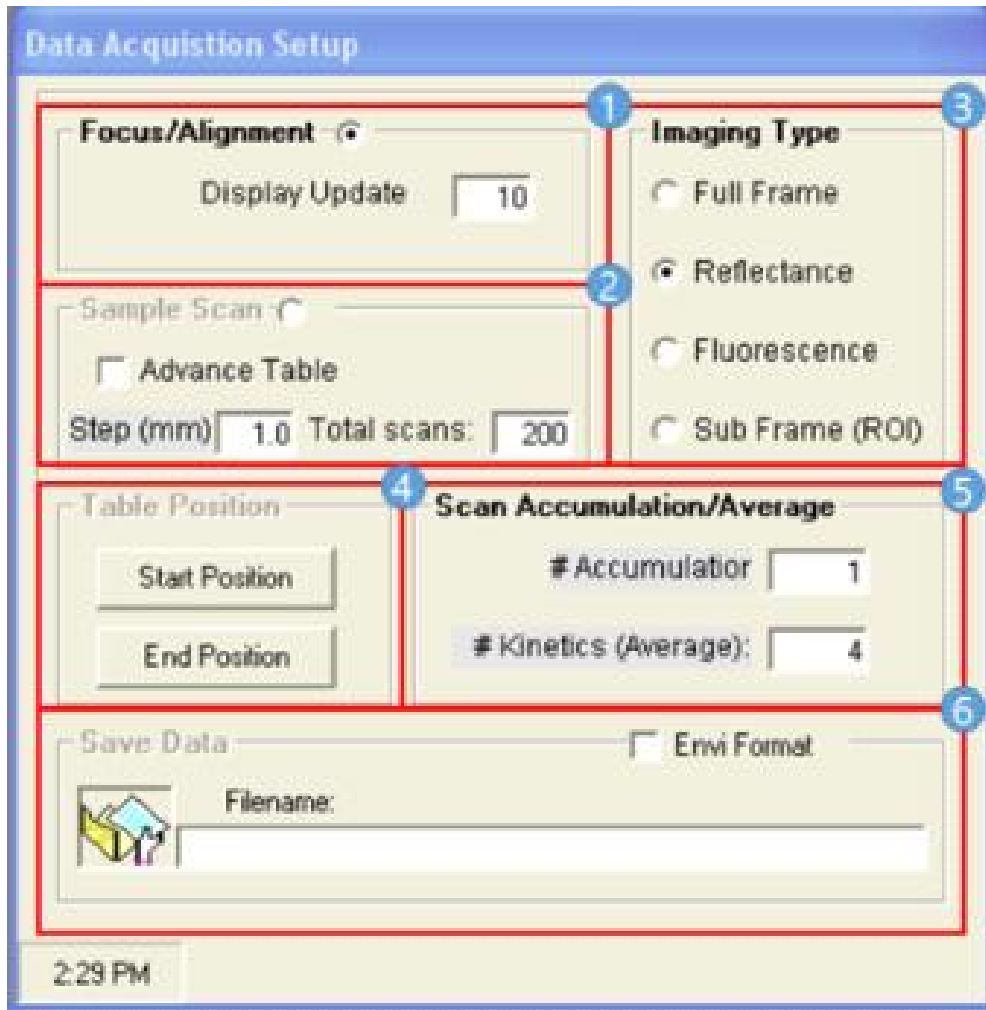


Fig. 4.53. The picture of VIS/NIR software of control panel.

## (2) 카메라 패널 제어창

Fig. 4.54은 카메라 패널 제어창으로 카메라의 컨트롤 및 획득되는 초분광 이미지의 프레임 설정과 UpDate 버튼을 통해 exposure time과 중첩 측정시 평균의 설정값이 자동으로 설정된다. 자세한 내용은 다음과 같다.

1. Image mode : 이미지의 획득 프레임을 보여줌
2. EMCCD Parameter : Exposure Time과 중첩측정의 평균의 설정값을 나타낸다.
3. Image Display : CCD 센서의 작동 온도를 설정할 수 있다. 온도가 설정온도이상 올라갈 경우 쿨러가 작동되어 온도를 유지해 준다.
4. Cooler On, Update : Update 버튼을 통해 설정값을 자동으로 업데이트 해준다.

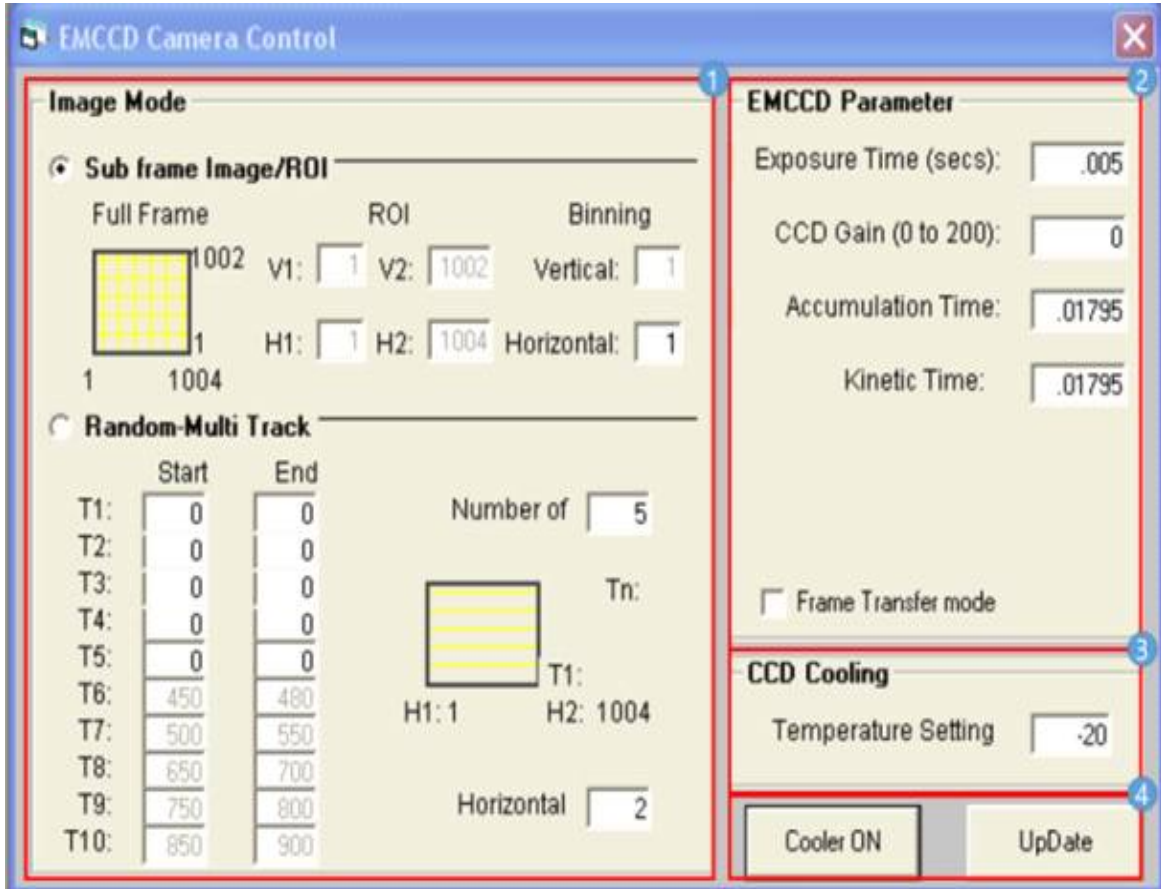


Fig. 4.54. The picture of VIS/NIR software of control panel camera control

## 12 우량종자 판별 통합 소프트웨어 개발

Fig. 4.55은 초분광 이미지의 분석이 가능한 소프트웨어의 메인 화면이다. 획득되어진 초분광의 세부적인 영역의 지정을 통해 스펙트럼의 확인이 가능하다. Fig. 4.55는 화면은 측정된 수박 종자의 초분광 이미지의 종자별 세부 스펙트럼을 측정하는 장면이다. Wavelength display창을 통해 지정된 영역의 스펙트럼의 확인이 가능하며 Image spectral display를 통해 초분광 이미지와 스펙트럼을 동시에 확인 가능하다.

1. 메뉴바 : 초분광 이미지의 로딩 및 이미지의 저장, 편집메뉴이다.
2. Image channel display : 초분광 이미지의 각 파장의 목록을 보여준다.
3. Image display : 초분광 이미지를 보여준다. 초분광 이미지의 각 영역별로 세부 지정을 통해 미세별 스펙트럼의 측정이 가능하다.
4. Image spectral display : 이미지와 스펙트럼의 Intensity를 동시에 확인할 수 있다.
5. Wavelength display : 이미지의 특정 지정 세부 영역의 스펙트럼의 확인 가능하다.



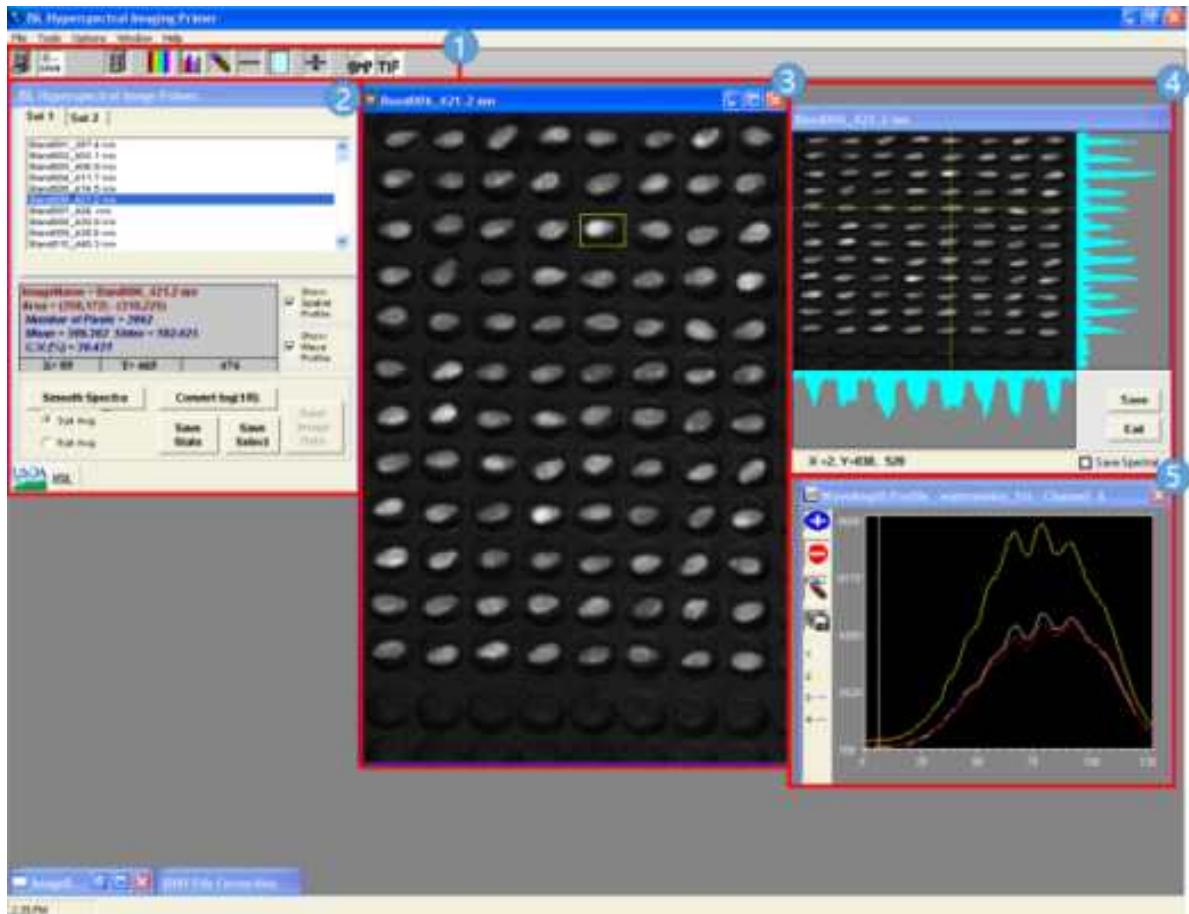


Fig. 4.55. The picture of software of hyperspectral imaging system.

### 13. 종자 종류별 선별 표준모델 제시

채소종자의 종류별 선별 표준모델 제시와 최적의 초분광 영상기술 적용을 위해 1차년도와 2차년도와 같은 방식으로 FT-NIR Spectroscopy와 Raman Spectroscopy를 통한 건전종자와 퇴화종자의 스펙트럼 측정과 VIS/NIR 초분광 시스템과 단파적외선 초분광 시스템을 통한 건전종자와 퇴화종자 스펙트럼 측정을 통해 결과를 표로 작성하였다.

Spectrum 전처리(preprocessing)는 광학 측정상의 노이즈를 제거하고 그 영향에 따른 오차를 줄이는 중요한 방법으로서 보다 안정적인 광학 spectrum을 구하는 데 사용된다. 또한 전처리된 spectrum을 사용하면 보다 안정적이고 정확도가 높은 예측 모델을 만들 수 있는데 전처리 방법에는 일반적으로 MSC (multiplicative scattering correction), SNV (standard normal variate), Savitzky-Golay법 등이 있다. 표 21은 전처리방법과 전처리방법에 따른 효과를 나타낸다.

분석 작업의 전제가 되는 것은 정확한 소스 데이터이다. 데이터의 전처리 (Preprocessing)란 원본 스펙트럼 데이터의 잡음이나 산란효과를 제거 또는 수정하여 최대한 소스 데이터의 정확성을 높히는 것을 말한다. 또한 중요성이 현저히 낮은 데이터를 과도하게 많이 포함한 경우 이들을 적절히 축소 조절하여 관리와 사용에 용이한 형태로 변경시켜 주기도 한다.

데이터 전처리에는 데이터 정제, 데이터 통합, 데이터 변환, 데이터 축소 등이 있다. 데이터 정제는 결측

치를 채워넣고, 잡음있는 데이터를 평활화(smoothing) 하고, 이상치를 식별하고, 데이터 불일치를 교정하는 것이다. 주요한 전처리 작업으로는 다음과 같은 것이 있으며 Table 4.21과 같다.

Table 4.21. The list of method of Pre-processing.

전처리	전처리 효과
평활화(Smoothing)	노이즈 제거
정규화(Normalization)	광세기 등 조건변화 보정
MSC(Multiplicative Scatter Correction)	광산란 보정
SNV(Standard Normal Variate)	광산란 보정
1차 or 2차 미분(Savitzky-Golay)	베이스 라인 이동 제거, 미소성분 강조

### 가. 정규화(Normalization)

많은 양의 데이터를 처리함에 있어 여러 이유로 정규화, 즉 데이터의 범위를 일치시키거나 분포를 유사하게 만들어 주는 등의 작업은 꼭 필요한 일이다. Fig. 4.55은 정규화를 수행한 결과를 나타낸다. 일반적으로 데이터 정규화는 평균값을 이용한 정규화, 최대값을 이용한 정규화, 일정범위에서의 정규화가 있다. 정규화 전처리를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x_i - x_{mean} \quad (8)$$

where,  $x_i$  : ith spectrum.

$$x_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$n$  : mean of ith spectra.

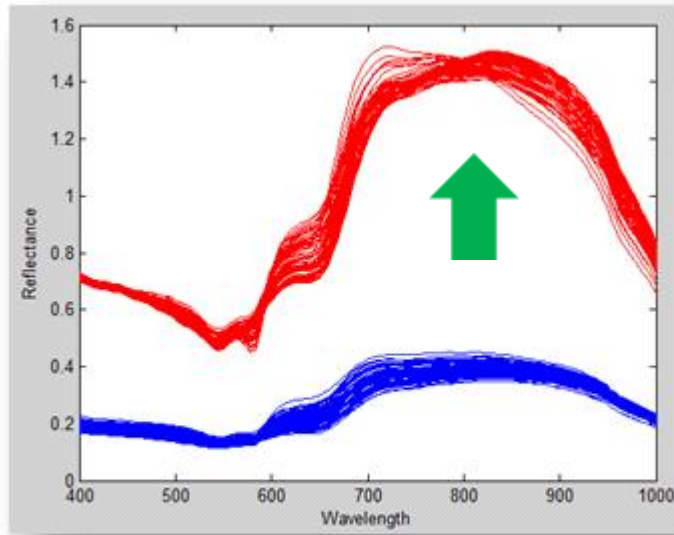


Fig. 4.55. Pre-processing of Normalization.

#### 나. MSC(Multiplicative Scatter Correction)

산란현상은 파장에 따라 일정하지 않아서 바탕선이 이동하거나, 바탕선의 기울기가 변화하고, 그리고 심할 경우 바탕선이 곡선 형태로도 나타날 수 있다. 이를 보완하기 위해 MSC를 이용하여 평균 spectrum을 계산한 후 이를 이상적인 spectrum으로 간주하고 보정한다. 시료 표면 혹은 시료 내부의 불균일성 때문에 동일 시료에 대한 반복 측정에 대해서 측정된 스펙트럼의 차이를 보일 수 있으며, 이는 스펙트럼 데이터 변이의 가장 큰 원인이 된다. 또한 산란 정도는 사용된 광원의 종류나 시료 표면의 상태, 그리고 시료의 반사지수 등에 영향을 받으며, 이것은 주로 베이스라인의 이동이나 기울기 및 곡률의 변화로 나타난다. 이러한 광 산란의 영향은 특히 측정된 스펙트럼의 장파장 영역에서 주로 나타나며, MSC의 기본 개념은 모든 스펙트럼을 이상적인 스펙트럼에 의해 보정하는 것이다. Fig. 4.56은 MSC 전처리를 수행한 결과를 나타낸다.

$$= a_i + b_i x_j + e_i \quad (9)$$

$$x_{i,msc} = (x_i - a_i) / b_i \quad (10)$$

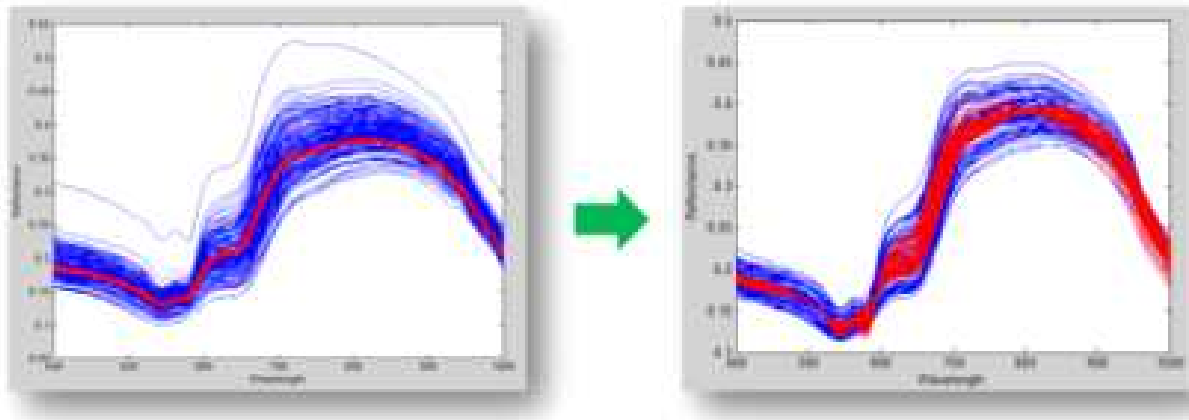


Fig. 4.56. Pre-processing of MSC(Multiplicative Scatter Correction).

#### 다. SNV(Standard Normal Variate)

SNV 역시 MSC와 마찬가지로 광산란 보정을 위한 전처리 기법중 하나이나, MSC와는 다른 수학적 방법을 사용한다. SNV는 각 spectrum을 샘플 spectrum의 평균과 표준편차로 정규화하여 Fig. 4.57과 같은 광산란의 영향을 제거하는 방법이며 이상적인 spectrum이 필요하지 않다. SNV에 의해 광경로나 광원의 변동에 따른 spectrum의 변화 등이 보정될 수 있으며, SNV로 보정된 spectrum은 무차원이 된다. Fig. 4.58은 SNV 전처리를 수행한 결과를 나타낸다.

$$= \frac{\sum_{j=1}^n x_{i,j}}{n}, w_i = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}{(n-1)} \quad (11)$$

where,  $\bar{x}_i$  : 샘플 i의 모든 파장에서의 흡광도

$w_i$  : 샘플 i의 평균과 표준편차.

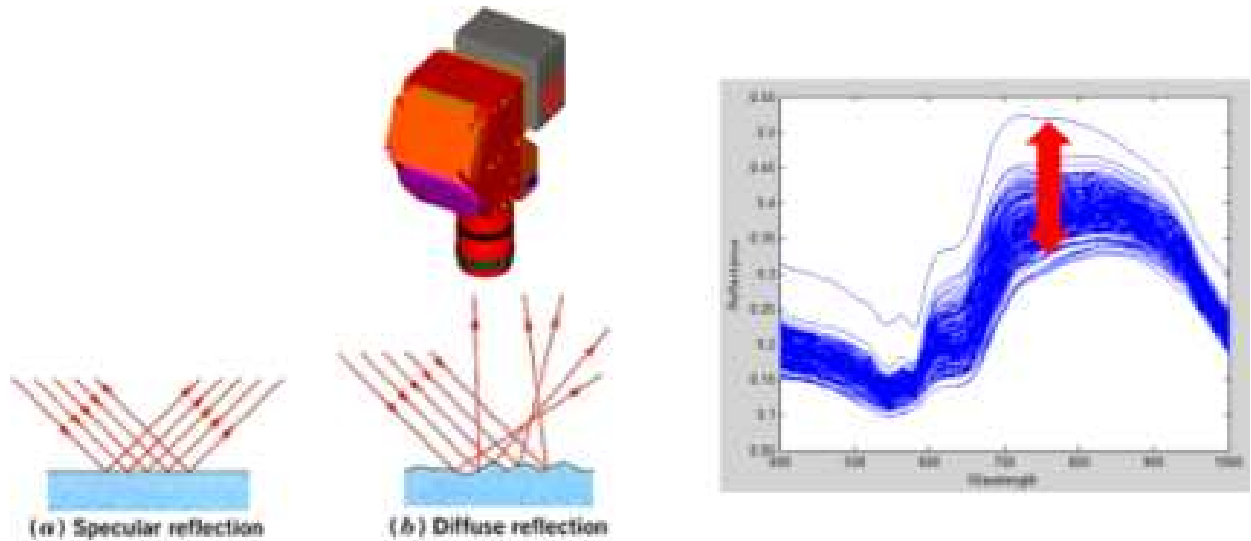


Fig. 4.57. Difference of Range of Reflectance of Spectrum in light power and surface of sample.

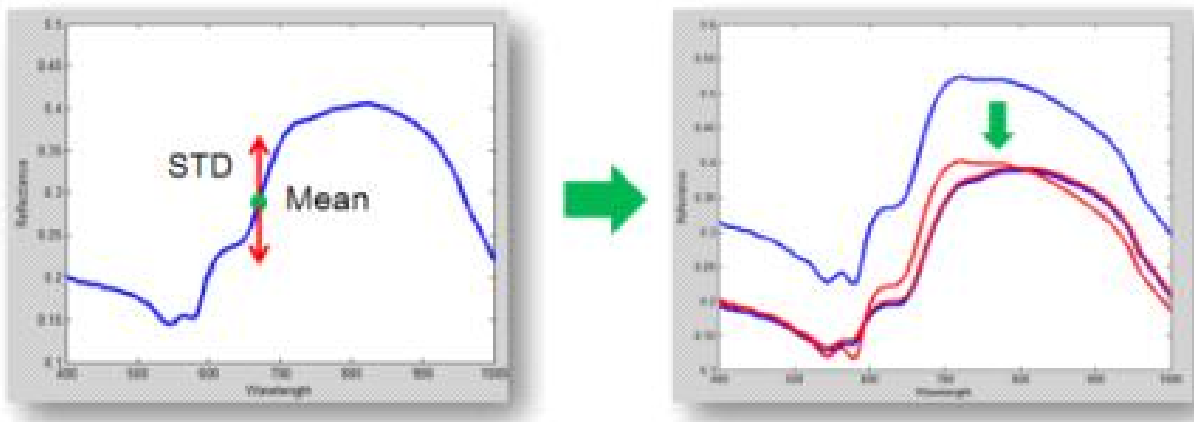


Fig. 4.58. Pre-processing of SNV(Standard Normal Variate).

#### 라. 1차 or 2차 미분(Savitzky-Golay)

1차 or 2차 미분을 이용한 전처리 방식은 다차방정식 평활화방식을 사용하며, 미분법을 이용하여 중첩된 스펙트럼의 미소성분에 의한 차이 극대화 시킨다. Savitzky-Golay 방법에 의한 신호 평활법은 다음과 같은 식에 의해서 스펙트럼 측정시스템에서 기인되는 노이즈를 감소시키는 방법이 된다.

$$* \sum_{j=1-n}^{i+n} Y_j c_j \quad (12)$$

위 식에서 n은 1 이상의 값을 가지며 이는 Savitzky-Golay의 방법의 적용에 있어서 이동 창 의 크기(2n+1)를 결정한다. 이식은 어느 한 측정값의 잡음 신호를 제거하기 위하여 그 측정값

을 중심으로 이동 창 내의 이전과 이후에 측정된 측정값들을 참조하는 방법을 취하게 한다. 식에서  $Y_i^*$ 은 잡음이 제거된  $i$  번째 측정값이 되고,  $Y_i$ 는  $Y_i^*$ 를 구하기 위해서 사용된 잡음을 제거하기 전의 측정값들을 의미하며,  $j$ 는 Savitzky-Golay의 방법의 적용에 있어서 잡음의 제거를 위해 기준이 되었던 함수관계와 최소자승의 원리에 따라 구해진 convolution integer이다. 식에서  $N$ 은 일종의 scaling 상수이다. Fig. 4.59은 1차 미분 전처리를 수행한 결과를 나타내며 Fig. 4.60는 2차 미분 전처리를 수행한 결과를 나타낸다.

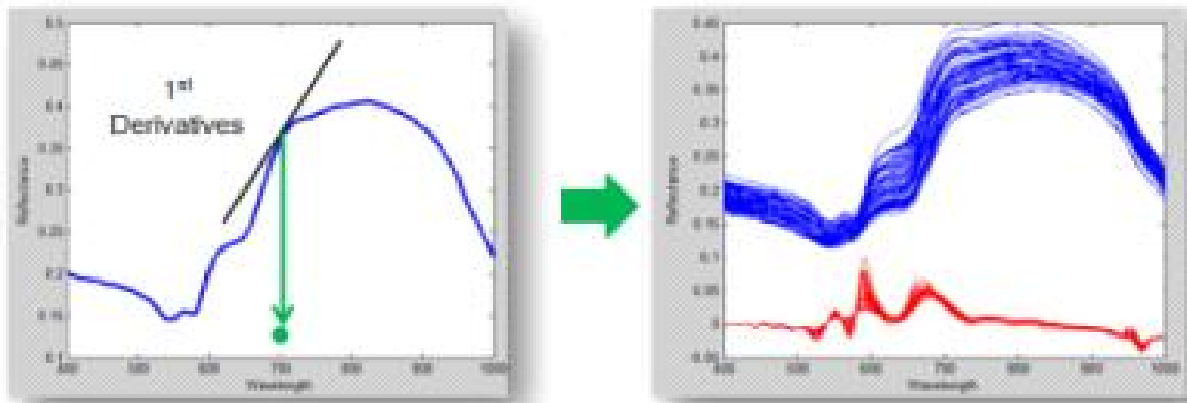


Fig. 4.59. Pre-processing of Savitzky-Golay 1st.

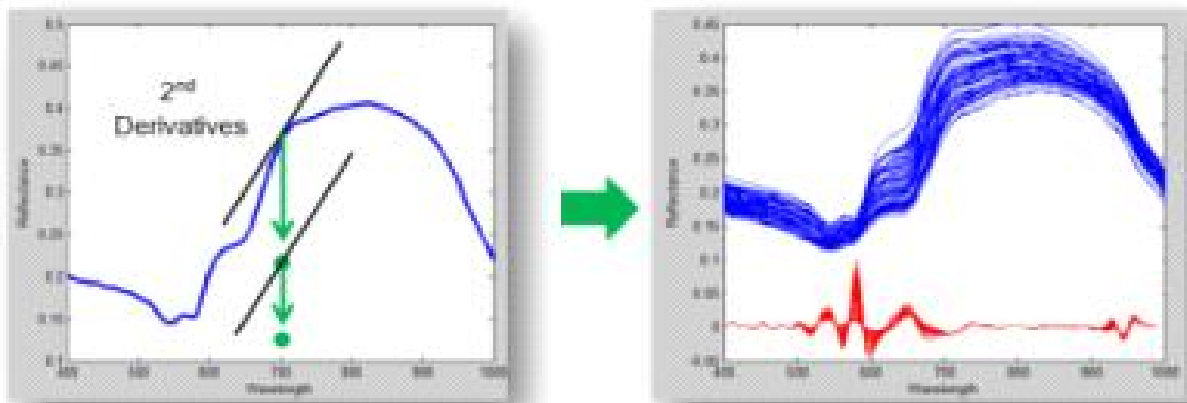


Fig. 4.60. Pre-processing of Savitzky-Golay 2nd.

#### 마. 부분최소제곱 판별분석(Partial Least Squares-Discriminant Analysis)

부분최소제곱(Partial Least Squares : PLS) 회귀 분석법은 주성분(PCA) 분석법을 보완한 방법으로 스펙트럼(독립변수) 데이터의 주성분을 구하고 그 주성분을 이용하며, 회귀식을 구하는 주성분분석과는 다르게 스펙트럼뿐만 아니라 실제 측정된 종속변수 값을 동시에 고려하여 새로운 변수를 찾고 이를 이용하여 회귀

식을 구하는 방법이다. 이와 같이 독립변수와 종속변수를 모두 고려하기 때문에 독립변수만을 고려하는 주 성분 모델보다 더 안정적인 특징을 보인다.

부분최소제곱 회귀분석법의 기초인 부분최소자승법은 그림 61과 같이 응답 변수 행렬 Y와 입력 변수 행렬 X 사이의 선형관계를 모델링하는 투영법으로써, 두 행렬은 다음과 같이 나뉜다.

$$t_a p_a = |TP^T \quad (13)$$

$$Y \cong \sum_{a=1}^A u_a c_a^T = |UC^T \quad (14)$$

T와 U 는 score 행렬, P 와 C 는 loading 행렬이다. A개의 잠재변수(latent variables)를 갖는 모델은 cross validation을 이용하여 결정된다. 그리고 x-scores  $t_a$ 는 X 행렬(a = 1일 때) 또는 X의 잔차 행렬(a > 1일 때)의 선형 조합이 된다.

$$t_a = X_{a-1} w_a, \quad X_a = X_{a-1} - t_a p_a^t \quad (15)$$

여기서  $w_a$ 는 a 번째 잠재변수의 가중치 벡터이다. 이는 다음과 같은 내적관계를 T와 U 사이의 공분산이 최대가 되도록 수행된다.

$$U \cong TB \quad (16)$$

여기서 B는 diagonal 행렬을 나타낸다. 결과적으로 PLS를 다음과 같은 예측모델로 나타낼 수 있다. PLS 예측 모델에 대한 모델링 절차는 Fig. 4.61을 참조할 수 있다.

$$Y \cong TBC^t = XW(P^T W)^{-1} BC^T \quad (17)$$

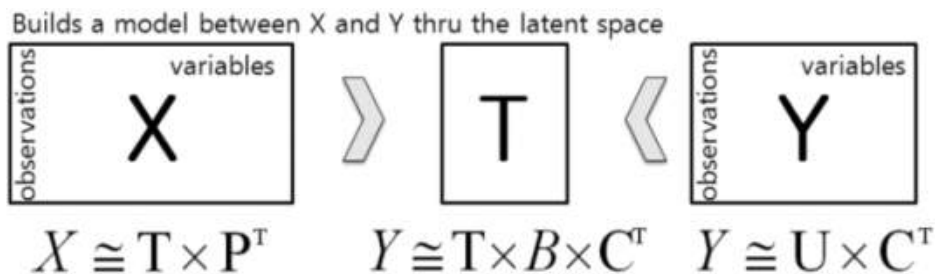


Fig. 61. PLS Modeling of buildings model between X and Y

PLS 방법은 정량적 분석 외에 정성적 분석법도 활용이 되는데 대표적인 방법이 PLS-DA(Partial Least

Squares-Discriminant Analysis) 방법이다. 기존의 PLS 모델과는 달리 PLS-DA는 종속변수로 연속적인 값 대신 판별하고자 하는 그룹들을 가상 변수로 설정하여 이를 판별 하는 회귀모델이다. 본 연구에서는 건전 종자와 퇴화종자를 판별하기 위해 PLS-DA 모델을 이용하였다. 또한 스펙트럼 X의 score 행렬 T와 측정된 농도 Y의 score 행렬 U의 관계식으로 구한 beta coefficient를 이용하여 초분광 영상에서 PLS 영상을 구성 하고 이를 발아종자와 불발아종자를 선별하는 영상 구성에 이용하였다. 모든 데이터 분석은 MATLAB(version 7.0.4, The Mathworks, Natick, MA, USA) 프로그램을 이용하여 수행되었다.

#### 14. 종자의 발아력 실험

본 연구에 사용된 종자는 현대종묘사에서 제공된 배추, 상추, 무, 고추, 토마토, 수박 종자가 사용되었다. 실험에 사용된 종자들은 Table 4.22와 같다.

Table 4.22와 같이 실험에 사용된 종자는 배추, 상추, 무, 토마토, 고추, 수박 6개의 종자가 사용되었다. 6개의 채소종자들은 모두 처리가 되지 않은 무처리 종자들이며 모두 측정 후 발아력 검증을 통해 데이터를 확보하였다. 모든 실험에서 사용된 종자는 건전종자와 퇴화종자를 식별하기 위해 국제종자검정협회(ISTA) 규정에 발아력 검증을 실시하였다. ISTA에 규정된 발아력 측정 방법은 Table 4.23와 같다. 상추 종자를 제외한 나머지 종자의 발아 온도는 25°C이며 상추종자는 20°C의 온도에서 수행되었다. ISTA 규정에 따라 빛이 들어오지 않는 암광 상태의, 일정하게 온도가 유지되는 chamber내에서 발아력 검증이 시행되었으며 TP(Top of paper)법을 사용하였다. 90×15 mm의 petri-dish에 filter paper(Whatman No.2) 2장을 겹쳐 증류수 7.5 mL를 관수 한 후 16립씩 25°C 조건으로 항온항습기의 중간 위치에 치상하여 10일간 발아력 실험을 실시하였다. 수박 종자의 경우 BP(Between of paper)을 사용하여 종지와 종지 사이에 치상하여 종자 발아력 검정을 실시하였다.

발아 테스트 결과는 Table 4.24와 같다. 퇴화종자의 경우 모두 불발아 하였으며, 건전종자의 경우 배추와 고추의 경우 모두 발아하였으며 상추종자는 87.5%, 무종자의 경우 67.7%, 토마토 종자의 경우 82.3% 그리고 수박종자의 경우 79.2%가 발아하였다. 모든 종자의 경우 종자별로 발아종자 96개 불발아종자 96개 총 192개의 종자가 실험에 사용되었다. 불발아 종자의 경우 종자 퇴화 처리를 통해 이루어졌다. 퇴화 처리 순서는 다음과 같다.

첫 번째로 종자의 수분함수율을 측정한다. 원래 종자가 가지고 있는 수분함수율을 3반복 측정하여 평균을 구하여 원래 종자가 가지고 있던 수분함수율을 도출하였다. 수분함수율 측정법은 저온건조법을 사용하였으며 103±2°C에서 17±1시간을 건조하였으며 건조 전과 건조 후의 무게를 비교하여 측정한 종자의 수분함수율은 다음과 같다.

Table 4.25와 같이 종자의 종자가 가지고 있는 원래의 수분함수율을 구한 후, 원래의 종자의 수분함수율에 수분을 추가하여 수분함수율을 20%로 맞추기 위해 밀폐시킨 용기에 종자와 수분을 넣고 Orbital Shaker을 이용하여 3시간 동안 Shaking 작업을 수행하였다. 이후 진공포장 후에 배추, 상추, 무는 45°C에서 120시간까지, 토마토, 고추는 45°C에서 168시간까지 수박은 50°C에서 168시간까지 온도가 일정하게 유지되는 Water bath를 이용하여 퇴화작업을 수행하였다. 퇴화과정이 끝난 이후에 20°C에서 원래의 무게까지 건조시킨 후에 4°C에서 보관 후 측정을 실시하였다.



Table 4.22. The seeds of measured in this study.

종자	학명	품종
배추	<i>Brassica campestris</i> L	신통노랑
상추	<i>Lactuca sativa</i> L	열강적치마
무	<i>Raphanus sativus</i> L	백금주무
토마토	<i>Lycopersicon esculentum</i>	홍광 토마토
고추	<i>Capsicum annuum</i> L	PR-815
수박	<i>Citrullus lanatus</i>	새천년 수박

Table 4.23. The Rules of Germination of Vegetable seed in ISTA.

종자	학명	온도	최종발아확인일수	발아법
배추	<i>Brassica campestris</i> L	25℃	7	TP
상추	<i>Lactuca sativa</i> L	20℃	7	
무	<i>Raphanus sativus</i> L	25℃	10	
토마토	<i>Lycopersicon esculentum</i>	25℃	14	
고추	<i>Capsicum annuum</i> L	25℃	14	
수박	<i>Citrullus lanatus</i>	25℃	14	

Table 4.24. The Rules of Germination of Vegetable seed in ISTA.

종자	건전종자 발아율	퇴화종자 불발아율
배추	100 %	100 %
상추	87.5 %	100 %
무	67.7 %	100 %
토마토	82.3 %	100 %
고추	100 %	100 %
수박	79.2 %	100 %

Table 4.25. The Moisture of Non-processed Seed.

(단위 : ml).

종자	측정1	측정2	측정3	평균
배추	5.513	6.680	5.767	5.987
상추	5.699	5.615	5.736	5.683
무	5.605	5.595	5.592	5.597
토마토	5.885	5.857	6.067	5.936
고추	6.927	6.496	6.764	6.729
수박	6.542	6.444	6.302	6.429

## 15. 개발 시스템 성능검증

### 가. 우량종자 판별 정확도 분석

건전종자와 퇴화종자의 측정을 통해 우량종자 판별 정확도 분석을 수행하였다. FT-NIR Spectroscopy와 Raman Spectroscopy, VIS/NIR 초분광 영상 시스템과 단파적외선 초분광 영상 시스템을 통해 개발한 PLS-DA 분류 모델을 이용하여 판별 정확도를 분석하였다. PLS-DA(부분최소자승법을 이용한 분류)의 경우 실험통계에서 주로 이용되는 인증된 검증법이며, 단백질, 지방, 수분 등의 시료의 분석위한 화학분이나 구조물의 분석 같은 건축분야, 전자 제어시스템의 분석을 위한 전자분야, 식품의 안전성 검증을 위한 식품 안전 분야 등 많은 분야에서 실험통계에 널리 사용되는 분석법이다.

분류(Classification)는 데이터 분석의 대표적인 기법으로 모델을 이용한 분류작업은 모델(classifier)의 예측정확도를 추정함으로써 모델의 정확도를 평가하게 된다. 모델의 이용한 분류작업은 모델의 구축에서 시작된다. 모델구축은 사전 정의된 데이터 class 혹은 개념집합을 서술하는 모델의 구축으로부터 시작되는데, 모델 구축을 위해 분석될 데이터들은 훈련데이터집합(training data set) 혹은 Validation이라 하고 훈련집합을 구성하는 개별 데이터를 훈련 샘플이라 한다. 이러한 훈련샘플은 같은 모집단으로부터 무작위로 선택된다. 모델의 학습은 교사학습(Supervised learning)과 비교사학습(unsupervised learning)으로 나뉘는데 이는 훈련샘플이 속하는 class가 제공되는 유무에 따라 나누어진다. 교사학습은 훈련샘플이 속하는 class가 제공되며 비교사학습은 훈련샘플이 속하는 class가 제공되지 않는다. PLS-DA에 의해 개발된 모델의 경우 훈련샘플이 속하는 class가 제공되는 교사학습에 속한다. 모델이 완성되면 모델을 이용한 분류작업으로 진행되는데, 그 모델에 의해 분류되는 것들 중 정확하게 분류된 항목의 백분율로서 그 모델의 예측 정확도를 추정하게 된다. 예측 정확도의 수행의 경우 각 검정집합 샘플에 대해 학습된 모델의 class 예측값과 비교하게 된다. 모델의 정확도가 확인되면 이를 통해 새로운 데이터나 class label이 알려져 있지 않은 객체를 분류하게 되며, 분류 모델의 알고리즘에 따라 데이터를 분류하게 된다.

본 연구에서는 PLS-DA모델에 다양한 전처리 모델을 적용하여 전처리모델과 종자별로 효과적인 전처리 분류 모델을 통해 개발된 모델을 검증하였다. PLS-DA의 종자별 데이터 모델 구축을 위해 하나의 종자 샘플의 스펙트럼의 평균을 이용하였으며, 발아종자와 불발아 종자의 샘플 개수를 같게 맞추어 평균 스펙트럼 모델을 구축하였다. 결과는 Table 26 ~ 33과 같으며 모델검정의 결과는 표준모델과 함께 서술하였다.

#### 나. 종자 종류별 선별 표준모델

채소종자의 종류별 선별 표준모델 제시와 최적의 초분광 영상기술 적용을 위해 1차년도와 2차년도와 같은 방식으로 FT-NIR Spectroscopy와 Raman Spectroscopy를 통한 건전종자와 퇴화종자의 스펙트럼 측정과 VIS/NIR 초분광 시스템과 단파적외선 초분광 시스템을 통한 건전종자와 퇴화종자 스펙트럼 측정을 통해 종자 종류별 선별 표준모델을 제시하였으며 내용은 Table 26~33과 같다. 다음은 실험결과를 요약한 것이다.

○ FT-NIR의 경우 Calibration 모델과 모델검증을 위한 Validation 모델 역시 높은 판별도를 나타내며 전체적으로 높은 결과를 나타냄. Calibration 모델의 경우 평균 96%의 분류 정확도를 보였으며, Validation 모델의 경우 91.5%의 높은 분류 정확도를 나타냄. Calibration 모델의 전처리의 경우 정규화 전처리 중 평균과 최대값이 대체적으로 높은 결과를 보였으며 모델 검증을 위한 Validation 모델의 경우 역시 평균과 최대값이 대체적으로 높은 결과를 나타냄.

○ 단파적외선(SWIR) 초분광 이미징 시스템의 경우 역시 대체적으로 높은 분류 정확도를 나타내며 우수한 결과를 나타냄. Calibration 모델의 경우 평균 93.8%의 분류 정확도를 보였으며, Validation 모델의 경우 94.45%의 높은 분류 정확도를 나타냄. Calibration 모델의 경우 전처리를 하지 않은 Raw 데이터의 결과가 다른 결과에 비해 대체적으로 높은 결과를 나타냈으며 모델 검증을 위한 Validation 모델의 경우 역시 전처리를 하지 않은 Raw 데이터의 결과가 다른 결과에 비해 대체적으로 높은 결과를 나타냄.

○ VIS/NIR 초분광 이미징 시스템의 경우도 SWIR 초분광 이미징 시스템에 비해 다소 낮은 결과를 나타냄. Calibration 모델의 경우 평균 90.4%의 분류 정확도를 보였으며, Validation 모델의 경우 82.6%의 분류 정확도를 나타냄. 이는 종자의 퇴화과정에 관여하는 화학물질들이 SWIR 초분광 이미징 시스템의 영역에서 좀 더 정확하게 디텍션되는 것으로 판단됨. Calibration 모델의 경우 역시 SWIR 초분광 이미징 시스템과 마찬가지로 전처리를 하지 않은 Raw 데이터의 결과가 다른 결과에 비해 대체적으로 높은 결과를 나타냈으며, 모델 검증을 위한 Validation 모델의 경우 전처리를 하지 않은 Raw 데이터와 정규화 전처리 중 평균이 대체적으로 다른 결과에 비해 대체적으로 높은 결과를 나타냄.

○ 라만의 경우 전체적으로 다른 결과에 비해 높은 결과를 나타냄. Calibration 모델의 경우 평균 99%의 분류 정확도를 보였으며, Validation 모델의 경우 97.0%의 높은 분류 정확도를 나타냄. 전처리 경우도 역시 Calibration 모델의 경우 모든 전처리 모델이 우수한 결과를 보였으며, 모델 검증을 위한 Validation 모델의 경우 모든 전처리 모델이 우수한 성능을 보였으나 토마토 종자의 경우 Savitzky-Golay 2차미분의 전처리 모델이 다소 높은 결과를 나타냄.

Table 4.26. For the Classification of Standard Model of FT-NIR using Calibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum MSC	60	0	60	0	97.0
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	52	0	52	0	99.0
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	44	0	44	0	100
고추	MSC, SNV	62	0	58	4	93.8
토마토	Mean	59	1	56	4	86.3
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	315	0	350	0	100

Table 4.27. For the Classification of Standard Model of FT-NIR using Valibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Raw	29	0	28	1	91.6
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW	32	0	32	0	94.0
무	Mean, Maximum Raw	22	0	21	1	94.3
고추	MSC, SNV	31	1	23	9	75.0
토마토	Raw	35	1	36	0	94.0
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	135	0	150	0	100

Table 4.28. For the Classification of Standard Model of SWIR using Calibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum MSC	66	1	66	1	82.7
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	66	1	66	1	82.7
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	0	46	0	92	98.3
고추	MSC, SNV	66	0	66	0	99.5
토마토	Mean	55	0	55	0	99.7
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	50	0	50	0	99.7

Table 4.29. For the Classification of Standard Model of SWIR using Valibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum MSC	29	0	28	1	91.6
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	24	1	23	2	82.5
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	19	0	19	0	89.8
고추	MSC, SNV	28	0	28	0	91.1
토마토	Mean	23	1	24	0	96.1
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	22	0	22	0	91.5

Table 4.30. For the Classification of Standard Model of VIS/NIR using Calibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum MSC	65	2	67	0	79.6
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	59	0	59	0	99.3
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	65	2	67	0	79.6
고추	MSC, SNV	66	0	66	0	97.4
토마토	Mean	54	1	53	2	89.6
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	20	2	22	0	97.2

Table 4.31. For the Classification of Standard Model of VIS/NIR using Valibration result of Vegetable seed of Best Result

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum MSC	22	7	29	0	79.1
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	25	0	25	0	91
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	22	7	29	0	79.1
고추	MSC, SNV	26	2	23	5	86.6
토마토	Mean	22	2	24	0	77.6
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	49	1	50	0	82.7

Table 4.32. For the Classification of Standard Model of Raman using Calibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum MSC	50	0	50	0	100
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	40	0	40	0	100
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	40	0	40	0	99.8
고추	MSC, SNV	45	0	45	0	100
토마토	Mean	40	0	40	0	94.4
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	33	0	33	0	99.8

Table 4.33. For the Classification of Standard Model of Raman using Valibration result of Vegetable seed of Best Result.

Seed	Normalization (Pre-processing)	Viable seed		Non-viable seed		Total accuracy (%)
		Correct	Wrong	Correct	Wrong	
배추	Mean, Maximum, MSC	20	0	20	0	100
상추	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, RAW Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri	17	0	17	0	100
무	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw Savizky-Golay : 1 <sup>st</sup> deri, 2 <sup>nd</sup> deri	18	0	18	0	99.0
고추	MSC, SNV	21	0	21	0	100
토마토	Mean	18	2	20	0	83.4
수박	Mean, Maximum, Range MSC, SNV, Raw	18	0	18	0	99.7

#### 다. 최적 초분광 영상기술 적용

추출한 각 픽셀에 대한 분석은 PLS-DA를 적용하여 판별 모델을 개발하였다. 또한 최적으로 제안된 모델

의 beta coefficient를 이용하여 PLS 영상을 구성하였다. PLS 영상에 영상처리를 이용하고 임계값을 적용하여 퇴화종자 검출 알고리즘을 개발하였다. 퇴화된 배추종자를 검출하는 영상처리 과정은 Fig. 4.62와 같다. 832 nm의 파장영상을 이용하여 종자를 제외한 나머지 배경을 제거한 마스킹 이미지를 만들었다. 마스킹 영상은 종자 영역은 '1'이고 종자를 제외한 나머지 영역은 '0' 값을 가지게 된다. 이 마스킹 이미지에 건전종자와 퇴화종자를 판별하는 PLS 모델의 beta coefficient를 이용한 PLS 영상을 곱하기 연산하여 종자 이외의 배경부분을 제거하였다. 또한 PLS 모델에 의한 건전종자와 퇴화종자를 판별하는 기준을 임계값으로 적용하여 퇴화종자만 검출하는 최종 결과 영상을 얻을 수 있었다. 또한 픽셀수를 고려한 영상처리로 정확도를 높였다. 종자의 평균 크기(픽셀수)와 판별정확도를 기준으로 검출 알고리즘을 개발하였다. 종자의 평균 크기는 3시그마법에 의해 정하였다. 시그마는 통계 분석의 표준편차를 나타내는데 사용되는 기호로 평균과 표준편차는 평균에서 사용되는 가장 기본적인 방법이며, 표준편차는 분포도의 편평도를 나타내는 지표로 사용되기도 한다. 기본적인 시그마법의 경우 약 66%의 값들이 평균에서 양쪽으로 표준편차 범위에 포함되거나 3시그마법은 정규분포일 경우 99.73%의 데이터를 포함한다. 본 연구에서 사용된 퇴화종자 판별식은 식 (5)와 같다.

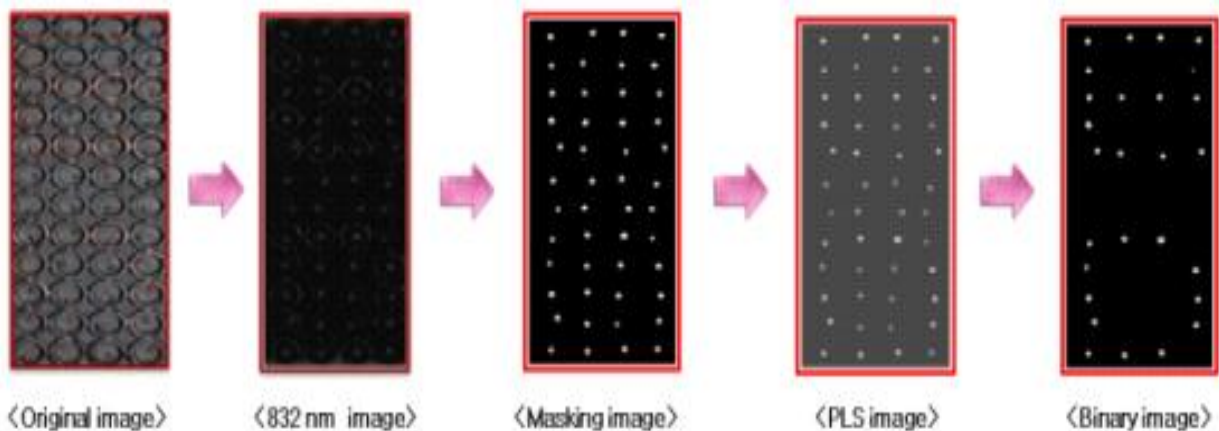


Fig. 4.62. Image processing for detecting nonviable cabbage seeds.

#### 라. SWIR 초분광 시스템을 이용한 퇴화종자 검출 영상 및 발아력 실험 결과

Fig. 4.63.는 SWIR 초분광 시스템을 이용하여 최적의 파장 1580 nm 영상을 이용해 임계값 0.5을 기준으로 이진화 된 퇴화종자를 검출하는 처리 과정이다. 반사광 영상과 같이 배추종자의 평균 크기에 정확도를 고려하여 검출을 실시하였다.

본 연구에서 사용된 방법은 PLS-DA(Partial Least Squares-Discriminant Analysis) 방법이다. 기존의 PLS 모델과는 달리 PLS-DA는 종속변수로 연속적인 값 대신 판별하고자 하는 그룹들을 가상 변수로 설정하여 이를 판별 하는 회귀모델이다. 본 연구에서는 건전종자와 퇴화종자를 판별하기 위해 PLS-DA 모델을 이용하였다. 또한 스펙트럼 X의 score 행렬 T와 측정된 농도 Y의 score 행렬 U의 관계식으로 구한 beta coefficient를 이용하여 초분광 영상에서 PLS 영상을 구성하고 이를 발아종자와 불발아종자를



선별하는 영상 구성에 이용하였다. 본 연구에서는 배추의 발아종자와 불발아종자를 판별하기 위한 PLS-DA 모델 개발 시 불발아종자의 스펙트럼 그룹을 가상변수 '0'로, 발아 종자의 스펙트럼 그룹을 가상변수 '1'로 설정하여 모델을 개발하였다. 또한 두 그룹을 판별하기 위한 문턱값은 두 그룹의 가상변수의 중간값인 0.5를 기준으로 하였다. 개발된 모델에 의한 예측 결과값이 0.5보다 낮으면 불발아종자, 0.5보다 높으면 발아 종자로 판단하였다. 따라서 불발아종자의 예측 결과값이 '0'에 가깝고 발아 종자의 스펙트럼 예측 결과 값이 '1'에 근접할수록 모델의 판별 성능이 우수하다고 볼 수 있다. 이에 최적의 파장을 선정하여 배경을 제거한 Masking image를 구성하였다. 이미지에 PLS-DA 모델을 이용하여 문턱값 0.5를 사용하여 발아종자와 불발아종자를 분류하였다.(Fig. 4.63) 이후 이미지의 픽셀값의 면적 값을 이용하여 설정된 픽셀 이미지보다 큰값은 통과시키고 작은값은 통과시키는 필터를 이용하여 최적화된 도출영상을 획득할 수 있었다 배추종자의 경우 종자별로 96립씩 2개의 Plate를 측정하였으며, 첫 번째 plate의 경우 정확도는 전체 96립 중 오검출 20립으로 79.1%의 정확도를 보였다. 검출 결과 영상 및 발아시험 결과는 Fig. 4.64과 같다. 두 번째 plate의 경우 전체 96립중 오검출 15립으로 전체 83.4%의 정확도를 보였다. 검출 결과 및 영상 및 발아 시험 결과는 Fig. 4.65와 같다. 다음은 초분광 이미지를 이용한 상추, 무, 고추, 토마토, 수박 종자의 분류를 요약한 것이다.

○ 상추종자의 경우 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 1440 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 26개의 종자가 오분류 되어 72.9 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 25개의 종자가 오분류 되어 74 %의 결과를 보였으며, 전체 평균적으로 73.4 %의 결과를 보였다.

○ 무종자의 경우 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 1060 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 26개의 종자가 오분류 되어 72.9 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 21개의 종자가 오분류 되어 78 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 76 %의 결과를 보였다.

○ 고추종자의 경우도 역시 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 1240 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 22개의 종자가 오분류 되어 77.1 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 27개의 종자가 오분류 되어 71.8 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 74.5 %의 결과를 보였다.

○ 토마토 종자의 경우도 역시 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 1313 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 25개의 종자가 오분류 되어 74 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 29개의 종자가 오분류 되어 69.8 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 71.9 %의 결과를 보였다.

○ 수박 종자의 경우도 역시 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였

다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 1410 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상주종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 20개의 종자가 오분류 되어 79.1 %의 결과를 보였다. 두 번째의 Plate 경우 전체 96립중 12개의 종자가 오분류 되어 87.5 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 83.3 %의 결과를 보였다.

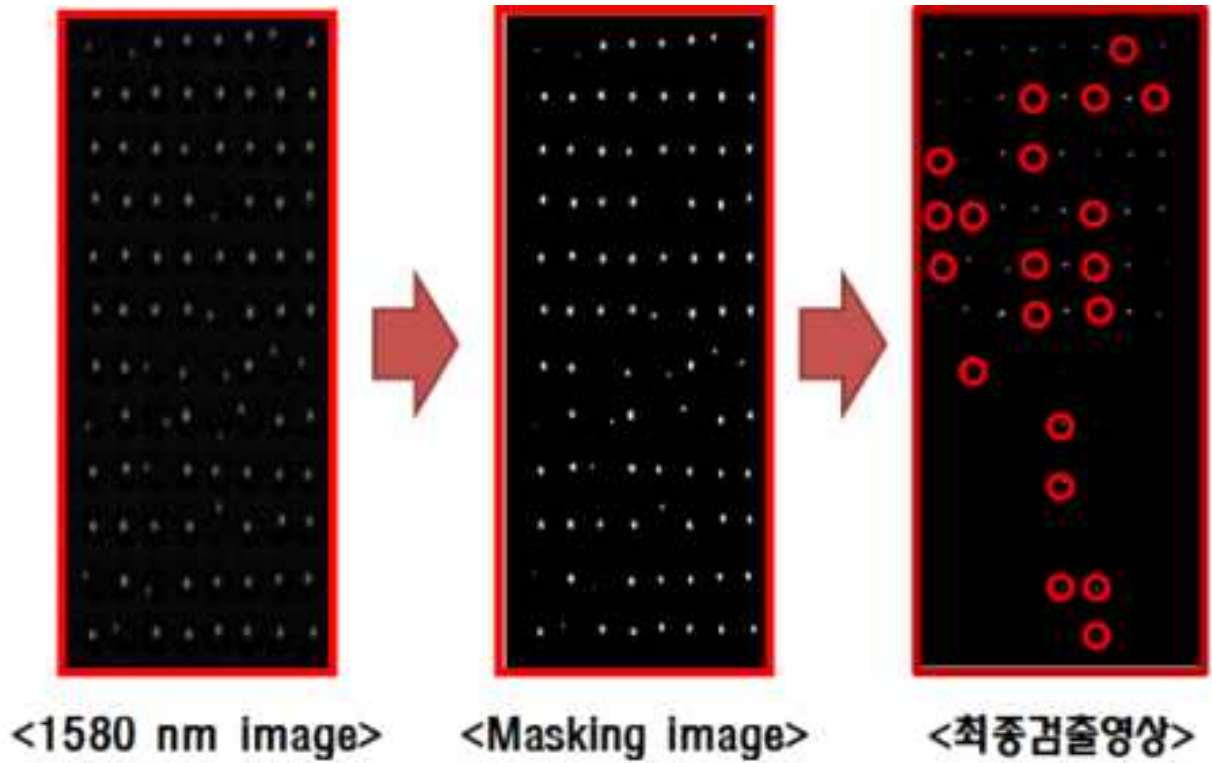
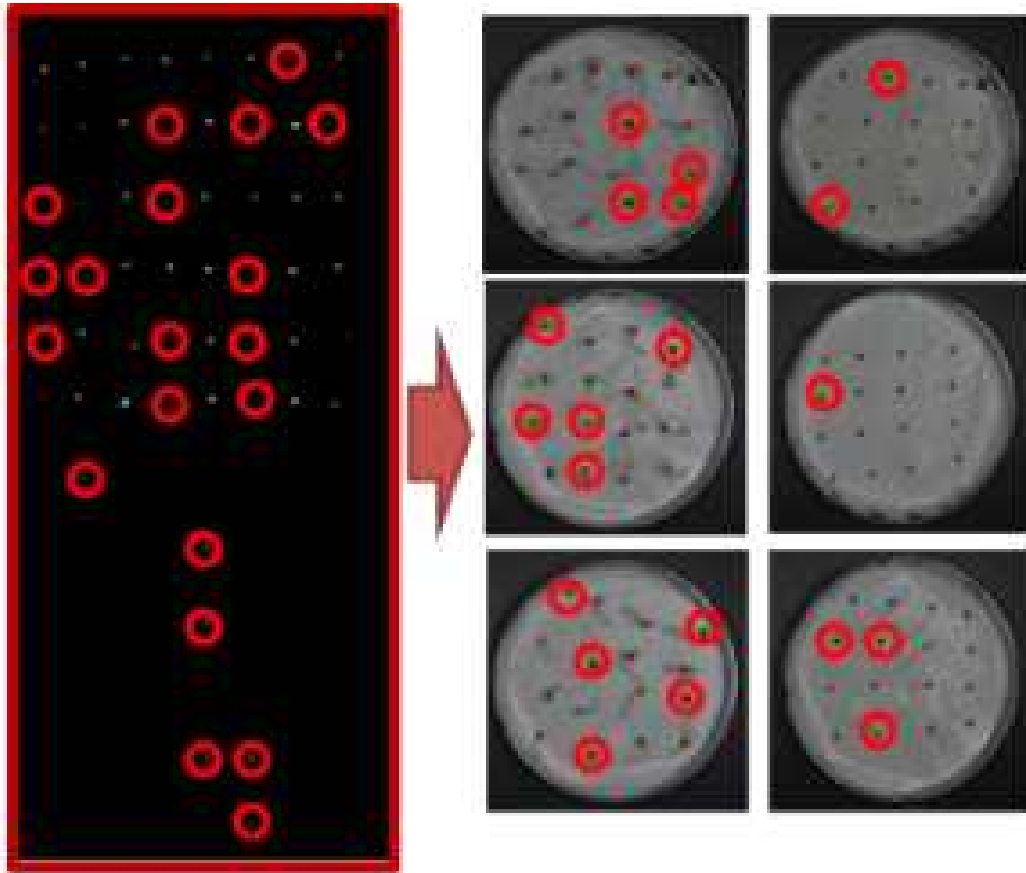


Fig. 4.63. Image processing for detecting viable cabbage seeds.



**<최종검출영상1>**

**(76/96)(맞은갯수/전체갯수)  
정확도 : 79.1%**

Fig. 4.64. Detecting results of nonviable cabbage seeds of number of plate 1 with germination tests.

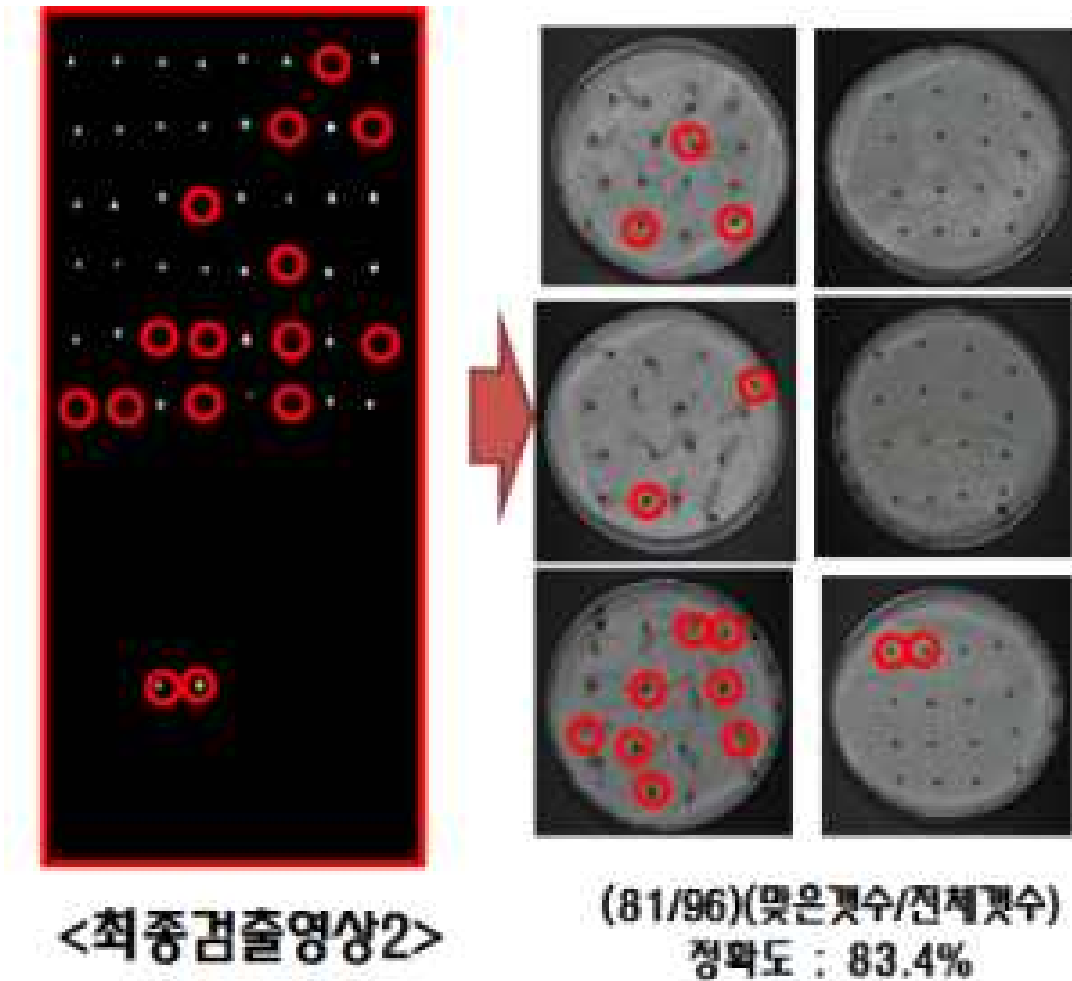


Fig. 4.65. Detecting results of nonviable cabbage seeds of number of plate 2 with germination tests.

#### 마. VIR/NIR 초분광 시스템을 이용한 퇴화종자 검출 영상 및 발아력 실험 결과

VIS/NIR 초분광 영상을 이용한 발아종자 검출 역시 PLS-DA 모델을 이용하여 발아종자 검출에 이용하였다. 배추의 발아종자와 불발아종자를 판별하기 위한 PLS-DA 모델 개발 시 불발아종자의 스펙트럼 그룹을 가상변수 '0'로, 발아 종자의 스펙트럼 그룹을 가상변수 '1'로 설정하여 모델을 개발하였다. 또한 두 그룹을 판별하기 위한 문턱값은 두 그룹의 가상변수의 중간값인 0.5를 기준으로 하였다. 개발된 모델에 의한 예측 결과값이 0.5보다 낮으면 불발아종자, 0.5보다 높으면 발아 종자로 판단하였다. 따라서 불발아종자의 예측 결과값이 '0'에 가깝고 발아 종자의 스펙트럼 예측 결과 값이 '1'에 근접할수록 모델의 판별 성능이 우수하다고 볼 수 있다. 이에 PLS-DA 모델을 이용한 불발아 검출에도 PLS-DA 분석을 통해 도출된 두 스펙트럼이 차이를 보이는 최적의 파장대역을 이용하여 배경을 제거한 Masking Image를 생성후 문턱값 0.5를 사용하여 발아종자와 불발아종자를 분류하였다. 이후 이미지의 픽셀값의 면적값을 이용하여 설정된 픽셀 이미지보다 큰값은 통과시키고 작은값은 통과시키는 필터를 이용하여 최적화된 도출영상을 획득하였다(Fig. 4.66). 배추종자의 경우 종자별로 96립식 2개의 Plate를 측정하였으며, 첫 번째 plate의 경우 정확도는 전체 96립 중 오검출 11립으로 88.5%의 정확도를 보였다. 두 번째 plate의 경우 전체 96립중 오검출 21립으로 전

체 73.4%의 정확도를 보였다. 검출 결과 및 영상 및 발아 시험 결과는 Fig. 4.67과 같다. 다음은 초분광 이미지를 이용한 상추, 무, 고추, 토마토, 수박 종자의 분류를 요약한 것이다.

○ 상추종자의 경우 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 660 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 22개의 종자가 오분류 되어 77 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 19개의 종자가 오분류 되어 80 %의 결과를 보였으며, 전체 평균적으로 78.6 %의 결과를 보였다.

○ 무종자의 경우 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 960 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 18개의 종자가 오분류 되어 81.3 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 21개의 종자가 오분류 되어 78 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 79.7 %의 결과를 보였다.

○ 고추종자의 경우도 역시 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 931 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 23개의 종자가 오분류 되어 76. %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 22개의 종자가 오분류 되어 77.81 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 76.6 %의 결과를 보였다.

○ 토마토 종자의 경우도 역시 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 645 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 21개의 종자가 오분류 되어 78.1 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 22개의 종자가 오분류 되어 77.8 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 77.6 %의 결과를 보였다.

○ 수박 종자의 경우도 역시 배추종자와 같은 방법을 통해 초분광 이미지를 이용한 분석결과를 도출하였다. PLS-DA분석을 통해 획득한 최적파장인 660 nm 영역대를 이용하였으며 총 192립의 상추종자를 2개의 plate에 나누어서 측정하였으며, 각각 96립씩 나누어 측정하였다. 첫 번째의 Plate 경우 전체 96립중 20개의 종자가 오분류 되어 79.1 %의 결과를 보였다. 두번째의 Plate 경우 전체 96립중 16개의 종자가 오분류 되어 83.3 %의 결과를 보였으며 전체 평균적으로 81.3 %의 결과를 보였다.

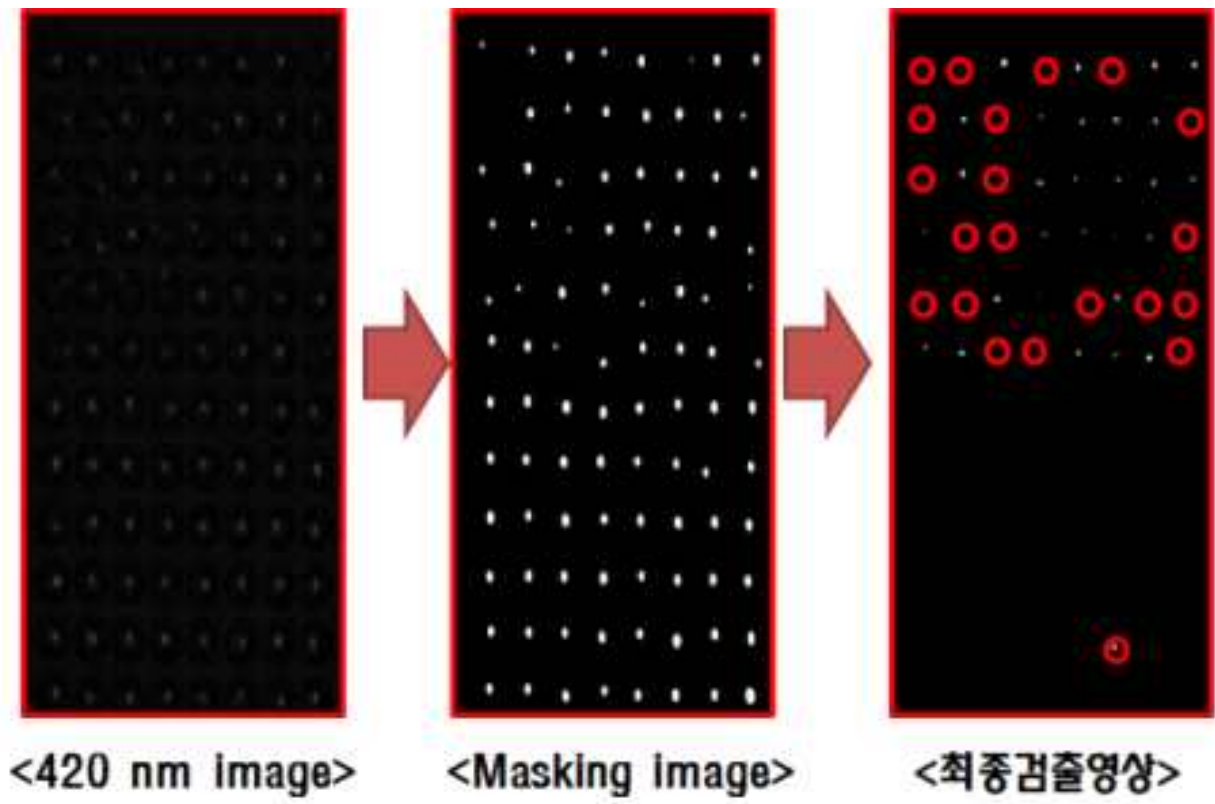
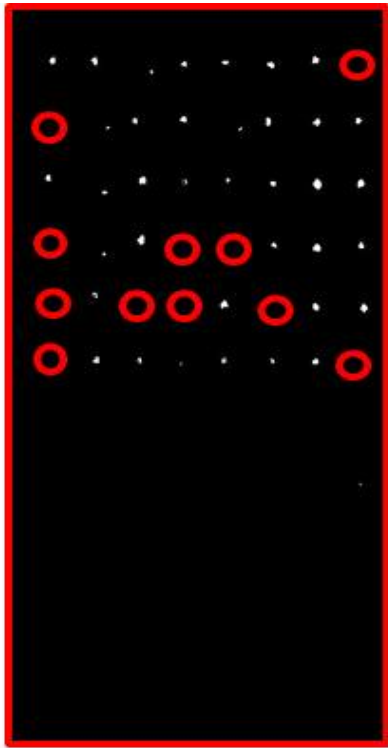
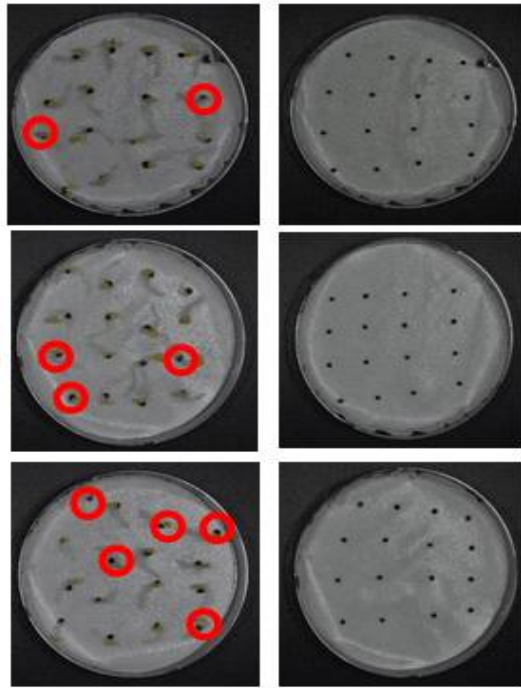


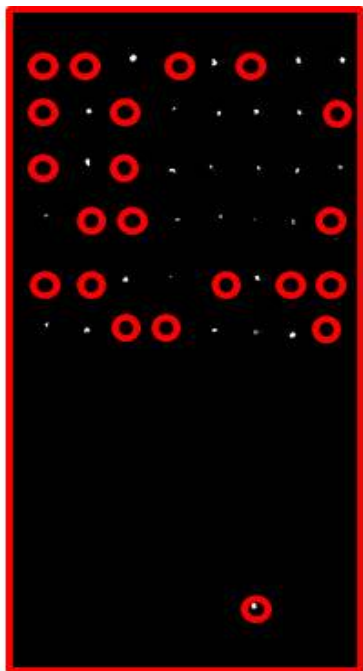
Fig. 4.66. Image processing for detecting viable cabbage seeds.



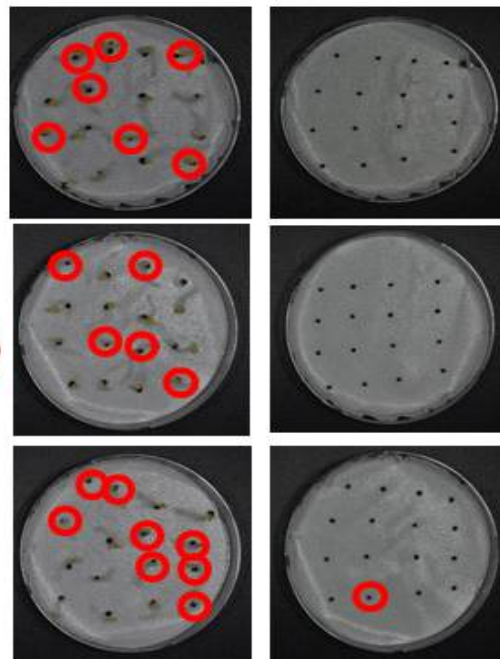
<최종 검출영상1>



(85/96)(맞은갯수/전체갯수)  
정확도 : 88.5%



<최종 검출영상2>



(75/96)(맞은갯수/전체갯수)  
정확도 : 78.1%

Fig. 4.67. Detecting results of nonviable cabbage seeds of number of plate 2 with germination tests.

## 16. 참고문헌

1. 안치국, 조병관, 모창연. 2012. 초분광 반사광 영상을 이용한 상추 (*Lactuca sativa* L) 종자의 활력 비파괴측정기술 개발에 관한 연구. 비파괴검사학회지, 32 :518-525.
2. 안치국, 조병관, 강점순, 이강진. 2012. FT-NIR 을 이용한 상추 (*Lactuca sativa* L) 종자의 비파괴 선별 기술에 관한 연구. 농업과학연구, 39(1) :111-116.
3. 전우방. 1997. 국제종자검정협회 (ISTA) 규정 (1). Weed&Turfgrass Science, 11(3) : 211-264.
4. Powell, A. A., Matthews, S. 2005. Towards the validation of the controlled deterioration vigour test for small seeded vegetables. Seed Testing International, 129 :21-24.



## 협동4과제: 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화

### 1. 종자 생산지별, Lot별 발아력 검정

#### 가. 연구목적

고품질 종자란 품종 자체의 정체성을 갖추고 물리적, 유전적 순도가 우수하고 발아와 발아율이 높고 병충해에 감염되지 않은 종자를 말한다. 생산자들은 종자의 발아시험(germination test)이란 개념에 친숙해 있으며 품질에 대한 척도를 발아율로 인식한다. 소비자들의 인식은 종자의 포장 용기에 표기된 발아율을 실제적인 포장 출현율로 간주하고 있어 종자회사와 분쟁의 소지가 발생하기도 한다.

발아시험이란 적정 실험조건하에서 정상적으로 자란 유묘의 비율로써 최대 발아를 나타내는 것으로 연약한 묘, 건강한 묘에 대한 구분이 아니라 단지 발아 개체 수에 대한 평가이기 때문에 재배지역에서 종자의 발아능력과 일치하지 않을 수 있다. 이는 종자 퇴화 또는 노화에 대한 품질의 평가가 이루어지지 않았기 때문이라 판단된다. 종자의 품질평가를 위해서는 종자의 잠재적 내성을 평가하기 위한 수단으로 발아세 시험을 따로 기록해야 한다. 종자의 발아세 검정방법은 저온발아, 노화촉진, 전기전도도 및 유묘생장율의 시험 등이 있으며 종자회사에서는 저비용, 스피드, 단순화, 객관성 있는 종자 품질검사를 원하고 있다.

#### 나. 재료 및 방법

##### (1) Incubator 발아조사

품종별 주 채종지가 정해져 있지 않고 판매량 및 채종지의 재배환경에 따라 종자생산지는 변하고 있다. 현대종묘는 2010년에 고추, 토마토, 호박 등 일부 과채류와 상추를 포함한 엽채류 등은 중국에서 생산하고 수박과 대목은 중국과 태국에서, 무와 배추는 국내에서 종자생산을 하였다. 중국에서 생산된 종자는 2010년 11월 회사에 입고되었고 수박은 2011년 5월과 국내에서 채종한 무, 배추는 동년 7월에 회사에 입고되었다.

2010년 현대종묘(주)에서 판매를 위해 생산한 고추 「PR-넘버원」, 토마토 「홍광」, 수박 「리코핀꿀 수박」, 무 「부춘여름무」, 배추 「CR-황상배추」를 발아 시험에 사용하기 위하여 입고된 종자들을 Lot별 무작위 3점을 샘플을 1kg씩 채취하여 종자 상태를 육안으로 확인하고 함수율을 측정하였다. 상추 종자는 pelleting 에 사용할 목적으로 활력이 좋은 가장 최근에 생산한 종자로 실험을 실시한다. 샘플종자를 1kg씩 채취하는 이유는 차후 연구 과제를 수행하는 동안에 control로 사용할 목적으로 채취하였다.

이들 종자를 직경 10cm의 petridish에 흡습지(Whattman No. 2, 110mm) 1매를 깔고 100립의 종자를 3반복으로 치상한 후 발아율을 조사하였다. 발아온도는 고추, 토마토, 배추는 25℃, 수박은 30℃, 상추는 20℃의 종자발아기에서 발아세와 발아율을 조사하였다(표 5.1). 발아세는 종자를 치상한 후 고추는 7일, 토마토는 5일, 수박은 5일, 배추는 5일 상추는 4일째에 실시하였다.

## (2) 상토발아조사

2010년 회사에 입고된 고추, 토마토, 상추 등은 2010년 11월 25일, 수박은 2011년 5월 10일, 무, 배추는 7월 9일 발아실험을 실시하였다. 종자재료는 incubator에서 시험한 샘플과 동일한 종자를 무작위로 100립씩 3반복으로 샘플을 채취하여 105공 플러그트레이 파종하였다. 발아조사 시기가 겨울인 경우 전열선을 설치한 가온 상에서 온도를 30℃로 맞추고 실험을 실시하였으며, 5월-10월까지의 무가온 파종상에서 연구가 진행되었다. 조사는 떡잎이 전개하기 시작시점에 발아조사를 시작하였으며, 조사시간은 오전 10시와 오후 4시에 하루에 2번에 걸쳐 발아조사를 하였고, 재배방법은 일반관행으로 하였다.

## (3) 종자선별 후 발아조사

### (가) Incubator 발아조사

입고된 종자들을 Lot별 사이즈별로 선별 후 입고종자의 incubator 발아검사 방법과 동일하게 발아조사를 실시하였다. 종자선별은 종자크기별로 선별하였고, 종자선별은 채소종류별로 달랐다. 고추는 3.8~2.4mm, 토마토는 3.4~2.2mm, 수박은 7.0~3.5mm, 배추는 2.4~1.4mm, 무 3.8~2.0mm 크기로 기준으로 하여 극대립, 대립, 중립, 소립, 극소립으로 분류하였다. 대조구는 이들 종자를 분류하지 않는 종자였다. 이들 종자를 직경 10cm의 petridish에 흡습지(Whatman No. 2, 110mm) 1매를 깔고 100립의 종자를 3반복으로 치상한 후 발아율을 조사하였다. 발아온도는 고추, 토마토, 배추, 수박, 무는 30℃, 상추는 20℃의 종자발아기에서 발아세와 발아율을 조사하였다(표 5.1). 발아세는 종자를 치상한 후 고추와 토마토는 72시간(3일째), 수박, 무, 상추는 48시간(2일째), 배추는 24시간(1일째) 상추는 4일째에 실시하였다.

### (나) 상토발아조사

채소종자를 크기별로 극대립, 대립, 중립, 소립, 극소립으로 분류하여 상토에서 발아실험을 실시하였다. 종자재료는 위의 incubator에서 시험한 샘플과 동일한 종자를 무작위로 100립씩 3반복으로 샘플을 채취하여 105공 플러그트레이 파종하였다. 재배상의 온도는 전열선을 설치하여 30℃로 조절한 후 실험을 실시하였다. 발아는 떡잎이 전개하기 시작시점에 발아조사를 시작하였다. 조사시간은 오전 10시와 오후 4시에 하루에 2번에 걸쳐 발아조사를 하였고, 재배방법은 일반관행으로 하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) Incubator 발아조사

고추를 비롯한 6종의 채소종자를 항온기에 치상하여 채소종자별 발아성을 조사한 결과는 표 5.1에 나타내었다. 고추 및 토마토는 치상 후 48시간째 발아하기 시작하여 96시간에 발아가 완료되어야 하는데 2010년 생산된 종자들은 발아세가 조금 떨어지는 것으로 조사되었다. 수박 및 배추의 발아율은 양호하였으나 무 종자는 전체 Lot의 발아가 불량하여 비중 선별 때 풍압력을 높여 미숙 종자 제거 등의 선별이 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

표 5.1. 종자 발아조사

품목	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
고추	10-P-1		7	74	8	2			81	89
	10-P-2		10	80	6	1			90	96
	10-P-3		6	73	12		1		79	91
토마토	10-T-1		2	77	10	3	1	2	79	92
	10-T-2		1	74	10	2	1		75	87
수박	10-W-1	1	95	2	2				95	97
	10-W-2	0	97	1	1				97	98
	10-W-3	0	92	5	1				92	97
배추	10-C-1	94	3	1					94	97
	10-C-2	92	6						92	98
	10-C-3	95	2	1					95	97
무	10-R-1	23	51	13	1				74	87
	10-R-2	26	60	1	1	1			86	87
	10-R-3	15	72	2	1	2			87	89
상추	10-L-1	12	61	14	2	3			73	89
	10-L-2	24	57	6	4	2	2		81	91
	10-L-3	28	60	5	1	1			88	94

(2) 상토발아조사

상토발아실험은 입고된 순서대로 실시하였다. 겨울에 입고된 고추, 토마토, 상추의 발아성을 조사 결과 고추의 최초 발아시작은 파종 후 7일부터 시작되었으며, 토마토도 유사하였다. 상추도 7일째 발아가 시작되어 11일째 발아조사가 종료하였다. 발아세와 발아율은 incubator 발아조사에서와 유사한 양상을 보였으나 발아율은 조금 낮게 조사되었다. 이는 저온기 파종으로 인하여 온도, 수분, 광의 종자발아조건 중에서 온도 및 광 부족에 의한 것으로 판단된다. 특히 극소립 종자 및 일부 소립 종자들에서 발아율이 저하된 것으로 예측되었다(표 5.2).

표 5.2. 상토 발아 조사 시험(고추, 토마토, 상추)

품목	LOT	발아조사(일/시)														발아세	발아율		
		7일		8일		9일		10일		11일		12일		13일				14일	
고추	10-P-1	3	0	16	1	58	3	5	1	2	0	0	0	0			81	89	
	10-P-2	0	5	37	6	35	2	4	1	3	0	2	1	0	0			90	96
	10-P-3	1	0	23	1	46	8	8	0	2	0	2	0	0	0			79	91
토마토	10-T-1		0	5	3	54	2	15	0	7	2	1	1	1	1	0	0	79	92
	10-T-2		1	2	0	34	2	29	7	11	1	0	0	0	0	0	0	75	87
상추	10-L-1	2	2	24	13	28	4	12	2	1	1	0	0					73	89
	10-L-2	1	1	32	7	35	5	4	6	0	0	0	0					81	91
	10-L-3	0	1	47	10	28	2	5	1	0	0	0	0					88	94

고추, 토마토, 상추: 2010년 11월 25일 파종

겨울철 발아검정의 경우 하루 2회 발아조사에 대한 의미는 미비한 것으로 판단되어졌으며 봄, 여름 및 가을 등의 고온이 유지 될 경우 하루 2회 발아조사가 요구되어진다. 상토 발아조사에서 평균 온도가 20℃이상 유지되는 7월에 파종한 무, 배추는 3일째 발아가 시작되어 4일째 발아조사를 완료하였고, 수박은 incubator 발아보다 상토 발아조사에서 발아율이 더 높게 나타났다. 이는 100% 완숙되지 못한 종자들이 상토에서 적당한 수분을 공급받고 일정한 온도가 유지 되어져 가능한 것으로 판단된다(표 5.3).

결론적으로 상토 발아조사에서도 incubator 성적과 유사하였으나 검정시기별 발아세, 발아율의 차이를 보이고 저온기 발아검정에서는 소요 일수가 길어 관리에 어려움이 있었다. 차후 종자선별 후 상토 발아검정에서는 야외 온도가 높은 시기에 한 번에 모든 품목을 파종한 실험을 실시하여 품목별 발아세, 발아율을 검사하여 적정 발아검사 일수 및 기간을 정하는 작업이 병행되어야 할 것으로 생각된다.

표 5.3. 상토 발아조사(수박, 무, 배추)

품목	LOT	발아조사(일/시)										발아세	발아율
		3일		4일		5일		6일		7일			
수박	10-W-1			0	62	25	1	10	1			88	99
	10-W-2			2	63	24	1	6	4			90	99
	10-W-3			54	7	30	3	6				94	100
배추	10-C-1	13	68	7	1	0	0					81	89
	10-C-2	54	36	6	0	0	0					90	96
	10-C-3	49	30	12	0	0	0					79	91
무	10-R-1	3	12	63	3	7	1					81	89
	10-R-2	0	17	72	1	4	1					90	96
	10-R-3	1	3	66	9	9	2					79	91

※ 수박: 2011년 5월 10일 파종. 무, 배추: 2011년 7월 9일 파종

### (3) 종자선별 후 발아조사

채소종자를 크기별로 극대립, 대립, 중립, 소립, 극소립으로 분류하여 실내에서 발아율을 조사하였다. 종자크기에 따른 발아 양상을 조사하였다. 품종의 Lot별 고추, 토마토, 무, 상추에서는 발아세, 발아율에서는 다소 큰 차이를 보였다. 종자의 크기 별로 발아에 차이가 있었고, 모든 품종들에서 중립이 발아세, 발아율이 높았다. 고추, 토마토의 소립 및 극소립에서 종자의 발아가 중립 종자에 비하여 조금 떨어지는걸 알 수 있었다(표 5.4).



그림 5.1. 배추 Lot별 상토 발아실험(좌측부터 대, 중, 소립)

채소종자를 크기별로 극대립, 대립, 중립, 소립, 극소립으로 분류하여 상토에서 발아 실험한 결과는 실내실험과 유사하였다. 종자의 크기별로 발아에 차이가 있었고, 모든 품종들에서 중립이 발아세, 발아율이 높았다. 고추, 토마토의 소립 및 극소립 종자들은 중립종자에 발아율이 약간 낮았다(표 5.5; 그림 5.1). 소립 종자의 경우 중립 종자에 비해 발아세가 다소 낮지만 priming처리 하여 활력을 증

진시킨 후 시판하거나 큰 무리가 없을 것으로 판단되었다.

표 5.4. 채소종자의 종자크기별 실내발아율 조사

품목	Lot	종자 사이즈											
		control		극 대립		대립		중립		소립		극 소립	
		세	율	세	율	세	율	세	율	세	율	세	율
고추	10-P-1	87	94	62	88	74	95	91	98	73	93	65	87
	10-P-2	89	95	55	90	77	94	93	97	79	94	70	91
	10-P-3	84	91	64	85	80	96	90	98	83	96	69	88
토마토	10-T-1	83	91	67	75	83	88	87	95	85	93	84	85
	10-T-2	80	90	67	81	79	90	89	94	83	90	78	89
수박	10-W-1	95	97	92	97	98	98	98	99	96	98	88	93
	10-W-2	96	98	96	99	98	98	98	100	97	99	91	93
	10-W-3	96	99	96	98	98	99	99	100	98	98	90	97
배추	10-C-1	96	98	94	95	97	98	99	100	98	98	92	96
	10-C-2	97	99	92	96	98	98	99	100	99	100	96	98
	10-C-3	97	100	94	97	98	99	100	100	99	100	96	98
무	10-R-1	84	94	87	94	83	89	91	98	90	96	85	91
	10-R-1	88	95	80	88	89	95	96	98	93	97	87	93
	10-R-1	87	94	86	91	88	94	95	99	89	94	88	94
상추	10-L-1	73	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-L-2	53	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-L-3	81	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※ 고추의 발아세와 율은 incubator(30℃)에서 각 72시간과 96시간에 기록.

※ 토마토의 발아세와 율은 incubator(30℃)에서 각 72시간과 120시간에 기록

※ 수박의 발아세와 율은 incubator(30℃)에서 각 48시간과 72시간에 기록.

※ 배추의 발아세와 율은 incubator(30℃)에서 각 24시간과 48시간에 기록

※ 무의 발아세와 율은 incubator(30℃)에서 각 48시간과 72시간에 기록.

※ 상추의 발아세와 율은 incubator(20℃)에서 48시간과 96시간에 기록.

표 5.5. 채소종자의 종자크기별 상토조건에서 발아율 조사

품목	Lot	크기	발아조사(일/시)											발아 세	발아 율	
			3일	4일	5일	6일	7일	8일								
고추	10-P-1	극대				3	12	11	45	3	5	2	4	0	26	85
		대립			1	23	37	9	13	2	4	1	2	0	70	92
		중립			17	16	48	11	5	0	1	0	0	0	92	98
		소립			13	5	39	14	17	2	2	1	0	0	71	93
		극소					4	27	31	6	11	3	1	0	31	83
토마토	10-T-1	극대			13	8	24	3	16	1	5	1	0	0	48	71
		대립			3	2	33	17	20	2	14	2	0	0	55	93
		중립			18	7	41	15	11	3	3	0	0	0	81	98
		소립			14	1	26	4	37	3	7	1	0	0	45	93
		극소				6	29	14	28	2	1	2	1	1	49	84
수박	10-W-1	극대	4	58	23	9	2	0						85	96	
		대립	6	73	14	6	0							93	99	
		중립	2	79	19									100	100	
		소립	3	71	18	5	1							92	98	
		극소			37	19	34	6	0					56	96	
배추	10-C-1	극대	87	9	1									87	97	
		대립	91	6	2	0								91	99	
		중립	97	2	1									97	100	
		소립	96	1	0	0								96	97	
		극소	64	25	4	3	1							64	93	
무	10-R-1	극대	17	56	5	1	0						17	79		
		대립	21	57	11	4	2						21	95		
		중립	45	49	3	1	0						45	98		
		소립	33	51	7	3	1						33	95		
		극소	26	44	4	5	1	1					26	81		

※ 파종일: 2011년 9월 2일

표 5.5에서 확인 할 수 있듯이 모든 품목에서 중립종의 발아율이 가장 높았다. 극소립 종자는 수박 및 배추를 제외하고 발아율이 90% 미만이었으며, 종자크기별 발아율의 차이가 제일 적은 작물은 수박이었다. 토마토는 중립과 비교하여 극대립은 발아율이 27%가 낮았고, 극소립은 14%가 낮았으며 발아기간도 길었다. 무는 종자 크기별로 발아율이 최대 19%의 차이를 보였다(표 5.5). 고추, 토마토, 무, 배추 품목의 극소립 종자는 priming 처리 기술 활용하여 종자활력을 증진시킬 필요가 있었다. 또한 극소립 종자는 priming 처리 후 펠렛가공 한다면 종자의 고품질화를 유도할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 2. 종자선별 기술의 과학화

### 가. 연구목적

수확한 종자는 이종자, 타품종, 잡초종자 및 협잡물들이 혼입되어 있으므로 순도를 높이고, 발아력을 향상시키기 위해 선별 작업이 필요하다. 종자선별에 흔히 이용되는 방법은 종자의 물리적 특성을 이용한 종자의 크기, 비중, 모양, 무게, 외부조직, 종자색깔, 액체친화성, 전기적 성질을 활용하고 있다. 이중 입자선별과 비중을 이용한 방법이 가장 간편하여 산업체에서 널리 이용하고 있다. 특히 우리나라 산업체의 일반적인 선별방법은 생산된 종자를 먼저 입자선별(종자 크기별)을 한 후 발아율 향상과 미숙 종자제거 및 상업적 가치 증진을 목적으로 비중선별 작업이 뒤 따른다.

이러한 목적으로 본 연구는 채소종자를 입자선별을 한 후 발아율 검정하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 입자선별

2010년 생산된 5종의 채소작물 종자(고추, 토마토, 수박, 배추, 무)를 입자선별기를 이용하여 종자 선별을 실시하였고, 상추는 입자선별과 비중선별에 어려움이 있으므로 본 실험에서는 제외하였다. 채소작물별 종자적정 크기는 표 5.6과 같다. 종자크기별 분류는 표 5.7에 근거하여 채소작물 종자를 분류하여 발아율을 조사하였다. 발아조사 방법은 위와 실험과 동일하게 실시하였다.

표 5.6. 상업적으로 활용하는 종자의 사이즈

(단위 :  $\pi$ )

품목	고추	토마토	수박	배추	무
일반 사이즈	3.8~2.4	3.4~2.2	7.0~3.5	2.4~1.4	3.8~2.0
판매가능 사이즈	3.6~2.8	3.2~2.6	6.5~4.5	2.2~1.6	3.6~2.4
육묘용 사이즈	3.4~2.8	3.2~2.8	6.5~5.0	2.2~1.8	3.4~2.8

※ 고추는 역병 내병계 품종으로 조숙 재배형 품종이다. 무는 여름용 품종이다. 배추는 춘계용 품종이다.

※ 토마토는 반축성용으로 일반계이다. 수박은 저온기용 품종이다.

표 5.7. 종자별 사이즈 분류법

(단위 :  $\pi$ )

품목/사이즈	극 대립	대립	중립	소립	극 소립
고추	3.6이상	3.4~3.6	3.4~3.2	3.2~3.0	3.0이하
토마토	3.4이상	3.4~3.2	3.2~3.0	3.0~2.8	2.8이하
수박	6.5이상	6.5~6.0	6.0~5.5	5.5~5.0	5.0이하
배추	2.2이상	2.2~2.0	2.0~1.8	1.8~1.6	1.6이하
무	3.8이상	3.8~3.4	3.4~3.0	3.0~2.4	2.4이하

#### (2) 비중선별

각 품목별 입자선별된 종자를 비중선별기로 비중선별 하였다(그림 5.4). 비중선별기를 이용하여 채



소작물 종자 크기별로 일정한 풍속으로 뽑어 올리는 관속에 종자를 수평으로 쏘아 떨어뜨리는 방식으로 선별하였다. 각 크기별로 풍속은 작물의 따라 조금씩 변화를 주면서 선별하였다(고추에서 중간 크기의 종자를 10의 압력으로 선별할 때 소립은 8~9의 압력으로 대립은 12~13 정도의 압력).

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 입자선별

생산된 5종의 채소작물 종자를 크기별로 입자선별을 실시하였다(표 5.8). 고추 및 토마토에서는 극대립 종자가 2~3%로 낮았으나 극소립의 경우에는 오히려 발아율이 13~17%로 높게 나타났다. 무 및 배추작물 종자에서는 육묘용(영리재배용)으로 사용하지 못하는 소립 및 극소립의 비율이 각각 50%, 38%를 점유하였다. 따라서 실제 판매 가능한 대립종 및 중립 종자 비율은 무 45%, 배추 55%를 차지하였다. 특히 수박은 시판가능한 대립 및 중립 비율이 85%로 공시된 채소작물 중에서 가장 높았다(표 5.8. 그림 5.2, 5.33)

채소작목별로는 종자의 생산연도, 생산지 및 Lot별로 종자의 발아세, 발아율 및 종자 크기는 많은 차이를 보여주고 있다. 참고로 무, 배추의 경우 2009년에 생산된 종자의 활용도는 80%정도이었다.

표 5.8. 2010년 생산된 채소종자별 정선율(%)

품목/사이즈	극 대립	대립	중립	소립	극소립
고추	3	10	45	25	17
토마토	2	15	50	20	13
수박	5	20	40	25	10
배추	7	20	35	26	12
무	5	15	30	30	20



그림 5.2. 고추 종자의 입자선별

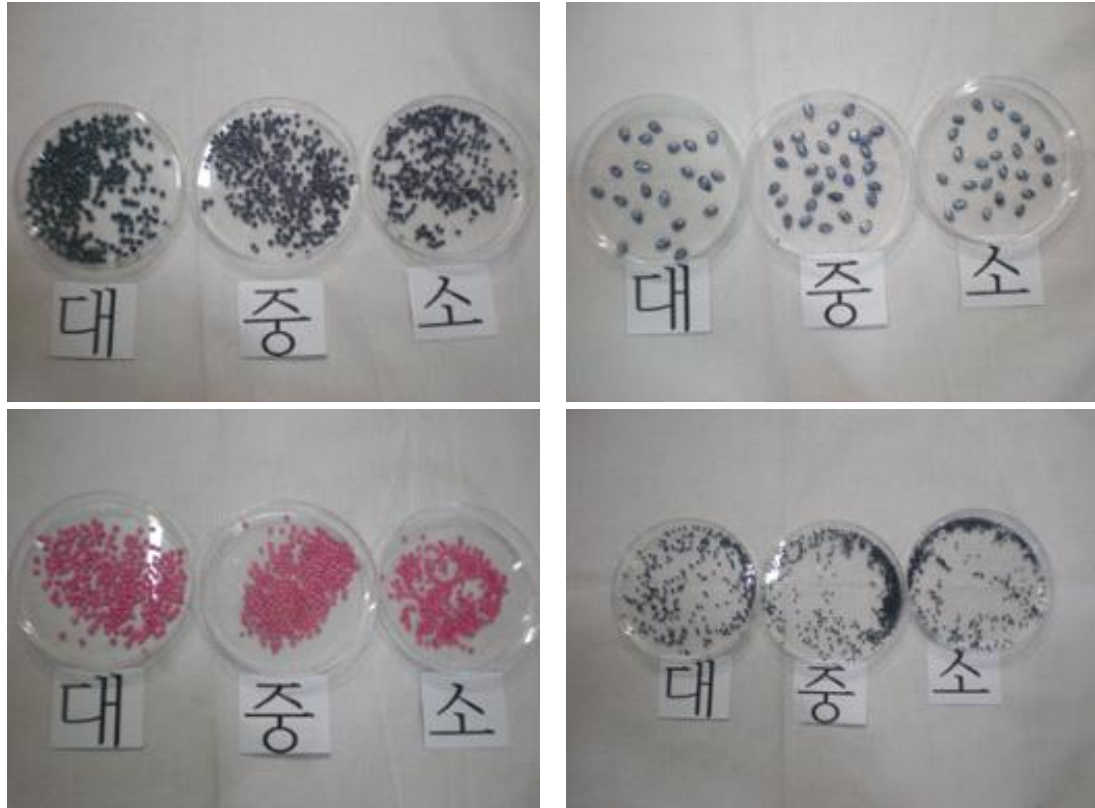


그림 5.3. 채소작물 종자의 크기별(좌상부터 무, 수박, 배추, 고추 종자)

## (2) 비중선별

채소작물별 입자 선별된 종자에서 크기를 대, 중, 소로 나누고, 극소립 종자와 극대립 종자의 제거만으로도 발아세·율의 향상을 얻을 수 있다. 표 5.4와 5.5는 상대적으로 종자의 충실도가 떨어지는 극소립의 종자를 제거하는 것만으로도 발아율을 향상시킬 수 있을 것이다. 종자선별의 공정이 어렵고 작물에 따라 방법이 다를 뿐만 아니라 많은 시간이 소요된다. 그러나 발아율이 높고, 기계화 파종이 가능한 균일한 크기의 종자를 재배자에게 제공할 수 있어 선호도가 높다.



그림 5.4. 필름 코팅한 고추 종자의 비중선별 작업

표 5.9. 비중선별 채소작물별 시판가능한 충실종자 비율

품목	입고량 (kg)	입자선별후량 (kg)	종자크기(kg)						사용가능량 (kg)	사용불가량 (kg)	사용가능비율 (%)
			대립		중립		소립				
			정선전	정선후	정선전	정선후	정선전	정선후			
고추	67	53.6	6.8	6.6	30.1	29.3	16.7	14.9	50.8	16.2	76
토마토	34	30.9	5.1	4.9	17	16.5	6.8	6.5	28.9	5.1	85
수박	75	63.7	15	15	30	28.5	18.7	17.2	60.7	14.3	81
배추	128	97.2	25.6	24.1	38.4	36	33.2	25.4	85.5	42.5	67
무	257	192.5	38.6	36.4	77.1	72.6	76.8	64.7	173.7	83.3	68

각각의 채소작물 종자를 입자선별 후 실시한 후 비중선별을 실시하였다. 입고 종자는 선별 과정에서 무, 배추의 경우 30% 이상이 폐기되었고, 고추, 토마토, 수박의 폐기량은 20% 정도 이었다(표 5.9) 입자선별에서는 종자의 크기로 폐기를 정하기는 하지만 비중 선별에서 종자의 폐기량이 정해진 비율이 있는 것이 아니고, 종자의 상태에 따라서 풍압력은 조절 가능하기 때문에 처해진 조건에 맞추어 선별하면 된다. 최종적으로 선별과 비중선별을 거친 후 시판 가능종자는 고추는 76%, 토마토는 85%, 수박은 81%, 배추는 67% 무는 68%의 정선된 충실한 종자를 확보할 수 있었다.

### 3. 작물별 펠렛종자 용이성 타진시험

#### 가. 연구목적

선진국에서는 첨단 종자처리를 이용하여 고품질의 종자를 생산하여 부가가치를 상승하고 있으며, 펠렛처리 기술은 미국의 Incotec과 일본의 스미도모사가 주도 하고 있다. 발아촉진 및 무병화 처리 기술은 신젠타, 사카다 및 다끼이 등의 종묘회사들의 기술이 앞서고 있고, 선진국들은 고품질 가공종자의 수요가 매년 증가추세이다.

현재 우리나라의 종자가공 기술 중에서 종자에 컬러를 입히는 코팅종자들은 각 종묘회사에서 상용화가 상당히 진행되었으나 펠렛종자의 경우 상추, 참깨 등이 상품으로 판매하는 단계에 있으며 소립종을 펠렛하는 것이 아니다. 따라서 종자의 크기가 작거나 종자 형태가 불균일한 종자를 펠렛 가공한다면 파종작업을 할 수 있을 뿐만 아니라 기계화 파종에도 유용할 것으로 판단된다.

생산된 종자는 순도와 발아율 향상을 위해 정선과정을 거치게 되는데, 정선을 통해 선별된 소립종자의 경우 시판하지 못하는 경우가 많다. 소립종 발생비율은 채종환경 조건에 따라 달라질 수 있으며, 채종환경이 불량할 경우 생산 종자의 50% 이상이 소립종이 발생할 수 있어 종자 기업에서는 막대한 경제적 손실이 뒤 따른다. 따라서 소립종을 활용할 수 있는 방안이 강구되어야 그 방안 중에 하나가 펠렛가공 처리이다. 펠렛가공된 종자는 나종자에 비해 고부가가치 창출이 가능한 종자가공 처리 중에 하나이다. 본 연구는 채소종자를 펠렛 용이성 타진하면 이율러 경제성을 분석하고자 하였

다.

## 나. 재료 및 방법

채소작물 중에서 고추, 토마토, 상추, 배추, 무 종자를 대상으로 펠릿가공 했을 때의 경제성을 조사하였다. 이를 위해 시판중인 채소종자의 보편적인 가격과 펠릿가공 했을 때의 시판 가격을 분석하였다. 소립종 발생비율은 생산된 종자를 선별 및 정선을 통해 발생하는 비율로 산출하였다. 또한 선별정선 과정중에 발생한 소립종을 펠릿가공하여 재활용할 수 있는 비율을 산출하였다. 펠릿 용이성은 채소작물별 펠릿처리하여 펠릿제조의 용이성 정도를 나타내었다. 펠릿종자의 제조방법은 회전 드럼식의 펠릿 제조기(seed processing, holland)에 1kg의 종자를 넣은 후 접착제를 분무하고 이어서 단일 또는 혼합한 피복물질을 소량씩 투입하면서 펠릿팅하였다. 펠릿종자의 제조 과정 중 접착제 분무는 펠릿 초기단계에는 PVA(polyvinyl alcohol) 0.5% 수용액을 중간단계에는 1.0% 수용액을 펠릿 완성단계에는 2.0%(w/v) 수용액을 분무하였다. 펠릿 제조기의 회전속도는 펠릿제조의 초기에는 60~70rpm, 중간단계에는 100~150rpm, 펠릿 완성단계에는 400~500rpm으로 조절하였다. 펠릿종자의 완성단계에는 경도를 강화하기 위하여 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다. 펠릿 제조를 위해 사용된 피복물질은 diatomaceous earth 였다. 펠릿종자의 경도는 종자경도계(Hardness meter, Japan)이용하여 수직으로 압박하여 깨어질때의 압력(g/cm)으로 표시하였다

## 다. 결과 및 고찰

종자의 채종에 있어 항상 일정한 크기와 높은 발아세와 발아율을 보이는 것이 아니지만 종자의 정선 과정에서 일부의 종자를 사용하지 못하는 경우가 많다. 표 5.9에서 무 종자의 경우 257kg을 생산하여 입자선별 작업 중 극대립종과 극소립종을 제외한 산업적 사용 가능한 종자 192.5kg를 확보하였다. 또한 이들 종자를 발아율을 향상시키기기 위해 비중선별을 거치게 되면 판매 가능한 양은 173.7kg으로 전체 생산량의 68%에 불과하였다. 여기에서 영리재배용으로 파종이 불가능한 소립종을 제외 하고 나면 109kg로서 43%만이 전문재배농가용으로 판매가 가능하다.

봄배추와 여름 무는 일반 가정보다는 전문 재배농가에게 판매되는 경우가 대부분이라 종자의 크기가 균일한 고품질 우량종자가 아닌 소립종을 사용하지 못하는 경우가 많다. 따라서 종자의 낭비가 심하고, 채종되는 년도의 환경에 따라 심한 경우는 생산 종자의 50% 이상 까지도 사용하지 못하는 경우가 빈번하여 회사에 막대한 손실이 발생한다.

전문 재배 농가에 판매하기 힘든 소립종과 극소립종이 30%이상 까지도 priming 처리와 펠릿가공 한다면 98%이상 까지도 사용이 가능하다. 따라서 종자회사는 채종비용 절감과 더불어 시판되지 못했던 소립종자의 재활용이 가능하여 불필요한 종자의 낭비를 줄일 수 있다. 이로서 종자의 가격인하도 가능해지고, 재배 농가는 생산단가를 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 펠릿종자는 나종자에 비해 채소작물의 종류에 따라 차리는 있으나 2~2.5배의 높은 가격에 판매가 가능하여 종자회사에 이윤창출도 가능하다. 펠릿종자의 용이성은 채소작물의 종류에 따라 차이가 있었으며, 종자형태가 구형인 배추와 무는 펠릿형성이 좋은 편이나, 종자형태가 편평한 고추와 토마토는 펠릿제조를 하

기가 어려운 채소종자에 해당되었다. 펠렛제조된 종자의 경도는 기계화 파종에 적합한 기준은 200~300g/cm 범위에 있었고, 펠렛종자의 발아율 채소작물에 따라 다르지만 대체적으로 90~96%의 높은 발아율을 보였다(표 5.10).

표 5.10. 펠렛종자의 부가가치 및 펠렛용이성

작물명	가격 (1,000립/원)		부가가치 (펠렛종자/나종자)	선별중 소립중 발생율(%)	소립중 펠렛가공처리 로 채종종자 활용율 (%)	펠렛용이 성 z)	펠렛종자	
	나종자	펠렛종 자					경도 (g/cm)	발아율 (%)
배추	15,000	30,000	200	19.8	98	+++	230	96
상추	3,500	8,000	229	18.3	98	++	250	94
무	5,000	10,000	200	25.2	99	+++	245	90
고추	40,000	100,000	250	22.2	100	+	320	92
토마토	40,000	100,000	256	19.1	98	+	340	95

+++ 매우높음, ++ 높음, + 어려움

#### 4. Priming 종자의 발아촉진 효과 검증

##### 가. 연구목적

종자의 발아세·율은 종자 산업에서 매우 중요한 부분이다. 판매되는 모든 종자들이 마찬가지로 특히 고추는 거의 모든 종묘회사들이 판매의 주력으로 삼고 다양한 품종 개발에 많은 비용과 노력을 기울이는 작물이기에 경쟁도 치열하고 판매에 많은 어려움을 겪고 있는 품목이다. 종자의 산업화에 있어 중요한 부분이 우량종자를 생산하는 것과 노화 등으로 활력이 떨어진 종자를 정선, 선별 및 priming 처리 과정 등을 거쳐 발아력을 증진시킨 후 우량종자를 공급해 판매한다면 회사의 이미지를 제고시킴과 동시에 시장을 선점 할 수 있을 것이다.

Priming 처리는 인위적으로 수분조절을 함으로써 생리적 발아를 유도하여 발아촉진 효과를 얻을 수 있다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 침지처리 및 성장조절물질처리는 처리중 유근이 돌출하는 경우가 많아 파종시 어려운 점이 있으나 염류 또는 PEG(Polyethylene glycol)를 이용하여 처리중 유근을 돌출시키지 않고 발아의 초기단계를 극대화시키는 것을 priming 이다.

Priming은 종자를 삼투용액에 침지함으로 종자가 어느 정도 수분을 흡수하게 하여 생리적 발아를 유도시키는 것인데, priming 효과에 영향을 미치는 요인으로는 삼투제의 종류 및 농도, 처리기간 및 온도, 건조시간 및 통기상태 등이 관여한다.

Priming의 목적은 여러 연구자들에 의해 광범위하게 다루어져 왔으나, 공통적으로 발아소요일수 단축과 균일한 발아 및 발아잠재력의 증진 등에 있다. 이와 같은 priming 효과를 증진시키기 위하여 priming시 성장조절물질, 영양물질 및 유용미생물 등과의 혼용처리에 대한 연구도 관심의 대상

이 되고 있으며, 이미 외국의 종묘회사에서는 seed priming을 상업적으로 이용하고 있다. 본 실험은 세부 2과제에 확립된 priming 기술을 적용하여 작물별 priming 효과를 타진하여 산업화를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) 고추 priming 처리종자의 발아성 검정

실험에 사용된 종자는 2010년에 생산된 PR-넘버원 고추로 입고 당시 발아율은 97%(4일, 30℃)이었던 종자를 control 사용목적으로 LOT별 무작위 채취하여 현대종묘(주) 관리부 항온항습창고(온도 20℃, 상대습도 30%로 설정됨)에서 현재까지 보관하고 있는 품종이다. 본 실험은 제2협동인 경상대학교에서 실험한 여러 방법 중 처리효과와 경제적인 측면을 고려한 100mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>(SIGMA, Japan)의 효과가 좋은 것으로 나타나 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 처리용액으로 priming 처리(20℃에서 5일간)하였다. 또한 현대종묘(주)가 일부 박과류에 이용하고 있는 calcium silicate하여 SMP(solid matrix priming) 하였다. 이때 처리종자의 수분공급량은 30%, 40%, 50% 였다. 그 이후의 모든 SMP 처리는 발아촉진 효과가 우수하였던 수분공급량 50% 조절하여 처리하였다(20℃, 4일).

발아실험은 priming 처리 후 직경 100mm 높이 15mm의 petridish에 필터페이퍼(ADVANTEC, 110mm) 1매를 깔고 100립의 종자를 치상한 후 7ml의 증류수를 가하여 25℃ 및 30℃의 항온기에서 발아실험 하였다.

### (2) 고추 priming 처리종자의 저장성 검정

Priming 종자의 상업적 이용을 위해서는 일정 기간 후에도 priming 효과가 유지되어야 한다. Priming후 저장기간 따른 종자활력을 검정하고자 priming 처리된 종자를 플라스틱 용기에 넣고 밀봉하여 20℃(상대 습도 30%)에서 1, 3, 6, 및 12개월 저장한 후 암상태의 25℃, 30℃ 항온기 내에서 발아성을 조사하였다. 이때 priming 처리조건은 100mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 화학제로 20℃에서 5일간 처리하였다. SMP 처리에 사용된 고체 carrier는 calcium silicate 였고, 수분공급량은 50% 였다. 처리온도 및 처리기간은 20℃에서 4일간 처리였다.

### (3) 저활력 고추종자의 priming 처리효과 검정

퇴화종자의 priming 효과를 타진하고자 발아시험 통해 발아율과 발아세가 낮았던 12월 12일 입고된 종자를 대상으로 priming 처리 하였다. Priming 처리 및 SMP 처리방법은 위의 방법과 동일하였고, 처리된 종자의 발아성을 25℃ 및 30℃ 항온기내에서 조사하였다. 아울러 105공의 플러그 트레이에 파종하여 상토에서의 발아성도 조사하였다.

### (4) 토마토 priming 처리종자의 발아성 검정

실험에 사용된 공시재료는 홍광토마토(현대종묘)의 Lot 종자였다. 제2협동 기관인 경상대학교에서 토마토 종자의 발아촉진에 있어서 가장 효과적 이었던 priming 조건인 100mM KNO<sub>3</sub> 처리제로 2

0℃에서 4일간 priming 처리하였다. SMP 처리에 사용된 고체 carrier는 calcium silicate를 이용하여 SMP(solid matrix priming) 처리하였다. 이때 처리종자의 수분공급량은 30%, 40%, 50% 였다. 그 이후의 모든 SMP 처리는 발아촉진 효과가 우수하였던 수분공급량 50% 조절하여 처리하였다(20℃, 4 일).

발아실험은 priming 처리 후 직경 100mm 높이 15mm의 petridish에 필터페이퍼(ADVANTEC, 110mm) 1매를 깔고 100립의 종자를 치상한 후 7ml의 증류수를 가하여 25℃ 및 30℃의 항온기에서 발아실험 하였다.

#### (5) 토마토 priming 처리종자의 저장성 검정

공시된 품종은 2012년 11월 19일 중국에서 생산되고 입고된 갤럭시 토마토 품종이었다. 실내 발아 시험에서 발아세와 발아율이 저조하여 판매가 불가능한 종자로 판명이 났다. 이들 종자에서 발아증진을 목적으로 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리 및 SMP 처리하여 그 효과를 검정하였다. 또한 priming 처리 및 SMP 처리 종자의 저장기간에 따른 발아력을 검정하고자 priming 처리된 종자를 플라스틱 용기에 넣고 밀봉하여 20℃(상대 습도 30%)에서 1개월 및 6개월간 저장한 후 암상태의 30℃ 항온기에서 발아성을 조사하였다. 이때 priming 처리조건은 100mM KNO<sub>3</sub> 처리제로 20℃에서 4일간 처리였다. SMP 처리는 calcium silicate를 이용하여 수분공급량은 50% 조절하였다. 처리온도 및 처리기간은 20℃에서 4일간 처리였다. 실내 발아조건과 상토에서 발아율 조사는 위의 방법과 동일하였다.

#### (6) 수박 SMP 처리종자의 발아성 검정

공시품종은 2010년 판매를 위해 중국에서 생산된 리코핀꿀 수박으로 Lot별 무작위 3점을 샘플로 채취하여 조사한 품종으로 가로\*세로 100mm\* 140mm의 발아 용기에 흡습지를 깔고 100립의 종자를 3반복으로 치상한 후 30℃에 설정된 항온기에서 발아시험을 실시하였다. 조사는 유근의 길이가 5mm 이상인 종자만을 조사하였다. SMP 처리는 calcium silicate를 이용하여 수분공급량은 50% 조절하였다. 처리온도 및 처리기간은 20℃에서 4일간 처리였다. 실내 발아조건과 상토에서 발아율 조사는 위의 방법과 동일하였다.

#### (7) 수박 SMP 처리종자의 저장성 검정

태국에서 생산, 입고된 감수꿀 수박으로 입고 후 발아조사에서 무난했던 품종이었다. 이들 종자에서 발아증진을 목적으로 SMP 처리하여 그 효과를 검정하였다. 또한 SMP 처리종자의 저장기간 따른 발아력을 검정하고자 SMP 처리된 종자를 플라스틱 용기에 넣고 밀봉하여 20℃(상대 습도 30%)에서 1, 3, 6, 12, 및 18 개월간 저장한 후 암상태의 30℃ 항온기에서 발아성을 조사하였다. 이때 SMP 처리는 calcium silicate를 이용하여 수분공급량은 50% 조절하였다. 처리온도 및 처리기간은 20℃에서 4일간 처리였다. 실내 발아조건과 상토에서 발아율 조사는 위의 방법과 동일하였다.

#### (8) 대목 SMP 처리종자의 발아성 검정

대목의 발아세와 발아율은 다른 작물과의 접목을 염두에 두어야 하기 때문에 고품질 종자의 산업

화에 있어서 종자의 특성과 마찬가지로 중요하다. 실험에 사용한 종자는 참박 계통으로 생산된 지 7년이 지난 묵은 종자로 priming 처리를 하면 판매가 가능할 정도로 유근의 출현이 계속되었다. 실험 방법은 calcium silicate를 이용한 SMP 처리한 종자를 온도 20℃, 상대습도 30%에 설정된 항온항습상고에서 1개월 동안 저장 시킨 후 직경 100mm의 petridish에 흡습지(110mm) 1매를 깔고 100립의 종자를 25립씩 나누어 4개씩 1세트로 하여 3반복으로 치상하였다. 발아조사는 종자를 치상하여 8ml의 증류수를 가하여 25℃ 및 30℃의 항온기에서 실시하였고, 발아판정은 유근의 길이가 5mm 이상 신장한 것을 기준하였다.

#### (9) 대목 SMP 처리종자의 저장성 검정

실험에 사용된 품종은 참박이었고 SMP 처리한 종자를 20℃, 상대습도 30%에 설정된 항온항습상고에서 1개월, 3개월, 6개월, 12개월 및 19개월 동안 저장 시킨 후 25℃ 및 30℃의 항온기에서 발아력을 조사하였다. 이때 SMP 처리는 calcium silicate를 이용하여 수분공급량은 50% 조절하였다.

#### (10) Priming 처리 후 저장 온도별 수분 함량변화

종자처리 후 저장기간별 종자함수량 변화를 검정하기 위하여 고추, 수박, 대목의 경우는 priming 처리후 저장기간에 따라 종자의 함수율을 조사하였다. 반면 무와 배추는 필름 코팅 후에 저장기간별 함수율을 조사하였다. 입고시의 함수량을 기록하고 항온항습실(온도 20℃, 상대 습도 30%)에 시기별로 보관하면서 함수율 변화를 조사하였다. Priming 처리 종자는 처리 후 수세를 하고 건조하는데, 건조는 당일 외부 기온보다 7℃를 높인 건조기에서 12시간 건조를 원칙으로 조사하였다. 무와 배추도 항온항습실에 보관 후 필름 코팅 후 12시간 건조를 하였다.

### 다. 결과 및 고찰

#### (1) 고추 priming 처리종자의 발아성 검정,

고추를 종자에서 priming 처리를 한 후 발아력을 조사한 결과는 표 5.11에서 보는 바와 같다. 실험에 사용되는 종자는 2007년도에 생산되어 4년 보관된 종자를 사용하였다. 4년 경과된 종자를 실험 재료로 사용한 목적은 자연적으로 발아세가 저하된 종자에서 priming 처리를 통해 발아세를 향상 효과를 기대하였기 때문이었다. Calcium silicate(Micro cel E)로 SMP 처리된 종자는 공급 수분의 비율이 낮은 30%처리와 40%처리에서는 무처리와 발아세가 유사하지만 공급 수분이 50% 이상에서는 발아세가 향상되었다. 이외에 다른 고추 종자의 실험도 병행이 되었지만 모든 품종에서는 이러한 효과는 유지될 것으로 판단되었다.



표 5.11. 고추에 calcium silicate를 이용한 SMP 처리 시험(20℃)

종자처리	LOT	발아조사(시간)					발아세	발아율
		48H	72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-4		47	40	6	1	47	87
30%	10-P-4		51	39	2	1	51	90
40%	10-P-4		50	43	2		50	93
50%	10-P-4		91	5	1		91	96

표 5.12. 고추종자의 priming 및 SMP 처리의 효과 검정(20℃)

종자처리	LOT	발아조사(시간)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	35	33	13	2	35	68
	10-P-2	42	40	9	3	42	82
	10-P-3	28	47	12	1	28	75
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	41	37	13	1	41	78
	10-P-2	52	34	6	0	52	86
	10-P-3	46	33	3	4	46	79
SMP	10-P-1	31	30	8	10	31	61
	10-P-2	32	41	4	5	32	73
	10-P-3	26	37	11	6	26	63

표 5.13. 고추종자의 priming 및 SMP 처리의 효과 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사(시간)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	53	28	7	1	53	81
	10-P-2	62	29	3	1	62	91
	10-P-3	52	26	8	3	52	78
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	65	25	4	2	65	90
	10-P-2	77	19	1	0	77	96
	10-P-3	72	19	2	1	72	91
SMP	10-P-1	38	41	13	2	38	79
	10-P-2	37	47	5	0	37	84
	10-P-3	31	39	7	1	31	70

표 5.12는 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리 및 calcium silicate(Micro cel E)로 SMP 처리하여 20℃에서 발아

력을 조사한 것이다. SMP 처리에 사용된 고체 carrier는 calcium silicate 였고 종자수분 함량은 50% 조절하여 SMP 처리하였다. 100mM의 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> priming 처리된 종자는 SMP 처리된 종자보다 전반적으로 발아세와 발아율이 낮았다. K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 무처리보다 발아세가 향상되었으나, SMP처리 종자는 오히려 무처리 종자보다 낮아졌다.

표 5.13은 priming 처리 및 SMP 처리하여 25℃의 발아온도에서 발아력을 조사한 결과이다. 전반적으로 발아력은 20℃보다 발아율이 높았다. K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아세가 12%~20% 향상되었고 발아율도 최고 13% 까지 향상되었으나, 상대적으로 SMP 처리 종자는 무처리 종자보다 발아세가 15%~25% 저하되었고, 발아율은 8% 감소하였다.

표 5.14. 고추종자의 priming 및 SMP 처리의 효과 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	76	10	7	2	76	86
	10-P-2	78	15	3	1	78	93
	10-P-3	68	15	4	1	68	83
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	84	9	1		84	93
	10-P-2	89	7	2		89	96
	10-P-3	80	6	2		80	86
SMP	10-P-1	75	13	3	1	75	88
	10-P-2	81	6	5	0	81	87
	10-P-3	79	7	0	3	79	86

표 5.14은 priming 처리 및 SMP 처리하여 30℃의 발아온도에서 발아력을 조사한 결과이다. 전반적으로 발아력은 20℃ 및 25℃ 조건에서와 유사하였다. K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아세와 발아율이 향상되었다. 반면 SMP 처리 종자는 무처리 종자와 비슷한 발아세와 발아율을 보였다. 이상의 결과에서 priming 처리 종자와 무처리 종자의 발아세와 발아율은 발아온도에 따라 차이가 있었고, 높은 온도에서 발아세와 발아율이 향상됨을 확인할 수 있다.

특히 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> priming 처리된 종자는 발아증진 효과가 뚜렷하여 판매에 적합한 수준으로 활력이 상승하였음을 확인할 수 있다. 현대종묘에서는 고추의 경우 30℃에서 발아세 72시간, 발아율 96시간을 기준으로 유근의 길이가 5mm 이상인 것들만 조사하여 제품을 포장, 판매하고 있다. 특히, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 발아가 48시간의 발아세도 향상되었다(결과 미 제시). 하지만 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 처리 종자의 경우 치상 후 48시간부터 96시간까지의 발아 실험한 결과 유근의 신장에 약간의 차이가 있었다. 전반적으로 고추의 발아성은 25℃에서 좋았다. 고추종자에서는 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리가 SMP 처리보다 고추에서는 효과적이었다. SMP 처리의 효율화를 위해서는 다양한 carrier 선발과 혼합비율 등 최적 조건 확립이 필요한 것으로 판단되었다.

## (2) 고추 priming 처리종자의 저장성 검정

Priming 처리는 종자는 발아촉진에는 효과적이지만 priming된 종자의 상업적 이용을 위해서는 반드시 일정기간 동안 저장되어야 하며, 발아촉진 효과도 지속되어야 한다. Priming 종자의 저장수명은 priming후 저장기간, 저장온도, priming 전, 후의 활력 및 priming 처리기간 등의 영향을 받는다. 따라서 표 5. 15는 고추종자를 priming 처리 후 1개월 저장하여 25℃에서 발아력을 조사한 결과이다. 저장 1개월 후에는 priming 처리 종자에서 발아세와 발아율이 높았다. SMP 처리 종자 또한 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자보다 효과가 떨어지지만 무처리 종자보다는 전반적인 발아율이 높게 나타났다. 따라서 priming 처리 및 SMP 처리된 종자는 저장 1개월 후에도 priming 처리로부터 얻어진 발아촉진 효과가 지속되었다.

표 5.15. Priming 처리 후 1개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	57	23	7	1	57	80
	10-P-2	61	29	3	1	61	90
	10-P-3	55	27	8	3	55	82
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	63	28	4	2	63	91
	10-P-2	71	24	1	0	71	95
	10-P-3	75	13	2	1	74	88
SMP	10-P-1	65	28	2	2	65	93
	10-P-2	69	22	2	1	69	91
	10-P-3	71	18	3	4	64	89

표 5.16. Priming 처리 후 1개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	81	11	3	1	81	92
	10-P-2	77	17	1	2	77	94
	10-P-3	73	15	5	1	73	88
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	82	10	1		82	92
	10-P-2	88	5	3	1	88	93
	10-P-3	87	6	2		87	93
SMP	10-P-1	83	13	1	1	83	96
	10-P-2	89	6	1	0	89	95
	10-P-3	83	7	2	3	83	90

표 5.16은 고추종자를 priming 처리 후 1개월 저장하여 30℃에서 발아력을 조사한 결과이다. 전반적인 경향은 25℃와 유사하였고, 저장 1개월 후에는 priming 처리 종자와 SMP 처리 종자에서 발아세와 발아율이 무처리 종자보다는 높았다. 따라서 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자 및 SMP 처리된 종자는 저장 1개월 후에도 높은 발아력을 유지하여 판매가 가능하였다. SMP 처리된 종자는 발아세가 처리 직후 보다 7~8%, 발아율은 6~8% 향상되었다.

표 5.17은 고추종자를 priming 처리 후 3개월 저장하여 25℃에서 발아력을 조사한 결과이다. 무처리 종자는 발아율의 변화가 거의 없으나, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 저장 3개월이 경과하면 처리 직후 비해 발아세과 발아세가 30% 감소하였다. 반면 SMP 처리 종자는 처리 직후 보다 발아세가 10%, 발아율은 3% 향상되었다.

표 5.17. Priming 처리 후 3개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	61	26	4	1	61	87
	10-P-2	62	29	3	1	62	91
	10-P-3	56	30	5	3	56	86
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	32	31	17	8	32	63
	10-P-2	41	22	21	8	41	63
	10-P-3	27	33	11	13	27	60
SMP	10-P-1	75	21	0	0	75	96
	10-P-2	78	18	1	0	78	96
	10-P-3	81	13	0	1	81	94

표 5.18. Priming 처리 후 3개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	78	11	3	1	78	89
	10-P-2	75	13	1	2	75	88
	10-P-3	76	18	5	1	76	94
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	39	27	21	0	39	66
	10-P-2	40	30	13	1	40	70
	10-P-3	41	24	12	0	41	65
SMP	10-P-1	85	12	1	0	85	97
	10-P-2	91	7	0	0	91	98
	10-P-3	90	6	2	0	90	96

표 5.18은 고추종자를 priming 처리 후 3개월 저장하여 30℃에서 발아력을 조사한 결과인데, 전반적인 경향은 25℃와 유사하였다. K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 저장 3개월이 경과하면 처리 직후 보다 발아세와 발아율이 30% 정도 저하되었다. 이에 반해 SMP 처리종자는 처리 직후에 비해 발아

세가 10%, 발아율은 3% 향상되었다. 따라서 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 저장 3개월부터는 종자활력이 급격히 상실하여 3개월 이내에 시판이 완료되어야 할 것으로 예측되며, 장기저장을 위해서는 SMP 처리가 효과적인 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 처리직후부터 저장 1개월까지 높은 발아력을 유지하였으나 저장 3개월째로 접어들면서 발아세와 발아율이 급격하게 저하되었다. 따라서 육묘장과 같이 급하게 파종해야 하는 경우는 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자의 활용성이 매우 크다고 볼 수 있다. 실제로 경남의 한 육묘장에서 급하게 종자를 요구하는 경우 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 처리 후 시판하여 만족스러운 결과를 얻어내기도 했다.

SMP 처리된 종자의 경우는 처리 직후에 오히려 발아세와 발아율이 떨어졌지만 처리 1개월과 3개월 후에는 오히려 처리직후 보다 발아세와 발아율이 높게 나타났다. 이는 종자의 재고를 보유하고 있거나, 판매시기에 여유가 있을 때 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 처리한 종자보다 SMP 처리가 나을 것으로 판단되었다. 따라서 이런 결과들은 종자의 수급상황과 판매 시점 등을 고려하여 priming 처리방법을 달리한다면 종자판매와 재고관리를 효율화 할 수 있을 것으로 보인다.

표 5.19. Priming 처리 후 6개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	73	16	4	1	73	89
	10-P-2	69	26	3	1	69	95
	10-P-3	64	29	5	3	64	93
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	17	15	2		17	32
	10-P-2	8	19	9		8	27
	10-P-3	13	9	1		13	22
SMP	10-P-1	73	22	0	0	73	95
	10-P-2	82	13	1	0	82	95
	10-P-3	80	15	0	1	80	95

표 5.20. Priming 처리 후 6개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	82	9	3	0	82	91
	10-P-2	81	10	1	1	81	91
	10-P-3	76	7	0	1	86	93
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10-P-1	13	23	1	0	13	36
	10-P-2	14	16	1	0	14	30
	10-P-3	17	11	1	0	17	28
SMP	10-P-1	88	5	1	0	88	93
	10-P-2	85	7	0	0	85	92
	10-P-3	89	7	2	0	89	96

고추 종자는 보통 정선, 가공 후부터 파종기까지 보통은 4개월 정도가 소요된다. 그래서 시기적으로 여유가 있을 때는 SMP 처리한 것이 유리하였고, 종자의 입고가 늦거나 즉시 파종을 요하는 종자의 경우에는  $K_3PO_4$  처리를 하는 것이 유리하였다. 또한  $K_3PO_4$  처리 종자의 경우 1개월까지는 발아세와 발아율이 유지되었지만 3개월째에는 종자활력이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 앞으로는  $K_3PO_4$  처리종자는 처리 후 1개월에서 2개월 사이에서 판매를 완료하는 전략 구축해야 할 것으로 판단되었다.

표 5.19 및 5.20은 고추종자를 priming 처리 후 6개월 저장하여 25℃(표 5.19) 및 30℃(표 5.20)에서 발아력을 조사한 결과이다.  $K_3PO_4$ 로 priming 처리된 종자는 6개월 저장하면 발아율이 17% 미만으로 급속히 감소하였고, 발아율은 32% 이하로 저하되었다. 이러한 경향은 발아온도 30℃에서도 유사하였다. 이에 비해 SMP 처리 종자는 무처리 종자와 비교해서 발아세가 4%~13% 향상되었다. 따라서  $K_3PO_4$ 로 priming 처리된 종자는 6개월간 저장하면 급격하게 발아력이 상실되었다.

표 5.21. Priming 처리 후 12개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	62	28	4		62	90
	10-P-2	56	29	3	3	56	85
	10-P-3	61	20	6	1	61	81
$K_3PO_4$	10-P-1	-	-	-	-	-	-
	10-P-2	-	-	-	-	-	-
	10-P-3	-	-	-	-	-	-
SMP	10-P-1	76	19	0	0	86	95
	10-P-2	74	10	5	3	74	84
	10-P-3	84	8	1	1	84	92

표 5.22. Priming 처리 후 12개월 저장된 고추종자의 발아율 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)				발아세	발아율
		72H	96H	120H	144H		
무처리	10-P-1	79	8	2		79	87
	10-P-2	73	11	5	1	73	84
	10-P-3	76	14	1		76	90
$K_3PO_4$	10-P-1	-	-	-	-	-	-
	10-P-2	-	-	-	-	-	-
	10-P-3	-	-	-	-	-	-
SMP	10-P-1	88	6	3		88	94
	10-P-2	79	10	1	2	79	89
	10-P-3	82	9	2		82	91

표 5.21 및 5.22은 고추종자를 priming 처리 후 12개월 저장하여 25℃ 및 30℃에서 발아력을 조사한 결과이다. 무처리 종자는 생산직후에 비해 저장 12개월 후에는 발아율이 약간 저하되었으나 그 정도는 미약하였다. 반면 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 12개월 후에는 발아가 이루어지지 않았다. 이러한 경향은 발아온도에 30℃에서도 유사하였다. 반면 SMP 처리된 종자는 처리 1개월부터 높은 발아세와 발아율을 보였고 저장 12개월 후에는 종자활력이 약간 낮아지는 경향이지만 무처리 종자에 비해 높은 발아세를 유지하였다. 따라서 SMP 처리 종자는 당해 연도 판매에는 발아력이 저하되는 문제점이 없었다. 고추는 출고 후 파종까지 최장 4개월까지 걸리는데 처리 후 당해 연도는 물론 이듬해까지 판매를 위해서는 최소 15개월 동안 priming 처리 효과가 유지가 되어야 한다. 본 연구에서는 12개월에서부터 발아세와 발아율이 약간씩 저하되는 것으로 보여 처리 후 이듬해에는 판매에 어려움이 따를 것으로 생각된다. 따라서 priming 처리 시 정확한 판매량을 산정하여야만 폐기되는 종자를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

### (3) 저활력 종자의 priming 처리효과 검정

종자의 인위퇴화처리 방법으로는 Accelerated aging과 Controlled deterioration 으로 구별할 수 있다. 종자퇴화는 불가피한 생리현상으로 저장기간이 길어지면 종자는 퇴화하게 된다. 특히 종자의 세포막은 세포내외의 물질이동 조절에 중요한 역할을 하며, 종자활력이 감소되면 세포막이 변성되어 저장양분의 누출량이 증가하여 발아력이 상실된다.

표 5.23 및 5.24는 2013년 생산하여 12월 12일 입고된 종자였다. 이들 종자는 생산직 후 발아세와 발아율이 낮아 priming 처리하여 발아력을 증진시켜 판매 가능성을 타진하고자 하였다.

무처리 종자는 치상하여 96시간이 경과한 후 발아세가 23%에 불과하였고, 144시간째에는 68%였다. 따라서 발아율이 낮아 시판이 불가능한 종자였다. 그러나 이들 종자를 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리에 의해 83%의 발아율을 보였고, SMP 처리에 의해서도 82%의 발아율을 보였다. 따라서 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 무처리 종자에 비해 발아율이 15%, SMP 처리에 의해 12% 증진되었다. 또한 발아세도 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 priming 처리된 종자는 무처리 종자에 비해 발아세가 39%, SMP 처리에 의해 26% 향상되었다. 따라서 활력이 떨어진 종자를 priming 처리함으로써 부분적인 종자활력 회복이 가능하였다. 그러나 priming 처리에 의해 발아율이 증진되었지만 그 효과는 시판이 가능한 높은 수준은 아니었다. 따라서 priming의 이점인 발아촉진 효율을 향상시키기 위해서는 고효율 종자의 사용이 전제되어야 함을 알 수 있었다.

표 5.23. 채종직 후 priming 처리된 고추종자의 발아력 검정(30℃)

종자처리	발아조사(일/시)				발아세	발아율
	72H	96H	120H	144H		
무처리	23	45	15	3	23	68
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	62	21	6	2	62	83
SMP	49	33	6	1	49	82

※치상일 : 2014년 1월 6일

표 5.23은 판매가 부적합한 저활력 종자를 입자선별기에서 중립(직경 3.4mm~3.2mm)의 종자를 선별한 후 다시 비중선별기에서 미숙종자를 정선한 다음 105공 트레이에 파종하여 발아율을 검정하였다(표 5.23, 그림 5.5 및 5.6). 발아세와 발아율이 실내시험과 유사하게 나타났으며, 저활력 종자는 상토조건에서도 높은 발아는 기대하기 어려웠다. 이러한 결과는 고품질 가공처리에 앞서 우량종자의 생산이 선결되어야 함을 알 수 있었다.

표 5.24. 채종 직후 priming 처리된 고추종자의 발아력 검정(난방하우스, 상토파종)

종자처리	발아조사(일/시)							발아세	발아율
	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일		
무처리	3	14	37	22	3	5	2	3	54
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	49	24	9	3	1			49	82
SMP	34	25	16	10	2			34	75

파종일 : 2014년 1월14일 오전 10시 발아세 : 5일, 발아율 : 7일



그림 5.5. Priming 처리된 고추종자의 상토발아 검정(좌: K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 중앙: 무처리 우: SMP)



그림 5.6. Priming 처리된 고추 종자의 정식 전 모습(좌: 무처리 중앙: SMP 우: K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)



#### (4) 토마토 priming 처리종자의 발아성 검정

토마토 종자를 priming 처리한 후 다양한 발아온도에서 발아력을 조사한 결과는 표 5.25~5.27에서 보는 바와 같다. 토마토에서 발아력은 치상 후 72시간째 발아세로 조사하였고, 120 시간째에 발아율을 조사하였다. Priming 처리된 종자는 발아온도에 따라 발아력이 달랐다. 저온인 20℃에서는 발아율이 25℃ 및 30℃에 비해 발아율이 낮았다. 종자처리에 관계없이 30℃에서는 발아세가 20℃ 보다 30% 높게 나타났다. 특히 96시간째의 시기별 발아에서 종자처리별 차이가 컸으며, 10-T-2의 샘플 종자가 10-T-1 샘플 종자보다 대체적으로 낮은 발아세를 보였다. 그러나 발아율은 25℃와 30℃의 두 온도차간에는 큰 차이는 없었다.

100mM의 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리된 종자는 20℃에서 무처리 종자보다 20%~30% 높은 발아세를 보였고, 발아율도 무처리 종자보다 높았다. 그러나 25℃와 30℃에서는 저온인 20℃에 비해 발아소요 시간을 단축되었다. 반면 25℃와 30℃에서의 발아세와 발아율은 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다. 무처리 종자도 10-T-1의 샘플 종자와 10-T-2 샘플 종자간에 발아에 차이가 있었는데 이는 생산지의 채종환경에 영향을 받은 것으로 보인다.

표 5.25. Priming 처리된 토마토 종자의 발아성 검정(20℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
무처리	10-T-1			33	28	27	2	2	33	88
	10-T-2			32	16	33	3	4	32	81
KNO <sub>3</sub>	10-T-1		27	35	24	7	3		62	93
	10-T-2		24	28	19	12	7	1	52	83

표 5.26. Priming 처리된 토마토 종자의 발아성 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
무처리	10-T-1		3	54	21	14	1	1	57	92
	10-T-2		1	55	22	6	4	2	56	84
KNO <sub>3</sub>	10-T-1	12	73	8	1				93	94
	10-T-2	8	66	7	4	5	1	1	81	90

표 5.27. Priming 처리된 토마토 종자의 발아성 검정(30°C)

종자 처리	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
무처리	10-T-1		4	61	18	7	1	2	65	90
	10-T-2		1	57	12	15	5	3	58	81
KNO <sub>3</sub>	10-T-1	15	76	3	1	2			94	97
	10-T-2	8	69	2	10	2	1		79	91

표 5.28. Priming 처리된 토마토 종자의 상토조건에서 발아성 검정

종자 처리	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일		
무처리	10-T-1			11	72	9	5	2	11	92
	10-T-2			14	69	5	5		14	88
KNO <sub>3</sub>	10-T-1		12	79	3	1	2		91	95
	10-T-2		11	69	10	6	2	1	80	96

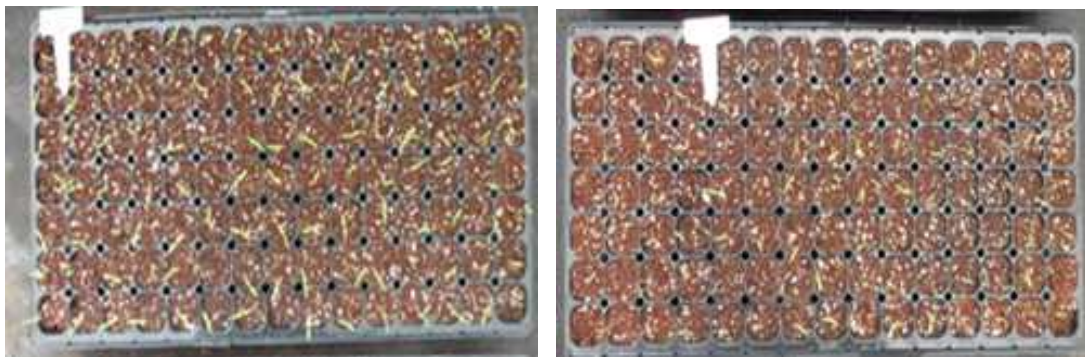


그림 5.7. 토마토의 KNO<sub>3</sub>처리 종자(좌)와 무처리 종자(우)의 상토 발아시험.  
(과종일: 2013년 4월)

표 5.29. 토마토 종자에 calcium silicate를 이용한 SMP 처리가 발아에 미치는 영향(30°C)

공급 수분량	LOT	발아조사(일/시)					발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H		
무처리	10-T-2		3	51	22	13	49	89
30%	10-T-2		61	6	11	12	67	80
40%	10-T-2		51	33	6	1	84	91
50%	10-T-2		76	12	6	1	88	95

Priming 처리된 토마토 종자를 상토에 과종하여 발아성을 조사하였다(표 5.28, 그림 5.7). 실내 발

아조건에서는 발아세는 낮고 발아가 고르지 못하지만 상토 발아조건에서는 24시간 정도의 발아가 늦었지만 전반적으로 발아가 균일하고 높은 발아율을 보였다. Priming 처리종자는 무처리 종자보다 발아속도가 24시간 빨랐다.

표 5.29는 토마토 종자를 SMP 처리하여 30℃에서 발아력을 조사한 결과이다. 무처리는 종자를 치상하여 120시간 경과 후 발아가 지속되어 전체 발아율에서는 약간 높게 나타났다. 그러나 SMP 처리시 공급된 수분의 양에 따라 발아세에 큰 차이가 있었다. 전반적으로 수분공급량을 50%로 조절한 SMP 처리에서 발아세와 발아율이 높았다.

시판중인 종자 가운데 특히 과채류에서는 발아율도 중요하지만 발아세를 더 중요하게 취급한다. 토마토 종자의 경우도 고추종자의 SMP 처리와 마찬가지로 SMP 처리 직후에는 발아세가 떨어지기도 하는 등의 불리한 점도 있지만 50% 수분을 공급한 SMP 처리에서 발아율이 가자 높았다.

### (5) 토마토 priming 처리종자의 저장성 검정

표 5. 30~5.32는 토마토 종자를 priming 처리 후 1개월 저장하여 20℃, 25℃ 및 30℃에서 발아력을 조사한 결과이다. 저장 1개월 후에는 priming 처리 종자는 무처리 종자에 비해 발아세와 발아율이 높았다.

KNO<sub>3</sub>로 priming 처리 종자는 20℃에서는 무처리 종자와 발아세에는 차이가 크지 않았으나, 25℃에서는 5%~10%, 30℃에서는 최대 12% 발아세가 높았다. 또한 발아온도에 따라 발아세에 차이가 있었는데, 20℃에서의 발아세 차이가 가장 낮았다. 이에 반해 30℃에서 발아세 차이가 높았다. Priming 종자는 모든 발아온도에서 무처리 종자보다 발아세도 높았고 발아율이 높았다. 이는 priming 처리를 통해 얻어진 발아촉진 효과가 1개월 후에도 유효하다는 것을 증명되었다. 이러한 결과는 제품 출하 후 유통과정을 거치면서 파종하기 긴 시간을 요하는 일반 농가에 공급하기 보다는 파종량과 파종 시기가 정해져 있는 육묘장 공급용으로 처리하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 이로써 불필요한 시간과 종자의 소모를 막는 등 인적, 물적 낭비를 줄이는데 많은 도움이 될 것으로 예측된다.

표 5.30. Priming 처리 1개월 1개월 저장된 토마토 종자의 발아율 검정(20℃)

종자 처리	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
무처리	10-T-1			41	17	28	2	1	41	86
	10-T-2			33	27	22	3	1	33	82
KNO <sub>3</sub>	10-T-1		2	39	29	12	6	3	41	82
	10-T-2		1	34	23	12	7	1	35	70

표 5.31. Priming 처리 1개월 1개월 저장된 토마토 종자의 발아율 검정(25℃)

종자 처리	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
무처리	10-T-1		4	56	26	3	7	1	60	93
	10-T-2		1	51	20	16	4	2	52	88
KNO <sub>3</sub>	10-T-1		13	42	17	9	10		55	81
	10-T-2		5	37	23	14	3	1	42	79

표 5.32. Priming 처리 1개월 1개월 저장된 토마토 종자의 발아율 검정(30℃)

	LOT	발아조사(일/시)							발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H	144H	168H		
무처리	10-T-1			61	22	11		2	61	94
	10-T-2		1	63	18	4	2		64	86
KNO <sub>3</sub>	10-T-1		24	36	18	8	4	1	60	86
	10-T-2		11	41	16	15	2		52	83

표 5.33. 갤럭시 토마토 종자의 2012년 11월 입고시의 발아율 검정(30℃)

품종	발아일시									총 발아율
	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	
갤럭시	28	5	13	3	24	6	5	1	4	89

표 5.33은 2012년 11월 19일 중국에서 생산되어 입고된 갤럭시 토마토 품종의 발아력을 검정한 결과이다. 실내발아 시험한 결과 발아세와 발아율이 저조하여 판매가 불가능한 종자로 판명이 났다. 이들 종자에서 발아를 증진을 목적으로 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리 및 SMP 처리하여 그 효과를 검정하였다.

표 5.34. 갤럭시 토마토 종자의 priming 처리 및 SMP 처리후 발아성 검정(30℃)

종자 처리	발아일시									발아세	발아율
	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일			
무처리	5	6	13	3	24	12	14	3		5	24
KNO <sub>3</sub>	51	28	11	5	3					51	90
SMP	39	17	14	4	17	2				39	70

표 5.34는 생산직 후 발아가 낮아 판매가 불가능했던 갤럭시 토마토 종자를 priming 처리 및 SMP 처리 후 30℃에서 발아성을 조사한 것이다. 무처리 종자는 발아율이 24% 였으나 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리된 종자는 발아율이 90% 향상되었다. SMP 처리된 종자도 무처리 종자보다는 발아율이 높았으나 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리한 종자보다는 발아율이 낮아 판매하기에는 부족함이 있었다.

표 5.35. 갤럭시 토마토 종자의 priming 및 SMP 처리후 1개월 저장종자의 발아성(30℃)

종자 처리	발아일시								발아세	발아율
	72H	96H	120H	144H	168H	192H	216H	240H		
무처리	11	21	13	8	14	3	17	3	11	45
KNO <sub>3</sub>	29	17	11	15	2	6			29	57
SMP	61	25	2	8					61	88

표 5.35는 갤럭시 토마토 종자를 priming 및 SMP 처리 후 1개월 저장하여 30℃에서 발아성을 조사한 것이다. Priming 처리 직후에는 KNO<sub>3</sub> 처리한 종자가 높은 종자활력을 보였지만 1개월간 저장된 종자는 발아세와 발아율이 저하되었다. SMP 처리 종자의 경우 처리직후에는 발아세와 발아율이 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리에 비해 낮아 시판하기에는 만족스러운 결과는 아니었지만, 1개월간 저장하면 처리직후에 비해 발아세가 22%, 발아율은 18% 향상되었다.

그림 5.8은 갤럭시 토마토 종자를 priming 및 SMP 처리 직후와 1개월간 저장된 종자를 상토에 파종하여 10일후의 발아성을 조사한 것이다.

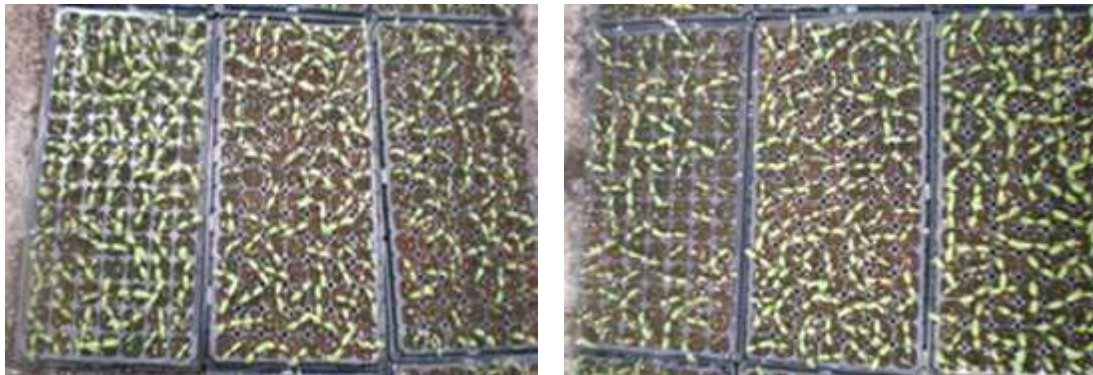


그림 5.8. 왼쪽부터 KNO<sub>3</sub>처리, 무처리, SMP 처리(좌측:Priming 처리 직후 우측:Priming 처리 1개월)

표 5.36. 갤럭시 토마토 종자의 SMP 처리후 6개월 저장된 종자의 발아성 검정(30℃)

종자 처리	발아일시							발아세	발아율
	72H	96H	120H	144H	168H	192H	216H		
무처리	23	18	27	12	5	7		23	68
SMP	86	5	1	5				86	92

표 5.36에서 보는 바와 같이 KNO<sub>3</sub>로 priming 처리된 갤럭시 토마토 종자는 저장 1개월이 경과하면서 종자활력이 급격히 감소하여 산업화하기에는 문제가 있었다. 따라서 이후의 저장 실험에서는 배제하였고, 저장 1개월부터 발아가 상승하는 SMP 처리 종자만을 대상으로 저장실험을 수행하였다. SMP 처리종자는 저장 1개월부터 6개월까지 치상 3일째의 발아세는 SMP 처리 후 1개월 저장된 종

자보다 25% 높았고, 발아율은 4% 높았다. 무처리 종자의 경우도 입고 시점보다는 저장 6개월 후에는 발아율이 44% 높아졌다. 이러한 원인은 종자내에 휴면유기 물질이 시간이 경과하면서 불활성화된 것에 기인하는 것으로 해석되었다.



그림 5.9. Priming 처리 6개월 후(좌 : SMP, 우 : 무처리) 파종 5일째

그림 5.9는 SMP 처리후 6개월 저장한 종자를 상토에 파종하여 발아율을 조사한 것이다. 발아는 파종 후 4일째 개시되었고 파종 8일째 발아 조사를 종료하였다. 재배방법은 일반관행으로 하고 조사는 떡잎의 전개를 기준으로 삼았다. 상토 발아율은 조사에서 SMP 처리하여 6개월간 저장된 종자는 무처리 종자보다 높은 발아세와 발아율을 보였다. 또한 무처리 종자도 입고 시점보다는 6개월간 저장하면 발아율이 향상되었다. 이는 종자를 수확한 후 일정기간이 경과하면서 후숙처리되어 휴면유기 물질이 불활성화 된 결과라고 해석된다. 토마토 종자의 경우 대기업과 몇몇 수입업자가 대부분의 전문 재배 농가에 직접 종자를 공급하고 있는 품목이다. 그래서 중소기업이 판매처와 판매량을 늘리기는 쉽지가 않다.

고품질 종자 확보를 위해서는 우량종자의 생산이 가장 근원적인 방법이지만 이것 또한 채종지의 환경요인에 좌우되기 때문에 쉬운 문제는 아니다. 채소종자의 종류에 따라 생산이 잘되는 종자가 있는가 하면 생산이 어렵고 생산량이 작은 종자도 있다. 또한 생산지와 채종환경에 따라 채종량과 종자상태가 다른 경우도 빈번하다. 매년 판매시기에 맞추어 재고 종자를 보유하고 있는 경우도 있을 것이고, 갓 생산된 종자를 바로 판매해야하는 경우도 존재한다. 이런 복잡한 상황에서 품목에 맞는 정선, 가공 절차를 거쳐 순도를 높이고, 판매시기에 맞게 다양한 priming 처리 방법을 활용해 고품질 종자를 확보한다면 시장경쟁력을 높일 수 있을 것이다. 또한 종자의 부족으로 오는 판매저하 문제를 미연에 방지할 수도 있을 것이다. 이와 아울러 자칫 폐기될 수도 있는 종자낭비를 막아 생산비 절감과 함께 기업의 이윤창출에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

#### (6) 수박 SMP 처리종자의 발아성 검정

박과종자 중에서 호박, 수박, 대목의 경우 25℃ 이상에서 48시간이면 유근길이가 5mm 이상, 발아

세가 90% 이상이어야 하고, 70시간 이내에 발아가 완료되어야만 우량종자라고 할 수 있다. 그러나 전문 재배 농가가 많은 수박은 대목과의 접목용이성 때문에 발아율보다는 발아세가 아주 중요시 된다. 따라서 보통의 경우 48시간 이내 최소 95% 이상이 발아율을 요구되는 것이 현실이다. 박과 종자의 priming 처리는 이런 현실에 맞추어 발아세를 향상시키기 위해 필요하다. 현대종묘에서 일부 품종에 적용하고 있던 SMP 처리 방법을 구체적으로 증명하고자 수박종자에 SMP 처리하였다. 기존에 대립인 대목 종자에서 사용되었던 방법이었으나 작물의 종류, 생산연도나 채종지역, 생산 환경, 종자의 크기에 따라 처리효과의 편차가 커 만족할 만한 성과를 거두지는 못했지만 일부 품종에서는 그 효과가 인정되고 있다. 이러한 결과는 종자의 크기나 종자가 가진 저장 양분의 함량에 따른 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

표 5.37. 수박종자의 SMP 처리가 발아성에 미치는 영향(30℃)

종자 처리	LOT	발아조사일시(시/일)				발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H		
무처리	10-W-1	1	93	5		94	99
	10-W-2		94	4	1	94	98
	10-W-3		91	6		91	97
SMP	10-W-1	2	82	3	4	84	87
	10-W-2		89	1	4	89	90
	10-W-3	1	90	4		91	95

표 5.38. 수박종자의 SMP 처리시 수분공급량에 따른 발아성 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사일시(시/일)					발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H		
무처리	7-W-4		61	18	2	3	61	79
처리직후 30%	7-W-4		24	10	4	16	24	34
40%	7-W-4		49	13	5	13	49	62
50%	7-W-4		75	6	2	3	75	81
처리1개월 30%	7-W-4		65	6	15		65	71
40%	7-W-4		74	7	3		74	84
50%	7-W-4		87	5	3		87	92
처리3개월 30%	7-W-4		69	6	11	1	69	75
40%	7-W-4		82	5	2		82	87
50%	7-W-4		91	6			91	97

표 5.37은 리코핀꿀 수박을 SMP 처리하여 30℃에서 발아성을 조사한 결과이다. 무처리 종자의 발아율이 무난했으나 발아세가 판매할 수 있는 발아세는 아니었다. 수박은 전문 재배농가들이 대부분 이라 자가 육묘를 하던, 육묘장에서 모종을 구입하던 높은 발아세가 요구된다. SMP 처리 종자의 발아세가 무처리 종자보다는 최대 11%가 낮았다.

표 5.38은 2007년 생산되어 동년 11월에 입고된 묵은 종자로 판매되지 않는 종자를 SMP 처리하여

30℃에서 발아성을 조사하였다. 무처리 종자의 발아세와 발아율이 낮았으며, SMP 처리종자도 처리 과정중 수분공급량에 따라 차이가 있지만 대체로 무처리 종자보다는 발아가 낮았다. 그러나 50%의 수분공급량에서는 무처리 종자보다 발아력이 높았다. SMP 처리 1개월 후부터는 무처리 종자보다 발아세와 발아율이 비슷하거나 서서히 증가되기 시작하였다. 특히 수분공급량 50% 처리구에서는 무처리 종자보다 발아세가 26% 높았다. SMP 처리 3개월부터는 수분공급 40%부터 발아세가 21% 향상되었고, 수분공급 50%에서는 발아세가 30% 향상되었다. 이와 같이 묵은 종자일수록 스트레스를 회복하는데 더 많은 시일이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 묵은 종자일수록 출고에 여유를 가지고 SMP 처리를 하는 것이 필요하였다.

### (7) 수박 SMP 처리종자의 저장성 검정

표 5.39. SMP 처리후 1개월 저장된 수박종자의 발아성 검정(30℃)

종자 처리	LOT	발아조사일시(시/일)				발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H		
무처리	10-W-1		92	7		92	99
	10-W-2		95	4	1	95	99
	10-W-3		91	5		91	96
SMP	10-W-1	16	82		1	98	98
	10-W-2	13	86	1		99	100
	10-W-3	21	77			99	99

표 5.39는 SMP 처리 후 1개월이 저장된 종자는 처리 직후 보다 발아세가 8%~14%까지 향상되었고, 발아율도 4%~11% 증진되었다. 이러한 결과에서 알 수 있듯이 처리직후의 낮은 발아세가 일정한 온도에서 시일이 경과하면 SMP 처리시 받았던 스트레스를 회복했다는 것을 시사하고 있다.

표 5.40. SMP 처리후 3개월 저장된 수박종자의 발아성 검정(30℃)

종자 처리	LOT	발아조사일시(시/일)				발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H		
무처리	10-W-1		95	2		95	97
	10-W-2		93	2	1	93	95
	10-W-3		92	5		92	97
SMP	10-W-1	23	76			99	99
	10-W-2	21	78			99	99
	10-W-3	30	70			100	100

표 5.40은 SMP 처리 후 3개월간 저장된 종자는 처리직후 보다 발아세가 높았으며, 1개월간 저장된 종자보다도 발아세가 8% 향상되었다. SMP 처리 후 6개월간 저장된 종자는 높은 발아율과 발아세를 보였으며, SMP 처리된 종자는 무처리 종자에 비해 전반적인 종자활력이 높았다.



표 5.41. SMP 처리후 6개월 저장된 수박종자의 발아성 검정(30℃)

	LOT	발아조사일시(시/일)				발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H		
무처리	10-W-1		94	3		94	97
	10-W-2		94	2		94	96
	10-W-3		92	4		92	96
SMP	10-W-1	22	76	1		98	99
	10-W-2	24	75			99	99
	10-W-3	27	72	1		99	100

표 5.42. SMP 처리후 12개월 저장된 수박종자의 발아성 검정(30℃)

	LOT	발아조사일시(시/일)				발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H		
무처리	10-W-1		92	4	1	92	96
	10-W-2		93	2	1	93	95
	10-W-3		93	2	1	93	95
SMP	10-W-1	27	72			99	99
	10-W-2	31	66	2		97	99
	10-W-3	33	65	2		98	100

표 5.43. SMP 처리후 18개월 저장된 수박종자의 발아성 검정(30℃)

	LOT	발아조사일시(시/일)				발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H		
무처리	10-W-1		90	5		90	95
	10-W-2		88	6	1	88	94
	10-W-3		93	2		93	95
SMP	10-W-1	20	77	1		97	98
	10-W-2	15	81	2		96	98
	10-W-3	23	76			99	99

표 5.42은 SMP 처리된 종자는 처리 후 12개월간 저장하여도 높은 발아세와 발아율을 유지하였다. 무처리 종자의 경우 18개월 저장하면 발아세는 떨어지는데 반해 SMP 처리종자는 처리 후 18개월이 경과되어도 높은 발아력을 유지하였다. 이로서 수박종자에서 SMP 처리된 종자는 처리 1개월 후 18개월까지는 높은 발아력을 유지하여 즉시 판매가 가능하였다. 따라서 수박종자의 경우 한번의 SMP 처리를 한 후 당해연도는 물론 이듬해에도 시판이 가능함을 제시하고 있다.

표 5.44. 2012년 생산 입고된 수박종자의 SMP 처리 효과

	LOT	발아조사일시(시/일)					발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H		
입고시	12-W		94	3	1		94	97
건열 후	12-W		17	24	22	33	17	41
SMP처리 1개월	12-W		54	43	1		54	97
SMP처리 2개월	12-W	7	89	3			96	99

표 5.44는 태국에서 생산, 입고된 감수꿀 수박으로 입고 후 발아조사에서 발아력이 무난했던 품종이었다. 입고된 종자를 8일간의 건열 소독을 거친 직후에는 발아세가 17%로 입고 때보다 77%가 낮고 발아율은 56% 낮았다. 이러한 결과는 한계점까지 건열소독은 종자가 받는 스트레스가 심하다는 것을 보여주고 있다. 건열 소독으로 받은 스트레스를 회복하는 기간을 2개월을 준 뒤 SMP 처리하였다. SMP 처리하고 1개월 후에는 발아율이 향상되기는 했지만, 발아세는 입고 시점보다 40% 낮았다. SMP 처리 2개월 후부터는 무처리 종자와 유사한 발아세와 발아율을 보였지만 건열소독 후 발아력을 완전 회복하기 까지 최소한 3개월의 시간이 필요한 것으로 판단되었다. 실험에 사용한 종자는 태국에서 생산한 종자로 이전 중국에서 생산되던 종자와 동일 품종이지만 종자의 중량차이는 있었다. 입고 당시 중국에서 생산되는 종자와는 크기도 작고 무게도 가벼운 편이었다.

표 5.45. 감수꿀 수박의 생산지에 따른 종자 크기 비교(%)

품목/사이즈	극대립	대립	중립	소립	극소립
중국생산수박		13	38	37	12
태국생산수박			20	41	39

2012년 태국에서 생산된 종자의 경우 정선 과정 중 5.0mm 이하의 극소립 종자가 40%에 달했고, 실제 사용 가능한 종자는 60% 정도에 지나지 않았다. 2010년 중국에서 생산된 동일 품종보다 극소립 종자 비율이 27% 높았고, 6.0mm 이상인 대립 종자는 없었다. 또한 중립을 비준한 천립중도 35% 이상 낮아 충실도가 낮은 종자였다. 입자선별에서 분류되는 크기와 평균 정선량을 나타내고 있는데 수박의 경우 극 소립 종자가 10% 정도 였다. 앞선 실험에 사용한 태국에서 생산된 수박종자의 경우는(표 5.46) 극소립 종자가 40%에 달하고 소립종이 40%, 중립이 20% 정도로 충실도가 낮아 사용하지 못하는 종자가 많았다.

이것은 생산지의 환경에 의한 영향이 큰 것으로 보이는데, 태국의 경우 중국의 생산지보다 기온이 높고 다습한 곳으로 종자의 생산 기간이 현저히 짧아 종자형성에 필요한 시간이 충분하지 못했던 것으로 판단된다. 또한 상대적으로 종자내의 저장 양분이 부족하여 priming 처리 과정에서 받는 스트레스를 회복하는 시간과 유지 기간이 짧은 것으로 판단된다.

표 5.46. 2012년 태국에서 생산, 입고된 수박의 SMP 처리 후 저장기간별 발아조사

종자처리	발아 조사 일시					발아율	발아세
	24H	48H	72H	96H	120H		
입고시		94	3	1		94	97
SMP 처리 1개월		54	43	1		54	97
SMP 처리 2개월	7	89	3			96	99
SMP 처리 3개월	11	85	2		1	96	98
SMP 처리 6개월	13	84	2			97	99
SMP 처리 12개월	2	89	4	3		91	95
SMP 처리 19개월		83	14	1		83	97

일반적으로 수박의 경우 SMP 처리 후 당해연도 판매는 물론 이듬해에도 발아세가 유지가 되는 것을 알 수 있었다. 2012년 태국에서 생산된 감수꿀 수박의 경우 SMP 처리 후 2개월부터 9개월까지는 발아세가 꾸준히 유지가 되면서 치상 후 24시간부터 발아가 시작되어 48시간에는 발아세가 96%이상 기록되었으나, 12개월부터 발아세가 5% 이상 떨어지기 시작해서 저장 19개월부터는 다시 8%가 떨어져 판매에 어려움이 있을 정도로 발아세가 낮아졌다.

2012년 태국에서 생산된 감수꿀 수박은 SMP 처리 후 당해연도에만 파종이 가능하며 이듬해에는 판매가 힘들 것으로 생각되었다. 이로 인해 남아 있는 SMP 처리종자에 재처리시 어떤 결과가 나타날지 계속 시험이 진행되어야 할 것으로 본다.

이러한 여러 실험 결과에서 알 수 있듯이 품목별, 품종별 최적의 채종지를 발굴하여 우량종자를 생산하는 것이 첨단 가공 기술을 활용한 산업화와 더불어 아주 중요한 부분이라는 것을 알 수 있었다(표 5.46).

#### (8) 대목 SMP 처리종자의 발아성 검정

대목의 발아세와 발아율은 접목 용이성을 위해 중요하다. 표 5.47 및 5.48은 SMP 처리 후 1개월이 경과한 후 발아력을 25℃와 30℃에서 조사한 것이다. SMP 처리시 공급수분 30%에서는 무처리 종자와 발아세는 큰 차이가 없었으나 공급 수분 40%에서는 25℃에서 발아세가 40%이상 향상되었고, 공급 수분 50%에서는 최대 44%까지 발아세가 높았다. 30℃에서도 수분공급 50% 처리에서는 무처리 종자에 비해 발아세가 55% 이상 높았다. 수분공급 40%와 수분공급 50% 처리에서 발아세의 촉진 효과가 높았는데, 이는 SMP 처리 과정에서 종자가 얼마나 일정한 수분의 지속적으로 공급여부에 의한 종자활력에 영향을 받는 것으로 추정된다.

표 5.47. SMP 처리된 대목종자의 발아성 검정(25℃)

종자처리	LOT	발아조사일시(시/일)					발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H		
무처리	5-S-1		39	53	3	1	39	92
	5-S-2		42	48	5		42	90
	5-S-3		41	37	12	7	41	78
처리 30%	5-S-1		54	40	2	2	54	94
	5-S-2		63	34			63	97
	5-S-3		47	37	7	2	47	84
처리 40%	5-S-1		56	30	8	3	56	86
	5-S-2		82	17			82	99
	5-S-3		72	24	1		72	96
처리 50%	5-S-1		84	8	5		84	92
	5-S-2		91	6			91	97
	5-S-3		95	4			95	99

표 5.48. SMP 처리된 대목종자의 발아성 검정(30℃)

종자처리	LOT	발아조사일시(시/일)					발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H		
무처리	5-S-1		47	25	13	7	47	72
	5-S-2		52	41	1		52	93
	5-S-3		44	48	1		44	92
처리 30%	5-S-1		51	30	1	1	51	91
	5-S-2		59	29	4	1	59	88
	5-S-3		47	43	3		47	90
처리 40%	5-S-1		89	7	2	1	89	96
	5-S-2		84	11		1	84	95
	5-S-3		92	5			92	97
처리 50%	5-S-1		94	3	2		94	97
	5-S-2		97	1			97	98
	5-S-3		99	1			99	100

그림 5.10은 SMP 처리하여 1개월 경과한 후 참박종자를 105구 트레이에 파종하여 발아성을 조사하였다. 좌측 아래쪽 트레이가 무처리 종자이고, 윗쪽이 수분공급량 30% 처리 종자이다. 우측은 아래쪽 트레이가 수분 공급량 40%처리 종자이고, 윗쪽이 수분공급량을 50%로 처리한 종자의 상토 발아 조사 결과이다. 이상의 결과에서 SMP 처리시 수분의 공급량에 따라 떡잎의 크기와 발아세와 발아율에서 차이를 보이고 있다.



그림 5.10. SMP 처리된 대목종자의 공급 수분량에 따른 종자의 상토 발아

### (9) 대목 SMP 처리종자의 저장성 검정

표 5.49는 SMP 처리된 종자의 저장성을 25°C와 30°C에서 조사한 것이다. 본 실험에 사용된 종자는 생산한지 7년이 지나 활력이 떨어진 종자가 SMP 처리 후 1개월부터 19개월까지의 발아세가 우수하여 만족할 만한 결과를 보였다. 그림 5. 11 및 5. 12에서도 SMP 처리 후 19개월간 저장하여도 발아에 큰 문제가 없음을 알 수 있었다. 접목에 있어서도 SMP 처리에 영향을 받지 않고 종자 본연의 특성을 잘 나타내고 있다.

표 5.49. SMP 처리 종자의 저장성 검정(30°C)

종자처리	LOT	발아조사일시(시/일)					발아세	발아율
		24H	48H	72H	96H	120H		
SMP 처리 후 1개월	5-S-1		94	3	2		94	97
	5-S-2		97	1			97	98
	5-S-3		99	1			99	100
SMP 처리 후 3개월	5-S-1		98	1			98	99
	5-S-2		99				99	99
	5-S-3		99	1			99	100
SMP 처리 후 6개월	5-S-1		98	1			98	99
	5-S-2		99				99	99
	5-S-3		100				100	100
SMP 처리 후 12개월	5-S-1		99	1			99	100
	5-S-2		99				99	99
	5-S-3		99	1			99	100
SMP 처리 후 19개월	5-S-1		98	2			98	100
	5-S-2		99				99	99
	5-S-3		98	1			98	99



그림 5.11. SMP 처리 후 11개월 저장한 참박 종자의 상토 발아



그림 5.12. SMP 처리 후 19개월 저장한 참박 종자의 접목

그러나 대목의 경우도 생산지와 생산 환경에 따라 다른 결과를 보여주기도 한다. 표 5.50에서는 2012년 태국에서 감수풀 수박과 같은 지역에서 생산·입고된 대목 종자로 입고 당시부터 30℃로 설정된 항온기에서 발아율이 57%로 낮았다. 건열 소독을 마친 후 회복기간이 최소 2개월 이상은 경과되어야 하며, SMP 처리하고도 1개월까지는 만족스런 결과를 얻지 못하였다. 이는 건열 과정을 마치고 출고되는 종자의 경우 충분한 회복기간을 확보한 후 priming 처리 과정과 포장 공정을 거치는 것이 좋은 것임을 보여주는 것이라 생각된다.

그러나 SMP 처리 3개월 후부터 처리 효과가 잘 나타났으며 처리 후 1개월보다 45% 높은 발아세를 나타냈다. 처리 후 11개월 저장된 종자는 발아세가 처리 후 9개월 저장종자보다 42% 낮았으나 발아율은 차이를 없는 것으로 조사되었다. 치상 후 48시간에 발아세로 기록된 종자 51립 외에 나머지 48립 중 상당수가 발아는 하였으나 유근의 길이가 짧아 발아세의 기록에는 넣지 않았다. 72시간의 조사에서는 유근의 길이가 기존의 조사에서 보다 훨씬 더 길어 발아세와 발아율의 시간차가 24시간보다는 짧은 것으로 보인다. 그러나 48시간부터 유근길이가 명확한 것으로 조사되어 11개월 차부터 발아세가 떨어지는 것으로 판단된다.

같은 지역에서 생산된 감수풀 수박과 마찬가지로 이번 참박의 경우도 처리 후 3개월부터 9개월까

지는 높은 발아세를 보여 처리 후 당해연도 판매하여도 문제가 없을 것으로 예측된다. 그러나 처리 후 이듬해 판매하기에는 부족함이 많아 판매량의 정확한 산출과 함께 처리량의 조절이 필요하였다. 이번 조사에 사용되어 SMP 처리하고 판매된 종자는 천립중이 140g내외로 평균 천립중이 160g~170g인 중국에서 생산·입고된 동일품종의 종자보다 20g이상 가벼운 것이었다. 이는 중국에 비해 고온 다습한 태국에서 작물의 생육속도가 빠르고 비대력이 좋은 반면 종자의 형성에 요구되는 시간이 상대적으로 짧기 때문에 종자내의 저장 양분 함량이 낮아지면서 종자의 크기가 작아지고 충실도가 떨어지는 경향을 보이는 것으로 판단되었다.

표 5.50. 태국에서 생산, 입고된 참박 종자의 SMP 처리 후 저장기간별 발아성 검정(30℃)

	발아조사일시(시/일)					발아세	발아율
	24H	48H	72H	96H	120H		
입고 시		15	42	12	8	15	57
건열 직후		2	18	26	19	2	20
건열 후 2개월		28	39	21	4	28	67
처리 후 1개월		47	36	14	2	47	83
처리 후 3개월		92	6	1		92	98
처리 후 6개월		95	2	3		95	97
처리 후 9개월		93	3	3		93	96
처리 후 11개월		51	48			51	99

#### (10) Priming 처리 후 저장 온도별 수분 함량변화

매년 생산되어지는 종자의 함수율은 품종별, 생산지나 수확 시점의 환경 등 변수가 많으나 평균 5%~9%대를 유지하고 있었다. 고추는 평균 5%~7%대 정도이고, 수박과 대목은 6%~9%대, 무와 배추는 5%~8%대에 입고가 되고, 상추는 측정하지 않았다.

표 5. 51은 고추, 수박, 대목의 경우는 priming 처리후 저장기간에 따라 종자의 함수율을 기록한 것이고, 무와 배추는 필름 코팅 후에 저장기간별 함수율을 표기한 것이다. 입고 시 함수량을 기록하고 항온항습실(온도 20℃, 상대 습도 30%)에 보관하였다. Priming 처리 종자는 처리 후 수세를 하고 건조하는데, 건조는 당일 외부 기온보다 7℃를 높인 건조기에서 12시간 건조를 원칙으로 조사하였다. 무와 배추도 항온항습실에 보관 후 필름 코팅 후 12시간 건조를 하였다. 건조 후 함수량 측정은 건조기 내부 온도가 외부 온도와 같아지는 시점에 측정하고, 완전히 밀봉하여 항온항습실에 보관하였다. 모든 종자가 건조 직후에 최저 함수량을 보이다가 서서히 회복하고 일정한 함수율을 보이고 있다.

비교적 소립에 속하는 고추 종자는 입고 시부터 처리 후 19개월이 경과하여도 함수량의 변화가 없고, 상대적으로 대립에 속하는 수박과 대목의 경우는 11%~21% 까지 함수율의 차이를 보이고 있다. 무와 배추는 소립에 속하는 종자인데도 함수율에서 많은 변화를 보여 주는데 이는 생산지의 환경과 입고시기에 영향을 받은 것으로 보인다.

현대종묘는 무와 배추 종자는 국내에서 생산하는데 수확 시기와 입고 시기가 장마철과 겹쳐 상대적으로 높은 습도에서 생산된 종자가 입고가 되어 다른 종자에 비해 함수율이 높게 표시되었다. 항온항습실 입고 후 필름 코팅 시까지 작은 변화를 보이기도 하지만 코팅 후 많은 차이를 보여 주고 있다. 건조 후 1개월부터는 모든 종자가 안정적으로 함수율을 유지하는 것으로 나타났다.

표 5.51. Priming 처리 후 저장 기간별 수분 함량

기간	품목별 함수량(%)				
	고추	수박	대목	무	배추
입고	5.1	8.0	8.6	7.6	6.9
처리 전	5.1	7.4	8.5	7.2	6.6
처리 후	4.9	6.2	7.0	5.8	4.4
1개월	5.0	6.4	7.3	6.1	5.0
3개월	5.0	6.4	7.3	6.0	5.0
6개월	4.9	6.4	7.2	6.1	5.0
12개월	4.9	6.3	7.2	6.1	5.0
19개월	4.9	6.3	7.1		
평균	5.0	6.7	7.5	6.5	5.5

## 5. SMP 최적조건 구명 및 처리종자의 산업화

### 가. 연구목적

토양의 높은 염농도는 종자의 수분흡수를 억제하여 발아는 이루어지지 않으나, 발아준비를 위한 대사활성이 촉진되어 자연적으로 발아촉진 처리가 된다. 이들 종자를 파종하면 신속한 묘출현이 유도되는데, 이러한 현상은 근거로 한 종자처리가 SMP이다. Solid matrix priming(SMP) 기술을 최초로 도입한 연구자는 Kubik 등과 Taylor 등이며, 삼투용액 대신에 고체 carrier로 처리하는 것으로 priming과 같이 발아력 증진을 위한 종자처리 기술이다. 미국의 Eastine박사는 SMP 처리공정을 특허로 출원한 바 있고 Khan 등에 의해 체계화된 Matricconditioning은 SMP와 유사한 처리개념이다.

지금까지 발아 촉진을 위해 PEG와 같은 액체 삼투용액에 종자를 침지시키는 priming 처리가 널리 이용되었다. 그러나 PEG는 높은 점성으로 인해 용존산소가 부족되어 대립종자인 대두, 콩, 및 옥수수등에서는 발아력 증진에 그다지 효과적이지 못했다. 또한 처리과정중과 처리후 종자가 손상되어 발아력이 저하되는 경우가 많았다. 따라서 대립종자를 대규모로 priming 처리할 경우 종자당 요구되는 용액량과 산소공급 문제를 고려해야 한다. 또한 PEG와 같은 고가인 priming 처리제는 처리비용 문제와 처리된 종자의 저장을 위해 처리제를 종자에서 분리시켜야 하는데, 이때 발생하는 염 및 PEG 폐기물들은 환경 오염을 유발하는 요인이다.

SMP 처리 과정은 고체 carrier, 종자, 수분을 일정비율로 혼합하여 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 종자의 수분흡수를 조절하는 것으로 종자처리의 새로운 분야이다. SMP는 소립과 대립종자에서 대량



처리가 가능할 만큼 효율적이고 이용 잠재력이 높으며, 많은 작물에서 발아력 향상에 유용한 처리로 보고되고 있다. SMP 시스템의 특성은 처리과정중 산소공급을 최소화시킬 수 있으며, 유용 미생물과의 조합처리가 용이하다.

SMP에 적합한 물질로는 (a) 메트릭 포텐셜은 높으나, 용질 또는 삼투포텐셜이 거의 없을 것 (b) 물에 용해되지 않을 것 (c) 화학적으로 재활성이 낮으면서 (d) 수분보유력이 우수하고 수분변화에도 가동성이 있을 것, 건조보유력 또한 우수하여야 하며, 미세분말 일 것 (e) 입자크기, 구조, 공극성이 다양할 것 (f) 표면적이 높으면서 (g) 부피는 크고 용적밀도는 낮을 것, 첨가량이 적어도 결과가 나타날 것 (h) 종자표면에 부착능력이 우수할 것 (i) 발아에 독성을 주지 않을 것 (j) 처리후 종자에서 분리가 쉬운 것 등이 적합하다고 알려져 있다.

이러한 특성을 가진 물질중에는 Marville사의 특허품인 여러 가지 등급의 Celite와 Micro-Cel E 및 W.R. Grace사의 특허품인 zomolite vermiculite 등이 시판되고 있다. 다른 고체 carrier로는 버미큘라이트 및 GrowSorb도 SMP 물질로 사용되고 있다.

본 연구의 목적은 불량조건에서 종자의 안전발아와 발아의 균일성을 유지시킬 수 있는 SMP의 carrier 물질을 탐색하고 적정 혼합비율 및 처리방법을 확립하는데 있다. 아울러 SMP에 사용되는 고체 carrier로 Micro Cel-E가 보편적으로 사용되고 있지만 이를 국내에서 생산되는 원료로 대체할 수 있는 물질 탐색에도 연구의 주안점을 중점을 두었다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) 적정 SMP 물질 선발

공시된 작물종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(열강적치마, 현대종묘), 배추(CR-황상, 현대종묘), 무(진광, 현대종묘) 였다. 채소종자의 SMP에 적합한 carrier를 선발하기 위해 bentonite, Micro Cel-E(synthetic calcium silicate) 및 zeolite를 사용하였다. SMP 처리는 작물별 처리배합 비율을 달리하였다.

배추와 상추 무에서는 종자: carrier: 증류수를 (1) 5.0: 3.0 : 4.0, (2) 5.0: 3.0: 6.0, (3) 5.0: 5.0 :4.0 (4) 5.0: 5.0: 6.5(w/w/w) 비율로 혼합하여 20℃에서 각각 배추는 12시간, 상추와 무는 1일간 처리하여 15와 20℃에서 발아력을 검정하였다. 토마토와 고추는 종자: carrier: 증류수를 (1) 5.0: 6.0 : 6.0, (2) 5.0: 7.0: 6.0, (3) 5.0: 8.0 :6.0 (4) 5.0: 8.0: 6.0(w/w/w) 비율로 혼합하여 20℃에서 4일간 처리하여 15와 20℃에서 발아력을 검정하였다.

### (2) 적정 SMP 처리기간 설정

공시 작물은 위와 같고, 처리기간은 작물별로 달리하였다. SMP carrier로는 Microcel-E를 사용하여 적정 혼합배율에서 구명된 적정배율로 SMP 처리하여 적정 처리기간을 구명하고자 하였다. 상추, 배추, 무에서는 종자: carrier : 수분 비율이 5.0: 3.0: 6.0이었고, 처리기간은 1, 2, 3, 4일로 달리하여 발아성을 조사하였다. 토마토와 고추에서는 종자: carrier : 수분 비율이 5.0: 6.0: 6.0 하였고 처리기간은 1, 2, 3, 4, 5, 6일 및 7일로 달리 처리한 후 15℃와 20℃에서 발아력을 검정하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 적정 SMP 물질 선발

표 5. 52~5.56는 4종의 채소종자를 공시하여 적정 SMP carrier를 선발하고 적정 혼합배율을 달리하여 발아성을 조사한 결과이다.

작물의 종류 및 혼합비율에 따라 발아 양상은 약간의 차이는 있었다. 배추에서는 SMP 처리에 관계 없이 98% 이상의 높은 발아율을 보였다. SMP 처리된 종자는 발아율을 증진시키지는 못했지만 무처리 보다는 발아속도가 단축되는 경향이였다. 전반적으로 Micro Cel-E에서 발아력이 향상되었고 zeolite도 양호한 결과를 보였다. 최적 종자, carrier, 수분 혼합배율은 5.0: 3.0: 6.0이었다(표 5. 52). 상추와 무에서도 이와 유사한 경향을 보였고, 가장 효과적인 SMP 적정 carrier는 Micro Cel-E 였고, 적정 종자, carrier, 수분 혼합배율은 5: 3.0: 6.0이었다(표 5.53, 5.54).

토마토와 고추에서도 혼합비율에 따라 발아 양상에 차이가 있었고, 전반적으로 Micro Cel-E에서 발아력이 향상되었고, 최적 종자, carrier, 수분 혼합배율은 5.0: 6.0: 6.0이었다(표 5.55 및 표 5.56).

SMP 처리된 종자는 carrier 종류에 따라 부분적인 차이는 있었으나, 모든 작물에서 무처리에 비해 T<sub>50</sub>를 단축되었다. 대체적으로 수분비율이 높으면 발아속도가 단축되는 경향을 보였으나, 처리 중에 유근이 돌출되는 종자의 비율도 높았다.

표 5.52. 배추의 SMP 처리의 적정 물질선발 및 종자, carrier, 수분 혼합비율이 발아에 미치는 영향 조사

SMP 물질	처리기간 (일)	종자:carrier: 수분 비율	15℃		20℃	
			발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율	T <sub>50</sub> (일)
Bentonite	0.5	5.0:3.0:4.0	100.0	0.7	99.3	0.5
		5.0:3.0:6.0	100.0	1.3	100.0	0.4
		5.0:5.0:4.0	99.3	0.8	100.0	0.7
		5.0:5.0:6.5	100.0	0.8	100.0	0.4
Microcel-E	0.5	5.0:3.0:4.0	99.3	1.0	100.0	0.6
		5.0:3.0:6.0	100.0	0.6	100.0	0.4
		5.0:5.0:4.0	100.0	0.6	99.3	0.6
		5.0:5.0:6.5	100.0	0.6	100.0	0.6
Zeolite	0.5	5.0:3.0:4.0	100.0	0.6	100.0	0.3
		5.0:3.0:6.0	99.3	0.7	100.0	0.5
		5.0:5.0:4.0	99.3	0.8	100.0	0.5
		5.0:5.0:6.5	100.0	0.7	100.0	0.7
무처리	-	-	98.0	1.3	90.7	0.9

표 5.53. 상추의 SMP 처리의 적정 물질선발 및 종자, carrier, 수분 혼합비율이 발아에 미치는 영향 조사

SMP 물질	처리기간 (일)	종자:carrier: 수분 비율	15℃		20℃	
			발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율	T <sub>50</sub> (일)
Bentonite	1	5.0:3.0:4.0	98.7	1.5	99.3	1.8
		5.0:3.0:6.0	99.3	1.5	99.3	1.7
		5.0:5.0:4.0	96.7	1.6	99.3	1.9
		5.0:5.0:6.5	94.0	1.7	98.7	1.9
Microcel-E	1	5.0:3.0:4.0	98.7	1.7	98.0	1.3
		5.0:3.0:6.0	98.0	1.5	96.7	1.1
		5.0:5.0:4.0	98.7	1.8	96.7	1.4
		5.0:5.0:6.5	98.7	1.7	99.3	1.5
Zeolite	1	5.0:3.0:4.0	95.3	1.6	94.7	1.2
		5.0:3.0:6.0	98.0	1.8	98.0	1.8
		5.0:5.0:4.0	97.3	1.5	97.3	1.4
		5.0:5.0:6.5	99.3	1.8	96.7	2.2
무처리	-	-	98.0	1.7	99.3	1.2

표 5.54. 무 종자에서 SMP 처리의 적정 물질선발 및 종자, carrier, 수분 혼합비율이 발아에 미치는 영향 조사

SMP 물질	처리기간 (일)	종자:carrier: 수분 비율	15℃		20℃	
			발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율	T <sub>50</sub> (일)
Bentonite	1	5.0:3.0:4.0	96.0	1.0	95.3	1.1
		5.0:3.0:6.0	92.7	0.9	95.3	1.2
		5.0:5.0:4.0	90.0	1.2	92.0	1.0
		5.0:5.0:6.5	91.3	0.9	94.7	0.8
Microcel-E	1	5.0:3.0:4.0	94.7	1.5	95.3	1.0
		5.0:3.0:6.0	92.7	1.2	98.0	0.8
		5.0:5.0:4.0;	94.0	1.7	93.3	1.1
		5.0:5.0:6.5	92.0	1.6	88.7	1.1
Zeolite	1	5.0:3.0:4.0	93.3	1.0	92.7	0.7
		5.0:3.0:6.0	91.3	0.8	88.0	0.8
		5.0:5.0:4.0	96.7	1.0	94.7	0.8
		5.0:5.0:6.5	93.3	0.9	93.3	0.8
무처리	-	-	88.7	1.7	96.0	1.2

표 5.55. 토마토 종자에서 SMP 처리의 적정 물질선발 및 종자, carrier, 수분 혼합비율이 발아에 미치는 영향 조사

SMP 물질	처리기간 (일)	종자:carrier: 수분 비율	15℃		20℃	
			발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율	T <sub>50</sub> (일)
Bentonite	4	5.0: 6.0: 6.0	95.3	4.4	92.7	2.2
		5.0: 7.0: 6.0	96.7	4.1	92.7	2.0
		5.0: 8.0: 6.0	91.3	4.5	96.0	2.3
		5.0: 8.0: 6.0	94.7	4.4	96.7	1.8
Microcel-E	4	5.0: 6.0: 6.0	92.7	5.7	94.0	2.6
		5.0: 7.0: 6.0,	90.0	5.8	92.7	2.6
		5.0: 8.0: 6.0	93.3	6.3	92.0	3.2
		5.0: 8.0: 6.0	94.0	6.5	94.0	3.1
Zeolite	4	5.0: 6.0: 6.0	95.3	4.1	91.3	1.9
		5.0: 7.0: 6.0,	-	-	-	-
		5.0: 8.0: 6.0	91.3	4.8	96.0	2.1
		5.0: 8.0: 6.0	98.0	3.2	89.3	1.5
무처리		-	90.7	7.3	94.0	3.1

표 5.56. 고추 종자에서 SMP 처리의 적정 물질선발 및 종자, carrier, 수분 혼합비율이 발아에 미치는 영향 조사

SMP 물질	처리기간 (일)	종자:carrier: 수분 비율	15℃		20℃	
			발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율	T <sub>50</sub> (일)
Bentonite	4	5.0: 6.0: 6.0	98.0	3.5	98.0	2.0
		5.0: 7.0: 6.0,	95.3	3.1	99.3	1.8
		5.0: 8.0: 6.0	98.0	3.5	98.0	2.1
		5.0: 8.0: 6.0	96.0	3.0	100.0	1.7
Microcel-E	4	5.0: 6.0: 6.0	95.3	7.6	98.0	4.1
		5.0: 7.0: 6.0,	98.7	7.9	99.3	4.1
		5.0: 8.0: 6.0	96.0	9.5	98.7	5.2
		5.0: 8.0: 6.0	99.3	9.1	98.7	4.9
Zeolite	4	5.0: 6.0: 6.0	96.0	4.5	97.3	2.7
		5.0: 7.0: 6.0,	98.0	3.5	100.0	1.8
		5.0: 8.0: 6.0	97.3	4.1	98.7	2.3
		5.0: 8.0: 6.0	98.0	3.4	99.3	1.8
무처리		-	98.0	10.7	98.0	5.0

SMP의 물질로써 보편적으로 사용되고 있는 Micro Cel-E에서 전체적으로 높은 발아율을 보였으나, 발아속도 단축에 이와 유사하거나 물질도 있었다.

따라서 국내에서 생산되는 물질중 Micro cel-E를 대체할 수 있는 물질개발에도 본 연구의 초점을 두었으므로 연구 성과는 괄목할만하였다. Micro Cel-E에서는 수분비율이 높아질수록 T<sub>50</sub>이 단축되는 경향이였다. 전체적으로 Micro Cel-E가 가장 효과적인 SMP carrier였고, 이를 대할 수 있는 물질은 zeolite 라고 판단된다.

## (2) 적정 SMP 처리기간 설정

SMP 처리효과는 작물에 달라질 수 있다. 채소작물별 적정 SMP 처리조건을 구명하고자 종자, carrier, 증류수의 혼합비율을 달리하여 발아성을 조사한 결과는 표 5.57~5.61에서 보는 바와 같다. 배추에서는 Microcel-E로 SMP의 적정 처리기간이 발아성에 미치는 영향을 조사한 것이다. 배추에서는 SMP 처리된 종자는 무처리에 비해 발아율에는 큰 차이가 없었으나 발아촉진에 유효하였다. 그러나 처리기간이 1일 이상 SMP 처리기간이 경과하면 처리 중에 유근이 돌출되었다.

SMP 처리의 기본개념이 유근을 돌출시키지 않는 범위 내에서 종자의 생리적 발아를 완성시키는 것이다. 그러나 처리과정중 유근이 돌출된 종자는 건조에 대한 내성이 없어 SMP 처리 후 탈수 건조과정을 거칠 때 발아력을 상실하여 장기간 저장이 불가능하게 된다. 따라서 유근을 돌출시키지 않으면서 발아잠재력을 극대화 시킬 수 있는 적정 혼합비율과 처리기간의 설정이 무엇보다도 중요하다. 배추에서는 유근을 돌출시키지 않으면서 발아력을 극대화 시킬 수 있는 최적 SMP 처리기간은 0.5일 이었다.

상추에서는 SMP 적정 처리기간은 1일이었고, 처리기간이 3일을 경과하면 처리 중에 유근돌출이 일어났다. 무종자에서는 발아를 촉진시킬 수 있는 적정 SMP 처리기간이 1일 이었고, 처리기간이 3일을 경과하면 대부분 유근이 돌출되었다. 토마토에서는 4일간의 SMP 처리에서 발아성이 가장 좋았고, 고추에서 4일간 SMP 처리에 발아율 증진에 좋았다.

이상과 같이 5종의 채소종자를 공시하여 적정 SMP 처리기간을 확립하기 위해 일련의 실험을 수행한 결과 작물에 따라 약간의 차이는 있었으나, SMP 처리된 종자는 발아속도 단축에는 유효하였다.

표 5.57. SMP 처리기간이 배추종자의 발아율과 발아속도에 미치는 영향

SMP 처리기간 (일)	15℃		20℃	
	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)
0.5	100.0	0.8	100.0	0.5
1	처리중 발아	-	처리중 발아	-
2	처리중 발아	-	처리중 발아	-
무처리	100.0	0.8	100.0	0.8

표 5.58. SMP 처리기간이 상추종자의 발아율과 발아속도에 미치는 영향

SMP 처리기간 (일)	15℃		20℃	
	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)
0.5	95.3	1.4	98.7	1.2
1	98.0	1.3	98.7	1.2
2	96.7	1.7	98.0	1.5
3	처리중 발아	-	처리중 발아	-
무처리	96.7	1.7	96.0	1.3

표 5.59. SMP 처리기간이 무 종자의 발아율과 발아속도에 미치는 영향

SMP 처리기간 (일)	15℃		20℃	
	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)
0.5	96.7	1.0	94.0	0.8
1	92.7	0.4	93.3	0.4
2	97.3	0.4	94.7	0.3
3	처리중 발아	-	처리중 발아	-
무처리	89.3	1.3	92.7	1.0

표 5.60. SMP 처리기간이 토마토 종자의 발아율과 발아속도에 미치는 영향

SMP 처리기간 (일)	15℃		20℃	
	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)
1	92.7	5.6	91.3	3.4
2	94.7	6.4	96.0	3.5
3	81.3	6.2	90.0	3.2
4	89.3	4.3	92.0	2.8
5	88.0	5.2	86.7	3.0
6	처리중 발아	-	처리중 발아	-
7	처리중 발아	-	처리중 발아	-
무처리	85.3	7.2	100.0	3.8

표 5.61. SMP 처리기간이 고추 종자의 발아율과 발아속도에 미치는 영향

SMP 처리기간 (일)	15℃		20℃	
	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)	발아율 (%)	T <sub>50</sub> (일)
1	96.0	7.7	91.3	5.3
2	95.3	7.3	96.0	5.1
3	100.0	6.2	90.0	4.4
4	100.0	5.0	92.0	3.7
5	95.3	5.1	86.7	3.8
6	처리중 발아	-	처리중 발아	-
7	처리중 발아	-	처리중 발아	-
무처리	90.7	7.8	96.0	5.4

### (3) Priming 및 SMP 처리 종자의 산업화

$K_3PO_4$  처리한 고추종자와  $KNO_3$  처리한 토마토 종자, 그리고 calcium silicate를 이용한 SMP 처리한 수박, 대목의 발아세와 발아율은 처리한 시점에서는 상반되는 결과가 나왔다.  $K_3PO_4$  처리한 고추와  $KNO_3$  처리한 토마토는 처리직후 발아세의 상승효과가 나타났으나, calcium silicate를 처리한 수박, 대목의 경우는 처리 직후 오히려 발아세가 떨어지는 결과가 나왔다. 그러나 1개월 후부터 calcium silicate를 이용해 SMP 처리한 수박, 대목이 발아세가 높아져 발아세만 확인하고도 제품을 판매할 수 있을 정도의 수준으로 발아세가 높아지는데 19개월까지는 발아세에 문제가 발생하지 않았다. 이는 calcium silicate를 처리한 수박, 대목이  $K_3PO_4$  처리한 고추 종자보다 훨씬 많은 스트레스를 받았다고 볼 수 있다.

채종지의 생산 환경 또한 중요한데 고온 다습한 태국에서 생산된 수박, 대목은 종자의 형성이 매우 빨라 충실하지 못한 종자가 많아 중국에서 생산된 종자보다 짧은 유지 기간을 보여 주고 있음을 알 수 있었다.  $K_3PO_4$  처리한 고추 종자의 경우 처리 후 1개월까지는 priming 처리 효과가 유지된다는 것을 알 수 있었고, 그 이후 발아가 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다. 고추 종자는 출고 후 파종 시까지 평균 3~4개월이 걸리기 때문에 파종까지 약 4개월 이상은 효과가 지속되어야 한다. 현대종묘의 고추는 보통 11월 중순에서 12월 중순까지 입고가 되고 대부분의 농가에서는 1월 중순부터 2월 초에 집중적으로 파종한다. 재고를 보유한 종자의 경우 Priming 처리시 시간의 여유가 있어 11월에 SMP 처리를 하고 확인 후 출고를 하면 될 것이다. 입고된 종자를 바로 출고해야 할 경우도 많은데 재배농가, 특히 육묘장의 경우 파종일시가 정확하다면  $K_3PO_4$  처리한 고추 종자가 훨씬 유리하다는 것을 알 수 있었다.

이런 여러 상황에 맞추어 적절한 priming 처리를 한 후 판매를 한다면 종자의 회전률도 높이면서 낭비도 줄일 수 있고, 판매를 극대화 할 수 있을 것으로 보인다. 수박, 대목의 경우는 재배지역과 품종에 따라 파종시기가 넓기 때문에 매년 9월부터 다음 해 5월까지 8개월간 효과가 지속되어야 처리 후 당해 연도 판매에 문제가 없을 것으로 보이는데 채종지의 환경에 따라 다소 차이가 있지만 calcium silicate를 이용해 SMP 처리가 발아에 최소 9개월간은 문제가 없음을 보여 주었고 최대 19개월까지는 발아세·율을 유지한다는 것을 알 수 있다. 이런 priming 처리 종자들은 당해 연도에 해당하는 문제이기는 하지만 그 이상의 효과가 지속되어 당해 연도에 남은 Priming 처리종자의 처리 효과가 이듬해에도 판매 가능한 상태로 유지된다면 priming 처리 비용과 시간 등 많은 원가 절감이 이루어질 것으로 보인다.

보관 온도에 따른 각 품목별 발아세·율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 보관 시 밀봉을 충분히 했지만 보관 장소가 일정한 온도를 유지하고 있어 발아세·율에 영향을 끼치지 않는 것으로 보이는데, 다만 출고 후 재 입고된 종자의 경우 출고 지역의 환경 등에 영향을 받아 발아세와 발아율이 일정하지는 않았다. 앞으로는 실험에 사용되었던 종자들이 얼마나 더 오랜 기간 이런 상태가 유지가 될 수 있는지는 실험을 통해서 계속 확인해야 하고 priming 처리 후 일정 기간이 지난 뒤 떨어진 발아세와 발아율을 다시 끌어올리기 위한 재처리를 실시했을 때 어떤 결과가 나타는지에 대한

연구도 계속 진행되어야 할 것으로 생각한다.

## 6. 펠렛종자 배율별 유묘생장 반응 검정

### 가. 연구목적

종자의 크기가 작거나 불규칙한 종자는 기계파종이나 손으로 취급하기가 매우 어렵기 때문에 미국이나 유럽에서는 종자표면에 비활성 물질로 코팅하여 크기를 증가시키는 펠렛종자 기술이 산업화되고 있다. 이와 같은 종자 펠렛기술은 파종과 육묘의 생력화를 위하여 매우 중요하며 우리나라에서도 이에 관심이 높아지고 있다.

특히, 펠렛과정중 농약, 유용미생물 및 성장촉진물질이나 영양물질을 첨가하면 병충해 방제와 발아 및 묘생육을 촉진시킬 수 있다. 펠렛종자를 이용한 기계파종은 파종 노동력을 절감할 수 있으며 정밀파종으로 묘숙음 작업이 배제할 수 있어 육묘관리에 생력효과를 높일 수 있다. Roos와 Moore(1975)는 7개 종자펠렛 회사로부터 제조되어 시판되고 있는 상추 펠렛종자의 발아력을 검정한 결과 나종자에 비해 묘출현에 1~2일 지연되기는 하였으나 전반적인 종자활력이 유지되었으며, 특히 고온에서는 고온휴면이 경감되어 나종자 종자보다 묘출현율이 증진되었다. 또한 불규칙한 형태를 가진 사탕무에서는 펠렛가공 처리에 의해 기계화 정밀 파종에 가능하였다.

종자의 크기와 무게를 증가시키는 것은 특히 미세한 종자(채소종자와 화훼종자)에 유용하다. 또한 종자펠렛은 목적하는 바에 따라 종자 무게를 4~500배 이상 크기를 증가시킬 수 있다(Burgesser, 1951).

나종자에 대한 펠렛종자의 중량 배율이 펠렛 배율인데, 펠렛 배율이 낮으면 직경이 작은 펠렛종자가 생산된다. 따라서 작물별 적정 배율로 펠렛하면 기계화 파종이 가능하고 높은 발아율을 유지할 수 있다.

본 연구는 부산대학교에서 채소종자별 펠렛배율을 달리한 펠렛종자를 제공받아 펠렛배율 유묘생장에 미치는 영향을 검정하여 산업화 적합한 펠렛배율을 설정하기 위해 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

공시된 채소종자는 고추(PR-815, 현대종묘), 토마토(홍광, 현대종묘), 상추(청축면, 현대종묘), 배추(신통노랑, 현대종묘), 무(미락, 현대종묘) 종자였다. Diatomaceous earth(규조토)를 피복물질로 사용하여 펠렛하였다. 기타 펠렛공정 방법은 부산대학교 펠렛제조 공정에 준하여 실시하였다. 펠렛 종자의 크기가 발아율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 펠렛종자의 직경을 캘리퍼를 사용하여  $\phi 2.0 \sim 2.5\text{mm}$ ,  $2.5 \sim 3.0\text{mm}$ ,  $3.0 \sim 3.5\text{mm}$ ,  $3.5 \sim 4.0\text{mm}$  및  $4.5 \sim 5.0\text{mm}$  범위로 분류하였다. 펠렛종자의 묘출현 및 유묘생육 실험은 플러그 트레이에 원예용 상토(바로그, 서울바이오)를 충전한 다음 50립의 종자를 3반복으로 파종 한 후 출현된 개체수를 백분율로 환산하여 묘출현율을 조사하였다. 초기생육 조사를 위해 2L의 플라스틱 포트에 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 30일후 초기생육인 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다.



#### 다. 결과 및 고찰

일반적으로 펠릿층이 두껍고 단단할수록 발아는 어렵다. 고품질 펠릿종자란 펠릿 표면이 매끄럽고, 형태는 둥글며, 운송과 파종작업에 지장이 없을 정도의 경도를 유지하면서 발아력이 높은 종자를 말한다. 본 연구는 부산대학교에서 채소종자별 크기를 달리한 펠릿종자를 제공받아 상토에 파종하여 출현율과 유묘생육을 조사하여 산업화에 적합한 펠릿배율을 설정하고자 하였다.

표 5.62는 배추, 상추 및 무종자에서 크기를 달리한 펠릿종자를 상토에 파종하여 묘출현과 30일간 생육된 식물체의 초기생육을 조사한 결과이다. 배추에서 나종자의 발아율은 97.4% 였으나, 펠릿배율이 높아지면 출현율이 약간 감소하는 경향이였다.  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  크기로 펠릿한 종자는 나종자에 비해 발아율이 5% 감소하였다.

30일간 생육시킨 식물체의 생육도 펠릿배율에 따라 약간의 차이가 있었으며, 펠릿직경이 증가할수록 엽수, 엽면적, 생체 및 건물중이 약간씩 낮아졌다. 그러나 배추에서는 펠릿직경을  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ 로 증가시키더라도 나종자에 비해 유묘생장이 크게 저하되지 않았다. 따라서 기계화 파종의 용이성을 고려한다면 배추에서 적정 펠릿직경은  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ 이 좋을 것으로 판단되었다. 이러한 연구결과를 바탕으로 현대종묘는 배추종자의 펠릿배율을  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ 로 규격화하는 기준안을 마련하였다.

상추에서는 펠릿배율이 증가하면 묘출현율은 약간씩 감소하는 경향이였다. 또한 펠릿종자를 파종하여 30일간 생육시킨 식물체의 생육은 펠릿배율에 따라 차이가 있었다.

펠릿직경이 증가할수록 엽수, 엽면적, 생체 및 건물중이 약간씩 낮아졌다. 30일간 생육시킨 나종자의 엽수 및 엽면적은 8.9장 및  $271.2\text{ cm}^2$  이었다. 이에 반해  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  직경으로 펠릿제조한 상추종자에서는 엽수는 8.2장 이었고, 엽면적은  $222.0\text{ cm}^2$  이었다. 또한 생체중 및 건물중도 펠릿배율이 증가하면 나종자에 비해 낮아지는 경향이였다. 그러나 상추에서는 펠릿직경이  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ 로 증가시키더라도 유묘생장이 나종자에 비해 크게 저하되지 않았다. 따라서 상추에서는 묘출현과 초기생육을 감안한다면 적정 펠릿직경은  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ 가 좋았다.

무에서도 펠릿직경이 증가할수록 출현율과 유묘의 전반적인 생육도 낮아지는 경향이어지만 그 효과는 배추나 상추에 비해 크지는 않았다. 따라서 무종자는 배추나 상추종자에 비해 비교적 큰 종자이므로 펠릿배율을 높더라도 유묘생장에는 큰 영향을 받지 않는 것으로 예측된다. 따라서 무에서는  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 로 펠릿하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

일반적으로 펠릿종자의 직경이 작을수록 출현율이 높은 경향이었는데 그 원인은 발아에 필요한 산소와 수분 공급을 펠릿층이 차단했기 때문으로 풀이된다.

일본의 펠릿 전문업체인 스미도모사는 펠릿직경을 작물에 따라 분류하였는데, 상추와 배추는 S형은( $2.5\sim 3.5\text{mm}$ ), 무는 LLL( $4.5\sim 6.0\text{mm}$ ) 형으로 펠릿하면 좋다고 하였다. 본 실험에서도 배추, 상추종자는  $\phi 3.0\sim 3.5\text{mm}$ , 무에서는  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 로 펠릿하는 것이 기계화 파종 및 묘출현과 유묘생장에 좋은 것으로 나타났다.

표 5.62. 작물별 펠렛배율이 묘출현율 및 생육에 미치는 영향

펠렛직경 (mm)	출현율 (%)	생육 30일			
		엽수	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)
배추					
2.0 ~ 2.5	96.6	12.3	364.9	14.4	73.2
2.5 ~ 3.0	94.8	12.2	352.5	14.8	72.6
3.0 ~ 3.5	94.9	12.2	358.6	14.2	72.5
3.5 ~ 4.0	92.0	11.2	328.4	14.0	72.6
4.5 ~ 5.0	97.4	12.4	376.2	14.4	72.9
무처리					
상추					
2.0 ~ 2.5	95.2	8.8	263.4	14.41	84.5
2.5 ~ 3.0	94.7	8.7	255.6	14.76	85.4
3.0 ~ 3.5	92.7	8.4	244.2	13.71	83.6
3.5 ~ 4.0	91.9	8.2	222.0	13.65	82.6
4.5 ~ 5.0	96.6	8.9	271.2	14.73	85.2
무처리					
무					
2.0 ~ 2.5	94.5	8.5	267.1	14.24	84.3
2.5 ~ 3.0	94.7	8.7	252.2	14.56	84.8
3.0 ~ 3.5	94.7	8.6	258.4	14.21	83.4
3.5 ~ 4.0	94.2	8.7	252.0	14.31	84.4
4.5 ~ 5.0	95.6	8.7	271.2	14.37	84.9
무처리					

종자펠렛 피복물질은 구조토. 접착제는 PVA 1% 용액임

## 7. 종자처리 매뉴얼 작성

### 가. 연구목적

종자산업은 유전공학기법의 활용으로 첨단과학기술 산업의 접목이 용이한 분야이며, 농업을 한 단계 더 도약시킬 수 있는 생명산업으로 인식되고 있다. 따라서 21세기에는 종자산업을 국가경쟁력의 새로운 원천으로 부상하기 위해서는 외국 기술을 답습하는 모방형 종자가공 기술을 탈피하여 순수 국내기술에 의한 종자처리 기술의 확보가 필요하다. 또한 자본, 기술 집약적 산업으로 인적자원이 풍부한 우리나라 실정에 적합한 산업이기도 하다.

본 연구는 지금까지 세부와 협동연구에서 개발된 기술을 토대로 각 채소작물별 종자처리 매뉴얼을 작성하여 산업체에서 활용할 수 있는 지침서를 마련하고자 하였다. 이러한 매뉴얼 바탕으로 종자산업체에서 고품질 우량종자의 생산기술을 구축할 수 있을 것이다. 이는 곧 국내 종자회사의 종자가공 기술을 한 단계 더 도약시키는 계기를 제공하고자 하였다.

### 나. 결과 및 고찰

지금까지 세부와 협동연구 과제에서 확립된 유용결과를 토대로 종자산업 현장에서 활용 가능한 종자처리 기술을 제시한 것은 표 5. 63에서 보는 바와 같다.

Priming 처리는 발아촉진을 위한 처리이며, 산업화에 활용할 수 있는 priming 처리조건은 작물에 따라 달랐다. 배추, 상추, 무는 50mM KNO<sub>3</sub> 용액에서 20℃에서 12시간 처리였다. 토마토는 100mM KNO<sub>3</sub> 용액으로 20℃에서 3일간, 고추는 200mM K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액 20℃에서 5일간, 수박은 150mM KNO<sub>3</sub> 용액으로 20℃에서 1일간 처리가 종자산업 현장에서 priming 처리의 지침서로 활용할 수 있는 조건이었다. SMP 처리물질은 모든 작물에서 calcium silicate가 좋았다. 배추는 calcium silicate에 50% 수분공급량을 공급하여 20℃에서 12시간, 상추 및 무는 calcium silicate에 50% 수분공급량을 공급하여 20℃에서 1일, 토마토는 calcium silicate에 50% 수분공급량을 공급하여 20℃에서 3일, 고추는 calcium silicate에 50% 수분공급량을 공급하여 20℃에서 5일, 수박 calcium silicate에 50% 수분공급량을 공급하여 20℃에서 4일이 산업체 활용할 수 있는 SMP 적정 조건이었다.

Bio control 처리조건은 토마토는 GB 5.0mM을 100mM KNO<sub>3</sub> 용액에 첨가하여 20℃에서 3일간 처리, 고추는 GABA 5.0mM을 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액에 첨가하여 20℃에서 5일간, 수박은 JA0.05mM을 100mM KNO<sub>3</sub> 용액에 첨가하여 20℃에서 1일간 처리가 종자산업체 활용할 수 있는 bio control 처리 지침서였다.

필름코팅의 처리조건은 모든 채소작물에서 동일하게 적용할 수 있었다. 필름 코팅 증량제는 talc, 접착제는 PVA 1%, 살균제는 베노람 250mg·L, 착색제는 수용 페인트 0.6%를 첨가하는 처리가 종자산업 현장에서 지침서로 활용할 수 있었다. 종자 생산에 적합한 물질은 diatomaceous earth(규조토) 였고, 접착제는 PVA 1%를 분사하는 것이 좋았다. 펠렛배율은 작물 종자의 크기에 따라 달리 하는 것이 좋으며, 산업화 활용될 수 있는 최적 펠렛배율은 배추, 상추는  $\phi$ 3.0~3.5mm, 무는  $\phi$ 4.5~5.0mm, 토마토는  $\phi$ 3.5~4.0mm, 고추는 펠렛배율을  $\phi$ 4.5~5.0mm로 하면 규격화된 펠렛종자 생산이 가능하였다.

누출성분 표지를 활용한 비파괴적 고품질 선별기술은 Mg, 아미노산 등 종자누출 성분이 고품질 종자를 선별할 수 있는 지침서로 활용할 수 있었다. 또한 초분광 영상 기술을 이용하면 저활력 종자, 병해립 등을 선별할 수 지침서로 활용 가능하였다

앞으로 채소종자는 기후변화의 영향으로 불량환경에 발아되는 경우가 많아질 것이다. 따라서 파종된 종자가 불량환경을 극복하고 안정재배를 위해서는 높은 발아력을 보유한 종자가 필요하다. 영농 현장에서는 작물의 생산성을 증대시키기 위해 고품질의 종자를 선호하고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해서 종자 업체는 고품질 종자의 생산이 필연적이다. 최근에는 농촌인구와 감소와 노력화로 파종과 모숙음 작업에 생력화 할 수 있는 고품질 펠렛종자가 요구되고 있다. 이와 같이 고품질 가공 종자의 요구도가 증가하고 있으나, 과학화, 표준화된 종자처리 매뉴얼이 마련되지 않아 규격화된 고품질 종자를 생산하는데 한계가 있었다.

따라서 종자산업체에서 손쉽게 이용할 수 있는 종자가공 처리의 매뉴얼이 필요하다. 본 실험에서는 채소종자를 고품질화 할 수 있는 priming, SMP, 필름코팅, 펠렛기술의 매뉴얼을 구축하였다. 이러한 종자가공 매뉴얼 개발로 국내의 종자가공 기술이 더욱 발전할 수 있는 계기가 되었으면 한다.

표 5.63. 채소종자별 종자처리 가이드

작물 가공기술		배추	상추	무
		Priming	50mM KNO <sub>3</sub> 용액 20℃에서 12시간	50mM KNO <sub>3</sub> 용액 20℃에서 12시간
SMP		물질 : calcium silicate 수분공급량: 50% 20℃에서 12시간	물질 : calcium silicate 수분공급량: 50% 20℃에서 1일	물질 : calcium silicate 수분공급량: 50% 20℃에서 1일
Bio control		-	-	-
필름코팅		증량제 : talc 접착제 : PVA 1% 살균제 : 베노람 250mg·L <sup>-1</sup> 착색제 : 수용 페인트 0.6%	증량제 : talc 접착제 : PVA 1% 살균제 : 베노람 250mg·L <sup>-1</sup> 착색제 : 수용 페인트 0.6%	증량제 : talc 접착제 : PVA 1% 살균제 : 베노람 250mg·L <sup>-1</sup> 착색제 : 수용 페인트 0.6%
펠렛종자		피복물질 : 규조토 접착제 : PVA 1.0% 펠렛배율:φ3.0~3.5mm	피복물질 : 규조토 접착제 PVA 1.0% 펠렛배율:φ3.0~3.5mm	피복물질 : 규조토 접착제 PVA 1.0% 펠렛배율: φ4.5~5.0mm
선별 기술	누출 성분 표지	종자 누출량 결정 (Mg, 아미노산)	종자 누출량 결정 (Mg, 아미노산)	종자 누출량 결정 (Mg, 아미노산)
	초분광영상	VIS/NIR 초분광 이미징 시스템	VIS/NIR 초분광 이미징 시스템	VIS/NIR 초분광 이미징 시스템
작물 가공기술		토마토	고추	수박
Priming		100mM KNO <sub>3</sub> 용액 20℃에서 3일간	200mM K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 용액 20℃에서 5일간	150mM KNO <sub>3</sub> 용액 20℃에서 1일간
SMP		물질 : calcium silicate 수분공급량: 50% 20℃에서 4일	물질 : calcium silicate 수분공급량: 50% 20℃에서 4일	물질 : calcium silicate 수분공급량: 50% 20℃에서 4일
Bio control		GB 5.0mM 20℃에서 100mM KNO <sub>3</sub> 용액으로 3일	GABA5.0mM 20℃에서 100mM K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 용액으로 5일	JA0.05mM 20℃에서 150mM KNO <sub>3</sub> 용액으로 1일
필름코팅		증량제 : talc 접착제 : PVA 1% 살균제 : 베노람 250mg·L <sup>-1</sup> 착색제 : 수용 페인트 0.6%	증량제 : talc 접착제 : PVA 1% 살균제 : 베노람 250mg·L <sup>-1</sup> 착색제 : 수용 페인트 0.6%	증량제 : talc 접착제 : PVA 1% 살균제 : 베노람 250mg·L <sup>-1</sup> 착색제 : 수용 페인트 0.6%
펠렛종자		피복물질 : 규조토 접착제 PVA 1.0% 펠렛배율:φ3.5~4.0mm	피복물질 : 규조토 접착제 PVA 1.0% 펠렛배율:φ4.5~5.0mm	-
선별 기술	누출 성분 표지	종자 누출량 결정 (Mg, 아미노산)	종자 누출량 결정 (Mg, 아미노산)	종자 누출량 결정 (Mg, 아미노산)
	초분광영상	VIS/NIR 초분광 이미징 시스템	VIS/NIR 초분광 이미징 시스템	VIS/NIR 초분광 이미징 시스템

## 8. 펠렛종자의 대량생산 기술 확립

### 가. 연구목적

선진국에서는 고품질의 종자를 생산하여 종자를 첨단 가공 기술을 이용하여 부가가치를 상승시키고 있는데 펠렛처리 기술은 미국의 Incotec과 일본의 스미도모사가 선도하고 있으며, 발아촉진 및 무병화 처리기술은 신젠타, 사카다 및 다끼이 등의 세계적인 종묘회사들의 기술이 앞서 있고, 선진국들의 고품질 가공종자의 수요가 매년 증가추세에 있고 국내 시장에도 판매가 되고 있다.

현재 우리나라의 종자 가공 기술 중에서 종자에 컬러를 입히는 필름 코팅 종자들은 오래 전부터 각 종묘회사에서 상용화가 상당히 진행되어 왔다. 펠렛종자의 경우는 상추, 참깨 등을 상품으로 판매하는 단계에 있으며 소립 종자를 펠렛하는 것이 아니고 종자의 특성상 크기가 작아 과중시에 노동력의 증가에 따른 비용 상승으로 농비절감을 위해 선호하고 있다. 일부 외국계 기업에서는 종자의 특성상 크기가 작은 종자가 아닌 생산 등의 문제로 인해 폐기되는 소립종자가 발생하는데 이를 priming 처리하여 발아력을 증대시킨 후 펠렛하여 판매를 하기도 한다.

지금까지 알려져 있는 펠렛방법으로는 펠렛물질 사이에 종자를 넣어 찍어내는 stamping, 펠렛물질과 접착제를 혼합한 현탁액을 기계 밑에서 분무하면서 종자에 현탁액이 부착되도록 하는 slurry 펠렛, 또는 종자를 기계 내에서 회전시키면서 접착제를 종자에 분무하고 이어서 분말로 된 펠렛물질을 첨가하는 rolling machine 방법이 있다.

펠렛기술이 발달된 선진국에서는 크기가 작은 종자도 펠렛 하나에 종자가 1개씩 포함되도록 만드는 상당히 높은 수준의 기술이 개발되어 있지만 그 기술은 대부분 극비 사항으로 일반에 공개되지 않고 있다. 따라서 독자적으로 개발된 국내기술은 핵심 무기화 할 수 있을 것이며, 이는 곧 국제경쟁력 확보로 이어질 수 있다. 본 연구는 펠렛종자의 대량생산에 적용될 수 있는 펠렛제조 기술을 타진하여 저비용 고효율 펠렛공정 기술을 확립하는데 있다.

### 나. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 공시작물은 배추(신통노랑, 현대종묘) 종자였다. 배추종자를 펠렛제조하기 위해 사용된 피복물질은 diatomaceous earth 였고, 접착제로는 PVA(1%) 였다. 종자 펠렛제조 방법은 rolling machine 이었다. 대량생산에 적합한 펠렛공정 기술을 확립하기 위해 (1) 회전하고 있는 펠렛 드럼내에 종자와 펠렛 피복물질을 서서히 공급하면서 접착제를 공급하는 방식과 (2) 펠렛 제조기내에 접착제 + 펠렛 피복물질 + 종자를 혼합한 후 접착제를 분무하는 방법을 비교하여 펠렛공정의 효율성과 대량생산 가능성을 검정하였다.

조사항목은 펠레공정의 효율성, 빈 종자, 2립 종자, 3개 이상 응집되어 있는 입단화 종자 정도를 조사하였다.

### 다. 결과 및 고찰

펠렛종자가 실용화되기 위해서는 대량 공정기술의 확립과 더불어 펠렛종자를 고품질화 할 수 있

는 방법이 개발되어야 한다. 표 5. 64는 펠릿공정 방법을 달리하여 펠릿 소요시간, 펠릿형성능, 펠레 종자내에 종자 없는 빈 종자, 2립 종자가 포함된 펠릿종자, 펠릿종자들이 응집되어 입단종자 정도를 조사하였다.

펠릿제조 방법 중 회전하고 있는 펠릿 드럼내에 종자를 넣고 이어서 접착제와 펠릿 피복물질을 서서히 공급하는 방법과 접착제 + 피복물질 + 종자를 혼합 한 후 수분을 공급하여 펠릿종자를 제조하는 방법간에 효율성을 비교하였다.

지금까지 펠릿제조 방법은 회전하고 있는 펠릿제조기에 종자를 넣고 이어서 접착제와 피복물질을 서서히 첨가는 공정방법이 대부분이 있었으나 이러한 방법은 접착제를 조성해서 사용해야 하는 불편함이 뒤따른다. 또한 펠릿 제조 후 남은 여분의 접착제들을 저장하는 과정 중에 변질되거나 오염될 확률이 높았다. 그러나 피복물질+ 접착제 + 종자를 혼합한 후 수분을 공급하면서 펠릿을 제조하는 방법은 접착제를 별도로 조성할 필요가 없기 때문에 펠릿공정 시간이 단축되는 이점이 있었다. 그러나 전반적으로 펠릿종자를 제조하는 과정중에 펠릿형성능이 불량하였고, 빈 종자와 2립 종자 및 입단종자의 비율이 높았다. 따라서 펠릿종자의 대량생산에 적용될 수 있는 제조기술은 펠릿제조기에 종자를 넣고 이어서 접착제와 피복물질을 서서히 첨가하는 공정방법이었다.

표 5.64. 펠릿공정 방법에 따른 펠릿종자의 제조시간, 펠릿형성능력, 빈종자, 2립종자, 입단종자 형성에 미치는 영향

펠릿방법	펠릿 시간 (분)	펠릿 형성능	빈종자 (%)	2립종자 (%)	입단종자 (%)
피복물질+ 접착제 + 종자 혼합한 후 수분공급	20	+	17	5	3
피복물질 공급 후 접착제 분사방식	30	++	1.2	1	0

펠릿형성능 : \* 좋음, \*\* 아주 좋음

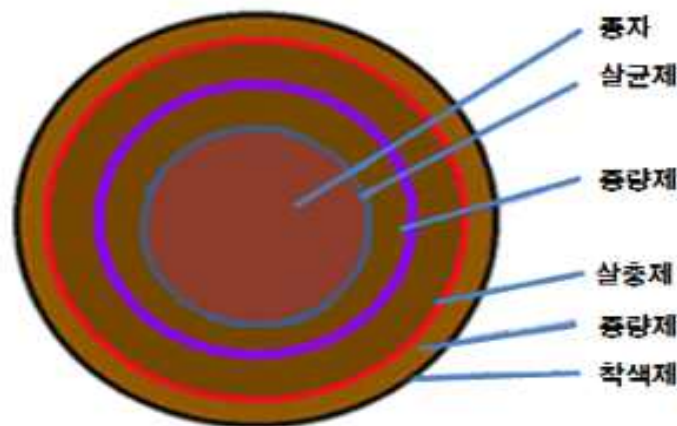


그림 5. 13. 펠릿제조 공정 제조과정

배추에서 펠릿종자를 생산하는 공정과정은 그림 5.13에서 보는 바와 같다. 나종자를 펠릿 드럼내

에 넣고 살균제를 처리한 후 증량제인 규조토를 지속적으로 첨가하여 종자크기를 증가시킨다. 또한 펠렛 형성의 중간단계에 살충제를 공급한 후 이어서 증량제를 지속적으로 공급하여 종자 외형을 증가시킨다. 종자크기에 시판 할 수 있는 규격에 도달하면 착색제를 처리하여 외관을 표면을 부드럽게 하면 시각적 효과를 높인다.

## 9. 펠렛종자의 저장성 검정

### 가. 연구목적

상추와 배추, 참깨, 파, 양파 등은 종자크기가 작아 파종기 사용이 어렵다. 펠렛종자를 제조하는 목적은 입자선별에서 소립으로 분류된 종자, 종자형태가 불균일하여 기계화 파종에 어려움이 있는 종자를 피복 재료를 부가하여 종자의 크기를 인위적으로 증가시킨 것이다. 우리나라의 경우 산업화가 진행됨에 따라 농촌의 노동력의 부족과 노동임금의 상승, 노동시간의 단축 등 여러 가지 이유로 기계화 파종이 가능한 농가와 육묘장이 증가하고 있어 앞으로 펠렛종자의 수요는 늘어갈 전망이다. 본 연구는 펠렛제조 후 저장성을 검정하여 펠렛종자의 산업화를 위한 기초 정보를 활용하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 펠렛제조 공정

펠렛종자를 제조하기 위해 사용된 배추 종자는 2012년 7월에 입고된 '추석황' 배추(현대종묘)였고, 입자 선별하여 분류된 소립종자를 펠렛종자 제조용으로 사용하였다. 상추종자는 2011년에 입고된 '열강적치마' 상추(현대종묘)를 사용하였다.

배추종자는 원형에 가까워 성형한 것이 유리할 것으로 판단되었고, 상추종자는 많은 농가에서 가장 많이 펠렛한 종자를 사용하기 때문이다. 펠렛제조 과정은 부산대 강점순 교수의 방법을 채택하여 초기, 중기, 후기로 나누고 초기에는 종자의 표면에 직접 닿아 생길 수 있는 기계적 손상을 최소화시키기 위해 원통형의 펠렛기계를 60~70 rpm 정도로 저속으로 하여 표면에 펠렛 피복물질을 살짝 입히고, 중기에는 100~150rpm 정도로 펠렛종자의 크기를 키우고, 후기에는 펠렛종자의 표면을 매끈하고 경도를 높이기 위하여 400~500 rpm의 고속으로 처리하여 펠렛팅하였다. 접착제는 PVA (polyvinyl alcohol)를 사용하였으며, 펠렛초기에는 0.5%의 용액을 사용하여 종피에 부드럽게 입히고 중기에는 1.0%의 용액을 사용하여 펠렛종자의 크기를 키우고, 후기에는 경도 강화를 위하여 2.0% 용액을 사용하였다. 고형물질은 규조토 및 탈크 등을 사용하였다. 펠렛제조 공정은 원통형의 기계에 종자를 소량 넣고 PVA 용액을 분무하고 고형물질을 서서히 첨가시켜 크기를 키우는 방식으로 제조하고 제조 후에는 3시간 동안 음건하고 보관하였다.

#### (2) 펠렛종자의 저장성

펠렛종자의 저장성 조사는 펠렛제조된 종자를 5℃의 냉장보관과 20℃의 항온항습실 그리고 실온에서 각각 보관하고 1개월, 2개월, 3개월마다 샘플을 채취한 후 petridish(100×15mm)에 흡습지

(Whattman No. 2)를 1매 깔고 100립의 종자를 3반복으로 치상한 후 발아력을 조사하였다.

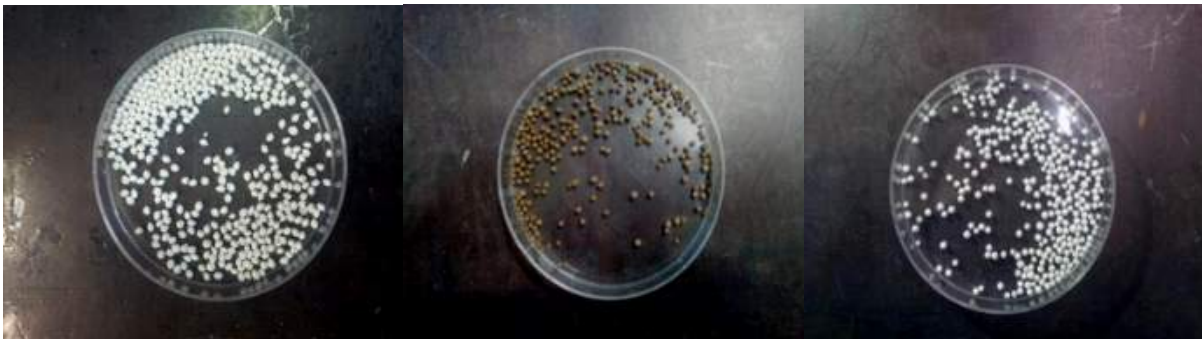
발아온도는 배추는 30℃, 상추는 20℃의 항온기에서 발아력을 검정 하였다. 발아세는 종자를 치상한 후 상추는 72시간, 배추는 24시간째에 조사하였고, 최종발아율은 상추는 120시간, 배추는 48시간째에 조사하였다.

### (3) 펠렛종자의 재배 특성 검정

2014년 4월 18일 규조토로 상추 종자를 펠렛하여 4월22일 경기도 화성에 소재하는 동부한농종묘농약사에 분양하여 비교 시험을 의뢰하였다. 대비종인 네덜란드에서 수입된 펠렛종자 였다.

### 다. 결과 및 고찰

펠렛의 목적은 기계화 파종을 용이하게 하는데 있다. 따라서 과립형성 과정에서 크기를 균일하게 하는 과정이 매우 중요하다. 성형과정 중간에 원하는 크기의 과립이 형성되면 일정한 크기로 타공된 채망에 거르고, 걸러진 과립은 따로 음건을 한다. 나머지 채망 아래로 떨어진 소형 과립들은 계속해서 펠렛하는 방식으로 종자의 성형이 일정한 크기로 완전히 이루어질 때까지 펠렛을 해야만 균일한 크기의 과립들을 얻을 수 있었다. 또한 마지막 처리 과정에서의 과립의 경도 문제도 해결해야 할 중요한 부분으로 이런 경도 문제가 해결되지 않으면 짧은 거리를 이동할 때도 흔들림이나 약한 물리적인 힘이 가해졌을 때 쉽게 바스러지거나 깨지는 상황이 발생할 수 있다.



Talc로 펠렛한 상추종자      규조토로 펠렛 배추소립종자      Talc로 펠렛한 배추소립종자  
그림 5.14. 상추, 배추 종자를 규조토와 Talc 피복물질로 제조된 펠렛종자

또 해결해야 하는 난제 중 하나 건조 과정인데, 모든 펠렛제조 과정에서는 실패를 하더라도 각각의 단계마다 다시 성형을 시작할 수 있지만 성형이 끝난 후 마지막 단계인 건조에서 실패할 경우 사용했던 종자는 모두 버릴 수밖에 없고 다시 펠렛제조 해야 하기 종자와 시간의 낭비가 생긴다.

아래 그림 5.15와 같이 pellet 후 건조 과정에서 발아가 되거나 바스러지고 갈라져서 판매를 하지 못하는 경우가 발생하게 되는데 이는 많은 시간과 종자를 낭비하게 됨으로 비용이 상승하는 요인이 될 것이고, 이것은 회사나 소비자 모두에게 바람직하지 못하다 할 것이다. 따라서 건조 과정은 매우 중요한 부분이다.





그림 5.15. 이동 중 바스러진 상추 펠릿종자



그림 5.16. 펠릿제조 후 발아가 되거나(좌) 갈라진 배추종자(우)

### (1) 펠릿종자의 저장성

펠릿종자는 건조와 습도, 온도 등 다양한 발아환경에서도 높은 발아력을 유지하여야만 실용화가 가능하다. 펠릿종자의 발아율은 저장기간에 큰 영향을 받았다. 상추종자의 경우 펠릿직후의 발아세는 나종자보다 14% 높았지만 그 이후 1개월 후부터는 급격히 발아가 감소하여 발아세가 18% 이하로 저하되었다. 2개월이 경과한 시점에서는 발아율이 5%도 되지 않았으며 3개월에서는 0%였다. 이는 펠릿과정에서 흡수된 수분 때문이라고 판단된다. 발아율이 저하되는 여러 가지 이유 중 기공성의 억제인 것으로 사료된다. 또한 과립형성을 위해 사용되는 피복물질의 입자크기와 과립의 크기가 펠릿종자의 발아력에 영향을 주는 것으로 판단된다. 과립의 균일도도 중요하지만, 원하는 크기만큼 정확하게 과립을 성형하는 기술도 중요하다. 이를 위해서는 오랜 시간 숙련이 필요할 것으로 보여진다.

표 5.65. 5°C에 저장된 펠릿종자의 발아성 검정

품목	펠릿처리	펠릿 직후		1개월		2개월		3개월	
		세	율	세	율	세	율	세	율
배추	12-pellet1	100	100	88	91	3	8	0	0
	12-pellet2	99	100	90	93	12	13	0	0
	12-pellet3	100	100	85	87	7	17	0	0
	12-Un-pellet1	100	100	98	99	98	100	99	100
	12-Un-pellet2	100	100	99	100	98	98	98	99
	12-Un-pellet3	99	100	99	100	98	99	99	100
상추	11-pelleting1	87	91	12	56	1	3	0	0
	11-pelleting2	86	99	18	47	0	5	0	0
	11-pelleting3	89	99	9	47	0	4	0 &lt;td&gt;0             &lt;/td&gt;         &lt;/tr&gt;         &lt;tr&gt;             &lt;td&gt;11-Un-pellet1             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;83             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;94             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;84             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;95             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;84             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;93             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;85             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;90             &lt;/td&gt;         &lt;/tr&gt;         &lt;tr&gt;             &lt;td&gt;11-Un-pellet2             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;85             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;97             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;89             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;97             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;86             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;95             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;78             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;91             &lt;/td&gt;         &lt;/tr&gt;         &lt;tr&gt;             &lt;td&gt;11-Un-pellet3             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;75             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;96             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;87             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;98             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;85             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;95             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;89             &lt;/td&gt;             &lt;td&gt;95             &lt;/td&gt;         &lt;/tr&gt;     &lt;/tbody&gt; &lt;/table&gt; </div <div data-bbox="256 1023 1334 1709" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="397 1709 1185 1751" data-label="Caption"> <p>그림 5.17. pellet 종자와 un-pellet 종자의 발아 비교 시험</p> </div> <div data-bbox="142 1805 1458 1986" data-label="Text"> <p>그림 5.17은 펠릿과정이 완전하지 않아 크기가 작고 경도가 약한 상추 펠릿종자 성형 직후에 음건하고 다음날 치상하여 발아조사 한 것으로 발아에 큰 차이가 없고 피복물질은 흡수하는 순간 녹아버렸다. 이는 피복물질의 물리적 특성이거나 마지막 성형과정에서 접착제의 량이 작았거나 치밀하게 성형하지 못했다는 것을 보여 주는 것이라 생각한다.</p> </div> <div data-bbox="732 2103 849 2141" data-label="Page-Footer"> <p>- 609 -</p> </div>	

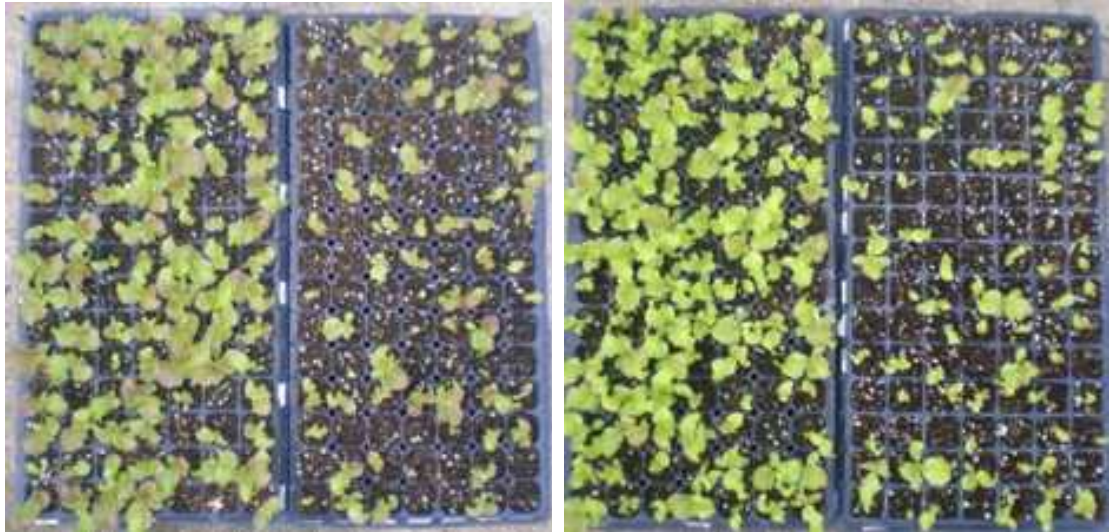


그림 5.18. 펠렛 처리(우측 트레이) 1개월 후의 상추 발아

표 5.66. 20℃에 저장된 펠렛종자의 발아성 검정

품목	펠렛처리	0		1달		2달		3달	
		세	율	세	율	세	율	세	율
배추	12-pellet1	99	100	68	89	7	7	0	0
	12-pellet2	100	100	76	88	11	12	0	0
	12-pellet3	99	100	77	81	9	15	0	0
	12-Un-pellet1	100	100	99	99	98	99	98	99
	12-Un-pellet2	99	100	98	98	97	98	96	100
	12-Un-pellet3	100	100	97	99	98	99	97	98
상추	11-pelleting1	85	100	15	46	0	1	0	0
	11-pelleting2	84	97	16	46	0	3	0	0
	11-pelleting3	87	99	6	58	0	4	0	0
	11-Un-pellet1	88	98	83	94	90	91	80	92
	11-Un-pellet2	84	100	85	98	89	90	85	99
	11-Un-pellet3	86	98	77	97	73	93	89	95

그림 5.18은 펠렛한 종자를 20℃에서 1개월 저장 후 상토에서 발아 조사한 것으로 각 그림의 우측 트레이에 나타난 것처럼 나중과 비교해서 발아에 많은 차이가 있었다.

표 5.65~5.67에서 펠렛한 상추종자는 저장 1개월 후 발아세가 급격히 떨어졌다. 펠렛한 배추 종자는 Lot별 5℃에서 최대 15%의 발아세가 감소되었고, 20℃에서는 최대 31%, 실온 저장한 종자는 최대 30%가 감소하였으나 발아율은 평균 10% 내외의 발아세 보다는 차이가 적었다. 이는 종자의 특성에 기인하는 것으로 보여지며 배추종자가 상추종자보다 활력이 좋다는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 상추종자와 배추종자의 경우 생산된 해로부터 3년까지는 문제없이 사용이 가능했다(온도20℃, 상대습도 30%에 설정된 참고에 보관). 펠렛종자는 펠렛제조한 일로부터 파종될 때까지 3~4개월이 소요될 것으로 예측되고 길게는 6개월까지 효과가 유지가 되어야 추후에 발생할 수 있는

분쟁을 막을 수 있을 것으로 예측된다.

표 5.67. 실온 저장된 펠릿종자의 발아성 검정

품목	펠릿처리	0		1달		2달		3달	
		세	율	세	율	세	율	세	율
배추	12-pellet1	99	100	75	89	10	11	0	0
	12-pellet2	98	100	85	87	7	9	0	0
	12-pellet3	98	100	68	88	8	19	0	0
	12-Un-pellet1	100	100	97	98	98	99	100	100
	12-Un-pellet2	99	100	97	99	99	100	99	99
	12-Un-pellet3	99	100	96	100	96	97	97	99
상추	11-pelleting1	83	99	8	50	1	7	0	0
	11-pelleting2	81	98	7	49	0	4	0	0
	11-pelleting3	85	100	5	60	0	3	0	0
	11-Un-pellet1	85	100	75	95	89	95	84	97
	11-Un-pellet2	83	100	78	95	73	90	84	90
	11-Un-pellet3	80	100	89	93	80	96	78	95

상추종자는 표 5.65~5.67 에서 알 수 있듯이 나종자는 저장 3개월이 경과하더라도 발아세와 발아율의 변화가 없었다. 펠릿종자 또한 펠릿직후에는 나종자와 차이가 없었지만 저장 1개월 후부터 발아세가 50% 이하로 감소하였고, 저장 2개월 후 부터는 완전히 발아력을 상실하였다. 이는 종자들이 과다한 호흡으로 인한 발아 에너지원으로 이용될 저장양분의 소모에 의한 것으로 보여 진다. 또한 펠릿제조하는 과정에서 종자들이 기계적 손상을 받았거나 피복물질의 기공성 확보 여부, 건조과정에서 문제 등이 있는 것으로 생각된다.

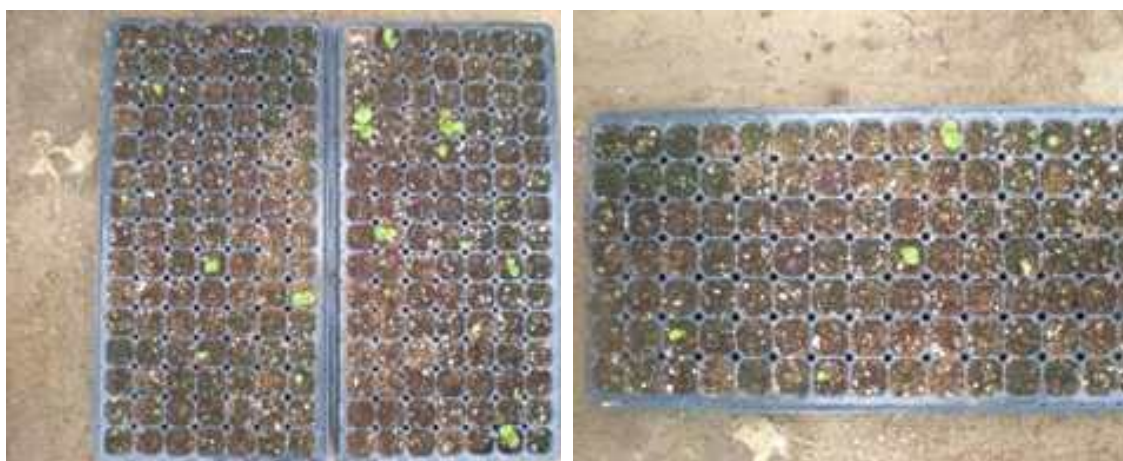


그림 5.19. 펠릿 처리 2개월 경과한 상추 발아



그림 5.20. 펠렛 후 2주 경과한 상추의 발아실험(좌측: 펠렛종자, 우측:나종자)

그림 5.20은 그림 5.19와는 다른 Lot로 펠렛한 후 2주가 경과한 후 상토에서 발아한 실험으로 시중에 판매되고 있는 펠렛종자 보다는 완성도가 많이 떨어지고 오른쪽 나종자에 비교해서 발아율이 10% 이상 낮게 출현하였다.

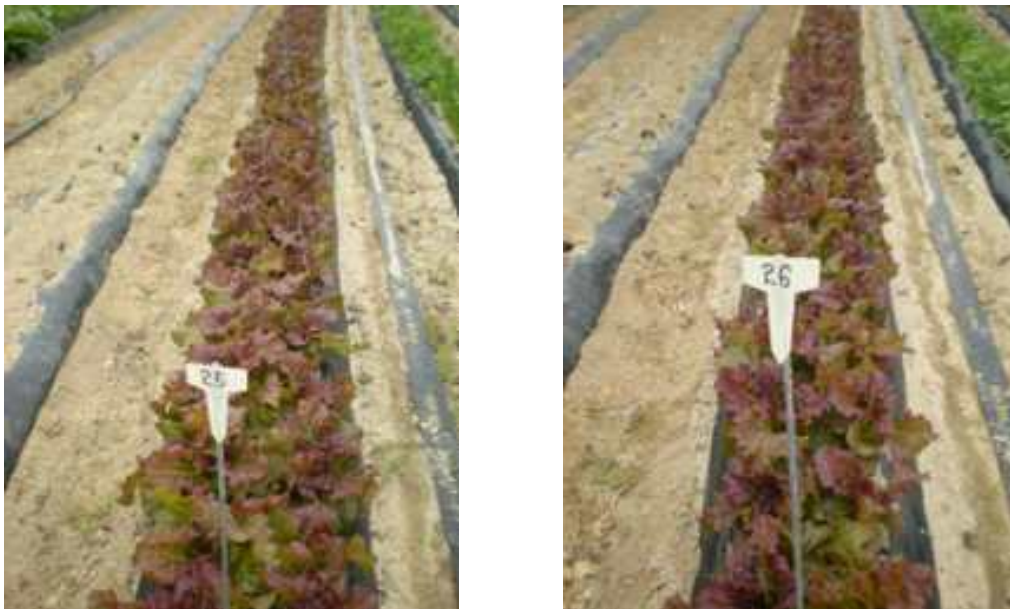


그림 5.21. 상추 펠렛종자의 생육비교 나종자:(좌) 펠렛종자:(우)

그림 5.21은 펠렛 후 1개월이 경과한 시점에서 파종한 상추 종자로 상토 발아에서 50% 정도만 발아 하였지만 시험 목적은 펠렛종자의 생육에 미치는 영향을 조사하고자 하였기에 파종부터 수확기 까지 조사한 것이다. 전 생육과정에서 나종자보다는 모의 크기가 조금 작았으나 그 외에는 다른 차이점은 없었다. 이러한 결과들은 펠렛제조 종자는 발아에만 문제가 있고 종자 본연의 특성에는 영향을 끼치지 않는다는 것을 시사하고 있다.

## (2) 펠릿종자의 재배상 특성 검토

그림 5.33는 2014년 4월 18일 구조토로 상추 종자를 pellet 하여 4월22일 경기도 화성에 소재하는 동부 한농종묘농약사에 분양하여 비교 시험을 의뢰한 것으로 파종 후 14일이 경과한 모습이다. 좌측 트레이는 농가에서 기존에 계속 사용하던 타사의 펠릿한 적축면 상추이고 우측 트레이가 현대종묘의 홍미적축면 상추이다. 72구 플러그트레이에 홍미적축면 상추를 5판 파종했으며, 나머지는 대비종 품종이다. 현대종묘의 펠릿종자의 발아가 다소 빠른 것처럼 보이나 펠릿 한 후 5일 만에 파종하였고 대비종인 제품은 네덜란드 품종이었다.



그림 5.22. 농가에서의 발아력 비교 시험

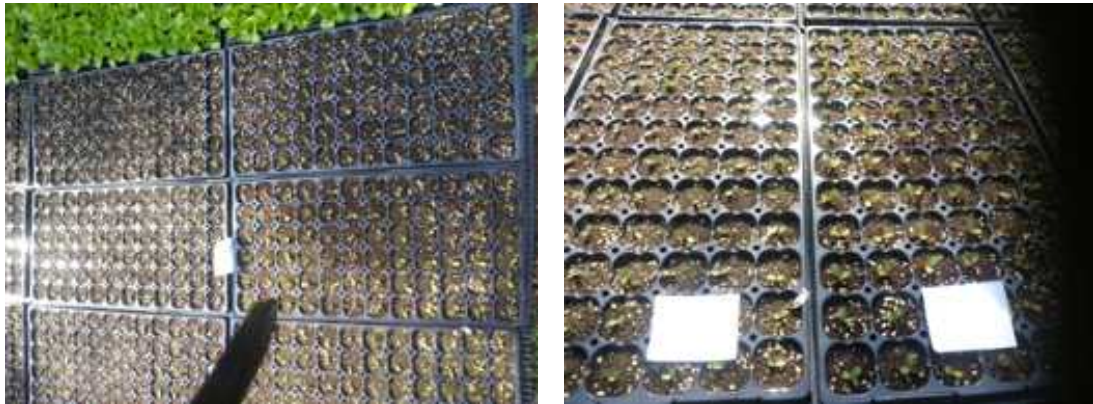


그림 5.23. 홍미적축면과 타사의 대비종 비교 시험(좌 : 타사 대비종 우 : 홍미적축면)



그림 5.24. 현대종묘와 타사 대비종의 파종3주 모습(좌) 홍미적축면 파종트레이(우)

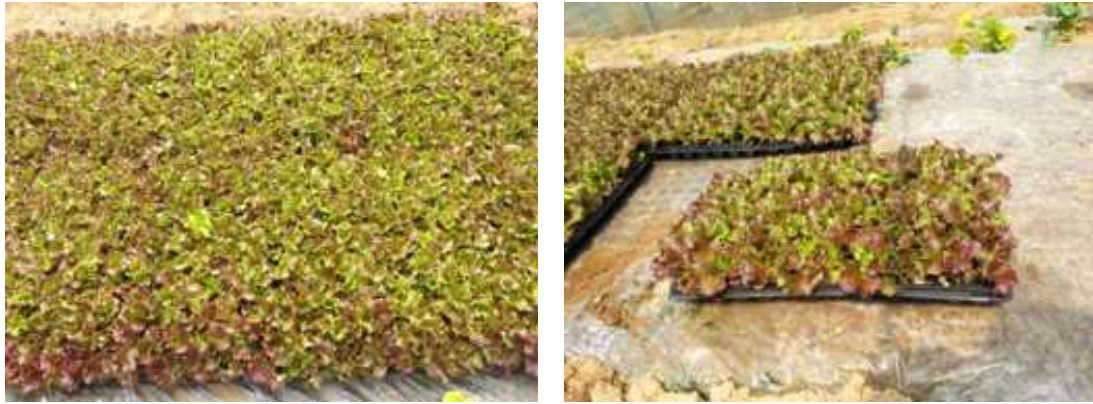


그림 5.25. 정식 전의 상추

그림 5.24는 2014년 4월 23일 파종하여 3주가 경과한 것으로 펠렛한 '홍미적측면' 상추(좌측 아래)와 펠렛한 타사 대비종 상추(좌측 위)의 모습이다. 우측 사진은 현대종묘의 '홍미적측면' 상추의 트레이 사진으로 대비종과 비교하여 생육에는 문제가 없었고, 그림 5. 25의 정식기 까지 종자의 특성을 잘 나타내고 있다.



그림 5.26. 정식 후 20일 경과한 홍미적측면 상추

그림 5.26은 정식 후의 '홍미적측면' 상추이며, 정식 후 20일이 경과하여도 활착부터 생육까지 종자의 특성에 아무런 문제가 없음을 보여 주고 있다.

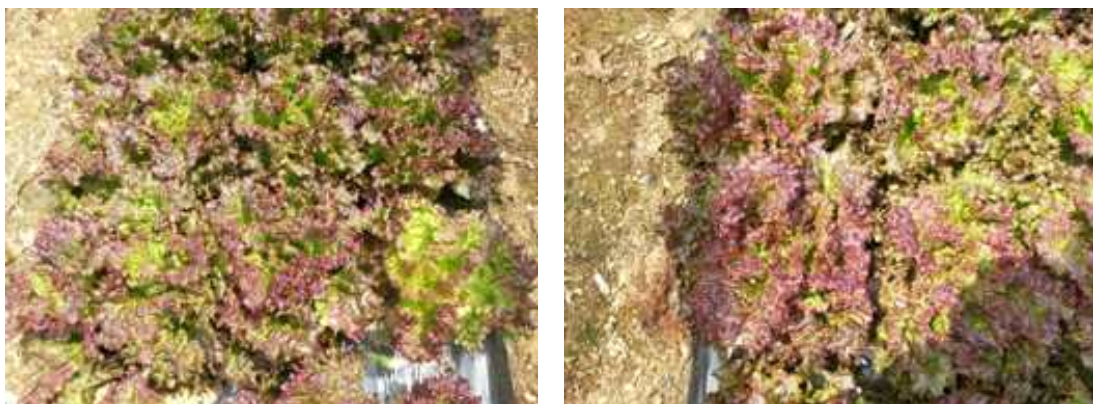


그림 5. 27. 수확 전의 적측면 상추

그림 5.27은 수확 직전의 모습으로 왼쪽이 타사 대비종 펠렛상추이고, 오른쪽이 펠렛한 '홍미적측면' 상추이다. 종자의 특성상 품종의 차이는 보이지만 펠렛의 영향은 없었다. 위의 그림 5.22~5.27까지는 '홍미적측면' 상추와 타사의 대비품종간의 파종부터 정식 후 수확까지의 전 생육과정에서 적측면 상추의 특성을 제대로 나타내었다.



그림 5.28. 타사 대비종 pellet 상추 종자의 파종

그림 5.28은 현대종묘의 '홍미적측면' 상추와 동시에 72구 파종기에 넣고 파종을 준비하는 타사 대비종 펠렛종자이다. 크기가 균일하고 형태가 현대종묘의 펠렛종자보다 원형이었으며, 파종기의 사이즈에 맞추어 1구에 1립씩 고르게 파종되고 갈라지거나 부러지는 펠렛종자는 없었다.



그림 5.29. 현대종묘의 펠렛한 홍미적측면 상추의 파종 모습



그림 5.29는 '흥미적측면' 상추를 72 파종기에 1립씩 파종하는 모습이다. 왼쪽 위부터 시계방향이 파종 순서이며, 72구 파종기에 일정량의 종자를 넣고 흔들어서 구멍에 종자가 고르게 펼쳐질 때 파종기를 살짝 기울여 구멍에 들어간 종자를 제외하고 나머지 종자는 밖으로 빼어 낸다. 펠렛제조한 '흥미적측면' 상추종자 크기는 파종기의 사이즈 3.6mm보다 작은 2.6mm의 크기로 수송 과정에서 오는 충격은 견딜 만한 정도를 가지고 있다. 그러나 1구에 2~3립씩 들어가는 경우(그림 5.28 우측 상)가 많았다. 이를 빼기 위해 물리적인 힘을 가하면 펠렛종자가 갈라져 피복물질이 떨어지는 경우도 발생하였다(그림 5.28. 下).

펠렛종자의 크기는 성형 과정에서 원하는 크기만큼 키우는 것은 가능하며, 펠렛종자의 경도 문제도 해결해 나가고 있다.

## 10. Bio-control, 비파괴 선별된 고품질 종자 및 가공종자의 산업화

### 가. 연구목적

종자처리 중 priming 처리는 불량환경조건에서도 발아력을 증강시키는 종자처리이며, 선진국의 종묘회사에서는 priming 처리된 종자를 시판하고 있다. 따라서 현대종묘에서 확보하고 있는 priming 처리기술과 협동2과제(경상대)에서 확립된 priming 기술을 조합하여 작물별 priming 조건을 구명한 후 고품질의 priming 종자를 시판할 계획이다. 종자의 priming 처리는 발아기간의 단축 및 포장출현율의 향상, 모출현의 균일성 및 규격모 향상에 유효하다. 펠렛종자는 기계화 파종이 가능한 가공종자이므로 발아력이 다소 감소하는 문제점이 나타날 수 있으나, 발아촉진 처리된 priming 종자를 펠렛하여 산업화를 추진할 계획이다. 현재까지 현대종묘의 펠렛종자는 수입산에 비해 발아력이 낮은 문제점이 있었으나, 세부1과제(부산대)에서 개발한 펠렛공정 기술을 이전 받아 고품질의 펠렛종자를 생산한다면 발아율을 향상시킬 수 있어 수요가 급증할 것으로 예상된다.

최근 종자요구도가 다양하여 종자이용 목적에 따라 친환경으로 종자처리 요구도가 증가하고 있다. 협동2과제(경상대)에서 확립된 Bio-control 처리기술을 응용하여 현장실증 검정을 거친 후 재배목적에 따라 재배용, 식물공장용, 새싹채소용으로 세분화 할 필요가 있다. 이럴 때 새싹재배용인 경우 bio control 종자 사용이 필수적이다. 우량종자를 선별하는 기술은 국내 종자업체에서 가장 취약한 분야이다. 비파괴적으로 종자를 선별하는 기술은 종자산업 현장에서 고품질의 종자를 획득하여 종자의 부가가치를 향상시킬 수 있는 첨단 기술이다. 협동1과제(대구대)에서 개발된 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술의 도입은 종자산업 현장에서 반드시 필요한 부분이며, 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 선별기술의 도입도 반드시 필요하다. 따라서 현대종묘 본 과제를 통해 얻어진 개발된 기술을 바탕으로 priming 종자, 펠렛종자, bio-control 종자를 산업화를 추진하며, 아울러 비파괴적 선별을 기술을 종자가공 생산현장에 도입하여 고품질 종자를 생산하고자 한다.

### 나. 연구결과

현대종묘에서는 priming 처리를 일부 작물에만 적용하여 소량 실시하던 것을 과제 시작부터 경상

대의 처리기술을 이전 받고 처리기술을 보완하여 현재까지 처리량과 앞으로의 처리량을 예측한 것이다(표 5.68). 2013년 처리종자는 2014년 공급을 목적으로 한 것이고, 2014년의 예상량은 이듬해 공급될 종자량을 예측한 것이다.

참박종자는 기존에는 소량 실시했으나 과제 2차년부터 높은 인지도를 확보하였고, 2013년에 처리한 물량이 800kg 였다. 2015년도 수주 받은 물량이 1,500kg으로 전년도에 비해 2배 증가하여 priming 처리를 해야 하는 물량은 매년 증가하고 있다. 따라서 과제종료 시점으로부터 3년 후에는 priming 공급량이 4배 이상 증가할 것으로 예상되어 생산량을 확보중에 있다.

참박 종자와 비교하여 상대적으로 공급량이 미비한 수박 종자는 처리량이 많지는 않았으나 현재 priming 처리 후 공급된 종자의 작황이 안정되어 많은 호평을 받고 있다. 수박과 대목종자는 접목 때문에 세트로 공급하는 경우가 많고 일반 농가보다는 전문재배 농가가 많아 받아들여의 의미보다는 받아들여의 의미가 큰 것으로 확인되었다. 현재 70kg의 수박을 처리하여 공급하였으나 priming 처리 종자의 신뢰도가 높아져 2015년부터는 판매 물량이 늘어날 것으로 예측되어 전 수박 품종을 priming 처리하여 현재의 처리량보다 4배 이상 많은 처리량을 공급할 계획을 가지고 있다.

표 5.68. 과제 수행 중 적용한 priming 처리량과 향후 처리 계획

품목	Priming 처리량						과제 후 증감율
	실제 처리량			처리 예상량			
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
참박	200	420	800	1,500	2,000	3,000	375%
수박		20	70	100	200	300	429%
고추		30	30	50	100	100	333%
토마토		3	15	20	30	50	1660%
계	200	473	915	1,670	2,330	3,450	377%

고추는 국내재배 작물 중 아주 중요한 작물으로써 거의 모든 농가에서 양적 차이가 있을 뿐 재배를 하고 있는 품목이다. 그러나 종자업계의 후발 주자들이 너무 많고 대부분의 종자회사가 출범부터 고추 판매에 사력을 다하고 있어 실제 매년 판매량이 줄고 있다. 2013년에 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> priming 종자를 농가에 공급하여 높은 호응도를 얻었고, 그 기술을 바탕으로 처리량을 늘려 나갈 계획이다.

토마토 종자는 대부분 대기업과 일부 수입업자가 공급량을 주도 하고 있는 품종으로 중소기업이 판로를 개척하기가 쉬운 작물은 아니다. 협동 2과제인 경상대학교에서 KNO<sub>3</sub> 처리방법과 현대종묘가 보유하고 있던 SMP 처리법을 적절히 조합하여 과제 2년차에 3kg에 불과했던 처리량을 농가의 높은 호응으로 과제 3년차에 15kg을 처리하여 공급하였으며, 향후 3년 이내 3배 이상 확대시켜 공급할 계획을 가지고 있다.

2015년도 판매를 목적으로 처리해야 하는 양은 2014년 판매를 위해 처리한 양의 80%이상 늘어날 것으로 보이며 3년내에 300% 이상 증가할 것으로 판단된다. 또한 현대종묘의 펠릿기술과 부산대학교의 펠릿기술을 접목하여 내년부터는 십자학과 작물에서 펠릿종자의 양산체계를 구축할 예정이다.

또한 폐기되는 십자화과의 소립 종자를 펠릿가공하여 회사의 불필요한 종자의 낭비를 줄이고, 농

가의 생산성과 경제성을 확보할 계획이다. 연구종료 시점으로부터 5년 후에는 배추 펠릿종자 1,000kg, 상추 500kg, 무 320kg를 생산하여 공급할 계획이다.

표 5.69. 펠릿종자의 생산량과 향후 산업화 계획

품목	펠릿종자 생산계획					
품목	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
배추	50	320	500	600	800	1000
상추	50	220	320	450	480	500
무	30	130	230	250	400	620
계	130	670	1,050	1,300	1,680	4,830

최근 사회적문제로 대두되고 있는 종자산업에서도 친환경 종자처리기술을 개발하여 안전성을 보장할 필요가 있다. 최근 웰빙 붐 조성으로 채소종자도 포장 재배용, 식물공장 및 새싹 또는 어린잎 채소 종자 등으로 다양하게 분화되고 있다. 따라서 종자업체도 새싹 또는 어린잎 채소 종자의 경우는 각종 화학약제로 부터의 안전성을 확보하는 것이 중요한 요인이다.

발아효율성 제고와 종자전염성 병원균을 방제하기 위해 사용하는 종자소독 개념을 친환경적인 방법으로 priming 처리와 동시에 해결할 수 있는 bio-control 기술 도입이 필요한 시점이다. 현대종묘에서는 협동 3과제 연구기관인 경상대로부터 기술을 이전받아 bio-control 종자를 산업화할 수 있는 시스템을 구축하였다. 새싹용으로 종자를 공급할 경우에는 bio-control 처리하여 산업화 시킬 계획이다.

종자는 필연적으로 저장 중에 퇴화하며, 퇴화종자는 외형적으로는 변화가 없기 때문에 분별이 어려움이 뒤따른다. 종자산업적 측면에서 퇴화종자를 신속히 분별하여 종자의 품질을 판별하는 기술은 경제적으로나 경쟁적으로 매우 중요한 첨단기술이다. 종자의 생리적인 품질검사, 즉 발아검사는 종자를 파종하여 발아할 때까지 시간과 인력이 필요한 작업이다. 현재 종자산업체에서 반드시 거치는 종자검사로서 1) 기내발아검사, 2) 포장출현검사(상토발아검사), 3) 종자활력검사(TZ test 등)를 실시하고 있다. 그러나 종자상태에서 종자의 품질을 신속하고 간단하면서 비파괴적으로 검정할 수 있는 기술은 막대한 경비와 시간을 절약하기 위하여 매우 중요하다.

따라서 현대종묘에서는 협동1과제인 대구대학교 개발된 누출성분 표지를 이용한 비파괴적 종자선별 시스템을 도입하여 십자화과 작물에서 활용할 수 있는 시스템 구축하였다.

최근 미국농무성 등은 비파괴적 종자활력 검정에 초분광 영상을 이용하고 있고, 첨단기술로 취급되고 있다. 협동3과제(충남대)에서 확립된 초분광 영상을 이용한 비파괴 우량종자 선별기술을 활용하여 실증실험을 거친 후 고품질 종자선별의 산업화를 2016년부터 추진할 계획이다.

국내의 종자가공 기술과 비파괴 선별기술은 아직 선진국에는 미치지 못하나 본 과제를 통해 축적된 지식을 바탕으로 첨단 가공기술이 완성될 때 생산단가 절감은 물론 외국으로의 수출도 가능할 것이다.

표 5.70. Bio-control 생산량과 향후 산업화 계획

품목	Bio- control 처리종자 생산계획					
	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
배추	20	50	80	100	150	200
상추	24	30	40	60	70	90
무	34	40	50	70	80	90
계	78	120	170	230	300	380

## 11. 국내의 종자산업 동향분석 및 수출시장

### 가. 국내 종자산업 현황

#### (1) 종자시장 규모

우리나라는 농업부분의 시장규모의 축소로 인해 종자에 대한 수요가 감소하면서 국내종자시장규모가 정체내지 축소하는 경향을 나타내고 있다. 더욱더 국내 종자시장을 주도하며 민간 종자기업이 생산 및 판매를 담당하고 있는 채소종자의 경우 시장규모가 10여년간 1,600~1,900억원에 정체되어있는 상태로 지속되고 있다(표 5.71).

표 5.71. 종자시장 규모

(단위: 억원)

식량작곡	채소	화훼	과수	사료	특용	버섯류	계(억원)
1,700	1,500	1,100	400	80	100	400	5,280

자료: 농림수산물부 통계정보, 2007

국내종자시장은 약 5,300억원 중 채소가 1,500억원, 화훼가 1,100억원 그리고 과수가 400억원이다. 채소종자의 유통은 기업이 주도하고 화훼와 과수는 농원과 화원에 주도하고 있는 실정이다. 특히 국내 종자산업은 IMF 이전과 이후 규모는 차이가 없으나 이후 활성화가 되고 있다.

#### (2) 종자생산량

국내 채소종자생산은 1990년대 초반 이후 지속적으로 감소하는 추세에 있는 반면에, 해외 채종은 1990년대에 크게 증가하였다. 2000년대에 정체 상태에 있었으나 2010년대에 다시 증가하였다(표 5.72).

국내의 땅값 및 노동임금 상승에 의한 생산비 증가로 인해 채종여건이 악화되었고, 품목특성에 따른 기후조건 등으로 인해 국내 채종이 어렵게 되어 해외 채종이 증가하였다.

표 5.72. 채소종자의 연도별 생산현황

(단위: kg)

구분	국내생산량 (A)	해외채종량	계(A)	A/B	해외채종 (수입)액
1990	753,909	-	753,909	1.00	
1991	745,645	135,669	881,314	5.50	401
1993	955,731	1,068,122	2,023,853	0.89	5,117
1995	506,366	1,319,636	1,826,002	0.38	9,854
2000	606,095	1,446,278	2,052,373	0.42	13,742
2005	447,638	1,229,709	1,677,347	0.36	24,561
2010	215,714	1,022,459	1,238,173	0.21	29,045
2011	224,982	1,376,414	1,601,396	0.16	37,425
2012	336,045	1,674,849	2,010,894	0.20	46,830

자료: (사)한국종자협회

우리나라의 작물별 종자생산량은 2011년 224,982kg에서 2012년 336,045kg으로 2배정도 증가하였다. 고추, 오이, 시금치, 상추, 파, 쪽갓은 다소 감소하였으나 당근은 3배, 무2배, 배추, 수박, 토마토, 양파는 1.3~1.6배가 증가하였고 참외는 5배가 증가하였다. 작목별로는 당근, 상추, 시금치, 고추의 해외 채종 비율이 97~99%로 대부분 해외 채종에 의존하였다.

표5.73. 작물별 채소 종자생산량

(단위: kg)

구분	엽채류			근채류		과채류		조미채소		기타	전체
	배추	양배추	시금치	당근	무	수박	호박	고추	파		
1990	109,517	2,064	64,926	21,954	459,888	4,598	8,181	19,560	25,628	37,593	753,909
1995	187,634	4,840	145,783	76,171	1,149,896	29,454	11,652	55,739	65,909	98,924	1,826,002
2000	292,511	26,010	235,929	63,267	1,079,154	30,519	20,892	56,037	107,782	140,272	2,052,373
2005	212,949	79,247	223,501	43,412	862,183	12,432	23,248	62,837	44,079	113,459	1,677,347
2010	89,734	68,018	176,622	39,672	589,105	13,123	16,956	35,907	79,350	129,686	1,238,173
2011	159,530	63,609	219,983	68,013	712,933	13,402	100,848	44,507	98,422	120,149	1,601,396
2012	283,920	72,115	223,603	125,770	939,541	13,523	83,367	47,491	82,168	139,666	2,010,894

자료: (사)한국종자협회

생산량이 많은 배추는 외국에 비해 채종조건이 불리하지 않아 타 작목보다 해외 채종 비중이 낮은 것으로 나타난다. 해외 채종 금액은 2000년 1,374만 달러에서 2012년 4,683만 달러로 3.4배 증가했다. 해외 채종액 실적으로는 일본이 가장 많고, 그 다음이 중국, 이탈리아 순으로 되어 있으나, 일본의 경우 순 수입이 채종으로 신고되는 경우가 많아서 실제 해외 채종이 가장 많은 나라는 중국이라 볼 수 있다.

### (3) 국내 종자회사의 규모

우리나라의 대표 종자회사 5곳이 전체의 62% 차지한다. 그 중 농우바이오와 몬산토코리아가

각각 500억 원대의 매출로 국내 종묘회사 가운데 약 40%를 점유하고 있으며 이러한 대규모 종자회사의 시장 점유율은 앞으로도 증가할 것으로 추측된다(표 5.74). 종자기업의 수적증가에도 불구하고 종자기업의 일반적인 특징은 영세한 생산 및 판매업체가 대부분이며, 유전자원의 관리, 신품종의 육성, 종자의 품질관리 및 가공처리 등의 기술력을 갖춘 전문기업체는 소수이다. 제한된 내수시장에 다소의 업체들이 난립하고 있어, 일부 선도기업을 제외하고 대부분의 업체들이 경쟁 심화로 경영실적이 부진한 상태에 있다.

**표 5.74. 국내 주요 종자회사 경영현황(2011)**

구 분	총자산	자본금	매출액	영업이익	비 고
농우바이오	1291.9	71.5	555.9	108.4	코스닥/대기업
사카타코리아	309.3	185.4	164.8	25.0	외감/중소/외투기업
신젠타종묘	269.3	200.5	164.2	-28.8	외감/대기업/외투기업
몬산토코리아	819.0	81.2	521.2	35.3	외감/중소/외투기업
한국다끼이	224.0	50.0	157.2	14.1	외감/중소/외투기업
아시아종묘	200.5	30.3	14.0	31.9	외감/중소기업

자료: NICE 신용평가정보(kisline).

2차 인수합병을 통해 국내에 진출해있는 외국계 종자기업은 사카타코리아, 신젠타종묘, 몬산토코리아, 바이엘 크롭사이언스, 다끼이로 총6개 기업이 있다. 이들 외국계기업의 국내 채소시장 점유율이 2011년 현재 약50% 수준이 이르고 있다. 외국계 다국적 종자기업은 아시아 시장 선점을 위해 거저 확보차원에서 한국에 진출했는데 한국 진출이후 국내종자회사가 보유했던 육종기술 확보에 주력하였다. 최근에는 아시아시장의 거점을 중국과 인도등지로 이동함에 따라 한국에 대한 입지 전략이 바뀌고 있다(표 5.75).

**표 5.75. 제 2차 인수합병에 의한 자국적 종자회사**

구 분	합병전 기업명	1 차 인수합병	2 차 인수합병	업체명
인수합병	청원종묘	Sakata	-	사카타코리아
	서울종묘	Novatis	신젠타(2001.1)	신젠타종묘
	홍농종묘	Seminis	몬산토코리아(2008.1)	몬산토코리아
	중앙종묘	Seminis		
	씨텍스	-	바이엘 크롭사이언스(2007.7)	바이엘 크롭사이언스
설립	한국 다끼이 신규법인 설립(2001.5)			

자료: 박기환 등(2010). p20.

#### (4) 채소종자의 매출 현황

우리나라의 주요 작물의 종자 총매출은 2천억 원대로 수출보다 국내 수요가 5배가량 많은 것으로 나타났다. 총매출액이 큰 작물은 고추, 무, 양파, 배추 순으로 이들은 전체 50% 이상을 차지하고 있다. 고추는 수출과 국내의 매출액이 거의 비슷한 양상을 보이며 총매출액 440억 원으

로 약 19% 차지하고 있다(표 5.76).

표 5.76. 작물별 채소종자의 매출현황

(2013, 단위: 백만 원)

작물	총 매출	%	국내	%	수출	%
고추	49,009	19	38,426	18	10,582	24
무	45,804	18	36,093	17	9,711	22
양파	30,133	12	29,496	14	637	1
토마토	21,255	8	17,733	8	3,522	8
배추	19,519	7	15,028	7	4,491	10
수박	12,317	5	11,896	5	421	1
호박	8,800	3	7,672	4	1,128	3
시금치	8,355	3	7,148	3	1,207	3
참외	7,303	3	7,233	3	70	0
파	5,687	2	5,513	3	174	0
상추	5,461	2	5,264	2	197	0
오이	5,368	2	4,054	2	1,314	3
당근	4,842	2	2,239	1	2,603	6
양배추	4,548	2	434	0	4,114	9
브로콜리	2,708	1	1,825	1	883	2
기타	19,347	7	16,057	7	3,290	7
<b>계</b>	<b>261,251</b>	<b>100</b>	<b>216,908</b>	<b>100</b>	<b>44,343</b>	<b>100</b>

(5) 채소종자의 수출입

채소종자 수출액은 2000년 1,800만 달러에서 2012년 4,008만 달러로 2.2배 이상 증가하는 등 꾸준히 확대되고 있는 반면, 순 수입액은 2000년 1,150만 달러를 기점으로 감소 추세에 있다가 2010년부터 다시 완만하게 증가하고 있다(표 5.77). 무역수지 흑자폭은 수입 감소 및 수입증가를 감소로 2000년 648만 달러에서 2012년 2,577만 달러로 증가했다.

채소종자 수출은 1990년대까지만 해도 국내 생산량이 많은 무와 배추 중심이었으나, 2000년대 들어 고추 수출이 크게 증가하면서 고추 비중이 가장 높은 구조로 변화했다. 또한 양배추 생산량이 증가하면서 수출량도 늘어 1990년 수출 비중이 0.5%에 불과하였으나, 2010년 14.3%까지 급증했다. 이에 따라 고추, 무, 양배추, 배추 등으로 수출 품목이 다양화되고 있다(표 5.78).

표 5.77. 연도별 채소종자 수출입 추이

(단위: 천 달러)

구분	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
수출액(A)	6,095	7,388	18,002	15,277	23,042	32,507	40,080
순수입액(B)	2,397	7,835	11,521	5,710	9,729	13,501	14,307
무역수지(A-B)	3,697	△447	6,481	9,567	13,313	19,006	25,773

주: 순 수입액은 총수입액에서 해외채종 금액을 제외한 수치임.  
 자료: 한국종자협회.

표 5.78. 주요 채소종자 수출액 현황 (단위: 천 달러)

구분	엽채류		근채류		과채류		조미채소	전체
	배추	양배추	당근	무	오이	토마토	고추	
1990	794	28	1	3,599	913	52	101	6,095
1995	2,054	179	51	3,548	96	7	489	7,388
2000	2,981	1,605	537	6,389	131	60	3,542	18,002
2005	1,942	1,796	201	4,392	120	176	5,039	15,277
2010	2,019	3,300	1,198	3,836	817	918	6,954	23,042
2011	3,210	4,393	3,329	3,508	1,243	1,048	6,271	32,507
2012	3,535	3,688	2,180	6,924	1,107	3,177	9,934	40,080

자료: 한국종자협회.

채소종자의 주요 수출국으로는 2000년에 일본이 압도적으로 큰 비중을 차지하고 있었으나, 2010년에는 중국, 미국, 일본 순으로 순위가 바뀌면서 수출국이 다양화되는 경향을 보여주고 있다(표 5.79).

표 5.79. 채소종자 국가별 수출 현황 (단위: 천 달러)

구분	2000		2010	
	국 가	금 액	국 가	금 액
1순위	일 본	3,894	중 국	4,917
2순위	인 도	3,102	미 국	4,863
3순위	중 국	2,920	일 본	4,475
4순위	홍 콩	1,902	인 도	2,493
5순위	인도네시아	956	파키스탄	1,013
6순위	미 국	705	호 주	925
전체 수출액		18,002		23,042

자료: 한국종자협회.

채소종자의 순 수입액을 보면, 1990년대까지는 시금치와 양배추가 큰 비중을 차지했으나,



2000년대 이후 이들 종자의 수입이 크게 줄어 2012년에 시금치 수입액 비중이 전체 수입의 6.4%, 양배추 비중이 0.4%에 불과하다(표 5.80).

**표 5.80. 주요 채소종자 순 수입액 현황** (단위: 천 달러)

구분	엽채류		근채류		과채류		조미채소		전체
	시금치	양배추	당근	무	토마토	단고추	양파	파	
1990	1,415	363	-	1	-	74	278	-	2,397
1995	2,053	530	738	105	1,196	217	1,724	598	7,835
2000	1,037	416	825	585	1,206	137	6,464	441	11,521
2005	802	63	456	739	630	215	1,771	254	5,710
2010	1,042	77	643	758	1,693	1,971	2,372	368	9,729
2011	1,087	78	729	1,079	2,853	2,118	2,782	641	13,501
2012	951	59	382	882	3,017	3,464	2,647	607	14,307

자료: 한국종자협회.

파프리카 종자 수입은 2005년까지 많지 않았으나, 파프리카 재배면적의 증가에 따라 이후 매년 증가하여 2012년 현재 양파, 토마토와 함께 수입액 비중이 가장 높은 품목 중 하나가 되었다. 채소종자의 수입국가 현황을 보면, 2000년에는 일본의 비중이 50%가 넘고 그다음 중국(15.7) 순이었으나, 최근에는 일본과 중국의 비중이 줄은 대신 네덜란드의 비중이 늘어나는 추세를 보여주고 있다(표 5.81).

**표 5.81. 채소종자 국가별 수입 현황** (단위: 천 달러)

구분	2000		2010	
	국 가	금 액	국 가	금 액
1순위	일본	12,692	일본	16,654
2순위	중국	3,955	네덜란드	6,832
3순위	이탈리아	3,034	미국	3,530
4순위	뉴질랜드	1,011	이탈리아	2,132
5순위	태국	936	중국	2,083
6순위	미국	804	덴마크	1,954
전체 수출액		25,264		38,613

자료: 한국종자협회.

## 나. 국외종자산업의 현황

### (1) 세계 종자시장의 규모

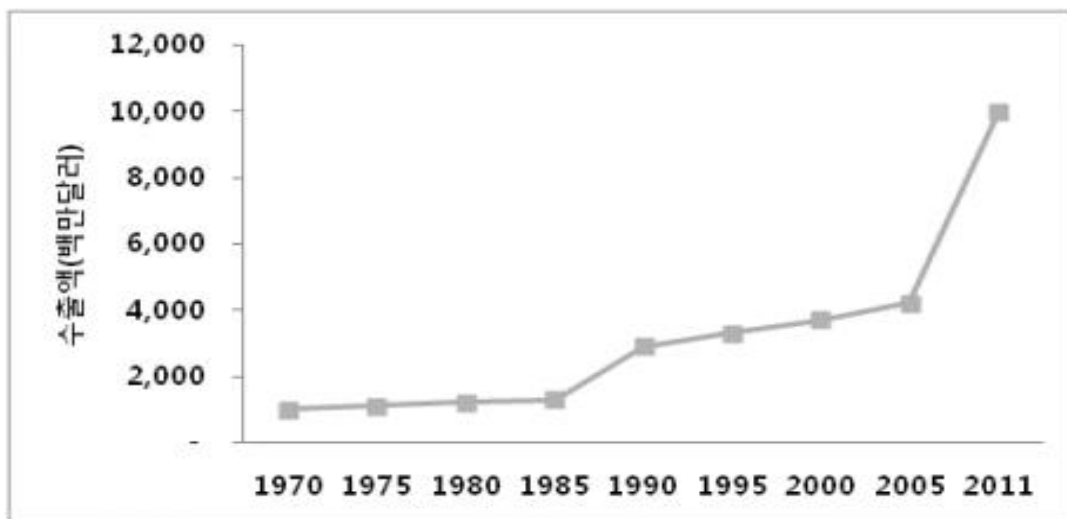
세계 종자시장 규모는 62개국을 대상으로 약 420억 달러 규모를 보이고 있다. 미국과 중국은 200억 원대로 전체 50%를 차지하며 세계종자시장의 1,2위를 차지하고 있어 종자시장을 독점하고 있다. 1위부터 10위까지 국가들의 종자시장규모는 340억 달러로 전체 62개국 중 약 80%를 점유하고 있다. 우리나라 종자시장 규모는 4억 달러로 아시아 국가 중 중국과 인도, 일본의 뒤를 잇고 있으며 우리나라와 비슷한 종자시장 규모를 가진 나라로 호주 16위, 터키 18위가 있다. 앞으로도 중국을 비롯한 아시아 국가들의 종자시장은 확대될 것으로 전망된다.

표 5.82. 국가별 종자시장규모 (2011)

순위	국가	시장규모 (백만 달러)	비중 (%)	순위	국가	시장규모 (백만 달러)	비중 (%)
1	미국	12,000	28.1	8	아르헨티나	754	1.8
2	중국	9,034	21.2	9	이탈리아	715	1.7
3	프랑스	3,600	8.4	10	네덜란드	585	1.4
4	브라질	2,625	6.2	~			
5	인도	2,000	4.7	17	대한민국	400	0.9
6	일본	1,550	3.6	기타 51개국		8,199	19.2
7	독일	1,170	2.7	전체 62개국 합계		42,632	100

자료: ISF 2011. (2012년 5월 갱신)

세계종자 수출액은 1970년에 1,000백만 달러에서 서서히 증가하여 1990년에 3,300백만 달러로 3배정도 증가하였고 2005년에는 4,200백만 달러로 지속적으로 증가하여 2011년에는 10,000백만 달러에 달하였다.



(자료 : International Seed Federation)

그림 5.30. 년도별 세계종자수출액

표 5.83. 2011년도 국가별 채소종자 수출액

(단위: 백만 USD)

순 위	국가	채 소	비중 (%)	순 위	국가	채 소	비중 (%)
1	프랑스	366	23	9	캐나다	3	1
2	네덜란드	1,146	78	10	루마니아	-	0
3	미국	507	36	11	벨기에	4	2
4	독일	73	10	12	중국	105	54
5	헝가리	18	5	~			
6	칠레	131	34	31	한국	29	74
7	이태리	118	37				
8	덴마크	46	16	전체 68개국 합계		3,309	33

자료: 한국종자협회.

2011년 국가별 채소종자의 수출액은 3,309백만 USD이며 네덜란드가 1,146백만 USD로 가장 많다. 그리고 미국, 프랑스, 칠레, 이태리, 중국, 독일, 덴마크 순이며 우리나라는 29백만 USD로 31위이다(표 5.83).

표 5.84. 2011년도 국가별 채소종자 수입액

(단위: 백만 USD)

순 위	국가	채 소	비중 (%)	순 위	국가	채 소	비중 (%)
1	미국	318	35	9	우크라이나	30	9
2	독일	97	14	10	영국	83	27
3	프랑스	150	22	11	중국	114	48
4	네덜란드	330	53	12	캐나다	78	35
5	이태리	177	42	~			
6	러시아	70	18	31	한국	60	61
7	스페인	195	51				
8	멕시코	215	64	전체 106개국 합계		3,152	35

자료: 한국종자협회.

2011년 국가별 채소종자의 수입액은 3,152백만 USD이며 네덜란드가 330백만 USD로 가장 많다. 그리고 미국, 멕시코, 스페인, 이태리, 프랑스, 중국, 독일 순이며 우리나라는 60백만 USD로 31위이다(표 5.84).

**(2) 중국 및 아시아의 종자 수출입 현황**

100개국의 채소종자 수입 시장규모를 나타낸 표 5.85에서 아시아 국가는 총 13개국으로 3억 달러 규모를 보이며 전체 약 12% 차지하고 있다. 우리나라의 수입종자 시장규모는 100개국 중 18위, 아시아 13개 국가 중 4위로 1,820톤 4천만 달러 규모이다.

종자 수입국들 중 아시아 국가들의 비율은 아직 미미한 편이며 전 세계 57개국을 대상으로 채소종자수출국의 규모를 보면, 아시아 국가는 총 12개국, 3억 달러 규모로 전체 11%를 차지하고 있다. 중국은 일본보다 무려 4배 많은 5천 톤 가량의 종자를 수출하지만 시장규모는 오히려 천만 달러 낮은 8천 8백만 달러이다.

우리나라는 2천만 달러의 규모를 보이며 아시아국가 중에서는 6위, 전체 57개국 중에서 17위를 기록하고 있다(표 5.85).

**표 5.85. 2011년도 종자시장규모 및 수출입액**

(단위: 백만 USD)

국 가	국내시장	교역액 (A+B)	수출		수입	
			A금액	비율	B금액	비율
아시아·중동	13,827 (32)	1,993 (10)	819 (8)	41	1,174 (13)	59
중국	9,034	432	195	45	237	55
일본	1,550	363	157	43	206	57
터키	400	227	61	27	166	73
이스라엘	50	179	138	77	41	23
한국	400	138	39	28	99	72
인도	2,000	129	59	46	70	54
태국	-	107	87	81	20	19
홍콩	-	51	26	51	25	49
기타	-	51	26	51	25	49

**(3) 세계 종자 기업**

세계의 10곳의 종자회사가 전 세계 종자회사의 시장 73%를 차지하고 있으며 10곳 회사 가운데 4곳이 미국으로 전 세계 종자시장 50%를 장악하고 있다. 몬산토, 듀폰, 신젠타 3곳이 140억 달러 규모로 53%의 점유율로 독점현상이 심각하다.

이미 우리나라에도 몬산토코리아, 신젠타 종묘 등 다국적기업들의 인수합병으로 국내 토종기업이 많이 사라졌다.

표 5.86. 2011년도 종자시장규모 및 수출입액

	기업명 (국적)	매출액 (US\$백만)	시장점유율 (%)
1	몬산토 (미국)	7,297	27
2	듀폰 (미국)	4,641	17
3	신젠타 (스위스)	2,564	9
4	그룹 리마그렌 (프랑스)	1,252	5
5	랜드 오레이크스 / 윈필드 솔루션 (미국)	1,100	4
6	KWS AG (독일)	997	4
7	바이엘 크롭사이언스 (독일)	100	3
8	다우 애그로사이언스 (미국)	635	2
9	사카타 (일본)	491	2
10	DLF-트리폴리움 A/S (덴마크)	385	1
	합계	20,062	73

자료 : ETC Group (2009)

## 12. 동남아(중국, 베트남, 인도) 채소종자 생산현황 및 종자시장

### 가. 중국의 채소 생산현황 및 종자시장

#### (1) 중국 종자 시장의 구분

중국의 종자 시장을 세분화하면 크게 옥수수, 채소, 쌀, 면화, 유채씨 등으로 나누어 볼 수 있다.

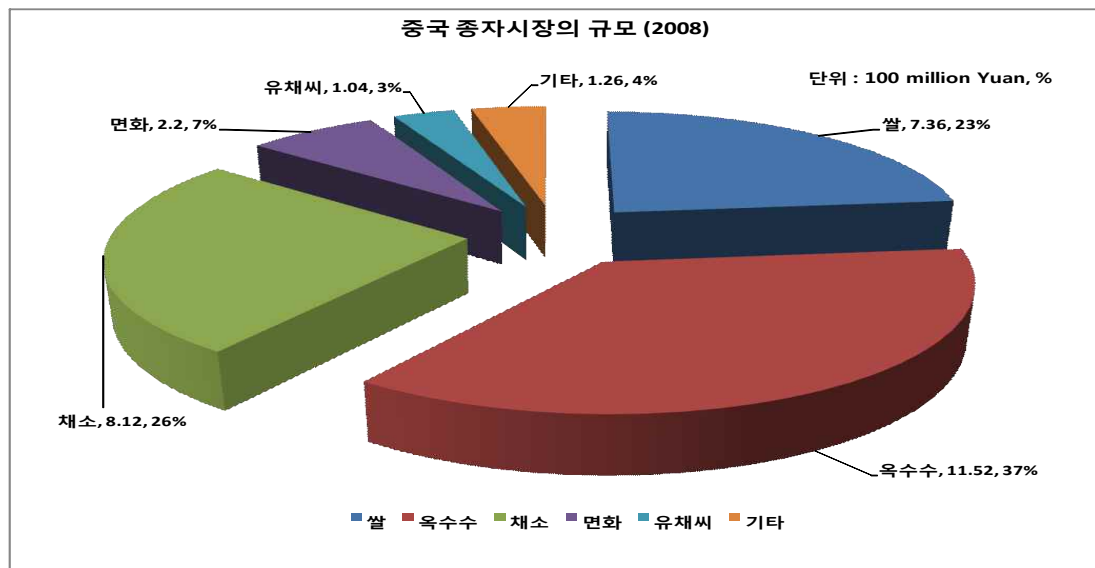


그림 5.31. 중국 종자시장의 규모

이 중에서는 옥수수와 쌀은 잡종강세 기술을 이용한 일대잡종 품종(hybrid F1)이 주를 이루고 있으며 시장규모 역시 가장 크고, 채소종자의 경우 연간 2.1조원의 규모를 보이고 있다. 면화, 유채씨의 경우 일대잡종 품종이 아닌 경우가 대부분이며 시장규모 역시 가장 작다.

세부 작목별 시장 규모는 재배 면적당 소요 종자량으로 추산되는데, 2008년을 기준으로 전체 중국 종자 시장 규모는 약 315억 위안에 이르며, 세부적으로는 쌀 74억, 옥수수 115억, 채소 81억, 면화 22억, 유채씨 10억, 기타 13억 위안의 규모를 차지하고 있으며, 구성 비율로는 각각 23%, 37%, 26%, 7%, 3%, 4% 등을 이루고 있다.

### (2) 연도별 중국 종자 시장 규모의 변화

중국은 거대 농업국가로 연간 필요 종자량은 농가 자가 채종량을 포함 1,250만 톤에 이르고, 쌀과 옥수수에서 일대잡종의 비율은 97% 이상이고, 채소 종자의 경우 40~50% 정도로 추산되고 있다. 최근 종자 산업은 2002년 5.5조원의 규모에서 2008년 8.7조원으로 연간 6% 이상의 급격한 성장률을 보이고 있다. 이 기간 옥수수, 쌀, 채소류의 종자 시장 규모는 각각 9,300억 원, 7,200억 원, 5,300억 원 커졌고, 특히 옥수수의 경우 2002년 대비 45% 증가 되었다.

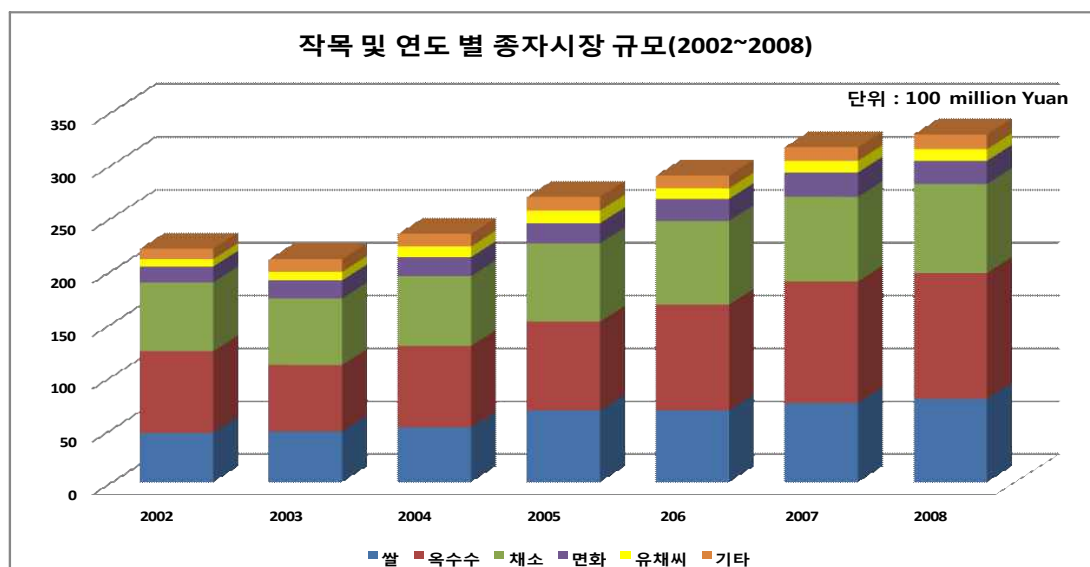


그림 5.32. 중국의 작목 및 연도별 종자시장의 규모

### (3) 중국의 주요 채소 작목별 품종

중국의 채소 재배 면적은 2007년 기준 1,800만 ha에 달하고, 주요 작목으로는 토마토, 오이, 가지, 고추, 배추, 무, 양배추, 당근 등이다. 이들 주요 작목이 전체 채소 재배 면적의 2008년도 기준으로 60%를 차지하고 있으며, 2009년도에는 61%에 이를 것으로 추산되어 해마다 점진적 증가 추세에 있음을 알 수 있다.

2008년 기준, 토마토는 7.8억 위안, 오이는 8.6억 위안, 가지는 3.5억 위안, 고추는 5.5억 위안, 배추는 5.7억 위안, 무는 5.8억 위안, 양배추는 4.1억 위안의 시장규모를 가지고 있고, 전체 채소 시장에서의 점유율은 각각, 10%, 11%, 4%, 7%, 7%, 7%, 5%를 차지하고 있다.

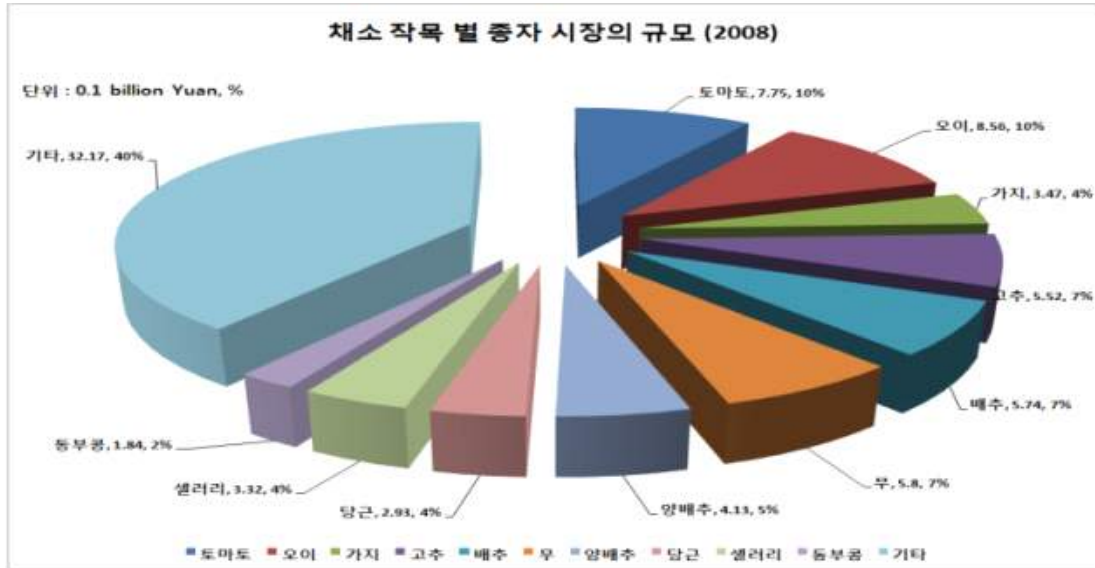


그림 5.33. 중국의 채소작목별 종자시장의 규모

#### (4) 연도별 채소 종자 가격 분석(2002~2008)

다양한 종류의 채소 품목과 품목 별 품종이 있으나, 단위 면적당(무, 661.2m<sup>2</sup>) 채소 품목별 종자 요구량을 평균해 보면, 토마토는 약 180g, 배추는 420g, 무는 360g 정도이다.

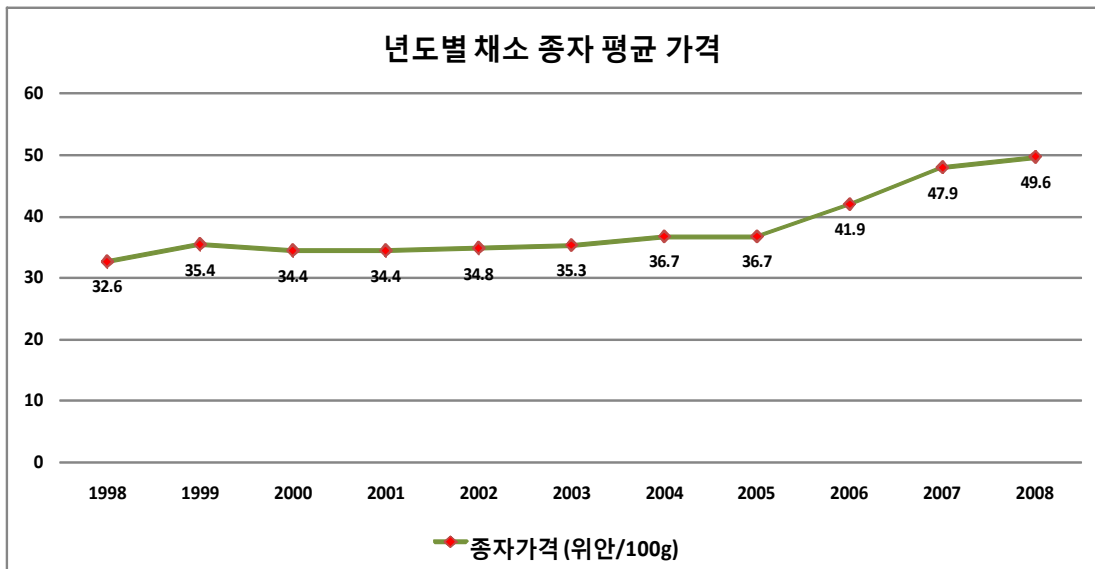


그림 5.34. 중국의 연도별 채소 종자평균가격

따라서, 채소 품목의 평균 종자 소요량은 약 200g 정도로 추산할 수 있고, 2008년 기준으로 채소 품목 별 평균 종자 가격은 100g 당 약 49.6 위안으로 계산될 수 있다. 이것은 2007년의 47.9 위안보다 오른 금액이고, 채소 종자 가격은 2002년 이후 꾸준히 상승 추세를 보이고 있다. 특히 2006~2008년 사이 급격한 가격 상승이 있었음을 알 수 있다.

**(5) 중국 종자 시장의 추세(2009~2010)**

2000년 이후 중국 종자 시장의 규모는 해마다 증가하였는데, 이는 상용 종자의 구입, 재배가 증가한 탓이다. 중국의 최종 생산 농작물 가치 대비 종자비는 아직 선진국 수준에 비해 낮은 편인데, 이는 미국의 경우 종자비가 최종 산물의 가격 대비 6% 수준인 반면, 중국의 경우 2% 이하이다. 중국의 상업용 종자 시장이 커감에 따라, 채소 재배 면적의 정체에도 불구하고, 중국 내 채소 종자 시장 규모는 연간 2~4% 수준의 증가세를 보이고 있다.

**나. 베트남의 채소 생산현황 및 종자시장**

베트남의 채소 생산량은 표 5.87와 같이 2010년 기준으로 약 73만 ha, 생산면적은 약 833만 톤으로, 이는 아시아 채소 생산량의 1.05 %, 세계 채소 생산량의 0.80 %를 차지하고 있으며, 재배면적은 아시아 면적의 1.84 %, 세계 면적의 1.34 % 수준을 보이고 있다.

**표 5.87. 베트남 채소 생산 현황의 연도별 변화 (단위: 면적(ha), 생산량(ton))**

연도	베트남		세계		아시아	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
1980	274,600	2,468,800	25,700,724	325,630,844	13,803,765	162,787,049
1990	339,887	3,380,000	31,763,351	466,666,616	18,877,535	273,877,281
1995	421,378	4,326,543	38,092,518	570,772,765	24,692,011	376,721,418
2000	566,196	6,494,060	46,613,349	777,134,099	31,837,994	554,060,940
2005	671,016	8,011,295	51,715,873	896,333,370	36,734,449	655,329,940
2010	729,300	8,326,200	54,593,391	1,036,315,615	39,608,251	790,733,563

자료: FAO Statics, 2012.8.

베트남 북부 지역 중 하노이 지역의 채소 생산은 재배 방식의 재래성이 문제점으로 지적되고 있다. 도시지역에서 “RAT(사용자, 생산자, 환경상태에 따른 안전성 보증)”재배면적은 채소 경작 면적의 약 20~25 % 수준이며 Dong Ahn, Gia Lam, Thanh Tri 군 등의 시외 지역에 집중되어 있다. 당근, 양파, 파, 마늘, 수박 등의 주요 생산지역은 Hai Duong 지역의 Nam Sach, Binh Giang, Kim Thanh에 수백 ha가 있고, 생산량은 70~80백만 동/ha 수준이다. Ha Nam 성의 Ly Nhan Tinh에서는 매년 오이와 토마토를 400~500 ha 재배하고 있다. Thai Binh은 전문적 농업 재배지역으로, 이에 속해 있는 Quynh Phu 현은 파, 마늘, 고추, 감자 등을 재배하여 수출하고 있으며, 중부지역에서는 Nghe An, Quynh Luu 등의 지역에서 수출용 채소를 재배하고 있다.

남부지역에서는 호치민 도시 지역 재배가 이루어지는데, 약 18백 ha의 재배 면적에 연간 약



32천 톤을 생산하고 있다. 첨단 기술 농업 단지가 조성된 Cu Chi 현에서는 100여 ha의 면적에 유용미생물, 식물 호르몬 처리 등의 기술을 이용하여 채소를 재배하고 있다. Lam Dong 성의 온대 채소 재배지역에서는 고품질 채소를 생산하고 있는데, 양배추, 배추 등이 55 %, 감자 및 당근 등이 20 %, 토마토 등의 과채류가 15% 정도를 차지하고 있다.

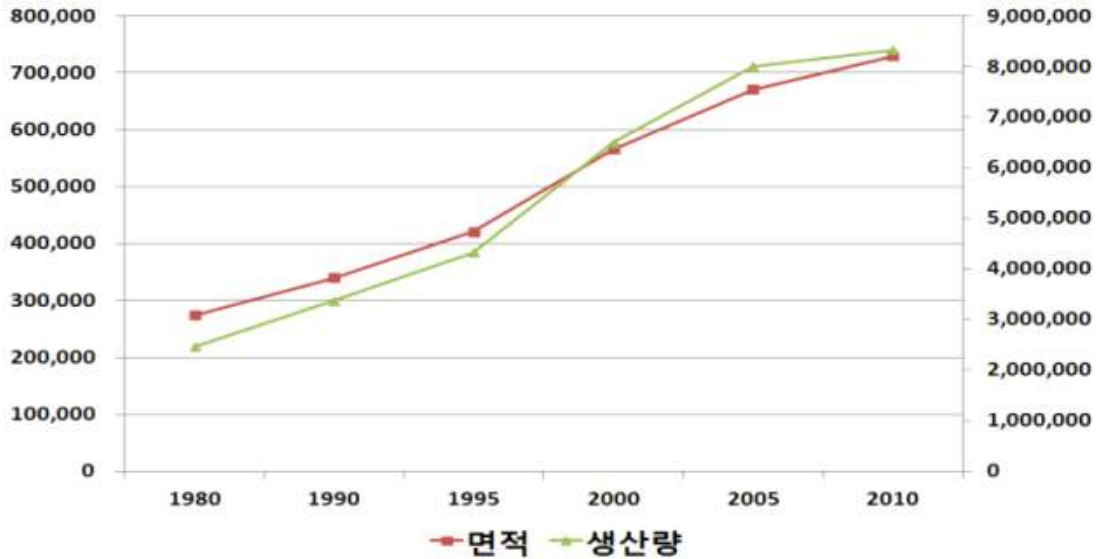


그림 5.35. 연도별 베트남 채소 생산 현황

베트남의 채소 재배는 하노이와 홍강을 중심으로 하는 북쪽지역과 호치민시와 메콩강을 중심으로 하는 남쪽지역으로 나누어 볼 수 있다. 채소 소비의 증대에 따라 재배면적 또한 점증하고 있는데, 메콩강 근처의 채소재배 면적이 크게 증가하고 있다. 채소 생산의 효율은 홍강 근처와 중부 고원지대에서 높는데, 특히 고원지역의 람동 지역에서 최고 효율을 보인다. 이러한 생산단수의 증가는 고품질 F1종자의 보급 확대와 재배기술의 발달로 가속화 되고 있다.

현재 고추의 경우 약 51,000 ha 재배면적에 걸쳐 재배되고 있는데, 약 90 %가 하늘초(short erect) 계열 품종이며, 최대 산지는 남부 Dong Thap의 Than Binh 지역이다. 토마토의 재배면적은 약 12,700 ha이고, 중부 고랭지역인 Da Lat 지역이 주산지인데, 주로 하노이, 호치민 등으로 판매되고 있다. 수박은 70,000 ha에 걸쳐 재배되고 있고, 메콩 델타의 Long An이 주산지로 짙은 녹색의 장란형(長卵形) 품종이 선호되고 있다. 총 재배면적이 약 14,200 ha에 이르는 양배추 역시 중부 고랭지의 Lam Dong 지역이 주산지로 이 지역에서는 편원형계가 선호되고 있으며, 북부 하노이 지역에서는 편형계가 주로 재배되고 있다 배추의 경우 전국적으로 약 2,150 ha가 재배되어 그 비중이 높지는 않고, 생산 역시 중부 고랭지에서 많이 이루어지고 있다. 품종은 크게 우리나라에서도 재배되는 일반계와 그 외의 남방계로 나뉘는데, 남방계는 온도가 높은 시기에 주로 재배되고 있다.

베트남 종자산업은 선진국에 비해 초기 단계 수준으로 1960년대 관련 협회의 설립으로 시작되었다. 1970년에서 1985년 기간 중에 국립 옥수수 연구소와 다른 특화된 협회가 설립되어, 이 시기에 옥수수와 채소종자들이 개량되고 자체 생산되었으나 방임수분 종이 대부분이었다. 1986

년부터 본격적인 교배종 옥수수과 쌀 품종이 도입되어 대중적으로 사용되었는데, 몇몇 베트남 고유의 교배종 옥수수, 수박, 목화 품종이 개발 되었다. 이시기에 최초의 민간 종자 부문이 출현하였다. 1996년 이후로 종자산업이 급속히 발달하였는데, 교배종의 품종 개량과 연구가 공공은 물론 민간 종자 부문에서 활발히 이루어졌다. 이시기 많은 수의 종자업체와 종자센터, 민간은 물론 민-관 합작회사, 외국 종자업체 등이 생겨나거나 출현하였다.

**표 5.88. 베트남 지역별 채소 생산 현황의 연도별 변화** (단위: 면적(ha), 생산량(톤))

구 분		2007		2008		2009	
		면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
전국		706,479	11,084,655	722,580	11,510,700	735,335	11,885,067
북부	홍강유역	160,747	2,996,443	156,144	2,961,669	142,505	2,832,753
	북동부	82,543	947,143	85,948	1,018,904	89,359	1,084,037
	북서부	15,563	179,419	16,681	195,605	18,093	211,852
	북중부	76,982	766,829	80,761	826,152	80,620	828,024
	소계	335,835	4,889,834	339,534	5,002,330	330,578	4,956,667
남부	남중부	47,427	708,316	46,646	695,107	49,459	713,473
	중앙고랭지	61,956	1,274,728	67,075	1,482,361	74,299	1,635,944
	남동부	69,723	892,631	70,923	940,225	73,094	1,014,715
	메콩 델타	191,538	3,319,055	198,402	3,392,694	207,905	3,564,268
	소계	370,644	6,194,730	383,046	6,510,387	404,757	6,928,400

출처: GSO 2006~2010

#### 다. 인도의 채소 생산현황 및 종자시장

인도는 중국에 이어 세계에서 두 번째로 큰 규모의 채소 생산국이다. 채소, 과수, 화훼를 아우르는 원예 작물의 생산면적과 생산량은 꾸준히 증가하고 있다. 1990년 면적은 1,277만 ha, 생산량은 9,656만 톤에서 2010년 면적 2,088만 ha, 생산량 22,309만 톤으로 증가하였는데, 이것은 면적 대비 약 1.6배, 생산량 대비 약 2.3배 증가한 것이다(그림 5.36).

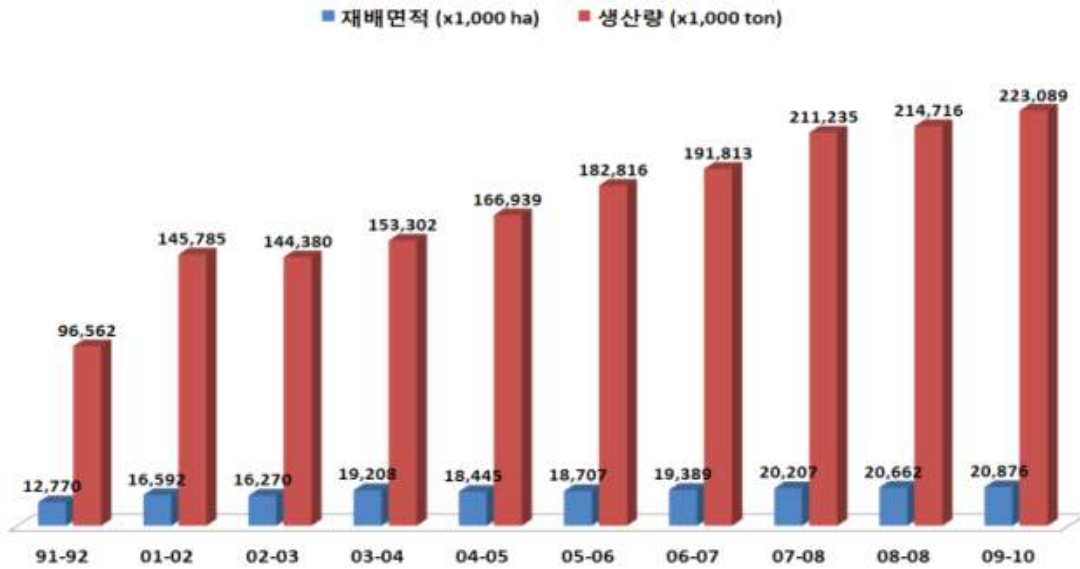


그림 5.36. 연도별 원예작물 생산면적, 생산량 비교

이러한 원예작물의 생산 증가는 각각의 원예 분류군에서도 동일하게 적용되는데, 표 5.89.의 내용과 같이 채소, 과수, 화훼 전 분류군에서 골고루 증가하였음을 알 수 있다.

표 5.89. 인도 원예 작목 분류 별 생산 변화 추이

(단위: 면적(천ha), 생산량(천 ton), 단수(ton/ha))

작목 분류	'06~'07			'07~'08			'08~'09			'09~'10		
	면적	생산량	단수	면적	생산량	단수	면적	생산량	단수	면적	생산량	단수
채소	7581	114,993	15.2	7,848	128,449	16.4	7,981	129,077	16.2	7,985	133,738	16.7
과수	5554	59,563	10.7	58,757	65,587	11.2	6,101	68,466	11.2	6,329	7,1516	11.3
화훼	144	880	6.1	166	868	5.2	167	987	5.9	183	1021	5.6

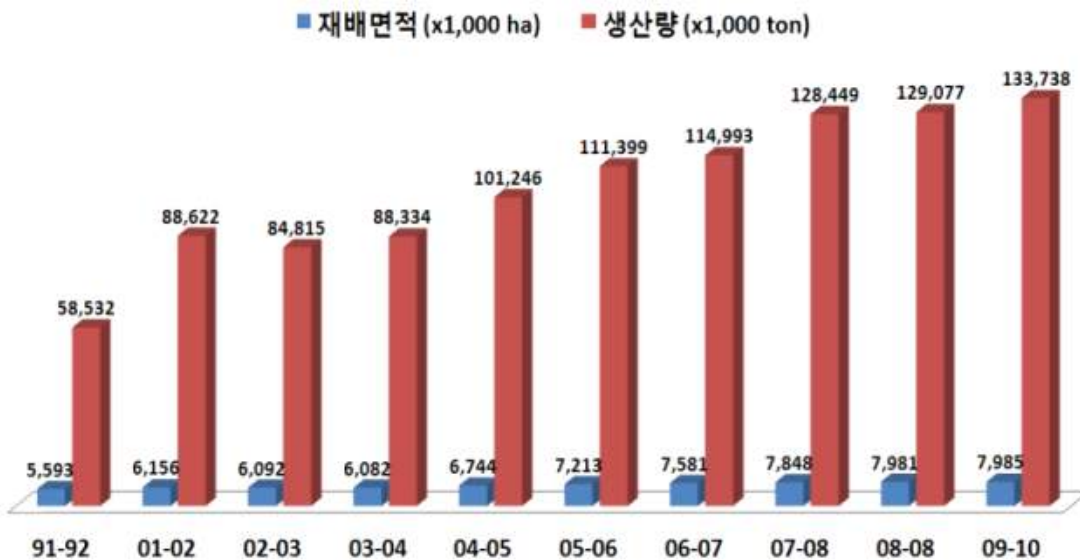


그림 5.37. 연도별 채소작물 생산면적, 생산량 비교

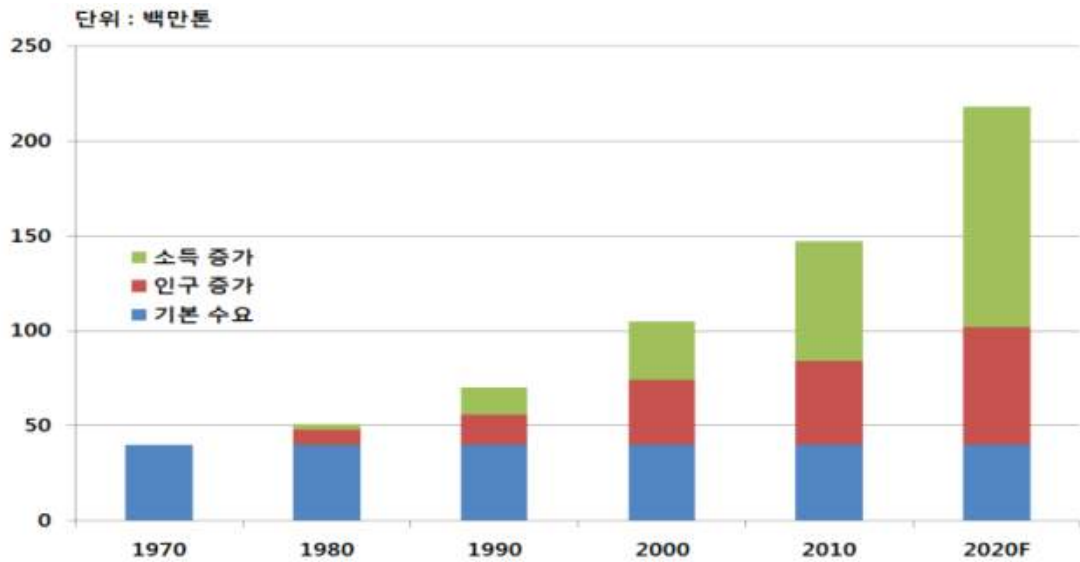


그림 5.38. 인구나 소득 증가에 따른 채소 소비량의 변화

표 5.90. 인도의 주요 채소 작물의 연도별 생산 변화 (단위: 면적(천ha), 생산량(천 ton))

작물	'06~'07		'07~'08		'08~'09		'09~'10	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
감자	1,743	28,600	1,795	34,658	1,828	34,391	1,835	36,577
양파	768	10,847	821	13,900	834	13,565	756	12,159
토마토	596	10,055	566	10,303	599	11,149	634	12,433
가지	568	9,453	561	9,678	600	10,378	612	10,563
양배추	249	5,584	266	5,910	310	6,870	331	7,281
콜리플라워	302	5,538	312	5,777	349	6,532	348	6,569
오크라	396	4,070	407	4,179	432	4,528	452	4,803
완두콩	297	2,402	313	2,491	348	2,916	365	3,029
타피오카	255	8,232	270	9,056	280	9,623	232	8,060
고구마	123	1,067	123	1,094	124	1,120	119	1,095
기타	2,282	29,146	2,414	31,402	2,275	28,006	2,300	31,168
계	7,581	114,993	7,848	128,449	7,981	129,077	7,985	133,738

인도 주요 채소 작물의 근년도 생산 변화를 살펴보면, 양배추가 가장 큰 재배면적의 변화를 보였고, 완두콩(Green pea), 콜리플라워가 그 뒤를 따르고 있다. 그에 반해 타피오카, 고구마 등은 약간의 감소가 있었다.

특히 채소의 경우 1990년 재배면적 559만 ha, 생산량 5,853만 톤에서, 2010년에는 재배면적 799만 ha, 생산량 1억 3,374만 톤(세계 채소 생산의 약 15%) 수준으로 증가하였다. 이는 면적 대비 약 1.4배, 생산량 대비 약 2.3배의 증가를 의미한다.

인도의 채소 교배종(F1hybrid)시장은 1988년 종자시장의 개방과 더불어 큰 변화를 보여 왔다. 개방과 더불어 몰려든 다국적 기업의 우량품종이 시장에 공급되면서, 경쟁관계의 인도 국내 회사의 품종 육성관련 연구 투자의 확대에 의해 그 수준과 규모가 확대 되었다. 현재 인도 채소 일대잡종 품종의 시장규모는 약 2억\$ 수준으로 추산되고 재래종 종자 시장까지 포함할 경우 약 3.5억\$ 규모이다. 최대 작물은 고추(Hot pepper), 양파(Onion), 박(gourds), 오크라(Okra) 등이며 양배추, 호박, 콜리플라워, 완두콩, 토마토 등도 많이 재배되고 있다.

표 5.91. 인도 주요 채소 종자 소요량 및 시장 규모

작물명	종자 소요량 ( kg )	Indian Rupee ( Crore:107)	US\$ ( M\$ )
토마토(TYLCV)	12,000	65	12.5
토마토(non TYLCV)	20,000	60	11.5
토마토(Acidic, TYLCV)	25,000	50	9.6
토마토(non Acidic, TYLCV)	10,000	10	1.9
고추(Chili)	70,000	140	26.9
수박	120,000	54	10.4
멜론	15,000	12	2.3
오크라(F1)	1,500,000	150	28.8
박(Ridge gourd)	50,000	15	2.9
여주(Bitter gourd)	100,000	30	5.8
호리병박(Bottle gourd)	120,000	19	3.7
양배추	50,000	55	10.6
콜리플라워	50,000	90	17.3
오이	40,000	32	6.2
가지	50,000	25	4.8
수세미	30,000	7	1.3
당근	30,000	17	3.3
호박	40,000	10	1.9
기타 고추(Capsicum)	4,000	18	3.5
무	140,000	7	1.4
계	2,476,000	866	166

Source: Volume 4 No.4 Oct.-Dec.2011, NSA(National Seed Association of India)

2000년대 이후 인도 채소 소비량이 빠르고 증가하고 있는데, 이는 인도인의 대다수가 채식주의자이며, 채식주의자가 아닌 사람도 부식의 상당량을 채소로 소비하고 있으며, 최근 곡물 소

비량이 약간 감소하면서 채소의 소비량이 더 늘어난 탓으로 볼 수 있다. 또한 경제 발전과 더불어 구매력 높은 중산층이 증가하고, 빠른 인구 증가와 더불어 인구의 도시 유입이 확대되면서 음식의 소비 습관이 바뀐 것도 한가지 원인으로 볼 수 있다. 현재 인도 채소 종자시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 작물은 토마토로 전체 약 35.5백만\$ 규모를 보이고 있다. 이어 오크라가 약 29백만\$의 시장 규모를 형성하고 있으며, 매운 고추가 약 26.9백만\$, 콜리플라워가 약 17.3백만\$로 그 뒤를 따르고 있다. 토마토의 경우 TYLCV와 산도 등에 의해 품종 별 다양한 시장군을 형성하고 있는데, 산미가 있으면서 TYLCV 저항성을 보이는 품종이 가장 많이 선호되고 있다(표 5.91).

### 라. 인도네시아의 채소 생산현황 및 종자시장

인도네시아의 채소 생산량은 표 5.92과 같이 2010년 기준으로 아시아 채소 생산량의 1.23 %, 세계 채소 생산량의 0.94 % 를 차지하고 있다.

표 5.92. 인도네시아 채소 생산 현황의 연도 별 변화 (단위: 면적(ha), 생산량(ton))

연도	인도네시아		세계		아시아	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
1980	587,679	2,466,963	25,700,724	325,630,844	13,803,765	162,787,049
1990	742,765	4,565,122	31,763,351	466,666,616	18,877,535	273,877,281
1995	1,044,605	9,116,308	38,092,518	570,772,765	24,692,011	376,721,418
2000	900,732	6,985,314	46,613,349	777,134,099	31,837,994	554,060,940
2005	939,604	8,263,793	51,715,873	896,333,370	36,734,449	655,329,940
2010	1,080,794	9,756,865	54,593,391	1,036,315,615	39,608,251	790,733,563

자료: FAO Statics, 2012.8.

특히 1995년을 정점으로 2000년까지는 오히려 감소 추세를 보였는데, 이는 국제금융위기 상황에서 인도네시아 전체 경제 지표의 하락과 동일한 양상을 보였다. 이후 회복세를 보이며 2010년에는 1995년 생산 수치를 완전히 회복하며 점증 추세를 보이고 있다.

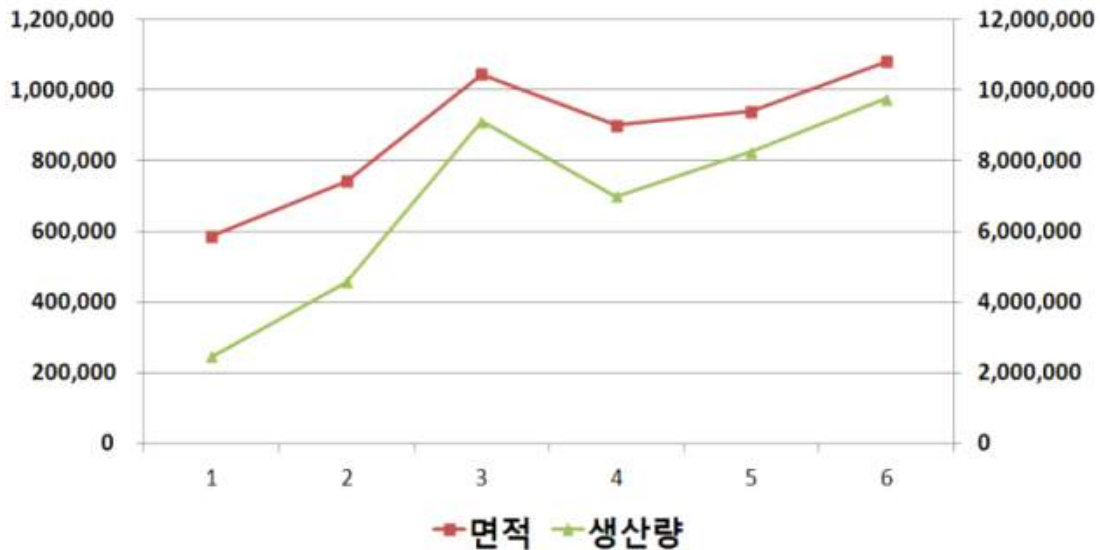


그림 5.39. 연도 별 인도네시아 채소 생산현황

인도네시아에서 가장 넓은 생산면적을 가지는 작목은 샬롯(shallot)이다. 약 10만 ha의 면적에 약 100만 톤 수준의 생산량을 가지고 있다. 이어서 콜라비와 양배추가 면적으로 2위를 차지하고, 배추와 겨자류가 3위, 토마토 4위, 양파 5위 순이다.

산악지대에서 농민들은 고랭지 채소작물, 즉 양배추, 콜리플라워, 브로콜리, 당근, 양파, 아스파라거스 등을 재배하고 있다. 몇 가지 채소들은 논이나 중간지대에서 재배하는데 그 채소들은 주로 고추, 샬롯, 오이와 여러 종류의 잎채소 들이다. 채소는 싱가포르에 일부 수출하는 것을 제외하면 모두 국내 소비용으로 재배된다. 대규모 농사는 없고 주로 소규모 단위의 재배가 이루어지고 있으며 개인기업(자본과 기술보유)과 소규모 농가들과의 상호 파트너쉽을 통해 일부 고품질의 채소 집단재배가 이루어지고 있다.

표 5.93. 인도네시아의 주요 채소 작물의 연도별 생산 변화

(면적: ha, 생산량: ton, N.D.: no data)

작목	2000		2005		2010		2011	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
샬롯	84,038	772,818	83,614	732,610	109,634	1,048,934	93,667	893,124
콜라비/ 양배추	66,914	1,336,410	57,765	1,292,984	67,531	1,385,044	65,323	1,363,741
배추/겨자	47,264	454,815	51,785	548,453	59,450	583,770	61,538	580,969
토마토	45,215	593,392	51,205	647,020	61,154	891,616	57,302	954,046
양파	36,127	311,319	45,402	501,437	57,593	541,374	55,611	526,774
오이	43,759	166,386	53,109	552,891	56,921	547,141	53,596	521,535
가지	36,195	270,748	45,340	333,328	52,157	482,305	52,233	519,481
시금치	31,134	65,723	36,952	123,785	48,844	152,334	46,882	160,513
수박	22,433	171,885	31,499	366,702	27,493	348,631	33,445	497,650
당근	19,908	326,693	24,653	440,001	27,149	403,827	33,228	526,917
고추	N.D.	N.D.	18,332	307,349	19,421	471,051	19,110	541,688
박	5,780	158,654	9,569	180,029	10,693	369,846	9,669	428,197
콜리플라 워	N.D.	N.D.	8,763	127,320	8,728	101,205	9,441	113,491
마늘	2,847	59,008	3,280	20,733	1,816	12,295	1,828	14,749
무	1,952	7,745	3,295	54,226	2,083	32,381	1,813	27,279

자료: 인도네시아 농업부 통계조사국, 2012.11

품질이 양호한 채소종자는 여전히 대만과 일본에서 수입되고 있는데, 고품질 채소종자의 요구는 매년 증가하고 있다. 작물 육종가에 의해 육성된 일대잡종 종자는 ISO 9000:2001 품질관리시스템을 따라 생산되어야 하고, 그렇지 않을 경우엔 종자인증연구소에 의한 인증을 받아야 한다. 보급종자는 종자생산자나 정부 또는 개인회사에서 생산되고 있는데, 상향스리(Sang Hyang Sri)와 퍼르타니(Pertani)는 정부 소유 종자생산회사이고, 다국적 회사로는 이스트웨스트(Eastwest), 다끼이 슈보(Takii Shubyo) 등이 있다. 식량작물의 종자 수입은 제한되어 있으며, 특히 벼 종자는 엄격하게 제한된다. 벼 종자는 국제미작연구소에서 육성된 품종 등을 선호하고 있다.

### 13. 종자산업의 발전과 수출전략 구축

#### 가. 정부의 종자산업 육성

종자산업을 농업부문의 고부가가치 신성장 동력산업으로 인식하면서 종자산업육성대책을 마련하여 2020년까지 종자수출 2억 달러 달성을 목표로 민간역량 강화를 위해 R&D투자의 확대 및 효율성제고, 수출전략 품목육성, 품종보호권 강화미국 및 수입대체, 종자관리 체계 개편의 5대 추진 전략을 설정하였다.

2020년 종자산업육성대책 사업의 일환으로 골든시드 프로젝트 사업을 추진하여 2021년까지 10년 동안 글로벌 시장 개척형 종자 10개 품목과 품종보호 전략종자 9개 품목 개발에 4,911억



원을 투자하였다. 2020년까지 1천달러 수준의 전략수출 품종 20개 이상을 개발하여 종자수출 2억 달러를 달성하고, 2030년까지는 30억 달러의 종자를 수출하는 전략이다. 그리고 종자업체의 육종기반을 확충하고, 2015년까지 민간육종 연구 단지를 조성하기로 하였다.

#### 나. 수출확대를 위한 수출전략 구축

최근 국내육성 품종의 확산으로 수출경쟁력이 신장되고 있다. 딸기의 경우 국내품종 개발 이후 수출이 크게 신장되었고, 최근에는 파프리카 종자도 국내에 개발됨으로 재배농가의 생산비 절감과 종자수출증대에 기여할 것으로 기대된다. 2012년부터 전체 식물에 대한 품종보호제도가 전면 시행됨에 따라 로열티 분쟁 문제가 심각해질 가능성이 높아 국내 품종의 육종이 시급한 과제로 대두되고 있다. 국산 종자 보급률은 배추, 무, 고추 등 일부 채소작물의 경우는 상당히 높은 편이지만, 양파, 토마토, 파프리카, 기타 양채류 등 글로벌 종자 품종의 개발은 여전히 미흡한 상황이다. 국내 품종의 종자 개발을 위해서는 보다 적극적인 R&D 투자가 요구된다.

국제적으로 우량품종의 종자시장이 넓어지고 있어 세계시장 확대 혜택을 누리기 위해서는 종자수출 강화 전략이 중요하며, 특히 단계별 표적시장(Target Market)을 설정하여 수출전략을 수립할 필요가 있다. 중점 관리 및 시장지배력 확대를 도모하는 주력시장과 시장 개척 및 시장점유율의 점진적 증대를 도모하는 신흥시장으로 구분하여 전략을 전개해야 할 것이다. 중국, 인도 등 아시아지역은 육종 기술수준은 아직까지 상대적으로 저위이나, 현재 우리나라의 채소종자 주요 수출국이며, 인구와 소득이 증가하고 있기 때문에 고품질 농산물에 대한 관심이 높은 국가로 해외의 주시장이 될 것이다. 그리고 신흥시장은 육종 기술수준이 저위이며 종자생산 기반도 구축되어 있지 않으나, 최근 우수 종자의 수요가 확대되고 있는 중남미, 중동 등의 국가이다. 그러나 해외시장은 수출지역에 적합한 맞춤형 품종을 개발하여 경쟁력을 확보하는 노력이 요구된다.

종자산업의 중요성 및 필요성에 대한 인식이 제고되고 정부 지원도 크게 증가하고 있으나, 실질적으로 이를 지원하고 이끌어 갈 육종 관련 전문 인력은 상당히 부족한 실정이다. 정부의 신규 인력 양성 노력과 함께 전문적인 기술과 노하우를 갖춘 기존의 개인 육종가의 지원과 활용이 중요하다.

#### 4. 참고문헌

- 1 강점순, 손병구, 최영환, 이용재, 박영훈, 최인수. 2007. 펠렛 피복물질의 물리·화학적 특성이 당근 펠렛종자의 발아력에 미치는 영향. Journal of Life Science. 제17권 제12호 통권 제92호: pp.1701-1708
- 2 강남준. 1994. 고추 종자에 있어서  $K_3PO_4$ 를 이용한 priming과 침지용액(浸漬溶液)의 pH 조절(調節)에 따른 저온(低溫) 발아촉진(發芽促進)에 관한 생화학적(生化學的) 연구(研究). 학위논문(박사)-- 경상대학교 대학원 : 원예학과. viii: 94p
- 3 강점순, 손병구, 최영환, 안종길. 2000. 들깨 종자 코팅에 폴리머 및 고형물질이 발아력에 미치는 영향. JOURNAL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY & DEVELOPMENT INSTITUTE. Vol.4 No.1 : p.11-21
- 4 강점순. 2004. 상추 펠렛종자의 피복물질 탐색과 영양물질 첨가가 발아력에 미치는 영향 .시설원예·식물공장(Protected Horticulture and Plant Factory) .Vol.13 No.1 : p.8-15
- 5 김석현. 2000. 참깨미생물·과립종자와 농가보급형 과립제조기 개발. 경상대학교 소식지. 200호(경상남도 과제, 경상대학교)
- 6 김석현, 박창석. 1998. 참깨 생산비 절감을 위한 생력기계화 및 종자 전처리 기술개발. 농림부 과제(경상대학교)
- 7 김수석, 박현태. 2013. 종자산업의 도약을 위한 발전 전략. 한국농촌경제연구원
- 8 김홍태. 2013. 국내·외 종자산업 현황 및 성장 전망. KB금융제주경영연구소
- 9 박기환 등. 2010. 종자산업의 동향과 국내 종사기업 육성방안. 한국농촌경제연구원
- 10 박현태, 박기환. 2013. 종자산업의 도약을 위한 과제.한국농촌경제연구원
- 11 신현호 등. 2011. 종자산업 시장현황 조사보고서. (사)한국종자협회
- 12 최근원, 이정명, 황현정, 최병순, 임해봉, 금문섭, 방성훈, 이창호, 박은영, 홍지영, 장원경, 김희진 . 2012. 박과채소종자의 바이러스 무독화 기술개발. 농림수산식품부 과제. 경희대학교

## 제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전예의 기여도
○ 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고형물질 선별	○ 배추, 상추, 무종자를 대상으로 종자 펠렛에 적합한 펠렛물질들을 구명 ○ 종자 펠렛 고형물질의 물리성 및 화학성 검정	○ 펠렛종자의 발아성과의 관련성을 구명함
○ 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선별	○ PVA, PVP, MC, CMC 등의 접착제 종류와 처리농도로 펠렛하여 발아성 검정 ○ PVA의 분자량에 따라 발아성과 수분분해 용해성을 검정	○ 우수한 펠렛 접착제를 선발함
○ 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정	○ 무, 배추, 상추, 고추, 토마토 종자를 대상으로 펠렛배율별 발아율 조사 ○ 기계과종에 적합하고 높은 발아력을 유지할 수 있는 적정 펠렛직경 구명	○ 채소 작물별 기계과종에 적합하고 높은 발아력을 유지한 적정 펠렛배율을 확립함
○ 펠렛종자의 발아촉진법 개발	○ 작물별 최적 priming 조건을 설정한 후 종자를 펠렛하여 발아성 검정 ○ 펠렛종자에 식물생장조절제, 영양물질 등 발아활성물질 첨가하여 발아성 검정 ○ 펠렛종자에 산소공급원 첨가하여 발아성 검정	○ 펠렛종자의 발아촉진법 개발
○ 저비용 필름코팅 종자 공정기술 개발	○ 살균제, 착색제, 증량제 종류 탐색 및 적정 혼합배율 설정	○ 살균제, 착색제, 증량제 적정 혼합배율 구명함
○ 유용미생물 활용한 펠렛 종자 생산기술	○ 유용미생물 담체선발 및 혼합배율 설정	○ 유용미생물(바실러스) 종류 및 처리수준 구명
○ 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술 개발	○ 소수형 펠렛물질, 수화형 코팅물질 탐색 ○ 코팅층의 분해와 붕괴형태 정도 조사 ○ 발아성 및 유묘활력 검정	○ 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술을 개발함
○ 칼라 펠렛종자 생산기술 개발	○ 칼라 펠렛종자의 발아성 검정	○ 수입대체용 펠렛착색제 탐색

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전예의 기여도
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질 검정법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자 인위퇴화 처리(십자화과 종자)</li> <li>○ 건전종자와 퇴화종자의 누출성분 탐색</li> <li>○ 누출성분 판별 시약 탐색</li> <li>○ 발색시약처리법 연구</li> <li>○ 종자 인위퇴화 처리(십자화과 종자)</li> <li>○ 누출성분 분석</li> <li>○ 96-well plate 이용</li> <li>○ 발색시약 분주</li> <li>○ 품질 재현성 및 정확성</li> <li>○ 종자품질 판별 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발색 plate reading 장치확립</li> </ul> </li> <li>○ 산업체 응용을 위한 96-well plate kit 제작</li> <li>○ 신속 정확한 종자품질 판별용 software 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건전종자와 퇴화종자의 누출성분 차이가 큰 인 아미노산, 인, 마그네슘 발견</li> <li>○ 아미노산 누출을 이용한 발아율 예측방법 확립</li> <li>○ 인 누출을 이용한 발아율 예측방법 확립</li> <li>○ 마그네슘 누출을 이용한 발아율 예측방법 확립</li> <li>○ 96-well plate 및 8-channel pipette을 이용한 간편작업(kit화)</li> <li>○ Multiplate reader로 일시에 많은 종자를 단일 종자 단위로 성분 분석법 확립</li> <li>○ Multiplate reader기의 software를 이용하여 종자누출성분을 단일종자 단위 신속하게 분석하는 법 확립</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자수분 흡수체계 기술확립(드럼흡수 등)</li> <li>○ 종자누출을 유도할 수 있는 적정 수분 함량 조사</li> <li>○ 수분흡수방법별 imbibition damage 조사</li> <li>○ 종자수분 흡수체계 기술확립(드럼흡수 등)</li> <li>○ 종자누출을 유도할 수 있는 적정 수분 함량 조사</li> <li>○ 수분흡수 방법별 침윤장해 조사</li> <li>○ 적정 바인더 탐구</li> <li>○ 코팅재료별 발색</li> <li>○ 종자선별 및 발아조사</li> <li>○ 침지에서 선별과정의 시스템화 연구(침지, 코팅, 건조 등)</li> <li>○ 선별의 기계화(color sorter이용)실험</li> <li>○ 대량 종자처리 및 코팅 실험</li> <li>○ 포장 파종 및 입모 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자코팅을 이용한 퇴화종자의 아미노산 누출을 판별하는 방법 개발</li> <li>○ 아미노산 누출을 유도하는 적정 종자 수분흡수법 확립</li> <li>○ 아미노산 누출을 흡착하는 적정 코팅재료 선발</li> <li>○ 적정 바인더 선발</li> <li>○ 종자코팅 후 아미노산을 발색하는 적정 선조시간과 온도를 구명함</li> <li>○ 아미노산이 발색된 종자를 color sorter를 이용하여 성공적인 선별법 확립</li> <li>○ 선별된 발색종자와 무색종자를 파종하여 발아의 차이를 확인함으로써 종자선별법 확립</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발아촉진과 활력증진을 위한 priming 처리기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Priming 최적조건 : 처리물질, 처리농도 및 처리시간 선발</li> <li>○ 처리물질 및 농도 : KNO<sub>3</sub> 등 4 처리물질, 3 처리농도</li> <li>○ 대상작물 : 가지과 종자</li> <li>○ 조사항목 : 발아율, 발아세 검정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 작물별 priming 최적 처리제, 처리온도, 기간을 확립함</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 구성요인 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자종류에 따른 발아특성 구명 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상작물 : 가지과 및 박과 종자</li> </ul> </li> <li>○ 처리물질에 따른 발아특성 구명 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종자처리 용액, 무기염 농도, 수분압 등 구성요인별 발아 특성 구명</li> <li>- 대상작물 : 가지과 종자</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 종자종류별 bio-control 처리 조건 및 처리효과를 구명함</li> </ul>

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전예의 기여도
○ Bio-control 종자처리기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발	○ 종자처리시 생육촉진 생리활성물질 탐색 : GABA, GB, Polyamines 등 ○ 종자처리 시 발병억제 생리활성물질 탐색 : ASM, BABA, INA 등 ○ 생리활성물질의 처리방법 및 처리 효과 구명 : 생육촉진 및 PR단백질 발현 여부 ○ 생리활성물질의 처리방법 및 처리 효과 구명 : 생육촉진 및 PR단백질 발현 여부	○ Bio-control 종자처리에 적합한 생리활성물질을 선발함
○ Bio-control 종자처리기술 개발 및 산업화	○ Bio-control 종자처리 효과 검정 - 발아율, 초기생육, 육묘기 발병억제 ○ 종자의 이용목적별 처리기술 확립 - 재배용, 식물공장용, 어린잎 채소용 등	○ Bio-control 종자처리 효과 검정함 ○ 종자의 이용목적별 처리기술 확립함
○ 초분광 영상을 이용한 on-line 우량종자 비파괴 선별 기술 개발	○ 초분광 시스템 구축을 통해 초분광 영상 기술 개발과 함께 종자의 스펙트럼 데이터 수집 및 데이터베이스 구축	○ 초분광 영상을 이용한 on-line 우량종자 비파괴 선별 기술을 구축함
○ 초분광 영상정보를 이용한 우량종자 예측 모델 및 종합판별 기술개발	○ 측정기기와 종자별 그리고 분류모델의 전처리별로 결과를 도출하여 측정방법 표준화할 결과 제시 및 우량종자 판별을 위한 시스템 소프트웨어 개발	○ 초분광 영상정보를 이용한 우량종자 판별을 위한 시스템 소프트웨어를 개발함
○ 종자 생산지, Lot별 발아 조사	○ 고추, 토마토, 수박, 무, 배추의 Lot별 종자선별 중국, 태국, 국내에서 생산된 품목 고추, 토마토, 수박, 무, 배추의 발아율 조사	○ 생산지별 5단계 사이즈로 분류 전·후 발아력 검정함
○ 작물별 종자 펠렛용이성 타진	○ 종자 사이즈별 분류 작업 후 소립종자 및 극 소립종자의 펠렛 가능성 조사	○ 무, 배추 종자의 소립, 극 소립종자를 활용한 상업적 활용계획 구축
○ Priming 종자의 발아촉진 효과검정	○ 최적 priming 조건으로 채소종자의 품종별 priming 효과 검정 ○ 발아촉진 효과 및 발아율 검정 ○ 저활력 종자의 priming 효과 검정 ○ Priming 종자의 저장성 검정	○ Priming 종자 발아성, 저장성을 구명함
○ SMP 최적조건 구명 및 처리종자의 산업화	○ 적정 SMP carrier 종류 선발 ○ carrier, 수분, 종자 혼합배율 설정	○ 적정 SMP carrier 선발 및 carrier, 수분, 종자 혼합배율 구명함

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전예의 기여도
○ 펠렛종자 배율별 유묘생장 반응 검정	○ 펠렛종자의 입자크기를 구분하여 유묘생장을 검정 ○ 펠렛배율별 유묘생장 검정	○ 펠렛종자 배율별 유묘생장 반응 검정함
○ 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성	○ Priming 처리기술, bio-control 처리기술, 필름코팅, 펠렛 종자생산의 과학화, 표준화 및 공정 매뉴얼 작성 ○ 종자가공 산업현정에서 활용할 수 있는 매뉴얼 제공	○ 종자처리 및 선별기술 매뉴얼 작성함
○ 펠렛종자의 대량생산 기술 확립	○ 펠렛종자의 대량생산에 적용될 수 있는 펠렛제조 기술을 모색 ○ 펠렛 피복물질 첨가 방법에 따른 펠렛효율성 검토	○ 펠렛종자의 대량생산 기술 확립함
○ 펠렛종자의 저장성 검정	○ 펠렛종자의 저장온도, 기간에 따른 발아력 검정 ○ 펠렛종자의 재배적 특성 비교	○ 펠렛종자의 저장성 검정함
○ Bio-control, 비파괴 선별된 고품질 종자 및 가공종자의 산업화	○ Bio-control 처리의 처리종자의 산업화, priming 종자의 산업화, 펠렛종자의 산업화 ○ 누출성분 표지를 이용한 비파괴 우량종자 선별기술 및 초분광 영상기술 구축	○ Bio-control, 비파괴 선별된 고품질 종자 및 가공종자의 산업화 모델을 제시
○ 종자 시장 분석 및 수출전략 구축	○ 국내의 연도별 채소종자 생산량, 채소종자 매출현황, 채소종자의 수출입 현황 조사, 미국, 유럽등 선진국의 등 국가별 채소종자 생산량 및 채소종자의 수출입 현황 등 종자시장 규모 조사, 중국, 베트남, 인도, 인도네시아 등 동남아시아의 국가별 채소종자 생산량 및 채소종자의 수출입 현황 등 종자시장 규모 조사, 분석	○ 국내, 외의 종자생산 및 수출입현황 조사 및 세계의 종자 수출시장의 경제성과 수출대상의 국가의 장단점 분석하여 수출전략을 구축

## 제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 제1절 실용화· 산업화계획

#### 가. 계획중인 과제

- 종자 펠렛 고품질 물질의 물리성 및 화학성 검정하여 펠렛종자의 발아성과의 관련성을 구명함. 종자산업체의 펠렛종자의 대량생산에 활용될 수 있는 최적 펠렛물질을 개발함으로써 고품질 펠렛종자 생산의 단서를 제공함
- 펠렛제조 후 파열에 견딜 수 있는 일정한 경도 유지와 파종 후 수분용해도가 우수한 펠렛 접착제를 선별하여 저비용 고품질 펠렛종자 생산의 중요한 정보 기술을 제공함
- 채소 작물별 기계파종에 적합하고 높은 발아력을 유지한 적정 펠렛배율을 확립하여 산업체 기술 이전
- 펠렛종자의 발아지연 문제를 극복할 수 있는 종자처리 기술을 확립함으로써 고품질 펠렛 채소종자 생산을 위한 기술적 정보를 제공함
- 무병화 펠렛종자 생산을 가능한 살균제, 살충제 첨가조건을 확립하였고, 펠렛종자 공정 매뉴얼 작성으로 펠렛종자 생산의 표준화 과학화 기술을 제공
- 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술, 칼라 펠렛종자 생산기술 개발 개발하여 이를 산업체에 기술 이전하여 이미 실용화하고 하고 있거나 실용화 할 계획
- 토양수분 맞춤형 펠렛종자 생산기술, 칼라 펠렛종자 생산기술 개발 개발하여 이를 산업체에 기술 이전하여 이미 실용화하고 하고 있거나 실용화 할 계획
- 퇴화종자 누출액 중 아미노산, 인산 및 마그네슘 성분을 이용하여 퇴화종자를 판별하는 연구에서 각 누출 성분을 단일종자 단위에서 분석하고 발아와의 관계를 구명함
- 이 기술은 국제적인 원천 기술이므로 특허출원 하였고, 종자산업체, 연구기관 등 종자발아검사를 필요로 하는 곳에서 활용 가능한 기술을 제공함
- 퇴화종자에서 아미노산이 누출되는 종자에 대하여 종자코팅 방법으로 선별하는 기술을 산업체에 제공하여 실용화 할 계획
- 식물유래 천연생리활성 물질을 이용한 bio-control 처리기술과 우수성 입증된 유용물질은 특허출원과 함께 산업화 예정. 아울러 발병억제 물질을 이용한 종자 전처리가 종자발아에 미치는 영향에 대하여 학술논문화 할 예정
- 초분광 영상 시스템을 이용하여 건전종자와 퇴화종자의 특성을 파악하고 선별모델을 개발하여 우량종자의 선별을 위한 기틀을 마련하고 우량종자 예측 모델 및 종합판별 기술 개발하였음. 개발된 기술은 논문화와 산업체를 기술이전 할 예정
- 연구를 통해 초분광 영상 시스템과 전용 프로그램을 이용하여 우량종자를 비파괴적으로 선별할 수 있는 원천기술을 개발하였으며, 이는 국내 종자기업에 이술이전하여 산업화 할 예정임. 이는 곧 글로벌 종자기업의 독점화로 인해 침체되어 있는 국내 종자산업에 큰 활력을 줄 것으로 기대됨

## 제2절 교육·지도홍보 등 기술확산 계획

### 1. 교육

#### 가. 제2차 남새채종기술세미나

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 월드비전
- 일시 : 2009년 8월 22일 - 8월 29일
- 제목: 종자받아축진 기술
- 장소: 중국대련시 량원호텔
- 참석대상 : 북한농업연구자 7명

#### 나. 특허청 심사관 신기술교육(농업재배 자동화기술)

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 심사관신기술교육센터
- 일시 : 2012년 6월 18일
- 제목: 종자 펠렛 및 코팅 등 종자처리 기술
- 장소: KAIST-ICC 문지캠퍼스 강의동 1층 L103 강의실
- 참석대상 : 특허청 식품생물자원심사과 23명

#### 다. 특허청 심사관 신기술교육(농업재배 자동화기술)

- 발표자 : 충남대학교 조병관 교수
- 주관 : 심사관신기술교육센터
- 일시 : 2012년 6월 18일
- 제목: 농산물 비파괴 선별 영상처리 기술
- 장소: KAIST-ICC 문지캠퍼스 강의동 1층 L103 강의실
- 참석대상 : 특허청 식품생물자원심사과 23명

#### 라. 부산대학교 최고농업경영자과정

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 부산대학교 최고농업경영자과정 친환경 채소반 특강
- 일시 : 2014년 6월 20일
- 제목: 원예작물의 종자가공기술
- 장소: 부산대학교 생자대 3451 강의실
- 참석대상 : 친환경채소반 수강생 15명



#### 마. 부산대학교 김해미래농업대학

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 부산대학교 김해미래농업대학 특강
- 일시 : 2014년 6월 19일
- 일시 : 2013년 9월 31일
- 제목: 원예작물의 종자가공기술
- 장소: 부산대학교 생자대 3451 강의실
- 참석대상 : 김해미래농업대학 과정생 31명

#### 바. 부산대학교 시설원에 CEO과정

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 부산대학교 시설원에 CEO과정 특강
- 일시 : 2012년 10월 26일
- 일시 : 2013년 6월 14일
- 제목: 기계화 생력파종을 위한 종자코팅처리기술
- 장소: 부산대학교 생자대 3454 강의실
- 참석대상 : 부산대학교시설원에 CEO과정 과정생 32명

#### 사. 제주지역 채소산업 발전방안 심포지움

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 제주특별자치도 농업기술원
- 일시 : 2013년 5월 31일
- 제목: 이상 기후대응 제주지역 채소류 안정생산을 위한 기술 개발방향
- 장소: 제주시 농업인회관
- 참석대상 : 제주시 농업기술원 연구원 농업인 450명

## 2. 학회 특강

#### 가. 2012년 채소분야 연구개발 워크숍

- 발표자 : 부산대학교 강점순 교수
- 주관 : 농촌진흥청 국립원예특작과학원
- 일시 : 2012년 3월 22일
- 제목: 이상 기후대응 채소 안정생산기술 개발
- 장소: 부안 대명변산리조트 거문고홀
- 참석대상 : 농촌진흥청 연구기관, 산업체 연구원 130명

#### 나. 한국생물환경조절학회, (사) 한국농업기계학회

- 발표자 : 충남대 조병관 교수
- 주관 : 한국생물환경조절학회, (사) 한국농업기계학회
- 일시 : 2013년 5월 3일
- 제목: 식물생산을 위한 작물생산 기술
- 장소: 리솜파캐슬(충남 예산군 덕산면) 로즈마리홀
- 참석대상 : 한국생물환경조절학회, (사) 한국농업기계학회 회원 350명

### 3. 학회발표

#### 가. 2014년 한국생명과학회 정기총회 및 국제학술대회

- 주최 : 사단법인 한국생명과학회
- 일시 : 2014년 8월 28일 ~ 2014년 8월 29일
- 장소 : 부산 해운대 아르피나
- 포스터 발표

- (1) Effect of Gibberellic acid and Nutrients Incorporated into Pellet Seeds to Improved Germination of Chinese Cabbage and Lettuce Seeds.
- (2) Effect of Pelleting Size on Germination of Chinese Cabbage, Lettuce and Radish Seeds.
- (3) Influence of Physical and Chemical Properties of Pelleting Solid Materials on the Germination in Chinese Cabbage and Lettuce Seeds.

#### 나. 2013년 국제종자학회 (30th ISTA Seed Congress)

- 주최 : International Seed Testing Association (ISTA)
- 일시 : 2013년 6월 12일 ~ 2013년 6월 18일
- 장소: Antalya, Turkey
- 제목 : Prediction of seed viability with single seed base using seed leachate treated with ninhydrin

#### 다. 2014년 국제원예학회 (29th International Horticultural Congress)

- 주최 : International Society for Horticultural Science
- 일시 : 2014년 8월 17일 ~ 2013년 8월 21일
- 장소: Brisbane, Australia
- 제목 : A simple and rapid determining and prediction seed viability of radish (*Raphanus sativus* L.) Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*) using phosphate leakage.

#### 라. 한국농업기계학회

- 주최 : 한국농업기계학회
- 일시 : 2012년 2월 16일
- 장소: 국립농업과학원 농업공학부
- 제목 : Study on Non-destructive classification technology for Seed using FT-Near Infrared Spectroscopy

**마. 한국산업식품공학회 춘계 학술대회**

- 주최 : (주)한국산업식품공학회, 한국식품안전협회
- 일시 : 2012년 5월 10일
- 장소: 일산 KINTEX, 제1전시장 208호
- 제목 : 초분광 반사광 영상을 이용한 배추 종자의 비파괴적 선별 기술에 관한 연구

**바. CIGR(International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering)**

- 주최 : CIGR(International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering)
- 일시 : 2012년 6월 8일 ~12일
- 장소 : Valencia, Spain
- 제목 : Study on development of Non-destructive evaluation technique for seed viability for use Hyperspectral imaging technique

**사. 2013 한국농업기계학회/ 한국생물환경조절학회 춘계 공동 학술대회**

- 주최 : 한국농업기계학회, 한국생물환경조절학회
- 일시 : 2013년 5월 3일
- 장소 : 리솜스파캐슬 테마동(충남 예산군 덕산면 사동리 361)
- 제목 : Non-destructive determination of viable and nonviable pepper seeds using fourier transform near infrared and raman spectroscopy

**자. 한국농업기계학회 2013년도 추계 학술대회**

- 주최 : 한국농업기계학회
  - 일시 : 2013년 10월 31일 ~ 11월 1일
  - 장소: 제주 한화리조트
  - 제목
- (1) Nondestructive Viability Evaluation of Watermelon (Citrullus lanatus) Seeds Using Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy
  - (2) 초분광 반사를 이용한 오이종자의 비파괴 품질 평가 기술개발에 관한 연구
  - (3) Development of damage detection method in soybean seeds using hyperspectral visible/near infrared (VIS/NIR) imaging technique

#### 차. 2014 SPIE. DSS Sensing Technology + Applications

- 주최 : SPIE(International society for optics and photonics)
- 일시 : 2014년 5월 5일 ~ 5월 9일
- 장소 : Baltimore Convention Center, Baltimore, Maryland, USA
- 제목 : Spectral imaging analysis for determination of viability of vegetable seeds

#### 카. 제 3회 농업생명과학분야 대학원생 학술발표대회

- 주최 : 경상대학교 부속 농업생명과학연구원
- 일시 : 2012년 5월 24일
- 장소: 경상대학교 농업생명과학관 누리홀
- 제목 : Effects of Plant Activators on Germination of  $K_3PO_4$ -Primed Seeds of Pepper(*Capsicum annuum*L.)

#### 타. 2012년 정기총회 및 제 96차 춘계학술발표회

- 주최 : 한국원예학회
  - 일시 : 2012년 5월 17일 ~ 2012년 5월 19일
  - 장소: 경북대학교 대구캠퍼스 글로벌플라자
  - 제목
- (1) 고추종자의 프라이밍 시 생리활성물질 처리가 발아에 미치는 영향
  - (2) 식물생리활성물질 처리가 파프리카 종자의 발아에 미치는 영향

### 제3절 특허, 품종, 논문 등 지적재산권 확보계획 등

#### 가. 특허출원

- (1) 출원중인 항목

번호	발명의 명칭	출원번호	출원일자	발명자
1	종자침출액의 닌하이드린 발색을 이용한 종자 발아율 예측방법	10-2012-0071915	2012.07.02	민태기
2	종자침출액의 인 발색을 이용한 종자발아율 예측방법	10-2013-0124462	2013.10.18	민태기
3	종자 침출액의 마그네슘 발색을 이용한 저장 중인 종자 발아율 예측방법	10-2014-0117435	2014.09.04	민태기
4	발아율 향상을 위한 상추 종자의 처리방법	10-2014-0119160	2014.09.05	강점순, 박은지, 이규빈
5	과종작업 간소화를 위한 패치종자 및 그 제조 방법	10-2014-0119160	2014.09.05	강점순, 박은지, 이규빈

(2) 특허출원 계획중인 항목

번호	발명의 명칭	출원번호	발명자
1	식물유래 생리활성을 물질을 이용한 채소종자의 bio-control 종자처리 기술		강남준 외 3인
2	저비용 필름코팅 착색제 개발		강점순, 박은지, 이규빈
3			

## 나. 논문

### (1) SCI 게재논문

- Kim, G.S., G.H. Kim, J.M. Park, D.Y. Kim and B.G. Cho. 2014. Application of infrared lock-in thermography for the quantitative evaluation of bruises on pears. *Infrared Physics & Technology*. *Infrared Physics & Technology* 63 (2014): 133 - 139
- Min, T.G., Boseung Choi and B.R. Hong. 2013. Predicting probability of radish (*Raphanus sativus* L.), Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*), and cabbage (*B. oleracea* var. *capitata* L.) seeds via amino acid leakage parameters. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54: 388-398.
- Min, T.G. and B.R. Hong. 2013. A simple method to determine amino acid leakage and germination capabilities from single radish (*Raphanus sativus* L.) and cabbage (*B. pekinensis* L.) seeds. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54: 249-256.

### (2) 국내논문

- 안치국, 모창연, 강점순, 조병관. 2012. 초분광 반사광 영상을 이용한 무(*Raphanus sativus* L) 종자의 발아와 불발아 비파괴 판별. *Biosystems Engineering*. 37(6). p411-419.
- 안치국, 모창연, 김문성, 조병관. 2012. 초분광 반사광 영상을 이용한 상추(*Lactuca sativa* L) 종자의 활력 비파괴측정기술 개발에 관한 연구. *비파괴검사학회지*. 32(5). p519-525.
- 안치국, 백인석, 모창연, 강석원, 김문선, 조병관. 2012. 초분광 반사광 영상을 이용한 배추 종자(*Brassica campestris* L) 비파괴 품질 측정기술 개발. *산업식품공학회지*. 16(3). p257-262.
- 안치국, 강점순, 이강진, 조병관. 2012. FT-NIR을 이용한 상추(*Lactuca sativa* L) 종자의 비파괴 선별 기술에 관한 연구. *농업과학연구*. 39(1)
- 황미란, 김희은, 강남준. 2012. 생리활성물질 처리가 priming 고추종자의 발아에 미치는 영향. *농업생명과학연구*.46(4)
- 황미란, 김희은, 강남준. 2013. 식물 병저항성 유도물질 처리가 오이와 멜론 종자의 발아에 미치는 영향. *농업생명과학연구*.47(3)

### (3) SCI 투고예정중인 논문

- Ann. C.K., Cho, B.G. and Kang, J.S. 2012. Study on development of Non-destructive evaluation technique for seed viability for use Hyperspectral imaging technique. *CIGR*.
- Min, T.G., Choi, B.S. and Hong, B.R. 2014. Rapid assessment of seed viability of naturally aged radish (*Raphanus sativus* L.) and Chinese cabbage (*Brassicarapa* ssp. *pekinensis*) using phosphate leakage from single seed leachate. *Hort. Environ. Biotechnol.*

- Min, T.G. and Hong, B.R. 2014. Leakage of inorganic compounds from artificially aged radish (*Raphanus sativus* L.) and Chinese cabbage (*Brassicarapa ssp. pekinensis*) seeds and use of phosphate leakage from single seed as a tool for assessing viability. Hort. Environ. Biotechnol.
- 황미란, 권준국, 강남준. 2014. Differential responses of enzymatic proteins by application of plant defense activators in cucumber and tomato. Horticulture, Environment, and Biotechnology.

**(4) 국내 투고예정중인 논문**

- 박은지, 허유, 이규빈, 손병구, 최영환, 이용재, 박영훈, 강점순, Effect of Gibberellic acid and Nutrients Incorporated into Pellet Seeds to Improved Germination of Chinese Cabbage and Lettuce Seeds, 한국환경과학회
- 박은지, 허유, 이규빈, 손병구, 최영환, 이용재, 박영훈, 강점순, Effect of Pelleting Size on Germination of Chinese Cabbage, Lettuce and Radish Seeds, 한국환경과학회
- 허유, 박은지, 손병구, 최영환, 이용재, 박영훈, 강점순, Influence of Physical and Chemical Properties of Pelleting Solid Materials on the Germination in Chinese Cabbage and Lettuce Seeds, 한국환경과학회

**다. 품종개발**

**(1) 생산판매신고 목록**

순번	신고 일자	신고 번호	작물명	품종명	심사과정
1	2014-06-05	302014001104	고추	아크다플러스	신고완료
2	2013-12-09	302013001949	고추	PR-승부사	신고완료
3	2013-11-27	302013001891	고추	PR-만리장성	신고완료
4	2013-11-21	302013001866	고추	PR-우뚝	신고완료
5	2012-12-20	302012001477	고추	끝판대왕	신고완료
6	2014-03-05	302014000512	무	해강알타리	신고완료
7	2014-01-22	302014000178	무	참보라	신고완료
8	2014-01-09	302014000066	무	에이치디알151	신고완료
9	2013-03-08	302013000495	무	청우플러스	신고완료
10	2013-12-30	302013002094	배추	에이치디1202	신고완료
11	2013-05-23	302013001051	배추	늘푸른봄동	신고완료
12	2013-10-29	302013001668	토마토	갤럭시	신고완료
13	2013-03-11	302013000496	상추	슈퍼선봉적측면	신고완료

**(2) 품종보호출원목록**

순번	신고 일자	신고 번호	작물명	품종명	심사과정
1	2013-11-28	102013000273	무	농심	재배심사
2	2012-07-13	102012000436	무	미금	재배심사
3	2012-06-12	102012000387	수박	활기찬꿀	재배심사
4	2012-04-23	102012000314	배추	범상	재배심사
5	2012-03-05	102012000207	무	백옥단칩	재배심사

## 제4절 추가연구, 타연구에 활용 계획

### 가. 추가연구

- Bio- control 종자처리는 친환경 종자처리를 의미하므로 생산물의 안정성 검토에 대한 추후 연구가 필요함
- 우리나라는 이상기온의 영향으로 발아불량 환경이 많아짐. 불량환경 조건에서 발아율이 높고 기계화 파종이 가능함 펠렛종자 생산에 더 많은 연구가 요구됨
- 종자처리한 결과들이 모든 채소종자에 적용시키기는 어려우므로 단일작물 중심으로 심도 있고 일관화 된 종자처리 연구가 요구됨
- 특히, 누출성분을 이용한 비파괴적 고품질 선별시험은 십자화과 작물을 중심으로 시행된 결과이므로 모든 채소작물에 공통적으로 응용할 수 없음. 이는 종자마다 다른 종피구조를 가지고 있기 때문에 수분을 흡수할 때 누출성분이 다르기 때문임
- 따라서 종자산업체에서나 연구업체 등에서 특정 종자를 대상으로 연구개발이 필요할 경우 본 과제의 결과를 기초로 하여 추가적인 누출성분 연구가 필요할 것임
- Priming 처리기술은 타 품목에도 확대 적용 가능
- 본 과제에서 bio- control 처리종자와 펠렛종자 연구는 채소작물에만 국한되었으나 경종작물 더 나아가 사료작물에서도 확대 적용 가능할 것임

### 나. 타연구에 활용 계획

- 본 연구를 통해 얻은 결과는 우량종자 비파괴검사를 위한 초분광 영상계측 기술 개발을 통해 종자 선별 기술 개발의 원천 기술로 중요하게 사용될 것으로 판단되며 지속적인 데이터 수집을 통해 정확도의 향상과 다른 종자로의 확장이 가능할 것으로 기대
- 본 연구 과제를 통해 국내에는 활발하지 않은 종자시장의 확대 및 기술개발 발전에 크게 이바지하고 다양한 신규시장 형성에 활력소가 될 것으로 기대됨. 또한 향후 종자 선별기 연구에 있어 기초자료로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단
- 본 연구를 통해 구축한 초분광 영상 시스템을 통해 유해식품 검출, GM작물과 일반작물의 분류, 농산물의 농약 검출, 농산품의 등급판정 등의 농·식품 분야로의 응용을 통해 다양한 비파괴 검사가 가능. 이는 요즘 먹거리를 통한 건강에 관심이 높아진 웰빙시대에 농산품이나 식품의 판정이나 불량식품의 판정을 통해 식품안정에 기여하고 신규시장 형성과 많은 소득을 농업시장에 활력을 줄 것으로 기대됨
- 종자 선별방법의 체계화와 다양한 priming 처리 방법으로 균일한 종자를 선별하고 종자의 발아 시간을 단축시키고, 발아세를 높이는데 효율적인 이용이 가능
- 외국 기술에 의존하던 펠렛제조 공정을 국내 기술로 개발해 다양한 작물에 적용하여 새로운 부가가치 산업 생산 가능



## 제5절 연구기획사업

### 가. 종자 산업화 기술

- (1) 기계화 생력파종을 위한 종자 펠렛기술 개발
  - 국내 부존자원을 활용한 펠렛 고품질 선발(특허 1건 확보)
  - 저비용 고효율 펠렛 접착물질 선발
  - 채소종자의 적정 펠렛 배율 설정
  - 펠렛종자의 발아촉진법 개발
  
- (2) 고품질 종자선별 기술개발
  - 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 품질검정법 개발
  - 누출성분 표지를 이용한 비파괴 종자 선별시스템 확립
  
- (3) 채소종자의 고품질화를 위한 종자처리 기술 개발
  - 가지과 채소종자의 발아율과 입묘율 향상을 위한 priming 처리기술 개발
  - Bio-control 종자처리 기술 개발을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발  
초분광 영상을 이용한 우량종자 비파괴 선별기술 개발
  - 우량종자 비파괴검사를 위한 초분광 영상 계측기술 개발
  - 우량종자 비파괴 선별 초분광 영상 예측 모델개발
  
- (4) 첨단가공 기술을 활용한 채소종자의 산업화
  - 종자처리 및 가공기술을 활용한 채소종자의 산업화 및 수출촉진

## 제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

### 1. 본 연구과제와 관련된 해외의 특허

가. 마그네슘 분석법 (특허명: MAGNESIUM ASSAY WITH CALMAGITE OR ERIOCHROME BLACK T REAGENT) : Spectrophotometric 방법으로 마그네슘 분석시약 구성을 발명함 - 본 연구에서 종자누출액의 마그네슘 분석에 활용함

### 2. 본 연구과제와 관련된 해외의 논문

가. 식물조직 내의 아미노산 분석 방법 (논문명: A ninhydrin based assay to quantitate the total protein content of tissue sample, 저널명: Analytical Biochem.) : 식물조직 내의 아미노산 함량을 분석하는 방법에 대한 논문 - 본 연구에서 종자누출액의 아미노산 분석 방법에 활용함.

나. 물에 용해된 인 분석방법 (논문명: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, 저널명: Analytica Chimica Acta): 자연 상태의 물에 존재하는 인을 분석하는 방법을 연구하였음 - 본 연구에서 종자누출액의 인 분석 방법에 활용함.

## 제7장 참고문헌

1. Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1970. Viability and leaching of sugar from germinating barley. *Crop Sci.* 10: 31-34.
2. Agrawal, O.K. 1977. Germination, fat acidity and leaching of sugars from five cultivars of paddy (*Oryzasativa*) seeds during storage. *Seed Sci. and Technol.* 5:489-498.
3. Agresti, A. 2007. An introduction to categorical data analysis. 2nd ed. Wiley, New Jersey.
4. Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification, *IEEE Transactions on Automatic Control.* 19 (6): 716 - 723.
5. Alan, G. Taylor, C.J. Eckenrode and R.W. Straub. 2001. Seed Coating Technologies and Treatments for Onion: Challenges and Progress. *HortScience* 36:199-205.
6. Alvarado, A.D., K.J. Bradford, and J.D. Hewitt. 1987. Osmotic priming of tomato seeds: Effects on germination, field emergence, seedling growth, and fruit yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:427-432.
7. Antonov, I., K. Slavov, P. Purvanov and S. Stanchev. 1978. Pelleting of sugar beet seed and of some other crops. *Plant Sci.* 15:120-135.
8. Basavarajappa, B S., H.S. Shetty and H.S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Sci. and Technol.* 19:279-286.
9. Baek, I.Y., W.Y. Han, H.T. Kim, J.M. Ko, N.S. Kang, D.C. Shin, S.T. Kang, M.G. Chung, K.W. Oh, S.W. Oh, K.Y. Park, D.Y. Suh and J.H. Lee. 2007. New Cultivar Developed : A New Black Seed Coat Soybean Variety, "Socheong" with Small Seed Size, Green Cotyledon and Lodging Tolerance. *Korea Society of Breeding Science.* 39:377-378.
10. Baohua, L. 2003. Effect on seed coating to soybean yield and quality. *Soybean Science.* 22:234-235.

11. Barut, Z.B. 2008. Seed Coating and Tillage Effects on Sesame Stand Establishment and Planter Performance for Single Seed Sowing. Applied Engineering.
12. Basavarajappa, B S., H.S. Shetty and H.S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. Seed Sci. and Technol. 19:279-286.
13. Baxter, J. and L. Waters. 1986. Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the imbibition, respiration and germination of sweet corn at four matric potentials. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:17-20.
14. Baxter, L. and L. Waters. 1986. Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the field performance of sweet corn and cowpea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:31-34.
15. Berrie, A.M.M. and D.S.H. Drennan. 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. New Phytol. 70:135-142.
16. Black, R.A. and F.M. Elhadi. 1992. Presowing treatments of acacia senegal seed germination and growth. Tropical Agriculture. 69:15-20.
17. Bokshi, A.I., S.C. Morris, and B.J. Deverall. 2003. Effects of benzothiadiazole and acetylsalicylic acid on  $\beta$ -1,3-glucanase activity and disease resistance in potato. Plant Pathology. 52 :22-27.
18. Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort Science. 21:1105-1112.
19. Bradford, K.J., D.M. May, B.J. Hoyle, Z.S. Skibinski, S.J. Scott, and K.B. Tyler. 1988. Seed and soil treatments to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils. Crop Sci. 28:1001-1005.
20. Brocklehurst, P.A. and J. Dearman. 1983. Effect of calcium peroxide as a supplier of oxygen for seed germination and seedling emergence in carrot and onion. Seed Sci. & Technol. 11:293-299.

21. Brocklehurst, P.A., W.E. Rankin, and T.H. Thomas. 1983. Stimulation of celery seed germination and seedling growth with combined ethephon, gibberellin and polyethylene glycol seed treatments. *Plant Growth Regulat.* 1:195-202.
22. Bujalski, W., A.W. Nienow, G.M. Petch, R.L.K. Drew, and R.B. Maude. 1992. The process engineering of leek seeds: A Feasibility study. *Seed Sci. & Technol.* 20:129-139.
23. Burris, J.S. and D.C. Mecgee. 1991. Seed coating technology. Reserach work at Iowa State University, Seed Science Center, Ames, Iowa. 500:11.
24. Canerday, R. 1990. Coating creates nutrient environment. *Seed World.* 48-49.
25. Chen, L.C., Chen J.H, Tsai, S.F. 2014. Effect of ZnO Seed Layerand TiO2 Coating Treatments on Aligned TiO2/ ZnO Nano structures for Dye-Sensitized Solar Cells, *Applied mechanic sandmaterials.v.* 69-74.
26. Cheng, H.Y, G.H. Zheng, X.F. Wang, Y. Liu, Y.T. Yan and J. Lin. 2005. Possible involvement of K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> in assessing the seed vigor index. *J. Integ. Plant Biol.* 47:935-941.
27. Chen, W., Wang, Y., Shen, Q., Cai, Y. and Wang, S. 1998. Effect of seed-coating on growth of upland rice seedlings. *JOURNAL-NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY.* 21:123-125.
28. Cheng, Z., Zhang, J., Meng, H.W. 2008. Effect of Seed Film Coating with Six Fungicides on the Control of Tomato Seedling Disease. *JOURNAL- HUAZHONG AGRICULTURAL UNIVERSITY.* 27:460-463.
29. Cho, S.K., H.Y. Seo, I.H. Choi, Y.S. Jang, D.Y. Hyun, E.T. Lee, and K.G. Choi. 2001. Optimal Sowing Time for Pelleted Onion(*Alliumcepa* L.) Seeds in Direct Sowing Culture. *JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCE.* 4:410-414.
30. Cho, S.K., H.Y. Seo, Y.B. Oh, E.T. Lee, I.H. Choi, Y.S. Jang, Y.S. Song and T.G. Min. 2000. Selection of coating materials and binders for pelleting onion (*Allium cepa* L.) seed. *J. or. Soc. Sci.* 41:593-597.

31. Cohen, Y. and U. Gisi. 1994. Systemic translocation of  $^{14}\text{C}$ -DL-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 45 :441-446.
32. Cohen, Y., T. Niderman, E. Mosinger and R. Fluhr. 1994.  $\beta$ -aminobutyric acid induces the accumulation of pathogenesis-related proteins in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and resistance to late blight infection caused by *Phytophthora infestans*. *Plant Physiol.* 104 : 59-66.
33. Conceicao-Filho, R. S. 1998. The Use of Spouted Bed Fertilizer Coating Over Soybean Seeds, Barrozo, M.A.S.; Limaver WORLD CONGRESS ON PARTICLE TECHNOLOGY, Vol.3.
34. Conway, K.E. 1986. Use of fluid drilling gels to deliver biological control agents to soil. *Plant Dis.* 70:835-39.
35. Coolbear, P., A.J. Newell, and J.A. Bryant. 1987. An evaluation of the potential of low temperature presowing treatments of tomato seeds as a means of improving germination performance. *Ann. Appl. Bio.* 110 :185-194.
36. Cools, H.J. and H. Ishii. 2002. Pre-treatment of cucumber plants with acibenzolar-S-methyl systemically primes a phenylalanine ammonia lyase gene (PAL1) for enhanced expression upon attack with a pathogenic fungus. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 61 :273-280.
37. Creelman R. A. and J. E. Mullet. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 48 :355 - 81.
38. Dadlani, M. and P. K. Agrawal. 1983. Factors influencing leaching of sugar and electrolytes from carrots and okra seeds. *Sci. Hort.* 19: 39-44.
39. Dadlani, M., V.V. Shenoy and D.V. Seshu. 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. *Seed Sci. & Technol.* 20:307-313.

40. Daljit, S.A., Jemimah, G.O. 2014. Antimicrobial Potential of *Moringa oleifera* Seed Coat and Its Bioactive Phytoconstituents. *Korea Microbiology and Biotechnology*. 42: 152-161.
41. Dang T.V., E.H. Park. 2011. The Coat Structure and its Relation to Water imbibitions in Wild and Cultivated Soybean Seeds. *Korea Plant Biotechnology*. 20:65-65.
42. Dang T.V., M.J. Kim, S.P. Hwang, Vijayan, Velusamy and E.H. Park. 2010. Diversity of seed coat Structure and its Relationship with water Absorption in wild Soybean Collections. *Korea Plant Biotechnology*. 10:45-45.
43. Davis, T.D., J.E. Ells, and R.H. Walser. 1990. Emergence, growth and freezing tolerance of tomato seedlings grown from uniconazole-treated seeds. *HortScience*. 25:312-313.
44. Dawidowicz-Grzegorzewska, A. and A. Podstolski. 1992. Age-related changes in the ultrastructural and membrane properties of *Brassic napus* L. seeds. *Annals of Bot.* 69:39-46.
45. Dearman, J., P.A. Brocklehurst, and R.L.K. Drew. 1987. Effects of osmotic priming and ageing on the germination and emergence of carrot and leek seed. *Ann. Appl. Biol.* 111:717-722.
46. Debenham, M., McLachlan, A., McGill, C. 2011. Controlling Damping-off in Seeds and Seedlings Using *Trichoderma* Seed Coating, COMBINED PROCEEDINGS-INTERNATIONAL PLANT PROPAGAT, Vol.61.
47. Duan, X., and J.S. Burris. 1995. Effect of pericarp factors on film coated sugar beet germination. *Fourth. National Sympo. Stand Establishment of Horticultural Crops*. 51-60.
48. Duke, S.H. and G. Kakefuda. 1981. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibitions of legume seeds. *Plant Physiol.* 67: 449-456.
49. Durrant, M.J., and A.H. Loads. 1986. The effect of pellet structure on the germination and emergence of sugar-beet seed. *Seed Sci.& Technol.* 14:343-53.
50. E.N. Johnson, P.R. Miller, R.E. Blackshaw, Y. Gan, K.N. Harker, G.W. Clayton, K.D. Kephart, D.M. Wichman, K. Topinka, K.J. Kirkland. Seeding date and polymer seed

coating effects on plant establishment and yield of fall-seeded canola in the Northern Great Plains. Canadian Journal of Plant Science. 84:955-963.

51. ELLS, J.E. 1963. The influence of treating tomato seed with nutrient solutions on emergence rate and seedling growth. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83:684-687.
52. Ester, A., De Vogel, R. 1994. Film-coating of leek seeds with insecticides: effects on germination and on the control of onion fly (*Delia antiqua* (Meigen)). MONOGRAPHS-BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL. Vol.57.
53. Ester, A., Huiting, H.F., Nijenstein, J.H. 2003. Effects of film-coating flax seeds with various insecticides on germination and on the control of flea beetles. IOBCWPRS BULLETIN, Vol.26.
54. Farley, D.F. 1980. Manganese oxide as a seed-pellet additive for controlling Manganese deficiency in sugar-beet seedlings. Plant and soil. 54:451-459.
55. Finch-Savage, W.E. and C.J. Cox. 1982. Effects of adding plant nutrients to the gel carrier used for fluid-drilling early carrots. J. Agr. Sci. 99:295-303.
56. Flávia Carvalho, Santos, Scarification. 2009. Chemical treatment, seed coating and seed storage of *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS.
57. Giammichele, L.A. and W. Pill. 1984. Protection of fluid-drilled tomato seedling against damping-off by fungicide incorporation in a gel carrier. HortScience. 19:877-79.
58. Gong, Q.W., Liu, X.Y., Jiang, H.H. 2005. On the Effect of Seed Coating with Celest on Hybrid Rice Seeds. JOURNAL- HUNAN AGRICULTURAL UNIVERSITY. 31:404-408.
59. Gonzalez-zertuche, L., A. Orozco-segovia, C. Baskin and J.M. Baskin. 2002. Effects of priming on germination of *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (Loganiaceae) seeds and possible ecological significance. Seed Sci. Technol. 30 :535-548.
60. Gray, D. and J.R.A. Steckel. 1977. Effects of presowing treatments of seeds on



germination and establishment of parsnips. *J. Hort. Sci.* 52:525-534.

61. Greipsson, S. 1999. Seed coating improves establishment of surface seeded *Poa pratensis* used in revegetation. *Seed science and technology.* 27:1029-1032.
62. Ha T.J., J.H. Lee, S.O. Shin, S.H. Shin, S.I. Han, H.T. Kim, J.M. Ko, M.H. Lee. and K.Y. Park. 2009. Changes in Anthocyanin and Isoflavone Concentrations in Black Seed-Coated Soybean at Different Planting Locations. *KISTI, Journal of crop science and biotechnology.* 12:79-86.
63. Ha, T.J., B.W. Lee, H.T. Kim, W.Y. Han, S.O. Shin, K.B. Shim, J.K. Lee, I.Y. Baek. 2011. Optimization of supercritical carbone dioxide extraction of anthocyanin from black seed coated soybean (*Glycine max L.*) *Korea Society of Breeding Science.* 43:97-97.
64. Haigh, A.M., E.W.R. Barlow, and T.L. Milthorpe. 1986. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:660-665.
65. Halmer, P. 1988. Technical and commercial aspects of seed pelleting and film-coating. In *Application to Seeds and Soil*(ed.). Health/Surrey, England, Bri. Crop. Prot. Counc. 191-204.
66. Halsey, L.H. and J.M. 1985. White. Influence of raw and coated seed on production of carrots in relation to seeder device. *HortScience.* 15:142-144.
67. Han W.Y., I.Y. Baek, H.T. Kim, J.M. Ko, M.G. Jeon, K.Y. Park, B.W. Lee, Y.H. Lee, S.O. Shin, S.G. Lim, M.J. Soe, Y.D. Kim, I.K. Song. 2011. A New Black Seed Coat Soybean Cultivar, "Cheongyeob 1" with Wrapping in Soybean Leaves. *Korea Society of Breeding Science.* 43:98-98.
68. Harman, G.E., and A.G. Taylor. 1988. Improved seedling performance by integration of biological control agents at favorable pH levels with solid matrix priming. *Phytopathology.* 78:520-25.
69. Heo, K.R., Y.K. Lee, S.H. Lee, S.J. Jung, S.W. Lee, B.J. Moon. 2008. Control of

- Crisp head Lettuce Damping-off and Bottom Rot by Seed Coating with Alginate and *Pseudomonas aeruginosa* LY-11. *The Plant Pathology Journal*. 24:67-73.
70. Herner, R.C. 1986. Germination under cold soil conditions. *HortScience*. 21:1118-1122.
71. Heydecker, W. 1974. Germination of an idea : The priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report :50-57.
72. Heydecker, W. 1978. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Elsevier/North-Holland, Amsterdam. Stress and seed germination. 237-282.
73. Hlavacek, J. 1981. The effect of coating material on the germinability and field emergence of sugar-beet seed. *Rostlinna Vyroba*. 27:1071-1078.
74. Hwang, W.D. and F.J.M. Sung. 1991. Prevention of soaking injury in edible soybean seed by ethyl cellulose coating. *Seed Sci. & Technol*. 18:269-278.
75. International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing (Edition 2009). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
76. International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing (Edition 2009). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
77. Jackson, I.M., S. Roberts, P. Timmins, and H. Sen. 1989. Comparison of laboratory-scale processing techniques in the production of coated pellets. *Pharm. Technol. Intl*. Nov./Dec. 22-32.
78. Jalink, H. van der Schoor, R. Frandas, A. van Pijlen, J.G. and R.J. Bino. 1998. Chlorophyll fluorescence of *Brassica oleracea* seeds as a non-destructive marker for seed maturity and seed performance. *Seed Science Research*. 8:437-448.
79. Jeffs, K.A. 1978. Seed treatment. Collaborative International pesticides analytical council. 91-101.
80. Jeffs, K.A. and T.J. Tuppen. 1986. Application of pesticides to seeds. Requirements for

efficient treatment of seeds. In Seed Treatment. Thornton Heath /Surrey, England: Brit. Crop Prot. Counc.3:17-45.

81. Jeon, A.J., T.G. Lim, S.K. Jung, E.J. Lee, M.H. Yeom, J.S. Park, M.G. Choung, H.J. Lee, Y.H. Lim and K.W. Lee. 2011. Black Soybean (*Glycine max* cv. Heugmi) Seed Coat Extract Suppresses TPA or UVB-induced COX-2 Expression by Blocking Mitogen Activated Protein Kinases Pathway in Mouse Skin Epithelial Cells. Food science and biotechnology. 20:1735-1741.
82. Jeong, Y.O. 1994. Effect of seed priming and physiological mechanisms involved in earlier germination on primed pepper (*Capsicum annum* L.) seeds. Ph D. Thesis. Gyeongsang National University, Korea.
83. Jetiyanon, K., Wittaya-Areekul, S., Plianbangchang, P. 2008. Film coating of seeds with *Bacillus cereus* RS87 spores for early plant growth enhancement. Canadian Journal of Microbiology 54:861-867.
84. Jinghui, Z. 2008. Effect of Composite of 8% Yellow Humic Acid and 20% Fokker Seed Coating on the Activity of Corn Seeds. JOURNAL OF ANHUI AGRICULTURAL SCIENCES, Vol.36.
85. Jyoti, J.L., Shelton, A.M., Taylor, A.G. 2003. Film-Coating Seeds with Chlorpyrifos for Germination and Control of Cabbage Maggot(Diptera:Anthomyiidae) on Cabbage Transplants. JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SCIENCE, Vol.38.
86. Kang, B.S., Y.Y. Lee, S.K. Cho, Suck Bok Pae, Duck Yong Suh. 2005. Article : Inheritance of Seed Coat Color in Sesame. Korea Society of Breeding Science. 37: 1-4.
87. Kang, J.S. 2002. Selection of binder and solid materials for pelleting Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) seeds. Kor. J. Life Sci. 12:721-730.
88. Kang, J.S., B.G. Son, Y.W. Choi, Y.J. Lee, W.H. Joo, C.S. Lim. and Y.H. Park. 2009. Effects of dehydration methods and storage conditions on germinability of pelleted carrot seeds, Journal of Life Science. 526-531.

89. Kang, J.S., J.L. Cho and J.M. Lim. 2003. Effect of seed pelleting on the precision planting and seedling emergence of carrot seeds. Kor. J. Life Sci. 13:428-432.
90. Kang, J.S., Y.W. Choi, B.G. Son, Y.J. Lee, C.K. Ahn, I.S. Choi, and H.C. Park. 2003. Effect of osmotic priming and solid matrix priming to improved seed vigor and early growth of pepper and tomato seeds. Kor. J. Life. Sci. 13 :433-440
91. Kang, J.S., 2004. Identification of pelleting materials and effect of nutrient addition on the germination of pelleted lettuce seeds. Journal. of Bio-Environment Control, 13:8-15.
92. Kang, N.J., J.L. Cho, and S.M. Kang. 1997. Low temperature germinability of  $K_3PO_4$ -primed and pH-regulated seeds of pepper. J. Kor. S $^{\circ}$ C. Hort. Sci. 38 :459-463.
93. Kaufman G. 1994. Seed coating: A tool for stand establishments: A stimulus to seed quality. HortTechnology.Oct/Dec. 98-102.
94. Kaus, H., E. Theisinger-Hinkel, R. Mindermann and U. Conrath. 1992. Dichloroisonicotinic and salicylic acid, inducers of systemic acquired resistance, enhance fungal elicitor responses in parsley cells. Plant J. 2 :655-660.
95. Kaur,G. Bishnoi, U.R. 2008. Polymer Seed Coating Effects Winter Canola Seedling Establishment Different Soil Types. JOURNALOFNEWSEEDS,Vol.9.
96. Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 13:131-181.
97. Khan, A.A. and A.G. Taylor. 1986. Polyethylene glycol incorporation in table beet seeds pellets to improve emergence and yield in wet soil. HortScience. 21:987-989.
98. Kim, D.H., S.H. Han and J.H. Song. 2011. Evaluation of the inorganic compound leakage and carbohydrates as indicator of physiological potential of *Ulmusparvifolia* seeds. New Forests. 41:3-11.
99. Kim, J.K., C.H. Kwon. and D.A. Kim. 2000. Seed coating material and seed size effects on agronomic characteristics of over sown pasture species. KOREAN SOCIETY OF GRASSLAND SCIENCE. 20:67-76.

100. Kim, S. E., C. K. Kang, and J. M. Lee. 2001. Effects of treatment and storage after priming on germination and seedling growth in watermelon. *J. Kor. S<sup>o</sup>C. Hort. Sci.* 42 :43-47.
101. Kitamura, S., Watanabe, M., and M. Nakazama. 1981. Process for producing coated seed. US Patent.
102. Konstantinov, G and Petkov. 1982. Effect of seed coating on direct seedling in annual onion production. *Gradinarska I Lozarska Nauka* 19(7) J : 51-56.
103. Kubik, K.K., J.A. Eastin, J.D. Eastin, and K.M. Eskridge. 1988. Solid matrix priming of tomato and pepper. *Pr<sup>o</sup>C. Int. Conf. stand Est. Hortic. Crops*, Lancaster, PA. pp. 86-96.
104. Kurosawa, T. 1976. Effect of seed coating with calcium peroxide on seedling stand in the mechanized direct-sowing rice culture on the paddy field. *Rpt. Tohoku Br. Crop Sci. Soc. Jpn.* 17:42-43.
105. Kwon, B.S., Y.S. Jang, and S.S. Choi. 2005. Effect of Germination on alisma plantago by pellet coating materials. *Korean J. Crop Sci.* 50:239-241.
106. Langan, T.D., J.W. Pendleton and E.S. Oplinger. 1986. Peroxide coated seed emergence in water-saturated soil. *Agron. J.* 78:769-772.
107. Larson, L.A. 1968. The effect soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedling growth. *Plant Physiol.* 43: 255-259.
108. Leaver, J.P., and E.H. Roberts. 1984. Peroxides in seed coatings. *Outlook Agric.* 13:147-53.
109. Lee, S.C. 1994. Studies on polymer coating in soybean seeds: 1. Difference of Electrolyte Leaching of Polymeric Coating Soybean Seed. *KOREAN JOURNAL OF CROP SCIENCE*, Vol.39.
110. Lee, S.S. and S.B. Hong. 1997. Leakage of organic and inorganic compounds from

different seed qualities of onion, welsh onion, and leaf lettuce varieties. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38: 625-628.

111. Leopold, A.C. 1980. Temperature effects on soybean imbibitions and leakage. Plant Physiol. 65: 1096-1098.
112. Lewes, J.A. and H.C. Papavizas. 1985. Characteristics of alginate pellets formulated with Trichoderma and Gliocladium and their effects on the proliferation of the fungi in soil. Plant Pathol. 34:571-77.
113. Lingfeng, Y. 2014. Control effect and the quality of rice seedling of 60% imidacloprid seed coating on insect pest in rice seedling stage. Journal of Anhui agricultural sciences. 42:1007-1008.
114. Liu, Y., Horisawa, S., Mukohata, Y. 2010. Effect of seed coating on plant growth and soil conditions: A preliminary study for restoration of degraded rangeland in the Qinghai-Tibetan Plateau, China. GRASSLAND SCIENCE. 56:145-152.
115. Longden, P.C. 1975. Sugar-beet pelleting. Agr. Dev. & Advisory Serv. Quart. Rev. 18:73-80.
116. Loomis, E.L. and O.E. Smith. 1980. The effect of artificial aging on the concentration of Ca, Mg, Mn, K, and Cl in imbibing cabbage seed. J. Amer. Soc. Hort. sci. 105:647-650.
117. Lott, J.N.A., V. Carvdek and J. Carson. 1991. Leakage of K, Mg, Cl, Ca and Mn from imbibing seeds, grain and isolated seed parts. Seed Sci. Research. 1: 229-233.
118. Lowther, W.L. and P.D. Johnstone. 1979. Coating materials for commercial inoculated and coated clover seed. N.Z.J. Agric. Res. 22:475-478.
119. Lucas, K.C. Lima, F.F. Andrade, S.A. 2000. Analysis of the coating over soybean seed with an inoculating agent and micro-nutrients using the spouted bed Barrozo. MRECENTS PROGRESSENGENIEDES PROCÉDES, Vol.14.
120. Madhusudanan, K.N. and K.M. Johnson. 1990. Solute leakage from winged bean

(*Psophocarpustetragonolobus*)seeds. Seed Sci. & Technol. 18:157-162.

121. Markey, A.E. 1990. Growers benefit from seed technology. Amer. Veg. Grower 38:14-16.
122. Matsushima, K.-i., Tasaka, K., Yoshinaga, S., Wakimoto, K. 2002. Effect of coating of rice seed with Imidacloprid together with an oxygen supplier on seedling emergence. Vol.71.
123. Matthews, A. 1981. Evaluation of techniques for germination and vigour studies. Seed Sci. & Technol. 9:543-551.
124. Mayberry, K.S. and F.E. Robinson. 1982. Lettuce coatings. Amer. Veg. Grower 30:32.
125. Miller, W.F. and C. Sooter. 1967. Improving emergence of pelleted vegetable seed. Trans. Amer. Soc.Agr. Eng. 10:658-666.
126. Mckeon, T. A., N. E. Hoffman, and S. F. Yang. 1982. The effect of plant-hormone pretreatments on ethylene production and synthesis of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in water-stressed wheat leaves. Planta. 155 :437-443.
127. Min, T.G. 1996. Development of seed pelleting technology for rice and cabbage. Kor. J. Crop Sci. 41:678-684.
128. Min, T.G., Boseung Choi and B.R. Hong. 2013. Predicting probability of radish (*Raphanus sativus* L.), Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*), and cabbage (*B. oleracea* var. *capitata* L.) seeds via amino acid leakage parameters. Hort. Environ. Biotechnol. 54: 388-398.
129. Min, T.G. and B.R. Hong. 2013. A simple method to determine amino acid leakage and germination capabilities from single radish (*Raphanussativus* L.) and Chinese cabbage (*Brassicarapa* ssp. *pekinensis*) seeds. Hort. Environ. Biotechnol. 54:249-256.
130. Min, T.G., M.S. Park and S.S. Lee. 1996. Physical characteristics and germination of pelleted tobacco seeds depending on moulding materials. Kor. J. Crop. Sci. 41:535-541.

131. Ming, L., Liming, C. and Wenjuan, W. 2004. Effects of Seed Coating on germination and seedling quality of cucumber seeds. ACTA AGRICULTURAE. 20:72-74.
132. Ming, L., Zhijiang, Z., Xueyan, S., Zelin, Z. 2002. Effects of seed coating on germination and seedling quality of pepper seeds. ACTA AGRICULTURE SHANGHAI. 18:47-50.
133. Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta. 27:31-36.
134. Nagelkerke, N. J. D. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. Biometrika.78: 691-692.
135. Nakamura, A. and N. Enohara. 1980. Germination improvement of vegetable seeds using polyethylene glycol. I. Eggplant, *Cryptotaenia japonica* and carrot. J. Japan Soc. Hort. Sci. 48:443-452.
136. Nelson, J.M. and G.C. Sharples. 1980. Stimulation of tomato, pepper, and sugarbeet seed germination at low temperature by growth regulators. J. Seed Technol. 5:62-68
137. Nienow, A.W., Bujalski, W., Maude, R.B., Gray, D. 1994. The process engineering of vegetable seeds; priming, drying and coating , Institution of Chemical Engineers. Symposium Serie, Vol.137.
138. Nowosielski, O. 1996. Start and biostart - the optimal substrates for seeds coating and sowing with seeds and fertilizers in plant growing gentle to environment. ZESZYTY PROBLEMOWE POSTEPOW NAUK ROLNICZYCH- POLSK, Vol.429.
139. Osborne, D.J. 1982. Deoxyribonucleic acid integrity and its repair in seed germination. In The Physiology and Biochemistry of Seed Development and Germination. ed. A.A. Khan. pp. 435-463. Elsevier, New York.
140. Pamuk, G.S., Olsson, T., Bergsten, U., Lindberg. 2002. Evaluation of polymer coating on scotspine (*Pinussylvestris*)seeds using scanning electron microscopy(SEM), Seed science



and technology, Vol.30.

141. Park, J.I., K.S. Lee. 2007. Effects of the loess coating on seed germination and seedling growths of the eelgrass, *Zostera marina*. *ALGAE*. 22:141-146.
142. Powell, A.A. and S. Matthews. 1981. A physical explanation for solute leakage from dry pea embryos during imbibitions. *J. Exp. Bot.* 32:1045-1050.
143. Powell, A.A., and S. Matthews. 1988. Seed treatments: Developments and prospects. *Outlook Agric.* 17:97-103
144. Pyzik, T.P., and M.D. Orzolek. 1986. The effect of plant growth regulators and other compounds in gel on the emergence and growth of tomato seedling in a cool potting medium. *J. Hortic. Sci.* 61:89-94.
145. Qiu, J., Wang, R., Yan, J., Hu, J. 2005. Seed film coating with uniconazole improves rape seedling growth in relation to physiological changes under waterlogging stress. *Plant growth regulation.* 47:75-81.
146. Quyang, X., T. van Voorthuysen, P.E. Toorop and H.W.M. Hilhorst. 2002. Seed vigor, aging, and osmopriming affect anion and sugar leakage during imbibitions of maize (*ZeamaysL.*) caryopses. *Int. J. plant Sci.* 163:107-112.
147. Powell, A. A., Matthews, S. 2005. Towards the validation of the controlled deterioration vigour test for small seeded vegetables. *Seed Testing International*, 129 :21-24.
148. Robabi. H. 1994. Film-coating of horticultural seed. *HortTechnogy.* 4:104-105.
149. Roberts, E.H. and R. Ellis. 1982. Physiological, ultrastructural and metabolic aspects of seed viability. In *The Physiology and Biochemistry of Seed Development and Germination*. ed. A.A. Khan, pp. 465-483. Elsevier, New York.
150. Robinson, F.E. and K.S. Mayberry. 1976. Seed coating, precision planting and sprinkler irrigation for optimum stand establishment. *Agron. J.* 68:694-695.

151. Roos, E.E. and E.D. Moore. 1975. Effect of seed coating on performance of lettuce seeds in greenhouse soil tests. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100:573-576.
152. Ryals, J. A., U. H. Neuenschwander, M. G. Willits, A. Molina, H. Y. Steiner, and M. D. Hunt. 1996. Systemic acquired resistance. *Plant Cell* 8 :1809-1819.
153. Sachs, M., Cantliffe, D.J., and T.A. Nell. 1981. Germination studies of clay coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:385-89.
154. Sachs, M., Cantliffe, D.J., Nell, T.A. 1982. Germination behavior of sand coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:412-16
155. Sachs, M., D.J. Cantliffe and T.A. Nell. 1981. Germination studies of clay coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:385-389.
156. Sachs, M., D.J. Cantliffe and T.A. Nell. 1982. Germination behavior of sand coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:412-416.
157. Sanders, D.C., J.A. Ricotta and L. Hodges. 1990. Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. *HortScience.* 25:181-183.
158. Schwarz, G. E. 1978. Estimating the dimension of a model, *Annals of Statistics.* 6 (2): 461 - 464.
159. SAS Institute Inc. 2014. SAS/STAT software: The GENMOD procedure, the LOGISTIC procedure, release 9.4 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
160. Scott, D., Archie, W.J. 1978. Sulphur, phosphate and molybdenum coating of legume seed. *NZJ. Agric. Res.* 21:643-49.
161. Scott, J.M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy.* 42:43-83.
162. Scott, J.M., R.S. Jessop, R.J. Steer and G.D. Mclacjlan. 1987. Effect of nutrient seed coating on the emergence of wheat and oat. *Fertilizer Res.* 14:205-217.

163. Sharples, G.C. and J.P. Gentry. 1980. Lettuce emergence from vermiculite seed tablets coating activated carbon and phosphorus. *HortScience*. 15:73-75.
164. Shin, S.C., S.J. Lee, S.J. Lee, J.I. Chung, D.W. Bae, S.T. Kim. and N.J. Sung. 2009. Comparison of Anthocyanin Content in Seed Coats of Black Soybean [*Glycine max*(L.) Merr.] Cultivars Using Liquid Chromatography Coupled to Tandem Mass Spectrometry. *Food science and biotechnology*. 18:1470-1475.
165. Shtatland, E. S., Moore, S., and Barton, M. B. 2000. Why we need an measure of fit (and not only one) in Proc Logistic and Proc Genmod, Proceedings of the twenty-fifth annual SAS Users Group International Conference. 265-25.
166. Siddique, M. A. and P. B. Goodwin. 1985. Conductivity measurements on single seeds to predict the germinability of French beans. *Seed Sci. and Technol.*13: 43-652.
167. Silcock, R.G., and F.T. Smith, F.T. 1982. Seed coating and localized application of phosphate for improving seedling growth of grasses in acid, sandy red earths. *Aust. J. Agric. Res.* 33:785-802.
168. Silue, D., E. Pajot, and Y. Cohen. 2002. Induction of resistance to downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower by DL- $\beta$ -amino-n-butanoic acid (BABA). *plant Pathology*. 51 :97-102.
169. Simon, E.W. and R.M. Raja Harun. 1972. Leakage during imbibition. *J. Exp. Botany* 23: 1076-1085.
170. Smid, A.E. and T.E. Bates. 1971. Response of corn to small amounts of fertilizer placed with the seed : V. Seed coating compared with banding. *Agron. J.* 63:380-384.
171. Song, D.S., Lee, S.C. 1998. Effect of Seed Coating with Polymers on Seed Vigour and Seedling Stand in Direct Seeded Rice. *KOREAN JOURNAL OF CROP SCIENCE*. 43:214-222.
172. Sooter, C.A. and W.F. Miller. 1978. The effect of pellet coating on the seedling

- emergence from lettuce seed. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng. 21:1034-1039.
173. Sooter, C.A., and W.F. Milier. 1978. The effect of pellet coating on the seedling emergence from lettuce seed. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 21:1034-39.
174. Sui, X.-y., Zhou, Z.-l., Zhang, W.-q. 2002. Effect of Chitosan Seed Coating on Seed Germination and Seedling Properties of Cucumber and Pepper. Journal of East China University of Science and Technology. 28:637-639.
175. Sung, M.K. K.R. Kim, J.S. Park, K.J. Hwang and J.I. Chung. 2009. Selection of soybean Line with small yellow seed coat Lacking Lipoxygenase. Korea Society of Breeding Science. 41:84-84.
176. Sunwoo, J. Y., Y. K. Lee, and B. K. Hwang. 1996. Induced resistance against *hytophthora capsici* in pepper plants in response to DL- $\beta$ -amino-n-butyric acid. European J. Plant Pathology. 102 :663-670.
177. Tanne, I. and D.J. Cantliffe. 1989. Seed treatments to improve rate and uniformity of celery seed germination. Proc. Fla. State Hort. Soc. 102:319-322.
178. Tao, Kar-Ling J. 1978. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. J. Seed Technol. 3: 10-18.
179. Tarquis, A.M., R.L.A Bruno, G.B. and J.M. Duran. 1995. A geometrical method to quantify seed coating treatments. Forurth. National Sympo. Stand Establishment of Horticultural Crops. 261-268.
180. Taylor, A. G., T. C. Min and C.A. Mallaber. 1991. Seed coating system to upgrade Brassicaceae seed quality by exploting sinapine leakage. Seed Sci. & Technol. 19:423-433.
181. Taylor, A.G. 1987. Seed coatings to reduce imbibitional chilling injury. Ann. Rep. Bean Improve. Crop. 30:30-31.
182. Taylor, A.G. and G.E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. Annu. Rev. Phytopathol. 28:321-339.

183. Taylor, A.G., D.E. Klein, and T.H. Whitlow. 1988. SMP: Solid matrix priming of seeds. *Sci. Hort.* 37 :1-11.
184. Taylor, A.G., Eckenrode, C.J., Straub, R.W. 2001. Seed Coating Technologies and Treatments for Onion: Challenges and Progress. *HortScience.* 36:199-205.
185. Taylor, A.G., G.E. Harman, and P.A. Nielsen. 1994. Biological seed treatments using *Trichoderma harzianum* for horticultural crops. *HortTechnology.* 4:105-109.
186. Taylor, A.G., Searcy, S.W., Motes, J.E., and L.O. Roth. 1981. Separation, singulation and precision planting of germinated seed. *HortScience.* 16:198-200.
187. Tonkin, J.H.B. 1979. Pelleting and other presowing treatments. *Adv. Res. Technol. Seeds.* 4:84-105.
188. Tonkin, J.H.B. 1984. Pelleting and other presowing treatments. *Ave. Res. Technol. Seeds.* 9:94-127.
189. Valdes, V.M. and K.J. Bradford. 1987. Effects of seed coating and osmotic priming on the germination of lettuce seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:153-156.
190. Valdes, V.M., K.J. Bradford, and K.S. Mayberry. 1985. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. *HortScience.* 20:1112-1114.
191. Villeneuve, F., Bosc, J.P., Luneau, C. 1994. Effect of coating seeds on establishment of a carrot crop, Vol.354.
192. Welbaum, G. E. and K. J. Bradford. 1991. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.) IV. Characteristics of the perisperm during seed development. *J. Exp. Bot.* 42 :309-399.
193. Welsh, J.F., K.R. Rooney. and K.L. Johnson. 1995. Physiological and mechanical effects of film coating on seedling emergence and seed plantability. Forurth. National Sympo. Stand Establishment of Horticultural Crops. 61-68.

194. Xiong Yuanfu, Wen Zhuyou, Jiang Juao, Xiong Hairong, Zou Yingbin. 2004. Advance of studies on seed coating agents for crops. Journal of Hunan Agricultural University. 30:187-192
195. Yan He Jing, Hua Zha ozhe, Qian, Guoshi, Wang, Miao, Du, Guocheng, Chen, Jian. 2009. Effect of Cutinase on the Degradation of Cotton Seed Coat in Bio-scouring. Biotechnology and bioprocess engineering. 14:354-360.
196. Yonsel, S., Demir, M. 2012. Coating of wheat seeds with the PGP fungus *Trichoderma harzianum* KUEN 1581, NEW BIOTECHNOLOGY, Vol.29.
197. Ziadi, S., S. Barbedette, J.F. Godard, C. Monot, D. Le Corre, and D. Silue. 2001. Production of pathogenesis-related proteins in the cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)-downy mildew (*Peronospora parasitica*) pathosystem treated with acibenzolar-S-methyl. 50 :579-586.
198. Zili, X. 2004. Experiments in the coating effects on cowpea seeds with Germs, JOURNAL OF ANHUI AGRICULTURAL SCIENCES, Vol.32.
199. 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 수분 및 염분 Stress 조건에서 토마토 종자의 발아에 미치는 priming 효과. 한국원예학회. 37:616-521.
200. 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 토마토 종자의 Priming과 처리 후 발아기간 중의 형태학적 변화. 한국원예학회. 37:206-213.
201. 강점순, 조정래. 1996. 수박 종자의 Priming 처리가 발아 및 유모생장에 미치는 영향. 한국 원예학회. 37:12-18.
202. 강점순, 조정래. 1996. 적정 priming 조건이 토마토 종자의 발아와 유모 생장에 미치는 효과. 한국원예학회. 37:645-652.
203. 안치국, 조병관, 모창연. 2012. 초분광 반사광 영상을 이용한 상추 (*Lactuca sativa* L) 종자의 활력 비파괴측정기술 개발에 관한 연구. 비파괴검사학회지, 32 :518-525.

204. 안치국, 조병관, 강점순, 이강진. 2012. FT-NIR 을 이용한 상추 (*Lactuca sativa* L) 종자의 비파괴 선별 기술에 관한 연구. 농업과학연구, 39(1) :111-116.
205. 전우방. 1997. 국제종자검정협회 (ISTA) 규정 (1). Weed&Turfgrass Science, 11(3) : 211-264.
206. 조정래, 박중춘, 강성모, 최영환, 정연옥, 강점순, 김희규, 정헌재, 신원교, 이도현. 1991. 인공 씨감자 및 채소종자의 coating 가공법 개발. 과학기술처 특정연구개발사업 보고서.
207. 조정래, 강성모, 정연옥, 강남준, 강점순. 1994. 발아촉진과 입모율 향상을 위한 채소종자의 Priming 및 Coating에 관한 연구. 한국과학재단 핵심전문연구과제 보고서.
208. 조정래, 강성모, 강남준, 강점순. 1995. 원예작물 일관생산체계를 위한 공장육묘시스템 개발. 농촌진흥청 특정연구과제 완결보고서.
209. 조정래, 강성모, 박창석, 김석현, 강남준, 강점순, 신원교, 노치용, 황연현, 조강희, 정연옥, 강갑수. 1998. 채소 및 화훼종자의 고품질화 기술개발을 위한 priming 및 coating에 관한 연구. 농림부. 최종연구보고서.
210. 조정래, 정연옥. 1994. 원예작물 일관생산체계를 위한 공장육묘시스템 개발. 고추종자 Coating에 의한 초기생육 촉진연구. 1993년도 농촌진흥청 특정연구과제 보고서.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.