

최 중
연구보고서

채소 및 화훼종자의 고품질화 기술개발을 위한 Priming 및 Coating에 관한 연구

Development of Priming and Coating Techniques for
High Quality Vegetable and Floral Crop Seeds

연 구 기 관

경 상 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “채소 및 화훼종자의 고품질화 기술개발을 위한 Priming 및 Coating에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 12. 30.

주관연구기관명 : 경상대학교 농과대학

총괄연구책임자 : 조 정 래

연구 원 : 강 성 모

연구 원 : 박 창 석

연구 원 : 김 석 현

연구 원 : 강 남 준

연구 원 : 강 점 순

연구 원 : 문 보 식

연구 원 : 박 수 정

연구 원 : 안 지 현

연구 원 : 김 상 범

연구 원 : 김 도 한

협동연구기관명 : 경남농업기술원

협동연구책임자 : 신 원 교

연구 원 : 노 치 응

연구 원 : 황 연 현

연구 원 : 조 강 희

연구 원 : 정 연 옥

협동연구기관명 : 서울종묘(주)

협동연구책임자 : 강 갑 수

연구 원 : 동 인 규

요 약 문

I. 제 목

채소 및 화훼종자의 고품질화 기술개발을 위한 Priming 및 Coating에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

일반육묘는 물론 대규모 공정육묘시 필수적으로 균일도, 발아기간 단축 및 높은 발아율을 가진 고품질의 종자가 요구되고 있으며, 또한, 기계화를 통한 직파재배에서도 온도 및 토양수분등 재배조건이 불리한 곳에 파종되는 경우가 많아 종자발아시 강한 환경내성이 요구되고 있다. 종자의 품질향상을 위한 방법으로 priming과 coating을 들 수 있다. 종자 priming은 발아기간의 단축, 유식물 출현의 균일성, 규격묘 향상과 수량증대등에 효과적이고, 종자 coating은 부족한 노동력 문제를 완화시킬 수 있는 기계화 파종 및 생력화, 유묘시 병충해의 효율적 방제, 우량묘 생산 및 포장입모을 향상에 효과적이다.

이미 외국에서는 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 일부 작물에서는 산업화되고 있는 실정이나 상업적 가치가 높은 기술은 대외비로 하고 있으며, 우리나라의 작물, 품종 및 재배환경등을 고려해 볼 때 부적합한 경우가 많아 우리 자체의 기술개발이 반드시 필요하다고 하겠다.

현재 우리나라 종자처리에 관한 연구는 외국과 비교해 볼 때 매우 뒤떨어진 상태로, 이미 외국에서는 많은 작물에서 종자처리가 되어 상업적으로 널리 유통되고 있는 실정이다. 그러나 외국의 기술이 우리보다 앞서 있기는 하지만 우리나라 재배환경, 작물, 품종등이 외국의 경우와 많이 다르므로 외국기술의 도입보다는 우리나라 조건에 적합한 종자 priming 및 coating 기술을 개발하는 것이 중요하고 이후 자체적 힘으로 산업화시켰을 때 국제경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

따라서 본 연구를 통하여 종자의 품질향상을 위한 priming과 coating에 관한 기술을 개발하고 개발된 기술로 처리된 종자들을 산업화 시키는데 필요한 여러 가지 연구, 즉 종자처리가 필요한 작물의 선택, 대량처리에 따른 문제점, 처리시설의 보완, 경제성, 처리후 저장성과 상업적 이용 등을 해결하고자 하였다. 여기서 얻어진 연구 성과를 산업화 시킴으로서 한국 농민들의 고부가가치 농산물 생산과 농가 소득증대를 꾀할 수 있을 것이다.

2. 연구개발의 중요성

WTO 출범으로 예외적인 취급을 받아오던 농업정책 및 농산물 교역도 국가별 특수성이 배제됨에 따라 우리 농업은 무한 경쟁시대에 임하게 되었으며, 정부에서도 국제경쟁력 강화를 위한 정책으로 기술개발에 집중적인 지원과 투자를 하고 있는 실정이다. 우리 농업은 소규모 경영체제, 과잉인구 및 생산단가의 상승등 열악한 조건에 있어 선진국에서 주도하는 대량생산 체제의 영농방식에 대항하기에는 다소 불리한 조건이지만, 우리 농업의 장점을 최대한 살리고 생산비 상승원인중 하나인 종자품질을 향상시킬 수 있는 종자처리 기술이 개발된다면 우리 농산물도 국제경쟁력을 가지게 될 것이다.

종자처리는 발아를 억제시키는 요인들을 제거 또는 타파시켜 발아와 입모율을 향상시키고 균일도를 높이기 위하여 여러가지 물질을 처리하는 것을 말한다. 그리고 종자처리는 포장조건에 비해 목적하는 부위에 소량의 물질을 처리하므로써 보다 경제적이고 비교적 오염되지 않은 유식물을 얻을 수 있는 이유로 종자처리에 관한 연구가 이루어지고 있다.

대규모 공정육묘시 필수적으로 균일도, 발아기간 단축 및 높은 발아율을 가진 고품질의 종자가 요구되고 있다. 또한 기계화를 통한 직파재배에서도 온도 및 토양수분 등 재배조건이 불리한 곳에 파종되는 경우가 많으므로 종자발아시 강한 환경내성이 요구되고 있다. 선진국에서는 종자의 priming은 발아기간의 단축, 유식물 출현의 균일성, 규격묘 향상과 수량증대등에 효과적이어서 채소 및 화훼작물의 종자에 널리 이용되고 있으나, 국내에는 일부작물에서만 기초적인 연구단계에 있다.

종자 coating은 부족한 노동력 문제를 완화시킬 수 있는 기계화 및 생력화, 유묘시 병충해의 효율적 방제등으로 우량묘 생산 및 포장입모율 향상을 위한 방법이지만, 다양한 재배조건과 우리나라의 주요 작물에 널리 이용될 수 있는 효율적인 방법이 개발되어 있지 않는 실정이다. 미세한 종자의 coating은 직파재배 및 기계파종에 용이하게 이용될 수 있다. 이와같은 종자처리시 작물별 성장조절물질, 영양물질 및 유용미생물 및 생물학적 방제를 위한 길항균 등과의 혼용처리에 대한 기초연구가 미비한 실정이며, 종자처리를 했을때 그 효과가 포장까지 연결되어야 하고, 종자퇴화를 막아야 하며, 저장력이 있고, 종자처리시 사용되는 carrier가 환경에 대한 적응성과 싼값으로 이용될 수 있는 경제성이 있어야 한다.

선진국에서는 우수한 묘의 생산과 직결되는 종자의 품질향상에 큰 관심을 가지고, 80년 초반부터 종자처리에 대하여 지속적인 연구가 이루어졌다. 또한 이를 산업화 하려는 기업체들의 노력에 힘입어 90년 초반부터 이미 고품질의 종자를 내수뿐만 아니

라 국외로 수출하고 있는 실정이다. 발아기간이 긴 작물, 발아율이 저조한 작물, 균일도가 낮은 작물, 미세한 종자, 기계화 파종이 어려운 작물, 잔디와 같이 광발아성 작물을 암발아성으로 변화시킬 필요성이 있는 작물등에 필수적으로 이 기술이 적용되어야 할 것이다.

이와같이 본 연구개발로 기술적 측면에서는 발아율 향상 및 발아소요기간 단축, 육묘의 균일도 및 입모율 향상, 초기생육 촉진, 미세한 종자의 coating으로 취급을 용이하게 하고 기계화 파종을 가능케 하며, 산업체의 종자처리기술 축적에 있다. 그리고 경제적 측면으로는 종자의 수입대체 효과 및 외화 절감, 종자의 부가가치 상승, 종자 수출시 국제 경쟁력 확보, 육묘기간 단축으로 인건비 및 육묘비용 절감, 육묘 생산단가 저하 및 육묘시설 활용기간 연장, 농가의 종자 구입비용 절감, 코팅종자의 기계화 파종으로 생산비 절감, 우량묘 재배로 수량증대 및 품질향상등을 기대할 수 있을 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 우리나라 작물에 적합한 종자 priming 및 coating 기술을 개발하고자 여러 가지 요인들을 실험을 통하여 구명하고, 포장에서도 종자처리의 효과가 지속될 수 있도록 하여, 이를 산업화시킴으로써 종자산업의 국제경쟁력을 제고시키는데 있다.

이와같이 부가가치가 높은 종자처리 기술을 개발하고자 사용된 종자는 서울종묘(주)에서 지원된 '거성'고추, '세계'토마토, '영광'무, '맛나'배추, '추홍'당근, '서울대고'양파, '금장'파, '청치마'상추, 'FR-Top'박 및 '본화이어'샐비아 종자였다.

1. Priming 종자의 기술개발

작물별 priming 조건확립을 위한 약제의 종류 및 농도설정, 적합한 처리온도 및 처리기간 설정, 첨가 생장조절물질의 종류와 농도설정, priming 효과를 확인하기 위하여 저온 및 고온에서 발아세 유지여부, 퇴화처리된 종자에서의 priming 효과검정, priming후 건조조건 확립, priming 종자의 저장성을 구명하기 위한 저장온도와 저장기간, 저장한 priming 종자의 repriming, 장기저장된 종자의 priming, priming 종자의 생리생화학적 변화 등에 중점을 두었다.

먼저 priming 처리시 약제의 종류 및 농도에 따른 효과를 구명하고자 K_3PO_4 , $Ca(NO_3)_2$, KNO_3 , KH_2PO_4 , $NaOH$ 및 PEG 8000을 사용하였다. PEG 8000은 -0.25, -0.50, -0.75, -1.00, -1.25 및 -1.50MPa로 구분하였으며, 그외의 약제들은 공히 50, 100 및 200mM로 수준을 달리하였다.

Priming시 처리온도 및 처리기간에 따른 효과를 구명하고자 처리온도를 10, 15, 20 및 25℃로 하였으며, 처리기간은 작물별로 달리하였는데, 파는 1, 2, 3, 4 및 5일; 고추는 1, 2, 3, 4, 5, 6 및 7일; 토마토는 4일; 당근과 양파는 2, 3, 4, 5 및 6일; 배추와 무는 6, 12 및 24시간; 상추는 6, 12, 24, 36 및 48시간; 박은 6, 12, 24, 48 및 72시간으로 하였다.

Priming 효과를 배가시키기 위하여 작물별 priming 용액에 GA₃ 및 BA 0, 5, 50, 500μM을 각각 첨가하였으며, 이들 생장조절물질의 단용처리도 병행하였다.

Priming후 발아온도에 따른 효과를 검정하고자 10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃ 및 35℃ 암상태의 항온기내에서 실시하였다. Priming 처리시 발아소요일수 단축에 효과적인 약제와 발아율 향상에 효과적인 약제가 있다. 이럴 경우 두 약제를 혼용처리 한다면 발아율도 향상시키고 발아소요일수도 단축시킬 수 있을 것으로 판단되어 고추는 K₃PO₄ 100mM+Ca(NO₃)₂ 100mM, 토마토는 Ca(NO₃)₂ 100mM+KNO₃ 150mM, 상추는 KH₂PO₄ 200mM+K₃PO₄ 50mM, 배추는 KNO₃ 50mM+PEG 8000 -0.50MPa, 양파는 KH₂PO₄ 200mM+Ca(NO₃)₂ 100mM, 파는 Ca(NO₃)₂ 100mM+KH₂PO₄ 100mM, 박은 KNO₃ 50mM+KH₂PO₄ 50mM, 무는 PEG 8000 -0.50MPa+KH₂PO₄ 50mM, 당근은 PEG 8000 -0.50MPa+K₃PO₄ 100mM, 셀비아는 PEG 8000 -0.50MPa+KH₂PO₄ 50mM을 혼용처리하였다.

종자 priming이 퇴화된 종자의 활력을 어느정도 회복시킬 수 있는지 검토하고자 인위적으로 퇴화처리된 종자를 작물별 priming 조건 (이전 실험에서 확립된 조건)에 따라 처리하였다.

Priming 종자의 장기간 저장을 위해서는 priming 효과를 최대한 유지시키면서 처리전의 종자함수율로 건조시키는 것이 필수적이다. 이 건조과정이 priming 효과를 어느 정도 유지시킬 수 있는지 검토하였다. Priming후 건조조건을 구명하기 위해 온도를 20℃, 30℃ 및 40℃, 기간을 3, 6, 12, 24, 36 및 48시간으로 달리하였다.

Priming 종자의 상업적 이용을 위해서는 일정 기간 후에도 priming 효과가 유지되어야 한다. 따라서 priming후 저장온도에 따른 효과를 검정하였고, 최적 저장기간을 구명하였다. Priming후 저장조건에 따른 효과를 비교하기 위해 priming 효과 유지에 가장 양호하였던 건조조건에서 건조시킨 종자를 플라스틱 용기에 넣고 밀봉하여 5℃, 실온(12.9~25.8℃) 및 35℃에서 1, 3, 6, 9 및 12개월 저장하였다. Priming후 저장중인 종자의 활력이 감소될 경우 이를 다시 증진시킬 수 있는지 검토하기 위하여 저장중인 priming 종자를 꺼내어 다시 priming 하였는데(repriming), 이때 작물별 repriming 조건은 원래의 priming 조건 (이전 실험에서 확립된 조건)과 동일하게 하였다. 그리고 장기저장중인 무처리종자를 priming함으로써 종자활력을 어느정도 회복시킬 수 있는

지 검토하고자 하였다.

Priming 기간 및 priming 후 종자의 생리생화학적 분석을 하고자 처리기간 및 발아 기간에 따른 아미노산은 Ninhydrin 방법, 단백질 함량은 Bradford 방법을 사용하여 측정하였다. 그리고 Aldolase (EC 4.2.1.1), Isocitrate lyase (EC 4.1.3.1), Isocitric dehydrogenase (EC 1.1.1.42), Glucose-6-phosphate dehydrogenase (EC 1.1.1.49), Malate dehydrogenase (EC 1.1.1.37) 활성을 측정하였다.

2. Coating 종자의 기술개발

종자 coating 시 발아에 장애를 주지 않는 수용성 폴리머와 고형물질의 종류와 농도 설정, 코팅물질의 물리성, 코팅시 영양물질 첨가, 코팅시 산소공급원 첨가, priming 종자의 코팅, 코팅종자의 착색, 코팅종자의 건조조건, 코팅종자의 저장성 및 코팅시 길항균 첨가 등에 관하여 연구가 이루어졌다.

종자코팅 공정중 피복물질로써 첨가되는 코팅물질의 물리성과 이들 물질이 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Diatomaceous earth # 300, calcium carbonate, dialite, talc, calcium carbonate+dialite (1:1), calcium carbonate+talc (1:1), dialite+talc (1:1) 및 calcium carbonate+dialite+talc (1:1:1 v/v), calcium oxide, kaolin, fly ash 및 vermiculite 등을 단독 또는 혼합하였다.

종자 코팅 물질의 물리성은 부피, 용적밀도, 보수력, E.C 및 pH를 조사하였다. 부피측정은 100g의 코팅물질을 500ml의 메스실린더에 충전하여 증가하는 높이를 부피로 간주하였다. 보수력 측정은 100g의 코팅물질에 서서히 수분을 가하여 최대함수량의 무게를 천칭하여 단위건물중으로 계산하였다 (코팅물질의 수분함량 - 코팅물질의 건물중/ 코팅물질의 건물중).

코팅물질의 pH 및 전기전도도 조사는 코팅물질과 증류수를 1:5로 희석시켜 1시간 동안 진탕시킨 후 pH meter와 EC meter (VWR Scientific 1054)로 각각 pH와 전기전도도를 측정하였다. 코팅종자의 경도는 경도계 (Hardness meter, 東京木屋製作所, 日本)를 이용하여 수직으로 압박하여 깨어질때의 압력 (g/cm^2)으로 표시하였다.

종자코팅 방법은 60~70rpm으로 회전하고 있는 코팅드럼에 100g의 종자를 넣고 코팅 접착제로는 PVA 0.5% 수용액을 종자표면에 분사한 후 코팅초기에는 종피에 부착성이 우수한 코팅물질인 talc를 서서히 가하여 종피에 부착시켜 기본 형태를 유지시킨 후 여러 가지 코팅물질을 단용 또는 혼합 첨가하여 코팅하였다. 코팅 접착제 분사는 코팅초기에는 PVA 0.5%액을, 중기에는 PVA 1.0%액을, 후기에는 코팅층의 경도를 강화시키기 위하여 PVA 2.0% 액을 분사하였다. 코팅드럼의 회전속도도 초기, 중기 및 후기로 나누어 달리하였는데, 초기에는 종자의 기계적 손상을 경감시키기 위해

60~70rpm, 중기에는 100~150rpm, 후기에는 코팅층 표면의 균질화와 구형에 근접한 형태를 유지시키기 위하여 비교적 고속인 400~500rpm으로 조절하였다. 코팅공정의 중기 및 후기단계에서는 코팅종자가 회전력에 견딜 수 있는 일정한 경도를 유지시키고 코팅종자가 서로 달라 붙은 덩어리진 코팅을 방지하기 위하여 회전하고 있는 코팅 드럼에 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다.

여러 가지 코팅물질로써 코팅된 종자의 기공성과 코팅물질간의 응집성을 관찰하기 위해서 주사전자현미경을 이용하였다. 주사전자현미경 관찰을 위한 표본제작은 코팅 종자를 임계점 건조기(critical point dryer, Microtech E-3000)에서 40분간 건조시킨후 stub에 mounting하고 ion sputtering coater (JEOL, JFC-1100E)내에서 금으로 10nm 두께로 코팅하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, GEOL-TSM-6400)으로 가속전압 10kV하에서 관찰하였다. 또한 코팅층의 외부 표면의 무기성분을 EDS로 분석하였다.

코팅물질이 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 9cm petridish에 2g의 코팅물질을 넣고 종자를 치상한 후 증류수 7ml을 공급하여 발아력을 비교하였다. 발아시험은 petridish(9cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 1매를 간 후 100립씩 완전임의배치 3반복으로 암상태의 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 및 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 항온기에서 실시하였다. 발아조사는 종자를 치상한 후 10일까지는 12시간 간격으로, 그 후 18일까지는 1일 간격으로 하였으며, 유근이 1.0mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 간주하였다.

코팅공정 과정에서 코팅물질과 종자와의 결합능력을 강화시키기 위하여 사용되는 접착제의 종류 및 농도가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 종자를 치상한 후 carboxymethyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, methyl cellulose, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone 및 Tween 80을 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0%로 농도를 달리한 용액을 7ml 공급하여 발아력을 비교하였다. 무처리 종자는 접착제 대신에 증류수를 7ml 공급하여 발아력을 조사하였다. 발아시험은 petridish(9cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 1매를 간 후 100립씩 완전임의배치 3반복으로 암상태의 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 및 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 항온기에서 실시하였다. 발아조사는 종자를 치상한 후 10일까지는 12시간 간격으로 그 후 18일까지는 1일 간격으로 하였으며, 유근이 1.0mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 간주하였다.

코팅공정중 몇가지 영양물질 및 산소공급원 첨가가 상추와 당근 코팅종자의 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 영양물질인 MS 배지를 1/2 및 1/4배, 인산급원으로 Monosodium phosphate 0.2, 1.0%를 접착제(2% PVA)에 용해하였다. 또한 코팅종자의 산소공급원 첨가효과를 조사하기 위해 산소발생원인 BaO_2 를 0.2%, 1.0%를 영양물질 조제법과 동일하게 조성하였다.

코팅공정의 초기와 중기단계에서는 PVA 0.5% 및 1.0% 용액만을 분무하였고, 공 후기에 영양물질 및 산소공급원을 분무하여 그 효과를 조사하였다.

미세하여 발아가 저조한 당근과 상추종자를 공시하여 신속하고 균일한 발아를 유도할 수 있는 priming의 장점과 기계화 파종이 가능하게 하는 코팅기술의 조합가능성을 모색하고자 하였다. 당근 종자의 priming은 1g의 종자를 9cm petridish에 넣고 PEG -0.50MPa 용액으로 20℃에서 4일간, 상추는 50mM의 K₃PO₄ 용액으로 20℃에서 2일간 처리하였다. Priming 처리후 종자는 2분간 수세하여 종피에 부착되어 있는 수분을 완전히 제거한 후 30℃에서 3시간 건조하였다.

건조된 priming 종자 100g을 코팅드럼에 넣고 접착제로 PVA 0.5% 수용액을 종자 표면에 분사하면서 코팅물질인 talc를 서서히 첨가하여 코팅의 기본형태를 유지시켰다. 그후 calcium carbonate+kaolin (1:1 v/v) 혼합 물질을 첨가하여 코팅하였다. 코팅 접착제는 코팅초기에는 PVA 0.5%, 중기에는 PVA 1.0%, 후기에는 코팅층의 경도를 강화시키기 위하여 PVA 2.0% 용액을 분사하였다. 코팅드럼의 회전속도도 초기, 중기 및 후기로 나누어 달리하였는데, 초기에는 종자의 기계적 손상을 경감시키기 위해 60~70rpm, 중기에는 100~150rpm, 후기에는 코팅층 표면의 균질화를 향상시키고 구형에 근접한 형태를 유지시키기 위하여 고속인 400~500rpm으로 조절하였다. 코팅 공정의 중기 및 후기단계에서는 코팅종자가 회전력에 견딜수 있는 일정한 경도를 유지시키고 덩어리진 코팅을 방지하기 위하여 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다.

코팅종자의 착색 및 착색색소가 발아에 미치는 영향에 사용된 색소는 Crystal Violet, Methyl Bule, Methyl Orange, Methyl Red, Rhodomine B 및 Sarfamine O 등을 포함한 6 종류였으며, 이들 농도는 1.0% 였다. 실험 방법은 (1) 무처리 종자를 증류수 대신 코팅색소를 공급하여 발아력을 비교한 실험과 (2) 2% PVA 용액에 색소물질을 용해하여 코팅공정 최종단계에 분무하여 착색시킨 후 코팅색소가 발아에 미치는 영향을 20℃와 25℃에서 조사하였다.

코팅후 건조온도와 건조기간이 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 코팅종자를 20℃, 35℃ 및 45℃에서 1, 3, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96시간 건조하여 종자함수율을 측정하였다. 코팅종자의 함수율은 국제종자검사 규정(ISTA, 1993)의 고온항온건조 방법(130℃, 1시간 건조)에 준하여 단위생체중으로 측정하였다(wet weight basis). 또한 종자활력을 유지시키면서 산업화를 위한 대량처리시 건조비용과 노력을 절감할 수 있는 적정 건조온도 확립하기 위하여 코팅종자를 20℃, 35℃ 및 45℃에서 3, 6, 12, 24, 48, 72 및 96시간 건조하여 발아율과 발아속도를 비교하였다.

코팅종자의 저장성을 조사하기 위해 코팅종자를 5℃와 상온에서 1, 2, 3 및 4개월 저장하여 발아력을 비교하였다. 이를 위하여 코팅직후 35℃에서 3시간 건조하여 함수

을을 5%로 건조시킨 코팅종자를 플라스틱 용기에(내경 40 mm×높이 130 mm) 넣고 완전밀봉하여 저장한 후 25℃의 항온기내에서 발아력을 비교하였다. 발아시험은 직경 9cm의 petridish에 흡습지 (Whattman No. 2) 1매를 깔고 100립의 종자를 3반복으로 치상한 후 4ml의 증류수를 가하여 암조건에서 실시하였다. 발아조사는 종자를 치상한 후 10일까지는 12시간, 이후 18일까지 1일 간격으로 실시하였다.

종자코팅시 유용미생물 첨가가 발아에 미치는 효과를 알아보기 위해 *Bacillus polymyxa* E681, *Bacillus polymyxa* G157 및 *Pseudomonas fluorescens* L22 등의 길항균에 종자를 침지하여 발아촉진에 가장 효과적인 균을 선발하였다. 이와 같이 작물별로 선발된 길항균을 종자코팅에 이용하였다. 미생물을 처리하는 방법으로는 균배양액에 종자를 1시간 침지후 코팅처리하거나, 코팅에 사용하는 접착제에 0.5% 균현탁액을 혼합하여 코팅처리 하였다. 대조구로 균이 들어 있지 않은 균배양액에 종자를 침지한 후 코팅처리하였다. 각각의 방법으로 코팅한 종자의 발아력을 조사 하였다.

3. 농가실증시험

Priming 및 코팅된 종자의 농가실증 시험을 위하여 포장내 유묘출현과 초기생육, 공정육묘시 근권환경 개선 및 규격묘 대량생산 기술확립을 위하여 필수요소 수준, 적정육묘 기간 등에 관하여 연구가 이루어졌다.

경상대학교에서 priming 및 coating한 종자를 받아 사용하였으며, 플러그 트레이의 셀크기는 고추, 토마토, 박, 샬비아는 72공이었고 배추, 상추, 당근, 무는 162공, 양파는 448공이었다. 육묘상토로 샬비아는 피트모스 50%, 버미큐라이트 30%, 퍼라이트 20%를 혼합하여 사용하였고 나머지 작물들은 피트모스 40%, 버미큐라이트 30%, 발효톱밥 20%, 퍼라이트 10%를 혼합한 상토를 사용하였다. 액비는 배추와 무는 파종후 20일부터 매일 1회씩, 고추를 비롯한 나머지 7개 작물은 파종후 23일부터 2일 간격으로 1회씩 공급하였으며, 액비농도는 일본 원시표준농도의 40%액이었다.

플러그묘에 있어서 육묘배지내 발효톱밥의 적정 혼합비율을 구명하기 위하여 수행하였으며 발효톱밥대 혼합재료 (피트모스 50%+퍼라이트 25%+버미큐라이트 25%)의 비율(부피기준)을 0 : 100 (FSD 0), 20 : 80 (FSD 20), 40 : 60 (FSD 40), 60 : 40 (SD F60)의 4수준으로 하였다. 주재료로 사용된 발효톱밥은 나무톱밥과 계분을 8 : 2의 용량 비율로 섞어 발효조에서 30일간 호기적 조건으로 발효시키고 다시 90일간 충분히 부숙시킨 것을 사용하였다. 육묘시 액비는 일본 원시표준농도의 40%액을 고추, 샬비아, 양파는 파종후 25일부터, 배추는 파종후 16일부터 2일 간격으로 1회씩 두상 공급하였다.

플러그 육묘에 있어서 다량원소 수준에 따른 묘생육 반응을 검토하여 작물별 적정

사용량을 구명하고자 필수원소 수준에 따른 각 원소의 공급농도를 달리하였는데, 고추에 있어서 N은 50, 150, 450ppm, P는 30, 60, 90ppm, K는 50, 150, 450ppm으로 달리한 후 27개의 조합을 만들어 처리하였다. 이때 모든 처리에서 Ca는 701ppm, Mg는 50ppm, 미량요소는 일본원시 표준액으로 고정하였다. 필수원소 수준별 액비를 파종후 본엽이 2매 전개될 무렵부터 2일 간격으로 1회씩 두상 공급하였다.

액비농도에 따른 priming 종자와 무처리종자의 초기생육을 조사하고자 고추는 일본원시 표준액의 20, 40, 60 및 80%를 공급하고, 배추는 20, 40 및 60%를 본엽 2매 전개후부터 2일 간격으로 1회씩 두상공급하였다.

플러그 육묘시 규격묘 대량생산을 위하여 액비농도와 액비공급방법에 따른 묘생육 반응을 검토하여 작물별 적정 액비와 공급간격을 구명하고자 수행하였다. 공시작물은 고추 및 배추였으며 액비는 일본원시 표준액을 사용하였고, A+B액(표준액)은 일본원시 표준액의 40%이며, A액과 B액은 일본원시 표준액의 40%를 변형한 것이다. 액비 공급간격은 1일, 2일, 3일 및 4일로 구분하였으며, 공급방법은 A+B액은 액비공급일에 교차없이 공급하였으나, A액 또는 B액은 서로 교차 (액비공급간격이 1일 경우 오톨은 A액만 공급하고 내일은 B액만 공급하는 것) 하면서 공급하였다.

그리고 priming 종자의 적정육묘기간을 조사하고자 육묘기간을 고추는 45일, 50일 및 55일, 배추는 20일, 25일 및 30일로 달리하였으며, 파종후 본엽이 2매 전개될 무렵부터 2일 간격으로 1회씩 두상 공급하였다.

4. Priming 및 coating 종자의 산업화

우리나라에서 대표적 작물중의 하나인 고추를 포함하여 10여가지 종자를 택하여, 이들 종자에 priming 기술개발을 시도한 경상대 연구자료를 기초로 하여 산업적 이용 가치가 있는 고추, 박, 수박 3작물을 선택하여 대량처리를 하였으며, 처리과정에서의 문제점, 시설보완, 경제성, 저장일수에 따른 발아의 변화 등을 중점에 두고 실험하였다.

종자 coating은 종자 크기 및 무게를 증가시킴으로서 농촌 노동력 부족을 해결하기 위한 기계화 파종을 할 때 유리하고, coating시 식물 성장조절제 공급, 다량·미량 원소의 공급을 할 수 있고 종자를 보호하고 수분 흡수력을 좋게하여 발아를 촉진하는 등 여러 가지 장점이 있는데, 우리나라에서는 아직까지 종자에 착색하는 정도를 이용할 뿐 여러 작물에 널리 이용될 수 있는 효율적인 coating 방법이 개발되지 않은 실정이다. 또한 최근에는 기계화 파종을 위한 종자의 균일성, 미세종자의 대립화, 종자의 약제공급등이 육묘사업 발전과 함께 더욱 중요시 되고 있는데, coating 처리를 통해 일정한 형태와 경도를 유지하는 양질의 종자를 생산하고 균일한 초기육묘를 유도

하기 위해 이 실험을 실시하였다. 이 실험에서는 미세 종자이기 때문에 파종시 애로가 많은 상추 종자를 실험재료로 이용하였으며 개발된 coating 기술을 적용하여 종자를 대량처리할 경우 발생할 수 있는 문제점을 파악하고 이의 개선 및 산업화 가능성 여부를 모색하고자 종자의 대량처리시 coating 종자의 균일도 향상, coating 종자의 색, 광택등 외관 품질향상 및 발아율 조사와 저장시험을 수행하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. Priming 종자의 기술개발

작물에 따라 priming 약제의 효과가 다르게 나타났는데, 고추에 매우 효과적이던 K_3PO_4 는 배추, 무, 양파, 셀비아 및 잔디에서는 발아율 감소와 T_{50} 및 평균발아소요일수를 크게 지연시켰다. 특히 잔디에서는 처리약제에 따라 암발아가 가능하였다. 그리고 약제의 농도가 높아질수록 priming 효과는 감소되는 경향이였다.

Priming시 작물별 발아소요일수 단축에 가장 효과적인 처리기간 및 온도가 설정되었다. 그리고 priming 처리온도가 낮을 경우는 처리중 유근돌출이 되지 않았으나 T_{50} 및 평균발아소요일수가 지연되었고, 처리온도가 높을 경우는 T_{50} 및 평균발아소요일수는 단축되었으나 처리기간중 유근이 돌출되었다. 또한 처리기간도 같은 경향으로 처리기간이 짧으면 T_{50} 및 평균발아소요일수가 지연되었고, 처리기간이 길면 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축효과는 있었으나 유근돌출이 문제되었다.

종자 priming시 성장조절물질 첨가에 따른 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축효과는 고추는 GA_3 50 μ M, 배추는 GA_3 500 μ M, 상추는 KH_2PO_4 와 K_3PO_4 에 BA 첨가, 당근은 GA_3 500 μ M, 파는 GA_3 5 μ M, 양파는 GA_3 500 μ M 혹은 BA 50 μ M 첨가가 효과적 이었다.

모든 발아온도에서 priming 종자가 무처리종자에 비하여 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축에 효과적이었으며, 특히 저온성 작물인 배추, 무, 상추, 양파, 당근, 파는 고온에서, 고온성 작물인 고추, 토마토, 박 및 셀비아는 저온에서 발아율 향상 및 T_{50} 및 평균발아소요일수가 단축되어 종자처리의 효과가 나타났다.

Priming 약제 혼용시 고추, 토마토, 박, 배추, 무, 당근 및 셀비아는 큰 효과가 없었으나 상추는 KH_2PO_4 200mM에 K_3PO_4 50mM, 파는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM에 KH_2PO_4 100mM, 양파는 KH_2PO_4 200mM에 $Ca(NO_3)_2$ 100mM 혼용시 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축에 효과적이였다.

퇴화처리 기간이 길어질수록 발아율 감소 및 T_{50} 과 평균발아소요일수가 크게 지연되었으며, 이들 종자를 priming한 결과 고추, 박, 무, 당근, 파 및 양파에서는 발아율

회복 및 T_{50} 과 평균발아소요일수가 단축되었다. 그러나 배추, 상추 및 샐비아 퇴화종자와 퇴화후 priming 종자 모두 발아되지 않아 민감한 반응을 보였다.

작물별 priming 종자의 건조는 건조온도에 대한 반응이 다르게 나타났는데, 대체적으로 고온에서는 건조가 빠르고, 저온에서는 완만하였다. 따라서 고온에서는 건조소요기간을 단축시킬 수 있어 산업적으로 이용가치가 높지만 샐비아 등 일부 종자의 발아력 저하가 문제되었다. 고추, 토마토, 박, 배추, 상추, 무, 당근, 파 및 양파등은 35°C 및 45°C 에서 건조시킨 종자들이 발아력 유지에 좋았다.

작물의 종류에 관계없이 처리 종자와 무처리 종자들은 저장기간이 경과됨에 따라 발아율이 감소하고, T_{50} 및 평균발아소요일수가 지연되는 경향을 보였다. 저장조건도에 영향을 미쳤는데 5°C 저장이 상온이나 35°C 저장에 비해 발아율 감소, T_{50} 및 평균발아소요일수 지연속도가 느렸다. 5°C 저장에서는 공시작물 모두가 12개월간 저장하여도 저장전에 비해 발아율, T_{50} 및 평균발아소요일수에 큰 변화가 없었으나, 상온과 35°C 저장에서는 작물의 종류에 따라 그 반응이 크게 달랐다.

Priming된 종자의 repriming 효과는 박, 무, 당근 및 샐비아에서는 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축효과가 있었으나 토마토, 배추, 상추, 파 및 양파는 효과가 없었다.

장기저장한 종자의 priming 효과는 종자의 상태에 따라서 priming 처리조건이 달라져야 될 것으로 판단되는 결과를 얻었다. Priming 조건에 따라 T_{50} 및 평균발아소요일수는 단축시킬 수 있지만 전체 발아율을 감소시킬 수 있다는 사실이 발견되었다. 따라서 필요에 따라서는 종자 lot에 따른 소규모 실험후에 종자처리를 해야될 것으로 판단되었다.

고추종자의 단백질 유출량이 priming 종자에 비해 침지종자에서 많았으며 이러한 유출량의 차이는 종자내의 단백질 함량에도 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구에 사용된 종자중에서 종피의 구조적인 특성에 따라서 침지종자와 priming 종자의 시기별 단백질 함량 변화는 뚜렷한 차이를 보였는데, 종피가 얇은 종자에 비해 두꺼운 종자는 침지종자와 priming 종자간의 단백질 함량 차이가 적었다. 이러한 결과로 종피의 구조적인 특성에 따라서 priming에 사용되는 적정 화학제의 사용이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 단백질의 질적인 변화도 종자에 따라서 상당한 차이가 있었는데, 수분의 흡수와 더불어 변화가 일어나는 종자와 아무런 변화가 일어나지 않는 종자가 있었다. 이러한 단백질의 질적 변화가 발아촉진에 미치는 영향은 앞으로 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. 특히 고추종자의 경우 priming에 사용되는 화학제중에서도 K_3PO_4 에서만 종피에 존재하는 특정 단백질이 없어지는 것이 발아촉진과 관계가 있는 요인임을 알 수 있었는데, 이는 고추종자의 종피에 존재하는 단백질이 없어지므로써 수분의 흡수가 용이해지는 것으로 판단되었다.

또한 발아와 관련된 효소의 활성 증가는 발아에 중요한 영향을 미치는 요인중의 하나인데, 해당작용에 관여하는 aldolase, glyoxylate cycle에서 isocitrate를 glyoxylate와 succinate로 분해하는 ICI, isocitrate의 산화를 촉매시키는 IDH 및 malate를 oxaloacetate로 산화시키는 MDH의 활성은 종자에 따라서 상당한 차이가 있었다. 종자에 따른 이들 발아 관련 효소의 활성이 다르게 나타나는 것은 종자의 구성성분 차이에 그 원인이 있는 것으로 사료되었다. 그러나 대부분의 종자에서 침지종자보다는 priming 종자에서 활성이 높았고, 처리기간의 경과와 더불어 감소되더라도 감소율이 낮은 것은 발아촉진을 위한 priming의 효과를 잘 대변해 주었다.

2. Coating 종자의 기술개발

종자코팅시 물리성을 고려하여 볼 때 diatomaceous earth 단용, calcium carbonate + talc 혼용물질에서 발아율도 대체적으로 높고 입단형성이 용이하며, 일정한 경도를 유지할 수 있어 적정 코팅물질로 평가된다.

종자코팅에 사용되는 접착제는 PVP와 PVA에서 발아억제 정도가 낮아 우수한 접착제로 나타났다. 접착제 종류 및 농도에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 있었다. 사용된 접착제중 polyvinyl alcohol(PVA)와 polyvinyl pyrrolidone(PVP)에서 발아율이 전반적으로 높았고 발아속도도 다른 접착제에 비해 단축되는 경향이였다. PVP는 pH가 3.7로서 고추종자의 발아가 억제될 것으로 예측되었으나, 발아가 원활하였다. 특히 PVP는 강알카리를 지닌 코팅물질을 사용할때 pH를 낮추는 역할이 있을 것으로 기대된다.

코팅과정중 영양물질 첨가는 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나 발아율은 약간 감소되었고 발아속도는 지연되는 경향이였다. 첨가되는 영양물질의 급원에 따라서도 코팅종자의 발아력에도 차이가 있었는데, 대체적으로 MS 배지가 monosodium phosphate 보다 나은 결과를 보였다.

BaO₂ 첨가에 의한 코팅종자의 발아력 감소원인은 BaO₂ 무첨가 코팅종자의 pH는 7.6이었고 BaO₂ 첨가구에서는 pH가 9.5인점을 미루어 pH 상승에 의한 발아력 저하와 코팅물질내에 집적된 BaO₂가 종자 수분흡수를 억제하여 발아가 저하된 것으로 추측된다.

Priming 후 코팅된 종자는 무처리 종자를 코팅한 경우에 비해 발아율이 높았고 발아속도도 단축되는 경향이였다. 따라서 priming 종자를 코팅함으로써 코팅종자의 발아지연 문제를 부분적으로 완화시킬 수 있었다.

코팅공정 후기에 색소를 분무하여 코팅한 후 발아력을 평가한 결과는 작물에 따라 약간의 차이는 있으나, 코팅색소의 첨가로 인한 발아 억제는 크지 않는 것으로 나타

났다.

코팅후 건조시간과 건조온도가 발아율과 T_{50} 에 미치는 영향은 작물에 따라 약간의 차이가 있었으나, 대체적으로 35℃에서 3시간 건조하면 코팅전의 초기함수율로 건조되었으며, 발아력도 저하되지 않았다. 이러한 결과들은 산업화를 위한 대량처리시 단기간의 급속 건조가 가능하여 건조비용 절감에 유용할 것으로 판단된다.

코팅후 장기저장 가능한 저장조건을 구명한 결과 전반적으로 5℃ 저장이 실온저장보다는 코팅종자의 발아력 유지에 좋았다. 따라서 코팅종자의 장기간 동안 활력을 유지시킬 수 있는 적정 저장조건은 저온저장인 것으로 요약된다.

고추종자에서는 미생물 침지처리는 무처리종자보다 발아율이 증진되었고 발아속도는 단축되는 경향이였다. 미생물중 *Bacillus polymyxa* G157에서 발아율이 대체적으로 높았고 T_{50} 및 MDG도 단축되어 고추종자에서는 적용될 수 있는 유용한 미생물이였다. 토마토, 상추 및 당근도 고추와 유사한 경향을 보였는데, *Bacillus polymyxa* G157에서 발아율이 대체적으로 높았고 발아속도 단축되어 조기발아하는 경향이였다.

고추에서는 *Bacillus polymyxa* G157 미생물에 침지된 코팅종자가 무처리 코팅종자에 비해 26% 높은 발아율을 보였고, 코팅공정중 접착제에 미생물을 첨가하여 분무한 처리 및 배양액 침지처리보다도 발아율이 높았다. 발아속도(T_{50} 및 MDG) 또한 미생물에 침지된 코팅종자에서 단축되는 경향이였다. 토마토와 당근도 고추와 유사한 경향을 보였다.

3. 농가실증시험

고추, 토마토, 박, 양파의 priming 종자는 무처리종자에 비해 유묘출현일수가 짧고 유묘출현율이 높았으나 생육은 뚜렷한 차이가 인정되지 않았으며 배추의 유묘출현일수는 priming 종자나 수침종자 및 무처리종자간에 차이가 없었으며, 생육 역시 처리간 뚜렷한 차이가 없었다. 그러나 상추, 무, 당근 및 셀비아의 priming 종자는 유묘출현율이 높았으며 생육도 양호하였다.

고추 priming 종자의 저장 6개월후 유묘출현율은 5℃ 저장 및 35℃ 저장시에는 차이가 없었으나 상온저장시에는 다소 떨어지는 경향이였고, 토마토, 박, 배추, 무, 당근, 파, 양파 및 셀비아의 priming 종자는 5℃ 저장시 35℃ 저장 및 상온저장에 비하여 유묘출현이 수침종자나 무처리종자에 비하여 높게 나타났다. 그리고 priming 종자의 저장 12개월후 유묘출현율은 고추, 배추, 상추, 무, 파, 양파, 및 셀비아 모두 5℃ 저장에서 효과적 이었다. 그러나 토마토는 35℃ 저장시 유묘출현율이 급격히 감소되었으며, 초기생육은 5℃ 저장시 35℃ 저장과 상온저장에 비하여 초장이 크고 건물중이 많았다.

Coating하지 않은 종자에 비하여 coating 종자의 유묘출현율은 고추, 토마토, 상추, 당근, 양파 및 셀비아는 저조하였지만 배추, 무 및 파는 비슷하거나 다소 높게 나타났다. Coating 종자의 초기생육은 coating하지 않은 종자에 비하여 배추는 초장은 길고 지하부 건물중이 높았으며, 상추는 엽수가 많고 무는 엽수, 초장 및 엽면적은 비슷한 경향이였다. Coating시 길항균 침가에 따른 초기생육은 무처리종자에 비하여 고추는 11번균 처리에서 엽수가 많고 건물중도 많은것으로 나타났다. 토마토는 7, 9, 10번균 처리에서 엽장, 엽폭, 경경 및 건물중에서 양호하였다. 그리고 상추도 엽장과 엽폭은 차이가 없었으나 엽수는 많았으며 특히 9번균 처리에서 지상부 건물중이 많았다.

상토종류에 따른 고추의 유묘출현율은 FSD 40이 95%로 가장 높고 초장, 엽수, 경경, 생체중, 건물중 등은 육묘일수에 관계없이 FSD 20과 FSD 40에서 양호한 것으로 나타나 피트모스를 육묘배지로 사용할 때에는 발효톱밥을 어느 정도 혼합하는 것이 생육에 유리하며 그 적정수준은 20~40%라고 판단되었다. 배추는 생육단계를 결정하는 엽수는 발효톱밥 함유량이 40%에서 60%까지 높아져도 증가효과가 없었으며, 유묘출현율은 발효톱밥 함유량이 높아지면서 계속 감소하는 경향이였으므로 FSD 20~40%의 발효톱밥 함유량이 적정 수준이라고 판단된다. 양파의 유묘출현율은 FSD 40에서 66.7%로 가장 높았고 초장과 엽초장은 발효톱밥 배합 비율이 높을수록 작아지는 경향이였으며, 엽수는 FSD 40과 FSD 60이 다소 많은 경향을 보였다. 셀비아는 FSD 함유량이 20%에서 60%로 높아질수록 유묘출현율이 현저히 감소하였다. 초장과 엽생육 및 건물중 등은 발효톱밥 배합비율이 높아질수록 불량하였으며 특히 40% 이상 함유상토에서는 생육이 현저히 떨어졌다.

N, P, K 농도에 따른 고추 플러그묘의 초기생육을 보면, N 농도는 50ppm 처리구 보다는 150, 450ppm 처리구의 생육이 현저히 양호하였으며, 150ppm과 450ppm 처리구간에는 큰 차이가 없었다. N 농도가 150 ppm과 450ppm 처리구에서 P 농도 30ppm 처리구보다 60ppm 및 90ppm 처리구의 생육이 뚜렷히 양호하였다. K 농도는 N과 P 농도에 관계없이 묘생육에 영향을 미치지 않았다. 이와같은 결과로 볼 때 고추 플러그 육묘에서 3 요소 비료의 적정 사용농도는 N 150ppm, P 60ppm, K 50ppm인 것으로 나타났으며, 배추는 N 450ppm, P 30ppm, K 50ppm, 양파는 N 150ppm, P 60ppm 또는 90ppm, K 50ppm, 셀비아는 N 150ppm, P 30ppm, K 50ppm인 것으로 판단된다.

Priming 종자와 무처리종자의 액비농도에 따른 초기생육을 보면 고추는 80%액을 2일 간격으로 공급하는 것이 양호하였으며, priming 종자는 무처리종자에 비하여 엽수, 엽면적, 분지수 및 건물중등이 양호하였다. 배추도 60%액을 2일 간격으로 공급하는 것이 양호하였으며, priming 종자가 무처리종자에 비하여 초장이 길고 건물중이 많았다.

고추는 표준액(A+B)이 A액과 B액을 교호로 주는 것 보다 초기생육이 양호하였으나 액비공급 방법에 관계없이 공급간격 일수가 길어질수록 모든 생육이 저조한 것으로 나타났다. 그러나 플러그 육묘시 정식 직전 (육묘일수 55일 또는 60일)의 묘소질이 양호하여야 하는데, 표준액을 매일 공급할 경우 A액 및 B액을 바꾸어 주는 것 보다 정식직전에는 도장이 되고 과번무될 가능성이 있었다. 따라서 고추 priming 종자의 플러그 육묘에서 표준액비를 사용하여 정식에 적당한 모종을 생산하는데는 액비를 매일공급시는 45일, 2일 간격공급시는 50일, 3일 간격공급시에는 55일, 4일간격 공급시에는 60일이 필요하였다. 배추는 액비공급 방법에 관계없이 공급간격 일수가 길어질수록 모든 생육이 저조한 것으로 나타났으며, 정식전까지의 육묘일수가 짧은 관계 (육묘일수 25일 혹은 30일)로 표준액을 매일 공급하는 것이 A액 및 B액을 바꾸어 주는 것 보다 생육에 유리할 것으로 판단되었다.

고추 플러그 육묘시 priming 종자를 50일 육묘하면 무처리종자의 55일 모종과 비교할 때 경경, 엽수, 엽면적 및 건물중의 차이가 없고 분지가 시작되며 첫 화퇴출현 직전의 정식에 적합한 상태였다. 따라서 priming 함으로서 육묘기간은 5일 정도 단축시킬 수 있었다.

4. Priming 및 coating 종자의 산업화

현재 우리나라 종자처리에 관한 연구는 외국과 비교해 볼 때 매우 뒤떨어진 상태로 본 실험을 통해 우리나라 조건에 적합한 종자 priming 및 coating 기술을 개발하고 여기서 얻어진 연구 성과를 산업화 시킴으로서 한국 농민들의 고부가가치 농산물 생산과 농가소득 증대를 꾀하고자 본 연구를 수행하였다.

Priming 종자의 산업화 실험에서는 국내 종자시장에서 가장 규모가 큰 작물이면서 고가이고 발아일수가 길어서 발아일수 단축이 요구되는 고추를 K_3PO_4 200mM에서 5일간 20°C로 priming 처리하였을 때 기존 대조구에 비해 2일 정도 빠른 발아세와 균일한 유묘출현을 나타내었다. Priming 효과가 가장 좋았던 K_3PO_4 처리 종자들을 1개월, 6개월, 12개월, 15개월 항온항습 저장창고에 보관후 발아세, 발아율 조사를 실시한 결과 발아세와 발아율의 저하는 없었고 priming 효과가 그대로 유지되었다. 이는 실제 고추 priming 종자가 실용화 될 수 있는 저장기간인 15개월(재고가 남았을 때 그 다음해까지 판매가능한 기간) 동안 priming 효과를 유지함으로써 산업적 이용시 가장 문제가 되었던 저장기간의 경과에따라 발아율 감소 문제를 해결하게 되었다.

그외 priming 효과와 더불어 virus 방제효과를 동시에 얻기 위해 Na_3PO_4 를 priming 용액으로 사용하였는데, virus 불활성화에 효과적이라고 보고된 Na_3PO_4 10%를 2시간 동안 고추 종자에 처리한 결과 priming 효과는 없었지만 virus 방제효과는

뛰어났다. 그리고 발아율은 좋으나 발아세가 나쁜 불량종자에 priming 처리를 한 결과, priming 효과가 약간 나타나 발아세가 향상되기도 하였지만 그 효과가 너무 작아 실용화 되기에는 부족하였고 발아율은 오히려 처리전보다 떨어졌다. 또한 불량종자를 seed blower로 선별한 후 발아율과의 상관관계를 조사하였지만 상관관계가 없는 것으로 나타났고, 6개월 저장후에는 발아세, 발아율 모두 급격한 하락을 나타냄으로서 불량종자의 발아향상 방법은 찾지 못하였다.

밖에서는 K_3PO_4 와 $Ca(NO_3)_2$ 양쪽 모두 priming 효과는 비슷하였지만 경제적 측면에서 유리한 (가격이 싼) K_3PO_4 를 선택하여 200mM 농도로 1일동안 20℃에서 처리하였을 때 가장 효과적인 결과를 얻었다. Priming 처리된 박 종자를 1개월, 6개월, 12개월 저장한 후 발아세, 발아율 조사를 실시한 결과 6개월 저장까지는 priming 효과가 그대로 지속되었으나 12개월 저장후에는 발아세가 하락함으로서 priming 처리된 박종자는 종자를 주문생산하는 체계가 확립되어야만 산업적 이용이 가능하리라 본다.

그외 synthetic calcium silicate를 이용한 solid matrix priming 실험에서도 priming 효과를 얻을 수 있었으나, 박의 lot별 차이가 심해 실용적 이용에 문제가 있었고, 고추와 마찬가지로 발아 불량종자를 구제하기 위해 seed blower에 의한 비중별 선별에 따른 시험과 tetrazolium test를 하였다. 종자의 비중과 발아율과의 상관관계는 없었고, tetrazolium test 결과에서는 생존율과 발아율은 상관관계가 있지만 실험과정의 복잡함으로 인해 실용화하기에는 어려움이 따른다.

수박은 발아소요일수가 짧기 때문에 priming에 의한 발아세의 촉진효과보다는 priming에 의한 균일한 발아와 virus 방제효과를 동시에 얻고자 실험하였는데 Na_3PO_4 10% 용액에 20분간 처리한 시험구가 CGMMV 불활성화에 뛰어난 효과를 보였다. 그러나 Na_3PO_4 에 의한 발아시간의 단축 및 발아율 향상등 priming 효과는 찾아 보기 힘들었다.

Coating 종자의 산업화 실험에서는 미세종자이기 때문에 파종시 애로가 많은 상추 종자를 실험재료로 하였다. Binder로 1%의 polyvinyl alcohol (PVA)을 사용하였고, Filler로 talc를 사용하여 Coating fan에 넣고 대량처리 실험한 결과, coating 종자의 구형도가 fan의 기울기를 90℃로 하면 정구형을, 75℃로 하면 장타원형의 pellet이 성형되었다. 간혹 2립의 종자가 같이 coating된 경우가 있었는데 이것은 1% PVA가 일시에 다량으로 분무되거나 talc의 용량이 부족할 경우 1개의 pellet에 2립의 종자가 들어가거나 종자가 없는 pellet이 발생하게 된다. Coating 종자의 외관 향상을 위해 처리과정중 최종적으로 binder(1% PVA)를 처리할 때 염료를 적당량 첨가함으로써 착색시킬 수 있으며 green, yellow, pink 3가지 색깔로 착색한 결과 착색에 따른 발아율 저하는 없었다.

Coating 종자의 광택과 경도에 있어서는 최종 고품물질의 처리시 처리재료의 종류에 따라 광택의 정도가 달랐다. Talc를 최종적으로 사용할 경우 표면의 광택이 없고 규조토를 사용할 경우 광택은 좋으나 연한 갈색이 나타나 외관이 부적합하였으며, 규조토와 소석회를 1:1로 섞어 처리하였을 때 표면에 광택이 나고 깨끗한 느낌을 주어 최적의 처리로 판단되었다. 그리고 전체의 처리과정시 고품물질로 talc만을 사용할 경우 경도가 현저히 떨어져 보관상 어려움이 발생하였고 pellet의 균열도 심하여 상품성이 떨어진 반면 처리과정중 1차 선별후 talc와 규조토를 교대로 사용할 경우 경도가 높아졌으며 이로 인한 발아율 저하도 나타나지 않았다.

Coating 종자의 발아율 조사에서는 성형 크기에 따라 서로 다른 결과가 나타났는데 pellet의 직경이 3.8mm를 넘으면 상대적으로 발아율이 떨어졌고, pellet의 직경이 3.4~3.8mm 미만일 경우 처리전 발아율이 그대로 유지되었다. 처리기간에 따른 발아율은 처리후 20℃, 25% 항온항습 창고에 보관하였을때 2개월까지는 발아율이 저하되지 않았으나 실온에서 보관한 것은 급격하게 발아율이 저하되었다. 따라서 coating 종자는 처리후 항온항습 창고의 보관이 필수적이라고 판명되었다.

본 연구를 통해 얻어진 priming 종자와 coating 종자를 농가에 보급하여 실험하였고, 보급한 결과 좋은 반응을 얻었으며, 고추와 수박에서 Na_3PO_4 처리와 일부 종자의 색과 광택에서 coating 처리는 현재 산업적으로 활발히 이용하고 있다. 위 실험에서 얻은 기술적 토대를 바탕으로 한다면 머지않아 전 작물에서 priming과 coating 종자의 산업화가 이루어 지리라 본다.

여 백

SUMMARY

Many factors affect successful establishment of crop stand, one of which being the quality of seeds to ensure rapid and uniform emergence of seedlings. Many vegetables and floral crops are produced year-round, and it is not always possible to sow under favorable conditions all the time. Even if it is possible to control environmental conditions in a modern nursery in which crop seedlings are mass-produced, reducing the nursery period should have a significant impact to production cost. Availability of quality seeds with high germinability has thus become an important issue more than ever. Seed priming is a useful technique in that primed seeds germinate rapidly and uniformly, frequently under less than optimal conditions.

On the other hand, the lack of high-quality labor and the increasing pressure to reduce production cost, especially of small-seeded vegetables and floral crops, necessitate the mechanization of seed planting. Coating the seed would be an ideal approach in this respect. It is not difficult to foresee that the development of a technology in which seed priming is combined with seed coating would be even more desirable. A significant part of the technology has been developed to the level of commercialization in some countries: unfortunately, however, it has been patent-protected in most cases. Development of our own technology is thus an inevitable choice.

In a series of experiments, we hoped to develop seed priming and coating techniques for as many as 11 horticultural crops. Performance of treated seeds was rigorously tested not only in petridishes but in a greenhouse with remarkable success. Finally, the possibility was confirmed that those techniques developed in this study could be industrialized in a large scale.

We are encouraged by the results of this study. The increase of germinability and possible mechanization of sowing practice would open a new avenue for

cost-efficient production of horticultural crops. Some significant findings are highlighted here.

1. Development of Seed Priming Techniques

Priming the pepper seeds in K_3PO_4 resulted in an increased percentage of germination; it also increased the speed of germination as determined by the number of days required for 50% of the seeds to germinate (T_{50}) and mean number of days for germination (MDG). However, the effect of K_3PO_4 priming was negative for Chinese cabbage, radish, onion, salvia, and Korean lawngrass seeds, indicating that the effective chemicals could vary depending on crop species. It was not uncommon that seed lots of a given species could also affect the effectiveness of chemical primers.

For some crops, seed treatment with more than one chemical was necessary to be effective in reducing T_{50} and MDG; 200 mM KH_2PO_4 and 50 mM K_3PO_4 mix for lettuce, 100 mM each of $Ca(NO_3)_2$ and KH_2PO_4 mix for Welsh onion, and 100 mM $Ca(NO_3)_2$ and 200 mM KH_2PO_4 mix for onion.

Factors affecting the effectiveness of priming included chemical concentrations, solution temperature, and priming durations. In general, the higher the concentrations of the priming chemicals the less the effectiveness. As indicated by the reductions in T_{50} and MDG values, seeds germinated earlier when primed at a higher temperature and/or for a longer period of time. Nevertheless, radicle growth during the priming could become a serious problem under these conditions.

The most effective priming conditions were: 200 mM K_3PO_4 at 20°C for 5 days for pepper, a mixture of 50 mM K_3PO_4 and 200 mM KH_2PO_4 at 20°C for 2 days for lettuce, and - 0.5 MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days for salvia seeds.

Priming effect was greater when the seeds of cool-season crops (such as Chinese cabbage, radish, lettuce, onion, carrot, and Welsh onion) were germinated at high temperature conditions. On the other hand, priming effect was greater when the seeds of warm-season crops (such as pepper, tomato, gourd, and salvia)

were germinated at low temperature. This indicates that the better priming effect could be anticipated under unfavorable environment for germination. It was of particular interest that the light-promotive Korean lawngrass seeds germinated well even in darkness after the priming. Priming was also effective in enhancing germination percentage and in reducing T_{50} and MDG of aged pepper, gourd, radish, carrot, Welsh onion and onion seeds.

Addition of growth regulators to the priming solution showed some additive effect in reducing T_{50} and MDG further. Concentrations of GA_3 for such an effect were: 5 μM for Welsh onion, 50 μM for pepper, 500 μM for Chinese cabbage, carrot and onion. Benzyladenine at 50 μM was equally effective for lettuce and onion.

It is necessary to dehydrate the primed seeds for shipping and handling. Dehydrating at 35°C was suitable; dehydration time could be reduced at 45°C, but at the expense of some germinability in some crops. Primed seeds could maintain germinability at least for 12 months if stored at 5°C; storage at room temperature or at 35°C was unacceptable for a long-term storage of primed seeds. Repriming the primed seeds, which had been stored for up to 12 months, helped to restore germinability to some extent of gourd, radish, carrot, and salvia. Results of priming the seeds, stored for a long period of time without previous priming, varied depending on seed lots.

Proteins effluxed much less into the priming solution than into the imbibing water of pepper seeds. There was a significant differences in quantity as well as the species of soluble proteins between priming and imbibing seeds. Pepper seeds being primed in K_3PO_4 were characterized by the loss of a 14-kilodalton protein from the seed coat. and the disappearance was related to the increase in germinability of the primed seeds. Differences in activity changes of aldolase, isocitrate lyase, isocitric dehydrogenase, and malic dehydrogenase were observed in priming and imbibing seeds. Priming treatment increased their activity more than water imbibition, suggesting a close association of these enzymes to the increased

germinability of primed seeds.

2. Development of Seed Coating Techniques

Easiness of granulation, maintenance of suitable firmness, and above all, no inhibition of germination are of primary concerns in screening a suitable particulate matter to coat the seeds. A mixture of calcium carbonate and talc or diatomite was suitable in this regard. Percentage and the speed of germination depended on the kinds of coating binders and their concentration. In general, higher percentage of germination and shorter T_{50} and MDG were obtained with 0.5% polyvinyl alcohol or polyvinylpyrrolidone.

Coating the seeds, in itself, tended to reduce germinability to some extent. Attempts were made to alleviate this negative effect of coating by priming the seeds beforehand, or by adding various nutrients during coating. Coating the pre-primed seeds, instead of fresh ones, partially restored germinability which would otherwise be reduced by coating. Addition of nutrients while coating reduced percent germination a little, but not to a significant level. MS medium was better than monosodium phosphate in maintaining germinability of coated seeds. Addition of BaO_2 as an oxygen supplier rather reduced germinability due probably to high pH of the compound. Different kinds of dyes were spray-added while coating. Since the presence of the dyes affected germinability little, coloring could offer an added value in dealing with the coated seeds.

Coated seeds were dried back to the initial moisture level in 3 hours at 35°C; nor did the dehydration affect percent germination and T_{50} , suggesting the convenience and safety of this method for mass-handling on a large scale. Coated seeds could be stored for up to 12 months at 5°C; germinability declined rather quickly when stored at room temperature.

Pre-treatment of the seed with some microbes before coating helped in increasing percent germination and in reducing the T_{50} . Encouraging results were obtained with *Bacillus polymyxa* G157 for pepper, tomato, lettuce and carrot seeds.

Spray-addition of the microbes during coating process was less effective than the pre-imbibition of seeds in the microbial solutions.

3. Performance Test of Primed and Coated Seeds

Compared with unprimed seeds of all test crops, primed seeds emerged earlier with a higher percentage of emergence; better seedling growth was noted especially in lettuce, radish, carrot and salvia. Primed seeds, stored for up to 12 months at 5°C, outperformed in percent emergence and seedling growth: those stored at room temperature or at 35°C did poorly.

In general, coated seeds resulted in a reduced percentage of emergence. However, depending on the species, some differences were evident in seedling growth. Chinese cabbage seedlings grown from coated seeds grew taller with greater root dry weight, and lettuce produced more leaves per plant. Better seedling growth was noted from the seeds into which antimicrobial microbes were incorporated while coating: microbes numbered 11 for pepper, 7, 9 and 10 for tomato, and 9 for lettuce were beneficial for early growth. However, it was unknown whether such a positive effect of the microbes could persist until the time of harvest.

Mixing 20 to 40% fermented sawdust with peatmoss, instead of peatmoss alone, was desirable to grow pepper and Chinese cabbage seedlings in the nursery. As the proportion of fermented sawdust increased, onion seedlings grew poorly. Percent emergence of salvia declined severely as the proportion increased from 20 to 60%; growth inhibition was precipitous over 40% fermented sawdust.

Pepper seedlings in the plug grew vigorously when supplied with 150 or 450 ppm nitrogen: even better growth was observed when nitrogen was combined with 60 or 90 ppm phosphorus. Potassium, supplied at different concentrations at various combinations of nitrogen and phosphorus, did not affect seedling growth. It was recommended that nitrogen, phosphorus, and potassium concentrations respectively to produce high quality seedlings be, in ppm: 450, 30, and 50 for

Chinese cabbage, 150, 60 or 90, and 50 for onion, and 150, 30 and 50 for salvia.

Supply of 60 and 80% nutrient solutions at 2 day intervals was suitable to produce high quality seedlings grown from primed Chinese cabbage and pepper seeds, respectively. Better growth of pepper seedlings were obtained by applying the standard solution (a mixture of A and B solution) instead of an alternate supply of A and B solutions. However, seedlings could be too vigorous and crowded with everyday applications of the standard solution. Number of days to reach the suitable size of pepper seedling for transplanting was dependent upon the application frequency of nutrient solution: 50 days at 2-day, 55 days at 3-day and 60 days at 4-day intervals. It took only 45 days when the nutrient solution was applied everyday. To the contrary, Chinese cabbages are grown in the nursery for a shorter period of time of 25 to 30 days, so that everyday application of the standard solution, instead of alternating A and B, could be more appropriate.

Growth of 50-day-old seedlings from primed pepper seeds was comparable to that of 55-day-old counterparts from unprimed seeds. This is of some significance in that reductions in growing period in the nursery could become feasible by planting the primed seeds.

4. Industrialization of Seed Priming and Coating Techniques

Priming pepper seeds in 200 mM K_3PO_4 at 20°C for 5 days resulted in an earlier germination by 2 days and uniform seedling emergence. Seeds primed in this way could be stored for up to 15 months without losing seed vigor and thus germinability. Successful storage of primed seeds for 15 months is of critical importance in that it is frequently required to store remaining seed-stock for the next year. Trisodium phosphate is known to be a virus inactivator. Although virus was successfully controlled, priming pepper seeds in 10% Na_3PO_4 did not affect germinability.

Priming the seeds in 200 mM K_3PO_4 at 20°C for one day was most effective to

enhance germinability of gourd. Calcium nitrate at the same concentration was equally effective, but was K_3PO_4 economically favored. Vigor of gourd seeds primed this way could be maintained for 6 months in a 5°C warehouse, indicating the necessity for a systematic order system for this technology to be useful in seed industry.

Techniques were developed to coat lettuce seed on an industrial scale. This involved 1% polyvinyl alcohol as a binder and talc as a filling particulate matter. The final shape of seed pellets varied depending upon the angular degree of the coating fan, spherical and round pellets being formed at 90 degrees angle. Kinds of filling particulate matters added at the final stage of coating process affected the appearance of the pellets. Pellets appeared dull with talc, whereas glazy but brownish with diatomite. Clear and glazed appearance of the pellets was made possible by using calcium hydroxide and diatomite mixed at a one to one ratio and added at the final stage of the coating process. Pellets made with talc only were too fragile; alternate use of talc and diatomite was necessary to increase firmness of the pellets.

Percent germination of coated lettuce seeds was related to the size of pellets. Seed pellets from 3.4 to 3.8 mm in diameter were comparable to that of uncoated seeds in percent germination. Coated seeds did not lose their germinability for at least two months as long as they were stored in a warehouse maintained at a constant 20°C and 25% relative humidity.

Some batches of primed and coated seeds were distributed to private growers for field tests under diverse conditions; they expressed their satisfaction highly. Treatment of trisodium phosphate for pepper and watermelon seeds, and coating techniques related to coloring and enhancing glaziness are now in use in seed industry. Development of the techniques involved in coating lettuce seeds on a large scale is in the stage of perfection at this writing. It is hoped that the technology could easily be adapted to other crop seeds at least in part or in its entirety.

여 백

CONTENTS

Chapter 1. General introduction -----	33
Section 1. Introduction -----	33
Section 2. Justification for seed priming and coating treatments -----	34
Chapter 2. Development of seed priming techniques -----	37
Section 1. Introduction -----	37
Section 2. Priming chemicals and their concentrations -----	39
Section 3. Priming temperature and durations -----	55
Section 4. Growth regulators added to the priming solution -----	79
Section 5. Germination temperature after priming -----	87
Section 6. Priming effect on aged seeds -----	101
Section 7. Dehydration conditions after priming -----	106
Section 8. Storage of primed seeds -----	120
Section 9. Physiological and enzymatic changes of primed seed -----	141
Chapter 3. Development of seed coating techniques -----	173
Section 1. Introduction -----	173
Section 2. Selection of particulate matters -----	174
Section 3. Coating binders and their concentrations -----	202
Section 4. Incorporation of nutrients and BaO ₂ -----	215
Section 5. Coating of primed seeds -----	222
Section 6. Incorporation of coating colorants -----	225
Section 7. Dehydration conditions after seed coating -----	234
Section 8. Storage of coated seeds -----	249
Section 9. Incorporation of beneficial microorganisms -----	261

Chapter 4. Performance test of primed and coated seeds in a nursery ----	267
Section 1. Introduction -----	267
Section 2. Emergence and early growth -----	267
Section 3. Optimum conditions for seedling growth in plug media -----	289
Section 4. Systems for mass-production of uniform seedlings -----	297
 Chapter 5. Industrialization of priming and coating seeds techniques --	313
Section 1. Introduction -----	313
Section 2. Industrialization of primed seed -----	314
Section 3. Industrialization of coated seed -----	325
 Literature cited -----	332

목 차

요 약 문 -----	3
Summary -----	21
Contents -----	29
목 차 -----	31
제 1장 서 론 -----	33
제 1절 서 언 -----	33
제 2절 종자의 고품질화를 위한 priming 및 coating 기술개발의 효과 -----	34
제 2장 종자의 priming 기술개발 -----	37
제 1절 서 언 -----	37
제 2절 Priming 약제의 종류 및 농도에 따른 효과 -----	39
제 3절 Priming 처리온도 및 처리기간에 따른 효과 -----	55
제 4절 Priming시 성장조절물질 첨가 효과 -----	79
제 5절 Priming후 저온 및 고온발아성 효과 -----	87
제 6절 퇴화처리된 종자의 priming 효과 -----	101
제 7절 Priming후 건조온도 및 건조기간에 따른 효과 -----	106
제 8절 Priming후 저장온도와 저장기간에 따른 효과 -----	120
제 9절 Priming 종자의 생리생화적 변화 -----	141
제 3장 종자의 coating 기술개발 -----	173
제 1절 서 언 -----	173
제 2절 코팅물질의 물리성과 코팅종자의 발아력 -----	174
제 3절 코팅시 접착제의 종류 및 농도에 따른 효과 -----	202
제 4절 코팅시 영양물질 및 산소공급원 첨가 효과 -----	215
제 5절 Priming 종자의 코팅 효과 -----	222
제 6절 코팅종자의 착색 효과 -----	225
제 7절 코팅후 건조조건에 따른 효과 -----	234
제 8절 코팅종자의 저장 -----	249
제 9절 코팅시 길항균 첨가에 따른 효과 -----	261

제 4장 농가실증시험 -----	267
제 1절 서 언 -----	267
제 2절 Priming 및 coating 종자의 유묘출현 및 초기생육에 관한 연구 -----	267
제 3절 공정육묘시 적정상토에 관한 연구 -----	289
제 4절 규격묘 대량생산 기술확립에 관한 연구 -----	297
제 5장 종자처리의 산업화 -----	313
제 1절 서 언 -----	313
제 2절 Priming 종자의 산업화 -----	314
제 3절 Coating 종자의 산업화 -----	325
인용문헌 -----	332

제 1 장 서 론

제 1 절 서 언

우리나라 농업은 농산물 개방화에 대비하여 새로운 재배기술 및 시설의 현대화를 통하여 농가소득 및 국제경쟁력을 갖고자 노력하고 있다. 또한 재배형태는 소규모에서 대규모로, 재배시기는 계절적에서 연중으로, 소비형태는 내수용에서 내수 및 수출용으로 전환되고 있다. 과학기술의 발전과 더불어 재배기술은 비약적으로 발전하여 재배자들은 재배 및 경영에 대한 정확하고 신속한 판단이 요구되고 있다. 이러한 관점에서 볼 때 소득이 높은 채소작물의 연중생산에 있어서 규격묘의 생산체계 확립 및 생력화 기술개발이 시급한 실정이다.

대규모의 기업적 영농이 이루어지고 있는 선진국에서는 모든 작업이 세밀한 계획 아래 이루어지고 있다. 채소 및 화훼 생산자는 자가육묘 관리하는데서 오는 불편을 해소하기 위하여 일정한 크기로 육묘된 묘의 구입을 원하며, 작업의 생력화와 대규모의 집단생산을 시도하고 있다. 한편, 기계화를 통한 직파재배에서도 온도 및 토양수분 등 재배조건이 불리한 곳에 파종되는 경우가 많아졌고, 종자의 발아시에도 강한 환경 내성이 요구되게 되었다. 이에 따라 종자의 초기발아율을 향상시키는 기술(seed treatment)과 환경 stress에 내성을 지니게 하는 공학적 기술(seed technology)의 개발 및 실용화가 급속히 진행되고 있다.

종자의 발아세는 종피의 삼투성 및 산소투과성, phytochrome과 발아억제물질의 존재, 배의 생리적 불안정 등에 연관된 휴면, 배와 종자의 충실도등에 크게 영향을 받는다. 이러한 요인들을 제거, 타파 및 억제시키기 위하여 성장조절물질 및 무기물질 등을 종자에 처리하는데, 이러한 물질들을 종자내로 침투시켜 그 효과를 추구하는 것이 종자처리의 일반적인 목표라고 할 수 있다. 종자처리는 목적하는 바에 따라 소량의 물질을 종자에 직접 처리하므로 경제적이고 비교적 좋은 유식물을 얻을 수 있는 잇점이 있으므로 이에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있는데, 이러한 방법으로는 priming, 침지, 저온처리, 수분 혹은 삼투 stress 등을 들 수 있다.

이러한 종자처리는 몇몇 연구자에 의해 부분적인 발전에 기여하였으나 아직까지 효율적인 방법과 일반화된 자료는 부족한 실정이다. 미래지향적인 종자처리방법의 발전을 위한 선결요인으로는 어떤 종자처리를 했을때 그 효과가 포장조건까지 연장되어야 하고 종자퇴화를 막아야 하며, 종자처리에 사용되는 물질이 환경에 대한 적응성과

저렴한 가격으로 이용될 수 있는 경제성이 있어야 한다. 그리고 종자처리 과정중 종자에 상처를 주지않고 대량처리가 가능한 시설의 개발이 요구되며, 처리된 종자의 상업적 이용을 위해서는 처리후 장기저장 기술의 개발이 뒤 따라야 될 것이다. 이러한 종자처리방법의 체계가 확립되면 종묘산업은 물론 원예작물 생산체계에도 큰 전환점이 마련될 것이다.

제 2 절 종자의 고품질화를 위한 priming 및 coating 기술 개발의 효과

농산물의 수입개방화에 대응하여 국제 경쟁력을 갖춘 고품질, 고부가가치 농산물을 생산하기 위해서는 작물재배 환경을 적극적으로 조절할 수 있는 기술집약적, 자본집약적 및 노동절약형 재배법 확립이 절실히 요구된다. 따라서 유묘의 출현이 촉진되고 균일한 묘를 생산할 수 있는 종자 priming 및 coating에 대한 기술개발이 필요하다. 그러나 우리나라는 종자품질에 대한 관심이 부족하였고, 농가에서는 많은 종자를 사용함으로써 생산단가가 상승되어 농가소득의 저해 요인으로 작용하고 있다.

종자처리의 기술개발을 기술적 측면에서 볼 때, 종묘업계의 종자품질 향상을 유도하고 종자처리에 대한 기술을 축적할 수 있으며, 종자처리후 발아율 향상 및 발아소요기간의 단축으로 유묘의 균일도를 향상시킬 수 있다. 또한, 종자처리시 유용물질을 첨가함으로써 초기생육 촉진을 유도할 수 있으며, 병충해에 대한 저항성 확대 및 작물의 수량증대에도 기여할 수 있다. 특히 미세한 종자의 coating은 취급이 용이하고 종자의 기계화 파종을 가능하게 할 것이고, 화훼종자의 경우는 꽃의 색깔과 같은 색소를 첨가하여 coating 함으로써 화색에 대한 취급을 용이하게 할 것이다.

경제적 측면으로는 고품질의 종자생산을 유도하여 종자 수입대체 효과 및 외화 절감과 종자의 부가가치 상승, 종자수출에 필요한 국제 경쟁력 확보 및 외화 획득이 가능하게 될 것이다. 그리고 육묘기간 단축으로 인건비 및 육묘비용 절감, 육묘 생산단가가 저하, 육묘시설의 활용기간을 연장시킬 수 있다. 또한, 종자 구입비용의 절감, 우량묘 재배로 수량증대 및 품질향상, 농산물 생산단가 저하로 농가소득을 향상시킬 수 있을 것이다.

사회적 측면으로는 종자수입 의존도 탈피로 종자수입량 감소 및 국내의 신품종 육성이 활발해 질 것이며, 고품질의 농산물이 연중공급될 수 있으며, 노동력 및 인건비 절감과 파종의 기계화가 가능해져 농촌 노동력 부족문제가 자연스럽게 해결될 것이

다.

기계화를 통한 직파재배에서도 온도 및 토양수분등 재배조건이 불리한 곳에 파종되는 경우가 많아졌으므로 종자의 발아시에도 강한 환경내성이 요구되게 되었다. 종자의 priming은 발아기간의 단축, 유식물 출현의 균일성, 규격묘 향상과 수량증대등에 효과적이어서 채소 및 화훼작물의 종자에 널리 이용되고 있으나 최근에는 과수와 수목종자에도 사용하는 경우가 많아지고 있다. 종자의 coating은 부족한 노동력 문제를 완화시킬 수 있는 기계화 및 생력화, 유묘시 병충해 방제등으로 우량묘 생산을 위한 방법이지만 대부분의 작물에 널리 이용될 수 있는 효율적인 코팅방법이 개발되어 있지 않는 실정이다.

이와같은 종자처리시 생장조절물질, 영양물질 및 유용미생물등과의 혼용처리에 대한 연구도 필요한 실정이며, 이미 선진국에서는 우수한 묘의 생산과 직결되는 종자의 품질향상에 큰 관심을 가지고 80년 초반부터 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어졌다. 또한 이를 산업화 하려는 기업체들의 노력에 힘입어 90년 초반부터 이미 고품질의 종자를 내수뿐만 아니라 국외로 수출하고 있는 실정이다.

특히 종자처리법중 경제성이 높은 priming 및 coating에 관한 국내의 기술수준은 미약한 실정이나, 1990년 본 대학교에서는 종자처리 기술개발팀을 구성하여 이 분야에 대한 연구를 국내에서는 처음으로 시작하였다. 지난 8년동안 고추, 토마토, 당근, 시금치, 수박, 들깨, 오이, 우엉 및 잔디종자에 대하여 많은 연구가 이루어졌으며, 현재 이들 작물중 몇가지 작물의 priming 및 coating 기술은 상당한 수준에 있어 실용화가 가능하다. 그리고 일부 대학과 국공립 및 정부출연연구소에서도 이 분야에 대한 연구가 이루어지고 있는 점으로 보아 국내에서도 점차 고품질의 종자생산에 관심을 가지고 있음을 알 수 있다.

여 백

제 2 장 종자의 priming 기술개발

제 1 절 서 언

Priming은 종자를 삼투용액에 침지함으로써 종자가 어느정도 수분을 흡수하게 하여 생리적 발아를 유도시키는 것인데, 최근 20여년 동안 여러 가지 유기 및 무기물질이 삼투조절 목적으로 널리 사용되어져 왔다(Bradford등, 1988; Heydecker, 1978; Heydecker와 Coolbear, 1977; Taylor와 Harman, 1990). Priming 효과에 영향을 미치는 요인으로는 삼투제의 종류 및 농도(Dahal등, 1990; Suzuki등, 1990), 처리기간 및 온도(Atherton와 Farooque, 1983; Bodsworth와 Bewley, 1981; Ely와 Heydecker, 1981; Heydecker등, 1973; Khan, 1992; Smith와 Cobb, 1991), 건조시간 및 통기상태(Akers등, 1987; Atherton과 Farooque, 1983; Bodsworth와 Bewley, 1981; Brocklehurst등, 1984; Bujalski등, 1989; Rivas등, 1984) 등이 관여한다.

Priming의 효과는 여러 연구자들에 의해 광범위하게 다루어져 왔으나, 공통적으로 발아소요일수 단축과 균일한 발아 및 발아잠재력의 증진등에 있다(Bradford, 1986; Heydecker와 Coolbear, 1977; Taylor와 Harman, 1990). Priming하여 파종하였을때 발아기간의 단축, 유식물 출현의 균일성, 규격묘 향상과 수량증대 등을 유도할 수 있으므로 채소 및 화훼작물의 종자(Bradford, 1986; Heydecker, 1978; Heydecker와 Coolbear, 1977; Taylor와 Harman, 1990)에 널리 이용되고 왔고, 최근에는 과수(Andreoli와 Khan, 1993; Botha등, 1984; Chilembwe등, 1992)와 수목종자(Black과 Elhadi, 1992; Bourgeois와 Malek, 1991; Fleming과 Lister, 1984; Gray와 Steckel, 1977; Gray등, 1984) 등에도 사용하는 경우가 많아지고 있다.

이와같은 priming 효과를 증진시키기 위하여 priming시 성장조절물질(Brocklehurst등, 1983; Cantliffe, 1991; Motes, 1982; Nelson과 Sharples, 1980; Sosa-Coronel과 Tanne와 Cantliffe, 1989), 영양물질(Davis, 1990; Pill과 Finch-Savage, 1988; Thomas, 1989) 및 유용미생물(Callan등, 1990; Hadar등, 1983; Harman등, 1989; Osburn과 Schroth, 1988; Rush, 1991)등과의 혼용처리에 대한 연구

도 수행되고 있으며, 이미 외국의 종묘회사에서는 seed priming을 상업적으로 이용하고 있다.

따라서 본 연구는 작물별 priming 조건확립을 위한 약제의 종류 및 농도설정, 적합한 처리온도 및 처리기간 설정, 첨가 성장조절물질의 종류와 농도설정, priming 효과를 확인하기 위하여 저온 및 고온에서 발아세 유지여부, 퇴화처리된 종자에서의 priming 효과검정, priming후 건조조건 확립, priming 종자의 저장성을 구명하기 위한 저장온도와 저장기간, 저장한 priming 종자의 repriming, 장기저장된 종자의 priming, priming 종자의 생리생화학적 변화 등에 중점을 두었다.

제 2 절 Priming 약제의 종류 및 농도에 따른 효과

1. 서 언

일반적으로 priming 약제는 종류와 농도에 따라 그 효과가 다르고(Dahal등, 1990; Suzuki등, 1990), 종자의 일정한 수분유지와 식물에 대해 독성이 없어야 하며 생육에 효과적 이어야 한다(Fleming과 Lister, 1984; Khan등, 1978). Priming 약제에 따라서는 세포의 삼투조절을 방해하며 고농도의 이온은 효소와 세포막을 파괴시켜 발아를 억제시키는데(Greenway와 Munns, 1980), Brocklehurst와 Dearman(1984)은 priming시 약제의 이온이 종자내로 침투하여 유독한 영향을 미쳐 발아 및 유묘출현율을 감소시킨다고 하였다. 또한 priming 용액의 이온농도가 증가할수록 종자 배의 이온축적량이 증가되어 대사작용을 방해하여 priming 잇점을 감소시킬 수 있으며(Haigh과 Barlow, 1987), priming 용액에 침지되어 있을 때 종자수분함량이 증가되고(Brocklehurst와 Dearman, 1984) 대사작용의 활성이 왕성해져(Khan, 1992; Khan등, 1983) priming 기간중 유근돌출이 일어날 수 있으므로 유근이 돌출되지 못하도록 조절할 수 있는 이온의 농도설정이 가장 중요하다고 할 수 있다.

Levitt와 Hamm(1943)이 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NH_4NO_3 및 MgSO_4 용액에 일정한 기간동안 종자를 침지처리할 경우 발아에 자극을 줄 수 있다고 최초로 보고한 후, Heydecker와 Coolbear(1977)는 priming 약제로 glycerol, mannitol, sucrose 및 무기염인 K, Na, Mg등이 이용된다고 하였다. Priming시 사용되는 무기 및 유기물질로는 KNO_3 , K_3PO_4 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , NaCl , Mannitol, Glycerol 및 PEG 등이 있다(Bradford, 1986; Heydecker와 Coolbear, 1977; Khan, 1992).

그리고 priming시 가장 많이 사용된 염류으로는 K_3PO_4 와 KNO_3 를 들 수 있으며(Suzuki등, 1989), 염류의 priming은 PEG나 다른 유기물질에 비하여 종자표면에 이온이 축적될 우려가 있으며, phosphate를 함유한 염류보다 nitrate를 함유한 염류가 더 효과적이고, 적절한 phosphate와 nitrate의 혼합으로 저온발아율을 향상시킬 수 있었다(Nerson과 Govers, 1986).

Priming 약제의 농도는 높아질수록 발아율 및 유묘출현율이 낮아지며(Hegarty와 Ross, 1980/1981), 종자의 형태(Bodsworth와 Bewley, 1981)와 작물에 따라서도 달라진다(Fu등, 1988). 이러한 염류로는 KNO_3 , K_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 , NaCl , KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , NH_4NO_3 , MgSO_4 , CaCl_2 , Na_2SO_4 , Na_2HPO_4 , K_2SO_4 , KCl 및 NaOCl 등이 보

고되어져 있고((Bradford, 1986; Dahal등, 1990; Heydecker와 Coolbear, 1977; Khan, 1992; Suzuki등, 1990), 농도는 100mM에서 300mM 사이에 분포하고 있으며 단용 혹은 혼용처리(Argerich와 Bradford, 1989; Argerich등, 1990; Basra등, 1988; Bussell과 Gray, 1980; Odell과 Cantliffe, 1986; Samfield등, 1990)를 통하여 초기발아율 향상 및 발아소요일수 단축과 유효출현율 향상 및 유효출현소요일수 단축에 효과적이다.

그리고 priming시 가장 널리 이용되는 PEG는 상대적으로 높은 점성 때문에 산소 확산율이 낮은 단점을 가지고 있으나(Mexal등, 1975), 종자내 함유율을 저하시키고 발아시 환경 stress에 대한 내성을 강하게 하는 장점을 가지고 있다(Liptay와 Tan, 1985). PEG의 처리범위는 작물에 따라 다르나 -0.15MPa (Murray, 1990)에서 -1.50MPa (Frett와 Pill, 1989; Gray등, 1984; Parera와 Cantliffe, 1992) 사이이며 농도가 높아질수록 발아율 감소 및 발아소요일수가 지연되므로 적정농도의 설정이 중요하다(Bhatt와 Srinivasa, 1987; Carpenter와 Boucher, 1991; Coolbear등, 1984; Furutani등, 1986; Gray등, 1990; Heydecker등, 1975; Rabin등, 1988; Stoffella등, 1992). 최근 국내에서도 PEG를 이용한 당근(민, 1992), 옥수수(Seong등, 1989) 및 콩(Seong등, 1989)의 발아촉진 효과에 대해서 보고된 바 있다.

이러한 선행연구들을 기본으로 여기서는 10가지 원예작물에 있어서 발아율 촉진과 발아일수를 단축시키는데 가장 적절한 priming 약제의 종류와 농도를 설정하고자 하였다. 이 설정은 이후 모든 종자처리 실험의 기준으로 활용될 것이다.

2. 재료 및 방법

본 연구과제에 사용된 종자는 서울종묘(주)에서 지원된 '거성' 고추, '세계' 토마토, '영광' 무, '맛나' 배추, '추홍' 당근, '서울대고' 양파, '금장' 파, '칭치마' 상추, 'FR-Top' 박, '본화이어' 샐비아 및 '한국들잔디' 잔디종자였다.

Priming 약제로는 K_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , KH_2PO_4 , NaOH 및 PEG 8000 이었다. PEG 8000은 -0.25 , -0.50 , -0.75 , -1.00 , -1.25 및 -1.50 MPa로 구분하였으며, 그 외의 약제들은 공히 50, 100 및 200mM로 수준을 달리하였다. 이때 priming 처리온도 및 기간은 배추, 무, 상추는 15°C 의 암상태에서 1일; 파는 15°C 의 암상태에서 3일; 당근, 양파, 샐비아는 15°C 의 암상태에서 4일; 토마토는 20°C 의 암상태에서 4일; 고추는 20°C 의 암상태에서 5일; 박은 35°C 의 암상태에서 2일 이었다. Priming후 상추, 양파, 파 및 샐비아는 15°C ; 배추, 무, 당근 및 박은 25°C ; 고추 및 토마토는 35°C 암상태의 항온기내에서 발아시켰다.

본 실험의 모든 실험성적은 Duncan의 다중검정(DMRT) 및 요인분석을 하였는데, 이를 위해 MSTAT program(version 4.0)을 사용하였다. 최종발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일수(T_{50})는 다음의 공식을 이용하였다(Coolbear등, 1984).

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

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 싯점까지 소요된 발아기간

T_j : N_j 싯점까지 소요된 발아기간

단, $N_i < (N+1)/2 < N_j$ 이어야 한다.

3. 결과 및 고찰

Priming후 발아율, T_{50} 및 평균발아소요일수가 작물과 약제의 종류 및 농도에 따라 다르게 나타났다. 고추(표 2.2.1)는 K_3PO_4 100mM에서 무처리종자보다 T_{50} 및 평균 발아소요일수가 각각 4.1일과 4.7일, 토마토(표 2.2.2)는 KNO_3 150mM 및 $Ca(NO_3)_2$ 100mM에서 2.0일과 2.4일, 박(표 2.2.3)은 KNO_3 50mM과 KH_2PO_4 50mM에서 0.4일과 0.5일, 배추(표 2.2.4)는 KNO_3 50mM, KH_2PO_4 50mM 및 $Ca(NO_3)_2$ 50mM과 PEG 8000 -0.50MPa와 -0.75MPa에서 12시간과 12시간, 상추(표 2.2.5)는 KH_2PO_4 200mM과 K_3PO_4 50mM에서 0.7일과 0.8일, 무(표 2.2.6)는 KNO_3 50mM, KH_2PO_4 50mM 및 $Ca(NO_3)_2$ 50mM과 PEG 8000 -0.50MPa와 -0.75MPa에서 12시간과 12시간, 당근(표 2.2.7)은 PEG 8000 -0.50MPa에서 1.8일과 2.0일, 파(표 2.2.8)는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM과 KH_2PO_4 100mM에서 1.0일과 1.3일, 양파(표 2.2.9)는 KH_2PO_4 200mM과 $Ca(NO_3)_2$ 100mM에서 1.3일과 0.7일, 셀비아(표 2.2.10)는 KH_2PO_4 50mM과 PEG 8000 -0.05MPa에서 2.0일과 2.1일 단축효과가 있었다. 이와같이 작물에 따라 priming 약제의 효과가 다르게 나타났는데, 고추에 매우 효과적이던 K_3PO_4 는 배추, 무, 양파, 셀비아 및 잔디에서는 발아율 감소와 T_{50} 및 평균발아소요일수를 크게 지연시켜 약제의 종류에 따라 크게 영향을 받았다. 특히 광발아성인 잔디(표 2.2.11과 표 2.2.12)에서는 처리

약제에 따라 암발아가 가능하였다(사진 2.2.1과 사진 2.2.2). 잔디의 암발아성은 산업적 이용가치가 매우 높아 앞으로 잔디종자 수출에도 크게 기여할 것으로 판단된다. 일반적으로 약제의 농도가 높아질수록 priming 효과는 감소되는 경향이였다.

Smith와 Cobb(1991)는 고추종자 priming시 KNO_3 , KCl , $NaCl$, K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $Ca(NO_3)_2$, $CaCl_2$, Na_2HPO_4 , K_2HPO_4 을 200mM 및 300mM을 처리함으로써 T_{50} 이 대조구에 비하여 KNO_3 , K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $Ca(NO_3)_2$, KCl 은 5.0일 단축효과가 있었지만, 최종발아율은 대조구와 비슷하거나 오히려 낮은 경향을 보였다고 하였다. Sachs등(1980)은 KNO_3 priming은 발아율 및 유묘출현율 향상에 효과적이며, KNO_3 3.0%(Bradford등, 1990), KNO_3 2.75%(Sundstrom과 Edwards, 1989) 처리후 20℃에서 초기발아율 및 초기유묘출현율 향상과 발아소요일수 단축에는 효과적이었으나 최종 발아율 및 최종유묘출현율은 낮았다고 하였다. Rivas등(1984)도 고추 'Tabasco'에 KNO_3 3% 처리후 15℃에서의 발아율은 대조구가 2.5%일 때 KNO_3 는 95%, 발아소요일수는 27.5일에 비하여 11.1일 이었다고 하였으며, KNO_3 2.0%와 KH_2PO_4 2.0%에서도 발아율 향상효과를 가져올 수 있다고 하였다(Fieldhouse와 Sasser, 1975).

토마토 종자 priming시 Alvarado등(1987)은 KNO_3 3% 처리시 무처리에 비하여 20℃와 30℃에서 발아소요일수 단축효과는 있었으나 최종유묘출현율에는 영향을 미치지 못하며, KNO_3 1% + K_3PO_4 1% 처리시 저온에서 더 효과적이라고 하였다(Ells, 1963). K_3PO_4 1.5% + KNO_3 1.0% 처리시 15℃와 35℃에서 발아율이 90%와 96%로 무처리종자의 17%와 31%에 비하여 높았으며, 발아소요일수 역시 9.9일과 1.7일로 11.4일과 6.4일에 비해 빠르다고 하였다(Odell과 Cantliffe, 1986). 그리고 Liptay와 Tan(1985)는 PEG 6000 -5.00bar에 처리한 후 건조한 토양조건하에서 특히 유효했을 뿐 아니라 과습시에도 높은 발아율이 유지된다고 하였으며, 발아에 대해 수분 stress는 유근의 발생전이 가장 민감하고 일단 유근이 발생하면 수분에 대해서 상당히 둔감해진다고 하며, 따라서 PEG 처리는 종자내 함수율을 저하시키고 환경 stress에 대한 내성을 부가하는 것이 발아에 유효하게 작용된 것이라고 하였다. Bhatt와 Srinivasa Rao(1987)도 PEG 삼투농도가 높아질수록 그 정도가 심하여 -0.60MPa 에서는 거의 발아하지 않았다고 하였으며, PEG의 삼투농도가 높을수록 유묘출현율이 감소하는 경향이었고, T_{50} 및 T_{10-90} 도 삼투농도가 높을수록 늦어졌다(Coolbear와 McGill, 1990). 포장에서도 priming 종자는 무처리종자보다 유묘출현율은 비슷하였으

나 유묘출현속도 단축효과가 있었다고 하였다(Coolbear등, 1980).

상추에 K_3PO_4 1%를 처리함으로써 35℃에서 발아율, 유묘출현율 및 균일도가 향상되었다고 하였으나(Cantliffe, 1981; Cantliffe등, 1984; Guedes등, 1979; Guedes와 Cantliffe, 1980; Wurr와 Fellows, 1984), 20℃에서는 영향을 미치지 못하였다고 하였다(Cantliffe등, 1981; Wurr와 Fellows, 1984).

Haigh등(1986)은 당근, 양파종자를 ($K_3PO_4+KNO_3$) -1.60MPa에 priming 한 후, 15℃에서의 유묘출현율은 무처리종자에 비하여 당근은 증가, 양파는 감소되었으며, ($K_2HPO_4+KNO_3$) -1.00MPa 처리는 무처리종자에 비하여 발아소요일수는 2배 이상 단축되었다고 하였다. 양파종자의 PEG priming은 발아율 향상(Heydecker와 Gibbins, 1978) 및 발아소요일수가 단축되었으며(Brocklehurst와 Dearman, 1983), 봄과 여름과 중시 유묘출현소요일수 단축에 효과적 이었다(Murray등, 1992). 당근종자에 PEG -0.50MPa (Gray등, 1990), PEG -0.86MPa(Szafirowska등, 1981), PEG -1.00MPa (Pill과 Finch-Savage, 1988), PEG -1.20MPa(Pill과 Evans, 1991)로 삼투처리를 함으로써, 저온하에서도 발아율 및 유묘출현율 향상 및 유묘출현소요일수 단축에 효과적 이라고 하였다.

셀비아는 PEG 삼투포텐셜이 높을수록 발아율은 감소하였으며, PEG -0.80 MPa에서 발아율 향상에 효과적이며, priming 종자의 발아율은 35℃에서 무처리종자는 전혀 발아되지 않았으나 65%, 10℃에서도 무처리종자의 36%에 비하여 70% 발아하였다(Carpenter, 1989). 또한, priming 처리후 직파시에도 유묘출현율과 유묘출현소요일수 보면, 10℃에서는 무처리종자는 52%와 26일에 비하여 68%와 16일, 30℃에서도 45%와 11일에 비하여 69%와 6.5일을 나타내어 매우 효과적이었다.

이상의 선행 연구결과와 본 연구결과의 비교에서 priming 효과 정도의 차이는 있었지만 전체적인 경향은 일치하였다. Priming에 관여하는 요인들이 다양함에 따라 최대의 효과를 얻기 위해서는 양질의 종자와 최적의 priming 조건을 선택하는 것이 대단히 중요하다고 판단된다.

Table 2.2.1. Effect of K_3PO_4 concentrations on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage (T_{50}) and mean number of days to germination (MDG) of pepper seeds.

K_3PO_4 (mM)	Seed lot A			Seed lot B		
	Germination (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	Germination (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
0	100 a	1.9 b	2.6 b	82 a	7.8 b	8.5 a
100	96 a	0.3 e	0.5 e	66 b	3.7 d	4.9 c
200	95 a	0.6 d	0.9 d	63 b	4.0 d	5.0 bc
300	96 a	1.0 c	1.3 c	58 b	4.9 c	5.9 b
Nonprimed	97 a	4.4 a	5.2 a	77 b	8.8 a	9.3 a

Seeds were dark-primed at 20°C for 5 days and dark-germinated at 35°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from seed package.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 2.2.2. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T_{50} , MDG and radicle protrusion of during priming (RPDP) of tomato seeds.

Seed treatment		Germination (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Chemical	Concn.				
KNO_3	50mM	76	2.2	2.9	0
	100mM	78	1.1	1.8	0
	150mM	76	1.6	2.3	0
	200mM	68	1.8	2.5	0
$Ca(NO_3)_2$	50mM	74	1.5	2.5	0
	100mM	70	1.5	2.3	0
	150mM	78	1.6	2.7	0
	200mM	78	1.6	2.3	0
Water imbibed		75	1.8	2.4	4.3
Nonprimed		75	1.6	42.2	0
Significance					
Chemical (A)		NS	*	NS	
Concentration (B)		NS	***	***	
A × B		*	***	***	

Seeds were dark-primed at 20°C for 4 days and dark-germinated at 25°C for up to 14 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

NS, *, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$ and 0.001 , respectively.

Table 2.2.3. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T₅₀ and MDG of gourd seeds.

Seed treatments		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Chemicals	Concn			
KNO ₃	50mM	97.5 a	1.97 f	2.38 ij
	100mM	95.0 a	2.25 ef	2.64 hij
	200mM	91.7 a	2.89 de	3.91 cd
KH ₂ PO ₄	50mM	95.0 a	1.91 f	2.34 ij
	100mM	95.8 a	2.32 ef	2.73 hij
	200mM	95.0 a	2.79 e	3.41 def
K ₃ PO ₄	50mM	99.2 a	2.28 ef	2.79 hij
	100mM	85.8 a	3.58 cd	4.10 c
	200mM	50.8 b	6.50 a	6.61 a
NaOH	50mM	99.2 a	2.23 ef	2.73 hij
	100mM	95.0 a	4.29 bc	4.66 b
	200mM	51.7 b	6.21 a	6.06 a
Ca(NO ₃) ₂	50mM	95.0 a	2.42 ef	2.81 ghi
	100mM	95.0 a	2.81 de	3.44 de
	200mM	91.7 a	4.38 b	5.05 b
PEG 8000	-0.50MPa	94.2 a	2.44 ef	2.86 f-i
	-0.75MPa	96.7 a	2.37 ef	2.95 e-h
	-1.00MPa	98.3 a	2.57 ef	3.12 e-h
	-1.25MPa	90.0 a	2.89 de	3.35 efg
Hydropriming		97.5 a	1.81 f	2.24 j
Nonprimed		94.2 a	2.37 ef	2.81 ghi

Seeds were dark-treated with various chemicals at 30°C for 2 days and and ark-germinated at 25°C for up to 7 days. Seeds were imbibed in distilled water for hydropriming. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

Means in columns were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.2.4. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T_{50} , MHG and RPDP of Chinese cabbage seeds.

Seed treatment		Germination	T_{50}	MHG	RPDP
Chemical	Concn.	(%)	(hours)	(hours)	(%)
KNO ₃	50mM	97 ab	6.6 e	13.0 d	0
	100mM	95 abc	6.6 e	13.6 d	0
	200mM	94 bc	12.1 c	20.1 b	0
KH ₂ PO ₄	50mM	95 abc	6.3 e	12.7 d	0
	100mM	94 bc	6.6 e	13.8 d	0
	200mM	91 c	7.9 de	17.3 bcd	0
K ₃ PO ₄	50mM	-	-	-	0
	100mM	-	-	-	0
	200mM	-	-	-	0
NaOH	50mM	-	-	-	0
	100mM	-	-	-	0
	200mM	-	-	-	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	97 ab	7.0 de	14.1 d	0
	100mM	98 a	8.3 de	15.6 cd	0
	200mM	96 abc	9.4 cde	17.1 bcd	0
PEG 8000	-0.50MPa	97 ab	6.4 e	12.7 d	0
	-0.75MPa	97 ab	7.0 de	13.8 d	0
	-1.00MPa	97 ab	10.0 cd	17.4 bcd	0
	-1.25MPa	96 abc	15.0 b	20.9 b	0
Water imbibed		97 ab	6.5 e	13.2 d	2.9
Nonprimed		96 abc	18.3 a	25.2 a	0
Significance					
Chemical (A)		***	***	***	
Concentration (B)		**	***	***	
A × B		NS	***	***	

Seeds were dark-primed at 15°C for 1 day and dark-germinated at 25°C for up to 5 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Treatment lacking percent germination, T_{50} , MHG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 , respectively.

Table 2.2.5. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDP of lettuce seeds.

Seed treatment		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Chemical	Concn.				
KNO ₃	50mM	80 a	1.4 c	2.0 cd	0
	100mM	76 a	1.5 c	2.0 cd	0
	200mM	81 a	1.4 c	2.1 cd	0
KH ₂ PO ₄	50mM	85 a	1.4 c	2.0 cd	0
	100mM	84 a	1.4 c	2.0 cd	0
	200mM	85 a	1.4 c	1.9 d	0
K ₃ PO ₄	50mM	90 a	1.4 c	1.9 d	0
	100mM	85 a	1.5 c	2.1 cd	0
	200mM	78 a	1.6 c	2.4 bc	0
NaOH	50mM	81 a	1.5 c	2.1 cd	0
	100mM	75 a	1.7 c	2.4 bc	0
	200mM	32 b	2.9 a	3.2 a	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	83 a	1.4 c	2.2 cd	0
	100mM	83 a	1.4 c	2.1 cd	0
	200mM	85 a	1.4 c	2.0 cd	0
PEG 8000	-0.50MPa	86 a	1.4 c	2.2 cd	0
	-0.75MPa	82 a	1.4 c	2.0 cd	0
	-1.00MPa	78 a	1.5 c	2.2 cd	0
	-1.25MPa	77 a	1.6 c	2.3 cd	0
Water imbibed		83 a	1.6 c	2.2 cd	0
Nonprimed		76 a	2.2 b	2.8 ab	0
Significance					
Chemical (A)		***	***	***	
Concentration (B)		**	***	***	
A × B		***	***	***	

Seeds were dark-primed at 15°C for 1 day and dark-germinated at 20°C for up to 7 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

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

*** ** Significant at P = 0.01 and 0.001, respectively.

Table 2.2.6. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T_{50} , MHG and RPDP of radish seeds.

Seed treatment		Germination	T_{50}	MHG	RPDP
Chemical	Concn.	(%)	(hours)	(hours)	(%)
KNO ₃	50mM	80 abc	8.4 fgh	16.0 ghi	0
	100mM	73 cd	9.0 fgh	15.1 hi	0
	200mM	71 de	16.0 cde	26.9 d	0
KH ₂ PO ₄	50mM	81 ab	7.1 h	15.1 hi	0
	100mM	82 ab	8.8 fgh	17.5 ghi	0
	200mM	65 ef	9.7 fgh	18.7 fgh	0
K ₃ PO ₄	50mM	37 g	23.3 b	34.7 b	0
	100mM	-	-	-	0
	200mM	-	-	-	0
NaOH	50mM	9 h	86.6 a	89.7 a	0
	100mM	-	-	-	0
	200mM	-	-	-	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	79 abc	10.6 e-h	19.3 fg	0
	100mM	78 bcd	14.1 def	25.2 de	0
	200mM	63 f	24.2 b	35.0 b	0
PEG 8000	-0.50MPa	85 ab	8.3 fgh	14.5 i	0
	-0.75MPa	87 a	10.2 e-h	17.3 ghi	0
	-1.00MPa	86 a	13.5 d-g	21.8 ef	0
	-1.25MPa	78 bcd	18.8 bcd	26.9 d	0
Water imbibed		82 ab	7.4 gh	14.4 i	18.3
Nonprimed		86 a	20.2 bc	30.7 c	0
Significance					
Chemical (A)		***	***	***	
Concentration (B)		***	***	***	
A × B		***	***	***	

Seeds were dark-primed at 15°C for 1 day and dark-germinated at 25°C for up to 5 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Treatment lacking percent germination, T_{50} , MHG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

*** Significant at $P = 0.001$.

Table 2.2.7. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDP of carrot seeds.

Seed treatment		Germination	T ₅₀	MDG	RPDP
Chemical	Concn.	(%)	(days)	(days)	(%)
KNO ₃	50mM	80 a	2.0 c	2.5 c	0.3
	100mM	76 ab	1.8 de	2.2 cd	0
	200mM	78 a	1.9 cde	2.5 c	0
KH ₂ PO ₄	50mM	77 a	1.6 f	2.0 de	13.2
	100mM	77 a	1.9 cde	2.3 cd	0
	200mM	79 a	1.9 cde	2.3 cd	0
K ₃ PO ₄	50mM	78 a	1.9 cde	2.4 c	0
	100mM	75 ab	1.7 e	2.3 cd	0
	200mM	76 ab	1.9 cde	2.5 c	0
NaOH	50mM	74 ab	1.8 de	2.3 cd	0.7
	100mM	67 b	1.9 cde	2.5 c	0
	200mM	65 b	2.3 b	2.9 b	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	80 a	1.9 cde	2.5 c	1.7
	100mM	80 a	1.9 cde	2.3 cd	0
	200mM	78 a	1.9 cde	2.5 c	0
PEG 8000	-0.50MPa	85 a	1.2 h	1.6 f	0
	-0.75MPa	83 a	1.4 g	1.9 ef	0
	-1.00MPa	80 a	1.7 e	2.2 cd	0
	-1.25MPa	83 a	2.0 c	2.4 c	0
Water imbibed		79 a	2.0 c	2.4 c	6.5
Nonprimed		81 a	3.0 a	3.6 a	0
Significance					
Chemical (A)		*	***	***	
Concentration (B)		NS	***	***	
A × B		NS	***	**	

Seeds were dark-primed at 15°C for 4 days and dark-germinated at 25°C for up to 10 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

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

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

Table 2.2.8. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDP of Welsh onion seeds.

Seed treatment		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Chemical	Concn.				
KNO ₃	50mM	91 abc	1.9 efg	2.6 efg	0
	100mM	89 abc	1.8 fgh	2.5 fgh	0
	200mM	90 abc	1.7 gh	2.3 ghi	0
KH ₂ PO ₄	50mM	88 bc	1.7 gh	2.3 ghi	3.2
	100mM	90 abc	1.6 h	2.1 i	0
	200mM	88 bc	1.8 fgh	2.4 ghi	0
K ₃ PO ₄	50mM	81 de	2.1 e	2.8 de	0.9
	100mM	80 de	2.6 d	3.1 d	0
	200mM	72 f	3.1 b	3.9 b	0
NaOH	50mM	77 ef	2.4 d	3.1 d	0
	100mM	33 g	4.3 a	4.8 a	0
	200mM	-	-	-	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	95 a	1.8 fgh	2.3 ghi	4.2
	100mM	92 abc	1.6 h	2.2 hi	0
	200mM	94 ab	1.7 gh	2.1 i	0
PEG 8000	-0.50MPa	90 abc	1.6 h	2.4 ghi	0
	-0.75MPa	91 abc	1.7 gh	2.6 efg	0
	-1.00MPa	91 abc	2.0 ef	2.7 ef	0
	-1.25MPa	86 cd	2.8 c	3.5 c	0
Water imbibed		93 abc	1.9 efg	2.5 fgh	3.5
Nonprimed		95 a	2.8 c	3.6 bc	0
Significance					
Chemical (A)		***	***	***	
Concentration (B)		***	***	***	
A × B		***	***	***	

Seeds were dark-primed at 15 °C for 3 days and dark-germinated at 20 °C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Treatment lacking percent germination, T₅₀, MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

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

**** Significant at P = 0.001.*

Table 2.2.9. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T₅₀, MDG and RPD of onion seeds.

Seed treatment		Germination	T ₅₀	MDG	RPDP
Chemical	Concn.	(%)	(days)	(days)	(%)
KNO ₃	50mM	67 c-f	2.2 efg	3.0 fg	2.9
	100mM	68 b-f	2.2 efg	3.1 efg	0
	200mM	61 efg	2.2 efg	3.2 efg	0
KH ₂ PO ₄	50mM	70 a-f	2.3 def	3.0 fg	2.0
	100mM	71 a-f	2.5 c-f	3.2 efg	0
	200mM	74 a-d	1.7 g	2.2 h	0
K ₃ PO ₄	50mM	55 gh	2.3 def	3.4 def	0
	100mM	45 hi	2.9 b-e	4.1 bc	0
	200mM	21 j	4.9 a	5.4 a	0
NaOH	50mM	35 i	4.3 a	5.2 a	1.4
	100mM	-	-	-	1.5
	200mM	-	-	-	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	75 a-d	3.2 bc	4.1 bc	3.5
	100mM	79 abc	2.4 def	2.8 g	0
	200mM	80 ab	2.3 def	3.2 efg	0
PEG 8000	-0.50MPa	74 a-d	2.5 c-f	3.4 def	0
	-0.75MPa	72 a-e	2.0 fg	3.4 def	0
	-1.00MPa	63 d-g	2.0 fg	3.6 cde	0
	-1.25MPa	60 fg	2.9 b-e	4.3 b	0
Water imbibed		72 a-e	3.4 b	4.3 b	3.5
Nonprimed		82 a	3.0 bcd	3.9 bcd	0
Significance					
Chemical (A)		***	***	***	
Concentration (B)		***	***	***	
A × B		***	***	***	

Seeds were dark-primed at 15°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Treatment lacking percent germination, T₅₀, MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

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

**** Significant at P = 0.001.*

Table 2.2.10. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination, T_{50} , MDG and RPDP of salvia seeds.

Seed treatment		Germination (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Chemical	Concn.				
KNO ₃	50mM	78 a-d	1.8 gh	2.5 fg	0
	100mM	72 e	2.1 ef	2.7 ef	0
	200mM	57 f	2.4 cd	2.8 ef	0
KH ₂ PO ₄	50mM	84 a	1.5 h	2.3 gh	0
	100mM	82 a	1.9 fg	2.5 fg	0
	200mM	71 e	2.1 ef	2.6 efg	0
K ₃ PO ₄	50mM	-	-	-	0
	100mM	-	-	-	0
	200mM	-	-	-	0
NaOH	50mM	-	-	-	0
	100mM	-	-	-	0
	200mM	-	-	-	0
Ca(NO ₃) ₂	50mM	80 abc	2.2 de	2.9 de	0
	100mM	80 abc	2.6 c	3.3 c	0
	200mM	78 a-d	4.1 a	4.6 a	0
PEG 8000	-0.50MPa	82 a	1.6 h	2.1 h	0
	-0.75MPa	82 a	2.0 efg	2.5 fg	0
	-1.00MPa	74 cde	2.2 de	2.8 ef	0
	-1.25MPa	74 cde	2.5 c	3.1 cd	0
Water imbibed		75 b-e	1.7 gh	2.5 fg	4.3
Nonprimed		73 de	3.6 b	4.3 b	0
Significance					
Chemical (A)		***	***	***	
Concentration (B)		***	***	***	
A × B		**	***	***	

Seeds were dark-primed at 15°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Treatment lacking percent germination, T_{50} , MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

*** * Significant at $P = 0.01$ and 0.001 , respectively.*

Table 2.2.11. Changes in percent germination of primed Korean lawngrass seeds.

Germination condition	Seed treatment	Days after seeding						
		1	3	5	7	9	11	13
Light	A	0	60	89	90	91	91	91
	B	0	63	87	89	90	90	90
	C	0	10	77	84	87	89	89
	Nontreated	0	0	52	74	83	84	84
Dark	A	0	50	66	69	74	74	74
	B	0	47	65	69	71	71	71
	C	0	2	5	6	6	7	7
	Nontreated	0	0	2	2	3	3	3

Germination temperature at 30°C.

Five hundred seeds were placed in a 9-cm petridish

Methods for seed treatment are intentionally withdrawn for patent application

Table 2.2.12. Changes in percent emergence of primed Korean lawngrass seeds in the field as influenced by soil covering.

Seed treatment	Soil covering (cm)	Days after sowing				
		7	9	11	13	15
A	0.3	22	49	60	67	69
	0.6	12	40	55	60	63
	1.0	2	22	36	46	50
B	0.3	21	38	42	47	50
	0.6	13	35	42	44	47
	1.0	0	20	32	34	37
C	0.3	0	18	30	48	50
	0.6	0	16	22	32	34
	1.0	0	3	8	22	25
Nontreated	0.3	0	13	27	35	42
	0.6	0	10	12	26	31
	1.0	0	0	0	13	20

Methods for seed treatment are intentionally withdrawn for patent application



Photo. 2.2.1. Dark germination of primed Korean lawngrass seeds



Photo. 2.2.2. Light germination of primed Korean lawngrass seeds

제 3 절 Priming 처리온도 및 처리기간에 따른 효과

1. 서 언

Priming 후 종자와 약제간에 수분포텐셜 균형이 이루어지면 종자의 팽압에 의하여 더 이상 수분흡수는 일어나지 않는다. 즉 수분흡수의 제2단계인 유도기를 연장시켜 종자가 발아 준비를 위한 대사활성을 촉진시키는 것이다. 그러나 처리기간이 과다하게 길어질 경우 수분흡수의 제3단계로 진입하게 되어 유근돌출이 일어나는데, 처리기간중 유근돌출 방지와 priming 효과를 극대화시키기 위해서는 적정기간이 설정되어야 한다(Suzuki 등, 1990).

Priming 기간이 길거나 짧으면 최적 priming 기간보다 발아소요일수가 길어지는데 (Atherton과 Farooque, 1983; Smith와 Cobb, 1991), 적절한 priming 기간은 작물에 따라 다르며, priming 약제 및 농도와 priming 온도도 큰 영향을 미치므로 이러한 요인들을 복합적으로 조절할 수 있어야 될 것이다. 이와같이 priming 기간은 작물의 종류와 품종 및 연구자에 따라 몇 시간에서 부터 몇 주까지 그 범위가 다양하며, priming 효과를 극대화 시킬 수 있는데 중요한 역할을 한다(Atherton과 Farooque, 1983; Bodsworth와 Bewley, 1981; Ely와 Heydecker, 1981; Heydecker 등, 1973; Khan, 1991; Khan 등, 1980/1981; O'sullivan과 Bouw, 1984; Smith와 Cobb, 1991).

따라서 본 실험은 작물별 priming 기간동안 유근돌출이 되지 않고 처리후 priming 효과를 극대화 시킬 수 있는 priming 온도 및 기간을 구명하고자 실험하였다.

2. 재료 및 방법

Priming 처리온도는 10, 15, 20 및 25℃로 하였으며, 처리기간은 작물별로 달리 하였는데, 파는 1, 2, 3, 4 및 5일; 고추는 1, 2, 3, 4, 5, 6 및 7일; 토마토는 4일; 당근과 양파는 2, 3, 4, 5 및 6일; 배추와 무는 6, 12 및 24시간; 상추는 6, 12, 24, 36 및 48시간; 박은 6, 12, 24, 48 및 72시간으로 하였다. 이때 사용된 priming 약제와 농도는 이전 실험에서 발아소요일수 단축에 가장 효과적 이었던 것으로 고추는 K_3PO_4 100mM, 토마토는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM 및 KNO_3 150mM, 상추는 KH_2PO_4 200mM 및 K_3PO_4 50mM, 배추는 KNO_3 50mM, 양파는 KH_2PO_4 200mM 및 $Ca(NO_3)_2$ 100mM, 파는 KH_2PO_4 100mM 및 $Ca(NO_3)_2$ 100mM, 박은 KNO_3 50mM 및 KH_2PO_4 50mM, 무, 당근 및 셀비아는 PEG 8000 -0.50MPa 였으며, 처리후 상추, 양파, 파, 셀비아는 20℃, 배추, 무, 당근 및 박은 25℃, 고추와 토마토는 35℃ 암상태의 항온기내에서 발아시켰

다.

3. 결과 및 고찰

Priming 기간과 온도에 따라서 고추(표 2.3.1)는 20℃에서 5일 처리시 4.1일과 4.7일, 토마토(표 2.3.2) 20℃에서 4일처리시 2.0일 및 2.4일, 박(표 2.3.3과 표 2.3.4)은 20℃에서 12시간처리시 0.3일 및 0.4일, 배추(표 2.3.5)는 20℃에서 12시간처리시 8시간 및 14시간, 상추(표 2.3.6)는 20℃에서 2일처리시 1.1일 및 1.3일, 무(표 2.3.7)는 20℃에서 12시간처리시 9시간 및 12시간, 당근(표 2.3.8)은 20℃에서 3일처리시 0.9일 및 2.0일, 파(표 2.3.9)는 10℃에서 4일처리시 1.0일 및 1.3일, 양파(표 2.3.10)는 10℃에서 5일처리시 T_{50} 및 평균발아소요일수가 무처리종자에 비하여 각각 1.6일 및 2.0일, 셀비아(표 2.3.11)는 20℃에서 4일처리시 1.4일 및 2.2일 단축효과가 있었다.

그리고 priming 처리온도가 낮을 경우는 처리중 유근돌출이 되지 않았으나 T_{50} 및 평균발아소요일수가 지연되었고, 처리온도가 높을 경우는 T_{50} 및 평균발아소요일수는 단축되었으나 처리기간중 유근이 돌출되었다. 또한 처리기간도 같은 경향으로 처리기간이 짧으면 T_{50} 및 평균발아소요일수가 지연되었고, 처리기간이 길면 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축효과는 있었으나 유근돌출이 문제시 되었다.

Smith와 Cobb(1991)는 고추종자를 priming시 처리기간에 따른 T_{50} 은 23℃에서 9일 처리까지는 지속적으로 감소되었으나 그 이후부터는 증가된다고 하였으며, 16℃에서 5일(Stoffella등, 1992), 15℃에서 6일(Cantliffe등, 1987), 20℃에서 6일(Rivas등, 1984; Sundstrom과 Edwards, 1989), 25℃에서 6일(Sundstrom과 Edwards, 1989), 25℃에서 7일(Bradford등, 1990), 20℃에서 14일(O'Sullivan과 Bouw, 1984) 등에서 발아 및 유묘출현을 향상과 유묘출현소요일수 단축에 가장 좋은 조건이라 하였다.

Ali등(1990)은 토마토 'E-870'을 15℃에서 PEG 처리기간중 1주까지는 전혀 발아되지 않았으나 처리 2주부터는 -5.80 bar에서 23% 발아되었으며, -8.60bar 이상에서는 4주까지 처리하여도 전혀 발아되지 않았다고 하였다. 이러한 결과로 보아 PEG의 삼투농도가 높을수록 처리과정중 발아억제 효과는 있는 것을 알 수 있었다. PEG 처리시 처리일수별에 따른 발아율은 비슷하였으나 T_{50} 은 7일 처리가 가장 빨랐으며 5일, 4일, 2일순 이었다고 하였다. 그리고 KNO_3 3%와 PEG 6000 -1.25MPa 20℃에서 1주일 처리(Alvarado와 Bradford, 1988b), $(K_2HPO_4+KNO_3)$ -1.25MPa 20℃ 5일 처리(Argerich와 Bradford, 1989), K_2HPO_4 0.12M+ KNO_3 0.15M을 20℃에서 5일 처리(Argerich등, 1990)시 초기발아율 및 발아소요일수 단축과 유묘출현을 향상에 효과적이라고 하였다.

Cantliffe등(1987)은 상치종자 'Minetto'를 K_3PO_4 1.0%에 priming 온도와 기간을 달리한 바, 15℃ 12시간 처리가 가장 발아율이 높았다고 하였으나 6시간에서 12시간 처리후 35℃에서 무처리종자의 42%에 비하여 77%로 발아촉진 효과를 가져왔고 (Wurr등, 1984), 9시간 처리에서도 35℃의 고온에서 발아율이 향상되었으며 포장에서도 유묘출현이 빨랐다고 하였다(Guedes등, 1979).

Suzuki등(1989)은 당근종자에 K_3PO_4 , KNO_3 , $MgCl_2$, $NaCl$, $NaNO_3$, PEG을 - 10.00bar로 처리하여 priming 기간별 효과를 본 바 K_3PO_4 와 PEG를 제외한 염들은 1주후 부터는 처리기간중에 20% 이상 발아한다고 하였으며 최종발아율은 대조구의 85% 보다는 떨어지나 무처리종자의 76%와 비슷하다고 하였다. 그러나 전체 발아소요일수는 대조구의 4.5일에 비하여 모든 처리가 2.3일 이하로 빨랐으며 그중 KNO_3 와 $NaNO_3$ 1주 처리가 1.8일로 가장 빨랐다고 하였다. Cantliffe등(1987)은 15℃ 2주 처리한 후 35℃에서 발아율이 74%로 무처리종자의 11% 보다 높았다고 하였으며, 발아소요일수 역시 4.5일로 7.3일에 비하여 빨랐다고 하였다. 그리고 PEG 15℃에서 2주처리(Gray등, 1990)와 PEG 20℃에서 -1.20MPa로 2주처리(Pill과 Evans, 1991)하여도 포장에서의 E_{50} 단축효과가 인정되었다고 하였다. 그러나 Haigh등(1986)은 ($K_3PO_4 + KNO_3$) -1.60MPa에 priming시 처리온도와 처리기간에 따라서 유묘출현율에는 영향을 미치지 못하였지만, 20℃에서 2주처리가 가장 좋았다고 하였다.

Furutani등(1986)은 양파종자에 PEG 6000, $NaCl$, ($KNO_3 + K_3PO_4$), Mannitol을 - 1.10MPa 10℃에서 1일 처리하여 10℃에서 발아시킨 결과, T_{50} 및 발아율에는 영향을 미치지 못하였고, PEG는 오히려 감소되었으나, $NaCl$ 과 mannitol -1.10MPa에서 8일 처리는 T_{50} 단축효과가 있었다고 한다. 또한 PEG 15℃에서 4주처리(Gray등, 1990), PEG -1.40MPa 20℃ 7일처리(Ellis와 Butcher, 1988), 및 ($K_3PO_4 + KNO_3$) -1.60MPa 1주 처리가 유묘출현을 향상에 가장 좋았다고 한다(Haigh등, 1986).

이처럼 priming 최적기간은 작물에 따라 6시간에서 28일, priming 온도는 15~25℃ 범위로 보고 되었다(Bradford, 1986; Khan등, 1980/1981; Khan, 1991). 본 연구에서도 선행 연구와 대체적으로 일치하거나 유사하였다. 동일작물이라도 연구자에 따라 priming 기간과 온도가 다르게 나타나는 경우는 품종, 종자의 재배조건 그리고 발아율 및 T_{50} 등의 판단기준이 다소 다른 것에 원인이 될 수 있을 것으로 추측된다. 이와 같이 종자의 priming시 처리약제의 종류와 농도 이외에도 priming 기간과 온도 역시 매우 중요한 요인이다. 우수한 priming 약제라도 priming 기간과 온도에 따라 그 효과가 오히려 반감되는 결과를 초래할 수 있으므로 대상작물에 적합한 priming 기간과 온도의 구명이 선행되어야 하고 개선하도록 지속적인 연구개발이 필요한 것으로 생각된다.

Table 2.3.1. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, number of hours to 50% of the final germination percentage (T_{50}), mean number of days to germination (MDG) and radicle protrusion of during priming (RPDP) of pepper seeds.

Priming duration (days)	Seed treatment	Germination (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Seed lot A					
1	K ₃ PO ₄ 100mM	96	2.9	3.5	0
	Water imbibed	97	3.2	3.9	0
	Nonprimed	98	4.0	4.7	0
3	K ₃ PO ₄ 100mM	94	1.1	1.5	0
	Water imbibed	97	2.1	2.7	0
	Nonprimed	97	4.2	5.0	0
5	K ₃ PO ₄ 100mM	96	0.3	0.5	0
	Water imbibed	100	1.9	2.6	0.9
	Nonprimed	97	4.4	5.2	0
7	K ₃ PO ₄ 100mM	96	0.2	0.3	0
	Water imbibed	95	2.6	3.2	27.0
	Nonprimed	97	4.2	5.0	0
9	K ₃ PO ₄ 100mM	98	0.3	0.6	0
	Water imbibed	93	3.3	3.8	38.7
	Nonprimed	94	4.2	5.0	0
Significance					
Priming duration (A)		NS	***	***	
Seed treatment (B)		NS	***	***	
A × B		NS	***	***	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 35°C for up to 15 days. Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

*NS, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.001$, respectively.*

Table 2.3.1. Continued.

Priming duration (days)	Seed treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Seed lot B					
1	K ₃ PO ₄ 100mM	75	7.2	7.9	0
	Water imbided	83	8.0	8.1	0
	Nonprimed	78	9.3	10.0	0
3	K ₃ PO ₄ 100mM	69	5.6	6.2	0
	Water imbided	79	8.6	9.3	0
	Nonprimed	80	9.0	9.7	0
5	K ₃ PO ₄ 100mM	66	3.7	4.9	0
	Water imbided	82	7.8	8.5	0
	Nonprimed	77	8.8	9.3	0
7	K ₃ PO ₄ 100mM	67	2.4	3.7	0
	Water imbided	81	7.0	7.9	0
	Nonprimed	77	9.4	10.1	0
9	K ₃ PO ₄ 100mM	67	1.9	3.1	0
	Water imbided	79	7.4	7.9	0
	Nonprimed	81	9.2	9.9	0
Significance					
Priming duration (A)		NS	***	***	
Seed treatment (B)		***	***	***	
A × B		NS	***	***	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 35 °C for up to 15 days. Water imbided and nonprimed seeds were imbided without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

*NS, *** Nonsignificant or significant at P = 0.001, respectively.*

Table 2.3.2. Effect of priming durations on percent germination, T₅₀ and MDG) of tomato seeds.

Priming duration (days)	Seed treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
2	KNO ₃ 150mM	89	1.69	2.26
	Water imbided	93	1.80	2.50
4	KNO ₃ 150mM	88	1.58	2.10
	Water imbided	90	1.82	2.90
6	KNO ₃ 150mM	93	1.35	1.90
	Water imbided	88	2.13	2.50
8	KNO ₃ 150mM	89	1.23	1.53
	Water imbided	89	2.06	2.46
Nonprimed		92	1.88	2.56

Seeds were dark-primed at 20 °C for 4 days and dark-germinated at 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C or 35 °C for up to 14 days. Seeds imbided without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbided' and 'Nonprimed', respectively.

Table 2.3.3. Effect of hydropriming and priming durations and methods on percent germination, T₅₀ and MDG of gourd seeds.

Priming duration (hrs)	Seed treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
6	Hydropriming	90.8 cde	2.04 ef	2.36 ghi
	KNO ₃ 50mM	94.2 a-d	2.47 bc	2.75 cde
	KH ₂ PO ₃ 50mM	87.5 e	2.35 cd	2.67 def
	Nonprimed	87.5 e	2.74 a	3.06 ab
12	Hydropriming	98.3 a	1.83 f	2.10 j
	KNO ₃ 50mM	96.7 abc	2.28 cd	2.52 fgh
	KH ₂ PO ₃ 50mM	97.5 ab	2.21 de	2.49 fgh
	Nonprimed	94.2 a-d	2.74 a	3.11 a
24	Hydropriming	98.3 a	1.84 f	2.17 ij
	KNO ₃ 50mM	98.3 a	2.30 cd	2.56 efg
	KH ₂ PO ₃ 50mM	94.2 a-d	2.02 ef	2.30 hij
	Nonprimed	98.3 a	2.74 a	3.04 ab
48	Hydropriming	95.8 a-d	1.83 f	2.19 ij
	KNO ₃ 50mM	97.5 ab	2.23 de	2.55 efg
	KH ₂ PO ₃ 50mM	96.7 abc	2.01 ef	2.34 g-j
	Nonprimed	95.8 a-d	2.61 ab	2.91 abc
96	Hydropriming	90.0 de	1.96 f	2.37 ghi
	KNO ₃ 50mM	91.7 b-e	2.64 ab	2.85 bcd
	KH ₂ PO ₃ 50mM	91.7 b-e	2.36 cd	2.66 def
	Nonprimed	92.5 a-e	2.77 a	3.10 a
Significance				
Priming duration (A)		***	***	***
Seed treatment (B)		NS	***	***
A × B		NS	NS	NS

Seeds were dark-treated at 30°C and dark-germinated at 25°C for up to 7 days. Control seeds were those taken fresh from the seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns were separated by DMRT at P= 0.05.

NS. *** Nonsignificant or significant at P= 0.001, respectively.

Table 2.3.4. Effect of hydropriming and priming temperatures and methods on percent germination, T₅₀ and MDG of gourd seeds.

Priming temp. (°C)	Seed treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
15	Hydropriming	96.7 abc	1.93 ijk	2.30 fgh
	KNO ₃ 50mM	98.3 a	2.11 ghi	2.47 d-g
	KH ₂ PO ₃ 50mM	94.2 abc	2.11 ghi	2.48 def
	Nonprimed	95.0 abc	2.80 ab	3.24 a
20	Hydropriming	98.3 a	1.77 k	2.04 h
	KNO ₃ 50mM	98.3 a	2.30 efg	2.63 def
	KH ₂ PO ₃ 50mM	96.7 abc	1.98 h-k	2.33 e-h
	Nonprimed	96.7 abc	2.62 bcd	2.98 abc
25	Hydropriming	96.7 abc	2.09 g-j	2.48 def
	KNO ₃ 50mM	97.5 ab	2.51 cde	2.77 bcd
	KH ₂ PO ₃ 50mM	95.8 abc	2.18 ghi	2.61 def
	Nonprimed	91.7 c	2.71 abc	3.10 ab
30	Hydropriming	98.3 a	1.83 jk	2.10 h
	KNO ₃ 50mM	96.7 abc	2.28 efg	2.52 def
	KH ₂ PO ₃ 50mM	97.5 ab	2.21 fgh	2.49 def
	Nonprimed	94.2 abc	2.74 abc	3.11 ab
35	Hydropriming	95.0 abc	1.80 k	2.14 gh
	KNO ₃ 50mM	96.7 abc	2.31 efg	2.74 cd
	KH ₂ PO ₃ 50mM	95.0 abc	2.20 fgh	2.66 cde
	Nonprimed	94.2 abc	2.89 a	3.26 a
40	Hydropriming	95.0 abc	1.99 h-k	2.31 fgh
	KNO ₃ 50mM	97.5 ab	2.44 def	2.71 cd
	KH ₂ PO ₃ 50mM	96.7 abc	2.23 fgh	2.49 def
	Nonprimed	92.5 bc	2.87 ab	3.15 a
Significance				
Priming temp. (A)		NS	※	NS
Seed treatment (B)		※	※※※	※※※
A × B		NS	NS	NS

Seeds were dark-treated for 12 hours and germinated at 25°C in darkness. Control seeds were those taken fresh from the seed package but treated at the temperatures indicated.

Means in columns were separated by DMRT at P= 0.05.

NS, ※, ※※※ Nonsignificant or significant at P= 0.05 and 0.001, respectively

Table 2.3.5. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MHG and RPDP of Chinese cabbage seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (hours)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	RPDP (%)
10	6	KNO ₃ 50mM	98 a	17.8 a	25.2 abc	0
		Water imbibed	97 a	15.4 b	22.0 c	0
		Nonprimed	97 a	18.9 a	26.7 ab	0
	12	KNO ₃ 50mM	93 b	17.7 a	26.1 ab	0
		Water imbibed	98 a	14.1 b	22.5 bc	0
		Nonprimed	97 a	18.7 a	26.9 a	0
	24	KNO ₃ 50mM	95 ab	11.2 c	17.2 d	0
		Water imbibed	96 ab	10.7 c	16.2 d	0
		Nonprimed	96 ab	19.0 a	27.9 a	0
15	6	KNO ₃ 50mM	100 a	12.9 c	20.1 b	0
		Water imbibed	99 a	14.9 b	21.6 b	0
		Nonprimed	98 a	19.4 a	27.8 a	0
	12	KNO ₃ 50mM	98 a	11.4 d	19.4 b	0
		Water imbibed	99 a	11.0 d	16.4 c	0
		Nonprimed	96 ab	18.9 a	28.1 a	0
	24	KNO ₃ 50mM	100 a	10.5 d	16.5 c	0.2
		Water imbibed	100 a	10.2 d	13.2 d	3.3
		Nonprimed	94 b	18.7 a	27.3 a	0
20	6	KNO ₃ 50mM	98 a	11.4 b	17.7 b	0
		Water imbibed	98 a	11.1 bc	16.7 bc	0
		Nonprimed	97 a	18.9 a	27.1 a	0
	12	KNO ₃ 50mM	98 a	10.4 d	15.0 cd	0
		Water imbibed	98 a	10.5 d	14.3 d	0
		Nonprimed	93 b	18.9 a	28.3 a	0
	24	KNO ₃ 50mM	98 a	10.7 cd	16.7 bc	15.1
		Water imbibed	98 a	9.4 e	12.9 d	37.6
		Nonprimed	95 ab	19.0 a	27.5 a	0

Table 2.3.5. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (hours)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	RPDP (%)
25	6	KNO ₃ 50mM	99 a	11.4 c	19.6 b	0
		Water imbibed	100 a	11.1 c	16.6 c	0
		Nonprimed	96 ab	19.2 a	28.4 a	0
	12	KNO ₃ 50mM	100 a	9.9 de	13.5 de	0
		Water imbibed	98 ab	10.3 d	13.9 de	0
		Nonprimed	97 ab	18.6 b	26.4 a	0
	24	KNO ₃ 50mM	98 ab	10.2 d	15.8 cd	20.1
		Water imbibed	95 b	9.5 e	12.4 e	36.8
		Nonprimed	97 ab	18.6 b	27.1 a	0
Significance						
Priming temperature (A)			*	***	***	
Priming duration (B)			*	***	***	
Seed treatment (C)			***	***	***	
A × B			NS	***	***	
A × C			*	***	***	
B × C			NS	***	***	
A × B × C			NS	***	**	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 25°C for up to 5 days.

Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at $P = 0.05$.

*NS, * ** *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01$ and 0.001 , respectively.*

Table 2.3.6. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDP of lettuce seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (hours)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
10	6	KH ₂ PO ₄ 200mM	81 de	2.1 cd	2.6 def	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	78 def	3.3 a	3.6 a	0
		Water imbibed	81 de	1.8 efg	2.6 def	0
		Nonprimed	82 de	2.1 bc	3.0 b	0
	12	KH ₂ PO ₄ 200mM	79 def	2.4 b	2.9 bc	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	97 a	1.7 f-i	2.3 fgh	0
		Water imbibed	92 abc	1.8 efg	2.6 def	0
		Nonprimed	84 cde	2.2 bc	2.9 bc	0
	24	KH ₂ PO ₄ 200mM	76 ef	1.8 efg	2.5 efg	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	80 de	1.8 efg	2.5 efg	0
		Water imbibed	70 f	1.7 f-i	2.2 fgh	0
		Nonprimed	77 def	2.1 cd	2.8 cd	0
	36	KH ₂ PO ₄ 200mM	93 ab	1.4 h	2.0 ghi	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	84 cde	1.6 f-i	2.3 fgh	0
		Water imbibed	76 ef	1.9 def	2.4 fgh	0
		Nonprimed	79 def	2.1 cd	2.7 cd	0
	48	KH ₂ PO ₄ 200mM	86 bcd	1.1 i	1.8 i	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	97 a	1.5 ghi	1.9 hi	0
		Water imbibed	80 de	1.6 f-i	2.0 ghi	0
		Nonprimed	80 de	1.8 efg	2.6 def	0
15	6	KH ₂ PO ₄ 200mM	85 b-e	2.1 abc	2.6 bcd	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	90 a-d	1.8 cde	2.4 cde	0
		Water imbibed	87 a-e	1.9 b-e	2.6 bcd	0
		Nonprimed	81 def	1.9 b-e	2.7 bc	0
	12	KH ₂ PO ₄ 200mM	89 a-e	1.8 cde	2.4 cde	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	97 a	1.7 def	2.4 cde	0
		Water imbibed	93 abc	2.0 a-d	2.6 bcd	0
		Nonprimed	79 efg	2.2 ab	2.9 ab	0
	24	KH ₂ PO ₄ 200mM	94 ab	1.4 fg	2.0 fgh	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	94 ab	1.4 fg	1.9 ghi	0
		Water imbibed	69 g	1.8 cde	2.3 def	0
		Nonprimed	86 b-e	2.3 a	3.0 a	0
	36	KH ₂ PO ₄ 200mM	84 cde	1.0 ij	1.6 ij	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	93 abc	1.3 gh	1.9 ghi	0
		Water imbibed	70 g	1.6 efg	2.2 efg	0
		Nonprimed	84 cde	2.3 a	2.8 ab	0
	48	KH ₂ PO ₄ 200mM	88 a-e	0.8 j	1.4 j	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	92 abc	1.0 ij	1.6 ij	0
		Water imbibed	78 efg	1.2 hi	1.7 hij	0
		Nonprimed	72 fg	2.0 a-d	2.7 bc	0

Table 2.3.6. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (hours)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
20	6	KH ₂ PO ₄ 200mM	76 def	1.8 bcd	2.4 cd	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	96 a	1.7 b-e	2.4 cd	0
		Water imbibed	90 abc	1.6 c-f	2.3 de	0
		Nonprimed	80 c-f	2.2 a	2.9 a	0
	12	KH ₂ PO ₄ 200mM	78 c-f	1.5 d-g	2.2 de	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	83 a-e	1.8 bcd	2.4 cd	0
		Water imbibed	79 c-f	1.4 e-h	2.2 de	0
		Nonprimed	85 a-e	2.3 a	2.9 a	0
	24	KH ₂ PO ₄ 200mM	78 c-f	1.1 hij	1.8 gh	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	96 a	1.3 fgh	1.9 fg	0
		Water imbibed	71 ef	1.5 d-g	2.0 ef	0
		Nonprimed	91 abc	2.2 a	2.9 a	0
	36	KH ₂ PO ₄ 200mM	89 a-d	0.8 ij	1.4 ij	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	89 a-d	1.2 ghi	1.8 gh	0
		Water imbibed	87 a-d	1.2 ghi	1.6 hi	2.6
		Nonprimed	82 b-f	2.2 a	2.7 ab	0
	48	KH ₂ PO ₄ 200mM	95 ab	0.7 j	1.2 j	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	95 ab	1.1 hij	1.6 hi	0
		Water imbibed	77 c-f	1.4 e-h	1.8 gh	17.0
		Nonprimed	68 f	1.9 b	2.5 bc	0
25	6	KH ₂ PO ₄ 200mM	94 ab	1.6 d	2.2 efg	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	93 abc	1.5 de	2.4 de	0
		Water imbibed	87 a-e	1.7 d	2.5 cd	0
		Nonprimed	82 b-e	2.1 b	2.9 ab	0
	12	KH ₂ PO ₄ 200mM	84 a-e	1.4 ef	2.0 f-i	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	95 a	1.5 de	2.3 ef	0
		Water imbibed	82 b-e	1.5 de	2.2 efg	0
		Nonprimed	82 b-e	2.3 a	3.1 a	0
	24	KH ₂ PO ₄ 200mM	76 e	1.3 fg	1.9 ghi	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	95 ab	1.3 fg	1.9 ghi	0
		Water imbibed	91 a-d	1.4 ef	2.0 f-i	0
		Nonprimed	81 cde	2.2 ab	2.9 ab	0
	36	KH ₂ PO ₄ 200mM	81 cde	1.2 g	1.9 ghi	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	91 a-d	1.3 fg	1.8 hij	0
		Water imbibed	76 e	1.5 de	1.9 ghi	50.7
		Nonprimed	81 cde	2.2 ab	2.7 bc	0
	48	KH ₂ PO ₄ 200mM	85 a-e	1.0 h	1.6 i	0
		K ₃ PO ₄ 50mM	82 b-e	1.7 d	2.1 e-h	0
		Water imbibed	62 f	1.4 ef	1.7 hi	22.3
		Nonprimed	80 de	1.9 c	2.6 cd	0
Significance						
Priming temperature (A)			NS	***	***	
Priming duration (B)			*	***	***	
Seed treatment (C)			***	***	***	
A × B			***	***	***	
A × C			NS	***	***	
B × C			***	***	***	
A × B × C			***	***	***	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 20 °C for up to 7 days. Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 2.3.7. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MHG and RPDP of radish seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (hours)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	RPDP (%)
10	6	PEG 8000 -0.5MPa	85 abc	19.9 a	33.6 a	0
		Water imbibed	84 bc	17.6 b	27.4 cd	0
		Nonprimed	89 ab	20.2 a	31.4 ab	0
	12	PEG 8000 -0.5MPa	88 abc	17.6 b	28.8 bc	0
		Water imbibed	82 c	15.0 c	24.4 de	0
		Nonprimed	88 abc	20.3 a	34.2 a	0
	24	PEG 8000 -0.5MPa	91 a	11.4 d	19.8 f	1.4
		Water imbibed	87 abc	10.7 d	20.7 ef	1.9
		Nonprimed	88 abc	19.4 a	27.7 bcd	0
15	6	PEG 8000 -0.5MPa	84 b	18.2 b	28.3 a	0
		Water imbibed	85 ab	14.7 c	24.0 b	0
		Nonprimed	88 ab	19.4 ab	29.8 a	0
	12	PEG 8000 -0.5MPa	87 ab	12.0 d	22.2 bc	0
		Water imbibed	87 ab	10.5 d	20.2 bc	2.5
		Nonprimed	88 ab	19.6 ab	30.5 a	0
	24	PEG 8000 -0.5MPa	90 a	11.0 d	19.1 c	1.1
		Water imbibed	83 b	8.1 e	20.1 bc	21.3
		Nonprimed	84 b	20.5 a	32.5 a	0
20	6	PEG 8000 -0.5MPa	87 ab	16.9 b	24.8 b	0
		Water imbibed	84 abc	13.4 c	23.0 b	0
		Nonprimed	87 ab	19.8 a	29.9 a	0
	12	PEG 8000 -0.5MPa	91 a	10.8 d	17.7 c	1.1
		Water imbibed	83 bc	8.9 e	19.1 c	2.2
		Nonprimed	91 a	19.7 a	29.6 a	0
	24	PEG 8000 -0.5MPa	91 a	8.5 e	15.9 c	0.8
		Water imbibed	81 c	9.3 de	19.5 c	27.9
		Nonprimed	91 a	20.0 a	31.2 a	0

Table 2.3.7. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (hours)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	RPDP (%)
25	6	PEG 8000 -0.5MPa	89 a	14.1 c	22.3 c	0
		Water imbibed	89 a	10.7 d	20.9 cd	0
		Nonprimed	89 a	19.7 a	31.5 b	0
	12	PEG 8000 -0.5MPa	89 a	10.8 d	19.2 de	2.4
		Water imbibed	80 b	8.6 e	18.1 e	14.8
		Nonprimed	90 a	19.8 a	29.1 b	0
	24	PEG 8000 -0.5MPa	92 a	9.3 e	16.5 e	9.6
		Water imbibed	81 b	18.6 b	31.3 b	36.6
		Nonprimed	85 ab	19.8 a	34.1 a	0

Significance

Priming temperature (A)	NS	***	***
Priming duration (B)	NS	***	***
Seed treatment (C)	***	***	***
A × B	NS	***	***
A × C	NS	***	***
B × C	**	***	***
A × B × C	NS	***	***

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 25°C for up to 5 days.

Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at $P = 0.05$.

*NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 , respectively.*

Table 2.3.8. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDP of carrot seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
10	2	PEG 8000 -0.5MPa	90 a	2.3 b	2.8 b	0
		Water imbibed	87 abc	2.2 b	2.7 bc	0
		Nonprimed	79 c	2.8 a	3.4 a	0
	3	PEG 8000 -0.5MPa	84 abc	1.8 cd	2.3 d	0
		Water imbibed	82 bc	1.9 c	2.4 cd	0
		Nonprimed	86 abc	2.8 a	3.3 a	0
	4	PEG 8000 -0.5MPa	86 abc	1.9 c	2.4 cd	0
		Water imbibed	91 a	2.0 c	2.5 cd	0
		Nonprimed	81 bc	2.9 a	3.4 a	0
	5	PEG 8000 -0.5MPa	84 abc	1.6 d	1.9 e	0
		Water imbibed	79 c	2.0 c	2.3 d	0.7
		Nonprimed	82 bc	2.7 a	3.2 a	0
15	2	PEG 8000 -0.5MPa	92 a	1.7 de	2.2 cd	0
		Water imbibed	81 d	2.0 c	2.5 b	0
		Nonprimed	89 abc	2.9 a	3.4 a	0
	3	PEG 8000 -0.5MPa	85 a-d	1.3 e	1.6 ef	0
		Water imbibed	81 d	1.8 cde	2.3 bc	0
		Nonprimed	83 bcd	2.7 ab	3.2 a	0
	4	PEG 8000 -0.5MPa	82 cd	1.4 e	1.9 de	3.0
		Water imbibed	90 ab	1.9 cd	2.3 bc	10.5
		Nonprimed	85 a-d	2.8 a	3.3 a	0
	5	PEG 8000 -0.5MPa	85 a-d	1.0 f	1.5 f	6.2
		Water imbibed	80 d	1.8 cde	2.2 cd	19.6
		Nonprimed	82 cd	2.6 b	3.3 a	0
20	2	PEG 8000 -0.5MPa	86 a	1.2 d	1.7 f	0
		Water imbibed	78 ab	2.1 b	2.5 cd	0
		Nonprimed	82 ab	2.9 a	3.4 a	0
	3	PEG 8000 -0.5MPa	87 a	0.9 e	1.3 g	0
		Water imbibed	78 ab	1.9 c	2.4 d	0
		Nonprimed	79 ab	2.8 a	3.3 ab	0
	4	PEG 8000 -0.5MPa	83 ab	1.0 de	1.6 f	14.0
		Water imbibed	77 b	2.2 b	2.7 c	23.6
		Nonprimed	82 ab	2.7 a	3.0 b	0
	5	PEG 8000 -0.5MPa	81 ab	1.2 d	1.6 f	30.6
		Water imbibed	77 b	1.7 c	2.0 e	25.9
		Nonprimed	84 ab	2.7 a	3.4 a	0

Table 2.3.8. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
25	2	PEG 8000 -0.5MPa	91 a	1.3 ef	1.8 f	0
		Water imbibed	78 bc	2.3 c	2.6 d	0
		Nonprimed	85 ab	2.8 a	3.2 ab	0
	3	PEG 8000 -0.5MPa	86 ab	1.2 fg	1.6 g	0
		Water imbibed	79 bc	1.9 d	2.4 e	0
		Nonprimed	83 b	2.8 a	3.2 ab	0
	4	PEG 8000 -0.5MPa	85 ab	1.5 e	1.9 f	13.9
		Water imbibed	72 cd	2.3 c	2.8 c	25.9
		Nonprimed	79 bc	2.8 a	3.3 a	0
	5	PEG 8000 -0.5MPa	74 c	1.0 g	1.6 g	32.6
		Water imbibed	65 d	2.2 c	2.5 de	40.3
		Nonprimed	82 b	2.6 b	3.1 b	0
Significance						
Priming temperature (A)			***	***	***	
Priming duration (B)			***	***	***	
Seed treatment (C)			***	***	***	
A × B			*	NS	*	
A × C			***	***	***	
B × C			**	***	***	
A × B × C			*	***	**	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 25°C for up to 10 days. Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

*NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.*

Table 2.3.9. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDG of Welsh onion seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
10	1	KH ₂ PO ₄ 100mM	89 d	2.4 c	2.8 d	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 ab	2.4 c	3.0 c	0
		Water imbibed	90 cd	2.4 c	3.1 c	0
		Nonprimed	87 d	2.8 a	3.5 a	0
	2	KH ₂ PO ₄ 100mM	90 bcd	1.8 de	2.5 ef	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	97 a	1.9 d	2.5 ef	0
		Water imbibed	92 b-d	2.0 d	2.8 d	0
		Nonprimed	87 d	2.8 a	3.6 a	0
	3	KH ₂ PO ₄ 100mM	92 b-d	1.9 d	2.6 de	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 ab	1.9 d	2.4 ef	0
		Water imbibed	89 d	1.8 de	2.3 fg	0
		Nonprimed	92 b-d	2.6 b	3.3 bc	0
	4	KH ₂ PO ₄ 100mM	89 d	1.8 de	2.4 ef	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 ab	1.6 fg	2.0 h	0
		Water imbibed	92 b-d	1.7 efg	2.2 fgh	0
		Nonprimed	91 b-d	2.8 a	3.7 a	0
	5	KH ₂ PO ₄ 100mM	88 d	1.6 fg	2.1 gh	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 ab	1.5 g	2.1 gh	0
		Water imbibed	93 a-d	1.5 g	2.0 h	0.6
		Nonprimed	90 cd	2.8 a	3.5 a	0
15	1	KH ₂ PO ₄ 100mM	92 abc	2.1 c	2.7 de	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	95 a	2.1 c	2.8 d	0
		Water imbibed	93 abc	2.6 b	3.2 c	0
		Nonprimed	91 abc	2.5 b	3.3 bc	0
	2	KH ₂ PO ₄ 100mM	88 bc	1.8 de	2.3 f	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	93 abc	1.8 de	2.4 ef	0
		Water imbibed	91 abc	1.9 cd	2.5 def	1.9
		Nonprimed	88 bc	2.8 a	3.6 ab	0
	3	KH ₂ PO ₄ 100mM	91 abc	1.8 de	2.2 fg	1.4
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	94 ab	1.8 de	2.2 fg	0
		Water imbibed	86 c	1.8 de	2.3 f	3.1
		Nonprimed	87 bc	2.8 a	3.5 ab	0
	4	KH ₂ PO ₄ 100mM	90 abc	1.8 de	2.4 ef	2.9
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 a	1.4 f	1.7 h	14.9
		Water imbibed	94 ab	1.8 de	2.2 fg	10.9
		Nonprimed	88 bc	2.9 a	3.8 a	0
	5	KH ₂ PO ₄ 100mM	88 bc	1.7 de	2.0 gh	17.3
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	95 a	1.6 ef	1.9 gh	26.3
		Water imbibed	92 abc	1.7 de	2.1 fg	21.3
		Nonprimed	88 bc	2.5 b	3.2 c	0

Table 2.3.9. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
20	1	KH ₂ PO ₄ 100mM	94 abc	2.2 de	2.8 c	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	95 ab	2.1 ef	2.8 c	0
		Water imbibed	91 a-e	2.4 cd	3.3 b	0
		Nonprimed	87 cd	2.8 a	3.5 ab	0
	2	KH ₂ PO ₄ 100mM	91 a-e	1.7 g	2.3 ef	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	92 a-d	1.8 fg	2.3 ef	0
		Water imbibed	93 a-d	2.0 efg	2.8 c	2.1
		Nonprimed	89 b-e	2.8 a	3.6 a	0
	3	KH ₂ PO ₄ 100mM	84 d	2.0 efg	2.5 de	3.8
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 a	1.9 fg	2.4 ef	6.2
		Water imbibed	91 a-e	1.9 fg	2.5 de	6.9
		Nonprimed	87 cd	2.5 bc	3.2 b	0
	4	KH ₂ PO ₄ 100mM	84 d	1.7 g	2.1 f	9.9
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	93 a-d	1.8 fg	2.4 ef	7.8
		Water imbibed	89 b-e	1.9 fg	2.6 cde	10.9
		Nonprimed	90 a-e	2.7 ab	3.5 ab	0
	5	KH ₂ PO ₄ 100mM	78 e	1.7 g	2.1 f	18.7
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	91 a-e	1.8 fg	2.4 ef	10.4
		Water imbibed	90 a-e	1.9 fg	2.4 ef	17.5
		Nonprimed	93 a-d	2.7 ab	3.4 ab	0
25	1	KH ₂ PO ₄ 100mM	90 cde	1.9 fg	2.4 fg	0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	98 a	1.9 fg	2.6 d-g	0
		Water imbibed	89 c-f	2.3 cd	3.0 bc	0
		Nonprimed	94 abc	2.7 a	3.6 a	0
	2	KH ₂ PO ₄ 100mM	87 d-g	1.8 g	2.2 g	4.1
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	97 ab	1.9 fg	2.5 efg	2.4
		Water imbibed	90 cde	2.0 efg	2.8 cde	4.3
		Nonprimed	95 abc	2.8 a	3.6 a	0
	3	KH ₂ PO ₄ 100mM	84 fg	1.9 fg	2.4 fg	12.1
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	93 abc	2.0 efg	2.6 d-g	8.0
		Water imbibed	90 cde	2.2 de	2.6 d-g	9.0
		Nonprimed	92 a-d	2.6 ab	3.3 ab	0
	4	KH ₂ PO ₄ 100mM	85 efg	1.9 fg	2.4 fg	10.2
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	91 b-e	2.1 de	2.6 d-g	19.8
		Water imbibed	91 b-e	1.9 fg	2.5 efg	7.6
		Nonprimed	90 cde	2.8 a	3.5 a	0
	5	KH ₂ PO ₄ 100mM	82 g	2.0 efg	2.6 d-g	13.0
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	93 abc	2.0 efg	2.6 d-g	13.7
		Water imbibed	90 cde	2.1 de	2.9 cd	18.0
		Nonprimed	91 b-e	2.5 bc	3.3 ab	0

Table 2.3.9. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Significance					
Priming temperature (A)		*	**	***	***
Priming duration (B)		*	***	***	***
Seed treatment (C)		***	***	***	***
A × B		NS	***	***	***
A × C		**	***	***	***
B × C		*	***	***	***
A × B × C		NS	***	***	***

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

*NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.*

Table 2.3.10. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MDG and RPDP of onion seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)	
10	2	KH ₂ PO ₄ 200mM	67 f	2.7 b-e	3.5 def	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	77 a-e	2.7 b-e	3.8 cde	0	
		Water imbibed	76 a-f	2.5 def	3.3 ef	0	
		Nonprimed	79 a-d	3.1 abc	4.0 bcd	0	
	3	KH ₂ PO ₄ 200mM	74 c-f	2.0 fg	2.7 ghi	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	83 ab	2.2 efg	2.9 f-i	0	
		Water imbibed	76 a-f	2.4 d-g	3.2 efg	0	
		Nonprimed	76 a-f	3.7 a	4.6 a	0	
	4	KH ₂ PO ₄ 200mM	74 c-f	2.0 fg	2.5 hi	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	82 abc	2.1 efg	3.1 fgh	0	
		Water imbibed	71 def	2.2 efg	2.9 f-i	0	
		Nonprimed	85 a	3.2 ab	4.2 abc	0	
	5	KH ₂ PO ₄ 200mM	69 ef	2.0 fg	2.6 hi	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	78 a-e	2.6 c-f	3.3 ef	0	
		Water imbibed	71 def	2.9 bcd	3.9 cd	2.6	
		Nonprimed	77 a-e	3.6 a	4.6 a	0	
	6	KH ₂ PO ₄ 200mM	73 c-f	1.8 g	2.4 i	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	80 a-d	2.4 d-g	3.0 fgh	0	
		Water imbibed	73 c-f	2.0 fg	3.0 fgh	0	
		Nonprimed	75 b-f	3.6 a	4.5 ab	0	
	15	2	KH ₂ PO ₄ 200mM	73 c-f	2.3 d-g	3.0 d-g	0
			Ca(NO ₃) ₂ 100mM	79 abc	2.8 cd	3.6 bcd	0
			Water imbibed	73 c-f	2.7 de	3.6 bcd	0
			Nonprimed	78 a-d	3.8 a	4.5 a	0
3		KH ₂ PO ₄ 200mM	71 def	1.9 g	2.5 g	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	80 abc	2.6 def	3.5 b-e	0	
		Water imbibed	75 b-e	2.7 de	3.7 bc	2.9	
		Nonprimed	77 a-e	3.4 ab	4.5 a	0	
4		KH ₂ PO ₄ 200mM	72 def	1.9 g	2.6 g	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	80 abc	2.6 def	3.4 b-e	0	
		Water imbibed	73 c-f	2.6 def	3.4 b-e	5.2	
		Nonprimed	77 a-e	3.5 ab	4.5 a	0	
5		KH ₂ PO ₄ 200mM	70 ef	2.2 efg	2.9 efg	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	76 a-e	2.6 def	3.3 c-f	0	
		Water imbibed	71 def	2.7 de	3.6 bcd	2.6	
		Nonprimed	78 a-d	3.6 ab	4.4 a	0	
6		KH ₂ PO ₄ 200mM	68 f	2.1 fg	2.7 fg	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	76 a-e	2.4 d-g	3.3 c-f	0	
		Water imbibed	73 c-f	2.5 def	3.1 c-g	7.5	
		Nonprimed	82 a	3.2 bc	4.0 ab	0	

Table 2.3.10. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)	
20	2	KH ₂ PO ₄ 200mM	57 ij	2.6 efg	3.6 cde	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	76 a-e	2.7 d-g	3.5 de	0	
		Water imbibed	71 c-g	2.9 cde	3.6 cde	0	
		Nonprimed	79 abc	3.7 a	4.6 ab	0	
	3	KH ₂ PO ₄ 200mM	63 g-j	2.2 g	2.8 f	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	74 b-f	2.7 d-g	3.6 cde	0	
		Water imbibed	70 d-g	3.0 cde	3.9 cd	2.9	
		Nonprimed	78 a-e	3.4 abc	4.6 ab	0	
	4	KH ₂ PO ₄ 200mM	60 hij	2.2 g	2.8 f	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	72 b-f	2.9 cde	3.8 cd	0	
		Water imbibed	65 f-i	2.7 d-g	3.6 cde	6.4	
		Nonprimed	83 a	3.2 a-d	4.1 bcd	0	
	5	KH ₂ PO ₄ 200mM	54 j	2.2 g	2.8 f	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	71 c-g	2.8 def	3.7 cde	0	
		Water imbibed	67 e-h	2.8 def	3.7 cde	5.2	
		Nonprimed	79 abc	3.7 a	4.7 a	0	
	6	KH ₂ PO ₄ 200mM	60 hij	2.3 fg	3.1 ef	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	70 d-g	3.1 bcd	4.2 abc	0	
		Water imbibed	60 hij	3.0 cde	4.0 cd	7.3	
		Nonprimed	80 ab	3.6 ab	4.5 ab	0	
	25	2	KH ₂ PO ₄ 200mM	60 e-h	2.4 cd	3.2 efg	0
			Ca(NO ₃) ₂ 100mM	72 a-d	2.9 bc	3.8 cde	0
			Water imbibed	68 b-e	2.9 bc	3.5 def	3.2
			Nonprimed	78 ab	3.4 ab	4.4 ab	0
3		KH ₂ PO ₄ 200mM	64 def	2.3 d	2.9 g	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	73 a-d	3.0 bc	3.9 bcd	0	
		Water imbibed	61 efg	3.2 ab	4.1 a-d	7.3	
		Nonprimed	75 abc	3.3 ab	4.3 abc	0	
4		KH ₂ PO ₄ 200mM	54 ghi	2.3 d	3.1 fg	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	69 b-e	2.9 bc	3.9 bcd	0	
		Water imbibed	59 e-h	3.0 bc	4.0 bcd	10.2	
		Nonprimed	80 a	3.5 a	4.6 a	0	
5		KH ₂ PO ₄ 200mM	46 i	2.4 cd	3.2 efg	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	66 cde	3.4 ab	4.4 ab	0	
		Water imbibed	50 hi	3.4 ab	4.3 abc	9.6	
		Nonprimed	80 a	3.4 ab	4.4 ab	0	
6		KH ₂ PO ₄ 200mM	55 f-i	2.4 cd	3.2 efg	0	
		Ca(NO ₃) ₂ 100mM	64 def	3.4 ab	4.3 abc	0	
		Water imbibed	49 i	2.9 bc	3.8 cde	4.9	
		Nonprimed	74 a-d	3.2 ab	4.1 a-d	0	

Table 2.3.10. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Significance					
Priming temperature (A)		***	***	***	
Priming duration (B)		***	***	**	
Seed treatment (C)		***	***	***	
A × B		NS	NS	**	
A × C		***	***	***	
B × C		**	NS	***	
A × B × C		NS	NS	*	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 20 °C for up to 15 days. Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

*NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.*

Table 2.3.11. Effect of priming temperatures and durations on percent germination, T₅₀, MDG and RPD_P of salvia seeds.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPD _P (%)	
10	2	PEG 8000 -0.5MPa	80 ab	2.7 cd	3.3 d-g	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	81 ab	2.6 de	3.4 de	0	
		Water imbibed	71 b	2.8 c	3.7 c	0	
		Nonprimed	79 ab	3.7 a	4.4 ab	0	
	3	PEG 8000 -0.5MPa	81 ab	2.6 de	3.2 efg	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	79 ab	2.5 ef	3.1 fgh	0	
		Water imbibed	73 ab	2.8 c	3.6 cd	0	
		Nonprimed	82 a	3.7 a	4.5 a	0	
	4	PEG 8000 -0.5MPa	75 ab	2.4 fg	3.0 gh	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	73 ab	2.6 de	3.3 d-g	0	
		Water imbibed	76 ab	2.6 de	3.4 de	0	
		Nonprimed	75 ab	3.5 ab	4.3 ab	0	
	5	PEG 8000 -0.5MPa	75 ab	2.2 gh	2.8 hi	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	75 ab	2.2 gh	3.0 gh	0	
		Water imbibed	78 ab	2.3 fgh	3.1 fgh	0	
		Nonprimed	80 ab	3.6 ab	4.4 ab	0	
	6	PEG 8000 -0.5MPa	76 ab	2.1 hi	2.6 i	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	77 ab	1.9 i	2.6 i	0	
		Water imbibed	74 ab	2.2 gh	3.1 fgh	0	
		Nonprimed	78 ab	3.4 b	4.1 b	0	
	15	2	PEG 8000 -0.5MPa	83 ab	2.4 c	3.2 d	0
			KH ₂ PO ₄ 50mM	82 abc	1.9 d	2.7 fg	0
			Water imbibed	73 b-f	2.7 c	3.7 c	0
			Nonprimed	82 abc	3.6 b	4.4 b	0
3		PEG 8000 -0.5MPa	84 a	1.7 de	2.4 gh	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	81 abc	1.8 de	2.5 fg	0	
		Water imbibed	73 b-f	1.8 de	2.9 e	0	
		Nonprimed	79 a-d	4.0 a	4.8 a	0	
4		PEG 8000 -0.5MPa	79 a-d	1.6 ef	1.9 jk	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	74 a-f	1.6 ef	2.4 gh	0	
		Water imbibed	76 a-e	1.3 fg	2.2 hi	5.9	
		Nonprimed	76 a-e	3.5 b	4.2 b	0	
5		PEG 8000 -0.5MPa	72 c-f	1.3 fg	2.1 ij	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	65 f	1.2 g	2.1 ij	4.9	
		Water imbibed	56 g	1.8 de	2.7 fg	23.6	
		Nonprimed	84 a	3.4 b	4.2 b	0	
6		PEG 8000 -0.5MPa	67 ef	1.3 fg	1.8 k	0.3	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	69 def	1.2 g	2.1 ij	25.1	
		Water imbibed	67 ef	1.3 fg	1.8 k	47.4	
		Nonprimed	83 ab	3.4 b	4.2 b	0	

Table 2.3.11. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)	
20	2	PEG 8000 -0.5MPa	82 abc	1.7 efg	2.3 f	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	83 ab	1.7 efg	2.5 f	0	
		Water imbibed	73 cd	1.9 def	2.9 e	0	
		Nonprimed	86 a	3.7 ab	4.5 ab	0	
	3	PEG 8000 -0.5MPa	81 abc	1.6 fg	2.4 f	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	73 cd	1.4 gh	2.2 f	5.8	
		Water imbibed	62 e	1.4 gh	2.9 e	11.9	
		Nonprimed	81 abc	3.7 ab	4.5 ab	0	
	4	PEG 8000 -0.5MPa	82 abc	1.2 h	1.8 g	0.9	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	66 de	1.6 fg	2.4 f	22.6	
		Water imbibed	59 ef	2.0 de	3.0 d	33.7	
		Nonprimed	82 abc	3.5 ab	4.2 bc	0	
	5	PEG 8000 -0.5MPa	48 g	1.8 def	2.5 f	5.2	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	35 h	2.6 c	3.5 cd	38.2	
		Water imbibed	34 h	3.8 a	4.6 a	39.2	
		Nonprimed	80 bc	3.5 ab	4.2 bc	0	
	6	PEG 8000 -0.5MPa	68 de	1.1 h	1.8 g	9.2	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	53 fg	2.1 d	2.8 e	27.9	
		Water imbibed	66 de	1.1 h	1.7 g	41.6	
		Nonprimed	83 ab	3.4 b	4.2 bc	0	
	25	2	PEG 8000 -0.5MPa	75 abc	1.8 h	2.6 h	0
			KH ₂ PO ₄ 50mM	71 bc	1.8 h	2.6 h	0
			Water imbibed	61 de	2.8 ef	3.5 efg	0
			Nonprimed	77 abc	3.5 c	4.2 bcd	0
3		PEG 8000 -0.5MPa	72 bc	1.8 h	2.5 h	0	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	68 cd	1.9 h	2.7 h	9.2	
		Water imbibed	58 e	2.9 ef	4.0 cde	19.3	
		Nonprimed	84 a	3.8 bc	4.5 abc	0	
4		PEG 8000 -0.5MPa	79 ab	1.5 h	2.1 h	0.3	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	60 e	3.1 de	3.8 def	15.6	
		Water imbibed	58 e	2.6 fg	3.4 fg	24.2	
		Nonprimed	80 ab	3.6 bc	4.4 abc	0	
5		PEG 8000 -0.5MPa	41 f	2.4 g	3.3 g	7.3	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	40 f	3.4 cd	4.2 bcd	14.7	
		Water imbibed	29 g	4.2 a	4.9 a	17.8	
		Nonprimed	72 bc	3.7 bc	4.5 abc	0	
6		PEG 8000 -0.5MPa	55 e	1.5 h	2.2 h	14.7	
		KH ₂ PO ₄ 50mM	45 f	3.1 de	4.3 bcd	9.5	
		Water imbibed	40 f	3.9 ab	4.7 ab	26.6	
		Nonprimed	77 abc	3.5 c	4.2 bcd	0	

Table 2.3.11. Continued.

Priming temp. (°C)	Priming duration (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	RPDP (%)
Significance					
	Priming temperature (A)	***	***	***	
	Priming duration (B)	***	***	***	
	Seed treatment (C)	***	***	***	
	A × B	***	***	***	
	A × C	***	***	***	
	B × C	***	***	***	
	A × B × C	***	***	***	

Seeds were dark-primed and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Water imbibed and nonprimed seeds were imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package but treated for the durations indicated.

Means in columns within each priming temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

**** Significant at P = 0.001.*

제 4 절 Priming시 생장조절물질 첨가 효과

1. 서 언

최근에는 종자처리의 여러가지 장점을 조합함으로써 발아와 입묘율의 극대화를 위한 방법에 관심이 고조되고 있는데, 혼용처리는 한번의 처리로 여러가지 효과를 얻을 수 있어 합리적인 방법으로 제시되고 있다.

종자의 발아에 미치는 생장조절물질에 대한 효과는 많이 보고되어져 있다. 불안정한 배, 발아억제물질, 배의 생리적인 능력에 관련된 장애요인(Daniel과 Claudine, 1982; Kim등, 1971; Koller등, 1962)들을 제거시켜 종자의 발아율 향상을 위하여 GA₃ 및 BA를 침지처리하는 경우가 많으나(Corns, 1960; Groot와 Karssen, 1987; Hirosh와 Yukito, 1980; Lee와 Lee, 1971; Thomas, 1983), 발아소요일수 단축에는 큰 영향을 미치지 못한다. 그러나 발아소요일수 단축에 효과적인 priming시 생장조절물질을 첨가한다면 발아율 향상효과도 동시에 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 여기서는 priming 용액에 몇가지 생장조절제를 첨가함으로써 priming 효과를 더욱 상승시킬 수 있는지를 검토하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

Priming 효과를 증가시키기 위하여 priming 용액에 GA₃ 및 BA 0, 5, 50, 500 μ M을 각각 첨가하였으며, 이들 생장조절물질의 혼용처리도 병행하였다. 작물별 priming 조건은 고추는 K₃PO₄ 100mM (20 $^{\circ}$ C에서 5일간 처리), 토마토는 Ca(NO₃)₂ 100mM (20 $^{\circ}$ C에서 4일간 처리) 및 KNO₃ 150mM (20 $^{\circ}$ C에서 4일간 처리), 상추는 KH₂PO₄ 200mM (20 $^{\circ}$ C에서 2일간 처리) 및 K₃PO₄ 50mM (20 $^{\circ}$ C에서 2일간 처리), 배추는 KNO₃ 50mM (20 $^{\circ}$ C에서 12시간 처리), 양파는 KH₂PO₄ 200mM (10 $^{\circ}$ C에서 4일간 처리), 파는 Ca(NO₃)₂ 100mM (10 $^{\circ}$ C에서 5일간 처리), 박은 KNO₃ 50mM (20 $^{\circ}$ C에서 12시간 처리) 및 KH₂PO₄ 50mM (20 $^{\circ}$ C에서 12시간 처리), 무는 PEG 8000 -0.50MPa (20 $^{\circ}$ C에서 12시간 처리), 당근은 PEG 8000 -0.50MPa (20 $^{\circ}$ C에서 3일간 처리), 셀비아는 PEG 8000 -0.50MPa (20 $^{\circ}$ C에서 4일간 처리)로 하였다. 모든 작물은 15 $^{\circ}$ C 및 35 $^{\circ}$ C 암상태

의 항온기내에서 발아시켰다.

3. 결과 및 고찰

종자 priming시 성장조절물질 첨가에 따른 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축효과를 보면, 고추(표 2.4.1)는 K_3PO_4 처리와 GA_3 단용처리보다 K_3PO_4 에 GA_3 50 μ M 첨가시 더욱 효과적이었으며, 박(표 2.4.2)은 모든 처리구에서 최종 발아율이 90% 이상으로 유의적인 차이가 없었고, T_{50} 과 MDG는 GA_3 의 농도가 높아질수록 지연되는 경향을 보였다. 배추(표 2.4.3)도 KNO_3 처리와 GA_3 단용처리보다 KNO_3 에 GA_3 500 μ M 첨가시 효과적이었다. 상추(표 2.2.4)는 15 $^{\circ}C$ 에서는 GA_3 및 BA 단용처리 및 KH_2PO_4 와 K_3PO_4 에 GA_3 및 BA 첨가하여도 효과가 없었으나, 35 $^{\circ}C$ 에서는 KH_2PO_4 와 K_3PO_4 에 BA 첨가시 다소 효과적이었다. 무(표 2.4.5)는 GA_3 단용처리구들이 농도에 관계없이 PEG 처리와 PEG에 GA_3 첨가처리보다 효과적이었다. 당근(표 2.4.6)은 PEG 처리와 GA_3 단용처리보다 PEG에 GA_3 500 μ M 첨가시 더욱 효과적이었고, 파(표 2.4.7)는 $Ca(NO_3)_2$ 처리와 GA_3 및 BA 단용처리에 비하여 $Ca(NO_3)_2$ 에 GA_3 5 μ M 첨가시 효과적이었으며 BA 첨가시는 발아율이 감소되었으며, 양파(표 2.4.8)는 KH_2PO_4 처리와 GA_3 및 BA 단용처리에 비하여 KH_2PO_4 에 GA_3 500 μ M 혹은 BA 50 μ M 첨가시 효과적이었다. 전반적으로 GA_3 나 BA 첨가가 무처리에 비해 T_{50} 과 MDG 단축에는 효과적이었지만, 수침처리이나 priming에 비해서는 T_{50} 과 MDG 단축에 효과가 없거나 오히려 지연되는 것으로 나타났다. 그리고 샐비아(표 2.4.9)는 GA_3 및 BA 단용처리시는 처리기간중 모두 발아되었으며 PEG에 GA_3 및 BA를 첨가하여도 PEG 단용처리보다 효과가 없었다.

고추종자의 priming시 GA_3 의 첨가(Sosa-Coronel과 Motes, 1982)는 발아율 및 T_{50} 단축에 효과가 있었으며 특히 저온발아시 효과적이었으나(Nelson과 Sharples, 1980), 토마토는 priming시 BA 100ppm 첨가효과는 나타나지 않았다(Odell과 Cantliffe, 1986). 그리고 상추는 priming시 BA 첨가효과는 품종에 따라 다르게 나타났으나 대체적으로 농도가 높아질수록 발아율이 향상되었다(Cantliffe, 1991).

Priming 처리시 각 작물별 식물성장조절물질 첨가는 작물의 특성, priming 약제농도 등에 따라 효과가 다르게 나타나므로 체계적인 연구검토가 필요시 된다.

Table 2.4.1. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage (T_{50}) and mean number of days to germination (MDG) of pepper seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
Seed lot A						
K ₃ PO ₄ 100mM (P)	95 a	1.0 hi	1.9 h	97 a	0.5 fg	0.8 g
GA ₃ 0μM	94 a	8.6 bc	8.3 bc	90 bc	5.4 b	5.8 b
GA ₃ 5μM	99 a	8.8 b	8.6 b	89 c	4.6 c	5.1 c
GA ₃ 50μM	95 a	8.7 b	8.6 b	97 a	4.5 c	5.0 c
GA ₃ 500μM	96 a	9.2 a	9.2 a	95 ab	4.9 bc	5.4 bc
P + GA ₃ 5μM	98 a	1.5 g	2.4 g	96 a	0.6 fg	0.9 fg
P + GA ₃ 50μM	97 a	0.7 i	1.5 i	95 ab	0.3 g	0.7 g
P + GA ₃ 500μM	96 a	1.3 gh	2.4 g	97 a	0.4 fg	0.9 fg
BA 5μM	96 a	6.6 d	7.3 d	97 a	3.4 d	4.9 c
BA 50μM	97 a	8.8 b	8.4 bc	92 abc	7.0 a	7.3 a
BA 500μM	96 a	8.3 c	8.2 c	92 abc	6.4 a	7.3 a
P + BA 5μM	97 a	2.0 f	2.6 fg	93 abc	1.3 e	1.7 e
P + BA 50μM	97 a	2.1 f	2.9 ef	95 ab	1.1 ef	1.5 ef
P + BA 500μM	93 a	2.7 e	3.3 e	96 a	1.6 e	2.3 d
Seed lot B						
K ₃ PO ₄ 100mM (P)	73 c	11.4 ij	11.8 f	64 ab	5.0 f	5.8 i
GA ₃ 0μM	84 a	15.7 bc	16.3 c	38 d	9.0 d	9.6 d
GA ₃ 5μM	83 ab	15.8 bc	16.5 c	52 bcd	8.3 d	8.9 de
GA ₃ 50μM	88 a	15.2 cd	15.1 d	62 ab	7.7 de	8.5 ef
GA ₃ 500μM	84 a	15.1 cd	15.0 d	61 ab	6.8 e	7.6 fg
P + GA ₃ 5μM	73 c	12.8 gh	12.2 f	66 ab	6.6 e	7.0 gh
P + GA ₃ 50μM	74 c	10.7 j	10.3 g	67 a	4.4 f	5.2 i
P + GA ₃ 500μM	71 c	12.3 hi	12.1 f	68 a	4.9 f	6.0 hi
BA 5μM	75 c	16.6 b	17.3 b	57 abc	14.3 b	14.8 b
BA 50μM	76 bc	17.7 a	18.1 a	47 cd	15.9 a	16.2 a
BA 500μM	58 e	18.1 a	18.5 a	39 d	15.6 a	16.0 a
P + BA 5μM	67 cd	14.5 de	15.2 d	68 a	10.7 c	11.0 c
P + BA 50μM	69 c	13.3 fg	14.2 e	63 ab	11.7 c	12.0 c
P + BA 500μM	60 de	13.8 ef	14.6 de	61 ab	12.0 c	11.9 c

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in 100mM K₃PO₄ at 20°C for 5 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 20 days.

Means in columns within each seed lots are separated by DMRT, P = 0.05.

Table 2.4.2. Effect of growth regulators added to the hydropriming and priming solutions on percent germination, T₅₀ and MDG of gourd seeds.

Seed treatments	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Hydropriming(H)	94.2 a-d	1.86 i	2.30 h-j
H + GA ₃ 5μM	92.5 a-d	1.89 hi	2.21 j
H + GA ₃ 50μM	95.8 a-c	2.10 e-h	2.48 f-j
H + GA ₃ 500μM	93.3 a-d	2.71 a	3.18 a
H + BA 5μM	96.7 ab	1.91 hi	2.21 j
H + BA 50μM	93.3 a-d	1.93 g-i	2.29 h-j
H + BA 500μM	95.8 a-c	1.85 i	2.24 ij
KNO ₃ 50mM(P1)	97.5 a	1.92 hi	2.29 h-j
P1 + GA ₃ 5μM	96.7 ab	2.01 f-i	2.42 f-j
P1 + GA ₃ 50μM	96.7 ab	2.17 d-f	2.57 e-g
P1 + GA ₃ 500μM	91.7 b-d	2.61 ab	2.96 a-c
P1 + BA 5μM	95.8 a-c	2.37 cd	2.83 c-e
P1 + BA 50μM	92.5 a-d	2.03 f-i	2.47 f-j
P1 + BA 500μM	97.5 a	2.23 d-f	2.53 f-h
KH ₂ PO ₄ 50mM(P2)	94.2 a-d	1.89 hi	2.32 g-j
P2 + GA ₃ 5μM	94.2 a-d	1.92 hi	2.43 f-i
P2 + GA ₃ 50μM	90.0 d	2.29 c-e	2.68 d-f
P2 + GA ₃ 500μM	92.5 a-d	2.44 bc	2.87 b-d
P2 + BA 5μM	95.0 a-d	2.16 d-g	2.49 f-i
P2 + BA 50μM	93.3 a-d	2.18 d-f	2.51 f-i
P2 + BA 500μM	97.5 a	2.11 e-h	2.43 f-j
Nonprimed	90.8 cd	2.70 a	3.12 ab

Seeds were dark-treated at 20 °C for 12 hours and dark-germinated at 25 °C. Means in columns were separated by DMRT at P= 0.05.

Table 2.4.3. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T₅₀ and MHG of Chinese cabbage seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)
KNO ₃ 50mM (P)	98 a	16.8 b	22.7 bc	90 c-f	7.8 a	13.2 a
GA ₃ 0μM	98 a	17.2 b	22.8 bc	97 ab	7.4 abc	11.1 abc
GA ₃ 5μM	99 a	17.4 b	24.0 bc	94 a-d	7.8 a	11.2 abc
GA ₃ 50μM	98 a	16.8 b	22.8 bc	100 a	7.7 ab	10.7 abc
GA ₃ 500μM	97 a	13.8 cd	18.6 e	96 ab	6.3 cde	9.4 c
P + GA ₃ 5μM	97 a	16.6 b	22.4 bc	92 b-f	7.7 ab	13.0 ab
P + GA ₃ 50μM	98 a	14.4 c	19.6 de	97 ab	6.6 b-e	11.1 abc
P + GA ₃ 500μM	98 a	12.6 d	18.5 e	96 ab	6.0 de	10.3 bc
BA 5μM	99 a	16.2 b	21.8 cd	95 abc	7.0 a-d	10.9 abc
BA 50μM	96 a	16.6 b	22.8 bc	97 ab	5.8 e	10.0 c
BA 500μM	98 a	16.8 b	23.9 bc	93 b-e	5.6 e	9.6 c
P + BA 5μM	97 a	16.9 b	22.6 bc	86 f	7.3 abc	11.4 abc
P + BA 50μM	98 a	17.5 b	24.9 b	89 def	6.7 a-e	10.6 abc
P + BA 500μM	96 a	19.7 a	28.9 a	88 ef	7.0 a-d	11.4 abc

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in 50mM KNO₃ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 5 days.

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

Table 2.4.4. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T₅₀ and MDG of lettuce seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
KH ₂ PO ₄ 200mM (P)	83 b-e	1.2 i	2.2 gh	9 de	1.1 a	2.2 a
GA ₃ 0μM	63 ij	2.1 de	2.7 ef	10 de	0.3 a	0.6 a
GA ₃ 5μM	74 e-h	1.8 ef	2.1 h	23 bc	0.3 a	0.6 a
GA ₃ 50μM	77 c-g	1.7 e-h	2.3 fgh	22 bc	0.3 a	0.6 a
GA ₃ 500μM	88 ab	1.5 ghi	2.1 h	30 ab	0.3 a	0.6 a
P + GA ₃ 5μM	85 a-d	1.4 hi	2.2 gh	6 e	2.1 a	2.8 a
P + GA ₃ 50μM	71 ghi	1.7 e-h	2.4 fgh	-	-	-
P + GA ₃ 500μM	65 hij	1.8 ef	2.4 fgh	-	-	-
BA 5μM	68 g-j	2.6 c	3.1 de	8 e	1.7 a	1.9 a
BA 50μM	72 gh	2.6 c	3.2 d	-	-	-
BA 500μM	62 j	7.9 a	8.4 a	-	-	-
P + BA 5μM	93 a	1.4 hi	2.1 h	38 a	0.9 a	1.1 a
P + BA 50μM	74 e-h	1.4 hi	2.1 h	19 cd	0.6 a	0.9 a
P + BA 500μM	70 ghi	6.9 b	7.6 b	-	-	-

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄ (P1) or 50mM K₃PO₄ (P2) at 20°C for 2 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 20 days. Treatment lacking percent germination, T₅₀ and MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

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

Table 2.4.5. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T₅₀ and MHG of radish seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)
PEG 8000 -0.5MPa (P)	96 abc	18.4 c	28.3 c-f	86 a	7.9 ef	15.7 de
GA ₃ 0μM	91 c	13.3 e	24.7 fg	88 a	5.7 f	16.3 de
GA ₃ 5μM	94 abc	15.5 d	26.9 d-g	87 a	5.8 f	14.5 e
GA ₃ 50μM	97 a	14.5 de	24.2 g	87 a	6.1 f	13.8 e
GA ₃ 500μM	97 a	16.0 d	26.4 efg	88 a	5.9 f	14.5 e
P + GA ₃ 5μM	94 abc	19.5 bc	30.2 bcd	89 a	8.6 de	15.9 de
P + GA ₃ 50μM	95 abc	19.0 bc	28.2 c-f	89 a	10.5 cd	18.8 cd
P + GA ₃ 500μM	94 abc	19.8 bc	29.9 b-e	91 a	11.8 bc	19.4 cd
BA 5μM	91 c	18.5 bc	30.2 bcd	73 bc	9.4 cde	16.8 de
BA 50μM	97 a	18.2 c	31.0 bc	71 bc	8.5 de	17.0 de
BA 500μM	91 c	15.9 d	24.4 g	73 bc	8.9 de	21.8 bc
P + BA 5μM	93 abc	20.1 b	33.3 ab	69 c	15.3 a	26.1 a
P + BA 50μM	92 abc	21.7 a	35.7 a	73 bc	13.4 ab	23.8 ab
P + BA 500μM	93 abc	22.1 a	35.4 a	77 b	13.1 ab	24.2 ab

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 5 days.

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

Table 2.4.6. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T₅₀ and MDG of carrot seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
PEG 8000 -0.5MPa (P)	85 ab	3.4 def	3.9 def	79 a	3.2 abc	3.6 cde
GA ₃ 0μM	82 b	3.7 bcd	4.4 bcd	80 a	3.6 abc	4.2 cde
GA ₃ 5μM	89 ab	3.9 bc	4.6 bc	53 cd	4.7 abc	5.1 a-d
GA ₃ 50μM	82 b	4.0 b	4.8 b	56 cd	4.1 abc	4.8 b-e
GA ₃ 500μM	89 ab	4.0 b	4.5 bc	44 d	3.4 abc	4.1 cde
P + GA ₃ 5μM	92 a	3.3 ef	3.8 ef	76 ab	2.9 abc	3.6 cde
P + GA ₃ 50μM	89 ab	3.2 f	3.6 f	66 bc	2.2 c	3.2 e
P + GA ₃ 500μM	88 ab	3.1 f	3.6 f	60 c	2.5 bc	3.4 de
BA 5μM	86 ab	3.6 cde	4.2 cde	59 c	4.4 abc	5.3 abc
BA 50μM	81 b	3.8 bcd	4.3 cde	31 e	6.2 a	6.6 a
BA 500μM	29 c	5.7 a	7.2 a	-	-	-
P + BA 5μM	85 ab	3.9 bc	4.3 cde	61 c	6.1 ab	6.5 ab
P + BA 50μM	86 ab	3.8 bcd	4.4 bcd	58 c	5.7 abc	6.2 ab
P + BA 500μM	87 ab	4.0 b	4.4 bcd	53 cd	6.4 a	6.6 a

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 14 days. Treatment lacking percent germination, T₅₀ and MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

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

Table 2.4.7. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T₅₀ and MDG of Welsh onion seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Ca(NO ₃) ₂ 100mM (P)	96 ab	2.9 bcd	3.7 ab	79 ab	2.6 ab	3.4 ab
GA ₃ 0μM	91 bcd	3.0 bc	3.8 a	72 abc	2.9 a	3.5 a
GA ₃ 5μM	90 bcd	3.0 bc	3.8 a	77 ab	2.3 bc	3.1 abc
GA ₃ 50μM	88 cd	2.8 bcd	3.5 ab	70 bc	2.7 ab	3.3 ab
GA ₃ 500μM	94 abc	2.8 bcd	3.6 ab	73 abc	2.6 ab	3.2 ab
P + GA ₃ 5μM	95 abc	2.6 de	2.9 c	78 ab	2.6 ab	3.2 ab
P + GA ₃ 50μM	95 abc	2.9 bcd	3.4 abc	81 a	2.4 bc	3.2 ab
P + GA ₃ 500μM	97 ab	2.7 cd	3.1 bc	82 a	1.9 c	2.5 cd
BA 5μM	88 cd	2.9 bcd	3.4 abc	82 a	1.4 d	2.8 bc
BA 50μM	91 bcd	3.1 b	3.6 ab	77 ab	2.0 c	3.0 abc
BA 500μM	86 d	2.4 e	2.9 c	66 c	0.5 e	1.8 e
P + BA 5μM	92 a-d	2.8 bcd	3.2 bc	82 a	2.3 bc	3.2 ab
P + BA 50μM	99 a	3.0 b	3.1 bc	82 a	0.9 e	2.1 de
P + BA 500μM	95 abc	3.3 a	3.8 a	46 d	0.9 e	3.2 ab

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 15 days.

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

Table 2.4.8. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T₅₀ and MDG of onion seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
KH ₂ PO ₄ 200mM (P)	79 a	3.2 cde	4.0 cd	40 abc	0.9 a-d	1.8 a-d
GA ₃ 0μM	75 ab	3.8 ab	4.6 ab	22 e	1.4 a	2.1 ab
GA ₃ 5μM	68 bc	3.8 ab	4.4 abc	35 a-d	1.3 ab	2.6 a
GA ₃ 50μM	73 abc	4.0 a	4.7 ab	29 cde	1.1 ab	2.4 a
GA ₃ 500μM	73 abc	3.8 ab	4.4 abc	29 cde	1.4 a	1.9 abc
P + GA ₃ 5 μM	73 abc	3.1 de	3.8 de	45 a	1.1 ab	2.1 ab
P + GA ₃ 50 μM	72 abc	3.3 bcd	4.3 bcd	44 a	0.8 b-d	2.1 ab
P + GA ₃ 500 μM	78 a	2.9 de	3.7 de	45 a	0.9 a-d	2.0 abc
BA 5 μM	79 a	3.7 ab	4.5 abc	28 de	0.9 a-d	2.1 ab
BA 50 μM	76 ab	3.1 de	3.8 de	32 b-e	0.8 b-d	2.1 ab
BA 500 μM	76 ab	4.0 a	4.9 a	26 de	0.4 d	1.0 d
P + BA 5 μM	71 abc	3.6 abc	4.2 bcd	40 abc	0.6 cd	1.3 cd
P + BA 50 μM	78 a	2.8 e	3.4 e	42 ab	0.5 d	1.4 bcd
P + BA 500 μM	65 c	3.8 ab	4.6 ab	35 a-d	0.4 d	1.4 bcd

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄ at 10°C for 4 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 15 days.

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

Table 2.4.9. Effect of growth regulators added to the priming solution on percent germination, T_{50} and MDG of salvia seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
PEG 8000 -0.5MPa (P)	78 a	2.3 c	3.2 b	42 a	0.9 d	2.0 c
GA ₃ 0μM	70 a	3.0 a	4.3 a	18 c	2.1 cd	3.7 b
GA ₃ 5μM	-	-	-	-	-	-
GA ₃ 50μM	-	-	-	-	-	-
GA ₃ 500μM	-	-	-	-	-	-
P + GA ₃ 5μM	79 a	2.4 c	3.2 b	35 ab	1.0 d	2.0 c
P + GA ₃ 50μM	79 a	2.2 c	3.2 b	25 bc	0.9 d	1.6 c
P + GA ₃ 500μM	80 a	2.5 bc	3.5 b	23 c	1.0 d	1.7 c
BA 5μM	-	-	-	-	-	-
BA 50μM	-	-	-	-	-	-
BA 500μM	-	-	-	-	-	-
P + BA 5μM	83 a	2.9 a	3.8 a	24 bc	3.7 a	5.0 a
P + BA 50μM	79 a	3.1 a	4.0 a	28 bc	3.1 b	4.6 ab
P + BA 500μM	79 a	2.9 a	4.0 a	29 bc	2.5 c	3.7 b

Various regulators at 0, 5, 50 and 500μM were added while the seeds were dark-primed in -0.5MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 15 days. Treatment lacking percent germination, T_{50} and MDG values were those in which seeds germinated during the seed treatment. Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

제 5 절 Priming후 저온 및 고온발아성 효과

1. 서 언

대부분의 종자들은 발아적온에서는 정상적인 발아 및 유묘출현을 통하여 생장 및 생육이 원활히 이루어지나 우리나라는 계절적 한계가 뚜렷하여 연중파종에 어려움이 있다. 최근에는 채소작물의 생산이 계절적에서 연중으로 전환되었으며, 이로 인하여 불량환경 조건에서 종자를 파종해야 하는 경우가 많다. 이럴때 저온발아성 종자는 고온에서(Atherton과 Farooque, 1983; Carpenter와 Boucher, 1991; Parera와 Cantliffe, 1992), 고온발아성 종자는 저온에서(Knypl과 Khan, 1981; Murray, 1990; Nerson과 Govers, 1986; Szafirowska등, 1981)도 발아율이 유지될 수 있다면 생산성 향상에 많은 잇점이 있을 것으로 생각된다. Heydecker(1974)는 여러 온도에서 채소종자의 발아율 향상을 위한 종자처리 방법에 관하여 언급하였으며, Bussell과 Gray(1976)와 Rumpel과 Szudyga(1978)도 염류처리나 삼투처리를 통하여 재배적온 보다는 저온하에서 발아율 향상, 그리고 불량환경 조건인 저온습지(Khan등, 1983; Murray등, 1993) 및 건조지와 한냉지(Liptay와 Tan, 1985; Rao등, 1987) 에서도 효과적 이라고 하였다.

따라서 각 작물별로 가장 좋은 조건에서 priming시킨 종자를 온도조건만 달리하여 발아시킴으로써 priming이 불리한 조건에서도 종자가 잘 발아할 수 있는 능력을 부여 하는 효과가 있는지를 검정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

Priming후 발아온도에 따른 효과를 검정하고자 10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃ 및 35℃ 암상태의 항온기내에서 실시하였다. 이때 작물별 priming 조건은 고추는 K_3PO_4 100mM (20℃에서 5일간 처리), 토마토는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM (20℃에서 4일간 처리) 및 KNO_3 150mM (20℃에서 4일간 처리), 상추는 KH_2PO_4 200mM (20℃에서 2일간 처리) 및 K_3PO_4 50mM (20℃에서 2일간 처리), 배추는 KNO_3 50mM (20℃에서 12시간 처리), 양파는 KH_2PO_4 200mM (10℃에서 4일간 처리), 파는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM (10℃에서 5일간 처리), 박은 KNO_3 50mM (20℃에서 12시간 처리) 및 KH_2PO_4 50mM (20℃에서 12시간 처리), 무는 PEG 8000 -0.50MPa (20℃에서 12시간 처리), 당근은 PEG 8000 -0.50MPa (20℃에서 3일간 처리), 셀비야는 PEG 8000 -0.50MPa (20℃에서 4일간 처리) 이었다.

Priming 처리시 발아소요일수 단축에 효과적인 약제와 발아율 향상에 효과적인 약

제가 있다. 이럴 경우 두 약제를 혼용처리 한다면 발아율도 향상시키고 발아소요일수도 단축시킬 수 있을 것으로 판단되어 고추는 K_3PO_4 100mM + $Ca(NO_3)_2$ 100mM, 토마토는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM + KNO_3 150mM, 상추는 KH_2PO_4 200mM + K_3PO_4 50mM, 배추는 KNO_3 50mM + PEG 8000 -0.50MPa, 양파는 KH_2PO_4 200mM + $Ca(NO_3)_2$ 100mM, 파는 $Ca(NO_3)_2$ 100mM + KH_2PO_4 100mM, 박은 KNO_3 50mM + KH_2PO_4 50mM, 무는 PEG 8000 -0.50MPa + KH_2PO_4 50mM, 당근은 PEG 8000 -0.50MPa + K_3PO_4 100mM, 셀비아는 PEG 8000 -0.50MPa + KH_2PO_4 50mM을 혼용처리하였다. 이때 처리온도와 처리기간은 양파는 10℃에서 4일, 파는 10℃에서 5일, 배추, 무 및 박은 20℃에서 12시간, 상추는 20℃에서 2일, 당근은 20℃에서 3일, 토마토와 셀비아는 20℃에서 4일, 고추는 20℃에서 5일 이었으며, 처리후 10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃ 및 35℃ 암상태의 항온기내에서 발아시켰다.

3. 결과 및 고찰

모든 발아온도에서 priming 종자가 무처리종자에 비하여 T_{50} 및 평균발아소요일수 단축에 효과적이었으며, 특히 저온성 작물인 배추, 무, 상추, 양파, 당근, 파는 고온에서, 고온성 작물인 고추, 토마토, 박 및 셀비아는 저온에서 발아율 향상, T_{50} 및 평균 발아소요일수가 단축되어 종자처리의 효과가 나타났다. Priming 종자는 무처리종자에 비하여 T_{50} 및 평균발아소요일수가 발아온도 15℃에서 고추(표 2.5.1)는 12.0일 및 12.1일, 토마토(표 2.5.2)는 4.0일 및 4.0일, 20℃에서 박(표 2.5.3)은 0.9일 및 0.9일, 35℃에서 배추(표 2.5.4)는 10.0시간 및 13.0시간, 30℃에서 상추(표 2.5.5)는 4.8일 및 3.8일, 35℃에서 무(표 2.5.6)는 11.0시간 및 12.0시간, 당근(표 2.5.7)은 1.6일과 1.3일, 30℃에서 파(표 2.5.8)는 1.0일 및 1.4일, 양파(표 2.5.9)는 1.3일 및 2.0일, 10℃에서 셀비아(표 2.5.10)는 8.0일 및 7.8일 단축되었다. 또한 발아율도 향상되었는데, 발아온도 15℃에서 고추는 큰 차이가 없었으나 토마토는 무처리종자의 57%에 비하여 priming 종자는 72%, 20℃에서 박은 48%에 비하여 90%, 30℃에서 상추는 2%에 비하여 40%, 35℃에서 무는 68%에 비하여 76%, 당근은 64%에 비하여 76%, 30℃에서 파는 80%에 비하여 91%, 양파는 41%에 비하여 64%, 10℃에서 셀비아는 36%에 비하여 70%로 높았다.

Priming 약제 혼용시 발아율과 T_{50} 및 평균발아소요일수의 변화를 보면, 고추(표 2.5.1)는 15℃에서 K_3PO_4 100mM 단용처리시 97%, 1.4일 및 2.1일인 반면에 발아율이 높았던 $Ca(NO_3)_2$ 100mM를 K_3PO_4 100mM에 혼용하여도 발아율은 97%로 같았고, T_{50} 및 평균발아소요일수는 2.9일과 4.5일로 오히려 지연되었으며, 토마토(표 2.5.2), 박(표 2.5.3), 배추(표 2.5.4), 무(표 2.5.6), 당근(표 2.5.7) 및 셀비아(표 2.5.10)에서도 큰 효과

가 없는 것으로 나타났다. 그러나 상추(표 2.5.5)는 KH_2PO_4 200mM에 K_3PO_4 50mM 혼용시, 파(표 2.5.8)는 발아온도 35℃에서 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100mM 단용처리시 각각 81%, 2.1일 및 3.3일인 반면에 KH_2PO_4 100mM을 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100mM에 혼용한 결과, 발아율은 86%, T_{50} 및 평균발아소요일수는 0.4일과 1.1일로 단축되었으며, 양파(표 2.5.9)는 KH_2PO_4 200mM에 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100mM 혼용시 효과적 이었다.

Rivas등(1984)은 고추 'Jalapeno'와 'Tabasco' 두 품종을 priming한 후 10℃에서 발아시킨 결과, Jalapeno의 대조종자는 전혀 발아되지 않았으나 priming 종자는 85%의 높은 발아율을 나타내었으며, Tabasco는 15℃에서 대조종자의 2.5%에 비하여 priming 종자는 95%의 발아되었다고 한다.

Odell과 Cantliffe(1986)은 토마토 'FloraDade'에 K_3PO_4 1.5% + KNO_3 1.0% 처리시 15℃와 35℃에서 파종 14일후 발아율이 90%와 96%로 무처리종자의 31%와 17%에 비하여 높았으며, PEG와 NaNO_3 를 -0.80MPa로 20℃에서 1주일 처리후 10℃에서도 발아율이 향상되었고 발아소요일수 또한 단축되었다고 한다(Pill등, 1991).

鈴木등(1989)은 18℃ 이하의 저온에서 무처리 당근종자는 전혀 유묘출현을 하지 않았으나 priming 종자는 63%의 유묘출현을 낸 반면, 28℃ 이하에서는 무처리종자와 priming종자 모두 80%의 유묘출현을 보여 priming은 저온하에서 더 효과적 이라고 하였다. 그리고 35℃의 고온에서도 74%로 무처리종자의 11%보다 발아율이 높았다고 하였으며, 발아소요일수 역시 단축되었다고 하였다(Cantliffe등, 1987).

Cantliffe등(1981)은 상추종자의 priming후 30℃에서 대조종자는 전혀 발아되지 않았으나 priming 종자는 75%의 발아율을 나타내었으며, 35℃에서도 대조종자는 전혀 발아되지 않았으나 priming 종자는 20시간후 86%의 발아율을 보여 고온발아에 효과적이라고 하였다(Guedes등, 1979; Guedes와 Cantliffe, 1980; Cantliffe등, 1984; Wurr와 Fellows, 1984). 이와같은 원인에 대하여 Cantliffe등(1984)은 상추종자의 priming시 처리기간 동안 세포신장과 세포분열이 일어나며, priming후 35℃의 고온에 파종하면 대조종자는 세포분열이 전혀 일어나지 않았으나 priming 종자는 100% 일어나므로, 고온에서 대조종자는 세포신장과 세포분열이 억제되어 발아가 되지 않지만 priming 종자는 이와 반대로 세포신장과 세포분열이 일어나 발아가 촉진된다고 하였다.

이와같이 priming에 의해 저온성종자는 고온에서, 고온성종자는 저온에서 유묘출현을 향상과 유묘출현소요일수가 단축되므로 저온습지 및 건조지와 한냉지와 같은 불량한 환경조건 에서도 좋은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

Table 2.5.1. Effect of germination temperature on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage (T_{50}) and mean number of days to germination (MDG) of pepper seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
Seed lot A				
15	K ₃ PO ₄ 100mM	97 ab	1.4 e	2.1 e
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	100 a	7.4 c	7.1 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	97 ab	2.9 d	4.5 d
	Water imbibed	98 ab	9.7 b	9.1 b
	Nonprimed	96 b	13.6 a	14.2 a
20	K ₃ PO ₄ 100mM	95 b	0.6 e	1.0 e
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	99 a	3.2 c	3.4 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	95 b	1.7 d	2.4 d
	Water imbibed	97 ab	4.1 b	4.2 b
	Nonprimed	99 a	5.6 a	6.2 a
25	K ₃ PO ₄ 100mM	100 a	0.5 e	0.9 e
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	98 ab	2.3 c	2.5 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 b	1.3 d	2.0 d
	Water imbibed	99 ab	3.2 b	3.4 b
	Nonprimed	98 ab	4.5 a	5.2 a
35	K ₃ PO ₄ 100mM	97 a	0.6 e	1.0 e
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	98 a	2.1 c	2.8 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	96 ab	1.5 d	2.1 d
	Water imbibed	92 b	3.9 b	4.5 b
	Nonprimed	95 ab	4.5 a	5.3 a

Seeds were dark-primed at 20 °C for 5 days and dark-germinated at 15 °C, 20 °C, 25 °C or 35 °C for up to 25 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within germination temperature were separated by DMRT, $P = 0.05$.

Table 2.5.1. Continued.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Seed lot B				
15	K ₃ PO ₄ 100mM	68 b	11.1 d	11.6 d
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	78 a	13.4 c	13.7 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	65 b	15.4 b	15.4 b
	Water imbibed	68 b	16.6 a	16.7 a
	Nonprimed	-	-	-
20	K ₃ PO ₄ 100mM	76 c	4.4 e	5.4 e
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	91 a	5.5 d	6.8 d
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	79 bc	7.4 c	8.9 c
	Water imbibed	90 a	9.3 b	10.2 b
	Nonprimed	81 b	12.5 a	13.2 a
25	K ₃ PO ₄ 100mM	76 b	3.7 c	4.7 c
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	92 a	4.4 c	5.5 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	82 b	6.4 b	7.4 b
	Water imbibed	85 ab	8.9 a	9.6 a
	Nonprimed	93 a	9.8 a	10.5 a
35	K ₃ PO ₄ 100mM	62 b	4.5 c	5.4 d
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	78 a	5.8 c	7.3 c
	K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	53 bc	8.2 b	9.2 b
	Water imbibed	52 bc	10.4 a	11.3 a
	Nonprimed	47 c	10.6 a	11.5 a

Seeds were dark-primed at 20 °C for 5 days and dark-germinated at 15 °C, 20 °C, 25 °C or 35 °C for up to 25 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Treatment lacking percent germination, T₅₀, and MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination

Means in columns within germination temperature were separated by DMRT, P = 0.05.

Table 2.5.2. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MDG of tomato seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
15	KNO ₃ 150mM	72 a	5.6 c	6.3 c
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	70 a	5.1 c	5.9 c
	KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	71 a	5.4 c	6.4 c
	Water imbibed	57 b	7.5 b	8.3 b
	Nonprimed	57 b	9.4 a	10.1 a
20	KNO ₃ 150mM	73 b	2.4 c	3.0 c
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	76 b	2.6 c	3.1 c
	KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	78 ab	2.6 c	3.1 c
	Water imbibed	83 a	3.2 b	4.2 b
	Nonprimed	78 ab	3.9 a	5.0 a
25	KNO ₃ 150mM	73 a	1.9 c	2.4 c
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	75 a	1.7 c	2.2 c
	KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	79 a	1.8 c	2.3 c
	Water imbibed	78 a	2.5 b	3.1 b
	Nonprimed	76 a	2.9 a	3.8 a
30	KNO ₃ 150mM	51 ab	3.4 bc	4.2 bc
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	60 a	2.7 c	3.3 c
	KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	59 a	4.2 ab	4.7 ab
	Water imbibed	48 b	4.7 a	5.4 a
	Nonprimed	55 ab	4.5 ab	5.5 a
35	KNO ₃ 150mM	21 a	4.0 a	3.5 b
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	32 a	1.9 a	3.6 b
	KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	31 a	1.8 a	3.3 b
	Water imbibed	14 a	2.5 a	3.4 b
	Nonprimed	20 a	4.9 a	5.6 a

Seeds were dark-primed at 20°C for 4 days and dark-germinated at 15°C, 20°C, 25°C, 30°C or 35°C for up to 14 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within germination temperature were separated by DMRT, P = 0.05.

Table 2.5.3. Effect of germination temperatures after hydropriming and priming on percent germination, T₅₀ and MDG of gourd seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
20	Hydropriming	85.8 b	2.61 bcd	2.89 cd
	Priming	90.0 ab	2.88 bc	3.19 bc
	Control	47.5 c	3.71 a	4.14 a
25	Hydropriming	95.0 a	1.68 e	2.02 e
	Priming	95.0 a	1.79 e	2.14 e
	Control	93.3 ab	2.48 cd	2.82 cd
30	Hydropriming	90.8 ab	2.27 d	2.65 d
	Priming	87.5 ab	2.26 d	2.66 d
	Control	86.7 ab	3.07 b	3.59 b
Significance				
Germination temp. (A)		***	***	***
Seed treatment (B)		***	***	***
A × B		***	NS	NS

Seeds were dark-primed with 50mM KH₂PO₄ and hydroprimed at 20°C for 12 hours and germinated at 25°C in darkness. Control seeds were those taken fresh from the seed package but germinated at the temperatures indicated.

Means in columns were separated by DMRT at P= 0.05.

*NS. *** Nonsignificant or significant at P= 0.001, respectively*

Table 2.5.4. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MHG of Chinese cabbage seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)
10	KNO ₃ 50mM	99 a	19.1 b	26.1 b
	KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.5MPa	96 a	19.8 b	27.3 b
	Water imbibed	98 a	18.2 b	25.1 b
	Nonprimed	99 a	58.6 a	69.0 a
15	KNO ₃ 50mM	99 a	9.4 c	15.1 c
	KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.5MPa	98 a	18.1 b	24.2 b
	Water imbibed	98 a	8.6 c	15.4 c
	Nonprimed	98 a	33.0 a	41.6 a
20	KNO ₃ 50mM	98 a	5.6 c	9.9 c
	KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.5MPa	98 a	11.0 b	16.7 b
	Water imbibed	99 a	5.2 c	8.2 c
	Nonprimed	96 a	19.4 a	29.0 a
25	KNO ₃ 50mM	98 a	4.4 c	6.8 c
	KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.5MPa	98 a	8.6 b	12.5 b
	Water imbibed	99 a	3.6 c	6.1 c
	Nonprimed	98 a	15.8 a	21.7 a
30	KNO ₃ 50mM	97 a	3.5 c	6.1 c
	KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.5MPa	97 a	7.1 b	10.0 b
	Water imbibed	97 a	3.1 c	6.3 c
	Nonprimed	99 a	11.2 a	17.2 a
35	KNO ₃ 50mM	96 a	4.2 c	6.9 c
	KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.5MPa	96 a	7.7 b	11.5 b
	Water imbibed	97 a	3.5 c	6.3 c
	Nonprimed	98 a	14.1 a	19.5 a

Seeds were dark-primed at 20 °C for 12 hours and dark-germinated at 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C or 35 °C for up to 5 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns each within germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.5.5. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MDG of lettuce seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
10	KH ₂ PO ₄ 200mM	91 a	2.8 c	3.6 c
	K ₃ PO ₄ 50mM	90 a	3.1 b	4.1 b
	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	78 b	1.9 d	2.4 d
	Water imbibed	89 a	3.1 b	4.2 b
	Nonprimed	71 c	5.6 a	6.6 a
15	KH ₂ PO ₄ 200mM	94 a	1.9 bc	2.7 cd
	K ₃ PO ₄ 50mM	94 a	2.0 b	3.0 bc
	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	85 b	1.6 c	2.2 d
	Water imbibed	93 a	2.2 b	2.8 c
	Nonprimed	83 b	3.1 a	4.3 a
20	KH ₂ PO ₄ 200mM	87 b	1.2 b	1.9 b
	K ₃ PO ₄ 50mM	99 a	1.3 b	1.9 b
	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	92 ab	1.0 b	1.6 b
	Water imbibed	90 ab	1.4 b	2.0 b
	Nonprimed	71 c	2.2 a	3.0 a
25	KH ₂ PO ₄ 200mM	90 a	1.0 c	1.6 c
	K ₃ PO ₄ 50mM	96 a	1.2 b	1.9 b
	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	94 a	0.9 c	1.5 c
	Water imbibed	87 ab	1.4 b	1.9 b
	Nonprimed	79 b	1.7 a	2.4 a
30	KH ₂ PO ₄ 200mM	26 b	1.0 b	2.6 bc
	K ₃ PO ₄ 50mM	40 a	1.4 b	4.5 ab
	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	44 a	0.6 b	1.0 c
	Water imbibed	11 c	1.2 b	2.6 bc
	Nonprimed	2 c	5.8 a	6.5 a
35	KH ₂ PO ₄ 200mM	8 b	1.6 b	3.8 b
	K ₃ PO ₄ 50mM	21 a	5.9 b	7.3 b
	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	9 b	0.8 b	1.6 b
	Water imbibed	1 b	5.7 b	6.0 b
	Nonprimed	1 b	15.0 a	15.0 a

Seeds were dark-primed at 20 °C for 2 days and dark-germinated at 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C or 35 °C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.5.6. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MHG of radish seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)
10	PEG 8000 -0.5MPa	84 b	36.8 b	46.3 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	89 a	21.4 c	31.1 c
	Water imbibed	86 ab	22.2 c	31.4 c
	Nonprimed	82 b	56.6 a	66.2 a
15	PEG 8000 -0.5MPa	95 a	20.9 b	32.9 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	89 ab	19.7 b	30.0 b
	Water imbibed	89 ab	13.4 c	23.6 c
	Nonprimed	83 b	32.4 a	42.0 a
20	PEG 8000 -0.5MPa	93 a	13.2 b	22.1 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	94 a	13.0 b	23.6 b
	Water imbibed	90 ab	6.5 c	14.4 c
	Nonprimed	87 b	21.0 a	31.8 a
25	PEG 8000 -0.5MPa	88 a	10.4 b	19.0 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	91 a	10.0 b	18.1 b
	Water imbibed	89 a	5.8 c	14.1 c
	Nonprimed	86 a	19.4 a	29.0 a
30	PEG 8000 -0.5MPa	86 a	8.4 b	14.9 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	83 a	7.7 b	13.3 b
	Water imbibed	85 a	4.7 c	10.5 c
	Nonprimed	87 a	18.4 a	27.1 a
35	PEG 8000 -0.5MPa	76 ab	9.1 b	16.4 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	75 ab	9.2 b	15.7 b
	Water imbibed	82 a	4.8 c	8.6 c
	Nonprimed	68 b	20.6 a	28.8 a

Seeds were dark-primed at 20 °C for 12 hours and dark-germinated at 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C or 35 °C for up to 5 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.5.7. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MDG of carrot seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
10	PEG 8000 -0.5MPa	82 a	3.8 d	4.5 d
	PEG 8000 -0.5MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	78 a	7.4 b	7.9 b
	Water imbibed	85 a	6.7 c	7.4 c
	Nonprimed	65 b	8.1 a	8.5 a
15	PEG 8000 -0.5MPa	87 a	3.5 c	4.2 c
	PEG 8000 -0.5MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	79 b	3.8 b	4.6 b
	Water imbibed	82 b	3.3 c	4.0 c
	Nonprimed	88 a	4.6 a	5.3 a
20	PEG 8000 -0.5MPa	85 ab	2.0 b	2.3 c
	PEG 8000 -0.5MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	79 b	2.1 b	2.7 b
	Water imbibed	86 a	2.0 b	2.4 c
	Nonprimed	88 a	3.1 a	3.7 a
25	PEG 8000 -0.5MPa	86 a	1.8 b	2.3 b
	PEG 8000 -0.5MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	72 b	1.8 b	2.2 b
	Water imbibed	89 a	1.9 b	2.3 b
	Nonprimed	86 a	2.7 a	3.2 a
30	PEG 8000 -0.5MPa	81 ab	1.9 b	2.4 b
	PEG 8000 -0.5MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	76 b	1.9 b	2.5 b
	Water imbibed	81 ab	1.8 b	2.2 b
	Nonprimed	85 a	3.3 a	3.9 a
35	PEG 8000 -0.5MPa	76 a	2.9 b	4.0 b
	PEG 8000 -0.5MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	66 b	4.7 a	5.4 a
	Water imbibed	80 a	2.8 b	3.6 b
	Nonprimed	64 b	4.4 a	5.4 a

Seeds were dark-primed at 20 °C for 3 days and dark-germinated at 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C or 35 °C for up to 14 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.5.8. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MDG of Welsh onion seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
10	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	93 a	3.9 c	4.8 c
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM + KH ₂ PO ₄ 100mM	87 ab	1.5 d	1.9 d
	Water imbibed	92 a	4.2 b	5.2 b
	Nonprimed	83 b	7.2 a	7.8 a
15	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	95 a	2.1 b	2.8 c
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM + KH ₂ PO ₄ 100mM	91 ab	1.2 c	1.9 d
	Water imbibed	89 b	2.3 b	3.1 b
	Nonprimed	88 b	4.3 a	5.4 a
20	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	95 a	1.3 b	1.9 b
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM + KH ₂ PO ₄ 100mM	94 ab	0.5 c	1.2 c
	Water imbibed	91 b	1.4 b	2.3 b
	Nonprimed	87 c	3.4 a	4.3 a
25	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	94 a	1.1 b	1.9 b
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM + KH ₂ PO ₄ 100mM	95 a	0.4 c	1.0 c
	Water imbibed	89 b	1.3 b	2.1 b
	Nonprimed	89 b	2.7 a	3.6 a
30	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	91 a	1.5 b	2.4 b
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM + KH ₂ PO ₄ 100mM	87 a	0.4 c	1.3 c
	Water imbibed	74 b	1.5 b	2.6 b
	Nonprimed	80 b	2.4 a	3.9 a
35	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	86 a	2.1 b	3.3 b
	Ca(NO ₃) ₂ 100mM + KH ₂ PO ₄ 100mM	81 a	0.4 c	1.1 c
	Water imbibed	59 b	2.5 b	3.7 b
	Nonprimed	60 b	4.3 a	5.2 a

Seeds were dark-primed at 10°C for 4 days and dark-germinated at 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C or 35°C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.5.9. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MDG of onion seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
10	KH ₂ PO ₄ 200mM	80 a	4.9 c	5.4 c
	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	74 a	2.4 d	3.0 d
	Water imbibed	75 a	5.7 b	6.2 b
	Nonprimed	61 b	7.4 a	7.7 a
15	KH ₂ PO ₄ 200mM	81 ab	2.8 c	3.5 c
	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	83 a	2.5 c	3.2 c
	Water imbibed	74 b	4.1 b	5.0 b
	Nonprimed	81 ab	5.5 a	6.4 a
20	KH ₂ PO ₄ 200mM	81 a	2.0 c	2.6 c
	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	82 a	1.4 d	2.0 d
	Water imbibed	77 ab	2.7 b	3.5 b
	Nonprimed	72 b	4.1 a	5.2 a
25	KH ₂ PO ₄ 200mM	76 a	1.4 c	2.1 c
	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	77 a	1.1 c	1.7 c
	Water imbibed	67 b	2.2 b	3.0 b
	Nonprimed	77 a	3.0 a	4.0 a
30	KH ₂ PO ₄ 200mM	64 a	1.1 c	2.0 b
	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	64 a	0.8 c	1.7 b
	Water imbibed	43 b	1.7 b	3.5 a
	Nonprimed	41 b	2.4 a	4.0 a
35	KH ₂ PO ₄ 200mM	59 a	0.9 bc	2.1 a
	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	53 a	0.5 c	1.2 b
	Water imbibed	30 b	1.2 ab	2.3 a
	Nonprimed	26 b	1.5 a	2.6 a

Seeds were dark-primed at 10 °C for 5 days and dark-germinated at 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C or 35 °C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

Table 2.5.10. Effect of germination temperature on percent germination, T₅₀ and MDG of salvia seeds.

Germ. temp. (°C)	Seed treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
10	PEG 8000 -0.5MPa	70 a	4.4 b	5.0 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	71 a	3.5 c	4.1 c
	Water imbibed	52 b	3.6 c	4.7 b
	Nonprimed	36 c	12.7 a	12.8 a
15	PEG 8000 -0.5MPa	80 a	2.4 d	3.5 c
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	78 a	3.5 b	4.2 b
	Water imbibed	69 b	2.9 c	4.5 b
	Nonprimed	79 a	6.3 a	7.2 a
20	PEG 8000 -0.5MPa	82 a	1.4 c	2.2 c
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	74 ab	1.6 bc	2.3 c
	Water imbibed	71 b	1.9 b	3.3 b
	Nonprimed	84 a	3.9 a	4.8 a
25	PEG 8000 -0.5MPa	79 a	0.9 c	1.5 d
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	70 a	1.3 bc	1.8 c
	Water imbibed	69 a	1.6 b	2.6 b
	Nonprimed	81 a	2.8 a	3.6 a
30	PEG 8000 -0.5MPa	58 a	0.8 c	1.5 c
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	35 b	1.4 b	2.8 b
	Water imbibed	27 b	1.4 b	2.4 b
	Nonprimed	58 a	2.9 a	3.7 a
35	PEG 8000 -0.5MPa	53 a	1.4 c	2.8 b
	PEG 8000 -0.5MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	19 c	3.7 b	4.5 b
	Water imbibed	14 c	2.0 bc	3.8 b
	Nonprimed	38 b	7.7 a	8.7 a

Seeds were dark-primed at 20°C for 4 days and dark-germinated at 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C or 35°C for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

Means in columns within each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05.

제 6 절 퇴화처리된 종자의 priming 효과

1. 서 언

종자의 퇴화처리 방법으로는 accelerated aging(Delouche와 Baskin, 1973)과 controlled deterioration(Matthews, 1980,1981; Powell과 Matthews, 1981)으로 구별할 수 있는데, 채소작물에서는 30~45℃의 온도조건과 75~100%의 상대습도조건에서 종자를 퇴화시키는 accelerated aging보다는 종자의 수분함량을 20~30%로 조절한 후 45~48℃의 온도조건에서 퇴화시키는 controlled deterioration이 좋다고 한다. 이러한 퇴화처리는 종자세 측정을 위한 수단으로 많이 이용되어져 왔으나 퇴화처리된 종자의 활력향상을 위한 연구에는 이용된 경우가 드물다.

따라서 여기서는 작물의 종자를 퇴화시켜 priming 함으로써, priming 처리로 발아세가 낮은 종자의 활력을 회복시킬 수 있는 가능성을 타진하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

종자 priming이 퇴화된 종자의 활력을 어느 정도 회복시킬 수 있는지 검토하고자 인위적으로 퇴화처리된 종자를 작물별 priming 조건에 따라 처리하였다. 종자의 퇴화처리는 9cm petridish에 흡습지 1매를 간 후, 종자 100립씩 넣고, 멸균증류수 3ml을 주입한 후 2시간 동안 20℃ 암상태의 항온기내에 두었다. 그 후 petridish에서 종자를 꺼집어 내어 종자표면의 수분을 흡습지로 제거하고 완전히 밀봉하여 48℃ 암상태의 항온기내에 1일, 4일 및 7일간 둔 후 꺼집어 내어 실온에 2일간 방치한 뒤 실험재료로 사용하였다. 퇴화처리된 종자의 작물별 priming 조건은 표 2.6.1과 같으며, 15℃ 및 35℃ 암상태의 항온기내에서 발아시켰다.

3. 결과 및 고찰

퇴화처리 기간이 길어질수록 발아율 감소 및 T_{50} 과 평균발아소요일수가 크게 지연되었으며, 이들 종자를 priming한 결과 고추(표 2.6.2), 무(표 2.6.3), 당근(표 2.6.4), 파(표 2.6.5) 및 양파(표 2.6.6)에서는 발아율 회복 및 T_{50} 과 평균발아소요일수 단축에 효

Table 2.6.1. Priming conditions for test crops.

Crop	Priming chemicals and concentrations	Priming temperature and duration
Pepper	K ₃ PO ₄ 100mM	20°C, 5 days
Tomato	Ca(NO ₃) ₂ 100mM	20°C, 4 days
Gourd	Water, KH ₂ PO ₄ 50mM	20°C, 12 hours
Chinese cabbage	Water, KNO ₃ 50mM	20°C, 12 hours
Lettuce	KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	20°C, 2 days
Radish	Water, PEG 8000 -0.50MPa	20°C, 12 hours
Carrot	PEG 8000 -0.50MPa	20°C, 3 days
Welsh onion	KH ₂ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	10°C, 4 days
Onion	KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	10°C, 5 days
Salvia	PEG 8000 -0.50MPa	20°C, 4 days

과적이었다. 그러나 배추, 상추 및 샐비아 퇴화종자와 퇴화후 priming 종자 모두 발아되지 않아 민감한 반응을 보였다.

근래에 들어 controlled deterioration된 고추(Sundstrom등, 1986), 토마토(Argerich와 bradford, 1989; Argerich등, 1989; Coolbear등, 1984; Francis와 Coolbear, 1987,1988), 당근(Dearman등, 1987), 양파(Dearman등, 1986), 상추(Tarquis와 Bradfords, 1992), 양배추(Burgass와 Powell, 1984) 및 leek(Clark와 James, 1991; Dearman등, 1987)의 작물에서 다시 priming을 하여 초기발아율 및 유묘출현 향상을 위한 연구가 이루어졌다. Woodstock와 Tao(1981)는 퇴화처리된 종자가 침지될 때 배가 장해를 받아 종자의 활력을 잃고 생장속도가 늦어져 발아율이 떨어진다고 하였으며, Tiden과 West(1985)는 퇴화처리된 종자의 침지시 수분흡수 속도를 조절함으로써 빠른 수분흡수로 의한 장해로 발아율이 감소되는 것을 최대한 막을 수 있으며, 이것은 priming 기간동안 종자의 대사작용이 일부 회복되는 것이라 하였다(Dearman등, 1986; Ellis와 butcher, 1988). Clark와 James(1991)는 leek의 퇴화처리된 종자와 무처리종자에 비하여 퇴화처리후 priming 종자는 초기발아율이 높았다고 하였으며, 토마토 종자에서도 T₅₀의 단축효과가 있었다(Coolbear등, 1986). 그러나 퇴화처리된 종자를 priming 함으로써 발아율을 다소 회복시킬 수 있었으나, 퇴화처리된 종자는 priming을 하더라도 이미 축적된 장해로 인하여 발아율의 완전한 회복은 기대할 수 없다. 발아율이 감소되는 것을 최대한 막을 수 있으며, 이것은 priming 기간동안 종자의 대사작용이 일부 회복되는 것이라 하였다(Dearman등, 1986; Ellis와 butcher, 1988).

Table 2.6.2. Priming effect of aged seeds on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage (T_{50}) and mean number of days to germination (MDG) of pepper seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
Aged 0 day (A0)	93 ab	13.7 c	14.3 c	95 ab	4.5 de	5.3 e
1 day (A1)	78 d	17.4 b	18.1 b	96 a	7.2 ab	8.1 ab
4 days (A4)	70 e	17.9 ab	18.8 ab	93 abc	7.7 a	9.1 a
7 days (A7)	63 e	18.6 a	18.9 a	93 abc	7.6 a	8.8 a
A0+primed	96 a	1.0 h	2.0 h	95 ab	0.4 g	0.8 g
A1+primed	92 abc	9.2 fg	10.3 f	97 a	3.2 f	4.0 f
A4+primed	83 d	9.6 f	11.3 e	92 abc	4.1 ef	5.4 e
A7+primed	85 cd	12.6 d	13.2 d	88 c	4.2 ef	5.3 e
A0+water imbibed	96 a	8.5 g	8.1 g	93 abc	5.3 cd	5.8 de
A1+water imbibed	94 a	11.1 e	11.8 e	97 a	4.8 de	5.4 e
A4+water imbibed	85 cd	12.2 d	13.0 d	93 abc	5.3 cd	6.5 cd
A7+water imbibed	83 d	13.1 cd	13.6 cd	91 bc	6.2 bc	7.4 bc

Artificial aged seeds were dark-primed in 100mM K_3PO_4 at 20°C for 5 days, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 15 days. Aging treatment consisted of a 2-hour imbibition at 20°C, blot drying and keeping the seeds in an air-tight bottle at 48°C for varying lengths of time. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 2.6.3. Priming effect of aged seeds on percent germination, T_{50} and MHG of radish seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T_{50} (hours)	MHG (hours)	Germ. (%)	T_{50} (hours)	MHG (hours)
Aged 0 day (A0)	85 b	32.6 g	43.1 f	70 b	20.5 a	28.2 a
1 day (A1)	54 cd	130.6 cd	154.0 bc	15 c	67.3 a	76.4 a
4 days (A4)	50 d	142.0 bc	161.2 b	8 d	75.0 a	77.5 a
7 days (A7)	28 e	187.4 a	201.4 a	-	-	-
A0+primed	97 a	18.3 g	28.9 f	90 a	7.9 a	15.4 a
A1+primed	66 c	96.4 f	120.0 e	14 c	74.0 a	77.3 a
A4+primed	55 cd	102.4 f	126.3 de	9 d	81.0 a	86.8 a
A7+primed	37 e	156.6 b	171.0 b	-	-	-
A0+water imbibed	88 ab	12.7 g	27.0 f	89 a	5.7 a	16.5 a
A1+water imbibed	67 c	107.4 ef	126.6 de	12 c	30.9 a	55.5 a
A4+water imbibed	52 d	114.6 def	139.8 cd	9 d	32.5 a	60.5 a
A7+water imbibed	35 e	125.4 cde	156.2 bc	-	-	-

Artificial aged seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 15 days. Aging treatment consisted of a 2-hour imbibition at 20°C, blot drying and keeping the seeds in an air-tight bottle at 48°C for varying lengths of time. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests. Treatment lacking percent germination, T_{50} and MHG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 2.6.4. Priming effect of aged seeds on percent germination, T₅₀ and MDG of carrot seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Aged 0 day (A0)	80 a	4.7 f	5.5 e	59 b	5.6 bc	6.0 bcd
1 day (A1)	54 b	11.7 d	12.6 c	22 cd	7.6 ab	8.5 abc
4 days (A4)	23 d	14.5 ab	15.0 ab	5 e	8.5 a	9.4 a
7 days (A7)	11 e	16.0 a	15.7 a	-	-	-
A0+primed	85 a	3.5 f	3.9 f	80 a	3.2 c	3.6 d
A1+primed	48 b	8.0 ef	9.5 d	30 c	6.1 ab	6.6 bcd
A4+primed	27 d	13.8 bc	14.0 bc	9 e	7.8 ab	8.2 abc
A7+primed	11 e	12.7 cd	12.9 c	-	-	-
A0+water imbibed	83 a	3.7 f	4.4 ef	80 a	3.6 bc	4.2 cd
A1+water imbibed	38 c	8.0 ef	9.1 d	19 d	6.7 ab	7.2 bcd
A4+water imbibed	24 d	12.4 cd	13.0 c	5 e	7.9 ab	9.1 ab
A7+water imbibed	8 e	11.8 d	12.7 c	-	-	-

Artificial aged seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 20 days. Aging treatment consisted of a 2-hour imbibition at 20°C, blot drying and keeping the seeds in an air-tight bottle at 48°C for varying lengths of time. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests. Treatment lacking percent germination, T₅₀ and MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 2.6.5. Priming effect of aged seeds on percent germination, T₅₀ and MDG of Welsh onion seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Aged 0 day (A0)	87 b	4.3 f	5.4 f	58 c	4.1 bc	4.8 bc
1 day (A1)	67 d	6.8 d	8.3 d	43 e	6.0 a	6.7 a
4 days (A4)	49 e	8.3 c	9.7 c	28 f	6.6 a	7.2 a
7 days (A7)	17 f	15.9 a	15.2 a	5 h	7.3 a	7.3 a
A0+primed	98 a	2.9 g	3.6 g	80 a	2.4 d	3.3 d
A1+primed	84 b	4.4 f	5.3 f	55 cd	3.3 bcd	4.4 bcd
A4+primed	75 c	5.9 de	7.0 e	47 de	4.6 b	5.4 b
A7+primed	45 e	10.3 b	11.7 b	17 g	6.3 a	6.7 a
A0+water imbibed	91 b	3.1 g	3.8 g	69 b	2.8 cd	3.5 d
A1+water imbibed	85 b	4.2 f	5.4 f	57 c	3.2 bcd	4.2 cd
A4+water imbibed	67 d	5.5 e	6.8 e	46 de	4.0 bc	4.9 bc
A7+water imbibed	44 e	10.2 b	11.9 b	9 gh	6.8 a	6.6 a

Artificial aged seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 20 days. Aging treatment consisted of a 2-hour imbibition at 20°C, blot drying and keeping the seeds in an air-tight bottle at 48°C for varying lengths of time. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 2.6.6. Priming effect of aged seeds on percent germination, T₅₀ and MDG of onion seeds.

Seed treatment	15°C			35°C		
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Aged 0 day (A0)	82 a	5.5 def	6.4 ef	28 b	1.6 bc	2.7 b
1 day (A1)	26 bc	7.6 bcd	9.5 bcd	5 c	1.2 c	2.2 b
4 days (A4)	9 d	11.6 a	11.9 a	-	-	-
7 days (A7)	10 d	10.2 ab	11.6 ab	-	-	-
A0+primed	81 a	3.2 f	4.2 g	46 a	1.0 c	2.5 b
A1+primed	22 c	5.9 c-f	7.4 de	9 c	2.4 b	3.4 b
A4+primed	12 d	8.7 abc	10.0 abc	-	-	-
A7+primed	11 d	6.6 cde	7.5 de	-	-	-
A0+water imbibed	76 a	3.9 ef	4.8 fg	23 b	1.4 bc	2.1 b
A1+water imbibed	32 b	6.3 c-f	7.9 cde	6 c	12.3 a	4.8 a
A4+water imbibed	8 d	10.2 ab	10.7 ab	-	-	-
A7+water imbibed	8 d	10.5 ab	10.9 ab	-	-	-

Artificial aged seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄ at 10°C for 4 days, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 20 days. Aging treatment consisted of a 2-hour imbibition at 20°C, blot drying and keeping the seeds in an air-tight bottle at 48°C for varying lengths of time. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests. Treatment lacking percent germination, T₅₀ and MDG values were those in which seeds non-germinated during the seed germination.

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

제 7 절 Priming후 건조온도 및 건조기간에 따른 효과

1. 서 언

Priming된 종자는 이미 생리적 발아가 이루어진 상태이므로 적정 발아온도하에서는 작물에 따라 몇시간안에 유근돌출이 가시적으로 이루어진다(Bradford, 1986; Khan, 1992; Khan등, 1980/1981). 그러므로 priming후 종자는 건조를 시켜 유근돌출을 미리 방지하는 것이 장기간저장을 위해서는 필수적이라 할 수 있다. 그러나 priming 직후에 비하여 건조시킬 경우 발아율 감소 및 발아소요일수를 지연되는 것으로 알려져 있다(Brocklehurst와 Dearman, 1983; Brocklehurst등, 1987; Dell'Aquila와 Tritto, 1990; Evans와 Pill, 1989; Frett와 Pill, 1989; Nerson과 Govers, 1986).

따라서 priming 종자의 장기간 저장을 위해서는 priming 효과를 최대한 유지시키면서 처리전의 종자함수율로 건조시키는 것이 필수적이다. 여기서는 이 건조과정이 priming 효과를 어느 정도 유지시킬 수 있는지 검토하였다.

2. 재료 및 방법

Priming후 건조조건을 구명하기 위해 온도를 20℃, 30℃ 및 40℃, 기간을 3, 6, 12, 24, 36 및 48시간으로 달리하여 암상태의 항온기내에서 건조시켰다. 이때 priming은 표 2.6.1.에서의 조건으로, 건조온도와 기간별 발아율 검정은 제1절에서의 조건과 동일하게 하였다.

3. 결과 및 고찰

Priming 기간 동안 종자가 수분을 흡수하여 생체중이 증가되는데 처리후 기계파종, 코팅, 장기간 저장을 위해서는 처리전 종자의 함수율로 탈수시키는 건조과정이 필요하다. 작물별 priming 종자는 건조온도에 대한 반응이 다르게 나타났는데, 대체적으로 고온에서는 건조가 빠르고, 저온에서는 완만하였다. 고추(표 2.7.1), 토마토(표 2.7.2), 박(표 2.7.3), 배추(표 2.7.4), 상추(표 2.7.5), 무(표 2.7.6), 당근(표 2.7.7), 파(표 2.7.8) 및 양파(표 2.7.9)등은 35℃ 및 45℃에서 건조시킨 종자들이 발아력 유지에 좋았다. 박은 hydropriming 종자의 건조온도에 따른 유의적인 발아율 차이는 없었으나,

건조기간이 경과할수록 T_{50} 과 MDG가 다소 지연되는 경향을 보였다. 수침처리후 30℃에서 12시간 건조가 97.5%의 발아율로 높았고, T_{50} 과 MDG에서도 각각 1.93일과 2.36일로 나타나 건조 후에도 그 효과가 유지되고 있음을 알 수 있었다. 반면 샬비아(표 2.7.10) 종자는 45℃에서 급속건조 처리시 25℃와 35℃에 비해 발아율이 감소되었으며, T_{50} 및 평균발아소요일수도 지연되었다. 적정 건조온도는 작물에 따라 약간의 차이는 있으나, priming 후 종자의 발아촉진 효과를 유지시킬 수 있는 35℃가 안전한 것으로 나타났다. 건조기간은 건조온도에 크게 영향을 받았으며 고온에서는 건조소요기간을 단축시킬 수 있어 산업적으로 이용가치가 높지만 샬비아 등 일부 종자의 발아력 저하가 문제되었다.

처리전의 수분함량으로 건조시키는데 소요되는 시간은 작물에 따라 다르나 고추(표 2.7.1), 토마토(표 2.7.2), 박(표 2.7.3), 무(표 2.7.6) 및 파(표 2.7.8)는 35℃에서 12시간 정도 소요되며, 당근(표 2.7.7), 양파(표 2.7.9) 및 샬비아(표 2.7.10)는 35℃에서 6시간, 고온휴면이 유지되는 상추(표 2.7.5)는 35℃에서 3시간, 배추(표 2.7.4)는 45℃에서 3시간 정도 건조시간이 소요되었다. 또한 이들 조건에서 건조시킨 종자들은 발아력이 양호하였다. 박은 수침처리 및 priming 기간중 종자의 초기흡수율은 7.9%였으나, 수침처리 및 priming 모두 1시간 이내에 급격한 수분흡수가 일어났고, 1일 이후부터는 약간 둔화되는 경향이였다. 수침처리 종자에 비해 priming 종자의 흡수율이 처리 1시간 후에는 5.5%, 12시간 후에는 7.1%로 낮았는데, 이는 증류수에 비해 priming 용액의 수분포텐셜이 낮아 종자로의 수분이동이 제한된 데 그 원인이 있는 것으로 보인다. 수침처리 종자의 실용화를 위해서는 처리후 원래의 종자흡수율로 건조되어도 발아촉진 효과가 유지되는 것이 이용가치가 높다. 수침처리직후 종자의 흡수율은 70.5%였으나, 20℃에서 24시간, 30℃에서 12시간 혹은 40℃에서 6시간 이내에 무처리 종자와 같은 7.9% 수준으로 탈수되었다.

Priming후 종자를 건조할 경우 건조하지 않은 종자에 비하여 발아율 감소 및 T_{50} 이 지연된다고 고추(Rivas등, 1984) 및 양파(Turner, 1979)등의 작물에서 보고되어져 있다. 건조방법에 따라서 Pill등(1991)은 토마토 종자 priming후 표피건조(20℃, 50% RH, 2 hours)와 dried-back 건조(20℃, 32.5% RH, 2 days)에 관계없이 유묘출현소요일수 단축에 효과가 있었으며(Nerson과 Govers, 1986; Pill등, 1991), dried-back 건조를 하여도 저온하에서 유묘출현율이 향상되었다(Rivas emd, 1984). 그러나 당근 및

양과 종자의 priming 후 dried-back 건조시킨 경우는 표피건조에 비하여 발아소요일수가 늦어지는 경향이었다(Brocklehurst와 Dearman 등, 1983; Dell'Aquila와 Tritto, 1990; Evans와 Pill, 1989; Frett와 Pill, 1989).

Priming 후 종자의 수분함량은 발아율 및 발아소요일수와 밀접한 관계가 있는데, priming 직후는 높은 수분함량을 유지하고 있으므로 발아율 향상, T_{50} 및 평균발아소요일수 단축에 효과적이나, 건조와 동시에 수분함량이 낮아짐으로 이러한 효과는 감소된다(Paul과 Pill, 1994).

Brocklehurst와 Dearman(1983)은 당근 및 양파종자의 priming 후 건조온도에 따라 30°C 건조는 15°C 건조보다 발아소요일수가 0.4일, 0.2일 및 0.7일 지연되었으나, 발아율은 차이가 없었으며, 종자 수분함량은 30°C 건조는 4.8%, 5.7% 및 6.6%인 반면에 15°C 건조는 7.6%, 7.6% 및 10.0%로 다소 높았다고 하였다.

이러한 원인에 대하여 Roberts(1973)는 종자의 건조는 건조과정에서 기계적 장해를 일부 받은 상태이므로 장해정도에 따라 정상조직을 약화시킬 수 있으며, 종자내의 탈수장해는 이러한 기계적 장해를 빠르게 촉진시킨다고 하였다. 대부분 염류처리 종자는 priming 기간동안 높은 수분함량을 보유하고 있으므로 기계적 장해의 증가와 탈수장해를 촉진시킬 수 있는 가능성이 있다고 볼 수 있으며, 이로 인하여 priming 후 종자의 건조는 건조직전에 비하여 T_{50} 및 평균발아소요일수가 지연된다고 볼 수 있다.

Priming 후 종자의 저장시 수분함량은 발아율 및 발아소요일수에 큰 영향을 미치는데, 근래에 들어서 장기저장을 위한 종자의 수분함량 조절에 대한 연구가 이루어지고 있다. Pill 등(1991)은 토마토 종자를 priming 후 수분함량을 50.0%로 건조시킨 종자는 32.5%로 건조시킨 종자보다 유묘출현율이 높았으며 T_{50} 도 1.0일 단축되었다고 하였다. 그리고 Paul과 Pill(1994)은 토마토 종자의 priming 후 수분함량을 46.6%와 12.1%로 조절하여 건조시켰는데, 이들 모두 저장직전에는 T_{50} 및 발아율에 차이가 없었으나, 4°C에서 저장 3개월 후에는 저장직전에 비하여 수분함량이 46.6%인 종자는 T_{50} 이 0.4일 지연되었고 수분함량도 18.9%로 크게 감소된 반면, 수분함량이 12.1%인 종자는 T_{50} 이 변화가 없었으며 수분함량도 8.2%를 나타내어 감소되는 정도가 낮았다고 하였다.

이와같이 priming 후 토마토 종자는 수분함량을 낮게하여 건조시키는 것이 발아소요일수 단축에 효과적인 것을 알 수 있어 작물에 따라 priming 후 건조시 수분함량을 조절해야 될 필요성이 대두되었다.

Table 2.7.1. Effect of dehydration temperature and duration after priming on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage (T_{50}), mean number of days to germination (MDG) and relative water content of pepper seeds.

Dehydration		Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
Seed lot A					
25	0	97	0.4	0.7	100
	3	96	1.2	1.6	46.1
	6	92	1.7	2.0	13.9
	12	94	1.5	1.9	10.1
	24	98	1.5	1.8	8.5
	48	97	1.7	2.0	7.3
35	3	97	1.3	1.6	16.9
	6	98	1.4	1.7	9.0
	12	97	1.2	1.6	7.2
	24	93	1.3	1.6	6.9
	48	97	1.4	1.7	4.9
45	3	95	1.7	2.0	8.9
	6	91	1.7	2.0	7.2
	12	91	1.6	2.0	5.2
	24	94	1.5	1.9	4.2
	48	94	1.6	2.0	4.0
Nonprimed		97	4.4	5.1	7.7
Significance					
Dehydration temp. (A)		**	***	***	
Dehydration duration (B)		NS	***	***	
A × B		NS	***	***	

Seeds were dark-primed in 100mM K_3PO_4 at 20°C for 5 days and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 25°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

*NS. ** *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 , respectively.*

Table 2.7.1. Continued.

Dehydration		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
Seed lot B					
25	0	70	4.8	5.7	100
	3	63	5.5	6.2	54.6
	6	61	5.6	6.4	13.2
	12	64	4.6	5.6	9.4
	24	64	4.6	5.6	7.6
	48	63	5.8	6.4	6.3
35	3	65	4.3	5.2	27.5
	6	65	4.2	5.1	6.7
	12	65	4.2	5.4	5.1
	24	67	3.9	4.7	4.8
	48	62	4.2	5.3	4.6
45	3	65	5.3	6.2	12.6
	6	62	5.8	6.7	5.8
	12	64	5.5	6.2	4.1
	24	65	4.8	5.8	4.0
	48	60	4.8	5.7	3.6
Nonprimed		79	8.7	9.5	6.3
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	***	***	
Dehydration duration (B)		NS	*	*	
A × B		NS	NS	NS	

Seeds were dark-primed in 100mM K₃PO₄ at 20°C for 5 days and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 25°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

*NS. * *** Nonsignificant or significant at P = 0.05 and 0.001, respectively.*

Table 2.7.2. Effect of dehydration temperature and duration after priming on percent germination, T₅₀, MDG and relative water content of tomato seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	73	1.5	2.1	100
	3	77	1.6	2.3	56.7
	6	73	1.8	2.5	12.7
	12	82	1.7	2.3	11.3
	24	80	1.8	2.5	10.7
	48	83	1.8	2.6	7.8
35	3	84	2.0	2.7	14.3
	6	82	1.9	2.7	8.4
	12	80	1.8	2.7	7.0
	24	79	1.9	2.7	7.0
	48	78	1.9	2.5	6.5
45	3	83	1.9	2.5	8.5
	6	72	1.8	2.4	6.2
	12	77	1.9	2.7	6.1
	24	77	1.9	2.7	5.7
	48	79	1.9	2.6	5.6
Nonprimed		80	2.9	3.7	7.5
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	***	***	
Dehydration duration (B)		NS	NS	NS	
A × B		*	**	*	

Seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 20°C for 4 days and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 25°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

*NS, * ** *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.*

Table 2.7.3. Effect of dehydration temperatures and durations after hydropriming on percent germination, T₅₀ and MDG of gourd seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Temp. (°C)	Duration (Hours)			
20	3	90.8 bc	1.86 h	2.26 ef
	6	94.2 a-c	1.94 d-h	2.26 d-f
	12	91.7 a-c	1.92 e-h	2.27 d-f
	24	96.7 ab	2.11 b-f	2.49 b-d
	36	93.3 a-c	2.14 b-d	2.48 b-e
	48	93.3 a-c	2.12 b-e	2.50 bc 2.44 b-f
30	3	88.3 c	1.87 gh	
	6	94.2 a-c	1.90 f-h	2.24 f
	12	97.5 a	1.93 d-h	2.36 b-f
	24	95.0 ab	2.03 b-h	2.41 b-f
	36	90.8 bc	2.07 b-h	2.41 b-f
	48	96.7 ab	2.19 bc	2.51 bc 2.33 b-f
40	3	96.7 ab	1.86 h	
	6	92.5 a-c	2.07 b-h	2.35 b-f
	12	95.8 ab	1.97 c-h	2.29 c-f
	24	94.2 a-c	2.09 b-g	2.46 b-f
	36	95.8 ab	2.23 b	2.53 b
	48	93.3 a-c	2.13 b-e	2.49 b-d
Nonprimed		92.5 a-c	2.73 a	3.05 a
Significance				
Dehydration temp. (A)		NS	NS	NS
Dehydration duration (B)		NS	***	**
A × B		NS	NS	NS

Seeds were dark-hydroprimed at 20 °C for 12 hours and dark-germinated at 25 °C.

Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

Means in columns were separated by DMRT at P= 0.05.

NS, **, *** Nonsignificant or significant at P= 0.01 and 0.001, respectively

Table 2.7.4. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MHG and relative water content of Chinese cabbage seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	96 a	10.5 g	15.2 a	100
	3	99 a	10.6 g	14.6 a	22.4
	6	97 a	11.8 f	18.3 a	17.1
	12	98 a	18.7 a	26.5 a	12.5
	24	100 a	17.7 ab	24.3 a	12.1
	48	98 a	16.6 bc	23.1 a	6.7
35	3	97 a	12.0 f	19.2 a	16.7
	6	97 a	15.0 de	20.4 a	8.0
	12	97 a	15.2 de	20.7 a	7.9
	24	98 a	14.6 de	21.1 a	7.2
	48	99 a	15.8 cd	22.2 a	5.3
45	3	99 a	11.4 fg	18.4 a	10.1
	6	95 a	14.6 e	20.6 a	9.5
	12	95 a	18.2 a	25.3 a	8.6
	24	98 a	18.2 a	26.5 a	6.7
	48	96 a	17.8 a	23.8 a	6.7
Nonprimed		97 a	18.7 a	25.9 a	12.1
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	***	NS	
Dehydration duration (B)		NS	***	NS	
A × B		NS	***	NS	

Seeds were dark-imbibed in distilled water at 20°C for 12 hours and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

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

*NS. *** Nonsignificant or significant at P = 0.001, respectively.*

Table 2.7.5. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MDG and relative water content of lettuce seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	78 a	1.1 e	1.8 e	100
	3	76 ab	1.6 cd	2.3 cd	14.9
	6	68 bc	1.8 bc	2.5 bc	11.4
	12	74 ab	1.5 d	2.5 bc	10.1
	24	70 ab	1.5 d	2.3 cd	10.0
	48	78 a	1.6 cd	2.7 ab	6.4
35	3	78 a	1.6 cd	2.3 cd	9.3
	6	75 ab	1.8 bc	2.4 bcd	6.4
	12	75 ab	1.6 cd	2.2 cd	6.0
	24	69 ab	1.6 cd	2.3 cd	5.3
	48	60 c	1.8 bc	2.3 cd	3.7
45	3	78 a	1.7 bcd	2.3 cd	8.3
	6	76 ab	1.5 d	2.1 de	8.0
	12	75 ab	1.6 cd	2.3 cd	7.5
	24	70 ab	1.5 d	2.2 cd	6.6
	48	73 ab	1.6 cd	2.2 cd	6.2
Nonprimed		76 ab	2.2 a	2.9 a	2.1
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	NS	***	
Dehydration duration (B)		*	NS	NS	
A × B		*	NS	NS	

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+50mM K₃PO₄ at 20 °C for 2 days and dehydrated at 25 °C, 35 °C and 45 °C for different durations of time and dark-germinated at 20 °C for up to 10 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

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

*NS, *, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05 and 0.01, respectively.*

Table 2.7.6. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MHG and relative water content of radish seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (hours)	MHG (hours)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	90 ab	14.0 de	26.0 b	100
	3	91 ab	9.2 h	16.9 g	69.4
	6	92 ab	10.5 g	19.4 fg	30.4
	12	91 ab	16.7 bc	23.7 b-e	8.3
	24	95 a	16.9 b	25.7 bc	6.9
	48	89 ab	15.6 cd	22.4 c-f	5.4
35	3	90 ab	11.8 f	21.7 def	53.5
	6	90 ab	14.7 de	23.3 b-e	14.8
	12	91 ab	13.6 e	21.3 ef	6.0
	24	90 ab	14.3 e	21.8 def	4.8
	48	93 ab	17.2 b	24.9 bcd	4.0
45	3	90 ab	11.6 fg	21.1 ef	32.5
	6	92 ab	14.9 de	25.7 bc	9.6
	12	90 ab	17.4 b	24.4 b-e	5.9
	24	88 ab	17.4 b	24.7 b-e	4.6
	48	89 ab	17.8 b	25.5 bc	3.6
Nonprimed		87 b	22.3 a	31.2 a	2.0
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	***	***	
Dehydration duration (B)		NS	***	***	
A × B		NS	***	**	

Seeds were dark-imbibed in distilled water at 20°C for 12 hours and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 , respectively.

Table 2.7.7. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MDG and relative water content of carrot seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	87 ab	1.9 h	2.6 g	100
	3	82 ab	2.7 cd	3.2 cd	33.8
	6	82 ab	2.8 cd	3.2 cd	13.9
	12	89 a	2.8 cd	3.3 bcd	10.7
	24	83 ab	2.9 bc	3.5 bc	10.7
	48	81 ab	3.1 b	3.6 b	9.2
35	3	86 ab	2.6 de	3.1 de	10.9
	6	85 ab	2.4 ef	2.8 fg	9.6
	12	87 ab	2.1 g	2.8 fg	7.7
	24	85 ab	2.3 f	2.9 fg	6.9
	48	84 ab	2.4 ef	2.8 fg	5.7
45	3	88 a	2.8 cd	3.4 bcd	9.5
	6	79 b	2.8 cd	3.4 bcd	6.6
	12	86 ab	2.7 cd	3.3 bcd	6.5
	24	84 ab	2.7 cd	3.3 bcd	5.1
	48	88 a	2.5 ef	3.0 def	4.5
Nonprimed		84 ab	3.4 a	4.0 a	15.7

Significance

Dehydration temp. (A)	NS	***	***
Dehydration duration (B)	NS	*	NS
A × B	NS	***	**

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dehydrated at 25°C , 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 , respectively.

Table 2.7.8. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MDG and relative water content of Welsh onion seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	91 abc	1.5 h	2.0 i	100
	3	92 abc	3.0 b	3.6 bc	23.1
	6	96 a	3.2 a	3.8 b	16.0
	12	87 c	2.4 fg	3.0 fgh	12.5
	24	92 abc	2.5 ef	3.1 efg	10.5
	48	91 abc	3.0 b	3.5 cd	10.5
35	3	95 a	2.6 def	3.1 efg	17.8
	6	90 bcd	2.7 cd	3.1 efg	9.6
	12	93 ab	2.3 g	2.8 h	9.1
	24	91 abc	2.5 ef	2.8 h	9.0
	48	92 abc	2.4 fg	2.9 gh	8.0
45	3	93 ab	2.5 ef	3.1 efg	12.6
	6	91 abc	2.4 fg	2.9 gh	9.0
	12	89 bc	2.5 ef	3.3 de	8.0
	24	94 ab	2.7 cd	3.1 efg	7.3
	48	95 a	2.8 c	3.3 de	7.0
Nonprimed		87 c	3.3 a	4.1 a	11.2
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	***	***	
Dehydration duration (B)		NS	***	***	
A × B		NS	***	***	

Seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂+100mM KH₂PO₄ at 10°C for 5 days and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

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

NS, *** Nonsignificant or significant at P = 0.001, respectively.

Table 2.7.9. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MDG and relative water content of onion seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	83 a	2.1 g	2.7 f	100
	3	79 ab	2.8 c-e	3.6 bcd	35.0
	6	76 abc	3.1 bcd	3.7 bc	14.9
	12	80 ab	3.1 bcd	3.6 bcd	14.5
	24	78 abc	3.1 bcd	3.9 b	14.2
	48	74 bc	3.2 b	3.9 b	10.5
35	3	79 ab	3.0 bcd	3.6 bcd	16.0
	6	79 ab	2.7 def	3.3 cde	10.2
	12	80 ab	2.8 c-e	3.3 cde	9.6
	24	74 bc	2.9 b-e	3.6 bcd	9.2
	48	71 c	2.7 def	3.2 de	8.0
45	3	73 bc	2.9 b-e	3.7 bc	12.7
	6	77 abc	2.8 c-e	3.5 bcd	12.2
	12	73 bc	3.1 bcd	3.8 b	9.4
	24	77 abc	2.6 ef	3.2 de	7.5
	48	73 bc	2.4 f	3.1 e	6.6
Nonprimed		75 bc	4.4 a	5.2 a	11.0
Significance					
Dehydration temp. (A)		NS	***	***	
Dehydration duration (B)		*	*	NS	
A × B		NS	***	***	

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 4 days and dehydrated at 25°C, 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

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

NS, *, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05 and 0.001, respectively.

Table 2.7.10. Effect of dehydration temperatures and durations after priming on percent germination, T₅₀, MDG and relative water content of salvia seeds.

Dehydration		Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Relative water content (%)
Temp. (°C)	Duration (hours)				
25	0	83 a	1.4 h	2.0 i	100
	3	82 a	1.9 h	2.5 i	67.3
	6	83 a	2.6 fg	3.5 h	21.7
	12	70 cd	4.4 de	5.4 ef	7.3
	24	58 fg	4.8 cd	5.7 de	6.4
	48	54 g	5.8 ab	6.5 bc	6.1
35	3	81 ab	2.0 gh	3.1 h	11.1
	6	74 bc	3.0 f	4.0 g	3.4
	12	64 def	4.6 cde	5.5 ef	3.3
	24	68 cde	4.5 de	5.4 ef	2.8
	48	68 cde	4.6 cde	5.6 de	2.8
45	3	68 cde	5.2 bc	6.1 cd	2.9
	6	69 cd	5.8 ab	6.6 bc	2.8
	12	62 d-g	5.7 ab	6.6 bc	2.8
	24	60 efg	5.7 ab	6.8 ab	2.4
	48	57 fg	6.4 a	7.1 a	2.3
Nonprimed		82 a	4.0 e	4.9 f	4.5
Significance					
Dehydration temp. (A)		***	***	***	
Dehydration duration (B)		***	***	***	
A × B		***	***	***	

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days and dehydrated at 25°C , 35°C and 45°C for different durations of time and dark-germinated at 20°C for up to 15 days. Nonprimed seeds were those taken fresh from the seed package.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

*** Significant at $P = 0.001$.

제 8 절 Priming후 저장온도와 저장기간에 따른 효과

1. 서 언

Priming후 즉시 파종할 경우(Atherton과 Farooque, 1983; Brocklehurst등, 1983; Frett와 Pill, 1989) 초기발아율 향상 및 발아소요일수 단축에 효과가 있다. 그러나 priming된 종자의 상업적 이용을 위해서는 반드시 일정기간후에도 priming 효과가 지속되어야 한다(Ali등, 1990; Alvarado와 Bradford, 1988; Frett와 Pill, 1989).

Priming 종자의 저장수명은 priming후 저장기간, 저장온도, priming 전·후의 활력 및 priming 처리기간등의 영향을 받는다(Bray, 1995). Priming 종자는 건조시켜 저장하여도 그 효과가 지속된다는 견해가 지배적이나(Burgass와 Powell, 1984; Dearman등, 1986; Georghiou등, 1987; Savino등, 1979; Thanos등, 1989) 연구자와 작물에 따라 저장기간 동안 종자의 수명이 감소(Dearman등, 1987; Guedes와 Cantliffe, 1980; Weges, 1987) 되었다는 상반된 보고도 제기되고 있으나, 저장후 활력이 저하된 priming 종자의 repriming은 발아력 회복에 효과적이다(Alvarado와 Bradford, 1988). 이와 같이 저장성이 감소하는 원인에 대해서 Fujikura와 Karssen(1992)은 priming후 건조는 유근정단의 손상을 초래할 수 있으며, 저장력을 결정하는 특정한 단백질 조절인자도 관여한다고 하였다.

따라서 여기서는 각 작물별로 가장 좋은 조건에서 priming한 후 건조시켜 저장온도와 저장기간에 따른 priming 효과를 검정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

Priming 종자의 상업적 이용을 위해서는 일정 기간 후에도 priming 효과가 유지되어야 한다. 따라서 priming후 저장온도에 따른 효과를 검정하였고, 최적 저장기간을 구명하였다. Priming후 저장조건에 따른 효과를 비교하기 위해 priming 효과 유지에 가장 양호하였던 건조조건에서 건조시킨 종자를 플라스틱 용기에 넣고 밀봉하여 5℃, 실온(12.9~25.8℃) 및 35℃에서 1, 3, 6, 9 및 12개월 저장한 후 암상태의 항온기내에서 실시하였다. 이때 작물별 priming 조건은 표 2.7.1, 건조조건은 표 2.8.1과 같다.

Priming후 저장중인 종자의 활력이 감소될 경우 이를 다시 증진시킬 수 있는지 검토하기 위하여 저장중인 priming 종자를 꺼내어 다시 priming 하였는데(repriming), 이때 작물별 repriming 조건은 원래의 priming 조건 (표 2.7.1)과 동일하게 하였으며 건조조건은 표 2.8.1과 같다.

장기저장중인 무처리종자의 priming이 종자의 활력을 어느정도 회복시킬 수 있는지 검토하고자 하였으며, 이때 작물별 priming 조건은 표 2.7.1, 건조조건은 표 2.8.1과

같다.

Table 2.8.1. Dehydration conditions after priming.

Crop	Dehydration temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Dehydration periods (Hours)
Pepper	35	12
Tomato	35	12
Gourd	35	12
Chinese cabbage	45	3
Lettuce	35	3
Radish	35	12
Carrot	35	6
Welsh onion	35	12
Onion	35	6
Salvia	35	6

3. 결과 및 고찰

작물의 종류에 관계없이 처리 종자와 무처리 종자들은 저장기간이 경과됨에 따라 발아율이 감소하고, T_{50} 및 MDG가 증가하는 현상을 보였다. 저장조건은 발아율의 감소, T_{50} 및 MDG의 증가 정도에 영향을 주었으며, 5°C 저장이 상온이나 35°C 에 비해 발아율 감소, T_{50} 및 MDG의 증가 속도를 느리게 하였다. 작물의 종류에 따라 저장조건에 따른 반응이 크게 달랐다. 5°C 저장에서는 공시작물 모두가 12개월간 저장하여도 저장전에 비해 발아율, T_{50} 및 MDG 등에 큰 변화가 없었다. 그러나 상온과 35°C 저장에서는 작물의 종류에 따라 그 반응이 크게 달랐다.

종자처리와 저장조건에 따라서 12개월간 저장하에서도 고추(표 2.8.2)는 89~93%, 토마토(표 2.8.3)는 81.3~88.7%, 박(표 2.8.4)은 60.0~93.3%, 배추(표 2.8.5)는 92.7~98%, 상추(표 2.8.6)는 22~46%(저장전 50~58% 발아율), 무(표 2.8.7)는 84.3~90.3%(침지처리 제외), 당근(표 2.8.8)은 59~87.3%, 파(표 2.8.9)는 42~88%, 양파(표 2.8.10)는 12.3~75.3%, 셀비아(표 2.8.11)는 1.5~43.7%의 발아율을 보였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 이용하여 종자처리와 저장온도, 저장기간 등을 판단할 수 있었던 것 같다. 발아율의 편차가 큰 양파, 파, 상추, 셀비아 등은 저온저장이 요구된다. 셀비아, 상추 등은 저장전에도 발아율이 낮았다는 점을 유의해야 될 것 같다. 특히 상추종자는 29°C 이상의 고온에서는 2차 휴면이 유도된다는 것이 본 실험의 결과에서도 증명되었다.

Priming된 종자의 repriming 효과를 살펴보면 토마토(표 2.8.12)는 전체발아율 향상은 없었고, T₅₀, MDG는 다소 단축되었으나 그 효과는 미미하였다. 박(표 2.8.13)은 repriming에 따른 발아율 향상은 없었으나, T₅₀ 및 MDG 등 발아소요일수 단축 효과가 있었다. 배추(표 2.8.14)는 전체발아율은 처리직후나 저장 1, 3개월 처리에서도 T₅₀, MDG는 처리구에서 낮았으나 그 차이는 아주 적었다. 상추(표 2.8.15)는 repriming이 발아율, T₅₀, MDG에서 그 효과가 없는 것으로 나타났다. 무(표 2.8.16)는 repriming에 따른 발아율 향상은 없었으나, priming에 비하여 repriming한 것이 발아소요일수가 다소 단축되었다. 당근(표 2.8.17)은 전체발아율은 처리된 종자에서 향상시키지 못하였으나 무처리종자는 저장온도에 관계없이 조금 향상되는 경향이였다. T₅₀과 MDG는 다소 단축되었으나 35℃ 3개월 저장에서는 그 차이가 없었다. 파(표 2.8.18)는 전체발아율은 priming 처리에서 상당히 높은 수준에서 유지되었으며 T₅₀, MDG는 5℃와 실온저장에서 3개월까지 저장전의 처리효과가 지속되었지만, 35℃에서는 T₅₀에서 저장전에 비하여 효과가 없었다. 양파(표 2.8.19)의 전체발아율은 5℃ 저장에서만 처리직후 정도로 유지시킬수 있었으나 실온 및 35℃에서는 무처리를 제외한 처리구에서 저장기간이 경과할수록 현저하게 감소하였다. T₅₀, MDG도 repriming 효과가 미미하게 있었다. 셀비아(표 2.8.20)는 무처리종자의 priming 처리가 처리된 종자보다 전체발아율이 향상되고 T₅₀, MDG 등이 저장온도에 관계없이 단축되었다.

장기저장한 종자의 priming 효과는 종자의 상태에 따라서 priming 처리조건이 달라져야 될 것으로 판단되는 결과를 얻었다 [토마토(표 2.8.21), 박(표 2.8.22), 배추(표 2.8.23), 상추(표 2.8.24), 무(표 2.8.25), 당근(표 2.8.26), 파(표 2.8.27), 양파(표 2.8.28) 및 셀비아(표 2.8.29)]. Priming 조건에 따라 T₅₀, MDG를 단축시킬 수는 있었지만 전체 발아율을 감소시킬 수 있다는 사실이 발견되었다. 따라서 필요에 따라서는 종자 lot에 따른 소규모 실험후에 종자처리를 해야될 것으로 판단되었다.

저장온도에 따라서 Georghiou등(1987)은 고추의 무처리종자와 priming 종자를 35℃에서 저장기간별로 발아시킨 결과, 무처리종자에 비하여 priming된 종자는 저장 6개월후에도 높은 발아율과 발아소요일수 단축에 효과적이었다고 하였으며, 무처리종자를 35℃ 고온저장후 priming할 경우 저장전에 비하여 효과가 없었다고 하였다. 그리고 Thanos등(1989)은 priming후 5℃에서 3년동안 저장하여도 무처리종자와 priming된 종자 모두 저장직전의 발아율이 유지되었으나, 25℃ 저장은 무처리종자는 저장 3년후 발아율이 20% 미만이었지만 priming된 종자는 저장직전과 같은 발아율이 유지되었다고 한다.

토마토종자 역시 priming후 10℃와 20℃에서 저장할 경우 1년이 지나도 무처리종자보다 발아소요일수 단축효과가 있었으며(Alvarado와 Bradford, 1988), Alvarado와 Bradford(1988)는 priming후 여러 저장온도에서 6개월간 저장한 후 다시 priming한

결과, 저장온도에는 관계없이 다시 priming한 것이 다시 priming하지 않은 것보다 발아소요일수 단축에 효과적이라 하였다.

Priming후 저장기간에 따라서도 그 효과가 달라지는데 작물 및 연구자에 따라 1개월(Atherton과 Farooque, 1983; Haigh등, 1986; Nerson과 Govers, 1986), 2개월(Perl과 Feder, 1981), 5개월(Aljaro와 Wyneken, 1985; Sachs, 1977), 10개월(Odell과 Cantliffe, 1986), 12개월(Dearman등, 1987; Ells, 1963), 18개월(Alvarado와 Bradford, 1988) 및 그 이후에도 priming 효과가 지속된다는 보고(Heydecker등, 1975)가 있으나 대체적으로 priming 직후가 가장 효과적이며 저장기간이 경과할수록 priming 효과는 감소된다(Ali등, 1990; Ely와 Heydecker, 1981; Nakamura와 Enohara, 1980).

적합한 저장조건에서는 priming 종자의 활력은 오랫동안 지속되나, 불리한 저장조건에서는 priming 종자라도 장해를 받으며, 무처리종자보다 퇴화에 매우 민감하게 반응(Alvarado와 Bradford, 1988)하여 저장기간이 경과함에 따라 발아소요일수가 길어진다.

Priming 종자는 처리기간동안 생리적 발아가 이루어져 발아의 극대화 단계에 있는 상태이고, 생리적 발아가 되기 위해서는 종자내 대사작용의 활성을 유발시키고 이로 인하여 저장양분의 소모를 초래하였다고 볼 수 있다. 그러므로 저장기간이 경과함에 따라 priming 직후보다 발아율이 다소 감소하는 것은 생리적 발아에 소모된 저장양분의 회복이 이루어지지 않은 것에 원인이 있을 것이며, 생리적 발아 상태가 장기간 지속되면 발아서 오히려 대사작용에 장해를 주는 것으로 판단된다. 적합한 저장조건에서는 priming 종자의 활력은 오랫동안 지속되나, 불리한 저장조건에서는 priming 종자라도 장해를 받으며, 무처리종자보다 퇴화에 매우 민감하게 반응하여(Alvarado와 Bradford, 1988) 저장기간이 경과함에 따라 발아소요일수가 길어진다. Priming 종자는 건조후 저장하므로 건조과정에서 기계적 장해를 일부 받은 상태이고 저장조건에 따라 종자의 기계적 장해 정도가 달라질 수 있으며 이러한 장해정도에 따라 정상조직을 약화시킬 수 있다(Roberts, 1973). 그리고 종자내의 탈수장해는 이러한 기계적 장해를 빠르게 촉진시키는데 대부분 염류처리 종자는 priming 기간동안 높은 수분함량을 보유하고 있으므로 기계적 장해의 증가와 탈수장해를 촉진시킬 수 있는 가능성이 있다고 볼 수 있으며(Roberts, 1973), 이로 인하여 저장기간이 경과함에 따라 발아율 감소 및 발아소요일수가 길어지는 한 원인으로 볼 수 있다.

이러한 선행연구와 본 연구결과를 비교해 볼 때 작물에 따라 저장조건 및 priming 효과가 다르게 나타났지만 큰 차이는 없었다. 그리고 실험재료로 사용되는 종자 lot에 따라서도 상당히 다른 반응을 보여 종자처리에 사용되는 종자는 발아율이 높은 고품질 종자가 효율적일 것으로 판단되었다.

Table 2.8.2. Effect of storage periods after priming on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage (T_{50}) and mean number of days to germination (MDG) of primed pepper seeds.

Storage periods (Month)	Seed treatment	15°C			35°C		
		Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (dDays)	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
0	Primed	93	1.7	2.5	94	0.7	1.4
	Water imbibed	93	5.7	4.6	93	2.4	2.8
1	Primed	94	2.3	2.9	94	0.8	1.5
	Water imbibed	91	7.6	4.8	93	2.3	3.1
3	Primed	93	2.4	2.9	92	0.9	1.4
	Water imbibed	91	7.1	4.5	91	2.4	2.9
6	Primed	93	2.8	3.0	92	1.1	1.8
	Water imbibed	94	7.4	4.7	93	2.7	3.1
9	Primed	92	2.9	3.2	90	1.0	2.0
	Water imbibed	91	8.0	4.7	92	2.6	3.2

Seeds were dark-primed in 100mM K_3PO_4 at 20°C for 5 days and dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 15 days. Seeds were then stored at 5°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.3. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T_{50} and MDG of primed tomato seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T_{50} (d)	MDG (d)	G (%)	T_{50} (d)	MDG (d)	G (%)	T_{50} (d)	MDG (d)
Primed	0	94.3	1.53	1.87	94.3	1.53	1.87	94.3	1.53	1.87
	1	90.0	1.49	1.93	89.0	1.59	2.00	87.6	1.70	2.17
	3	88.0	1.58	2.07	90.3	1.62	2.10	89.0	1.74	2.23
	6	79.7	2.13	2.77	83.7	2.89	3.87	90.0	2.69	3.57
	9	91.3	2.14	2.60	81.3	2.85	3.73	83.7	3.00	3.77
	12	88.7	2.2	2.67	81.7	3.43	2.98	88.7	3.31	4.27
Water imbibed	0	96.6	1.76	2.10	96.6	1.76	2.10	96.6	1.76	2.10
	1	88.0	1.88	2.36	89.0	1.78	2.20	88.0	2.09	1.68
	3	90.7	1.82	2.30	90.3	1.88	2.33	93.3	1.88	2.43
	6	90.0	2.72	3.27	84.0	3.66	4.47	79.3	3.54	4.27
	9	90.3	2.55	2.93	87.0	3.19	3.83	77.3	3.84	4.83
	12	85.0	2.65	3.17	81.3	3.58	4.57	82.0	4.18	5.50
Non-primed	0	87.0	2.75	3.26	87.0	2.75	3.26	87.0	2.75	3.26
	1	79.6	2.53	3.00	82.6	2.65	3.20	83.3	2.64	3.07
	3	90.7	2.28	2.87	88.7	2.54	3.20	92.0	2.48	3.13
	6	93.3	3.52	4.20	89.3	4.15	5.00	90.7	3.70	4.53
	9	88.3	3.10	3.70	84.3	3.61	4.33	85.7	4.71	4.50
	12	88.7	3.07	3.73	84.7	3.72	4.57	82.7	3.69	4.50

Seeds were dark-primed in 100mM $Ca(NO_3)_2$ at 20°C for 4 days and dark-germinated at 25°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.4. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed gourd seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	97.3	1.34	1.70	97.3	1.34	1.70	97.3	1.34	1.70
	1	97.5	2.38	2.60	95.0	1.95	2.20	94.2	2.31	2.57
	3	89.2	1.40	1.77	95.8	1.50	1.80	94.2	1.62	1.87
	6	94.2	2.20	2.57	90.8	2.37	2.87	93.3	2.48	2.83
	9	93.3	2.31	2.90	87.5	2.48	3.07	92.5	2.73	3.13
	12	93.3	2.21	2.47	89.2	2.65	3.27	86.7	3.53	3.87
Water imbibed	0	97.3	1.30	1.60	97.3	1.30	1.60	97.3	1.30	1.60
	1	98.3	2.13	2.30	96.7	1.85	2.20	99.2	2.32	2.60
	3	87.5	1.87	2.23	95.0	1.53	1.90	95.0	1.55	1.87
	6	92.5	1.87	2.33	84.2	2.39	2.97	83.3	2.41	2.90
	9	95.0	2.31	2.93	84.2	2.36	2.87	85.8	2.78	3.30
	12	92.5	2.14	2.53	85.0	2.70	3.17	60.8	3.58	3.90
Non-primed	0	93.3	3.43	3.40	93.3	3.43	3.40	93.3	3.43	3.40
	1	97.5	3.47	3.77	93.3	3.47	3.83	89.2	3.38	3.73
	3	75.0	2.40	2.83	79.2	2.13	2.47	70.8	2.31	2.80
	6	90.8	2.02	2.43	62.5	4.19	4.30	95.0	3.40	3.73
	9	75.8	2.97	3.33	58.3	4.29	4.33	86.7	3.51	4.00
	12	62.5	5.53	4.83	81.7	5.06	5.17	60.0	4.10	4.17

Seeds were dark-primed in 50mM KH₂PO₄ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 25°C for up to 7 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.5. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed Chinese cabbage seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	96.7	0.77	1.10	96.7	0.77	1.10	96.7	0.77	1.10
	1	97.7	0.79	1.10	95.0	0.89	1.20	95.7	0.91	1.23
	3	98.3	0.79	1.10	94.7	0.81	1.13	96.0	0.80	1.20
	6	96.7	0.66	0.90	95.0	0.80	1.30	96.3	0.81	1.17
	9	98.3	0.63	0.90	91.7	0.93	1.47	92.0	0.89	1.33
	12	98.0	0.47	0.83	93.0	0.90	1.37	96.7	0.92	1.37
Water imbibed	0	97.3	0.75	0.97	97.3	0.75	0.97	97.3	0.75	0.97
	1	96.7	0.79	1.10	95.0	0.91	1.23	93.7	0.97	1.27
	3	97.3	0.78	1.10	95.3	0.81	1.17	95.7	0.82	1.20
	6	98.7	0.65	0.90	95.3	0.80	1.17	98.0	0.81	1.13
	9	97.7	0.66	0.90	97.0	0.86	1.33	94.7	0.94	1.37
	12	96.0	0.48	0.83	96.3	0.83	1.27	97.7	1.13	1.47
Non-primed	0	97.0	1.24	1.57	97.0	1.24	1.57	97.0	1.24	1.57
	1	92.3	1.26	1.60	89.3	1.38	1.38	92.7	1.32	1.67
	3	93.7	1.24	1.53	93.7	1.23	1.57	93.7	1.29	1.70
	6	96.0	0.79	1.20	98.7	0.89	1.43	93.3	1.24	2.07
	9	95.7	0.95	1.37	91.0	0.77	1.50	86.3	1.86	2.50
	12	96.0	0.81	1.17	95.0	1.11	1.57	92.7	1.58	2.10

Seeds were dark-primed in 50mM KNO₃ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.6. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed lettuce seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	58.0	2.70	3.40	58.0	2.70	3.40	58.0	2.70	3.40
	1	54.0	3.17	4.00	34.0	3.62	4.60	34.0	3.76	4.50
	3	43.7	3.83	4.20	7.7	5.29	5.63	14.7	5.06	5.20
	6	42.3	3.20	3.90	0.67	6.25	4.25	1.7	6.33	7.67
	9	44.7	3.27	3.87	0	0	0	0	0	0
	12	37.0	2.46	3.53	0	0	0	0	0	0
Water imbibed	0	52.0	3.09	3.80	52.0	3.09	3.80	52.0	3.09	3.80
	1	35.0	3.60	4.30	13.0	4.67	5.30	13.7	4.71	5.37
	3	41.0	4.02	4.50	1.3	5.13	5.50	5.7	5.53	6.13
	6	19.0	3.27	3.87	0	0	0	0	0	0
	9	36.0	3.71	4.40	0	0	0	0	0	0
	12	22.0	2.87	4.60	1.0	9.05	11.0	1.0	4.00	5.00
Non-primed	0	50.0	3.21	3.80	50.0	3.21	3.80	50.0	3.21	3.80
	1	46.0	3.59	4.30	50.7	4.71	5.47	30.3	4.75	5.60
	3	64.3	3.86	4.37	1.3	5.13	5.50	17.0	4.94	5.27
	6	64.0	3.91	4.40	4.3	5.77	6.17	2.0	6.17	6.10
	9	47.7	3.82	4.57	0	0	0	4.5	5.13	5.70
	12	46.0	2.65	4.27	1.0	4.00	5.00	1.7	5.89	7.00

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+50mM K₃PO₄ at 20°C for 2 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.7. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed radish seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	89.3	0.74	1.17	89.3	0.74	1.17	89.3	0.74	1.17
	1	91.0	0.73	1.07	0.79	0.83	1.17	87.0	0.91	1.33
	3	92.0	1.20	1.47	92.7	0.86	1.20	88.3	0.99	1.43
	6	91.7	0.66	1.00	90.7	0.83	1.23	88.7	0.87	1.30
	9	91.3	0.68	0.97	81.7	0.83	1.23	87.7	0.95	1.37
	12	90.0	0.78	0.97	87.3	0.86	1.23	90.3	0.87	1.27
Water imbibed	0	91.3	0.62	0.97	91.3	0.62	0.97	91.3	0.62	0.97
	1	87.3	0.69	1.00	71.3	1.02	1.03	56.0	2.43	2.80
	3	89.3	0.72	1.13	56.0	2.09	2.40	22.7	3.20	3.33
	6	77.7	0.70	1.17	0	0	0	16.0	3.02	3.13
	9	80.3	0.74	1.03	0	0	0	2.3	1.54	2.57
	12	65.0	0.87	1.27	0	0	0	5.7	1.79	2.00
Non-primed	0	88.3	1.23	1.53	88.3	1.23	1.53	88.3	1.23	1.53
	1	84.7	1.24	1.60	83.0	1.36	1.73	82.3	1.23	1.57
	3	81.7	1.20	1.53	89.0	1.30	1.70	89.3	1.29	1.70
	6	86.7	0.85	1.27	91.7	0.90	1.37	84.7	1.07	1.53
	9	85.3	0.90	1.30	87.3	0.97	1.40	79.3	1.12	1.50
	12	89.7	0.84	1.20	87.7	0.91	1.37	84.3	1.00	1.43

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.8. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed carrot seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	83.3	2.75	3.27	83.3	2.75	3.27	83.3	2.75	3.27
	1	81.7	3.04	3.73	87.0	3.27	3.93	78.3	3.37	4.03
	3	85.0	3.46	4.07	83.7	3.78	4.47	84.7	4.20	4.80
	6	90.3	2.70	3.10	65.3	3.93	4.67	80.0	2.90	3.70
	9	85.3	2.56	3.00	66.0	3.96	4.70	78.0	3.36	4.07
	12	79.7	2.43	3.13	66.7	3.77	4.53	73.7	3.37	4.07
Water imbibed	0	81.7	2.67	3.20	81.7	2.67	3.20	81.7	2.67	3.20
	1	84.7	3.04	3.70	83.3	3.28	4.03	82.7	3.24	3.83
	3	80.7	3.39	3.93	75.0	3.80	4.67	80.0	3.78	4.77
	6	86.5	3.35	2.90	58.0	3.87	4.87	69.0	3.67	4.50
	9	81.7	2.48	3.13	65.7	4.14	5.07	75.3	3.67	4.70
	12	87.3	2.39	2.93	59.0	3.80	4.63	66.7	3.61	4.53
Non-primed	0	83.3	3.61	4.23	83.3	3.61	4.23	83.3	3.61	4.23
	1	82.0	4.06	4.73	82.3	3.84	4.47	79.3	4.27	5.03
	3	85.0	4.32	5.07	79.7	4.23	5.00	48.3	3.85	5.17
	6	72.7	3.16	3.80	84.0	3.40	4.07	81.3	3.51	4.30
	9	84.7	3.24	3.90	79.7	3.48	4.27	75.3	3.73	4.60
	12	84.7	5.48	3.93	79.0	3.56	4.23	74.7	3.79	4.53

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.9. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed Welsh onion seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	85.7	2.34	2.97	85.7	2.34	2.97	85.7	2.34	2.97
	1	87.7	2.84	3.53	58.7	3.05	3.77	85.0	2.81	4.00
	3	88.0	2.80	3.67	86.0	3.06	4.03	86.0	2.98	4.37
	6	86.7	2.02	2.77	77.7	2.45	3.30	72.3	2.67	3.97
	9	84.0	2.24	2.90	78.0	3.12	3.90	76.7	3.10	4.53
	12	88.0	2.11	2.57	73.0	2.73	3.53	65.7	3.08	4.50
Water imbibed	0	75.3	8.65	3.70	75.3	8.65	3.70	75.3	8.65	3.70
	1	79.0	3.17	4.07	77.0	3.48	4.27	84.3	3.14	4.00
	3	76.0	3.98	3.97	72.7	3.17	4.27	79.0	2.17	4.37
	6	77.7	2.25	3.10	74.3	2.75	3.73	65.0	2.72	3.97
	9	78.3	2.58	3.57	82.7	3.19	4.17	68.0	3.63	4.53
	12	74.7	2.47	3.43	65.0	3.06	4.20	61.7	3.51	4.50
Non-primed	0	75.3	3.33	4.23	75.3	3.33	4.23	75.3	3.33	4.23
	1	76.0	4.07	4.97	78.7	3.94	4.90	77.0	3.71	4.60
	3	79.0	3.37	4.37	77.0	3.72	4.93	65.7	4.14	5.57
	6	83.7	2.45	3.57	71.0	2.90	4.10	60.3	3.37	4.73
	9	84.0	3.12	4.03	74.7	3.59	4.67	61.0	4.04	5.40
	12	77.7	2.92	4.06	65.0	3.72	4.87	42.0	4.56	5.77

Seeds were dark-primed in 100mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.10. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed onion seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	71.3	2.77	3.53	71.3	2.77	3.53	71.3	2.77	3.53
	1	75.7	3.06	3.80	68.7	3.22	3.97	72.3	3.53	5.23
	3	71.3	3.31	5.20	64.0	3.46	4.43	63.0	3.12	3.90
	6	75.0	2.16	2.73	29.3	4.10	4.90	51.7	3.19	4.03
	9	76.7	2.42	3.17	31.3	5.83	6.50	50.7	4.14	5.33
	12	72.3	2.46	3.33	32.0	4.85	5.70	49.3	4.17	5.30
Water imbibed	0	75.0	3.10	3.87	75.0	3.10	3.87	75.0	3.10	3.87
	1	76.3	3.61	4.47	76.0	3.79	4.63	75.0	4.02	4.90
	3	77.7	4.08	5.30	59.3	4.22	5.67	58.0	4.44	5.67
	6	73.3	2.81	3.63	13.0	4.63	5.53	52.0	3.67	4.93
	9	73.3	3.19	4.23	12.3	5.72	7.17	50.0	4.30	5.03
	12	68.3	3.18	4.20	12.3	7.91	8.30	45.3	4.83	5.67
Non-primed	0	71.7	3.77	4.77	71.7	3.77	4.77	71.7	3.77	4.77
	1	76.3	4.39	5.20	72.0	4.67	5.50	61.3	4.54	5.50
	3	71.3	4.26	5.37	64.0	4.40	5.70	60.0	4.64	6.10
	6	76.7	2.74	3.53	64.7	3.24	4.20	45.0	3.37	4.60
	9	76.3	3.22	4.10	51.3	4.01	4.97	36.7	5.14	5.93
	12	75.3	2.98	4.00	51.3	3.43	5.07	34.7	5.17	6.00

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.11. Effect of storage periods and storage temperatures after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed salvia seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage temperature								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	43.3	4.11	5.00	43.3	4.11	5.00	43.3	4.11	5.00
	1	34.3	5.43	6.20	46.7	5.48	6.27	42.3	5.8	7.10
	3	39.7	4.91	6.33	28.0	7.88	8.50	31.0	9.17	9.40
	6	41.0	4.66	5.63	3.0	8.33	8.11	3.0	11	10.77
	9	34.7	4.75	5.80	2.5	9.42	10.15	3.0	8.92	8.93
	12	43.7	3.76	4.83	3.5	8.75	7.75	4.3	10.56	10.67
Water imbibed	0	34.3	4.68	5.67	34.3	4.68	5.67	34.3	4.68	5.67
	1	39.0	6.32	7.20	39.3	5.79	6.73	33.3	6.58	7.43
	3	38.3	5.29	6.83	30.7	7.33	8.50	25.7	8.36	9.10
	6	38.3	4.25	5.20	3.3	7.08	8.23	14.0	7.57	8.37
	9	42.7	4.33	5.67	3.7	9.33	9.63	6.0	9.33	9.27
	12	40.3	4.97	5.70	1.5	9.88	10.00	6.3	10.27	10.57
Non-primed	0	35.7	4.61	5.60	35.7	4.61	5.60	35.7	4.61	5.60
	1	34.3	5.5	6.57	31.7	6.09	7.40	31.7	6.33	7.30
	3	50.7	5.75	6.97	34.3	6.4	7.73	24.7	6.65	8.03
	6	45.7	4.39	5.33	33.0	5.23	6.57	17.3	5.94	7.23
	9	39.0	4.59	5.57	17.0	7.28	7.73	16.7	7.02	7.43
	12	32.0	5.08	6.03	16.3	6.28	7.30	10.3	8.78	8.53

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.12. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed tomato seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	86.3	1.25	1.60	90.7	1.27	1.67	87.7	1.32	1.73
3	87.7	1.40	1.83	93.3	1.86	2.40	90.7	1.54	1.93
6	90.0	1.64	2.03	69.7	2.34	3.43	77.0	2.37	2.93
9	91.0	-	2.87	82.0	2.89	3.90	89.7	3.13	3.67
12	86.0	-	2.17	80.0	2.34	3.13	86.0	2.29	2.93

Seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 20°C for 4 days and dark-germinated at 25°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.13. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed gourd seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	97.5	2.22	2.53	97.5	2.20	2.50	95.0	3.18	3.50
3	94.2	1.38	1.73	94.2	1.53	1.67	97.5	1.32	1.63
6	88.3	3.37	3.50	85.0	2.88	3.10	90.8	2.31	2.70
9	90.8	2.58	3.03	77.5	3.27	3.87	83.3	3.09	3.47
12	77.5	1.72	2.37	78.3	1.97	2.60	55.0	2.11	2.63

Seeds were dark-primed in 50mM KH₂PO₄ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 25°C for up to 7 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.14. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed Chinese cabbage seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	97.7	0.46	0.83	95.3	0.49	0.87	95.7	0.57	0.87
3	98.3	0.38	0.70	98.0	0.35	0.67	95.7	0.64	0.97
6	100.0	0.38	0.73	93.3	0.80	1.17	96.0	0.75	1.13
9	98.7	0.29	0.60	91.7	0.63	1.10	95.3	0.50	0.90
12	98.0	0.29	0.60	89.7	0.43	0.83	92.0	0.64	1.07

Seeds were dark-primed in 50mM KNO₃ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.15. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed lettuce seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	28.3	3.25	4.20	21.0	3.31	4.27	14.3	3.63	4.13
3	20.3	3.89	4.97	3.3	4.83	5.77	7.07	3.56	4.83
6	99.3	1.32	1.60	0	0	0	1.17	5.25	6.33
9	42.3	2.85	3.70	1.0	6.60	6.60	0	0	0
12	98.0	0.78	0.87	2.0	0.96	0.67	0	0	0

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+50mM K₃PO₄ at 20°C for 2 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.16. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed radish seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	87.7	0.60	0.97	90.7	0.67	1.03	92.0	0.66	0.97
3	93.7	0.60	0.90	89.3	0.69	1.00	91.3	0.76	1.10
6	94.0	0.70	1.03	89.0	0.80	1.23	87.7	0.75	1.10
9	91.7	0.51	0.87	81.3	0.45	0.87	89.0	0.48	0.90
12	95.0	0.78	0.80	87.3	0.79	0.87	88.0	0.79	0.83

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.17. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed carrot seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	81.7	2.85	3.47	80.3	2.90	3.53	82.7	2.91	43.53
3	81.0	3.17	3.70	76.0	3.42	4.07	78.3	3.71	4.30
6	78.3	2.96	3.53	50.3	4.04	4.67	58.0	3.33	3.90
9	75.3	2.71	3.10	55.7	3.20	4.00	64.3	2.70	3.53
12	82.3	2.27	2.67	56.7	3.00	3.70	56.3	5.33	3.90

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.18. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed Welsh onion seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	83.7	2.09	2.53	83.7	2.18	2.43	85.3	2.05	2.50
3	86.0	2.28	2.90	81.3	2.69	3.23	82.3	2.75	33.0
6	87.7	2.38	2.83	73.7	2.82	3.50	77.0	2.97	37.3
9	85.3	1.93	2.27	73.0	2.28	2.93	76.0	2.26	27.7
12	85.0	1.84	2.30	74.7	2.27	3.03	45.3	2.48	35.3

Seeds were dark-primed in 100mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.19. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed onion seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	74.7	2.38	3.07	69.3	2.54	3.13	73.7	2.72	3.30
3	76.3	1.20	1.83	65.3	1.65	2.27	65.0	1.91	2.87
6	67.3	2.43	3.10	27.0	3.46	4.50	43.7	3.78	4.57
9	74.0	2.03	2.83	15.0	3.20	3.57	33.0	2.77	3.55
12	71.0	2.23	2.83	17.3	3.47	4.30	14.7	3.04	4.73

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.20. Effect of repriming after priming on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed salvia seeds.

Storage periods (month)	Storage temperature								
	5°C			Room			35°C		
	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	G (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
1	31.7	4.43	5.17	35.3	4.66	5.33	31.0	4.94	5.83
3	34.7	5.78	6.53	28.0	7.35	8.00	25.3	7.06	7.67
6	20.3	5.47	5.80	2.7	5.58	59.0	3.3	8.25	8.037
9	22.0	4.67	5.77	1.7	6.33	6.77	4.0	3.92	5.93
12	27.7	6.45	6.67	3.3	9.83	98.7	0	0	0

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.21. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed tomato seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	94.3	1.53	1.87	94.3	1.53	1.87	94.3	1.53	1.87
	1	86.3	1.48	1.87	87.3	1.73	2.10	87.3	1.83	2.23
	3	92.3	2.14	2.73	87.7	1.78	2.27	92.7	2.19	2.50
	6	89.7	2.31	2.77	67.7	2.03	2.60	75.0	2.02	2.47
	9	85.0	2.08	2.47	83.3	2.27	2.63	87.0	2.24	2.67
	12	88.7	2.18	2.67	87.0	2.16	2.50	84.7	2.34	2.90
Non-primed	0	87.0	2.75	3.26	87.0	2.75	3.26	87.0	2.75	3.26
	1	79.6	2.53	3.00	82.6	2.65	3.20	83.3	2.64	3.07
	3	90.7	2.28	2.87	88.7	2.54	3.20	92.0	2.48	3.13
	6	93.3	3.52	4.20	89.3	4.15	5.00	90.7	3.70	4.53
	9	88.3	3.10	3.70	84.3	3.61	4.33	85.7	4.71	4.50
	12	88.7	3.07	3.73	84.7	3.72	4.57	82.7	3.69	4.50s

Seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 20°C for 4 days and dark-germinated at 25°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.22. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed gourd seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	97.3	1.34	1.70	97.3	1.34	1.70	97.3	1.34	1.70
	1	95.0	2.78	3.03	97.5	3.48	3.83	95.0	3.18	3.43
	3	85.0	1.88	2.30	91.7	1.70	1.97	91.7	1.72	2.00
	6	78.3	3.16	3.43	62.5	3.04	3.27	76.7	2.53	2.80
	9	92.5	2.78	3.00	91.7	2.54	2.97	82.5	3.24	3.57
	12	75.1	2.22	2.90	51.7	3.30	3.57	-	-	-
Non-primed	0	93.3	3.43	3.40	93.3	3.43	3.40	93.3	3.43	3.40
	1	97.5	3.47	3.77	93.3	3.47	3.83	89.2	3.38	3.73
	3	75.0	2.40	2.83	79.2	2.13	2.47	70.8	2.31	2.80
	6	90.8	2.02	2.43	62.5	4.19	4.30	95.0	3.40	3.73
	9	75.8	2.97	3.33	58.3	4.29	4.33	86.7	3.51	4.00
	12	62.5	5.53	4.83	81.7	5.06	5.17	60.0	4.10	4.17

Seeds were dark-primed in 50mM KH₂PO₄ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 25°C for up to 7 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.23. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed Chinese cabbage seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	96.7	0.77	1.10	96.7	0.77	1.10	96.7	0.77	1.10
	1	96.7	0.67	0.97	94.3	0.69	1.03	93.7	0.84	1.20
	3	97.0	0.78	1.10	98.0	0.79	1.10	97.7	0.85	1.23
	6	94.3	0.79	1.13	96.7	0.90	1.33	89.3	1.07	1.57
	9	96.0	0.67	1.03	94.7	0.76	1.10	94.7	0.83	1.23
	12	94.7	0.36	0.70	93.3	0.59	1.87	93.7	0.83	1.20
Non-primed	0	97.0	1.24	1.57	97.0	1.24	1.57	97.0	1.24	1.57
	1	92.3	1.26	1.60	89.3	1.38	1.38	92.7	1.32	1.67
	3	93.7	1.24	1.53	93.7	1.23	1.57	93.7	1.29	1.70
	6	96.0	0.79	1.20	98.7	0.89	1.43	93.3	1.24	2.07
	9	95.7	0.95	1.37	91.0	0.77	1.50	86.3	1.86	2.50
	12	96.0	0.81	1.17	95.0	1.11	1.57	92.7	1.58	2.10

Seeds were dark-primed in 50mM KNO₃ at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.24. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed lettuce seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	58.0	2.70	3.40	58.0	2.70	3.40	58.0	2.70	3.40
	1	28.7	3.47	4.23	25.7	3.79	4.97	22.3	4.38	5.00
	3	27.0	2.80	3.33	10.7	2.77	4.50	5.3	3.22	4.30
	6	41.0	3.42	4.10	1.67	6.17	7.00	2.0	6.50	8.00
	9	37.3	3.16	3.70	3.0	4.00	5.00	1.0	2.00	2.50
	12	38.3	2.07	2.70	3.3	3.56	4.03	0	0	0
Non-primed	0	50.0	3.21	3.80	50.0	3.21	3.80	50.0	3.21	3.80
	1	46.0	3.59	4.30	50.7	4.71	5.47	30.3	4.75	5.60
	3	64.3	3.86	4.37	1.3	5.13	5.50	17.0	4.94	5.27
	6	64.0	3.91	4.40	4.3	5.77	6.17	2.0	6.17	6.10
	9	47.7	3.82	4.57	0	0	0	4.5	5.13	5.70
	12	46.0	2.65	4.27	1.0	4.00	5.00	1.7	5.89	7.00

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+50mM K₃PO₄ at 20°C for 2 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.25. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed radish seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	89.3	0.74	1.17	89.3	0.74	1.17	89.3	0.74	1.17
	1	92.7	0.76	1.07	89.7	0.75	1.10	92.0	0.77	1.17
	3	89.7	0.82	1.20	90.0	0.83	1.23	92.0	0.86	1.30
	6	93.0	0.79	1.20	88.0	0.79	1.17	90.7	0.79	1.17
	9	90.7	0.68	0.97	91.0	0.39	0.80	83.7	0.47	0.93
	12	95.0	0.78	0.83	94.7	0.79	1.00	96.7	0.79	0.87
Non-primed	0	88.3	1.23	1.53	88.3	1.23	1.53	88.3	1.23	1.53
	1	84.7	1.24	1.60	83.0	1.36	1.73	82.3	1.23	1.57
	3	81.7	1.20	1.53	89.0	1.30	1.70	89.3	1.29	1.70
	6	86.7	0.85	1.27	91.7	0.90	1.37	84.7	1.07	1.53
	9	85.3	0.90	1.30	87.3	0.97	1.40	79.3	1.12	1.50
	12	89.7	0.84	1.20	87.7	0.91	1.37	84.3	1.00	1.43

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours and dark-germinated at 20°C for up to 5 days. Seeds were then stored at 5°C , room temperature ($12.9\sim 25.8^\circ\text{C}$) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.26. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed carrot seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	83.3	2.75	3.27	83.3	2.75	3.27	83.3	2.75	3.27
	1	85.0	3.15	3.77	83.3	3.16	3.80	88.7	3.23	3.90
	3	83.7	3.74	4.27	79.3	3.38	4.03	84.3	3.67	4.27
	6	83.0	2.91	3.58	82.7	3.36	4.03	72.3	3.54	4.17
	9	70.0	3.80	3.27	80.7	2.70	3.20	76.7	2.59	3.20
	12	82.0	2.61	3.10	86.0	2.53	2.90	74.3	2.82	3.53
Non-primed	0	83.3	3.61	4.23	83.3	3.61	4.23	83.3	3.61	4.23
	1	82.0	4.06	4.73	82.3	3.84	4.47	79.3	4.27	5.03
	3	85.0	4.32	5.07	79.7	4.23	5.00	48.3	3.85	5.17
	6	72.7	3.16	3.80	84.0	3.40	4.07	81.3	3.51	4.30
	9	84.7	3.24	3.90	79.7	3.48	4.27	75.3	3.73	4.60
	12	84.7	5.48	3.93	79.0	3.56	4.23	74.7	3.79	4.53

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dark-germinated at 20°C for up to 11 days. Seeds were then stored at 5°C , room temperature ($12.9\sim 25.8^\circ\text{C}$) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.27. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed Welsh onion seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	85.7	2.34	2.97	85.7	2.34	2.97	85.7	2.34	2.97
	1	84.3	2.93	3.10	87.3	2.36	3.10	83.7	2.18	2.83
	3	85.7	2.43	3.30	87.7	2.88	3.67	81.3	2.79	3.87
	6	86.0	2.51	3.07	74.7	2.77	3.43	58.7	3.14	4.00
	9	84.7	2.44	2.97	76.0	2.26	2.77	64.3	2.53	3.37
	12	83.0	2.04	2.83	75.3	2.31	3.20	36.7	2.88	3.77
Non-primed	0	75.3	3.33	4.23	75.3	3.33	4.23	75.3	3.33	4.23
	1	76.0	4.07	4.97	78.7	3.94	4.90	77.0	3.71	4.60
	3	79.0	3.37	4.37	77.0	3.72	4.93	65.7	4.14	5.57
	6	83.7	2.45	3.57	71.0	2.90	4.10	60.3	3.37	4.73
	9	84.0	3.12	4.03	74.7	3.59	4.67	61.0	4.04	5.40
	12	77.7	2.92	4.06	65.0	3.72	4.87	42.0	4.56	5.77

Seeds were dark-primed in 100mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.28. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed onion seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	71.3	2.77	3.53	71.3	2.77	3.53	71.3	2.77	3.53
	1	70.7	2.89	3.67	73.3	2.92	3.60	67.0	3.21	4.67
	3	76.0	1.82	2.60	74.7	2.09	2.90	73.7	2.05	2.80
	6	74.0	2.80	3.67	56.0	3.30	4.13	52.3	3.75	4.30
	9	70.3	3.04	4.03	58.0	2.67	3.57	49.0	3.30	4.15
	12	75.3	2.48	3.30	57.0	2.60	3.67	14.0	3.16	4.23
Non-primed	0	71.7	3.77	4.77	71.7	3.77	4.77	71.7	3.77	4.77
	1	76.3	4.39	5.20	72.0	4.67	5.50	61.3	4.54	5.50
	3	71.3	4.26	5.37	64.0	4.40	5.70	60.0	4.64	6.10
	6	76.7	2.74	3.53	64.7	3.24	4.20	45.0	3.37	4.60
	9	76.3	3.22	4.10	51.3	4.01	4.97	36.7	5.14	5.93
	12	75.3	2.98	4.00	51.3	3.43	5.07	34.7	5.17	6.00

Seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

Table 2.8.29. Effect of priming after storages on percent germination(G), T₅₀ and MDG of primed salvia seeds.

Seed treatment	Storage periods (month)	Storage tempeartue								
		5°C			Room			35°C		
		G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)	G (%)	T ₅₀ (d)	MDG (d)
Primed	0	43.3	4.11	5.00	43.3	4.11	5.00	43.3	4.11	5.00
	1	49.3	3.78	4.70	53.3	3.64	4.63	40.0	3.95	5.00
	3	54.0	3.76	5.07	43.3	5.41	5.97	37.0	6.23	6.57
	6	38.3	4.71	5.53	19.3	5.82	6.87	21.3	7.66	7.80
	9	37.7	3.23	4.23	31.3	4.40	5.27	21.7	5.04	6.37
	1	36.3	4.20	5.07	30.7	4.94	6.10	19.3	5.46	6.43
Non-primed	0	35.7	4.61	5.60	35.7	4.61	5.60	35.7	4.61	5.60
	1	34.3	5.5	6.57	31.7	6.09	7.40	31.7	6.33	7.30
	3	50.7	5.75	6.97	34.3	6.4	7.73	24.7	6.65	8.03
	6	45.7	4.39	5.33	33.0	5.23	6.57	17.3	5.94	7.23
	9	39.0	4.59	5.57	17.0	7.28	7.73	16.7	7.02	7.43
	12	32.0	5.08	6.03	16.3	6.28	7.30	10.3	8.78	8.53

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days and dark-germinated at 20°C for up to 14 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperature (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to germination test.

제 9 절 Priming 종자의 생리생화학적 변화

1. 서 언

Priming 기간동안 종자의 생리적 변화는 물에 충분히 침지된 종자에서 일어나는 것과 유사하며(Bewley와 Black, 1985), priming 기간중에 세포분열과 세포신장이 이루어져 발아 직전단계에 머문다(Hegarty, 1978; Nabors와 Lang, 1971). Khan등(1978)은 종자의 priming시 종자내 저장물질들이 생장 및 발아율 향상을 위해 사용되어져 무처리종자보다 polysomes 형성이 더 빠르게 유도되며, RNA, 단백질 및 효소의 합성과 같은 생화학적 변화를 야기시켜 발아촉진 및 발아소요일수 단축에 영향을 미친다고 한다.

종자는 수분흡수와 동시에 단백질 합성이 재개되는데, 이러한 초기 단백질 합성은 발아를 위한 전제조건이다(Cheung등, 1976). Priming 기간중 종자의 배 및 저장기관에서 단백질이 합성되며, 이러한 단백질 합성은 priming의 주된 효과의 하나이다(Hegarty, 1978). Priming 기간중 종자의 양적인 단백질 합성은 동일한 기간의 수침처리에 비해 배 및 저장기관에서 억제되나(Bray, 1995) 발아시 크게 높아진다.

Priming 종자의 발아촉진 효과는 priming 동안에 일어나는 단백질 합성이 중요한 요인으로 알려져 있다(Khan과 Samimy, 1982; Watkins와 Cantliffe, 1983). 그러나 침지종자에서도 수분흡수와 동시에 단백질 합성이 활발하게 일어나므로(Bray, 1995), 수분압이 조절된 용액에 처리된 priming 종자와 침지종자의 단백질 대사작용은 상당한 차이가 있을 것으로 생각된다. Priming 처리시 단백질 합성억제제인 Cycloheximide(CYC) 첨가는 상추(Khan등, 1980/1981), 명아주(Khan과 Karssen, 1981)에서 단백질 합성뿐만 아니라 발아를 억제한다고 하여 priming 기간중에 발아에 필요한 단백질 합성이 이루어짐을 알 수 있다.

종자의 저장물질들은 priming 기간중 무처리종자보다 더 빠르게 사용되어져 polysomes의 형성이 촉진되며(Khan등, 1978), 발아에 이용되는 핵산생성기작의 변화를 야기시켜 priming 기간중 종자에 핵산이 많이 축적되어 초기발아율 향상에 유리하게 작용한다(Collbear등, 1980).

이외에도 priming 기간동안 단백질(Cheung등, 1979; Dell'Aquila와 Bewley, 1989; Khan등, 1980/1981; Koehler, 1967; Lalonde와 Bewley, 1985), DNA(Dell'Aquila와 Bewley, 1989; Lalonde와 Bewley, 1985), RNA(Collbear와 Grierson, 1979; Koehler, 1967; Mazor등, 1984) 및 효소(Fu등, 1988; Khan등, 1980/1981; Smith와 Cobb, 1991)

등의 활성이 증가되었다는 보고도 있지만, Coolbear와 Grierson(1979)은 토마토 종자의 priming시 DNA 합량에는 영향을 미치지 못하나 rRNA 수준은 증가되며, priming된 종자를 건조후 파종하면 무처리종자에 비하여 빠른 시간에 DNA 합성이 일어나지만, rRNA 합량은 priming 종자와 무처리종자 모두 같이 증가된다고 한다. 그리고 priming시 단백질 및 RNA 합성의 억제물질을 첨가하면 priming 기간중 isocitrate lyase의 활성이 감소되며, priming후 파종시 초기발아율 감소와 발아소요일수를 지연시킨다는 보고(Fu등, 1988; Mazor등, 1984; Smith와 Cobb, 1991; Zhang와 Fu, 1985)도 있다. 그러나 아직까지 종자를 priming 함으로 발아가 촉진되는 생리적 원인에 대해서 명확하게 밝혀져 있지 않다(Alvarado와 Bradford, 1988; Smith와 Cobb, 1992).

Bray등(1989)은 종자발아시 priming 종자 배의 단백질 및 DNA 합성이 크게 증가되는데 이는 priming 및 발아기간동안 특정한 단백질이 합성되는 것을 의미하는데, 이 특정한 단백질의 합성여부에 따라 발아과정을 조절할 수 있다는 점에서 매우 중요하다고 하였다. 이로보아 priming 종자는 높은 비율의 DNA 합성과 세포분열로 인하여 배의 생장이 급속히 진전되어 발아가 빨리 되는 것으로 추측할 수 있다.

이와같이 priming에 의한 종자의 발아촉진 효과는 채소종자뿐만 아니라 화훼 및 수목종자에서 많이 보고되었는데, 이는 priming에 의한 종자내 생리적 또는 생화학적 변화에 기인하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 priming 과정중에 일어나는 단백질과 발아 관련 효소의 활성 변화를 조사하여 발아촉진에 미치는 영향을 구명하고 priming 기술의 생리적 체계를 확립하고자 실시하였다. 단백질의 변화는 priming 시기별 양적 질적 변화를 조사하였고, 발아 관련 효소는 aldolase, isocitrate lyase (ICL), isocitric dehydrogenase (IDH) 및 malate dehydrogenase (MDH)의 활성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

단백질 추출 : 수용성 단백질은 침지종자와 priming 종자를 사용하여 pH가 8.0으로 조정된 100mM Tris 완충용액으로 추출하였는데, 막자사발을 이용하여 시료 20립당 3mL의 완충용액으로 마쇄한 후 4℃에서 10분간 원심분리시켰다. 원심분리후 추출액에 존재하는 소분자화합물을 제거하고자 PD-10 column (Pharmacia-LKB)을 통과시켜 얻은 단백질 분획은 수용성 단백질과 동위효소의 전기영동 시료로 사용하였고 일부는 효소의 활성을 위한 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 Bradford 방법(1976)으로 측정하였고 albumin bovine을 표준단백질로 사용하였다.

단백질 전기영동 : 수용성 단백질은 SDS가 포함된 12% polyacrylamide slab 겔에

서 시료당 15 μ g의 단백질로 조정하여 전기영동시켰다. 전극 완충용액은 pH가 8.8로 조정된 Tris-glycine이었으며, 젤당 100V로 조정하여 실온에서 5시간 전개시켰다. 단백질은 silver staining kit (Pharmacia)로 염색시켜 banding pattern을 조사하였고, 분자량 측정을 위한 표지는 lactalbumin (14.4kD), trypsin inhibitor (20.1kD), carbonic anhydrase (30.0kD), ovalbumin (43.0kD), albumin (67.0kD) 및 phosphorylase B (94.0kD)를 사용하였다.

효소활성 측정 : 효소의 활성은 침지와 priming 시기별로 채취한 종자에서 다음 네가지 효소의 활성을 측정하였는데, 효소추출은 위에서 언급한 단백질 추출 방법에 준하였고 모든 경우 100 $^{\circ}$ C에서 2분간 끓인 추출액을 대조구로 하였다.

Aldolase (EC 4.2.1.1)는 Smith와 Cobb(1991)의 방법에 준하여 측정하였는데, 반응화합물은 50mM Tris (pH 8.0), 5.0mM DTT, 3.3mM phenylhydrazine, 10.0mM MgCl₂, 5.0mM fructose-1, 6-bisphosphate와 100 μ L 효소추출액으로 구성되었다. 활성측정을 위한 반응물과 효소추출액은 2분 동안 25 $^{\circ}$ C에서 반응시킨후 324nm에서 glyceraldehyde phenylhydrazine의 생성을 측정하였는데, extinction coefficient는 16.8 x 10⁻³ M⁻¹cm⁻¹ 사용하였다.

Isocitrate lyase(EC 4.1.3.1)는 Smith와 Cobb(1991)의 방법에 준하여 측정하였는데, 반응화합물은 100mM Tris (pH 8.0), 5.0mM DTT, 10.0mM MgCl₂, 3.3mM phenylhydrazine-HCl, 5.0mM DL-isocitrate 및 100 μ L 효소추출액으로 구성되었다. 활성측정을 위한 반응물과 효소추출액을 혼합하여 3분 동안 25 $^{\circ}$ C에서 반응시킨후 324nm에서 측정하였는데 효소활성의 1unit은 종자당 분당 1 μ mol의 glyoxylic phenylhydrazine이 생성된 것으로 extinction coefficient는 324nm에서 16.8 x 10⁻³ M⁻¹cm⁻¹를 사용하였다.

Isocitric dehydrogenase(EC 1.1.1.42)는 Pitel과 Cheliak(1986)의 방법에 준하여 측정하였는데, 반응화합물은 100mM Tris (pH 8.0), 0.67mM DL-isocitric acid, 0.14mM NADP, 0.67mM MnSO₄와 100 μ L의 효소추출액으로 구성되었다. 활성측정을 위한 반응물과 효소추출액을 혼합하여 5분간 25 $^{\circ}$ C에서 반응시킨후 측정하였는데, 효소활성은 종자당 분당 1 μ mol의 NADPH를 생성하는 것을 1unit로 하였으며 extinction coefficient는 340nm에서 6.22 x 10⁻³ M⁻¹cm⁻¹를 사용하였다.

Malate dehydrogenase (EC 1.1.1.37)는 Pitel과 Cheliak(1986)의 방법에 준하여 측정하였는데, 활성측정을 위한 반응화합물은 100mM Tris (pH 7.6), 0.27mM NADH, 0.5mM oxaloacetate 및 100 μ L의 효소추출액으로 구성되었다. 반응물과 효소추출액을 혼합하여 3분간 25 $^{\circ}$ C에서 반응시킨후 340nm에서 측정하였는데 효소활성은 종자당 분

당 $1 \mu\text{mol}$ 의 NADH를 산화시키는 것을 1unit로 하였으며 extinction coefficient는 340nm에서 $6.22 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. Priming에 의한 고추종자의 생리적 변화

표 2.9.1은 priming 동안에 종자에서 용액으로 유출된 단백질량을 나타낸 것으로 처리기간에 관계없이 증류수에 침지한 종자보다는 수분압이 조절된 용액에 priming한 종자에서 단백질의 유출량이 적었다. 특히 고추종자에서 발아촉진 효과가 가장 좋았던 K_3PO_4 에서 priming 7일 후 종자당 $8.0 \mu\text{g}$ 이 유출되었지만, 증류수에 침지한 종자에서는 같은 기간에 $19.6 \mu\text{g}$ 이 유출되었다. 이와같이 침지종자의 단백질 유출량이 많고 처리기간에 따라 유출량의 변화가 심한 것은 갑작스런 수분흡수로 인한 세포막의 손상에 그 원인이 있으며 priming으로 이러한 원인을 줄일 수 있다고 사료된다.

침지 또는 priming 동안에 일어난 단백질의 양적인 변화는 그림 2.9.1과 같다. 무처리종자의 단백질 함량은 $225 \mu\text{g}$ 이었는데, 침지종자는 처리후 5일째에 $278 \mu\text{g}$ 으로 증가하다가 그 이후로 감소하였고, priming 종자에서는 지속적으로 증가하여 9일째에 $275 \mu\text{g}$ 이었다. 그러나 침지나 priming 동안 종자에서 용액으로 유출된 단백질량을 감안하면(표 2.9.1) 처리 후 7일째의 단백질 함량은 침지종자나 priming 종자간에 큰 차이가 없어 단백질 합성은 수분흡수와 더불어 일어나는 것을 알 수 있었다.

고추종자에 있어서 침지와 priming 기간에 따른 aldolase, ICL, IDH 및 MDH의 활성 변화는 표 2.9.2에서 보는 바와 같다. 침지종자의 aldolase 활성은 처리후 1일째에 무처리종자보다 22%로 급격하게 증가한 후 처리기간이 경과함에 따라 감소하였다. 그러나 priming 종자에서는 처리기간의 경과와 더불어 지속적으로 증가하여 처리후 7일째에는 무처리종자보다 26%가 증가하였다. 특히 priming 종자의 활성은 처리후 1일째에는 침지종자보다 낮았지만, 이후로는 높은 활성을 유지하는 것이 침지종자와 달랐다. 그러나 이러한 활성증가 양상의 차이에도 불구하고 가장 높은 활성 증가율은 침지종자와 priming종자가 각각 1일째의 12%와 7일째의 26%로 큰 차이는 없었다.

침지종자와 priming 종자의 ICL 활성은 처리 1일후에는 차이가 없었지만, 처리기간이 경과할수록 활성의 증가율은 달랐다. 침지종자는 증가율이 낮았을뿐만 아니라 처리후 5일째에 최고의 활성을 보여 무처리종자에 비해 44% 증가한 후 감소하였다. Priming 종자에서는 처리 1일째 이후로 급격하게 증가하여 7일째에는 무처리종자보다 91%의 활성증가를 보였다.

IDH 활성은 처리후 1일째 침지종자와 priming 종자는 각각 59%와 44%의 활성증

가를 보여 침지종자가 높았다. 그러나 3일째부터는 priming 종자의 활성이 높았으며 5일간 침지한 종자와 7일간 priming한 종자에서 최고의 활성을 보였는데, 증가율은 각각 81%와 131%로서 priming 종자의 활성증가가 많았다. 무처리종자의 MDH 활성은 0.152였는데, 침지시키거나 priming하므로써 증가하여 1일째에는 각각 0.175와 0.158의 활성을 보여 침지종자의 활성이 priming 종자보다 높았다. 그러나 priming 종자의 활성은 처리기간의 경과와 더불어 급격하게 증가하여 9일째에 최고의 활성을 보였으며 침지종자에서는 3일 이후로 활성증가에는 큰 변화가 없이 그대로 유지되었다.

사진 2.9.1은 고추종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것인데, RM이 0.28, 0.4, 0.54, 0.7 및 0.74에 주된 단백질이 존재하였다. 침지종자에서는 7일 동안 이러한 banding pattern에 변화가 없었지만, priming 종자는 RM이 0.72인 단백질이 없어진 점이 특이하였다. 이 단백질은 NaCl 등 다른 삼투제에 priming할 경우에는 그대로 존재하였다. Priming의 본래 목적이 수분압 조절에 의한 발아촉진이지만 화학제의 종류에 따라서 그 효과가 상당히 차이가 있는데, 고추종자의 경우 침지종자보다는 NaCl, KNO₃ 및 PEG에 priming할 경우에 발아가 빨리되고 이들 화학제보다는 K₃PO₃에 priming 하면 발아촉진 효과가 더 높은 것은 수분압 조절에 의한 priming 효과 이외에 화학제의 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 효과는 K₃PO₄에 priming할 경우에 없어지는 단백질의 변화가 잘 반영해 주었다.

나. Priming에 의한 토마토 종자의 생리적 변화

처리기간에 따른 토마토종자의 단백질 함량 변화 양상은 침지종자와 priming 종자간에 상당한 차이가 있었다(그림 2.9.2). 침지종자는 처리후 2일째에 161 μ g까지 증가하였다가 3일째부터 급격하게 감소하는 경향을 보였고, priming 종자는 계속 증가하는 양상을 보여 처리후 5일째 180 μ g까지 증가하였다. 이와같이 침지종자와 priming 종자의 단백질 변화양상은 종자내 단백질의 합성량 차이보다는 처리기간에 따른 종자에서 용액으로의 유출량 차이에 의한 것으로 사료되는데, 이는 침지종자와 priming 종자의 종피변화에서도 알 수가 있었다.

침지와 priming에 의한 토마토 종자의 aldolase, ICL, IDH 및 MDH 효소 활성변화는 표 2.9.3에서와 같다. 침지종자의 aldolase 활성은 처리후 2일째에 무처리종자보다 21%가 증가한 후 3일째부터는 급격하게 감소하였고, priming 종자는 처리 후 3일째에 무처리종자보다 21%가 증가하여 그 이후로는 감소하는 경향을 보였는데, 감소의 폭은 priming 종자보다 침지종자에서 컸다. ICL 활성도 aldolase와 같은 경향을 보였는데, 침지종자는 처리 후 3일째에 무처리종자보다 52%의 증가를 보인후 5일째부터는 무처

리 종자보다 낮은 활성을 보였다. 그러나 priming 종자는 처리와 동시에 서서히 증가하기 시작하여 처리후 4일째에 무처리종자보다 43%가 증가하였고 5일째부터는 활성 감소가 있었지만, 무처리종자보다는 높은 활성을 보였다.

침지종자와 priming 종자의 IDH와 MDH 효소 활성변화는 처리후 3일까지는 증가하다가 4일째부터 감소하는 경향을 보였다. 무처리종자에 비해 침지종자의 IDH 효소 활성은 처리후 2일째에 25%가 증가하였고, priming 종자는 처리후 3일째에 27%가 증가하여 최고의 활성을 보였다. 그러나 처리 후 4일째부터는 감소하여 침지종자에서는 무처리종자보다 낮은 활성을 보였지만, priming 종자에서는 무처리종자보다 높은 활성을 보이는 것이 침지종자와 priming 종자간의 차이였다. MDH 효소 활성은 처리후 3일째에 무처리종자보다 침지종자와 priming 종자가 각각 72%와 84% 증가하였는데 처리기간이 경과할수록 감소하는 경향을 보였지만 무처리종자보다는 높은 활성을 보였다.

사진 2.9.2는 침지종자와 priming 종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것인데, 무처리종자에는 RM이 0.41과 0.75에 1개, 0.6에 2개의 주된 단백질이 존재하였다. 이러한 주된 단백질의 banding pattern은 침지종자와 priming 종자에서 큰 변화가 없었다. 그러나 RM이 0.15인 단백질 banding pattern은 priming 종자에서는 무처리종자와 같았지만 침지종자에서는 처리후 3일째부터 band의 강도가 약해지기 시작하여 처리후 5일째에는 나타나지 않는 것이 특이하였다.

다. Priming에 의한 배추 종자의 생리적 변화

그림 2.9.3은 배추 종자의 처리 시기별 단백질 함량 변화를 나타낸 것으로 침지종자는 무처리 종자와 큰 차이없이 유지되었지만, priming 종자에서는 급격하게 증가하여 처리 후 12시간째에 116 μ g까지 증가하였다가 서서히 감소하는 경향을 보여 무종자와 비슷한 경향을 보였다.

배추종자의 ICL과 MDH 활성은 그림 2.9.4와 같은데, 무종자와 마찬가지로 처리와 더불어 지속적으로 증가하였는데, ICL의 활성은 처리 후 6시간과 12시간째에는 침지종자보다 priming 종자의 활성이 높았지만, 처리 후 18시간째에는 침지종자와 비슷한 활성을 보였다. 그러나 MDH는 처리시간의 경과와 더불어 지속적으로 증가하였고, 침지종자보다 priming 종자의 활성이 계속 높게 유지되었다.

사진 2.9.3은 배추 종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것으로 침지종자와 priming 종자의 단백질 banding pattern은 무처리 종자와 마찬가지로 아무런 변화가 없었다.

라. Priming에 의한 상추 종자의 생리적 변화

상추 종자의 단백질 함량은 침지 또는 priming에 의해서 감소되는 경향을 보였다 (그림 2.9.5). 무처리 종자의 단백질 함량은 $84\mu\text{g}$ 인데 비해 처리 후 6시간째에 침지종자는 $76\mu\text{g}$ 으로 $8\mu\text{g}$ 이 감소하였고, priming 종자는 $78\mu\text{g}$ 으로 $6\mu\text{g}$ 이 감소하였다. 이러한 감소는 처리시간이 경과할수록 증가하여 침지종자는 처리 후 48시간째에는 $63\mu\text{g}$ 으로 무처리 종자보다 $21\mu\text{g}$ 이 감소하였지만, priming 종자는 처리 후 24시간째에 $75\mu\text{g}$ 이었고 그 이후로는 더 이상의 감소는 없었다.

표 2.9.4는 상추 종자의 발아와 관련된 효소 활성을 나타낸 것으로 다른 채소종자와는 달리 aldolase와 IDH의 활성이 ICL이나 MDH의 활성보다 높았다. Aldolase활성은 무처리종자에 비해 침지종자와 priming 종자가 각각 104%와 124%의 증가를 보였고, IDH는 91%와 137%의 증가를 보였다. 이러한 최고의 활성을 보인후에는 활성이 감소하였는데, 감소율은 priming 종자보다 침지종자에서 높게 나타나 priming의 효과를 잘 대변해 주었다. 침지종자의 ICL 활성은 처리 후 24시간째에 30%의 증가를 보인 후 급격하게 감소하였고, priming 종자는 36시간째에 51%의 증가를 보인 후 감소하였는데, 감소율은 aldolase나 IDH와 마찬가지로 침지종자에서 높았다. 또한 침지종자와 priming 종자의 MDH 활성은 처리와 동시에 서서히 증가하기 시작하여 처리 후 36시간째에 각각 29%와 27%의 증가를 보였다.

상추 종자의 수용성 단백질은 RM이 0.48에 1개, 0.7과 0.75 사이에 2개의 주된 단백질이 존재하였는데, 이러한 banding pattern은 침지종자와 priming 종자에서도 그대로 나타나 변화가 없었다. 그러나 RM이 0.52인 minor band는 priming 종자에서는 무처리 종자와 마찬가지로 처리기간에 관계없이 band density가 유지되었지만, 침지종자에서는 처리 후 3일째부터 약해지기 시작하여 5일째에는 나타나지 않았다(사진 2.9.4).

마. Priming에 의한 무 종자의 생리적 변화

무 종자의 침지와 priming 처리 시기별 단백질 함량 변화는 그림 2.9.6과 같았다. 무처리 종자의 단백질 함량은 $284\mu\text{g}$ 이었는데, 침지와 더불어 감소하기 시작하여 처리 후 48시간째에는 $250\mu\text{g}$ 으로 $34\mu\text{g}$ 이 감소하였고, priming 종자는 증가하기 시작하여 처리 후 48시간째에는 $396\mu\text{g}$ 으로 무처리 종자보다 $112\mu\text{g}$ 이 증가하였다. 이와 같은 침지종자와 priming 종자의 단백질 함량 변화는 수분흡수의 pattern과 관계가 있는 것으로 이는 종피의 구조적인 특성과 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다.

무 종자의 ICL과 MDH 활성 변화는 그림 2.9.7과 같은데, 침지종자와 priming 종

자 모두 처리와 더불어 지속적으로 증가하였다. ICL의 활성은 처리 후 6시간과 12시간째에는 priming 종자보다 침지종자의 활성이 높았지만, 처리 후 18시간째에는 priming 종자와 같은 활성을 보였다. 그러나 MDH의 활성은 처리 후 6시간과 12시간째에는 침지종자와 priming 종자가에 차이가 없었지만, 처리 후 12시간 이후로는 priming 종자의 활성이 높은 경향을 보였다.

무 종자의 수용성 단백질은 8개의 단백질이 주를 이루었는데, 침지종자와 priming 종자에서도 무처리 종자와 마찬가지로 변화가 없이 주된 단백질은 그대로 나타나 침지나 priming 처리가 수용성 단백질의 변화에는 아무런 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 그러나 RM이 0.8인 2개의 band는 무처리종자에 비해 침지나 priming 하므로서 band density가 약해지는 것으로 보아 수분흡수와 동시에 없어지는 것을 알 수 있었다(사진 2.9.5).

바. Priming에 의한 당근종자의 생리적 변화

그림 2.9.8은 침지와 priming한 당근종자의 처리시기별 단백질 함량변화를 나타낸 것으로 무처리종자에 비해 종자를 침지 또는 priming하므로서 단백질 함량이 감소하는 경향을 보였다. 무처리종자의 단백질 함량은 $97\mu\text{g}$ 이었는데, 침지종자는 처리후 1일째에 $75\mu\text{g}$ 으로 무처리종자보다 $22\mu\text{g}$ 이 감소하였고 priming 종자는 $86\mu\text{g}$ 으로 $11\mu\text{g}$ 이 감소하였다. 그러나 침지종자는 2일째부터 서서히 증가하여 3일째부터는 일정한 단백질 함량을 유지하였고, priming 종자는 처리기간이 경과하여도 단백질 함량에는 큰 변화가 없었다.

표 2.9.5는 침지 또는 priming한 당근종자의 aldolase, ICL, IDH 및 MDH 효소 활성을 나타낸 것이다. 전반적으로 처리후 초기에는 모든 효소의 활성이 증가하였지만, 처리후 기간이 경과될수록 감소하는 경향이였다. Aldolase와 ICL은 침지종자에서는 처리후 3일과 2일째에 최고의 활성을 보여 무처리종자보다 각각 157%와 66%였고, priming 종자에서는 4일과 3일째에 최고의 활성을 보여 무처리종자보다 각각 205%와 75%의 활성을 보였다. 또한 전처리기간을 통하여 무처리종자보다는 높은 활성을 보였다. IDH와 MDH는 활성이 변화하는 양상은 aldolase와 ICL과 같았지만, 활성 증가는 낮게 나타나 대조적이었는데, 처리 후반기의 활성은 무처리 종자보다 낮았다.

사진 2.9.6은 침지종자와 priming 종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것으로 무처리종자는 RM이 0.25에 1개, 0.55에 2개 및 0.75에 3개의 주된 단백질이 존재하였는데, 침지종자와 priming 종자에서도 이러한 단백질의 band는 존재하여 변화가 없었다.

사. Priming에 의한 파 종자의 생리적 변화

그림 2.9.9는 파 종자의 처리시기별 침지종자와 priming 종자의 단백질 함량 변화를 나타낸 것이다. 침지종자와 priming 종자의 단백질 함량은 모든 처리기간을 통하여 무처리 종자보다 높게 나타나 양파종자와는 반대의 경향을 보였다. 침지종자는 처리 후 2일째에 단백질 함량이 무처리종자보다 $13\mu\text{g}$ 이 높은 $39\mu\text{g}$ 까지 증가하였다가 서서히 감소하는 경향을 보였다. Priming 종자는 서서히 증가하기 시작하여 처리 후 3일째에 무처리 종자보다 $26\mu\text{g}$ 이 높은 $52\mu\text{g}$ 까지 증가한 후 처리 모든 기간을 통하여 그대로 유지되는 경향을 보였다.

침지와 priming한 파 종자의 aldolase, ICL, IDH 및 MDH 효소의 활성은 표 2.9.6에 서와 같았다. 침지종자의 aldolase 활성은 처리 후 2일째에 무처리 종자보다 41%가 증가한 후 감소하였고, priming 종자에서는 처리 후 4일째에 74%까지 증가하였다가 감소하는 경향을 보였다. ICL과 IDH 활성은 침지종자와 priming 종자간에 큰 차이가 없었는데, 침지종자와 priming 종자의 ICL 활성은 처리 후 4일째에 각각 72%와 78%로 높은 경향이었고, IDH는 처리 후 3일째와 5일째에 각각 3%와 4%의 낮은 활성을 보이는 것이 대조적이였다. 또한 MDH는 전반적으로 priming 종자보다 침지종자의 활성이 높았는데, 침지와 동시에 활성의 증가가 일어나 처리 후 3일째에는 무처리 종자보다 75%가 높았고, 그 이후로는 감소하였으며 priming 종자에서는 처리 후 4일째에 52%까지 증가한 후 감소하였다.

사진 2.9.7은 파 종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것으로 무처리 종자에는 7개의 주된 단백질이 존재하였는데, 침지종자와 priming 종자에서도 아무런 변화가 없이 그대로 존재하였다.

아. Priming에 의한 양파 종자의 생리적 변화

그림 2.9.10은 침지와 priming한 양파 종자의 처리시기별 단백질 함량 변화를 나타낸 것이다. 침지종자와 priming 종자는 무처리 종자보다 단백질 함량이 적었으며, 침지종자보다 priming 종자의 함량이 낮았다. 무처리 종자의 단백질 함량은 $36\mu\text{g}$ 이었는데, 처리후 1일째 침지종자는 $33\mu\text{g}$ 이었고 priming 종자는 $28\mu\text{g}$ 이었다. 처리후 3일째까지 감소하여 침지종자는 $30\mu\text{g}$, priming 종자는 $25\mu\text{g}$ 까지 감소한 후 더 이상의 감소없이 그대로 유지되었다.

표 2.9.7은 양파 종자의 aldolase, ICL, IDH 및 MDH 효소의 활성 변화를 나타낸 것으로 침지종자는 처리 초기에, priming 종자는 처리후기에 활성 증가를 보였다. 침

지종자의 aldolase 활성은 처리 후 2일째에 무처리 종자보다 67%가 증가하였지만, priming 종자는 처리 후 4일째에 124%가 증가하여 침지종자와 priming 종자간의 활성은 상당한 차이가 있었다. 그러나 ICL은 무처리 종자에 비해 침지종자는 30%가, priming 종자는 38%가 증가하여 처리간의 활성에는 큰 차이가 없었다. 침지종자의 IDH 활성은 침지와 동시에 급격하게 증가하여 처리후 3일째에 59%까지 증가한 후 급격하게 감소하였고, priming 종자는 처리후 2일째부터 증가하여 4일째에 70%까지 증가한 후 감소되었지만, 감소의 폭은 침지종자보다 적었다. 또한 침지종자와 priming 종자에서 MDH 활성은 무처리 종자보다 각각 43%와 47%가 증가하여 처리간에 큰 차이는 없었지만, 침지종자는 처리후 2일째에, priming 종자는 처리후 4일째에 최고의 활성을 보였다. 이러한 활성의 증가와 더불어 처리기간이 경과함에 따라 감소되는 양상은 침지종자와 priming 종자간에도 차이가 있었는데, 침지종자에서는 급격하게 감소하였고 priming 종자는 거의 감소되지 않았다.

사진 2.9.8은 양파 종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것으로 9개의 band가 주를 이루었고, 분자량이 큰 여러개의 minor band가 존재하였다. 침지종자와 priming 종자의 주된 banding pattern은 무처리 종자와 마찬가지로 변화가 없이 그대로 나타났지만, RM이 0.14인 minor band에서 차이가 있었다. 무처리 종자에서는 1개의 minor band가 존재하였지만, 침지종자와 priming 종자에서는 두 개의 band가 나타나 수분흡수와 더불어 이 band가 합성되는 것을 알 수 있었다.

자. Priming에 의한 셀비아 종자의 생리적 변화

셀비아 종자의 침지와 priming 시기별 단백질 함량 변화는 그림 2.9.11과 같았다. 침지종자는 무처리 종자에 비해 처리 후 2일째까지는 감소하다가 증가하여 4일째에는 168 μg 이었다가 다시 감소하였고, priming 종자는 지속적으로 증가하여 처리 후 6일째에 190 μg 이었다.

셀비아 종자의 발아 관련 효소의 활성은 표 2.9.8과 같았다. 침지종자의 aldolase 활성은 처리와 동시에 급격하게 증가하여 4일째에 가장 높은 활성을 보였고, priming 종자는 처리 후 2일째부터 증가하여 3일째에 가장 높은 활성을 보였지만, 처리간의 활성에는 큰 차이가 없었다. ICL과 IDH는 처리 후 3일째에 최고의 활성을 보인 후 감소하였는데, 활성은 침지종자가 priming 종자보다 높았지만, 감소율은 침지종자가 높은 경향을 보였다. 또한 침지종자의 MDH 활성은 처리와 동시에 급격하게 증가하여 처리 후 2일째에 최고의 활성을 나타낸 후 급격하게 감소하였지만, priming 종자는 3일째에 최고의 활성을 보인 후 서서히 감소하는 경향을 보였다.

사진 2.9.9는 샬비아 종자의 수용성 단백질 banding pattern을 나타낸 것으로 RM이 0.25, 0.55 및 0.6에 1개, 0.75와 0.85 사이에 4개의 주된 단백질 band가 존재하였는데, 침지종자와 priming 종자에서도 무처리 종자와 마찬가지로의 banding pattern을 나타내어 종자 전처리가 주된 단백질의 변화에는 아무런 영향을 미치지 못하였다. 그러나 RM이 0.3인 minor band에서는 무처리 종자와 침지 또는 priming 종자간에 차이가 있었는데, 무처리 종자에서는 minor band가 없었지만, 침지종자와 priming 종자에서는 나타나 이 단백질은 수분 흡수와 더불어 나타나는 단백질임을 알 수 있었다.

종자의 발아시 일어나는 중요한 요인중의 하나가 단백질 감소와 단백질 분해효소의 활성증가인데, 대부분의 자엽식물 종자는 자엽에 많은 양의 단백질을 함유하고 있으며 이러한 저장 단백질은 발아시 배축에서의 단백질 합성을 유지하기 위해서 유리 아미노산으로 가수분해된다. Priming에 의한 단백질의 합성은 발아촉진에 큰 영향을 미치는 것으로 상치, 토마토, 고추, 가지 및 부추 등에서 보고(Mazor 등, 1984) 되었는데, 이는 발아를 위한 준비단계로 수분의 흡수와 동시에 불활성이던 단백질이 활성화되거나 저장양분을 분해하기 위한 여러 가지 효소의 활성증가로 이해되고 있다. 특히 세포내 외부의 물질이동을 조절하는 세포막의 투과성(Fu 등, 1988)은 종자의 활력 유지에 중요한데, 세포막의 변성은 세포내에 일어나는 대사작용을 저해하는 요인으로 작용하여 종자의 활력감소와 더불어 발아에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 종자를 침지시키면 갑작스런 수분흡수로 인한 세포막의 파괴로 여러 가지 물질이 유출되며 이로 인하여 종자의 활력은 저하된다. 따라서 적당한 화학제를 이용하여 수분압이 조절된 용액에 종자를 침지시키는 priming은 이와같은 세포막의 변화를 방지하여 종자의 활력을 유지 내지는 증가시키는 효과적인 종자 전처리방법으로 현재 대부분의 종자에 많이 이용되고 있다. 본 연구에서도 고추종자의 단백질 유출량이 priming 종자에 비해 침지종자에서 많았으며 이러한 유출량의 차이는 종자내의 단백질 함량에도 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구에 사용된 종자중에서 종피의 구조적인 특성에 따라서 침지종자와 priming 종자의 시기별 단백질 함량 변화는 뚜렷한 차이를 보였는데, 종피가 얇은 종자에 비해 두꺼운 종자는 침지종자와 priming 종자간의 단백질 함량 차이가 적었다. 이러한 결과는 종피의 구조적인 특성에 따라서 priming에 사용되는 적정 화학제의 사용이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 단백질의 질적인 변화도 종자에 따라서 상당한 차이가 있었는데, 수분의 흡수와 더불어 변화가 일어나는 종자와 아무런 변화가 일어나지 않는 종자가 있었다. 이러한 단백질의 질적 변화가 발아촉진에 미치는 영향은 앞으로 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. 특히 고추종자의 경우 priming에 사용되는 화학제중에서도 K_3PO_4 에서

만 종피에 존재하는 특정 단백질의 band가 사라지는 것은 발아촉진에 큰 영향을 미치는 요인임을 알 수 있었는데, 이는 고추종자의 종피에 존재하는 단백질이 없어지므로 수분흡수가 용이해지는 것과 관계 있을 것으로 사료된다.

또한 발아와 관련된 효소의 활성 증가는 발아에 중요한 영향을 미치는 요인중의 하나인데, 해당작용에 관여하는 aldolase, glyoxylate cycle에서 isocitrate를 glyoxylate와 succinate로 분해하는 ICI, isocitrate의 산화를 촉매시키는 IDH 및 malate를 oxaloacetate로 산화시키는 MDH의 활성은 종자에 따라서 상당한 차이가 있었다. 종자에 따른 이들 발아 관련 효소의 활성이 다르게 나타나는 것은 종자의 구성성분 차이에 그 원인이 있는 것으로 사료되었다. 그러나 대부분의 종자에서 침지종자보다는 priming 종자에서 활성이 높았고, 처리기간의 경과와 더불어 감소되더라도 감소율이 낮은 것은 발아촉진을 위한 priming의 효과를 잘 대변해 주었다.

이와같이 priming 기간중 대사작용의 활성이 증가되는데 priming 후 파종하더라도 무처리종자보다 빠른 시간에 수용성단백질(Mazor등, 1984), 불용성단백질(Khademi등, 1991) 및 효소(Mazor등, 1984)등의 활성이 증가된다. Dell'Aquila와 Tritto(1990)는 이러한 대사작용의 활성은 priming 기간동안에도 일어났으므로 발아를 시키면 무처리종자보다 합성비율이 높아질 수 밖에 없다고 하였다.

Priming 처리시 단백질 합성억제제인 CYC 첨가는 상추(Khan등, 1980/1981) 및 고추(강, 1994)에서 단백질 합성뿐만 아니라 발아를 억제한다고 하였으며, 강(1996)도 CYC를 첨가한 토마토 priming은 발아율 저하 및 T_{50} 이 지연되어 priming 기간중에 발아에 필요한 단백질 합성이 이루어진다고 하였다. 이와 같이 priming 기간중 합성된 단백질은 발아잠재력 향상과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있으며, 발아율 향상과 발아촉진에 관여하는 중요한 요인중의 하나가 단백질 합성이라는 것을 시사하였다.

강(1994)은 priming 기간중 새로운 RNA 합성보다는 이미 존재하던 RNA에 의해서 새로운 단백질이 합성되거나, 건조종자에서 불활성 상태로 있던 단백질이 수분흡수와 함께 활성화되어 발아촉진 효과를 나타낸다고 하였으며, 강(1996)은 토마토 priming 처리 최종일인 4일과 유근이 돌출되기 직전인 침지 2일간의 비교에서 priming 종자가 높았다고 하였다.

Priming 동안 종자내에서 일어나는 생화학적인 변화에 대하여 Khan (1992)은 DNA, RNA 및 단백질과 같은 거대분자의 합성, 효소활성이 증가된다고 하였다. 결론적으로 priming 종자의 발아가 촉진되는 이유로는 대사작용에 관련된 효소활성의 증가와 새로운 효소의 합성에 의해 저장물질의 분해와 이동이 증가되고, 활성이 있는 물질이 축적되며, 세포의 repair나 membrane의 integrity가 개선된 결과라고 추찰된다.

Table 2.9.1. Amount of proteins effluxed to the solutions during imbibition and priming of pepper seeds.

Treatment	Priming duration (days)				
	1	3	5	7	9
H ₂ O ₂	11.2 a	19.4 a	20.0 a	19.6 a	10.8 ab
NaCl (200mM)	4.2 c	8.6 c	8.6 c	14.0 b	11.0 a
Na ₂ HPO ₄ (200mM)	2.0 d	4.2 e	4.6 e	5.0 e	5.2 c
KNO ₃ (150mM)	4.6 c	6.0 d	7.2 d	8.4 c	9.4 b
PEG (-0.60MPa)	2.0 d	2.0 e	4.6 e	4.6 e	4.4 d
K ₃ PO ₄ (200mM)	4.8 b	9.2 b	9.4 b	8.0 d	7.6 c

Means in columns are separated by DMRT at $P=0.05$.

Table 2.9.2. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and primed pepper seeds.

Treatment (days)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	3.06(100)	0.89(100)	0.97(100)	15.2(100)
Imbibed seeds				
1	3.72(122)	1.08(121)	1.54(159)	17.4(114)
3	3.64(119)	1.13(127)	1.66(171)	19.2(126)
5	3.62(118)	1.28(144)	1.76(181)	19.6(129)
7	3.60(117)	1.26(142)	1.73(178)	20.1(132)
9	3.49(114)	1.10(124)	1.70(175)	20.4(134)
Primed seeds				
1	3.43(112)	1.05(118)	1.40(144)	16.0(105)
3	3.76(123)	1.26(142)	1.82(188)	18.5(122)
5	3.81(125)	1.41(158)	2.13(219)	20.8(137)
7	3.84(126)	1.70(191)	2.24(231)	22.2(146)
9	3.80(124)	1.68(189)	2.10(216)	22.5(148)

Seeds were imbibed in water or primed in 200mM K₃PO₄ at 20°C in the dark. Activities are defined as μmol nucleotides reduced or oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

Table 2.9.3. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and primed tomato seeds.

Treatment (days)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	0.19(100)	0.48(100)	0.67(100)	4.3(100)
Imbibed seeds				
1	0.17(89)	0.56(116)	0.73(109)	6.8(158)
2	0.23(121)	0.67(140)	0.84(125)	7.2(167)
3	0.16(84)	0.73(152)	0.70(104)	7.4(172)
4	0.18(95)	0.64(133)	0.63(94)	5.6(130)
5	0.15(79)	0.42(88)	0.66(99)	6.2(144)
6	0.16(84)	0.36(75)	0.52(78)	4.8(112)
Primed seeds				
1	0.20(105)	0.52(108)	0.70(104)	6.0(140)
2	0.19(100)	0.57(119)	0.78(116)	7.7(179)
3	0.23(121)	0.63(131)	0.85(127)	7.9(184)
4	0.21(111)	0.69(143)	0.76(113)	6.4(149)
5	0.17(89)	0.58(121)	0.77(115)	5.9(137)
6	0.19(100)	0.50(104)	0.62(93)	6.0(140)

Seeds were primed in 100 mM Ca(NO₃)₂ and 100mM KNO₃ and imbibed in water at 20 °C for 5days. Activities are defined as μ mol glyceraldehyde phenylhydrazine, glyoxylic phenylhydrazine and nucleotides oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

Table 2.9.4. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and primed lettuce seeds.

Treatment (Hours)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	1.27(100)	2.13(100)	0.54(100)	6.32(100)
Imbibed seeds				
6	1.36(107)	2.48(116)	0.68(126)	6.68(106)
12	1.92(151)	2.36(110)	1.29(138)	6.79(107)
24	2.25(177)	2.77(130)	1.03(191)	7.34(116)
36	2.60(204)	2.02(95)	0.92(170)	8.16(129)
48	1.34(106)	1.89(89)	0.84(156)	7.88(124)
Primed seeds				
6	1.29(102)	2.57(121)	0.82(152)	6.30(99)
12	1.88(148)	2.46(115)	1.20(222)	6.75(107)
24	2.22(175)	2.84(133)	2.02(337)	7.54(119)
36	2.85(224)	3.22(151)	1.69(312)	8.05(127)
48	1.70(134)	2.89(136)	1.67(309)	8.00(126)

Seeds were primed in 200mM KH₂PO₄ and imbibed in water at 20 °C for 48 hours. Activities are defined as μ mol glyceraldehyde phenylhydrazine, glyoxylic phenylhydrazine and nucleotides oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

Table 2.9.5. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and carrot seeds.

Treatment (days)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	0.77(100)	1.35(100)	2.16(100)	3.22(100)
Imbibed seeds				
1	0.97(126)	1.87(139)	2.63(122)	3.34(104)
2	1.23(159)	2.24(166)	2.85(132)	3.57(111)
3	1.98(257)	1.88(139)	2.47(114)	3.89(121)
4	1.53(198)	1.76(130)	2.08(96)	3.29(102)
5	1.20(156)	1.63(121)	1.57(73)	2.65(82)
Primed seeds				
1	0.81(105)	1.35(100)	2.15(100)	3.08(96)
2	0.83(108)	1.57(116)	2.38(110)	3.33(103)
3	1.76(229)	2.36(175)	2.53(117)	4.45(138)
4	2.35(305)	2.01(148)	2.12(98)	3.92(122)
5	1.73(225)	1.79(133)	1.74(80)	3.36(104)

Seeds were primed in -0.50MPa PEG and imbibed in water at 20°C for 5 days. Activities are defined as μmol glyceraldehyde phenylhydrazine, glyoxylic phenylhydrazine and nucleotides oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

Table 2.9.6. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and primed Welsh onion seeds.

Treatment (days)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	0.27(100)	0.83(100)	1.25(100)	4.4(100)
Imbibed seeds				
1	0.36(133)	1.01(122)	1.26(100)	5.6(127)
2	0.38(141)	1.22(147)	1.27(102)	5.7(130)
3	0.36(133)	1.37(165)	1.29(103)	7.7(175)
4	0.22(81)	1.43(172)	1.27(102)	6.3(143)
5	0.25(93)	1.40(169)	1.25(100)	5.2(118)
6	0.28(104)	1.26(152)	1.19(95)	4.5(102)
Primed seeds				
1	0.30(111)	0.92(111)	1.25(100)	4.6(105)
2	0.34(126)	0.97(117)	1.26(100)	5.7(130)
3	0.41(152)	1.23(148)	1.28(102)	6.3(143)
4	0.47(174)	1.48(178)	1.28(102)	6.7(152)
5	0.38(141)	1.39(167)	1.30(104)	5.1(116)
6	0.25(93)	1.20(145)	1.22(98)	5.6(127)

Seeds were primed in 100mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and imbibed in water at 10°C for 5 days. Activities are defined as μmol glyceraldehyde phenylhydrazine, glyoxylic phenylhydrazine and nucleotides oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

Table 2.9.7. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and primed onion seeds.

Treatment (days)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	0.57(100)	2.56(100)	1.12(100)	1.96(100)
Imbibed seeds				
1	0.64(112)	2.87(112)	1.38(123)	2.27(116)
2	0.83(146)	3.24(127)	1.75(156)	2.81(143)
3	0.95(167)	3.32(130)	1.78(159)	2.47(126)
4	0.82(151)	3.05(119)	1.39(124)	2.25(115)
5	0.77(135)	2.93(114)	1.25(112)	1.75(89)
Primed seeds				
1	0.62(109)	2.56(101)	1.16(104)	2.08(106)
2	0.97(170)	2.97(116)	1.54(137)	2.39(122)
3	1.08(189)	3.54(138)	1.88(168)	2.76(141)
4	1.21(212)	3.38(132)	1.91(170)	2.88(147)
5	0.91(160)	3.01(117)	1.82(163)	2.74(140)

Seeds were primed in 200mM KH_2PO_4 and 100mM $Ca(NO_3)_2$ and imbibed in water at 10 °C for 5 days. Activities are defined as μ mol glyceraldehyde phenylhydrazine, glyoxylic phenylhydrazine and nucleotides oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

Table 2.9.8. Changes in aldolase, ICL, IDH and MDH activities ($\times 10^{-2}$) of fresh, imbibed and primed salvia seeds.

Treatment (days)	Aldolase	ICL	IDH	MDH
Fresh seeds	1.15(100)	0.45(100)	0.71(100)	20.4(100)
Imbibed seeds				
1	1.57(137)	0.47(104)	0.84(118)	25.9(127)
2	1.69(147)	0.59(131)	1.00(140)	26.8(131)
3	1.56(137)	0.83(184)	0.99(149)	24.2(119)
4	1.78(155)	0.72(160)	0.95(133)	20.3(99)
5	1.69(147)	0.56(124)	0.72(101)	19.5(96)
6	1.56(135)	0.40(89)	0.64(90)	17.4(85)
Primed seeds				
1	1.23(107)	0.45(100)	0.77(108)	22.5(110)
2	1.49(129)	0.51(113)	0.74(104)	28.8(141)
3	1.73(150)	0.77(171)	0.98(138)	30.9(151)
4	1.62(140)	0.74(164)	0.95(133)	28.1(138)
5	1.64(143)	0.60(133)	0.83(117)	26.2(128)
6	1.61(140)	0.61(136)	0.72(101)	25.8(126)

Seeds were primed in -0.50MPa PEG and imbibed in water at 20 °C for 6 days. Activities are defined as μ mol glyceraldehyde phenylhydrazine, glyoxylic phenylhydrazine and nucleotides oxidized per min per seed. Numbers in parentheses indicate relative changes in enzyme activities to those from fresh seeds.

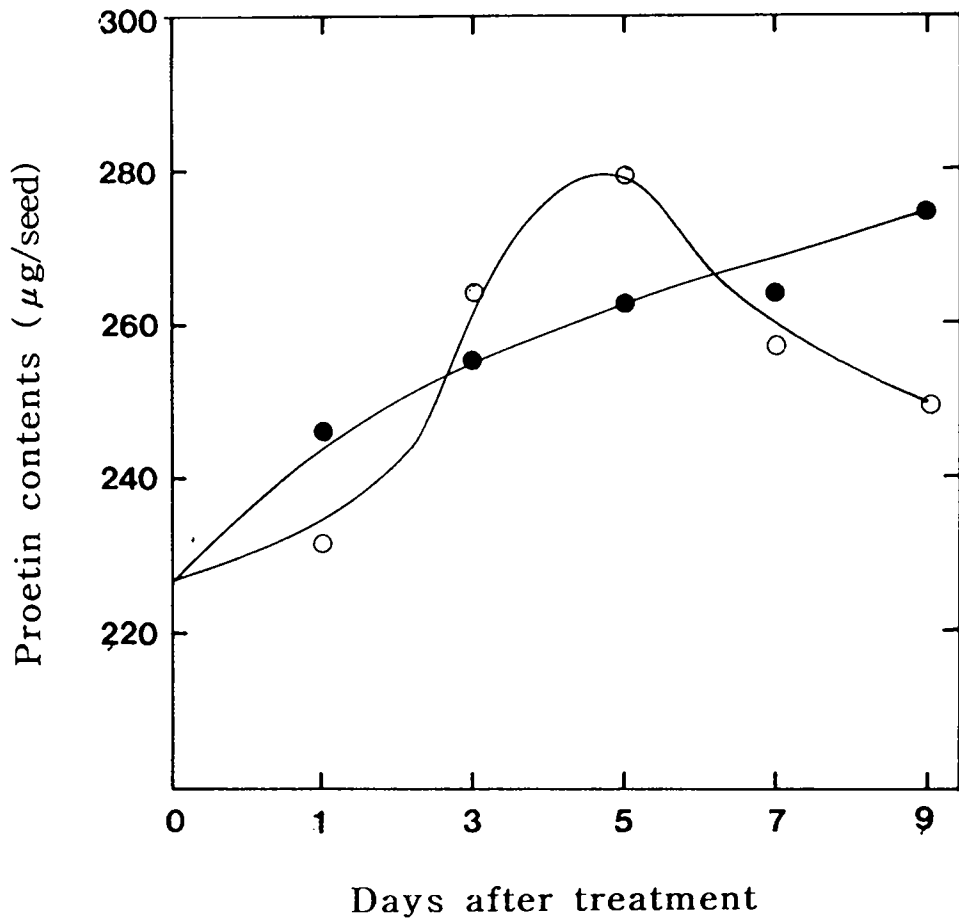


Fig. 2.9.1. Changes in water-soluble proteins of pepper seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in 200mM K_3PO_4 at 20°C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

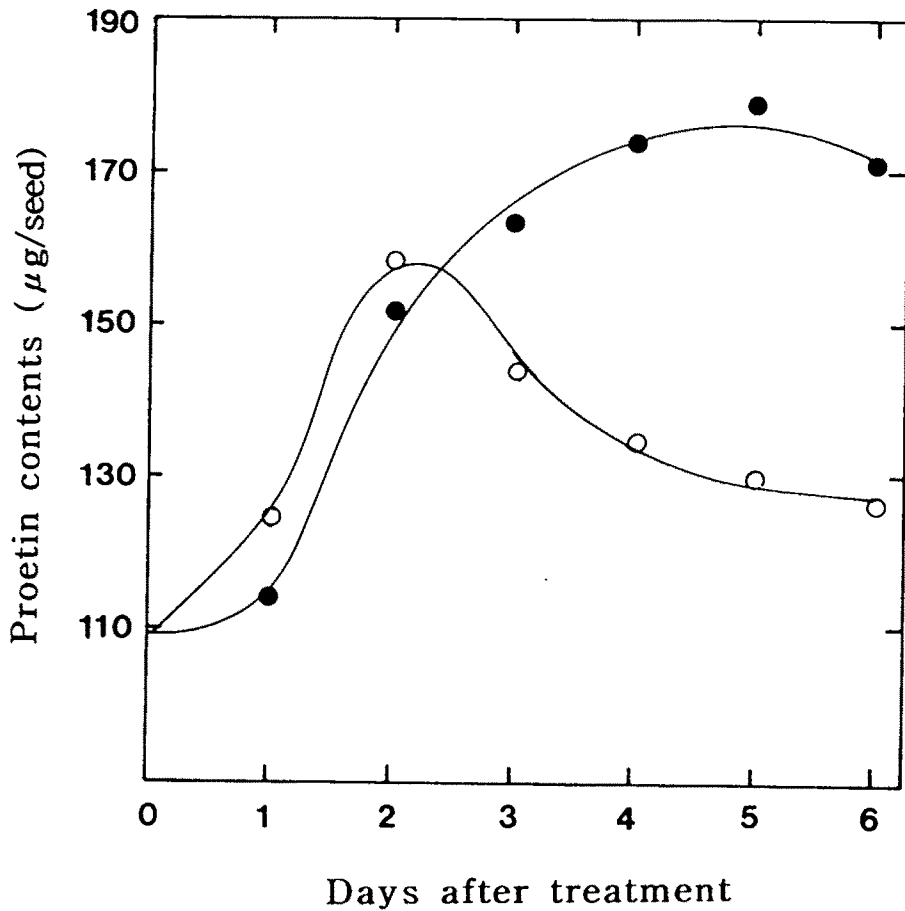


Fig. 2.9.2. Changes in water-soluble proteins of tomato seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in 100 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and 100mM KNO_3 at 20°C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

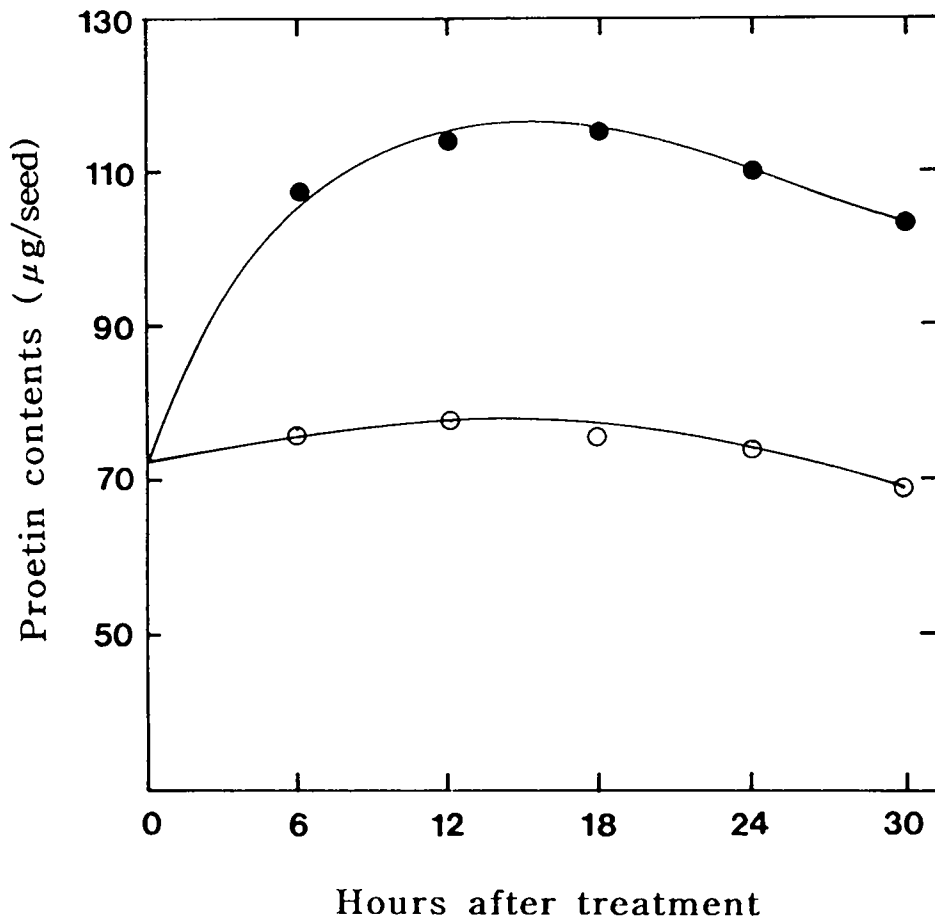


Fig. 2.9.3. Changes in water-soluble proteins of Chinese cabbage seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in -0.50MPa PEG at 20°C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

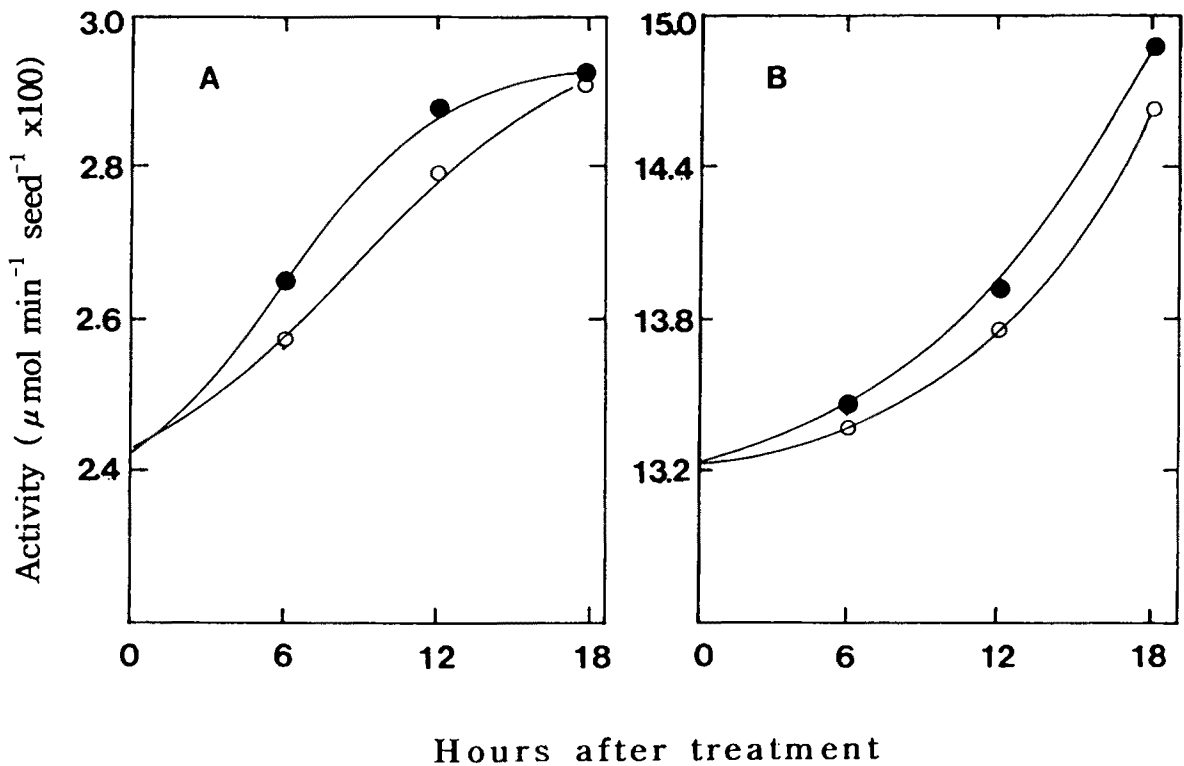


Fig. 2.9.4. Changes in ICL (A) and MDH (B) activities ($\times 10^{-2}$) of imbibed(○) and primed(●) Chinese cabbage seeds. Seeds were primed in -0.50MPa PEG and imbibed in water at 20°C for 48 hours. Activities are defined as μmol glyceraldehyde phenylhydrazine and nucleotides oxidized or reduced per min per seed.

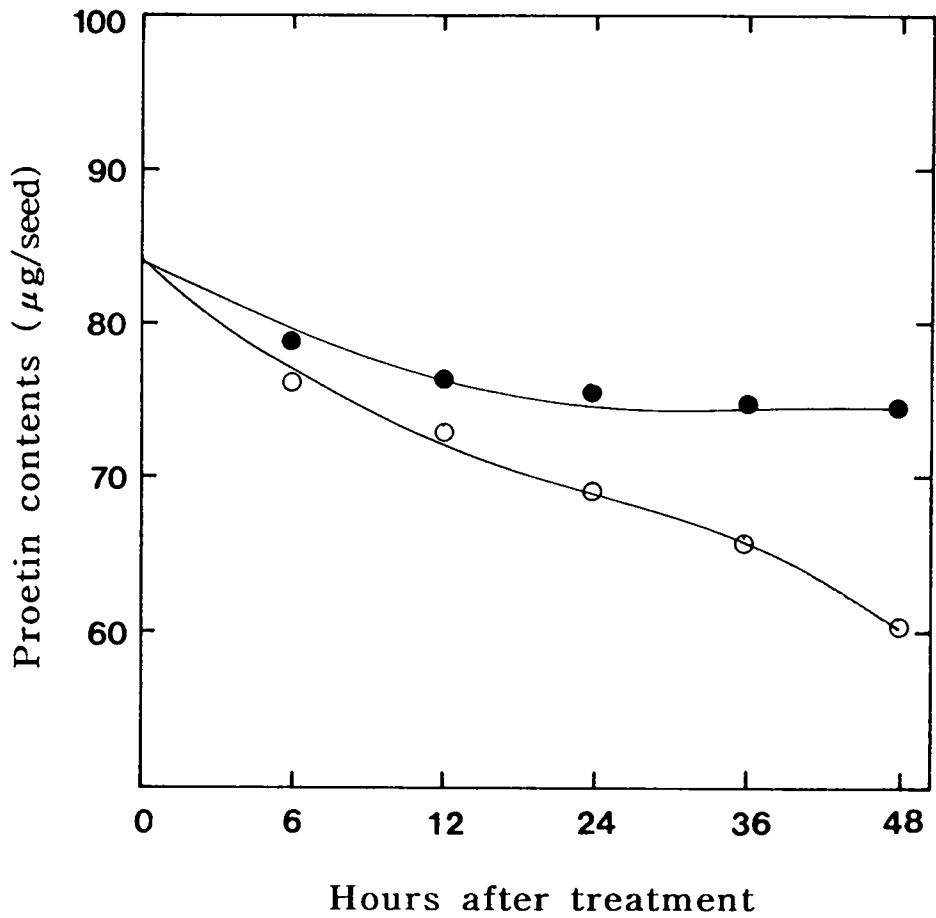


Fig. 2.9.5. Changes in water-soluble proteins of lettuce seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in 200mM KH_2PO_4 at 20 °C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

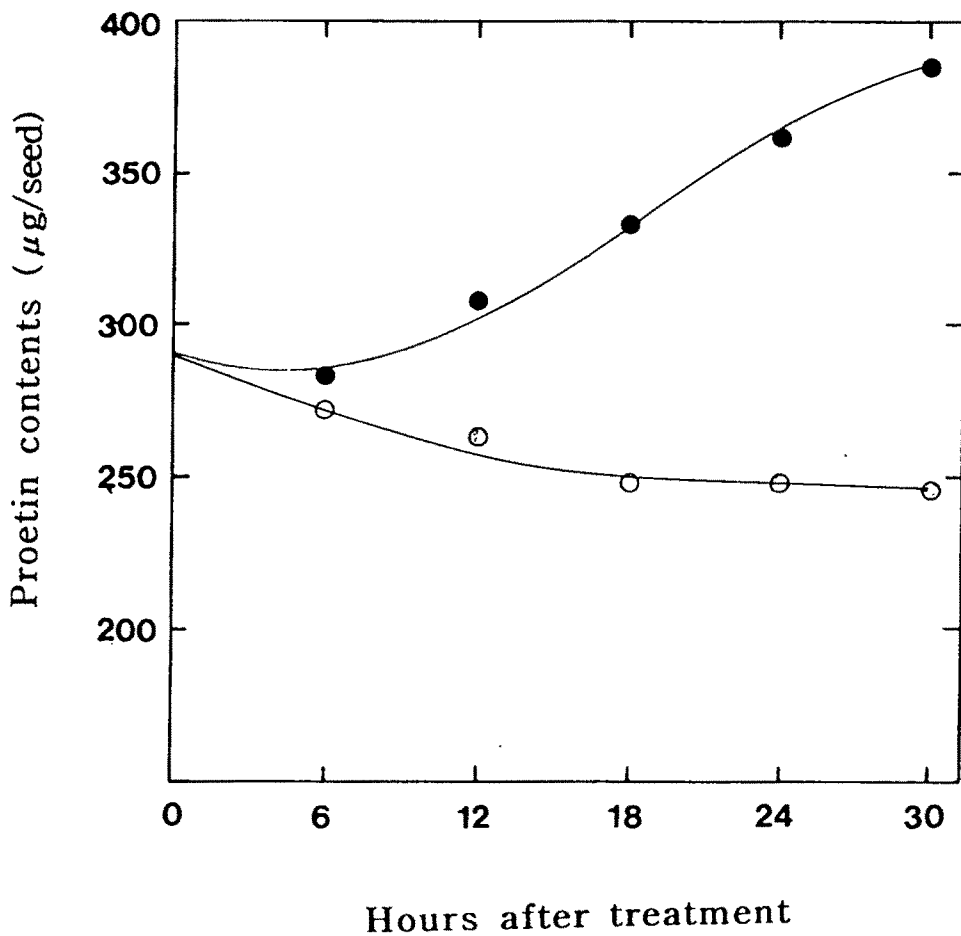


Fig. 2.9.6. Changes in water-soluble proteins of radish seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in -0.50 MPa PEG at 20 °C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

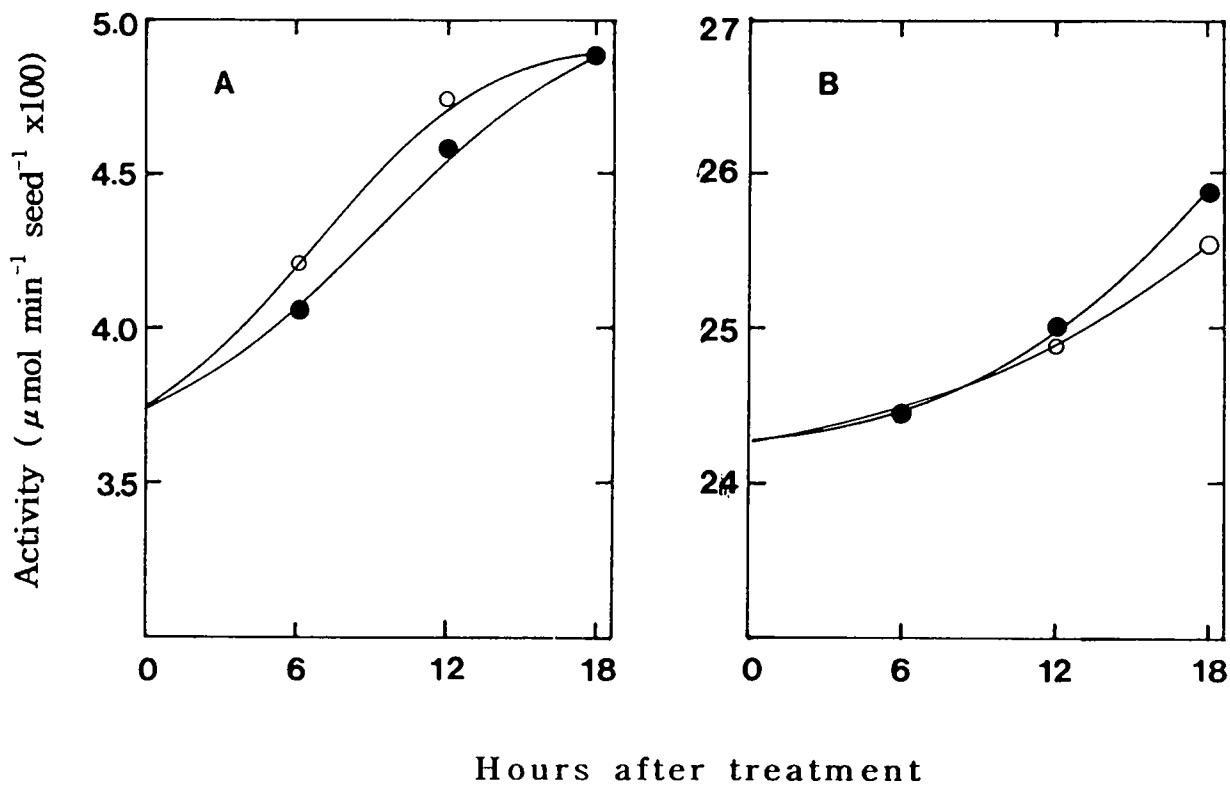


Fig. 2.9.7. Changes in ICL (A) and MDH (B) activities ($\times 10^{-2}$) of imbibed(○) and primed(●) radish seeds. Seeds were primed in -0.50MPa PEG and imbibed in water at 20°C for 48 hours. Activities are defined as μmol glyceraldehyde phenylhydrazine and nucleotides oxidized or reduced per min per seed.

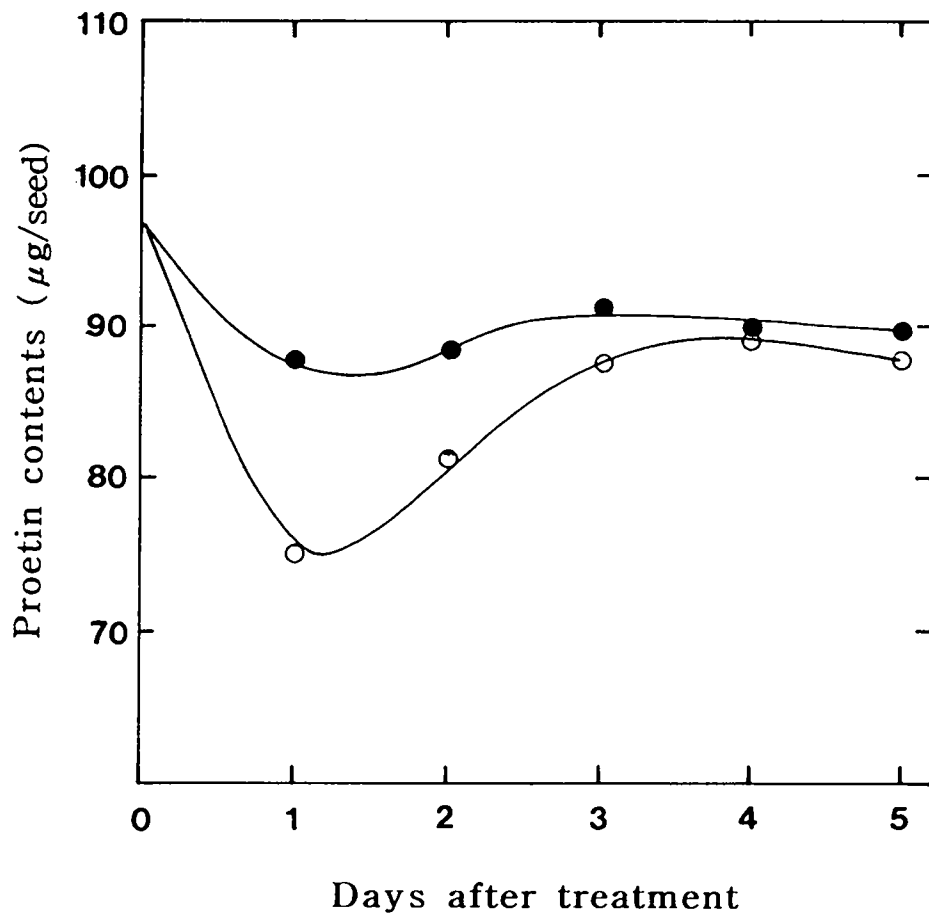


Fig. 2.9.8. Changes in water-soluble proteins of carrot seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in PEG (-0.50MPa) at 20 °C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

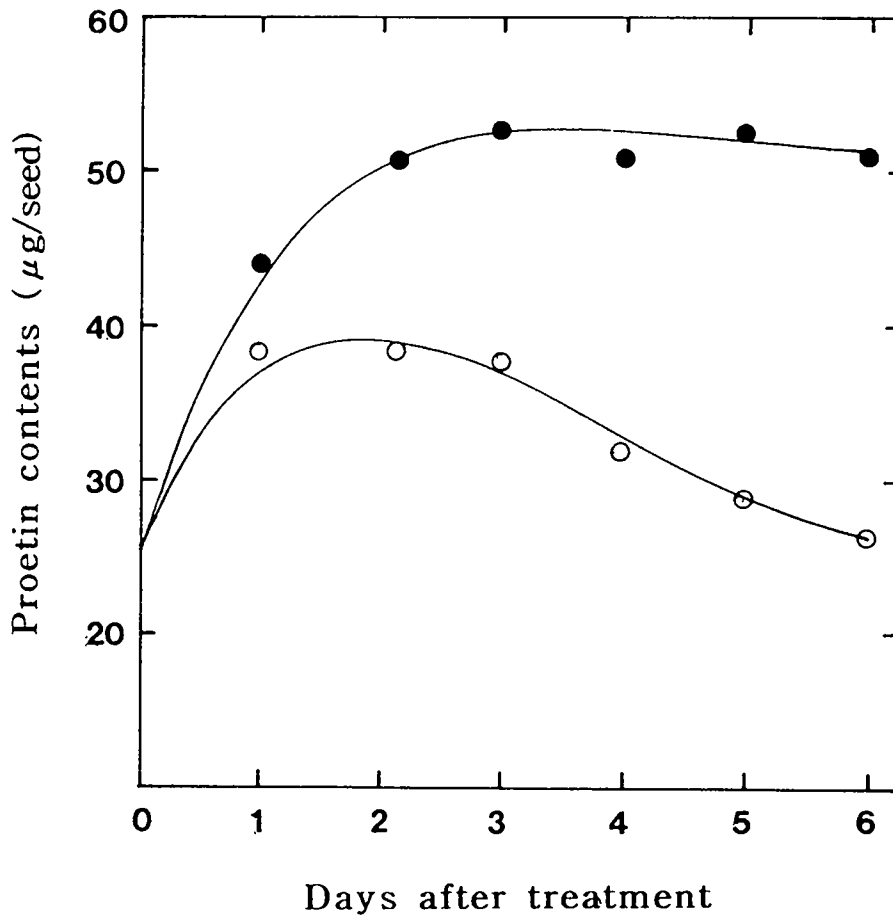


Fig. 2.9.9. Changes in water-soluble proteins of Welsh onion seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in 100mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ at 10°C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

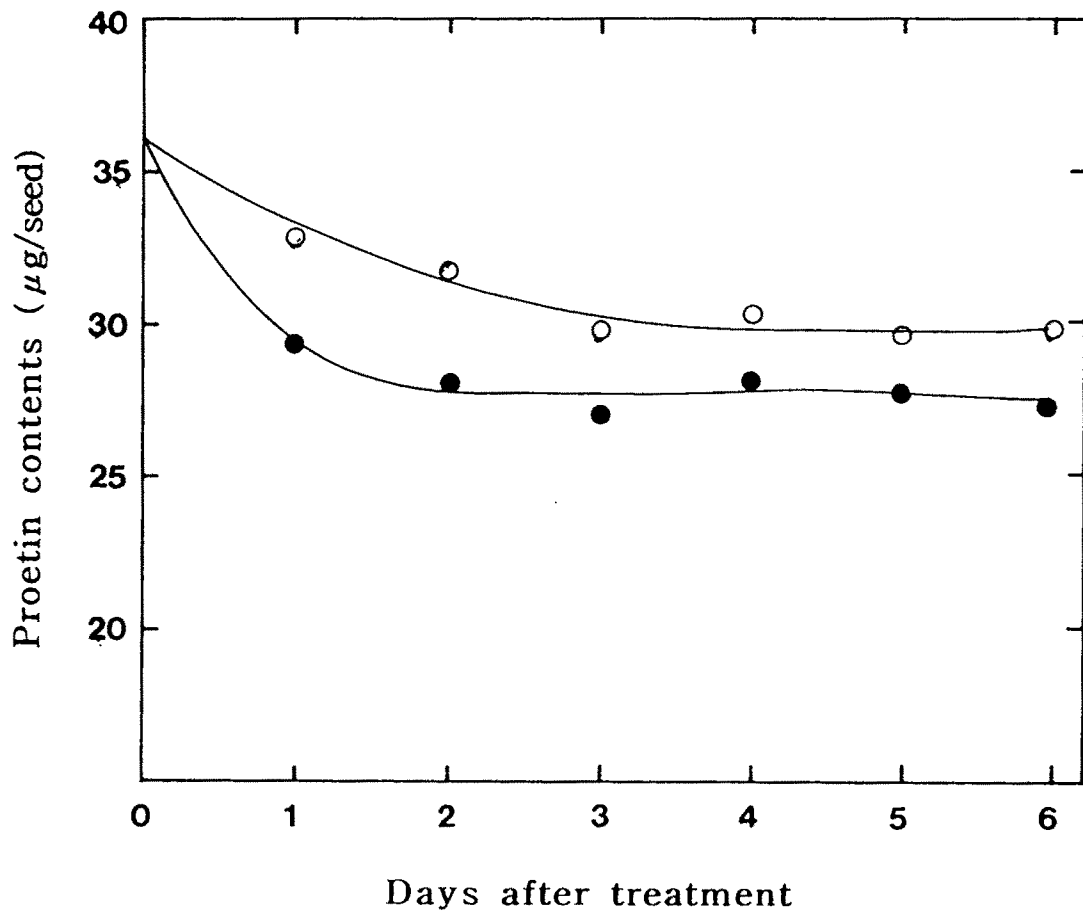


Fig. 2.9.10. Changes in water-soluble proteins of onion seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in 200mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ at 10°C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

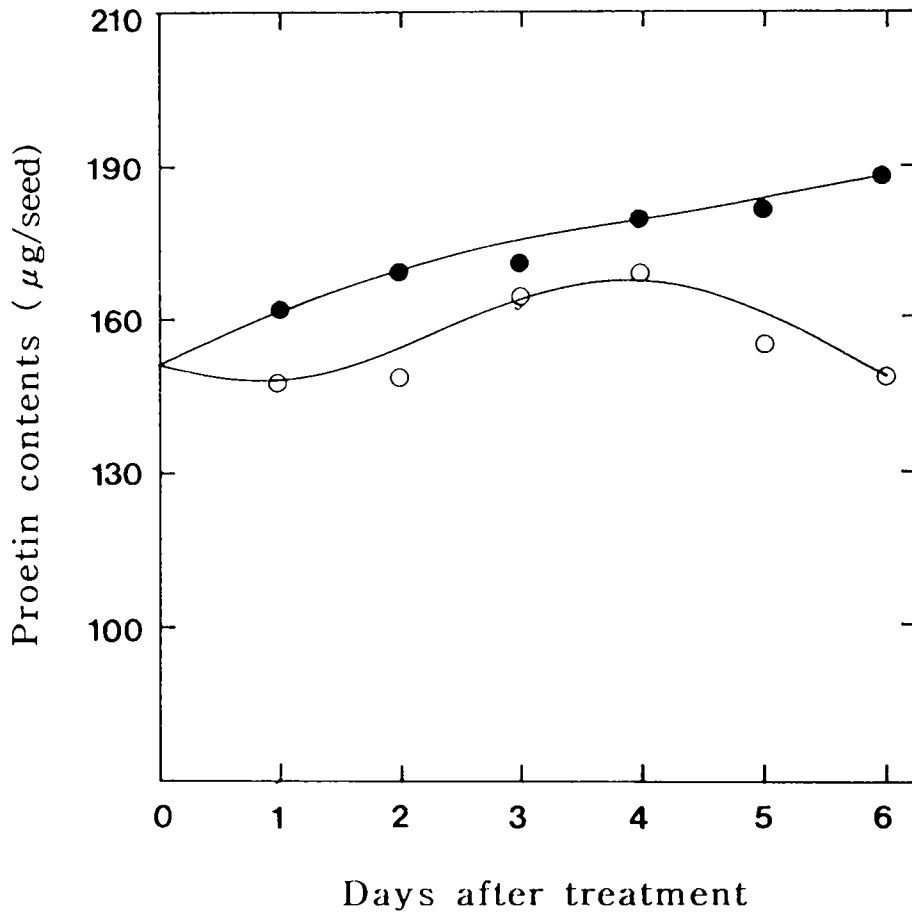


Fig. 2.9.11. Changes in water-soluble proteins of salvia seeds during imbibition(○) and priming(●). Seeds were imbibed in water or primed in -0.50MPa PEG at 20°C in the dark. Values for day 0 were taken from fresh seeds.

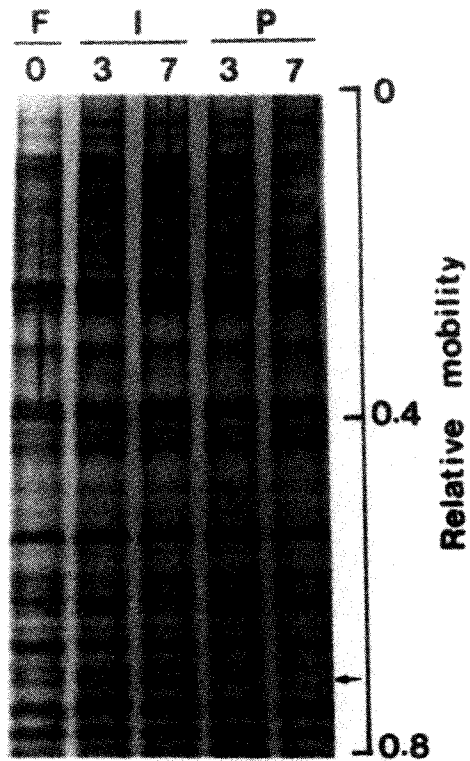


Photo. 2.9.1. Separation of water-soluble pepper proteins extracted from fresh seeds (F), those imbibed in water(I) and primed in K₃PO₄(P). Seeds were imbibed in water or primed in 200mM K₃PO₄ at 20°C for 7 days in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

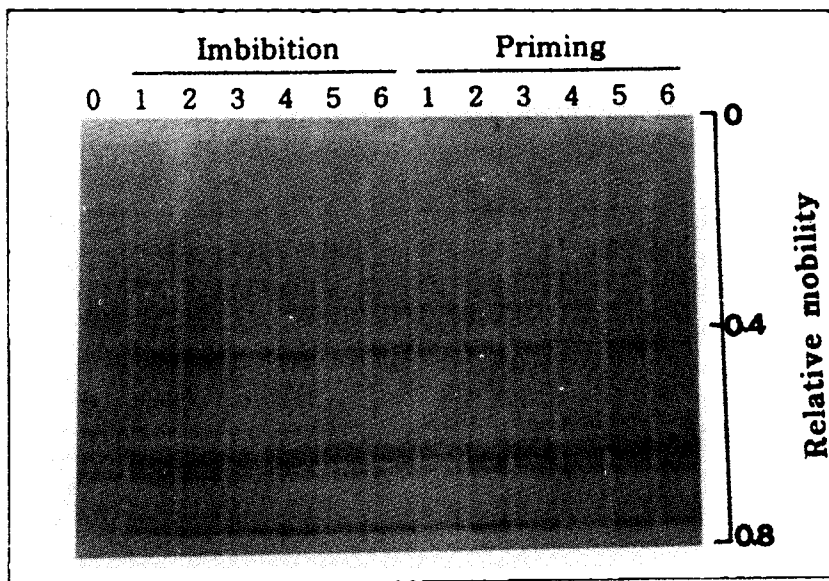


Photo. 2.9.2. Separation of water-soluble tomato proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in 100 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and 100mM KNO_3 . Seeds were imbibed in water or primed in 100 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and 100mM KNO_3 at 20°C for 5 days in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

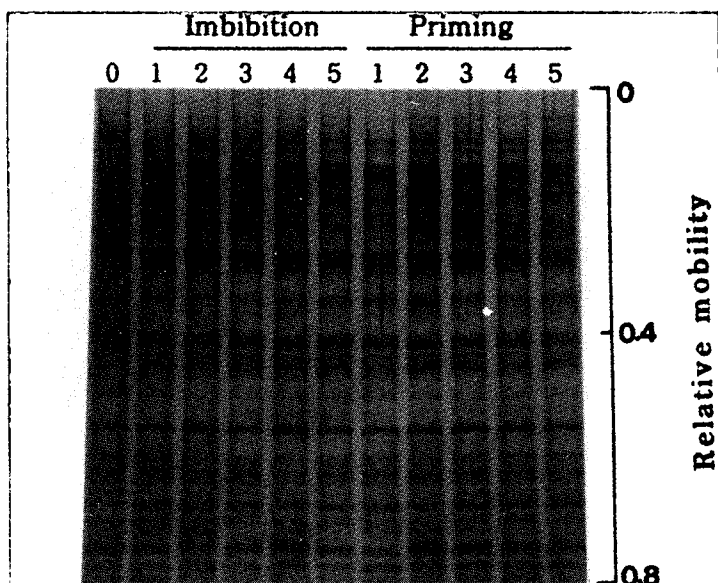


Photo. 2.9.3. Separation of water-soluble Chinese cabbage proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in PEG. Seeds were imbibed in water or primed in -0.50MPa PEG at 20°C for 48 hours in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

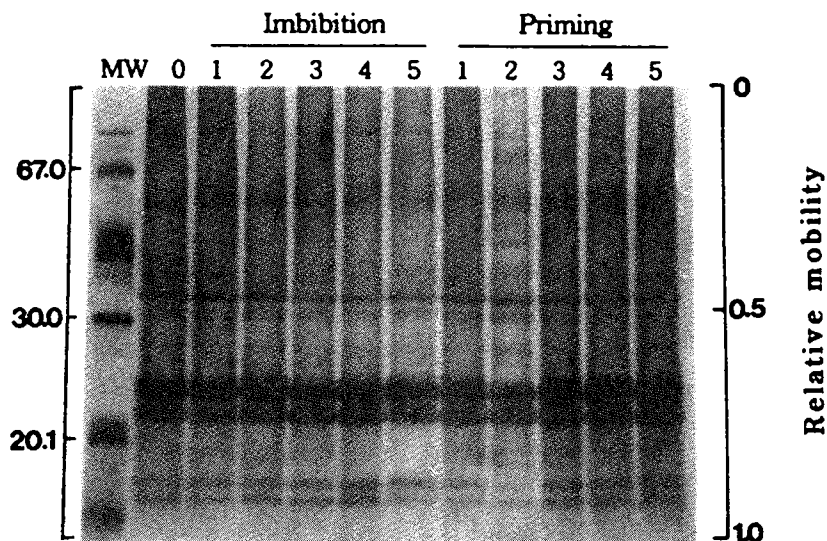


Photo. 2.9.4. Separation of water-soluble lettuce proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in KH_2PO_4 . Seeds were imbibed in water or primed in 200mM KH_2PO_4 at 20°C for 48 hours in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

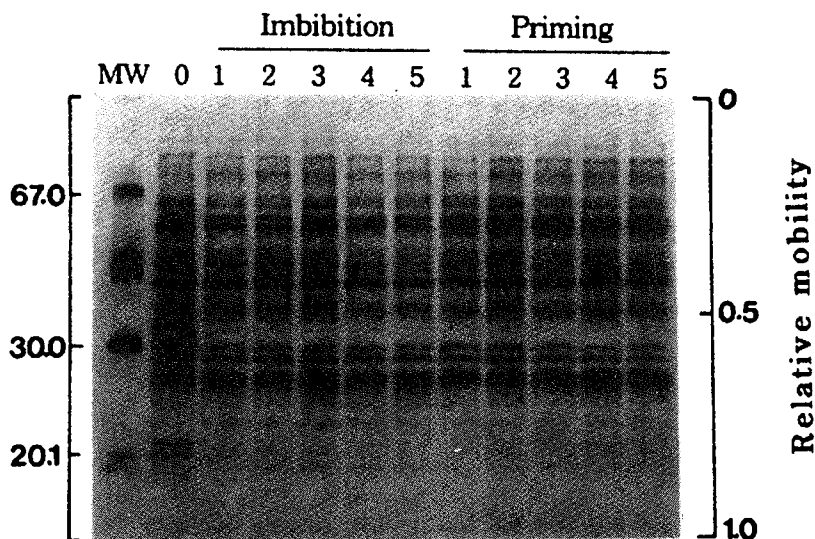


Photo. 2.9.5. Separation of water-soluble radish proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in PEG. Seeds were imbibed in water or primed in -0.50MPa PEG at 20°C for 48 hours in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

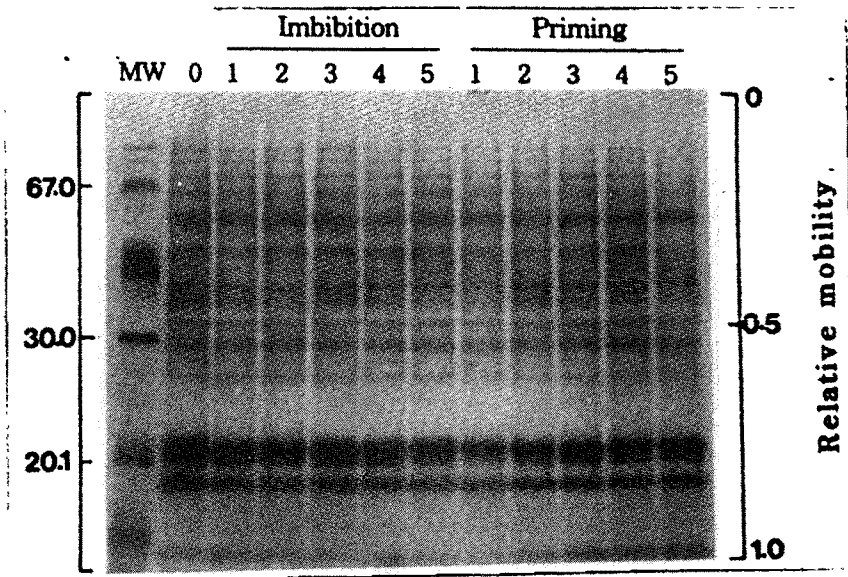


Photo. 2.9.6. Separation of water-soluble carrot proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in PEG (-0.50MPa). Seeds were imbibed in water or primed in PEG (-0.50MPa) at 20°C for 5 days in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

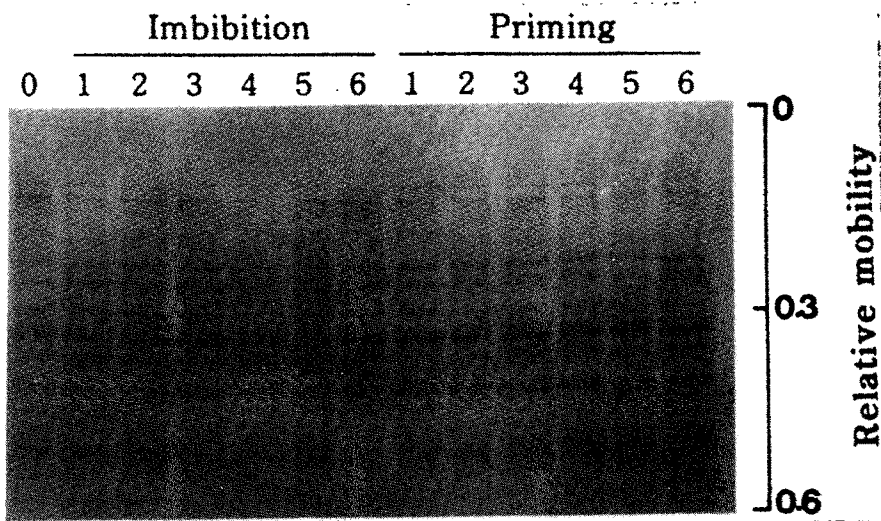


Photo. 2.9.7. Separation of water-soluble Welsh onion proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in 100mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Seeds were imbibed in water or primed in 100mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ at 10°C for 5 days in the dark. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

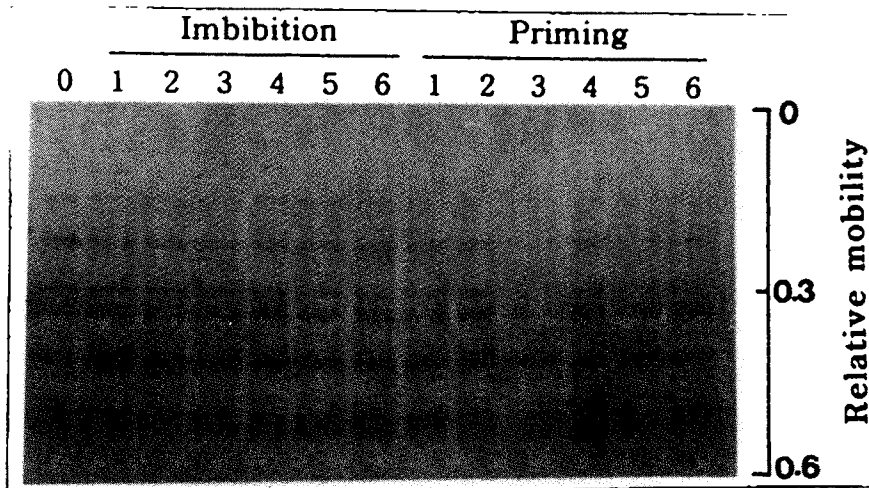


Photo. 2.9.8. Separation of water-soluble onion proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in 200mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Seeds were imbibed in water or primed in 200mM KH_2PO_4 and 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ at 10°C for 5 days in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

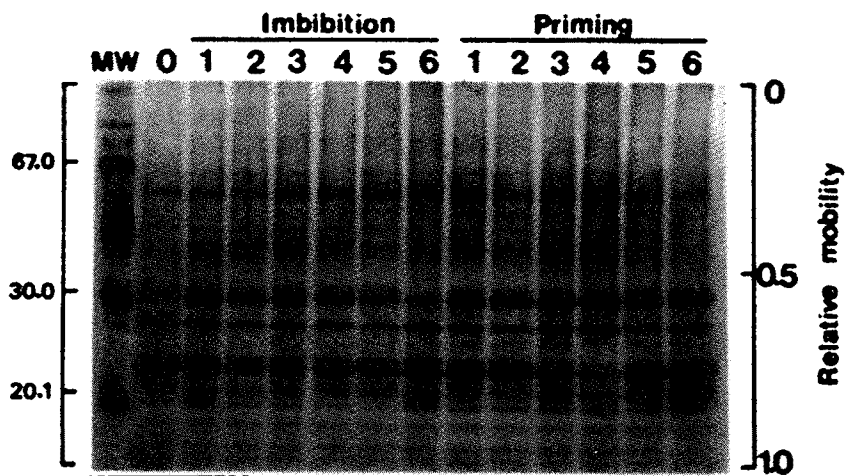


Photo. 2.9.9. Separation of water-soluble salvia proteins extracted from fresh seeds (0), those imbibed in water and primed in PEG. Seeds were imbibed in water or primed in -0.50MPa PEG at 20°C for 6 days in the dark. Marker proteins were run on the same gel. Proteins were separated on a 12% polyacrylamide slab gel containing SDS.

제 3 장 종자의 코팅 기술개발

제 1 절 서 언

WTO 체제하에서 국내종자 시장은 이미 개방되었고 외국 종묘업체의 국내진출도 현실화된 지금 선진국들은 품종개발에 대한 지적재산권을 국제적으로 보장받으려 하고 있다. 이와 같은 환경변화에 대응하여 자구책을 강구하고 있으나, 우리 국민의 식생활과 건강에 중대한 영향을 미치는 채소종자 조차도 외국씨앗의 수입에 의존해야 하는 현실은 중대한 문제가 아닐 수 없다. 따라서 우리 채소종자 산업이 안고 있는 문제점을 면밀히 검토·분석하여 하루 빨리 원예종자의 발아촉진을 유도할 수 있는 종자처리의 기술 개발과 아울러 파종작업을 생력화 할 수 있는 코팅종자의 개발이 선행되어야 할 것이다.

작물재배에서 입묘 확보는 생산성과 직결되는데, 입묘에 관여하는 요인들은 품종, 종자 활력, 토질, 기후조건, 파종시기, 파종깊이, 파종방법, 재배방법 그리고 토양내 길항물질, 미생물, 유기물의 함량, 토양에 존재하는 잡초, 병원균, 근류균 등에 따라 입묘 형성이 달라진다. 이들 요인들은 단독 또는 복합적으로 작용하여 묘출현을 지연 또는 감소시키는데, 일부 요인은 조절이 가능하나 그렇지 못한 경우가 많다. 재배자들은 생육억제 요인을 경감시키기 위해 전 재배면적에 농약이나 비료를 전면살포하는 방법을 택하고 있으나, 이러한 처리들은 상당한 경제적 손실을 초래한다. 따라서 종자 주위에 여러 가지 활성물질을 첨가하는 종자 코팅은 경제적이고 처리 효율성을 극대화시킬 수 있는 방안이다.

제 2 절 코팅물질의 물리성과 코팅종자의 발아력

1. 서 언

대부분의 원예작물은 적절한 유묘관리가 필요하며, 특히 미세종자들은 크기가 불균일하여 기계화 파종이 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 종자코팅이 제시되었다. 코팅의 목적은 종자 크기와 무게를 증가시켜 기계화 파종을 가능케 하여 파종과 수습 노력을 절감하고 종자를 절약하는데 있다. 또한 영양물질, 살균제, 발아촉진 물질을 코팅공정 과정중 종자표면에 공급하면 발아 미세환경을 개선시켜 묘의 생장을 촉진시키며, 영양경합원인 잡초의 생육을 억제하여 입모 증진에도 유용하다.

이러한 관점에서 본 연구는 고품질의 코팅종자를 생산하기 위한 기초연구로써 원예작물의 종자코팅에 적합한 코팅물질들의 물리성과 발아에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시품종

본 실험에 사용된 공시재료는 서울종묘(주)의 고추 ('거성'), 토마토 ('세계'), 무 ('영광'), 배추 ('맛나'), 당근 ('추홍'), 상추 ('청치마'), 양파 ('서울대고'), 파 ('금장'), 박 ('FR-Top'), 샐비어 ('본화이어'), 잔디 ('한국들잔디') 종자였다.

나. 코팅물질의 물리성 및 발아력에 미치는 영향

종자코팅 공정중 피복물질로써 첨가되는 코팅물질의 물리성과 이들 물질이 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Diatomaceous earth # 300, calcium carbonate, dialite, talc, calcium carbonate+dialite (1:1), calcium carbonate+talc (1:1), dialite+talc (1:1) 및 calcium carbonate+dialite+talc (1:1:1 v/v), calcium oxide, kaolin, fly ash 및 vermiculite 등은 단독 또는 혼합하였다.

종자 코팅 물질의 물리성은 부피, 용적밀도, 보수력, E.C 및 pH를 조사하였다. 부피측정은 100g의 코팅물질을 500ml의 메스실린더에 충전하여 증가하는 높이를 부피로 간주하였다. 보수력 측정은 100g의 코팅물질에 서서히 수분을 가하여 최대함수량의 무게를 천칭하여 단위건물중으로 계산하였다 (코팅물질의 수분함량 - 코팅물질의 건물중/ 코팅물질의 건물중).

코팅물질의 pH 및 전기전도도 조사는 코팅물질과 증류수를 1:5로 희석시켜 1시간 동안 진탕시킨 후 pH meter와 EC meter (VWR Scientific 1054)로 각각 pH와 전기전

도도를 측정하였다. 코팅종자의 경도는 경도계 (Hardness meter, 東京木屋製作所, 日本)를 이용하여 수직으로 압박하여 깨어질때의 압력 (g/cm^2)으로 표시하였다.

다. 종자 코팅 공정

종자코팅 방법은 60~70rpm으로 회전하고 있는 코팅드럼에 100g의 종자를 넣고 코팅 접착제로는 PVA 0.5% 수용액을 종자표면에 분사한 후 코팅초기에는 종피에 부착성이 우수한 코팅물질인 talc를 서서히 가하여 종피에 부착시켜 기본 형태를 유지시킨 후 여러 가지 코팅물질을 단용 또는 혼합 첨가하여 코팅하였다. 코팅 접착제 분사는 코팅초기에는 PVA 0.5%액을, 중기에는 PVA 1.0%액을, 후기에는 코팅층의 경도를 강화시키기 위하여 PVA 2.0% 액을 분사하였다. 코팅드럼의 회전속도도 초기, 중기 및 후기로 나누어 달리하였는데, 초기에는 종자의 기계적 손상을 경감시키기 위해 60~70rpm, 중기에는 100~150rpm, 후기에는 코팅층 표면의 균질화와 구형에 근접한 형태를 유지시키기 위하여 비교적 고속인 400~500rpm으로 조절하였다. 코팅공정의 중기 및 후기단계에서는 코팅종자가 회전력에 견딜 수 있는 일정한 경도를 유지시키고 코팅종자가 서로 달라 붙는 덩어리진 코팅을 방지하기 위하여 회전하고 있는 코팅드럼에 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다.

라. 전자현미경에 의한 코팅종자의 표면 관찰

여러 가지 코팅물질로써 코팅된 종자의 기공성과 코팅물질간의 응집성을 관찰하기 위해서 주사전자현미경을 이용하였다. 주사전자현미경 관찰을 위한 표본제작은 코팅종자를 임계점 건조기(critical point dryer, Microtech E-3000)에서 40분간 건조시킨 후 stub에 mounting하고 ion sputtering coater (JEOL, JFC-1100E)내에서 금으로 10 nm 두께로 코팅하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, GEOL-TSM-6400)으로 가속전압 10kV하에서 관찰하였다. 또한 코팅층의 외부 표면의 무기성분을 EDS로 분석하였다.

마. 발아실험

코팅물질이 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 9cm petridish에 2g의 코팅물질을 넣고 종자를 치상한 후 증류수 7ml을 공급하여 발아력을 비교하였다. 발아시험은 petridish(9cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 1매를 간 후 100립씩 완전임의배치 3반복으로 암상태의 $20\pm 1^\circ C$ 및 $25\pm 1^\circ C$ 항온기에서 실시하였다. 발아조사는 종자를 치상한 후 10일까지는 12시간 간격으로, 그 후 18일까지는 1일 간격으로 하였으며, 유근이 1.0mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 간주하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 코팅물질의 물리, 화학성

종자코팅을 위해서는 코팅물질을 종자에 부착토록 하는 접착제가 필요하다. 코팅 공정은 드럼안에 회전하고 있는 종자와 코팅물질에 접착제를 연속적으로 분사함으로써 치밀화된 코팅종자를 생산할 수 있다. 코팅물질로는 montmorillonite와 같은 점토 물질과 chalk, sawdust, sand, cellite, kriliun, bentonite clay, calcium carbonate, 규조토, zeolite, talc, bauxite, peat moss 및 vermiculite 등이 주로 사용되며 석회, 석고, 백운석, rock phosphate 등은 근류균 보호을 위한 코팅물질로 이용된다.

표 3.2.1은 코팅 물질의 종류별 물리성을 조사한 결과이다. 코팅종자의 물리성은 기계화 파종에 대단히 중요하며, 발아에도 영향을 미치는 요인이다. 코팅물질의 부피는 dialite, kaolin, diatomaceous earth, vermiculite 등이 각각 2.75, 2.57, 2.22 및 2.20로 나타나 대체적으로 높았다. 코팅물질의 용적부피는 코팅종자의 무게를 좌우하는 중요한 요소로서 중요한 의미를 갖는다. 용적부피가 낮으면 공극율이 높고 가벼운 장점이 있다. 종자코팅에 사용된 물질중 dialite, kaolin, talc 및 diatomaceous earth는 용적밀도가 각각 0.36, 0.38, 0.43 및 0.45로 낮은 편이었고, g당 부피는 대체적으로 높게 나타나 발아시에 공기와 수분투과성이 좋을 것으로 추측된다.

종자는 파종 후 자연조건에 따라 건조에서 과습까지 넓은 범위의 수분상태와 접하게 된다. 그래서 코팅 연구자들은 종자가 발아에서 유효가 정착하기까지 수분결핍 및 과다 등 환경스트레스 경감에 지대한 관심을 갖게 되었다.

건조한 토양에 파종할 경우 보수력이 강한 코팅물질을 사용하는 것이 입묘형성에 유리하다. 코팅종자는 그 용도에 따라 수화형 코팅종자와 소수형 코팅종자로 나눌 수 있으며, 선진 외국의 농가들은 토양내의 수분상태에 따라 이를 선택하여 사용하고 있다.

이와 같은 수용성 폴리머가 본격적으로 종자코팅에 이용하게 된 동기는 Weaver(1976) 등이 자체 중량보다 1,000배 이상 수분흡수가 가능한 starch graft polymers를 개발한 이후부터이다. 또한 미국 Northern Res. Lab에서 개발한 HSPAN은 자체 중량보다 2,000배 정도의 수분흡수가 가능하여 코팅물질내에 첨가하면 건조 토양에서도 발아가 가능하다는 장점이 있다. 반면 종피가 점액질인 종자에서는 수화형 물질로서 코팅은 수분흡수를 향상시킬 수 있으나, 과습조건에서는 종자의 산소공급이 차단되어 묘출현에 악영향을 초래할 수 있다(Hadasm, 1982).

코팅물질의 물리성 비교에서 bentonite, dialite가 각각 184% 및 173% 수분보유 능력이 있어 이들 물질로 코팅된 종자는 건조토양에 파종하면 코팅물질이 주위의 수분

을 흡수하여 종자내로 수송함으로써 발아 촉진에 유용할 것으로 판단된다(Hedricle과 Mowry, 1953). Reams(1972)은 magnesium carbonate를 미세 입자($< 3\mu\text{m}$ 직경)로 코팅하면 종자와 토양 접촉면의 수분관계를 개선시켜 발아가 증진되었다고 하였다(William과 Dowling, 1970). 반면 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash등은 수분 보유력이 각각 75%, 56%, 46.4% 비교적 낮았는데, 이러한 코팅물질들은 습한 토양에 파종될 종자에 적용하면 유리할 것으로 판단된다. 두과작물과 목화에서 흔히 발생하는 침윤장해는 종자내 수분함량이 상대적으로 낮고 반면에 토양조건이 저온다습할때 종자내로 수분이 급속하게 유입되면서 일어난다. 습한 토양조건인 경우 침윤장해를 억제하기 위한 수단으로 수분보유력이 대체적으로 낮은 물질인 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash 등으로 코팅하면 침윤장해 방제와 아울러 발아촉진에 유효할 것으로 예측된다. 이러한 저온다습 조건에서 수분흡수를 억제시킬 수 있는 물질로 코팅하여 발아력을 증진시키려는 시도는 선행연구에서도 보고되고 있는데, 침윤저온장해에 민감한 대두, 목화 및 옥수수 종자를 lanolin으로 코팅한 후 파종하면 침윤장해를 경감시켜 묘출현을 증진시킨 바 있다.

또한 수분을 억제시키는 소수물질을 이용한 종자코팅은 발아를 지연시키기 위한 목적으로 사용되는 경우가 많다. Porter와 Scott(1980)는 소수형 물질로써 코팅한 종자는 발아를 지연시켜 F1 종자생산을 위한 자웅의 개화기 조절이 가능함을 보고하였고, 또한 소수형 폴리머로써 코팅된 상추종자를 다습조건에서 파종하면 수분흡수를 지연시켜 발아율을 향상시킨 바 있다(Millier와 Bensin, 1974).

코팅물질의 종류에 따라 발아율이 달랐는데, 그 원인을 구명하고자 코팅물질의 pH와 전기전도도를 측정하였다. pH는 코팅물질에 따라 6.8에서 13까지 다양하였다. Kaolin, diatomaceous earth, dialite 등은 pH가 각각 6.8, 7.6 및 7.6으로 중성이었으나, limestone, calcium oxide, bentonite 등은 12.8, 13 및 10으로 강알카리였고, 이들과 혼합한 물질들도 대체적으로 높았다. 이러한 물질을 코팅물질에 소량 첨가하면 산성토양에 파종할 경우 산도를 보정하여 입묘를 증진시킬 수 있을 것으로 예측된다.

전기전도도 또한 pH와 유사한 경향을 보여, 강알카리인 limestone, calcium oxide에서 각각 $4,036.3$ 및 $3,841.3 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 로 가장 높았고, 이들 물질과 혼합하여도 높게 나타났다. 따라서 코팅물질의 높은 pH와 전기전도도는 발아를 저해하는 근본적인 원인으로 추측된다.

표 3.2.2는 코팅층의 외부표면을 EDS로 분석한 결과이다. Dialite는 전체 중량에서 Si가 79.9%로서 가장 많았으며, Fe, Al 및 Na는 4.9%였고, Ca 3.3%, 그외 Mg, K, Ti는 1% 미만이었다. Talc는 주성분이 Si(71%)였고 Mg도 29% 함유하였다. Calcium carbonate는 주요 성분이 Ca(66.6%)이었고, Si(22.9%), Mg(10.5) 순으로 나타났다.

Bentonite는 Si가 75.5%로서 가장 많았으며, Al(14%), Fe(3.6%), Ca(3.4%), Na(1.9%), Mg(1.9%) 및 0.9%의 K를 함유하였다. Limestone는 주성분이 Ca이었고 전체중량의 91%를 차지하였다. 그외 Si(6.4%) 및 Mg(1.9%), K(0.3%)가 함유되어 있었다. Zeolite는 Ca(45.2%)이 가장 많았으며, Si도 38.2% 함유하였다. 그외 Al(8.4%), Fe(2.6%), Na(2.0%), Mg(2.0%), K(1.6%)를 함유하였는데, 그 수준은 낮았다. Kaolin는 71%가 Si였고 Al(18.1%), Mg(5.3%), K(2.1%), Ca(2.1%), Fe(1.2%) 각각 함유하였다. Fly ash는 Si(67.6%)와 Al(19.1%)이 주요 구성 성분이었고 소량의 Fe(6.4%), Ca(2.5%), Ti(1.6%), K(1.6%) 및 Mg(1.2%)을 함유하고 있었다. Vermiculite는 여러 가지의 무기성분이 함유하였는데, Si가 41.3%로 가장 많았고 Mg(15.9%), Fe(14.5%), Al(13.7%), K(10.9%)순으로 성분량이 많았으며, 그외에 소량의 Ti(2.8%)과 Ca(0.98) 함유하였다. 그외에 여러 가지 코팅물질을 혼합한 경우 구성성분은 혼합물질에 따라 약간씩 차이가 있었다(표 3.2.1 및 그림 3.2.1).

사진 3.2.1은 당근 종자를 여러 가지 코팅물질로 코팅한 후 주사전자현미경하에서 코팅층의 외부 표면을 관찰한 것이며, 그림 3.2.1은 EDS로 분석한 결과이다.

코팅물질의 입자 크기는 입단화 과정에 중요하다. 작은 입자는 큰 입자에 비해 기공성은 작지만 경도는 강해지는 것이 일반적이다. 이와 같이 입단화 과정이 용이하고 다공성을 지니면서 발아에 지장을 주지 않은 코팅물질이 구명되어야 할 것이다.

종자코팅의 궁극적인 목적이 기계화 파종에 있으므로 표면이 매끄러우면서 전체가 등글것이 요구되며, 균일하게 코팅되어야 한다.

사진 3.2.1 및 사진 3.2.2는 여러 가지 코팅물질을 이용한 당근종자의 코팅표면에 있어서 코팅물질간의 결합정도와 기공성을 전자현미경으로 관찰한 것이다. 입자크기가 작은 물질로써 코팅한 것은 경도 향상 측면에서는 바람직하나 낮은 기공성으로 종자내로 공기 유동이 제한되어 발아가 지연될 수 있다. 코팅종자의 표면관찰에서도 용적부피가 가벼운 dialite, kaolin 단용 또는 혼합물들은 대체적으로 입자가 컸으며, 기공성이 높았다. 산업화되고 있는 코팅 종자에서 발아율이 감소되는 주된 원인으로서는 제한된 공기와 수분 이동을 들 수 있는데(Loperfido, 1975) 원활한 발아를 위해서는 큰 입자를 지닌 코팅물질이 유리하나 입단형성이 불량하다는 단점이 있다. 이러한 측면을 고려하여 볼때 당근 종자에 적합한 코팅물질은 Talc+calcium carbonate 혼합물질이 좋을 것으로 판단된다.

사진 3.2.3은 고추, 토마토 및 배추종자들을 여러 가지 코팅물질을 사용하여 코팅한 것이다. 코팅물질중 talc, calcium carbonate, kaoline등은 코팅층의 외부표면이 회백색이었고, dialite는 옅은 회갈색, bentonite는 옅은 파랑색, fly ash는 짙은 파랑색이었다. 또한 limestone, zeolite는 옅은 노랑색이었고, vermiculite는 코팅층의 외부표면

이 금색이었다.

나. 코팅배율 및 코팅층의 분해성

표 3.2.3은 무처리종자에 대한 코팅종자의 중량배율을 의미하는 코팅배율을 나타낸 것이다. 배율이 낮을 경우 코팅층이 얇은 것을 의미하는데, 코팅층이 얇게되면 강도가 약해지고 수송 및 파종과정중에 파손되기 쉽다. 반면 코팅층이 두껍고 경도가 강할수록 코팅종자의 발아율이 저하될 수 있다. 따라서 발아력이 우수하고 수송 또는 파종작업이 가능할 정도의 코팅강도가 있어야만 실용성이 있는 코팅종자라고 할 수 있다. 표 3.2.3에서 볼 수 있듯이 작물에 따라 코팅배율은 차이가 있었다. 고추는 코팅배율이 19배였고, 리터당 코팅 종자수는 5,890개 정도였다. 작물별 코팅배율을 보면 토마토는 25배, 당근 19배, 양파 18배, 파 25배, 상추 33배, 무 8배, 셀비어 16배, 잔디 40배, 배추는 14배 이었다. 1리터당 코팅 종자수는 토마토 7,800개, 당근 19,700개, 양파 13,300개, 파 15,200개, 상추 20,500개, 무 5,100개, 셀비어 16,000개, 잔디 40,700개, 배추는 19,000여개 었다.

일본의 스미도모 종묘회사에서는 작물의 코팅배율을 작물에 따라 분류하여 코팅층의 두께가 1.5~2.0 mm일 때 SS형, 2.0~3.0 mm일 때 S형, 2.5~3.5 mm일 때 L형, 3.5~4.5 mm일 때 LL형, 4.5~6.0 mm일 때 LLL형으로 구분하고 있다. 대상작물 또한 SS형에 속하는 작물은 셀러리, 페튜니아, 릭둥이며, S형에 속하는 작물은 상추, 파슬리 L형은 상추(maxicoat), 배추, 양배추, 당근이며, LL형은 파, 양파, 토마토, 가지 등이며, LLL형은 무, 오이, 고추등이 포함된다고 하였다. 본 실험에서 작물별 코팅배율은 대부분 이들 범주에 속하며, 실험 목적을 기계화 정밀파종에 근거하였기 때문에 작물별 코팅배율이 약간 높게 나타났다.

표 3.2.4는 여러 가지 코팅물질을 사용하였을 때의 입단화 용이성, 코팅종자의 경도, 코팅후 코팅층의 붕괴형태 및 붕괴시간을 조사한 결과이다. 지금까지 알려진 코팅 방법으로는 코팅물질 사이에 종자를 넣어 찍어내는 방법(stamping), 코팅물질과 접착제를 혼합한 현탁액을 기계 밑에서 분무하면서 종자에 현탁액이 부착되도록 하는 방법(slurry coating), 코팅기내에서 종자를 회전시키면서 접착제를 종자에 분무하고 이어서 분말로 된 코팅물질을 첨가하는 방법(rolling coating) 등이 있으나, 본 실험에서는 드럼 코팅을 실시하여 표 3.2.4의 결과를 얻었다.

코팅종자의 입단화는 코팅물질에 따라 큰 차이를 보였는데, talc, talc+calcium carbonate 혼합물질, limestone, kaolin, diatomaceous earth 등이 입단화가 우수한 물질 이었다. 반면 입자가 상대적으로 큰 dailite, calcium oxide는 입단형성이 불량하였다.

코팅종자가 실용화되기 위해서는 일정한 경도를 유지하여야 하는데, 깨어지거나 부서지기 쉬운 코팅종자는 취급 뿐만 아니라 기계파종에도 문제될 수 있다. 따라서 코팅종자의 일정한 물리성 유지는 취급, 수송 및 기계 파종에 중요하다.

이러한 중요성에도 불구하고 코팅종자의 물리성에 관한 연구는 드물었고 제약산업체에서 보고한 코팅성분과 강도를 코팅종자에 적용하고 있는 실정이다.

일반적으로 알려져 있는 코팅경도는 SS형과 S형은 200~300 g, L형은 300~500 g, LL형은 400~600 g, LLL형은 400~600 g일 때 발아에 지장을 주지 않으면서 기계화 파종에 적합한 경도라고 알려져 있다. 코팅종자의 경도는 코팅물질의 종류에 따라 차이가 있었다. 표 3.2.4에서 보는 바와 같이 bentonite 코팅은 경도가 1,280 g로 가장 높았으며, 다른 물질과의 혼합한 경우에도 경도가 증가하는 경향을 보였다.

Diatomaceous, talc등은 중간정도로 각각 250g와 299g의 경도를 지니 기계화 파종용으로 적합할 것으로 판단된다. 그러나 dialite, kaolin, vermiculite 및 calcium carbonate는 각각 104, 106, 189, 120으로 경도가 낮은 물질이었으며, fly ash가 95로 가장 낮았다. 따라서 이러한 물질들이 종자코팅용으로 실용화하기 위해서는 코팅과정 과정에서 접착제 농도를 증가시키던지 경도를 강화시킬 수 있는 물질간의 혼합을 고려해야 될 것으로 사료된다. Calcium oxide는 코팅직후에는 경도를 유지되나 건조하면 코팅층이 부서지는 특성을 지니고 있었다(표 3.2.4).

코팅층의 붕괴 형태와 붕괴시간도 코팅물질에 따라 다양하였다. 코팅층이 중앙부분이 갈라지면서 파열되는 코팅물질은 diatomaceous, dialite, talc, dialite+talc 혼합물질, talc+calcium carbonate 혼합물질, limestone, zeolite, limestone+zeolite 혼합물질 및 fly ash였다. 코팅층이 물에 용해되어 붕괴되는 물질은 calcium carbonate, calcium oxide 등이었다. 반면 bentonite는 코팅물질이 수분을 흡수하면 부피가 급속하게 증가하는 팽창형이었고, vermiculite도 팽창형 이었다. Kaolin는 팽창되면서 파열되는 팽창 파열형이었다. 일반적으로 파열형은 수분흡수 초기에는 코팅형태를 유지하나 종자가 수분을 흡수하면서 팽압에 의하여 코팅층이 파열되는데, 이러한 형태의 코팅종자는 낮은 수분조건하에서도 코팅층이 쉽게 파열되어 종자에 산소공급이 원활하게 이루어지는 장점이 있다. 반면 붕괴형은 파열형에 비하여 요구되는 수분량이 높아 토양수분이 많은 조건에서 유리할 것으로 판단된다.

코팅층의 신속한 분해는 발아중인 종자에 산소와 수분공급에 유리한 측면이 많다. 코팅층의 분해는 diatomaceous가 코팅물질중 가장 빠른 분해성을 보였고, calcium carbonate, kaolin등도 수분흡수 30분이 경과하면 코팅층이 파열되어 비교적 빠른 물질이었으며, dialite, talc, bentonite, fly ash등은 수분흡수 2시간 후 대부분의 코팅층이 분해되었다. 그러나 limestone, zeolite, bentonite+limestone, bentonite+limestone,

bentonite + zeolite, limestone + zeolite, bentonite + limestone + zeolite 혼합물질은 발아 직전 코팅층이 파열되는 양상을 보였다(표 3.2.4).

작물에 따라서도 코팅층의 파열속도에 차이가 있었다. 특히 무종자는 talc, bentonite 등은 코팅층이 파열되는 정도가 낮았으나, 대부분이 코팅물질에 관계없이 코팅 직후 코팅층이 파괴되었다(사진 3.2.4). 이러한 원인은 무종자는 다른 작물과는 달리 종피가 단막이며, 주요 저장성분이 단백질이기 때문에 코팅과정 과정에서 접착제에 함유된 수분을 급속하게 흡수하여 부피가 팽창된 상태에서 코팅된 후 탈수과정 중 부피가 감소함으로써 코팅층이 파열되는 것으로 풀이된다.

따라서 무 코팅종자의 경도를 유지시키기 위해서는 수분흡수를 지연시킬 수 있는 접착제 및 코팅물질의 개발이 병행되어야 할 것으로 판단된다.

다. 코팅물질이 발아력에 미치는 영향

코팅종자는 종자에 물질을 부착시켜 크기를 증가시킨 것인데, 코팅물질의 종류에 따라서 코팅형태가 불균일하여 상품성이 없는 코팅종자가 생산될 수 있으며, 외관이 우수하더라도 발아를 저해하는 물질은 실용성이 없을 것이다. 지금까지 종자 코팅의 물질 사용법은 대부분 특허이거나 비밀에 부치고 있기 때문에 코팅물질의 화학적 조성 방법에 관해서는 자체적인 개발이 시급한 실정이다.

표 3.2.5~3.2.14는 10종의 원예작물 종자에서 여러 가지 코팅 고형물질 첨가하여 20℃ 및 25℃에서 발아력을 검정한 결과이다.

고추에서 고형물질 첨가에 의한 발아율은 diatomaceous earth, dialite, calcium carbonate, kaolin, zeolite 등이 20℃와 25℃의 발아온도에서 95% 이상의 높은 발아율을 보였고 발아속도(T_{50})도 무처리와 비슷하거나 오히려 조기발아하여 고형물질 자체가 발아를 억제하지는 않는 것으로 나타났다(표 3.2.5). 그러나 dialite로 코팅하면 기공성이 우수하고 조기발아하는 장점이 있으나, 응집성이 불량하여 양질의 코팅종자 생산이 어렵다는 단점이 있었다. 또한 calcium carbonate만으로 코팅하면 코팅층이 수분흡수 직후 파열되어 조기 발아하는 성질이 있으나, 경도가 낮아 수송이나 기계파종 시에 코팅층이 파열되는 문제점도 있었다.

코팅물질중 bentonite, limestone 과 calcium oxide 첨가구에서는 발아율이 감소되었고 발아도 지연되었다. 특히, calcium oxide, limestone 첨가구에서는 발아온도에 관계없이 발아율이 20% 미만으로 급감하였고, 발아속도도 무처리종자에 비해 20℃에서는 10일, 25℃에서는 5일 정도 지연되었다. 또한 이들 물질과 혼합하여도 발아저하 및 발아지연 현상이 나타나 고추종자의 코팅에 적합한 물질은 아니었다. 이러한 결과들은 고형물질의 높은 pH와 E.C에 기인된 것이거나 고형물질 자체가 종자에 유해하게

작용한 것으로 보여진다. 따라서 고추의 종자코팅에는 diatomaceous earth, kaolin, talc+calcium carbonate, zeolite 등이 적합한 것으로 사료된다.

토마토에서 고형물질 첨가가 발아율과 발아속도에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3.2.6과 같다. 전반적으로 diatomaceous earth, zeolite, kaolin, fly ash, vermiculite, talc+calcium carbonate, calcium carbonate에서 발아율이 높게 나타났다. 이들 물질 첨가에 의해 20℃와 25℃에서 발아속도는 약간 지연되는 경향이었으나, 유의적인 차이는 없었다. 그러나 고추에서 볼수 있었던 limestone 과 calcium oxide 첨가구에서는 발아율이 감소되었고 발아도 지연되었다. 최적 코팅물질은 diatomaceous earth, zeolite, kaolin, vermiculite 등으로 볼 수 있다.

배추종자에서 고형물질 첨가가 발아율과 발아속도에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3.2.7과 같다. 전반적으로 diatomaceous earth, dialite, talc, calcium carbonate, zeolite, kaolin, dialite+talc 혼합물질, dialite+calcium carbonate 혼합물질, dialite+talc+calcium carbonate 혼합물질 첨가구에서 95% 이상의 높은 발아율을 보였고, 발아속도도 무처리종자와 비슷하였다.

상추종자에서 고형물질 첨가가 발아력 미치는 영향을 조사한 결과 diatomaceous earth, talc, kaolin 등에서 발아율이 높게 나타났다(표 3.2.8). 특히, diatomaceous earth에서는 높은 발아율과 아울러 다른 고형물질보다 조기발아하여 상추종자에 적합한 물질로 판단된다.

무종자에서는 dialite+calcium carbonate 혼합물질, zeolite, diatomaceous earth, dialite 등에서 발아율이 높게 나타났으며, 발아속도도 다른 코팅고형 물질에 비해 조기발아 하는 경향이였다(표 3.2.9).

당근에서도 calcium carbonate, diatomaceous earth에서 발아력이 가장 높았으며, 발아속도도 20℃에서 3.68일 및 25℃에서 2.80일로 코팅물질중 가장 신속한 발아를 보였다. 그외 talc+calcium carbonate, talc, kaolin등도 높은 발아율을 보였다(표 3.2.10).

파에서는 diatomaceous earth, dialite, calcium carbonate에서 발아율이 92.2%, 90.6% 및 89.3%로 가장 높았으며, 발아속도도 20℃에서 2.94, 3.14 및 3.20일로 코팅물질중 가장 신속한 발아를 보였다(표 3.2.11)

양파에서는 diatomaceous earth, zeolite에서 발아율이 대체적으로 높았으며, 다른 물질에 비해 조기발아하는 경향이였다(표 3.2.12).

셀비어 종자에서 고형물질 첨가가 발아에 미치는 영향을 조사한 결과 calcium carbonate, dialite+talc 및 diatomaceous earth 등에서 발아율이 높게 나타났다(표 3.2.13).

잔디종자에서는 다른 작물에 비해 발아율이 낮았다. 코팅 고형물질중

diatomaceous earth는 20℃와 25℃에서 발아율이 30% 및 48%로 가장 높게 나타났다 (표 3.2.14).

지금까지 종자코팅에 사용되고 있는 고품질로는 석회를 포함하여 석고, 백운석, rock phosphate, montmorillonite(Hirota, 1972a; Burba, 1981)와 같은 점토물질과 chalk, sawdust, sand, cellite, kriliun, bentonite clay, calcium carbonate, zeolite, cork, peatmoss 및 버미칼라이트(Sharples와 Gentry, 1980)등이며, bauxite(Norris, 1973), 규조토(Hirota, 1972a), pumice(Burba, 1981), talc(Vartha와 Clifford, 1973a)등과 같은 광물질들도 사용되고 있다.

그러나 종자코팅의 물질 사용법은 거의가 특허이거나 비밀에 부치고 있기 때문에 화학적 조작 방법을 보고한 예는 전무하나, 철광산업에서 코팅물질의 기공성, 입자크기 분포 및 pH는 단편적으로 보고되고 있다. Urich와 Han(1962)에 의하면 iron ore로 코팅할 때 작은입자(73% < 15 μ m)는 큰 입자(6% < 15 μ m)에 비해 기공성은 1/3에 불과하였으나 경도는 3배 이상이었다고 하였다. 또한 입자의 크기뿐만 아니라 종피 표면에 위치하는 입자의 분포도 또한 입단화 과정에 중요하다(Newitt와 Conway-Jones, 1958). 코팅 과정에 작은 입자의 첨가는 큰 입자에 비해 급속한 입단화를 유도하여 경도를 증가하나 기공성은 감소된다. 이는 코팅종자의 경도 향상 측면에서는 유용하나 낮은 기공성은 종자내의 공기 유동을 제한하는 요인으로 작용할 수 있다.

Loperfido(1975) 정밀 파종을 위해 산업화되고 있는 코팅종자에서 발아율 감소 원인은 공기와 수분이동의 제한에 있다고 하였다. Sharples (1981)는 상추종자에서 산소 공급이 용이하도록 최소 180 μ m 이상의 큰 입자로 실시하는 종자코팅 모델을 제안하였다.

표 3.2.5~표 3.2.14에서 보는 바와 같이 작물의 종류, 코팅물질의 종류에 따라 발아력과 발아속도에는 큰 차이가 있었는데, 코팅물질중에는 대체적으로 diatomaceous earth가 발아안정성 측면에서 우수한 것으로 평가되며, 수분을 흡수한 직후 분해되어 실용성이 가장 높을 것으로 판단된다. Limestone, Calcium oxide 및 bentonite등에서는 발아가 저하되고 발아속도가 지연되는 현상이 나타났는데, 이러한 원인은 코팅물질의 높은 pH(10~13)와 전기전도도에 기인된 것이거나 코팅물질 자체가 종자에 유해하게 작용한 것으로 풀이된다. 그러나 코팅물질중 calcium carbonate가 발아저해 정도가 미약하고 코팅층이 쉽게 분해되는 장점이 있으나, 코팅초기 상태에서 종피와 코팅물질간의 친화성이 없어 입단형성이 어려우며, 경도가 약하여 코팅층이 잘 깨어지는 단점이 있다. 따라서 원예작물 종자에서 코팅종자의 물리성을 고려하여 불 때 diatomaceous earth 단용, calcium carbonate+talc 혼용물질에서 발아율도 대체적으로 높고 입단형성이 용이하며, 일정한 경도를 유지할 수 있어 적정 코팅물질로 평가된다.

Table 3.2.1. The bulk densities, water holding capacities and pH of particulate matters used for seed coating.

Particulate matter	Volume (cm ³ /g)	Bulk density (g/cm ³)	Water holding capacity (% dw basis)	Conductivity (mS · cm ⁻¹ · g ⁻¹)	pH (1:5)
Diatomaceous earth	2.22	0.45	163.2±3.7	66.2± 0.3	7.67
Calcium carbonate	1.63	0.62	75.0±2.7	31.2± 0.3	9.57
Dialite	2.75	0.36	173.2±2.7	93.2± 0.6	7.37
Talc	2.34	0.43	97.5±3.2	39.6± 1.7	8.21
Calcium carbonate + dialite	2.05	0.49	118.4±2.5	58.2± 1.3	8.96
Calcium carbonate + talc	1.99	0.50	85.5±1.0	40.9± 0.2	9.01
Dialite + talc	2.42	0.41	120.6±1.0	61.6± 2.7	8.72
Calcium carbonate + dialite + talc	2.15	0.46	99.8±3.3	52.3± 1.1	8.94
Bentonite	1.82	0.55	184.7±1.3	198.3± 13.2	10.04
Limestone	1.96	0.51	81.7±4.2	4,036.3± 58.5	12.82
Zeolite	1.12	0.89	80.2±8.7	25.8± 3.5	7.77
Bentonite + limestone	1.90	0.53	133.8±6.7	2,638.3±258.5	12.72
Bentonite + zeolite	1.54	0.65	120.0±3.2	148.7± 12.7	9.63
Limestone + zeolite	1.60	0.63	77.0±0.7	3,586.4±225.5	12.82
Bentonite + limestone + zeolite	1.72	0.58	92.3±3.7	2,224.6±106.7	12.73
Calcium oxide	1.37	0.73	56.4±4.3	3,841.3± 43.7	13.00
Kaolin	2.57	0.38	73.1±5.2	15.2± 2.3	6.80
Fly ash	1.47	0.68	46.4±3.8	60.7± 6.2	8.07
Vermiculite	2.20	0.45	117.8±6.5	57.7± 5.6	9.74

Table 3.2.2. Elemental composition of various particulate matters used to coated carrot seed. Energy Dispersive X-ray spectrometer(EDS) was used for analysis.

Coating particulate matter	Element	Weight %	Coating particulate matter	Element	Weight %
Dialite	Na	4.92	Dialite + calcium carbonate	Na	3.00
	Mg	0.73		Mg	1.34
	Al	4.96		Al	2.14
	Si	79.70		Si	38.04
	K	0.99		K	0.46
	Ca	3.35		Ca	53.07
	Fe	4.96		Fe	1.12
	Ti	0.39		S	0.83
Bentonite	Na	1.86	Zeolite	Na	1.98
	Mg	1.38		Mg	2.01
	Al	13.93		Al	8.35
	Si	75.05		Si	38.24
	K	0.72		Ca	45.22
	Ca	3.39		K	1.63
	Fe	3.67		Fe	2.58
Bentonite + Zeolite	Na	1.67	Limestone + Zeolite	Na	1.51
	Mg	1.59		Mg	2.32
	Al	13.28		Al	5.91
	Si	70.75		Si	23.47
	Ca	5.48		Ca	64.34
	K	2.78		K	0.52
	Fe	4.44		Fe	1.94
Fly ash	Mg	1.20	Vermiculite	Mg	15.89
	Al	19.11		Al	13.74
	Si	67.59		Si	41.30
	K	1.55		K	10.85
	Ca	2.50		Ca	0.98
	Ti	1.57		Ti	2.78
	Fe	6.38		Fe	14.46
Bentonite + limestone + zeolite	Na	0.83	Calcium oxide	Mg	20.32
	Al	5.27		Al	3.86
	Si	22.98		Si	51.98
	Ca	68.75		K	0.60
	K	0.80		Ca	19.24
	Fe	1.37		Fe	4.00
Kaolin	Mg	5.26	Bentonite + limestone	Na	1.73
	Al	18.08		Mg	0.84
	Si	71.21		Al	4.60
	K	2.14		Si	19.89
	Ca	2.09		Ca	72.94
	Fe	1.23			
Limestone	Mg	1.88	Dialite + talc + calcium carbonate	Mg	14.75
	Si	6.45		Si	59.59
	Ca	91.34		Ca	23.76
	K	0.33		Fe	1.90
Dialite + talc	Mg	18.42	Talc	Mg	28.94
	Si	78.33		Si	71.96
	Ca	1.38			
	Fe	1.86			
Calcium carbonate	Mg	10.52	Talc + calcium carbonate	Mg	15.31
	Si	22.93		Si	28.68
	Ca	66.65		Ca	56.07

Table 3.2.3. Ratio of weight increase of coated seeds and approximate number per liter.

Crops	Cultivar	Seed wt (mg)	Coated seed		
			Weight (mg)	Weight increase ratio	No/L
Pepper	Gusung	6.80 ± 0.10	128.6 ± 3.2	18.9 ± 0.5	5,886 ± 209
Tomato	Segye	3.94 ± 0.09	99.3 ± 3.2	25.2 ± 0.8	7,886 ± 151
Carrot	Chuhong	2.16 ± 0.03	41.0 ± 0.6	18.9 ± 0.3	19,686 ± 616
Onion	Seouldaego	3.43 ± 0.03	61.6 ± 1.2	18.0 ± 0.4	13,300 ± 830
Welsh onion	Geumjang	2.06 ± 0.01	50.3 ± 0.7	24.5 ± 0.3	15,200 ± 317
Lettuce	Cheongchima	1.17 ± 0.02	38.7 ± 0.3	33.0 ± 0.3	20,506 ± 551
Radish	Youngkwang	16.65 ± 0.10	133.7 ± 1.3	8.0 ± 0.1	5,160 ± 150
Salvia	Bonfire	3.56 ± 0.03	58.0 ± 1.3	16.3 ± 0.5	15,966 ± 566
Lawngrass	Deulkandi	0.55 ± 0.01	22.3 ± 0.9	40.6 ± 0.5	40,653 ± 685
Chinese cabbage	Masna	2.87 ± 0.04	40.6 ± 1.9	14.1 ± 0.6	18,886 ± 539

Table 3.2.4. Easiuess of granulation, dissolving type and dissolving time after imbibition of pepper seeds coated with various of particulate matters.

Particulate matter	Types of coating			
	Granulation capacity	Compressiye strength ^{y)}	Dissolving type	Dissolving time (h)
Diatomaceous earth	+ ^{z)}	250 ± 14.2	Split	0.5
Dialite	-	104 ± 14.5	Split	2
Talc	++	299 ± 7.6	Split	2
Calcium carbonate	+	120 ± 28.0	Melt	0.5
Dialite + talc	+	244 ± 59.9	Split	2
Dialite + calcium carbonate	+	182 ± 7.9	Split + Melt	4
Talc + calcium carbonate	++	164 ± 20.6	Split	2
Dialite + talc + cacium carbonate	+	228 ± 43.7	Split	2
Bentonite	+	1,280 ± 128.2	Swell	2
Limestone	++	232 ± 25.0	Split	BRP
Zeolite	+	336 ± 29.7	Split	BRP
Bentonite + limestone	+	385 ± 27.8	Split	BRP
Bentonite + zeolite	+	372 ± 30.9	Swell	BRP
Limestone + zeolite	+	414 ± 77.4	Split	BRP
Bentonite + limestone + zeolite	+	364 ± 22.5	Split	BRP
Calcium oxide	-	-	Melt	-
Kaolin	++	106 ± 12.0	Swell + Split	0.5
Fly ash	-	95 ± 17.2	Split	2
Vermiculite	+	189 ± 2.8	Swell	4

^{z)} + good, ++ very good, - bad

^{y)} Compressive strength is the force (g) required to crush a coated seed.

^{x)} Before radicle protrusion

Table 3.2.5. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of pepper seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	97.3	5.45	99.0	3.66
Dialite	97.3	5.59	99.3	4.00
Talc	94.0	6.53	97.3	5.49
Calcium carbonate	93.3	5.37	96.0	4.34
Dialite+talc	94.6	5.47	95.3	4.93
Dialite + calcium carbonate	97.3	5.64	96.0	4.07
Talc+ calcium carbonate	94.6	5.99	98.0	4.55
Dialite + talc + calcium carbonate	98.0	5.92	94.0	4.56
Bentonite	83.3	6.19	93.3	4.67
Limestone	5.3	10.79	19.3	8.24
Zeolite	98.0	5.68	99.0	3.51
Bentonite + limestone	42.0	9.58	85.3	5.96
Bentonite + zeolite	67.3	6.53	93.3	3.47
Limestone + zeolite	62.6	9.98	91.3	6.31
Bentonite + limestone + zeolite	58.0	10.17	87.3	6.61
Calcium oxide	7.3	6.91	8.3	-
Kaolin	96.6	5.89	97.3	3.69
Fly ash	98.0	6.36	96.0	3.78
Vermiculite	92.0	6.36	95.3	3.88
H ₂ O	96.0	5.20	97.3	3.82
LSD (0.05)	15.8	0.81	10.1	0.59

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

Table 3.2.6. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of tomato seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	76.2	4.30	74.4	3.26
Dialite	69.3	4.35	64.0	3.24
Talc	64.6	4.72	77.3	3.71
Calcium carbonate	74.6	4.54	78.0	2.98
Dialite+talc	72.6	4.65	72.6	2.81
Dialite+calcium carbonate	74.6	4.62	72.0	3.09
Talc+ calcium carbonate	75.3	4.89	74.0	3.18
Dialite+talc+calcium carbonate	72.6	4.74	70.0	3.00
Bentonite	72.0	5.46	78.6	4.13
Limestone	3.3	9.54	10.0	4.77
Zeolite	79.3	4.81	78.6	2.82
Bentonite+limestone	6.0	8.61	3.3	9.00
Bentonite+zeolite	61.3	5.53	64.6	3.87
Limestone+zeolite	14.0	8.99	16.0	8.29
Bentonite+limestone+zeolite	5.3	10.12	4.6	10.26
Calcium oxide	2.0	-	1.3	-
Kaolin	77.0	5.19	76.0	3.34
Fly ash	77.3	5.99	76.0	3.46
Vermiculite	75.3	5.29	78.0	3.41
H ₂ O	76.7	4.01	68.0	2.80
LSD (0.05)	12.2	1.90	13.1	0.98

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

Table 3.2.7. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of Chinese cabbage seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	98.0	0.52	98.0	0.51
Dialite	97.3	0.55	98.6	0.53
Talc	98.0	0.60	98.0	0.54
Calcium carbonate	97.3	0.63	96.6	0.54
Dialite + talc	98.6	0.60	96.0	0.55
Dialite + calcium carbonate	97.3	0.59	97.3	0.55
Talc + calcium carbonate	99.3	0.64	96.0	0.55
Dialite + talc + calcium carbonate	98.0	0.60	98.6	0.53
Bentonite	89.3	1.79	98.6	0.63
Limestone	2.0	1.75	6.0	1.92
Zeolite	98.0	0.86	95.3	0.53
Bentonite + limestone	2.6	2.04	2.6	2.04
Bentonite + zeolite	99.0	0.80	98.6	0.59
Limestone + zeolite	3.3	1.46	2.0	2.75
Bentonite + limestone + zeolite	3.3	1.67	2.6	2.71
Calcium oxide	1.0	-	1.0	-
Kaolin	94.7	0.97	92.0	0.59
Fly ash	89.3	0.94	82.0	0.73
Vermiculite	86.0	0.90	90.6	0.63
H ₂ O	96.6	0.55	98.0	0.51
LSD(0.05)	5.4	0.56	5.2	0.44

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

Table 3.2.8. Effect of coating particulate matters on percent germination and T_{50} of lettuce seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Diatomaceous earth	76.0	2.46	70.0	2.72
Dialite	69.0	2.76	68.0	2.12
Talc	78.7	3.24	62.6	2.51
Calcium carbonate	70.6	2.29	70.0	2.18
Dialite+talc	61.3	2.42	60.0	2.80
Dialite+calcium carbonate	68.0	2.31	73.3	2.63
Talc+calcium carbonate	62.0	2.25	68.0	2.41
Dialite+talc+calcium carbonate	68.0	2.45	62.6	2.08
Bentonite	56.6	4.16	61.3	2.62
Limestone	10.6	6.41	30.6	1.77
Zeolite	68.0	4.84	63.3	1.77
Bentonite+limestone	19.3	7.10	12.6	3.77
Bentonite+zeolite	64.6	4.99	48.0	1.78
Limestone+zeolite	32.0	6.72	18.0	2.18
Bentonite+limestone+zeolite	19.3	5.99	47.3	7.50
Calcium oxide	4.7	-	4.7	-
Kaolin	74.7	3.58	68.7	3.06
Fly ash	72.7	3.11	64.0	2.70
Vermiculite	70.6	3.54	59.3	2.66
H ₂ O	64.0	2.62	67.3	1.08
LSD (0.05)	19.8	1.26	15.3	1.15

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

Table 3.2.9. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of radish seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	96.2	0.84	98.0	0.60
Dialite	96.0	0.99	97.3	0.58
Talc	92.0	1.17	87.3	0.75
Calcium carbonate	84.6	0.77	91.3	0.46
Dialite + talc	93.3	0.76	90.6	0.85
Dialite + calcium carbonate	97.3	0.81	97.3	0.58
Talc + calcium carbonate	93.3	0.71	94.0	0.47
Dialite + talc + calcium carbonate	95.3	0.93	94.6	0.48
Bentonite	81.3	2.53	92.6	0.91
Limestone	6.6	1.69	5.3	0.69
Zeolite	96.6	1.50	97.3	0.63
Bentonite + limestone	12.0	2.08	5.3	0.64
Bentonite + zeolite	84.0	1.47	86.6	1.34
Limestone + zeolite	10.6	1.02	8.0	0.60
Bentonite + limestone + zeolite	5.3	0.69	2.6	0.71
Calcium oxide	1.0	-	4.0	-
Kaolin	90.7	0.82	90.0	0.60
Fly ash	79.3	0.97	80.0	1.02
Vermiculite	82.0	0.95	87.3	0.93
H ₂ O	98.0	0.92	94.6	0.63
LSD (0.05)	9.6	0.61	8.4	0.23

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

Table 3.2.10. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of carrot seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	84.0	3.62	84.0	2.64
Dialite	78.0	3.72	78.6	2.86
Talc	86.0	3.99	84.6	3.49
Calcium carbonate	84.0	3.73	82.6	2.85
Dialite+talc	77.3	4.18	84.6	2.96
Dialite + calcium carbonate	85.3	3.70	85.3	2.80
Talc+calcium carbonate	82.6	3.76	82.6	2.94
Dialite + talc + calcium carbonate	83.3	3.99	79.3	2.82
Bentonite	80.0	4.60	86.0	3.56
Limestone	8.6	10.10	6.6	5.67
Zeolite	83.3	3.84	84.0	2.41
Bentonite+limestone	2.0	9.41	6.6	6.08
Bentonite+zeolite	74.6	5.06	84.0	3.21
Limestone+zeolite	16.0	10.19	14.0	7.91
Bentonite+limestone+zeolite	15.3	9.35	38.6	6.27
Calcium oxide	8.0	-	1.0	-
Kaolin	80.0	3.74	82.6	3.42
Fly ash	80.0	3.71	82.6	2.29
Vermiculite	80.0	3.85	85.3	3.28
H ₂ O	82.0	3.35	81.3	2.70
LSD (0.05)	12.5	1.24	8.7	1.67

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

Table 3.2.11. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of Welsh onion seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	92.2	2.94	86.0	2.84
Dialite	90.6	3.14	80.6	3.15
Talc	72.6	5.88	76.6	4.26
Calcium carbonate	89.3	3.20	86.0	2.73
Dialite+talc	79.3	4.32	72.6	3.61
Dialite+calcium carbonate	86.0	2.88	82.6	2.91
Talc+calcium carbonate	80.6	3.68	81.3	3.30
Dialite+talc+calcium carbonate	89.3	3.77	78.6	3.08
Bentonite	47.3	6.13	51.3	3.96
Limestone	24.6	5.53	18.0	4.19
Zeolite	86.0	3.59	90.6	2.57
Bentonite+limestone	26.0	7.54	20.0	4.81
Bentonite+zeolite	53.3	5.20	65.3	4.43
Limestone+zeolite	17.3	6.47	38.0	4.06
Bentonite+limestone+zeolite	13.3	6.04	24.6	6.38
Calcium oxide	22.6	6.60	9.3	3.46
Kaolin	86.6	3.36	84.7	3.21
Fly ash	81.3	3.44	81.7	2.92
Vermiculite	77.3	3.73	88.7	2.79
H ₂ O	93.3	2.70	86.6	2.21
LSD.05	12.7	1.93	11.1	1.43

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

Table 3.2.12. Effect of coating particulate matters on percent germination and T_{50} of onion seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Diatomaceous earth	70.2	4.18	72.8	3.30
Dialite	62.0	4.11	63.3	3.08
Talc	56.0	5.51	48.6	4.82
Calcium carbonate	57.3	4.55	69.3	3.24
Dialite+talc	58.6	4.61	55.3	5.79
Dialite+calcium carbonate	63.3	4.11	62.6	3.22
Talc+calcium carbonate	57.3	5.21	58.6	4.47
Dialite+talc+calcium carbonate	50.0	4.72	59.3	4.75
Bentonite	34.6	5.30	41.3	4.69
Limestone	7.3	5.08	30.6	4.88
Zeolite	78.0	4.30	74.6	2.97
Bentonite+limestone	22.6	6.55	40.6	3.23
Bentonite+zeolite	54.6	4.20	45.3	3.35
Limestone+zeolite	25.3	7.06	34.6	4.54
Bentonite+limestone+zeolite	17.3	7.87	31.3	4.41
Calcium oxide	3.3	-	12.6	-
Kaolin	72.6	5.49	70.7	4.48
Fly ash	55.3	5.00	55.3	3.76
Vermiculite	53.3	4.91	40.7	4.21
H ₂ O	75.3	3.98	75.3	2.45
LSD (0.05)	15.5	1.99	17.3	1.63

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

Table 3.2.13. Effect of coating particulate matters on percent germination and T_{50} of salvia seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Diatomaceous earth	82.2	3.62	84.0	2.92
Dialite	80.6	3.53	83.3	3.00
Talc	82.6	4.38	81.3	2.90
Calcium carbonate	86.0	4.01	82.0	2.84
Dialite + talc	84.0	4.19	81.3	3.39
Dialite + calcium carbonate	77.3	4.23	82.0	2.93
Talc + calcium carbonate	78.0	4.20	84.0	2.78
Dialite + talc + calcium carbonate	80.0	3.68	83.3	3.00
Bentonite	64.6	5.94	65.3	3.90
Limestone	2.0	7.75	6.0	5.65
Zeolite	78.0	4.82	82.0	2.85
Bentonite + limestone	2.0	8.08	3.3	6.21
Bentonite + zeolite	66.6	4.85	66.6	3.55
Limestone + zeolite	5.3	9.91	3.3	6.95
Bentonite + limestone + zeolite	4.0	9.98	4.6	4.71
Calcium oxide	2.0	-	2.3	-
Kaolin	81.3	4.07	80.7	3.58
Fly ash	82.0	4.79	84.0	3.37
Vermiculite	82.0	4.96	75.3	3.54
H ₂ O	81.3	3.80	84.0	2.80
LSD (0.05)	7.1	2.37	13.4	1.05

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

Table 3.2.14. Effect of coating particulate matters on percent germination and T₅₀ of lawngrass seeds.

Particulate matter	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Diatomaceous earth	30.0	8.10	48.4	4.40
Dialite	24.0	8.17	38.4	4.83
Talc	36.6	9.33	48.6	4.60
Calcium carbonate	28.0	8.94	48.0	4.68
Dialite+talc	29.3	8.78	55.3	4.49
Dialite+calcium carbonate	33.3	8.95	50.0	4.28
Talc+calcium carbonate	35.3	9.16	55.3	4.58
Dialite+talc+calcium carbonate	34.0	9.09	48.0	4.98
Bentonite	10.6	9.31	40.6	11.41
Limestone	0.0	-	2.0	-
Zeolite	15.3	9.64	46.6	4.42
Bentonite+limestone	0.0	-	2.0	9.41
Bentonite+zeolite	24.0	8.30	33.3	5.18
Limestone+zeolite	0.0	-	1.0	-
Bentonite+limestone+zeolite	0.0	-	1.0	-
Calcium oxide	1.0	-	1.0	-
Kaolin	20.7	9.49	54.3	4.94
Fly ash	16.0	9.48	40.0	4.82
Vermiculite	18.0	9.84	50.0	5.40
H ₂ O	32.6	9.06	48.0	4.47
LSD (0.05)	8.2	1.23	3.7	0.62

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

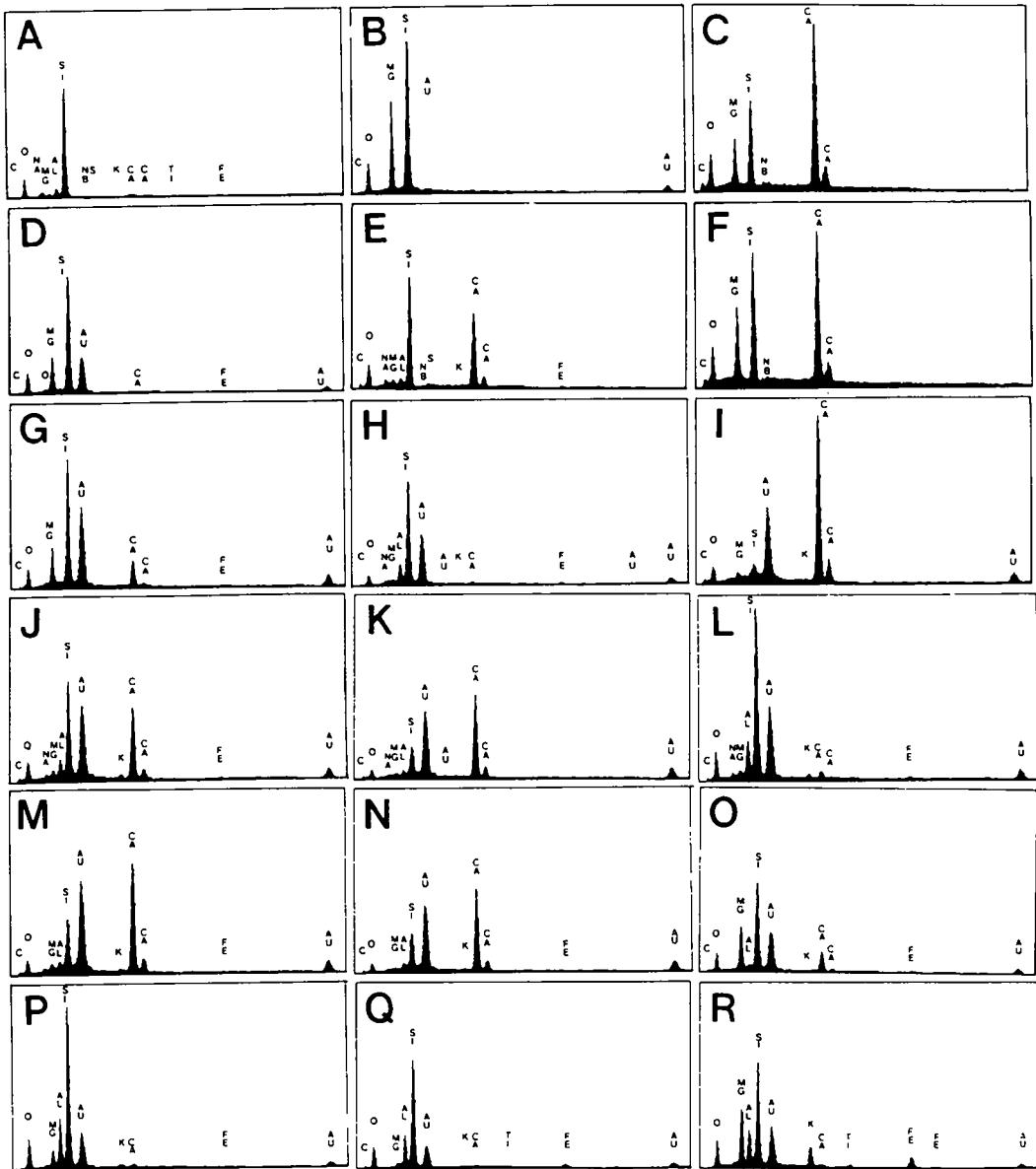


Fig. 3.2.1. Energy Dispersive X-ray spectrometer (EDS) profiles of various particulate matters used for coating carrot seeds. Dialite(A), Talc(B), Calcium carbonate(C), Dialite + talc(D), Dialite + calcium carbonate(E), Talc + calcium carbonate(F), Dialite + talc + calcium carbonate(G), Bentonite(H), Limestone(I), Zeolite(J), Bentonite + limestone(K), Bentonite + zeolite(L), Limestone + zeolite(M), Bentonite + limestone + zeolite(N), Calcium oxide(O), Kaolin(P), Fly ash(Q), Vermiculite(R).

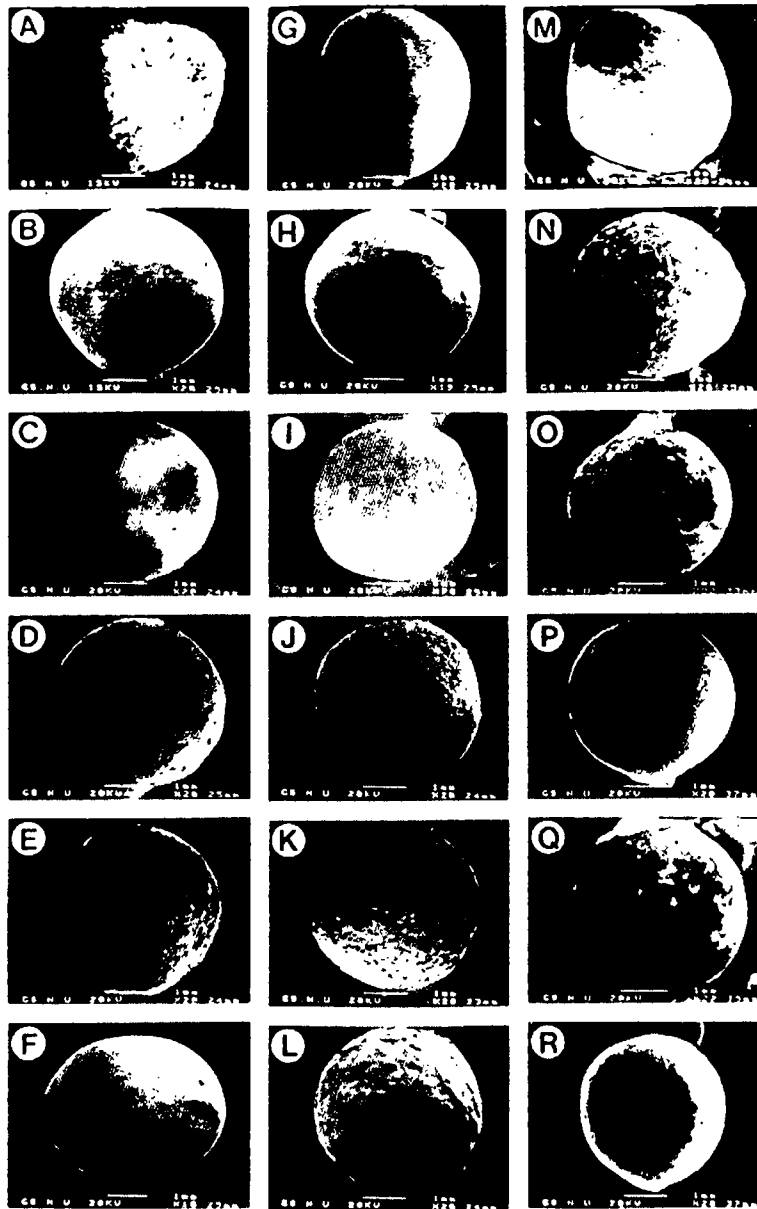


Photo. 3.2.1. Scanning electron micrographs (x 20) of carrot seed coated with various particulate matters. Dialite(A), Talc(B), Calcium carbonate(C), Dialite + talc(D), Dialite + calcium carbonate(E), Talc + calcium carbonate(F), Dialite + talc + calcium carbonate(G), Bentonite(H), Limestone(I), Zeolite(J), Bentonite + limestone (K), Bentonite + zeolite(L), Limestone + zeolite(M), Bentonite + limestone + zeolite(N), Calcium oxide(O), Kaolin(P), Fly ash(Q), Vermiculite(R).

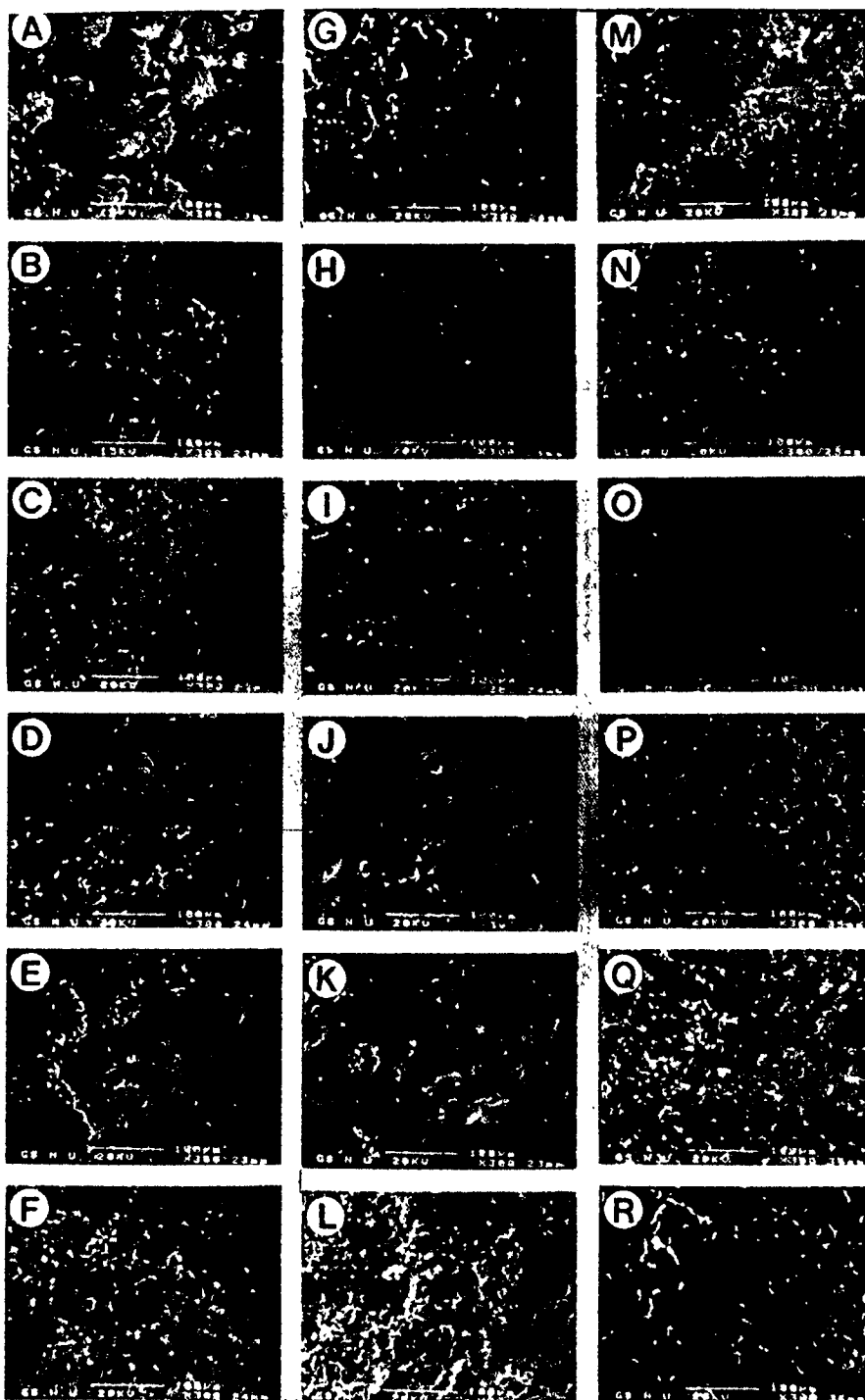


Photo. 3.2.2. Scanning electron micrographs ($\times 300$) of the surface of a coated carrot seeds.

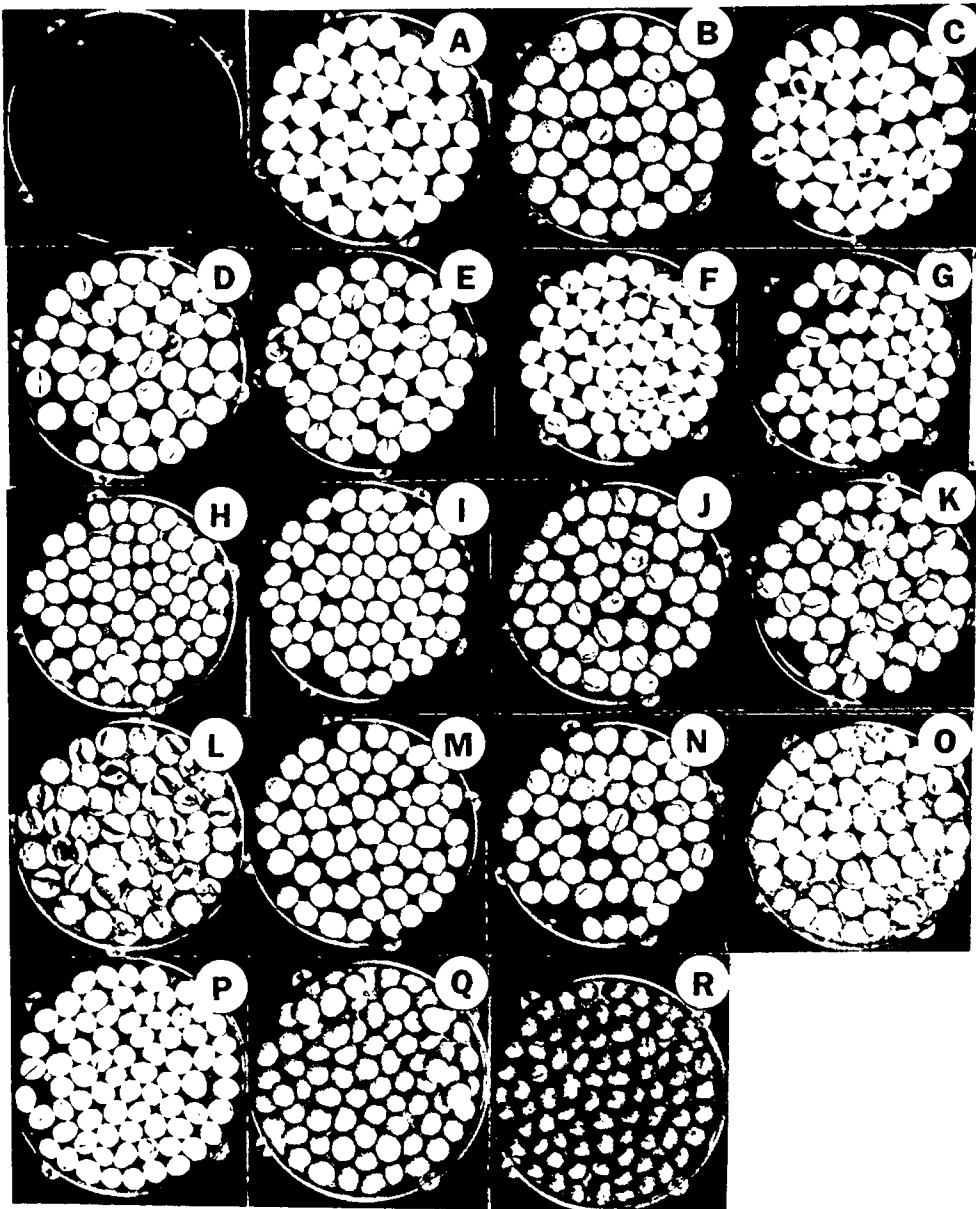


Photo. 3.2.4. Appearance of coated radish seed with various coating particulate matters. Dialite(A), Talc(B), Calcium carbonate(C), Dialite + talc(D), Dialite + calcium carbonate(E), Talc + calcium carbonate(F), Dialite + talc + calcium carbonate(G), Bentonite(H), Limestone(I), Zeolite(J), Bentonite + limestone(K), Bentonite + zeolite(L), Limestone + zeolite(M), Bentonite + limestone + zeolite(N), Calcium oxide(O), Kaolin(P), Fly ash(Q), Vermiculite(R).

제 3 절 코팅시 접착제 종류 및 농도에 따른 효과

1. 서 언

옥수수, 콩 등과 같이 대립종자이고 형태가 균일한 것은 파종기를 이용하여 직파할 수 있지만 크기가 미세하고 불균일한 형태인 종자는 기계화 파종이 어렵다. 이러한 종자를 피복물질로써 코팅하여 종자 크기를 증가시키면 기계화 정밀 파종이 가능하여 파종과 수확 노력이 절감된다. 특히 급속한 산업화로 농촌노동력 부족과 노동임금 상승등 열악한 조건에 직면해 있는 우리의 현실로 볼 때 코팅종자를 이용한 생력재배의 도입은 반드시 이루어 져야될 부분이다.

종자코팅 과정은 일반적으로 접착제를 종자 표면에 분사하여 종자와 코팅물질을 결합시키면서 시작된다. 접착제 없이도 코팅기 내에서 입자들이 굴리면서 자연적으로 부착 가능하나 응집성을 향상시키기 위해서는 접착제가 필요하며, 접착제를 사용하지 않으면 코팅층이 부서지거나 깨어지기 쉽다.

접착제의 역할은 종자와 물질간의 결합도 중요하지만 종피와 코팅물질간 친화성이 있어야 한다. 종자코팅의 접착제는 수분용해도, 균열에 견딜 수 있는 일정한 경도, 기질에 대한 친화성 및 처리시 응집정도에 따라 적정 접착제를 선택해야 하는데, 일반적으로 carboxymethyl cellulose, dextran, gum arabic, hydroxyethyl cellulose, methyl cellulose, paraffin oils, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone, Tween 80, polyethylene glycol 등이 이용되고 있다. 접착제에 대해 제약산업체에서 결합력, 결합강도 등을 많이 연구하고 있으나, 종자 발아성 차원에서 이를 고찰한 예는 없었다. 따라서 코팅종자가 산업화되기 위해서는 가격이 저렴하고 환경친화적이면서 발아에 장애를 주지 않는 적정 접착제가 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 접착제의 종류 및 농도가 원예작물의 종자발아에 미치는 영향을 검토하며, 환경친화적인 적정 접착제를 선별하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

코팅공정 과정중 코팅물질과 종자와의 결합능력을 강화시키기 위하여 사용되는 접

착제의 종류 및 농도가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 종자를 치상한 후 carboxymethyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, methyl cellulose, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone 및 Tween 80을 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0%로 농도를 달리한 용액을 7ml 공급하여 발아력을 비교하였다. 무처리 종자는 접착제 대신에 증류수를 7ml 공급하여 발아력을 조사하였다. 발아시험은 petridish(9cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 1매를 간후 100립씩 완전임의배치 3반복으로 암상태의 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 및 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 항온기에서 실시하였다. 발아조사는 종자를 치상한 후 10일까지는 12시간 간격으로 그 후 18일까지는 1일 간격으로 하였으며, 유근이 1.0mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 간주하였다.

3. 결과 및 고찰

접착제의 농도가 증가하면 코팅종자의 경도는 향상시킬 수 있으나, 발아를 지연시킬 수 있으므로 적정 농도는 접착제의 종류에 따라 다르나, 일반적으로 코팅 초기에는 0.5% 수준이 적합하며 코팅 후기에는 경도 강화를 위하여 2% 접착제를 분사하는 것이 바람직하다.

표 3.3.1~표 3.3.10은 종자코팅에 사용되는 접착제의 종류 및 농도를 달리한 용액을 10종의 원예작물 종자에 공급하여 20°C 와 25°C 의 발아온도에서 발아율과 발아속도에 미치는 영향을 조사한 것이다. 코팅 접착제가 고추종자(표 3.3.1)의 발아에 미치는 영향을 검토한 것으로 polyvinyl pyrrolidone(PVP)와 polyvinyl alcohol(PVA)에서 발아억제 정도가 낮아 우수한 접착제로 나타났다. 접착제 종류 및 농도에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 있었다. 사용된 접착제중 PVA와 PVP에서 발아율이 전반적으로 높았고 발아속도도 다른 접착제에 비해 단축되는 경향이였다. 반면 hydroxyethyl cellulose(HEC), methyl cellulose(MC), Tween 80 접착제는 발아율이 약간 감소시켰으며, 발아속도도 지연시켰다. 접착제의 pH는 접착제 종류간에는 차이가 있었으나, 농도에는 큰 차이는 없었다. PVP는 pH가 3.7로서 고추종자의 발아가 억제될 것으로 예측되었으나, 발아가 원활하였다. 특히 PVP는 강알카리를 지닌 코팅물질을 사용할때 pH를 낮추는 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 반면 CMC, HEC, MC, PVA 및 Tween 80은 약산성인 pH 6.0으로 나타났다.

토마토(표 3.3.2), 배추(표 3.3.3), 상추(표 3.3.4), 무(표 3.3.5)에서도 PVP와 PVA에

서 다른 접착제에 비해 발아율이 높고 조기발아하여 종자코팅에 우수한 접착제였으며, Tween 80도 양호한 결과를 보였다. 당근종자(표 3.3.6) 에서도 접착제를 첨가하여 발아력을 조사한 결과 증류수를 공급한 무처리 종자의 발아속도는 3.35일(20℃)과 2.66일(25℃) 였으나, 접착제가 가해짐으로써 발아력이 약간 감소하는 경향을 보였다. 또한 파(표 3.3.7), 양파(표 3.3.8), 셀비어 (표 3.3.9) 및 잔디(표 3.3.10)에서도 PVA는 발아장해를 유발하지 않아 우수한 접착제 였다.

전반적으로 볼 때 접착제중 PVA에서 발아율도 가장 높았고 발아속도도 빨랐으며, 다음이 PVP, tween 80, HEC, MC 및 CMC 순으로 나타났다. CMC에서 발아력이 저 하된 주된 원인은 높은 점성으로 인해 산소부족에 원인인 것으로 풀이된다.

접착제 종류에 관계없이 농도에 따라 발아력에 차이가 있었는데, 저농도인 0.5%에서 발아율이 전반적으로 높았고, 고농도인 2%에서는 발아율이 감소하였으며 발아속도도 지연되는 경향이였다. 그러나 PVA는 고농도에서도 다른 접착제에 비해 발아억제 현상이 낮았다. 이러한 결과는 코팅 종자의 경도 강화를 위해 접착제 농도를 증가하더라도 발아에는 큰 영향을 주지 않는다는 것을 시사하는 것이다. 반면 PVP는 발아장해를 유발하지 않으나 종자와 고형물질간의 흡착능력이 떨어지는 단점이 있었다. 또한 Tween 80은 발아장해를 유발하지 않아 유용한 접착제로 평가될 수 있으나, 비중이 높아 물과 희석이 잘되지 않은 문제점이 있었다. 따라서 PVA는 발아를 억제하지 않으면서 종자와 고형물질의 흡착능력이 우수한 접착제였다.

지금까지 접착제가 고형물질과의 결합력을 고찰한 선행연구들에 의하면 Hirota는 *Vicia villosa* 종자 코팅에 methyl cellulose와 gum arabic를 혼합한 접착제가 결합능력이 우수하다고 하였다. 또한 목초종자에서 석회를 고형물질로 사용하여 접착제를 선발한 실험에서 methyl cellulose가 결합능력이 가장 우수하였고, 고형물질로 황성탄소를 사용한 경우는 polyvinyl acetate가 효과적이라고 보고되고 있다. 접착제 종류에 따라 접종된 근류균의 생존에도 영향을 미쳤으며, 접착제 중 methyl cellulose가 근류균의 생존성, 저렴한 가격, 낮은 농도(3% w/v)에서도 결합능력이 우수하다고 하였다.

그러나 본 실험에서는 PVA가 발아장해를 유발하지 않아 원예작물의 종자코팅에 적합한 접착제로 생각된다.

Table 3.3.1. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of pepper seeds.

Seed treatment			20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	pH	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	6.12	92.6	8.81	95.3	4.90
	1.0	6.19	69.3	9.07	89.3	5.96
	1.5	6.22	68.6	8.91	88.0	6.83
	2.0	6.24	36.0	9.96	84.6	6.63
	Mean	6.19	66.6	9.19	89.3	6.03
Hydroxyethyl cellulose	0.5	6.08	97.3	7.93	99.3	3.80
	1.0	6.07	94.6	7.07	97.3	4.56
	1.5	6.08	87.3	8.03	96.6	5.00
	2.0	6.08	74.0	8.06	87.3	6.13
	Mean	6.08	88.3	7.74	95.1	4.87
Methyl cellulose	0.5	6.23	97.3	5.93	97.3	4.40
	1.0	6.14	92.6	6.39	96.6	4.36
	1.5	6.31	89.3	9.28	94.6	4.26
	2.0	6.28	79.3	9.14	84.6	5.93
	Mean	6.24	89.6	7.69	95.1	4.74
Polyvinyl alcohol	0.5	6.01	92.6	5.88	98.0	3.53
	1.0	6.06	97.3	5.97	92.6	3.83
	1.5	5.90	97.3	6.00	90.0	4.30
	2.0	5.88	97.3	6.93	93.3	4.20
	Mean	5.96	96.2	6.20	93.5	3.96
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	3.79	92.6	5.76	99.3	4.58
	1.0	3.69	98.0	5.33	99.3	3.96
	1.5	3.64	92.0	5.88	98.0	4.52
	2.0	3.64	98.0	5.27	68.4	4.55
	Mean	3.69	94.2	5.77	93.3	4.40
Tween 80	0.5	5.90	94.6	6.88	97.3	3.72
	1.0	6.00	97.3	7.55	94.7	4.93
	1.5	5.86	90.0	6.49	96.0	5.14
	2.0	6.00	92.6	8.19	98.7	4.67
	Mean	5.94	93.3	7.28	96.6	3.96
Control		6.11	95.3	5.90	95.3	3.40
Significances						
Polymer (A)			***	***	NS	***
Concentration (B)			***	**	***	***
A x B			***	*	***	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, and 0.001 respectively.

Table 3.3.2. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of tomato seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	76.6	4.80	72.0	2.90
	1.0	52.0	6.40	68.6	3.43
	1.5	42.6	6.87	66.6	4.13
	2.0	34.6	7.02	50.0	4.50
	Mean	51.5	6.27	64.3	3.74
Hydroxyethyl cellulose	0.5	78.6	3.75	70.6	3.23
	1.0	80.6	4.54	75.3	3.50
	1.5	66.6	5.38	76.6	3.70
	2.0	63.3	5.58	66.6	2.70
	Mean	72.3	4.81	72.3	3.28
Methyl cellulose	0.5	77.3	3.84	82.6	3.23
	1.0	83.3	3.77	74.6	3.50
	1.5	68.6	4.95	70.0	3.70
	2.0	72.0	5.67	76.6	2.70
	Mean	75.3	4.56	76.0	3.28
Polyvinyl alcohol	0.5	72.0	5.03	72.0	2.80
	1.0	76.0	4.04	70.6	3.06
	1.5	78.0	4.42	74.0	3.06
	2.0	79.3	4.13	81.3	3.73
	Mean	76.3	4.40	74.5	3.16
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	82.0	3.81	81.3	2.90
	1.0	81.3	3.74	80.7	2.85
	1.5	80.0	4.51	79.3	2.94
	2.0	77.3	4.49	78.7	2.84
	Mean	80.2	4.14	80.0	2.89
Tween 80	0.5	80.0	4.49	72.6	3.27
	1.0	81.3	4.22	85.3	3.07
	1.5	79.0	4.34	79.3	3.14
	2.0	76.7	4.84	88.0	3.29
	Mean	82.0	4.47	81.3	3.20
Control		79.3	4.19	78.6	2.73
Significances					
Polymer (A)		***	***	***	**
Concentration (B)		***	***	NS	*
A x B		***	***	NS	*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 , and 0.001 respectively.

Table 3.3.3. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of Chinese cabbage seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	94.0	0.59	95.3	0.70
	1.0	94.0	1.77	98.0	0.96
	1.5	76.0	3.40	72.0	2.73
	2.0	86.6	2.47	75.3	3.46
	Mean	87.6	2.06	85.2	1.96
Hydroxyethyl cellulose	0.5	96.6	0.54	97.3	0.53
	1.0	97.3	0.70	99.3	0.63
	1.5	94.0	1.31	98.0	0.76
	2.0	93.3	1.33	96.0	0.56
	Mean	95.3	0.97	97.6	0.63
Methyl cellulose	0.5	96.0	0.56	92.6	0.53
	1.0	96.0	0.73	97.3	1.03
	1.5	96.0	1.58	96.6	1.10
	2.0	94.6	1.39	97.3	1.36
	Mean	95.6	1.07	96.0	1.08
Polyvinyl alcohol	0.5	98.0	0.53	99.3	0.50
	1.0	96.6	0.54	99.3	0.53
	1.5	97.3	0.54	99.9	0.50
	2.0	96.6	0.51	97.3	0.50
	Mean	97.2	0.53	99.0	0.51
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	100.0	0.92	98.7	0.58
	1.0	98.0	0.78	97.3	0.55
	1.5	100.0	0.70	98.7	0.59
	2.0	100.0	0.74	96.0	0.57
	Mean	99.5	0.79	96.0	0.57
Tween 80	0.5	98.7	0.78	96.0	0.57
	1.0	97.3	0.74	98.7	0.55
	1.5	98.0	1.01	94.0	0.88
	2.0	98.7	0.92	98.7	0.87
	Mean	98.2	0.87	96.8	0.72
Control		94.6	0.56	96.8	0.50
Significances					
Polymer (A)		**	***	**	***
Concentration (B)		NS	***	NS	*
A x B		NS	**	NS	*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ respectively.

Table 3.3.4. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of lettuce seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	78.6	3.15	72.0	1.73
	1.0	80.6	2.79	64.0	2.80
	1.5	77.3	2.91	57.3	2.43
	2.0	34.0	5.70	30.6	5.43
	Mean	67.6	3.44	50.0	3.10
Hydroxyethyl cellulose	0.5	76.6	2.77	75.3	1.86
	1.0	81.3	2.99	73.3	2.26
	1.5	76.6	3.24	60.6	3.13
	2.0	83.3	2.79	54.6	2.53
	Mean	79.5	2.95	66.0	2.45
Methyl cellulose	0.5	78.6	2.58	72.6	2.73
	1.0	86.6	2.86	78.0	2.66
	1.5	80.6	3.40	72.6	4.23
	2.0	80.0	4.68	59.3	5.76
	Mean	81.5	3.38	70.6	3.85
Polyvinyl alcohol	0.5	82.0	2.65	80.6	1.76
	1.0	80.6	2.56	65.3	2.20
	1.5	83.3	2.56	75.3	2.30
	2.0	75.3	2.94	76.6	1.86
	Mean	80.3	2.67	74.5	2.03
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	82.6	2.66	76.0	2.01
	1.0	80.7	2.74	68.7	1.87
	1.5	80.0	2.95	68.7	2.09
	2.0	86.7	2.77	62.0	2.28
	Mean	81.0	2.78	68.8	2.07
Tween 80	0.5	82.0	2.61	66.7	1.97
	1.0	81.3	3.20	63.3	2.01
	1.5	80.7	3.24	62.7	1.88
	2.0	77.3	3.44	64.0	1.93
	Mean	80.3	3.13	64.2	1.97
Control		80.0	2.58	72.6	1.80
Significances					
Polymer (A)		***	***	***	***
Concentration (B)		***	***	***	***
A x B		***	***	**	***

, * Significant at $P = 0.01$, and 0.001 respectively.

Table 3.3.5. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of radish seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	92.0	0.72	92.6	0.83
	1.0	86.6	0.92	85.9	0.93
	1.5	84.0	0.85	80.0	1.23
	2.0	87.3	1.23	48.6	2.23
	Mean	87.5	0.93	70.6	1.31
Hydroxyethyl cellulose	0.5	93.3	0.68	93.3	1.06
	1.0	94.0	0.71	85.3	0.93
	1.5	91.3	0.76	92.0	0.70
	2.0	92.0	0.74	82.6	0.73
	Mean	92.7	0.73	88.3	0.83
Methyl cellulose	0.5	96.6	0.61	96.6	0.63
	1.0	95.3	0.66	66.6	1.93
	1.5	95.3	0.74	82.0	4.73
	2.0	92.0	0.98	45.3	6.00
	Mean	94.8	0.75	72.6	3.32
Polyvinyl alcohol	0.5	90.6	0.67	95.3	0.66
	1.0	92.0	0.78	96.0	0.70
	1.5	89.3	0.71	95.3	0.73
	2.0	88.6	0.75	84.6	0.76
	Mean	90.2	0.72	92.8	0.72
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	100.0	0.92	99.3	0.61
	1.0	92.0	0.89	98.7	0.57
	1.5	100.0	0.92	96.0	0.61
	2.0	100.0	1.26	97.3	1.44
	Mean	98.0	1.00	97.8	0.81
Tween 80	0.5	93.3	0.89	96.7	0.77
	1.0	92.7	1.01	96.7	0.59
	1.5	93.3	1.16	96.0	0.64
	2.0	91.3	0.92	93.3	0.67
	Mean	92.7	0.99	95.7	0.67
Control		92.6	0.64	95.7	0.59
Significances					
Polymer (A)		***	***	***	***
Concentration (B)		NS	*	***	***
A x B		NS	NS	***	***

NS, *, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$ and 0.001 respectively.

Table 3.3.6. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of carrot seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	80.6	3.55	86.6	2.93
	1.0	83.3	4.05	66.6	3.40
	1.5	77.3	4.96	82.0	4.73
	2.0	74.6	4.82	88.6	4.50
	Mean	79.0	4.34	81.0	3.89
Hydroxyethyl cellulose	0.5	82.6	4.63	82.0	3.46
	1.0	82.0	4.62	78.0	3.60
	1.5	84.0	4.65	76.6	3.30
	2.0	76.6	5.32	65.3	3.44
	Mean	81.3	3.47	75.5	3.47
Methyl cellulose	0.5	72.6	3.41	80.0	2.60
	1.0	87.3	3.49	89.3	3.00
	1.5	80.0	3.73	82.0	4.20
	2.0	84.0	4.45	80.0	3.46
	Mean	81.0	3.74	82.8	3.31
Polyvinyl alcohol	0.5	85.3	3.50	86.6	2.90
	1.0	85.3	3.42	78.0	2.66
	1.5	84.0	3.46	64.0	2.96
	2.0	72.0	3.59	71.3	3.10
	Mean	81.6	3.49	75.0	2.98
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	80.6	3.62	83.3	2.97
	1.0	84.7	3.46	83.3	3.10
	1.5	81.3	3.62	81.3	3.15
	2.0	82.7	3.57	84.6	2.83
	Mean	82.3	3.57	83.1	3.01
Tween 80	0.5	79.3	3.83	71.3	3.24
	1.0	85.3	3.53	88.7	3.40
	1.5	85.3	4.00	78.0	3.28
	2.0	79.3	3.55	77.3	3.41
	Mean	82.3	3.73	78.3	3.33
Control		84.0	3.35	84.6	2.66
Significances					
Polymer (A)		NS	***	NS	***
Concentration (B)		***	***	NS	***
A x B		*	**	NS	**

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ respectively.

Table 3.3.7. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of Welsh onion seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	84.0	3.03	91.3	2.16
	1.0	78.0	4.06	71.3	2.86
	1.5	86.0	3.01	68.0	4.66
	2.0	70.0	5.11	60.6	5.03
	Mean	79.5	3.80	72.8	3.68
Hydroxyethyl cellulose	0.5	78.6	2.86	96.6	2.33
	1.0	90.0	3.02	88.6	2.60
	1.5	84.6	3.27	85.3	2.83
	2.0	84.6	3.05	82.6	3.43
	Mean	84.5	3.06	88.3	2.80
Methyl cellulose	0.5	90.6	2.96	88.6	2.33
	1.0	88.0	3.73	87.3	2.63
	1.5	88.6	4.18	88.0	3.96
	2.0	84.0	4.06	84.6	4.00
	Mean	87.8	3.73	87.2	3.23
Polyvinyl alcohol	0.5	91.3	2.98	92.6	1.90
	1.0	89.3	2.79	94.6	2.20
	1.5	92.0	3.06	93.3	2.23
	2.0	84.0	2.75	89.3	2.60
	Mean	87.1	2.89	92.5	2.23
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	90.0	2.67	96.6	2.50
	1.0	93.3	2.59	90.0	2.53
	1.5	90.7	2.58	90.7	2.66
	2.0	88.7	2.80	92.7	2.48
	Mean	90.7	2.65	92.5	2.55
Tween 80	0.5	87.3	3.16	84.7	3.13
	1.0	84.7	2.80	85.3	2.97
	1.5	84.0	3.43	84.0	3.14
	2.0	91.3	3.50	78.0	2.95
	Mean	86.8	3.22	83.0	2.23
Control		90.0	2.57	97.3	1.88
Significances					
Polymer (A)		**	***	***	***
Concentration (B)		NS	**	***	***
A x B		*	**	*	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 , and 0.001 respectively.

Table 3.3.8. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of onion seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	66.6	3.33	76.6	3.63
	1.0	70.6	3.22	44.0	4.23
	1.5	53.3	5.06	43.3	3.93
	2.0	62.6	3.99	36.0	4.83
	Mean	63.3	3.90	50.0	4.16
Hydroxyethyl cellulose	0.5	81.3	2.86	79.3	2.30
	1.0	82.0	3.79	70.6	2.73
	1.5	58.6	3.55	62.0	2.96
	2.0	65.3	4.37	60.6	3.50
	Mean	71.8	3.64	68.2	3.84
Methyl cellulose	0.5	76.6	4.20	74.6	3.26
	1.0	69.3	4.18	69.3	2.93
	1.5	80.6	3.67	45.3	5.16
	2.0	57.3	4.22	52.6	4.00
	Mean	71.0	4.07	60.5	3.84
Polyvinyl alcohol	0.5	73.3	2.94	76.0	2.80
	1.0	81.3	3.89	72.6	2.56
	1.5	76.6	3.01	70.6	3.00
	2.0	82.0	2.95	74.6	2.66
	Mean	78.3	3.20	73.5	2.76
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	78.6	3.34	78.0	2.65
	1.0	83.3	3.51	77.3	2.38
	1.5	82.7	3.51	75.3	2.74
	2.0	80.6	3.24	76.7	2.68
	Mean	81.3	3.40	76.8	2.61
Tween 80	0.5	80.0	4.17	65.1	3.21
	1.0	70.0	4.44	62.0	3.32
	1.5	58.7	5.47	67.3	3.57
	2.0	66.7	5.45	64.0	3.41
	Mean	68.8	4.51	64.6	3.37
Control		85.3	2.61	74.6	2.16
Significances					
Polymer (A)		***	***	***	***
Concentration (B)		**	NS	***	*
A x B		**	NS	**	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ respectively.

Table 3.3.9. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of salvia seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	82.6	3.73	68.6	3.26
	1.0	75.3	5.07	71.3	3.53
	1.5	83.3	5.05	74.0	3.90
	2.0	72.0	5.36	43.3	4.40
	Mean	78.3	4.80	64.3	3.78
Hydroxyethyl cellulose	0.5	84.0	4.03	82.6	3.20
	1.0	78.0	4.11	78.0	3.03
	1.5	77.3	4.51	70.6	3.43
	2.0	82.6	4.53	43.3	4.06
	Mean	80.5	4.29	68.6	3.43
Methyl cellulose	0.5	78.6	4.14	74.0	3.33
	1.0	82.0	3.90	65.3	2.96
	1.5	87.3	4.34	79.3	4.10
	2.0	89.3	4.24	70.6	4.06
	Mean	84.3	4.16	72.3	3.62
Polyvinyl alcohol	0.5	84.0	4.08	76.6	2.73
	1.0	83.3	3.85	70.0	3.93
	1.5	82.0	3.81	78.6	2.76
	2.0	83.3	3.90	65.3	4.63
	Mean	83.2	3.91	72.6	3.51
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	80.0	4.15	72.7	2.97
	1.0	83.3	4.06	73.3	3.33
	1.5	76.7	3.83	70.0	3.44
	2.0	82.7	7.87	69.3	3.71
	Mean	90.6	4.11	71.3	3.37
Tween 80	0.5	32.0	7.87	47.3	6.75
	1.0	28.7	8.41	13.3	8.67
	1.5	12.0	8.51	8.0	9.54
	2.0	4.0	6.85	2.0	10.42
	Mean	19.1	7.97	17.7	8.84
Control		83.3	3.77	76.6	2.73
Significances					
Polymer (A)		***	***	***	***
Concentration (B)		NS	NS	***	***
A x B		**	*	**	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, and 0.001 respectively.

Table 3.3.10. Effect of coating binders and their concentrations on percent germination and T₅₀ of lawngrass seeds.

Seed treatment		20°C		25°C	
Polymer	Concn. (%)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ (%)	T ₅₀ (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	42.6	6.70	35.3	4.63
	1.0	27.3	7.32	47.3	5.16
	1.5	10.7	9.19	23.3	5.97
	2.0	6.7	9.79	6.7	6.33
	Mean	21.8	8.25	28.2	5.59
Hydroxyethyl cellulose	0.5	38.6	6.93	58.6	4.56
	1.0	35.3	7.12	42.7	5.33
	1.5	27.3	7.75	40.6	5.43
	2.0	16.0	7.60	34.6	5.29
	Mean	29.3	7.35	44.2	5.13
Methyl cellulose	0.5	43.3	7.23	48.7	4.43
	1.0	49.3	7.12	62.7	4.50
	1.5	42.0	7.85	58.0	4.87
	2.0	42.6	8.60	57.3	5.40
	Mean	44.3	7.70	56.6	4.80
Polyvinyl alcohol	0.5	42.6	6.97	56.6	4.40
	1.0	43.3	7.00	55.3	4.43
	1.5	47.3	7.31	48.6	4.36
	2.0	24.0	5.76	60.6	4.56
	Mean	39.3	6.76	55.3	4.41
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	45.6	6.21	50.6	4.30
	1.0	44.3	5.60	48.3	4.43
	1.5	37.3	5.77	52.6	4.66
	2.0	34.0	7.68	44.6	4.86
	Mean	40.3	6.32	49.0	4.56
Tween 80	0.5	32.6	7.93	42.6	4.80
	1.0	33.3	8.12	38.3	5.12
	1.5	27.3	8.75	33.3	6.66
	2.0	24.0	8.60	40.0	5.32
	Mean	29.3	8.35	38.5	5.47
Control		42.6	6.67	54.6	4.33
Significances					
Polymer (A)		***	***	***	***
Concentration (B)		***	***	***	**
A x B		*	***	***	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 , and 0.001 respectively.

제 4 절 코팅시 영양물질 및 산소공급원 첨가 효과

1. 서 언

오늘날 종자산업은 농작물 생산을 뒷받침하는 원자재의 원활한 공급이라는 단순한 종속적인 역할에 그치지 않고 종자의 개발·생산에 독립적인 영역을 확보하고 있고, 신품종과 종자처리 기술에 대한 지적재산권의 보호하고 있다. 한국종묘협회 회원사 46개중 흥농종묘, 서울종묘, 중앙종묘, 농우종묘등 4대 회사들은 십자화과, 고추등 일부 품목에 신품종 육성이 이루어지고 있으나, 기계화 파종이 가능한 코팅공정 기술은 초보적인 단계에 머물러 있다. 이들 4대사를 제외한 그 외의 종묘회사들은 기술수준이 낮아 소수의 교잡종이나 고정종 종자를 생산하는 수준으로 종묘산업이 소수의 업체에 의해서 유지되고 있다. 반면 선진국의 종자코팅 업체들도 자회사의 이익보호 측면에서 코팅물질과 공정방법의 know-how는 대부분이 대외비로 하고 있다. 우리나라의 일부 종묘업계에서도 외국으로부터 코팅 기술도입이 진행되고 있으며, 이에 상응하는 기술료를 매년 지불하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 외화절감과 국내의 종자 코팅기술의 제고를 위해서 자체적인 기술 개발이 필요한 시기이다.

종자코팅시 영양물질 첨가는 종자의 영양물질 흡수를 증대시키고 반면 영양경합원인 잡초의 영양물질 흡수량을 최소화하여 입모형성을 촉진시킬 수 있으며, 영양물질이 종자에 근접되어 토양시비보다는 흡수효율을 높일 수 있는 장점이 있다.

코팅종자는 발아측면에서 볼 때 종자표면에 여분의 피복물에 의하여 산소공급의 억제로 발아가 지연되고 발아율이 저하하는 현상이 나타나기 쉽다. 따라서 코팅종자의 발아지연 문제를 해결코자 코팅물질내에 영양물질과 산소발생원을 첨가하여 그 효과를 비교하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

코팅공정중 몇가지 영양물질 및 산소공급원 첨가가 상추와 당근 코팅종자의 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 영양물질인 MS 배지를 1/2 및 1/4배, 인산급원으로 Monosodium phosphate 0.2, 1.0%를 접착제(2% PVA)에 용해하였다. 또한 코팅종자의 산소공급원 첨가효과를 조사하기 위해 산소발생원인 BaO₂를 0.2%, 1.0%를 영

양물질 조제법과 동일하게 조성하였다.

코팅공정의 초기와 중기단계에서는 PVA 0.5% 및 1.0% 용액만을 분무하였고, 공정후기에 영양물질 및 산소공급원을 분무하여 그 효과를 조사하였다. 기타 코팅공정 방법은 제 1절에 보는 바와 같다.

3. 결과 및 고찰

가. 코팅시 영양물질 첨가

표 3.4.1은 접착제에 희석 용해한 무기영양원인 MS 배지와 인산급원인 monosodium phosphate를 코팅공정 과정중 첨가하여 코팅된 당근 종자의 발아율과 발아속도를 검정한 결과이다.

코팅과정중 영양물질 첨가는 유의성은 없으나 발아율은 약간 감소되었고 발아속도는 지연되는 경향이였다. 첨가되는 영양물질의 급원에 따라서도 코팅종자의 발아력에도 차이가 있었는데, 대체적으로 MS 배지가 monosodium phosphate 보다 나은 결과를 보였다. 영양물질이 첨가되지 않은 코팅종자의 발아율은 20℃ 및 25℃에서 84%, 79.3% 였고 발아속도도 6.8일과 6.2일로 나타났으나, MS medium 1/2 및 1/4 첨가된 코팅종자는 발아율이 5~6% 저하되었으며, 발아속도도 0.5일 지연되었다. Monosodium phosphate 첨가는 MS 배지 첨가보다 발아억제 현상이 더욱 심하였다. 특히 1.0% 첨가에서는 영양물질 첨가되지 않은 코팅종자보다 20℃ 및 25℃의 발아온도에서 13% 및 6%의 발아율이 저하되었고 발아속도도 20℃에서는 1.4일 25℃에서는 1.5일이 지연되는 것으로 나타났다.

상추의 코팅종자(표 3.4.2)에서도 영양물질을 첨가함으로써 발아율은 약간 감소되었고 발아속도도 지연되는 경향이였다. 영양물질이 첨가되지 않은 코팅종자의 발아율은 20℃ 및 25℃에서 각각 67%, 60%였고 발아속도도 각각 4.1일과 2.4일로 나타났으나, MS 배지 1/2 및 1/4 첨가된 코팅종자는 발아율이 약간 저하되었으며, 발아속도도 지연되었다. 이러한 발아지연 현상은 monosodium phosphate에서 현저하였다. 특히 1.0%에서는 영양물질 첨가되지 않은 코팅종자보다 20℃ 및 25℃의 발아온도에서 13% 및 8%의 발아율이 저하되었고 발아속도도 1일이 지연되는 것으로 나타났다.

고농도 영양물질 첨가에 의한 발아장애 현상은 선행 연구자들에 의해 보고된 바 있으며, 특히 농축된 가용성 비료염을 코팅 물질에 첨가하면 발아가 지연된다(Scott,

1975b). Rader(1943)등은 Sodium nitrate (Salt index 100)를 기준으로 여러 가지 화학 비료가 장해를 유발할 수 있는 정도를 평가하여 안전 비료를 분류하였다. 또한 비료 성분의 삼투가 종자발아에 미치는 효과는 금세기 초반부터 많은 연구자에 의해서 연구되어 왔다. Uhvis(1946)에 의하면 NaCl은 삼투작용에 의해 발아가 억제되며, Rader(1943)는 과인산을 코팅종자에 첨가하면 발아장해가 유발되었으나, gypsum은 발아장해가 유발되지 않았다고 하였다. 밑에서도 100kg/ha 이상의 고농도 화학비료를 코팅하면 유묘생장이 저해되었다고 하였다(Guttay, 1957).

본 연구에서 영양물질 첨가에 의한 발아가 지연되는 원인은 첨가된 영양물질이 수분포텐셜을 낮춤으로써 역삼투 작용에 의해 발아에 전제조건인 종자의 수분흡수를 억제하고, 고농도의 영양물질이 발아에 유해하게 작용한 것으로 추측된다.

Scott는 수용성 인산급원인 monocalcium phosphate를 코팅과정중 첨가하면 비료 장해가 유발되어 발아가 감소되었는데, 이는 수용성에 기인된 것이라고 하였고 지효성과 불용성 인산급원을 첨가하여 발아억제 현상을 경감시킨 바 있다. 따라서 본 실험과 선행연구들을 종합하여 볼 때 저농도의 영양물질을 코팅과정중 첨가하면 비료 장해가 경감되어 발아가 원활할 것으로 판단된다. 당근과 상추의 코팅종자에서 발아율 증진을 위한 최적 영양물질 첨가 조건을 구명하기 위한 일련의 실험들은 종자 발아상의 극히 제한된 조건과 수분조절이 어려운 petridish를 이용한 실험결과일 뿐 포장조건에서의 출현율과 유묘생장을 검토하지는 않았다. 영양물질이 첨가된 코팅종자는 발아는 지연된다 할지라도 생육일수가 경과할수록 유묘생장율은 영양물질 첨가되지 않은 코팅종자보다 높을 것으로 예측된다.

이러한 영양물질이 첨가된 코팅종자의 유용효과는 선행연구에서 보고되고 있는데, 라이그래스에 인산을 첨가한 코팅종자는 무처리에 비해 생장율이 2~4배 증가되며 (Varth와 Clifford, 1973a), 상추(Sharples와 Gentry, 1980)에서도 소량의 인산을 첨가한 코팅종자는 생장율과 수량성이 높았다고 하였다. 이와 같이 코팅시 영양물질 첨가는 영양원이 종자에 근접되어 비료 흡수효율이 관행시비법보다 3-4배 증진(bates, 1971)되어 초기생육 촉진에 유효하게 적용될 수 있다.

따라서 코팅종자에 첨가되는 영양물질이 발아를 억제하지 않는 적정 농도가 구명되면 영양물질의 흡수효율이 증대되어 초기생육이 향상될 수 있고 경제적인 면에서도 종자가 입모를 확보하기까지 투입되는 비료량 절감에도 유용할 것으로 사료된다.

나. 코팅시 산소공급원 첨가

1) 코팅종자의 발아억제 요인 구명

표 3.4.3은 당근 코팅종자의 발아지연 원인을 구명하기 위해 무처리종자, 코팅종자, 코팅후 코팅층을 인위적으로 제거한 종자, 무처리종자+코팅물질 첨가하여 20℃와 25℃에서 발아력을 비교 검토한 결과이다. 코팅종자는 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나, 무처리종자 및 코팅물질이 첨가된 무처리종자에 비해 발아율이 약간 낮은 경향을 보였다. 반면 무처리종자+코팅물질을 첨가하여 발아시킨 경우는 무처리종자에 비슷한 발아속도를 보였다. 반면 코팅층을 제거한 종자는 코팅종자와 발아율에는 큰 차이를 발견할 수 없으나, 발아속도는 20℃ 및 25℃ 발아온도에서 2.8일과 2.3일 단축되었고 코팅되지 않은 종자보다는 3.7일 및 1.5일 지연되는 것으로 나타났다.

상추종자에서도 코팅종자는 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나, 무처리종자 및 코팅물질이 첨가된 무처리종자에 비해 발아율이 약간 낮았다(표 3.4.4). 반면 무처리종자+코팅물질을 첨가하여 발아시킨 경우는 무처리 종자에 비해 20℃에서는 0.2일, 25℃에서는 0.4일이 경미한 발아속도가 지연되었다. 그러나 코팅층을 제거한 종자와 코팅종자간 발아율에는 큰 차이는 없었으나, 발아속도는 코팅종자에 비해 조기발아하는 경향이였다.

이러한 결과들은 코팅종자의 크기증가를 위해 첨가되는 코팅물질과 접착제가 발아를 억제하는 주된 요인이 아니며, 직접적인 원인은 종자와 접착제 및 코팅물질의 강한 결합으로 인한 산소와 수분의 이동이 제한되는 것으로 생각된다. 또한 코팅층 제거종자가 발아속도가 무처리 종자나 무처리 종자+코팅물질 혼합한 처리에 비해 발아속도가 지연된 원인은 코팅층을 제거했다고는 하나 수분과 공기의 투과를 조절하는 주공에 코팅물질이 잔존하여 공기와 수분투과를 차단하였거나, 코팅과정중 종자의 기계적 손상에 의한 것으로 생각된다.

2) 산소공급원 첨가에 의한 코팅종자의 발아성

코팅종자는 종자표면에 피복물을 첨가하여 종자크기를 증대시킨 것이므로 산소공급이 제한되어 발아가 지연될 수 있다. 정밀 파종을 위해 산업화되고 있는 코팅 종자에서 발아율 감소원인은 공기와 수분 이동 제한에 의한 경우가 일반적이다. 이를 해

결하기 위한 방안으로 코팅물질에 산소발생원인 BaO_2 를 코팅공정의 최종단계에 첨가하여 그 효과를 검토한 결과는 표 3.4.5 및 표 3.4.6과 같다.

당근 종자 코팅공정의 최종단계에 BaO_2 첨가는 무첨가 코팅종자에 비하여 발아율이 감소되는 경향이었고 발아속도도 지연되는 것으로 나타났다(표 3.4.5). 이러한 경향은 BaO_2 농도가 상대적으로 높은 1.0% 첨가구에서 더욱 뚜렷하였는데, 코팅되지 않은 종자에 비해 20℃ 및 25℃의 발아온도에서 각각 10%와 12.4%의 발아율이 저하되었고 발아속도도 1.6일 및 2.1일 지연되었다.

상추종자에서도 BaO_2 첨가로 발아율이 감소되는 경향이었고 발아속도도 지연되었다(표 3.4.6). 특히, BaO_2 1.0% 첨가구는 무처리 종자에 비해 20℃ 및 25℃의 발아온도에서 각각 9%와 13.2%의 발아율이 저하되었고, 발아속도도 1.8일 및 1.71일 지연되었다.

산소발생원을 첨가한 코팅처리는 산소가 부족한 조건에서 파종할 때 유효한데, 특히 수도에서 CaO_2 를 코팅처리하면 담수상태에서도 산소를 발생시켜 입모증진에 유용하다고 한다.

발아중인 종자에 산소를 공급하기 위해 코팅 과정에 peroxides를 첨가한 연구들은 발아와 묘출현을 촉진하였다는 보고(Brocklehurst와 Dearman, 1983)와 억제하는 상반된 보고(Ollerenshaw, 1985)가 있다.

Calcium peroxide(Sladdin와 Lynch, 1983)를 첨가한 종자코팅은 저습도양에 파종된 밀종자에서 산소공급 측면에서는 효과가 없었으나 발아율은 향상되었는데, 이는 antimicrobial 작용과 광독성 물질의 중화에 기인된 것으로 풀이하였다.

표 3.4.5 및 표 3.4.6에서 보는 바와 같이 BaO_2 첨가에 의한 코팅종자의 발아력 감소원인은 BaO_2 무첨가 코팅종자의 pH는 7.6이었고 BaO_2 첨가구에서는 pH가 9.5인 점을 미루어 pH 상승에 의한 발아력 저하와 코팅물질내에 집적된 BaO_2 가 종자 수분흡수를 억제하여 발아가 저하된 것으로 추측된다. 본 실험에서 사용된 BaO_2 는 불용성이거나 물에서 노출시간이 경과하면 서서히 O_2 로 분해하는 성질이 있다. BaO_2 첨가에 의해 코팅종자의 발아력이 저하되었으나, 저농도를 첨가하면 발아력을 증진시킬 수도 있을 것으로 예측되므로 차후 이에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

Table 3.4.1. Effect of nutrients incorporated into the coating binder on germination and T₅₀ of coated carrot seeds.

Nutrient	Conc.	20°C		25°C	
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
MS medium	None	83.7	6.80	79.3	6.22
	1/2	78.6	7.34	76.6	6.76
	1/4	79.3	7.21	78.6	7.01
	Mean	80.5	7.11	78.2	6.66
Monosodium phosphate	None	83.7	6.80	79.3	6.22
	0.2%	78.3	7.50	78.0	7.40
	1.0%	70.3	8.21	72.0	7.73
	Mean	77.4	7.50	76.4	7.11
Uncoated		84.7	3.83	81.7	3.19
LSD (0.05)		7.3	0.82	4.9	0.78

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

Table 3.3.2. Effect of nutrients incorporated into the coating binder on germination and T₅₀ of coated lettuce seeds.

Nutrient	Conc.	20°C		25°C	
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
MS medium	None	67.1	4.08	60.2	2.43
	1/2	65.6	4.44	63.6	2.78
	1/4	58.3	4.90	55.6	2.91
Monosodium phosphate	None	67.1	4.08	60.2	2.43
	0.2%	66.4	4.89	58.4	2.90
	1.0%	54.2	5.12	52.3	3.43
Uncoated		72.1	2.64	68.4	1.08
LSD (0.05)		5.3	0.78	4.6	0.82

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

Table 3.3.3. Percent germination and T₅₀ of coated, decoated and uncoated carrot seeds. Some uncoated seeds were germinated in the presence of coating particulate matter.

Coating treatments	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
Coated ²⁾	78.6	7.34	77.6	6.56
Hand-decoated after coating	76.3	4.50	81.7	4.21
Uncoated, but in the presence of particulate matter	80.2	3.84	78.6	3.22
Uncoated	83.7	3.66	82.0	2.77
LSD (0.05)	NS	0.77	NS	0.78

²⁾Seed coating with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v).

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

Table 3.3.4. Percent germination and T_{50} of coated, decoated and uncoated lettuce seeds. Some uncoated seeds were germinated in the presence of coating particulate matter.

Coating treatments	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Coated ²⁾	73.0	4.08	70.6	2.66
Hand-decoated after coating	72.6	3.64	69.4	2.42
Uncoated, but in the presence of particulate matter	76.4	2.81	76.2	1.80
Uncoated	78.4	2.60	78.2	1.42
LSD (0.05)	NS	0.43	NS	0.44

²⁾Seed coating with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v).
Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 3.3.5. Effect of BaO_2 incorporated into the coating particulate matter on germination and T_{50} of coated carrot seeds.

Coating treatments	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Coated ²⁾	80.4	7.28	81.6	5.90
Coated + 0.2% BaO_2	76.3	7.50	73.7	7.21
Coated + 1.0% BaO_2	70.2	8.84	68.6	8.02
Uncoated	82.7	3.72	81.4	2.83
LSD (0.05)	7.1	0.66	8.4	0.85

²⁾Seed coating with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v).
Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 3.3.6. Effect of BaO_2 incorporated into the coating particulate matter on germination and T_{50} of coated lettuce seeds.

Coating treatments	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Coated ²⁾	71.4	3.88	68.4	2.44
Coated + 0.2% BaO_2	70.4	4.12	66.2	2.88
Coated + 1.0% BaO_2	71.2	4.34	64.2	3.02
Uncoated	80.2	2.55	77.4	1.36
LSD (0.05)	6.1	0.46	5.8	0.34

²⁾Seed coating with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v).
Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

제 5 절 Priming 종자의 코팅효과

1. 서 언

지금까지 입묘 증진을 위한 방안으로 priming, 살균제 처리, 성장조절제 침지, fluid drilling 등의 종자처리법이 제시되고 있지만, 이들 처리들은 종자활력 증진에 유용하나, 기계화에 의한 정밀파종은 불가능하다. 발아가 낮은 원예작물 종자를 신속하고 균일한 묘로 출현시킬 수 있는 priming의 장점과 미세종자의 기계화 파종이 가능한 코팅의 장점을 조합한다면 코팅종자의 부가가치를 높일 수 있을 것이며, 균일한 파종깊이와 파종간격으로 근권생장도 균일해져 고품질의 생산물 확보도 가능할 것이다.

이러한 관점에서 본 연구는 고품질의 코팅종자를 생산하기 위한 방법의 하나로 priming 종자를 코팅하였을 때 발아에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. Priming 처리

미세하여 발아가 저조한 당근과 상추종자를 공시하여 신속하고 균일한 발아를 유도할 수 있는 priming의 장점과 기계화 파종이 가능하게 하는 코팅기술의 조합가능성을 모색하고자 하였다. 당근 종자의 priming은 1g의 종자를 9cm petridish에 넣고 PEG -0.50MPa 용액으로 20℃에서 4일간, 상추는 50mM의 K₃PO₄ 용액으로 20℃에서 2일간 처리하였다. Priming 처리후 종자는 2분간 수세하여 종피에 부착되어 있는 수분을 완전히 제거한 후 30℃에서 3시간 건조하였다.

나. Priming 종자의 코팅

건조된 priming 종자 100g을 코팅드럼에 넣고 접착제로 PVA 0.5% 수용액을 종자 표면에 분사하면서 코팅물질인 talc를 서서히 첨가하여 코팅의 기본형태를 유지시켰다. 그후 calcium carbonate+kaolin (1:1 v/v) 혼합 물질을 첨가하여 코팅하였다. 코팅 접착제는 코팅초기에는 PVA 0.5%, 중기에는 PVA 1.0%, 후기에는 코팅층의 경도를 강화시키기 위하여 PVA 2.0% 용액을 분사하였다. 코팅드럼의 회전속도도 초기, 중기 및 후기로 나누어 달리하였는데, 초기에는 종자의 기계적 손상을 경감시키기 위해 60~70rpm, 중기에는 100~150rpm, 후기에는 코팅층 표면의 균질화를 향상시키고 구형에 근접한 형태를 유지시키기 위하여 고속인 400~500rpm으로 조절하였다. 코팅 공정의 중기 및 후기단계에서는 코팅종자가 회전력에 견딜수 있는 일정한 경도를 유지시

키고 덩어리진 코팅을 방지하기 위하여 열풍기를 이용하여 2분간 건조시켰다.

3. 결과 및 고찰

Priming과 코팅의 장점을 조합하려는 시도는 지난 10년간 상추종자를 중심으로 진행되어 왔다. 신속한 발아와 균일한 묘출현을 기할 수 있는 priming 효과는 불량한 환경조건에서 더욱 높다. 코팅종자는 종자표면의 피복물에 의하여 수분투과성이나, 산소투과성이 제한되어 발아가 지연될 수 있다. 그러나 신속한 발아를 유도할 수 있는 priming 종자를 코팅하면 발아지연 문제를 해결할 수 있을 것이다.

표 3.5.1은 코팅종자의 발아지연 문제를 해결하기 위한 당근종자를 priming 처리하여 그 효과를 20℃와 25℃에서 조사한 것이다. Priming 처리는 당근 종자에서 발아율을 증진 시키지 못하였다. 그러나 priming 처리는 발아속도 단축에는 효과적이었는데, 20℃와 25℃에서 무처리 종자가 각각 3.8일과 3.2일의 발아속도를 보였으나 priming 종자는 3.5일과 2.6일로 나타나 0.3일 및 0.6일 단축되었다. Priming후 코팅된 종자는 신속하게 발아하는 장점이 있으나 무처리 종자를 코팅한 경우에 비해 발아율이 약간 감소하는 경향이었으나 유의성은 인정된다고는 볼 수 없다.

당근에서 priming 처리효과는 발아증진보다는 발아속도 단축에 있는 것으로 나타났다. 그러나 priming후 코팅종자에서 발아율이 약간 감소하는 원인은 내적으로 생리적 발아가 이루어진 priming 종자가 무처리 종자에 비해 코팅과정 과정에서 손상을 많이 받았던 데 원인이 있는 것으로 사료된다.

표 3.5.2는 상추종자를 priming 후 코팅하여 그 효과를 20℃와 25℃에서 조사한 것이다. Priming 처리는 상추 종자에서 발아율 증진에 유효하였다. 또한 발아속도 단축에는 효과적이었는데, 20℃와 25℃에서 무처리 종자가 각각 2.6일과 1.8일의 발아속도를 보였으나 priming 종자는 1.5일과 0.7일로 나타나 1.1일 조기발아 하였다.

Priming 후 코팅된 종자는 무처리 종자를 코팅한 경우에 비해 발아율이 높았고 발아속도도 단축되는 경향이였다. 따라서 priming 종자를 코팅함으로써 코팅종자의 발아지연 문제를 부분적으로 완화시킬 수 있었다.

오늘날 종자산업은 신품종과 종자처리 기술에 대한 20년의 보호기간이 설정되어 지적재산권으로 보호되고 있다. 따라서 선진국의 코팅기술을 도입하더라도 이에 상응하는 기술료를 매년 지불해야 하기 때문에 외화절감은 물론 국내의 종자 코팅기술의 제고를 위해서 자체적인 기술 개발이 필요한 시기이다.

이러한 관점에서 본 실험을 통하여 얻어진 결과들은 산업체에서 고품질의 코팅종자 생산에 응용될 수 있는 중요한 정보를 제공하고 있으며, 이는 원예작물에만 국한되지 않고 경종작물을 비롯한 일부 목본종자까지 적용될 수 있을 것으로 본다.

Table 3.5.1. Effect of priming on percent germination and T_{50} of coated carrot seeds.

Seed treatment ²⁾	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Primed	84.3a	3.48d	83.3a	2.64d
Primed coating	79.7a	6.61b	78.7a	6.41b
Unprimed coating	82.7a	7.19a	80.7a	6.90a
Untreated	86.7a	3.79c	81.3a	3.20c
LSD (0.05)	NS	0.24	NS	0.47

²⁾Seeds were coated with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v) as coating particulate matters.

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

Table 3.5.2. Effect of priming on percent germination and T_{50} of coated lettuce seeds.

Seed treatment ²⁾	20°C		25°C	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Primed	85.0	1.53	77.4	0.68
Primed coating	78.4	3.33	67.4	2.24
Unprimed coating	70.2	4.11	63.4	2.79
Uncoated	80.0	2.58	72.4	1.80
LSD (0.05)	2.4	0.20	3.2	0.47

²⁾Seeds were coated with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v) as coating particulate matters.

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

제 6 절 코팅종자의 착색효과

1. 서 언

종자코팅은 40년전 형태가 불균일한 사탕무에서 처음 실시된 이후 원예작물을 비롯한 공예작물, 사료작물에도 이용되고 있다. 그러나 국내에서 원예작물의 파종은 단순히 손작업에 의존하기 때문에 정밀파종이 어렵고 종자량이 과다하게 소요되어 종자비 지출 및 육묘관리비 상승 등 농가소득의 저해요인이 되고 있다. 이는 곧, 육묘비용의 상승, 생산물의 품질저하 및 경쟁력 약화의 원인이 되고 있으며, 외국의 고품질 코팅종자 수입으로 외화유출을 초래하고 있다.

착색된 코팅종자는 화훼종자의 경우 화색, 채소종자에서는 소득처리를 상징한다. 또한 착색된 코팅종자는 품종간 구별이 용이하고 파종된 종자를 쉽게 식별할 수 있다는 장점이 있다. 국내의 종자업체에서 시판되고 있는 원예작물 종자는 종자보호와 발아촉진을 위해 살균제, 살충제, 생물적방제제 및 생장조절제 첨가되어 종자의 원래 형태와 모양을 유지시키면서 크기만 2% 정도 증가시킨 필름 코팅종자가 대부분이다. 그러나 필름코팅에 사용되는 착색제도 대부분 외국으로부터 수입에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 몇 가지 색소를 선정하여 코팅종자의 착색증진 방안과 색소가 발아에 미치는 영향을 조사하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공시품종

본 실험에 사용된 공시재료는 서울종묘(주)의 고추 ('거성'), 토마토 ('세계'), 배추 ('맛나'), 상추 ('청치마'), 당근 ('추홍'), 파 ('금장'), 양파 ('서울대고'), 셀비어 ('본화이어'), 잔디 ('한국들잔디') 종자였다.

나. 코팅종자의 착색 및 착색색소가 발아에 미치는 영향

본 실험에 사용된 색소는 Crystal Violet, Methyl Bule, Methyl Orange, Methyl Red, Rhodomine B 및 Sarfamine O 등을 포함한 6 종류였으며, 이들 농도는 1.0% 였다. 실험 방법은 (1) 무처리 종자를 증류수 대신 코팅색소를 공급하여 발아력을 비교한 실험과 (2) 2% PVA 용액에 색소물질을 용해하여 코팅공정 최종단계에 분무하여 착색시킨 후 코팅색소가 발아에 미치는 영향을 20℃와 25℃에서 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

표 3.6.1~표 3.6.9는 코팅색소가 10종의 원예작물 종자에서 발아율과 발아속도(T_{50})

및 평균발아소요일수(MDG)에 미치는 영향을 조사한 것이다.

고추종자(표 3.6.1)에서는 코팅종자와 색소처리된 코팅종자간 발아율과 발아속도 및 평균발아소요일수에는 약간의 차이는 있었다. 전반적으로 무처리 종자에서 코팅색소를 인위적으로 공급하면 발아율에는 큰 차이가 없었다. 또한 발아속도 및 평균발아소요일수도 무처리 종자에 비해 큰 차이는 없었다. 그러나 고추에서는 코팅처리하면 발아율이 20% 이하로 급격하게 감소되었고, 색소가 첨가된 코팅종자는 발아율이 8% 이하로 나타났다. 고추종자의 발아성은 胚가 배유층을 뚫고 신장할 수 있는 물리적인 힘과 견고한 배유를 연약화 시킬 수 있는 효소 활성이 필요하다. 발아를 억제하는 종자내의 물리적 요인은 종피와 배유로 대별될 수 있는데, 종피의 물리적 저항은 발아 직전까지 지속된다. 고추종자는 종단직경이 4mm 정도이며, 그중 수분과 산소의 투과성을 조절하는 주공이 1.8mm로서 다른 작물에 비해 큰 구조이며, 이는 발아를 위한 산소와 수분요구도가 높다는 것을 시사하고 있다(결과 제시되지 않음). 이와 같이 코팅 종자는 여분의 피복물으로써 크기를 증가시킨 것이므로 발아를 위한 전제조건인 산소와 수분공급이 불량하여 발아율이 감소된 것으로 해석된다.

색소처리된 고추 코팅종자(표 3.6.1)에서 코팅층이 발아를 억제하는 주된 요인이며, 색소자체는 발아를 크게 억제하지 않는 것으로 사료된다.

코팅되지 않은 토마토 종자에서 인위적인 색소공급은 발아율에는 큰 차이가 없었고, sarfamine O를 제외하면 발아속도 및 평균발아소요일수도 무처리 종자에 비해 큰 차이는 없었다(표 3.6.2). 그러나 색소처리된 코팅종자는 색소처리 되지 않은 코팅종자에 비해 발아율에는 큰 변화가 없으나 발아가 약간 지연되는 경향이 있었다. 특히 20℃에서 발아시킨 rhodomine B 및 sarfamine O에서는 무색소 처리된 코팅종자에 비해 T₅₀이 0.8일 정도 지연되었다.

배추종자의 무코팅 종자에서는 색소처리가 발아율에는 큰 영향을 미치지 않았다(표 3.6.3). T₅₀ 및 MDG도 25℃에서는 유의적인 차이가 없었고, 20℃에서는 rhodomine B에서 T₅₀이 0.45일 지연되었지만 methyl blue에서는 오히려 0.3일 조기발아하였지만 전반적으로 볼 때 색소가 발아속도에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 색소 처리된 코팅종자에서도 유사하게 나타났다.

상추에서는 코팅되지 않은 종자와 코팅종자에서 색소처리는 발아율에는 큰 변화가 없었다(표 3.6.4). 발아속도 또한 crystal violet등 일부 색소처리된 코팅종자에서 무색소 처리된 코팅종자보다 조기발아하였으나 전반적으로 코팅색소 자체가 발아를 억제하지는 않았다.

표 3.6.5는 당근의 무처리 종자와 코팅종자에서 색소가 발아에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 색소처리되지 않은 코팅종자와 색소처리된 코팅종자간 발아율과 발아속도 및 평균발아소요일수에는 약간의 차이는 있었다. 전반적으로 볼 때 무처리종자에서 코팅색소를 인위적으로 공급하면 sarfamine O에서 발아율이 약간 저하될 뿐 큰

변화는 없었다. T_{50} 및 평균발아소요일수 또한 crystal violet, rhodamine B에서 약간 지연되었다. 그러나 코팅종자에서 색소 첨가에 의한 발아지연 정도는 극히 미약한 수준이었다.

표 3.6.6은 파종자의 색소처리가 무처리종자와 코팅종자의 발아력에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 발아온도 20℃와 25℃에서 코팅되지 않은 무처리종자를 색소처리하는 발아를 억제하지는 않는 것으로 나타나 발아율에는 큰 차이가 없었고 발아속도(T_{50} 및 MDG)가 약간 지연되는 경향이었으나 그 정도는 0.5일에 불과하였다.

무코팅 종자와 코팅종자의 색소처리가 양파 종자의 발아력에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3.6.7과 같다. 전반적으로 코팅종자는 무코팅 종자에 비해 발아율이 저하되었고 발아속도도 지연되었다. 그러나 코팅되지 않은 무처리에서는 색소가 발아를 억제하지는 않았다. 또한 색소처리된 코팅종자와 색소처리 되지 않은 코팅종자의 발아율과 발아속도(T_{50} , MDG)에는 유의적인 차이가 없었다.

표 3.6.8은 코팅색소가 무코팅 종자와 코팅된 셀비어 종자의 발아력에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 코팅 색소 종류에 따라 약간의 차이는 있으나, 색소가 코팅되지 않은 무처리종자에서 발아에는 영향을 미치지 못했다. 또한 색소처리된 코팅종자와 색소처리되지 않은 코팅종자간에도 발아율 및 발아속도(T_{50} 및 MDG)에도 큰 변화가 없었다.

잔디종자(표 3.6.9)에서는 코팅종자가 무코팅종자에 비해 발아속도는 지연되었다. 그러나 코팅색소가 코팅되지 않은 종자의 발아를 억제하지는 않았다. 또한 색소처리된 코팅종자는 색소 처리되지 않은 코팅종자에 비해 발아율과 발아속도(T_{50} , MDG)에 큰 차이가 없었다.

9종의 원예작물을 코팅공정 후기에 색소를 분무하여 코팅한 후 발아력을 평가한 결과는 작물에 따라 약간의 차이는 있으나, 코팅색소의 첨가로 인한 발아 억제는 크지 않는 것으로 나타났다.

현행 원예작물 종자들은 종자보호를 위해 살균제와 착색제를 부가하여 크기를 2% 증가시킨 필름 코팅종자가 시판되고 있는데, 이때 첨가되는 착색제를 국내 종묘업체 대부분이 수입에 의존하고 있다.

따라서 다양한 원예작물에서 코팅색소가 발아를 저해하지 않음이 증명되어 필름 코팅을 위해 전액 수입에 의존하던 착색제를 본 연구에서 사용된 여러 가지 색소로 대체할 수 있음을 제시하는 결과이다.

아울러 색소처리된 코팅종자는 외견상 보기에도 좋을 뿐만 아니라 파종위치를 정확히 진단할 수 있는 장점이 있어 산업화로 연결된다면 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 예측된다(사진 3.6.1).

Table 3.6.1. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated pepper seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	87.3	6.32	7.04	86.6	4.83	5.45
	Methyl Bule	93.3	4.92	5.68	92.0	4.51	5.35
	Methyl Orange	92.6	6.13	7.25	85.3	4.80	5.64
	Methyl Red	92.6	5.79	7.09	86.0	4.90	5.71
	Rhodamine B	88.6	7.00	7.65	85.3	4.55	5.18
	Sarfamine O	89.3	6.71	7.54	91.3	4.24	5.09
	H ₂ O	87.3	6.64	7.72	85.3	4.87	5.42
	LSD (0.05)	7.9	0.76	0.95	NS	NS	NS
Coating	Crystal Violet	4.0	7.12	7.66	7.3	10.04	11.50
	Methyl Bule	2.7	12.04	12.33	5.3	12.86	12.77
	Methyl Orange	4.0	13.41	14.27	6.0	12.04	12.33
	Methyl Red	2.6	12.25	13.83	6.6	9.29	11.55
	Rhodamine B	2.6	11.58	11.83	8.0	10.13	11.75
	Sarfamine O	3.3	10.75	11.66	8.0	10.37	11.08
	Uncolor coated	19.3	14.56	14.56	17.3	6.79	8.06
	Untreated	98.0	7.55	8.66	97.3	5.46	6.71
LSD (0.05)	2.3	4.93	0.95	5.3	2.06	1.68	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		***	***	***	***	***	***

*** Significant at $P = 0.001$.

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

Table 3.6.2. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated tomato seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	81.3	4.64	5.39	78.0	3.27	4.31
	Methyl Bule	78.0	4.01	4.93	78.0	3.23	4.58
	Methyl Orange	84.7	4.51	5.11	83.3	3.41	4.25
	Methyl Red	84.0	4.85	5.60	71.3	3.38	4.19
	Rhodamine B	84.0	4.82	5.46	84.6	3.20	3.88
	Sarfamine O	78.6	5.10	5.72	80.6	3.61	4.31
	H ₂ O	84.6	4.97	5.58	84.6	3.84	4.54
	LSD (0.05)	NS	0.43	0.60	6.8	NS	NS
Coating	Crystal Violet	78.7	9.22	10.71	78.0	6.80	8.53
	Methyl Bule	73.3	8.73	10.08	76.0	5.70	7.32
	Methyl Orange	82.0	9.59	10.17	73.3	5.59	8.92
	Methyl Red	85.3	8.40	9.64	74.6	6.48	7.87
	Rhodamine B	76.6	9.87	10.83	75.3	7.06	9.10
	Sarfamine O	75.3	8.84	10.48	70.6	6.63	8.32
	Uncolor coated	76.0	7.76	9.05	77.3	5.35	6.54
	Untreated	84.0	4.73	5.76	90.0	2.87	3.53
LSD (0.05)	6.1	0.98	0.83	NS	1.12	1.29	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		*	***	***	*	***	***

*, *** Significant at $P = 0.05$ and 0.001 respectively.

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

Table 3.6.3. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated Chinese cabbage seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	97.3	1.06	1.60	100.0	0.57	1.12
	Methyl Bule	100.0	0.60	1.16	100.0	0.51	1.01
	Methyl Orange	100.0	0.89	1.44	100.0	0.52	1.03
	Methyl Red	99.3	1.09	1.55	100.0	0.52	1.02
	Rhodomine B	100.0	1.45	1.92	100.0	0.56	1.10
	Sarfamine O	100.0	1.29	1.70	100.0	0.53	1.04
	H ₂ O	100.0	0.97	1.49	100.0	0.51	1.00
	LSD (0.05)	NS	0.17	0.14	NS	NS	NS
Coating	Crystal Violet	100.0	1.47	1.98	98.6	1.39	1.87
	Methyl Bule	97.3	2.00	2.59	94.6	1.19	1.80
	Methyl Orange	98.6	1.56	2.09	100.0	0.93	1.56
	Methyl Red	97.3	2.05	2.58	96.6	1.60	2.16
	Rhodomine B	97.3	1.92	1.52	97.3	1.41	2.05
	Sarfamine O	99.3	1.67	2.20	96.6	1.63	1.85
	Uncolor coated	100.0	1.48	1.96	98.0	1.49	1.96
	Untreated	100.0	1.18	1.62	100.0	0.51	1.01
LSD (0.05)	NS	0.40	0.37	3.1	0.67	0.67	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		NS	***	***	***	***	***

NS, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.001$.

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

Table 3.6.4. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated lettuce seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	100.0	0.61	1.16	93.3	0.51	1.04
	Methyl Bule	100.0	0.66	1.23	99.3	0.52	1.04
	Methyl Orange	100.0	0.63	1.20	100.0	0.55	1.06
	Methyl Red	100.0	0.81	1.32	100.0	0.60	1.19
	Rhodomine B	100.0	0.62	1.18	99.3	1.18	1.68
	Sarfamine O	97.3	0.72	1.28	98.6	0.51	1.01
	H ₂ O	100.0	0.84	1.35	99.3	0.94	1.46
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	5.87	0.50	0.50
Coating	Crystal Violet	97.3	1.52	2.03	99.3	1.15	1.73
	Methyl Bule	96.6	1.61	2.16	98.6	1.42	1.94
	Methyl Orange	95.3	1.63	2.21	98.6	1.33	1.80
	Methyl Red	97.3	1.59	2.18	98.0	1.29	1.76
	Rhodomine B	98.0	1.60	2.34	99.3	1.43	1.87
	Sarfamine O	96.0	1.59	2.18	98.0	1.32	1.74
	Uncolor coated	98.0	1.55	2.09	98.0	1.16	1.65
	Untreated	100.0	0.91	1.43	100.0	0.52	1.02
LSD (0.05)	2.82	0.18	0.22	NS	0.23	0.22	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		***	***	***	NS	***	***

NS, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.001$.

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

Table 3.6.5. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated carrot seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	76.6	4.83	6.16	77.3	3.22	3.73
	Methyl Bule	80.6	3.69	4.61	80.6	3.31	4.02
	Methyl Orange	76.0	4.41	5.23	76.6	2.82	3.67
	Methyl Red	80.0	4.04	5.02	84.7	3.01	3.92
	Rhodamine B	69.3	4.52	5.35	82.7	3.03	3.95
	Sarfamine O	72.0	3.51	4.38	77.3	2.81	3.59
	H ₂ O	83.3	3.77	4.78	78.0	3.02	3.64
	LSD (0.05)	7.2	0.40	0.42	NS	NS	NS
Coating	Crystal Violet	76.6	6.26	7.39	72.7	5.86	7.07
	Methyl Bule	72.6	5.68	6.52	74.7	6.96	7.85
	Methyl Orange	67.3	5.08	6.18	72.6	5.49	6.71
	Methyl Red	78.0	6.17	7.48	76.0	6.06	7.20
	Rhodamine B	72.6	5.19	6.29	73.3	5.23	6.36
	Sarfamine O	70.6	6.37	7.33	71.3	6.21	7.44
	Uncolor coated	74.0	6.05	6.59	76.6	4.78	5.55
	Untreated	83.3	3.79	4.52	84.6	3.13	3.97
LSD (0.05)	4.41	0.30	0.88	9.1	0.94	0.96	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		NS	***	***	**	***	***

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 respectively.

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

Table 3.6.6. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated Welsh onion seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	98.0	3.50	4.22	94.7	2.11	2.71
	Methyl Bule	98.6	4.07	4.67	95.3	1.84	2.48
	Methyl Orange	99.3	3.76	4.46	96.0	2.24	2.74
	Methyl Red	98.0	3.80	4.57	96.6	2.45	3.16
	Rhodamine B	96.0	3.40	4.15	94.6	2.57	3.25
	Sarfamine O	98.0	3.74	4.41	94.6	2.39	2.87
	H ₂ O	100.0	3.83	4.57	98.6	2.47	2.98
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	0.30	0.37
Coating	Crystal Violet	94.0	4.13	5.18	95.3	4.78	5.82
	Methyl Bule	96.0	4.15	5.20	92.6	4.83	5.66
	Methyl Orange	95.3	3.94	4.77	96.6	4.36	5.04
	Methyl Red	92.6	4.09	5.27	93.3	4.67	5.55
	Rhodamine B	92.0	3.98	5.00	94.0	4.57	5.42
	Sarfamine O	93.3	3.93	4.98	98.0	4.37	5.18
	Uncolor coated	96.6	3.70	4.75	98.0	4.05	4.81
	Untreated	98.6	2.59	3.30	96.6	2.36	2.95
LSD (0.05)	4.7	0.44	0.32	4.7	0.72	0.72	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		NS	**	***	NS	***	***

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 respectively.

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

Table 3.6.7. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated onion seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	84.0	5.51	6.30	81.3	3.73	4.70
	Methyl Bule	84.0	5.14	5.93	86.0	3.39	4.28
	Methyl Orange	84.0	5.45	6.32	81.3	3.45	4.28
	Methyl Red	82.0	5.58	6.64	84.0	3.66	4.74
	Rhodamine B	81.3	5.55	6.58	88.6	4.33	5.05
	Sarfamine O	82.6	5.64	6.64	87.3	3.46	4.07
	H ₂ O	88.6	5.06	5.86	87.3	3.52	4.23
	LSD (0.05)	NS	0.55	NS	NS	0.31	0.66
Coating	Crystal Violet	46.6	9.07	10.15	50.6	5.73	7.91
	Methyl Bule	52.0	8.47	9.63	52.0	6.49	8.38
	Methyl Orange	58.0	9.26	10.45	57.3	6.43	8.24
	Methyl Red	48.0	8.90	10.05	50.6	6.51	8.14
	Rhodamine B	54.0	9.06	10.66	49.3	6.87	8.46
	Sarfamine O	49.3	9.46	10.51	60.0	7.14	8.39
	Uncolor coated	56.0	8.61	10.14	62.6	6.66	8.74
	Untreated	78.0	5.04	6.72	80.6	4.37	5.77
LSD (0.05)	9.9	2.03	1.05	9.8	1.30	0.89	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		***	***	***	***	***	***

*** Significant at $P = 0.001$.

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

Table 3.6.8. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated salvia seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	79.3	3.97	4.93	85.3	2.93	3.92
	Methyl Bule	85.3	3.83	4.88	78.0	2.94	3.72
	Methyl Orange	79.3	3.94	4.80	76.0	2.95	3.61
	Methyl Red	80.3	3.66	4.62	80.0	2.73	3.38
	Rhodamine B	78.6	4.22	5.19	75.3	3.27	3.92
	Sarfamine O	80.6	3.72	4.60	79.3	2.77	3.48
	H ₂ O	84.6	3.92	4.92	77.3	2.94	3.75
	LSD (0.05)	NS	0.57	NS	NS	0.44	0.45
Coating	Crystal Violet	54.6	6.59	8.03	58.0	5.74	6.85
	Methyl Bule	63.3	6.57	7.71	60.6	5.17	5.98
	Methyl Orange	60.6	7.31	8.21	60.0	5.59	6.43
	Methyl Red	56.0	6.63	8.65	58.0	5.62	6.52
	Rhodamine B	52.6	6.05	7.53	57.3	5.96	6.63
	Sarfamine O	56.0	6.39	7.86	56.6	5.43	6.06
	Uncolor coated	67.3	5.94	6.95	56.6	5.94	6.58
	Untreatment	70.6	4.52	5.54	78.0	3.46	4.42
LSD (0.05)	10.2	0.73	0.98	10.8	0.77	0.89	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		***	***	***	***	***	***

*** Significant at $P = 0.001$.

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

Table 3.6.9. Effect of seed coating colorants on percent germination, T₅₀ and MDG of uncoated or coated lawngrass seeds.

Coating	Coating colorant	20°C			25°C		
		Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	47.3	7.58	8.22	50.0	7.33	7.82
	Methyl Bule	40.0	7.65	8.22	48.0	7.42	7.89
	Methyl Orange	46.0	7.25	7.97	52.6	7.48	8.08
	Methyl Red	48.0	7.62	8.20	48.0	7.62	8.26
	Rhodomine B	45.3	6.99	7.75	51.3	7.46	8.24
	Sarfamine O	48.6	7.49	8.21	45.3	7.23	7.89
	H ₂ O	45.3	7.65	8.51	49.3	7.85	8.56
	LSD (0.05)	NS	0.47	0.54	NS	0.56	0.56
Coating	Crystal Violet	48.6	10.58	10.73	52.0	7.07	8.56
	Methyl Bule	42.3	10.75	11.49	44.6	7.29	8.11
	Methyl Orange	42.6	10.22	11.64	47.3	7.80	8.92
	Methyl Red	44.3	11.71	12.26	42.6	7.87	8.52
	Rhodomine B	46.0	11.47	11.97	52.0	7.59	8.46
	Sarfamine O	41.3	10.85	11.49	44.0	7.50	8.83
	Uncolor coated	48.6	10.10	11.25	47.3	6.59	7.55
	Untreated	45.3	8.86	10.08	44.6	3.97	5.08
LSD (0.05)	NS	1.00	0.91	NS	0.68	0.73	
Contrasts							
Uncoating vs. coating		NS	***	***	NS	NS	*

NS, *, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05 and 0.001 respectively.

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

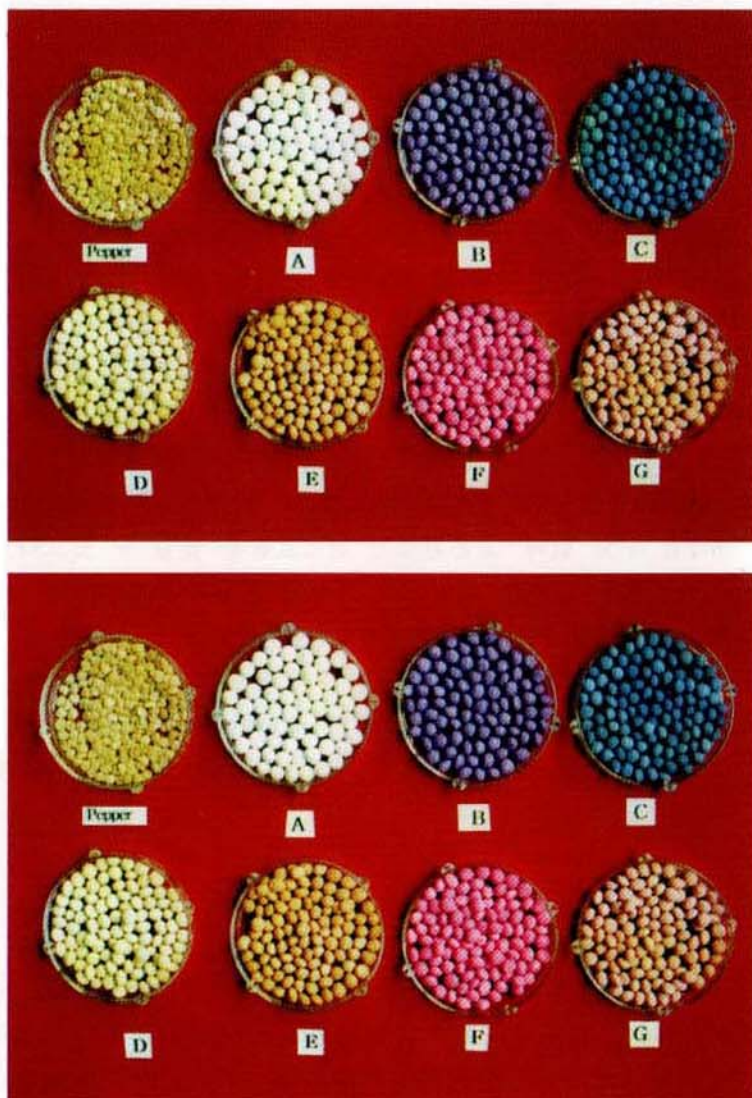


Photo. 3,6,1. Appearance of pepper and tomato seeds coated with different coating colorants. A : Crystal Violet, B : Methyl Bule, C : Methyl Orange, D : Methyl Red, E : Rhodamine B, F : Sarfamine O.

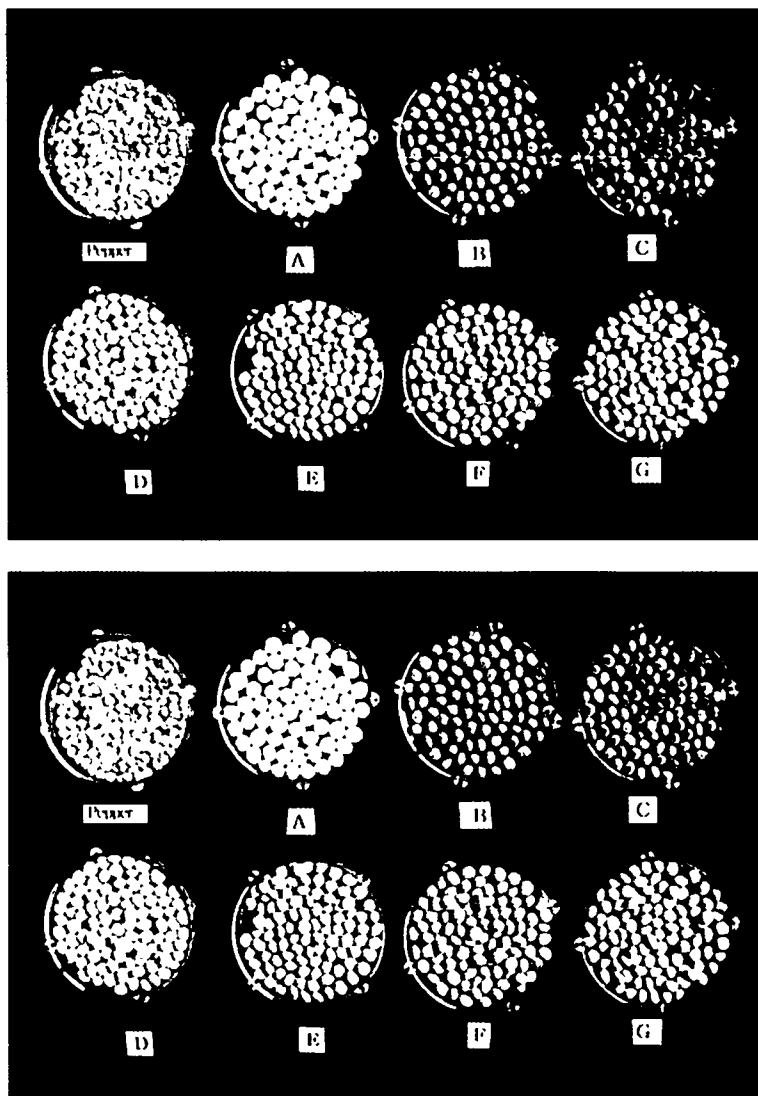


Photo. 3.6.1. Appearance of pepper and tomato seeds coated with different coating colorants, A : Crystal Violet, B : Methyl Bule, C : Methyl Orange, D : Methyl Red, E : Rhodamine B, F : Sarfamine O.

제 7 절 코팅후 건조조건에 따른 효과

1. 서 언

선국외국에서는 코팅종자의 수요가 매년 증가하는 추세에 있으나, 현재 우리나라의 코팅종자 기술 수준은 아직 초보적인 단계에 있다. 따라서 파종노력을 간소화시킬 수 있는 코팅 종자의 기술 개발은 반드시 필요한 부분이며 고품질의 코팅공정 기술이 개발되면 생산단가 절감은 물론 외국으로의 수출도 가능하다고 본다.

코팅 공정은 종자와 코팅물질간 결속강도를 높이기 위해 접착제를 연속적으로 분사함으로써 이루어진다. 이와 같이 분사된 수용성 접착제에 함유된 수분을 종자와 코팅물질이 흡수하게 되어 생체중이 증가하게 된다. 따라서 장기간 저장을 위해서는 코팅전의 함수량으로 탈수시키는 건조과정이 필요하다.

현재까지의 코팅연구는 기계화 파종에 역점을 둔 경우가 많았고, 종자활력에 관여하는 코팅후의 건조조건에 대한 연구는 없었다. 또한 코팅 후 건조조건에 따라 코팅층의 경도가 달라질 수도 있다. 고온건조는 건조효율을 높일 수 있으나, 코팅층이 파열될 수 있는 반면, 저온 건조는 코팅층의 파열이 문제되지 않겠지만 건조속도가 완만하여 산업화를 위한 대량 처리시 건조비용을 상승시키는 요인이 될 수 있다.

따라서 코팅후 건조과정중 종자에 손상을 주지 않은 최적 건조조건 of 확립은 코팅종자의 산업화를 위해서 시급히 해결되어야 할 요인이다. 이러한 관점에서 본 연구는 코팅종자의 활력을 유지시킬 수 있는 적정 건조온도와 건조시간을 설정하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 실험에 사용된 공시재료는 서울종묘(주)의 고추 ('거성'), 토마토 ('세계'), 배추 ('맛나'), 상추 ('청치마'), 당근 ('추홍'), 파 ('금장'), 양파 ('서울대고'), 셀비어 ('본화이어'), 잔디 ('한국들잔디') 종자였다. 코팅공정은 제1절에서 언급된 방법으로 하였다.

나. 코팅 후 건조온도와 건조시간에 따른 건조율과 발아율

코팅후 건조온도와 건조시간이 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 코팅종자를 20℃, 35℃ 및 45℃에서 1, 3, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96시간 건조하여 종자함수율을 측정하였다. 코팅종자의 함수율은 국제종자검사 규정(ISTA, 1993)의 고온항온건조 방법(130℃, 1시간 건조)에 준하여 단위생체중으로 측정하였다(wet weight basis). 또한 종자활력을 유지시키면서 산업화를 위한 대량처리시 건조비용과 노력을 절감할

수 있는 적정 건조온도 확립하기 위하여 코팅종자를 20℃, 35℃ 및 45℃에서 3, 6, 12, 24, 48, 72 및 96시간 건조하여 발아율과 발아속도를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 코팅 후 건조온도 및 건조기간에 따른 함수율 변화

건조된 코팅종자는 취급이 용이할 뿐만 아니라 저장을 위해서도 필수적인데, 이를 위해서는 코팅 후 경제적인 건조방법이 확립되어야만 한다. 코팅후 건조온도와 건조기간에 코팅종자의 함수율 변화는 그림 3.7.1 및 3.7.2.에서 보는 바와 같이 작물에 따라 건조속도에 차이가 있었다.

코팅전 코팅물질(calcium carbonate+kaolin 1:1 v/v)의 함수율은 4.8%(FW basis) 였는데, 고추종자는 코팅후 23.5%의 함수율을 보였다. 이들 종자를 25℃, 35℃ 및 45℃에서 통풍건조시키면 3시간 이내에 코팅전의 함수율과 동일한 5% 수준으로 건조되었다. 특히 45℃에서는 건조가 급속하게 이루어져 1시간 후 처리전의 함수량으로 건조되었다. 그러나 건조 3시간 후부터 건조율은 처리온도간에 큰 차이가 없었다(그림 3.7.1).

토마토에서도 코팅후 26%의 함수율을 보였는데 35℃ 및 45℃에서 건조시키면 1시간 후, 25℃에서는 1일 후에 초기함수율로 건조되었다.

당근은 코팅후 함수율이 24%으로 증가되었고, 이들 종자를 25℃, 35℃ 및 45℃ 건조는 3시간 이내에 5%의 함수율을 보였다. 건조속도는 45℃에서 가장 빨랐으며, 건조 1시간 후 처리전의 함수량으로 건조되었다.

양파 종자는 코팅후 함수율이 23.5%로 증가되었으나, 35℃와 45℃에서 급속 건조는 3시간 후 초기함수율로 건조되었다. 그러나 25℃ 건조는 건조속도가 완만하여 4일 후에도 35℃와 45℃보다 함수율이 2.0% 높았다.

그림 3.7.2는 파, 상추, 샐비아, 잔디의 코팅종자를 건조온도를 달리하여 건조속도를 조사한 결과이다. 파, 상추, 샐비아, 잔디 종자는 코팅후 함수율이 각각 22.5%, 25.0%, 23.2% 및 23.1%로 증가되었으나, 35℃와 45℃에서 건조는 3시간 후 초기함수율로 건조되었다. 25℃ 건조도 파와 상추에서는 3시간 후 35℃와 45℃와 동일한 건조속도로 보였으나, 샐비아와 잔디에서는 건조속도가 약간 지연되었다.

특히, 35℃에서 건조는 3시간 후 전 작물에서 코팅전의 함수율과 동일한 수준으로 건조되었다. 또한 급속 건조시에 발생될 수 있는 코팅층의 균열현상도 발생되지 않아 산업화를 위한 대량건조시에도 적용될 수 있는 건조온도일 것으로 판단되었다.

나. 코팅종자의 건조온도 및 건조기간에 따른 발아율

코팅과정은 코팅물질간의 결속강도를 높이기 위해 접착제를 연속적으로 분사하므로 종자는 수분을 흡수하여 생체중이 증가하게 된다. 따라서 취급이 용이하고 저장을

위해서는 코팅전의 함수량으로 수분을 탈수시키는 건조과정이 필요하다.

표 3.7.1~표 3.7.9는 산업화를 위한 적정 건조온도를 설정하기 위한 9종의 원예작물을 코팅후 건조온도와 건조기간이 코팅종자의 발아력에 미치는 영향을 조사한 결과로 작물에 따라 발아율과 발아속도에 차이가 있었다.

고추에서는 코팅후 건조기간이 경과하면 발아율이 감소하는 경향이었는데 25℃에서 3시간 건조가 좋은 것으로 나타났다(표 3.7.1). 고추의 코팅종자는 다른 작물에 비해 발아율이 전반적으로 낮았는데, 이를 개선하기 위해 고추종자에 적합한 접착제, 수분흡수후 분해성이 높은 코팅물질 및 코팅방법 개발에 본 연구진의 지속적인 연구가 진행되고 있다.

토마토에서는 코팅직후에 비해 건조시간이 경과하면 발아율이 약간 감소하는 경향이었으나, 유의적인 차이는 인정되지 않았고 T_{50} 은 지연되었다(표 3.7.2). 건조온도는 전반적으로 35℃와 25℃가 코팅종자의 발아력 유지에 좋았고, 45℃에서는 발아율이 감소하고 발아속도도 지연되었다. 적정 건조온도 및 기간은 35℃에서 6시간 이었는데, 발아온도 20℃와 25℃에서 각각 75.3% 및 58% 발아하였고 T_{50} 도 7.72일과 7.47일로 코팅직후 비해서도 큰 차이는 없었다.

배추에서는 코팅후 건조온도와 건조기간에 의해서 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 없었다(표 3.7.3). 코팅종자는 건조온도와 기간에 관계없이 95%을 상회하는 높은 발아율을 보였고 T_{50} 도 발아온도에 관계없이 1.5일로 코팅되지 않은 무처리 종자에 비해 20℃에서는 0.4일, 25℃에서는 1일 정도 지연될 뿐 높은 발아력을 유지하였다. 따라서 배추 코팅종자에 적합한 건조조건은 35℃에서 3시간인 것으로 판단되었다.

상추에서도 코팅후 건조온도와 건조기간에 의해서 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 없었다(표 3.7.4). 상추는 27℃ 이상의 온도에서는 2차휴면에 의하여 발아하지 않는 것으로 알려져 있으나, 본 실험에서는 코팅 후 35℃나 45℃의 고온에서 건조기간이 경과하여도 95%를 상회하는 높은 발아율을 보였다. T_{50} 도 발아온도에 관계없이 1.5일로 코팅되지 않은 무처리 종자에 비해 20℃에서는 0.6일, 25℃에서는 0.5일 정도 지연될 뿐 높은 발아력을 유지하였다. 상추의 코팅종자에서 건조조건에 따라 큰 차이는 없으나, 적정 건조조건은 25℃에서 3시간인 것으로 판단되었다.

당근의 코팅종자는 무처리종자에 비하여 발아율에는 큰 차이가 없으나, 발아속도는 20℃ 및 25℃에서 약 3일 정도 지연되었다(표 3.7.5). 그러나 코팅후 건조시간, 건조온도 및 건조기간과 건조온도의 상호요인에 의하여 발아율과 발아속도에는 큰 차이는 없었다. 그러나 45℃에서 건조시간이 경과하면 25℃나 35℃의 건조에 비해 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나 발아속도는 약간 지연되는 것으로 나타났다. 당근 코팅종자의 경제적인 건조조건은 35℃에서 3시간 이었다.

코팅된 파종자의 발아율은 코팅후 건조시간, 건조온도 및 건조기간과 건조온도의 상호요인에 의하여 큰 영향을 받지 않았다(표 3.7.6). 그러나 T_{50} 은 건조온도와 건조기

간에 따라 차이가 있었는데, 건조온도와 건조온도와 건조기간의 상호요인에 의해 더 큰 영향을 받았다. 코팅종자의 활력 유지에 적합한 건조온도는 저온건조가 좋았고, 고온건조는 건조시간이 경과할수록 50% 발아에 소요되는 일수 즉 T_{50} 이 지연되었다. 파 코팅종자의 경제적인 건조조건은 25℃와 35℃에서 3시간 이었다.

표 3.7.7은 양파종자의 코팅후 건조시간과 건조온도가 발아율과 T_{50} 에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 코팅종자는 무처리 종자에 비하여 발아율이 감소하는 경향이있다. 건조기간보다는 건조온도가 발아율과 T_{50} 에 미치는 영향이 컸다. 고온인 45℃ 건조는 발아율이 건조시간이 경과할수록 발아율이 감소하는 경향이었고 발아속도는 지연되었다. 파 코팅종자의 경제적인 건조조건은 명료한 결론을 내리기 어려우나 35℃에서 3시간이 좋은 것으로 나타났다.

표 3.7.8은 셀비어 종자를 코팅 후 건조시간과 건조온도가 발아율과 T_{50} 에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 발아율과 T_{50} 은 코팅후 건조시간, 건조온도 및 건조기간과 건조온도의 상호요인에 의하여 큰 영향을 받지 않았다. 그러나 35℃와 45℃에서 코팅 전의 초기함수율로 건조된 결과로 보아 셀비아 코팅종자의 경제적인 건조조건은 35℃나 45℃에서 3시간이 좋은 것으로 판단된다.

잔디는 무처리 종자뿐만 아니라 코팅종자에서도 발아율이 전반적으로 낮았다(표 3.7.9). 또한 T_{50} 도 20℃에서는 10일, 25℃에서는 8일 이상이 소요되었다. 발아온도에 관계없이 T_{50} 은 코팅후 건조온도와 건조기간에 큰 영향을 받지 않았다. 발아율이 낮아 일정한 결론을 내리기 어려우나, 건조시간에 관계없이 저온건조된 종자에서 발아력이 높은 경향이였다.

9종의 원예작물을 코팅 후 건조시간과 건조온도가 발아율과 T_{50} 에 미치는 영향을 조사한 결과 작물에 따라 약간의 차이가 있었으나, 대체적으로 35℃에서 3시간 건조하면 코팅전의 초기함수율로 건조되었으며, 발아력도 저하되지 않았다. 이러한 결과들은 산업화를 위한 대량처리시 단기간의 급속 건조가 가능하여 건조비용 절감에 유용할 것으로 판단된다.

일부작물에서 코팅된 종자의 발아율이 저하되었고 발아가 지연되었는데, 접착제 및 코팅물질 자체는 발아를 억제하는 정도가 낮았는데 (결과 미제시), 이는 코팅을 하지 않고 코팅물질만을 petridish에 넣고 발아시켰을 때의 발아율이 대조구와 큰 차이가 없는 것으로 증명할 수 있었다. 따라서 코팅과정중 종피표면에 형성된 코팅층이 수분과 산소공급의 차단함으로써 발아가 지연되는 것으로 풀이된다. 따라서 무처리 종자와 동일한 발아속도를 보유하기 위해서는 코팅방법 개선, 발아잠재력을 향상시킬 수 있는 종자처리 방안을 강구해야 될 것으로 판단된다.

Table 3.7.1. Percent germination and T₅₀ of coated pepper seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		19.3	11.29	20.0	10.08
3	25	20.0	13.37	19.3	14.50
	35	2.6	14.37	11.3	11.54
	45	3.3	12.69	15.3	8.16
	Mean	8.6	13.47	15.3	11.40
6	25	3.3	13.46	9.3	10.96
	35	4.6	13.42	11.3	10.83
	45	4.0	13.75	12.0	10.29
	Mean	4.0	13.54	10.9	10.69
12	25	5.3	14.67	14.0	10.25
	35	5.3	15.33	11.3	11.75
	45	3.3	15.12	10.0	10.67
	Mean	4.6	15.04	11.8	10.89
24	25	3.3	15.29	11.3	8.38
	35	6.0	16.00	13.3	9.97
	45	4.0	15.46	10.0	10.08
	Mean	4.4	15.04	11.8	9.48
48	25	5.3	15.83	10.6	12.21
	35	4.6	15.62	10.0	11.79
	45	4.6	14.96	9.3	12.62
	Mean	4.8	15.47	10.0	12.21
72	25	4.6	15.96	10.6	11.58
	35	6.0	15.87	11.3	13.04
	45	4.6	16.29	10.0	12.54
	Mean	5.1	16.04	10.6	12.39
96	25	4.6	16.12	11.3	11.92
	35	6.0	15.88	11.3	13.71
	45	4.0	15.91	9.3	13.00
	Mean	4.9	15.97	10.6	12.87
Uncoated		98.0	7.55	87.3	5.46
Significances					
Dehydration duration(DD)		***	***	**	***
Dehydration temp(DT)		***	NS	NS	NS
DD x DT		***	NS	NS	**

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.01$ and 0.001 respectively.

Table 3.7.2. Percent germination and T₅₀ of coated tomato seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		73.3	7.72	59.3	7.47
3	25	68.6	9.45	52.0	7.82
	35	66.6	9.78	48.6	9.44
	45	54.0	9.82	52.0	9.66
	Mean	63.1	9.68	47.5	8.97
6	25	66.0	9.34	64.6	8.66
	35	75.3	7.86	58.0	8.25
	45	62.6	10.05	36.0	9.64
	Mean	67.8	9.08	52.8	8.85
12	25	68.6	10.31	44.6	12.06
	35	72.0	8.88	54.0	11.30
	45	62.6	10.37	41.3	11.19
	Mean	67.7	9.85	46.6	11.52
24	25	70.0	8.51	46.6	11.23
	35	65.3	8.90	52.0	10.70
	45	60.0	8.89	40.6	13.14
	Mean	65.1	8.76	46.4	11.69
48	25	73.3	8.91	47.3	9.97
	35	63.3	8.89	44.6	6.03
	45	58.6	12.77	36.0	11.87
	Mean	65.1	10.19	42.6	9.29
72	25	70.0	9.24	55.3	12.18
	35	61.3	10.19	63.3	10.48
	45	55.3	10.71	42.6	12.02
	Mean	62.2	10.04	53.7	11.56
96	25	65.3	9.37	54.6	12.83
	35	58.0	11.67	72.0	15.34
	45	48.0	11.49	45.3	13.88
	Mean	57.1	10.84	57.3	14.01
Uncoated		84.0	4.74	90.0	2.87
Significances					
Dehydration duration(DD)		NS	*	**	**
Dehydration temp(DT)		***	**	***	NS
DD x DT		NS	***	*	***

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01$ and 0.001 respectively.

Table 3.7.3. Percent germination and T₅₀ of coated Chinese cabbage seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		98.6	1.51	100.0	1.45
3	25	100.0	1.59	100.0	1.43
	35	94.6	1.56	100.0	1.51
	45	96.6	1.62	100.0	1.50
	Mean	97.0	1.59	100.0	1.48
6	25	95.3	1.55	98.6	1.51
	35	98.6	1.52	99.3	1.48
	45	94.6	1.58	98.6	1.50
	Mean	96.2	1.55	98.8	1.50
12	25	95.3	1.51	98.0	1.51
	35	95.3	1.46	98.0	1.47
	45	90.0	1.52	98.0	1.49
	Mean	93.5	1.50	98.0	1.49
24	25	96.6	1.53	100.0	1.44
	35	99.3	1.50	100.0	1.51
	45	96.6	1.52	98.0	1.46
	Mean	97.5	1.52	99.0	1.47
48	25	97.3	1.52	92.0	1.48
	35	98.0	1.53	98.6	1.46
	45	100.0	1.55	100.0	1.50
	Mean	98.4	1.53	96.7	1.48
72	25	96.6	1.52	98.0	1.50
	35	98.0	1.53	100.0	1.48
	45	94.0	1.52	100.0	1.51
	Mean	96.2	1.52	99.0	1.50
96	25	97.3	1.53	100.0	1.51
	35	96.0	1.48	98.6	1.43
	45	94.0	1.52	100.0	1.44
	Mean	95.8	1.51	99.5	1.46
Uncoated		100.0	1.18	100.0	0.51
Significances					
Dehydration duration(DD)		NS	※※	NS	NS
Dehydration temp(DT)		NS	※	NS	NS
DD x DT		NS	NS	NS	NS

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$ and 0.01 respectively.

Table 3.7.4. Percent germination and T₅₀ of coated lettuce seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		96.0	1.48	92.6	1.01
3	25	96.0	1.48	92.0	1.14
	35	98.6	1.53	94.0	1.30
	45	94.0	1.52	98.6	1.36
	Mean	96.2	1.51	94.8	1.27
6	25	93.3	1.57	89.3	1.28
	35	99.3	1.55	97.3	1.38
	45	94.0	1.54	96.6	1.15
	Mean	95.5	1.55	94.4	1.27
12	25	95.3	1.54	96.6	0.88
	35	98.0	1.59	97.3	1.50
	45	98.0	1.59	98.6	1.50
	Mean	97.1	1.57	97.5	1.29
24	25	93.3	1.56	98.6	1.15
	35	90.6	1.60	92.6	1.51
	45	98.0	1.61	100.0	1.49
	Mean	94.0	1.59	97.1	1.38
48	25	90.0	1.53	100.0	1.48
	35	98.6	1.60	98.0	1.51
	45	97.3	1.53	100.0	1.51
	Mean	95.3	1.53	98.3	1.50
72	25	97.3	1.51	91.3	1.40
	35	96.6	1.55	98.6	1.52
	45	98.6	1.54	100.0	1.51
	Mean	97.5	1.53	96.6	1.48
96	25	96.0	1.52	100.0	1.47
	35	98.0	1.88	100.0	1.52
	45	97.3	1.57	99.3	1.53
	Mean	97.1	1.65	99.7	1.51
Uncoated		100.0	0.91	100.0	1.00

Significances

Dehydration duration(DD)	NS	※	※	※※※
Dehydration temp(DT)	※※	※※	※	※※※
DD x DT	※※	※	NS	※※

NS. *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001 respectively.

Table 3.7.5. Percent germination and T₅₀ of coated carrot seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		84.6	6.60	75.3	6.14
3	25	82.6	7.03	76.6	6.66
	35	80.6	6.58	76.6	5.63
	45	82.6	7.36	82.6	5.50
	Mean	81.9	6.99	78.6	5.93
6	25	83.3	7.29	78.0	5.35
	35	83.3	6.91	76.0	5.73
	45	79.3	7.17	84.6	6.88
	Mean	82.0	7.12	79.5	5.99
12	25	83.3	6.93	80.6	5.67
	35	86.6	6.83	82.6	6.91
	45	84.0	6.70	78.0	7.56
	Mean	84.6	6.82	80.4	6.71
24	25	80.0	6.71	74.6	7.40
	35	77.3	7.17	86.0	6.92
	45	79.3	6.60	75.3	5.68
	Mean	78.9	6.82	78.6	6.67
48	25	74.6	7.11	83.3	6.79
	35	82.6	6.56	78.0	6.13
	45	80.6	6.46	82.6	7.72
	Mean	79.3	6.71	81.3	6.88
72	25	84.6	6.45	80.6	6.71
	35	85.3	6.65	82.0	6.99
	45	77.3	6.74	72.6	7.33
	Mean	82.4	6.61	78.4	7.01
96	25	84.6	7.12	87.3	7.34
	35	79.3	6.80	83.3	7.05
	45	75.3	6.96	80.6	7.24
	Mean	79.7	6.96	83.7	7.21
Uncoated		86.7	3.80	80.7	3.16
LSD.05		8.3	0.73	9.9	1.14
Significances					
Dehydration duration(DD)		NS	NS	NS	**
Dehydration temp(DT)		NS	NS	NS	NS
DD x DT		NS	NS	NS	*

NS, *, ** Nonsignificant or significant at P = 0.05 and 0.01 respectively

Table 3.7.6. Percent germination and T₅₀ of coated Welsh onion seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		94.0	1.89	98.6	1.77
3	25	96.6	2.14	98.0	1.81
	35	92.6	2.25	96.0	1.68
	45	96.6	3.98	98.0	2.85
	Mean	95.3	2.79	97.3	2.11
6	25	95.3	3.01	98.0	1.84
	35	92.6	3.24	96.0	2.31
	45	98.6	3.28	98.0	2.89
	Mean	95.5	3.18	97.3	2.35
12	25	96.6	2.84	91.3	1.94
	35	98.6	2.94	98.0	2.52
	45	93.3	3.47	96.6	2.53
	Mean	96.1	3.08	95.3	2.33
24	25	96.6	3.11	96.6	2.34
	35	93.3	3.29	94.0	2.29
	45	92.6	2.91	96.0	2.33
	Mean	94.2	3.10	95.5	2.32
48	25	90.0	3.25	96.6	2.40
	35	95.3	2.92	97.3	2.25
	45	94.6	3.29	97.3	2.30
	Mean	93.3	3.15	97.1	2.32
72	25	89.3	3.19	95.3	2.60
	35	93.3	3.28	96.6	2.55
	45	93.3	3.41	96.6	2.63
	Mean	92.0	3.29	96.2	2.59
96	25	95.3	3.28	96.0	2.73
	35	94.6	3.53	97.3	2.61
	45	94.6	3.45	94.0	3.18
	Mean	94.8	3.42	95.7	2.84
Uncoated		98.7	2.60	91.3	2.33
Significances					
Dehydration duration(DD)		NS	***	NS	***
Dehydration temp(DT)		NS	***	NS	***
DD x DT		NS	***	NS	*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01 and 0.001 respectively.

Table 3.7.7. Percent germination and T_{50} of coated onion seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydratin		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
0		58.6	4.63	48.0	5.35
3	25	60.6	4.74	49.3	5.25
	35	63.3	4.52	59.3	5.13
	45	58.0	5.14	38.0	5.03
	Mean	60.6	4.80	48.9	5.14
6	25	58.6	4.08	37.3	5.59
	35	56.6	3.71	41.3	4.76
	45	62.0	5.17	50.6	5.76
	Mean	59.1	4.32	43.1	5.37
12	25	52.6	4.66	63.3	5.06
	35	61.3	4.52	44.6	5.80
	45	56.6	5.03	58.0	5.34
	Mean	56.8	4.74	55.3	5.40
24	25	49.3	5.05	47.3	5.17
	35	60.6	4.95	56.0	4.06
	45	63.3	4.24	34.0	4.89
	Mean	57.7	4.75	45.8	4.71
48	25	50.6	5.67	49.3	4.77
	35	62.6	4.60	48.0	4.74
	45	38.0	5.50	41.3	5.61
	Mean	50.4	5.26	46.2	5.04
72	25	51.3	4.92	42.0	5.37
	35	58.6	4.25	60.6	4.42
	45	40.6	5.77	34.0	5.95
	Mean	50.2	4.99	45.5	5.25
96	25	50.0	5.28	46.0	4.64
	35	50.6	5.13	40.0	4.34
	45	48.0	5.15	36.6	4.97
	Mean	49.5	5.19	40.9	4.65
Uncoated		77.3	5.10	80.7	4.56
Significances					
Dehydration duration(DD)		**	NS	**	NS
Dehydration temp(DT)		*	*	**	*
DD x DT		*	NS	**	NS

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$ and 0.01 respectively.

Table 3.7.8. Percent germination and T₅₀ of coated salvia seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		66.0	4.93	57.3	4.34
3	25	56.0	4.37	60.0	4.45
	35	59.3	4.35	50.6	4.00
	45	71.3	4.96	55.6	3.99
	Mean	62.2	4.56	55.4	4.15
6	25	60.6	4.42	53.3	4.06
	35	53.3	4.63	58.6	4.50
	45	53.3	5.03	64.0	5.09
	Mean	55.7	4.69	58.6	4.55
12	25	54.6	5.37	58.0	4.63
	35	68.6	4.73	49.3	4.44
	45	71.3	4.96	54.0	4.71
	Mean	64.8	5.02	53.8	4.59
24	25	76.0	4.67	55.3	4.14
	35	58.6	5.06	49.3	4.68
	45	66.0	5.31	58.0	3.85
	Mean	66.9	5.01	54.2	4.22
48	25	60.6	5.15	44.6	4.80
	35	64.0	4.88	48.0	4.20
	45	68.6	5.45	44.6	4.98
	Mean	64.4	5.16	45.7	4.66
72	25	65.3	5.25	55.3	4.38
	35	63.3	5.07	62.6	4.26
	45	72.0	4.88	60.6	4.06
	Mean	66.9	5.07	59.5	4.23
96	25	66.6	5.56	60.0	4.76
	35	62.6	4.92	63.3	4.23
	45	65.3	5.09	60.0	4.13
	Mean	64.8	5.19	61.1	4.37
Uncoated		70.7	4.52	74.7	3.47
Significances					
Dehydration duration(DD)		NS	*	*	NS
Dehydration temp(DT)		NS	NS	NS	NS
DD x DT		NS	NS	NS	NS

NS, * Nonsignificant or significant at $P = 0.05$.

Table 3.7.9. Percent germination and T₅₀ of coated lawngrass seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration		20°C		25°C	
Duration (Hours)	Temp. (°C)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Germ. (%)	T ₅₀ (days)
0		10.0	10.68	11.3	9.71
3	25	4.6	10.96	10.6	9.85
	35	2.6	11.71	8.0	8.78
	45	7.3	10.87	8.0	9.43
	Mean	4.8	11.18	8.87	9.35
6	25	7.3	10.75	10.0	9.08
	35	16.0	10.76	11.3	8.88
	45	5.3	10.29	6.0	8.54
	Mean	9.5	10.60	9.1	8.83
12	25	10.2	11.88	9.3	7.51
	35	14.0	10.77	6.6	10.12
	45	6.6	9.79	8.0	9.01
	Mean	10.3	10.81	8.0	8.88
24	25	2.6	9.58	9.3	7.98
	35	14.0	10.23	8.0	9.13
	45	3.3	10.21	8.0	8.46
	Mean	6.6	10.00	8.4	8.52
48	25	20.6	10.57	8.6	8.19
	35	7.3	11.21	10.0	7.88
	45	16.0	10.51	10.6	8.25
	Mean	14.6	10.76	9.73	8.11
72	25	8.6	10.33	7.3	8.21
	35	4.0	8.75	14.0	8.59
	45	2.6	9.37	6.0	8.71
	Mean	5.01	9.48	9.1	8.50
96	25	12.6	9.89	10.0	9.04
	35	6.0	9.29	10.0	9.04
	45	8.6	7.69	8.6	8.56
	Mean	9.11	8.96	9.5	8.88
Uncoated		15.0	6.50	20.3	8.04
Significances					
Dehydration duration(DD)		***	NS	NS	NS
Dehydration temp(DT)		***	NS	NS	NS
DD x DT		***	NS	NS	NS

NS, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.001$.

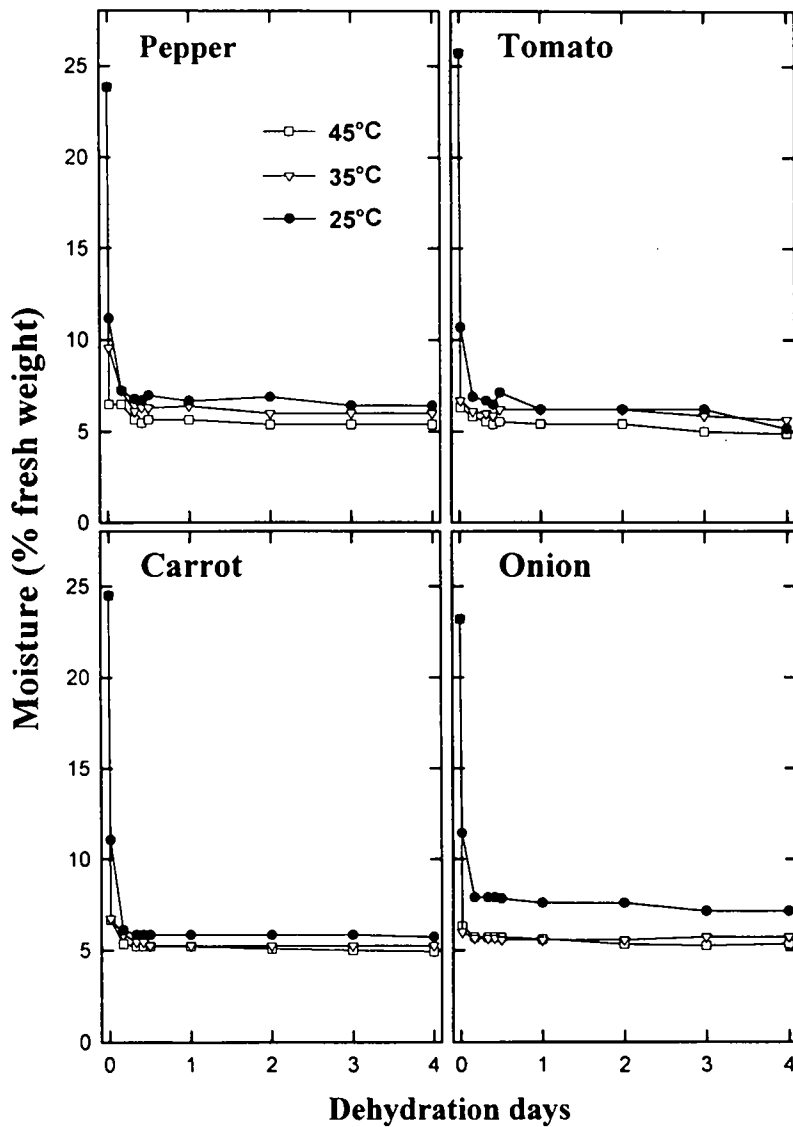


Fig. 3.7.1. Changes in moisture content calculated as percentage of the original fresh weight (4.8%), of coated pepper, tomato, carrot, and onion seeds as affected by dring at different temperatures.

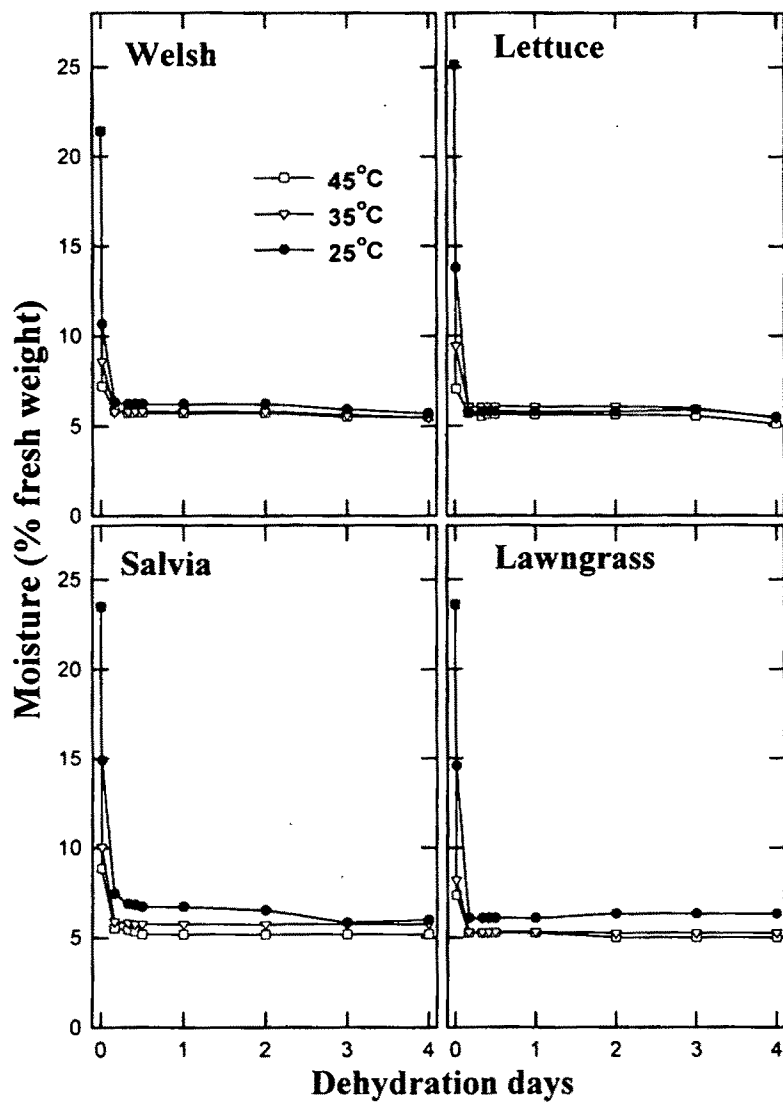


Fig. 3.7.2. Changes in moisture content calculated as percentage of the original fresh weight (4.8%), of coated Welsh onion, lettuce, salvia and lawngrass seeds as affected by dring at different temperatures.

제 8 절 코팅종자의 저장

1. 서 언

종자코팅은 부족한 노동력 문제를 완화시킬 수 있는 기계화 및 생력화, 유묘시 병충해 방제 및 우량묘 생산을 위한 방법으로 인식되어 이미 외국에서는 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 일부 작물에서는 산업화되고 있는 실정이다. 기계화 정밀파종이 가능한 코팅종자의 이용은 현행 재배농민들이 직면하고 있는 악성 노동력 문제를 해소시킬 뿐만 아니라 농가소득 향상에도 크게 기여할 것이다. 이와 같이 파종노력과 묘관리를 간소화시킬 수 있는 코팅기술의 개발은 반드시 필요한 부분이며, 고품질의 코팅공정 기술이 개발되면 생산단가 절감은 물론 외국으로의 수출도 가능할 것이다. 코팅종자는 무처리 종자와는 저장조건이 달라질 수 있으므로 종자활력을 유지시킬 수 있는 적정 저장조건이 구명되어야 한다. 그러나 아직까지 코팅종자의 저장성에 대한 체계적인 연구는 없었다.

본 연구는 코팅종자의 활력을 지속적으로 유지시킬 수 있는 적정 저장방법과 저장온도를 구명하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 공시재료는 서울종묘(주)의 고추 ('거성'), 토마토 ('세계'), 배추 ('맛나'), 상추 ('청치마'), 당근 ('추홍'), 파 ('금장'), 양파 ('서울대고'), 셀비어 ('본화이어'), 잔디 ('한국들잔디') 종자였다. 코팅공정은 제1절에서 언급된 방법으로 하였다.

코팅종자의 저장성을 조사하기 위해 코팅종자를 5℃와 상온에서 1, 2, 3 및 4개월 저장하여 발아력을 비교하였다. 이를 위하여 코팅직후 35℃에서 3시간 건조하여 흡수율을 5%로 건조시킨 코팅종자를 플라스틱 용기에(내경 40 mm×높이 130 mm) 넣고 완전밀봉하여 저장한 후 25℃의 항온기내에서 발아력을 비교하였다. 발아시험은 직경 9cm의 petridish에 흡습지 (Whattman No. 2) 1매를 깔고 100립의 종자를 3반복으로 치상한 후 4ml의 증류수를 가하여 암조건에서 실시하였다. 발아조사는 종자를 치상한

후 10일까지는 6시간, 이후 18일까지 12시간 간격으로 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

코팅종자는 건조와 과습상태 등 다양한 조건에서도 발아력이 우수하여야 실용적 이용이 가능하다. 그러나 코팅종자의 발아력은 저장방법과 저장조건 그리고 저장기간에 따라 달라질 수 있다. 표 3.7.1~표 3.7.8은 8종의 원예작물을 코팅한 후 저장온도 및 저장기간이 종자발아에 미치는 영향과 이들 요인들과의 상호작용을 발아온도 25℃에서 비교한 것이다.

고추에서는 코팅종자의 저장기간, 저장기간과 저장온도의 상호요인 및 저장온도와 종자처리간의 상호요인들 사이에 모두 유의성을 보였다(표 3.7.1). 대체적으로 코팅종자는 코팅되지 않은 무처리 종자에 비해 발아율이 낮았으며, 5℃ 저장이 실온저장보다 높았다. 코팅직후 종자는 발아율이 84% 였으나, 실온에서 4개월 저장하면 41.7%로 반감되었다. 이에 비해 5℃ 저장은 실온저장보다 25.6% 높은 67.3%의 발아율을 보였다. MDG도 저장기간, 저장온도, 종자처리 및 이들 모든 요인간에 유의성을 보였다. 전반적으로 저장기간이 경과하면 발아속도가 지연되었는데, 이러한 경향은 코팅종자를 실온저장 할 경우 현저하게 나타났다. 따라서 코팅후 종자활력을 유지 시킬 수 있는 저장온도는 5℃인 것으로 판단되었다.

토마토 종자의 저장효과는 표 3.7.2에 나타낸 바와 같다. 발아율은 저장온도, 저장온도와 종자처리의 상호요인을 제외한 모든 처리요인 및 요인상호간에 유의성을 보였다. 발아율은 코팅처리에 관계없이 저장기간이 경과하면서 감소하였다. 또한 코팅종자는 코팅되지 않은 무처리종자보다 낮은 발아율을 보였다. 코팅종자는 저장온도에 관계없이 저장 1개월까지는 발아력이 유지되었으나, 저장 2개월째에는 반감되기 시작하여 저장 4개월째에는 코팅직후에 비해 5℃ 저장은 34%, 실온저장은 55.6% 감소하였다. 발아속도도 각각의 요인 및 대부분의 처리요인간 상호작용을 보였다. 코팅종자는 무처리 종자보다 T_{50} 및 MDG가 1~2일 정도 지연되었다. 저장온도에 따라서도 코팅종자의 저장수명이 달랐는데, 실온저장은 종자활력이 급속하게 상실되었으나, 5℃ 저장은 퇴화속도가 완만하였다(표 3.7.1).

배추 코팅종자의 저장성을 조사한 결과는 표 3.7.3과 같다. 발아율과 T_{50} 및 MDG는 저장기간, 저장온도에 따라 고도의 유의성을 보였다. 배추는 무처리 및 코팅종자를 4개월 저장하여도 82% 이상의 높은 발아율을 보였고, 코팅종자는 무처리에 종자에 비해서도 종자수명이 감소하지 않았다. 코팅종자와 무처리종자 모두 저장기간이 경과할수록 발아율은 감소되었다. 그러나 5℃에서 4개월 저장된 코팅종자는 동일기간에 저장된 무처리 종자에 비해 T_{50} 이 0.5일 지연될 뿐 95% 발아하여 종자활력 유지할 수 있는 적정 저장조건이었다. 발아속도(T_{50} 및 MDG)는 코팅종자가 무처리 종자보다 약간 지연되었다. 전반적으로 저장기간이 경과할수록, 5℃ 보다는 실온에서 저장된 종자에서 발아속도가 지연되었다(표 3.7.3).

상추 종자에서는 실온저장에서 저장기간이 경과할수록 발아율이 낮아지는 경향이 나 유의성은 인정되지 않았다(표 3.7.4). 5℃에서 4개월 저장된 코팅종자는 발아율이 99.3%로서 실온에서 동일기간 저장된 코팅종자보다 15.3% 높은 발아율을 보였고, T_{50} 및 MDG도 각각 2.5일 및 2.8일 단축되었다. 따라서 상추종자의 저장온도는 5℃가 좋은 것으로 나타났다. 그러나 5℃와 실온에서 2개월 저장된 코팅종자에서 발아속도가 12일이나 지연되었는데, 그 원인은 발아조사 과정중 수분조절의 실패에 의한 실험상의 문제였던 것으로 사료된다.

코팅한 무종자는 저장조건에 따라 발아율, T_{50} 및 MDG에 현저한 차이가 있었다(표 3.7.5). 또한 발아율, T_{50} 및 MDG는 저장기간과 종자처리의 요인상호간을 제외한 모든 요인간에 유의성을 보였다. 무종자에서는 저장온도나 종자처리보다는 저장기간이 저장수명에 관여하는 영향이 컸다. 저장기간별 발아율 비교에서도 5℃ 저장이 실온저장보다 대체적으로 높았다. 발아속도(T_{50} 및 MDG)도 저장기간이 경과할수록 지연되었으며, 이러한 경향은 실온저장에서 뚜렷하게 나타났다. 반면 5℃에서 4개월 저장된 코팅종자는 실온에서 저장된 종자보다 발아율이 8% 높았고, T_{50} 및 MDG는 각각 0.9일 및 1.1일 단축되어 발아력 유지에 좋은 조건이었다.

표 3.7.6은 당근의 코팅종자와 무처리종자를 저장온도와 저장기간을 달리하여 발아력을 비교한 결과이다. 발아율은 저장기간과 종자처리를 제외한 모든 요인상호간에 유의성이 인정되었다. 특히 저장기간과 저장온도의 상호요인에 의하여 발아율에 미치

는 영향이 컸다. 저장기간이 경과할수록 종자코팅과 무처리 종자 모두 발아율이 감소하였는데, 실온에서 4개월 저장된 코팅종자는 저장직전에 비해 15.7%, 무처리는 종자에서는 16.7% 발아율이 반감되는 결과를 보였다. 또한 코팅종자의 T_{50} 은 무처리에 비하여 2~4일 정도 지연되었으며, 발아지연 정도는 저장기간이 경과할수록 현저하였다. 저장기간별 발아율과 발아속도 비교에서도 5℃ 저장이 실온저장보다 발아율이 대체적으로 높았고 발아속도도 단축되는 경향이였다(표 3.7.6).

표 3.7.7은 파의 코팅종자와 무처리를 종자를 저장온도와 저장기간을 달리하여 발아력을 비교한 결과이다. 발아율은 저장기간과 종자처리의 상호요인을 제외한 모든 단독 요인 및 요인상호간 유의성을 보였다. 특히 저장기간과 저장온도의 상호작용이 발아율에 미치는 영향이 컸다. 저장기간이 경과할수록 코팅종자와 무처리 종자 모두 발아율이 점진적으로 감소하였는데, 실온에서 4개월 저장된 코팅종자는 저장직전에 비해 19.4%, 무처리는 종자에서는 38.7% 발아율이 떨어졌다. 저장기간별 T_{50} 은 코팅종자가 무처리 종자에 비해 1~4일 정도 지연되었다. 저장기간별 발아율과 발아속도 비교에서는 실온저장이 5℃ 저장보다 발아율이 대체적으로 높았고 발아속도도 단축되는 경향이였다(표 3.7.7).

양파의 코팅종자와 무처리를 종자를 저장온도와 저장기간을 달리하여 발아력을 비교한 결과는 표 3.7.8과 같다. 발아율은 저장기간, 종자처리의 단독 요인 및 저장온도와 종자처리의 상호요인에 고도의 유의성이 있었다. 저장기간이 경과할수록 종자코팅과 무처리 종자 모두 종자수명이 급격하게 상실되었다. 이러한 경향은 저장기간이 경과할수록 5℃보다 실온에 저장된 종자에서 현저하였다. 코팅종자는 전반적으로 코팅되지 않은 무처리 종자보다 발아율이 낮았다. 발아속도 또한 코팅종자가 무처리 종자보다 지연되었으며, 그 정도는 저장기간이 경과할수록 높았다. 코팅종자에서 장기간 종자활력을 유지시킬 수 있는 적정 저장온도는 5℃였다.

이상의 같이 8종의 원예작물을 코팅한 후 장기저장 가능한 저장조건을 구명한 결과 전반적으로 5℃ 저장이 실온저장보다는 코팅종자의 발아력 유지에 좋았다. 따라서 코팅종자의 장기간 동안 활력을 유지시킬 수 있는 적정 저장조건은 저온저장인 것으로 요약된다.

Table 3.8.1. Comparison of storability of coated and non-coated pepper seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	84.0 de	7.26 hi	8.97 h
		Non-coating	96.0 a	7.02 g	7.58 e
1	5	Coating	83.0 e	7.70 jkl	9.02 hij
		Non-coating	94.0 abc	6.16 ef	6.75 cd
	Room	Coating	54.7 j	4.67 b	5.38 b
		Non-coating	69.0 h	3.85 a	4.82 a
2	5	Coating	80.0 f	10.75 o	12.24 l
		Non-coating	94.7 ab	7.55 j	8.48 fgh
	Room	Coating	50.7 k	5.36 d	6.75 cd
		Non-coating	87.7 cd	4.86 bc	6.48 c
3	5	Coating	69.7 hi	7.65 jk	12.80 lm
		Non-coating	86.0 d	7.65 jk	13.87 n
	Room	Coating	40.7 m	12.31 p	14.33 o
		Non-coating	86.3 cd	9.07 n	11.33 k
4	5	Coating	67.3 hi	8.66 m	11.33 k
		Non-coating	85.3 de	7.06 gh	9.00 hi
	Room	Coating	41.7 l	15.31 q	15.67 p
		Non-coating	77.3 g	6.13 e	8.33 f

Significances

Storage duration (A)	NS	※	※※
Storage temp. (B)	※	※	※
Seed treatment (C)	※※	※※	※
A × B	NS	※※	※※
A × C	※	※	※
B × C	NS	NS	※※
A × B × C	※※	NS	※

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.2. Comparison of storability of coated and non-coated tomato seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	78.3 de	4.07 b	5.15 b
		Non-coating	81.3 a	4.10 bc	5.41 c
1	5	Coating	75.7 e	9.05 j	9.96 lm
		Non-coating	80.0 c	7.17 f	7.89 gh
	Room	Coating	77.7 def	7.75 i	8.72 j
		Non-coating	80.3 bc	7.20 fg	8.06 hi
2	5	Coating	60.7 g	7.42 gh	12.05 o
		Non-coating	74.3 ef	6.32 e	7.35 fg
	Room	Coating	45.0 i	10.23 k	11.42 n
		Non-coating	73.0 fg	7.43 ghi	8.52 I
3	5	Coating	53.3 i	6.67 ef	8.73 jk
		Non-coating	79.3 cde	4.60 d	6.40 ef
	Room	Coating	32.3 l	7.26 fg	9.70 l
		Non-coating	70.8 g	7.35 g	7.80 g
4	5	Coating	44.3 jk	4.24 bcd	6.03 e
		Non-coating	55.7 hi	3.18 ab	5.13 b
	Room	Coating	22.7 m	4.29 cd	5.87 d
		Non-coating	56.7 h	3.11 a	4.73 a

Significances

Storage duration (A)	***	*	**
Storage temp. (B)	NS	**	NS
Seed treatment (C)	***	*	*
A × B	**	*	*
A × C	NS	NS	*
B × C	*	**	**
A × B × C	**	*	***

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.3. Comparison of storability of coated and non-coated Chinese cabbage seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	99.3 a	1.32 b	2.61 b
		Non-coating	99.7 a	0.84 a	2.00 a
1	5	Coating	98.7 a	2.44 g	3.22 bc
		Non-coating	97.3 a	1.89 cd	3.02 c
	Room	Coating	95.3 ab	2.98 i	3.41 d
		Non-coating	95.7 ab	2.01 d	3.26 c
2	5	Coating	91.3 b	2.77 h	4.87 i
		Non-coating	92.3 ab	2.11 df	3.62 df
	Room	Coating	86.7 cd	2.79 h	4.88 i
		Non-coating	88.3 c	2.23 d	4.27 g
3	5	Coating	93.8 ab	2.44 g	4.20 g
		Non-coating	91.5 b	1.84 c	3.73 df
	Room	Coating	85.7 d	2.07 d	4.10 fg
		Non-coating	74.3 g	2.05 d	4.60 h
4	5	Coating	95.0 a	2.42 fg	4.03 f
		Non-coating	91.0 bc	1.99 d	3.30 cd
	Room	Coating	82.3 e	2.04 d	3.93 f
		Non-coating	85.3 d	1.19 ab	3.17 c

Significances

Storage duration (A)	***	**	**
Storage temp. (B)	*	**	***
Seed treatment (C)	NS	**	**
A × B	*	*	**
A × C	**	NS	NS
B × C	NS	**	**
A × B × C	***	NS	*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.4. Comparison of storability of coated and non-coated lettuce seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	100.0 a	1.79 c	2.95 ab
		Non-coating	97.0 bc	2.54 ef	3.47 d
1	5	Coating	90.7 gh	7.40 m	8.64 jk
		Non-coating	98.3 ab	5.94 j	6.57 g
	Room	Coating	92.0 f	6.52 kl	7.45 i
		Non-coating	97.3 ab	5.80 ij	6.88 ghi
2	5	Coating	95.7 bc	12.03 o	12.81 m
		Non-coating	95.7 bc	6.91 l	8.08 ij
	Room	Coating	94.0 c	12.58 op	13.38 mn
		Non-coating	95.0 bc	9.64 n	10.62 l
3	5	Coating	100.0 a	2.90 fg	4.77 f
		Non-coating	94.7 df	2.03 cd	3.63 e
	Room	Coating	91.7 e	4.20 n	6.27 fg
		Non-coating	95.7 bc	1.39 b	3.00 c
4	5	Coating	99.3 ab	2.18 de	3.93 ef
		Non-coating	97.3 ab	1.48 a	3.03 cd
	Room	Coating	84.0 j	4.64 hi	6.77 gh
		Non-coating	95.3 d	2.61 f	2.63 a

Significances

Storage duration (A)	NS	**	**
Storage temp. (B)	NS	*	*
Seed treatment (C)	**	**	**
A × B	*	**	*
A × C	**	NS	NS
B × C	*	NS	*
A × B × C	**	*	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.5. Comparison of storability of coated and non-coated radish seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	100.0 a	0.88 b	2.79 c
		Non-coating	100.0 a	0.56 a	2.68 bc
1	5	Coating	94.7 c	2.32 fg	2.90 d
		Non-coating	95.3 bc	2.21 f	2.32 a
	Room	Coating	94.0 c	2.56 h	3.24 f
		Non-coating	93.7 cd	2.48 g	3.20 f
2	5	Coating	94.0 c	3.67 jk	4.74 j
		Non-coating	95.3 bc	2.67 h	3.57 g
	Room	Coating	85.6 f	4.57 k	5.51 l
		Non-coating	83.0 g	2.79 hi	4.41 hi
3	5	Coating	96.7 b	2.72 hi	4.47 hij
		Non-coating	96.0 b	0.89 b	2.57 b
	Room	Coating	85.3 f	2.82 i	4.83 k
		Non-coating	87.0 ef	1.47 d	3.40 fg
4	5	Coating	91.0 e	2.25 fg	4.13 h
		Non-coating	93.3 d	1.13 c	2.83 cd
	Room	Coating	83.3 gh	3.18 j	5.27 kl
		Non-coating	93.0 d	1.32 cd	3.13 e

Significances

Storage duration (A)	***	***	**
Storage temp (B)	*	*	**
Seed treatment (C)	*	*	**
A × B	**	**	*
A × C	NS	NS	NS
B × C	**	**	*
A × B × C	*	*	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.6. Comparison of storability of coated and non-coated carrot seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	91.0 a	7.74 fg	9.16 h
		Non-coating	86.7 de	5.91 cd	6.58 bc
1	5	Coating	90.3 bc	11.74 k	12.67 l
		Non-coating	80.7 f	8.05 gh	9.18 hi
	Room	Coating	90.7 ab	7.97 g	8.72 g
		Non-coating	80.7 f	6.57 e	7.25 e
2	5	Coating	88.7 d	8.04 gh	9.58 i
		Non-coating	80.0 fg	7.87 fg	8.65 g
	Room	Coating	84.3 e	7.64 f	7.98 ef
		Non-coating	84.0 e	6.53 e	6.25 b
3	5	Coating	80.0 fg	9.78 ij	14.13 n
		Non-coating	78.0 h	4.38 a	6.67 bcd
	Room	Coating	78.7 gh	9.66 i	11.67 m
		Non-coating	75.3 ij	5.55 c	8.33 f
4	5	Coating	78.0 h	8.56 h	10.67 i
		Non-coating	70.3 j	5.95 d	5.17 a
	Room	Coating	75.3 ij	8.53 b	11.00 k
		Non-coating	70.0 j	4.92 b	6.83 cde

Significances

Storage duration (A)

Storage temp. (B)

*

Seed treatment (C)

*

A × B

A × C

NS

NS

*

B × C

*

*

NS

A × B × C

*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.7. Comparison of storability of coated and non-coated Welsh onion seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	47.7 e	7.91 ef	8.71 ef
		Non-coating	69.0 a	7.82 e	8.20 e
1	5	Coating	40.3 gh	8.02 f	9.46 g
		Non-coating	67.0 b	7.01 d	7.57 cd
	Room	Coating	42.0 g	5.39 b	6.28 b
		Non-coating	63.0 c	4.36 a	5.14 a
2	5	Coating	42.5 f	7.50 f	11.46 jk
		Non-coating	67.2 ab	6.40 d	9.96 gh
	Room	Coating	40.1 g	6.42 b	7.68 d
		Non-coating	58.0 h	5.96 a	7.16 c
3	5	Coating	35.0 ij	13.92 m	16.00 m
		Non-coating	36.0 i	8.56 g	11.00 j
	Room	Coating	33.0 j	10.73 i	12.23 k
		Non-coating	45.0 ef	12.15 jkl	10.67 hi
4	5	Coating	31.3 jk	12.26 jkl	13.67 l
		Non-coating	30.7 jkl	8.69 g	10.63 hi
	Room	Coating	28.3 l	12.08 j	13.67 l
		Non-coating	30.3 jkl	9.13 h	10.27 h

Significances

Storage duration (A)	**	**	***
Storage temp. (B)	**	*	**
Seed treatment (C)	*	**	**
A × B	***	**	***
A × C	NS	NS	*
B × C	*	*	NS
A × B × C	**	**	*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 3.8.8. Comparison of storability of coated and non-coated onion seeds as affected by storage period and temperature.

Storage period (month)	Storage temp. (°C)	Treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
0	-	Coating	89.7 cd	4.28 e	5.34 g
		Non-coating	92.3 a	3.42 c	4.87 fg
1	5	Coating	87.7 d	2.97 bc	3.65 cd
		Non-coating	90.7 bc	2.91 b	3.32 b
	Room	Coating	87.3 de	3.51 d	4.01 d
		Non-coating	91.7 ab	3.22 c	3.68 cde
2	5	Coating	87.3 de	2.99 bc	4.11 e
		Non-coating	91.3 ab	2.65 abc	3.37 bc
	Room	Coating	80.7 f	3.48 cd	4.46 f
		Non-coating	90.7 abc	2.47 a	3.09 a
3	5	Coating	61.7 j	11.42 k	13.60 m
		Non-coating	68.7 hi	6.84 gh	9.33 j
	Room	Coating	48.0 k	10.52 ijk	12.33 lm
		Non-coating	68.7 hi	6.42 f	9.37 jk
4	5	Coating	64.7 i	10.71 ij	12.00 l
		Non-coating	84.0 e	5.83 ef	8.00 h
	Room	Coating	46.7 l	10.44 i	12.00 l
		Non-coating	70.3 g	6.02 fg	8.37 hi

Significances

Storage duration (A)	***	*	***
Storage temp. (B)	NS	NS	***
Seed treatment (C)	***	***	*
A × B	NS	NS	***
A × C	*	*	***
B × C	***	NS	*
A × B × C	*	***	***

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, 0.01 and 0.001 respectively.

Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$.

제 9 절 코팅시 길항균 첨가에 따른 효과

1. 서 언

활력이 높은 종자는 직파하여도 잡초와의 경쟁에서 우세하여 입묘율이 향상될 수 있다. 입묘율을 향상시킬 수 있는 종자처리 기술의 개발은 원예작물 뿐만 아니라 다른 경종작물에서도 중요하다.

종자코팅의 목적은 기계화 파종과 입묘율 증진에 있으며, 식물이 불량조건에 접하기 전에 급속한 성장을 시작하여 영양경합원인 잡초의 생육을 억제시켜 강건한 작물로 자랄 수 있다. 최근에는 유용 미생물을 종자에 처리하는 기법이 날로 증가되고 있다. 이러한 방법은 두과작물의 질소고정균인 *Rhizobium* spp과 유용 곰팡이 또는 박테리아를 종자에 코팅함으로써 작물생장을 촉진시킬 수 있다. 생물적 종자처리는 화학적인 종자 처리와는 근본적으로 다르며, 종자에 접종된 미생물이 증식되어야만 목적하는 성과를 달성할 수 있다. 미생물을 종자내에 성공적으로 증식시키기 위해서는 생물적 및 비생물적인 제한 요인을 개선시켜야 하며, 미생물 증식에 적합한 pH, 영양, 수분조절이 필요하다. 그러나 생물적 종자처리는 처리비용과 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

미국에서는 유용미생물로 코팅된 종자가 산업화되고 있으며, 생산비용은 종자 크기와 첨가되는 재료에 따라 다르지만 중간 크기의 경우 kg당 \$100~500정도 소요된다고 알려져 있다. 그러나 우리 나라는 유용미생물을 이용한 종자코팅에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 고품질의 코팅종자를 생산하기 위한 기초연구로서 원예작물의 종자코팅에 유용 미생물을 첨가하여 발아촉진 효과를 조사하며, 작물별 최적 유용미생물을 선발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

종자코팅시 유용미생물 첨가가 발아에 미치는 효과를 알아보기 위해 *Bacillus polymyxa* E681, *Bacillus polymyxa* G157 및 *Pseudomonas fluorescens* L22 등의 길항균에 종자를 침지하여 발아촉진에 가장 효과적인 균을 선발하였다. 이와 같이 작물별로 선발된 길항균을 종자코팅에 이용하였다. 미생물을 처리하는 방법으로는 균배양액에 종자를 1시간 침지후 코팅처리하거나, 코팅에 사용하는 접착제에 0.5% 균현탁액을 혼합하여 코팅처리 하였다. 대조구로 균이 들어 있지 않은 균배양액에 종자를 침지한 후 코팅처리하였다. 각각의 방법으로 코팅한 종자의 발아력을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 유용미생물 침지 효과

유용 미생물을 이용한 생물학적 종자처리들은 작물 생산성의 손실을 초래하는 각종 식물병으로부터 종자나 유묘보호, 성장촉진 및 생산성 향상을 위해 사용된다. 종자처리 형태는 미생물에 종자를 침지하거나 코팅하는 방법이 보편적이다.

고추, 토마토, 상추 및 당근 종자를 *Pseudomonas fluorescens* L22, *Bacillus polymyxa* E681 및 *Bacillus polymyxa* G157 등 3가지 미생물 현탁액에 침지한 후 이들 미생물 처리가 발아에 미치는 영향을 조사하였다(표 3.9.1~표 3.9.4).

고추종자는 미생물 침지처리에서 무처리종자보다 발아율이 증진되었고 발아속도도 단축되는 경향이였다(표 3.9.1). 미생물 중에서는 *Bacillus polymyxa* G157 침지종자의 발아율이 대체적으로 높았고 T_{50} 및 MDG도 단축되어 고추종자에 이용될 수 있는 유용한 미생물임을 시사하였다.

토마토도 고추와 유사한 경향을 보였는데, *Bacillus polymyxa* G157 처리종자의 발아율이 대체적으로 높았고 발아속도도 단축되어 조기발아하는 경향이였다(표 3.9.2). 반면 *Pseudomonas fluorescens* L22, *Bacillus polymyxa* E681에 침지된 종자는 발아속도가 무처리 종자보다 늦었다.

상추에서는 *Bacillus polymyxa* E681 및 *Bacillus polymyxa* G157 처리종자의 발아율이 높고 발아속도도 빨랐다(표 3.9.3). 당근에서는 *Bacillus polymyxa* G157 미생물 침지 처리종자가 97.3% 발아하여 무처리보다 발아율이 10% 증진되었으며, T_{50} 도 1.5일 단축되었다(표 3.9.4)

나. 유용미생물의 코팅종자처리

작물별 발아촉진 효과가 가장 우수한 미생물을 선발한 후 이들을 종자코팅에 이용하였다. 미생물 처리는 배양액에 종자를 침지한 후 코팅하거나 접착제 용액에 미생물을 침지하여 코팅하는 방법으로 하였다. 이들 종자의 발아력과 미생물이 들어 있지 않은 배양액에 침지한 대조종자와 무처리종자의 발아력을 비교하였다(표 3.9.5~표 3.9.8).

고추에서는 *Bacillus polymyxa* G157에 침지시킨 후 코팅한 종자가 무처리 코팅종자에 비해 26% 높은 발아율을 보였고, 코팅공정중 접착제에 미생물을 첨가하여 분무한 처리 및 배양액 침지처리보다도 발아율이 높았다(표 3.9.5). 발아속도(T_{50} 및 MDG) 또한 미생물에 침지된 코팅종자에서 단축되는 경향이였다.

토마토에서도 *Bacillus polymyxa* G157 미생물이 첨가된 코팅종자는 무처리 코팅종자에 비해 발아가 유의적으로 증진되었다(표 3.9.6). 특히, 미생물 현탁액에 침지시킨 후 코팅한 종자가 무처리 코팅종자에 비해 27.3% 높은 발아율을 보였고, 다른 미생물 처리방법보다도 발아율이 높았다. 또한 유묘의 초기생육을 결정짓는 T_{50} 및 MDG도 미생물에 침지시킨 후 코팅한 종자가 무처리 코팅종자에 비해 0.8일 및 1.4일

단축되어 조기발아하였다.

상추에서는 *Bacillus polymyxa* E681에 침지시킨 후 코팅한 종자가 무처리 코팅종자에 비해 22% 높은 발아율을 보였고, 다른 미생물 처리방법보다도 발아율이 높았다(표 3.9.7).

당근에서도 *Bacillus polymyxa* G157를 침지시킨 후 코팅한 종자가 무처리 코팅종자에 비해 발아율은 유의적인 차이가 없었으나, 접착제에 미생물을 참가 코팅하거나 미생물 배양액에 침지시킨 후 코팅한 종자의 발아율이 높았다(표 3.9.8). 또한 T_{50} 및 MDG도 미생물에 침지된 코팅종자가 무처리 코팅종자에 비해 1.1일 및 2.8일 단축되어 조기발아하였다.

유용미생물을 이용한 종자코팅은 적정 carrier 선정과 배지내에 미생물의 생존이 종자 처리의 성패를 결정하는 요인이다. 미생물을 종자에 접종한 후 건조하게 되면 미생물의 생존이 문제될 수 있는데, 이를 극복할 수 있는 코팅물질로써 peat와 같은 유기기질이 보편화되어 있다. 일반적으로 사용하고 있는 접종방법은 종자표면에 유용미생물을 피복하는 것이며, 접착제를 사용하면 종자에 미생물의 부착성을 향상시킬 수 있다(Burton, 1961). 다른 방법은 종자에 진공 또는 압력에 의한 주입(Brockwell and Hely, 1962)방법이 시도되고 있으나, 이러한 방법은 미생물 생존에 불량조건이 될 수 있다. 그러나 본 실험에서는 코팅과정중 접착제에 유용미생물을 첨가하여 분사하는 방법보다는 미생물에 침지된 종자를 코팅하는 방법이 발아력 증진에 보다 효과적인 것으로 나타났다. 그 원인은 전자의 방법보다 후자의 방법이 종자표면에 흡착될 수 있는 미생물량이 상대적으로 많았기 때문으로 추측된다.

종자에 접종된 미생물이 생존하기 위해서는 미생물과의 길항작용과 종자에서 용출되는 독성물질로 부터 보호가 필요하다. Hale과 Mather(1977)는 접착제에 유용미생물을 첨가한 코팅종자를 산업화시킨 바 있다(Coated Seed Ltd., 1983).

코팅 종자가 실용화 되기 위한 전제조건은 코팅의 효과가 포장 조건까지 연장되어야 하며, 코팅물질이 저렴하고 경제적이어야 하고, 코팅물질이 환경에 대한 안정성이 있어야 한다. 이러한 구비조건이 충족되면 코팅종자의 산업화가 더욱 가속화될 것으로 기대된다.

코팅종자는 종자대금을 포함하더라도 작물재배에서 생산비 절감은 물론 높은 생력 효과를 얻을 수 있다. 따라서 코팅종자의 실용화를 위해서는 발아력이 우수한 공정기술을 개발하여 고품질의 코팅종자를 공급하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이와 함께 파종기 등 코팅종자의 이용을 현실화 시킬 수 있는 자재, 기구의 개발은 물론 살충, 살균제, 영양물질, 호르몬 첨가로 발아와 유효생장을 더욱 촉진시킬 수 있는 기술개발도 이루어져야 할 것이다.

Table 3.9.1. Effect of seed treatment with different microbes on germination of pepper seeds.

Treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing L	97.3 a	3.97 a	4.57 b
Imbibed in culture soln only without L	98.0 a	4.08 a	4.57 b
Imbibed in culture soln containing E	93.3 a	4.00 a	4.70 b
Imbibed in culture soln only without E	97.3 a	4.17 b	4.90 bc
Imbibed in culture soln containing G	97.3 a	4.01 a	2.30 a
Imbibed in culture soln only without G	96.0 a	4.11 ab	2.50 a
Untreatment	78.0 b	5.84 c	3.20 a

L : *Pseudomonas fouorescens* L22, E : *Bacillus polymyxa* E681, G : *Bacillus polymyxa* G157

Means with different letters in columns are significantly different by LSD at P = 0.05.

Table 3.9.2. Effect of seed treatment with different microbes on germination of tomato seeds.

Treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing L	90.7 c	2.60 b	2.06 a
Imbibed in culture soln only without L	90.3 c	2.60 b	2.04 a
Imbibed in culture soln containing E	97.3 a	2.90 bc	2.11 ab
Imbibed in culture soln only without E	97.0 a	2.80 b	2.07 ab
Imbibed in culture soln containing G	96.7 a	1.40 a	2.11 ab
Imbibed in culture soln only without G	92.7 b	1.50 a	2.09 ab
Untreatment	92.0 b	1.90 ab	2.78 c

L : *Pseudomonas fouorescens* L22, E : *Bacillus polymyxa* E681, G : *Bacillus polymyxa* G157

Means with different letters in columns are significantly different by LSD at P = 0.05.

Table 3.9.3. Effect of seed treatment with different microbes on germination of lettuce seeds.

Treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing L	98.0 a	0.63 ab	2.77 b
Imbibed in culture soln only without L	62.0 c	2.37 c	2.80 b
Imbibed in culture soln containing E	98.7 a	0.50 a	2.80 b
Imbibed in culture soln only without E	66.7 c	2.70 cd	3.10 c
Imbibed in culture soln containing G	96.0 ab	0.27 a	1.50 a
Imbibed in culture soln only without G	63.3 c	1.27 b	1.47 a
Untreatment	98.7 a	0.53 a	2.17 ab

L : *Pseudomonas fouorescens* L22, E : *Bacillus polymyxa* E681, G : *Bacillus polymyxa* G157

Means with different letters in columns are significantly different by LSD at P = 0.05.

Table 3.9.4. Effect of seed treatment with different microbes on germination of carrot seeds.

Treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture sol containing L	89.3 ab	2.23 b	2.77 b
Imbibed in culture soln only without L	79.3 b	2.36 ab	2.80 b
Imbibed in culture sol containing E	91.3 a	2.18 a	2.80 b
Imbibed in culture soln only without E	81.3 ab	2.37 ab	3.10 c
Imbibed in culture sol containing G	97.3 a	2.25 a	1.50 a
Imbibed in culture soln only without G	79.3 b	2.32 ab	1.47 a
Untreatment	87.3 ab	3.76 c	2.17 ab

L : *Pseudomonas fluorescens* L22, E : *Bacillus polymyxa* E681, G : *Bacillus polymyxa* G157

Means with different letters in columns are significantly different by LSD at $P = 0.05$.

Table 3.9.5. Effect of *Bacillus polymyxa* G157 treatment on germination of coated pepper seeds.

Treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing G	48.7 a	8.8 a	17.46 a
Added culture soln containing G while coating	32.7 b	9.0 a	17.82 a
Imbibed in culture soln without G	29.3 bc	9.6 b	18.92 b
Coated fresh seeds	22.7 c	8.9 ab	20.06 c

Means with different letters in columns are significantly different by LSD at $P = 0.05$.

Table 3.9.6. Effect of *Bacillus polymyxa* G157 treatment on germination of coated tomato seeds.

Treatment	Germ (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing G	61.3 a	2.9 a	6.41 a
Added culture soln containing G while coating	42.0 b	4.2 d	6.56 a
Imbibed in culture soln without G	38.0 c	3.9 b	6.63 ab
Coated fresh seeds	34.0 d	3.7 b	7.81 c

Means with different letters in columns are significantly different by LSD at $P = 0.05$.

Table 3.9.7. Effect of *Bacillus polymyxa* E681 treatment on germination of coated lettuce seeds.

Treatment	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing E	87.3 a	1.56 a	1.60 b
Added culture soln containing E while coating	54.7 c	1.99 a	2.50 c
Imbibed in culture soln without E	66.7 bc	1.98 a	2.70 d
Coated fresh seeds	65.3 b	1.98 a	1.30 a

Means with different letters in columns are significantly different by *LSD* at *P* = 0.05.

Table 3.9.8. Effect of *Bacillus polymyxa* G157 treatment on germination of coated carrot seeds.

Treatment ²⁾	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	MDG (days)
Imbibed in culture soln containing E	67.3 a	5.50 a	9.71 a
Added culture soln containing E while coating	52.3 c	6.30 b	11.34 b
Imbibed in culture soln without E	56.0 b	6.30 b	11.55 b
Coated fresh seeds	62.7 a	6.60 c	12.54 bc

Means with different letters in columns are significantly different by *LSD* at *P* = 0.05.

제 4 장 농가실증 시험

제 1 절 서 언

대면적 원예작물 재배에서는 작업관리의 생력화 및 효율화가 필요하다. 농업 선진국에서는 전업 묘생산 농가와 재배농가로 분리하여 작업을 간소화하여 경영 합리화를 시도하고 있다. 우리나라도 농촌노동력 부족과 농업인구의 노령화로 인하여 멀지않아 묘전업 농가가 늘어날 전망이다. 이러한 이유로 묘생산을 전담하는 육묘공장에서는 각각의 플러그 셀에 1립의 종자를 파종하므로 묘생산 측면에서 높은 발아력을 지닌 종자가 필요하다. 한편, 기계화를 이룬 직파재배에서도 온도와 수분등이 나쁜 조건에 파종되는 경우가 많아져 내환경성 종자가 요구되고 있다. Priming 종자는 내환경성이 증진되어 발아기간 단축과 균일한 발아 및 강건한 묘 생산에 이용될 수 있어 농업 생산성 측면에서 큰 의미를 가질 수 있다.

제 2 절 Priming 종자 및 coating 종자의 유묘출현 및 초기 생육에 관한 연구

1. 서 언

모든 작물이 품종특성에 따라 발아 및 유묘출현 정도가 다르게 나타나며, 불량환경에 강한 품종이 있는 반면에 약한 품종이 있다(Bradford등, 1988; Murray등, 1992; Odell과 Cantliffe, 1986). 품종에 따라 priming 효과가 다르게 나타날 수 있는 가능성이 있으므로, 대상품종에 적합한 priming 조건이 확립되어야 그 효과를 극대화시킬 수 있을 것이다.

2. 재료 및 방법

Priming 종자의 유묘출현과 초기생육을 조사하고자 하였으며, 공시작물로는 고추

(거성), 토마토(세계), 박(FR-Top), 상추(청치마), 배추(맛나), 당근(추홍), 무(영광), 양파(서울대고) 및 셀비아(본화이어)로 모두 9작물 이었다.

경상대학교에서 priming 혹은 코팅한 종자를 받아 사용하였으며, 플러그 트레이의 셀크기는 고추, 토마토, 박, 셀비아는 72공이었고 배추, 상추, 당근, 무는 162공, 양파는 448공이었다. 육묘상토로 셀비아는 피트모스 50%, 버미큘라이트 30%, 펄라이트 20%를 혼합하여 사용하였고 나머지 작물들은 피트모스 40%, 버미큘라이트 30%, 발효톱밥 20%, 펄라이트 10%를 혼합한 상토를 사용하였다. 작물별로 각각의 플러그 트레이에 상토를 충전한 후 파종하고 버미큘라이트로 복토하여 비닐하우스내 육묘베드에서 출현시켰으며, 완전임의배치 3반복으로 하였다. 액비는 배추와 무우는 파종후 20일부터 매일 1회씩, 고추를 비롯한 나머지 7개 작물은 파종후 23일부터 2일 간격으로 1회씩 공급하였으며, 액비농도는 일본 원시표준농도의 40%액이었다.

본 시험들은 1996년 8월 부터 1998년 10월까지 3년동안 경남농업기술원내 유리온실 및 비닐하우스에서 완전임의배치 4반복으로 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

고추의 priming 종자와 무처리종자의 유묘출현율과 묘생육은 표 4.2.1에서 보는 바와 같다. 유묘출현개시 소요일수는 K_3PO_4 100mM로 priming한 종자가 4일로써 수침종자나 무처리종자 보다 0.8~2.5일 정도 짧았다. 유묘출현율은 무처리종자가 90.3%인데 비해 K_3PO_4 100mM로 priming한 종자는 94.8%로서 4.5% 높았다.

파종 40일후 묘생육은 K_3PO_4 100mM로 priming 종자가 다른 처리의 종자보다 초장, 엽수, 경경, 지상부 건물중 등의 묘생육이 다소 양호한 경향이었으나 뚜렷한 차이는 없었다(표 4.2.2). 고추 priming 종자는 무처리종자에 비해 유묘출현개시 소요일수와 유묘출현일수가 짧고 유묘출현율이 높았으나 묘생육은 뚜렷한 차이가 인정되지 않았으며 priming 약제는 K_3PO_4 100mM 단용처리가 K_3PO_4 100mM + $Ca(NO_3)_2$ 100mM 혼용처리보다 더 효과적이었다.

토마토는 약제로 priming한 종자가 수침종자 및 무처리종자보다 유묘출현개시소요일수가 0.8~1.8일 빨랐다(표 4.2.3). 그러나 유묘출현율은 $Ca(NO_3)_2$ 100mM 처리나 수침종자가 높았고 무처리종자가 가장 낮았으나 처리간 뚜렷한 차이가 없었다. 파종 40일후 묘생육은 초장과 엽수는 수침종자가 가장 양호하였고 경경과 지상부 생체중 및

건물중은 무처리종자가 priming한 종자보다 양호한 경향을 보여 priming한 종자가 묘생육에는 뚜렷한 효과를 나타내지 않았다(표 4.2.4).

박은 KNO_3 50mM로 priming한 종자가 유묘출현개시소요일수와 40% 유묘출현소요일수가 가장 짧았고 유묘출현율도 높았다(표 4.2.5). 파종 25일후 묘생육은 초장, 엽수, 경경, 지상부 생체중 및 건물중 등에 있어서 KNO_3 50mM priming 종자와 무처리종자가 비슷하였다(표 4.2.6).

배추는 유묘출현개시소요일수와 40% 유묘출현소요일수 및 유묘출현일수는 priming 종자나 수침종자 및 무처리종자간에 차이가 없었다(표 4.2.7). 파종 25일후 묘생육 역시 처리간 뚜렷한 차이가 없었다(표 4.2.8).

상추는 유묘출현개시소요일수는 무처리종자가 3.3일로서 priming한 종자보다 0.3일 늦었으나 대체로 처리간 차이가 없었으며 유묘출현율은 화학약제에 의한 priming 종자가 수침종자나 무처리종자보다 높은 경향을 보였다(표 4.2.9). 특히 상추에 있어서는 단용 priming 처리에 비하여 KH_2PO_4 200mM + K_3PO_4 50mM 으로 혼용액으로 priming한 종자의 유묘출현율이 높았다. 파종 25일후 묘생육도 유묘출현율과 비슷한 경향을 보였는데 KH_2PO_4 200mM + K_3PO_4 50mM로 priming한 종자의 묘생육이 가장 양호하였다(표 4.2.10). 상추는 유묘출현율이 낮은 작물이기는 하지만 본 시험의 파종기가 고온기였으므로 처리에 관계없이 유묘출현율이 50% 이하로 낮아서 계속 검토되어야 할 것으로 판단된다.

무는 유묘출현개시소요일수와 40% 유묘출현소요일수는 처리간에 차이가 없었으나 유묘출현율은 priming한 종자가 수침종자나 무처리종자보다 높았다(표 4.2.11). PEG 8000 -0.50MPa 단용처리가 PEG 8000 -0.50MPa + $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ 50mM 혼용처리보다 더 효과적이었다. 파종 25일후 묘생육은 초장과 엽생육 및 건물중에 있어서 PEG 8000 -0.50MPa 처리와 수침종자가 PEG 8000 -0.50MPa + $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ 50mM 처리와 무처리종자보다 양호한 경향을 보였다(표 4.2.12).

당근은 유묘출현개시소요일수는 PEG 8000 -0.50MPa에서 빨랐으며, 유묘출현율은 처리에 관계없이 60% 이하로 낮았는데 PEG 8000 -0.50MPa 처리가 60.3%로 가장 높았고, 무처리종자가 53.9%로 가장 낮았다(표 4.2.13). 파종 40일후 묘생육도 priming종자가 무처리종자보다 양호하였다(표 4.2.14).

양파는 priming한 종자가 무처리종자에 비해 출현개시 소요일수는 0.5~0.7일 짧았

으나 대체로 비슷한 경향이었고 유묘출현율은 약 10% 높았으나 고온기 파종으로 인하여 처리에 관계없이 30% 이하로 아주 낮았다(표 4.2.15). 파종 40일후 묘생육은 초장, 엽초장, 엽수, 건물중 등은 처리간에 큰 차이가 없었으며 구의 크기를 나타내는 구경은 KH_2PO_4 200mM + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100mM 처리가 가장 높았다(표 4.2.16).

샬비아는 유묘출현개시 소요일수를 보면 약제에 의한 priming 종자는 4.3일이 소요되었으나 무처리종자는 7.5일 이었다(표 4.2.17). 유묘출현율은 PEG 8000 -0.50MPa + KH_2PO_4 50mM 처리가 56.6%로 가장 높았고 무처리종자 46.2% 이었다. 파종 40일 후 묘생육은 PEG 8000 -0.50MPa 처리가 가장 양호하였으나 처리간 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다(표 4.2.18).

고추 priming 종자의 저장 6개월후 유묘출현율은 5℃ 저장 및 35℃ 저장시에는 차이가 없었으나 상온저장시에는 다소 떨어지는 경향이었다(표 4.2.19). 종자처리간에는 무처리종자와 수침종자가 오히려 priming 종자보다 저장온도에 관계없이 높은 경향을 보였으며, 특히 priming 종자는 5℃ 저장에 비하여 35℃ 저장과 상온저장시 급격히 떨어졌다.

과의 유묘출현율은 5℃ 저장이 가장 양호하였으며, 상온저장, 35℃ 저장순이었으며, 모든 저장온도에서 무처리종자에 비하여 priming 종자의 유묘출현율이 낮게 나타났다(표 4.2.19).

양파의 유묘출현율은 5℃ 저장이 가장 양호하였고, 35℃, 상온저장 순이었으며, 5℃ 저장시에는 priming 종자가 수침종자나 무처리종자에 비하여 유묘출현율이 높았지만 35℃ 저장과 상온저장시에는 오히려 낮아지는 경향을 보였다(표 4.2.19).

샬비아는 5℃ 저장시에는 유묘출현이 되었으나 35℃ 저장과 상온저장시에는 priming 종자 및 수침종자는 전혀 유묘출현이 되지 않았으나 무처리종자는 출현이 되었다(표 4.2.19). 그러나 5℃ 저장시 priming 종자의 유묘출현이 수침종자나 무처리종자에 비하여 높게 나타났다.

토마토 (표 4.2.20)와 박(표 4.2.21)은 5℃ 저장시 priming 종자의 유묘출현이 수침종자나 무처리종자에 비하여 높게 나타났다.

배추의 유묘출현율은 5℃ 저장이 가장 양호하였으며, 35℃ 저장시에는 감소되는 경향이었다(표 4.2.22). 5℃ 저장시에는 priming 종자가 수침종자나 무처리종자에 비하여 유묘출현율이 높았지만 35℃ 저장과 상온저장시에는 오히려 낮아지는 경향을 보였

다.

무의 유묘출현율은 5℃ 저장이 35℃ 저장 및 상온저장에 비하여 높았으며, 종자처리간에는 priming 종자와 무처리종자는 비슷한 경향을 보였지만 수침종자는 35℃ 저장과 상온저장시 유묘출현이 거의 되지 않았다(표 4.2.23).

당근(표 4.2.24)에서는 5℃ 저장시 priming 종자의 유묘출현이 수침종자나 무처리종자에 비하여 높게 나타났다.

Priming 종자의 저장 12개월후 유묘출현율은 고추, 배추, 상추, 무, 파, 양파, 및 셀비아 모두 저온저장에서 효과적 이었다(표 4.2.25). 토마토는 5℃ 저장시 유묘출현율이 높았으나 35℃ 저장처리에서는 급격히 감소되었다(표 4.2.26). 종자처리간에는 5℃ 저장시에는 차이가 없었으나 35℃ 저장시에는 무처리종자가 오히려 priming 종자와 수침종자에 비하여 유묘출현율이 높게 나타났다.

토마토(50일 묘)의 초기생육은 저장온도에 따라서는 5℃ 저장시 35℃ 저장과 상온저장에 비하여 초장이 크고 건물중이 많았으나, 종자처리간에는 수침종자의 35℃ 저장시 초장이 크고 건물중이 많았다. 당근의 유묘출현율은 5℃ 저장이 35℃ 저장과 상온저장에 비하여 유묘출현율이 높았으며, 저장온도에 관계없이 무처리종자가 priming 종자와 수침종자에 비하여 유묘출현율이 높게 나타났다(표 4.2.27). 특히 35℃ 저장과 상온저장시 priming 종자의 유묘출현이 가장 낮게 나타났다.

당근(50일 묘)의 초기생육은 저장온도에 따라서는 5℃ 저장시 35℃ 저장과 상온저장에 비하여 건물중이 많았으나, 종자처리간에는 무처리종자의 5℃ 저장과 상온저장시 priming 종자보다 건물중이 많았다.

무코팅종자에 비하여 코팅종자의 유묘출현율은 모든 작물에서 저조하였는데(표 4.2.28), 고추는 93.1%에 비하여 49.3%, 토마토는 86.1에 비하여 41.7%, 상추는 40.6%에 비하여 7.86%, 당근은 81.3%에 비하여 41.9%, 양파는 77.5%에 비하여 64.4%, 셀비아는 63.9%에 비하여 23.6%였다. 그러나 배추는 무코팅종자의 96.1%에 비하여 코팅종자는 95.4%, 무는 88.3%에 비하여 89.8%, 파는 95.0%에 비하여 98.8%로 비슷하거나 다소 높게 나타났다(표 4.2.28).

그리고 영양고추시험장에서의 실험결과는 표 4.2.29와 같다. 무처리종자 93%, 코팅종자 74.67%로서 입모율에서는 코팅종자에서 다소 낮았다. 생육과 수량비교에서는 코팅종자 직파재배가 무처리종자 직파재배보다 오히려 높았다. 또한 상추의 코팅종자를

대관령 영농조합의 공정육묘 온실에서 사용하여 외국에서 코팅한 것과 비교한 결과 큰 차이없이 실용화 할 수 있었다. 이러한 결과를 볼때 코팅종자의 파종후 관리조건에 따라 발아율에 상당한 차이가 있는 것으로 판단되며, 코팅종자의 기계화 파종에 대한 실험이 체계적으로 수행되어야 할 것 같다.

무코팅종자에 비하여 코팅종자의 초기생육을 보면, 배추(25일 묘)는 엽수는 작았지만 초장은 길었으며 엽면적은 비슷한 경향이었다. 그리고 지상부 건물중은 무코팅종자가 높았으나 지하부 건물중은 코팅종자가 높은 경향이었다(표 4.2.30). 상추(35일 묘)는 초장은 같았으나 엽수는 코팅종자가 많았고, 엽면적은 무코팅종자가 다소 많은 경향이었다(표 4.2.31). 무(25일 묘)는 엽수, 초장 및 엽면적은 비슷한 경향이었고 지상부 건물중은 무코팅종자가 높았고 지하부 건물중은 같았다(표 4.3.32).

코팅종자는 무코팅종자에 비하여 유묘출현율이 낮은 단점이 있어 이를 보완하기 위하여 priming후 코팅하였다. 고추(표 4.2.33)와 토마토(표 4.2.34)는 priming 하지 않고 코팅한 종자들이 priming후 코팅한 종자에 비하여 초기생육이 양호하였다. 그러나 배추는 priming후 코팅함으로써 priming하지 않고 코팅한 것보다 1.1%, 당근은 8.4% 유묘출현율이 높아지는 경향이었다. 그러나 priming후 코팅함으로써 오히려 priming하지 않고 코팅한 종자에 비하여 셀비아는 12.5%, 양파는 10.6%, 상추는 55.5%, 파는 6.0%, 토마토는 15.9% 유묘출현이 감소하였으며, priming후 코팅하더라도 무코팅종자보다는 유묘출현이 낮았다(표 4.2.35).

코팅시 길항균 첨가에 따른 유묘출현은 코팅하지 않은 종자에 비하여 길항균 첨가에 관계없이 코팅함으로써 낮은 경향을 보였다. 초기생육을 보면 코팅하지 않은 종자에 비하여 코팅시 고추(표 4.2.36)는 초장과 경경은 차이가 없었으나 11번 처리에서 엽수가 많고 건물중도 많은것으로 나타났다. 토마토(표 4.2.37)는 초장, 엽수는 차이가 없었으나 7, 9, 10번 처리에서 엽장, 엽폭, 경경 및 건물중에서 양호하였다. 그리고 상추(표 4.2.38)도 엽장과 엽폭은 차이가 없었으나 엽수는 많았으며, 특히 9번 처리에서 지상부 건물중이 많았으며, 당근(표 4.2.39)은 초장과 엽수, 근장, 지상 및 지하 건물중 모두 코팅하지 않은 종자에 비하여 코팅함으로써 초기생육이 부진하였다.

Table 4.2.1. Effect of seed treatment on percent emergence of pepper seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
K ₃ PO ₄ 100mM	94.8	4.0	5.0	6.3
K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	93.1	4.8	6.0	7.5
Water imbibed	93.4	5.3	7.0	8.0
Nonprimed	90.3	6.5	7.8	9.0
LSD (0.05)	4.4			0.9

Seeds were dark-treated in K₃PO₄ 100mM and K₃PO₄ 100mM + Ca(NO₃)₂ 100mM at 20 °C for 5 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.2.2. Effect of seed treatment on early growth of pepper seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Plant height (cm)	Leaf number	Stem diameter (mm)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
K ₃ PO ₄ 100mM	33.9	11.4	2.6	2.62	385
K ₃ PO ₄ 100mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	33.6	11.1	2.5	2.47	356
Water imbibed	32.6	10.9	2.5	2.51	356
Nonprimed	33.1	10.5	2.6	2.48	346
LSD (0.05)	NS	0.4	NS	NS	NS

Seeds were dark-treated in K₃PO₄ 100mM and K₃PO₄ 100mM + Ca(NO₃)₂ 100mM at 20 °C for 5 days. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.2.3. Effect of seed treatment on percent emergence of tomato seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
KNO ₃ 150mM	66.7	3.0	4.3	6.4
Ca(NO ₃) ₂ 100mM	71.2	3.0	4.0	6.1
KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	68.4	3.0	4.5	7.0
Water imbibed	70.5	3.8	4.8	7.5
Nonprimed	65.6	4.8	6.0	8.9
LSD (0.05)	NS			1.0

Seeds were dark-treated in KNO₃ 150mM, Ca(NO₃)₂ 100mM and KNO₃ 150mM + Ca(NO₃)₂ 100mM at 20 °C for 5 days. Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.2.4. Effect of seed treatment on early growth of tomato seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Plant height (cm)	Leaf number	Stem diameter (mm)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
KNO ₃ 150mM	35.5	7.2	3.6	4.95	517
Ca(NO ₃) ₂ 100mM	37.0	7.1	3.5	5.08	551
KNO ₃ 150mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	37.1	7.1	3.4	4.83	500
Water imbibed	38.2	7.4	3.6	5.21	526
Nonprimed	35.6	7.1	3.7	5.25	559
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-treated in KNO₃ 150mM, Ca(NO₃)₂ 100mM and KNO₃ 150mM + Ca(NO₃)₂ 100mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.5. Effect of seed treatment on percent emergence of gourd seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
KNO ₃ 50mM	77.8	4.0	5.0	7.5
KH ₂ PO ₄ 50mM	63.4	4.3	6.7	9.1
KNO ₃ 50mM + KH ₂ PO ₄ 50mM	59.7	4.3	6.7	9.3
Water imbibed	72.7	4.0	5.7	8.0
Nonprimed	66.2	4.0	5.7	8.1
LSD (0.05)	NS			0.9

Seeds were dark-treated in KNO₃ 50mM, KH₂PO₄ 50mM and KNO₃ 50mM + KH₂PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.6. Effect of seed treatment on early growth of gourd seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Plant height (cm)	Leaf			Stem diameter (mm)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
		Length (cm)	Width (cm)	Number			
KNO ₃ 50mM	19.8	5.1	6.3	2.1	5.0	3.53	365
KH ₂ PO ₄ 50mM	19.3	5.0	5.9	2.1	5.0	3.38	338
KNO ₃ 50mM + KH ₂ PO ₄ 50mM	17.0	4.9	5.7	2.0	4.7	3.06	316
Water imbibed	18.7	5.2	6.2	2.0	4.9	3.24	346
Nonprimed	19.9	5.3	6.4	2.0	5.0	3.46	356
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-treated in KNO₃ 50mM, KH₂PO₄ 50mM and KNO₃ 50mM + KH₂PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.7. Effect of seed treatment on percent emergence of Chinese cabbage seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
KNO ₃ 50mM	95.7	2.0	2.0	2.0
KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.50MPa	96.3	2.0	2.0	2.3
Water imbibed	96.1	2.0	2.0	2.0
Nonprimed	92.8	2.0	2.0	2.3
LSD (0.05)	3.2			NS

Seeds were dark-treated in KNO₃ 50mM and KNO₃ 50mM + PEG 8000 -0.50MPa at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.8. Effect of seed treatment on early growth of Chinese cabbage seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Leaf			FW (g/plant)	DW (mg/plant)
	Length (cm)	Width (cm)	Number		
KNO ₃ 50mM	12.9	3.2	6.1	2.04	162
KNO ₃ 50mM + PEG 8000 -0.50MPa	13.1	3.3	6.6	2.06	154
Water imbibed	13.0	3.2	6.0	2.06	155
Nonprimed	12.9	2.8	5.9	1.99	153
LSD (0.05)	NS	0.4	0.4	NS	NS

Seeds were dark-treated in KNO₃ 50mM and KNO₃ 50mM + PEG 8000 -0.50MPa at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.9. Effect of seed treatment on percent emergence of lettuce seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
KH ₂ PO ₄ 200mM	28.8	3.0	-	-
K ₃ PO ₄ 50mM	35.6	3.0	-	-
KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	50.2	3.0	5.6	8.4
Water imbibed	25.9	3.0	-	-
Nonprimed	27.6	3.3	-	-
LSD (0.05)	18.4			

Seeds were dark-treated in KH₂PO₄ 200mM, K₃PO₄ 50mM and KH₂PO₄ 200mM + K₃PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.10. Effect of seed treatment on early growth of lettuce seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Leaf			FW (mg/plant)	DW (mg/plant)
	Length (cm)	Width (cm)	Number		
KH ₂ PO ₄ 200mM	5.9	2.9	5.7	684	69
K ₃ PO ₄ 50mM	6.0	2.9	5.9	718	70
KH ₂ PO ₄ 200mM + K ₃ PO ₄ 50mM	6.4	3.1	5.9	785	77
Water imbibed	5.7	2.8	5.7	641	60
Nonprimed	5.3	2.6	5.6	574	58
LSD (0.05)	0.6	0.4	NS	137	10

Seeds were dark-treated in KH₂PO₄ 200mM, K₃PO₄ 50mM and KH₂PO₄ 200mM + K₃PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.11. Effect of seed treatment on percent emergence of radish seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
PEG 8000 -0.50MPa	86.2	2.0	2.0	2.0
PEG 8000 -0.50MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	82.9	2.0	2.0	2.0
Water imbibed	76.8	2.0	2.0	2.0
Nonprimed	78.4	2.0	2.0	2.4
LSD (0.05)	7.1			NS

Seeds were dark-treated in PEG 8000 -0.50MPa and PEG 8000 -0.50MPa + KH₂PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.12. Effect of seed treatment on early growth of radish seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Leaf			FW (g/plant)	DW (mg/plant)
	Length (cm)	Width (cm)	Number		
PEG 8000 -0.50MPa	14.8	3.0	4.7	2.65	242
PEG 8000 -0.50MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	14.7	2.9	4.5	2.41	218
Water imbibed	15.5	3.1	4.7	2.70	240
Nonprimed	14.8	2.9	4.3	2.42	217
LSD (0.05)	NS	NS	0.3	NS	NS

Seeds were dark-treated in PEG 8000 -0.50MPa and PEG 8000 -0.50MPa + KH₂PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.13. Effect of seed treatment on percent emergence of carrot seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
PEG 8000 -0.50MPa	60.3	4.0	6.4	10.5
PEG 8000 -0.50MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	56.8	5.0	7.3	11.1
Water imbibed	57.6	4.0	7.0	10.9
Nonprimed	53.9	5.3	8.7	11.4
LSD (0.05)	NS			NS

Seeds were dark-treated in PEG 8000 -0.50MPa and PEG 8000 -0.50MPa + K₃PO₄ 100mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.14. Effect of seed treatment on early growth of carrot seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Leaf		FW (mg/plant)	DW (mg/plant)
	Length (cm)	Number		
PEG 8000 -0.50MPa	16.6	4.3	660	106
PEG 8000 -0.50MPa + K ₃ PO ₄ 100mM	15.7	4.1	617	94
Water imbibed	16.9	4.3	658	104
Nonprimed	14.9	4.0	518	84
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-treated in PEG 8000 -0.50MPa and PEG 8000 -0.50MPa + K₃PO₄ 100mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.15. Effect of seed treatment on percent emergence of onion seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
KH ₂ PO ₄ 200mM	28.6	4.5	-	-
KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	32.9	4.3	-	-
Water imbibed	18.9	4.5	-	-
Nonprimed	17.9	5.0	-	-
LSD (0.05)	9.1			

Seeds were dark-treated in KH₂PO₄ 200mM and KH₂PO₄ 200mM + Ca(NO₃)₂ 100mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.16. Effect of seed treatment on early growth of onion seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Plant height (cm)	Leaf sheath		Leaf number	Root dia. (mm)	FW (mg/plant)	DW (mg/plant)
		Length (cm)	Dia. (mm)				
KH ₂ PO ₄ 200mM	15.6	3.1	1.6	3.0	2.6	380	30
KH ₂ PO ₄ 200mM + Ca(NO ₃) ₂ 100mM	15.9	3.1	1.7	2.9	2.9	418	34
Water imbibed	16.3	3.0	1.5	3.0	2.4	356	28
Nonprimed	16.3	3.0	1.7	2.8	2.5	400	30
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-treated in KH₂PO₄ 200mM and KH₂PO₄ 200mM + Ca(NO₃)₂ 100mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.17. Effect of seed treatment on percent emergence of salvia seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Start of emergence (days)	T ₄₀ (days)	MDE (days)
PEG 8000 -0.50MPa	53.5	4.3	6.9	10.4
PEG 8000 -0.50MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	56.6	4.3	7.8	11.3
Water imbibed	48.6	7.8	10.8	13.6
Nonprimed	46.2	8.2	11.2	14.4
LSD (0.05)	NS			NS

Seeds were dark-treated in PEG 8000 -0.50MPa and PEG 8000 -0.50MPa + KH₂PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.18. Effect of seed treatment on early growth of salvia seedlings at 40 days after sowing.

Seed treatment	Plant height (cm)	Leaf number	Stem diameter (mm)	FW (mg/plant)	DW (mg/plant)
PEG 8000 -0.50MPa	8.5	8.4	1.9	824	104
PEG 8000 -0.50MPa + KH ₂ PO ₄ 50mM	8.3	8.2	1.8	760	97
Water imbibed	7.8	8.5	1.7	710	86
Nonprimed	8.2	8.5	1.8	737	90
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-treated in PEG 8000 -0.50MPa and PEG 8000 -0.50MPa + KH₂PO₄ 50mM at 20 °C for 5 days.

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

Table 4.2.19. Effect of storage temperature on percent emergence of pepper, Welsh onion, onion and salvia seeds. Percent emergence was determined after a 6-month storage of primed or imbibed seeds.

Storage temperature (°C)	Seed treatment	Pepper	Welsh onion	Onion	Salvia
5	Primed	43.5	51.1	25.0	0
	Water imbibed	67.6	34.4	32.3	0
	Nonprimed	64.8	43.8	34.4	43.5
	LSD (0.05)	18.4	NS	NS	
35	Primed	38.9	40.7	15.7	0
	Water imbibed	48.2	40.6	26.0	0
	Nonprimed	66.6	33.3	16.7	23.1
	LSD (0.05)	16.4	NS	NS	
Room	Primed	57.3	52.1	20.8	0
	Water imbibed	55.5	47.9	8.3	0
	Nonprimed	65.8	43.8	18.8	31.5
	LSD (0.05)	MS	NS	NS	

Pepper seeds were dark-primed in 100mM K₃PO₄ at 20°C for 5 days. Onion seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days. Welsh onion seeds were dark-primed in 100mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 4 days. Salvia seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9 ~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.2.20. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of tomato seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 6 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 40 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	Stem diameter (mm)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
5	Primed	76.9	26.8	6.0	67.7	3.5	4.28	637
	Water imbibed	81.5	26.3	5.7	58.4	3.3	3.76	568
	Nonprimed	86.1	26.7	5.9	62.8	3.5	3.97	584
	LSD (0.05)	12.7	NS	NS	NS	NS	NS	NS
35	Primed	82.4	25.7	5.9	58.3	3.4	3.78	560
	Water imbibed	83.3	25.7	5.6	60.7	3.3	3.79	579
	Nonprimed	80.1	26.2	5.9	59.1	3.4	3.71	535
	LSD (0.05)	12.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Room	Primed	85.2	26.0	5.7	59.7	3.4	3.68	563
	Water imbibed	75.0	25.5	5.8	62.2	3.3	3.79	552
	Nonprimed	76.9	24.7	5.7	59.1	3.6	3.77	543
	LSD (0.05)	5.3	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 20°C for 4 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.21. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of gourd seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 6 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 30 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	Stem diameter (mm)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
5	Primed	76.9	20.9	2.3	47.0	5.6	4.99	431
	Water imbibed	80.5	21.1	2.4	50.7	5.5	4.95	455
	Nonprimed	77.8	21.4	2.2	45.6	5.5	4.75	407
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
35	Primed	74.1	23.2	2.3	53.6	5.5	5.39	437
	Water imbibed	79.6	22.7	2.4	54.1	5.6	5.33	451
	Nonprimed	82.4	22.9	2.1	52.5	5.4	5.27	437
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Room	Primed	77.8	22.7	2.5	54.0	5.8	5.58	476
	Water imbibed	83.3	23.1	2.3	54.9	5.7	5.53	485
	Nonprimed	75.9	22.2	2.1	48.6	5.6	5.18	418
	LSD (0.05)	NS	NS	0.3	5.7	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KH₂PO₄ at 20°C for 12 hours. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.22. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of Chinese cabbage seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 6 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 25 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
5	Primed	95.8	7.8	4.5	36.4	1.65	129
	Water imbibed	93.8	7.7	4.5	35.2	1.57	126
	Nonprimed	89.6	7.7	4.4	36.0	1.64	126
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
35	Primed	85.4	7.6	4.5	34.2	1.62	128
	Water imbibed	91.7	7.5	4.4	35.1	1.57	124
	Nonprimed	88.5	7.4	4.5	34.2	1.58	127
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Room	Primed	90.7	7.7	4.5	35.6	1.61	128
	Water imbibed	95.9	7.7	4.4	35.9	1.61	126
	Nonprimed	84.4	7.9	4.3	35.1	1.63	124
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in 50mM KNO₃ at 20°C for 12 hours. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.23. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of radish seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 6 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 25 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
5	Primed	81.3	10.0	3.8	27.6	1.73	210
	Water imbibed	84.4	9.4	3.6	27.6	1.69	210
	Nonprimed	85.4	10.0	3.9	27.4	1.70	197
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
35	Primed	84.4	9.9	3.7	27.3	1.72	206
	Water imbibed	49.0	7.9	3.6	19.8	1.25	164
	Nonprimed	83.4	10.1	3.6	25.2	1.75	204
	LSD (0.05)	NS	1.0	NS	4.4	0.20	33
Room	Primed	86.5	9.3	3.9	24.7	1.58	189
	Water imbibed	49.0	8.6	3.6	20.6	1.31	153
	Nonprimed	82.3	9.7	3.9	24.8	1.60	189
	LSD (0.05)	20.1	NS	NS	NS	0.26	30

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.24. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of carrot seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 6 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 40 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emergence (%)	Leaf number	Top weight (mg/plant)	
				Fresh	Dry
5	Primed	64.2	4.0	671	109
	Water imbibed	65.0	4.0	688	111
	Nonprimed	80.8	3.9	741	114
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS
35	Primed	60.8	3.8	563	95
	Water imbibed	67.5	4.0	612	98
	Nonprimed	64.2	3.9	594	100
	LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS
Room	Primed	54.2	4.0	654	105
	Water imbibed	60.0	4.0	740	119
	Nonprimed	75.8	4.0	732	116
	LSD (0.05)	16.7	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.25. Effect of storage temperature on percent emergence of pepper, Chinese cabbage, lettuce, radish, Welsh onion, onion and salvia seeds. Primed or imbibed seeds were stored for 12 months at the indicated temperature.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Pepper	Chinese cabbage	Lettuce	Radish	Welsh onion	Onion	Salvia
5	Primed	48.2	91.7	11.7	88.6	58.3	63.3	64.8
	Water imbibed	49.1	88.6	4.2	67.7	53.3	32.5	14.8
	Nonprimed	59.3	88.6	21.7	79.2	62.5	39.2	35.2
	LSD (0.05)	NS	NS	13.2	NS	NS	6.9	9.1
35	Primed	26.8	62.5	0	87.5	14.2	13.3	0
	Water imbibed	60.2	85.4	0	4.2	35.8	12.5	0
	Nonprimed	55.6	68.8	0	84.4	21.7	15.8	17.6
	LSD (0.05)	10.0	15.9		11.6	NS	NS	
Room	Primed	27.8	80.2	0	77.1	40.0	4.2	0
	Water imbibed	39.8	89.6	0	0	37.5	2.5	0
	Nonprimed	29.6	85.4	0	80.2	47.5	23.3	27.8
	LSD (0.05)	NS	NS		NS	NS	19.3	

Pepper seeds were dark-primed in 100mM K₃PO₄ at 20°C for 5 days. Chinese cabbage seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours. Lettuce seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+50mM K₃PO₄ at 20°C for 2 days. Radish seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 12 hours. Welsh onion seeds were dark-primed in 100mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 4 days. Onion seeds were dark-primed in 200mM KH₂PO₄+100mM Ca(NO₃)₂ at 10°C for 5 days. Salvia seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 4 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.2.26. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of tomato seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 12 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 50 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emergence (%)	Plant height (cm)	DW (mg/plant)
5	Primed	88.0	17.3	358
	Water imbibed	85.2	16.0	288
	Nonprimed	84.3	16.2	304
	LSD (0.05)	NS	NS	NS
35	Primed	67.6	15.7	296
	Water imbibed	67.6	18.4	462
	Nonprimed	81.5	16.2	294
	LSD (0.05)	NS	2.0	NS
Room	Primed	80.6	15.6	268
	Water imbibed	82.4	15.9	292
	Nonprimed	76.8	15.1	280
	LSD (0.05)	NS	NS	NS

Seeds were dark-primed in 100mM Ca(NO₃)₂ at 20°C for 4 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.27. Effect of storage temperature on percent emergence and early growth of carrot seedlings. Primed or imbibed seeds were stored for 12 months at the indicated temperature conditions. Growth was measured 50 days after sowing.

Storage temp. (°C)	Seed treatment	Emergence (%)	DW (mg/plant)
5	Primed	69.2	42
	Water imbibed	68.3	36
	Nonprimed	72.5	44
	LSD (0.05)	NS	NS
35	Primed	47.5	38
	Water imbibed	50.8	34
	Nonprimed	70.8	32
	LSD (0.05)	NS	NS
Room	Primed	55.8	42
	Water imbibed	59.2	36
	Nonprimed	72.5	44
	LSD (0.05)	NS	NS

Seeds were dark-primed in -0.50MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days. Seeds were then stored at 5°C, room temperatures (12.9~25.8°C) and 35°C until they were subjected to field emergence test.

Means in columns within each storage temperature were separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 4.2.28. Effect of seed coating on percent emergence of pepper, tomato, carrot, Welsh onion, onion and salvia determined at 30 days after sowing.

Seed treatment	Pepper	Tomato	Carrot	Welsh onion	Onion	Salvia
Coated	49.3	41.7	41.9	98.8	64.4	23.6
Noncoated	93.1	86.1	81.3	95.0	77.5	63.9
LSD (0.05)	12.7	14.6	14.5	NS	11.8	17.7

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

Table 4.2.29. Performance of coated 'Bugang' pepper seeds sown directly in the field.

Treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Yield/plant		Kg/10a
				Fruit No.	FW(g/plant)	
Coated	74.7	96.2	9.5	9.0	104.0	1,285
Noncoated	93.0	87.2	7.9	7.0	78.3	965
Conventional	-	85.3	14.6	38.3	322.5	997

Growth was measured 106 and 174 days after sowing for the direct sowing and the "Conventional" respectively. Yield per plant was the sum of the harvest from Aug. 21 to Oct. 13 for the "Conventional" and from Aug. 31 to Oct. 13 for the direct sowing. This experiment was conducted at "Yung Yang" Pepper Experiment Station, Kyungbuk.

Table 4.2.30. Effect of seed coating on percent emergence and early growth of Chinese cabbage seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
					Top	Root	Top	Root
Coated	95.4	9.0	5.7	49.3	2.18	0.153	190	24
Noncoated	96.1	8.7	6.0	48.8	2.19	0.167	197	22
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

Table 4.2.31. Effect of seed coating on percent emergence and early growth of lettuce seedlings at 35 days after sowing.

Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
Coated	7.8	6.2	7.8	49.6	1.326	141
Noncoated	40.6	6.2	7.4	49.8	1.286	137
LSD (0.05)	28.2	NS	NS	NS	NS	NS

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

Table 4.2.32. Effect of seed coating on percent emergence and early growth of radish seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
					Top	Root	Top	Root
Coated	89.8	10.2	5.1	33.5	2.05	0.181	214	22
Noncoated	88.3	10.1	5.2	33.3	2.01	0.199	217	22
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

Table 4.2.33. Effect of seed coating the primed seeds on percent emergence and early growth of pepper seedlings at 60 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Plant height (cm)	DW (mg/plant)
Primed	97.2	17.2	230
Coated	91.7	18.6	282
Primed + Coated	89.8	18.0	266
Nontreated	92.6	16.8	234
LSD (0.05)	5.8	1.4	3.9

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

Table 4.3.34. Effect of seed coating the primed seeds on percent emergence and early growth of tomato seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Plant height (cm)	DW (mg/plant)
Primed	82.9	20.8	440
Coated	78.3	20.0	430
Primed + Coated	62.4	18.6	368
Nontreated	83.8	20.0	400
LSD (0.05)	9.8	NS	NS

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

Table 4.2.35. Effect of seed coating the primed seeds on percent emergence of Chinese cabbage, lettuce, carrot, Welsh onion, onion and salvia.

Seed treatment	Chinese cabbage	Lettuce	Carrot	Welsh onion	Onion	Salvia
Primed	81.0	78.4	63.5	28.1	52.1	43.1
Coated	73.7	74.5	46.7	20.6	67.9	31.0
Primed + Coated	74.8	19.0	55.1	14.6	57.3	18.5
Nontreated	84.1	97.4	34.7	31.3	71.6	32.4
LSD (0.05)	10.3	13.0	17.4	6.7	17.0	10.9

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

Table 4.2.36. Effect of beneficial microbes incorporated into pepper seeds being coated on percent emergence and early growth at 50 days after sowing.

Microbe	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Stem diameter (cm)	FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
					Top	Root	Top	Root
1	98.1	47.3	13.5	0.33	4.68	1.27	562	130
2	96.3	47.2	13.3	0.33	4.66	1.31	630	130
3	97.7	46.8	12.8	0.31	4.37	1.06	600	120
4	98.6	47.4	12.9	0.32	4.44	1.08	580	106
5	94.4	47.5	13.0	0.32	4.51	1.20	596	118
6	90.3	47.5	13.1	0.34	4.95	1.08	612	108
7	80.5	47.6	13.8	0.33	5.29	1.12	642	112
8	86.6	46.6	13.1	0.33	2.89	1.01	600	106
9	78.3	46.9	13.6	0.35	5.32	1.19	656	120
10	72.2	45.1	13.3	0.33	4.85	1.05	610	106
11	53.7	47.6	14.8	0.37	6.42	1.14	776	122
12	61.6	43.1	13.6	0.34	4.72	1.06	584	110
13	77.3	44.4	13.0	0.31	4.31	1.14	528	112
LSD (0.05)	22.8	4.0	1.1	0.03	1.17	0.20	130	22

Names of the microbes are intentionally withdrawn.

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

Table 4.2.37. Effect of beneficial microbes incorporated into tomato seeds being coated on percent emergence (E) and early growth at 40 days after sowing.

Microbe	E (%)	Plant height (cm)	Leaf			Stem diameter (cm)	FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
			Length (cm)	Width (cm)	Number		Top	Root	Top	Root
1	82.4	58.7	10.6	9.9	7.6	0.39	9.74	0.50	912	56
2	86.1	60.3	10.6	9.6	7.5	0.40	9.39	0.47	884	50
3	85.2	55.3	11.5	10.6	7.6	0.40	9.92	0.51	948	58
4	85.6	61.6	13.1	10.6	7.7	0.41	10.33	0.56	980	60
5	85.6	61.4	11.1	10.4	7.5	0.42	10.35	0.49	968	60
6	70.8	59.6	12.7	11.9	7.5	0.43	11.77	0.61	1,056	70
7	67.6	61.0	13.1	12.4	7.8	0.42	12.10	0.56	1,042	64
8	86.1	58.0	10.8	9.8	6.9	0.39	8.42	0.48	740	50
9	61.1	57.7	13.0	11.5	7.5	0.43	11.12	0.62	994	64
10	68.1	60.2	12.9	11.3	7.7	0.46	12.78	0.67	1,166	76
11	65.8	56.3	11.9	10.2	7.5	0.42	10.22	0.66	932	68
12	76.9	59.2	12.3	11.4	7.6	0.43	11.26	0.68	1,060	76
13	73.6	59.3	12.7	11.3	7.4	0.45	11.92	0.64	1,104	76
LSD (0.05)	9.7	NS	1.6	1.3	0.5	0.03	1.92	0.15	182	16

Names of the microbes are intentionally withdrawn.

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

Table 4.2.38. Effect of beneficial microbes incorporated into lettuce seeds being coated on percent emergence and early growth at 25 days after sowing.

Microbe	Emer. (%)	Leaf			FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
		Length (cm)	Width (cm)	Number	Top	Root	Top	Root
1	96.3	11.8	5.1	6.4	3.17	0.18	854	52
2	95.8	11.1	4.8	7.1	2.98	0.18	478	50
3	86.6	10.8	4.7	6.3	2.75	0.15	814	164
4	98.6	12.9	5.2	7.8	3.81	0.22	682	58
5	98.6	10.1	4.6	7.0	2.75	0.16	626	58
6	57.9	8.6	4.4	6.9	2.36	0.15	568	56
7	69.9	9.6	4.7	7.0	2.76	0.18	692	64
8	51.4	9.4	4.8	7.3	2.96	0.23	704	68
9	71.8	10.8	5.1	7.1	3.12	0.23	930	94
10	60.2	10.7	3.0	7.1	3.30	0.23	828	80
11	80.1	11.8	5.2	7.2	3.40	0.29	822	74
12	55.1	10.3	4.9	7.3	3.09	0.26	804	78
13	84.3	9.6	4.6	7.1	2.58	0.16	698	68
LSD (0.05)	9.4	2.4	0.7	0.9	0.86	NS	77	28

Names of the microbes are intentionally withdrawn.

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

Table 4.2.39. Effect of beneficial microbes incorporated into carrot seeds being coated on percent emergence and early growth at 40 days after sowing.

Microbe	Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf number	Root		FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
				Length (cm)	Diameter (cm)	Top	Root	Top	Root
1	78.2	25.5	5.8	5.2	1.08	2.27	1.99	296	234
2	73.6	24.0	5.5	5.7	1.16	2.18	2.37	278	354
3	77.8	24.7	5.3	5.4	1.07	2.27	1.97	322	242
4	80.6	24.3	5.5	5.5	1.05	2.19	2.67	284	260
5	82.8	25.3	5.5	4.9	1.04	2.14	1.77	274	192
6	58.8	22.1	5.5	5.4	1.02	2.02	1.65	230	208
7	52.8	22.1	5.3	5.1	1.00	2.06	1.76	288	258
8	53.2	26.4	5.3	5.5	0.85	1.91	1.26	262	140
9	44.0	20.5	5.4	5.4	0.93	1.78	1.40	232	156
10	57.0	22.3	5.3	5.3	0.97	2.02	1.51	256	184
11	64.8	22.1	5.3	4.8	0.94	1.92	1.49	250	170
12	41.2	20.4	5.4	5.4	1.00	1.69	1.60	238	184
13	57.4	22.4	5.7	5.5	1.02	2.16	2.07	284	294
LSD (0.05)	11.8	4.1	0.4	0.4	0.14	0.47	0.55	61	114

Names of the microbes are intentionally withdrawn.

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

제 3 절 공정육묘시 적정상토에 관한 연구

1. 서 언

최근에 문제로 대두된 수입개방과 관련시켜 대응력 분석결과를 보면 원예작물중 신선채소는 경쟁력이 대등하거나 우위에 있는 것이 많으므로 재배법의 개선으로 경쟁력을 강화할 수 있다고 본다. 특히, 채소는 최근에 주년시설 재배가 현저하게 발전되고 있으며 규격묘의 대량생산을 위한 시스템화가 촉진되고 있다. 종자의 생산과 작물의 생산으로 2분되어 있던 종래의 농업생산양식이 종자생산, 묘생산 및 작물생산으로 세분화되면서 육묘의 시스템화가 확산될 전망이다. 이식재배를 하는 채소에 있어 묘의 품질은 생육과 수량의 결정적 요인이 된다.

육묘는 집약적인 관리를 하므로써 육묘기간중 불리한 환경이나 병해충으로부터 보호할 수 있고 초기생육을 조절하여 그 결과로 수확기를 조절함은 물론 작기의 확대와 토지이용율을 높힐 수 있다. 따라서, 건전묘의 생산이 작물생산의 관건이 되므로 현재의 발전추세로 보아 농가마다 개별적으로 하던 과거의 육묘방식이 미래에는 공장에서 생산하는 공정육묘 방식으로 전환되는 비율이 높아질 것이다. 원예작물의 공정육묘는 노동력 부족에 대처하면서 부가가치가 높은 묘에 의한 고품질 생산품을 안정적으로 생산하고자 하는 재배농가의 요망과 첨단기술을 농업에 도입하므로써 육묘의 공정화를 가능케 한 기술발전의 총합으로서 실현되게 되었다.

이러한 공정육묘는 채소 및 화훼의 양질 규격묘의 연중 대량생산에 필요한 상토의 조제와 증진, 파종, 관수, 시비, 이식 및 정식까지를 포함하는 전작업과정을 손 또는 자동화 기기로 수행하는 일련의 육묘방법을 말하는 것으로서 묘생산의 생력화와 안정화를 목적으로 하고 있다. 공정육묘시스템은 육묘에 관련되는 각 과정의 자동화가 필수적이므로, 관련자재를 규격화 할 필요가 있고, 묘의 크기는 작업과정의 취급성과 상품의 수송성을 위하여 수량에 불리한 영향을 미치지 않는 범위내에서 가능한한 작은 묘가 바람직하며, 해외에서는 플러그묘(Cell 성형묘)가 많이 이용되고 있다.

원예작물 시설면적의 확대와 작부회수의 증가로 묘생산을 위한 배지 즉 상토의 소요량은 막대한데 육묘기간 동안 또는 정식후에 상토에 기인된 장애 문제가 빈번하게 발생하고, 또 공정묘의 급속한 보급확대로 한 장소에서 다량의 상토를 소비하는 곳이 늘어날 것이므로 상토의 중요성은 증대되고 있다. 특히 공정묘는 일정한 공간내에서 프러그 트레이를 사용하여 많은 양의 규격묘를 생산해야 하므로 저가의 양질 상토는 육묘의 관건이 되고, 정식후의 생육 및 수량과도 관련성이 클 것이다.

현재까지 많이 쓰이고 있는 원예 상토로서 국산은 각종 산업부산물과 이에 축분 또는 어분 등을 혼합하여 발효 부숙시킨 것이 많고, 외산은 peatmoss가 주종을 이루고 있다. 그런데 이러한 국산 상토를 프러그묘 배지로 쓰려고 하면 미발효 유기물이 과다하거나, 특정 화학성분이 과다 또는 과소하며 동일제품이라도 출고시기에 따라 불균일하다. 그러므로 프러그묘가 제대로 될 수 없어 수분보유력이 크고 화학적 활성이 적은 재료를 혼합하여 사용하고 있으나 그 방법이 너무 다양하고 비체계적이다. 한편 외산 상토의 대표적인 peatmoss는 한냉지에서 생육한 갈대, 물이끼, 기타의 식물유체가 혐기조건에서 퇴적 분해된 것으로 북위 45 ~ 65° 사이에 분포가 많다. Peatmoss는 유기물이 90%이상이고 pH는 5.5부근으로 약산성을 나타내며 양이온치환용량이 100me/100g 이상이다. 이러한 peatmoss는 안정한 유기탄소 상태로 있어 질소, 인산, 가리의 함량이 매우 적으므로 시비량의 계산이 용이하다. 품질에 있어 러시아와 폴란드産은 死草가 많고 약간 분해되어 있으나 캐나다, 화란, 핀란드, 스웨덴産은 물이끼가 많다. 채소 육묘용으로는 물이끼가 많은 peatmoss가 더 적합한 것으로 되어 있다. 그러나 위의 국산과 수입 상토의 특성을 종합하여 새로운 저가의 안정한 프러그묘 배지의 합성 또는 개발이 공정묘 생산의 성패에 영향을 줄 수 있다고 본다.

2. 재료 및 방법

플러그묘에 있어서 육묘배지내 발효톱밥의 적정 혼합비율을 구명하기 위하여 수행하였으며 발효톱밥대 혼합재료 (부피기준, 피트모스 50%+퍼라이트 25%+버미큘라이트 25%)의 비율(부피기준)을 0 : 100 (FSD 0), 20 : 80 (FSD 20), 40 : 60 (FSD 40), 60 : 40 (SD F60)의 4수준으로 하였다 (표 4.3.1).

Table 4.3.1. Mixing ratio of fermented sawdust (FSD) and the other nursery materials (ONM).

Treatment	FSD (%)	ONM (%)
FSD 0	0	100
FSD 20	20	80
FSD 40	40	60
FSD 60	60	40

The mixture (8:2 v/v) of sawdust and poultry manure was aerobically fermented for 30 days and then kept for 90 days to make compost containing less than 400ppm ammonium nitrogen.

ONM was a mixture of peatmoss, perlite, and vermiculite to a ratio of 50 : 25 : 25 (v/v/v)

주재료로 사용된 발효톱밥은 나무톱밥과 계분을 8 : 2의 용량 비율로 섞어 발효조에서 30일간 호기적 조건으로 발효시키고 다시 90일간 충분히 부숙시킨 것을 사용하였다. 발효톱밥의 이화학적 성분은 pH 7.7, 석회 7.4cmol/kg, 유효인산 2.071mg/kg, 암모늄태질소 149mg/kg, 질산태질소 1,160mg/kg 였다. 혼합재료로 사용된 피트모스는 유기물 76%, 양이온 치환용량 65cmol/kg, 용적밀도 0.21g/cm³, 유효수분 함량 150% 였다. 버미큘라이트는 입경 1~2mm, 용적밀도 0.12g/cm³, 유효수분함량 75% 였다. 퍼라이트는 입경 2mm, 용적밀도 0.12g/cm³ 인것을 사용하였다.

시험전 상토 종류별 화학성은 표 4.3.2와 같다. pH를 보면 육묘용 상토의 pH 기준을 5.8~6.8로 볼 때 FSD 20과 FSD 40이 적정 수준이었으며 FSD 0와 FSD 60은 각각 4.1과 7.6으로써 적정범위를 벗어났다. 육묘용 상토에 있어서 EC는 보통 1.2dS/m를 넘지 않는 것이 좋다고 알려져 있는데 FSD 60은 EC가 1.69로서 기준치보다 약간 높았다. 대체로 발효톱밥 혼합비율이 높은 상토일수록 EC가 높았으며, 유기물과 양이온, 가용성 인산 및 전질소 농도도 높은 경향을 보였다.

Table 4.3.2. Chemical properties of the pre-fermented sawdust.

Treat	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	Av.PO ₄ (ppm)	Ex. Cat. (me/100g)			NH ₄ -Nppm.....	NO ₃ -N
					K	Ca	Mg		
FSD 0	4.1	0.29	17.2	14	0.58	6.88	5.97	62	20
FSD 20	5.9	0.78	23.0	263	4.42	9.89	6.86	32	147
FSD 40	6.8	1.22	26.4	368	7.21	11.15	8.05	48	322
FSD 60	7.6	1.69	46.7	586	11.10	11.57	8.67	48	461

공시작물은 고추, 배추, 셀비아 및 양파이며 플러그 트레이 셀크기는 고추와 셀비아는 72공, 배추는 128공, 양파는 448공을 각각 사용하였다. 액비는 일본 원시표준농도의 40%액을 고추, 셀비아, 양파는 파종후 25일부터, 배추는 파종후 16일부터 2일 간격으로 1회씩 두상 공급하였다.

3. 결과 및 고찰

육묘용 상토의 pH기준을 5.8~6.8로 볼 때 시험전 상토의 pH는 SD 20과 SD 40이 적정 수준이었으나 SD 0과 SD 60은 각각 4.1과 7.6으로써 적정범위를 벗어났으며, EC도 SD 60은 1.69로서 기준치 (1.2 dS/m) 보다 약간 높았는데 대체로 발효톱밥 혼합비율이 높은 상토일수록 EC가 높았으며, 유기물과 양이온, 가용성 인산 및 전질소 함량도 높은 경향을 보였다.

상토 종류에 따른 작물별 육묘출현율은 고추는 FSD 40이 95.4%로 가장 높고 FSD 60이 가장 낮은 92.1% 였다(표 4.3.3). 고추의 묘생육(표 4.3.3, 4.3.4 및 4.3.5)은 엽장과 엽폭 등의 엽크기는 상토 종류에 관계없이 일정하였으나 초장, 엽수, 경경, 생체중, 건물중 등의 묘생육은 40, 50, 60일 육묘 모두 FSD 20과 FSD 40이 FSD 0와 FSD 60보다 양호한 것으로 나타나 피트모스를 육묘배지로 사용할 때에는 발효톱밥을 어느 정도 혼합하는 것이 묘생육에 유리하였으며 그 적정수준은 20~40%라고 판단되었다. FSD 60은 묘생육 초기인 40일 육묘에서는 FSD 0에 비해 묘생육이 떨어졌으나 묘생육 후기인 50, 60일 육묘로 갈수록 양호해졌다.

배추는 FSD 함량이 높아질수록 유묘출현율은 약간씩 감소하는 경향을 보였으나 60%의 FSD 상토에서도 유묘출현율이 92.7%로 비교적 높은 편이었다(표 4.3.6). 배추의 묘생육(표 4.3.6, 4.3.7 및 4.3.8)은 20, 25, 35일 육묘 모두 상토내의 발효톱밥 함량이 60% 까지 증가할수록 초장과 엽생육 및 건물중 등이 양호하였다. 배추는 다른 채소작물보다 생육속도가 빠르므로 육묘배지의 물리화학적 조건에 따른 반응이 민감하게 나타난 것으로 추정된다. 묘생육 속도만 본다면 배추 플러그 육묘용 상토에서 발효톱밥의 함유량은 60% 이상까지 높이는 것이 유리하겠으나, 과도한 생장은 오히려 양질묘 생산에 불리할 수 있고, 생육 단계를 결정하는 엽수는 발효톱밥 함유량이 40%에서 60%까지 높아져도 증가효과가 없었으며, 유묘출현율은 발효톱밥 함유량이 높아지면서 계속 감소하는 경향이있으므로, 고추와 마찬가지로 배추 플러그 묘에서도 피트모스를 육묘배지로 이용할 경우에는 20~40%의 발효톱밥 함량이 적정 수준이라고 판단된다.

양파는 4종의 상토 모두 70% 이하의 낮은 유묘출현율을 보였는데 FSD 40이 66.7%로 가장 높았고 다음으로 FSD 20 57.2%, FSD 0 55.2%, FSD 60 49.0% 순이었다(표 4.3.9). 양파의 묘생육을 보면 초장과 엽초장은 발효톱밥 배합 비율이 높을수록 작아지는 경향이있으며, 엽초경과 근경 및 건물중은 발효톱밥 함량이 40%까지는 감소하였으나 60%에서는 다시 증가하였다. 엽수는 상토 종류에 관계없이 대체로 비슷하였으나 FSD 40과 FSD 60이 다소 많은 경향을 보였다.

셀비아는 FSD를 전혀 함유하지 않은 FSD 0 상토에서의 유묘출현율이 75.9%였으나 FSD 20은 59.3%, FSD 40 38.9%, FSD 60 31.5%로서 FSD 함량이 20%에서 60%로 높아질수록 유묘출현율이 현저히 감소하였다(표 4.3.10). 셀비아의 묘생육은 초장과 엽생육 및 건물중 등의 묘생육에 있어서 발효톱밥 배합비율이 높아질수록 불량하였으며 특히 40% 이상 함유 상토에서는 묘생육이 현저히 떨어졌다(표 4.3.10 및 4.3.11).

Table 4.3.3. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on percent emergence, plant height and stem diameter of pepper seedlings.

Plug nursery media		Emer. (%)	Plant height (cm)			Stem diameter (mm)		
FSD	ONM		40d	50d	60d	40d	50d	60d
0	100	93.5	17.1	22.8	27.8	2.45	2.64	3.14
20	80	93.5	19.1	27.1	35.9	2.59	2.83	3.32
40	60	95.4	19.3	28.3	37.8	2.60	2.89	3.32
60	40	92.1	16.1	26.1	34.8	2.46	2.74	3.28
LSD (0.05)		NS	2.2	2.6	4.4	NS	0.24	0.15

The mixture (8 : 2 v/v) of sawdust and poultry manure was aerobically fermented for 30 days and then kept for 90 days to make compost containing less than 400ppm ammonium nitrogen.

ONM was a mixture of peatmoss, perlite, and vermiculite to a ratio of 50 : 25 : 25 (v/v/v).

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

Table 4.3.4. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on leaf length, leaf width and leaf number of pepper seedlings.

Plug nursery media		Leaf length (cm)			Leaf width (cm)			Leaf number		
FSD	ONM	40d	50d	60d	40d	50d	60d	40d	50d	60d
0	100	4.68	4.92	5.63	2.59	2.61	2.94	8.2	10.6	13.6
20	80	4.82	5.14	5.45	2.51	2.68	2.88	8.6	11.4	14.9
40	60	4.79	5.35	5.61	2.52	2.79	2.93	8.4	11.4	15.2
60	40	4.50	5.09	5.49	2.37	2.64	2.82	7.8	10.8	13.8
LSD (0.05)		NS	NS	NS	0.15	0.14	NS	0.6	0.7	1.1

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

Table 4.3.5. Influence of the ratio of of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on fresh weight and dry weight of pepper seedlings.

Plug nursery media		Top (g/plant)						Root (mg/plant)					
FSD	ONM	FW			DW			FW			DW		
		40d	50d	60d	40d	50d	60d	40d	50d	60d	40d	50d	60d
0	100	1.56	2.49	3.70	0.177	0.319	0.542	632	889	1468	50	79	145
20	80	1.74	3.04	4.55	0.203	0.409	0.757	725	1329	2091	56	113	220
40	60	1.73	3.23	4.72	0.202	0.438	0.779	674	1414	2047	52	118	215
60	40	1.38	2.78	4.39	0.159	0.354	0.688	506	1130	1957	42	90	201
LSD (0.05)		0.28	0.44	0.42	0.038	0.094	0.079	NS	228	369	11	21	31

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

Table 4.3.6. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on percent emergence, plant height and root length of Chinese cabbage seedlings.

Plug nursery media		Emergence (%)	Plant height (cm)			Root length (mm)	
FSD	ONM		20d	25d	35d	20d	25d
0	100	97.4	4.0	5.6	11.3	9.95	12.22
20	80	95.3	6.7	8.3	13.9	13.76	20.01
40	60	93.7	8.2	9.7	16.1	13.97	19.66
60	40	92.7	9.4	11.3	17.0	14.71	20.94
LSD (0.05)		NS	0.8	1.1	2.3	2.04	4.88

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

Table 4.3.7. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on leaf number and width of Chinese cabbage seedlings.

Plug nursery media		Leaf number			Leaf width (cm)		
FSD	ONM	20d	25d	35d	20d	25d	35d
0	100	3.5	5.0	6.6	1.98	2.19	3.36
20	80	3.5	5.7	8.7	3.06	3.51	4.39
40	60	5.0	6.5	8.8	3.64	3.79	4.67
60	40	4.9	6.5	9.1	3.83	4.26	5.17
LSD (0.05)		0.3	0.6	0.8	0.26	0.44	0.37

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

Table 4.3.8. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on fresh weight and dry weight of Chinese cabbage seedlings.

Plug nursery media		Top (g/plant)						Root (mg/plant)					
		FW			DW			FW			DW		
FSD	ONM	20d	25d	35d	20d	25d	35d	20d	25d	35d	20d	25d	35d
0	100	0.49	0.80	2.93	0.039	0.064	0.178	129	132	201	10	11	23
20	80	1.18	2.15	7.36	0.106	0.156	0.457	228	364	686	17	31	68
40	60	1.83	2.95	8.92	0.132	0.225	0.519	290	369	702	21	34	70
60	40	2.12	3.27	10.76	0.136	0.237	0.611	295	399	805	22	38	80
LSD (0.05)		0.18	0.58	1.64	0.012	0.057	0.094	35	79	96	3	6	8

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

Table 4.3.9. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on early growth of onion seedlings at 85 days after sowing.

Plug nursery media		Emer. (%)	Plant height (cm)	Leaf sheath		Leaf number	Root diameter (mm)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
FSD	ONM			Length (cm)	Diameter (cm)				
0	100	55.2	19.1	4.3	2.9	2.9	8.0	1.77	150
20	80	57.2	17.7	3.8	2.7	3.0	6.6	1.42	100
40	60	66.7	17.1	3.9	2.6	3.2	6.4	1.35	100
60	40	49.0	15.4	3.6	2.8	3.2	6.8	1.45	110
LSD (0.05)		12.2	1.8	0.4	0.3	0.2	0.7	0.25	16

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

Table 4.3.10. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on early growth of salvia seedlings at 85 days after sowing.

Plug nursery media		Emergence (%)	Plant height (cm)	Leaf			Stem diameter (mm)
FSD	ONM			Length (cm)	Width (cm)	Number	
0	100	75.9	23.5	4.7	3.9	14.9	2.9
20	80	59.3	22.1	4.8	4.1	14.9	2.9
40	60	38.9	14.8	4.5	3.9	13.9	2.7
60	40	31.5	13.3	4.1	3.6	13.7	2.6
LSD (0.05)		9.1	2.9	0.5	0.3	0.9	0.2

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

Table 4.3.11. Influence of the ratio of fermented sawdust(FSD) in plug nursery media on early growth of salvia seedlings at 85 days after sowing.

Plug nursery media		FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
FSD	ONM	Top	Root	Top	Root
0	100	3.48	1.52	430	140
20	80	3.79	1.64	520	160
40	60	2.81	1.25	380	120
60	40	2.35	1.30	300	110
LSD (0.05)		0.58	0.30	101	27

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

제 4 절 규격묘 대량생산 기술확립에 관한 연구

1. 서 언

공정육묘에 소요되는 배지는 적절한 물리, 화학적 성질을 갖추어야 하며, 이러한 성질은 작물이나 사용하는 배지의 종류에 따라 다르다. 특히 규격묘 생산에 있어서 묘의 공급가격을 낮추기 위해서는 값싸게 대량구입이 가능한 새로운 배지의 개발이 필요하다. 규격묘 생산을 위한 새로운 배지개발에 있어서 양액재배기술인 액비공급기술을 도입함으로써 육묘용 배지재료의 활용범위를 확대시키고, 묘의 생육조절을 가능하게 할 수 있다. 육묘를 위한 액비의 적정농도는 작물의 종류나 배지의 이화학성에 따라 달라지므로 작물, 배지종류별 적정농도에 관한 연구가 병행되어야 하고 이에 대한 상세한 검토가 필요하다. 따라서, 본 연구는 과채류의 규격묘생산에 적합한 배지를 선별하고 선별된 배지의 최적양액농도를 구명하기 위하여 육묘기간이 서로 다른 채소의 묘소질에 미치는 양액농도의 영향에 관하여 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

플러그 육묘에 있어서 다량원소 수준에 따른 묘생육 반응을 검토하여 작물별 적정 사용량을 구명하고자 필수원소 수준에 따른 각 원소의 공급농도를 달리하였는데, 고추는 N은 50, 150, 450ppm, P는 30, 60, 90ppm, K는 50, 150, 450ppm으로 달리한 후 이들을 상호 교차시켜 27개의 조합을 만든 후 처리를 하였다. 이때 모든 처리에서 Ca는 70ppm, Mg는 50ppm, 미량요소는 일본원시 표준액으로 고정하였다. 그리고 사용한 비료염은 KNO_3 , $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, K_2SO_4 등이며, 처리간 Ca 수준을 맞추기 위하여 $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ 와 $CaCO_3$ 를 사용하였고 pH는 H_2SO_4 를 이용하여 모든 처리구에서 6.0으로 조정하여 사용하였다. 필수원소 수준별 액비를 과종후 본엽이 2매 전개될 무렵부터 2일 간격으로 1회씩 두상 공급하였다. 묘소질은 초장과 엽수 및 지상부 생체중을 농촌진흥청 시험연구 조사기준에 준하여 고추는 과종 후 45일, 배추는 20일, 양파는 40일, 샐비아는 40일후 조사하였다.

액비농도에 따른 priming 종자와 무처리종자의 초기생육을 조사하고자 고추는 일본원시 표준액의 20, 40, 60 및 80%를 공급하고, 배추는 20, 40 및 60%를 본엽 2매

전개후부터 2일 간격으로 1회씩 두상공급하였다.

플러그 육묘시 규격묘 대량생산을 위하여 액비농도와 액비공급방법에 따른 묘생육 반응을 검토하여 작물별 적정 액비와 공급간격을 구명하고자 수행하였다. 공시작물은 고추 및 배추였으며 액비는 일본원시 표준액을 사용하였고, A+B액(표준액)은 일본원시 표준액의 40%이며, A액과 B액은 일본원시 표준액의 40%를 변형한 것이다(표 4.4.1). 본 시험은 1997년에서 1998년 2년동안 경남농업기술원 유리온실 및 비닐하우스 내에서 완전임의배치 4반복으로 수행되었다.

Table 4.4.1. Chemical composition of nutrient solutions. (g/1,000 ℓ)

Chemicals	A	B	A + B
5 [Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O] NH ₄ NO ₃	346	-	346
KNO ₃	162	162	324
MgSO ₄ · 7H ₂ O	-	197	197
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	61	61
EDTA-Fe	20	-	20
H ₃ BO ₃	-	3	3
MnSO ₄ · 4H ₂ O	-	2	2
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	-	0.22	0.22
CuSO ₄ · 5H ₂ O	-	0.05	0.05
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	-	0.02	0.02

액비공급간격은 1일, 2일, 3일 및 4일로 구분하였으며, 공급방법은 A+B액은 액비공급일에 교차없이 공급하였으나, A액 또는 B액은 서로 교차 (액비공급간격이 1일 경우 오늘은 A액만 공급하고 내일은 B액만 공급하는 것) 하면서 공급하였다. 육묘기간은 고추는 45, 50, 55 및 60일, 배추는 20일 및 25일이었으며, 육묘시 상토는 피트모스 : 버미큐라이트 : 부숙토 : 퍼라이트를 4 : 3 : 2 : 1로 혼합하였다. 플러그 트레이는 고추는 72공, 배추는 128공에 파종하였다.

그리고 priming 종자의 적정육묘기간을 조사하고자 육묘기간을 고추는 45일, 50일 및 55일, 배추는 20일, 25일 및 30일로 달리하였으며, 파종후 본엽이 2매 전개될 무렵부터 2일 간격으로 1회씩 두상 공급하였다.

3. 결과 및 고찰

N, P, K 농도에 따른 고추 플러그묘의 초기생육(표 4.4.2)을 보면, N 농도는 50ppm 처리구보다는 150, 450ppm 처리구의 생육이 현저히 양호하였으며, 150ppm과 450ppm 처리구간에는 큰 차이가 없었다. 특히 N 150ppm과 450ppm 처리구에서는 P 농도가 묘생육의 제한요소로 작용하여 질소농도와 관계없이 P 농도가 60ppm 이상의 처리구에서 생육이 양호하였다. 그러나 P 농도가 60ppm에서 90ppm으로 높아졌을 때에는 생육차이가 인정되지 않았다.

P 농도는 N 농도가 50ppm 일 때에는 30ppm에서 90ppm까지 높아져도 묘생육 촉진효과는 없었으며 오히려 90ppm 처리구는 60ppm 처리구보다 생육이 떨어지는 경향을 보였다. N 농도가 150 ppm과 450ppm 처리구에서는 P 농도 30ppm 처리구보다 60, 90ppm 처리구의 생육이 뚜렷히 양호하였으나 60ppm과 90ppm간의 생육차이는 인정되지 않았다. K 농도는 N과 P 농도에 관계없이 묘생육에 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과로 볼 때 고추 플러그 육묘에서 3 요소 비료의 적정 시용농도는 N 150ppm, P 60ppm, K 50ppm인 것으로 나타났으며, 배추(표 4.4.3)는 N 450ppm, P 30ppm, K 50ppm, 양파(표 4.4.4)는 N 150ppm, P 60ppm 또는 90ppm, K 50ppm, 셀비아(표 4.4.5)는 N 150ppm, P 30ppm, K 50ppm인 것으로 판단된다.

Priming 종자와 무처리종자의 액비농도에 따른 초기생육을 보면 종자처리에 관계없이 고추는 80%액을 2일 간격으로 공급하는 것이 양호하였으며, priming 종자가 무처리종자에 비하여 초장과 경경은 차이가 없었으나 엽수, 엽면적, 분지수 및 건물중등이 양호하였다(표 4.4.6). 배추도 종자처리에 관계없이 60%액을 2일 간격으로 공급하는 것이 양호하였으며, priming 종자가 무처리종자에 비하여 엽수는 차이가 없었으나 초장이 길고 건물중이 많았다(표 4.4.7).

고추는 표준액(A+B)이 A액과 B액을 교호로 주는 것 보다 파종후 45일차의 초기생육이 양호하였다(표 4.4.8~4.4.12). 그리고 액비의 공급방법에 관계없이 공급간격 일수가 길어질수록 모든 생육이 저조한 것으로 나타났다. 표준액을 매일 공급할 경우 A액 및 B액을 바꾸어 가면서 매일 공급하는 것 보다 초장은 30.7cm로 6.8cm 길었으며, 엽수는 11.1매로 1.8매, 경경은 0.30cm로 0.04cm, 줄기의 생체중은 39.48g으로 16.72g, 뿌리의 생체중은 0.77g으로 0.03g 증가되었다. 그리고 표준액을 매일 공급하는 것이 표준액을 4일 간격으로 공급하는 것 보다 초장은 15.1cm 길었으며, 엽수는 3.3매, 경경은 0.10cm, 줄기의 생체중은 2.87g, 뿌리의 생체중은 0.23g 증가되었다. 그러나 플러

그 육묘시 정식 직전 (육묘일수 55일 또는 60일)의 묘소질이 양호하여야 하는데, 표준액을 매일 공급할 경우 A액 및 B액을 바꾸어 주는 것 보다 정식직전에는 도장이 되고 과번무될 가능성이 있었다.

고추 priming 종자의 플러그 육묘시 엽수를 기준으로 한 정식적기 판단시 액비공급은 표준액을 사용할 때에는 매일공급시는 45일 육묘, 2일 간격공급시는 50일, 3일 간격공급시에는 55일, 4일간격 공급시에는 60일 이상의 육묘기간이 필요로 하였다. 또한 A액과 B액을 교호로 공급하려면 매일간격은 50일, 2일 간격은 55일, 3일 간격과 4일 간격은 60일 이상이 소요되었다. 그러나 정식에 적합한 묘령에 필요한 엽수 (11매 이상) 확보를 위한 육묘소요기간에서 표준액 또는 A액, B액 교호공급에 관계없이 매일공급은 도장으로 인하여, A액 및 B액 교호의 4일 간격공급은 생육부진으로 양호한 묘를 얻을 수 없었다. 따라서 추후 55일 및 60일 육묘후의 생육여하에 따라 액비공급방법 및 공급일수가 결정되어야 할 것으로 판단되었다.

배추는 표준액이 A액 및 B액을 바꾸어 매일, 2일 및 3일 간격으로 공급시 파종후 25일차의 초기생육이 양호하였으나 4일 간격공급시에는 반대로 나타났다(표 4.4.13 및 4.4.14). 그리고 액비의 공급방법에 관계없이 공급간격 일수가 길어질수록 모든 생육이 저조한 것으로 나타났다. 표준액을 매일 공급할 경우 A액 및 B액을 바꾸어 가면서 매일 공급하는 것 보다 초장은 16.2cm로 3.5cm 길었으며, 엽수는 7.5매로 1.0매, 엽면적은 630cm²로 241cm², 줄기의 생체중과 건물중은 5.37g과 0.47g으로 2.00g과 0.17g이 증가하였고, 뿌리의 생체중과 건물중은 0.29g과 0.04g으로 0.03g과 0.01g 증가되었다. 그러나 배추는 고추와는 달리 정식전까지의 육묘일수 짧은 관계(육묘일수 25일 혹은 30일)로 표준액을 매일 공급하는 것이 A액 및 B액을 바꾸어 주는 것 보다 생육에 유리할 것으로 판단되었다.

작물별 적정 육묘기간은 여러 가지 측면에서 고려되지만, 일반적으로 엽수에 의존하는데 고추는 11~12매, 배추는 4~5매가 될 때까지 육묘하므로 고추 플러그 육묘시 적정기간은 priming 종자는 50일 육묘시 무처리종자의 55일 육묘와 경경, 엽수, 엽면적 및 건물중이 차이가 없었으며 분지가 시작되며 첫 화퇴출현이 되기 직전으로 정식 시기에 적합한 것으로 나타나 priming 함으로서 육묘기간은 5일 정도 단축시킬 수 있었다(표 4.4.15 및 4.4.16). 배추는 priming 종자가 무처리종자에 비하여 초기생육에 큰 차이가 없었으며 25일 육묘시 초장, 엽수, 엽장, 엽폭등이 같은 경향이었으며 이 시기가 정식하기에 적합하였다(표 4.4.17 및 4.4.18).

Table 4.4.2. Effects of N-P-K rates in nutrient solution on early growth of pepper seedlings at 45 days after sowing.

(mg/ℓ)			Plant height (cm)	Leaf			Stem diameter (mm)	DW (mg/plant)	
N (A)	P (B)	K (C)		Length (cm)	Width (cm)	Number		Top	Root
50	30	50	17.8	4.3	2.1	8.5	2.2	278	94
50	30	150	16.6	4.2	2.1	8.3	2.2	214	111
50	30	450	16.8	4.2	2.1	8.3	2.2	199	98
50	60	50	18.0	4.5	2.1	8.7	2.3	229	100
50	60	150	18.1	4.5	2.2	8.2	2.3	209	105
50	60	450	16.6	4.1	2.0	8.2	2.2	211	98
50	90	50	17.1	4.1	2.1	8.3	2.2	203	89
50	90	150	17.5	4.4	2.2	8.3	2.2	225	90
50	90	450	17.2	4.1	2.1	8.0	2.2	181	78
150	30	50	24.5	5.7	2.9	10.6	2.8	383	146
150	30	150	26.2	5.6	2.8	10.6	2.8	385	128
150	30	450	25.4	5.9	2.9	10.8	2.9	384	142
150	60	50	28.1	6.0	3.1	11.0	2.9	422	146
150	60	150	29.1	6.4	3.2	11.3	3.0	461	148
150	60	450	29.9	6.2	3.2	11.0	2.8	423	125
150	90	50	27.3	6.0	3.1	11.4	2.9	426	140
150	90	150	30.1	6.2	3.2	11.4	2.9	461	142
150	90	450	29.2	6.3	3.2	11.5	2.9	429	129
450	30	50	22.6	5.5	2.8	10.6	2.5	330	103
450	30	150	22.3	5.3	2.7	10.0	2.3	309	95
450	30	450	24.1	5.7	2.9	10.8	2.4	347	109
450	60	50	30.9	6.7	3.5	11.7	2.9	517	124
450	60	150	29.7	6.3	3.3	11.4	2.8	438	122
450	60	450	32.4	7.0	3.7	11.7	2.9	539	120
450	90	50	31.6	6.6	3.5	11.6	2.9	518	136
450	90	150	33.2	7.0	3.6	11.6	3.0	554	121
450	90	450	31.4	6.9	3.6	11.7	3.0	555	124
Significance									
	A		**	**	**	**	**	**	**
	B		**	**	**	**	**	**	NS
	C		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B		**	**	**	**	**	**	**
	A × C		**	**	*	NS	NS	**	NS
	B × C		**	*	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B × C		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, * ** Nonsignificant or significant at $P=0.05$ and 0.01 , respectively.

Table 4.4.3. Effects of N-P-K rates in nutrient solution on early growth of Chinese cabbage seedlings at 20 days after sowing.

(mg/ℓ)			Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	Chlorophyll (mg/g)	FW (g/plant)	DW (mg/plant)
N (A)	P (B)	K (C)						
50	30	50	6.5	4.6	22.2	3.17	0.764	63
50	30	150	6.3	4.6	20.3	3.00	0.745	55
50	30	450	5.9	4.2	20.3	3.54	0.729	63
50	60	50	6.5	4.5	21.3	3.09	0.808	62
50	60	150	6.2	4.2	21.2	3.34	0.767	63
50	60	450	6.5	4.3	21.7	4.86	0.783	68
50	90	50	6.1	4.4	20.6	2.33	0.734	64
50	90	150	5.8	4.5	20.9	3.49	0.667	60
50	90	450	6.0	4.5	18.4	3.63	0.712	56
150	30	50	9.8	5.5	50.2	5.75	1.827	125
150	30	150	9.8	5.5	49.9	7.25	1.775	129
150	30	450	10.2	5.7	48.0	6.18	1.851	125
150	60	50	10.1	5.5	47.0	6.40	1.800	124
150	60	150	10.0	5.9	50.7	5.94	1.788	123
150	60	450	9.5	5.1	43.8	7.26	1.619	113
150	90	50	10.0	5.5	51.4	4.52	1.840	125
150	90	150	10.0	5.6	52.5	5.31	1.833	127
150	90	450	9.6	5.6	47.1	4.32	1.654	114
450	30	50	11.6	5.5	61.6	8.67	2.276	143
450	30	150	11.7	5.3	57.1	8.73	2.186	131
450	30	450	10.8	5.3	54.8	8.35	1.965	135
450	60	50	12.2	5.6	66.4	9.72	2.336	141
450	60	150	12.0	5.6	69.3	7.98	2.592	155
450	60	450	11.7	5.5	66.6	7.66	6.487	159
450	90	50	12.0	5.7	68.0	7.97	2.664	163
450	90	150	12.2	5.9	69.8	9.87	2.716	165
450	90	450	11.6	5.8	65.5	8.08	2.590	167
Significance								
	A		**	**	**	**	**	**
	B		*	NS	*	NS	**	*
	C		**	NS	*	NS	NS	NS
	A × B		**	NS	**	NS	**	**
	A × C		*	NS	NS	NS	NS	NS
	B × C		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B × C		*	NS	NS	NS	NS	NS

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P=0.05$ and 0.01 , respectively.

Table 4.4.4. Effects of N-P-K rates in nutrient solution on early growth of onion seedlings at 40 days after sowing.

(mg/ l)			Plant height (cm)	Leaf sheath		Leaf number	Root diameter (cm)	FW (g/ plant)	DW (mg/ plant)
N (A)	P (B)	K (C)		Length (cm)	Diameter (mm)				
50	30	50	21.7	3.3	2.2	2.8	3.4	0.708	43
50	30	150	21.8	3.5	2.2	2.7	3.8	0.771	51
50	30	450	22.6	3.8	2.3	2.7	3.9	0.835	54
50	60	50	22.5	3.8	2.3	2.9	3.8	0.860	53
50	60	150	21.7	3.7	2.3	2.7	4.2	0.795	51
50	60	450	19.7	3.3	2.3	2.7	4.1	0.691	46
50	90	50	21.5	3.6	2.3	2.8	4.0	0.710	55
50	90	150	21.1	3.4	2.2	2.7	3.9	0.699	47
50	90	450	20.8	3.5	2.2	2.6	3.8	0.707	46
150	30	50	23.6	3.3	2.2	2.9	3.3	0.779	54
150	30	150	23.1	3.5	2.2	2.9	3.6	0.787	52
150	30	450	23.3	3.4	2.2	2.8	3.3	0.801	51
150	60	50	26.0	4.2	2.4	3.0	3.6	0.971	55
150	60	150	27.0	4.2	2.5	3.0	3.7	1.142	66
150	60	450	26.8	4.2	2.4	3.1	3.5	0.982	55
150	90	50	25.8	4.0	2.3	3.0	3.8	0.999	59
150	90	150	27.4	4.1	2.4	3.0	3.6	1.067	59
150	90	450	27.9	4.3	2.5	3.1	3.7	1.126	66
450	30	50	22.9	3.3	2.1	2.9	3.1	0.736	47
450	30	150	21.7	3.3	2.1	3.0	3.4	0.700	48
450	30	450	22.3	3.3	2.2	2.9	3.3	0.722	49
450	60	50	26.5	4.1	2.1	3.0	3.2	0.905	52
450	60	150	26.3	3.8	2.3	3.0	3.4	0.893	48
450	60	450	26.4	4.2	2.3	3.0	3.3	0.989	54
450	90	50	29.4	4.4	2.6	3.2	3.7	1.265	71
450	90	150	27.4	3.9	2.5	3.2	3.3	1.037	60
450	90	450	28.4	4.3	2.5	3.1	3.1	0.993	58
Significance									
	A		**	**	NS	**	**	**	**
	B		**	**	**	**	**	**	**
	C		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B		**	**	**	NS	NS	**	**
	A × C		*	NS	NS	NS	NS	*	NS
	B × C		NS	NS	NS	NS	*	NS	**
	A × B × C		NS	NS	NS	NS	NS	**	**

NS, * ** Nonsignificant or significant at P=0.05 and 0.01, respectively.

Table 4.4.5. Effects of N-P-K rates in nutrient solution on early growth of salvia seedlings at 40 days after sowing.

(mg/ℓ)			Plant height (cm)	Leaf			Stem diameter (mm)	Top weight	
N (A)	P (B)	K (C)		Length (cm)	Width (cm)	Number		Fresh (g/plant)	Dry (mg/plant)
50	30	50	12.1	2.9	2.7	9.9	2.0	1.26	157
50	30	150	12.0	2.9	2.7	10.2	2.1	1.36	182
50	30	450	11.1	2.8	2.6	9.4	2.0	1.20	154
50	60	50	12.6	2.8	2.6	10.0	2.1	1.30	165
50	60	150	11.6	2.7	2.5	9.4	2.0	1.15	157
50	60	450	11.0	2.8	2.6	10.0	2.0	1.23	165
50	90	50	11.7	2.7	2.5	9.9	2.0	1.19	135
50	90	150	13.2	2.9	2.7	10.1	2.1	1.32	153
50	90	450	12.3	2.9	2.6	9.8	2.1	1.29	152
150	30	50	19.9	4.2	4.0	11.0	2.6	2.73	315
150	30	150	21.1	4.2	4.0	11.4	2.7	2.90	300
150	30	450	20.6	4.3	4.2	10.6	2.7	2.90	307
150	60	50	20.7	4.2	3.8	11.3	2.5	2.65	286
150	60	150	19.5	4.2	4.0	11.3	2.7	2.88	277
150	60	450	21.8	4.5	4.2	11.1	2.7	3.09	309
150	90	50	19.5	4.1	3.9	11.2	2.6	2.63	275
150	90	150	20.9	4.2	4.0	11.1	2.6	3.03	300
150	90	450	19.9	4.2	4.1	11.4	2.6	2.90	297
450	30	50	21.5	4.4	4.3	10.8	2.8	3.04	315
450	30	150	19.3	4.2	4.0	10.7	2.6	2.55	276
450	30	450	20.5	4.3	4.2	11.1	2.7	2.95	291
450	60	50	20.3	4.7	4.4	11.7	2.8	3.28	335
450	60	150	19.5	4.4	4.3	11.0	2.8	3.05	300
450	60	450	20.0	4.5	4.3	11.0	2.7	2.90	285
450	90	50	18.4	4.1	4.1	11.3	2.8	2.81	276
450	90	150	19.3	4.3	4.1	11.2	2.9	2.94	301
450	90	450	20.7	4.7	4.5	11.7	2.9	3.20	334
Significance									
	A		**	**	**	**	**	**	**
	B		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × C		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	B × C		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B × C		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, * ** Nonsignificant or significant at $P=0.05$ and 0.01 , respectively.

Table 4.4.6. Effects of seed treatment and concentration and supplying interval of nutrient solution on early growth of pepper seedlings at 50 days after sowing.

Seed treatment	Nutrient solution		Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	Stem dia. (mm)	Branch number	DW (mg/plant)	
	Conc (%)	Supplying interval (days)						Top	Root
Primed	20	2	26.2	12.9	70.4	3.2	1.2	509	180
		3	22.2	12.1	52.9	3.0	1.0	422	172
	40	2	37.6	15.4	107.6	3.6	1.9	763	163
		3	33.3	13.7	94.5	3.3	2.0	644	199
	60	2	38.3	15.4	108.8	3.6	1.8	730	164
		3	33.1	15.6	101.7	3.6	1.7	639	174
	80	2	43.3	17.1	135.3	3.9	2.0	884	198
		3	33.6	14.5	91.8	3.4	1.7	643	185
LSD (0.05)			2.2	1.1	17.2	0.3	NS	151	NS
Nonprimed	20	2	26.3	12.3	72.7	3.1	1.0	420	161
		3	21.7	11.6	46.0	2.9	1.0	380	140
	40	2	38.2	13.5	94.4	3.3	1.3	599	131
		3	30.7	12.7	68.7	3.1	0.9	468	146
	60	2	39.5	14.0	109.8	3.5	1.3	709	147
		3	33.0	13.4	83.2	3.3	1.0	513	172
	80	2	42.8	15.7	130.9	3.7	1.6	824	162
		3	33.7	13.5	90.5	3.3	1.1	526	125
LSD (0.05)			2.2	1.0	17.6	0.3	NS	186	NS

Concentration is the percent dilution of the nutrient solution developed by Japanese Horticultural Experiment Station.

Means in columns within each seed treatment were separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.4.7. Effects of seed treatment and concentration and supplying interval of nutrient solution on early growth of Chinese cabbage seedlings at 25 days after sowing.

Seed treatment	Nutrient solution		Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ² /plant)	FW (g/plant)		DW (mg/plant)	
	Conc (%)	Supplying interval (days)				Top	Root	Top	Root
Primed	0		9.0	4.8	34.8	1.69	0.169	134	30
	20	2	11.4	5.2	45.7	2.38	0.176	154	20
		3	10.6	4.9	42.2	2.15	0.181	143	18
	40	2	12.5	5.4	56.5	2.80	0.177	160	19
		3	11.7	5.3	51.5	2.56	0.163	152	19
	60	2	15.3	5.6	80.8	4.07	0.244	205	24
		3	14.7	5.8	76.3	3.75	0.142	193	20
	LSD (0.05)		1.3	0.5	11.5	0.48	0.031	25	2
Nonprimed	0		9.9	5.0	44.0	2.10	0.192	157	22
	20	2	10.5	4.9	42.7	2.06	0.172	138	19
		3	11.0	5.1	44.0	2.27	0.174	133	19
	40	2	12.7	5.4	54.4	2.79	0.200	157	22
		3	12.5	5.5	51.7	2.67	0.168	148	19
	60	2	15.9	5.6	82.6	4.15	0.198	193	24
		3	14.8	5.7	72.8	3.79	0.157	191	22
	LSD (0.05)		0.6	0.3	9.3	0.34	0.057	20	4

Concentration is the percent dilution of the nutrient solution developed by Japanese Horticultural Experiment Station.

Means in columns within each seed treatment were separated by LSD at P = 0.05.

Table 4.4.8. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on plant height of pepper seedlings.

Nutrient solution			Plant height (cm)			
Soln	Supplying interval (days)	Supplying methods	45 d	50 d	55 d	60 d
A or B	1	Alternate	23.9	32.0	37.4	46.4
A + B	1	Successive	30.7	39.4	46.0	55.2
A or B	2	Alternate	18.4	24.0	27.3	33.7
A + B	2	Successive	22.0	28.5	34.0	42.5
A or B	3	Alternate	14.9	18.3	21.5	26.2
A + B	3	Successive	20.3	27.6	33.1	38.5
A or B	4	Alternate	14.1	16.8	20.7	24.5
A + B	4	Successive	15.6	19.0	22.8	28.8
LSD (0.05)			2.0	1.9	2.2	2.8

The standard was a nutrient solution developed by Japanese Horticultural Experimental Station.

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

Table 4.4.9. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on leaf number and stem diameter of pepper seedlings.

Nutrient solution			Leaf number				Stem diameter (mm)			
Sol.	Supplying interval (days)	Supplying methods	45d	50d	55d	60d	45d	50d	55d	60d
A or B	1	Alternate	9.3	11.4	13.0	16.1	0.26	0.28	0.34	0.40
A + B	1	Successive	11.1	13.3	15.9	22.8	0.30	0.33	0.36	0.45
A or B	2	Alternate	8.3	10.2	11.2	13.3	0.21	0.25	0.32	0.34
A + B	2	Successive	9.1	11.4	13.1	16.2	0.24	0.27	0.34	0.37
A or B	3	Alternate	7.5	9.3	10.9	12.7	0.19	0.21	0.28	0.71
A + B	3	Successive	8.3	10.5	12.3	13.9	0.22	0.25	0.34	0.36
A or B	4	Alternate	7.1	8.7	10.1	12.4	0.19	0.20	0.28	0.31
A + B	4	Successive	7.8	9.2	10.5	13.2	0.20	0.21	0.27	0.31
LSD (0.05)			0.7	1.2	1.0	2.5	0.02	0.03	0.03	0.03

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

Table 4.4.10. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on fresh weight of pepper seedlings.

Nutrient solution			Top (g/plant)				Root (mg/plant)			
Soln	Supplying interval (days)	Supplying methods	45d	50d	55d	60d	45d	50d	55d	60d
A or B	1	Alternate	2.28	3.27	4.51	6.62	748	884	1634	1714
A + B	1	Successive	3.95	5.76	7.72	10.88	774	886	1686	1772
A or B	2	Alternate	1.39	2.10	2.62	3.60	634	698	1420	1544
A + B	2	Successive	2.08	2.92	3.95	5.47	802	488	1552	1684
A or B	3	Alternate	0.99	1.42	1.79	2.50	428	682	992	1212
A + B	3	Successive	1.63	2.53	3.36	4.47	538	734	1342	1648
A or B	4	Alternate	0.89	1.22	1.68	2.29	412	608	1116	1226
A + B	4	Successive	1.08	1.52	1.85	2.76	548	532	1042	1070
LSD (0.05)			0.54	0.57	0.45	1.10	183	200	235	432

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

Table 4.4.11. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on dry weight of pepper seedlings.

Nutrient solution			Top (g/plant)				Root (mg/plant)			
Soln	Supplying interval (days)	Supplying methods	45d	50d	55d	60d	45d	50d	55d	60d
A or B	1	Alternate	0.21	0.82	0.64	0.99	70	96	156	202
A + B	1	Successive	0.40	1.53	1.02	1.51	82	108	168	228
A or B	2	Alternate	0.14	0.45	0.46	0.62	64	88	140	170
A + B	2	Successive	0.20	0.65	0.59	0.84	76	88	150	194
A or B	3	Alternate	0.10	0.34	0.33	0.47	46	70	102	152
A + B	3	Successive	0.16	0.61	0.54	1.14	58	78	132	196
A or B	4	Alternate	0.09	0.25	0.33	0.47	46	68	114	160
A + B	4	Successive	0.10	0.27	0.32	0.49	60	70	102	134
LSD (0.05)			0.05	0.23	0.09	0.24	14	31	29	57

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

Table 4.4.12. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on start of flower bud and branch number of pepper seedlings.

Nutrient solution			Start of flower bud			Branch number	
Soln	Supplying interval (days)	Supplying methods	50d	55d	60d	55d	60d
A or B	1	Alternate	n	n	y	0	1.4
A + B	1	Successive	y	y	y	2.0	2.7
A or B	2	Alternate	n	n	y	0	0
A + B	2	Successive	1/2y	1/4y	y	0.3	1.7
A or B	3	Alternate	n	n	y	0	0
A + B	3	Successive	n	n	y	0	0
A or B	4	Alternate	n	n	y	0	0
A + B	4	Successive	n	n	y	0	0

Table 4.4.13. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on plant height, leaf number and leaf area of Chinese cabbage seedlings.

Nutrient solution			Plant height (cm)		Leaf number		Leaf area (cm ² /plant)	
Soln	Supplying interval (days)	Supplying methods	20d	25d	20d	25d	20d	25d
A or B	1	Alternate	12.2	13.7	6.2	6.5	69.0	77.8
A + B	1	Successive	14.0	16.2	4.9	7.5	81.7	126.0
A or B	2	Alternate	11.0	12.4	5.7	6.5	55.8	71.7
A + B	2	Successive	11.4	14.5	5.7	7.1	66.7	84.3
A or B	3	Alternate	11.1	12.2	5.5	5.7	55.8	59.4
A + B	3	Successive	11.6	12.8	5.5	6.5	59.0	66.5
A or B	4	Alternate	10.3	11.4	5.3	6.2	46.8	55.8
A + B	4	Successive	10.3	11.3	5.6	5.7	48.0	50.8
LSD (0.05)			1.0	0.6	0.4	0.6	7.2	10.4

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

Table 4.4.14. Effects of supplying interval and methods of nutrient solution on fresh weight and dry weight of Chinese cabbage seedlings.

Nutrient solution			Top (g/plant)				Root (mg/plant)			
			FW		DW		FW		DW	
Soln	Supplying interval (days)	Supplying methods	20d	25d	20d	25d	20d	25d	20d	25d
A or B	1	Alternate	2.70	3.37	0.23	0.30	202	262	24	38
A + B	1	Successive	3.48	5.37	0.24	0.47	178	298	24	42
A or B	2	Alternate	2.23	2.94	0.17	0.27	204	284	34	38
A + B	2	Successive	2.70	3.74	0.19	0.37	218	304	34	40
A or B	3	Alternate	2.11	2.42	0.17	0.26	166	288	24	40
A + B	3	Successive	2.27	2.97	0.18	0.32	190	266	26	34
A or B	4	Alternate	1.80	2.41	0.16	0.25	200	262	22	36
A + B	4	Successive	1.79	2.21	0.15	0.22	154	236	26	32
LSD (0.05)			0.33	0.45	0.03	0.11	47	62	9	9

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

Table 4.4.15. Effect of seed priming on percent emergence, plant height, stem diameter, leaf number and leaf area of pepper seedlings.

Seed treatment	Emer (%)	Plant height (cm)			Stem diameter (mm)			Leaf number			Leaf area (cm ² /plant)			
		45d	50d	55d	45d	50d	55d	45d	50d	55d	45d	50d	55d	
		Primed	62.5	20.3	25.7	27.5	2.7	3.0	3.1	9.7	12.0	13.8	39.5	49.0
Nonprimed	81.7	20.1	24.4	27.0	2.6	2.9	3.0	8.9	11.3	12.6	34.9	44.4	49.9	
LSD (0.05)		12.9	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.6	NS	NS	NS	NS	NS

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

Table 4.4.16. Effect of seed priming on fresh and dry weight of pepper seedlings.

Seed treatment	Top (g/plant)						Root (mg/plant)					
	FW			DW			FW			DW		
	45d	50d	55d	45d	50d	55d	45d	50d	55d	45d	50d	55d
Primed	2.011	2.752	3.244	0.26	0.39	0.52	1031	1376	1612	89	128	159
Nonprimed	1.810	2.584	2.899	0.22	0.35	0.45	851	1217	1387	71	101	135
LSD (0.05)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

Table 4.4.17. Effect of seed priming on plant height, leaf length, width, number and area of Chinese cabbage seedlings.

Seed treatment	Plant height (cm)			Leaf length (cm)		Leaf width (cm)		Leaf number			Leaf area (cm ² /plant)	
	20d	25d	30d	20d	25d	20d	25d	20d	25d	30d	25d	30d
	Primed	8.7	12.2	13.1	5.1	6.0	3.0	3.4	4.8	5.8	7.1	63.7
Nonprimed	9.4	12.3	12.7	5.3	5.9	3.3	3.3	4.3	5.6	6.8	61.0	80.4
LSD (0.05)	0.5	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.4	NS	NS	NS	NS

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

Table 4.4.18. Effect of seed priming on fresh and dry weight of Chinese cabbage seedlings.

Seed treatment	Top (mg/plant)						Root (mg/plant)					
	FW			DW			FW			DW		
	20d	25d	30d	20d	25d	30d	20d	25d	30d	20d	25d	30d
Primed	1718	2824	4077	95	187	312	261	138	219	16	21	26
Nonprimed	1724	2669	3756	94	175	289	228	104	194	12	20	26
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	20	NS	NS	3	NS	NS

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

여 백

제 5 장 Priming 및 coating 종자의 산업화

제 1 절 서 언

우리나라 농업은 세계화, 국제화 시대와 더불어 농산물 개방화가 이루어 졌고 새로운 재배기술의 도입과 시설의 현대화, 농업인력의 활발한 국제적 교류등이 급속히 이루어지고 있다. 또한 농가에서는 시설 재배의 확대로 연중 농산물 재배가 이루어져 계절에 상관없이 농산물을 공급할 수 있고 내수용 뿐만 아니라 수출용 작물재배도 증가하고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 볼 때 우리나라 농업이 국제경쟁력을 가질 수 있도록 농업기술을 개발하는 일은 보다 시급한 실정이다.

연중 고품질, 고부가가치의 농산물을 생산하기 위해서 현대적 시설과 기술개발이 요구되고 있고, 재배형태도 소농에서 대농으로 일반육묘에서 공정육묘로 전환이 늘고 있으며, 농촌인력의 감소에 따른 작업의 단순화와 기계화로의 전환이 필요함에 따라 종자처리 기술에 대한 개발과 산업적으로의 이용이 요구되고 있다. 따라서 종자 priming 기술개발로 균일한 발아와 발아기간의 단축 그리고 발아율의 향상등을 가능하게 하고자 하였고, 종자 coating 기술개발로 기계화 파종을 통한 노동력의 절감, 유묘시 병충해의 조기 방제등을 이루고자 하였다.

현재 우리나라 종자처리에 관한 연구는 외국과 비교해 볼 때 뒤떨어진 상태로, 이미 외국에서는 많은 작물에서 종자처리가 되어 상업적으로 널리 유통되고 있는 실정이다. 그러나 외국의 기술이 우리보다 앞서 있기는 하지만 우리나라 재배환경, 작물, 품종등이 외국의 경우와 많이 다르므로 외국기술의 도입보다는 우리나라 조건에 적합한 종자 priming 및 coating 기술을 개발하고 산업화 시키는 것이 시급한 실정이다.

제 2 절 Priming 종자의 산업화

1. 서 언

종자의 품질향상을 위한 priming에 관한 기술을 개발하고 개발된 기술로 처리된 종자들을 산업화 시키는데 필요한 여러 가지 관련 연구, 즉 종자처리가 필요한 작물의 선택, 대량처리에 따른 문제점, 처리시설의 보완, 경제성, 처리후 저장정도에 따른 상업적 이용 등을 해결하고자 하였으며 여기서 얻어진 연구성과를 산업화 시킴으로서 한국 농민들의 고부가가치 농산물 생산과 농가소득 증대를 꾀하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

우리나라에서 대표적 작물중의 하나인 고추를 포함하여 10여가지 종자를 택하여, 이들 종자에 priming 기술개발을 시도한 경상대 연구결과를 기초로 하여 상업적 이용가치가 있는 고추, 박, 수박 3작물을 선택하여 대량처리를 하였으며, 처리과정에서의 문제점, 시설보완, 경제성, 저장일수에 따른 발아의 변화 등을 중점에 두고 실험하였다.

발아조사는 ISTA규정에 의한 발아방법을 사용하였고, 발아세, 발아율 규정일수는 한국농가에서의 관행일수를 적용하였으며 시험중 priming 처리된 종자는 20℃, 25% 상대습도 (RH) 항온항습 창고에 보관하여 저장하였다. 이러한 대량처리 및 산업화 모델이 확립되면 다른 작물에도 적용될 수 있도록 처리하였다.

가. 고 추

본 실험에 사용된 종자의 조건은 아래와 같으며, 여기서 발아세와 발아율은 종자 입수시 발아세 7일, 발아율 12일 기준으로 조사된 자료이다.

- ① P-1 : Pe-511, 발아율 90% 이상
- ② P-2 : Lot 5004, 발아세 35%, 발아율 92%
- ③ P-3 : Lot 5070, 발아세 40%, 발아율 81%

- ④ P-4 : Lot 4009, 발아세 51%, 발아율 80%
- ⑤ P-5 : Lot 5047, 발아세 63%, 발아율 81%
- ⑥ P-6 : 국내 채종, 발아세 85%, 발아율 100%
- ⑦ P-7 : Lot 1008, 발아세 42%, 발아율 97%
- ⑧ P-8 : Lot 5004, 발아세 39%, 발아율 94%
- ⑨ P-9 : Lot 5018, 발아세 60%, 발아율 96%

그리고 이들 종자에 대하여 처리조건은 아래와 같다.

- ① Chemicals : K_3PO_4 200mM, NaOH, Water
- ② Priming 처리온도 : 20℃ 암상태
- ③ Priming 처리기간 : 5일, 7일, 9일 밀봉상태
- ④ 수분함량 측정시기
 - 처리전, 처리후 항온 창고 입고전
 - 처리후 원래 수분상태 (종자 창고 보관 상태)
- ⑤ 처리후 건조 및 보관
 - 수도물로 깨끗히 세척한다.
 - 신문지나 마른 수건에 싸서 물기를 제거한다.
 - 25℃ 배양실 또는 항온기에 넣어 통풍 상태로 건조시킨다.
 - 종자 봉투에 넣어 종자 창고에 보관한다.
- ⑥ 발아 조사
 - 25℃ Incubator 에서 각 번호당 100립씩 3반복으로 조사
 - 처리전, 처리후 항온창고 입고전, 처리후 원래 수분 함량상태, 1개월후, 6개월후, 12개월후, 15개월후 조사
 - 발아세는 3일, 발아율은 7일로 정한다(종자 발아조사 시행규정에는 발아세 5일, 발아율 12일로 되어 있으나 이 실험에서는 실용적으로 농가에서 쓰고 있는 관행일수를 적용)

나. 박

본 실험에 사용된 종자의 조건은 아래와 같으며, 여기서 발아세와 발아율은

종자 입수시 발아세 3일, 발아율 7일 기준으로 조사된 자료이다.

- ① 96-1 : 발아세 87%, 발아율 94%
- ② 96-5 : 발아세 47%, 발아율 74%
- ③ 96-6 : 발아세 64%, 발아율 92%
- ④ 96-7 : 발아세 67%, 발아율 83%
- ⑤ 96-8 : 발아세 52%, 발아율 72%

그리고 이들 종자에 대하여 처리조건은 아래와 같다.

- ① Chemicals : 200mM의 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 와 K_3PO_4 , Water
- ② Priming 처리온도 : 20℃ 암상태
- ③ Priming 처리일수 : 1일, 4일, 7일, 밀봉 상태
- ④ 수분함량 조사시기
 - 처리전
 - 처리후 항온창고 입고전 (수세후 25℃ 배양실에서 1일 또는 2일 건조)
 - 처리후 수분함량이 원래대로 도달했을때(항온창고 보관상태)
- ⑤ 처리후 건조 및 보관
 - 수도물로 깨끗이 세척
 - 신문지나 마른 수건에 싸서 물기를 제거
 - 25℃ 배양실 또는 항온기에 넣어 하루 정도 통풍 상태로 건조
 - 종자 봉투에 넣어 종자 창고에 보관
- ⑥ 발아조사
 - 30℃ 항온기에 넣어 각 번호당 3반복으로 파종
 - 처리전, 처리후 창고입고전, 처리후 원래 수분상태, 1개월후, 6개월후, 12개월후 발아조사
 - 발아세는 2일 발아율은 7일로 정한다(종자 발아조사 시행 규정에는 발아세 3일, 발아율 7일로 되어 있으나 이 실험에서는 실용적으로 농가에서 쓰고 있는 관행일수를 적용)

다. 수 박

달고나 수박 (Lot 4044) 종자를 이용하여 Tri-Sodium Phosphate 10% 용액에 20분 처리하여 30℃ 항온기에서 발아시켰다. 그리고 발아세는 2일, 발아율은 4일차에 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 고 추

국내 종자시장에서 가장 규모가 큰 작물이면서 종가가격이 높고 발아일수가 길어서 발아일수 단축이 요구된다. 고추는, K_3PO_4 200mM에서 5일간 20℃로 처리하였을 때 기존 대조구에 비해 2일 정도 빠른 발아세와 균일한 유묘출현을 나타내었다(표 5.2.1). Priming 약제로 NaOH를 사용하였을 때는 발아율의 향상 및 발아촉진 면에서 효과적이었으나 여기서 발생한 NaOH의 폐수처리가 쉽지 않기 때문에 약제로 사용이 부적합하고 priming 효과와 이용면에서 K_3PO_4 가 훨씬 실용적이었다. Priming 효과가 가장 좋았던 K_3PO_4 처리구 종자들을 1개월, 6개월, 12개월, 15개월 저장한 후 발아세, 발아율 조사를 실시한 결과 발아세와 발아율의 저하는 없었고 priming 효과가 그대로 유지되었다(표 5.2.2, 표 5.2.3). 이는 실제 고추 priming 종자가 실용화될 수 있는 저장기간인 15개월(재고가 남았을 때 그 다음해까지 판매가능한 기간으로 약 1년 3개월 정도) 동안 priming 효과를 유지함으로써 산업적 이용시 가장 문제가 되었던 저장기간의 경과에 따라 발아율이 저하되는 문제를 해결하게 되었고 많은 양을 일시에 대량처리 하였을 때 균일한 약제의 침투와 수세, 건조에 따른 문제들은 priming 대량처리기와 열풍건조기등 처리시설을 기존보다 더 보완한다면 해결될 뿐만 아니라 산업적 이용에도 기여하리라 본다.

그외 priming 효과와 더불어 virus 방제효과를 동시에 얻기 위해 Na_3PO_4 를 priming 약제로 사용한 실험과 발아율은 좋으나 발아세가 나쁜 불량 종자를 구제하기 위해 priming 기술을 적용한 발아세 향상 실험을 수행하였는데, 먼저 고추의 TMV를 불활성화하기 위한 실험으로 virus 불활성화에 효과적이라고 보고된 Na_3PO_4 10%를 2시간 동안 고추종자에 처리한 결과 priming 효과는 없었지만 virus 방제효과는 뛰어났다(표 5.2.4). Na_3PO_4 를 8시간, 24시간, 48시간, 72시간별로 처리하여 priming에 따른 발아향상 효과를 나타내는 조건을 찾고자

하였으나 효과적인 차이를 보이는 처리구는 없었다(표 5.2.5). 그리고 발아율은 좋으나 발아세가 나쁜 불량종자에 priming 처리를 한 결과 priming 효과가 약간 나타나 발아세가 향상되기도 하였지만 그 효과가 너무 작아 실용화 되기에 는 부족하였고 초기발아율은 약간 향상되는 듯 하였으나 12일까지의 최종발아율은 오히려 처리전보다 떨어졌다. 또한 불량종자를 seed blow로 종자의 비중에 따라 선별한 후 발아율과의 상관관계를 조사하였지만 상관관계가 없는 것으로 나타났고 6개월 저장후에는 발아세, 발아율 모두 급격한 하락을 나타냄으로서 불량종자를 구제할 방법은 찾지 못하였다.

나. 박

박의 발아소요일수 단축은 고추에 비해 절실히 요구되지 않지만 비교적 고가의 종자일 뿐 아니라 균일하고 튼튼한 묘를 생산해야 하는 중요 작물이기 때문에 priming에 의한 종자처리 기술은 산업적 이용 가치를 가지고 있다. 박에서는 K_3PO_4 와 $Ca(NO_3)_2$ 양쪽 모두 priming 효과는 비슷하였지만 경제적 측면에서 유리한 (가격이 싼) K_3PO_4 를 선택하여 200mM 농도로 1일동안 20℃에서 처리하였을 때 가장 효과적인 결과를 얻었다(표 5.2.6).

Priming 처리된 박 종자를 1개월, 6개월, 12개월 저장한후 발아세, 발아율 조사를 실시한 결과 6개월 저장까지는 priming 효과가 그대로 지속되었으나 12개월 저장후에는 발아세가 하락함으로서 priming 처리된 박종자는 종자를 주문생산하는 체제가 확립되어야만 산업적 이용이 가능하리라 본다(표 5.2.7).

그외 Synthetic calcium silicate를 처리하여 priming 효과를 기대하는 solid matrix priming 실험을 하였고, 고추와 마찬가지로 발아율은 좋으나 발아세가 나쁜 종자를 구제하기 위한 실험을 하였는데 먼저 종자 100립당 synthetic calcium silicate 3g에 5ml의 수분을 넣고 25℃에서 48시간 처리한 실험에서 가장 좋은 priming 효과를 얻을 수 있었다. 그 효과는 K_3PO_4 처리와 비슷하였으나 lot별 차이가 심해 각각의 처리 조건을 다르게 해야하는 문제가 있어 실용적이지 못하였고, 불량종자 발아세 향상 실험의 경우 priming 처리를 하여도 발아세 촉진효과가 미미하여 실용적 이용가치가 없었다.

또한 불량종자 구제방안으로 seed blower에 의한 비중별 선별에 따른 실험

과 tetrazolium test를 하였는데 종자의 비중과 발아율과의 상관관계는 없었고 (표 5.2.8, 표 5.2.9), tetrazolium test 결과로 본 생존율과 발아율은 상관관계가 있었다. 따라서 발아세가 나빠 발아가 되기까지의 시간이 오래 걸리는 불량종자의 경우 생존율과 활력이 낮게 나타나므로 불량종자 가운데 생존율이 높은 lot만을 선별하여 priming 한다면 처리효과가 있을 것으로 생각된다. 그러나 이 실험은 시간적 소요가 너무 많아 간단하고 실용적인 실험방법이 선행되어야 한다 (표 5.2.10).

다. 수 박

수박은 발아소요일수가 짧기 때문에 발아세의 촉진효과보다는 priming에 의한 균일한 발아와 virus 방제효과를 얻는 것이 더 중요하다. 따라서 virus 불활성화에 효과적이라고 보고된 Na_3PO_4 를 priming 약제로 사용하여 실험하였다.

고가이면서 고품질을 요구하는 수박종자가 최근들어 종자전염에 의한 virus로 크게 문제시 되고 있는데, 본 연구에서 priming 처리기술을 응용하여 실험한 결과 Na_3PO_4 10% 용액에 20분간 처리했을 때 CGMMV 불활성화에 뛰어난 방제 효과를 보였다. 그러나 Na_3PO_4 에 의한 발아시간의 단축 및 발아율 향상등 priming 효과는 없었다(표 5.2.11).

이와같이 priming 종자의 산업화는 고추에 있어서 가장 효과적이었던 priming 처리조건인 K_3PO_4 200mM에 5일간 처리한 시험구가 발아세 향상이 뛰어나지만 뿐만 아니라 실용적인 저장기간까지도 그 효과를 유지함으로써 산업적으로 바로 이용가능하며, 현재 이 결과를 이용하여 소량의 주문생산에 응하고 있다.

박의 경우도 K_3PO_4 200mM에 1일동안 처리한 시험구가 priming 효과는 뛰어나지만 1년이상 저장되지 않는 단점이 있어 주문생산하는 체계만 확립된다면 산업적 이용이 가능하리라 본다.

고추의 TMV와 수박의 CGMMV는 Na_3PO_4 로 priming 처리하였을 때 virus 불활성화 효과가 뛰어났으며 이 방법은 현재 활발히 사용중으로 산업화 단계에 들어 갔다고 볼 수 있다.

Table 5.2.1. Effects of seed treatments on percent germination of pepper seeds.

Material	Control	Water			K ₃ PO ₄ 200mM			NaOH
	0	5days	7days	9days	5days	7days	9days	30mins
P - 1	21(91)	73(92)	72(92)	3(73)	87(93)	78(92)	82(91)	73(95)
P - 2	1(25)	2(68)	13(60)	19(65)	11(44)	9(39)	13(41)	1(59)
P - 3	0(19)	5(38)	7(35)	5(28)	2(17)	1(15)	1(14)	0(38)
P - 4	1(21)	5(33)	8(30)	5(30)	5(17)	3(14)	2(13)	0(33)
P - 5	1(38)	23(58)	14(51)	9(40)	4(25)	3(21)	2(15)	0(52)

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Control seeds were those not-treated.

Table 5.2.2. Lot different in percent germination of pepper seeds primed after storage for different length of time (First try).

Storage (month)	P - 1		P - 2		P - 3	
	Control	K ₃ PO ₄	Control	K ₃ PO ₄	Control	K ₃ PO ₄
0	27(91)	81(91)	0(25)	11(44)	0(19)	2(17)
1	38(89)	85(93)	0(21)	6(56)	0(12)	4(23)
6	37(88)	84(92)	0(23)	7(39)	0(10)	3(18)
12	7(86)	88(94)	0(21)	8(60)	0(6)	1(19)

Tabel 5.2.2. Continued.

Storage (month)	P - 4		P - 5	
	Control	K ₃ PO ₄	Control	K ₃ PO ₄
0	0(21)	5(17)	1(38)	4(25)
1	0(19)	2(21)	1(42)	3(32)
6	0(15)	2(14)	0(30)	3(29)
12	0(14)	2(16)	0(27)	2(32)

K₃PO₄ treatment was at 200mM and at 20 °C for 5 days.

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Control seeds were those not-treated.

Table 5.2.3. Lot different in percent germination of pepper seeds primed after storage for different length of time (2nd try).

Storage (month)	P - 6			P - 7		
	Control	H ₂ O	K ₃ PO ₄	Control	H ₂ O	K ₃ PO ₄
0	13(93)	79(95)	83(97)	0(24)	2(68)	3(64)
1	9(90)	69(95)	90(97)	0(22)	1(47)	1(80)
5	58(92)	90(95)	92(96)	1(38)	12(67)	14(76)
9	40(98)	85(96)	90(96)	0(38)	18(88)	0(85)
12	70(96)	74(94)	89(97)	3(47)	10(74)	7(79)
15	27(92)	45(94)	83(95)	1(54)	1(65)	2(61)

Table 5.2.3. Continued.

Storage (month)	P - 8			P - 9		
	Control	H ₂ O	K ₃ PO ₄	Control	H ₂ O	K ₃ PO ₄
0	0(42)	4(65)	2(53)	5(62)	4(71)	17(72)
1	0(50)	0(47)	0(48)	0(71)	5(67)	2(45)
5	4(62)	14(60)	9(59)	12(74)	13(70)	19(72)
9	0(53)	0(74)	15(75)	0(63)	1(67)	18(74)
12	3(60)	1(52)	8(69)	10(68)	3(67)	19(82)
15	1(66)	0(73)	4(74)	1(68)	0(62)	3(76)

K₃PO₄ treatment was at 200mM and at 20 °C for 5 days.

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Control seeds were those not-treated.

Table 5.2.4. Percent germination of Geoseong pepper seeds as affected by the durations for Na₃PO₄ treatment and washing. Seeds stored for up to 12 months were used.

Treatment	Seed storage (Month)	Imbibed or Na ₃ PO ₄ treated (Hours)				
		0	2			
			Washing (Minute)			
		0	0	10	20	30
H ₂ O	0	31(90)	-	58(95)	-	-
	3	68(95)	-	72(95)	-	-
	7	27(93)	-	66(96)	-	-
	10	13(88)	-	36(95)	-	-
	12	11(93)	-	50(95)	-	-
Na ₃ PO ₄ 10%	0	-	14(92)	67(92)	55(91)	68(93)
	3	-	34(89)	69(97)	71(95)	60(95)
	7	-	18(90)	68(91)	75(94)	72(95)
	10	-	11(94)	49(94)	65(94)	60(94)
	12	-	5(96)	25(92)	44(93)	44(93)

Table 5.2.4. Continued.

Treatment	Seed storage (Month)	Imbibed or Na ₃ PO ₄ treated (Hours)					
		4			8		
		Washing (Minute)					
		10	20	30	10	20	30
H ₂ O	0	-	49(96)	-	-	-	77(97)
	3	-	51(96)	-	-	-	81(96)
	7	-	51(95)	-	-	-	63(97)
	10	-	48(95)	-	-	-	64(94)
	12	-	24(95)	-	-	-	20(93)
Na ₃ PO ₄ 10%	0	62(95)	61(92)	66(92)	73(92)	67(91)	73(91)
	3	42(89)	64(94)	59(94)	59(92)	76(94)	82(94)
	7	31(91)	65(95)	69(94)	76(96)	61(91)	69(90)
	10	34(94)	40(90)	38(92)	48(89)	62(92)	56(89)
	12	27(94)	58(93)	62(95)	48(93)	61(91)	22(88)

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Table 5.2.5. Effect of Na₃PO₄ treatment on percent germination of Geoseong hot pepper as influenced by storage periods.

Treatment	Seed storage (Month)	Treatment (Hours)				
		0	8	24	48	72
H ₂ O	0	23(95)	61(96)	51(92)	47(85)	40(84)
	6	3(89)	35(95)	28(91)	18(82)	11(81)
Na ₃ PO ₄ 10%	0	-	43(95)	51(96)	48(88)	53(95)
	6	-	10(96)	12(96)	19(85)	4(90)

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Table 5.2.6. Effects of priming durations on percent germination of gourd seeds.

Material	Ca(NO ₃) ₂ (days)				K ₃ PO ₄ (days)		
	0	1	4	7	1	4	7
96 - 1	72(92)	90(97)	85(96)	76(95)	91(97)	86(94)	82(92)
96 - 5	45(66)	45(66)	51(80)	45(67)	56(72)	49(70)	50(73)
96 - 6	72(87)	80(88)	74(86)	74(86)	74(85)	71(83)	70(81)
96 - 7	58(88)	80(91)	75(93)	81(93)	77(88)	77(90)	84(92)
96 - 8	81(93)	86(92)	83(90)	83(91)	82(91)	76(86)	80(87)

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Table 5.2.7. Effect of storage periods of gourd seeds on percent germination after priming with 200mM K₃PO₄ for one day at 20°C.

Storage (Month)	Seed lot					
	96 - 1		96 - 5		96 - 6	
	Control	K ₃ PO ₄	Control	K ₃ PO ₄	Control	K ₃ PO ₄
0	72(92)	91(97)	45(66)	56(72)	72(87)	74(85)
1	75(94)	87(94)	38(75)	46(76)	64(90)	78(94)
6	37(87)	90(96)	49(88)	46(80)	50(84)	77(92)
12	64(92)	70(92)	30(62)	29(47)	40(69)	56(81)

Table 5.2.7. Continued.

Storage (Month)	Seed lot			
	96 - 7		96 - 8	
	Control	K ₃ PO ₄	Control	K ₃ PO ₄
0	58(88)	77(88)	65(79)	82(91)
1	23(78)	82(92)	57(81)	86(91)
6	29(74)	73(93)	52(83)	77(90)
12	24(73)	33(88)	44(82)	73(92)

Percent germination was determined 2 days after sowing. Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

Control seeds were those not-treated.

Table 5.2.8. Proportion of heavy to light gourd seeds separated by different settings of a seed blower.

Blower setting	Seed lot									
	96 - 1					96 - 5				
	Heavy(H)		Light(L)		H/L ratio	Heavy(H)		Light(L)		H/L ratio
	wt(g)	%	wt(g)	%		wt(g)	%	wt(g)	%	
8.9	414	88	55	12	7.3:1	411	95	20	5	19:1
9.6	372	79	100	21	3.8:1	362	81	86	19	4.3:1
10.0	312	66	160	34	1.9:1	310	72	121	28	2.6:1
10.5	-	54	-	46	1.2:1	-	52	-	48	1.1:1
11.5	201	49	208	51	1.0:1	205	48	223	52	1.1:1
13.0	174	37	300	63	0.6:1	112	25	337	75	0.3:1
13.5	140	30	335	70	0.4:1	125	29	312	71	0.4:1
14.0	161	34	307	66	0.5:1	77	18	355	85	0.2:1

Table 5.2.9. Percent germination of gourd seed according to their size. A seed lot (Control) was separated into heavy(H) and light (L) seeds with a blower at 13.5, after which the proportion, seed numbers and weight were determined for each size class.

Seed lot	Seed size	Proportion (%)	Sseed (No/20g)	Testa (m/seed)	Albumen (mg/seed)	Germination (%)
96 - 1	Control	-	-	-	-	82
	H	30	143	0.071	0.069	86
	L	70	168	0.061	0.058	83
96 - 5	Control	-	-	-	-	61
	H	29	153	0.064	0.069	68
	L	71	167	0.058	0.062	68
96 - 6	Control	-	-	-	-	74
	H	18	141	0.072	0.071	81
	L	82	162	0.063	0.061	77
96 - 7	Control	-	-	-	-	63
	H	26	142	0.074	0.067	52
	L	74	160	0.063	0.058	56
96 - 8	Control	-	-	-	-	64
	H	20	148	0.070	0.065	72
	L	80	171	0.063	0.054	64

Table 5.2.10. Comparison between tetrazolium test and percent germination of different gourd seed lots.

Test	Seed lot			
	410	96 - 5	96 - 7	96 - 1
Tetrazolium (% red)	67	97	95	98
Germination (%)	68	74	83	94

Table 5.2.11. Effect of Na₃PO₄ treatment on percent germination of water melon seeds.

Treatment	Seed storage (Month)	Treatment (Hours)			
		0	12	24	48
H ₂ O	0	97(98)	91(97)	91(96)	94(98)
	6	77(97)	85(99)	89(99)	81(98)
Na ₃ PO ₄	0	-	92(98)	91(98)	97(98)
	6	-	85(99)	85(98)	91(99)

Numbers in parenthesis are germination percentage after 7 days.

제 3 절 Coating 종자의 산업화

1. 서 언

종자 coating은 종자 크기 및 무게를 증가시킴으로써 농촌 노동력 부족을 해결하기 위한 기계화 파종을 할 때 유리하고, coating시 식물 성장조절제 공급, 다량, 미량원소의 공급을 할 수 있고 종자를 보호하고 수분흡수력을 좋게하여 발아를 촉진하는 등 여러 가지 장점이 있다. 그러나 우리나라에서는 아직까지 종자에 착색하는 정도일 뿐 여러 작물에 널리 이용될 수 있는 효율적인 coating 방법이 개발되지 않은 실정이다. 또한 육묘사업이 중요시 되고 있는 최근에는 기계화 파종을 위한 종자의 균일성, 미세종자의 대립화, 종자의 약제 공급등이 더욱 중요시 되고 있는데 coating 처리를 통해 일정한 형태와 경도를 유지하는 양질의 종자를 생산하고 균일한 초기육묘를 유도하기 위해 본 실험을 실시하였다. 이 실험에서는 미세 종자이기 때문에 파종시 애로가 많은 상추 종자를 coating 실험의 재료로 이용하였으며 개발된 coating 기술을 적용하여 종자를 대량처리할 경우 발생할 수 있는 문제점을 파악하고 이의 개선 및 산업화 가능성 여부를 모색하고자 하였다. 여기서 특히 관심도가 높은 것은 종자의 대량처리시 coating 종자의 균일도 향상, coating 종자의 색, 광택등 외관 품질향상 및 코팅된 종자의 저장력 검정등이다. 산업화를 위한 대량 코팅에 대해 축적된 know-how가 우리나라에서는 거의 없는 실정이므로, 본 연구에서 미세종자이면서 실용성이 높은 상추를 한 모델로 공시하여 기술적인 문제해결에 주안점을 두었다. 상추에서 얻어진 본 연구결과는 앞으로 다른 작물의 종자에도 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 공시품종은 적치마 상추(발아율 97%) 였으며, 코팅방법은

다음과 같다.

- ① 정선된 상추 종자 5Kg을 coating fan (사진 5.3.1)에 넣고 coating fan을 50~60rpm으로 가동시킨다.
- ② binder로 사용할 1% polyvinyl alcohol(PVA) 1ℓ를 일시에 분무한다.
한다.
- ③ 5분 정도 coating fan을 가동해 PVA의 수분을 증발시킨다.
- ④ Talc 1ℓ를 서서히 투입하여 10분정도 coating fan을 가동하여 종자를 성형한다.
- ⑤ 1% PVA 1.2ℓ를 재차 서서히 분무한다.
- ⑥ 성형된 종자의 직경이 약 2mm 정도로 될때까지 ④와⑤의 과정을 반복한다.
- ⑦ 직경 2mm 내외의 종자를 크기별로 1차 선별한다(사진 5.3.2).
- ⑧ 선별된 종자의 크기에 따라 3~12회까지 talc와 PVA 처리과정을 재반복하여 전체의 크기를 균일하게 한다.
- ⑨ 최종 크기 3.4~3.8mm에 이르면 성형을 중지한다.
- ⑩ 처리후 coating 종자를 35℃ 이하의 열풍 건조기로 5~6시간 건조시킨다.

3. 결과 및 고찰

경상대학교에서 실험한 coating 기술을 토대로 하여 발아에 장애를 주지 않는 수용성 polymer의 종류 및 농도 그리고 polymer와 고형물질간의 친화성 여부, 발아세 유지 정도를 검토하였다. 발아율이 좋은 상추 종자에 binder로 1%의 polyvinyl alcohol (PVA), filler로 talc를 사용하여 coating fan에 넣고 대량처리한 결과, coating 종자의 구형도가 fan의 기울기를 90℃로 하면 정구형을, 75℃로 하면 장타원형의 pellet이 성형되었다. 1차 선별시 coating된 종자의 크기 분포율은 표 5.3.1과 같다. 간혹 2립이 coating된 종자가 발생하는데 이것은 1% PVA가 일시에 다량으로 분무되거나 talc의 용량이 부족할 경우 1개의 pellet에 2립의 종자가 들어가거나 종자가 없는 pellet이 발생하게 된다(사진 5.3.3).

Coating종자의 외관 향상을 위해 처리과정중 최종적으로 binder (1% PVA)를 처리할 때 염료를 적당량 첨가함으로써 착색시킬 수 있다. Green, yellow 및 pink의 3가지 색깔로 착색한 결과 착색에 따른 발아율 저하는 없었다(사진 5.3.4).

Coating 종자의 광택과 경도에 있어서는 최종 고형물질의 처리시 처리 재료의 종류에 따라 광택의 정도가 달랐다. Talc를 최종적으로 사용할 경우 표면의 광택이 없고 규조토를 사용할 경우 광택은 좋으나 연한 갈색이 나타나 외관이 부적합하였으며, 규조토와 소석회를 1:1로 섞어 처리하였을 때 표면에 광택이 나고 깨끗한 느낌을 주어 최적의 처리로 판단되었다. 그리고 전체의 처리과정시 고형물질로 talc만을 사용할 경우 경도가 현저히 떨어져 보관상 어려움이 있고 pellet의 균열도 심하여 상품성이 떨어진 반면, 처리과정중 1차 선별후 talc와 규조토를 교대로 사용할 경우 경도가 높아졌으며 이로 인한 발아율 저하도 나타나지 않았다(사진 5.3.5).

Coating 종자의 발아율 조사에서는 성형 크기에 따라 서로 다른 결과가 나타났는데 pellet의 직경이 3.8mm를 넘으면 상대적으로 발아율이 떨어졌고(표 5.3.2, 사진 5.3.6), 처리기간에 따른 발아율은 처리후 20℃, 25% 항온항습 창고에 보관하였을때 2개월까지는 발아율이 저하되지 않았으나 실온에서 보관한 것은 급격하게 발아율이 저하되었다(표 5.3.3). 따라서 coating 종자는 처리후 항온항습 창고의 보관이 필수적이라고 판명되었다.

따라서 coating 종자의 산업화는 본 연구과제를 통해 얻어진 결과를 종자의 색, 광택등 일부분에 응용하여 활발히 이용함으로써 이미 산업화되어 일부 상추 종자를 coating 처리하여 농가에 보급한 결과 좋은 반응을 얻었다. 종자의 성형 부문도 위 실험에서 얻은 기술적 토대를 바탕으로 고추, 당근, 양파, 파, 무 및 배추 등의 종자 성형에 응용할 수 있었는데, 이것은 멀지 않아 산업화가 이루어지리라 보며 이 기술로 상추 이외의 새로운 작물 종자에서도 쉽게 응용할 수 있을 것이다.

Table 5.3.1. Size distribution of seed pellets at the stage of the first sorting, as shown in Photo. 5.3.2.

Diameter (mm)	Distribution (%)	Diameter (mm)	Distribution (%)
2.3 <	35	1.8 ~ 2.0	28
2.0 ~ 2.3	35	1.8 >	2

Table 5.3.2. Effect of different pellet size of lettuce seeds on percent germination.

Pellet size	Diameter (mm)	Germination (%)
Large	> 3.8	91
Medium	3.4~3.8	98
Small	3.4 <	95
Fresh seed	-	99

Table 5.3.3. Effect of storage methods on percent germination of pellet lettuce seeds.

Storage		Germination (%)
Condition	Month	
No storage		97
Room temp.	2	56
	6	61
20°C, 25% RH	2	96
	6	93
Fresh seed		100

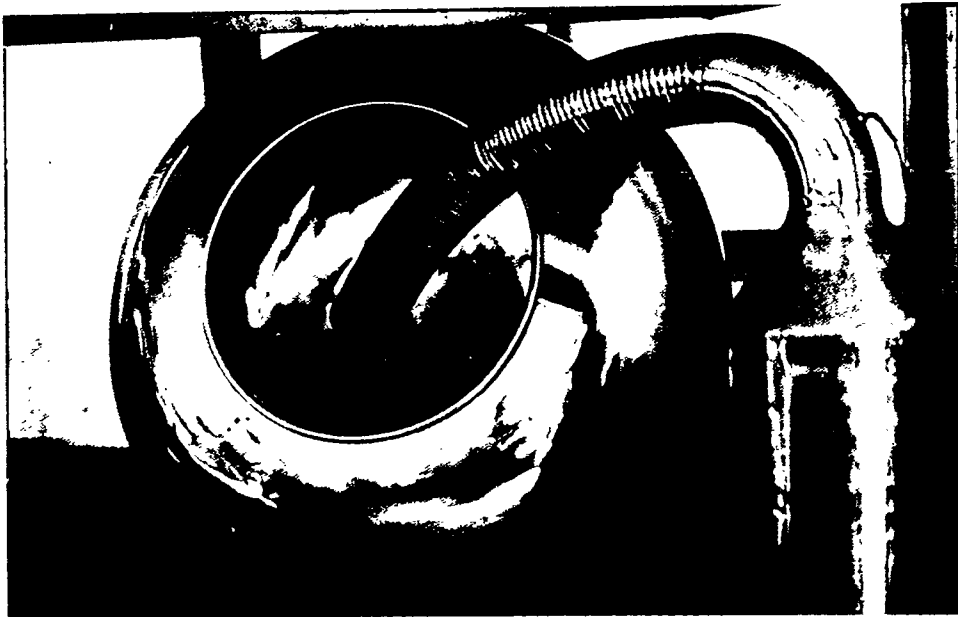


Photo. 5.3.1. A home-made seed coating fan.

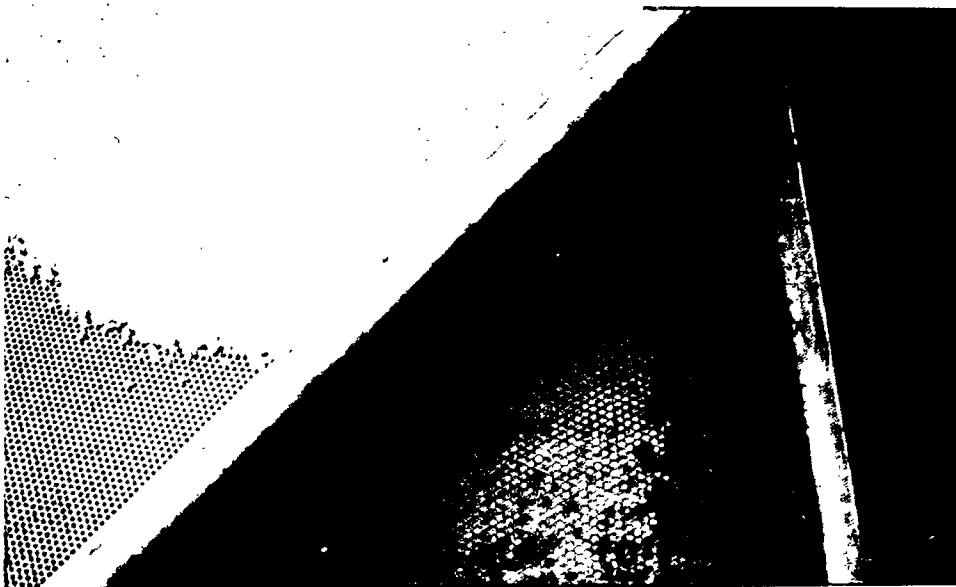


Photo. 5.3.2. An apparatus designed to sort coated seeds of pre-determined size

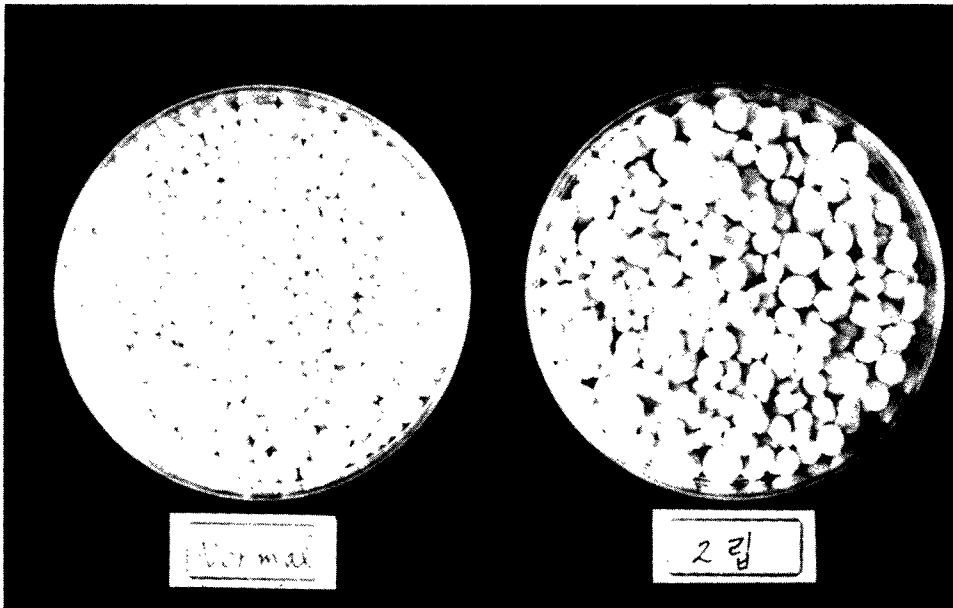


Photo. 5.3.3. Abnormal seed pellets containing two seeds. Adjusting the amount of the filler could solve this abnormalities.

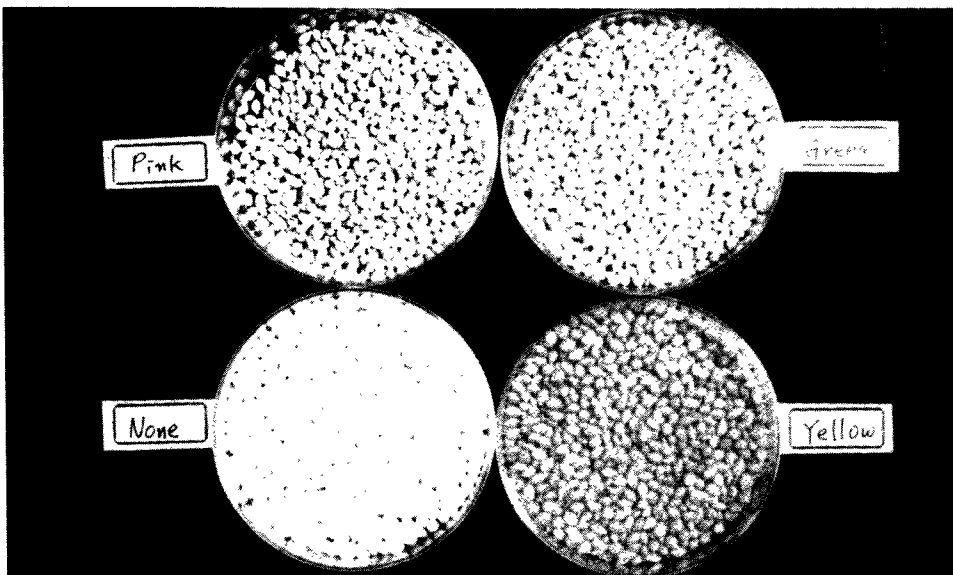


Photo. 5.3.4. Coloring of seed coatings at the final stage.

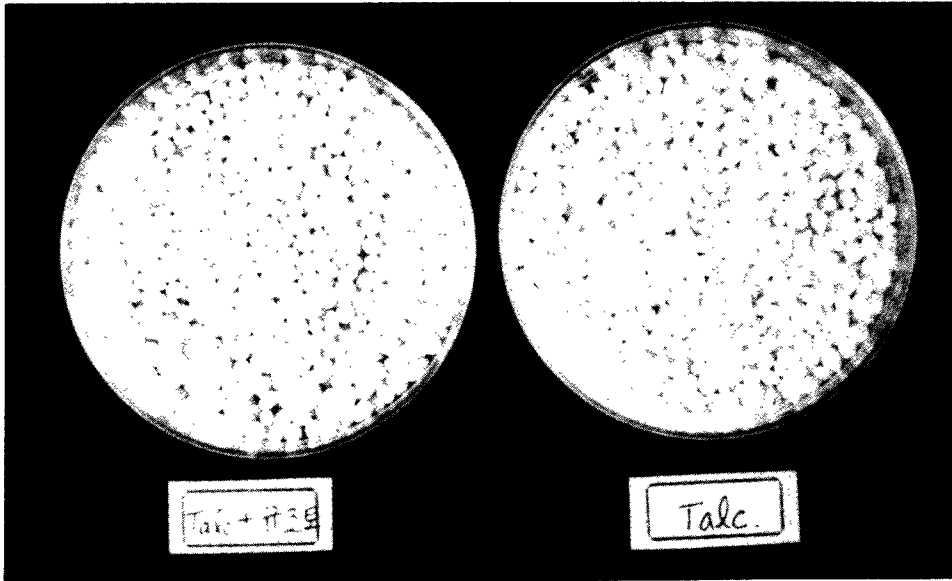


Photo. 5.3.5. Appearance of lettuce seeds coated with talc alone or combined with diatomite.

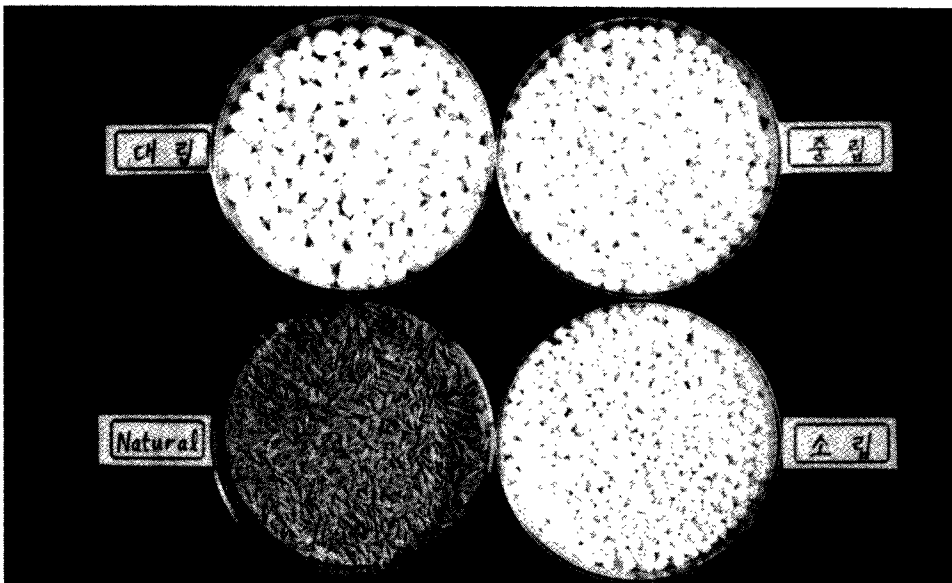


Photo. 5.3.6. Comparison of pellet seed size with original lettuce seeds.

인 용 문 헌

- Abdul-Baki, A.A. 1980. Biochemical aspects of seed vigour. HortScience. 15:765-771.
- Akers, S.W. and K.E. Holley. 1986. SPS: A system for priming seeds using aerated polyethylene glycol or salt solutions. HortScience 21:529-531.
- Ali, A., V.S. Machado, and A.S. Hamill. 1990. Osmoconditioning of tomato and onion seeds. Scientia Hort. 43:213-224.
- Aljaro, U.A. and H.L. Wyneken. 1985. Osmotic conditioning of pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds and its effects on germination and emergence. Agricultura Tecnica(Santiago) 45:293-302.
- Aljaro, U.A. and M. Martinez. 1987. Agronomic evaluation of the osmotic conditioning of sweet pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). I. Effects on the germinative process, under different temperature. Agricultura Tecnica(Santiago) 47:248-253.
- 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.
- Alvarado, A.D. and K.J. Bradford. 1988. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seed. I. Effects of storage temperature on germination rate and viability. Seed Sci. & Technol. 16:601-612.
- Alvarado, A.D. and K.J. Bradford. 1988. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seed. II. Influence of a second treatment after storage on germination and field emergence. Seed Sci. & Technol. 16:613-623.
- Antonov, I., K. Slavov, P. Purvanov and S. Stanchey. 1978. Pelleting of sugar beet seed and of some other crops. Plant Sci. 15:120-135.
- Argerich, C.A. and K.J. Bradford. 1989. The effects of priming and ageing on seed vigour in tomato. J. Exp. Bot. 40:599-607.
- Argerich, C.A. K.J. Bradford, and A.M. Tarquis. 1989. The effects of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. J. Exp. Bot. 40:593-598.
- Barlow, E.W.R. and A.M. Haigh. 1987. Effect of seed priming on the emergence, growth and yield of UC 82B tomatoes in the field. Acta Hort. 200:153-164.
- 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.
- 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
- Bennett, M.A. 1988. Evaluation of seed coating and priming treatments for stand establishment of processing tomatoes. Proc. Intern. Conf. Stand Estab. Hort. Crops. Lancaster, PA. p.51-62.

- Berrie, A.M.M. and D.S.H. Drennan. 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. *New Phytol.* 70:135-142.
- Bewley, J.D. 1981. Protein Synthesis, p.260-282. In: L.G. Paleg and D. Aspinall (eds.). *Physiology and biochemistry of drought resistance in plants.* Academic, Australia.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1985. *Seeds physiology of development and germination.* Plenum, New York.
- Bhatt, R.M. and N.K. Srinivasa Rao. 1987. Seed germination and seedling growth responses of tomato cultivars to improves water stress. *J. Hort. Sci.* 62:221-225.
- Bino, R.J., J.N. De Vries, H.L. Kraak, and J.G. Van Pijlen. 1992. Flow cytometric determination of nuclear DNA replication stages in tomato seeds during priming and germination. *Ann. of Bot.* 69:231-236.
- Black, R. A. and F. M. Elhadi. 1992. Presowing treatments of acacia senegal seed germination and growth. *Tropical Agriculture* 69:15-20.
- Bodsworth, S. and J.D. Bewley. 1981. Osmotic priming of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. *Can. J. Bot.* 59:672-676.
- Bradford, K.J., J.J. Steiner, and S.E. Trawatha. 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Sci.* 30:718-721.
- Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience.* 26:1105-1112.
- Bradford, K.J. and T.C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress, p.263-323. In: O.L. Lang, P.S. Nobel, C.B. Osmond, and H. Ziegler (eds.). *Physiological plant ecology. II, Water relations and carbon assimilation.* Encyclopedia of plant physiology, new series. Vol. 12B. Springer-Verlag, Berlin.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- Braun, J.W. and A.A. Khan. 1976. Alleviation of salinity and high temperature stress by plant growth regulators permeated into lettuce seeds via acetone. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:716-721.
- Bray, C.M., P.A. Davison, M. Ashraf, and R.M. Taylor. 1989. Biochemical changes during seed osmopriming. Third Intl. Workshop on seeds. ANATO Adv. Res. Workshop. Williamsburg, VA. p.11 [Abstr].
- Bray, C.M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. p767-790. In: J. Kigel and G. Galil (eds) *Seed Development and Germination.* Marcel Dekker, Inc. New York
- Brocklehurst, P.A., J. Dearman, and R.L.K. Drew. 1987. Improving establishment of vegetable crops by osmotic seed treatment. *Acta Hort.* 198:73-80.
- Brocklehurst, P.A. and J. Dearman. 1983. Interaction between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. *Ann. Appl. Biol.* 102:577-584.

Brocklehurst, P.A. and J. Dearman. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth. *Ann. Appl. Biol.* 102:585-593.

Brocklehurst, P.A. and J. Dearman. 1984. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. *Ann. Appl. Biol.* 105:391-398.

Brocklehurst, P.A. and R. S. S. Fraser. 1980. Ribosomal RNA integrity and the rate of seed germination. *Planta* 148:417-421.

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.

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.

Brug, W.J., J.W. Aartse, R.A. van Zwol, H. Jslink, and R.J. Bino. 1994. Predicting tomato seedling morphology by x-ray analysis of seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:258-263.

Bujalski, W., A.W. Nienow, and D. Gray. 1989. Establishing the large scale osmotic priming of onion seeds by using enriched air. *Ann. Appl. Biol.* 115:171-176.

Bujalski, W. and A.W. Nienow. 1991. Large scale osmotic priming of onion seeds: A comparison fo different strategies for oxygenation. *Scientia Horticulturae* 46:13-24.

Burgass, R.W. and A.A. Powell. 1984. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. *Ann. of Bot.* 53:753-757.

Burris, J. S. and D. C. Mecgee. 1991. Seed coating technology. Reserach work at Iowa State University, Seed Science Center, Ames, Iowa 50011.

Bussell, W.T. and D. Gray. 1976. Effect of pre-sowing seed treatments and temperatures on tomato seed germination and seedling emergence. *Scientia Horticulturae* 5:101-109.

Bussell, W.T. and D. Gray. 1980. Emergence and growth of tomatoes after sowing chitted and untreated tomato seed. *J. Expt. Agr.* 8:159-162.

Canerday, R. 1990. Coating creates nutrient environment. *Seed World.* June. p48-49.

Cano, E.A., M.C. Bolarin, F. Perezalfocea, and M. Caro. 1991. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. *J. Hort. Sci.* 66:621-628.

Cantliffe, D.J., J.M. Fischer, and T.A. Nell. 1984. Mechanism of seed priming in circumventing thermodormancy in lettuce. *Plant Physiol.* 75:290-294.

Cantliffe, D.J., K.D. Shuler, and A.C. Guedes. 1981. Overcoming seed thermodormancy in a heat sensitive romaine lettuce by seed priming. *HortScience* 16:196-198.

Cantliffe, D.J., M. Elballa, A. Guedes, G.B. Odell, P. Perkins- Veazie, J.R. Schultheis, D.N. Seale, K.D. Shuler, I. Tanne, and J.T. Watkins. 1987. Improving stand

establishment of direct seeded vegetables in florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 100:213-216.

Cantliffe, D.J. 1981. Priming of lettuce seed for early and uniform emergence under conditions of environmental stress. Acta Hort. 122:29-38.

Cantliffe, D.J. 1991. Benzyladenine in the priming solution reduces thermodormancy of lettuce seeds. HortTechnol. 1:95-97.

Cantliffe, D.J. and J.T. Watkins. 1983. More rapid germination of pepper seeds after seed treatment. Proc. Fla. State Hort. Soc. 96:99-101.

Cappita, N.C., M.W. Nabors, C.W. Ross, and N. L. Petretic. 1979. The growth physics and water relations of red light-induced germination in lettuce seeds. IV. Biochemicals changes in the embryonic axes of red- and far-treated seeds. Planta 144:225-233.

Carpenter, W.J. 1989. *Salvia splendens* seed pregermination and priming for rapid and uniform plant emergence. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:247-250.

조정래, 박중춘, 강성모, 최영환, 정연옥, 강점순, 김희규, 정헌재, 신원교, 이도현. 1991. 인공 씨감자 및 채소종자의 coating 가공법 개발. 과학기술처 특정연구개발사업.

조정래, 강성모, 정연옥, 강남준, 강점순. 1994. 발아촉진과 입묘율 향상을 위한 채소종자의 priming 및 coating에 관한 연구. 한국과학재단 핵심전문연구과제, KOSEF 921-1500-006-2.

조만진, 김영봉, 강점순, 정연옥, 조정래. 1994. 시금치의 종자전처리가 파종시기별 생장에 미치는 영향. 경상대학교 농업연구소보 28:15-23.

Cantliffe, D.J., K.D. Shuler, and A.C. Guedes. 1981. Overcoming seed thermodormancy in a heat sensitive romaine lettuce by seed priming. HortScience 16:196-198.

Cobb, B.G., P.T. Smith, and W. Matthew. 1988. Protein and amino acid metabolism during priming and subsequent germination of *Capsicum annuum*. HortScience. 23:795(Abstr.).

Cocuci, S.M. 1977. Effect of ABA, GA₃ FC on the development of potassium uptake germinating radish. Plant Sci. Lett. 10:85-95.

Come, D. and T. Tissaoui. 1973. Interrelated effects of imhibition, temperature and oxygen on seed germination, p.157-168. In: W. Heydecker (ed.). Seed ecology. Butterworths, London.

Coolbear, P., A. Francis, and D. Grierson. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. J. Exp. Bot. 35:1609-1617.

Coolbear, P., D. Grierson, and W. Heydecker. 1980. Osmotic pre-sowing treatment and nucleic acid accumulation in tomato seeds (*Lycopersicon lycopersicum*). Seed Sci. & Technol. 8:289-303.

Coolbear, P., R.J. Slater, and J.A. Bryant. 1990. Changes in nucleic acid levels associated with improved germination performance of tomato seeds after low temperature presowing treatment. Ann. of Bot. 65: 187-195.

Coolbear, P. and D. Grierson. 1979. Studies on changes in the major nucleic acid compoments of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.) resulting from osmotic presowing treatment. J. Exp. Bot. 30:1153-1162.

- Coolbear, P. and D. Grierson. 1979. Studies on the changes in the major nucleic acid components of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.) resulting from presowing treatments. *J. Exp. Bot.* 30:1153-1162.
- Dadlani, M., V. V. Shenoy and D. V. Seshu. 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. *Seed Sci. & Technol.* 20:307-313.
- Dahal, P., K.J. Bradford, and R.A. Jones. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at suboptimal temperature. *J. Exp. Bot.* 41:1431-1439.
- Dahal, P., K.J. Bradford, and R.A. Jones. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. II. Germination at reduced water potential. *J. Exp. Bot.* 41:1441-1453.
- Daniel, C. and T. Claudine. 1982. Environmental control of embryo dormancy and germination, p.271-298. In: A.A. Khan (ed.). *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination.* Elsevier Biochemical press, Amsterdam.
- Darby, R.J. and P.J. Salter. 1976. A techniques for osmotically pre-treating and germinating quantities of small seeds. *Ann. Appl. Biol.* 83:313-315.
- Date, R.A. 1976. In "Exploiting the Legume Rhizobium Symbiosis in Tropical Agriculture" (J. M. Vincent, A. S. Whitney, and J. Bose, eds). pp. 293-311. Univ. Hawaii Coll. Trop. Agric. Misc. Publ. 145
- Davis, T.D., J.E. Ells, and R.H. Walser. 1990. Emergence, growth, and freezing tolerance of tomato seedlings grown from uniconazole-treated seed. *HortScience* 25:312-313.
- Dearman, J., P.A. Brocklehurst, and R. L. K. Drew. 1986. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination, *Ann. Appl. Biol.* 108:639-648.
- Dearman, J., P.A. Brocklehurst, and R.L.K. Drew. 1986. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *Ann. Appl. Biol.* 108:639-648.
- 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 seeds. *Ann. Appl. Biol.* 111:717-722.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability. *Seed Sci. & Technol.* 1:427-452.
- Demir, I. and R.H. Ellis. 1992. Development of pepper(*Capsicum annuum*) seed quality. *Ann. Appl. Biology* 121:385-399.
- 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.
- 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
- Ellis, R.H. and P.D. Butcher. 1988. The effects of priming and 'Natural' differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypic control. *J.*

Exp. Bot. 39:935-950.

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.

Fieldhouse, A.J. and M. Sasser. 1975. Stimulation of pepper seed germination by sodium hypochlorite treatment. HortScience 10:622.

Fieldhouse, A.J. and M. Sasser. 1978. Stimulation of pepper seed germination. HortScience 13:343.

Finchsavage, W.E. 1991. Development of bulk priming plant growth regulator seed treatments and their effect on the seedling establishment of 4 bedding plant species. Seed Sci. & Technol. 19:477-485.

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.

Fleming, R.L. and S.A. Lister. 1984. Stimulation of black spruce germination by osmotic priming: Laboratory studies. Information Report O-X-362. Canadian Forestry Service.

Footitt, S. and M.A. Cohn. 1992. Seed dormancy in red rice. VIII. Embryo acidification during dormancy-breaking and subsequent germination. Plant Physiol. 100:1196-1202.

Francis, A. and P. Coolbear. 1987. A comparison of changes in the germination responses and phospholipid composition of naturally and artificially aged tomato seeds. Ann. of Botany 59:167-172.

Francis, A. and P. Coolbear. 1988. Changes in the fatty acid content of the polar lipid fraction of tomato seeds induced by ageing and/or subsequent low temperature pre-sowing treatment. Seed Sci. & Technol. 16:87-95.

Frett, J.J., W.G. Pill, and D.C. Morneau. 1991. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. HortScience 26:1158-1159.

Fujikura, Y. and C.M. Karssen. 1992. Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. Seed Science Research 2:23-31.

Furutani, C.S., B. H. Zandstra, and H. C. Price. 1986. The effects of osmotic solute composition and duration and temperature of priming on onion seed germination. Seed Sci. & Technol. 14:545-552

Georghiou, K., C.A. Thanos, and H.C. Passam. 1987. Osmoconditioning as a means of counteracting the ageing of pepper seeds during high temperature storage. Ann. of Bot. 60:279-285.

Ghate, S.R. and S.C. Phatak. 1982. Preference of tomato and pepper seed germinated before planting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:908-911.

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

Gianinazzi-Peatson, V., and Diem, H. G. 1982. In "Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity" (Y. R. Dommergues, and H. G. Diem, eds.). pp. 209-251. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk, The Hague.

- Goot, S.P.C. and C.M. Karssen. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: A study with gibberellin-deficient mutants. *Planta* 171:853-859.
- Gray, D., H.R. Rowse, and R.L.K. Drew. 1990. A comparison of two large- scale seed priming techniques. *Ann. Appl. Biol.* 116:611-616.
- Gray, D., J.R.A. Steckel, and L.J. Hands. 1990. Responses of vegetable seeds to controlled hydration. *Ann. of Botany* 66:227-235.
- Gray, D., R.L.K. Drew, W. Bujalski, and A.W. Nienow. 1991. Comparison of polyethylene glycol polymers, betaine and L-proline for priming vegetable seed. *Seed Sci. & Technol.* 19:581-590.
- 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.
- Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:149-190.
- Groot, S.P.C. and C.M. Karssen. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: A study with gibberellin-deficient mutants. *Planta* 171:853-859.
- Guedes, A.C., D.J. Cantliffe, K.D. Shuler, and E. Munter. 1979. Overcoming thermodormancy in lettuce by seed priming. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 92:130-133.
- Guedes, A.C. and D.J. Cantliffe. 1980. Germination of lettuce (*Lactuca sativa*) at high temperature after seed priming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:777-781
- Haigh, A.M., E. W.R. Barlow, F. L. Milthrope, and P. J. Sinclair. 1986. Field emergence of tomato (*Lycopersicon esculentum*), carrot (*Daucus carota*) and onion (*Allium cepa*) seeds primed in an aerated salt solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:660-665.
- Haigh, A.M. 1988. Why do tomato seeds prime ?. Ph.D. Dissertation, Macquarie University, Sydney, Australia.
- Haigh, A.M. and E.W.R. Barlow. 1987. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:202-208.
- Haigh, A.M. and E.W.R. Barlow. 1987. Water relations of tomato seed germination. *Aust. J. Plant Physiol.* 114 : 485-492.
- Haigh, A.M. and E.W.R. Barlow. 1987. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:202-208.
- Haigh, A.M. and E.W.R. Barlow. 1987b. Water relations of tomato seed germination. *Aust. J. Plant Physiol.* 14 : 485-492.
- 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. Council.
- Halpiningham, B. and F.J. Sundstrom. 1992. Pepper seed water content, germination response and respiration following priming treatments. *Seed Sci. &*

Technol. 20:589-596.

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.

Hardegree, S.P. and W.E. Emmerich. 1992. Seed germination response of four southwestern range grasses to equilibration at subgermination matric-potentials. Agron. J. 84:994-998,

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 78:520-525.

Harman, G.E. and L.R. Mattick. 1976. Association of lipid oxidation with seed ageing and death. Nature 260:323-324.

Hegarty, T.W. 1978. The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination. Plant Cell Environ. 1:101-119.

Hegarty, T.W. 1978. The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: A review. Plant Cell Environ. 1:101-119

Hegarty, T.W. and H.S. Ross. 1980/1981. Investigations of control mechanisms of germination under water stress. Israel J. Bot. 29:83-92.

Heydecker, W., J. Higgins, and Y.J. Turner. 1975. Invigoration of seeds ?. Seed Sci. & Technol. 3:881-888.

Heydecker, W. 1973/74. Germination of an idea: the priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report. p. 50-67

Heydecker, W. 1974. Germination of an idea: the priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report, 1973/1974:50-57

Heydecker, W. 1977. Stress and seed germination. p. 240-282. In: A. A. Khan (ed.), The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. Elsevier/North-Holland, Amsterdam.

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.

Heydecker, W. and B.M. Gibbins. 1978. Attempts to synchronise seed germination. Acta Hort. 72:79-92.

Heydecker, W. and P. Coolbear. 1977. Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. Seed Sci. & Technol. 5:353-425.

Heydecker, W.H., J. Higgins, and R.L. Gullivar. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature 246:42-44.

Higgins, T.J.V. 1984. Synthesis and regulation of major protein in seeds. Ann. Rev. Plant Physiol. 35:191-221.

Hiroshi, K. and O. Yukito. 1980. Promotion by gibberellin of lettuce seed germination as a function of resoaking period. Plant and Cell Physiol. 21:561-569.

Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570.

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.

International Seed Testing Association. 1993. International rules for seed testing. *Seed Sci. & Technol.* 21(Suppl):141-146.

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.

Jeffs, K. A., and T. J. Tuppen. 1986. Application of pesticides to seeds. Requirements for efficient treatment of seeds. In *Seed Treatment*, ed. K. A. Jeffs, 3:17-45. Thornton Heath /Surrey, England: Brit. Crop Prot. Council.

정연옥. 1994. 고추의 초기 발아촉진을 위한 종자 priming의 효과와 이의 생리적 기작에 관한 연구. 경상대학교 박사학위 논문.

정연옥, 조정래. 1994. Priming 처리가 토마토 종자의 품종별 초기발아율과 유묘출현율 향상에 미치는 영향. *경상대학교 농어촌개발연구소보* 13:47-55.

정연옥, 조정래. 1994. 토마토 종자의 priming 후 저장력 차이와 퇴화처리한 종자의 priming 효과. *경상대학교 농어촌개발연구소보* 13:57-65.

정연옥, 조정래, 강성모. 1994. 고추 (*Capsicum annuum* L.) 종자의 노화처리 및 생장 조절물질 첨가에 따른 priming 효과. *한국원예학회지* 35:407-414.

정연옥, 강남준, 조정래, 김재환. 1994. Priming 조건이 토마토 종자의 초기발아율 향상에 미치는 효과. *한국원예학회지*. 35:574-580.

정연옥, 강남준, 강점순, 조정래. 1994. 고추 종자의 발아촉진을 위한 sodium hydroxide의 효과. *경상대학교 농업연구소보* 28:7-14.

정연옥, 조정래. 1995. 토마토 및 고추 종자 coating 재료의 전처리가 발아와 초기생육에 미치는 영향. *한국원예학회지* 36:185-191.

조정래, 정연옥, 강남준, 강점순. 1995. 원예작물 일관생산체계를 위한 공정육묘시스템 개발. 종자 전처리에 의한 묘소질 향상연구. 농촌진흥청 특정연구과제 제3년차 완결보고서.

정연옥, 조정래. 1996. 고추(*Capsicum annuum* L.) 종자의 priming 후 저장온도와 repriming이 발아에 미치는 영향. *한국원예학회지* 37:201-205.

정연옥, 조정래. 1996. 고추(*Capsicum annuum* L.) 종자의 priming 후 건조온도와 기간 및 저장중 종자수분함량이 발아에 미치는 영향. *한국원예학회지* 37:522-525.

伊東 正. 1988. 시드. 프라이밍, p.199-210. *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.*

강남준. 1994. 고추종자에 있어서 K_3PO_4 를 이용한 priming과 침지용액의 pH 조절에 따른 저온 발아촉진에 관한 생화학적 연구. 경상대학교 박사학위 논문.

강점순. 1996. Priming에 의한 토마토 종자의 생리생태학적 변화와 발아 및 내환경성 증진에 관한 연구. 경상대학교 박사학위 논문.

- 강점순, 조정래. 1996. 수박종자의 priming 처리가 발아와 유묘생장에 미치는 영향. 한국원예학회지 37:12-17.
- 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 토마토 종자의 priming과 발아기간중의 형태학적 변화. 한국원예학회지 37:206-213.
- 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 수분 및 염분 stress 조건에서의 토마토 종자의 발아에 미치는 영향. 한국원예학회지 37:516-521.
- 강점순, 조정래. 1996. 적정 priming 조건이 토마토 종자의 발아와 유묘생장에 미치는 효과. 한국원예학회지 37:645-651.
- 강점순, 조정래. 1996. 프라이밍후 저장온도 및 종자함수량이 토마토 종자의 발아에 미치는 영향. 한국원예학회지 37:652-656.
- Karssen, C.M., A. Haigh, P. Toorn, and R. Weges, 1989. Physiological mechanisms involved in seed priming. In recent advances in the development and germination of seed (R.B. Taylson, ed.), pp 269-280. Plenum Press, New York and London.
- Karssen, C.M. and R. Weges. 1987. Osmoconditioning of lettuce seeds and induction of secondary dormancy. Acta Hort. 215:165-171.
- Kaufman G. 1994. Seed coating: A tool for stand establishments: A stimulus to seed quality. HortTechnology. Oct/Dec. 98-102.
- Khan, A.A., A. Szafirowska, and N. H. Peck. 1981. Osmoconditioning of seed. New York's Food Life Sci. Quart. 13:9-13.
- Khan, A.A., C.M. Karssen, E.F. Leue, and C.H. Roe 1979. Preconditioning of seeds to improve performance. p. 395-413. In: T. K. Scott(ed.), Plant Regulation and World Agriculture. Plenum, New York.
- Khan, A.A., H. Miura, J. Prusinski, and S. Ilyas, 1990. Matricconditioning of seeds to improve seeding emergence. Proc. National Symp. Stand Estab. Hort. Crops. Minneapolis. MN. p. 19-40.
- Khan, A.A., J.D. Maguire, G.S. Abawi and S. Ilyas. 1992. Matricconditioning of vegetable seeds to improve stand establishment in early field plantings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:41-47.
- Khan, A.A., K.L. Tao, J.S. Knypl, B. Borkowska, and L.E. Powell. 1978. Osmotic conditioning of seeds: Physiological and biochemical changes. Acta Hort. 82:267-278.
- Khan, A.A., K.L. Tao, J.S. Knypl, B. Borkowska, and L.E. Powell. 1978. Osmotic conditioning of seeds : Physiological and biochemical changes. Acta Hort. 83:267-278.
- Khan, A.A., N.H. Peck, and C. Samimy. 1980/1981. Seed osmoconditioning: Physiological and biochemical changes. Isr. J. Bot. 29:133-144.
- Khan, A.A. 1977. Photo- and hormone-control of osmotic process(es) affecting lettuce seed germination. Plant Physiol. 61:33.
- Khan, A.A. 1978. Incorporation of bioactive chemicals into seeds to alleviate environmental strss. Acta Hort. 83:225-234.
- Khan, A.A. 1980/81. Hormonal regulation of primary and secondary seed dormancy. Isr. J. Bot. 29:207-224.

Khan, A.A. 1990. Enhanced sensitivity of germination and growth processes to ethylene under stress, p. 1258-1270. In: S. K. Sinha, P. V. Sine, S. C. Bhargava and P. K. Agarwal(eds.). Proc. Int. Congr. Plant Physiol., New Delhi, India.

Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 13: 131-181.

Khan, A.A. and C. Samimy. 1982. Hormones in relation to primary and secondary seed dormancy. p. 203-241. In: A. A. Khan(ed.), The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination. Elsevier, Amsterdam.

Khan, A.A. and G.-W Zeng. 1985. Dual action of respiratory inhibitors. Inhibition of germination and pervention of dormancy induction in lettuce seeds. Plant Physiol. 77:817-823.

Khan, A.A. and J. Prusinski. 1989. Kinetin enhanced 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid utilization during alleviation of high temperature stress in lettuce seeds. Plant Physiol. 91:733-737.

Khan, A.A. and X.L. Huang. 1988. Synergistic enhancement of ethylene production and germination with kinetin and 1-aminocyclopropane -1-carboxylic acid in lettuce seeds exposed to salinity stress. Plant Physiol. 87:847-852.

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.

Kim, H.B., I.M. Anthkins, and M.E. McDanil. 1971. Method of breaking dormancy in oats. J. Kor. Soc. Crop Sci. 10:85-90.

Kitamura, S., Watanabe, M., and M. Nakazama. 1981. Process for producing coated seed. US Patent 4,250,660

Koehler, D.E. 1967. Studies on a treatment hastening germination of tomato seeds. M. S. thesis, Purdue University.

Koller, D., A.M. Mayer, and S. Klein. 1962. Seed germination. Ann. Rev. Plant Physiol. 13:437-461.

Koller, D. and A. Hadas. 1982. Water relations in the germination of seeds. In Physiological Plant Ecology. II. Water relation and carbon assimilation. Encyclopedia of plant physiology. New series(eds. O.L. Lang, P.S. Osmond and H. Ziegler). Springer Verlag, Berlin Heidelberg. Vol. 12B. pp 401-431.

Koranski, D. 1985. Plug production in the bedding plant industry. Part II. Bedding Plant Intl. News. 16(10):7-9.

Kubik, K.K., J.A. Eastin, J.D. Eastin, and K.M Eskridge. 1988. Solid matrix priming of tomato and pepper. Proc. Int. Conf. Stand Est. Hortic. Crops, Lancaster, PA. p.86-96.

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.

Langan, T. D., J. W. Pendleton and E. S. Oplinger. 1986. Peroxide coated seed emergence in water-saturated soil. Agron. J. 78:769-772.

Lee, W.S. and J.P. Lee. 1971. Effect of N⁶-benzyladenine on germination of lettuce

seeds. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 11:41-48.

Leopold, A.C. 1983. Volumetric components of seed imbibition, Plant Physiol. 73:677-680,

Leskovar, D.I. and W.L. Sims. 1987. Emergence and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to presowing treatments. Acta Hort. 200:145-152.

Lewak, S. and R. M. Rudnicki. 1977. After-ripening in cold- requiring seeds, p. 193-217. In: A. A. Khan(ed.), The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. Elsevier, Amsterdam.

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

Liptay, A. and C.S. Tan. 1985. Effect of various levels of available water on germination of polyethylene glycol(PEG) pretreated or untreated tomato seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:748-751.

Liptay, A. and N. Zariffa. 1993. Testing the morphological aspects of polyethylene glycol-primed tomato seeds with proportional odds analysis. HortScience. 28:881-883.

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.

Lutchmeah, R.S. and R.C. Cooke. 1985. Pelleting of seed with antagonist *Pythium oligandrum* for biological control of damping-off. Plant Pathol. 34: 528-531.

Malnassy, P.G. 1971. Physiological and biochemical studies on a treatment hastening the germination of seeds at low temperatures. Ph.D. Diss. Rutgers Univ., New Brunswick, N.J.

Malnassy, T.G. 1971. Physiological and biochemical studies on a treatment hastening the germination of seeds at low temperature. Ph. D. Thesis, Rutgers University, New Jersey.

Marre, E. 1979. Fusicoccin : A tool in plant physiology. Annu. Rev. Plant Physiol. 30:273-288.

Martinez, M. and A. Aljaro. 1987. Agronomic evaluation of the osmotic conditioning of sweet pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). II. Effects on emergence and development of seedlings. Agricultura Tecnica (Santiago) 47:321-325.

Matthews, A. 1981. Evaluation of techniques for germination and vigour studies. Seed Sci. & Technol. 9:543-551.

Matthews, S. 1980. Controlled deterioration: A new vigour test for crop seeds, p.647-660. In: P.D. Hebblethwaite (ed.). Seed production. Butterworths, London.

Mayberry, K. S. and F. E. Robinson. 1982. Lettuce coatings. Amer. Veg. Grower 30:32.

Mazor, L., M. Peal, and M. Negbi. 1984. Changes in some ATP-dependent activities in seeds during treatment with polyethylene glycol and during the redrying process. J. Exp. Bot. 35:1119-1127.

McCready, R.M., J. Guggolz, V. Silveira, and H.S. Owens. 1950. Determination of

starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22:1155-1158.

Mexal, J., J.T. Fisher, J. Osteryoung, and C.P.P. Reid. 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. *Plant Physiol.* 55:20-24.

Michel, B.E., O.K. Wiggins, and W.H. Outlaw, Jr. 1983. A guide to establishment water potential of aqueous two-phase solutions (Polyethylene glycol plus dextran) by amendment with mannitol. *Plant Physiol.* 72:60-65.

Michel, B.E. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiol.* 72:66-70.

Michel, B.E. and M.R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51:914-916.

Miller, W. F. and C. Sooter. 1967. Improving emergence of pelleted vegetable seed. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 10:658-666.

Murray, G.A., J.B. Swensen, and G. Beaver. 1992. Emergence of spring- and summer-planted onions following osmotic priming. *HortScience* 27:409-410.

Nabors, M.W. and A. Lang. 1971. The growth physics and water relations of red-light-induced germination in lettuce seeds. *Planta* 101:1-25.

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.

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.

中村俊一郎, 芥原測之. 1980. ポリエチレングリコールによる野菜種子の発芽促進(第1報). ナス, ミツベ及びニンジン. *園学雑.* 48:443-452.

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.

Nienow, A.W. and P.A. Brocklehurst. 1987. Seed preparation for rapid germination-engineering studies, p.52-63. In: G.W. Moody and P.B. Baker (eds.). *Bioreactors and biotransformations.* Elsevier, London.

Nonogaki, H., H. Matsushima, and Y. Morohashi. 1992. Galactomannan hydrolyzing activity develops during priming in the micropylar endosperm tip of tomato seeds. *Physiol. Plant.* 85:167-172.

Nonogaki, H., H. Matsushima, and Y. Morohashi. 1992. Galactomannan hydrolyzing activity develops during priming in the micropylar endosperm tip of tomato seeds. *Physiol. Plant.* 85:167-172.

O'Sullivan, J. and W.J. Bouw. 1984. Pepper seed treatment for low temperature germination. *Can. J. Plant. Sci.* 64:387-393.

Odell, G.B., D.J. Cantliffe, H.H. Bryan, and P.J. Stoffella. 1992. Stand establishment and yield response to improved direct-seeding methods of tomatoes. *HortScience* 27:1185-1188.

- Odell, G.B. and D.J. Cantliffe. 1986. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. Proc. Fla. State Hort. Soc. 99:303-306.
- Passam, H.C., P.I. Karavites, A.A. Papandreou, C.A. Thanos, and K. Georghiou. 1989. Osmoconditioning of seeds in relation to growth and fruit yield of aubergine pepper, cucumber and melon in unheated greenhouse cultivation Scientia Hort. 38:207-216.
- Paul, L.O. and W.G. Pill. 1994. Germination of osmotically primed asparagus and tomato seeds after storage up to three months. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 119:636-641.
- Perkins-Veazie, P. and D.J. Cantliffe. 1984. Need for high quality seed for effective priming to overcome thermodormancy. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:368-372.
- 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.
- Pill, W.G., J.J. Frett, and D.C. Morneau. 1991. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. HortScience 26:1160-1162.
- Pill, W.G. and D.M. Watts. 1983. Nutrient-fortified gel as a growth medium for tomato seedling. HortScience 18:909-911.
- Pill, W.G. and W.E. Finch-Savage. 1988. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronisation of carrot seed germination. Ann. Appl. Biol. 113:383-389.
- Poel, L.W. 1949. Germination and development of heather and hydrogen in concentration of medium. Nature 196:647-648.
- Porter, F. E., and H. E. Kaerwer. 1974. Coated seeds and methods .US Patent 3,808,740
- Powell, A.A. and S. Matthews. 1981. Evaluation of controlled deterioration, a new vigour test for small seeded vegetables. Seed Sci. & Technol. 9:633-640.
- Priestley, D.A. and A.C. Leopold. 1986. Alleviation of imbibition chilling injury by use of lanolin. Crop Sci. 26:1252-1254.
- Prusinski, J. and A.A. Khan. 1990. Relationship of ethylene production to stress alleviation in seeds of lettuce cultivars. J. Amer. Soc Hort. Sci. 115:294-298.
- Rao, S.C., S.W. Akers, and R.M. Ahring. 1987. Priming *Brassica* seed to improve emergence under different temperatures and soil moisture conditions. Crop Sci. 27:1050-1053.
- Rayle, D.L. and R.E. Cleland. 1992. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. Plant Physiol. 99:1271-1274.
- Rivas, M., F.J. Sundstrom, and R.L. Edwards. 1984. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. HortScience 19:279-281.
- Robabi. H. 1994. Film-coating of horticultural seed. HortTechnology. 4: 104-105.

- Roberts, E.H. 1977. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. & Technol.* 1:499-514.
- Robinson, F. E. and K. S. Mayberry. 1976. Seed coating, precision planting and sprinkler irrigation for optimum stand establishment. *Agron. J.* 68:694-695.
- 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.
- Rumpel, P. and I. Szudyga. 1978. The influence of presowing seed treatments on germination and emergence of tomato 'New Yorker' at low temperatures. *Scientia Horticulturae* 9:119-125.
- Sachs, M., D.J. Cantliffe, and J.T. Watkins. 1980. Germination of pepper seed at low temperatures after various pretreatments. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 93:258-260.
- 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
- 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
- Sanders, D.C., J.A. Ricotta, and L. Hodges. 1990. Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. *HortScience* 25:181-183.
- Savino, G., P.M. Haigh, and P. De Leo. 1979. Effects of presoaking upon seed vigor and viability during storage. *Seed Sci. & Technol.* 7:57-64.
- Scott, J.M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy* 42:43-83.
- Scott, D., Archie, W. J. 1978. Sulphur, phosphate and molybdenum coating of legume seed. *NZJ. Agric. Res.* 21:643-49
- 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.
- Sharples, G.C. 1973. Stimulation of lettuce seed germination at high temperature by ethephon and kinetin. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98:209-212.
- Sharples, G.C. and J.P. Gentry. 1980. Lettuce emergence from vermiculite seed tablets coating activated carbon and phosphorus. *HortScience* 15:73-75.
- 신원교, 황연현, 정연옥, 이한생. 1996. 발효톱밥을 이용한 채소의 공정육묘 상토조제. *농업과학논문집* 38(2) : 321-325.
- 신원교, 황연현, 정연옥, 이한생. 1996. 상토의 발효톱밥 함량이 오이의 공정육묘에 미치는 영향. *농업과학논문집* 38(2) : 326-330.
- Shoemaker, C. A. and W.H. Carlson. 1990. pH affects seed germination of eight bedding plant species. *HortScience* 25:762-764.
- 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.
- Simon, E.W. and R.M. Raja-Harun. 1972. Leakage during seed imbibition. *J. Exp. Bot.*

23:1076-1085.

Smith, P.T. and B.G. Cobb. 1991. Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. HortScience 26:417-419.

Smith, P.T. and B.G. Cobb. 1991. Physiological and enzymatic activity of pepper seeds (*Capsicum annuum*) during priming. Physiol. Plant. 82:433-439.

Smith P.T. and B.G. Cobb. 1992. Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried, and germinated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). Seed Sci. & Technol. 20:503-513.

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

Sosa-Coronel, J. and J.E. Motes. 1982. Effect of gibberellic acid and seed rates on pepper seed germination in aerated water columns. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:290-295.

Stoffella, P.J., M. Lipucci Di Paola, A. Pardossi, and F. Tognoni. 1992. Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregermination of bell pepper. HortScience 27:214-215.

Stokes, P. 1965. Temperature and dormancy. Encyclop. Plant Physiol. 15:746-803.

Sundstrom, F.J., J.E. Armstrong, R.L. Edwards, and B.L. McDowell. 1986. Relationship between laboratory indices of hot pepper seed vigour and crop greenhouse performance. Seed Sci. & Technol. 14:705-714.

Sundstrom, F.J. and R.L. Edwards. 1989. Pepper seed respiration, germination and seedling development following seed priming. HortScience 24:343-345.

Suzuki, H., S. Obayashi, and H. Luo. 1989. Effects of salt solutions on the priming of several vegetable seeds. J. Japan Soc. Hort. Sci. 58:131-138.

Suzuki, H., S. Obayashi, J. Yamagishi, and S. Inanaga. 1990. Effect of pH of tertiary phosphate solutions on radicle protrusion during priming of carrot seeds. J. Japan Soc. Hort. Sci. 59:589-595.

Suzuki, H., S. Obayashi, J. Yamagishi, and S. Inanaga. 1990. Effect of pH of tertiary phosphate solutions on radicle protrusion during priming of carrot seeds. J. Japan Soc. Hort. Sci. 62:143-148.

Suzuki, H., S. Obayashi, J. Yamagishi, and S. Inanaga. 1990. Effect of pH of tertiary phosphate solutions on radicle protrusion during priming of carrot seeds. J. Japan Soc. Hort. Sci. 62:143-148.

鈴木晴雄, 尾林誠一, 小泉元三. 1989. ニンジンの出芽に対する数種の播種前種子処理の効果. 園学雑. 58:407-414.

鈴木晴雄, 尾林誠一. 1994. 春播ニンジンの出芽および生育収量に対する播種前種子処理の影響. 園学雑. 63:73-79.

Szafirowska, A., A.A. Khan, and N.H. Peck. 1981. Osmoconditioning of carrot seeds to improve seedling establishment and yield in cold soil. Agron. J. 73:845-848.

Takayanagi, K. and K. Murakami. 1969. New method of seed viability test with exudates from seed. Proceedings International Seed Testing Association 34:243-252.

- Tarquis, A.M. and K.J. Bradford. 1992. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *J. Exp. Bot.* 43:307-317.
292. 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. p.261-268.
- Taylor, A.G., D.E. Klein, and T.H. Whitlow. 1988. SMP: Solid matrix priming of seeds. *Scientia Horticulturae* 37:1-11.
- Taylor, A.G., J.E. Motes, and M.B. Kirkham. 1982. Germination and seedling growth characteristics of three tomato species affected by water deficits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:282-285.
- Taylor, A.G., J. Prusinsic, H.J. Hill, and M.D. Dickson. 1992. Influence of seed hydration on seedling performance. *HortTechnology* July/sept 2:336-349
- Taylor, A.G. and G.E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28:321-339
- Taylor, A.G. D.E. Klein, and T.H. Whitlow. 1988. SMP: Solid matrix priming of seeds. *Scientia Hort.* 37:1-11.
- Taylor. A.G. S. S. Lee, M.M. Beresniewicz, and D. H. Paine. 1995. Amino acid leakage from aged vegetable seeds. *Seed Sci. & Technol.* 23:113-122.
- 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.
- Taylorson, R.B. 1972. Phytochrome controlled changes in dormancy and germination of buried weed seeds. *Weed Sci.* 20:417-422.
- Thanos, C.A., K. Georghiou, and H.C. Passam. 1989. Osmoconditioning and ageing of pepper seeds during storage. *Ann. of Bot.* 63:65-69.
- Tonkin, J. H. B. 1984. Pelleting and other presowing treatments. *Ave. Res. Technol. Seeds* 9:94-127.
- Turner, Y.J. 1979. The osmotic treatment of onion (*Allium cepa* L.). Ph.D. Thesis, University of Nottingham.
- 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.
- 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.
- Valdes V.M., K.J. Bradford, and K.S. Mayberry. 1985. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce *Lactuca sativa* cultivar 'Empire' by seed priming. *HortScience* 20:1112-1114
- Watkins, J.T., D.J. Cantliffe, D.J. Huber, and T.A. Nell. 1985. Gibberellic acid stimulated degradation of endosperm in pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:61-65.

- Watkins, J.T. and D.J. Cantliffe. 1983. Hormonal control of pepper seed germination. *HortScience* 18:342-343.
- Watkins, J.T. and D.J. Cantliffe. 1983. Mechanical resistance of seed coat and endosperm during germination of *Capsicum annuum* at low temperature. *Plant Physiol.* 72:146-150.
- Watkins, J.T. and D.J. Cantliffe. 1983. Mechanical resistance of seed coat and endosperm lettuce seeds indenpently of changes in osmotic constituents. *Physiol Plant.* 81:527-533.
- Weges, R. 1987. Physiological analysis of methods to relieve dormancy of lettuce seeds. Ph. D. dissertation, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- 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. p.61-68.
- Wolfe, D.W. and W.L. Sims 1982. Effects of osmoconditioning and fluid drilling of tomato seed on emergence rate and final yield. *HortScience* 17:936-937.
- Woodstock, L.W. 1967. Relationships between respiration during imbibition and subsequent growth rates in germination seeds, p.136-146. In: A. Locker (ed.). *Quantitative biology of metabolism.* Springer-Verlag, New York.
- Wurr, D.C.E. and J.R. Fellows. 1984. The effect of grading and priming of crisp lettuce cultivar 'Saladin' on germination at high temperature, seed vigor and crop uniformity *Ann. Appl. Biol.* 105:345-352.
- Yaklich, R.W. and M.D. Orzolek. 1977. Effect of polyethylene glycol 6000 on pepper seed. *HortScience* 12:263-264.
- Yang, S.G. and N.E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 34:155-189.
- Yemm, E.W. and E.C. Cocking. 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst.* 80:209-213.
- Yomo, H. and K. Srinivasan. 1973. Protein breakdown and formation of protease in attached and detached cotyledons of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 52:671-673.
- Zagorski, S. and S. Lewak. 1983. Interactions between hydrogen cyanide, gibberellin, abscic acid red light in germination of lettuce seeds. *Physiol. Plant.* 59:95-98.
- Zhang, B. and J. Fu. 1985. Changes in isocitrate lyase activity in peanut seed of different vigor during germination and the effect of osmoconditioning on enzyme activity. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* 3:98-103.
- Zuo, W., C.H. Hang, and G. Zheng. 1988. Effects of osmotic priming with sodium polypropionate (SPP) on seed germination. *Proc. Intern. Conf. stand Estab. Hort. Crops, Lancaster, PA.* p.114-123.
- Zuo, W., C. H. Hang, and G. Zheng. 1988. Physiological effects of priming with SPP on seeds of pea, tomato and spinach. *Proc. Intern. Conf. Stand Estab. Hort. Crops, Lancaster, PA.* p.124-133.