

GOVP1200209330

635.13-19  
L293 E

최 종  
연구보고서

## 당근의 종자처리와 기계파종 기술 개발

Development of a competitive production system for  
carrots through pretreatment and coating the seed

연구기관

경상대학교

농 립 부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “당근의 종자처리와 기계과종 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 11. 10.

주관연구기관명	:	경상대학교	농과대학
총괄연구책임자	:	조	정래
연구원	:	강성	모석
연구원	:	채윤	석석
연구원	:	박창	희석
연구원	:	김정	희연
연구원	:	강남	준현
연구원	:	강	준선
연구원	:	김	현철
연구원	:	임	종민
연구원	:	박	수정
연구원	:	임	채지
연구원	:	안	신현
연구원	:	김	도한
연구원	:	박	혜교
협동연구기관명	:	밀양	대학
협동연구책임자	:	강	대점
연구원	:	최	영환
연구원	:	김	태구
연구원	:	손	우길

여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

당근의 종자처리와 기계파종 기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

### 1. 연구개발의 목적

당근은 향기와 맛 그리고 비타민 A의 함유량이 높은 건강보전 채소이며 색깔과 저장력이 높아 식품 재료로 이용이 높은 채소이다. 이와 같은 연유로 국내 재배면적은 과거 '80년대에 비해 크게 증가하여 '99년에는 5,585ha로 지속적으로 늘어나고 있다. 이는 농수산물 수입개방화 여파로 경쟁력이 떨어진 타 작물들이 당근재배로 전환된 것에 기인한 것으로 보인다.

당근 소비는 지난 10년간 1인당 1일 소비량이 5.0g인데, 주로 생식 및 조리용으로 이용되었으나 최근에는 통조림용, 정과, 주스, 조미소스 및 이유식 등 그 수요가 증가하는 추세에 있다.

우리 나라 당근재배의 문제점으로 춘작시에는 저온, 추작재배에서는 한발과 강우에 의한 저조한 발아율과 불균일한 모출현을 들 수 있다. 특히 추작에서는 파종적기인 7월 상, 중순에 집중 강우로 적기파종이 어려운 실정이다. 이에 따라 포장입모율이 저하될 것을 감안하여 다량의 종자를 파종함으로써 솟음문제를 야기하고 있다. 당근의 솟음 작업은 솟음 몸살과 입고병에 의한 결주 위험성이 있어 2~3회로 나누어 시행되는

데 이에 많은 노력이 소요된다.

경영규모 또한 영세하고 생산기반이 취약하여 파종, 솟음 및 제초작업 등을 대부분 인력에 의존하고 있다. 이러한 문제점을 해결하고 생산성 증대를 위해서는 저온, 고온 등 불량조건에서도 높은 발아력과 초기생육을 촉진시킬 수 있는 종자처리가 요구되며, 파종, 솟음, 제초작업, 수확 등에서 생력화 재배기술 개발이 이루어져야 할 것이다.

당근은 경제성이 높은 원예작물이지만 종자 크기가 불균일하고 미세하여 기계화 파종이 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방편으로 종자코팅이 제시되었다. 코팅의 목적은 종자 크기와 무게를 증가시켜 기계화 파종을 가능케 하여 파종과 솟음 노력을 절감하는데 있다. 또한 코팅종자는 모의 성장활성을 촉진시키며, 영양경합원인 잡초의 생육을 억제하여 입모 증진에 유용하다.

종자 코팅은 40년전 형태가 불균일한 사탕무에서 처음 실시되었으며, 그후 원예작물을 비롯한 공예작물, 사료작물에도 이용되고 있다. 코팅의 초기연구들은 기계화 파종을 목적으로 종자크기와 무게를 증가시킨 것이어서 입모율이 낮았다는 보고가 대부분이었으나, 70년대 후반부터 발아를 촉진시킬 수 있는 활성물질이 첨가되면서 고효력의 코팅종자가 생산되었다. 또한 priming후 코팅하여 코팅종자의 발아지연 문제를 해결하였으며, 살균제 및 살충제가 첨가되면서 강건한 모 생산도 가능하였다.

최근에는 근류균의 공급, 다량 및 미량 원소의 공급, 조류나 쥐의 피해로부터 보호, 식물생장조절제 공급, 수분 흡수력 증진 및 억제, 산소공급, 발아촉진유도, 발아 지연유도, 종자 무게 및 크기의 증가, 선택성 제초제 공급 등 코팅 범위가 다양하게 개발되어 있다. 특히 살균제나 살충제를 이용한 필름 코팅은 보편화되어 우리 나라 종묘업계에 적도 산업확되고 있다.

지금까지 종자 코팅의 연구는 산업체가 연계되어, 코팅공정 기술들은 대부분이 특허이거나 대외비로 하고 있어 자체적인 기술 개발이 필요하며, 개발된 기술을 실용화시키기 위해서는 실제 재배하고 있는 현장과 대학의 연구농장 등 다양한 환경조건에서 생산의 효율성에 대한 검토가 필요하다.

## 2. 연구개발의 중요성

WTO 출범으로 예외적인 취급을 받아오던 농산물 교역도 국가별 특수성이 배제됨에 따라 우리 농업은 무한 경쟁시대에 임하게 되었으며, 정부에서도 국제경쟁력 강화를 위한 정책으로 기술개발에 집중적인 지원과 투자가 이루어지고 있다.

우리 나라의 재배 체계는 노동집약적 생산위주로 개발되어 왔기 때문에 선진 외국에 비하여 낙후되어 있을 뿐 아니라 종자 품질에 대한 관심도 부족하였다. 현재 우리 농업은 소규모 경영체제, 노동인력의 고령화와 부족 및 생산단가의 상승 등 열악한 조건에 있어 선진국에서 주도하는 대량생산 체제의 영농방식에 대항하기에는 불리한 조건이지만, 우리 농업의 장점을 최대한 살리고 파종과 입모관리를 생력화시킬 수 있는 종자처리 기술이 개발된다면 우리 나라의 당근재배는 국제경쟁력을 가지게 될 것이다.

우리 나라 당근재배 농가는 일부농가를 제외하고는 경영규모가 영세하며, 생산기반의 취약성과 품질개선 노력 부족으로 수확산물의 품질 균일도가 저하되고 있으며, 기계화 미흡으로 많은 파종노력, 숙음작업 및 제초작업 등을 대부분 인력에 의존하고 있다. 또한 포장규격이 다양화되지 않아 품질저하를 주도하고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 파종과 입모관리를 생력화시키고 균일한 포장입모율을 확보할 수 있는 종자코팅 기술개발은 반드시 필요한 분야라고 하겠다. 춘·추작 당근 재배에서는 불량조건에 파종되는 경우가 많으므로 발아력을 증진시킨 priming 종자를 사용하면 파종적기 기간을 확대할 수 있다. 또한 priming 처리하여 발아 잠재력을 증진시킨 종자를 코팅하여 파종과 숙음작업을 생력화시킬 수 있는 노력절감형 당근 생산기술을 활용하면 생산단가를 절감할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 노력절감형 당근 생산 기술을 확립하기 위한 일환으로 코팅종자를 이용하여 파종과 숙음작업을 생력화하는 데 있다. 아울러 제초작업, 수확 등에서 생력화 기술을 개발하여 현행 당근 재배농가들이 안고 있는 악성노동을 해결하여 농가소득을 향상시키는데 있다.

이를 위한 전제조건인 생력화 재배가 가능한 고품질의 종자처리 및 코팅종자 생산을 위해 (1) 적정 종자처리 기술확립 (2) 적정코팅 접착제 및 코팅물질 선발, (3) 산소공급을 증진시킬 수 있는 공정기술 개발, (4) 수분흡수 30분 이내에 코팅층을 파괴시킬 수 있는 공정기술 개발, (5) 발아촉진을 위한 영양물질 첨가조건 설정 (6) 근권환경 개선을 위한 유용미생물을 이용 코팅기술 개발, (7) 처리종자 실제 생산자가 안정적으로 이용할 수 있는 기술 개발에 주력하였다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 노력절감형 당근 생산 기술을 정착화 시킬 수 있는 고품질의 코팅종자를 개발하여 현행 당근 재배농가들이 안고 있는 악성노동을 해결하여 농가소득을 향상시키는데 있다. 또한 코팅종자의 발아력을 증진시키고자 여러 가지 전처리된 종자를 코팅하거나 코팅 종자내에 발아활성 물질을 첨가하여 그 효과가 포장조건까지 지속되는지를 검토하여 이를 산업화시키는데 있다.

#### 1. 종자처리와 종자코팅 기술 개발

당근종자의 발아촉진을 위한 전처리 기술을 개발하기 위해 osmo-priming 및 solid matrix priming(SMP) 적정 물질 및 처리농도, 처리기간, 혼합비율을 설정하며, 고온과 저온 등 다양한 온도에서 발아성을 검증하고자 하였다. SMP 종자의 발아촉진 효과를 극대화시킬 수 있도록 성장조절제 첨가방안과 첨가농도 설정 및 처리된 종자의 장기간 저장조건 확립에도 연구의 주안점을 두었다.

저렴하면서도 발아를 억제하지 않은 코팅 피복물질을 탐색하여 물리화학적 성을 구명하고자 하였으며, 국내에서 대량 생산이 가능한 코팅 피복물질 선발도 병행하였다. 코팅 접착제가 발아성에 미치는 영향을 검토함과 동시에 종자와 토양에 친화성이 있는



접착제 개발에 주력하였다. 토양속에 유해한 병원균으로부터 종자와 유묘를 보호할 목적으로 코팅 종자내에 살균제 첨가 농도를 설정하고자 하였고, 근권환경 개선을 위해 당근종자에 특이성을 갖는 유용미생물을 코팅종자에 첨가하는 공정기술 개발과 여러 가지 종자처리에 일관 통합 처리하는 방안을 모색하고자 하였다.

과종된 종자는 자연조건에 따라 건조에서 과습조건까지 넓은 수분범위를 가지게 된다. 이러한 수분부족 및 과습 등 불량환경 요인을 경감시키기 위해서 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 코팅한 종자를 과종하여 건조나 과습토양에 적합한 코팅 피복물질을 탐색하고자 하였다.

코팅종자는 여분의 피복물을 종자표면에 부착한 상태이기 때문에 발아측면에서 볼 때 산소공급이 억제되어 발아가 지연되고 발아율이 저하되는 현상이 나타난다. 이러한 코팅종자의 발아지연 문제를 해결하기 위해 발아활성을 촉진하는 성장조절제와 영양물질을 첨가하여 발아성을 검정하고자 하였다.

## 2. 기계화 파종에 의한 생산기술 개발

코팅종자는 파종과 속음 작업을 생략화 할 수 있는 유용한 종자처리 기법이다. 그러나 코팅종자가 지닌 이점이 많음에도 불구하고 국내에서 실용화되지 않고 있는 것은 국내의 코팅기술이 외국에 비해 낮다는 데 근본적인 원인이 있으나 코팅종자에 적합한 품종, 파종간격, 파종 깊이 등 제반여건이 충족되지 않는 원인도 배제할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 발아를 억제하지 않으면서 기계화 파종에 적합한 코팅종자의 직경을 설정하고, 코팅종자의 묘출현을 향상시킬 수 있는 파종깊이, 파종간격 및 파종입수를 설정하는데 연구의 주안점을 두었다.

코팅종자의 부가가치를 상승시키기 위해 신속하고 균일한 묘출현을 유도하는 SMP 이점과 기계화 파종이 가능한 코팅의 이점을 조합하여 입묘율 증진과 파종 작업의 생력효과를 극대화시키는 처리법을 개발하고자 하였다. 착색된 코팅종자는 품종간 구별이 용이하고 파종된 위치를 쉽게 식별할 수 있는 장점이 있다. 그러나 국내의 필름

코팅에 사용되는 착색제의 대부분이 외국으로부터 수입에 의존하고 있다. 본 연구에서는 수입되는 착색제를 대체할 수 있는 물질을 탐색하고자 하였다.

Seed sheet는 파종과 멀칭작업을 동시에 수행함으로써 파종노력과 제초작업을 생략화 할 수 있는 종자처리 기술이다. Seed sheet가 지닌 이러한 유용 효과를 뿌리 채소인 당근에 적용시켜 노력절감형 당근 생산 체계를 확립하기 위한 기초정보를 얻고자 seed sheet에 적합한 접착제 종류 및 농도를 구명하며, 부착되는 적정종자 입수를 설정하고자 하였다.

당근은 품종에 따라 코팅 적용성이 높은 품종이 있는가 하면 코팅하면 발아력이 급격하게 저하되는 품종도 있을 것이다. 본 연구에서는 국내에서 재배면적이 높은 춘파용과 추파용 종자를 코팅하여 작형별로 코팅적용성이 높은 품종을 구명하고자 하였다.

### 3. 처리종자와 코팅종자의 효율성 검정

파종과 입모관리를 생력화시키고 균일한 포장입모율을 확보할 수 있는 코팅종자의 도입은 반드시 이루어져야 될 분야이다. 지금까지 당근을 가을 재배할 때 7~8월의 집중 강우로 인해 적기파종에 어려움이 많았으나 불량조건에서도 발아력이 향상되는 priming 종자를 사용하면 파종적기 기간을 확대할 수 있다. 또한 코팅종자를 이용하여 파종과 속음작업을 생력화시킨다면 생산단가 절감 및 고품질의 수확물을 적기에 얻을 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 본 연구는 노력절감형 당근 생산기술을 확립하기 위해서 살균제, 영양물질, 유용미생물이 첨가된 코팅종자, 수화형과 소수형 피복물질로 코팅된 종자 및 SMP 처리후 코팅한 종자를 이용하여 파종 효율성과 묘출현율 및 초기 생육을 검정하고자 하였다.

아울러 실험을 통해 얻어진 유용한 연구결과들을 현지 농가에 접목시켜 재배자들의 악성 노동력을 극복시킴과 동시에 농가소득을 증대시키고자 하였다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 종자처리와 종자코팅 기술 개발

당근종자에서 발아율을 극대화시킬 수 있는 최적 osmo priming 조건은 PEG -0.50 MPa 용액으로 20℃에서 3일간 처리였다. Osmo priming 화학제의 처리농도가 낮고 처리온도가 높으면 priming 처리중에 유근이 돌출되는 종자가 증가하였다.

SMP 처리에서 발아력을 증진시킬 수 있는 최적 carrier는 Micro Cel-E 였고, Micro Cel -E보다는 효과가 미약하나 국내에서 이를 대체할 수 있는 물질은 diatomaceous earth였다. SMP 처리의 적정 혼합비율은 품종에 따라 약간의 차이는 있으나 종자: Micro Cel E: 증류수를 5:3:10.5(w/w/w) 비율에서 발아력이 증진되었다. SMP 처리온도는 20℃, 처리기간은 5일이 좋았다. SMP 처리된 종자는 저온 및 고온에서 발아성이 증진되었고 신속한 발아를 유도하였다. 그 효과는 발아적온보다는 불량 발아조건인 15℃와 35℃에서 뚜렷하였다.

당근종자에서 발아를 촉진할 수 있는 성장조절제는 GA<sub>3</sub>였고 침지기간은 1일간 처리가 좋았다. GA<sub>3</sub>+BAP를 혼용하더라도 발아촉진의 상승작용은 없었다.

SMP 처리중 성장조절제 첨가는 발아율을 증진시키지는 못했지만 GA<sub>3</sub>를 100mg · L<sup>-1</sup>이하로 첨가하면 SMP를 단독처리한 종자보다 발아가 촉진되었다. 그러나 200 mg · L<sup>-1</sup> 이상과 BAP 첨가는 발아촉진 효과가 오히려 반감되었다. 인위적으로 퇴화 처리된 종자는 세포막이 손상되어 종자에서 단백질, 이미노산, 당의 누출량이 증가하였다. 경미하게 활력이 저하된 종자에 SMP 처리는는 부분적인 활력 회복이 가능하였으나 퇴화정도가 심한 저활력 종자에서는 이미 축적된 장애로 인해 완전한 활력 회복은 불가능하였다.

SMP 종자의 발아촉진 효과를 장기간 유지시킬 수 있는 저장온도는 5℃ 였고, 실온이나 고온에서 저장하면 발아력이 급속하게 저하되었다.

코팅 피복물질이 발아성에 미치는 영향을 다양한 발아온도에서 검토한 결과 코팅

물질중 diatomaceous earth #300(DME #300), DME #300 + kaolin, DME #300 + talc 에서 높은 발아율을 보여 당근종자의 코팅에 이용될 수 있는 우수한 피복임을 확인하였다.

반면 limestone은 발아율이 4%에 불과하였고 이와 혼합한 피복물질에서도 발아율이 10% 미만으로 급감하고 발아도 지연되어 코팅 피복물질로 적합하지 않았다.

Diatomaceous earth # 300(DME #300)를 구성하는 원소는 Al, Si, K, Fe 및 O였다. 전체 산화물 중 SiO<sub>2</sub>가 90% 이상을 점유하였고, 이외에 7%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6%의 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1% 전후의 K<sub>2</sub>O가 존재하였다. Kaolin를 구성하고 있는 산화물로는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 였으며, 이들 화학성분 중 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 각각 71%와 21%로 두 성분이 전체 산화물의 92%를 차지하였다.

코팅 피복물질 중 peatmoss는 용적부피가 0.20으로 가장 낮았다. Bentonite, celite, diatomeceous earth, kaolin 및 peatmoss등은 pH가 강산성인 3.6~4.5였다. 반면 limestone은 pH가 12.5의 강알카리였고 이와 혼합한 피복물질에서도 강알칼리를 나타내었다. pH가 높은 코팅 피복물질에서 전기전도율이 높았으며, 발아율도 저하되었다.

코팅 접착제 농도가 증가하면 발아율은 감소되었으나, 접착제 중 PVA는 처리농도에 관계없이 다른 접착제에 비해 높은 발아율을 보였고, 접착능력도 우수하였다. 반면 carboxymethyl cellulose(CMC)와 methyl cellulose에서 발아를 억제하는 현상이 뚜렷하였다. 코팅종자에 살균제를 첨가하면 입고병을 집중시킨 토양에서 입묘율이 향상되었다. 최적 처리농도는 Redomil 1000mg · L<sup>-1</sup>였다.

수분보유력이 낮은 피복물질인 calcium carbonate로 코팅된 종자는 과습토양에서, bentonite로 코팅된 종자는 건조토양에서 다른 피복물질로 코팅된 종자에 비해 묘출현율이 높았다. 이에 반해 diatomaceous earth로 코팅된 종자는 토양함수율에 관계없이 원활한 묘출현을 보였다.

코팅종자에 유용 미생물인 *Paenibacillus polymyxa* E681를 첨가하면 발아율이 향상되었고, 조기발아하였다. 첨가방법은 SMP 처리후 *P. polymyxa* E681 배양액에 종자

를 침지한 후 코팅할 때 발아촉진 효과가 가장 높았다.

코팅에 첨가되는 영양물질의 종류에 따라 발아율과 발아속도에 차이가 없었다.  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의  $\text{GA}_3$ 가 첨가된 코팅종자는 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 10% 이상의 발아율이 증진되었고, 발아속도도 단축되어 조기발아를 유도하였다. 그러나 MS medium과 Hoagland's solution를 첨가한 코팅종자는 이들 물질을 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 뚜렷한 발아율 향상 효과는 없었다.

## 2. 기계화 파종을 위한 코팅 개발

코팅종자의 직경에 따라 발아율과 발아속도에는 현저한 차이가 있었다. 코팅종자의 직경이 증가할수록 발아율은 감소되었고, 발아속도는 지연되었다. 코팅 종자의 직경이  $\Phi 2.0 \sim 2.5\text{mm}$ 이면 발아율이 높았으나 직경을  $\Phi 4.5 \sim 5.0\text{mm}$ 로 증가시키면 발아율이 20% 감소하였고,  $T_{50}$ 도 1.3일~2.5일이 지연되었다. 그러나 코팅종자의 크기가 작으면 기계화 파종에 다소 불리하며, 기계화 파종을 적합한 코팅 직경은 3.0~3.5mm가 좋을 것으로 판단되었다.

코팅종자의 파종간격은 10cm로 밀식한 것이 15cm, 20cm 및 25cm 간격으로 파종한 것보다 묘출현율이 높은 경향을 보였다. 파종깊이는 1cm로 파종한 것이 묘출현속도가 빨랐다. 코팅종자의 파종입수가 많을수록 묘출현율이 높았다. SMP, osmo priming 및  $\text{GA}_3$ 로 전처리하여 발아력을 증진시킨 후 코팅하면 모든 품종에서 관행 코팅종자에 비해 발아력이 향상되었다. 특히 SMP 처리후 코팅종자에서 가장 높았고 다음이  $\text{GA}_3$  및 osmo priming 순이었다.

코팅종자의 착색을 증진시킬 목적으로 착색제를 코팅종자 외면에 처리하면 발아속도가 약간 지연될 뿐 발아율에는 큰 차이가 없었다. 이러한 결과는 지금까지 필름 코팅을 위해 수입되던 착색제를 본 연구에서 사용된 착색제로 대체할 수 있을 것이다.

Seed sheet 접착제의 종류 및 농도가 sheet에 부착된 종자의 결속도에 영향을 미쳤다. 전반적으로 carboxymethyl cellulose(CMC)는 저농도인 5%에서도 다른 접착제에

비해 종자 부착성이 높았고, 10% 이상의 농도에서는 100%에 근접하는 종자 부착성을 보였다. methyl cellulose(MC)도 처리농도에 관계없이 전반적으로 종자 부착성이 높았다.

Seed sheet 종자에 1공당 부착된 종자수에 따라 출현소요일수에는 차이가 없었으나, 부착된 종자수가 많을수록 출현율이 높았다. 안정적인 입모를 위해서는 6립 이상을 접착하는 것이 좋았다.

국내에서 재배면적이 높은 품종을 대상으로 코팅적응성을 검정한 결과, 춘파용은 '이나리', 추파용은 '비바리'와 '하루방'이 다른 품종에 비해 높은 발아력을 보여 코팅적응성이 높은 품종이었다.

### 3. 종자처리와 코팅종자의 효율성 검정

코팅종자에 살균제 첨가는 토양내에 존재하는 여러 가지 유해균으로부터 종자를 보호할 목적으로 사용된다. 입고병균인 *Phythium ultimum* 접종시킨 토양에 코팅종자를 파종하면 묘출현율이 '이나리'는 26.4% '만산'은 18.2%였다. 이에 비해 살균제가 첨가된 코팅종자는 살균제를 첨가되지 않은 코팅종자에 비해 묘출현이 '이나리'는 38.4%, '만산'은 39.5% 증가하였다. 그러나 멸균된 토양에서는 코팅종자에 살균제를 첨가하더라도 출현율을 증진시키지는 못했다. 또한 파종 후 35일 경과된 초기생육에는 큰 차이가 없었다

토양함수량이 60% 조건에서는 bentonite와 diatomaceous earth로 코팅된 종자가 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 출현율이 높았다. 그러나 토양함수량이 80% 조건에서는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 코팅된 종자들이 bentonite로 코팅된 종자보다 높은 출현율을 보였으며, 출현속도도 빨랐다. 그러나 유묘의 초기생육은 무처리와 코팅 피복물질을 달리한 코팅종자간 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

코팅종자를 점파용 파종기로 이용하여 기계화 정밀파종하면 관행 나종자의 파종방

법에 비해 종자량을 90% 절감시킬 수 있다. 또한 코팅종자의 기계화 정밀파종은 관행 방법에 비해 파종시간과 숙음시간을 각각 22.5시간, 46시간을 단축시킬 수 있었다. 관행 손작업에 의한 파종은 파종과 숙음작업에 10a당 72시간이 소요되었으나, 코팅종자를 기계화 정밀파종하면 이들 노력에 소요되는 시간이 3.5시간에 불과하였다. 따라서 코팅종자를 기계화 파종하면 나종자를 인력으로 파종하는 것에 비해 파종과 숙음작업의 생력효과를 95% 이상 높일 수 있었다.

SMP 처리하여 종자활력을 증진시킨 후 코팅하면 출현율도 향상되었고, 묘출현소요일수도 1~2일 단축시켰다.

유용미생물이 첨가된 코팅종자는 단독으로 코팅된 종자에 비해 묘출현이 향상되었으나, 무처리 종자와는 큰 차이는 없었다. 그러나 파종 후 35일 경과된 유묘의 초장, 근장, 건물생산량은 단독으로 코팅된 종자나 무처리에 비해 초기생육이 촉진되었다.

묘출현과 출현속도는 코팅종자에 첨가되는 영양급원에 의해 차이를 보였는데, MS medium이나 Hoagland's solution를 첨가한 코팅종자는 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 출현율과 출현속도에는 큰 차이가 없었으나 GA<sub>3</sub>가 첨가된 코팅종자는 출현율이 향상되었고 출현속도도 단축되었다. 또한 영양물질이 첨가된 코팅종자는 파종 후 30일 경과된 유묘의 초기생육이 촉진되는 경향이였다.

Seed sheet에 사용되는 적정 필름을 선정한 결과 silver 필름이 투명이나 흑색필름보다 출현율, 출현속도 및 유묘의 초기생육에 좋았다. Seed sheet에 부착되는 종자간격을 15cm × 15cm 및 15cm × 20cm로 부착하는 것이 초기생육이 향상되는 경향이였다.

이상과 같이 일련의 실험을 통하여 얻어진 기술적 결과를 바탕으로 당근의 종자처리 및 코팅기술을 개발된다면 기계파종, 제초제 활용 등을 통하여 노력절감형 당근 생산체계를 정착시켜 국제 경쟁력을 강화시킴과 동시에 농가소득에 크게 기여할 것이라고 생각된다.

여 백



## **SUMMARY**

A series of studies were conducted to develop a labor-saving production system for carrot by developing seed treatment as well as seed coating techniques. It was aimed to combine these two techniques to achieve competitiveness of carrot production currently being done largely by hand labor. Specific objectives for the development of seed treatment technology included finding suitable seed treatment methods and adding nutrients and beneficial microbes during the treatment to ensure high germinability and uniform stand establishment. On the other hand, specific objectives for the development of seed coating technology included finding suitable carriers and binders, the ways to increase oxygen supply during the coating process, and the means to remove coating materials upon rehydration of coated seeds in the field. Efforts were made to combine the optimum conditions for seed treatment methods with seed coating technique.

Among the chemicals tested, osmopriming the seeds in -0.5 MPa polyethylene glycol at 20°C for 3 days resulted in the highest germinability of carrots. More radicles protruded during the priming at higher temperatures especially when chemical concentrations were low.

Micro Cel-E was the most suitable carrier for solid matrix priming (SMP) of carrot seeds. Diatomaceous earth was a little less effective than Micro Cel-E, but with no significant difference between the two. Results suggested the possibility of replacing the imported Micro Cel-E with the earth. Although there were slight differences depending upon cultivars, SMP was generally done

best by mixing 5 parts seeds with 3 parts Micro Cel-E and 10.5 parts water by weight at 20°C for 5 days. The effect of SMP was more pronounced when the SMP seeds were germinated at 15°C and 35°C rather than at 20°C generally considered the optimum for carrots.

Imbibing the seeds in GA<sub>3</sub> solution for a day increased germinability; a combined treatment with benzylamino purine (BAP) did not exhibit any additive effect. A slight improvement of seed germinability was observed when 100-ppm GA<sub>3</sub> was added during the SMP. However, GA<sub>3</sub> at 200 ppm alone or combined treatment of 100-ppm GA<sub>3</sub> with BAP reduced the germination-promoting effect of SMP to less than one-half.

Artificially-aged carrot seeds severely leaked proteins, amino acids, and soluble sugars into the medium, suggesting the damage done to cell membranes. SMP of seeds restored the germinability to some extent unless aging treatment was so severe. SMP seeds could be stored at 5°C; they quickly lost germinability at room and higher temperatures during storage.

Diatomaceous earth #300 alone, or in combination with Kaolin or with talc, was the suitable coating material for carrot seeds. On the other hand, limestone alone, or in combination with other materials, greatly reduced germinability: using limestone as a coating material resulted in as low as a 4% germination.

Diatomaceous earth #300 was composed of Al, Si, K, Fe, and O. Oxidation products of diatomaceous earth were more than 90% SiO<sub>2</sub>, 7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and about 1% K<sub>2</sub>O, and those of Kaolin included 71% SiO<sub>2</sub> and 21% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

In 58 coating materials tested, peatmoss had the lowest bulk density of 0.2. The pH of Bentonite, Celite, diatomaceous earth and peatmoss ranged from 3.6 to 4.5, whereas that of limestone was 12.5. Other coating materials also

showed an alkaline pH when mixed with limestone. Those coating materials with high pH showed high values of electrical conductivity, the observation of which was related to a low percentage of seed germination.

The higher the concentration of the binders used to coat the seeds, the lower the percentage of germination. Not only polyvinyl acetate showed high binding capacity, but it also showed high percentages of germination with little concentration-dependent effect. Carboxymethyl cellulose (CMC) as well as methyl cellulose severely inhibited seed germination. Incorporating 1,000-ppm Redomil to coated seeds was helpful in establishing the stand in the *Pythium*-inoculated soil.

Among the coating materials tested in this study, calcium carbonate and bentonite were characterized respectively by low and high water-holding capacity. The seeds coated with calcium carbonate emerged better in wet soil, whereas those coated with bentonite emerged better in dry soil. Results indicated the necessity of using different coating materials depending on water availability in the soil. However, the emergence of the seeds coated with diatomaceous earth was largely unaffected by soil water concentrations.

Incorporating *Paenibacillus polymyxa* E681 to the seeds being coated not only increased percentages of germination but induced earlier germination as well. The microbe was most successfully incorporated by coating the seeds pre-imbibed in the culture solution of *Paenibacillus polymyxa* E681 after the SMP.

Nutrient incorporation into the coated seeds affected the germinability. GA<sub>3</sub> at 100 ppm, when incorporated into the seeds being coated, increased percent germination by more than 10% and helped to induce earlier germination.

Incorporating the salts of the MS medium or the Hoagland solution was helpful in improving the germinability of coated seeds.

The larger the diameter of coated seeds, the lower and the later the germination. Percent germination, high with 2- to 2.5-mm coated seeds, was reduced by 20% when the diameter increased to 4.5 to 5 mm, with an increase in  $T_{50}$  by 1.3 to 2.5 days. Results indicated that, for carrot seeds to be planted mechanically, the seeds could be coated to 3 to 3.5 mm in diameter to ensure acceptable percentages and the speed of germination.

Dense planting of coated seeds tended to increase percent emergence of the seedlings. Planting the coated seeds at 10 cm apart exhibited a higher percentage of seedling emergence than that at 15, 20, or 25 cm. Planting at 1 cm in depth and with more number of seeds per hole resulted in higher percentages of seedling emergence. Pretreating the seeds with SMP, osmopriming or  $GA_3$  incorporation improved the germinability after coating; SMP before coating showed the best result, followed by  $GA_3$  and osmopriming.

Incorporating the dyes into the surface of coated seeds did not affect percent germination. However, some dyes affected the speed of germination a little. Results indicated that the imported dyes could now be replaced with those found in this study.

Production of seed sheets is an alternative to make planting the small-seed vegetables such as carrots much easier. Among the chemicals tested, CMC was found most suitable adhesive: almost 100% seeds adhered to the film at 10% CMC. Methyl cellulose could also be used as an adhesive. Number of seeds per hole affected percentage of seedling emergence, but not the speed. At least six

seeds were required in a hole to ensure stable stand establishment.

Among the leading carrot cultivars, 'Inari' for spring and 'Vibari' and 'Harubang' for autumn season crop exhibited acceptable germinability after coating the seeds.

When coated seeds were germinated in the soil inoculated with *Pythium ultimum*, percent seedling emergence was 26.4% for 'Inari' and 18.2% for 'Mansan' carrot. However, incorporating a fungicide, Redomil, into the seed being coated increased the percentages by 38.4% for 'Inari' and 39.5% for 'Mansan.' Redomil incorporation did not increase percent emergence when planted in sterilized soils. Seedling growth measured 35 days after planting did not differ regardless of Redomil incorporation.

The percentages and the speed of seedling emergence were high and rapid when the seeds coated with bentonite or diatomaceous earth were planted in the soil containing 60% water. On the other hand, the same was true when the seeds coated with diatomaceous earth or calcium carbonate were planted in the soil containing 80% water, again indicating a good adaptability of the earth to a wide range of soil water. Early growth was not significantly different between non-coated seeds and the seeds coated with either bentonite or diatomaceous earth.

Compared with the conventional hand planting, use of a mechanical planter for coated seeds resulted in a saving of seed by 90% and of planting time by 22.5 hours. An additional saving of 46 hours was obtained for thinning the seedlings. Besides a 90% saving of seeds, planting and thinning could be done only in 3.5 hours per 10-a field when the coated seeds were planted with a

planter. This reduction in work hours sharply contrasted to 72 hours required for hand-planting the naked seeds and more thinning hours that came with it. All this was translated to a reduction of labor by more than 95%.

SMP before coating not only increased the percentage of seedling emergence in the field but tended to induce an earlier germination by 1 to 2 days.

Incorporating *Paenibacillus polymyxa* E681 to coated seeds increased percent emergence in the field as well as the early growth measured from 35-day-old seedlings. However, incorporating the salts in either MS medium or Hoagland solution to coated seeds did not significantly affect the percentages and the speed of seedling emergence. GA<sub>3</sub> tended to promote early growth. With regard to the percentage and the speed of seedling emergence as well as early growth, silver film was better than transparent or black polyethylene film when making the seed sheets. The suitable hole space in a seed sheet was 15 x 15 cm or 15 x 20 cm.

By combining the seed treatment and coating techniques developed in this study, a labor-saving production system for carrots may now be realized. However, in order for these technologies to be fully adapted under field conditions, further studies are needed to refine some areas of the technology that still remain unresolved.

# CONTENS

<b>Chapter 1. General introduction</b> .....	25
Section 1. Introduction .....	25
Section 2. Justification for seed treatment and mechanical planting of carrot .....	27
<b>Chapter 2. Development of seed pretreatment and coating techniques</b> .....	29
Section 1. Introduction .....	29
Section 2. Priming techniques to improve seed germinability .....	31
Section 3. Solid matrix priming techniques to improve seed germinability ..	45
Section 4. Germinability of solid matrix-primed seeds .....	68
Section 5. Storability of solid matrix-primed seeds .....	85
Section 6. Germinability of the seeds pretreated with growth regulators .....	91
Section 7. Screening of seed-coating materials for carrots .....	98
Section 8. Screening of coating binders and the effect of their concentrations .....	132
Section 9. Effect of fungicides added to the coated seed .....	137
Section 10. Hydrophilic and hydrophobic seed coating techniques .....	141
Section 11. Effect of a microbe added to the coated seeds .....	149
Section 12. Effect of growth regulators and nutrients added to the coated seeds .....	155

<b>Chapter 3. Effect of growth regulators and nutrients added to the coated seeds</b> .....	161
Section 1. Introduction .....	161
Section 2. Mixing ratios of coating materials .....	163
Section 3. Planting methods of coated seeds .....	167
Section 4. Coating the primed seeds in improving seed germinability .....	172
Section 5. Dye incorporation to coated seeds .....	176
Section 6. Production and planting of seed sheet .....	180
Section 7. Cultivar screening suitable for seed coating .....	187
<b>Chapter 4. Production efficiency of primed and coated seeds</b> .....	192
Section 1. Introduction .....	193
Section 2. Field emergence and early growth of seeds coated with a fungicide .....	195
Section 3. Field emergence and early growth of hydrophilic/phobic coated seeds .....	198
Section 4. Improving seedling growth of carrot from coated seeds .....	202
Section 5. Field emergence and early growth of preprimed and coated seeds .....	206
Section 6. Improving rhizosphere with a microbe added to coated seeds .....	217
Section 7. Emergence and early growth with nutrients added to coated seeds .....	220
Section 8. Comparison of planting efficiency with seed sheet and seed tape .....	223
<b>Literature cited</b> .....	229



# 목 차

요 약 문 .....	3
SUMMARY .....	15
CONTENS .....	21
목 차 .....	23
제 1 장 서 론 .....	25
제 1 절 서 설 .....	25
제 2 절 당근의 종자처리와 기계파종 개발의 효과 .....	27
제 2 장 종자처리와 코팅기술 개발 .....	29
제 1 절 서 설 .....	29
제 2 절 발아촉진을 위한 priming 기술개발 .....	31
제 3 절 발아촉진을 위한 solid matrix priming 기술개발 .....	45
제 4 절 Solid matrix priming 처리 종자의 발아성 .....	68
제 5 절 SMP 종자의 저장력 .....	85
제 6 절 성장조절제 처리 종자의 발아성 .....	91
제 7 절 종자코팅 피복물질 선발 .....	98
제 8 절 종자 접착제의 종류 및 농도에 따른 효과 .....	132
제 9 절 코팅종자에 살균제 첨가 효과 .....	137
제 10절 수화형 및 소수형 종자 코팅기술 개발 .....	141
제 11절 근권환경 개선을 위한 유용미생물을 이용한 종자코팅법 개발 .....	149
제 12절 코팅종자의 발아촉진을 위한 성장조절제, 영양물질 첨가 효과 .....	155

<b>제 3 장 기계화 파종에 의한 생산기술 개발</b> .....	161
제 1 절 서 설 .....	161
제 2 절 코팅배율에 따른 발아성 .....	163
제 3 절 코팅종자의 파종방법 개발 .....	167
제 4 절 Priming 종자의 코팅 .....	172
제 5 절 코팅종자의 착색 처리기술 개발 .....	176
제 6 절 Seed sheet 종자의 파종 효율성 .....	180
제 7 절 코팅 적합 품종 선발 .....	187
<b>제 4 장 처리종자와 코팅종자의 효율성</b> .....	193
제 1 절 서 설 .....	193
제 2 절 살균제 첨가된 코팅종자의 포장출현 및 초기생육 .....	195
제 3 절 소수형, 수화형 코팅종자의 포장출현 및 초기생육 .....	198
제 4 절 코팅종자의 초기생육 검토 및 고품질 안정 생산 기술 확립 .....	202
제 5 절 Priming 처리된 코팅종자의 묘출현 및 초기생육 검토 .....	206
제 6 절 유용미생물이 첨가된 코팅종자의 근권환경 개선 .....	217
제 7 절 영양물질이 첨가된 코팅종자의 묘출현 및 초기생육 .....	220
제 8 절 Seed sheet 종자와 seed tape 및 코팅종자의 파종효율성 검토 .....	223
인용문헌 .....	229

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 서 설

WTO 체제하에서는 상품의 경쟁력은 품질이 월등히 우수하거나 동일 품질이라도 낮은 생산단가에 의하여 제고될 수 있는데, 이러한 경쟁력 제고 방안은 일국의 기술수준에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 농수산물의 수입개방화에 대응하여 국제 경쟁력을 갖춘 고품질, 고부가가치 농산물을 생산하기 위해서는 작물재배 환경을 적극적으로 조절할 수 있는 기술집약적이고 노동절약형인 재배법 개발이 절실히 요구된다. 우리나라 당근재배는 아직 영세성을 면치 못하고 있지만, 최근 수요가 증가함에 따라 재배면적이 늘어나고, 생산시기도 춘추작으로 분화되어 연중파종의 필요성이 높아지고 있다.

우리 나라와 같이 계절적 한계가 뚜렷한 지역은 불량환경에 노출되어 연중파종에 어려움이 많다. 최근 원예산물의 생산이 계절적 재배에서 주년재배로 전환됨에 따라 재배자들도 부가가치가 높은 원예산물을 생산하기 위해 재배적기가 아닌 조건에 파종하는 경우가 많아졌다. 이와 같은 연유로 계절적 한계를 탈피한 내환경성 종자가 요구되고 있다. 종자의 발아력 향상을 위한 여러가지 방법중 육종과 선발이 가장 근원적인 방법이나 많은 비용과 시간이 소요되는 단점이 있다. 이에 따라 종자에 물리적, 생리적 손상을 주지 않고 종자활력을 향상시키는 기술개발에 많은 진척이 있어왔다.

작물재배에 있어서 급속하고 균일한 묘출현은 작물의 수량 증대 및 수확물의 품질 향상측면에 많은 이점이 있다. 특히 직파종자에서 신속한 묘출현과 출현의 균일성은 수량과 수확산물의 품질을 결정하는 중요한 요인이다. 입묘기 동안 묘출현 속도와 출현의 균일성은 종자의 유전적 특성과 환경적인 요인에 의해 결정되지만 토양 병원균이 존재해도 묘출현이 지연될 수 있다.

지금까지 종자코팅 기술은 개인 종묘회사를 중심으로 연구가 진행되어 자회사의 이익보호 측면에서 코팅기술과 know-how는 대부분이 특허로 등록되어 있거나 대외비로 하고 있다. 우리 나라의 일부 종묘업계에서도 선진국으로부터 코팅 기술도입이 진행되고 있으며, 이에 상응하는 기술료를 매년 지불하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 외화유출을 막고 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는 자체적인 기술 개발이 필요하며, 개발된 기술을 실용화시키기 위해서는 농업 현장과 대학의 연구농장 등 다양한 환경조건에서 생산의 효율성에 대한 검토가 필요하다.

코팅종자의 파종법 개발도 당근의 생산비 절감을 위해서는 필수적이다. 따라서 간이파종기를 개조한 수동형 파종기와 동력형 참깨 파종기를 이용하여 적절한 파종간격과 파종깊이, 토양수분과 발아, 발아소요일수 단축, 균일도 향상 등 기초 연구를 수행하여 얻어진 결과들은 당근 농가에 직접 이용이 가능할 것이다. 아울러 코팅종자를 대체할 수 있는 seed sheet를 개발하여 파종한다면 파종의 생력화를 기대할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 당근의 종자처리 및 코팅기술을 개발하여 생산비 절감과 기계파종을 가능케하여 국제 경쟁력을 강화시킴과 동시에 농가소득을 향상시키고자 한다.

## 제 2 절 당근의 종자처리와 기계파종 개발의 효과

우리 나라의 재배시설은 노동집약적 생산위주로 개발되어 왔기 때문에 선진 외국에 비하여 낙후되어 있을 뿐 아니라 종자 품질에 대한 관심도 부족하였다. 현재 우리 농업은 소규모 경영체제와 생산단가의 상승 등 열악한 조건에 있어 선진국에서 주도하는 대량생산 체제의 영농방식에 대항하기에는 불리한 조건이지만, 우리 농업의 장점을 최대한 살리고 파종과 입모관리를 생력화시킬 수 있는 종자처리 기술이 개발된다면 국제 경쟁력을 가지게 될 것이다.

이러한 측면에서 볼 때 파종과 입모관리를 생력화시키고 균일한 포장입모율을 확보할 수 있는 종자코팅 기술개발은 반드시 필요한 분야라고 하겠다. 이미 언급된 바와 같이 가을 재배시 priming 종자를 사용하므로써 파종적기를 확대하고 코팅종자로 파종작업과 수확작업을 생력화시킬 수 있는 노력절감형 당근 생산기술을 최대한 활용하면 생산단가 절감 및 고품질의 수확물을 적기에 얻을 수 있을 것으로 본다.

현재 대부분의 당근 재배농가들은 파종을 수작업에 의존하므로 종자량이 과다하게 소요되어 생산비 증가 요인의 하나로 작용하고 있다. 이는 곧, 수확작업에 소요되는 경영비 증가나 생산물의 품질저하로 이어져 경쟁력을 약화시키는 원인이 되고 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 파종노력과 모관리를 간소화시킬 수 있는 코팅 종자의 도입은 반드시 이루어져야 될 분야이다. 또한 코팅 종자가 실용화되기 위해서는 환경친화적이고 저렴한 첨가물질이 개발되어야 할 것이다. 특히, 코팅종자의 장점은 일정한 간격으로 정밀 파종이 가능하여 파종의 생력화와 악성노력인 수확작업이 필요 없다. 이는 곧 수확작업으로 인한 식물의 수확물손실을 없앨 수 있어 코팅종자의 가치가 높다고 할 수 있다.

아울러 농산물의 개방에 대응하여 국제 가격 경쟁에서 우위를 점유하기 위해서도 고품질의 당근생산기술 확립과 파종 작업의 기계화 및 생력화는 필수적이다. 옥수수, 콩 등과 같이 대립종자이고 형태가 균일한 종자는 파종기를 이용하여 직파재배가 가능하지만 크기가 미세하고 불균일한 형태인 당근종자는 정밀기계화 파종이 불가능하다.

따라서 처리종자와 코팅종자를 이용한 노력절감형 당근 생산체계가 확립되면 생산단가가 절감 뿐만 아니라 고품질 당근 생산물을 확보하여 외국으로의 수출도 모색될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 파종의 생력화, 병충해 방제, 내재해성 강화, 초기생육 촉진, 기계파종 등과 자체적으로 코팅소재의 개발, 코팅종자내에 발아촉진 물질을 첨가하여 부가가치가 높은 코팅종자를 생산하고자 하였고, 이러한 첨단 종자 가공 기술이 개발되면 해외 수출도 가능하여 외화획득에도 일익을 담당할 것으로 본다.

당근 종자의 고품질화를 위한 종자처리 및 코팅기술 개발에 대한 효과를 기술적 측면에서 볼 때 종묘업계의 종자품질 향상을 유도하고 종자처리에 대한 기술을 축적할 수 있으며, 처리된 종자들은 발아율 향상 및 조기출현이 유도할 수 있다. 또한 발아촉진 처리 및 유용물질을 첨가함으로써 강건한 묘 생산도 가능하여 수량증대에도 크게 기여할 수 있을 것이다. 미세 종자인 당근을 코팅하여 기계화 정밀파종함으로써 파종노력을 크게 절감시킬 수 있으며, 모쉴음 작업의 생력 효과를 높일 수 있을 것이다.

경제적 측면에서는 고품질 종자생산 및 가공기술의 축적으로 외국에서 수입되던 코팅종자를 국내 생산이 가능함에 따라 수입대체 효과를 가져올 수 있고, 코팅종자를 기계화 정밀파종함으로써 종자비용 절감, 파종과 모쉴음 노력을 경감시켜 궁극적으로 농가 소득 향상에 크게 기여할 것이다.

사회적 측면에서는 종자수입 의존도에서 탈피로 종자 수입량 감소 및 국내의 종자처리 기술개발이 활발해 질 것이며, 기계화 정밀파종으로 노동력 및 인건비 절감이 가능해져 농촌 노동력 부족문제가 자연스럽게 해결될 것이다. 또한 종자처리된 묘는 생장이 균일해져 규격화된 당근 생산이 가능할 것이다. 이외에도 처리종자와 코팅종자 보급에 따라 새로운 생력재배의 기술 체계가 확립될 것으로 예측된다. 이를 뒷받침하기 위해서 정밀 파종기 등 코팅종자의 특성을 살릴 수 있는 기술, 자재, 기기 개발도 가속화 될 것이다.

## 제 2 장 종자처리와 코팅기술 개발

### 제 1 절 서 설

선진국에서는 대량생산이 가능한 공산품은 후발 개발도상국의 저렴한 제품에 의하여 경쟁력을 잃어가고 있는 여건에서 고품질의 제품을 생산하여 부가가치를 상승시키고 있다. 그러나 공산품과는 달리 원예작물들은 부식 제공 뿐만 아니라 종자생산용으로 부가가치를 높일 수 있기 때문에 품종 또는 종자처리 기술들은 개발도상국이 이용하지 못하도록 20년 이라는 보호기간을 설정하기에 이르렀다.

우리 나라 채소종자의 시장규모는 연간 200만 ℓ로 금액상으로 1,200~1,300억원으로 추산된다. 종묘시장이 개방됨에 따라 국내 채소종자 시장의 70%를 점유하고 있던 국내 종묘회사들이 외국의 거대 자본에 합병되었다. 이에 따라 남은 국내 종묘업체들은 외국회사와의 가격 및 품질 경쟁에서 우위를 점하지 않으면 살아남을 수 없다는 현실을 직시하고 재도약 할 수 있는 발판으로 삼아야 할 것이다.

선진외국에서는 종자의 발아력을 향상시킬 수 있는 종자처리 기술들은 자사의 판매이익과 직결되어 대외비로 하고 있거나, 설사 이들 업계로부터 기술도입이 가능할지라도 20년의 보호기간이 설정되어 있으므로 품목별 royalty를 지불해야 한다. 이러한 관점에서 자체적으로 발아를 촉진시킬 수 있는 종자처리의 기술 개발은 필연적이다.

종자의 발아력을 향상시키는 방법들은 침지처리, 습도조절처리, priming, solid matrix priming(SMP), 최아, 습윤저온처리(moist chilling), 건열처리, 광조사, 산소공급, 호르몬 침지 등이 있다. 또한 입묘를 억제하는 불량 환경요인들을 경감시켜 발아와 입묘율을 향상시킬 수 있는 종자처리로는 화학적, 물리적인 파상처리, 종자코팅과 펠렛팅, 살균제와 영양물질에 침지처리 및 종자에 유용미생물 접종 또는 코팅

등이 포함된다.

선진국의 당근 생산체계는 코팅종자를 이용하여 기계화 정밀파종함으로써 파종노력을 생력화하여 모숙음 작업을 간소화하였다. 또한 코팅종자를 이용하여 기계화 정밀파종은 종자소요량을 60% 이상 절감할 수 있어 생산단가를 감소시키는 노력절감형 당근 생산체계가 실용화되고 있다. 기계파종에 의한 당근 생력재배의 기술 개발은 부족한 노동력 문제를 완화시킬 수 있고 유모시 병충해 방제, 제초제 절감 뿐만 아니라 양질의 당근 수확물을 확보할 수 있어 농가소득 향상에도 크게 기여할 것이다. 또한 수입에 크게 의존하는 당근수요를 국내에서 대체하고 외국으로의 수출 산업으로 자리매김할 수 있어 전망은 아주 밝다고 할 수 있다.

일본의 경우 당근종자를 seed tape 및 seed sheet 로 가공처리하여 생력화 하고 있다. 국내에서도 일부 작물에서 seed sheet를 이용하고 있으나, 이를 체계화 시킨 연구는 없었다.

당근재배의 생력화를 위한 기계화 정밀파종 체계에서는 온도 및 토양수분등 불량 환경 조건에 파종되는 경우가 많아질 것이므로 종자처리의 기술개발이 절실하다. 특히 종자의 priming은 발아기간의 단축 및 포장출현율의 향상, 모출현의 균일성 및 규격모향상에 유효하여 priming처리 종자를 코팅함으로써 불량조건에서 발아력을 증진시킬 수 있을 것이다. 아울러 생장조절물질, 영양물질 및 유용미생물 등과의 혼용처리 및 종자처리에 사용되는 물질들이 환경에 대한 적응성을 높이고 처리단가를 절감할 수 있는 기술이 개발되어 실용화되면 부가가치가 높은 종자산업과 농가소득을 동시에 높일 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 (1) 발아촉진을 위한 priming 및 solid matrix priming 법 개발 (2) 적정코팅 접착제 및 코팅물질 선발 (3) 코팅종자에 살균제 첨가조건 설정 (4) 소수형 수화형 종자코팅 기술 개발, (5) 근권환경 개선을 위한 유용미생물을 이용 코팅기술 개발 (6) 발아촉진을 위한 영양물질 및 생장조절제 첨가조건을 설정하는데 연구의 주안점을 두었다.



## 제 2 절 발아촉진을 위한 priming 기술개발

### 1. 서 언

지난 30년간 종자 priming은 많은 채소작물과 화훼작물에서 묘출현 속도의 단축과 묘출현의 균일성 확보를 위한 종자 처리법으로 제시되었다. 낮은 수분포텐셜 용액에서 종자를 침지하는 priming은 종자의 유근출현을 방지하는 범위내에서 생리, 생화학적인 변화가 일어나 파종후 급속, 균일한 묘출현이 유기된다. 종자 priming은 여러 가지 다른 수분흡수 조절 처리인 물리적, 화학적, 생물적 요인인 산소공급, 습도조절 처리, 열쇼크, 광조사, 종자코팅 및 유용 미생물과의 통합처리도 가능하다. 넓은 의미에서 SMP도 동일한 개념으로 볼 수 있으나, 두 처리의 차이점은 SMP는 액체용액의 삼투포텐셜 대신에 매트릭포텐셜에 의해 수분흡수가 조절된다.

당근은 춘작과 추작재배가 가능하지만 춘작에서는 저온, 추작에서는 한발과 강우에 의한 저조한 발아와 적기 파종이 문제가 된다. 특히 당근재배에 있어 입모 확보는 생산성 향상과 직결되는데, 불량조건에서도 입모를 향상시키기 위해 높은 발아력을 지닌 종자가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 불량조건에서 당근 종자의 안전발아와 발아의 균일성을 유지시킬 수 있는 종자처리 방법들을 모색하기 위한 priming 적정 조건을 확립하고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 적정 priming 화학제 및 농도 설정

공시 품종은 춘파용 당근인 '이나리5촌'과 추파용인 '비바리'였으며, 각 종자는  $7^{\circ}\text{C} \pm 1$ 의 항온기에 보관하면서 시험에 사용하였다. 적정 priming 화학제를 구명하기 위하여  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  및 polyethylene glycol (PEG) 8000을 이용하

였다. Priming 처리는 내경 9.0cm의 페트리디쉬에 종자를 0.5g 넣고 각각의 priming 용액을 20ml 공급하여 처리제의 수분증발 방지를 위해 밀봉한 후 20℃에서 암조건으로 3일간 처리하였다. Priming 처리 후 종자표면에 부착되어 있는 처리제를 제거하기 위해 2분간 수세하였고, 실온에서 종자를 표면건조 시킨 후 20℃에서 발아력을 검정하였다.

#### 나. 적정 priming 처리온도 및 처리기간 설정

Priming의 적정 처리온도 및 처리기간 설정을 위해 사용된 공시품종은 ‘이나리5촌’과 ‘비바리’였다. Priming 화학제 중 발아성 증진에 가장 효과가 있었던 -0.5 MPa PEG 8000을 이용하여 적정 처리온도 및 처리기간을 구명하고자 하였다. 이를 위하여 처리온도는 10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 처리기간은 2일, 3일, 5일로 각각 달리하여 20℃의 항온기에서 발아성을 검정하였다.

#### 다. 퇴화처리된 종자의 priming 효과

공시종자는 ‘홍심5촌’ 당근이었으며, 인위퇴화처리는 1000립의 종자에 5ml의 증류수를 가하여 5℃에서 24시간 방치하여 종자함수량이 28% (fresh weight basis)되게 한 후, 이들 종자를 50℃에서 0, 5, 10, 15, 20일간 퇴화처리하였다. 시기별로 퇴화처리된 종자의 세포막 기능성을 조사하기 위하여 종자에서 누출되는 단백질, 아미노산, 당 및 무기성분을 측정하였다. 이를 위해 종자 1g당 증류수 10ml 가한 후 20℃에서 각각 1일, 2일, 3일 및 4일간 침지시켰다. 그 후 용액을 여과(Whatman # 2)하여 용액의 성분변화를 방지하기 위해 100℃에서 5분간 가열하여 효소를 불활성화 시킨 후 -15℃에서 냉동보관 하였다가 실온에서 녹인 후 분석시료에 사용하였다.

분석방법은 단백질은 Bradford, 아미노산은 Ninhydrin, 당은 Anthrone방법으로 측정하여 정량하였으며, 인은 ammonium metavanadate법으로 K, Ca, Mg는 원자흡광분광도계(Absorption Sepctrophotometer, Shimazu AA-680)로 측정하였다.

또한 각각 시기별로 인위 퇴화처리한 종자를 priming 처리하여 발아력 회복정도를

조사하였다. 퇴화종자의 priming 처리는 -0.50 MPa PEG 8000 용액으로 20℃에서 3일간 처리 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 적정 priming 화학제 및 농도 설정

당근 종자는 발아 및 입모율이 낮고 저장수명이 짧아 많은 양의 종자를 파종하고 있는 실정이다. 이를 극복하기 위해 종자 전처리를 통하여 발아성을 증진시킨 예는 선진 외국에서는 많으나, 국내 품종을 대상으로 한 연구는 없었다. 일반적으로 종자의 priming 처리는 균일한 발아, 발아율 향상, 균일한 입모, 저온·고온 등 불량 환경에서의 내성 강화 및 퇴화된 종자의 활력을 회복시킬 목적으로 이용되고 있다.

Priming 화학제는 작물에 따라 다르므로 적정 처리제의 선택이 무엇보다 중요하다. 적정 화학제는 일정한 수분포텐셜을 유지하면서 종자에 독성을 주지 않아야 하며, 발아 잠재력 향상에 효과적이어야 한다. Priming 처리시 많이 이용되고 있는 화학제로는 PEG, KNO<sub>3</sub>, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaCl, glycerol 및 mannitol 등이 있고, 화학제 농도는 priming 처리중 유근돌출을 억제하는 수준이 가장 효과적이다.

춘파용인 '이나리' 품종과 추파용인 '비바리' 품종을 공시하여 발아촉진에 가장 효과적인 priming 화학제와 처리농도를 살펴본 결과는 표 2.2.1과 표 2.2.2와 같다.

'이나리'는 화학제의 종류에 따라 발아율에 차이가 있었는데, 대체적으로 PEG로 priming 처리된 종자에서 비교적 높은 발아율을 보였다. Priming 화학제 종류에 따라 세포의 삼투조절을 방해하는 것도 있고, 일부 화학제는 종자내로 침투하여 효소와 세포막을 파괴하여 발아를 억제시키는데, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>나 NaOH에서는 무처리보다도 발아율이 감소하여 priming 화학제로는 적합하지 않았다.

Priming 용액에 침지한 종자는 수분함량이 증가되어 대사활성이 증가되어 priming 기간중 유근 돌출이 일어날 수 있다. 따라서 유근이 돌출되지 않으면서 대사활성을 촉

진시키는 이온의 농도설정이 중요하다. 본 실험에서도 화학제의 처리농도에 따라 발아율과 발아속도에도 차이가 있었는데, 전반적으로 100mM 처리에서 높은 발아율을 보였다. 일반적으로 50mM 처리는 100mM 처리에 비해 발아율은 약간 감소하였으나, 발아속도는 오히려 단축되는 경향이였다. 그러나 50mM 농도에서는 priming 처리과정중 유근이 돌출되는 종자가 관찰되어 적정 처리 농도라고는 볼 수 없었다. 200mM에서는 발아율이 100mM에 비해 감소하는 경향이였고 발아속도도 지연되었다. 이러한 원인은 종자내로 침투한 고농도의 이온이 대사작용을 방해하여 발아력이 감소한 것으로 보여진다. Priming 처리시 화학제로 가장 널리 사용되는 PEG는 높은 점성 때문에 용존산소가 낮다는 단점을 가지고 있으나(Mexal 등, 1975), 종자내 함수율을 저하시켜 처리기간을 연장시킬 수 있고 처리된 종자는 불량환경에 파종되더라도 높은 발아력을 유지하는 장점이 있다. 본 실험에서도 PEG 처리에 의한 발아촉진 효과가 확인되었는데, 적정 처리농도는 -0.50 MPa(Murray, 1990)에서 -1.50 MPa(Frett와 Fill, 1989)인 것으로 알려져 있다.

‘이나리’ 품종에서 최적 priming 화학제 종류 및 농도는 PEG -0.50 MPa 였다. PEG -0.50 MPa로 priming 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아율이 9% 증진되었고, T<sub>50</sub> 및 MGT는 각각 1.8일, 2.0일 단축되어 조기발아 되었으며, 또한 처리과정중 유근이 돌출되는 현상도 없었다.

‘비바리’ 품종도 ‘이나리’와 비슷한 경향을 보였는데, 무처리 종자의 발아율이 78.5% 였으나 priming 처리된 종자는 80% 이상 발아하여 발아증진에 유효하였다. 또한 priming 처리는 T<sub>50</sub>과 MGT을 단축시켜 조기발아를 유도하였다. Priming 화학제 중 PEG 9000이 다른 화학제에 비해 발아증진 효과가 현저하였고 발아촉진에도 좋았다. 특히 PEG -0.5 MPa 용액으로 priming 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아율이 9% 증진되었고, T<sub>50</sub>은 1.8일 단축되는 결과를 보였다. 일반적으로 priming 처리는 발아율 증진보다는 발아속도 단축에 현저한 효과를 보인다는 보고가 많다.

Table 2.2.1. Effect of priming chemical and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG, MGT and RPDP of 'Inari' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> <sup>y</sup> (days)	MDG <sup>x</sup>	MGT <sup>w</sup> (days)	RPDP <sup>v</sup> (%)
Chemical	Conc.					
KNO <sub>3</sub>	50 mM	85 c <sup>u</sup>	2.6 b	7.8 c	3.2 b	2.3
	100 mM	82 d	2.3 b	7.4 d	2.9 b	0
	200 mM	83 cd	2.6 b	7.6 cd	3.2 b	0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	50 mM	82 d	2.1 bc	7.5 d	2.7 b	17.5
	100 mM	79 e	2.5 b	7.2 e	3.0 b	0
	200 mM	84 c	2.4 b	7.7 c	2.9 b	0
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	50 mM	84 cd	2.4 b	7.6 cd	2.9 b	0
	100 mM	79 e	2.3 b	7.2 e	2.9 b	0
	200 mM	80 de	2.7 b	7.3 de	3.3 b	0
NaOH	50 mM	84 c	2.2 bc	7.7 c	2.8 b	1.5
	100 mM	82 d	2.6 b	7.5 d	3.2 b	0
	200 mM	77 e	2.7 b	7.0 e	3.4 b	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	50 mM	87 c	2.5 b	7.9 bc	3.1 b	5.8
	100 mM	88 b	2.3 b	8.1 b	2.8 b	0
	200 mM	81 de	2.5 b	7.3 de	3.2 b	0
PEG 8000	- 0.50 MPa	93 a	1.9 c	8.5 a	2.5 c	0
	- 0.75 MPa	92 a	2.0 c	8.4 a	2.6 c	0
	- 1.00 MPa	88 b	2.3 b	8.0 b	3.1 b	0
	- 1.25 MPa	85 c	2.5 b	7.7 c	3.0 b	0
Untreated		85 c	3.7 a	8.0 b	4.5 a	0

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated with various chemicals at 20°C for 3 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Days to 50% of the final germination percentage

<sup>x</sup> Mean days germination

<sup>w</sup> Mean germination time

<sup>v</sup> Radical protrusion during priming

<sup>u</sup> Means in columns are separated by DMRT at P=0.05

Table 2.2.2. Effect of priming chemical and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG, MGT and RPDP of 'Vibari' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Chemical	Conc.					
KNO <sub>3</sub>	50 mM	80 b <sup>y</sup>	2.2 b	7.2 b	2.9 b	0
	100 mM	86 a	2.4 b	7.8 a	3.1 b	0
	200 mM	73 c	2.6 ab	6.7 c	3.4 ab	0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	50 mM	77 b	2.3 b	7.0 b	3.0 b	12.5
	100 mM	75 c	2.5 b	6.8 c	3.3 b	5.3
	200 mM	84 b	2.5 b	7.7 b	3.3 b	0
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	50 mM	88 a	2.1 b	8.0 a	2.7 b	0
	100 mM	83 b	2.4 b	7.6 b	2.9 b	0
	200 mM	84 b	2.8 a	7.7 b	3.5 a	0
NaOH	50 mM	81 b	2.7 ab	7.4 b	3.4 ab	3.7
	100 mM	87 a	2.4 b	7.9 a	3.1 b	0
	200 mM	78 b	2.4 b	7.1 b	3.1 b	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	50 mM	90 a	2.6 b	8.2 a	3.3 b	10.8
	100 mM	85 a	2.4 b	7.8 a	3.1 b	0
	200 mM	86 a	2.9 a	7.8 a	3.6 a	0
PEG 8000	- 0.50 MPa	88 a	1.7 c	8.0 a	2.3 c	0
	- 0.75 MPa	90 a	2.2 b	8.2 a	2.8 b	0
	- 1.00 MPa	87 a	2.6 b	7.9 a	3.3 b	0
	- 1.25 MPa	83 b	2.8 a	7.6 b	3.5 a	0
Untreated		78 b	3.5 a	7.1b	4.3 a	0

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated with various chemicals at 20°C for 3 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those thaken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns are separated by DMRT at P=0.05

본 실험에서 춘과용과 추과용 당근 2품종을 공시하여 KNO<sub>3</sub>를 비롯한 5종의 화학제를 처리농도를 각각 달리하여 최적 priming 조건을 확립한 결과 PEG -0.50 MPa용액으로 priming 처리된 종자는 발아율도 향상되었고, 발아속도도 단축되어 당근 종자의 priming에 적정 화학제 및 처리농도였다.

#### 나. 적정 priming 처리온도 및 처리기간 설정

Priming 처리시 종자와 화학제간에 수분포텐셜 균형이 이루어지면 종자의 더 이상 수분흡수는 일어나지 않는다. 즉 수분흡수의 제2단계인 유도기를 연장시켜 종자가 발아준비를 위한 대사활성을 촉진시키는 것이다. 그러나 처리기간이 과다하게 길어질 경우 수분흡수의 제3단계로 진입하게 되어 유근돌출이 일어나는데, 처리기간중에 유근이 돌출되는 것을 방지하고 priming 효과를 극대화시키기 위해서는 적정기간이 설정되어야 한다(Suzuki 등, 1990).

Priming 기간은 작물의 종류와 종자활력에 따라 달라질 수 있으며, priming 온도와 용액의 삼투포텐셜은 처리기간을 결정하는 요인이다. Priming 온도가 적정조건보다 낮으면 발아잠재력이 저하되고 처리과정중 유근 돌출은 억제된다. 반면 priming 처리온도가 높으면 처리과정중 유근이 돌출되거나 저장중 발아력이 급속히 떨어진다. 따라서 처리과정중 유근이 돌출되지 않으면서 발아잠재력을 높일수 있는 처리온도와 처리기간이 설정되어야 한다.

표 2.2.3은 priming 화학제로 발아율 증진과 발아속도 단축에 가장 효과적이었던 -0.50 MPa의 PEG 용액으로 priming하여 처리기간과 처리온도 따른 발아율과  $T_{50}$ , MDG 및 MGT를 조사한 결과이다. Priming 처리기간은 작물의 종류 및 품종에 따라 짧게는 몇 시간에서 길게는 몇 주까지 다양하게 보고되고 있는데(Atherton과 Farooque, 1983; Bodsworth와 Bewley, 1981), 적정기간인 2~21일 보다 짧거나 길어지면 발아가 지연된다고 알려져 있다.

처리기간에 따른 발아성은 '이나리' 및 '비바리' 모두 3일 처리가 2일이나 5일 처리보다 발아율이 전반적으로 높았다. 발아속도는 처리기간이 길어질수록 조기발아하는 경향이었으나, 처리기간중에 유근이 돌출되었다. 반면 2일간 처리된 priming 종자는 발아율은 높았으나, 3일나 5일에 비해 발아속도가 지연되었다.

Priming 처리온도는 화학제 및 처리기간과 더불어 priming 효과를 극대화시키기 위

한 중요한 외적 요인이다. 우수한 priming 화학제 및 기간이 확립된 경우라도 처리온도에 따라 그 효과가 반감될 수 있다. 따라서 대상작물에 적합한 처리온도의 설정은 매우 중요하다. 본 실험에서 저온에서(10℃와 15℃) priming은 처리기간중 유근이 돌출되지 않는 이점이 있었으나, 발아속도가 지연되었다. 이에 반해 고온(25℃)에서 priming 처리 할 때 발아속도는 단축되었으나, 처리기간을 5일로 연장시키면 유근돌출이 10~40%로 증가하였다. 따라서 최적 priming 처리온도와 기간은 20℃에서 3일간 처리였다.

작물별 priming 적정 처리온도를 보면 양파는 10℃, 비트는 15℃, 당근은 20℃라고 알려져 있다(Heydecker 등, 1975). 그러나 양파종자는 mannitol의 삼투포텐셜에 관계없이 10℃ priming 이 24℃ 처리보다 발아세와 발아율이 향상되었다고 하였으며(Furutani 등, 1986), 상추종자에서는 15℃에서 priming이 5℃ 또는 25℃ 처리보다 발아율이 증진되었다(Cantliffe, 1981). 적정 처리기간은 토마토, 당근 및 양파는 15℃에서 14일간 처리가 발아촉진에 좋았다고 하였다(Haigh 등, 1980). 이와 같이 동일작물이라도 연구자에 따라 priming 기간과 처리온도가 다른 것은 품종, 종자의 채종조건, 종자 성숙도 및 활력정도 등의 차이에 의한 것으로 판단된다.



Table 2.2.3. Effect of priming temperature and durations on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG, MGT and RPDP of 'Inari' and 'Vibari' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>						
Priming temp.(°C)	Priming duration (days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
<i>'Inari'</i>						
10	2	88 bc <sup>y</sup>	3.3 a	8.2 a	3.9 a	0
	3	84 d	2.7 b	7.7 b	3.1 b	0
	5	87 c	2.4 bc	7.6 bc	1.9 e	0
15	2	92 ab	2.5 b	8.4 a	3.1 b	0
	3	93 a	2.3 c	7.8 b	2.9 bc	0
	5	88 bc	1.8 e	7.7 b	2.3 d	0
20	2	91 b	2.5 b	7.8 b	3.0 b	0
	3	95 a	1.7 e	7.9 b	2.3 d	0
	5	87 c	2.0 d	7.4 c	2.6 c	22.6
25	2	95 a	2.2 c	8.3 a	2.8 bc	0
	3	90 b	2.0 d	7.9 ab	2.7 c	4.7
	5	82 d	1.8 e	7.0 d	2.4 d	27.0
Untreated		87 c	3.4 a	7.5 c	4.1 a	0
<i>'Vibari'</i>						
10	2	87 a	3.2 b	8.2 a	3.9 b	0
	3	88 a	2.7 bc	7.7 b	3.3 c	0
	5	90 a	2.7 bc	7.6 b	3.3 c	0
15	2	88 a	2.6 bc	8.4 a	3.2 c	0
	3	89 a	1.9 de	7.8 b	2.5 e	0
	5	88 a	2.3 d	7.7 b	2.9 d	0
20	2	89 a	2.2 d	7.8 b	2.9 d	0
	3	88 a	1.8 e	7.9 ab	2.4 e	0
	5	88 a	1.5 f	7.4 b	2.1 f	27.5
25	2	89 a	2.7 bc	8.3 a	3.3 c	0
	3	92 a	2.0 de	7.9 ab	2.7 d	0
	5	89 a	1.5 f	7.0 c	2.1 f	35.6
Untreated		86 a	3.7 a	7.5 b	4.5 a	0

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated at 20°C and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those thaken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

#### 나. 퇴화처리된 종자의 priming 효과

세포막은 세포내외의 물질이동 조절에 중요한 역할을 하며, 종자활력이 감소되면 세포막이 변성되어 저장양분의 누출량이 증가하여 발아력이 상실된다.

표 2.2.4는 인위적으로 퇴화처리된 당근종자를 4일간 침지하여 시기별 단백질의 누출량을 측정한 것이다. 퇴화처리 일수가 경과된 저활력 종자일수록 세포막이 손상되어 단백질 누출량이 많았다. 퇴화처리되지 않은 건전종자는 침지처리 동안 1g의 종자당 1.3mg의 단백질이 누출되었다. 이에 비해 5일간 퇴화처리된 종자는 건전종자와 큰 차이는 없었으나, 10일 이상 퇴화처리된 종자에서는 단백질 누출량이 급격하게 증가하였고, 이러한 경향은 침지일수가 경과할수록 뚜렷하였다. 종자활력에 따른 단백질 누출량은 20일간 퇴화처리된 종자가 건전종자에 비해 6.9배, 15일간 퇴화처리된 종자는 5.5배, 10일 퇴화처리 종자는 약 3.6배 많았다.

아미노산 누출량도 저활력 종자에서 많았고 침지시간이 경과할수록 증가하였다. 종자활력에 따른 아미노산 누출량은 20일간 퇴화처리된 종자에서 가장 많았는데, 종자 1g당 약 961  $\mu\text{g}$ 이 누출되어 건전종자의 637  $\mu\text{g}$ 에 비해 1.5배 많았다. 또한 15일간 퇴화처리된 종자는 건전종자에 비해 1.4배, 10일간 퇴화처리된 종자는 1.1배 많은 누출량을 보였다.

당 누출량도 퇴화된 종자일수록 많았다. 당 누출량은 20일간 퇴화처리된 종자에서 1g의 종자당 약 450  $\mu\text{g}$ 이 누출되어 건전종자보다 1.7배 많은 누출량을 보였다. 또한 15일간 퇴화처리된 종자는 건전종자에 비해 1.6배, 10일간은 1.2배 많은 누출량을 보였다. 그러나 5일간 퇴화처리된 종자는 건전종자와 큰 차이가 없었다.

건조종자가 물에 침지되면 100 MPa의 압력으로 수분을 흡수하는데, 이때 종자는 세포막이 부분적으로 손상되어 가용성 물질이 용출되어 나온다. 종자에서 누출되는 가용성 물질은 세포막의 손상정도에 따라 다르며, 일반적으로 죽은 종자나 저활력 종자에서 누출량이 증가하게 된다. 인위 퇴화처리한 종자를 24시간 물에 침지하여 누출되는 무기성분을 측정한 것이다. 퇴화된 종자일수록 K의 누출량이 증가하였으나, Ca와

Mg는 큰 차이가 없었다(표 2.2.5).

당근 종자를 priming하여 다양한 발아온도에서 발아율과 발아속도를 조사한 결과는 표 2.2.6에서 보는 바와 같다. 전반적으로 priming은 종자 발아율에는 큰 영향을 미치지 못하였지만 발아속도는 크게 단축시켰다. 이러한 효과는 불량 발아조건인 15℃와 35℃에서 현저하였다. 무처리 종자를 15℃에서 발아시키면 발아속도가 5일이 소요되나, priming 종자는 3.1일이 소요되어 무처리 종자에 비해 2일 정도 조기발아하였다. 또한 35℃에서 발아시킨 경우도 priming 종자는 무처리보다 3.7일 단축되는 효과가 있었다. 침지종자도 무처리 종자에 비해 조기발아하는 경향이었으나, priming 처리보다는 그 효과가 낮았다. 이와 같이 당근 종자를 priming 함으로써 불량조건에서 발아력을 증진시킬 수 있었다.

표 2.3.7은 인위 퇴화처리한 종자를 priming 처리하여 15℃와 20℃에 치상하여 종자 활력 회복정도를 조사한 것이다. Priming 처리는 건전종자 및 저활력 종자에서 발아력이 증진되었다. 퇴화된 종자는 발아율이 감소하였고, 발아속도 또한 지연되었는데, 이러한 경향은 퇴화정도가 심할수록 뚜렷하였다. 특히 20일간 퇴화처리된 종자는 발아율이 20% 정도 급감하였고 발아속도는 15℃에서는 3일, 20℃에서는 3.6일 지연되었다.

퇴화시켜 활력이 저하된 종자를 priming 처리하면 발아율은 약간 증진되는 경향이 있었으나 그 효과는 미약하였다. 이에 반해 발아속도 단축 효과는 현저하여 20일간 퇴화처리된 종자를 3.5일(15℃) 및 3.3일(20℃)의 발아속도를 단축시켰다. 퇴화종자가 발아력을 상실하는 원인은 유근정단에 있는 분열조직의 손상, 발아유도 기구의 분해, 리보솜 분리의 저해, 효소의 불활성 및 세포막의 기능성 저하에 의한 것으로 집약된다.

Priming의 이점인 발아촉진 효율을 향상시키기 위해서는 고효율 종자의 사용이 전제되어야 하지만 본 실험에서는 퇴화종자를 priming 처리함으로써 부분적인 종자활력 회복이 가능하였다.

그 원인은 priming 처리과정중 손상된 세포막을 복원시킬 뿐 아니라 유근돌출이 되지않는 범위내에서 대사활성이 촉진되어 발아잠재력이 향상된 것으로 해석된다.

Table 2.2.4. Leakage of protein, ninhydrin-positive amino acids and total sugars from carrot seeds aged for different length of time.

Aging <sup>z</sup> (days)	Soaking days				Mean
	1	2	3	4	
<i>Protein mg/g</i>					
0	1.2	1.4	1.3	1.4	1.3
5	1.7	1.8	1.5	1.9	1.7
10	5.2	4.3	3.8	5.4	4.7
15	7.4	6.8	6.9	7.7	7.2
20	8.6	8.8	9.2	9.6	9.0
LSD(0.05)	0.6 <sup>y</sup>	0.5	0.5	0.7	
<i>Amino acids μg/g</i>					
0	612	632	644	660	637
5	548	634	652	674	627
10	744	766	672	760	735
15	921	944	932	880	919
20	960	988	956	940	961
LSD(0.05)	88.	90.4	94.4	66.4	
<i>Total sugar μg/g</i>					
0	254	248	276	284	265
5	246	252	270	232	250
10	336	328	312	352	332
15	412	424	432	429	424
20	422	453	478	448	450
LSD(0.05)	46.3	44.2	38.3	40.2	

<sup>z</sup> Seeds were aged after adjusting water concentration to 28%, followed by a 1-day incubation at 5°C and blot drying. One gram seeds in an air-tight bottle were kept at 50°C for varying lengths of days.

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

Table 2.2.5. P, K, Ca, and Mg leakage of differently accelerated aging seeds of carrot after soaking for 1 day.

Aging <sup>z</sup> (days)	P ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ DW)	K ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ DW)	Ca ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ DW)	Mg ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ DW)
0	38	163	0.12	1.12
5	47	171	0.32	1.54
10	42	158	0.26	1.22
15	32	188	1.38	1.04
20	53	178	2.23	1.67

<sup>z</sup> Seeds were aged after adjusting water concentration to 28%, followed by a 1-day incubation at 5°C and blot drying. One gram seeds in an air-tight bottle were kept at 50°C for varying lengths of days.

Table 2.2.6. Effect of priming on percent germination and T<sub>50</sub> of carrot seeds greminated at 15°C, 20°C, 25°C and 35°C.

Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
<i>Germinated at 15°C</i>		
Primed	88.6 a <sup>y</sup>	3.07 c
Imbibed	83.3 a	3.69 b
Untreated	82.6 a	5.01 a
<i>Germinated at 20°C</i>		
Primed	82.7 a	1.55 c
Imbibed	85.3 a	1.89 b
Untreated	87.3 a	2.73 a
<i>Germinated at 25°C</i>		
Primed	84.0 a	1.47 b
Imbibed	83.3 a	1.77 b
Untreated	86.0 a	2.32 a
<i>Germinated at 35°C</i>		
Primed	66.0 a	1.56 b
Imbibed	54.7 a	2.07 b
Untreated	46.0 b	5.22 a

<sup>z</sup> Seeds were dark-primed in -0.50 MPa PEG at 20°C for 3 days and dark-germinated at 15°C, 20°C, 25°C and 35°C for up to 18 days. Water imbibed and untreated seeds were those imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package, respectively.

<sup>y</sup> Means in columns within each germination temperature are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.2.7. Priming effect of aged seeds on percent germination and  $T_{50}$  of carrot seeds at 15 and 20°C.

Aging <sup>z</sup> duration (days)	Seed treatment <sup>y</sup>	15°C		20°C	
		Germ. (%)	$T_{50}$ (days)	Germ. (%)	$T_{50}$ (days)
0	Primed	87	3.0	84	1.5
	Imbibed	82	3.7	86	1.9
	Untreated	83	5.1	85	2.9
5	Primed	84	3.1	82	1.5
	Imbibed	80	3.9	81	2.1
	Untreated	78	5.5	76	3.1
10	Primed	82	3.2	84	1.7
	Imbibed	83	4.3	82	2.5
	Untreated	80	5.9	79	3.7
15	Primed	79	4.7	76	2.1
	Imbibed	64	5.1	68	3.1
	Untreated	62	7.2	60	4.4
20	Primed	70	4.7	66	3.1
	Imbibed	62	6.3	56	5.1
	Untreated	64	8.2	63	6.5
	LSD(.05)	10.9 <sup>x</sup>	0.9	10.4	0.4
Significance					
Aging duration (A)		** <sup>w</sup>	***	*	***
Seed treatment (B)		*	***	*	***
A x B		NS	**	NS	*

<sup>z</sup> Seeds were aged after adjusting water concentration to 28%, followed by a 1-day incubation at 5°C and blot drying. One gram seeds in an air-tight bottle were kept at 50°C for varying lengths of days.

<sup>y</sup> Seeds were dark-primed in -0.50 MPa PEG at 20°C for 3 days and dark-germinated at 15°C, 20°C, 25°C and 35°C for up to 18 days. Water imbibed and untreated seeds were those imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package, respectively.

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

<sup>w</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

### 제 3 절 발아촉진을 위한 solid matrix priming 기술개발

#### 1. 서언

지금까지 발아 촉진을 위해 PEG와 같은 액체 삼투용액에 종자를 침지시키는 priming 처리가 널리 이용되었다. 그러나 PEG는 높은 점성으로 인해 용존산소가 부족되어 대립종자인 대두, 콩, 및 옥수수등에서는 발아력 증진에 그다지 효과적이지 못했다. 또한 처리과정중과 처리후 종자가 손상되어 발아력이 저하되는 경우가 많았다. 따라서 대립종자를 대규모로 priming 처리할 경우 종자당 요구되는 용액량과 산소공급 문제를 고려해야 한다. 또한 PEG와 같은 고가인 priming 처리제는 처리비용 문제와 처리된 종자의 저장을 위해 처리제를 종자에서 분리시켜야 하는데, 이때 발생하는 염 및 PEG 폐기물들은 환경 오염을 유발하는 요인이다.

토양의 높은 염농도는 종자의 수분흡수를 억제하여 발아는 이루어지지 않으나, 발아준비를 위한 대사활성이 촉진되어 자연적으로 발아촉진 처리가 된다. 이들 종자를 파종하면 신속한 묘출현이 유도되는데, 이러한 현상은 근거로 한 종자처리가 SMP이다. Solid matrix priming(SMP) 기술을 최초로 도입한 연구자는 Kubik 등과 Taylor 등이며, 삼투용액 대신에 고체 carrier로 처리하는 것으로 priming과 같이 발아력 증진을 위한 종자처리 기술이다. 미국의 Eastine박사는 SMP 처리공정을 특허로 출원한 바 있고 Khan 등에 의해 체계화된 Matricconditioning은 SMP와 유사한 처리개념이다.

SMP 처리 과정은 고체 carrier, 종자, 수분을 일정비율로 혼합하여 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 종자의 수분흡수를 조절하는 것으로 종자처리의 새로운 분야이다.

SMP는 소립과 대립종자에서 대량처리가 가능할 만큼 효율적이고 이용 잠재력이 높으며, 많은 작물에서 발아력 향상에 유용한 처리로 보고되고 있다. SMP 시스템의

특성은 처리과정중 산소공급을 최소화시킬 수 있으며, 유용 미생물과의 조합처리가 용이하다.

SMP에 적합한 물질로는 (a) 메트릭 포텐셜은 높으나, 용질 또는 삼투포텐셜이 거의 없을 것 (b) 물에 용해되지 않을 것 (c) 화학적으로 재활성이 낮으면서 (d) 수분보유력이 우수하고 수분변화에도 가동성이 있을 것, 건조보유력 또한 우수하여야 하며, 미세분말 일 것 (e) 입자크기, 구조, 공극성이 다양할 것 (f) 표면적이 높으면서 (g) 부피는 크고 용적밀도는 낮을 것, 첨가량이 적어도 결과가 나타날 것 (h) 종자표면에 부착능력이 우수할 것 (i) 발아에 독성을 주지 않을 것 (j) 처리후 종자에서 분리가 쉬운 것 등이 적합하다고 알려져 있다.

이러한 특성을 가진 물질중에는 Marville사의 특허품인 여러 가지 등급의 Celite와 Micro-Cel E 및 W.R. Grace사의 특허품인 zomolite vermiculite 등이 시판되고 있다. 다른 고체 carrier로는 버미규라이트 및 GrowSorb도 SMP 물질로 사용되고 있다.

본 연구의 목적은 불량조건에서 당근 종자의 안전발아와 발아의 균일성을 유지시킬 수 있는 SMP의 carrier 물질을 탐색하고 적정 혼합비율 및 처리방법을 확립하는데 있다. 아울러 SMP에 사용되는 고체 carrier로 Micro Cel-E가 보편적으로 사용되고 있지만 이를 국내에서 생산되는 원료로 대체할 수 있는 물질 탐색에도 연구의 주안점을 중점을 두었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 적정 SMP 물질 선발

공시된 품종은 춘과용 '이나리', '만산', '무쌍', '홍심'과 추과용 '대복', '매끄니', '비바리', 및 '하루방' 등 8품종이었다. 당근 종자의 SMP에 적합한 carrier를 선발하기 위해 celite 400, vermiculite, Micro Cel-E(synthetic calcium silicate) 및 diatomaceous



earth를 사용하였다. SMP 처리는 종자: carrier: 증류수를 5:3:9 및 5:3:15(w/w/w) 비율로 혼합하여 20℃에서 각각 3일 및 5일간 처리하여 20℃에서 발아력을 검정하였다.

#### 나. 적정 SMP 혼합비율 및 처리기간 설정

공시 품종은 춘파용 ‘이나리5촌’, ‘만산5촌’, ‘무쌍5촌’, ‘홍심5촌’과 추파용인 ‘대복여름’, ‘매끄니’, ‘비바리흑전’, ‘하루방’ 이었다. 당근 종자에서 발아력을 극대화 시킬 수 있는 SMP 적정 혼합비율을 구명하고자 종자: carrier: 증류수 혼합비율을 (1) 5:3:9 (×3) (2) 5:3:10.5 (×3.5) (3) 5:3:12 (×4) (4) 5:3:13.5 (×4.5) (5) 5:3:15(×4.5 w/w/w)등으로 조제하였다. 이때 사용된 carrier로는 Micro Cel-E였고, 처리온도는 20℃, 처리기간은 1일, 3일 및 5일로 각각 달리 처리한 후 20℃에서 발아력을 검정하였다.

#### 다. 적정 SMP 처리온도 설정

공시품종으로 춘파용 ‘이나리5촌’, ‘만산5촌’, ‘무쌍5촌’, ‘홍심5촌’을 이용하였다. SMP 처리의 carrier로는 Micro Cel-E를 사용하였으며, 종자: carrier: 증류수의 혼합비율은 5:3:10.5(×3.5)였다. SMP 적정 처리온도를 구명하고자 10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃ 및 35℃로 달리하였으며 ‘이나리5촌’, ‘무쌍5촌’, ‘홍심5촌’은 5일간, ‘만산5촌’은 3일간 처리한 후 20℃ 항온기에서 발아력을 검정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 적정 SMP 물질 선발

표 2.3.1.~2.3.8은 춘파용과 추파용 8품종을 공시하여 SMP carrier, 처리기간 및 혼합배율을 달리하여 발아성에 미치는 영향을 조사한 결과이다.

품종의 특성과 혼합비율에 따라 발아양상은 약간의 차이는 있었으나 전반적으로 80~100%의 높은 발아율을 보였고 무처리와도 큰 차이는 없었다. SMP 처리된 종자는

carrier 종류에 따라 부분적인 차이는 있었으나, 모든 품종에서 무처리에 비해  $T_{50}$ 과 MGT가 현저히 단축되었다. 대체적으로 수분비율이 높으면 발아속도가 단축되는 경향을 보였으나, 처리중에 유근이 돌출되는 종자의 비율도 높았다. SMP의 물질로써 보편적으로 사용되고 있는 Micro Cel-E에서 전체적으로 높은 발아율을 보였으나, 발아속도 단축에 이와 유사하거나 더 효과적인 물질도 있었다.

따라서 국내에서 생산되는 물질중 Micro cel-E를 대체할 수 있는 물질개발에도 본 연구의 초점을 두었으므로 연구 성과는 괄목할만하였다. Micro Cel-E와 diatomaceous earth 처리에서 수분비율이 높아질수록  $T_{50}$ , MGT등이 단축되는 경향이였다. 그러나 celite 400, vermiculite로 SMP 처리된 것은 수분비율이 증가하더라도 발아촉진 효과가 둔화되었다. 이러한 결과는 celite 400, vermiculite가 carrier로서 Micro Cel-E와 diatomaceous earth보다 메트릭포텐셜에 의한 수분 조절기능이 불균일하거나 미약한 때문으로 판단된다. 전체적으로 Micro Cel-E가 가장 효과적인 SMP carrier였고, 이를 대할 수 있는 물질은 diatomaceous earth라고 보여진다.

Table 2.3.1. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Inari' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>							
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
A	3	5:3:9	94	1.9	8.5	2.2	0
		5:3:15	95	1.3	8.7	2.9	0
	5	5:3:9	93	0.6	8.5	1.1	0
		5:3:15	95	0.6	8.6	1.0	4
B	3	5:3:9	94	2.3	8.6	2.7	0
		5:3:15	94	1.4	8.5	1.7	0
	5	5:3:9	93	0.7	8.5	1.2	0
		5:3:15	88	1.3	8.0	1.7	7
C	3	5:3:9	91	1.9	8.4	2.4	0
		5:3:15	91	2.1	8.3	2.6	0
	5	5:3:9	92	0.5	8.4	1.2	3
		5:3:15	92	0.5	8.4	1.3	1
D	3	5:3:9	97	2.6	8.8	2.7	0
		5:3:15	95	2.1	8.6	2.4	0
		5:3:9	91	1.5	8.2	2.0	0
	5	5:3:15	94	1.9	8.5	2.1	0
	Untreated		91	3.0	8.2	3.5	0
Significance							
Carrier (A)			NS <sup>x</sup>	***	NS	***	
Duration (B)			NS	***	NS	***	
Water (C)			NS	***	NS	***	
A × B			NS	NS	NS	*	
B × C			NS	***	NS	***	
A × C			NS	**	NS	*	
A × B × C			NS	***	NS	***	

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P= 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.2. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Mansan' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (× carrier)					
A	3	5:3:9	75	1.5	6.8	2.3	0
		5:3:15	75	1.4	7.1	2.1	12
	5	5:3:9	84	1.0	7.6	1.6	19
		5:3:15	72	0.4	6.5	1.5	68
B	3	5:3:9	80	2.3	7.3	2.9	0
		5:3:15	78	2.4	7.1	3.2	0
	5	5:3:9	78	0.4	7.1	1.5	5
		5:3:15	80	2.4	7.3	3.0	16
C	3	5:3:9	83	2.2	7.6	3.1	0
		5:3:15	83	2.4	7.5	3.2	0
	5	5:3:9	79	1.3	7.2	2.0	27
		5:3:15	82	2.1	7.5	2.9	22
D	3	5:3:9	82	2.2	7.5	2.8	0
		5:3:15	87	3.0	7.9	3.6	0
		5:3:9	77	0.5	7.0	1.4	3
	5	5:3:15	83	2.4	7.6	3.1	13
Untreated			70	3.5	6.4	4.3	0
Significance							
Carrier (A)			NS <sup>x</sup>	***	NS	***	
Duration (B)			NS	***	NS	***	
Water (C)			NS	***	NS	***	
A × B			NS	NS	NS	NS	
B × C			NS	***	NS	***	
A × C			NS	***	NS	**	
A × B × C			NS	***	NS	NS	

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.3. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Mussang' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)					
A	3	5:3:9	95	2.3	8.6	3.0	0
		5:3:15	91	1.6	8.2	2.1	0
	5	5:3:9	93	1.2	8.5	1.7	15
		5:3:15	91	0.5	8.2	1.2	31
B	3	5:3:9	92	1.9	8.4	2.4	0
		5:3:15	94	2.4	8.5	3.0	0
	5	5:3:9	88	0.8	8.0	1.5	20
		5:3:15	89	1.0	8.1	1.9	12
C	3	5:3:9	95	1.9	8.6	2.6	0
		5:3:15	95	2.8	8.7	3.5	0
	5	5:3:9	93	0.9	8.5	1.7	3
		5:3:15	86	1.9	7.8	2.6	1
D	3	5:3:9	95	2.0	8.6	2.6	0
		5:3:15	93	2.6	8.4	3.0	0
		5:3:9	92	1.3	8.4	1.9	2
	5	5:3:15	87	2.8	7.9	3.2	5
	Untreated		89	4.0	8.1	4.7	0
Significance							
Carrier (A)			NS <sup>x</sup>	***	NS	***	
Duration (B)			**	***	***	***	
Water (C)			*	***	*	***	
A × B			NS	**	NS	**	
B × C			NS	***	NS	*	
A × C			NS	NS	NS	***	
A × B × C			NS	NS	NS	NS	

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.4. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Hongsim' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (× carrier)					
A	3	5:3:9	87	2.2	8.0	2.9	0
		5:3:15	92	1.6	3.4	2.2	0
	5	5:3:9	79	1.4	7.2	1.9	1
		5:3:15	80	0.4	7.3	1.0	21
B	3	5:3:9	91	1.7	8.2	2.2	0
		5:3:15	86	3.2	7.8	3.6	0
	5	5:3:9	87	1.0	8.0	1.5	5
		5:3:15	80	2.2	7.3	2.7	5
C	3	5:3:9	94	3.2	7.6	3.7	0
		5:3:15	86	3.0	7.8	3.5	0
	5	5:3:9	82	1.3	7.5	1.9	19
		5:3:15	91	2.4	8.2	3.0	12
D	3	5:3:9	87	2.0	7.9	2.7	0
		5:3:15	81	3.4	7.3	3.8	0
		5:3:9	81	1.3	7.4	2.0	8
	5	5:3:15	81	2.3	7.4	2.9	12
		Untreated		79	3.7	7.2	4.3
Significance							
Carrier (A)			NS <sup>x</sup>	***	NS	***	
Duration (B)			*	***	*	***	
Water (C)			NS	***	NS	***	
A × B			NS	*	NS	NS	
B × C			NS	***	NS	***	
A × C			NS	NS	NS	NS	
A × B × C			NS	***	NS	***	

<sup>z</sup> Seed were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05$  and  $0.001$  respectively.

Table 2.3.5. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Daebok' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)					
A	3	5:3:9	86	1.8	7.8	0.2	0
		5:3:15	86	1.5	7.8	0.2	54
	5	5:3:9	87	0.6	7.9	0.1	76
		5:3:15	-	-	-	-	100
B	3	5:3:9	89	1.5	8.1	0.1	0
		5:3:15	83	1.5	7.5	0.2	34
	5	5:3:9	-	-	-	-	100
		5:3:15	-	-	-	-	100
C	3	5:3:9	87	1.3	7.9	0.2	0
		5:3:15	82	1.4	7.5	0.2	39
	5	5:3:9	-	-	-	-	100
		5:3:15	-	-	-	-	100
D	3	5:3:9	83	1.4	7.6	0.2	0
		5:3:15	83	0.9	7.5	0.1	51
		5:3:9	-	-	-	-	100
	5	5:3:15	-	-	-	-	100
Untreated			90	3.4	6.5	3.7	0
Significance							
Carrier (A)			NS <sup>x</sup>	***	NS	**	
Duration (B)			NS	***	NS	***	
Water (C)			NS	*	NS	NS	
A × B			NS	**	NS	**	
B × C			NS	*	NS	NS	
A × C			NS	*	NS	*	
A × B × C			NS	*	NS	*	

<sup>z</sup> Seed were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.6. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Mecuni' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)					
A	3	5:3:9	93	2.9	8.4	3.4	0
		5:3:15	95	1.8	8.6	2.6	0
	5	5:3:9	93	2.0	8.4	2.6	43
		5:3:15	-	-	-	-	100
B	3	5:3:9	91	1.9	8.3	2.6	0
		5:3:15	93	2.9	8.4	3.5	0
	5	5:3:9	91	2.9	8.3	3.4	0
		5:3:15	91	1.3	8.2	2.0	0
C	3	5:3:9	93	2.6	8.5	3.0	0
		5:3:15	92	3.2	8.4	3.7	14
	5	5:3:9	87	2.6	7.9	3.1	22
		5:3:15	86	1.9	7.8	2.5	48
D	3	5:3:9	89	1.9	8.1	3.7	0
		5:3:15	91	1.8	8.2	2.5	0
		5:3:9	85	2.0	7.7	2.4	17
	5	5:3:15	87	1.3	7.9	1.8	33
Untreated			90	3.3	7.4	3.9	0
Significance							
Carrier (A)			* <sup>x</sup>	***	*	***	
Duration (B)			**	***	**	***	
Water (C)			NS	**	NS	***	
A × B			NS	NS	NS	NS	
B × C			NS	***	NS	***	
A × C			NS	NS	NS	*	
A × B × C			NS	***	NS	***	

<sup>z</sup> Seed were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.



Table 2.3.7. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Vibari' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)					
A	3	5:3:9	84	2.7	7.6	3.4	0
		5:3:15	79	1.5	7.2	2.7	0
	5	5:3:9	72	1.6	6.5	2.9	16
		5:3:15	85	1.6	7.7	2.4	34
B	3	5:3:9	89	3.4	8.1	4.2	0
		5:3:15	79	1.8	7.2	2.9	0
	5	5:3:9	73	1.2	6.6	2.1	0
		5:3:15	75	4.0	6.8	4.5	0
C	3	5:3:9	87	3.6	7.9	4.5	0
		5:3:15	71	3.4	6.4	4.3	5
	5	5:3:9	75	2.1	6.8	3.4	8
		5:3:15	65	4.6	5.9	4.9	14
D	3	5:3:9	65	3.5	5.9	3.9	0
		5:3:15	78	2.3	7.1	3.3	0
		5:3:9	70	2.5	6.4	3.5	1
	5	5:3:15	82	0.5	7.5	1.9	6
	Untreated		78	3.8	7.0	4.7	0
Significance							
Carrier (A)			NS <sup>x</sup>	***	NS	***	
Duration (B)			*	***	*	***	
Water (C)			NS	***	NS	NS	
A × B			NS	NS	NS	NS	
B × C			NS	***	NS	***	
A × C			**	***	**	***	
A × B × C			NS	***	NS	***	

<sup>z</sup> Seed were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.8. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of 'Harubang' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)					
A	3	5:3:9	80	2.6	7.3	3.2	0
		5:3:15	83	2.2	7.6	2.9	0
	5	5:3:9	92	1.6	8.4	2.3	2
		5:3:15	82	0.5	7.5	1.2	15
B	3	5:3:9	77	3.5	7.0	3.9	0
		5:3:15	80	3.2	7.3	3.6	0
	5	5:3:9	76	3.8	6.9	3.9	0
		5:3:15	71	3.7	6.5	4.9	0
C	3	5:3:9	81	2.8	7.3	3.4	0
		5:3:15	75	2.9	6.8	3.6	0
	5	5:3:9	81	2.7	7.3	3.1	0
		5:3:15	75	3.5	6.8	4.5	0
D	3	5:3:9	80	3.2	7.3	3.1	0
		5:3:15	78	3.5	7.1	4.0	0
		5:3:9	73	2.8	6.6	3.6	0
	5	5:3:15	71	3.0	6.5	3.7	0
		Untreated		79	3.7	6.3	4.9
Significance							
Carrier (A)			** <sup>x</sup>	***	**	***	
Duration (B)			NS	NS	NS	NS	
Water (C)			NS	NS	NS	*	
A × B			NS	*	NS	***	
B × C			NS	NS	NS	NS	
A × C			NS	NS	NS	***	
A × B × C			NS	NS	NS	***	

<sup>z</sup> Seed were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.9. Effect of SMP carrier type, duration and ratio of seed to carrier to water by weight on the performance of eight cultivar carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Carrier <sup>y</sup>	Duration (days)	Water (×carrier)					
A	3	5:3:9	87	2.2	7.9	2.6	0.0
		5:3:15	87	1.6	2.3	2.2	8.3
	5	5:3:9	87	1.3	7.9	1.8	21.5
		5:3:15	63	0.5	5.7	1.0	46.6
B	3	5:3:9	88	2.3	8.0	2.6	0.0
		5:3:15	86	2.4	7.8	2.8	4.3
	5	5:3:9	83	1.4	6.7	1.9	16.3
		5:3:15	72	2.0	6.5	2.6	17.5
C	3	5:3:9	89	2.4	8.0	2.9	0.0
		5:3:15	84	2.7	7.7	3.1	7.3
	5	5:3:9	74	1.4	6.7	2.1	22.8
		5:3:15	72	1.1	6.6	2.7	24.8
D	3	5:3:9	85	2.4	7.7	2.7	0.0
		5:3:15	86	2.5	7.8	2.8	6.4
		5:3:9	71	1.5	6.5	2.1	16.4
	5	5:3:15	73	1.8	6.7	2.3	21.1

<sup>z</sup> Seed were dark-treated with various carriers at 20°C for 3 and 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> A, Micro-cel E; B, Celite 400; C, Vermiculite; D, Diatomaceous Earth.

#### 나. 적정 SMP 혼합비율 및 처리기간 설정

SMP 처리효과는 동일한 작물이라도 품종에 따라 달라질 수 있다. 당근 품종별로 적정 SMP 처리조건을 구명하고자 종자, carrier, 증류수의 혼합비율을 달리하여 발아성을 조사한 결과는 표 2.3.10~2.3.14와 같다.

표 2.3.10은 춘파용인 '이나리'와 '만산' 품종에서 SMP의 수분비율과 처리기간이 발아성에 미치는 영향을 조사한 것이다.

'이나리'에서 SMP 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아율이 약 5% 향상되었고,

T<sub>50</sub>과 MGT를 2.5일 정도 단축시켜 발아촉진에 유효하였다. 발아속도는 수분비율이 높고, 처리기간이 길어질수록 빨랐다. 그러나 4배(5:3:12) 이상의 수분비율로 4일간 SMP 처리하면 처리중에 유근이 돌출되는 경향이였다.

SMP 처리의 기본개념이 유근을 돌출시키지 않는 범위내에서 종자의 생리적 발아를 완성시키는 것이다. 그러나 처리과정중 유근이 돌출된 종자는 건조에 대한 내성이 없어 SMP 처리후 탈수 건조과정을 거칠 때 발아력을 상실하여 장기간 저장이 불가능하게 된다. 따라서 유근을 돌출시키지 않으면서 발아잠재력을 극대화 시킬 수 있는 적정 혼합비율과 처리기간의 설정이 무엇보다도 중요하다. '이나리'에서 유근을 돌출시키지 않으면서 발아력을 극대화 시킬 수 있는 최적 SMP 처리조건은 3.5배(종자 5: carrier 3: 증류수 10.5 w/w/w)의 수분비율로 5일간 처리였다.

'만산' 품종은 수분비율에 관계없이 5일간 SMP 처리는 처리중에 유근돌출이 일어났고, 특히, 4.5배(5:3:13.5) 이상의 수분비율에서는 대부분 유근이 돌출되었다. 3일 처리에서도 4배(5:3:12) 이상의 수분비율에서는 유근이 돌출되어 SMP 처리의 실용성이 낮았다. 유근이 돌출되지 않으면서 발아를 촉진시킬 수 있는 적정 처리 조건은 3.5배(5:3:10.5)의 수분비율로 3일간 처리였다(표 2.3.10).

표 2.3.11은 '무쌍'과 '홍심' 품종에서 SMP 처리기간 및 수분비율이 발아성에 미치는 영향을 조사한 것이다. '무쌍'은 SMP 처리에 의해 발아율이 향상되었으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 SMP 처리는 발아촉진에는 유효하여 처리기간과 수분비율에 따라 미세한 차이는 있으나 T<sub>50</sub>과 MGT를 약 2~3일 정도 단축시켰다.

고제 carrier인 Micro-Cel E에 대한 수분 첨가비율이 높고 처리기간이 길어질수록 발아속도는 단축되었으나, 4배(5:3:12) 이상의 수분비율로 5일간 SMP 처리하면 유근이 돌출되는 종자가 증가하였다. 최적 SMP 조건은 3.5배(5:3:10.5)의 수분비율로 3일간 처리였다.

'홍심'에서도 4배(5:3:12) 이상의 수분비율로 5일간 SMP 처리할 때 1~17.3%의 유

근이 돌출되었으나 3.5배(5:3:10.5)의 수분비율로 5일간 처리였다. 최적 SMP 조건인 3.5배(5:3:10.5)의 수분비율로 5일간 SMP 처리된 종자는 무처리 종자보다 발아율이 9% 증진되었고, T<sub>50</sub>과 MGT가 각각 3.5일과 3.6일 단축시켜 발아촉진에 현저한 효과가 있었다.

표 2.3.12는 '대북'과 '매끄니' 품종에서 SMP 처리기간 및 수분비율이 발아성에 미치는 영향을 조사한 결과인데, SMP 처리된 '대북' 품종은 발아율이 증진되었으나, '매끄니'에는 그 효과가 미약하였다. 그러나 두 품종 모두 발아촉진에는 유효하였다. '대북'에서는 4배(5:3:12) 이상의 수분비율로 3일간 SMP할 때 21.4~32.5%가 유근이 돌출되었고 특히, 수분 첨가배율을 5배(5:3:15)로 높여 5일간 SMP하면 100%의 유근 돌출율을 보였다. 따라서 최적 SMP 조건은 3.5배(5:3:10.5)의 수분비율로 3일간 처리였다. '매끄니'에서는 처리기간이 길어질수록 발아속도는 단축되는 경향이나, 4.5배(5:3:13.5) 이상의 수분비율로 5일간 SMP하면 2.6%~9.0%가 유근돌출되었다. 최적 SMP 조건은 3.5배(5:3:10.5)의 수분비율로 3일간 처리였다.

'비바리'와 '하루방'에서도 SMP 수분비율과 처리기간에 따라 발아율과 발아속도에는 차이를 보였는데, '비바리'는 수분비율에 관계없이 3일간 SMP 처리가 1일과 5일에 비해 높은 발아율을 보였고 발아촉진에도 좋았다. '하루방'은 5일간 SMP 처리가 발아율도 높았고 발아속도도 단축되었으나, 4.5배(5:3:13.5) 이상의 수분비율에는 2.3~11.2%의 처리과정중 유근돌출율(RPDP) 나타났다. 따라서 최적 SMP 처리조건은 명료하게 진단하기는 어려우나 '비바리'는 5:3:13.5의 수분비율로 3일간 처리, '하루방'은 5:3:12의 수분비율로 5일간 처리가 발아촉진에 효과적이었다(표 2.3.13).

이상과 같이 춘파용 품종과 추파용 품종을 공시하여 적정 SMP 처리기간 및 혼합비율을 확립하기 위해 일련의 실험을 수행한 결과 품종에 따라 약간의 차이는 있었으나, SMP 처리된 종자는 발아속도 단축에는 유효하였다. 그러나 Micro Cel-E에 대해 증류수의 첨가 배율이 높고, 처리기간을 연장하면 T<sub>50</sub>이 단축되었지만 처리과정중 유근이 돌출되어 실용성이 낮았다(표 2.3.14).

Table 2.3.10. Effect of SMP duration and amount of water added to the Micro-Cel E on germinability of 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Duration (days)	Water (× carrier)					
<i>'Inari'</i>						
3	3.0	94 abc <sup>y</sup>	1.8 b	8.6 abc	2.3 b	0.0
	3.5	95 ab	1.3 c	8.7 ab	2.0 bc	0.0
	4.0	92 abc	1.4 c	8.4 abc	1.9 c	0.0
	4.5	95 ab	1.3 c	8.7 ab	1.7 d	0.0
	5.0	95 ab	1.1 c	8.7 ab	1.7 d	0.0
5	3.0	85 d	1.3 c	7.7 d	1.9 cd	0.0
	3.5	93 abc	0.8 d	8.4 abc	1.2 e	0.0
	4.0	94 abc	0.7 d	8.5 abc	1.2 e	1.0
	4.5	91 bc	0.6 d	8.3 bc	0.9 f	1.0
	5.0	97 a	0.4 d	8.8 a	1.0 f	1.7
Untreated		89 cd	3.6 a	8.1 cd	4.2 a	0.0
Significance						
SMP duration(A)		** x	***	**	***	
Water(× carrier) (B)		***	***	***	***	
A × B		**	**	**	**	
<i>'Mansan'</i>						
3	3.0	62 d	1.8 b	5.6 d	2.3 b	0.0
	3.5	93 ab	0.9 d	8.5 ab	1.5 de	0.0
	4.0	85 bc	1.1 d	7.8 bc	1.6 d	0.6
	4.5	89 ab	1.3 d	8.1 ab	1.4 de	2.0
	5.0	95 a	1.1 d	8.7 a	1.8 cd	3.3
5	3.0	84 bc	1.5 c	7.6 bc	2.1 bc	0.0
	3.5	79 c	0.4 e	7.2 c	1.1 ef	4.3
	4.0	79 c	0.3 e	7.2 c	0.9 f	10.0
	4.5	-	-	-	-	100.0
	5.0	-	-	-	-	100.0
Untreated		84.7 bc	3.6 a	7.7 bc	4.2 a	0.0
Significance						
SMP duration(A)		**	***	**	***	
Water(× carrier) (B)		***	***	***	***	
A × B		***	*	***	NS	

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C in the dark in a one-half gram seeds mixed with 0.3g of Micro-Cel E and 0.9g(3 times), 1.05g(3.5 times), 1.2g(4 times), 1.35g(4.5 times) or 1.5g(5 times) of water. Seeds were then dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package but treated at the duration indicated.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar were separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

<sup>x</sup> \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.3.11. Effect of SMP duration and amount of water added to the Micro-Cel E on germinability of 'Mussang' and 'Hongsim' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Duration (days)	Water (× carrier)					
<i>'Mussang'</i>						
3	3.0	93 a <sup>y</sup>	2.3 abc	8.5 a	2.8 b	0.0
	3.5	96 a	1.6 bcd	8.7 a	2.4 c	0.0
	4.0	94 a	1.4 cd	8.6 a	2.0 d	0.0
	4.5	91 a	1.3 cd	8.2 a	2.1 d	0.0
	5.0	92 a	1.3 cd	8.4 a	1.9 de	0.0
5	3.0	93 a	1.3 cd	8.5 a	1.7 ef	0.0
	3.5	91 a	0.9 d	8.2 a	1.4 g	0.0
	4.0	91 a	2.8 ab	8.3 a	1.6 fg	0.0
	4.5	90 a	0.5 d	8.2 a	0.9 h	3.6
	5.0	94 a	0.4 d	8.6 a	1.0 h	5.3
Untreated		91 a	3.6 a	8.2 a	4.3 a	0.0
Significance						
SMP duration(A)		NS <sup>x</sup>	**	NS	***	
Water(× carrier) (B)		NS	**	NS	***	
A × B		NS	*	NS	**	
<i>'Hongsim'</i>						
3	3.0	93 a	1.9 b	8.5 a	2.5 b	0.0
	3.5	91 ab	1.7 b	8.3 ab	2.1 b	0.0
	4.0	77 b	1.6 b	7.0 b	2.3 b	0.0
	4.5	77 b	1.7 b	7.0 b	2.2 b	0.0
	5.0	59 c	1.5 b	5.3 c	2.0 b	0.0
5	3.0	81 ab	1.6 b	7.4 ab	2.1 b	0.0
	3.5	89 ab	0.9 c	8.1 ab	1.4 c	0.0
	4.0	77 b	0.6 cd	6.9 b	1.0 c	1.0
	4.5	83 ab	0.5 cd	7.5 ab	1.1 c	9.3
	5.0	87 ab	0.4 d	7.9 ab	0.9 c	17.3
Untreated		81 b	4.4 a	7.3 ab	5.0 a	0.0
Significance						
SMP duration(A)		*	**	*	**	
Water(× carrier) (B)		*	**	**	**	
A × B		NS	*	*	*	

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C in the dark in a one-half gram seeds mixed with 0.3g of Micro-Cel E and 0.9g(3 times), 1.05g(3.5 times), 1.2g(4 times), 1.35g(4.5 times) or 1.5g(5 times) of water. Seeds were then dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package but treated at the duration indicated.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar were separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

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

Table 2.3.12. Effect of SMP duration and amount of water added to the Micro-Cel E on germinability of 'Deabok' and 'Mecuni' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Duration (days)	Water (× carrier)					
<i>'Deabok'</i>						
1	3.0	89 a <sup>y</sup>	1.8 b	8.1 a	2.3 bc	0.0
	3.5	88 a	1.6 bc	8.0 a	2.4 b	0.0
	4.0	90 a	1.6 bc	8.2 a	2.4 b	0.0
	4.5	80 bcd	1.8 b	8.0 a	2.1 c	0.0
	5.0	83 abc	1.5 cd	7.6 abc	2.2 bc	0.0
3	3.0	89 a	1.3 de	8.1 a	1.6 d	0.0
	3.5	85 ab	1.2 ef	7.8 ab	1.5 d	0.0
	4.0	84 abc	1.0 f	7.6 abc	1.4 e	21.4
	4.5	79 bcd	1.2 ef	7.2 bcd	1.7 d	26.7
	5.0	87 a	1.0 f	7.9 a	1.3 ef	32.5
5	3.0	87 ab	1.2 ef	7.9 a	1.7 d	0.0
	3.5	89 a	0.6 g	8.1 a	1.1 fg	7.0
	4.0	86 ab	0.4 h	7.8 ab	0.9 g	26.2
	4.5	74 d	0.6 g	6.7 d	1.0 g	46.0
	5.0	-	-	-	-	100.0
Untreated		77 cd	2.7 a	7.0 cd	3.5 a	0.0
<i>'Mecuni'</i>						
1	3.0	89 ab	3.0 bc	8.1 ab	3.9 a	0.0
	3.5	89 ab	2.9 bcd	8.1 ab	3.7 a	0.0
	4.0	91 ab	2.7 cde	8.2 ab	3.6 a	0.0
	4.5	88 ab	2.5 d-g	8.0 ab	3.5 a	0.0
	5.0	91 ab	2.7 c-f	8.2 ab	3.5 a	0.0
3	3.0	91 ab	2.3 e-h	8.2 ab	3.0 b	0.0
	3.5	93 a	1.8 ij	8.4 a	2.3 cd	0.0
	4.0	93 a	1.9 hij	8.4 a	2.4 cd	0.0
	4.5	94 a	1.5 jk	8.6 a	2.2 cd	0.0
	5.0	89 ab	1.3 k	8.1 ab	2.0 de	0.0
5	3.0	83 b	2.2 f-i	7.6 b	2.7 bc	0.0
	3.5	93 a	2.1 ghi	8.4 a	2.5 cd	0.0
	4.0	89 ab	1.2 k	8.1 ab	1.8 e	0.0
	4.5	90 ab	0.4 l	8.2 ab	1.2 f	2.6
	5.0	85 ab	0.4 l	7.8 ab	1.1 f	9.0
Untreated		93 a	3.2 a	8.5 a	3.8 a	0.0

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C in the dark in a one-half gram seeds mixed with 0.3g of Micro-Cel E and 0.9g(3 times), 1.05g(3.5 times), 1.2g(4 times), 1.35g(4.5 times) or 1.5g(5 times) of water. Seeds were then dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package but treated at the duration indicated.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar were separated by DMRT at  $P = 0.05$ .



Table 2.3.13. Effect of SMP duration and amount of water added to the Micro-Cel E on germinability of 'Vibari' and 'Harubang' carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Duration (days)	Water (× carrier)					
<i>'Vibari'</i>						
1	3.0	74 b <sup>y</sup>	3.6 a	6.7 b	4.7 a	0.0
	3.5	77 ab	2.7 bcd	7.0 ab	3.5 bcd	0.0
	4.0	84 a	2.8 bc	7.6 a	3.8 b	0.0
	4.5	82 ab	2.5 cd	7.5 ab	3.6 bc	0.0
	5.0	77 ab	2.7 bcd	7.0 ab	3.6 bc	0.0
3	3.0	82 ab	2.3 cde	7.5 ab	3.1 cde	0.0
	3.5	81 ab	2.2 c-f	7.4 ab	3.0 cde	0.0
	4.0	81 ab	2.2 c-f	7.3 ab	2.9 cde	0.0
	4.5	81 ab	1.7 efg	7.4 ab	2.7 ef	0.0
	5.0	81 ab	1.5 efg	7.3 ab	2.5 efg	0.0
5	3.0	74 b	2.2 c-f	6.7 b	2.8 def	0.0
	3.5	74 b	1.9 def	6.7 b	2.5 efg	0.0
	4.0	80 ab	2.1 c-f	7.3 ab	2.8 def	0.0
	4.5	76 ab	1.4 fg	6.9 ab	2.2 fg	1.0
	5.0	77 ab	0.9 g	7.0 ab	1.9 g	4.2
Untreated		77 ab	3.4 ab	7.0 ab	4.1 ab	0.0
<i>'Harubang'</i>						
1	3.0	85 abc	3.4 ab	7.7 abc	4.0 ab	0.0
	3.5	80 b-e	3.3 ab	7.3 b-e	4.0 ab	0.0
	4.0	87 ab	2.4 cde	7.9 ab	3.4 c	0.0
	4.5	89 a	3.2 ab	8.1 a	4.0 ab	0.0
	5.0	81 a-e	2.5 cd	7.3 a-e	3.7 bc	0.0
3	3.0	83 a-d	2.9 bc	7.5 a-d	3.1 cd	0.0
	3.5	82 a-d	2.2 de	7.5 a-d	2.8 de	0.0
	4.0	83 a-d	2.2 de	7.6 a-d	2.7 de	0.0
	4.5	73 e	1.9 ef	6.6 e	2.7 de	0.0
	5.0	77 cde	1.2 g	7.0 cde	2.1 fg	0.0
5	3.0	89 a	2.2 de	8.1 a	2.8 de	0.0
	3.5	85 abc	1.9 ef	7.8 abc	2.7 de	0.0
	4.0	87 ab	1.9 ef	7.9 ab	2.5 ef	0.0
	4.5	86 abc	1.6 fg	7.8 abc	2.0 g	2.3
	5.0	85 abc	1.3 g	7.8 abc	1.8 g	11.2
Untreated		75 de	3.6 a	6.9 de	4.4 a	-

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C in the dark in a one-half gram seeds mixed with 0.3g of Micro-Cel E and 0.9g(3 times), 1.05g(3.5 times), 1.2g(4 times), 1.35g(4.5 times) or 1.5g(5 times) of water. Seeds were then dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package but treated at the duration indicated.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar were separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.3.14. Effect of SMP duration and amount of water added to the Micro-Cel E on germinability of eight carrot seeds. Each value represents the average of eight cultivars.

Seed treatment <sup>z</sup>		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)	RPDP (%)
Duration (days)	Water (× carrier)					
1	3.0	84	3.0	7.7	3.7	0.0
	3.5	84	2.6	7.6	3.4	0.0
	4.0	88	2.4	8.0	3.3	0.0
	4.5	85	2.5	7.9	3.3	0.0
	5.0	83	2.4	7.5	3.3	0.0
3	3.0	86	2.1	7.8	2.6	0.0
	3.5	90	1.7	8.2	2.2	0.0
	4.0	86	1.3	7.8	2.2	2.8
	4.5	85	1.5	7.8	2.1	3.6
	5.0	84	6.5	7.7	1.9	4.5
5	3.0	85	1.7	7.7	2.2	0.0
	3.5	87	1.2	7.9	1.7	1.4
	4.0	85	1.3	7.8	2.0	4.8
	4.5	75	0.7	6.7	1.2	20.7
	5.0	66	0.2	6.0	1.0	31.1
Untreated		84	3.5	7.6	4.2	0.0

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C in the dark in a one-half gram seeds were mixed with 0.3g of Micro-Cel E and 0.9g(3 times), 1.05g(3.5 times), 1.2g(4 times), 1.35g(4.5 times) or 1.5g(5 times) of water and then dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package but treated at the duration indicated.

#### 다. 적정 SMP 처리온도 설정

SMP 처리는 종자: carrier: 수분량을 일정비율로 혼합하여 처리하는 것으로 유근이 돌출되지 않는 범위내에서 종자의 대사활성을 촉진시키는 종자처리이다. Osmo priming과는 달리 SMP는 고체 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 종자의 수분흡수가 조절된다. SMP 종자의 발아 잠재력 증진에 관여하는 요인은 처리과정중의 수분과 산소 조절 및 처리온도와 처리기간이라고 알려져 있다(Whimore, 1991). SMP 처리온도가 높으면 처리중에 유근이 돌출될 수 있고 처리온도가 낮으면 발아잠재력이 저하된다. 따라서 유근을 돌출시키지 않으면서 발아잠재력을 증진시킬 수 있는 적정 처리온도의

설정이 무엇보다도 중요하다.

표 2.3.15~2.3.17은 춘파용 4품종과 추파용 4품종을 적정 처리기간과 수분 첨가배율 설정 실험에서 확립된 최적조건으로 SMP 처리온도를 달리하여 발아성을 조사한 결과이다. SMP 처리온도에 따라 발아력에 차이가 있었다. 모든 품종에서 SMP 처리된 종자는 무처리보다  $T_{50}$ 과 MGT는 현저하게 단축되었다.

‘이나리’에서 SMP 처리는 발아율을 크게 향상시키지는 못했다(표 2.3.15). 그러나 발아속도 단축에 효과적이었는데, 처리온도에 따라 약간의 차이는 있으나 무처리 종자보다  $T_{50}$ 을 1.5일~2.7일 단축시켜 조기발아를 유도하였다. ‘이나리’에서 발아력을 향상시킬 수 있는 최적 처리온도는 25℃였다. 무처리 종자의  $T_{50}$ 이 3.5일이었으나 25℃에서 SMP 처리된 종자는 0.9로 2.7일 단축되었다. ‘만산’에서는 20℃에서 SMP 처리된 종자에서 높은 발아율을 보였고,  $T_{50}$ 과 MGT도 각각 1.2일과 1.3일로 무처리 종자보다 2일 정도 단축되었다. ‘무쌍’은 20℃와 25℃에서 SMP 처리된 종자들이 높은 발아율을 보였고,  $T_{50}$ 이 1.1일 소요되어 무처리 종자의 3.7일보다 2.6일이 단축되었다. ‘홍심’에서는 20℃에서 SMP 처리된 종자는 무처리 종자보다 9%의 발아율 증진효과가 있었고, 또한  $T_{50}$ 과 MGT를 무처리 종자에 비해 각각 2.9일과 3.2일 단축시켰다.

추파용인 ‘대복’, ‘매끄니’, ‘비바리’ 및 ‘하루방’ 품종에서 SMP 처리온도를 구명한 결과(표 2.3.16), ‘대복’은 20℃에서 SMP 처리시 다른 처리온도에 비해 높은 발아율을 보였고, 발아촉진 효과도 우수하였다. ‘매끄니’와 ‘비바리’ 및 ‘하루방’도 20℃에서 SMP 처리시 높은 발아력을 보였고, 발아속도도 단축되어 조기발아를 유도하였다. 이상과 같이 당근 8 품종을 대상으로 적정 처리온도를 구명한 결과 품종에 따라 약간의 차이는 있으나 SMP 처리는 발아율을 크게 증진시키지는 못했으나 발아촉진에는 유효하였고, 최적 처리온도는 20℃가 좋았다. 그리고 10℃에서 SMP 처리는 발아촉진 효과가 낮았고, 고온에서 SMP 처리는 발아율이 감소되는 경향을 보였다(2.3.17).

Table 2.3.15. Effect of temperature during SMP on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG, and MGT of 'Inari', 'Mansan', 'Mussang' and 'Hongsim' carrot seeds at 20°C.

SMP Temperature <sup>z</sup> (°C)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
10	89 b <sup>y</sup>	2.0 b	8.1 b	2.6 b
15	96 a	1.8 b	8.7 a	2.4 b
20	96 a	1.0 cd	8.7 a	1.6 cd
25	93 ab	0.9 d	8.5 ab	1.2 d
30	95 ab	1.4 c	8.7 ab	1.8 c
35	94 ab	2.0 b	8.6 ab	2.4 b
Untreated	92 ab	3.5 a	8.4 ab	4.1 a
<i>'Mansan'</i>				
10	83 ab	2.1 b	7.5 ab	2.7 b
15	83 ab	1.4 c	7.5 ab	1.9 c
20	87 a	1.2 cd	7.9 a	1.7 c
25	79 b	0.8 e	7.2 b	1.3 d
30	82 ab	1.2 d	7.5 ab	1.6 cd
35	82 ab	1.3 cd	7.5 ab	1.8 c
Untreated	81 ab	3.1 a	7.4 ab	3.7 a
<i>'Mussang'</i>				
10	90 a	2.1 b	8.2 a	2.6 b
15	92 a	1.8 b	8.4 a	2.3 bc
20	93 a	1.1 d	8.4 a	1.5 d
25	90 a	1.1 d	8.2 a	1.5 d
30	87 ab	1.2 cd	7.9 ab	1.8 d
35	91 a	1.5 c	8.3 a	2.2 c
Untreated	81 b	3.7 a	7.4 b	4.4 a
<i>'Hongsim'</i>				
10	77 b	2.5 b	7.0 b	3.1 b
15	82 a	2.0 c	7.5 a	2.7 c
20	82 a	0.9 e	7.5 a	1.3 e
25	74 b	0.8 e	6.7 b	1.2 e
30	79 b	0.8 e	7.2 b	1.3 e
35	73 b	1.5 d	6.7 b	2.1 d
Untreated	74 b	3.8 a	6.9 b	4.5 a

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted for 5 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.3.16. Effect of temperature during SMP on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG, and MGT of 'Daebok', 'Mecuni', 'Vibari' and 'Harubang' carrot seeds at 20°C.

SMP Temperature <sup>z</sup> (°C)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Daebok'</i>				
10	85 b <sup>y</sup>	2.2 b	7.8 b	3.3 b
15	94 a	2.0 b	8.5 a	3.1 b
20	97 a	1.2 c	8.8 a	1.7 c
25	93 ab	1.5 c	8.4 ab	2.0 c
30	95 a	2.3 b	8.6 a	2.6 c
35	94 a	2.0 b	8.5 a	2.4 c
Untreated	90 ab	3.8 a	8.2 ab	4.5 a
<i>'Mecuni'</i>				
10	81 ab	2.4 b	7.3 ab	2.8 b
15	82 ab	1.4 c	7.5 ab	1.7 c
20	92 a	1.1 cd	8.4 a	1.5 c
25	89 ab	0.9 d	8.1 ab	1.3 d
30	84 ab	1.6 c	7.6 ab	2.0 bc
35	82 ab	1.5 c	7.5 ab	1.9 c
Untreated	74 ab	3.9 a	6.7 ab	4.8 a
<i>'Vibari'</i>				
10	89 a	2.3 b	8.1 a	2.8 b
15	94 a	1.9 c	8.5 a	2.3 c
20	95 a	1.1 d	8.6 a	1.5 d
25	90 a	1.1 d	8.2 a	1.5 d
30	82 b	2.0 c	7.5 b	2.7 c
35	83 b	1.5 cd	7.5 b	2.2 cd
Untreated	78 b	3.7 a	7.1 b	4.4 a
<i>'Harubang'</i>				
10	79 b	2.6 b	7.2 b	3.3 b
15	90 a	1.9 c	8.2 a	2.6 c
20	90 a	0.8 e	8.2 a	1.3 e
25	84 b	0.8 e	7.6 b	1.3 e
30	82 b	1.1 e	7.5 b	1.5 e
35	83 b	1.6 d	7.6 b	2.1 d
Untreated	74 c	3.8 a	6.7 c	4.6 a

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted for 3 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.3.17. Effect of temperature during SMP on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG, and MGT of eight carrot seeds. Each value represents the average of eight cultivars.

SMP Temperature <sup>z</sup> (°C)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
10	84.1	2.3	7.7	2.9
15	89.1	1.8	8.1	2.4
20	91.5	1.1	8.3	1.5
25	86.5	1.0	7.9	1.4
30	85.8	1.5	7.8	1.9
35	85.4	1.6	7.8	2.1
Untreated	80.6	3.7	7.4	4.4

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted for 3 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

## 제 4 절 Solid matrix priming 처리 종자의 발아성

### 1. 서언

기계화를 통한 직파 종자들도 발아에서 유묘로 성장하는 과정중에 입묘를 저해하는 불량환경에 직면하게 되는데, 이들 요인은 단독 또는 복합적 작용으로 묘출현을 지연 또는 감소시켜 생육을 억제하며 이는 곧 품질과 수량성을 저하시키는 요인이 된다. 진화를 거듭하여 자연환경에 적응해온 야생종들은 휴면이 대체적으로 길다. 그러나 야생종에 기인한 이러한 현상들이 파종의 기계화와 생력화를 위해 조기, 균일 및 완전 발아가 요구되는 경제적 가치가 높은 원예작물에 나타나 발아의 지연, 불균일한 발아, 저조한 발아의 원인이 된다. 균일하고 건전한 묘의 확보는 고품질과 생산성 향상을 위해서 반드시 필요하다. 따라서 초기생육과 강건한 묘를 생산하기 위해서는 발아력을 강화시킬 수 있는 종자처리의 기술개발이 선행되어야 한다.

SMP 처리는 종자, 고체 carrier, 증류수를 혼합하여 일정기간 동안 처리하는 것으로 osmo-priming과 동일하게 종자의 수분흡수량을 조절하여 유근을 돌출시키지 않는 범위 내에서 생리적 발아를 완성시키는 것이다. SMP와 osmo priming 처리의 차이점은 SMP는 처리종자의 수분흡수가 고체 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 조절되는데 반해, 액체 삼투용액에 침지하는 priming은 용액의 삼투압에 의해서 수분흡수가 조절된다. 따라서 SMP에 사용되는 carrier들은 매트릭포텐셜과 수분보유력은 높아야 하며, 처리과정중 수분과 혼합하더라도 용해되지 않는 물질이어야 한다. 또한 처리과정중 유용미생물을 첨가했을 때 미생물의 증식을 촉진하는 물질이면 더욱 좋다. 지금까지 액체 용액에 실시하는 osmo priming은 처리후 수세하여 처리제를 제거해야만 발아력이 향상되나, SMP는 처리후 종자표면에 부착되어 있는 carrier들은 토양 입자와 매트릭 성질이 비슷하여 토양에 쉽게 혼합되기 때문에 반드시 제거할 필요는 없다.

본 연구는 당근종자를 SMP 처리한 후 다양한 발아조건에서 그 효과를 검정하기 위해 수행되었다. 아울러 SMP 처리종자의 발아촉진 효과를 극대화시킬 수 있는 생장조절제 첨가 농도설정과 퇴화종자를 SMP 처리하여 발아력 회복에 미치는 영향을 타진하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. SMP 처리종자의 발아성

공시품종은 '이나리5촌', '만산5촌', '무쌍5촌', '홍심5촌' 이었으며, SMP 처리의 carrier로는 Micro Cel-E을 사용하였다. 종자: carrier: 증류수 혼합비율은 5:3:10.5( $\times 3.5$  w/w/w)였고, 처리기간은 '이나리5촌', '무쌍5촌', '홍심5촌'은 5일, '만산5촌'은 3일간 이었다. 이때 처리온도는 20°C였으며, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 및 35°C의 항온기에서 발아력을 검정하였다.

### 나. SMP 처리과정중 생장조절제 첨가

공시품종은 춘파용 '이나리5촌', '만산5촌', '무쌍5촌', '홍심5촌'과 추파용 '대북여름', '매끄니', '비바리흑전', '하루방' 이었다. SMP 처리의 carrier로는 Micro Cel-E을 사용하였으며, 종자: carrier: 증류수 혼합비율은 5:3:10.5( $\times 3.5$  w/w/w)였다. SMP 처리중 gibberellic acid(GA<sub>3</sub>) 및 6-benzylaminopurine(BAP)을 50mg · L<sup>-1</sup>, 100mg · L<sup>-1</sup> 및 200 mg · L<sup>-1</sup> 용액을 종자와 carrier를 혼합하였다. 품종별 SMP 처리온도와 처리기간은 위의 SMP 처리종자의 발아성 실험과 동일하게 하였다. SMP 처리된 종자의 발아력 검정은 20°C의 항온기에서 실시하였다.

### 다. 퇴화처리된 종자의 SMP 효과

공시품종은 춘파용 '이나리5촌', '만산5촌', '무쌍5촌', '홍심5촌' 당근 종자였다. SMP

처리가 퇴화된 종자의 활력을 어느 정도 회복시킬 수 있는지를 검토하고자 인위적으로 퇴화처리된 종자를 SMP 처리하였다. SMP의 carrier로는 Micro Cel-E를 사용하였으며, 종자: carrier: 증류수 혼합비율은 5:3:10.5(×3.5 w/w/w)였다. 처리온도 20℃였으며, 처리기간은 ‘만산5촌’은 3일간, 그외 품종은 5일간 처리하였다. 종자의 퇴화처리는 9cm의 페트리디쉬에 흡습지 1매를 깔 후, 종자 100립씩 넣고, 멸균증류수를 3mL 주입한 후 2시간 동안 암상태의 항온기 내에서 두었다. 그 후 페트리디쉬에서 종자를 꺼내어 종자표면의 수분을 흡습지로 제거하고 완전히 밀봉하여 48℃ 암상태의 항온기에서 각각 1일, 4일 및 7일간 인위퇴화 시킨 종자를 실온에서 2일간 방치한 후 실험재료 사용하였다. 퇴화종자를 SMP 처리하여 15℃와 35℃의 항온기에 발아성을 조사하였다.

#### 라. Osmo priming과 SMP 처리 종자의 발아 효율성 검정

공시품종은 춘파용 ‘이나리5촌’, ‘만산5촌’, ‘무쌍5촌’, ‘홍심5촌’, 추파용 ‘대복’, ‘매끄러니’, ‘비바리’, ‘하루방’ 이었다. 제 2장 2절과 제2장 3절에서 osmo priming과 SMP 처리가 당근종자의 발아촉진에 효과적임이 입증되었다. 본 실험에서는 당근 종자의 발아력 증진에 가장 효과적인 종자처리 방법을 확립하고자 각각 osmo priming과 SMP 처리하여 발아성을 조사하였다.

Osmo priming은 -0.50 MPa PEG 용액으로 20℃에서 3일간 처리하였다. SMP처리는 Micro Cel-E를 사용하여 종자: carrier: 증류수 혼합비율은 5:3:10.5( w/w/w)였다. 처리기간은 ‘만산5촌’은 3일간, 그외 품종은 5일간 하였는데, 이때 처리온도 20℃였다. 처리된 종자의 발아력은 25℃의 항온기에서 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. SMP 처리종자의 발아성

저온발아성 작물을 고온에서, 고온발아성 작물을 저온에서 파종하여 높은 발아율을



유지시킬 수 있다면 생산성 향상에 많은 이점이 있을 것이다. 표 2.4.1과 2.4.2는 당근 종자를 SMP 처리한 후 다양한 발아온도에서 발아성을 조사한 것이다.

‘이나리’는 SMP 처리된 종자는 발아온도에 관계없이 94% 이상의 높은 발아율을 보였고, 15℃와 35℃에서는 무처리 종자에 비해 발아증진 효과도 있었다. SMP 처리는 발아속도 단축에는 현저한 효과가 있었는데 특히, 당근의 발아적온을 벗어난 15℃에서  $T_{50}$ 과 MGT가 무처리 종자보다 각각 2.8일과 3.0일 단축되었다.

‘만산’ 품종에서도 SMP 처리는 발아율 증진에 유효하였고 그 효과는 당근종자의 발아적온을 벗어난 35℃에서 뚜렷하여 무처리 종자에 비해 11.3%의 발아율을 증진시켰다. 또한 다양한 발아온도에서 SMP 처리된 종자는 무처리 종자보다  $T_{50}$ 과 MGT가 각각 1.9일~2.2일 및 1.7일~2.3일을 단축되었으며, 그 효과는 저온인 15℃와 고온인 35℃에서 현저하였다(표 2.4.1).

표 2.4.2는 ‘무쌍’과 ‘홍심’에서 SMP 처리효과를 조사한 것이다. ‘무쌍’ 종자를 SMP 처리하면 저온인 15℃에서 발아율을 증진시켰으나, 그외의 발아온도에서는 무처리 종자와 큰 차이가 없었다. 그러나 발아속도는 모든 발아온도에서 무처리 종자에 비해 현저하게 단축되었는데, SMP 처리종자는 15℃와 35℃에서 무처리 종자보다  $T_{50}$ 이 2.5일 및 2.3일 단축되었다.

‘홍심’에서도 SMP 처리에 의해 발아율이 증진되는 경향이었고, 발아온도에 따라 약간의 차이는 있으나, 무처리 종자보다 1.75일~4.7일 정도 단축시켜 조기발아 하였다.

이상의 결과에서 볼 수 있듯이 SMP 처리된 종자는 품종간 차이가 있으나, 신속한 발아를 유도하고 발아적온보다는 불량발아 조건인 15℃와 35℃에서 뚜렷하였다.

이와 같이 SMP 처리에 의한 발아촉진 효과는 여러 연구자에 의해서 다양하게 보고되고 있다. SMP 처리한 토마토, 양파, 당근종자는 무처리 종자에 비해 묘출현 일수를 단축시켰으며, 고추에서는 Calcined clay를 이용한 SMP 처리는 신속한 발아와 발아증진 효과가 있었다(Khan, 1992).

Table 2.4.1. The effect of germination temperature on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage( $T_{50}$ ), mean number of days to germination(MDG) and Mean germination time(MGT) of solid matrix primed 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds.

Germination temperature (°C)	Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Inari'</i>					
15	SMP	94 a <sup>y</sup>	2.0 d	8.6 a	2.3 d
	Untreated	85 b	4.7 a	7.6 b	5.3 a
20	SMP	96 a	1.3 f	8.7 a	1.9 e
	Untreated	93 a	3.4 b	8.5 a	4.0 b
25	SMP	95 a	1.1 f	8.7 a	1.7 e
	Untreated	93 a	2.8 c	8.5 a	3.5 c
30	SMP	97 a	1.4 f	8.8 a	1.7 e
	Untreated	92 a	2.9 c	8.4 a	3.5 c
35	SMP	96 a	1.7 e	8.7 a	1.9 e
	Untreated	91 ab	3.0 c	8.2 ab	3.5 c
<i>'Mansan'</i>					
15	SMP	83 ab	1.8 d	7.5 ab	2.4 e
	Untreated	84 ab	4.1 a	7.6 ab	4.7 a
20	SMP	84 ab	1.1 ef	7.6 ab	1.8 fg
	Untreated	75 bc	3.1 bc	6.9 bc	4.0 bc
25	SMP	85 a	1.0 f	7.8 a	1.8 fg
	Untreated	76 bc	2.8 c	6.9 bc	3.5 d
30	SMP	85 a	1.0 ef	7.8 a	1.6 g
	Untreated	73 c	2.9 c	6.6 c	3.8 cd
35	SMP	82 ab	1.5 de	7.5 ab	2.1 ef
	Untreated	71 c	3.5 b	6.4 c	4.4 ab

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 25°C for 3 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.4.2. The effect of germination temperature on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage( $T_{50}$ ), mean number of days to germination(MDG) and Mean germination time(MGT) of solid matrix primed 'Mussang' and 'Hongsim' carrot seeds.

Germination temperature (°C)	Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Mussang'</i>					
15	SMP	94 ab <sup>y</sup>	1.9 d	8.5 ab	2.3 d
	Untreated	87 c	4.6 a	7.9 c	5.2 a
20	SMP	94 ab	1.1 f	8.5 ab	1.7 e
	Untreated	93 abc	3.1 c	8.4 abc	3.7 c
25	SMP	97 a	1.4 ef	8.9 a	1.9 e
	Untreated	89 bc	2.9 c	8.1 bc	3.5 c
30	SMP	93 abc	1.2 f	8.4 abc	1.8 e
	Untreated	93 abc	2.9 c	8.4 abc	3.6 c
35	SMP	87 c	1.6 de	7.9 c	2.5 d
	Untreated	89 bc	4.0 b	8.1 bc	4.7 b
<i>'Hongsim'</i>					
15	SMP	89 a	2.0 d	8.1 a	2.5 e
	Untreated	80 ab	5.0 a	7.3 ab	5.7 a
20	SMP	89 a	1.8 de	8.1 a	2.3 ef
	Untreated	79 ab	4.0 b	7.2 ab	4.5 b
25	SMP	76 ab	1.4 e	6.9 ab	1.9 fg
	Untreated	77 ab	3.2 c	7.0 ab	3.8 d
30	SMP	84 ab	1.0 f	7.6 ab	1.6 g
	Untreated	78 ab	3.2 c	7.1 ab	3.9 cd
35	SMP	75 b	1.7 de	6.8 b	2.2 ef
	Untreated	79 ab	3.7 b	7.2 ab	4.3 bc

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 25°C for 3 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

#### 나. SMP 처리과정중 성장조절제 첨가

SMP는 신속하고 균일한 발아를 유도하는 종자처리이며, 식물생장조절제 처리는 배 발육이 불완전한 종자, 발아억제물질을 함유한 종자에서 발아를 촉진시킨다. 이와 같이 각기 다른 방법으로 발아를 촉진시킬 수 있는 종자처리의 장점을 조합하면 발아율과 입묘율을 증진시키는 상승효과를 거둘 수 있을 것이다.

이러한 목적으로 SMP 처리중 GA<sub>3</sub>와 BAP를 첨가하여 당근 품종별로 발아성을 조사한 결과는 표 2.4.3.~2.4.5와 같다. SMP 처리중 성장조절제 첨가는 품종에 따라 발아반응이 달랐다.

'이나리'와 '만산' 품종에서 SMP 처리중 성장조절제 첨가는 발아율을 증진시키지는 못했다. 그러나 100mg · L<sup>-1</sup>이하의 GA<sub>3</sub>를 첨가하면 SMP를 단독처리한 종자보다 발아속도는 단축되었으나, 처리농도가 200mg · L<sup>-1</sup>로 증가되면 발아속도가 오히려 지연되었다. BAP 첨가는 SMP 단독처리한 경우보다 발아속도가 오히려 지연되었다. 따라서 '이나리'와 '만산' 품종에서 발아력을 향상시킬 수 있는 성장조절제 최적 첨가농도는 GA<sub>3</sub> 100mg · L<sup>-1</sup>였다.

'무쌍'에서도 BAP를 첨가하면 발아율을 감소시켰으나, 100mg · L<sup>-1</sup>이하의 GA<sub>3</sub>를 SMP 처리중 첨가하면 SMP 단독처리한 경우보다 T<sub>50</sub>을 0.4일 단축시켰다(표 2.4.3).

'홍심', '대북', '매끄러', '비바리' 및 '하루방' 품종에서도 SMP 처리중 성장조절제 첨가는 발아율을 증진시키지 못했다. 첨가되는 성장조절제 종류와 농도에 따라 발아력에는 차이를 보였는데, BAP 첨가는 SMP를 단독으로 처리한 경우보다 발아율이 감소되었고 발아속도도 지연되었다. GA<sub>3</sub>를 100mg · L<sup>-1</sup> 이하의 수준으로 첨가하면 발아속도를 단축시켰으나, 200mg · L<sup>-1</sup> 이상에서는 효과가 없었다. 본 실험에서 SMP 처리중 GA<sub>3</sub> 첨가가 발아력 향상과 발아촉진 효과가 SMP 단독처리에 비해 크지 않았으나, 이들 종자를 포장이나 불량환경 조건에 파종한다면 현저한 효과를 보일 것으로 생각된다.

본 실험에서는 SMP 처리중 BAP 첨가는 발아력을 향상시키지는 못했는데, 그 원

인을 Khan(1992)은 지베렐린은 발아를 직접 촉진시킬 수 있으나, cytokinin, 에틸렌 및 ABA등은 발아를 직접 촉진시키지는 못하지만 발아 스트레스의 제거나 부여에 관여하기 때문이라 하였다. SMP 처리중 GA<sub>3</sub>를 첨가하여 발아력을 향상시킨 예는 상추, 셀러리 및 명아주 등에서 보고된 바 있는데, 첨가된 지베렐린이 광효과를 대신 하여 암조건하에서도 조기발아를 유도하였다(Khan과 Karssen, 1980; Khan 등, 1980,1981).

Table 2.4.3. Effect of plant growth regulators added during the SMP treatment on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage(T<sub>50</sub>), mean number of days to germination and mean germination time of 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds.

Plant growth regulator <sup>z</sup> (mg · L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	89 bc <sup>y</sup>	1.4 e	8.1 bc	1.9 e
SMP + GA <sub>3</sub> 100	97 a	1.1 e	8.9 a	1.6 f
SMP + GA <sub>3</sub> 200	91 b	3.7 b	8.3 b	4.1 b
SMP + BAP 50	96 a	3.0 c	8.7 ab	3.6 c
SMP + BAP 100	95 ab	2.4 d	8.7 ab	2.9 d
SMP + BAP 200	85 c	5.3 a	7.7 c	5.9 a
SMP only	96 a	1.8 e	8.7 ab	2.4 d
<i>'Mansan'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	79 a	1.8 c	7.2 a	2.5 de
SMP + GA <sub>3</sub> 100	87 a	1.6 c	7.9 a	2.2 e
SMP + GA <sub>3</sub> 200	83 a	2.7 b	7.5 a	3.6 bc
SMP + BAP 50	78 a	2.4 b	7.1 a	3.0 cd
SMP + BAP 100	80 a	2.9 b	7.2 a	3.7 b
SMP + BAP 200	77 a	3.6 a	7.0 a	4.4 a
SMP only	83 a	2.1 c	7.5 a	2.7 de

<sup>z</sup> Various regulators at 50, 100 and 200mg · L<sup>-1</sup> were added while the seeds were solid matrix primed in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5 at 20°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at *P* = 0.05.

Table 2.4.3. Effect of plant growth regulators added during the SMP treatment on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage ( $T_{50}$ ), mean number of days to germination and mean germination time of 'Mussang', 'Hongsim' and 'Daebok' carrot seeds.

Plant growth regulator <sup>z</sup> (mg · L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Mussang'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	89 a	1.4 d	8.1 a	2.0 d
SMP + GA <sub>3</sub> 100	96 a	1.1 e	8.7 a	1.6 e
SMP + GA <sub>3</sub> 200	94 a	2.7 b	8.6 a	3.2 bc
SMP + BAP 50	94 a	2.4 c	8.6 a	2.9 c
SMP + BAP 100	90 a	2.8 b	8.2 a	3.5 b
SMP + BAP 200	73 b	6.0 a	6.6 b	7.1 a
SMP only	92 a	1.8 d	8.4 a	2.3 d
<i>'Hongsim'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	75 a <sup>y</sup>	1.5 d	6.9 a	2.0 d
SMP + GA <sub>3</sub> 100	85 a	1.5 d	7.7 a	2.3 d
SMP + GA <sub>3</sub> 200	79 a	3.7 b	7.2 a	4.4 b
SMP + BAP 50	80 a	3.0 c	7.3 a	3.5 c
SMP + BAP 100	79 a	2.9 c	7.2 a	3.5 c
SMP + BAP 200	62 b	5.9 a	5.6 b	6.6 a
SMP only	82 a	1.9 d	7.5 a	2.7 d
<i>'Daebok'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	92 ab	1.3 d	8.4 ab	1.9 d
SMP + GA <sub>3</sub> 100	96 a	1.1 d	8.8 a	1.7 d
SMP + GA <sub>3</sub> 200	91 b	2.8 b	8.2 b	3.5 b
SMP + BAP 50	96 a	3.1 b	8.7 a	3.7 b
SMP + BAP 100	94 ab	2.4 c	8.5 a	3.1 c
SMP + BAP 200	82 c	5.4 a	7.5 c	6.1 a
SMP only	90 b	1.6 d	8.2 b	2.2 d

<sup>z</sup> Various regulators at 50, 100 and 200mg · L<sup>-1</sup> were added while the seeds were solid matrix primed in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5 at 20°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.4.4. Effect of plant growth regulators added during the SMP treatment on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage ( $T_{50}$ ), mean number of days to germination and mean germination time of 'Mecuni', 'Vibari' and 'Harubang' carrot seeds.

Plant growth regulator <sup>z</sup> (mg · L <sup>-1</sup> )	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Mecuni'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	92 b	1.4 d	8.4 b	1.9 d
SMP + GA <sub>3</sub> 100	96 a	1.2 d	8.7 a	1.7 d
SMP + GA <sub>3</sub> 200	88 c	3.3 b	8.0 c	3.9 b
SMP + BAP 50	95 a	2.2 c	8.6 a	2.8 c
SMP + BAP 100	93 b	2.3 c	8.4 b	2.9 c
SMP + BAP 200	81 d	5.6 a	7.4 d	6.2 a
SMP only	91 b	1.7 cd	8.3 b	2.3 cd
<i>'Vibari'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	94 a <sup>y</sup>	1.3 c	8.5 a	1.9 c
SMP + GA <sub>3</sub> 100	95 a	0.9 c	8.7 a	1.5 c
SMP + GA <sub>3</sub> 200	92 a	2.8 b	8.4 a	3.5 b
SMP + BAP 50	94 a	2.6 b	8.5 a	3.3 b
SMP + BAP 100	96 a	3.4 b	8.7 a	4.0 b
SMP + BAP 200	90 a	5.1 a	8.2 a	5.7 a
SMP only	93 a	1.5 c	8.4 a	2.2 c
<i>'Harubang'</i>				
SMP + GA <sub>3</sub> 50	91 b	0.9 c	8.3 b	1.5 d
SMP + GA <sub>3</sub> 100	98 a	1.5 c	8.9 a	2.2 cd
SMP + GA <sub>3</sub> 200	91 b	4.2 b	8.2 b	4.8 b
SMP + BAP 50	95 a	2.1 c	8.7 a	2.9 c
SMP + BAP 100	89 b	2.6 c	8.1 b	3.2 c
SMP + BAP 200	74 c	6.8 a	6.7 c	7.3 a
SMP only	89 b	1.4 c	8.2 b	2.0 cd

<sup>z</sup> Various regulators at 50, 100 and 200mg · L<sup>-1</sup> were added while the seeds were solid matrix primed in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5 at 20°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

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

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

본 연구와 선행연구에서 볼 수 있듯이 SMP 과정중 성장조절제 첨가는 작물이나 품종에 따라 효과가 다르게 나타나므로 체계적인 연구 검토가 필요하다.

#### 다. 퇴화처리된 종자의 SMP 효과

인위퇴화처리는 종자활력을 평가하는 검사방법중 가장 널리 사용하는 것인데, 종자의 품질 평가는 물론 저장능력, 종자의 퇴화과정에서 일어나는 생리적, 생화학적 변화를 탐색할 수 있다. 또한 인위퇴화 종자검사는 신속하고, 비용이 적게 들며, 간편하고 모든 식물의 종자에서 적용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 인위적 퇴화처리는 종자세를 측정할 수단으로 많이 이용되어 왔으나, 퇴화처리된 종자를 이용하여 활력을 증진시키기 위한 연구는 드물었다.

표 2.4.6과 표 2.4.7에서 보는바와 같이 퇴화처리 기간이 길어질수록 발아율은 감소하였고 발아속도는 지연되었다. '이나리' 품종에서 퇴화처리되지 않은 무처리 종자의 발아율이 80.3%였으나, 퇴화처리 일수가 1일, 4일 및 7일로 길어질수록 발아율이 각각 54%, 23% 및 11.7%로 급속하게 감소되었다. 퇴화 종자를 SMP 처리에 의해 발아율을 크게 증진시키지는 못했다. 그러나 발아속도는 단축시켰는데, '이나리'에서는 무처리 종자에 비해 T<sub>50</sub>을 3.4일 단축시켰다.



‘무상’과 ‘홍심’ 품종에서도 퇴화처리 일수가 경과할수록 발아율이 감소하였고, 발아속도는 지연되었다. 이들 종자를 SMP 처리하면 발아율이 약간 증진되는 경향이나 그 효과는 미약하였다. 발아속도는 SMP 처리에 의해 단축되었는데, 퇴화처리 일수에 따라 차이는 있었으나 무처리 종자보다 1일~2일 정도  $T_{50}$ 을 단축시켰다.

표 2.4.6 및 표 2.4.7에서 결과에서 알 수 있듯이 2일과 4일간 퇴화처리된 종자에서는 SMP 처리에 의해 발아력을 부분적으로 회복시킬 수 있었으나, 7일간 퇴화처리된 저활력 종자에서는 SMP 처리 효과가 둔화되었다. 따라서 SMP 처리는 경미하게 활력이 저하된 종자에서는 활력 회복이 가능하나, 퇴화정도가 심한 저활력 종자에서는 이미 축적된 장애로 인해 완전한 활력 회복은 어려운 것으로 나타났다.

Table 2.4.6. SMP effect of aged seeds on percent germination and number of days to 50% of the germination of 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds.

Aged treatment <sup>z</sup>		Temperature			
		15°C		35°C	
Duration (A)	SMP (B)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>'Inari'</i>					
0	No	80	4.7	59	5.6
	Yes	85	3.5	81	3.2
1	No	54	11.8	22	7.2
	Yes	58	8.2	31	6.3
4	No	23	14.6	6	8.2
	Yes	27	13.4	10	7.8
Significant					
Duration (A)		NS <sup>y</sup>	***	***	*
SMP (B)		***	***	***	***
A × B		NS	***	NS	NS
<i>'Mansan'</i>					
0	No	81	5.5	59	6.3
	Yes	87	4.4	81	4.9
1	No	49	10.3	22	8.6
	Yes	55	9.2	31	8.6
4	No	26	13.7	6	10.5
	Yes	29	12.8	10	9.3
Significant					
Duration (A)		NS	NS	**	*
SMP (B)		**	***	***	***
A × B		NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Artificially aged seeds were solid-matrix-primed in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight was 5: 3: 10.5. at 20°C for 3 days, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 18 days. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

Table 2.4.7 SMP effect of aged seeds on percent germination and number of days to 50% of the germination of 'Mussang' and 'Hongsim' carrot seeds.

Aged treatment <sup>z</sup>		Temperature			
		15°C		35°C	
Duration (A)	SMP (B)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (Days)
<i>'Mussang'</i>					
0	No	74	4.3	61	5.6
	Yes	79	4.3	76	3.2
1	No	61	9.6	25	7.2
	Yes	68	9.1	63	6.3
4	No	21	13.6	14	9.2
	Yes	33	12.5	15	9.8
Significant <sup>z)</sup>					
Duration (A)		NS <sup>y</sup>	*	*	**
SMP (B)		***	***	***	***
A × B		NS	NS	NS	**
<i>'Hongsim'</i>					
0	No	71	6.3	42	5.6
	Yes	78	5.9	62	5.2
1	No	43	11.5	13	7.2
	Yes	46	10.1	25	7.6
4	No	17	15.2	- <sup>x</sup>	-
	Yes	22	13.4	3	9.2
Significant <sup>z)</sup>					
Duration (A)		NS	NS	*	***
SMP (B)		***	***	***	***
A × B		NS	NS	NS	***

<sup>z</sup> Artificially aged seeds were solid-matrix-primed in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight was 5: 3: 10.5. at 20°C for 3 days, and then dark-germinated at 15°C and 35°C for up to 18 days. Aged seeds were air-dried for 2 days before germination tests.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

<sup>x</sup> Not germinated

#### 라. Osmo priming과 SMP 처리 종자의 발아 효율성 검토

Osmo priming과 SMP 처리 모두 종자의 수분흡수를 조절하여 발아력을 촉진시키는 종자처리이다. 두 처리의 차이점은 osmo priming은 액체의 삼투용액 침지하여 삼투포텐셜에 의해서 종자의 수분흡수가 조절되며, SMP는 고체 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 수분흡수가 조절된다. 2장 2절에서 당근 종자의 발아촉진에 최적 osmo

priming 화제는 - 0.50 MPa의 PEG였고, SMP의 최적 처리조건은 Micro Cel-E을 carrier 사용하여 종자: carrier: 증류수를 5:3:10.5(w/w/w)의 비율로 혼합한 처리였다.

표 2.4.8은 당근종자의 발아촉진에 가장 효율적인 종자처리 방법을 확립하고자 osmo priming과 SMP 처리한 종자의 발아성을 검정한 결과이다. 공시된 4품종에서 모두 SMP와 osmo priming 두 처리간 발아율에는 큰 차이가 없었으나, SMP 처리가 osmo priming보다 발아촉진에는 효과적이었다. '이나리'에서는 SMP 처리된 종자가 osmo priming 처리된 종자보다  $T_{50}$ 을 1.5일, '만산'에서는 1.4일, '무쌍'에서는 1.7일, '홍심'에서는 1.7일 단축시켰다. 따라서 당근종자에서 발아 효율성을 높일 수 있는 종자처리는 SMP 처리였다.

SMP 처리에 의해 발아력을 향상시켰다는 보고는 여러 작물에서 보고되고 있다. SMP 처리된 토마토, 양파, 당근종자는 무처리 종자에 비해 묘출현 일수를 단축시켰으며(Taylor 등, 1988), 고추에서는 calcined clay를 이용한 SMP 처리는 신속한 발아와 발아증진 효과가 있었다(Kubik 등, 1988). 또한 SMP 처리한 사탕수수 종자는 포장출현일수가 빨랐으며, 무처리보다 입묘율이 증진되었다(Khan 등, 1992 a).

Khan과 Ptasznik (1992)는 동부종자를 Micro-Cel E로 SMP 처리중 살균제, 살충제 및 GA 첨가된 종자는 저온에서도 입묘율이 향상되었으며 생산량도 증가되었다고 하였다.

Osmo priming은 대립종자를 대량으로 priming 처리할 경우 산소공급 장치와 고가인 화학제 등이 처리단가를 상승시키는 요인이 되어왔다. 그러나 SMP는 소립과 대립종사에서 대량처리가 가능하네 소량의 carrier를 사용함으로써 처리 효율을 상승시킬 수 있다. 또한 처리중 별도의 산소공급 장치가 필요 없으며, 생장조절제, 살균제, 유용 미생물과의 혼합처리가 용이한 장점을 지니고 있다. 앞으로 SMP 처리중 발아를 촉진시킬 수 있는 첨가물질 개발에 체계적인 연구가 뒤따라야 될 것으로 생각된다.

Table 2.4.8. Comparison of osmo priming with solid matrix priming on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage ( $T_{50}$ ), mean number of days to germination and mean germination time of four cultivar carrot seeds at 20°C

Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
SMP	93 a <sup>y</sup>	0.8 c	8.4 a	1.2 c
Osmo priming	94 a	2.3 b	8.6 a	2.8 b
Untreated	88 b	3.5 a	8.0 b	4.2 a
<i>'Mansan'</i>				
SMP	93 a	1.0 c	8.5 a	1.5 c
Osmo priming	83 a	2.4 b	7.6 a	3.0 b
Untreated	85 a	3.6 a	7.7 a	4.2 a
<i>'Mussang'</i>				
SMP	91 a	0.9 c	8.2 a	1.4 c
Osmo priming	87 ab	2.6 b	7.9 ab	3.2 b
Untreated	79 b	3.6 a	7.2 b	4.3 a
<i>'Hongsim'</i>				
SMP	89 a	0.9 c	8.1 a	1.4 c
Osmo priming	83 a	2.7 b	7.5 a	3.3 b
Untreated	87 a	4.1 a	7.9 a	4.8 a

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C for 5 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Osmo-primed were in -0.50 MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dark-germinated at 25°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 2.4.9. Comparison of osmo priming with solid matrix priming on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage ( $T_{50}$ ), mean number of days to germination and mean germination time of four cultivar carrot seeds at 20°C

Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Daebok'</i>				
SMP	97 a <sup>y</sup>	0.9 c	8.8 a	1.6 c
Osmo priming	92 b	1.8 b	8.4 a	2.3 b
Untreated	85 c	3.8 a	7.7 b	4.6 a
<i>'Mecuni'</i>				
SMP	90 a	1.2 c	8.2 a	1.7 c
Osmo priming	88 a	2.1 b	8.0 a	2.7 b
Untreated	87 a	4.1 a	7.9 a	4.8 a
<i>'Vibari'</i>				
SMP	89 a	1.1 b	8.1 a	1.8 b
Osmo priming	92 a	1.2 b	8.4 a	1.9 b
Untreated	75 b	4.4 a	6.8 b	5.0 a
<i>'Harubang'</i>				
SMP	94 a	0.9 c	8.6 a	1.5 c
Osmo priming	87 b	1.4 b	7.9 a	2.0 b
Untreated	83 b	3.7 a	7.5 a	4.2 a

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 20°C for 5 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Osmo-primed were in -0.50 MPa PEG 8000 at 20°C for 3 days and dark-germinated at 25°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

## 제 5 절 SMP 종자의 저장력

### 1. 서언

Solid matrix priming의 유용 효과인 신속한 발아와 발아균일성을 극대화시키기 위하여 여러 요인들을 복합적으로 조절하여야 한다. SMP 처리중 종자는 수분을 흡수하여 생체중이 증가하게 된다. 따라서 저장을 위해서는 SMP 처리중 흡수한 수분을 제거하는 탈수과정이 필요하다. SMP 후 적정 함수량으로 탈수건조된 종자는 취급이 용이하고 장기간 저장이 가능하다. SMP 종자의 저장력은 저장기간, 저장온도, SMP 전·후의 종자활력 정도 및 종자함수량 등에 영향을 받는다.

Osmo priming 처리된 종자를 저장하여도 발아촉진 효과가 지속된다는 견해가 지배적이나 연구자와 작물에 따라 저장하면 종자의 수명이 감소 되었다는 보고도 제기되고 있다. Osmo priming 처리하여 1개월 저장된 시금치 종자는 불량 발아환경인 고온에서도 높은 발아력을 보였고(Atherton과 Farogue, 1983), 토마토 종자를 osmo priming 처리하여 19 개월 저장된 종자는 발아적온에서는 발아촉진 효과가 유지되었으나, 불량 발아조건에서는 발아력이 감소된다(Ddel과 Cantiliffe, 1986). Priming에 얻어진 유용효과를 극대화시키기 위해 3개월 이상 저장하지 않는 것이 일반적이다.

Priming 종자의 저장력은 종자함수량과 밀접한 관계가 있다. 보통 종자함수율 6% 이하로 조절하여 저장하면 priming 효과가 유지되나 높은 종자함수율로 고온에서 저장하면 저장력이 급속하게 감소된다. 그 원인은 priming 종자는 처리중 배의 생장이 부분적으로 개시된 상태이고 priming 후 급속한 건조에 의해 유근정단이 피해를 받아 저장력이 감소하는 것으로 풀이된다(Fujikura와 Karssen, 1992).

따라서 priming 종자를 적정조건에 저장하면 발아촉진 효과가 지속되지만 불량조건에 저장하면 호흡에 의한 저장양분의 과다한 소모로 무처리보다 종자활력이 급속하게 저하되는 것으로 요약된다.

그러나 지금까지의 priming 저장력에 관한 대부분의 연구가 osmo priming에 초점을 맞춘 것이었고 SMP 처리된 종자를 대상으로 한 연구는 드물었다. 따라서 SMP 처리된 종자를 장기간 동안 활력을 저하시키지 않는 저장방법의 확립은 priming 종자의 산업화를 위한 선결요인이다. 이러한 관점에서 본 연구는 SMP 처리된 종자의 활력을 오랫동안 유지시킬 수 있는 저장온도와 저장방법을 확립하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

SMP 종자의 저장성을 검정하기 위해 사용된 공시품종은 춘파용 '이나리5촌', '만산5촌', '무쌍5촌' 및 '홍심5촌' 이었다. SMP 처리의 carrier로는 Micro Cel-E를 사용하였고, 종자: carrier: 증류수의 혼합비율은 5:3:10.5( $\times 3.5$  w/w/w)였다. 처리온도는 20°C였고, 처리기간은 '이나리5촌', '무쌍5촌', '홍심5촌'은 5일간, '만산5촌'은 3일간 이었다. SMP 처리된 종자의 저장력을 검정하기 위해 SMP 처리후 종자를 20°C에서 2일간 건조하여 SMP 처리전의 종자함수량과 동일하게 조절하였다. 이들 종자를 종자보관병에 넣고 완전밀봉하여 5°C, 10°C, 30°C 및 실온(12.5~26.3°C)에서 각각 1, 2, 3 및 6개월 저장한 후 20°C의 항온기에서 발아성을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

SMP 처리된 종자는 즉시 파종할 경우 발아율 향상과 발아촉진 효과가 높다. 그러나 SMP 처리종자는 파종되기전까지 일정기간 저장하게 되는데, SMP 종자가 산업화되기 위해서는 장기간 동안 발아촉진 효과를 유지시킬 수 있는 저장방법이 강구되어야 한다.

표 2.5.1과 표 2.5.2는 춘파용 품종을 공시하여 SMP 처리 후 탈수 건조시킨 SMP 종자를 저장온도를 달리하여 발아성을 조사한 결과이다. 모든 품종에서 SMP 처리 직후



에 발아력이 가장 높았고, 저장기간이 경과함에 따라 발아율이 감소하는 경향을 보였는데, 이러한 경향은 저장온도가 높을수록 뚜렷하였다.

SMP 종자를 5℃와 10℃에서 6개월 저장후에도 SMP 처리직후와 유사한 발아율과  $T_{50}$ 를 보여 SMP 처리의 이점인 발아촉진 효과가 유지되었다. 반면 30℃와 실온에서 저장된 '만산' 품종은 SMP 처리직후 발아율이 95%였으나, 저장 3개월 후에는 각각 71%와 77%, 저장 6개월후에는 62%와 60%로 저장기간이 경과함에 따라 발아율이 급격하게 감소하였다.

저장기간에 따른 무처리 종자와 SMP 종자의 발아력을 비교해 보면 저장기간이 경과할수록 SMP 종자가 무처리 종자보다 종자활력이 급속하게 감소되었다.  $T_{50}$ 은 저장 전에는 1.1일이었으나 30℃와 실온에서 3개월 저장하면 각각 4.6일과 4.3일, 6개월 후에는 각각 7.8일과 7.2일로 지연되었다.

그러나 SMP 종자를 5℃나 10℃에서 저장하면 3개월 후에는  $T_{50}$ 이 각각 1.5일과 1.6일이었고, 6개월 후에는 각각 1.7일과 2.1일로 저장전과 큰 차이가 없었다. 따라서 SMP 종자와 무처리 종자 모두 5℃와 10℃에서 6개월 동안 저장하여도 발아율의 변화를 거의 볼 수 없었고,  $T_{50}$ 만 약간 지연될 뿐이었다.

전체적으로 SMP 종자가 무처리 종자보다 발아율이 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 30℃와 실온저장에서는 모든 품종에서 SMP 종자가 무처리 종자보다 저장 초기에 발아율이 높고  $T_{50}$ 도 단축되었으나 저장기간이 길어질수록 이러한 현상이 반전되는 것으로 나타났다. '이나리'의 30℃ 저장에서 무처리 종자는 1개월 후의 발아율과  $T_{50}$ 이 83%와 4.0일 였고, SMP 종자는 각각 87%와 2.2일 이었다. 그러나 6개월 후의 발아율과  $T_{50}$ 을 보면 무처리 종자는 68%, 7.1일, SMP 종자는 각각 64%와 7.6일로 나타나 SMP 종자에서 발아율이 더 낮았고  $T_{50}$ 도 지연되었다.

이와 같이 priming 종자는 발아력 향상에 효과적이지만 불량한 저장조건에 놓여졌을 때 무처리 종자보다 종자활력이 급속히 저하되므로 불량조건에서 장기간 저장은 피해야 될 것으로 판단된다.

지금까지 Priming 종자의 저장력에 관해서 많은 연구결과들이 보고되고 있는데, 고추종자는 priming 후 5℃와 35℃에서 6개월 저장하여도 priming 직후와 같이 높은 발아세와 발아율이 유지되었고(Georhiou 등, 1987; Thanos 등, 1989), 당근과 리이크는 12개월 저장한 종자도 초기 발아율이 향상되었다(Dearman 등, 1987). 반면 리이크, 당근(Dearman 등, 1987) 및 상추(Weges, 1987)에서는 priming 종자를 저장하면 무처리보다 종자활력이 저하되었다. 이와 같이 priming 종자에서 저장성이 감소하는 원인을 Fujikura와 Karssen(1992)은 priming 후 건조에 의해 유근정단의 손상에 기인된다고 하였다.

Priming 처리제의 종류에 따라서도 저장성에 영향을 주는데, KNO<sub>3</sub>로 priming된 토마토는 PEG에 비해 고온내성(30℃)이 저하되는 것으로 알려져 있다(Alvarado와 Bardford, 1988a).

Table 2.5.1. Effect of storage periods after SMP on percent germination and T<sub>50</sub> of 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds.

Storage periods (months)	Storage temp. (°C)	Seed treatment <sup>z</sup>	Inari		Mansan	
			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
0		SMP	95	1.1	95	1.1
		Untreated	92	4.0	92	3.6
1	5	SMP	94	1.1	94	1.2
		Untreated	90	3.9	92	3.6
	10	SMP	92	1.5	92	1.5
		Untreated	91	4.3	91	3.9
	30	SMP	87	2.2	85	2.3
		Untreated	83	4.0	87	4.0
	Room temp.	SMP	87	2.5	83	2.3
		Untreated	81	4.0	81	3.9
2	5	SMP	94	1.2	95	1.2
		Untreated	91	3.9	91	3.8
	10	SMP	92	1.3	92	1.6
		Untreated	91	3.9	91	3.7
	30	SMP	78	3.5	77	3.6
		Untreated	80	4.8	81	4.8
	Room temp.	SMP	80	3.4	77	3.4
		Untreated	86	4.8	76	4.8
3	5	SMP	93	1.2	93	1.5
		Untreated	91	3.7	91	3.7
	10	SMP	93	1.3	93	1.7
		Untreated	94	4.0	94	3.8
	30	SMP	73	4.5	71	4.6
		Untreated	73	6.0	71	5.4
	Room temp.	SMP	81	4.3	77	4.3
		Untreated	80	5.5	71	5.5
6	5	SMP	92	1.6	93	1.6
		Untreated	91	3.6	91	3.7
	10	SMP	93	1.3	93	2.1
		Untreated	90	3.9	90	4.0
	30	SMP	64	7.6	62	7.8
		Untreated	68	7.1	66	7.2
	Room temp.	SMP	72	6.5	60	6.2
		Untreated	73	6.3	61	6.2

<sup>z</sup> Solid matrix primed with a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5 at 20°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Seeds were then stored at 5°C, 10°C, 30°C and room temperature (12.5~26.3°C) until they were subjected to a germination test.

Table 2.5.2. Effect of storage periods after SMP on percent germination and T<sub>50</sub> of 'Mussang' and 'Hongsim' carrot seeds.

Storage periods (months)	Storage temp. (°C)	Seed treatment <sup>z</sup>	Mussang		Hongsim	
			Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)
0		SMP	96	1.2	95	1.9
		Untreated	93	3.5	92	4.4
1	5	SMP	93	1.5	94	2.0
		Untreated	91	3.7	90	4.5
	10	SMP	92	1.8	92	1.8
		Untreated	93	3.8	91	5.0
	30	SMP	84	2.9	77	3.2
		Untreated	83	4.4	83	4.4
	Room temp.	SMP	85	2.8	87	2.8
		Untreated	85	4.1	81	4.1
2	5	SMP	93	1.3	92	2.4
		Untreated	92	4.0	90	4.0
	10	SMP	92	1.7	92	2.6
		Untreated	93	3.6	90	4.6
	30	SMP	80	3.4	63	4.6
		Untreated	76	4.3	67	4.7
	Room temp.	SMP	78	3.3	72	2.9
		Untreated	80	4.4	77	4.9
3	5	SMP	94	1.7	92	2.9
		Untreated	91	3.7	92	4.7
	10	SMP	93	2.0	92	2.4
		Untreated	95	4.0	93	4.6
	30	SMP	75	4.7	51	5.3
		Untreated	71	5.6	54	5.9
	Room temp.	SMP	71	4.3	61	5.5
		Untreated	73	5.7	68	5.4
6	5	SMP	95	2.0	92	3.0
		Untreated	91	3.8	90	4.4
	10	SMP	93	2.0	92	3.6
		Untreated	92	3.9	90	4.6
	30	SMP	57	7.7	30	8.0
		Untreated	59	7.5	36	6.7
	Room temp.	SMP	60	6.5	39	7.5
		Untreated	64	6.3	45	6.8

<sup>z</sup> Solid matrix primed with a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5:3:10.5 at 20°C for 5 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Seeds were then stored at 5°C, 10°C, 30°C and room temperature (12.5~26.3°C) until they were subjected to a germination test.

## 제 6 절 생장조절제 처리 종자의 발아성

### 1. 서언

생장조절제 종자처리는 배 발육이 불완전하거나 종피의 기계적 저항이 높은 종자에서 발아억제 요인을 극복하여 발아를 촉진시킨다. 또한 광발아성 종자에서는 광처리 효과를 대체하여 암조건에서 발아가 가능하다. 종자 발아성에 관여하는 호르몬의 역할은 발아억제 물질이 존재할 때 gibberellin이 존재해도 cytokinin이 없으면 발아하지 않으나, gibberellin과 cytokinin이 공존하면 발아억제 물질이 존재해도 발아가 가능하다. 따라서 gibberellin이 1차적으로 발아촉진에 관여하며, cytokinin은 2차적 관여한다고 알려져 있다. 이와 같이 종자 발아성은 발아 촉진 물질과 억제 물질의 균형에 의해 결정된다는 것을 의미한다.

종자의 발아촉진에 1차적으로 관여하는 gibberellin은 종자성숙과 더불어 증가되는데, 이외에도 저온층적 처리나 후숙처리중에도 증가한다. Cytokinin이 종자발아에 관여하는 기작은 명확하지 않으나, 전사촉매작용, 운반촉매작용, 막투과성 조절작용을 개선시키는 것으로 보여진다.

우량종자란 다수성, 내병성 및 유전적 순도가 높으면서 발아율과 발아세가 왕성한 종자를 의미한다. 이러한 우량종자를 선별하기 위해서는 중량 및 체적에 의한 방법, 비중에 의한 방법이 사용된다. 채종된 종자들은 저장 과정을 거치면서 활력이 저하하게 된다. 종자의 활력 상실은 불가피한 생리현상이지만 활력이 저하된 종자를 식물생장조절제(Kang 등, 1997; Karssen, 1995; Persson, 1993)처리에 의해 부분적인 활력 회복이 가능하다.

본 연구는 당근 종자에서 발아력을 증진시킬 수 있는 식물생장조절제 최적 처리조건을 구명하여 당근 재배에 활용할 수 있는 기초자료를 얻고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

공시 품종은 '이나리5촌' 이었으며, 식물생장조절제가 종자의 발아에 미치는 영향을 조사하기 gibberellic acid(GA<sub>3</sub>) 및 6-benzylaminopurine(BAP)을 50 μM, 100 μM, 250 μM, 500 μM 및 1mM를 각각 조성하였다. 또한 생장조절제 혼용처리가 발아성에 미치는 영향을 보고자 GA<sub>3</sub>와 BAP 혼용하여 50 μM, 100 μM, 250 μM, 500 μM 및 1mM 조성하였다.

생장조절제 종자처리 방법은 5g의 종자를 페트리디쉬에 넣고, 위와 같이 조성된 생장조절제 용액을 20mL 공급한 후 용액의 증발을 방지하기 위해 밀봉하여 압상태의 20℃ 항온기에서 각각 1일, 2일, 3일간 처리하였다. 처리 후 종자는 종피에 잔존하는 생장조절제를 제거하기 위해 증류수에 2분간 수세하여 실온에서 12시간 건조시킨 다음 압조건의 15℃, 20℃ 및 25℃의 항온기에서 발아력을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

생장조절제 처리는 많은 작물에서 휴면타파, 불량조건에서 발아증진 및 유효생장 촉진에 유용하다(Karssen, 1995; Persson, 1993). 표 2.6.1~2.6.3은 '이나리'를 식물 생장조절제 종류와 농도를 달리한 용액에 각각 1일, 2일, 3일간 침지처리한 종자를 치상하여 발아율과 발아속도를 검정한 결과이다.

생장조절제에 침지처리 후 15℃, 20℃ 및 25℃에 치상한 결과 발아율은 침지처리 기간, 생장조절제 종류, 처리농도 및 이들 상호간 유의성이 인정되었다. 침지처리 기간은 1일 처리기 2일이니 3일 처리에 비해 발아율이 높았고 발아속도도 단축되었다. 생장조절제 종류 중 GA<sub>3</sub>가 BAP에 비해 발아율을 향상시켰으며, 조기 발아에 유효하였다. GA<sub>3</sub> + BAP 혼용처리는 BAP 단용에 비해 발아력 증진에 좋았으나, GA<sub>3</sub> 단용보다는 발아촉진 효과가 낮았다. 처리 농도에 따라 50 μM~250 μM은 발아율에 큰 차이가 없었으나, 이보다 높은 농도인 500 μM과 1mM에서는 발아율이 감소되는 경향이었다.

표 2.6.1은 성장조절제 침지처리된 종자를 15°C에서 발아시켜 발아율과 T<sub>50</sub> 및 MDG를 검정한 결과이다. 무처리 종자는 89%의 발아율을 보였고, GA<sub>3</sub>, BAP 및 GA<sub>3</sub> + BAP를 혼용하여 1일간 침지 처리한 종자는 각각 91%, 88% 및 91.3%의 발아율을 보였다. 이처럼 성장조절제 처리는 발아율 향상에는 큰 효과가 없었다. 그러나 T<sub>50</sub>과 MDG를 단축시켜 발아촉진에는 효과적이었다.

침지처리 기간에 따라 발아율에는 큰 차이가 있었는데, 침지 처리 기간이 길어질수록 발아율이 감소되었으며, 이러한 경향은 처리농도가 높을수록 현저하였다. 특히, BAP 1mM에 1일 침지처리된 종자는 75%의 발아율을 보였으나, 2일 처리된 종자는 47.3%, 3일 처리된 종자는 19%로 발아율이 급감되었다. T<sub>50</sub>과 MDG도 처리기간에 따라 큰 차이가 있었는데, 1일 처리된 종자는 성장조절제의 종류 및 처리농도에 따라 약간의 차이는 있으나, 무처리 종자에 비해 0.5일 및 0.6일 정도 단축되었다. 그러나 처리기간이 경과할수록 그 효과가 미약하였다.

성장조절제 종류는 GA<sub>3</sub> 처리가 GA<sub>3</sub> + BAP 혼용 및 BAP 단용처리보다 발아력 향상에 좋았다. 15°C에서 발아력을 검정한 표 2.3.1의 결과에서는 발아력을 극대화시킬 수 있는 최적 성장조절제 처리 조건을 명확하게 단정지우기는 어려우나, GA<sub>3</sub> 100 μM에서 1일간 침지처리가 좋을 것으로 생각된다.

성장조절제에 침지처리된 종자를 20°C에서 그 효과를 검정한 결과는 표 2.6.2와 같다. 전반적인 경향은 15°C에서 발아시킨 경우와 유사하였다. 발아율과 T<sub>50</sub> 및 MDG는 침지처리 기간, 성장조절제 종류, 처리농도의 단독 요인과 이들 요인 상호간에도 높은 유의성을 보였다.

성장조절제 처리기간은 1일 처리가 2일 및 3일 처리에 비해 높은 발아율을 보였고, T<sub>50</sub> 및 MDG도 단축되어 조기발아 하였다. GA<sub>3</sub> 50 μM, 100 μM, 250 μM, 500 μM 및 1mM의 용액에 1일간 처리된 종자들은 무처리 종자에 비해 T<sub>50</sub>이 각각 0.63일, 0.60일, 0.72일, 0.37일, 0.61일 및 0.69일 단축되었다. 또한 MDG도 무처리 종자보다 0.85일~1.08일 단축되어 조기발아를 유도하였다. 전반적으로 GA<sub>3</sub>가 BAP 처리보다는 발아촉

진 효과가 높았다. 그러나 GA<sub>3</sub>를 BAP와 혼용하면 발아촉진 효과를 크게 상승시킬 것으로 기대되었으나, '이나리' 품종에서는 두 물질간 혼합에 의한 발아촉진의 상승효과는 크지 않았다.

생장조절제 종류에 관계없이 1mM 처리농도에서는 발아율이 저하되었고, 발아속도는 지연되었으나, 50 μM~250 μM 농도에서는 큰 차이가 없었다.

표 2.6.3은 25℃에서 발아력을 검정한 결과이다. 무처리 종자의 발아율이 97%로 생장조절제 처리는 최종발아율을 향상시키지는 못했다. 그러나 T<sub>50</sub> 및 MDG는 단축되어 조기발아를 유도하였는데, 그 효과는 GA<sub>3</sub>를 1일간 침지처리한 종자에서 현저하였다. BAP 및 GA<sub>3</sub> + BAP를 혼용처리한 종자들은 처리일수가 길어지면 발아율은 감소되었고 T<sub>50</sub>과 MDG는 지연되었으나, GA<sub>3</sub> 처리에서는 처리일수가 경과되더라도 발아력이 저하되는 현상은 미약하였다.

생장조절제에 침지처리된 종자를 15℃, 20℃ 및 25℃의 다양한 발아온도에서 발아력을 종합적으로 검정한 결과(표 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3) BAP 처리는 무처리보다 발아율이 약간 낮았고, 발아촉진 효과도 GA<sub>3</sub> 단독처리 및 GA<sub>3</sub>와 BAP를 혼용한 처리에 비해 낮았다. 이러한 현상은 처리일수가 경과할수록 현저하였다. 이에 비해 GA<sub>3</sub> 처리는 발아율을 향상시키지는 못했으나, 발아촉진에는 유효하였다. GA<sub>3</sub>와 BAP 혼용 처리하면 이들 생장조절제를 단독 처리한 것에 비해 발아촉진의 상승효과가 있었는데, 이러한 결과는 GA<sub>3</sub>가 발아촉진에 1차적으로 관여하며, cytokinin은 단독적으로 발아를 촉진하지는 않으나, GA<sub>3</sub>가 존재할 때 발아촉진의 상승효과를 가진다는 Khan(1975)의 보고와 동일한 맥락으로 풀이된다. 또한 GA<sub>3</sub>가 당근 종피 또는 배내에 존재하는 ABA, coumarin, phenolic acid 등 발아억제 물질의 활성을 저하시키고(Khan, 1975), 저장양분 분해 효소의 활성(Watkins 등, 1985)을 촉진시킴으로써 조기발아한 것으로 풀이된다.

'이나리' 당근에서 발아력 증진에 적용될 수 있는 최적 식물생장조절제 처리농도를 명확하게 단정하기는 어려우나, GA<sub>3</sub> 100 μM용액에 1일간 처리가 좋았다.



Table 2.6.1. Effect of plant growth regulators and their concentrations, and soaking duration on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds at 15°C.

Seed treatment <sup>z</sup>		Soaking duration (days)								
		1			2			3		
PGRs	Conc.	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
GA <sub>3</sub>	50 μM	89	4.8	5.2	80	5.0	5.5	86	5.2	5.3
	100 μM	93	4.4	4.9	86	5.1	5.5	91	5.1	5.3
	250 μM	92	5.0	5.4	85	5.0	5.5	76	4.9	5.1
	500 μM	94	4.9	5.2	82	5.0	5.4	87	4.8	5.1
	1 mM	91	4.8	5.4	95	5.0	5.3	83	5.1	5.3
	Mean	91	4.8	5.2	86	5.0	5.4	85	5.0	5.2
BAP	50 μM	96	4.8	5.3	88	5.2	5.7	81	5.1	5.4
	100 μM	91	5.0	5.4	89	5.3	5.8	79	5.2	5.5
	250 μM	90	4.8	5.4	94	5.3	5.8	77	5.3	5.7
	500 μM	89	5.0	5.5	58	5.7	6.4	74	5.4	5.7
	1 mM	75	6.0	6.5	47	5.8	6.3	19	8.5	8.4
	Mean	88	5.1	5.6	75	5.5	6.0	66	5.9	6.1
GA <sub>3</sub> + BAP	50 μM	94	4.8	5.2	97	5.1	5.7	81	4.9	5.0
	100 μM	97	5.0	5.4	91	5.1	5.6	79	5.0	5.3
	250 μM	89	4.9	5.4	67	5.7	6.1	84	5.1	5.3
	500 μM	90	5.0	5.5	85	5.4	6.0	18	5.4	6.0
	1 mM	89	5.3	5.7	89	5.2	6.0	43	5.3	5.9
	Mean	91	5.0	5.4	86	5.3	5.9	61	5.1	5.5
Untreated		89	5.3	5.9	89	5.3	5.9	89	5.3	5.9
LSD(.05)		11.3	0.29	0.2	12.9	0.36	0.39	12.8	0.25	0.51
		Germination			T <sub>50</sub>			MDG		
Significance										
Soaking duration (A)		*** <sup>y</sup>			***			***		
PGRs (B)		***			***			***		
PGRs conc.(C)		***			***			***		
A × B		***			***			***		
A × C		***			***			***		
B × C		***			***			***		
A × B × C		***			***			***		

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated at 20°C and dark-germinated at 15°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.

<sup>y</sup> \*\*\* Significant at P= 0.001.

Table 2.6.2. Effect of plant growth regulators and their concentrations, and soaking duration on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds at 20°C.

Seed treatment <sup>z</sup>		Soaking duration (days)								
		1			2			3		
		Germ.	T <sub>50</sub>	MDG	Germ.	T <sub>50</sub>	MDG	Germ.	T <sub>50</sub>	MDG
PGRs	Conc.	(%)	(days)	(%)	(days)	(%)	(days)	(%)	(days)	
GA <sub>3</sub>	50 μM	97	3.6	4.1	88	3.7	4.1	93	3.5	4.1
	100 μM	96	3.7	4.1	91	3.7	4.1	91	3.5	3.9
	250 μM	93	3.9	4.2	93	3.9	4.2	89	3.3	3.7
	500 μM	93	3.6	3.9	74	3.6	4.1	93	3.5	3.9
	1 mM	89	3.6	3.9	61	3.9	4.2	83	3.7	4.2
	Mean	94	3.7	4.0	81	3.7	4.2	90	3.5	3.9
BAP	50 μM	95	3.6	4.2	92	4.2	4.6	95	3.6	4.3
	100 μM	94	4.4	4.4	87	4.1	4.4	82	3.7	4.4
	250 μM	92	3.6	4.0	69	4.5	4.8	85	4.4	4.5
	500 μM	82	4.1	4.7	79	4.8	5.4	77	4.5	4.7
	1 mM	54	5.8	6.5	31	6.1	6.7	7	6.5	6.6
	Mean	83	4.3	4.8	72	4.7	5.2	69	4.5	4.9
GA <sub>3</sub> +BAP	50 μM	87	3.8	4.2	82	3.7	4.1	94	3.4	4.2
	100 μM	96	4.0	4.3	71	3.6	4.2	88	3.5	4.0
	250 μM	91	3.6	4.1	87	4.4	5.2	79	3.8	4.3
	500 μM	87	3.8	4.2	87	4.0	4.5	27	5.9	6.2
	1 mM	87	4.2	4.8	96	3.9	4.2	44	6.1	6.1
	Mean	89	3.9	4.3	85	3.9	4.4	66	4.6	4.9
Untreated		97	4.25	4.9	97	4.3	4.9	97	4.3	4.9
LSD(.05)		7.3	0.51	0.36	12.7	0.47	0.48	10.0	0.58	0.52
		Germination			T <sub>50</sub>			MDG		
Significance										
Soaking duration (A)		*** <sup>y</sup>			***			***		
PGRs (B)		***			***			***		
PGRs conc.(C)		***			***			***		
A × B		***			***			***		
A × C		***			***			***		
B × C		***			***			***		
A × B × C		***			***			***		

<sup>z</sup> Seeds were dark-treated at 20°C and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seeds package.

<sup>y</sup> \*\*\* Significant at  $P= 0.001$ .

Table 2.6.3. Effect of plant growth regulators and their concentrations, and soaking duration on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds at 25°C.

Seed treatment <sup>z</sup>		Soaking duration (days)								
		1			2			3		
PGRs	Conc.	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)
GA <sub>3</sub>	50 μM	86	3.4	3.9	89	3.2	3.6	89	3.4	3.8
	100 μM	95	3.3	3.6	95	3.3	3.8	89	3.3	3.7
	250 μM	94	3.4	3.8	90	3.2	3.6	93	3.0	3.6
	500 μM	90	3.2	3.6	89	3.1	3.5	85	3.0	3.4
	1 mM	93	3.3	3.7	89	3.4	3.6	82	3.2	3.8
	Mean		90	3.3	3.7	90	3.2	3.6	87	3.2
BAP	50 μM	93	3.2	3.6	86	3.3	3.7	85	3.2	3.7
	100 μM	89	3.4	3.8	81	3.4	3.8	81	3.6	3.9
	250 μM	79	3.3	3.8	93	3.5	3.9	81	4.1	4.5
	500 μM	86	4.9	4.9	40	4.9	5.2	65	4.3	4.9
	1 mM	48	5.0	5.4	18	5.9	6.3	3	6.7	6.8
	Mean		79	3.9	4.3	64	4.2	4.6	63	4.4
GA <sub>3</sub> +BAP	50 μM	86	3.1	3.5	94	3.2	3.6	83	3.2	4.0
	100 μM	94	3.1	3.6	95	3.4	3.8	79	3.7	4.2
	250 μM	95	3.1	3.5	56	5.4	5.3	61	3.7	4.1
	500 μM	85	3.2	3.6	90	3.6	4.2	27	5.6	6.2
	1 mM	68	3.6	4.0	81	3.3	3.7	27	5.1	5.7
	Mean		86	3.2	3.6	83	3.8	4.1	56	4.3
Untreated		95	4.1	4.2	95	4.1	4.2	95	4.1	4.2
LSD(.05)		10.2	0.37	0.40	11.9	0.37	0.48	12.1	0.79	0.68
		Germination			T <sub>50</sub>			MDG		
Significance										
Soaking duration (A)		*** <sup>y</sup>			***			***		
PGRs (B)		***			***			***		
PGRs conc.(C)		***			***			***		
A × B		***			***			***		
A × C		***			***			***		
B × C		***			***			***		
A × B × C		***			***			***		

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

<sup>y</sup> \*\*\* Significant at  $P=0.001$ .

## 제 7 절 종자코팅 피복물질 선발

### 1. 서언

종자처리 기술중 코팅기술은 농업분야에서 대표적인 지식산업에 속한다. 오늘날의 종자산업은 농작물 생산을 뒷받침하는 원자재의 원활한 공급이라는 단순한 역할에 그치지 않고 종자의 개발·생산에 독립적인 영역을 확보하고 있다. 그리고 신품종과 종자처리 기술에 대한 지적재산권을 보호하고 있다. 특히 우리 나라와 같이 인적자원을 제외하면 이렇다 할 자원이 없는 국가에서는 신품종 육성이나, 종자 산업에서 전문인력을 확보하는 일이 대단히 시급한 일이다.

코팅종자는 50년전 유럽에서 형태가 불균일한 사탕무 종자에서 처음 시도된 후 그 이용 범위가 원예작물 비롯한 공예작물에도 널리 이용되고 있다. 코팅종자는 종피에 피복물질이 첨가되어 저장중에는 호흡량을 적게하여 저장력을 향상시킬 수 있으나, 발아율이 감소하고 발아가 지연되는 불리한 점도 있다.

코팅종자가 실용화되기 위해서는 운반, 수송, 기계화 파종중에 코팅층이 깨어지지 않을 정도의 경도를 유지하여야 하며, 피복물질이 종자의 발아, 출현, 입묘에 지장을 주어서는 안된다. 코팅종자를 생산하는 공정은 이러한 단점을 최소화할 수 있는 기술이 필요하며, 코팅피복 물질의 종류에 따라 코팅된 종자의 발아율이 달라질 수 있다. 따라서 높은 발아력을 유지시킬 수 있는 양질의 피복물질이 탐색되어야 할 것이다.

우리 나라에서의 코팅종자의 기술개발 수준은 아직까지 초보적인 단계에 머물고 있으나, 발아력이 높은 피복물질 개발되면 그 이용가치는 크게 증가될 것으로 판단된다.

이러한 관점에서 본 연구는 고품질의 당근 코팅종자를 생산하기 위해서 피복물질이 발아에 미치는 영향과 화학성을 규명하여 최적 피복물질을 선발하여 산업화 할 수 있는 방안을 모색하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 코팅 피복물질이 발아에 미치는 영향

본 실험에 사용된 당근 품종은 춘파용인 ‘이나리’을 사용하였다. 본 실험에서는 당근 종자의 코팅에 가격이 저렴하고 경제적 가치가 높은 코팅 피복물질을 탐색하기 위하여 Bentonite, Calcium carbonate (CC), Celite, Diatomaceous earth # 300(DME # 300), Diatomaceous earth #500(DME #500), Kaolin, Limestone, Peatmoss, Talc 등의 단용처리와 Bentonite + CC, Bentonite + Celite, Bentonite + DME #300, Bentonite + Kaolin, Bentonite + Limestone, Bentonite + Peatmoss, Bentonite + Talc, Bentonite + CC + Celite, Bentonite + CC + DME #300, Bentonite + CC + Kaolin, Bentonite + CC + Limestone, Bentonite + CC + Peatmoss, Bentonite + CC + Talc, CC + Celite, CC + DME # 300, CC + Kaolin, CC + Limestone, CC + Peatmoss, CC + Talc, CC + Celite + DME #300, CC + Celite + Kaolin, CC + Celite + Limestone, CC + Celite + Peatmoss, CC + Celite + Talc, Celite + DME #300, Celite + Kaolin, Celite + Limestone, Celite + Peatmoss, Celite + Talc, Celite + DME #300 + Kaolin, Celite + DME #300 + Limestone, Celite + DME #300 + Peatmoss, Celite + DME #300 + Talc, DME #300 + Kaolin, DME #300 + Limestone, DME # 300 + Peatmoss, DME #300 + Talc, DME #300 + Kaolin + Limestone, DME #300 + Kaolin + Peatmoss, DME #300 + Kaolin + Talc, Kaolin + Limestone, Kaolin + Peatmoss, Kaolin + Talc, Kaolin + Limestone + Peatmoss, Kaolin + Limestone + Talc, Limestone + Peatmoss, Limestone + Talc, Limestone + Peatmoss + Talc 및 Peatmoss + Talc 등을 부피비(v/v)로 혼합하여 종자코팅에 사용하였다.

종자코팅 방법은 코팅드럼에 100g의 종자를 넣고 코팅 접착제로는 PVA 0.5% 수용액을 종자표면에 분사한 후 각 조제된 피복물질을 서서히 첨가하여 코팅하였다. 코

팅 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 60~70 rpm, 중기에는 100~150 rpm, 후기에는 400~500 rpm으로 조절하였다. 이와 같이 코팅된 종자는 30℃에서 2시간 건조시킨 후 실험에 사용하였다. 코팅된 종자의 발아율 조사는 직경 9cm의 페트리디쉬에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 깔고 50립의 종자를 3반복으로 치상한 후 15℃, 20℃ 및 25℃에서 발아율과 T<sub>50</sub> 및 MDG를 조사하였다.

#### 나. 코팅 피복물질의 화학성

여러가지 피복물질로 코팅된 종자의 화학성을 관찰하기 위해서 주사전자현미경은 이용하였다. 주사전자현미경 관찰을 위한 표본제작은 코팅종자를 임계점 건조기(critical point dryer, Microtech E-3000)에서 40분간 건조시킨 후 이어서 stub에 mounting하고 ion sputtering coater (JEOL, JFC-1100E)내에서 금으로 10 nm 두께로 코팅하였다. 이와 같이 처리된 코팅 종자를 주사전자현미경(Scanning electron microscope, GEOL-TSM-6400)으로 가속전압 10 kV하에서 관찰하면서 코팅층 외부표면의 무기성분을 EDS로 분석하였다.

#### 다. 코팅 피복물질의 물리성

코팅종자의 물리성은 기계화 파종에 대단히 중요하며, 발아에도 영향을 미치는 요인이다. 중저 코팅 물질의 물리성은 부피, 용적밀도, pH 및 EC를 조사하였다. 무피측정은 100g의 코팅물질을 500 ml의 메스실린더에 충전하여 증가하는 높이를 부피로 계산하였다. 코팅 물질의 pH 및 EC 조사는 코팅물질과 증류수를 1:5로 희석시켜 1시간 동안 진탕시킨 후 pH meter 및 EC meter로 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 코팅 피복물질이 발아에 미치는 영향

코팅 종자의 생산은 접착제를 분사하여 코팅 피복물질이 종피에 연속적으로 부가됨으로써 치밀화 된 코팅 종자를 생산할 수 있다(Scott, 1989). 지금까지 알려진 코팅 피복물질로는 여러 가지 광물질과 유기물인 피트모스, 톱밥 등이 널리 사용되어 왔다(Roos와 Moore, 1975). 코팅 종자에 사용되는 피복물질의 종류에 따라 외형이 불량하여 상품성이 없는 코팅종자가 생산될 수 있다. 또한 외형이 우수하더라도 발아를 저해하는 물질이 있으면 실용성이 없을 것이다. 따라서 되어야 한다.

표 2.7.1, 2.7.2 및 2.7.3은 코팅 종자를 실용적으로 이용하기 위해 발아에 장애를 주지 않고 외형이 우수한 피복물질을 탐색하고자 58여종의 피복물질로 코팅된 종자를 다양한 발아온도에서 발아시킨 결과이다. 15°C에서 발아시험한 결과 피복물질의 종류에 따라 발아율과 발아속도에 큰 차이를 보였다(표 2.7.1).

피복물질 중 bentonite, celite, diatomaceous earth #300(DME #300), kaolin, talc 등의 단독물질과 bentonite + calcium carbonate(CC) 혼합물질, bentonite + celite 혼합물질, bentonite + kaolin 혼합물질, bentonite + peatmoss 혼합물질, bentonite + talc 혼합물질, bentonite + CC + DME #300 혼합물질, bentonite + CC + peatmoss 혼합물질, bentonite + CC + talc 혼합물질, CC + celite 혼합물질, CC + DME #300 혼합물질, CC + kaolin 혼합물질, CC + peatmoss 혼합물질, CC + talc 혼합물질, CC + celite + DME #300 혼합물질, CC + Celite + kaolin 혼합물질, celite + DME #300 혼합물질, celite + kaolin 혼합물질, celite + peatmoss 혼합물질, celite + DME #300 + kaolin 혼합물질, celite + DME #300 + talc 혼합물질, DME #300 + talc 혼합물질, DME #300 + kaolin + talc 혼합물질, kaolin + peatmoss 등의 혼합물질이 90% 이상의 발아율을 보였다. 코팅되지 않은 무처리 종자의 발아율이 95% 였다는 것을 감안한다면 이들 물질은 발아를 저해하지 않는 코팅 피복물질임을 알 수 있

었다. 반면 limestone은 발아율이 4%에 불과하였고 이와 혼합한 고형물질에서도 발아율이 10% 미만으로 급감하였고 발아지연 현상도 뚜렷하였다. 이와 같이 limestone의 발아억제 원인은 고형물질의 높은 pH에 기인된 것으로 보여진다. 따라서 limestone은 당근 종자의 코팅에 적합한 피복물질은 아니었다.

코팅 고형물질의 종류에 따라 발아속도가 차이있고, 발아배지에 코팅 고형물질이 첨가되면 발아속도는 약간 지연되는 경향을 보였다. 대조구 종자의  $T_{50}$ 과 MDG는 각각 5.1일과 5.9일이 소요되었으나, calcium carbonate(CC), celite, diatomaceous earth #300(DME #300), kaolin, talc, bentonite + CC 혼합물질, bentonite + celite 혼합물질, bentonite + kaolin 혼합물질, bentonite + peatmoss 혼합물질, bentonite + talc 혼합물질, bentonite + CC + celite 혼합물질, bentonite + CC + DME #300 혼합물질, bentonite + CC + kaolin 혼합물질, bentonite + CC + peatmoss 혼합물질, bentonite + CC + talc 혼합물질, CC + celite 혼합물질, CC + DME #300 혼합물질, CC + kaolin 혼합물질, CC + peatmoss 혼합물질, CC + talc 혼합물질, CC + celite + DME #300 혼합물질, CC + celite + kaolin 혼합물질, celite + DME #300 혼합물질, celite + kaolin 혼합물질, celite + peatmoss 혼합물질, celite + talc 혼합물질, celite + DME #300 + kaolin 혼합물질, celite + DME #300 + peatmoss 혼합물질, celite + DME #300 + talc 혼합물질, DME #300 + kaolin 혼합물질, DME #300 + peatmoss 혼합물질, DME #300 + talc 혼합물질, DME #300 + kaolin + peatmoss 혼합물질, DME #300 + kaolin + talc 혼합물질, kaolin + peatmoss 혼합물질, kaolin + talc 혼합물질, peatmoss + talc 혼합물질 등에서는 무처리 종자보다는  $T_{50}$ 과 MDG가 약 1일 정도 지연되었으나, 다른 피복물질에 비해 발아 지연 성도가 낮았다. 그러나 limestone이 혼합되면 발아속도가 지연되어  $T_{50}$ 이 10일 이상 소요되었다.

20℃의 발아온도에서 58개의 피복물질로 코팅된 종자의 발아력을 조사한 결과 전반적인 경향은 표 2.7.1의 결과와 유사한 경향을 보였다(표 2.7.2). 20℃에 치상된 대조구 종자의 최종발아율은 95% 였다. 피복물질 중 calcium carbonate(CC), diatomaceous



earth # 300(DME #300), diatomaceous earth # 500(DME #500), talc 등의 단독물질과 bentonite + DME #300 혼합물질, bentonite + kaolin 혼합물질, bentonite + CC + DME #300 혼합물질, CC + celite 혼합물질, CC + DME #300 혼합물질, CC + celite + kaolin 혼합물질, CC + celite + talc 혼합물질, celite + kaolin 혼합물질, celite + DME #300 + kaolin 혼합물질, DME #300 + kaolin 혼합물질 등은 무처리 종자의 발아율과 동등하거나 높은 발아율을 보인 코팅 피복물질이었다. 그러나 limestone나 이와 혼합된물질은 발아를 억제하는 것으로 나타났다.

발아속도는 코팅 고형물질을 첨가하지 않은 대조구 종자에서는  $T_{50}$ 과 MDG가 4.1일과 4.9일이 소요되었으나, 고형물질이 가해지면 약간 지연되는 경향이였다. 고형물질의 종류에 따라서 발아지연 정도가 달랐는데, DME #300 단독물질, bentonite + CC + kaolin 혼합물질, bentonite + CC + peatmoss 혼합물질, bentonite + CC + talc 혼합물질, CC + kaolin 혼합물질, CC + talc 혼합물질, CC + celite + kaolin 혼합물질, CC + celite + peatmoss, celite + DME #300 혼합물질, celite + kaolin 혼합물질, celite + peatmoss 혼합물질, celite + talc 혼합물질, celite + DME #300 + peatmoss 혼합물질, celite + DME #300 + talc 혼합물질, kaolin + peatmoss 혼합 등의 피복물질에서는  $T_{50}$ 과 MDG가 대조구 종자에 비해 약 0.4일 지연되었다.

25℃의 발아온도에서 여러 가지 코팅 피복물질로 코팅된 종자의 발아력을 조사한 결과 전반적인 경향은 발아온도 15℃와 20℃와 유사한 경향을 보였다(표 2.7.3). 대조구 종자는 90%의 발아율을 보였고, 발아속도인  $T_{50}$ 과 MDG는 각각 2.8일과 3.2일이 소요되었다. 코팅 피복물질의 종류에 따라 발아율에는 큰 차이를 보였는데, limestone이 혼합된 고형물질에서는 발아율이 40% 미만으로 감소되었으나, 그 외의 피복물질은 대조구에 비해 큰 차이는 없었다. 피복물질이 첨가되면  $T_{50}$ 과 MDG가 약간 지연되었으나, 그 정도는 15℃와 20℃에 비해 낮았다.

이상과 같이 코팅 피복물질이 당근 종자의 발아성에 미치는 영향을 다양한 발아온도에서 검토한 결과 코팅물질중 diatomaceous earth #300(DME #300), DME #300 +

kaolin 혼합, DME #300 + talc 혼합한 것이 높은 발아율을 보여 당근 종자의 코팅에 우수한 피복 물질로 평가되었다(표 2.7.1, 2.7.2, 2.7.3).

Table 2.7.1. Effect of different kinds of coating particulate materials on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds at 15°C.

Coating particulate matter	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
Bentonite	94 a-c <sup>z</sup>	6.9 c-g	7.8 e-h
Calcium carbonate (CC)	89 a-d	6.0 f-h	6.9 f-i
Celite	95 a-c	5.8 f-h	6.7 f-i
Diatomaceous earth #300(DME #300)	96 a-c	5.6 f-h	6.5 f-i
Diatomaceous earth #500(DME #500)	73 ef	6.7 e-h	7.9 e-g
Kaolin	92 a-c	5.7 f-h	6.7 f-i
Limestone	4 ij	-	-
Peatmoss	89 a-d	8.4 de	9.5 de
Talc	93 a-c	6.0 f-h	7.0 f-i
Bentonite + CC	97 a	5.8 f-h	6.9 f-i
Bentonite + Celite	94 a-c	7.3 ef	7.8 e-h
Bentonite + DME #300	94 a-c	6.8 e-g	8.0 e-g
Bentonite + Kaolin	92 a-c	5.7 f-h	6.6 f-i
Bentonite + Limestone	21 g	10.2 d	10.3 d
Bentonite + Peatmoss	92 a-c	5.8 f-h	6.8 f-i
Bentonite + Talc	91 a-c	5.7 f-h	6.7 f-i
Bentonite + CC + Celite	97 a	5.8 f-h	7.1 f-i
Bentonite + CC + DME #300	94 a-c	5.9 f-h	6.9 f-i
Bentonite + CC + Kaolin	87 cd	5.7 f-h	6.9 f-i
Bentonite + CC + Limestone	9 h-j	15.3 a	14.5 ab
Bentonite + CC + Peatmoss	94 a-c	5.8 f-h	6.9 f-i
Bentonite + CC + Talc	91 a-c	6.3 f-h	7.1 f-i
CC + Celite	93 a-c	6.2 f-h	7.1 f-i
CC + DME #300	96 ab	6.0 f-h	6.8 f-i
CC + Kaolin	92 a-c	5.7 f-h	6.4 f-i
CC + Limestone	8 h-j	12.7 bc	13.3 a-c
CC + Peatmoss	96 a-c	6.4 f-h	7.3 f-i
CC + Talc	92 a-c	5.6 f-h	6.3 f-i
CC + Celite + DME #300	91 a-c	6.1 f-h	6.8 f-i

Table 2.7.1. Continued.

Coating particulate matter	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
CC + Celite + Kaolin	93 a-c	6.0 f-h	6.7 f-i
CC + Celite + Limestone	1 j	-	-
CC + Celite + Peatmoss	81 de	7.0 e-g	8.0 e-g
CC + Celite + Talc	88 a-d	6.5 f-h	7.4 f-i
Celite + DME #300	96 a-c	5.4 gh	6.2 g-i
Celite + Kaolin	94 a-c	5.7 f-h	6.4 f-i
Celite + Limestone	1 j	-	-
Celite + Peatmoss	91 a-c	5.9 f-h	7.0 f-i
Celite + Talc	89 a-d	5.5 f-h	6.3 g-i
Celite + DME #300 + Kaolin	92 a-c	4.9 h	5.6 i
Celite + DME #300 + Limestone	14 gh	14.4 ab	14.4 a-c
Celite + DME #300 + Peatmoss	89 a-d	5.6 f-h	6.4 f-i
Celite + DME #300 + Talc	93 a-c	6.1 f-h	7.0 f-i
DME #300 + Kaolin	89 a-d	5.3 gh	6.0 hi
DME #300 + Limestone	1 j	-	-
DME #300 + Peatmoss	69 f	6.9 eg	8.1 ef
DME #300 + Talc	96 a-c	5.7 f-h	6.7 f-i
DME #300 + Kaolin + Limestone	1 j	-	-
DME #300 + Kaolin + Peatmoss	22 g	14.5 ab	14.8 a
DME #300 + Kaolin + Talc	96 a-c	6.1 f-h	6.9 f-i
Kaolin + Limestone	13 g-i	12.3 c	13.3 a-c
Kaolin + Peatmoss	91 a-c	5.6 f-h	6.4 f-i
Kaolin + Talc	87 b-d	5.7 f-h	6.5 f-i
Kaolin + Limestone + Peatmoss	3 j	-	-
Kaolin + Limestone + Talc	7 h-j	13.0 bc	12.6 c
Limestone + Peatmoss	0 j	-	-
Limestone + Talc	2 j	-	-
Limestone + Peatmoss + Talc	9 h-j	12.6 c	13.0 bc
Peatmoss + Talc	89 a-d	5.8 f-h	6.7 f-i
Control (dH <sub>2</sub> O)	95 a-c	5.1 gh	5.9 i
LSD(0.05)	9.5	1.84	1.82

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

Table 2.7.2. Effect of different kinds of coating particulate materials on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds at 20°C.

Coating particulate matter	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
Bentonite	92 a-c <sup>z</sup>	5.2 f-h	6.6 d-f
Calcium carbonate (CC)	96 a	4.7 f-k	5.5 e-h
Celite	89 a-c	4.7 f-k	5.3 e-h
Diatomaceous earth #300(DME #300)	95 ab	4.0 h-k	4.6 gh
Diatomaceous earth #500(DME #500)	95 ab	4.6 f-k	5.4 e-h
Kaolin	91 a-c	5.7 f	6.4 d-f
Limestone	3 h	-	-
Peatmoss	57 e	7.0 e	7.6 d
Talc	94 ab	5.2 f-h	6.0 d-h
Bentonite + CC	92 a-c	5.2 f-h	6.1 d-g
Bentonite + Celite	91 a-c	5.0 f-j	6.1 d-g
Bentonite + DME #300	93 ab	4.8 f-k	5.7 e-h
Bentonite + Kaolin	97 a	4.7 f-k	5.4 e-h
Bentonite + Limestone	15 f	13.7 cd	9.5 c
Bentonite + Peatmoss	84 cd	4.9 f-k	5.7 e-h
Bentonite + Talc	89 a-c	4.8 f-k	5.6 e-h
Bentonite + CC + Celite	91 a-c	4.6 f-k	5.5 e-h
Bentonite + CC + DME #300	96 a	4.9 f-k	5.6 e-h
Bentonite + CC + Kaolin	92 a-c	4.5 f-k	5.3 e-h
Bentonite + CC + Limestone	13 fg	13.7 cd	13.4 ab
Bentonite + CC + Peatmoss	79 d	4.3 g-k	5.1 e-h
Bentonite + CC + Talc	92 a-c	4.6 f-k	5.3 e-h
CC + Celite	93 ab	5.1 f-i	5.8 e-h
CC + DME #300	96 a	4.9 f-k	5.4 e-h
CC + Kaolin	89 a-c	4.4 f-k	5.2 e-h
CC + Limestone	2 h	-	5.7 e-h
CC + Peatmoss	87 b-d	5.0 f-j	5.8 e-h
CC + Talc	91 a-c	4.5 f-k	5.2 e-h
CC + Celite + DME #300	89 a-c	4.8 f-k	5.3 e-h

Table 2.7.2. Continued.

Coating particulate matter	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
CC + Celite + Kaoline	96 a	4.4 g-k	5.3 e-h
CC + Celite + Limestone	0 h	-	-
CC + Celite + Peatmoss	87 a-c	4.3 g-k	5.1 e-h
CC + Celite + Talc	94 ab	4.7 f-k	5.2 e-h
Celite + DME #300	92 a-c	3.8 f-k	4.6 gh
Celite + Kaolin	97 a	3.9 h-k	4.9 f-h
Celite + Limestone	1 h	-	-
Celite + Peatmoss	91 a-c	3.7 j-k	4.3 h
Celite + Talc	90 a-c	4.3 g-k	5.1 e-h
Celite + DME #300 + Kaolin	93 ab	4.0 h-k	4.9 f-h
Celite + DME #300 + Limestone	6 h	15.2 ab	13.9 a
Celite + DME #300 + Peatmoss	91 a-c	3.8 i-k	4.7 gh
Celite + DME #300 + Talc	92 a-c	4.5 f-k	5.4 e-h
DME #300 + Kaolin	93 ab	3.6 k	4.4 gh
DME #300 + Limestone	5 gh	14.6 a-c	13.9 a
DME #300 + Peatmoss	89 a-c	3.9 h-k	4.8 f-h
DME #300 + Talc	91 a-c	4.5 f-k	5.2 e-h
DME #300 + Kaolin + Limestone	14 f	15.6 a	12.1 b
DME #300 + Kaolin + Peatmoss	61 e	13.9 b-d	11.8 b
DME #300 + Kaolin + Talc	91 a-c	4.6 f-k	5.3 e-h
Kaolin + Limestone	62 e	12.8 d	12.0 b
Kaolin + Peatmoss	91 a-c	4.2 g-k	5.2 e-h
Kaolin + Talc	91 a-c	4.6 f-k	5.5 e-h
Kaolin + Limestone + Peatmoss	0 h	-	-
Kaolin + Limestone + Talc	6 f-h	-	-
Limestone + Peatmoss	0 h	-	-
Limestone + Talc	1 h	-	-
Limestone + Peatmoss + Talc	0 h	-	-
Peatmoss + Talc	87 b-d	4.7 f-k	5.4 e-h
Control (dH <sub>2</sub> O)	94 ab	4.1 h-k	4.9 f-h
LSD(0.05)	8.9	1.32	1.66

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

Table 2.7.3. Effect of different kinds of coating particulate materials on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds at 25°C.

Coating particulate matter	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
Bentonite	87 c-e <sup>z</sup>	4.7 e-f	5.6 e-g
Calcium carbonate (CC)	90 a-e	4.1 e-k	4.9 e-k
Celite	96 a-c	4.0 e-k	4.6 e-k
Diatomaceous earth #300(DME #300)	93 a-d	3.3 k	4.3 g-k
Diatomaceous earth #500(DME #500)	81 ef	4.5 e-j	5.4 e-i
Kaolin	87 c-e	3.5 g-k	4.3 f-k
Limestone	0 j	-	-
Peatmoss	77 f	4.5 e-i	5.8 e
Talc	93 a-d	3.7 e-k	4.7 e-k
Bentonite + CC	94 a-d	4.3 e-k	5.5 e-g
Bentonite + Celite	91 a-e	4.2 e-k	5.4 e-g
Bentonite + DME #300	92 a-d	4.2 e-k	5.1 e-k
Bentonite + Kaolin	91 a-e	4.3 e-k	5.5 e-g
Bentonite + Limestone	19 i	9.4 d	9.6 d
Bentonite + Peatmoss	90 a-e	3.3 i-k	4.0 i-k
Bentonite + Talc	89 a-e	4.0 e-k	4.9 e-k
Bentonite + CC + Celite	94 a-d	3.8 e-k	4.8 e-k
Bentonite + CC + DME #300	98 a	4.1 e-k	4.7 e-k
Bentonite + CC + Kaolin	95 a-d	4.0 e-k	4.9 e-k
Bentonite + CC + Limestone	33 h	14.4 bc	14.3 bc
Bentonite + CC + Peatmoss	89 a-e	3.7 e-k	4.6 e-k
Bentonite + CC + Talc	95 a-d	4.2 e-k	4.9 e-k
CC + Celite	88 b-e	4.7 e-h	5.4 e-i
CC + DME #300	98 ab	3.8 e-k	4.7 e-k
CC + Kaolin	98 ab	3.9 e-k	4.8 e-k
CC + Limestone	1 j	-	-
CC + Peatmoss	92 a-d	3.4 i-k	4.0 h-k
CC + Talc	96 a-c	4.2 e-k	5.2 e-k
CC + Celite + DME #300	92 a-d	3.7 e-k	4.6 e-k

Table 2.7.3. Continued.

Coating particulate matter	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (%)
CC + Celite + Kaoline	91 a-e	3.7 f-k	4.5 e-k
CC + Celite + Limestone	3 j	15.6 ab	15.5 ab
CC + Celite + Peatmoss	89 a-e	3.8 e-k	4.6 e-k
CC + Celite + Talc	96 a-d	3.9 e-k	4.8 e-k
Celite + DME #300	86 c-f	3.5 g-k	4.2 g-k
Celite + Kaolin	91 a-e	3.8 e-k	4.5 e-k
Celite + Limestone	0 j	-	-
Celite + Peatmoss	88 b-e	3.5 h-j	4.7 e-k
Celite + Talc	92 a-d	4.9 e	5.7 ef
Celite + DME #300 + Kaolin	93 a-d	3.3 i-k	3.9 jk
Celite + DME #300 + Limestone	1 j	-	-
Celite + DME #300 + Peatmoss	91 a-e	3.4 i-k	4.5 e-k
Celite + DME #300 + Talc	88 a-e	3.5 h-j	4.7 e-k
DME #300 + Kaolin	94 a-d	3.6 f-k	4.4 e-k
DME #300 + Limestone	2 j	-	-
DME #300 + Peatmoss	90 a-e	3.4 i-k	4.3 g-k
DME #300 + Talc	96 a-c	4.8 ef	5.3 e-j
DME #300 + Kaolin + Limestone	8 j	15.8 a	13.5 c
DME #300 + Kaolin + Peatmoss	7 j	15.9 a	14.9 a
DME #300 + Kaolin + Talc	92 a-d	3.9 e-k	4.9 e-k
Kaolin + Limestone	45 g	14.2 c	13.1 c
Kaolin + Peatmoss	86 c-f	3.3 jk	4.0 i-k
Kaolin + Talc	88 b-e	4.2 e-k	5.1 e-k
Kaolin + Limestone + Peatmoss	2 j	-	-
Kaolin + Limestone + Talc	1 j	-	-
Limestone + Peatmoss	1 j	-	-
Limestone + Talc	0 j	-	-
Limestone + Peatmoss + Talc	1 j	-	-
Peatmoss + Talc	86 d-f	3.9 e-k	5.1 e-k
Control (dH <sub>2</sub> O)	96 a-d	4.2 j-k	3.9 k
LSD(0.05)	10.1	1.22	1.41

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

## 나. 코팅 피복물질의 화학성

코팅 피복물질의 화학성은 물리성과 더불어 코팅종자의 발아성에도 영향을 주는 요인이다. 표 2.7.4는 여러 가지 피복물질로 코팅된 종자표면을 EDS로 분석하여 피복물질의 구성원소 비율, 산화물 형태, 산화물의 구성원소 비율 및 이온수를 조사한 결과이다.

Bentonite를 구성하는 원소로는 Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, O였다. 산화물로는 SiO<sub>2</sub>가 66%로 구성비율 중 가장 높았고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 19%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.6%, CaO는 2.8%, MgO 1% 순이었으며, K<sub>2</sub>O와 TiO<sub>2</sub>는 1% 미만이 존재하였다. Calcium carbonate(CC)를 구성하는 원소는 Si, Ca, O 였으며 CaO가 전체 산화물의 95%를 차지하였고, 그외 5%의 SiO<sub>2</sub>를 함유하였다. Celite를 구성하고 있는 원소로는 Na, Si, K, Fe 및 O였는데 전체 산화물의 95%가 SiO<sub>2</sub>였고, 그외 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.3%, Na<sub>2</sub>O 2%, K<sub>2</sub>O 0.5%로 구성되어 있었다.

Diatomaceous earth # 300(DME #300)와 diatomaceous earth # 500(DME #500)를 구성하는 원소는 Al, Si, K, Fe 및 O였다. 전체 산화물 중 SiO<sub>2</sub>가 90% 이상을 점유하였고, 이외에 7%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6%의 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1% 전후의 K<sub>2</sub>O가 존재하였다. Kaolin를 구성하고 있는 산화물로는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 였으며, 이들 화학성분 중 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 각각 71%와 21%로 두 성분이 전체 산화물의 92%를 차지하였다. Limestone를 구성하고 있는 산화물로는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> 및 CaO 였는데, 이들 화학성분의 구성비율은 SiO<sub>2</sub> 59%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 34%, CaO는 2.4%였다.

Peatmoss의 원자 구성비율은 Mg 0.87%, Al 5.1%, Si 26.8%, K 0.7%, Ca 0.6%, Fe 1.2%, O 65%였으며, 산화물로는 SiO<sub>2</sub>가 78%를 차지하였고, 13%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4.6%의 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.8%의 CaO, 1.8%의 MgO, 1.6%의 K<sub>2</sub>O로 구성되어 있었다.

Talc의 주요 산화물은 MgO, SiO<sub>2</sub>, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 였고, SiO<sub>2</sub>가 전체 산화물의 52%를 점유하였고, MgO와 CaO를 26%와 18% 함유하였고, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 4%가 존재하였다.

Bentonite + CC의 피복물질에서는 Na 1.3%, Mg 1.2%, Al 6.3%, Si 24.6%, Ca 20.0%, Fe 2.8% 및 43.9%의 O로 구성되어 있었다. 산화물로는 SiO<sub>2</sub>가 전체 산화물의 52.5%를 점유하는 주요 구성성분이었고, 이온수도 10.2개로 가장 많았다. 이외에도



CaO 28.0%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11.7%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.9% 및 Na<sub>2</sub>O와 MgO가 각각 1.8% 및 1.9%를 함유하고 있었다.

Bentonite + celite 피복물질의 주요 구성 원소는 Al, Si, Ca, Fe, Ni, O였다. 산화물 형태로는 SiO<sub>2</sub>가 전체 산화물의 72.4%를 차지하였고, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 11.7%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 8.8%, CaO는 2.7% 및 중금속인 NiO가 4.4% 포함되어 있었다.

Bentonite + DME #300의 구성 원소는 Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, O였는데, 전체중량 중에서 이들 원소가 차지하는 비율이 각각 0.57%, 0.81%, 6.48%, 36.5%, 0.73%, 0.66%, 0.26%, 3.79%, 및 50.2% 였다. 산화물 형태의 주요 구성성분은 SiO<sub>2</sub>로 전체 산화물의 78%를 점유하였고, 원자수도 13.2개로 가장 많았다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 전체 산화물중 12.3%를 차지하였고, 이온수는 2.45개 였다. 이외에 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O 및 TiO<sub>2</sub>를 각각 5.43%, 1.34%, 0.93%, 0.88%, 0.77% 및 0.43% 함유하였다.

Bentonite + kaolin 피복물질의 산화물 구성비율은 SiO<sub>2</sub> 76.2%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.0%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.0%, CaO 2.26%, MgO 1.5% 및 K<sub>2</sub>O 1.1%로 구성되어 있었다. Bentonite + limestone에서 산화물 형태의 주요 구성성분은 CaO(65.5%)와 SiO<sub>2</sub>(26.8%) 였는데, 이들 성분이 전체 산화물의 92.3%로 차지하였다. 이외에 소량의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(4.2%)와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3.5%)를 함유하였다. Bentonite + peatmoss의 주요 산화물로는 SiO<sub>2</sub>(70%)와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(15.1%)였고, 이외에 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(6.1%), MgO(5.43%), CaO(3.36%)로 구성되어 있었다. Bentonite + talc의 구성원소는 Mg(8.2%), Al(5.7%), Si(27.4%), Ca(7.8%), Fe(3.8%), O(46.6%)였다. 주요 산화물로는 SiO<sub>2</sub>(58.5%)였고, 다음이 MgO(13.6%), CaO(10.9%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(10.7%) 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(6.2%) 순으로 구성되어 있었다.

Bentonite + CC + celite에서 확인된 산화물로는 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, MgO, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>였다. 이들 성분의 구성비율은 48.8%, 13.3%, 13.2%, 10.6%, 8.9% 및 5.4% 였다. Bentonite + CC + DME #300를 구성하는 원소는 Mg, Al, K, Ca, Fe, O 였으며, 전체 중량에 대한 이들 원소의 비율은 각각 1.70%, 13.4%, 1.09%, 38.5%, 11.5% 및 33.7%였다. 산화물로는 CaO가 63.9%를 점유하여 구성비율이 가장 높았고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>도 각각 25.5%와 16.4%를 함유하였다. 이외에도 소량의 MgO(2.8%)와 K<sub>2</sub>O(1.3%)도 확인되었다.

Bentonite + CC + kaolin를 구성하는 원소는 Mg, Al, Si, Ca, Fe, O였고, 중량에 대한 이들 원소들의 비율은 각각 0.98%, 4.81%, 23.4%, 22.1%, 5.82% 및 42.9% 였다. SiO<sub>2</sub>(50.1%)와 CaO(30.9%)가 산화물 형태의 주요 구성성분이였다. 이외에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(9.1%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(8.3%) 및 MgO(1.62%)도 함유되어 있었다.

Bentonite + CC + limestone 피복물질이 함유하고 있는 주요 산화물은 CaO(70.0%)와 SiO<sub>2</sub>(22.4%)였고, 그외에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3.71%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3.0%) 및 MgO(1.02%)도 함유하였다.

Bentonite + CC + peatmoss를 구성하고 있는 원소로는 Mg, Al, Si, Ca 및 O였으며, 전체중량에 대한 이들 원소의 비율은 1.09%, 5.75%, 24.0%, 25.7%, 43.5%였다. 산화물로는 SiO<sub>2</sub>(51.4%)와 CaO(35.9%) 두 성분이 전체 산화물의 86.8%를 차지하였다. 이외에 10.8%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 소량의 MgO(1.8%)도 존재하였다.

Bentonite + CC + talc 피복물질을 구성하고 있는 주요 산화물의 화학적 조성은 SiO<sub>2</sub>(43.7%)와 CaO(33.0) 및 MgO(11.7%)였고, 이외에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(6.1%)와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(4.8%) 및 TiO<sub>2</sub>(0.75%)도 함유하였다. CC + celite의 주요 산화물로는 SiO<sub>2</sub>(71.9%)와 CaO(28.1%) 였다.

CC + DME #300는 Al, Si, K, Ca, Fe, O의 원소로 구성되어 있었으며, 전체 중량에 대한 이들 원소의 비율은 각각 1.49%, 21.0%, 0.59%, 35.4%, 1.37% 및 40.1% 였다. 주요 산화물로는 CaO와 SiO<sub>2</sub>였는데, 이들 두 성분이 전체 산화물의 49.6%와 44.9% 차지하였다. 그외에 소량의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.8%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1.9%) 및 K<sub>2</sub>O(0.7%)를 함유하고 있었다.

CC + kaolin 피복물질은 Mg, Al, Si, Ca, O의 원소로 구성되어 있었고, 전체 중량에 대해 이들이 차지하는 비율은 각각 3.80%, 1.31%, 14.1%, 43.6% 및 37.2% 였다. 주요 산화물로는 전체 산화물의 61.0% 차지한 CaO였으며, 이온수도 15개로 가장 많았다. 이외에 SiO<sub>2</sub>(30.2%), MgO(6.3%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.5%)도 함유하였다.

CC + limestone를 구성하고 있는 원소로는 Mg, Si, Ca, O였고, 산화물로는 SiO<sub>2</sub>가 전체 산화물의 52.0%를 차지하였고, 그 다음이 CaO(31.2%) 및 MgO(16.9%) 순으로 나타났다. CC + peatmoss를 구성하고 있는 산화물로는 MgO, CaO, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Rb<sub>2</sub>O였는데, 이들 중 CaO가 전체 구성성분의 88.5%를 차지하였다. 이외에 Rb<sub>2</sub>O(7.8%)와 MgO(2.4%)를 함유하고 있었고 MnO와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 각각 0.48%와 0.82%의 소량만 존재하였다.

CC + talc를 구성하는 산화물의 화학적 조성은 MgO, SiO<sub>2</sub>, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>였는데, 산화물 구성성분 총량중 CaO와 SiO<sub>2</sub>가 각각 43.3%와 38.8%를 차지하였고, 다음이 MgO(15.5%)와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.39%)였다. CC + celite + DME #300을 구성하고 있는 산화물로는 Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>였는데, SiO<sub>2</sub>가 전체 산화물의 78.6% 점유하는 주요 구성성분이었고, 다음이 CaO(13.6%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3.7%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.4%), Na<sub>2</sub>O(1.1%) 및 K<sub>2</sub>O(0.48)였다.

CC + celite + kaolin 피복물질에서 산화물의 구성성분은 Na<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO였다. 이들 구성성분 중 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 SiO<sub>2</sub>가 총산화물의 86% 이상을 차지하였고, CaO는 11.3%, Na<sub>2</sub>O와 MgO는 2% 미만의 소량만 존재하였다.

CC + celite + limestone의 구성원소로는 Al, Si, Ca, O였고, 주요 산화물로는 CaO (60.6%)와 SiO<sub>2</sub>(37.3%)였고, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.1%)도 소량 존재하였다. CC + celite + peatmoss는 Mg, Al, Ca, Fe, Ni, O로 구성되어 있었는데, 이들 원자들이 전체 중량에 대한 구성비율은 각각 1.98%, 27.4%, 31.2, 0.53%, 0.41% 및 38.5%였다. 주요 산화물 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 CaO였는데, 전체 산화물의 51.8%와 43.6%를 점유하였다. 이외에도 소량이지만 MgO 3.28%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.76% 및 NiO도 검출되었다.

CC + celite + talc에서 산화물 형태의 구성성분으로 MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO가 검출되었으며, SiO<sub>2</sub>(42.3%)와 CaO(36.4)가 주요 구성성분이었다. 이외에도 13.7%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 7.51%의 MgO도 함유하고 있었다.

Celite + DME #300에서 산화물의 화학적 조성은 SiO<sub>2</sub>(55.5%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(33.7%) 및

CaO(10.8%) 였다. Celite + kaolin에서는 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 CaO의 산화물이 검출되었는데, 이들 성분비율은 각각 33.8%, 42.2% 및 23.9%였다.

Celite + limestone를 구성하는 원자는 Al, Si, K, Ca, Fe 및 O 였으며, 전체 중량에 대한 이들 성분의 비율은 4.21%, 37.9%, 1.37%, 1.54%, 5.06% 및 49.9%였다. 산화물의 주요 구성성분은 SiO<sub>2</sub>로 전체 산화물의 81.0%를 차지하였다. 이외에도 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>도 각각 7.90%와 7.23% 함유하고 있었다.

Celite + peatmoss를 구성하는 원자는 Na, Mg, Al, Si, K, Fr, O였고, 산화물의 형태로는 Na<sub>2</sub>O 1.1%, MgO 1.2%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20.4%, SiO<sub>2</sub> 73.0%, K<sub>2</sub>O 0.75% 및 Fr<sub>2</sub>O 3.6% 함유하였다. 특히 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 전체 산화물의 93.4%를 차지하는 주요 구성성분 이었다.

Celite + talc를 구성하고 있는 산화물의 화학적 조성 비율은 CaO가 84.1%로 가장 높았고, 다음이 SiO<sub>2</sub>(13.2%), MgO(2.7%) 순이었다. Celite + DME #300 + kaolin는 Na, Al, Si, K, Ca, Fe, O의 원자로 구성되어 있었으며, 이들 성분들이 중량에 대한 비율은 각각 11.7%, 28.6%, 0.64%, 7.0%, 4.3% 및 47.8% 였다. 산화물 형태로는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 22.0%, SiO<sub>2</sub> 61.2%, K<sub>2</sub>O 0.8%, CaO 9.73% 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.2%를 함유하였다.

Celite + DME #300 + limestone에서 산화물 형태의 무기성분 비율은 CaO가 전체 산화물의 52.9%를 차지하였고, 다음이 SiO<sub>2</sub>(33.7%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(11.9%) 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1.45%)였다.

Celite + DME #300 + peatmoss를 구성하고 있는 원소는 Na, Al, Si, K, Ca, Fe, O였고, 이들 각각의 성분들이 전체 중량에 대한 비율은 0.74%, 2.48%, 41.2%, 0.50%, 0.85%, 3.04% 및 51.2% 였다. 산화물의 화학적 조성비율은 Na<sub>2</sub>O 1.0%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.69%, SiO<sub>2</sub> 88.2%, K<sub>2</sub>O 0.61%, CaO 6.16% 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.35%로 나타나 SiO<sub>2</sub>가 주요 구성성분이었다.

Celite + DME #300 + talc에서 산화물 형태의 화학적 조성은 MgO(1.16%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(17.6%), SiO<sub>2</sub>(69.8%), K<sub>2</sub>O(1.33%), CaO(6.16%) 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3.84%) 였는데, 주요 구성성분은 SiO<sub>2</sub>였다. DME #300 + kaolin도 산화물 형태의 구성성분은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(10.3%)와 SiO<sub>2</sub>(44.5%) 및 CaO(44.7%)였는데, 주요 구성성분은 SiO<sub>2</sub>와 CaO였다. DME #300 + limestone에서도 MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O가 확인되었는데, 주요 구성성분

은 CaO와 SiO<sub>2</sub>로서 이들 성분이 전체 산화물의 69.6%와 26.8%를 차지하였다.

DME #300 + peatmoss 물질에 함유되어 있는 산화물로는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 였다. 이들 성분중 SiO<sub>2</sub>(61.2%)와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(33.9%)가 전체 산화물의 95.1%를 차지하는 주요 구성성분이였다. DME #300 + talc의 주요 성분은 SiO<sub>2</sub> 였는데, 전체 산화물의 77.9%를 점유하였다. 그외 CaO(8.0%), MgO(6.46%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(4.00%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.84%) 및 0.8%의 K<sub>2</sub>O도 함유되어 있었다.

DME #300 + kaolin + limestone를 구성하고 있는 산화물은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(4.73%), SiO<sub>2</sub>(40.2%), K<sub>2</sub>O (0.8%), CaO(52.3%) 및 Fe<sub>2</sub>O(1.9%)였으며, 주요 구성성분은 CaO와 SiO<sub>2</sub>였다.

DME #300 + kaolin + peatmoss 산화물의 화학적 조성은 MgO(0.73%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(14.4%), SiO<sub>2</sub>(77.8%), K<sub>2</sub>O(1.2%), CaO(0.6%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3.8%), BaO(1.5%)로 구성되어 있었고 주요 성분은 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 였다.

DME #300 + kaolin + talc의 산화물의 조성은 MgO(10.4%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(9.6%), SiO<sub>2</sub>(69.3%), K<sub>2</sub>O(0.89%), CaO(7.43%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.31%)였고, 주요 성분은 SiO<sub>2</sub>였다.

Kaolin + limestone를 구성하고 있는 산화물로는 Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub> 및 CaO였으나, 주요 구성성분은 전체 산화물의 65.0%와 34.3% 함유하고 있는 CaO와 SiO<sub>2</sub> 였다. Kaolin + peatmoss의 산화물 구성성분은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(21.9%), SiO<sub>2</sub>(71.5%), K<sub>2</sub>O(1.76%), TiO<sub>2</sub>(0.77%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1.45%) 및 Rb<sub>2</sub>O(2.62%)였고, 주요 성분은 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>였다.

Kaolin + talc에서 산화물의 구성성분은 Na<sub>2</sub>O(2.01%), MgO(6.80%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(5.27%), SiO<sub>2</sub>(78.7%), CaO(4.71%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.55%)였고, 주요 성분은 SiO<sub>2</sub> 였다.

Kaolin + limestone + peatmoss 및 kaolin + limestone + talc를 구성하고 있는 산화물로는 MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>였고, 주요 성분은 CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 였다. Limestone + peatmoss에서 산화물들의 조성비율은 MgO(5.36%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(4.10%), SiO<sub>2</sub>(23.6%) 및 CaO(66.9%) 였는데, 주요 성분은 CaO와 SiO<sub>2</sub> 였다.

Limestone + talc는 MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 산화물들이 검출되었는데, 주요 성분은 전체 산화물의 46.9%를 점유하고 있는 CaO와 30.6%를 점유하고 있는 SiO<sub>2</sub>

였다.

Limestone + peatmoss + talc는 산화물 무기성분으로 MgO(12.9%), SiO<sub>2</sub>(21.9%) 및 CaO(65.6%)를 함유하고 있었다. Peatmoss + talc는 MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 산화물들이 검출되었는데, 주요 성분은 SiO<sub>2</sub>(40.7%)와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(30.5%) 및 MgO(17.2%)였다.

이상과 같이 코팅 피복물질을 EDS 분석하여 화학적 조성을 조사한 결과 bentonite, Celite, diatomaceous earth, kaolin, talc, peatmoss 등에서는 SiO<sub>2</sub> 함량이 많았고, calcium carbonate가 첨가된 피복 물질에서는 CaO 함량이 많았다. 이에 비해 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량이 높은 피복물질들은 kaolin, limestone, talc 등이었다.

Table 2.7.4 Elemental composition of various particulate materials used to coat carrot seed. Energy Dispersive X-ray spectrometer(EDS) was used for analysis.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
Bentonite	Mg	0.64	0.55	MgO	1.05	0.23
	Al	9.96	7.81	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.82	3.89
	Si	30.86	23.22	SiO <sub>2</sub>	66.01	11.58
	K	0.81	0.44	K <sub>2</sub> O	0.98	0.22
	Ca	2.00	1.06	CaO	2.80	0.53
	Ti	0.47	0.21	TiO <sub>2</sub>	0.79	0.10
	Fe	6.68	2.53	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.54	1.26
	O	48.58	64.19			32.00
Calcium carbonate (CC)	Si	2.52	2.46	SiO <sub>2</sub>	5.38	1.54
	Ca	67.62	46.31	CaO	94.62	28.93
	O	29.86	51.23			32.00
Celite	Na	1.43	1.26	Na <sub>2</sub> O	1.92	0.61
	Si	44.53	32.11	SiO <sub>2</sub>	95.26	15.61
	K	0.41	0.21	K <sub>2</sub> O	0.50	0.10
	Fe	1.63	0.59	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.32	0.29
	O	52.01	65.83			32.00
Diatomaceous earth #300 (DME #300)	Al	3.52	2.64	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.64	1.28
	Si	42.14	30.45	SiO <sub>2</sub>	90.15	14.77
	K	0.66	0.34	K <sub>2</sub> O	0.80	0.17
	Fe	1.68	0.61	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.41	0.30
	O	52.00	65.95			32.00
Diatomaceous earth #500 (DME #500)	Al	4.08	3.12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.72	1.52
	Si	39.74	29.17	SiO <sub>2</sub>	85.02	14.22
	K	1.05	0.55	K <sub>2</sub> O	1.26	0.27
	Fe	4.20	1.55	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.00	0.76
	O	50.93	65.61			32.00
Kaolin	Al	11.08	8.48	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.94	4.21
	Si	33.22	24.44	SiO <sub>2</sub>	71.08	12.13
	K	0.92	0.49	K <sub>2</sub> O	1.11	0.24
	Ca	2.30	1.19	CaO	3.22	0.59
	Fe	2.56	0.95	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.66	0.47
	O	49.91	64.46			32.00
	Limestone	Al	20.61	15.51	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38.94
Si		27.43	19.83	SiO <sub>2</sub>	58.68	9.95
Ca		1.70	0.86	CaO	2.38	0.43
O		50.26	63.79			32.00
Peatmoss	Mg	1.02	0.87	MgO	1.69	0.43
	Al	6.63	5.07	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.53	2.51
	Si	36.41	26.77	SiO <sub>2</sub>	77.90	13.22
	K	1.28	0.68	K <sub>2</sub> O	1.55	0.33
	Ca	1.25	0.64	CaO	1.75	0.32
	Fe	3.21	1.19	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.59	0.59
	O	50.19	64.78			32.00
Talc	Mg	15.70	13.87	MgO	26.04	7.45
	Si	24.41	18.66	SiO <sub>2</sub>	52.22	10.02
	Ca	12.66	6.78	CaO	17.71	3.64
	Fe	2.82	1.08	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.03	0.58
	O	44.41	59.60			32.00

Table 2.7.4. Continued.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
Bentonite + CC	Na	1.34	1.30	Na <sub>2</sub> O	1.81	0.68
	Mg	1.18	1.08	MgO	1.96	0.57
	Al	6.19	5.09	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.70	2.67
	Si	24.59	19.43	SiO <sub>2</sub>	52.61	10.20
	Ca	20.00	11.07	CaO	27.98	5.81
	Fe	2.76	1.10	Fe <sub>2</sub> O	3.94	0.58
	O	43.94	60.94			32.00
Bentonite + Celite	Al	4.68	3.75	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.84	1.85
	Si	33.83	26.03	SiO <sub>2</sub>	72.37	12.87
	Ca	1.95	1.05	CaO	2.72	0.52
	Fe	8.20	3.17	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.72	1.57
	Ni	3.42	1.26	NiO	4.35	0.62
	O	47.93	64.74			32.00
Bentonite + DME #300	Na	0.57	0.51	Na <sub>2</sub> O	0.77	0.25
	Mg	0.81	0.68	MgO	1.34	0.34
	Al	6.48	4.95	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.23	2.45
	Si	36.46	26.79	SiO <sub>2</sub>	78.00	13.23
	K	0.73	0.39	K <sub>2</sub> O	0.88	0.19
	Ca	0.66	0.34	CaO	0.93	0.17
	Ti	0.26	0.11	TiO <sub>2</sub>	0.43	0.05
	Fe	3.79	1.40	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.43	0.69
	O	50.24	64.82			32.00
Bentonite + Kaolin	Mg	0.91	0.77	MgO	1.50	0.38
	Al	6.88	5.29	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.00	2.62
	Si	35.61	26.32	SiO <sub>2</sub>	76.18	13.01
	K	0.89	0.47	K <sub>2</sub> O	1.07	0.23
	Ca	1.62	0.84	CaO	2.26	0.41
	Fe	4.18	1.55	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.97	0.77
	O	42.91	64.75			32.00
Bentonite + Limestone	Al	2.20	2.04	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.16	1.16
	Si	12.51	11.17	SiO <sub>2</sub>	26.77	6.34
	Ca	46.84	29.30	CaO	65.53	16.63
	Fe	2.48	1.11	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.54	0.63
	O	35.97	56.37			32.00
Bentonite + Peatmoss	Mg	3.28	2.80	MgO	5.43	1.40
	Al	7.97	6.13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.05	3.06
	Si	32.73	24.20	SiO <sub>2</sub>	70.03	12.09
	Ca	2.40	1.24	CaO	3.36	0.62
	Fe	4.29	1.59	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.13	0.80
	O	49.34	64.03			32.00
Bentonite + Talc	Mg	8.18	7.14	MgO	13.56	3.69
	Al	5.69	4.48	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.76	2.32
	Si	27.39	20.71	SiO <sub>2</sub>	58.60	10.71
	Ca	7.84	4.15	CaO	10.97	2.15
	Fe	4.28	1.63	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.12	0.84
	O	46.62	61.88			32.00



Table 2.7.4. Continued.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
Bentonite + CC + Celite	Mg	10.60	8.34	MgO	10.55	4.23
	Al	10.26	9.45	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.29	4.12
	Si	28.00	16.24	SiO <sub>2</sub>	48.78	9.78
	Ca	6.35	4.26	CaO	8.89	1.87
	Fe	3.75	2.75	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.37	0.77
	Ni	6.25	4.23	NiO	13.12	5.20
	O	34.50	54.70			32.00
Bentonite + CC + DME #300	Mg	1.70	1.81	MgO	2.83	1.07
	Al	13.49	12.92	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.49	7.60
	K	1.09	0.72	K <sub>2</sub> O	1.32	0.43
	Ca	38.54	24.85	CaO	53.93	14.62
	Fe	11.50	5.32	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.44	3.13
	O	33.67	54.38			32.00
Bentonite + CC + Kaolin	Mg	0.98	0.92	MgO	1.62	0.48
	Al	4.81	4.06	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.09	2.13
	Si	23.41	18.99	SiO <sub>2</sub>	50.08	9.95
	Ca	22.07	12.55	CaO	30.89	6.57
	Fe	5.82	2.37	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.31	1.24
	O	42.91	61.11			32.00
Bentonite + CC + Limestone	Mg	0.63	0.66	MgO	1.04	0.38
	Al	1.94	1.83	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.67	1.06
	Si	10.47	9.47	SiO <sub>2</sub>	22.39	5.46
	Ca	50.00	31.69	CaO	69.95	18.30
	Fe	2.06	0.94	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.95	0.54
	O	34.91	55.42			32.00
Bentonite + CC + Peatmoss	Mg	1.09	1.00	MgO	1.80	0.53
	Al	5.75	4.76	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.86	2.51
	Si	24.02	19.14	SiO <sub>2</sub>	51.40	10.08
	Ca	25.69	14.34	CaO	35.94	7.55
	O	43.45	60.76			32.00
Bentonite + CC + Talc	Mg	7.05	6.57	MgO	11.68	3.54
	Al	3.20	2.69	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.06	1.45
	Si	20.44	16.48	SiO <sub>2</sub>	43.72	8.89
	Ca	23.60	13.34	CaO	33.02	7.19
	Ti	0.45	0.21	TiO <sub>2</sub>	0.75	0.11
	Fe	3.34	1.35	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.77	0.73
	O	41.93	59.36			32.00
CC + Celite	Si	36.40	29.84	SiO <sub>2</sub>	71.90	14.70
	Ca	20.09	10.92	CaO	28.10	5.38
	O	43.51	59.25			29.21
CC + DME #300	Al	1.49	1.30	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.82	0.71
	Si	21.00	17.66	SiO <sub>2</sub>	44.92	9.54
	K	0.59	0.36	K <sub>2</sub> O	0.72	0.19
	Ca	35.44	20.89	CaO	49.59	11.29
	Fe	1.37	0.58	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.96	0.31
	O	40.11	59.21			32.00

Table 2.7.4. Continued.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
CC + Kaolin	Mg	3.80	3.80	MgO	6.30	2.15
	Al	1.31	1.18	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.47	0.67
	Si	14.11	12.20	SiO <sub>2</sub>	30.18	6.92
	Ca	43.63	26.43	CaO	61.04	15.00
	O	37.15	56.39			32.00
CC + Limestone	Mg	10.17	9.21	MgO	16.87	4.95
	Si	24.29	19.04	SiO <sub>2</sub>	51.97	10.24
	Ca	22.27	12.23	CaO	31.16	6.58
	O	43.26	59.52			32.00
CC + Peatmoss	Mg	1.45	1.73	MgO	2.40	1.12
	Ca	63.22	45.87	CaO	88.45	29.67
	Mn	0.37	0.20	MnO	0.48	0.13
	Fe	0.58	0.30	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.82	0.19
	Rb	7.17	2.44	Rb <sub>2</sub> O	7.84	1.58
	O	27.22	49.47			32.00
CC + Talc	Mg	9.33	8.87	MgO	15.47	4.93
	Si	18.14	14.93	SiO <sub>2</sub>	38.80	8.29
	Ca	30.97	17.87	CaO	43.33	9.92
	Fe	1.67	0.69	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.39	0.38
	O	39.89	57.64			32.00
CC + Celite + DME #300	Na	0.81	0.75	Na <sub>2</sub> O	1.10	0.37
	Al	1.98	1.55	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.74	0.77
	Si	36.75	27.61	SiO <sub>2</sub>	78.62	13.78
	K	0.40	0.21	K <sub>2</sub> O	0.48	0.11
	Ca	9.76	5.14	CaO	13.65	2.56
	Fe	1.69	0.64	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.42	0.32
	O	48.61	64.11			32.00
CC + Celite + Kaolin	Na	0.42	0.39	Na <sub>2</sub> O	0.57	0.20
	Mg	1.18	1.02	MgO	1.96	0.53
	Al	24.26	18.77	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45.84	9.75
	Si	18.85	14.01	SiO <sub>2</sub>	40.32	7.28
	Ca	8.08	4.21	CaO	11.30	2.19
	O	47.20	61.60			32.00
CC + Celite + Limestone	Al	1.11	0.99	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.09	0.55
	Si	17.45	15.05	SiO <sub>2</sub>	37.33	8.34
	Ca	43.29	26.17	CaO	60.58	14.50
	O	38.15	57.78			32.00
CC + Celite + Peatmoss	Mg	1.98	1.89	MgO	3.28	1.08
	Al	27.42	23.65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51.81	13.52
	Ca	31.18	18.10	CaO	43.63	10.35
	Fe	0.53	0.22	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.76	0.13
	Ni	0.41	0.16	NiO	0.52	0.09
	O	38.48	55.97			32.00

Table 2.7.4. Continued.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
CC + Celite + Talc	Mg	4.53	4.18	MgO	7.51	2.25
	Al	7.27	6.05	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.74	3.26
	Si	19.79	15.80	SiO <sub>2</sub>	42.34	8.51
	Ca	26.02	14.56	CaO	36.41	7.84
	O	42.38	59.41			32.00
Celite + DME #300	Al	17.84	13.75	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.70	6.98
	Si	25.96	19.22	SiO <sub>2</sub>	55.53	9.75
	Ca	7.70	3.99	CaO	10.77	2.03
	O	48.51	63.04			32.00
Celite + Kaolin	Al	17.90	14.36	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.82	7.51
	Si	19.73	15.21	SiO <sub>2</sub>	42.22	7.95
	Ca	17.13	9.25	CaO	23.97	4.84
	O	45.24				32.00
Celite + Limestone	Al	4.21	3.25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.95	1.60
	Si	37.87	28.15	SiO <sub>2</sub>	81.02	13.82
	K	1.37	0.73	K <sub>2</sub> O	1.65	0.36
	Ca	1.54	0.80	CaO	2.16	0.39
	Fe	5.06	1.89	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.23	0.93
	O	49.96	65.18			32.00
Celite + Peatmoss	Na	0.78	0.71	Na <sub>2</sub> O	1.05	0.35
	Mg	0.70	0.60	MgO	1.17	0.30
	Al	10.81	8.38	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.42	4.14
	Si	34.12	25.30	SiO <sub>2</sub>	73.00	12.57
	K	0.62	0.33	K <sub>2</sub> O	0.75	0.17
	Fr	3.49	0.33	Fr <sub>2</sub> O	3.61	0.16
	O	49.47	64.39			32.00
Celite + Talc	Mg	1.64	1.78	MgO	2.72	1.08
	Si	6.18	5.80	SiO <sub>2</sub>	13.21	3.51
	Ca	60.08	39.52	CaO	84.07	23.91
	O	32.10	52.90			32.00
Celite + DME #300 + Kaolin	Al	11.68	9.20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.06	4.64
	Si	28.64	21.67	SiO <sub>2</sub>	61.26	10.93
	K	0.64	0.35	K <sub>2</sub> O	0.77	0.18
	Ca	6.95	3.69	CaO	9.73	1.86
	Fe	4.32	1.65	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.18	0.83
	O	47.77	63.46			32.00
Celite + DME #300 + Limestone	Al	6.30	5.56	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.91	3.06
	Si	15.74	13.35	SiO <sub>2</sub>	33.68	7.34
	Ca	37.85	22.48	CaO	52.95	12.37
	Fe	1.02	0.43	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.45	0.24
	O	39.09	58.17			32.00
Celite + DME #300 + Peatmoss	Na	0.74	0.66	Na <sub>2</sub> O	1.00	0.32
	Al	2.48	1.88	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.69	0.92
	Si	41.21	30.08	SiO <sub>2</sub>	88.17	14.68
	K	0.50	0.26	K <sub>2</sub> O	0.61	0.13
	Ca	0.85	0.44	CaO	1.19	0.21
	Fe	3.04	1.12	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.35	0.54
	O	51.17	65.56			32.00

Table 2.7.4. Continued.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
Celite + DME #300 + Talc	Mg	0.70	0.60	MgO	1.16	0.30
	Al	9.33	7.22	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.64	3.61
	Si	32.66	24.26	SiO <sub>2</sub>	69.87	12.12
	K	1.11	0.59	K <sub>2</sub> O	1.33	0.30
	Ca	4.40	2.29	CaO	6.16	1.14
	Fe	2.68	1.00	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.84	0.50
	O	49.11	64.04			32.00
DME #300 + Kaolin	Al	5.73	4.89	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.83	2.62
	Si	20.79	17.03	SiO <sub>2</sub>	44.48	9.12
	Ca	31.95	18.34	CaO	44.70	9.83
	O	41.35	59.74			32.00
DME #300 + Limestone	Mg	0.36	0.38	MgO	0.60	0.22
	Al	0.72	0.67	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.36	0.39
	Si	12.54	11.25	SiO <sub>2</sub>	26.82	6.44
	Ca	49.76	31.28	CaO	69.62	17.90
	Fe	1.12	0.50	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.60	0.29
	O	35.50	55.92			32.00
DME #300 + Peatmoss	Al	17.96	13.65	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.93	6.83
	Si	28.58	20.87	SiO <sub>2</sub>	61.15	10.44
	K	0.67	0.35	K <sub>2</sub> O	0.81	0.18
	Ca	0.79	0.40	CaO	1.10	0.20
	Fe	2.11	0.77	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.01	0.39
	O	49.89	63.95			32.00
DME #300 + Talc	Mg	3.90	3.35	MgO	6.46	1.67
	Al	1.50	1.16	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.84	0.58
	Si	36.41	27.09	SiO <sub>2</sub>	77.89	13.54
	K	0.67	0.36	K <sub>2</sub> O	0.80	0.18
	Ca	5.72	2.98	CaO	8.01	1.49
	Fe	2.80	1.05	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.00	0.52
	O	49.00	64.01			32.00
DME #300 + Kaolin + Limestone	Al	2.50	2.21	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.73	1.21
	Si	18.80	16.97	SiO <sub>2</sub>	40.22	8.72
	K	0.69	0.42	K <sub>2</sub> O	0.83	0.23
	Ca	37.40	22.26	CaO	52.33	12.16
	Fe	1.33	0.57	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.90	0.31
	O	39.28	58.57			32.00
DME #300 + Kaolin + Peatmoss	Mg	0.44	0.37	MgO	0.73	0.18
	Al	7.61	5.85	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.39	2.88
	Si	36.40	26.86	SiO <sub>2</sub>	77.87	13.22
	K	0.97	0.52	K <sub>2</sub> O	1.17	0.25
	Ca	0.39	0.20	CaO	0.55	0.10
	Fe	2.63	0.98	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.76	0.48
	Ba	1.37	0.21	BaO	1.53	0.10
	O	50.18	65.01			32.00

Table 2.7.4. Continued.

Coating particulate materials	Element	Weight %	Atomic %	Oxidation	Compound %	No. of ions
DME #300 + Kaolin + Talc	Mg	6.29	5.37	MgO	10.43	2.73
	Al	5.08	3.91	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.60	1.98
	Si	32.41	23.96	SiO <sub>2</sub>	69.34	12.17
	K	0.74	0.39	K <sub>2</sub> O	0.89	0.20
	Ca	5.31	2.75	CaO	7.43	1.40
	Fe	1.61	0.60	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.31	0.30
	O	48.55	63.01			32.00
Kaolin + Limestone	Na	0.46	0.49	Na <sub>2</sub> O	0.62	0.28
	Si	16.05	14.06	SiO <sub>2</sub>	34.33	7.91
	Ca	46.49	28.54	CaO	65.03	16.05
	O	37.00	56.91			32.00
Kaolin + Peatmoss	Al	11.59	8.92	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.90	4.43
	Si	33.43	24.71	SiO <sub>2</sub>	71.51	12.27
	K	1.46	0.77	K <sub>2</sub> O	1.76	0.38
	Ti	0.46	0.20	TiO <sub>2</sub>	0.77	0.10
	Fe	1.01	0.38	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.45	0.19
	Rb	2.39	0.58	Rb <sub>2</sub> O	2.62	0.29
	O	49.66	64.44			32.00
Kaolin + Talc	Na	1.49	1.33	Na <sub>2</sub> O	2.01	0.67
	Mg	4.10	3.46	MgO	6.80	1.74
	Al	2.79	2.12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.27	1.06
	Si	36.77	26.89	SiO <sub>2</sub>	78.66	13.49
	Ca	3.37	1.73	CaO	4.71	0.87
	Fe	1.78	0.66	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.55	0.33
	O	49.70	63.81			32.00
Kaolin + Limestone + Peatmoss	Mg	0.45	0.47	MgO	0.74	0.27
	Al	4.01	3.76	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.57	2.19
	Si	8.83	7.97	SiO <sub>2</sub>	18.88	4.64
	Ca	51.61	32.64	CaO	72.22	19.00
	Fe	0.41	0.19	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	0.11
	O	34.69	54.97			32.00
Kaolin + Limestone + Talc	Mg	6.70	5.99	MgO	11.11	3.24
	Al	19.25	15.50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36.36	8.40
	Si	13.15	10.18	SiO <sub>2</sub>	28.14	5.51
	Ca	16.35	8.86	CaO	22.87	4.80
	Fe	1.06	0.41	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.51	0.22
	O	43.49	59.07			32.00
Limestone + Peatmoss	Mg	3.23	3.30	MgO	5.36	1.91
	Al	2.17	1.99	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.10	1.15
	Si	11.05	9.75	SiO <sub>2</sub>	23.63	5.64
	Ca	47.82	29.58	CaO	66.91	17.10
	O	35.73	55.37			32.00
Limestone + Talc	Mg	6.76	6.72	MgO	11.21	3.77
	Al	0.80	0.72	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.51	0.40
	Si	14.31	12.31	SiO <sub>2</sub>	30.61	6.90
	Ca	33.57	20.24	CaO	46.97	11.35
	Fe	6.79	2.94	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.71	1.65
	O	37.78	57.07			32.00

#### 다. 코팅 피복물질의 물리성

코팅 피복물질은 코팅 종자의 크기를 증가시키는 증량제로 사용된다. 지금까지 종자 코팅에 이용되고 있는 피복물질은 montmorillonite와 같은 점토물질과 chalk, sawdust, sand, cellite, kriliium, bentonite clay, calcium carbonate, diatomaceous earth, zeolite, talc, bauxite, peat moss 및 vermiculite 등이 주로 이용되어 왔다.

표 2.7.5는 코팅 피복물질의 물리성을 조사한 결과이다. 코팅종자의 물리성은 화학성과 더불어 종자발아와 기계화 파중에 관여하는 중요한 요인이다. 코팅 피복물질의 부피는 peatmoss가 4.19로 가장 높았고, celite도 3.70로 부피가 큰 피복물질에 속했다. 또한 이들 물질과 혼합된 피복물질에서도 대체적으로 높은 부피를 보였다. 반면 bentonite와 calcium carbonate는 부피가 낮은 피복물질에 속했다. 코팅 피복물질의 용적부피는 코팅종자의 증량을 좌우하는 요소로서 매우 중요한 의미를 갖는다. 용적부피가 낮으면 공극율이 높고 가벼운 장점이 있다. 용적부피가 큰 코팅피복 물질은 종자 증량이 낮아 바람에 의해서 날려가기 쉬운 사료작물 종자에서 이들 피복물질로 코팅하면 유용할 것으로 판단되었다.

코팅 피복물질 중 peatmoss가 용적부피가 0.20으로 가장 낮았고, celite도 용적부피가 0.27로 낮은 피복물질에 속했다. 이러한 다공성을 피복물질로 코팅된 종자는 발아할 때 공기와 수분투과성이 좋을 것으로 예측된다. 코팅피복 물질의 pH는 코팅 피복물질의 종류에 따라 2.5~12.7까지 다양하였다. Bentonite, celite, diatomeceous earth, kaolin 및 peatmoss 등은 pH가 강산성인 3.6~4.5였다. 이에 비해 limestone은 pH가 12.5로 나타나 강알칼리였고 이와 혼합한 피복물질에서도 강알칼리성을 보였다. 전기전도도 또한 pH와 유사한 경향을 보여 강알칼리인 limestone과 이와 혼합한 피복물질에서 높게 나타났다. 이와 같이 코팅 피복물질의 높은 pH와 전기전도도는 발아를 저해하는 근본적인 원인으로 추측된다. 반면 peatmoss는 전기전도도가 낮은 피복물질이었다.

Table 2.7.5. The volume, bulk densities, pH and conductivity of particulate materials for seed coating.

Coating particulate materials	Volume (cm <sup>3</sup> /g)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	EC ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )	pH (1:5)
Bentonite	1.10	0.90	19.6	4.56
Calcium carbonate (CC)	1.60	0.62	46.3	8.75
Celite	3.70	0.27	27.7	10.16
DME #300	2.80	0.36	41.3	4.23
DME #500	2.10	0.47	81.9	4.03
Kaolin	2.20	0.45	19.4	3.82
Limestone	1.90	0.52	454.2	12.57
Peatmoss	4.90	0.20	2.2	3.63
Talc	1.82	0.55	12.9	9.57
Bentonite + CC	1.20	0.83	70.7	7.12
Bentonite + Celite	1.60	0.62	131.9	5.75
Bentonite + DME #300	1.54	0.64	115.2	4.03
Bentonite + Kaolin	1.60	0.62	112.7	4.24
Bentonite + Limestone	1.40	0.71	588.2	12.55
Bentonite + Peatmoss	1.80	0.56	116.6	4.15
Bentonite + Talc	1.70	0.58	57.9	6.08
Bentonite + CC + Celite	1.50	0.66	114.7	7.49
Bentonite + CC + DME #300	1.60	0.63	128.0	6.93
Bentonite + CC + Kaolin	1.40	0.71	120.7	7.20
Bentonite + CC + Limestone	1.90	0.53	656.4	12.71
Bentonite + CC + Peatmoss	1.90	0.52	130.6	6.86
Bentonite + CC + Talc	1.54	0.65	84.0	7.84
CC + Celite	2.00	0.50	81.1	8.85
CC + DME #300	2.10	0.48	67.7	7.72
CC + Kaolin	2.00	0.50	77.7	7.94
CC + Limestone	2.20	0.45	699.3	12.59
CC + Peatmoss	2.30	0.43	105.4	6.95
CC + Talc	1.64	0.61	54.4	8.84
CC + Celite + DME #300	2.20	0.45	74.0	8.51

Table 2.7.5. Continued.

Coating particulate materials	Volume (cm <sup>3</sup> /g)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	EC ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )	pH (1:5)
CC + Celite + Kaoline	2.10	0.47	67.0	7.94
CC + Celite + Limestone	2.10	0.47	739.2	12.76
CC + Celite + Peatmoss	2.30	0.43	103.2	6.86
CC + Celite + Talc	1.60	0.62	33.8	8.52
Celite + DME #300	2.20	0.45	10.6	4.31
Celite + Kaolin	2.30	0.43	42.0	7.04
Celite + Limestone	2.40	0.41	745.7	12.84
Celite + Peatmoss	4.10	0.24	44.6	3.89
Celite + Talc	1.70	0.58	29.8	9.42
Celite + DME #300 + Kaolin	2.60	0.38	40.9	4.29
Celite + DME #300 + Limestone	2.60	0.38	312.4	12.63
Celite + DME #300 + Peatmoss	2.80	0.35	42.9	4.12
Celite + DME #300 + Talc	2.00	0.50	37.6	8.13
DME #300 + Kaolin	2.60	0.38	41.8	3.89
DME #300 + Limestone	2.70	0.37	482.8	12.69
DME #300 + Peatmoss	3.10	0.32	48.7	3.81
DME #300 + Talc	1.80	0.56	45.1	7.81
DME #300 + Kaolin + Limestone	2.30	0.43	583.4	12.60
DME #300 + Kaolin + Peatmoss	2.80	0.35	47.6	3.61
DME #300 + Kaolin + Talc	2.80	0.35	18.8	4.50
Kaolin + Limestone	2.10	0.47	730.7	12.47
Kaolin + Peatmoss	3.10	0.32	42.2	3.82
Kaolin + Talc	2.84	0.35	162.4	5.49
Kaolin + Limestone + Peatmoss	2.40	0.41	758.4	12.64
Kaolin + Limestone + Talc	3.00	0.33	729.6	12.56
Limestone + Peatmoss	3.46	0.28	698.5	12.59
Limestone + Talc	1.90	0.52	795.2	12.54
Limestone + Peatmoss + Talc	2.20	0.45	783.1	12.65
Peatmoss + Talc	2.06	0.48	13.9	4.17

Photo. 2.7.1. Apparance of coated carrot seeds with various coating particulate materials.





0 Untreated



1 Bentonite (Be)



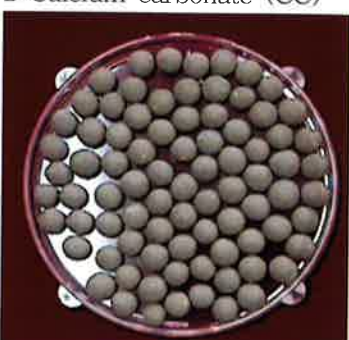
2 Calcium carbonate (CC)



3 Celite



4 earth # 300(DME # 300)



5 earth # 500(DME # 500)



6 Kaolin



7 Limestone



8 Peatmoss



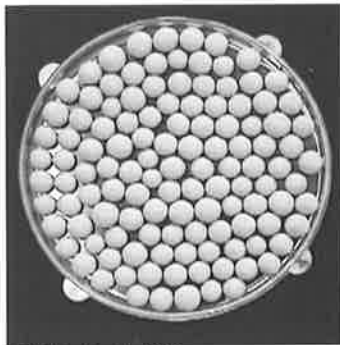
9 Talc



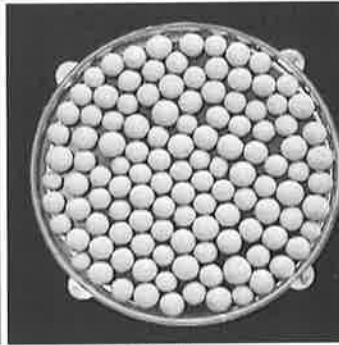
10 Be + CC



11 Be + Celite



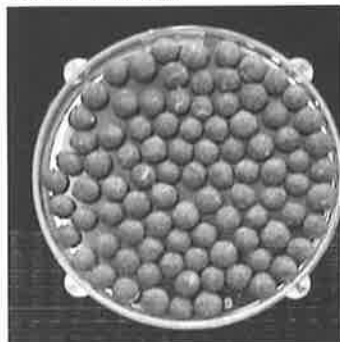
12 Be + # 300



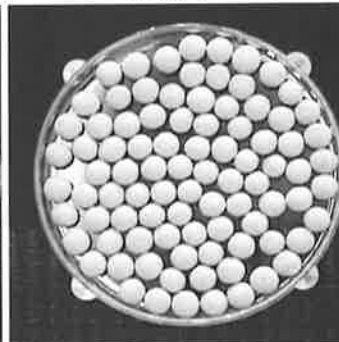
13 Be + Kaolin



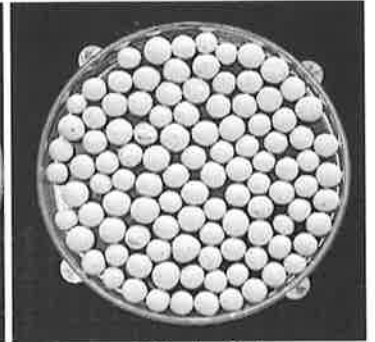
14 Be + Li



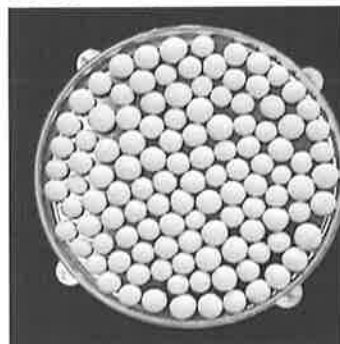
15 Be + Pe



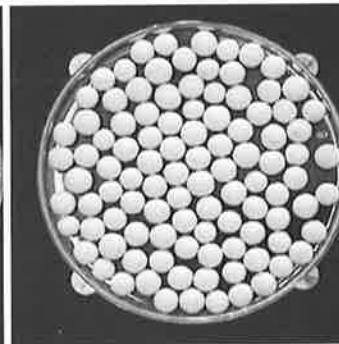
16 Be + Pe



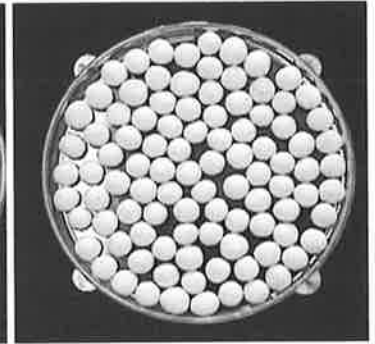
17 Be + CC + Cel



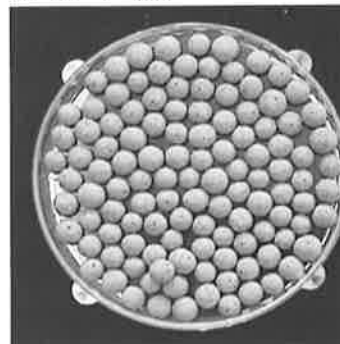
18 Be + CC + # 300



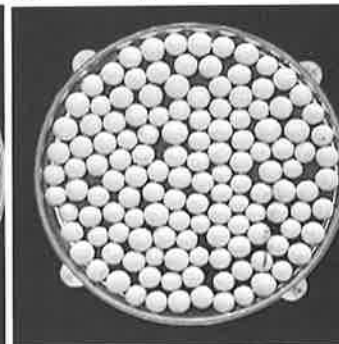
19 Be + CC + Ka



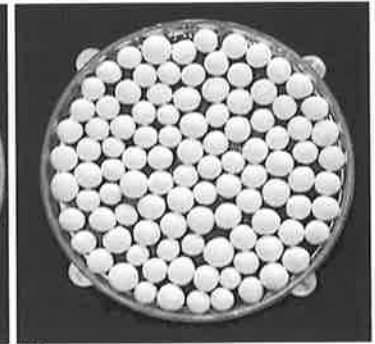
20 Be + CC + Li



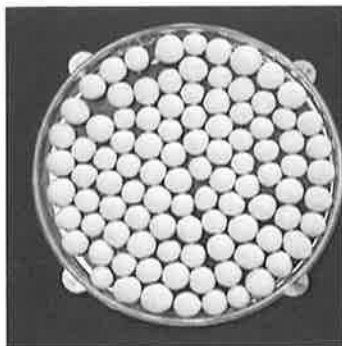
21 Be + CC + Pe



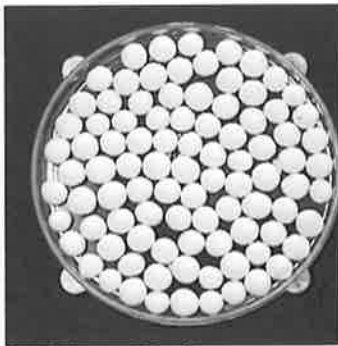
22 Be + CC + Talc



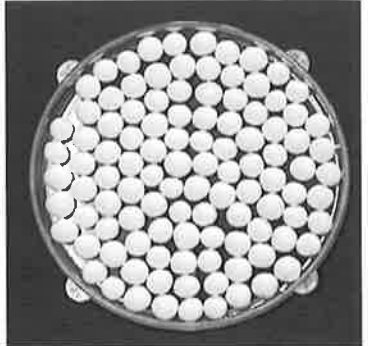
23 CC + Celite



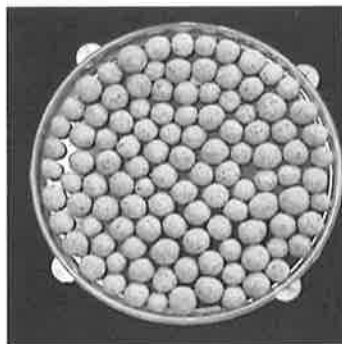
24 CC + # 300



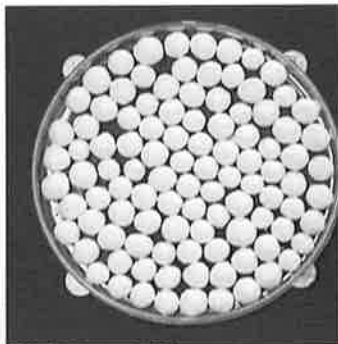
25 CC + Kaolin



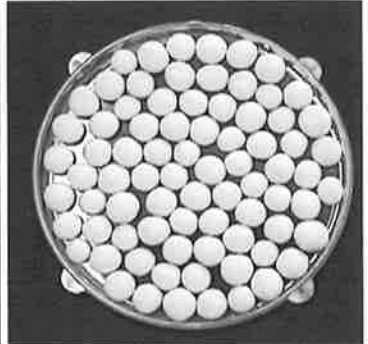
26 CC + Li



27 CC + Pe



28 CC + Talc



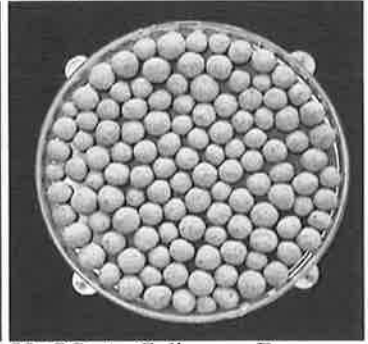
29 CC + Celite + # 300



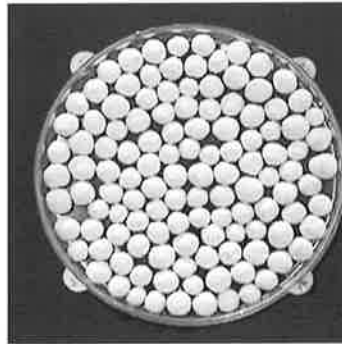
30 CC + Celite + Ka



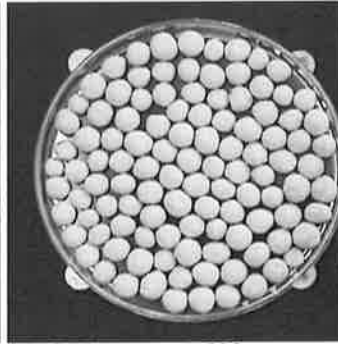
31 CC + Celite + Li



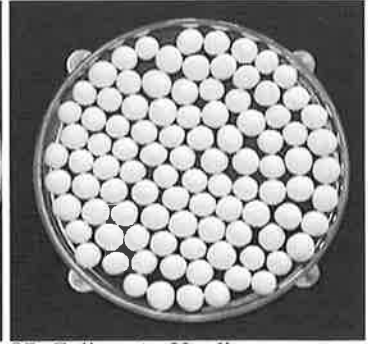
32 CC + Celite + Pe



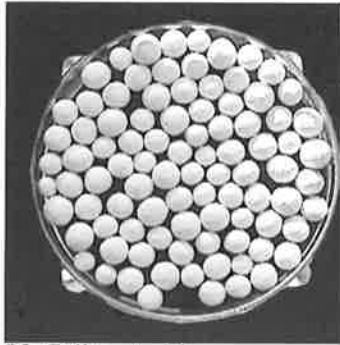
33 CC + Celite + Talc



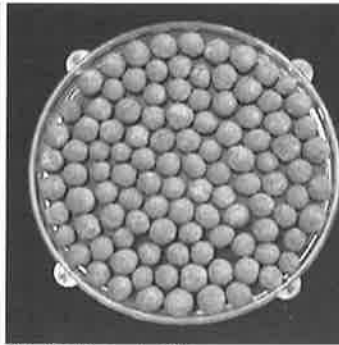
34 Celite + # 300



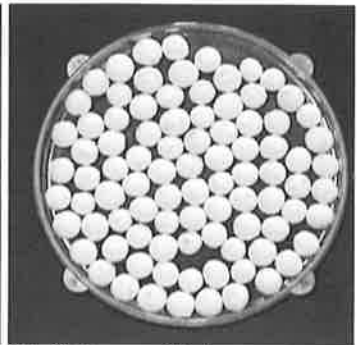
35 Celite + Kaolin



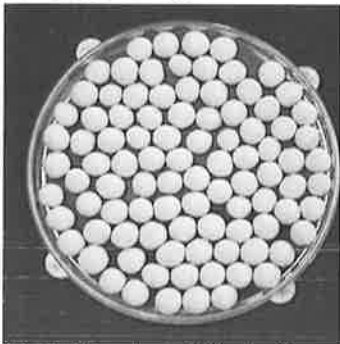
36 Celite + Li



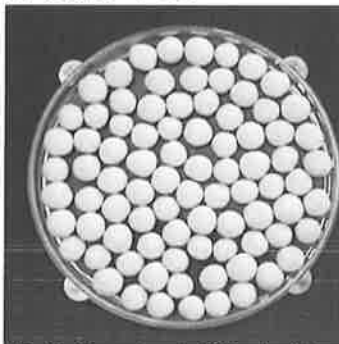
37 Celite + Pe



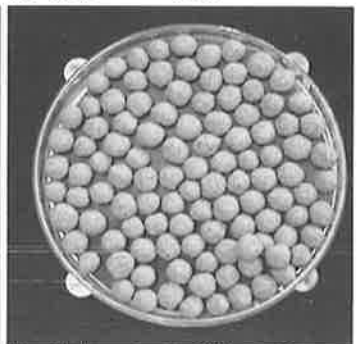
38 Celite + Talc



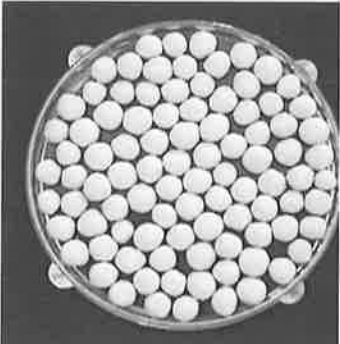
39 Celite + # 300 + Ka



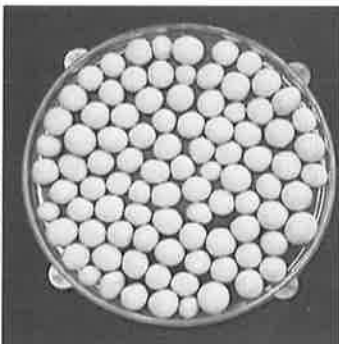
40 Celite + # 300 + Li



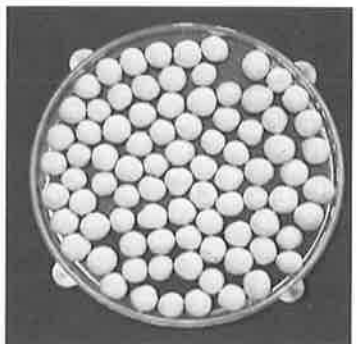
41 Celite + # 300 + Pe



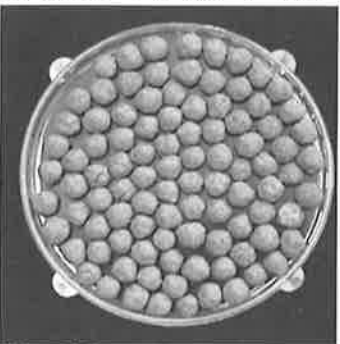
42 Celite + # 300 + Talc



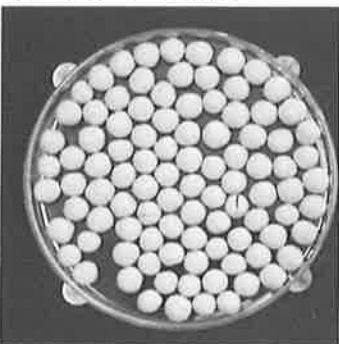
43 # 300 + Kaolin



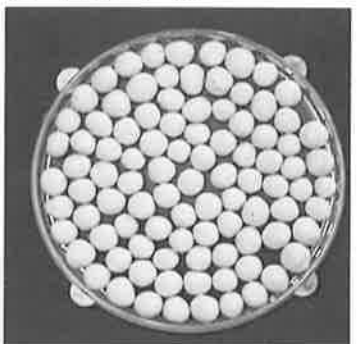
44 # 300 + Li



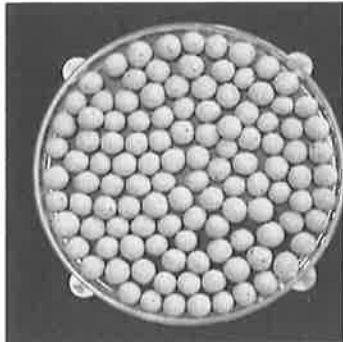
45 # 300 + Pe



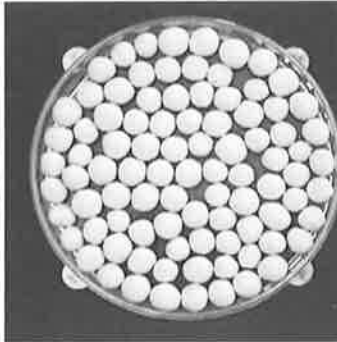
46 # 300 + Talc



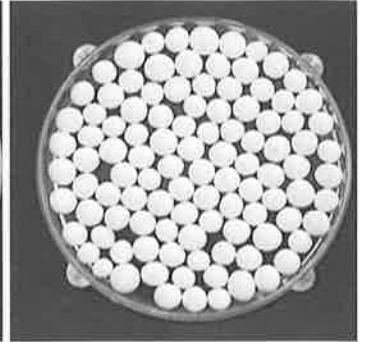
47 # 300 + Ka + Li



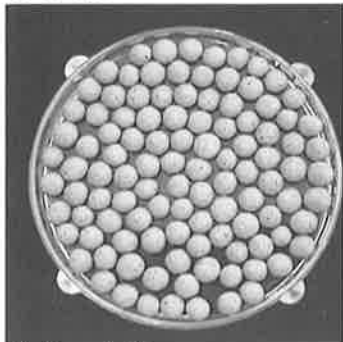
48 # 300 + Ka + Pe



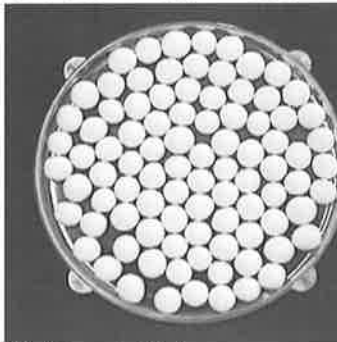
49 # 300 + Ka + Talc



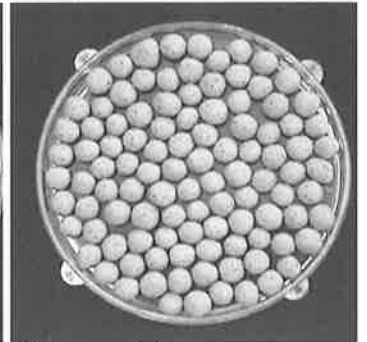
50 Ka + Li



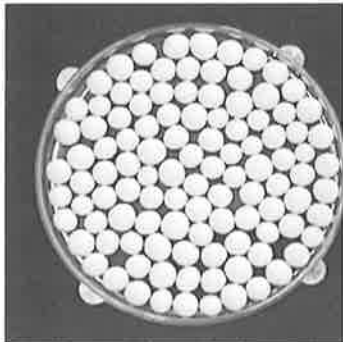
51 Ka + Pe



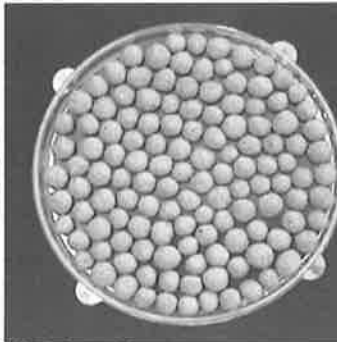
52 Kao + Talc



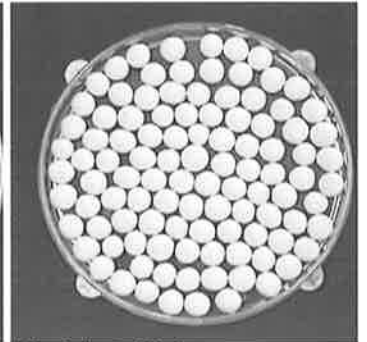
53 Ka + Li + Pe



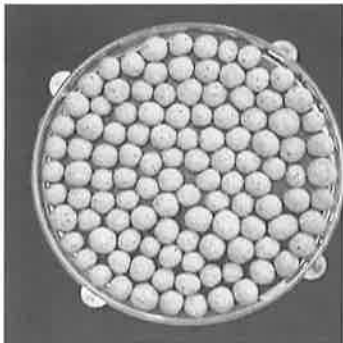
54 Ka + Li + Talc



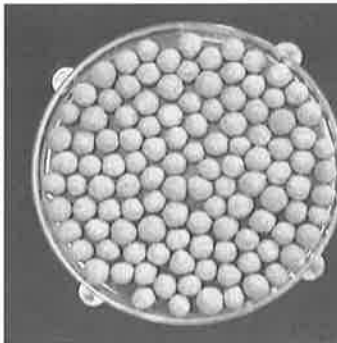
55 Li + Pe



56 Li + Talc



57 Li + Pe + Talc



58 Pe + Talc

Photo. 2.7.1. Apperance of coated carrot seed with various coating particulate matters.

## 제 8 절 종자 접착제의 종류 및 농도에 따른 효과

### 1. 서언

코팅 종자생산은 접착제(binder, polymer)를 종자 표면에 분사하여 종자와 코팅물질을 결합시키면서 시작된다. 코팅 피복물질들은 어느 정도의 응집능력이 있기 때문에 코팅 용기내에서 회전하면서 응집화될 수 있으나, 결합성을 강화시키기 위해서는 접착제가 필요하며, 접착제 없이 코팅된 종자는 깨어지기 쉽다.

접착제의 역할은 종자와 피복물질간의 결합도 중요하지만 종자 발아에 장애를 주어서는 안된다. 접착제의 선택은 수분용해도, 파열에 견딜 수 있는 일정한 경도, 기질 친화성 및 응집정도에 따라 적정 접착제를 달리해야 하는데, 일반적으로 carboxymethyl cellulose를 비롯한 몇가지 물질들이 보고되고 있다. 코팅 종자가 실용적으로 이용되기 위해서는 가격이 저렴하고 환경친화적이면서 발아에 장애를 주지 않는 적정 접착제 종류와 농도가 구명되어야 할 것이다. 본 연구는 접착제의 종류와 농도가 당근 종자의 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

공시 품종은 춘파용 '이나리'를 사용하였다. 종자코팅에 사용되는 접착제의 종류 및 농도가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 종자를 치상한 후 carboxymethyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, methy cellulose, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone, span 접착제를 0.5%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0% 및 3.5%로 농도를 달리한 용액을 5mL 공급하여 15℃, 20℃, 25℃ 및 30℃에서 발아력을 조사하였다. 대조구는 접착제 대신에 증류수를 5ml 공급하였다.

### 3. 결과 및 고찰

코팅 종자가 산업화되기 위해서는 가격이 저렴하고 환경친화적이면서 발아에 장애를 주지 않는 적정 접착제 종류와 농도 구멍이 우선적으로 고려되어야 한다.

표 2.8.1과 표 2.8.2는 당근의 종자 코팅에 적합한 접착제를 선별하기 위해 carboxymethyl cellulose(CMC), hydroxyethyl cellulose(HEC), methy cellulose(MC), polyvinyl alcohol(PVA), polyvinyl pyrrolidone(PVP) 및 span 농도를 달리한 용액을 공급하여 발아력을 조사한 결과이다.

발아율은 접착제 종류 및 처리농도의 단독요인 및 이들 요인상호간 유의성이 인정되었다. 무처리 종자는 15℃에서 각각 89%, 20℃에서는 86%의 발아율을 보였다. 접착제 중 PVA는 처리농도에 관계없이 다른 접착제에 비해 높은 발아율을 보였고, 무처리 종자와 동등하거나 오히려 높은 발아율을 보였다(표 2.8.1). 접착제 농도가 증가하면 발아율은 감소되었는데, 특히 CMC와 MC에서 이러한 현상이 뚜렷하였다.

T<sub>50</sub>과 MDG는 접착제 종류 및 처리농도의 단독요인 및 이들 상호요인간 깊은 유의성이 인정되었다. 무처리 종자의 T<sub>50</sub>과 MDG는 15℃에서 6.1일과 6.4일이 소요되었고, 20℃에서는 각각 3.2일 및 3.5일이 소요되었다. 그러나 접착제가 발아배지에 공급되면 접착제의 종류 및 농도에 따라 약간의 차이는 있으나, 발아속도가 0.5~5일 정도 지연되었다. 발아지연 정도는 접착제의 종류에 달랐는데, CMC와 HEC 및 MC에서는 발아속도가 지연되는 정도가 높았다.

접착제의 처리농도 또한 발아속도에 관여하였으며, 접착제의 종류에 관계없이 처리농도가 높을수록 발아는 지연되었다. 그러나 PVA에서는 처리농도가 증가하더라도 발아지연 정도가 낮았고, PVP와 Span도 발아를 크게 억제하지 않는 접착제였다(표 2.8.1).

25℃와 30℃의 발아온도에서 접착제의 종류 및 농도가 발아력에 미치는 영향은 전반적으로는 15℃에서의 의 결과(표 2.7.1)와 유사하였다(표 2.8.2). 전반적으로 접착제 처리농도가 증가하면 발아율이 감소하였는데, 이러한 현상은 CMC와 MC 및 Span에서

뚜렷하였다.

접착제 대신에 증류수를 공급한 대조구 종자는 25℃에서  $T_{50}$ 과 MDG가 각각 1.8일과 2.2일이 소요되었고, 30℃에서는 1.3일과 1.8일이 소요되었다. 그러나 발아배지에 접착제가 공급되면 증류수를 공급한 대조구에 비해 발아속도가 약간 지연되었다. 접착제 중 PVA는 처리농도에 관계없이 높은 발아율을 보였고 다른 접착제에 비해서도 발아억제 정도가 낮았다.

Span은 발아력을 크게 억제하지 않았으나, 높은 비중으로 인하여 물과 희석되지 않는 단점이 있었고, 이들 접착제로 코팅된 종자는 경도가 낮았다(결과 미제시). 이는 운송이나 기계화 파종작업 중 코팅층이 파열되기 쉽다는 것을 의미하고 있다.

접착제 농도에 따라 저농도인 0.5%에서는 발아율이 전반적으로 높았으나, 고농도인 3.5%에서는 발아율이 감소되었고, 발아속도도 지연되었다. 고농도의 접착제로 코팅된 종자는 경도는 증가하나 발아력이 저하되는 단점이 있다. 적정 처리 농도는 접착제의 종류에 따라 다르나 0.5~4.0% 범위가 적당하다고 알려져 있다(Baxter와 Wates, 1986). 그러나 본 실험에 사용된 접착제 중 PVA는 고농도에서도 발아억제 현상이 낮았다. 이는 코팅 종자의 경도 강화를 위해 접착제 농도를 증가시키더라도 발아를 크게 억제하지 않는다는 것을 시사하고 있다.

코팅종자에 적합한 접착제를 선발한 선행연구에서는 methyl cellulose와 gum arabic 등이 가장 우수했다. 목초종자에서는 석회를 피복물질로 사용한 경우는 methyl cellulose가, 활성탄소를 피복물질로 사용했을 때는 polyvinyl acetate가 접착능력이 우수했다고 하여 코팅 피복물질에 따라 적정 접착제가 달라짐을 알 수 있었다.

또한 유용 미생물을 코팅할 경우 접착제 종류에 따라 미생물의 생존율, 저렴한 가격 및 접착력을 고려했을 때 methy cellulose가 가장 우수한 접착제라고 하였다.

그러나 본 실험에서 최적 접착제는 PVA였고 다음이 PVP, HEC 순으로 좋았다. 반면 CMC와 MC를 코팅 접착제로 사용했을 때 발아율이 감소되고, 발아속도가 저하되었다(표 2.7.1 및 표 2.7.2).



Table 2.8.1. Effect of coating polymers and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of noncoated 'Inari' carrot seeds. Seeds were dark-germinated at 15 and 20°C for up to 18 days.

Seed treatment		15°C			20°C		
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG
Carboxymethyl cellulose	0.5	82	6.3	6.9	89	3.9	3.9
	1.0	83	7.2	7.6	82	4.6	4.8
	1.5	75	7.0	7.9	76	4.5	4.7
	2.0	89	7.6	8.4	82	4.4	4.6
	2.5	87	9.2	9.5	71	4.7	4.9
	3.0	66	10.5	10.7	53	5.2	5.5
	3.5	48	10.2	10.7	25	5.8	5.9
	mean	76	8.2	8.8	68	4.7	4.9
Hydroxyethyl cellulose	0.5	86	6.5	7.1	87	3.4	3.7
	1.0	92	6.5	7.1	86	3.9	4.2
	1.5	82	7.0	7.5	82	3.8	4.3
	2.0	79	7.2	7.8	89	3.8	4.3
	2.5	85	7.4	7.8	90	4.1	4.9
	3.0	85	7.8	8.5	85	4.4	4.8
	3.5	87	8.1	8.6	77	4.6	4.9
	mean	85	7.2	7.8	85	4.0	4.5
Methy cellulose	0.5	80	6.0	6.5	87	3.3	3.7
	1.0	82	6.5	7.1	89	3.4	3.7
	1.5	77	6.8	7.3	83	3.3	3.8
	2.0	91	6.3	6.7	91	3.4	3.8
	2.5	88	6.7	7.1	82	3.6	4.0
	3.0	55	8.0	8.7	82	3.9	4.4
	3.5	90	7.1	7.8	82	3.7	4.0
	mean	80	7.2	7.7	85	3.5	3.9
Polyvinyl alcohol	0.5	87	6.6	7.0	91	3.1	3.6
	1.0	91	6.7	7.1	83	3.4	3.9
	1.5	87	6.5	7.0	83	3.2	3.6
	2.0	89	6.5	7.0	83	3.1	3.5
	2.5	89	6.9	7.4	89	3.3	3.7
	3.0	85	7.3	7.9	84	3.5	3.9
	3.5	91	6.6	7.6	92	3.7	4.1
	mean	89	6.7	7.3	86	3.3	3.8
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	85	6.1	6.5	89	3.4	3.7
	1.0	82	6.2	6.6	85	3.5	3.9
	1.5	86	6.1	6.5	87	3.4	3.8
	2.0	92	6.3	6.7	87	3.5	4.0
	2.5	93	6.8	7.3	86	3.8	4.3
	3.0	83	6.7	7.5	88	3.7	4.0
	3.5	88	6.8	7.5	85	3.7	4.0
	mean	87	6.5	6.9	87	3.6	3.9
Span	0.5	83	6.6	6.9	82	3.1	3.5
	1.0	69	8.5	9.6	85	3.3	3.7
	1.5	84	6.6	7.7	79	3.0	3.5
	2.0	82	6.5	7.0	86	3.2	3.7
	2.5	87	6.8	7.1	87	3.3	3.7
	3.0	79	6.5	7.1	83	3.3	3.8
	3.5	81	6.1	6.5	66	3.2	3.6
	mean	80	6.8	7.4	86	3.2	3.6
Control(H <sub>2</sub> O)		88	6.1	6.4	86	3.2	3.5
LSD(.05)		16.1	0.64	0.69	14.4	0.32	0.33
Significances							
Polymer chemical (A)		** <sup>z</sup>	***	***	***	***	***
Polymer conc.(B)		*	***	***	***	***	***
A x B		*	***	***	***	***	***

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

Table 2.8.2. Effect of coating polymers and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of noncoated 'Inari' carrot seeds. Seeds were dark-germinated at 25°C and 30°C for up to 18 days.

Seed treatment		25°C			30°C		
Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	86	2.0	2.4	85	1.4	1.9
	1.0	91	2.3	2.7	77	1.4	1.9
	1.5	85	2.4	3.0	75	2.7	3.1
	2.0	83	2.8	3.1	79	2.4	2.6
	2.5	84	2.9	3.3	68	3.0	3.5
	3.0	63	3.7	4.1	65	2.7	3.1
	3.5	28	3.4	3.7	24	3.6	4.0
	mean	74	2.8	3.2	68	2.5	2.9
Hydroxyethyl cellulose	0.5	85	1.8	2.2	85	1.4	1.8
	1.0	93	1.9	2.3	92	1.9	2.2
	1.5	91	2.0	2.5	79	1.7	2.3
	2.0	80	2.1	2.5	77	1.8	2.2
	2.5	85	2.3	2.6	89	1.9	2.3
	3.0	79	2.8	3.0	85	3.3	3.6
	3.5	81	3.0	3.4	81	2.6	3.1
	mean	85	2.2	2.6	84	2.1	2.5
Methy cellulose	0.5	90	1.8	2.2	82	1.4	1.8
	1.0	88	1.8	2.2	89	1.4	1.9
	1.5	87	1.8	2.3	77	1.3	1.7
	2.0	81	1.9	2.3	79	1.6	1.9
	2.5	82	2.0	2.6	89	1.6	2.2
	3.0	81	2.2	2.7	77	1.6	2.3
	3.5	67	2.0	2.6	62	1.9	2.5
	mean	82	1.9	2.4	79	1.5	2.0
Polyvinyl alcohol	0.5	85	1.8	2.2	85	1.3	1.7
	1.0	83	1.9	2.2	84	1.3	1.9
	1.5	84	2.0	2.3	81	1.3	1.8
	2.0	95	1.9	2.4	81	1.3	1.7
	2.5	91	1.9	2.3	93	1.3	1.7
	3.0	87	1.9	2.4	87	1.3	1.7
	3.5	86	2.0	2.5	80	1.4	1.8
	mean	87	1.9	2.3	84	1.3	1.8
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	84	1.8	2.3	88	2.7	3.0
	1.0	87	2.2	2.5	81	1.8	2.0
	1.5	87	2.0	2.3	88	1.6	2.3
	2.0	86	2.0	2.5	83	2.7	2.9
	2.5	88	2.0	2.4	81	1.9	2.4
	3.0	89	2.2	2.6	79	2.8	3.1
	3.5	88	2.3	2.7	63	2.7	2.7
	mean	87	2.1	2.5	80	2.3	2.6
Span	0.5	87	1.9	2.3	79	1.4	1.9
	1.0	83	2.0	2.5	87	1.7	2.4
	1.5	84	1.9	2.4	81	1.5	2.2
	2.0	88	1.9	2.4	80	1.6	2.3
	2.5	86	1.8	2.3	71	2.9	3.4
	3.0	75	1.9	2.4	54	3.8	4.2
	3.5	77	2.6	3.0	61	2.6	3.3
	mean	83	2.0	2.5	73	2.2	2.8
Control(H <sub>2</sub> O)		87	1.8	2.2	84	1.3	1.8
LSD(.05)		11.6	0.30	0.30	19.4	0.66	0.60
Significances							
Polymer chemical (A)		*** <sup>z</sup>	***	***	***	***	***
Polymer conc.(B)		***	***	***	***	***	***
A x B		***	***	***	*	***	***

<sup>z</sup> \*\*\* Significant at  $P = 0.001$ .

## 제 9 절 코팅종자에 살균제 첨가 효과

### 1. 서언

토양속에는 작물 생육을 촉진하는 유용 미생물 뿐만 아니라 유해한 미생물들이 존재하는데, 작물은 이러한 유해한 미생물들에 의해 입묘가 불량해지고 생산성이 저하된다. 살균제를 첨가한 코팅종자는 내병성을 강화시키고 토양의 유해균으로부터 종자와 묘를 보호할 목적으로 사용된다. 지금까지 살균제를 이용한 종자처리는 곡류의 껍부기병(Alcock, 1978), 보리의 흰가루병, 목화의 *Rhizoctonia* (Cole와 Cavill, 1977), 옥수수 및 사탕수수의 노균병 방제에 대단히 성공적이었다(Lal 등, 1979). 또한 살균제의 종자처리는 이를 엽면살포한 경우보다 *Pythium*과 *Phytophthora* 방제 효과가 우수하며, 묘출현율과 생산성 향상되었다(Falloon, 1980).

살균제의 종자처리는 유해균의 생장이 왕성하고 불량 발아조건인 저온에 파종된 종자에서 현저한 효과를 보인다는 견해가 많다(Yen과 Carter, 1972). 살균제와 살충제를 혼합하여 종자처리하면 입묘율을 증진시켜 처리효과를 상승시킬 수가 있으나, 살균제와 살충제의 화학적 조성에 따라 상호작용을 나타내는 것도 있는 반면 길항작용으로 작물생육에 악영향을 주는 경우도 있다(Chatrath, 1977).

살충제를 첨가한 코팅종자는 많은 작물에서 실용적으로 이용되어 있는데, 살충제를 코팅종자에 첨가함으로써 벼, 보리, 콩과 작물에서 매미충, 양파에서 양파 파리 등의 해충 방제가 가능하였다. 이와 같이 살균, 살충제 처리는 각종 병해충을 방제하기 위하여 경작토양의 전면적에 살포하는 것보다는 소량을 종자에 직접처리함으로써 농약 사용량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 한번 처리로 병해충을 방제할 수 있는 장점이 있다.

살균제나 살충제 혼합처리의 또 다른 이점은 파종된 종자를 개미, 조류 및 설치류들이 식량으로 인식하지 못하도록 하여 입묘율을 향상시킬 수 있다. 최근에는 조류나 설치류(토끼, 쥐)로부터 종자를 보호할 수 있는 종자코팅 방법과 보호제 개발에 많은 연

구가 진행중에 있다.

본 연구는 코팅 종자에 살균제를 첨가하여 입고병균을 접종시킨 상토와 멸균한 상토에 파종하여 발아성을 검정하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

살균제가 첨가된 코팅종자의 묘출현성을 검정하고자 사용된 종자는 춘과용 '이나리'와 '만산' 품종이었다. 종자코팅의 피복물질은 diatomaceous earth, 접착제는 PVA였다. 그외의 코팅공정은 2장 7절에서 설명한 방법과 동일하게 하였다. 살균제 첨가는 Redomil과 Captan를 각각  $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $500\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  및  $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 접착제에 용해시킨 후 코팅 공정중에 분무하였다. 이와 같이 코팅된 종자를 입고병균인 *Phythium ultimum* 을 접종한 상토와 멸균한 상토에 파종하여 묘출현을 조사하였다. 실험은 25℃의 생장조절실에서 14시간 일장 조건에서 수행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

밭아에서부터 입묘 정착기에 발생하는 각종 병은 최종적으로 생산성을 저하시키는 요인이다. 살균제를 첨가한 코팅종자는 토양잔류 유해균으로부터 종자나 유묘를 보호할 목적으로 사용된다. 이런 관점에서 볼 때 기계화 파종이 가능한 코팅종자에 살균제를 첨가한다면 파종노력 절감과 아울러 입묘증진 효과를 기대할 수 있을 것이다.

코팅종자에 첨가되는 적정 살균제 종류와 농도를 구명하기 위해 입고병원균인 *Phythium ultimum*을 접종시킨 상토와 멸균된 상토에 코팅종자를 파종하여 묘출현을 조사한 결과는 표 2.9.1과 같다.

입고병원균인 *Phythium ultimum*을 접종시킨 토양에 살균제를 첨가하지 않은 코팅종자를 파종하면 묘출현율이 '이나리'에서는 30.4% '만산'은 22.4%였으나, 살균제가 첨가

된 코팅종자는 살균제가 첨가되지 않은 코팅종자에 비해 묘출현이 현저하게 증가되었다. 이러한 경향은 특히, 살균제의 첨가 농도가 높은  $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 현저하였다. 멸균된 토양에 살균제가 첨가되지 않은 코팅종자를 파종하면 묘출현율이 '이나리'는 78.4%, '만산'은 72.4% 였다. 살균제를 첨가한 코팅종자는 출현율이 증가되는 경향이나 통계적인 유의성은 인정되지 않았고 입고병균을 접종한 토양에 비해 묘출현의 증진 효과가 낮았다.

두 품종 모두 코팅종자의 묘출현과 50% 묘출현에 소요되는 일수는 살균제의 종류보다는 처리농도에 의해서 더 큰 영향을 받았다. 살균제 종류는 전반적으로 Redomil이 Captan보다 코팅종자의 출현을 증진에 좋은 것으로 나타났다. 최적 살균제 종류 및 농도는 Redomil  $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  첨가구에서 묘출현율도 가장 높았고  $T_{50}$ 도 단축되어 조기 출현하는 결과를 보였다.

본 실험에서는 *Phythium ultimum*를 상토에 인위적으로 감염시켜 묘잘록병만 한정지어 검토한 것이므로 살균제를 첨가한 코팅종자는 흰가루병, 노균병으로부터 종자나를 유묘를 보호하는데 큰 효과가 있을 것으로 생각된다. 이와 같이 살균제를 코팅과정에 첨가하는 것은 곡류의 감부기병(Alcock, 1978), 보리의 흰가루병, 목화의 *Rhizoctonia*(Cole와 Cavill, 1977), 옥수수 및 사탕수수 노균병(Lal 등, 1979) 방제에 널리 이용되고 있다. 일반적으로 살균제와 살충제를 혼합 처리는 두 효과를 상승시키는 것으로 보고되고 있다.

Table 2.9.1. Percent emergence and days to 50% emergence ( $E_{50}$ ) of 'Inari' and 'Mansan' coated carrot seeds as influenced by the incorporation of fungicide in coating materials. inoculum with *pythium ultimum*. Seeds were germinated at 25°C for up to 11 days

Fungicide <sup>z</sup> compound	Fungicide conc. (mg · L <sup>-1</sup> of coating binder)	<i>Pythium</i> inoculum		Non-infection	
		Emer. (%)	$E_{50}$ (days)	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)
<i>'Inari'</i>					
Redomil	0	30.4	7.53	78.4	6.53
	50	66.7	6.83	70.7	6.23
	250	68.3	6.22	78.3	6.76
	500	74.6	6.67	82.6	6.12
	1000	81.0	6.54	80.0	5.66
Captan	0	30.4	7.53	78.4	6.53
	50	56.7	7.63	74.7	6.73
	250	62.3	6.82	72.3	6.33
	500	79.6	7.12	74.6	6.43
	1000	77.0	6.77	80.0	6.22
Significance					
Fungicide compound (A)		* <sup>y</sup>	*	NS	NS
Fungicide conc. (B)		***	**	NS	*
A × B		**	NS	NS	NS
<i>'Mansan'</i>					
Redomil	0	22.4	7.88	72.4	6.88
	50	46.7	7.83	78.7	7.12
	250	66.3	7.12	82.3	6.78
	500	70.6	7.32	84.6	6.56
	1000	72.0	7.01	83.0	6.43
Captan	0	22.4	7.88	72.4	6.73
	50	42.7	8.12	74.7	6.34
	250	38.3	7.72	79.3	7.03
	500	66.6	7.56	81.6	6.76
	1000	70.0	7.11	82.0	6.65
Significance					
Fungicide compound (A)		NS	*	NS	NS
Fungicide conc. (B)		***	**	NS	NS
A × B		**	NS	NS	NS

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

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P=0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively

## 제 10 절 수화형 및 소수형 종자 코팅기술 개발

### 1. 서언

종자는 파종 후 자연조건에 따라 건조에서 과습까지 넓은 수분 범위를 가지게 되는데, 코팅연구자들은 파종된 종자가 발아에서 유묘정착기까지 수분부족과 과습 등 불량 환경 요인을 경감시키기 위해 많은 노력을 하여왔다. 수화형 종자 코팅은 수분이 부족한 토양에서 발아율을 증진시킬 목적으로 수분흡수력이 높은 피복물질로 코팅한 것이다. 이러한 수화형 종자코팅은 자체 중량보다 1,000배 이상의 수분흡수가 가능한 친수성 폴리머를 개발하고 난 이후부터 급속하게 발전되었다.

친수성 고분자 물질중 미국 Northern Res. Lab에서 개발한 Waterlook B 100는 자체 중량보다 2,000배 이상의 수분흡수가 가능하여 수화형 종자코팅에 산업적으로 이용되고 있다. 수화형 물질로 코팅된 종자는 친수성 고분자 화합물들이 토양수분을 흡수한 후 종자에 공급함으로써 수분이 부족한 건조토양에도 발아율을 향상시킬 수 있다 (Hedricle과 Mowry, 1953).

친수성 폴리머를 이용한 코팅은 발아와 유묘생육을 촉진하기 위해 종자에 첨가하는 무기염류, 아미노산, 비타민 등의 용탈을 방지하는데도 이용된다. 수화형 코팅 종자는 저장양분이 탄수화물이고 수분 흡수속도가 늦은 작물에서 유효하나 저장양분이 단백질인 종자를 수화형 물질로 코팅한 후 과습 토양에 파종하면 산소공급이 불량해져 오히려 묘출현이 저하된다(Hadasm, 1982).

콩과작물과 목화종자를 저온과습 토양에 파종되면 수분이 종자내로 급속하게 유입되면서 종자의 생체막이 파괴되는 저온침윤장해 현상이 발생한다. 이러한 저온침윤장해에 의해 누출된 저장양분들은 입묘를 저해하는 유해 미생들의 영양급원이 되어 묘출현율을 저하시키는 원인이 된다. 저온침윤장해에 민감한 종자는 수분흡수를 지연시킬 목적으로 소수형 물질로써 코팅한 종자를 저온과습 조건에 파종하더라도 높은 묘출현

을 확보할 수 있다. 또한 소수형 종자코팅은 자용의 개화기가 일치하지 않아 F1 종자 생산이 불가능한 작물에서 개화기 일치를 위해 발아를 지연시킬 목적으로도 사용된다.

본 연구는 각각의 토양함수량 조건에 적합한 코팅 피복물질을 탐색하기 위한 기초 연구로 수분보유력이 다른 피복물질로 코팅한 종자를 수분함수량을 달리한 상토에 파종하여 유묘출현 반응을 검정하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 코팅 피복물질의 압축강도, 분해형태

공시품종은 '이나리'였다. 종자코팅에 피복물질로 bentonite, diatomaceous earth 및 calcium carbonate를, 피복물질의 결합성을 증진시키기 위해 접착제는 PVA (2.0%)를 사용하였다. 그 외에 코팅방법에 2장 7절에서 보는 바와 같다. 제조된 코팅 종자의 경도조사는 경도계(Hardness meter, 東京木屋製作所, 日本)를 사용하였고 수직으로 압박을 가하여 깨어질때의 압력 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )으로 표시하였다. 코팅종자의 모양형성능, 수분흡수 후 코팅의 열개성은 달관으로 조사하였다.

### 나. 토양 수분함수량에 따른 코팅종자의 발아성

공시품종은 '이나리'와 '만산'이었다. 종자코팅은 피복물질 중 수분보유력이 높았던 bentonite, diatomaceous earth 및 수분보유력이 낮았던 calcium carbonate로 코팅하여 토양함수량에 따른 발아양상을 검정하였다. 실험에 사용된 상토는 피트모스 50%, 버미큘라이트 30%, 피라이드 20%를 혼합한 것이었다. 토양의 수분 함수량이 코팅종자의 유묘출현에 미치는 영향을 조사하기 위해 2ℓ의 밀폐된 플라스틱 용기에 상토 400g을 넣고 함수량을 각각 60%(±10), 80%(±10), 100%(±10)로 조절하여 25℃의 항온기내에서 14 시간의 일장조건하에서 묘출현을 조사하였다.



### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 코팅 피복물질의 경도, 분해형태

입묘를 저해하는 요인들 중 토양의 수분환경에 의해 입묘율이 달라질 수 있다. 코팅 물질중 수분보유력이 대체적으로 높았던 bentonite, diatomaceous earth와 수분보유력이 낮았던 calcium carbonate를 코팅하여 물리성을 조사한 것은 표 2.10.1과 같다.

Table 2.10.1. Easiuess of granulation and granule characteristics of 'Inari' carrot seeds coated with three particulate materials.

Coating prticulate matter	Granulation capacity	Compressive strength <sup>y</sup>	Dissolving type	Dissolving time (min)
Bentonite	++ <sup>z</sup>	1,280 ± 128.0	Swell	120
Diatomaceous earth	+++	250 ± 28.0	Split	1
Calcium carbonate	+	182 ± 7.9	Melt	30

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

<sup>y</sup> Compressive strength is the force(g) required to crush a coated seed.

코팅 종자의 입단화는 수분보유력이 각기 다른 물질간 차이를 보였는데, diatomaceous earth는 입단화가 우수하였으나, bentonite는 중간정도였고, calcium carbonate는 입단 형성이 불량하였다.

코팅 종자의 경도는 취급, 수송 및 기계 파종에 관여하는 중요한 요인이다. 수분보유력이 각기 다른 물질로 코팅된 당근종자의 경도를 측정한 결과 bentonite는 1,280g를 보여 경도가 가장 높았고, diatomaceous earth에서는 250g, calcium carbonate는 120g을 보였다. 따라서 bentonite는 기계화 파종에 견딜 수 있는 경도를 보유하고 있었으나, calcium carbonate는 수송이나 기계파종 중 깨어질 수 있는 가능성이 높았는데, 이를 방지하기 위해서는 코팅 공정중 접착제 농도를 증가시키든지 경도를 강화시킬 수 있는 물질간의 혼합을 고려해야 될 것으로 판단된다.

코팅층의 붕괴 형태와 붕괴시간도 각각 달랐다. Bentonite로 코팅된 종자는 수분을 흡수하면서 팽창되는 팽창형이었고, diatomaceous earth로 코팅된 종자는 중앙부분이

갈라지는 파열형, calcium carbonate는 코팅층이 물에 용해되는 용해형이었다. 파열형인 diatomaceous earth는 수분흡수 초기에는 코팅형태를 유지하나 종자가 수분을 흡수하면서 코팅층이 파열되었는데, 이러한 형태의 코팅종자는 낮은 수분조건하에서도 코팅층이 쉽게 파열될 것으로 예측된다. 코팅층의 신속한 분해는 발아중인 종자에 산소와 수분공급에 유리한 측면이 많다. Bentonite로 코팅된 종자는 수분을 흡수하여 2시간 경과후 코팅층이 팽창하였으나, diatomaceous earth로 코팅된 종자는 수분흡수 직후에 calcium carbonate는 침지 30분 후에 코팅층이 분해되었다(표 2.10.1).

#### 나. 토양 수분함수량에 따른 코팅종자의 발아성

선진외국에서는 종자가 파종될 장소가 과습한 토양 또는 건조 토양이나에 따라 수분보유력이 각각 다른 코팅 피복물질로써 코팅된 종자를 이용하고 있다.

표 2.10.2는 '이나리' 품종을 수분보유력이 대체적으로 높은 코팅 피복물질인 bentonite와 diatomaceous earth 및 수분보유력이 낮은 calcium carbonate로 코팅한 종자를 함수량을 달리한 상토에 파종하여 묘출현율,  $T_{50}$  및 MDG를 조사한 결과이다.

출현율은 토양함수량과 코팅 피복물질에 따라 차이가 있었다. 토양함수량이 60% 조건에 파종된 무처리 종자의 출현율은 86.6%였고, bentonite, diatomaceous earth 및 calcium carbonate로 코팅된 종자는 무처리 보다 낮은 각각 76%, 73% 및 66%의 출현율을 보였다. 출현속도 또한 코팅 피복물질에 따라 차이를 보였다.

무처리 종자의  $T_{50}$ 과 MDG가 각각 5.1일과 6.1일 소요되었으나, bentonite로 코팅된 종자는 무처리 종자에 비해 1.5일 및 1.6일, diatomaceous earth로 코팅된 종자는 1.8일과 1.6일, calcium carbonate로 코팅된 종자는 2.0일 및 2.1일 지연되었다. 이처럼 코팅종자들은 전반적으로 무처리 종자에 비해 출현율이 약간 감소하였고 출현속도도 지연되었다. 그러나 수분보유력이 높은 피복물질인 bentonite로 코팅된 종자는 calcium carbonate로 코팅된 종자보다는 출현율이 높았고 출현속도도 빨랐다. 따라서 수분함수량이 낮은 토양에서는 수분보유력이 높은 피복물질로 코팅하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

80% 토양함수량에서 파종된 무처리 종자의 출현율은 91%였으나, 코팅 종자의 출현율은 무처리 종자보다 낮았다. 또한 T<sub>50</sub>과 MDG도 0.5~2.2일 및 0.8~2.4일이 지연되었다. 그러나 diatomaceous earth로 코팅된 종자는 bentonite와 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 출현율이 약간 높았고 출현속도도 약 1일 정도 빨랐다.

피복물질의 종류를 달리한 코팅 종자를 100% 토양함수량 조건에 파종하여 출현율을 조사한 결과 calcium carbonate와 diatomaceous earth로 코팅된 종자는 각각 50%와 48%의 묘출현을 보였으나, bentonite로 코팅된 종자는 28%의 낮은 출현율에 불과하였다. 또한 bentonite로 코팅된 종자는 T<sub>50</sub>과 MDG도 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 코팅된 종자보다 늦었다.

Table 2.10.2. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence(E<sub>50</sub>) and MDE of 'Inari' coated carrot seeds.

Coating particulate matter	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MDE (days)
<i>Soil moisture content 60%</i>			
Bentonite	76.2	6.65	7.70
Diatomaceous earth	73.2	6.87	7.84
Calcium carbonate	66.3	7.12	8.12
Uncoated	86.6	5.12	6.07
<i>Soil moisture content 80%</i>			
Bentonite	84.5	6.22	7.12
Diatomaceous earth	86.3	5.24	6.20
Calcium carbonate	80.3	6.90	7.84
Uncoated	90.6	4.66	5.42
<i>Soil moisture content 100%</i>			
Bentonite	28.4	6.92	7.85
Diatomaceous earth	48.2	6.55	7.47
Calcium carbonate	50.4	6.52	7.40
Uncoated	58.2	5.04	5.92
Significances			
Soil moisture (A)	** <sup>z</sup>	***	***
Coating particulate matter (B)	**	**	**
A x B	*	**	**

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

표 2.10.3은 '만산' 품종을 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 코팅된 종자를 파종하여 묘출현율, T<sub>50</sub> 및 MDG를 조사한 결과이다. 전반적인 경향은 표 2.10.1과 유사하였는데, 출현율과 묘출현 속도는 토양함수량과 코팅 피복물질에 따라 차이가 있었다. 토양함수량이 60% 조건에서는 무처리 종자의 출현율이 84%였다. 이에 비해 bentonite, diatomaceous earth, calcium carbonate로 코팅된 종자는 각각 72%, 74% 및 64%로 무처리 종자보다 낮았다.

Table 2.10.3. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence(E<sub>50</sub>) and MDE of 'Mansan' coated carrot seeds.

Coating	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	MDE (days)
<i>Soil moisture content 60%</i>			
Bentonite	72.6	7.44	8.36
Diatomaceous earth	74.4	7.12	8.04
Calcium carbonate	64.2	7.76	8.53
Uncoated	84.4	5.90	6.82
<i>Soil moisture content 80%</i>			
Bentonite	74.5	7.22	8.15
Diatomaceous earth	84.2	6.62	7.58
Calcium carbonate	82.2	6.88	7.75
Uncoated	88.6	5.84	6.74
<i>Soil moisture content 100%</i>			
Bentonite	30.4	8.11	9.08
Diatomaceous earth	42.6	7.28	8.16
Calcium carbonate	40.2	7.12	8.09
Uncoated	56.4	6.24	7.18
Significances			
Soil moisture (A)	*** <sup>z</sup>	**	**
Coating particulate matter (B)	**	**	**
A x B	**	*	*

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

토양함수량이 60% 조건에서 bentonite와 diatomaceous earth로 코팅된 종자들은 출현율이 비교적 높았으며, 출현속도는 diatomaceous earth로 코팅된 종자에서 가장 빨랐다. 토양함수량이 80% 조건에서는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 코팅

된 종자들은 80% 이상 출현하였다. 그러나 bentonite로 코팅된 종자는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 출현율이 10% 감소하였고, 출현속도도 지연되었다. 토양함수량이 100% 조건에서는 bentonite와 diatomaceous earth 및 calcium carbonate로 코팅된 종자의 출현율은 각각 30%, 43% 및 40%로 나타나 토양함수량이 높을수록 출현이 감소하였다. 특히, bentonite로 코팅된 종자는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 낮은 출현율을 보였고 출현속도도 늦었다.

수분보유력이 다른 피복물질로 코팅한 종자를 토양함수량을 달리한 조건에 파종하여 묘출현과 출현속도에 미치는 영향을 조사한 표 2.10.2와 표 2.10.3의 결과에서 볼 수 있듯이 출현율은 코팅의 피복물질에 관계없이 80%의 토양함수율에서 가장 원활하였다.

60%의 토양함수율에서는 80% 토양함수율 조건에 비해 출현율은 감소하였고 출현속도도 약간 지연되는 경향이였다. 이에 반해 100% 토양 함수율에 파종된 코팅종자들은 80%의 토양함수율에 비해 30~40%의 출현율이 감소하였고, 묘출현속도가 1일 정도 지연되었다. 이러한 원인은 토양내의 용존산소 부족에 기인된 것으로 추정된다.

수분보유력이 낮은 피복물질인 calcium carbonate로 코팅된 종자는 100% 토양함수율조건에 파종하면 다른 피복물질로 코팅된 종자에 비해 묘출현율이 높았으나, 60% 및 80% 토양함수율 조건에 파종하면 출현율이 감소되었다. 반면 bentonite로 코팅된 종자는 60% 토양함수율 조건에서 다른 피복물질에 비해 묘출현율이 높았다. 그러나 diatomaceous earth로 코팅된 종자는 토양함수율에 관계없이 원활한 묘출현을 보였다.

따라서 코팅 종자는 파종 장소가 파습 또는 건조토양이나 따라 코팅 피복물질을 달리 해야 될 것으로 판단되며, 건조토양에서는 bentonite, 파습토양에서는 calcium carbonate로 코팅된 종자가 좋은 것으로 풀이된다.

Table 2.10.4. Effect of soil moisture content on percent emergence and days to 50% emergence( $E_{50}$ ) of coated eight cultivars of carrot seeds.

Cultivar	Soil moisture content 60%		Soil moisture content 80%		Soil moisture content 100%	
	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)
Inari	80	8.2	91	7.5	54	8.2
Mansan	92	8.6	94	8.5	54	8.2
Mussang	82	8.4	85	8.5	56	8.6
Hongsim	58	10.5	48	11.2	41	10.1
Daebok	75	8.7	83	6.5	41	8.8
Mecuni	64	9.1	72	8.5	46	10.5
Vibari	79	7.7	87	7.5	38	9.3
Harubang	82	8.5	88	8.3	55	9.0
LSD(0.05)	5.8 <sup>z</sup>	0.57	7.7	0.48	6.3	0.76

Seed coating with diatomaceous earth.

표 2.10.4는 춘과용 및 추과용 8품종을 토양의 함수량을 각기 달리한 조건에 파종하여 묘출현과 출현속도를 조사한 결과이다. 전반적으로 80%의 토양함수량에서 묘출현이 원활하였으나, 100% 함수율 조건에서는 출현율이 급격하게 감소하였다.

토양 함수율에 따라 묘출현율에도 품종간 차이도 인정되었는데, 동일한 함수율 조건에서 '이나리'와 '만산'은 다른 품종에 비해 출현율이 높았으나, '홍심'과 '매끄니' 품종은 출현율이 낮았다. 60% 토양함수율 조건에서는 전반적으로 발아가 원만하였으나, 80% 함수율 조건에 비해서는 출현과 출현속도가 저하되었다.

## 제 11 절 근권환경 개선을 위한 유용미생물을 이용한 종자코팅법 개발

### 1. 서언

유용 미생물을 종자코팅에 이용하게 된 동기는 콩과작물의 질소고정균인 *Rhizobium spp*과 박테리아를 종자에 코팅하여 작물생장을 촉진시키면서 부터이다. 그러나 생물적 종자처리는 화학적 종자 처리와는 달리 종자에 접종된 미생물이 증식되어야만 작물의 생육을 촉진시킬 수 있다.

종자에 코팅된 미생물들이 증식되기 위해서 생물적 및 비생물적 제한 요인을 극복해야만 하는데, 이를 위해서는 미생물 증식에 적합한 pH, 영양분 및 수분조절이 뒤따라야 한다. 그러나 생물적 종자처리는 환경내성 강화와 생육촉진 효과가 우수하다고 평가되고 있으나 처리비용과 많은 시간이 소요되는 단점이 있다.

일반적으로 사용되고 있는 접종방법은 미생물을 종자표면에 코팅하는 것으로 접착제를 사용하면 종자에 미생물의 부착성과 생존율을 향상시킬 수 있다. 다른 접종방법은 진공 또는 압력에 의하여 미생물을 종자에 주입하는 방법이 있는데, 이와 같은 방법은 미생물의 생존에 불량환경이 될 수 있다.

종자에 접종된 미생물의 생존율을 결정하는 중요한 환경요인은 급속한 건조인데, 수태와 같은 유기물을 코팅 피복물질로 사용하면 급속한 건조를 방지할 수 있다. 이러한 연유로 유용미생물 코팅의 피복물질은 광물질보다는 유기물이 적합하다고 알려져 있다. 이외에도 montmorillonite clay는 흡착성이 우수하여 미생물의 건조 피해를 줄일 수 있는 피복물질이다(Marshall와 Roberts, 1963).

미국의 경우 유용미생물로 코팅된 종자가 시판되고 있으며, 생산비용은 종자 크기와 첨가되는 재료에 따라 다르지만 대략적으로 kg당 \$100 ~ 500정도 소요된다고 알려져 있다. 그러나 우리 나라는 유용미생물을 이용한 종자코팅을 시도한 예는 없었으나, 국내의 재배토양이 화학비료 남용으로 염류집적 등 토양오염이 가속화되고 있는

현 시점에서 유용미생물이 첨가된 코팅종자의 도입은 절실하다.

따라서 본 연구는 내병성 강화와 발아잠재력이 높은 코팅종자를 생산하기 위한 기초 연구로서 당근 종자코팅에 적합한 유용미생물 첨가방법을 설정하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 공시품종은 '이나리', '만산', '하루방' 및 '비바리' 당근 종자였다. SMP와 유용미생물의 혼용처리가 당근종자의 발아에 미치는 효과를 검정하기 위해서  $10^7$  cfu,  $10^8$  cfu 및  $10^9$  cfu의 밀도로 조절한 *Paenibacillus polymyxa* E681를 SMP 처리중에 첨가하여 발아력을 검정하였다. SMP에 사용된 carrier는 Micro Cel-E였고 종자: carrier: 증류수 혼합비율은 5:3:10.5 (w/w/w)였다. SMP 처리온도는 20°C였고, 처리기간은 '이나리5촌', '하루방', '비바리'는 5일, '만산'은 3일간 이었다.

유용미생물이 첨가된 코팅종자의 발아력을 극대화 시킬 수 있는 방법을 구명하고자 *Paenibacillus polymyxa* E681의 처리밀도  $10^8$  cfu로 고정한 후 첨가방법을 달리하였다. *P. polymyxa* E681 첨가방법은 (1) SMP 처리중 *P. polymyxa* E681 첨가하여 SMP 처리된 종자를 코팅, (2) SMP 처리후 *P. polymyxa* E681 균배양액 2 시간 침지한 후 코팅, (3) 접착제와 혼합한 현탁액을 코팅공정중 분무 등 처리방법을 달리하였다. 이와 같이 미생물이 처리된 코팅종자와 미생물이 처리하지 않고 코팅한 종자의 발아력을 25°C의 항온기에서 조사하였다

## 3. 결과 및 고찰

식물체의 근권환경을 개선하기 위하여 많은 유용미생물들이 개발되어 시판되고 있고, 작물에 따라 특이성을 갖는 유용미생물을 개발하기 위한 연구도 활발하다. Priming은 수분포텐셜 조절에 의해 종자의 발아성을 향상시키는 처리이며, biopriming



는 유용미생물을 종자에 표매하는 종자처리이다. 종자표면에 유용미생물의 밀도를 증가시킨 biopriming 종자는 근권환경을 개선하여 초기생육이 향상되며, 유해 미생물의 피해로부터 종자나 유묘를 보호받아 안전한 작물재배가 가능하다. 작물의 성장을 촉진하는 유용미생물로는 *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*속 등이 알려져 있다.

표 2.11.1은 SMP 처리 과정중 *Paenibacillus polymyxa* E681의 첨가밀도가 발아력에 미치는 영향을 조사한 결과이다. SMP 처리중 *P. polymyxa* E681의 첨가밀도에 따라 발아율에는 큰 차이가 없었으나, 무처리 종자보다는 발아율이 높았다. 공시된 모든 품종에서 SMP 처리중 *P. polymyxa* E681을 첨가한 종자는 단독으로 SMP 처리된 종자에 비해 발아속도는 약간 지연되었다. 품종에 따라 차이는 있으나, *P. polymyxa* E681을  $10^8$  cfu로 SMP 처리중에 첨가하면 전반적으로 발아율이 높았고 발아속도도 단축되는 경향이였다.

표 2.11.2는 SMP 첨가조건 실험에서 확립된 *P. polymyxa* E681을  $10^8$  cfu 밀도로 첨가방법을 달리한 코팅종자의 발아성을 조사한 결과이다.

‘이나리’ 품종에서 *P. polymyxa* E681이 첨가되지 않은 코팅종자의 발아율은 69%였다. 그러나 *P. polymyxa* E681를 첨가하여 SMP 처리한(S + B + C1) 후 코팅한 종자는 88%의 높은 발아율을 보였고, 또한 SMP 처리후 *P. polymyxa* E681 배양액에 종자를 침지한 후 코팅한 종자(S + B + C2)는 88%의 발아율을 보였다. 이와 같이 *P. polymyxa* E681가 첨가되면 발아율이 증진되었다. 미생물이 첨가되지 않은 코팅 종자의 발아율이 68.5% 였고, 미생물에 침지 후 코팅한 종자 및 미생물이 첨가된 코팅종자의 발아율이 76%인 점을 감안 한다면 미생물 첨가에 의해 10% 정도의 발아율을 증진시킬수 있는 것으로 나타났다.

‘만산’, ‘하루방’ 및 ‘비바리’ 품종에서도 미생물이 첨가되지 않은 코팅종자보다 미생물이 첨가된 코팅종자에서 발아율도 높았고 발아속도도 빨랐다. 유용미생물인 *P. polymyxa* E681의 첨가방법에 따라서도 코팅종자의 발아성에 차이가 있었다. *P. polymyxa* E681 배양액에 종자를 침지한 후 코팅하거나 코팅과정중에 첨가하는 것보

다는 SMP 처리중에 첨가하는 것이 발아력 향상에 좋았다. SMP 처리의 기본개념이 고체 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 종자의 수분흡수가 조절되어 발아잠재력을 향상시키는 종자처리이다. 유용미생물 종자처리도 독립적으로 발아력을 향상시킬 수 있다. 이와 같이 독립적으로 발아력을 증진시킬 수 있는 SMP 처리의 이점과 유용미생물 처리의 이점을 조합하여 통합처리함으로써 발아촉진의 상승효과가 있었다.

입묘를 저해하는 식물병원균 방제를 위해 유용미생물을 종자코팅에 이용하여 강건한 유묘생장을 향상시킨 많은 연구들이 보고되고 들어 있다. 길항균인 *Trichoderma harzianum*(Sivan 등, 1987; Smith와 Wehner, 1987), *Pythium oligandrum*(Martin과 Hancock, 1987)과 *Chaetomium globosum*(Walther와 Gindrat, 1988) 등으로 처리된 종자는 입고병 방제에 효과적이었다.

이외에도 유용 박테리아인 *Bacillus subtilis*(Gaikwad 등, 1987)와 *Pseudomonads*(Digat, 1989)로 코팅된 종자는 종자진염성균과 곤충의 피해를 경감시킬 수 있다. 유용미생물을 이용한 발병빈도가 높은 토양에서 유효하며, 발아력을 증진시켜 유묘의 영양상태를 개선 할 목적으로 여러 가지 생리적 비생리적 종자처리와 혼합처리 하는 것도 가능하다.

Table 2.11.1. Effect of solid matrix priming with *Paenibacillus polymyxa* E681 on germinability of carrot seeds at 25°C.

Seed treatment <sup>z</sup>	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
SMP	91.7	0.9	8.3	1.3
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>7</sup> cfu	89.7	1.5	8.1	2.1
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>8</sup> cfu	92.3	1.3	8.5	1.8
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>9</sup> cfu	87.3	1.2	7.9	1.7
Untreated	84.7	3.7	7.7	4.2
LSD(0.05)	4.4 <sup>y</sup>	0.2	0.2	0.3
<i>'Mansari'</i>				
SMP	95.4	1.0	8.7	1.1
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>7</sup> cfu	92.7	1.8	8.4	1.7
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>8</sup> cfu	96.2	2.4	8.7	2.0
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>9</sup> cfu	95.0	1.6	8.6	1.3
Untreated	82.3	3.5	7.4	4.6
LSD(0.05)	5.5	0.4	0.2	0.4
<i>'Harubang'</i>				
SMP	97.3	1.3	8.7	2.0
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>7</sup> cfu	93.0	1.1	8.4	1.8
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>8</sup> cfu	95.7	1.5	8.7	2.3
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>9</sup> cfu	97.3	1.7	8.6	2.4
Untreated	90.0	3.7	7.4	4.4
LSD(0.05)	6.5	0.3	0.3	0.2
<i>'Vibari'</i>				
SMP	82.3	1.5	7.5	2.3
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>7</sup> cfu	80.0	2.7	7.3	3.4
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>8</sup> cfu	85.7	2.3	7.8	2.9
SMP + <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 10 <sup>9</sup> cfu	89.7	2.0	8.2	2.6
Untreated	76.0	4.2	6.9	4.9
LSD(0.05)	7.5	0.5	0.4	0.5

<sup>z</sup> Solid matrix priming was conducted at 25°C for 3 days in the dark in a mixture of seed: Micro-Cel E: water by weight 5: 3: 10.5. Seeds were then dark-germinated at 25°C. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at *P* = 0.05

Table 2.11.2. Effect of various treatment methods with *Paenibacillus polymyxa* E681 on germinability of carrot seeds at 25°C.

Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
Coating <sup>z</sup>	68.5	6.7	6.1	6.9
SMP + Coating <sup>y</sup>	89.2	3.4	8.1	4.8
SMP + B + Coating 1 <sup>x</sup>	88.3	4.2	8.0	5.2
SMP + B + Coating 2 <sup>w</sup>	87.5	5.4	7.9	6.1
B + Coating 1 <sup>v</sup>	72.5	6.2	6.8	6.4
B + Coating 2 <sup>u</sup>	76.7	5.8	7.1	6.2
Untreated <sup>t</sup>	87.5	3.6	7.9	4.3
LSD(0.05)	7.5	0.4	0.3	0.4
<i>'Mansan'</i>				
Coating	56.5	7.1	5.1	7.9
SMP + Coating	87.3	4.2	7.9	4.8
SMP + B + Coating 1	78.3	6.0	7.1	6.4
SMP + B + Coating 2	74.7	6.3	6.8	6.7
B + Coating 1	62.3	6.5	5.7	7.2
B + Coating 2	68.6	5.7	6.2	6.8
Untreated	77.5	3.8	7.0	4.7
LSD(0.05)	6.6	0.3	0.4	0.4
<i>'Harubang'</i>				
Coating	58.0	7.4	5.3	8.0
SMP + Coating	86.7	5.1	7.9	5.8
SMP + B + Coating 1	55.0	5.7	5.0	6.4
SMP + B + Coating 2	57.3	6.1	5.2	6.8
B + Coating 1	53.3	6.7	4.8	7.4
B + Coating 2	57.7	6.3	5.3	7.1
Untreated	84.3	3.5	7.6	4.3
LSD(0.05)	7.5	0.4	0.5	0.4
<i>'Vibari'</i>				
Coating	43.3	8.3	3.9	9.1
SMP + Coating	78.0	5.5	7.1	6.2
SMP + B + Coating 1	64.3	7.7	5.8	8.4
SMP + B + Coating 2	74.7	7.3	6.8	8.1
B + Coating 1	58.3	7.7	5.3	8.4
B + Coating 2	67.7	7.7	6.2	8.5
Untreated	83.0	4.3	7.5	5.1
LSD(0.05)	7.7	0.5	0.4	0.4

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

<sup>y</sup> Coated after SMP.

<sup>x</sup> Added *P. polymyxa* E681 during SMP and then coated.

<sup>w</sup> Imbibed the seeds in culture soln of *P. polymyxa* E681 after SMP and then coated.

<sup>v</sup> Imbibed seeds in *P. polymyxa* E681 culture soln for 2 hours and then coating.

<sup>u</sup> Added culture soln of *P. polymyxa* E681 during the coating.

<sup>t</sup> Naked seeds.

## 제 12 절 코팅종자의 발아촉진을 위한 생장조절제, 영양물질 첨가 효과

### 1. 서언

국내 종묘회사들은 십자화과, 고추등 일부 품목에 신품종 육성이 이루어지고 있으나, 기계화 파종이 가능한 코팅공정 기술은 초보적인 단계에 머물러 있다. 반면 선진국의 종자코팅 업체들도 자회사의 이익보호 측면에서 코팅물질과 공정방법의 know-how는 대부분이 대외비로 하고 있다. 따라서 이에 상응하는 기술료를 매년 지불하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 외화절감과 국내의 종자 코팅기술의 제고를 위해서 자체적인 기술 개발이 필요한 시기이다.

코팅종자는 토양의 발아 미세 환경을 개선시킬 수 있는 경제적인 종자처리법이다. 현재 우리 나라의 농업은 급속한 산업화로 농촌의 노동력이 부족한 상태이고, 노동 임금이 급격히 상승되고 있어 작물재배의 생력화가 절실히 요구된다. 옥수수, 콩 등과 같이 크기가 크고 형태가 균일한 종자는 파종기를 이용하여 직파재배가 가능하지만 미세한 종자는 파종에서 육묘를 거쳐 포장에 모를 정식하기까지 여러 단계를 거쳐야 하므로 육묘단가 상승하게 된다.

코팅종자에 영양물질 첨가하는 것은 종자의 영양물질 흡수를 증대시키고, 영양경합 원인 잡초의 영양물질 흡수를 최소화하여 발아에 이은 유묘생장을 향상시킬 수 있으므로 영양물질이 종자에 근접되어 토양시비보다는 흡수효율을 3~4배 높일 수 있는 장점이 있다.

코팅종자는 발아측면에서 불 때 종자표면에 여분의 피복물질에 의하여 산소공급이 억제되어 발아가 지연되고 발아율이 저하되기 쉽다. 따라서 본 연구는 코팅종자의 발아지연 문제를 해결하기 위한 방안으로 코팅종자에 생장조절제와 영양물질을 첨가하여 발아성을 검정하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

코팅공정중 성장조절제 및 영양물질 첨가가 당근 코팅종자의 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 채종한 후 1년 경과된 춘파용인 '이나리', '만산 5촌' 및 추파용인 '하루방', '비바리' 종자를 사용하였다. 성장조절제 gibberellic acid( $GA_3$ )의 처리농도는  $50mg \cdot L^{-1}$  및  $100mg \cdot L^{-1}$ 였고, 영양물질로는 MS medium과 Hoagland's solution을 표준농도와  $\frac{1}{2}$  농도로 조성하였다. 코팅공정중 성장조절제 및 영양물질 첨가방법은 접착제(2%)에 희석용해한 각각의 성장조절물질과 영양물질을 분무하면서 코팅하였다. 이때 사용된 코팅 피복물질은 diatomaceous earth였다. 기타 코팅공장 방법은 제 7절에서 보는 바와 같다.

## 3. 결과 및 고찰

크기가 작은 당근 종자를 기계화 파종하기 위해서는 크기를 증가시키는 코팅작업이 필요하다. 하지만 크기를 증가시킨 코팅종자는 나종자보다 출현속도가 지연되는 단점이 있었다. 이러한 문제점을 해결하고자 SMP 처리로 종자활력을 증진시킨 후 코팅하면 나종자와 근접하는 발아력을 유지할 수 있었다. 이외에도 발아대사 활성을 촉진시킬 수 있는 물질을 코팅종자에 첨가한다면 발아지연 문제를 해결할 수 있을 것이다. 이러한 목적으로 본 실험에서는 코팅종자의 발아성을 증진시키고 더 나아가 유묘의 초기 성장을 향상시킬 목적으로  $GA_3$  및 영양물질을 코팅공정중에 첨가하여 그 효과를 검정하였다.

표 2.12.1은 춘파용인 '이나리'와 '만산' 품종에서  $GA_3$ 와 영양물질을 코팅종자에 첨가하여 발아율을 조사한 결과이다. 코팅에 첨가되는 영양물질의 종류에 따라 발아율과 발아속도에는 차이가 있었다.  $GA_3$ 가 첨가된 코팅종자는 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 10% 이상의 높은 발아율을 보였고, 발아속도도 단축되어 조기발아를 유도하

였다. 그러나 MS medium과 Hoagland's solution를 첨가한 코팅종자는 이들 물질을 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 뚜렷한 발아율 향상 효과는 없었다.

발아속도인  $T_{50}$ 과 MDG 및 MGT도 첨가되는 영양급원에 의해 차이를 보였는데, 대체적으로  $GA_3$ 가 MS medium이나 Hoagland's solution를 첨가한 경우보다 발아가 촉진되었다. 그러나 영양물질의 첨가농도에 따른 발아율에는 큰 차이가 없었으나, 발아속도는 영양물질의 첨가 농도가 높을수록 지연되었다.

추과용 '하루방'과 '비바리' 품종을 코팅할 때  $GA_3$ 와 영양물질을 첨가하여 발아성을 조사한 결과  $GA_3$ 를 코팅종자에 첨가하면 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 발아율이 '하루방'에서는 10%, '비바리'에서는 7% 증진되었다.  $GA_3$ 가 첨가된 코팅종자는 발아촉진에도 유효하였는데, '하루방'에서는 2.3일, '비바리'에서는 0.2일의  $T_{50}$ 를 단축시켰다(표 2.12.2).

본 실험에 사용된 추과용 품종 중 '하루방'은 비교적 활력이 높았으나, '비바리'는 70% 이하의 낮은 발아율을 보였다. 이와 같이 활력이 낮은 '비바리' 종자를 발아 활성을 촉진하는 성장조절제와 영양물질을 첨가하여 코팅종자의 발아증진을 모색하였으나, 그다지 효과적이지 못했다. 따라서 코팅종자에 성장조절제와 영양물질 첨가는 저활력 종자보다는 고효력 종자에서 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

'하루방'에서는 MS medium과 Hoagland's solution를 첨가한 코팅종자는 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 발아율이 다소 향상되는 경향이었으나 '비바리'에서는 오히려 감소되는 경향을 보였다. 영양물질 첨가된 코팅종자의 발아속도는 품종에 따라 그 효과가 달라, '하루방'에서는  $T_{50}$ 이 1.5일 단축되었으나, '비바리'에서는 0.3일 단축에 불과하였다. 코팅종자에 첨가되는 영양물질 중 발아율과 발아속도를 고려하였을 때 MS medium이 Hoagland's solution보다 좋았다.

종자 코팅에 영양물질의 첨가는 연구자에 따라 효과적이었다는 보고와 발아를 억제하였다는 상반된 보고가 있다. 라이그래스에서 인산을 코팅종자에 첨가하면 생장율이 2~4배 증가되었고(Varth와 Clifford, 1973a), 상추(Sharples와 Genty, 1980)에서도 소

량의 인산을 첨가시켜 코팅하면 수확량이 증가되었다고 하였다.

반면 고농도의 영양물질을 첨가한 코팅종자는 발아가 억제되며, 특히 농축된 가용성 비료에서 발아억제 정도가 높았는데(Scott, 1975b), 영양물질이 첨가된 코팅종자에서 발아가 억제되는 원인은 영양물질의 삼투작용에 의한 것이라고 하였다(Uhvis, 1946). Scott(1982)는 수용성 인산급원인 monocalcium phosphate를 코팅과정중 첨가하면 발아가 억제되었으나, 비료성분의 분해가 늦은 지효성과 불용성인 인산급원을 첨가하면 발아억제 현상이 경감되었다고 하였다.

본 연구에서 영양물질 첨가된 코팅종자에서 발아 촉진 효과가 낮았던 원인은 영양물질에 의해 수분포텐셜이 낮아져 종자의 수분흡수가 억제된 것에 기인한 것으로 보여진다. 따라서 코팅종자에 첨가되는 영양물질의 적정농도가 구명되면 발아한 유묘가 영양물질을 흡수하여 초기생육을 향상시킬 수 있을 것이며, 경제적 측면에서도 입모를 확보하기까지 투입되는 비료절감 효과도 기대할 수 있을 것으로 예측된다.

춘과용 2품종과 추과용 2품종을 공시하여 코팅종자에 성장조절제와 영양물질을 첨가하여 발아성을 조사한 결과 GA<sub>3</sub>를 첨가하면 공시된 전 품종에서 발아율이 향상되었고, 조기발아하였다. 최적 처리는 농도는 100 mg · L<sup>-1</sup>였다.

이와 유사한 결과는 선행연구에서도 보고된 바 있는데, 지베렐린(GA<sub>3</sub>)를 첨가하여 priming 처리된 상추, 명아주 종자는 발아가 촉진되었고 고온에서도 2차휴면이 유발되지 않았다고 하였다(Khan과 Karssen 1980; Khan과 Samimy 1982). 상추에서도 10mM의 에스폰, 10mM 에스폰 + 0.01mM 카이네틴을 첨가하여 priming 처리된 종자는 고온인 35°C/25°C 및 37°C/30°C에서 높은 묘출현율을 보였다고 하였다(Prusinski 약 Khan, 1992). 이와 같이 종자처리 과정에서 성장조절제를 첨가하면 발아 활성을 촉진하는 것으로 집약된다.

본 실험에서는 코팅과정중에 성장조절물과 영양물질을 첨가하여 발아반응을 검정하였으나, 성장조절제나 영양물질에 종자를 미리 전처리한 후 코팅한다면 발아촉진 효과가 더욱 높아질 것으로 보여진다.



Table. 2.12.1. Effect of nutrients incorporated into the coating binder on germination, T<sub>50</sub>, MDG and MGT of 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds at 25°C.

Seed coating treatment <sup>z</sup>	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
Coated + GA <sub>3</sub> 50 mg · L <sup>-1</sup>	80.7	5.7	7.2	6.5
Coated + GA <sub>3</sub> 100 mg · L <sup>-1</sup>	84.5	5.4	7.8	6.4
Means	82.5	5.6	7.5	6.2
Coated + MS medium	82.6	5.8	7.4	6.8
Coated + MS medium ½	78.4	6.4	6.9	6.9
Means	80.5	6.1	6.6	6.9
Coated + Hoagland's solution	74.5	5.9	6.3	7.1
Coated + Hoagland's solution ½	77.9	6.3	6.7	6.3
Means	76.2	6.6	6.5	6.7
Coated	72.4	6.9	6.9	7.4
LSD.05	4.3 <sup>y</sup>	0.2	0.2	0.3
<i>'Mansan'</i>				
Coated + GA <sub>3</sub> 50 mg · L <sup>-1</sup>	82.7	5.3	7.7	5.9
Coated + GA <sub>3</sub> 100 mg · L <sup>-1</sup>	86.3	4.7	7.5	5.8
Means	84.5	5.0	7.6	5.9
Coated + MS medium	72.4	5.4	6.4	6.5
Coated + MS medium ½	76.7	5.2	6.8	6.2
Means	74.5	5.3	6.6	6.4
Coated + Hoagland's solution	70.5	5.8	6.1	6.8
Coated + Hoagland's solution ½	72.2	4.9	6.4	6.5
Means	71.4	5.4	6.3	6.7
Coated	64.7	6.8	5.8	7.1
LSD.05	4.8	0.3	0.2	0.3
Significances				
Cultivar (A)	NS <sup>x</sup>	*	NS	NS
Nutrient compound (B)	**	***	**	**
Nutrient conc. (C)	NS	**	**	**
A × B	*	*	*	*
A × C	NS	NS	NS	NS
B × C	*	**	**	*
A × B × C	NS	*	NS	NS

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

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

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

Table. 2.12.2. Effect of nutrients incorporated into the coating binder on germination, T<sub>50</sub>, MGT and MDG of 'Harubang' and 'Vibari' carrot seeds at 25°C.

Seed coating treatment <sup>z</sup>	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG	MGT (days)
<i>'Harubang'</i>				
Coated + GA <sub>3</sub> 50 mg · L <sup>-1</sup>	83.5	5.0	7.6	7.3
Coated + GA <sub>3</sub> 100 mg · L <sup>-1</sup>	86.1	4.9	7.8	6.8
Means	84.8	5.0	7.7	7.1
Coated + MS medium	78.3	5.7	7.1	7.1
Coated + MS medium ½	80.0	6.1	7.3	7.5
Means	79.2	5.9	7.2	7.3
Coated + Hoagland's solution	81.2	5.6	7.4	6.4
Coated + Hoagland's solution ½	77.6	6.0	7.1	6.0
Means	79.4	5.8	7.3	6.2
Coated	74.4	7.3	6.2	7.4
LSD.05	5.6 <sup>y</sup>	0.3	0.4	0.4
<i>'Vibari'</i>				
Coated + GA <sub>3</sub> 50 mg · L <sup>-1</sup>	67.8	5.7	6.2	7.9
Coated + GA <sub>3</sub> 100 mg · L <sup>-1</sup>	72.1	7.4	5.6	8.8
Means	69.9	6.6	5.9	8.4
Coated + MS medium	58.3	6.3	5.3	7.0
Coated + MS medium ½	56.0	6.0	5.1	6.9
Means	57.1	6.2	5.2	7.0
Coated + Hoagland's solution	65.7	6.5	6.0	7.2
Coated + Hoagland's solution ½	53.7	6.3	4.9	7.7
Means	59.7	6.4	5.5	7.5
Coated	64.6	6.8	5.2	7.4
LSD.05	6.8	0.2	0.4	0.4
Significances				
Cultivar (A)	** <sup>x</sup>	**	**	**
Nutrient compound (B)	*	**	***	**
Nutrient conc. (C)	†	**	*	*
A × B	*	*	*	*
A × C	NS	NS	*	*
B × C	*	*	*	*
A × B × C	NS	NS	NS	NS

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

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

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

## 제 3 장 기계화 파종에 의한 생산기술 개발

### 제 1절 서 설

농산물의 수입 개방화에 대응하여 국제 경쟁력을 갖춘 고품질, 고부가가치 농산물을 생산하기 위해서는 작물재배 환경을 적극적으로 조절할 수 있는 기술집약적 및 노동절약적 재배법 확립이 절실하게 요구되고 있다. 종자의 priming과 solid matrix priming 처리는 발아율 향상, 발아기간의 단축, 묘출현의 균일성 향상 및 수량을 증진시킬 수 있는 종자처리이다. 그러나 이러한 발아촉진 처리들은 불량환경 조건에서 발아력을 증진시키는 긍정적인 효과는 있으나, 기계화 파종과 같은 생력재배에 기여하는 효과는 적다.

코팅종자는 기계화 파종이 가능하여 노동력 부족 문제를 완화시킬 수 있고, 우량묘를 생산할 수 있는 이점으로 선진외국에서는 이에 관한 많은 연구가 진전되어 이미 일부작물에서는 산업화에 성공하였다. 당근은 경제성이 높은 원예작물이지만 종자 크기가 불균일하고 미세하여 기계화 파종이 어렵다. 그러나 당근종자를 코팅한다면 파종작업을 기계화하여 인력 의존도를 낮출 수 있는 생력재배가 정착될 수 있을 것이다.

코팅종자를 이용하여 기계화 파종을 통한 생력 재배기술법 확립은 비단 당근에만 국한되지 않고 더 나아가 경종작물, 원예작물을 비롯한 일부 공예작물까지도 적용될 수 있을 것이다. 코팅종자는 종자표면에 물질을 입힘으로써 발아 측면에서 볼 때 발아가 지연되고 발아율이 저하되는 등의 결점이 나타날 수 있으나, 코팅물질에 발아촉진제를 첨가하거나 발아촉진 처리된 종자를 코팅함으로써 발아지연 문제도 해결될 수 있어 코팅종자의 실용화 전망은 밝다고 할 수 있다.

WTO체제하에서 국내종자 시장은 이미 개방되었고 외국 종묘업체의 국내진출도

목전에 와 있는 현재 선진국들은 종자처리 기술에 대한 지적재산권을 국제적으로 보장 받으려 하고 있다. 선진국에서는 이미 축적되어 있는 코팅기술을 토대로 고품질의 코팅종자를 개발도상국으로 수출하고 있다.

우리 나라에서도 근년에 들어 종자코팅 분야로 관심을 보이고 있으나, 선진국의 기술을 답습하는 모방형 기술발전의 안이한 접근방식은 미국의 슈퍼 301조의 위력과 UR 협상 등으로 근본적으로 봉쇄 당할 수 밖에 없는 입장에 놓여 있다.

따라서 모방형 기술개발을 택하지 못한다면 독자적으로 코팅기술 개발하는 것이 문제 해결의 요체이다. 이러한 관점에서 국내에서 독자적으로 개발된 코팅기술의 확보는 선진국의 경쟁에서도 핵심 무기화 될 수 있고 외국으로 기술이전시에는 로열티도 확보할 수 있어 외화획득에도 일익을 담당할 것으로 보인다.

이렇듯 코팅종자가 지닌 많은 장점이 있음에도 불구하고 실용화되지 않는 근본적인 원인은 국내의 코팅기술 수준이 낮다는 데에 있으며, 또한 코팅종자에 적합한 품종, 파종간격 및 파종깊이 등 제반 재배요인들이 확립되지 않은 원인도 배제할 수 없다. 따라서 본 연구는 당근의 기계화 파종에 의한 생력재배법을 정착시키기 위해 (1) 코팅종자의 파종방법을 개발하고, (2) priming 처리된 종자를 코팅하여 발아력 증진을 모색하며, (3) 코팅종자에 적합한 품종을 선발하기 위해 수행되었다.

## 제 2 절 코팅배율에 따른 발아성

### 1. 서언

종자코팅은 미세분말의 점토, 규조토, 피트모스 등의 무기물 또는 유기물로 종자를 피복하여 종자의 크기를 증가시키거나 표면을 부드럽게 한 것이다.

종자코팅은 유해균과 곤충의 피해로부터 종자를 보호하기 위해 개발되었으나, 최근에는 근류균의 보호, 영양물질의 공급, 조류나 쥐의 피해로부터 보호, 식물생장조절제 공급, 수분흡수력 증진, 산소공급, 발아촉진 유도, 발아지연 유도, 종자무게 및 크기의 증가, 선택성 제초제 및 해독성 제초제 공급 등 그 범위가 다양하다.

나종자에 대한 코팅종자의 중량 배율이 코팅 배율인데, 코팅 배율이 낮으면 직경이 작은 코팅종자가 생산된다. 직경이 작은 코팅종자는 발아는 빠르나, 경도가 낮아 수송이나 파종작업중에 코팅층이 파열되기 쉽다. 그러나 코팅배율이 높고 경도가 강해지면 발아율이 저하되고 발아속도는 지연된다. 고품질의 코팅종자는 전체적인 외관이 구형이면서 수송과 기계화 파종에 견딜 수 있는 경도를 유지하여야 한다. 코팅종자의 경도는 SS형과 S형은 200~300g, L형은 300~500g, LL형은 400~600g, LLL형은 400~600g일 때가 발아를 크게 억제하지 않으면서 기계화 파종에 적합한 경도라고 알려져 있다.

본 연구는 코팅 직경에 따른 발아성을 검정하여 기계화 파종에 적합한 코팅직경을 설정하기 위해 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

공시품종은 춘파용 '이나리', '만산' 및 추파용 '하루방'과 '비바리' 였다. Diatomaceous earth를 피복물질로 사용하여 코팅하였다. 기타 코팅공정 방법은 2장 제 6절에서 보는 바와 같다. 코팅 종자의 크기가 발아율에 미치는 영향을 조사하기 위하

여 코팅종자의 직경을 캘리퍼를 사용하여  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$ ,  $2.5\sim 3.0\text{mm}$ ,  $3.0\sim 3.5\text{mm}$ ,  $3.5\sim 4.0\text{mm}$  및  $4.5\sim 5.0\text{mm}$  범위로 분류하였다. 코팅종자의 발아실험은 페트리디쉬(9 cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 넣고 완전임의배치 3반복으로 50립씩 치상하여 암상태의  $25^{\circ}\text{C}$  항온기에서 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 3.2.1은 춘파용 2품종과 추파용 2품종을 공시하여 직경을 달리한 코팅 종자의 발아성을 검정한 결과이다. 코팅종자의 직경에 따라 발아율과 발아속도에는 현저한 차이가 있었다. 공시된 전 품종에서 코팅종자의 직경이 증가할수록 발아율은 감소되었고, 발아속도는 지연되었다.

춘파용 품종인 '이나리' 에서  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$  크기로 코팅된 종자는 발아율이 83%였고, 발아속도인  $T_{50}$ 과 MGT는 각각 6.6일과 7.1일이 소요되었다. 이에 반해  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 로 코팅된 종자는 66%의 발아율을 보였고,  $T_{50}$  및 MGT가 각각 8.1일 및 8.9일이 소요되었다. 이러한 결과는  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$ 로 코팅된 종자에 비해 발아율은 16.4% 감소되었고,  $T_{50}$  및 MGT는 각각 1.6일 및 1.8일이 지연되는 결과였다.

'만산' 품종에서도  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$  직경으로 코팅된 종자는 80.4%의 발아율을 보였고  $T_{50}$ 은 6.4일이 소요되었으나,  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$ 로 코팅된 종자는 66.0%의 낮은 발아율을 보였고,  $T_{50}$ 도  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$  직경으로 코팅된 종자보다 1.9일이 지연되었다.

추파용인 '하루방과' '비바리'에서도 춘파용과 유사한 경향을 보였는데,  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$  와  $\phi 2.5\sim 3.0\text{mm}$ 도 코팅하면 원활한 발아율을 보였으나, 직경을 증가시킨  $\phi 4.5\sim 5.0\text{mm}$  코팅종자들은  $\phi 2.0\sim 2.5\text{mm}$ 에 비해 발아율이 20% 감소하였고,  $T_{50}$ 도 1.3일~2.5일이 지연되었다.

이와 같이 직경이 작은 코팅종자 일수록 높은 발아력을 유지하였으나, 직경이 클수록 발아율이 감소하였고 발아속도는 지연되었다. 그 원인은 발아에 필요한 산소와 수

분 공급을 두꺼운 코팅층이 차단한 것에 기인된 것으로 보여진다.

Table 3.2.1. Percent germination, T<sub>50</sub> and MGT of carrots at 25°C as affected the by the diameter of coated seeds.

Coating diameter <sup>z</sup> (mm)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)
<i>'Inari'</i>			
2.0 ~ 2.5	82.5	6.55	7.12
2.5 ~ 3.0	74.1	6.72	7.22
3.0 ~ 3.5	76.8	7.24	7.86
3.5 ~ 4.0	70.5	7.85	8.32
4.5 ~ 5.0	66.1	8.12	8.88
Uncoated	84.8	4.12	4.67
LSD(0.05)	4.6 <sup>y</sup>	0.56	0.52
<i>'Mansan'</i>			
2.0 ~ 2.5	80.4	6.44	6.88
2.5 ~ 3.0	82.0	6.66	7.12
3.0 ~ 3.5	74.2	7.06	7.78
3.5 ~ 4.0	70.3	7.44	8.08
4.5 ~ 5.0	66.0	8.34	8.92
Uncoated	84.4	4.56	5.22
LSD(0.05)	5.6	0.66	0.61
<i>'Harubang'</i>			
2.0 ~ 2.5	84.3	6.12	6.75
2.5 ~ 3.0	80.0	5.72	6.24
3.0 ~ 3.5	82.2	6.76	7.24
3.5 ~ 4.0	70.3	6.42	6.85
4.5 ~ 5.0	62.8	7.38	7.92
Uncoated	86.2	3.62	4.08
LSD(0.05)	4.8	0.42	0.56
<i>'Vibari'</i>			
2.0 ~ 2.5	72.3	6.35	6.92
2.5 ~ 3.0	72.0	6.52	7.24
3.0 ~ 3.5	62.2	6.66	7.38
3.5 ~ 4.0	60.3	7.45	8.04
4.5 ~ 5.0	56.0	8.82	9.48
Uncoated	76.2	4.42	5.12
LSD(0.05)	4.1	0.41	0.43
Significances			
Cultivar (A)	*	NS	NS
Coating size (B)	**	**	*
A × B	*	*	*

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

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

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

일본의 경우 코팅직경을 작물에 따라 분류하여 코팅 직경이 1.5~2.0mm일 때 SS형, 2.0~3.0mm일 때 S형, 2.5~3.5mm일 때 L형, 3.5~4.5mm일 때 LL형, 4.5~6.0mm일 때 LLL형으로 구분하고 있다. SS형에 속하는 작물은 샐러리, 페추니아, 릭 등이며, S형에 속하는 작물은 상추, 파슬리, L형은 상추, 배추, 양배추, 당근이며, LL형은 파, 양파, 토마토, 가지, LLL형은 무, 오이, 고추등이 포함된다고 하였다.

당근 코팅 종자에서 기계화 파종에 적합한 직경은 3.5~4.5mm 정도라고 알려져 있으나, 본 실험에서는 2.5~3.0mm 직경으로 코팅된 종자는 높은 발아력을 보였으나, 기계화 파종하기에는 크기가 작았고, 기계화 파종을 감안한다면 3.0~3.5mm 직경으로 코팅하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



## 제 3 절 코팅종자의 파종방법 개발

### 1. 서언

당근종자는 형태가 불균일하고 크기가 작아 기계화 파종이 어렵고, 인력에 의존하여 파종할 경우 종자 소요량이 많을 뿐만 아니라 파종밀도도 불균일하여 발아 후 묘소질이 떨어진다. 코팅종자는 종자표면에 발아에 영향을 주지 않는 미립화한 물질을 피복하여 종자 크기를 증가시킨 것이다. 코팅종자를 만드는 가장 큰 목적은 파종의 기계화에 있으며, 파종이나 모숙음 작업의 노력을 절감함과 동시에 모숙음 작업을 할 때 발생하는 묘의 상처를 줄이는데 있다.

따라서 생산자는 파종의 기계화로 인력 의존도를 줄이는 생력재배가 가능하게 되었다. 이러한 연유로 선국외국에서는 코팅종자의 수요가 매년 증가하는 추세에 있으나, 우리나라의 대부분의 당근 재배농가들은 아직까지도 나종자를 인력에 의존하여 파종하고 있다. 코팅종자가 지닌 많은 이점에도 불구하고 인력에 의존하여 나종자를 파종하고 있는 근본적인 원인은 코팅종자의 지닌 장점에 대한 인식부족과 코팅종자들이 나종자에 비해 가격이 비싸고, 발아와 출현이 지연되는 데에 기인하는 것으로 보여진다. 그러나 코팅종자의 출현율을 높일 수 있는 파종방법과 파종기기 등 제반여건들이 확립되면 코팅종자의 수요는 지속적으로 증가될 것으로 판단된다.

코팅종자에서 크기 증가를 위해 사용된 피복물질들은 산소나 수분공급을 제한하는 요인이며, 발아시에는 유근신장을 억제하는 기계적 장벽이다. 파종깊이도 코팅종자의 발아성에 관여하는 요인으로 깊게 파종하면 유근신장을 억압하는 물리적 저항이 증가하게 된다. 따라서 코팅종자가 출현되기 위해서는 코팅 피복물질과 복토에 의해 부가된 물리적 저항을 극복하여야만 한다.

본 연구는 코팅종자의 출현율을 향상시킬 수 있는 파종깊이 및 파종간격을 규명하고 적정 파종입수를 설정하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 파종깊이, 파종간격 설정

공시품종은 '이나리' 였고 diatomaceous earth를 피복물질로 사용하여 코팅하였다. 코팅종자가 파종된 포장조건은 당근 생육에 적합한 사질양토 였으며, 밑 거름으로 10a 당 퇴비 3,000 kg, N: P :K(20: 15: 17 kg) 및 석회 60 kg을 시비하였다. 이때 토양의 pH는 5.7이였고, EC는 624 $\mu$ s 였다.

파종간격이 코팅종자의 묘출현에 미치는 영향을 조사하기 위해 10(주간)  $\times$  18cm (조건), 15  $\times$  18cm, 20  $\times$  18cm 및 25  $\times$  18cm로 달리하여 묘출현을 조사하였다. 또한 코팅종자에 적합한 파종깊이를 설정하기 위해 1cm 및 3cm 깊이로 파종하여 묘출현율을 조사하였다. 실험 수행은 2000년 4월 22일과 2001년 4월 20일에 파종하여 2년간 성적을 비교하였다.

### 나. 입모확보를 위한 적정 파종입수 설정

코팅 종자의 효율적인 파종입수 설정을 위해 코팅종자를 1립, 2립, 3립 및 4립씩 파종하여 입묘율을 조사하였다. 이때 파종간격은 25  $\times$  18cm, 파종깊이는 1cm였으며, 포장조건은 위의 실험과 동일하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 파종깊이, 파종간격 설정

파종간격은 작물의 생육과 생산성에도 관여하는 요인이다. 파종간격이 너무 넓으면 양분흡수량이 증대되어 초기생육을 향상시킬 수 있으나, 단위면적당 재식본수가 감소되어 수확량은 감소된다. 이에 비해 재식밀도가 높으면 생산성은 증가하나 초기생육이

부진하고, 고품질의 생산물을 확보하기가 어렵다.

표 3.3.1은 포장조건에서 코팅종자의 파종간격을 달리하여 적정 파종간격을 설정한 실험이다. 파종간격에 따라 묘출현율, 묘출현속도에는 큰 차이는 없었다. 그러나 파종간격을 10cm로 밀식한 것이 15cm, 20cm 및 25cm 간격으로 파종한 것보다 묘출현율이 높았으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 10cm 간격의 밀식은 묘출현속도도 빠르고 출현율도 좋았으나 후기에는 솟음작업이 필요할 것으로 예상된다.

Table 3.3.1. Effect of planting space on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), mean number of days to emergence(MDE), and mean emergence time(MET) of coated 'Inari' carrot seeds under field conditions.

Planting space (cm)	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 spring</i>				
10 × 18	78 a <sup>z</sup>	10.7 a	3.9 a	12.3 a
15 × 18	75 a	11.9 a	2.8 a	13.1 a
20 × 18	72 a	11.2 a	2.7 a	12.0 a
25 × 18	73 a	11.0 a	3.5 a	11.5 a
<i>2001 spring</i>				
10 × 18	71 a	12.5 b	3.6 a	12.9 b
15 × 18	75 a	12.9 ab	3.8 a	13.4 a
20 × 18	69 a	14.7 a	3.4 a	14.2 a
25 × 18	74 a	13.0 a	3.5 a	13.5 a

Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>z</sup> Means in columns within each sowing year are separated by DMRT, at  $P = 0.05$ .

표 3.3.2 코팅종자의 파종깊이를 1cm와 3cm로 달리하여 묘출현율과 출현속도를 조사한 결과이다. 코팅종자는 기계화 파종을 위해서 종피에 피복물질을 첨가하여 크기를 증가한 것이다. 코팅종자는 종피에 부가된 피복물질에 의해 산소와 수분공급이 부분적으로 차단되어 발아가 나종자에 비해 지연되었다. 종피를 에워싸고 있는 코팅 피복물질과 복토 두께는 유근의 출현을 억제하는 기계적 장벽이며, 코팅종자가 출현되기 위해서는 부가된 물리적 저항을 극복해야만 한다.

표 3.3.2에서 볼 수 있듯이 코팅종자는 파종깊이에 따라 묘출현율과 묘출현속도가 달랐다. 코팅종자를 1cm 깊이로 파종한 것이 3cm 깊이로 파종한 것보다 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나 묘출현속도가 빨랐다. 따라서 코팅종자를 조기출현을 유도하기 위해서는 1cm 깊이로 파종이 좋을 것으로 판단된다.

Table 3.3.2. Effect of planting depth on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), mean number of days to emergence(MDE), and mean emergence time(MET) of coated 'Inari' carrot seeds under field conditions.

Seed treatment <sup>z</sup>	Planting depths (cm)	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 spring</i>					
Coated	1	75 b <sup>y</sup>	11.2 a	2.7 b	12.0 b
Coated	3	72 b	11.9 a	2.8 b	13.1 a
Uncoated	1	96 a	8.7 b	4.6 a	9.5 c
Uncoated	3	93 a	9.4 a	4.5 a	11.5 b
<i>2001 spring</i>					
Coated	1	78 a	10.5 a	3.9 b	12.2 a
Coated	3	70 a	11.3 a	3.5 b	12.0 b
Uncoated	1	64 a	8.4 b	3.8 a	9.4 c
Uncoated	3	72 a	9.2 a	3.7 a	10.2 b

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

<sup>y</sup> Means in columns within each sowing are were separated by DMRT, at  $P = 0.05$ .

#### 나. 입모확보를 위한 적정 파종입수 설정

표 3.3.3은 파종입수에 따른 유묘출현 양상을 검정하여 적정 파종입수를 설정하고자 하였다. 파종입수가 많을수록 묘출현율이 높았다. 이는 당근 재배농가에서 관행적으로 실시하고 있는 묘출현 양상과 동일하였다. 대부분의 당근재배 농가들은 인력에 의존하여 많은 양의 종자를 파종하고 있는데, 이는 직파작물이므로 묘출현 후 솟음작업을 통하여 부실한 묘를 제거하는 이점도 있다. 그러나 근본적인 이유는 종자의 발아율이 저조하여 다량의 종자를 파종함으로써 적기에 입모를 도모하기 위한 자구책이다.

본 실험에서도 코팅종자의 파종입수가 증가함에 따라 입모율이 향상됨을 알 수 있었

다. 따라서 종자 전처리를 통하여 발아잠재력을 증진시킨 후 코팅한다면 소비되는 종자량을 절감할 수 있을 것으로 판단된다(표 3.3.3).

Table 3.3.3. Effect of planted seed number per hole on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), and mean number of days to emergence(MDE) and mean emergence time(MET) of coated 'Inari' carrot seeds under field conditions.

Seed number per hole	Emergence (%)	$T_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 spring</i>				
1	59 b <sup>z</sup>	12.4 a	2.2 b	13.4 a
2	71 b	12.3 a	2.7 b	12.8 a
3	79 ab	11.4 b	3.0 ab	11.9 b
4	98 a	9.6 c	3.7 a	10.4 c
<i>2001 spring</i>				
1	43 a	13.1 b	2.2 a	13.7 b
2	55 a	13.3 ab	2.8 a	13.9 ab
3	64 a	12.3 c	3.3 a	13.1 c
4	62 a	13.8 a	3.1 a	14.3 a

Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>z</sup> Means in columns within each sowing year are separated by DMRT, at  $P = 0.05$ .

## 제 4 절 Priming 종자의 코팅

### 1. 서언

여러 가지 종자 전처리들이 경종작물 뿐만 아니라 원예작물에서 신속하고 균일한 묘출현을 유도할 목적으로 사용되어 왔다. 고대 그리스 농부들은 발아율을 향상시키고 발아를 촉진시키기 위해 파종전에 종자를 물이나 우유 및 벌꿀에 침지하였고(Evanari, 1980), 17 세기경 러시아 농부들은 염 용액에 종자침지한 후 파종하기도 하였다(Yapparov와 Iskhakov, 1974). Osmo priming과 SMP 처리는 유근이 돌출되지 않은 범위내에서 발아의 초기단계를 완성시키는 종자처리이다. 두 처리의 차이점은 osmo priming은 액체용액의 삼투압 포텐셜에 의해, SMP는 고체 carrier의 매트릭포텐셜에 의해 처리종자의 수분흡수를 조절하는 것이다. 두 처리 모두 묘출현의 균일성과 신속한 묘출현을 유도하는 종자처리인데, 특히 불량환경 조건에서 그 효과가 명확하다(Knypl과 Khan, 1981; Weibe와 Muhyaddin, 1987). 그러나 이러한 종자처리들은 입묘 증진에는 유용하나, 기계화에 의한 정밀파종은 불가능하다. 미세하여 발아가 낮은 원예작물 종자를 신속하고 균일한 모를 출현시킬 수 있는 osmo priming 및 SMP의 장점과 기계화 파종이 가능한 코팅의 장점을 조합한다면 코팅종자의 부가가치를 높일 수 있을 것이며, 발아촉진 처리후 코팅된 당근종자는 균일한 파종깊이와 파종간격으로 근권생장도 균일해져 고품질의 생산물 확보도 가능할 것이다. 최근에는 여러 가지 생리적 종자처리와 비생리적 종자처리의 장점을 조합하여 발아와 입묘율을 극대화시키려는 방법 개발에 많은 연구가 진행되고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 기존의 제품보다 발아력이 증강된 고품질의 코팅종자를 생산하기 위해서 발아촉진 처리된 종자를 코팅하여 그 효과를 검증하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

공시품종은 춘파용인 '이나리'와 '만산' 및 추파용인 '비바리'와 '하루방' 종자였다. 코팅종자의 발아지연 문제를 해결하고자 발아를 촉진시킬 수 있는 osmo priming, SMP, GA<sub>3</sub> 및 hydropriming 처리된 종자를 코팅하여 발아성을 조사하였다. Osmo priming 처리는 -0.50 MPa PEG 8000 용액으로 20℃에서 3일간 처리하였다. SMP는 처리는 Micro Cel-E를 carrier로 사용하여 종자: carrier: 증류수 혼합비율을 5:3:10.5(w/w/w)로 조절하여 20℃에서 3일('만산') 및 5일간('이나리', '비바리', '하루방') 처리하였다. GA<sub>3</sub>와 hydropriming 처리는 각각 100mg · L<sup>-1</sup>의 GA<sub>3</sub> 및 증류수에 종자를 침지하였는데, 침지온도와 기간은 osmo priming과 동일한 20℃에서 3일간 처리하였다. 이와 같이 발아촉진 처리된 종자를 diatomaceous earth 피복물질로 코팅하여 20℃ 항온기에서 발아력을 검정하였다. 기타 코팅공장 방법은 2장 제 6절에서 보는 바와 같다.

## 3. 결과 및 고찰

Priming 처리는 종자의 발아력을 증진시키는데 주 목적이 있고 코팅처리는 종자 크기를 증가시켜 기계화 파종이 용이하도록 한 것이다. 이와 같이 코팅종자는 파종과 수음작업을 생력화시키는 장점이 있으나, 발아율이 감소될 수 있고 발아속도는 약간 지연된다. 따라서 발아력을 증진시킬 수 있는 priming 이점과 기계화 파종이 가능한 코팅의 이점을 조합한다면 코팅종자의 발아력 감소 문제를 극복할 수 있을 것이다.

표 3.4.1은 몇 가지 발아촉진 처리된 종자를 코팅하여 발아력을 검정한 결과이다. SMP 처리와 osmo priming 및 GA<sub>3</sub>로 전처리된 종자를 코팅하면 전 품종에서 전처리하지 않고 코팅한 종자보다 발아력이 향상되었다. 그러나 hydropriming 처리 후 코팅된 종자는 발아력의 증진효과가 없었다.

SMP 처리후 코팅된 종자는 모든 품종에서 다른 전처리 후 코팅된 종자보다 높은 발

아울을 보였는데, 단독으로 코팅된 종자에 비해 '이나리'에서는 14.2%, '만산' 22.5%, '비바리' 34.7%, '하루방'에서는 35.4%의 발아율 증진 효과가 있었다. 또한 발아촉진 효과도 단독으로 코팅된 종자에 비해 품종에 따라 차이는 있으나  $T_{50}$ 을 3.0일~3.5일 단축시켰다.

이러한 결과는 많은 점을 시사하고 있는데, 특히 SMP 처리를 가하여 발아잠재력을 증진시킨 후 코팅하면 나종자와 거의 동등한 발아율과 발아속도를 보여 코팅종자의 저조한 발아율 문제를 극복할 수 있다는 것이다.

Osmo priming 처리 후 코팅된 종자도 전처리를 가하지 않고 코팅된 종자에 비해 모든 품종에서 20%~30% 정도의 발아증진 효과가 있었고  $T_{50}$ 도 1일~3일 정도 단축시켰으나, SMP 처리후 코팅한 종자보다는 효과가 낮았다.

$GA_3$ 에 전처리한 후 코팅된 종자들도 높은 발아율을 보였으나, 그 효과는 osmo priming 처리된 종자를 코팅한 경우와 유사하였고, SMP 처리된 종자를 코팅한 것보다는 효과가 낮았다.

Priming과 종자코팅의 장점을 조합하려는 시도는 지난 20년부터 있어 왔다. 상추 종자를 35℃ 이상의 토양온도에서 파종하면 무처리 종자는 묘출현이 18~21%에 불과하였으나, priming 처리후 코팅함으로써 묘출현을 46~59%로 향상시킨 바 있다 (Valdes 등, 1985). 상추에서 priming 처리는 고온발아를 가능하게 하였으나, priming 처리된 종자를 코팅하면 저장기간을 연장시킬 수 있다고 하였다(Valdes와 Bradford 1987). 또한 토마토 종자를 priming + 코팅처리하면 단독으로 코팅한 종자보다 출현율은 향상되었으나 priming 처리보다는 그 효과는 낮았다고 하였다 (Bennett, 1988).

본 실험에서도 코팅종자들은 발아율이 낮았으나, 발아촉진 처리된 종자를 코팅함으로써 발아율을 증진시킬 수 있었다.



Table 3.4.1. Effect of various pretreatments before coating on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage( $T_{50}$ ), mean number of days to germination(MDG), and mean germination time(MGT) of coated carrot seeds.

Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
Coating	68	6.6	6.2	7.4
SMP + coating	83	3.1	7.4	3.7
Osmo priming + coating	78	5.2	6.9	6.2
GA <sub>3</sub> + coating	73	5.6	6.5	6.6
Hydropriming + coating	77	6.3	6.8	6.9
Untreated	87	3.8	7.9	4.2
LSD (0.05)	5.6 <sup>y</sup>	0.4	0.4	0.5
<i>'Mansan'</i>				
Coating	57	7.2	5.2	7.9
SMP + coating	79	4.3	7.2	5.0
Osmo priming + coating	83	4.6	7.5	5.2
GA <sub>3</sub> + coating	75	4.4	6.8	5.1
Hydropriming + coating	58	7.4	5.3	8.1
Untreated	78	4.1	7.1	4.8
LSD (0.05)	6.7	0.5	0.4	0.4
<i>'Vibari'</i>				
Coating	50	7.3	4.6	8.0
SMP + coating	85	4.1	7.7	4.7
Osmo priming + coating	81	4.2	7.3	4.7
GA <sub>3</sub> + coating	82	4.7	7.5	5.3
Hydropriming + coating	49	7.2	4.4	7.9
Untreated	84	3.5	7.6	4.2
LSD (0.05)	11.2	0.5	0.4	0.4
<i>'Harubang'</i>				
Coating	50	6.5	4.6	7.2
SMP + coating	86	3.5	7.8	4.2
Osmo priming + coating	77	4.2	7.0	4.8
GA <sub>3</sub> + coating	71	3.9	6.4	4.6
Hydropriming + coating	47	7.2	4.3	8.0
Untreated	87	3.2	7.9	4.0
LSD (0.05)	10.6	0.7	0.8	0.9

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Osmoprimered with -0.50 MPa PEG 8000 solution. Gibberellin(GA<sub>3</sub>) treatment with 100mg · L<sup>-1</sup>. Seeds were dark-treated at 20°C for 3 days and dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Seed coating with diatomaceous earth.

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

## 제 5 절 코팅종자의 착색 처리기술 개발

### 1. 서언

선진국의 당근 재배체계는 코팅종자를 이용하여 파종의 기계화를 이룸으로써 파종 노력과 묘숙음 작업을 단순화시킨 노력절감형 당근 생산체계가 정착되었다. 또한 코팅종자를 이용한 기계화 정밀파종은 종자소요량을 60% 이상 절감할 수 있어 저비용으로 고부가가치를 창출할 수 있다. 이에 비해 우리 나라의 당근재배는 파종에서부터 수확까지 작업을 대부분 인력에 의존하여 있어 생력재배법 확립이 절실하게 요구된다.

착색된 코팅종자는 화훼종자의 경우 꽃의 색깔, 채소종자에서는 소독처리를 상징한다. 또한 착색된 코팅종자는 품종간 구별이 용이하고 파종된 위치를 쉽게 식별할 수 있는 장점이 있다. 국내의 종묘업체 시판되고 있는 필름코팅 종자는 종자보호와 발아촉진을 위해 살균제, 살충제, 생물방제제 및 생장조절제가 첨가되어 종자의 원형을 유지시키면서 크기만 2% 증가시킨 것이다. 그러나 필름코팅에 사용되는 착색제의 대부분이 외국으로부터 수입에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 수입되는 착색제를 대체할 수 있는 물질을 탐색하고 코팅종자의 착색을 증진시키는데 연구의 주안점을 두었고, 아울러 착색제들이 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

공시품종은 '이나리' 였으며, 코팅착색제가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 사용된 색소는 Crystal Violet, Methyl Bule, Methyl Orange, Methyl Red 및 Sarfamine O 등을 포함한 6 종류였고, 이들 농도는 1.0% 였다. 실험 방법은 무처리 종자를 증류수 대신 코팅색소를 공급하여 발아력을 비교한 실험과 2% PVA 용액으로 색소를 용해하여 코팅공정 최종단계에 이를 분무하여 코팅색소가 발아에 미치는 영향을

20℃와 25℃에서 조사하였다. 이때 사용된 코팅 피복물질은 kaoline 이었다.

### 3. 결과 및 고찰

표 3.5.1은 코팅 착색제가 당근 종자의 발아율과  $T_{50}$ , MDG 및 MGT에 미치는 영향을 다양한 발아온도에서 조사한 것이다. 발아율과 발아속도는 코팅 처리간, 코팅 착색제 종류간 및 이들 요인상호간에 유의성을 보였다. 전반적으로 착색제로 코팅된 종자는 무처리 종자에 착색제를 공급한 것보다 발아율이 감소되었고 발아속도는 지연되었다.

코팅 착색제 중 crystal violet에서는 다른 착색제에 비해 발아율이 감소되었고 발아속도도 지연되었다. Methyl red는 발아율을 크게 억제하지는 않았으나, 발아속도가 지연되었다. 그외의 착색제에는 무처리 종자와 유사한 발아율과 발아속도를 보여 발아를 크게 억제하지는 않았다. 그러나 착색제로 코팅된 종자는 코팅하지 않고 무처리 종자에 착색제를 공급한 것에 비해 발아온도에 따라 차이는 있으나 대체적으로 발아율이 5~10% 정도 저하되었다. 이와 같이 착색제로 코팅된 종자에서 발아를 억제하는 주요 요인이 코팅층이며, 착색제 자체는 발아를 크게 억제하지 않는 것으로 보여진다.

국내의 종묘업체에서 시판하고 있는 필름 코팅종자에 사용되는 착색제는 전량 외국으로부터 수입에 의존하고 하고 있다. 본 연구에서 증명된 바와 같이 착색제들이 발아를 크게 저해하지 않았다. 따라서 지금까지 필름 코팅을 위해 수입되던 착색제를 본 연구에서 사용된 여러 가지 착색제로 대체할 수 있었다. 아울러 착색제로 코팅된 종자는 미관효과도 높일 수 있고, 토양색과 대비되는 색소를 첨가한다면 파종위치를 정확하게 식별 수 있는 장점이 있어 산업화 이어진다면 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3.5.1. Effect of seed coating colorants on percent germination, T<sub>50</sub> and MDG of 'Inari' carrot seeds.

Coating colorant	Non coated			Coated <sup>z</sup>		
	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MDG (days)
<i>Germinated at 15 °C</i>						
Crystal violet	75	7.2	8.1	68	9.3	10.2
Methyl blue	87	6.4	7.3	81	7.4	8.3
Methyl orange	97	5.7	5.9	88	7.7	8.7
Methyl red	93	9.7	10.2	87	12.2	13.1
Sarfamine O	83	6.7	7.5	83	8.3	9.5
Uncoated	97	5.7	6.5	97	5.7	6.5
LSD(0.05)	9.6 <sup>y</sup>	1.34	1.00	4.41	1.22	1.22
<i>Germinated at 20 °C</i>						
Crystal violet	73	5.3	6.1	71	6.8	7.6
Methyl blue	85	4.0	5.1	76	5.1	5.9
Methyl orange	95	3.6	4.4	81	5.2	6.1
Methyl red	91	6.6	7.2	83	7.2	8.2
Sarfamine O	87	4.0	5.2	78	6.9	7.6
Uncoated	90	4.1	4.5	90	4.1	4.5
LSD(0.05)	10.4	0.72	0.98	8.8	0.92	6.78
<i>Germinated at 25 °C</i>						
Crystal violet	77	4.9	5.5	72	5.5	6.1
Methyl blue	86	3.6	4.2	81	4.9	5.5
Methyl orange	93	3.2	3.8	85	4.7	5.3
Methyl red	93	4.6	5.3	83	6.2	6.9
Sarfamine O	86	5.2	5.8	80	6.1	6.8
Uncoated	93	3.5	4.1	93	3.5	4.1
LSD(0.05)	7.4	0.64	0.67	9.10	0.94	0.96
	Germination		T <sub>50</sub>		MDG	
Significance						
Seed coating(A)	*** <sup>x</sup>		***		***	
Colorants(B)	*		***		***	
A × B	**		***		***	

<sup>z</sup> Seed coating with kaoline.

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

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



Photo. 3.5.1. Appearance of coated carrot seeds with different coating colorants.

## 제 6 절 Seed sheet 종자의 파종 효율성

### 1. 서언

Seed sheet는 파종과 멀칭작업을 동시에 수행함으로써 파종노력과 제초작업을 간소화 할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이점으로 일본에서는 원예작물과 공예작물에서 seed sheet가 보편화 되어 있다. 국내에서는 참깨종자의 seed sheet가 실용화되고 있으며, 일부 약용작물까지 그 범위가 확대되고 있는 추세에 있다. Seed sheet가 지닌 이러한 유용한 이점을 뿌리채소인 당근에 적용시켜 그 가능성이 인정된다면 노력절감형 생력재배 정착에 크게 기여할 수 있을 것이다.

종자 테이프는 이미 40년전 일본에서 벼 직파를 목적으로 개발되었으나, 채소작물에서 먼저 실용화되었다. 종자 테이프의 개발 초기에는 테이프 재료로 종이가 사용되었는데, 종이는 토양에서 분해가 쉬울뿐만 아니라 발아를 억제하지 않는 장점이 있었다. 그러나 테이프 재료로 종이가 사용된 궁극적인 원인은 그 시대의 종자 테이프의 제작 기술 수준이 현재 사용되고 있는 15 micron 정도의 미세한 테이프를 제조할 수 없었기 때문이었다.

종자 테이프의 공정 과정은 테이프를 V자형으로 되게하여 종자 벨트를 이용해 종자를 일정간격으로 떨어뜨린 후 종자가 이탈되지 않도록 2개의 실이 결속되면서 종자 테이프가 완성된다. 최근 일본에서는 벨트 방식보다 더 진보한 기계가 발달하여 형태가 불규칙한 종자들도 균일한 간격으로 1립씩 결속되도록 하는 종자 테이프 생산도 가능해 졌다. 이러한 방법에 의해 생산된 종자 테이프는 2,000m~4000m, 3,000m~15,000m 규격화되어 시판되고 있다.

일본의 경우 생식용과 가공용 무의 30~40%, 양파는 70%, 우엉은 거의 전량이 종자 테이프로 파종되고 있으며, 그 수요는 매년 증가하고 있다. 그러나 국내에서는 seed sheet나 seed tape에 대해서 체계적인 연구는 없었다. Seed sheet는 파종효율을 높이고

제초나 숙음작업을 간소화하는 이점이 있으므로 기계파종의 새로운 대안책으로 제시 될 수 있다. 따라서 본 연구는 seed sheet를 당근재배에 정착시키기 위한 기초자료를 얻고자 seed sheet에 적합한 접착제 및 seed sheet에 부착되는 적정 종자입수를 설정 하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 접착제 설정

당근 seed sheet에 적합한 접착제를 선별하기 위해서 carboxymethyl cellulose(CMC), gum arabic, methyl cellulose(MC), polyvinyl alcohol(PVA 1500) 및 polyvinyl pyrrolidone(PVP 15000)를 사용하였고, 이들 접착제의 농도는 각각 5, 10, 12.5, 15, 20%(w/v)였다. 접착제의 종류와 농도가 sheet와 종자간의 결속성에 미치는 영향을 조사하기 위해 각각의 종류 및 농도를 달리한 접착제로 종자를 sheet에 부착하여 실온에서 3시간 건조시킨 후 2분간 원심분리(200 rpm)하여 최종적으로 sheet에 부착된 종자수를 조사하였다.

Seed sheet 제작은 멀칭비닐에  $\phi$ 20mm로 50공을 펀칭하여 펀칭된 공간의 가장자리에 종자를 부착시켰다. Seed sheet의 발아성 조사는 15℃와 20℃로 조절된 생장조절실에서 실시하였으며, 실험방법은 사각포트(30 x 25cm)에 페이퍼 타올을 2장 깔고 증류수를 공급하여 흡습시킨 다음 seed sheet를 치상하여 발아력을 검정하였다.

### 나. 종자입수 설정

공시품종은 '이나리'와 '비바리'였다. Seed sheet의 부착되는 종자입수가 입묘율에 미치는 영향을 조사하기 위해 멀칭비닐에  $\phi$ 20mm로 50공을 펀칭하여 가장자리에 2, 4, 6, 8립의 당근 종자를 부착하였다. 이와 같이 제작된 seed sheet를 상토(토실이)에 멀칭파종하여 입묘율을 조사하였다. 실험은 유리온실의 베드상에서 수행되었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 접착제 설정

Seed sheet는 현재 참깨와 더덕, 당귀와 같은 몇몇 약초 종자에서 산업화되고 있으며, 특히, 참깨종자의 seed sheet는 보편화되어 있다. Seed sheet에 사용되는 접착제의 역할은 종자를 sheet에 견고하게 부착시켜, 운반이나 파종중 sheet에서 종자가 이탈되지 않도록 하는데 있다. 또한 seed sheet에 사용되는 접착제들은 환경친화적이면서 발아를 억제하지 않아야 한다.

‘이나리’ 품종을 공시하여 seed sheet에 사용되는 접착제의 종류 및 농도가 seed sheet의 발아율과 발아속도 및 종자부착율에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3.6.1 및 표 3.6.2에서 보는 바와 같다.

Seed sheet에 사용되는 접착제의 종류에 따라 발아율과 발아속도에는 차이가 있었으나, 현저한 수준은 아니었다. 종자를 sheet에 부착시키기 위해 사용되는 접착제 중 polyvinyl pyrrolidone(PVP), polyvinyl alcohol(PVA), carboxymethyl cellulose(CMC), methyl cellulose(MC) 등은 발아력을 크게 저하시키지는 않았다. 그러나 gum arabic으로 종자를 접착시킨 seed sheet에서는 발아율이 감소하였다.

접착제의 농도에 의해 발아율과 발아속도에는 현저한 차이를 보였다. Seed sheet에 사용하는 접착제 종류에 관계없이 접착제 농도가 높으면 발아율은 감소하는 경향이었고, 발아속도는 지연되었다. 이러한 경향은 gum arabic에서 현저하였는데, 15℃와 20℃에서 말아시킨 두처리 종자의 발아율은 각각 88%와 87%였으나, 20%의 gum arabic으로 종자를 sheet에 부착시키면 발아율이 무처리 종자에 비해 24% 및 14% 감소되었다.

실용적인 seed sheet 접착제는 가격이 저렴하면서 발아를 억제하지 않는 것이 전제되어야 하며, 접착제의 역할은 기계화 파종이나 운반도중 sheet에서 종자가 이탈되지 않도록 하는데 있다.



Seed sheet 접착제의 종류 및 농도가 sheet에 부착된 종자의 결속도에 영향을 미쳤다. 전반적으로 CMC는 저농도인 5%에서도 다른 접착제에 비해 종자 부착성이 높았고, 10% 이상의 농도에서는 100%에 근접하는 종자 부착성을 보였다. MC도 처리농도에 관계없이 전반적으로 종자 부착성이 높았다.

그러나 gum arabic, PVA 및 PVP 등은 5%의 저농에서 종자 부착성이 60% 미만으로 낮았다. 이와 같이 sheet에 부착된 종자가 이탈되면 파종작업의 생력화를 기대할 수 없다.

따라서 이들 접착제들은 종자와 sheet간의 결속력을 향상시키기 위해서는 12.5% 이상의 농도로 사용하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

본 실험에서 당근 seed sheet에 적합한 접착제는 CMC 였는데, 처리농도가 높아질수록 발아속도가 약간 지연되는 경향을 보였으나, 12.5%로 처리하면 발아도 원활하였고 종자 부착성 높았다.

Table 3.6.1. Effect of seed sheet binders and their concentrations on percent germination, T<sub>50</sub>, MDG and adhesive percentage of 'Inari' carrot seeds.

Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	T <sub>50</sub> (days)	MGT (days)	Adhesive degree (%)
Carboxymethyl cellulose	5	83	7.6	8.0	80.8
	10	81	7.7	8.1	95.2
	12.5	84	7.6	8.1	99.6
	15	83	7.9	8.4	99.0
	20	85	7.9	8.7	100.0
Gum arabic	5	83	7.2	7.8	45.5
	10	79	7.1	7.8	66.4
	12.5	86	7.7	8.2	88.3
	15	78	7.5	8.1	96.5
	20	63	8.8	9.1	95.6
Methy cellulose	5	86	7.7	8.2	75.3
	10	82	7.8	8.3	88.0
	12.5	87	7.5	7.9	93.2
	15	82	8.3	8.9	98.3
	20	78	8.7	9.2	100.0
Polyvinyl alcohol	5	86	7.3	7.9	60.3
	10	83	7.2	7.8	78.0
	12.5	85	7.4	8.1	94.3
	15	89	7.6	8.2	92.3
	20	89	8.2	8.9	94.4
Polyvinyl pyrrolidone	5	91	7.2	7.5	55.0
	10	82	7.2	7.6	68.0
	12.5	86	7.1	7.5	88.0
	15	82	7.5	7.7	90.0
	20	86	7.7	8.2	92.0
Untreated		87	6.6	6.8	-
LSD (0.05)		10.1 <sup>z</sup>	0.42	0.53	8.8
Significances					
Binders chemical (A)		* <sup>y</sup>	**	**	**
Binders conc.(B)		**	***	***	**
A x B		*	**	**	*

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

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

Seeds were dark-germinated at 15°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package.

Table 3.6.2. Effect of seed sheet binders and their concentrations on percent germination,  $T_{50}$ , MDG and adhesive percentage of 'Inari' carrot seeds.

Polymer	Conc. (%)	Germ. (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	Adhesive degree (%)
Carboxymethyl cellulose	5	89	4.1	4.7	80.8
	10	86	4.2	4.9	95.2
	12.5	86	4.0	4.7	99.6
	15	85	4.2	4.9	99.0
	20	85	5.2	5.6	100.0
Gum arabic	5	86	4.3	4.9	45.5
	10	85	4.5	5.1	66.4
	12.5	89	4.2	4.9	88.3
	15	87	4.4	5.1	96.5
	20	72	4.9	5.2	95.6
Methy cellulose	5	85	4.4	5.1	75.3
	10	89	4.6	5.2	88.0
	12.5	83	4.3	5.0	93.2
	15	92	4.7	5.2	98.3
	20	84	5.1	5.5	100.0
Polyvinyl alcohol	5	89	4.1	4.8	60.3
	10	82	4.2	4.9	78.0
	12.5	86	4.2	4.8	94.3
	15	82	4.3	5.0	92.3
	20	81	4.7	5.2	94.4
Polyvinyl pyrrolidone	5	89	4.3	5.0	55.0
	10	88	4.4	5.1	68.0
	12.5	89	4.4	5.1	88.0
	15	87	4.5	5.1	90.0
	20	86	4.8	5.4	92.0
Untreated		88	3.5	4.1	-
LSD (0.05)		9.4 <sup>z</sup>	0.34	0.38	8.8
Significances					
Binders chemical (A)		** <sup>y</sup>	**	**	**
Binders conc.(B)		**	***	***	**
A x B		*	**	**	*

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

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

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

## 나. 종자입수 설정

1공당 부착된 종자수에 따라 출현소요일수에는 차이가 없었으나, 부착된 종자수가 많을수록 출현율이 높았다. 안정적인 입모를 위해서는 6립 이상이 접착되어야 할 것으로 생각된다. 당근의 발아세가 낮은 것을 감안하더라도 1공당 4, 6, 8립 파종되었으므로 이들 처리구는 사실상 100% 입모를 보여야 하지만 88~96%를 보이는 것은 멀칭비닐이 지표면에 완전히 밀착되지 않았던 것에 기인된 것으로 풀이된다. 전반적으로 '이 나리'가 비바리 품종보다 입모율이 높게 나타났다.

Table 3.6.4. Effect of seed number per punching on a sheet the performance of 'Inari' and 'Vibari' carrot seeds under field conditions.

Seed number per hole	Final emergence per hole (%)	No. of emer. (n/N) <sup>z</sup>	Emergence (%)	T <sub>50</sub> (days)	Dry weight <sup>y</sup> (mg/plant)
<i>'Inari'</i>					
2	62 b <sup>x</sup>	46/100	46 b	9.3 a	21.1 a
4	88 a	105/200	53 b	8.7 a	23.2 a
6	94 a	187/300	62 a	8.4 b	19.8 a
8	96 a	276/400	69 a	8.5 b	20.5 a
<i>'Vibari'</i>					
2	27 c	33/100	33 b	10.2 b	9.8 a
4	42 b	98/200	53 b	10.7 a	11.0 a
6	81 a	211/300	70 a	9.8 b	13.2 a
8	73 a	295/400	74 a	10.5 a	10.5 a

<sup>z</sup> Number of emergence/ number of sowing seeds sown

<sup>y</sup> 30 days after sowing

<sup>x</sup> Means in columns within each sowing are were separated by DMRT, at  $P = 0.05$ .

## 제 7 절 코팅 적합 품종 선발

### 1. 서언

선진국에서는 종자표면에 비활성 피복물질을 부가하여 크기를 증가시킨 코팅종자가 산업화되고 있다. 넓은 의미에서의 종자 코팅은 종자표면에 피복물질로 부가하여 크기를 증가시킨 pellet, 정제화시킨 tablet 등도 종자코팅에 포함된다. 종자코팅의 연구초기에는 코팅재료로서 건조분말이 사용되었으나, 이들 물질은 종자표면에 부착성이 없을 뿐만 아니라 균일한 코팅종자를 얻기 어려워고 먼지 발생량이 많다는 문제점이 있었다. 그 후 활성약제를 이용하여 slurry 형태로 종자코팅을 시도하여 코팅종자의 균일도를 향상시켰고 건조분말로 코팅하면 문제가 되었던 먼지 발생을 줄일 수 있었다. 최근에는 종자를 코팅 용기내에서 회전시키면서 접착제를 종자에 분무하고 이어서 미세분말로 된 피복물질을 첨가하는 rolling machine법을 대부분 채택하고 있다.

종자는 발아장해 요인이 없을 때 정상적인 발아 및 유묘출현을 통해서 생장 및 생육이 원활하게 이루어진다. 종자표면에 부착된 피복물질에 의해 발아가 지연될 수 있다. 따라서 종자코팅에 사용되는 종자는 높은 발아력을 갖춘 종자가 요구된다.

우리 나라의 당근 재배 작형은 춘·추작으로 구분되는데 춘작재배에서는 저온, 추작재배에서는 한발과 집중강우에 의해 입묘를 확보하기 어렵다. 따라서 안정적인 입묘를 위해서는 춘파용은 저온 발아성, 추파용은 건조 및 과습조건에서도 높은 발아력을 지닌 우량품종이 요구된다. 또한 품종에 따라 코팅적응성이 높은 품종이 있는가 하면 코팅하면 발아력이 저하되는 품종도 있다.

본 연구는 국내에서 시판되고 있는 몇 가지 춘파용 품종을 코팅 처리한 후 발아력을 검정하여 작형별로 코팅에 적합한 품종을 선정하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 공시품종으로는 춘파용인 '이나리5촌', '만산5촌', '무쌍5촌', '홍심5촌' 및 추파용인 '대북여름', '매끄니', '비파리흑전', '하루방' 당근 종자였다.

코팅종자의 발아력을 증진시킬 목적으로 SMP 및 GA<sub>3</sub>로 전처리하였다. SMP 처리는 종자: carrier: 증류수를 5:3:10.5 (w/w/w)로 혼합하여 '이나리5촌', '하루방', '비파리'는 5일간, '만산'과 '대북'은 3일간 처리하였다. 이때 사용된 SMP carrier는 Micro Cel-E였고 처리온도는 20℃였다. GA<sub>3</sub> 처리는 100mg · L<sup>-1</sup>의 용액에서 종자를 3일간 (20℃) 침지하였다. 이와 같이 전처리된 종자를 diatomaceous earth로 코팅하였다. 코팅된 종자의 발아력 검정은 20℃의 항온기에서 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

국내에서 재배면적이 높은 춘파용 4 품종을 코팅하여 발아력을 조사한 결과는 표 3.7.1과 같다. SMP 및 GA<sub>3</sub> 처리를 가하지 않고 코팅된 종자는 무처리 종자보다 발아율이 '이나리' 20%, '만산' 34%, '무쌍' 52%, '홍심' 29% 감소되었다. 그러나 SMP와 GA<sub>3</sub>로 전처리한 후 코팅된 종자는 발아율이 급격하게 상승하여 무처리 종자와 유사한 발아율을 보였다.

전처리된 코팅종자의 발아율 향상 효과는 SMP 처리후 코팅된 종자에서 뚜렷하였다. GA<sub>3</sub>로 전처리된 코팅종자도 단독으로 코팅된 종자에 비해 품종에 따라 차이는 있으나 18~30%의 발아율을 증진시켰다. 코팅된 품종 중 '이나리'에서 비교적 높은 발아율을 보였다. '무쌍'은 단독으로 코팅된 종자에서는 발아율이 낮았으나, SMP 처리하여 활력을 증진시킨 후 코팅하면 91%까지 발아율을 상승시킬 수 있었다.

발아속도도 단독으로 코팅된 종자는 무처리 종자보다 T<sub>50</sub>과 MGT과 2일~4일 정도 지연되었으나, SMP와 GA<sub>3</sub>로 전처리된 종자를 코팅하면 발아지연 문제를 부분적으로

극복할 수 있었다.

표 3.7.2는 추파용 품종에서 코팅적응성을 검정한 결과이다. 전반적인 경향은 춘파용과 유사하였다. 발아 잠재력을 증진시키는 SMP 및 GA<sub>3</sub> 처리를 가하지 않고 코팅된 종자는 무처리 종자보다 발아율이 '대복' 34%, '만산' 41%, '비바리' 16%, '하루방' 31%가 감소되었다.

그러나 종자를 전처리하여 발아잠재력을 향상시킨 후 코팅하면 품종에 따라 차이는 있으나, 단독으로 코팅된 종자보다 20~30% 발아율을 향상시킬 수 있었다. 발아속도도 단독으로 코팅된 종자는 무처리 종자보다 T<sub>50</sub>과 MGT과 2일~4일 정도 지연되었으나, SMP와 GA<sub>3</sub>로 전처리한 후 코팅된 종자는 무처리 종자에 비해 발아속도가 0.5~1.5일이 지연되는데 불과하였다. 종자 전처리중 SMP와 GA<sub>3</sub> 모두 코팅종자의 발아율을 증진시켰고 발아를 촉진하였으나, 대체적으로 SMP가 GA<sub>3</sub> 보다 효과적이었다.

코팅된 추파용 품종 중 '비바리'와 '하루방'이 다른 품종에 비해 높은 발아력을 보여 코팅적응성이 높은 품종이었다.

춘파용과 추파용 품종을 공시하여 코팅적응성을 검정한 결과 종자 전처리를 가하지 않고 코팅된 종자는 발아율이 크게 감소되었으나, SMP와 GA<sub>3</sub>에 처리하여 발아잠재력을 향상시킨 후 코팅하면 높은 발아력을 보였다. 따라서 코팅종자를 실용적으로 이용하기 위해서는 코팅전에 발아촉진 처리가 뒤따라야 할 것으로 보여진다.

Table 3.7.1. Effect various pretreatments before coating on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage ( $T_{50}$ ), mean number of days to germination (MDG), and mean germination (MGT) of four spring cultivars of carrot.

Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Inari'</i>				
Coating	70 b <sup>y</sup>	6.6 a	6.4 b	6.9 a
SMP + Coating	91 a	3.1 c	8.3 a	3.7 b
GA <sub>3</sub> + Coating	85 a	5.5 b	7.7 a	6.4 a
Untreated	90 a	3.5 c	8.1 a	4.2 b
<i>'Mansan'</i>				
Coating	53 b	6.8 a	4.9 b	7.2 a
SMP + Coating	87 a	4.9 b	7.9 a	5.9 b
GA <sub>3</sub> + Coating	83 a	4.6 b	7.5 a	5.7 b
Untreated	87 a	3.9 c	7.2 a	4.2 c
<i>'Mussang'</i>				
Coating	40 c	7.7 a	3.6 c	8.4 a
SMP + Coating	91 a	2.6 c	8.2 a	3.5 c
GA <sub>3</sub> + Coating	65 b	5.5 b	5.9 b	6.2 b
Untreated	93 a	3.6 c	8.2 a	4.5 c
<i>'Hongsim'</i>				
Coating	60 b	7.7 a	5.5 b	8.2 a
SMP + Coating	87 a	3.2 b	7.9 a	4.2 b
GA <sub>3</sub> + Coating	78 a	3.2 b	7.1 a	5.2 b
Untreated	89 a	4.3 b	7.6 a	5.0 b

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Gibberellin (GA<sub>3</sub>) treatment with 100mg · L<sup>-1</sup> at 20°C for 3 days. Seed were dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .



Table 3.7.2. Effect of various pretreatments before coating on percent germination, number of days to 50% of the final germination percentage ( $T_{50}$ ), mean number of days to germination (MDG), and mean germination (MGT) of four fall cultivars of carrot.

Seed treatment <sup>z</sup>	Germination (%)	$T_{50}$ (days)	MDG (days)	MGT (days)
<i>'Daebok'</i>				
Coating	53 b <sup>y</sup>	7.2 a	4.8 b	7.2 a
SMP + Coating	83 a	5.3 b	7.5 a	5.9 b
GA <sub>3</sub> + Coating	82 a	5.2 b	7.4 a	5.7 b
Untreated	87 a	3.6 c	7.9 a	4.3 c
<i>'Mecuni'</i>				
Coating	42 d	7.8 a	3.8 c	8.2 a
SMP + Coating	79 b	5.9 b	7.2 a	6.5 b
GA <sub>3</sub> + Coating	69 c	5.6 b	6.2 ab	6.4 b
Untreated	83 a	3.5 c	7.6 a	4.3 c
<i>'Vibari'</i>				
Coating	63 b	6.5 a	5.8 b	7.3 a
SMP + Coating	86 a	4.5 b	7.8 a	5.1 b
GA <sub>3</sub> + Coating	81 a	4.9 b	7.3 a	5.5 b
Untreated	79 a	4.3 b	7.2 a	4.8 b
<i>'Harubang'</i>				
Coating	67 b	6.9 a	6.1 b	7.6 a
SMP + Coating	86 a	4.9 b	7.8 a	5.5 b
GA <sub>3</sub> + Coating	84 a	5.3 b	7.6 a	6.0 b
Untreated	88 a	3.5 c	8.0 a	4.1 c

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Gibberellin (GA<sub>3</sub>) treatment with 100mg · L<sup>-1</sup> at 20°C for 3 days. Seed were dark-germinated at 20°C for up to 18 days. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

여 백

## 제 4 장 처리종자와 코팅종자의 효율성 검토

### 제 1 절 서 언

국내 시판되고 있는 당근종자는 70%의 발아율을 보장하고 있다. 그러나 실제 재배농가에서는 50% 미만의 저조한 발아율로 재파하는 경우가 빈번하여 육묘노력과 종자구입비등의 상승을 초래하고 있다. 모든 작물의 종자가 100% 발아하여 정상적인 유효를 성장한다는 것은 현실적으로 불가능하며 95% 이상의 발아율을 보일 때 우량종자로 취급된다. 대립종자들은 종자 크기별로 선별하여 그에 적합한 파종기를 이용하여 파종하면 파종효율을 높일 수 있다. 그러나 크기가 미세하고 불규칙한 당근 종자는 기계화 파종에 문제점이 많다. 최근들어 미세하고 불규칙한 종자에 피복물질을 첨가하여 크기를 증가시킨 코팅종자가 수요가 늘어나고 있으며, 이러한 코팅종자는 1본 1주에 기계화 파종된다. 그러나 활력이 저하된 종자가 코팅되면 결주가 발생되어 입묘율이 저하되고 궁극적으로 수량성이 감소하게 된다. 이를 방지하기 위해 한곳에 여러개의 종자를 파종하면 수확작업에 많은 노동력이 소요된다.

현재 우리 나라 당근재배는 경영규모가 영세하고 생산단가의 상승 등 열악한 조건에 있어 선진국에서 주도하는 대량생산 체제의 영농방식에 대항하기에는 불리한 조건이지만, 노력절감형 생력 재배기술이 개발된다면 국제경쟁력을 가지게 될 것이다.

이러한 측면에서 볼 때 파종과 입묘관리를 생력화시키고 균일한 포장입묘율을 확보할 수 있는 코팅종자의 도입은 반드시 이루어져야 될 분야이다. 지금까지 당근을 가을 재배할 때 7~8월의 집중 강우로 인해 적기파종에 어려움이 많았으나 불량조건에서도 발아력이 향상되는 priming 종자를 사용하면 파종적기 기간을 확대할 수 있다. 또한 코팅종자를 이용하여 파종과 수확작업을 생력화시킨다면 생산단가 절감 및 고품질의

수확물을 적기에 얻을 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 노력절감형 당근 생산기술을 확립하기 위해서 살균제, 영양물질, 유용미생물이 첨가된 코팅종자, 수화형과 소수형 파복물질로 코팅된 종자 및 SMP 처리후 코팅한 종자의 파종효율성과 묘출현을 및 초기생육을 검정하고자 하였다. 아울러 실험을 통해 얻어진 유용한 연구결과들을 현지 농가에 접목시켜 재배자들의 악성 노동력을 극복시킴과 동시에 농가소득을 증대시키고자 하였다.

## 제 2 절 살균제 첨가된 코팅종자의 포장출현 및 초기생육

### 1. 서언

입묘기 동안 묘출현 속도와 출현의 균일성은 종자의 유전적 특성과 환경적인 요인에 의해 결정되지만 토양 병원균이 존재할 경우에도 지연된다(Gubels 1975; Osburn과 Schroth, 1989). 묘출현이 지연되면 묘상이 오염되기 쉬운데, 특히, 불량환경 조건에서 이러한 현상이 현저하여 묘출현을 제한하는 요인들이 증가한다(Heydecker, 1978). 발아에서부터 입묘 정착기에 발생하는 각종 병은 최종적으로 생산성을 저하시키는 요인이다.

코팅종자에 살균제 첨가는 토양의 유해균으로부터 종자와 묘를 보호할 수 있는 수단으로 이용되며, 그 효과는 유해균의 생장이 상대적으로 왕성한 저온에서 현저한 것으로 보고되고 있다(Yen과 Carter, 1972). 살균제를 생리적, 비생리적 종자처리 과정중에 첨가하면 처리효율을 상승시킬 수 있다. 여러 가지 종자처리 과정중 첨가된 살균제는 병방제를 위한 경작토양의 전면적에 처리하는 것보다 농약 사용량을 줄일 수 있고 방제효과 또한 우수하다는 장점이 있다. 특히 살균제가 첨가된 코팅종자는 파종작업을 생력화 할 수 있는 이점과 더불어 각종 유해균으로부터 종자나 유묘를 보호할 수 있어 재배자들은 저비용으로 안전 재배가 가능하다.

본 연구는 코팅종자에 살균제를 첨가하여 입고병균을 집중시킨 상토와 멀균한 상토에 파종하여 묘출현 반응과 초기생육을 검정하기 위해 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

살균제를 첨가한 코팅종자가 유해균이 존재하는 토양내에서 유묘출현 반응과 초기생육에 미치는 영향을 검정하기 위해 춘파용 '이나리' 와 '만산'을 공시하였다. 살균제는 3장 9절에서 입고병 방제 효과가 우수하였던  $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 Redomil를 코팅접착제

에 첨가하여 이를 코팅공정중에 분무하였다.

종자코팅의 피복물질은 diatomaceous earth였고, 접착제는 PVA였다. 그외의 코팅공정은 2장 7절에서의 방법과 동일하게 하였다. 이들 종자를 입고병인 *Phythium ultimum*에 접종시킨 토양과 화토하여 멸균시킨 토양에 파종하여 묘출현율과 파종후 35일 경과된 유묘 초기생육을 검정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

코팅종자에 살균제를 첨가하는 것은 토양내에 존재하는 여러 가지 유해균으로부터 종자를 보호하기 위해서이다. 이러한 관점에서 볼 때 기계화 파종이 가능한 코팅종자에 살균제를 첨가한다면 파종노력 절감과 아울러 입묘증진 효과를 기대할 수 있을 것이다.

표 4.2.1은  $1000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 Redomil를 첨가한 코팅종자와 살균제가 첨가되지 않은 코팅종자 및 무처리 종자를 *Phythium ultimum*을 접종시킨 상태와 멸균된 상태에 파종하여 묘출현율, 묘출현속도 및 초기생육을 조사한 결과이다.

입고병균인 *Phythium ultimum*을 접종시킨 토양에 코팅종자를 파종하면 묘출현율이 '이나리'에서는 26.4% '만산'은 18.2%였다. 이에 비해 살균제가 첨가된 코팅종자는 살균제를 첨가되지 않은 코팅종자에 비해 묘출현이 '이나리'에서 38.4%, '만산'에서는 39.5% 증가하였다. 그러나 멸균된 토양에서는 코팅종자에 살균제를 첨가하더라도 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 출현율은 큰 차이를 발견할 수 없었다.

두 품종 모두 살균제가 첨가된 코팅종자는 입고병 균이 존재하는 토양에서는 묘출현일수를 단축시켰으나, 멸균토양에서는 묘출현일수를 단축시키지는 못했다. 따라서 코팅종자의 살균제는 첨가효과는 유해균이 존재하는 토양에서는 유용하나 유해균이 존재하지 않으면 그 효과가 미약한 것을 알 수 있다.

파종 후 35일 경과된 유묘 초기생육은 입고병 접종 토양과 멸균토양에 관계없이 무처리와 코팅종자 및 살균제가 첨가된 코팅종자간 유의적인 차이를 발견할 수 없었으

나, 전반적으로 무처리 종자가 유묘생장이 좋았다.

따라서 일반 포장조건하에서는 토양에 잔존하는 유해균이 잔존하고 있으므로 코팅 종자에 살균제를 첨가한다면 입묘율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

이와 같이 살균제를 종자처리 과정중에 첨가하여 묘출현과 수량을 증가시킨 실험들에 의하면 옥수수에서 SMP 처리중 유용미생물인 *Trichoderma*를 첨가하면 묘출현속도, 묘출현율 및 묘활력에는 효과가 없었으나, sodium hypochlorite (NaOCl)로 종자소독한 경우는 묘출현 및 생장이 향상되었다(Parera와 Cantliffe, 1990b).

Khan과 Ptasznik(1992)는 동부종자를 Micro-Cel E로 SMP 처리과정중에 살균제, 살충제 및 GA 첨가하면 저온에서 직파하여도 입묘율이 향상되었으며 수량도 증가되었다고 하였다.

Table 4.2.1. Maximum percentage emergence, days to 50% emergence( $E_{50}$ ) and plant dry weight of 'Inari' and 'Mansan' coated carrot seed as influenced by fungicide incorporation in coating materials by *Pythium ultimum* inoculum. Seeds were germinated at 25°C for up to 11 days

Coating treatment <sup>z</sup>	<i>Pythium</i> inoculum			Non-infection		
	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)	Dry weight <sup>y</sup> (mg/plant)	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)	Dry weight (mg/plant)
<i>'Inari'</i>						
Coated	26	11.2	26	68	9.5	28
Coated + Redomil	65	10.3	26	67	9.5	28
Uncoated	38	9.5	28	80	7.7	32
LSD(0.05)	8.6 <sup>x</sup>	0.75	NS	5.6	0.88	NS
<i>'Mansan'</i>						
Coated	18	12.2	21	62	11.8	24
Coated + Redomil	58	13.3	23	62	11.2	25
Uncoated	34	9.9	24	82	9.2	27
LSD(0.05)	10.1	0.86	NS	8.8	0.65	NS

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

<sup>y</sup> Determinated 35 days after sowing

<sup>x</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at  $P = 0.05$ .

### 제 3 절 소수형, 수화형 코팅종자의 포장출현 및 초기생육

#### 1. 서언

입묘를 억제하는 생물적, 화학적 요인을 극복하기 위해 재배자들은 전 재배면적에 농약이나 비료를 전면살포하는 방법을 택하고 있으나, 이러한 처리들은 상당한 경제적 손실을 초래한다. 그러나 코팅종자는 종자 주위에 여러 가지 활성 물질을 첨가 하는 것이 가능하여 발아 미세환경을 개선시킬 수 있는 유용한 처리이다.

파종된 종자는 자연조건에 따라 건조에서 과습까지 넓은 수분 범위를 가지게 된다. 선진외국에서는 종자가 파종될 장소가 과습 토양이나, 건조 토양이나에 따라 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 코팅된 종자를 이용하고 있다.

수화형 종자 코팅은 수분흡수력이 높은 피복물질로 코팅한 것이며, 소수형 종자코팅은 저온침윤장해에 민감한 종자에서 수분흡수를 지연시킬 목적으로 소수형 물질로써 종자를 코팅한 것이다. 따라서 수화형 코팅종자는 건조토양에서, 소수형 코팅종자는 저온과습 토양에서 입묘율을 향상시킬 수 있다.

본 연구는 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 코팅한 종자를 토양 수분함수량을 달리한 상태에 파종하여 유묘출현 반응과 유묘의 초기생육을 검정하기 위해 수행되었다.

#### 2. 재료 및 방법

입묘를 저해하는 요인들 중 토양의 수분환경에 의해 입묘율이 달라질 수 있다. 수분보유력이 각기 다른 코팅 피복물질로 코팅된 종자의 출현율과 초기생육을 검정하기 위해 사용된 공시품종은 '이나리'와 '만산'이었다.

종자코팅은 코팅 피복물질중 수분보유력이 높았던 benonite, diatomaceous earth 및 수분보유력이 낮았던 calcium carbonate로 코팅하였다. 실험에 사용된 상토는 피트모



스 50%, 버미큘라이트 30%, 펄라이트 20%를 혼합한 것이었다.

토양의 함수량은 2ℓ의 포트에 상토 500g을 넣고 함수량을 각각 60% 및 80%로 조절한 다음 코팅종자를 파종하여 묘출현율과 35일 경과한 유묘의 건물중을 조사하였다. 실험은 비닐 하우스내에서 수행되었으며, 파종 후 상토의 함수량 조절은 1일 간격으로 포트 무게를 측정하여 부족분의 수분을 공급하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 4.3.1 및 표 4.3.2는 춘파용 '이나리'와 '만산' 종자를 수분보유력이 다른 피복물질로 코팅한 다음 각각 60%와 80%로 토양함수율을 조절한 상토에 파종하여 묘출현율과 초기생육을 조사한 결과이다.

출현율은 코팅 피복물질에 따라 차이가 있었다. 토양함수량이 60%인 조건에 파종된 무처리 종자의 출현율은 81%였고, bentonite, diatomaceous earth 및 calcium carbonate로 코팅된 종자는 무처리 보다 낮은 각각 70%, 68% 및 67%의 출현율을 보였다. 출현속도 또한 코팅 피복물질에 따라 차이를 보였다. 무처리 종자의  $T_{50}$ 은 5.6일이 소요되었으나, bentonite로 코팅된 종자는 무처리 종자에 비해 2.5일, diatomaceous earth로 코팅된 종자는 1.6일, calcium carbonate로 코팅된 종자는 2.5일 지연되었다. 이처럼 코팅종자들은 전반적으로 무처리 종자에 비해 출현율이 약간 감소하였고 출현 속도도 지연되었다.

그러나 수분보유력이 높은 피복물질인 bentonite로 코팅된 종자는 calcium carbonate로 코팅된 종자보다는 출현율이 높았고 출현속도도 빨랐다. 그러나 35일 경과된 유묘의 건물중은 무처리 종자와 코팅종자간 큰 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 건조토양에서는 수분보유력이 높은 피복물질로 코팅하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

80% 토양함수량에서 파종된 무처리 종자의 출현율은 88%였으나, 코팅종자의 출현율은 무처리 종자보다 낮았고, 또한  $T_{50}$ 은 1.9~3.1일이 지연되었다. 그러나

diatomaceous earth로 코팅된 종자는 유묘 건물중에는 유의적인 차이가 없었으나, bentonite와 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 출현율이 높았고 출현속도도 빠른 경향을 보였다.

표 4.3.2는 '만산' 품종을 수분보유력이 각기 다른 피복물질로 코팅된 종자의 묘출현율과 출현속도 및 초기생육을 조사한 결과이다. 전반적인 경향은 '이나리'와 유사하였다. 코팅 피복물질에 관계없이 코팅종자는 무처리 종자에 비해 출현율이 감소되었고 출현속도는 지연되었다.

토양함수량이 60% 조건에서는 bentonite와 diatomaceous earth로 코팅된 종자가 calcium carbonate로 코팅된 종자에 비해 출현율이 높았다. 그러나 토양함수량이 80% 조건에서는 diatomaceous earth와 calcium carbonate로 코팅된 종자들이 bentonite로 코팅된 종자보다 높은 출현율을 보였으며, 출현속도도 빨랐다.

그러나 유묘의 초기생육은 무처리와 코팅 피복물질을 달리한 코팅종자간 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 전반적으로 당근의 출현과 생육에 적합한 수분함수량은 80%를 유지하는 것이 60% 함수율 조건보다 출현율이 높았고 초기생육도 향상되는 경향을 보였다.

따라서 코팅 종자는 파종 장소가 과습 또는 건조토양이냐에 따라 코팅 피복물질을 달리 해야 될 것으로 판단되며, 건조토양에서는 bentonite, 과습토양에서는 calcium carbonate로 코팅된 종자를 이용하면 입묘율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4.3.1. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence ( $T_{50}$ ) and plant dry weight of coated 'Inari' carrot seeds as influenced by three coating particulate materials in green house.

Coating particulate materials	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	Dry weight <sup>z</sup> (mg/plant)
<i>Soil moisture content 60%</i>			
Bentonite	70	7.7	32
Diatomaceous earth	68	7.2	34
Calcium carbonate	61	8.1	31
Uncoated	81	5.6	36
LSD (0.05)	6.6 <sup>y</sup>	0.6	NS
<i>Soil moisture content 80%</i>			
Bentonite	64	8.3	33
Diatomaceous earth	78	7.2	37
Calcium carbonate	69	7.1	35
Uncoated	83	5.2	38
LSD (0.05)	7.3	0.71	NS

<sup>z</sup> Determinated 35 days after sowing

<sup>y</sup> Means in columns within each soil water content are separated at  $P=0.05$ .

Table 4.3.2. Effect of soil moisture content on percent emergence, days to 50% emergence ( $T_{50}$ ) and plant dry weight of coated 'Mansan' carrot seeds as influenced by three coating particulate materials in green house.

Coating particulate materials	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	Dry weight <sup>z</sup> (mg/plant)
<i>Soil moisture content 60%</i>			
Bentonite	62	8.4	29
Diatomaceous earth	64	8.2	31
Calcium carbonate	57	9.0	30
Uncoated	82	6.8	33
LSD (0.05)	7.4 <sup>y</sup>	0.7	NS
<i>Soil moisture content 80%</i>			
Bentonite	60	9.1	32
Diatomaceous earth	72	8.1	35
Calcium carbonate	65	8.3	30
Uncoated	82	6.5	34
LSD (0.05)	6.4	0.54	NS

<sup>z</sup> Determinated 35 days after sowing

<sup>y</sup> Means in columns within each soil water content are separated at  $P=0.05$ .

## 제 4 절 코팅종자의 초기생육 검토 및 고품질 안정 생산 기술 확립

### 1. 서언

당근은 향기와 맛 그리고 비타민 A의 함유량이 높은 건강보전 채소로서 색깔과 저장력이 높아 식품 재료로 이용성이 높은 채소이다. 국내 재배면적은 90년대에 비해 지속적으로 늘어나고 있는데, 이는 농수산물 수입개방화 여파로 경쟁력이 저하된 타작물들이 당근 재배로 전환되었기 때문인 것으로 보여진다.

당근 소비는 지난 10년간 1인당 1일 소비량이 5.0g이며, 주로 생식, 조리용으로 이용되었으나 최근에는 통조림용, 정과, 주스, 조미소스 및 이유식 등의 가공용 등으로도 그 수요가 증가하고 있다. 따라서 국내 수요의 증가로 수입량도 매년 늘어나고 있는 추세에 있다.

국내의 당근재배는 파종에서 수확까지 전 작업을 대부분 인력에 의존하고 있다. 그러나 최근 우리 나라의 농업현실은 인구의 도시 집중 현상이 두드러져 농촌의 노동력 부족이 더욱 심화되고 있다. 이러한 연유로 대규모 당근 재배농가는 점차 없어지고 경영규모가 영세하고 생산기반이 취약한 농가들에 당근재배의 대부분을 차지하고 있다.

당근은 파종과 솟음 작업이 재배의 80% 노동력을 점유한다는 현실을 감안하여 볼 때 인력에 의한 파종은 정밀파종이 어렵고, 파종입수가 과다하여 솟음작업이 뛰따르게 된다. 이는 곧 생산단가가 상승하게 되어 국제경쟁력을 약화시키는 원인이 되고 있다.

따라서 당근의 국내 자급율을 높이고 농가소득을 증대시키기 위해서는 대규모 재배단지 조성과 아울러 생산비를 획기적으로 절감할 수 있는 새로운 생력재배 기술이 도입되어야 할 것이다.

이러한 관점에서 볼 때 파종과 솟음노력을 절감할 수 있는 코팅 종자의 필요성이 높다고 볼 수 있다. 본 연구의 목적은 코팅종자를 이용한 기계화 파종이 관행 파종법과의 노력절감 효과를 비교검토하여 인력 의존도를 낮출 수 있는 노력절감형 생력재배 기술

을 정착시키는데 있다. 아울러 실험을 통해 얻어진 유용한 연구결과들을 현지 농가에 접목시켜 재배자들의 악성 노동력을 해소시킴과 동시에 농가소득을 증대시키고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

코팅종자를 이용한 기계화 파종이 나종자를 손작업으로 파종하는 관행방법과의 생력효과를 검토하기 위하여 공시품종으로 '이나리'를 이용하였고, diatomaceous earth를 피복물질로 사용하여 코팅하였다.

실험은 경상대학교 부속농장에서 수행되었으며, 파종은 2000년 4월 25일에 난괴법 3반복으로 하였다. 손작업에 의한 파종시간의 측정은 성인 남자(30대) 1인이 20m<sup>2</sup> 면적에서 파종을 끝내는데 소요되는 시간을 3회 반복하여 10a당 파종시간으로 환산하였다. 코팅종자를 이용한 기계화 파종시간의 측정은 점파용 파종기(복음산업)를 이용하여 20m<sup>2</sup> 면적에서 파종하는데 소요되는 시간을 3회 반복하여 10a당 파종시간으로 환산하였다.

숙음노력 시간의 측정은 나종자와 코팅종자를 각각 인력과 점파 파종기로 파종하여 입묘가 확보된 후 20m<sup>2</sup> 면적에서 성인 1인이 묘숙음 작업에 소요되는 시간을 10a 당 노력시간으로 환산하였다. 당근이 파종된 포장조건은 사질양토 였으며, 밀 거름으로 10a당 퇴비 3,000 kg, N: P :K(20: 15: 17 kg) 및 석회 60 kg을 시비하였다. 토양의 pH는 5.7이었고, EC는 624 $\mu$ s였다. 인력에 의한 손파종의 파종간격은 파종간격은 10(주간) × 18cm(조간)였고 1cm 깊이로 파종하였다.

## 3. 결과 및 고찰

지금까지 입묘증진을 위한 방안으로 priming, 살균제 처리, 생장조절제 침지, fluid

drilling등의 종자처리법이 제시되고 있지만, 이들 처리들은 종자활력 증진에 유용하나, 기계화에 의한 정밀파종은 어렵다.

표 4.4.1은 코팅종자를 파종기를 이용하여 기계화 파종한 것과 나종자를 손작업으로 파종하여 파종 및 숙음 시간을 비교한 것이다. 당근 재배에서 파종과 숙음 및 수확작업이 전체 노동력의 90% 이상을 차지하고 있고, 그중 파종과 숙음작업에 60% 이상의 노동력을 필요하다는 관점에서 파종과 숙음 작업의 생력화는 중요한 의미를 지닌다.

코팅종자를 점파용 파종기로 이용하여 기계화 정밀파종하면 관행 나종자의 파종방법에 비해 종자량을 90% 절감시킬 수 있다. 또한 코팅종자를 기계화 정밀파종하면 파종시간과 숙음시간을 관행방법에 비해 각각 22.5시간 및 46시간을 단축시킬 수 있었다. 관행 손작업에 의한 파종은 파종과 숙음작업에 10a당 72시간이 소요되었으나, 코팅종자를 기계화 정밀파종하면 이들 노력에 소요되는 시간이 3.5시간에 불과하였다. 따라서 코팅종자를 기계화 파종하면 나종자를 인력에 의해 파종하는 것에 비해 파종과 숙음작업의 생력효과를 95% 이상 높일 수 있었다.

경제성 비교에서도 나종자를 이용한 관행재배는 종자비용을 포함한 파종과 숙음 작업에 10a당 22,000원이 소요되었으나, 코팅종자는 재료비를 포함에서 2,000원이 소요되는데 불과하여 생산단가를 20,000원을 절감할 수 있었다. 이러한 결과는 저비용으로 안전재배가 가능하여 농가소득 향상에도 크게 기여할 것으로 해석된다.

코팅종자의 묘출현율을 비교한 결과는 표 4.4.2에서 보는 바와 같다. 코팅종자는 무처리 종자보다 약간 출현율이 낮았고 출현속도도 약 1.9일 정도 지연되었다. 그러나 35일 경과된 유묘의 초기생육에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 파종노력과 숙음작업을 고려한다면 코팅종자의 실용적 가치는 크다고 볼 수 있다.

Table 4.4.1. Comparison between coated and naked seeds for the cost involved in cultivating a 10a carrot patch.

Culture system	Seed cost (₱)	Labor input (hour /10a)			Labour saving
		Sowing	Thinning	Total	
Conventional	22,000	24.0	48	72.0	100
Mechanized sowing	2,000	1.5	2	3.5	5
Difference	20,000	22.5	46	68.5	

Table 4.4.2. Effect of seed coating on percent emergence, T<sub>50</sub> and early growth of carrot seedlings at 35 days after sowing.

Seed treatment <sup>z</sup>	Emergence (%)	T <sub>50</sub> (days)	Dry weight (mg/plant)
Coated	65.0	9.6	34
Uncoated	73.0	7.5	37
LSD(0,05)	6.7 <sup>y</sup>	0.8	NS

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

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

## 제 5 절 Priming 처리된 코팅종자의 묘출현 및 초기생육 검토

### 1. 서언

코팅종자는 파종과 속음 작업을 생략화 할 수 있고 종자비용을 포함한 생산단가를 절감할 수 있는 이점이 있다. SMP 처리는 묘출현의 균일성과 신속한 묘출현에는 유용하나(Weibe와 Muhyaddin, 1987), 기계화에 의한 정밀파종은 불가능하다. 종자 크기가 작고 발아가 저조한 당근종자를 신속하고 균일한 모를 출현시킬 수 있는 SMP의 장점과 기계화 파종이 가능한 코팅의 장점을 조합한다면 코팅종자의 부가가치를 높일 수 있다. 또한 기계화로 정밀파종된 코팅종자는 근권생장도 균일해져 고품질의 생산물 확보도 가능할 것이다.

코팅 종자가 실용화되기 위해서는 코팅 피복물질이 저렴하고 경제적이어야 하며, 코팅 피복물질이 환경에 대한 안정성이 있어야 한다. 그러나 무엇보다도 발아력이 우수한 고품질의 코팅종자 생산이 선행되어야 한다. 또한 정밀 파종기 등 코팅종자의 가치를 높일 수 있는 자재, 기구 개발이 뒤따를 때 코팅종자의 수요는 급속하게 증가될 것이다. 코팅종자는 기계화 정밀파종 되기 때문에 높은 발아력을 보유해야만 결주의 위험성이 없다. 따라서 포장의 다양한 환경변화에도 코팅종자의 발아력을 증진시킬 수 있는 종자전처리 방법과 첨가물질 개발에도 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

이러한 관점에서 본 연구는 SMP 처리하여 발아력을 증진시킨 종자를 코팅하여 묘출현율과 출현속도 및 초기생육에 미치는 영향을 검토하기 위해 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. SMP 처리된 코팅종자의 묘출현 반응

코팅종자의 유묘출현 반응을 검토하기 위해 사용된 품종은 춘파용 '이나리5촌', '만산



5촌', '무쌍5촌' 및 '홍심5촌'과 추파용 '대복여름', '매끄니', '비바리흑전' 및 '하루방'이었다. 코팅종자는 발아율이 낮고 발아가 지연되는 문제점이 있었는데, 이를 극복하고자 SMP 처리된 종자를 코팅하였다.

SMP 처리는 종자: carrier: 증류수를 5:3:10.5 (w/w/w)으로 혼합하여 '이나리', '무쌍', '홍심', '매끄니', '하루방', '비바리'는 5일간, '만산'과 '대복'은 3일간 처리하였다. 이때 사용된 SMP carrier는 Micro Cel-E였고 처리온도는 20℃였다. 이와 같이 SMP 처리된 종자를 diatomaceous earth로 코팅하였다. SMP 처리하여 코팅된 종자의 묘출현 반응을 검정하고자 춘파용은 2000년 4월 20일과 2001년 4월 23일에 파종하였고, 추파용은 2000년 8월 20일과 2001년 7월 31일에 노지에 파종하여 출현율과 출현속도를 비교 검토하였다.

포장조건은 사질양토였으며, 밀 거름으로 10a당 퇴비 3,000 kg, N: P :K(20: 15: 17 kg) 및 석회 60 kg을 시비하였다. 파종간격은 10(주간) × 18cm(조간)였고 1cm 깊이로 파종하여 묘출현과 출현속도를 비교하였다.

#### 나. 농가 실증시험

SMP 처리 종자, SMP 처리 후 코팅종자, 무처리종자를 현지 재배농가에서 파종하여 실증시험 하였다. 공시품종은 추파용 '비바리'와 '하루방'였다.

농가실증 시험은 당근재배의 주산지인 전남 보성에서 당근재배 경력이 10년 이상인 두 농가를 택하여 파종하였다. Lot A는 평지지역이었으며, Lot B는 구릉지의 경사지였다. 파종은 2001년 7월 30일에 하였고, 포장조건은 두곳 모두 사질양토였다. 종자처리 방법은 위에서 언급된 방법과 동일하였다.

파종간격은 10(주간) × 18cm(조간)였고, 1cm 깊이로 파종하여 묘출현과 출현속도를 비교하였다. 아울러 파종후 30일 경과된 유묘의 초기생육을 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. SMP 처리된 코팅종자의 묘출현

코팅처리된 당근 종자를 노지에 파종하여 묘출현율과 파종시간을 조사한 결과는 표 4.5.1과 같다. 단독으로 코팅된 종자는 묘출현이 무처리 종자에 비해 '이나리'에서는 19%, '무쌍'에서는 20% 저하되었으나, osmo priming과 SMP 처리하여 발아력을 증진시킨 후 코팅된 종자는 무처리와 유사한 묘출현을 보였다. 그러나 발아율 증진 효과는 SMP 처리후 코팅된 종자에서 뚜렷하였다. 나종자를 손작업으로 파종하면 파종 소요 시간이 10a당 20.9시간 이었으나, 코팅된 종자는 1.1시간에 불과하여 약 20시간의 파종 노력을 절감할 수 있었다.

표 4.5.2와 표 4.5.3은 춘파용인 4품종을 SMP 처리 후 코팅하여 일반 코팅종자와 나종자를 노지에 파종하여 출현율과 출현속도를 조사한 결과이다.

유묘출현 반응은 품종마다 약간의 차이는 있으나 대체적으로 SMP 처리된 종자는 나종자보다 출현소요일수가 3~4일 정도 단축되었고, 출현율도 향상되었다. 그러나 코팅종자는 나종자나 SMP 처리종자에 비해 출현율이 저하되었고 출현속도도 늦었다. 하지만 SMP 처리하여 종자활력을 증진시킨 후 코팅하면 출현율도 향상되었고, 빠른 묘출현속도를 보였다.

포장조건에서 묘출현은 전반적으로 실험실에서 검정한 발아속도보다 1~2일 정도 더 늦었다. 이는 포장의 다양한 기후변화와 파종 당시 10일간의 평균지온이 15.4℃정도(매일 12:00 기준)로 실험실에서의 환경보다 불량하였기 때문으로 생각된다.

포장에서의 실험 결과는 위에서 언급한 출현율과 출현속도의 일정한 차이란 빼고는 각 처리구간의 차이와 출현 경향은 실험실에서의 결과와 비슷하였다. 2000년도 파종이 2001년도 파종보다 묘출현율이 전반적으로 높았는데, 이는 기후조건과 종자활력 차이에 의한 것으로 보여진다. 그러나 1차 년도와 2차 년도 실험에서 SMP 처리종자와 SMP 처리후 코팅된 종자 및 단독으로 코팅된 종자의 묘출현 경향은 유사하였다.

SMP 처리된 종자를 코팅함으로써 출현율이 향상되었지만 SMP 단독처리만큼의 출현율을 기대하기 어려웠다. 하지만 모든 품종에서 SMP + 코팅종자와 무처리 종자는 출현율과 출현속도가 비슷한 수준을 유지했다. SMP 종자는 모든 품종에서 무처리 종자에 비하여 출현율이 향상되었고, 출현소요일수가 2.3~3.6일 정도 단축되었다.

표 4.5.4와 표 4.5.5는 추파용인 4품종을 SMP 처리 후 코팅하여 일반 코팅종자와 나종자간의 출현율과 출현속도를 조사한 결과이다. 전반적인 경향은 추파용과 유사하였다. SMP 처리 종자는 품종에 따라 약간의 차이는 있으나 무처리나 코팅종자에 비해 출현율이 높았고 출현소요일수도 단축되었다.

이에 비해 코팅종자는 무처리 종자보다 출현율이 약간 낮았다. SMP 처리한 후 코팅된 종자는 단독으로 코팅된 종자에 비해 출현율을 향상시켰고, 출현속도를 단축시켰으나 추파용보다는 그 효과가 미약하였다. 2000년 파종이 2001년 파종보다 묘출현율이 높았으나, 이는 기후적 차이로 생각된다.

이와 같이 SMP 처리하여 종자활력을 증진시킨 후 코팅하면 포장출현율을 향상시킬 수 있어 당근 재배에 유용하게 이용될 것으로 기대된다.

Table 4.5.1. Effect of seed treatment on emergence and sowing time of two cultivars under field conditions.(10a)

Seed treatment <sup>z</sup>	'Inari'		'Mussang'	
	Emergence (%)	Sowing time (hours)	Emergence (%)	Sowing time (hours)
Coating				
Coating	69±4.7	1.1±0.3	72±5.2	1.2±0.5
SMP + coating	89±3.6	1.2±0.4	92±3.6	1.1±0.2
Osmo + coating	81±4.3	1.1±0.3	83±4.1	1.1±0.4
Mean	80±4.2	1.1±0.3	82±4.3	1.1±0.4
Untreated	89±6.2	20.9±0.7	93±5.5	21.2±0.8

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

Table 4.5.2. Effect of seed treatment on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), mean number of days to emergence(MDE), and mean emergence time(MET) of 'Inari' and 'Mansan' carrot seeds under field conditions.

Cultivar	Seed treatment <sup>z</sup>	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 spring</i>					
Inari	SMP	96 a <sup>y</sup>	8.7 b	3.6 a	9.5 c
	Coating	75 b	11.9 a	2.8 b	13.1 a
	SMP + Coating	72 b	11.2 a	2.7 b	12.0 b
	Untreated	93 a	11.0 a	3.5 a	11.5 b
<i>2001 spring</i>					
	SMP	80 a	11.2 c	4.0 a	9.5 c
	Coating	61 c	13.7 a	3.1 b	14.3 a
	SMP + Coating	73 b	12.6 b	3.7 b	13.2 b
	Untreated	63 c	12.9 ab	3.2 b	13.5 b
<i>2000 spring</i>					
Mansan	SMP	98 a	9.6 c	3.7 a	10.4 c
	Coating	59 b	12.4 b	2.2 b	13.4 a
	SMP + Coating	71 b	12.3 b	2.7 b	12.8 a
	Untreated	80 ab	13.4 a	2.8 ab	11.9 b
<i>2001 spring</i>					
	SMP	77 a	9.6 c	3.9 a	10.2 c
	Coating	49 c	14.7 a	2.4 b	15.0 a
	SMP + Coating	64 b	14.7 a	3.3 a	15.2 a
	Untreated	62 b	11.7 b	3.1 a	12.4 b

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns within each sowing year are separated by DMRT at  $p = 0.05$ .

Table 4.5.3. Effect of seed treatment on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), mean number of days to emergence(MDE), and mean emergence time(MET) of 'Mussang' and 'Hongsim' carrot seeds under field conditions.

Cultivar	Seed treatment <sup>z</sup>	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 spring</i>					
Mussang	SMP	98 a <sup>y</sup>	8.7 b	3.7 a	9.4 c
	Coating	77 c	12.4 a	2.9 c	13.5 a
	SMP + Coating	85 bc	11.7 a	3.2 bc	12.1 b
	Untreated	93 ab	11.8 a	3.5 ab	12.1 b
<i>2001 spring</i>					
	SMP	82 a	9.6 b	4.1 a	10.4 b
	Coating	55 c	13.7 a	2.8 c	14.3 a
	SMP + Coating	68 b	12.5 ab	3.4 b	13.1 ab
	Untreated	74 ab	12.3 ab	3.8 ab	12.9 ab
<i>2000 spring</i>					
Hongsim	SMP	93 a	9.4 b	3.5 a	10.3 b
	Coating	86 a	11.9 a	3.2 a	12.6 a
	SMP + Coating	79 a	11.8 a	3.0 a	12.7 a
	Untreated	80 a	11.5 a	3.0 a	12.2 a
<i>2001 spring</i>					
	SMP	41 a	11.5 b	2.1 a	12.1 b
	Coating	58 a	14.7 a	2.9 a	15.3 a
	SMP + Coating	63 a	14.2 a	3.7 a	14.9 a
	Untreated	54 a	13.0 b	2.8 a	13.5 b

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns within each sowing year are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 4.5.4. Effect of seed treatment on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), mean number of days to emergence(MDE), and mean emergence time(MET) of 'Daebok' and 'Mecuni' carrot seeds under field conditions.

Cultivar	Seed treatment <sup>z</sup>	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 summer</i>					
Daebok	SMP	91 a <sup>y</sup>	8.6 c	4.5 a	9.4 c
	Coating	74 bc	11.2 ab	3.7 bc	12.0 ab
	SMP + Coating	69 c	10.3 b	3.5 c	11.3 b
	Untreated	83 ab	11.9 a	4.1 ab	12.7 a
<i>2001 summer</i>					
	SMP	79 a	9.6 c	3.9 a	10.2 c
	Coating	65 bc	12.1 ab	3.0 ab	12.7 a
	SMP + Coating	58 c	11.2 b	2.9 b	11.3 b
	Untreated	71 ab	12.8 a	3.2 ab	12.6 a
<i>2000 summer</i>					
Mecuni	SMP	85 a	8.3 b	4.3 a	8.9 b
	Coating	78 a	11.2 a	3.9 a	11.9 a
	SMP + Coating	77 a	11.2 a	3.8 a	11.9 a
	Untreated	80 a	11.4 a	4.1 a	11.9 a
<i>2001 summer</i>					
	SMP	78 a	9.5 c	3.8 a	10.1 c
	Coating	74 ab	12.1 b	3.8 a	12.7 b
	SMP + Coating	71 ab	13.0 a	3.5 b	13.4 a
	Untreated	67 b	12.4 ab	3.3 b	13.1 ab

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns within each sowing year are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

Table 4.5.5. Effect of seed treatment on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage( $E_{50}$ ), mean number of days to emergence(MDE), and mean emergence time(MET) of 'Vibari' and 'Harubang' carrot seeds under field conditions.

Cultivar	Seed treatment <sup>z</sup>	Emergence (%)	$E_{50}$ (days)	MDE	MET (days)
<i>2000 summer</i>					
Vibari	SMP	85 a <sup>y</sup>	9.5 c	4.2 a	10.2 b
	Coating	78 a	12.4 ab	3.9 a	13.2 a
	SMP + Coating	76 a	13.0 a	4.1 a	13.3 a
	Untreated	74 a	12.1 b	3.7 a	12.6 a
<i>2001 summer</i>					
	SMP	72 a	11.3 a	3.6 ab	11.7 a
	Coating	70 a	10.9 a	3.5 ab	11.4 a
	SMP + Coating	73 a	11.5 a	3.1 b	11.8 a
	Untreated	75 a	11.8 a	4.2 a	12.4 a
<i>2000 summer</i>					
Harubang	SMP	84 a	9.7 c	4.1 a	10.2 c
	Coating	54 c	12.5 a	2.8 bc	13.0 a
	SMP + Coating	77 ab	12.2 a	3.9 ab	12.9 a
	Untreated	66 bc	11.5 b	2.3 c	12.1 b
<i>2001 summer</i>					
	SMP	84 a	9.9 a	4.2 a	10.6 a
	Coating	72 ab	11.8 a	3.7 ab	12.4 a
	SMP + Coating	69 b	12.3 a	2.9 b	12.9 a
	Untreated	78 ab	11.2 a	3.9 ab	11.6 a

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Means in columns within each sowing year are separated by DMRT at  $P = 0.05$ .

#### 나. 농가 실증시험

표 4.5.6은 SMP, SMP 처리후 coating한 종자를 현지 재배농가에서 파종하여 묘출현 반응과 초기생육을 조사한 것이다. 품종에 관계없이 Lot A에서 출현율도 높았고, 출현속도도 빨랐다.

묘출현율에는 품종간 유의적인 차이는 없었으나, 종자처리간에는 큰 차이가 있었다. 품종에 관계없이 전반적으로 SMP 처리된 종자들은 나종자에 비해 출현율이 높았다. 묘출현속도도 이와 유사한 경향을 보여 SMP 처리된 종자에서 조기출현하였다.

유묘의 초기생장은 Lot A에서는 종자처리간 차이는 인정되지 않았으나, Lot B에서는 SMP 처리종자에서 초장, 근장, 엽수 및 건물중이 증가하여 초기생육이 향상되었다. 품종에 관계없이 SMP + 코팅종자는 SMP 단독처리보다는 초기생육이 촉진되지는 못했지만 무처리 종자와 동등하거나 이보다 높은 초기생육을 보였다. 전반적으로 Lot A 종자는 Lot B 종자보다 묘출현이 높았고, 초기생육도 원활하였다.

따라서 SMP 처리하여 발아력을 증진시킨 후 코팅된 종자는 코팅종자의 발아지연 문제를 부분적으로 극복할 수 있었고 초기생육도 향상되었다.



Table 4.5.6. Effect of seed treatment on percent emergence, number of days to 50% of the final emergence percentage ( $T_{50}$ ) and early growth of 'Vibari' and 'Harubang' carrot seeds under field conditions.

Cultivar	Seed <sup>z</sup> treatment	Emer. (%)	$E_{50}$ (days)	Growth <sup>y</sup>			
				Plant height (cm)	Root length (cm)	No. of leaves	Dry weight (mg/10plants)
<i>Lot A</i>							
Vibari	SMP	65	9.5	15.0	6.6	4.7	189
	SMP + coating	54	12.5	16.5	6.0	4.0	193
	Untreated	60	12.4	11.2	4.2	4.0	120
	Mean	59	11.5	14.2	5.6	4.2	167
Harubang	SMP	82	8.6	13.5	5.3	4.3	181
	SMP + coating	61	11.8	13.3	6.0	3.8	113
	Untreated	56	11.6	12.3	5.7	4.0	100
	Mean	66	10.7	13.0	5.7	4.0	101
Significance							
Cultivar (A)		NS <sup>x</sup>	**	**	NS	NS	NS
Seed treatment (B)		**	***	***	NS	NS	NS
A × B		*	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Lot B</i>							
Vibari	SMP	64	10.1	12.5	4.3	4.3	151
	SMP + coating	48	12.6	10.9	4.6	3.6	197
	Untreated	51	12.5	10.9	4.5	4.2	200
	Mean	54	11.7	11.4	4.5	4.0	149
Harubang	SMP	67	8.3	12.9	5.5	4.4	234
	SMP + coating	53	11.4	13.4	5.8	3.9	195
	Untreated	54	11.5	13.4	4.6	4.0	170
	Mean	58	10.4	13.2	5.3	4.1	200
Significance							
Cultivar (A)		NS	***	NS	*	NS	NS
seed treatment (B)		**	***	NS	NS	**	*
A × B		NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Solid matrix primed at 20°C for 5 days: the ratio of seed, Micro-cel E and water was, by weight, 5:3:10.5. Untreated seeds were those taken fresh from the seed package. Seed coating with diatomaceous earth.

<sup>y</sup> Determined with 30-day-old seedlings.

<sup>x</sup> NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

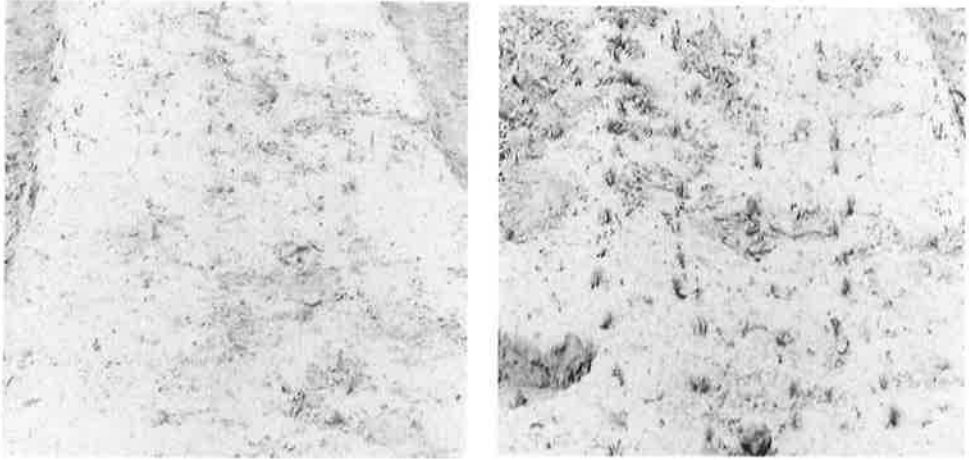


Photo. 4.5.1. Seedling emergence of untreated and SMP-treated 'Inari' carrot 10 days after planting in soil.

## 제 6 절 유용미생물이 첨가된 코팅종자의 근권환경 개선 효과와 묘출현 및 초기생육

### 1. 서언

종자처리가 지향하는 목적은 두 가지로 대별할 수 있다. 첫째는 토양 스트레스를 경감시킬 수 처리와 둘째는 물질을 직접 처리하여 식물생장을 향상시키는 방법이다. 전자는 건조 및 과습 토양조건에서 수분흡수를 증진 또는 경감시킬 수 있는 물질을 종자에 첨가하여 입묘를 촉진시키는 방법이다. 이에 비해 후자는 생장조절물질과 화학비료를 첨가하거나 유용한 미생물을 종자에 증식시켜 작물생장을 촉진시키는 방법이다.

생물적 종자코팅은 흔히 화학제와 더불어 혼용이 가능하며, 유용균이나 박테리아도 동일한 목적으로 사용되기도 한다. 생물적 종자코팅의 목적은 토양전염병 방제뿐 아니라 근권환경을 개선하여 식물의 생장을 증진시키는데 있다. 그러나 이들 방법은 종자에 처리된 미생물들이 종자 및 토양에서 생존하는 것이 전제되어야 하므로 결과가 불명확한 단점이 있다.

생물적 코팅종자가 실용화되기 위해서는 코팅종자의 유용효과가 포장 조건까지 연결되어야 한다. 그러나 생물적 종자처리는 화학적 종자 처리와는 달리 종자에 접종된 미생물이 증식되어야만 작물의 생육을 촉진시킬 수 있다.

종자에 코팅된 미생물들이 증식되기 위해서 생물적 및 비생물적 제한 요인을 극복해야만 한다. 최근에는 식물체의 근권환경을 개선하기 위하여 많은 유용미생물들이 개발되어 시판되고 있고, 작물에 따라 특이성을 갖는 유용미생물을 개발하기 위한 연구도 활발하다.

본 연구는 유용미생물이 첨가된 코팅종자를 포장에 직파하여 묘출현과 초기생육에 미치는 영향을 검정하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

공시품종은 '이나리', '무쌍' 당근 종자였다. 유용미생물이 첨가된 코팅종자의 묘출현과 초기생육을 검정하기 위해  $10^8$  cfu의 *Paenibacillus polymyxa* E681 배양액을 접착제(PVA 2%)와 혼합하여 코팅공정중 분무하였다. 종자 코팅에 사용된 피복물질은 diatomaceous earth였다. 이와 같이 미생물이 첨가된 코팅종자를 포장에 파종하여 묘출현율과 파종 후 30일 경과된 유묘의 초장, 근장 및 건물중을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

코팅종자에 유용미생물 첨가는 유해 미생물의 피해로부터 종자나 유묘를 보호하여 안전한 작물재배를 가능하게 하는 장점이 있다. 코팅종자에 유용미생물을 첨가하면 실내조건에서 발아촉진에 그 효과가 입증된 바 있다. 그러나 실내조건에서 발아증진 및 생육촉진 등에 우수한 효과를 보인 유용미생물들도 포장상태에서는 상반된 결과를 나타낼 수 있다. 따라서 유용미생물이 첨가된 코팅종자를 실용적으로 이용하기 위해서는 실내에서 보인 유용효과들이 포장조건에서도 연결되어야 할 것이다. 작물의 성장을 촉진하는 유용미생물로는 *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Pseudomonas* 속 등이 알려져 있다.

표 4.6.1은 실내에서 발아촉진에 최적 조건이었던  $10^8$  밀도의 *Paenibacillus polymyxa* E681를 코팅공정중 첨가하여 묘출현과 출현속도 및 초기생육을 조사한 결과이다.

두 품종 모두 유용미생물이 첨가된 코팅종자는 단독 코팅된 종자에 비해 묘출현이 향상되었으나, 무처리 종자와는 큰 차이는 없었다. 유용미생물이 첨가된 코팅종자는 실내에서는 발아촉진 효과가 현저하였으나, 포장에서는 유용미생물이 코팅종자에 첨가되더라도 묘출현 속도를 단축시키지는 못했다. 이는 코팅종자가 파종된 포장의 환경조

건이 실내조건보다 불량하였던 것에 기인된 것으로 보여지며, 또한 토양내의 존재하는 유해 미생물들과의 길항작용에 의해 발아촉진 효과가 반감된 것으로 풀이된다.

그러나 유용미생물 첨가된 코팅종자는 두 품종 모두 파종 후 35일 경과된 유묘의 초장, 근장, 건물생산량 등이 단독으로 코팅된 종자나 무처리에 비해 향상되어 초기생육 촉진에는 유효하였다. 이와 같이 코팅종자에 유용미생물 첨가에 의해 초기생육 촉진은 균일한 근권생장을 유도하여 고품질의 수확물 생산이 가능할 뿐만 아니라 수확시기 단축에 유용할 것으로 기대된다.

Table 4.6.1. Effect of seed coating with *P. polymyxa* E681 on emergence, E<sub>50</sub> and early growth of four carrot cultivars.

Seed treatment <sup>z</sup>	Emer. (%)	E <sub>50</sub> (days)	Growth <sup>y</sup>		
			Plant heigh (cm)	Root length (cm)	Dry weight (mg/plant)
<i>'Inari'</i>					
Coating	69 b <sup>x</sup>	8.8 a	15.2 b	6.2 b	15 b
Coating with <i>P. polymyxa</i> E681	79 a	8.6 a	17.2 a	8.6 a	26 a
Untreated	81 a	7.4 b	16.6 a	7.6 a	22 a
<i>'Mussang'</i>					
Coating	62 b	9.8 a	16.2 a	6.8 b	18 a
Coating with <i>P. polymyxa</i> E681	74 ab	9.2 a	16.8 a	8.3 a	25 a
Untreated	82 a	8.2 b	15.6 a	7.2 a	21 a
<i>'Vibari'</i>					
Coating	45 b	10.7 a	14.1 a	7.1 a	12 a
Coating with <i>P. polymyxa</i> E681	54 b	10.5 a	13.6 a	7.6 a	11 a
Untreated	65 a	9.2 b	12.7 a	8.3 a	17 a
<i>'Harubang'</i>					
Coating	72 b	9.3 a	15.4 b	5.7 b	14 b
Coating with <i>P. polymyxa</i> E681	74 ab	9.0 a	22.1 a	9.2 a	25 a
Untreated	87 a	7.8 b	17.0 b	6.6 b	17 b

<sup>z</sup> Added *P. polymyxa* E681 during coating.

<sup>y</sup> Determined at 30 days after sowing

<sup>x</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$

## 제 7 절 영양물질이 첨가된 코팅종자의 묘출현 및 초기생육

### 1. 서언

코팅종자는 부족한 노동력을 완화시킬 수 있는 기계화 및 생력화 재배가 가능하지만 우리 나라 실정에 적합한 코팅방법이 개발되어 있지 않고 외국 기술을 답습하고 있는 실정이다.

발아에 이어 출현된 유묘는 외부 영양물질을 이용하여 성장하게 된다. 코팅종자에 영양물질 첨가는 종자의 영양물질 흡수를 증대시키고, 영양경합원인 잡초의 영양물질 흡수를 최소화시켜 작물의 입묘를 향상시키는데 있다. 농업선진국에서는 작물의 초기 생육을 촉진시키기 위하여 다량원소, 미량원소 및 발아대사 활성제를 첨가시킨 코팅종자가 실용화되고 있다. 이처럼 영양물질이 첨가된 코팅종자는 경제적 측면에서도 토양이나 엽면살포한 것보다 흡수 효율을 높일 수 있고 비용도 절감되는 부수적 효과도 기대할 수 있다.

이러한 이점으로 미국, 유럽 및 일본등에서는 코팅종자의 수요가 늘어나고 있지만 국내에서는 농민들이 코팅종자의 유용 효과에 대한 인식이 부족하여 실용적으로 이용되지는 못했다. 그러나 일부 화훼재배 농가에서 외국으로부터 수입된 코팅종자를 이용하는 농가가 점차 늘어나고 있는 추세로 볼 때 지금까지 실용화되지 못했던 채소, 공예작물 등에서 머지 않아 실용화 될 것으로 예측된다.

이러한 관점에서 본 연구는 성장조절제와 영양물질이 첨가된 코팅종자가 출현에 이어 초기생육에 미치는 영향을 검정하고자 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

코팅공정중 성장조절제 및 영양물질 첨가가 당근 코팅종자의 출현율과 초기생육에

미치는 미치는 영향을 조사하기 위하여 사용된 공시품종은 춘파용인 ‘이나리’, ‘만산 5촌’ 당근 종자였다. 성장조절제 gibberellic acid(GA<sub>3</sub>)의 처리농도는 100mg · L<sup>-1</sup>였고, 영양물질로는 MS medium과 Hoagland’s solution ½ 농도를 조성하였다. 코팅공정중 성장조절제 및 영양물질 첨가방법은 접착제(2%)에 희석용해한 GA<sub>3</sub>와 영양물질을 분무하면서 코팅하였다. 이때 사용된 코팅 피복물질은 diatomaceous earth였다. 이와 같이 영양물질이 첨가된 코팅종자를 포장에 파종하여 묘출현율과 파종 후 30일 경과된 유묘의 초장, 근장 및 건물중을 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 4.7.1은 코팅종자의 발아성을 증진시키고 더 나아가 유묘의 초기생장을 향상시킬 목적으로 GA<sub>3</sub> 및 영양물질을 코팅종자에 첨가하여 묘출현과 초기생육을 조사한 결과이다. ‘이나리’와 ‘무쌍’ 품종 모두 MS medium과 Hoagland’s solution를 첨가한 코팅종자는 이들 물질을 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 뚜렷한 묘출현을 증진 효과는 없었다.

그러나 GA<sub>3</sub>를 첨가한 코팅종자는 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 ‘이나리’에서는 8.4%, ‘무쌍’에서는 11.8%의 출현율이 증진되었다. 따라서 코팅종자에 흔히 나타났던 입묘율 저하 문제를 GA<sub>3</sub>를 코팅종자에 첨가함으로써 극복할 수 있었다.

출현속도도 코팅종자에 첨가되는 영양급원에 의해 차이를 보였는데, MS medium이나 Hoagland’s solution를 첨가한 코팅종자는 이를 첨가하지 않은 코팅종자에 비해 출현속도를 단축시키지 못했으나, GA<sub>3</sub>가 첨가된 코팅종자는 출현속도를 단축시켰다.

파종한 후 30일 경과된 유묘의 초기생육을 조사한 결과 영양물질이 첨가된 코팅종자는 두 품종 모두 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나 전반적으로 초장, 근장, 건물생산량이 증가되는 경향을 보였다. 이러한 현상을 생육 후기로 갈수록 더욱 현저한 차이를 보일 것으로 예상된다.

Table 4.7.1. Effect of seed coating with GA<sub>3</sub> and nutrient solutions on percent emergence, E<sub>50</sub> and early growth of two carrot cultivars.

Seed treatment <sup>z</sup>	Growth <sup>y</sup>				
	Emer. (%)	E <sub>50</sub> (days)	Plant height (cm)	Root length (cm)	Dry weight (mg/plant)
<i>'Inari'</i>					
Coating	67.4 b <sup>x</sup>	8.5 a	16.2 b	6.6 b	23 a
Coating + GA <sub>3</sub> 100 mg · L <sup>-1</sup>	75.8 a	7.6 b	17.4 a	7.8 a	28 a
Coating + MS medium ½	70.2 b	8.2 a	18.1 a	8.2 a	27 a
Coating + Hoagland's sol. ½	68.1 b	8.4 a	17.8 a	8.3 a	28 a
Untreated	78.2 a	7.4 b	17.1 a	7.6 a	25 a
<i>'Mussang'</i>					
Coating	64.6 b	9.4 a	15.6 a	6.7 a	20 a
Coating + GA <sub>3</sub> 100 mg · L <sup>-1</sup>	76.4 a	8.4 b	16.0 a	7.2 a	22 a
Coating + MS medium ½	66.4 b	9.6 a	16.2 a	7.6 a	24 a
Coating + Hoagland's sol. ½	62.2 b	9.8 a	16.6 a	7.8 a	23 a
Untreated	80.7 a	7.8 b	16.6 a	7.3 a	21 a

<sup>z</sup> Added various nutrients during coating.

<sup>y</sup> Determined at 30 days after sowing

<sup>x</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$



## 제 8 절 Seed sheet 종자와 seed tape 및 코팅종자의 파종효율성 검토

### 1. 서언

Seed sheet는 파종과 멀칭작업을 동시에 수행함으로써 생력 효과를 높일 수 있는 파종기술이다. 국내에서도 참깨에서 seed sheet를 실용화하고 있으나, 뿌리채소인 당근에서 그 가능성이 인정된다면 노력절감형 생력재배법이 정착 될 수 있을 것이다.

일부 농가에서는 seed sheet를 변형시킨 종자판을 이용하고 있는데, 종자판은 수분 분해성이 높은 종이판 위에 종자를 부착하여 파종이 용이하도록 한 것이다. 종자판의 장점은 인력에 의한 손파종보다 파종작업을 10배 빠르게 할 수 있고 속음작업을 생력화 시킬 수 있다. 테이프 종자는 폭이 좁고 길이를 길게한 끈 위에 종자를 일정한 간격으로 부착한 것인데 사용하는 재료는 수분분해성이 높은 물질이 적합하다. 테이프 종자의 장점은 손으로 테이프를 간단히 늘어 뜨리면 파종이 되기 때문에 파종의 생력효율을 높일 수 있다.

일본에서 산업화 되고 있는 테이프 종자는 홀세론 및 메시론 테이프 등이 있다. 홀세론 테이프는 파종되면 토양함수량만으로도 분해가 빠르게 일어나는 장점도 있으나, 습도가 높은 여름철에는 공기중의 수분으로도 분해가 쉽게 되어 저장이 어려운 단점도 있다. 이에 비해 메시론 테이프는 주 재료가 건식 부직포인데, 접착제를 사용하지 않기 때문에 종자 테이프를 감은 상태에서 종자소독액에 침지처리도 가능하다. 100%의 천연 소재이므로 토양에서 부식이 가능하다. 일본의 경우 십자화과 작물의 대부분이 테이프 종자로 파종되고 있다. 이와 같이 Seed sheet와 테이프 종자는 파종작업을 생력화 할 수 있는 이점이 있으므로 기계파종의 새로운 대안책으로 제시될 수 있다.

따라서 본 연구는 seed sheet, 테이프 종자 및 코팅종자를 파종하여 생력효과를 검토하며, 아울러 seed sheet에 적합한 필름의 종류 및 종자부착 간격을 설정하기 위해 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 파종노력, 숙음시간, 초기생육 비교

본 실험에서는 seed sheet, 테이프 종자 및 코팅종자를 파종하여 파종작업의 생력 효과와 비교하고자 하였다. 공시된 품종은 '이나리'였고 seed sheet 제작은 멀칭비닐에  $\phi 20\text{mm}$ 로 펀칭하여 펀칭된 공간의 가장자리에 종자를 부착시켰다. 종자코팅은 diatomaceous earth 사용하여 코팅하였고, seed tape 제작은 바인더 끈을 이용하여 10cm 간격으로 종자를 부착하였다. 이들 종자를 2000년 4월 5일 노지에 파종하여 파종노력과 묘출현 및 초기생육을 조사하였다. 파종노력 시간 측정은 4장 4절의 방법과 동일하게 하였다.

### 나. Seed sheet 적정 필름 및 종자 부착간격 설정

입묘율을 향상시킬 수 있는 seed sheet 필름을 구명하기 위해 투명필름, 흑색필름 및 silver 필름을 사용하여 위의 방법과 동일하게 seed sheet를 제작하였다. Sheet에 부착되는 종자의 적정 간격을 설정하고자 펀칭 간격을 10cm(조간)  $\times$  10cm(주간), 10cm  $\times$  15cm, 10cm  $\times$  20cm, 15cm  $\times$  15cm, 15cm  $\times$  20cm 및 20cm  $\times$  20cm로 달리하여 묘출현과 초기생육을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 파종노력, 숙음시간, 초기생육 비교

Seed sheet, 테이프 종자, 코팅종자의 묘출현율을 비교 조사한 결과는 표 4.8.1과 같다. 코팅종자나 테이프 종자는 무처리 종자보다 출현율이 약간 낮았고 출현속도도 약 2.0일 정도 지연되었으나, seed sheet 종자는 무처리 종자보다 오히려 묘출현일수가 1

일 정도 빨랐다.

파종 후 30일 경과한 유묘의 초기생육은 seed sheet 종자와 테이프 종자가 무처리보다 건물생장율이 높았다. 코팅종자는 무처리 종자보다 묘출현 일수나 초기생육이 무처리 종자보다 약간 늦었으나, 파종노력과 숙음작업을 고려한다면 코팅종자의 실용적 가치는 크다고 볼 수 있다.

파종시간은 seed sheet에서 많이 소요되었는데, 이는 seed sheet 종자를 인력에 의존하여 멀칭했기 때문이다. 현재 개발되어 사용중인 멀칭기계로 seed sheet 파종을 한다면 코팅종자를 기계화 파종하는 만큼의 파종 시간을 단축시킬 수 있을 것으로 생각된다. 숙음에 있어서는 seed sheet, 테이프 종자 및 코팅종자들이 무처리에 비하여 1/6수준의 노동력이 소요되었다. 일반 당근 재배에 있어서는 숙음은 1~2회 정도 더 이루어져야 될 것을 감안한다면 최종적으로 1/20의 노동력이 감소될 것으로 예상된다.

표 4.8.2는 seed sheet에 사용되는 필름의 종류가 묘출현과 출현속도 및 초기생육에 미치는 영향을 조사한 것이다. '이나리'에서는 seed sheet 종자는 무처리 종자보다 묘출현이 향상되었고 출현속도도 단축되었다. Seed sheet에 사용되는 필름 중 silver 필름이 투명이나 흑색필름보다 유묘의 초기생육이 향상되었다. '비바리' 품종에서는 이러한 현상이 현저하여 seed sheet 재료로 silver 필름을 사용했을때 묘출현율이 높았다.

또한 silver 필름으로 seed sheet된 종자는 초장, 엽수 및 건물중 등 초기생육도 투명 필름이나 흑색 필름을 사용한 것보다 유묘의 초기생장이 향상되었다. 따라서 seed sheet에 적합 필름은 silver 필름으로 나타났다.

표 4.8.3은 seed sheet의 종자부착 간격을 달리하여 묘출현과 출현속도 및 초기생육에 미치는 영향을 조사한 것이다. '이나리'에서는 sheet에 부착되는 종자간격에 따라 묘출현과 출현속도 및 초기생육에는 유의적인 차이는 인정되지 않았으나, 전반적으로 조간과 주간 간격을 15cm × 15cm 및 15cm × 20cm로 부착하는 것이 초기생육이 향상되는 경향이였다.

'비바리'에서는 뚜렷한 결론을 내리기는 어려우나 조간과 주간 간격을 좁게하면 유묘

의 초기생육이 불량하였고, 15cm × 20cm 간격으로 종자를 부착하는 것이 묘출현과  
 뿐만 초기생육도 향상되는 경향을 보였다.

Table. 4.8.1. Percent emergence, E<sub>50</sub>, sowing and thinning time and dry weight of  
 'Inari' carrot as affected by different methods of seed treatment.  
 (10a)

Seed treatment	Emer. (%)	E <sub>50</sub> (days)	Dry weight <sup>z</sup> (mg/plant)	Sowing (hours)	Thinning (hours)	Total (hour)
Seed sheet	85.7±3.4	10.3	40±2.5	22.3±0.8	0.8±0.2	23.1
Seed tape	72.5±3.2	12.3	28±2.2	1.2±0.3	0.7±0.3	1.9
Seed coating	63.3±5.2	14.5	17±3.2	1.1±0.4	0.8±0.3	1.9
Untreated	88.7±4.1	12.7	26±2.4	21.1±0.7	14.6±0.9	35.7

<sup>z</sup> Determined 30 days after sowing

Table 4.8.2. Effect of seed sheet materials on seedling emergence, E<sub>50</sub> and  
 growth of 'Inari' and 'Vibari' carrots.

Seed sheet material	Emergence (%)	E <sub>50</sub> (days)	Growth <sup>z</sup>		
			Plant height (cm)	Root length (cm)	Dry weight (mg/10 plants)
<i>'Inari'</i>					
Hyaline film	73 a <sup>y</sup>	8.2 b	14.7 b	5.4 b	135 b
Black film	78 a	8.2 b	14.3 b	8.4 a	231 a
Silver film	73 a	8.3 b	16.6 a	7.8 a	227 a
Untreated	62 b	9.7 a	13.2 b	8.7 a	124 b
<i>'Vibari'</i>					
Hyaline film	67 b	10.3 b	10.5 a	7.7 a	158 a
Black film	65 b	10.2 b	12.0 a	6.3 a	196 a
Silver film	77 a	10.8 b	11.7 a	6.5 a	177 a
Untreated	48 c	13.5 a	10.5 a	9.7 a	95 a

<sup>z</sup> Determined with 30-day-old seedlings.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at *P* = 0.05

Table 4.8.3. Effect of sowing space of a seeds sheet on seedling emergence,  $E_{50}$  and growth of 'Inari' and 'Vibari' carrots.

Hole space		Growth <sup>z</sup>				
Interrow	Hill	Emergence (%)	T <sub>50</sub> (days)	Plant height (cm)	Root length (cm)	Dry weight (mg/10plants)
<i>'Inari'</i>						
10	10	70 a <sup>y</sup>	8.7 a	12.2 a	7.2 a	85 a
	15	67 a	8.3 a	11.7 a	6.5 a	91 a
	20	68 a	8.5 a	11.5 a	6.3 a	87 a
15	15	73 a	8.5 a	10.5 a	5.9 a	102 a
	20	70 a	8.4 a	10.4 a	6.6 a	114 a
20	20	68 a	8.5 a	10.2 a	5.8 a	107 a
<i>'Vibari'</i>						
10	10	58 a	9.7 ab	10.7 a	5.2 b	129 a
	15	49 b	10.2 a	10.9 a	6.7 a	95 a
	20	62 a	9.5 b	9.5 a	6.8 a	78 b
15	15	67 a	9.8 ab	9.3 a	5.8 a	103 a
	20	63 a	10.3 a	9.8 a	4.9 b	125 a
20	20	53 ab	10.1 a	10.5 a	4.5 b	94 a

<sup>z</sup> Determined with 30-day-old seedlings.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by DMRT at  $P = 0.05$



Placing seed sheet



Coating seeds in soil



30 days after planting in soil



Sowing naked carrot seeds in the field

Photo 4.8.1 Planting naked or coated seeds and a seed sheet in the field

## 인용문헌

- 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.
- Antonov, I., K. Slavov, P. Purvanov and S. Stanchev.** 1978. Pelleting of sugar beet seed and of some other crops. *Plant Sci.* 15:120-135.
- 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
- Berrie, A. M. M. and D. S. H. Drennan.** 1971. The effect of hydration-dehydration on seed germination. *New Phytol.* 70:135-142.
- Black, R. A. and F. M. Elhadi.** 1992. Presowing treatments of acacia senegal seed germination and growth. *Tropical Agriculture* 69:15-20.
- Bradford, K. J.** 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience* 21:1105-1112.
- Bradford, K. J., D. M. May, B. J. Hoyle, Z. S. Skibinski, S. J. Scott, and K. B. Tyler.** 1988. Seed and soil treatments to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils. *Crop Sci.* 28:1001-1005.
- Brocklehurst, P. A. and J. Dearman.** 1983. Effect of calcium peroxide as a supplier of oxygen for seed germination and seedling emergence in carrot and onion. *Seed Sci. & Technol.* 11:293-299.
- 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.
- Bujalski, W., A. W. Nienow, G. M. Petch, R. L. K. Drew, and R. B. Maude.** 1992. The process engineering of leek seeds: A Feasibility study. *Seed Sci. & Technol.* 20:129-139.
- Burris, J. S. and D. C. Mecgee.** 1991. Seed coating technology. Reserach work at Iowa State University, Seed Science Center, Ames, Iowa 50011.
- Canerday, R.** 1990. Coating creates nutrient environment. *Seed World.* June. p48-49.
- 조정래, 박중춘, 강성모, 최영환, 정연옥, 강점순, 김희규, 정헌재, 신원교, 이도현.** 1991. 인공 씨감자 및 채소종자의 coating 가공법 개발. 과학기술처 특정연구개발사업 보고서.

- 조정래, 강성모, 정연옥, 강남준, 강점순. 1994. 발아촉진과 입모율 향상을 위한 채소종자의 Priming 및 Coating에 관한 연구. 한국과학재단 핵심전문연구과제 보고서.
- 조정래, 강성모, 강남준, 강점순. 1995. 원예작물 일관생산체계를 위한 공장육모시스템 개발. 농촌진흥청 특정연구과제 완결보고서.
- 조정래, 강성모, 박창석, 김석현, 강남준, 강점순, 신원교, 노치용, 황연현, 조강희, 정연옥, 강갑수. 1998. 채소 및 화훼종자의 고품질화 기술개발을 위한 priming 및 coating에 관한 연구. 농림부. 최종연구보고서.
- 조정래, 정연옥. 1994. 원예작물 일관생산체계를 위한 공장육모시스템 개발. 고추종자 Coating에 의한 초기생육 촉진연구. 1993년도 농촌진흥청 특정연구과제 보고서.
- Conway, K. E. 1986. Use of fluid drilling gels to deliver biological control agents to soil. *Plant Dis.* 70:835-39
- Dadlani, M., V. V. Shenoy and D. V. Seshu. 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. *Seed Sci. & Technol.* 20:307-313.
- Davis, T. D., J. E. Ells, and R. H. Walser. 1990. Emergence, growth and freezing tolerance of tomato seedlings grown from uniconazole-treated seeds. *HortScience* 25:312-313.
- Dearman, J., P. A. Brocklehurst, and R.L.K. Drew. 1987. Effects of osmotic priming and ageing on the germination and emergence of carrot and leek seed. *Ann. Appl. Biol.* 111:717-722.
- 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
- 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.
- 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.
- 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
- 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.



- Haigh, A. M., E. W. R. Barlow, and T. L. Milthorpe.** 1986. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:660-665.
- Halmer, P.** 1988. Technical and commercial aspects of seed pelleting and film-coating. In *Application to Seeds and Soil*(ed.). T.J. Martin, pp. 191-204. Thornton Heath/Surrey, England, Bri. Crop. Prot. Counc.
- 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.
- Harman, G. E., and A. G. Taylor.** 1988. Improved seedling performance by integration of biological control agents at favorable pH levels with solid matrix priming. *Phytopathology* 78:520-25
- Herner, R.C.** 1986. Germination under cold soil conditions. *HortScience* 21:1118-1122.
- 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.
- 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.
- 伊東 正. 1988. シードプライミング, p.199-210. そ菜種子生産研究会.ハイテクによる野菜の採種. 誠文堂新光社, 日本.
- Jackson, I. M., S. Roberts, P. Timmins, and H. Sen.** 1989. Comparison of laboratory-scale processing techniques in the production of coated pellets. *Pharm. Techno. Intl. Nov./Dec.,* p 22-32.
- Jeffs, K. A.** 1978. Seed treatment. Collaborative International pesticides analytical council. pp. 91-101.
- 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. Counc.
- 정연옥, 조정래. 1994. 토마토 및 고추 종자의 Coating 기술개발에 관한 연구. 한국원예학회지 인쇄중.
- 강점순, 조정래. 1996. 수박 종자의 Priming 처리가 발아 및 유모생장에 미치는 영향. 한국원예학회. 37:12-18.
- 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 토마토 종자의 Priming과 처리후 발아기간중의 형태학적 변화. 한국원예학회 37: 206-213.
- 강점순, 조정래, 정연옥. 1996. 수분 및 염분 Stress 조건에서 토마토 종자의 발아에 미치는 priming 효과. 한국원예학회 37:616-521.
- 강점순, 조정래. 1996. 적정 priming 조건이 토마토 종자의 발아와 유모생장에 미치는 효과. 한국원예학회 37: 645-652.

- Kaufman G.** 1994. Seed coating: A tool for stand establishments: A stimulus to seed quality. HortTechnology. Oct/Dec. 98-102.
- Khan, A. A.** 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 13: 131-181.
- 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.
- Kitamura, S., Watanabe, M., and M. Nakazama.** 1981. Process for producing coated seed. US Patent 4,250,660
- 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.
- Leaver, J. P., and E. H. Roberts.** 1984. Peroxides in seed coatings. Outlook Agric.13:147-53
- 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
- Longden, P. C.** 1975. Sugar-beet pelleting. Agr. Dev. & Advisory Sery. Quart. Rev. 18:73-80.
- 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.
- Matthews, A.** 1981. Evaluation of techniques for germination and vigour studies. Seed Sci. & Technol. 9:543-551.
- Maude, R. B., R. L. K. Drew, D. Gray, G. M. Petch, W. Bujalski, and A. W. Nienow.** 1992. Strategies for control of seed borne *Alternaria daugi* (Leaf blight) of carrots in priming and process engineering systems. Plant Pathology 41:204-214.
- Mayberry, K. S. and F. E. Robinson.** 1982. Lettuce coatings. Amer. Veg. Grower 30:32.
- Miller, W. F. and C. Sooter.** 1967. Improving emergence of pelleted vegetable seed. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 10:658-666.
- Markey, A. E.** 1990. Growers benefit from seed technology. Amer. Veg. Grower 38:14-16.
- 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ハウレンソウ種子の発芽促進. 園學雜. 50:461-467.
- 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.
- 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.
- Porter, F. E., and H. E. Kaerwer. 1974. Coated seeds and methods .US Patent 3,808,740
- Powell, A. A., and S. Matthews. 1988. Seed treatments: Developments and prospects. Outlook Agric. 17:97-103
- Pyzik, T. P., and M. D. Orzolek. 1986. The effect of plant growth regulators and other compounds in gel on the emergence and growth of tomato seedling in a cool potting medium. J. Hortic. Sci. 61:89-94
- Robabi, H. 1994. Film-coating of horticultural seed. HortTechnology. 4: 104-105.
- 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.
- 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.
- Scott, D., Archie, W. J. 1978. Sulphur, phosphate and molybdenum coating of legume seed. NZJ. Agric. Res. 21:643-49
- Scott, J. M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. Advances in Agronomy 42:43-83.
- 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. and J.P. Gentry. 1980. Lettuce emergence from vermiculite seed tablets coating activated carbon and phosphorus. HortScience 15:73-75.

- 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.
- Smid, A. E. and T. E. Bates.** 1971. Response of corn to small amounts of fertilizer placed with the seed : V. Seed coating compared with banding. *Agron. J.* 63:380-384.
- 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
- Tanne, I. and D. J. Cantliffe.** 1989. Seed treatments to improve rate and uniformity of celery seed germination. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 102:319-322.
- 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.** 1987. Seed coatings to reduce imbibitional chilling injury. *Ann. Rep. Bean Improve. Crop.* 30: 30-31
- Taylor, A. G. and G. E. Harman.** 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28:321-339
- Taylor, A. G., G. E. Harman, and P. A. Nielsen.** 1994. Biological seed treatments using *Trichoderma harzianum* for horticultural crops. *HortTechnology* 4: 105-109.
- Taylor, A. G., Searcy, S. W., Motes, J. E., and L. O. Roth.** 1981. Separation, singulation and precision planting of germinated seed. *HortScience* 16:198-200
- 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.
- Tonkin, J. H. B.** 1979. Pelleting and other presowing treatments. *Adv. Res. Technol. Seeds* 4:84-105
- Tonkin, J. H. B.** 1984. Pelleting and other presowing treatments. *Ave. Res. Technol. Seeds* 9:94-127.
- 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 seeds by seed priming. *HortScience* 20:1112-1114.
- 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.