파종작업의 생력화와 입묘 증진을 위한 상추 종자의 코팅 기술 개발

강점순 · 안종길 · 손병구 · 최영환

(밀양대학교 원예학과 교수)

Development of a Coating Technique for Lettuce Seeds Aimed for Mechanical Planting and Growth Promotion

Jum-Soon Kang · Chong-Kil Ahn · Beung-Gu Son · Young-Whan Choi

Dept. of Horticulture, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

적 요

미세종자인 상추는 크기가 불균일하여 기계화 파종이 어렵다. 이러한 관점에서 본 과제에서는 기존의 것보다 우수한 코팅종자를 생산하기 위한 기초연구를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

접착제 종류 및 농도에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 있었다. 사용된 접착제중 polyvinyl alcohol(PVA)에서 전반적으로 발아가 원활하였고 다음이 polyvinyl pyrrolidone(PVP)였다. 코팅물질중 bentonite, dialite 및 diatomeceous earth의 수분보유력이 각각 184%, 173% 및 163%로 나타났다. 그러나 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash등은 수분보유력이 대체적으로 낮은 코팅물질이었다. 코팅물질의 종류에 따라 발아율이 달랐는데 전반적으로 diatomaceous earth 및 talc + calcium carbonate가 다른 코팅물질에 비해 발아율도 높고 발아속도도 단축되어 상추종자의 종자코팅에 적합한 고형물질이였다. 코팅경도는 bentonite가 1,280g로 가장 높았다. 코팅층의 붕괴 형태는 중앙부분이 갈라지면서 파열되는 물질은 diatomaceous earth, dialite, talc, dialite + talc 혼합물질, talc + calcium carbonate 혼합물질, limestone, zeolite, limestone + zeolite 혼합물질 및 fly ash였다. 코팅층이 물에 용해되어 붕괴되는 물질은 calcium carbonate, calcium oxide등이었고, 팽창형은 bentonite와 vermiculite였다. 코팅물질에 영양물질 첨가하여 발아율이 약간 감소되었고 발아속도도 지연되는 경향이었으나, MS medium이 monosodium phosphate보다 발아 억제 현상이 적게 나타났다. Priming 후 코팅된 종자는 무처리 종자를 코팅한 경우에 비해 발아율이 높았고 발아속도도 단축되는 경향이었다. 코팅종자에서 색소첨가는 발아를 저해하지 않았다. 코팅종자의 건조는 건조되지 않은 코팅직후 종자에 비하여 발아속도는 약간 지연되는 것으로 나타났다. 경제적인 처리온도는 35℃, 처리시간은 3시간이 좋은 것으로 평가되었다. 또한 코팅종자는 무처리 종자에 비해 묘출현과 초기생장이 억제되는 현상은 나타나지 않았다.

Ⅰ. 서론

농수산물의 수입개방화에 대응하여 국제 경쟁력을 갖춘 고품질, 고부가가치 농산물을 생산하기 위해서는 작물재배 환경을 적극적으로 조절할 수 있는 기술집약적, 자본집약적 및 노동절약형 재배법 확립이 절실히 요구된다. 경제성이 있는 원예작물은 적절한 유묘관리가 필요하며, 특히 미세종자들은 크기가 작고 불균일하여 기계화 파종이 어렵다. 이러한 문제점

을 해결하기 위한 방편으로 종자코팅이 제시되었다[1,5,6,7,10,12]. 코팅의 목적은 종자 크기와 무게를 증가시켜 기계화 파종을 가능케하여 파종과 솎음 노력을 경감시키고 종자를 절약하는데 있다[14,15,17,19,20,21,22]. 또한 코팅종자는 묘의 생장활성을 촉진시키며[23], 영양경합원인 잡초의 생육을 억제하여 입모 증진에 유용하다[3]. 또한 종자코팅은 사용목적에 따라 정밀파종[8], 토양스트레스를 경감[5], 묘생장 촉진[18]으로 대별된다.

종자 코팅은 40년전 형태가 불균일한 사탕무에서 처음 실시된 이후 원예작물을 비롯한 공예작물, 사료작물에도 이용되고 있다. 세계농업을 선도하는 미국의 종자코팅 현황은 주요 원예작물에서 산업화되고 있고 그 수요는 매년 증가하는 추세에 있으나, 우리나라에서는 아직 초보적인 단계에 있다.

상추는 육묘를 거치지 않고 직파되는 것이 대부분이다. 그리고 현행 종자를 손으로 파종은 정밀파종이 어렵고 종자량이 과다하게 되어 종자비 지출 및 육묘관리비 상승등 농가소득의 저해요인으로 자리매김되고 있다. 이는 곧, 육묘비용이 상승하게 되고 생산물의 품질저하 및 경쟁력 약화의 원인이 되고 있으며, 외국의 고품질 코팅종자 수입을 유발시켜 외화낭비를 초래하고 있다.

지금까지 입묘 증진을 위한 방안으로 priming, 살균제 처리, 생장조절제 침지, fluid drilling등의 종자처리법이 제시되고 있지만[9], 이들 처리들은 종자활력 증진에 유용하나, 기계화에 의한 정밀파종은 불가능하다. 미세하여 발아가 낮은 상추 종자를 신속하고 균일한 모를 출현시킬 수 있는 priming의 장점과 기계화 파종이 가능한 코팅의 장점을 조합한다면 코팅종자의 부가가치를 높일 수 있을 것이며, priming후 코팅된 상추종자는 균일한 파종깊이와 파종간격으로 근권생장도 균일해져 고품질의 생산물 확보도 가능할 것이다.

그러나 코팅물질의 종류, 접착제의 적합성 및 산소투과성은 코팅 종자의 품질을 결정짓는 요인들이다. 그러나 지금까지 종자 코팅기술과 방법은 대부분이 특허[10,12]이거나 대외비로 하고 있다. 따라서 코팅 종자가 실용화되기 위해서는 환경친화적이고 저렴한 첨가물질이 자체적으로 개발되어야 할 것이다.

이러한 관점에서 본 연구는 우수한 코팅종자를 생산하기 위한 기초연구로서 상추 종자의 코팅에 (1) 적합한 접착제 및 고형물질 선발 (2) 코팅공정 방법의 신기술 개발, (3) 수분용해성이 높은 코팅물질을 탐색함과 동시에 (4) 코팅종자의 발아지연 원인을 구명하며, (5) 영양물질과 산소공급 물질의 첨가 및 (6) priming 종자를 코팅하여 발아촉진 효과를 검토하고, (7) 코팅종자의 착색증진 방안과 (8) 코팅후 건조조건 구명 및 (9) 코팅종자를 기계화 파종하여 그 효과를 검정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 종자 코팅의 접착제가 발아력에 미치는 영향

본 실험에 사용된 공시재료는 서울종묘(주)의 '청치마' 상추 종자였다. 접착제의 종류 및 농도가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 종자를 치상한 후 carboxymethyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, methy cellulose, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone 및 tween 80을 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0%로 농도를 달리한 용액을 7 mL 공급하여 발아력을 비교하였다.

2. 코팅물질의 물리성과 코팅물질이 발아력에 미치는 영향

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

종자 코팅 물질의 물리성은 부피, 용적밀도, 보수력, E.C 및 pH를 조사하였다. 부피측정은 100g의 코팅물질을 500 ml의 메스실린더에 충진하여 증가하는 높이를 부피로 계산하였다. 보수력 측정은 100g의 코팅물질에 서서히 수분을 가하여 최대용수량의 무게

를 천칭하여 증가되는 무게를 단위건물중으로 계산하였다(코팅물질의 수분함량- 코팅물질의 건물중/코팅물질의 건물중).

코팅 물질의 pH 및 전기전도도 조사는 코팅물질과 증류수를 1:5로 희석시켜 1시간 동안 진탕시킨 후 pH meter와 EC meter(VWR Scientific 1054)로 측정하였다. 코팅 종자의 경도 조사는 경도계(Hardness meter, 東京木屋製作所, 日本)를 이용하여 수직으로 압박하여 깨어질때의 압력(g/cm^2)으로 표시하였다. 코팅물질이 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 9 cm petridish에 2g의 코팅물질을 넣고 종자를 치상한 후 증류수 7 mL을 공급하여 발아력을 비교하였다.

3. 종자 코팅 공정

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

4. 코팅신공정 기술 개발

지금까지 알려져 있는 코팅 방법으로는 코팅물질 사이에 종자를 넣어 찍어내는 stamping, 코팅물질과 접착제를 혼합한 현탁액을 기계 밑에서 분무하면서 종자에 현탁액이 부착되도록 하는 slurry 코팅, 또는 종자를 기계 내에서 회전시키면서 접착제를 종자에 분무하고 이어서 분말로 된 코팅물질을 첨가하는 rolling machine 방법이 있다[17]. 본 실험에서는 rolling machine 방법으로 코팅하면서 (1) 접착제, 코팅물질 및 종자를 혼합한 후 수분분무하는 방법과 (2) 회전하고 있는 코팅용기내에 종자와 코팅물질을 공급한 후 접착제를 분무하는 방법을 비교하여 코팅공정의 효율성을 검정하였다. 조사항목으로서는 코팅공정의 효율성, blank 종자, 2립 종자, 3개 이상의 종자가 포함된 단립화 정도를 관찰하였다. 이외에 코팅공정 방법은 위에서 언급된 동일한 방법으로 하였다.

5. 수분용해성이 높은 코팅물질 탐색

종자 코팅 피복물질중 수분용해성이 높은 우수한 물질을 탐색하기 위하여 diatomaceous earth # 300, calcium carbonate, dialite, talc, calcium carbonate + dialite (1:1), calcium carbonate + talc (1:1), dialite + talc (1:1) 및 calcium carbonate + dialite + talc (1:1:1 v/v), calcium oxide, kaolin, fly ash 및 vermiculite 단독 또는 혼합하여 종자를 코팅한 후 용해성을 조사하였다. 코팅종자의 용해성 조사는 9 cm petridish에 100립의 종자를 치상한 후 증류수 7 mL을 공급하여 코팅종자가 용해되는 시간을 조사하였다.

6. 코팅시 영양물질 및 산소공급원 첨가

코팅공정 중 몇가지 영양물질 및 산소공급원 첨가가 코팅종자의 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 영양물질인 MS medium를 ½ 및 ¼배, 인산급원으로 Monosodium phosphate 0.2, 1.0%를 2% PVA 용액으로 용해하였다. 또한 코팅종자의 산소공급원 첨가효과를 조사하기 위해 산소발생 급원인 BaO_2를 0.2%, 1.0%를 영양물질 조제법과 동일하게 조성하였다.

코팅공정중 영양물질 및 산소공급원 첨가방법은 코팅 초기와 중기단계에는 PVA 0.5% 및 1.0% 단독

용액을 분무하였고 공정 후기에 이들 물질을 분무하여 그 효과를 조사하였다.

7. Priming 종자의 코팅

미세하여 발아가 저조한 상추 종자를 신속하고 균일한 발아를 유도할 수 있는 priming의 장점과 기계화 파종이 가능한 코팅종자 장점의 조합가능성을 모색하고자 당근종자를 priming한 후 코팅하였다. Priming 방법 및 조건은 1g의 종자를 9cm petridish에 넣고 50 mM의 K_3PO_4 용액으로 20℃에서 2일간 처리하였다. Priming 처리후 종자는 2분간 수세하여 종피에 부착되어 있는 처리제와 고체 carrier를 제거한 후 20℃에서 3시간 건조하였다. 이와 같이 건조시킨 priming 종자를 코팅하여 발아력을 조사하였다.

8. 코팅종자의 착색제가 발아에 미치는 영향

코팅색소가 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 사용된 착색제는 Crystal Violet, Methyl Bule, Methyl Orange, Methyl Red, Rhodomine B 및 Sarfamine O 등의 6 종류였으며, 농도는 0.5% 였다. 실험은 두가지 방법으로 접근하였는데, (1) 무코팅 종자에 증류수 대신 코팅색소를 공급한 실험과 (2) 색소를 접착제(PVA 2%)에 용해하여 코팅공정 최종 단계에 이를 분무하여 코팅색소가 발아에 미치는 영향을 20℃와 25℃에서 조사하였다.

9. 코팅 후 건조온도와 건조시간에 따른 건조율과 발아율

코팅 후 건조온도와 건조기간이 코팅종자의 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 코팅종자를 20℃, 35℃ 및 45℃에서 1, 3, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96시간 건조하여 종자함수율을 측정하였다. 또한 산업화를 위한 대량처리시 건조비용과 노력을 절감할 수 있는 적정 건조온도 확립하기 위하여 코팅종자를 20℃, 35℃ 및 45℃에서 3, 6, 12, 24, 48, 72 및 96시간 건조하여 발아율과 발아속도를 비교하였다.

10. 발아시험 및 포장출현율 조사

발아시험은 petridish(9cm)에 흡습지(Whaman No. 2) 1매를 깐후 100립씩 완전임의배치 3반복으로 암상태의 20±1℃ 및 25±1℃ 항온기에서 치상하여 발아시켰다. 발아조사는 종자를 치상한 후 10일까지는 12시간 간격으로 그 후 18일까지는 1일 간격으로 하였으며, 유근이 1.0mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 하였다. 코팅종자의 유묘출현율 조사를 위해 56공 플러그판에 피트모스:퍼라이트:버미큘라이트를 3:2:3(v/v)로 혼합한 상토에 파종하였다. 유묘출현 조사는 파종한 후 10일까지 1일 간격으로 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 종자 코팅접착제가 발아에 미치는 영향

코팅종자는 영양물질, 살균제, 발아촉진 물질을 종자표면에 공급하여 발아 미세환경을 개선시켜 입묘형성을 유리하게한 것이다. 또한 형태가 불균일한 종자를 미립화한 점토, 목분등의 유기물 또는 무기물로 종자를 균일하게 피복하여 기계화 파종이 가능토록 하여 파종과 묘솎음 작업의 생력화에 유용하다.

종자 코팅 과정은 일반적으로 접착제를 종자 표면에 분사하여 종자와 코팅물질을 결합시키면서 시작된다. 접착제 없이도 코팅 드럼 안에서 입자들이 굴리면서 자연적으로 부착 가능하나 코팅층이 부서지거나 깨어지기 쉽다. 따라서 흡착성을 위해서는 접착제의 분무가 필요하다.

접착제의 역할은 종자와 물질간의 결합도 중요하지만 종피와 코팅물질간 친화성이 있어야 한다. 종자코팅의 접착제는 수분용해도, 파열에 견딜 수 있는 일정한 경도, 기질에 대한 친화성 및 처리시 응집정도에 따라 적정 접착제를 선택해야 하는데, 일반적으로 carboxymethyl cellulose, dextran, gum arabic, hydroxyethyl cellulose, methy cellulose, paraffin oils, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone, tween 80, polyethylene glycol-based 등이 이용되고 있다. 그러나 접착제의 대한 연구는 제약산업에서 결합력, 결합강

도등에 대한 연구는 많으나, 종자 발아성 차원에서 이를 고찰한 예는 없었다. 따라서 코팅 종자가 산업화되기 위해서는 가격이 저렴하고 환경친화적이면서 발아에 장해를 주지 않는 적정 접착제 종류와 농도 구명이 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

표 1은 종자코팅에 사용되는 접착제의 종류 및 농도를 달리한 용액을 상추종자에 공급하여 20℃와 25℃의 발아온도에서 발아율과 발아속도에 미치는 영

Table 1. Effect of coating polymers and their concentrations on percent germination and T_{50} of 'Cheongchima' lettuce seeds.

Seed treatment		pH	20℃		25℃	
Polymer	Conc. (%)		Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Carboxymethyl cellulose	0.5	6.12	78.6	3.15	72.0	1.73
	1.0	6.19	80.6	2.79	64.0	2.80
	1.5	6.22	77.3	2.91	57.3	2.43
	2.0	6.24	34.0	5.70	30.6	5.43
	Mean	6.19	67.6	3.44	50.0	3.10
Hydroxyethyl cellulose	0.5	6.08	76.6	2.77	75.3	1.86
	1.0	6.07	81.3	2.99	73.3	2.26
	1.5	6.08	76.6	3.24	60.6	3.13
	2.0	6.08	83.3	2.79	54.6	2.53
	Mean	6.08	79.5	2.95	66.0	2.45
Methy cellulose	0.5	6.23	78.6	2.58	72.6	2.73
	1.0	6.14	86.6	2.86	78.0	2.66
	1.5	6.31	80.6	3.40	72.6	4.23
	2.0	6.28	80.0	4.68	59.3	5.76
	Mean	6.24	81.5	3.38	70.6	3.85
Polyvinyl alcohol	0.5	6.01	82.0	2.65	80.6	1.76
	1.0	6.06	80.6	2.56	65.3	2.20
	1.5	5.90	83.3	2.56	75.3	2.30
	2.0	5.88	75.3	2.94	76.6	1.86
	Mean	5.96	80.3	2.67	74.5	2.03
Polyvinyl pyrrolidone	0.5	3.79	82.6	2.66	76.0	2.01
	1.0	3.69	80.7	2.74	68.7	1.87
	1.5	3.64	80.0	2.95	68.7	2.09
	2.0	3.64	86.7	2.77	62.0	2.28
	Mean	3.69	81.0	2.78	68.8	2.07
Tween 80	0.5	5.90	82.0	2.61	66.7	1.97
	1.0	6.00	81.3	3.20	63.3	2.01
	1.5	5.86	80.7	3.24	62.7	1.88
	2.0	6.00	77.3	3.44	64.0	1.93
	Mean	5.94	80.3	3.13	64.2	1.97
Control(H_2O)		6.11	80.0	2.58	72.6	1.80
Significances						
Polymer (A)			***	***	***	***
Concentration (B)			***	***	***	***
A x B			***	***	***	***

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

향을 조사한 것이다. 접착제의 농도가 높이면 코팅종자의 경도를 향상시킬 수 있으나, 발아는 지연된다[2,4]. 접착제 종류 및 농도에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 있었다. 사용된 접착제중 polyvinyl alcohol(PVA)에서 전반적으로 발아가 원활하였고 다음이 polyvinyl pyrrolidone(PVP), hydroxyethyl cellulose(HEC), methy cellulose(MC), tween 80 순으로 나타났다. 반면 carboxymethyl cellulose(CMC)에서는 발아속도가 지연되었고 발아율도 감소되었는데, 이는 CMC가 다른 접착제 비해 점성이 높아 산소부족을 초래한데 그 원인이 있었던 것으로 사료된다[2]. 접착제 종류에 관계없이 농도에 따라 발아력에 차이가 있었는데, 저농도인 0.5%에서 발아율이 전반적으로 높았고 고농도인 2%에서는 발아율 감소와 아울러 발아속도가 지연되는 경향이었다.

그러나 PVA는 고농도에서도 발아억제 현상이 낮았는데, 이러한 결과는 코팅 종자의 경도 강화를 위해 접착제 농도를 증가하더라도 발아에는 큰 영향을 주지 않는다는 것을 시사하고 있다. 따라서, 발아를 억제하지 않고 종자와 고형물질의 흡착능력이 우수한 적정 접착제는 PVA로 판단된다.

접착제의 pH는 농도에 따라 큰 차이는 없었으나, 접착제 종류간에는 차이를 보였다. PVP는 pH가 3.7로서 발아가 억제될 것으로 예측되었으나, 원활한 발아를 보여 상추는 산성조건에서도 발아가 가능한 작물로 평가되었다. 특히 PVP는 강알카리를 지닌 코팅물질을 사용할때 pH를 낮추는 역할이 있을 것으로 기대된다. 반면 CMC, HEC, MC, PVA 및 Tween 80은 약산성에 근접한 pH 6.0으로 나타났다. 접착제중 PVA는 고농도에서도 발아억제 현상이 낮아 코팅 종자의 접착제로 적합한 것으로 평가되었다(표 1).

2. 코팅물질의 물리성

종자 코팅을 위해서는 기본적으로 코팅물질, 물질을 종자에 부착도록 하는 접착제 그리고 코팅기계가

Table 2. The relative volumes occupied, bulk densities, relative water holding capacities and pH by the same weight of particulate matters for seed coating.

Particulate matter	Volume (cm^3/g)	Bulk density (g/cm^3)	Water holding capacity (% dw basis)	Conductivity $mS \cdot cm^{-1} \cdot g^{-1}$	pH (1:5)
Diatomaceous earth	2.22	0.45	163.2±3.7	66.2± 0.3	7.67
Calcium carbonate	1.63	0.62	75.0±2.7	31.6± 0.3	9.57
Dialite	2.75	0.36	173.2±2.7	93.2± 0.6	7.37
Talc	2.34	0.43	97.5±3.2	39.6± 1.7	8.21
Calcium carbonate + dialite	2.05	0.49	118.4±2.5	58.2± 1.3	8.96
Calcium carbonate + talc	1.99	0.50	85.5±1.0	40.9± 0.2	9.01
Dialite + talc	2.42	0.41	120.6±1.0	61.6± 2.7	8.72
Calcium carbonate + dialite + talc	2.15	0.46	99.8±3.3	52.3± 1.1	8.94
Bentonite	1.82	0.55	184.7±1.3	198.3± 13.2	10.04
Limestone	1.96	0.51	81.7±4.2	4,036.3± 58.5	12.82
Zeolite	1.12	0.89	80.2±8.7	25.8± 3.5	7.77
Bentonite + limestone	1.90	0.53	133.8±6.7	2,638.3±258.5	12.72
Bentonite + zeolite	1.54	0.65	120.0±3.2	148.7± 12.7	9.63
Limestone + zeolite	1.60	0.63	77.0±0.7	3,586.4±225.5	12.82
Bentonite + limestone + zeolite	1.72	0.58	92.3±3.7	2,224.6±106.7	12.73
Calcium oxide	1.37	0.73	56.4±4.3	3,841.3± 43.7	13.00
Kaolin	2.57	0.38	73.1±5.2	15.2± 2.3	6.80
Fly ash	1.47	0.68	46.4±3.8	60.7± 6.2	8.07
Vermiculite	2.20	0.45	117.8±6.5	57.7± 5.6	9.74

필요하다. 코팅 공정은 드럼안에 회전하고 있는 종자와 코팅물질에 접착제를 연속적으로 분사함으로써 치밀화된 코팅 종자를 생산할 수 있다[22].

코팅물질로는 montmorillonite와 같은 점토물질과 chalk, sawdust, sand, cellite, krilium, bentonite clay, calcium carbonate, 규조토, zeolite, talc, bauxite, peat moss 및 vermiculite 등이 주로 사용되며 석회, 석고, 백운석, rock phosphate등이 근류균 보호을 위한 코팅물질로 이용된다[22]. 코팅종자의 물리성은 기계화 파종에 대단히 중요하며, 발아에도 영향을 미치는 요인이다. 표 2는 코팅 물질의 물리성을 조사한 결과이다.

용적부피는 코팅종자의 무게를 좌우하는 중요한 요소로서 매우 중요한 의미를 갖는다. 용적부피가 가벼우면 공극율이 높고 가벼운 장점이 있다. 상추종자의 코팅에 사용된 물질 중 dialite, kaolin, talc, diatomeceous earth 및 vermiculite는 용적밀도가 낮은 편이었고 g당 부피는 대체적으로 높게 나타났다(표 2).

보수력은 건조한 토양에 파종할 경우 보수력이 강한 재료가 입묘형성에 유리하다. Bentonite, dialite 및 diatomeceous earth가 각각 184%, 173% 및 163%의 수분을 보유할 수 있어 건조토양에서 유용할 것으로 판단되었다. 그러나 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash등은 수분보유력이 대체적으로 낮은 코팅물질이었다. 코팅물질의 종류에 따라 발아율이 달랐는데(표 5), 그 원인을 구명하고자 코팅물질의 pH와 전기전도도를 측정하였다. Kaolin, dialite, diatomeceous earth등은 pH 6.8, 7.3, 7.7로 나타나 중성에 근접하였으나, limestone, calcium oxide, bentonite, calcium carbonate 등은 pH가 12.8, 13, 10 및 9.6으로 높았고 이들과 혼합한 물질들도 대체적으로 높았다. 전기전도도 또한 이와 유사한 경향을 보였다. 이와같이 코팅물질의 높은 pH와 전기전도도가 발아를 저해하는 근본적인 원인으로 추측되었다.

3. 코팅배율

표 3은 코팅종자의 코팅배율을 나타낸 것이다. 무처리 종자에 대한 코팅종자의 중량배율이 코팅배율인데, 코팅배율이 작을 경우 코팅층의 얇은 것을 의미한다. 코팅층이 얇게되면 강도가 작아지고 수송 및 파종과정중에 코팅층이 부수지기 쉽다. 반면 코팅층이 두껍고 경도가 강하면 코팅종자의 발아율이 저하될 수 있다[7].

따라서 발아력이 우수하고 수송 또는 파종작업이 가능할 정도의 코팅강도가 있어야만 실용적인 코팅종자라고 할 수 있다. 상추종자는 코팅후 종자의 크기가 33배 증가되었으며, 리터당 종자수는 20,500립 정도였다.

4. 코팅물질이 발아력에 미치는 영향

코팅종자는 종자에 물질을 부착시켜 크기를 증가시킨 것인데, 코팅물질의 종류에 따라 코팅형태가 불균일하여 상품성이 없는 코팅종자가 생산될 수 있으며, 외관이 우수하더라도 발아를 저해하는 물질은 실용적인 코팅종자할고 할 수 없다. 지금까지 종자 코팅의 물질 사용법은 대부분 특허[10,12]이거나 비밀에 부치고 있기 때문에 코팅물질의 화학적 조성 방법들은 자체적으로 개발되어야 할 것이다.

표 4는 상추종자에서 여러 가지 코팅 코팅물질을 첨가하여 20℃ 및 25℃에서 발아력을 검정한 결과이다. 발아율은 코팅물질이 첨가되지 않은 대조구 종자

Table 3. Seed weight and approximant number of coated 'Cheongchima' lettuce seeds per liter.

Seed wt (mg)	Coated seed		
	Weight (mg)	Weight increase ratio	Number of coated seeds/ *l*
1.17±0.02	38.7±0.30	33.0±0.30	20,506±551

가 20℃에서 64%, 25℃에서는 67.3%였는데, 코팅물질 중 talc, diatomaceous earth, calcium carbonate, kaolin, zeolite 등에서는 대조구에 비해 오히려 발아율이 높거나 비슷하여 이들 고형물질은 발아율을 저해하지는 않았다. 다만 발아속도는 대조구에 비해 다소 지연되는 것으로 나타났다. 반면 bentonite, limestone과 calcium oxide 첨가구에서는 발아율이 감소되었고 발아지연 현상도 나타났다.

전반적으로 diatomaceous earth가 다른 코팅물질에 비해 발아율도 높고 조기발아하여 상추의 종자코팅에 적합한 고형물질로 판단된다. 그외 talc + calcium carbonate, talc, kaolin등도 대체적으로 높은 발아율을 보였다. 그러나 limestone, calcium oxide에서는 발아율이 감소되었고 이들 물질과 혼합한 경우에도 발아억제 현상이 뚜렷하였다. 이러한 결과들은 코팅물질의 높은 pH(10~13)와 전기전도도에 기인된 것이거나 (표 2) 코팅물질 자체가 종자발아에 유해하게 작용한 것으로 풀이된다. 그러나 코팅물질 중 cacium carbonate가 발아저해 장해가 미약하고 코팅층이 쉽게 분해되는 여러가지 장점이 있으나, 코팅초기 상태에서 종피와 코팅물질간의 친화성이 없어 입단형성이 어렵고, 경도가 약하여 코팅층이 잘 깨지는 단점이 있었다. 따라서 상추에서는 talc + calcium carbonate를 혼합한 물질에서 발아율도 대체적으로 높고 입단형성

Table 4. Effect of coating particulate matters on percent germination and T_{50} of 'Cheongchima' lettuce seeds.

Particulate matter	20℃		25℃	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Diatomaceous earth	76.0	2.46	70.0	2.42
Dialite	69.0	2.76	68.0	2.12
Talc	78.7	3.24	62.6	2.51
Calcium carbonate	70.6	2.29	70.0	2.18
Dialite + talc	61.3	2.42	60.0	2.80
Dialite + calcium carbonate	68.0	2.31	73.3	2.63
Talc + calcium carbonate	62.0	2.25	68.0	2.41
Dialite + talc + calcium carbonate	68.0	2.45	62.6	2.08
Bentonite	56.6	4.16	61.3	2.62
Limestone	10.6	6.41	30.6	1.77
Zeolite	68.0	4.84	63.3	1.77
Bentonite + limestone	19.3	7.10	12.6	3.77
Bentonite + zeolite	64.6	4.99	48.0	1.78
Limestone + zeolite	32.0	6.72	18.0	2.18
Bentonite + limestone + zeolite	19.3	5.99	47.3	7.50
Calcium oxide	4.7	-	4.7	-
Kaolin	74.7	3.58	68.7	3.06
Fly ash	72.7	3.11	64.0	2.70
Verminculite	70.6	3.54	59.3	2.66
H_2O	64.0	2.62	67.3	1.08
LSD.05	19.8	1.26	15.3	1.15

이 용이하며, 일정한 경도를 유지할 수 있다는 측면에서 적정 코팅물질로 평가된다.

지금까지 보고되고 있는 코팅물질은 석회를 포함한 석고, 백운석, montmorillonite와 같은 점토물질과 chalk, sawdust, sand, cellite, krilium, bentonite clay, calcium carbonate, zeolite, cork, peat moss 및 버미큘라이트등과 광물질인 규조토, pumice 및 talc 등도 종자코팅에 사용되고 있다[19,20,22].

5. 코팅신공정 기술 개발

종자코팅의 화학 조작 기법은 대부분 특허이거나 코팅공정 과정은 자사의 판매와 직결되기 때문에 공개되지 않고 있다. 지금까지 알려져 있는 코팅방법은 코팅물질 사이에 종자를 넣어 찍어내는 stamping, 코팅물질과 접착제를 혼합한 현탁액을 기계 밑에서 분무하면서 종자에 현탁액이 부착되도록 하는 slurry 코팅, 또는 종자를 기계 내에서 회전시키면서 접착제를 종자에 분무하고 이어서 분말로 된 코팅물질을 첨가하는 rolling machine 방법이 있다[17]. 코팅기술이 발달된 선진국에서는 크기가 작은 종자도 코팅 하나에 종자가 1개씩 포함되는 기술이 개발되어 있지만 그 기술은 대부분 극비 사항으로 일반에 공개되지 않고 있다. 따라서 코팅종자를 국제시장에 진출시키기 위해서는 이러한 코팅 기술개발을 반드시 수행되어야 할 연구 분야이다.

표 5는 코팅공정 방법을 달리하여 코팅소요시간, 입단용이성, 코팅내에 종자가 포함되지 않은 빈종자, 한 개의 코팅층내에 2개의 종자가 포함된 코팅종자, 코팅종자들이 여러개 뭉쳐 단립을 이루는 정도를 조사한 것이다. 코팅방법중 (1) 회전하고 있는 드럼내에 종자를 넣고 이어서 접착제와 코팅물질을 서서히 첨가하는 방법이 (2) 접착제 + 코팅물질 + 종자를 혼합한 후 수분을 공급하는 방법보다 빈종자, 2립 코팅종자, 코팅종자의 단립화를 방지하는데 좋았다.

그러나 (2)의 방법이 (1)의 방법보다 코팅종자 생산에 소요되는 시간이 20분 정도 단축되었다. 지금까지 코팅방법은 회전(5-35 rpm)하고 있는 드럼내에 종자를 넣고 이어서 접착제와 코팅물질을 서서히 첨가하는 공정방법을 채택하고 있으나[22], 이 경우 접착제를 조제하여 사용하거나, 사용후 여분의 접착제는 저장하는 과정중 오염될 확률이 높다. (2)의 방법은 접착제를 조제할 필요가 없고 수분을 서서히 분사하여 코팅종자를 생산하는 것이어서 노력절감형 코팅방법이라고 할 수 있다.

그러나 종자가 포함되지 않은 빈 코팅종자, 2립 코팅종자, 단립화된 코팅종자가 양산되어 상추에서는 적합한 코팅방법은 아니었다. 이러한 원인은 종자코팅 과정중 상대적으로 많은 물질을 공급되면 드럼내에 코팅물질의 입자들이 응집력에 의하여 종자가 포함되지 않는 상태로 코팅되거나, 코팅층이 형성된 종자들도 강한 응집력에 의해서 덩어리진 코팅종자가

Table 5. Effect seed coating methods on coating time, agglomeration.

Coating method	Coated seed				
	Coating time (min)	Granulation capacity	Blank seed (%)	Duble seed (%)	Agglomeration
1. After mixture of binder, coating material and seed in the durm, during coating process only water spray	40	+[z)]	9.6%	4.6	high
2. Tumbling seed in durm, added binder and coating material	60	++	1.6%	1.2	low

[z)] + good, ++ very good

형성되는 것으로 추찰된다.

이와 같이 종자 코팅의 기술상의 문제점은 일정한 크기를 가진 균일한 종자를 얻어야 하나 첨가된 고형물질에 의해 비대한 종자가 될 수 있으며, 작은 코팅종자나 덩어리진 종자를 선별할 수 있는 장치가 개발되면 양질의 코팅종자를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

코팅 초기인 입단화 단계는 접착제와 코팅물질의 첨가량과 장비조작에 상당한 기술이 요구된다. 또한 코팅과정중 회전속도와 코팅 드럼의 회전 각도는 코팅 형성에 관여하는 중요한 요인이다. 종자코팅에 가장 널리 사용되고 있는 팬 코팅은 시간당 100kg의 정제된 종자를 생산해낼 수 있다. 그러나 계속적인 조작시 시간당 7 메트릭톤의 코팅종자 생산이 가능하다는 보고도 있다[22].

6. 수분용해성 높은 코팅물질 탐색

표 6은 여러 가지 코팅물질을 사용하여 입단의 용이성, 경도, 코팅후 코팅층의 붕괴형태 및 붕괴시간 나타낸 것이다. 코팅종자의 입단화는 코팅물질에 따라 큰 차이를 보였는데, 입단화가 우수한 물질은 talc, talc + calcium carbonate 혼합물질, limestone, kaolin, diatomaceous earth 등이었다. 반면 입자가 상대적으로 큰 dailite, calcium oxide는 입단형성이 불량하였다.

코팅종자가 실용화되기 위해서는 일정한 경도를 유지하여야 되는데, 깨어지거나 부서지기 쉬운 코팅종자는 취급뿐만 아니라 기계파종에도 문제가 될 수 있다[8]. 따라서 코팅 종자의 일정한 물리성 유지는 취급, 수송 및 기계 파종에 중요하다. 이러한 중요성에도 불구하고 코팅종자의 물리성에 관한 연구는 드물었고 제약산업에서 보고되고 있는 코팅성분과 강도를 코팅종자에 적용하고 있는 실정이다.

일반적으로 알려져 있는 코팅경도는 SS형과 S형은 200~300g, L형은 300~500g, LL형은 400~600g, LLL형은 400~600g일 때 발아에 장해를 주지 않으면서 기계화 파종에 적합한 경도라고 알려져 있다[7]. 코팅종자의 경도는 코팅물질의 종류에 따라 차이가 있었다. 표 6에서 보는 바와 같이 bentonite 코팅은 경도가 1,280g로 가장 높았으며, 다른 물질과의 혼합한 경우에도 경도가 증가하는 경향을 보였다.

Diatomaceous earth, talc 등은 본 실험에 사용된 코팅물질 중 중간정도의 경도를 지녀 기계화 파종용으로 적합할 것으로 판단된다. 그러나 talc, kaolin, vermiculite, calcium carbonate 등은 경도가 낮은 물질이었는데, 그중 calcium carbonate가 가장 낮았다. 따라

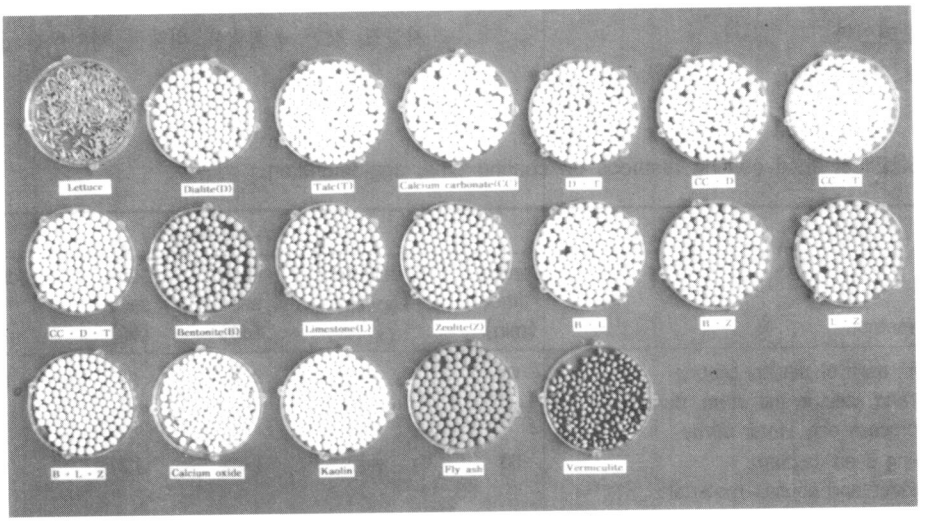

Fig. 1. Morphology of 'Cheongchima' lettuce coated seeds with different coating particulate matters.

서 이러한 물질들이 종자코팅용으로 실용화되기 위해서는 코팅공정 과정중 접착제 농도를 증가시키든지 경도를 강화시킬 수 있는 물질간의 혼합을 고려해야 될 것으로 사료된다. Calcium oxide는 코팅직후에는 경도가 유지되나 건조하면 코팅층이 부서지는 특성을 지니고 있었다(표 6). 코팅층의 붕괴 형태와 붕괴시간도 코팅물질에 따라 다양하였다. 코팅층의 중앙부분이 갈라지면서 파열되는 물질은 diatomaceous earth, dialite, talc, dialite + talc 혼합물질, talc + calcium carbonate 혼합물질, limestone, zeolite, limestone + zeolite 혼합물질 및 fly ash였다. 코팅층이 물에 용해되어 붕괴되는 물질은 calcium carbonate, calcium oxide 등이었다. 반면 bentonite는 수분을 흡수하면 부푸는 팽창형이었고, vermiculite도 팽창형이었다. Kaolin는 팽창되면서 파열되는 팽창 파열형이었다. 파열형은 수분흡수 초기에는 코팅형태를 유지하나 지속적으로 수분을 흡수하면 팽압에 의하여 코팅층이 파열되는데, 이러한 형태의 코팅종자는 낮은 수분조건하에서도 코팅층이 쉽게 파열되어 종자에 산소공급이 원활하게 이루어지는 장점이 있다. 반면 붕괴형은 파열형에 비하여 요구되는 수분량이 높아 과습토양 조건에서 유용할 것으로 판단된다.

코팅층의 신속한 분해는 발아중인 종자에 산소와 수분공급에 유리한 측면이 많다. 코팅층의 분해는

Table 6. The granulation, dissolving type and dissolving time after imbibed with distiled water of coated 'Cheongchima' lettuce seeds by various of coating particulate matters.

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

[z] + good, ++ very good, - bad

[y] Compressive strength is measured by applying force on a coated seed until it is crushed. The above figures are force (g) required to crush one coated seed of each size.

[x] Before radicle protrusion

diatomaceous earth가 코팅물질 중 가장 빠른 분해성을 보였고, calcium carbonate, kaolin 등도 침지 30분후 붕괴되어 비교적 빠른 물질이었으며, dailite, talc, bentonite, fly ash 등은 침지 2시간 후 대부분의 코팅층이 분해되었다. 그러나 limestone, zeolite, bentonite + limetone, bentonite + limestone, bentonite + zeolite, limestone + zeolite, lento + limestone + zeolite 혼합물질은 발아직전 코팅층이 파열되는 양상을 보였다(표 6).

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

입자크기가 작은 물질로써 종자코팅은 경도 향상의 측면에서는 바람직하나 낮은 기공성으로 종자내의 공기 유동이 제한되어 발아가 지연될 수 있다[14]. 산업화되고 있는 코팅 종자에서 발아율이 감소되는 주된 원인이 공기와 수분 이동의 억제에 의한 것으로 추측되며, 원활한 발아를 위해서는 큰 입자를 지닌 코팅물질이 유용하나 입단형성이 불량하다는 단점이 있다. 이러한 측면을 고려하여 볼때 상추종자에 적합한 코팅물질은 talc + calcium carbonite 혼합물질 및 diatomaceous earth가 입단형성이 우수하며, 높은 기공성을 보유하고 있어 유용하였다. 코팅물질중에는 대체적으로 diatomaceous earth 발아안정성 측면에서 우수한 코팅물질로 평가되며, 수분을 흡수하는 직후 분해되어 실용적인 코팅물질로 판단된다. 반면 calcium carbonate는 코팅층의 외관은 양호하였으나, 입단형성이 불리하다는 단점이 있었다.

7. 코팅시 영양물질 첨가

종자코팅시 영양물질 첨가는 종자의 영양물질 흡수를 증대시키고 반면 영양경합원인은 잡초의 영양물질 흡수량을 감소시켜 입모형성을 촉진시키는데 목적이 있다[3,7,15,18,20]. 또한 영양물질이 종자에 근접되어 토양시비보다는 흡수효율을 높일 수 있는 장점이 있다.

표 7은 무기영양급원인 MS medium, 인산급원으로써 monosodium phosphate를 접착제에 희석용해하여 코팅공정 과정중 첨가하여 발아력과 발아속도를 검정한 결과이다. 코팅물질에 영양물질을 첨가하여 발아력을 평가한 결과 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나 발아율은 약간 감소되었고 발아속도는 지연되는 경향이었다.

첨가되는 영양물질의 급원에 따라서도 코팅종자의 발아력에 차이가 있었는데, 대체적으로 MS medium이 monosodium phosphate보다 좋았다. 영양물질이 첨

Table 7. Effect of incorporating nutrient into the seed coating polymer on the germination and T_{50} of coated 'Cheongchima' lettuce seeds.

Nutrient	Conc.	20°C		25°C	
		Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
MS medium	None	67.1	4.08	60.2	2.43
	½	65.6	4.44	63.6	2.78
	¼	58.3	4.90	55.6	2.91
Monosodium phosphate	None	67.1	4.08	60.2	2.43
	0.2%	66.4	4.89	58.4	2.90
	1.0%	54.2	5.12	52.3	3.43
Uncoated		72.1	2.64	68.4	1.08
LSD.05		5.3	0.78	4.6	0.82

가되지 않은 코팅종자의 발아율은 20℃ 및 25℃에서 67%, 60% 였고 발아속도도 4.1일과 2.4일로 나타났으나, MS medium ½ 및 ¼ 첨가된 코팅종자는 발아율이 약간 저하되었으며, 발아속도도 지연되었다. Monosodium phosphate 첨가는 MS medium 첨가보다 발아억제 현상이 더욱 심하였다. 특히 1.0% 첨가에서는 영양물질 첨가되지 않은 코팅종자보다 20℃ 및 25℃의 발아온도에서 13% 및 8%의 발아율이 저하되었고 발아속도도 20℃와 25℃에서 1일이 지연되는 것으로 나타났다.

고농도 영양물질 첨가에 의한 발아장해 현상은 많은 선행 연구자들에 의해 보고된 바 있으며, 특히 농축된 가용성 비료염을 코팅 물질에 첨가는 발아가 지연된다[16].

이러한 영양물질 첨가에 의한 발아가 지연되는 원인은 첨가된 영양물질이 (1)수분포텐셜을 낮춤으로써 역삼투 작용에 의해 발아에 전제조건인 수분흡수를 제한하고 (2)고농도의 영양물질이 직접적으로 종자발아에 독성으로 작용한 것으로 추측된다. 따라서 코팅종자에서 첨가되는 영양물질 범위는 발아를 억제하지 않은 수준이 적합할 것으로 판단된다.

Scott[16]는 수용성 인산급원인 monocalcium phosphate를 첨가한 종자코팅은 비료장해를 유발된다고 하였는데, 발아감소의 원인이 수용성 영양물질일 것으로 추측하여 지효성과 불용성 물질이 종자코팅에 적합하다고 하였다. 또한 영양물질로 코팅된 라이그래스[16]는 코팅성분에 따라 효과가 현저하게 다르며, 수용성 영양물질로써 코팅은 유묘 출현을 억제 또는 지연시켰으나, 묘생육은 촉진되었다고 하였다. 따라서 영양물질 첨가 효율을 높이기 위해서는 적정 수분의 첨가농도를 구명해야 될 것이다. 상추 코팅종자의 발아율 증진을 위한 최적 영양물질 첨가 조건을 구명하기 의한 일련의 실험들은 종자발아상의 극히 제한된 조건과 수분조절이 난해한 petridish를 이용한 실험결과에서 발아에 이은 포장조건에서 출현율과 유묘생장을 검토하지는 않았으나, 영양물질이 첨가된 코팅종자는 발아는 지연된다 할지라도 생육일수가 경과할수록 유묘생장율은 영양물질이 첨가되지 않은 코팅종자보다 높을 것으로 예측된다.

코팅종자에 영양물질 첨가에 의해 묘생육 촉진과 수량성 증진 효과는 많은 연구들이 보고되고 있는데, 목초종자인 라이그래스에 인산 코팅은 파종후 2년간 효과가 지속되었으며, 무처리구에 비해 생장율이 2~4배 증가되었다는 보고[24]와 인산을 소량 첨가하여 정제코팅한 상추종자를 직파했을 때 생장율이 향상되었다고 하였다[22]. 이와 같이 코팅종자에 소량의 화학비료를 첨가하여도 관행시비법보다 3~4배 정도 효과적인 것으로 요약되고 있으나, 본 연구에서는 영양물질 첨가에 의해 발아가 지연되었는데, 이러한 원인은 고농도의 영양물질에 의한 것으로 풀이된다. 따라서 차후 적정 영양물질 첨가 농도가 설정되면 초기생육 촉진에 유효하게 적용될 수 있을 것이며, 또한 경제적인 면에서도 종자가 입모를 확보하기까지 투입되는 화학비료량을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 8. Effect of priming on percent germination and T_{50} of coated 'Cheongchima' lettuce seeds.

Seed treatment [z]	20℃		25℃	
	Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
Primed	85.0	1.53	77.4	0.68
Primed coating	78.4	3.33	67.4	2.24
Unprimed coating	70.2	4.11	63.4	2.79
Untreaed	80.0	2.58	72.4	1.80
LSD.05	2.4	0.20	3.2	0.47

[z] Seed coating with calcium carbonate + kaolin (1:1 v/v) mixed of coating particulate matters.

8. Priming 종자의 코팅

Priming과 코팅의 장점을 조합하려는 시도는 지난 10년전 상추종자를 중심으로 진행되어 왔다[23]. Priming 종자는 신속한 발아와 균일한 묘출현에 있으며, 그 효과는 불량조건에서 더욱 현저하다.

표 8은 코팅종자의 발아지연 문제를 해결하기 위한 priming 처리하여 그 효과를 20℃와 25℃에서 조사한 것이다. Prming 처리는 상추 종자에서 발아율을 증진에 유효하였다. 또한 발아속도 단축에는 효과적이었는데, 20℃와 25℃에서 무처리 종자가 각각 2.6일과 1.8일의 발아속도를 보였으나 priming 종자는 1.5일과 0.7일로 나타나 1.1일 빠른 발아속도를 보였다.

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

9. 코팅종자의 착색

착색된 코팅종자는 화훼종자의 경우 화색, 채소종자에서는 소독처리를 상징한다. 또한 착색된 코팅종자는 품종간 구별이 용이하고 파종된 종자를 쉽게 식별할 수 있다는 장점이 있다. 코팅 종자의 산업화를 위해서는 발아를 억제하지 않는 색소 첨가 농도

Table 9. Effect of seed coating colorants on the percent germination, T_{50} and MDG of uncoated or coated 'Cheongchima' lettuce seeds.

Coating	Coating colorant	20℃			25℃		
		Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)	MDG (days)
Uncoating	Crystal Violet	100.0	0.61	1.16	93.3	0.51	1.04
	Methyl Bule	100.0	0.66	1.23	99.3	0.52	1.04
	Methyl Orange	100.0	0.63	1.20	100.0	0.55	1.06
	Methyl Red	100.0	0.81	1.32	100.0	0.60	1.19
	Rhodomine B	100.0	0.62	1.18	99.3	1.18	1.68
	Sarfamine O	97.3	0.72	1.28	98.6	0.51	1.01
	H_2O	100.0	0.84	1.35	99.3	0.94	1.46
	LSD.05	NS	NS	NS	5.87	0.50	0.50
Coating	Crystal Violet	97.3	1.52	2.03	99.3	1.15	1.73
	Methyl Bule	96.6	1.61	2.16	98.6	1.42	1.94
	Methyl Orange	95.3	1.63	2.21	98.6	1.33	1.80
	Methyl Red	97.3	1.59	2.18	98.0	1.29	1.76
	Rhodomine B	98.0	1.60	2.34	99.3	1.43	1.87
	Sarfamine O	96.0	1.59	2.18	98.0	1.32	1.74
	Uncolor coated	98.0	1.55	2.09	98.0	1.16	1.65
	Untreated	100.0	0.91	1.43	100.0	0.52	1.02
	LSD.05	2.82	0.18	0.22	NS	0.23	0.22
Contrasts							
Uncoating vs. coating		*** z)	***	***	NS	***	***

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

선정이 중요하다.

표 9는 코팅색소가 상추종자의 발아율과 발아속도 및 평균발아소요일수에 미치는 영향을 조사한 것이다.

코팅종자와 색소처리된 코팅종자간 발아율과 발아속도 및 평균발아소요일수에는 약간의 차이는 있었다. 무처리 종자에서 코팅색소를 첨가하면 발아율에는 큰 변화가 없었으나, T_{50} 및 평균발아소요일수가 약간 지연되는 것으로 나타났다. 그러나 코팅종자에서 색소첨가에 의한 발아지연 정도는 극히 미미한 수준으로 나타나 색소가 첨가된 코팅종자의 산업화 가능성을 높을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 색소처리된 코팅종자는 외견상 보기에도 좋을 뿐만 아니라 파종위치를 정확히 진단할 수 있는 장점이 있어 산업화로 연결된다면 높은 가격에 판매가 가능할 것이므로 고부가가치의 코팅종자를 생산할 수 있을 것이다. 그림 2는 몇가지 코팅색소를 첨가하여 코팅한 상추종자를 나타낸 것이다.

10. Coating후 건조조건 확립

코팅 공정은 종자와 코팅물질간 결속강도를 높이기 위해 접착제를 연속적으로 분사함으로써 이루어진다. 이와 같이 분사된 수용성 접착제를 종자와 코팅물질이 수분을 흡수하게 되어 생체중이 증가하게 된다. 따라서 장기간 저장을 위해서는 코팅전의 함수량으로 수분을 탈수시키는 건조과정이 필요하며, 코팅후 건조온도와 건조기간이 코팅종자의 활력에 미치는 영향을 조사하여 산업화를 위한 적정 건조온도를 설정하기 위한 실험은 표 10과 같다.

코팅종자의 건조는 건조되지 않은 코팅직후 종자에 비하여 유의성은 인정된다고는 볼 수 없으나 발아속도는 약간 지연되는 것으로 나타났다. 상추종자를 코팅후 3시간 건조는 건조온도에 따른 발아력에는 큰 차이가 없었다. 그러나 45℃에서 건조시간이 경과하면 25℃나 35℃ 건조에 비해 발아율에는 큰 차이가 없으나 발아속도는 약간 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 코팅후 35℃나 45℃에서 단기

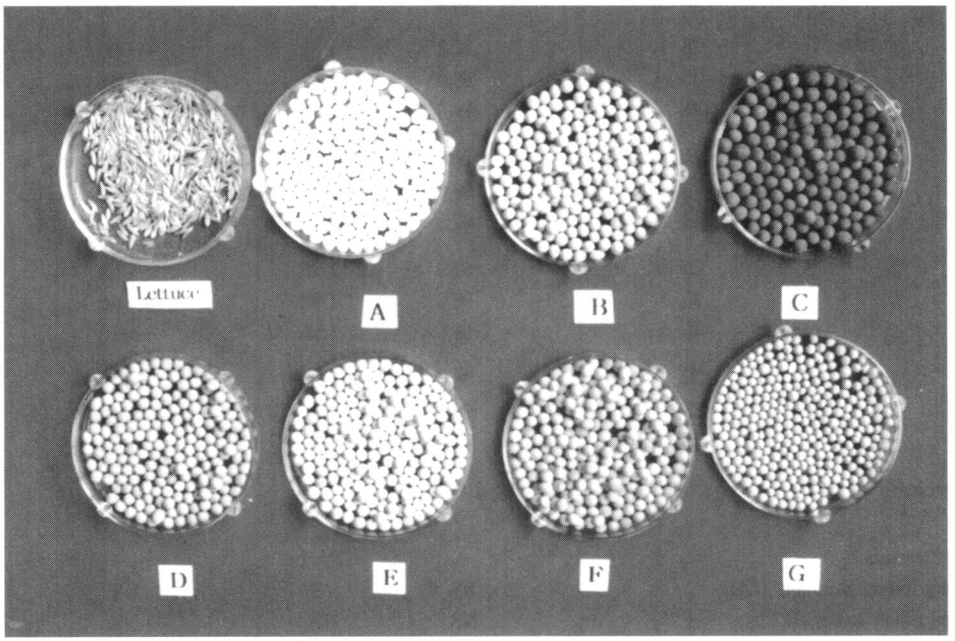

Fig. 2. Morphology of 'Cheongchima' lettuce coated seeds with different coating color. A:Crystal Violet, B:Methyl Bule, C:Methyl Orange, D:Methyl Red, E:Rhodomine B, F:Sarfamine O.

간에 걸쳐 고온급속 건조하여도 발아력이 저하되지 않는 것으로 나타나, 산업화를 위한 대량처리시 건조 비용를 절감시킬 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 경제적인 처리온도는 35℃, 처리시간은 3시간이 좋은 것으로 평가되었다.

코팅종자는 무처리 종자에 비하여 발아율에는 큰 차이가 없으나, 발아속도는 20℃ 및 25℃의 발아온도에서 약 3일 정도 지연되었다. 이러한 코팅종자의 발

Table 10. Percent germination, T_{50} of coated 'Cheongchima' lettuce coated seeds as affected by dehydration duration and dehydration temperature.

Dehydration duration (h)	Dehydration temp.(℃)	20℃		25℃	
		Germ. (%)	T_{50} (days)	Germ. (%)	T_{50} (days)
0		96.0	1.48	92.6	1.01
3	25	96.0	1.48	92.0	1.14
	35	98.6	1.53	94.0	1.30
	45	94.0	1.52	98.6	1.36
6	25	93.3	1.57	89.3	1.28
	35	99.3	1.55	97.3	1.38
	45	94.0	1.54	96.6	1.15
12	25	95.3	1.54	96.6	0.88
	35	98.0	1.59	97.3	1.50
	45	98.0	1.59	98.6	1.50
24	25	93.3	1.56	98.6	1.15
	35	90.6	1.60	92.6	1.51
	45	98.0	1.61	100.0	1.49
48	25	90.0	1.53	100.0	1.48
	35	98.6	1.60	98.0	1.51
	45	97.3	1.53	100.0	1.51
72	25	97.3	1.51	91.3	1.40
	35	96.6	1.55	98.6	1.52
	45	98.6	1.54	100.0	1.51
96	25	96.0	1.52	100.0	1.47
	35	98.0	1.88	100.0	1.52
	45	97.3	1.57	99.3	1.53
Uncoated		100.0	0.91	100.0	1.00
Significances					
Dehydration duration (DD)		NS [z]	NS	NS	**
Dehyration temp (DT)		NS	NS	NS	NS
DD x ST		NS	NS	NS	*

[z] NS, *, ** Nonsignificant or significant at P= 0.05 or 0.01, respectively.

아지연은 접착제 및 코팅물질을 단독으로 공급하여 발아력을 평가한 실험에서는 발아억제 효과가 거의 없었으나, 코팅공정 과정중 이들 물질이 종피에 결합되어 코팅층이 형성되어 종자발아의 필수조건인 수분과 산소공급을 제한함으로써 발아를 지연시키는 것으로 풀이된다. 따라서 무처리 종자와 동일한 발아속도를 보유하기 위해서는 (1)코팅방법 개선, (2)발아잠재력을 향상시킬 수 있는 종자처리 방안을 강구해야 될 것으로 판단된다.

11. 코팅종자의 출현율 및 초기생육

대면적의 원예작물 재배에서는 작업관리의 생력화와 효율화가 필요하다. 농업 선진국에서는 전업 묘생산 농가와 재배농가로 분리하여 작업을 간소화하여 경영 합리화를 시도하고 있다.

표 11은 코팅종자와 무코팅 종자를 플러그 육묘상에 파종하여 묘출현, 초장, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 미치는 영향을 조사한 것이다. 코팅종자는 무 코팅종자에 비해 묘출현율이 약간 감소되는 경향이었으나, 초장, 엽수, 염면적 및 유묘 생체중과 건물중에는 유의성이 인정되지 않았다. 이러한 결과는 상추 코팅종자하여 기계화 파종하여도 초기생육이 원활하여 농업 생산성 측면에서 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

Ⅳ. 결론

미세종자인 상추는 크기가 불균일하여 기계화 파종이 어렵다. 이러한 관점에서 본 연구는 우수한 코팅종자를 생산하기 위한 기초연구를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

접착제 종류 및 농도에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 있었다. 사용된 접착제 중 polyvinyl alcohol(PVA)에서 전반적으로 발아가 원활하였고, 다음이 polyvinyl pyrrolidone(PVP), hydroxyethyl cellulose(HEC), methy cellulose(MC), tween 80 순으로 나타났다.

코팅물질중 보수력은 Bentonite, dialite 및 diatomeceous earth가 각각 184%, 173% 및 163%의 수분을 보유할 수 있어 건조토양에서 유용할 것으로 판단되었다. 그러나 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash 등은 수분보유력이 대체적으로 낮은 코팅물질이었다. 코팅물질의 종류에 따라 발아율이 달랐는데 전반적으로 diatomaceous earth 및 talc + calcium carbonate가 다른 코팅물질에 비해 발아율도 높고 발아속도도 단축되어 상추종자의 종자코팅에 적합한 고형물질로 판단된다. Limestone, calcium oxide, bentonite 등은 발아율이 저조하였는데 그 원인은 높은 pH(12.8)에 원인이 있었다. 상추종자는 코팅후 종자의 크기가 33배 증가되었으며, 리터당 종자수는 20,500립 정도였다. 코팅경도는 bentonite가 1,280g로 가장 높았다. Diatomaceous earth 등은 본 실험에 사용된 코팅물질 중 중간정도의 경도를 지녀 기계화 파종용으로 적합할 것으로 판단되며, 수분용해도 가장 빨랐다. 코팅층의 붕괴형태는 중앙부분이 갈라지면서 파열되는 물질은 diatomaceous earth, dialite, talc, dialite + talc 혼합물질, talc + calcium carbonate 혼합물질, limestone, zeolite, limestone + zeolite 혼합물질 및 fly ash였다. 코팅층이 물에 용해되어 붕괴되는 물질은 calcium carbonate,

Table 11. Effect of seed treatment on early growth of lettuce seedlings at 30 days after sowing.

Seed treatment	Emergence (%)	Plantheight (cm)	Leaf number	Leaf area (㎠/plant)	Fresh wt. (mg/plant)	Dry wt. (mg/plant)
Coated	77.8	6.0	7.3	4.14	103	11
Noncoated	83.6	6.0	7.5.	4.66	116	12
LSD.05	3.3	NS	NS	NS	NS	NS

calcium oxide등 이었다. 반면 bentonite는 코팅물질이 수분을 흡수하여 부푸는 성질이 강한 팽창형이었고, vermiculite도 팽창형이였다.

코팅물질에 영양물질 첨가하여 발아율이 약간 감소되었고 발아속도도 지연되는 경향이었다. 첨가되는 영양물질의 급원에 따라서도 코팅종자의 발아력에도 차이가 있었는데, 대체적으로 MS medium이 monosodium phosphate 보다 나은 결과를 보였다. Priming 후 코팅된 종자는 무처리 종자를 코팅한 경우에 비해 발아율이 높았고 발아속도도 단축되는 경향이었다. 코팅종자에서 색소첨가는 발아를 저해하지 않았다. 이러한 결과는 색소 처리된 코팅종자는 외견상 보기에도 좋을 뿐만 아니라 파종위치를 정확히 진단할 수 있는 장점이 있어 산업화로 연결된다면 높은 가격에 판매가 가능할 것이므로 코팅종자의 고부가가치를 창출할 수 있을 것이다.

코팅종자의 건조는 건조되지 않은 코팅직후 종자에 비하여 발아속도는 약간 지연되는 것으로 나타났다. 경제적인 처리온도는 35℃, 처리시간은 3시간이 좋은 것으로 평가되었다. 또한 묘생육 비교에서도 코팅종자는 무처리 종자에 비해 초기생육이 억제되는 현상은 없었다.

인용문헌

1) Antonov, I., K. Slavov, P. Purvanov and S. Stanchey, 1978, Pelleting of sugar beet seed and of some other crops, Plant Sci. 15:pp.120-135.
2) Baxter, J., and L. Waters, 1986, Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the imbibition, respiration and germination of sweet corn at four matric potentials, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: pp.17-20.
3) Canerday, R., 1990, Coating creates nutrient environment, Seed World. June, pp.48-49.
4) 조정래, 강성모, 정연옥, 강남준, 강점순, 1994, 발아촉진과 입묘율 향상을 위한 채소종자의 Priming 및 Coating에 관한 연구, 한국과학재단 핵심전문연구과제 보고서.
5) Dadlani, M., V. V. Shenoy and D. V. Seshu, 1992, Seed coating to improve stand establishment in rice, Seed Sci. & Technol. 20: pp.307-313.
6) Halsey, L. H. and J. M. White, 1985, Influence of raw and coated seed on production of carrots in relation to seeder device, HortScience 15: pp.142-144.
7) 伊東 正, 1988, シード.プライミング, そ菜種子生産研究會.ハイテクによる野菜の採種. 誠文堂新光社, 日本, pp.199-210.
8) Kaufman G., 1994, Seed coating: A tool for stand establishments: A stimulus to seed quality, HortTechnogy. Oct/Dec. pp.98-102.
9) Khan, A. A., 1992, Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 13: pp.131-181.
10) Kitamura, S., Watanabe, M., and M. Nakazama, 1981, Process for producing coated seed, US Patent 4,250,660.
11) 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: pp.571-77.
12) Porter, F. E., and H. E. Kaerwer, 1974, Coated seeds and methods, US Patent 3,808,740.
13) 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: pp.573-576.
14) Sachs, M., Cantliffe, D. J., and Nell, T. A., 1982, Germination behavior of sand coated sweet pepper seeds, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: pp.412-16.
15) Scott, D., Archie, W. J., 1978, Sulphur, phosphate and molybodenum coating of legume seed, NZJ. Agric. Res. 21: pp.643-49.
16) Scott, J. M., 1986, Ph. D. thesis, Univ. of New England, Australia

17) Scott, J. M., 1989, Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment, Advances in Agronomy 42: pp.43-83.
18) 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: pp.205-217.
19) Sharples, G. C. and J. P. Gentry, 1980, Lettuce emergence from vermiculite seed tablets coating activated carbon and phosphorus, HortScience 15: pp.73-75.
20) 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: pp.380-384.
21) 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: pp.1034-39.
22) Taylor, A. G. and G. E. Harman, 1990, Concepts and technologies of selected seed treatments, Annu. Rev. Phytopathol. 28: pp. 321-339.
23) 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: pp.153-156.
24) Vartha, E. W., and P. T. P. Clifford, 1973, N. Z. J. Exp. Agric. 1, pp.181-186.