

## 펠릿 피복물질의 물리, 화학적 특성이 당근 펠릿종자의 발아력에 미치는 영향

강철순 · 손병구 · 최영환 · 이용재 · 박영훈 · 최인수\*

부산대학교 생명자원과학부

Received November 1, 2007 / Accepted December 18, 2007

**Effect of Physical, Chemical Properties and of Pelleting Solid Materials on the Germination in Pelleted Carrot Seeds.** Jum Soon Kang, Beung Gu Son, Young Whan Choi, Yong Jae Lee, Young Hoon Park and In Soo Choi\*. *School of Bio-Resources, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea* - Seed pelleting is generally conducted in order to save the labor for sowing and thinning by enabling the precision mechanical planting. In the present study, the influence of physical and chemical properties of pelleting solid materials was investigated on carrot seed germination. Among the pelleting solid materials evaluated, dialite, kaolin, and talc showed low bulk density and high porosity. Bentonite and dialite carried high water holding capacities of 184% and 173%, respectively, while calcium carbonate, calcium oxide, and fly ash showed relatively low water holding capacity. The pH of kaolin (6.8) and dialite (7.4) were close to neutral, while limestone (12.8), calcium oxide (13.0), and bentonite (10.0) were highly basic. High electro-conductivity was shown in limestone and calcium oxide. EDS analysis revealed that the main elemental compositions of talc were Si (71.0%) and Mg (29.0%), and those of calcium carbonate were Ca (66.6%), Si (22.9%), and Mg (10.5%). High granulation capacity was observed from talc and the mixture of talc and calcium carbonate. Seeds pelleted with bentonite showed the highest hardness. The dissolving type of the pellet layer after imbibition was split type in talc, limestone, zeolite, and fly ash, melt type in calcium carbonate and calcium oxide, and swell type in bentonite and vermiculite. The shortest dissolving time of pellet layer was observed from calcium carbonate and kaolin. The germination speed ( $T_{50}$ ) was delayed as the size of pelleted seeds increased. The optimum size of pelleting was 19 ratio in carrot.

**Key words :** Water holding capacity, pelleting size, calcium carbonate

### 서 론

종자산업은 첨단과학기술의 접목이 용이하여 국가경쟁력의 새로운 원천이라는 인식이 급속히 부상하고 있고, 농업용 한 단계 더 도약시킬 수 있는 생명산업으로 평가되고 있다. WTO 체결로 국내종자 시장이 개방된 이후 외국 종묘회사들이 국내시장의 70% 이상을 잠식하여 국내 종자산업의 국제 경쟁력 강화를 위한 대응책 마련이 시급한 실정이다.

당근은 이식을 꺼리는 특수성으로 인하여 육묘를 거치지 않고 직파되는 것이 대부분이다. 그러나 미세종자인 당근은 크기가 불균일하여 기계화 파종이 어렵다. 그리고 당근 영농 현장에서 관행화되어 있는 손 파종은 정밀파종이 어렵고 종자량이 과다하게 소모되어 종자비 및 육묘관리비를 상승시키는 요인이 되고 있다.

발아에 장애를 유발하지 않는 비활성 물질로 종자를 피복하여 종자크기를 증가시킨 펠릿종자는 기계화 파종이 가능하여 파종과 수확작업을 생략화 할 수 있다[11]. 작물재배에서 입묘율의 확보는 생산성과 직결된다. 펠릿종자는 펠릿 제

조과정 중 영양물질, 살균제, 발아촉진물질의 첨가가 쉽고 포장조건에서 맞닿을 수 있는 입묘 저해요인을 개선[3,5,7,12, 14,15,17] 할 수 있을 뿐만 아니라, 입묘증진에도 유용하다 [10,18-21]. 따라서 파종과 입묘관리를 생략화시킬 수 있는 펠릿종자의 도입은 절실하며, 펠릿종자를 이용한 노력절감형 당근 재배법의 확립은 국제경쟁력 강화에도 이점으로 작용할 것이다.

펠릿종자를 제조하기 위해서는 기본적으로 피복물질과 종자에 피복물질을 부착시키는 접착제가 필요한데[8], 펠릿 피복물질로 사용되는 여러 가지 광물질과 유기물질의 물리, 화학적 특성이 펠릿종자의 발아력에 관여한다[10,19]. 그러나 종자펠릿 기술이 발달된 선진국에서는 피복물질의 물리적 특성과 화학적 배합비율은 자국의 판매이익과 연관되어 있어 공개를 꺼리고 있다. 설령 이들로부터 펠릿기술을 도입하더라도 로열티를 지불해야 하기 때문에 자체적으로 펠릿 피복물질의 화학적 특성을 구명하는 것이 시급한 실정이다. 하지만 국내의 펠릿종자에 관한 연구는 미국이나 유럽의 기술을 탐색하는 초보적인 단계이고, 펠릿 피복물질의 물리, 화학적 특성을 구명한 연구는 일부에 불과하다[4,9,13].

따라서 본 연구는 고품질의 당근 펠릿종자 생산과 관련된 피복물질의 물리, 화학적 특성을 구명하며, 펠릿배율이 발아에 미치는 영향을 모색하기 위해 수행되었다.

\*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5504, Fax : +82-55-350-5590

E-mail : ichoi@pusan.ac.kr

## 재료 및 방법

### 펠렛 피복물질의 물리, 화학성

공시된 당근 종자는 '추홍' [노바티스(주)] 이었다. 또한 본 실험에 사용된 펠렛 피복물질은 dialite, talc, calcium carbonate, bentonite, limestone, zeolite, calcium oxide, kaolin, fly ash 및 vermiculite 등의 단일물질과 dialite + talc (1:1 v/v)을 비롯한 2종 혼합물질 및 dialite + talc + calcium carbonate (1:1:1 v/v) 등을 비롯한 3종 혼합물질을 사용하였다.

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

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

펠렛 피복물질의 pH 및 전기전도도 조사는 피복물질과 증류수를 1:5로 희석시켜 1시간 진탕시킨 후 pH meter와 EC meter (VWR Scientific 1054)로 측정하였다. 펠렛종자의 경도는 종자 경도계(Fujiwara, Japan)를 이용하여 펠렛층이 깨어질 때의 압력 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )으로 표시하였다. 펠렛종자의 분해성은 petridish (9 cm)에 100립의 펠렛종자를 3반복으로 치상하여 10 ml의 수분을 가한 후 펠렛층의 분해형태와 분해시간을 조사하였다.

펠렛종자의 기공성과 피복물질간의 접촉정도도 주사전자현미경으로 관찰하였다. 주사전자현미경 관찰을 위한 표본제작은 펠렛종자를 임계점 건조기(critical point dryer, Microtech E-3000)에서 40분간 건조시킨 후 이어서 stub에 mounting하고 ion sputtering coater (JEOL, JFC-1100E)내에서 금으로 10 nm로 코팅하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, GEOL-TSM-6400)으로 가속전압 10kV하에서 관찰하였다. 또한 펠렛층의 외부표면을 EDS (Energy dispersive X-ray spectrometer)로 무기성분을 분석하였다.

### 펠렛배율에 따른 발아력

기계파종에 적합한 펠렛배율을 구명하고, 펠렛배율이 발아력에 미치는 영향을 조사하고자 talc + calcium carbonate (1:1 v/v)를 혼합한 피복물질로 펠렛종자를 제조하였고, 펠렛배율을 12배, 19배 및 24배로 달리하였다. 펠렛제조된 종자는 35°C에서 3시간 통풍건조 시킨 후 petridish (9 cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 2장을 편 후 100립의 종자를 완전임의 배치 3반복으로 치상하여 암상태의 20±1°C 및 25±1°C 항온기에서 발아력을 조사하였다.

발아조사는 종자를 치상하여 12시간 간격으로 18일까지

조사하였고, 발아판정은 유근이 펠렛층을 뚫고 1 mm 이상 신장한 것으로 하였다. 기타 실험절차는 ISTA [8] 검사법에 준해서 실시하였다. 실험에서 얻은 모든 성적은 SAS program 상에서 최소유의차 분석을 하였고, 최종발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일수는 아래 공식을 이용하였다.

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

N : 발아조사 마감시간까지 발아된 종자수의 합계

N<sub>i</sub> : N에 대한 50% 직전까지 발아된 종자수의 합계

N<sub>j</sub> : N에 대한 50% 직후에 발아된 종자수의 합계

T<sub>i</sub> : N<sub>i</sub> 시점까지 소요된 발아기간

T<sub>j</sub> : N<sub>j</sub> 시점까지 소요된 발아기간

### 펠렛종자의 제조공정

펠렛종자의 제조방법은 회전드럼식의 펠렛 제조기(대림하이텍사, 수원)에 100 g의 종자를 넣은 후, 접착제를 분무하고 이어서 단일 또는 혼합한 피복물질을 소량씩 투입하면서 펠렛제조 하였다. 펠렛종자의 제조과정중 접착제 분무는 펠렛 초기단계에는 PVA (polyvinyl alcohol) 0.5% 용액을, 중간단계에는 1.0% 용액을, 펠렛 완성단계에는 2.0% (w/v) 용액을 분무하였다. 펠렛 제조기의 회전속도는 펠렛제조 초기에는 60~70 rpm, 중간단계에는 100~150 rpm, 펠렛 완성단계에는 400~500 rpm으로 조절하였다.

## 결과 및 고찰

### 펠렛 피복물질의 물리성

펠렛종자의 물리성은 기계파종과 발아에도 관여하는 요인이다. 펠렛 피복물질들 중 dialite (2.75  $\text{cm}^3/\text{g}$ ), kaolin (2.57  $\text{cm}^3/\text{g}$ ), talc (2.34  $\text{cm}^3/\text{g}$ ) 등이 용적부피가 높은 피복물질이었다(Table 1). 펠렛 피복물질의 용적밀도는 펠렛종자의 중량을 결정하는 요인인데, 용적밀도가 낮으면 중량이 가볍고 공극율이 높은 장점이 있다. 펠렛 피복물질 가운데 용적밀도가 낮은 dialite, kaolin 및 talc 였으며, 0.36, 0.38 및 0.43의 용적밀도를 보였다. 따라서 이들 피복물질로 펠렛된 종자는 산소와 수분투과성이 좋을 것으로 판단되었다. 보수력이 높은 펠렛 피복물질은 bentonite와 dialite 였으며, 184% 및 173%의 수분을 보유할 수 있었다. 반면 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash 등은 보수력이 75%, 56% 및 46%에 불과하여 보수력이 낮은 피복물질이었다.

파종된 종자는 자연조건에 따라 건조에서 과습까지의 넓은 수분 범위를 갖는다. 선진 외국에서는 토양습수량에 따라 보수력이 다른 피복물질로 펠렛된 종자를 선택하여 사용하고 있다. 보수력이 높은 피복물질로 펠렛된 종자는 건조토양에 파종하더라도 피복물질이 주변 수분을 흡수하여 발아가

Table 1. The bulk densities, water holding capacities and pH of solid materials used for seed pelleting.

Pelleting solid materials	Volume (cm <sup>3</sup> /g)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Water holding capacity (% dw basis)	Conductivity mS · cm <sup>-1</sup> · g <sup>-1</sup>	pH (1:5)
Dialite(Dia)	2.75	0.36	173.2±2.7	93±0.6	7.4
Talc(Ta)	2.34	0.43	97.3±3.2	40±1.7	8.2
Calcium carbonate(CC)	1.63	0.62	75.2±2.7	31±0.3	9.6
Dia + Ta	2.42	0.41	120.6±1.0	62±2.7	8.7
Dia + CC	2.05	0.49	118.4±2.5	58±1.3	8.9
Ta + CC	1.99	0.50	85.5±1.0	41±0.2	9.0
Dia + Ta + CC	2.15	0.46	99.8±3.3	52±1.1	8.9
Bentonite(Ben)	1.82	0.55	184.7±1.3	198±13.2	10.0
Limestone(Lim)	1.96	0.51	81.7±4.2	4,036±58.5	12.8
Zeolite(Zeo)	1.12	0.89	80.2±8.7	26±3.5	7.8
Ben + Lim	1.90	0.53	133.8±6.7	2,638±258.5	12.7
Ben + Zeo	1.54	0.65	120.0±3.2	149±12.7	9.6
Lim + Zeo	1.60	0.63	77.0±0.7	3,586±225.5	12.8
Ben + Lim + Zeo	1.72	0.58	92.3±3.7	2,225±106.7	12.7
Calcium oxide	1.37	0.73	56.4±4.3	3,841±43.7	13.0
Kaolin	2.57	0.38	73.1±5.2	15±2.3	6.8
Fly ash	1.47	0.68	46.4±3.8	61±6.2	8.1
Vermiculite	2.20	0.45	117.8±6.5	587±5.6	9.7

가능하다. 따라서 보수력이 높았던 bentonite, dialite로 펠렛 된 종자는 건조토양에 적합할 것으로 예측되며, 반면 보수력이 낮았던 calcium carbonate와 fly ash로 펠렛된 종자는 함수율이 높은 토양에 적합할 것으로 판단되었다[1,2]. 따라서 종자 특성과 파종장소의 토양함수율에 따라 적합한 펠렛 피복물질을 선택하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

펠렛 피복물질의 pH는 6.8~13까지 다양하였다. Kaolin, dialite 등은 pH가 각각 6.8 및 7.6으로 중성에 근접한 피복물질이었다. 반면 limestone, calcium oxide 및 bentonite 등은 pH가 12.8, 13.0 및 10.0으로 강알카리였고, 이들과 혼합한 피복물질들도 pH가 대체적으로 높았다.

전기전도도 또한 pH와 유사한 경향을 보였으며, 강알카리를 보인 limestone과 calcium oxide에서 전기전도도가 4,036 및 3,841 mS · cm<sup>-1</sup> · g<sup>-1</sup>로 가장 높았고, 이들 피복물질들과 혼합한 경우에도 높게 나타났다. 이에 비해 kaolin, calcium carbonate 및 zeolite 등의 피복물질들은 전기전도도가 낮았다. 종자 발아는 토양의 pH에 의해 영향을 받는데, 발아에 적합한 pH는 6~8로 알려져 있다. 이와 같이 펠렛 피복물질의 높은 pH와 전기전도도가 펠렛종자에서 발아가 억제되는 주된 원인으로 해석되었다[9].

#### 펠렛 피복물질의 EDS 분석

펠렛 피복물질을 EDS로 분석한 결과 dialite에서는 전체 중량에서 Si 성분이 79.9%로 가장 높았고, Fe, Al 및 Na는 4.9%이었다. 또한 Ca는 3.3%, K는 1% 이었으며, 이외에 1% 미만의 Mg, Ti가 함유되어 있었다(Table 2, Fig. 3). Talc는 주성분이 Si (71%) 이었으며, Mg도 29% 함유하였다. Calcium

carbonate는 주성분이 Ca (66.6%) 이었으며, 이외에 Si (22.9%)와 Mg (10.5%)를 함유하였다. Bentonite의 주성분은 Si 이었는데, 전체 구성성분의 75.0%를 차지하였다. 이외에 Al (14%), Fe (3.6%), Ca (3.4%), Na (1.9%), Mg (1.9%) 및 0.9%의 K가 함유되어 있었다. Limestone는 주성분이 Ca였고, 전체중량의 91%를 차지하였다. 이외에 소량의 Si (6.4%), Mg (1.9%) 및 K (0.3%)를 함유하였다.

Zeolite는 주요 구성성분은 Ca (45.2%)과 Si (38.2%) 이었으며, 이외에 Al (8.4%), Fe (2.6%), Na (2.0%), Mg (2.0%) 및 K (1.6%)를 함유하였다. Kaolin은 전체 구성성분 중 Si가 71%를 차지하였고, 이외에 Al (18.1%), Mg (5.3%), K (2.1%), Ca (2.1%) 및 Fe (1.2%)를 각각 함유하였다. Fly ash는 Si (67.6%)와 Al (19.1%)이 주요 구성성분 이었으며, 소량의 Fe (6.4%), Ca (2.5%), Ti (1.6%), K (1.6%) 및 Mg (1.2%)을 함유하고 있었다. Vermiculite는 무기성분 중 Si가 41.3%로 가장 많았고, Mg (15.9%), Fe (14.5%), Al (13.7%) 및 K (10.9%) 순으로 성분량이 많았다. 이외에 여러 가지 피복물질을 혼합한 경우에도 혼합물질에 따라 구성성분이 약간씩 차이가 있었다(Table 2).

#### 주사전자 현미경에 의한 펠렛종자의 외관 검정

펠렛 피복물질의 입자 크기는 펠렛 형성에 중요한데, 입자가 작은 피복물질로 펠렛하면 경도는 강해지나 큰 입자에 비해 기공성은 낮아진다[16]. 따라서 펠렛종자가 실용화되기 위해서는 펠렛형성이 쉽고 다공성을 지니면서 발아를 억제하지 않는 펠렛 피복물질이 구명되어야 한다.

여러 가지 피복물질을 달리하여 펠렛한 종자를 주사전자

Table 2. Elemental composition of various solid materials used to pelleted carrot seed. Energy dispersive X-ray spectrometer(EDS) was used for analysis.

Pelleting solid materials	Element	Weight %	Pelleting solid materials	Element	Weight %
Dialite	Na	4.92	Zeolite	Na	1.98
	Mg	0.73		Mg	2.01
	Al	4.96		Al	8.35
	Si	79.70		Si	38.24
	K	0.99		Ca	45.22
	Ca	3.35		K	1.63
	Fe	4.96		Fe	2.58
	Ti	0.39			
Talc	Mg	28.94	Bentonite + limestone	Na	1.73
	Si	71.06		Mg	0.84
		Al		4.60	
		Si		19.89	
		Ca		72.94	
Calcium carbonate	Mg	10.52	Bentonite + zeolite	Na	1.67
	Si	22.93		Mg	1.59
	Ca	66.65		Al	13.28
		Si		70.75	
		Ca		5.48	
		K		2.78	
		Fe	4.44		
Dialite + talc	Mg	18.42	Limestone + zeolite	Na	1.51
	Si	78.33		Mg	2.32
	Ca	1.38		Al	5.91
	Fe	1.86		Si	23.47
		Ca		64.34	
		K		0.52	
		Fe	1.94		
Dialite + calcium carbonate	Na	3.00	Bentonite + limestone + zeolite	Na	0.83
	Mg	1.34		Al	5.27
	Al	2.14		Si	22.98
	Si	38.04		Ca	68.75
	K	0.46		K	0.80
	Ca	53.07		Fe	1.37
	Fe	1.12			
	S	0.83			
Talc + calcium carbonate	Mg	15.31	Calcium oxide	Mg	20.32
	Si	28.68		Al	3.86
	Ca	56.07		Si	51.98
		K		0.60	
		Ca		19.24	
		Fe	4.00		
Dialite + talc + calcium carbonate	Mg	14.75	Kaolin	Mg	5.26
	Si	59.59		Al	18.08
	Ca	23.76		Si	71.21
	Fe	1.90		K	2.14
		Ca		2.09	
		Fe		1.23	
Bentonite	Na	1.86	Fly ash	Mg	1.20
	Mg	1.38		Al	19.11
	Al	13.93		Si	67.59
	Si	75.05		K	1.55
	K	0.72		Ca	2.50
	Ca	3.39		Ti	1.57
	Fe	3.67		Fe	6.38
Limestone	Mg	1.88	Vermiculite	Mg	15.89
	Si	6.45		Al	13.74
	Ca	91.34		Si	41.30
	K	0.33		K	10.85
		Ca		0.98	
		Fe		14.46	
		Ti		2.78	

현미경으로 펠렛층의 외부 표면(Fig. 1)과 피복물질간의 접촉 정도 및 기공성(Fig. 2)을 검정한 결과, 용적밀도가 낮았던 dialite로 펠렛하면 다른 피복물질로 펠렛된 것에 비해 기공성도 많았다. 이러한 경향은 dialite를 다른 피복물질과 혼합하여 펠렛한 경우에도 기공성이 증가하였다(Fig. 2).

산업화되고 있는 펠렛종자들이 나종자에 비해 묘출현이 지연되는데, 그 원인은 종자를 피복하고 있는 펠렛층이 산소와 수분흡수를 저해하는 것으로 해석되고 있다[1,2]. 따라서 펠렛종자의 발아를 촉진시키기 위해서는 입자가 큰 피복물질로 펠렛하는 것이 좋지만 펠렛형성이 어렵고 경도가 낮은 운송이나 기계파종 중에 펠렛층이 균열되는 단점이 있다.

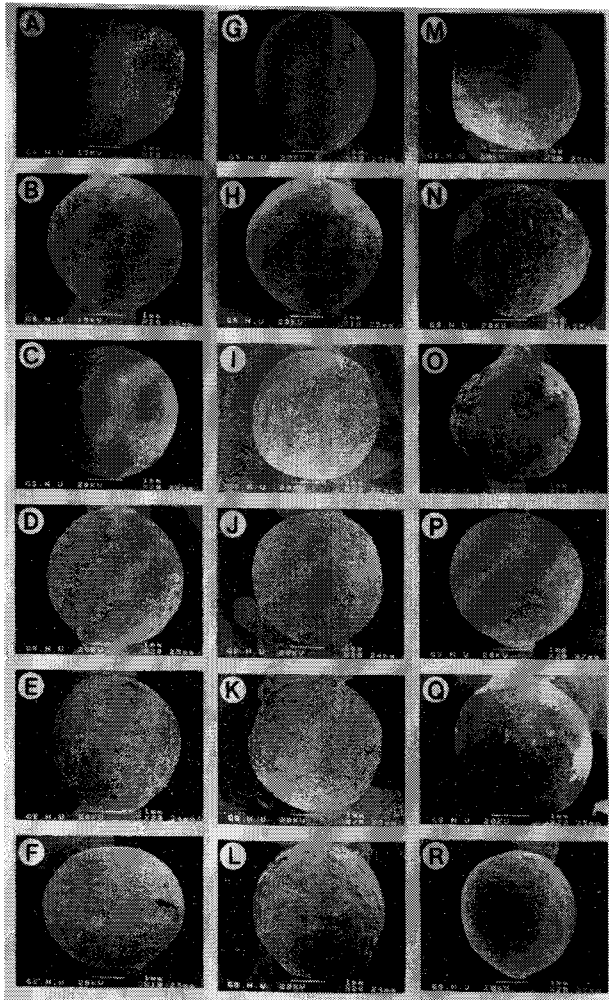


Fig. 1. Scanning electron micrographs (x 20) of carrot pelleted seed with various pelleting solid materials. Dialite(A), Talc(B), Calcium carbonate(C), Dialite + talc(D), Dialite + calcium carbonate(E), Talc + calcium carbonate(F), Dialite + talc + calcium carbonate(G), Bentonite(H), Zeolite(I), Bentonite + limestone(K), Bentonite + zeolite(L), Limestone + zeolite(M), Bentonite + limestone + zeolite(N), Calcium oxide(O), Kaolin(P), Fly ash(Q), Vermiculite(R).

당근 펠렛종자를 제조하는 과정 중 피복물질에 따라 펠렛형성능, 펠렛종자의 경도, 수분흡수 후 펠렛층의 분해형태 및 분해시간을 Table 3에 나타내었다.

펠렛종자를 제조하는 궁극적인 목적이 기계파종에 있으므로 펠렛 형태는 구형이고, 표면은 매끄러운 것이 좋다. 펠렛형성정도는 피복물질에 따라 큰 차이를 보였는데, 대체적으로 talc, talc + calcium carbonate 혼합물질, limestone, kaolin 등에서 펠렛형성이 좋았다. 반면 입자가 상대적으로 큰 dialite, calcium oxide 및 fly ash 등은 펠렛형성이 좋지 않았다.

펠렛종자는 일정한 경도가 있어야만 실용화가 가능하며, 쉽게 부서지는 펠렛종자는 취급과 기계파종에 문제가 될 수 있다[6]. 펠렛종자의 경도는 펠렛 피복물질의 종류와 접촉제 농도에 의해 결정된다[9,14]. Bentonite로 펠렛된 종자는 경도가 1,280 g로 가장 높았고, 이를 다른 피복물질과 혼합한 경우에도 경도가 증가하였다. 또한 talc는 299 g의 경도를 보였다. 그러나 dialite, kaolin, vermiculite, calcium carbonate 및 fly ash 등으로 펠렛하면 경도가 낮아졌으며, 그중 fly ash가

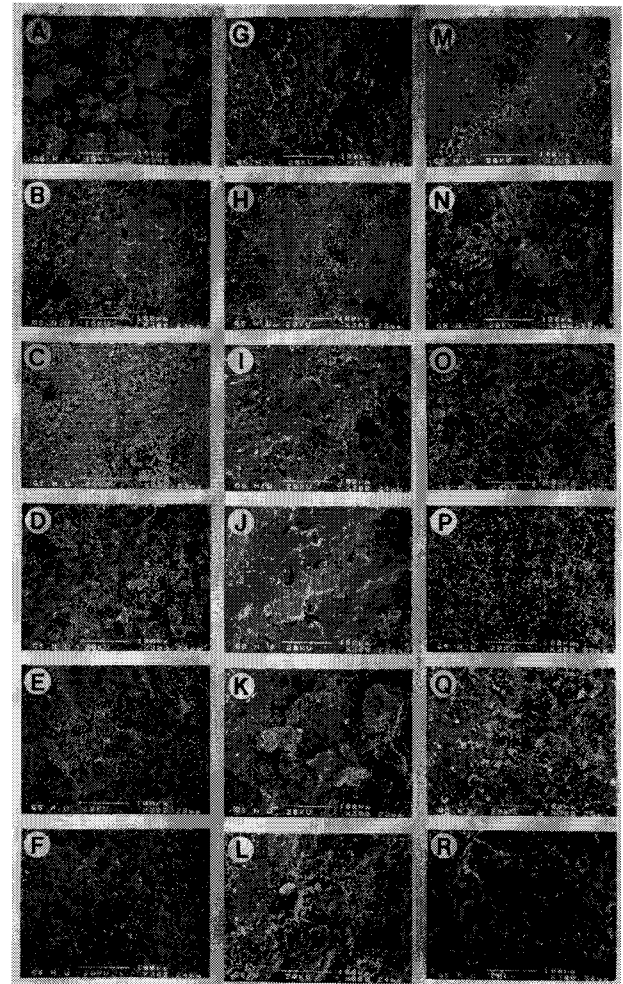


Fig. 2. Scanning electron micrographs (x 300) of the surface of a pelleted carrot of seed. Other details as in Fig. 1.

Table 3. Easiness of granulation, dissolving type and dissolving time after imbibition of carrot seeds pelleted with various of pelleting solid materials.

Pelleting solid materials	Granulation capacity <sup>z</sup>	Hardness <sup>y</sup> (g)	Dissolving type	Dissolving time (h)
Dialite(Dia)	-	104±14.5	Split	2
Talc(Ta)	++	299±7.6	Split	2
Calcium carbonate(CC)	+	120±28.0	Melt	0.5
Dia + Ta	+	186±59.9	Split	2
Dia + CC	+	182±7.9	Split+melt	4
Ta + CC	++	201±20.6	Split	2
Dia + Ta + CC	+	228±43.7	Split	2
Bentonite(Ben)	+	1,280±128.2	Swell	2
Limestone(Lim)	++	232±25.0	Split	BRP <sup>x</sup>
Zeolite(Zeo)	++	336±29.7	Split	BRP
Ben + Lim	+	385±27.8	Split	BRP
Ben + Zeo	+	372±30.9	Swell	BRP
Lim + Zeo	+	414±77.4	Split	BRP
Ben + Lim + Zeo	+	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

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

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

<sup>x</sup>Before radicle protrusion.

95 g로 가장 낮았다. 특히 calcium oxide 펠렛된 종자는 건조 과정을 거치면서 펠렛층이 균열되어 펠렛종자로써의 기능이 상실되었다.

종자펠렛 전문업체인 일본 스미도모사에서 규정하고 있는 펠렛종자의 경도는 SS형과 S형은 200~300 g, L형은 300~500 g, LL형은 400~600 g, LLL형은 400~600 g일 때 발아에 장애를 주지 않으면서 기계파종에 적합하다고 알려져 있다. L형에 속하는 당근은 300~500 g 정도의 경도를 유지해야 하는데, 본 실험에서는 펠렛 피복물질에 따라 약간의 차이는 있으나, 경도가 대체적으로 낮게 나타났다. 따라서 펠렛종자가 기계파종용으로 이용되기 위해서는 펠렛공정중에 접착제 농도를 높이는 방안을 고려해야 될 것으로 판단되었다. 펠렛층의 분해형태와 분해시간도 펠렛 피복물질의 종류에 따라 다양하였다. 펠렛층의 중앙부분이 갈라지면서 분해되는 피복물질은 dialite, talc, dialite + talc 혼합물질, talc + calcium carbonate 혼합물질, limestone, zeolite, limestone + zeolite 혼합물질 및 fly ash 이었다. 수분이 가해지면 펠렛층이 분해되는 용해형은 calcium carbonate와 calcium oxide 이었다. 반면 bentonite는 펠렛종자가 수분을 흡수하면 부피가 증가하는 팽창형 이었고, vermiculite도 팽창형 이었으나 bentonite 보다는 팽창되는 정도가 낮았다.

Kaolin은 팽창되면서 분해되는 팽창 분해형 이었다. 열개형은 종자가 수분을 흡수하면서 팽압에 의하여 펠렛층이 열개되는데, 이러한 형태는 토양함수량이 낮은 조건에서도 펠

렛층이 쉽게 분해되는 이점이 있다. 반면 용해형은 펠렛층이 용해되기 위해서는 열개정보다 수분요구도가 높아 토양함수율이 높은 곳에 파종하면 좋을 것으로 예측된다.

펠렛층의 신속한 분해는 발아중인 종자에 산소와 수분공급에 유리하다. 펠렛층의 분해성은 calcium carbonate, kaolin 등은 수분흡수 후 30분이 경과하면 펠렛층이 분해되었고, dialite, talc, bentonite, fly ash 등은 수분흡수 후 2시간이 경과하면서 펠렛층이 분해되었다. 이에 비해 zeolite, bentonite + zeolite 등으로 펠렛된 종자들은 발아직전에 펠렛층이 분해되었다(Table 3).

전반적으로 talc + calcium carbonated 혼합 피복물질은 펠렛형성이 좋았고, 기공성도 높았으며, 또한 수분흡수 후 펠렛층의 분해시간도 빨라 당근 펠렛종자에 적합한 피복물질이었다.

#### 펠렛배율에 따른 발아력

무처리 종자에 대한 펠렛종자의 중량배율이 펠렛배율인데 펠렛배율이 낮으면 펠렛층이 얇은 것을 의미하며, 펠렛배율이 높으면 펠렛층이 두꺼워 발아율이 저하된다[4]. 따라서 기계파종에 적합하고 높은 발아력을 지닌 적정 펠렛배율을 확립하는 무엇보다도 중요하다.

Table 4는 당근종자에서 펠렛배율을 달리하여 발아성을 조사한 결과이다. 무처리 종자의 중량은 2.2 mg 였으나, 펠렛배율을 12.0배, 19.0배 및 24.0배로 증가시킨 펠렛종자의 중

Table 4. Effect of weight increase ratio on percent germination and T<sub>50</sub> of pelleted carrot seeds.

Weight increase ratio	Pelleted seed weight (mg)	20°C		25°C	
		Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Un-pelleting	2.2±0.0	84.0	5.80	84.6	2.66
11.5	24.9±1.1	80.1	6.40	83.3	5.51
19.0	41.0±0.6	82.4	6.58	81.4	6.27
24.2	52.2±2.5	82.2	7.26	78.2	6.88
LSD(0.05)		NS	0.46	NS	0.38

Seed pelleted with talc + calcium carbonate (1:1 v/v) as pelleting solid materials.  
Means in columns are separated by DMRT  $P=0.05$

량은 102 mg, 133.7 mg 및 186.7 mg였다.

무처리 종자의 발아율은 20°C 및 25°C에서 각각 84% 및 84.6% 였으나, 펠렛배율이 높아지면 발아율이 약간 감소하는 경향이나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 발아 속도(T<sub>50</sub>)는 펠렛배율이 증가하면 지연되었다. 펠렛되지 않은 무처리 종자는 T<sub>50</sub>이 20°C에서 5.80일 이었으나, 12배, 19배 및 24배로 펠렛배율이 증가되면 무처리 종자보다 T<sub>50</sub>이 각각 0.6일, 0.8일 및 1.5일 지연되었다. 펠렛배율이 높을수록 발아력이 저하되는 원인은 펠렛층의 두께에 의한 것으로 12배에서는 펠렛층의 직경이 2.8 mm 이었으나, 24배에서는 5.2 mm 였다. 이와 같이 펠렛층이 수분과 산소투과성이 제한 [10] 되어 발아력이 저하된 것으로 해석된다. 펠렛종자의 신속한 발아 측면에서는 12배의 펠렛배율이 좋았으나, 기계과 종용으로 이용하기에는 크기가 작았다. 따라서 당근에서 기계과종에 적합하고 높은 발아력을 유지할 수 있는 적정 펠렛 배율은 19배가 좋았다.

## 요 약

펠렛의 목적은 기계화 정밀파종하여 파종과 흡수노력을 절감하는데 있다. 펠렛 피복물질의 용적밀도는 dialite, kaolin 및 talc 등이 낮았고 기공성은 높았다. 보수력이 우수한 피복물질은 bentonite와 dialite 이었으며, 184% 및 173%의 수분을 보유할 수 있었다. 반면 calcium carbonate, calcium oxide, fly ash등은 보수력이 낮은 펠렛 피복물질이었다. 펠렛 피복물질의 pH는 kaolin과 dialite에서 각각 6.8 및 7.4로 중성이었으나, limestone, calcium oxide, bentonite 등은 pH가 12.8, 13 및 10으로 강알카리였다. 전기전도도는 강알카리인 limestone, calcium oxide에서 높았다. 이와 같이 높은 pH와 전기전도도를 보인 피복물질들은 당근종자의 펠렛에 적합하지 않았다. 펠렛 피복물질을 EDS로 분석한 결과, Talc는 주성분이 Si (71%)이었고, Mg도 29% 함유하였다. 반면 calcium carbonate의 주요성분은 Ca (66.6%)이었으며, 이외에 Si (22.9%)와 Mg (10.5%)를 함유하였다. 펠렛 형성정도는 kaoline, talc 및 talc + calcium carbonate 혼합재료에서 우수하였다. 펠렛종자의 경도는 bentonite로 펠렛된 종자에서

가장 높았다. 수분흡수 후 펠렛층의 분해형태는 talc, limestone, zeolite, 및 fly ash는 열개형이었고, 용해형은 calcium carbonate와 calcium oxide등 이었다. 반면 bentonite와 vermiculite는 팽창형이었다. 수분흡수 후 펠렛층의 분해는 calcium carbonate 및 kaolin으로 펠렛된 종자에서 분해가 가장 빨랐다. 펠렛배율이 높아지면 발아속도(T<sub>50</sub>)는 지연되었다. 당근종자에서 적정 펠렛배율은 19배가 좋았다.

## 참 고 문 헌

- Baxter, L. and L. Waters. 1986a. Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the field performance of sweet corn and cowpea. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **111**, 31-34.
- Baxter, L. and L. Waters. 1986b. 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.
- Canerday, R. 1990. Coating creates nutrient environment. *Seed World* **June**, 48-49.
- Cho, S. K., H. Y. Seo, Y. B. Oh, E. T. Lee, I. H. Choi, Y. S. Jang, Y. S. Song and T. G. Min. 2000. Selection of coating materials and binders for pelleting onion (*Allium cepa* L.) seed. *J. Kor. Soc. Sci.* **41**, 593-597.
- Dadlani, M., V. V. Shenoy and D. V. Seshu. 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. *Seed Sci. Technol.* **20**, 307-313.
- 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**, 343-353.
- 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**, 142-144.
- ISTA. 1985. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. *Seed Sci. Technol.* **13**, 299-355.
- Kang, J. S. 2002. Selection of binder and solid materials for pelleting Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) seeds. *Kor. J. Life Sci.* **12**, 721-730.
- Kang, J. S. 2004. Identification of pelleting materials and effect nutrient addition on the germination of pelleted lettuce seeds. *J. Bio-Enviro. Control* **13**, 8-15.

11. Kang, J. S., J. L. Cho and J. M. Lim. 2003. Effect of seed pelleting on the precision planting and seedling emergence of carrot seeds. *Kor. J. Life Sci.* **13**, 428-432.
12. Kaufman, G. 1994. Seed coating: A tool for stand establishments: A stimulus to seed quality. *HortTechnology* **Oct/Dec**, 98-102.
13. Min, T. G. 1996. Development of seed pelleting technology for rice and cabbage. *Kor. J. Crop Sci.* **41**, 678-684.
14. Min, T. G., M. S. Park and S. S. Lee. 1996. Physical characteristics and germination of pelleted tobacco seeds depending on moulding materials. *Kor. J. Crop. Sci.* **41**, 535-541.
15. 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.
16. Sachs, M., D. J. Cantliffe and T. A. Nell. 1981. Germination studies of clay coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **106**, 385-389.
17. Sachs, M., D. J. Cantliffe and T. A. Nell, 1982. Germination behavior of sand coated sweet pepper seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **107**, 412-416.
18. Scott, J. M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy* **42**, 43-83.
19. Scott, J. M., R. S. Jessop, R. J. Steer and G. D. Mclacjan. 1987. Effect of nutrient seed coating on the emergence of wheat and oat. *Fertilizer Res.* **14**, 205-217.
20. Taylor, A. G. and G. E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annu. Rev. Phytopathol.* **28**, 21-339.
21. 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.