

발아온도에 따른 당근, 상추, 양파 및 파 종자의 Priming 효과

정연옥* · 김종철¹ · 조정래¹

진주교육대학교 실과교육과, ¹경상대학교 농과대학 원예학과

Effect of Seed Priming of Carrot, Lettuce, Onion, and Welsh Onion Seeds as Affected by Germination Temperature

Yeon-Ok Jeong*, Jong-Cheol Kim¹, and Jeoung-Lai Cho¹

Practical Arts Education, Chinju Nat'l. Univ. of Education, Chinju 660-756, Korea

¹Dept. of Horticulture, Gyeongsang Nat'l. Univ., Chinju 660-701, Korea

*corresponding author

ABSTRACT To compare germinability of primed seeds with that of water imbibed and nonprimed seeds at different temperatures, percent germination, number of days to attain 50% of the final germination percentage (T50) and mean number of days to germination (MDG) were evaluated at various temperatures ranged from 10°C to 35°C. Primed carrot seeds in -0.50 MPa PEG 8000 showed higher percent germination at 10°C or 35°C. Reductions in T50 and MDG values were observed at all germination temperatures when primed with the PEG. The PEG combined with 100 mM K₃PO₄ was not as effective as the PEG alone in improving the germinability of carrot seeds. Nonprimed lettuce seeds germinated only 2% at 30°C or 35°C. However, priming with 50 mM K₃PO₄ increased germination to 40% at 30°C and to 21% at 35°C. In contrast to the single treatment of 50mM K₃PO₄, priming lettuce seeds in a mixture of 50mM K₃PO₄ and 200 mM KH₂PO₄ resulted in a lower percentage of germination, but a significant greater reduction of T50 and MDG. Percent germination was increased when 200 mM KH₂PO₄-primed onion seeds and 100 mM Ca(NO₃)₂-primed Welsh onion seeds were germinated at 10°C or 35°C. Combined treatments with Ca(NO₃)₂ for onion and with KH₂PO₄ for Welsh onion seeds did not improve percent germination, but they significantly reduced T50 and MDG.

Additional key words: germinability, MDG, seed treatment, T50

서 언

대부분의 종자들은 발아적온에서는 정상적인 발아 및 유효출현을 통하여 생장 및 생육이 원활히 이루어지나 우리나라는 계절적 한계가 뚜렷하여 연중파종에 어려움이 있다. 현재 우리나라 채소작물의 생산은 주년생산 체계로 이미 전환되었으며, 이로 인하여 발아적온이 아닌 조건에서 종자를 파종해야 하는 경우가 많아졌다. Heydecker(1974)는 여러 온도에서 채소 종자의 발아율 향상을 위한 종자처리 방법에 대하여 언급하였으며, 이러한 종자처리는 불량 환경 조건인 저온습지(Khan 등, 1983) 및 건조지와 한냉지(Liptay와 Tan, 1985)에서도 효과적이라고 하였다. 종자의 발아율은 적정 온도 이외의 온도에서는 생리적 요인에 영향을 받는다고 하며 (Dahal 등, 1990), Bussell과 Gray(1976) 및 Rumpel과 Szudyga(1978)도 염류처리나 삼투처리를 통하여 발아적온보다는 저온하에서 발아율을 향상시킬 수 있다고 하였는데, 이러한 종자처리 방법

을 통하여 발아적온이 아닌 저온 혹은 고온에서도 발아율이 유지되거나 향상시킬 수 있다면 생산성 향상에 많은 잇점이 있을 것으로 생각된다.

외국에서는 이미 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 일부 작물에서는 산업화되고 있는 실정이나 상업적 가치가 높은 기술은 대외비로 하고 있다. 그리고 우리나라의 작물, 품종 및 재배환경 등을 고려해 볼 때 부적합한 경우가 있을 수 있으며, 종자처리시 사용하는 약제의 종류 및 농도에 따라라도 달라질 수 있어 우리 자체의 기술개발이 반드시 필요하다고 생각되어 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 재료는 노바티스 종묘(주)의 '추홍' 당근, '칭치마' 상추, '서울대고' 양파 및 '금장' 파이며, priming 후 발아온도를 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 및 35°C로 달리하여 항온기내에서

* 본 연구는 농림부에서 시행한 농림수산물특정연구사업 연구결과 중의 일부임.

실시하였다.

작물별로 priming 조건은 달랐는데, 당근은 -0.50MPa PEG 8000, 20℃에서 3일 처리, 상추는 50mM K₃PO₄, 20℃에서 2일 처리 양파는 200mM KH₂PO₄, 10℃에서 4일 처리, 피는 100mM Ca(NO₃)₂, 15℃에서 4일 처리하였다. 또한 priming 약제의 혼용처리 효과를 구명하기 위해 당근은 -0.50MPa PEG 8000에 100mM K₃PO₄, 상추는 50mM K₃PO₄에 200mM KH₂PO₄, 양파는 200mM KH₂PO₄에 100mM Ca(NO₃)₂, 피는 100mM Ca(NO₃)₂에 100mM KH₂PO₄를 첨가하였다. 이때 priming 처리온도와 처리기간은 단용 처리와 동일하였다.

종자의 priming 방법은 petri-dish(8.7×1.5cm)에 종자를 넣고 처리용액을 20mL씩 주입한 후 parafilm으로 밀봉하였다. 처리 후 흐르는 수도물에 1분간 세척하였으며, 종자표면의 수분을 흡습지로 제거한 후 35℃에서 2시간 통풍건조시켰다. 그리고 priming 처리 기간동안 용액 대신에 증류수를 사용한 것을 수침처리(water imbibed)라 하였으며, 아무런 처리를 하지 않은 종자를 무처리(nonprimed)라 하였다.

발아실험은 petri-dish(8.7×1.5cm)에 흡습지(Whatman No. 1) 2매를 깔고 종자 100립씩 치상한 후 항온기내에서 완전임의배치 4반복으로 실시하였으며, 유근이 1mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하였다. 발아 조사는 치상후 3일까지는 6시간(1일 4회 조

사), 4일부터 6일까지는 12시간(1일 2회 조사), 7일부터는 1일 간격으로 실시하였다. 실험성적은 발아율, T50(최종발아율에 대한 50% 발아소요일수; Coolbear 등, 1984) 및 MDG(평균발아소요일수; Hartmann과 Kester, 1983)로 나타내었다.

결과 및 고찰

당근종자를 -0.50MPa PEG priming시 발아율은 무처리에 비하여 발아온도 15℃에서 30℃ 사이에서는 차이가 없었으나, 10℃에서는 17%, 35℃에서는 12% 높게 나타났다(Table 1). T50은 모든 발아온도에서 단축되었지만 특히 10℃에서 4.3일, 35℃에서 1.5일 단축되었다. MDG도 T50과 같은 경향이었으며, 10℃에서 4.0일, 35℃에서 1.4일 단축되었다. 그러나 수침처리와 비교해 보면 발아율은 유의차가 없었으며, T50 및 MDG도 10℃를 제외하고는 유의차가 없었다. -0.50MPa PEG에 100mM K₃PO₄ 혼용 priming시 무처리에 비하여 발아율은 10℃를 제외하고는 대부분의 발아온도에서 오히려 낮게 나타났으나 T50 및 MDG의 단축효과가 있었다. 그리고 수침처리에 비해서도 발아율이 10℃와 15℃에서 유의차가 없었고 그 외의 온도에서는 낮았으며, 오히려 T50 및 MDG는 10℃, 15℃ 및 35℃에서 각각 0.7일, 0.5일 및 1.9일 지연되었다. -0.50MPa PEG 단용 priming이 -0.50MPa PEG에 100mM

Table 1. Effect of germination temperature on percent germination, number of days to attain 50% of the final germination percentage (T50), and mean number of days to germination (MDG) of carrot seeds primed with -0.5 Mpa PEG and 100 mM K₃PO₄.

Germination temp. (°C)	Seed treatment ²	Percent germ. (%)	T50 (day)	MDG (day)
10	PEG -0.50 MPa	82 a ^y	3.8 d	4.5 d
	PEG -0.50 MPa+K ₃ PO ₄ 100 mM	78 a	7.4 b	7.9 b
	Water imbibed	85 a	6.7 c	7.4 c
	Nonprimed	65 b	8.1 a	8.5 a
15	PEG -0.50 MPa	87 a	3.5 c	4.2 c
	PEG -0.50 MPa+K ₃ PO ₄ 100 mM	79 b	3.8 b	4.6 b
	Water imbibed	82 b	3.3 c	4.0 c
	Nonprimed	88 a	4.6 a	5.3 a
20	PEG -0.50 MPa	85 ab	2.0 b	2.3 c
	PEG -0.50 MPa+K ₃ PO ₄ 100 mM	79 b	2.1 b	2.7 b
	Water imbibed	86 a	2.0 b	2.4 c
	Nonprimed	88 a	3.1 a	3.7 a
25	PEG -0.50 MPa	86 a	1.8 b	2.3 b
	PEG -0.50 MPa+K ₃ PO ₄ 100 mM	72 b	1.8 b	2.2 b
	Water imbibed	89 a	1.9 b	2.3 b
	Nonprimed	86 a	2.7 a	3.2 a
30	PEG -0.50 MPa	81 ab	1.9 b	2.4 b
	PEG -0.50 MPa+K ₃ PO ₄ 100 mM	76 b	1.9 b	2.5 b
	Water imbibed	81 ab	1.8 b	2.2 b
	Nonprimed	85 a	3.3 a	3.9 a
35	PEG -0.50 MPa	76 a	2.9 b	4.0 b
	PEG -0.50 MPa+K ₃ PO ₄ 100 mM	66 b	4.7 a	5.4 a
	Water imbibed	80 a	2.8 b	3.6 b
	Nonprimed	64 b	4.4 a	5.4 a

²Seeds were dark-primed at 20℃ for 3 days and dark-germinated at 10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃ or 35℃ for up to 15 days. Seeds imbibed without chemicals and those taken fresh from seed package are referred to as 'Water imbibed' and 'Nonprimed', respectively.

^yMean separation within columns at each germination temperature by DMRT at *P*=0.05.

K₃PO₄ 혼용 priming보다 발아율이 10℃에서는 유의차가 없었지만 그 외의 발아온도에서는 높게 나타났으며, T50 및 MDG도 10℃, 15℃ 및 35℃에서 단축효과가 있었다.

상추종자를 50mM K₃PO₄ priming시 발아율은 모든 온도에서 높게 나타났다. 무처리에 비하여 10℃에서는 19%, 20℃에서는 28% 높았으며, 특히 무처리의 발아율이 2% 미만인 30℃에서는 40%, 35℃에서는 21%였다. T50도 모든 발아온도에서 단축되었는데, 무처리에 비하여 10℃에서는 2.5일, 15℃에서는 1.1일, 30℃에서는 4.4일 단축되었다. MDG도 T50과 같은 경향으로 10℃에서는 무처리에 비하여 2.5일, 30℃에서는 2.0일 단축되었다(Table 2). 그러나 수침처리와 발아율을 비교해 보면 30℃와 35℃에서는 유의차가 있었지만 그 외의 발아온도에서는 유의차가 없었으며, T50 또한 유의차가 나타나지 않았다. 50mM K₃PO₄에 200mM KH₂PO₄ 혼용 priming시 발아율은 50mM K₃PO₄ 단용 priming에 비하여 낮았지만 무처리보다는 높았다. 그러나 T50 및 MDG의 단축효과는 오히려 더 크게 나타났다. 10℃에서 단용 priming은 무처리보다 각각 2.5일과 2.5일 단축되었지만 혼용 priming은 각각 3.7일과 4.2일 단축되었다. 30℃에서도 단용 priming은 무처리보다 각각 4.4일과 2.0일 단축되었지만 혼용 priming은 각각 5.2일과 5.5일 단축되었다. 그리고 혼용 priming시 수침처리에 비하여 발아율이 10℃에서는 낮았으나 30℃에서는 높았으며, T50 및 MDG도

모든 발아온도에서 단축효과가 있었다.

양파종자를 200mM KH₂PO₄ priming시 발아율은 무처리에 비하여 10℃, 20℃, 30℃ 및 35℃에서 각각 19%, 9%, 23% 및 33% 높았으며, 그 외의 발아온도에서는 차이가 없었다. T50은 모든 발아온도에서 단축되었는데, 특히 10℃, 15℃, 20℃ 및 35℃에서 각각 2.5일, 2.7일, 2.1일 및 0.6일 단축되었다. MDG도 T50과 같은 경향이었으며, 10℃, 15℃, 20℃ 및 35℃에서 각각 2.3일, 2.9일, 2.6일 및 2.0일 단축되었다(Table 3). 그리고 수침처리에 비해서도 발아율이 10℃를 제외하고는 모두 높았으며, T50 및 MDG도 모든 발아온도에서 단축효과가 나타났다. 200mM KH₂PO₄에 100mM Ca(NO₃)₂ 혼용 priming시 200mM KH₂PO₄ 단용 priming에 비하여 발아율은 유의차가 없었지만 무처리보다 높았고, T50 및 MDG의 단축효과는 오히려 더 크게 나타났다. 10℃에서 무처리에 비하여 단용 priming은 각각 2.5일과 2.3일 단축되었지만 혼용 priming은 각각 5.0일과 4.7일 단축되었다. 그 외의 발아온도에서도 비슷한 경향이였다. 그리고 혼용 priming시 수침처리에 비해서도 단용 priming과 같은 경향으로 발아율이 10℃를 제외하고는 모두 높았으며, T50 및 MDG도 모든 발아온도에서 단축효과가 나타났다.

과 종자 100mM Ca(NO₃)₂ priming시 무처리에 비하여 발아율은 10℃, 15℃, 30℃ 및 35℃에서 각각 10%, 7%, 11% 및 26%

Table 2. Effect of germination temperature on percent germination, T50, and MDG of lettuce seeds treated with 50 mM K₃PO₄ and 200 mM KH₂PO₄.

Germination temp. (°C)	Seed treatment ^z	Percent germ. (%)	T50 (day)	MDG (day)
10	K ₃ PO ₄ 50 mM	90 a ^y	3.1 b	4.1 b
	K ₃ PO ₄ 50 mM+KH ₂ PO ₄ 200 mM	78 b	1.9 c	2.4 c
	Water imbibed	89 a	3.1 b	4.2 b
	Nonprimed	71 c	5.6 a	6.6 a
15	K ₃ PO ₄ 50 mM	94 a	2.0 b	3.0 b
	K ₃ PO ₄ 50 mM+KH ₂ PO ₄ 200 mM	85 ab	1.6 c	2.2 c
	Water imbibed	93 ab	2.2 b	2.8 b
	Nonprimed	83 b	3.1 a	4.3 a
20	K ₃ PO ₄ 50 mM	99 a	1.3 b	1.9 b
	K ₃ PO ₄ 50 mM+KH ₂ PO ₄ 200 mM	92 a	1.0 b	1.6 b
	Water imbibed	90 a	1.4 b	2.0 b
	Nonprimed	71 b	2.2 a	3.0 a
25	K ₃ PO ₄ 50 mM	96 a	1.2 b	1.9 b
	K ₃ PO ₄ 50 mM+KH ₂ PO ₄ 200 mM	94 a	0.9 c	1.5 c
	Water imbibed	87 a	1.4 b	1.9 b
	Nonprimed	79 b	1.7 a	2.4 a
30	K ₃ PO ₄ 50 mM	40 a	1.4 b	4.5 ab
	K ₃ PO ₄ 50 mM+KH ₂ PO ₄ 200 mM	44 a	0.6 b	1.0 c
	Water imbibed	11 b	1.2 b	2.6 bc
	Nonprimed	2 c	5.8 a	6.5 a
35	K ₃ PO ₄ 50 mM	21 a	5.9 b	7.3 b
	K ₃ PO ₄ 50 mM+KH ₂ PO ₄ 200 mM	9 b	0.8 b	1.6 b
	Water imbibed	1 b	5.7 b	6.0 b
	Nonprimed	1 b	15.0 a	15.0 a

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

^yMean separation within columns at each germination temperature by DMRT at *P*=0.05.

Table 3. Effect of germination temperature on percent germination, T50, and MDG of onion seeds treated with 200 mM KH₂PO₄ and 100 mM Ca(NO₃)₂.

Germination temp. (°C)	Seed treatment ^z	Percent germ. (%)	T50 (day)	MDG (day)
10	KH ₂ PO ₄ 200 mM	80 a ^y	4.9 c	5.4 c
	KH ₂ PO ₄ 200 mM+Ca(NO ₃) ₂ 100 mM	74 a	2.4 d	3.0 d
	Water imbibed	75 a	5.7 b	6.2 b
	Nonprimed	61 b	7.4 a	7.7 a
15	KH ₂ PO ₄ 200 mM	81 ab	2.8 c	3.5 c
	KH ₂ PO ₄ 200 mM+Ca(NO ₃) ₂ 100 mM	83 a	2.5 c	3.2 c
	Water imbibed	74 b	4.1 b	5.0 b
	Nonprimed	81 ab	5.5 a	6.4 a
20	KH ₂ PO ₄ 200 mM	81 a	2.0 c	2.6 c
	KH ₂ PO ₄ 200 mM+Ca(NO ₃) ₂ 100 mM	82 a	1.4 d	2.0 d
	Water imbibed	77 ab	2.7 b	3.5 b
	Nonprimed	72 b	4.1 a	5.2 a
25	KH ₂ PO ₄ 200 mM	76 a	1.4 c	2.1 c
	KH ₂ PO ₄ 200 mM+Ca(NO ₃) ₂ 100 mM	77 a	1.1 c	1.7 c
	Water imbibed	67 b	2.2 b	3.0 b
	Nonprimed	77 a	3.0 a	4.0 a
30	KH ₂ PO ₄ 200 mM	64 a	1.1 c	2.0 b
	KH ₂ PO ₄ 200 mM+Ca(NO ₃) ₂ 100 mM	64 a	0.8 c	1.7 b
	Water imbibed	43 b	1.7 b	3.5 a
	Nonprimed	41 b	2.4 a	4.0 a
35	KH ₂ PO ₄ 200 mM	59 a	0.9 bc	2.1 a
	KH ₂ PO ₄ 200 mM+Ca(NO ₃) ₂ 100 mM	53 a	0.5 c	1.2 b
	Water imbibed	30 b	1.2 ab	2.3 a
	Nonprimed	26 b	1.5 a	2.6 a

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

^yMean separation within columns at each germination temperature by DMRT at *P*=0.05.

높았다. T50도 모든 발아온도에서 단축되었는데, 무처리에 비하여 10°C, 15°C, 30°C 및 35°C에서 각각 3.3일, 2.2일, 0.9일 및 2.2일 단축되었다. MDG도 T50과 같은 경향이였으며, 10°C와 35°C에서 각각 3.0일 및 1.9일 단축되었다(Table 4). 그리고 수침처리에 비해서 발아율은 10°C를 제외하고 모두 높았지만 T50 및 MDG는 이와 반대로 오히려 10°C를 제외하고는 유의차가 없었다. 100mM Ca(NO₃)₂에 100mM KH₂PO₄ 혼용 priming시 100mM Ca(NO₃)₂ 단용 priming에 비하여 발아율은 큰 차이가 없었으나 무처리보다 높았고, T50 및 MDG의 단축효과는 더 크게 나타났다. 10°C에서 단용 priming은 무처리에 비하여 각각 3.3일과 3.0일 단축되었지만 혼용 priming은 각각 5.7일과 5.9일 단축되었다. 35°C에서도 단용 priming은 무처리에 비하여 각각 2.2일과 1.9일 단축되었지만 혼용 priming은 각각 3.9일과 4.1일 단축되었다. 그리고 혼용 priming시 수침처리에 비하여 발아율은 단용 priming과 같은 경향으로 10°C를 제외하고는 모두 높았으며, T50 및 MDG도 모든 발아온도에서 단축효과가 있었다.

이와 같이 당근종자 priming시 무처리에 비해서 10°C와 35°C에서 발아율 향상 및 모든 발아온도에서 T50 및 MDG 단축효과가 있었지만, 수침처리와는 발아율, T50 및 MDG 모두 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 그리고 -0.50MPa PEG에 100mM K₃PO₄

혼용 priming시 무처리와 수침처리에 비하여 발아율은 낮았으며, 특히 T50 및 MDG는 수침처리보다 10°C, 15°C 및 35°C에서는 지연되었다. 또한 단용 priming이 혼용 priming보다 발아율이 대부분 높게 나타났으며, T50 및 MDG도 10°C, 15°C 및 35°C에서 단축효과가 있는 것으로 나타났다.

상추종자 priming시 무처리에 비하여 발아율은 모든 발아온도에서 높았고 T50 및 MDG도 단축효과가 있었지만, 수침처리와는 30°C와 35°C를 제외하고는 발아율에 유의차가 없었으며 T50 또한 유의차가 없었다. 그리고 혼용 priming은 단용 priming에 비하여 발아율은 낮았지만 T50 및 MDG의 단축정도는 오히려 더 크게 나타났다.

양파종자 priming시 발아율은 무처리에 비하여 10°C, 20°C, 30°C 및 35°C에서 높았고 수침처리에 비해서는 10°C를 제외하고는 모두 높았으며, T50 및 MDG는 모든 발아온도에서 무처리와 수침처리보다 단축되었다. 그리고 혼용 priming시 단용 priming에 비하여 발아율은 유의차가 없었지만 무처리와 수침처리보다 높았고, T50 및 MDG의 단축효과는 오히려 더 크게 나타났다.

과 종자 priming시 무처리에 비하여 발아율은 10°C, 15°C, 30°C 및 35°C에서 높았고 T50 및 MDG의 단축효과도 있었다. 그리고 수침처리에 비해서 발아율은 10°C를 제외하고 모두 높았지만 T50 및

Table 4. Effect of germination temperature on percent germination, T50, and MDG of welsh onion seeds treated with 100 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and 100 mM KH_2PO_4 .

Germination temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Seed treatment ^z	Percent germ. (%)	T50 (day)	MDG (day)
10	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM	93 a ^y	3.9 c	4.8 c
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM+ KH_2PO_4 100 mM	87 ab	1.5 d	1.9 d
	Water imbibed	92 a	4.2 b	5.2 b
	Nonprimed	83 b	7.2 a	7.8 a
15	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM	95 a	2.1 b	2.8 c
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM+ KH_2PO_4 100 mM	91 ab	1.2 c	1.9 d
	Water imbibed	89 b	2.3 b	3.1 b
	Nonprimed	88 b	4.3 a	5.4 a
20	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM	95 a	1.3 b	1.9 b
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM+ KH_2PO_4 100 mM	94 ab	0.5 c	1.2 c
	Water imbibed	91 b	1.4 b	2.3 b
	Nonprimed	87 c	3.4 a	4.3 a
25	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM	94 a	1.1 b	1.9 b
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM+ KH_2PO_4 100 mM	95 a	0.4 c	1.0 c
	Water imbibed	89 b	1.3 b	2.1 b
	Nonprimed	89 b	2.7 a	3.6 a
30	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM	91 a	1.5 b	2.4 b
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM+ KH_2PO_4 100 mM	87 a	0.4 c	1.3 c
	Water imbibed	74 b	1.5 b	2.6 b
	Nonprimed	80 b	2.4 a	3.9 a
35	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM	86 a	2.1 b	3.3 b
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 100 mM+ KH_2PO_4 100 mM	81 a	0.4 c	1.1 c
	Water imbibed	59 b	2.5 b	3.7 b
	Nonprimed	60 b	4.3 a	5.2 a

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

^yMean separation within columns at each germination temperature by DMRT at $P=0.05$.

MDG는 이와 반대로 오히려 10 $^{\circ}\text{C}$ 를 제외하고는 유의차가 없었다.

그리고 혼용 priming시 단용 priming에 비하여 발아율은 큰 차이가 없었으나 무처리와 수침처리에 비하여 높았고, T50 및 MDG의 단축효과는 더 크게 나타났다.

Suzuki 등(1989)은 18 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 저온에서 당근의 무처리는 전혀 유묘출현을 하지 않았으나 priming 종자는 63%의 유묘출현을 낸 반면, 28 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서는 무처리와 priming 종자 모두 80%의 유묘출현을 보여 priming은 저온하에서 더 효과적이라고 하였다. 그리고 35 $^{\circ}\text{C}$ 의 고온에서도 74%로 무처리의 11%보다 발아율이 높았다고 하였으며, 발아소요일수 역시 단축되었다고 하였는데(Cantliffe 등, 1987), 본 실험에서도 무처리에 비하여 10 $^{\circ}\text{C}$ 에서 17%, 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 12% 높게 나타났으며, T50 및 MDG도 단축되어 같은 경향이였다. 상추종자도 priming 함으로써 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서 발아율 및 균일도가 향상되었다고 하였다(Cantliffe 등, 1984; Guedes와 Cantliffe, 1980; Wurr와 Fellows, 1984). Cantliffe 등(1981)은 상추종자의 priming후 30 $^{\circ}\text{C}$ 에서 무처리는 전혀 발아되지 않았으나 priming 종자는 75%의 발아율을 나타내었으며, 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서도 priming 종자는 20시간후 86%의 발아율을 보여 고온발아에 효과적이라고 하였는

데, 본 실험에서도 무처리의 발아율이 2% 미만인 30 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 40%, 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 21%였으며, T50 및 MDG도 단축되는 것으로 나타났다. 이와 같은 원인에 대하여 Cantliffe 등(1984)은 상추종자의 priming시 처리기간 동안 세포신장과 세포분열이 일어나며, priming후 35 $^{\circ}\text{C}$ 의 고온에 파종하면 무처리는 세포분열이 전혀 일어나지 않고 priming 종자는 100% 일어나므로, 고온에서 무처리는 세포신장과 세포분열이 억제되어 발아가 되지 않지만 priming 종자는 이와 반대로 세포신장과 세포분열이 일어나 발아가 촉진된다고 하였다.

Priming 약제의 혼용처리에 대하여 Haigh 등(1986)은 당근, 양파종자를 K_3PO_4 와 KNO_3 를 혼용하여 -1.60MPa로 priming한 후, 15 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 유묘출현율은 무처리에 비하여 당근은 증가, 양파는 감소되었으며, K_2HPO_4 에 KNO_3 를 혼용하여 -1.00MPa로 처리한 경우는 무처리에 비하여 발아소요일수는 2배 이상 단축되었다고 하였는데, 본 실험에서는 당근을 -0.50MPa PEG에 100mM K_3PO_4 혼용 priming시 PEG 단용 priming에 비하여 발아율이 낮고 T50 및 MDG도 단축되지 못하였다. 그러나 양파는 200mM KH_2PO_4 에 100mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 혼용 priming시 200mM KH_2PO_4

단용 priming에 비하여 발아율은 유의차가 없었으나 T50 및 MDG의 단축효과는 오히려 더 크게 나타났다. 과도 양과와 비슷한 경향으로 100mM Ca(NO₃)₂에 100mM KH₂PO₄ 혼용 priming시 100mM Ca(NO₃)₂ 단용 priming에 비하여 발아율은 유의차가 없었으며 T50 및 MDG의 단축효과는 더 크게 나타났다. 상추도 50mM K₃PO₄에 200mM KH₂PO₄ 혼용 priming시 50mM K₃PO₄ 단용 priming에 비하여 발아율은 낮았지만 T50 및 MDG의 단축효과는 더 크게 나타났다.

그리고 Rivas 등(1984)은 고추종자 priming후 10℃에서 무처리 는 전혀 발아되지 않았으나 priming 종자는 85%의 높은 발아율을 나타내었다고 하였다. Odell과 Cantliffe(1986)은 토마토 종자 1.5% K₃PO₄+1.0% KNO₃ 혼용 priming시 발아율이 15℃와 35℃에서 각각 90%와 96%로 무처리의 31%와 17%에 비하여 높았으며, PEG와 NaNO₃를 혼용하여 -0.80MPa로 처리한 후 10℃에서도 발아율이 향상되고 발아소요일수도 단축되었다고 한다. 이와 같은 선행연구 결과와 같이 본 연구결과에서도 priming에 의해 발아율 향상과 발아소요일수가 단축되므로 불리한 환경조건에서도 발아성을 향상시킬 수 있으나 실용화를 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

초 록

발아온도를 10℃에서 5℃ 간격으로 35℃까지 달리한 후 priming 종자의 발아율, T50 및 평균발아소요일수(MDG)를 조사하였다. 당근은 -0.50MPa PEG 8000에서 priming한 종자가 무처리에 비하여 10℃와 35℃에서 발아율이 높았으며 T50 및 MDG는 모든 발아온도에서 단축효과가 있었다. 그러나 PEG에 100mM K₃PO₄ 혼용 priming시 PEG 단용 priming에 비하여 발아력에 영향을 미치지 못하였다. 상추의 무처리는 30℃와 35℃에서 단지 2%만 발아되었으나 50mM K₃PO₄에 priming한 종자는 30℃와 35℃에서 각각 40%와 21%로 발아율 향상에 효과적이었다. 그리고 K₃PO₄ 단용 priming에 비하여 K₃PO₄에 200mM KH₂PO₄ 혼용 priming시 발아율은 낮았지만 T50 및 MDG는 더 단축되었다. 양과는 200mM KH₂PO₄, 과는 100mM Ca(NO₃)₂에서 priming시 10℃와 35℃에서 발아율 향상에 효과적이었다. 그리고 양과는 KH₂PO₄ 단용 priming보다 100mM Ca(NO₃)₂ 혼용 priming, 과는 Ca(NO₃)₂ 단용 priming보다 100mM KH₂PO₄ 혼용 priming시 발아율은 향상시키지 못하였으나 T50 및 MDG 단축에는 더 효과적이었다.

추가 주요어 : 발아력, 평균 발아 소요일수, 종자처리, T50

인용문헌

Bussell, W.T. and D. Gray. 1976. Effect of pre-sowing seed treatments and temperatures on tomato seed germination and seedling emergence. *Scientia Hort.* 5:101-109.

- Cantliffe, D.J., J.M. Fischer, and T.A. Nell. 1984. Mechanism of seed priming in circumventing thermodormancy in lettuce. *Plant Physiol.* 75:290-294.
- Cantliffe, D.J., K.D. Shuler, and A.C. Guedes. 1981. Overcoming seed thermodormancy in a heat sensitive romaine lettuce by seed priming. *HortScience* 16:196-198.
- Cantliffe, D.J., M. Elballa, A. Guedes, G.B. Odell, P. Perkins-Veazie, J.R. Schultheis, D.N. Seale, K.D. Shuler, I. Tanne, and J.T. Watkins. 1987. Improving stand establishment of direct seeded vegetables in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100:213-216.
- Coolbear, P., A. Francis, and D. Grierson. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *J. Exp. Bot.* 35:1609-1617.
- Dahal, P., K.J. Bradford, and R.A. Jones. 1990. Effect of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at suboptimal temperature. *J. Exp. Bot.* 41:1431-1439.
- Guedes, A.C. and D.J. Cantliffe. 1980. Germination of lettuce (*Lactuca sativa*) at high temperature after seed priming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:777-781.
- Haigh, A.M., E.W.R. Barlow, F.L. Milthrope, and P.J. Sinclair. 1986. Field emergence of tomato (*Lycopersicon esculentum*), carrot (*Daucus carota*) and onion (*Allium cepa*) seeds primed in an aerated salt solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:660-665.
- Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1983. *Plant propagation: Principles and Practices*. 4th ed. Pentice-Hall, Upper Saddle River, N.J. p.127.
- Heydecker, W. 1974. Germination of an idea : the priming of seeds. *Univ. of Nottingham School of Agr. Rpt.* 1973/1974:50-57.
- Khan, A.A., N.H. Peck, A.G. Taylor, and C. Samimy. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agron. J.* 75:788-794.
- Liptay, A. and C.S. Tan. 1985. Effect of various levels of available water on germination of polyethylene glycol (PEG) pretreated or untreated tomato seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:748-751.
- Odell, G.B. and D.J. Cantliffe. 1986. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 99:303-306.
- Rivas, M., F.J. Sundstrom, and R.L. Edwards. 1984. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. *HortScience* 19:279-281.
- Rumpel, P. and I. Szudyga. 1978. The influence of presowing seed treatments on germination and emergence of tomato 'New Yorker' at low temperatures. *Scientia Hort.* 9:119-125.
- Suzuki, H., S. Obayashi, and M. Koizumi. 1989. Effects of pre-sowing treatments on seedling emergence of carrot. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58:407-414.
- Wurr, D.C.E. and J.R. Fellows. 1984. The effect of grading and priming of crisp lettuce cultivar 'Saladin' on germination at high temperature, seed vigor and crop uniformity. *Ann. Appl. Biol.* 105:345-352.