

당근, 상추, 양파 및 파 종자 발아촉진을 위한 Priming 약제 종류와 농도에 따른 효과

정연옥* · 강성모¹ · 조정래¹

진주교육대학교 실과교육과, ¹경상대학교 농과대학 원예학과

Germination of Carrot, Lettuce, Onion, and Welsh Onion Seeds as Affected by Priming Chemicals at Various Concentrations

Yeon-Ok Jeong*, Seong-Mo Kang¹, 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 This study was conducted to determine the appropriate osmotic priming chemicals and their concentrations to improve germination of carrot, lettuce, onion, and Welsh onion seeds. Each chemical, including KNO₃, KH₂PO₄, K₃PO₄, NaOH, Ca(NO₃)₂, and PEG 8000, was tested at three to four concentrations. Percent germination, number of days to attain 50% of the final germination percentage (T50), and mean number of days to germination (MDG) of primed seeds were compared with those of water-imbibed or nonprimed seeds. With the exception of 100 or 200 mM NaOH, other priming chemicals did not affect percent germination of carrot and lettuce seeds. However, the chemical priming did reduce T50 and MDG, especially with -0.5 MPa PEG 8000 for carrot and with 50 mM K₃PO₄ or 200 mM KH₂PO₄ for lettuce. Among the chemicals with no influence on percent germination did 200 mM KH₂PO₄ significantly reduced both T50 and MDG of onion seeds. No chemicals improved percent germination of Welsh onion seeds. Reduction in T50 and MDG was significant only with KH₂PO₄ and Ca(NO₃)₂.

Additional key words: MDG, seed treatment, T50

서 언

Priming 처리는 사용되는 약제의 종류와 농도에 따라 그 효과가 다르지만(Suzuki 등, 1990) 발아촉진 효과가 일정하게 지속적으로 나타나는 것이 중요하다. Priming 약제에 따라서는 세포의 삼투조절을 방해하며 고농도의 이온은 효소와 세포막을 파괴시켜 발아를 억제시키기도 한다(Greenway와 Munns, 1980). Brocklehurst와 Dearman(1984)은 priming시 약제의 이온이 종자내로 침투하여 유독한 영향을 미쳐 발아 및 유묘 출현율을 감소시킨다고 하였다. 또한 priming 용액의 이온농도가 증가할수록 배의 이온 축적량이 증가되어 대사작용을 방해하여 priming 효과를 감소시킬 수 있으며(Haigh과 Barlow, 1987), 반대로 농도가 낮으면 종자 수분함량이 증가되고(Brocklehurst와 Dearman, 1984) 대사작용이 왕성해져(Khan, 1992) priming 기간 중 유근 돌출이 일어날 수 있으므로

이온의 적정 농도설정이 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 당근, 상추, 양파 및 파 종자 priming시 처리기간 중에 유근이 돌출되지 않고 초기발아율을 향상시킬 수 있는 처리기술을 구명코자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 재료는 노바티스 종묘(주)의 '추홍' 당근, '청치마' 상추, '서울대고' 양파 및 '금장' 파이며, priming 약제로는 K₃PO₄, Ca(NO₃)₂, KNO₃, KH₂PO₄, NaOH 및 PEG 8000이었다. PEG는 -0.25, -0.50, -0.75, -1.00, -1.25 및 -1.50MPa로 달리하였으며(Michel, 1983), 그 외의 약제들은 모두 50, 100 및 200mM로 농도를 달리하였다.

종자의 priming 방법은 petri-dish(8.7×1.5cm)에 종자를 넣고 처리용액을 농도별로 20mL씩 주입한 후 parafilm으로 밀봉하여 15℃의 암상태에 당근은 4일, 상추는 1일, 양파는 4일, 파는 3일간

* 본 연구는 농림부에서 시행한 농림수산물특성연구사업 연구결과 중의 일부임.

두었다. 처리 후 흐르는 수도물에 1분간 세척하였으며, 종자표면의 수분을 흡습지로 제거한 후 35°C에서 2시간 통풍건조시켰다. 그리고 priming 기간 동안 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 증류수 5mL로 적신 후, 종자 100립씩 치상하여 당근은 25°C, 상추, 양파 및 파는 20°C 항온기내에서 완전임의배치 4반복으로 실시하였으며, 유근이 1mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하였다. 발아조사는 치상 후 3일까지는 6시간(1일 4회 조사), 4일부터 6일까지는 12시간(1일 2회 조사), 7일 이후부터는 1일 간격으로 하였다. 실험성적은 발아율, T50(최종발아율에 대한 50% 발아소요

일수; Coolbear 등, 1984), MDG(평균발아소요일수; Hartmann과 Kester, 1983) 및 처리기간 중 유근돌출(RPDP)로 나타내었다.

결과 및 고찰

당근 종자 priming시 약제의 종류에 따른 발아율은 수침처리와 무처리에 비하여 농도에 관계없이 PEG, Ca(NO₃)₂, KH₂PO₄ 간에는 유의차가 없었으나, K₃PO₄와 NaOH에서는 감소되는 경향이었으며, 농도가 높아질수록 이러한 차이는 크게 나타났다. 처리기간 중 PEG와 K₃PO₄를 제외한 약제의 저농도(50mM)에서 유근돌출이 일어났는데, 수침처리의 6.5%에 비하여 50mM KH₂PO₄에서는 13.2%로 가장 높게 나타났다(Table 1). T50은 무처리의 3.0일에

Table 1. Effect of priming chemicals and their concentrations on percent germination and radicle protrusion during priming (RPDP) of carrot, lettuce, onion, and Welsh onion seeds.

Seed treatment ^z		Carrot		Lettuce		Onion		Welsh onion	
Chemical conc.		Germ. (%)	RPDP (%)	Germ. (%)	RPDP (%)	Germ. (%)	RPDP (%)	Germ. (%)	RPDP (%)
KNO ₃	50 mM	80 a ^y	0.3	80 a	0	67 a	2.9	91 a	0
	100 mM	76 a	0	76 a	0	68 a	0	89 a	0
	200 mM	78 a	0	81 a	0	61 a	0	90 a	0
KH ₂ PO ₄	50 mM	77 a	13.2	85 a	0	70 a	2.0	88 a	3.2
	100 mM	77 a	0	84 a	0	71 a	0	90 a	0
	200 mM	79 a	0	85 a	0	74 a	0	88 a	0
K ₃ PO ₄	50 mM	78 a	0	90 a	0	55 a	0	81 a	0.9
	100 mM	75 a	0	85 ab	0	45 a	0	80 a	0
	200 mM	76 a	0	78 b	0	21 b	0	72 b	0
NaOH	50 mM	74 a	0.7	81 a	0	35	1.4	77	0
	100 mM	67 a	0	75 a	0	0 ^x	1.5	33	0
	200 mM	65 a	0	32 b	0	0	0	0	0
Ca(NO ₃) ₂	50 mM	80 a	1.7	83 a	0	75 a	3.5	95 a	4.2
	100 mM	80 a	0	83 a	0	79 a	0	92 a	0
	200 mM	78 a	0	85 a	0	80 a	0	94 a	0
PEG	-0.50 MPa	85 a	0	86 a	0	74 a	0	90 a	0
	-0.75 MPa	83 a	0	82 ab	0	72 a	0	91 a	0
	-1.00 MPa	80 a	0	78 b	0	63 b	0	91 a	0
	-1.25 MPa	83 a	0	77 b	0	60 b	0	86 b	0
Water imbibed		79	6.5	83	0	72	3.5	93	3.5
Nonprimed		81	0	76	0	82	0	95	0
Significance									
Chemical (A)		※		※※		※※		※※	
Concentration (B)		NS		※※		※※		※※	
A × B		NS		※※		※※		※※	

^zSeeds were dark-primed at 15°C for 4 days for carrot and onion, 1 day for lettuce, and 3 days for Welsh onion. Primed seeds were dark-germinated at 25°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.

^yMeans in columns within each priming chemical are separated by DMRT at *P* = 0.05.

^xSeeds did not germinate in 15 days.

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

비하여 모든 처리약제에서 유의차가 나타나 초기발아율 향상에 효과적임을 알 수 있었다. 특히 -0.50MPa PEG 처리 시 1.2일로 무처리보다 1.8일 단축되는 효과가 있었지만 농도가 높아질수록 이러한 차이는 줄어들었다. 무처리의 MDG(3.6일)도 T50과 같은 경향이었으며, -0.50MPa PEG 처리 시 1.6일로 무처리보다 2.0일 단축되었고, 농도가 높아질수록 단축정도가 줄어들었다(Table 2).

Priming 약제의 종류 및 농도에 따른 상추 종자의 발아율은 수침처리와 무처리에 비하여 유의차가 없었다. 그러나 50mM K₃PO₄는 90%, -0.50MPa PEG는 86%, 50mM KH₂PO₄는 85%로 무처리의 76%에 비하여 다소 높게 나타났다. 그리고 NaOH 처리 시 고농도에서 발아율이 현저히 감소되어 200mM에서는 32%를 나타내었으며, 처리기간중 유근돌출은 전혀 일어나지 않았다(Table 1).

T50은 무처리의 2.2일에 비하여 모든 처리약제(1.4일에서 1.7일)에서 초기발아율 향상에 효과적이었으나 수침처리(1.6일)와는 유의 차이가 없었다. 그리고 200mM NaOH(2.9일)를 제외한 처리약제의 종류와 농도간에도 유의차가 인정되지 않았다. MDG는 무처리의 2.8일에 비하여 200mM NaOH(3.2일)를 제외한 모든 처리약제와 농도에서 유의차가 나타났지만, 수침처리(2.2일)와 비교해 보면 KNO₃, Ca(NO₃)₂ 및 PEG에서는 차이가 없었다. 그러나 50mM K₃PO₄ 및 200mM KH₂PO₄는 1.9일로 무처리와 수침처리에 비하여 각각 0.9일 및 0.3일 단축되는 경향이였다(Table 2).

양과종자의 발아율은 무처리의 82%에 비하여 모든 처리약제에서 감소되었으며, KNO₃, K₃PO₄, NaOH 및 PEG 처리 시 고농도에서 크게 감소되었다. 처리약제 중에서는 100mM 및 200mM

Table 2. Effect of priming chemicals and their concentrations on number of days to attain 50% of the final germination percentage (T50) and mean number of days to germination (MDG) of carrot, lettuce, onion, and Welsh onion seeds.

Seed treatment ²		Carrot		Lettuce		Onion		Welsh onion	
Chemical concn		T50 (day)	MDG (day)	T50 (day)	MDG (day)	T50 (day)	MDG (day)	T50 (day)	MDG (day)
KNO ₃	50 mM	2.0 a ^y	2.5 a	1.4 a	2.0 a	2.2 a	3.0 a	1.9 a	2.6 a
	100 mM	1.8 b	2.2 a	1.5 a	2.0 a	2.2 a	3.1 a	1.8 a	2.5 a
	200 mM	1.9 a	2.5 a	1.4 a	2.1 a	2.2 a	3.2 a	1.7 a	2.3 a
KH ₂ PO ₄	50 mM	1.6 b	2.0 a	1.4 a	2.0 a	2.3 b	3.0 a	1.7 a	2.3 ab
	100 mM	1.9 a	2.3 a	1.4 a	2.0 a	2.5 a	3.2 a	1.6 a	2.1 b
	200 mM	1.9 a	2.3 a	1.4 a	1.9 a	1.7 c	2.2 b	1.8 a	2.4 a
K ₃ PO ₄	50 mM	1.9 a	2.4 a	1.4 a	1.9 a	2.3 b	3.4 c	2.1 c	2.8 b
	100 mM	1.7 b	2.3 a	1.5 a	2.1 a	2.9 b	4.1 b	2.6 b	3.1 b
	200 mM	1.9 a	2.5 a	1.6 a	2.4 a	4.9 a	5.4 a	3.1 a	3.9 a
NaOH	50 mM	1.8 a	2.3 b	1.5 b	2.1 b	4.3	5.2	2.4	3.1
	100 mM	1.9 a	2.5 b	1.7 b	2.4 b	- ^x	-	4.3	4.8
	200 mM	2.3 a	2.9 a	2.9 a	3.2 a	-	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂	50 mM	1.9 a	2.5 a	1.4 a	2.2 a	3.2 a	4.1 a	1.8 a	2.3 a
	100 mM	1.9 a	2.3 a	1.4 a	2.1 a	2.4 b	2.8 b	1.6 a	2.2 a
	200 mM	1.9 a	2.5 a	1.4 a	2.0 a	2.3 b	3.2 b	1.7 a	2.1 a
PEG	-0.50 MPa	1.2 c	1.6 c	1.4 a	2.2 a	2.5 ab	3.4 b	1.6 c	2.4 c
	-0.75 MPa	1.4 c	1.9 b	1.4 a	2.0 a	2.0 b	3.4 b	1.7 c	2.6 bc
	-1.00 MPa	1.7 b	2.2 a	1.5 a	2.2 a	2.0 b	3.6 b	2.0 b	2.7 b
	-1.25 MPa	2.0 a	2.4 a	1.6 a	2.3 a	2.9 a	4.3 a	2.8 a	3.5 a
Water imbibed		2.0	2.4	1.6	2.2	3.4	4.3	1.9	2.5
Nonprimed		3.0	3.6	2.2	2.8	3.0	3.9	2.8	3.6
Significance									
Chemical (A)		※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※
Concentration (B)		※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※
A × B		※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※

²Seeds were dark-primed at 15°C for 4 days for carrot and onion, 1 day for lettuce, and 3 days for Welsh onion. Primed seeds were dark-germinated at 25°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.

^yMeans in columns within each priming chemical are separated by DMRT at *P* = 0.05.

^xSeeds did not germinate in 15 days.

※※ Significant at *P* = 0.01.

Ca(NO₃)₂가 79%와 80%로 가장 발아율이 높았으나 NaOH 처리 시 100mM 이상에서는 전혀 발아되지 않았다. 그리고 처리기간중 PEG와 K₃PO₄를 제외한 약제의 저농도(50mM)에서 유근돌출이 일어났다(Table 1). T50은 무처리의 3.0일에 비하여 200mM K₃PO₄, 50mM NaOH 및 50mM Ca(NO₃)₂를 제외하고는 단축효과가 있었다. 특히 200mM KH₂PO₄는 1.7일로 무처리에 비하여 1.3일 단축되었다. MDG도 T50과 같은 경향이였으며, 무처리의 3.9일에 비하여 200mM KH₂PO₄ 처리 시 2.2일로 1.7일 단축되었다(Table 2).

과 종자의 발아율은 수침처리(93%)와 무처리(95%)에 비하여 Ca(NO₃)₂는 비슷한 경향(92~95%)이었으나 KH₂PO₄, K₃PO₄ 및 NaOH 처리 시에는 감소되었으며, 이외의 약제들도 무처리보다 낮게 나타났다. 그리고 NaOH 처리 시 200mM에서는 전혀 발아가 되지 않았으며, 처리기간 중 KNO₃와 PEG를 제외한 약제의 저농도(50mM)에서 유근돌출이 일어났다(Table 1). T50은 무처리의 2.8일에 비하여 200mM K₃PO₄, 100mM NaOH를 제외한 모든 약제에서 유의차가 나타나 초기발아율 향상에 효과적이었다. 특히 KH₂PO₄ 및 Ca(NO₃)₂에서 단축정도가 크게 나타났으나, KNO₃, NaOH 및 PEG는 고농도 처리에서 단축정도가 감소되었다. MDG는 무처리의 3.6일에 비하여 100mM NaOH(4.8일)와 200mM K₃PO₄(3.9일)를 제외한 모든 처리약제와 농도에서 유의차가 나타났다. 그러나 수침처리(2.5일)와 비교해 보면 KH₂PO₄ 및 Ca(NO₃)₂를 제외하고는 큰 차이가 없었다(Table 2).

Priming시 사용되는 염류로는 KNO₃, K₃PO₄, Ca(NO₃)₂, NaNO₃, NaCl, KH₂PO₄, K₂HPO₄, NH₄NO₃, MgSO₄, CaCl₂, Na₂SO₄, Na₂HPO₄, K₂SO₄, KCl, NaOCl 및 PEG 등이 보고되어져 있고(Kang과 Cho, 1996a; Kang과 Cho, 1996b; Kang 등, 1997; Khan, 1992; Moon 등, 1999; Park 등, 1998), 농도는 100mM에서 300mM 사이에 분포하고 있으며 단용 혹은 혼용처리를 통하여 초기발아율 향상 및 발아소요일수 단축에 효과적이다(Argerich와 Bradford, 1989). 상추에 1% K₃PO₄를 처리함으로써 35℃에서 발아율 및 균일도가 향상되었으나 20℃에서는 영향을 미치지 못하였다고 하였는데(Cantliffe 등, 1984; Wurr와 Fellows, 1984), 본 실험에서는 50mM K₃PO₄ 및 200mM KH₂PO₄에서 효과가 있었다. Haigh 등(1986)은 당근, 양파종자를(K₃PO₄+KNO₃) -1.60MPa에 priming한 후, 15℃에서의 유묘출현율은 무처리에 비하여 당근은 증가, 양파는 감소되었으며, (K₂HPO₄+KNO₃) -1.00MPa 처리는 무처리에 비하여 발아소요일수는 2배 이상 단축되었다고 하였다. 양파종자의 PEG priming은 발아율 향상 및 발아소요일수가 단축된다고 하였으나(Brocklehurst와 Dearman, 1983), 본 실험에서는 PEG보다는 100mM Ca(NO₃)₂ 및 200mM KH₂PO₄에서 효과가 있었다. 당근 종자에 -0.50MPa PEG(Gray 등, 1990), -1.00MPa PEG(Pill과 Finch-Savage, 1988)로 삼투처리를 함으로써, 저온하에서도 발아율 및 발아소요일수 단축에 효과적이라고 하였는데 본 실험에서도 -0.50MPa PEG에서 효과가 있었다.

일반적으로 priming 약제의 농도가 높아질수록 발아율이 낮아지며(Khan, 1992), 종자의 형태와 작물에 따라서도 달라지는 경향이 있다고 보고되고 있다(Bodsworth와 Bewley, 1981). 본 실험에서도 당근은 -0.50MPa PEG, 상추는 50mM K₃PO₄ 및 200mM KH₂PO₄, 양파는 100mM Ca(NO₃)₂ 및 200mM KH₂PO₄, 과는 100mM KH₂PO₄ 및 100mM Ca(NO₃)₂에서 발아율 유지 및 발아소요일수 단축에 효과적인 것으로 나타나 종자의 발아촉진을 위한 priming시 약제의 종류 및 농도에 따라 많은 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 또한 선행연구와도 비교해 보면 priming 효과 정도의 차이는 있었지만 전체적인 경향은 같았으며, priming에 관여하는 요인들이 다양함에 따라 최대의 효과를 얻기 위해서는 양질의 종자와 최적의 priming 조건을 선택하는 것이 대단히 중요하다고 판단된다.

초 록

당근, 상추, 양파 및 과종자 발아촉진을 위한 priming 처리 시 약제의 종류와 농도에 따른 효과를 조사하고자 KNO₃, KH₂PO₄, K₃PO₄, NaOH 및 Ca(NO₃)₂는 3수준, PEG 8000은 4수준으로 농도를 달리하였으며, 처리 후 발아율, T50 및 평균발아소요일수(MDG)를 무처리 및 수침처리와 비교하였다. 당근 종자의 발아율은 무처리에 비하여 PEG, Ca(NO₃)₂, KH₂PO₄ 처리는 유의차가 없었고 T50 및 MDG는 처리약제 모두 단축효과가 있었지만 -0.50MPa PEG 처리 시 가장 효과적이었다. 상추 종자의 발아율은 무처리에 비하여 유의차가 없었으며, T50은 모든 처리약제에서 단축효과가 있었지만 수침처리와는 차이가 없었고 MDG는 50mM K₃PO₄ 및 200mM KH₂PO₄에서 단축효과가 있었다. 양파 종자의 발아율은 무처리보다 감소되었으며, T50과 MDG는 200mM KH₂PO₄가 무처리에 비하여 단축효과가 있었다. 과 종자의 발아율은 무처리에 비하여 낮았으며, T50 및 MDG는 KH₂PO₄ 및 Ca(NO₃)₂에서 단축효과가 크게 나타났다.

추가 주요어 : 종자처리, T50, 평균발아소요일수

인용문헌

- Argerich, C.A. and K.J. Bradford. 1989. The effects of priming and ageing on seed vigour in tomato. *J. Exp. Bot.* 40:599-607.
- Bodsworth, S. and J.D. Bewley. 1981. Osmotic priming of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. *Can. J. Bot.* 59:672-676.
- 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. and J. Dearman. 1984. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. *Ann. Appl. Biol.* 105:391-398.
- 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.
- 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.
- Gray, D., J.R.A. Steckel, and L.J. Hands. 1990. Responses of vegetable seeds to controlled hydration. *Ann. of Bot.* 66:227-235.
- Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:149-190.
- Haigh, A.M. and E.W.R. Barlow. 1987. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:202-208.
- Haigh, A.M., 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 edition, Pentice-Hall, Inc., New Jersey. p. 127.
- Kang, J.S. and J.L. Cho. 1996a. Effect of priming on the germinability of watermelon (*Citrullus vulgaris* Schrad) seeds and seedling growth. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:12-18.
- Kang, J.S. and J.L. Cho. 1996b. Effect of optimal priming conditions on seed germination and seedling growth of tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:645-651.
- Kang, J.S., J.L. Cho, and Y.W. Choi. 1997. Effect of priming conditions on germinability of perilla seeds. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:333-341.
- Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 13:131-181.
- Michel, B.E. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiol.* 72:66-70.
- Moon, B.S., Y.O. Jeong, and J.L. Cho. 1999. Seed treatment to improve germinability of gourd (*Lagenaria siceraria* Standl.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 17:747-749.
- Park, K.W., G.P. Lee, K.W. Park, and J.C. Jeong. 1998. Effect of seed priming on the germination of several Korean wild greens. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:135-139.
- Pill, W.G. and W.E. Finch-Savage. 1988. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronization of carrot seed germination. *Ann. Appl. Biol.* 113:383-389.
- Suzuki, H., S. Obayashi, J. Yamagishi, and S. Inanaga. 1990. Effect of pH of tertiary phosphate solutions on radicle protrusion during priming of carrot seeds. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59:589-595.