

PEG로 프라이밍 된 보리(*Hordeum vulgare* L.)종자의 발아특성

이성춘* · 박문수¹⁾ · 배창휴

순천대학교 농업생명과학대학 식물생산과학부, ¹⁾순천대학교 산림자원조경학부

Germination Characteristics of PEG Priming Seed in Barley (*Hordeum vulgare* L.)

Sheong Chun Lee*, Moon Su Park¹⁾ and Chang-Hyu Bae

School of Plant Production Science Faculty, Suncheon National University, 540-742, Korea

¹⁾School of Forestry Resources & Landscape Architecture, Suncheon National University,
Suncheon 540-742, Korea

ABSTRACT

These experiments were conducted to evaluate the variability of seed germination, and seedling growth of PEG priming barley. The average germination percentage(AGP) of PEG priming seed was higher than control, but those were low with extend the treatment period. The AGP of washing seed after PEG priming was higher than unwashed seed, and that of redried seed after priming was lower than control. The germination time of priming seed was short compare to control seed, and that was prolonged with extend the priming period, and that of washing seed after priming was shortening, and that of redried seed after priming was prolonging. The emergence percentage(EP) of priming seed was higher than control, and the emergence time was shortest in 50% field moisture capacity soil. The seedling and root length of priming seed was shorter than control.

Key words : PEG priming, Germination percentage, Emergence percentage, Barley

서 언

프라이밍은 작물 종자의 출아·입묘율을 안정화하기 위해 파종 전 종자에 osmotica를 처리하여 수분 스트레스를 야기하여 발아 과정 중 수분대사과정을 조기에 완료시키고 또 손상된 원형질막의 회복을 통해 종자의 대사작용을 원활하게 하여 결과적으로 포

장 출아율을 향상시키며 포장출아소요시간을 단축시키는 종자처리기술이다. PEG(polyethylene glycol)는 Heydecker와 Higgins (1973) 등이 프라이밍 처리제로 처음 사용한 이래 주로 많이 이용되고 있다.

우리 나라의 종자처리기술은 구미에 비해 역사가 비교적 짧고 연구결과도 많지 않은 실정이지만 채소, 화훼 등 원예작물에서 주로 연구되고 있으며, 최근에는 이 등(1996)이 농업의 국제경쟁력을 제고하

기 위해 필수적인 저투입·생력재배법의 한 방안으로, 또 李(1999)는 NaCl로 보리 프라이밍 초기생유과 항산화 반응을 조사한 바 있으나 아직은 극히 미진한 실정으로 보리 종자처리 기술개발이 시급하게 요청되고 있다.

호남지방의 보리재배면적은 전체의 60% 이상을 차지하면서도 대부분 답리작 형태로 재배되는데 배수불량답이 72%나 되어 가을비가 잦을 때는 농작업이 곤란하고, 보리 파종기가 벼 수확기와 맞물려 노동력이 경합되므로 파종기를 놓쳐 보리재배를 포기하는 경우가 많았다.

벼·보리수확동시파종재배는 벼의 수확과 보리 파종을 동시에 수행함으로써 노동력 절약은 물론 농기계의 효율을 증진시키고 생산비를 절약하여 취약한 보리재배의 국제경쟁력을 제고하기 위하여 시도된 새로운 재배법으로 관행재배에 비해 71% 노력 절감 효과가 있다.

보리 파종기는 벼 품종의 조만성과 논의 배수 여부에 따라 결정되는데 조생종 벼를 재배한 논에서는 파종기가 빨라 보리가 너무 일찍 발아하는 관계로 생육기간이 연장되어 추위가 도래하기 전 과도한 생장을 하여 이로 인한 월동 중 동해를 입는 반면, 만생종을 재배한 논이나 가을비로 인해 농작업이 어려운 논에서는 파종기가 늦어 저조한 생장에 의해 동해를 입는 점이 가장 큰 난제이다.

본 연구는 보리종자에 프라이밍처리를 하여 발아시기와 유효생장을 조정함으로써 추위가 도래하기 전 적정생장을 유도하여 월동 중 피해를 최소화할 수 있는 방법을 구명, 이를 실용화함으로써 벼·보리수확동시파종재배를 통한 보리의 국제경쟁력을 제고할 수 있는 저투입·생력재배기술을 개발하는데 있다.

재료 및 방법

보리 공시품종은 새찰쌀보리 외 2품종을 전남 농업기술원에서 분양 받아 손으로 재 정선하여 사용하였는데, 종자를 반으로 나눠 받은 PEG 6000(Sigma CO. 제품)을 Michel과 Kaufmann(1973) 방법에 의하

여 -0.75, -1.00 및 -1.50 MPa로 조정된 용액에 각각 5, 10, 15일간 침지하였고, 또 나머지 반은 PEG 처리하는 동안 산소부족현상을 해소하기 위해 기포발생기를 이용하여 침지하는 동안 계속 산소를 공급하였다. 이렇게 프라이밍 처리한 종자의 일부종자는 흐르는 물에 15분간 수세하여 PEG 용액을 완전히 제거한 후, 물기를 여과지로 잘 닦아 제거한 후 15℃로 조정된 air flow incubator에 얇게 펴서 종자처리 전 수분 함량과 동일하게 수분 평형을 이루게 하였고, 또 일부는 프라이밍 처리 후 수세 없이 곧 바로 각각 종이타올(pH. 7.0 Anchor CO. 제품, 60×30cm)에 Burris(1971) 방법(Burris Fehr, 1971)으로 50립씩 6반복으로 파종하였다. 발아율 조사는 International Seed Testing Association(ISTA, 1985)와 Association of Official Seed Analysts(AOSA, 1988) 방법으로 하였는데 처음 조사는 파종 후 6 일째에, 두 번째 조사는 파종 후 10 일째에 하였다. 포장 출아율 조사는 발아율과 동일하게 프라이밍 처리한 종자를 포장용수량의 90, 70, 50%로 조정된 각각의 토양을 담은 box(30×30×10cm)에 파종거리 2×3cm로 100립씩 파종하여 출아율과 출아소요시간을 조사하였다.

유효의 성장성 조사는 각각의 프라이밍 처리한 종자를 종이타올에 방법(Burris Fehr, 1971)으로 파종하여 20℃ 종자발아기에 치상한 후 14 일째에 지상부와 뿌리를 구분하여 조사하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 PEG 6000을 -0.75, -1.00 및 -1.50MPa의 농도로 조절된 용액에 보리종자를 각각 5, 10, 15일간 침지한 다음 산소기아를 방지하기 위해 기포발생기로 침지하는 동안 산소를 계속 공급하였다. 프라이밍 처리 후 일부분의 종자는 흐르는 물로 15분간 수세한 후 여과지로 수분을 제거하여, 일부분은 프라이밍 후 아무런 처리를 하지 않은 그대로, 일부분의 종자는 흐르는 물에 15분간 수세하여 프라이밍 처리 전과 수분평형을 이루도록 재 건조하여, 또 일부분의 종자는 프라이밍 처리 후 그대로 재 건조하여 각각을 종이타올에 파종하여 발아율을 조사한 결

Table 1. Germination percentage of different treatment seed after PEG priming in barely

Priming period (day)	Seed treatment condition ^b	PEG concentration(MPa)					Mean
		Con	D.W	-0.75	-1.00	-1.50	
5	Wash	83.3	87.3	92.5a	93.8a	91.3a	92.5a
	Unwash			88.0abc	90.5ab	88.8ab	89.1ab
	W-redried			83.3abc	84.2abcd	80.3bcd	82.6bcd
	U.W.-redried			80.8cd	80.7cd	79.0bcd	80.2bcd
	Mean			86.2	87.3	84.9	86.4
10	Wash			90.8ab	88.0ab	84.3abc	87.7ab
	Unwash			84.8abc	86.3abc	83.8abc	85.0abc
	W-redried			80.8cd	82.5bcd	80.5bcd	81.3bcd
	U.W.-redried			73.5a	78.5cd	71.8d	74.6d
	Mean			82.5	83.8	80.1	82.1
15	Wash			87.5abc	83.5bcd	81.5bc	84.2abc
	Unwash			83.5abc	83.3bcd	77.3cd	81.4bcd
	W-redried			82.5bcd	80.5cd	76.5cd	79.8cd
	U.W.-redried			72.3d	75.5d	72.3d	73.4a
	Mean			81.5	80.7	76.9	79.7

^bWash : wash after primed seed in PEG. Unwash : unwash after primed seed in PEG. W-redried : redried wash after primed seed in PEG. U.W.-redried : redried unwash after primed seed in PEG

Means with the same letter in the column are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test.

과이다.

평균발아율에 미치는 프라이밍 처리효과를 보면 침지 후 5일에서 D.W와 PEG 프라이밍 처리종자의 평균발아율이 각각 87.3, 92.5%로 대조구의 83.3%에 비하여 각각 4, 9.2%씩 높은 발아율을 나타냈다.

침지일수별 평균발아율은 처리일수가 길어질수록 감소하는 경향이었는데 침지일수 5일에서 86.4%로 가장 높았으며 처리일수 15일에서 79.9%로 가장 저조하였다. 처리농도별 평균발아율은 처리일수 5와 10일에서는 -1.00MPa에서 각각 86.2, 87.3%로, 처리일수 15일에서는 -0.75MPa에서 81.5%로 가장 높게 나타났다.

프라이밍 처리 후 종자처리 조건별 평균발아율을 보면 처리일수 5일에서 종자에 묻어있는 PEG용액을 흐르는 물로 제거하여 파종한 종자, PEG용액을 제거하지 않고 바로 파종한 종자가 각각 92.5, 89.1%로 프라이밍 처리 후 종자표면에 묻어있는 PEG용액이 발아를 억제하는 것으로 나타났으며, 또 똑같이 프라이밍 처리 후 물로 수세한 다음 처리 전과 동

일하게 건조한 종자, PEG를 제거하지 않고 그대로 건조한 종자의 발아율이 각각 82.6, 80.2%로서 건조하지 않은 종자에 비해 각각 6, 5%나 낮게 나타나 종자의 재 건조가 발아율을 현저하게 저하시켰다. 이 같은 결과는 프라이밍 처리 후 종자의 건조에 의해서 프라이밍 처리효과가 상쇄된다는 Nienow 등 (1991)의 연구 결과와 유사하였다.

Table 2는 발아소요시간을 나타낸 것인데 침지일수 5일에서 D.W와 PEG 프라이밍 처리종자의 발아소요시간이 각각 68.1, 62.4시간으로 대조구 70.5시간에 비해 단축되었는데 그 정도는 PEG 처리에서 효과가 뚜렷하였다. 프라이밍 처리기간별로 보면 처리일수 5, 10, 15에서 각각 73.2, 83.2, 90.5시간으로 침지기간이 길어지면 길어질수록 지연되는 경향이 었다.

PEG농도별 평균발아소요시간은 처리농도 -0.75, -1.00MPa에서 각각 71.1, 71.8시간으로 비슷하였으며 -1.50MPa에서는 78.7시간으로 소요시간이 더 길어졌다.

Table 2. Hours to 50 percentage germination time of different treatment seed after PEG priming in barely

Priming period (day)	Seed treatment condition ^{b)}	PEG concentration(MPa)					Mean
		Con	D.W	-0.75	-1.00	-1.50	
5	Wash	70.5	68.1	60.8g	62.8g	63.5g	62.4h
	Unwash			64.5g	64.0fg	70.3fg	66.3g
	W-redried			65.5fg	65.8efg	70.5fg	67.3fg
	U.W.-redried			93.5c	94.8c	110.3b	100.8c
	Mean			71.1	71.8	78.7	74.2
10	Wash			60.3g	60.5g	70.0fg	65.5g
	Unwash			74.3ef	72.5ef	75.7ef	74.2ef
	W-redried			78.8de	75.3de	82.3de	78.8def
	U.W.-redried			114.0ab	113.5ab	115.8ab	114.3ab
	Mean			81.8	83.8	86.0	83.2
15	Wash			63.0g	63.5g	74.5fg	67.0fg
	Unwash			85.3cd	84.5cd	89.0cd	86.3de
	W-redried			85.5cd	90.3c	93.7c	90.4cd
	U.W.-redried			117.3a	114.5a	123.3a	118.4a
	Mean			87.8	88.2	95.1	90.5

^{b, +)} Same as Table 1

Table 3. Emergence percentage of wash after PEG priming barely seed at different field moisture capacity soil

Priming period (day)	Field moisture capacity(% ^{b)}	PEG concentration(MPa)					Mean
		Con	D.W	-0.75	-1.00	-1.50	
5	50	82.8a	85.3a	89.3a	90.3a	91.0a	90.2a
	70	82.3a	83.0a	88.0a	89.5a	89.0a	88.8ab
	90	65.0b	72.1b	83.7a	85.7a	78.0b	82.5b
	Average	76.7	80.1	87.0	88.5	86.0	86.9

^{b, +)} Same as Table 1

한편, 프라이밍 처리 후 종자처리조건에 따른 발아소요시간은 프라이밍 처리 후 종자를 흐르는 물에서 15분간 수세하여 파종한 종자가 62.4시간으로 가장 짧았으며, 프라이밍 처리 후 종자표면에 묻어있는 PEG용액을 제거하지 않고 바로 파종한 종자가 66.3시간이 소요되어 프라이밍 처리 후에도 종자에 묻어있는 PEG용액이 발아를 지연시킴을 알 수 있었다. 또 프라이밍 처리 후 종자를 처리하기 전과 동일하게 수분평형을 이루도록 종자를 재 건조하여 발아소요시간을 조사하였다. 프라이밍 처리 후 종자표면에 묻어있는 PEG를 제거하여 건조한 종자와 PEG를 제거하지 않고 건조한 종자의 발아소요시간이 각각

67.3, 100.8시간으로 PEG를 제거하고 건조하여 파종한 종자의 발아소요시간이 훨씬 단축되었다.

이 같은 결과로 재 건조한 종자에서도 종자표면에 묻어있는 PEG가 발아를 지연시킴을 알 수 있었다.

Table 3은 수분함량을 포장용수량의 50, 70, 90%로 조정된 토양에 프라이밍 처리한 종자를 파종하여 출아율을 조사한 결과이다. 프라이밍 처리종자의 출아율은 D.W와 PEG 프라이밍 종자가 대조구에 비하여 훨씬 높았는데 그 정도는 PEG 프라이밍처리에서 뚜렷하였는데 이는 Emmerrich등 (1991)의 보고와 유사하였다. Lee 등(1996)은 PEG프라이밍 처리종

Table 4. Hours to 50 percentage emergence of wash after PEG priming barely seed at different field moisture capacity soil

Priming period (day)	Field moisture capacity(%) ^{a)}	PEG concentration(MPa)					Mean
		Con	D.W	-0.75	-1.00	-1.50	
5	50	82.8a	85.3a	89.3a	90.3a	91.0a	90.2a
	70	82.3a	83.0a	88.0a	89.5a	89.0a	88.8ab
	90	65.0b	72.1b	83.7a	85.7a	78.0b	82.5b
	Average	76.7	80.1	87.0	88.5	86.0	86.9

^{a, b)} Same as Table 1

Table 5. Seeding height(cm) of different treatment seed after PEG priming in barley

Priming period (day)	Seed treatment condition ^{b)}	PEG concentration(MPa)					Mean
		Con	D.W	-0.75	-1.00	-1.50	
5	Wash	4.1	4.3	4.1a	3.9a	3.6ab	3.9a
	Unwash			2.9c	2.9b	2.9b	2.9b
	W-redried			3.0bc	3.2b	2.9b	3.0b
	U.W.-redried			2.8c	2.7b	2.8b	2.8b
	Mean			3.2	3.2	3.1	3.2
10	Wash			4.1a	3.9ab	3.6ab	3.9a
	Unwash			3.7ab	3.7ab	3.4ab	3.6ab
	W-redried			3.9ab	3.8a	3.7a	3.8ab
	U.W.-redried			2.9c	2.9ab	3.1ab	3.0b
	Mean			3.7	3.6	3.5	3.6
15	Wash			3.1ab	3.6ab	3.7a	3.5ab
	Unwash			2.7c	3.0b	3.1ab	2.9b
	W-redried			3.6ab	3.3ab	3.3ab	3.4ab
	U.W.-redried			2.8c	3.0b	3.1ab	3.0b
	Mean			3.1	3.2	3.3	3.2

^{a, b)} Same as Table 1

자의 수분 흡수율은 무처리종자 보다 훨씬 높았다하여 프라이밍처리 종자의 수분대사가 왕성하여 조기에 발아가 완료된다는 보고들과 유사한 결과를 보인 바 있다. 포장용수량 별 출아율을 보면 포장용수량의 50%인 토양에서 가장 높게 나타났다.李 등(1996)은 포장용수량별 출아는 벼에서는 포장용수량의 90%에서, 보리는 50%에서, 밀은 70%에서 가장 높은 출아율을 보여 작목에 따라 각각 상이한 결과를 보인 바 있는데 이와 같은 결과로 답리작에서의 보리 파종은 파종기에 잦은 강우로 인해 포장 출아율이 낮아질 수 있음을 시사하는 것으로서 파습조건에서의 파종은 많은 주의가 필요하다고 생각된다.

Table 4는 포장출아 토양수분함량을 포장용수량

의 50, 70, 90%로 조정 한 토양에 프라이밍 처리종자를 파종하여 파종 종자수의 50%가 출아한 시간을 기준으로 평균출아소요시간을 조사한 것이다. 포장 출아율과는 비슷한 결과를 보였는데 포장 출아율이 높았던 종자에서는 출아소요시간이 짧았던 반면 포장출아율이 낮았던 종자에서는 출아소요시간이 훨씬 길었다.

Table 5는 프라이밍 처리종자의 유묘의 초장을 조사한 것이다. 프라이밍 처리종자의 초장은 D.W 프라이밍 종자가 4.3cm로 대조구의 4.1cm보다 약간 더 컸으며, PEG 프라이밍 종자는 3.9cm로 대조구 보다 약간 작게 나타났다. PEG 프라이밍 처리일수별 초장은 그 차이가 거의 인정되지 않았지만 프라이밍

Table 6. Root length(cm) of different treatment seed after PEG priming in barely

Priming period (day)	Seed treatment condition ^{b)}	PEG concentration(MPa)					Mean
		Con	D.W	-0.75	-1.00	-1.50	
5	Wash	8.8	8.9	8.0a	8.0a	8.0a	8.0a
	Unwash			7.5ab	7.3c	7.1cb	7.3bc
	W-redried			7.8ab	7.9ab	7.8ab	7.8ab
	U.W.-redried			7.7ab	7.6ab	7.5ab	7.6ab
	Mean			7.7	7.7	7.6	7.7
10	Wash			7.9ab	7.9ab	7.9ab	7.9ab
	Unwash			7.9ab	7.8ab	7.7ab	7.8ab
	W-redried			7.3b	7.8ab	7.7ab	7.6ab
	U.W.-redried			2.9c	2.9ab	3.1ab	3.0b
	Mean			7.6	7.7	7.6	7.6
15	Wash			7.5ab	7.8ab	8.0a	7.7ab
	Unwash			7.0b	7.4bc	6.8d	7.1c
	W-redried			8.0a	7.7ab	7.6abc	7.8ab
	U.W.-redried			7.4b	7.5ab	7.2cd	7.4bc
	Mean			7.5	7.6	7.4	7.5

^{a), b)} Same as Table 1

처리한 다음 종자표면에 묻어 있는 PEG용액을 제거하지 않은 종자에서는 초장의 감소정도가 뚜렷하였으며, 재건조 종자에서도 초장의 감소가 뚜렷한 결과를 보였다. 이 같은 결과로 프라이밍처리 후 종자표면에 묻어 있는 PEG는 종자의 발아율과 출아율을 감소시키고, 발아소요시간과 출아소요시간을 지연시킬 뿐만 아니라 유묘의 성장도 억제한다는 Gray와 Drew 등(1991)의 보고와 유사한 결과를 보였다.

PEG 프라이밍 처리가 유묘의 뿌리의 성장에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 프라이밍 처리종자의 근장은 D.W 프라이밍 종자가 9.8cm로 대조구의 8.8cm 보다 약간 더 컸으며, PEG 프라이밍 종자는 8.0cm로 대조구 보다 약간 작았다. PEG 프라이밍 처리일수별 근장은 그 차이가 거의 인정되지 않았지만 프라이밍 처리한 다음 종자표면에 묻어있는 PEG용액을 제거하지 않은 종자에서는 근장의 감소정도가 뚜렷하였으며, 재건조 종자에서도 근장의 감소가 뚜렷하였다. 이 같은 결과는 초장에서와 유사하였다.

적 요

노동력의 절약은 물론 농기계의 효율을 증진시키고 생산비를 절약하여 취약한 보리재배의 국제 경쟁력을 제고하기 위한 일환으로 보리종자에 종자처리를 하여 발아시기와 유묘생장을 조정함으로써 벼·보리수확 동시파종재배를 실용화하기 위하여 보리종자에 프라이밍 처리하였던 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 평균발아율은 대조구보다 PEG 처리구에서 더 높았는데 처리기간이 길어질수록 점차 감소하였다.
2. 평균발아율은 PEG 처리한 다음 수세하여 PEG를 제거한 종자가 수세하지 않은 종자에 비해, PEG 처리 후 재건조 종자의 발아율은 건조하지 않은 종자보다 저조하였다.
3. 발아소요시간은 PEG 처리에 의해 크게 단축되었는데 처리기간이 길면 길수록 길었다.
4. 포장 출아율은 PEG 처리 종자가 대조구에 비해 훨씬 높았는데 처리기간이 지연될수록, 처리 농도가 높아질수록 저조하였다.
6. 출아소요시간은 PEG처리한 다음 수세하여 PEG를 제거한 종자가 수세하지 않은 종자에 비해

단축되었으며, PEG 처리 후 재건조 종자는 재 건조 하지 않은 종자보다 지연되었다.

7. PEG 처리종자의 포장 출아율은 모든 토양수분 함량에서 대조구 보다 훨씬 높았으며, 포장 용수량의 50%에서 70과 90%보다 높았다.

8. 토양수분함량별 출아소요시간은 포장용수량의 50% 토양수분함량에서 가장 단축 되었으며, 이 보다 높으면 지연되었다.

9. PEG 처리종자의 유묘장은 D.W 프라이밍 종자가 대조구보다 컸으며, PEG처리종자는 오히려 대조구보다 작았다. 유근장도 이와 비슷하였다.

사 사

본 연구는 1997년 농림부지원 농림수산특정연구 과제(현장애로기술사업) 의 연구조성비로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

Armstrong, H. and M. B. McDonald. 1992. Effect of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. *Seed Sci.* 20 : 391-400.

Association of Official Seed Analysts. 1988. Rule for testing seed. Stone Printing Co., Lansing Michigan.

Bradford K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Horticultural Science* 21 : 1105-1112.

Bray, C. M., Davison, P. A., Ashraf, M. and Taylor, R. M. 1989. Biological changes during osmopriming of leek seeds, *Annals of Botany* 63:185-193.

Burris, J. S. and W. E. Fehr. 1971. Method for evaluation of soybean hypocotyl length. *Crop Sci.* 11 : 116-117.

Davison P. A. and C. M. Bray. 1991. Protein synthesis during osmopriming of leek(*Allium porrum* L.)

seeds. *Seed Science Research* 1 : 29-35.

Dearman J., P. A. Brocklehurst and R. K. L. Drew. 1986. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *Annals of Applied Biology* 108 : 639-648.

Dell Aquila, A.. 1992. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under the osmotic stress of polyethylene glycols. *Journal of Bot.* 69 : 167-171.

Dell Aquila, A. and P. Spada. 1992. Regulation of protein synthesis in germinating wheat embryos under polyethylene glycol and salt stress. *Seed Science Research.* 2 : 75-80.

Drew, R. L. K. and J. Dearman. 1993. Effect of osmotic priming on germination characteristics of celeriac. *Seed Science and Technology* 21 : 411-415.

Emmerich, W. E., S. P. Hardegree. 1991. Seed germination in polyethylene glycol solution : Effects of filter paper exclusion and water vapor loss. *Crop Science* 31:454-458.

Fujikura, Y. and C. M. Karssen. 1992. Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. *Seed Science Research* 2 : 23-31.

Gray, D., L. K. Drew, W. Bujalski and A. W. Nienow. 1991. Comparison of polyethylene glycol polymers, betain and L-proline for priming vegetable seed. *Seed Science and Technology* 19 : 581-590.

Heydecker, W., J. Higgins and R. L. Gulliver. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature(Lond)* 246 :42-44.

International Seed Testing Association. 1985. International rules for Seed Testing *Seed Science and Technology* 13 : 300-520.

Meshcheryakov, A., E. Steudle and E. Komor. 1992. Gradients of turgor, osmotic pressure and water potential in the cortex of the hypocotyl of growing ricinus seedlings. *Plant Physiol.* 98 : 840-852.

Michel, B. E. and M. R. Kaufman. 1973. The osmotic

- potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51 : 914-916.
- Muhyaddin, T. and H. J. Wiebe. 1989. Effects of seed treatment with polyethylene glycol on emergence of vegetable crops. *Seed Science and Technology* 17 : 49-56.
- Taylorson, R. B. 1991. Recent advances in the development and germination of seeds. *Seed Science Research* 1 : 282-282.
- 강점순, 조정래. 1996. 수박 종자의 priming 처리가 발아와 유묘생장에 미치는 영향. *韓園誌* 37(1) : 12-18.
- 농촌진흥청. 1995. 작물별 작업단계별 노동력투하시간. 15-25.
- 농촌진흥청. 1996. 보리재배결과 및 금후 개선 방향. 1-29
- 민태기. 1993. 담배 種子의 播種前 處理가 發芽 및 苗의 均一性에 미치는 影響. *韓作誌* 38(6) : 507-512.
- 이공준. 1999. NaCl 및 수분 stress에 따른 priming 쌀 보리의 초기생육과 항산화 반응. 전북대학교 박사학위논문 1-5.
- 이성춘, 김진희, 정춘화. 1996. 벼, 보리, 밀 種子의 PEG處理가 種子活力과 圃場出芽에 미치는 영향. *韓作誌* 41(2):145-156.
- 작물시험장. 1994. 맥류생력기계화 재배연구. 167-175.
- 작물시험장. 1995. 대단위 기계화 단지 맥류일관작업체계 확립. 146-152
- 호남농업시험장. 1996. 맥류시험연구 평가자료.

(접수일 2001. 4.16)

(수락일 2001.12.18)