

입묘율 향상을 위한 더덕 종자의 처리 효과

강진호*† · 심영도* · 정종일*

*경상대학교 응용생명과학부

Effects of Seed Treatments for Promoting Seedling Emergence of *Codonopsis lanceolata* Trautv.

Jin Ho Kang*†, Young Do Shim*, Jongil Jeong*

*Gyeongsang National University, Jinju, Korea

ABSTRACT : Reasonable seedling emergence is a prerequisite for successful crop cultivation especially in medicinal crops. The study was carried out to model the pretreatment or seed treatment of *Codonopsis lanceolata* seeds by evaluating the treatment effects of priming, GA₃, drying and water imbibition after drying on their germination and then their successive seed treatment on the basis of its seedling emergence. The priming using Ca(NO₃)₂ and GA₃ treatment under their different concentrations and light quality illuminated for 12 hours a day were separately done and the two best results from priming and GA₃ treatments were compared to determine the better one. The drying of imbibed seeds using the above best result and water imbibition of the dried seeds were successively done to measure the rates of germination and emergence.

On the greatest germination rate of the first two individual treatments, priming was obtained at Ca(NO₃)₂ 150 mM under blue, red light or darkness for 2 days but GA₃ was done at 0.1 mM under blue light imposed for 3 days. However, the result of the latter GA₃ treatment was better than that of priming. GA₃ treated seeds were best desiccated under 35°C and 4 hour red light illumination. A day water imbibition immediately before sowing increased the germination rate of seeds dried after GA₃ treatment. Seedling emergence tested after all 3 successive treatments, GA₃, drying and water imbibition before sowing was greater than the two others, only GA₃ treatment and the combination of GA₃ and drying, meaning that its pretreatment of seeds or seed treatment must follow the successive procedure of the above 3 ones.

Key words : *Codonopsis lanceolata*, Priming, GA₃, Light quality, Drying, Imbibition, Germination, Seedling emergence.

† Corresponding author (Phone) E-mail : jhkang@gshp.gsnu.ac.kr

Received Jan. 13, 2001

서 언

작물화가 진행된 역사가 짧은 약용작물은 각 작물별로 재배를 어렵게 하는 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제점 중에서 공통적인 것은 일반작물과는 달리 입묘율의 불량이라 할 수 있다. 따라서 이러한 입묘불량을 극복하기 위한 방법으로 종자의 발아율을 높이기 위한 제안들이 많이 제시되고 있다. 이러한 제안들을 재배에 이용하기 위하여는 처리가 간단하고 처리비용이 적게 들어야만 할 것이다. 따라서 이러한 조건을 충족하기 위하여는 파종 후 포장상태에서 처리되는 것보다는 파종전 실내에서 다량으로 처리하는 방법이 합리적이라 할 수 있다.

발아율을 높이기 위한 파종전 종자처리로서 저온을 포함한 온도조절, 후숙, 온탕침종, 종피파상, 종피연화, priming, GA₃ 등의 hormone 처리, 빛 처리 등 많은 방법이 제안되고 있으며, 이러한 방법은 처리되는 종에 따라 효과가 다른 것으로 알려져 있다 (Bewley & Black, 1994). 지금까지 더덕종자의 발아율을 향상시키는 것으로 보고되고 있는 처리로는 저온, Ca(NO₃)₂를 이용한 priming, gibberellin (GA₃), 광질처리로 집약되며, 2개 이상을 동시 처리하거나 단독처리시 처리순서에 따라 처리효과는 큰 차이를 보이는 것으로 알려져 있다 (Kang et al., 1997a, 1997c). 그러나 이러한 파종전 더덕 종자에 가하여진 처리 중에서 priming 처리에 비하여 GA₃ 처리로 유묘출현율이 증가되는 것으로 보고되고 있다 (Kang et al., 1997b). 그러나 처리가 가하여진 종자는 저장 또는 유통시의 안정성을 높이기 위하여 건조가 필연적으로 이루어져야 하기 때문에 파종전 종자처리는 이러한 처리가 서로 연결되는 복합처리라 할 수 있으며, 이러한 복합처리는 처리순서 또는 방법에 따라 발아율 나아가 입묘율에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.

따라서 파종전 더덕의 종자처리로서 효과가 있는 것으로 알려진 priming과 GA₃ 처리와 이들의 처리방법, 처리 후의 세척, 건조방법, 파종 직전 관행

적으로 이루어지는 침종 등이 포장에서의 발아 및 출현, 나아가 입묘율에도 영향을 미친다고 할 수 있다 (Kang et al, 1997b, 1997c, 1997d). 한편 처리 후 파종된 종자는 포장에서 다양한 환경요인의 영향을 복합적으로 받는다고 할 수 있다. 그러나 환경요인 중에서 빛은 토성에 따라 다르다 할지라도 6~9 mm 정도까지 침투되며, 직사광과는 달리 적색광보다는 초적색광이 많은 특성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다 (Frankland & Taylorson, 1983; Tester & Morris, 1987). 따라서 실내와 포장에서의 평가결과가 다른 원인중의 하나는 포장에서의 이러한 광조건의 변화를 고려하지 않는 결과라 할 수 있다. 따라서 소립의 더덕종자를 파종전 종자처리를 모형화할 경우 적색광보다 초적색광을 많이 放射하는 백열등을 이용하여 발아시험을 수행하여야 최적의 방법을 도출할 수 있을 것이다 (Hart, 1988).

따라서 광원으로 백열등을 발아시험에 이용하면서 이미 더덕종자의 발아 및 입묘율 향상시키는 것으로 알려진 Ca(NO₃)₂를 이용한 priming과 GA₃의 최적처리 방법을 설정한 후에 세척, 처리 후의 건조, 파종 직전의 침종에 대한 최적 방법을 설정함과 아울러 설정된 최적처리 방법을 조합한 일련의 파종전 종자처리가 더덕의 입묘율로 이어지는가를 평가하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 1999년 4월부터 1999년 10월까지 경상대학교 응용과학부 농업생태학 연구실의 종자발아상 및 경상대학교 부속시험농장의 유리온실을 이용하여 수행되었다. 시험용 종자는 경남농업기술원 함양약초시험장에서 분양 받아 정선한 후에 3℃의 저온저장고에 보관하면서 시험을 수행할 때마다 꺼내어 사용하였다. 발아시험은 직경 9 cm의 petri dish에 흡습지 2매를 깔고 아래의 설명되는 시험별로 처리된 종자를 반복당 100립씩 3반복으로 치상

한 후 발아온도를 20℃로 고정하고는 발아일수에 따라 수분공급을 증가시키는 방식으로 수행하였다. 유근이 1 mm 이상 돌출한 것을 발아개체로 하여 매일 발아수를 조사하였다. 한편 광질처리에 이용된 광원은 450 nm의 청색광, 660 nm의 적색광, 730 nm의 초적색광, 빛이 없는 암처리로서 청색광, 적색광 및 초적색광 처리는 light emitting diode (LED)를 이용하였다. 발아시험은 종자가 흙으로 복토된 상태에서는 적색광에 비하여 초적색광의 비율이 상대적으로 많아진다는 시험결과로부터 (Frankland & Taylorson, 1983) 처리종자를 20℃ 항온에서 1일 14시간 백열등을 이용하여 빛을 비추면서 수행되었다. 처리에 이용된 각광원이 나타내는 특성은 그림 1과 같다.

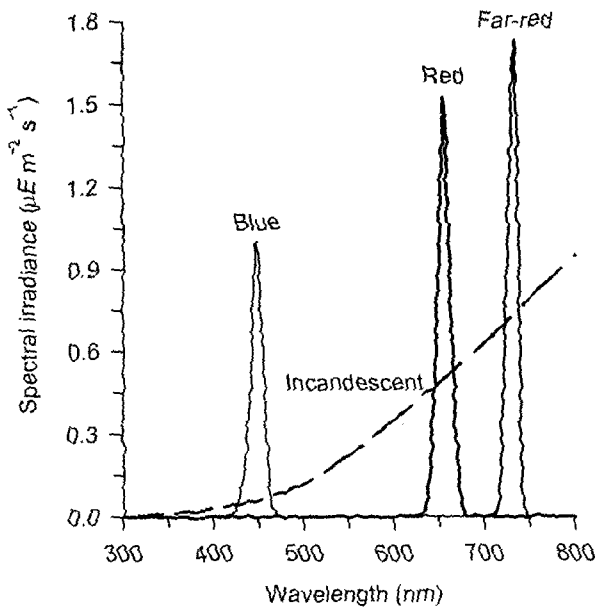


Fig. 1. Spectrum of blue, red and far-red light used in the experiment. Measurement was done by Spectro-radiometer (LI-1800, LI-COR).

이상의 발아시험의 결과로부터 도출된 최적 종자 처리가 출현을 증대로 이어질 수 있는가를 검토하고자 육묘시험이 수행되었다. 처리된 종자를 토실 이상토로 채워진 128구 tray의 각 cell에 1립씩 파종

한 후 2 mm 정도 vermiculite로 복토하였으며 파종 직후 저면관수로, 그 이후에는 동일한 방법으로 날씨에 따라 1~2일 간격으로 수분을 공급하였다. 육묘출현율은 자엽이 완전히 전개된 후 제 1본엽이 육안으로 식별되는 것을 출현개체로 하여 출현일을 기점으로 매일 조사하여 전체에 대한 비율로 환산·표시하였다. 기타 시험절차는 ISTA rule (1985)에 준하여 실시하였다.

파종전 더덕 종자처리를 모형화하기 위한 본 연구는 여러 항목으로 분리되어 진행되었으나 재배농가에 바로 적용될 수 있는 모형의 도출에 포함된 시험항목과 그 처리내용은 다음과 같다. Priming과 GA₃ 처리는 이미 학계에 보고된 연구결과 (Kang et al., 1997a, 1997b, 1997c, 1997d)를 근거로 20℃에서 Ca(NO₃)₂를 이용하여 20℃항온에서 2일간 priming 처리를 가할 시 처리농도를 0, 50, 150 mM의 3개 수준으로 하여 침지중 그림 1과 같은 특성을 보이는 청색광, 적색광, 초적색광을 1일 12시간의 광질처리를 가하거나, 대조구로서 암처리를 가한 후 발아시험을 수행하였다. 한편 GA₃ 처리는 3일간의 침지중 처리농도를 0, 0.01, 0.1 mM의 3개 수준으로 침지중 4개의 광질처리를 앞의 priming 처리와 같이 똑같이 가한 후 발아시험을 수행하였다.

종자에 GA₃ 처리를 가할 때에 일정간격으로 종자와 처리용액이 든 병을 흔들어 줌으로서 이러한 교반이 발아에 미치는 영향을 조사하고자 상기 시험항목에서 얻은 최적결과를 이용하여 rotator (MBS-1B, EYELA)로 10 rpm으로 교반시키거나 시키지 않은 것으로 구분·처리하면서 상기와 같이 광질처리를 가한 후 발아시험을 실시하였다.

한편 처리종자를 시중에 유통시키거나 장기저장을 위하여는 반드시 건조가 이루어져야만 한다. 처리된 종자를 건조시키기 위한 최적 방법을 설정하기에 앞서 적정 건조시간을 결정하고자 24시간 침지시킨 종자를 35℃의 암상태에서 건조시키면서 1시간 간격으로 적외선 수분측정기 (MB 300,

OHAUS)를 이용하여 함수량의 변화를 측정한 다음 침종 전의 본래 함수량으로 되돌아가는 시간을 계산하여 건조시간을 결정하였다. GA₃ 용액에 침지된 종자를 이상의 건조시험을 통하여 도출된 결과인 35℃에서 4시간 GA₃ 용액에 침지된 종자를 건조시키면서 청색광, 적색광, 초적색광 또는 대조구 암처리 4개의 광질처리를 가한 후 발아시험을 실시하였다.

건조된 종자를 파종하기 전에 침종이 발아에 미치는 효과를 구명하고자 상기시험에서 얻은 최적결과로서 0.1 mM의 GA₃ 용액에 3일간 침종중 1일 12시간의 청색광을 조사한 후 35℃에서 4시간 적색광을 조사하는 방식으로 종자를 건조시켰다. 건조된 종자를 바로 파종하거나 20℃에서 1일 또는 2일간 침종시켜 발아시험을 수행하였다.

유묘출현율을 조사하기 위한 육묘시험은 이상의 시험결과로부터 도출된 최적결과인 0.1 mM의 GA₃

용액에 3일간 침종중 1일 12시간의 청색광을 조사하는 방법으로 처리된 종자를 건조시키지 않고 바로 파종하거나, 상기와 같이 GA₃로 처리 후에 건조된 종자를 바로 파종하거나, 1일간 침지시킨 후에 파종하는 3개 처리로 구분하여 앞서 설명한 바와 같은 방법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 건조 전 종자처리에 따른 발아율

파종전 더덕의 종자처리를 모형화하기 위한 일련의 과정으로서 이미 학계에 보고된 결과로부터 (Kang et al., 1997a, 1997b, 1997c, 1997d) 더덕의 종자발아를 현저히 증가시키는 priming과 GA₃ 처리의 최적결과를 도출한 후 이들을 상호 비교하고자 priming과 GA₃의 농도별 발아율을 조사한 것은 표 1과 표 2와 같다. Ca(NO₃)₂를 이용하여 2일간 실시

Table 1. Seed germination of *Codonopsis lanceolata* as affected by light quality imposed during priming using calcium nitrate[†]

Parameters		Days after sowing					
		1	3	5	7	9	T ₅₀
		% germination					- days -
0 mM	Red [†]	0.0	14.0 a [‡]	39.3 e	59.0 e	66.3 e	4.64 cd
	Far-red	0.0	1.0 de	19.6 i	38.0 g	46.6 g	5.36 h
	Blue	0.0	2.0 d	32.0 g	54.6 f	60.6 f	4.95 e
	Dark	0.0	4.0 c	35.0 f	58.0 e	64.6 ef	4.97 e
50 mM	Red	0.0	6.0 b	46.0 d	70.0 d	76.0 d	4.69 cd
	Far-red	0.0	0.3 e	28.3 h	57.6 ef	61.0 f	5.13 fg
	Blue	0.0	4.3 c	51.6 c	76.6 b	81.3 c	4.51 b
	Dark	0.0	4.0 c	56.0 b	72.6 cd	77.0 d	4.38 a
150 mM	Red	0.0	0.6 e	60.6 a	82.3 a	87.0 ab	4.59 bc
	Far-red	0.0	0.0 e	37.6 ef	74.0 bc	83.3 bc	5.21 g
	Blue	0.0	0.6 e	44.6 d	82.6 a	90.6 a	5.04 ef
	Dark	0.0	0.3 e	54.6 b	83.6 a	90.3 a	4.77 d

[†] Priming was done for 2 days at 20℃ and light quality same to Fig. 1 was treated for 12 hours a day during the priming treatment.

[‡] The values having the same letter within the same days after sowing were not significantly different at 5% level of DMRT.

한 priming 처리의 농도는 0, 50, 150 mM로, priming중 1일 12시간 가하여지는 청색광, 적색광, 초적색광 또는 대조구의 암처리로 광질을 구분·처리한 다음 발아시험을 수행한 결과로는 치상 후 5일에서 9일까지의 평균발아율은 광질에 관계없이 150 mM 처리농도에서 가장 높았다. 평균발아율이 가장 높았던 150 mM에서는 priming중 초적색광 처리로 발아가 억제되고 T50이 길어지는 경향을 보인 반면, 적색광, 청색광과 암처리간 발아율에는 뚜렷한 차이가 없었다(표 1).

상기 priming 시험과는 달리 이전에 수행된 시험 결과인 (Kang et al., 1997c) GA₃에 3일간 침종하는 중에 0, 0.01, 0.1 mM의 3개 수준으로 처리농도를 달리하여 상기 priming 처리에서와 동일하게 4개 광질처리를 가한 결과 치상 후 9일까지의 발아율은 0.01 또는 0.1 mM GA₃ 용액에 침지중 가하여지는

1일 12시간의 적색광과 청색광 처리로 발아율은 향상되고 T50은 짧아지는 경향을 보였다. 그러나 0.1 mM GA₃ 용액에 3일간의 침지중 가하여지는 청색광 처리로 치상 3일 이후의 발아율 뿐만 아니라 9일차의 최종발아율도 96.6%로 가장 높고 T50도 가장 짧은 것으로 나타났다. 한편 priming과 GA₃를 처리하는 과정에서의 교반효과, 즉 처리용기를 흔들어 주는 것과 priming 보다 발아에 크게 영향을 미치는 GA₃ 처리시 처리된 종자를 증류수에 세척하는 것은 효과가 없는 것으로 조사되었다 (자료 미제시). 따라서 GA₃ 용액에 더덕 종자를 처리할 경우 0.1 mM에 1일 12시간의 청색광을 가한 후 증류수에 세척하지 않고 다음 단계의 처리로 나아가는 것이 바람직할 것이다(표 2).

이상의 더덕 종자에 대한 파종전 priming과 GA₃의 최적처리 결과를 비교하여 보면 9일까지 진행된

Table 2. Seed germination of *Codonopsis lanceolata* as affected by light quality forced during GA₃ treatment[†]

Parameters	Days after sowing						T ₅₀	
	1	3	5	7	9			
		% germination						- days -
0.00 mM	Red [†]	0.3 a [†]	9.6 f	32.6 f	41.6 g	44.6 g	3.95 d	
	Far-red	0.0 a	1.3 h	22.3 h	36.0 h	39.6 h	4.80 f	
	Blue	0.6 a	13.0 e	36.6 e	46.6 f	48.0 g	3.91 d	
	Dark	1.0 a	3.0 h	25.6 g	35.6 h	37.3 h	4.59 f	
0.01 mM	Red	1.0 a	25.3 d	64.3 c	74.6 c	78.3 d	3.69 c	
	Far-red	0.0 a	1.6 h	38.3 e	59.3 e	62.0 f	4.76 f	
	Blue	0.6 a	25.0 d	62.6 c	78.3 c	82.6 c	3.57 c	
	Dark	0.0 a	6.0 g	47.3 d	69.0 d	73.6 e	4.23 e	
0.10 mM	Red	0.6 a	48.6 b	84.3 b	90.6 b	91.0 b	2.93 a	
	Far-red	0.0 a	23.6 d	82.0 b	90.3 b	91.3 b	3.62 c	
	Blue	0.0 a	53.0 a	90.3 a	95.3 a	96.6 a	2.88 a	
	Dark	0.0 a	38.0 c	83.0 b	91.0 b	92.3 b	3.25 b	

[†] GA₃ was treated for 3 days at 20°C and light quality same to Fig. 1 was treated for 12 hours a day during the GA₃.

[†] The values having the same letter within the same days after sowing were not significantly different at 5% level of DMRT.

발아시험 내내 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 150 mM에 2일간 침종중 1일 12시간의 청색광을 처리하는 것보다는 GA_3 0.1 mM에 3일간 1일 12시간의 청색광을 가한 것이 발아율이 높은 것으로 나타났다 (표 1과 2). GA_3 처리시 청색광을 照射할 경우 발아율이 높다는 이러한 시험 결과는 선행된 시험의 결과 (Kang et al., 1997a, 1997c, 1997d)와 마찬가지로 암상태에서 실시된 priming과 GA_3 처리의 결과와 동일한 것으로 나타났다. 한편 본시험의 결과와는 달리 암상태에서 처리된 GA_3 가 발아에 이은 유묘출현율 향상으로 이어진다는 보고 (Kang et al., 1997b)로부터 GA_3 처리시 청색광을 조사할 경우 유묘출현율이 향상될 것으로 기대된다.

2. 건조에 따른 발아율

파종전 처리가 이루어진 종자는 유통과정에서의 안정성 또는 일정기간 저장을 위하여 반드시 건조가 이루어져야만 한다. 최적처리 결과를 비교할 경우 Priming에 비하여 발아율이 높은 GA_3 처리시 처리가 이루어진 더덕종자의 건조방법을 설정하고자 GA_3 로 처리된 종자를 35℃에서 건조하면서 매시간마다 함수율을 측정하였던 바 수분의 변화는 그림 2 (A)와 같다. 종자의 함수율은 건조시간이 경과하면서 감소되었으며 약 3시간 후에 최저에 이르는 것으로 분석되었다. 그러나 다량처리 또는 저장 또는 유통과정에서의 안정성을 고려하여 건조시간을 1시간 가량 증가시킨 4시간 건조시키는 것이 합리적일 것으로 판단되었다. 따라서 GA_3 로 처리된 종자를 35℃에서 4시간 청색광, 적색광, 초적색광을 조사하거나 대조구의 암상태에서 건조시킬 경우 발아율에 미치는 영향은 그림 2 (B)와 같다. 발아율은 적색광과 암처리에서 치상 5일 이후 가장 높았으나 그 이전의 초기발아율은 암처리에 비하여 적색광 처리에서 높았던 반면, 초적색광을 처리할 경우 조사일 모두 가장 낮은 것으로 나타났다. 이러한 시험결과는 더덕 종자도 도라지 종자와 마찬가지로 발아과정에서는 특정 파장인 적색광의 광역적 반

응을 따르는 Phytochrome 기작에 지배된다고 할 수 있기 때문에 (Bewley & Black, 1994; Kang et al., 1997d) GA_3 로 처리된 더덕 종자는 35℃에서 적색광을 가하면서 건조하는 것이 최선의 방법이라 할 수 있다.

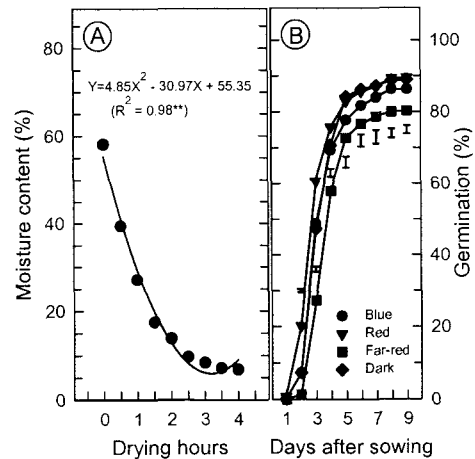


Fig. 2. Change in the moisture content of imbibed *Codonopsis lanceolata* seeds to different drying hours (A), and their seed germination as affected by light quality treatment during 4-hour desiccation (B). The seeds used in (A) were imbibed in 0.1 mM GA_3 for 3 days under red light for 12 hours a day, and those in (B) were done additional 4-hour light quality treatment to them in (A). The vertical bars indicate the values of LSD.05.

3. 침종에 따른 발아율과 유묘출현율

0.1 mM GA_3 용액에 침종한 후 적색광을 조사하면서 건조된 더덕 종자를 침종 유무 또는 파종 직전에 가하여지는 침종기간이 발아율에 미치는 영향을 파악하고자 건조된 종자를 그대로 파종하거나, 증류수에 1일 또는 2일간 침종하였을 경우의 발아율은 그림 3 (A)와 같다. GA_3 처리 후 건조된 종자를 2일간 침종할 경우 발아율이 가장 낮았다. 그러나 치상 5일 후

부터 건조된 종자를 침종하지 않거나 1일간 침종하였을 경우 거의 차이가 없다고 할지라도 그 이전에는 1일간 침종한 것이 발아율이 높았다.

이상의 시험 중에서 GA₃로 처리된 종자를 건조시키지 않고 바로 파종하거나, 건조 후에 침종시키지 않고 바로 파종한 것과 증류수에 1일간 침종시켜 파종할 경우의 유묘출현율을 비교한 것은 그림 3 ㉔와 같다. 유묘출현율은 GA₃ 용액에 침종한 후 건조시킨 종자를 파종 직전 1일간 침종시킬 경우 가장 높았고 GA₃ 처리된 종자를 건조한 후에 물에 침종하지 않고 바로 파종한 것, GA₃ 처리 후에 건조시키지 않고 바로 파종한 순서로 감소하였다. 따라서 더덕종자는 GA₃ 처리 이후에 유통과 저장과정에서의 안정성을 고려하여 건조가 반드시 이루어져야 할 뿐만 아니라 농가에서는 파종 직전 1일간 침종하는 것이 입묘율을 향상시킬 수 있을 것이다.

이상의 시험 결과와 파종 이후의 복토는 종자가 적색광보다는 초적색광이 많은 상태에 처해진다는 기존의 연구결과를 이용하여 (Tester & Morris, 1987) 더덕종자의 파종전 처리를 모형화한 것은 그림 4와 같다. 20℃의 GA₃ 0.1 mM 용액에 3일간 침종하는 과정에서 1일 12시간의 청색광으로 처리된 종자를 35℃에서 4시간 적색광을 가하면서 건조시킨 후에 건조된 종자는 파종 직전 20℃의 물에 1일

간 침종시켜야 최대의 입묘율을 확보할 수 있다는 것으로 처리모형을 요약할 수 있다.

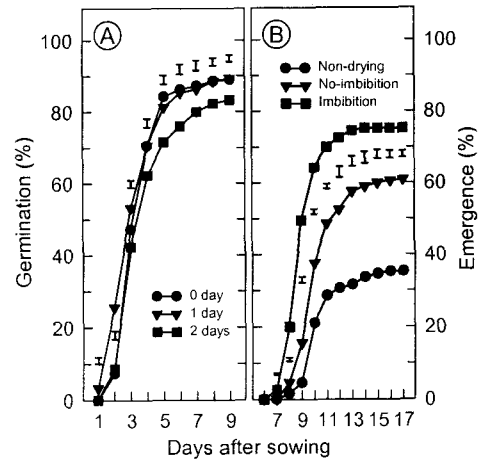


Fig. 3. Effect of water imbibition on seed germination (A) and seedling emergence (B) of *Codonopsis lanceolata*. The seeds used in A were treated along with the same procedure as Fig. 2 B except post-drying, but in B non-drying, no-imbibition or imbibition were done by only GA₃ imbibition, GA₃ and drying, or GA₃, drying and water imbibition, respectively. The vertical bars indicate the values of LSD.05.

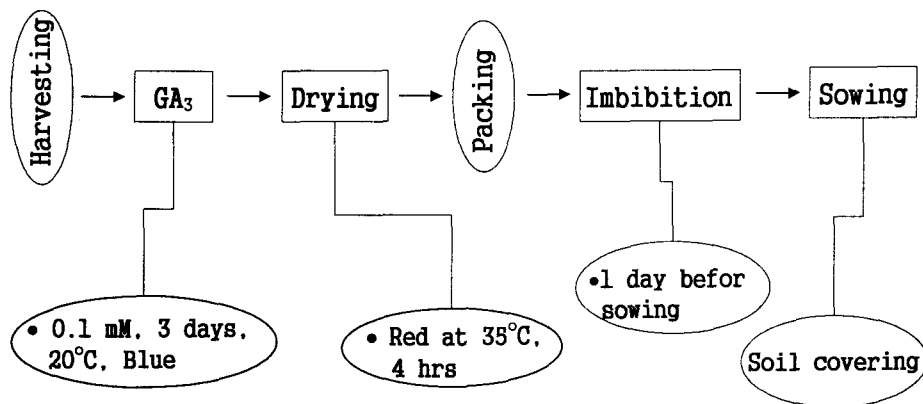


Fig. 4. Seed treatment of *Codonopsis lanceolata* deduced from the above and the other experimental results.

적 요

더덕 재배시에 종자 발아율이 낮아 입묘가 불량함으로서 영농에 실패하는 경우가 빈번하다. 재배 면적이 비교적 넓은 더덕의 입묘율을 향상시키고자 파종 이후 종자가 부딪히는 광조건을 고정한 후 priming, GA₃, 건조, 침종 등 파종전 종자에 손쉽게 가할 수 있는 처리의 효과를 구명하여 더덕종자의 파종전 처리를 모형화하기 위하여 본 연구를 실시하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

발아율은 청색광, 적색광 또는 암상태에서 Ca (NO₃)₂ 150 mM에 2일간 priming 처리하는 것보다는 0.1 mM에 3일간 1일 12시간의 청색광을 가하면서 GA₃를 처리하는 것에서 높았다. 그러나 GA₃ 처리 후의 건조는 적색광을 처리하면서 35℃에 4시간 건조하는 것이 발아율이 가장 양호하였다. 한편 GA₃ 처리된 종자는 건조시켜야 발아율이 향상되었으며, 파종 직전 1일간 침종시켜야 발아 뿐만 아니라 유묘출현도 향상·촉진되었다.

이상의 결과로부터 입묘율을 높이기 위한 더덕종자의 파종전 처리는 20℃에서 1일 12시간의 청색광을 가하면서 GA₃ 0.1 mM에 3일간 침종한 후에 35℃에서 4시간 적색광을 처리하여 건조된 종자를 파종 직전 20℃의 물에 1일간 침종하는 과정으로 모형화되었다.

LITERATURE CITED

- Bewley, J.D. and M. Black. 1994. Dormancy and the control of germination. p. 199-271. *In* J.D. Bewley and M. Black (ed.). *Seeds : Physiology of Development and Germination* (2nd ed.). Plenum Press, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA.
- Frankland, B. and R. Taylorson. 1983. Light control of seed germination. p. 428-456. *In* W. Shropshire, Jr. and H. Mohr (ed.). *Encyclopedia of plant physiology*, New series V. 16A : Photomorphogenesis. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Hart, J.W. 1988. Daylight and artificial light. p. 34-51. *In* J.W. Hart (ed.). *Light and plant growth*. Allen & Unwin Ltd., 8 Winchester Place, Winchester, Massachusetts 01890, USA.
- ISTA. 1985. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. *Seed Sci. Tech.* 13 : 299-355.
- Kang, J.H., J.S. Park, and D.I. Kim. 1997a. Effect of priming and light quality on seed germination in three *Campanulan* plants. *Korean J. Medical Crop Sci.* 5(2) : 139-146.
- Kang, J.H., D.I. Kim, S.Y. Kang, Y.D. Shim, and K.S. Han. 1997b. Seedling emergence and growth affected by priming and GA₃ treatments to three *Campanulan* plant seeds. *Korean J. Medical Crop Sci.* 5(4) : 307-313.
- Kang, J.H., J.S. Park, and Y.S. Ryu. 1997d. Effect of prechilling, light quality and daily irradiation hours on seed germination in three *Campanulan* plants. *Korean J. Medical Crop Sci.* 5(2) : 131-138.
- Kang, J.H., J.S. Park, and Y.G. Kim. 1997c. Effect of GA₃ and light quality on seed germination in three *Campanulan* plants. *Korean J. Medical Crop Sci.* 5(3) : 169-176.
- Tester, M. and C. Morris. 1987. The penetration of light through soil. *Plant, Cell and Environ.* 10 : 281-286.