

발아 및 입묘율 향상을 위한 파종전 종자처리 모형설정에 대한 제언

강진호*† · 윤수영**

*경상대학교 생명과학연구소, **경상대학교 농업생명과학대학

A Proposed Model for Presowing Seed Treatments to Promote Germination and Seedling Emergence

Jin Ho Kang*† and Soo Young Yoon**

*Research Institute of Life Sci., Gyeongsang Natl. University, Jinju 660-701, Korea.

**College of Agriculture and Life Sci., Gyeongsang Natl. University, Jinju 660-701, Korea.

ABSTRACT : Various presowing seed treatments have been used to enhance the rates of germination and afterward seedling emergence. Seeds treated by them occasionally have not shown the same rate in indoor and field. The presowing treatments considering germination mechanism and factors affecting germination should be totally included in indoor experiments so that the results drawn could be reproduced in the field. Seed drying after the treatments and field conditions after sowing especially able to show Phytochrome-mediated responses related to light treatment must be determined prior to force the treatments to seeds. After set up these prerequisites to promote the rates of germination and emergence, many seed treatments proposed so far must be fixed how to be done; alone, sequential and simultaneous.

Key words : germination, seedling emergence, presowing treatment, drying, light quality

서 론

작물재배에서 충분한 입묘율을 확보하는 것은 생산성과 직결된다. 이러한 이유 때문에 발아율을 높임으로써 유묘 출현율을 증대시키기 위한 다양한 방법들이 제시되어 왔다. 이러한 방법은 시간상으로는 파종되기 전에 발아율을 향상시키기 위한 방법으로써 실내에서 손쉽게 행할 수 있는 종자처리와 파종 이후 유묘출현율을 높이기 위한 각종 처리로 구분될 수 있다. 전자의 방법에 비하여 후자의 방법은 파종 이후에 처리 또는 조절이 이루어지기 때문에 면적이 상대적으로 크게 늘어나는 단점이 있어 영농현장에 접목시킬 수 있는 경우는 극히 일부에 불과하다 (Chong & Bible, 1995). 이러한 이유와 더불어 여타 장점 때문에 파종전 실내에서 다량의 종자에 처리를 가하여 입묘율을

높일 수 있는 기술개발에 연구가 집중되고 있다.

그러나 실내에서 종자처리를 가한 후 농경지에 파종할 경우 입묘율과 관련된 출현율이 실내에서 평가된 결과와 일치하지 않아 문제가 되는 경우가 흔히 있어 왔다. 특히 현대의 농업이 상업영농으로 변화되면서 일부 작목에서 육묘와 재배가 분리되고 있는 추세를 감안한다면 육묘산업의 경쟁력 확보와 부가가치 증진을 위해서는 실내 평가의 결과가 그대로 생산현장에 이용될 수 있는 파종전 종자처리 기술이 개발되어야 한다 (Hartmann *et al.*, 1997a, b). 이러한 필요 때문에 후숙, 종피연화, hormone 처리 등 다양한 종자처리 방법이 제시되어 왔다 (Bewley & Black, 1982a; Chong & Bible, 1995). 입묘율 증진을 위한 이러한 종자처리 방법들은 설비기술의 발달로 향후 종자업계 및 육묘산업에 활용이 가속화될 것으로 예상된다.

† Corresponding author: (Phone) +82-55-751-5427 (E-mail) jhkang@nongae.gsnu.ac.kr

Received September 18, 2003 / Accepted November 14, 2003

종자 발아와 출현에는 여러 가지 요인이 관여한다. 이러한 요인은 크게 종자 자체의 결함에 의한 내적인 요인과 종자 외적인 요인으로 구분할 수 있다. 종자 자체가 안고 있는 내적 요인으로는 후숙을 요하는 미성숙종자, 종자의 휴면, 공기와 수분의 불투과성, 발아 억제물질의 함유 등 다양한 형태가 보고되고 있다 (Bewley & Black, 1982a; Dennis, 1995). 이러한 종자자체가 가지고 있는 역기능을 극복하기 위하여 후숙, 노화, priming, 저온 및 변온 등과 같은 온도 조절, 종피연화 및 박피, hormone 처리 등 아주 많은 방법들이 이용되고 있다 (Bewley & Black, 1994; Chong & Bible, 1995). 반면 종자 외적 요인으로는 파종 이후 부딪히는 온도, 수분, 산소 등 환경요인이라 할 수 있다 (Bewley & Black, 1982b; Chong & Bible, 1995; Hartmann *et al.*, 1997a). 종자자체가 안고 있는 역기능적 발아불량 요인을 극복하기 위한 종자처리는 처리과정에서 제어가 가능한 반면, 파종 이후의 환경요인은 제어가 어렵다고 할 수 있다. 더불어 종자 자체가 안고 있는 문제점을 극복하기 위한 종자처리 이후에 주어지는 환경요인에 따라 발아율이 달라지기 때문에 파종 이후의 환경요인의 영향도 고려하여야 최적의 종자처리 방법이 설정될 수 있는 한계를 안고 있다 (Hartmann *et al.*, 1997a, b). 그러므로 발아에 이어 일어나는 유묘출현은 비록 기간이 짧다고 할지라도 다양한 내·외적 요인의 영향을 받을 뿐만 아니라 이로 인하여 파생되는 결과가 농업생산성을 좌우할 수도 있다. 본 논문에서는 입묘율 향상을 위한 파종전 종자처리 모형을 설정하는데 필요한 정보를 제공하고자 종자처리 이후의 건조 및 포장에서의 발아와 관련된 빛 조건을 고려함과 동시에 현재 주로 이용되고 있는 개별 종자처리를 조합한 혼용처리의 모형을 제시하는데 목적이 있다.

종자의 발아기작

종자의 발아에 영향을 미치는 요인은 다양하다. 그러나 종자의 발아기작은 식물체에 내포된 색소의 하나인 Phytochrome의 광가역적 반응에 지배된다. Phytochrome은 Phytochrome red (Pr)와 Phytochrome far-red (Pfr)의 두 가지 형태로 존재하며 조직이 水化된 상태에 있을 때 이들은 각각 적색광과 초적색광에 의하여 상호 전환되는 광가역적 반응을 보인다 (Kendrick & Spruit, 1977; Taiz & Zeiger, 1991). 이러한 광가역적 반응 때문에 조사되는 빛 또는 빛의 구성에 따라 Pr과 Pfr의 상대적 비율이 변화될 수 있는 특성을 가지고 있다. 종자의 발아는 Pr에 비하여 Pfr의 비율이 상대적으로 높은 상태, 즉 초적색광에 비하여 적색광이 많이 주어질 때 촉진되는 것으로 보고되고 있다 (Bewley & Black, 1982a, 1994). 따라

서 이러한 기작을 활용하여 발아율을 향상시킴으로서 입묘율 증대를 꾀할 수 있을 것이다.

종자처리시 고려사항

1. 건조

파종전 종자처리는 조직의 水化를 동반한다. 개갑 또는 충격처리 등 노천매장으로 이루어지는 종자처리도 자연강우에 의하여 종자의 수화가 이루어지며, 인위적으로 처리되는 priming, 저온, 종피연화 등도 처리용액을 통하여 조직의 수화가 이루어진다. 그러나 발아율, 나아가 입묘율을 향상시킬 수 있도록 종자처리가 이루어진다 하여도 종자 생산, 육묘 및 재배로 분업화되고 있는 농업의 추세를 감안할 경우 판매와 유통과정에서의 안정성을 확보하기 위하여 건조가 이루어져야만 한다. 건조방법이 발아를 촉진하거나 억제한다 할지라도 (Shen *et al.*, 2001), Kang *et al.* (2003b)은 안동대목 종자의 경우 종자 처리 이후 즉시 파종하는 것보다는 건조하여 파종하는 것이, 건조할 경우 암상태보다는 적색광을 처리하면서 건조하는 것이 발아율을 향상시킨다고 보고하였던 바 (Fig. 1), 건조 유무와 발아기작과 관련된 건조중의 광질처리가 종자의 발아에 커다란 영향을 미친다고 할 수 있다. 이와 유사한 연구결과가 박 (Kang, 2000), 도라지 (Kang *et al.*, 2002), 더덕

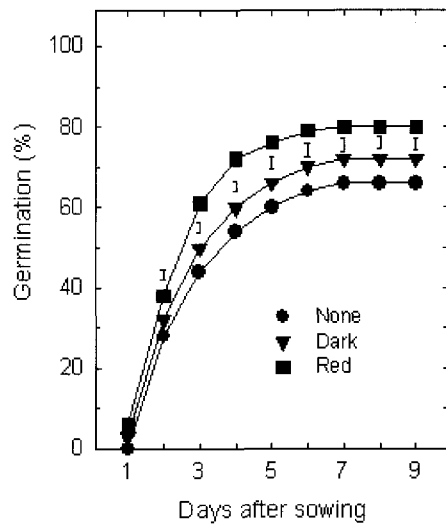


Fig. 1. Effect of drying and light quality during drying on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus* L.) seeds. Seeds were dried for 24 hours under dark and red light illumination or not. The vertical bars indicate values of LSD.05. Data were cited from the paper of Kang *et al.* (2003b).

(Kang *et al.*, 2001b), 만삼 (Kang *et al.*, 2001c)에서도 보고된 바 있다. 그러므로 종자처리 이후 건조 뿐만 아니라 발아와 관련된 광질처리가 발아에 현저한 영향을 미칠 것으로 사료된다.

종자 소모가 많은 대형육묘장에서 대량으로 종자를 처리하여 직파할 경우 처리종자를 건조시키지 않고 파종할 수 있으나, 이는 상위단계인 종묘 또는 채종 전문회사에서 일괄적으로 종자처리를 하여 보급할 수 있기 때문에 처리종자의 건조는 유통을 위한 필요한 수단이라 할 수 있다 (Kang, 2000). 한편 종자의 발아에 영향을 미치는 Pr과 Pfr의 광역적 반응이 수화된 조직에서 일어난다는 Kendrick Model (Kendrick & Spruit, 1977)과 이러한 광역적 반응을 증폭시키는 것으로 보고되고 있는 청색광 등 특정파장대의 빛을 인위적으로 조사함으로써 발아율, 나아가 입묘율을 향상시킬 수 있는 효율적인 방법이 접목될 수 있을 것이다 (Mohr, 1994; Taiz & Zeiger, 1991). 건조과정에서의 이러한 빛 조절 이외에도 인위적으로 쉽게 조절할 수 있는 온도가 제2차휴면을 일으키는 것으로 알려져 있다 (Bewley & Black, 1982b; Hartmann *et al.*, 1997a). 그러므로 건조중 발아기작과 연관된 최적의 빛처리를 통하여 발아율을 향상시킬 수 있는 건조방법이 설정된다라도 부적절하게 설정된 온도 때문에 빛 처리 효과도 소멸될 수가 있고, 때로는 발아를 더욱 억제시킬 수도 있다. 또한 발아 및 유통출현율 향상 이외에도 처리종자의 저장 및 유통의 안정성 확보를 위하여도 건조는 파종전 종자처리의 마지막 단계로서 온도 및 빛 조건이 반드시 포함되어야만 할 것이다.

2. 복토

파종이 이루어진 종자는 두 가지 요인에 의하여 빛의 영향을 받는다고 할 수 있다. 빛과 관련된 이러한 요인은 종자의 크기와 관련된 복토 두께와 토성, 색상, 함수율 등 빛의 투과와 관련된 토양 특성에 크게 영향을 받는 것으로 보고되고 있다 (Smith, 1982; Tester & Morris, 1987). 태양 빛이 토양으로 투과할 수 있는 정도는 6~9 mm로 입자의 크기가 큰 모래의 비율이 많으면 깊이 투과할 수 있는 반면, 입자가 작은 점토의 비율이 많으면 줄어드는 것으로 알려져 있다 (Frankland & Taylorson, 1983). 빛의 침투와 관련된 복토는 종자 크기의 3배로 행하는 것이 바람직한 것으로 인식되고 있으나 수박접목묘의 대목으로 이용되고 있는 박, 호박, 인동대목 등은 접목 후 쓰러짐을 방지하기 위하여 빛이 투과하지 못하는 3 cm 이상의 깊이로 파종되고 있다 (Kang, 2000). 그러므로 파종된 종자가 빛을 받느냐 받지 못하느냐는 종자의 크기 또는 여타 특수 상황으로 야기되는 복토깊이와 토성 또는 상토의 영향을

크게 받는다고 할 수 있다.

한편 태양 빛이 침투하는 토양속 6~9 mm 이내에 종자, 특히 소립인 약용식물 종자가 파종될 수도 있으며, 복토가 유실되거나 호광성 종자의 경우 복토가 전혀 없는 상태로 직사광선에 노출될 수도 있다. 이러한 다양한 상태에서 종자가 받는 빛의 특성은 Table 1과 같다. 초적색광에 대한 적색광의 비율이 1 이상일 경우 적색광이 초적색광보다 많은 상태이며, 1 이하일 경우 반대로 초적색광이 많다고 할 수 있다. R/FR 비율이 한낮의 햇빛, 물 속을 통과한 빛 등은 1보다 높아 적색광이 많은 반면, 일몰시의 햇빛, 달 빛, 식물체를 통과한 빛은 1보다 작아 초적색광이 많은 빛의 특성을 보인다고 할 수 있다. 따라서 재배자가 한낮의 태양광선과는 달리 초적색광이 주로 투과하는 토양속에 종자를 파종할 경우 전체 Phytochrome에 대한 Pr의 비율이 높아진 결과로 발아율이 변화된다 (Bewley & Black, 1982a, 1994; Frankland & Taylorson, 1983; Smith, 1982). 특히 물 속은 R/FR 비율이 1 이상이기 때문에 벼와 같이 담수직파로 파종할 경우에 해당되며 이러한 조건에서 발아율 향상을 위한 발아시험은 초적색광에 비하여 적색광의 비율이 높은 형광등을 照射하면서 수행되어야 한다. 반면 적색광보다는 초적색광이 주로 투과하는 9 mm 이하로 복토가 이루어지는 중들은 적색광에 비하여 초적색광의 구성비율이 많은 백열등으로 照射하면서 발아시험을 수행하여야 그 결과가 포장상태에서도 재현될 수 있다 (Hart, 1988). 발아시험에 이용된 이러한 광원의 차이로 인하여 실내시험의 결과가 포장에서 재현되지 않을 수도 있기 때문에 (Kang *et al.*, 1997a) 파종 이후 처리종자가

Table 1. Photon flux density of various natural conditions and ratio of red to far-red light (R/FR ratio).[†]

Light sources and natural conditions	Photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	R/FR ratio
Daylight	1900	1.19
Sunset	26.5	0.96
Moonlight	0.005	0.94
Ivy canopy	17.7	0.13
Lakes, at a depth of 1 m		
Black Loch	680	17.2
Loch Leven	300	3.1
Loch Borralie	1200	1.2
At a depth of 5 mm soil	8.6	0.88

[†] Absolute values taken from spectroradiometer scans: the values should be taken to indicate the relationships between the various natural conditions and not as actual environmental means. Data were cited from the paper of Smith (1982).

처하게 되는 빛 조건을 고려하여 파종전 종자처리 방법이 모색되어야만 할 것이다. 종자처리 이후 이러한 건조와 파종 조건을 고려한 처리과정을 요약하면 Fig. 2와 같다.

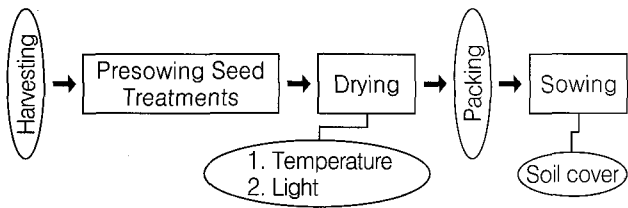


Fig. 2. A simplified model for seed drying after the presowing treatments and considering the field condition for germinating seed. The depth of soil cover determines light intensity and light quality which the sown seeds receive.

종자처리

1. 현재까지 제시된 종자처리 방법

발아율, 나아가 유묘출현율을 높이기 위한 다양한 종자처리방법이 제안되어 왔다. 특정 식물종에 대한 처리효과가 다를지라도 이용빈도가 높은 파종전 종자처리 기술로는 Phytochrome 기작을 조절하기 위한 빛처리 (Bukhov *et al.*, 1992; Kang *et al.*, 1997c, d, e; Thanos & Mitrakos, 1992; Vincent & Roberts, 1977), 종자의 수분흡수를 조장하는 것으로 알려진 priming 처리 (Fujikura *et al.*, 1993; Kang *et al.*, 1997c, f; Thanos & Mitrakos, 1992), 저온 대체효과가 있는 것으로 알려진 gibberellin (GA₃) 처리 (Derkx & Karssen, 1993; Gaspar *et al.*, 1975; Kang *et al.*, 1997b, d), 저온 또는 층적 처리 (Gaspar *et al.*, 1975; Kang *et al.*, 1997b, e), 노화 또는 후숙처리 (Delouche & Baskin, 1973; Kang *et al.*, 2003a, b)로 집약되고 있다. 그러나 이러한 종자처리기술은 종에 따라 그 처리효과가 다르며, 같은 처리를 가하더라도 효과를 극대화할 수 있는 방법은 종에 따라 다른 것으로 알려져 있다 (Chong & Bible, 1995).

이상의 연구결과를 요약하면 제시된 다양한 종자처리들 동시 또는 순차적 처리를 통하여 결과를 도출한 것이 아니라 개별 처리의 효과를 극대화하기 위한 방법에 한정되고 있어서 만족할 만한 처리효과를 거두지 못하는 경우가 많았다. 그러므로 여러 가지의 종자처리를 동시 또는 혼용하여 처리하는 방법이 일부 연구자들에 의하여 제안되고 있으며 (Haynes *et al.*, 1997; Kang *et al.*, 2003a, b), 최근 개별 처리에서 파생되는 발아율 향상의 한계를 극복하고자 혼용처리를 통하여 발아, 나아가 유묘출현율을 향상시킬 수 있는 방법을 모색하고 있다 (Kang *et al.*, 2001a; Shen

et al., 2001; Yeam *et al.*, 1985). 그러므로 추후 파종전 종자처리 방법을 강구할 경우 개별 처리로써 극복할 수 없는 한계가 있다면 2가지 이상의 개별 처리를 묶어 처리하는 방법을 시도하여 보는 것이 효과를 거둘 수도 있을 것으로 예측된다.

2. 혼용처리

안동대목 종자의 휴면을 타파하기 위한 노화처리 (Fig. 3 A)와 저온처리 (Fig. 3 B)를 각각 가한 후 발아시험을 수행한 결과 노화처리를 하지 않을 경우 발아율은 10% 정도에 불과하였으나, 노화 및 저온 처리를 가할 경우 현저히 증가되었다. 이러한 발아율의 증가는 노화처리보다는 저온처리에서 훨씬 큰 경향을 보였다. 그러나 발아율이 현저히 증가된 저온처리에서도 종자 전체가 발아되지 않는 것으로 나타났다. 개별처리에서 관찰되는 이러한 발아율 향상의 한계성을 극복하고자 개별 처리를 순차적으로 가하거나 (Kang *et al.*, 2001a, b, c), 동시에 처리를 가하는 혼용 처리방법이 제시되고 있을 뿐만 아니라 (Kang *et al.*, 2003a, b), 이상의 시험결과로부터 적절한 혼용 처리조합이 설정될 경우 발아율, 나아가 유묘출현율을 현저히 증가시킬 수 있을 것으로 예측된다.

이상에서 제시된 개별 처리를 순차적으로 가하는 혼용처리의 경우 처리순서가 발아에 커다란 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다 (Kang *et al.*, 1998; 2003a, b). 앞서

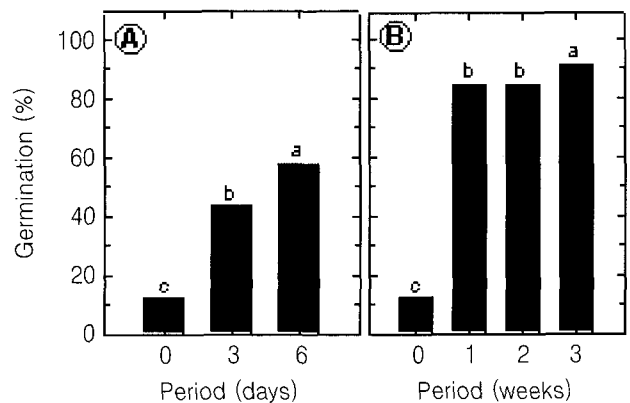


Fig. 3. Single treatment effects of aging (A) and cold-stratification (B) on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus* L.) seeds. Aging and cold-stratification treatments were done by the accelerated aging procedure (Delouche & Baskin, 1973) at 45°C and 3°C, respectively. The bars having the same letter were not significantly different by LSD.05. Data were cited from the paper of Kang *et al.* (2003a).

Fig. 3 ㉔에서 설명한 노화처리와 Fig. 3 ㉕에서 설명한 저온처리의 최적 결과를 조합하여 이들의 조합순서가 발아에 미치는 영향을 조사하였던 바 노화처리 후에 3주간 저온처리하면 (Fig. 4 ㉔) 3주 저온처리시 100% 발아된 반면, 이와 반대로 저온처리 후에 노화처리할 경우 (Fig. 4 ㉕) 저온처리 기간에 관계없이 발아가 현저히 억제되는 경향을 보였다. 다른 예로서 Fig. 5와 같이 둥굴레 종자에 종피연화 및 저온 처리의 최적 결과를 조합하여 순차적으로 처리를 가할 경우 저온처리 후에 종피연화 처리하는 것에 비하여 역으로 종피연화 후에 저온처리를 가하는 것이 발아율이 높았던 반면, 전자의 처리조합은 단지 종피연화 처리한 대조구보다 오히려 발아율이 낮았다. 혼용처리에서 개별 처리가 가하여지는 순서에 따라 박 (Kang, 2000), 초롱꽃과의 도라지, 더덕과 만삼 (Kang *et al.*, 1997c, d, e) 및 잔디 (Yeam *et al.*, 1985)에서도 발아율은 현저히 영향을 받는 것으로 보고되고 있어서 적절히 처리순서를 조합하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

이와 같이 혼용처리에서 개별 처리를 순차적으로 가하는 방법이 있을 수도 있으나 처리기간을 단축시키기 위하여 개별 처리를 동시에 가하는 방법도 활용될 수 있다. 온대지방에서 진화된 종들의 휴면타파는 저온처리가 효과적이며, 종자의 수분흡수는 priming 처리로 촉진되는 것으로 알려져 있어 (Fujikura *et al.*, 1993; Thanos & Mitrakas,

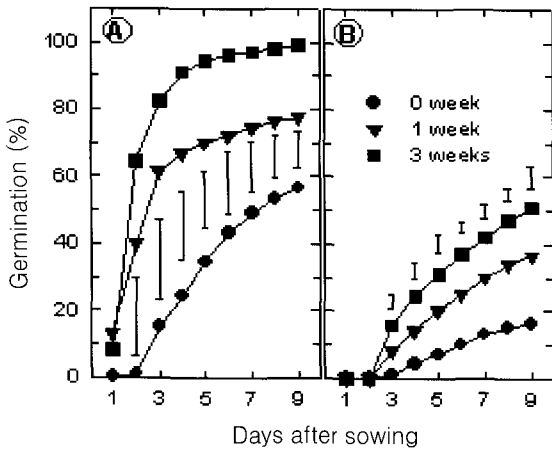


Fig. 4. Sequential treatment effect of aging after cold-stratification (A) and vice versa (B) on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus* L.) seeds. Aging and cold-stratification treatments were done by the accelerated aging procedure (Delouche & Baskin, 1973) at 45°C for 6 days and 3°C for the 3 different periods, respectively. The vertical bars indicate values of LSD.05. Data were cited from the paper of Kang *et al.* (2003a).

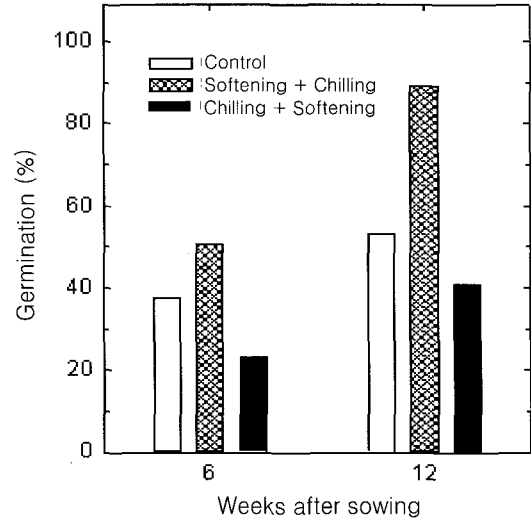


Fig. 5. Seed germination of Solomon's seal (*Polygonatum odoratum*) at 6 or 12 weeks after sowing as affected by seed-coat softening (10% KOH, 40 min.) before or after chilling (3°C, 8 weeks). Data were cited from the paper of Kang *et al.* (1998).

1992) priming에 이용되고 있는 용액을 저온처리중에 상토에 관주함으로써 저온과 priming의 혼용처리가 가능할 것이다. 가중피를 제거하지 않아 발아가 대단히 낮은 안동대목 종자도 노화, NaOH를 이용한 종피연화, 세척 및 저온 처리를 순차적으로 가할 경우 Fig. 6 ㉔와 같이 발아율이 현저히 증가되었다. 이와 같이 순차적으로 처리를 가하는 대신 저온처리중에 주기적으로 여러 종류의 용액을 가한 결과 Fig. 6 ㉕와 같이 0.2% KNO₃ 용액을 공급하여 저온과 priming을 동시 처리할 경우 발아율이 가장 높은 결과를 얻었다고 Kang *et al.* (2003b)은 보고한 바 있다. 한편 발아 전의 priming 처리 유무와 발아가 일어나는 과정에서의 변온 및 광질의 혼용처리, 즉 순차 또는 동시처리가 복합적으로 가하여질 경우 미국자리공의 발아는 Fig. 7과 같이 커다란 변이를 보이거나 priming 처리 후에 30/20°C의 변온과 적색광 또는 백색광 처리에서 발아가 촉진되는 것으로 보고되고 있다 (Kang *et al.*, 1997f). 이상의 결과와 같이 개별처리를 동시에 혼용처리한 결과로는 시호에서 저온처리 말미에 가하여지는 광질처리 (Kang *et al.*, 1997b), 활나물에서 GA₃ 처리중에 가하여지는 광질처리 (Kang *et al.*, 2001a)에서도 요인별 처리수준의 조합에 따라 발아율은 현저히 영향을 받는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 개별 처리와 순차적인 처리의 단점을 극복할 수 있을 뿐만 아니라 여러 개의 개별 처리를 동시 또는 순차적으로 가하는 변형된 혼용처리 방법을 설정하는 것도 발아율을 최상으로 끌어올릴 수 있는 하나의 수단이 될 수 있을 것이다.

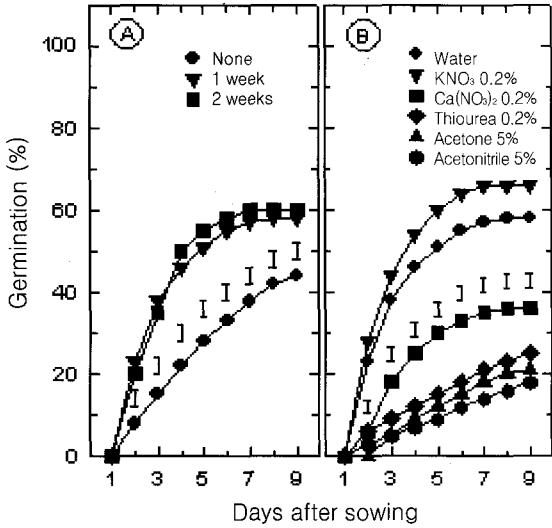


Fig. 6. Sequential treatment effect of aging, NaOH, washing and chilling (A) and simultaneous treatment effect of chemical solutions during chilling (B) on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus* L.) seeds. Data were cited from the paper of Kang et al. (2003).

지 제시된 다양한 종자처리를 개별 처리하여 만족할 만한 발아율을 확보하지 못할 경우 몇 가지 처리를 조합한 혼용 처리를 가하는 방법이 합리적일 것이다. 혼용처리는 개별 처리를 순차적으로 조합하는 방식과 동시에 처리를 가하는 방식이 있을 수 있다 (Kang et al., 2003a, b). 순차적으로 처리를 가할 경우 처리순서가 발아에 커다란 영향을 미치며, 동시처리에서는 조합된 처리요인에 따라 발아가 억제 또는 촉진된다고 할 수 있다 (Kang et al., 1997f, 2003b).

이러한 파종전 종자처리가 최상의 방법으로 이루어져도 하더라도 발아는 건조방법에 따라 커다란 변화를 보이며, 특히 종자의 함수량이 일정수준 이하로 감소된 상태에서는 Phytochrome의 광가역적 반응이 정지되기 때문에 발아 과정에서 빛처리를 통하여 Phytochrome 기작을 발아에 유리하도록 조절하는 것도 발아율 향상을 위한 하나의 처리방법으로 평가될 수 있다 (Kendrick & Spruit, 1977). 그리고 종자의 발아는 적색광과 초적색광이 주어지는 상태에 따라 발아가 촉진 또는 지연되는 Phytochrome 기작에 지배되기 때문에 파종된 종자가 받게되는 빛의 특성을 정확히 파악하여야만 파종전 처리종자의 발아시험이 암상태, 또는 초적색광이 많은 상태, 반대로 적색광이 많은 상태에서 실시될 수가 있으며, 이러한 과정을 통하여 실내에서 도출된 결과가 현장에 바로 적용될 수 있을 것이다 (Smith, 1982; Thanos & Mitrakos, 1992). 이러한 조건을 고려하여 파종전 종자처리 모형은 Fig. 7과 같이 도식화될 수 있다.

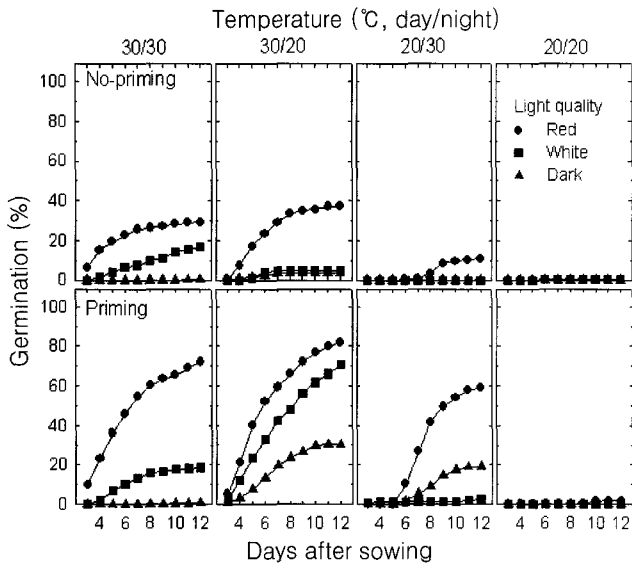


Fig. 7. Daily percent germination of pokeweed (*Phytolacca americana* L.) seed affected by priming, germination temperature and light quality. Data were cited from the paper of Kang et al. (1997f).

파종전 종자처리 모형

이상의 연구결과로부터 발아율을 높임으로써 유묘출현율을 향상시키기 위한 파종전 종자처리의 모형은 지금까

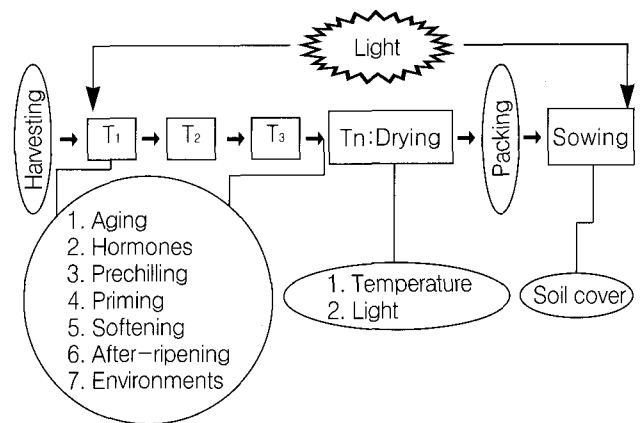


Fig. 8. A proposed model for developing the optimum pre-sowing seed treatment to enhance seed germination and seedling emergence. Sowing depth for treated seeds on the field should be considered because of influence of transmitted light.

결 론

농경지에 파종된 종자의 발아율, 나아가 유묘출현율을 증가시키는 것은 매우 어렵기 때문에 파종전 종자처리를 통하여 이를 조절하고자 많은 방법이 제시되어 왔다. 그러나 제시된 다양한 방법을 통하여 처리된 종자가 농경지에 파종되었을 때 실내에서 계측된 발아율과 일치하지 않는 경우가 종종 발생한다. 실내시험의 최적 결과가 포장에서도 재현되도록 하기 위하여는 종자의 발아기작과 발아에 영향을 미치는 요인들을 고려하여 종자처리가 이루어져야 할 것이다. 지금까지 제시된 파종전 종자에 대한 처리 방법은 아주 다양하다. 그러나 이러한 처리방법은 개개인의 최적 처리방법을 설정하는데 한정되고 처리종자의 안정성 확보를 위한 건조 및 파종 이후에 처하게 되는 제 조건을 고려하지 않은 문제점을 가지고 있다. 종자의 발아는 Phytochrome 기작에 지배되기 때문에 건조 및 포장 상태에서의 빛 조건을 우선 고려하여 발아시험중 이용될 광원을 결정한 후 처리방법이 설정되어야 최상의 파종전 종자처리 모형이 도출될 수 있을 것이다. 이제까지 제시된 개별 종자처리로 발아율을 향상시킬 수 없다면 이들을 순차적으로 조합하는 방법 또는 동시에 처리를 가하는 혼용 처리방법을 활용하여 개별 처리 조합을 최적화할 수 있는 방법으로 접근이 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 논문은 농림부 및 경상남도에서 각각 시행하고 있는 농림기술개발사업과 생명공학산업 기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부이며 이에 감사를 드립니다.

LITERATURE CITED

- Bewley JD, Black M (1982a) Seeds: Physiology of development and germination (2nd ed.). Plenum Press, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, p. 60-198.
- Bewley JD, Black M (1982b) Seeds: Physiology of development and germination (2nd ed.). Plenum Press, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, p. 276-339.
- Bewley JD, Black M (1994) Seeds: Physiology of development and germination (2nd ed.). Plenum Press, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, p. 199-271.
- Bukhov NG, Drozdova IS, Bondar VV, Mokronosov AT (1992) Blue, red and blue plus red light control of chlorophyll content and CO₂ gas exchange in barley leaves: Quantitative description of the effects of light quality and fluence rate. *Physiologia Plantarum* 85:632-638.
- Chong C, Bible BB (1995) Germination and emergence, p. 85-146. In M. Pessarakli (ed.), *Handbook of plant and crop physiology*. Marcel Dekker, Inc., 270 Madison Avenue, New York, NY 10016, USA.
- Delouche JC, Baskin CC (1973) Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Tech.* 1:427-452.
- Dennis Jr. FG (1995) Dormancy: Manifestations and causes, p. 437-459. In M. Pessarakli (ed.), *Handbook of plant and crop physiology*. Marcel Dekker, Inc., 270 Madison Avenue, New York, NY 10016, USA.
- Derkx MPM, Karssen CM (1993) Effects of light and temperature on seed dormancy and gibberellin-stimulated germination in *Arabidopsis thaliana*: studies with gibberellin-deficient and -insensitive mutants. *Physiologia Plantarum* 89(2):360-368.
- Frankland B, Taylorson R (1983) Light control of seed germination p. 428-456. In Shropshire, Jr., W. and H. Mohr (eds.), *Photomorphogenesis*. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series V. 16A. Springer-Verlag, Berlin, Heideberg, Germany.
- Fujikura Y, Kraak HL, Basra AS, Karssen CM (1993) Hydropriming, a simple and inexpensive priming method. *Seed Sci. Tech.* 21:639-642.
- Gaspar S, Fazekas J, Petho A (1975) Effect of gibberellic acid (GA₃) and prechilling on breaking dormancy in cereals. *Seed Sci. Tech.* 3:555-563.
- Hart JW (1988) Light and plant growth. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, NJ 07458, USA. p. 40-104.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies Jr. FT, Geneve RL (1997a) Plant propagation: Principles and practices (6th ed.) Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, NJ 07458, USA. p. 40-104.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies Jr. FT, Geneve RL (1997b) Plant propagation: Principles and practices (6th ed.). Unwin Hyman Ltd., 15/17 Broadwick Street, London W1V 1FP, UK. p. 216-237.
- Haynes JG, Pill WG, Evans TA (1997) Seed treatment improve the germination and seedling emergence of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) *HortSci*, 32(7):1222-1226.
- Kang JH, Kim DI, Kang SY, Shim YD, Han KS (1997a) Seedling emergence and growth affected by priming and GA₃ treatments to three *Campanulan* plant seeds. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 5(4):307-313.
- Kang, JH, Kim DI, Ryu OG, Kim ES, Kim YG (1997) Effects of seed pretreatment with chilling, GA₃ and light on *Bupleurum falcatum* germination. *Korean J. Crop Sci.* 42(4):384-391.
- Kang JH, Park JS, Kim DI (1997b) Effect of priming and light quality on seed germination in three *Campanulan* plants. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 5(2):139-146.
- Kang JH, Park JS, Kim YG (1997c) Effect of GA₃ and light quality on seed germination in three *Campanulan* plants. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 5(3):169-176.
- Kang JH, Park JS, Ryu YS (1997d) Effect of prechilling, light quality and daily irradiation hours on seed germination in

- three *Campanulan* plants. Korean J. Medicinal Crop Sci, 5(2):131-138.
- Kang JH, Ryu YS, Kim DI, Lee OS, Kim SH** (1997) Effect of priming, temperature and light quality on germination of pokeweed (*Phytolacca americana* L.) seed. Korean J. Crop Sci, 42(2):153-159.
- Kang JH, Kim DI, Bae KS, Jang KH, Shim JS** (1998) Effects of seed-coat softening and prechilling on seed germination and bulbil formation of *Polygonatum odoratum* Druce. Korean J. Medicinal Crop Sci, 6(3):210-215.
- Kang JH, Kim YJ, Jeon BS** (2001a) Effects of presown cold stratification, GA₃, KNO₃ and acetone treatment on germination of *Crotalaria sessiflora* L. Korean J. Medicinal Crop Sci, 9(2):124-129.
- Kang JH, Shim YD, Jeong JI** (2001b) Effect of seed treatments for promoting seedling emergence of *Codonopsis lanciolata* Trautv. Korean J. Medicinal Crop Sci, 9(1):68-75.
- Kang JH, Shim YD, Jeon BS** (2001c) Presown seed treatments to elevate seedling emergence of *Codonopsis pilosula* Nannf. Korean J. Medicinal Crop Sci, 9(2):99-107.
- Kang JH, Shim YD, Jeon BS** (2002) Seed treatment procedure to promote seedling emergence of *Platycodon grandiflorum*. Korean J. Medicinal Crop Sci, 10(2):75-81.
- Kang JH, Jeon BS, Lee SW, Choe ZR, Shim SI** (2003a) Enhancement of seed germination by aging, cold-stratification, and light quality during desiccation in burcucumber (*Sicyos angulatus* L.). Korean J. Crop Sci, 48(1):13-16.
- Kang JH, Jeon BS, Yoon SY, Lee SW, Chung JI** (2003b) Pre-sowing treatments to improve germination of intact seeds in burcucumber (*Sicyos angulatus* L.). Korean J. Crop Sci, 48(3):169-172.
- Kang SY** (2000) Presown seed treatment to promote seedling emergence and uniformity of *Lagenaria siceraria* Standl. MSc Thesis, Gyeongsang Natl. University, Jinju, Korea.
- Kendrick RE, Spruit CJP** (1977) Phototransformation of phytochrome. Photochem. Photobiol, 26:201-204.
- Mohr H** (1994) Coaction between pigment system. p. 353-373. In R.E. Kendrick, G.H.M. Kroneberg (ed.). Photomorphogenesis in plants (2nd ed.). Kluwer Academic Pub., 101 Philip Drive, Norwell, MA 02061, USA.
- Shen ZH, Parrish DJ, Wolf DD, Welbaum GE** (2001) Stratification in switchgrass seeds is reversed and hastened by drying. Crop Sci, 41:1546-1551.
- Smith H** (1982) Light quality, photoperception, and plant strategy. Annu. Rev. Plant Physiol, 33:481-518.
- Taiz L, Zeiger E** (1991) Plant physiology. Benjamin/Cummings Pub. Co., Inc., 390 Bridge Parkway, Redwood City, California 94065, USA. p. 490-512.
- Tester M, Morris C** (1987) The penetration of light through soil. Plant Cell and Environ, 10:281-286.
- Thanos CA, Mitrakos K** (1992) Watermelon seed germination. 1. Osmomaniipulation of photosensitivity. Seed Sci, Ressearch 2(3):163-168.
- Vincent EM, Roberts EH** (1977) The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting on the germination of dormant seeds of common weeds species. Seed Sci, Tech, 5:659-670.
- Yeam DY, Murray JJ, Portz HL, Joo YK** (1985) Optimum seed coat scarification and light treatment for the germination of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud) seed. J. Korean Soc. Hort. Sci, 26:179-185.