韓資植誌 20(5) : 398~403(2007)
Korean J. Plant Res.

침지 온도와 시간이 삼나무 종자의 수분흡수 및 발아에 미치는 영향

최충호*, 조경진, 탁우식
국립산림과학원 산림유전자원부

Effect of Immersion Temperatures and Times on Moisture Absorption and Germination of *Cryptomeria japonica* Seeds

Chung Ho Choi*, Kyung Jin Cho and Woo Sik Tak
Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

Abstract - This study was carried out to enhance germination of the seed by different immersion temperatures (15, 20, 25, 30 and 35℃) and times (1, 6, 12, 18, 24, 36 and 48 hours) in *Cryptomeria japonica* that is a major plantation species in the southern Korea. Optimum germination temperature was between 20℃ and 25℃, and the lowest germination was observed at 35℃ Moisture absorption increased with increasing immersion time as a whole and was high at 30℃ and 35 ℃. Initial moisture absorption rate was highest at 30℃ whereas was lowest at 15℃ Moisture absorption rate constant was also high at 30℃ and 35℃, however, it was relatively low at 15℃ and 20℃ Germination was the highest when the seeds were immersed for 48 hours at 30℃. In mean germination time (MGT) the seeds immersed for 48 hours at 30℃ did not differ from non-treatment, while the others showed higher values than non-treatment. Consequently, germination could be enhanced and MGT was kept by optimum immersion temperature and time.

Key words - *Cryptomeria japonica*, Immersion, Absorption, Germination, Seed

서 언

산림자원의 생산성에 있어 매우 중요한 부분을 차지하는 수목 종자의 가장 중요한 기능은 발아라고 할 수 있다. 종자가 발아하는 주요 단계를 보면 수분의 흡수, 저장양분 분해효소의 생성과 활성, 저장양분의 분해 · 전류 및 재합성, 배의 생장 개시, 과피(종피)의 파열, 유묘의 출아 과정으로 구분된다(최 등, 2001). 따라서 종자 발아에서 수분 흡수는 가장 선행되는 기초 단계지만 이의 원활한 작용이 이루어져야 다음 단계로 진행할 수 있기 때문에 가장 중요한 단계라고도 할 수 있다. 종자의 수분 흡수에 영향을 미치는 주요 요인으로 종자의 화학성분, 종피의 투과성 및 환경적 요인을 들 수 있는데, 특히 환경적 요인 중 온도와 시간은 매우 크게 작용한다. 지금까지 종자 발아율을 향상시키기 위해서 여러 가지 발아촉진법이 개발되었는데, 수분 침지조건의 조절은 다른 발아촉진법에 비해 경제적 비용이 거의 소요되지 않는다는 장점이 있기 때문에 이에 대한 여러 가지 방법이 시도되었다. 강 등(2000)은 박 종자를 침지온도 및 시간에 따라 20~30℃에서 침지할 경우와 1일간 침지했을 때 가장 발아에 효과적이었다고 하였으며, 두 등(2001)은 작두콩 종자의 8시간 및 12시간 침지가 가장 높은 발아율을 나타내었다고 보고하였다. 또한 노 등(2004)은 딸기 종자를 20℃의 증류수에 5시간을 침지 처리하여 발아율을 향상시킨 바 있다. 이처럼 종자의 발아율 향상을 위해 침지온도 및 시간 조절을 통한 효과적인 수분흡수 실험을 한 결과는 많이 있으나 대부분 작물 및 원예 종자에 국한되어 있으며 임목종자에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

삼나무(*Cryptomeria japonica*)는 일본 특산종으로 1900년대 초에 우리나라에 도입되어 식재되었는데, 우리나라의 겨울철 기후 조건 때문에 삼나무의 생육지역이 크게 제한되어 주로 남부지역에 생육하고 있다. 또한 수간이 통직하고 재질이 우수하며 생장이 빠를 뿐 아니라 내후성(耐朽性)이 뛰어나 용재로서의 가치가 매우 높기 때문에 일본, 대만 등지에서 주요 조림수종으로 이용하고 있다(홍 등, 1981; 홍 등, 1998). 우리나라에서도 2004년 잣나무, 편백, 소나무 등에 이어 6번째로 많은 조림면적을 차지하였다(산림청, 2005). 종자는 10월에 성숙하므로 이때 채종하여 정선한 후 밀봉 저온저장을 실시한다(임업연구원,

*교신저자(E-mail) : freewillow@hanmail.net

1994). 종묘사업실시요령(2006)에 따른 종자의 표준 발아율은 32%로 매우 낮기 때문에 본 임목의 이용가치를 고려해 볼 때 발아율 향상을 위한 노력이 필요하다. 따라서 본 연구는 침지 시 온도 및 시간을 조절함으로서 다양한 임목가치를 지닌 삼나무의 종자 발아율을 향상시키고자 실시되었다.

재료 및 방법

재료의 수집 및 보관

본 연구를 수행하기 위해 전남 장성군 서삼면의 20~30년생 삼나무 임분에서 2005년 10월 중순경 종자를 채취한 후 양건풍선법(陽乾風選法)에 의해 정선하였다. 이후 국립산림과학원 산림유전자원부 종자저장고(4±1℃)에 보관하였으며 2006년 4월 중순경 실험에 이용하였다.

적정발아온도 구명

삼나무 종자의 적정 발아온도를 구명하기 위하여 각각 15, 20, 25, 30, 35℃의 온도로 설정된 chamber에 종자를 50립씩 4반복하여 치상하였다.

침지조건별 수분흡수율

침지온도 및 침지시간에 따른 삼나무 종자의 수분흡수특성을 분석하기 위하여 각각 15, 20, 25, 30, 35℃의 온도로 설정된 chamber에 증류수에 침지된 종자 100립씩을 4반복으로 치상하였으며, 침지종자의 무게를 각각 1, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60시간 이후마다 측정하였다. 이때 종자표면의 수분은 paper towel을 이용하여 깨끗이 제거하였으며, 고정밀 분석용 저울을 이용하여 0.001g 단위까지 측정하였다. 이 결과를 이용하여 종자의 수분흡수율(moisture absorption), 초기수분흡수속도(initial moisture absorption rate), 수분흡수속도상수(moisture absorption rate constant)를 산출하였다. 종자수분흡수율은[침종(浸種) 후의 무게 - 침종 전의 무게]를 종자 1g에 대한 비율(%)로 표시하였으며(이, 2002), 초기수분흡수속도와 수분흡수속도상수는 다음 식으로부터 구하였다(김 등, 1990).

$$\text{초기수분흡수속도}(g\ H_2O/hr) = 1\text{시간 침종 후 종자 1g의 증가된 무게}$$

$$\text{수분흡수속도상수}(g\ H_2O/\sqrt{min}) = \frac{\text{침종 후 증가된 종자 무게}}{\text{침종시간}(\sqrt{min})}$$

침지조건별 발아특성 조사

위와 같은 온도조건에서 각각 1, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60시간 동안 침지된 종자를 적정 발아온도 조건에 치상한 후 24시간마다 발아검사를 실시하였다. 이때 종자는 각 처리별 100립씩 4반복으로 치상하였으며, 발아는 유근이 2㎜ 이상 신장한 것을 발아한 것으로 간주하였다(de Villalobos *et al.*, 2002). 조사된 결과를 이용하여 발아율(percent와 germination, PG) 및 평균 발아일수(mean germination time, MGT)를 산출하였다 (Scott *et al.*, 1984).

$$PG = (N/S) \times 100$$

$$MGT = \Sigma(t_i n_i)/N$$

N : 총 발아수
S : 총 공시 종자 수
t_i : 치상 후 조사일수
n_i : 조사당일의 발아 수

결과 및 고찰

적정 발아온도

삼나무 종자를 5개의 온도조건에 치상한 결과, 20℃ 및 25℃에서 가장 높은 발아율을 나타내어 이 두 온도간이 발아적온임을 알 수 있었다(Fig. 1). 15℃에서의 발아율이 그 다음으로 높았으며, 35℃에서 가장 낮게 나타났다. 15℃에서 25℃까지 점차적으로 발아율이 향상하였으나 30℃, 35℃에서 급격히 감소하여 삼나무 종자의 발아시 20/30℃에서 28일간 치상해야 한다는 Ellis(1985)의 보고와 약간 상이하였다. 삼나무의 경우, 온대남부지역 이하에서 주로 생육하는 수종으로서 저온에 약한 것이 특징이나 종자의 발아에 있어서는 고온에 의해 저해 받는 것으로 판단할 수 있다. 목본식물 중에서 팥꽃나무(박, 1995), 자생만병초(이 등, 1982), 가침박달나무(이 등, 2006)는 20℃, 병꽃나무(이 등, 2003)는 25℃가 발아적온이라고 보고된 바 있으며, 헛개나무는 종피를 제거한 종자의 경우 15℃에서 가장 발아율이 높게 나타난다고 하였다(이, 2001). 또한 초본류의 경우 산국,

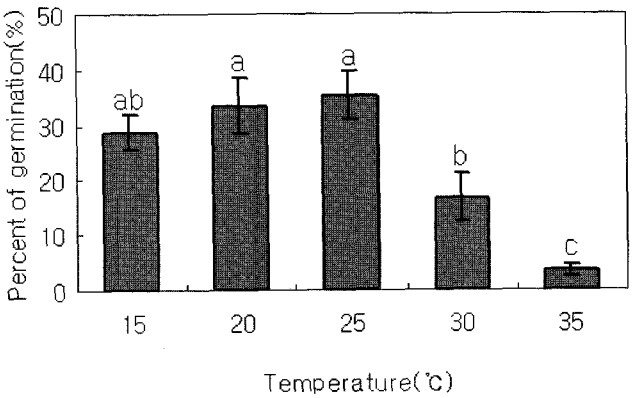

Fig. 1. Percent of germination of *Cryptomeria japonica* seeds at different temperature conditions.

솜방망이, 패랭이(한과 김, 1999)는 발아적온이 20~25℃, 할미꽃(상 등, 1993)과 범부채(박 등, 1995)의 발아적온은 25℃이며, 개미취(조 등, 1985)의 발아는 25~30℃에서 가장 좋았다고 보고하였다. 발아적온은 종자들이 정상적인 발아 및 유묘출현을 통해 생장 및 생육을 원활하게 하므로 중요한 환경관련 요소가 되고 있다. 뿐만 아니라 종자는 발아 할 때 적정 온도 이외의 온도에서는 생리적 요인에 의해 영향을 받기 때문에(Dahal *et al.*, 1990) 적절한 온도조건을 만들어 주는 것이 중요하다.

종자의 수분흡수특성

15℃에서 30℃까지 각 온도조건에서 종자를 침지했을 때 시간에 따른 종자의 무게를 측정하여 산출한 수분흡수율의 변화는 Fig. 2와 같다. 종자 수분흡수율은 대체적으로 30℃와 35℃의 고온에서 높게 나타났는데, 특히 침지 후 6시간부터 그 차이가 나타나기 시작하였다. 그러나 36시간 이후에는 침지 온도 간에 큰 차이를 보이지 않았다. Kader와 Jutzi(2002)도 수수(sorghum) 종자의 경우 10~40℃의 범위에서 온도가 증가할수록 수분흡수율이 증가하였다고 보고하였는데, 고온에서 수분흡수율이 높은 원인에 대해 종자 주변의 수분점착성(water viscosity)이 감소하였기 때문이라고 하였다(Woodstock, 1988). 한편, 35℃의 온도에 침지하여 48시간이 경과했을 경우에는 오히려 감소하는 경향을 보였는데, Quast and Silva(1977)는 침지 중 일정시간 경과 후 종자의 무게가 감소되는 현상은 침지 중 수용성 물질의 손실로 이는 침지 중 무게 또는 부피의 증가율 보다 고형물 손실율이 더 크기 때문이라고 하였으며, 이 등(1986)도 콩과 식물 종자의 경우 침지과정 중 고형물의 용출에 따르는 침지온

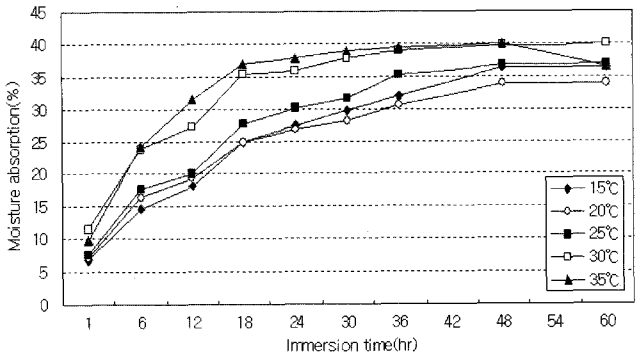

Fig. 2. Change of moisture absorption of *C. japonica* seeds by immersion times at different temperatures.

도와의 관계에서 침지온도와 침지시간은 높은 의존성을 나타낸다고 하였다.

또한 수분흡수율에 있어 온도 및 시간에 대한 two-way ANOVA 분석을 실시한 결과 각 요인들은 고도의 유의성이 인정되었으나 요인들간 상호작용에서는 유의성이 인정되지 않았다(Table 1).

종자의 수분흡수속도에 있어서 초기수분흡수속도는 30℃에서 가장 빨랐으며 본 실험 중 가장 저온인 15℃에서 가장 늦었다(Fig. 3). 수분흡수속도상수 역시 고온인 30℃와 35℃에서 높게 나타났으며 15℃와 20℃에서는 대체적으로 낮게 나타났다(Table 2). 콩과수종 종자의 경우 발아와 관련하여 물의 흡수속도와 온도와는 상관관계를 유지한다고 하였으며(배 등, 2002), Dawson 등(1952)은 침지수의 온도상승은 흡수속도를 증가시킨다고 하였다.

한편, 침지 후 종자가 수분평형에 도달하는 시간은 15, 20℃의 경우 48시간이었으며, 25℃ 및 30℃는 36시간이었는데 35℃에서는 12시간 후에 수분평형에 도달하여 다른 온도조건들과 심한 차이를 보였다. 김 등(1990) 및 Quast and Silva(1977)가 중립인 콩과수종의 경우 온도별 초기 수분흡수속도에 차이는 있으나 9시간 이상이 경과하면 흡수속도가 점차적으로 감소하여 평형에 도달한다고 보고한 것과는 달리 소립인 삼나무 종자는 위에서 언급한 바처럼 35℃를 제외하고는 모두 36시간이 경과한 후에 평형에 도달하여 차이를 나타내었다. 일반적으로 종자의 수분흡수는 종피에 있는 구멍이나 주공(micropyle)을 통해 이루어지는데, 보통 콩과수목의 종자는 외형적 특성상 종피에 뚜렷한 주공을 가지고 있다. 반면 삼나무 종자는 주공이나 종피 내 구멍이 뚜렷하게 관찰되지 않는다. 이것이 삼나무 종자가 소립종자임에도 불구하고 중립인 콩과수종 종자 보다 늦게 수분평형에 도달된 이유라고 판단된다. 또한, Pollock and Toole(1966)이 보고한 바에 따르면 *Phaseolus lunatus* 종자를 25℃에 침지하였을 때 2시간까지 급격한 수분흡수가 일어났으며, 2~6시간 동안은 느린 수분흡수상태를 나타내었고 이 후 25시간까지 빠른 곡선형태의 수분흡수상태를 보였다고 하였다. 본 연구에서 역시 25℃에서 침지한 종자의 경우 시간의 차이는 있으나 유사한 경향을 보였다. 즉, 침지 후 6시간까지는 급격하게 수분흡수가 일어났으며, 6~12시간까지는 완만하게 증가하였고 이 후 60시간까지 대체적으로 완만한 곡선의 형태로 증가

Table 1. Result of ANOVA showing effects of immersion temperature and time on moisture absorption rate in *C. japonica* seeds

Source of variation	df	Mean-square	F-value	P
Temperature *(Te)*	4	76.29	12.53	<0.001
Time *(Ti)*	8	243.86	40.05	<0.001
*Te * Ti*	32	1.87	0.31	0.9998
Error	80	6.09		

하였다.

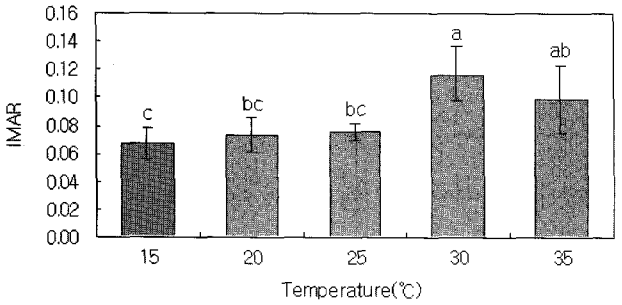

Fig. 3. Initial moisture absorption rate (IMAR) of *C. japonica* seeds at different temperatures.

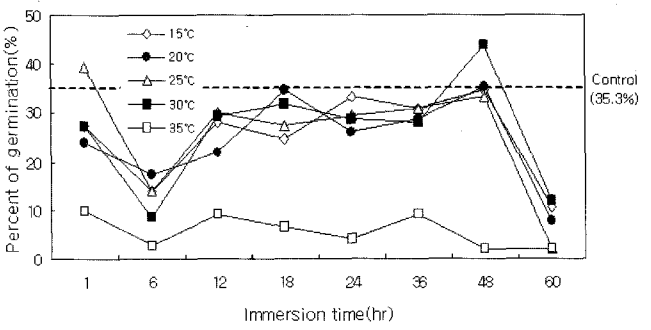

Fig. 4. Percent of germination of *C. japonica* seeds by immersion times at different temperatures.

종자의 발아특성

앞에서 기술한 바와 같이 발아적온이라고 판단되는 25℃에 온도 및 시간에 따라 침지 처리된 삼나무 종자를 치상한 결과, 발아율에서는 일정한 경향을 나타내지는 않았다(Fig. 4). 30℃에서 48시간 침지한 종자에서 가장 높은 발아율(45.3%)을 보였으며, 나머지는 모두 무처리구와 유사하거나 낮은 경향을 보였다. 특히 60시간 동안 침지한 종자의 경우 가장 낮은 발아율을 나타냈다. 침지의 목적은 수분흡수를 통해 발아대사를 조기에 유도하기 위함도 있으나 조직을 연하게 하여 발아를 쉽게 하기 위해서도 이를 실시한다. 그러나 과침지 시에는 수용성 영양소의 손실이 발생되어 발아가 저해된다. Yoshida와 Kajimoto (1978)도 발아 시 고온 또는 과침지에 의한 영양분의 용출은 발아율 및 발아세를 감소시키는 원인이 된다고 한 바 있다. Young과 Young(1994)은 삼나무 종자의 발아를 위해 냉수에 12시간 침수시킨 후 2~3개월 동안 prechilling 처리를 해야 한다고 하는 등 저온처리 중심으로 보고를 하였는데 본 실험은 비교적 고온인 30℃ 48시간 침지처리에서 효과를 나타내어 차이를 보였다. 한편, 침지온도별 발아율은 15℃와 30℃ 사이에서 온도 간에 변동이 있었으나 35℃에서는 모든 구간에서 대부분 낮게 나타났다.

본 결과에서 가장 효과가 높은 30℃ 48시간 침지종자의 경우 45.0%의 발아율로 무처리구(35.3%) 보다 높게 나타났으며, 이를 질적 측면에서 결과를 분석한다면 침지온도 및 시간 처리가 별다른 효과가 없다고 판단할 수도 있으나 종자를 다루는 양묘가들 및 기타 종자취급자들이 대규모의 양으로 시업을 실시한다는 이른바 양적(현실적) 측면을 고려해 볼 때 발아율 10% 차이는 실로 크지 않을 수 없다. 다시 말하면, 시업규모에 따라 차이는 있겠지만 10% 차이는 최종 생산량에 있어 커다란 양의 차이를 가져올 수 있기 때문에 본 결과가 가지는 의미를 간과해서는 안 될 것이다. 또한 침지온도나 침지시간의 조절을 통한 발아율 향상법은 일종의 hydropriming 처리로서 일반 priming 처리나 호르몬처리, 종피파상법 등과 같은 다른 발아촉진법의 경우 처리를 위해서 많은 경제적 비용 및 시간을 투자해야 하나 본 방법은 이를 위한 노력을 절감할 수 있다는 점에서 더욱 효과적이라 할 수 있겠다. 한편, 종자 발아율에 있어 침지온도 및 시간에 대한 ANOVA 분석을 실시한 결과 각 요인들은 1% 수준에서 고도의 유의성이 인정되었으며, 요인간 상호작용은 5% 수준에서 유의성이 인정되었다(Table 3).

종자의 평균발아일수는 침지온도 및 침지시간에 따라 뚜렷한 경향을 보이지는 않았다. 침지 48시간까지는 대체적으로 균일한 수준이었으나 35℃를 제외한 나머지 온도조건들에서는 60시

Table 2. Moisture absorption rate constant of *C. japonica* seeds by different immersion times at different temperatures

Immersion time (hr)	Temperature (℃)				
	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
1	0.0086±0.0052	0.0094±0.0028	0.0098±0.0008	0.0151±0.0059	0.0128±0.0082
6	0.0189±0.0059	0.0213±0.0031	0.0229±0.0143	0.0308±0.0064	0.0312±0.0099
12	0.0234±0.0052	0.0251±0.0029	0.0259±0.0164	0.0353±0.0084	0.0406±0.0116
18	0.0321±0.0049	0.0321±0.0031	0.0357±0.0074	0.0456±0.0067	0.0476±0.0129
24	0.0356±0.0043	0.0346±0.0020	0.0389±0.0073	0.0461±0.0073	0.0489±0.0122
30	0.0383±0.0034	0.0363±0.0014	0.0409±0.0065	0.0487±0.0070	0.0503±0.0107
36	0.0411±0.0038	0.0395±0.0019	0.0453±0.0048	0.0503±0.0085	0.0508±0.0100
48	0.0468±0.0031	0.0436±0.0023	0.0473±0.0049	0.0514±0.0079	0.0517±0.0077
60	0.0469±0.0031	0.0438±0.0066	0.0477±0.0068	0.0515±0.0058	0.0470±0.0108

Table 3. Result of ANOVA showing effects of immersion temperature and time on percent of germination in *C. japonica* seeds

Source of variation	df	Mean-square	F-value	P
Temperature (*Te*)	4	1878.13	39.32	<0.001
Time (*Ti*)	7	950.25	19.89	<0.001
Te * *Ti*	28	91.58	1.92	0.0128
Error	80	47.77		

간에서 급격한 증가를 보였다(Fig. 5). 60시간 침지 시 발아율이 급격히 감소한 점을 감안했을 때 본 구간에서 평균발아일수의 증가는 발아의 지속이라고 볼 수 없으며, 발아가 지연되었다고 할 수 있다(Fig. 4 참조). 침지온도별로 비교했을 때 15~30℃ 침지의 경우 침지시간별로 유사한 경향을 나타내었으나 35℃ 침지종자는 6시간 이후 계속하여 평균발아일수가 감소하였는데 이는 발아시간의 단축이 아니라 조기 고사로 판단 할 수 있다. 또한 무처리구(11.7일)와 모든 처리구를 비교했을 때 발아일수를 단축한 처리구는 없었으며, 발아율에서 효과를 보였던 30℃ 48시간 침지처리의 경우는 무처리구와 같은 경향을 보였다. 이외 대부분 처리구들은 무처리구 보다 평균발아일수가 길었다 ($p<0.01$). 결과적으로, 침지온도 및 시간의 조절을 통해 삼나무 종자의 발아일수를 단축시킬 수는 없으나 기존상태로 유지하면서 발아율은 향상시킬 수 있다.

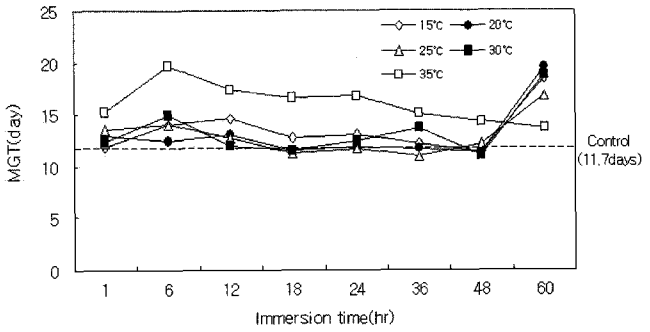

Fig. 5. Mean germination time (MGT) of *C. japonica* seeds by immersion times at different temperatures.

적 요

본 연구는 우리나라 남부지역 주요 조림수종인 삼나무 종자의 침지시 온도 및 시간 조절을 통해 발아율을 향상시키고자 실시되었는바 다음과 같은 결과를 얻었다.

삼나무 종자의 발아적온은 20℃ 및 25℃이었으며, 고온인 35℃에서 가장 발아율이 낮았다. 또한 15, 20, 25, 30, 35℃의 온도조건에서 시간에 따른 수분흡수율은 30℃ 및 35℃에서 높게 나타났다. 초기수분흡수속도는 30℃에서 가장 빨랐으며 본 실험 중 가장 저온인 15℃에서 가장 늦었다. 수분흡수속도상수 역시 고온인 30℃와 35℃에서 높게 나타났으며 15℃와 20℃에서는 대체적으로 낮게 나타났다. 한편, 삼나무 종자는 35℃를 제외하고는 모두 30시간 이상이 경과한 후에 평형에 도달하여 많은 차이를 나타내었다.

온도별 침지시간에 따른 삼나무 종자는 발아율에 있어 일정한 경향을 나타내지는 않았다. 30℃에서 48시간 침지한 종자에서 가장 높은 발아율(45.3%)을 보였으며, 나머지는 모두 무처리구와 유사하거나 낮은 경향을 보였다. 종자의 평균발아일수는 침지온도 및 침지시간에 따라 뚜렷한 경향을 보이지는 않았는데 침지 48시간까지는 대체적으로 균일한 수준이었으나 35℃를 제외한 나머지 온도조건들에서는 60시간에서 급격한 증가를 보였다. 30℃ 48시간 침지처리의 경우는 무처리구와 같은 경향을 보였으나 이외 대부분 처리구들은 무처리구 보다 평균발아일수가 길었다. 결과적으로 침지온도 및 침지시간의 조절은 삼나무 종자의 발아일수를 단축시킬 수는 없으나 기존상태로 유지하면서 발아율은 향상시킬 수 있다.

인용문헌

Dahal, P., K.J. Braford 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.

Dawson, E.H., J.C. Lamb, E.W. Toepfer and H.W. Warren. 1952. Technical Bull. 1051. U.S. Dept. of Agr. Washington D.C.

de Villalobos, A. E., D.V. Pelaez, R.M. Boo, M.D. Mayor and O.R. Elia. 2002. Effect of high temperatures on seed germination of *Prosopis caldenia* Burk. J. Arid Environ. 51: 371-378.

Ellis. 1985. Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 2. Compendium of specific germination and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources.

Kader, M.A. and S.C. Jutzi. 2002. Temperature, osmotic pressure and seed treatments influence imbibition rates in sorghum seeds. J. Agro. &Crop Sci. 188: 286-290.

Pollock, B. and V. Toole. 1966. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima bean seeds. Plant Physiol. 41: 221-229.

Quast, D.G. and S.D. da Silva. 1977. Temperature dependence of

hydration rate and effect of hydration on the cooking rate of dry legumes. J. Food Sci. 42: 1299-1303.

Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24: 1160-1162.

Woodstock, L. 1988. Seed imbibition: a critical period for successful germination. J. Seed Technol. 12: 1-15.

Yoshida, H. and G. Kajimoto. 1978. Fatty acid distribution in glycolipids and phospholipid in cotyledons of germinating soybeans. Agric. Biol. Chem. 42: 1323.

Young J.A. and C.G. Young. 1994. Seeds of woody plants in North America. Discorides Press. Portland, U.S.A. pp. 127.

강점순, 최영환, 손병구, 안종길, 조정래. 2000. 박 종자의 발아촉진을 위한 hydropriming 처리 효과. 한국원예학회지 41(6): 559-564.

김동희, 염초애, 김우정. 1990. 침지중 콩의 흡수 및 부피변화의 속도론적 연구. 한국농화학회지 33(1): 18-23.

노일래, 정재완, 정호정, 조명환, 박진면. 2004. 딸기종자의 프라이밍 처리가 발아에 미치는 영향. 시설원예연보 17(1): 14-18.

두홍수, 백원제, 류점호. 2001. 작두콩 종자의 종피파상과 침지처리가 발아에 미치는 영향. 한국작물학회지 46(3): 165-169.

배경근, 남승우, 김경남, 신상진, 황영현. 2002. 침지조건에 따른 콩 종실의 수분흡수율 및 발아특성. 한국작물학회지 47(3): 244-249.

박노복. 1995. 한국 특산 팥꽃나무의 생태적 특성, 종자발아 및 삽목번식에 관한 연구. 한국화훼연구회지 4(2): 7-12.

박윤점, 유성호, 최권웅, 정연옥. 1995. 한국 자생 범부채(*Belamcanda chinensis* (L) DC.)의 종자발아에 관한 연구. 한국화훼학회지 4(1): 35-40.

산림청. 2006. 종묘사업실시요령. pp. 11.

산림청. 2005. 임업통계연보. pp. 211.

상채규, 김은희, 김홍열. 1993. 할미꽃(*Pulsatilla cermua* var. *koreana*) 종자의 발아 및 수명. 한국원예학회지 34(3): 207-212.

이강수. 2001. 온도 및 황산처리가 헛개나무 종자의 발아에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 9(2): 166-172.

이기의, 송융남, 홍혜옥. 1982. 한국산 자생 만병초에 관한 연구 (Ⅰ)-종자발아를 중심으로-. 한국원예학회지 23(1): 64-69.

이민석. 2002. 종실 크기가 다른 품종의 콩나물 특성. 영남대학교 석사학위논문 pp. 8.

이영헌, 이종욱, 조상준. 1986. 대두의 침지중 고형물의 용출속도에 미치는 침지온도의 영향. 한국식품과학회지 18(6): 497-502.

이희두, 김시동, 김학현, 이종원, 김주형, 이철희, 이철희. 2006. 저장방법, 생장조절제 및 무기염류 처리가 가침박달나무의 종자발아에 미치는 영향. 원예과학기술지 24(1): 90-94.

이희두, 김시동, 김학현, 김주형, 이종원, 윤태, 김태종, 이철희. 2003. 저장방법 및 Priming 처리가 병꽃나무의 종자발아에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(1): 39-44.

임업연구원. 1994. 임목종자와 양묘. 임업연구원연구자료 제 91 호 pp. 20.

조진태, 연규인, 송삼곤, 권규칠. 1985. 개미취(*Aster tataricus*)의 종자발아, 재배방법 및 무기성분함량에 관한 연구. 한국원예학회지 26(3): 220-225.

최봉호, 홍병희, 강광희, 김진기, 김석현, 민태기. 2001. 신고 종자학. 향문사 pp. 115.

한인송, 김재건. 1999. 자생 초화류 종자의 광과 온도에 따른 발아특성. 건국자연과학연구지 10(1): 55-66.

홍성각, 조태환, 황증. 1981. 삼나무 내한성 품종 선발에 관한 연구. 한국임학회지 51: 22-35.

홍성천, 변수현, 김삼식. 1998. 원색한국수목도감. 계명사 pp. 310.

(접수일 2007. 6. 14 ; 수락일 2007. 7. 20)