조경용 상록활엽수로서 종가시나무의 종자발아 및 유묘생장 특성

최수민¹ · 신현철¹ · 박용배¹ · 윤준혁¹ · 허근영^{2*}

¹국립산림과학원 남부산림자원연구소, ²경남과학기술대학교 조경학과

Seed Germination and Seedling Growth of *Quercus glauca* as Landscaping Broad-leaved Evergreen Tree

Su Min Choi¹, Hyeon Cheol Shin¹, Yong Bae Park¹, Jun Hyuck Yoon¹ and Keun Young Huh^{2*}

¹Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea

²Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

Abstract

The seeds and seedling of broad-leaved evergreen trees are being required to improve urban landscaping and ecology in winter season. This study was carried out to investigate the characteristics of seed germination and seedling growth of *Quercus glauca* with seed collecting time and seed size. From Nov. 15, 2011 to Feb. 15, 2012, the seeds were collected at 4 different times with 30 days increment from the plants grown at Southern Forest Research Center in Jinju (N35°09'58.62", E128°06'23.42", 67m) and divided into 3 groups (small, middle and large grain) according to the size within each collecting time. The characteristics of seed itself, seed germination, and seedling growth were evaluated with the days of collection (collecting time) and seed size. The water content of seeds gradually increased as the days of collection increased between Nov. 15, 2011 and Jan. 15, 2012. The number of damaged embryos (%) also increased with the days of collection during the experiment and the large grains were significantly damaged more than the others. Seed germination was correlated with the days of collection ($r=-0.824$, $p<0.01$) and the number of damaged embryos ($r=-0.644$, $p<0.05$), but not correlated with seed size. The germination rate was high until Dec. 15, 2011, but decreased from Jan. 15, 2012. The germination rate, germination index, and T50 also showed better between Nov. 15 and Dec. 15, 2011 compared with those values during the rest period. Total dry weight as a variable of seedling growth was correlated with seed length*width ($r=0.785$, $p<0.01$), but not correlated with the days of collection. Total dry weight showed higher in large and middle grains than in small grains. Seedling quality index (SQI) showed higher between Nov. 15 and Dec. 15, 2011. Therefore, it could be suggested that we would select larger grains among the seeds harvested through December to obtain better seedlings.

Key words : Correlation, Germination rate, Seed collecting time, Seed size, Seedling quality index (SQI)

I. 서론

21세기로 접어들면서 물리적 이동 및 노동시간이 감소하고 경제 및 생활수준의 향상으로 충분한 여가시간을 가지게 되면서 정원활동에 대한 관심이 증가하고 있다(Kim et al., 2007). 정원활동을 위해서는 먼저 그 지역의 토양, 기후 그리고 계절에 적합한 강건한 식물들이 요구되며, 뿐만 아니라 그 지역에서 정원의 자아 정체성은 문화적 특성과 함께 환경적 특성을 이해하는 것이 필요하다. 우리나라 남부지역에 자생하는 상록활엽수는 아름다운 수형과 꽃, 매혹적인 꽃향기, 광택이 나는 아름다움 때문에 중부지역과 구별되는

이색적인 분위기 연출 및 사계절 녹색공간을 제공할 수 있어서 선호되는 수종이다(Shin and You, 2011).

겨울철 도시경관의 향상과 생태적 건전성을 위해 조경용 상록 활엽수 종자 및 묘목의 수요가 빠르게 증가할 것이다(Kim et al., 2010). 조경용 상록활엽수로서 종가시나무(*Quercus glauca*)는 내염성과 내조성이 강하고 공해에도 잘 견디는 성질로(Park, 2007) 해안지역의 정원수, 공원의 풍치림 등 수요가 급증하고 있다. 본래 제주도 토착수종으로서 생육이 우수할 뿐만 아니라 경제적 가치가 높은 수종으로 제주도와 전라남도 도지사방 표고 600m 이하에 분포하며, 4~5월에 개화하여 10~11월에 담갈색으로 결실하고, 견과는 침구형으로 각두에 쌓여 있으며, 지름 6~9mm로 5~6개의 윤층이 있고, 종자는 식용으로 이용되기도 하며, 11월 하순에서 이듬해 2월 하순까지 장기간 결실하는 습성이 있다

Received on October 8, 2014. Revised on October 27, 2014.

Accepted on October 31, 2014.

*Corresponding author: sumoto@gntech.ac.kr

(Shin et al., 2006). 지금까지 종가시나무에 대한 연구가 국내에서 일부 수행되었지만(Park, 2007; Lee, 2010; Son et al., 2011), 종자발아력 향상과 건전한 묘목생산을 위한 연구는 여전히 미흡한 실정이다.

종자발아 및 유묘생장에서 채종시기 및 종자크기는 식물의 생활사에 큰 영향을 미치는 요인들이다. 종자는 성숙도에 따라 유숙기, 황숙기, 과숙기로 구분한다. 과숙기는 건조로 인하여 종피 내 성분에 변화가 생겨 수분의 침투작용이 곤란해지므로 발아력이 저하되어 보통 황숙기에 채취하였을 때 활력이 가장 높다(Tak et al., 2006). 또한 종자 발아율 특성은 유묘생존에 매우 중요하기 때문에 최상의 성숙된 종자를 선택해야 한다(Nadya and Lahouari, 2013). 종자크기도 또한 발아, 분산 그리고 유식물 정착 등에 영향을 미친다(Wulff, 1986). 스트로브잣나무 같은 경우 중량이 더 무거운 종자는 더 좋은 생장을 보였으며(El-Kassaby et al., 1992; Parker et al., 2006), 이러한 종자발아의 특징들은 묘목의 생장에도 영향을 준다고 보고된 바 있다(Parker et al., 2006). 반면 Chon(1976)은 잣나무 발아율은 종자의 무게 및 크기의 차이에 영향을 받지 않으나, 종자의 무게, 길이 및 두께의 차이가 묘목의 초기 생장에 크게 영향을 준다고 보고하였다. 이렇게 발아율과 관련된 특징들을 선발하는 것은 육종계획을 위해 필요하며, 이러한 특징들은 종자품질의 유전적, 생리적, 형태적인 지표가 될 것이다. 또한 초기 잎의 출현과도 관련되어 묘목의 성공적인 활착을 위해서도 중요한 요인이 될 것이다(Nadya and Lahouari, 2013).

따라서 본 연구에서 경제적 가치가 높은 종가시나무의 건전한 묘목 생산과 이식 후 활착률 향상을 위해서 채종시기와 종자크기에 따른 종자발아 및 유묘생장의 특성을 구명하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 채종 및 종자 특성

본 연구를 수행하기 위한 공시수종은 종가시나무였다(Fig. 1). 경남 진주시에 위치한 남부산림자원연구소에 식재된 종가시나무에서 2011년 11월부터 2012년 2월까지 30일 간격으로 종자를 채집하여(Table 1) 파종 전까지 종자저장고($4\pm 2^{\circ}\text{C}$)에 밀봉저장하였다.

채집된 종자는 채집 직후 채종시기로 구분하여 육안으로 소립, 중립, 대립으로 선별하였고 채종시기와 종자크기로 구분된 각 처리에서 임의추출법으로 25립씩 4반복으로 표본을 추출하여 종자의 길이(length), 폭(width), 수분함량(water contents)을 측정하였다. 또한 종자의 활력도(viability)를 평가하기 위해 각 처리에서 임의추출법으로 10립씩 3반복으로 추출하여 핀셋과 해부용 칼을 이

Fig. 1. Seeds of *Quercus glauca*.

Table 1. Seed collecting times and site.

Days of collection	Date	Collecting site
0 day	Nov. 15, 2011	Jinju N35°09'58.62" E128°06'23.42" 67m
30 days	Dec. 15, 2011	
60 days	Jan. 15, 2012	
90 days	Feb. 15, 2012	

용하여 종자를 세로로 자른 후 직접 배의 색깔을 관찰하는 방법으로 종자 내 배(embryo)의 피해 유무를 측정하였다.

2. 종자발아 및 유묘생장 특성

채종시기와 종자크기로 구분된 각 처리에서 선발한 종자를 88립씩 3반복하여 2012년 3월 22일에 마사토를 채운 육묘포트에 파종한 후 유리온실에 배치하고 2012년 6월 30일까지 종자발아 및 유묘생장 특성을 조사하였다. 파종상에서 자엽이 2mm 이상 돌출되면 발아한 것으로 간주하고 2일 간격으로 발아된 종자의 수를 조사하여 발아율(germination percentage; GP), 발아속도(germination rate, GR), 발아지수(germination index; GI), T_{50} 를 산출하였다. 발아율은 총 공시종자에 대한 발아종자의 백분율로 표시하였고, $GP = (N/S) \times 100$ (N; 총 발아수 S; 공시종자수)의 식을 이용하였다. 발아속도는 누적발아곡선의 백분위수(percentile) 값이 90%가 되

Table 2. Seed characteristics of *Quercus glauca* with the days of collection and seed size.

Days of collection		Seed length(mm)	Seed width(mm)	Water content(%)	Damaged embryos(%)
0	S ^z	15.4±0.9 ^y	10.4±0.9	58.8±4.8	6.7±4.7
	M	17.4±1.4	12.0±0.6	63.5±1.0	6.7±4.7
	L	20.1±1.9	13.2±0.7	52.7±6.0	3.3±4.7
30	S	15.8±1.3	11.0±0.9	64.8±1.7	13.3±9.4
	M	18.9±1.9	12.7±0.8	65.4±2.2	10.0±8.2
	L	20.1±1.8	13.2±0.7	56.0±5.6	20.0±0.0
60	S	15.2±1.2	9.4±1.0	67.1±3.8	6.7±9.4
	M	16.6±1.3	11.2±1.3	69.6±1.2	13.3±9.4
	L	19.9±1.4	12.5±0.7	69.3±2.5	33.3±12.5
90	S	14.5±0.9	11.1±0.6	65.5±3.2	30.0±14.1
	M	17.2±1.1	12.1±0.8	65.7±4.2	36.7±4.7
	L	18.6±1.4	12.9±0.7	68.8±5.9	46.7±20.6

^z seed size (S: small, M: medium, L: large) ^y Mean±SD

는 일수의 역수로 계산하였다. 발아지수는 $GI = \sum(T_i N_i) / S(T_i)$ (파종 후 경과일수, N_i ; i 일에 발아된 종자수, S ; 파종된 종자수)의 식을 이용하였다(Scott et al., 1984). T_{50} 은 발아율이 50%가 되는 일수를 계산하였다.

2012년 6월 30일까지 발아한 개체 중 잎이 2개 이상인 유묘를 대상으로 묘고, 근원경, 엽수를 측정하였고 2012년 11월 8일에 각 처리에서 5본을 채취하여 묘고와 근원경을 측정하여 H/D율 [height(cm)/root collar diameter(mm)]을 산출하였고(Bayala et al., 2009), 뿌리, 줄기, 잎을 각각 구분하여 62℃에서 72시간 건조시켜 총건중량과 T/R율을 산출하였으며, 묘목품질지수(Seedling Quality Index, SQI)를 다음의 방정식으로 산출하였다(Deans et al., 1989): $SQI = \text{Seedling dry weight(g)} / (\text{H/D ratio} + \text{T/R ratio})$.

3. 통계분석

수집된 데이터는 SPSS 12.0.0 for Windows(SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA, 2003)를 이용하여 5% 또는 1% 유의수준에서 Duncan's multiple range test와 상관분석(correlation analysis)을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 채종시기 및 종자크기에 따른 종자특성

채종을 개시한 2011년 11월 15일부터 30일 간격으로 이듬해 2월 15일까지 종가시나무 종자를 채집하여 채종시기별 종자크기와 특성을 분석하였다(Table 2). 채종기간 동안 종자의 길이는 소립종

자에서 14.5~15.8mm, 중립종자에서 16.6~18.9mm, 대립종자에서 18.6~20.1mm의 범위를 나타냈고, 종자의 폭은 소립종자에서 9.4~11.1mm, 중립종자에서 11.2~12.7mm, 대립종자에서 12.5~13.2mm의 범위를 나타냈다. 전반적으로 종자의 크기는 11월부터 12월까지의 증가하는 경향을 보였고 이듬해 1월부터 2월까지의 감소하는 경향을 보였다.

종자의 수분함량은 1월에 채집한 소립종자에서 67.1%, 중립종자에서 69.6%, 대립종자에서 69.3%로 다른 시기에 채집한 종자들과 비교하여 가장 높은 경향을 나타냈고, 다음으로 2월에 채집한 종자들이 높은 경향을 나타냈다. 전반적으로 종자의 수분함량은 채종을 개시한 11월에서부터 이듬해 1월까지 점차 증가하는 경향을 나타냈다.

종자의 활력도를 평가하기 위해서 절단법으로 종자 내 배의 피해 유무를 조사한 결과를 살펴보면 채종을 개시한 11월에는 배의 피해를 나타내는 종자수가 소립종자와 중립종자에서 각각 6.7%, 대립종자에서 3.3%를 나타냈고, 채종 시기가 늦어질수록 배의 피해를 나타내는 종자수가 증가하여 이듬해 2월에는 소립종자에서 30.0%, 중립종자에서 36.7%, 대립종자에서 46.7%를 나타냈다. 전반적으로 채종시기가 늦어질수록 배의 피해가 증가하며 특히 대립에서 더욱더 많은 피해가 나타났다.

2. 채종시기 및 종자크기에 따른 발아특성

발아율은 12월에 채집한 종자들에서 80% 이상을 나타내며 다른 처리구보다 높았고, 반면에 이듬해부터 채집한 종자들에서는 채종시기가 증가하며 점차 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 2). 종자크기와는 통계적 유의성을 나타내지 않았는데, 이러한 결과는 종자

Fig. 2. Seed germination of *Quercus glauca* seed with the days of collection time and seed size. The different letters on the top of each bar chart indicate significantly different at p<0.01 by Duncan's multiple range test.

크기와 발아율의 상관관계가 적다고 보고한 Xiao et al.(2004)와 Shin and You(2011)의 연구결과와 유사하였다.

발아속도의 증가는 더 짧은 기간 내 동일한 수의 발아가 이루어졌거나, 아니면 동일한 기간 내 더 많은 수의 발아가 이루어졌을 때 발생하는데(Choi, 2010), 발아속도도 발아율과 유사한 경향을 보였다. 다만, 12월에 채집한 종자에서 발아속도는 중립종자와 대립종자에서 1.5이상으로 통계적으로 유의성 있게 높게 나타났는데, 이것은 채종시기와 함께 종자크기도 또한 발아속도에 영향을 미칠 수 있음을 의미하였다. Navarro and Guitian(2003)은 종자의 크기와 무게는 종자 발아율, 발아속도 및 유묘의 생존에 영향을 미친다고 보고하였고, Shin and You(2011)은 갈참나무와 졸참나무의 발아율이 큰 종자에서 높았다고 보고하였으며, Kanazawa(1975)는 물참나무의 종자크기가 커지면 발아율이 높아진다고 보고하였다. 종합하여 볼 때, 채종시기의 영향력과 비교하여 강하지는 않지만 종자크기도 또한 종자발아에 영향력을 미친다고 볼 수 있었다.

발아지수는 12월에 채집한 소립종자에서 가장 높게 나타났으며, 11월 채집한 종자가 다음으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 발아율과 유사하여 발아지수가 높을수록 발아율이 높다(Stundstrom et al., 1987)는 선행 연구결과와 일치하였다.

T₅₀은 11월과 12월에 채집한 종자들에서 55일 이후로 이듬해 1월과 2월에 채집한 종자들과 비교하여 상대적으로 짧게 나타났으며, 이듬해 1월의 대립종자를 제외하고 통계적 유의차를 가지는 것

으로 나타났다. 또한 11월과 12월에 종자크기에 따른 처리들 간에 T₅₀의 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다. 이것은 11월과 12월에 채집한 종자들이 발아율 50%에 이르는데 상대적으로 짧은 시간이 요구되며, 종자크기에 따른 영향을 없음을 의미하였다.

종자발아는 종자가 성숙되는 환경적 요건에 의해 영향을 받는데(Climent et al., 2008, Moya et al., 2008), Table 2의 종자특성과 Fig. 2의 발아특성에 관한 실험결과를 살펴보면 발아율은 채종시기와 종자 내 배의 피해 유무와 밀접한 관련이 있었고, 종자크기와 뚜렷한 관련을 나타내지 않았다. 임목종자의 채취시기는 종자의 성숙 및 활력과 밀접한 관련이 있으며(Tak et al., 2006), 종자의 저장시 발생하는 종자의 충실도 감소는 발아특성에 부정적인 영향을 준다(Han et al., 2004). 따라서 이듬해 1월에 채집한 종자의 배 피해율이 낮았음에도 발아율이 낮은 것으로 판단된다. 즉, 채종시기가 늦어질수록 배의 피해를 나타내는 종자수가 증가함과 동시에 종자 저장시 발생하는 충실도 감소는 결과적으로 발아율이 낮아지는 것으로 나타났다.

종자발아를 고려하여 종합적으로 살펴보면 12월까지 채종된 증가시나무 종자는 높은 발아율을 보였지만 이후에는 점차 발아율이 낮아지는 경향을보였고, 발아속도, 발아지수, T₅₀값도 11월과 12월이 상대적으로 양호하였으므로 증가시나무의 채종시기는 12월까지가 적합한 것으로 판단되었다. 그리고 종자크기는 종자발아에 뚜렷한 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다

3. 유묘의 생장특성

채종시기와 종자크기로 구분된 각 처리에서 생장한 유묘들의 묘고, 근원경, 엽수를 측정한 결과는 Table 3과 같았다. 이듬해 2월에 채집한 대립종자에서 발생한 유묘의 묘고(7.56cm)와 근원경(2.23

Table 3. Seedling height and root collar diameter with the days of collection and seed size.

Days of collection		Height(cm)	Root collar diameter(mm)	No. of leaves
0	S ^z	5.49±0.05 ef ^y	1.99±0.04 e	4.33±0.02 d
	M	6.54±0.26 cd	2.06±0.01 cde	5.12±0.15 bc
	L	6.50±0.58 cd	2.01±0.04 de	5.05±0.32 bc
30	S	6.48±0.24 cd	1.98±0.05 e	4.87±0.19 c
	M	7.48±0.60 ab	2.15±0.07 abc	5.07±0.09 bc
	L	7.01±0.32 abc	2.17±0.05 ab	5.05±0.33 bc
60	S	5.09±0.32 f	1.52±0.02 g	3.63±0.17 e
	M	6.04±0.13 de	1.78±0.08 f	4.26±0.11 d
	L	6.87±0.16 c	2.09±0.06 bcd	5.05±0.09 bc
90	S	5.43±0.21 f	1.84±0.03 f	4.12±0.30 d
	M	6.93±0.08 bc	2.12±0.03 bc	5.45±0.14 ab
	L	7.56±0.45 a	2.23±0.07 a	5.60±0.36 a

^z seed size (S: small, M: medium, L: large) ^y Mean±SD, The different letters on the top of each bar chart indicate significantly different at $p<0.01$ by Duncan's multiple range test.

mm), 엽수(5.6개)의 생장이 가장 양호하였다. 종자크기가 발아율에 큰 영향을 미치지 못한 결과와는 다르게 유묘의 생장에서는 소립종자가 중립종자와 대립종자와 비교하여 묘고, 근원경, 엽수 등의 생장 측정항목에서 상대적으로 낮은 값을 나타냈다.

종자의 크기에 따라서 떡잎 출현과 생존율 및 생장율이 영향을 받으며, 큰 종자는 유식물의 높이, 지름, 엽면적, 생체량에서 작은 종자에 비해 유리하다는 선행 연구결과(Bonfil, 1998)와 참나무에서 중간 종자나 큰 종자가 생장율이 높다는 선행 연구결과(Mccomb 1934, Long and Jones 1996, Bonfil, 1998)와 유사한 경향을 보였다. 이는 종자가 클수록 영양소 함량이 높아 유식물의 줄기생장에 긍정적인 영향을 미치기 때문으로 해석된다(Kenji and Kihachiro 1991; Ke and Werger 1999).

채종시기와 종자크기에 따른 유묘의 건중량, H/D율, T/R율, 묘목품질질수(SQI)는 Fig. 3과 같았다. 묘목의 건중량은 채종시기보다는 종자의 크기에 영향을 받는 것으로 조사되어 12월에 채집한 종자를 제외하고는 소립종자, 중립종자, 대립종자 순으로 건중량이 증가하는 것으로 나타났다. 이듬해 1월과 2월에 채집한 종자의 건중량에서 소립종자는 중립종자와 대립종자와 비교하여 상대적으로 큰 차이를 나타냈다. 종자의 크기는 널리 받아들여지는 종자 품질측정법으로, 큰 종자에서 파생된 묘목은 더 높은 생존율과 생장율을 가졌다는 결과와 유사하였다(Spurr 1944; Parker et al., 2006). 또한 종자의 크기나 무게가 발아 능력 및 유묘의 생존과 생장을 포함하여 다양한 생존변수를 파악하는데 좋은 지표가 된다고

Fig. 3. Seedling growth of *Quercus glauca* with the days of collection and seed size. The different letters on the top of each bar chart indicate significantly different at $p<0.01$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Correlation coefficient between two variables in days of collection (DC), seed length*width (LW), water content (WC), damaged embryos (DE), germination percentage (GP), T₅₀, total dry weight (DW), and Seedling quality index (SQI).

Variables	DC	LW	WC	DE	GP	T ₅₀	DW	SQI
DC								
LW	-0.159							
WC	0.685*	-0.338						
DE	0.816**	0.223	0.481					
GP	-0.824**	0.229	-0.460	-0.644*				
T ₅₀	0.737**	-0.313	0.561	0.517	-0.554			
DW	-0.043	0.785**	-0.040	0.380	0.179	-0.080		
SQI	-0.405	0.344	-0.092	-0.244	0.595*	-0.060	0.411	

*Significant at $P < 0.05$ respectively by correlation.**Significant at $P < 0.01$ respectively by correlation.

알려져 있다(Marshall, 1987).

묘목품질지수는 H/D율과 T/R율이 낮고, 물질생산량이 높았을 때, 그 값이 높게 산정되어 건전한 묘목으로 평가를 받는데(Bayala et al., 2009), 11월에 채집한 중립종자에서 발생한 묘목의 품질지수가 0.09이상으로 가장 높게 나타났다. 그 다음으로 12월에 채집한 종자에서 발생한 묘목의 품질지수가 높게 나타났다. 종자크기 간 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다. 이듬해 2월에 채취한 종자에서 발생한 묘목품질지수에서는 소립종자의 묘목이 중립종자와 대립종자의 묘목보다 묘목품질지수가 낮게 나타났다. T/R율은 채종시기와 종자크기에 따른 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다. H/D율은 다른 결과들과 비교하여 분명하고 일관성 있는 결과를 나타내지 않았다.

유묘생장을 고려하여 종합적으로 살펴보면 종자크기가 클수록 생장량이 증가하는 경향을 나타냈으며, 11월부터 12월까지 묘목 품질지수가 상대적으로 높은 경향을 나타냈으므로 종가시나무의 채종시기는 12월까지가 적합하며 상대적으로 큰 종자를 선별하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

4. 종자특성과 발아 및 유묘생장의 상관분석

앞서 제시되었던 변수들, 즉 채종경과일수, 종자크기 내 종자의 길이 및 폭, 수분함량, 종자 내 배의 피해 유무, 발아율, 발아속도, 발아지수, T₅₀, 총 건중량, H/D율, T/R율, 묘목품질지수(SQI)에 대하여 일차적으로 상관분석을 실시한 결과에서 소립, 중립, 대립으로 구분되는 종자크기를 제거하고, 종자의 길이 및 폭을 하나의 변수인 종자의 길이*폭으로 변환하며, 발아율과 유사한 경향을 나타낸 발아속도와 발아지수를 제거하고, 뚜렷한 상관을 나타내지 않았던 H/D율과 T/R율을 제거하여 최종으로 Table 4와 같은 상관분석 결과를 도출하였다. 그 결과를 채종시기와 종자크기의 측면에서 살

펴보면, 채종시기는 발아율과 유의수준 1%에서 부(-)의 상관을 나타냈고, 수분함량과 유의수준 5%에서 정(+)의 상관을 나타냈으며, 종자 내 배의 피해유무와 T₅₀과 유의수준 1%에서 정(+)의 상관을 나타냈다. 그리고 종자의 길이*폭은 발아율과는 상관을 나타내지 않았고, 총건중량과 유의수준 1%에서 정(+)의 상관을 나타냈다.

이것을 다시 발아율과 유묘생장의 측면에서 살펴보면, 발아율은 채종경과일수와 유의수준 1%에서 부(-)의 상관을 나타냈고, 종자 내 배의 피해유무와 유의수준 5%에서 부(-)의 상관을 나타냈으며, T₅₀은 채종경과일수와 유의수준 1%에서 정(+)의 상관을 나타냈다. 그리고 총건물중은 종자의 길이*폭과 유의수준 1%에서 정(+)의 상관을 나타냈고, 묘목품질지수는 채종경과일수, 종자의 길이*폭, 수분함량, 종자 내 배의 피해 유무 모두와 상관을 나타내지 않았다.

결과들을 종합하여 보면 종자발아에 영향을 미치는 주요한 요인은 채종시기와 종자 내 배의 피해유무이며 이것을 보다 구체적으로 해석하면 실험기간인 11월부터 이듬해 2월중에 채종시기가 늦어질수록 종자 내 배의 활력도 감소, 즉 배의 피해 증가가 발생하고 이것은 종자의 발아에 부정적인 영향을 미치는 것으로 이해할 수 있다. 보통 종자는 황숙기에 채취하였을 때 활력이 가장 높지만 수종마다 약간의 차이가 있어 느릅나무 종자의 경우 황색으로 변하기 전인 유숙기에 발아력이 왕성 하였다(Tak et al., 2006). 따라서 발아율이 높이기 위해서는 적절한 시기에 종자를 채종하는 것이 중요하다. 유묘생장에 영향을 미치는 주요한 요인은 종자크기이며 종자가 클수록 유묘생장이 왕성한 것으로 이해할 수 있다. 또한 종자의 수분함량 변화는 본 실험기간인 11월부터 이듬해 2월중에는 종자 발아와 유묘생장에 분명한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

IV. 적요

겨울철 도시경관의 향상과 생태적 건전성을 위해 조경용 상록활엽수 종자 및 묘목의 수요가 빠르게 증가할 것이다. 본 연구는 종가시나무에 대하여 채종시기와 종자크기에 따른 종자발아 및 유묘생장의 특성을 구명하고자 수행되었다. 경남 진주시에 위치한 남부산림자원연구소(N35°09'58.62", E128°06'23.42", 67m)에 식재된 종가시나무에서 2011년 11월부터 이듬해 2월까지 30일 간격으로 종자를 채집하여 종자크기에 따라서 3가지로 구분하고 종자특성과 발아 및 유묘생장 특성을 분석하였다. 전반적으로 종자의 수분함량은 채종을 개시한 11월에서부터 이듬해 1월까지 점차 증가하는 경향을 나타냈고, 채종시기가 늦어질수록 배의 피해가 증가하며 특히 대립에서 더욱더 많은 피해가 나타났다. 발아율은 채종경과일수와 종자 내 배의 피해 유무와 통계적으로 유의성 있는 상관관계를 나타냈고, 종자크기와는 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다. 12월까지 채종된 종자는 높은 발아율을 보였지만 이후에는 점차 발아율이 낮아지는 경향을 보였고, 발아속도, 발아지수, T₅₀값도 11월과 12월이 상대적으로 양호하였다. 유묘생장은 채종경과일수와 상관관계를 나타내지 않았고, 종자크기와 유의성 있는 상관관계를 나타냈다. 종자크기가 클수록 총 건중량이 높게 나타났으며, 11월부터 12월까지 묘목품질지수가 상대적으로 높게 나타났다. 결과적으로, 건전한 종자발아 및 유묘생장을 위해서 종가시나무의 채종시기는 12월까지가 적합하며 상대적으로 큰 종자를 선별하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

V. References

- Bayala, J., M. Dianda, J. Wilson, S.J. Ouédraogo, and K. Sanon. 2009. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forests* 38(3):309-322.
- Bonfil, C. 1998 The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina*. *American Journal of Botany* 85:79.
- Chon, S.K. 1976. Effect of seed size and weight on growth of first-year seedling in *Pinus koraiensis*. *Jour. Korean For. Soc.* 31:48-52.
- Choi, C.H. 2010. Variation of seed germination response to temperatures among provenances and improvement of germination uniformity by priming treatment in *Fraxinus rhynchophylla*. PhD Diss., Chonbuk National Univ., Jeonju, Korea.
- Climont, J., M.A. Prada, R. Calama, M.R. Chambel, Sanchez de Ron D., and R. Alia. 2008. To grow or to seed: ecotypic variation in reproductive allocation and cone production by young female Aleppo pine (*Pinus halepensis*, pinaceae). *Am J Bot.* 95(7):1-10.
- Deans, J.D., W.L. Mason, M.G.R. Cannell, A.L. Sharpe, and L.J. Sheppard. 1989. Growing regimes for bare-root stock of *Sitka spruce*, *Douglas fir* and *Scots pine*. 1. Morphology at the end of the nursery phase. *Forestry* 62:53-60.
- El-Kassaby, Y.A., G.W. Edwards, and A.R. Taylor. 1992. Genetic control of germination parameters in Douglas-fir and its importance for domestication. *Silvae Genetica* 41(1):48-54.
- Han, S.H., C.S. Kim, S.S. Jang, H.J. Lee, and W.S. Tak. 2004. Change in the seed characters and germination properties of three tree species at different storage time. *Korean journal of agricultural and forest meteorology* 6(3):183-189.
- Kanazawa, Y. 1975. Production, dispersal and germination of acorns in natural stands of *Quercus crispula*. *Journal of the Japanese Forest* 57:209-214.
- Ke, G. and M.J.A. Werger. 1999. Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect of acorn size. *Acta Oecologica* 20:579-586.
- Kenji, S. and K. Kihachiro. 1991. Phenology of tree seedlings in relation to seed size. *Canada Journal of Biotechnology* 69:532-538.
- Kim, I.H., K.Y. Huh, and M.R. Huh. 2010. Cold tolerance assessment of *Sedum* Species for shallow-extensive green roof system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(1):22-30.
- Kim, I., K.Y. Huh, H.C. Kang, Y.B. Sagong, and M. Wrigley. 2007. A study on history and culture of 19C English and Australasian cottage garden. *Journal of Korean Society for Plants, People and Environment* 10(2):26-43.
- Lee, H.J. 2010. Ecological studies on *Quercus gilva* and *Quercus glauca* by elevated CO₂ concentration and temperature. MS Thesis, Kong Ju National University, Kongju, Korea.
- Long, T.J. and R.H. Jones. 1996. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats. *Trees* 11:1-8.
- Marshall, D.L., 1987. Effects of seed size on seedling success in three species of *Sesbania*(*Fabaceae*). *American J. of Botany* 73:457-464.
- McComb, A.L., 1934. The relation between acorn weight and the development of one year chestnut oak seedlings. *Journal of Forestry* 32:479-484.
- Moya, D., J. De las Heras, F.R. Lopez-Serrano, and V. Leone. 2008. Optimal intensity and age management in young Aleppo pine stands for post-fire resilience. *For Ecol Manag.* 255:3270- 3280.
- Navarro, L. and J. Guitian. 2003. Seed germination and seedling survival of two threatened endemic species of the northwest Iberian peninsula. *Biological Conservation* 109:313-320.
- Nadya, W. and B. Lahouari. 2013. The relationship between seed weight, germination and biochemical reserves of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Morocco. *New Forests* 44:385-397.
- Parker, W.H., T.L. Noland, and A.E. Morneault. 2006. The effects of seed mass on germination, seedling emergence and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). *New Forest* 32:33-49.
- Park, J.C. 2007. Studies on the growth of seedlings and transplanting in *Quercus myrsinaefolia* Blume and *Q. glauca* Thunb. MS

- Thesis. Jinju National University, Jinju, Korea.
- Scott, S.J., R.A. Jones, and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24:1160-1162.
- Shin, H.C., N.C. Park, and J.H. Hwang. 2006. The warm-temperate tree species of Korea. 1st ed. Korea forest research institute, Jinju, Korea.
- Shin, J.H. and Y.H. You. 2011. Effect of seed size on the rate of germination, early growth and winter survival in four oaks species. *Korean J. Environ. Biol.* 29(4):274-279.
- Son, S.G., H.J. Kim, Y.J. Kang, C.J. Oh, C.S. Kim, and K.O. Byun. 2011. Establishment of breeding population for *Quercus glauca* and climatic factors. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 13(3):109-114.
- Spurr, S.H. 1944. Effect of seed weight and seed origin on the early development of eastern white pine. *J. Arn Arbor.* 25:467-481.
- Stundstrom, F.J., R.B. Reader, and R.L. Ewards. 1987. Effect of seed treatment and planting method on tabasco pepper. *Jr. of the American Society for Horticultural Science* 112(4):641-644.
- Tak, W.S., C.H. Choi, and T.S. Kim. 2006. Change in the seed characteristics and germination properties of *Ulmus davidiana* var. *Japonica* according to seed collection time. *Jour. Korean For. Soc.* 95(3):316-322.
- Wulff, R.D. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum* II. Effects on seedling growth and physiological performance. *The Journal of Ecology* 74:99-114.
- Xiao, Z., Z. Zhang, and Y. Wang. 2004. Dispersal and germination of big and small nuts of *Quercus serrata* in a subtropical broad-leaved evergreen forest. *Forest Ecology and Management* 195:141-150.