

PLANT&FOREST

Effect of film liner packaging with chlorine dioxide on the storage quality of container-grown or bare-root seedlings at cold or frozen temperatures in sawtooth oak and Japanese larch

Yu-Rim Kim¹, Min-Seok Cho², Byung-Bae Park³, Jong-Pil Chun^{1*}

¹Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Korea Forest Technology and Management Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Korea

³Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: jpchun@cnu.ac.kr

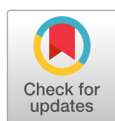
Abstract

This study was carried out to discover suitable packaging methods during the cold or frozen storage of sawtooth oak and Japanese larch seedlings, which are major afforestation tree species in Korea. The weight loss rate of sawtooth oak was lower under frozen storage at -2°C (maximum, 33.7%) than under cold storage at 2°C (maximum, 61.0%). A film liner treatment inside the packaging box effectively suppressed the increase in the weight loss rate. For the sawtooth oak containerized seedlings, when stored at -2°C, the rate of weight loss was 17.9 to 25.4% in the untreated group and less than 1% in the film liner treatment group. Similar results were observed with Japanese larch. After two months of freezing at -2°C, both species maintained a low index of 1.0 - 1.1 with regard to the degree of shoot desiccation of containerized seedlings, and there was no significant difference between the treatments. On the other hand, the chlorine dioxide treatment could more effectively reduce the occurrence of mold and shoot desiccation than a PE single treatment in bare-root seedlings. According to these results, it was concluded that frozen storage is generally suitable as a means of long-term storage compared to cold storage of sawtooth oak and Japanese larch. A chlorine dioxide treatment at 20 ppm was effective for maintaining seedling quality levels during storage, demonstrating the good effect of suppressing the occurrence of shoot desiccation and the occurrence of mold.

Keywords: bare-root seedling, containerized seedling, desiccation disorder, Japanese larch, sawtooth oak

Introduction

우리나라는 1996년 강원도 고성지역 산불 피해지 복원용으로 사용될 소나무 용기묘 생산 이후로 본격적으로 조림용 용기묘 생산이 시작되었다(Kim and Yun, 2006). 최근에는 병해충,



OPEN ACCESS

Citation: Kim YR, Cho MS, Park BB, Chun JP. Effect of film liner packaging with chlorine dioxide on the storage quality of container-grown or bare-root seedlings at cold or frozen temperatures in sawtooth oak and Japanese larch. Korean Journal of Agricultural Science 48:753-760. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20210063>

Received: August 20, 2021

Revised: September 24, 2021

Accepted: October 05, 2021

Copyright: © 2021 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기후변화 및 노동력 분산 등으로 인하여 저하되고 있는 조림성과를 제고하기 위해 용기묘 생산, 묘목 저온저장 및 연계 포장 기술구축이 필요해졌다(Kim et al., 2010a).

용기묘(container-grown)는 종자를 용기에 파종한 실생에서 유래되었거나 용기 내에서 삼목 혹은 점목으로 생산된 묘를 의미하며, 노지포장에서 생산된 묘를 상품화의 목적으로 용기에 담아 생산한 것은 용기화묘(containerized)라고 정의된다(Davidson et al., 2000). 수목의 육묘에 있어 용기생산의 장점으로는 생산에 소요되는 공간이 노지생산에 비해 상대적으로 작아도 된다는 것과, 주년생산을 통한 생산과 식재가 연중 언제라도 가능하다는 것이다. 또한 취급이 용이하고 묘 생장의 균일성을 확보할 수 있고, 소비자 호감도가 높으며, 시장에서의 유통기간을 확대할 수 있는 장점을 가지고 있다(Whitcomb, 1988; Davidson et al., 2000). 기술적 측면으로는 형성된 근계의 손상 없이 유지가 가능하여 이식 성공률이 높은 장점을 보이므로 용기재배는 미국 내에서도 관상수 묘 생산에 있어 노지생산에 비하여 점유율이 높아지고 있다(Gilman and Beeson Jr., 1996). 그러나, 용기묘는 기본배지에 들어가는 비용, 용기 재료비, 비료의 사용량 증가, 물 소비량 증가, 인건비 상승 등이 단점으로 지적되기도 하며 재배상의 기본배지의 공극률 증가로 인한 이수량의 증가 및 사용된 플라스틱 용기는 재사용 혹은 재활용되기 어려워 막대한 양의 플라스틱 용기가 버려지고 있다.

상수리나무와 낙엽송은 소나무와 더불어 동해안 산불피해지 및 기상재해지, 벌목지 등의 복원조림을 위한 용기묘 생산이 도입된 이후 우리나라 임업용기양묘의 주축을 이루고 있다(Kim and Yun, 2006; Kim et al., 2010a). 우리나라의 경우 여름철 고온 및 집중호우 등 복합적인 원인으로 병충해가 다발하는 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2010b). 따라서 낙엽수 용기묘에 있어 식재 시의 병충해의 피해를 경감하기 위한 묘 코팅처리기술에 대한 연구, 장기저장 중 건조 및 부패방지를 위한 필름 랩핑, 박상 및 저온저장 환경에 대한 적용연구가 요구된다.

묘목의 저장에 있어 빙점 이상의 온도에서 저장하는 것을 냉장저장(cold storage; refrigeration), 빙점 이하에서 저장하는 것은 냉동저장(frozen storage)이라 규정되는데 묘목들은 영상 1 - 2°C 또는 영하 2 - 4°C의 온도에서 저장되는 경우가 대부분이다(Camm et al., 1994). 캐나다 등의 임업선진국들은 과거 묘목을 주로 야외 저장하였으나 현재에는 냉장 또는 냉동 조건에서의 실내 저장방법을 택하고 있는 실정이다(Kooistra, 2004).

이에 본 연구는 낙엽수 수종별(상수리나무, 낙엽송) 용기묘 및 노지묘에 대한 냉장 및 냉동저장 중 적정 포장 재료 발굴을 위하여 포장상자, 라이너 필름 및 필름 내부 살균제 처리 등의 실험을 통하여 추후 우리나라의 산림용 포장 재료 규격 및 성능을 향상하기 위한 기초자료를 제공하고자 실험을 실시하였다.

Materials and Methods

포장 재료 및 처리온도에 따른 묘목의 품질차이 규명

시험 재료인 낙엽송(*Larix kaempferi* [Lamb.] Carrère)과 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.)의 용기생산 묘목(이하 용기묘) 및 노지생산 묘목(이하 노지묘) 각각을 2020년 4월 6일 국립산림과학원 산림생산기술연구소에서 이송 후, 충남대학교 농업생명과학대학 관내 저온저장소 내에서 이용하였다.

입고된 묘목은 곰팡이 감염 등의 외부장해가 없고 크기가 균일한 묘목을 재선별하고, 포장 재료로 산림생산기술연구소에서 제공받은 박스(규격: 1000 mm × 350 mm × 350 mm)를 사용하였다. 내부 포장 재료는 HDPE 50 μm (Hanhwa Total Petrochemical Co., Ltd., Seosan, Korea)를 사용하였고 살균제로서 chlorine dioxide (Young Bio Lab, Daejeon, Korea) 20 ppm을 사용하였으며 무처리리를 포함하여 총 3가지 처리를 하였다.

처리한 묘목은 각각 -2°C와 2°C의 온도조건(상대습도 70%)으로 나누어 저장 후 감모율, 장해발생(마름장해, 곰팡이감염)의 변화를 2개월 간격으로 총 2회 조사하였다. 마름장해의 경우 Fig. 1의 기준에 의해 조사하였고 곰팡이의 경우 뿌리 및 줄기부위의 곰팡이 발생 정도를 측정하여 총 면적당 발생량 1 (< 20%), 2 (< 40%), 3 (< 60%), 4 (< 80%), 5 (> 80%)의 기준으로 조사하였다.

통계 분석은 Costat 프로그램(Ver. 6.311, CoHort Software, California, USA)을 이용하여 95% 신뢰수준에서 던컨의 다중검정을 실시하였다.

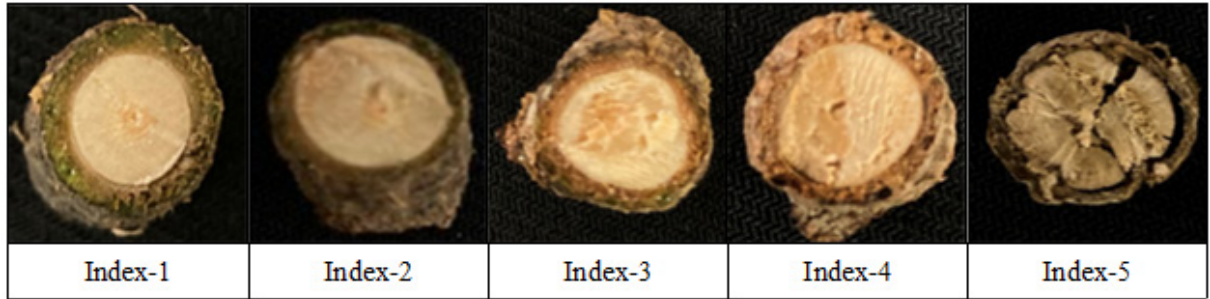


Fig. 1. Picture of indexes for shoot desiccation incidence in deciduous tree seedlings.

Results and Discussion

포장방법과 저장온도가 묘의 감모율에 미치는 영향

묘목저장에 있어 반드시 고려해야 할 사항으로는 묘목의 눈이 저장기간 동안 발아하지 않아야 하고, 휴면에 들어가기 기본적인 생리대사 작용이 최소가 될 수 있어야 하며, 건조하지 않도록 적절한 습도를 유지하여야 한다(Lee et al., 1999). 아래의 결과는 장기저장 기간 동안 생리대사 작용 및 건조로 인한 감모율이 발생한 정도이다.

저장 4개월간의 감모율을 조사한 결과, 상수리, 낙엽송 두 수종 모두 -2°C 냉동저장구가 2°C 냉장저장구에 비해 감모율이 낮게 조사되는 등 낙엽송 묘에 대한 냉동저장은 냉장저장에 비해 묘의 감모율을 낮출 수 있는 방법으로 조사되었다. 묘 생산방법에 따라서는 동일 저장온도 조건에서 노지묘의 감모율이 용기묘에 비해 2배 이상 감모율이 높게 측정되었다(Table 1 and 2).

Table 1. Effects of inner film liner on the weight loss in bare-root and containerized sawtooth oak tree seedling stored at -2 or 2°C for (4 months) of storage.

Nursery source	Liners	Weight loss (%)			
		Frozen storage (-2°C)		Cold storage (2°C)	
		2 MAS	4 MAS	2 MAS	4 MAS
Containerized seedling	Untreated	17.9b	25.4b	32.5a	61.0a
	PE	0.1c	0.2c	0.5c	1.2c
	PE/ClO ₂	0.0c	0.0c	0.0c	0.3c
Bare-root seedling	Untreated	29.6a	33.7a	36.4a	43.2b
	PE	2.5c	3.5c	6.8b	7.6c
	PE/ClO ₂	0.2c	0.0c	0.0c	3.6c

PE, 50 μm polyethylene film; MAS, months after storage.

a - c: Different letters within column indicate significant differences at 5% level based on Duncan's multiple range test.

Table 2. Effects of inner film liner on the weight loss in bare-root and containerized Japanese larch tree seedling stored at -2 or 2°C for (4 months) of storage.

Nursery source	Liners	Weight loss (%)			
		Frozen storage (-2°C)		Cold storage (2°C)	
		2 MAS	4 MAS	2 MAS	4 MAS
Containerized seedling	Untreated	16.8b	27.3b	49.4a	62.6a
	PE	0.0c	0.0d	5.8c	2.7cd
	PE/ClO ₂	0.0c	0.0d	2.5cd	0.3d
Bare-root seedling	Untreated	37.0a	49.4a	55.5a	58.0b
	PE	0.8c	5.8c	3.7d	6.7c
	PE/ClO ₂	0.0c	2.5cd	15.8c	7.0c

PE, 50 µm polyethylene film; MAS, months after storage.

a - c: Different letters within column indicate significant differences at 5% level based on Duncan's multiple range test.

포장박스 내부의 필름라이너 처리는 묘의 감모율 증가를 효과적으로 억제하였는데, 상수리나무 용기묘의 경우, 냉동저장 무처리구에서 저장기간이 경과함에 따라 17.9 - 25.4%의 감모율을 보였던 반면, 필름라이너 처리구에서는 이산화염소 처리 유무에 관계없이 1% 이하의 감모율을 보였다. 이 같은 결과는 낙엽송의 경우에도 유사하게 조사되었다(Table 1 and 2).

따라서, 두 수종 모두 냉동저장이 냉장저장에 비해 감모율 저감에 효과적이며 내부에 라이너 처리를 하지 않는 경우에는 감모율이 크게 증가하게 되므로 반드시 50 µm 두께의 필름에 묘를 포장하여 저장해야 유리하며 노지묘의 경우에는 용기묘에 비해 저장 중 감모율이 현저하게 높으므로 적정 저장기간을 짧게 조정해야 할 것으로 판단되었다.

포장방법과 저장온도가 마름 장애 및 곰팡이 발생에 미치는 영향

상수리나무와 낙엽송 저장 중 발생하는 외부장애로 수분상실에 기인하는 줄기의 마름에 따른 갈변과 곰팡이의 발생이 유의하게 나타났다.

상수리나무 묘의 저장기간 중 마름 지수를 조사한 결과, 저장기간이 길어짐에 따라 장애 발생이 급격히 증가하는 경향을 보였는데, 온도별로는 -2°C 냉동저장구에 비해 2°C 냉장저장구에서 갈변 발생률이 높은 경향을 보였다(Table 3). 이는 냉동저장이 건조피해를 예방하고 묘목의 휴면상태를 유지하여 식재시기의 폭을 넓게 할 수 있다는 보고와 유사한 것이었다(Kooistra and Bakker, 2002; Kooistra, 2004). 상수리나무 용기묘에 있어 -2°C 냉동저장 2개월까지는 지수 1.0 - 1.1으로 처리 간 장애 발생의 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 4개월 후에는 내부필름라이너 처리구의 장애 발생이 지수 3.6 - 3.8로 무처리구 5.0에 비해 유의하게 장애가 경감되었다. 용기묘의 2°C 냉장저장구에서는 저장 2개월에 -2°C 냉동저장구에 비해 2배 이상의 장애 발생 지수를 보였는데 저장 4개월에는 -2°C 냉동저장구와 유사한 수준의 발생 지수를 보였다. 한편, 노지묘의 경우 무처리구의 경우에는 냉동 저장하더라도 저장 2개월 후 용기묘에 비하여 3배 높은 장애가 발생하였고 전체적으로 용기묘에 비해 장애 발생이 심한 경향을 보였다. 반면 필름라이너를 처리한 경우에는 지수 1.1 - 1.4로 용기묘와 비슷한 발생 지수를 보여, 마름 장애 경감을 위해서는 반드시 필름으로 개별 포장을 한 후 저장하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 3. Effects of inner film liner on the shoot desiccation disorder in bare-root and containerized sawtooth oak tree seedling stored at -2 or 2°C for (4 months) of storage.

Nursery source	Liners	Shoot desiccation (index, 0 - 5 ^o)			
		Frozen storage (-2°C)		Cold storage (2°C)	
		2 MAS	4 MAS	2 MAS	4 MAS
Containerized seedling	Untreated	1.0b	4.9a	3.0bc	5.0a
	PE	1.0b	3.8b	2.7c	3.6b
	PE/ClO ₂	1.1b	3.6b	2.0d	3.6b
Bare-root seedling	Untreated	3.2a	5.0a	4.0a	5.0a
	PE	1.4b	3.9b	3.1b	3.8b
	PE/ClO ₂	1.1b	3.3b	2.8bc	3.6b

PE, 50 µm polyethylene film; MAS, months after storage.

^zThe index was investigated based on Fig. 1 separately for the degree of occurrence.

a - c: Different letters within column indicate significant differences at 5% level based on Duncan's multiple range test.

낙엽송 묘의 저장기간 중 마름 지수를 조사한 결과, 저장기간이 길어질수록, 저장온도가 높을수록 장해 발생이 높은 경향을 보였는데 전체적인 발생지수는 상수리나무에 비해서는 낮은 것으로 조사되었다. 온도별로는 -2°C 냉동저장구에 비해 2°C 냉장저장구에서 갈변 발생률이 높은 경향을 보였다(Table 4). 낙엽송 용기묘에 있어 -2°C 냉동저장 2개월까지는 처리 간 장해 발생의 차이를 전혀 보이지 않아 상수리나무와 동일한 결과를 보였으며 저장 4개월 후에는 내부필름라이너 처리구의 장해 발생이 낮은 경향을 보였다. 이산화염소 처리 유무에 따른 차이를 보면 특히 냉동저장한 노지묘가 마름 장해 경감효과에 큰 효과를 보였다(Table 4).

상수리나무 묘의 저장기간 중 곰팡이 발생 지수를 조사한 결과, 동일 저장온도 조건에서 노지묘가 용기묘에 비해 현저히 곰팡이 발생이 심한 것으로 조사되었다. 즉, -2°C 냉동저장 용기묘의 경우에는 저장 4개월간 곰팡이 발생이 거의 나타나지 않았으나 노지묘에서는 최대 20% (지수 1)까지 발생하였다. 특히 필름라이너를 처리한 경우에만 발생하였다. 이는 무처리구의 경우에는 저장기간 중 높은 감모율로 인해 수체가 마름으로서 곰팡이 발생에는 호적한 조건이 아니었다는 것을 시사하고 있다.

Table 4. Effects of inner film liner on the shoot desiccation disorder in bare-root and containerized Japanese larch tree seedling stored at -2 or 2°C for (4 months) of storage.

Nursery source	Liners	Shoot desiccation (index, 0 - 5 ^o)			
		Frozen storage (-2°C)		Cold storage (2°C)	
		2 MAS	4 MAS	2 MAS	4 MAS
Containerized seedling	Untreated	1.0b	2.2bc	2.6a	4.8a
	PE	1.0b	1.7c	2.2a	2.7c
	PE/ClO ₂	1.0b	1.6c	1.9a	3.1b
Bare-root seedling	Untreated	1.8a	3.8a	2.6a	5.0a
	PE	1.2b	4.0a	2.3a	3.0bc
	PE/ClO ₂	1.0b	2.8b	2.2a	3.3b

PE, 50 µm polyethylene film; MAS, months after storage.

^zThe index was investigated based on Fig. 1 separately for the degree of occurrence.

a - c: Different letters within column indicate significant differences at 5% level based on Duncan's multiple range test.

이러한 경향은 2°C 냉장저장구에서도 유사하게 나타났는데, 필름라이너를 처리한 노지묘의 경우에는 저장 4개월 후 지수 3.8로 곰팡이 발생이 심각한 수준으로 조사되었다(Table 5). 한편, 부패방지를 위해서 필름라이너 내부에 이산화염소를 20 ppm 살포한 경우에 1.2으로 필름단용구에 비해 유의하게 낮은 발생지수를 보여 매우 효과적인 처리로 판명되었다.

한편, 낙엽송 묘의 저장기간 중 곰팡이발생 지수를 조사한 결과, 상수리나무 묘와 다소 상이한 결과를 보였는데, 냉동 저장한 용기묘의 경우에는 저장 4개월까지 곰팡이가 전혀 발생하지 않았다. 또한 노지묘에서도 저장 2개월까지는 발생이 없었으나 저장 4개월에 다소간 발생하는 결과를 보였다. 상수리나무와 유사하게 필름라이너를 처리한 경우에만 소량 발생하였다(Table 6). 또한 2°C 냉장저장구에는 상수리나무와는 다르게 저장 2개월부터 극심하게 곰팡이가 발생하였는데 상수리나무와 동일하게 필름라이너 처리구에서 유의하게 발생이 심한 결과를 보였다. 저장 4개월에는 높은 감모율(Table 2)로 인하여 곰팡이 발생이 낮은 결과를 보였다.

상수리나무에서 저장 4개월까지 곰팡이 발생 억제효과를 보였던 이산화염소 20 ppm 처리 효과는 낙엽송에서는 노지묘 저장 2개월까지만 다소간 효과적인 것으로 나타났다. 이는 낙엽송의 함수율이 상수리나무에 비해서 10% 이상 높은 것이 원인인 것으로 추정되며(자료 미제시), 낙엽송의 저장 중 곰팡이발생 억제를 위해서는 이산화염소 농도를 20 ppm 보다 높여야 할 것으로 판단되었다.

Table 5. Effects of inner film liner on the mould incidence in bare-root and containerized sawtooth oak tree seedling stored at -2 or 2°C for (4 months) of storage.

Nursery source	Liners	Mould incidence (index, 0 - 5 ^z)			
		Frozen storage (-2°C)		Cold storage (2°C)	
		2 MAS	4 MAS	2 MAS	4 MAS
Containerized seedling	Untreated	0.0b	0.0c	1.0	0.0c
	PE	0.0b	0.0c	0.0	0.1c
	PE/ClO ₂	0.0b	0.0c	0.0	0.0c
Bare-root seedling	Untreated	0.0b	0.0c	0.0	0.0c
	PE	1.0a	0.7a	1.0	3.8a
	PE/ClO ₂	0.9a	0.4b	1.0	1.2b

PE, 50 µm polyethylene film; MAS, months after storage.

^zThe index was investigated based on the amount of occurrence per total area (1 [$< 20\%$], 2 [$< 40\%$], 3 [$< 60\%$], 4 [$< 80\%$], 5 [$> 80\%$]).

a - c: Different letters within column indicate significant differences at 5% level based on Duncan's multiple range test.

Table 6. Effects of inner film liner on the mould incidence in bare-root and containerized Japanese larch tree seedling stored at -2 or 2°C for (4 months) of storage.

Nursery source	Liners	Mould incidence (index, 0 - 5 ^z)			
		Frozen storage (-2°C)		Cold storage (2°C)	
		2 MAS	4 MAS	2 MAS	4 MAS
Containerized seedling	Untreated	0.0	0.0c	1.0ab	0.0c
	PE	0.0	0.0c	2.3ab	1.2b
	PE/ClO ₂	0.0	0.0c	3.3a	3.2a
Bare-root seedling	Untreated	0.0	0.0c	0.0b	0.0c
	PE	0.0	0.8a	2.7ab	1.2b
	PE/ClO ₂	0.0	0.4b	2.3ab	1.2b

PE, 50 µm polyethylene film; MAS, months after storage.

^zThe index was investigated based on the amount of occurrence per total area (1 [$< 20\%$], 2 [$< 40\%$], 3 [$< 60\%$], 4 [$< 80\%$], 5 [$> 80\%$]).

a - c: Different letters within column indicate significant differences at 5% level based on Duncan's multiple range test.

이상의 결과를 종합할 때, 상수리나무와 낙엽송의 냉장저장에 비해 냉동저장이 대체적으로 장기저장에 적합한 것으로 조사되었다. 이는 -2°C의 냉동 조건에서 묘목저장이 성공적이라는 이전의 연구결과와 유사하다(Camm et al., 1994; Cho et al., 2021). 또한 냉동 및 냉장저장 중 필름라이너 처리는 묘의 수분손실을 억제하였고 필름라이너 내부에 이산화염소 20 ppm 병행처리하는 묘의 곰팡이 발생을 다소간 억제하는 효과를 보이는 등 저장 중 묘소질 유지에 효과적인 것으로 조사되었다. 추후 저장묘목의 재식 후 활착에 대한 면밀한 조사가 수반된다면 실용적 적용이 가능하다고 판단된다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

해당 성과는 국립산림과학원 산림기술경영연구소 2020년 위탁연구과제와 2021년도 정부(과학기술 정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임[NO. 2020-0-01441, 인공지능융합연구센터지원(충남대학교)].

Authors Information

Yu-Rim Kim, <https://orcid.org/0000-0001-6436-5752>

Min-Seok Cho, National Institute of Forest Science, Researcher

Byung-Bae Park, <https://orcid.org/0000-0002-0620-7374>

Jong-Pil Chun, <https://orcid.org/0000-0001-9140-5916>

References

- Camm EL, Goetze DC, Silim SN, Lavender DP. 1994. Cold storage of conifer seedlings: An update from the British Columbia perspective. *The Forestry Chronicle* 70:311-316.
- Cho MS, Yang AR, Noh NJ. 2021. Effects of refrigerated storage temperature and duration on the seedling quality of bare root plants and container seedlings of *quercus variabilis* and *Zelkova serrata*. *Journal of Korean Society of Forest Science* 110:406-418. [in Korean]
- Davidson H, Mecklenberg R, Peterson C. 2000. *Nursery management: Administration and culture*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Gilman EF, Beeson Jr RC. 1996. Nursery production method affects root growth1. *Journal of Environmental Horticulture* 14:88-91.
- Kim JJ, Lee KJ, Song KS, Cha YG, Chung YS, Lee JH, Yoon TS. 2010a. Exploration of optimum container for production of *Larix leptolepis* container seedlings. *Journal of Korean Society of Forest Science* 99:638-644. [in Korean]
- Kim JJ, Yun TS. 2006. Survival rate and growth performances of containerized seedling in plantations. *Korea Forest Nursery Association* 34:83-93. [in Korean]

- Kim PG, Kwon KW, Yoon TS, Lee KJ, Chung YS, Song KS, Cha YG, Kim JJ. 2010b. Damages of seedlings by meteorological disasters in nursery. *Journal of Climate Research* 5:148-161.
- Kooistra CM. 2004. Seedling storage and handling in western. In *National Proceedings Forest and Conservation Nursery Associations 2003*.
- Kooistra CM, Bakker JD. 2002. Planting frozen conifer seedlings: warming trends and effects on seedling performance. *New Forests* 23:225-237.
- Lee CH, Kim CC, Park SB, Kim SB, Park BJ, Choi IM, Han DH. 1999. Optimum Temperatures for a long-term storage of fruit nursery plants. *Horticultural Science and Technology* 17:476-480.
- Whitcomb CE. 1988. *Plant production in containers*. Lacebark Publications, OK, USA.