한국정원디자인학회지 7(3): 229~238, 2021. 9.
DOI https://doi.org/10.22849/jkigd.2021.7.3.008
JOURNAL OF THE KOREAN INSTITUTE OF GARDEN DESIGN

pISSN 2465-8146
eISSN 2713-637X

자귀나무 묘목 상태에 따른 재배 후 경시적 생장 특성

김화정* · 한용희** · 김도균***

*순천대학교 대학원 조경학과 박사과정 수료 · **광주/전남환경보전협회 차장 ·
***순천대학교 정원문화산업학과 교수

Growth Characteristics Over Time After Cultivation according to the Condition of *Albizia julibrissin* Durazz Saplings

Kim, Hwa-Jeong* · Han, Yong-Hee** · Kim, Do-Gyun***

*Ph.D. Candidate, Dept. of Landscape Architecture, Sunchon National University
**Deputy General Manager, Gwangju/Jeonnam Environmental Preservation Association
***Professor, Dept. of Garden Culture Industry, Sunchon National University

ABSTRACT

This study was carried out the survival rate and growth characteristics after cultivation of *Albizia julibrissin Durazz* saplings distributed in the landscaping trees market. The condition of *Albizia julibrissin Durazz* saplings was very heterogeneous in sapling height, root diameter, remaining length, root cut strength, and root rot. As a result of cultivation of *Albizia julibrissin Durazz* saplings sold in the landscaping trees market, the survival rate was very low at 76.7%. It was assumed that the main cause of die of *Albizia julibrissin Durazz* saplings was severe root rots rather than sapling height, root diameter, remaining length, root cut intensity, or root cut strength. After cultivation of *Albizia julibrissin Durazz* saplings, height growth, root diameterr growth, and feeder root dry weight of fine-roots were found to be very heterogeneous for each sapling. The growth after cultivation of *Albizia julibrissin Durazz* saplings showed that the height growth, root diameter growth, and dry weight of fine-roots of the saplings were found to be large when they had large sapling height, root diameter, remaining length, and root cut strength but with small root. As such, it was assumed that the cause of very inhomogeneous height growth, root diameter growth, and dry weight of fine-roots after cultivation of *Albizia julibrissin Durazz* saplings for each sapling was the heterogeneous conditions of the saplings such as sapling height, root diameter, remaining length, or root cut. If the condition of landscaping tree saplings is poor or inhomogeneous, the growth after cultivation will also be heterogeneous.

Key Words: Landscape Trees, Landscape Tree Cultivation, Landscape Tree Distribution, Sapling Sales, Landscape Tree Quality

Corresponding author: Kim, Do-Gyun, Professor, Dept. of Garden Culture Industry, Sunchon National University, Sunchon, South Korea, Phone: +82-61-750-3871, E-mail: doaha@scnu.ac.kr

국문초록

본 연구는 조경수목 판매시장에서 유통되고 있는 자귀나무의 묘목 상태에 따른 재배 후 활착과 생장 특성에 대하여 실증 조사·분석 하였다. 자귀나무 묘목의 상태는 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근면적, 뿌리 짓무름이 매우 불균질하였다. 조경수목 유통시장에서 판매하는 자귀나무 묘목을 재배한 결과 활착률은 76.7%로 활착률이 매우 낮은 편이었다. 자귀나무 묘목이 고사하는 주요 원인은 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근강도, 단근면적 때문이라기 보다는 짓무름이 심한 것이 주원인으로 추정되었다. 자귀나무 묘목 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량은 개체별로 매우 불균질하게 나타났다. 자귀나무 묘목 재배 후 생장은 묘목의 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근강도가 크고, 짓무름이 적은 것 일수록 묘목 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 큰 것으로 나타났다. 이처럼 자귀나무 묘목 재배 후 수고생장, 근원직경 생장, 잔뿌리 건중량이 개체별로 매우 불균질하게 생장한 것은 묘목의 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근 상태가 매우 불균질하였기 때문으로 추정되었다. 조경수목의 묘목 상태가 불량하거나 불균질하게 되면 재배 후 불균질한 생장을 하게 된다. 조경수목의 생장이 불균질하게 되면 조경수목 구입자 요구 불충족으로 매출의 손실, 경쟁우위가 낮아짐, 재배관리의 어려움, 생산성의 손실, 농장 이미지의 실추, 고객만족도 낮아짐, 제때에 규격품 판매의 곤란 등으로 조경수목 재배농가의 경제에 직・간접으로 큰 어려움을 겪게 할 수 있다. 따라서 조경수목이 제대로 생장하고 균질한 규격품으로 생산되기 위해서는 조경수목의 묘목은 충실하면서도 균질한 것이 유통되어야 함을 시사하였다.

주제어: 조경수목, 조경수목재배, 조경수목 유통, 묘목판매, 조경수목 품질

Ⅰ. 서론

최근 인간정주의 생활환경과 자연경관의 개선 그리고 생태계 복구 및 복원을 위하여 조경식재 사례가 증가(김도균과 곽영세, 2004)함에 따라 조경수목 재배도 대단위로 증가하고 있다.

오래 전부터 시중에서 유통되는 조경수목 묘목의 상태에 따른 판매자와 구입자 간의 분쟁이 많았다. 일반적으로 조경수목 생산자들은 자귀나무 묘목 뿌리 상태가 불량하더라도 활착에 큰 차이를 미치지 않는 것으로 인식하고 있다. 그래서 조경수목 묘목 판매자들이 묘목의 상태가 불량한 것들을 끼워 판매한다. 생장 상태가 불량하거나 불균질한 묘목 재배시 묘목의 고사, 묘목의 생장 불량, 묘목 생장의 불균질 등으로 조경수목 생산에 큰 차질을 빚게 되어 묘목 판매자와 구입자 간에 분쟁이 많이 발생한다.

조경수목 재배는 묘목의 상태에 따라 성패가 좌우된다. 조경수목 재배는 수확에 이르기까지 장기간이 소요되기 때문에 품질이 불량한 묘목을 심게 되면 경영 손실이 크게 되므로 건강한 우량 묘목 구입을 원한다. 그러나 조경수목 묘목 판매자는 "자귀나무의 경우에는 뿌리 상태가 다소 좋지 않은 것도 모두 잘 자란다"라고 하며 판매하고, 구매자는 "묘목 활착, 묘목의 크기, 생장의 불균질성, 발육의 불량함 등이 있어 묘목 생장성에 지장이 있을 것이다"라는 시시비비가 많다. 조경수목 묘목 유통시 판매자와 구입자 간의 묘목 상태에 따른 분쟁을 줄이기 위해서는 묘목 상태에 따른 조경수목의 생장 상태에 대한 명확한 개념을 정립함으로써 묘목 판매자와 구입자 간의 분쟁을 최소화할 수 있는 자료가 필요하다.

조경수목 묘목의 상태는 굴취 과정에 과도한 단근, 잔뿌리량이 매우 적은 쇠약목, 보관 과정에 과습에 의한 짓무름 등이 발생한다. 그러나 조경수목 묘목상태에 따른 재배 후 생장특성에 대한 자료는 찾아보기 어렵기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다.

기존의 묘목 생장에 대한 연구는 국내 참나무류 채종원의 유전형질개량 및 우량종묘 생장 연구(나성준, 2019), 참나무류 묘목의 단근 및 이식밀도가 생장특성에 따른 차이(나성준 등, 2012), 초기 묘목 크기와 단근강도가 이식 후 졸참나무의 지상부 및 뿌리발달에 따른 차이(나성준 등, 2013a), 단근 강도에 따른 소나무 유묘의 생장 특성(나성준 등, 2013b), 부직포 멀칭 방식에 따른 종가시나무 묘목의 생장과 제초에 따른 차이(성창현 등, 2020) 등이 있다. 그러나 아직 조경수목 묘목의 상태, 뿌리의 짓무름 등에 의한 활착률에 따른 차이에 대하여 참고로 할 수 있는 자료는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 '조경수목 묘목의 뿌리 상태가 불량해도 활착과 생장이 잘 되는가'를 파악해 보는 것이다. 조경수목 묘목의 상태에 따라 재배 후 활착과 생장의 특성을 파악하는 방법은 시중에 유통되는 자귀나무 묘목을 실증재배 실험하여 검증할 수 있을 것이다.

향후에도 조경수목 묘목의 유통은 계속될 것이기 때문에 조경수목 묘목 상태에 따른 소모적인 분쟁은 최소화되어야 하고, 이를 근절하기 위해서는 과학적 뒷받침이 있어야 하기 때문에

묘목 상태에 따른 조경수목 생장 특성에 대한 연구는 시급한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 자귀나무 묘목의 크기, 단근강도, 진무른 정도 등에 따라 재배시 활착, 수고생장, 근원직경 생장, 잔뿌리 발달 등에 따른 차이를 파악하는 것이다.

본 연구 과정에 조경수목 재배시 묘목의 생장 특성을 파악하여 묘목 재배의 기초 이론을 제공할 수 있으며, 조경수목 묘목 유통에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 연구의 내용

본 연구는 조경수목 유통시장에서 판매하는 자귀나무 1년생 묘목의 상태와 재배 후 생장에 따른 차이를 조사 · 분석하였다. 연구 내용은 자귀나무 묘목의 묘고, 근원직경, 단근정도, 짓무름 정도를 파악하고, 재배 후 수고, 근원직경, 뿌리량, 활착률 조사 및 분석을 하였다.

2. 연구방법

1) 공시목연구 대상

실험 공시목은 조경수목 유통시장에서 판매하는 자귀나무 묘목으로 하였다. 연구 대상 공시목은 전라북도 전주시 소재의 조경수목묘목 생장농가로부터 서울시 ○○종묘회사가 2019년 11월 중순경에 구입하여 11월부터 2020년 3월 4일까지 비닐하우스에서 보관하여 유통된 것이었다.

2) 공시목

공시목은 자귀나무 실생묘를 묘고에 따라 19.8cm~24.6cm SⅠ 유형, 27.6cm~29.5cm SⅡ 유형, 30.5cm~39.0cm SⅢ 유형, 40.0cm~44.7cm SⅣ 유형, 45.6cm~47.6cm SⅤ 유형, 19.6cm ~20.9cm SⅥ 유형으로 하였다. 각각 5주씩 표본을 선발하여 총 30주를 공시목으로 하였다.

3) 공시목의 상태 측정

묘고, 잔존길이 측정은 줄자로 하였으며, 묘목의 근원직경, 단근면적의 측정은 버니아 캘리퍼스를 사용해서 측정하였다.

뿌리의 짓무름 상태는 과습으로 병든 조직이 물컹하게 썩는(Gram *et al.*, 2002: Tournas, 2005) 짓무름 정도에 따라 약간 짓무름 RRⅠ 유형, 중간 짓무름 RRⅡ 유형, 강한 짓무름 RRⅢ 유형, 매우 강한 짓무름 RRⅣ 유형, 뿌리 전체 짓무름 RRⅤ 유형으로 하였다(그림 1). 묘목의 근원직경은 RⅠ 유형 0.3cm, RⅡ 유형 0.4cm~0.6cm, RⅢ 유형 0.8cm, RⅥ 유형 1.0cm~1.1cm 하였다. 묘목뿌리 잔존길이는 ERⅠ 유형 11cm, ERⅡ 유형 13cm, ERⅢ 유형 14cm, ERⅥ 유형 15cm 하였다. 묘목의 뿌리단근면적은 RCⅠ 유형 0cm(단근없음), RCⅡ 유형 0.4cm~0.5cm, RCⅢ 유형 0.6cm~0.9cm, RCⅥ 유형 1.3cm~1.4cm 하였다.

그림 1. 자귀나무 묘목 짓무름 유형

4) 묘목의 재배

공시수목인 자귀나무 묘목의 재배기간은 2020년 5월 2일부터 2021년 7월 1일까지이었다. 재배 장소는 전남 보성군 벌교읍 영등리 00번지이었다.

묘목의 재배용기는 에어포트(Air-pot)* 지름 550mm 깊이 500mm를 이용하여 재배하였으며, 재배용 상토 성분은 제오라이트 5%, 펄라이트 8%, 피트모스 8%, 질석 12%, 코코피트 66.6%, 비료 0.4%로 하였다.

묘목의 재배는 지온의 차이를 배제하기 위하여 바닥에 0.01mm의 검정색 비닐을 깔았고, 에어포트는 지상으로부터 8cm 높게 하였다.

관수는 모든 묘목이 균질하게 관수될 수 있도록 1일 8리터 압력보상단추를 사용하여 드롭식 관수를 하였다. 관수는 생장기와 휴면기 생장을 고려하여 관수량을 조절하였다. 생장기인 5월부터 9월 20일까지는 오전 오후 2리터씩 15분간 관수하였고, 묘목의 생장기와 휴면기 사이인 가을철인 9월 21일부터 11월 20일까지는 16분간씩 오전 오후 0.8리터씩 관수하였다. 묘목의 생장 휴면기인 11월 21일부터 다음해 2월 5일까지는 10일 간격으로 4리터씩 관수하였으며, 묘목 휴면기와 생장 시작기인 2월 6일부터 3월 10일까지는 1일 2리터씩 관수하였고, 묘목 생장기는 생장기인 5월부터 9월 20일까지는 오전 오후 2리터씩 15분간 관수하였다.

5) 재배목의 생장 측정

자귀나무 묘목 재배 후 생장상태 조사는 2021년 7월 2일에 하였다. 조사항목은 SⅠ~SⅥ 유형별로 식재한 자귀나무 굴취 후 묘고(수고), 근원직경, 뿌리량, 생존률(활착률)을 조사하였다.

각 자귀나무 단근처리에 따른 묘목의 생장 특성 조사는 2020년 5월에 식재하여 1년의 생장기간이 경과한 후 2021년 7월 2일 묘목을 굴취하여 활착률, 수고, 근원직경, 잔뿌리 건중량을 측정하였다.

6) 측정 방법

생장은 묘고와 수고는 줄자를 이용해서 측정하였으며, 근원직경은 버니아캘리퍼스를 사용해서 측정하였다. 잔뿌리는 2mm 이하의 뿌리를 가위 등을 사용하여 전부 채취한 후 잔뿌리를 맑은 물로 세척하여 잔뿌리 건중량을 측정하기 위해 잔뿌리를 각각 종이봉투에 담아 105℃ 건조기에서 48시간 동안 건조하여 분석용 전자저울 Analytical balances AS X2 Series(310g~0.1mg/0.01mg)에 뿌리 무게를 측정하였다.

7) 자료의 분석 방법

수집된 자료의 분석은 통계프로그램인 SPSS ver.22(IBM)를 이용하였다. 자귀나무 재배 전 묘목상태와 재배 후의 생장에 대한 묘목의 상태별 크기와 재배 후 생장특성에 대한 차이 검증은 통계학적으로 일원분산분석(One-way, ANOVA)을 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 공시목의 상태

공시목인 연구 대상 자귀나무 묘목의 묘고, 근원직경, 단근강도, 뿌리 짓무름 상태는 크게 차이가 있었다(표 1).

자귀나무 묘목의 묘고는 평균 34.7cm이었고, 최소 19.8cm, 최대 47.6cm이었으며, 표준편차는 ±8.9이었다. 자귀나무 묘목의 근원직경은 평균 0.7cm이었고 최소 0.3cm, 최대 1.1cm이었으며, 표준편차는 ±0.3이었다. 자귀나무 묘목의 뿌리단근면적은 평균 0.5cm이었고, 최소 0.0cm, 최대 1.4cm이었으며, 표준편차는 ±0.5이었다. 자귀나무 묘목의 뿌리잔존길이는 평균 12.9cm이었고, 최소 11.0cm, 최대 15.0cm이었으며, 표준편차는 ±1.5이었다. 자귀나무 묘목의 뿌리 짓무름 상태는 평균 3.3이었고, 최소 1, 최대 5이었으며, 표준편차는 ±1.4이었다.

표 1. 공시목의 상태

구분	평균	최저	최고	표준편차
묘고(cm)	34.7	19.8	47.6	±8.9
근원직경(cm)	0.7	0.3	1.1	±0.3
단근면적(cm)	0.5	0.0	1.4	±0.5
잔존길이(cm)	12.9	11.0	15.0	±1.5
뿌리짓무름정도	3.3	1.0	5.0	±1.4

이처럼 조경수목 유통시장에서 판매하는 묘목은 같은 크기의 묘고에서도 근원직경의 크기, 단근정도, 잔존길이, 뿌리의 짓무름 상태 등이 매우 불균질하였다.

2. 자귀나무 활착률

자귀나무 묘목 재배 후 활착은 30주 중에서 7주가 고사하여 활착률은 76.7%이었다.

고사한 자귀나무 묘목들은 주로 묘고 19.8cm~24.6cm, 근원직경 0.3cm, 단근면적은 단근없는 묘목, 잔존길이 11cm, 짓무름 상태가 많은 RRⅤ 유형에서 발생하였고, 나머지 묘목들은 활착되었으나 생장 정도는 개체별로 매우 불량하고, 불균질하였다.

3. 자귀나무 묘목 재배 후 생장

조경수목 유통시장에서 판매하는 자귀나무 묘목 재배 후 생장은 수고, 근원직경, 잔뿌리 건중량이 크게 차이가 있었다(표 2).

자귀나무 묘목 재배 후 수고생장은 평균 34.9cm이었고, 최소 2.2cm, 최대 91.9cm이었으며, 표준편차는 ±27.4이었다. 근원직경생장은 평균 0.4cm이었고, 최소 0.2cm, 최대 1.7cm이었으며, 표준편차는 ±0.36이었다. 잔뿌리 건중량 생장은 평균 2.2g이었고, 최소 1.2g, 최대 5.3g이었으며, 표준편차는 ±1.6이었다.

조경수목 유통시장에서 판매하는 자귀나무 묘목을 1년 2개월 재배 후 자귀나무 생장 크기는 묘고가 크고, 근원직경이 굵고, 잔존길이가 길며, 단근면적이 넓은 것은 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 크게 생장하였다. 반면, 묘고가 작은 것, 근원직경이 가는 것, 잔존길이가 짧고, 단근이 없는 것, 짓무름이 많은 것은 매우 작거나 고사하였다.

표 2. 자귀나무 묘목 재배후 생장

구분	평균	최저	최고	표준편차
수고생장(cm)	34.9	2.2	91.9	±27.4
근원직경생장(cm)	0.4	0.2	1.7	±0.36
잔뿌리건중량(g)	2.2	1.2	5.3	±1.6

4. 자귀나무 묘목 상태에 따른 재배 후 생장차이

1) 자귀나무 묘고에 따른 재배 후 생장 차이

시중에서 판매하는 자귀나무 묘목의 묘고에 따른 재배 후 생장 차이를 통계학적으로 일원분산분석(One-way, ANOVA)을 한 결과에서 묘고에 따라 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량 모두가 유의한 차이가 있었다($p<0.00$; 표 3).

자귀나무 재배 후 묘고에 따른 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량의 상태가 가장 좋았던 것은 SⅥ 유형이었다.

자귀나무 재배 후 묘고에 따른 수고생장은 SⅥ > SⅤ > SⅣ > SⅢ > SⅡ > SⅠ 순이었고, 수고생장의 평균 크기는 각각 70.6cm, 51.0cm, 45.9cm, 20.9cm, 4.8cm, 0.0cm이었다. 근원직경생장은 SⅥ > SⅤ > SⅣ > SⅢ > SⅡ > SⅠ 순이었고, 근원직경 생장의 평균 크기는 각각 1.0cm, 0.6cm, 0.5cm, 0.3cm, 0.1cm, 0.0cm이었다. 잔뿌리 건중량은 SⅥ > SⅤ > SⅣ > SⅢ > SⅡ > SⅠ 순이었고, 잔뿌리 건중량의 무게는 각각 4.6g, 3.5g, 2.5g, 1.9g, 0.8g, 0.0g이었다.

이것은 묘고가 클수록 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 크게 생장하였음을 의미한다.

표 3. 자귀나무 묘고에 따른 재배 후 생장 차이

재배 후 생장	묘고 유형	최소 (cm)	최대 (cm)	평균 (cm)	표준 편차
수고생장***	SⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	SⅡ[b]	2.2	10.1	4.8	4.6
	SⅢ[c]	9.4	35.2	20.9	9.9
	SⅣ[d]	41.7	50.5	45.9	4.2
	SⅤ[e]	47.9	54.9	51.0	3.5
	SⅥ[f]	54.1	91.9	70.6	15.2
근원직경 생장***	SⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	SⅡ[b]	0.2	0.2	0.1	0.1
	SⅢ[c]	0.3	0.4	0.3	0.0
	SⅣ[d]	0.4	0.5	0.5	0.1
	SⅤ[e]	0.5	0.7	0.6	0.1
	SⅥ[f]	0.8	1.7	1.0	0.4
잔뿌리 건중량***	SⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	SⅡ[b]	1.2	1.6	0.8	0.8
	SⅢ[c]	1.7	2.1	1.9	0.2
	SⅣ[d]	2.2	2.9	2.5	0.3
	SⅤ[e]	3.0	4.0	3.5	0.4
	SⅥ[f]	4.1	5.3	4.6	0.4

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.00$.
[a~d] Scheffe의 다중범위검정 결과.

2) 자귀나무 묘목의 근원직경에 따른 재배 후 생장 차이

자귀나무 묘목의 근원직경 크기에 따른 재배 후 생장 차이를 통계학적으로 일원분산분석(One-way, ANOVA)을 한 결과에서 묘목의 근원직경에 따라 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량 모두가 유의한 차이가 있었다($p<0.00$; 표 4). 자귀나무 묘목의 근원직경 크기에 따른 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량의 상태가 가장 좋았던 것은 RⅣ이었다. 수고생장은 RⅣ > RⅢ > RⅡ > RⅠ 순이었고, 수고생장의 평균 크기는 각각 63.8cm, 43.2cm, 8.2cm, 0.0cm이었다. 근원직경생장은 RⅣ > RⅢ > RⅡ > RⅠ순이었고, 근원직경 생장의 평균 크기는 각각 0.9cm, 0.5cm, 0.2cm, 0.0cm이었다. 잔뿌리 건중량은 RⅣ > RⅢ > RⅡ > RⅠ 순이었고, 잔뿌리 건중량 평균 무게는 각각 4.3g 2.6g, 1.4g, 0.0g이었다.

이처럼 자귀나무 근원직경이 굵을수록 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 가장 크게 생장하였으며, 표준편차가 매우 큰 것은 개체별로 매우 불균질하게 생장하였음을 의미하는 것이다.

3)자귀나무 묘목의 잔존길이에 따른 재배 후 생장 차이

자귀나무 묘목의 잔존길이에 따른 재배 후 생장 차이를 통계학적으로 일원분산분석(One-way, ANOVA)을 한 결과에서 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량 모두 잔존길이에 따라

표 4. 자귀나무 묘목 근원직경에 따른 재배 후 생장 차이

재배 후 생장	근원직경 유형	최소 (cm)	최대 (cm)	평균 (cm)	표준편차
수고생장 ***	RⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RⅡ[b]	2.2	17.1	8.2	7.1
	RⅢ[c]	26.1	50.5	43.2	8.1
	RⅣ[d]	47.9	91.9	63.8	14.9
근원 직경 생장***	RⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RⅡ[b]	0.2	0.3	0.2	0.1
	RⅢ[c]	0.3	0.6	0.5	0.1
	RⅣ[d]	0.5	1.7	0.9	0.4
잔뿌리 건중량***	RⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RⅡ[b]	1.2	1.9	1.4	0.6
	RⅢ[c]	2.1	3.5	2.6	0.5
	RⅣ[d]	3.5	5.3	4.3	0.6

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.00$.
[a~d] Scheffe의 다중범위검정 결과.

유의한 차이가 있었다($p<0.00$; 표 5).

자귀나무 묘목의 잔존길이에 따른 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량의 상태가 가장 좋았던 것은 ERⅥ 이었다. 수고생장은 ERⅣ > ERⅢ > ERⅡ > ER 순이었고, 수고생장의 평균 크기는 각각 70.6cm, 50.9cm, 24.8cm, 0.0cm이었다. 근원직경 생장은 ERⅣ > ERⅢ > ERⅡ > ER 순이었고, 근원직경 생장의 평균 크기는 각각 1.0cm, 0.5cm, 0.4cm, 0.0cm이었다. 잔뿌리 건중량은 ERⅣ > ERⅢ > ERⅡ > ER 순이었고, 잔뿌리 건중량 평균 무게는 각각 4.6g, 3.2g, 2.0g, 0.0g이었다.

이렇게 자귀나무 묘목의 잔존길이가 길수록 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 가장 크게 생장하였으며, 표준편차가 매우 큰 것은 개체별로 매우 불균질하게 생장하였음을 의미하는 것이다.

4)자귀나무 묘목 단근면적에 따른 재배 후 생장 차이

자귀나무 묘목의 단근면적에 따라 재배 후 생장 차이를 통계학적으로 일원분산분석(One-way, ANOVA)을 한 결과에서 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량 모두 단근면적에 따라 유의한 차이가 있었다($p<0.00$; 표 6).

자귀나무 묘목의 단근면적에 따른 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량의 상태가 가장 좋았던 것은 RCⅥ이었다. 수고생장은 RCⅣ > RCⅢ > RCⅡ > RCⅠ 순이었고, 수고생장의 평균 크기는 각각 70.6cm, 51.0cm, 29.4cm, 0.0cm이었다. 근원직경 생장은 RCⅣ > RCⅢ > RCⅡ > RCⅠ 순이었고, 근원직경 생장의 평균 크기는 각각 1.0cm, 0.6cm, 0.4cm 0.0cm이었다. 잔뿌리 건중량은 RCⅣ > RCⅢ > RCⅡ > RCⅠ 순이었고, 잔뿌리 건중량 평균 무게는 각각 4.6g, 3.4g, 2.1g, 0.0g이었다.

이것은 묘목 단근면적이 넓을수록 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 가장 크게 생장하였으며, 표준편차가 매우 큰 것은 개체별로 매우 불균질하게 생장하였음을 의미하는 것이다.

표 5. 자귀나무 묘목 잔존뿌리의 길이에 따른 재배 후 생장에 따른 차이

재배 후 생장	잔존뿌리 유형	최소 (cm)	최대 (cm)	평균 (cm)	표준편차
수고생장***	ERⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	ERⅡ[b]	9.4	43.8	24.8	17.4
	ERⅢ[c]	41.7	54.9	50.9	3.1
	ERⅣ[d]	54.1	91.9	70.6	15.2
근원직경 생장***	ERⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	ERⅡ[b]	0.3	0.5	0.4	0.1
	ERⅢ[c]	0.4	0.7	0.5	0.1
	ERⅣ[d]	0.8	1.7	1.0	0.4
잔뿌리 건중량***	ERⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	ERⅡ[b]	1.7	2.2	2.0	0.2
	ERⅢ[c]	2.6	4.0	3.2	0.5
	ERⅣ[d]	4.1	5.3	4.6	0.4

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.00$.
[a~d] Scheffe의 다중범위검정 결과.

표 6. 자귀나무 묘목 단근면적에 따른 재배 후 생장 차이

재배후 생장	단근 유형	최소 (cm)	최대 (cm)	평균 (cm)	표준 편차
수고생장***	RCⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RCⅡ[b]	1.9	50.3	29.4	15.3
	RCⅢ[c]	47.9	54.9	51.0	3.2
	RCⅣ[d]	54.1	91.9	70.6	15.2
근원직경 생장***	RCⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RCⅡ[b]	0.2	0.5	0.4	0.1
	RCⅢ[c]	0.5	0.7	0.6	0.1
	RCⅣ[d]	0.8	1.7	1.0	0.4
잔뿌리 건중량***	RCⅠ[a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RCⅡ[b]	1.2	2.7	2.1	0.4
	RCⅢ[c]	2.9	4.0	3.4	0.4
	RCⅣ[d]	4.1	5.3	4.6	0.4

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.00$.
[a~d] Scheffe의 다중범위검정 결과.

5)자귀나무 묘목 짓무름에 따른 재배 후 생장 차이

자귀나무 묘목의 짓무름에 따른 재배 후 생장 차이를 통계학적으로 일원분산분석(One-way, ANOVA)을 한 결과에서 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량 모두 짓무름에 따라 유의한 차이가 있었다($p<0.00$; 표 7).

자귀나무 재배 후 묘목의 짓무름에 따라 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량의 상태가 가장 좋았던 것은 RRⅤ이었다. 수고생장은 RRⅤ > RRⅥ > RRⅢ > RRⅡ > RRⅠ 순이었고, 수고생장의 평균 크기는 각각 평균 62.1cm, 47.2cm, 22.6cm, 0.8cm, 0.0cm이었다. 근원직경생장은 RRⅤ > RRⅥ > RRⅢ > RRⅡ > RRⅠ 순이었고, 근원직경 생장의 평균 크기는 각각 0.8cm, 0.5cm, 0.3cm, 0.2cm, 0.0cm 이었다. 잔뿌리 건중량은 RRⅤ > RRⅥ > RRⅢ > RRⅡ > RRⅠ 순이었고, 잔뿌리 건중량 평균 무게는 각각 4.2g, 2.7g, 1.9g, 1.3g, 0.0g이었다.

이것은 묘목 짓무름이 없을수록 수고생장, 근원직경생장, 잔

표 7. 자귀나무 묘목 짓무름에 따른 재배 후 생장 차이

재배 후 생장	짓무름 유형	최소 (cm)	최대 (cm)	평균 (cm)	표준편차
수고 생장***	RR I [a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RR II [b],	1.9	2.2	0.8	0.2
	RRIII [c]	9.4	43.3	22.6	12.9
	RRIV [d]	41.7	50.5	47.2	4.1
	RR V [e]	47.9	91.9	62.1	14.9
근원직경 생장***	RR I [a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RR II [b],	0.2	0.2	0.2	0.1
	RRIII [c]	0.2	0.4	0.3	0.1
	RRIV [d]	0.4	0.5	0.5	0.0
	RR V [e]	0.5	1.7	0.8	0.4
잔뿌리 건중량***	RR I [a]	0.0	0.0	0.0	0.0
	RR II [b]	1.2	1.4	1.3	0.1
	RRIII [c]	1.6	2.2	1.9	0.2
	RRIV [d]	2.2	3.0	2.7	0.3
	RR V [e]	3.5	5.3	4.2	0.6

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.00$.
[a~d] Scheffe의 다중범위검정 결과.

뿌리 건중량이 가장 크게 생장하였으며, 표준편차가 매우 큰 것은 개체별로 매우 불균질하게 생장하였음을 의미하는 것이다.

5. 고찰

1) 조경수목 유통시장에서 판매되는 자귀나무 묘목의 상태

본 연구 결과, 조경수목 묘목 판매장에서 유통되는 자귀나무의 묘고, 근원직경, 단근면적, 뿌리의 짓무름 상태가 매우 불균질한 상태로 판매되는 것으로 나타났다.

이처럼 자귀나무 묘목의 묘고, 근원직경, 단근면적, 잔존길이의 표준편차가 큰 것은 조경수목 유통시장에서 판매하는 자귀나무의 묘목이 동일한 회사에서 유통되는 것일지라도 매우 불균질하다는 것을 의미한다. 특히, 자귀나무의 묘목의 상태는 뿌리가 짓무른 것들이 많이 있으며, 묘목 상태별로 묘고, 근원직경, 단근강도의 차이가 크게 나타났다.

2) 자귀나무 묘목 재배 후 활착

조경수목 유통시장에서 판매되는 자귀나무 묘목을 재배 실험한 결과에서 묘목의 활착률은 76.7%로 활착률이 매우 낮은 편이었다. 음나무, 백합나무 묘목들은 91.8~100% 정도이다(유근옥 등, 2007; 강호상, 2013). 이것은 조경수목 유통시장에서 판매되는 자귀나무 묘목의 활착률이 매우 낮은 것을 의미한다.

자귀나무 묘목이 활착되지 못하고 고사한 것은 주로 묘고가 매우 작고, 근원직경이 매우 가늘며, 잔존길이가 짧으며, 단근이 없는 묘목, 뿌리의 짓무름이 심한 것들이었다. 그러나 묘고가 작고, 근원직경이 가늘며, 단근이 없는 것일지라도 3주가 활착된 것으로 보아 자귀나무 묘목이 고사하는 주요 원인은 짓무름이 심하였기 때문으로 보인다.

짓무른 묘목이 고사한 것은 뿌리 짓무름으로 인하여 뿌리의 물관부와 체관부 그리고 형성층이 손상되어 뿌리에서 양분흡수 및 호흡작용 등이 활발하게 이루어지지 않아 수목 생장이 부진하거나 고사하게 되기 때문으로 보인다.

수목의 뿌리 표피층은 물관부, 체관부, 형성층으로 구성되어 있다(이경준, 2019). 수목 뿌리의 물관부는 토양수분, 무기양분을 흡수한 역할을 하는데(이경준, 2019), 자귀나무 묘목 뿌리가 짓무른 것은 물관부가 손상되어 줄기로 이동시키지 못하였기 때문으로 추정되었다.

수목 뿌리의 체관부는 물과 무기양분을 이동하는 역할을 하는데(이경준, 2019), 자귀나무 묘목 뿌리가 짓무른 것은 체관부가 손상되어 줄기로 이동시키지 못하였기 때문이다.

수목 뿌리의 형성층은 광합성으로 만들어진 탄수화물을 이동시키는 중요한 역할을 하는데(이경준, 2019), 자귀나무 묘목 뿌리가 진무른 것은 물관부, 체관부가 손상되어 줄기로 이동시키지 못하였기 때문으로 추정되었다.

3) 자귀나무 재배 후 생장 특성

조경수 판매시장에서 유통되고 있는 자귀나무 재배 후 수고, 근원직경, 잔뿌리 건중량의 생장은 편차가 매우 큰 것으로 나타났다. 이것은 자귀나무 묘목 1년 2개월 재배 후 생장이 매우 불균질하였음을 의미하는 것이다.

묘목 균질성의 문제는 식재 후 나타나는 생존률과 생장 등의 결과에 의해 최종적으로 평가(Landis *et al.,* 2010; 나성준, 2019 재인용)된다. 조경수목 재배시 수목생장이 불균질하게 되면 조경수목 구입자 요구 불충족으로 매출의 손실, 경쟁우위가 낮아짐, 재배관리의 어려움, 생산성의 손실, 농장 이미지의 실추, 고객만족도 낮아짐, 제때에 규격품 판매의 곤란 등으로 조경수목 재배농가의 경제에 직 · 간접으로 큰 어려움을 겪게 할 수 있다. 조경수목 재배는 묘목의 뿌리 균형을 가진 묘목을 식재하면, 빠르게 정착하여 생장할 수 있고(Anthony *et al.*, 2005), 불균질한 묘목은 뿌리의 활력이 떨어져 고사하는 경우가 많다(박형순, 2007).

조경수목 구입자들은 가로수와 같이 균질한 규격의 수목을 구입하려는 요구가 크다. 조경수목의 균질한 생산을 위해서는

양질이면서도 균질한 묘목 유통이 필요한 것으로 생각되었다.

4) 자귀나무 묘목상태에 따른 재배 후 생장

자귀나무 묘목 재배 후 묘고가 큰 묘목이 우수한 생장을 하였다. 묘고가 큰 묘목이 작은 묘목보다 우수한 생장을 하고(나성준, 2019), 조림지에서도 생장률에 크게 차이를 미친다(오광인, 1999)는 것과 일치한다.

자귀나무 묘목 재배 후 근원직경이 큰 묘목이 우수한 생장을 하였다. 묘목의 품질을 판단할 수 있는 외형적으로 보이는 근원직경(Curtis, 1955; Blair and Cech, 1974)은 뿌리 생장의 잠재적 지표로 활용되며(Mullin and Christl, 1982), 큰 근원직경을 가진 묘는 성공적인 이식이 이루어진다(오광인, 1999)는 것과 일치하였다. 그러므로 자귀나무 근원직경 발달을 위해서는 가급적 근원직경 큰 묘목을 식재하는 것이 필요한 것으로 생각되었다.

자귀나무 묘목 재배 후 묘목의 잔존길이가 15cm 정도인 묘목이 우수한 생장을 하였다. Allen and Kennedy(1989)는 *Q. nuttallii*의 묘목 잔존 길이를 20cm로 정의하였고, 묘고가 24cm 이하의 묘목은 10cm 이상의 잔존길이가 되어야(나성준 등, 2013) 하므로 자귀나무 생장과 활착률, 잔뿌리 발생을 촉진하기 위해서는 잔존 길이가 10cm 이상이 필요한 것으로 생각되었다.

자귀나무 묘목 재배 후 묘목의 단근면적이 넓은 묘목이 비교적 양호하게 생장을 하였다. 단근면적이 넓으면 수분과 접촉하는 면적이 넓어(김종원, 1996) 원활한 생리작용을 할 수 있으며, 식물생장에 차이를 미친다.

본 연구에서 자귀나무 묘목이 강하게 단근된 것도 활착이 잘 되었고, 수고생장, 근원직경생장이 잘 되었다. 이것은 묘목의 단근 정도가 클수록 수목 생장둔화, 활착률 감소, 건전한 생장에 부정적으로 차이를 미친다(나성준 등 2012; Geisler and Ferree, 1984; Schultz and Thompson, 1990; Brantley and Conner, 1997; Anderson *et al.*, 2000; Farmer and Pezeshki, 2004; Yang *et al.*, 2010)는 것과 일치하지 않았다. 시중에 판매되는 묘목은 주근만 남아있는 묘목이 많아, 이들 묘목을 현지 식재하였을 때 뿌리의 활력이 고사하는 경우가 많다(박형순, 2007)는 연구와도 일치하지 않았다.

일반적인 수목들은 단근강도가 강하면 생장이 낮은 것이 보편적이다. 그러나 자귀나무 묘목의 단근 강도가 강해도 수고생장이 잘 되는 것으로 보이는 것은 공시목 중에 묘고, 근원직경, 잔존길이가 크고 짓무름이 많은 것들에 비하여 상대적으로 크게 생장하였기 때문으로 보인다.

본 연구 조사·분석 결과에서 자귀나무 묘목의 뿌리 상태가 양호한 것이 재배 후에 생장이 우수한 것으로 나타났다.

이것은 잔뿌리가 활착률에 차이를 주고(오광인, 1999), 이식 후에는 우수한 생장과 발달을 촉진하며, 나아가 지상부의 잎과 줄기 생장에도 차이를 주기(박충모, 2016) 때문으로 보인다. 자귀나무는 묘목의 뿌리가 심하게 짓무른 것들은 활착되지 못하고 고사하며, 30% 정도 활착이 되기는 하지만 생장이 매우 불량하고, 불균질하게 생장하는 것으로 나타났다.

묘목 뿌리의 짓무름은 묘목을 보관하는 과정에 과습에 의하여 발생하며, 과습으로 인하여 세균이 침해하여 식물의 세포벽을 분해하는 효소를 분비하여 조직을 연화시키므로 병든 조직은 물컹하게 썩고 악취를 풍기는 것이 가장 큰 특징이다(Gram, 2002; Tournas, 2005).

대부분 수목들은 뿌리 짓무름으로 인하여 토양수분, 양분흡수 또는 산소호흡작용 등을 제대로 할 수 없고, 세균 등이 침투하기 쉽기 때문에 수목이 제대로 활착되지 못하거나 고사하게 되며, 생장이 불량한 것으로 추정되었다.

뿌리가 지지 작용을 하며, 물과 양분을 흡수하는데, 뿌리 상태가 좋지 않으면 이식으로 인한 수분스트레스를 받아 활착에 영향을 미치고(Burdett, 1990; Grossnickle, 2005), 뿌리의 생장잠재력이 우수하면 수분 이용능력이 높아 이식 후 활착률이 높기(Carlson, 1986) 때문이다.

나무의 뿌리가 손상되거나 짓무름이 발생하면 세균 번식이 식물체의 조직(물관부) 내에서 오랫동안 생존하여 줄기 마름 현상이 발생한다(산림청, 2021).

그러므로 조경수목 재배를 위한 묘목 구입시에는 묘목이 진무르지 않은 것을 택하는 것이 중요하다. 또한 조경수목 생산은 균질한 생장이 중요하므로 묘목을 운반하거나 보관시 뿌리 짓무름이 발생하지 않도록 유지관리를 하는 것이 필요하다.

5) 종합

본 연구의 결과 자귀나무 재배에 있어서 묘목의 상태별로 묘목의 활착, 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리가 매우 불균질하게 생장하는 것으로 나타났다.

자귀나무 묘목 재배 후 생장은 묘목의 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근면적이 크고, 짓무름이 적은 것일수록 묘목 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량이 큰 것으로 나타났다. 자귀나무 묘목 뿌리가 짓무른 것은 고사율이 높고, 생장이 불량하였다. 자귀나무 묘목이 크게 단근되었거나 진무른 상태에서 비록 활착은 하였지만 생장이 불량하거나 불균질하게 생장하였다. 묘목이 불균질하게 생장하면 재배농가에서는 생산과 유통의 어려움을 겪게 된다.

양질의 묘목은 이식 후 초기 활착률을 높이고, 생존률과 초기 수고 및 근원직경 생장과 관련이 깊다(성환인 등, 2011). 따

라서 조경수목 재배시에는 재배농가의 소득에 차이를 미치므로 묘목의 상태가 양질이면서도 균질한 것을 구입하여 재배하는 것이 필요하다.

Ⅳ. 결론

본 연구는 조경수 판매시장에서 유통되고 있는 자귀나무 묘목의 상태에 따른 재배 후 생장 특성을 파악하고자 실증적으로 재배 실험을 하였다.

1. 본 연구 조사 · 분석 결과, 우리나라 조경수목 묘목 판매 시장에 유통되는 조경수목의 묘목은 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근면적, 뿌리 짓무름이 매우 불균질한 상태로 판매되는 것으로 나타났다.
2. 조경수 판매시장에서 유통되고 있는 자귀나무 묘목을 재배한 결과 활착률은 76.7%로 활착률이 매우 낮은 편이었다.
3. 자귀나무 묘목이 고사하는 주요 원인은 묘고 근원직경, 잔존길이, 단근강도 때문이라기 보다는 짓무름이 심한 것이 고사의 주원인으로 추정되었다.
4. 조경수 판매시장에서 유통되고 있는 자귀나무 묘목 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리 건중량은 매우 불균질하게 생장하였다. 묘목이 재배후 개체별로 매우 불균질하게 생장한 것은 묘목의 상태가 매우 불균질하였기 때문으로 추정되었다.
5. 자귀나무 묘목 재배 후 생장은 묘목의 묘고, 근원직경, 잔존길이, 단근면적이 크고, 짓무름이 적은 것일수록 묘목 재배 후 수고생장, 근원직경생장, 잔뿌리가 크게 생장하였다.
6. 자귀나무 묘목이 불균질하게 생장하면 조경수목 구입자 요구 불충족으로 매출의 손실, 경쟁우위가 낮아짐, 재배관리의 어려움, 생산성의 손실, 농장 이미지의 실추, 고객만족도 낮아짐, 제때에 규격품 판매의 곤란 등으로 조경수 재배농가의 경제에 직 · 간접으로 큰 어려움을 겪게 할 수 있다.
7. 따라서 조경수목이 제대로 생장하고 균질한 규격품으로 생산되기 위해서는 조경수목의 묘목은 충실하면서도 균질한 것이 유통되어야 함을 시사하였다.

본 연구는 조경수목 묘목의 성공적인 활착과 생장은 자귀나무 묘목의 충실도가 매우 중요함을 시사하였다. 본 연구는 자귀나무 묘목의 상태에 따른 식물생리학적으로 규명하는 데 한계가 있었다. 그러므로 향후 조경수목의 묘목 상태에 따른 재배 후 생장에 미치는 생리학적 짓무름을 규명하는 후속 연구가 필요하다.

References

1. 강호상(2013) 단근, 줄기 절단과 식재 밀도에 따른 음나무(*Kalopanax septemlobus*)묘목의 활착 및 생장 특성. 한국환경복원기술학회지 16(3): 97-105.
2. 김도균, 곽영세(2004) 바다매립지 곰솔 이식후 생장특성(1): 세근 공간적 분포를 중심으로. 한국조경학회지 31(6): 77-84.
3. 김종원(1996) 뿌리와 구조와 생장. 한국수목보호연구회지 2:11-13.
4. 나성준(2019) 국내 참나무류 채종원의 유전형질개량 및 우량종묘 생장연구. 영남대학교 대학원 박사학위논문.
5. 나성준, 김인식, 김재희, 이도형(2013[a]) 단근 강도에 따른 소나무 유묘의 생장특성. 농업생명과학연구 48(1): 15-21.
6. 나성준, 김인식, 이도형, 이위영(2013[b]) 초기 묘목크기와 단근강도가 이식 후 졸참나무의 지상부 및 뿌리발달에 따른 차이. 한국자원식물학회지 26(4): 503-510.
7. 나성준, 김장수, 우관수, 이재천(2012) 참나무류 묘목의 단근 및 이식밀도가 생장특성에 따른 차이. 농업생명과학연구 46(1): 53-61.
8. 박충모(2016) 식물 뿌리가 햇빛을 모니터링한다는 사실 발견: 뿌리 활동 조작을 통한 농작물 생장성 증진에 활용 가능. 서울대학교 보도자료.
9. 박형순(2007) 조경수목 묘목 및 종자 수 · 출입 현황. 조경수목협회 100: 26-29.
10. 성창현, 윤준혁, 진언주, 배은지(2020) 부직포 멀칭 방식에 따른 종가시나무 묘목의 생장과 제초에 따른 차이. 한국조경학회지 48(5): 59-66.
11. 성환인, 송기선, 차영근, 김종진(2011) 피음 및 시비처리에 따른 가시나무 1년생 용기묘의생장과 묘목품질 특성. 한국임학회지 100(4): 598-608.
12. 오광인(1999) 우량묘목 생장의 양묘시업 방안 한국양묘협 보고서.
13. 유근옥, 송정호, 최형순, 권해연, 권용락(2007) 백합나무 양묘방법에 따른 묘목품질 비교. 한국임학회지 96(3): 307-316.
14. 이경준(2019) 수목생리학. 서울대학교 출판문화원.
15. Anderson, L., H. N. Rasmussen, and P. E. Brander(2000) Regrowth and dry matter allocation in *Quercus robur* (L.) seedlings root pruned prior to transplanting. New For 119: 205-213.
16. Brantley, E. F. and W. H. Conner(1997) Growth of root-pruned seedlings in a thermally impacted area of South Carolina. Tree Planters' Notes 48: 76-80.
17. Burdett, A. N.(1990) Physiological processes in plantation establishm ent and the development of specifications for forest planting stock. C an J For Res 20: 415-427.
18. Davis, A. S. and D. F. Jacobs(2005) Quantifying root syste m quality of nursery seedlings and relationship to outplanting perform ance. New Forests 30(2): 295-311.
19. Farmer, J. W. and S. R. Pezeshki(2004) Effects of periodic flooding and root pruning on *Quercus nuttallii* seedlings. Wetlands Ecol Manage 12: 205-214.
20. Geisler, D. and D. C. Ferree(1984) The influence of root pruning on water relations, net photosynthesis and growth of young 'Golden Delicious' apple trees. J Amer Soc Hort Sci 109: 827-831.
21. Gram, L., L. Ravn, M. Rasch, J. B. Bruhn, A. B. Christensen, and M. Givskov(2002) Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. International Journal of Food Biology 78: 79-97.
22. Grossnickle, S. C.(2005) The importance of root growth in overcoming planting stress. New For 30: 273-294.
23. Landis, T. D., R. K. Dumroese, and D. L. Haase(2010) The Container Tree Nursery Manual. Vol. 7. Seedling Processing, Storage, and Outplanting. Agriculture Handbook U.S. Forest Service.
24. Schultz, R. C. and J. R. Thompson(1990) Nursery practices that improve hardwood seedling root morphology. Tree Planters' Notes 411: 21-32.
25. Schultz, R. C. and J. R. Thompson(1996) Effect of density control and undercutting on root morphology of 1+0 bareroot hardwood

seedlings: five-year field performance of root-graded stock in the central USA. New Forests 13: 297-310.
26. Tournas, V. H.(2005) Spoilage of vegetable crops by bacteria and fungi and related health hazard. Crit Rev Microbiol 31: 33-34.
27. Yang, S., S. Xing, C. Liu, Z. Du, H. Wang, and Y. Xu(2010) Effects of root pruning on the vegetative growth and fruit quality of Zhanhuadongzao trees. Hort Sci(Prague) 37: 14-21.
28. https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=KAR2008028922
29. https://www.forest.go.kr/kfsweb/kfs/idx/Index.do?mn=NKFS_01&mainType=01&slide=2

Received : 1 September, 2021
Revised : 7 September, 2021
Accepted : 28 September, 2021
2인익명 심사필