

## 소나무, 뽕나무, 느티나무 단근 후 연고 처리에 따른 발근 비교

박준형<sup>1</sup> · 김지연<sup>1</sup> · 권시균<sup>1</sup> · 김해랑<sup>1</sup> · 권준형<sup>1</sup> · 이하림<sup>1</sup> · 김다원<sup>1</sup> ·  
마지원<sup>1</sup> · 김판기<sup>1</sup> · 고상현<sup>2</sup> · 김기우<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 생태환경시스템학부, <sup>2</sup>국립산림과학원 난대·아열대산림연구소, <sup>3</sup>경북대학교 수목진단센터

### Comparison of Fine Root Development of *Pinus densiflora*, *Prunus serrulata* var. *spontanea*, and *Zelkova serrata* after Root Cutting and Wound Dressing

Junhyung Park<sup>1</sup>, Jiyeon Kim<sup>1</sup>, Si-Gyun Kweon<sup>1</sup>, Haerang Kim<sup>1</sup>, Junhyung Kwon<sup>1</sup>, Harim Lee<sup>1</sup>,  
Dawon Kim<sup>1</sup>, Jiwon Ma<sup>1</sup>, Pan-Gi Kim<sup>1</sup>, Sang-Hyun Koh<sup>2</sup> and Ki Woo Kim<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Ecology and Environmental System, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

<sup>2</sup>Warm-Temperate and Subtropical Forest Research Center, National Institute of Forest Science,  
Seogwipo 63582, Korea

<sup>3</sup>Tree Diagnostic Center, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

**요약:** 본 연구에서는 뿌리 수술과 수목 이식 현장에서 단근 부위에 처리하는 뿌리연고에 대한 상처 반응 및 세근 발달을 3종의 수종에서 비교하였다. 2014년 5월부터 2016년 11월까지 경상북도 상주시에 식재된 소나무, 뽕나무, 느티나무 성목에서 직경 2~4 cm에 해당하는 뿌리를 절단하고 상처 부위를 바셀린과 유기질 비료로 연고 처리하여 6개월이 경과한 후, 시료를 채취하여 세근 성장량을 조사하였다. 단근 후 세근 발달은 전반적으로 느티나무와 뽕나무에서 우수하였지만 소나무에서는 저조하였다. 세근 성장량은 느티나무에서 단근과 유기질 비료 처리구에서 높게 나타났다. 뽕나무에서는 처리별로 뚜렷한 효과가 없었다. 이상의 결과는 단근과 상처 처리에 대한 세근 발달이 수종별로 상이하므로 단근 후 수종별로 처리 방법의 세분화가 필요함을 시사한다.

**Abstract:** The aim of our study was to compare the wound responses and fine root development after root cutting and wound dressing among different tree species. The roots (2~4 cm in diameter) of mature *Pinus densiflora*, *Prunus serrulata* var. *spontanea*, and *Zelkova serrata* grown in Sangju, South Korea, were cut every 6 months from May 2014 to November 2016. The cut roots were subjected to pastes of vaseline and organic fertilizer. Six months after cutting, fine root development in the cut roots was examined. There was a significant increase in the fine root development in *P. serrulata* and *Z. serrata*; however, the development was rarely observed in *P. densiflora*. *Zelkova serrata* showed the highest fine root development among the three species in both the control and organic paste treatment groups. No significant differences in fine root development were observed in *P. serrulata* among the treatments. These results indicate that different tree species exhibit different responses to wound dressing after root cutting, which suggests that specific treatments must be applied to specific tree species.

**Key words:** root promotion, paste, wound dressing

## 서론

생활권에 식재하는 수목은 미관 향상, 먼지 여과, 소음 감소 등 다양한 효과를 나타낸다(Kim et al., 1995). 그러

나 생활권 수목을 식재함에 있어서 추가적으로 공간 확보가 제한적이므로, 효율적인 공간 확보를 위해 지하주차장 등 인공지반구조물 상부와 자투리 공간에 식재한다(Hong et al., 2012). 이들 공간은 열악한 생활환경을 가지고 있고, 수목의 뿌리는 보도, 연석, 정화조, 급수관 등 도시의 기반 시설을 훼손하기도 하지만, 이러한 시설과 인간의 영향에 의해 뿌리가 손상되기도 한다(Randrup et al., 2001).

\* Corresponding author

E-mail: kiwoo@knu.ac.kr

ORCID

Ki Woo Kim  <https://orcid.org/0000-0002-7010-0336>

이외에도 수목의 뿌리는 잎, 줄기와 같이 답압, 뿌리 외과수술, 이식, 토양 오염, 과습 등과 같이 다양한 원인으로 피해를 받으며, 시간이 경과되면 지상부의 생리장애로 발전된다. 이와 같이 다양한 피해로 고사한 뿌리를 제거하기 위한 뿌리 수술과, 이식을 위한 단근 후에 뿌리의 발달을 촉진하고 토양 미생물에 의한 뿌리 부패를 방지하기 위한 처리가 필요하다. 일반적으로 뿌리 발달을 촉진하고 토양 미생물에 의한 뿌리 부패를 방지하기 위해서 상처 뿌리에 연고와 무기질 양료 성분을 처리한다.

일반적으로 수목의 상처에는 유합을 촉진하고 외부로부터 보호하기 위해서 도포제를 처리한다(Lee et al., 2016). 지상부 상처에 대한 도포제의 효과 검증과 개발에 관한 연구는 제한적으로 이루어지고 있다. Lee et al.(2016)는 현재 현장에서 사용하고 있는 도포제의 상처 유합에 대한 유효성 검정을 하였다. Min et al.(2016)은 수피 상처 부위의 치료 효과를 높이기 위해 식물생장조절물질을 첨가한 상처도포제를 개발하는 연구를 보고하였다. 그러나 지상부의 상처부위에 대한 처리와 다르게 지하부의 경우, 유합 조직 촉진 및 상처 보호 이외에도 생육환경에서 성공적인 활착을 위해서 발근촉진이 필요하다. 다수의 연구에서 발근을 촉진하기 위해 옥신 등과 같은 식물생장조절물질을 활용하였으며, 주로 삼목을 대상으로 수행하였다(Kim et al., 2013; Kim et al., 2015; Kim et al., 2016). 수목의 뿌리 상처에 대한 연고 또는 비료 처리에 대한 효과의 검증 및 개발과 성목의 뿌리를 대상으로 하는 발근촉진제에 대한 연구는 미미한 실정이다.

현재 이용하는 뿌리연고를 조제하는 몇 가지 방법들이 있으나 수종 및 처리별 현장에서의 효능에 대한 정보는 거의 없다. 특히 수목진료를 담당하는 나무의사에게 가장 적절한 뿌리 치료법에 대한 기술 지침을 제공하기 위해 일반적으로 사용하는 치료법의 효능을 검증하는 것이 필요하다. 이러한 비교 연구는 수종에 따라 뿌리 처리 방법 수립에 실질적으로 기여할 수 있다.

본 연구에서는 현행 식물문화재 치료 표준품셈의 연고와 이를 변형한 연고를 가로수나 조경수로 많이 식재하는 소나무, 뽕나무, 느티나무 성목 뿌리를 대상으로 2014년 5월부터 2016년 11월까지 처리하고 세균 성장량을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 대상 수종 및 규격

본 실험은 생활권 수목 중에서 대표적인 3가지 수종을 선별하여 실시하였으며, 이들은 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.), 뽕나무[*Prunus serrulata* var. *spontanea* (Maxim.) E.H.Wilson], 느티나무[*Zelkova serrata* (Thunb.)

Makino]의 성목으로 구성되었다. 실험처리는 경상북도 상주시(36°42'N and 128°16'E)에 조경수로 식재한 흉고직경 14.3~32.2 cm의 활력이 우수한 성목을 대상으로 하였다.

### 2. 뿌리연고 조제

본 연구에서는 현장에서 뿌리수술 후에 사용하는 식물문화재 치료 표준품셈에 의거하여 조제한 표준연고와 이를 변형한 변형연고의 발근촉진 효능을 검증하였다(Cultural Heritage Administration, 2006). 표준연고는 바셀린(vaseline; 대정화금, Extra Pure) 1 kg, 질산칼륨 1 g, 황산마그네슘 1 g, 질산칼슘 2 g, 제1인산칼륨 1 g, 만코브제 25 g을 섞어 조제하였다. 변형연고는 표준연고의 바셀린을 현재 수목을 이식한 후에 뿌리 절단면에 보습을 유지하고 발근촉진 등의 목적으로 사용하는 유기질 비료(대지생명토; 대지개발, 유기물 20%, 유기물대질소의 비 50%이하, 염산불용해물 30%이하)로 대체하여 조제하였다.

### 3. 뿌리연고 처리 및 반복

소나무, 뽕나무, 느티나무를 대상으로 수종별 15본에서 지하 20 cm 이내에 있는 직경 2~4 cm의 뿌리를 선정하였다(Figure 1A). 선정된 뿌리는 톱 또는 전정가위로 길이 방향의 수직으로 절단하였다(Figure 1B). 각 수종별로는 단근, 표준연고, 변형연고를 5반복 처리하였다(Figure 1C, 1D). 처리한 뿌리에는 끈으로 표시하여 동일한 부위를 조사하는데 용이하도록 하였다. 본 연구에서는 ① 5월에 단근 및 연고처리 후 11월에 세균 성장량을 조사하였으며(봄 단근), ② 11월에 단근 및 연고처리 후 익년 5월에 세균 성장량을 조사하였다(가을 단근). 2014년 5월에 시작하여 2016년 11월까지 실험을 수행하였다.

### 4. 뿌리 성장량 조사 및 자료 분석

단근 후 6개월 경과한 시점에 끈으로 표시한 뿌리를 절단하였다. 세균 성장량을 정량화하기 위하여 절단면의 유합조직 형성 유무, 단면의 직경(2r), 단근부위로부터 세균이 발달한 지점까지의 거리(n)를 측정하였다(Figure 2). 이후 뿌리에서 발생하는 세균을 85°C의 건조기에서 3일 건조 후 건조량을 측정하고 단위 표면적당 건조량(mg/cm<sup>2</sup>)을 세균 성장량으로 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{뿌리 표면적(cm}^2\text{)} &= 2\pi r \text{ (cm)} \times n \text{ (cm)} \\ &= 3.14 \times \text{직경} \times n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{단위 표면적당 건조량(mg/cm}^2\text{)} \\ &= \text{뿌리 건조량} / \text{뿌리 표면적} \end{aligned}$$

각 수종별 처리구의 세균 성장량은 SAS(SAS version



Figure 1. Root (2~4 cm in diameter) cutting and wound dressing. (A) Measurement of root diameter using calipers. (B) Cutting using saw or shears. (C) Dressing with the standard paste. (D) Dressing with the modified paste.

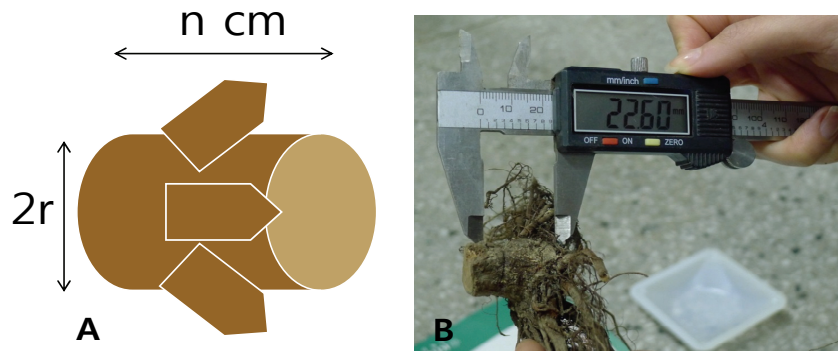


Figure 2. Parameters for quantification of fine root. (A) Schematic drawing of a cut root. (B) Measurement of length (n) from the cut surface to the base of fine roots.

10.0.17134; SAS Institute, Cary, NC, USA)에서 Duncan의 다중 범위 검정(DMRT)을 사용하여 비교하였다.

## 결 과

### 1. 수종별 세근 형성 비교

뿌리연고를 처리하고 6개월이 경과한 후 소나무의 경우 다른 수종에 비해 세근 발생량이 저조하였다(Figure 3A). 반면에 벚나무와 느티나무의 경우, 세근 발생이 우수하였고 주로 단근한 단면의 가장자리와 인접한 측면에서 발생하였다(Figure 3B, 3C). 표준연고를 처리한 모든

수종에서 6개월이 지난 후까지도 바셀린의 유분기가 남아있는 것을 확인하였다.

### 2. 수종별 유합조직 형성 비교

수종별 유합조직의 형성을 비교한 결과, 소나무의 단근 부위는 일부 검게 변색되었고 유합조직이 형성되지 않았다(Figure 4A). 반면 벚나무와 느티나무에서는 변색 부위가 없었고 유합조직이 형성되었다(Figure 4B, 4C). 벚나무와 느티나무에서는 유합조직의 가장자리에서 많은 세근이 발생하였으며, 느티나무의 경우에 일부 세근이 50 cm 이상 성장하였다.

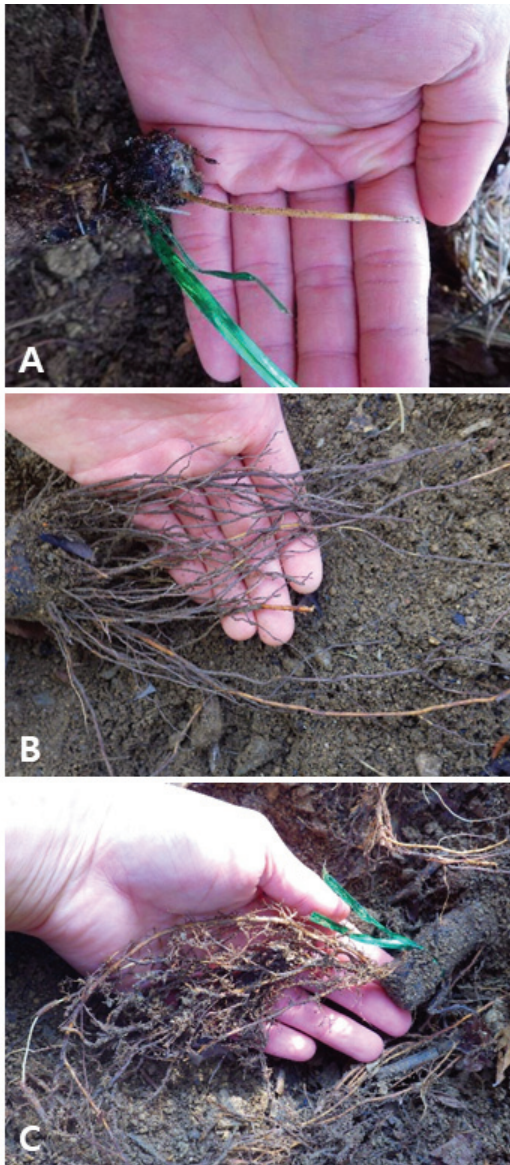


Figure 3. Photographs of fine root development. (A) *P. densiflora*. (B) *P. serrulata* var. *spontanea* (C) *Z. serrata*.

### 3. 세근 성장량 비교

3년간 실험에서 소나무는 벚나무, 느티나무에 비해 세근 발생량이 저조하였으며, 어떠한 처리에서도 유의한 차이가 없었다. 벚나무의 세근 발생량은 소나무에 비해 우수하였으나, 처리간 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 전반적으로 벚나무에서는 처리에 따른 세근 성장량의 변이가 다른 수종에 비해 컸다. 느티나무는 단근과 변형연고에서 우수한 세근 발생량을 나타냈다.

2014년 봄에 시행한 소나무 단근, 표준연고, 변형연고 처리의 세근 성장량은 3.61, 9.39, 2.21 mg/cm<sup>2</sup>이었다. 가을 단근의 경우, 0.00, 0.13, 0.07 mg/cm<sup>2</sup>으로 다른 수종에 비해 저조하였고 어떤 처리에서도 유의한 차이를 확인할 수 없었다( $P = 0.01$ ) (Figure 5). 벚나무의 봄 단근 결과는 86.20, 140.48, 54.76 mg/cm<sup>2</sup>이고, 가을 단근은 5.15, 12.91, 0.63 mg/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 소나무에 비해 벚나무의 세근 성장량이 우수했으며, 처리 간 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 표준연고에서 다른 수종과는 다르게 세근 성장량이 높은 것으로 나타났다. 느티나무의 봄 단근 결과는 535.55, 12.41, 840.35 mg/cm<sup>2</sup>이고 가을 단근 결과는 6.95, 0.00, 0.38 mg/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 봄 단근 결과 다른 수종에 비해 가장 우수한 세근 성장량을 보였고, 가을 단근에 비해 세근 발생량이 월등히 우수하였다. 느티나무는 벚나무와 다르게 단근과 변형연고를 처리하였을 때 높게 나타났다.

2015년에서 소나무의 봄, 가을 세근 성장량은 2014년과 유사하게 전반적으로 저조하였다(Figure 6). 벚나무는 봄 단근 후 세근의 성장량은 157.59, 46.64, 406.59 mg/cm<sup>2</sup>이었고, 가을 단근 후에는 24.57, 33.20, 77.41 mg/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 봄과 가을의 세근 발생량에서 차이가 있었으며, 처리 간 유의한 차이가 없었다. 그러나 일부 변형연고 처리구에서 다른 처리에 비해 높은 세근 발생량도 관찰하였다. 느티나무는 봄에 364.99, 158.60, 405.96 mg/cm<sup>2</sup>이었고, 가

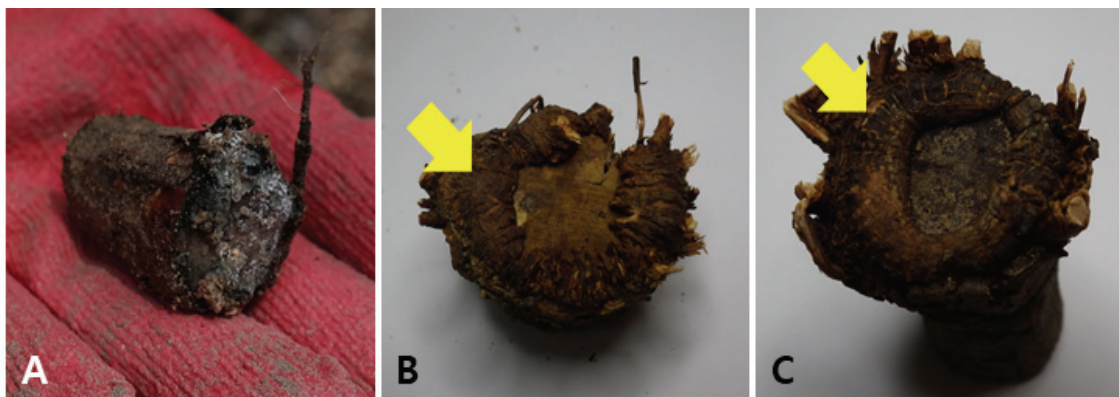


Figure 4. Formation of calluses (arrows) on cut roots. (A) *P. densiflora*. (B) *P. serrulata* var. *spontanea*. (C) *Z. serrata*.

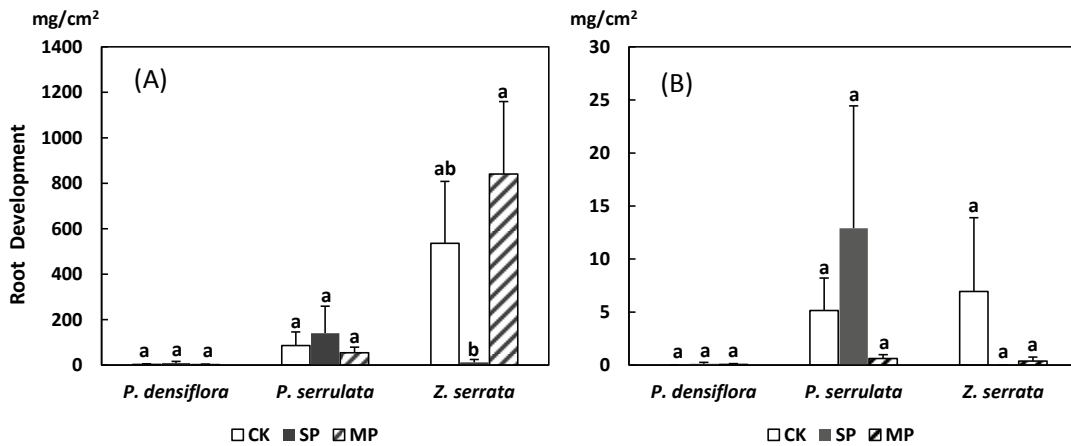


Figure 5. Comparison of fine root development (dry weight/root surface area) among tree species. (a) Six months after root cutting in spring, 2014. (b) Six months after root cutting in fall, 2014. Bars indicate the standard errors. The same letters denote no significant difference at  $P = 0.01$  according to the Duncan's multiple range test. CK = Check. SP = Standard Paste. MP = Modified Paste.

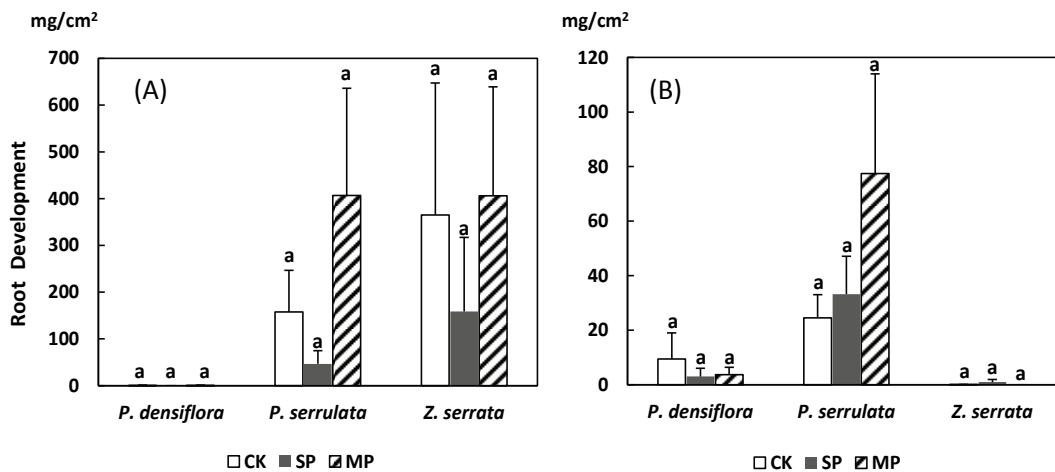


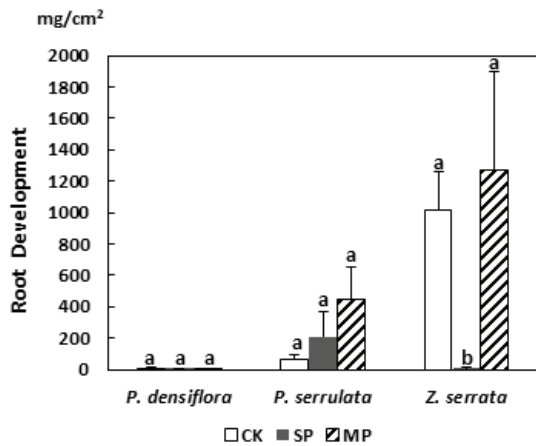
Figure 6. Comparison of fine root development (dry weight/root surface area) among tree species. (a) Six months after root cutting in spring, 2015. (b) Six months after root cutting in fall, 2015. Bars indicate the standard errors. The same letters denote no significant difference at  $P = 0.01$  according to the Duncan's multiple range test. CK = Check. SP = Standard Paste. MP = Modified Paste.

을에는 0.06, 0.98, 0.00 mg/cm<sup>2</sup>이었다. 느티나무의 경우에도 봄에 단근하고 가을에 측정한 세균 생장량이 가을에 단근한 것에 비해 높았으며 변형연고에서 다른 처리구에 비해 높게 나타났다.

2016년 소나무의 세균 생장량은 2014년, 2015년과 유사하게 단근의 시기와 관계없이 저조하였다(Figure 7). 벚나무는 63.92, 209.34, 449.14 mg/cm<sup>2</sup>으로 단근 시기별 생장량은 2015년과 유사한 경향을 보였고 처리 간 유의한 차이는 없었지만, 일부 변형연고에서 높게 나타났다. 느티나무는 814.05, 5.98, 782.46 mg/cm<sup>2</sup>으로 단근과 변형연고 처리구에서 우수하였다.

## 고 찰

본 연구에서는 현행 식물문화재 치료 표준품셈의 연고와 이를 변형한 연고의 효용성을 비교 분석하였다. 특히, 조경수로 많이 식재하는 소나무, 벚나무, 느티나무의 성목을 대상으로 야외에서 봄, 가을 단근을 수행하며 3년간 수행하여 기존의 연구와 차별성이 있다. 소나무를 제외한 두 수종은 봄에 단근한 뿌리에서 세균의 발생이 우수하였고 가을에 단근한 뿌리에는 세균의 발생량이 적었다. 시기적으로 세균 발달의 차이는 온대림의 경우 생장이 왕성한 계절인 여름의 기온 상승으로 인해 세균의 생장이 증가하



**Figure 7.** Comparison of fine root development (dry weight/ root surface area) among tree species. Six months after root cutting in spring, 2016. Bars indicate the standard errors. The same letters denote no significant difference at  $P = 0.01$  according to the Duncan's multiple range test. CK = Check. SP = Standard Paste. MP = Modified Paste.

고, 온도가 낮아지고 낙엽이 되는 가을에 세근의 생장이 감소하는 계절적 변화에서 기인한 것으로 판단한다(Quan et al., 2010). 세근 발생량은 느티나무, 벚나무, 소나무 순으로 나타났는데, 이러한 차이는 지상부 상처의 유합속도가 느티나무, 왕벚나무, 소나무 순으로 나타난 연구 결과와 유사하였다(Lee et al., 2016). 지상부와 지하부의 생장은 다르지만 이러한 유합속도의 차이가 세근 발생량의 차이에 일부 영향을 주는 것으로 추정한다.

벚나무의 경우, 처리별 단근 후 세근 성장량이 소나무에 비해 우수하게 나타났으나, 처리별로 뚜렷한 효과가 나타나지 않았다. 또한 개체별로 세근의 성장량이 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이는 벚나무가 토양 양료 및 미세환경변화에 민감하게 반응하는 것으로 보이며, 환경에 따른 벚나무의 세근 성장에 관한 연구가 추후 필요한 것으로 판단한다. 실험에 사용한 뿌리연고 중에서 표준연고의 발근촉진 효과는 느티나무에서는 다른 처리에 비해서 적었다. 그러나 본 연구에서는 3년간 야외 실험을 수행하면서 실험결과의 변이가 다소 발생하여 각 연고의 효용성을 비교하기 위해서는 다각적인 검토가 필요할 것으로 생각한다.

수목의 상처처리 및 유합조직 형성에 관한 연구로는 수피 및 줄기의 상처에 관한 연구 사례가 있었다. 현재 사용하고 있는 상처도포제의 효과 검증에 대한 연구와 식물생장조절물질 기반 상처유합제 개발에 대한 연구에서 바셀린을 처리한 상처부위에서 유합조직이 형성되지 않고 부분적으로 부패가 발생하였다(Lee et al., 2016; Min et al., 2016). 본 연구에서도 기존의 결과와 유사하

게 바셀린을 처리한 느티나무 뿌리에서 세근 발달이 저조하였다. 느티나무의 경우에는 뿌리연고 처리를 하지 않은 단근의 경우에도 발근 효과가 나타났고 변형연고는 표준연고에 비해 세근 성장량이 높게 나타났다. 이러한 결과는 일부 수종의 경우에는 표준연고의 바셀린을 다른 유기질 비료로 대체할 수 있음을 시사한다. 본 연구에 사용한 유기질 비료는 보습, 발근촉진, 척박지 토양개량 등의 목적으로 현재 조경수 이식 시 분을 형성한 후 단근 부위에 부착하여 사용하고 있다. 벚나무, 느티나무의 단근 부위에는 소나무와 달리 유합조직이 형성되었다. 그러나 상처 후 6개월이 경과한 후에 관찰한 구조는 유합조직의 단계에서 이미 분화된 조직으로 추정한다. 따라서 단근 부위에서 관찰한 구조에 관한 조직학적 연구가 향후 필요하다.

수목에서의 단근은 세근발달 유도, 이식 생존율 증가, 건조 스트레스에 대한 저항성 향상 등 다양한 장점이 있다. Na et al.(2013)은 소나무 묘목의 경우 일정량을 단근한 묘목이 단근을 하지 않은 묘목에 비해 생존율이 높은 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 소나무 성목 뿌리에서의 단근 후 세근 발생량이 저조하여 단근의 효과를 검증하기 힘들었다. 따라서 향후에 소나무 성목의 단근 효과 검증에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단한다.

## 결론

본 연구는 성목에 있어서 현행 사용하는 뿌리연고에 대한 효과를 검증 및 수종별 반응을 확인하기 위해 수행하였으며, 결론은 다음과 같다.

첫째, 2014년부터 2016년까지 봄, 가을 단근을 비교하였을 때 수목의 성장량이 많은 봄에 세근의 성장량이 높게 나타났으며, 가을 단근의 세근 성장량이 저조하여 봄, 가을철 뿌리 수술에 대한 수종별 상처 반응을 보였다.

둘째, 소나무와 다른 두 수종(벚나무, 느티나무)에 대한 단근 후 처리 결과가 다르게 나타났다. 소나무의 경우, 유합조직의 형성과 세근의 성장량이 저조하게 나타났다. 반면, 벚나무와 느티나무의 경우에는 처리별 반응에 차이는 보였지만 소나무에 비해 유합조직의 형성과 세근의 발생량이 높게 나타났다. 이러한 결과는 수종별 상이한 처리방법이 필요함을 시사한다.

셋째, 바셀린을 포함하는 표준연고 처리는 느티나무에서 발근 촉진 효과가 나타나지 않았다. 이는 기존에 수목의 상처 부위에 처리한 결과와 비슷한 경향을 보였으며, 표준연고보다 변형연고 처리구에서 유합조직 형성과 세근 성장량이 높게 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 국립산림과학원의 지원으로 수행되었기에 감사드립니다.

## References

- Cultural Heritage Administration. 2006. Standard Procedure of Treatments of Plant Cultural Heritage. [http://www.cha.go.kr/cop/bbs/selectBoardList.do?bbsId=BBSMSTR\\_1021&mn=NS\\_03\\_08\\_01](http://www.cha.go.kr/cop/bbs/selectBoardList.do?bbsId=BBSMSTR_1021&mn=NS_03_08_01). (2006.03.16.).
- Ha, T.J., Lee, J.K. and Kwon, O.B. 2004. A study of effective methods for the formation of calluses on trees after surgical operation. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 7: 29-38.
- Hong, S.H., Yang, S.J., Choi, S.H., Beak, J.B. and Lee, S.D. 2012. Growing characteristics of shrub in the planting strip of street, Busan City, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26: 257-263.
- Kim, S.J., Krieter, M., Chung, J.C. and Chung, H.G. 1995. Evaluation of soil structure for planting street tree in urban area. *Journal of the Korean Environmental Sciences Society* 4: 233-244.
- Kim, C.S., Na, S.J., Moon, H.S. and Kim, J.S. 2013. Mass propagation of *Acer* spp. by greenwood cutting: effects of cutting time, cuttings position on shoots, and auxin on rooting characteristics. *Journal of Agriculture & Life Science* 47: 25-34.
- Kim, J.H., Lee, J.W., Oh, H.G., Lee, K.Y., Kim, T.J. and Paek, K.Y. 2015. Effect of plant growth regulator treatments on rooting and growing of rhizophoraceae, and fingered citron (*Citrus medica* var. *sarcodactylis*) in cutting. *Journal of the Korean Society of International Agriculture* 27: 45-49.
- Kim, S.H., Park, S.J., Cho, K.H. and Lee, H.C. 2016. Effect of plant growth regulators and carbon source on the shoot regeneration and rooting of 'Wonhwang' pear (*Pyrus pyrifolia* L.). *Journal of Plant Biotechnology* 43: 486-491.
- Lee, K.H., Lee, Y.H., Song, H.S., Lee, J.G., Yoo, J.Y. and Ahn, S.K. 2016. Examination of effectiveness of existing wound dressings. *Journal of Korean Forest Society* 105: 505-509.
- Min, H.J., Kim, B.K. and Cha, B.J. 2016. Development of wound-treatment formulation using plant growth regulators for wound healing of some tree species. *The Korean Journal of Pesticide Science* 20: 83-92.
- Na, S.J., Kim, I.S., Kim, J.H. and Lee, D.H. 2013. Growth characteristics of *Pinus densiflora* seedlings by root pruning intensity. *Journal of Agriculture & Life Science* 48: 15-21.
- Quan, X., Wang, C., Zhang, Q., Wang, X., Luo, Y. and Bond-Lamberty, B. 2010. Dynamics of fine roots in five Chinese temperate forests. *Journal of Plant Research* 123: 497-507.
- Randrup, T.B., Mcpherson, E.G. and Costello, L.R. 2001. A review of tree root conflicts with sidewalks, curbs, and roads. *Urban Ecosystems* 5: 209-225.

---

Manuscript Received : December 6, 2018

First Revision : March 8, 2019

Accepted : April 26, 2019