

Research Article



CrossMark

Open Access

## 자근발생이 부지화 감귤나무의 수체 생육과 뿌리내 양분함량에 미치는 영향

강석범<sup>1\*</sup>, 문영일<sup>2</sup>, 양경록<sup>1</sup>, 좌재호<sup>1</sup>, 한승갑<sup>1</sup>, 이혜진<sup>3</sup>, 박우정<sup>4</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤연구소, <sup>2</sup>농촌진흥청 대변인실,

<sup>3</sup>농촌진흥청 기획조정관실 농업빅데이터일자리팀, <sup>4</sup>국립강릉원주대학교 생명과학대학 해양식품공학과

### Effect of Occurrence of Scion Root on the Growth and Root Nutrient Contents of 'Shiranuhi' Mandarin Hybrid grown in Plastic Film House

Seok-Beom Kang<sup>1\*</sup>, Young-Eel Moon<sup>2</sup>, Gyeong-Rok Yankg<sup>1</sup>, Jae-Ho Joa<sup>1</sup>, Seong-Gap Han<sup>1</sup>, Hae-Jin Lee<sup>3</sup> and Woo-Jung Park<sup>4</sup> (<sup>1</sup>Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Jeju 63607, Korea, <sup>2</sup>Spokesperson office, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea, <sup>3</sup>Agricultural Bigdata Division, Planning and Coordination Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea, <sup>4</sup>Department of Marine Food Science and Technology, College of Life Sciences, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea)

Received: 15 July 2019/ Revised: 28 August 2019/ Accepted: 3 September 2019

Copyright © 2019 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Seok-Beom Kang

<https://orcid.org/0000-0002-4504-6075>

### Abstract

**BACKGROUND:** 'Shiranuhi' mandarin is a major cultivar among all late ripening type of citrus, and is widely cultivated in Korea. However, many farmers have reported scion root problems in their orchard resulting in reduced flowering and fruiting. It is necessary that the physiology of scion-rooted 'Shiranuhi' mandarin trees is further understood.

**METHODS AND RESULTS:** This experiment was conducted to understand the growth response and physiology of scion-rooted 'Shiranuhi' mandarin hybrids. In our study, 'Shiranuhi' mandarin trees were divided into two groups: trees without scion roots (control) and trees with scion roots. The experiment was conducted in Seogwipo of Jeju, with ten replicates for each group. Growth of trees with scion roots was more vigorous and the trees were taller than the controls. Tree height and trunk diameter of scion-rooted trees were

significantly higher than those of control trees. Exposed length of rootstocks of scion-rooted trees was significantly lower (by about 2 cm) than that of control trees (8.6 cm). In terms of root nutrition, carbon contents of scion-rooted trees was significantly lower than that of control trees, but nitrogen and potassium concentrations in scion roots were significantly higher than those in control roots.

**CONCLUSION:** Based on the results, we infer that growth of scion-rooted trees was very vigorous and the content of nitrogen in these roots was higher than that in the control tree roots. Thus, the carbon/nitrogen ratio of scion roots was significantly lower than that of the control roots.

**Key words:** C/N ratio, Growth, Nutrition, Scion root, 'Shiranuhi' mandarin

### 서론

국내 만감류 중 재배면적이 가장 많은 부지화(1,611 ha, 2017)는 '청견'에 '폰칸'을 교배하여 육성한 '만다린' 계통의 감귤로 일본 농림수산성 과수시험장에서 개발하여 국내 도입

\*Corresponding author: Seok-Beom Kang  
Phone: +82-64-730-4107; Fax: +82-64-730-4111;  
E-mail: hortkang@korea.kr

된 품종이다(Jeju Gamgyul Association, Inc. 2018). 1990년도 도입 초반에는 과원에서 고접(성목의 주지를 통한 접목)을 통한 재배로 어려움 없이 고소득을 얻게 되어 급속하게 면적을 증가시킬 수 있었으나 차츰 고접을 통한 재배시 품질향상에 어려움이 발생하여 유목을 통한 접목 부지화 재배가 급격히 늘어났다.

그러나 제주에서 많이 재배되는 고소득 작물종의 하나인 부지화가 재배년수가 경과해도 꽃눈이 잘 발생되지 않아 수량이 감소하는 농가 피해가 2000년 후반부터 급격히 늘어났다. 이러한 농가들에 대한 조사 결과 이전에 국내 감귤재배에서는 보고된 적이 없는 탱자대목을 주로 이용하는 부지화 감귤나무에서 접수인 부지화에서 뿌리가 나오는 자근이 발생하여 농가에 피해를 주고 있었다(Kang *et al.*, 2012).

자근(自根, scion root)이란 부지화 감귤나무가 재식시 땅속에 깊게 묻혔을 때 탱자 대목이 아닌 접목부위 위에서 접수인 부지화의 뿌리가 발생된 것을 말하며 최근 제주도 부지화(한라봉) 재배지를 중심으로 자근 발생에 따른 피해가 많이 발생되고 있다. 과수는 고품질의 과실 생산, 안정적인 양·수분 공급, 내한성 증진과 수세강화 등을 위하여 대목을 이용하는데 부지화 감귤도 다른 감귤들과 마찬가지로 주로 탱자를 대목으로 이용하고 있다(Ferguson *et al.*, 2010).

이전까지 탱자를 대목으로 한 온주밀감 감귤재배에서는 이러한 자근발생이 없었고 따라서 자근에 대한 문제는 국내 감귤산업에서는 전혀 없었다. 그러나 부지화 감귤나무는 농가들 사이에서 고소득 작물로 인식되면서 하우스내에 부지화 감귤나무를 재배시 묘목이 잘 자라도록 깊게 심고 재배 중에도 잦은 배토를 하여 나무의 세력만을 강화시키는 재배습관에 의해 자근 발생이 더욱 증가하였다(Kang *et al.*, 2012).

Ferguson 등(2010)은 감귤에서는 자근 묘목을 이용하게 되면 내한성, 내병성, 및 토양적응성 등 다양한 대목의 특성들을 이용할 수 없어 대다수의 감귤에서는 자근묘를 이용하지 않는다고 하였다. Halma (1947)도 유레카 레몬을 자근묘목으로 키웠을 때 스위트오렌지와 크래프트 대목을 이용한 접목묘에 비해 나무의 충실도 및 생산성이 낮아지는 문제가 발생되었다. 부지화와 친초 감귤에서 자근이 발생된 나무는 정상나무에 비해 나무의 세력이 강해지고 그로 인해 착화량 감소로 수량이 저하된다는 보고가 있다(Hirano *et al.*, 2002). 현재까지 자근발생이 보고된 감귤 품종으로는 '천초', '세토카', '부지화' 감귤품종에서 자근이 발생되고 있다고 보고되고 있으며 노지재배에서 보다는 하우스 재배에서 발생이 더 잘되는 것으로 알려져 있다.

부지화 감귤은 상품성이 좋은 과실 일수록 과중이 커야 하는데 이렇게 큰 과실을 재배하기 위해서는 나무의 세력을 강하게 키워야 한다. 그러나 이러한 강한 나무의 수세를 유지하기 위해 무리하게 나무를 깊게 심고 배토하며 퇴비나 질소비료 등을 과다하게 사용함에 따라 나무는 생리적으로 착화가 불량해지는 영양생장으로 치우쳐 자근도 더 쉽게 발생되는 환경에 놓이게 되었다. 밀식재배 사과에서도 기계화 작업에 의해 묘목을 깊게 심은 곳에서는 접목부위가 지면에 묻힌 곳

에서 자근이 발생되었고 이러한 나무는 세력이 너무 강하여 조기에 수관이 커져 밀식재배도 못하고 착화도 불량하여 농가에 수량저하를 미치고 있다는 보고가 있다(Warner, 2009)

자근이 발생된 나무는 특징적으로 엽내 질소함량이 높아지고 이로 인해 C/N율이 낮아진다고 보고되고 있다(Kang *et al.*, 2013). 특히 C/N율은 과수의 꽃이 오는 화아 생리를 언급할 때 수체내 꽃을 유도하는데 매우 중요한 이론으로, C/N율이 높아지면 착화생리로 가서 생식생장을 하는 나무가 되지만, C/N율이 낮아지게 되면 나무가 자라는 영양생장으로 바뀌게 되어 꽃이 적어지게 된다(Kraus and Kraybill, 1918; Kang *et al.*, 2016). 그러나 자근 발생시 수체내 뿌리의 무기성분 함량 및 C/N율에 대해서는 보고된 바가 없다.

본 연구는 이러한 부지화 감귤나무에서 자근발생이 수체의 생육과 수체 양분에 미치는 영향을 구명하여 자근발생에 대한 대응책 마련을 위하여 수행하였으며, 이를 통해 자근발생시 부지화 감귤나무의 수체관리 방법을 체계적으로 수립하여 자근발생에 따른 농가피해를 조기에 해결하기 위하여 과제를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험은 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 지역에서 실시하였으며, 12년생 무가온 부지화 감귤원에서 자근발생으로 2년 이상 착화가 불량한 나무들을 실험재료로 이용하였다.

### 처리내용

실험은 같은 수령의 생육이 균일하고 자근이 발생되지 않은 정상나무를 대조구로 하였으며, 자근이 발생한 부지화 감귤나무를 자근구로 하여 각각 10주를 선정하여 시험에 이용하였다. 실험중 수체내 양분 분석에는 자근이 혼재된 나무 10주를 추가로 선정하여 수체 양분특성을 함께 조사하였다. 실험은 제주도 서귀포시 남원읍 한남리(12년생) 자근피해를 갖는 과원에서 수령이 같은 나무를 이용하여 2014년 1월부터 2016년 2월까지 수행하였다.

### 수체 생육

수체의 수고는 지면에서 수관 끝까지의 길이를, 수폭은 수관의 가장 긴거리를 재었으며, 주간직경은 버니어캘리퍼스를 이용하여 접목부위 위의 주간두께를 측정하였다. 대목노출 길이는 지면에서 대목이 노출된 접목부위까지의 길이를 측정하였고, 대목직경 둘레의 길이는 대목의 둘레를 줄자를 이용하여 측정하였다.

### 수체 양분함량

부지화 감귤나무의 뿌리에 대한 식물체 양분 분석을 위해 먼저 탱자대목을 이용하여 접목한 부지화 감귤나무 묘목 중 자근으로 뿌리가 완전히 뒤틀린 감귤나무와 정상 감귤나무를 10주씩 선정하여 각각의 뿌리조직을 채취 후 1차 수돗물로

세척 후 2차 증류수로 세정하여 60도 건조기에서 48시간 건조 후 분쇄기로 시료를 분쇄한 후 분석에 이용하였다.

준비된 0.5 g 건조시료에 10 mL의 HNO<sub>3</sub>- HClO<sub>4</sub> (85:15, v/v) 혼합액을 가하여 습식 분해한 후, 인 분석을 위하여 Ammonium vanadate 법으로 발색 후 470 nm에서 분광광도계(CINTRA6, GBC, Australia)로 측정하였고, 질소는 켈달분석법에 의해 질소분석기(B-339, Büchi, Switzerland)로 분석하였으며, K, Ca, Mg는 유도결합플라즈마발광광도계(ICP-AES, GBC Intergra XM2, Australia)로 정량하였다. C/N을 분석은 0.2 g의 건조 엽 시료를 C/N을 분석기(Variomax, Elementar, Germany)를 이용하여 Combustion 법(Holmes, 1963)으로 분석하였다.

**통계분석**

본 시험에 이용된 자료에 대해서는 SAS Enterprise Guide 4.3을 이용하여 던컨다중검정(p=0.05)으로 처리간의 유의성을 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**수체생육**

국내 자근 발생 부지화 감귤나무에 대한 국내보고(Kang *et al.*, 2012)가 이뤄진 이후 자근이 발생한 나무의 특성에 대한 연구를 수행하였다. Table 1은 자근이 발생한 부지화 나무의 수체 생육특성을 나타낸 결과이다. 자근이 발생한 나무는 정상나무에 비해 수체 생육이 보다 왕성한 특성을 나타냈다. 조사에 의하면 자근나무의 수고(3.2 m)와 수폭(4.9 m)은 정상나무에 비해 생육량(수고 2.9 m, 수폭 4.3 m)이 유의하게 컸다. 특히 대목과 품종이 되는 접수가 붙어지는 접목부위 위의 주간부의 직경과 둘레길이는 자근나무가 15.1과 51.1 cm로 정상나무의 11.4와 36.7 cm에 비해 각각 32.4%와 39.2%로 유의하게 컸다. 이는 자근이 발생한 나무는 수체 생육량이 매우 왕성하여 수체가 자라는 영양생장으로 생리가 바뀌게 된다는 것을 보여줬다. 이렇게 자근나무의 왕성한 생육 특성은 시설재배를 하는 부지화 감귤농가에서 제한된 시설하우스 내에서 자근발생 부지화 감귤나무가 빨리 재배공간을 차지하게 되어 전체적으로 시설내 생산성이 떨어질 수 있는 문제를 야기 시키게 된다.

실제 재배현장에서도 자근이 발생한 나무들의 수고와 수폭이 빨리 자라나게 되어 수관을 줄이기 위해선 가지자르기 등 전정인 수행되었다. 그로 인해 자근발생 나무는 농가의 수체관리와는 반대로 더욱 왕성히 생육하려는 성향을 갖게 되어 착화불량에 따른 수량저하 문제가 심화되는 결과를 일으키고 있다. 본 시험에서 정상나무의 접목부위 노출 높이는 8.6 cm인 반면 자근이 발생한 나무의 접목부위 대목노출 높이는 1.5 cm로 매우 접목높이가 낮았다. 현재까지 자근이 발생한 나무들의 특징 중 하나가 접목높이가 매우 낮다는 것이다. 본 연구에서도 자근이 발생한 나무들은 정상나무에 비해 접목높이가 7.1 cm 가량 낮게 심겨져 있어 자근이 쉽게 발생한 것으로 판단되었다. 이 연구 결과를 토대로 현재 국내 감귤묘목 생산지에서는 부지화 등 만감류의 자근 발생 예방을 위해 접목 높이를 6~10 cm로 높게 접붙이고 심을 때도 대목노출을 6~10 cm 노출하도록 지도하고 있으며 이를 통해 오랜 기간 잘못되어 온 만감류 묘목 생산과 식재 방법이 금번 연구결과를 통해 바뀌게 되는 계기가 되었다.

**양분함량**

자근이 발생한 부지화 감귤나무의 뿌리내 양분함량이 어떻게 변하는지에 대해 직접 자근이 발생한 정상뿌리와 자근이 혼재된 나무의 뿌리내 무기성분 함량을 조사하였다(Table 2) 그 결과 뿌리내 질소함량은 정상나무의 1.59%에 비해 자근이 혼재된 뿌리는 1.86%로 0.27% 높았으며 뿌리내 탄소함량은 정상나무가 47.5%인 반면 자근뿌리는 45.0%로 2.5%가 낮아져 뿌리내 C/N율은 정상나무의 30.3%에 비해 자근뿌리는 24.4%로 유의하게 낮아졌다. 수체내 다량원소의 조성에서는 P 함량과 Mg 함량이 정상뿌리에 비해 자근뿌리가 다소 낮은 경향을 나타냈으며 K 함량은 오히려 자근 뿌리가 0.93%로 정상뿌리의 0.63%보다 0.3% 유의하게 높았다.

Table 2에서는 자근과 정상뿌리가 혼재된 뿌리내의 양분함량을 비교하였으며 자근만 발생한 부지화 감귤나무와 정상나무간의 뿌리내 양분함량 조사결과는 Table 3에 나타내었다. 조사 결과, 자근뿌리가 혼재된 나무 뿌리내에서 탄소와 질소함량이 유의하게 뚜렷한 차이를 나타냈다. 즉, 정상뿌리의 1.27% 질소함량에 비해 자근뿌리는 2.77%로 질소함량이 1.5% 높았으며, 뿌리내 탄소의 함량은 정상뿌리의 43.2%에 비해 자근뿌리는 40.1%로 유의하게 낮았다. 그로 인해, 뿌리

**Table 1. Effect of outbreak of scion root on the growth of ‘Shiranuhi’mandarin hybrid under plastic film house**

Treatment	Height (m)	Width (cm)	Trunk diameter (cm)	Canopy diameter (m)	Length of Exposed Rootstock (cm)	Rootstock Girth (cm)
Normal root	2.90	4.30	11.4	11.9	8.6	36.7
Scion root	3.15	4.86	15.1	13.2	1.5	51.1
t-test	0.006***	0.001***	0.001***	0.021*	0.001***	0.001***

# t-test at p= 0.05, \* Date: May 28, 2014. n=10

**Table 2. Nutrition status of 'Shiranuhi' mandarin hybrid root affected by mixed with scion root and normal root in the trees under plastic film house**

Treatment	C/N ratio	C N P K Ca Mg					
		C N P K Ca Mg (%)					
Normal root	30.3	47.5	1.59	0.053	0.63	3.73	0.115
Scion root	24.4	45.0	1.86	0.042	0.93	3.82	0.082
t-test	0.0390* <sup>#</sup>	0.0005***	0.0775*	0.1572ns	0.0013**	0.8530ns	0.0009***

<sup>#</sup> t-test at p = 0.05, Date: July 14 2014, n=10

**Table 3. Nutrition status of 'Shiranuhi' mandarin hybrid root affected by occurrence of scion root under plastic film house**

Treatment	C/N ratio	C N P K Ca Mg					
		C N P K Ca Mg (%)					
Normal root	36.3	43.2	1.27	0.056	0.65	2.95	0.117
Scion root	15.3	40.1	2.77	0.046	0.84	3.99	0.083
t-test	0.0086*** <sup>#</sup>	0.0006***	0.0038**	0.4661ns	0.1389ns	0.0563ns	0.0264*

<sup>#</sup> t-test at p = 0.05, Date: July 14 2014, n=10

내 C/N율은 정상뿌리의 36.3에 비해 자근뿌리는 15.3으로 유의하게 떨어졌다. 뿌리내 다량원소에서는 앞선 자근뿌리가 혼재된 결과와 같은 경향이었으나 특히 자근뿌리내 P와 Mg 이 정상뿌리에 비해 낮아지는 부분은 생리적으로 중요한 의의를 갖는다고 하겠다. 이는 양분함량 중 나무의 수체와 과실의 생육에 많이 소비되는 K 함량은 높지만 착화와 과실의 품질에 영향을 미치는 P와 Mg 함량이 정상뿌리에 비해 낮다는 것은 꽃을 안정적으로 유도하며 과실의 품질을 높여야 하는 농가의 입장에서는 좋은 결과가 아니다. 반면, K 함량은 자근뿌리가 정상뿌리에 비해 높은 경향을 나타내었다. 즉, 나무의 생육과 과실 성장에 영향을 미치는 다량원소인 K가 많이 공급된다는 것은 수체가 왕성하게 자랄 수 있는 환경이 될 것이다. 더불어, 수체내 N 함량은 자근이 혼재했던 Table 2와 자근만 있는 Table 3에서 모두 자근 발생구가 질소함량이 유의하게 높았다. 이는 나무가 왕성한 생육을 할 수 있는 환경을 자근뿌리가 유도해 준다고 할 수 있으며 이를 통해 나무는 크고 왕성하게 자라는 영양생장을 하는 나무의 생리로 가게 되지만 반대로 생산성을 높이는 생식생장으로 나무가 자라지 않기에 나무의 착화 및 착과는 불량해지고 과실비대는 떨어지는 문제를 일으키게 되는 것이다(Hirano *et al.*, 2002; kang *et al.*, 2013).

본 연구를 통해 부지화 자근발생은 제주도 만감류 감귤재배지에 만연해 있는 큰 문제 중의 하나가 되었다. 자근이 전반적으로 널리 발생하게 된 원인으로는 묘목 생산시 대목노출 없이 탱자뿌리 바로 위를 잘라 접목을 하는 잘못된 관행으로 대목 노출이 없거나 매우 짧은 묘목들이 많이 만들어 졌고 이러한 묘목들이 장기간 재배 현장에서 식재되어 현재 성목이 되었으며 잦은 배토를 통해 접목부위가 묻히는 부지화 과

원도 매우 많이 발생되어 자근이 제주도 부지화 감귤재배지에서 늘어나게 되었다. 여기에 부지화 감귤나무가 유전적인 소질에서 삼목이 되는 오렌지의 유전자를 갖고 있기에 자근 발생 가능성이 있는 품종적 특성이 있는 것도 원인 중의 하나이다(Reuther *et al.*, 1967).

자근이 발생한 나무는 수체 생육이 왕성해 지는데 그 이유 중의 하나가 뿌리로부터 질소 흡수량이 강해지면서 나무는 영양생장 중심으로 세력이 바뀌고 주간부의 직경은 굵어지고 수고와 수폭은 커지는 특성을 나타낸다. 여기에 자근이 발생하는 시기는 유목 식재 후 7~10년째부터 발생되기 시작하며 자근이 발생한 초기에는 착화가 잘 오기도 하고 안 오기도 하는 특성이 반복되며 자근의 영향이 커지면서 착화량이 급감하는 특징을 나타낸다. 이러한 자근피해가 심해진 부지화 감귤나무는 과실의 착화량이 적고 과실의 비대는 불량해지며 착색은 지연되고 과실은 작아지며, 당 함량은 떨어지는 문제를 야기한다(Kang *et al.*, 2013). 금번 연구결과를 토대로 국내 감귤 묘목생산 체계 중 만감류의 묘목생산 방식은 전체적으로 바뀌게 되는 결과를 얻게 되었다. 앞으로는 이러한 잘못된 묘목생산 및 식재방식은 일어나지 않을 것이라 생각되며 국내 감귤산업에서 접목재배 과수의 기본이 되는 접목시 대목은 충분히 노출하고 심을때도 충분한 노출을 해야 한 다는 것을 부지화 감귤 재배 농가들이 알 수 있는 계기가 되었다.

## Note

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgement

This study was supported by the Agenda Program (Project No. PJ90693502), Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

- Ferguson, J. J., Charparro, J., & Spann, T. M. (2010). Dwarfing and freeze hardiness potential of trifoliolate orange rootstocks. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences Extension, HS 982, 1-6.
- Hama, F. F. (1947). Own-rooted and budded lemon trees. *California Citrog*, 33, 1-15.
- Hirano, M. H., Gousagu, S., & Shindo, T. (2002). Influence of the occurrence of scion root on the growth and fruit quality of 'Amakusa' mandarin. *Kyushu Agricultural Research*, 64, 207-207.
- Holmes, F. L. (1963). Elementary analysis and the origins of physiological chemistry. *Isis*, 54(1), 50-81.
- Kang, S. B., Moon, Y. E., & Kim, Y. H. (2013). Effect of scion root occurrence on the flowering, fruit quality and yield of 'Shiranuhi' Mandarin hybrid in plastic film house. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 46(6), 525-529.
- Kang, S. B., Moon, Y. E., Han S. G., Lee, H. J., & Choi, Y. H. (2016). Effect of girdling on the flowering and yield in scion rooted 'Shiranuhi' mandarin grown in plastic film house. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 35(4), 256-262.
- Kang, S. B., Moon, Y. E., Lee, D. H., Kim, Y. H., Han, S. G., & Chae, C. W. (2012). Outbreak of scion root from 'Shiranuhi' mandarin hybrid tree in plastic film house. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 31(4), 313-317.
- Kraus, E. J., & Kraybill, H. R. (1918). *Vegetation and reproduction with special reference to the tomato*. Corvallis, Oregon Agricultural College, 149, 5-87.
- Reuther, W., Batchelor, L. D., & Webber, H. J. (1967). *The citrus industry*, Vol. 4. p 32, University of California, USA.
- Warner, G. (2009). Avoid scion rooting - Scion rooting eliminates the dwarfing effect of the rootstock. *Good Fruit Grower*, January 15th, 1-4.