Research Article

Open Access

부지화 감귤에서 자근의 발생

강석범,¹ 문영일,² 이동훈,^{3*} 김용호,¹ 한승갑,¹ 채치원¹

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤시험장, ²온난화대응농업연구센터, ³농촌진흥청 국립원예특작과학원 기획조정과

Outbreak of Scion Root from ‘Shiranuhi Mandarin’ Hybrid Tree in Plastic Film House

Seok-Beom Kang,¹ Young-Eel Moon,² Dong-Hoon Lee,^{3*} Yong-Ho Kim,¹ Seung-Gab Han¹ and Chi-Won Chae¹
(¹Citrus Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Seogwipo, 699-946, Korea, ²Agricultural Research Center for Climate Change, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Jeju, 690-150, Korea, ³Planning and Coordination Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon, 440-706, Korea)

Received: 13 November 2012 / Revised: 11 December 2012 / Accepted: 18 December 2012

© 2012 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.

Abstract

BACKGROUND: Citrus is usually propagated by grafting onto a rootstock. In Korea, As trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata*) has dwarf and strong cold hardness, it is widely used as the rootstock of satsuma mandarin. Because ‘Shiranuhi’ ((*Citrus unshiu* × *C. sinensis*) × *C. reticulata*), a kind of citrus, also, generally is grafted onto a trifoliolate orange, most of farmer has been recognized that ‘Shiranuhi’ root is naturally trifoliolate orange. Meanwhile, reduction of flowering in ‘Shiranuhi’ orchard has been issued among the farmers and researchers over past few years and they guessed it was occurred by severe prune, oversupply of fertilization, overfruiting and temperature of growth period. However, a few researchers strongly assumed that it would be caused by scion rooting of ‘Shiranuhi’. So, this study was carried out to identify the existence of scion rooting in ‘Shiranuhi’ tree in Korea.

METHODS AND RESULTS: To identify the existence of scion rooting in ‘Shiranuhi’ tree, we randomly selected

six ‘Shiranuhi’ orchards and we surveyed three to four trees, which flowering was not enough, from six ‘Shiranuhi’ orchards respectively. We took the root samples of ‘Shiranuhi’ mandarin, and then separated the two group which were non-scion rooting (Trifoliolate orange), and scion rooting (‘Shiranuhi’ mandarin). To identity the scion rooting, we used primer set of three types which were a F2/R15, F4/R15 and F5/R15 primer set. As a result, when we conducted the DNA analysis, fourteen tree in less bloomed twenty tree was proved as tree with the scion rooting of ‘Shiranuhi’ mandarin.

CONCLUSION(S): Scion roots of ‘Shiranuhi’ mandarin were usually observed in a deeply planted tree, and xylem of ‘Shiranuhi’ root indicated more white color than a case of trifoliolate orange. ‘Shiranuhi’ tree by scion rooting was more vigorous but less flowering than trees grafted onto trifoliolate orange. When we used F2/R15, F4/R15 and F5/R15 primer set for discriminance of ‘Shiranuhi’ mandarin root and trifoliolate root, we identified the existence of scion rooting in ‘Shiranuhi’. From our results, it is suggested that the influence of scion root should be reviewed in ‘Shiranuhi’ orchards.

Key Words: Discriminance method, Scion root, ‘Shiranuhi’ mandarin, SRAP

*교신저자(Corresponding author),
Phone: +82-64-730-4173; Fax: +82-64-730-4111;
E-mail: hortkang@korea.kr

서론

부지화[不知火, Shiranuhi, (*Citrus unshiu* C. *sinensis*) *C. reticulata*]는 1972년에 일본 농림수산성 과수시험장에서 청견(淸見, Kiyomi, *C. unshiu* C. *sinensis*)에 폰칸(*C. reticulata*)를 교배하여 육성한 만다린계통의 품종으로 1990년에 품종명이 부지화로 명명되었다. 국내에서는 1990년대 초반에 일부 독농가와 농업기술센터의 시범사업으로 처음 도입되어 재배되기 시작하다가 1996년도에 한라봉으로 명칭을 통일하여 재배되고 있다. 국내 감귤 재배면적은 총 20,747ha에 568,478톤(2010년도)이 생산되고 있으며 이중 한라봉은 노지와 시설에서 재배되고 있는데 1,292ha 면적에 30,070톤이 생산되지만 2011년 기준 감귤 총조수입 7,641억원중 생산액으로 1372억원으로 감귤산업에서 중요한 위치를 차지하고 있다.

그러나 최근 들어 제주도내 부지화 감귤원을 중심으로 착과량이 지속적으로 감소하는 나무들이 증가하여 부지화 재배 농민들이 어려움을 토로하는 일들이 많아졌는데 대부분 착과량 감소 원인이 강전정, 비료과잉, 과다착과, 하우스내 고온 등으로 생각하였다. 그러나 몇몇 전문가들을 중심으로 수량 저하의 원인은 부지화 나무의 착과량 감소와 그에 따른 접수 부분에서 발생하는 뿌리, 즉 자근(自根, Scion root)의 영향도 있을 것으로 조심스럽게 추정하였다.

일반적으로 과수는 고품질 과실 생산, 안정적인 양수분 공급, 내한성 증진, 수세강화 등을 위하여 대목을 이용하는데 부지화 감귤도 마찬가지로 탱자 등의 대목을 이용하고 있다(Ferguson et al., 2010). 그러나 묘목을 식재하였을 때 정상적인 경우 대목의 뿌리가 발생해야 하는데 접수부분에서 뿌리가 발생한다면 재배 전반적인 면에서 문제가 발생할 수 있다(Warner, 2009).

이 연구는 부지화 감귤원에서 착과량이 적은 나무를 대상으로 실제로 자근이 발생하는지 확인하고 존재한다면 자근이 부지화 수량에 어떤 영향을 미치는지 앞으로의 부지화 재배에서 자근의 영향을 구명하기 위한 기초자료를 얻기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

시험재료는 제주특별자치도 서귀포시에 위치한 부지화 재배 농가 중 지속적으로 착과량 및 수량이 떨어진다고 어려움을 호소한 6개 농가에서 20 나무를 대상으로 뿌리를 분석하였다. 시험에 이용된 농가의 부지화 감귤나무의 대목은 식재 당시 모두 탱자를 대목으로 이용하였다. 농가에서 채취된 뿌리와 비교하기 위하여 동시에 감귤시험장에서 생육중인 3년생 탱자와 부지화 주심배실생 3년생의 뿌리를 채취하여 분석하였다.

시료채취

부지화 자근발생에 대한 DNA 판별을 위해 뿌리시료는

각 나무의 표토를 5cm 걷고 세근이 발생된 뿌리들을 개별적으로 채취하여 분석에 이용하였다.

착과량 달관조사

본 시험에 이용된 6 농가에 대해 농가당 자근발생 나무와 정상대목 나무를 각각 50주씩, 100주 선정하였다. 선정된 나무에 대해 착과량 달관조사는 5점 척도를 기준으로 나무당 10과 이내는 0점, 1점은 착과량이 아주 적은 나무, 2점은 착과량이 적은 나무, 3점은 적정 착과량인 나무, 4점은 착과량이 많은 나무, 5점은 착과량이 너무 많아 적과가 필요한 나무 등으로 기준을 잡고 달관조사를 하였다.

Genomic DNA의 분리 및 정제

Total DNA는 액체질소로 분쇄시킨 뿌리조직을 Automatic Nucleic Acid Extractor MX-16(Compacbio Sciences Co.)을 사용하여 Promega사의 plant tissue DNA prep cartridge로 추출하였다. DNA의 추출상태는 1% agarose gel에서 전기영동하여 관찰하였고, DNA의 양은 Lambda DNA를 일련의 농도로 배열하여 ethidium bromide(EtBr)로 직접 염색하여 측정하였다.

SRAP(Sequence related amplified polymorphism) 분석

부지화 자근 판별은 Li와 Quiros(2001)의 방법을 수정하여 SRAP 프라이머를 사용하였다. PCR 반응액은 Accupower PCR premix (Bioneer, Korea) (dNTP 250uM, MgCl₂1.5mM, Taq DNA polymerase 1 unit, Tris-HCl 10mM, KCl 40mM)에 template DNA 25ng과 forward와 reverse primer 각 50 pmoles를 첨가 혼합하여 총 반응액을 20ul로 조성하였다. PCR 반응은 PCR Thermal Cycler Dice Gradient TP600(TaKaRa, Japan) 모델을 이용하여 94℃에서 5분간 초기 denaturation을 행한 뒤, 94℃에서 1분간 denaturation, 38℃에서 1분간 annealing, 72℃에서 2분간 extension과정을 5회 반복한 후 annealing 온도를 50℃로 높여 35회 동일한 과정을 반복하고 72℃에서 10분간 elongation 한 후 DNA 증폭을 마쳤다. 얻어진 PCR 산물은 1 TAE 완충액을 사용하여 1.2% agarose gel 상에서 100V로 40분간 전기영동을 실시한 후 EtBr로 염색한 후, UV transilluminator를 이용하여 밴드를 관찰하였다.

통계분석

본 시험에 이용된 자료에 대해서는 SAS Enterprise Guide 3.0을 이용하여 t-test(p = 0.05)로 처리간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

본 연구는 제주특별자치도 서귀포시에 위치한 부지화 재배농원 중 착과량이 지속적으로 불량한 나무를 대상으로 수행하였다. 일반적으로 감귤은 탱자를 대목으로 접목하는데 접

수와 대목의 경계층이 쉽게 식별이 된다. 그러나 착화량이 지속적으로 적었다고 한 부지화 나무들을 세심하게 관찰한 결과 접목부위의 구분이 불분명한 특징을 갖고 있었다(Fig.1). 정상적인 대목의 상태에서는 탱자와 부지화 접수의 접목부위가 융합된 부위도 보이고 대목부위가 접수부위보다 더 굵은 특징을 나타낸다. 그러나 자근이 발생한 나무에서는 대체로 대목과 접수의 접목부위 구분이 불분명하거나 보이지 않으며 대목과 접수의 굵기 차이가 없는 특징들을 나타냈다. 또한 자근이 발생한 부지화 나무들은 정상나무에 비해 수세뿐만 아니라 도장성이 강한 경향이 있었다. 이러한 자근이 발생한 비정상적인 나무에서 세근을 채취하여 정상적인 나무의 대목에서 채취된 탱자뿌리와 비교한 결과 탱자뿌리와는 달리 뿌리 표면색이 탁하고 다소 굵은 형태적인 특징을 나타내었는데 일반적인 탱자뿌리에 비해 30% 정도 굵은 특징을 가지고 있었다(Fig. 2).

Fig. 1. Status of normal (Trifoliate orange) and abnormal rootstock (Scion root) of 'Shiranuhi' mandarin in plastic film house (Left: Normal rootstock (Trifoliate orange), Right: Abnormal rootstock (Scion root)).

Fig. 2. Comparison of rootstock root (Trifoliate orange) and scion root in Shiranuhi mandarine (Left: root of 'Shiranuhi' mandarin, Right: root of trifoliate orange).

실제로 부지화를 재배하는 6개 농가에서 착화량 및 수량이 지속적으로 감소되는 나무를 대상으로 육안 관찰 후 이러한 나무들에서 나온 뿌리와 정상적인 탱자대목의 뿌리로 추정되는 나무들에서 뿌리를 채취하여 DNA를 추출한 다음 SRAP 프라이머를 사용하여 품종을 판별하였다. 각각의 DNA 시료를 증폭하여 DNA의 다형성을 분석한 결과 F2/R15, F4/R15,

F5/R15 프라이머 세트에서 탱자와 부지화에 특이적으로 증폭되어 품종을 구별할 수 있는 밴드가 나타났으며, 그 결과 육안으로 접목부위의 구분이 불분명한 특징을 가지고 있어 부지화 자근으로 의심되었던 5개 농가 14개체 대목의 뿌리는 탱자가 아니라 부지화의 자근임을 확인 하였다(Fig. 3).

Fig. 3. Complex DNA band on the fine roots of rootstock (Trifoliate orange) in 'Shiranuhi' mandarin in plastic film house of Jeju (M: 1kb DNA marker, T: Trifoliate orange, S: 'Shiranuhi' mandarin).

부지화 감귤에서 자근이 발생되었다는 이러한 결과는 우리나라에서는 처음 보고되는 일이다. 일본에서는 천초 감귤에서 자근이 발생했다는 보고가 있으며 자근이 발생한 나무는 수세가 왕성해지고 수관이 커졌으며 과경은 증가했으나 당도와 산도는 감소하였다고 하였다(Hirano *et al.*, 2002). 사과에서는 자근이 발생하게 되면 왜성대목의 효과가 사라지고 수세가 강해져 재배 중 밀식장해가 발생하기 쉬우며 미국 워싱턴 지역의 사과재배 농가 중 5%는 자근발생의 문제점을 갖고 있다고 보고되고 있다(Warner, 2009). 한편 묘목의 번식 방법으로 일부 사과와 Marcotts 감귤 재배에서 자근을 이용한다는 보고가 있다(Ermen, 2008; Platt and Opitz, 1978). 그러나 감귤에서는 자근묘를 이용하게 되면 내한성, 내병성, 및 토양적응성 등 다양한 대목의 특성들을 이용할 수 없어 대다수의 감귤에서는 자근묘를 이용하지 않는다(Ferguson *et al.*, 2010). 그러한 이유는 Halma(1947)의 보고에서처럼 유레카 레몬을 자근묘로 키웠을 때 스위트오렌지와 크래프르트 대목을 이용한 접목묘에 비해 수체의 활력과 나무의 충실도 및 생산성이 낮아지기 때문이다.

부지화 감귤에서 자근 발생이 무엇보다 중요한 것은 부지화 재배 중 접목부위 위 접수에 자근이 발생되어 탱자대목의 뿌리를 잠식시키며 생장을 한다는데 있다(Fig. 4). 그에 따라 기존에 탱자대목을 이용한 부지화 재배관리 기술은 이러한 농장에서는 잘 적용되지 못하고 착화도 잘 되지 않는 등 정상적인 탱자대목의 나무와는 다소 차이가 있는 것으로 현지실태 조사결과 드러났다. 자근 발생이 문제시 되는 것은 자근이 착과량 감소에 의한 수량 저하를 일으켜 경제적인 측면에서

농가의 손실을 가져온다는 점이다(Table 1). 비가림 부지화 재배농가에 대한 현지 달관조사(Table 1)에서 자근이 발생한 나무들은 정상나무들에 비해 모든 조사지역에서 유의하게 착과량이 감소하였으며 적게는 24%에서 많게는 81%까지 착과량이 줄어들었으며 평균 45% 가량 착과량이 감소하였다. 이러한 결과는 부지화 재배에서 매우 중요한 문제를 일으키는 것으로서 착과량 저하가 자근 발생나무에서 더욱 심하게 일어나는 것을 간접적으로 나타내 준다고 할 수 있다. 지금까지 부지화 감귤에 대한 재배 기술을 보급하는 과정에서 자근 발생 사실을 전혀 모른 채 기술보급을 하였기에 재배현장에서는 자근 발생이 점점 증가하고 그 피해도 더욱 만연해지는 악순환이 발생된 것으로 추정된다.

Fig. 4. Outbreak status of scion root in 'Shiranuhi' mandarin grafted by trifoliate orange. This figure shows us to decayed original rootstock of trifoliate orange occupied by outbreaking of scion root in 'Shiranuhi' mandarin. A: Scion root of 'Shiranuhi' mandarin, B: Part of rootstock, C: Root of trifoliate orange which used rootstock.

Table 1. Crop loads between normal rootstock (trifoliate orange) and abnormal rootstock (scion root) in shiranuhi mandarine in plastic film house

Treatment	A ^z	B	C	D	E	F	Avg. of Crop loads
	(0~5)						
Normal rootstock	4.2	3.1	3.3	3.6	4.1	2.7	3.5
Abnormal rootstock	2.4	0.6	1.9	2.7	3.1	0.9	1.9
t-test ^y	***	***	***	**	***	***	**

^zAmounts of fruit setting in 'Shiranuhi' mandarin farmers (6 farmer, 100 tree/farmer), ^yt-test at p = 0.05

*Survey on amounts of fruit setting: 0: below 10 fruit per tree, 1: small amounts of fruit setting, 3: fruit setting of normal status, 5: over fruit setting.

사과에서도 나무를 식재할 때 접목부위를 지면에 밀착시키게 되면 자근 발생이 조장된다는 보고가 있으며 이렇게 됐을 때 나무의 세력이 강해져 꽃의 발생이 적어지고 생장만 왕성해지는 문제가 발생할 수 있다고 하였다(Warner, 2009).

본 연구결과를 통하여 살펴보면 제주도내 부지화 재배농가 중 초기 묘목을 제대로 관리하지 못해 깊게 심거나 묘목 접목부위에 배토를 하여 자근이 발생한 농가는 생각보다 많을 것으로 판단된다. 이에 대한 구체적인 농가실태조사가 앞으로 뒤따라야 할 것으로 생각되며 이러한 농가들에 대해서는 이번에 선발된 DNA Primer를 이용한 자근 판별법을 통해 정확한 진단을 한 후 자근으로 판별된 나무에 대해서는 착화량이 정상적으로 확보될 수 있도록 적절한 재배법 개선이 필요하다. 더불어 향후에는 부지화 감귤원에서 자근 문제가 지속적으로 대두될 가능성이 높기 때문에 종합적인 관리를 위한 방안들이 시급히 마련해야 할 것으로 판단된다.

요 약

감귤은 접목을 통해 일반적으로 번식을 한다. 국내에서 온 주밀감의 주요 대목으로 이용되는 탕자(*Poncirus trifoliata*)는 다른 대목에 비해 왜성이고 내한성이 강한 특징을 갖고 있다. 부지화(*Citrus unshiu* C. *sinensis* C. *reticulata*) 감귤에서도 이러한 탕자대목의 우수한 특성 때문에 주요 대목으로 탕자를 이용하고 있고 이 대목에서 발생한 뿌리는 당연히 탕자뿌리로 인식하고 있다. 그러나 몇 년 전부터 부지화 감귤나무에서 착화량 감소가 농가들 사이에서 문제시 되어 왔는데 이 원인에 대해서는 강전정, 과다착과, 생육기간의 온도에 의해 발생되었다고 추측하였다. 이러한 착화량 감소가 부지화의 자근에 의해 발생이 되었다고 생각하는 연구자는 거의 없었다. 그래서 본 연구는 국내에서 부지화 감귤 나무에서 자근의 존재여부를 밝히기 위하여 수행되었다.

본 연구를 위해 부지화 재배 농가들 중 착화가 불량한 과원당 나무 3~4주를 무작위로 선정하여 조사를 수행하였다. 뿌리는 각 조산나무에서 표토 5cm 부위에서 잔뿌리를 채취하여 DNA를 추출한 뒤 품종 판별에 이용하였다. 부지화 자근 판별에는 F2/R15, F4/R15, F5/R15의 3가지 프라이머 세트를 이용하였다. DNA 분석결과, 착화가 불량한 부지화 20주 중 14주가 자근이 발생한 것으로, 나머지 6주는 다른 요인에 의해 착화가 불량한 것으로 밝혀졌는데 이러한 결과는 국내에서 처음 보고되는 결과이다.

부지화 자근이 발생한 뿌리는 탕자보다 표면이 어두웠으며 직경도 더 컸다. 자근발생여부를 확인하기 위해 F2/R15, F4/R15, F5/R15 프라이머 세트를 이용하였을 때 부지화 자근과 탕자뿌리 판별이 가능하였고 자근이 실제 재배현장에서 발생되고 있음을 알 수 있었다. 자근이 발생한 나무는 정상대목의 나무에 비해 착과량이 유의하게 감소하였다. 금번 결과를 통해서 봤을 때 부지화 재배과원에서 자근의 발생과 그 영향에 대한 조사와 연구가 시급히 필요할 것으로 생각되며 그에 따른 재배법 개발도 뒤따라야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- Ermen, H., 2008. Fruit trees on their own roots -Growing apple trees on their own roots, *Orange Pippin*. 1-14.
- Ferguson, J.J., Charparro, J., Spann, T.M., 2010. *Dwarfing and freeze hardiness potential of trifoliate orange rootstocks*, pp. 1-6, Univ. of Florida. *IFAS Extension*. HS 982.
- Hama, F.F., 1947. Own-rooted and budded lemon trees, *Calif. 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. 207-208.
- Li, G., Quiros, C., 2001. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP) a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in Brassica, *Theor. Appl. Genet.* 103, 455-461.
- Platt, R.G., Opitz, K.W., 1978. Propagation of citrus-The citrus industry. *University of California*, Volume IV. 31-45.
- Warner, G., 2009. Avoid scion rooting-Scion rooting eliminates the dwarfing effect of the rootstock, *Good Fruit Grower*. January 15th. 1-4.