

Differences in Tree Growth and Nutrient Absorption of Persimmon (*Diospyros kaki*) and Date Plum (*D. lotus*) Seedlings

Seong-Tae Choi^{1*}, Doo-Sang Park¹, Sung-Chul Kim¹, and Seong-Mo Kang²

¹Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Gimhae 621-802, Korea

²Korean Society for Persimmon Science and Industry, Gimhae 621-802, Korea

(Received: July 17 2013, Accepted: August 12 2013)

D. kaki and *D. lotus* are used as rootstocks for astringent persimmons in Korea but characteristics of their seedlings have not been determined. In this experiment, their seeds were sown in 3-L pots on April 18 and the seedlings were grown until October 24. Growth and nutrient absorption were compared at the end of the season after destructively harvesting the seedlings. Seedling growth of *D. lotus* was much faster than that of *D. kaki* in terms of total stem length, stem diameter, and number of leaves. However, chlorophyll value and specific leaf weight were higher in *D. kaki* than in *D. lotus*. Dry weight of *D. lotus* was 3.6- and 3.7-fold higher than that of *D. kaki* in above-ground parts and the root, respectively. *D. kaki* seedlings were characterized by higher concentrations of N, P, K, Ca, and Mg in the leaves, stem, or the root. However, total contents of the elements were 1.8- to 3.7-fold higher in a *D. lotus* seedling due to its greater dry weight. Since *D. lotus* seedlings absorbed more inorganic elements on a tree basis and grew more vigorously than *D. kaki* seedlings, the level of fertilization for astringent persimmons should be adjusted depending on rootstocks to maintain the trees at the optimum vigor.

Key words: *Diospyros kaki*, *Diospyros lotus*, Persimmon, Rootstock, Nutrient absorption

Dry weight and content of inorganic elements in different parts of *D. kaki* and *D. lotus* seedlings grown in 3-L pots from April to October.

Rootstock	Dry weight				Content of inorganic elements				
	Leaf	Stem	Root	Total	N	P	K	Ca	Mg
	----- g tree ⁻¹ -----				----- mg tree ⁻¹ -----				
<i>D. kaki</i>	8.5	4.5	8.8	21.8	265.6	36.9	272.9	82.2	37.3
<i>D. lotus</i>	26.3	21.0	32.7	80.0	708.3	67.4	722.0	301.3	139.8
Significance	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**Significant by t-test at $P \leq 0.01$.

Introduction

세계적으로 감속(*Diospyros* L.) 식물은 약 400여종(species)이 분포하며, 과실로 이용되는 종은 감(*D. kaki*), 고욤(*D. lotus*), 미국감(*D. virginiana*) 등으로 이들의 실생은 대목으로도 사용된다(Yonemori et al., 2000). 단감은 고욤과 접목 친화성이 낮은 품종들이 있으므로 우리나라에서는 주로 감 실생(공대)을 대목으로 사용하는 반면, 뽕은감은 공대보다 고욤 실생(고욤대)을 사용하는 경우가 더 많다(RDA, 2001). 이는 공대보다 고욤대가 동해 및 가뭄에 강한 측면도 있지만(Giordani and Nin, 2013; Yamada, 2008), 고욤의 종자 채취가 쉽고, 실생의 발아 및 생장이 빨라 대목으로 키우기 쉽기 때문이다. 고욤을 대목으로 사용한 나무는 나무 세력이 강해서 수고를 낮추는데 어려움이 있고, 뿌리혹병에 감염되기도 하므로(Giordani and Nin, 2013) 최근에는 공대 사용을 권하는 추세이다. 그러나 대목을 달리할 경우 수세 및 양분 관리를 어떻게 해야 하는 지에 대한 기초적인 자료가 필요하다.

다른 과수에서는 대목 종류에 따라 나무 생장이 달라질 뿐 아니라(Larsen et al., 1992; Tworokski and Miller, 2007), 잎의 무기영양(Ahmed and Al-Shurafa, 1984; Fallahi, 2012) 및 과실 품질(Autio, 1991; Daza et al., 2008)도 영향을 받는다고 한다. 그러므로 대목에 따른 나무의 성장 반응을 감안하여 재배법도 달라져야 한다(Fallahi, 2012; Gyeviski et al., 2012; Li et al., 2002; Ogata et al., 1986). 뽕은감 '갑주백목' 유목은 공대보다 고욤대에서 생장이 왕성하지만, 세력이 지나치게 강해지고 생리적 낙과가 심해지기도 한다(Choi et al., 2008; Hodgson, 1939; Schroeder, 1950). 이처럼 고욤대목에서 수세가 더 강한 것은 대목의 뿌리 성장과 양분 흡수 특성과 관련이 있을 것으로 생각되지만, 공대와 구체적으로 비교한 연구결과는 찾기 어렵다. 뽕은감의 합리적인 수세 및 양분 관리를 위해서는 먼저 사용되는 대목의 특성을 이해할 필요가 있다. 본 연구는 한 해 동안 포트에서 키운 감과 고욤의 실생묘를 대상으로 수세 성장과 양분 흡수 특성을 파악하였다.

Materials and Methods

고욤나무 및 '부유' 감나무에서 채취한 종자를 25°C로 맞춘 인큐베이터에서 발아시킨 후 4월 18일에 각각 25개 이상의 3L 포트에 1립씩 파종하였다. 포트 내 토양은 pH가 6.5 정도인 사양토로서 축산분뇨 퇴비가 10%(v/v) 정도로 혼합되어 있었다. 파종 후 포트를 비가림하우스 내에 약 25 × 25 cm 간격으로 배치하여 10월 24일까지 나무마다 동일한 방법으로 재배하였다. 토양이 습하거나 마르지 않을 정도로 6월까지 물뿌리개로 관수하였으며 7월부터는 점적관수장치

로 1-2일 마다 주당 1-2L씩 관수하였다. 시비는 복합비료 및 요소를 사용하여 포트당 N 4 g, P 3 g, K 3 g 정도를 6월 상순, 7월 상순, 8월 상순에 수회로 나누어 포트 위에 뿌린 후 관수를 하는 방법으로 공급하였다.

10월 24일에 대목별 19주를 대상으로 주당 잎수, 수고, 측지수, 원줄기 및 측지를 포함한 줄기의 총길이를 조사하고 표토로부터 3 cm 높이에서 간경을 측정하였다. 또한 이날에 양분 분석에 사용하기 위하여 이들 나무 중 8주씩을 무작위로 골라 잎, 줄기, 뿌리로 분리하였다. 잎은 주당 10개씩을 골라 엽면적계(AAM-8, Hayashi Denkoh Co., Japan)로 평균 엽면적, 휴대용엽록소측정기(SPAD-502, Minolta Co., Tokyo, Japan)로 엽록소 값을 측정하고, 건조시킨 후 비엽중(specific leaf weight)을 구하였다. 뿌리는 직경에 따라 세근(< 2 mm), 중근(≥ 2 mm, < 5mm), 대근(≥ 5 mm)으로 나누었다. 이들 시료는 80°C에서 48시간 건조시켜, 건물중을 측정하여 지하부(뿌리)에 대한 지상부(잎, 줄기)의 비율(T/R률)을 구한 다음 무기원소 분석을 위한 시료로 사용하였다. 뿌리는 세근 및 중근의 건물량이 적어 세부위를 혼합하여 나무별로 하나의 시료로 만들었다.

분석용 시료는 20 mesh 체를 통과하도록 분쇄하였고, 농촌진흥청 식물체 분석법(NAIST, 2000)에 따라 건조시료 500 mg에 H₂SO₄와 HClO₄ 분해액을 첨가하여 전열판에서 분해 후 총 질소(N)는 Kjeldahl 법, 인(P)은 vanadate 반응으로 분석하였고, 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 원자흡광장치(AA-6501F, Shimadzu Co., Tokyo)로 측정하였다. 분석한 성적으로부터 일정량의 시료 속에 포함되어 있는 무기원소의 농도와, 농도와 건물중을 곱하여 부위별 함량을 구하였다. 본 연구에서는 무기원소별 주당 함량을 양분 흡수량으로 간주하였다.

시험성적은 SigmaPlot 프로그램(Ver. 8.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 t-test를 한 후 대목간 평균 비교를 하였다.

Results and Discussion

고욤은 감에 비해 수고는 유의적인 차이가 없었으나 측지수, 총 줄기 길이, 원줄기의 직경, 주당 잎수 등에서 월등한 성장량을 보였다(Fig. 1 and Table 1). 특히 고욤이 감보다 총 줄기 길이는 3.8배 더 길고 잎수는 3.7배 더 많았다. 잎의 평균 면적도 고욤에서 컸으나 엽록소와 비엽중은 감에서 더 높은 값을 나타냈다. 지상부와 뿌리의 건물중은 감보다 고욤에서 각각 3.6, 3.7배 더 컸다(Table 2). 반면 지상부와 지하부 생장의 균형을 평가하는 T/R률은 차이가 없었다. 이러한 대목간의 성장 차이는 두 종(species)간의 유전적인 차이가 주된 요인으로 생각되지만, 모두 자연교잡으로 얻어진 실생이기 때문에 종 내 유전적 변이의 영향도 어느 정도

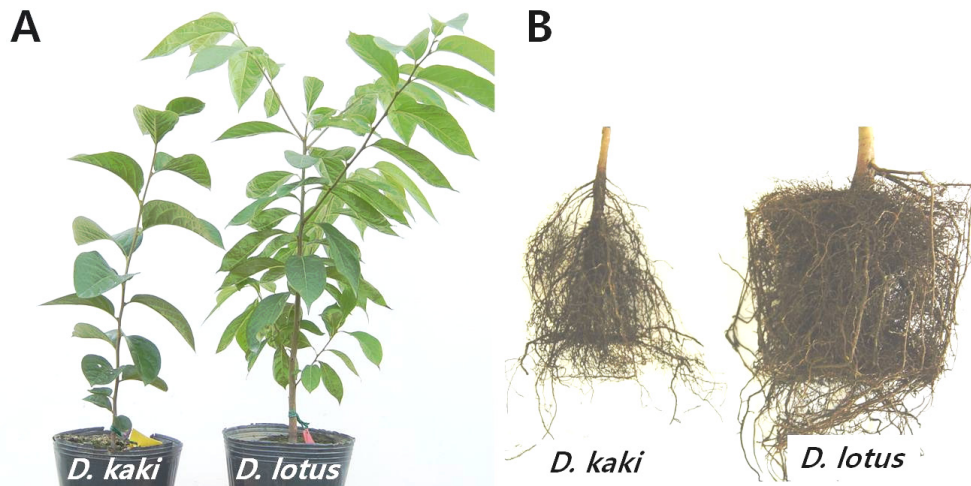


Fig. 1. Above-ground parts (A) and roots (B) of *D. kaki* and *D. lotus* seedlings grown in 3-L pots from April to October.

Table 1. Tree growth and leaf characteristics of *D. kaki* and *D. lotus* seedlings grown in 3-L pots from April to October.

Rootstock	Tree growth					Leaf characteristics		
	Height	Lateral shoot	Total stem [†]	Stem diameter	Leaves	Avg. area	Chlorophyll	SLW [‡]
	cm	no. tree ⁻¹	cm tree ⁻¹	mm	no. tree ⁻¹	cm ²	SPAD value	mg cm ⁻²
<i>D. kaki</i>	36	0.9	44	6.2	18	59	53	9.9
<i>D. lotus</i>	40	5.3	169	11.7	66	74	47	7.3
Significance	NS	**	**	**	**	*	**	**

NS, *, ** Non-significant or significant by t-test at $P \leq 0.05$ or 0.01 , respectively.

[†]Included lateral shoots.

[‡]Specific leaf weight.

Table 2. Dry weight of different tree parts and T/R ratio of *D. kaki* and *D. lotus* seedlings grown in 3-L pots from April to October.

Rootstock	Dry weight							Total	T/R ratio
	Above-ground part			Root					
	Leaf	Stem	Total	Fine	Medium	Large	Total		
	g tree ⁻¹								
<i>D. kaki</i>	8.5	4.5	13.0	3.3	0.8	4.7	8.8	21.8	1.47
<i>D. lotus</i>	26.3	21.0	47.3	13.4	6.3	13.0	32.7	80.0	1.45
Significance	**	**	**	**	**	**	**	**	NS

NS, ** Non-significant or significant by t-test at $P \leq 0.01$, respectively.

반영되었을 것(Ferree and Carlson, 1987)으로 여겨진다.

Table 3은 두 가지 실생의 무기원소 농도를 나타낸 것이다. 고욤보다 감에서 무기원소의 농도가 높은 경향을 보였는데, 잎에서 P, K, Ca, Mg, 줄기에서 N, P, 뿌리에서는 N, P, K의 농도가 더 높았다. 특히 감 뿌리의 N 농도는 고욤보다 2배 높고, P 농도도 세 부위에서 1.8–2.2배 높아 큰 차이를 보였다. 이와 같이 고욤의 무기원소의 농도가 낮은 것은 고욤의 영양생리적인 특성일 수도 있고 성장량 증가에 따라 건물량이 많아지면서 농도가 희석된 결과일 수도 있다. 반면 뿌리에서 고욤의 Ca 농도가 더 높은 경우도 있었다. 그

러나 이들 무기원소의 주당 함량은 건물중 차이에 의해 고욤에서 훨씬 많았다(Table 4). 고욤이 감에 비해 P는 1.8배, N과 K는 2.6–2.7배, Ca와 Mg는 3.7배나 더 많았다. 이러한 결과는 고욤의 무기원소 흡수 능력이 감보다 높을 뿐만 아니라, 원소 종류에 따라 흡수 정도에 차이가 있음을 시사한다. 한편 부위별 무기원소 함량을 보면, 대목에 관계없이 N, K, Ca 함량은 다른 부위보다 잎에서 많고, Mg 함량은 뿌리에서 많은 것으로 나타났다.

본 연구에서 감보다 고욤의 뿌리 생장이 더 왕성하고 무기원소의 흡수량도 많았던 결과를 볼 때, 접촉친화성이 약

Table 3. Concentration of inorganic elements in different parts of *D. kaki* and *D. lotus* seedlings.

Rootstock	Concentration of inorganic elements				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % DW -----				
	<i>Leaf</i>				
<i>D. kaki</i>	1.44	0.21	1.87	0.53	0.17
<i>D. lotus</i>	1.34	0.11	1.29	0.46	0.14
Significance	NS	**	**	**	*
	<i>Stem</i>				
<i>D. kaki</i>	1.03	0.13	0.46	0.44	0.14
<i>D. lotus</i>	0.78	0.06	0.50	0.41	0.14
Significance	**	**	NS	NS	NS
	<i>Root</i>				
<i>D. kaki</i>	1.16	0.16	1.04	0.22	0.19
<i>D. lotus</i>	0.58	0.09	0.83	0.29	0.22
Significance	**	**	**	**	NS

NS, *, ** Non-significant or significant by t-test at $P \leq 0.05$ or 0.01 , respectively.

Table 4. Content of inorganic elements in different parts of *D. kaki* and *D. lotus* seedlings grown in 3-L pots from April to October.

Rootstock	Content of inorganic elements				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg tree ⁻¹ -----				
	<i>Leaf</i>				
<i>D. kaki</i>	120.8	17.3	159.7	44.6	14.0
<i>D. lotus</i>	354.6	27.8	344.3	121.4	36.8
Significance	**	**	**	**	**
	<i>Stem</i>				
<i>D. kaki</i>	44.0	5.6	20.6	19.0	6.1
<i>D. lotus</i>	161.7	11.7	105.0	84.8	29.4
Significance	**	**	**	**	**
	<i>Root</i>				
<i>D. kaki</i>	100.8	14.0	92.6	18.6	17.2
<i>D. lotus</i>	192.0	27.9	272.7	95.1	73.6
Significance	**	**	**	**	**
	<i>Total</i>				
<i>D. kaki</i>	265.6	36.9	272.9	82.2	37.3
<i>D. lotus</i>	708.3	67.4	722.0	301.3	139.8
Significance	**	**	**	**	**

**Significant by t-test at $P \leq 0.01$.

하지 않다면 고욤에 접목한 품종의 지상부 생장이 더 많아 질 것을 충분히 예측할 수 있다. 현재까지 감과 고욤 실생의 특성을 같은 조건에서 비교한 조사한 연구결과를 찾기 어려웠다. 그러나 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 이러한 대목의 특성 때문에 고욤대에 접목한 ‘갑주백목’의 수체 생장이 공대보다 더 빠르지만(Hodgson, 1939) 가지의 세력이 지나치게 강해져 생리적 낙과가 심해지는 원인이 되기도 하는 것(Choi et al., 2008; Schroeder, 1950)으로 판단된다.

우리나라 주요 재래종 뽕은감의 나무 세력이 고욤대에서 더 강한 것도 같은 이유로 생각된다. 한편 온도, 토양수분, pH, 양분 상태 등 토양환경에 따라 대목의 성장 특성이 달리 나타날 가능성도 있고(Ferree and Carlson, 1987; Morita et al., 1952) 접목 후 접수 품종의 영향을 받을 수도 있을 것이다.

본 연구의 토양 조건과 크게 다르지 않다면 고욤이 감보다 뿌리 생장이 왕성하여 토양에 공급한 양분을 효율적으로 흡수하기 때문에 뽕은감을 고욤에 접목할 경우 유목의 성장

이 촉진되고 성목에서는 시비량 절감이 가능할 것으로 생각된다. 그러나 나무의 수고를 낮게 유지하거나 수세를 안정되게 조절하는 측면에서는 공대를 사용하는 것이 유리할 것으로 예상할 수 있다. 따라서 대목 선택 및 재식 후 관리에는 접수 품종뿐만 아니라 이러한 대목의 생장 및 양분 흡수 측면이 고려되어야 할 것이다.

References

- Ahmed, H.S., and M.Y. Al-Shurafa. 1984. Effect of rootstocks on the leaf mineral content of citrus. *Sci. Hort.* 23:163-168.
- Autio, W.R. 1991. Rootstocks affect ripening and other qualities of 'Delicious' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:378-382.
- Choi, S.T., S.T. Kim, D.S. Park, and S.M. Kang. 2008. Tree growth and physiological fruit drop of 'Hachiya' persimmon on *D. kaki* and *D. lotus* rootstocks. *Acta Hort.* 772:345-349.
- Daza, A., P.A. García-Galavís, M.J. Grande, and C. Santamaría. 2008. Fruit quality parameters of 'Pioneer' Japanese plums produced on eight different rootstocks. *Sci. Hort.* 118:206-211.
- Fallahi, E. 2012. Influence of rootstock and irrigation methods on water use, mineral nutrition, growth, fruit yield, and quality in 'Gala' apple. *HortTechnology* 22:731-737.
- Ferree, D.C. and R.F. Carlson. 1987. Apple rootstock, p. 107-114. In: R.C. Rom and R.F. Carlson (eds.). *Rootstocks for fruit crops*. John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Giordani, E. and S. Nin. 2013. Evolution and challenges of persimmon production in Italy after one hundred years of cultivation. *Acta Hort.* 996:29-41.
- Gyeviki, M., K. Hrotkó, and P. Honfi. 2012. Comparison of leaf population of sweet cherry (*Prunus avium* L.) trees on different rootstocks. *Sci. Hort.* 141:30-36.
- Hodgson, R.W. 1939. Rootstocks for the oriental persimmon. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 37:338-339.
- Larsen, F.E., S.S. Higgins, and C.A. Dolph. 1992. Rootstock influence over 25 years on yield, yield efficiency and tree growth of cultivars 'Delicious' and 'Golden Delicious' apple (*Malus domestica* Borkh.). *Sci. Hort.* 49:63-70.
- Li, F., S. Cohen, A. Naor, K. Shaozong, and A. Erez. 2002. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. *Agr. Water Management* 55:1-14.
- Morita, Y., T. Nishida, and E. Oguro. 1952. Studies on physical properties of soils in relation to fruit growth. III. Soil moisture and growth (5). Relation between soil moisture and oxygen decrease in the soil atmosphere under the growing of peach and persimmon (*D. lotus* Linn.) seedlings. *J. Japan. Hort. Soc. Sci.* 20:158-165.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Analytical methods of soil and plant. NIAS, RDA, Suwon, Korea.
- Ogata, R., K. Goto, T. Kunisawa, and R. Harada, 1986. Productivity and fruit quality of four apple cultivars on three different rootstocks and at different planting densities. *Acta Hort.* 160:97-104.
- RDA (Rural Development Administration). 2001. Standard agricultural manual - persimmon growing. RDA, Suwon, Korea. p. 79.
- Schroeder, C.A. 1950. Rootstock influence on fruit-set in the Hachiya persimmon. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 50:149-150.
- Tworcoski, T. and S. Miller. 2007. Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits. *Sci. Hort.* 111:335-343.
- Yamada, M. 2008. Persimmon propagation, orchard planting, training and pruning in Japan. *Adv. Hort. Sci.* 22:269-273.
- Yonemori, K., A. Sugiura, and M. Yamada. 2000. Persimmon genetics and breeding. *Plant Breeding Rev.* 19:191-225.