

Responses of Young ‘Fuyu’ Persimmon Trees to Summer Fertilization Rate and Leaf-fruit Ratio

Seong-Tae Choi*, Seong-Cheol Kim, Gwang-Hwan Ahn, Doo-Sang Park, Eun-Seok Kim, and Jae-Hyeok Choi¹

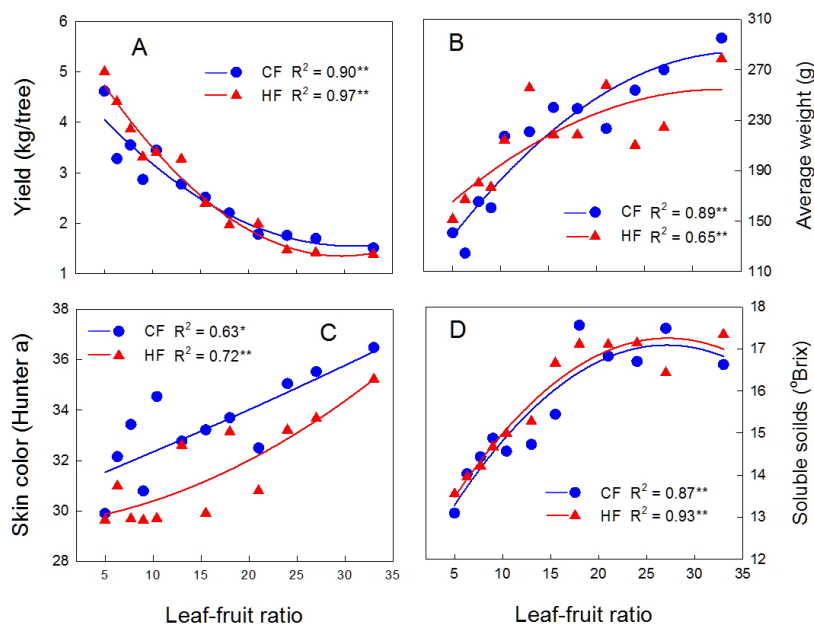
Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Gimhae 50871, Korea

¹Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

(Received: August 1 2016, Revised: October 14 2016, Accepted: October 26 2016)

Small-sized persimmons produced by high crop load are better accepted in the export markets. However, maintaining high crop load frequently results in weakness of tree vigor, deterioration of fruit quality, and increase of the risks for alternate bearing. This experiment was conducted to determine the combined effects of fertilization rate and leaf-fruit (L/F) ratio on container-grown 3-year-old ‘Fuyu’ persimmon trees. Application of 3.6-g N, 2.1-g P₂O₅, 2.7-g K₂O, 2.7-g CaO, and 0.6-g MgO was for the control fertilization rate (CF) and that of a 3-fold CF was for the high fertilization rate (HF). Commercial fertilizers were surface-applied to a container on July 6, July 17, and August 10 in three equal aliquots. Single tree for each fertilization rate was assigned for 12 L/F ratios (5, 6.3, 7.7, 9, 10.4, 13, 15.5, 18, 21, 24, 27, and 33) mostly by fruit thinning or rarely by defoliation on July 1. HF did not affect the yield, weight and soluble solids of the fruits but decreased skin color. As L/F ratio increased, yield decreased but average weight, skin color, and soluble solids of fruits increased. With HF, N and K concentrations in leaves, fruits, and shoots increased to some extent but soluble sugars in dormant shoots decreased. Many shoots were cold-injured with low L/F ratio especially at the HF. HF did not increase number of flower buds the next spring either on a shoot or on a tree basis but increased shoot length, compared with the CF. Increasing L/F ratio markedly increased number of flower buds and shoot growth the following year at both fertilization rates. Therefore, an appropriate combination of fertilization rate and L/F ratio should be necessary to maintain stable fruit production and tree vigor at high crop load.

Key words: Crop load, Flower bud, Fruit characteristic, Tree growth



Relationships between leaf-fruit ratio and yield and fruit characteristics of ‘Fuyu’ persimmon on November 12 at control fertilization (CF) and high fertilization rate (HF).

*Corresponding author: Phone: +82552541564, Fax: +82552541559, E-mail: stchoi1234@korea.kr

§Acknowledgement: We gratefully acknowledge the financial support of “Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development” (Project No. PJ010933022016) by Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

단감재배에서 착과량 조절은 고품질 과실을 생산하기 위한 핵심 기술이 되어왔다. 우리나라에서는 주로 대과가 고품질 과실로 간주되기 때문에 개화 전에 꽃봉오리를 결과지당 1~2개 남기며 수고 생리적 낙과가 끝나는 7월 상순 이후에 엽과비(과실당 엽수)가 15~20 정도가 되도록 적과하여 착과량을 조절하는 것이 일반적이다. 반면 단감이 수출되는 동남아시아 국가에서는 중소과가 더 선호되고 있다. 또한 학교 급식이나 장기저장을 위해서도 중소과 생산이 유리할 수 있기 때문에 일부 농가에서는 과실을 적게 수확 수량을 늘리는 방향으로 나가고 있다. 그러나 착과량을 늘리면 수세가 약해지고 과실 크기 및 당도가 낮아지며 해거리를 하기 쉬워지므로 지속적인 안정 생산이 어려울 수 있다 (George et al., 1997; Smitha and Samach, 2013).

과수에서 착과량이 증가하면 무기영양분 요구량이 많아지는 것으로 알려져 있다 (Awasthi and Kaith, 1990; Choi et al., 2011; Hansen, 1980; Lenz, 2000; Serra et al., 2016). 과실의 무기영양분 중에서 질소 (N)와 칼륨 (K)의 비율이 특히 높는데, 착과량이 많을수록 나무에서 흡수된 N과 K는 주로 과실로 분배된다 (Choi et al., 2011; Hansen, 1980; Lenz, 2000; Rosecrance et al., 1996). 감나무에서 여름 N 공급량이 적을 때 착색과 당도는 증가하지만 과실 비대가 감소하고 꽃눈분화가 나빠져 이듬해 착과수가 적어진다 (Choi et al., 2013a). K 시비량이 적을 경우에도 수세가 약해지고 과실 비대가 감소하는 것으로 나타났다 (Choi et al., 2013b). 이러한 양분 부족에 따른 문제는 착과량이 많은 나무일수록 더 심할 것으로 예상되므로, 착과량을 많게 한 나무에서는 양분공급을 늘림으로써 과다 착과로 인한 문제점을 줄일 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

반면 착과량이 많더라도 여름 N, K 시비량이 증가하면 과실 비대에 도움이 되지 못하고 착색만 나빠지는 문제도 있다 (Choi et al., 2011). 그러나 아직까지 여름시비량이 많은 조건에서 착과량을 늘릴 경우 당년의 과실 성장 및 이듬해 초기 성장에 미치는 영향에 대해서는 뚜렷하게 제시된 연구결과가 없다. 본 연구는 '부유' 유목을 사용하여 시비량을 늘렸을 때 엽과비 정도에 따른 당년의 과실 특성, 양분 흡수, 이듬해 착과 및 신초 성장 반응을 구멍코자 수행되었다.

Materials and Methods

시험수 관리 공대에 접목하여 50 L 플라스틱 용기에서 재배한 3년생 '부유' 단감나무 (*Diospyros kaki*)를 2015년 2월에 시험수로 선정하여 이듬해 5월까지 본 시험을 수행하였다. 용기는 경상남도 김해시 진영읍 소재 단감연구소 내 시험포에 1.5 × 1 m 거리로 배치되어 있었고, 용기 내 토양은 사양토인데 시험 전 2월 26일에 채취한 토양의 화학성은 Table 1과 같았다. 4월 7일에 기비로 원예용 복합비료를 각 용기마다 N 1.2 g, P₂O₅ 0.7 g, K₂O 0.9 g, CaO 0.9 g, MgO 0.9 g씩 공급되도록 표토에 뿌린 후 호미로 긁고 3 L씩 관수하였다. 5월 상순에 30 cm 이상 결과지에는 2~3개, 그 이하 가지에는 1개의 꽃봉오리를 남기는 방법으로 적뢰하였다. 수분 공급을 위해 미니스프링클러로 4월 신초생장 초기에는 주당 1 L씩 관수하다가 한여름에는 5 L로 늘리고, 11월 수확 무렵에는 3 L 정도로 줄여 관수하였다.

시험처리 신초의 길이 성장 및 엽면적 증가가 끝난 7월 상순에 크기가 비슷한 24주를 선정하여 시비량 2수준, 시비수준별 엽과비 12 수준을 1주씩 처리하였다. 시비는 복합비료를 사용하여 대조 시비구에는 주당 N 3.6 g, P₂O₅ 2.1 g, K₂O 2.7 g, CaO 2.7 g, MgO 0.6 g, 다량 시비구는 대조 시비구의 3배를 공급하였다. 시비는 엽과비를 조절한 나무에서 7월 6일, 7월 17일, 8월 10일에 같은 양으로 나누어 시용하였는데, 대조 시비구는 비슷한 크기의 나무에 여름철 관행적으로 사용하는 시비량이었다. 7월 1일 (만개 후 35일)에 각 시비수준별 12나무를 대상으로 엽과비가 5, 6.3, 7.7, 9, 10.4, 13, 15.5, 18, 21, 24, 27, 33이 되도록 주로 과실을 수고 일부는 잎을 제거하여 조절하였다. 각 시비수준별 모든 시험수는 완전임의로 배치하였다.

시료 채취 및 조사 11월 12일에 전체 과실을 수확하여 무게를 측정하고 그 중 5 (엽과비 33인 나무)~15개 (엽과비 13 이하 나무) 과실을 무작위로 골라 과실 특성을 조사하였다. 경도는 직경 8 mm plunger를 장착한 과실경도계 (53205, Turoni srl., Forli, Italy)로, 당도는 디지털당도계 (PAL-1, Atago Co., Tokyo, Japan)로 가용성 고형물을 측정하였다. 과피색은 휴대용색도계 (CM-2500d, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)로 붉은색 정도를 표현하는 Hunter a값을 읽었다.

Table 1. Chemical properties of the soil collected on February 26 in the containers for this experiment.

pH (1:5)	Organic matter (g kg ⁻¹)	Total N (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
				K	Ca	Mg
7.0	12.4	0.54	155	0.16	5.76	1.10

양분 분석 시험처리에 따른 수체의 N과 K 흡수 정도를 조사하기 위하여 10월 31일에 주당 15엽씩 무작위로 채취하였고, 과실은 11월 12일 수확하여 특성 조사에 사용한 것의 일부를 모아 분석에 사용하였다. 12월 4일에는 길이 23±5 cm 신초를 주당 8개씩 채취하였다. 이들 분석용 시료는 80°C에서 48시간 건조시킨 후 20 mesh 체를 통과하도록 분쇄하였다. N은 0.2 g의 시료를 달아 Kjeldahl 장치 (Kjeltec 2300, Foss Co., Höganäs, Sweden)로 micro-Kjeldahl법 (Nelson and Sommers, 1973)으로 분석하였다. K는 시료 0.5 g을 HClO₄과 H₂SO₄를 분해액을 첨가하여 히팅블럭 (heating block)에서 분해 후 유도결합플라즈마 분광분석기 (ICPS-7510, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 가지의 저장 탄수화물을 조사하기 위하여 가지 시료에 대해서는 별도로 가용성당과 전분을 분석하였다. 가용성당은 건조시료 100 mg에 80% 에탄올 (v/v) 0.9 mL를 첨가하여 80°C 항온수조에서 30분간 용출시킨 후 15,000×g에서 5분 동안 원심분리하여 상등액을 모으는 과정을 2회 반복하여 추출하였다. 남은 잔사에 4.5 N HClO₄ 0.9 mL를 첨가하여 실온에서 30분간 용출시킨 후 15,000×g에서 5분 동안 원심분리하여 얻은 상등액을 전분으로 간주하였으며, 이 추출도 2회 반복하였다. 추출 후 anthrone 반응 (McCready et al., 1950)으로 가용성당과 전분을 정량하였으며, 포도당을 표준당으로 사용하였다.

이듬해 수체 성장 시비 및 엽과비 수준이 이듬해 수체에 미치는 영향을 조사하였다. 이듬해 발아기인 3월 25일에 전년에 자란 1년생 가지를 대상으로 겨울 동안 동해로 고사

한 가지를 세어 그 비율을 구하였고, 5월 2일에 길이 15~30 cm 1년생 가지 10개의 선단 신초에 착생한 꽃봉오리 수와 주당 꽃봉오리 수를 조사하였다. 또한 신초 성장 차이를 파악하기 위하여 이들 10개의 선단 신초 길이를 측정하고 주당 길이 3 cm 이상의 신초수를 세었다.

통계 분석 시비 2수준 및 엽과비 12수준에서 조사한 성적을 SigmaPlot 프로그램 (Version 8.0, SPSS Inc., USA)을 사용하여 2차 회귀그래프로 나타내고 R² 값으로 상관관계 분석을 하였다.

Results and Discussion

수량 및 과실 특성 Fig. 1은 시비 및 엽과비 수준에 따른 수량과 과실 특성을 나타낸 것으로 과피색 외에는 시비 수준에 따른 영향이 뚜렷하지 않았다. 수량은 엽과비가 증가할수록 점진적으로 감소하였다. 두 시비 수준의 엽과비 5에서 주당 수량이 4.6~5 kg이었다가 엽과비 21에서는 1.8~2.0 kg, 엽과비 33에서는 1.4~1.5 kg으로 감소하였다. 엽과비 증가로 평균과중은 커졌는데 엽과비 5에서 131~149 g이었으나 엽과비 33에서는 각각 279~295 g으로 증가하였다. 과피의 Hunter a 값은 다량 시비구가 대조 시비구보다 현저히 낮아 착색이 늦었으나 시비 수준에 관계없이 엽과비 증가에 따라 높아져 착색이 빠른 것으로 나타났다. 과실 당도는 두 시비 수준의 엽과비 5에서 13.1~13.5 °Brix이던 것이 엽과비 18에서 17.1~17.6 °Brix로 증가하였다가 그 이상의 엽과비에서는

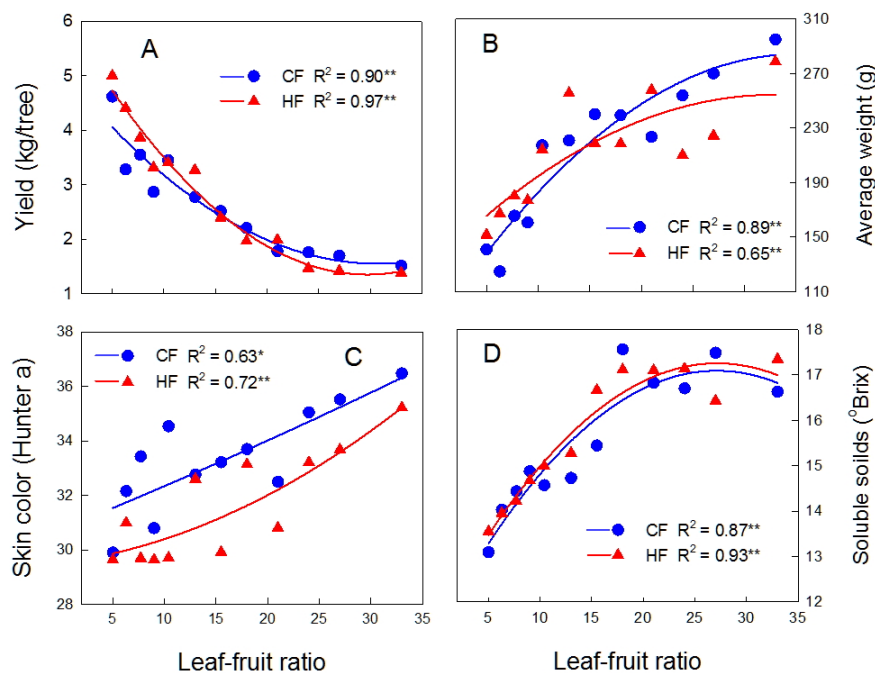


Fig. 1. Relationships between leaf-fruit ratio and yield and fruit characteristics of ‘Fuyu’ persimmon on November 12 at control fertilization (CF) and high fertilization rate (HF) (n = 12).

증가하지 않았다.

시비량 증가에도 과실 크기가 증가하지 않았고 착색은 오히려 감소한 것으로 보아 N 공급을 많이 받은 나무에서 나타나는 성숙 지연이 원인인 것으로 판단되었다 (Agustí et al., 2004; Choi et al., 2013a). 따라서 수확기를 늦춘다면 다량 시비구의 과실이 더 커질 가능성도 있을 것이다. 엽과비 증가에 따른 수량 감소가 직선적으로 감소하지 않은 것은 평균 과중의 증가에 따른 것으로, 착과량 감소로 과실간 양분 경쟁이 줄어 과실 생장이 촉진되었기 때문이다 (Choi et al., 2010; Greene et al., 1992; Palmer et al., 1997). 엽과비에 따른 과중 변화가 일관되게 증가하지 않았는데 전년도에 축적된 저장양분의 영향으로 엽면적 또는 과실 세포수 (Hirata et al., 1974) 등이 나무마다 달랐기 때문으로 생각된다. 엽과비가 높아짐에 따라 과중뿐만 아니라 착색과 당도가 증가한 것은 엽과비가 높은 상태에서 더 많은 광합성 산물이 과실에 축적된 것으로 볼 수 있다 (Embree et al., 2007; Walter, 1967).

수체 부위별 양분 잎, 과실, 신초 부위별 N, K 농도는 다량 시비구에서 대체로 높게 나타나 양분 흡수가 더 많았음을 확인할 수 있었다 (Fig. 2). 시비 수준에 대한 잎의 N 농도 반응이 특히 민감하였는데, 다량 시비구가 대조 시비구보다 엽과비 6.3에서 0.3%, 엽과비 27에서는 0.5% 차이로 높았다. 엽과비가 높을수록 잎의 N 농도가 감소하고 잎의 K와 가지의 K 농도는 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 착과량이 적은 나무에서 잎이 빨리 노화되면서 N이 목질부와 뿌리로 이동되었기 때문이다 (Kim et al., 2009; Choi et al., 2010). 반면 엽과비가 높아짐에 따라 잎과 신초의 K 농도가 증가한 것은 동화양분의 과실 축적에 수반되는 K의 이동 감소에 기인한 것으로 판단된다 (Hansen, 1980). 과실의 N 농도가 높은 것은 Fig. 1에 나타난 착색 감소와 관련 있을 것이다 (Choi et al., 2013a).

휴면 가지의 가용성당 농도는 다량 시비구에서 낮은 경향을 보인 반면 전분은 시비 수준에 따른 차이가 뚜렷하지 않았

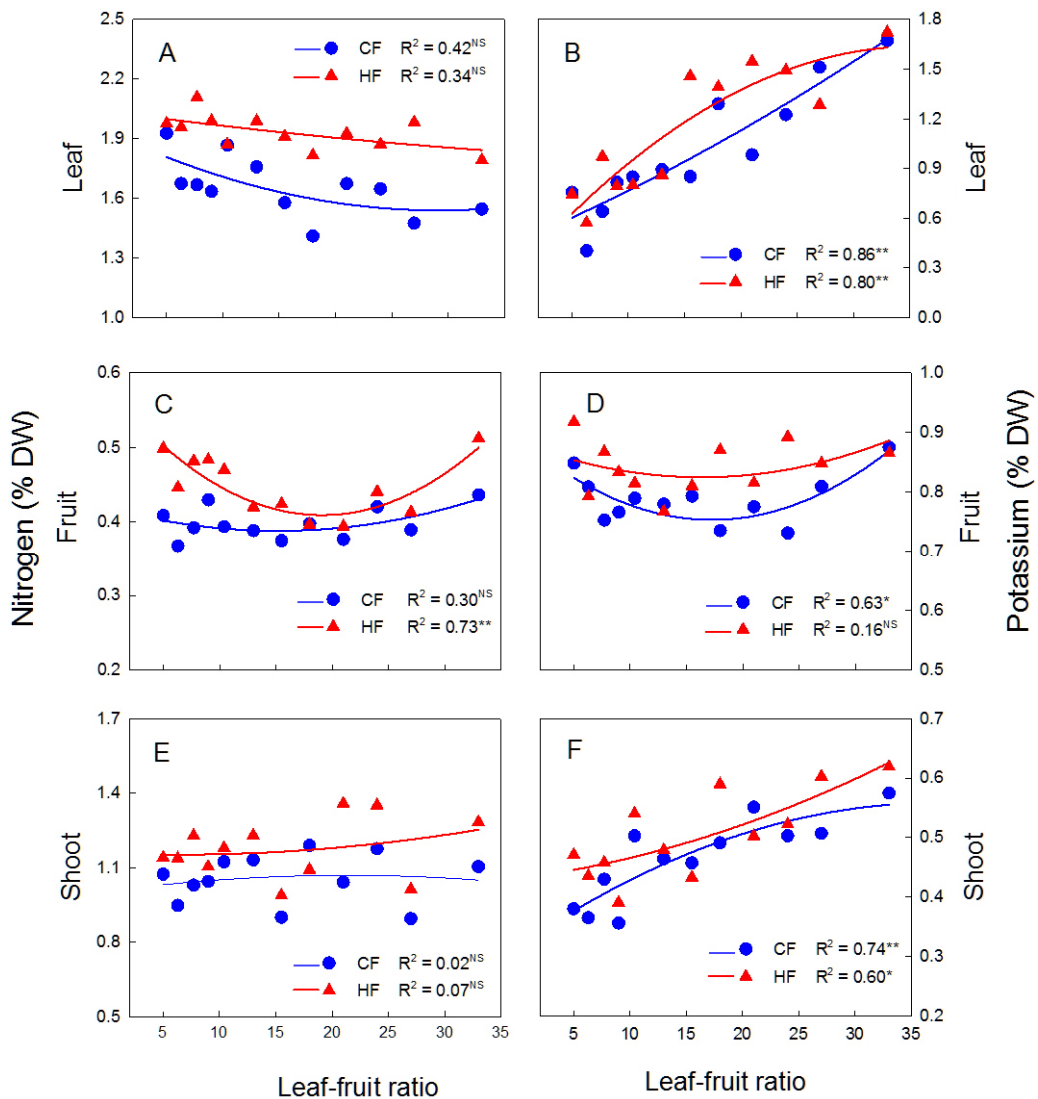


Fig. 2. Relationships between leaf-fruit ratio and concentrations of N and K in leaf, fruit, and shoot of 'Fuyu' persimmon at control fertilization (CF) and high fertilization rate (HF) (n = 12).

다 (Fig. 3). 특히 다량 시비구의 가용성당은 엽과비 5에서 7.8%로 대조 시비구의 10.8%에 비해 큰 차이로 낮았다. 엽과비가 높아질수록 가지의 가용성당과 전분 모두 증가하였는데 가용성당이 더 뚜렷하였다. 다량 시비구의 가용성당 농도

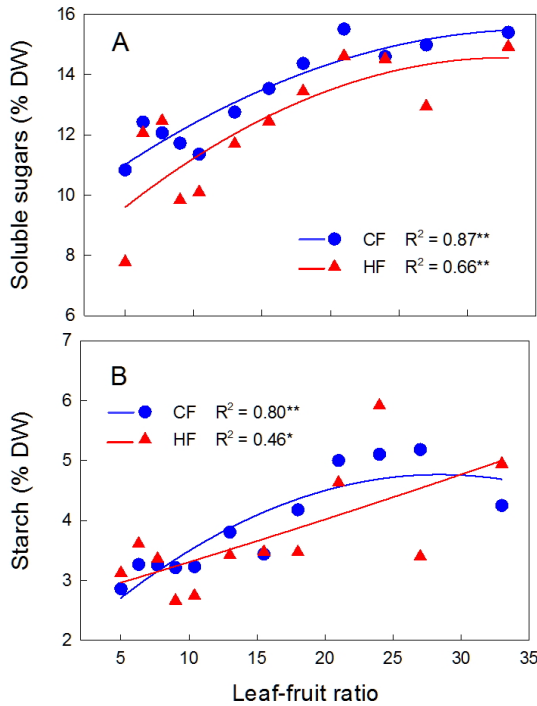


Fig. 3. Relationships between leaf-fruit ratio and concentrations of soluble sugars and starch in shoot of ‘Fuyu’ persimmon on December 4 at control fertilization (CF) and high fertilization rate (HF) (n = 12).

가 대조 시비구보다 낮았던 것은 질소 대사 과정에 발생하는 당의 소모가 원인일 것이다 (Cheng and Fuchigami, 2002). 가지의 탄수화물은 내동성과 관련되어 있으므로 (Layne and Ward, 1978), 본 연구의 결과로 착과량이 많은 나무라도 N이 과다하게 공급되면 동해에 약해질 수 있음을 알 수 있다. 또한 낮은 엽과비에서 탄수화물 농도 감소가 뚜렷하여, 탄수화물의 과실 축적이 많아질수록 가지 내 축적이 감소하여 동해가 발생하거나 봄 초기 생장이 감소되기 쉬울 것 (Oliveira and Priestley, 1988)으로 예상되었다.

고사 가지 발생 및 이듬해 성장 3월 25일 조사한 1년생 가지의 고사비율은 다량 시비구에서 높고 엽과비가 낮은 나무에서 고사가 심한 경향을 보였다 (자료 미제시). 엽과비 5에서 대조구와 다량시비구의 고사율은 각각 25%, 100%였으나 엽과비 9에서는 각각 7%, 10%로 감소하였고 엽과비 13 이상에서는 고사지가 발생하지 않았다. 이러한 결과는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 착과량 과다로 인한 탄수화물 감소와 관련시킬 수 있다. 특히 다량 시비구의 엽과비 5에서 동해가 심한 것으로 보아 착과량이 많을 때 과다한 시비가 동해를 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 4는 처리 이듬해 5월 2일 조사한 착뢰수와 신초 생장을 나타낸 것이다. 1년생 가지의 선단 신초 착뢰수는 시비 수준에 따른 차이를 찾기 어려웠으나 엽과비 증가에 따른 변화 양상은 뚜렷하였다. 두 시비 수준의 엽과비 6.4 이하에서는 신초당 착뢰수가 1개 미만이었으나 엽과비가 18로 높아지면 서 2개 이상으로 많아졌고 그 이상 엽과비에서는 큰 변화가

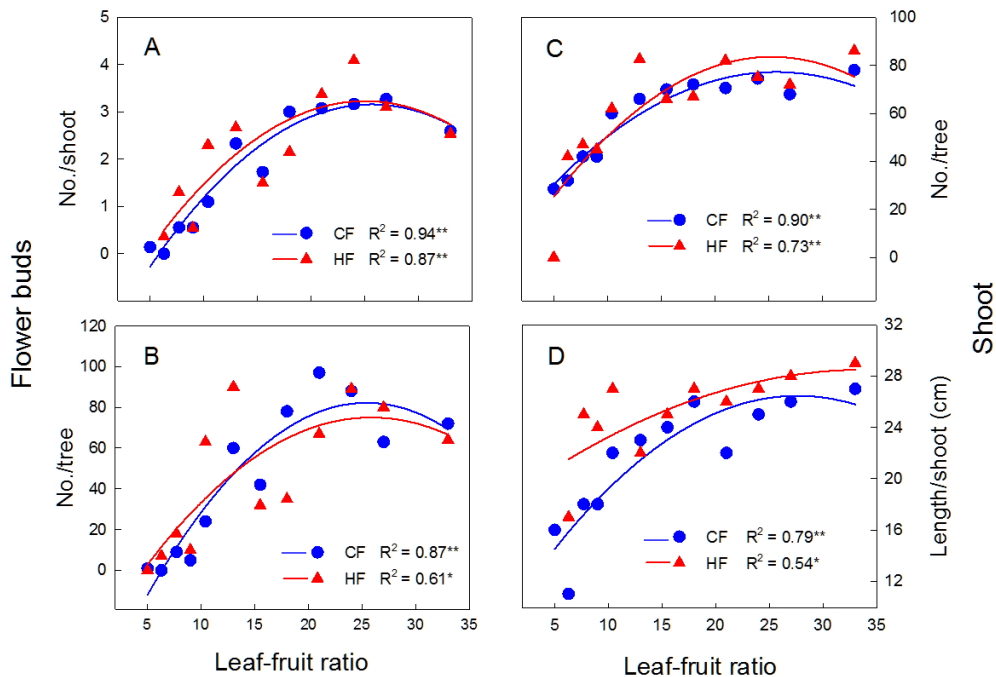


Fig. 4. Relationships between leaf-fruit ratio and number of flower buds and shoot growth of ‘Fuyu’ persimmon the following year at control fertilization (CF) and high fertilization rate (HF) the previous year (n = 12).

없었다. 주당 착뢰수도 신초당 착뢰수와 비슷한 경향이였다. 차이는 크지 않았으나 주당 신초수와 1년생 가지 선단 신초장은 대조 시비구보다 다량 시비구에서 높게 나타났다. 그러나 엽과비에 따른 변화가 훨씬 뚜렷하여, 두 시비 수준에서 주당 신초수는 엽과비 7.7 이하에서는 고사지 발생 등으로 50개 미만이었으나 엽과비 15.5 이상에서는 60개보다 많았다. 신초장도 엽과비가 높아짐에 따라 증가하여 다량 시비구의 엽과비 6.3에서 17 cm이던 것이 엽과비 33에서는 29 cm로 증가하였다.

착과량을 늘렸을 때 큰 문제점 중 하나가 꽃눈분화 감소로 이듬해 착뢰수가 부족해져 (George et al., 1997; Wünsche and Ferguson, 2005), 과실의 안정 생산에 큰 걸림돌이 될 수 있다는 점이다. 본 연구에서 착과량이 많은 나무에 여름철 시비량을 늘리더라도 이듬해 착뢰수가 증가되지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 여름철 N 시비량이 부족하면 이듬해 착뢰수가 감소하지만, N 시비 수준이 일정 범위 이상이면 꽃눈분화가 더 증가하지 않았다는 선행 연구결과 (Choi et al., 2013a)와 유사하였다. 그러나 '부유' 감나무의 꽃눈분화가 7~8월에 일어나므로 (Rhee and Ko, 1973), 수체 내 양분 이동 기간을 고려하여 시비 시기를 6월로 앞당겼더라면 결과가 달라질 가능성이 있다. 본 연구의 엽과비 증가에 따른 이듬해 착뢰수 증가는 양분이 부족하지 않는 조건이면 착과량이 꽃눈분화에 결정적인 영향을 줄 수 있음 (Wünsche and Ferguson, 2005)을 나타내었다. 한편 착과량이 많은 나무에서 수세 약화 방지를 위한 시비량 조절이 중요한데, 시비량 증가로 엽과비가 낮은 나무에도 이듬해 신초장이 증가하므로, 착과량이 많은 나무에서 시비량을 어느 정도 늘리는 것이 수세 유지에 유리할 것으로 판단된다.

Conclusions

본 연구를 통해 착과량이 많은 나무에서 시비량을 증가시켜 과다 착과로 발생하는 문제를 줄일 수 있는 지를 검토하였다. 결과를 종합하면, 시비량을 많게 하더라도 과실 크기나 당도 증가에 효과가 없었고 오히려 착색만 감소하였다. 시비량 증가로 수체 내 무기양분은 증가하였으나 가지 내 저장 가용성당 농도는 감소하여 동해 위험이 높아진 것으로 나타났다. 또한 해거리 방지를 위한 착뢰수 확보에도 효과가 없었다. 따라서 착과량이 많더라도 가을철 서리가 빨리 오거나 동해 위험 지역에서는 시비량을 늘리는 데에는 신중해야 할 것이다. 반면 이듬해 신초 생장을 촉진하여 수세를 유지하는 데는 유리한 것으로 판단되었다. 그러나 시비 시기를 앞당기거나 시비량을 달리할 때의 반응에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- Agustí, M., M. Juan, A. Martínez-Fuentes, C. Mesejo, and V. Almela. 2004. Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruit. *Ann. Appl. Biol.* 144:65-69.
- Awasthi, R.P. and N.S. Kaith. 1990. The effect of crop load in assessing the nutrient requirements of apple trees. *Acta Hort.* 274:17-24.
- Cheng, L. and L.H. Fuchigami. 2002. Growth of young apple trees in relation to reserve nitrogen and carbohydrates. *Tree Physiol.* 22:1297-1303.
- Choi, S.T., S.M. Kang, D.S. Park, K.P. Hong, and C.W. Rho. 2011. Combined effects of leaf/fruit ratios and N and K fertigation levels on growth and distribution of nutrients in pot-grown persimmon trees. *Sci. Hort.* 128:364-368.
- Choi, S.T., D.S. Park, G.H. Ahn, S.C. Kim, and T.M. Choi. 2013a. Tree growth and nutritional changes in senescing leaves of 'Fuyu' persimmon as affected by different nitrogen rates during summer. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:706-713.
- Choi, S.T., D.S. Park, S.M. Kang, and Y.C. Cho. 2010. Effect of fruit-load on the growth, absorption, and partitioning of inorganic nutrients in young 'Fuyu' persimmon trees. *Sci. Hort.* 126:408-412.
- Choi, S.T., D.S. Park, J.Y. Son, Y.O. Park, and K.P. Hong. 2013b. Inorganic element concentrations in different organs of young persimmon trees received different levels of K fertilization and its influence on the fruit characteristics. *Kor. J. Environ. Agric.* 32:166-170.
- Embree, C.G., M.T.D. Myra, D.S. Nichols, and A.H. Wright. 2007. Effect of blossom density and crop load on growth, fruit quality, and return bloom in 'Honeycrisp' apple. *HortScience* 42:1622-1625.
- George, A.P., A.D. Mowat, R.J. Collins, and M. Morley-Bunker. 1997. The pattern and control of reproductive development in non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L.): A review. *Sci. Hort.* 70:93-122.
- Greene, D.W., W.R. Autio, J.A. Erf, and Z.Y. Mao. 1992. Mode of action of benzyladenine when used as a chemical thinner on apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:775-779.
- Hansen, P. 1980. Crop load and nutrient translocation. *Acta Hort.* 92:201-215.
- Hirata, N., S. Hayashi, and H. Kurooka. 1974. Physiological studies of developing and ripening fruits of the Japanese persimmon. II. The effects of degrees or times of artificial defoliation during last fall on cell division and cell enlargement during the development of fruit, fruit size and fruit quality at maturity. *Bull. Fac. Agric., Tottori Univ.* 26:15-27.
- Kim, Y.K., C.S. Lim, S.M. Kang, and J.L. Cho. 2009. Root storage of nitrogen applied in autumn and its remobilization to new growth in spring of persimmon trees (*Diospyros kaki* cv. Fuyu). *Sci. Hort.* 119:193-196.
- Layne, R.E.C. and C.M. Ward. 1978. Rootstock and seasonal

- influences on carbohydrate levels and cold hardiness of Redhaven peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:408-413.
- Lenz, F. 2000. Effects of fruit load on the nutrient uptake and distribution in *Citrus* trees. *Acta Hort.* 531:115-120.
- McCready, R.M., J. Guggolz, V. Silveira, and H.S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22:1156-1158.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agron. J.* 65:109-112.
- Oliveira, C.M. and A. Priestley. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. *Hort. Rev.* 10:403-430.
- Palmer, J.W., R. Giuliani, and H.M. Adams. 1997. Effect of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of 'Braeburn'/M.26 apple trees. *Tree Physiol.* 17:741-746.
- Rhee, Y.S. and K.C. Ko. 1973. Study on the flower bud differentiation of main fruit trees in Korea - 1. Study on the time of initiation of flower bud differentiation on leading fruit varieties in the localities of Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 13:115-123.
- Rosecrance, R.C., S.A. Weinbaum, and P.H. Brown. 1996. Assessment of nitrogen, phosphorous and potassium uptake capacity and root growth in mature alternate-bearing pistachio (*Pistaciavera*) trees. *Tree Physiol.* 16:949-956.
- Serra, S., R. Leisso, L. Giordani, L. Kalcsits, and S. Musacchi. 2016. Crop load influences fruit quality, nutritional balance, and return bloom in 'Honeycrisp' apple. *HortScience* 51:236-244.
- Smitha, H.M. and A. Samach. 2013. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: Heavy fruit load dominates over vegetative growth. *Plant Science* 207: 158-167.
- Walter, T.E. 1967. Factors affecting colour in apples: A review of world literature. *Annu. Rpt. E. Malling. Res. Sta.* 1966. p. 70-82.
- Wünsche, J.N. and I.B. Ferguson. 2005. Crop load interactions in apple. *Hort. Rev.* 31:231-290.