ISSN 1226-8763
Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(3):279-288, 2014 http://dx.doi.org/10.7235/hort.2014.13099

Research Report

감나무 정단신초의 봄 생장 동안 유기 및 무기 양분의 변화

윤영황[1], 최성태[1*], 박두상[1], 노치웅[2], 김대호[2], 강성모[3]

[1]경상남도농업기술원 단감연구소
[2]경상남도농업기술원 연구개발국
[3]한국감연구회

Changes in Organic and Inorganic Nutrients in Terminal Shoots of 'Fuyu' Persimmon during Spring Growth

Young-Whang Yoon[1], Seong-Tae Choi[1*], Doo-Sang Park[1], Chi-Woong Rho[2], Dae-Ho Kim[2], and Seong-Mo Kang[3]

[1]*Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Gimhae 621-802, Korea*
[2]*Research and Development Bureau, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-985, Korea*
[3]*Korean Society for Persimmon Science and Industry, Gimhae 621-802, Korea*

Abstract: To understand changes in composition and distribution of nutrients during early shoot growth of persimmon, organic compounds and inorganic elements of terminal shoots were analyzed for about 40 days from the time of foliation. Sample shoots were collected from mature 'Fuyu' trees for this three-year experiment and they were divided to stem, leaves, and the fruits including flower buds at the earliest stage. During shoot growth, concentration of soluble sugars increased in both leaves and fruits, but that of starch increased only in leaves. Those of amino acids tended to decrease in all the parts but there was no consistent change in proteins. As shoots grew, contents of all the organic compounds in a shoot increased, and they were especially higher in May leaves accounting for more than 60% of the shoot total for each nutrient. Along with shoot growth, concentrations of N and P gradually decreased in all three parts, while K decreased only in stem. However, those of Ca and Mg did not show notable changes in all the parts with wide variations depending on the year. Due to the quantitative increase in growth, contents of inorganic elements in a shoot increased in all the parts and the leaves accounted for 54-82% of the shoot total. At the cessation time of extension growth, a shoot contained 526-768 mg of soluble sugars, 245-844 mg of starch, 26-31 mg of amino acids, and 66-103 mg of proteins for three years. On the other hand, a shoot contained 203-388 mg of K, the greatest among the inorganic elements, followed by 132-159 mg of N. Changes of the nutrients in a shoot were much greater during the earlier stage of growth after foliation than during the later stage toward growth cessation, suggesting the importance of mobilizing reserve nutrients for the early growth of the shoots. The results of this study also suggested that the rate of nutrient changes, especially during the earlier stage of shoot growth, could be affected by environmental and cultural conditions.

Additional key words: carbohydrate, *Diospyros kaki*, nitrogenous compound, reserve nutrient

서 언

우리나라의 감 산업은 최근 20여 년간 재배면적 확대에 따라 그 규모가 급격히 증가하여 과수산업의 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 재배기술의 기본이 되는 수체 생리에 대한 지식은 해외 문헌에 주로 의존해 왔다. 이에 우리나라 기후조건에 맞지 않는 정보가 많아 재배자들에게 과학적인 과원 관리 방법을 제시하는데 어려움을 겪고 있다. 특히 양분 관리의 기초가 되는 수체의 양분 조성 변화에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다.

감나무는 결과모지로 남긴 1년생 가지의 선단 부위에서 봄에 눈이 트고 신초가 자라면서 줄기, 잎, 과실(화뢰)이 함

***Corresponding author:** stchoi1234@korea.kr

※ Received 3 July 2013; Revised 16 December 2013; Accepted 5 February 2014. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원에 의해 수행되었음.

ⓒ 2014 Korean Society for Horticultural Science

께 생장한다. 신초는 5월 하순경 개화 무렵까지 길이 생장이 이루어지지만 잎과 과실은 개화 후에도 생장을 계속한다(Nii, 1980; Yoon et al., 2012). 다른 과수에서 생장 초기 어린 잎은 동화능력이 작기 때문에 어느 정도 자란 후라야 광합성산물을 생장에 이용하며 다른 기관으로 분배할 수 있다(Hale and Weaver, 1962; Oliveira and Priestley, 1988; Quinland and Weaver, 1969). 따라서 봄 동안의 신초생장은 저장양분의 영향을 크게 받아, 발아와 신초생장 직전에 영구기관의 탄수화물과 질소화합물 이동이 시작되고, 그것이 선단조직에 집중되어 생장에 사용된다(Davis and Sparks, 1974; Loescher et al., 1990; Oliveira and Priestley, 1988; Titus and Kang, 1982). 감은 개화기 무렵에 뿌리 활동이 본격적으로 시작되어 토양으로부터의 양분 흡수가 늦으며, 발아부터 개화기 사이에 신초와 화뢰 생장이 동시에 이루어지므로, 저장양분이 생장 초기의 영양생장 뿐만 아니라 과실생장에 직접적인 영향을 줄 수 있다(Choi et al., 2005; Hirata et al., 1974; Kim et al., 2009; Park and Kim, 2011).

원활한 신초생장을 위해서는 생장 초기에 유기화합물과 더불어 무기양분의 분배도 중요한데, Stassen et al.(1983)은 10년생 복숭아 나무에서 발아부터 이후 8주까지 새로운 생장에 사용한 질소(N)의 80%가 영구조직의 저장기관으로부터 유래되었음을 보고하였다. 같은 기간 동안 인(P)은 43%, 칼륨(K)은 40% 이하가 영구조직으로부터 유래한 반면 마그네슘(Mg)은 새로운 흡수를 통하여 얻어진 것에 의존하는 것 같다고 하였다. 그러나 감의 경우 잎의 연간 양분조성 변화는 여러 연구자들에 의해 보고되어 왔지만(Clark and Smith, 1990; George et al., 1995; Park, 2002; Park et al., 2003), 신초생장 초기 줄기, 잎, 과실 등 부위별 양분 변화를 자세히 추적한 연구결과는 찾기 어렵다.

이 시기의 신초 양분 조사는 나무의 생리를 이해하고 과학적인 양분 관리를 위한 기초자료 도출을 위해 필요하다. 본 연구에서는 남부지방 단감의 주품종인 '부유'를 대상으로 신초생장이 왕성한 전엽기부터 신장이 정지한 후까지 주기적으로 줄기, 잎, 과실 부위별 양분의 조성과 분배 양상을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1998년과 1999년에 시료로 채취한 감나무는 경남 사천시 정동면 예수리에 소재하는 사양토의 경사지 과원에 6 × 5m 거리로 재식되어 있었으며, 시험을 시작할 때 18년생이었다. 2005년에는 경남 김해시 진영읍의 평지과원에 6 × 3m 거리로 재식된 10년생 감나무를 사용하였다. 조사 과원은 과다착과가 되지 않도록 5월 상·중순에 관행적으로 적뢰를 하였는데, 신초 길이가 20cm 미만일 때는 1개, 그 이상으로 신초의 세력이 강할 때는 2개의 화뢰를 남기는 방법으로 하였다. 그 결과 정단신초당 남긴 평균 화뢰수는 1998년에 1.8개, 1999년에 1.5개, 2005년에 1.7개였다. 시험 과원은 관행적인 시비와 병해충 방제로 관리 상태가 양호하여, 양분의 과다 또는 부족 증상이 나타나지 않았고 병해충 피해도 미미하였다. 한 나무에 완전히 전개된 잎이 5% 정도 보일 때를 기준으로 한 전엽기는 1998년에 4월 11일, 1999년에 4월 19일, 2005년에는 4월 17일이었으며, 만개기는 각각 5월 21일, 5월 25일, 5월 22일이었다. 3년간 신초의 길이 생장이 끝난 시기는 각각 5월 25일, 5월 31일, 5월 30일이었으며, 최종 길이는 각각 26.9, 33.0, 36.2cm였다.

본 연구의 영양분석과 해석은 선행 연구(Yoon et al., 2012)에서 생장 조사에 사용되었던 '부유' 감나무(*Diospyros kaki* cv. Fuyu)의 신초 시료를 대상으로 하였다. 과원을 3구역으로 나누어 구역별로 서로 다른 나무의 수관 외부에서 길이 23 ± 8cm인 결과모지의 정단신초를 10개씩 총 30개를 각 시기마다 채취하였다. 시료 채취는 1998년에는 4월 20일부터 6월 1일까지 2주 간격, 1999년에는 4월 21일부터 5월 31일까지 2주 간격으로 하였으며, 2005년에는 4월 25일부터 5월 31일까지 3-4일 간격으로 채취하였다. 전엽 직후 채취한 신초는 줄기와 과실(화뢰)의 크기가 너무 작아 분리할 수 없었으므로 잎 시료에만 포함시켰으며, 줄기와 과실로 분리가 가능한 시기부터는 세 부위로 나누어 시료로 사용하였다.

분석용 시료는 80°C에서 48시간 건조시켜, 20mesh 체를 통과하도록 분쇄한 후 가용성당, 전분, 아미노산, 단백질 등의 유기화합물과 무기원소를 분석하였다. 가용성당은 건조시료 100mg에 80% ethanol(v/v) 0.9mL를 첨가하여 80°C 항온수조에서 30분간 용출시킨 후 15,000 × *g*에서 5분 동안 원심분리하여 상징액을 모으는 과정을 2회 반복하여 추출하였다. 남은 잔사에 4.5N $HClO_4$ 0.9mL를 첨가하여 실온에서 30분간 용출시킨 후 15,000 × *g*에서 5분 동안 원심분리하여 얻은 상징액을 전분으로 간주하였으며, 이 추출도 2회 반복하였다. 추출 후 anthrone 반응(McCready et al., 1950)으로 가용성당과 전분을 정량하였으며, 포도당(glucose)을 표준당으로 사용하였다. 아미노산은 건조시료 100mg에 80% ethanol(v/v) 0.9mL를 첨가하여 80°C에서 30분간 용출시킨 다음 15,000 × *g*에서 5분간 원심분리하여 상징액을 모으는 과정

을 2회 반복하여 추출하였고, 표준 아미노산으로 L-leucine을 사용하여 ninhydrin법(Yemm and Cocking, 1955)으로 정량하였다. 단백질은 아미노산을 추출한 후 남은 잔사에 0.1N NaOH 0.9mL를 넣고 실온에서 30분간 용출시킨 후 15,000 × *g*에서 5분간 원심분리하여 상징액을 모으는 과정을 2회 반복하여 추출하고, 표준 단백질로 bovine albumin을 사용하여 Bradford 방법(Bradford, 1976)으로 정량하였다. 무기원소는 농촌진흥청 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 따라 건조시료 500mg에 H_2SO_4와 $HClO_4$ 분해액을 첨가하여 전열판에서 분해 후 총 N은 Kjeldahl법으로, P는 vanadate 반응으로 분석하였고, K, Ca, Mg는 원자흡광장치(AA-6501F, Shimadzu Co., Tokyo)로 측정하였다.

분석한 성적으로 일정량의 시료 속에 포함되어 있는 양분의 농도와, 농도와 건물중을 곱한 부위별 함량을 구하였고, 아래의 상대생장률(RGR, relative growth rate) 공식을 응용하여 신초 신장 초기와 종료기에 신초당 양분 함량의 상대적인 변화율을 구하였다.

양분 함량의 상대적인 변화율 = $(ln\ W_2 - ln\ W_1)/(t_2 - t_1)$

ln : 자연대수, t_1, t_2 : 조사시점

W_1 : t_1 때의 양분 함량, W_2 : t_2 때의 양분 함량

결과 및 고찰

신초생장기 동안 신초의 부위별 유기화합물의 농도 변화는 Fig. 1과 같았다. 가용성당 농도는 잎과 과실에서 높아지는 경향이었으나 줄기에서는 일관된 변화가 없었다. 전분 농도는 줄기와 과실에서 큰 변화가 없었고 잎에서만 연차와 시기별로 폭 넓은 차이를 보이며 증가하는 양상이었다. 그 결과 신초의 세 부위 중에서 잎의 전분 농도가 가장 높아, 2005년 5월 하순의 경우 31-89mg·g^{-1}로 줄기의 3배 이상이었다. 이시기 호주 지역의 '부유'에서 줄기의 전분 농도는 신초가 신장할 동안 증가한다고 한 반면(George et al., 1994), 일본에서는 본 연구결과처럼 뚜렷한 변화가 없다고 보고되었다(Fukuda and Kuroi, 1949). 이러한 결과의 차이에는 기후적인 요인이 어느 정도 작용했을 것으로 생각된다. 아미노산 농도는 신초생장과 함께 세 부위에서 모두 감소하였는데, 2005년의 경우 줄기에서 5월 2일 6.9mg·g^{-1}에서 5월 31일 2.1mg·g^{-1}로, 같은 시기 잎에서는 7.4mg·g^{-1}에서 2.1mg·g^{-1}로, 과실에서는 5월 12일 8.2mg·g^{-1}에서 5월 31일 3.9mg·g^{-1}로 낮아졌다. 초기 생장 동안에 줄기와 잎의 단백질 농도는 1998년과 1999년보다 2005년에 현저히 낮은 농도를 나타냈으나 세 부위에서 경시적인 증감 변화는 명확하지 않았다.

이들 탄수화물과 질소화합물의 신초당 함량은 잎에서 가장 높아 5월 동안에 각 양분 총 함량의 60% 이상을 차지하였다(Fig. 2). 잎의 가용성당과 전분 함량은 5월 중순부터 증가가 정체되었던 1998년을 제외하면 초기 생장기 동안 큰 폭으로 증가하였고 2005년에 가장 많았다. 이 시기에 감나무 어린잎의 광합성 능력이 낮음에도 불구하고(George et al., 1997) 잎의 탄수화물 함량이 급격히 증가한 것은 저장양분의 역할이 컸기 때문일 것이다(Loescher et al., 1990; Park and Kim, 2011). 1998년 5월 하순에 양분의 증가가 이루어지지 않은 것은 신초 시료채취 때에 발생한 실험오차 때문으로 여겨진다. 가용성당 함량은 줄기와 과실에서도 증가하는 경향이었으나 증가 폭은 크지 않았다. 반면 줄기와 과실의 전분 함량은 농도 변화에서도 알 수 있듯이 증가가 미미하였다. 탄수화물과 마찬가지로 아미노산 및 단백질 함량은 잎에서 급속히 증가하여 5월 하순에는 줄기와 과실에 비해 각각 2배 이상 많았다. 그러나 아미노산과 단백질 함량이 1998년 5월 하순에 과실에서 감소한 경우를 제외하면, 신초생장기 동안 신초와 과실에서 꾸준히 증가하는 경향인 것으로 파악되었다. 사과나무에서 질소화합물은 나무의 휴면이 끝나면 저장기관에서 단백질의 가수분해와 함께 새로운 생장기관으로 이동하는 현상(O'Kennedy and Titus, 1979; Titus and Kang, 1982)과 마찬가지로, 본 연구에서도 저장된 질소화합물이 신초로 공급된 것으로 판단된다.

Fig. 3은 줄기, 잎, 과실의 시기별 무기원소 농도 변화를 나타낸 것이다. 세 부위에서 N 농도는 생장 초기에 가장 높았다가 생장이 진행됨에 따라 낮아졌는데, 줄기와 잎의 경우 5월 중순까지 큰 폭으로 감소하였고 이후 5월 하순까지는 완만하게 감소하는 양상이었다. P 농도는 신초의 모든 부위에서 감소하였으며 그 정도는 잎에서 가장 뚜렷하였다. 2005년의 경우 P는 5월 2일에 줄기에서 4.8mg·g^{-1}로부터 5월 31일에는 2.5mg·g^{-1}로 낮아진 반면, 잎에서는 이 기간에 4.9mg·g^{-1}에서 1.9mg·g^{-1}로 감소하였다. K 농도는 생장이 진행됨에 따라 줄기에서는 감소하였고, 잎과 과실에서는 일관된 변화가 없이 해에 따라 다른 양상을 보였다. 잎의 K 농도는 다른 해보다 2005년에 특히 높게 유지되기도 하였다. Ca와 Mg 농도는 부위별로 경시적인 변화가 뚜렷하지 않았고 해에 따른 변이도 컸다. 생장 초기 감나무 줄기와 과실의 무기원소 농도 변화는 기존성적이 없어 비교할 수 없으나, 잎의 N과 P 농도는 전엽기에 가장 높았다가 이후에

급격히 감소한다는 선행 연구결과(Choi et al., 2011; Clark and Smith, 1990; George et al., 1994)와 유사하였다. 잎의 K 농도도 변화가 크지 않아 기존 연구결과(Clark and Smith, 1990; George et al., 1994)와 크게 다르지 않았다. 그러나 잎의 Ca 및 Mg 농도는 전엽 후 점진적으로 증가한다고 하였으나(Clark and Smith, 1990; George et al., 1994) 본 연구의 2005년에는 이러한 경향이 나타나지 않았는데, 이런 차이가 재배환경에 따른 영향인지는 추후 검토해야 할 것으로 생각되었다.

경시적인 농도의 증가가 없었음에도 불구하고 신초생장에 따른 건물중 증가로 인하여(Yoon et al., 2012), 무기원소의 신초당 부위별 함량은 모두 증가하였다(Fig. 4). 특히 잎의 무기원소 함량이 가장 많고 증가도 뚜렷하였는데 5월 중순 이후에는 잎이 각 무기원소 총 함량의 54-82%를 포함하였다. 이는 초기 생장기 동안 잎이 신초 건물중의 60% 이상을 차지하기 때문(Yoon et al., 2012)으로 볼 수 있다. 감나무의 뿌리 활동과 양분흡수가 5월 이후부터 본격적으로 이루어지는 점(Mowat and George, 1994; Nakamura, 1935)을 감

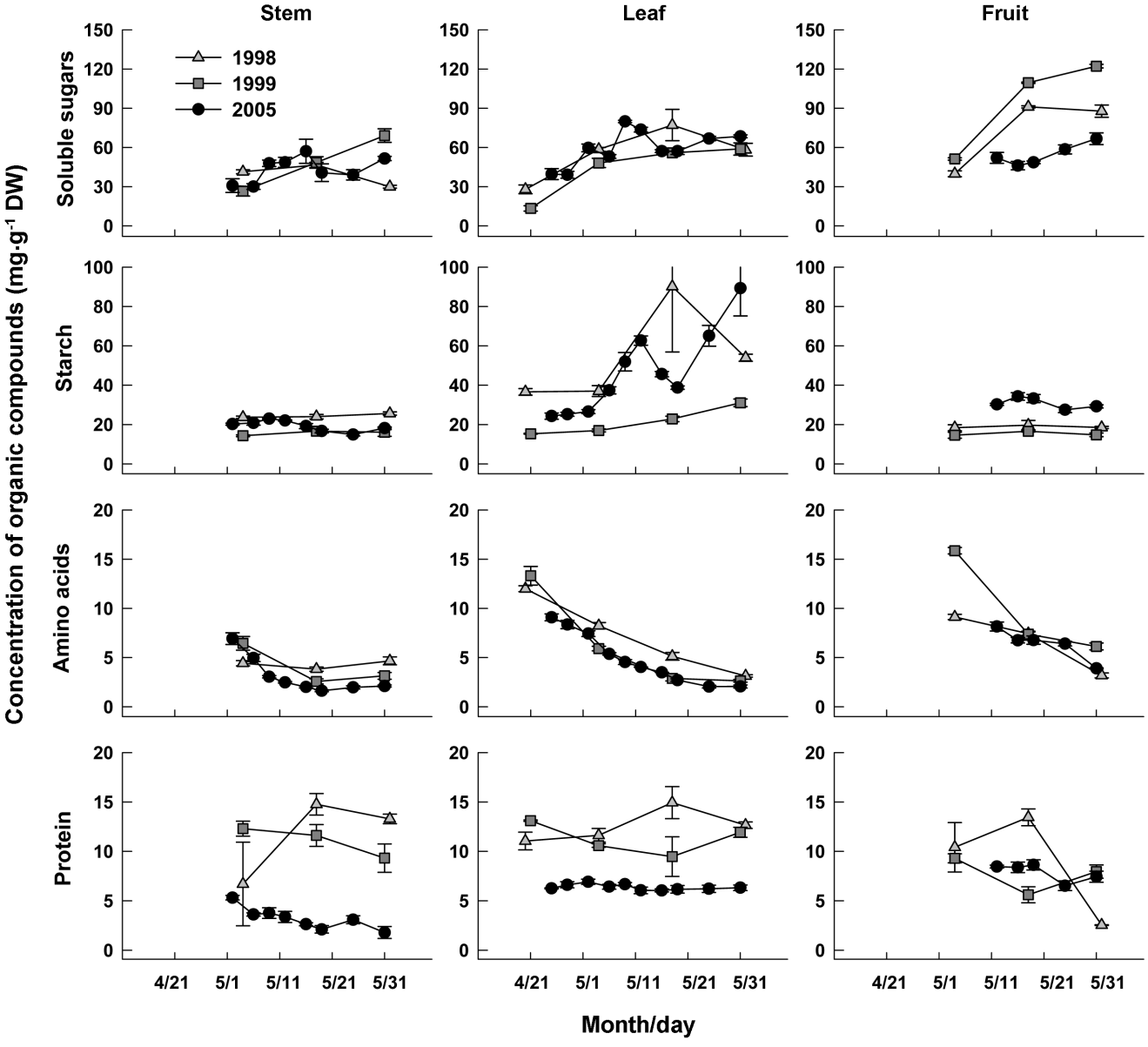

Fig. 1. Changes in concentrations of organic compounds in stem, leaves, and fruits (including flower buds) of 'Fuyu' shoot from the time of foliation to growth cessation. Bars indicate SE.

안하면, 이와 같은 초기 신초생장기 동안의 무기원소는 상당 부분이 영구기관에 저장되었던 것으로부터 유래된 것으로 추정된다. Tagliavini et al.(1997)은 배나무에서 발아 후 55일에 단과지와 신초의 잎에 포함된 N의 50%가 저장되어 있던 양분에서 유래한 것이라 하였는데, 감의 경우 5월 24일 신초의 N 함량이 신초생장기에 저장기관에서 감소된 N 함량과 비슷한 것으로 보고되었다(Kim et al., 2009).

Table 1은 정단신초의 길이 생장이 완료된 때의 단위 신초당 유기화합물과 무기원소 함량을 나타낸 것으로 신초생장을 위해 축적된 양분의 양을 의미한다. 3년간 가용성당과 전분 함량은 각각 526-768과 245-844mg의 범위에 있었으며 2005년에 가장 높았다. 탄수화물에 비해 아미노산과 단백질 함량은 현저히 적었는데 각각 26-31과 66-103mg 범위였다. 무기원소 중에서는 K 함량이 203-388mg으로 가장 많았고 N이 다음 순으로 132-159mg이었다. 다른 해보다 2005년에 아미노산과 단백질을 제외한 양분의 함량이 대체적으로 많은 것은 그 해에 신초생장이 왕성했기 때문(Yoon et al., 2012)로 생각된다.

신초로 분배되는 양분의 경시적 증가 양상을 파악하기 위하여 초기 생장기간 동안에 양분 함량의 상대적인 변화율을

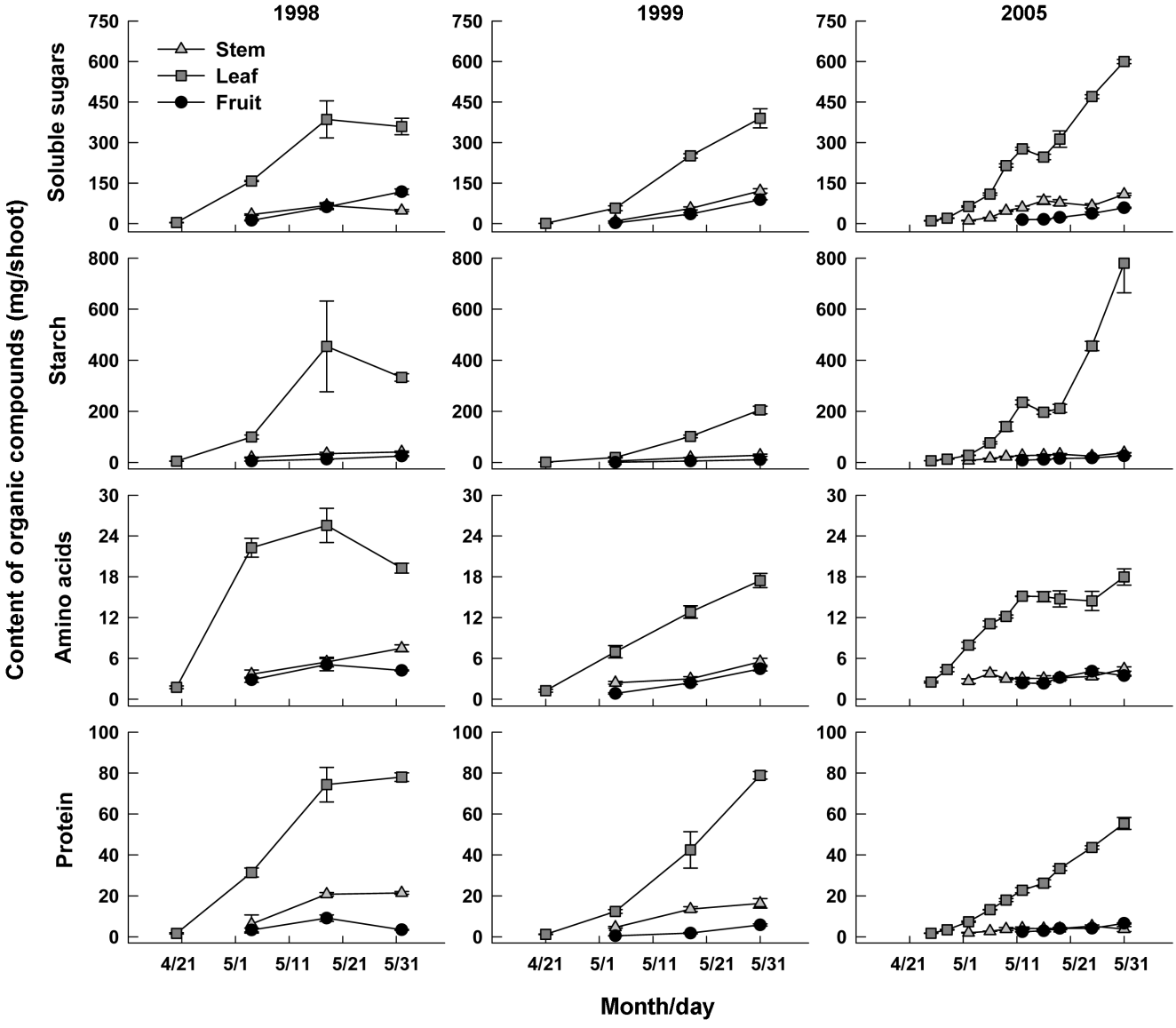

Fig. 2. Changes in contents of organic compounds in stem, leaves, and fruits (including flower buds) of a 'Fuyu' shoot from the time of foliation to growth cessation. Bars indicate SE.

구하여, 신뢰할 수 있는 조사가 가능한 가장 이른 시기의 값과 외형적인 신초생장이 정지된 시기의 마지막 값을 서로 비교하였다(Table 2). 3년간 조사한 유기화합물과 무기원소의 상대변화율은 모두 초기 값이 마지막 값보다 월등히 높았다. 이러한 결과는 정단신초의 전체 생장기간을 놓고 볼 때 전엽 직후의 전반부가 생장 정지시기에 가까운 후반부보다 양분 증가속도가 월등하게 높음을 의미한다고 볼 수 있다. 전엽 직후의 신초 양분 증가는 당년의 동화산물이나 뿌

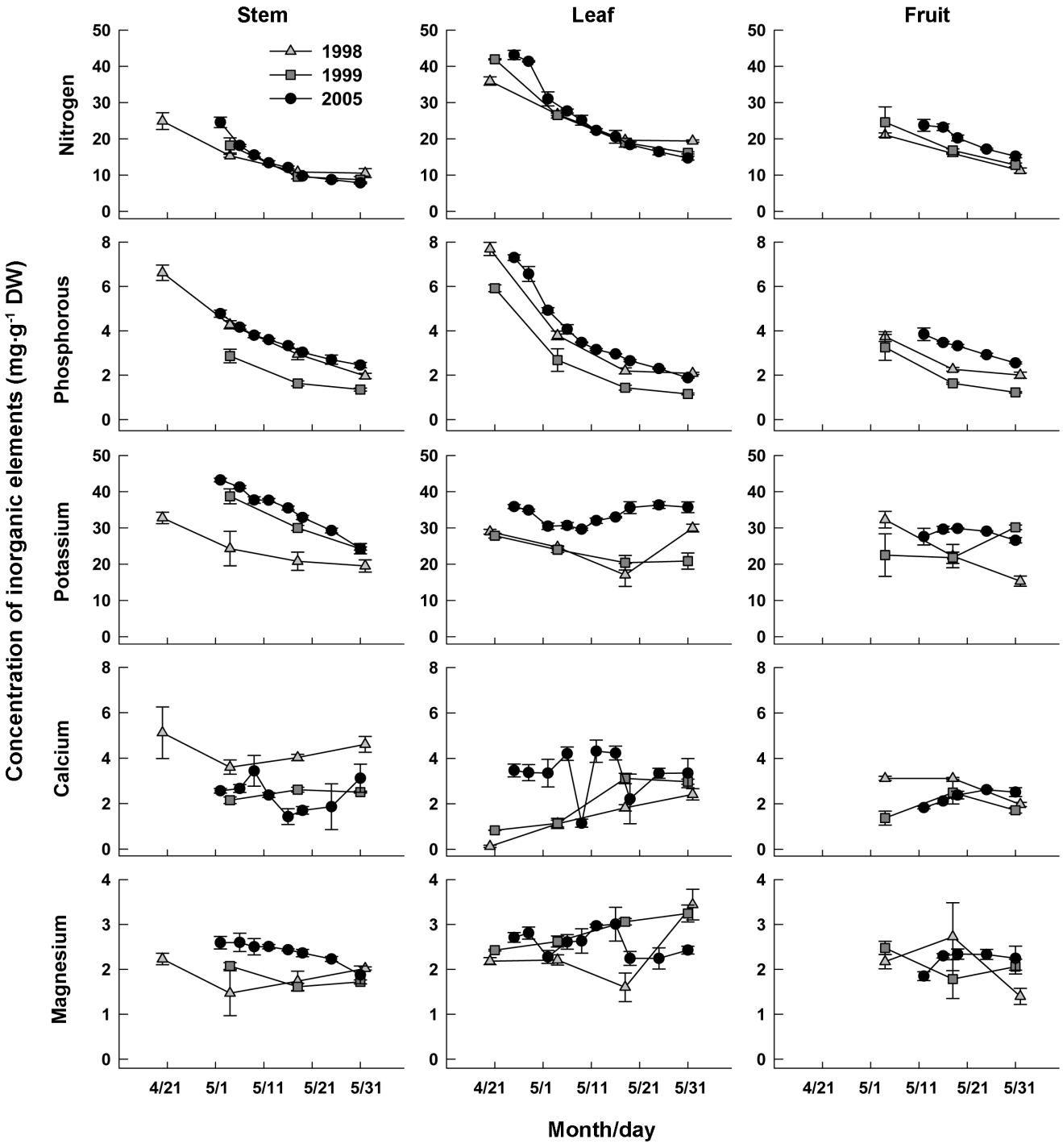

Fig. 3. Changes in concentrations of inorganic elements in stem, leaves, and fruits (including flower buds) of 'Fuyu' shoots from the time of foliation to growth cessation. Bars indicate SE.

리 흡수와는 사실상 무관한 결과라 할 수 있으므로, 초기의 높은 증가속도는 나무의 저장양분에 의해 결정된 것이라 할 수 있다. 그러나 상대변화율이 조사년도에 따라 차이가 나는 것을 볼 때, 저장양분뿐만 아니라 당년의 기상이나 재배조건에 의한 영향도 큰 것으로 생각된다.

본 연구결과를 통해 신초생장기 동안 신초 각 부위의 양분 조성 변화를 조사하여 영양 생리적 특성을 파악하였고, 신초의 각 부위로 분배되는 시기별 양분량을 구함으로써 감

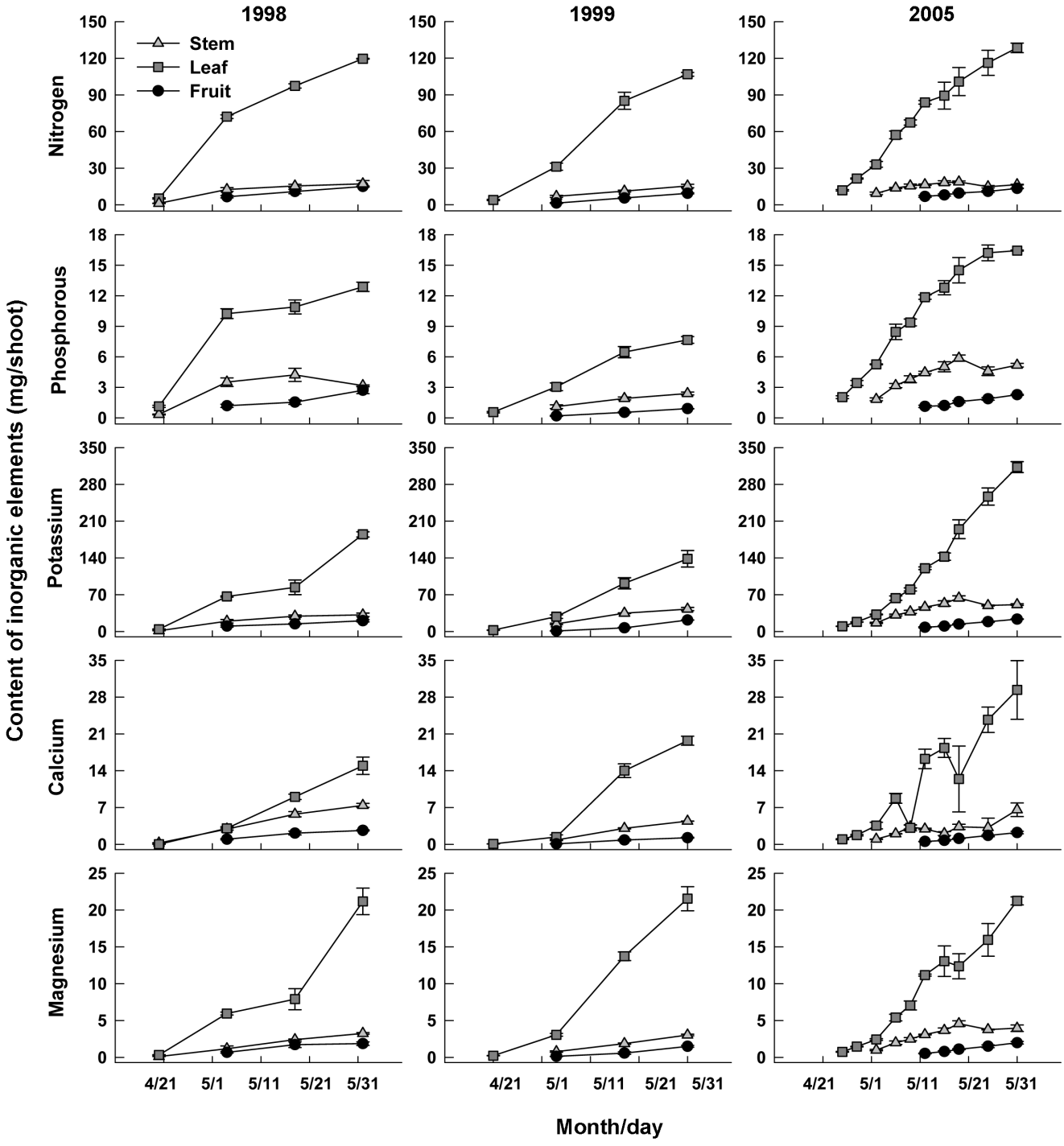

Fig. 4. Changes in contents of inorganic elements in stem, leaves, and fruits (including flower buds) of a 'Fuyu' shoot from the time of foliation to growth cessation. Bars indicate SE.

Table 1. Amounts of organic compounds and inorganic elements in a terminal shoot when its extension growth had ceased[z].

Year	Organic compounds				Inorganic elements				
	Soluble sugars	Starch	Amino acids	Protein	N	P	K	Ca	Mg
	(mg/shoot)								
1998	526 ± 29[y]	340 ± 19	31 ± 1	103 ± 2	152 ± 3	19 ± 1	237 ± 3	25 ± 2	26 ± 2
1999	600 ± 43	245 ± 19	27 ± 1	101 ± 4	132 ± 3	11 ± 1	203 ± 18	25 ± 1	26 ± 2
2005	768 ± 10	844 ± 117	26 ± 2	66 ± 4	159 ± 4	24 ± 1	388 ± 12	38 ± 7	27 ± 1

[z]Average length of the shoots was 26.9, 33.0, and 36.2 cm in 1998, 1999, and 2005, respectively.
[y]Values are means ± SE.

Table 2. Rate of the changes in organic compounds and inorganic elements of a shoot during early growth of 'Fuyu' persimmon[z].

Date	Organic compounds				Inorganic elements				
	Soluble sugars	Starch	Amino acids	Protein	N	P	K	Ca	Mg
	($\mu g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$)[y]								
1998									
May 4	281 ± 17[x]	226 ± 13	201 ± 13	231 ± 26	190 ± 11	167 ± 12	201 ± 9	235 ± 14	208 ± 7
June 1	3 ± 7	-8 ± 21	-10 ± 7	0 ± 7	15 ± 3	9 ± 4	45 ± 8	28 ± 8	57 ± 4
1999									
May 4	312 ± 8	224 ± 4	163 ± 16	206 ± 9	178 ± 12	160 ± 13	218 ± 7	257 ± 13	222 ± 10
May 31	43 ± 4	50 ± 7	32 ± 8	45 ± 11	20 ± 6	16 ± 4	32 ± 3	27 ± 7	36 ± 7
2005									
April 28	209 ± 22	225 ± 8	183 ± 9	229 ± 7	198 ± 20	175 ± 22	202 ± 9	201 ± 63	223 ± 29
May 31	48 ± 4	85 ± 23	28 ± 7	35 ± 12	19 ± 8	9 ± 8	30 ± 9	44 ± 45	43 ± 15

[z]Foliation was on April 11, 19, and 17, respectively, in 1998, 1999, and 2005, and the shoot extension ceased on May 25, 31, and 30, respectively.
[y]The rate was calculated by incorporating the amount of organic compounds and inorganic elements, DW, and number of days, changed from the time of foliation to growth cessation.
[x]Values are means ± SE.

나무의 단위 신초생장에 필요한 양분 함량을 산출할 수 있었다. 저장양분의 분배가 신초의 초기 생장기에 특히 활발했던 점으로 미루어 이 시기에 저장양분의 역할이 매우 중요함을 알 수 있었다. 따라서 원활한 신초생장을 위해서는 이에 관여하는 유기·무기양분의 축적이 전년부터 적절히 조절되어야 할 것으로 판단된다.

초 록

감나무 신초의 초기 생장기 동안 양분 조성 및 분배 양상을 파악하기 위하여 전엽 후부터 약 40일 동안 정단신초의 유기화합물과 무기원소를 조사하였다. 성목 '부유'를 3년간 시험재료로 사용하였으며, 신초는 줄기, 잎, 과실(화뢰 포함)로 나누어 분석하였다. 신초생장기에 가용성당 농도는 잎과 과실에서, 전분은 잎에서만 증가하였다. 아미노산 농도는 세 부위 모두에서 감소하는 경향이었으나 단백질은 변화가 뚜렷하지 않았다. 신초당 이들 유기화합물의 함량은 신초생장과 함께 증가하였는데, 줄기나 과실보다 잎에서 월등히 많아 5월 동안 각 양분 총량의 60% 이상을 차지하였다. 생장이 진행됨에 따라 N과 P 농도는 세 부위에서 점진적으로 낮아진 반면, K 농도는 줄기에서만 감소하였다. Ca와 Mg 농도는 부위별로 경시적인 변화가 뚜렷하지 않고 해에 따른 차이도 컸다. 각 무기원소의 단위 신초당 함량은 생장량의 증가로 모든 부위에서 증가하였는데, 잎이 5월 중순 이후 각 무기원소 함량의 54-82%를 차지하였다. 신초의 길이 생장이 완료된 때의 단위 신초당 가용성당과 전분 함량은 3년 동안 각각 526-768과 245-844mg의 범위에 있었으며, 아미노산과 단백질 함량은 각각 26-31과 66-103mg이었다. 신초

당 무기원소 함량은 K가 203-388mg으로 가장 많았고 다음으로 N이 132-159mg이었다. 발아 직후의 생장 전반부와 생장이 정지되는 시기에 가까운 후반부의 각 양분 함량의 상대적인 변화율을 조사한 결과 모두 전반부의 값이 후반부 값보다 월등히 높아 생장 초기에 양분의 증가속도가 월등하게 높음을 나타냈다. 초기에 변화율이 이렇게 높은 것은 저장양분의 공급 때문이며, 연차간 차이는 기상이나 재배 조건에 따른 초기 변화율의 차이와 깊은 관련이 있을 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 탄수화물, *Diospyros kaki*, 질소화합물, 저장양분

인용문헌

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254.

Choi, S.T., S.M. Kang, D.S. Park, Y.W. Yoon, and G.H. Ahn. 2005. Tree responses of 'Fuyu' persimmon to different degrees of early defoliation on fruit characteristics at harvest and tree development the next season. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 46:136-139.

Choi, S.T., D.S. Park, S.M. Kang, and S.J. Park. 2011. Use of a chlorophyll meter to diagnose nitrogen status of 'Fuyu' persimmon leaves. HortScience 46:821-824.

Clark, C.J. and G.S. Smith. 1990. Seasonal changes in the mineral nutrient content of persimmon leaves. Sci. Hort. 42:85-97.

Davis, J.T. and D. Sparks. 1974. Assimilation and translocation patterns of carbon-14 in the shoots of fruiting pecan trees *Carya illinoensis* Koch. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99:468-480.

Fukuda, A. and I. Kuroi. 1949. Seasonal changes of starch content in the shoots of some deciduous fruit trees (grape, peach, pear and persimmon). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 18:150-154.

George, A.P., R.J. Collins, and T.S. Rasmussen. 1994. Phenological cycling of non-astringent persimmon in subtropical Australia. J. Hort. Sci. 69:937-946.

George, A.P., A.D. Mowat, and R.J. Collins. 1997. Seasonal changes in photosynthesis of the non-astringent persimmon cultivar 'Fuyu' in subtropical Australia. Acta Hort. 436:339-343.

George, A.P., R.J. Nissen, R.J. Collins, and G.F. Haydon. 1995. Seasonal leaf nutrient patterns and standard leaf nutrient levels for non-astringent persimmon in subtropical Australia. J. Hort. Sci. 70:807-816.

Hale, C.R. and R.J. Weaver. 1962. The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. Hilgardia 33:89-131.

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. Agr. 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.

Loescher, W.H., T. McCamant, and J.D. Keller. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. HortScience 25:274-281.

McCready, R.M., J. Guggolz, V. Silviera, and H.S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Anal. Chem. 22:1156-1158.

Mowat, A.D. and A.P. George. 1994. Persimmon, p. 209-232. In: B. Schaffer and P.C. Andersen (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol. I. Temperate crops. CRC Press, Boca Raton, Fla.

Nakamura, S. 1935. Studies on the root activities of some deciduous fruit trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 6:305-317.

National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2000. Analytical methods of soil and plant. NIAST, RDA, Suwon, Korea.

Nii, N. 1980. Current shoot and growth in Japanese persimmon, *Diospyros kaki* cv. 'Fuyu', in relation to the development of the tissue system in the leaf. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:149-159.

O'Kennedy, B.T. and J.S. Titus. 1979. Isolation and mobilization of storage proteins from apple shoot bark. Physiol. Plant. 45:419-424.

Oliveira, C.M. and A. Priestley. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. Hort. Rev. 10:403-430.

Park, S.J. 2002. Changes of inorganic elements in senescing Fuyu leaves at two locations differing the time of abscission. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20:106-109.

Park, S.J. and Y.K. Kim. 2011. Defruiting effect of young Fuyu persimmon (*Diospyros kaki*) on assimilate partitioning in-season and early growth the next season. Sci. Hort. 130:197-202.

Park, S.J., Y.G. Kim, J.C. Kim, J.L. Cho, and Y.C. Lee. 2003. Changes in organic nutrients of senescing Fuyu leaves at two locations differing in the time of abscission. Acta Hort. 601:73-78.

Quinland, J.D. and R.J. Weaver. 1969. Influence of benzyladenine, leaf darkening and ringing on movement of ^{14}C-labeled assimilates into expanded leaves of *Vitis vinifera* L. Plant Physiol. 44:1247-1252.

Stassen, P.J.C., M.M. Du Preez, and J.D. Stadler. 1983. Reserves in full-bearing peach trees. Macro-element reserves and their role in peach trees. Decid. Fruit Grow. 33:200-206.

Tagliavini, M., M. Quartieri, and P. Millard. 1997. Remobilised nitrogen and root uptake of nitrate for spring leaf growth, flowers and developing fruits of pear (*Pyrus communis* L.) trees. Plant Soil 195:137-142.

Titus, J.S. and S.M. Kang. 1982. Nitrogen metabolism, translocation and recycling in apple trees. Hort. Rev. 4:204-246.

Yemm, E.W. and E.C. Cocking. 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. Analyst 80:209-213.

Yoon, Y.W., S.T. Choi, D.S. Park, C.W. Rho, and S.M. Kang. 2012. Analyses for early growth of terminal shoots in persimmon. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:385-391.