

감나무 정단신초의 초기생장에 대한 분석

윤영황¹ · 최성태^{1*} · 박두상¹ · 노치웅² · 강성모³

¹경상남도농업기술원 단감연구소, ²경상남도농업기술원 연구개발국, ³경상대학교 원예학과

Analyses for Early Growth of Terminal Shoots in Persimmon

Young-Wang Yoon¹, Seong-Tae Choi^{1*}, Doo-Sang Park¹, Chi-Woong Rho², and Seong-Mo Kang³

¹Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Gimhae 621-802, Korea

²Research and Development Bureau, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-985, Korea

³Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. The growth of terminal shoots of persimmon (*Diospyros kaki*) was analyzed during the first two months from the time of bud sprout to understand the dynamics of their early growth. Field-grown, mature 'Fuyu' and 'Nishimurawase' trees were used in a three-year study at two locations in Gyeongnam province. The growth of terminal shoots was most active from late April, about 10 days after foliation, to early May, followed by a gradual decline by late May. The increase in leaf area continued unabated throughout May. The weight of a flower bud increased slowly until early May and rapidly after flowering. Although its extension growth had been ceased by late May, dry weight (DW) of a terminal shoot continued to increase almost linearly throughout May due to shoot thickening and continued growth of leaves and fruits. In late May, the leaves and the stem accounted for more than 60% and less than 20% of total DW of a shoot respectively; fruit proportion increased to 7 to 17% by then. Relative growth rate (RGR) of the terminal shoot was higher than $213 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ in late April, but declined to less than $63 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ in late May. Like the pattern of seasonal changes in RGR, net assimilation rate (NAR) of the shoots decreased from 1.9 to $2 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ to 0.5 to $0.8 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. An early-season 'Nishimurawase' did not differ from a late-season 'Fuyu' in RGR and NAR during the first two months of growth. The early growth of the shoots was affected mainly by the reserves redistributed from permanent organs, however, environmental conditions at the time was also involved.

Additional key words: *Diospyros kaki*, dry weight, net assimilation rate (NAR), relative growth rate (RGR)

서 언

감나무(*Diospyros kaki* Thunb.)는 1990년대 이후 재배면적과 생산액이 급속히 증가하여 우리나라 주요 과수의 하나로 자리잡고 있다. 그러나 감나무의 기초적인 생리생태에 대한 이해가 미흡하여 감 과원의 재배관리는 다른 과수에 비해 체계적이지 못한 면이 많다. 감나무 생리생태를 과학적으로 파악하기 위해서는 가지의 초기 생장 변화에 대한 이해가 우선적으로 필요한데, 이는 과실 생산을 안정적으로 유지하는데 필수적인 적절한 영양생장 조절의 바탕이 되기 때문이다. 신초의 초기생장은 저장양분의 공급을 많이 받아 길이 생장과 함께 과실의 세포분열이 왕성하게 일어난다

(Hirata et al., 1974; Kim, 2008; Park, 2011). 특히 감은 개화기 즈음 되어서야 뿌리 활동이 본격적으로 시작되고(Fukui et al., 1994; Mowat and George, 1994), 발아기부터 개화기 사이에 신초뿐만 아니라 화뢰도 만들어지므로 이 기간의 저장양분의 분배가 매우 중요하다(Kim et al., 2009; Park, 2011). 신초생장이 멎고 개화가 끝난 후에는 앞에서 만든 동화양분이 가지와 과실로 이동하며, 동화양분의 분배가 과실로 효율적으로 분배되어야 과실 생산성이 높아진다(Forshey and Elfving, 1989).

감나무의 연간 신초생장은 일본(Nii, 1980)이나 호주(George et al., 1994) 등에서 보고된 바 있지만, 국내에서는 생장 초기에 일어나는 줄기, 잎, 과실의 생장을 자세히 추적

*Corresponding author: stchoi1234@korea.kr

※ Received 16 February 2012; Revised 18 June 2012; Accepted 18 June 2012. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원에 의해 수행되었음.

한 연구결과가 드물다. 감나무는 결과모지로 남긴 가지의 선단 부위에서 3월 하순에서 4월 상순 경에 눈이 트고 신초로 자라 결과지가 되고 이 가지에서 줄기, 잎, 과실이 함께 성장한다. 신초는 5월 중순에서 6월 상순 경에 성장을 멈추는데, 수세가 약한 나무일수록 빨리 멈추고, 강한 나무는 늦게까지 성장한다(Mowat and George, 1994; Nii, 1980; Sobajima et al., 1974). 이 때 신초의 세력이 너무 강하면 과실의 생장이 감소하는 반면, 세력이 약하면 수세 약화로 과실 생산성이 낮아진다(Fukuda and Takishita, 1993; Naito and Kawashima, 1980; Park et al., 2003, 2008). 따라서 매년 안정된 과실 생산을 위해서는 영양생장을 알맞게 조절하는 것이 매우 중요하다.

신초생장 양상은 기상환경, 품종, 재배조건에 따라 달라지므로(George et al., 1994; Jeon et al., 2010; Mowat and George, 1994) 외국의 경우와 차이가 있을 수 있지만, 국내에서 감나무 초기생장 조사는 용기재배 유목을 대상으로 하였거나 특정 생장 시기에 한정되어 있어(Park et al., 1997; Yoon, 1996), 성목의 신초생장을 이해하는데 한계가 있다. 본 연구는 신초생장을 이해하고 영양생장을 효과적으로 조

절하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여, 단감 주품종인 만생종 ‘부유’와 조생종 ‘서촌조생’을 대상으로, 전엽기부터 신초신장이 정지할 때까지 주기적으로 줄기, 잎, 과실의 부위별 생장을 조사·해석하였다.

재료 및 방법

경남 사천시 정동면 예수리에 소재하는 경사지 사양토의 단감 과원(북위 35° 3' 27", 동경 128° 5' 35")에서 1998년에 18년생인 ‘부유(Fuyu)’와 9년생인 ‘서촌조생(Nishimurawase)’ 감나무(*Diospyros kaki*)를 대상으로 2년간 조사하였다. 재식 거리는 ‘부유’가 6 × 5m, ‘서촌조생’은 4.5 × 4m였으며, 시험수들은 변칙주간형과 유사한 수형으로 관리되고 있었다. 2005년에는 경남 김해시 진영읍 우동리에 위치한 단감연구소 시험포장(북위 35° 16' 58", 동경 128° 42' 56")에서 6 × 3m 거리로 재식된 10년생 ‘부유’와 ‘서촌조생’ 나무를 조사하였다. 조사 과원은 과다 착과가 되지 않도록 5월 상·중순에 관행적으로 결과지당 1-3개의 화퇴를 남기고 적퇴를 하였다. 적퇴는 결과지 길이가 20cm 미만일 때는 1개, 그 이상

Table 1. Meteorological data during the experimental period of persimmon.

District ²	Year	Month		Temperature (°C)			Precipitation (mm)	Sunshine duration (h)
				Avg.	Maximum	Minimum		
Sacheon	1998	March	Early	7.0	14.9	-0.1	0	63.3
			Mid	7.3	14.2	1.1	52.9	57.0
			Late	9.7	17.3	3.4	13.7	84.7
		April	Early	11.8	16.8	7.2	73.3	42.8
			Mid	16.3	22.6	11.1	68.1	64.1
			Late	18.4	24.2	14.1	46.0	48.2
		May	Early	18.6	23.5	14.3	86.0	49.9
			Mid	17.8	24.0	12.5	82.1	65.6
			Late	20.5	27.9	13.4	0.6	93.5
Sacheon	1999	March	Early	6.9	14.2	0.1	0.6	49.2
			Mid	8.1	14.8	2.2	121.6	39.6
			Late	6.8	12.7	1.3	34.2	56.9
		April	Early	10.6	10.6	4.3	70.5	54.9
			Mid	13.5	20.6	7.0	11.0	69.6
			Late	16.5	24.8	9.8	14.1	86.8
		May	Early	17.3	25.2	9.9	82.0	90.5
			Mid	18.2	24.8	11.9	25.9	80.9
			Late	18.1	24.7	11.2	66.3	85.1
Gimhae	2005	March	Early	5.9	10.9	1.4	2.5	81.4
			Mid	5.8	11.3	1.4	40.0	77.3
			Late	9.0	14.0	4.4	46.5	85.7
		April	Early	12.8	17.4	8.4	92.0	59.4
			Mid	13.7	19.0	9.2	40.1	89.2
			Late	16.1	21.2	11.8	2.0	98.8
		May	Early	16.7	21.5	12.8	35.5	66.7
			Mid	17.4	22.3	12.9	65.5	91.8
			Late	19.1	24.3	14.7	0	105.5

²Data presented for the experimental fields are those collected from meteorological observatories in Jinju and Masan cities, respectively.

Table 2. Developmental stages of 'Fuyu' and 'Nishimurawase' trees in 1998, 1999, and 2005 when this study was conducted. The differences in their phenology may reflect the differences in air temperatures during the early growth period of the years.

Year	Cultivar	Bud sprout	Foliation	Full bloom	Cessation of shoot extension
1998	'Fuyu'	March 25	April 11	May 21	May 25
	'Nishimurawase'	March 23	April 5	May 14	May 25
1999	'Fuyu'	March 29	April 19	May 25	May 31
	'Nishimurawase'	March 24	April 14	May 19	May 24
2005	'Fuyu'	April 4	April 17	May 22	May 30
	'Nishimurawase'	April 2	April 13	May 18	May 30

으로 결과지의 세력이 강할 때는 2-3개의 화뢰를 남기는 방법으로 하였다. 시험 과원은 매년 관행적인 시비와 병해충 방제가 이루어졌으며, 관리 상태가 양호하여 양분의 과다 또는 부족에 따른 증상이 나타나지 않았고 병해충 피해도 미미하였다. 시험 연도별 기상자료는 사천과 김해 시험포에서 각각 약 18km 거리의 진주기상대 및 마산기상대의 자료를 수집하여 정리하였다(Table 1). 두 품종의 발아기, 전엽기, 만개기는 농사시험연구 조사기준(RDA, 1995)에 의거 조사하였다(Table 2).

신초 시료는 품종별로 과원을 3구역으로 나누어 채취하였는데, 각 구역에는 적어도 10주 이상이 재식되어 있었다. 1998년에는 4월 20일부터 6월 1일까지 2주 간격, 1999년에는 4월 21일부터 5월 31일까지 2주 간격으로 시료를 채취하였다. 2005년에는 4월 8일부터 5월 31일까지 3-4일 간격으로 채취하였다. 각 시기마다 시료는 수관 외부에서 길이 23 ± 8cm인 결과모지의 정단신초를 대상으로 품종별로 구역당 10개씩 총 30개를 채취하였다. 채취한 신초는 길이를 측정하였으며, 줄기, 잎, 과실(꽃봉오리)로 분리가 가능한 시기부터는 부위별 성장량을 조사하였다. 잎은 엽수를 센 후 엽면적을, 과실은 개수를 센 후 생체중을 측정하고 평균을 구하였다. 모든 시료는 80℃에서 48시간 건조 후 부위별 건물중을 측정하여 총건물중과 부위별 분포비율을 구하였다. 조사 횟수가 많았던 2005년의 경우, 시기별 신초당 건물중을 대상으로 Hunter(1981)가 제시한 계산식에 따라 자연대수를 사용하여 아래와 같이 상대성장률(RGR, relative growth rate)과 순동화율(NAR, net assimilation rate)을 계산하여 신초생장을 해석하였다.

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

$$NAR = [(W_2 - W_1)(\ln LA_2 - \ln LA_1)] / [(t_2 - t_1)(LA_2 - LA_1)]$$

ln : 자연대수, t_1, t_2 : 조사시점
 W_1 : t_1 때의 건물중, W_2 : t_2 때의 건물중
 LA_1 : t_1 때의 엽면적, LA_2 : t_2 때의 엽면적

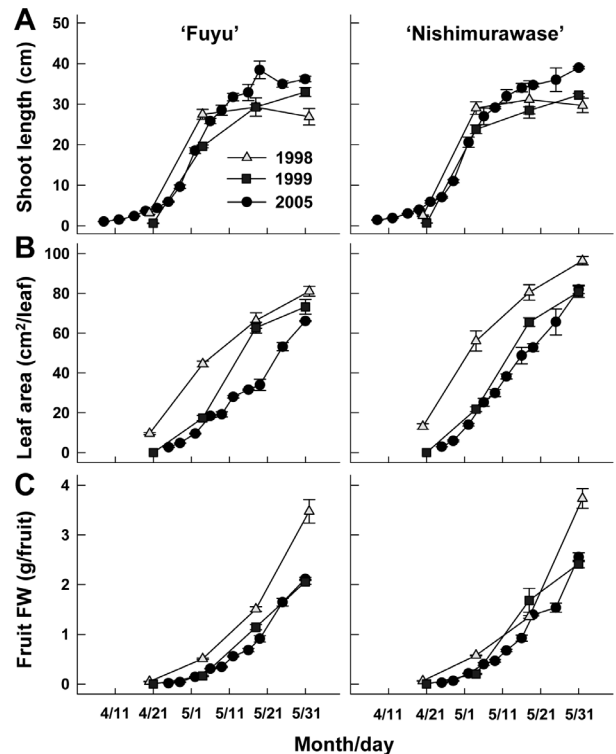


Fig. 1. Changes in terminal shoot length (A), unit leaf area (B), and fruit fresh weight (FW) per fruit (C) of 'Fuyu' and 'Nishimurawase' during the first two months of the season. Bars indicate SE.

결과 및 고찰

신초생장

3년의 조사기간 동안 정단신초의 신장은 전엽 후 약 10일 무렵인 4월 하순부터 5월 상순에 가장 왕성하였고 이후 5월 하순까지는 완만하였다(Fig. 1A). 품종별 성장 양상은 비슷하였으나, 연도별로는 차이가 있었다. 1998년에는 두 품종 모두 일찍 신장이 정지한데 반해, 2005년에는 늦게까지 신장이 지속되어 최종 신초길이가 길었다. 신초신장이 4월 하순-5월 상순에 가장 왕성하고 5월 하순에 거의 멈춘 것은 다른 나라의 연구결과(George et al., 1997; Harada, 1984; Nii, 1980)와 비슷하였다. 1998년과 2005년의 신초신장의

차이는 저장양분의 공급 및 재배 조건 등의 복합적인 요인 때문으로 생각된다.

단위 엽면적은 품종간의 시기별 차이가 뚜렷하지 않았으나 1998년 5월 상순과 중순에 다른 연도에 비해 큰 생장을 보인 것이 특징이었다(Fig. 1B). 이는 4월 중순부터 5월 상순까지 기온이 높고 강수량도 많았던 점(Table 1)과 관련이 있을 것이다. 정단신초장과 달리 단위 엽면적은 5월 하순에도 지속적으로 증가하였는데, 1998년과 1999년에는 5월 하순에 완만하게 증가하였으나, 신초신장이 늦게까지 이루어졌던 2005년에는 조사기간 동안 직선적인 증가를 보였다. 신초신장이 개화기 무렵에 멈추었다라도 엽면적 확대는 한 달 이후까지 지속된다고 한 바(George et al., 1997; Nii, 1980)와 같이, 본 연구에서도 시험수들의 엽면적은 6월 하순까지도 증가가 계속되었을 것으로 생각된다. 본 조사결과는 ‘부유’의 전엽기가 4월 15일일 때 엽면적의 증가량은 5월 중순과 하순에 최대라는 보고(Nii, 1980)와도 유사하였다. 2005년의 엽면적 확대가 5월 하순에도 왕성한 것은 이 시기에 신초신장이 왕성하였기 때문이다(Fig. 1A).

개화 전 과실(꽃봉오리)의 단위 생체중은 5월 상순까지 완만하게 증가하다가 개화기인 5월 하순에는 급속한 증가를 보였다(Fig. 1C). 시기별 생장 정도는 품종 간에 차이가 크지 않았으나 해에 따라서는 달랐다. 조사 종료 시점의 생체중은 신초신장이 빨리 정지되고 5월 상·중순에 엽면적이 컸던 1998년에 크고, 신장이 늦게까지 지속되었던 2005년에 작았다. 엽면적이 충분히 확보되지 않은 시기에 광합성 산물이 적음에도 불구하고 과실생장이 계속되는 것은 수체 내 저장양분의 공급을 받기 때문인데(Hirata et al., 1974; Kim et al., 2009; Loescher et al., 1990), 2005년에는 줄기의 길이 생장에 양분의 분배가 많아 어린 과실의 생장이 나뻗을 수도 있을 것이다. 과다한 영양생장이 과실생장에 불리하게 작용하는 경우는 신초 초기생장기의 질소시비(Kim, 2001)나 2차생장지의 하계전정 연구결과(Park et al., 2003)에서 찾을 수 있다.

총신초생장량과 부위별 건물중 분포

Table 3은 신장이 멈춘 정단신초의 생장 상태를 종합적으로 나타낸 것이다. 총엽수, 총엽면적, 신초장은 신초생장이 왕성했던 2005년 시험수에서 컸고, 1998년 시험수에서 작았다. 총엽면적은 3년간 ‘서촌조생’에서 큰 경향이었고, 신초당 착과수는 ‘부유’가 1.5-1.8개인데 반해, ‘서촌조생’은 1.6-2.6개로 많았다. 착과수는 적뢰 작업이 끝난 후 조사된 것이므로 적뢰 정도에 따라 달라질 수 있는데, 관행적으로 결과모지의 정단신초에 남기는 꽃봉오리수와 큰 차이가 없었다. ‘서촌조생’에서는 과실비대기 동안 제거해야 하는 줄 무늬과나 무핵과 발생에 대비하여 적뢰 때 꽃봉오리를 많이 남기기 때문에 그 수가 많았다. 품종과 관계없이 2005년에 신초 길이가 큰 것은 신초생장이 늦게까지 지속되었기 때문이다(Fig. 1).

시기별 총신초건물중을 조사한 결과 4월 조사시기부터 5월 하순까지 직선적으로 증가한 것을 알 수 있었다(Fig. 2). 신초의 최종 건물중은 생장시기가 빨랐던(Table 2) ‘서촌조생’에서 더 큰 경향이였으며, 조사년도 중에는 2005년에 큰 것으로 나타났다. 정단신초의 총건물중에서 각 부위가 차지하는 비율의 시기별 변화는 Fig. 3과 같았다. 품종 또는 조사년도에 따라 각 부위의 건물중 분포에 차이가 있었지만, 3년간의 초기생장기 동안 잎이 차지하는 비율은 60% 이상으로 가장 높게 유지되었다. 줄기는 5월 상순부터 점진적으로 감소하여 5월 하순에는 20% 이하가 되었고, 과실은 4월 중순 이후 완만하게 증가하여 5월 하순에 7-17%로 높아졌다.

신초신장이 5월 중순-하순에 정지되었지만 총건물중이 직선적으로 증가한 것은 줄기의 비대(자료 미제시) 및 잎과 과실의 생장(Fig. 1)이 계속되었기 때문이다. 이 시기에 어린잎의 동화 능력이 충분하지 않음(Flore and Lakso, 1989; George et al., 1997)에도 불구하고 이와 같이 건물이 증가한 것은 영구기관의 저장양분 공급에 의한 결과(Loescher et al., 1990; Park, 2011)로 볼 수 있다. 과실생장 측면에서 보면 신초생장기에 영양생장이 과다할 경우 과실생장은 나빠

Table 3. Growth of a terminal shoot by May 31 or June 1, when its extension growth had ceased.

Year	Cultivar	No. of leaves	Leaf area (cm ² /shoot)	No. of fruits	Shoot length (cm)
1998	‘Fuyu’	10.0 ± 0.4 ²	811 ± 10	1.8 ± 0.2	26.9 ± 2.0
	‘Nishimurawase’	10.0 ± 0.4	962 ± 58	2.2 ± 0.3	29.7 ± 1.8
1999	‘Fuyu’	10.6 ± 0.3	774 ± 17	1.5 ± 0.0	33.0 ± 1.1
	‘Nishimurawase’	10.5 ± 0.5	843 ± 24	1.6 ± 0.1	32.2 ± 0.4
2005	‘Fuyu’	13.7 ± 0.1	908 ± 7	1.7 ± 0.1	36.2 ± 0.7
	‘Nishimurawase’	13.8 ± 0.2	1,131 ± 18	2.6 ± 0.1	39.0 ± 0.3

²Values are means ± SE.

지고, 영양생장이 약하면 엽면적 부족으로 후기의 과실비대가 좋지 못하게 된다(Forshey and Elfving, 1989; Kim, 2001; Park et al., 1999). 본 연구의 시험수에서 줄기 건물중 비율은 감소하고 과실 건물중 비율은 증가하였는데, 생장후기까지 양호한 과실비대를 이끌기 위해서는 이 비율이 적절하게 유지되어야 할 것이다. 저장양분 및 당년의 동화산물의 과실 분배가 많아야 유과의 세포분열이 촉진되어 과실생산에 유리해지므로(Choi et al., 2005; Hirata et al., 1974; Park

et al., 1999), 1998년에 과실의 비율이 특히 높았던 점은 바람직한 현상으로 볼 수 있다. 그러나 본 연구의 시험수와 달리 엽면적이 충분하지 않은 신초라면 높은 과실의 분배 비율이 오히려 수세 약화를 초래하여 후기의 과실비대에 불리하게 작용할 가능성이 크다. 2005년과 같이 신초신장이 오래 지속될 경우(Fig. 1), 건물의 과실 분배가 감소하여 생산성이 낮아지게 될 것이다(Forshey and Elfving, 1989; Kim, 2001). 품종 또는 조사년도에 따른 각 부위의 건물중 분포 차이는 재배조건에 따른 재배환경과 나무 성장상태의 영향(Tables 1 and 2) 때문으로 생각된다. 그러므로 과실 생산성을 높이기 위해서는 재배환경 및 수체생장 조절을 통하여 신초생장이 균형을 이루도록 해야 할 것이다.

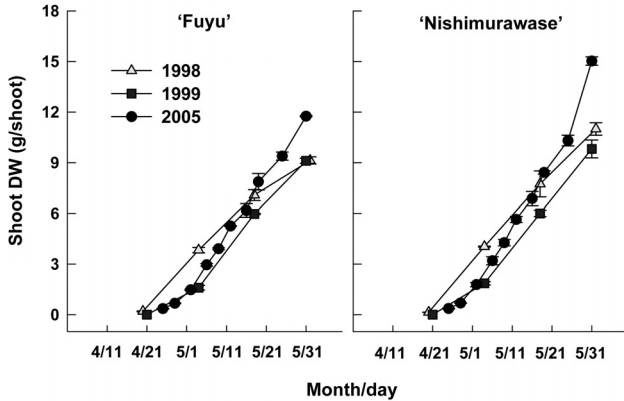


Fig. 2. Changes in shoot dry weight of 'Fuyu' and 'Nishimurawase' during the first two months of the season. The dry weight includes that of the stem, leaves, and fruits. Bars indicate SE.

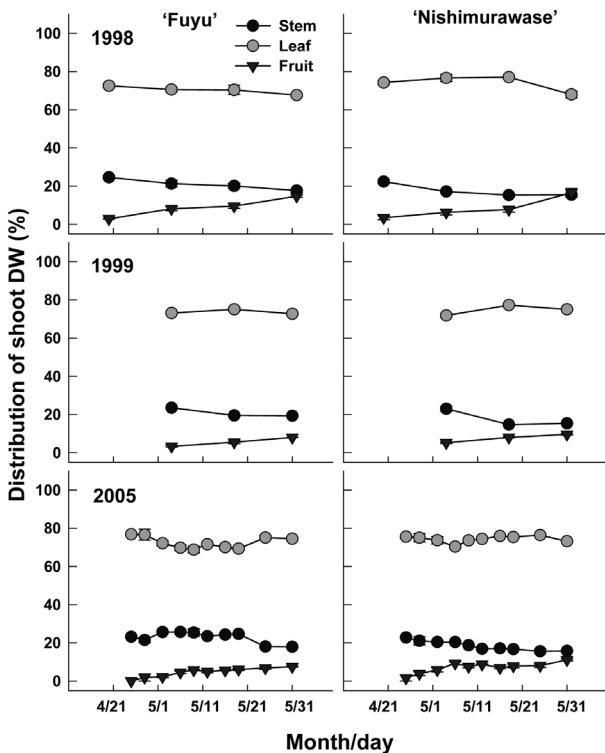


Fig. 3. Changes in the distribution of total shoot dry weight to the stem, leaves, and fruits in 'Fuyu' and 'Nishimurawase' during the first two months of the season. Bars indicate SE.

신초의 RGR과 NAR

시료 채취 간격이 3-4일로 짧았던 2005년의 정단신초를 대상으로 조사한 시기별 RGR과 NAR 변화는 Fig. 4와 같다. 건물 1g당 1일 건물증가율을 나타내는 RGR은 '부유'에서 4월 25-28일 3일간에 하루 213mg, 5월 25-31일 6일간에 하루 38mg이었고, '서촌조생'의 경우 동일시기에 각각 하루 214, 63mg으로 두 품종 모두 초기에 높고 후기에는 낮았다(Fig. 4A). 정단신초의 엽면적과 엽건물중으로 산출한 NAR은 초기에 높고 후기에는 낮아 RGR과 비슷하였다(Fig. 4B). 잎 1cm²당 1일 건물생산능력을 나타내는 NAR은 '부유'에서 4월 25-28일 사이에 하루 1.91mg, 5월 25-31일 사이에 하루 0.47mg였고, '서촌조생'에서는 각각 하루 2.02, 0.79mg으로 신초생장이 진행됨에 따라 낮아졌다. 2005년의

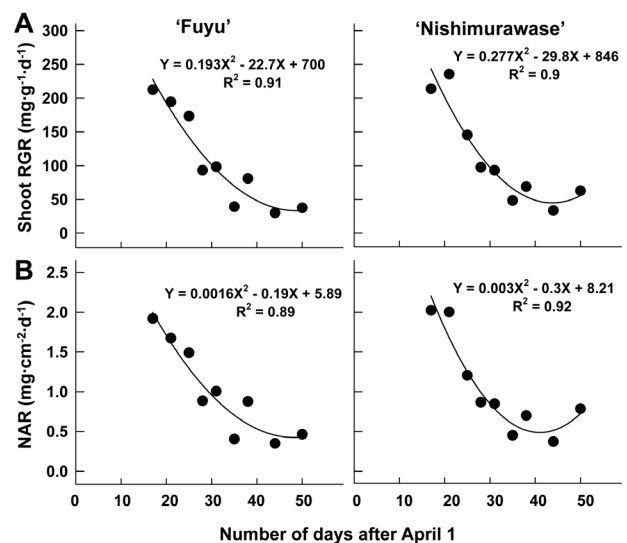


Fig. 4. Changes in shoot RGR (A) and leaf NAR (B) of 'Fuyu' and 'Nishimurawase' during the first two months in 2005. The RGR and leaf NAR were calculated from the DW in Fig. 2 that included leaves, stems, and fruits.

총신초건물중 결과(Fig. 2)를 보면 외견상 신초생장 정지기의 건물 함량은 '부유'보다 '서촌조생'이 많아 다른 생장패턴을 가진 것처럼 보이지만 RGR을 비교하면 두 품종 모두 신초생장기간 중에서도 초기에는 아주 높고 후기에는 아주 낮은 패턴을 보여 서로 비슷함을 알 수 있다. 조사한 두 품종의 신초 RGR과 NAR 모두 초기 값이 마지막 값보다 월등히 높았던 결과는 정단신초의 생장기간 중에서도 발아 직후의 전반부가 생장이 정지되는 시기에 가까운 후반부보다 생장효율이 월등하게 높았음을 의미한다. 발아 직후의 초기생장은 당년의 동화산물이나 뿌리의 양분흡수와는 사실상 무관한 과정이므로, 초기의 높은 생장효율은 나무의 저장양분에 의해 결정된 것이라 할 수 있다. 따라서 신초생장의 합리적인 제어를 위해서는 신초에 공급되는 유기·무기 저장양분의 조절이 선행될 필요가 있을 것이다. 그러나 조사년도에 따라 생장 차이가 있는 것을 볼 때, 당년의 재배관리도 적절해야 효율적인 신초생장 조절이 가능할 것으로 판단된다.

초 록

감나무(*Diospyros kaki*) 신초의 초기생장을 이해하기 위하여 발아 후 두 달 동안 정단신초의 생장을 성목 '부유'와 '서촌조생'을 대상으로 3년간 경남의 두 지역에서 조사하였다. 정단신초의 신장은 전엽 후 10일 무렵인 4월 하순부터 5월 상순에 가장 왕성하였고 이후 5월 하순까지는 완만하였다. 단위 엽면적은 5월 하순에도 지속적으로 증가하였다. 개화 전 꽃봉오리의 단위 생체중은 5월 상순까지 완만하게 증가하였다가 5월 하순의 개화 후에는 급속하게 증가하였다. 신초신장은 5월 하순까지 대부분 정지되었지만 신초건물중은 5월 동안 직선적으로 증가하였는데, 줄기의 비대 및 잎과 과실의 생장이 계속되기 때문이었다. 5월 하순에 잎이 신초건물중의 60% 이상, 줄기 건물중은 20% 이하를 차지하였고, 과실의 비율은 7-17%로 높아졌다. 신초의 상대생장률(RGR)은 4월 하순에 하루 $213\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 이상이었다가 5월 하순에는 $63\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 이하로 감소하였다. 신초의 순동화율(NAR) 변화도 RGR과 비슷하여 4월 하순에 하루 $1.9\text{-}2\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 에서 5월 하순에는 $0.5\text{-}0.8\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 로 낮아졌다. 신초생장의 RGR과 NAR 모두 품종 간 차이는 뚜렷하지 않았다. 결론적으로 신초의 초기생장은 저장양분 분배와 재배환경의 영향이 큰 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : *Diospyros kaki*, 건물중, 순동화율, 상대생장

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.

Flore, J.A. and A.N. Lakso. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* 11:110-157.

Forshey, C.G. and D.C. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Hort. Rev.* 11:229-287.

Fukuda, H. and F. Takishita. 1993. Comparison in dry matter production and assimilate partitioning between 'Jonagold' apple trees on an invigorating rootstock versus a dwarfing rootstock. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62:513-517.

Fukui, H., H. Umeda, K. Mochizuki, and M. Nakamura. 1994. Relation between cell division in the root tips of Japanese persimmon (cv. Nishimurawase) and soil temperature. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 63:291-297.

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.

Harada, H. 1984. Relationship between shoot growth, auxillary bud development and flower initiation in Japanese persimmon. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 53:271-275.

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.

Hunter, R. 1981. Plant growth analysis. The Camelot Press Ltd., Southampton, U.K. p. 8-25.

Jeon, K.S., H.C. Kim, J.H. Han, and T.C. Kim. 2010. Selection of main air temperature factors on annual variation of growth and fruit characteristics of persimmon. *J. Bio-Environ. Control* 19:165-170.

Kim, Y.K. 2001. Effect of irrigation levels and nitrogen supply on vegetative and fruit growth of 'Fuyu' persimmon. MS Thesis., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju.

Kim, Y.K. 2008. Effect of autumn and spring applications of nitrogen on its uptake, partitioning and reutilization in 'Fuyu' persimmon. PhD Diss., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju.

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.

- 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.
- Naito, R. and T. Kawashima. 1980. Promotion of berry set in grapes by growth retardants. IV. Comparison of SADH cluster dipping, shoot pinching and flower thinning with regard to their effects on berry set in 'Kyoho' grape. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:297-310.
- 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.
- Park, S.J. 2011. Dry weight and carbohydrate distribution in different tree parts as affected by various fruit-loads of young persimmon and their effect on new growth in the next season. Sci. Hort. 130:732-736.
- Park, D.S., S.T. Choi, S.C. Kim, and S.M. Kang. 2008. Yield, fruit quality, and branch extension of 'Fuyu' persimmon as affected by the length of bearing mother branches. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26:101-105.
- Park, D.S., S.M. Kang, S.T. Choi, C.A. Lim, and W.D. Song. 2003. Effect of secondary-shoot prunings on fruit growth and following year's fruit set of 'Fuyu' persimmon. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:678-682.
- Park, D.S., S.M. Kang, K.M. Shon, C.W. Ro, and W.K. Shin. 1999. Growth and carbohydrate accumulation of shoots and fruit characteristics of 'Fuyu' persimmon as affected by the size of bearing mother branches. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:455-458.
- Park, M.J., B.H. Kim, and S.M. Kang. 1997. Effect of kinetin and B-9 on growth and carbohydrate partitioning in one-year-old trees of persimmon (*Diospyros kaki*). Acta Hort. 436:365-373.
- Sobajima, Y., M. Ishida, A. Inaba, and K. Miyawaki. 1974. Studies on the development of floral organ in Japanese persimmon (cv. Hiratanenashi) after sprouting. Bull. Fac. Agr. Kyoto Prefectural Univ. 26:15-20.
- Yoon, M.S. 1996. Seasonal changes of nitrogenous compounds and carbohydrates in one-year-old seedlings of persimmon (*Diospyros kaki*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:257-262.