

暖地におけるカキ樹の生育と光合成特性の品種間差異

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者名	岩崎,直人 吉田,明子
発行元	園藝學會
巻/号	64巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 757-762
発行年月	1996年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



暖地におけるカキ樹の生育と光合成特性の品種間差異

岩崎直人・吉田明子

宮崎大学農学部 889-21 宮崎市学園木花台西1-1

Differences in the Photosynthetic Characteristics and Tree Growth among Four Japanese Persimmon Cultivars Grown in Warm Climate

Naoto Iwasaki and Akiko Yoshida

Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Gakuenkibanadai nishi 1-1, Miyazaki 889-21

Summary

Photosynthetic and root respiration rates were investigated in relation to tree growth of four 7-year-old Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) cultivars. The differences in ecological characteristics and adaptability to warm climate among the cultivars are discussed.

1. Increases of trunk girth during the growing season were greater in the early-maturing cultivars 'Tone wase' and 'Nishimura wase' than they were in the relatively late-maturing cultivars 'Fuyu' and 'Hiratanenashi'. In autumn, the total sugar contents of the non-bearing 'Fuyu' shoots were highest, whereas its starch contents were lowest among the 4 cultivars.

2. The photosynthetic rate of a single leaf in early July was high in 'Fuyu' and equally low in 'Hiratanenashi' and 'Tone wase'. In early August, however, photosynthetic rates were high in 'Hiratanenashi' and 'Tone wase' and low in 'Nishimura wase'.

3. There were no significant differences in seasonal changes in root respiration rate among the cultivars. However, in mid-August, the root respiration rates at 30 °C were lower in 'Fuyu' and 'Nishimura wase' than they were in 'Hiratanenashi' and 'Tone wase'; there were no differences at 25 °C.

These results show that tree growth of the early maturing cultivars was greater than that of relatively late-maturing cultivars in the warm climate; 'Hiratanenashi' and 'Tone wase' which maintain higher photosynthetic rates during the summer seem to be more adaptable to the warm climate than the other two cultivars.

緒 言

カキはわが国を代表する果樹であるが、近年、熱帯および亜熱帯地域の気候条件にも容易に適応することが明らかになり、世界的に栽培が試みられる果樹となっている (Yamada, 1994). わが国で栽培されるカキの品種は、大きく分けて甘ガキ品種および渋ガキ品種に大別されるが、これまで甘ガキの栽培は暖地に、渋ガキの栽培は寒冷地に適しているとされてきた (Yamada, 1994). 小林 (1985) は、わが国におけるカキの栽培分布から甘・渋ガキの栽培南限は愛媛県ま

たは福岡県であるとし、それ以南で単位面積当たりの収量が大きく低下する理由として、気温の上昇よりも降水量が増加するので日照不足や土壤浸水の害あるいは病虫害の発生を招くためと説明している。

著者らは宮崎県においてカキ樹の生育を過去5年間にわたって観察した結果、甘ガキの代表的品種である「富有」の樹勢が「平核無」や「西村早生」に比べて極端に劣ることをみいだした。これらのことから、これまで言われているようにカキの栽培適地は単に甘ガキおよび渋ガキの違いによるのではなく、品種によって大きく異なることが考えられる。

そこで、本研究ではカキ樹の生育特性における品種

間差異を明らかにするとともに、暖地あるいは熱帯・亜熱帯地域に適した品種の備えるべき生態的特性を明らかにすることを目的として行った。

材料および方法

甘ガキ品種として‘富有’と‘西村早生’、渋ガキ品種として‘平核無’および‘刀根早生’を供試した。各品種とも1988年2月に2年生苗木を定植したもので、台木はすべて共台（品種名不詳）である。本圃場は火山灰土壌で樹齢が7年生であるので、年間施肥量はN, P_2O_5 , K_2O をそれぞれ10, 6.0, 8.0 kg/10 aを施用した。病虫害の防除は適宜行った。

1994年3月1日に樹勢の揃った平均的な5樹を選定し、地上10 cmにおける幹周を測定した。生理的落果が終了する7月上旬から各品種3樹について、個葉の光合成速度ならびに根の呼吸量を測定した。光合成速度の測定は、ライカ社製の携帯用光合成蒸散測定装置(LI-6200)を用い、晴天日に圃場条件下で各樹5葉について行った。また、7月8日には着果枝および不着果枝について測定したが、両者に差がなかったため、その後は不着果枝の中位葉のみについて行った。

根の呼吸量は、各品種3樹から地下10~20 cmにある細根を採取し、枅田・五味(1984)の方法を一部改変して測定した。すなわち、生体重で約0.5 g前後を、100 mlの広口ポリビンに100 mlの蒸留水とともに入れ、25℃の人工気象室内に1時間置いた後、溶存酸素計(TOX-90)で蒸留水の溶存酸素量を測定し、その減少量から生体重1 g当たり1時間の酸素吸収量を算出した。なお、8月15日には30℃における呼吸量も測定し、温度の影響についても検討した。

6月11日に、各品種2樹から10果選定し、果実の横径（長径と短径）および縦径を定期的に測定した。各品種とも果実が成熟した段階で収穫し、果実の品質について調査した。

全調査の終了時に各調査樹の幹周を測定するとともに、不着果の当年生枝を採取した。採取した枝は110℃で1時間、その後は70℃で3昼夜乾燥した後、粉碎して全糖含量ならびにデンプン含量の測定に供した。全糖含量は乾燥粉末試料0.1 gを、50 mlの80%エタノールで1昼夜室温で抽出し、減圧下でエタノールを除去した後100 mlに定容し、この試料液の1 mlをアンスロン法で定量した。デンプンはエタノール抽出残さ0.05 gを過塩素酸で抽出した後、アンスロン法で定量した。

結 果

調査期間中の旬平均日最低および最高気温ならびに旬降水量を第1図に示した。本調査を行った1994年は夏季の降水量が極端に少なく、また高温の日が続いた年であったが、供試樹の生育は良好であった。

1. 樹体の生育

第1表に調査を開始した1994年3月と終了時の10月における幹周ならびにその増加量について示した。3月における幹周は‘平核無’および‘富有’で21から22 cm, ‘西村早生’および‘刀根早生’においては約29 cmあり、早生系品種の幹周が大きい傾向にあった。10月31日には‘平核無’で約25 cm, ‘刀根早生’および‘西村早生’において34 cm前後, ‘富有’では約23 cmであった。したがって、この間の幹周の増加量は、‘刀根早生’および‘西村早生’において最も大きく約5 cm前後であったのに対し、‘平核無’では約3.5 cm, ‘富有’では最も劣り約1.7 cmであった。

第2表には、調査終了時における当年生枝の形質および全糖含量とデンプン含量の品種間差異について示

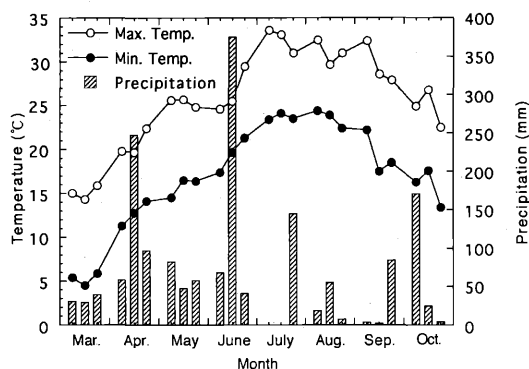


Fig. 1. Seasonal fluctuations in daily minimum and maximum temperature, and precipitation at ten-day intervals during the experimental period.

Table 1. Tree growth of 4 Japanese persimmon cultivars during the growing season in 1994.

	Trunk girth (cm)		Trunk girth increment (cm)
	1 Mar.	31 Oct.	
Hiratanenashi	21.8b ²	25.3b	3.5b
Tone wase	28.8a	33.4a	4.5ab
Nishimura wase	29.4a	34.6a	5.1a
Fuyu	21.2b	22.9b	1.7c
	**	**	*

² Mean of 5 replications and mean separation by Duncan's multiple range test at $p=0.01$ (**) or $p=0.05$ (*).

Table 2. Total shoot growth and carbohydrate content in 4 Japanese persimmon cultivars at the end of growing season.

	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)	Carbohydrate content	
			Total sugar (mg·g ⁻¹ dw)	Starch (mg·g ⁻¹ dw)
Hiratanenashi	16.7b ^z	7.3b	29.8b	236.4
Tone wase	24.5a	8.2a	30.6b	195.4
Nishimura wase	18.3b	6.1c	28.0b	195.0
Fuyu	21.2ab	5.7c	35.4a	181.4
	*	**	**	ns

^z Mean of 5 replications and mean separation by Duncan's multiple range test at $p=0.01$ (***) or $p=0.05$ (*).

した。新梢長は、'刀根早生'で最も長く約25 cm、次いで'富有'で約21 cm、'西村早生'と'平核無'では17 cm前後であった。しかしながら、新梢径は'刀根早生'で最も太く8.2 mm、次いで'平核無'で7.3 mm、'西村早生'と'富有'では6 mm前後であった。全糖含量は'富有'で最も高く約35 mg·g⁻¹dwで、他の品種では29 mg·g⁻¹dw前後であった。デンプン含量は'富有'で最も低い値を示したが、有意差はなかった。

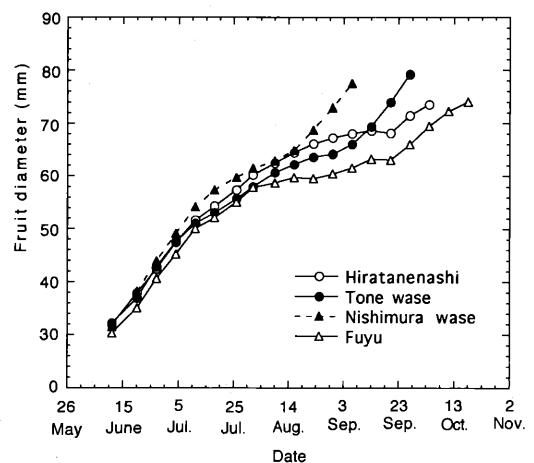
2. 果実の生育

各品種の果実発育期間中における横径（長径）の動きを示すと第2図のとおりであった。各品種とも果実の肥大は明らかな2重S字曲線を示した。果実肥大の第Ⅱ期（停止期）は各品種とも7月中旬頃に始まると思われた。また、第Ⅲ期は'西村早生'において最も早く始まり、次いで'刀根早生'、'平核無'、'富有'の順に早く、早生系の品種ほど早いことが認められた。

各品種の収穫時における果実品質を調査した結果は第3表に示すとおりである。収穫日は'西村早生'で最も早く（9月8日）、次いで'刀根早生'（9月27日）、'平核無'（10月11日）、'富有'（10月24日）の順であった。果実のBrixは'刀根早生'で最も高く19.2、次いで'平核無'で16.5、'富有'で14.8、'西村早生'では最も低い14.0であった。果実重は'西村早生'が最大で、'平核無'が最も小さかった。果皮色はいずれの品種でも低い値を示した。

3. 光合成速度の時期別変化

7月5日から10月29日までの個葉の光合成速度の変化を第3図に、測定中の葉温および気孔コンダクタンスについて第4表に示した。7月5日における光合成速度は'平核無'および'刀根早生'では7.5 μ molCO₂·m⁻²·s⁻¹前後であったが、'西村早生'では約

**Fig. 2.** Fruit growth curves of 4 Japanese persimmon cultivars.

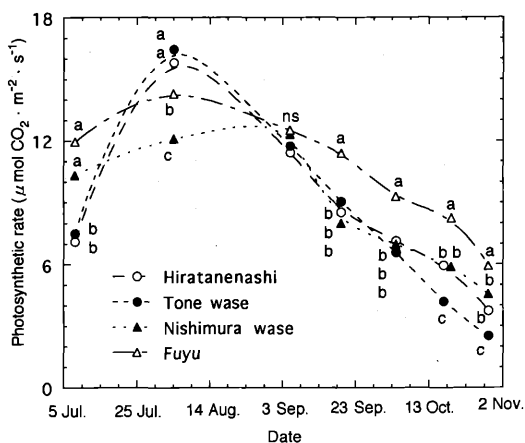
10 μ molCO₂·m⁻²·s⁻¹、'富有'では最も高く約12 μ molCO₂·m⁻²·s⁻¹の値を示した。その後各品種とも増加を示したが、その割合は'平核無'および'刀根早生'において高く、8月上旬における光合成速度は'平核無'および'刀根早生'で約16 μ molCO₂·m⁻²·s⁻¹、'富有'で約14 μ molCO₂·m⁻²·s⁻¹、'西村早生'では約12 μ molCO₂·m⁻²·s⁻¹の値を示し、7月上旬における傾向とは大きく異なった。8月中旬以降は、'平核無'および'刀根早生'において光合成速度が急激に低下し、とくに'刀根早生'でこの傾向が顕著に認められ、10月下旬まで直線的に低下した。'富有'においてはこの時期の低下が緩やかで、9月上旬以降は供試した品種のなかで最も高く推移した。'西村早生'では9月上旬まで光合成速度の低下傾向はみられなかったが、果実を収穫した後著しく低下し、'平核無'や'刀根早生'と大

Table 3. Fruit characteristics of 4 Japanese persimmon cultivars at harvest.

	Fruit weight (g)	Fruit diameter			Rind color ^z		Seed number	Brix (°)
		Major axis (mm)	Minor axis (mm)	Lengthwise (mm)	Fruit apex	Equatorial		
Hiratanenashi	139.7±5.05 ^y	75.5±1.14	67.6±0.99	46.2±0.57	3.2±0.23	2.5±0.19	0.0±0.00	16.5±0.20
Tone wase	164.4±6.45	78.8±1.11	71.0±1.08	49.6±0.56	4.3±0.15	3.3±0.14	0.1±0.09	19.2±0.35
Nishimura wase	179.5±7.37	79.6±1.24	74.5±1.57	54.0±0.63	5.0±0.32	4.0±0.32	6.2±0.58	14.0±0.48
Fuyu	169.7±11.06	75.6±1.77	72.1±1.27	52.8±1.28	3.8±0.37	4.0±0.00	3.8±0.80	14.8±0.26

^z Color chart value for Japanese persimmon.^y Mean±SE.**Table 4.** Leaf temperature and stomatal conductance during photosynthetic measurement in 4 Japanese persimmon cultivars.

	8 July		4 Aug.		5 Sep.		4 Oct.	
	T leaf ^z	COND ^y	T leaf	COND	T leaf	COND	T leaf	COND
Hiratanenashi	37.8~39.0	0.152c ^x	37.1~38.9	0.508c	35.0~36.7	0.309b	28.9~31.5	0.264b
Tone wase	37.3~38.8	0.162c	36.4~37.2	0.628b	36.3~39.0	0.333ab	28.5~32.6	0.279b
Nishimura wase	37.2~39.0	0.218b	35.5~37.1	0.526c	37.3~39.4	0.320ab	30.1~33.9	0.275b
Fuyu	37.4~38.9	0.225a	35.9~37.4	0.736a	36.2~37.9	0.417a	28.9~31.5	0.359a
		**		**		*		*

^z Leaf temperature.^y Stomatal conductance.^x Mean of 3 or 5 replications and mean separation by L. S. D. at p=0.01(**) or p=0.05(*).**Fig. 3.** Seasonal changes in photosynthetic rates among 4 Japanese persimmon cultivars during growing season. Values are means of 3 replications and values with different letter within same date are significantly different by Duncan's multiple range test at p=0.05.

差がなくなった。果実の収穫後に光合成速度が低下する傾向は、'刀根早生'においても観察された。すなわ

ち、果実を収穫するまでは、'平核無'よりも'刀根早生'において光合成速度は僅かに高い値を示していたが、果実の収穫直後にあたる10月4日以降は'平核無'において高い値を示した。

葉温は7月から9月までは35℃以上であったが、10月になって30℃前後にまで低下し、品種間の差異はなかった。気孔コンダクタンスは、'富有'において有意に高い値を示した。'平核無'および'刀根早生'では7月における気孔コンダクタンスは僅かに低い値であったが、8月以降葉温が低下するに従って'西村早生'と差がなくなった。

4. 根の呼吸量の時期別変化

第4図に各品種の根の呼吸量の変化について示した。7月20日には、'富有'で約0.18 mgO₂·g⁻¹·hr⁻¹の値を示したが、他の品種では0.14 mgO₂·g⁻¹·hr⁻¹の値を示し、'富有'で僅かに高い傾向が認められたが有意差はなかった。8月中旬には各品種で増加し、とくに'刀根早生'で顕著であった。8月中旬から9月20日までは各品種とも減少傾向を示したが、その後は増加する傾向がみられた。呼吸量の品種間における差異は、明らかではなかった。しかしながら、8月15日にお

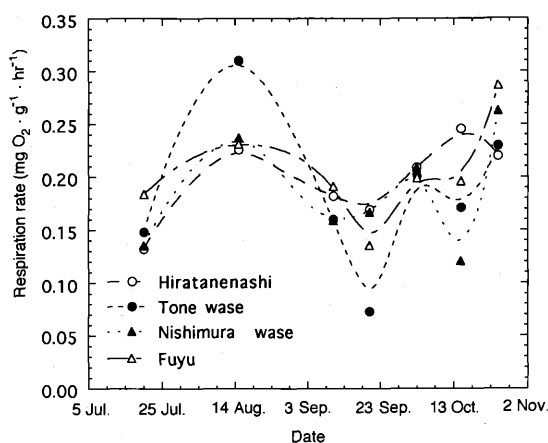


Fig. 4. Seasonal fluctuations in root respiration rate of 4 Japanese persimmon cultivars during growing season. Measurement on each date was conducted at 25 °C and values are means of 3 replicates.

Table 5. Root respiration rate^z in 4 Japanese persimmon cultivars at 25 and 30 °C on 15 Aug.

	25 °C	30 °C
Hiratanenashi	0.226	0.223ab ^y
Tone wase	0.310	0.242a
Nishimura wase	0.237	0.168c
Fuyu	0.231	0.181bc
	ns	*

^z mg · O₂ · g⁻¹ · fw

^y Mean of 3 replications and mean separation by Duncan's multiple range test at p=0.05 (*).

ける各品種の根の呼吸量と温度の関係をみると、30 °Cにおいて‘富有’と‘西村早生’では‘平核無’や‘刀根早生’に比べて低い値を示した(第5表)。

考 察

これまでカキの栽培適地の年平均温度は、甘ガキでは14.0 °~16.0 °C、渋ガキでは11.0 °~16.0 °Cで、甘ガキが比較的温暖な地域に適しているとされてきた(Yamada, 1994)。年平均気温が17.0 °Cを上回る宮崎県や鹿児島県などでは、降水量の増加に伴う日照量の減少により単位面積当たりの収量が大きく減少する(小林, 1985)。本研究において、生産性に影響する樹体の生育特性および個葉の光合成速度の季節的变化について調査した結果、甘ガキ品種である‘富有’および‘西村早生’は、夏季の高温時には葉の光合成速度が渋ガキ品種である‘平核無’や‘刀根早生’に比べて低いことが明らかになった。平田・林(1972)は‘富有’にお

いて葉温が8月では30 °~32 °C、9月では25 °~29 °C、10月では20 °~22 °C以上になると光合成速度は急速に低下すると報告している。また、Georgeら(1994)は、‘富有’において温度が32 °Cを越える条件下では、気孔コンダクタンスの低下によって光合成速度が低下すると述べている。本研究では光合成速度の測定は圃場条件下で行ったため、葉温はかなり高い条件にあった。しかしながら、気孔コンダクタンスは‘西村早生’において低い値で推移し、‘富有’では他の品種に比べて有意に高い値で推移した。このことから‘富有’において光合成速度が低く推移した理由は気孔コンダクタンスの低下によるものとは考えられなかった。また根の呼吸量は30 °Cにおいては‘富有’と‘西村早生’で‘平核無’や‘刀根早生’に比べて低いことが明らかであった。したがって、気温の上昇のみでなく地温の上昇に伴う根の活性低下が光合成速度に大きく影響している可能性も考えられた。

樹体の生育を幹周の増加量でみると、夏季の光合成速度は最も低い値を示したにも関わらず‘西村早生’で最も良好で、次いで‘刀根早生’において良好であった。両品種とも早生系の品種であり、果実の収穫期から落葉期までの期間が長いこと、光合成産物が材積生長に利用されたためとみなされた。一方、‘富有’では果実の収穫期と落葉期がほとんど同時期であるため、収穫後の材積生長はほとんどないものと考えられる。さらに北島ら(1990, 1993)は‘富有’において有核果は無核果に比べてsink力が強く、枝葉部との養分競合に勝ることを明らかにしている。したがって、有核果を生産する‘富有’においては、樹体の着果負担が本研究で供試した品種の中では最も大きいと考えられる。

10月31日における当年生枝の全糖含量は、‘富有’において最も高い値を示したが、デンプン含量は最も低い値を示した。平田・黒岡(1974)は、‘富有’を供試して摘葉処理を行い、秋季の枝の貯蔵炭水化物含量の高低が翌年の樹体の生育に大きく影響することを明らかにした。さらに吉村(1955 a, b)は、冬季の高地温は根の呼吸を活発にし、体内貯蔵養分の消耗が著しく、また休眠枝の呼吸量も高気温で多くなることから、とくに落葉果樹においては不利であるとしている。したがって、‘富有’においては果実の収穫時期が遅く、収穫後の光合成産物の蓄積期間が著しく短く、また夏季の光合成速度が低いことから、秋季におけるデンプンの蓄積が劣り、樹体の生育が弱くなるものと考えられる。夏季の光合成速度が最も低い値を示した‘西村

早生'においては、果実の収穫時期が9月上旬にあたり、その後の光合成速度は大きく低下するが、枝における炭水化物の蓄積が良好で、翌年の樹体の生育が旺盛になるものと考えられた。

これらの結果から、暖地においては夏季の光合成速度が高く維持される'平核無'や'刀根早生'が適しており、また早生系の品種においては夏季の光合成速度が低い場合においても、果実の収穫後に枝梢の炭水化物の蓄積が促進されることから樹体の衰弱が回避できるものと考えられる。

摘 要

7年生カキ4品種を供試して樹体の生育および光合成速度と根の呼吸量の時期別変化について調査し、生態的特性の品種間差異について検討した。

1. 生育期間中の主幹肥大量は、早生系の'刀根早生'および'西村早生'において大きく、次いで'平核無'であり、'富有'では最も劣った。また、秋季の当年枝における全糖含量は'富有'で最も高く、デンプン含量は最も低い値であった。

2. 7月上旬の個葉における光合成速度は'富有'で最も高い値を示し、次いで'西村早生'で高く、'平核無'および'刀根早生'は同程度で最も低い値であった。しかしながら、8月上旬では'平核無'および'刀根早生'において最も高い値を示し、次いで'富有'、'西村早生'では最も低い値を示した。

3. 根の呼吸量における品種間差は明らかではなかった。しかしながら、8月中旬の呼吸量は25℃では品種間差はなかったが、30℃においては'平核無'や'刀根早生'に比べて'富有'および'西村早生'で有意に低い値を示した。

以上の結果から、比較的温暖な気候条件下では、果

実の収穫時期が早い品種で樹体の生育が旺盛で、また高温条件下において個葉の光合成速度が高く維持される'平核無'や'刀根早生'で生産性は高いと考えられ、温暖な気候条件にも適していると思われた。

引用文献

- George, A. P., R. J. Nissen and R. J. Collins. 1994. Effects of temperature and pollination on growth, flowering and fruit set of the non-astringent persimmon cultivar Fuyu under controlled temperatures. *J. Hort. Sci.* 69: 225-230.
- 小林 章. 1985. 果樹風土論. p. 47-58. 甘・渋ガキの主産地と気温上の特徴. 養賢堂. 東京.
- 平田尚美・林 真二. 1972. 光合成と果実生産に関する研究. (第1報) 秋季の光合成と翌年のカキ果実の肥大と品質について. 園学要旨. 昭47秋: 78-79.
- 平田尚美・黒岡 浩. 1974. カキ果実の發育ならびに成熟に関する研究. (第1報) 枝梢内の炭水化物含量および果実の肥大と品質におよぼす秋季摘葉の影響. 鳥大農研報. 26: 1-14.
- 北島 宣・松本辰也・石田雅士・傍島善次. 1990. 遮光及び無遮光下におけるカキ樹の結果枝乾物蓄積量と生理落果との関係. 園学雑. 59: 75-81.
- 北島 宣・蔵本良彦・大岡基一・中野幹夫・石田雅士. 1993. カキ結果枝における着果位置と受粉果実の有無が'富有'と'平核無'の単為結果に及ぼす影響. 園学雑. 62: 317-325.
- 栢田正治・五味 清. 1984. 接ぎ木及び自根キュウリの養分吸収と根の酸素消費について. 園学雑. 52: 414-419.
- Yamada, M. 1994. Horticulture in Japan. p. 47-52. Persimmon. Asakura Publishing Co., Ltd. Tokyo.
- 吉村不二男. 1955 a. 冬期の高地温が果樹の生長に及ぼす影響. 園芸学研究収録. 7: 59-64.
- 吉村不二男. 1955 b. 冬季の温度が落葉果樹に及ぼす影響. 第1報 休眠枝の呼吸量について. 高知大学研報. 4: 1-5.