ハウス栽培におけるニホンナシ‘幸水’の器官別乾物重構成、 貯蔵養分および花芽着生の特徴

内野浩二・弦間 洋

筑波大学農林学系 305 茨城県つくば市

Allocation of Dry Matter, Reserve Nutrients, and Flower Bud Formation of
Japanese Pear ‘Kosui’ Grown under Plastic House

Koji UCHINO and Hiroshi GEMMA

*Institute of Agriculture and Forestry,
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305*

Summary

The allocation of dry matter, reserve nutrients and flower bud formation of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder) cv. Kosui grown under plastic house (PL) were compared with those grown in the open field (OF). Experimental trees were grown under frames covered with polyethylene vinyl-acetate film from early March to mid-May. Materials were sampled in late November and December.

1. Shoot:root ratio of tree under PL was higher when compared with that of trees grown in OF. It was notable that all organs, especially roots of covered trees had lower carbohydrate reserve contents than did those sampled from trees in OF. Mineral contents in most of the organs under PL were also lower than were those of OF.

2. Covered trees had 49% more axillary flower buds on shoots and 46% less flower buds on spurs than did those of OF. Current shoots under PL were thinner and shorter than were those in OF.

緒 言

著者ら(16)はニホンナシ‘幸水’を3月上旬から約2か月間ビニル被覆下で栽培することにより、露地栽培の樹に比べ果実がやや大きく、果形指数(縦径/横径)も大きくなり、果実内の糖代謝・蓄積に相違がみられることを報告した。さらに、ビニル被覆樹の葉は大きく、比葉面積(SLA)も増大し、9月における新梢内全炭水化物含量が露地栽培の樹よりも少なくなるなどの生理生態的な特性を明らかにした。

これまで果樹の乾物生産および貯蔵養分に関する研究はブドウ(15)、ニホンナシ(1, 7)およびモモ(4, 14)などで報告されてきたが、ビニルハウス栽培(以下ハウス栽培と略記)をはじめとした制御環境下での研究は少ない(5)。そこで、本研究では制御環境下におけるニホンナシの生理生態的特性をより明確にするため、ハウス

栽培した‘幸水’樹を落葉後に掘り上げ解体し、それぞれの器官別に乾物重を測定したのち、貯蔵養分(炭水化物および無機成分)を分析した。また、ハウス栽培では花芽の着生が露地栽培と異なるといわれていること(17)から、花芽の着生状況についても調査した。

材料及び方法

茨城県下妻市およびつくば市の栽培園6園および筑波大学農林技術センター栽植の‘幸水’を材料とした。試験はビニルフィルム被覆のハウス区と無処理の露地区を設定して行った。ハウス区は3月上旬から5月中旬まで樹の棚上およびハウス側面をビニルフィルム(厚さ0.1 mm)で被覆し、ハウス内の最高気温が28℃を超えないようにそれを手動により開閉し、また、最低気温は0℃以上を維持できるように温風ダクトで制御した。

1. 発育枝および短果枝内貯蔵養分

発育枝は1986年12月に茨城県下妻市およびつくば

市の樹齢(15~25年生), 土壌の種類(火山灰土および沖積土)およびハウス栽培歴(1~2年)の異なる6園の各々3樹から発育枝を1樹当たり5本採取し, 短果枝は上記6園のうち1園(下妻市, 15年生, 沖積土, ハウス栽培歴2年)から同様に採取して, 貯蔵養分分析に供試した。採取した枝は細切して凍結乾燥後, ウィレー粉碎機(木屋製作所)で粉碎し分析試料とした。全炭水化物は試料を0.7 M 塩酸で加熱分解し, アンスロン法で測定した。窒素は試料を希硫酸で湿式灰化しケルダール法で定量した。リンおよびカリウムは試料を高温炉(550℃)で灰化した後, リンはバナドモリブデン酸法で, カリウムは原子吸光法で定量した。糖は試料を80%エタノールで抽出し, その抽出液を減圧濃縮後, イオン交換クロマトグラフィーで分別して中性分画を得, 常法によりTMS化してガスクロマトグラフ(島津製作所, GC-4 CM型)で定量した。

2. 落葉後における器官別乾物重構成および貯蔵養分

筑波大学農林技術センター(淡色黒ボク土)栽植の‘幸水’をハウス栽培初年度の1987年(13年生)から1989年までハウス区および露地区から毎年1樹ずつ落葉後に掘り上げ解体した。解体後, 地上部を発育枝, 2年生枝, 3年生枝, 4年生枝以上の側枝, 垂主枝, 主枝, 主幹および接木部に, 地下部を根幹, 特大根(20 mm $\leq$ ϕ), 大根(10 $\leq$ ϕ < 20 mm), 小中根(2 $\leq$ ϕ < 10 mm)および細根(ϕ < 2 mm)に分け, それぞれの生体重を測定したのち, その一部をとり乾燥(70℃, 1週間)させて乾物率を求め, 生体重に乗じて乾物重を求めた(14)。また, 乾燥させた材料は前項と同様に粉碎し, 炭水化

物および無機成分の分析試料とした。分析は前項と同様の方法で行い, さらにカルシウムおよびマグネシウムについては原子吸光法で定量した。

3. 落葉後の花芽着生状況

落葉後の1989年11月に筑波大学農林技術センター栽植の‘幸水’(15年生, ハウス栽培歴3年)のハウス区および露地区より各2樹を選び, 主幹の直上から半径1 m毎の同心円を描き, 各部位における発育枝の長さ(と直径, 腋花芽数, 節数および短果枝上の花芽数を調査した。

結 果

1. 発育枝および短果枝内貯蔵養分

発育枝および短果枝内貯蔵養分含量を第1表に示した。発育枝内貯蔵養分には樹齢, 土壌の種類およびハウス栽培歴による明確な差異は認められなかったため, 6園の平均値で示した。ハウス区の発育枝は露地区のそれに比べて全炭水化物含量が少なく, 窒素含量は多かったが, 糖, リンおよびカリウム含量には差が認められなかった。短果枝内貯蔵養分は発育枝と同様に, ハウス区は露地区より全炭水化物含量が低く, 窒素含量およびカリウム含量が高かった。また, ハウス区の短果枝は露地区に比べ果糖含量で25%, ブドウ糖含量で32%, ソルビトール含量で48%低く, 逆にショ糖含量は約2倍高かった。

2. 落葉後における器官別乾物重構成および貯蔵養分

落葉後に掘り上げた13年生, 14年生および15年生樹の器官別乾物重構成を第2表に示した。ハウス区の3年生枝より古い地上部器官では露地区のそれとの差

Table 1. Total carbohydrate, sugar and mineral contents in current shoots and spurs of Japanese pear, ‘Kosui’, grown under plastic house (PL) and in the open field (OF), December 1986.

	Shoot ^z		Spur	
	PL	OF	PL	OF
Total carbohydrate (%)	17.58 $\pm$ 0.74 ^y	19.31 $\pm$ 0.81	18.92 $\pm$ 0.54	20.77 $\pm$ 0.72
Fructose (mg/gDW)	2.90 $\pm$ 0.60	2.92 $\pm$ 0.51	5.29 $\pm$ 0.32	7.02 $\pm$ 0.29
Glucose (mg/gDW)	4.99 $\pm$ 1.07	5.36 $\pm$ 1.08	7.05 $\pm$ 0.92	10.34 $\pm$ 0.69
Sucrose (mg/gDW)	4.13 $\pm$ 0.52	4.32 $\pm$ 0.90	4.40 $\pm$ 0.03	2.09 $\pm$ 0.44
Sorbitol (mg/gDW)	8.20 $\pm$ 1.34	8.24 $\pm$ 1.12	5.64 $\pm$ 0.58	10.87 $\pm$ 0.14
N (%)	1.78 $\pm$ 0.03	1.52 $\pm$ 0.11	2.38 $\pm$ 0.08	2.17 $\pm$ 0.03
P (%)	0.31 $\pm$ 0.02	0.33 $\pm$ 0.01	0.34 $\pm$ 0.03	0.33 $\pm$ 0.02
K (%)	0.51 $\pm$ 0.06	0.46 $\pm$ 0.03	0.79 $\pm$ 0.02	0.55 $\pm$ 0.01

^z Shoots and spurs were sampled from different 6 orchards and one orchard, respectively.

^y Mean $\pm$ SE.

はなかったが、発育枝が3.77 kg、2年生枝が2.35 kgと露地区より大きく、全乾物重に対する比率もそれぞれ7.7および4.8%と高かった。一方、ハウス区の根重は8.08 kgで、露地区より0.99 kgも少なかった。そのため、S/R率は露地樹が4.44であったのに対し、ハウス区は5.10であった。

器官別の全炭水化物および窒素含量を第1図に、カリウム、カルシウム、リンおよびマグネシウム含量を第2図に示した。全炭水化物含量についてみると、両

区ともに地下部が地上部より高かった。また、ハウス区の全炭水化物含量はすべての器官で露地区のその75~95%と少なく、とくに地下部ではその差が顕著であった。窒素含量はハウス区の発育枝が露地区より高かったが、他の器官では逆に露地区の方が高く、ハウス区ではとくに主枝(露地区に対して63%)、主幹(71%)および根幹(69%)において低かった。カリウム含量は窒素含量と同様にハウス区の発育枝が露地区より高かったが、他の器官では逆に露地区の方が高かった。

Fig. 1. Total carbohydrate and nitrogen contents in each organ in Japanese pear tree, 'Kosui', grown under plastic house (PL) and in the open field (OF). Each value is a mean of samples taken 3 years (1987~1989) in succession. Trees were 13-yr-old in 1987.

Fig. 2. Potassium, calcium, phosphate, and magnesium contents in each organ in Japanese pear tree, 'Kosui', grown under plastic house (PL) and in the open field (OF). Each value is a mean of samples taken 3 years (1987~1989) in succession. Trees were 13-yr-old in 1987.

Table 2. Dry weights of organs and their distribution (%) to Japanese pear tree, 'Kosui', grown under plastic house and in the open field. Each value is a mean of samples taken 3 years (1987~1989) in succession. Trees were 13-yr-old in 1987.

Component	Plastic house		Open field	
Total shoot	41.20 kg	83.5%	40.29 kg	81.6%
Current shoot	3.77	7.7	3.14	6.4
2-yr branch	2.35	4.8	1.76	3.6
3-yr branch	1.67	3.4	2.04	4.1
More than 4-yr branch	7.78	15.8	7.90	16.0
Secondary scaffold	3.58	7.3	3.53	7.2
Primary scaffold	9.14	18.4	9.44	19.0
Trunk	8.23	16.6	8.40	17.0
Graft union	4.68	9.5	4.08	8.3
Total root	8.08	16.5	9.07	18.4
Root shank	4.13	8.4	4.48	9.1
Root (20mm ≤ φ)	1.66	3.4	1.68	3.4
(10 ≤ φ < 20mm)	1.02	2.1	1.58	3.2
(2 ≤ φ < 10mm)	0.84	1.7	0.86	1.7
(φ < 2mm)	0.43	0.9	0.47	1.0
Whole tree	49.28	100.0	49.36	100.0
Shoot:root ratio	5.10		4.44	

た。カルシウム含量はハウス区の細根を除いた他の器官が露地区のそれらの59~96%を示して少なかった。リンおよびマグネシウム含量はハウス区の発育枝を除いた他の器官が露地区のそれらよりも低い傾向にあり、とくに地下部の小中根および細根において顕著であった。

3. 落葉後の花芽着生状況

主幹からの距離別にみた発育枝数および長さを第3図に示した。主幹から0~3 mの範囲におけるハウス区の発育枝数は露地区のそれよりも多く、発生総数でもハウス区は324本、露地区は255本で、前者が後者より27%ほど多かった。発育枝長はハウス区が露地区より短く、平均発育枝長はハウス区が59.0 cm、露地区が63.5 cmであった。そのため1樹当たりの総発育枝長はハウス区で19,116 cm、露地区で16,193 cmであった。また、ハウス区における発育枝の平均基部直径は0.8 cmで露地区のそれ(0.9 cm)より細い傾向にあった。

主幹からの距離別にみた発育枝上に着生した腋花芽数および節当たりの腋花芽数を第4図に示した。ハウス区では腋花芽数が露地区より多く、とくに主幹から0~2 mの範囲に多かった。ハウス区の総腋花芽数は露地区に比べ49%も多かった。節当たりの腋花芽数はハウス区および露地区ともに主幹から離れるほど増加したが、いずれの範囲においてもハウス区は露地区より多く、とくに主幹から0~2 mの範囲でその差が大きかった。また、発育枝1本当たりの腋花芽数はハウス区で4.8、露地区で4.1であった。

主幹からの距離別にみた短果枝上の花芽数を第5図に示した。ハウス区では主幹からの距離にかかわらず短果枝上の花芽数が露地区よりかなり少なく、総数においてもハウス区352芽、露地区657芽で、ハウス区が少なかった。また、露地区における短果枝上の花芽のうち79%が3~4年生の古い側枝上にあったのに対し、ハウス区では最も新しい側枝である2年生枝上に79%の花芽が着生していた。腋花芽数：短果枝上の花芽数の比は露地区6：4、ハウス区8：2であった。

考 察

永年作物である果樹の乾物分配には着果量が大きく影響しており、Kaps・Cahoon(10)はブドウ‘Seyval blanc’1年生を用いた実験から、果房数が少ないほど枝葉および根の乾物重が増加することを報告している。本研究においてハウス栽培の‘幸水’は露地栽培のそれと比べ地下部の乾物重が少なかったが、これはハウス栽培のウンシュウミカンにおいても認められている(5)。

Fig. 3. Number and length of current shoots located on different parts of a canopy of Japanese pear tree, ‘Kosui’, which were counted and measured in November, 1989. Trees were trellis-trained under plastic house (PL) and in the open field (OF).

Fig. 4. Number of axillary flower buds and its ratio to nodes on current shoots located in different parts of a canopy of Japanese pear tree, ‘Kosui’, which were counted in November, 1989. The trellis-trained trees were grown under plastic house (PL) and in the open field (OF).

Fig. 5. Number of flower buds on spurs located in different parts of a canopy of Japanese pear tree, ‘Kosui’, which were counted in November, 1989. The trellis-trained trees were grown under plastic house (PL) and in the open field (OF).

ハウス栽培のウンシュウミカンでは露地栽培のそれよりも収量が多い(5, 9)。このことは光合成産物の果実への分配が多く、したがって相対的に地下部への分配が少ないことを意味している。しかし、本研究における‘幸水’の場合、1 樹当たりの平均収量はハウス区で 118.5 kg、露地区で 112.4 kg と明確な差異はなく、果実への分配が地下部への分配を減少させたことと直接関係しているとは考えられなかった。ハウス区では当年生発育枝および 2 年生枝の乾物重が露地区より大きく、また、ハウス区の葉面積指数は露地区より大きかった(16)ことから、葉の乾物重も露地区より大きかったものと思われ、これらの器官に光合成産物がより多く分配されたことが地下部の乾物重の低下を引き起こしたものと推察された。

落葉果樹における落葉後の樹体に含まれる炭水化物や無機成分の貯蔵養分は、翌春の生長や収量と密接な関係にあることがよく知られている。著者ら(16)は、ハウス栽培の‘幸水’で 9 月における新梢内炭水化物の含量が露地栽培のそれよりも少ないことを報告した。本研究では樹体を器官別に分析した結果、ハウス区はすべての器官で露地区よりも貯蔵炭水化物含量の少ないことが明らかになった。果実収穫後における葉の維持は、貯蔵炭水化物含量に大きく影響する(11)。本研究のハウス区の‘幸水’の収穫期は 8 月初旬で露地区より 10 日程度早い。落葉期は露地区と差がみられなかった。それにもかかわらず、ハウス区で貯蔵炭水化物含量が少なかったのは、ハウス区の発育枝および葉が露地区より繁茂したことと、ハウス区の葉の光合成速度が露地区のそれより低いこと(8)が原因と思われる。

果樹の落葉後における無機養分の動態について、小豆沢ら(1)はナシ‘二十世紀’41～43 年生の高生産樹と低生産樹の器官別の無機成分含量を比較した結果、高生産樹ではすべての器官(葉、1 年枝、旧枝、旧根および細根)において、窒素、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウム含量が低生産樹よりも高かったことを報告している。本研究においてハウス区の‘幸水’の無機成分含量は当年生発育枝など一部の器官を除き露地区のそれより低かったが、これは小豆沢ら(1)の調査した低生産樹の結果に似ていた。

器官別乾物重に貯蔵養分含量を乗じた器官別貯蔵養分量を比較すると、ハウス区の供試樹はほとんどの器官で露地区のそれより少なかった。とくに地下部で差異が顕著であり、ハウス区地下部の全炭水化物量は露

地区のそれの 70% であった。また、ハウス区地下部の無機養分量は露地区のそれに対して窒素 71%、リン 76%、カリウム 78%、マグネシウム 77%、カルシウム 62% であり、貯蔵器官としての根の役割がハウス栽培により著しく低下することが示唆された。

落葉果樹の生育初期におけるシンクとしては枝が最も強く、生育の経過にともなって果実が、続いて根のそれが強くなり、葉果比の影響を最も強く受けるのは果実や枝でなく根であるという報告がある(3)。また、果樹をハウス栽培した場合は露地栽培に比べ、比較的高温と遮光が葉の巨大化および陰葉化をもたらし、それにより単位面積当たりの光合成速度が低下し、また新梢の繁茂が助長される(6, 16)。本研究においても、ハウス区ではそれらの要因が光合成産物や無機成分の多量消費を引き起こした結果、貯蔵養分の減少、とくに顕著に根でのそれをもたらしたと思われる。

本研究においてハウス栽培したニホンナシの発育枝数は露地栽培のそれよりも多いが、前者は後者に比べて細く短く、既報の成績(13, 17)と一致した。花芽の着生は翌年の果実収量に大きく影響する要因であるが、ニホンナシでは腋花芽および短果枝の着生が品種により大きく異なり、‘幸水’は腋花芽の着生が多いが、数年にわたる短果枝の維持は難しい(12)。長柄(12)によるとニホンナシのハウス栽培で‘新水’の腋花芽数は露地栽培に比べて 4 倍近くまで増加するが、‘幸水’および‘豊水’では露地栽培とほとんど変わらない。しかし、本研究におけるハウス栽培の‘幸水’では腋花芽の着生数および着生率ともに露地栽培よりも多かった。また、長柄(12)は露地栽培に比べハウス栽培の短果枝数が‘幸水’および‘豊水’では少なくなり、しかも花芽を持たない短果枝が多くなることを報告している。本研究においてもハウス区の短果枝数は露地区のそれの 54% であり、また花芽を持たない短果枝は露地区が 10% であったのに対し、ハウス区では 30% であり、ハウス栽培によって短果枝の維持が露地栽培に比べて難しくなることが明らかであった。

伴野ら(2)によれば、ニホンナシの花芽形成は内生ホルモンの相対的な量的関係により影響を受け、サイトカイニンがオーキシンおよびジベレリンに比べ相対的に多い場合には腋花芽が生じやすい。ハウス栽培の‘幸水’では花芽分化期における根の呼吸活性が露地栽培のそれよりも低く(16)、サイトカイニン生成は後者よりも少ないものと思われるが、発育枝の生育も弱いためにオーキシンおよびジベレリンの生成も少なく、発

育枝におけるサイトカイニン量が相対的に多くなって腋花芽数が多くなったものと推察された。しかし、本研究では花芽形成とホルモンの関係を追求しておらず、今後詳細な研究が必要である。

以上のようにハウス栽培の‘幸水’では露地栽培のそれに比べて、当年生発育枝など地上部器官の乾物重に対して地下部器官のそれが小さく、また樹体内の貯蔵養分含量が少なく、根のシンクとしての機能低下が明らかとなった。また、花芽の着生状況もハウス区と露地区とは大きく異なっていた。

摘 要

ハウス栽培におけるニホンナシ‘幸水’成木を落葉後に掘り上げ解体し、器官別乾物重構成および貯蔵養分含量を露地栽培のそれらと比較した。また、落葉後の花芽着生状況をも調査した。ハウス区は3月上旬から5月中旬までビニル被覆を行った。

1. ハウス区の栽培樹は露地区のそれに比べて発育枝および2年生枝の乾物重が大きく、逆に地下部のそれらは小さかった。そのためS/R率はハウス区の栽培樹が露地区のそれよりも大きかった。

2. ハウス区の貯蔵炭水化物含量はすべての器官で露地区より低く、とくに地下部で顕著であった。地下部の1樹当たりの全炭水化物含量はハウス区が露地区の70%であった。また、短果枝における糖含量にも差がみられ、ハウス区でのソルビトール含量は露地区の52%であった。無機成分含量はほとんどの器官でハウス区が露地区よりも低く、ハウス栽培によって‘幸水’の貯蔵養分は著しく減少することが明らかになった。

3. ハウス区は露地区に対して腋花芽が49%も多かったが、短果枝上の花芽は46%も少なかった。また、前者は後者に比べ発育枝数は多かったが、細く短かった。

引 用 文 献

1. 小豆沢齊・伊藤武義. 1983. 二十世紀ナシの乾物生産と養分吸収. 島根農試研報. 18: 31-47.
2. 伴野 潔・林 真二・田辺賢二. 1985. ニホンナシにおける花芽形成の品種間差異と内生生長調節物質との関係. 園学雑. 54: 15-25.
3. BUWALDA, J. G. and R. C. HUTTON. 1988. Seasonal changes in root growth of kiwifruit. Sci.

Hort. 36: 251-260.

4. DEJONG, T. M. and J. F. DOYLE. 1984. Cropping efficiency, dry matter and nitrogen distribution in mature genetic dwarf and standard peach trees. Acta Hort. 146: 89-95.
5. 原田 豊. 1984. ハウス栽培ウンシュウミカンの栄養管理に関する研究. 京都大学学位論文.
6. 本条 均・鴨田福也. 1981. 異なる気象条件下における果樹の生育と各種形質の変異. (第1報). 人工気象室およびガラス室内に生育したナシ樹の新梢と葉の発育. 園学要旨. 昭56春: 52-53.
7. 梶浦一郎・山木昭平・石川和子・町田 裕. 1982. 一年生ニホンナシ「新水」の乾物重の分布と季節変化から見た生長解析. 園学要旨. 昭57秋: 68-69.
8. 鴨田福也. 1987. 果樹の施設栽培における環境制御. 園芸学会シンポジウム講演要旨. 昭62秋: 1-8.
9. 鴨田福也. 1987. 果樹施設栽培の現状と問題点. 農業気象 42: 391-395.
10. KAPS, M. L. and G. A. CAHOON. 1989. Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition, and net photosynthesis of 'Seyval blanc' grapes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 20-24.
11. LLOYD, D. A. and G. A. COUVILLON. 1974. Effects of the date of defoliation on flower and leaf bud development in peach (*Prunus persica* L. Batsch). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 514-517.
12. 長柄 稔. 1983. ナシの簡易ハウス栽培. p. 154-168. 林 真二・米山寛一共編. 三水の栽培. 鳥取県果実農業共同組合連合会. 鳥取.
13. 根本実継. 1989. 簡易被覆栽培(ビニールトンネル栽培). p. 235-244. 猪崎政敏編著. 日本ナシ生産の実際. 博友社. 東京.
14. 寿松木章・佐藤雄夫・佐々木生雄. 1986. モモ樹の乾物重と養分吸収量の10年間の増加過程. 園学雑. 54: 431-437.
15. 高橋国昭. 1986. ブドウの適正収量に関する研究. 島根農試研報. 21: 1-104.
16. 内野浩二・弦間 洋・福島正幸・大垣智昭. 1989. ハウス栽培におけるニホンナシ‘幸水’の果実発育と樹体生理について. 園学雑. 58: 499-506.
17. 山本正幸. 1985. ナシの簡易被覆栽培と管理. 果実日本 40(2): 24-29.