

## 加温ハウス栽培におけるナシ‘幸水’の果実発育と樹体生育

伊藤 純樹・三善 正道\*・今井 俊治・古井 シゲ子・藤原 多見夫

キーワード：ナシ‘幸水’，ハウスの環境要因，果実肥大，新梢伸長

ナシ‘幸水’の露地栽培において果実成熟期は地域や年次によって変動するが，8月中旬から9月中旬である。しかし，経営の面や，消費者のニーズに応じて，8月の盆前出荷，あるいは7月の中元に対応する出荷を目指した熟期の促進に寄せる期待は大きい。

熟期促進の技術には，ジベレリンペーストの果梗塗布や，エスレル散布によって果実肥大促進に加え成熟期を短縮する方法<sup>7,10)</sup>と，施設(被覆)栽培によって生育ステージを前進させる方法がある<sup>9)</sup>。前者では大きな前進出荷は期待しえず，果実品質面でも問題が残されている。一方，後者の方法としては，棚上簡易被覆，無加温，加温ハウスなどの作型が開発されてきた。

施設栽培の中では，盆前出荷を狙った棚上簡易被覆栽培が最も頻繁に行われている。しかし，‘幸水’の施設栽培の歴史は浅く，栽培管理技術の体系化は目下のところ確立されるに至っていない。そのため，果実の低収性，低糖度，樹勢の衰弱及び花芽着生の悪化等の問題点は指摘されているにもかかわらず，その対応策に関する研究は数例にとどまっている<sup>8,13)</sup>。

広島県世羅町の番清農園では，熟期の促進に加え，自然災害の回避や労力の分散を主な狙いとし，1980年から0.4haの加温ハウスを導入し，1990年には3.2haに拡大して経営的に十分な果実生産を実現し，日本一の評価を得るまでに至った。

そこで，筆者らは，加温ハウス栽培体系の技術マニュアルの作成を主目的とし，優良事例である番清農園の加温ハウスと隣接する露地栽培について1989年から2か年にわたり環境条件，果実発育や樹体生育などを比較検討し，栽培環境の違いが‘幸水’の果実発育や樹体生育に与える影響，大果高糖果実の生産を支配する要因について解析を行った。

## 材料及び方法

### 1. 栽培方法及び施肥

番清農園(世羅町安田)の‘幸水’(*Pyrus serotina* Rehder, ニホンヤマナシ台)を調査樹とした。調査樹のうち，加温ハウス栽培ほ場(以下はハウス区と略記)及び露地栽培ほ場(以下は露地区と略記)から18年生の幸水をそれぞれ3樹選び1989年から1991年まで継続して各種調査を行った。なお，ハウス区では1987年から加温栽培を実施している。

加温ハウス施設は，間口7.0m，棟高2.3m，全高4.2mの連棟の鉄骨パイプのビニールハウスで屋根の谷間に自動巻き上げ装置(スカイローラ)を設置した。1989年には被覆は2月15日より7月25日まで，加温は2月15日から6月24日まで行い，1990年では，それぞれ2月22日～7月25日，3月3日～6月25日であった。ハウス内の温度の管理は，日中の気温が25°C以上になるとスカイローラが開き，夜間の気温は加温機(ネボンTC-610)により1989年では20°Cに，1990年では22°Cにそれぞれ調節した。ハウスでは春先の気象災害の回避が可能なので，果そう摘らい，2輪摘らい摘花を実施した。側枝の更新は，予備枝を全結果枝に配置し，2年を限度とした長果枝利用のせん定方法を用いた。

施肥は礼肥および元肥として，肉骨粉，トリビタミンA及び骨粉をそれぞれ180，210，63kg/10a与え，追肥として硫加31kg/10a与えた。また，この調査園では，毎年パーク堆肥を大量施用(30t/10a)している。

### 2. 栽培環境

ハウスおよび露地の棚下(地上170cm)の気温，湿度と地温(深さ15cm，25cm)及び土壌水分(深さ25cm)，日射強度を継続的に測定した。土壌水分は主幹基部より50cm，深

\* 甲山農業改良普及所(現 吉田農業改良普及所)

き25cmに設置したテンシオメーター(竹村電機製)で測定した。

### 3. 果実の発育と品質

各区に予め標識した18果について果実横径を満開後10日目頃から約1週間毎に測定した。また、1990年には、えき花芽に着生した平均的な果実を経時的に採取し、細胞径を測定した。細胞径の測定は5個の果実の赤道部を果芯から表皮に向かって放射線状に5ヶ所30個とした。なお、細胞層数は皮層部径を細胞径で除して求めた。

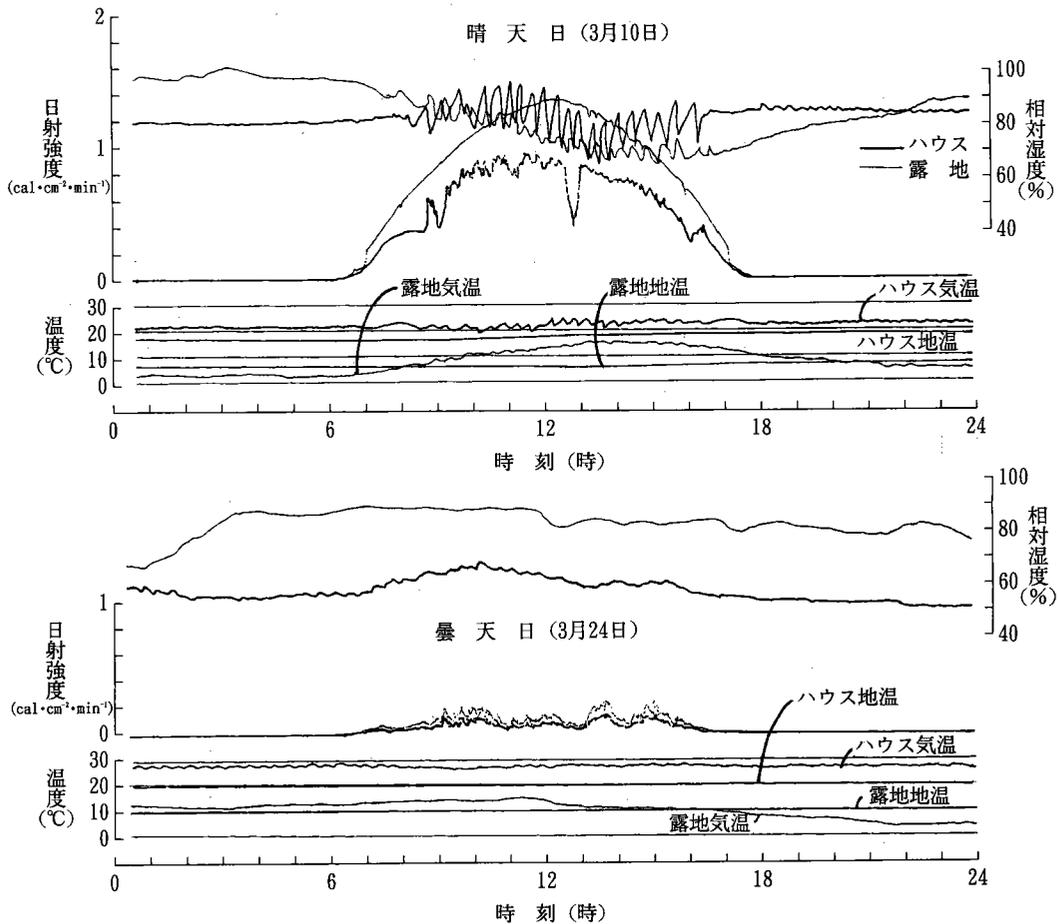
収穫果実について、果実横径、縦径、果重、糖度(屈折糖度計による)、酸度(pH)、果実硬度に加えて糖の定性定量を行った。糖の定性定量は各区9果を選び、それぞれ

30gの果肉を採取し、濾過した果汁を高速液体クロマトグラフィー(島津製作所、C-R2AX)で測定した。

### 4. 新梢の生長、葉色及び葉面積

新梢長と展葉数および結果母枝径は各区に予め標識した側枝の先端の発育枝18本を用い、約1週間毎に測定した。葉色は新梢調査枝の基部から第5、10、15葉を葉緑素計(MINOLTA, SPAD-502)で継続的に測定した。

個葉の面積は、1990年7月10日に、両区から平均的に葉の繁った地点を5ヶ所を選び、果そう葉、発育枝葉に分けて総葉数を数えた後、各地点の各10葉についてそれぞれ自動面積測定装置(林電工、AAC-400)で測定した。1葉当たりの平均葉面積に総葉数を乗じて総葉面積を算出



第1図 ハウス及び露地区における気温、地温、湿度、日射強度の日変化

し、葉面積指数(LAI)を求めた。

### 5. 葉の無機成分

葉の無機成分は、調査樹以外のハウス区及び露地区の結果母枝先端の発育枝の基部から、第5, 10, 15葉をそれぞれ10葉採取し、通風乾燥後、Nはセミケルダール法、Pはバナドモリブデン黄法、K, CaおよびMgは原子吸光法によって分析した。

### 6. 光合成速度及び炭酸ガス濃度

光合成速度は1991年5月23, 24日(満開後81日)にハウス区を1990年7月5日(満開後75日)に露地区の発育枝の基部から第5, 10, 15葉及び果そう葉を携帯式光合成蒸散測定装置(島津製作所, SPB-H3)で $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上の日射強度の時に測定し、同時に炭酸ガス濃度を計測した。

### 7. えき花芽着生率

1990年12月に予備枝から伸長した発育枝を、各区から20本選り調査した。

## 結 果

### 1. ハウス及び露地区の環境

#### 1) 気温, 地温の日変化および経時変化

##### (1) 気温

1990年の晴天日(3月10日)と曇天日(3月24日)の気温の日変化を第1図に示した。晴天日にはハウス区では昼間のスカイローラの開閉に伴い気温は $18^{\circ}\text{C}$ から $24^{\circ}\text{C}$ の範囲で変動したが曇天日には $26^{\circ}\text{C}$ から $28^{\circ}\text{C}$ と気温変動幅が更に小さく、夜間の平均気温は約 $21^{\circ}\text{C}$ に維持された。一方、露地区では晴天、曇天日とも最低気温が $3^{\circ}\text{C}$ で最高が約 $15^{\circ}\text{C}$ と著しく変動した。

第1表 ハウスおよび露地区における気温および地温の推移

( $^{\circ}\text{C}$ )

満開後の日数(日)		0	20	40	60	80	100	120
ハウス 暦 日		3.03	3.23	4.12	5.02	5.22	6.11	7.01
露 地 暦 日		4.20	5.10	5.30	6.19	7.09	7.29	8.18
平均 気 温 温 度 差	ハウス	18.6	18.1	21.4	23.4	25.3	23.9	21.6
	露 地	13.2	15.1	18.7	19.4	22.0	24.4	23.0
		5.3	3.0	2.7	4.0	3.3	-0.5	-1.4
夜 間 平 均 気 温 温 度 差	ハウス	18	18	22	23	25	23	19
	露 地	10	11	10	16	18	21	20
		8	7	12	7	7	2	-1
平均地温(土壌10cm深) 温 度 差	ハウス	15.5	16.5	19.0	21.0	22.4	22.8	22.0
	露 地	12.7	15.3	17.5	18.5	21.0	23.4	23.2
		2.8	1.2	1.5	2.5	1.4	-0.7	-1.2
平均地温(土壌25cm深) 温 度 差	ハウス	14.5	16.0	17.1	20.1	21.1	22.6	22.1
	露 地	12.1	14.8	15.8	17.4	20.3	22.8	22.7
		2.4	1.3	1.3	2.8	0.8	-0.2	-0.6

暦日前後の3日間の平均値(1989年)

気温は1989年についてみると満開後80日目までは、ハウス区が2.7°Cから5.3°C高く推移し、その後両区で大差なく、収穫期にはハウス区でむしろ1.4°C低かった(第1表)。特に夜間の平均気温はハウス区が18°C以上を維持し、露地区より7°C以上高かった。1990年のデータは示していないが、ハウス区で夜温が20°C以上と更に高く維持された以外はほぼ同様の傾向を示した。

(2)地温

地温の日変化をみると、ハウス区では、晴天日に16時頃に18°Cと最高値を示し、その後緩やかに低下し、曇天日ではほぼ直線的に上昇し20°Cに達しており、同時期の露地区に比べ約10°C高かった(第1図)。

地温は、1998年には被覆と同時に上昇し、露地区に比べ満開期で2.8°C高く、その後80日目までは1.2°C以上高く推移した(第1表)。1990年でも同様の傾向を示し、ハウス区で被覆9日後に加温を開始したため満開日では6.9°Cと露地区との差は更に大きかった。

2)湿度、日射強度及び炭酸ガス濃度の日変化

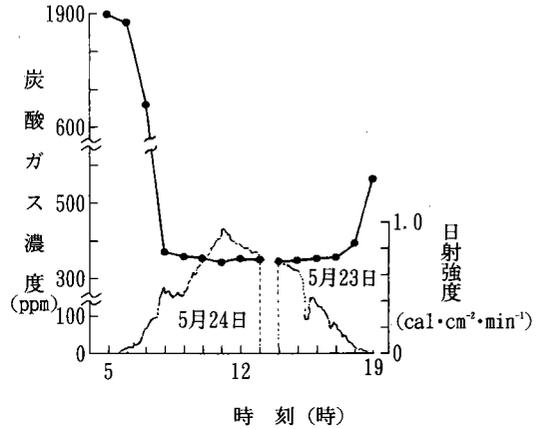
(1)温度

晴天日のハウス区では、昼間はスクイローラの開閉に伴い、温度は50%から90%の範囲で振幅したが、夜間では70%から75%とほぼ一定であった(第1図)。露地区では、3時頃に90%と最高値に達し、その後緩やかに低下し14時頃に45%の最低値を示した後、緩やかに上昇した。

曇天日のハウス区では10時頃最高値を示す緩やかな山形で、露地区ではハウス区より20%から25%高く推移した。

(2)日射強度

露地区の日平均日射強度は晴天日(3月12日)で1.4cal・cm<sup>-2</sup>・min<sup>-1</sup>、曇天日(3月24日)で0.1cal・cm<sup>-2</sup>・min<sup>-1</sup>と最高値を示し、ハウス区では露地区の約70%に低下した(第1図)。



第2図 ハウス内の炭酸ガス濃度及び日射強度の推移(1991年、5月23日、24日)

第2表 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の温度処理時期と生育相

	ビニール		加温		開		花		収		穫		
	開始	終了	開始	終了	始日	盛期	終期	期間	始日	盛期	終期	期間	
1989年	ハウス	2.15	7.25	2.15	6.24	2.28	3.03	3.13	14	(6.25)	(7.10)	(7.18)	(23) <sup>2</sup>
	露地					4.18	4.20	4.27	10	(8.20)	(8.29)	(9.07)	(18)
1990年	ハウス	2.22	7.25	3.03	6.25	3.08	3.14	3.18	10	(7.05)	(7.10)	(7.20)	(15)
	露地					4.13	4.20	4.26	15	(8.15)	(8.23)	(8.30)	(15)

<sup>2</sup>( )内は調査樹を含め園地全体

## (3)炭酸ガス濃度

ハウス内の炭酸ガス濃度の1例(1991年5月23日の14時から19時および同年5月24日の5時から13時)を第2図に示した。炭酸ガス濃度は日の出前(午前5時)には1900ppmと最も高く、7時半頃までは1600ppm以上の高い値を示したがその後スカイローラが開き外気の流入に伴い急激に低下し、8時以降はほぼ350ppmで推移した。16時過ぎにスカイローラが閉まると、炭酸ガス濃度は再び上昇し19時には561ppmに達した。

## 2. ハウス及び露地区の果実発育と樹体生育

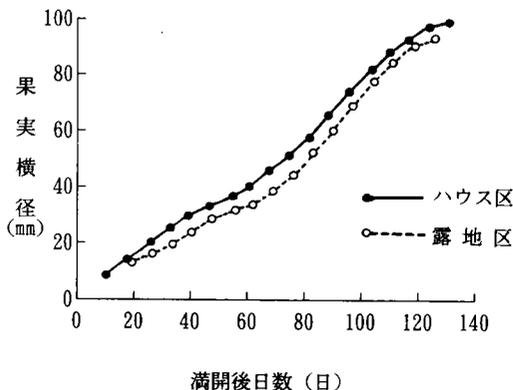
## 1) 生育相

ハウス及び露地区の生育相を第2表に示した。1989年にはハウス区の開花盛期は3月3日、収穫盛期は7月15日で露地区よりそれぞれ48日、45日早く、1990年ではそれぞれ3月14日、7月13日で、35日、39日早かった。一方、開花期間は10日から15日で、ハウス、露地区で一定の傾向はみられず、年次によって変動し、収穫期間も両区で大差なかったが1989年の13~15日に対し、1990年は5日と年次によって異なった。

なお、ハウス区で花卉の未発達や離脱の悪化などが観察され、花器の不充実とみられる子房の欠落した果実、ていあ部が凸状の有てい果が多かった。

## 2) 果実の発育

1989年の果実横径の肥大を第3図に示した。果実横径は満開後20日目にはすでにハウス区で露地区より大きく、その後もハウス区の方が常に大きく推移した。肥大速度はハウス区で満開後0~40日までと50~65日頃やや高く、その後は両区ともほぼ同一の速度で肥大した。1990年に



第3図 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の果実肥大の推移(1989年)

もほぼ同様の傾向を示したが、ハウスおよび露地区とも肥大速度がより早く収穫までの期間が短かった。なお、1989年の満開日から成熟日までの日数はハウス区で134日(7月15日)、露地区で131日(8月29日)、1990年ではそれぞれ118日、120日とほぼ等しかった。

細胞径はハウス区の方が露地区よりも常に大きく、肥大と共に増大を続けた(第4図)。なお、細胞分裂の停止した40日目の1果当たりの皮層の平均細胞層数は、露地区の140に対し、ハウス区で153と多かった。

## 3) 新梢と展葉数

新梢長はハウス区でより早期から増大し続け満開後54日目に停止したのに対し、露地区では満開後0~10日、20~40日に新梢伸長の停滞期がみられ、新梢伸長停止期は75日目であった(第5図)。なお、伸長停止期の平均新梢長は、ハウス区57.2cm、露地区58.3cmでほぼ等しかった。1新梢当たりの展葉数はハウス区でより早期から増加し、最終葉数はハウス区、露地区でそれぞれ15.7、19.2であった。1990年においてもほぼ同様の傾向を示した。

## 4) 側枝径

側枝径は1989年ではハウス、露地区とも満開後60日目まではほぼ同様な肥大経過を示したが、その後は露地区で常にやや高かった(第5図)。また、1990年では140日目で露地区の肥大率が132とハウス区の121を上回った。

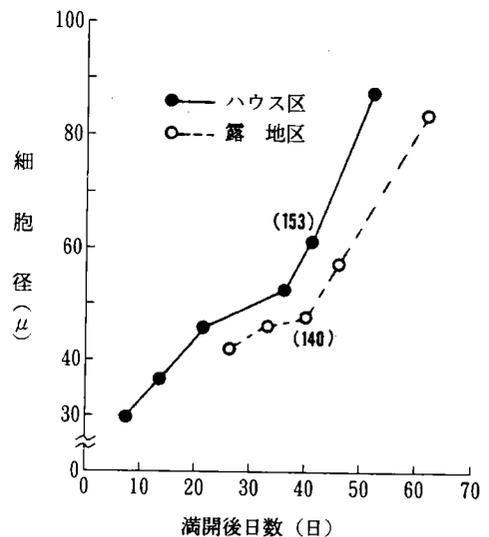
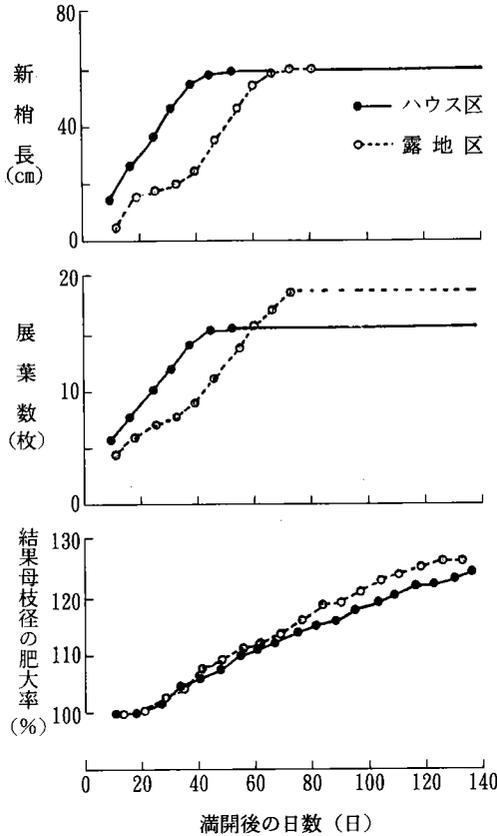


図4 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の細胞肥大の推移(1990年)  
( )内は皮層部の細胞層数を示した



第5図 ハウス及び露地区におけるナシ '幸水' の満開後の樹体生育の推移(1989年)  
側枝径は満開後10日目を100とした相対値で示した

5) 葉面積

1990年の収穫後のハウス区の発育枝葉, 短果枝葉の1葉当たりの平均葉面積は, それぞれ100.0cm<sup>2</sup>, 83.3cm<sup>2</sup>で, 露地区に比較してそれぞれ1.93倍, 1.72倍と大きかった。1989年の発育枝葉も88.7cm<sup>2</sup>で1.40倍と大きかった。また, LAIはハウス区が2.85, 露地区が2.03でハウス区が高い値を示した(第3表)。

6) 葉色

満開後の葉位別の葉色の変化を第6図に示した。ハウス区では露地区に比べ基部から第5及び10葉では満開80日目まで, 第15葉では生育期間中常にそれぞれ高い値を示した。この差異は展葉直後に大きく, 葉令の進行につれて減少した。

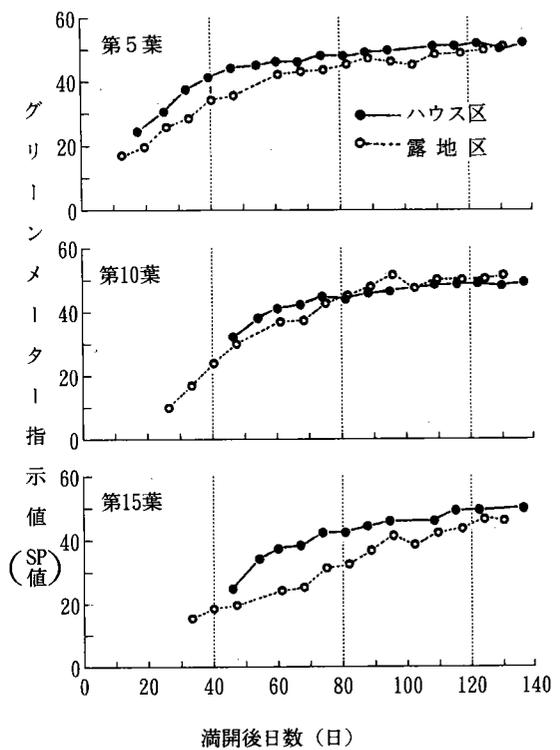
7) 葉の無機成分含有率

無機成分含有率は年次間でほぼ同様の傾向を示した。

第3表 ハウス及び露地区におけるナシ '幸水' の葉面積及び葉面積指数

	葉面積 <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )		葉面積数
	発育枝	短果枝	
ハウス	100.0	83.3	2.85
露地	51.7	48.3	2.03

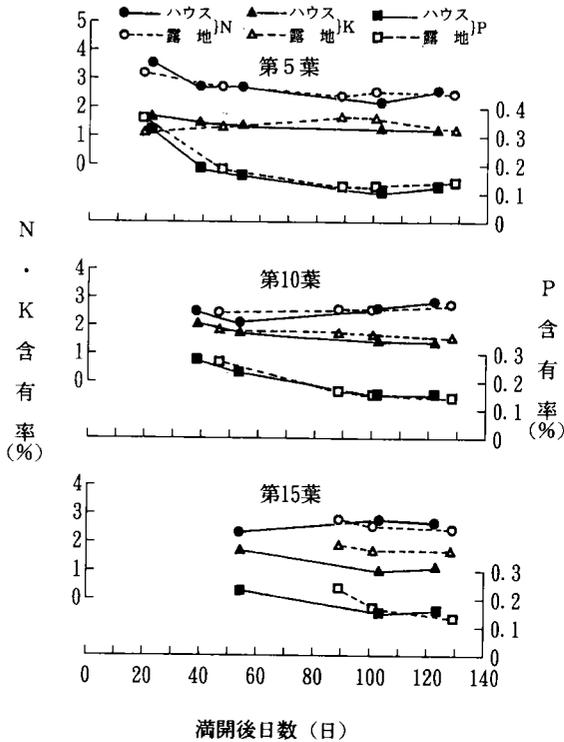
<sup>2</sup>1葉当たり



第6図 ハウス及び露地区におけるナシ '幸水' の満開後の葉色の推移 (1989年)

窒素(N)及びカリウム(K)は各葉位とも収穫期までほぼ一定の値で推移し, 燐酸(P)は生育初期に高く, 収穫期に向い低下する傾向を示した(第7-1図)。マグネシウム(Mg)は第5葉で生育初期に一時高い値を示した以外は各葉位葉とも生育に伴う変動は小さかった。カルシウム(Ca)は他の無機成分とは逆に生育が進むにしたがって上昇する傾向を示した(第7-2図)。

ハウス、露地区間で比較すると、N, P, Kでは葉位にかかわらず区間差が小さかったのに対して、Mg, Caでは上位葉ほどハウス区の方が高かった。



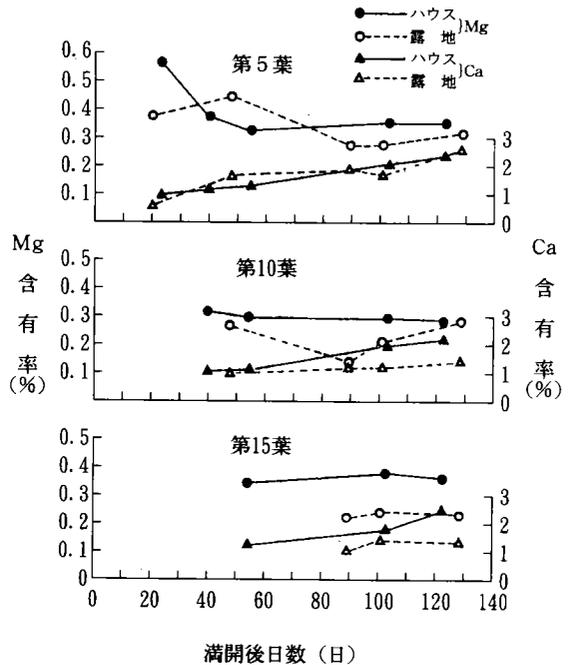
第7-1図 ハウス及び露地区における‘幸水’の各葉位の満開後のN, P及びK含有率の推移 (1989年)

8) 光合成速度

果そう葉の見かけの光合成速度はハウス区が露地区をやや上回り、発育枝では $21.4 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ と果そう葉より高く、ハウス、露地区間で差異は認められなかった(第4表)。

9) えき花芽着生率

ハウス区の発育枝1本当たりのえき花芽数は7.5と少なく、花芽着生率も約43%と露地区を下回った(第5表)。



第7-2図 ハウス及び露地区における‘幸水’の各葉位の満開後の各葉位のMg及びCa含有率の推移 (1989年)

第4表 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の葉のみかけ光合成速度

( $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )

	果そう葉	発育枝葉
ハウス	18.4	21.4
露地	16.6	21.4

光量子量が $1000 \mu \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上の時の個葉の平均値を示した。

第5表 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の発育枝のえき花芽形成率

	総芽数 <sup>2</sup>	花芽数 <sup>2</sup>	えき花芽形成率
ハウス	17.4	7.5	43.1
露地	24.4	16.1	65.9

<sup>2</sup> 発育枝1本当たり

### 3. 果実形質

収穫果実の形質を第6表に示した。平均1果重は両年ともハウス区で露地区より大きく、特に1989年にはハウス区で501gと露地区より76g大きかった。果形は、ハウス区で114.5とやや腰高であった。糖度は1989年にはハウス区で12.8%と、露地区の12.3%よりやや高かったが、酸度及び硬度で一定の区間差が認められなかった。1990

年もほぼ同様の傾向を示したが糖度は逆にハウス区でやや低かった。

糖組成はハウス区では果糖が44.5%と最も多く、ついでショ糖、ブドウ糖、ソルビトールの順であり、露地区とは大差なかった(第7表)。1990年は、1989年と組成が異なり、ハウス区では露地区に比較して果糖の割合が高く、ショ糖の割合が低かった。

第6表 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の果実形質

		一果重 (g)	糖度 (Brix %)	酸度 (pH)	硬度 (lbs)	果形 (横径×100/縦径)
1989年	ハウス	5.1	12.8	5.03	5.20	114.5
	露地 <sup>2</sup>	425	12.3	4.92	5.01	123.3
1990年	ハウス	455	12.1	5.43	4.74	116.3
	露地 <sup>2</sup>	428	12.3	5.27	5.21	122.5

<sup>2</sup>ジベレリン処理を行った

第7表 ハウス及び露地区におけるナシ‘幸水’の糖組成

		全糖 (%)	糖 組 織			
			ブドウ糖	果糖	ソルビート	ショ糖
1989年	ハウス	11.4	14.8	44.5	14.5	26.2
	露地 <sup>2</sup>	111.3	12.8	48.5	14.2	24.5
1990年	ハウス	8.9	14.7	51.6	10.7	23.0
	露地 <sup>2</sup>	10.6	9.7	38.0	15.5	36.8

<sup>2</sup>ジベレリン処理を行った

### 考 察

日本ナシの施設(被覆)栽培は、他の果樹と比べ、収量、果実糖度の点で不利とされている<sup>9)</sup>。しかし、調査園のナシ‘幸水’の加温ハウス栽培では、果実収量は約4t/10aと露地と同等で、平均1果重は露地の106~118%と大果で

あり、糖度も12度以上で露地と同等もしくはそれを上回る品質を実現した。この調査結果はナシの施設栽培が果実の品質向上を図る上で有効であることを示唆している。

ハウス栽培によって、開花期間、果実肥大期間、収穫期間の変動は小さかったが、それぞれの生育ステージが大幅に早まった。このことはハウス栽培条件下では各期

間の長さは変動せず、その時期が開花、果実肥大の時期が平衡して早まることを示している。

平田ら<sup>9)</sup>は‘幸水’を用いて、開花から30日間、昼温、夜温を変えて幼果の発育を調査し、昼高温区に比べて夜高温区の方が優れたと報告している。また‘二十世紀’で夜温の高い方が果実肥大を促進する上で有利であるという報告もある<sup>2)</sup>。

調査園のハウス区では、満開後30日間に平均気温はやや上昇したのにとどまったのに対し、夜温は1989年、1990年にそれぞれ18~22°C、20~26°Cと露地区よりも約7°C高かった。このことから、夜温が高いことがハウス区で幼果期の果実肥大を促進した一因と考えられる。また、細胞分裂の停止した満開後40日目の果実ではハウス区の方が露地区よりも細胞層数が多く、細胞径も大きかった(第5図)。

これらの結果から、ハウス区では気温とくに夜温が高いため細胞分裂と細胞肥大の両者が促進され、その結果果実肥大が良好に行われたと推定される。

幼果期の高温処理後常温に戻しても、最終果実は常温区より大きいことが報告されている。この実験結果から推察すると、幼果期までに果実の最終的なサイズは決定されると考えられる。

露地区では気温の低下によって新梢の伸長が一時的に停滞した一方、ハウス区では順調に伸長し、しかも葉の展開を盛んに行った(第4図)。このことが、新梢の伸長停止期を早めたと考えられる。

ハウス区では果そう葉、発育枝葉とも1葉当たりの葉面積は露地区よりはるかに大きい(第3表)ため、葉数が少ないにもかかわらずLAIが大きかった。この結果は、山本<sup>13)</sup>、内野<sup>11)</sup>らの報告と一致している。しかし、ハウス区でのLAIは2.85と過繁茂状態ではなく、弦間ら<sup>3)</sup>の報告と異なっている。平田ら<sup>9)</sup>によると、‘二十世紀’では葉は発芽25日後には、ほぼ成葉化し、約16mgCO<sub>2</sub>・dm<sup>-2</sup>・h<sup>-1</sup>の光合成速度を示すという。

ハウス条件下では成葉化が早まり、そのため、葉の光合成能も早期から高く維持されたと考えられる。

光合成能は、ハウス区が露地区に比べて果そう葉でやや高かったが、発育枝葉では等しい値を示した(第4表)。この実験結果は、ハウス栽培下でナシ個葉の光合成速度が著しく低下するという弦間ら<sup>3)</sup>の報告と異なっている。

以上の結果から、ハウス条件下での光合成能の変動は小さく、葉面積の拡大によって個体としての光合成能は向上したと推定される。

山田<sup>12)</sup>は堆肥施用が炭酸ガス供給源として大きな効果があると報告している。本研究において調査園では炭酸

ガス濃度が最高約1900ppmまで高まった(第2図)。この理由はビニールハウスの被覆効果に加え、連年のパーク堆肥の多量施用が挙げられる。炭酸ガス濃度が高くなると植物葉の光合成速度が上昇する。例えば、鴨田<sup>4)</sup>は幸水において炭酸ガス濃度を360ppmから1000ppmに上げると光合成速度が1.5倍に高まることを報告している。調査園のハウス区では、少なくとも早朝と夕方に炭酸ガス濃度が高まっており、これと平衡して光合成能が上昇したものと考えられる。しかし、温度調節のためスカイローラが開くと炭酸ガス濃度が低下する。それ故、気温を一定に調整しつつ、炭酸ガス濃度を高く維持し、光合成能を向上させる技術開発が今後の課題である。

小豆沢<sup>1)</sup>はブドウ、デラウェアの作型の中で、加温開始時期が早いほど、生育期間中の窒素含有率や、成熟期のMgやCaの含有率が低下することを観察し、この低下の要因の一つに生育初期の地温が低いことを挙げている。調査園のハウス区では展葉速度が早いにもかかわらず、葉の無機成分の含有率は、露地区と同程度もしくはより高い値を示した(第7図)。特に、Mg、Ca含有率が生育時期にかかわらずハウス区で高まることが注目される。葉色はハウス区が露地区より濃く、この傾向は第15葉で特に明瞭であり(第6図)、この一因はMg、Ca含有率が高いためと考えられる。ハウス区では被覆および加温によって地温が上昇し、満開日には露地区に比べ1989年では2.4°C、1990年では6.9°Cも高く、そのため、根の生長が活発に行われたものと推察される。

以上の結果から、ハウス条件下では気温特に地温が高いため根の生長が旺盛で、生育の早い時期から無機成分の吸収及び移行がスムーズに行われ地上部の無機栄養状態が良好に保たれたものと推定される。

以上の結果を総合すると、ハウス条件下では気度や地温の上昇によって、細胞分裂期までに大果となる素質を確保すると共に葉面積を早期に拡大し、光合成能を高く維持し、最終的に大果の生産を可能にしたものと推察される。なお、果実肥大の促進に対しては根からの無機栄養分の供給の増大や、炭酸ガス濃度の上昇もその一因と考えられる。

1989年には糖の組成に対するハウス栽培の影響はみられなかった。しかし1990年にはハウス区で果糖の全糖中に占める割合が高く、ショ糖の割合が低く(第7表)、このため、さわやかな甘味を生じたものと考えられる。内野ら<sup>11)</sup>は、ハウス栽培と露地栽培とではソルビトールおよびブドウ糖の蓄積パターンが異なると報告している。このことは、環境条件が果実の品質に影響を与えることを示している。すなわち、環境制御によって果実における

糖、有機酸などの集積状態を調節し、果実の品質、食味の向上を図ることが可能であると考えられ、これらの検討は今後の重要な課題である。

広田<sup>9)</sup>はハウス栽培下における‘幸水’では、被覆後2年目及び4年目には小玉となり減収するいわゆる隔年結果を引き起こし、従来の慣行栽培で除去した長大なえき花芽着生枝の利用によって解決しようすることを報告している。一方、調査園では全結果枝に予備枝を配置し、側枝の早期更新や長果枝利用を図り安定生産を保っている。しかし、予備枝から伸長した発育枝の花芽着生率が低下しており、さらにハウス区では結果母枝径の肥大率が1990年には露地区より劣る傾向がみられた。この現象は果実と枝間で養分に対する競合が起こり、その結果、果枝の貯蔵養分が減少したため花器の発育が抑制されたことを示唆している。また、調査園では、早期に加温したハウスほど花卉が小さく、花器の不充実や、収穫果実の不揃いなどの問題があり、このことは今後の検討課題である。

## 摘 要

番清農園(世羅郡世羅町安田)では、ナシ‘幸水’の加温ハウス栽培で、大果で糖度の高い果実生産を実現している。そこで、1989および1990年の両年にわたって、加温ハウス及び露地栽培における諸環境要因、果実の発育経過、樹体の生育状態及び果実の品質等を比較調査し、ハウス栽培下における高形質果実の生産を支配する要因を解析した。

1. 両年とも、満開後80日間では平均気温、地温はハウス区の方が露地区より2.7°C、夜温も7°C以上高く、ハウス区では夜温が全生育期を通じて18°C以上に維持された。
2. 満開から果実収穫盛期までの日数はハウス、露地区間で大差なく、年次間で変動し、1989、1990年でそれぞれ約130日、120日であり、収穫期間もほぼ同様の傾向を示した。しかし、果実収穫開始期はハウス区で1989年、1990年にそれぞれ47、39日と大幅に早まった。
3. 新梢伸長速度はハウス区が露地区に比べ、生育初期に高く、発芽から停止期までの期間が20日短縮された。しかし、最終的な新梢長はほぼ等しかった。
4. 展葉速度はハウス区が早かったが、最終展葉数はハウス区で約15で露地より数枚少なかった。しかし新梢伸長停止後のLAIはハウス区で2.85と露地区より大きく、これは主に果そう葉及び発育枝葉の葉面積が大きいためであった。
5. 葉色は全般にハウス区が露地区より高く経過した。葉の無機成分含有率はN及びPでは葉位、生育時期にかか

わらず区間で大差なかったが、CaおよびMgではハウス区の方が明らかに高かった。

6. 個葉の見かけの光合性能は発育枝葉が約21mgCO<sub>2</sub>・dm<sup>-2</sup>・h<sup>-1</sup>と果そう葉より高く、区間で大差なかった。なお、ハウス内の二酸化炭素濃度は最高1900ppmを記録し、これはパーク堆肥の多量施用と被覆によると推察される。
7. ハウス区では果実の肥大速度が高く、特に初期肥大が著しく、平均1果重は1989年、1990年にそれぞれ501g、455gと大果であった。これは細胞径と細胞数の両者の増大によった。果実糖度(Brix%)はハウス区で12度以上で露地区と同程度もしくはそれをやや上回ったが、糖組成は区間で一定の傾向は示さず、年次により変動した。

## 謝 辞

本調査を行うに当たり、農園主の番清智氏には、調査ほ場の提供並びに有益な助言をいただいた。また、甲山農業改良普及所の森賀保行所長をはじめ所員の方々の協力を賜った。ここに記して、深謝の意を表する。

また、本稿をまとめるにあたり、懇篤なる御教示とご校閲を賜った、広島大学生物生産学教授、藤田耕之輔先生に心より感謝の意を表する。

## 引 用 文 献

- 1) 小豆沢 斉 1990. ブドウの加温栽培における樹勢衰弱防止技術. 近畿中国・四国地域果樹研究会資料. P. 76-77.
- 2) 遠藤融郎 1973. 和梨果実の日肥大周期に関する研究. 広島果試特研報1: 1-122.
- 3) 弦間 洋・前田千穂・内野浩二・大友忠三 1991. ニホンナシ‘幸水’の加温栽培における生理生態的特性について. 園学雑60別1: 88-89.
- 4) 鴨田福也 1987. I 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: 1-13.
- 5) 平田尚美・林 真二・犬伏芳樹・田辺賢二 1973. 光合成と果樹の生産性に関する研究(第2報) ナシ樹の光合成とそれに及ぼす肥料3要素、着果の影響. 園学要旨. 昭48秋: 20-21.
- 6) 平田尚美・赤山喜一郎・高橋英吉・平塚 伸・新山敏昭 1983. 日本ナシの果実発育と温度環境に関する研究(第3報) 幼果期における昼夜温度変化と幸水果実の発育特性. 園学要旨. 昭58春: 142-143.
- 7) 広田隆一郎 1971. エスレルによるナシの熟期促進. 農及園. 46(7): 1033-1038.

8) 広田隆一郎・高田弘生・坂本英則 1983. 日本ナシのビニールトンネル被覆栽培に関する研究(第1報)ビニールトンネル栽培による二十世紀の熟期促進. 佐賀果試研報 8 : 43-52.

9) 広田隆一郎 1987. III 落葉果樹の施設栽培における問題点, 園芸学会シンポジウム講演要旨, 昭62秋 : 13-21.

10) 渋谷久治・服部吉男 1982. 幸水ナシの簡易被覆栽培に関する研究(第1報)被覆開始時期と熟期促進剤の利用. 園学要旨, 昭57秋 : 62-63.

11) 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(3) : 499-506.

12) 山田芳雄・池田元輝・山川武夫 1979. 作物生産における土壌肥沃土の評価に関する研究. 村山登編, P. 47.

13) 山本正幸 1986. ハウス栽培ニホンナシの生理生態反応特性. 果樹課題別研究会資料, 農林水産省果樹試験場編集, P. 40-47.

## Physiological Characteristics of Vegetative and Fruit Growth of Japanese Pear cv. Kosui Under Warm Greenhouse Conditions

Junki ITO, Masamiti MIYOSHI, Shunji IMAI, Shigeko FURUI and Tamio FUJIWARA

### Summary

Vegetative and fruit growth, and mineral contents and photosynthetic activity of leaf in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder cv. Kosui) under warm greenhouse conditions were compared with that grown under the open field conditions at Bankiyo farm (Yasuda Sera-cho Sera district). The trees under the greenhouse conditions was considered as treatments and those under the open field as control. The factors controlling higher fruit yield and quality under the greenhouse conditions were analyzed.

1. The average air and soil temperatures for 80 days after full blooming were 2.7°C higher under the greenhouse than the open field conditions. During the same period, the average night temperature under the greenhouse was above 18°C, roughly 7°C higher than that under the open field.

2. The days from full blooming to the full harvesting stage varied between years, about 130, 120 in 1989, 1990, respectively. However, it was not affected by the treatment. Almost similar tendency was observed for the duration of fruit harvest. Whereas, the first harvesting time under the greenhouse conditions was 47 and 39 days faster than that of the open field in 1989 and 1990, respectively.

3. The length of duration from budbreak to termination of newly shoot elongation was 20 days shorter under the greenhouse than the open field conditions, however, no significant difference in the length of the newly formed shoot was observed.

4. Under the greenhouse conditions, the leafing rate was higher but the number of newly developed leaves was fewer. The leaf area index (LAI) at the end of shoot elongation was 2.85 under the greenhouse conditions. The higher LAI was mainly due to larger average leaf area of shoot and spurs leaves.

5. The treated trees had darker green leaves, and higher contents of Mg and Ca in leaves, regardless of leaf positions and growth stages, however N and P contents were not affected by the treatment.

6. The apparent photosynthetic rate of shoot leaf was about  $21 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  and higher than that of spur leaf. This trend was not altered by the treatment. The highest CO<sub>2</sub> concentration under the greenhouse was 1900 ppm. This higher CO<sub>2</sub> concentration may be caused by the application of abundant amount of bark manure and the lower air circulation caused by covering with polyvinyl chloride film.

7. Fruits on the treated trees had higher growth rate, especially at the young fruit growth. It had larger average fruit weight such as 501 and 455 g in 1989 and 1990, respectively, mainly due to increases in cell number and size. The fruit sugar concentration of the treated trees was the same or higher (above 12° of brix) than that of the control. Sugar composition of fruit differed between the years but was not affected by the treatment.

**Key words :** Japanese pear cv. Kosui, greenhouse conditions, fruit growth, shoot elongation