

## 和ナシ果実の日肥大周期に関する研究第6報

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	遠藤, 融郎
巻/号	44巻3号
掲載ページ	p. 248-259
発行年月	1975年12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



## 和ナシ果実の日肥大周期に関する研究(第6報)

果径の日肥大周期と土壌湿度との関係

遠 藤 融 郎

(広島県果樹試験場)

Studies on the Daily Change of Fruit Size of the Japanese Pear  
VI. Diurnal Fluctuation of Fruit Diameter as affected by Soil Moisture.

Michirō ENDŌ

*Fruit Tree Experiment Station of Hiroshima Prefecture, Toyota, Hiroshima.*

### Summary

This paper deals with the influence of irrigation on diurnal fluctuation of fruit diameter, size and quality of harvested fruit of the Nijusseiki pear. Moreover, the effects of bagging combined with irrigation on fruit growth behavior was studied.

The results obtained are summarized as follows :

1) Under dry and high temperature condition in late August, when the proper amount of water, 90 l per tree, was supplied every day, the contraction of fruit diameter in the daytime was remarkably reduced, however, the daily growth and the amplitude of fluctuation in fruit size were hardly affected. Excessive irrigation (360 l per tree) resulted in severe daily contraction as compared with that of non-irrigated fruits or controls, and a remarkable decrease in daily growth and reduction of the amplitude of fluctuation.

2) Continuous measurement on daily change of fruit size after irrigation in late August revealed that the growth of fruit was advanced to large extent on the night following the irrigation. After that, however, it decreased to the same rate as that of controls, and consequently little difference in cumulative growth increment during the three days was obtained between irrigated and non-irrigated plots.

When treated with excessive irrigation, the fruit showed no contraction but remarkable enlargement in the daytime immediately after the irrigation. After the next day, however, extreme contraction occurred, and the nocturnal enlargement amounted to only enough to recover from the daily contraction, and thus total growth was inferior to that for other treatments.

3) In case of suitable water supply, the size, appearance, and quality of fruit were most desirable, though fruit maturation was delayed a little. Size and appearance for non-irrigated fruit were poorer and free acid content was higher than for irrigated fruit.

Excessively irrigated trees produced fruits of intermediate size with the lowest soluble solid content, and often displaying a disordered peel with an uneven rough surface which is usually called "yuzuhada".

4) In general, daily irrigation time had little influence on diurnal fluctuation in fruit diameter. Growth rate of fruit, however, was slightly higher in the twice (morning and evening) irrigated trees, which was followed by trees with one time (evening or morning) irrigation.

5) Harvested fruit size was largest for the twice irrigated plot and smallest for the morning irrigated one, while soluble solid content was highest in the latter and lowest in the former. Free acid content was remarkably higher for the non-irrigated plot as compared with the irrigated plots, among which little difference was displayed.

6) As for the effect of irrigation together with fruit bagging on diurnal fluctuation of fruit diameter, from late June to early July the contraction in the daytime was considerably increased by irrigation and the fruit growth was also increased by five to six percent regardless of bagging.

In late August, contraction became smaller with bagging, and this tendency was much more emphasized by irrigation. The bagged fruit showed small variation in the degree of diurnal fluctuation between the irrigated and non-irrigated plots. On the other hand, the daily growth of unbagged fruit was greatly accelerated by irrigation, and consequently their cumulative increment in three days was threefold as great as that for non-irrigated ones.

Fruit temperature rose excessively in the non-irrigated and non-bagged plot in the daytime of this hot season, especially for the fruits exposed to sunlight.

7) Observing the pattern of diurnal fluctuation in fruit diameter at the middle of September, the fruit developing stage was set back by irrigation. Thus, as the result, the maturation of non-bagged fruit was earliest for the non-irrigated plot.

## 緒言

土壌湿度が果径変化に著しい影響を及ぼすことについては、種々の果樹類に関し幾多の報告(5, 11, 12, 17, 20, 22, 23, 29)があり、いずれも樹体内の含水率や水分不足を示す指標として調査されている。

Bartholomew(2, 3) はレモンについて、発育中の果実の昼間における収縮現象は、土壌水分や気象変化によって生ずる葉の含水率の変化に伴って、果実中の水分が葉に移行するために起こるもので、これは樹体の水分変化を示す精度の高い指標となることを指摘している。その後、Taylorら(29)は、レモンについて日肥大周期をかん水の指標として用いることを試みている。また、林(12)は、二十世紀ナシについて、果実の昼夜別肥大量をもとに、果実発育期間中における土壌の乾湿の著しい変化が、ユズハダ果の発生を促すことを明らかにしている。小林ら(20)は、土壌湿度の低い区では、ブドウ果粒の横径の日変化が著しいことを報じている。

本報告は、和ナシにおける果径の日肥大周期を、栽培管理の指標に利用する可能性を見出すことを目的の一つとし、かん水が果径の日肥大周期および果実の形質に及ぼす影響について調査し、さらに被袋の有無によるその影響の相違を観察した成績である。

### I. かん水量と日肥大周期との関係

#### 実験材料および方法

1967年、二十世紀ナシの9年生慣行管理樹につき、果実の発育後半期において、かん水が果径の日肥大周期に及ぼす影響を調査した。

果樹園は丘陵中部に位置し、花崗岩残積砂壤土から成る幅およそ30mの機械開墾による階段園で、深耕は植付けに際して植穴部(1m<sup>2</sup>×0.9m)だけ行ない、その後は外延的に年次計画に従って数年間継続した。果樹園

の土壌は、最大容水量37.3%、初期いちょう点約5.8%である。その他の理化学性は、すでに報告(32, 33)されている。

処理区は、適量かん水区(毎回1樹当たり90lのかん水)、および過量かん水区(1樹当たり360lのかん水)を設け、無かん水区と比較した。処理は6月29日に開始し、7月上旬は2日おき、7月中旬～8月は毎日1回、9月上旬は1日おき、9月中旬以降は再び2日おきにかん水した。土壌水分の変化は、主幹より2m内外(樹冠外周より内側)離れた位置に設置したテンシオメーターで、地表下30cmの水分を水銀柱示度により観測した。自然気象条件下の樹園地であり、したがって、降雨日およびその直後は処理を中止し、降雨後に水銀柱で20cm(供試土壌で容水量のほぼ50%)を示した時からかん水を始めた。なお、敷わらは、処理開始期より成熟期まで無かん水区に限り除去した。その他の調査方法は第1報(8)および第2報(9)で述べたとおりである。

## 実験結果

### 1. 果実の日肥大周期型と肥大

高温乾燥期における主要な日肥大周期と関連要因は第1図に示した。

図aで明らかなように、干天が続き空気の乾燥した8月23日の日肥大周期をみると、適量かん水により昼間の収縮は著しく抑えられたが、日振幅量および肥大量の相違はごくわずかであった。過量かん水区では、昼間の収縮が無かん水区よりも大きく、夜間の肥大は著しく劣り、日振幅量も最小であった。

毎回午前8時前後にかん水を行なったためか、かん水区の収縮開始時刻は無かん水区に比べて遅れた。適量かん水区では無かん水区との間に著しい相違はみられなかったが、過量かん水区では著しく遅延し、すなわち午後

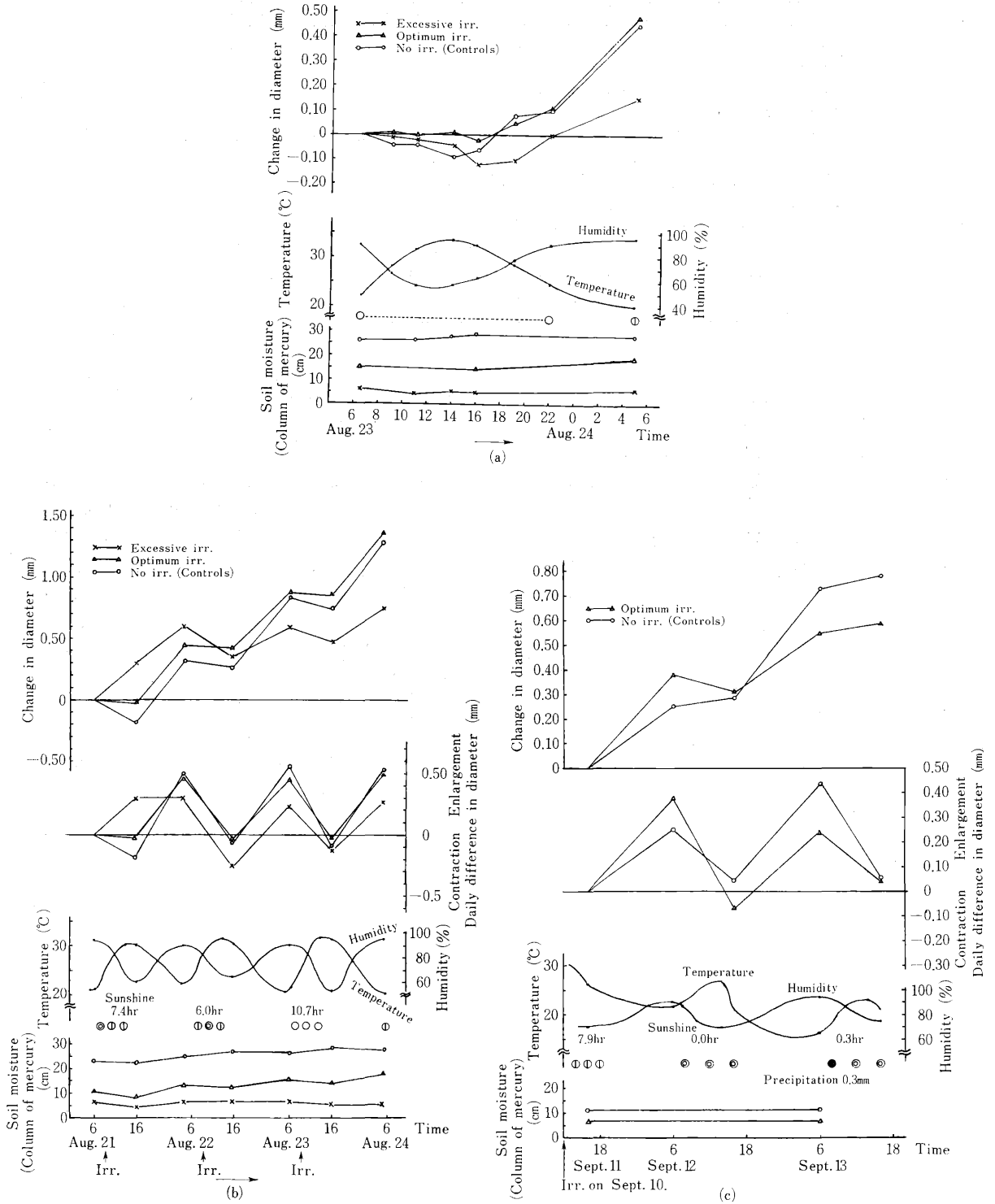


Fig. 1. Effect of irrigation on diurnal fluctuations in transverse diameter of Nijusseki pear fruit under several environmental conditions (1967). (Fig. 1 a~c)

から収縮し始め、日没後もなお肥大は停滞し、肥大最盛時刻も遅れた。

8月21日から24日にわたり果径の日変化を連続的にみると（第1図，b），かん水による肥大の促進は、降雨後次第に乾燥が進み再びかん水を開始した日の夜間に著しく（8月17日午後および20日午後の夕立で合計7mmの降雨があり、18日は曇天で乾燥が進まなかったため、その間かん水していない）、その後は無かん水区と大差がなかった。過量かん水区では、かん水再開日には収縮せず、昼夜を通して著しく肥大したが、翌日以降は収縮が大きくなった。しかし、肥大量はその後数日続いて劣り、その間、果径の日振幅はその日の収縮量を夜間に回復するだけで、実際にはほとんど肥大せず、したがって累加肥大量はわずかであった。8月21～23日のかん水時の土壌水分は、無かん水区で容水量の37～29%（土壌水分率で13.8～11.4%）、適量かん水区で58～51%（21.6～19.0%）、過量かん水区では68～66%（25.4～24.6%）であった。

つぎに、初秋の9月11～13日における、かん水の日肥大周期に及ぼす影響をみると（第1図，c），無かん水区では果実は収縮せず絶えず肥大を続けたが、かん水区ではかん水日の肥大が大きく、それに伴う昼間の収縮は

曇天日でも認められた。

以上の結果を連続的な肥大消長としてみると、第1表のとおりで、8月21日までは適量かん水区と無かん水区との間に累積的な果径の伸びの優劣はほとんどなく、その後に無かん水区の肥大が緩慢となった。また、過量かん水区は過湿のためか、処理開始以後8月下旬ごろまで肥大が劣ったが、その後の肥大が目立ち、収穫期に近づいても肥大を続けた。

## 2. 収穫果の品質

供試樹の全収穫果について調査した結果は第2表に示した。すなわち、適量かん水区の果実は、大きさ、糖度（検糖計示度）、外観のいずれもすぐれ、無かん水区の果実は酸度が高く、糖度がわずかに低く、かつ、ユズハダ果が多少発生した。過量かん水区の果実は、肥大は中位であったがユズハダ果を多く生じ、糖度は最も低かった。

## II. かん水時刻と日肥大周期との関係

### 実験材料および方法

1968年、二十世紀ナシの10年生慣行管理樹を供試した。本実験年は、8月初旬まで多雨であったため、土壌容水量が50%以下になるのを待って8月20日に処理

Table 1. Development of transverse diameter in Nijusseiki pear fruit as influenced by irrigation. (1967)

Treatment	Fruit diameter (mm)		Growth increment (mm) within the period of					Cumulative growth increment during the treatment	
	June 29	Sept. 22	June 29 } July 3	July 3 } Aug. 21	Aug. 21 } Aug. 24	Aug. 24 } Sept. 12	Sept. 12 } Sept. 22	(mm)	(%)*
No irrigation (Controls)	33.97 (100.0)	83.68 (100.0)	2.87 (100.0)	35.91 (100.0)	1.24 (100.0)	7.43 (100.0)	2.26 (100.0)	49.71 (100.0)	59.4 (100.0)
Optimum irr.	33.54 (98.7)	85.06 (101.7)	2.76 (96.2)	36.83 (102.6)	1.36 (109.7)	7.94 (106.9)	2.63 (116.4)	51.52 (103.6)	60.6 (102.0)
Excessive irr.	33.23 (97.8)	84.85 (101.4)	1.73 (60.3)	35.52 (98.9)	0.77 (62.1)	9.67 (130.2)	3.93 (174.0)	51.62 (103.8)	60.8 (102.4)

Note: \* Percentages of cumulative growth increment in diameter during the irrigation treatment to diameter of harvested fruit. The figures shown in parentheses are the relative values as indicated by the controls of 100.

Table 2. Effect of irrigation on yield, mean weight, external appearance, and quality of Nijusseiki pear fruit. (1967)

Treatment	Yield (Kg/tree)	Number of fruit per tree	Fruit weight (g)	Percentage of fruits with "yuzuhada"*		Fruit colour	Soluble solids (%)	Free acid (as malic) (%)
				Slightly	Heavily			
No irrigation (Controls)	83.5 (100.0)	338	247 (100.0)	9.5	7.7	Pale green	9.8	0.251
Optimum irr.	96.5 (115.6)	366	264 (106.9)	3.6	0	Light yellow	10.5	0.206
Excessive irr.	98.0 (117.4)	387	253 (102.4)	3.6	32.8	Yellowish green	9.2	0.206

Note: The figures shown in parentheses are the relative values as indicated by the controls of 100.

\* Yuzuhada is a Japanese term of a physiological disorder of pear fruit with uneven peel, deeply pitted, and rough or bumpy, sometimes ribbed, which is often caused by water stress.

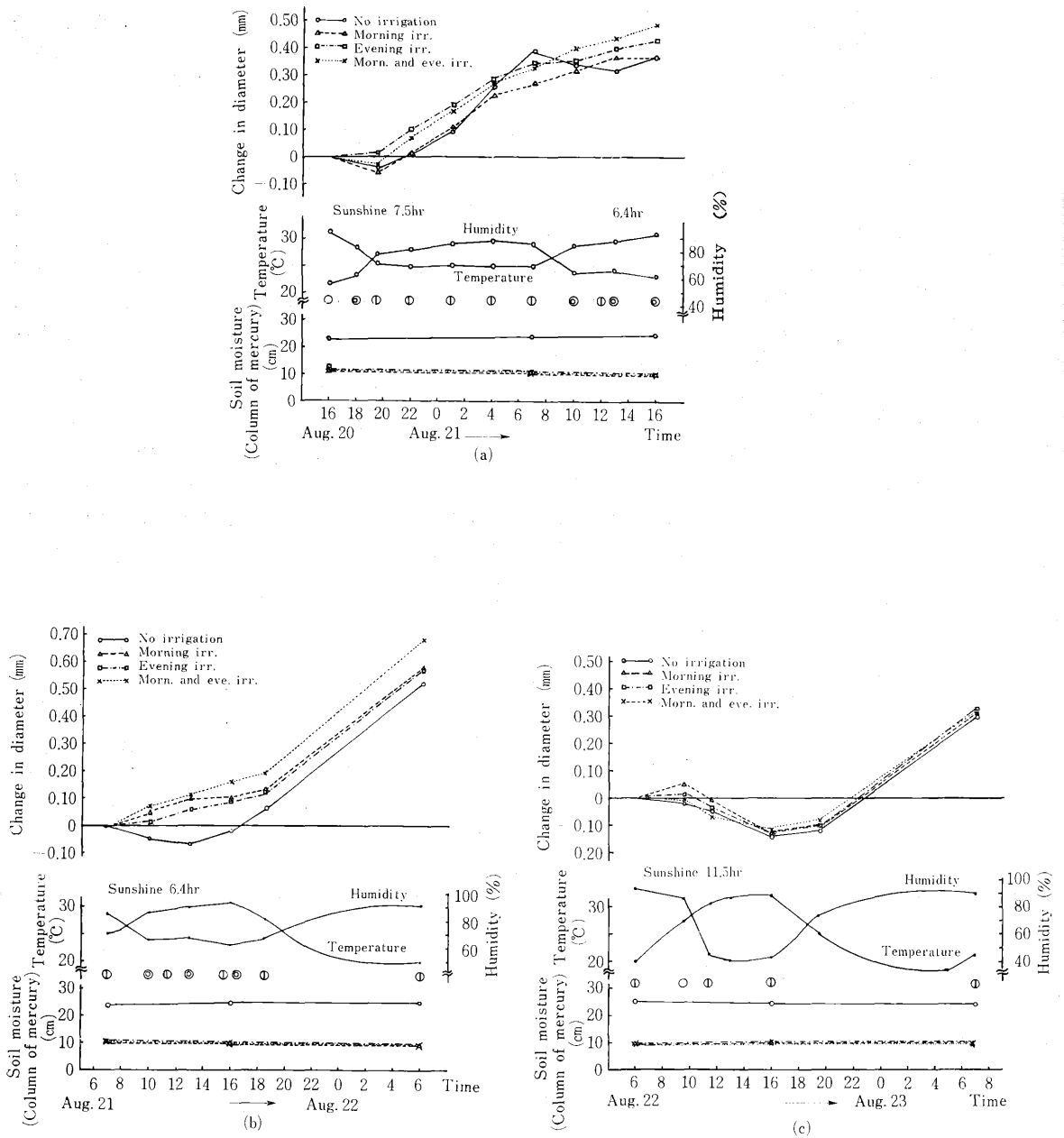


Fig. 2. Effect of irrigation time on diurnal fluctuations in transverse diameter of Nijusseiki pear fruit under several environmental conditions (1968). (Fig. 2. a~c)

を開始し、朝方かん水区(日の出後)、夕方かん水区(日没前後)、朝夕かん水区(朝夕および夕方にそれぞれ1/2量づつ分施)の各区を設け、無かん水区を対照として、果実横径の日肥大周期ならびに収穫果の形質について比較した。かん水処理はいずれも晴天日に限り、1樹1日当たり90lのかん水を次の降雨日まで継続した。かん水時点の土壌水分は、無かん水区で容水量の38~33%(土壌水分率で14.3~12.6%,水銀柱す24~26cm)、かん水各区で60~55%(22.3~20.4%,9~12cm)であった。圃場条件ならびに実験方法は実験Iと同様である。

**実験結果**

1. 果実横径の日肥大周期の型および肥大量  
第2図にみられるように、本実験では、自然条件下でも(無かん水区)土壌水分がある程度満たされていたためか、処理区間に日肥大周期の著しい量的差異が認められなかった。無かん水区では高温乾燥期における昼間の収縮が著しく、日振幅が大きかったのに反し、かん水各区では、処理開始当初の一兩日は昼間の収縮がなく昼夜連続して肥大し、とりわけ、朝夕かん水区では絶えず連続して肥大を続けた。しかし、3日目以後になると、果実が膨潤化したためか、無かん水区とほとんど差異のない日肥大周期の型になった。かん水時刻による日肥大量の差はわずかであって、しいて優劣をつければ、朝夕かん水区が最もすぐれ、ついで夕方かん水区、朝かん水区の順であった。

処理開始後、収穫日までの累加肥大量をみると(第3表)、かん水区が無かん水区にまさり、また、わずかではあるが上述と同様の傾向を示しかん水3区のうちでは朝かん水区が劣った。

**2. 収穫果の形質**

第4表にみられるような結果であった。すなわち、果実重はかん水区がいずれも無かん水区よりすぐれ、かん水区間では朝夕かん水区が最大で、ついで夕方かん水区がすぐれ、朝かん水区は最も劣った。糖度(検糖計示度)

Table 3. Effect of irrigation time on growth rate of transverse diameter in Nijusseiki pear fruit. (1968)

Treatment	Fruit diameter (mm)		Growth increment* (mm)	Growth ratio** (%)
	At beginning of treatment (Aug. 20)	At harvest (Oct. 3)		
No irrigation (Controls)	68.05 (100.0)	85.41 (100.0)	17.36 (100.0)	20.3 (100.0)
Morning irr.	67.67 (99.4)	86.80 (101.6)	19.13 (110.2)	22.0 (108.3)
Evening irr.	67.48 (99.2)	88.27 (103.4)	20.79 (119.8)	23.6 (116.3)
Morn. and even. irr.	67.54 (99.3)	88.62 (103.8)	21.08 (121.4)	23.8 (117.2)

Note: The figures shown in parentheses are the relative values as indicated by the controls of 100.

\* Growth increment of diameter within the period from beginning of treatment to harvest time.

\*\* Percentages of the increment to diameter of harvested fruit.

は逆に、朝夕かん水区が最も低く、無かん水区とほぼ同程度であった。朝かん水区および夕方かん水区は同様の数値を示し互に差が認められなかった。酸度は、前年の実験(I)と同様に、無かん水区がかけ離れて高く、かん水各区の間ではわずかに朝かん水区が高かったが、3区間にほとんど差が認められなかった。総合的に品質を比べると、わずかながら夕方かん水区がすぐれたものと判断された。

**III. かん水および果実被袋と日肥大周期との関係**

これまでの、実験I, IIにおいては、慣行の有袋果(パラフィン小袋を用いた後、その上に外紙ハトロン内紙パラフィンの合わせ袋をおおった)につき、かん水の影響をみてきたが、有袋果と無袋果とで、乾燥時期のかん水の効果の現れ方に相違が観察されたので、かん水によって被袋の有無が日肥大周期にどのような相違を生ずるかについて調査した。

**実験材料および方法**

Table 4. Size and quality of harvested Nijusseiki pear fruit as influenced by irrigation time. (1968)

Treatment	Fruit diameter (mm)		Shape index of fruit (T/L)	Fruit weight (g)	Soluble solids (%)	Free acid (as malic) (%)
	Transverse	Longitudinal				
No irrigation (Controls)	85.41 (100.0)	72.39 (100.0)	1.180	305.8 (100.0)	9.1	0.234 (100.0)
Morning irr.	86.80 (102.7)	73.94 (102.1)	1.174	320.5 (103.2)	10.0	0.188 (80.3)
Evening irr.	88.27 (103.4)	74.68 (103.2)	1.182	326.3 (106.7)	10.2	0.172 (73.5)
Morn. and Eve. irr.	88.62 (103.8)	75.59 (104.4)	1.172	336.5 (110.0)	9.0	0.172 (73.5)

Note: The figures shown in parentheses are the relative values as indicated by the controls of 100. No differences are observed in fruit colour among treatments.

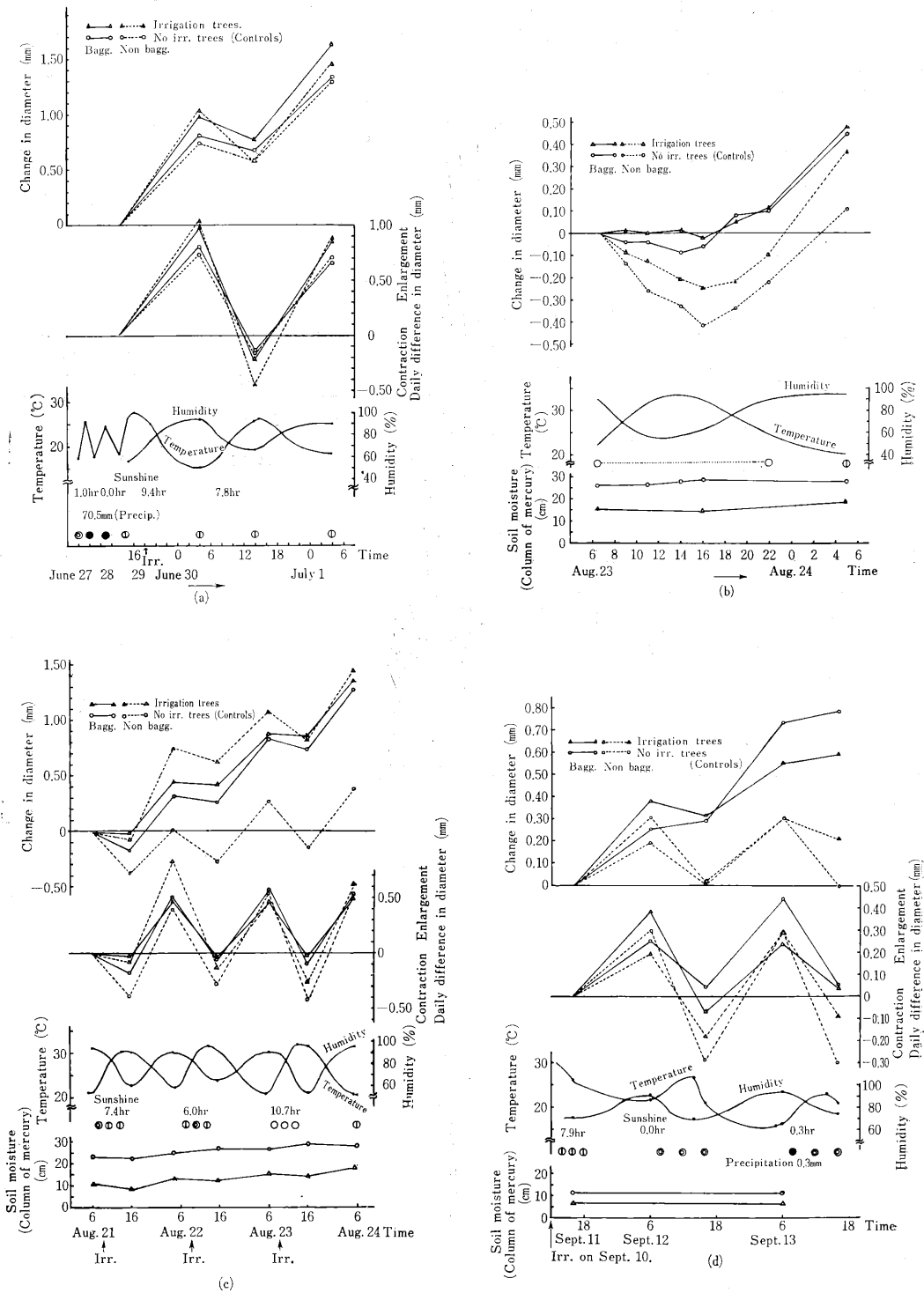


Fig. 3. Effect of irrigation combined with bagging upon diurnal fluctuations in transverse diameter of Nijusseiki pear fruit under several environmental conditions (1967). (Fig. 3. a~d)



1967年、実験Iと同一材料につき、かん水樹(毎回1樹当たり90lの適量かん水区)と無かん水樹の両者における有袋果(上記の果実袋を用いた果実)と無袋果の日肥大周期の様相を比較した。処理方法および、ほ場条件は実験Iと同一である。

### 実験結果

調査の結果は第3図a～dに示すとおりである。

図aにみられるように、6月29日から7月1日にかけての果径の日変化をみると、かん水により果径変化の日振幅が大きくなるとともに、肥大量も高まった。かん水によって昼間の収縮が大きくなったが、この傾向は無袋果で著しかった。

つぎに、高温乾燥季の8月23日における日肥大周期を比較すると、第3図、bに明らかのように、かん水の有無にかかわらず、被袋により昼間の収縮は著しく抑えられた。かん水実施の有無による日振幅量および日肥大量の相違は、有袋果の場合にはごくわずかであったが、無袋果では、無かん水であると収縮量が大きく肥大が劣り、かん水によって、極端に大きかった収縮はかなり緩和され、肥大量は有袋果に著しく接近した。すなわち、8月21日から24日にわたり連続的に果径の日変化をみると(第3図、c)、有袋果ではかん水による肥大効果がきわめてわずかであったのに反し、無袋果では適量かん水により3倍を越える肥大量を示した。

初秋の9月11～13日における果径の日変化(第3図、d)をみると、有袋果の場合、無かん水区では昼間に収縮せず絶えず肥大を続けたが、かん水区ではかん水日の夜間の肥大が大きく、それに伴い昼間に著しく収縮した。無袋果の場合には、有袋果に比べ、かん水区、無かん水区ともに激しく収縮するが肥大が劣り、とくに無かん水区は果径の日変化が大きいにもかかわらず全く肥大せず、いわば同一果径の範囲内での昼夜の振幅を繰り返した。

### 考 察

1. 土壤乾燥と日肥大周期および果形の変化  
林(12)が二十世紀ナシの成木につき、6月下旬～7月下旬に土壤の乾燥処理を行なった結果では、乾燥区の果実は、土壤水分の減少に伴って、初期には標準区に比し昼間に著しく収縮し、夜間にはなほだしく肥大し、これによって昼間の収縮を補った。すなわち、乾燥処理による水分不足区では、標準区に比し果実の収縮と肥大の日振幅が大であった。さらに土壤水分が減少し、ほ場容水量以下になると日振幅は一層目立ち、萎凋(いちょう)点に近づくと、昼間の収縮と夜間の肥大が同程度となり、萎凋点に達すると夜間の肥大が衰え、昼間の収縮だ

Table 5. Precipitation of each period of five days during the experimental season.

Month	Five days period a month	Precipitation (mm)	
		1967	1968
June	1	—	24
	2	10	47
	3	0	16
	4	1	0
	5	66	29
	6	73	15
	Mon. total	150	131
July	1	76	94
	2	226	7
	3	33	12
	4	4	0
	5	2	—
	6	—	98
	Mon. total	341	211
August	1	2	—
	2	7	5
	3	3	9
	4	7	2
	5	21	2
	6	2	47
	Mon. total	42	65
September	1	5	3
	2	1	2
	3	5	52
	4	0	14
	5	1	109
	6	—	18
	Mon. total	12	198

Measured at Misonou, Saijo-Cho, Hiroshima Pref.

けが大となった。このような時点でかん水すると、果径は急激に増大した。Taylorら(29)もレモンにつき、水分供給を長期に断つと、果実容積は長期にわたり縮小することを報告している。本実験Iを行なった1967年には、第5表にみられるとおり、7～8月は平年に比べ乾燥が激しかったが、最も乾燥した時期においても、供試園は地表下30cmの土壤で容水量の29%程度の水分を含み、しかも根群が深く(34)、著しい水分不足をきたさなかった。したがって、果径の日変化の上に、上記の報告にみられるほどの著しい影響は現われなかったが、その傾向はこれらの知見とほぼ同様であった。

果実の収縮現象について、林(12)は、葉面蒸散に対して根からの水分吸収が遅れると、植物体内で水分が不足して水分競合が起こり、そのため果実から葉へ水分が移行し果径が収縮すると述べている。Klepper(17)およびChaneyら(5)は、果実の収縮程度には葉と果実の

水ポテンシャル勾配 (water potential gradient) が大きく関係すると述べており、水ポテンシャル勾配に従って昼間は果実から葉に、気孔の閉じる夜間には逆の水ポテンシャル勾配を生じて水分は葉から果実に向かうことを明らかにしている。Cullinan ら(7) はモモについて、乾燥により気孔の開孔率ならびに開孔時間が著しく減少すると報じている。さらに、Ackley(1) は洋ナシについて、果実の水分不足度は午前2時に最低となり、昼間の午後2時に最高となることを認め、並河ら(27) は二十世紀ナシの葉および果面  $1\text{m}^2$  当たりの平均蒸散量は、8月上旬には無かん水で昼間(6~18時)  $1525\text{g}$  [100], 夜間(18~6時)  $229\text{g}$  [15] で、昼夜合計  $1754\text{g}$  となり、また  $30\text{mm}$  かん水区では平均  $10\%$  増加し、8月中旬にはこれより減少することを報じており、このことは果径の日振幅に果実水分の増減が大きく作用することと関連づけて考えられる。

林(12) は、水分不足により次第に高まった葉の浸透圧は、一般に午後2時ごろに最大となり、その後次第に低下するが、乾燥の著しい時には夕刻遅くまで高い数値を維持し、このような場合にかん水すると正常な日変化をしながら低下することを報じている。林(12) はまた、葉の浸透圧が土壌水分によって影響を受けるのは場合容水量付近であり、果実への影響は葉と果実の浸透圧の差が5気圧程度になってからであると述べている。Furrら(10) は、土壌水分が場合容水量から初期萎凋点まで減少した場合、植物体の浸透圧は乾燥条件下で約5気圧、湿潤状態の場合は約2.5気圧高い数値を示すと報じ、植物体が水分吸収に不足を招く時期は水分当量と初期萎凋点の中間程度からであると、井上ら(15) も、ブドウ果粒の収縮は水分当量付近から認められると報告している。林(12) は、夜間の果実肥大は土壌水分が場合容水量付近までであれば進み、萎凋点近くまでは相当に肥大するが、それ以上に乾燥すると過剰収縮分だけ夜間の肥大量が低下し、しおれる直前には昼間の収縮量を夜間に回復するだけに留まると述べている。

Magness ら(24) はリンゴについて、根圏内の最も乾燥する部分の土壌水分が、萎凋点よりも多い限りは果実の発育に著しい影響はないことを確かめている。また、冷涼で湿潤な天候ならば、根群の多い部分の土壌水分が萎凋点近くに達しても果実の生長は正常であり、高温乾燥の天候を迎えて初めて果実の生長は抑えられるとしている。さらに、果実の生長が停止しても、はなはだしい干ばつにより葉に被害を生ずるまでに至らなければ、その後の給水により果実は正常な生長に戻ることを認め、成熟期の果実の大きさは、干ばつの持続期間およびその

頻度に比例して減少すると結んでいる。

熊代ら(23) によれば、リンゴ紅玉では、土壌湿度が高いほど昼間における収縮と夜間の肥大が促進され、結果的に土壌湿度の高い条件下におけるほど大きい果実となる。三輪(25) は9年生の二十世紀ナシにつき、7月27日より収穫期まで、晴雨にかかわらず5日ごとにかん水し、その結果、平均果重では  $24\%$ 、全収量では  $20\%$  の増加を認め、同時に、かん水により横径が増し、日焼けが減じることを報じている。この報告に示されている5日ごとに  $540\text{l}$  のかん水は、本実験における適量かん水区のかん水量より約  $20\%$  多く、過量かん水区の  $1/3$  程度である。

## 2. 果実成分に及ぼす土壌乾燥

Bielorai ら(4) はカンキツ苗の光合成と呼吸の同時測定を行ない、土壌水分張力が高まる(乾燥する)と、一般に呼吸よりも光合成の低下が著しいと報告している。本実験の乾燥区で、適量かん水区に比べ糖度が低かったのは、同様な理由により同化能力が低下したためと考えられる。

小島(21) および三輪(26) はともに、乾燥時期に適宜かん水すると、しょ糖の生成が遅く、かつ少なくなると報じ、Ryall ら(28) は、乾燥した土地で栽培した洋ナシの果実は糖分含量が高く、逆に果実重が劣る結果を得ている。ところが、Winton(31) はリンゴ樹にかん水した場合、果実の乾物中の可溶性物質は減少するが、しょ糖は増加することを認めている。これらの報告は、乾燥の程度やかん水の量、時期、かん水実施までにおかれた樹体の外囲条件などによって、かん水効果の現れ方が一様でないことを示すものである。

## 3. 果実発育に及ぼす土壌水分過剰の影響

林ら(13) によると、排水不良土壌での過湿は著しい酸化還元電位の低下をきたし、普通は亜酸化鉄、はなはだしい場合には硫化水素が発生し、そのため細根は枯死するが、これは一般にユズハダ症の発生と深い関係があるとしている。岩崎ら(16) はブドウについて、土壌中の酸素濃度が減少すると光合成が急激に低下し、樹体生長も阻害されると述べている。たとえば、土壌中の酸素濃度  $20\%$  区における光合成能力を  $100$  とすれば、 $10\%$  区  $70$ 、 $5\%$  区  $43$ 、 $2\%$  区は  $35$ 、 $0\%$  区は  $23$  となり、 $5\%$  区以下の減少が著しい。Bielorai ら(4) はカンキツ苗につき、土壌水分が水分当量から  $0.2\sim 0.3$  気圧に低下すると、光合成および呼吸速度はいずれも徐々に低下することを観察している。小林ら(19) はブドウにつき、土壌通気が不良になり、土壌空気中の酸素濃度が低下すると、果実の肥大が悪くなるとともに、品質が著しく劣

ることを述べている。これらの報告からみて、本実験の過量かん水区でユズハダ果が多かったことは、過湿の害が果実の正常な発育を阻害したものとみられる。

本実験および以上掲げてきた報告からみて、土壌水分は不足しない限り少量であることが、果実の肥大および品質の向上と熟期促進の上で望ましい。

4. かん水時刻と日肥大周期

小林(18)はブドウアレキサンドリアについて、土壌湿度が 23.0% (容水量の 49%) 程度に保たれていれば、かん水時刻が前日の夕方であれ当日の早朝であれ1日の同化量には差異を認めないが、土壌湿度が水分当量付近の 17% 程度 (容水量の 36%) の乾燥状態では、前日の夕方のかん水に比べ、当日の早朝にいくら多量にかん水してもその効果はきわめて微弱となり、同化量は前者の 1/3 程度に低下することを報告している。すなわち、乾燥がきびしい時には、当日早朝のかん水では、光合成の最も盛んな午前中に水分欠乏による顕著な同化量の低下をきたすことが示されている。本実験におけるかん水時の土壌水分は、かん水处理3区では初回のかん水時を除いて容水量の 60~55% を保ち、土壌水分が概して潤沢であったため処理間に顕著な差を生じなかったが、朝かん水区で日肥大量が劣ったことから、この区では光合成量の低下をきたしたことが考えられ、同時に、収穫果の品質が夕方かん水区ですぐれ朝かん水区で劣っ

たのも以上の理由に基づくものとみなされる。

5. かん水および果実被袋と果実の形質

Chaptal(6) は、晴天の続く場合に無袋果実の肥大が著しく抑制されることを述べ、いっぽう苫名(30) は、ポリエチレン袋による被袋が果実の肥大を促すと報告している。したがって、土壌が乾燥した場合には、無袋果の肥大に降雨やかん水などが好影響を及ぼすことは当然期待され、本実験の結果でも、夏乾季における無袋果実の肥大にかん水の効果が著しかった。第4図は、その場合の果実温の日変化を示したもので、昼間における果実温の上昇は、無かん水の場合には無袋果で著しく、反対に、かん水した場合には有袋果ではなほだしかった。果実温の昼夜較差は無かん水樹の無袋果で大きく、無かん水樹の無袋の浴光果では、雲の出没による直射光の照射の有無によって果実温の変化が激しかった。いっぽう、有袋果では気象変化に伴う果実温の変化が緩やかであった。

無袋果の無かん水区のように果実温が著しく高まるのは、果実の肥大にとって好ましいことではない。三輪(25)によると、二十世紀ナシで、日やけ果の発生が、かんがい区では5%に過ぎないのに、無かんがい区では14%強であったという。ただし、かん水が過量であると土壌は過湿となり、土壌通気を不良にし、根の呼吸を阻害し、そのため果実の発育ステージの遅れを生じたり、

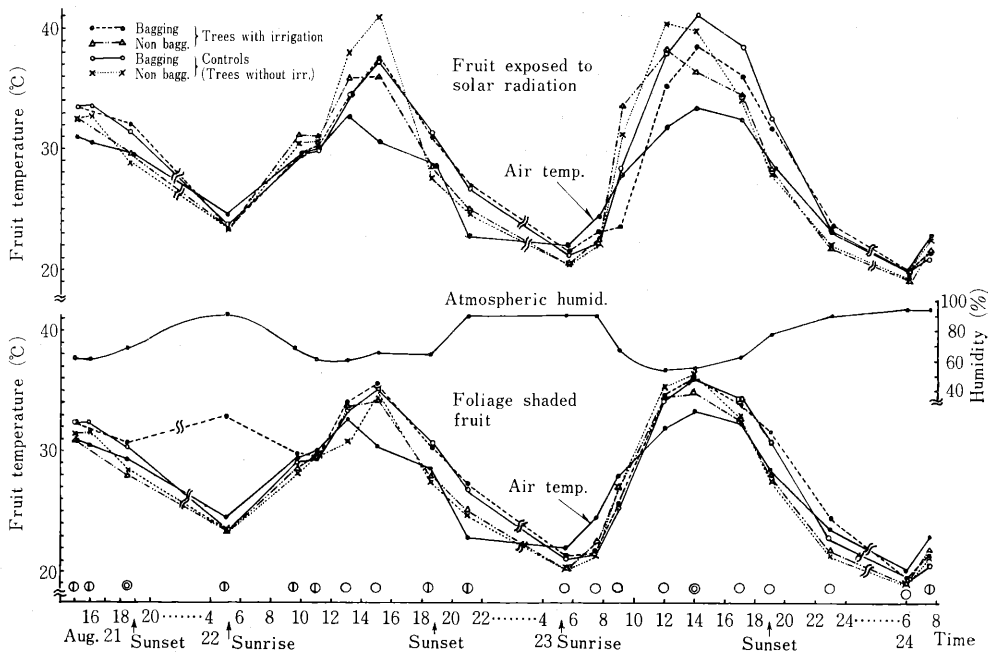


Fig. 4. Effect of irrigation combined with bagging upon daily changes in fruit temperature of Nijusseiki pear (1967).

あるいはユズハダ果の発生を促す。また逆に、極端に乾燥すると果実の肥大は抑制され、果汁の酸度は高いまま熟期そのものは促進されることになる。

なお、第2報(9)の第7図に成熟直前の果実と過熟果の日肥大周期型を掲げたが、これを参照し、本実験における9月11~13日の無袋無かん水区の果実の日変化(第3図, d)をみると、すでにこれらの果実は過熟期にあったことがわかる。

Hilgeman(14)およびHalesら(11)の報告では、果実の発育と外囲条件との関係において、総じて気象条件の影響は土壤水分の影響に優先するものであると論じている。本実験の設定条件下では、土壤水分の影響は果実の日肥大周期の様相に対しては顕著であったが、成熟期および成熟果の形質に対しては、上記の報告に論じられているように、幼果期の気温(9)などに比べて、その影響はさほど著しくなかった。

### 摘 要

二十世紀ナシの成木を用い、高温乾燥季のかん水量およびかん水時刻が、果実(果径)の日肥大周期および形質、熟期に及ぼす影響を調査し、さらに、かん水によって被袋の有無が日肥大周期にどのような相違を生ずるかを観察した。

1. 高温乾燥季における果径の日変化をみると、適量かん水により昼間の収縮は著しく抑えられたが、日振幅および肥大量の相違はごくわずかであった。過量かん水すると、昼間の収縮量が無かん水よりも大きくなり、夜間の肥大量は著しく劣り、日振幅量も劣った。

2. かん水後の果径日変化を連続的にみると、適量かん水による肥大促進は、かん水直後の夜間に著しく、その後は無かん水とそれほど変らなかった。この間の累加肥大量も差異はわずかであった。過量かん水では、かん水初日には収縮せず逆に著しく肥大したが、翌日以降は昼間の収縮が著しくなり、当日の収縮量をその日に回復するだけで、累加肥大量も著しく劣った。

3. 収穫果についてみると、無かん水区では小さく、酸度が高かったのに対し、適量かん水区では大きき、糖度、外観がすぐれた。過量かん水区では中位の大ききであったが糖度が最も低く、ユズハダ果を多く生じた。

4. 果径の日肥大周期に及ぼすかん水時刻の影響は概して不明瞭であり、かん水処理3区はいずれも無かん水区に比べ、昼間における果径の収縮量が相対的に小さく、肥大量が幾分すぐれた。かん水処理を行なった区の肥大量は朝夕かん水区がすぐれ、ついで夕方かん水区、朝方かん水区の順であった。処理間における収縮および

肥大時刻の遅速は明らかでなかった。

5. 収穫果についてかん水時刻の影響をみると、朝夕かん水区では果実重が最もすぐれ、糖度は逆に無かん水区とともに最も劣った。朝かん水区は全く逆に、かん水区の中では果実が最も小さく、糖度は夕方かん水区とほぼ同様でともに幾分高かった。酸度は無かん水区で著しく高く、かん水処理区間の差はわずかであった。結局、果実の形質は夕方かん水区でわずかにすぐれた。

6. かん水と被袋の有無による日肥大周期の変化をみると、6月下旬~7月上旬には、かん水により無袋果の昼間の収縮は著しく大となったが、累加肥大量は有袋無袋ともにかん水によって5~6%高まった。

7. 8月下旬には、果実の被袋により昼間の収縮が著しく抑えられ、この傾向はかん水区でとくに著しかったが、有袋果では、かん水による日振幅量および肥大量の変化はわずかであった。無袋果では、かん水により肥大が著しく促進され、3日間連続の累加肥大量は、かん水区では無かん水区の3倍であった。この時期における昼間の果実温をみると、無袋果の無かん水区で上昇が激しくこの傾向はとくに浴光果で著しかった。

8. 初秋における果径の日変化型からみると、有袋果無袋果ともにかん水により発育ステージの遅れを生じ、無袋果の無かん水区の熟期が最も進んだ。

謝 辞 本研究に当って、懇篤なご教示と校閲を賜わった京都大学小林章教授ならびに、ご指導いただいた広島県果樹試験場吉原千代司場長に対し、ここに深謝の意を表する。

### 引用文献

1. ACKLEY, W. B. 1954. Seasonal and diurnal changes in the water content and water deficits of Bartlett pear leaves. *Plant Physiol.* 29(5) : 445—448.
2. BARTHOLOMEW, E. T. 1923. Internal decline of lemons. II. Growth rate, water content, and acidity of lemons at different stage of maturity. *Amer. Jour. Bot.* 10 : 117—126.
3. ————. 1926. Internal decline of lemons. III. Water deficit in lemon fruits caused by excessive leaf evaporation. *Amer. Jour. Bot.* 13 : 102—117.
4. BIELORAI, H., and K. MENDEL. 1969. The simultaneous measurement of apparent photosynthesis and transpiration of citrus seedlings at different soil moisture levels. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94(3) : 201—204.
5. CHANEY, W. R., and T. T. KOZLOWSKI. 1971. Water transport in relation to expansion and contraction of leaves and fruits of Calamondin orange. *Jour. Hort. Sci.* 46 : 71—81.

6. CHAPTAL, L. 1930. Le rôle de l'humidité atmosphérique dans le grossissement des raisins. *Ann. Sci. Agron.* 47 : 236—245.
7. CULLINAN, E. P., and J. H. WEINBERGER. 1933. Studies on the influence of soil moisture on growth of fruit and stomatal behavior of Elberta peaches. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 30 : 28—33.
8. 遠藤融郎. 1973. 和ナシ果実の日肥大周期に関する研究(第1報). 果径の日肥大周期と気象要因との関係. *園学雑* 42(2) : 91—103.
9. ————. 1973. 和ナシ果実の日肥大周期に関する研究(第2報). 果実の日肥大周期に及ぼす発育前期の夜温の影響. *園学雑* 42(3) : 188—200.
10. FURR, J. R., and J. O. REEVE. 1945. The range of soil-moisture percentages through which plants undergo permanent wilting in some soils from semiarid irrigated areas. *Jour. Agr. Res.* 71 : 149—170.
11. HALES, T. A., R. G. MOBAYEN, and D. R. RODNEY. 1968. Effect of climatic factors on daily 'Valencia' fruit volume increases. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 92 : 185—190.
12. 林 真二. 1961. 日本梨果実の発育に関する研究. 鳥取大学農学部園芸学研究室 : 1—137.
13. ————. 脇坂幸雄. 1956. 果樹の湿害について. 土壌の酸化還元電位の低下及び有害還元物質との関係. *園学雑* 25(1) : 59—68.
14. HILGEMAN, R. H. 1963. Trunk growth of the Valencia orange in relation to soil moisture and climate. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 82 : 193—198.
15. 井上 宏・村田隆一. 1957. 葡萄の発育に伴なう水分要求の変化について(予報). *園芸学会研究発表要旨* (昭和32年秋).
16. 岩崎一男・石原 精・長砂広一郎. 1969. 土壌空気中の酸素濃度がブドウの生育ならびに養分吸収に及ぼす影響(第6報). *光合成について*. *園芸学会研究発表要旨* (昭和44年春).
17. KLEPPER, B. 1968. Diurnal pattern of water potential in woody plants. *Plant Physiol.* 43 : 1931—1934.
18. 小林 章. 1947. 土壌湿度が葡萄の葉の同化作用と枝梢の伸長作用に及ぼす影響. *園学雑* 16(3・4) : 172—180.
19. KOBAYASHI, A., K. IWASAKI, and T. TERANUMA. 1964. Pollen germination and berry set, growth and quality of Delaware grapes as affected by soil oxygen concentration. *Jour. Jap. Soc. Hort. Sci.* 33(4) : 265—272.
20. ————, M. KURETANI, and H. OTO. 1963. Effects of soil moisture on the growth and nutrient absorption of grapes. *Jour. Jap. Soc. Hort. Sci.* 32(2) : 77—84.
21. 小島 博. 1933. 梨果の発育と化学成分の変化に就て(第1報,第2報). *農化* 9(5) : 498—504, 9(5) : 504—510.
22. KOZLOWSKI, T. T. 1968. Diurnal changes in diameters of fruits and tree stems of Montmorency cherry. *Jour. Hort. Sci.* 43 : 1—15.
23. 熊代克己・建石繁明. 1967. 土壌湿度がリンゴ(紅玉)の樹体生長, 収量および果実品質に及ぼす影響(第1報). *園学雑* 36(1) : 9—20.
24. MAGNESS, J. R., E. S. DEGMAN, and J. R. FURR. 1935. Soil moisture and irrigation investigations in Eastern apple orchards. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bul.* 491 : 1—35.
25. 三輪忠珍. 1937. 梨「二十世紀」灌漑試験報告. *京都帝国大学農学部附属農場彙報* 1 : 112—120.
26. ————. 1946. 果樹園灌漑が梨及柿の果実に及ぼす影響. *京大園芸学研究集録* 3 : 82—97.
27. 並河淳一・植村則大. 1964. 二十世紀ナシの蒸散量に関する研究. *園芸学会研究発表要旨* (昭和39年春).
28. RYALL, A. L., and W. W. ALDRICH. 1944. The effect of water deficits in the tree upon maturity, composition, and storage quality of Bosk pears. *Jour. Agr. Res.* 68 : 121—133.
29. TAYLOR, C. A., and J. R. FURR. 1937. The effect of decreasing soil moisture supply on size of lemon fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 33 : 71—81.
30. TOMANA, T. 1963. Histological and physiological studies on the cause of Jonathan spot in apples. *Bul. Yamagata Univ. (Agr. Sci.)* 4(2) : 1—63.
31. WINTON, A. L., and K. B. WINTON. 1945. The analysis of foods. New-York (Wiley) : 999.
32. 吉原千代司. 1964. 集団果樹園造成に際しての梨の樹冠拡大法と深耕効果. *農及園* 39(7) : 1089—1092.
33. ————・黒川泰幸・小林英郎・遠藤融郎. 1965. 果樹園造成法に関する研究(第3報). 深耕が梨の根群分布におよぼす影響. *広島県立農業試験場報告* 21 : 37—45.
34. ————・神原嘉男・黒川泰幸. 1972. 日本ナシの生産力増強に関する研究(第2報). 根群とくに細根の発達に及ぼす土壌改良の影響. *広島県果樹試験場研究報告* 1 : 55—73.