

## 気温によるニホンナシ幸水の果実肥大予測法

金子友昭・松浦永一郎

### I 緒言

小果は商品性が劣るため、ナシ栽培ではある大きさ以上の果実を安定して生産することが重要である。しかし、ナシの果実肥大は年次変動が大きいため、毎年同一の肥培管理をしても同じ果実肥大をするとは限らない。果実肥大は摘果などの着果管理である程度調整できるが、そのためには、早期にその年の果実肥大状況を予測して、果実肥大状況に見合った適正な着果管理を行わなければならない。

一般に、ナシの幼果期の果実の大きさと収穫期の果実の大きさには有意な正の相関が見られるので<sup>2,4)</sup>、その回帰式を用いて予測する方法が行われている。この方法は簡便で使用しやすい反面、異常気象の年には誤差が大きくなり、対応しきれないという欠点をもっている。

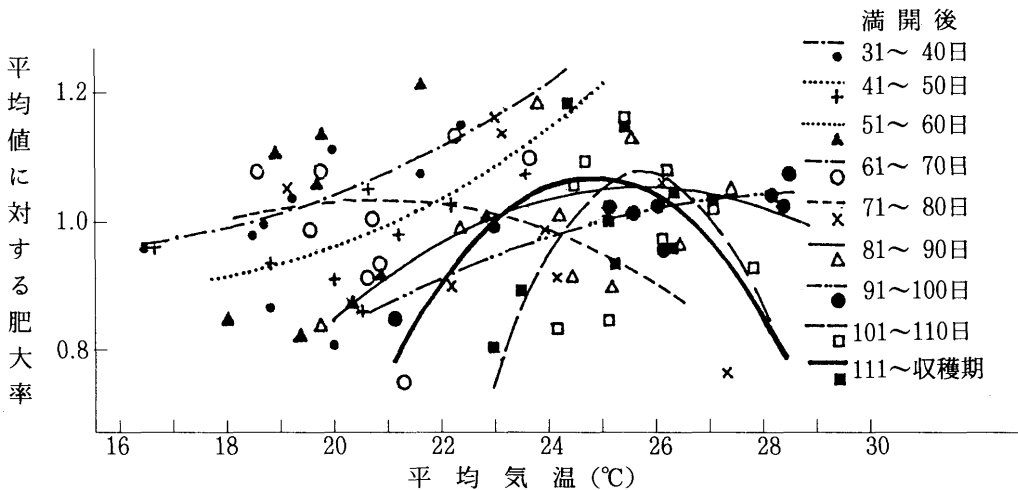
そこで、気象条件の影響も加味し、異常気象にも対応できる果実肥大予測法を確立しようと

して検討したところ、毎日の平均気温によってその日の肥大量が変化すると仮定した予測法が、精度良く適合することが明らかになったので報告する。

### II 試験方法

1980年から1988年の9年間に、栃木農試は場の幸水で測定した果実横径のデータと、宇都宮地方気象台の日平均気温の観測値を用いて、平均気温と果実の1日当たりの肥大量(日肥大量)との関係を解析し、両者の関係式を求めた。また、9年間の日肥大量の平均値をもとに、満開後31日から収穫期までの日肥大量のモデルを作成し、前述の関係式を用いて、9年間の気温の実測値を当てはめたときの適合性を検討した。

果実横径の測定に用いた幸水の樹齢は1980年に14年生で、毎年同一樹を2樹供試し、1樹から短果枝の果実50果を選び、満開後30日から満



第1図 平均気温と日肥大量(平均値に対する比率)との関係

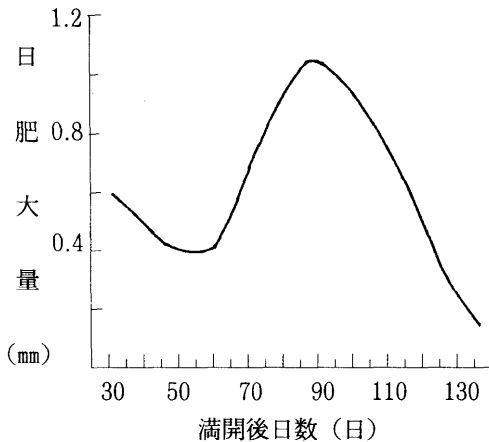
第1表 各時期の日肥大量（平均値に対する比率 $Y$ ）開後110日まではほぼ10日ごとに横径を測定し、とその期間の平均気温（ $x$ ）との関係

時期（満開後）	回 帰 式
31～40日	$Y = 1.669 - 0.0968x + 0.0033x^2$
61～70日	〃
41～60日	$Y = 2.230 - 0.1590x + 0.0048x^2$
71～80日	$Y = -1.360 + 0.234x - 0.0057x^2$
81～90日	$Y = -3.650 + 0.376x - 0.0075x^2$
91～100日	$Y = -1.232 + 0.160x - 0.0028x^2$
101～110日	$Y = -30.520 + 2.514x - 0.050x^2$
111～収穫期	$Y = -13.588 + 1.211x - 0.025x^2$

収穫期には収穫するたびに横径を測定した。解析に当たっては調査の間隔とその間の肥大量から日肥大量に換算した数値を用いたが、満開後111日から収穫期までの日肥大量は、60%の果実が収穫された日を収穫期として求めた。

なお、供試樹の整枝せん定は慣行に従って行い、施肥及び着果管理は毎年同一とした。

着果管理は、満開後30日の予備摘果で1果そうに1果とし、満開後50日に仕上げ摘果を行って樹冠占有面積1㎡当たり12.1果とし、満開後100日に最終摘果を行って樹冠占有面積1㎡当たり11果とした。



第2図 日肥大量のモデル

### Ⅲ 試験結果

各調査時期の日肥大量を9年間の平均値に対する比率で表し、その期間の平均気温との関係を示したのが第1図である。いずれの点もかなり広い範囲に分布しているが、満開後31日～70日までは16～23℃の範囲で高温ほど肥大率が高くなる傾向が見られ、それ以後はある温度のときに肥大率が最大になり、それより低温でも高温でも肥大率は減少する傾向がみられた。

この関係を二次式に当てはめた結果は第1図

第2表 9年間の気温の実測値を用いたときの各期間の肥大量の誤差

期 間 (満開後)	誤 差									
	mm									
	1980	81	82	83	84	85	86	87	88	平均
31～40日	0.1	0.2	-0.1	0.2	0.3	1.0	0.3	0.3	1.4	0.4
41～50日	-0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.0	-0.3	0.4	-0.5	0.2
51～60日	-0.6	0.5	-0.7	-0.6	0.4	0.5	0.5	-0.3	0.2	0.5
61～70日	-0.2	1.8	-0.5	-0.3	0.6	0.7	0.8	0.1	0.3	0.6
71～80日	-1.1	0.7	-1.1	-0.2	-1.2	0.7	0.3	0.0	1.1	0.7
81～90日	-1.6	1.7	0.0	0.4	0.0	1.1	0.9	-0.8	0.0	0.7
91～100日	0.3	0.1	-0.5	0.8	-0.1	0.4	0.0	0.1	-0.2	0.3
101～110日	0.3	-2.0	1.4	-0.8	-0.5	-0.7	-0.8	-2.9	-1.9	1.3
111～収穫期	2.0	-3.1	-0.4	0.8	0.7	-1.7	-1.7	-0.2	-1.0	1.3

注. +は予測値が実測値より大きいことを、-は小さいことを示す。

第3表 気温と日肥大量の関係式に実測値を当てはめたときの誤差と満開日からの日平均気温の積算との相関係数

	満開日から30日間の 平均気温の積算	満開日から40日間の 平均気温の積算	満開日から50日間の 平均気温の積算
31～40日の肥大量の誤差	0.270	0.277	—
41～50日の "	0.359	0.343	0.234
51～60日の "	0.712*	0.644	0.667*
61～70日の "	0.818**	0.834**	0.821**
71～80日の "	0.628	0.782*	0.844**
81～90日の "	0.453	0.649	0.877**
91～100日の "	-0.269	-0.124	0.049
101～110日の "	-0.684*	-0.720*	-0.515
111～収穫期の "	-0.671*	-0.830**	-0.893**

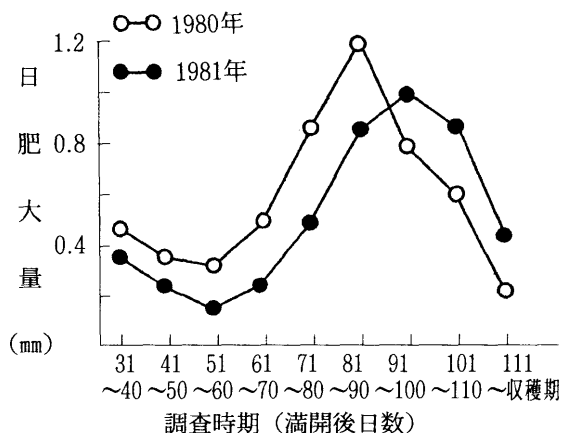
注. \*は5%, \*\*は1%水準で有意.

に示した曲線になり、第1表の式になった.

9年間の肥大量の平均値をもとに作成した満開後31～137日までの日肥大量のモデルは、第2図のとおりである。このモデルはそれぞれの期間の日肥大量の平均が9年間の平均値と等しくなるように、また、なだらかな曲線を描くように定めた。

9年間の日平均気温の実測値を用いて、モデルの日肥大量を第1表の式で補正して積算したときの誤差は第2表のとおりであった。誤差の平均でみると、満開後31～60日間及び満開後91～100日間の誤差は0.5mm以下と小さかったが、満開後61～90日間及び満開後101日から収穫期の間は平均で0.7～1.3mmと誤差が大きかった。さらに、この間は最大誤差も大きく、満開後61～90日では1.2～1.8mm、101日から収穫期では2.9～3.1mmであった。満開後91～100日の前後の誤差が大きかった1980年及び1981年の日肥大量を比較したところ、第3図のように肥大量が最大になる時期がずれていた。なお、満開後31～40日間の誤差は平均では0.4mmと小さかったが、最大1.4mmの誤差がみられた。

この誤差と、満開日からの日平均気温の積算



第3図 日肥大量の年次差

第4表 満開日から30～50日間の気温による各時期の肥大量(比率)の補正式

時期(満開後)	補正式
51～60日	$Y = -1.015 + 0.00280 x_1$
61～70日	$Y = -0.815 + 0.00254 x_2$
71～80日	$Y = -0.854 + 0.00266 x_3$
81～90日	$Y = -0.274 + 0.00140 x_3$
101～110日	$Y = 3.328 - 0.00319 x_2$
111～収穫期	$Y = 4.248 - 0.0360 x_3$

注.  $x_1$  = 満開日から30日間の日平均気温の積算.  
 $x_2$  = " 40日間の "  
 $x_3$  = " 50日間の "

第5表 満開日からの積算気温で補正したときの各期間の肥大量の誤差

期 間 (満開後)	誤 差									
	1980	81	82	83	84	85	86	87	88	平均
51～60日	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.4	0.7	0.2	-0.5	0.0	0.3
61～70日	0.2	0.5	-0.3	-0.3	0.5	0.5	0.1	-0.5	-0.2	0.3
71～80日	0.0	-0.6	-0.4	0.1	-0.8	0.8	-0.3	-0.5	0.6	0.5
81～90日	-0.6	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5	0.3	-0.9	-0.3	0.4
101～110日	-0.1	0.4	1.3	-0.4	-0.1	0.1	0.9	-1.8	-0.5	0.6
111～収穫期	0.0	-0.3	-1.7	1.0	0.0	-0.8	-0.7	-0.4	-0.4	0.6

注. +は予測値が実測値より大きいことを, -は小さいことを示す.

との相関をみたのが第3表である。満開後31～50日及び満開後91～100日の誤差とは明らかな関係はみられなかったが、それ以外は有意な相関がみられた。時期によって高い相関の得られた積算期間が異なり、満開後51～60日は満開日から30日間の積算気温との相関が高く、満開後61～70日及び101～110日は満開日から40日間の、満開後71～90日及び111日から収穫期までは満開日から50日間の積算気温との相関が高かった。また、満開後90日までは正の相関であったが、101日以後は負の相関であり、満開日から30～50日間が高温だと、同一気温であっても、満開後51～90日の肥大量は増加し、逆に101日以後の肥大量は減少することを示していた。

この関係をもとに、第1表の式を補正するために第4表の式を求めた。

第2表の場合と同様に9年間の気温の実測値を用いて、第1、4表の式でモデルの日肥大量を補正して積算した結果は第5表のとおりで、いずれの時期でも、第1表の式のみを使用したときより誤差が減少した。特に、平均誤差の大きかった満開後101日以後は平均で0.6mm、最大誤差も1.7～1.8mmと小さくなった。また、満開後71～90日の誤差も平均で0.5mm程度になり、最大誤差も0.8～0.9mmで、全体に適合性が高まった。

#### IV 考 察

ナシの果実肥大の年次変動の原因として、着果管理の影響も考えられるが、本試験のようになり厳密に着果管理を規定しても肥大の年次変動が認められるので、一般に気象条件の影響が大きいと考えられている。そして実際に、満開後60～80日頃までの果実肥大の前半には、積算気温と果実横径とに有意な正の相関が認められている<sup>9)</sup>。

また、気温と他の気象要因との関係を見ると、日射量及び日照時間とは正の相関があり、降水量とは負の相関がみられる。これらのことから、気温で他の気象要因をある程度代表できると考え、本試験では日平均気温を用いて検討した。

本試験での果実の日肥大量と気温との関係は、必ずしも明確な傾向を示したものとはいえないが、気温によって果実肥大が変化すると仮定し、全体の傾向をみて二次曲線で近似した。従って、得られた曲線は統計学的に有意なものではないが、果実肥大をある程度説明できるものである。

この曲線を当てはめたときの誤差は、日肥大量が最大になる満開後91～100日の前後で大きく、これらの誤差は満開日から30～50日間の日平均気温の積算と有意な相関がみられた。すなわち、この期間が高温の年には前半の肥大は優れるものの、後半の肥大が劣り、低温の年には逆の傾向を示した。これは、この期間の気温が

果実の成熟に影響し、高温の場合は成熟が早まるので果実の肥大量が最大になる時期も早まり、仮に同一気温であっても、前半の肥大量は増加し、後半の肥大量が減少するように観察されるためと考えられる。このことは、前述の果実肥大の前半にのみ積算気温と果実横径とに有意な正の相関がみられ、後半は気温との関係が判然としないこと、また、ナシ幸水の収穫期までの日数は果実肥大の前半が高温だと短縮される傾向がみられること<sup>1)</sup>とも一致する。

このような関係をもとにして、満開後31日から収穫期までの日肥大量のモデルを作成し、毎日の平均気温でモデルの肥大量を補正して積算する予測法を試みたところ、9年間の気温の実測値を用いたときには、平均0.3~0.6mmの誤差で精度良く適合した。これは、果実肥大に及ぼす気象条件の影響を、気温を用いた本予測法で説明できることを示すもので、本予測法は気象変動にも対応できると考えられた。

小野<sup>3)</sup>らは気温を用いた温度変換日数法によってリンゴの果実肥大予測を行い、また、酒井<sup>6)</sup>らも同様の方法で幸水の肥大予測を行って、いずれも気温の実測値を用いたときに、かなり精度良く当てはまることを報告している。また、生じた誤差の原因として気温以外の気象要因の影響を指摘しており、他の気象要因を予測に組み込むことによって精度が向上すると考えられる<sup>3)</sup>としている。

本予測法でも年によっては大きな誤差がみられ、小野らの場合と同様に他の気象要因の影響が考えられる。ただ、いずれの予測法も実際に予測を行う場合、予測実行日以後は気象要因の予測値を用いなければならないことを考えると、使用する気象要因が多いことが必ずしも予測精度の向上に結びつくとは考えられない。実際の予測の場面では、気温のみで予測できる方が、予想しなければならない要因が少ないので使用しやすく、実用的と考えられる。

以上のように、本予測法によって気象条件の影響を加味した精度の高い予測が可能と考えられるが、日肥大量のモデルを使用しているので着果管理が本試験の場合と著しく異なる場合には精度が劣ることが予想される。また、満開後31~40日には年によって大きな誤差がみられ、この間の肥大の良否を気温のみで説明することはできなかった。早期の果実肥大には貯蔵養分など前年からの影響も考えられるが、これらの点については今後検討しなければならない。

## V 摘 要

気象変動に対応できるナシ幸水の果実肥大予測法を確立するため、1980~1988年のデータを用いて検討した。

1. 果実の日肥大量と平均気温との関係は二次曲線ではほぼ近似できた。満開後31~70日は高温ほど肥大量も増加する曲線で、それ以後はある温度のときに肥大量が最大になり、それより低温でも高温でも肥大量が減少する曲線であった。

2. 二次曲線を当てはめたときの誤差と満開日から30~50日間の積算気温とに有意な相関がみられ、この期間が高温の年には満開後61~90日の肥大量は同一気温でも増加し、101日以後の肥大量は減少した。

3. 満開後31~137日までの幸水の日肥大量のモデルを作成し、モデルの肥大量を毎日の気温と満開日からの積算気温で補正して積算する予測法を開発した。

4. この予測法は適合性が高く、また、日平均気温を使用するので気象条件の影響を加味した予測が可能であり、気象変動にも対応できると考えられた。

本研究の実施にあたり多大の御指導をいただいた農林水産省果樹試験場の鴨田福也気象研究室長、栗原昭夫育種第2研究室長並びに間苧谷徹栽培第1研究室長に厚く謝意を表します。

引用文献

1. 石田時昭・関本美知 (1990) 平成元年度落葉果樹試験研究成績概要集 : 33-34
2. 松浦永一郎・金子友昭・三坂 猛 (1989) 昭和63年度落葉果樹試験研究成績概要集 : 47-48
3. 小野裕幸・金野隆光・吉沢しおり・柴寿 (1989) 園学雑58別冊1 : 118-119
4. 大槻健二・前川哲男 (1989) 昭和63年度落葉果樹試験研究成績概要集 : 63-64
5. 酒井雄作・前島秀明・奥野 隆 (1988) 昭和62年度落葉果樹試験研究成績概要集 : 13-14
6. ———・————— (1989) 昭和63年度落葉果樹試験研究成績概要集 : 9-10

Forecasting of Fruits Growth by Temperature in Japanese Pear Kosui.

TOMOAKI KANEKO and EIICHIRO MATSUURA

Summary

In order to establish a way to forecast the fruits growth of Japanese pear Kosui, the relation between the enlargement of the horizontal fruit diameter (mm per day) and mean air temperature was studied by 9 years data from 1980 to 1988.

The higher mean temperature, the more enlargement of the horizontal diameter from 31 to 70 days after full bloom. From 71 days after full bloom to the harvest time, the enlargement of the horizontal fruit diameter increased up to certain temperature, and the higher temperature above that, the less enlargement of the fruits. These relations were approximated to the equations of the second degree.

It was showed that the higher accumulated mean temperature from full bloom day to 30 or 50 days after full bloom, the more fruit growth from 61 to 90 days after full bloom, but less fruit growth from 101 days after full bloom to the harvest day.

Therefore, the model of the enlargement of the fruit diameter from 31 to 137 days after full bloom was developed. And under the above relations, the method was developed that forecast the seasonal fruits growth by the accumulated enlargement of the model which was changed by daily mean temperature.

This method gives fairly good agreement with the observed values.

{ Bull.Tochigi Agr.Exp. }  
{ Stn.No 37: 42~48(1990) }