

ニホンナシの生育予測法の策定と着果管理および収穫適期判定法の確立

前川 哲男*・服部 吉男**・小林 昇*

Establishments of Japanese pear's Growth Forecast
and Fruit Management and Timely Harbrest Judgement Methods.

Tetsuo MAEGAWA, Yoshio HATTORI and Noboru KOBAYASHI

緒言

本県のナシの生産は、幸水を主力品種として栽培されており、伊勢湾の内海に囲まれて温暖で気象条件に恵まれているので、熟期が早く安定的な出荷がされている。

しかし、幸水の単一品種生産は、作業の集中による栽培規模の制限になるので、経営改善と労力分散のために簡易被覆栽培に着目し、省力型被覆方法の開発と植物調節剤との組み合わせによる新作型が、本県での試験研究の成果に基づいて普及されている。

このため、被覆という新しい環境条件下における開花期および着果量の変動、それに伴う果実肥大と熟期の判定等新たな問題が発生してきた。

本試験は、気象条件や被覆栽培の管理条件と摘果時期および着果量等を加味してナシの開花期、果実肥大、果実成熟期の予測法を策定し、その予測に基づいた普通栽培および簡易被覆栽培に関する技術体系の組み立てを図ったものであるが、一応の成果が得られたのでここに報告する。

1. 開花予測法の確立

試験方法

開花期は、昭和48年から62年の場内の栽培記録を、気象要因およびウメ、タンポポ、サクラなど生物季節は津気象台のデータを使用した。

花芽の発育は、露地栽培と簡易被覆の幸水、豊水、長十郎について3月6日から3月23日まで5日毎に、2年

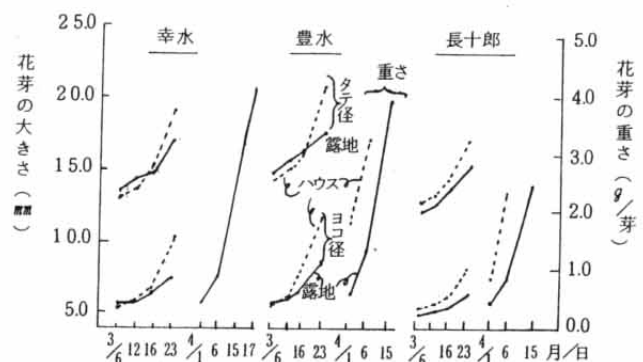
生短果枝の花芽を測定した。

自発休眠期間と温度感応の検討には、昭和61年9月5日から昭和62年4月4日まで、露地栽培の幸水、豊水、長十郎を用い約10日毎に、1年生枝各5本を水差しし、最低気温10℃、最高気温30℃に設定したガラス室に置き開花期を調査した。低温要求時間は、昭和60年から昭和61年度の、水差し試験（幸水）のデータから、5℃、7.5℃、10℃以下の時間を算出した。

幸水および豊水の開花予測式は、生物季節および気象条件などを説明変数にして作成した。

結果および考察

ナシの花芽の大きさとは重さは、幸水、豊水、長十郎とも3月下旬以降、急激に増加した。露地栽培の満開期の花芽の重さは幸水、豊水とも約4g程度であった。簡易



第1図 ナシ花芽の生育経過

被覆栽培の花芽の重さは、露地栽培のものよりやや軽かった(第1図)。

ナシの開花期と有意な相関が認められた生物季節は、ソメイヨシノの開花日であった。ソメイヨシノの開花日と満開日では、開花日のほうが、ナシの開花期との相関が高かった(第1表)。

ナシの開花期と有意な相関が認められた気象要因は、2、3月の気温が中心で一部1月も有意であった(第2～3表)。

ナシの開花期を目的変数にして、生物季節および気象要因を用いて予測式を検討した結果、幸水の開花日の予測は、ソメイヨシノの開花日を説明変数に加えるよりも

第1表 ナシの開花期と生物季節の相関係数

	ウメ	タンポポ	ソメイヨシノ	
	開花日	開花日	開花日	満開日
幸水開花始	0.404	0.398	0.609 *	0.518 *
開花盛	0.499	0.427	0.674**	0.548 *
豊水開花始	0.369	0.384	0.714**	0.601 *
開花盛	0.462	0.364	0.712**	0.591 *

第2表 幸水開花期と気温との相関係数

月	旬or月	幸水 開花始			幸水 開花盛		
		平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温
10	上	0.266	0.121	0.278	0.277	0.133	0.293
	中	0.248	0.316	0.267	0.292	0.392	0.264
	下	-0.105	-0.054	-0.274	-0.013	-0.032	-0.122
月	0.093	0.133	0.130	0.204	0.221	0.228	
11	上	0.239	0.180	0.265	0.321	0.285	0.341
	中	-0.187	-0.174	0.130	-0.268	-0.228	-0.214
	下	0.224	0.228	0.225	0.231	0.227	0.238
月	0.094	0.108	0.160	0.095	0.132	0.152	
12	上	0.191	0.118	0.260	0.132	0.052	0.211
	中	-0.067	-0.049	-0.005	-0.174	-0.126	-0.116
	下	-0.339	-0.361	-0.308	-0.347	-0.334	-0.348
月	-0.133	-0.170	-0.073	-0.214	-0.224	-0.166	
1	上	-0.326	-0.382	-0.170	-0.377	-0.422	-0.224
	中	-0.254	-0.267	-0.166	-0.233	-0.248	-0.135
	下	-0.554*	-0.571*	-0.394	-0.517*	-0.544*	-0.351
月	-0.470	-0.536*	-0.286	-0.468	-0.535*	-0.285	
2	上	-0.559*	-0.595*	-0.535*	-0.637*	-0.669**	-0.582*
	中	-0.643**	-0.685**	-0.554*	-0.652**	-0.685**	-0.544*
	下	-0.523*	-0.527*	-0.535*	-0.552*	-0.543*	-0.523*
月	-0.707**	-0.758**	-0.703**	-0.753**	-0.795**	-0.710**	
3	上	-0.416	-0.342	-0.441	-0.292	-0.253	-0.316
	中	0.359	-0.358	-0.291	-0.477	-0.462	-0.414
	下	-0.451	-0.514*	-0.420	-0.540*	-0.626*	-0.490
月	-0.615*	-0.585*	-0.577*	-0.671*	-0.662**	-0.628*	
4	上	-0.362	-0.404	-0.290	-0.365	-0.436	-0.296
	中	-0.189	-0.300	-0.084	-0.293	-0.454	-0.178
	月	0.404	-0.456	-0.310	-0.472	-0.534*	-0.389

第3表 豊水開花期と気温との相関係数

月	旬or月	豊水 開花始			豊水 開花盛		
		平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温
10	上	0.225	0.084	0.254	0.425	0.244	0.406
	中	0.242	0.290	0.261	0.133	0.205	0.169
	下	-0.004	0.031	-0.185	0.062	0.054	-0.114
月	0.126	0.152	0.165	0.187	0.190	0.191	
11	上	0.326	0.257	0.332	0.347	0.334	0.362
	中	-0.089	-0.089	-0.017	-0.040	-0.001	0.010
	下	0.266	0.343	0.222	0.170	0.211	0.141
月	0.208	0.246	0.255	0.207	0.259	0.249	
12	上	0.216	0.167	0.294	0.227	0.200	0.295
	中	0.012	0.032	0.049	-0.109	-0.049	-0.077
	下	-0.320	-0.362	-0.290	-0.296	-0.307	-0.321
月	-0.079	-0.112	-0.025	-0.124	-0.116	-0.103	
1	上	-0.233	-0.287	-0.066	-0.254	-0.251	-0.152
	中	-0.182	-0.193	-0.068	-0.103	-0.090	-0.073
	下	-0.469	-0.491	-0.334	-0.504	-0.526*	-0.362
月	-0.370	-0.435	-0.183	-0.363	-0.410	-0.227	
2	上	-0.445	-0.502	-0.408	-0.555*	-0.570*	-0.520*
	中	-0.660**	-0.705**	-0.583*	-0.619*	-0.675**	-0.484
	下	-0.493	-0.497	-0.516*	-0.360	-0.339	-0.338
月	-0.657**	-0.719**	-0.662**	-0.635*	-0.669**	-0.579*	
3	上	-0.356	-0.277	-0.384	-0.410	-0.300	-0.483
	中	0.446	-0.423	-0.382	-0.393	-0.415	-0.308
	下	-0.444	-0.539*	-0.372	-0.533*	-0.467	-0.512
月	-0.637**	-0.613*	-0.575*	-0.671**	-0.590*	-0.656**	
4	上	-0.329	-0.340	-0.286	-0.535*	-0.508	-0.478
	中	-0.107	-0.281	-0.036	-0.185	-0.299	-0.055
	月	0.361	-0.434	-0.225	-0.484	-0.531*	-0.361

2～3月の平均気温を用いたほうが精度が高かった(第4表)

豊水も同様であるが、満開期の予測には3月の平均気温より、相関は有意ではないが10月上旬の平均気温を用いたほうが、精度が高まった(第5表)。この予測式から、2～3月の平均気温が高く、前年の10月上旬の平均気温が低いと開花期が早まることになる。このことは、10月の気温が低いと、この頃から始まると思われる自発休眠の低温遭遇時間が多いため、その結果早く自発休眠が完了し、生理的に生育が早く開始されると思われる。小野^{1),2)}らは、この生理的に生育が開始される日は、温州みかんが1月20日頃、リンゴ、ナシでは2月15日頃で

あるとしている。

開花期の予測を樹立する時期を考えると、3月上旬には幸水、豊水ともに、2月の平均気温だけで、4月上旬には、2月と3月の平均気温で予測できると考えられた。

豊水の開花期予測は、幸水と同様十分な精度とは言えず、自発休眠完了のための低温と、開花のための生育温量を検討する必要があると考えられる。

そこで、切り枝を使って自発休眠期の検討を行なった結果、品種別に異なり幸水は、9月16日まで自発休眠に入っておらず、9月25日から1月4日までが自発休眠期間と考えられた(第2図)。豊水は、9月25日までに自発休眠に入っておらず、一部の芽が動いた。12月25日

第4表 幸水開花期の予測式

	(重) 相関係数	予 測 式	誤差の最大値
開花始	0.812	$y = 29.413 - 1.183x_1 - 1.564x_2 + 0.030x_3$	3.68
	0.812	$y = 33.241 - 1.201x_1 - 1.697x_2$	2.57
	0.707	$y = 21.787 - 1.507x_1$	6.13
開花盛	0.875	$y = 30.886 - 1.268x_1 - 1.663x_2 + 0.063x_3$	2.83
	0.873	$y = 38.878 - 1.305x_1 - 1.940x_2$	2.88
	0.753	$y = 25.781 - 1.655x_1$	5.52

(注) y : 4月1日を起算日とした日数(開花始、盛)

x_1 : 2月平均気温

x_2 : 3月平均気温

x_3 : ソメイヨシノの開花日(通日)

誤差の最大値 : 予測値と実測値の誤差の最大値

第5表 豊水開花期の予測式

	(重) 相関係数	予 測 式	誤差の最大値
開花始	0.889	$y = -3.223 - 1.055x_1 - 0.893x_2 + 0.286x_3$	4.55
	0.792	$y = 33.225 - 1.225x_1 - 2.157x_2$	4.19
	0.657	$y = 18.663 - 1.614x_1$	6.53
開花盛	0.815	$y = 8.786 - 0.993x_1 - 1.362x_2 + 0.225x_3$	3.99
	0.799	$y = 37.502 - 1.126x_1 - 2.358x_2$	4.87
	0.635	$y = 21.584 - 1.551x_1$	7.45
	0.843	$y = -32.458 - 1.808x_1 + 2.872x_4$	4.71

(注) y : 4月1日を起算日とした日数(開花始、盛)

x_1 : 2月平均気温

x_2 : 3月平均気温

x_3 : ソメイヨシノの開花日(通日)

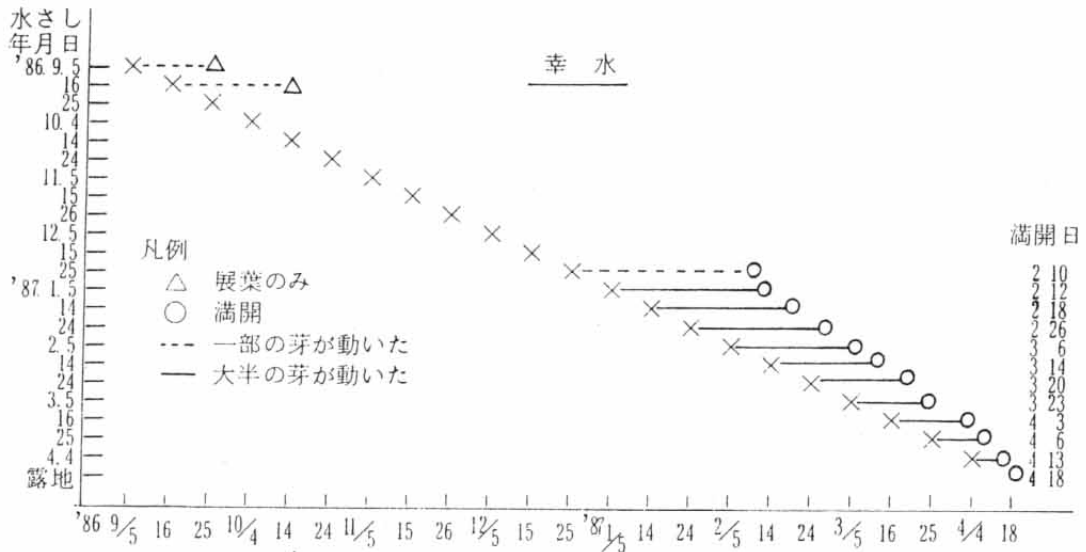
x_4 : 10月上旬平均気温

誤差の最大値 : 予測値と実測値の誤差の最大値

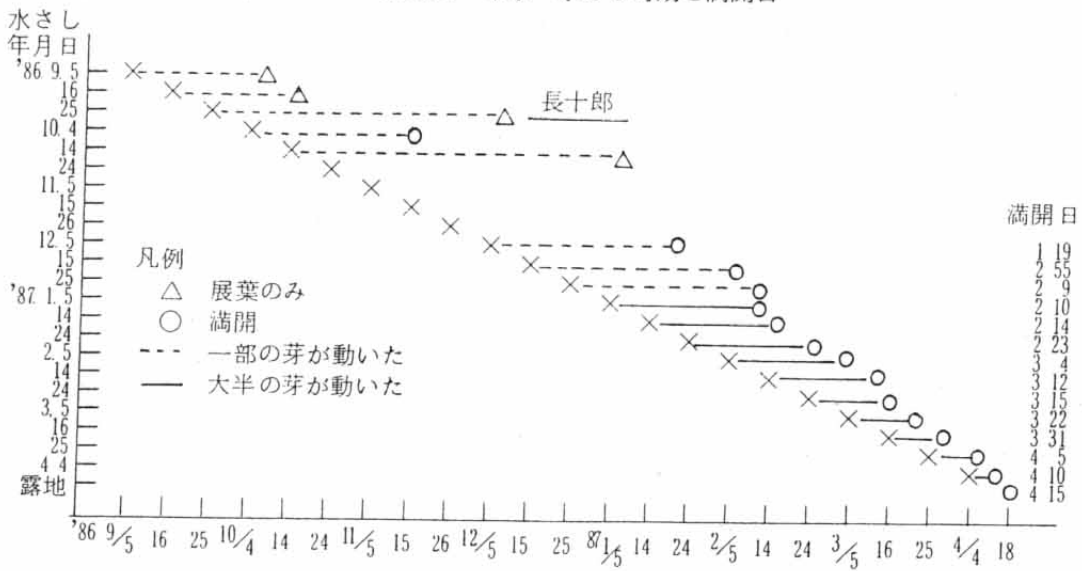
し以降は大半の芽が動いたことから、自発休眠期間は、10月4日から12月25日までと考えられた(第3図)。したがって、前述のように10月の気温が低いと、自発休眠完了が早くなると思われる。長十郎は、9月16日まで自発休眠に入っておらず、9月25日から1月4日までが自発休眠期間と考えられた(第4図)。

自発休眠完了時期は、年により異なり幸水で昭和60年度が12月27日、昭和61年度が1月4日であった。

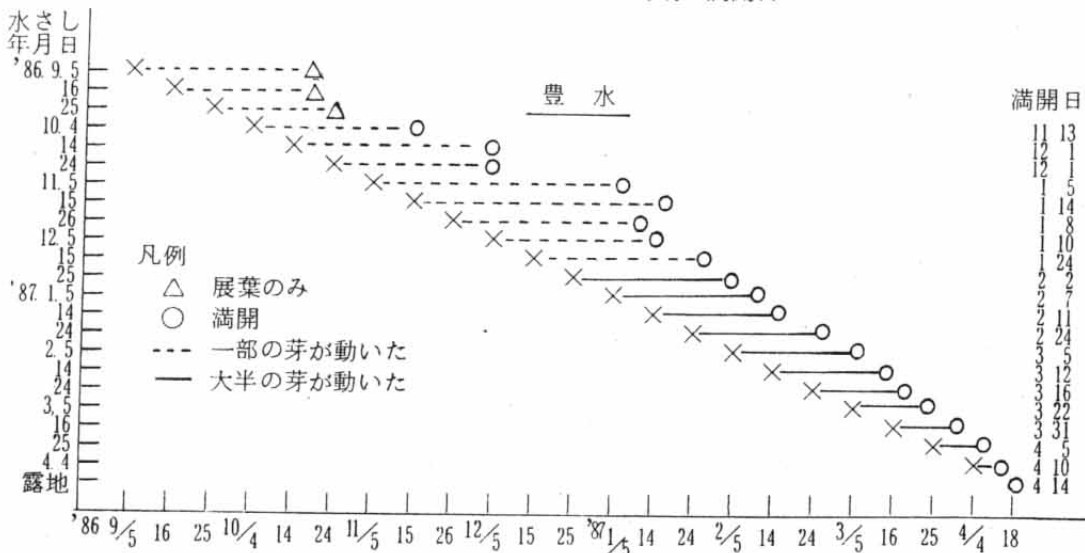
高馬³⁾(信州大、1953年)は「切り枝を温室に入れて2週間以内に生長しない場合を強固な休眠状態にある。」と考え、ニホンナシで1月中旬に自発休眠が完了し、その自発休眠完了に必要な低温要求時間は、八雲、二十世



第2図 幸水・水さし時期と満開日



第3図 豊水・水さし時期と満開日



第4図 長十郎・水さし時期と満開日

紀, 新高(京都)で7.2℃以下の時間が1344時間として
いる。

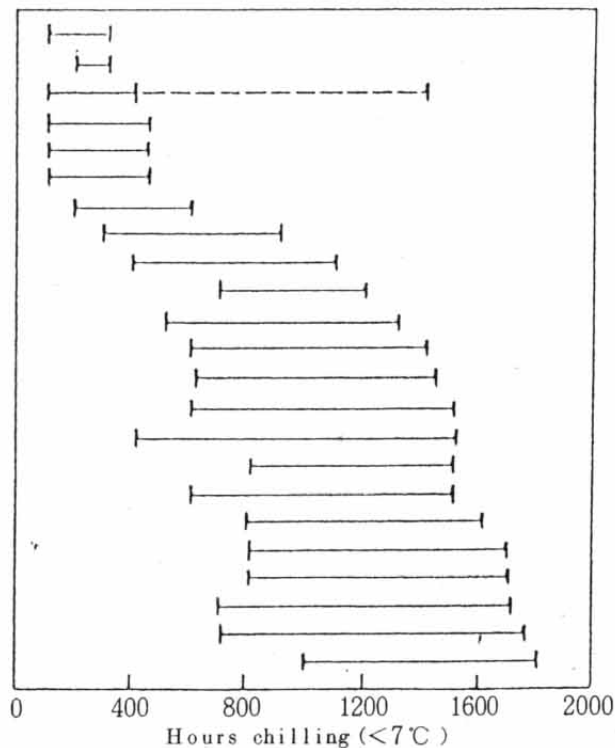
今回の本試験での結果は, 自発休眠完了を「2週間以
内に生長」ということではなく, 大半の芽が発芽して開
花する時期を自発休眠完了と考え, 検討したものである。
自発休眠完了のための低温要求時間は, 幸水で昭和60年
度は550時間, 昭和61年度は464時間であり, 2か年の結
果から500時間で自発休眠は完了すると考えられ, 高馬
らの試験結果の約40%の時間であった(第6表)。

第6表 自発休眠完了までの低温時間

	昭和60年度	昭和61年度
5.0℃以下	293hrs	201hrs
7.2℃以下	550	464
10.0℃以下	859	868

多くの果樹は, 自発休眠(Rest)を完了するのに冬
季の低温に遭う必要があり, この低温要求量は, 樹種や
品種によって大きく異なる。低温要求量の小さいもの
には, イチジク, イチゴ, カキ, アーモンドなどがありイ
チジクは7℃以下が100~300時間, 一方, 低温要求量の
大きいものには, リンゴ, ヨーロッパスモモ, アメリカ
スモモがありリンゴは900~1700時間とChandler,
Kimball(1937)らが提唱している(第5図)。これらと
比較すると, 幸水の低温要求量は, 中間的なものと思わ
れる。このように, 同じ作物によっても幅があるのは,
低温の温度の重みが7.2℃以下の温度であっても6℃と
1℃では違うと言うことで, Richardson⁴⁾やAssem⁵⁾
は, Chill-Unitといった数値を導入した。今後は, こ
のChill-Unitとの適合性を検討すべきだと思われる。

Fig
Strawberry
Grape
Persimmon
Almond
Quince
Blackberry
Apricot
Peach
Blueberry
Sweet cherry
Sour cherry
Pecan
Japanese plum
Walnut
Currant and Gooseberry
Pear
Filbert
Raspberry
Apple
Domestic plum
American plum
Northern papaw



第5図 冬期休眠打破に必要な低温要求量

(Chandler, Kimball, Philip, Tufts, Weldonらによる. 1937)

次に, 自発休眠完了後の感温特性を調べたところ, 各
水さし時期の満開に要する時間数は, 8~9℃以上の積
算時間が約900時間でよく一致した(第7, 8表)。

同じく, 自発休眠完了後, 各水さし時期の満開に要す
る, 一定温度以上の生育温量(温度×時間)が, 2か年
ともよく一致するところは, 0℃以下になったが, これ
では, 0℃以下に生育限界温度があるということになり,
疑問が残った(第9, 10表)。浅野⁶⁾らは, 関東地区の
なし産地の切り枝および鉢植え樹の各種温度処理試験か
ら, 1.8~5.0℃前後(埼玉県は4.0℃)にこの生育限界

温度(生育0点)があると報告している。

各水さし時期の, 一定温度以上の時間数と生育温量を
それぞれよく一致させるには, 自発休眠完了後の低温の
影響と各生育ステージの生育限界温度を検討する必要が
あると思われる。

また, 農林水産省農業研究センターのプロジェクト研
究第5チームは研究課題である地域農業資源の評価法の
開発を行なっているが, 金野⁷⁾らは, 発芽や開花日の予
測には単重回帰式や積算温度を使用する方法は, 年次の
違いや地域によって精度が著しく劣る場合があり, 普遍

第7表 昭和60年度水さし試験時間数(幸水)

水さし 月日	0℃ 以上	4.5℃ 以上	7.2℃ 以上	8℃ 以上	9℃ 以上	10℃ 以上
12.28	936hrs	936hrs	936hrs	936hrs	936hrs	933hrs
1.7	970	855	817	793	782	773
1.17	1174	947	843	810	794	778
1.27	1411	1088	903	855	826	795
2.7	1488	1052	814	750	851	663
2.17	1600	1043	753	672	622	568
2.27	1862	1179	849	756	694	632
3.7	2020	1241	881	777	705	627
3.17	2138	1333	928	807	704	603
露地	2593	1698	1155	985	836	677
平均	1619	1137	888	814	775	705
変動係数	33.1%	21.5%	12.3%	11.2%	12.0%	15.9%

第8表 昭和61年度水さし試験時間数(幸水)

水さし 月日	0℃ 以上	4.5℃ 以上	7.2℃ 以上	8℃ 以上	9℃ 以上	10℃ 以上
1.5	912hrs	912hrs	912hrs	912hrs	912hrs	912hrs
1.14	1043	951	907	896	881	870
1.24	1228	1041	919	892	854	814
2.5	1408	1063	882	838	788	740
2.14	1598	1210	975	917	851	794
2.24	1742	1257	956	891	811	752
3.5	1805	1209	873	799	711	649
3.16	2069	1405	998	899	777	678
3.25	2141	1466	1014	907	779	671
4.4	2307	1594	1109	986	847	719
露地	2426	1691	1164	1026	882	784
平均	1698	1254	974	906	827	762
変動係数	30.0%	20.6%	9.6%	6.8%	7.1%	10.9%

第9表 昭和60年度水さし試験生育温度

水さし 月日	0℃ 以上	2℃ 以上	3℃ 以上	4℃ 以上	4.5℃ 以上	7.2℃ 以上
12.28	17.0	15.1	14.1	13.2	12.7	10.2
1.7	14.8	12.9	12.0	11.1	10.7	8.5
1.17	15.7	13.5	12.5	11.5	11.0	8.6
1.27	16.6	13.9	12.7	11.6	11.0	8.3
2.7	15.5	12.8	11.6	10.4	9.9	7.4
2.17	15.0	12.1	10.9	9.7	9.2	6.8
2.27	15.8	12.5	11.1	9.7	9.1	6.4
3.7	16.0	12.4	10.8	9.4	8.8	6.0
3.17	16.0	12.1	10.5	9.0	8.3	5.3
露地	18.3	13.5	11.2	9.3	8.7	4.9
平均	16.1	13.1	11.7	10.5	9.9	7.2
変動係数	6.3%	7.2%	9.5%	12.7%	14.1%	23.1%

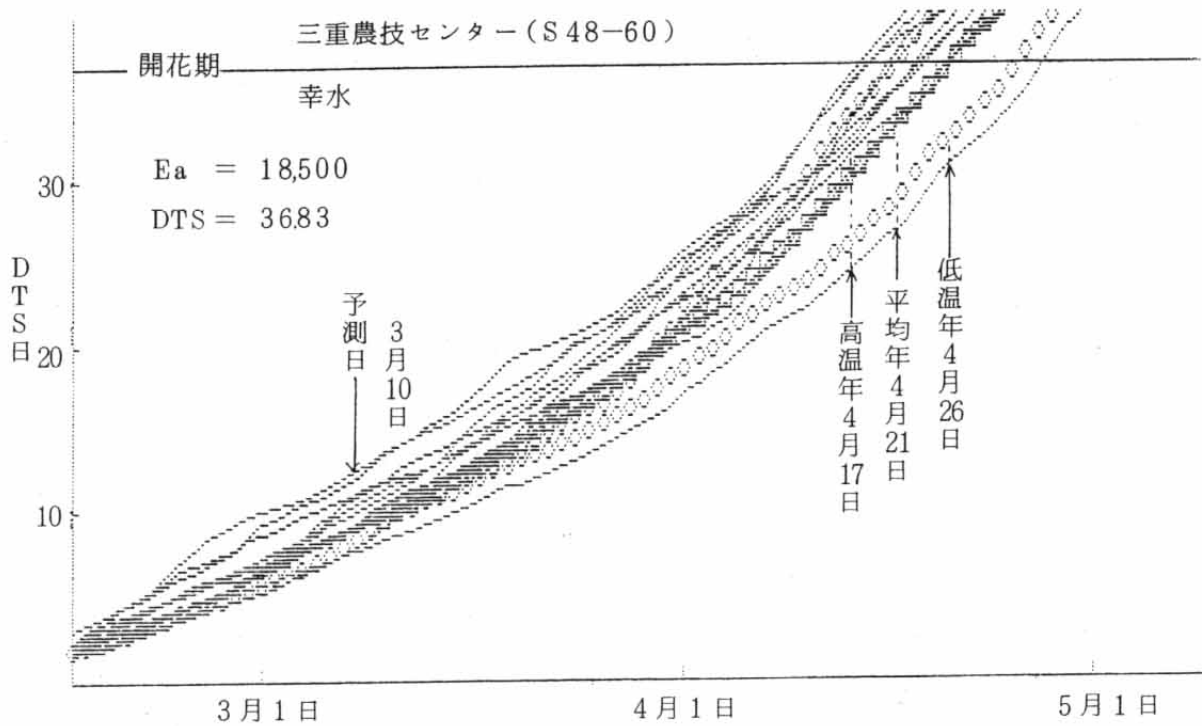
第10表 昭和61年度水さし試験生育温度

水さし 月日	0℃ 以上	2℃ 以上	3℃ 以上	4℃ 以上	4.5℃ 以上	7.2℃ 以上
1.5	17.4	15.6	14.7	13.8	13.3	10.8
1.14	17.4	15.1	14.2	13.2	12.7	10.2
1.24	17.0	14.6	13.5	12.4	11.9	9.3
2.5	16.9	14.2	12.9	11.8	11.3	8.7
2.14	18.2	15.2	13.8	12.5	11.9	8.9
2.24	18.5	15.1	14.6	12.2	11.6	8.6
3.5	16.9	13.5	12.0	10.7	10.1	7.3
3.16	17.9	14.0	12.3	10.7	10.1	6.8
3.25	18.1	14.0	12.2	10.6	9.9	6.5
4.4	18.8	14.4	12.5	10.7	10.0	6.3
露地	18.9	14.3	12.2	10.3	9.5	5.6
平均	17.8	14.6	13.2	11.7	11.1	8.1
変動係数	4.2%	4.3%	7.7%	10.1%	11.4%	21.0%

性に欠けるとして、アレニウスの法則から導かれた温度変換日数の方法によって、ナシを初めとした各種果樹の発芽・開花期予測を行なう方法を開発している。

アレニウスの法則とは、化学反応論から生れたものであるが、反応温度を変えると反応速度が著しく変化することで、高等植物に対しても温度と生育速度との関係を解析するために、この法則が適用されている。その表わし方として、生育(反応)速度の対数値を縦軸にとり、温度(絶対温度で表わす)の逆数を横軸にとってプロットした図(アレニウスプロット)で求めるが、その時直

線が得られた範囲で認められる。浅野⁶⁾らは、幸水の開花日数と温度との間には、7~20の℃範囲でこのアレニウスの法則が適用できると報告している。また、温度変換日数の理論と方法を用いることによってナシの感温特性評価ができ、これらの特性値を用いてDTS(自然の温度条件に置かれた日数を標準温度に変換した日数)曲線をリアルタイムに図示でき、生育の遅速が判定できている。この方法によって三重県の開花日の予測をすれば第6図のようになり、予測日以降の気象条件を想定して開花の予測が可能になった。



第6図 DTS曲線を利用した幸水の開花予測

II. 果実肥大予測に基づく着果管理法の確立

試験方法

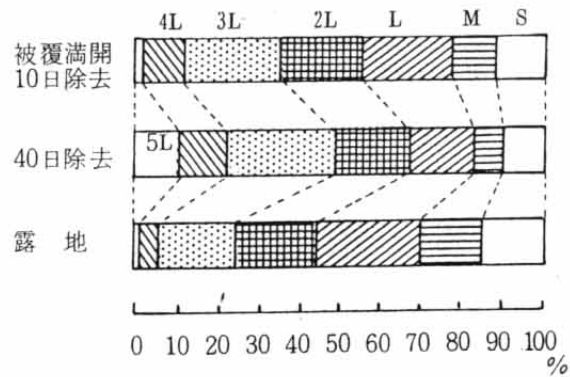
場内の幸水19年生簡易被覆栽培樹を用い、果実肥大に及ぼす被覆除去時期（満開後10日、40日）予備摘果時期（満開後20日、40日）を検討した。簡易被覆開始は3月初旬におこない、仕上げ摘果は満開後60日、着果数は1㎡当たり12個に揃えた。果実肥大は、10日毎に縦横径を3樹について1樹当たり標示した10個について測定した。果実肥大については、昭和55年からの栽培記録も利用した。

果実肥大に及ぼす気象要因は、津気象台の昭和55年からのデータを用いた。簡易被覆栽培の気象調査は、棚上40cm、棚下20cm、地下20cmを熱伝体で測定して毎時毎にコンピューターに記録した。

幸水および豊水の収穫果重と満開後各時期の果実横径の予測式は、気象要因、着果量、摘果時期などを説明変数にして作成した。

結果および考察

簡易被覆栽培の被覆除去時期を、慣行の満開後40日より1ヶ月早めて満開後10日にすると、果実肥大効果は露地栽培とほとんど変わらずかやや良かった（1～13g）程度で、熟期促進効果も50%収穫日で、2日～5日とやや慣行除去区より劣った。なお、両効果は年による差があった（第7、8図）。

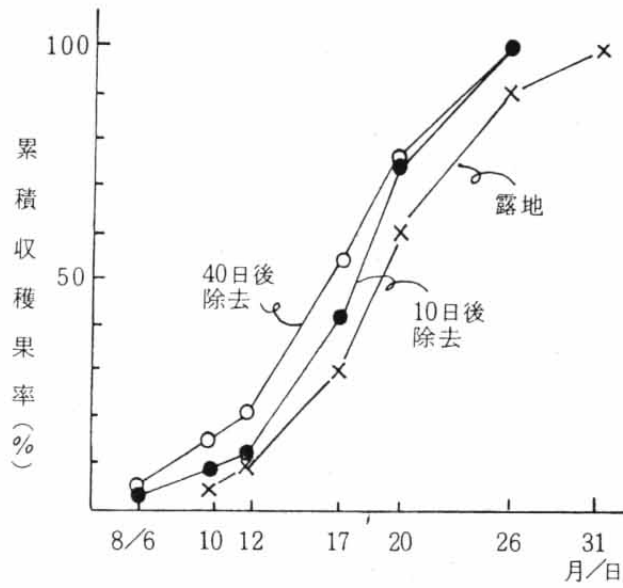


第7図 収穫果実の階級割合

気象調査の結果、棚下の満開10日毎の平均気温および地温は、露地より被覆のほうが低い傾向であった（第9、10図）。

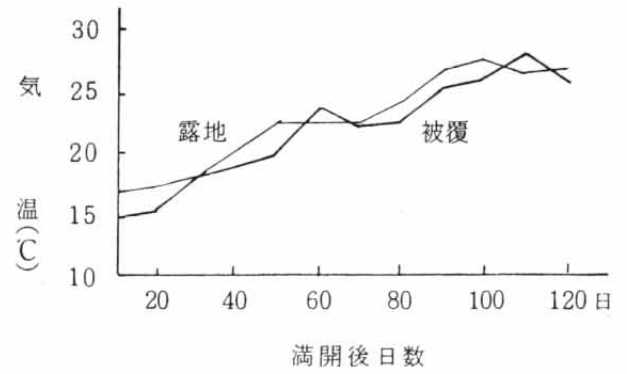
簡易被覆栽培の摘果時期を、慣行の満開後40日より20日早めて満開後20日にすると、果実肥大効果は著しく45～50g、露地栽培の慣行摘果に比較すると70～95g、1果平均重が増加した（第12表）。

このことから、一般に簡易被覆栽培では、満開後10日被覆除去でも、果実が腰高となり、1果平均重が増加し、単位面積当たり収量は増加すると思われる。また、摘果時期は、果実の良否の判断が可能な限り早いほうが、大果になり収量増になると思われる。

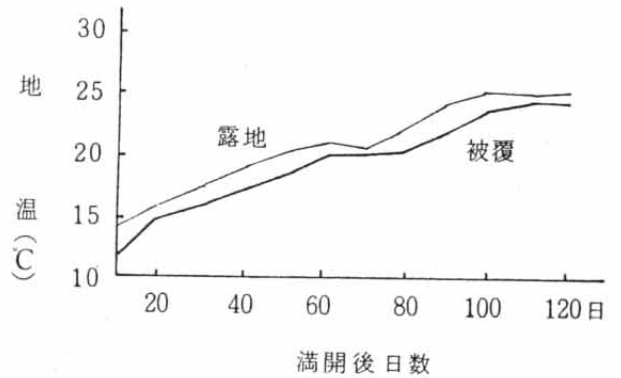


第8図 累積収穫果割合

幸水と豊水の収穫果重の予測式を作成するために、平均気温、日照時間、降水量などの気象要因や、摘果時期着果量等の各種要因との相関係数を算出したところ、幸水で4気象要因、豊水で6気象要因が収穫果重と有意な関係にあった(第13表)。この有意な相関係数の要因を



第9図 棚下平均気温の推移



第10図 地温(地下20cm)の推移

第11表 収量・果実品質

被・露の別	被覆除去	1樹当り収量		1果平均重		S級以下の割合	
		S, 6 1	S, 6 2	S, 6 1	S, 6 2	S, 6 1	S, 6 2
被覆	満開後10日	101.75kg	122.0kg	305g	347g	23.2%	10.6%
被覆	満開後40日	86.46	125.1	352	369	17.6	9.1
露地	—	78.19	107.8	304	334	33.0	13.7
有意性		NS	*	NS	NS	NS	NS

第12表 収量・果実品質 (S62. 幸水)

被・露の別	被覆除去	1樹当り収量	単位面積当り収量	収穫果平均重	S級以下の割合	果色	糖度	果形指数
被覆	満開後10日	122.0 kg	4.04 kg/m ²	347 g	10.6%	4.0	12.8%	1.23
被覆	満開後40日	125.1	4.52	369	9.1	3.5	12.5	1.22
露地	—	107.8	3.66	334	13.7	4.2	13.0	1.27
有意性		*	*	NS	NS	NS	NS	*

(注) 果実品質：被覆、露地とも8月17日収穫、8月24日調査(1樹当り10果)

第13表 収穫果重と有意な関係数

幸 水			豊 水		
要 因	相関係数		要 因	相関係数	
満開後1～10日の平均気温	0.75*		満開後51～60日の日照時間	0.88**	
満開後1～10日の降水量	-0.77*		満開後1～60日の積算日照時間	0.84**	
満開後1～70日の積算日照時間	0.78*		満開後1～70日	〃	0.83*
満開後1～100日	〃	0.73*	満開後1～80日	〃	0.72*
			満開後1～100日	〃	0.76*
			満開後1～110日	〃	0.73*

第14表 収穫果重の予測式

品 種	予 測 式	重相関係数	誤差の最大値
幸 水	$y = -22.86 + 1.07x_1 + 0.32x_2$	0.93	21.9
豊 水	$y = 84.60 + 0.28x_3 + 1.46x_4$	0.91	26.7

(注) y : 収穫する果実の重さ(予測値、単位 g)
 x_1 : 幸水満開後1～10日の平均気温の合計値
 x_2 : 幸水満開後1～70日の積算日照時間
 x_3 : 豊水満開後1～100日の積算日照時間
 x_4 : 豊水満開後51～60日の日照時間の合計値

第15表 満開後各時期の果実横径と収穫時の果実横径、果実重との相関係数

満開後 果 径	幸水(8ヶ年)		幸水収穫時(1987年)		豊水(8ヶ年)		豊水収穫時(1987年)	
	110日後の果径	果 径	果 径	果実重	120日後の果径	果 径	果実重	
満開20日後	0.87**	0.10	0.06	—	—	—	—	
30	0.88**	0.45**	0.41**	—	—	0.26	0.24	
40	0.85**	0.58**	0.54**	—	—	0.39	0.33	
50	0.92**	0.61**	0.54**	0.66	0.66	0.49*	0.42	
60	0.89**	0.63**	0.57**	0.57	0.57	0.53*	0.45	
70	0.85**	0.61**	0.59**	0.64	0.64	0.36	0.28	
80	0.89**	0.47**	0.39**	0.70	0.70	0.53*	0.43	
90	0.94**	0.47**	0.41**	0.80*	0.80*	0.51*	0.40	
100	0.95**	0.55**	0.47**	0.89**	0.89**	0.64**	0.54*	
110	—	0.73**	0.67**	0.92**	0.92**	0.80*	0.70**	
120	—	—	—	—	—	0.91**	0.83**	
130	—	—	—	—	—	0.96**	0.90**	
n	8	54	54	8	18	18	18	

使用して、第14表のような予測式を作成した。この関係式から、幸水では開花後10日間の平均気温が高く、降水量が少いと、果実肥大が良く大玉果になり、豊水では、満開後110日までの積算日照時間が多いと大果になることが分かる。

さらに、満開後各時期の果実横径と収穫時の果実横径、

果実重との関係を調査した結果、その相関係数は、収穫時の果実横径との相関のほうが、収穫時の果実重との相関よりも幸水、豊水とも高かった。また、どちらの相関係数でも、成熟期が近づくにつれ、相関係数が低下するところが見られた(第15表)。

第16表 幸水 満開後各時期の果実横径と
有意な相関係数 (n=8)

果実横径	平均気温	積算日照時間	降水量	積算降水量
満開20日後	-	-	11-20日 -0.76*	-
30	-	1-30日 0.81*	11-20日 -0.72*	1-20日 -0.71*
	-	-	-	1-30日 -0.76*
40	-	1-30日 0.74*	-	1-30日 -0.85**
50	-	1-30日 0.76*	-	1-20日 -0.76*
	-	-	-	1-30日 -0.75*
60	-	1-30日 0.75*	-	1-20日 -0.72*
	-	-	-	1-30日 -0.74*
70	-	1-30日 0.80*	-	1-30日 -0.76*
80	51-60日 -0.72*	1-30日 0.77*	-	1-30日 -0.76*
90	-	-	11-20日 -0.84**	1-20日 -0.82*
100	-	-	11-20日 -0.85**	1-20日 -0.84**
110	51-60日 -0.71*	-	11-20日 -0.80*	1-20日 -0.88**

第18表 幸水 満開後各時期の果実横径の予測式

目的変数	(重) 相関係数	予測式	誤差の最大値
満開50日後果実横径	0.92	$y = 10.56 + 0.04x_1 - 0.01x_2$	1.01**
60日後 "	0.94	$y = 14.98 + 0.04x_1 - 0.01x_2$	0.81
70日後 "	0.93	$y = 14.71 + 0.04x_1 - 0.01x_2$	1.22
80日後 "	0.86	$y = 19.52 + 0.04x_3 - 0.01x_2$	2.39
90日後 "	0.95	$y = 23.67 + 0.06x_3 - 0.09x_4$	1.79
100日後 "	0.93	$y = 34.06 + 0.06x_3 - 0.11x_4$	1.53
110日後 "	0.90	$y = 76.47 + 0.08x_5 - 0.07x_4$	1.40
120日後 "	0.90	$y = 84.03 + 0.06x_5 - 0.07x_4$	1.23

(注) x_1 : 満開1~30日後の積算平均気温
 x_2 : 満開41~50日後の降水量の合計値
 x_3 : 満開1~40日後の積算平均気温
 x_4 : 満開1~20日後の積算日照時間
 x_5 : 満開71~80日後の日照時間の合計値

次に、生育期間中の各時期の果実肥大を予測するために、各時期の果実横径とその時期以前の気象条件との相関について調査した結果、幸水と豊水の満開後各時期の果実横径と有意な相関が見られたのは第16、17表の通りで、時期により相関の高い要因が異なった。幸水では、満開1ヶ月くらいは雨が少なく日照時間が多いと、果実は収穫直前まで大きいですが、収穫直前には51~60日後の平均気温が低いと、果実が大きくなると思われた。豊水では満開80日後までの果実横径は、50日頃までの気温が高く雨が少なくと果実は大きく、満開90~100日後頃は以上の要因に加えて20日後までの日照が少なく、71~80日後頃の日照が多いと果実は大きく、収穫直前には1~90日の日照が多いと果実が大きくなると思われた。

第17表 豊水 満開後各時期の果実横径と
有意な相関係数 (n=8)

果実横径	平均気温	積算平均気温	日照時間	積算日照時間	降水量
満開50日後	-	1-20日 0.80*	-	-	41-50日 -0.76*
	-	1-30日 0.88**	-	-	-
	-	1-40日 0.71	-	-	-
60	1-10日 0.72*	1-20日 0.84**	-	-	41-50日 -0.80*
	-	1-30日 0.87**	-	-	-
70	-	1-20日 0.83*	-	-	41-50日 -0.71
	-	1-30日 0.90**	-	-	-
	-	1-40日 0.78*	-	-	-
80	-	1-40日 0.79*	-	-	41-50日 -0.74
	-	1-50日 0.71*	-	-	-
90	-	1-30日 0.75*	61-70日 0.81*	1-20日 -0.74*	41-50日 -0.71*
	-	1-40日 0.79*	-	-	-
	-	1-50日 0.73*	-	-	-
100	-	1-40日 0.76*	61-70日 0.74*	1-20日 -0.76*	21-30日 -0.76*
	-	1-50日 0.75*	71-80日 0.78*	-	-
110	-	-	71-80日 0.79*	1-20日 -0.76*	21-30日 -0.71*
120	-	-	21-30日 0.88*	1-20日 -0.78*	-
	-	-	71-80日 0.77*	1-80日 0.77*	-
	-	-	-	1-90日 0.72*	-

第19表 豊水 満開後各時期の果実横径の予測式

目的変数	(重) 相関係数	予測式	誤差の最大値
満開30日後果実横径	0.92	$y = 6.47 + 0.09x_1 - 0.02x_2$	1.64**
40日後 "	0.94	$y = 16.96 + 0.07x_1 - 0.03x_2$	1.23
50日後 "	0.89	$y = 17.12 + 0.08x_1 - 0.02x_2$	1.56
60日後 "	0.88	$y = 20.58 + 0.09x_1 - 0.03x_2$	1.85
70日後 "	0.92	$y = 19.58 + 0.13x_1 - 0.03x_2$	2.34
80日後 "	0.90	$y = 25.65 + 0.16x_1 - 0.05x_2$	3.53
90日後 "	0.84	$y = 69.46 - 0.13x_3$	4.22
100日後 "	0.85	$y = 79.17 - 0.12x_3$	3.50
110日後 "	0.95	$y = 120.27 - 0.15x_4 - 0.07x_5$	1.91

(注) x_1 : 満開1~30日の積算日照時間
 x_2 : 満開1~30日の降水量の合計値
 x_3 : 満開11~20日の降水量の合計値
 x_4 : 満開51~60日の平均気温の合計値
 x_5 : 満開1~20日の降水量の合計値

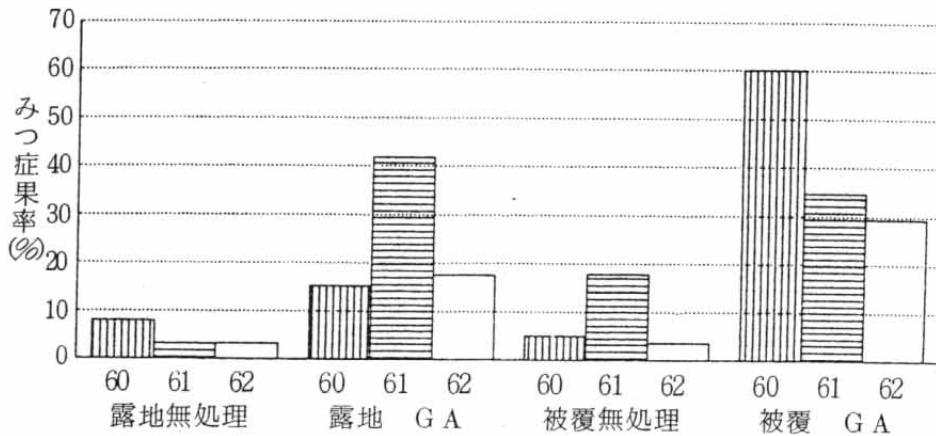
このことから、幸水では満開50日後に変曲点があり、豊水では満開80~90日後頃に変曲点があるのではないかと考えられた。

これらの関係から、試行錯誤に満開後各時期の果実横径を目的変数、気象要因などを説明変数として、果実肥大予測式を作成した(第18~19表)

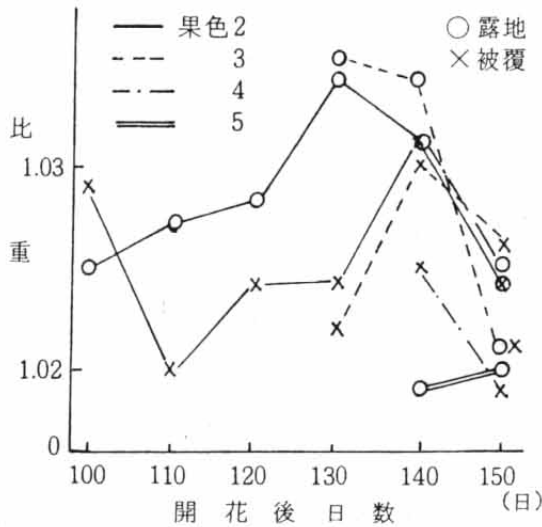
Ⅲ. 果実成熟予測に基づく収穫適期判定法の確立

試験方法

場内の幸水および豊水19年生簡易被覆栽培樹と露地栽培樹を用い、果実成熟と品質に及ぼす着果量 (㎡当り幸水は12個、9個、豊水は14個) とジベレリンペースト



第11図 豊水のみつ症果発生率 (昭和60~62年)



第12図 果実比重の推移 (豊水)

(GA) 処理の影響を検討した。とくに、豊水については簡易被覆栽培におけるみつ症果の発生について、被覆環境条件との関連を解析した。みつ症果の発生率は、満開後120日目から10日毎に各10果、果実比重は、満開後100日目から10日毎に、果色チャート別に150日まで調査した。簡易被覆開始は3月初旬におこない、予備摘果は満開後25日、仕上げ摘果は満開後35日、GA処理は満開後35~40日にそれぞれ実施した。果実収穫時期については、昭和55年から昭和62年の、豊水の年次別のみつ症発生果率は、昭和56年から昭和62年の露地栽培記録および、昭和60年から昭和62年の簡易被覆栽培記録を利用した。果実成熟に及ぼす、気象要因は津気象台の昭和55年から昭和62年のデータを、豊水のみつ症果の発生に及ぼす気象要因は、津気象台の昭和56年から昭和62年のデータと、昭和60年から昭和62年の簡易被覆栽培施設内の観測データを用いた。簡易被覆栽培の気象調査は、棚上40cm、棚下

第20表 みつ症発生率と主要な相関関係

項目	相関係数
ジベレリン処理の有無	0.67077**
満開後1~110日の日照量	-0.50508*
満開後81~90日の降水量	0.47935
満開後81~90日の平均気温	-0.40673

20cm、地下20cmを熱伝体で測定して、毎時毎にコンピューターに記録した。

幸水および豊水の果実成熟と、豊水のみつ症発生の予測式は、果実の発育経過および生育期の気象条件などを説明変数にして作成した。

結果および考察

豊水のみつ症果の発生は、満開後130~140日頃から始まり簡易被覆栽培が露地栽培より多くかつ早く始まった。さらに、ジベレリンペースト処理を加えると、その発生程度が著しくなった。(第11図)。また、果色が進むにつれて、みつ症発生が急激に増加し、果色4以上では40~50%も発生した。果色3以下では、発生がほとんどないことが多いことから、その防止策としてみつ症が多いと予測された場合は、収穫時期を果色3以下で品質が劣らない範囲内で早くすればよいと思われる。果実比重は、被覆栽培と露地栽培で大差はなかったが、果色の進んだ果実はやや比重が低かった(第12図)。

着果量の差が、豊水のみつ症発生に及ぼす影響はなかった。

生育期間中の気象条件と、豊水のみつ症発生の相関関係を検討した結果、満開後1~110日間の少日照条件下で多発する関係が認められた(第20表)。山本⁹⁾らは7月

第23表 収穫始日と主要な相関関係（幸水）

項	目	相関係数
満開後61～70日の平均気温積算値		0.91031**
満開日（4月1日起算日）		0.79159*
満開後1～10日の降水量		0.72191*
満開後1～80日の平均気温積算値		0.70912*
満開後1～60日の日照量		-0.94306**
満開後51～60日の日照量		-0.83467**

第24表 成熟日数と主要な相関関係（豊水）

項	目	相関係数
満開後101～110日気温積算値		-0.89053**
満開後121～130日の日照量		-0.77989*
満開後101～110日の降水量		0.70720*
満開後31～40日の日照量		0.66127
満開日（4月1日起算日）		-0.60710

第25表 予測式との誤差（幸水）

年次	収穫日	予測収穫日	誤差
S 55	18	16.1	1.9
56	11	11.7	-0.7
57	9	10.3	-1.3
58	9	8.6	0.4
59	20	20.6	-0.6
60	12	10.5	1.5
61	11	10.2	0.8
62	10	12.1	-2.1

第26表 予測式との誤差（豊水）

年次	成熟日数	予測成熟日数	誤差
S 55	140	141.8	-1.8
56	139	138.6	0.4
57	143	142.5	0.5
58	137	134.4	2.6
59	131	133.1	-2.1
60	137	136.0	1.0
61	139	137.7	1.3
62	133	134.9	-1.9

収量だけに現われて着果数が多いほど収量が多かった（第13図、第22表）。果実の大きさには差がないことから、簡易被覆栽培のGA処理の着果数は、1㎡当たり12個までは樹勢の低下に注意をしながら、着果させても良いと思われる。

生育期間中の気象条件等と、幸水の果実成熟期の相関関係を検討した結果、第23表のような要因と有為な関係が認められた。これらの関係は、満開後60日間や満開後51～60日の積算日照時間が多く、満開後80日間や満開後61～70日の積算平均気温が低く、満開後10日間の降水量が少なく、満開日（4月1日起算日）が早いほど収穫開始日が早くなると言える。この中で、一番相関の高い満開後60日間の積算日照時間を使用して、8月1日を起算日とした収穫始めの日を目的変数として、次の予測式を策定した。

$$\text{予測式 } Y = 44.512 - 0.078x$$

Y；8月1日を起算日とした収穫始めの日

x；満開後60日までの積算日照時間

重相関係数； $r = 0.943$

この式からの予測日と、実際の収穫日との最大誤差は2.1日であった。

同じく、生育期間中の気象条件等と、豊水の果実成熟

日数との相関関係を検討した結果、第24表のような要因と有意な関係が認められた。これらの関係は満開後101～110日の積算平均気温が高く、満開後121～130日の積算日照時間が多く、満開後101～110日の降水量が少ないほど成熟日数が少なくなり、熟期が早くなると言える。この中から、満開後101～110日の降水量と満開後101～110日の積算平均気温を説明変数、満開日から収穫始日までの成熟日数を目的変数として、次の予測式を作成した。

$$\text{予測式 } Y = 189.135 \oplus 0.011x_1 - 0.189x_2$$

Y；満開日から収穫始日までの日数

x_1 ；満開後101～110日の降水量

x_2 ；満開後101～110日の積算平均気温

重相関係数； $r = 0.894$

この式からの予測日数と、実際の成熟日数との最大誤差は2.6日であり幸水に比較して豊水のほうがその誤差が大きかった。また、幸水は、成熟日数の年による差が少なく収穫始めの日と満開日との相関が高く、開花日が早ければ収穫日が早いといえるが、豊水はその相関が低く成熟後半の気象条件等による影響が多いと思われる。

摘 要

ニホンナシの簡易被覆栽培樹と露地栽培樹を用いて、

気象条件や被覆栽培の管理条件と摘果時期および着荷量を加味してナシの開花期、果実肥大、果実成熟期の予測法を策定して、その予測に基づいた露地および簡易被覆栽培の技術体系の組み立てを検討したものである。

(1) 開花前の気象条件と生物季節を用いた幸水と豊水の開花予測式(重回帰式)が作成できた。開花始日は、両品種とも幸水は2~3月の平均気温を、満開日も同様であるが、豊水は前年の10月上旬の平均気温を用いたほうが精度が高まった。予測日との誤差は、豊水のほうが幸水より大きかった。

(2) アレニウスの法則理論に基づいたDTS曲線利用による開花日の予測は、予測日以降の気象条件を加味できてより精度の高い予測となった。

(3) ニホンナシの自発休眠の時期は、品種と年により異なり幸水と長十郎は、9月下旬頃から1月上旬頃まで、豊水は10月上旬頃から12月下旬頃までであり、豊水の自発休眠期間が短かった。

(4) 自発休眠完了のための低温要求時間は、7.5℃以下の時間総計が500時間であった。

(5) 簡易被覆栽培の被覆除去時期を早めて満開後10日にすると、果実肥大および熟期促進効果は少なくとも不安定であった。

(6) 簡易被覆栽培の摘果時期は、果実良否の判断が可能な限り早いほうが大果になり収量増になった。

(7) 満開後の気象条件等を用いて幸水と豊水の果実肥大(収穫果重)予測式(重回帰式)が作成できた。

(8) 豊水のみつ症の発生は、満開後110日間の少日照条件やジベレリンペースト処理で多発した。この関係を用いて、みつ症発生の予測式が作成できた。

(9) 満開後の気象条件等を用いて幸水と豊水の果実成熟予測式(重回帰式)が作成できた。

(10) これらの予測式の策定により、開花日の予測からは、受粉・摘蕾作業や雇用労力の準備が計画的にでき、果実肥大と収穫始め日の予測から、出荷計画と収穫準備がより正確にできるようになった。

謝 辞

本研究にあたり、開花肥大予測方法等について種々ご指導いただいた農林水産省農業研究センタープロジェクト研究第5チーム、並びに果樹試験場の方々に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 小野祐幸：果樹の開花における感温特性評価。地域農業資源の作物生態学的評価と利用。第1回研究会試料62.12.7.
- 2) 小野祐幸：果樹の発芽・開花期予測。今月の農業。63.6月号49-52
- 3) 高馬 進：落葉果樹の自発休眠に関する研究
- 4) Richardson. E. A, S. D. Seeley, and D. Walkar. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. HortScience 9 : 331-332.
- 5) Assem. D. S. and C. R. Unrath. 1983. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 (6) : 957-961.
- 6) 浅野聖子・奥野 隆・小野祐幸・金野隆光・田村良文・鴨田福也・杉浦俊彦：永年作物の感温特性に関する研究(第2報)ナシの開花期予測。園芸学会要旨。昭和63春(果樹)
- 7) 金野隆光・杉原 進：農環研報1. 51-8
- 8) 山本正幸。他：豊水のみつ症発生に関する調査。昭和57~59年度茨城県果樹試験成績書
- 9) 川瀬信三。：昭和62年度ニホンナシ生育予測検討会試料

参考文献

- 1) Chandler. W. H. and W. P. Tufts. 1934. Influence of the rest period on opening of buds of fruit trees in spring and on development of flower buds of peach trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 30 : 180-186.