

カキ樹の生理生態学的研究 Ⅲ

夜温が新梢生長、開花ならびに果実肥大に及ぼす影響

傍島善次・小林 明・出野暉久・坪井勇雄

Y. SOBAJIMA, A. KOBAYASHI, T. IDENO and I. TSUBOI:
Physiological and ecological studies of Japanese persimmon
trees (III) Effects of night temperatures on the shoot
growth, blooming and fruit development

摘要 カキの成木結果樹を供試し、それぞれ樹体の発育周期に応じて、夜間に補温処理を行ない、枝梢の生長、開花ならびに果実の肥大に及ぼす影響を調査した。

その結果、新梢伸長期(自然夜温 12~13.4°C) および果実発育の第1期(自然夜温 21~22°C) に3~4°C 以内で夜間補温すれば、新梢の生長、開花および果実の肥大を促進し、とくにその期間中で処理を打ち切った後もその影響が維持されて収穫期にまでおよぶ。しかし、この時期に自然夜温より6~7°C 以上の高夜温になると、一時的には展葉、開花ならびに幼果の肥大は促されるが、枝葉は軟弱徒長し開花後の落果が著しい。

開花と萌芽時よりの積算夜温とは密接な関係を示し、4月始めよりほぼ470°C~500°C で開花期に至る。

I 緒 言

温度と果樹の発育との関係については、それぞれの種類、品種によって樹体の生長、果実の肥大に対する温度適応性が著しく異なる^{3) 4)}。したがってこれらの生長におよぼす温度の影響を実験的に明らかにすることは、栽培適地を選択する基礎的資料を得る上からきわめて必要なことである。しかしながら、温度条件を追究する場合に、当然新梢生長、開花ならびに果実の肥大などその生長周期に対応して調査する必要がある、しかもその生育が種類固有の発育をとげるのに十分な範囲の温度内にあれば、さらに昼夜の変温も重要な要素になるものと考えられる。

以上の点を考察し、かつ成木結果樹では樹冠容積の大なることを考慮すれば、現在では実際の研究手段として、自然光の下で昼間気温を種々の程度に調整することはほとんど不可能である。しかし、夏季の植物体の容積増加や果実肥大は主として夜間に行なわれるから、夜温と生育との関係は無視することができない。

このような観点から、従来より Sour cherry¹¹⁾、リンゴ¹²⁾¹³⁾、アンズ⁷⁾、ブドウ⁶⁾などについて、夜温が樹体の成長、果実の肥大におよぼす影響を調査した結果がみられるが、カキでは幼樹の生長に関する調査

⁵⁾があるのみで、成木結果樹を供試して果実の肥大に対する影響を調査した結果は見当たらない。

当報告はカキの成木を供試して、樹体の生長周期に応じて、夜間に温度処理を行ない、枝梢の生長、開花ならびに果実の肥大におよぼす影響について、1959年より4ケ年にわたり調査した結果をとりまとめたものである。

本調査に当たり、懇篤なご助言を賜わった木村光雄学長ならびに気象観測に際して種々のご教示を賜わった文家政学部東教授に対して深く謝意を表する。

II 枝梢の生長ならびに開花に及ぼす影響

1. 実験材料および方法

供試樹は京都府立大学農学部附属農場に栽植されている樹勢中位な約25年生の平核無を用いた。果樹園土壌は砂質壤土で心土は砂石が多く透水性は良好で地下水位も低い。期間中の施肥は10a 当たり硫安 24kg, 過石 20kg, 硫加 20kg を2月中旬~3月中旬にかけて施用した。

補温の手段としては、所定期間中それぞれの夜温を一定とするために大型の恒温室を用いる場合と、自然夜温に平行して所定の補温をする場合とがあるが、筆

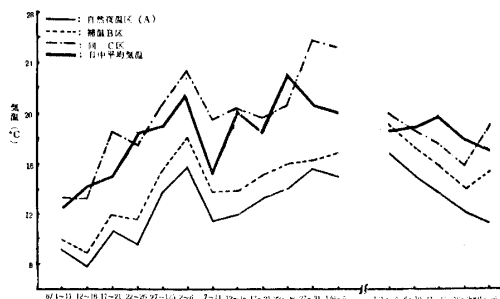
者らは Turkey¹²⁾¹³⁾の実験手段を基準とした。すなわち、それぞれの主枝をビニールで被覆した約 5 m³~7 m³ の補温箱内に設定して、日中は両側、天開を開放して自然状態とし、夜間の補温処理には自動調節器付電熱器を用い、補温の程度はあらかじめ気象表によって予想される自然夜温に+2°C+4°C, +6°Cとなるよう電熱器の数および強弱の程度を変えて行なった。予備実験により所定温度になるように調節しておいたが、実際のは場では降雨日、快晴日などの関係もあって所定の温度を必ずしも維持できず、あらかじめ箱内中央部に設置した自記温度計により、午後7時と夜間最低気温との平均によって夜温を算出した。夜間の処理は午後7時より翌朝午前7時までとし、日中温度は最高、最低の平均として算出した。

新梢の伸長量は、結果母枝の頂芽より3芽まで6~9本を任意に選んでおき、7~10間ごとに測定した。開花については、一番花を認めてより毎日開花数を記録した。

2. 実験結果

(1) 実験A

1959年度は夜間補温の期間を前期処理区(4月6日より6月5日までの61日間)と後期処理区(10月1日より26日までの26日間)に分けたが、その期間中の温度変化は第1図に示すとおりである。すなわち、その



第1図 調査期間中の各試験区の夜温変化(1959)

期間中の平均は、前期処理では自然夜温区Aの12.2°Cに対して、補温B区は 13.9°C (A区に+1.7°C), 補温C区は19.8°C (A区に+7.6°C)となり、後期処理では自然夜温区(A)の 13.8°C に対して、補温B区では 16.4°C (A区に+2.6°C), 補温C区は 18.3°C (A区に+4.5°C)となった。ちなみに前期の平均日中気温は18.5°C, 後期では 18.6°C となり、とくに前期、後期ともに補温C区は、日中気温をそれぞれ1.3°C および1.2°C 上回る結果を示した。

かような温度条件下での新梢の伸長曲線を示すと、第2図に示すとおりである。すなわち補温程度が高いほど新梢伸長は早期に促進される結果を示し、伸長曲線は自然区と補温B区は似た傾向がみられるが、補温

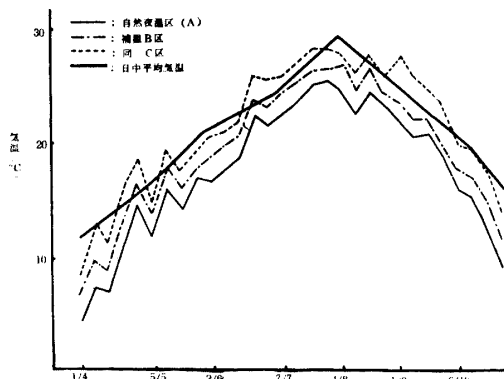
C区では著しく伸長し、葉形も大型となり葉肉組織も薄く、明らかに徒長的傾向を示した。

開花については第3図に示すとおり、補温程度の高い区ほど早くなり、開花数の多いのは自然区5月20日~23日、補温B区5月10日~15日、補温C区5月5日~7日ころで、自然区よりB区では約10日、C区では約17日ほど早くなる。いま盛花期までの夜間積算温度をみると、4月6日より算出して自然区は515°C, 補温B区は500°C, 補温C区は516°Cとなり、ほぼ500°C程度で盛花期に相当している。

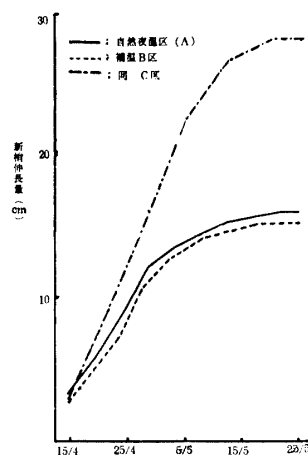
後期補温処理では新梢伸長への影響は全くみられず、処理区間の差異は認められなかった。

(2) 実験B

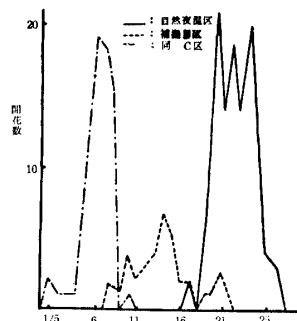
1960年度は萌芽期より果実発育の全期間、すなわち3月30日より10月23日までの208日間にわたり夜間補温した場合の影響を調査した。その実験期間中の温度変化は第4図に示すとおりである。すなわち、全期間の平均夜温は自然区の17.5°Cに対し、補温B区は19.3°C (A区に+1.8°C), 補温C区は21°C (A区に+3.5°C)であり、実験期間中の平均日中温度は20.4°Cとなり、補温C区では0.6°C夜温が上回る結果となった。



第4図 調査期間中の各試験区の夜温変化(1960)

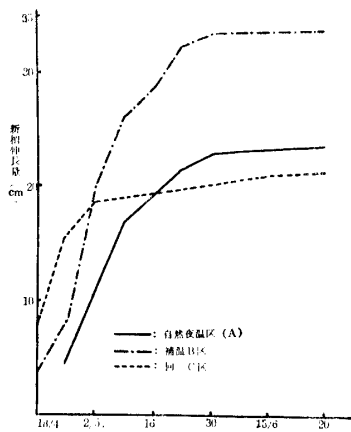


第2図 各処理区の新梢の伸長曲線(1959)



第3図 各処理区の開花数の変化(1959)

新梢の伸長曲線は第5図に示すとおりで、萌芽より

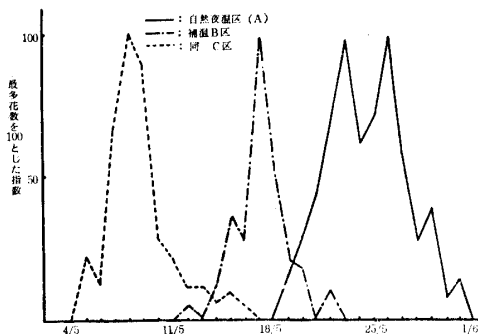


第5 各処理区の新梢の伸長曲線 (1960)

新梢生長の初期には、高夜温ほどその生長は盛んであるが、補温C区では5月初旬ころより劣り、新梢生長が停止する6月中旬では補温B区が最高となり、ついで自然区、補温C区

の順となった。この結果については、高夜温区での初期生長がすぐれる点では前年度と同じ傾向を示したが、補温C区でかえって劣る結果を示した原因が明らかでない。しかし葉も大型軟弱である点は明らかに認められた。もっとも前年度では補温C区での果実はすべて落果したことが、その伸長に影響をおよぼしていることも無視できないものと考えられる。

開花については第6図に示すとおり、前年の結果と



第6図 各処理区の開花期の変化 (1960)

同じく高夜温区ほど開花は早まり、自然区に比して本年の開花始めは補温B区は7日、補温C区は14日早くなった。なお、4月1日より開花始めまでの各処理区の積算夜温は、自然区の449°Cに対し、補温B区で490°C、補温C区で474°Cとなり、前年度の結果と合わせて考えると、4月上旬よりの積算夜温が約450°C~500°C程度で開花に至るものと思われ、開花と積算夜温との間に密接な関係のあることが認められる。

III 果実の肥大に及ぼす影響

1. 実験材料および方法

供試材料および夜間補温の方法は前項の実験方法に述べたとおりである。着花数は自然夜温区では100~150花を基準としたが、処理区では限定された補温箱内に主枝を入れるため、花数におのずから制限がある。すなわち、各年および各処理区によって一定の花

数を得ることができなかったが、ほぼ45~65花の範囲である。開花終了後これをさらにそれぞれ結果枝の勢力に応じて1~2果とし、1果当たりの葉数は25~35枚程度である。

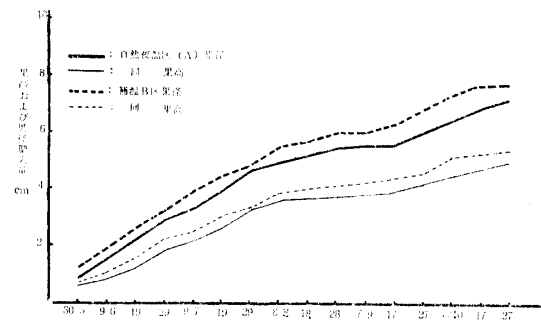
果実の発育に伴って生理的落果が認められ、着果数は全花数より30~35%程度減少した。

果実の肥大量は、6~10果を任意に選んで、7~10日間ごとに副尺付キヤリパスによって果高および果径を測定した。

2. 実験結果

(1) 実験A

1959年度の夜間補温処理の期間およびその温度変化は前項に示したとおりであるが、前期処理区における果実の肥大については、開花期が早まれば当然果実発育も促進される結果となり、自然区の開花終了期の5月27日に各区の果径を比較すると、自然区の0.75cmに対して、補温B区は1.22cm、補温C区は1.28cmとなり、明らかに補温区の果実が大きくなっている。その肥大曲線を示すと第7図のとおりで、補温によって



第7図 各処理区の果実の肥大曲線 (1959)

明らかに果実の発育が促進される。しかし、補温C区では供試果65個は花後10以内にすべて落果したが、これは直接的に高夜温が作用し、さらに新梢の著しい伸長作用の影響によって生長が不均衡になった結果と考えられる。これに対して補温B区では第1表に示すと

第1表 収穫時の平均果実重および糖度(1959)

| 処理区 | 一果平均重 | 平均糖度* |
|-------|-------|-------|
| 自然夜温区 | 151g | 13.9% |
| 補温B区 | 193 | 16.2 |
| 同C区 | — | — |

注 10月27日採取。* 糖度計による測定

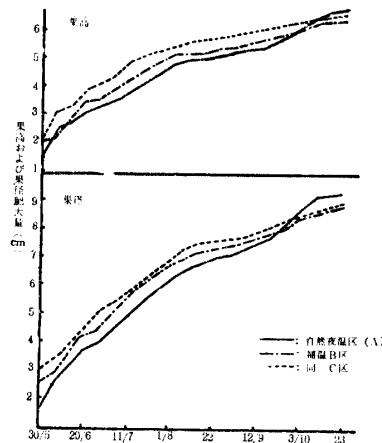
おり収穫時の果重、糖度では自然区にまさり、果色には大差が認められない。

これに対して、後期の補温処理では果重、果色に全く相違が認められず、果実肥大と夜温との関係では生育初期におけるある限度内での高夜温が、その生長に有効であることが認められた。もっとも後期処理の時

期が遅いことも、その影響が不鮮明になった理由でもあろうと思われる。

(2) 実験B

1960年度の夜間補温処理の期間およびその温度変化は前項に示したとおりであるが、果実の肥大曲線を示すと第8図のとおりである。すなわち、生長の初期より



第8図 各処理区の果実の肥大曲線(1960)

り果実発育第2期ころまでは高夜温区ほど生長はすぐれる。しかしながら9月中旬以降では自然区の生長が漸増し、第2表のとおり収穫時には果重が自然区の207gに対して、補温B区は185g、補温C区は203gとなり、かえってまさる結果となっ

第2表 収穫時の平均果実重および糖度(1960)

| 処理区 | 一果平均重 | 平均糖度* |
|-------|-------|-------|
| 自然夜温区 | 207g | 19.3% |
| 補温B区 | 185 | 21.0 |
| 同C区 | 203 | 19.5 |

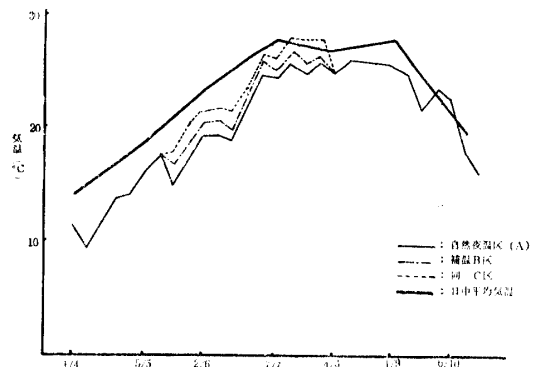
注 10月24日採取。* 糖度計による測定

た。果色、糖度については相違がみられなかった。すなわち、萌芽期より果実収穫期までの長期間にわたり夜間補温すれば、果実発育の初期生長は促進されるが、成熟期に入るとかえって抑制的に働くようである。

カキの場合、果実全体の細胞分裂終了は8月上旬ころでそれ以後は細胞の肥大成熟によって果実の発育が進展することが知られているが¹¹⁾、その意味では細胞の分裂と細胞成熟とはおのずから生理的代謝作用が異なり、これに対する温度の影響が加味されることが考えられる。また夏季の昼間の高温が直接的に働き、昼夜温の相互関係の結果によることも考えられる。いずれにしても、新梢伸長期ならび果実発育の各段階に応じて、樹体の生長均衡を維持するのに最適の夜温が存在することを示すものと思われる。

(3) 実験C

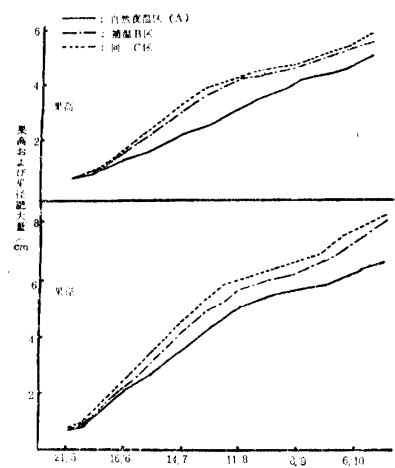
1961年度では、前2ヶ年の調査結果にもとづいて、果実発育条1期における夜温の影響を調査した。供試材料および夜間補温の方法は前項で述べたとおりであるが、処理期間は5月21日より7月31日までの73日間とした。調査期間中の温度変化は第9図に示したとお



第9図 調査期間中の各試験区の夜温変化(1961)

り、その平均夜温は自然区の21°Cに対して、補温B区は22.2°C(A区に+1.2°C)、補温C区は23.6°C(A区に+2.6°C)である。本年は比較的高温な年であり、補温打ち切り後の自然夜温も前年と比べておそくまで高温が続いた。

果実の発育についてみると、その肥大曲線は第10図に示すとおりで、生長の初期から高夜温区がすぐれ、7月31日の補温打ち切り後もこの傾向を継続して収穫期に至っている。すなわち収穫時の果実は第3表に示すとおり、自然区の187gに対し、補温B区は203g、補温



第10図 各処理区の果実の肥大曲線(1961)

第3表 収穫時の平均果実重および糖度(1961)

| 処理区 | 一果平均重 | 平均糖度* |
|-------|-------|-------|
| 自然夜温区 | 187g | 19.2% |
| 補温B区 | 203 | 19.4 |
| 同C区 | 210 | 19.0 |

注 10月21日採取。* 糖度計による測定

C区は210.3gとなり、果色、糖度では明らかな相違は認められなかった。

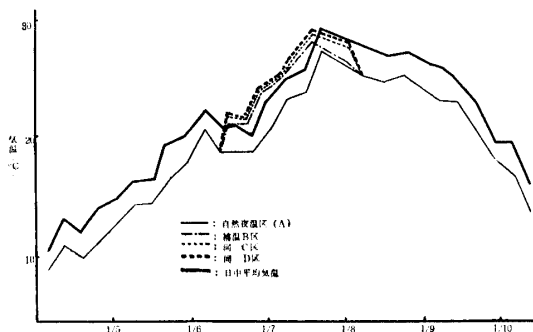
以上の結果によると、果実生長初期の夜温が好適であれば、その影響は収穫期にまでおよび、その生長に好結果をもたらすことを示している。なお、新梢の生長については5月21日の補温開始時期には、ほとんどその伸長が停止するころでもあって、各処理間には伸長の相違は認められなかった。

(4) 実験D

1962年度は前年度の結果を再検討するためと、さらに富有を供試して初期補温の影響について調査した。供試材料および夜間補温処理は前項に述べたとおりであるが、富有は樹勢中位の約20年生のもので、栽培管理の概要、土壌条件などは平核無と同様である。

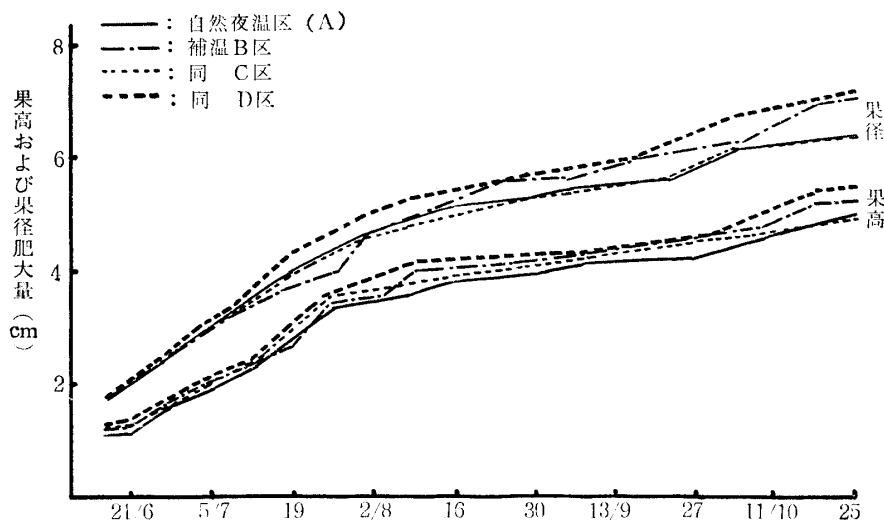
処理期間は6月16日より7月31日までの45日間としたが、平核無では期間中の自然夜温 22.1°C に対し、補温B区は24.8°C(A区に+2.7°C)、補温C区は24.3°C、補温D区は 27.2°C (ただしC区は7月8日、D区は7月20日までの平均) となり、自然夜温に対してC区は+4.7°C、D区は6.2°Cの較差を示した(C、D区はそれぞれ7月8日および7月20日までの自然区との較差)。しかしながら、補温D区では処理後22日で供試果はすべて落果し、B、C区とも風害によって調査果数が激減したために処理を打ち切ったので、以下富有について述べる。

すなわち、富有の各処理区の実験期間中の温度変化は第11図に示すとおりで、自然区の 22.1°C に対して



第11図 調査期間中の各試験区の夜温変化(1962)

補温B区では 25.2°C (A区に+3.1°C)、補温C区は 25.6°C (A区に+3.5°C)、補温D区は 25.8°C (A区に+3.7°C) となった。期間中の日中平均気温は 24.8



第12図 各処理区の果実の肥大曲線 (富有1962)

°C となり、補温処理区はいずれもこれをやや上回る結果を示している。

果実の発育については第12図に示すとおり、生長初期ではC、D区がすぐれ、B区について自然区が劣ったが、収穫時の果実重はD区がもっともすぐれた。すなわち、第4表に示すとおり、果重は自然区の127gに

第4表 収穫時の平均果実重および糖度(1962)

| 処 理 区 | 一果平均重 | 平均 糖 度* |
|---------|-------|---------|
| 自然夜温区 | 127g | 12.8% |
| 補 温 B 区 | 126 | 13.2 |
| 同 C 区 | 134 | 14.2 |
| 同 D 区 | 156 | 14.5 |

注 10月26日採取。* 糖度計による測定

対して、B区は126g、C区は134g、D区は 156g となった。

本年の調査では平核無では実験中断のやむなきに至ったが、当初自然夜温より +6°C 以上になればすべて落果してその生育に悪影響をおよぼすことを示し、1959年度の調査と同様な結果を示した。

富有では果実発育第1期の平均夜温が+3.7°Cの範囲内では、補温によって果実肥大が促進され、補温打ち切り後もこの影響が維持されて収穫期にまでおよぶことが認められ、平核無と同じ結果を示している。

なお、6月16日の処理開始時期では新梢の生長はほとんど停止しており、処理によって伸長量に相違は認められなかった。

IV 考 察

カキは一般に温暖を好むものであり、幼樹の生長を調査した小林、岡本、行永氏⁵⁾の結果によると、その生長量(生体重および乾物重)がもっともすぐれる好適夜温は31~32°Cとされ、呼吸障害起点は49°Cで落葉果樹の中では高温作物であることが認められている。しかしながら、筆者⁶⁾らの樹体の生長周期を調査した結果よりみて、結実樹では新梢伸長と果実発育との相互関係においておのずからそれぞれの好適夜温が相違するものと思われる。

当調査の結果では4月上旬よりの夜温が高まれば展葉、新梢伸長ならびに開花が促進され、新梢伸長期で

の自然夜温 12~13.4°C に対して、+3~4°C の補温は明らかに生長に好影響をもたらす、その後の果実肥大もすぐれることが認められる。しかしながら補温の程度が+6.2~7.6°C 以上になると伸長は徒長気味となり、葉肉組織は薄く軟弱となって、しかも果実は開花後10—20日程度ですべて落下し、著しい悪影響がみられる。

これらの事実は夜温の上昇によって他発休眠が急速に解除され、展葉、新梢伸長が著しく進むものの、高夜温では体内貯蔵養分の豊富な供給をうけ得る初期は別として、その後の同化、呼吸作用の均衡が失われるようになり、生長に異常をきたしかえってその後の発育に悪影響をもたらす結果になるものと考えられる。

果実の肥大についてみると、発育初期の補温が自然夜温より+2.6~3.7°C 程度以内では、果実肥大に好影響をもたらす、たとえその期間中の処理のみであっても、その影響が収穫期におよぶことが認められた。この点については発育初期の果肉細胞の分裂と肥大に対して促進的に作用した結果によるものと考えられるが、ブドウ⁶⁾についても結実直後よりの高夜温は明らかに細胞の分裂と肥大を促がし、それがそのまま果粒肥大に影響することが認められている。

しかしながら、萌芽期より収穫期までの全期間を補温した場合には、果実肥大は発育第2期ころまではすぐれるが、収穫期では自然区に劣る結果を示している。この点についてはすでに述べたとおり、夏季の昼間の高温²⁾が直接抑制的に働くものか、あるいは細胞分裂と細胞成熟にはそれぞれ異なる温度適応性があるためなのかは明らかではない。

なお、当調査では果実の成熟後期に自然夜温より+2.6~4.5°C の範囲で補温の影響をみたところ、全くその影響は認められなかったが、処理時期が遅れたことによるものと思われ、今後時期ならびに補温程度に検討の余地がある。

開花期についてみると、補温処理によって当然開花が促進され、加温程度の高いほど満開までの日数が短縮される。この点については従来より明らかに認められているところであり、萌芽期ころよりの積算温度と密接な関係をもっている。筆者らの調査によっても4月上旬より開花期に至る究算夜温をみると、ほぼ470~500°C 程度であって、開花期と積算夜温との間にもかなり密接な関係が認められる。

夜温と樹体の生長と関係については、Lilleland,⁷⁾ Tukey¹¹⁾¹²⁾¹³⁾、小林、行永氏⁶⁾らの調査があり、果樹

の種類に応じ、その発育の過程に応じて枝梢の生長、果実肥大に好適な夜温があげられているが、例えばブドウにおける小林氏らの調査⁶⁾によると、新梢伸長、開花結実および果実の肥大成熟において、それぞれ15°C、22°Cならびに26°Cとその発育期に応じた好適夜温を指示している。

筆者らの調査によって各発育段階に応じてみると、新梢伸長期では自然夜温に+3~4°C 範囲内であることが望ましくほぼ15~18°C が好適夜温であり、果実発育第1期~第2期にかけては自然夜温より+2.6~3.6°C の範囲内ではほぼ24~26°C が好適夜温であるものと考えられる。ただし、果実の成熟後期では13.8~19.8°C 程度では明らかな影響を認めなかったが、果実の品質、着色などの点で今後の検討を要するものと思われる。

なお、当調査では昼温の問題は一応考慮の外においた。もっとも Went¹⁴⁾、小林氏⁶⁾らの調査では昼温の高低にかかわらず、その生長および果実の肥大の好適夜温は似た結果を示しているが、今後昼夜変温の関係についても調査して行く必要がある。

参 考 文 献

- 1) 藤村次郎(1935): 園学会誌 **6** (1): 105-107.
- 2) 飯塚一郎(1955): 園研集録 **7** : 38-39.
- 3) 小林章(1959): 農及園 **34** : 5-9.
- 4) ———(1961): 農及園 **36** : 9-12.
- 5) ———・岡本茂・行永寿二郎・中西佐魯子(1960): 京大食研報 **24** : 20-28.
- 6) ———・行永寿二郎・福島忠昭・和田英雄(1960): 京大食研報 **24** : 29-42.
- 7) Lilleland, O (1935): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **33** : 269-279.
- 8) 傍島善次・石田雅士・今井基(1964): 京府大学報・農 **16** : 11-18.
- 9) 傍島善次・石田雅士・井家政夫(1965): 京府大学報・農 **17** : 27-34.
- 10) Tukey, H. B., and Young, J. O (1939): Bot. Gaz. **100** : 723-749.
- 11) Tukey, L. D (1952): *ibid.*, **114** : 155-165.
- 12) ———(1956): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **68** : 32-43.
- 13) ———(1960): *ibid.* **75** : 32-43.
- 14) Went, F. W(1945): Amer. Jour. Bot. **32** : 469-479.

Summary

Some effects of night temperature on the shoot elongation, blooming and enlargement of fruit were studied by Confining fruiting limbs during the night (7p.m—7a.m) in heated chambers. By the treatment at the shoot growth stage (the mean natural night temperature is 12—13.4°C through treatment period) and the first stage of fruit growing (the mean natural night temperature is 21—22°C through treatment period), shoot elongation, blooming and fruit enlargement were much accelerated, in case of 3~4°C above the natural night temperature, and this tendency was continued till

harvest, even if the treatment discontinued merely at the first stage of fruit growing. However, when the treatment temperature was 6~7°C higher than the natural night temperature, all young fruits fell down at about 10~20 days after the treatment. The flowering is closely connected with the accumulatively night temperature before the flowering. In the treatment of 1959 and 1960, we observed that accumulatively night temperature from the beginning of April to flowering stage is 470—500°C