

施設栽培ブドウ及びモモの安定生産のための 低温遭遇時間予測システムの開発

林田誠剛・森田 昭

Development of Forecasting System of Low Temperature Duration on Grapes and Peach
in Plastic Film Greenhouse for Stability of Yield

Seigo HAYASHIDA and Akira MORITA

緒 言

気候が温暖な西南暖地では、露地栽培でも春季の発芽、開花が他の地域より早く、早期に出荷できるという大きな長所を持っている。本県では近年、さらに早い出荷を目的にブドウやモモで施設栽培の面積が増加している。

落葉果樹は秋冬季に休眠状態に入り、この自発休眠から覚醒するためにはある程度の低温が必要であることはよく知られている。施設栽培では休眠が覚醒しない状態でビニール被覆や加温を開始すると発芽不良や不揃い、着花不足などの問題を生じ、収量や品質の低下を招きやすい。したがって、施設栽培では自発休眠の覚醒時期を的確に予測することが重要となってくる。

落葉果樹では休眠の覚醒時期を判断するのに古くから45°F (7.2°C) 以下の低温に遭遇した時間を積算する方法が提唱され¹⁾、我が国でも一般的に用いられている。本試験では、ブドウ「巨峰」及びモモ「日川白鳳」の自発休眠覚醒時期及び覚醒に必要な7.2°C以下の低温遭遇時間及び覚醒までのチルユニットを検討し、さらにその時間を予測するシステムを開発した。

なお、本試験は地域重要新技術開発促進事業「暖

地の落葉果樹における早期出荷のための開花調節技術の確立」(平成5年～9年)の中で実施したものである。

材料及び方法

1. 休眠覚醒のために必要な低温要求量

1) ブドウの低温要求量の解明

ポット植えの「巨峰(浜崎)」(テレキ5BB台)を供試し、11月1日を起算日として7.2°C以下の低温遭遇時間が200、300、400及び500時間に達した時点で、最高気温25°C、最低気温20°Cに設定したビニールハウスに搬入した。搬入直後に、結果母枝を水平に誘引し、先端芽以外の芽に芽傷を入れた。試験は1994年から1997年まで4年間ほぼ同じ条件で行った。供試樹の樹齢は1～2年生で、試験規模は1区3樹とした。チルユニットは表に示すRichardsonら¹⁰⁾の方法により場内の気象観測装置で観測した1時間ごとの気温データから算出した。チルユニットとは遭遇温度を温度域で分けてそれぞれの温度域ごとに係数を設け、それを積算した値である。

ビニールハウス搬入後、各処理樹の発芽日を調査し、加温開始後5日毎の発芽率を算出した。なお、休眠覚醒期は原則として加温開始後40日以内に50%

の芽が発芽し、かつ最終発芽率が80%以上であった日とした。

2) モモの低温要求量の解明

ポット植えの‘日川白鳳’ (共台) を供試し、11月1日を起算日として7.2℃以下の低温遭遇時間が400時間から1000時間に達した時点で、最高気温25℃、最低気温20℃に設定したビニールハウスに搬入した。試験は1993年から1996年まで4年間行い、設定した時間はほぼ同じ条件で行った。供試樹の樹齢は2~4年生で、試験規模は1区1樹とした。

ビニールハウス搬入後、各処理樹の開花数を2~3日毎に調査し、加温開始後5日毎の開花率を算出した。なお、休眠覚醒期は加温開始後40日以内に50%以上開花し、かつ最終開花率が60%以上であった日とした。

チルユニットの算出基準

温度 (℃)	チルユニット係数
< 1.4	0
1.5 - 2.4	0.5
2.5 - 9.1	1.0
9.2 - 12.4	0.5
12.4 - 15.9	0
16.0 - 18.0	-0.5
> 18.0	-1.0

2. 低温遭遇時間予測システムの開発

1) 低温時間推定法の適合性

清野ら¹¹⁾は日最高気温と日最低気温から特定温度以下の低温・高温時間を推定する方法を提案し、予測精度が高いことを確認している。清野らの推定方法の本県での適合性を検討するため、場内の気象観測装置で測定された1991年から1995年までの10~2月の1時間ごとの気温の7.2℃以下の積算値(実測値)と推定値を比較した。推定値の計算にはMS-DOS上で動作するプログラムTEION.BAS(清野, 1989)を使用した。

2) 低温遭遇時間予測システム

清野ら¹¹⁾が開発した下記に示す計算式を使用して、

メッシュ気象データ等と組み合わせることにより、長崎県内における低温遭遇時間を予測するソフトウェアを富士通九州システムエンジニアリング社と共同開発した。

開発に用いた Operating System は Microsoft 社の Windows95, ソフトウェアは Microsoft 社の Excel95 for Windows である。また、記述言語には Visual Basic Application を用いた。

$$D_L = \frac{48}{\pi} \sin^{-1} \left[\sqrt[3]{\frac{-q + \sqrt{p}}{2}} + \sqrt[3]{\frac{-q - \sqrt{p}}{2}} - \frac{1}{3} \right]$$

$$p = q^2 + 0.0439 \quad q = a - 0.2593 \quad a = -3L/K$$

$$L = T_s - T_{min} \quad (T_{min} < T_s < T_{max}) \quad K = T_{max} - T_{min}$$

ここで、Ts は特定温度(たとえば7.2℃), DL は遭遇時間, Tmax は日最高気温, Tmin は日最低気温である。

予測に使用できるようにした気象データは下記のとおりである。

- (1) 長崎県農林業メッシュ情報システム気象サブシステムにある長崎県内各500mメッシュ平年値
- (2) 下記の表に示した長崎県内気象官署及び試験場、支場における実測データ
- (3) Microsoft Excel にインポート可能な気象データ

実測値として選択可能な気象観測場所

地域	観測所名	利用可能な気象年
長崎	長崎海洋気象台	1879~1997
諫早	総合農林試験場	1961~1997
大村	果樹試験場	1965~1997
愛野	総合農試馬鈴薯支場	1950~1997
有明	畜産試験場	1970~1997
東彼	総合農試茶業支場	1981~1997
佐世保	佐世保測候所	1960~1997
平戸	平戸測候所	1960~1997
福江	福江測候所	1960~1997
厳原	厳原測候所	1960~1997

結 果

1. 休眠覚醒のために必要な低温要求量

1) ブドウの低温要求量の解明

所定の低温遭遇時間に達した日とその時のチルユニットは第1表のとおりである。

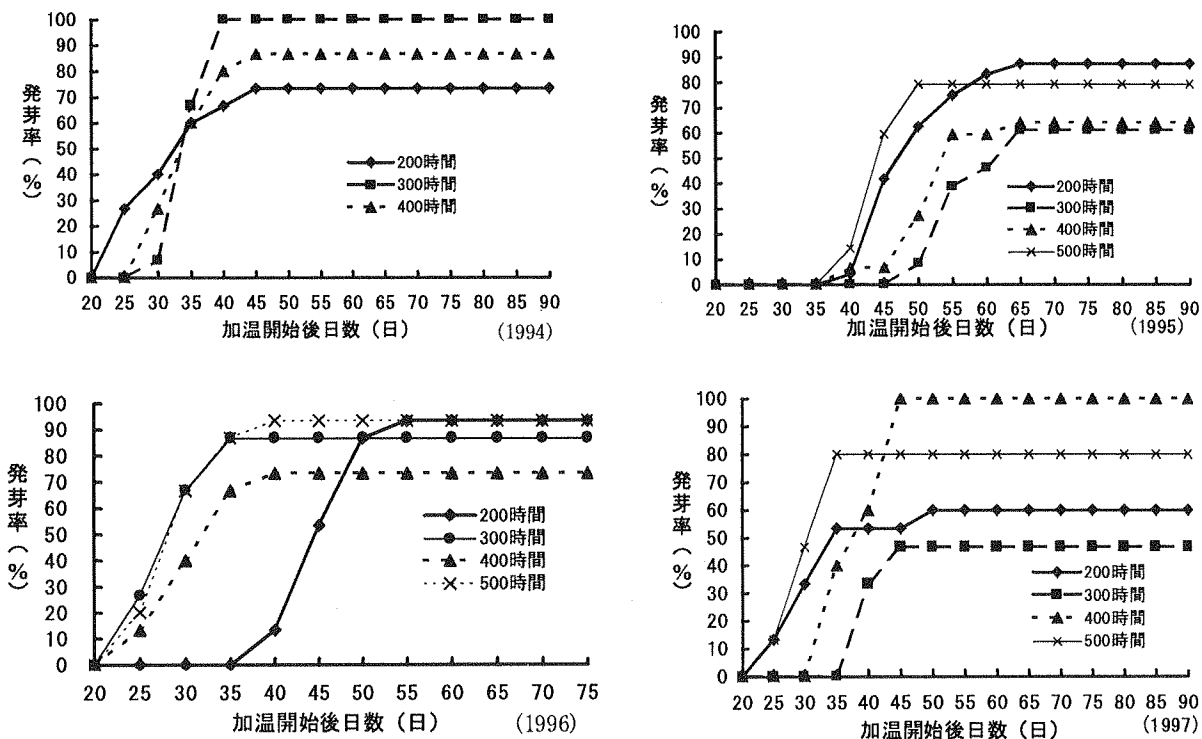
7.2℃以下の低温遭遇時間とハウス搬入後の発芽率の推移を年度ごとに第1図に示した。1994年は処理間に発芽速度の大きな差はみられなかったが、最終発芽率は300時間が高かった。1995年は全般に発芽開始日は遅かったが、200時間でも高い発芽率が

得られた。1996年は200時間及び300時間では最終発芽率が低く、400時間以上で高い傾向にあった。1997年は200時間の発芽開始日が遅く、300時間以上では大きな差は認められなかった。

これらの結果を基に、年度別の休眠覚醒期を判定し、低温遭遇時間及びチルユニットを算出した。結果は第2表に示したように、4年間の平均で休眠覚醒期が12月22日、休眠覚醒に必要な7.2℃以下の低温遭遇時間は300時間、チルユニットは460であった。

第1表 ブドウ‘巨峰’の7.2℃以下の低温遭遇時間到達日とチルユニット

遭遇時間 (hr)	所定時間到達日					チルユニット				
	1994年	1995	1996	1997	平均	1994年	1995	1996	1997	平均
200	12. 23	12. 7	12. 6	12. 16	12. 13	215	465	192	324	299
300	1. 4	12. 16	12. 13	12. 27	12. 23	436	631	321	497	471
400	1. 12	12. 22	12. 20	1. 4	12. 30	596	743	442	651	603
500		12. 28	12. 31	1. 10	1. 2		827	612	773	737



第1図 ブドウ‘巨峰’における7.2℃以下の低温遭遇時間と加温開始後の発芽率

第2表 ブドウ‘巨峰’の休眠完了期、低温遭遇時間とチルユニット

	休眠完了期 (月. 日)	低温遭遇時間 (時間)	チルユニット
1994	1. 4	300	436
1995	12. 7	200	465
1996	12. 20	400	442
1997	12. 27	300	497
平均	12. 22	300	460

2) モモの低温要求量の解明

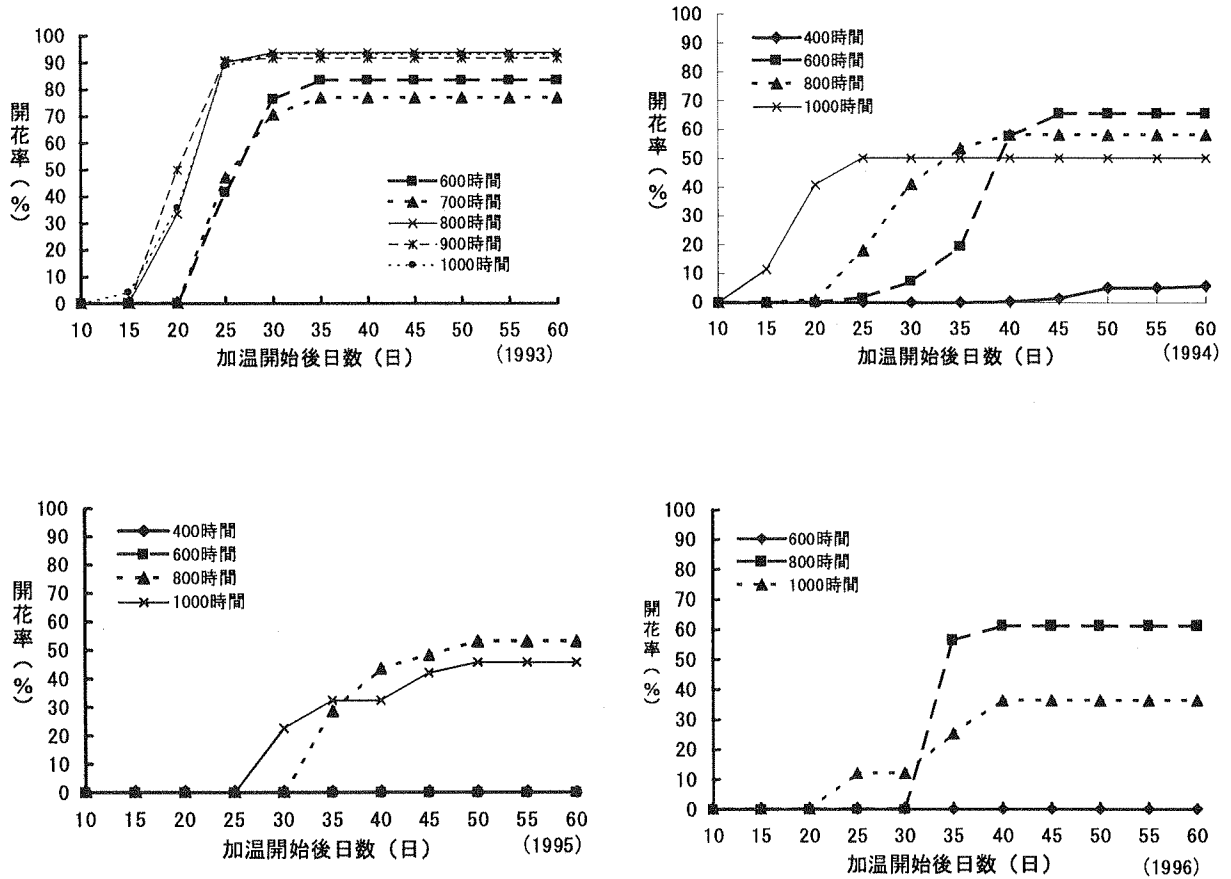
所定の低温遭遇時間に達した日とその時のチルユニットは第3表のとおりである。

7.2℃以下の低温遭遇時間とハウス搬入後の開花率の推移を年度ごとに第2図に示した。その結果、多少の変動はあるものの7.2℃以下の低温遭遇時間が長いほど加温開始後の開花は早く、開花率が高くなる傾向にあった。しかし、1993年のように600時間でも高い開花率の年もあれば、1995年や1996年のように600時間ではまったく開花がみられない年もあり、年次間の差が大きかった。

各年の結果を基に、年度別の休眠覚醒期を判定し、低温遭遇時間及びチルユニットを算出した。結果は第4表に示したように、4年間の平均で休眠覚醒期が1月21日、休眠覚醒に必要な7.2℃以下の低温遭遇時間は750時間、チルユニットは948であった。

第3表 モモ‘日川白鳳’の7.2℃以下の低温遭遇時間到達日とチルユニット

遭遇時間 (hr)	所定時間到達日					チルユニット				
	1993年	1994	1995 (月. 日)	1996	平均	1993年	1994	1995	1996	平均
400		1. 12	12. 22		1. 1	586		743		664
600	1. 17	1. 24	12. 31	1. 7	1. 12	745	815	882	749	798
700	1. 24				1. 24	865				865
800	1. 28	2. 2	1. 13	1. 18	1. 23	942	939	1081	951	978
900	2. 2				2. 2	1028				1028
1000	2. 11	2. 16	1. 24	1. 27	2. 4	1202	1185	1279	1091	1189



第2図 モモ‘日川白鳳’における 7.2℃以下の低温遭遇時間と加温開始後の開花率

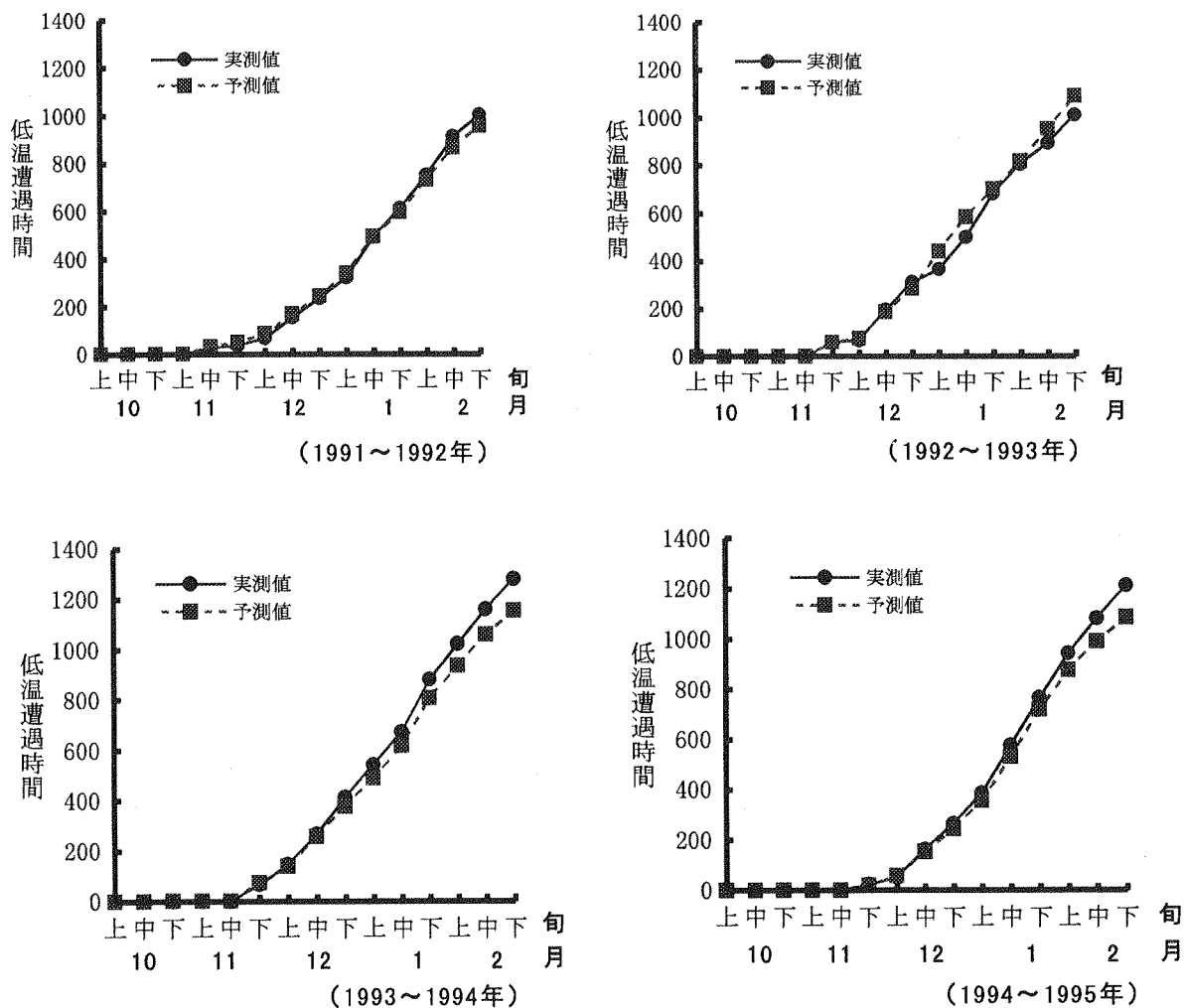
第4表 モモ‘日川白鳳’の休眠完了期、低温遭遇時間とチルユニット

	休眠完了期 (月.日)	低温遭遇時間 (時間)	チルユニット
1993	1.17	600	745
1994	1.24	600	815
1995	1.24	1000	1279
1996	1.18	800	951
平均	1.21	750	948

2. 低温遭遇時間予測システムの開発

1) 低温時間推定法の適合性

第3図から第6図に低温遭遇時間の予測値と実測値の関係を示した。1993年及び1994年は2月上旬以降では低温遭遇時間の予測値が実測値よりもわずかに少ない傾向にあったが、1991年及び1992年は実測値とほぼ一致した。このように本推定法は極めて精度が高いことから、実用性は十分にあり、メッシュ気象情報を利用した低温遭遇時間予測システムに利用できる。

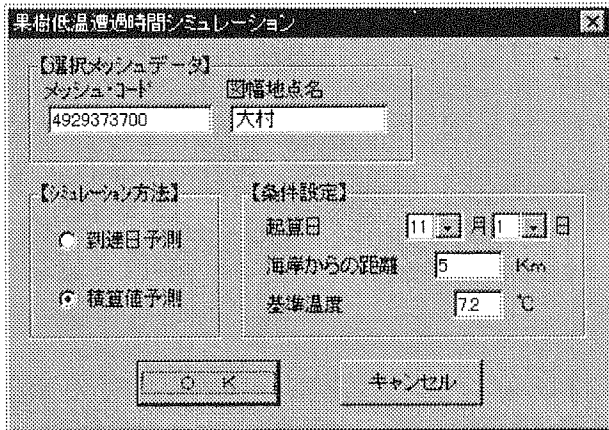


第3図 低温遭遇時間の予測値と実測値の関係

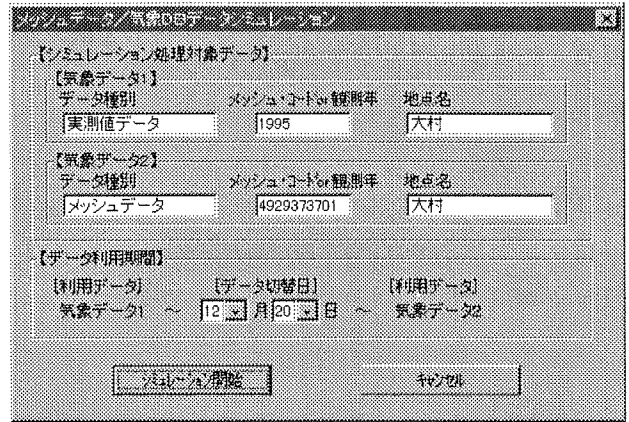
2) 開発した低温遭遇時間予測システムの特徴

- (1) プログラムの実行はメッシュ地点を入力する以外はマウスで行うことができる。
- (2) 低温遭遇時間の予測は次の2種類の方法で予測できるようにした(第7図)。
 - ①到達日予測
低温遭遇時間を入力することにより、その時間に到達する期日を求める。
 - ②積算値予測
期日を入力することにより、その期日における低温遭遇時間を求める。
- (3) 基準温度は任意に設定することができる(第7図)。
- (4) 予測時点までは実測データを用い、それ以降はメッシュデータを用いてシミュレーション

- ンするなど実測データとメッシュデータを切り替えて予測することができる(第8図)。
- (5) 指定したメッシュ地点の気温の偏差から(気温+偏差)を高温で推移した場合として、(気温-偏差)を低温で推移した場合としてそれを基に生育を予測することもできる。
- (6) 予測結果はMicrosoft Excelのワークシートに出力され、ファイル保存も可能である(第5表)。



第7図 メッシュコード、シミュレーション方法及び品種の指定画面



第8図 気象データ切り替え日の設定画面

第5表 予測結果の表示例

果樹低温遭遇予測シミュレーション 積算値予測結果

		気象データ1		データ	気象データ2		
メッシュコード	図幅地点名	備考		切替日	メッシュコード	図幅地点名	備考
観測年	観測地点名				観測年	観測地点名	
1995	大村	長崎果樹試実測値		12月20日	4929373700	大村	長崎果樹試メッシュ値

		低温	平年値	高温
1	12月10日	355.3時間	250.9時間	166.8時間
2	12月30日	667.9時間	504.3時間	363.9時間
3	1月18日	1,032.1時間	801.2時間	604.6時間
4	2月10日	1,475.7時間	1,160.1時間	893.0時間
5	2月28日	1,772.6時間	1,401.8時間	1,081.3時間

海岸からの距離	5 km
基準温度	7.2 °C
起算日	11月1日

考察

1. 休眠覚醒に必要な低温遭遇時間

ブドウの自発休眠の覚醒に必要な低温遭遇時間については多くの報告があるが、7.2°C以下の低温遭遇時間で200時間で有効とする報告⁷⁾がある一方で、2000時間必要とする報告⁸⁾もあり、必ずしも一定の結論が得られていない。本試験における休眠覚醒に有効な7.2°C以下の低温遭遇時間は300時間で、これまでの報告の中では低い方であった。

モモでは西元⁹⁾が‘ちよひめ’で7°C以下987時間、前坂ら⁹⁾が‘布目早生’及び‘砂子早生’で7.2°C以下975時間と報告しており、本試験はそれよ

りやや少ない時間となった。

このように低温遭遇時間が報告によって異なる原因は、試験の方法や品種の違いによるところが大きいと思われるが、試験方法や品種を揃えた本報告の中でも年次間に差がみられたことは、7.2°C以下の低温遭遇時間以外にも休眠覚醒の要因があることを示唆している。ところで、7.2°C以下の低温遭遇時間で休眠覚醒を判定する場合、7.3°C以上は一律に低温には有効でないことになるが、浅野・奥野²⁾はナシ‘幸水’及び‘豊水’の場合、10°Cまでは休眠覚醒に有効という結果を得ている。Richardsonら¹⁰⁾はErez・Lavee³⁾の休眠覚醒が低温の程度によって異なっており、温度によって休眠覚醒への重み付けを

変えるべきだと提唱したことをもとに、モモで温度域に応じた係数を与え、時間ごとの積算値で休眠覚醒を判定する方法として、チルユニットを算出している。本試験でもこのチルユニットを求めたところ、ブドウでは年次間の変動が少なかったが、モモでは年次によって最大 530 程度の差がみられ、適用は難しいと思われた。高木・田村¹³⁾はブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’を使って、チルユニットで温度域別の係数に加え、時期別の係数を組み込むことで、萌芽日を正確に予測することができることを報告している。さらに、杉浦¹²⁾は 4 段階の温度域で発育速度 (DVR) を設定することによりニホンナシの自発休眠覚醒期を予測するモデルを開発し、その正当性を確認している。より正確な休眠覚醒期の判定指標を作成するには、このような各温度域での樹体の温度感応など生態的特性を解明して樹種や品種毎に予測モデルを作成する必要があると思われる。

2. 低温遭遇時間予測システム

前述のように、休眠覚醒を予測する手法として

7.2℃以下の低温遭遇時間を利用することは予測精度の面から問題があるが、現状としてそれ以外の方法は研究段階であり、産地への普及にはしばらく時間がかかる。そこで、今回、基準温度を限定しない汎用性を持たせた形で一定の温度以下の低温遭遇時間を予測するシステムを開発した。メッシュ情報を利用した農業情報システムは作物の生産¹⁵⁾や生育^{4,8)}の予測が多く、休眠覚醒に応用した例はみられない。一般に落葉果樹では 7.2℃以下の低温を休眠覚醒の指標として利用しているが、本システムでは基準温度を任意に設定できるので、他の果樹や野菜・花卉などの他の分野でも休眠覚醒の判定に活用することができると思われる。

青野・佐藤¹⁾は西日本の野梅性のウメの開花日の推定に、従来から用いられてきた温度変換日数法に加え、秋季以降の低温による休眠解除の進み具合を気温の時間別データから推定し、係数化した値で補正する方法で予測を行ったところ、予測の誤差が少なくなったとしている。林田ら⁴⁾はウンシュウミカ

ンについて温度変換日数法などを用いた発芽、開花、成熟予測システムを開発しているが、休眠覚醒から発芽、開花、成熟までを一連の生育過程と考えてシステムを構築すれば、施設栽培の作型を決定したり、温度設定などの栽培管理を行う時に使用できる、より実用的なシステムになるとと思われる。

摘 要

施設栽培での生産安定を目的に、ブドウ‘巨峰’及びモモ‘日川白鳳’における休眠覚醒に必要な低温遭遇時間を明らかにした。また、その低温遭遇時間を予測する手法を検討し、長崎県農林業地域情報メッシュシステムの気温データを用いてパソコン上で動作する低温遭遇時間予測システムを開発した。

1. 休眠覚醒に必要な 7.2℃以下の低温遭遇時間はブドウ‘巨峰’で 300 時間、モモ‘日川白鳳’で 750 時間であった。
2. 開発した低温遭遇時間予測システムのソフトウェアは Windows95 の Microsoft Excel95 上で動作する。
3. このソフトウェアはメッシュデータのほかに長崎県内 10 か所の実測データ及び任意のデータを使って予測することができる。
4. 予測に使用する気象データの任意の期日での切り替えや高温あるいは低温で推移した場合の今後の予測ができるなどの特徴を持っている。

引用文献

- 1) 青野靖之・佐藤和美. 1996. 休眠解除過程を考慮した西日本におけるウメの開花日の推定. 農業気象. 52: 125-134.
- 2) 浅野聖子・奥野 隆. 1990. ニホンナシ「幸水」, 「豊水」の自発休眠覚醒時期と低温供給量. 埼玉園試研報. 17: 41-46.
- 3) Erez, A. and S. Lavee. 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 711-714.
- 4) 林田誠剛・岸野 功・森田 昭. 1998. ウンシ

- ユウミカンの生育予測システムの開発. 長崎果樹試研報. 5:1-9.
- 5) 高馬 進. 1953. 落葉果樹の自発休眠に関する研究. (1)自発休眠の開始, 終了並びに自発休眠の深さについて. 信州大学農学部紀要. 3:189-204.
- 6) 前坂和夫・北野欣信・山下重良. 19. モモのハウス栽培に関する研究. 第1報 加温開始時期がモモ樹の発芽, 開花に及ぼす影響. 和歌山果樹園試研報. 8:1-8.
- 7) Magoon,C.A and I.W.Dixon. 1943. Observations on the response of grape vines to winter temperature as related to their dormancy requirements. Proc.Amer.Soc.Hort.Sci. 42:407-412
- 8) 三浦 浩・荒垣憲一・小笠原和博. 1991. メッシュ気象情報の利活用. 第2報 果樹の開花期及び桑の発芽期予測. 山形農試研報. 25:1-6.
- 9) 西元直行. 1991. モモ・スモモの低温遭遇時間と休眠覚醒. 九農研. 53:226.
- 10) Richardson,E.A.,S.D.Seeley and D.R.Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. HortScience. 9:331-332.
- 11) 清野 豁・木村 悟・岸田恭允. 1981. 最低・最高気温による低温時間・高温時間の推定. 農業気象. 37:123-126.
- 12) 杉浦俊彦. 1997. ニホンナシの気象生態反応の解析と生育予測モデルの開発. 京都大学学位論文. 5-12.
- 13) 高木伸友・田村史人. 1987. ブドウ 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' の萌芽に必要な積算温度に影響を及ぼす低温の時期と程度. 園学雑. 56:24-30.
- 14) Weinberger,J.H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proc.Amer.Hort.Sci. 56:122-128.
- 15) 矢島正晴・日塔明弘・清野 豁. 1989. 発育モデルを用いた水稲不稔歩合推定法. 日本農業気象学会. 1989年度大会講演要旨:58-59

Development of Forecasting System of Low Temperature Duration on Grapes and Peach in Plastic Film Greenhouse for Stability of Yield

Seigo HAYASHIDA and Akira MORITA

Section of Deciduous Fruit Tree, Nagasaki Fruit Tree Experiment Station, 1370 Onibashi-cho, Omura, Nagasaki, 856-0021

Summary

Chilling requirement of 'Kyoho' grape to break the rest was 300 hrs under 7.2 °C and that of 'Hikawa-hakuho' peach was 750 hrs under 7.2 °C. The date of breaking dormancy was the 22th December at 'Kyoho' grapes and the 21th January at 'Hikawa-hakuho' peach.

The values to use estimated method of low temperature duration from maximum and minimum temperature in one day was accorded with actual survey values.

Forecasting system of low temperature duration at mesh point of Nagasaki pref. was developed. This system was application software run on Microsoft Excel95 for Windows. This software has the merits of following points. One of merits is the ability to forecast vegetation period by use the temperature on mesh data or actual survey data at 10 points in Nagasaki pref. during last about 30 years. Another, it is possible to forecast low temperature duration at shift on high and low temperature from forecasted date.