

加温ハウス栽培ニホンナシ‘幸水’の 省エネルギー管理技術

西川 豊*・大野秀一・田口裕美・三井友宏・前川哲男

要 旨

加温ハウス栽培‘幸水’の促成と燃料消費量の抑制を両立する管理法について検討した。加温開始を発育指数（DVI）1.6 以降にすると、加温開始から満開までの期間が短縮され、かつ開花率が高くなった。また、加温中は最低気温を 15℃ で一定に管理するより、満開時から満開 40 日後までの期間を 15℃、それ以外の期間を 10℃ にする変温管理が燃料消費量を少なくし、成熟期を遅らさず有効であった。休眠打破のためのシアナミド液剤の処理は、DVI 1.0 時点の散布で開花期と収穫期を 2～3 日程度早める効果が認められ、露地およびハウス栽培ともに早熟化技術として利用できることが確認された。

キーワード：DVI、休眠、燃料、温度管理、シアナミド、収穫期

緒 言

三重県のナシ栽培の主力品種は‘幸水’で、盆前需要に対応する早産地として発展してきた。1990 年代には早期出荷するほど高単価が得られたことからハウス栽培の面積が拡大したが、近年は販売価格の低迷に加え、燃油の高騰により加温ハウス栽培は急速に減少している。しかし、大規模農家にとってハウス栽培は、作期分散をしながら経営の安定を図るうえで有効である。

ニホンナシの生育は気温との関係が大きく、前川ら³⁾は気象要因と休眠や開花および成熟期の関係から生育予測に関する報告を行っている。また、杉浦ら^{6,8)}はナシ‘幸水’における発育指数（DVI）による自発休眠期以降の気温と開花期までの発育ステージをモデル化し、収穫期は満開後 33 日間の気温によって予測できるとするなど⁷⁾、より精度の高い生育予測のための研究を行った。これらをもとに、多様な地域条件や品種に適合するニホンナシの生育予測に関する研究が行われてきた（齋藤ら⁵⁾、大谷⁴⁾、田中ら⁹⁾）。

ハウス栽培において温度設定は重要な技術で、上中²⁾は施設栽培の作型の生育予測に関するシミュレーションについて報告している。各産地では温度設定に関して試行錯誤が試みられているが、変温などの細かい検討は行

われておらず（広田¹⁾）、生育促進にとって効率的な温度管理に関する報告は少ない。また、温度管理と燃料消費量との関連まで言及した報告はない。

近年の原油価格の高騰対策として燃料消費量を抑制するとともに、温室効果ガスの排出量を削減しながら成熟期は遅らせないハウスナシ栽培管理法が求められる。そこで、本研究では杉浦らの DVI に基づく低温遭遇時間を考慮しながら、生育促進と燃料消費量の抑制を両立できる効率の良いハウスナシの温度管理法を明らかにした。さらに燃料消費を削減するため、生育促進効果のあるシアナミド剤処理の影響も検討した。

材料および方法

1 ‘幸水’の効率的な加温開始時期の解明（試験1）

‘幸水’の促成栽培にとって効率的な加温開始時期を決定するため、水挿し切り枝とポット樹を供試し、DVI と開花期の関係を調査した。DVI 値については、アメダス津の気温データに基づき算出し、所定の DVI 値に達した時点で試験を実施した。また、以下の試験 2 および試験 3 についても同様とした。

露地で栽培している‘幸水’の発育枝を用い、DVI が 0.8 から 0.2 間隔で 2.4 まで、それぞれの値になった時点で

* 三重県農業大学校（515-2316 三重県松阪市嬉野川北町530）

切り取り、気温 20℃、湿度 80% の条件下の人工気象室に水挿しして開花期を調査した。発育枝の水挿しは、1 回の処理に 4 本を供試した。また、ポット栽培（4 年生）の「幸水」を、DVI 値が 1.0 になった時点から 0.2 間隔で 2.4 になるまで気温 20℃ の調査室に搬入し、開花時期を調査した。1 回の処理に 1 ポットを用いた。

2 効率的な温度管理法の解明（試験 2）

軒高 2.5m、天井高 4.5m、棚面高さ 1.8m、面積 1a × 3 連棟のハウス 2 棟で栽培された 13 ~ 15 年生（2007 年時）「幸水」を各区 3 樹供試した。同一ハウス内で 2 つ

の温度設定区を設ける場合は、ビニルシートで 1 棟 1a に間仕切りし、中間の棟は試験区外とした。

2007 年はハウスの気温を 5℃、10℃ および 15℃ に設定し、DVI 2.0（2 月 21 日）から加温を開始し、加温停止まで温度一定で管理した。2008 および 2009 年は、DVI 2.0（2 ヶ年とも 2 月 12 日）に 15℃ 区の加温を開始する他に、DVI 2.0 ならびに DVI 2.2（2 ヶ年とも 2 月 21 日）加温開始の 2 区を設定し、最低気温 10℃ で開始、満開後 40 日間のみ 15℃ に管理（以下変温管理と略す）した（表 1）。

表 1 ハウス栽培「幸水」の温度管理試験区の設定

区	加温開始 時DVI値	最低温度設定*			処理 規模	試験実施年および 加温開始日(月/日)
		満開まで	満開後40日	その後		
5	2.0	5	5	5	3 樹	2007(2/21)
10	2.0	10	10	10	3 樹	2007(2/21)
10 変温管理	2.0	10	15	10	3 樹	2008(2/12)・2009(2/12)
10 変温管理	2.2	10	15	10	3 樹	2008(2/12)・2009(2/12)
15	2.0	15	15	15	3 樹	2007(2/21)・2008(2/12)・2009(2/12)

* ハウスは内張を行い、内張の天窓は日中は開放した。最高気温は 25℃ で換気扇が作動するように設定し管理した。2007 年は 5 月 31 日、2008 年は 5 月 16 日、2009 年は 5 月 15 日に加温を停止し、ハウスのサイドを開放した。

ハウスは内張を行い、内張の天窓を日中は開放し、最高気温は 25℃ で換気扇が作動するように設定した。2007 年には 5 月 31 日、2008 年には 5 月 16 日、2009 年には 5 月 15 日にそれぞれ加温機を停止してハウスのサイドを開放した。

加温期間中の燃料の消費量を調査するとともに、各作型の気温を温度データロガーで 30 分毎に測定した。樹別にナシの開花期および収穫期を、また、収穫盛期には 1 樹あたり 10 果の果実品質（果重、果形指数 = 果実の横径/縦径 × 100）、糖度(Brix)、硬度および pH を調査した。

3 シアナミド剤による生育促進効果の解明（試験 3）

2007 年には露地栽培の「幸水」（15 年生）を供試し、DVI 値が 0.5、1.0、1.5 および 2.0 になった時点でそれぞれシアナミド液剤（CX-10）10 倍液を散布し、開花時期を調査した。2009 年には露地およびハウス栽培の「幸水」（16 ~ 17 年生）を供試し、それぞれ DVI 値が 1.0 および 1.5 になった時点でシアナミド剤 10 倍液を散布した。処理は動力噴霧器を用い 200 L/10a 相当量を散布した。ハウスは DVI 2.2（2 月 21 日）に加温開始した変温管理区で、

栽培条件は試験 2 と同じとした。樹別に開花期、収穫期および収穫盛期の果実品質を試験 2 と同様の方法で調査した。また、収穫時にはすべての果実重を調査した。処理はいずれも 1 区 2 樹とした。

表 2 アメダス津で算出した過去 10 年*の
DVI 値到達日

DVI 値	極早日	平年	極遅日
1.0	12月28日	1月 6日	1月13日
1.2	1月 3日	1月14日	1月20日
1.4	1月10日	1月21日	1月27日
1.6	1月17日	1月28日	2月 3日
1.8	1月24日	2月 5日	2月12日
2.0	1月30日	2月12日	2月21日
2.2	2月 6日	2月20日	3月 3日
2.4	2月13日	2月28日	3月13日

* 1997 ~ 2006年の平均

結 果

過去 10 年の DVI 値別の到達日を計算した結果、DVI 1.0 に達するのは平年で 1 月 6 日であったのに対し、早い年では 12 月 28 日、遅い年では 1 月 13 日となり 16 日の差があった (表 2)。以降、DVI 値が大きくなるにつれ早い年と遅い年の差は大きくなり、DVI 2.4 では 28 日になった。

1 ‘幸水’の効率的な加温開始時期の解明 (試験 1)

切り枝を供試した水挿し試験では、DVI 値が 1.0 までは開花率が低く開花期間もばらついたが 1.6 以降は開花率は高く、開花期間は短かった (図 1)。ポット試験では、加温開始時の DVI 値が高くなるほど暦日の開花日は遅くなったが、加温開始から開花までの日数は短くなった (表 3)。切り枝の水挿し試験と同様に、DVI 1.6 以降では開花期間が短かった (図 2)。

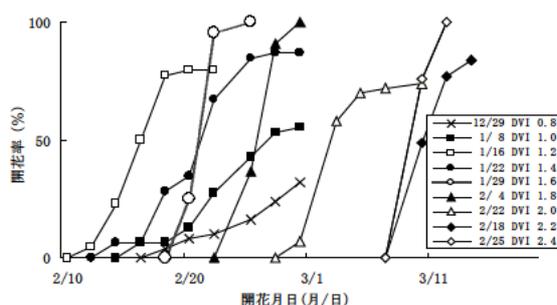


図 1 加温開始時の DVI 値の違いが‘幸水’挿し枝の開花時期に及ぼす影響 (2008 年)

表 3 加温開始時の DVI 値の違いがポット樹‘幸水’の開花時期に及ぼす影響 (2007 年)

DVI 値	加温開始時 (月/日)	満開日 (月/日)	加温開始～満開の日数
1.0	1月10日	2月10日	31
1.2	1月17日	2月16日	30
1.4	1月25日	2月19日	25
1.6	2月2日	2月24日	22
1.8	2月13日	3月3日	18
2.0	2月20日	3月9日	17
2.2	3月5日	3月18日	13
2.4	3月14日	3月23日	9

2 効率的な温度管理法の解明 (試験 2)

加温開始から加温終了までの燃料消費量は、15℃区を 100% とすると、2007 年の 10℃区で 26%、2008 お

よび 2009 年の DVI 2.0 時加温開始の変温管理区で約 60 および 56%、2008 年の DVI 2.2 時加温開始の変温管理区では 49% であった (表 4)。燃料消費量は、2 月の

表 4 最低温度の設定と燃料消費量の違い*

区	加温開始	温度管理	燃料消費量	調査年
10℃	DVI 2.0	一定	26%	2007年
			60%	2008年
10℃	DVI 2.0	変温管理	56%	2009年
10℃	DVI 2.2	変温管理	49%	2008年
15℃	DVI 2.0	一定	—	2007~2009年

* 対 15℃ 区比)

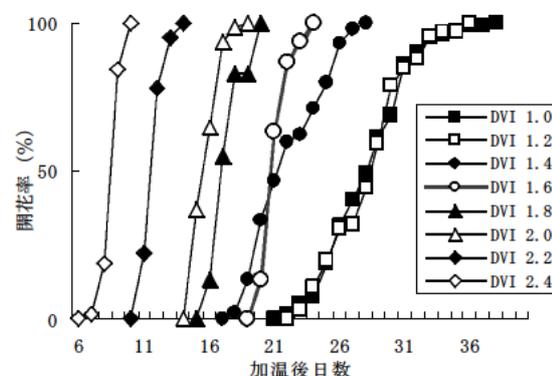


図 2 加温開始時の DVI 値の違いがポット樹‘幸水’の開花時期に及ぼす影響 (2007 年)

15℃区より 10℃に設定中の変温管理区がかなり少なかったが、3 月には 15℃区でも少なくなり、4 月後半になると両区とも燃料消費量は僅かになった (図 3)。

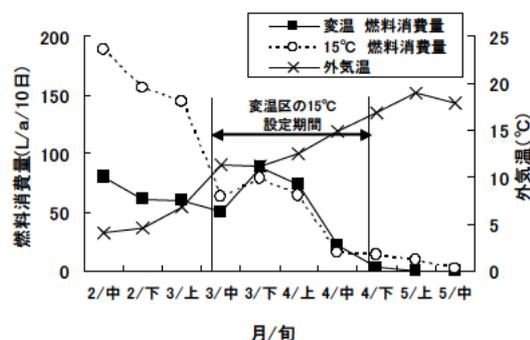


図 3 最低気温の設定が燃料消費量の違いに及ぼす影響 (2008 年)

満開後 40 日間の平均気温は、15℃区が 10℃変温管理各区より 2008 年は 0.3、0.4℃、2009 年は 0.6、0.7℃それぞれ低く、また、最高、最低気温では 2008 年の 10℃ DVI 2.0 時加温開始区と差はなく、10℃ DVI 2.2 時加

温開始区の最低気温より 0.5℃高かった他は、0.5～2.4℃低かった（表5）。

表5 各作型の満開から40日後の気温の比較

区	調査年	加温開始	温度管理	満開40日間の気温* (°C)		
				平均	最高	最低
10℃	2008	DVI 2.0	変温管理	19.5	28.8	14.7
10℃		DVI 2.2	変温管理	19.6	31.3	14.2
15℃		DVI 2.0	一定	19.2	28.6	14.7
10℃	2009	DVI 2.0	変温管理	20.0	30.4	14.8
10℃		DVI 2.2	変温管理	19.9	29.4	14.9
15℃		DVI 2.0	一定	19.3	28.8	14.0

* 40日の平均、最高、最低気温の平均値

15℃区と比較すると、満開日は2007年の10℃一定区では3日、5℃一定区では7日遅く、変温管理した2008年のDVI 2.0時加温開始区では3日、DVI 2.2時加温開始区では7日、さらに2009年のDVI 2.0時加温開始区では4日、DVI 2.2時加温開始区では9日遅かった（表6）。

一方、累積収穫率が50%に到達した日を15℃区と比較すると、2007年の10℃一定区では6日、5℃一定区

では11日遅かった（図4）。それに対し、変温管理区で

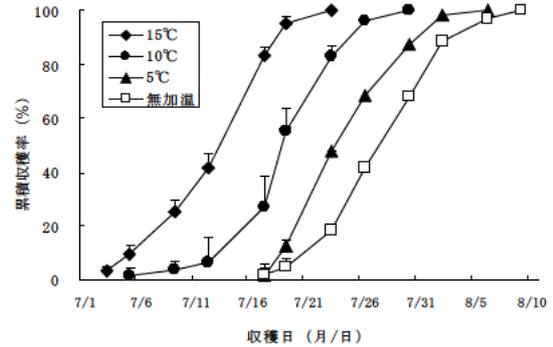


図4 最低気温の設定の違いがハウス栽培‘幸水’の累積収穫率に及ぼす影響(2007年) (垂線は標準誤差を示す。以下同じ)

は2008年のDVI 2.0時加温開始区が3日、DVI 2.2時加温開始区が4日遅く、2009年のDVI 2.0時加温開始区は1日遅く、DVI 2.2時加温開始区は4日遅かった（図5）。

収穫盛期の果実品質については、変温管理区のうちDVI 2.2時加温開始区が果重が大きかったが、その他の果実品質の差は小さかった（表7）。

表6 最低温度の設定の違いがハウス栽培‘幸水’の満開日に及ぼす影響 (左；2007年，右；2008，2009年)

区	加温開始	温度管理	満開日	満開日	
				2008年	2009年
5℃	DVI 2.0	一定	3/23	10℃ DVI 2.0 変温管理	3/13 3/12
10℃	DVI 2.0	一定	3/19	10℃ DVI 2.2 変温管理	3/17 3/17
15℃	DVI 2.0	一定	3/16	15℃ DVI 2.0 一定	3/10 3/8

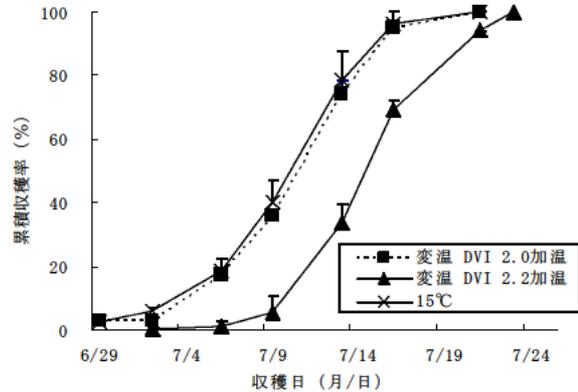
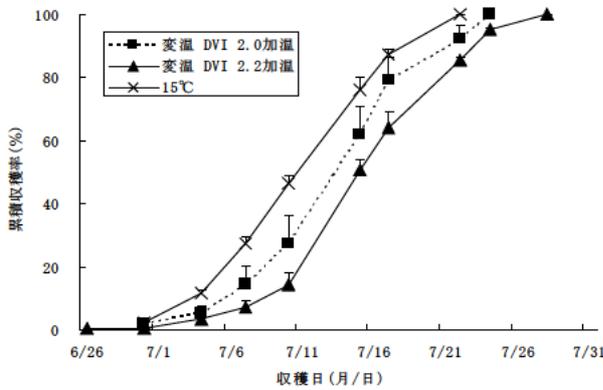


図5 最低気温を変温管理（DVI2.0および2.2加温開始）と15℃一定（DVI2.0加温開始）にしたハウス栽培‘幸水’の累積収穫率の違い(左；2008年，右2009年)

表7 最低温度の設定の違いがハウス栽培‘幸水’の収穫盛期の果実品質に及ぼす影響

区	調査年	加温開始	温度管理	果重 (g)	果形 指数*	果色 (cc)	糖度 (%)	硬度 (lbs)	pH
5	2007	DVI 2.0	一定	443 ± 3**	115 ± 1	3.6 ± 0.1	11.4 ± 0.1	4.3 ± 0.1	5.8 ± 0.0
10		DVI 2.0	一定	406 ± 11	119 ± 0	3.5 ± 0.1	11.6 ± 0.1	4.7 ± 0.1	5.7 ± 0.0
15		DVI 2.0	一定	376 ± 9	120 ± 0	3.0 ± 0.1	11.2 ± 0.1	4.5 ± 0.1	5.8 ± 0.0
10	2008	DVI 2.0	変温管理	467 ± 12	115 ± 1	3.5 ± 0.1	12.3 ± 0.1	4.7 ± 0.1	5.4 ± 0.0
10		DVI 2.2	変温管理	524 ± 22	113 ± 1	3.7 ± 0.1	12.7 ± 0.2	4.0 ± 0.1	5.4 ± 0.0
15		DVI 2.0	一定	495 ± 3	117 ± 1	2.9 ± 0.0	12.8 ± 0.1	3.6 ± 0.1	5.4 ± 0.0
10	2009	DVI 2.0	変温管理	467 ± 9	119 ± 1	3.6 ± 0.1	12.6 ± 0.2	2.8 ± 0.1	5.3 ± 0.0
10		DVI 2.2	変温管理	522 ± 8	119 ± 1	3.4 ± 0.1	12.9 ± 0.1	2.6 ± 0.1	5.5 ± 0.0
15		DVI 2.0	一定	472 ± 10	119 ± 1	3.6 ± 0.1	12.7 ± 0.1	2.9 ± 0.1	5.3 ± 0.0

* 果形指数 = 果実の横形/縦径 × 100

** 平均値 ± 標準誤差

表8 シアナミド剤処理が‘幸水’の開花時期に及ぼす影響（左；2007年，右；2009年）

処理時期	露地栽培			ハウス栽培			露地栽培			
	始	盛	終	処理時期	始	盛	終	始	盛	終
DVI 0.5	4/10	4/12	4/14	-						
DVI 1.0	4/6	4/10	4/12	DVI 1.0	3/11	3/15	3/17	4/8	4/10	4/13
DVI 1.5	4/8	4/10	4/13	DVI 1.5	3/12	3/15	3/17	4/8	4/10	4/13
DVI 2.0	4/10	4/12	4/14	-						
無処理	4/11	4/13	4/15	無処理	3/16	3/17	3/19	4/11	4/13	4/15

3 シアナミド剤による生育促進効果の解明（試験3）

シアナミド剤の処理により，‘幸水’の開花が促進される傾向が認められた（表8）．特に DVI 1.0 時の処理効果が明確で，開花盛期の比較ではハウス栽培が2日，露地栽培が3日早かった．DVI 1.5 時の処理は DVI 1.0 時の処理と比較して開花盛期はほぼ同等であったが，開花始期および終期で遅れが認められた．DVI 0.5 および 2.0 時の処理は，DVI 1.0 時の処理と比較して開花期はやや遅かった．

一方，累積収穫率が 50 %に到達した日はハウス栽培の DVI 1.0 時処理区が無処理区より 2～3 日程度早くなり，DVI 1.5 時処理区より早かった（図6）．露地栽培でもシアナミド剤処理樹の収穫期は無処理より 1～2 日早かったが，処理時期の違いによる差は小さかった．

果実重を比較すると，露地栽培ではシアナミド剤処理区で無処理区より小さい傾向が認められたが，ハウス栽培では逆に大きい傾向であった（図7）．果実重以外の品質には，ほとんど差が認められなかった（表9）．

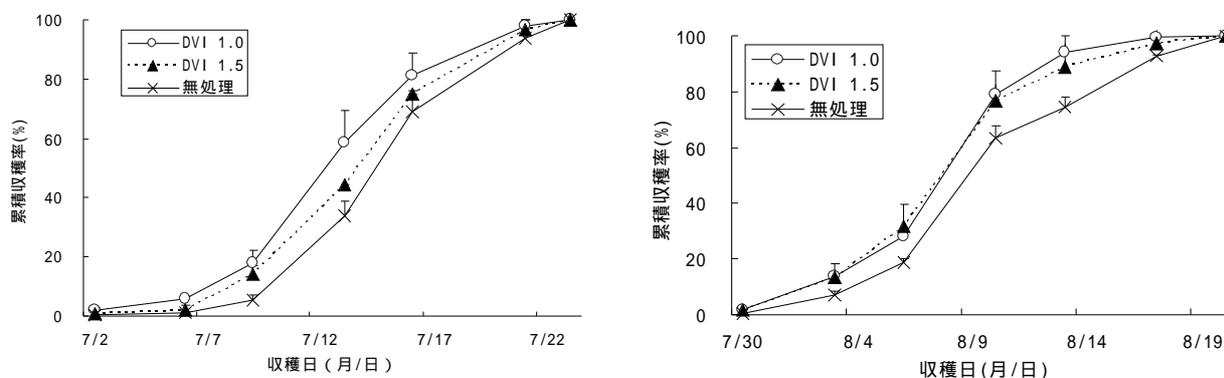


図6 シアナミド剤の処理時期の違いが‘幸水’の累積収穫率に及ぼす影響

(左；ハウス栽培，右；露地栽培，2009年)

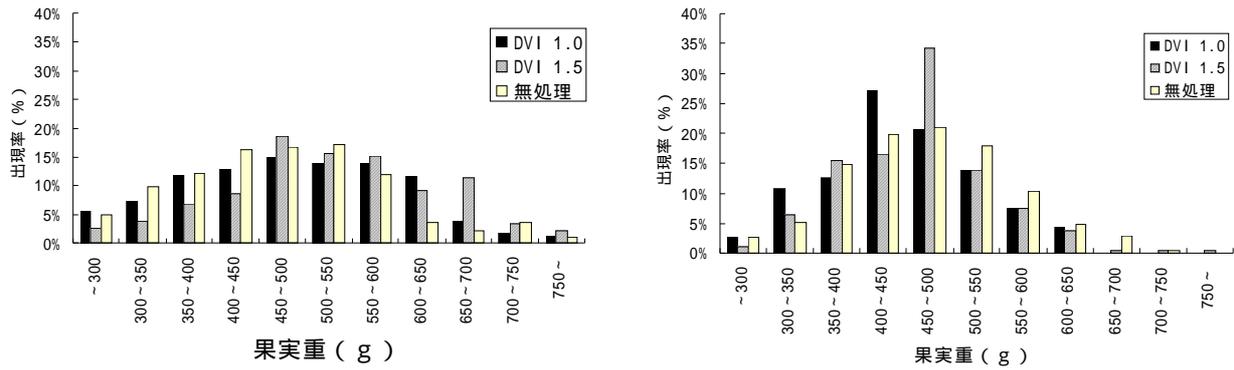


図7 シアナミド剤の処理時期の違いが‘幸水’の収穫果の重量別出現率に及ぼす影響
(左；ハウス栽培，右；露地栽培，2009年)

表9 シアナミド剤処理の有無と処理時期の違いが収穫盛期の‘幸水’の果実品質に及ぼす影響
(2009年)

処理時期	作型	果重 (g)	果形 指数 ²	果色 (c c)	糖度 (%)	硬度 (lbs)	pH
DVI 1.0	露地	479±11	125±1	4.0±0.1	12.0±0.1	4.5±0.1	5.3±0.0
DVI 1.5		463±7	125±1	4.1±0.1	11.9±0.1	4.7±0.1	5.2±0.0
無処理		481±6	121±1	4.0±0.1	12.1±0.1	4.5±0.1	5.3±0.0
DVI 1.0	ハウス	572±11	120±1	3.5±0.1	12.7±0.1	2.2±0.1	5.5±0.0
DVI 1.5		581±9	121±1	3.4±0.1	13.1±0.1	2.7±0.1	5.5±0.0
無処理		522±6	119±1	3.4±0.1	12.9±0.2	2.6±0.1	5.5±0.0

考 察

DVI 値は、気温が 12 以下になり始める晩秋から初冬の気温推移によって大きく影響される。過去 10 年のアメダス津の気温に基づく計算結果からも、DVI が所定の値に達する日が年により大きく変動することから、ニホンナシの DVI を把握するためには、その年やその地域の気温データを用いるべきである。

切り枝とポット樹を用いて‘幸水’の開花時期と開花率を調査した試験例として、上中²⁾は DVI 0.5 刻みで切り枝を供試して同様の試験を行い、DVI 2.0 以降の加温開始が有効であると報告している。本試験では DVI 0.2 刻みで検討した結果、DVI 1.6 に達するまでは加温開始から開花に至る期間が長い、または開花率が低かった。この結果、DVI 1.6 に達するまでは加温に要する燃料は多くなるとともに開花数が少なくなり、その程度によっては収量減に繋がることも予想される。したがって、効率的に加温を行うには DVI 1.6 以降の加温開始が有効であると判断した。

本試験中、加温開始から開花までの期間が最も短かったのは、気温設定が最も高い 15 区であった。しか

し、温度設定を高くするほど燃料消費量は多く、特に外気温が低い加温開始期ではその差は大きい。杉浦ら⁶⁻⁸⁾、齋藤ら⁵⁾、田中ら⁹⁾は、‘幸水’の収穫時期は満開以後 35 日間前後の気温に影響され、その期間の平均気温が 1 上昇すると、成熟期は 1.2 ~ 3.2 日早まることを報告している。そこで、燃料の節減を図りつつ‘幸水’の収穫時期を遅らせない温度管理法として、10 区で加温開始し、満開後 40 日のみ 15 区に温度設定して管理を行った。満開日と収穫期の結果から、15 区と満開日から収穫期までの期間を比較すると、変温 DVI 2.0 加温開始区で 0 ~ 3 日、変温 DVI 2.2 加温開始区では 3 ~ 5 日短縮する結果が得られ、満開日以降の気温を上げることはハウス栽培‘幸水’の収穫時期の促進に対して有効であると判断した。15 区の満開日から収穫期までの日数が変温区より長くなったのは、満開後 40 日間の気温が変温管理区と比較し低かったことに加えて、高温により開花前の花蕾の発育が早くなり、充実不良になった影響があるかもしれない。15 区と比較して、使用した燃料は DVI 2.0 加温開始変温区では 60 % 以下、DVI 2.2 加温開始変温区では 50 % にとどまり、燃料使用量の削減に繋がった。その原因は、本試験の変温管理区の満開日が 3 月中

旬で、気温を 15 に設定する時期には加温開始期よりも外気温が高く、燃料の消費量は 2 月に比べかなり少ないことによると考えられる。

広田¹⁾は、生育初期の気温が高いと有てい果の発生が増える可能性を指摘しているが、本試験における有てい果の発生とその程度は比較的少なく、特に変温管理区において果実の商品性に及ぼす影響は小さいと判断された。

休眠打破効果のあるシアナミド剤のニホンナシへの使用基準は、落葉後から発芽前となっているが、その効果は DVI 1.0 時処理で最も顕著で、安定した効果を得るためにはこの処理適期を外さないことが重要である。処理により開花期、収穫期とも 2～3 日早まり、ハウス栽培条件でも早熟化に有効であることが明らかになった(図 8)。シアナミド剤の効果は、燃料消費量の削減と、販売単価が変動しやすい 7 月中旬や 8 月中旬などの計画的な出荷に期待される。

引用文献

- 1) 広田隆一郎(1992): 農業技術大系・果樹編 第3巻. ハウス栽培. p. 技 263-288. 農文協. 東京.
- 2) 上中昭博(1998): ニホンナシ‘幸水’の発育予測モデルの開発と施設栽培作型のシミュレーション. 福井農試報, 31-38.
- 3) 前川哲男・服部吉男・小林 昇(1989): 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. 三重農技セ研報, 17: 11-24.
- 4) 大谷義夫(2006): 気象生態反応に基づくニホンナシの開花予測. 栃木農試研報, 58: 7-16.
- 5) 斎藤義雄・佐藤 守・草野 等(2000): 満開後の平均気温による日本ナシ‘幸水’の収穫期予測. 福島果試実用化技術情報.
- 6) 杉浦俊彦・小野裕幸・鴨田福也・朝倉利員・奥野 隆・浅野聖子(1991): ニホンナシの自発休眠覚醒から開花期までの発育速度モデルについて. 農業気象, 46: 193-203.
- 7) 杉浦俊彦・本條 均・菅谷 博(1995): ニホンナシの果実生育と気温の関係について. 農業気象, 51: 239-244.
- 8) 杉浦俊彦・本條 均(1997): ニホンナシの自発休眠覚醒と温度の関係解明およびそのモデル化. 農業気象, 53: 285-290.
- 9) 田中 実・林田誠剛(2008): 長崎県におけるニホンナシ‘幸水’および‘豊水’の生育予測. 長崎果試研報, 11: 29-42.

Energy-saving management technology of Japanese pear ‘Kousui’ cultured under heating plastic house.

Yutaka NISHIKAWA, Hidekazu OHNO, Hiromi TAGUCHI,
Tomohiro MITSUI and Tetsuo MAEGAWA

Abstract

We studied on the efficient ‘Kousui’ cultivation to reduce fuel input under plastic house. When heating was started after DVI 1.6, full-blooming time became earlier and flowering rate high. To reduce the fuel input and not to delay the fruit maturing, it was effective that temperature was adjusted to 15 during 40 days after full-bloom and to 10 during other stages. Cyanamid treatment at DVI 1.0 hastened 2-3 days both the full-blooming and harvest time. Cyanamid treatment seemed to be usefull in both outdoor and plastic house cultivation of ‘Kousui’ pear.

Keyword : DVI, Dormancy, Fuel, Temperature control, Cyanamide, Harvest

