

[Original Paper]

燃料削減を目的にした加温代替による長期保温がブドウ‘デラウェア’の 生育と果実品質に及ぼす影響

梶野康行¹・安田雄治¹・倉橋孝夫¹・松本敏一^{2*}

¹ 島根県農業技術センター 〒693-0035 出雲市芦渡町 2440

² 島根大学生物資源科学部 〒690-8504 松江市西川津町 1060

Effect of Long-Term Heat Insulation on Growth, Fruit Quality, and Fuel Consumption in ‘Delaware’ Grapevine Cultivation: Comparison with Early Heating in a Greenhouse

Yasuyuki Togano¹, Yuuji Yasuda¹, Takao Kurahashi¹, and Toshikazu Matsumoto^{2*}

¹ Shimane Agricultural Technology Center, Izumo, Shimane 693-0035

² Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504

We conducted heat insulation of ‘Delaware’ grapevines in a greenhouse from late December and started heating after budbreak (long-term heat insulation method) to compare the outcomes with an early heating method where heating was started from mid-January, in terms of greenhouse conditions, vine growth, fruit quality, and total fuel consumption. Cumulative hours of chilling exposure to temperatures below 7.2°C before starting heating for the long-term heat insulation method was 264 hours in Experiment 1 (2016) and 270 hours in Experiment 2 (2017), which was 32.5% fewer hours than that for the early heating method (400 hours) in Shimane Prefecture. The number of days required for 75% budbreak for Experiment 1 (2016) was 8 days (3 days shorter than the early heating method), and that for Experiment 2 (2017) was 11 days. No significant difference in leaf color index was found from April 1 in 2016. Initially, mean berry diameter was larger for the early heating method than the long-term heat insulation method, but the diameters gradually became almost equal prior to fruit maturation. Sugar content was lower and acidity was higher for the long-term heat insulation method than the early heating method, although the differences were slight. Total A-type heavy oil consumption per 10 a was 5,658 L for the long-term heat insulation method, which was 47% less than that for the early heating method (10,688 L). When cyanamide was sprayed twice and cumulative hours of chilling exposure to temperatures below 7.2°C exceeded 260 hours, budbreak uniformity for the long-term heat insulation method was observed 3 days earlier than that for the early heating method, although no significant difference in vine growth was observed between the two methods. In conclusion, long-term heat insulation starting from late December is a more energy-efficient warming method than the early heating method because it significantly reduces fuel consumption, while minimizing differences in berry sugar content and acidity between the two methods.

Key words : cumulative temperature, energy-saving, soil temperature, air temperature

緒言

島根県のブドウ‘デラウェア’は栽培面積全体の約76%で加温栽培が行われ、12～1月に加温を開始する超早期および早期加温栽培が約42%を占めている(JA

しまね出雲ぶどう部会 2016 a). これらの加温栽培では、発芽促進と発芽揃いを向上するため、加温を開始する前にハウスを閉め切り7～14日の保温期間を設け、地温の上昇を図っている(倉橋 2013). 通常、1月中旬から加温を開始した場合、発芽は加温後14日程度(1月下旬)で始まる. この早期加温栽培では、発芽前に加温を開始するため、地温が十分上昇していな

*Corresponding author (email: tmatsumoto@life.shimane-u.ac.jp) 2018年1月4日受理

い場合には養水分の吸収が劣り、年によっては発芽の不揃いや花穂退化が問題になる(島根県 1996)。さらに、本県‘デラウェア’の主産地である出雲市における1月中～下旬の気温は、年間で最も低いため(アメダスデータ, 出雲市芦渡町 1981～2010 年平均値), 加温機の燃油消費量も多く、近年の燃油価格の乱高下により生産者の所得は不安定になっている(山本 2010)。

一方、ハウスを閉めきり保温状態にすると、加温を行わなくても保温後 30 日程度で発芽が始まることから、現地では 12 月下旬にハウスを閉め切り、発芽を確認してから加温を開始する温度管理法も取り組まれている(倉橋 2013)。通常、この方法では、加温開始が1月下旬頃になることから、1月中の燃油消費量はほとんど不要になるため、燃油削減効果が高いと考えられる。また、‘デラウェア’の加温栽培では、20℃以上の夜温が続くと発芽率は低下し、発芽が不揃いになりやすい(倉橋 2008)。従って、12月下旬から保温を開始するこの温度管理法では、ハウス内の温度、特に夜温が低く推移しやすいことから、発芽揃いは向上すると思われる。しかし、この温度管理法が、従来の1月中旬から加温を開始する早期加温栽培より発芽揃いや燃油消費量に対して優位性を示す科学的データはほとんどない。さらに、本県では、‘デラウェア’の休眠覚醒のために必要な7.2℃以下の低温積算時間を1,000時間程度に設定し、保温開始時における低温積算時間の基準を400時間としている(島根県 1996)。従って、その基準を満たさない場合には、発芽促進と発芽揃いを向上するため、保温開始をやや遅らせ、7.2℃以下の低温積算時間を確保する。しかし、近年の温暖化傾向で、12月下旬では7.2℃以下の低温積算時間が十分に満たさない年も多く、今後も低温積算時間の不足が予測されるため、その条件下による保温開始が生育や果実品質に及ぼす影響を明らかにしておく必要がある。

そこで、12月下旬に7.2℃以下の低温積算時間を十分満たさない条件下で保温を開始した場合のハウス内環境条件を明らかにしながら、生育、果実品質および燃油消費量に及ぼす影響について、1月中旬から加温を開始する早期加温栽培と比較した。これにより、早期加温栽培を代替する発芽揃いの向上と燃油消費量の削減を目指した‘デラウェア’の新温度管理法としての“長期保温法”の体系化を試みた。

材料および方法

1. 長期保温が‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響(試験1)

1) 供試樹

試験には、島根県農業技術センター果樹ほ場(出雲市芦渡町)にある8aのアーチ型連棟ハウス(東西向き)内に栽植の16年生‘デラウェア’(X字型自然形整枝, 栽植本数23本/8a, 台木:不明)を用いた。

2) 試験区の設定方法

試験区は、ハウスを閉め切り保温状態にし、発芽後から加温を開始する区(以下、長期保温区)と4日程度の保温期間を設け、発芽する前に加温を開始する区(以下、早期加温栽培区)の2区を設定した。両区は、ハウス谷間で両区の面積(4a)が同じになるよう農POフィルム(厚さ0.05mm)2枚を10cm程度の幅を持たせて、南北半分に仕切って設定した。また、両区ともハウス内に内張りとして、農POフィルム(厚さ0.05mm)を設置した。各区には重油加温機(HK4027TFV, ネボン(株))をそれぞれ1台ずつ設置した。長期保温区は、2015年12月28日にハウスを閉め切り、早期加温栽培の発芽率の目標である75%(出雲農林振興センター農業普及部, 2005)を超えた2月12日から加温を開始した。一方、早期加温栽培区は、2016年1月14日にハウスを閉め切り、4日後の1月18日から加温を開始した。なお、早期加温栽培区において、保温期間を4日としたのは、早期加温栽培区の地温が短期間で上昇し、長期保温区と同程度となったためである(Table 2)。ハウス内の加温後の温度管理は、両区とも島根県‘デラウェア’の慣行温度基準(島根県・JA全農島根県本部, 2006)で行った。加温は4月28日に終了し、その後は仕切りを取り除き、ハウスを開放した。栽培管理は本県の慣行法に準じ、施肥およびかん水は点滴チューブを利用したかん水同時施肥栽培を行った。ハウスの換気は早期加温栽培区側に自動換気装置の温度センサーを設置し行った。シアナミド剤(CX-10, 日本カーバイド工業(株))による休眠打破処理は、2015年12月10日と12月21日の2回行い、処理濃度はそれぞれ0.75%と0.5%で、肩掛け噴霧器を利用して結果母枝に散布した。

3) ハウス内温度と地温の測定

長期保温区の保温を開始する前日(2015年12月27日)までの7.2℃以下の低温積算時間は、同年10月1

日を起点とし島根県農業技術センター内設置のアメダスデータ（出雲市芦渡町）から算出した。ハウス内温度は、温度センサー付きデータロガー（TR-52i, ティアンドデイ（株））を各区の中央部付近の棚面下 20 cm 部分に 1 カ所設置し、10 分間隔で測定した。また、測定値から日平均気温を求め、2015 年 12 月 28 日から発芽日および満開日から成熟期までの日数を乗じて処理区別に積算温度を算出した。

地温は、土壌表面から深さ 15 cm の部分にデータロガーの温度センサーを埋め込み 60 分間隔で測定した。

4) 生育と果実品質の調査方法

供試本数は、各区 4 樹とした（合計 8 樹）。発芽は、太さの揃った 5 芽の結果母枝を 1 樹当たり 8 本選び、その先端 3 芽について調査し、発芽率 75%に達した日を発芽日とした。発芽は芽の鱗片が緩み、毛じから緑の部分が見えた状態で判断した。葉色値は、1 樹当たり 8 本の新梢について、2016 年 3 月 11 日から 7 日間隔で調査した。測定は葉緑素計（SPAD-502Plus, コニカミノルタ（株））を用い、5 葉目における左右の下裂刻付近の 2 カ所について行った。果径は、4 月 1 日には各樹から大きさの揃った果房を 8 房から赤道部の 1 果粒を選び、7 日間隔でデジタルノギスを用いて測定した。果実品質は、6 月 6 日に各樹から 5 房を採取し、以下の調査項目を調査した。果房重と果皮色（農水省果樹試験場基準のブドウ用カラーチャート）を測定後、房全体から 5 粒を採取し、糖度（PAL-1, （株）アタゴ）と酸度を測定した。酸度は、中和滴定法により酒石酸含量に換算した。また、全着粒数と軸長から着粒密度（粒/cm）を求め、果粒重は、果房重から軸重を引き、果粒数で除して算出した。

5) 加温燃料消費量の測定

A 重油消費量は、各加温機に流量センサー

（OF05ZAWN, 愛知時計電機（株））を設置し、ほぼ毎日測定した。測定値は 10 a 当たりの消費量に換算した。

2. 長期保温が‘デラウェア’の発芽推移に及ぼす影響（試験 2）

1) 供試樹

試験には、同センター果樹ほ場（出雲市芦渡町）にある 10 a のアーチ型連棟ハウス（東西向き）内に栽植の 12 年生‘デラウェア’（X 字型自然形整枝、栽植本数 39 本/10 a, 台木：不明）を用いた。

2) 長期保温の設定方法

保温は、2016 年 12 月 27 日に開始し、加温は 2017 年 2 月 2 日から始めた。加温後の温度設定と栽培管理は、試験 1 に準じた。シアナミド剤による休眠打破処理は、試験 1 に準じた濃度と方法で、2016 年 12 月 9 日と 12 月 21 日の 2 回行った。

3) ハウス内温度と地温の測定

7.2°C以下の低温積算時間、ハウス内温度および地温は、試験 1 に準じた方法で測定した。

4) 発芽調査

供試本数は 10 樹で、各樹 5 本の新梢について試験 1 に準じた方法で発芽を調査した。

結果

1. 長期保温が‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響（試験 1）

1) ハウス内温度と地温

長期保温区の保温開始から早期加温栽培区の保温開始前日（2015 年 12 月 28 日～2016 年 1 月 13 日）までの平均温度は、長期保温区が 8.9°Cで、早期加温栽培区より 1.6°C高かった（Table 1）。保温期間（2016 年 1 月 14 日～17 日）における長期保温区の平均温度は

Table 1 Comparison of air temperature, low-temperature requirement, and cumulative temperature between long-term heat insulation and early heating.

Year	Treatment	Air temperature (°C)				Cumulative chilling hours below 7.2°C ² (h)	Cumulative temperature (°C) ³		
		12/28~1/13 ⁴	1/14~1/17	1/18~2/11	2/12~4/28		12/28~ Initial budbreak date ⁵	12/28~ Budbreak date ⁶	Full bloom date ~Maturity date
2016	Long-term heat insulation	Max	29.0	29.6	32.1	264	328.7	420.6	1280.7
		Min	-0.7	3.8	3.5				
		Ave	8.9	8.3	9.5				
2016	Early heating	Max	21.3	29.5	32.7	594	286.1	482.0	1407.1
		Min	-0.6	2.1	11.3				
		Ave	7.3	7.4	16.3				

² At the start of heat insulation.

³ Daily average temperature×days.

⁴ Month/Day.

⁵ Day when the first bud broke.

⁶ Day when budbreak rate reached 75%.

8.3°Cで、早期加温栽培区より 0.9°C高かった。早期加温栽培区に加温開始から長期保温区に加温開始前日(2016年1月18日~2月11日)まで平均温度をみると、早期加温栽培区が16.3°Cで、長期保温区の9.5°Cより高かった。一方、両区に加温期間中(2016年2月12日~4月28日)の平均温度は、ほとんど変わらなかった。2015年10月1日を起点とした保温開始時までの7.2°C以下の低温積算時間は、長期保温区が264時間で、早期加温栽培区は594時間であった。

長期保温区の保温開始から発芽開始日までの積算温度は、長期保温区が328.7°Cで、早期加温栽培区の286.1°Cより高かった。また、長期保温区の保温開始から両区が発芽日(発芽率75%に達した日)までの積算温度は、長期保温区が420.6°Cで、早期加温栽培区の482.0°Cより低かった。満開日から成熟期(6月6日)までの積算温度は、長期保温区が1280.7°Cで、早期加温栽培区の1407.1°Cより低かった。

長期保温区(保温期間)と早期加温栽培区(雨よけ期間)における日照時間別の典型的なハウス内温度の日変化をFig. 1に示した。日照時間の長い日(7.6h)

をみると、昼間のハウス内温度は、長期保温区が常時高く、10~16時までの長期保温区と早期加温栽培区との温度差は4~9.9°Cであった。一方、夜間のハウス内温度は、長期保温区が早期加温栽培区よりわずかに高かった。次に、無日照の日(0h)をみると、長期保温区のハウス内温度が早期加温栽培区よりわずかに高く推移し、両区とも日変化はほとんどなかった。

長期保温区の保温開始から早期加温栽培区への保温開始前日(2015年12月28日~2016年1月13日)の平均地温は、長期保温区(保温)で11.7°C、早期加温栽培区(雨よけ)で10.4°Cであった(Table 2)。両区の保温期間(2016年1月14日~1月17日)における平均地温は、長期保温区(保温)で10.6°C、早期加温栽培区(保温)で9.5°Cであった。早期加温栽培区に加温開始から長期保温区に加温開始前日(2016年1月18日~2月11日)の平均地温は、長期保温区(保温)11.4°Cで、加温を開始した早期加温栽培区の13.6°Cより2.2°C低かった。両区に加温期間(2016年2月12日~4月28日)の平均地温は、長期保温区が17.2°Cで、早期加温栽培区は17.5°Cであった。

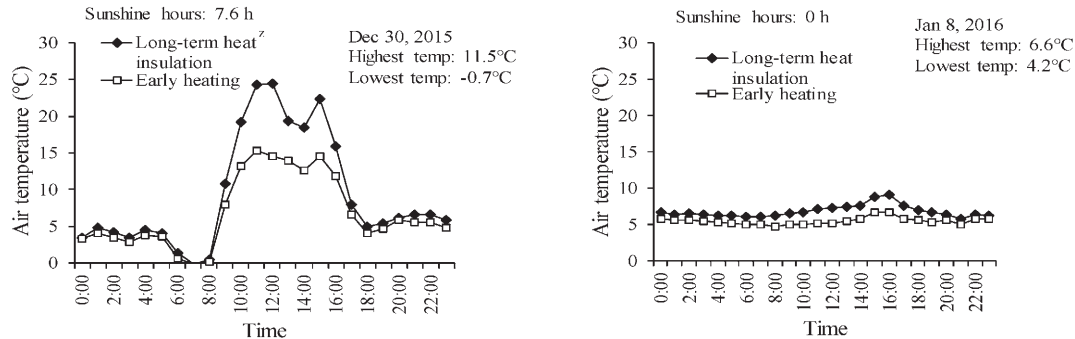


Fig. 1 Changes in air temperature by sunshine hours for the long-term heat insulation method and the early heating method.

^z Long-term heat insulation: heat insulation condition Early heating: rain shelter condition.

Table 2 Comparison of soil temperature between long-term heat insulation and early heating.

Year	Treatment	Soil temperature (°C) ^z				
		12/28~1/13 ^y	1/14~1/17	1/18~2/11	2/12~4/28	
2015	Long-term heat insulation	Max	15.3	13.4	15.4	20.2
		Min	9.4	9.4	7.4	12.7
		Ave	11.7	10.6	11.4	17.2
2016	Early heating	Max	13.7	12.2	18.1	21.5
		Min	8.4	8.0	8.4	14.6
		Ave	10.4	9.5	13.6	17.5

^z Depth 15 cm.

^y Month/Day.

2) 生育特性

長期保温区の発芽は、保温開始から 39 日目の 2016 年 2 月 4 日から始まり、早期加温栽培の目標である発芽率 75% (出雲農林振興センター農業普及部, 2005) を超えたのは保温後 8 日の 2 月 12 日であった (Fig. 2). 一方、早期加温栽培区の発芽は 1 月 28 日から始まり、11 日後の 2 月 8 日に発芽率 75% に達した。発芽の遅い長期保温区の葉色値は、早期加温栽培区より低く推移したが、4 月 1 日以降、両区で差は認められなかった (Fig. 3). 果径は、発芽の早い早期加温栽培区が、長期保温区より大きく推移したが、成熟期前には差がなくなった。

3) 果実品質

果房重、房長、果粒重、果皮色および着粒密度には

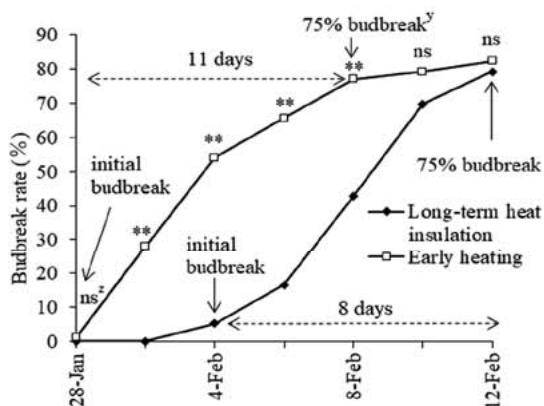


Fig. 2 Effect of long-term heat insulation on budbreak rate in 'Delaware' grapevines under heating condition.
^z** : P < 0.01, ns: not significant by t-test (n = 4).
^y 72 of 96 buds broke in a shoot.

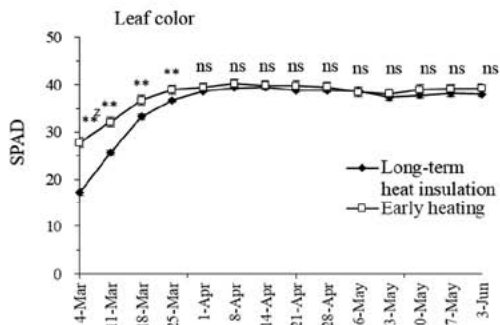


Fig. 3 Comparison of leaf color and fruit diameter between long-term heat insulation and early heating.
^z** : P < 0.01, P < 0.05, ns: not significant by t-test (n=4).

Vertical bars represent standard error.

処理区間で差はなかった (Table 3). 一方、長期保温区の糖度は 21.8% で、早期加温栽培区の 22.8% より低く、酸度は 0.83g/100ml で、早期加温栽培区の 0.69g/100ml より高かった。

4) A 重油消費量

長期保温区における 10 a 当たりの A 重油消費量は 5,658 L で、早期加温栽培区の 10,688 L に比べ約 47% の削減効果が認められた (Fig. 4).

2. 長期保温が 'デラウェア' の発芽に及ぼす影響 (試験 2)

1) ハウス内温度と地温

保温期間中の平均気温は 9.3°C で、加温開始後は 16°C まで上昇した (Table 4). 2016 年 10 月 1 日を起点とした保温開始時までの 7.2°C 以下の低温積算時間は、

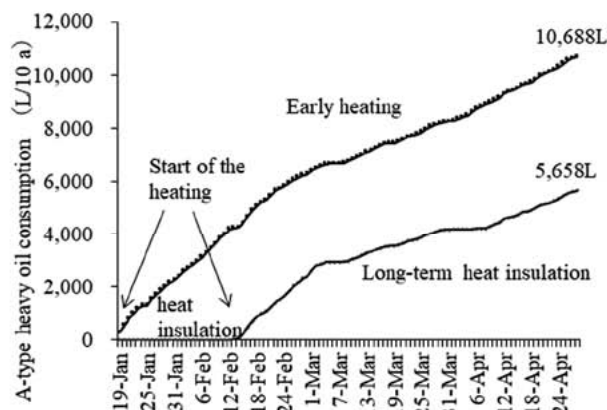


Fig. 4 Effect of long-term heat insulation on A-type heavy oil cumulative consumption in 'Delaware' grapevines under heating condition.

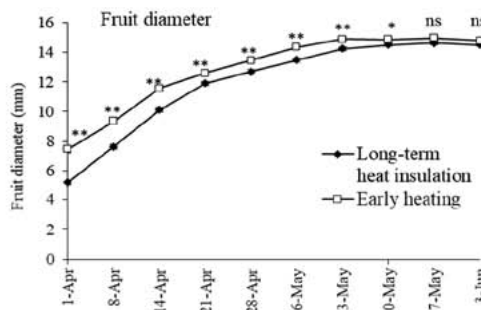


Table 3 Effect of long-term heat insulation on fruit quality of 'Delaware' grapevines under heating condition.

Treatment	Cluster weight (g)	Berry weight (g)	Skin color ^z	Soluble solids content (%)	Tartaric acid (g/100 mL)
Long-term heat insulation	220.0±5.6 ^y	2.1±0.04	6.4±0.1	21.8±0.1	0.83±0.03
Early heating	224.7±4.1	2.1±0.04	6.3±0.1	22.8±0.2	0.69±0.02
Significance ^x	ns	ns	ns	**	**

^zColor chart for black grape.

^yMean±SE.

^x **: $P < 0.01$, ns: not significant by t -test ($n=4$).

Table 4 Air temperature, low-temperature requirement, and cumulative temperature for long-term heat insulation.

Year	Treatment	Air temperature (°C)		Cumulative chilling hours below 7.2°C ^z (h)	Cumulative temperature (°C) ^y	
		12/27~2/1 ^x	2/2~2/15		12/27~ Initial budbreak date ^w	12/27~ Budbreak date ^u
2017	Long-term heat insulation	Max	35.2	270	319	516
		Min	0.9			
		Ave	9.3			

^z At the start of heat insulation.

^y Daily average temperature × days.

^x Month/Day.

^w Day when the first bud broke.

^u Day when budbreak rate reached 75%.

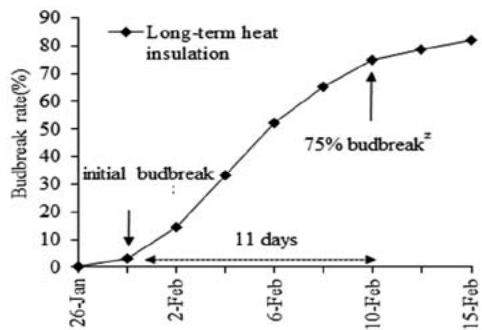


Fig. 5 Change in budbreak rate for long-term heat insulation of 'Delaware' grapevines. ^z113 of 150 buds broke in a shoot.

270 時間であった。保温開始から発芽の始まった日までの積算温度は 319°C で、発芽日（発芽率 75% に達した日）までは 516°C であった。

2) 発芽率の推移

発芽は、保温開始から 35 日目の 2017 年 1 月 30 日から始まり、発芽率 75% に達したのは 11 日後の 2 月 10 日であった (Fig. 5)。

Table 5 Soil temperature for long-term heat insulation.

Year	Treatment	Soil temperature (°C) ^z	
		12/27~2/1 ^y	2/2~2/15
2017	Long-term heat insulation	Max	14.9
		Min	10.1
		Ave	12.3

^z Depth 15 cm.

^y Month/Day.

考 察

Table 1, 4 より、長期保温区の保温期間のハウス内最高気温は、試験 1 (2016 年 2 月加温) が 32.1°C で、試験 2 (2017 年 2 月加温) は 35.2°C と極めて高かった。また、長期保温区では、日照時間の長い日にハウス内温度が早期加温栽培区より著しく高くなることから (Fig. 1)、このような日の温度上昇が、発芽促進に影響を及ぼしていると考えられる。島根県は、日本海側気候の特徴を有していることから、冬季に晴天日が少ない。従って、一般に、快晴時には保温ハウスの夜温が外気より低下するが (大野ら 1973)、日照時間の長い日でも長期保温区の夜温が雨よけハウス (早期加

温栽培区)より低下することはなかった。宮川・竹下(1980)は、‘デラウェア’において一時的な低温の限界を調査し、発芽期には -1°C の低温に3時間遭遇すると主芽が枯死したと報告している。従って、発芽期前後の外気温が長時間 0°C 以下になる山梨県のような加温栽培‘デラウェア’産地では(甲府地方気象台, 山梨県甲府市, 1981~2010年平均値), この方式を導入することは困難と考えられる。一方, 島根県出雲市の12~2月の最低気温は, 0°C 以下になることはほとんどないことから(アメダスデータ, 出雲市芦渡町, 1981~2010年平均値), この方式を導入しやすい地域と思われる。

加温栽培ブドウでは, 発芽促進だけでなく, 発芽率が短期間で上昇する(発芽揃いが良い)ことも極めて重要である。そのため, ‘デラウェア’栽培では, 発芽が不揃いの場合にはジベレリン1回目処理作業などが長期間になり, その後の栽培管理に遅れを招いている。そのため, 発芽の不揃いがみられる時には, 発芽を揃えるため, 加温機の設定温度を下げ, ハウス内温度を低めに維持する(倉橋2013)。すなわち, 長期保温区では夜間を中心にハウス内温度が低く推移しやすいことから, 発芽率75%に到達する期間は早期加温栽培区より3日短く(Fig. 2), 発芽揃いが早期加温栽培区より向上したと考えられる。

試験1(2016年)では, 前年の12月の平均気温が平年値より高かったことから, 長期保温区の保温開始前日までの 7.2°C 以下の低温積算時間は264時間で, 過去10年間で2番目に少なかった(Table 1)。さらに, 試験2(2017年)における低温積算時間は, 前年実施した試験1(2016年)とほぼ同程度の270時間であった(Table 4)。*‘デラウェア’*では, 7.2°C 以下の低温積算時間が200~600時間の範囲では, 低温積算時間が短くなるほど発芽所要日数が長くなる(広瀬ら2000)。そのため, 12月下旬の保温開始時に 7.2°C 以下の低温積算時間400時間に到達している場合には, 発芽開始日が本試験より早くなると推察される。しかし, 本試験の結果から, 400時間より少ない264~270時間で12月下旬から保温を開始しても, 1月下旬~2月上旬には発芽の始まることが明らかになった。これは, 保温期間中においても, Fig. 1に示したようにハウス内温度は, 日照時間の短い日や夜間を中心に低温になることから, 少ない低温積算時間を補足したためではな

いかと考えられる。さらに, 休眠打破効果のあるシアナミド剤処理は, 発芽促進効果の高い2回処理を実施しているため(梅野2016), 発芽が促進されたと推察される。また, 保温開始から発芽の開始した日までの日数を比較すると, 試験1(2016年)は39日目で, 試験2(2017年)が35日目であった。一般に, 発芽の早晩は気象条件だけでなく, 結果母枝の良否やせん定強度などの影響を受ける。そのため, 試験1(2016年)と2(2017年)において, 保温開始から発芽の始まった日までの日数に4日の差が生じたと考えられる。

一方, 試験1(2016年)の早期加温栽培区では, 保温を開始するまでの低温積算時間が, 594時間に到達した(Table 1)。従って, 早期加温栽培区の加温を開始する時期の積算温度は400時間を大幅に超え, さらに2回のシアナミド剤処理を行っていることから, 加温開始から短期間の11日間で発芽したと考えられる。また, 発芽までの平均温度の低い長期加温区において, 発芽開始あるいは発芽率75%到達までの積算温度が, 早期加温栽培区より低くなったが(Table 1), 奥田(1996)は‘デラウェア’の挿し木を用いた実験で, 11~25までの間では, 平均温度が低いほど発芽までの低温積算時間は少なくなるとした報告と一致している。

‘デラウェア’加温栽培における発芽促進, 発芽揃い向上および新梢の初期生育は, 地上部の温度だけでなく, 地温に大きく影響される(小林・岡本1973; 中村・有馬1970)。さらに, 大野・倉橋(2005)は, ブドウ台木の切り枝を用いて温度別に発根率を調査し, 10°C では発根が認められなかったが, 15°C と 20°C では発根率が高まったと報告している。長期保温区における保温期間中の平均地温をみると, 試験1(2016年)は $10.6\sim 11.7^{\circ}\text{C}$, 試験2(2017年)が 12.3°C であることから発根量は比較的に少ないと推察される(Table 2, 5)。そのため, 長期保温区の発芽には, ハウス内温度が影響を及ぼしていると推察され, 保温期間中の低い地温が発芽に及ぼす影響は少なかったと考えられる。

早期加温栽培区の葉色値が, 長期保温区より早い時期から上昇したが, これは早期加温栽培区の発芽が早く, 生育が進んでいたことに起因する(Fig. 3)。また, 4月1日以降は長期保温区の葉色値が遅れて上昇し, 早期加温栽培区の葉色値に追いついたため, 葉色値に差がなくなったと思われる。次に, 果粒肥大について

みると、成熟期における果径に処理区による差はなかった (Fig. 3)．‘デラウェア’の果粒肥大は、二重S字曲線を描き (Nakagawa・Nanjo 1965)、成熟期前には肥大が鈍化する。そのため、生育の早い早期加温栽培区の果径肥大が初めに鈍化し、その間に生育の遅かった長期保温区の果径が追いついたと考えられる。

ブドウの開花から成熟までの積算温度は、成熟期と密接な関係にあることが報告されている (奥田 1991)．従って、両区の果実調査を同一日 (6月6日) に実施したため、積算温度の低い (Table 1) 長期保温区の糖度が低く、酸度は高かったと考えられる (Table 3)．しかしながら、島根県‘デラウェア’の糖度基準である 18% を満たしており (JA しまね出雲ぶどう部会 2016b)、商品性は問題なかった。

これらの結果より、長期保温区と早期加温栽培区との間に、生育や果実品質に若干の差が認められたが、この原因は、発芽期の早晩に起因するもので、長期保温そのものによる影響ではないと思われる。

通常、早期加温栽培における加温期間中 (1~4月) の燃油消費量は、平均気温が低く、日照時間の短い、すなわち加温開始当初 (1月) が多い。従って、試験 1 (2016年) における長期保温区の燃油削減率は約 47% と高かった (Fig. 4)．また、長期保温区の加温開始が早期加温栽培区の発芽日 (2月8日) と同日であったと仮定し、燃油削減率を算出すると約 30% になる。倉藤 (2012) は‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’と‘ピオーネ’を用いて 1月上旬からの早期保温を行い、約 28~29% の燃料削減効果があったと報告している。本試験とは、保温開始時期や保温期間が異なることを考慮する必要はあるものの、‘デラウェア’の 12月下旬からの保温を開始する“長期保温法”は、極めて省エネ効果の高い加温方法と考えられる。

加温期間中の A 重油消費量から A 重油価格 47.9 円/L (一般財団法人日本エネルギー経済研究所 2016) で削減可能な額を計算すると、両区の消費量の差が 5,030 L/10a であることから、240,937 円/10a になる。通常、加温栽培‘デラウェア’の市場単価は、6月上~下旬までは極めて緩やかに低下する (JA しまね出雲ぶどう部会 2015)．そのため、試験 1 (2016年) での 5 日程度の生育遅延は、市場単価低下の影響をほとんど受けないため、この削減額 (240,937 円) がそのまま所得の向上につながると考えられる。

以上の結果より、長期保温法は、早期加温栽培 (1月中旬加温開始) に比べ果実品質の低下がなく省エネ効果の高いハウス温度管理法と考えられた。実際栽培では、2回のシアナミド処理を行い、12月下旬の保温開始時の 7.2℃以下の低温積算時間が従来の基準より短い 260 時間程度に到達していることを確認して保温を開始する。加温後のハウス内温度は 25℃までなら高いほど、発芽所要日数が短くなることから (奥田 1996)、内張りの設置やサイドフィルム の複層化を図り、ハウスの保温性を高めることが重要である。これらにより、従来の基準である 400 時間よりも少ない低温積算時間で保温を開始する“長期保温法”の導入により、燃油削減率 30% 程度を達成しながら、発芽揃いが向上し、かつ生育遅延のほとんどない商品性のある果実を生産できると考えられる。

要 約

加温栽培‘デラウェア’において、12月下旬から保温を開始し、発芽後から加温を開始する長期保温法と 1月中旬から加温する早期加温栽培について、ハウス内環境条件、生育、果実品質および燃油消費量を比較した。長期保温法における保温開始時の 7.2℃以下の低温積算時間は、2016年2月加温の試験 1 が 264 時間、翌年に実施した 2017年2月加温の試験 2 は 270 時間で、島根県の保温を開始する基準である 400 時間より短かった。試験 1 (2016年) の長期保温法の 75% 発芽所要日数は 8 日で、早期加温栽培より 3 日短かった。試験 2 (2017年) の長期保温法の 75% 発芽所要日数は 11 日であった。葉色値は、2016年4月1日以降処理区間による有意な差はなかった。早期加温栽培の果径は長期保温法より大きく推移したが、成熟期には差がなくなった。積算温度の低い長期保温法の糖度は、早期加温栽培より有意に低く、酸度は有意に高かった。長期保温法の 10 a 当たりの A 重油消費量は 5,658 L で、早期加温栽培の 10,688 L に比べて約 47% の削減効果が認められた。

以上のことより、2回のシアナミド処理を行い、保温開始時の 7.2℃以下の低温積算時間が 260 時間に到達していれば、早期加温栽培に比べ生育の遅れもほとんどなく、発芽揃いも良いことが明らかになった。

従って、12月下旬から保温を開始する長期保温法は、1月中旬から加温を開始する早期加温栽培に比べ

燃油削減率が高く、省エネ効果の高い加温方法と考えられた。

謝 辞

本研究を行うに当たり、多くのご協力をいただいた島根県農業技術センター栽培研究部果樹科森脇永高氏に謝意を表す。

文 献

- 広瀬正純・加来靖英・藤田義明・渡辺久能・安野智江
小関洋介・中尾茂夫. 2000. ブドウ, モモ, ナシの
自発休眠完了に必要な低温要求量と休眠打破技術.
大分農技セ報告. 30 : 1-13.
- 一般社団法人日本エネルギー経済研究所. 2016. 産業
用価格 A 重油月次調査.
- 出雲農林振興センター農業普及部. 2005. 密植栽培に
よる早期成園化マニュアル. p. 1-21.
- JA しまね出雲ぶどう部会. 2015. 規格品 kg 単価推移
表 (デラウェア). p. 26. ぶどう出荷反省会資料.
- JA しまね出雲ぶどう部会. 2016 a. 平成 28 年産島根
ぶどう品種別・作型別面積について. p. 7. ぶどう
出荷総会資料.
- JA しまね出雲ぶどう部会. 2016 b. 平成 28 年産島根
県産デラウェア STEP UP 出荷規格表. p. 23. ぶど
う出荷総会資料.
- 小林 章・岡本五郎. 1973. ブドウ・デラウェアの加
温促成における地下部の加温および長日処理の効
果. 農及園. 48 : 1229-1231.
- 倉藤祐輝. 2012. 加温ブドウ コスト削減に向けた省
エネ技術. 果樹. 66 (11) : 8-12.
- 倉橋孝夫. 2008. ブドウ‘デラウェア’のハウス栽培. p.
33-43. すぐに役立つハウス栽培新技術. 農業電化協
会. 東京.
- 倉橋孝夫. 2013. これからの果樹管理. 島根の果樹.
36 (1) : 43-51.
- 宮川 煦・竹下 修. 1980. ブドウの生育に及ぼす温
度の影響 (第 1 報) 一時的な高温・低温がデラウェ
アの生育におよぼす影響. 島根農試研報. 16:42-55.
- Nakagawa, S. and Y. Nanjo. 1965. A morphological study
of Delaware grape Berries. Jour. Jap. Soc. Hort. Sci. 34 :
85-95.
- 中村怜之輔・有馬 博. 1970. 地温がブドウデラウェア

- の樹体生長に及ぼす影響. 岡山大農学報. 35 : 45-55.
- 奥田義二. 1991. 第 4 章ブドウ. 3. 環境条件. p. 355-
358. 杉浦 明編著. 新編果樹園芸ハンドブック. 養
賢堂. 東京.
- 奥田義二. 1996. 第 2 節施設栽培. p. 395-404. 中川
昌一監修. 日本ブドウ学. 養賢堂. 東京.
- 大野俊雄・佐久間信夫・足立元三. 1973. ブドウのハ
ウス栽培 (3). 農及園. 48 : 945-948.
- 大野泰司・倉橋孝夫. 2005. ブドウ‘デラウェア’におけ
る加温栽培向き台木品種の選抜. 園学雑. 74 (別 2) :
360.
- 島根県. 1996. ハウスぶどう (デラウェア) の栽培指
針. p. 1-68.
- 島根県・JA 全農島根県本部. 2006. 果樹栽培指針. p.
1-49.
- 梶野康行. 2016. 休眠と発芽促進. p. 129-132. 最新農
業技術果樹. Vol. 9. 農文協. 東京.
- 山本善久. 2010. 卸売市場における島根県産デラウェ
アの動向と農家の対応策. ぶどう産地再編における
課題と今後の展開方向. p. 3-17.

