

イチゴの高設栽培における3月の低温管理が 果実品質に及ぼす影響

安川人央・皆巳大輔*・西本登志

March Low-Temperature Cultural Practice Effects on Strawberry Fruit Quality Harvested using a Table-top Production System

YASUKAWA Hitoshi, MINAMI Daisuke and NISHIMOTO Toshi

Summary

Temperatures in the plastic house with a table-top substrate system were controlled to be lower than those of a conventional method in March. Fruits harvested in that house were compared in terms of quality to those harvested in the house managed using conventional methods. Ventilation fan operating temperatures and heater operating temperatures were changed to 20°C and 5°C each. A thermal screen was removed on February 28, 2013. Then, fruits harvested in the temperature treatment house on March 13, 15, and 25 were higher in Brix and firmness than those harvested in the control house where ventilation fans and heaters were used at 25°C and 8°C. From sensory evaluation conducted on March 11, fruits harvested from the temperature treatment house were rated as higher in taste quality than those harvested from the control house. Ventilation fan operating temperatures were changed to 20°C. The heater was stopped on February 28, 2014. Then, fruits harvested from the temperature treatment house on March 5, 13, and 26 had higher Brix and firmness than those harvested from the control house where ventilation fans and heaters were used at 25°C and 8°C.

Key Words: Brix, firmness, *Fragaria x ananassa* Duch., heater, ventilation

緒言

奈良県内のイチゴ産地では、飲食店・加工業者との直接取引、観光摘み取り園、直売施設や庭先での販売等、実需者と直接取引を行う生産者が増加している。これらの販売方法は、市場出荷における末端価格と同等の単価での取引が可能であり、市場出荷と比較して生産者の手取り金額が多い。更に、収穫後、果実が消費者に届くのにかかる時間が格段に短く、果実表面が傷む等の不良品発生が少ない。また、近年は、立ち姿勢で栽培管理を行うことができる高設栽培を導入する生産者が多く、特に、観光摘み取り園では、歩き易さやハウス内の地面をシートで覆うことによる清潔感などから積極的に導入されている。なお、県内イチゴ栽培面積に占める高設栽培の割合は約38%である(奈良県食と農の振興部農業水産振興課2021年非公開資料)。

田口ら(2007)は生食用トマトの直売について調査を行い、糖度などの品質に関して評判の良いトマトを販売する生産者は、品質よりも低価格を特徴としている生産者と比較して、より多くの顧客を確保

できると報告している。トマトと同様にイチゴについても食味が良好で変動の少ないことが顧客の確保につながると考えられる。

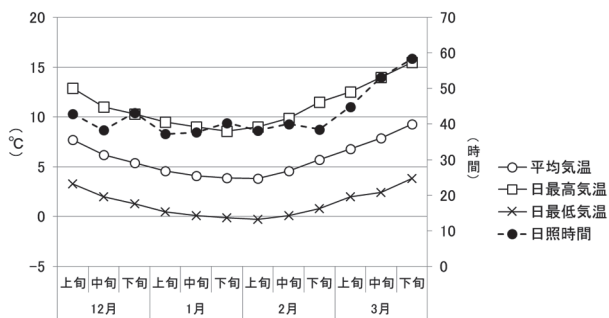
しかし、イチゴ促成栽培では果実糖度が1月をピークに2月以降急激に低下し、4月に上昇に転じる傾向があることが報告されており(西本ら, 2010)、観光摘み取り園を管内に多くもつ普及指導組織では、3月の糖度や食味の低下を解決すべき課題として捉えている(奈良県農林部2010年内部資料「平成22年度普及、行政の問題点の中から解明・検討を要する課題」)。

奈良市では、平均気温、日最高気温及び日最低気温は1月中旬から2月中旬まで大きな変動がなく、2月下旬以降急激に上昇する(第1図)。また、日照時間は1月から2月まで変動が少なく、3月上旬以降徐々に増大する。これら外的環境要因の影響を受けハウス内平均気温が2月下旬以降急激に上昇することから、2月以降の食味や糖度の低下はハウス内気温の上昇に起因している可能性がある。

また、イチゴの促成栽培では低温期には夜間の保温を目的に内張カーテンを用いた二重被覆が施され

るが、県内産地では昼間に内張カーテン（以下、二重被覆資材）が開閉されることが少ない。

一方、2月下旬以降のハウス内温度がイチゴの糖度や食味等の果実品質に及ぼす影響を比較して調べた事例は、見当たらない。そこで、3月初旬以降の換気扇と加温機の設定温度の変更や加温機の運転停止によりハウス内気温を慣行より低く推移させる管理、並びに二重被覆資材の除去による昼間の採光性向上が果実品質に及ぼす影響を調査したので報告する。



第1図 奈良市の気象²

Fig. 1. Weather in Nara city

²気象庁、1991～2020年の30年の平均値

材料および方法

試験は奈良県農業総合センター（現在、奈良県農業研究開発センター）内のイチゴの高設栽培圃場で実施した。奈良方式高設栽培装置ピートベンチを用いた株間23cmの2条植とし（平山ら、2000）、処理区を設ける2月28日までの栽培管理は、‘古都華’の促成12月どり栽培の慣行法（奈良県農業総合センター、2010）に従った。二酸化炭素は日射センサーを備えたファンヒーター型の灯油燃焼式施用機（光合成促進機、RA-439K、ダイニチ工業（株））を1.5aのパイプハウス1棟当たり1台設置して設定温度を22℃として施用した。なお、本二酸化炭素施用機は、ハウス内温度が設定温度より3℃以上高くなると燃焼が停止し、換気等によりハウス温度が設定温度まで下降すると再び燃焼する。二重被覆資材（厚さ0.05mm、ノービエースみらい、三菱ケミカルアグリドリーム（株））の開閉は行わなかった。電照長日処理は、白熱電球により17時～20時に行った。

試験1. 低温管理と二重被覆資材の除去が収穫果実の品質に及ぼす影響（2013年）

‘アスカルビー’と‘古都華’を2012年9月に定植した1.5aのパイプハウス2棟を供試した。2013年2月27日まで両ハウスともに同様の栽培管理を行い、換気扇と加温機の設定温度はそれぞれ25℃と8℃とした。2月28日午後に1棟のパイプハウスを処理区とし、二重被覆資材を除去するとともに、換気扇と加温機の設定温度をそれぞれ20℃と5℃に変更した。もう1棟のパイプハウスは2月27日までと同様の管理を行う慣行区とした。また、いずれのハウスにおいても処理区設定時に二酸化炭素施用を打ち切った。

ハウス内温度を、小型ファンを備えた塩化ビニル製円筒内にセンサーを設置した温度計（おんどとりTR-72U、T&D Corporation）を用いて、処理前の1月から2月は慣行区に用いたハウスについて、処理期間中の3月1日～25日はそれぞれのハウスについて測定した。

収穫果実のBrix糖度（以下、糖度）、酸度及び硬度を、‘アスカルビー’では3月13日、15日、25日に、‘古都華’では3月25日に20g前後の果実7～15個についてそれぞれ調査した。糖度は屈折糖度計（デジタル糖度計PR-101、（株）アタゴ）、酸度は有機酸分析計（アシライザーM-6、富士平工業（株））を用いて果実の搾汁液について測定した。果実硬度は直径5mmの円筒形プランジャーを装着した硬度計（デジタルフォースゲージ、（株）イマダ）を用いて、果実中央部で測定した。また、3月11日に処理区で収穫した‘アスカルビー’の果実について、甘味、酸味、硬さおよび美味しさに関する官能評価を、慣行区で収穫した果実と比較して行った。甘味と酸味は「弱い」を-2、「やや弱い」を-1、「やや強い」を1、「強い」を2として、硬さは「軟らかい」を-2、「やや軟らかい」を-1、「やや硬い」を1、「硬い」を2として、美味しさは「劣る」を-2、「やや劣る」を-1、「やや優れる」を1、「優れる」を2として、また、いずれの評価項目においても「同じ」を0として、評点してそれぞれ平均値を算出した。官能評価は、農業総合センター職員が行い、評価者数は男性11人と女性5人の16人とした。

試験2. 低温管理が収穫果実の品質に及ぼす影響（2014年）

‘アスカルビー’と‘古都華’を2013年9月に定植した1.5aのパイプハウス2棟を供試した。2014年2月

27日まで両ハウスともに同様の栽培管理を行い、換気扇と加温機の設定温度はそれぞれ25℃と8℃とした。2月28日午後1棟のパイプハウスを処理区とし、換気扇の設定温度（以下、換気温度）を20℃に変更し、加温機を停止させ、二酸化炭素施用機の設定温度を17℃に変更した。もう1棟のパイプハウスは2月27日までと同様の管理を行う慣行区とした。

栽培期間中のハウス内気温を、処理前の1月から、調査を終了した3月26日まで、試験1と同様の方法で測定した。収穫果実の糖度、酸度および硬度の調査は、いずれの品種も、処理直前の2月28日と処理後の3月5日、13日、26日に収穫した20g前後の果実10個についてそれぞれ試験1と同様に行った。

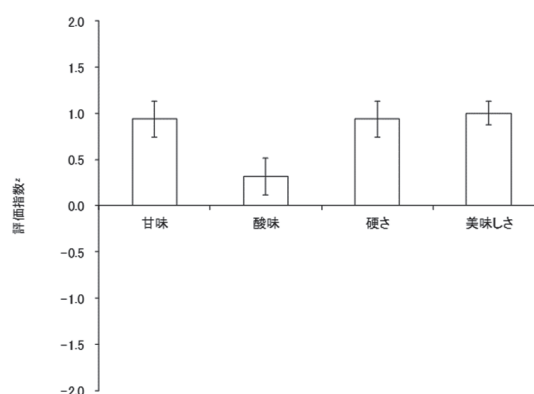
結果

試験1. 低温管理と二重被覆資材の除去が収穫果実の品質に及ぼす影響（2013年）

低温管理と二重被覆資材の除去が‘アスカルビー’と‘古都華’の果実品質に及ぼす影響をそれぞれ第1表に示した。処理区の糖度と硬度は、両品種ともに慣行区に比べて有意に高かった。処理区の酸度は、3月13日の‘アスカルビー’では慣行区に比べて有意に高かったが、3月15日と23日は両品種ともに慣行区との間に有意な差が認められなかった。なお、処理区の果実外観品質について、着色は慣行区に比べてやや薄かったものの、発酵果や裂皮は認められなかった（データ略）。

官能評価結果を第2図に示した。処理区の果実は慣行区と比べて、甘味と酸味が強く、より硬く、美味しさが優れると評価された。

処理前と処理期間中のハウス内平均気温を第2表に示した。処理前の1月と2月のハウス内気温は、それぞれ13.4℃、12.7℃であった。処理区と慣行区の処理期間中の平均気温は、それぞれ12.7℃、16.8℃であり、処理区が慣行区より約4.1℃低かった。処理期間中のハウス内の日平均気温、日最高気温及び日最低気温の旬ごとの平均値と20℃以上の旬ごとの合計時間を第3表に示した。処理区の日平均気温の平均は、慣行区に比べて上旬で3.6℃、中旬で4.1℃、下旬で4.5℃低かった。処理期間中の日最高気温と日最低気温の平均は、両区ともに換気扇と加温機設定温度



第2図 低温管理と二重被覆資材の除去がイチゴ‘アスカルビー’の食感と美味しさに及ぼす影響

Fig. 2. Effects of cultural practices at low temperatures and removal of thermal screen on ‘Asukarubi’ strawberry fruit taste and texture

以下の5段階の評点法で、慣行区の果実と比較して評価し算出
 甘味と酸味（弱い：-2、やや弱い：-1、同じ：0、やや強い：1、強い：2）
 硬さ（軟らかい：-2、やや軟らかい：-1、同じ：0、やや硬い：1、硬い：2）
 美味しさ（劣る：-2、やや劣る：-1、同じ：0、やや優れる：1、優れる：2）

図中の縦線は標準誤差を表す（n=16）

第1表 低温管理と二重被覆資材の除去がイチゴの果実品質に及ぼす影響（2013年）

Table 1. Effects of cultural practices at low temperatures and thermal screen removal on strawberry fruit quality

試験区	品種	3月13日			3月15日			3月25日		
		糖度 (°Brix)	酸度 (%)	硬度 ² (N)	糖度 (°Brix)	酸度 (%)	硬度 ² (N)	糖度 (°Brix)	酸度 (%)	硬度 ² (N)
処理区	アスカルビー	9.8	0.63	2.02	9.3	0.59	2.19	8.9	0.56	1.75
慣行区		7.4	0.56	1.84	7.6	0.57	1.77	7.6	0.54	1.48
	有意性 ^y	**	**	*	**	ns	**	**	ns	**
処理区	古都華	-	-	-	-	-	-	10.4	0.55	2.12
慣行区		-	-	-	-	-	-	8.4	0.51	1.54
	有意性	-	-	-	-	-	-	**	ns	**

²直径5mmの円筒形プランジャーを装着した硬度計を用いて果実中央部で測定

^yt検定により、nsは有意差なし、*は5%水準、**は1%水準で有意であることを示す（n=7~15）

より幾分高かった。20℃以上の旬ごとの合計時間は、いずれも慣行区に比べて処理区で大幅に短かった。処理期間中に夜温が加温機設定温度より高く推移したために加温機が作動しなかった日が両区ともに9日あった(データ略)。

試験 2. 低温管理が収穫果実の品質に及ぼす影響 (2014年)

低温管理が‘アスカルビー’と‘古都華’の果実品質に及ぼす影響を第4表に示した。処理直前の糖度と硬度は、いずれの品種も、試験区を設置した両ハウス間に有意な差は認められず、酸度は処理区を設けたハウスで有意に低かった。3月に調査した‘アスカルビー’の糖度と硬度は処理区が慣行区に比べて有意に高く、酸度は試験区間で有意な差が認められなかった。3月に調査した‘古都華’の糖度は処理区が慣行区に比べて有意に高く、硬度は、13日と26日には処理区が慣行区に比べて有意に高かった。なお、処理区の果実外観品質について、着色は慣行区に比べてやや薄かったものの、発酵果や裂皮は認められなかった(データ略)。

第2表 ハウス内月平均気温

Table 2. Monthly average temperatures in plastic houses

試験	試験区	ハウス内月平均気温(℃)		
		1月	2月	3月
1	処理区	-	-	12.7
	慣行区	13.4	12.7	16.8
2	処理区	12.3	12.9	13.5
	慣行区	12.2	12.8	16.8

第3表 処理期間中のハウス内温度(2013年)

Table 3. Temperatures in plastic houses during the experiment

試験区	日平均気温の平均(℃)			日最高気温の平均(℃)			日最低気温の平均(℃)			20℃以上の合計時間		
	3月上旬	3月中旬	3月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬
処理区	12.3	13.4	12.4	20.9	21.9	20.9	5.6	6.5	5.4	26.0	29.5	5.3
慣行区	15.9	17.5	16.9	25.4	26.1	25.4	8.8	10.1	9.6	74.5	98.5	44.8

第4表 低温管理がイチゴの果実品質に及ぼす影響(2014年)

Table 4. Effects of cultural practices at low temperatures on strawberry fruit quality

試験区	品種	2月28日			3月5日			3月13日			3月26日		
		糖度(°Brix)	酸度(%)	硬度 ^z (N)	糖度(°Brix)	酸度(%)	硬度 ^z (N)	糖度(°Brix)	酸度(%)	硬度 ^z (N)	糖度(°Brix)	酸度(%)	硬度 ^z (N)
処理区	アスカルビー	9.4	0.43	2.28	9.3	0.66	3.23	9.8	0.55	3.48	9.8	0.58	2.5
慣行区		9.8	0.52	2.61	8.5	0.66	2.75	8.9	0.58	2.92	8.8	0.59	2.08
	有意性 ^y	ns	**	ns	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**
処理区	古都華	10.6	0.49	2.59	10.4	0.55	2.12	11.0	0.66	3.79	9.8	0.56	3.04
慣行区		10.8	0.62	2.86	8.4	0.51	1.54	10.0	0.66	3.16	8.8	0.59	2.54
	有意性	ns	**	ns	*	**	ns	**	ns	**	**	ns	**

^z直径5mmの円筒形プランジャーを装着した硬度計を用いて果実中央部で測定

^yt検定により、nsは有意差なし、*は5%水準、**は1%水準で有意であることを示す(n=10)

処理前のハウス内平均気温には供試ハウス間で差異が認められなかった。処理後の3月のハウス内平均気温は、処理区では13.5℃と慣行区に比べて約3.3℃低かった(第2表)。処理期間中、処理区で5℃を下回った日は9日あった(データ略)。

考察

奈良県のイチゴ産地では、二酸化炭素施用技術が高設栽培ではほぼすべての施設に、土耕栽培においても50%近い割合で導入されている(農林水産省, 2013; 農林水産省, 2019; 奈良県農林部内部資料「平成24年産奈良県いちご栽培面積調査集計表」, 2012; 奈良県農林部内部資料「平成30年産奈良県いちご栽培面積調査集計表」, 2019)。

二酸化炭素施用技術について、川島(1990)は、早朝にだけ行うのではなく、2月までは換気温度を28℃、3月は換気温度を25℃にして、日中のハウス内の二酸化炭素濃度をそれぞれ750ppmと500ppmにすることを推奨した。また、吉田(2012)は、イチゴの光合成適温は20~25℃と指摘しながらも、高設栽培における二酸化炭素施用については、ハウス内気温の上限を28℃として換気回数を減らして、4月初旬まで継続して行うのが望ましいとしている。

また、信岡・東井(2012)は、‘アスカルビー’の促成栽培では冬季のハウス内温度管理はやや高めがよいとして、換気扇利用の場合、設定温度を26~28℃とすることを勧めており、3月以降の高温期にはハウ

ス内気温 25℃を目標に、日中の気温をやや低めに管理するとしている。

一方、保温に関しては、奈良県のピートベンチ方式では、11月中旬に二重被覆を行い、ハウス内最低気温を8℃以上に保つことが推奨されており(奈良県農業技術センター, 2004), ‘アスカルビー’では二重被覆は4月上旬頃まで行う必要があるとされている(信岡・東井, 2012)。

以上のように、二酸化炭素施用技術が普及している奈良県のイチゴ産地では、11月中旬から3月末までの保温が厳重に行われ、日中のハウス内気温が高めに管理される傾向がある。高設栽培の導入に併せて加温施設が普及したことに加え、日射量が急激に増加する3月も厳寒期とほぼ同様の温度管理で栽培されていることが多いため、著者らは温度管理を見直す必要があると考えた。

一方で、伏原(2004)は春季の管理として、収穫後の果実品質の維持のために気温が上がってきたら早期に保温資材を除去し、果実温度の上昇を防ぐ必要があるとしている。そこで試験1では慣行より1カ月程度早い3月初旬に二重被覆資材を除去するとともに、換気扇と加温機の稼働温度を低く設定して調査を行った。その結果、処理区の3月のハウス内平均気温は、慣行区に比べてかなり低く、また、2月の平均気温と同程度であった。また、処理区の果実は、慣行区に比べて糖度が高く、食味が優れると評価された。これらは、低温管理により成熟日数が長期化し果実に転流される光合成産物が増えたことに加え、二重被覆資材の除去により光線透過率が向上し光合成速度が増大したことによる効果と推察される。また、試験1では処理開始後は二酸化炭素施用を行わなかったことから、換気温度が高い慣行区では処理区と比べて日中の二酸化炭素濃度が低く推移し、このことにより慣行区の糖度や食味が低下するなど試験結果に大きな影響を及ぼした可能性がある。そこで、試験2では二重被覆資材を除去せずに加温機の運転を停止し、二酸化炭素施用機をそれぞれの換気温度に併せて設定温度を変更して稼働させたところ、試験1とほぼ同様の結果が得られた。これらから両試験ともに処理区の果実品質軽減効果は二酸化炭素濃度も幾分影響したと考えられるが、低温管理による効果が極めて大きいと推察される。

このように、本試験では、日射量が急激に増加する3月に、換気扇と加温機の設定温度を低くしてハウス内気温を低めに管理することで果実品質の急激な低

下を軽減させることができる可能性を見出した。吉田(2012)は最低気温が5℃以下に低下することがなければ、低温によって花や果実に障害が発生することはないが、果実の肥大と着色を順調に進めるためには最低気温を8℃以上で加温したいとしている。本試験では、低温管理により裂皮や発酵果の発生が認められず、着色がやや薄くなるものの、出荷への影響はなかった。しかし、加温機を稼働させなかった試験2において処理区のハウス内温度が5℃未満になることがあったため、実用場面においては低温障害の発生を回避するためにも加温機の設定温度を5℃とするのが適当と考えられる。さらに、本研究では果実収穫量の調査は行わなかったが、3月以降の収量は低温管理の影響により低下している可能性がある。また、より早い時期から管理温度を低下させることで、果実品質の向上がもたらされる可能性もあり、引き続き検討が必要である。

摘要

イチゴの高設栽培において3月のハウス内温度管理が果実品質に及ぼす影響を調査した。2013年2月28日に二重被覆資材を除去するとともに換気扇と加温機の設定温度をそれぞれ20℃と5℃に変更したところ、3月13日、15日および25日に収穫した果実は、換気扇と加温機の設定温度がそれぞれ25℃と8℃の慣行区で収穫した果実に比べて糖度と硬度が高かった。また、3月11日に行った官能試験では、処理区で収穫した果実の美味しさが優れると評価された。2014年2月28日に、二重被覆資材は除去せずに、換気扇の設定温度を20℃に変更し、加温機を停止して管理を行ったところ、3月5日、13日および26日に収穫した果実は、換気扇と加温機の設定温度がそれぞれ25℃と8℃の慣行区で収穫した果実に比べて糖度と硬度が高かった。

引用文献

- 平山喜彦, 信岡 尚, 東井君枝, 長村智司. ピートモス培地によるイチゴ高設栽培装置の開発(第1報), 根圏物理性の改善と栽培装置の開発. 奈良農試研報. 2000, 31, 25-34.
- 伏原 肇. イチゴの高設栽培. 2004, 農文協.

- 川島信彦. 促成イチゴに対するCO₂施用の手引. 奈良県農業試験場. 1990. 新技術解説書 No.30
奈良県農業技術センター. イチゴ高設栽培(ピートベンチ栽培)の手引き. 2004.
奈良県農業総合センター. イチゴの品種「古都華」の栽培技術指針. 2010.
西本登志, 信岡 尚, 前川寛之, 後藤久美, 東井君枝, 泰松恒男, 木矢博之, 吉村あみ, 平山喜彦, 峯岸正好, 佐野太郎, 米田祥二. イチゴの新品種「古都華」の育成とその特性. 奈良農研セ研報. 2010, 41, 1-10.
- 信岡 尚, 東井君江. アスカルビー, 主要品種とつくりこなし方. 農業技術体系. 2012, 3, 241-244.
農林水産省. 2013. 園芸用施設等の状況 (H24)
農林水産省. 2019. 園芸用施設等の状況 (H30)
田口光弘, 柴田静香. 購買継続の傾向に基づいた生産者に対する消費者のロイヤリティの計測—直売所の顧客ID付POPデータ分析—. 農業経営研究. 2007, 132, 79-83.
吉田裕一. 高設栽培. 農業技術体系. 2012, 3, 143-168.