

イチゴ品種「ゆめのか」におけるクラウン加温の効果

安藤(小島)寛子¹⁾・番 喜宏¹⁾・恒川靖弘¹⁾

摘要：愛知県におけるイチゴ高設栽培での「ゆめのか」を対象とした冬期のクラウン温度制御の生育、収量への影響を調査した。気温の下がる10月末から翌年2月末の間クラウン部分を約20℃に終日加温することにより、12月から1月の草高と展開葉数が増大し、一次腋花房以降の花房の開花が促進され、1~2月の商品果収量が48~83%増えることが明らかとなった。

キーワード：イチゴ、ゆめのか、高設栽培、クラウン温度制御

緒 言

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構で開発されたイチゴのクラウン温度制御技術は、高温期にはクラウン部分を冷却することで花芽分化の促進を、低温期にはクラウン部分を加温(以下、クラウン加温)することで草勢の維持を可能とする技術である¹⁾。現在までに各地域の栽培品種において一定の成果が報告されており、佐藤ら(2008)は「福岡S6号」を供試したクラウン加温で、施設内最低温度を10℃より低い4℃としても従来と同等以上の生育と収量が得られ、クラウン加温の適温は21℃であると報告している^{2,3)}。愛知県で「とちおとめ」を対象としたクラウン加温を試験した結果、高設栽培の施設内最低温度を慣行の8℃より低い5℃とした条件下で、収量の増大と暖房利用燃油量の削減を確認した⁴⁾。本研究では愛知県育成品種「ゆめのか」に対するクラウン加温の生育及び収量への影響と、開始時期、加温時間、加温時間帯の解明を目的とした。なお、愛知県内の高設栽培で多く栽培されている「章姫」との比較も行った。

材料及び方法

試験1 クラウン加温開始時期の検討(2016年作)

愛知県農業総合試験場内の丸屋根パイプ施設1棟(南北棟：間口6 m×奥行23 m、農P0展張)内に、クラウン加温を2016年10月26日から開始した区(10/26区)、同年11月15日から開始した区(11/15区)、同年11月29日から開始した区(11/29区)、クラウン加温を行わない区(無加

温区)の4区を設けて、生育と収量を比較した。

「ゆめのか」は2016年8月1日から定植までの35日間、「章姫」は2016年8月6日から定植までの30日間の短日夜冷処理後、2016年9月5日に高設栽培ベンチに設置した発泡スチロールプランタ「ゆりかごBox」(トーヨー工業株式会社、愛知)に株間21 cm(プランタ当たり7株)で定植した。給液は園試処方にOATハウス5号を50 g/1000 L添加した培養液をEC0.3~1.2 dS/mに希釈して、排液率30~40%となるよう日射比例方式で行った。施設内最低気温は5℃として、農P0で施設天井と側面を二重被覆し、灯油燃焼式温風暖房機で加温して、換気開始温度は28℃とした。また、炭酸ガスは2016年11月8日から2017年3月10日までの間、施設内気温24℃未満で700 ppm、施設内気温24℃以上32℃未満で400 ppmとなるよう施用した。

クラウン加温は、施設内に設置したポリタンク1個に溜めた100 Lの水を、農電電子サーモND-610(日本ノーデン株式会社、東京)とパイプヒーター(株式会社八光電機製作所、東京)を用いて約35℃に加温し、この温水をイチゴのクラウン部分に接するように配管したポリエチレンチューブ(株式会社土佐農機、高知)内にハンディポンプC-P60W(株式会社日立製作所、東京)で終日循環させた。なお、クラウン加温全区のクラウン加温は2017年3月17日に終了した。

施設内気温は通風筒内にセンサー部を挿入したおんどとり Jr. TR-52i(株式会社ティアンドディ、長野)で10分間隔にて測定し、クラウン温度はおんどとりのセンサー部を直射日光の当たらないクラウン表面に接触させ、培地温度は同じくセンサー部を地表5 cm下に埋め込み、それぞれ10分間隔で測定した。

草高調査は1~1.5か月に1回、開花調査は週1回、収穫調査は週2、3回行った。収穫調査は、果実重量

本研究は共同研究「環境制御による施設野菜の高収益生産技術の開発」により実施した。

¹⁾園芸研究部

(2018.9.5 受理)

表1 クラウン温度、培地温度及び施設内気温

		試験1(2016年作)		試験2(2017年作)			
		クラウン加温期間中	クラウン加温終了後	クラウン加温期間中	クラウン加温終了後		
測定項目	試験区	2016年11月29日 ～2017年3月17日	2017年3月18日 ～2017年3月31日	2017年10月31日 ～2018年2月27日	2018年2月28日 ～2018年3月31日		
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
クラウン 温度	10/26区	21.9	14.9	全日加温区	23.1	14.7	
	11/15区	21.1	15.5	夕方加温区	14.1	15.0	
	11/29区	19.5	15.5	早朝加温区	14.9	15.3	
	無加温区	13.1	14.9	無加温区	12.5	14.7	
培地温度	10/26区	18.9	15.4	全日加温区	17.7	15.3	
	11/15区	19.1	15.5	夕方加温区	13.9	15.3	
	11/29区	18.5	16.0	早朝加温区	14.2	15.5	
	無加温区	13.0	15.8	無加温区	13.1	15.5	
施設内気温		13.3	14.8	施設内気温		12.5	14.7

注) 表中の数値は期間中の測定項目の平均値を示す。

表2 時間帯別クラウン温度、培地温度及び施設内気温(試験2)

測定項目	試験区	0時～4時 (°C)	4時～8時 (°C)	8時～12時 (°C)	12時～16時 (°C)	16時～20時 (°C)	20時～24時 (°C)
クラウン温度	全日加温区	21.9	21.3	23.4	25.5	24.0	22.6
	夕方加温区	11.4	10.2	14.2	17.9	17.2	13.7
	早朝加温区	10.0	16.5	17.7	19.6	14.4	11.2
	無加温区	9.1	8.6	15.0	18.9	13.1	10.2
培地温度	全日加温区	16.8	15.9	16.8	19.6	19.5	17.9
	夕方加温区	12.9	11.3	11.9	15.6	16.6	15.3
	早朝加温区	12.3	11.9	13.9	16.6	16.4	14.1
	無加温区	11.9	10.6	11.5	15.4	15.8	13.6
施設内気温		7.8	7.8	18.5	22.0	10.8	8.1

注) 表中の数値はクラウン加温実施期間中の時間帯別の測定項目の平均値を示す。

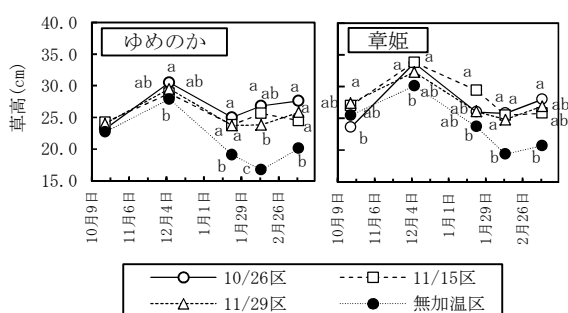


図1 草高の推移(試験1)

注) 調査は2016年10月19日、12月6日、2017年1月22日、2月13日、3月13日に行った。
各調査日の異なる英文字はTukey-Kramer法の多重比較検定により5%水準で有意差ありを示す。

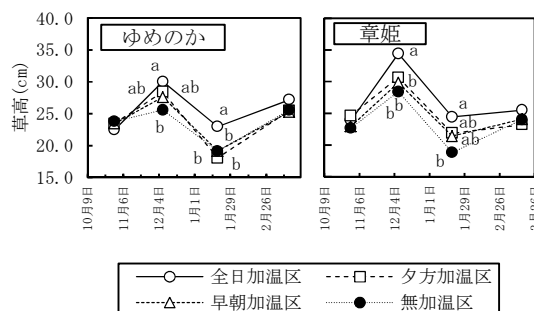


図2 草高の推移(試験2)

注) 調査は2017年10月30日、12月7日、2018年1月19日、3月16日、3月13日に行った。
各調査日の異なる英文字はTukey-Kramer法の多重比較検定により5%水準で有意差ありを示す。

5 g以上の商品果を対象とした。調査は1区当たり10株3反復で行った。栽培は2017年4月30日まで続けた。

試験2 クラウン加温時間、加温時間帯の検討(2017年作)

試験1と同じ施設内に、クラウン加温を終日行う全日加温区、4～8時の4時間行う早朝加温区、16～20時の4時間行う夕方加温区と、クラウン加温をしない無加温区の4区を設け、1日のクラウン加温時間及び加温時間帯が生育と収量に及ぼす影響を調べた。

「ゆめのか」は2017年8月7日から定植まで35日間、「章姫」は2017年8月12日から定植まで30日間の短日夜冷処理後、2017年9月11日に試験1と同じ高設栽培ベンチに設置した発泡スチロールプランタに株間21 cmで定植した。給液組成及び給液方法、施設の二重被覆と暖房、施設内最低気温と換気温度の設定は試験1と同様とし、

炭酸ガスは2017年11月14日から2018年3月5日までの間、施設内気温24°C未満で1000 ppm、施設内気温24°C以上32°C未満で400 ppmとなるよう施用した。

2017年10月30日から2018年2月27日までの間、試験1と同様の方法で、全日加温区は終日、夕方加温区と早朝加温区はタイマー制御したハンディポンプで設定した時間にクラウンを加温した。

温度の測定、草高調査、開花調査及び収穫調査は試験1と同様に行い、定植以降の積算展開葉数、各花房の着花数、花房間葉数についても調査した。調査は1区当たり10株3反復で行った。栽培は2018年5月10日まで続けた。

結果及び考察

表3 クラウン加温が商品果収量に及ぼす影響(試験1)

品種	試験区	商品果数				商品果収量			
		10月～12月 (果/株)	1月～2月 (果/株)	3月～4月 (果/株)	合計 (果/株)	10月～12月 (g/株)	1月～2月 (g/株)	3月～4月 (g/株)	合計 (g/株)
ゆめのか	10/26区	14.3 a (89)	13.1 a (202)	30.1 a (128)	57.5 a (125)	221.6 a (91)	252.7 a (174)	376.5 a (116)	850.8 a (119)
	11/15区	14.3 a (89)	13.0 a (200)	27.8 ab (118)	55.2 a (120)	213.5 a (87)	266.7 a (183)	356.4 ab (109)	836.6 a (117)
	11/29区	15.4 a (96)	11.3 a (174)	28.6 a (121)	55.4 a (120)	233.5 a (96)	242.6 a (167)	360.5 ab (111)	836.6 a (117)
	無加温区	16.0 a (100)	6.5 b (100)	23.6 b (100)	46.0 b (100)	244.2 a (100)	145.4 b (100)	325.7 b (100)	715.3 b (100)
章姫	10/26区	19.8 ab (101)	21.6 a (117)	34.7 a (155)	76.1 a (126)	264.5 a (100)	333.5 a (102)	435.8 a (144)	1033.7 a (116)
	11/15区	17.6 a (90)	19.9 a (108)	27.8 b (124)	65.3 b (108)	227.9 a (87)	334.9 a (102)	361.3 ab (120)	924.1 ab (103)
	11/29区	20.9 b (107)	20.8 a (113)	34.4 a (154)	76.1 a (126)	272.3 a (103)	355.2 a (108)	394.3 a (131)	1021.8 a (114)
	無加温区	19.6 ab (100)	18.4 a (100)	22.4 b (100)	60.3 b (100)	263.4 a (100)	327.6 a (100)	302.1 b (100)	893.1 b (100)

注) 表中の数値は、各試験において4月末まで行った収穫調査の結果を示す。同一項目内の異なる英文字はTukey-Kramer法による多重比較検定で、5%水準で有意差ありを示す。表中に括弧付で記した数値は、各項目における無加温区に対する割合を示す。

表4 クラウン加温が商品果収量に及ぼす影響(試験2)

品種	試験区	商品果数				商品果収量			
		11月～12月 (果/株)	1月～2月 (果/株)	3月～4月 (果/株)	合計 (果/株)	11月～12月 (g/株)	1月～2月 (g/株)	3月～4月 (g/株)	合計 (g/株)
ゆめのか	全日加温区	8.1 a (91)	12.8 a (145)	30.2 a (121)	51.1 a (120)	181.9 a (95)	238.7 a (148)	429.4 a (113)	850.0 a (116)
	夕方加温区	10.6 a (119)	9.4 b (107)	25.5 b (102)	45.5 ab (107)	213.9 a (111)	152.2 b (94)	401.6 ab (106)	767.8 ab (105)
	早朝加温区	9.8 a (110)	8.1 b (92)	26.0 b (104)	43.9 b (103)	196.9 a (102)	152.0 b (94)	407.9 ab (107)	756.8 b (103)
	無加温区	8.9 a (100)	8.8 b (100)	24.9 b (100)	42.6 b (100)	192.2 a (100)	161.6 b (100)	380.4 b (100)	734.2 b (100)
章姫	全日加温区	11.8 a (87)	27.1 a (117)	32.5 a (133)	71.4 a (117)	210.6 a (86)	448.4 a (108)	425.3 a (118)	1084.2 a (106)
	夕方加温区	12.2 a (90)	22.0 b (95)	27.3 b (112)	61.5 b (101)	206.6 a (84)	405.0 a (98)	370.8 ab (103)	982.4 b (96)
	早朝加温区	13.0 a (96)	24.9 ab (107)	28.9 ab (118)	66.8 ab (109)	233.1 a (95)	452.0 a (109)	393.0 ab (109)	1078.0 a (106)
	無加温区	13.5 a (100)	23.2 ab (100)	24.4 b (100)	61.1 b (100)	245.2 a (100)	414.4 a (100)	360.6 b (100)	1020.2 ab (100)

注) 表中の数値は、各試験において4月末まで行った収穫調査の結果を示す。同一項目内の異なる英文字はTukey-Kramer法による多重比較検定で、5%水準で有意差ありを示す。表中に括弧付で記した数値は、各項目における無加温区に対する割合を示す。

1 クラウン温度、培地温度の推移

試験1において、クラウン加温期間中のクラウン温度は、10/26区、11/15区、11/29区で無加温区に比べて6～9℃高い19～22℃程度となり、培地温度は5～6℃ほど高い19℃程度となった(表1)。無加温区のクラウン温度は同期間中の施設内気温とほぼ同じとなった。クラウン加温をしていない期間のクラウン温度と培地温度は、試験区間で差はほとんどなく、施設内気温と同程度だった。

試験2では、クラウン温度は全日加温区で23.1℃となり、夕方加温区、早朝加温区は14～15℃となった。培地温度は、夕方加温区、早朝加温区で無加温区とほぼ同程度であった。

試験2の時間常別のクラウン温度は、全日加温区で終日20℃以上となり、夕方加温区、早朝加温区で加温時間中は16℃以上となった(表2)。

2 クラウン加温開始時期と生育・収量の関係(試験1)

両品種共にクラウン加温全区で無加温区に比べて12月から3月にかけての草高が高くなった(図1)。一次腋花房、二次腋花房の開花は、「ゆめのか」のクラウン加温全区で無加温区より早く進んだ(データ略)。

商品果数は、「ゆめのか」のクラウン加温全区で無

加温区に比べて20～25%増え、商品果収量は17～19%増加した(表3)。時期別にみると、1～2月の比較的高単価な時期の商品果数が無加温区より74～102%多くなり、商品果収量が67～83%増えた。一方で「章姫」は、10/26区、11/29区で無加温区に比べて商品果数が26%、商品果収量が14～16%増えた。時期別では3～4月の商品果数と商品果収量が増えた。11/15区は10/26区及び11/29区と異なり、12月までの商品果数が無加温区より少なく、商品果収量は収穫を通していずれの時期においても無加温区と有意差を認められなかった。

「ゆめのか」では最も早くクラウン加温を始めた10/26区で一次腋花房の開花が他区より早く進んだ。二次腋花房の開花は他のクラウン加温区とほぼ同程度に進み、商品果収量が最も向上したことから、クラウン加温開始は10月下旬が適当と判断した。

「章姫」は3～4月の商品果数と商品果収量が増加し、「ゆめのか」とは違う時期にクラウン加温の収量への効果が現れることが示唆された。本試験では「ゆめのか」、「章姫」共にクラウン加温による生育促進効果を得られたが、とりわけ「ゆめのか」については「章姫」に比べて比較的高単価な1～2月の収量が増えたことから、「章姫」より効率的に高収益を上げることが可能と考えられた。

表5 展開葉数と各花房の着花数及び花房間葉数(試験2)

品種	試験区	積算展開葉数 ¹⁾			花房間葉数			着花数 ²⁾		
		10月27日 (枚)	12月1日 (枚)	1月24日 (枚)	定植から 頂花房まで (枚)	頂花房から 一次腋花房まで (枚)	一次腋花房から 二次腋花房まで (枚)	頂花房 (花/花房)	一次腋花房 (花/花房)	二次腋花房 (花/花房)
ゆめのか	全日加温区	8.5 a	12.6 a	16.8 a	6.7 a	6.5 ab	2.3 a	21.9 a	21.1 a	10.7 a
	夕方加温区	8.9 a	12.1 b	15.7 b	7.0 a	6.8 a	1.8 a	22.7 a	16.7 b	9.4 a
	早朝加温区	8.6 a	12.0 b	15.6 b	6.9 a	6.5 ab	2.0 a	22.3 a	18.8 ab	9.8 a
	無加温区	8.6 a	11.7 b	14.9 b	7.0 a	5.7 b	1.9 a	21.8 a	17.5 ab	9.8 a
章姫	全日加温区	8.7 a	12.7 a	16.6 a	6.7 a	5.2 a	2.4 a	24.1 a	22.6 a	13.5 a
	夕方加温区	8.8 a	12.5 ab	16.0 ab	6.6 a	5.3 a	2.6 a	23.4 a	21.8 a	11.6 a
	早朝加温区	8.7 a	12.4 ab	15.5 b	6.7 a	5.2 a	2.2 a	26.7 a	21.3 a	12.3 a
	無加温区	8.7 a	12.0 b	15.2 b	6.5 a	4.8 a	2.7 a	25.9 a	19.8 a	12.3 a

1) 積算展開葉数は、定植時の着生葉を始めたとして、各月日における展開葉数を示す。

2) 着花数は、各花房の摘蕾・摘花・摘果前の着生花数を示す。

注) 表中の同一項目における異なる英文字は、Tukey-Kramer法による多重比較検定において5%水準で有意差ありを示す。

3 クラウン加温時間、加温時間帯と生育・収量の関係(試験2)

両品種共に、12月から1月にかけて全日加温区の草高が他区より高くなり、夕方加温区と早朝加温区の草高は無加温区とほぼ同等であった(図2)。全日加温区の一次腋花房、二次腋花房の開花は他区より早く進み、早朝加温区と夕方加温区の開花は無加温区とほぼ同じか遅かった(データ略)。「ゆめのか」の商品果収量は、全日加温区で無加温区より16%増加し、1~2月の商品果数が45%、商品果収量が48%増えた(表4)。一方で「章姫」は、クラウン加温全区で無加温区と同程度の収量であったが、全日加温区の3~4月の商品果数と商品果収量は、無加温区より増加した。

積算展開葉数は、両品種共に12月には全日加温区で無加温区より多くなった。特に、「ゆめのか」は1月24日には全日加温区で他区より1.1~1.9枚多くなった(表5)。全日加温区の花房間葉数、各花房の着花数は、両品種共に無加温区と差を認められなかった。一方で、「ゆめのか」の夕方加温区では、頂花房から一次腋花房までの花房間葉数が他区より0.3~1.1枚多く、一次腋花房の着花数は最も少ない16.7花であった。このことから、品種によっては、夕方の時間帯の温度変化が一次腋花房の花芽分化や花芽形成に影響を及ぼす可能性があると考えられた。

試験2の結果から、生育促進と収量向上には、全日加温によるクラウン加温が適している判断した。

4 まとめと残された課題

本研究の結果から、愛知県内で普及している高設栽培のプランタにクラウン温度制御設備を設置し、10月末から2月末までの冬期に「ゆめのか」のクラウン部分を約20℃に加温することは、冬期の草高の増大と展葉の促進、一次腋花房以降の花房の開花促進に効果があると考えられた。商品果収量は、無加温区に比べて16~19%増加し、とりわけ1~2月は48~83%増収した。さらに、2か年の試験においていずれの年次においても「ゆめのか」では1~2月、「章姫」では3~4月の商品果数と商品果収量が増加したことから、クラウン加温の収量に対する効果はこれら2品種においては異なる時期に得られることが明らかとなった。「章姫」と比較して「ゆめのか」

は高単価期に当たる1~2月の収量が増加したことから、クラウン加温は「ゆめのか」において冬期の効率的な収益増を期待できる技術と判断した。ただし、本研究でクラウン加温を開始した10月末は、一次腋花房の花芽分化期に相当する。花芽分化前にクラウン加温を始めると、高温により花芽分化が遅れる可能性があるため、10月末からのクラウン加温は、一次腋花房の花芽分化を検査で確認した後に始めるのが適当である。

本研究では、加温のためにクラウン部分にポリエチレンチューブを設置し、温水を終日循環させた。この方法では温水作成と温水循環に必要な熱量と電力量が増収益を上回った(データ略)。試験2では、加温時間を削減した夕方加温区、早朝加温区を設けたが、全日加温区に匹敵する生育促進効果は得られなかった。今後、生産現場で活用できる技術を確立するためには、安価で効率的な加温方法を引き続き検討する必要がある。

また、試験1、2の収穫期間を通して、糖度はクラウン加温の有無で差は認められなかった(データ略)。この結果から20℃程度のクラウン加温は果実品質への影響が少なく、収量の向上に貢献すると考えられるが、コスト削減の課題解消やさらに高品質なイチゴ生産に向けては、クラウン加温とともに肥培管理、施設温度管理、炭酸ガス施用などの改善を組み合わせた高収益栽培技術の確立を目指すべきである。

引用文献

1. 沖村誠, 曾根一純, 壇和弘, 北谷恵美, 光後弘恭, 北島伸之, 佐藤公洋, 伏原肇. 促成イチゴ栽培で早期収量の増加と収穫の平準化が可能なクラウン温度制御技術. 九州沖縄農業研究成果情報. 23(2008)
2. 佐藤公洋, 北島伸之, 沖村誠. イチゴ促成栽培におけるクラウン部局加温が生育、収量に及ぼす影響と燃料節減の効果. 園学研. 7(別2), 269(2008)
3. 佐藤公洋, 北島伸之. 高設栽培におけるクラウン部局加温の温度がイチゴの生育および収量に及ぼす影響. 福岡農総試研報. 29, 27-32(2010)
4. イチゴ大事典. 農山漁村文化協会. 東京. p. 184-191(2016)