

イチゴ「愛経4号」における短日夜冷処理とクラウン冷却を用いた 新作型の提案

藤原亜衣¹⁾・小野拓生¹⁾・高木俊輔²⁾・長屋浩治¹⁾・大川浩司³⁾・田中哲司⁴⁾

摘要:愛知県が育成したイチゴ品種「愛経4号」の年内収量向上を目的に、短日夜冷処理とクラウン冷却を組み合わせた新作型の適用を検討した。7月上旬から1か月間短日夜冷処理をした後、8月上旬に定植し、クラウン冷却を一次腋花房の花芽分化後も継続させて9月中旬頃まで行うことで、9月下旬からの収穫開始が可能となり、年内収量は超促成栽培よりも増加した。試算上、新作型は超促成栽培より高い収益が見込まれた。

キーワード:イチゴ、「愛経4号」、クラウン冷却、短日夜冷処理

緒言

愛知県のイチゴ促成栽培は、花芽分化促進処理として短日夜冷処理をして定植する栽培方式と、花芽分化促進処理をせず自然条件下での花芽分化を確認した後に定植する栽培方式に分けられる。短日夜冷処理を行う栽培のうち、10月の早出し出荷を目的に8月下旬に定植をして早期の短日夜冷処理を行う栽培方式を、愛知県の生産現場では「超促成栽培」と呼んでいる。近年、超促成栽培及び9月定植で短日夜冷処理を実施する栽培において、定植後の高温の影響で一次腋花房の花芽分化が遅れ、頂花房の収穫終了後、一次腋花房の収穫開始まで間が空く(以下、「中休み」)ことが問題となっている。

定植後に花芽分化を促進する方法として、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クラウン温度制御がある¹⁾。これは、高温期にはクラウン部分を冷却(以下、クラウン冷却)することで花芽分化を促進し、低温期にはクラウン部分を加温(以下、クラウン加温)することで草勢を維持する技術である。愛知県では過去に冬期のクラウン加温の生育と収量に対する効果を解明しているが²⁻³⁾、クラウン冷却については未検討である。クラウン冷却は、頂花房及び一次腋花房の花芽分化を促進し、中休み解消に有効であるとの報告がある⁴⁻⁵⁾。定植後の秋期にクラウン冷却をして一次腋花房までの花芽分化を促進し、冬期にクラウン加温を併用することで、高温化に左右されない花芽分化の実現と、草勢維持による収量の安定的な向上が期待できる。

望月ら(2023)⁴⁾は、品種「きらび香」を対象に、高温による

果実の小玉化や中休みによる年内収量の減少を解決するため、8月中旬定植後、10月上中旬までクラウン冷却処理する新作型を開発した。この作型では、10月中旬から頂花房の収穫が始まるとともに、一次腋花房の収穫開始が12月中旬に早まることで、年内収量が増加している。また、苗を7月中旬から1か月間短日夜冷処理し定植後からクラウン冷却を実施することにより、クラウン冷却しなかった区と比較して一次腋花房の開花が10日ほど早まり、中休み期間が減少している。

農業総合試験場が愛知県経済農業協同組合連合会と共同開発した、大果性及び多収性を有する「愛経4号」は、2024年に品種登録され本県の主力品種となりつつある⁶⁾。一方、「愛経4号」も慣行品種と同様に、近年の夏期高温の影響を受けて花芽分化の遅れやばらつきが生じている。

そこで、「愛経4号」を対象に、望月らの開発した新作型への適応性を検討した。新作型の検討では、本県の生産現場での夜冷庫の使用期間とは重ならないように、夜冷庫の使用時期を7月上旬から1か月間とした。

なお、本試験は2か年に渡って実施した。2023年度は「愛経4号」への冷却効果を検証するため、クラウン冷却期間を数水準設けて生育及び収量への影響を検討し、2024年度は2023年度で最適と考えられたクラウン冷却期間と短日夜冷処理を組み合わせ、従来行われている超促成栽培との比較検証を行った。

材料及び方法

¹⁾園芸研究部 ²⁾園芸研究部(現農業大学校) ³⁾園芸研究部(現新城設楽農林水産事務所) ⁴⁾園芸研究部(現山間農業研究所)

本研究の一部は令和7年度園芸学会春季大会(2025年3月)において発表した

1 クラウン冷却効果の検証(2023年度)

場内の丸屋根パイプ施設1棟(南北棟:間口6 m×奥行18 m、農POフィルム展張)を用いた。品種は「愛経4号」を供試した。

クラウン冷却期間については、既報⁴⁾の処理期間と同様の、定植(2023年8月3日)から10月4日までの62日間(冷却62日区)、それより1か月短い9月4日までの32日間(冷却32日区)、1か月長い11月7日までの96日間(冷却96日区)の3区を設けた。

供試苗は2023年5月31日に2.5号ポットに挿し苗をした。7月3日から定植まで31日間の短日夜冷処理後(日長8時間、夜間冷却15℃)、3株中3株の頂花房が分化初期以降まで進んでいることを確認し、8月3日に高設栽培ベンチ上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㈱、名古屋)に株間21 cm(プランタ当たり7株)で定植した。定植後のクラウン冷却は、施設内に設置したポリタンク1個に溜めた100 Lの水を、サーモチラー(HRS030-A-2、SMC(株)、東京)を用い約15℃に冷却、この冷却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(いちごクラウン冷却用チューブ、(株)土佐農機、土佐)内へ、ハンディポンプ(C-P60W、(株)日立製作所、東京)で終日循環させることで実施した。

7月27日から10月2日まで遮光率65%の資材(ら〜くらくスーパーホワイトライトL65、日本ワイドクロス(株)、柏原)でハウス外部を被覆した。定植後は、園試処方にOATハウス5号(OATアグリオ(株)、東京)を50 g/1000 L添加した培養液をEC 0.3~0.8 dS m⁻¹、1日320~400 mL/株与えた。冬期は施設天井と側面を農業用POフィルムで二重被覆し、灯油燃焼式温風暖房機を用い施設内最低気温が8℃となるよう加温した。換気温度は、炭酸ガス施用期間は28℃、炭酸ガス施用期間外は25℃とした。炭酸ガスは11月14日から2024年2月29日までの間、施設内気温が28℃未満で500 ppm、28℃以上で400 ppmとなるよう施用した。

施設内気温は環境モニタリング装置(あぐりログ、(株)IT工房Z、名古屋)により5分間隔で測定した。また、クラウン温度はおんどとりJr.(TR-52i、(株)ティアンドディ、松本)により10分間隔で測定し、冷却処理区はセンサー部をクラウン表面とポリエチレンチューブの間に挟み込み、対照区は同一ハウス内の冷却されていないクラウン表面にセンサー部を直接接触させて測定した。

草高は1~1.5か月に1回、開花日は週1、2回、花房間葉数は適宜調査し、収穫は週2、3回行い、一果重7g以上の商品果を対象に果数と総重量を調査した。調査株数は1区当たり10株3反復とした。栽培は2024年4月30日まで継続した。

2 クラウン冷却期間の検証と超促成栽培との比較(2024年度)

試験1の結果を踏まえ、クラウン冷却期間を年内収量が多かった62日間と、次に多かった32日間との中間である45日間とした試験を実施した。

試験1と同一のハウスで、クラウン冷却を2024年8月5日から9月19日までの45日間(冷却45日区)と、8月5日から10月2日までの58日間(冷却58日区)実施した2区と、慣行の超促成

栽培区の計3区を設けて比較した。

クラウン冷却した2区は2024年6月5日、超促成栽培区は6月28日及び7月5日に2.5号ポットに挿し苗した。短日夜冷処理は、クラウン冷却した2区は7月6日から8月5日まで、超促成栽培区は8月5日から9月6日まで行った。3株中3株の頂花房の花芽分化を確認し、クラウン冷却した2区は8月5日、超促成栽培区は9月6日に定植した。クラウン冷却は試験1と同様の方法で実施した。遮光のための外部被覆は試験1と同じ資材を用い、7月22日から10月2日まで行った。定植後の給液、施設の二重被覆、暖房、換気温度及び炭酸ガスの設定は試験1と同様とし、炭酸ガスは11月29日から2025年2月28日まで施用した。温度の測定、開花、花房間葉数の調査もまた、試験1と同様に行った。

収量は、2024年に設定された「愛経4号」の選果基準に従い、一果重5 g以上の商品果を対象に果数と総重量を調査した。調査は1区当たり10株3反復で行い、栽培は2025年2月28日まで継続した。

また、各区の経営試算を行った。試算では、農林水産省の統計情報⁷⁾から名古屋市中央卸売市場北部市場における令和2年度から7年度までのイチゴ平均単価を引用した。

結果及び考察

1 クラウン冷却効果の検証(2023年度)

8月3日から9月4日までの日平均のクラウン表面温度は、冷却ありで20~24℃、冷却なしで25~32℃であり、処理により5~8℃下がった(図1)。草高は、3区とも年内では差が認められなかったが、冷却32日区は1月では他の2区より高く、2月では冷却96日区より有意に高くなった(図2)。この要因として、秋期のクラウン冷却期間の差が考えられた。加温処理ではあるが、安藤⁸⁾はクラウン加温により収穫期の草高と展開葉数の増大を報告している。今回の試験においては、クラウン冷却を早期に終えた冷却32日区で処理後のクラウン温度が上昇したのに対し、冷却96日区ではクラウン温度が低下した期間が長くなり、その分草高が抑えられたと考えられた。

一次腋花房の花芽分化を鏡により確認したところ、定植32日後の9月4日時点で4株中4株が分化初期以降まで分化が進んでいた。開花は、3区とも頂花房は9月上旬、一次腋花房は10月下旬であった。開花日は頂花房と一次腋花房ともに冷却32日区で最も早く、他区との有意差は認められなかったが、冷却32日区の一次腋花房の開花日の標準誤差は3区の中で最も大きくなった。また、頂花房と一次腋花房の花房間葉数は、有意差は無いものの冷却32日区で標準誤差が最も大きかった(表1)。その要因として以下の二点が考えられた。一つ目は冷却32日区では一次腋花房の花芽分化が分化初期まで進んだ直後にクラウン冷却を止めた結果、調査株の中に未分化株が混在し、その結果開花日がばらついたためと推察した。特に、「愛経4号」は品種特性として花芽分化がばらつきやすいため(データ略)、分化初期まで進んだ直後までの冷却期間では不十分であったと判断した。なお、一次腋花房の鏡は4株で実施したが、開花日を揃えるには鏡数を増やすなどして確実な確認が必要と考

えられた。二つ目としては、クラウン冷却を停止した9月上旬の施設内気温の日平均が昼/夜温=30/24℃であり、熊倉ら(2007)⁸⁾の報告のとおり、高温により一次腋花房の花芽発達が遅延し開花日がばらついたためと考えられた。

「愛経4号」の慣行栽培において、花芽分化処理をしない促成栽培では、通常11月から収穫が始まる⁹⁾が、本試験においては3区全てで9月下旬から始まった(データ略)。可販果収量は、冷却96日区が3~4月に他2区より少なく、全量では有意差は無いものの他区より10~15%少ない傾向であった(表2)。可販果平均一果重は、年内及び3~4月は3区間で有意差は無かったが、1~2月は冷却96日区が冷却32日区と比較すると有意に軽くなった(表2)。以上、開花期のばらつき抑制や可販果収量の点から、クラウン冷却の実施期間は、9月上旬の高温期の冷却実施を含む冷却62日区の62日間が適すと考えられた。

2 クラウン冷却期間の検証と超促成栽培との比較(2024年度)

日平均のクラウン表面温度は、処理2区で18~21℃、超促成栽培区で23~27℃であり、試験1と比較するとやや低い傾向で推移した。また、試験区間の比較ではクラウン冷却によ

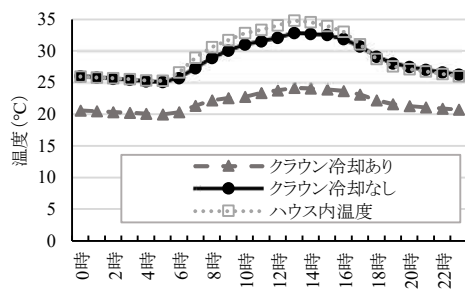


図1 クラウン表面温度及びハウス内気温の推移(試験1)(2023.8.3~9.4の時刻ごとの平均)

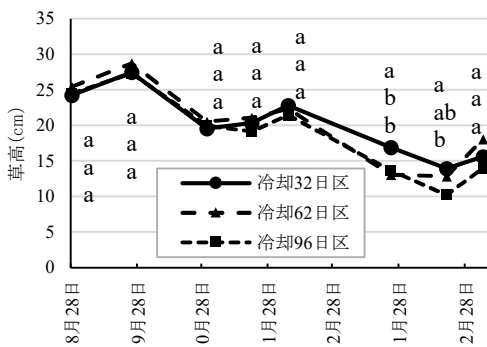


図2 草高(試験1)

Tukey の多重検定法により、異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)

り5~6℃下がった(データ略)。処理した2区の一次腋花房は、定植後35日後の9月9日には4株中4株雄ずい分化期まで分化していた。頂花房の開花日について処理した2区間では差がなく、超促成栽培区と比較すると約1か月早かった。一次腋花房の開花日は冷却45日区が最も早く、超促成栽培区より約2か月早かった(表3)。2024年度は9、10月の日平均気温が既報⁹⁾の2019年度よりも1~3℃高く、超促成栽培の中休みの発生に繋がったと考えられる(データ略)。実際に、超促成栽培区では頂花房と一次腋花房の開花日の間が2か月以上開いたが、クラウン冷却した2区では38~44日程度と開花日の間隔が短くなっており、頂花房と一次腋花房の花房間葉数についても、クラウン冷却2区で超促成栽培区より減少した(表3)。収穫開始日はクラウン冷却した2区で差はなく、超促成栽培区より約1か月早くなった(表3)。

クラウン冷却した2区で可販果収量は同程度であり、9~10月に超促成栽培を含む従来の作型では得られない可販果の収穫を可能とした(表4)。また、平均一果重はクラウン冷却した2区で差はみられず、11月以降は超促成栽培区とも差は無かった(表4)。既報⁹⁻¹⁰⁾にて、果実肥大より着色が比較的早く進む10月以前の時期においては、果実の小玉化が課題とされている。「愛経4号」は平均一果重21g以上と大果の形質を有している⁹⁾。今回の試験においては、9~10月の平均一果重は13g以上で、本県の出荷階級基準Lに相当する。このため品種「愛経4号」の新作型での栽培では、9~10月の果実の小玉化は影響が小さく、十分な大きさの果実を収穫可能と判断した。

最後に、試験2の各区の経営試算を行った(表5)。10a当たりのクラウン冷却に必要な減価償却費及びランニングコストを、各区の収量に単価を乗じた収益から差し引いたところ、冷却2区は超促成栽培区と比べて10aあたり905~962千円の収益向上が見込まれた。また、冷却45日区と冷却58日区で生育及び収量に差は無かったため、クラウン冷却期間は45日間が最適であると判断された。なお、本試算のランニングコストは、使用したチラーおよび循環ポンプの定格電力と稼

表1 開花日及び花房間葉数(試験1)

試験区	開花日 ¹⁾		花房間葉数(枚) ¹⁻²⁾	
	頂花房	一次腋花房	頂花房~一次腋花房	
冷却32日区	9/6±1.4a ³⁾	10/22±3.9a	6.7±0.6a	
冷却62日区	9/10±1.9a	10/27±2.9a	5.3±0.3a	
冷却96日区	9/10±2.6a	10/30±3.2a	5.9±0.4a	

1) 全30株の平均値

2) Tukey の多重検定法により、異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)

3) 平均値±標準誤差 定植日から開花までの日数について Tukey の多重検定法を実施。異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)

表2 可販果収量及び可販果平均一果重(試験1)

試験区	可販果収量 ¹⁾					可販果平均一果重 ¹⁾			
	9月~10月 (g/株)	11月~12月 (g/株)	1月~2月 (g/株)	3月~4月 (g/株)	合計 (g/株)	9月~10月 (g)	11月~12月 (g)	1月~2月 (g)	3月~4月 (g)
冷却32日区	83a	131a	315a	321a	851a	12.5a	19.5a	17.8a	16.4a
冷却62日区	72a	196a	223a	312a	803a	14.9a	17.5a	16.6ab	15.7a
冷却96日区	82a	142a	251a	250b	725a	14.8a	19.5a	15.1b	15.7a

1) Tukey の多重検定法により、異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)

表 3 開花日及び花房間葉数、収穫開始日(試験 2)

試験区	開花日 ¹⁾		花房間葉数(枚) ¹⁻²⁾	収穫開始日 ¹⁾
	頂花房	一次腋花房		
冷却 45 日区	9/9 ±1.3a ³⁾	10/17 ±2.4b	5.1 ±0.2b	9/29
冷却 58 日区	9/9 ±1.5a	10/23 ±2.9b	4.7 ±0.2b	9/28
超促成栽培区	10/11 ±0.5a	12/17 ±2.3a	6.2 ±0.3a	10/30

- 1) 全 30 株の平均値
2) Tukey の多重検定法により、異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)
3) 平均値±標準誤差 定植日から開花までの日数について Tukey の多重検定法を実施。異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)

表 5 クラウン冷却技術の経営試算(試験 2)

試験区	収入 a ¹⁾	支出b		a-b	超促成との比較増減
		減価償却費 ²⁾	電気代 ³⁾		
冷却 45 日区	10025	593	267	9165	962
冷却 58 日区	10045	593	344	9108	905
超促成栽培区	8203	0	0	8203	-

- 単位は千円/年 10a 当たり 7,000 株で試算
1) 2024 年度試験の月別可販果収量及び名古屋中央卸売市場北部市場の月別単価より算出
2) 償却期間は 7 年で計算した。(内訳)ヒートポンプチャラー(10 馬力)、循環ポンプ、冷却水タンク、PE チューブ、配管、遮光資材(設置工事は除く)
3) 中部電力(株)料金より試算。(内訳)ヒートポンプチャラー及び循環ポンプにかかる電気代

表 4 可販果収量及び可販果平均一果重(試験 2)

試験区	可販果収量 ¹⁾				可販果平均一果重 ¹⁾		
	9 月～10 月 (g/株)	11 月～12 月 (g/株)	1 月～2 月 (g/株)	合計 (g/株)	9 月～10 月 (g)	11 月～12 月 (g)	1 月～2 月 (g)
冷却 45 日区	117a	242a	259a	618a	12.9b	17.0a	19.7a
冷却 58 日区	84a	275a	274a	632a	13.1b	17.1a	18.8a
超促成栽培区	10b	254a	308a	572a	20.7a	19.0a	21.8a

- 1) Tukey の多重検定法により、異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す(n=3)

働時間を基に算出したものであり、機器運転時の効率低下や試験区間の熱エネルギーの相互作用、施設設置環境などは考慮していない点に留意が必要である。さらに、試験 1、2ともに同一施設内に複数の試験区を設けた比較試験を実施しており、冷却タンクも複数区で同一タンクを用いたため、試験区間の熱エネルギー相互作用を完全に切り分けられておらず、経営試算としての精度には一定の限界が存在する。今後は、実測データに基づく熱収支モデルの高度化や独立施設を用いた比較試験を通じ、さらに精緻な経営評価を進めることが必要である。

2か年に渡る本研究において、7月上旬から短日夜冷処理を実施し、8月上旬の定植時から一次腋花房分化2週間後の9月中旬頃まで45日間クラウン冷却する新作型により、イチゴの流通量が少なく非常に高単価な時期である9月下旬から収穫が可能と考えられた。また、一次腋花房の花芽分化促進により、年内収量は超促成栽培よりも増加した。

新作型は夜冷庫を有効利用しながら収益向上と作業分散ができるものと考えられ、高収益化が期待できる新たな作型として有望である。実用化・普及に向けた導入検討を提案する。

引用文献

1. 沖村誠, 曾根一純, 壇和弘, 北谷恵美, 光後広恭, 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. 23,197-198(2008)
2. 安藤(小島)寛子, 番喜宏, 恒川靖弘. イチゴ品種「ゆめのか」におけるクラウン加温の効果. 愛知農総試 研報. 50,

75-78 (2018)
3. 愛知県農業総合試験場, 愛知県経済農業協同組合連合会, トヨタ株式会社. あいち型植物工場環境制御ガイドライン(トマト、ミニトマト、ナス、イチゴ). 74-75(2022)
4. 望月達史, 秋山光雅, 河田智明, 松田考平, 山口源貴. イチゴ‘きらび香’の年内収量を増加する超促成作型の開発. 静岡農林技研成果情報.(2023)
5. 高山詩織, 後藤直子, 岩崎泰永, 菅野亘, 高野岩雄, 鹿野弘. 宮城県のイチゴ超促成栽培におけるクラウン温度制御の効果. 宮農園研報. 88,15-29 (2020)
6. 松浦元樹, 嶋本千晶, 大藪哲也, 加藤賢治, 番喜宏, 恒川靖弘, 丹羽昌二, 大川浩司, 鈴木忍, 久野一義, 杉浦正和, 榊原圭亮, 鈴木寿幸, 河野恒賢, 政美加, 小林孝雄. イチゴ新系統「愛経4号」の育成. 愛知農総試研報. 53, 95-103 (2021)
7. 農林水産省 統計情報. 青果物卸売市場調査. 令和2年青果物卸売市場調査報告. 令和3年青果物卸売市場調査報告. 令和4年青果物卸売市場調査報告. 令和5年青果物卸売市場調査報告. 令和6年青果物卸売市場調査(旬別結果)市場別. 令和7年青果物卸売市場調査(旬別結果)市場別. (2025)
8. 熊倉裕史, 山崎敬亮, 池田敬. イチゴの花芽発達に悪影響を及ぼす高温遭遇の程度. 近畿中国四国農業研究センター成果情報. (2007)
9. 小林 保, 小林尚武. 秋どりイチゴの果実重並びに内容成分等品質からみた作期前進限界. 兵庫農技研報. 44,31-34(1996)
10. 熊倉裕史, 宍戸良洋. 1993. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究(第2報)花芽分化に及ぼす温度及び光環境の影響. 野菜・茶業研究報告. A6, 13-27(1993)