

促成イチゴの高設栽培における連続出蕾性に与える 定植後の培地昇温抑制と施肥時期の効果

山崎敬亮・熊倉裕史・濱本 浩

Key words : strawberry (*Fragaria x ananassa*), high bench culture, high temperature, fertilizer, heat control of medium, forcing culture, continuous flower bud emergence, shortening of no harvest period

目 次

I 緒 言	35	III 結果および考察	39
II 材料および方法	35	1 培地昇温抑制機構の効果	39
1 品 種	35	2 定植後のEC値の推移	40
2 高設栽培装置および培地昇温抑制機構の概要	35	3 実験1：培地昇温抑制と定植直後の施肥時期が‘紅ほっぺ’の連続出蕾性に及ぼす影響	41
3 実験1：培地昇温抑制と定植直後の施肥時期が‘紅ほっぺ’の連続出蕾性に及ぼす影響	37	4 実験2：定植直後の施肥時期が‘さちのか’の連続出蕾性および収量に及ぼす影響	42
4 実験2：定植直後の施肥時期が‘さちのか’の連続出蕾性および収量に及ぼす影響	39	IV 摘 要	44
		引用文献	45
		Summary	47

I 緒 言

イチゴの高設栽培は、従来の地床栽培における作業姿勢の改善や作業効率の向上を目的として、ここ十年ほどの間に主要産地を中心に実用化が進み、普及し始めている栽培法である。企業や各県の公設試験研究機関などから数十種類にも及ぶ多種多様な栽培方式が開発され、その普及率は、2004年には全作付面積の1割程度を占めるに至っている²⁾。導入にあたって初期投資が必要となるが、軽労化・省力化の面での有利性を生かし、単位面積当たりの収量も地床栽培と比較して遜色ないとされることから、今後も漸次普及するものと考えられる。

しかし、高設栽培が抱える課題は少なくない。最

も大きな課題の一つは、培地が少量で地上から隔離されているため温度に対する緩衝能が小さく、培地温度が周囲の気温に影響されやすいことである。そのためこれまでに導入された多くの方式は、特に冬の培地加温を念頭に置いて研究・開発が進められてきた経緯がある³⁾。

一方、イチゴ栽培の大半を占める一季成り性品種を用いた促成栽培において、比較的高価格で取引される11月頃からの出荷を狙い、定植時期を残暑期（8月中下旬）にまで前倒しする作型が漸増している。しかし、冷涼な気候下で生殖成長が進む一季成り性イチゴにおいては、高温期の栽培による果実生産上の弊害が、幾つか問題になりつつある。具体的には、花芽分化の遅延および不斉一により連続出蕾性が低下し、収穫の中休みまたは収量の減少を招く

(平成19年9月12日受付, 平成19年12月11日受理)

環境保全型野菜研究チーム

こと^{6, 16)}、栄養成長への一時的逆転等による奇形花(果)の発生⁶⁾、小玉果の増加^{7, 9)}などである。

これらは高温のみが誘発要因となっているわけではないが、高温の関与が強く示唆される。さらに今後、地球規模での気候の温暖化が指摘されていることから、これら弊害が顕在化し、現行の作型を維持することが困難になる可能性がある。

前述したように高設栽培は周辺温度に左右されやすく、上記の問題がさらに深刻化すると予測され、今後の栽培面積拡大に向けては、早急に対策技術を開発する必要がある。

こうした中で、先行的に高設栽培の培地昇温抑制を目的とした装置の研究・開発を行った二、三の例がある。Takaichi et al.¹³⁾ および Ikeda et al.^{4, 5)} は、シートタイプの高設ベンチのシート外側を不織布やサラシで覆い、この部分に水を浸透させることで気化潜熱を利用してシートを冷却し、培地の昇温抑制を試みている。しかし、いずれも市販の比較的高価な高設栽培用シートを使用しており、実用面で克服すべき課題が多く普及には至っていない。そこで本研究では、実用化を見据えた簡易な培地昇温抑制機構を開発し、高設栽培装置に組み込み、実証栽培試験を行った。

また、周知の通りイチゴの花芽分化には体内窒素レベルが関与しており^{6, 19, 20)}、定植後の適正な肥培管理により、花芽分化遅延の改善、奇形花発生を抑える効果が期待できる。そこで、定植後に施肥時期を変えて窒素成分を主とする液肥を施与した場合の連続出蕾性に及ぼす影響についても検討を加えた。

このように、培地の昇温抑制と定植時の施肥について組み合わせて研究をした報告は、まだ見当たらず、意義のある研究と思われる。

なお本研究は、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構運営費交付金プロジェクト研究No.166「作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発」の助成により行われた。

II 材料および方法

1 品 種

2006～2007年にかけて近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点(京都府綾部市)において栽培試

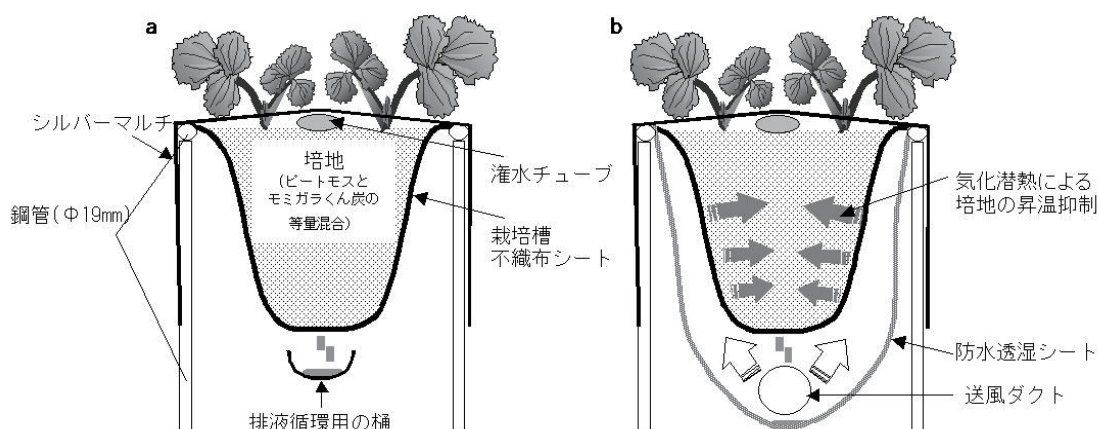
験を実施した。供試品種は‘紅ほっぺ’と‘さちのか’とした。両品種とも近年育成された促成栽培品種であるが、‘紅ほっぺ’のほうが自然条件下における頂花房の花芽分化時期が早く、連続出蕾性も高い^{10, 14)}。

2 高設栽培装置および培地昇温抑制機構の概要

1) 高設栽培装置

高設栽培装置は拠点内の雨よけハウス内に設置した。愛媛県農業試験場で開発された、ハンモック式の簡易高設栽培システム¹⁵⁾を参考にして装置を試作した。当方式を参考にしたのは、設置・導入コストが比較的安価で、中山間地域向きと考えられたためである。第1図aに示すように、直径約19mmの鋼管で高さ100cmほどの架台を作り、不織布(ラプシートBKD20507, ユニチカ株式会社)をハンモック状に吊って架台に止めたものを栽培槽とした。試験に使用した栽培装置の全長は250cmで、実際の栽培槽の長さは約240cm、株間20cmの2条千鳥植えでの定植可能株数は22株であった。培地はピートモスとモミガラくん炭を体積比で等量混合したものをを用い、1株当たりの培地量は約4Lとした。電気伝導度(EC)により培地の肥料濃度の推定を試みたため、モミガラくん炭は、事前に水道水で洗浄し、EC値を0.20～0.22dS/mに調整した。

試作した装置は定植時に培地に緩効性肥料を混入しておき、液肥ではなく水を灌水し、排液を循環するタイプである。したがって、栽培槽への培地投入と同時に、基肥として1株当たりの窒素成分量が3gとなるよう緩効性の被覆肥料(詳細後述)と、1株当たり8gの苦土石灰を施与した。栽培槽の中央上部に給液用の点滴チューブ(スーパータイフーン100F, ネタフィム社)を敷設し、定植前にシルバーマルチ(三層シルバーポリトウN, 東罐興産株式会社)を栽培槽上面から側面にかけて被覆した。灌水は、水を張った40Lのタンクから電動ポンプで吸い上げ、点滴チューブにより行った。タイマー制御により1回の灌水時間を10分とし、季節により1日の灌水回数を2～4回に変更した。排液循環型にするため、灌水による余剰水を樋で受けてタンクに戻した。タンク内の水量が20Lを下回ったところで、水のみを補充した。



第1図 愛媛農試方式を参考に試作した高設栽培装置 (a) と培地昇温抑制機構を組み込んだ高設栽培装置の概要 (b)

2) 培地昇温抑制機構

第1図bに培地昇温抑制機構を備えた高設栽培装置の概要を示す。培地の昇温抑制の原理として水の気化潜熱を採用した。栽培槽を形成している不織布からしみ出す灌水の余剰水を、既設の暖房機の送風機能を利用して20cm間隔で穴を開けたビニルダクト(直径約10cm)からの風により強制的に気化させ、不織布表面の温度を低下させて間接的に培地の温度上昇を抑えるしくみである。気化潜熱を利用した培地の昇温抑制は Takaichi et al.¹³⁾ によって報告されているが、本試験では、簡易な強制気化機構を、高設栽培装置に組み込み、昇温抑制効率を高めることを試みた。送風期間は、8月25日から10月16日までの53日間で、午前8時から午後8時まで1日12時間とした。不織布への送風を効率的に行い、また気化を停滞させないために、防水透湿シート(デュポンTM タイバック農業用マルチシート700AG, デュポン社)を栽培槽の外側に張り、排水を循環させる樋の役割もこのシートで代替させた。

3 実験1：培地昇温抑制と定植直後の施肥時期が‘紅ほっぺ’の連続出蓄性に及ぼす影響

1) 育苗

育苗は雨よけハウスで行い、挿し苗により試験用の株を得た。2006年6月26日に、親株から出た2～3次の子株を一斉に採苗し、子株の親株側のランナーを2cm程度残して切り、挿し芽とした。小型ポット(アイポット：容量115mL, 矢崎化工株式会社)

に小型ポット用いちご専用培土「与作」(N, P₂O₅, K₂O=150, 500, 150mg/L, チッソ旭肥料株式会社)を詰め、十分灌水した後、2cm程度残したランナー部を培地に垂直に押し込み、苗を固定させるように挿した。挿し苗後、遮光条件下に移し、最初の3日間は遮光率約70%, 4日目から6日目までは約50%, 7日目から9日目までは約30%と、遮光率を徐々に落とし苗を順化させた。この期間は、手灌水で1日3回灌水した。挿し苗日より10日目に遮光材を外し、専用のパネルに苗を移した。各ポットに化成肥料(I B化成S1号, 三菱化学アグリ株式会社)を3粒(窒素成分量約180mg)ずつ施与し灌水した。その後2週間ごとに肥料を新しい物に置き換えた。

高設栽培と比較するため、地床栽培区(地床区)を設け、その育苗として慣行のポリポットによる育苗も行った。6月30日に蒸気消毒した拠点内圃場の土(埴壤土)とモミガラくん炭、バーク堆肥およびパーライトを体積比5:2:2:1に配合したものを10.5cm径のポリポットに詰め、子苗をポリポットに直接鉢受けした。2週間後に親株から切り離し、化成肥料を1ポット当たり3粒施与した。施与2週間で同肥料を3粒追加した。いずれの育苗法でも同時に葉かきを行い、苗の葉数を4枚程度に維持した。育苗期間中の灌水は、吊り下げ式のスプリンクラーにより1回の灌水を5分とし、1日3回行った。

2) 花芽分化誘起処理

(1) 暗黒低温処理

暗黒低温処理とは、低温処理により花芽分化を促

進して、出蕾およびその後の収穫を前倒しするための処理である。‘とよのか’等の品種でポット育苗した苗の花芽分化を誘起するため適用されている。‘紅ほっぺ’は自然条件下で花芽分化時期が比較的早い品種であり¹⁴⁾、‘紅ほっぺ’産地では暗黒低温処理の実施例は少ない。しかし、本研究は11月から収穫する作型の確立を目指して、8月下旬（8月25日）の定植を設定した。

化成肥料を除去した苗を、プレハブ恒温恒湿装置（RU-15HF3、日立製作所）に搬入し、7月31日から8月24日までの25日間、15℃一定の暗黒条件下で処理した。灌水は手灌水により適宜行った。‘紅ほっぺ’は定植前に体内窒素濃度が低下しすぎると、定植後に芯止まり現象を多発する¹⁴⁾ので、8月15日（処理15日目、定植10日前）に大塚A処方の1/4単位養液を用いて1株当たり5mg相当の窒素成分を与えた。

(2) 自然分化苗

花芽を誘導する人為的な処理を行わず、通常の育苗を継続して、定植後の自然条件下で花芽を分化させた。挿し苗では、育苗開始後35日に化成肥料を除去し、定植10日前の8月15日に最終施肥として大塚A処方の1/4単位養液で1株当たり5mg相当の窒素成分を施与した。ポリポットによる鉢受け育苗では、8月10日にポット内の化成肥料を除去した。

3) 定植および試験区の設定

高設栽培は、8月25日に高設栽培装置の培地に、小型ポットから抜き取った苗を差し込む要領で定植した。地床栽培も同日に、雨よけ条件のビニルハウスに幅120cmの畝を立て、条間25cmの2条植え、株間25cmで定植した。

第1表に、定植時の基肥に使用した緩効性被覆肥料と、定植時の施肥時期および培地昇温抑制の有無により設定した試験区を示した。基肥に使用したロングトータル313-180（旭化成ケミカルズ株式会社、以下LT）は、リニア型の成分溶出特性を持ち、シグマコートS200・6M（片倉チッカリン株式会社、以下SC）は、施与後30日程度成分の溶出が抑えられる初期抑制型の緩効性肥料である。LTは成分溶出に温度依存性があり、SCは依存性が小さい。愛媛農試方式の肥培管理に準じてLTを使用し、培地

第1表 定植時の基肥、定植後の液肥施与期間、培地昇温抑制機構の有無によって設定した試験区とその略称一覧

試験区略称	基肥の緩効性肥料	液肥施与期間 ²⁾	培地昇温抑制機構の有無 ³⁾
対照区	ロングトータル313-180	なし	○
SC区	シグマコートS200・6M	なし	○
SC1-10区	シグマコートS200・6M	定植後1-10日	○
SC6-15区	シグマコートS200・6M	定植後6-15日	○
SC11-20区	シグマコートS200・6M	定植後11-20日	○
LTN区 ⁴⁾	ロングトータル313-180	なし	×
地床 ^{4) 5)}	シグマコートS200・6M	—	—

- 1) ‘紅ほっぺ’は各区16株、‘さちのか’は各区11株を供試した。
- 2) 40リットルの養液が20リットル以下にまで減少した時、残りの養液を廃棄して新たに40リットルの大塚A処方1/4単位養液を供給した。期間中の養液交換は2回であった。
- 3) 送風は8月25日から10月16日まで、午前8時から午後8時までの1日12時間行った。
- 4) LTNおよび地床区は‘さちのか’には設定していない。
- 5) 地床区は10.5cm径のポリポットによる鉢受け育苗、その他は小型ポットによる挿し苗。

昇温抑制機構を組み込んだ区を対照区に設定し、LTを使用して培地昇温抑制機構がない区をLTN区とした。

また、SCが温度に依存せずに初期溶出を抑えられる特性を利用して、定植直後の施肥時期が出蕾等に及ぼす影響を検討するため、第1表のように定植後に液肥（大塚A処方の1/4単位養液：EC≒0.80dS/m）を施与する時期をずらす区を設けた。栽培期間中は、定植時を除いて基肥のみで管理した。

高設栽培では、暗黒低温処理苗、自然分化苗ともに各区16株、地床栽培では自然分化苗を10株供試した。

4) 栽培管理および調査項目

定植後、10月10日までは45%程度の遮光条件とし、11月15日から翌3月7日まで日長延長型の電照（明期14時間、20～25lx）を実施した。開花期以降、ミツバチを放飼し、低温期には最低温度が10℃となるように加温した。地床栽培では10月12日に白黒ダブルマルチ（みかど化工株式会社）被覆を行った。その他については、慣行の栽培法に準じて栽培した。

培地の地表下10cmの位置に熱電対を設置し、培地

温度を1時間ごとに計測した。また、高設栽培養液タンクのECを2～3日ごとに計測した。

頂花房および一次側花房の出蕾日および開花日、定植から頂花房出蕾までに要した主枝葉数を調査した。

4 実験2：定植直後の施肥時期が‘さちのか’の連続出蕾性および収量に及ぼす影響

1) 育苗

実験1と同様に育苗を行った。‘さちのか’を供試した実験2では、鉢受けポット育苗は行わなかった。

2) 花芽分化誘起処理

(1) 夜冷短日処理

化成肥料を除去した苗を日長調整装置(NS-78L型、株式会社日進機械)に搬入し、7月31日から8月24日までの25日間、日長8時間(午前9～午後5時)、暗期温度15℃で処理を行った。明期温度はなりゆきとした。

(2) 自然分化苗

前述の実験1と同様とした。

3) 定植および試験区の設定

前述の実験1の場合と同様に行った。なお、実験2ではLTN区と地床区を設定しなかった。夜冷短日処理苗、自然分化苗ともに各区10株ずつ供試した。

4) 栽培管理および調査項目

前述の実験1の場合と同様に管理した。株ごとに頂花房および一次側花房の出蕾日、開花日、花蕾数、定植から頂花房出蕾までに要した主枝葉数、一次側枝葉数、そして頂花房の収穫開始日と6g以上の正常果収量を調査した。

Ⅲ 結果および考察

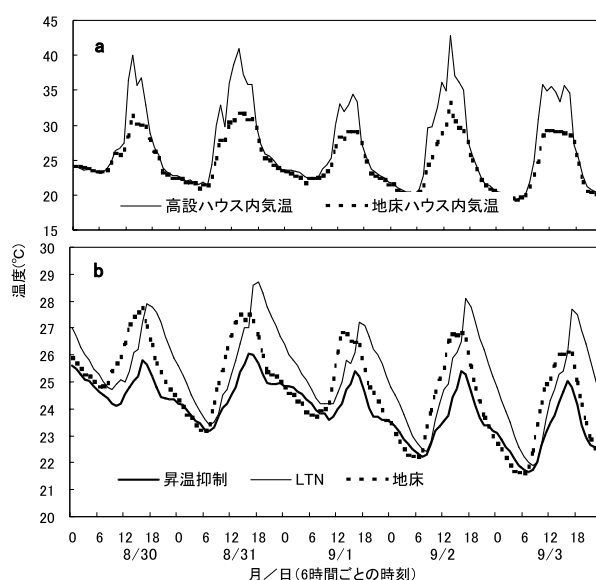
1 培地昇温抑制機構の効果

第2図に、定植後の高温期に当たる8月30日から9月3日までの高設栽培ハウスと地床栽培ハウス内の気温の変化(a)と、培地昇温抑制機構を組み込んだ高設栽培装置(昇温抑制区、第1表の対照区にあたる)、昇温抑制機構なしの高設栽培装置(LTN

N区)、および地床栽培(地床区)の培地温度の変化(b)を示した。ハウス内気温は、夜間はほぼ同じ温度で推移したが、日中は高設栽培ハウス内のほうが5℃程度高かった。培地温度については、夜間の最低温度には3試験区間の差はみられなかったが、日中は、昇温抑制区で最も低く、ハウス内気温が低く推移した地床区と比較しても常に低かった。

高設栽培と地床栽培との培地温度の特徴的な相違点は、ピークを迎える時間帯が地床栽培では早く、午後2時から3時であるのに対して、高設栽培では、午後5時から6時となる点であった。高設栽培の中でもLTN区はさらに遅れる傾向がみられた。

昇温抑制区とLTN区との温度変化を比較し、昇温抑制機構の効果を見ると、終始昇温抑制区のほうが低く推移した。日中の午前は0.5℃程度低く、午後4時頃まで1.0～1.5℃、その後次第に差が大きくなり、午後5時から9時頃までは2.5～3.0℃程度低かった。午後10時以降は差が小さくなった。すなわち本試験の培地昇温抑制は日最高温度(午後5～6時頃)を抑制し、最高温度を早く迎えることで夕方以降にLTN区との間に大きな温度差を生じることが明らか



第2図 2006年8月30日から9月3日までの高設および地床ハウス内の気温推移(a)と培地昇温抑制機構を組み込んだ高設装置、培地昇温抑制機構なしの高設装置(LTN)、および地床栽培における地中10cm地点での培地温度の推移(b)。気温は植物体位置での測定で、高設栽培ハウスでは地上120cm、地床栽培ハウスでは地上20cmで行った。

になった。

イチゴは、18～23℃の根圏温度が根の生育に好適条件であると報告されている^{17, 18)}が、昇温抑制区では、この範囲により近い温度に培地温度を抑えることができた。昇温抑制により根の生育にとっても、比較的良好な条件を整えることができたと考えられる。

また、培地昇温抑制のための送風が終了する午後8時以降には、昇温抑制区の温度低下速度が明らかに減少しており、送風時間を延長することで、培地温度の低下をさらに促進できる可能性があった。

2 定植後のEC値の推移

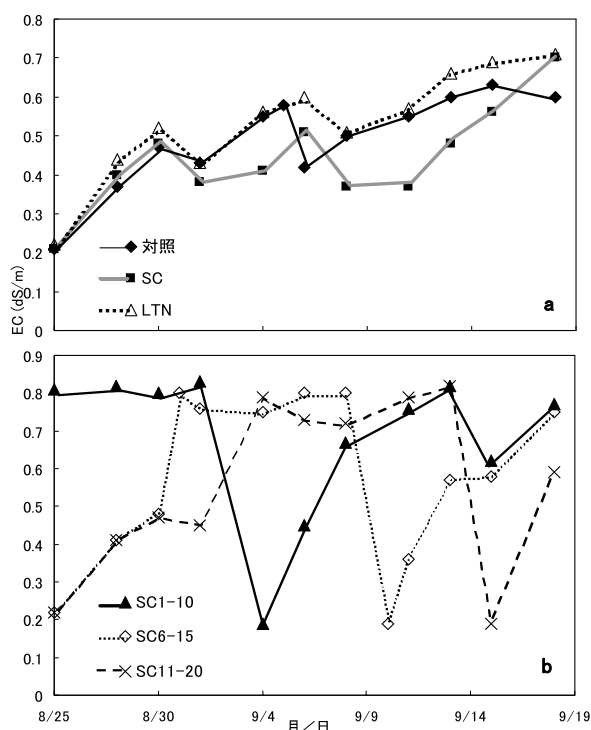
第3図に、定植後25日間の給排水用タンクのEC値の変動を、定植後に液肥を施与しなかった区(a)と液肥を施与した区(b)とに分けて示した。事前の予備試験より、本試験で使用した高設栽培用の培地は、EC値の変動に関与しないことを確認している。また、LTの窒素成分の溶出パターンについて、イオンメータ(CARDY・C-141NO₃⁻, 株式会社堀場製作所)で調査し、窒素溶出量とEC値の間に正の相関があることも確かめた。これを前提に、液肥

を施与しなかった場合(第3図a)、対照区(第1表参照: 培地昇温抑制機構あり, 基肥にLT使用)とLTN区(第1表参照: 培地昇温抑制機構なし, 基肥にLT使用)を比較すると、定植後15日頃まではほぼ一致して上昇した。定植後15日以降は、LTN区のほうが徐々に高くなる傾向がみられた。

LTはリニア型の緩効性被覆肥料であり、定植直後よりEC値が増大したのは、肥料成分の溶出が始まっていることを示唆する。しかし、LTは成分溶出に温度依存性があり、温度が高いほど溶出量が多くなる性質がある。LTN区の培地温度は昇温抑制区より常に高温で推移したため(第2図)、肥料成分の溶け出しが多く、ECが高くなったと考えられる。

SC区のECは、定植後25日にはLTN区と同等の0.7dS/m程度に上昇した。SCは成分溶出の温度依存性が小さい初期抑制型肥料であるため、施与後30日間程度は肥料成分溶出が極めて少ないと考えられる。第3図に見られたECの上昇は、肥料を形成している化合物(主に硫酸カリウム)が加水分解されイオン化したことによると推測された。イオンクロマトグラフィにてタンク内の養液を分析したところ、硫酸イオン値が、園試処方¹⁾の300倍で検出され、SCの硫酸根によるEC上昇であることがわかった。SCを使用した区の株は、11月下旬頃より生育が不良となり、試験継続が困難となった。硫酸根による植物の生育不良はこれまでも報告されている¹¹⁾。本試験では、高設栽培装置が排液循環式であったため、硫酸根が容易に蓄積し、生育に悪影響を及ぼしたと思われる。地床栽培では、成育不良はみられなかった。

定植後に時期をずらして液肥を施与した場合、各液肥施与時期のECは、0.80dS/m前後に調整されていた(第3図b)。しかし、液肥施与終了後、給液を水道水(EC=0.19～0.21dS/m)に切り替えても、数日でECが上昇し、以後下降しなかった。この現象も、培地中に残存していた液肥の肥料成分が循環でタンクに戻ったものではなく、SCの硫酸根によるものと考えられる。以上から、本試験において、ECのみで養液中の肥料濃度を推定することはできなかった。今後は、葉柄中の硝酸イオン濃度の計測を用いるなどして、より正確に施肥量、施肥時期と花芽分化の関係を検討する必要がある。



第3図 定植後に液肥を施与していない区(a)と液肥を施与した区(b)の電気伝導度(EC)の定植後25日間の推移

3 実験1：培地昇温抑制と定植直後の施肥時期が ‘紅ほっぺ’の連続出蕾性に及ぼす影響

第2表に、暗黒低温処理あるいは自然条件下で花芽誘導した苗について、培地昇温抑制および定植後の施肥時期の違いが、出蕾・開花に及ぼす影響を示した。‘紅ほっぺ’はSCの硫酸根による影響を受けたため、収量調査は行わず、一次側花房の出蕾については、対照区とLTN区のみ調査した。

1) 暗黒低温処理苗

定植前の実体顕微鏡による成長点観察において、花芽の分化程度は頂花房第1花の原基の肥厚期と判断された。しかし、頂花房の出蕾では、自然分化苗と比較して前進化しておらず、むしろ各区遅れる傾向がみられ、処理が有効であった株は見当たらなかった。また、定植から頂花房の出蕾までに要した主茎葉数は、7～15枚とばらつきが大きかった。熊倉ら⁸⁾は、定植後に高温に遭遇すると、花芽分化誘起処理有効株率が低下すると報告しており、本実験においても主茎葉数が多かった株は、定植時に花芽分化の途上であった生長点が、定植後の高温により栄養成長（葉原基）へと逆転したのではないかと考えられる。一部、LTを使用した区では、高温で成分溶出過多となり、植物体の窒素吸収により体内窒素濃度が上昇したことも花芽分化に至らなかった要因の一つと推測できる。また、主茎葉数が比較的少なかった株も、出蕾日が前進化したとは言えず、これは暗黒処理により苗が脆弱化したこと、さらに残暑期に定植したため、活着時の根の伸長が十分でなかったことも原因の一端であったと考えられる。これらの影響は小型ポット苗であるため慣行ポット苗よりさらに著しかったと想定され、定植後の苗の消耗から、成育全体が遅滞して、暗黒低温処理により形成途上であった花芽も出蕾までに時間を要する結果になったと推考される。暗黒低温処理苗の頂花房の出蕾日は、SC区が多少早いものの、各区さほど差がなかった。

2) 自然分化苗

予備的な試験から、試験地では、促成栽培イチゴの収穫期前進を図る場合、慣行ポット苗を用いた地床栽培では定植時期を9月5日～10日頃とするのが

第2表 ‘紅ほっぺ’の頂花房および一次側花房の出蕾または開花に及ぼす培地昇温抑制と定植時の施肥時期の影響

花芽分化 誘起処理	試験区略称 ¹⁾	頂 花 房		一次側花房
		出蕾日 ²⁾	開花日 ²⁾	出蕾日 ²⁾
暗黒低温 処理	対照	11/22	12/14	12/ 5
	SC	11/16	12/ 4	- ⁴⁾
	SC1-10	11/20	12/ 6	-
	SC6-15	11/20	12/ 8	-
	SC11-20	11/20	12/ 9	-
自然分化	LTN	11/20	12/13	12/ 8
	対照	11/20	12/12	12/ 2
	SC	10/19	10/30	-
	SC1-10	11/16	11/28	-
	SC6-15	11/11	11/27	-
地床 ³⁾	SC11-20	11/17	12/ 5	-
	LTN	11/18	12/10	12/ 5
	地床 ³⁾	10/30	11/10	11/25

- 1) 処理内容については第1表を参照。
地床区以外は16株、地床区は10株供試した。
- 2) 各花房の出蕾日、開花日は、区の半数の個体が出蕾、開花した日とした。
- 3) 地床区は10.5cm径のポリポットによる鉢受け育苗。
その他は小型ポットによる挿し苗。
- 4) 硫酸根による生育不良のため調査を行わなかった。

好適で、この場合、頂花房出蕾日は10月20日前後となり、収穫始期は11月下旬頃となること、および定植日をこれより早めるとかえって出蕾期が遅れる傾向となることを既に把握している。定植日を8月25日とした高設栽培では、慣行ポット苗より根圏の小さい小型ポット苗であることも加味されて、第2表に示すように自然分化苗の頂花房出蕾日の遅れが目立った。また、試験区間で頂花房の出蕾日に大きな差がみられ、SC区は他の高設栽培区より約1ヶ月程度早く10月19日前後に出蕾し、地床栽培と比較しても10日程度早かった。本試験の自然分化苗は8月25日の定植時には未分化であったと考えられ、SCのみを基肥で施与したことで、定植後の窒素供給が抑えられ、花芽分化前の体内窒素レベルが低く保たれたことが、出蕾の早まった主因と考えられる。

3) 培地昇温抑制による連続出蕾性、出蕾斉一性への効果

第2表より、対照区とLTN区の一次側花房の出蕾日の違いは、暗黒低温処理苗および自然分化苗ともに3日程度であった。しかし、第2表で示した

「出蕾日」は、区の半数の株が出蕾した日を示すものである。そこで、出蕾の斉一性や出蕾株率の推移などを示すために第4図に、暗黒低温処理苗(a)および自然分化苗(b)の対照区(昇温抑制)とLTN区の一次側花房の出蕾株率の推移を示した。培地の昇温抑制機構を組み込んだ対照区では、全株が出蕾するまでに、暗黒低温処理苗では10日間程度、自然分化苗では20日間程度を要した。一方、LTN区では、暗黒低温処理苗で20日間を要し、自然分化苗は1ヶ月経過しても出蕾揃いには至らず、ばらつきの大きさが目立った。平均の出蕾日を算出すると、暗黒低温処理苗では、対照区で5日出蕾が早かった。昇温抑制方法は異なるが、Ikeda et al.⁵⁾も一次側花房における同様な結果を報告している。このような出蕾の斉一性の差は、一次側枝茎頂が花芽を分化させるのに先立つ時期の培地温度の差によるものと考えられ、特にLTN区は、日最高温度が高く、さらに最高温度を迎えるのが遅く、夜間も培地温度が下がりにくいことが出蕾の不齐一性に影響していると考えられる(第2図)。このように、培地の昇温を抑制することで、出蕾が早まるだけでなく、出蕾の

斉一性も高まり、収穫の中休み現象および収量の減少軽減に効果があると思われる。ただし、本試験では、暗黒低温処理により頂花房出蕾を前進化させることはできておらず、確実な花芽分化誘起処理により頂花房出蕾を促進した状態で追試する必要がある。

LTN区も不織布表面の自然気化による気化潜熱が期待でき、ある程度は培地の昇温が抑制される。しかし、LTN区では出蕾の遅れ、出蕾の不齐一だけでなく、奇形果の一種である帯化現象が頂花房の一番花において複数観察された。この現象は高温とともに窒素過多により引き起こされることが知られている⁶⁾。2~3℃程度の温度差ではあるが、それがLTの成分溶出を早め、奇形果の発生も助長したと考えられる。

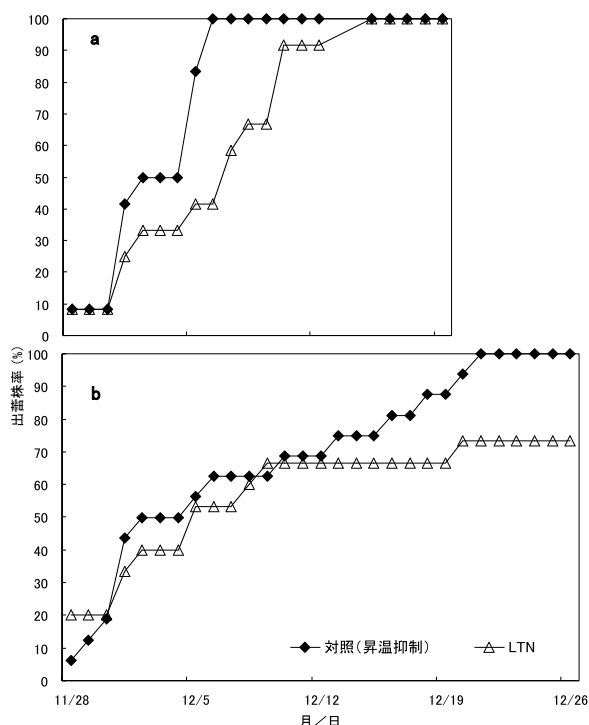
4 実験2: 定植直後の施肥時期が「さちのか」の連続出蕾性および収量に及ぼす影響

第3表に夜冷短日処理あるいは自然条件下で花芽誘導させた苗について、定植後の施肥時期の違いが、頂花房および一次側花房の成長に及ぼす影響を示した。「さちのか」は、SCの硫酸根による影響が小さかったため、頂花房の収量および花蕾数の調査も行った。

1) 夜冷短日処理苗

定植前の実体顕微鏡による成長点観察において、花芽の分化程度は頂花房第1花の分化期と判断された。「さちのか」を用いた夜冷短日処理の処理有効株率は100%であり、頂花房出蕾日は10月1日前後であった。定植後に液肥を施与しないSC区、および液肥の施肥時期が遅い区で頂花房の出蕾が遅れる傾向にあったが、この遅れは対照区と比べて3日以内で、開花日や収穫開始日には影響しなかった。また、頂花房出蕾までに展開した主枝葉数には試験区間差がみられなかった。しかし、SC区およびSC11-20区では、花芽分化後の株への窒素供給が制限されたことで、高位花序の発達が悪って花蕾数が有意に減少し、頂花房収量も有意差はないものの低くなる傾向がみられた。

一次側花房では、液肥を施与しないSC区および液肥施与が遅いSC11-20区で出蕾が早かった。一次側枝葉数も対照区に比べ有意に少なかった。すな



第4図 暗黒低温処理苗(a)および自然分化苗(b)の対照区(昇温抑制)とLTN区の一次側花房の出蕾株率の推移

第3表 ‘さちのか’ の頂花房および一次側花房の成長に及ぼす定植時の施肥時期の影響

花芽分化誘起処理	処理区略称 ¹⁾	頂花房							一次側花房			
		出蕾日 ²⁾	開花日 ²⁾	収穫開始日 ²⁾	定植後の主枝葉数 ³⁾	花蕾数	年内収量(g/株) ⁴⁾	花房収量(g/株) ⁵⁾	出蕾日 ²⁾	開花日 ²⁾	一次側枝葉数 ⁶⁾	花蕾数
夜冷短日処理	対照	9/30	10/ 8	11/13	5.1 a ⁷⁾	25.0 a	112.6 a	139.9 a	12/ 6	1/ 6	7.4 a	27.2 a
	SC	10/ 3	10/12	11/14	5.1 a	19.7 b	92.1 a	117.8 a	12/ 1	12/26	6.1 b	23.0 a
	SC1-10	9/30	10/10	11/13	5.4 a	22.7 ab	110.0 a	126.1 a	12/13	1/10	6.9 a	27.0 a
	SC6-15	10/ 1	10/11	11/14	5.1 a	21.1 ab	105.9 a	132.7 a	12/13	1/ 6	6.6 ab	22.5 a
	SC11-20	10/ 2	10/11	11/17	5.1 a	18.8 b	99.0 a	132.3 a	11/30	12/20	6.3 b	23.3 a
自然分化	対照	11/25	12/21	2/20	14.9 a	25.8 ab	—	—	12/26	1/27	3.1 ab	22.2 a
	SC	11/14	12/ 7	1/ 4	9.7 b	26.1 a	—	—	12/15	1/13	3.8 a	16.8 a
	SC1-10	11/22	12/16	2/27	14.4 a	20.2 ab	—	—	12/15	1/14	2.5 ab	21.6 a
	SC6-15	11/20	12/15	2/20	14.3 a	18.3 b	—	—	12/16	1/15	2.1 b	20.4 a
	SC11-20	11/20	12/15	2/13	13.0 a	23.1 ab	—	—	12/31	1/30	2.7 ab	20.9 a

1) 処理内容については第1表を参照。各区10株を供試した。

2) 各花房の出蕾日、開花日、収穫開始日は、区の半数の個体が出蕾、開花した日、および半数の個体で収穫を開始した日とした。

3) 定植後に頂花房が出蕾するまでに展開した主茎の葉数。

4) 6 kg以上の正常果を調査対象とした。年内収量は2006年12月25日までに収穫したもので算出した。

5) 花房の花蕾数を調査後、頂花房は13花、一次側花房は11花に花蕾数を統一した。

6) 複数の一次側枝が発生した場合には最上位の一次側枝の葉数を調査した。

7) 異なるアルファベット間には危険率5%で有意差が認められることを示す (Tukey's HSD test)。

わち、花芽分化した株への窒素供給は、分化した当該花房の発達を促進するが、次の花房の分化に対しては律速因子となることが確認された。反対に、花芽分化前の低窒素条件が花芽分化時期を早めることが、一次側花房においても確認できた。対照区は、液肥を施与していないが、SC区やSC11-20区よりも出蕾が遅く、これは、定植直後からLTの肥料成分溶出が始まっていたため、一次側花房の分化が遅延したものと考えられる。対照区で一次側枝葉数が有意に多いのは、その裏付けと言える。

2) 自然分化苗

頂花房の出蕾は11月中下旬となり、SC区で早かった。前述の夜冷短日処理苗の結果同様、花芽分化前の窒素供給を抑え、体内窒素レベルを低く保った区で花芽分化が早い傾向が認められた。SC区では頂花房出蕾までに展開した主枝葉数も少なく、収穫開始日も他区に比べて1ヶ月以上早かった。

一次側花房の出蕾では、頂花房出蕾時のSC区のアドバンテージは消失し、SCを使用した他の区と比較して出蕾日の差がなくなった。SC区では、一次側枝葉数が有意に多くなった。これは、SC区は窒素供給が制限された条件で、頂花房の発達および着果負担により株が消耗し²⁾、一次側花房の分化に

至るまでに時間を要したものと推考される。また、施肥法による影響が小であった場合には、以下のように考察することもできる。実験2では、培地昇温抑制機構をすべての区で取り付けており、培地温度を含めたクラウン部周辺の温度環境は、各区分ではほぼ差がないと推測される。施肥による差異がないとすると、一次側花房の分化は、専ら温度に影響されるため、各区同様な温度環境の中で、同時期に花芽が分化したとも考えられる。

5 総合考察

本研究において2品種のイチゴを使用したのは、自然条件下での頂花房の花芽分化時期や、連続出蕾性などの品種間の違いと、定植後の施肥時期が連続出蕾性や出蕾の斉一性にそれぞれどのように関係するかを検証するためであった。その結果、‘紅ほっぺ’および‘さちのか’両品種に共通して、花芽分化前は、窒素成分の供給を避け、体内窒素レベルを抑えることで花芽分化が早まることが確認できた⁶⁾。

試験地において花芽誘導処理を行わない‘紅ほっぺ’の頂花房の花芽分化期は9月中旬、‘さちのか’はそれより数日遅いものと考えられる。それに先立つ8月下旬～9月上旬はまだ気温が高く、窒素供給をよほど制限しないと花芽分化の遅延を招くことが

確認できた。

一方、花芽分化直後は、速やかな窒素成分供給が不可欠であり、それにより出蕾およびその後の花房発達が促進された^{6, 19)}。これらは、植物体内の現象として連続したものであり、緩効性肥料のみを使用した肥培管理では、イチゴの花芽分化および花房の発達に同調した制御は困難であると思われる。実際に、対照区およびLTN区で使用した肥料成分溶出がリニア型のLTは、花芽分化前の株への窒素供給を抑制できないため、花芽分化が遅れ、出蕾も遅れたと考えられる。このことから、肥料の種類を選択、肥培管理方法の検討を適切に実施する必要がある、それにより連続出蕾性を高め、収穫の中休みを軽減することが可能である。ただ、本研究からはその最良な方法を確立することはできなかった。現段階では、頂花房を人工的に分化させた苗を定植する場合、定植直後の速やかな窒素供給が頂花房の発達に不可欠であり、その後、時期は不明だが低窒素条件にすることで一次側花房の分化が早まり、収穫の中休みを軽減できると結論づけられる。今後、定植直後の窒素供給量の検討、および定植後の簡易な窒素制御技術の検討が重要である。

銘記する必要があるが、愛媛農試方式における施肥方法は、‘さちのか’等を、9月下旬に定植する栽培管理に適した省力低コスト施肥技術として推奨されているものである¹⁵⁾。本試験のように早期（8月下旬）定植を想定したものではないため、8月下旬頃の高温により窒素溶出過多による弊害が生じたものと思われる。9月下旬定植であれば気温・培地温度ともに低く、適度な窒素溶出パターンにより翌5月までの収量が10a当たり5tを上回ることが期待できる方式である¹⁵⁾。

本研究では、高設栽培に、考案した培地昇温抑制方法を適用し、地下10cm付近では、本方法を採用していない高設栽培はもとより、地床栽培よりも温度を下げることができた。それにより、一次側花房の出蕾を早め、出蕾の斉一性も向上させることができた。本方法は、不織布等の透水性シートを栽培槽に採用しているタイプの高設栽培方式に、容易に転用可能であり、その有用性は高いと考えられる。一方で、‘紅ほっぺ’において、本実験のような早期定植栽培では、地床栽培よりも一次側花房を早く出蕾

させることはできなかった。この要因として、育苗方法による定植時の苗質の違いや定植後の培地量、地力窒素の発現なども大いに関係していると思われる。本来の試験設計からすると、地床栽培においても小型ポット苗を用いるべきと考えられるが、地床栽培ではポット苗が一般的であり、地床慣行栽培と高設栽培との比較という観点からポット（10.5cm径）育苗を採用し、参考として比較した。

今後の装置の開発・改良に向けて考慮すべき点としては、培地上面やクラウン部周辺の温度環境制御が考えられる。近年のイチゴ夏秋期収穫栽培における技術開発の流れとなっている、クラウン部周辺の「局所冷却」では、連続出蕾性が高まり、高温期でも高品質な果実生産が可能となりつつある^{1, 12)}。しかし、この手法は現在のところ、資材や設備費のコストが高く、実用化されても中山間地域のような中小産地への導入は困難と思われる。本研究は、当該地域にも導入可能な低コストで簡易な栽培技術・装置の開発を目指しており、今後も研究を進める予定である。

Ⅳ 摘 要

イチゴの高設栽培では、高温が主因と考えられる連続出蕾性の低下による収穫の中休み現象、奇形果の発生などの果実生産上の弊害が危惧されている。そこで、実用性を考慮した培地の昇温抑制機構を既存の低コストタイプの高設栽培装置に組み込み、昇温抑制程度とイチゴの連続出蕾性を主とした花房発達に与える昇温抑制効果を検証した。また、定植直後の施肥時期が連続出蕾性に及ぼす影響も併せて検討した。

- 1) 昇温抑制機構による昇温抑制程度は、8月下旬から9月上旬の定植後の高温期において、夕方以降の午後5時から9時にかけて、2.5～3.0℃であった。根の成育に悪影響とされる25℃以上の培地温度の時間帯を半減させることができた。また、地床栽培よりも培地温度を低く維持することができた。
- 2) 昇温抑制による効果として、‘紅ほっぺ’において一次側花房の出蕾が、出蕾日にして3日（平均すると5日）早まり、出蕾の斉一性も高

かった。培地の昇温抑制を実施しなかった場合、頂花房で奇形果の発生が観察された。

- 3) ‘紅ほっぺ’ と ‘さちのか’ において、花芽分化前の株への窒素供給は、花芽分化を遅らせ出蓄も遅れるが、花芽分化後は速やかに窒素供給が行われることで、出蓄・開花が早く、その後の花房の発達も良好となることが確認できた。
- 4) 温度依存性のある緩効性肥料では、高温により窒素成分の溶出が多くなり、花芽分化前の窒素供給を制限できず、窒素過多により花芽分化が遅れ、結果として出蓄も遅れた。
- 5) 培地の昇温抑制方法および定植時の肥培管理を改良することで、高温や窒素過多による花芽分化の遅延を回避し、連続出蓄性を高め、収穫の中休みを軽減した栽培技術の確立が可能である。

引用文献

- 1) 壇 和弘・曾根一純・沖村 誠 2007. クラウン部の局部温度制御が促成イチゴの連続出蓄性に及ぼす影響. 園学研 6 別 1 : 428.
- 2) 伏原 肇・室園正敏 1988. 促成イチゴの中休み現象に関する研究 第 2 報 果実肥大曲線による担果力の推定. 福岡農総試研報 B-7 : 53-56.
- 3) 伏原 肇 2004. イチゴの高設栽培. 農文協, 東京. 113-117.
- 4) Ikeda, T., H. Kumakura, H. Hamamoto and T. Fujiwara 2006. Using latent heat of water evaporation to cool the culture medium for high-bench strawberry culture. Acta Hort. 708 : 393-396.
- 5) Ikeda, T., K. Yamazaki, H. Kumakura and H. Hamamoto 2007. Effects of cooling of medium on fruit set in high-bench strawberry culture. HortScience 42 : 88-90.
- 6) 木村雅行 2004. II 花芽の分化と発育. 野菜園芸大百科第 2 版 3, イチゴ. 農文協, 東京. 35-55.
- 7) 熊倉裕史・宍戸良洋 1994. イチゴの果実肥大に及ぼす温度の影響. 園学雑 62 : 827-832
- 8) 熊倉裕史・藤原隆広・池田 敬 2005. イチゴ ‘さちのか’ の花房発達に及ぼす花芽分化誘起処理後の高温の影響. 近中四農研セ報 5 : 1-18.
- 9) 森 利樹 1998. 花芽形成期の温度がイチゴ果実のそう果数と果重に及ぼす影響. 園学雑 67 : 396-399.
- 10) 森下昌三・望月龍也・野口裕司・曾根一純・山川 理 1997. 促成栽培用イチゴ新品種 ‘さちのか’ の育種経過とその特性. 野菜茶試研報 12 : 91-115.
- 11) 中野明正・上原洋一・山内 章 2001. 施設土壌における塩類集積の現状と低硫酸根緩効性肥料による化学ストレスの改善. 土肥誌 72 : 237-244.
- 12) 曾根一純・壇 和弘・沖村 誠・北谷恵美 2007. 四季成イチゴにおけるクラウン部の管理温度の違いが連続出蓄性に及ぼす影響. 園学研 6 別 1 : 423.
- 13) Takaichi, M., K. Tanaka and N. Nakashima 2001. A simple method for cooling down the soil in bench culture of strawberry. FFTC leaflet for agriculture, 2-3.
- 14) 竹内 隆・藤波裕幸・河田智明・村松雅彦 1999. イチゴ新品種 ‘紅ほっぺ (仮称)’ の育成経過と主特性. 静岡農試研報 44 : 13-24.
- 15) 玉置 学・角田和利 2003. イチゴのハンモック式簡易高設栽培システムの開発. 愛媛農試研報 37 : 13-19.
- 16) 植松徳雄 1998. 第10章 第 2 花房収穫後の中休み. イチゴ栽培の理論と実際. 誠文堂新光社, 東京. 64-79.
- 17) 宇田川雄二・青木宏史・伊東 正 1990. 養液栽培イチゴの生育および収量に及ぼす根温の影響. 千葉農試研報 31 : 27-37.
- 18) 宇田川雄二 1991. 根温を異にした養液栽培イチゴの生理生態学的研究. 千葉農試特報 19 : 1-60.
- 19) Yamasaki, A., T. Yano and H. Sasaki 2003. Out-of-season production of strawberry : Effects of a short-day treatment in summer. Acta Hort. 626 : 277-282.
- 20) 山崎 篤 2005. イチゴ生産を始めるために.

農耕と園芸 60 (1) : 41-45.

- 21) Yoshida, Y. 2007. Current progress in strawberry substrate culture in Japan. Booklet of International symposium on strawberry production and research in east Asia in 72th conference on JSHS, March 2007. Kyoto. : 19-22.

Effects of Medium Temperature and Timing of Fertilization on Continuous Flower Bud Emergence in High Bench Strawberry Forcing Culture

Keisuke YAMAZAKI, Hiroshi KUMAKURA and Hiroshi HAMAMOTO

Summary

In high bench culture of strawberries, the temperature of the culture medium is influenced by the air temperature to a greater extent compared with normal soil culture. In particular, high medium temperature in a high bench culture system is apt to induce delay and lack of uniformity in the flower bud emergence. These phenomena promote the no-harvest period, thereby becoming a problem in fruit production. We devised an experimental system of heat control for the culture medium (a medium cooling system) by latent heat of evaporation, and observed that the temperature of the culture medium has an effect on continuous flower bud emergence in high bench strawberry forcing culture. We also extended our investigation to observe the effects of the timing of post-planting fertilizer application on flowering. The medium cooling system lowered the temperature of the culture medium by 2.5-3.0°C between 5 and 9 p.m. in the beginning of September, which is the high temperature period after planting, compared with the temperature of the culture medium in the non-cooling system. A culture medium temperature of 18-23°C is optimum for root growth in strawberries. The duration of this optimum temperature was increased by the medium cooling system. In addition, this system not only accelerated the flower bud emergence in 'Benihoppe' by almost 3-5 days on the primary axillary branch, compared with plants grown in control medium but also produced a more uniform flower bud emergence.

We were able to confirm that the flower bud emergence of 'Benihoppe' and 'Sachinoka' was retarded in the culture medium enriched with nitrogen sources. Moreover, after bud emergence, a rapid supply of nitrogen sources to the plants accelerated the growth and development of flower buds and inflorescence.

We expect that the period between fruit set on the terminal inflorescence and that on the primary axillary branch will be shortened by cooling of the culture medium and fertilizer management.