

高温期の花成誘導に貢献する  
**イチゴ高設栽培の  
気化潜熱利用培地冷却技術**



(早期出荷型促成栽培向け・第1版)

 **技術の概要・メリット**

10・11月といった早期出荷型の促成イチゴの高設栽培に利用できる技術です。かん水の余剰水を利用して気化潜熱により簡易・低コストに培地温度の上昇を防ぐことができます。近年の温暖化により、第1花房と第2花房との収穫間隔が空いてしまう「収穫の中休み」を10～20日程度軽減できます。

平成25年3月



**農研機構**  
独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター  
環境保全型野菜研究領域(綾部研究拠点)

この技術マニュアルは、農林水産省委託プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発(2008～2009年度)」、および「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発(2010～2012年度)」の助成を受けて研究した成果をまとめたものです。

なお、特許等が含まれた内容となっていますので、このマニュアルを活用される際には、下記までご連絡ください。また、技術内容につきましてもお気軽にお問い合わせ下さい。

#### 連絡先

○特許等に関する問い合わせ

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
近畿中国四国農業研究センター本所 企画管理部業務推進室  
〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1  
TEL:084-923-4100, FAX:084-924-7893

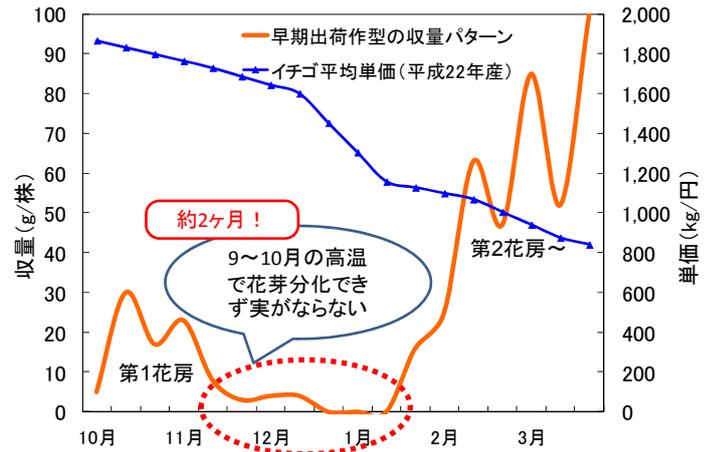
○技術内容に関する問い合わせ

近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点  
〒623-0035 京都府綾部市上野町上野200  
TEL:0773-42-0109, FAX:0773-42-7161



## 技術の背景

イチゴ栽培において高単価な10～11月出荷を目指す早期出荷作型では、残暑期の植え付けおよび近年の気候の温暖化もあいまってイチゴの花芽分化時期が遅れ、第1花房と第2花房の間に出荷できない期間が発生する、いわゆる「収穫の中休み」現象が問題となっています。



定植後の高温で第2花房が分化できず約2ヶ月も「収穫の中休み」が発生することがあります。

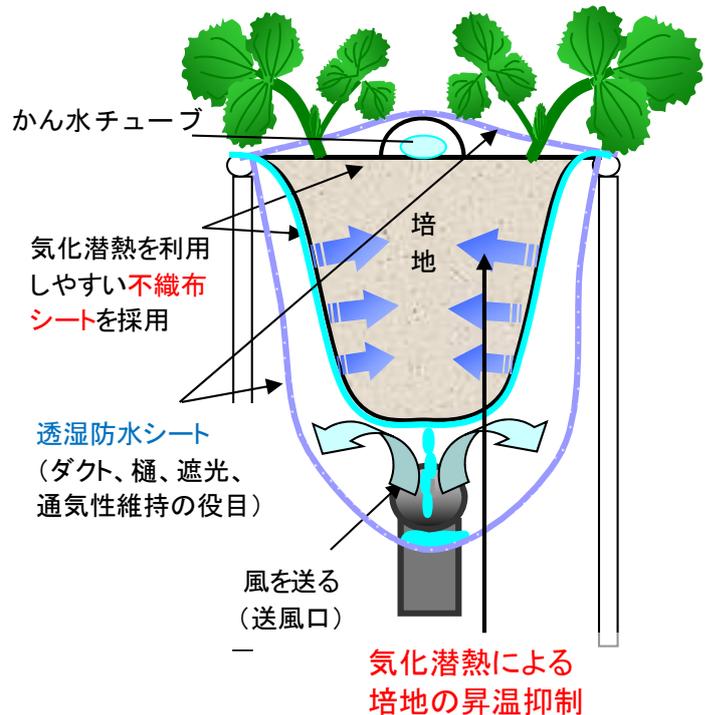


## 開発技術(主要技術): 気化潜熱を利用した簡易な培地冷却法

水が蒸発するときに周囲から奪う熱(気化潜熱、または気化熱)を利用して、イチゴ高設栽培の培地の温度上昇を防ぎ、収穫の中休みを10～20日軽減できる技術を開発しました。

### 培地冷却(培地の昇温抑制)のしくみ

- ①高設栽培(ハンモック型)の栽培槽に透水性を有する不織布シートを使用しています。
- ②不織布シートからしみ出るかん水の余剰水を送風により強制的に気化させ、不織布表面の気化潜熱を奪うことで間接的に培地温度の上昇を抑えます。
- ③昇温抑制効率を高めるため、透湿防水シートを送風ダクトとして活用し、栽培槽と透湿防水シートとの空間全体に風が送られるよう工夫しています。
- ④透湿防水シートの遮熱性を活用して培地のマルチとして定植前に敷設し、培地上面の温度上昇を抑制しています。



気化熱を利用した培地冷却機構の概略断面図

### 具体的な培地冷却方法・条件

定植後(8月下旬～9月上旬)から10月中旬頃までの40～50日間、10～22時など1日12時間、栽培槽下部に向けて送風を実施します。

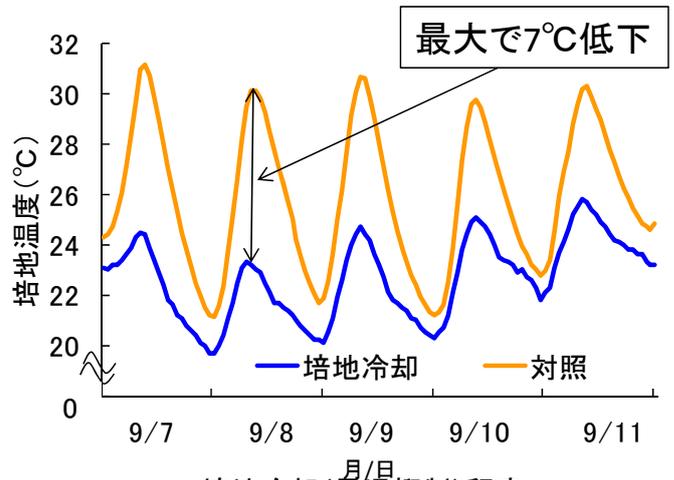
#### 気化潜熱とは?

夏場に涼を得るために、庭先に水をまく「打ち水」という風習があります。この「打ち水」効果の原理が「気化潜熱」または「気化熱」です。水が液体から気体へ状態変化(気化)するためには熱量が必要です。この気化に要する熱量が「気化潜熱」であり、その時の水温によりその熱量は異なります。この熱量は水が接している空間や面から供給されるため、熱量を奪われる空間や面は、奪われた熱量の分だけ温度が下がることになります。



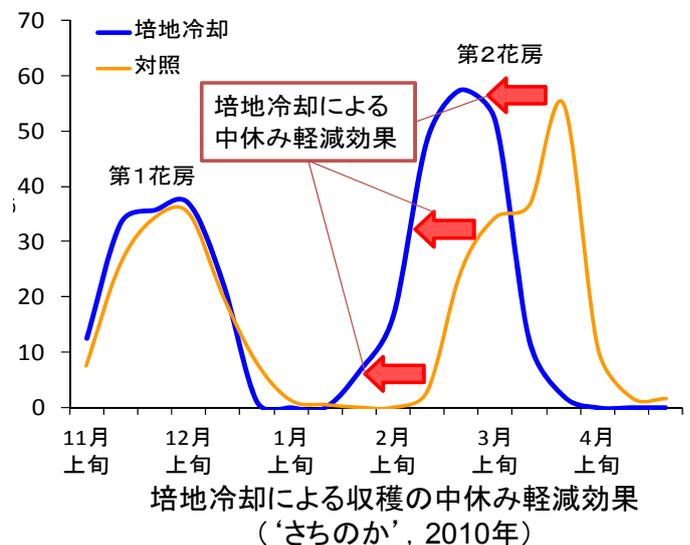
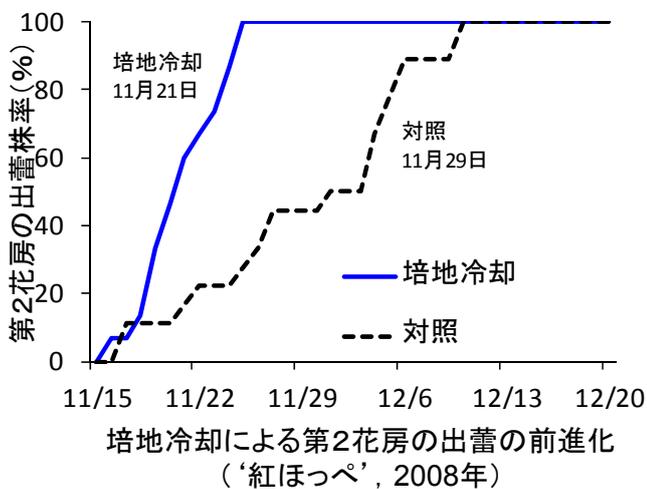
## 培地冷却技術の効果

開発した方法により、培地冷却をしない場合と比較して、残暑期の日中の培地温度を**平均5°C**程度低くすることができます。培地温度が25°Cを超えると根の生育が阻害されますが、気化潜熱を利用した培地冷却法により、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ます。



培地冷却(昇温抑制)程度

この技術を‘紅ほっぺ’、‘さちのか’の栽培に使用した場合、**第2花房の出蕾・開花を5～10日程度早める**ことができ、**中休みが10～20日軽減**できます。



## 培地冷却技術のコスト

### ■ 資材コスト

透湿防水シート

(例) デュポン™タイベック®700AG, 1.5m幅×100m巻×8本:約18万円/10a

### ■ ランニングコスト

- ①送風用電気代:2～3万円/10a・作(12時間/日×50日間)
- ②送風期間中のかん水量:最大で通常の1.5倍程度

### □ 前提条件

- ①既設の高設栽培方式への応用であり、高設栽培装置一式のコストは含まない
- ②栽培槽に透水性シートを採用していること
- ③冬季の加温用に暖房機が設置されていること (暖房機の送風機能を利用して培地冷却を行う)

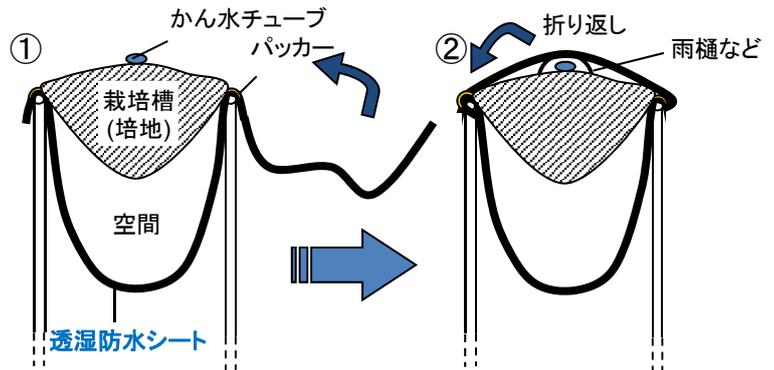
### 培地冷却技術の留意事項

- ①本技術は、第1花房を分化させた苗を8月下旬頃から定植し、10～11月に早期出荷する作型が前提です。自然分化苗を9月中旬以降に定植する普通促成作型では、もともと中休みが小さいため効果が現れにくいことがあります。
- ②暖房機を設置していない場合には、別途送風用のファン(ボルナドファンなど)が必要です。また、暖房機が利用できる場合、冬季に高温期の送風と同様、高設栽培装置(透湿防水シート)内へそのまま加温空気を送ることが可能です。
- ③気温が高くても湿度が高い場合など、十分な冷却効果が得られないことがあります。湿度の低い外気を導入したり、送風する空気を除湿するなどの工夫をすることで効率的に培地の昇温抑制が可能です。



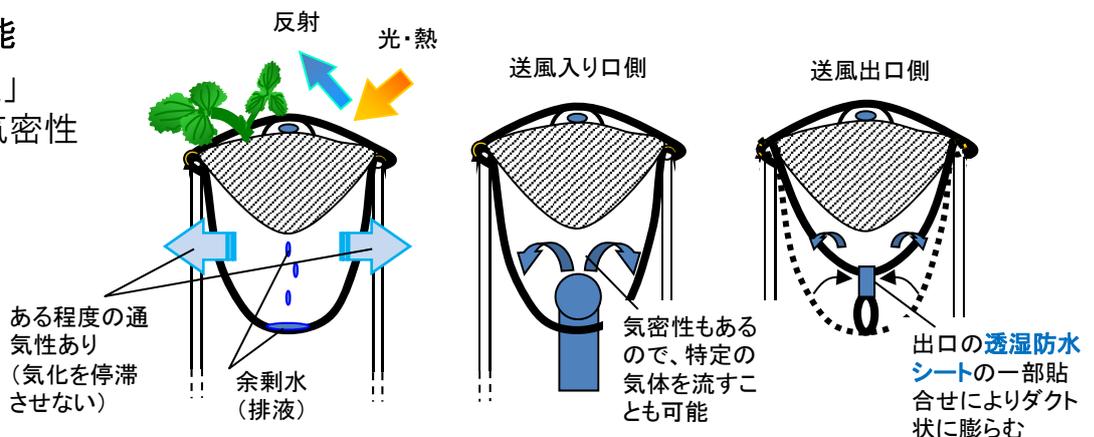
### 透湿防水シートの施工法

- ① 骨組の長手方向の一端にパッカーで透湿防水シートを固定します。栽培槽の下をシートを余らせるように通して反対側の骨組に同様に固定します。
- ② 余りのシートを折り返して、栽培槽の上面に多少余裕を持って張り、最初の骨組で再度固定します。



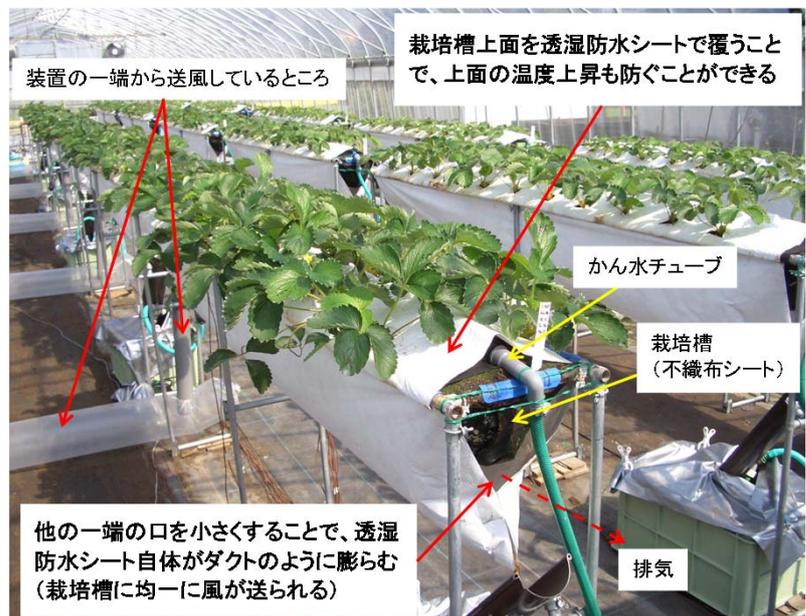
### 透湿防水シートの機能

- ① 排水回収用の「樋」
- ② 一定の通気性と気密性
  - ・送風用の「ダクト」(気体の流路)
  - ・通気性維持(気化の促進)
- ③ 栽培槽上面の「マルチ」



### 透湿防水シート利用上の留意点

- ① 透湿防水シートは、耐水性の低下やシートの劣化から4年程度を目安に交換が必要です。
- ② 定植前に栽培槽上面も透湿防水シートでマルチングするため、定植時に裁断して定植穴を設ける必要があります。
- ③ 透湿防水シートは完全防水ではないため、栽培ベッドの傾斜やシートのしわ・よれによって排水が滞留するとシートから漏水することがあります。



培地冷却機構と透湿防水シートの活用方法

### 培地冷却技術の留意事項

- ④ イチゴの品種(花芽分化の早晩性)や産地の気象条件などにより、定植後から培地冷却が必要な期間は異なります。実際に利用する前に、品種や地域の気象の特徴を把握し、あらかじめ培地冷却実施期間の目安を設けておくことが重要です。
- ⑤ 秋から冬にかけて温度が低下する時期(11月以降)まで培地冷却を実施すると、培地やその周辺の温度が下がりがすぎてイチゴの生育を遅延させることになり、促進された第2花房の花芽発達が反対に遅れることにつながります。
- ⑥ 培地冷却を停止する時期は、栽培施設内の1日の平均気温が20℃を下回った頃が目安となります。確実に第2花房を分化させた後に停止するためには、栽培株を分解して生長点を検鏡することをお勧めします。



## 実証・応用事例(兵庫県神戸市西区, 西脇市)

共同研究機関:兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター

### ①実証事例(兵庫県神戸市西区)

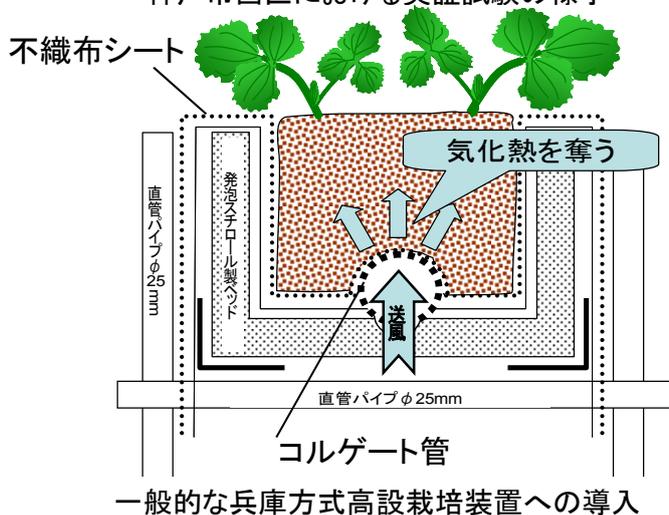
- ・実証試験開始:2009年度～
- ・高設栽培方式:不織布シートを栽培槽に利用したハンモック型に透湿防水シートを栽培槽下部のみ使用
- ・実証試験規模:30m×6ベッド
- ・栽培品種:‘さちのか’、‘やよいひめ’など
- ・培地冷却方法:送風機(ボルナドファン)により装置の一端から送風
- ・冷却効果:慣行栽培に比べ培地温が最大4℃低下。第2花房の開花促進を確認済



神戸市西区における実証試験の様子

### ②応用事例(兵庫県西脇市)

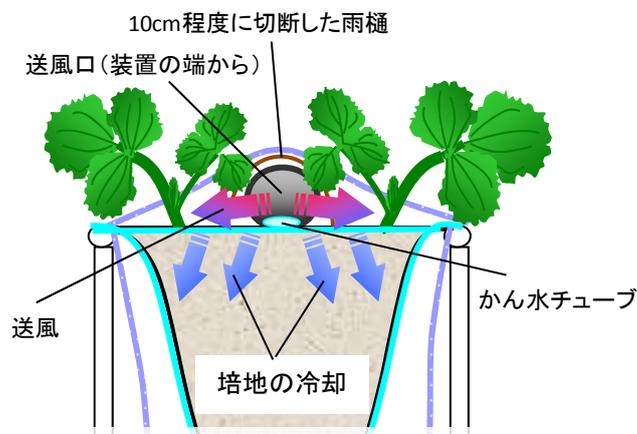
- ・実証試験開始:2011年度～
- ・高設栽培方式:成型発泡スチロールベッドを利用した兵庫方式高設栽培。培地とベッドの間に不織布シートを使用。排水をコルゲート管により集水・回収
- ・実証試験規模:20m×24ベッド
- ・栽培品種:‘章姫’
- ・培地冷却方法:既設の暖房機の送風機能を利用して、装置の一端からコルゲート管内に送風
- ・装置の改良コスト:約800円/1ベッド



## 関連技術①:気化潜熱を利用した栽培槽上面の冷却と効果

### 株元および栽培槽上面への送風方法

- ①透湿防水シートの上面への折り返し部分を多めにとり、培地とシートの上に空間ができるようにします。
- ②空間を維持するために雨樋などを10cm程度に短く切断したものを1m程度の間隔で置きます。
- ③培地冷却時と同様に装置の一端から株元・栽培槽上面に向けて送風します。



### 培地冷却技術の留意事項

- ⑦培地冷却のための送風に既設の暖房機を利用する場合、暖房機の能力と高設栽培ベッドの総延長との兼ね合いで、高設栽培ベッドが20m以上になると、ベッド末端付近での風速が弱まると同時に、順々に湿った空気を送り出すため距離が長くなるほど気化量が減少するため培地冷却効果が低下します。装置の途中で透湿防水シートに別の送風口を設けて新たに送風する必要があります。また、栽培槽下部に一定間隔で通風孔を開けた細いダクトを設置し、そのダクト内へ送風することで湿度が一定の風を送ることができます。

## 株元および栽培槽上面への送風による効果

栽培槽上面の株元付近を気化潜熱を利用して冷却することで、より第2花房の分化が早まり、出蕾・開花が早くなります。

これはイチゴの生長点が地際(株元)付近のクラウンという部分に内包されていて、このクラウン部の温度制御が生長点の花芽分化時期を左右することにつながるためです。

□活用のポイント

1. 栽培槽上面にも栽培槽と同じ不織布シートを展張することで、かん水チューブからの給水により不織布シートが均等に湿り、栽培槽上面の気化潜熱を奪いやすくなります。
2. 長い栽培ベッドに対しても均一に送風できるように、一定間隔に送風孔を設けた細いダクトをかん水チューブの上に敷設しておくことが有効です。

株元と栽培槽上面の冷却が第2花房の出蕾に及ぼす影響

花房	出蕾日(平均) <sup>z</sup>		
	冷却なし(対照)	培地冷却 <sup>y</sup>	株元送風 <sup>y</sup>
第1花房	10月3日	10月3日	10月3日
第2花房	11月28日	11月22日	<b>11月19日</b>

z: 第1花房が分化した‘さちのか’の苗を2012年8月27日に定植。

y: 培地冷却および株元送風は、定植後50日間、1日12時間(10~22時)冷却機構を作動。



## 関連技術②: 培地冷却技術の春以降の活用法と効果

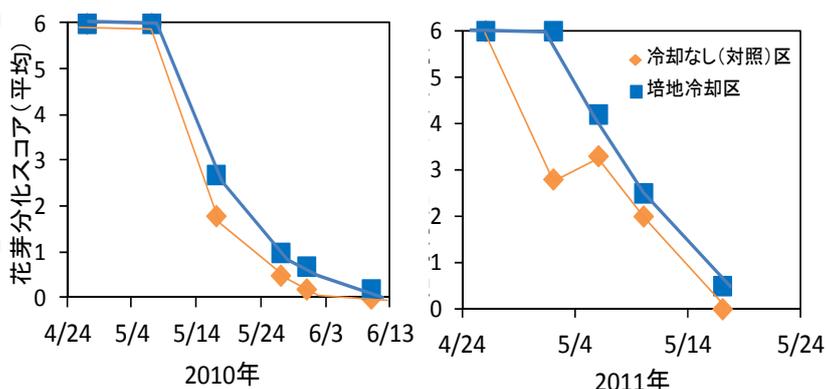
イチゴの促成栽培では、11月の出荷開始から翌6月末まで長期にわたり収穫・出荷を継続する場合が少なくありません。しかし、4月以降は近年の温暖化傾向も相まって果実品質(糖度、硬度など)の低下や早期の栄養生長への移行(果実生産の早期終了)が問題視されています。そこで「気化潜熱を利用した培地冷却技術」を春以降に利用することで、果実品質の低下抑制や花芽分化時期の延長効果を引き出します。

### 春以降の培地冷却方法

4月当初から定植後の培地冷却法と同様な条件で栽培終了まで実施します。

### 培地冷却による効果

- ①最大で3℃程度培地温度が低下します。
- ②果実糖度が0.3~0.5° Brix程度上昇します。果実硬度が1割程度増加します。
- ③花芽分化時期が延長する傾向が得られます。



花芽分化スコアの推移の比較(‘さちのか’, n=3)

**培地冷却により花芽分化の限界期が延びる傾向が見られた**

花芽分化スコア…肥厚初期0.5、肥厚中期1.0、肥厚後期1.5、分化期2.0

がく片形成期3.0、雄蕊形成期4.0、雌蕊形成期5.0、花6.0

培地冷却は4月から6月まで1日12時間(10時~22時)実施

### 培地冷却技術の留意事項

- ⑧春以降の培地冷却では、1果重や果房当たり収量への効果は大きくありません。日長が徐々に長くなり気温も高くなり、少しずつ花芽分化しにくい条件へ進む中で、培地冷却により栽培株の温度を低い条件に維持し、花芽分化可能な状態をできるだけ長くすることが、春以降の培地冷却の大きな効果と考えられます。



## イチゴの体内窒素濃度と生育の関係

※「気化潜熱を利用した培地冷却技術」に付随する技術です

イチゴは、体内窒素濃度が低い状態で花芽分化が誘導されやすく、高い状態で生育や収量性が優れます。収穫の中休みを解消するためには、第1花房と第2花房を連続的に分化・開花させることが大切で、一方では従来通りの収量性を得ることが必要です。

### 開発した施肥法の効果

イチゴ定植から20日間程度、体内の窒素濃度が低い状態を保ち、その後は窒素を供給して植物体の窒素濃度を高めることにより、連続出蕾性を高めながら収量性も維持します。

複数のシグモイド型肥効調節肥料を配合した肥料を基肥として施用することにより、リニア型肥効調節肥料を利用した従来の施肥法と比較して第2花房の出蕾を15～20日程度早められ、収穫開始が20～30日程度早まります。



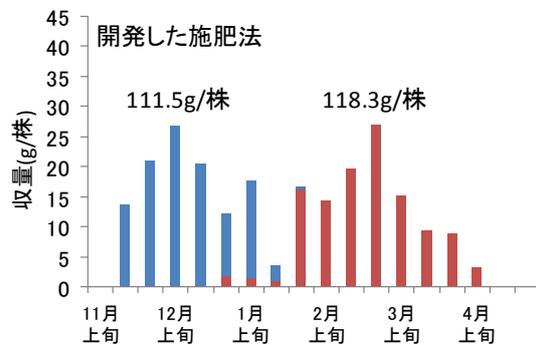
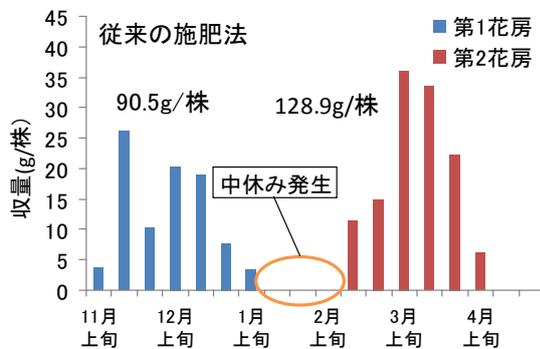
←従来の施肥法  
第2花房の開花～花柄伸長期

(2010年1月14撮影)

開発した施肥法→  
第2花房の果実肥大～赤熟期



20日ほど  
早い!



イチゴの第1, 第2花房の株当たり旬別収量の比較

(どちらの施肥法とも気化潜熱を利用した培地冷却技術を導入している)

### 市販肥料の配合例(イチゴ1株当たり)

- LPコートS200・・・5.0g
- LPコートSS100・・・1.5g
- LPコートS60・・・1.0g

(以上、ジェイカムアグリ株式会社)

- リンスター30・・・5.0g
- ケイ酸カリ肥料・・・10.0g
- 苦土石灰・・・8.0g(培地の中和用)

※参考：慣行のリニア型肥効調節肥料(エコロングトータル391-180)に比べ、10a当たりの肥料代が約23,000円減

#### シグモイド型, リニア型肥効調節肥料とは?

窒素成分が徐々に溶出する肥効調節型肥料です。リニア型は、水温一定の場合、定量ずつ溶け出します。一方、シグモイド型は、施肥後一定期間の溶出が抑えられ、溶け出し始めるとシグモイド(S字)曲線的に窒素成分が溶出する肥料です。

#### イチゴの連続開花性と収量性を両立させる施肥法における留意事項・参考情報

- ①「気化潜熱を利用した培地冷却技術」と必ず併用します。施肥法単独で利用した場合、高温期に肥料の溶出パターンが変わり、目的とする効果を得られない可能性があります。
- ②第1花房と第2花房の収穫時期のみを比較すると、開発した施肥法を使用することで販売額が10a当たり約20万円多くなる見込みです。



## 参考情報：本培地冷却技術に用いた高設栽培装置の資材リスト・資材費

資材リスト(順不同)※資材単価は2011年現在のもの

番号	資材名	単価(円)	必要数(/10a)	資材費(円/10a)
1	不織布シート(ユニチカラブシート20507BKD, 180cm幅×100m巻, 耐久性8年程度)	35,000	4	140,000
2	透湿防水シート(デュポンタイベック700AG, 150cm幅×100m巻, 耐久性4年程度)	22,000	8	176,000
3	農業用丸パイプ(19.1mm径×550cm)	1,000	570	570,000
4	Newクロスワン(骨組み接合部品)→骨組みを溶接すれば不要	66	1,100	72,600
5	UTバンド(骨組み接合部品)→骨組みを溶接すれば不要	99	1,100	108,900
6	ポリダクト(親ダクト, 0.1mm厚×折幅63cm×100m)	4,500	1	4,500
7	ポリダクト(子ダクト, 0.05mm厚×折幅30cm×200m)	2,100	1	2,100
8	19mmバッカー(SHバッカー)	24	1,550	37,200
9	雨樋(10cm程度に切断したもの, 元の長さ2700mm)	1,000	15	15,000
10	ピートモス(培地)	3,200	25	80,000
11	籾殻クentan(培地→購入すると高い, 作成したほうが良い)	0	0	0
12	塩ビパイプ(VP13×4m, かん水経路)	300	1	300
13	TS継手給水栓エルボ(TS-FL13, かん水経路)	45	15	675
14	DV継手(90度エルボ, 呼び径65, 送風用)	60	15	900
15	DV継手ソケット(呼び径65, 送風用)	35	15	525
16	縦樋(60mm×2700mm, 送風用)	1,000	15	15,000
17	ポンプ(TERADAファミリーポンプ:SL-102)	12,800	5	64,000
18	かん水チューブ(スーパータイフーン100, ネタフィルムジャパン, ドリッパー0.2m間隔)	17,500	8	140,000
19	スタートコネクタ(かん水チューブ用)	180	15	2,700
20	エンドコネクタ(かん水チューブ用)	120	15	1,800
21	フィルター(株式会社サンホープ:AR-301)	4,800	3	14,400
22	異径ソケット(20×13, ホースとフィルターの接合部品)	890	10	8,900
23	ホースニップル(pt1/2×16, ホースとフィルターの接合部品)	470	10	4,700
24	耐圧・防藻ホース(内径15mm, 外径20mm, 50m巻)	3,900	1	3,900
25	ホースバンド→針金を巻き付けることで代用可	1,000	1	1,000
26	果柄折れ防止(マイカ線など)	1,000	1	1,000
27	肥効調節型被覆肥料(エコロングー太郎391-180, 10kg/袋, 23g/株)	3,000	18	54,000
28	粒状炭酸苦土石灰(20kg/袋, 8g/株)	950	3	2,850
29	タイマー(かん水用, 送風機用)	2,000	2	4,000
			合計	<b>1,526,950</b>

※10a当たり資材費の算出根拠

高設栽培で10a当たりの定植株数は、7,000～8,000株(平均7,500株)

(53m×19m程度の施設(約10a)、50mの高設装置15台、株間20cmで2条植え(高設装置1台500株))

全装置長(50m×15台=750m)

装置骨組みの支柱スパン:1.5m(バッカー1m間隔)

※別途必要な(またはあった方がよい)もの

暖房機(冬期の加温用および送風用)

送風機(暖房機が設置できず、送風する場合)

電照用設備(電照用電球「みのり」などとソケット類)

炭酸ガス発生装置(炭酸ガス供給設備)→収量10～20%アップ

平成25年3月 発行

編集・発行

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター