

移動栽培装置を利用したイチゴの高密植栽培に適した栽培 ベッドの間隔と養水分供給方法の検討

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	岩崎,泰永 吉田,千恵 漆山,喜信 吉田,啓孝 斉藤,貞文 山本,聡史 林,茂彦 池田,英男 池田,敬
発行元	園芸学会
巻/号	11巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 49-57
発行年月	2012年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



移動栽培装置を利用したイチゴの高密度植栽培に適した栽培ベッドの間隔と 養水分供給方法の検討

岩崎泰永^{1a*}・吉田千恵¹・漆山喜信^{1b}・吉田啓孝^{2c}・
斉藤貞文²・山本聡史²・林 茂彦²・池田英男³・池田 敬⁴

¹ 宮城県農業・園芸総合研究所 981-1243 宮城県名取市

² 生物系特定産業技術研究支援センター 331-8537 埼玉県さいたま市

³ 千葉大学環境健康フィールド科学センター 277-0882 千葉県柏市

⁴ 明治大学農学部 214-8571 神奈川県川崎市多摩区

Investigation of Row Spacing and Nutrient Solution Supply Method for High Plant Density Production of Strawberry Using Movable Bench

Yasunaga Iwasaki^{1a*}, Chie Yoshida¹, Yoshinobu Urushiyama^{1b}, Hirotaka Yoshida^{2c},
Sadafumi Saito², Satoshi Yamamoto², Shigehiko Hayashi², Hideo Ikeda³ and Takashi Ikeda⁴

¹ Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture, Takadate, Natori-city, Miyagi 981-1243

² Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, Nisshin, Saitama-city, Saitama 331-8537

³ Chiba University Center for Environment, Health and Field sciences, Kashiwa, Chiba 277-0882

⁴ Meiji University, School of Agriculture, Tama-ward, Kawasaki-city, Kanagawa 214-8571

Abstract

To establish high plant density production of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch) using a movable bench which circulates the planting bed by longitudinal and lateral movement horizontally, three experiments were conducted. Subirrigation combined with supplementary surface irrigation was suitable as the nutrient solution supply method of the movable bench in experiment 1. For row spacing on the movable bench, we found that 0.50 m was the most efficient for fruit yield per m² in experiment 2. In experiment 3, based on the results from experiment 1 and 2, we designed and installed an experimental movable bench system of 9.6 m × 10.8 m. Three strawberry cultivars ('Akihime', 'Mouikko', 'Tochiotome') were grown using the movable bench system for forcing culture from September 2008 to May 2009. Marketable fruit yields of strawberries grown using the movable bench (MB) were compared to those grown using a conventional elevated bench (CB). In 'Akihime', the marketable fruit yield per plant of CB was higher than that of MB. In 'Mouikko' and 'Tochiotome', there was no significant difference in marketable fruit yield per plant between MB and CB. These results show that twice the number of strawberry plants per m² at CB can be grown at MB. They also show that MB can produce almost twice as much fruit yield per m² as CB.

Key Words : elevated bed, subirrigation, surface irrigation

キーワード : 地上給液, 高設栽培, 底面給液

緒 言

国内のイチゴ栽培面積は年々減少しており、1989 年と 2006 年を比べると 34% の減少となっているが、収穫量は

19～21 万 t 前後で大きくは変わっていない（農林水産省統計情報局, 2010）。これは栽培技術の向上や新品種の育成によって、単位面積当たりの収量が向上したことによると考えられる。今後も高齢化などによる生産者の減少によって、栽培面積の減少が続くと推察されることから、収穫量を維持してゆくためには単位面積当たりの収量をさらに向上させる必要がある。また、作業の省力化を進めて高齢者でも作業しやすい栽培システムを確立することにより、栽培面積の減少を抑制することも重要と考えられる。

単位面積当たりの収量を向上させるには、栽植株数を増加させることがもっとも直接的な方法と考えられる。高設栽培における一般的な栽植方法は、イチゴが 2 列に植わった

2010 年 7 月 16 日 受付. 2011 年 6 月 2 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: iwasakiy@affrc.go.jp

本研究は平成 18 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「冷蔵苗のモジュール化によるイチゴの高密度植移動栽培システム（課題番号 18062）」の一環として行われた。

^a 現在：農研機構野菜茶業研究所 470-2351 愛知県知多郡武豊町

^b 現在：宮城県亘理農業改良普及センター

^c 現在：千葉県海匝農林振興センター

栽培ベッドと通路を交互に配置するもので（以下、1条ベンチ式と呼ぶ）、この場合の栽植株数は7.0～8.0株・m⁻²程度である（馬場ら, 2002; 重松ら, 1998; 玉置・角田, 2003; 吉田, 1998）。こうしたなか、栽植株数を増加させるために多くとられている手法は、単位面積当たりに設置する栽培ベッド数を増加させることである（漆山, 2008）。具体的には、栽培ベッド2本ごとに通路を一つとしたり（以下、2条ベンチ式と呼ぶ）、通常は通路のない状態で栽培ベッドを平面的に配置しておき、収穫や管理作業を行う場合にのみ栽培ベッドを水平あるいは上下に移動させて、施設床面積に占める通路の割合を小さくしている。

著者らは、単位面積当たりの収量の増加と作業の省力化を同時に実現できる栽培方式として、鉢物の栽培で利用されている栽培ベッドを平面的に縦横2方向に移動させる移動栽培装置（安藤, 1990）に着目した。この方式では、作業用の通路が不要となるので、単位面積当たりの栽培ベッドの本数を大幅に増加させることができる。さらに、栽培ベッドが移動するため、収穫や管理作業を一定の場所で行うことができるとともに、作業者の移動、収穫果実や残渣の運搬が不要となることから、省力化が期待できる。

しかし、移動栽培装置を利用して高密度植栽培を行うためにはいくつか課題がある。一つは栽培ベッドが移動するため、高設栽培で養水分の供給に一般的に利用されている固定配管に接続された灌水チューブを用いることができないという点である。これに対して著者らは、丸山ら（1997）の報告を参考にして、固定配管が不要となる底面給液による養水分供給方法を以前より検討してきた。しかし、イチゴの生育、収量は、灌水チューブを利用した場合より大きく劣った。底面給液では培地内の培養液濃度が上昇しやすい（八木, 1992）ことが知られている。イチゴは高濃度の培養液によって根が障害を受けやすいとされており（宇田川, 2002）、養水分吸収が抑制されて生育、収量が劣ったと考えられるので、培地内の培養液濃度の上昇を抑制する改良が必要となっている。

また、移動栽培装置を利用した高密度植栽培では、栽培ベッドの間隔が狭いほど栽植株数は増加するが、間隔が狭すぎると受光量が減少したり、移動中にイチゴの株同士が接触して損傷する恐れがあるので、適切な栽培ベッド間隔の策定が重要である。

以上のように本研究では、平面的に縦横2方向に栽培ベッドを移動させる移動栽培装置を用いたイチゴ高密度植栽培の確立を目指して、実験1では、養水分供給方法を検討し、実験2では、栽培ベッドの間隔を検討した。さらに実験3では、一般的な高設栽培に対する移動栽培装置を用いた高密度植栽培の有用性を明らかにするため、実験1および実験2で得られた結果に基づいて、実験用の移動栽培装置を試作して栽培試験を行い、イチゴの生育および収量を1条ベンチ式高設栽培システムと比較検討した。

材料および方法

1. 移動栽培装置を利用した高密度植栽培に適した給液方法の検討（実験1）

1) 栽培装置の概要

実験は、宮城県農業・園芸総合研究所内のハウス内で行った。第1図(a)に、実験に用いた栽培ベッドの模式図を示す。栽培ベッド1本の長さは4m、幅は0.2mとし、通路幅を0.8mとして合計8本の栽培ベッドを設置した。この場合、プランタの中央から隣接するプランタの中央までの距離は1.0mである。鉄製パイプで架台を製作し、その上にC鋼製樋（リス興業）を取り付け、ヤシ殻繊維を充填した市販イチゴ高設栽培システム用のプランタ（長さ1.0m×高さ0.3m×幅最上部0.2m、最下部0.03m、イチゴステーション用、誠和）を1架台当たり4個固定して栽培ベッドとした。

笠原ら（2007）および加納ら（2008）の報告を参考にして、栽培ベッドの片側にイチゴの株を寄せて、株間を0.125m（プランタ当たり8株、株当たり培地容積は1.25L）として1列に定植した。

2) 試験区の設定

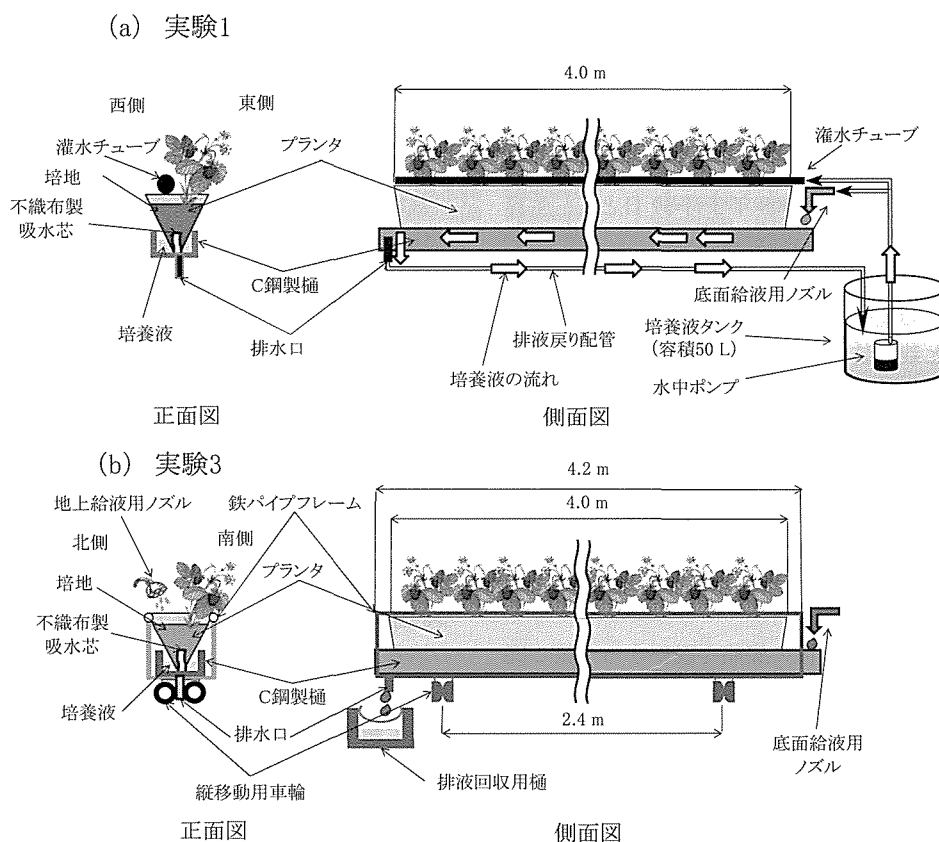
養水分の供給方法として、底面給液区、地上給液区および底面+地上給液区の3区を設定した。底面給液区は、樋の中に培養液を貯留してプランタ底面から吸水させた。地上給液区は高設栽培の一般的な養水分供給方法として、灌水チューブ（ストリームライン80、ネタフィム）で給液を行った。底面+地上給液区は、培地内の培養液濃度の上昇を防ぐことを目的として、底面給液に地上からの給液を組み合わせた。試験規模は、プランタ2個（16株）を反復の1単位とし、1処理区当たり2架台を供試して、4反復（1架台当たり2反復×2架台）とした。

3) 品種および育苗方法

イチゴ品種‘とちおとめ’を供試し、2007年7月20日に採苗し、35穴セルトレイに仮植して、遮光下で30～120分ごとに2分間のミスト噴霧を行いながら発根させた。発根後は、電気伝導度（EC）を0.6 dS・m⁻¹に調整した培養液（大塚A処方、大塚化学）を1日当たり1ないし2回給液しながら育苗し、9月12日に栽培ベッドに定植した。

4) 定植後の管理

底面給液区は、樋の排水口の手前に高さ0.02mの堰を取り付け、常時樋の中に深さ0.01～0.02mの培養液が貯留され、プランタ下部が培養液に浸っている状態を保った。さらに、プランタ下部から樋の中に不織布製吸水芯を垂らし、樋の中の培養液を吸水できるようにした。底面給液区では、1日5回、1回当たり約30Lの培養液を樋の中に流し込み、樋の中に貯留されている培養液が入れ替わるようにした。地上給液区の培養液管理は、一般的な高設栽培に準じて、1日3～5回、1回当たり80mL/株を灌水チューブから給液した。底面+地上給液区では、底面給液区と同



第1図 実験に用いた栽培ベッドの模式図
(a) 実験1, (b) 実験3

じ給液設定に加えて、朝8時に80 mL/株の培養液を灌水チューブから供給した。培養液タンク（容積50 L）を栽培ベッドごとに設置し、タンク内のポンプを用いて、灌水チューブまたは樋を通して、濃度を $EC\ 0.9\ dS \cdot m^{-1}$ に調整した培養液（大塚A処方）をイチゴの株に供給した。樋の排水口にはプラスチック製ホースで戻り用の配管を取り付け、余剰培養液を培養液タンクに戻して再利用した。

定植～9月30日までは、ハウス側面は開放状態とした。10月1日以降はハウス内気温 $25^{\circ}C$ を目安として、天窓およびハウス側面を開閉して気温を調節した。最低気温が $9^{\circ}C$ 以下とならないよう、温風暖房機で加温した。草勢を維持するために、2007年11月5日～2008年2月28日に草高をみながら1日当たり1～2時間、白熱電球を用いた電照による日長延長処理を行った。また、電照と同じ期間にハウス内の炭酸ガス濃度が800～1,000 ppmとなるよう、に炭酸ガス施用を行った。

5) 調査項目および方法

1週間に1度、タンク内の培養液を更新した。その際、タンク内に残った培養液量を測定し、吸水量を求めた。

赤熟した果実を週3回収穫し、個数と重量を調査した。7 g以上の正形果と9 g以上の奇形果の合計を商品果とした。収穫期間は2007年12月29日～2008年3月31日とした。また、2008年1月13日に、草高と最大葉の葉柄長、葉身

長および葉幅長を測定した。栽培終了時の3月31日に、栽培ベッドの中央部分から、地表面～0.05 mまでおよび0.10～0.15 mの深さに分けて培地を採取し、六本木・加藤(2000)の方法に従って、体積比で2倍量の蒸留水を加えて振とうし、濾過液のECを測定した。

2. 移動栽培装置を利用した高密度栽培に適した栽植株数（栽培ベッドの間隔）の検討（実験2）

1) 試験区の設定

実験1の地上給液区と同様な栽培ベッドを用い、栽培ベッドの間隔を、プランタの中央～中央までの距離で0.40、0.50および0.60 mとした3処理区を設定した（以下、0.40 m区、0.50 m区および0.60 m区とした）。株間は0.125 mであることから、栽植株数（ $= 1.0\ m^2 / (株間\ m \times 畝間\ m)$ ）は0.40 m区、0.50 m区、0.60 m区の順に、20.0、16.0、13.3株 $\cdot m^{-2}$ である。

試験規模はプランタ2個（16株）を反復の1単位として、1処理区3反復とした。

2) 品種および栽培管理

イチゴ品種‘もういっこ’を供試し、実験1と同様な方法で、2007年7月20日に未発根苗を採苗、育苗して、9月20日に栽培ベッドに実験1と同様に定植した。本実験では、果実への日当たりを考慮して架台を東西方向に設置し、プランタの南側に寄せて定植した。

培養液の供給は、実験1の地上給液区の場合と同様に灌

水チューブを用いて行い、プランタから排出された余剰培養液は、ハウス外に排出した。また、温度管理、炭酸ガス施用および日長延長処理も実験1と同様に行った。

3) 調査項目

収量調査および生育調査を実験1と同様に行った。収穫期間は、2007年12月25日～2008年3月31日とし、生育調査は2008年2月13日に行った。

3. 移動栽培装置を利用した高密度栽培と慣行高設栽培の生育、果実収量の比較（実験3）

1) 試験区の設定と栽培装置の概要

宮城県農業・園芸総合研究所内にある南北棟のハウス（間口12.0 m×奥行き14.0 m）内に、南北方向に10.8 m、東西方向に9.6 m（以下、南北方向を縦、東西方向を横とする）の規模で移動栽培装置を設置して移動栽培区とした。また、同一敷地内にある間口7.2 m×奥行き18.0 mの南北棟のハウス内に1条ベンチ式高設養液栽培システムを設置して、慣行高設栽培区とした。

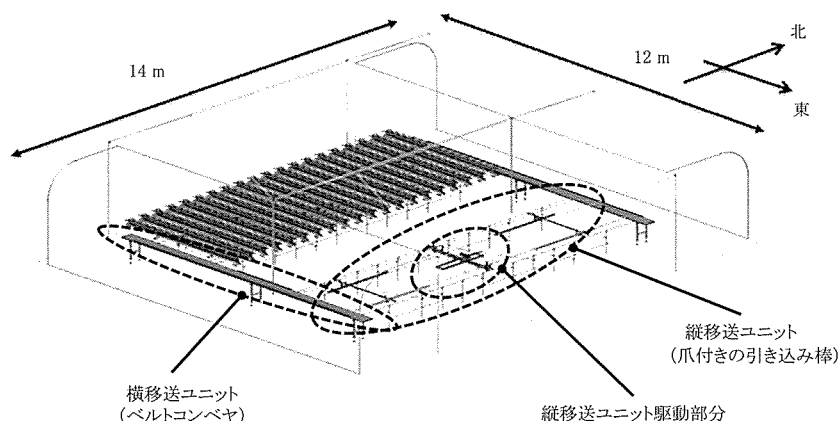
まず、移動栽培区の栽培装置の概略を説明する。第2図に試作した高密度移動栽培装置の模式図を示す（Saitoh ら, 2010）。実験2の結果に基づいて、栽培ベッドの間隔は0.50 mとした。移動栽培装置には、栽培ベッドを42台積載した。

横方向の移送は、ベルトコンベヤを用いた横移送ユニットで行った。縦方向の移送は、レールを2本平行に配置し、栽培ベッドの下部に取り付けた車輪をこの上に乗せ、フックのついた引き込み棒をスライドさせて移動させる縦移送ユニットで行った（第3図）。

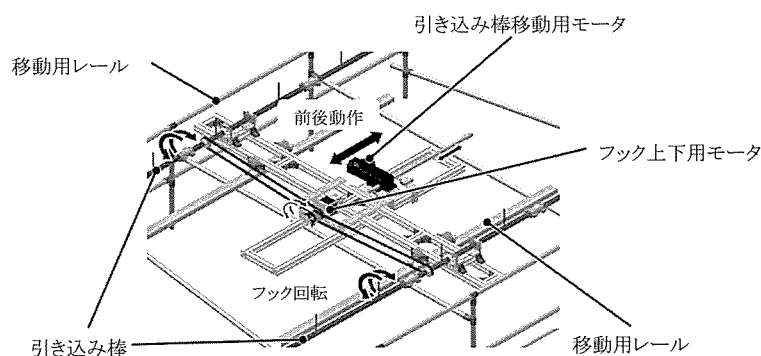
栽培ベッドの移動動作を第4図に示す（Saitoh ら, 2010）。栽培ベッドが停止している状態から、作業者が操作ボタンを押すと、横移送ユニット端（初期位置とする）に停止していた栽培ベッドが縦移送ユニット上に移動すると同時に、横移送ユニットの手前に停止していた栽培ベッドが横移送ユニットに乗り移り、続いて横移送ユニットによって初期位置まで運搬され、停止状態となる。この動作を繰り返すことによって、栽培ベッドは循環移動する。

栽培ベッドの構造を第1図（b）に示す。鉄製パイプでフレームを組み、C鋼製樋と車輪をフレームに取り付けた。フレームに実験1と同じプランタを1ベッド当たり4個ずつ設置し、栽培ベッドとした。

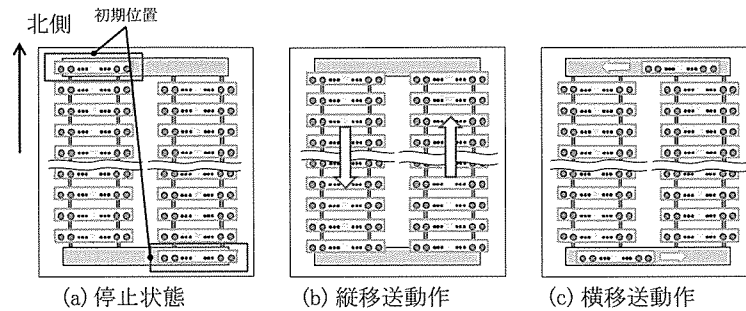
培養液の供給は、実験1の結果に基づいて、横移送用のコンベヤに乗って移動する際にシャワーノズルによって行う地上給液と、栽培ベッドが停止している状態で、樋に貯留した培養液をプランタ下部から吸水させる底面給液を組



第2図 試作したイチゴ高密度移動栽培装置の模式図（Saitoh ら, 2010）
東側半分は栽培ベッドを搭載していない状況を示す



第3図 イチゴ高密度移動栽培装置の縦移送ユニット駆動部分の模式図（Saitoh ら, 2010）
引き込み棒はモータによって回転しフックの起立／倒伏動作を行う
起立／倒伏に続いてスライド動作を行うことにより、栽培ベッドを縦方向に移動させる



第4図 イチゴ高密度植移動栽培装置の栽培ベッドの移動動作の模式図 (Saitoh ら, 2010)

- (a) 停止状態：横移送ユニットの東端（南側）および西端（北側）にそれぞれ1台の栽培ベッドがあり（この位置を初期位置と呼ぶ）、縦移送ユニット、横移送ユニットが停止している状態
- (b) 縦移送動作：作業者がサイクル移動開始の操作ボタンを押すと縦移送が始まり、初期位置にある栽培ベッドは、縦移送ユニット上に引き込まれて乗り移る
この時、縦移送ユニット上の栽培ベッドは、1台分ずつ押し込まれ、反対側の横移送ユニットの手前にある栽培ベッド1台は横移送ユニット上に移動する
- (c) 横移送動作：横移送ユニットは縦移送ユニットから移動してきた栽培ベッドをユニットの反対側の端の初期位置まで搬送する
これら一連の動作によって栽培ベッドは循環移動する

み合わせて行う方式とした。地上給液の1回当たりの給液量は、シャワーノズルからの培養液吐出量、水圧および栽培ベッド移動速度を考慮して100 mL/株とし、給液は毎朝8時に行った。底面給液は、実験1の底面給液区と同様な方法で行った。樋中への培養液供給は、移動栽培装置の外枠に樋と同じ高さに給液用ノズルを取り付け、樋の一端から毎日10時と14時に、1回当たり20分間（約30 L）培養液を注ぎ込んで行った。樋の排水口から排出された培養液は、排液回収用の樋を通して培養液タンク（容積500 L）に回収し、再利用した。培養液はタンクミックスF（大塚化学）を用いて、タンク内のECが0.8 dS・m⁻¹となるように、1週間に一度調整した。

移動栽培区は、株間0.125 mとしてプランタの南側に寄せて1列に定植した。1つの栽培ベッド（1栽培ベッドには4プランタ、32株定植）を反復の1単位として、1品種当たり3栽培ベッドを供試し、3反復とした。

慣行高設栽培区には、ヤシ殻繊維を培地とする高設養液栽培システム（宮城型養液栽培システム、全農みやぎ）を設置した。養水分供給は、実験2と同様の方法で行った。慣行高設栽培区は畝間（栽培ベッドの中心～隣の栽培ベッドの中心までの距離）1.30 m、株間0.20 mとして定植し、20株を反復の1単位として、1品種当たり3反復とした。

実際の生産現場における移動栽培装置1台の規模は、栽培ベッド1循環に要する時間、モータやパイプの能力、強度、コストを考慮して、50.8 m×8.4 m（縦移送ユニットの長さは50 m、横移送ユニットの長さ8.4 m、横移送ユニットの幅0.4 m）と想定した。この場合、搭載できるベッド数は202台で、イチゴの株数は6,464株となるので、栽植株数は15.1株・m⁻²（=6,464株/（50.8 m×8.4 m））となる。慣行高設栽培区の栽植株数は7.7株・m⁻²（=1.0 m²/（0.2 m×1.3 m）×2列）である。従って、移動栽培区と慣行

高設栽培区の栽植株数の比は1.96（=15.1/7.7）である。

2) 品種および育苗方法

イチゴ品種‘章姫’、‘とちおとめ’および‘もういっご’を供試し、2008年7月2日に未発根苗を採苗し、実験1と同様に育苗した。8月29日から夜冷短日処理（13°C、8時間日長）による花芽分化促進処理を行い、9月12日に移動栽培区および慣行高設栽培区に定植した。

3) 定植後の管理および調査項目

温度管理、炭酸ガス施用および日長延長処理、収量調査および生育調査は実験1と同様に行った。収穫期間は、2008年12月2日～2009年5月31日とした。生育調査は、2009年1月13日に行った。3および4月に週に一度、大きさと着色程度がほぼ同じ果実を品種ごとに5果ずつ採取し、可溶性固形物含有率と滴定酸度を測定した。可溶性固形物含有率は糖度計（PR-100、アタゴ）で測定し、滴定酸度はクエン酸換算値として、いずれも調査期間中の平均値として示した。

結 果

1. 移動栽培装置を利用した高密度植栽培に適した給液方法の検討（実験1）

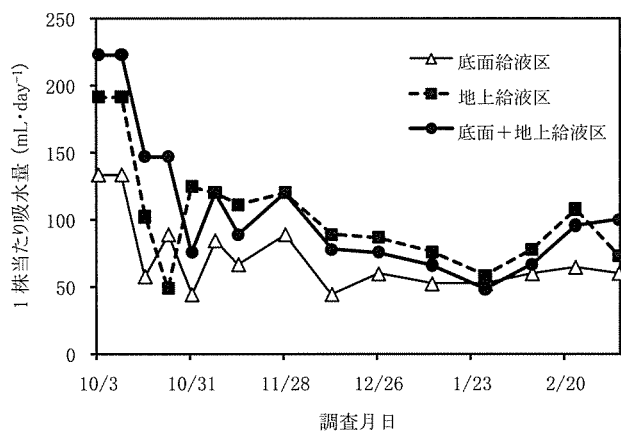
給液方法が生育および果実収量に及ぼす影響を第1表に示す。底面給液区は、他の処理区と比べて草高が低く、葉柄長が短くなり、草勢が劣った。地上給液区と底面+地上給液区は草高、葉の大きさともに差がみられなかった。商品果収量、総収量ともに、底面給液区は他の2処理区よりも個数が少なく、重量が低かった。一方、地上給液区と底面+地上給液区では、商品果収量、総収量ともに有意な差はみられなかった。底面給液区は、商品果の平均1果重が小さかった。第5図にイチゴ1株当たりの吸水量の推移を示す。いずれの区においても吸水量は10月上旬～下旬にか

第1表 給液方法がイチゴ‘とちおとめ’の草高、最大葉の大きさおよび果実収量に及ぼす影響

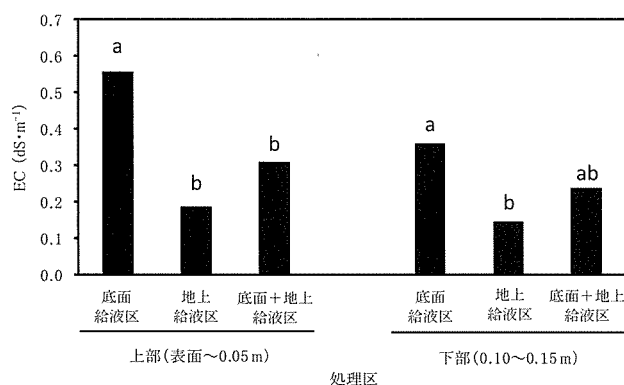
給液方法	草高 (cm)	最大葉			商品果収量 ^γ			総収量 ^γ	
		葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	葉幅長 (cm)	個数 (個/株)	重量 (g/株)	平均1果重 (g/個)	個数 (個/株)	重量 (g/株)
底面給液区	11.4 b ^z	6.0 b	5.6 b	4.9 a	13.0 b	157.6 b	12.2 b	18.1 b	185.5 b
地上給液区	17.4 a	8.9 a	6.5 ab	5.3 a	22.2 a	310.9 a	14.0 a	32.3 a	355.5 a
底面+地上給液区	16.6 a	10.3 a	7.5 a	5.1 a	21.3 a	324.0 a	15.2 a	28.6 a	357.7 a

^z 同一行の異なるアルファベットは Tukey の多重検定で 5% 水準で有意差があることを示す

^γ 商品果収量：7 g 以上の正形果と 9 g 以上の奇形果，総収量はくず果を含めた全収量とした



第5図 給液方法がイチゴの1株当たり吸水量に及ぼす影響



第6図 給液方法が培地内 EC に及ぼす影響

同じ採取部位内の異なるアルファベットは危険率5%で有意差があることを示す (n=4)

けて低下し、12月以降は変化が少なくなった。底面給液区の吸水量が少なく、地上給液区が多くなる傾向で推移した。第6図に栽培終了時の培地内 EC を、採取した深さ別に示す。EC 値は地表～0.05 m 部、0.10～0.15 m 部ともに底面給液区が高く、それぞれ 0.55、0.36 dS・m⁻¹ となったことから、培地内に肥料成分の蓄積が認められた。

2. 移動栽培装置を利用した高密度植栽培に適した栽植株数（栽培ベッドの間隔）の検討（実験2）

栽培ベッドの間隔を変えた処理区を設定して栽培実験を行った結果、草高は 30.2～31.6 cm で処理区間に有意な差はなく、最大葉の葉柄長、葉身長および葉幅長にも有意な差はみられなかった（データ略）。栽培ベッドの間隔が果実収量に及ぼす影響を第2表に示す。株当たり商品果収量および総収量は個数、重量ともに 0.50 m 区と 0.60 m 区には有意な差がなかったが、0.40 m 区は他の2区よりも個数が少なく、重量が低かった。0.40 m 区では、商品果の平均1果重が小さかった。また、1.0 m² 当たりの商品果重量は 0.40 m 区と 0.50 m 区が同等となり、0.60 m 区が低くなった。

3. 移動栽培装置を利用した高密度植栽培と慣行高設栽培の生育、果実収量の比較（実験3）

第3表に、移動栽培区と慣行高設栽培区の生育状況および果実収量を品種別に示す。草高は3品種とも、慣行高設栽培区が高かった。最大葉の葉柄長、葉身長、葉幅長は、‘章姫’と‘もういっこ’では慣行高設栽培区が大きかったが、‘とちおとめ’では有意な差がなかった。

‘章姫’では、商品果収量の個数に違いはみられなかったが、重量は慣行高設栽培区が高かった。これは、平均1果

第2表 栽培ベッドの間隔がイチゴ‘もういっこ’の果実収量に及ぼす影響

試験区	商品果収量 ^x				総収量 ^x	
	個数 (個/株)	重量 (g/株)	重量 (kg・m ⁻²)	平均1果重 (g/個)	個数 (個/株)	重量 (g/株)
40 cm 区 ^y	22.3 b ^z	257.6 b	5.00 a	11.2 b	33.2 b	313.4 b
50 cm 区	26.2 a	323.4 a	5.18 a	12.4 a	38.1 a	389.2 a
60 cm 区	25.5 a	317.3 a	4.23 b	12.5 a	36.4 a	377.4 a

^z 同一行の異なるアルファベットは Tukey の多重検定で 5% 水準で有意差があることを示す

^y 栽培ベッドの中心から隣接する栽培ベッドの中心までの距離

^x 商品果収量：7 g 以上の正形果と 9 g 以上の奇形果，総収量はくず果を含めた全収量とした

第3表 栽培システムの違いがイチゴの草高、葉の大きさ、果実収量、果実品質に及ぼす影響

品種	栽培方法	草高 (cm)	最大葉				1株当たり商品果収量 ^γ			可溶性固形 物含有率 (Brix%)	滴定酸度 (%)
			葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	葉幅長 (cm)	個数 (個／株)	重量 (g／株)	平均1果重 (g／個)			
章姫	移動栽培	16.9	11.4	7.0	4.8	49.0	544.3	11.1	8.8	0.5	
	慣行高設栽培	25.1	14.8	8.2	5.7	47.2	708.6	15.0	9.0	0.6	
	t検定	** ^z	*	*	*	ns	**	**	ns	ns	
もういっこ	移動栽培	16.4	10.8	6.5	4.7	43.8	549.5	12.5	10.2	0.7	
	慣行高設栽培	25.8	17.1	8.6	5.6	42.8	543.4	12.7	9.8	0.7	
	t検定	**	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	
とちおとめ	移動栽培	15.3	9.5	7.4	5.4	39.3	423.9	10.8	10.3	0.8	
	慣行高設栽培	19.4	11.8	6.6	4.7	39.0	456.5	11.7	9.8	0.7	
	t検定	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

^z **は1%で, *は5%で有意差あり, nsは有意差なしを示す^γ 商品果収量: 7 g 以上の正形果と 9 g 以上の奇形果

重が高いことによるものであった。一方, ‘もういっこ’ と ‘とちおとめ’ では, 商品果収量は個数, 重量ともに有意な差がなかった。果実品質は, いずれの品種についても, 移動栽培区と慣行高設栽培区で差がみられなかった。

考 察

実験1では, 移動栽培装置に適する養水分供給方法を検討した。底面給液に1日1回の地上給液を組み合わせることによって, 灌水チューブを利用した慣行の給液方法を用いた場合と, 同等の果実収量が得られることが示された。底面給液では培地上部に肥料成分が蓄積しやすいことが報告されており(八木, 1992), 本実験においても底面給液区では, 培地内のECが高くなり肥料成分の蓄積が認められた。イチゴは高濃度の培養液によって根が障害を受けやすい(宇田川, 2002)ことから, 底面給液区で果実収量が低くなった理由は, 培地内のECが高くなったことで根が障害を受け, 吸水量が減少したためと考えられる。一方, 底面給液に地上給液を併用することによって, 培地内ECの上昇が抑えられ, その結果として, 果実収量が地上給液区と同等となったと考えられた。

移動栽培装置で地上給液を行う場合には, 当初より横移送ユニットで移送中にシャワーノズルによって行うことを想定しているが, 養水分供給を地上給液のみで行うには, 1日3~5回, 給液のために栽培ベッドを循環移動させる必要がある。頻繁な装置移動による機械的な消耗を避けたり, 移動機構の突然の故障時にも給液ができるようにするために, 本実験では地上からの給液は1日1回程度の補助的な方法として試行した。実験1の結果を受けて, 移動栽培装置を利用した高密植栽培の養水分供給方法は, 底面給液を主体として1日1回の地上給液を補助的に組み合わせる方式を選定した。

実験2では, 栽培ベッドの間隔について検討した。本実験ではイチゴの株を栽培ベッドの南側に寄せて1列に定植

したため, 花房はすべて栽培ベッドの南側の一方向に伸長する。この場合は, 隣接する栽培ベッドの花房と花房の接触を考慮する必要がないため, 栽培ベッドの間隔を0.40 mまで狭くした処理区を設けた。生育状況については処理区間で差がなかったが, 0.40 m区は0.50および0.60 m区よりも平均1果重が小さくなり, 株当たりの果実収量が少なくなった。その理由は, 葉の相互遮蔽によって株当たりの受光量が減少し, 光合成量が低下して果実肥大が劣ったためと考えられた。Paranjpeら(2008)は, 1条ベンチ式高設栽培において, 畝間0.40 mの場合に果実収量が減少し, 0.45 m以上では影響がみられなかったとしており, 本実験と同様な結果を得ている。

株当たりの商品果収量を面積当たりに換算すると, 0.40 m区と0.50 m区はほぼ同等であった。しかし, 0.40 m区は0.50 m区と比較して, 必要な苗数が多いのでコストや作業時間が多くなり, さらに, 0.40 m区では3月下旬以降に伸長した花房が, 隣の栽培ベッドの株に接触するといった問題も発生した。

以上のことから, 株間0.125 m(プランタ当たり8株定植)の1列定植の場合, 栽培ベッドの間隔は0.50 mとすることがよいと判断した。

実験3では, 実験1と実験2で得られた結果を受けて, 実用的な規模に近い大きさ(10.8 m×9.6 m)で, 移動栽培装置を試作して栽培試験を行った。‘章姫’, ‘もういっこ’ および ‘とちおとめ’ の3品種を供試し, 慣行高設栽培と株当たり果実収量を比較した結果, ‘もういっこ’ と ‘とちおとめ’ では, 移動栽培区は慣行高設栽培区と同等となった。これらの品種では, 本実験の移動栽培システムにおいて, 慣行高設栽培と比べて株当たり商品果収量を減少させることなく, 栽植株数を約2倍に増加できる可能性があると推察された。しかし, ‘章姫’ では移動栽培区で果実肥大が劣ったために, 慣行高設栽培区よりも果実収量が低くなった。このように品種によって異なる結果が得られたこ

とから、今後さらに適性品種の検討を行う必要があると考えられる。

宮城県下に導入された2条ベンチ式高設栽培の栽植株数は、著者らの調査では11.0～12.0株・m⁻²であり、また、上下に栽培ベッドを移動させて作業通路を確保するイチゴステーション（誠和）もほぼ同様な栽植株数である。これらのシステムでは、隣接するベッドの花房どうしの接触を避けるために、畝間（栽培ベッドの間隔）は最低でも70cm以上となっている。そのため、葉の相互遮蔽の影響は少なく、株当たりの受光量や果実収量は1条ベンチ式の場合とほぼ同等と推定される。しかし、これらのシステムの栽植株数は、1条ベンチの1.4～1.7倍にとどまっている。また、2条ベンチ式は1条ベンチ式と比較すると、通路のない側の収穫や管理作業に時間がかかることも生産現場では問題となっている。さらに、栽培ベッドを2段、3段と立体化させることにより、12.0～16.0株・m⁻²の栽植株数を実現している例がある。しかし、この方法では下段の受光量が減少し、株当たりの収量が低下することが問題である（岩崎, 1996）。最近では、シーソー構造（伊藤ら, 2009）や円筒型架台（沖村ら, 2006）など利用して、空間を有効利用し単位面積当たりの栽培ベッド本数を大幅に増加させる試みが報告されているが、これらのシステムにおいても受光量の減少によって株当たり収量の低下が認められている。受光量を低下させることなく、栽植株数を約2倍に増加できることは、本実験における移動栽培装置の大きな特徴であると考えられる。

本実験で得られた株当たり商品果収量（重量）に、栽植株数を乗じて面積当たりの商品果収量を算出すると、移動栽培区、慣行高設栽培区の順に、「章姫」では8.27kg・m⁻²、5.46kg・m⁻²、「もういっこ」は8.35kg・m⁻²、4.18kg・m⁻²、「とちおとめ」は6.44kg・m⁻²、3.52kg・m⁻²となった。このように、平面的に縦横2方向に栽培ベッドを移動させる移動栽培装置を用いた高密度植栽培では、単位面積当たりの収量を慣行高設栽培の約2倍に増加できる可能性が示された。今後導入コストやランニングコストを検討するとともに、収穫や管理作業の省力化について調査を行い、移動栽培装置を利用した高密度植栽培のメリットを明らかにし、生産現場での実用性評価を行うことが重要と考えられる。

実験3では栽培ベッドは東西方向に設置したが、栽培ベッドの方向がイチゴの生育や果実収量、着色に及ぼす影響については未検討であり、今後調査が必要である。

10月中旬から、「とちおとめ」では新葉に黄化症状が発生した。比較的軽度な症状であったが、3月中旬ごろまで継続して発生がみられた。葉の黄化症状は水分過剰によって酸素が欠乏し、根の生育が抑制され養水分の吸収が阻害されることによって生じる場合があると報告されている（宇田川, 2002）。本実験では、培地の下部が常に培養液に浸っている状態であることから、葉の黄化症状の原因は水分過剰のためであると推測される。今後、吸水性、排水性など

培地の物理性を考慮して、より適切な培地の選定が必要と思われる。

摘 要

平面的に縦横2方向に栽培ベッドを移動させる移動栽培装置を利用したイチゴの高密度植栽培の確立を目指して、3つの実験を行った。実験1では養水分供給方法を検討し、底面給液に補助的に地上給液を組み合わせることによって、地上給液と同等の果実収量が得られることを明らかにした。実験2では、栽培ベッドの間隔を検討し、0.50mが適することを明らかにした。実験1および2の結果を反映して、縦10.8m×横9.6mの規模で移動栽培装置を試作し、「章姫」、「もういっこ」および「とちおとめ」の3品種を試して、2008年9月～2009年5月まで栽培を行い、慣行高設栽培で栽培した場合と果実収量を比較した結果、「もういっこ」と「とちおとめ」は、移動栽培と慣行高設栽培で差がなかった。これらの結果から、平面的に縦横2方向に栽培ベッドを移動させる移動栽培装置を用いたイチゴ高密度植栽培では、栽植株数を慣行高設栽培の約2倍に高めて、単位面積当たりの果実収量を約2倍とできる可能性が示された。

引用文献

- 安藤敏夫. 1990. 花卉・苗木生産と流通の機械化. 農業機械学会誌. 52: 128-131.
- 馬場富士夫・竹内 隆・中根 健・鈴木則夫. 2002. イチゴ「紅ほっぺ」の高設栽培における栽培特性と適応性. 静岡農試研報. 47: 15-23.
- 伊藤栄治・坂本隆行・日高功太・北野雅治・宮内樹代史・安武大輔・今井俊治. 2009. イチゴ「2段吊り上げシーソーシステム」における果実収量. 日本生物環境工学会2009年福岡大会講演要旨. p. 162-163.
- 岩崎泰永. 1996. イチゴのロックウール促成栽培での基本管理技術と立体栽培. 平成7年度 東北農業成果情報. p. 183-184.
- 加納賢三・斎藤 章・笠原健作. 2008. イチゴの促成栽培における栽植密度が収量および果実品質に及ぼす影響. 日本生物環境調節学会2008年度大会講演要旨. p. 318-319.
- 笠原健作・加納賢三・黄 信成・斎藤 章. 2007. イチゴ栽培における定植方法と株間が収量および果実品質に及ぼす影響. 園学研. 6 (別2): 238.
- 丸山 進・山口秀和・木下義明. 1997. 毛管水耕栽培の改良に関する研究 (第2報) 底流循環型毛管水耕によるメロンとイチゴの年間作付体系. 園学雑. 66 (別2): 368-369.
- 農林水産省統計情報局. 2010. 野菜生産出荷統計品目別 (季節区分別) 作付面積, 収穫量及び出荷量累年統計 いちご. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_yasai/

- 沖村 誠・曾根一純・北谷恵美・山下正隆. 2006. イチゴの少量培地を用いた立体式超他植栽培. 園学雑. 75 (別1): 343.
- Paranjpe, A. V., D. J. Cantliffe, P. J. Stoffella, E. M. Lamb and C. A. Powell. 2008. Relationship of plant density to fruit yield of 'Sweet Charlie' strawberry grown in a pine bark soilless medium in a high-roof passively ventilated greenhouse. *Sci. Hortic.* 115: 117–123.
- 六本木和夫・加藤俊博. 2000. 野菜・花きの養液土耕. p. 127–134. 農文協. 東京.
- Saitoh, S., S. Hayashi, S. Yamamoto, H. Yoshida, Y. Iwasaki, N. Takahashi, T. Nagoya and K. Kano. 2010. Development of a movable bench system for strawberries. *Proceedings of the 5th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB) (CD-ROM)* P-37.
- 重松 武・岡野剛健・木山浩二. 1998. イチゴ高設栽培システムの開発 第1報 システムの構造と収量および品質. 九州農業研究. 60: 161.
- 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.
- 宇田川雄二. 2002. イチゴ養液栽培における管理の現状と問題点. ハイドロポニックス. 15: 82–86.
- 漆山喜信. 2008. イチゴの反収増加を目指した取り組み「高密度移動栽培システムへの挑戦」. ハイドロポニックス. 22: 40–41.
- 八木和弘. 1992. 底面ひも給水での施肥. 農業技術体系花卉編 第2巻 土・施肥・水管理. p. 365–371. 農文教. 東京.
- 吉田裕一. 1998. 香川型イチゴピート栽培システム 'らくちゃん'. イチゴ. 1998. 最近の研究・技術と世界の動き. 1998年度イチゴセミナー紀要とその他. 7: 12–17.