

クリプトモスを用いた 環境にやさしい いちごの養液栽培技術



栃木県農業試験場

〒320-0002 宇都宮市瓦谷町1080
TEL 028(665)1241
FAX 028(665)1759
e-mail nougyou-s@pref.tochigi.jp

栃木分場(いちご研究室)

〒328-0007 栃木市大塚町2920
TEL 0282(27)2711
FAX 0282(27)8462
e-mail nougyou-st@pref.tochigi.jp

発刊にあたって

最近の農業を取り巻く情勢は、担い手の減少や高齢化、農地の減少、消費者の安全・安心に対する意識の高まり、WTO体制下での農産物貿易の国際化等が進展しており、大きな変革の時を迎えている。これに対して、21世紀を展望した新しい「食料・農業・農村基本法」が制定され、新しい時代の要請に的確に対応していくことが求められている。

このような状況のなか、本県農業の持続的発展を図るため、農業・農村振興の基本方針と具体的施策を示した「首都圏農業推進計画21」が策定された。これを受けて試験研究においても、基本目標や研究戦略・研究推進方策について具体的に示した「栃木県農業試験研究推進計画21」を策定した。消費者ニーズに応えた新品種の開発や高品質・高付加価値化技術をはじめ、担い手が希望を持って取り組める快適で生産性の高い技術や、環境に配慮し循環型社会の構築に貢献できる技術革新を柱に、効果的・効率的に試験研究を推進するための方策を明らかにした。

本新技術シリーズは、栃木県農業試験場において創出された新品種・新技術等のなかでも特に顕著な成果について、その成果を関係者へ速やかに普及・技術移転するために刊行するものである。今回刊行する「クリプトモスを用いた環境にやさしいいちごの養液栽培技術」は本県特産の杉の未利用樹皮を活用するとともに、低コストで排出液を全く出さないという画期的な技術革新を達成したシステムを基幹としている。いちご研究室では平成7年より「快適で、生産性が高く、比較的安価ないちごの養液栽培システムの開発」をテーマに、いちごの養液栽培に関する総合的な開発研究に取り組んできた。平成12年度には10a当たり8tの収量を記録し、ほぼ、所期の目標を達成することができた。その近年の成果を普及指導の指針として利用していただけるように取りまとめたのが本冊子である。研究開発は現場への普及と同時進行で進められ、システムの構築や管理マニュアルの策定に当たっては試験研究と現場のスムーズな情報のフィードバックが活かされている。しかし、まだ、技術的に確立すべき課題もあるが、現場に積極的に提起し、普及していくなかでさらに情報交換を行いながら解決を図っていくことが重要と考えている。この冊子が普及、行政、農業団体の関係者並びに農業士等多くの皆様に広く利用され、担い手が希望を持って取り組むことができ、生産者の経営安定と産地基盤の強化につながることを期待する。

平成14年3月

栃木県農業試験場長

庄司 健二郎

目 次

第1章 クリプトモスを用いた環境にやさしい養液栽培システム

1. 開発のねらい	1
2. システムの特徴	1
1) 育苗システム	1
2) 本ばシステム	2
3) ベンチ構造と給液装置	3
4) 培地の特性	4
(1) 物理性	4
(2) 化学性	5

第2章 栽培技術

1. 育苗技術	7
1) 親株管理	7
2) 育苗管理	8
3) 生育障害対策	9
2. 本ば栽培技術	10
1) 定植までの管理	10
(1) 培地の管理	10
(2) 原水と培養液濃度の確認	10
(3) 培養液原液の作成	10
(4) 給液濃度と給液量の確認	11
(5) 定植と培養液の給液	11
2) 定植後の管理	11
(1) 栽植密度	11
(2) 給液管理	13
(3) 培地の加温	15
(4) 増収・品質向上技術	15
(5) 収穫後の管理法	15
(6) 養液栽培における留意点	18
3) 作型	18
4) 品種適応性	19

第3章 経営上の評価

1. 作業効率	20
2. 資材コスト	21
3. 経営的評価	22
4. 環境負荷の低減効果	22

第1章 クリプトモスを用いた環境にやさしい養液栽培システム

1. 開発のねらい

近年、栃木県のいちご栽培はとちおとめの導入による経営の安定や新規就農者の増加等、明るいニュースが多いが、全国的には、生産者の高齢化や後継者等の担い手不足は一層進行し、栽培面積も最盛期には遙かに及ばない。この原因の一つは、いちご栽培が中腰や低姿勢でのつらい作業が多く、10a当たりの総労働時間が2,000時間以上にも及ぶ極端な労働集約型農業であることにあるが、この問題に関して様々な省力・軽作業化が図られてきている。そのなかでも、高設ベンチによるいちごの養液栽培は作業姿勢の改善、労働強度の軽減、土づくり等の省力化等の面から、いちご栽培関係者の中で非常に関心が高く、いちご栽培の将来を左右するキーテクノロジーの一つと考えられる。

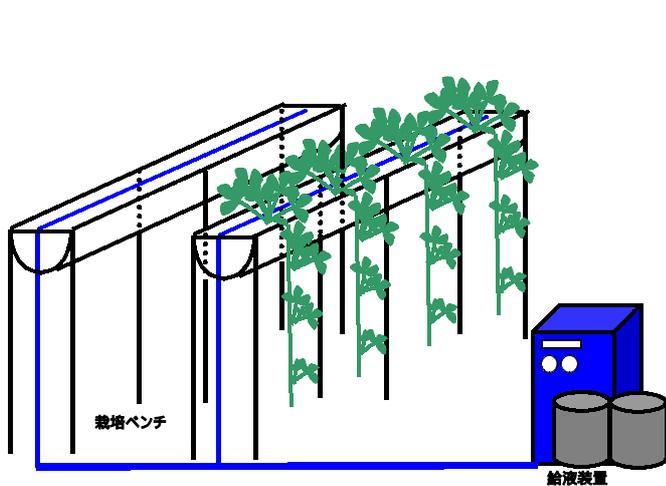
本県のいちご養液栽培は、1990年代後半からロックウール栽培が主に導入され、その面積は約2.6haとなっている。しかし、ロックウール栽培では、使用後の培地の廃棄処分問題があり、農地還元等の再利用が可能な有機質培地を利用した養液栽培のシステム化が望まれていた。そこで、平成7年度よりクリプトモスという杉皮粉碎バークを主体とする未成型の有機質培地を用いた養液栽培の開発に取り組み、はじめに、培養液をかけ流す「開放型システム」を開発した。本システムは平成10年度から本県の養液栽培システムとして現地へ導入されており（約1.2ha）、空中採苗のシステムとしても現地で普及しつつある。また、近年、地下水中の硝酸性窒素が環境基準に取り入れられる等、養液栽培においては環境汚染の観点から排出液の処理が問題となっており、排出液を出さない閉鎖型のシステム開発が望まれている。閉鎖型のシステムは、現在、循環式のシステムが主流となっているが、培養液の成分バランスが変化しやすいこと、それを自動補正するようにするとシステムが高価格になること、あるいは病気が出ると全体が汚染されてしまうこと、等が問題点として指摘されている。このようなことから、平成10年度には循環によらず毛管給液によって余剰液を再利用するシンプルで低コストな排出液を出さない「閉鎖型システム」を開発し、本県生産性でも「開放型」に比べ優れることから、現在、普及が進んでいる（約3.5ha）。

2. システムの特徴

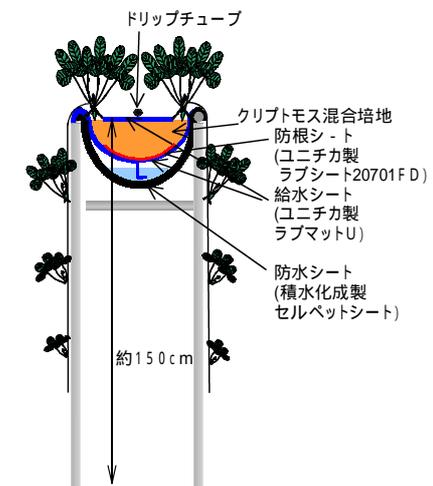
1) 育苗システム

空中採苗は土壌から完全に隔離することにより病害回避効果が高く、天候に左右されずに親株床の管理が行え、親株床面積も削減でき、また高設化により作業環境の改善が可能となる。本方式による空中採苗システムは第1図に示すように栽培ベットにクリプトモス+パーライトの混合培地とそれを支持するシート類、ベンチは直管パイプ等を用い、コントローラーでかん水を制御する給液装置、かん水チューブからなる。本システムの最大の特徴は第2図に示すようにドリップチューブによる給液の他に給水シートによる貯留槽からの毛管給液を併用するため、排出液を一切出さず環境にやさしい点である。また貯留槽の水量を目安に容易にかん水量が判断できるうえ、培地内水分が常に均一に保たれるため

生育が安定する。ベンチの高さはランナーを伸長させる分必要になるが、150cm程度が作業性の点ではよい。給液装置は2タンク式の液肥混入型を用いるのが一般的であるがコストが高い。1タンク式など安価な給液装置もある。



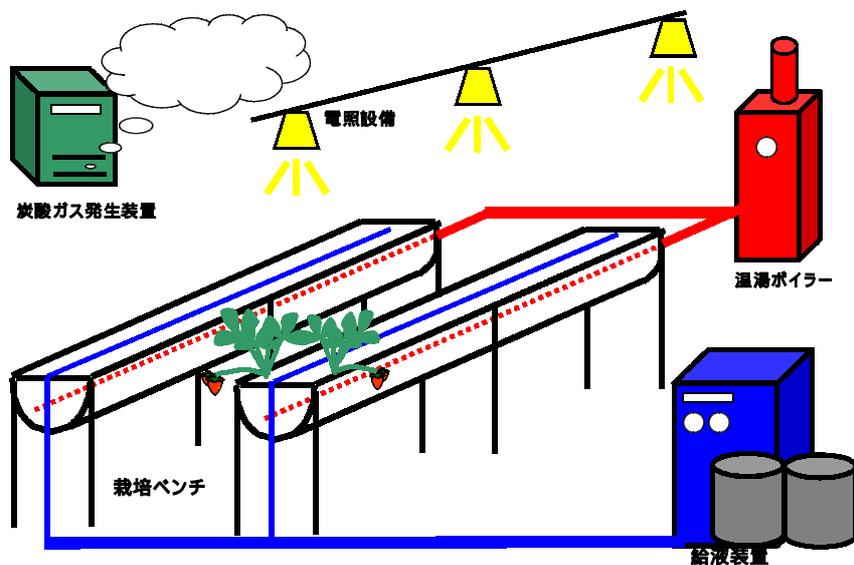
第1図 育苗システムの模式図



第2図 ランナー発生状況の模式図

2) 本ぼシステム

養液栽培における本ぼシステムは第3図に示すとおり、高設栽培ベンチと給液装置および付帯設備で構成される。高設栽培ベンチと給液装置は育苗システムと同じ構成であり、詳細は後述することとする。付帯設備は、培地加温を行う温湯ボイラーと温湯管、炭酸ガス発生装置、電照設備等に区分される。地中からの温熱供給が期待できないため、冬期の寒さが厳しい本県では培地の加温設備が必要である。また、土壌からの炭酸ガスの供給がほとんど期待できない養液栽培では炭酸ガス発生装置を設置する必要がある。さらに厳寒期に草勢が低下しやすい「とちおとめ」を栽培する場合は電照設備の設置が望ましい。



第3図 本ぼの模式図

3) ベンチ構造と給液装置

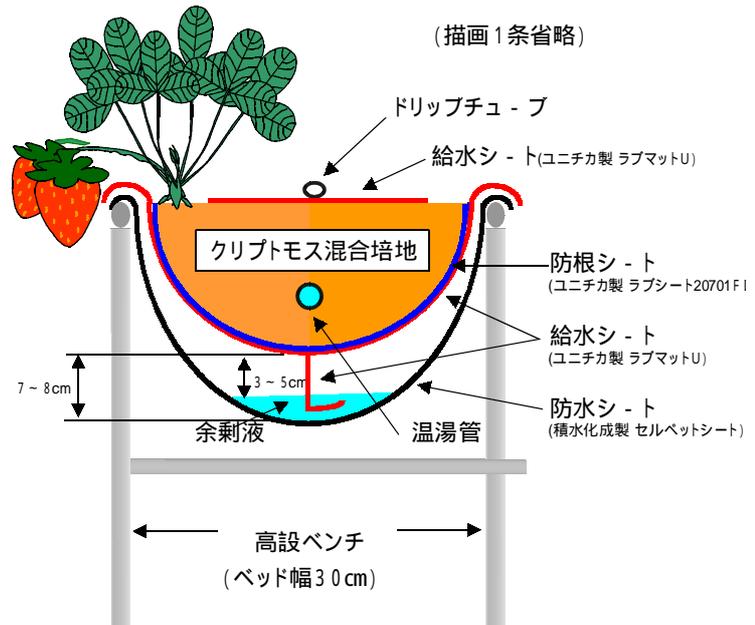
今回開発した閉鎖型養液栽培システムは、導入コストを低く抑えるため第4図のようにシートを利用したベッド構造とし、そのシート類を支え、高設化を図る架台にも安価な直管パイプを用いている。シートは培地を支持する給水および防根シートと余剰液を集水する防水シートの2重ハンモック構造である。シートの耐用年数は5年程度を想定している。培地はクリプトモスとパーライトの混合培地を用い、ベンチ1m当たり33

L程度を充填する。高設ベンチは、高さを作業姿勢に合わせて100cm程度、栽培ベッド幅30cm(1連式)を基本とし、栽植株数を多くする場合には横方向に2連とした90cm幅のベンチとする(2連式、写真1)。2連式の場合、1連式に比べ10a当たり栽植株数を30%程度増やすことができる。例えば、通路幅90cm、株間22cmでは、10a当たり1連式が7,500株、2連式が10,000株となる。給液はドリップチューブを用い、給液装置は2液混合タイプのものを基本的に使用する。ドリップチューブはノズルピッチが20~30cm程度で、吐出ムラの少ないものを用い、ドリップチューブ直下には浸潤性の給水シートを敷いて給液を行う。これにより少ない量で培養液を培地全体に均一に供給できる。

本システムの特徴は給水シートを培地の底部からヒレ状に垂らしたことにある。培地から浸透した余剰液は、外側の防水シート内に貯留し、これを培地底部から垂らせた給水シートの毛管給液により再利用を図るベッド構造となっている。培地底部の給水シートは、培地を支持する部分と毛管現象を作用させるヒレの部分からなり、給水性を良くするため



写真1 2連式ベンチ



第4図 ベンチ構造図

同一資材により一体加工してある。給水シートによる毛管給液は、培地内の水分状態に応じて作用するので、培地内の水分状態を一定に保ちやすい特性がある。本システムでは、生育(苗質)やハウス内の環境条件に応じて適切な水分管理が行えるので、生産管理の斉一化が望めることも特徴である。また、余剰液はベンチ単位で貯留されるので、病気の汚染をそのベンチ内で抑えることができる。



写真2 ベッドの設置手順

4) 培地の特性

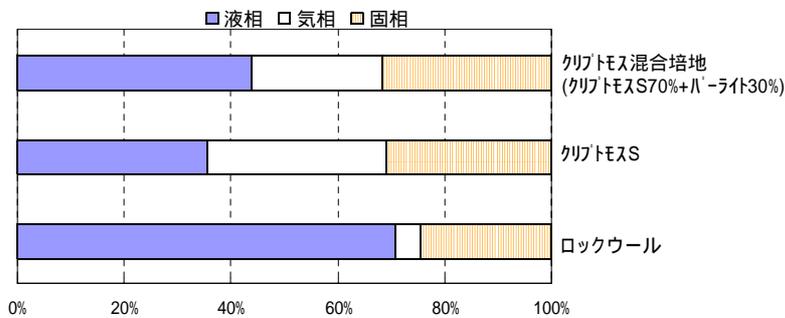
培地の種類は各方式で様々なものが用いられているが、基本は高設ベンチに乗せるために軽量であることと、理化学性に優れていることが条件になる。いちごの根は水分ストレスに弱いため保水性に優れることと、酸素要求量が多いために排水性が良く、三相分布のうち気相の多いことが重要である。

本システムの培地は、環境に配慮するとともに、地場の杉材の廃棄物を有効利用することとし、本県開発のクリプトモスを基本とした有機質培地を中心に選定を行った。クリプトモスは杉樹皮に檜樹皮を少量加えて所定の大きさに粉碎した植え込み資材で、その商標である。培地量は株当たり2 L程度でよいとする報告や多いほど生育・収量が安定するので5 L程度がよいとするものなど意見は分かれるが、システムや培地の種類が異なり、給液方法も異なることから一律に論じることは難しい。本システムでは株当たり3 L程度を基準にしている。

(1) 物理性

クリプトモス混合培地（容積比、クリプトモス：パーライト＝7：3）はロックウールに比べて液相割合は低いが、気相割合が高く過湿になりにくい（第5図）。しかし、クリプトモス混合培地はロックウールに比べ乾燥しやすく、また一度乾燥してしまうと撥水性が強まり、水みちができてしまい、培地全体への均一なかん水が困難となるので十分留意することが必要である。これを回避するため、培地を入れてからは乾燥させず、定植前に培地をよく液肥（後述）に浸し、定植後も1週間程度は手かん水を行う。培地の収量性を比較した結果でも、クリプトモスとパーライトを7：3の割合で混合した培地がロックウ

ール培地よりも優れた（第1表）。クリプトモス培地にはS（細粒）と21S（細粒・界面活性剤処理）の2種類あるが、2つの培地間に収量性および1果重、果実品質とも差はないため、資材コストが低いクリプトモスSを用いている（製品名：モスベリーミックス、1500円/袋・100L、今市木材開発共同組合他製造）。



第5図 pF1.2における各培地の三相分布



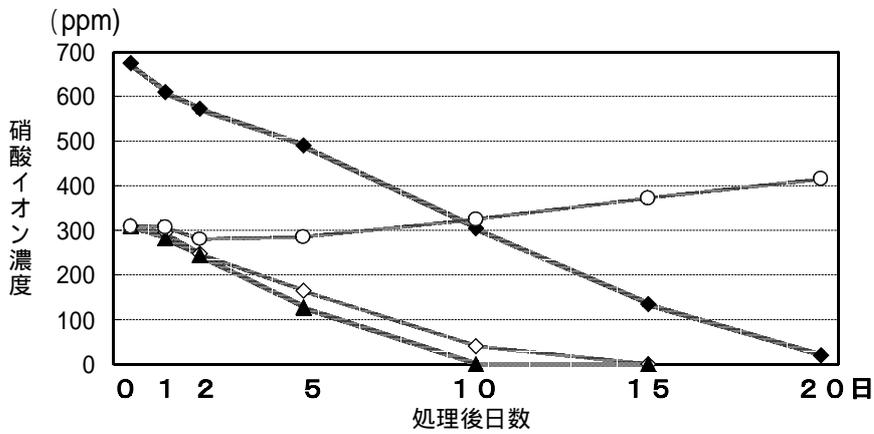
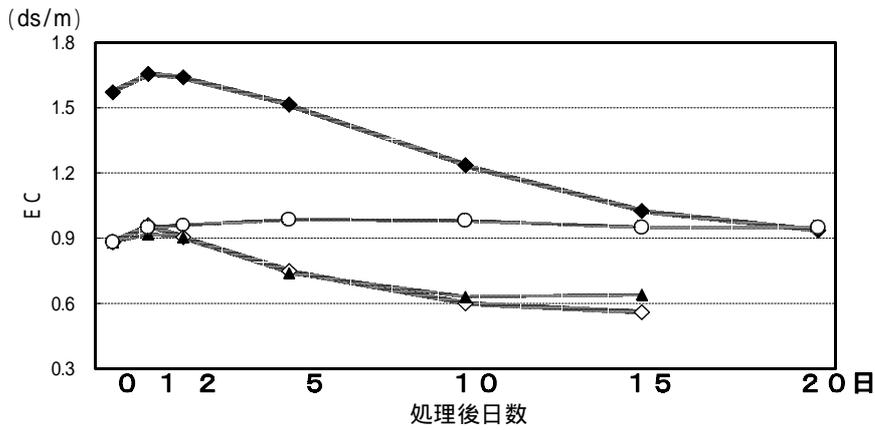
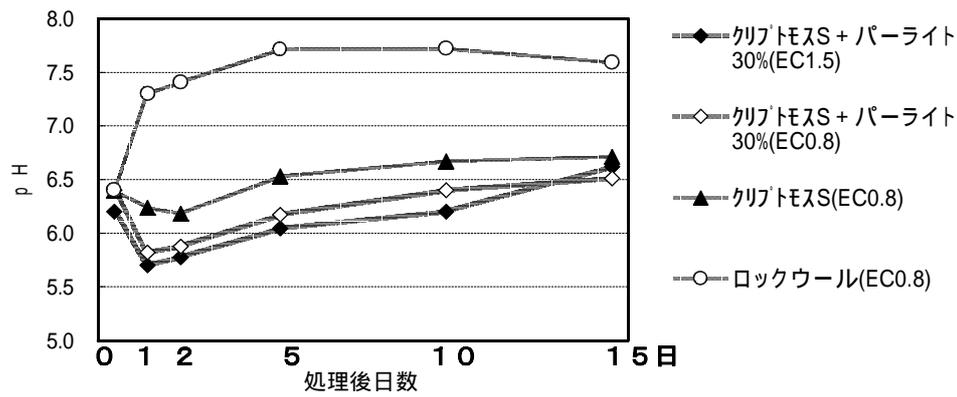
写真3 クリプトモス混合培地

第1表 本ぼの培地の種類が収量等に及ぼす影響（参考、平成8年度開放型）

培地種類	8g以上の可販果収量 (g/株)						計	1果重 (g)	糖度 (%)
	12月	1月	2月	3月	4月	5月			
クリプトモス混合培地	98	90	83	132	92	66	562	17.2	8.5
ロックウール	80	80	61	82	112	54	469	17.3	8.5

(2)化学性

クリプトモス混合培地のpHは5.5～6.5程度と弱酸性で、いちごの生育に適している。未使用のクリプトモス混合培地は初期に肥料成分を吸着する特性を持ち、植物に養分が吸収されにくい状態となる。なかでも硝酸イオンの吸着が多く、硝酸イオン濃度300ppm（大塚A処方、EC約0.8dS/m）の液肥では約10日、700ppm（同EC約1.5dS/m）でも20日後に培地内溶液の硝酸濃度はほぼ0になり、ECも低下する（第6図）。このため定植10日前にクリプトモス混合培地にEC1.0dS/mの培養液（1袋・培地容積100Lに対し培養液約40Lが目安）を加え、培地に肥料成分を吸着させておくことが望ましい。作業性を考えると、培地をベッドに充填後速やかにEC1.0dS/mの培養液を培地全体が充分に浸るように上から散水し、あらかじめ培地に肥料成分を吸着させてから定植するのが良い。



第6図 培養液(EC 1.5,0.8)浸漬処理後の培地内溶液のpH・EC・硝酸イオン濃度変化
注．ECの単位はdS/m

第2章 栽培技術

1. 育苗技術

1) 親株管理

空中採苗は土耕栽培に比べランナーの発生数が少なく、親株の4月中旬定植では発生状況も1次ランナーが多く3次以降のランナーの発生が少ない。しかし親株定植時期を1か月早め、3月中旬とすると子苗の発生数が約2倍となる(第2表)。給液管理は給液濃度をEC 1.6 dS/mまで上げると5月上旬頃から培地内養液のECが2.0 dS/mを越してしまうので(第7、8図)、生育の安定性と子苗発生数を含めて考えると親株の給液管理はEC 1.0 dS/m程度の一定管理を基本とし、培地内溶液のEC濃度は2.0を超えないように管理することが最適と考えられる(第3表)。親株は株間30cm程度で定植する。親株の給液は貯留液の水位を確認しながら行う。過去の給液量の履歴では、定植直後は日量株当たり約100ml程度であるが、親株の生育とともに増加し、採苗時には1000mlを越す。親株のマルチは蒸散や培地表面の藻の発生を抑える等の効果はあるが、親株のクラウン部が過湿となり病気の発生を招く危険性もあるので注意する。気温が急激に上昇し、ランナーの発生数が増える6月上旬頃からランナー先枯れ症が発生しやすくなるため、親株へのこまめな給液や白寒冷紗等による遮光(約20~30%程度)で発生を防ぐ。



写真4 空中採苗による育苗状況

第2表 親株の定植時期および給液濃度が子苗発生数に及ぼす影響(開放型システム 参考、平成11年度)

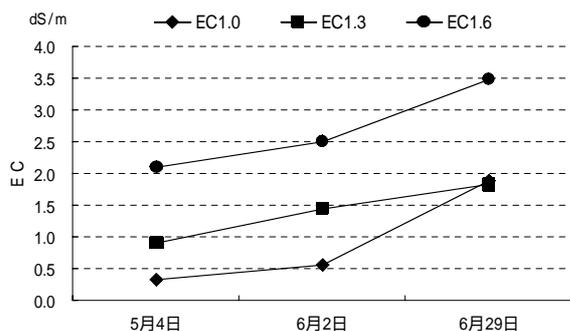
処 理	定植時期 EC(dS/m)	子苗(本/株)						セル用 合計 子苗	合計
		1次	2次	3次	4次	5次	合計		
3月	0.6	15.8	17.3	13.5	7.0	0.7	54.3	12.0	66.3
	0.8	17.5	17.3	16.5	9.0	0.2	60.5	14.3	74.8
	1.0	17.8	19.3	15.3	9.5	2.6	64.5	16.5	81.0
4月	0.6	9.0	9.8	4.8	2.2	-	25.8	5.9	31.7
	0.8	10.0	11.0	8.3	4.8	0.7	34.8	8.8	43.6
	1.0	12.3	12.8	8.8	4.5	0.1	38.5	11.0	49.5

注. 次数別の子苗は葉数2.0枚以上のもの、セル用子苗は葉数1.5枚程度の苗

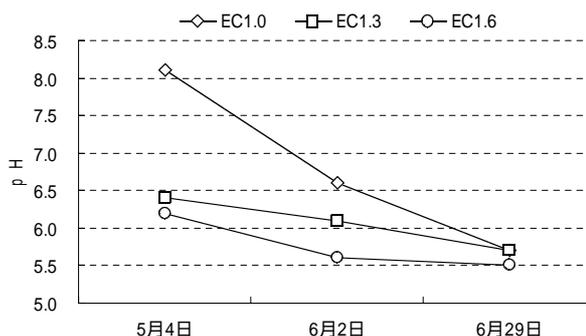
第3表 給液濃度が子苗発生数に及ぼす影響(平成12年度)

給液濃度EC(dS/m)	子苗(本/株)						セル用 合計 子苗	合計
	1次	2次	3次	4次	5次	合計		
1.0	26.2	22.3	18.7	6.8	-	74.0	5.8	79.8
1.3	20.6	22.8	18.2	8.8	1.4	71.8	3.2	75.0
1.6	21.7	23.0	14.0	6.8	0.7	66.2	5.8	72.0

注. 第2表に同じ。親株定植3月中旬。



第7図 培地内ECの推移



第8図 培地内pHの推移

2) 育苗管理

クリプトモス混合培地は繊維質で粒子構造が極端に荒いため培地へ子苗を固定し難く、慣行ポット用土より仮植作業に時間を要する。また気相が多く子苗との密着性が劣るため活着にも時間を要する。特に空中採苗ではほとんど発根していない子苗を用いるため、鹿沼土などのポット用土に比べ活着に時間を要する。発根促進には、子苗がランナーに着いた状態で葉水をしてポリフィルム等で密閉し湿度を保ち、15℃程度の保冷库などに2～3日おくと良い。仮植時は遮光率50～80%程度の寒冷紗で1週間程度遮光するとともに、こまめな葉水かん水（日中1時間毎）を行い子苗が萎れないように注意する。子苗が充分発根し、新葉が起きあがってきたら、葉水間隔を開け、徐々に日光に当てていく。

クリプトモス混合培地は乾燥すると撥水する性質があるため、育苗期の培地量の少ない状態の時は特に乾燥しないよう気をつける。また、クリプトモス混合培地は肥料成分を吸着することとかん水時の流亡を考慮して、育苗中の施肥量は他の培地より多めとする。普通夜冷の作型で10.5cmポリポットを用い育苗する場合は、仮植前にEC 1.0dS/mの培養液をかん注し、活着後株当たり窒素成分で100～150mg程度を目安に固形肥料を施肥する（第4、5表）。

第4表 育苗中の窒素施肥量が生育に及ぼす影響(平成12年度)

株当たり 窒素施肥量	12月5日(cm)			開花始期(月/日)		収穫始期(月/日)	
	葉柄長	葉身長	葉幅	頂花房	1次腋花房	頂花房	1次腋花房
70 mg	12.3	8.5	6.2	10/23	12/11	12/ 1	1/16
140 mg	8.4	7.2	6.1	10/22	12/14	11/28	1/23

第5表 育苗中の窒素施肥量が収量、1果重、品質に及ぼす影響(平成12年度)

株当たり 窒素施肥量	月別収量(g/株)								1果重 (g)	糖度 (%)
	1月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計		
70 mg	11	163	130	140	176	145	137	899	17.4	8.8
140 mg	18	201	132	175	201	158	127	1012	16.8	9.1

3) 生育障害対策

空中採苗で増殖した子苗は不時出蕾株の発生が多く問題となっている。不時出蕾の発生は採苗時葉数5枚以上の子苗で発生率が高く、葉数4枚未満の子苗での発生はほとんどみられない。また、ランナー増殖中の親株の給液濃度と不時出蕾発生との関連は認められていない(第6、7表)。1次腋花房が発生しない心止まり株は「とちおとめ」に多く発生し問題となっている。心止まりは、腋芽が発育停止、またはランナー化することによって発生するが、いずれも採苗・仮植後の育苗後半における肥料不足や定植遅れにともなう肥切れ、定植後の過剰な窒素の吸収が原因と考えられており、定植前後の高温条件も発生を助長すると考えられる。しかし、空中採苗との直接の関連は認められていない。これらのことから、採苗は葉数4枚未満の子苗を極力用い、育苗中は窒素をあまり切らさないよう育苗後半も葉面散布等の追肥をし適期に定植を行う(定植が遅れる場合も追肥を行い窒素は切らさない)ことで、不時出蕾や心止まりなどの生理障害を抑制できる。定植以後のハウス内温度を外気温程度まで極力下げることが重要である。

第6表 空中採苗における親株の定植時期および給液管理が不時出蕾、心止まりの発生に及ぼす影響
(参考、平成11年度開放型)

処 理	定植時期 EC(dS/m)	不時出蕾発生株率(%) ^{*1}				心止まり発生株率(%) ^{*2}			
		6~5枚 ^{*3}	4枚	3枚	2枚	6~5枚 ^{*3}	4枚	3枚	2枚
3 月	0.6	10.5	15.0	0	0	7.1	0	0	12.5
	0.8	26.3	0	0	0	0	0	0	0
	1.0	25.0	15.0	0	0	8.3	0	0	0
4 月	0.6	-	16.7	0	0	-	0	0	0
	0.8	-	15.0	5.0	0	-	7.1	0	0
	1.0	-	5.0	0	0	-	0	0	0
土耕増殖(参考)		0	0	0	0	6.3	0	0	0

*1.育苗中から9月末までに出蕾したものを不時出蕾株として算出した。

*2.心止まり株発生率には不時出蕾した株は含まない。

*3.子苗の葉数

第7表 親株の栽培システムおよび給液濃度が不時出蕾の発生に及ぼす影響
(平成12年度)

給液濃度EC(dS/m)	不時出蕾発生株率(%)			
	7~5枚	4枚	3枚	2枚
1.0	36.4	15.4	0	0
1.3	20.0	8.7	5.0	0
1.6	20.0	0	0	0

2. 本ば栽培技術

1) 定植までの管理

(1) 培地の管理

クリプトモス混合培地は、撥水性があるので乾いた状態で給液すると培地へ培養液が満遍なく浸透しないため、定植までに予め培地全体が浸潤するように水分調節を行う必要がある。培地を充填後、幅20cmの給水シートを培地上に敷き、その上からドリップチューブにより定期的にかん水を行う。培地が新しい場合には水の代わりに液肥を施用し、培地への肥料分の吸着を促す。また定植まではハウスの遮光を行い、培地からの水分蒸発を抑えるのが望ましい。

(2) 原水と培養液濃度の確認

養液栽培において原水の水質は非常に重要であり、養液栽培の導入にあたっては事前に水質の調査を行い、第8表に示した基準を大きく超える場合には水源を改める必要があり、ECが0.2~0.5程度であれば単肥肥料等を用いて処方を修正することで対応する。

培養液の濃度は原水により異なってくるので、原水のEC値を確認するとともに、大塚A処方の一定濃度の培養液を作製し、EC値を確認する(大塚A処方の基準では、1リットルの水道水に大塚ハウス1号を1.5g、大塚ハウス2号を1.0g溶解した場合、ECは2.6dS/mとなる)。

第8表 水質基準(全農)

項目	基準
EC	0.3dS/m 以下であること
pH	5 ~ 8 の範囲に入ること
N	含まないこと
Ca	40ppm 以下であること
Mg	20ppm 以下であること
Cl	60ppm 以下であること



写真5 給液装置

(3) 培養液原液の作成

給液装置により供給する培養液の濃縮原液は、第1液と第2液を2種類のタンクへ別々に作製する。本システムでは、多くの野菜で実績のある園試処方に準じ、なおかつ培養液作成が簡便な大塚A処方を基本としており、第1液は100L当たり大塚ハウス1号を15kgと同5号をおよそ1kg、第2液は大塚ハウス2号を10kgそれぞれ溶かす。第2液は比較的溶けやすいが、第1液は溶けるのに時間がかかるので、いずれも培養液が透明になるまでよく攪拌する。溶解が完全でない場合、タンク内の下の方が濃度が高くなり、初期が高濃度でその後低濃度になって給液が不均一になるので完全に溶解することが大切である。また、沈殿物がある場合などは、液肥混入ポンプ等の目詰まりの危険性が高い。肥料の溶解は、夏秋期は水温が高いので比較的容易であるが、水温が低くなるにしたがって溶解しにくくなるので特に注意し、場合によってはぬるま湯等を利用する。

いちご1作の栽培に必要な肥料は、1株当たり大塚ハウス1号が約40g、2号が約27g、5号が約1g程度と試算される。また現在広く知られている各培養液処方の成分濃度については第9表に示した。

第9表 各培養液処方の成分濃度

処 方 名	成分濃度 (me / L)					成分濃度 (ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
園芸試験場標準処方	16.0	4.0	8.0	8.0	4.0	224	41	313	160	48
大塚A処方	18.6	5.1	8.6	8.2	3.0	260	52	335	164	36
誠和第1処方	15.5	4.0	8.0	7.0	4.0	217	41	313	140	48

(4) 給液濃度と給液量の確認

給液装置の希釈率を設定し、実際に給液された培養液の濃度が希釈どおりになっているかをドリップチューブから出た培養液のEC値で確認する。また、給液量の設定を行うために、ドリップチューブの吐出量をベッド位置により把握する。また使用するドリップチューブは軟質より硬質の方が給液濃度、給液量が均一である。

(5) 定植と培養液の給液

定植時期はまだ高温期であるので活着を促すため寒冷紗（遮光率20～30%）で遮光したり、定植株やその周辺の培地が乾かない様に培養液の給液を1日当たり6～7回とこまめに行う。それでも乾く場合には、動力噴霧機等により頭上散水（この時は培地内の培養液が薄まらないように、水ではなく培養液の方が望ましい）を行うと良い。

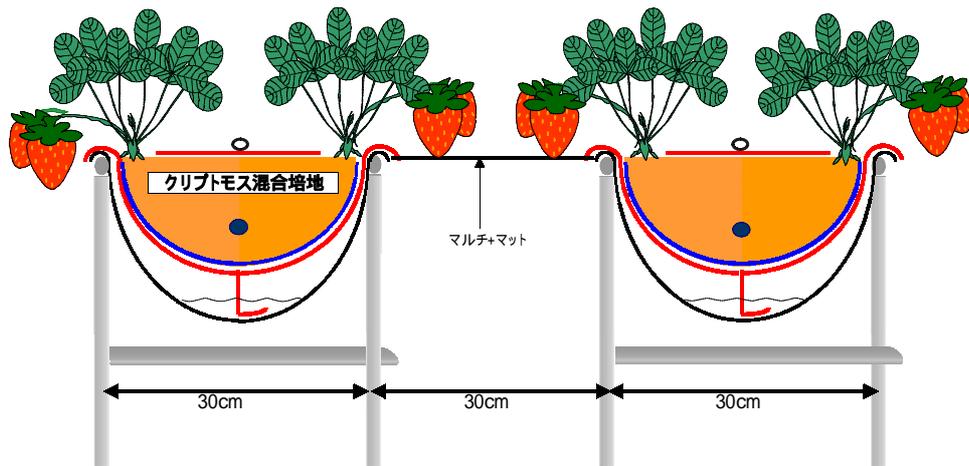


写真6 定植時の状況

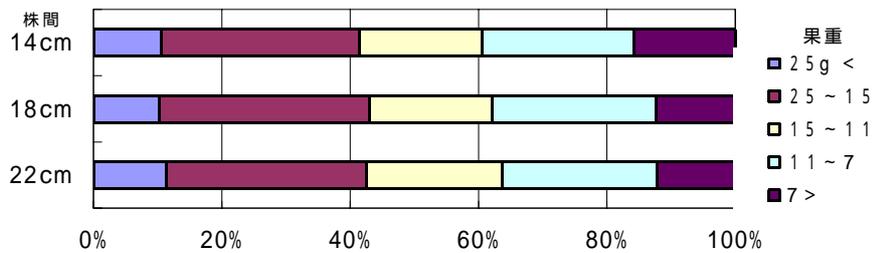
2) 定植後の管理

(1) 栽植密度

本システムでは栽培ベッド幅30cm（1連式）を基本としており、栽植株数を多くする場合には横方向に2連とした90cm幅のベンチとすることが可能である（第9図）。株間を22cmで試算すると、1連式では約7,500株/10aであるのに対し、2連式では約10,000株/10aに増やすことが可能である。ただし、2連式にすると1連式に比べ1株当たりの収量がやや落ちると、ベンチの内側の収穫および管理が煩雑であると同時に灰色かび病の発生も多くなるといったマイナス面がある。また1連式においても株間を仮に14cmとすれば約12,000株/10aまで増やすことができる。この場合、収量は大きく増加するものの、株はかなり徒長し、大果の発生率はやや減り、糖度が低下する傾向も見られるため、適正な株間は18～22cmと考えられる（第10、11表、第10図）。



第9図 2連式ベンチの模式図



第10図 株間が果重に及ぼす影響(平成12年度)

第10表 株間が生育に及ぼす影響(平成12年度)

株間 (cm)	定植後 ¹ (cm)			開花始期		収穫始期		頂花房 着花数 (花/株)
	葉柄長	葉身長	葉幅	頂花房 (月/日)	腋花房 (月/日)	頂花房 (月/日)	腋花房 (月/日)	
14	17.2	10.5	7.9	10/22	12/15	11/28	1/23	15.9
18	14.0	9.8	7.6	10/22	12/15	11/28	1/23	17.1
22	12.4	9.7	7.9	10/22	12/17	11/28	1/23	17.2

注1 . 11月27日調査

第11表 株間が収量および果実糖度に及ぼす影響(平成12年度)

株間 (cm)	可販果月別収量 (g / 株)								10a当りの 換算収量 (t)	10a当りの 株数 (株)	1果重 (g)	糖度 (%)
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計				
14	20	134	79	142	166	126	134	801	9.53	11,900	16.1	8.8
18	27	141	91	142	165	112	149	828	7.66	9,250	16.1	9.1
22	27	157	90	178	156	97	198	904	6.84	7,570	16.4	9.4

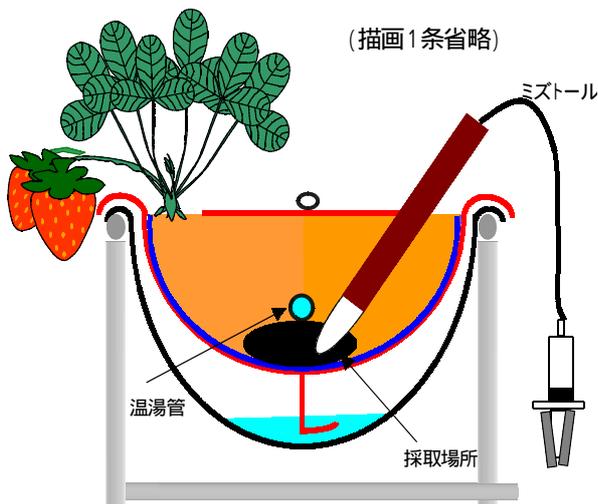
(2) 給液管理

本システムでは、多くの野菜で実績のある園試処方に準じ、なおかつ、培養液作成が簡便な大塚A処方を基本としている。定植後から開花始期までの給液濃度をEC0.8と1.0dS/m、それ以降の濃度を1.2、1.4、1.6 dS/mで組み合わせて生産性を比較した結果では、初期の濃度が低いと収量が低くなり、開花始期まで1.0、その後1.2および1.4 dS/mとした場合の収量が高くなった(第12表)。ただし、給液量の増える2月以降培地内のECが



写真7 着果状況

上昇する傾向が見られることから、給液された肥料分が基本的に全て利用される本システムでは給液量の増加に伴い給液濃度を0.8~1.0dS/m程度まで下げることが必要と考えられる(第12図)。そのためには定期的(月に2回程度)に培地内のEC等を把握しておくの

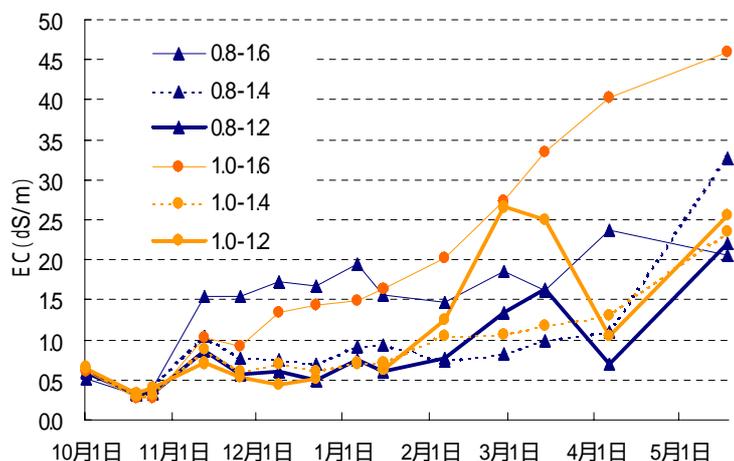


第11図 培地内溶液の採取地点

が重要であり、その方法としてはほ場の何方所かに、市販されている土壤溶液の採取器(商品名:ミストール)を根圏の発達している第11図に示した地点に設置し採取を行うとよい。給液量は1回・1株当たり約20~30mlとなるように設定し、1日数回(高温期には10回程度)給液し、防水シート内に貯留した余剰液の水位が培地の最深部から-3~-5cmになるように調節する(第13表)。

毛管現象による吸水量は培地内の水分状態に応じて自動的に調節されるので、余剰液の貯水量が多くなるような時は給液量を減らし、逆に貯水量が少なくなるような時は随時増や

していく。特に2月以降はいちこの吸水量が急激に増加するので注意が必要である。また、同一ハウス内でも苗質や光条件の違いによりベッドごとの水位にバラツキが生じやすいのでベッドごとに余剰液の水位に注意する必要がある。また、万が一給液装置等の故障が生じて、貯水量の分だけは危険回避ができる。この養液管理システムでは、排出液を全く出さないことから開放型システムに比べて給液量を



第12図 閉鎖型における培地内ECの推移(平成12年度)

少なくできる。平成10年度の試験結果では3月までで約75%、4月までで約80%の給液量で管理できた。また第13図にはこれまでの試験結果や履歴より考えられる給液濃度および給液量の目安を示した。

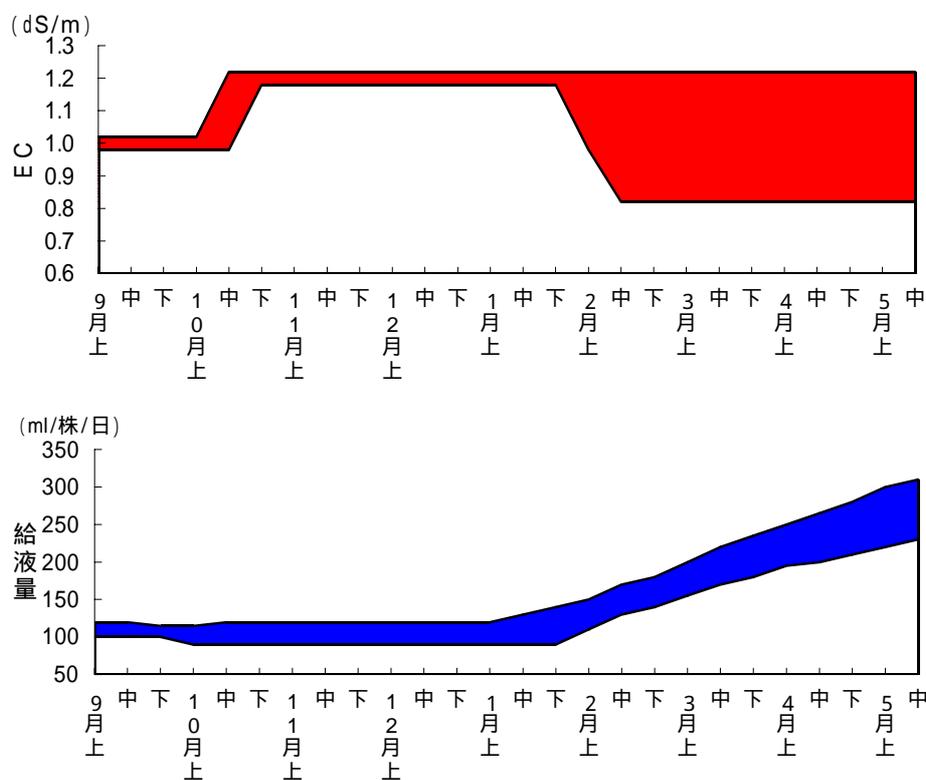
第12表 給液濃度が収量に及ぼす影響(平成12年度)

給液濃度 (EC)	可販果月別収量 (g / 株)								10 a 当りの換算収量 (t)	糖度 (%)
	開花前-開花後	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		
0.8-1.2	16	156	118	151	180	157	221	999	7.56	8.5
0.8-1.4	5	153	117	160	204	183	183	1005	7.61	8.5
0.8-1.6	6	139	129	137	158	152	162	883	6.68	8.5
1.0-1.2	19	167	123	182	209	165	222	1087	8.23	9.1
1.0-1.4	16	164	104	192	229	154	194	1053	7.97	8.9
1.0-1.6	22	151	115	153	203	167	158	969	7.34	8.8

注1 . 10 a 当りの収量は7500株で算出。

第13表 貯留液の水位と収量(平成11年度)

貯留水位	月別収量 (g / 株)								1果重 (g)	糖度 (%)
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計		
- 1 cm	20	151	74	132	98	67	77	619	14.9	8.8
- 3	17	150	71	146	137	70	67	658	15.3	9.0
- 5	17	158	68	161	135	70	78	687	15.5	8.8



第13図 給液濃度および給液量の目安(適正值の範囲)

(3) 培地の加温

高設ベンチにおける培地温はハウス内の温度の影響を受けやすく、最低培地温は土耕栽培に比べて低くなりやすい。いちごの場合、地温が15 以下になると根の伸長および養水分の吸収が抑制されるため、冬期の冷え込みが厳しい本県で養液栽培を行う場合は培地の加温が必要となる。培地加温は温湯ボイラーを用いて温湯管により加温を行う方法が一般的であり(第11図)、設定は根圏の発達している培地底部が16 を下回らないように加温制御すると良い。開始時期は10月中旬が目安になる。

(4) 増収・品質向上技術

養液栽培では土耕栽培と違い、土壌からの炭酸ガスの供給はほとんど期待できないので、炭酸ガス施用は必須である。炭酸ガス施用の効果は土耕栽培でも約15%程度の増収効果が認められており(第14表)、養液栽培での増収効果はさらに大きくなると考えられる。施用方法は、10月中旬以降、濃度を1000~1200ppm程度とし、早朝6時から換気開始時刻の30分程度前まで行うのが望ましい。



写真8 炭酸ガス発生装置

第14表 土耕栽培における炭酸ガス施用が収量に及ぼす影響(参考、平成9年度)

炭酸ガス	月別収量 (g/株)							収量比 (%)	可販果 (個/株)	1果重 (g)
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	合計			
施用	42	138	122	135	186	174	797	116	44.3	18.0
無施用	40	143	89	127	143	147	689	100	38.5	17.9

(5) 収穫後の管理法

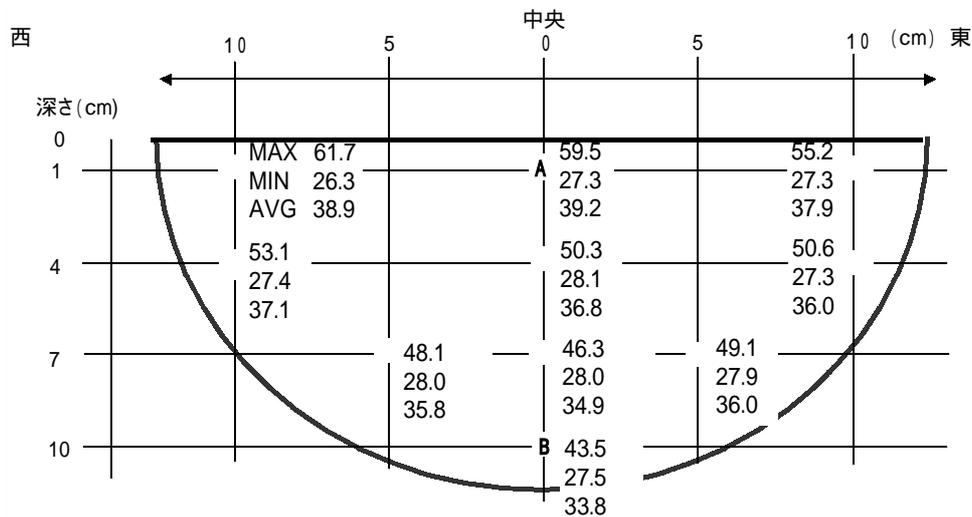
収穫終了後には、水だけをかん水して培地内の残肥を栽培株に吸収させたのち、クラウン上部より刈り取り処分する。クリプトモス混合培地は栽培終了後に乾燥させると撥水性を示し、次作で生育不良が発生して問題となる。すなわち、培地を乾燥させると撥水性が強まって保水性が低下し培地への均一な培養液の供給ができなくなり、生育不良となるので、次作の定植まで培地を湿潤状態に保つことが重要である。また、培地の保水性を高めるために水を加えてもみほぐすと、保水性は改善されるものの圧密によって空隙が不足し生育不良になるためだと考えられる(第15表)。このため、地上部を刈り取ったのち次作の定植まで新しいマルチで培地を密閉して湿潤状態に保ち、併せて夏期に太陽熱消毒を行うとよい。密封した場合にはマルチの色にかかわらず、マルチ下10cmでも晴天日の日中に10時間程度は40 以上の培地温が確保されていたが、植穴の開いたマルチのままでは温度が確保できず太陽熱消毒の効果は期待できない(第16表、第14、15図)。

第15表 収穫後の培地管理が定植前の培地の物理性に及ぼす影響(平成12年度)

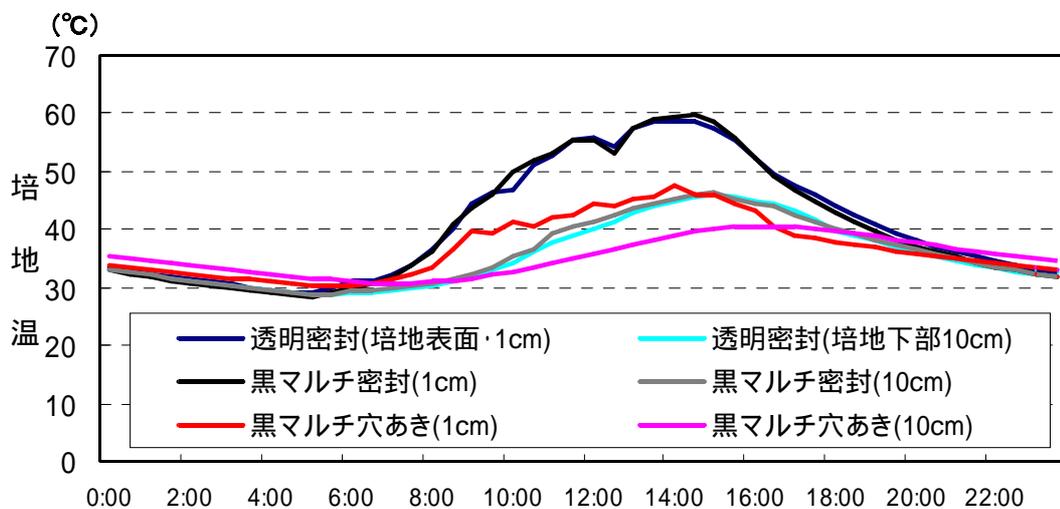
項目	無マルチ・乾燥	無マルチ・乾燥手もみ	黒マルチ・湿潤植穴あき	透明マルチ・湿潤
仮比重(g/ml)	0.13	0.19	0.16	0.15
保水量(ml/100ml)	32.9	43.9	42.3	39.8

第16表 収穫後の管理が次作の収量に及ぼす影響(平成12年度)

マルチ種類	培地管理	7g以上月別収量(g/株)							
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計
無マルチ	乾燥	21	131	77	107	89	62	148	635
無マルチ	乾燥手もみ	31	164	92	134	142	111	149	823
穴あき黒マルチ	湿潤	27	148	120	120	112	105	152	783
透明マルチ	湿潤	22	180	121	181	150	109	180	944

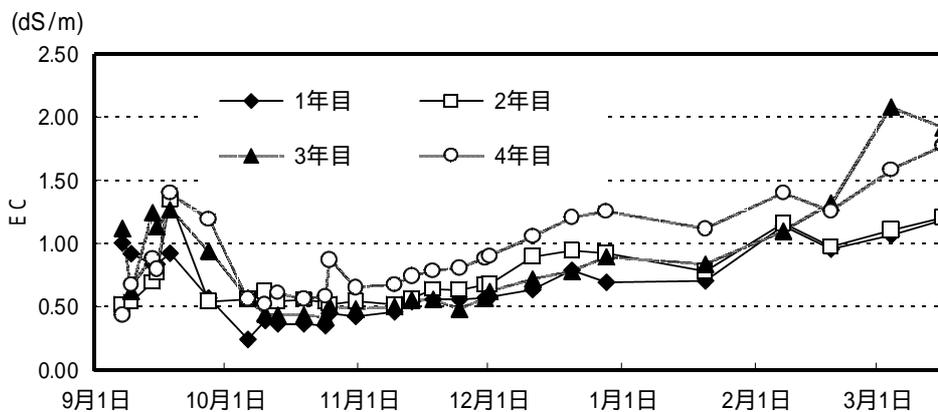


第14図 透明マルチ密閉による太陽熱処理時の培地温分布(平成13年8月1日、)
注. A点およびB点が第15図のそれぞれ1cm、10cm



第15図 太陽熱処理がクリプトモス混合培地温に及ぼす影響(平成13年7月13日晴天)

クリプトモス混合培地は連用するにしたがい液相割合が増え、気相割合が低下して保水量が増える。C/N比は低下し、窒素、リン酸および石灰含有量は増え、カリと苦土は減少する傾向がある（第17表）。栽培期間中の培地内ECは、10月以降、培地の使用年数が長くなるほど培地内ECが高い傾向で推移する（第16図）。2月以降は培地内ECが給液濃度より高くなる傾向があり、とくに3～4年目の培地はECが2.0程度まで上昇する。このため多年使用した培地への給液は培養液の濃度や組成を変えていくことも今後検討が必要である。培地は収穫期間終了後、クラウンより上部を除去し、培地を乾燥させずかつ太陽熱処理も併用して行えるよう黒ポリフィルム等で被覆しておく。こうすれば現在までのところ4年使用しても生育および収量に影響はみられず、5年程度が更新の目安と考えられる（第18表）。また複数年培地を使用すると、気相割合が減少し培地が目減りした状態となるため、減少分を新しい培地で補ってから栽培を開始することが必要である。



第16図 栽培期間中における培地内溶液のEC推移(平成12年度)

第17表 培地の栽培年数の違いが物理性、化学性に及ぼす影響(平成11年度)

培地の種類	保水量 L/kg乾物	三相分布(%)			CEC (me)	C/N比	無機成分含量(mg/100g乾物)				
		固相	液相	気相			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
未使用	3.45	10.9	49.5	39.5	49.0	76	467	70	217	1179	662
1作終了	3.81	11.7	62.8	25.5	69.9	40	795	113	143	1374	128
2作終了	3.93	9.4	63.4	27.1	67.0	33	739	122	137	1323	145

注．保水量、三相分布はpF2.7遠心法における測定値

第18表 培地の栽培年数の違いが収量、品質に及ぼす影響(平成12年度)

培地の使用年数	7g以上の可販果収量(g/株)								1果重 (g)	糖度 (%)
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	計		
1年目	19	170	122	160	149	116	178	914	16.8	9.4
2年目	23	177	117	194	169	129	180	989	16.6	9.4
3年目	22	180	121	181	150	109	180	944	16.5	9.1
4年目	27	191	98	170	159	102	178	925	16.3	9.1

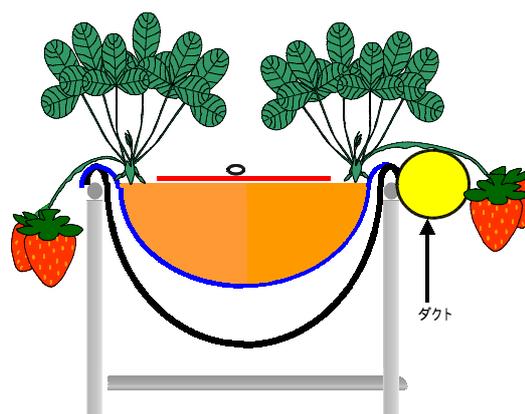
(6) 養液栽培における留意点

ア) 花梗折れの対策

高設ベンチで栽培する場合、各花房の果実肥大が進み、花房自体の重量が増え、花梗部分がベンチの縁の部分に当たり、折れることがある。花梗が折れると果実の色がくすみ、果実肥大および食味が劣る。「とちおとめ」は「女峰」よりも折れやすい傾向があり、特に1次腋花房以降に増加する。対策としては、培地をベッド面より盛り上げ、パイプに果梗があたらないようにしたり、果梗の伸長方向をパイプに直角ではなく斜めにすることで軽減できる。また、ベンチの縁に空気で膨らませた小ダクトを固定させる等の方法がある(第17図)。



写真9 花梗折れ



第17図 ダクトの設置例

イ) その他の栽培管理

- ・ 養液栽培の場合、活着後の生育は土耕よりも旺盛になる傾向があるのでマルチングは土耕栽培の生育と比較して若干遅らせる等の時期の調整を行う。
- ・ 定植後の葉かき等の通常管理は土耕に準じて行うが、養液栽培では低温期に条間の葉の枯れ上がりが発生しやすいので適宜取り除く。
- ・ 電照の開始時期および設定については土耕に準じて行う。
- ・ 4月以降、ハウス内および培地内の温度上昇を防ぐため、20～30%程度の遮光を行う。

ウ) 病害虫の防除

養液栽培では培地内水分が潤沢であるため、いちごの葉からの溢液の発生が多く、ハウス内の湿度が土耕栽培と比べ高くなりやすい。このため、低温期に入ると灰色かび病が多発したり、土耕栽培ではあまり発生が見られない菌核病が発生する恐れがあるので注意が必要である。特に、2連ベンチでは通風、採光が悪化するため灰色かび病の発生に注意する。なお、その他の病害虫については土耕栽培に準じて防除を行う。

3) 作 型

養液栽培においても土耕栽培と同様にいずれの作型でも栽培上問題はないが、本システムでは土づくりや土壤消毒等が必要ないため比較的早い作型に向いていると言える(第19表)。ただし、高設ベンチでは培地温度が上がりやすいので8月下旬に定植するような場合は遮光(20～30%程度)を行ったり、培地加温用の温湯管に冷水を流したりして培地温の低下につとめることが望ましい。また養液栽培では果実が地面に接していないので地温

の影響を受けず、高温期以降でも果実の硬度が高い傾向があるので、6～7月ころまでの長期栽培にも向いている。

第19表 作型別の収量(平成12年度)

作 型	可販果月別収量 (g / 株)									10 a 当たり の換算収量 (t)	1 果重 (g)
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計		
早期夜冷	8	114	98	177	203	143	170	199	1112	8.42	15.2
普通夜冷		19	167	123	182	209	165	222	1087	8.23	17.2

注．10 a 当たりの収量は7500株 / 10 a で算出。

4) 品種適応性

全国の養液栽培に導入されている主力品種は、とちおとめ以外では章姫、女峰などがある。章姫は養液栽培に適応性の高い品種として認められ、静岡県を中心に広く普及している。本システムにおいても章姫の生育および収量性は非常に優れており、糖度もとちおとめ並であった。しかし、とちおとめに比べ果実が軟らかく、平均1果重はやや小さかった。また、とちおとめと女峰を比較すると、とちおとめの収量が高かったことから、とちおとめは女峰より養液栽培に適応性の高い品種であると考えられる(第20表)。

近年、各県の農業試験場で育成された新品种では、とねほっぺ、さがほのか、紅ほっぺ、けいきわせなどが高い収量性を示したが、糖度が低い、果皮が軟らかい、うどんこ病に弱いなどの問題点が認められた。生育、収量、果実品質、病害抵抗性などを総合的に判断して、とちおとめや章姫よりも養液栽培における適応性の高い品種は認められなかった。

第20表 品種別の収量および果実品質(平成12年度)

品 種	可販果収量 (g/株)						1 果重 (g)	屑果率 (%)	糖度 (%)	酸度 (%)	果皮硬度 (g/ 2mm)
	12月	1月	2月	3月	4月	合計					
春 訪	80	99	192	155	76	602	15.7	29.7	9.1	0.54	50
とねほっぺ	43	224	179	192	179	817	21.5	1.0	8.2	0.53	71
さがほのか	113	125	212	232	165	847	16.0	8.8	9.1	0.40	74
サンチーゴ	49	135	180	162	135	661	15.1	22.3	8.8	0.48	68
ゆめあまか		142	214	194	110	660	12.6	28.7	9.2	0.50	55
紅ほっぺ	109	140	174	182	128	733	17.6	22.8	9.4	0.57	66
けいきわせ	140	156	171	217	164	848	16.2	19.8	9.4	0.48	59
章 姫	115	168	154	194	144	775	15.1	16.8	9.6	0.42	63
とちひめ	108	129	156	158	100	651	18.3	6.7	9.3	0.49	65
女 峰	113	119	134	134	98	598	13.8	30.6	9.5	0.67	68
とちおとめ	148	110	125	182	151	716	17.6	12.4	9.9	0.56	84

注．屑果率は果数比で算出。

第3章 経営上の評価

1. 作業効率

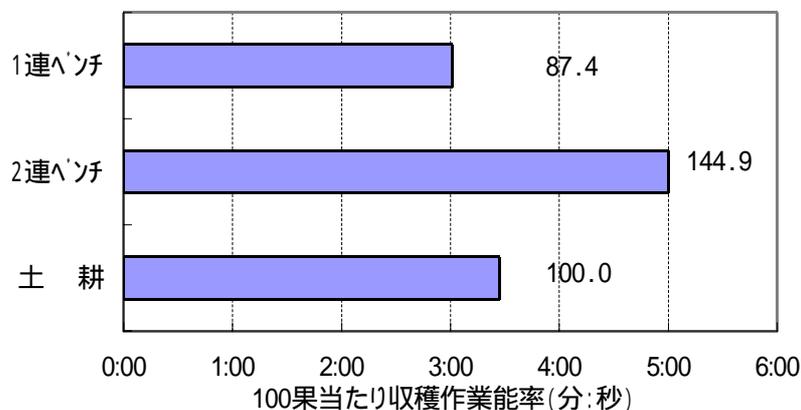
土耕栽培では定植、葉かき等の管理および収穫と体への負担の大きい作業が長期間続く。しかし作業姿勢の改善が図れる養液栽培での葉かき作業を例にとると、土耕栽培ではしゃがみ姿勢が約85%であるのに対し、養液栽培の作業姿勢はすべて起立姿勢で軽作業化が図れる（第21表）。作業後の疲労は、土耕栽培が腰、膝および足に疲労を感じたのに対して、養液栽培では肩、かかとにやや疲労を感じるが、土耕に比べれば軽いものであった（第22表）。作業能率は、養液栽培が土耕栽培に比べて1株当たりの処理能率で1秒程度（8.5%）早くなり効率的である（第23表）。総労働時間の約3割を占める収穫作業では10%以上能率が向上する。ただし、栽植株数を多くした2連ベンチでは逆に作業能率が低下した（第18図）。

項目	養液区	土耕区
起立作業時間(秒)	3,600	0
前屈作業時間(秒)	0	123
しゃがみ作業時間(秒)	0	3,070
移動時間(秒)	0	406
移動回数(起立して)	0	84
移動回数(しゃがんだまま)	0	32

項目	養液区	土耕区
処理株数(株)	352	144
処理時間(秒)	4,200	1,870
1株当たり処理時間(秒)	11.9	13.0

項目	部位	養液区	土耕区
疲労の程度 ¹⁾ (管理作業)	首	0.4	-
	肩	0.4	-
	腰	-	0.5
	ひざ	0.2	1.1
	足	0.3	0.7
筋電位の大きさ ²⁾ (収穫作業)	前腕	1.9	3.7
	肩	2.4	2.3
	大腿	0.3	9.2
	腰 ³⁾	(9.7)	(87.8)

注1) およそ1時間の作業後、のべ9人に聞き取りした平均値で最大値は3.0
 2) 最大筋力に対する割合。
 3) 直角になると筋電位測定不能のため、曲げ角度で表示。



第18図 収穫作業における作業能率



写真10 養液栽培での定植作業



写真11 土耕栽培での定植作業



写真12 養液栽培での収穫作業



写真13 土耕栽培での収穫作業

2. 資材コスト

作業の快適化に著しく寄与する高設栽培の普及が妨げられていた最大の原因は経済性にある。民間のシステムの導入コストは栽培ベンチの他、給液装置、培地加温機、炭酸ガス施用機などの付帯設備を入れると10a当たり600万～900万円程度になる。

本システムは導入コストを抑えるため、できる限りシンプルで簡便な装置とした。高設ベンチの経費は、10a当たり1連式ベンチが183万円、2連式ベンチが267万円と試算される(第24表)。また、この他に給液装置(100～150万円)、温湯ボイラー、炭酸ガス発生装置等を加えると1連式ベンチで513～563、2連式では617～667万円程度と試算される(第25表)。

第24表 高設ベンチに要する資材費(10a当たり、円)

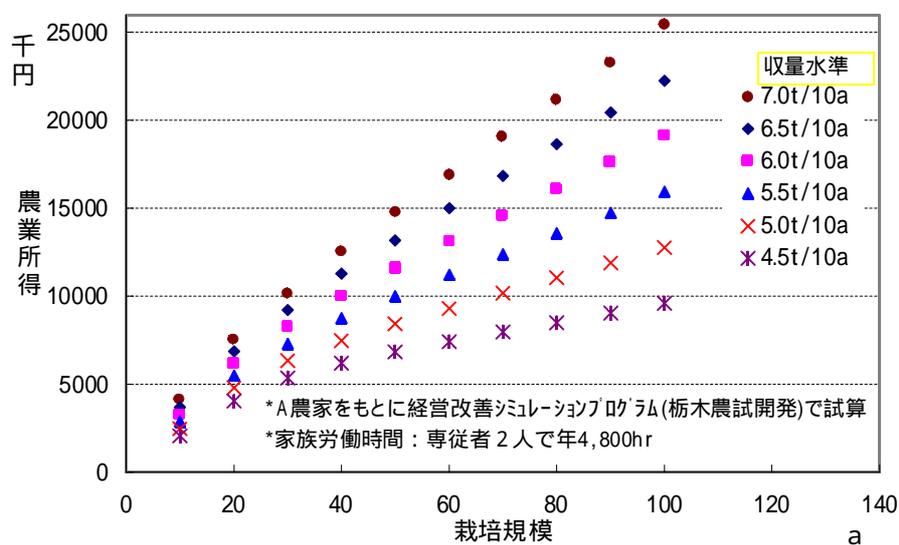
資 材 名	閉鎖型システム	
	1 連 式	2 連 式
ベンチ資材	832,000	1,166,000
防水シ - ト	153,000	214,000
吸水シ - ト	340,000	476,000
不透根シ - ト	42,000	59,000
培地	330,000	470,000
給液チュ - ブ	132,000	185,000
いちご枕		96,000
計	1,829,000	2,666,000

第25表 養液栽培に要する設備費(10a当たり、万円)

設備名	1連式	2連式
ベンチ	183	267
給液装置	100～150	100～150
炭酸ガス発生装置	50	50
温湯ボイラー	80	80
電照設備	20	20
施工費	80	100
計	513～563	617～667

3. 経営的評価

本栽培システム導入農家の調査から、10a当たりの年間労働時間は作業別の増減はあるものの、全体的には土耕と同程度であった。10a当たりの経営費は、システムの償却費、肥料代、諸材料費が増加し、農薬代は土壌消毒が不要となったため減少した。最終的な経営費は約250万円と土耕栽培より30%程度増加した。これらのことから試算すると、専従者2人で1,000万円の所得を達成するためには、いちごのkg当たり単価を1,000円とした場合、10a当たりの収量は6.0tを得られれば、経営規模40aでよい。この場合、2～3人の雇用により達成できる(第19図)。現在の閉鎖型システムでは、既にこの目標をクリアし、5月末までで7～8t/10aの収量を達成している。



第19図 収量別にみた経営規模と所得の試算

4. 環境負荷の低減効果

施設園芸では土壌の塩類集積傾向が強く、地下水中の硝酸塩濃度の上昇等、環境への負荷が懸念されている。土から隔離された養液栽培においても、ほとんどのシステムは余剰液を2～3割、施設外に排出しており、依然として問題は解決していなかった。これまで、

養液栽培の方式は循環式と非循環式に分けられ、前者は余剰液の量が少なく環境負荷の低減効果が高いとされてきたが、これらの多くは培養液組成の変化により1ヶ月程度で培養液の全量更新を行う必要があるなど、施設外へ余剰液の排出が行われている。余剰液をほとんど排出しないシステムでは、培養液組成の補正や培養液中の病原菌の殺菌消毒システムに膨大なコストがかかっている。本システムは問題となる硝酸塩等を全く排出せず、栽培終了後の残肥も植物体に全て吸収させて刈り取り、最終的には堆肥としてほ場に還元できる。非循環（かけ流し）式に比べて培養液の給液量は2～3割減らせることから、環境負荷の軽減や肥料代の削減効果がある。培養液の循環を行わないから、これに要する電力コストの低減（＝環境負荷の軽減）にも貢献している。

培地は、使用後の廃棄処理に課題を残しているロックウールと異なり、粗大有機物のクリプトモスを主体として土壌改良材に用いられるパーライトとの混合物であるから、使用後は粗大有機物を含んだ土壌改良材としてほ場への還元が可能であり、廃棄処理のコストもかからない。

また、連作障害の回避と生産力の維持を目的に行われている土壌消毒については、太陽熱消毒の効果が安定していることから、薬剤消毒の必要がない。化学薬剤による環境負荷を軽減するとともに、夏場の暑い時期に行っていた薬剤消毒の危険性を回避し、コスト削減効果もある。従来から、いちごの土耕栽培における太陽熱消毒の有用性は確認されていたが、その効果が夏の天候に左右されて不安定であることと、土壌病害汚染ほ場では地温の上がない耕土の深い部分での消毒効果が低く春先に発病する事例がみられた。しかし、培地量が限られており、50～60℃に達するハウス内気温に依存して培地温が上下する高設ベンチでは冷夏年でも太陽熱消毒の効果は確実に期待できる。太陽熱消毒では、地温を極度に上昇させないことから、全ての微生物を死滅させるわけではないため、消毒後に完全な無菌状態とならず、残った微生物相の存在によって病原微生物のリサージェンス（爆発的再増殖）に対する抑制効果も期待できる。

執筆担当者

第1章 深澤郁男・重野 貴・畠山昭嗣

第2章 重野 貴・畠山昭嗣・稲葉幸雄・出口美里・深澤郁男

第3章 重野 貴・深澤郁男

新技術シリーズNo. 5

クリプトモスを用いた環境にやさしいいちごの養液栽培

発 行 平成14年3月15日

発行者 栃木県農業試験場

〒321-3233 宇都宮市瓦谷町1,080番地

TEL 028-665-1241 (代表)

FAX 028-665-1759

印刷所