

被覆肥料とドリップ灌水を組み合わせた新しい水耕法

農業環境技術研究所
環境資源部 水質管理科

科 長 今 井 秀 夫

1. はじめに

熱帯開発途上国の大都市及びその周辺地域では、安全で栄養価の高い野菜に対する需要が急増している。しかしながら、土地や水、さらに労働力等に対する他産業との競合や資金の面から、簡単、省力、安価を基本とした環境にやさしい周年野菜栽培技術が求められている。大都市で野菜の周年栽培を可能にするには、まず土地の確保と連作に伴う土壌病害の多発に対処する必要がある。ソイルレスカルチャー、特に水耕栽培が有望であるが、コストや簡便性の点で、熱帯開発途上国での成功例は殆どない。

最近、様々な緩効性肥料が入手可能になってきた。緩効性肥料は、その緩効性のために作物根のすぐ近くに与えても、いわゆる肥焼けを起こさない。この特徴をいかして緩効性多量及び微量元素肥料を用いた、全く新しい水耕法を開発した^{1, 2)}。被覆肥料とドリップ灌水を組み合わせた節水、省力、さらに水耕に関する知識も要しない水耕法を紹介する。

2. 材料と方法

ポリスチレンフォームの板を組み合わせ、内容量が120リットル（幅30cm、長さ200cm、高さ20cm）の水耕栽培容器を作成した（図1）。内部は、中央で仕切られ二つに分けられている。ナイロン網の両側を袋状に閉じ、そこにアルミニュームのパイプを挿入し培地の支持体とした。両側のアルミニウムパイプを容器上部の切込み口に挿入し固定した。支持網にピートモスを満たし、1植物当たり400ccのピートモス培地になるよう調節した。スポンジ（縦15cm、横90cm、厚さ4cm）を防根シートと包み、栽培容器の底に置いた。

多量要素は、被覆複合肥料（N：P₂O₅：K₂O＝14：12：14、チッソ旭 KK）とドロマイト粉末（Ca 30%、Mg 22%、Fe 1.1%、B 0.2%）で、微量元素は、緩効性肥料で（Mn 10.6%、B 4.0%、Zn 4.1%、Cu 2.7%、MINERASS E Frit、日本フェローKK）施用した。基肥はピートモス培地を支持体に充填する時、その中央部に、また、追肥は培地のの上から施用した。（表1）。

本 号 の 内 容

§ 被覆肥料とドリップ灌水を組み合わせた新しい水耕法……………	1
農業環境技術研究所 環境資源部 水質管理科 科 長 今 井 秀 夫	
§ ケイ素の生物学 — 11 —……………	6
京都大学名誉教授 高 橋 英 一	
§ 被覆肥料を使用した 砂丘地ダイコン栽培における施肥改善対策……………	10
新潟県農業総合研究所 基盤研究部 主任研究員 本 間 利 光	

図1. 新しく開発された水耕システム

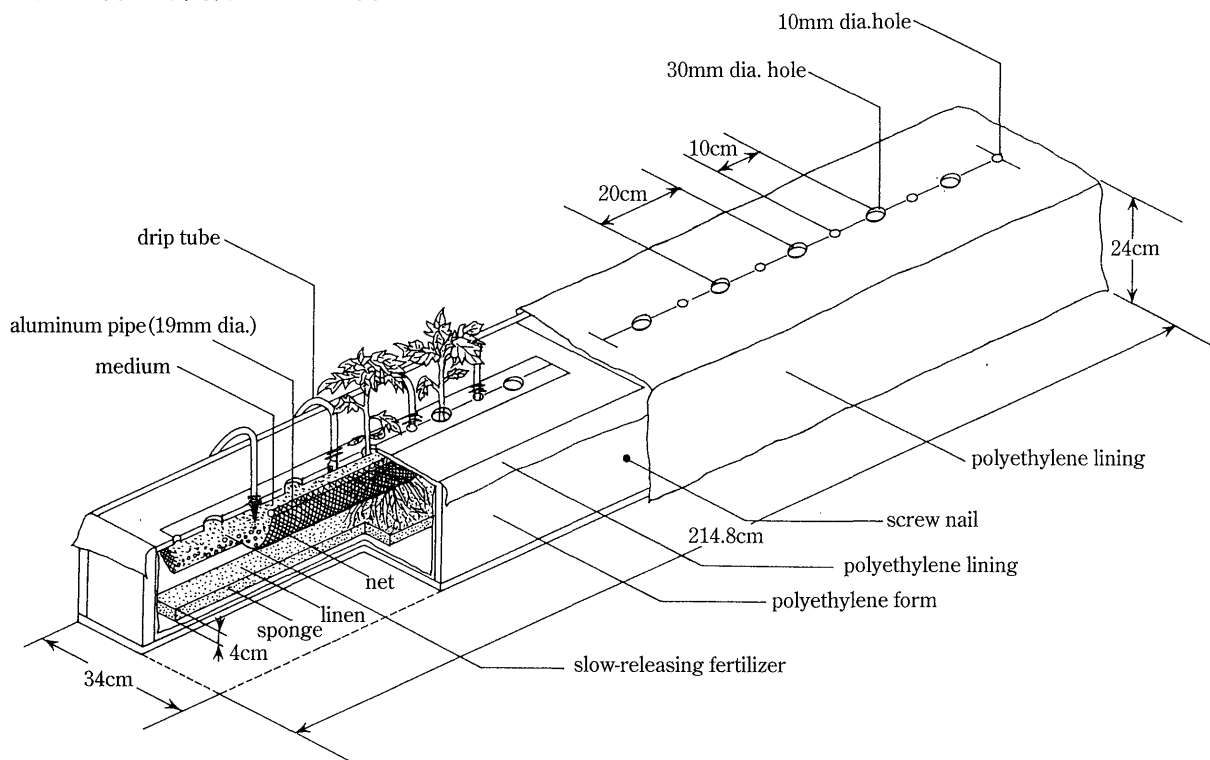


表1. 新しい水耕法用施肥設計

施肥処理	施肥時期	被覆複合肥料 (グラム/固体) ^{a)}				合計	ドロマイト ^{b)} (グラム/固体)	MINERASS E ^{c)} (ミリグラム/固体)
		70日溶出タイプ	100日溶出タイプ	140日溶出タイプ				
基肥のみ	基肥	30	20	20	70	15	40 +/- 2	
	追肥(30日後)	—	—	—	—	15 ^{d)}	—	
	追肥(60日後)	—	—	—	—	—	—	
	合計	30	20	20	70	15	40 +/- 2	
基肥+追肥	基肥	30	—	—	30	15	40 +/- 2	
	追肥(30日後)	20	—	—	20	15 ^{d)}	—	
	追肥(60日後)	20	—	—	20	—	—	
	合計	70	—	—	70	15	40 +/- 2	

a) 被覆複合肥料は14% N, 12% P, 14% K.を含む。

b) ドロマイトは Ca (30%), Mg (22%), Fe (>1%) と, B (>0.2%) を含んでいる。

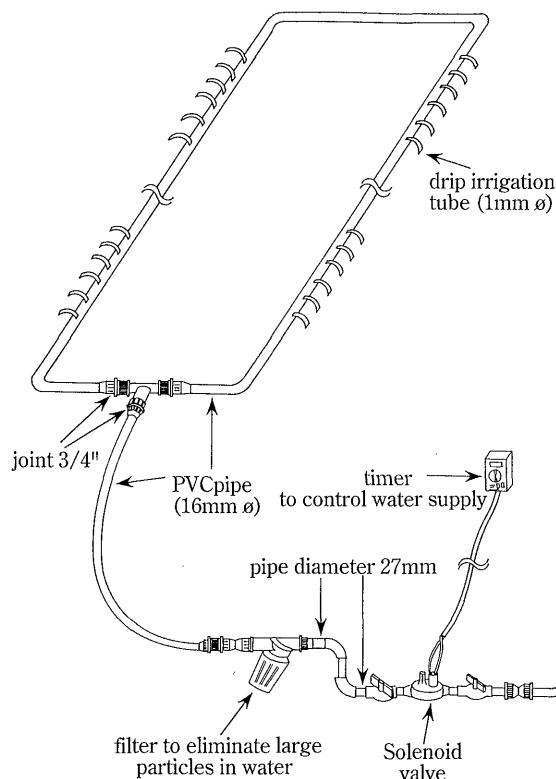
c) MINERASS E (Frit) はMn (10.6%), B (4%), Zn (4.1%) とCU (2.7%) を含む。

d) 移植後40日目に施用。

灌水は、ドリップ方式で行った。主灌水パイプは、フィルターと電磁弁を経て水道水蛇口か、地下水汲み上げポンプに直結した。電磁弁の開閉は、マルチチャンネルタイマーで行い、一日最大6回灌水時間と灌水量を制御できるようにした。主灌水パイプの他端は、それぞれのドリップ穴にかか

る水圧が出来る限り均一になるように、栽培容器を取り囲む長方形に組み立て、水が循環できるシステムにした。長方形の長軸側に20cm間隔で小さな穴を開けた。その穴に小パイプ（直径1mm、長さ30cm）をねじ込み、その先端に矢じり型の灌水頭を取り付けた（図2）。

図 2. 新しい水耕法用の灌水システム



灌水時間と灌水量の調節は、タイマーにより行った。予備テストで、それぞれの灌水頭より平均して、1分間に35ml流出することを確かめた。移植後2週間は、タイマーを1回当たり2分間、

1日3回(7:30, 10:30, 14:30)作動する様にセットし、1日当たり210mlの灌水を各作物個体に行った。灌水に関して2つの処理区、すなわち通常灌水区と制限灌水区を設け、それぞれ5週間後迄は300mlと240ml, 7週間後まで340mlと300ml, その後は、410mlと340mlを試験終了まで灌水した。

3. 試験結果及び論議

(1) 試験区の微気象

発芽後3週間のトマト苗(2品種, CL5915-206とミニトマトCHT154)を前述のピートモス培地に1997年7月21日に移植した。本試験は、アジア野菜研究開発センター内のガラス室で行われた。ガラス室内及び水耕容器内の最高温度は、それぞれ摂氏41度と32度であった。ピートモス培地内の最高温度は、午後4時30分に観測され、31度まで上がった。また、水耕容器の底に溜まった水の温度は、午後2時で40度迄上昇した。

(2) 収量

1) ミニトマト

ミニトマトCHT154は、移植後70日で第一回の収穫を行った(表2a, 2b)。基肥のみに比べて基肥+追肥区で約20%収量が高かった。制限灌水下では、全量70gの内、基肥に30g, 残り40gを

表 2 a. 灌水及び施肥のミニトマト (CHT154) の収量と品質に及ぼす影響 (移植後70日)

処 理	全果実数 (×1000/ha)	平均果実重 (g)	着果率 (%)	収量 (ton/ha)	酸性度 (クエン酸%)	ブリックス	色 (a/b)
主効果: 定常灌水	4755 a*	5.95 a	56.1 a	27.3 a	0.35 a	8.8 a	1.82 a
灌水 制限灌水	4293 a	5.73 a	53.5 a	26.1 a	0.33 a	8.9 a	1.78 a
副効果: 基肥のみ	4280 a	5.48 a	56.3 a	23.5 b	0.33 a	8.6 b	1.77 a
施肥 基肥+追肥	4768 a	5.33 a	53.3 a	29.8 a	0.35 a	9.1 a	1.83 a

表 2 b. 灌水及び施肥処理がミニトマト (CHT154) の収量と品質に及ぼす影響 (移植後70日)

処 理	全果実数 (×1000/ha)	平均果実重 (g)	着果率 (%)	収量 (ton/ha)	酸性度 (クエン酸%)	ブリックス	色 (a/b)
定常灌水 基肥のみ	4857 a	5.7 a	56.2 a	27.2 b	0.32 b	8.4 b	1.72 b
定常灌水 基肥+追肥	4643 a	5.8 a	56.0 a	27.2 b	0.38 a	9.3 a	1.91 a
制限灌水 基肥のみ	3714 a	5.3 a	50.4 a	19.7 c	0.34 ab	8.9 ab	1.81 ab
制限灌水 基肥+追肥	4857 a	6.6 a	56.6 a	32.5 a	0.32 b	8.9 ab	1.75 b

a* ダンカンマルチプルレンジテスト, 異なる文字は0.05%レベルで有意差あり。

2回に分け1ヶ月間隔で分施した区が70g全量を基肥に施用した区に比べて収量が1.5倍も高かった。一方、灌水制限が行われなかった区では、施肥による収量差は見られなかった。本試験で用いたミニトマトCHT154は、最近台湾でASVEG#6の名前で品種登録された。この品種は、その味の良さや病気に対する抵抗性などから消費者だけでなく、生産者にも極めて人気が高い。しかし、夏季作では、高温と高土壌水分のためにヘクタール当たり20トンを超えることは、ごく稀である。一方、本水耕システムでは、容易に高温と高水分状態を克服し、70日間で圃場の最高収量の1.5倍に相当する30トン以上を収穫できた。移植後、120日で全収穫量は60から70トンに上ることが予想された。

2) CL5915—206 (耐暑性トマト)

耐暑性トマトもミニトマトと同様に移植後70日で第一回目の収穫を行った。結果を表3に纏めている。しかし、耐暑性トマトではミニトマトとは逆に、灌水処理区間で収量に差がついたのに、施肥処理では差が生じなかった。正常灌水の基肥のみ区で収量が最大になる一方で、基肥のみの灌水制限区で収量が、最低であった。また、灌水処理と施肥処理間の相互作用は、1%レベルで有意になった。

表3. 灌水及び施肥処理が耐暑性トマト (CL5915) の収量と品質に及ぼす影響 (移植後70日)

処 理		全果実数 (×1000/ha)	平均果実重 (g)	収量 (ton/ha)	尻ぐされ (%)	酸性度 (クエン酸%)	ブリックス 色	(a/b)
灌 水	施 肥							
定常灌水	基肥のみ	6310 a	61.5 a	42.5 a	1.9 a	0.26 b	5.6 bc	1.92 a
定常灌水	基肥+追肥	6365 a	61.7 a	39.6 ab	4.6 a	0.25 b	5.5 c	2.09 a
制限灌水	基肥のみ	5000 a	55.1 a	25.4 b	0 a	0.33 a	6.4 ab	2.10 a
制限灌水	基肥+追肥	5360 a	60.9 a	32.6 ab	0 a	0.33 a	6.7 a	2.06 a

a* ダンカンマルチプルレンディテスト, 異なる文字は0.05%レベルで有意差あり。

(3) 品質

ミニトマトの品質に対する灌水処理と施肥処理の影響をみるため、3つの品質指標、酸度、ブリックス、色を処理区間で比較した。施肥処理区間でブリックスにだけ差が生じ、分施した区で高くなった。また、同表で注目すべき事実は、全ての処理区でブリックス値が8.5を超えていることである。AVRDCで1996年に行われたCHT154を含む

優良ミニトマト系統選抜試験で、テストした優良系統9種の平均糖度は5.9 (CV 8.3%) であった。本水耕システムで栽培したトマトのブリックス値は、通常に栽培されたトマトに比べて、1.5から2程度高く、高品質であった。本水耕法の灌水量は、市販の水耕システムの1/3から1/4に過ぎない。この節水栽培が、トマトに高い糖度をもたらしたものと思われる。

耐暑性トマトでは、通常灌水区で程度は低いものの (3.2%) 尻ぐされ症状が現れた。しかし、このような高温下では、通常の水耕法で栽培した場合、少なくとも20%程度の尻ぐされが避けられないので、無視できる数値であった。

(4) 施肥及び灌水量

試験に用いた両系統ともに、施肥処理と灌水処理間の相互作用が有意になった。これは、灌水量が被覆肥料の流出速度、よって、トマト収量に影響を及ぼしたと解釈できる。トマトの吸水量は、生育ステージが進むにつれて増加する。本システムでは、肥料を含む培地と作物は宙吊りの形になっており、水が上部から与えられるために過剰な水及び肥料は、培地支持体であるネットを通過し容器の底に敷かれた防根シートを濡らしつつ、過剰水は底の最低部に溜まる。また、作物の根もこのネットを通過できるため、通過した根は、まず

湿度の高い空間中に伸長し、次いでスポンジを包んだ防根シートに到達しそこに根を広げていく。さらに、灌水量が、培地内で吸収される水の量を大幅に上回る迄増えると、低部に水が溜まり始め、作物根はその溜まった水を直接吸い上げるようになってくる。

生育ステージが進むにつれて灌水量が増大し、4週間後から急激に被覆肥料成分の溶出が促進さ

れている様子が伺われた。特に、この傾向は、全量を基肥として、しかも70日タイプで施用した基肥のみの区で顕著であった。ピートモス内で急速に溶出した成分は、作物に吸収されず過剰な水と一緒に落下し、容器の底に蓄積する結果、ECを上昇させた。4週間を過ぎると作物の根は底まで到達し、溜まった水分と養分を吸収し始める。その際、底に溜まった溶液のECが、急速に高まると、根は高い浸透圧のために水分も養分も吸えなくなる。その結果、さらに多くの水分と養分が、培地から添加され溶液のECを高めるという悪循環を繰り返す。作物は、まず日中に萎凋の様になり、数日この状態で放置しておくと、やがて枯死する。

しかし、この障害は簡単に克服できる。溶液のECが8 m S/cmを越えたら、その液を捨て、代わりに灌漑水を1 cm程度(12個体に対して6 l程度)の深さになるよう添加してやれば、1日で回復する。この方法で、夏季栽培の場合も容易に健全な作物を生育出来るばかりでなく、尻ぐされを防ぐ有効な対策法である。しかし、この方法は次善の策で、被覆肥料の種類(溶出タイプ)、施肥法、それに灌水量を適切に組み合わせることにより、ECの上昇を防ぐことが可能である。

被覆複合肥料は、生育に必要な全量を基肥として施用するのではなく、基肥+追肥として施用し、肥料の流出量が移植後4から5週間目に過度にならないよう注意する。よって、必要量の半量程度を溶出速度の遅い140日又は、180日タイプで基肥として施用し、残りの半分を2回程度に分けて移植後40日から50日後、さらにその1ヶ月後に溶出の比較的速い70日タイプで施用する。

上記施肥法により、水耕容器底部に溜まる溶液のECが急激に上昇するのを防げるが、果菜類の生育が旺盛になり、収量に大きな影響を及ぼす移

植後4週間から7週間の期間を中心にECのモニタリングを行い、8 m S/cmを越える場合は、直ちに溜まった溶液を捨て、灌漑水を1 cm程度の深さまで加える等の対策をとることが大切である。

4. おわりに

本研究で新しく開発された水耕法は、様々な点で従来の水耕法より優れている。例えば、高収量、高品質、節水、省力、低コスト、取り扱いの簡単さ、それに環境にやさしいシステムであること等が強調できる。ヨーロッパや北米を中心とした従来型の大規模循環式水耕システムでは、培地として殆どの場合ロックウールが使われているが、使用済みのロックウールの処理が大問題になっている。また、従来型のシステムでは、閉鎖循環式で水耕廃液を系外に出さないことを強調しているが、現実には病原菌等の拡散を防止するため循環式を採用せず、高濃度の培養廃液を系外に排出している場合が多い。わが国では、本年2月に中央環境審議会が、硝酸性及び亜硝酸性窒素の要監視項目から健康基準項目への格上げを答申し、同月22日に環境庁から項目の追加が告示された。今後、益々排出規制が厳しくなり、高濃度の硝酸性窒素を含む培養廃液を系外に放出するようなシステムは、使用が不可能になるであろう。これに対して、本水耕システムは、使用済みのロックウールも高濃度の廃液も生み出さないので、環境にやさしいシステムである。

参 考 文 献

- (1) 今井秀夫 1990 非通気、非循環水耕法の開発. 土壤の物理性 61巻 19—29.
- (2) Imai, H. and Takasu E. 1997. AVRDC water-saving hydroponics. In Proc. First Non-Circulating Hydroponic Workshop. University of Hawaii, 29—42.