

静岡型養液栽培装置の開発とその利用(2)

誌名	静岡県農業試験場研究報告 = Bulletin of Shizuoka Agricultural Experiment Station
ISSN	0583094X
巻/号	35
掲載ページ	p. 25-37
発行年月	1990年12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



静岡型養液栽培装置の開発とその利用

(第2報) 培養液濃度の変動要因

志内雄次*・堀内正美*・大石直記*・村越一彦**

I 緒 言

第1報⁶⁾では静岡型養液栽培装置(排水機能付きロックウール栽培装置。以下「本装置」という。)の構造と機能について報告した。本装置の特徴はこれまでのロックウール栽培装置とは異なり、作物の水分コントロールができるようにロックウールスラブの排水性を良くしたこと及び使用肥料の節約や環境汚染への配慮から循環式を採用したことであった。本装置で作物を安定栽培するには解決すべき問題は多いが、ここでは循環式で特に問題となる培養液のEC値の変動について検討した。

既存の養液栽培における培養液管理は定植から収穫まで、作物や栽培装置ごとに決められたEC値と処方で行うのが一般的である。しかし、第1報で指摘したように本装置のキュウリ栽培において決められた処方で、培養液濃度を一定にして管理すると、収穫が始まる生殖生長期にEC値が上昇する現象がみられた。こうしたEC値が変動する要因としては、培養液管理(濃度、処方、循環量)水耕システム(循環式、掛け流し式)、作物の生理(着果負担、栄養生長と生殖生長)、環境条件(温度、湿度、日射量)、栽培条件(栽植密度、ベットの大きさ、培養液タンクの容量)が考えられる。

EC値の変動が作物体に与える影響については養分吸収と生育のバランスが取れているEC値より低くなる場合と高くなる場合の両面から考える必要がある。EC値が低くなると作物の養分吸収量より培養液中の成分量が少ないために生育は抑制されるが、その対策は容易で、不足の養分を補えば良い。EC値が高くなると根の細胞液濃度と培養液濃度の浸透圧差が大きくなり、根からの養分吸収が起こりにくくなり⁹⁾、光合成産物の生産が十分行われないうちに生育が抑制される。EC値がわずかに高い場合の対策としてはEC値を低くすればよいが、高くなりすぎた場合にはEC値を低くしても生育への効果

が現れにくいことを著者は経験している。これらのことから栽培期間中、EC値が変動しない管理を行うことにより、生育が旺盛になると考えた。ここで述べるEC値が変動しない管理とは生育ステージでの好適EC値を指しており、必ずしも栽培期間中、同一のEC値で管理することではない。

実際栽培ではEC値の変動要因をすべて除外して、栽培期間中、EC値を変動しないようにきめ細かく管理することは困難である。そこで、特にEC値の変動に大きな影響を与える要因を見つけ出し、その要因を重点的にコントロールすることにより、EC値の変動を少なくすることができると考えた。

本研究ではEC値の変動要因として、培養液濃度、処方、循環量及び着果負担の4要因に着目した。これらの要因を取り上げた理由は、①生育に適した培養液濃度(以下「適正濃度」という。)より濃度が高い場合や収穫期にEC値が高くなることから濃度と着果負担が、②これまでの処方が作物や装置により決められていたことから処方が、③給液量の変化やロックウールスラブ内の洗浄から循環量がEC値の変動に関係していると考えたからである。

本研究はキュウリを材料として、前記の4要因とEC値の変動との関係を明らかにしたものである。なお、培養液濃度がEC値の変動に最も関係しているとの推論のもとに、濃度以外の要因の試験では濃度条件を組み合わせることを配慮した。また、EC値の変動を考察する上で大切であると考えられた吸水特性についても検討した。

本研究を実施するに当り多大の協力をいただいた(株)コスモプラントの大橋義弘部長には厚く感謝の意を表する。

II 材料及び方法

試験は1. 培養液管理とEC値の変動, 2. 着果負担と

EC値の変動, 3. 吸水特性の3課題について行い, 1. については(1)濃度試験, (2)濃度差試験, (3)処方試験及び(4)循環量試験の4試験をもって構成した。

各試験共通の材料及び方法は次のとおりである。

供試品種は「貴婦人ニュータイプ」, 試験装置は本装置である。本装置は試験場内のプラスチックハウスに設置した。

1. 及び2. の調査内容及び方法, 収量調査方法及び給液方法については特にことわらない限り濃度試験と同様に行った。

1. 培養液管理と EC 値の変動

(1) 濃度試験

1986年5月2日～8月31日において, 試験規模は1区30株, ベットの長さは10.8mで行った。処方はキュウリ栽培で一般的に使われている園試処方を用い, 育苗期には1/2濃度(EC 1.2 mS/cm)で管理し, 定植以降にはこれまでキュウリの適正濃度といわれている1/2濃度(EC 1.2 mS/cm)とその2倍濃度である標準濃度(EC 2.4 mS/cm)の2区を設けた。

培養液についてはEC, pH及び培養液中の成分の変化を, 供試作物については生育及び収量を調査した。

ECとpHの測定用及び培養液の成分分析用のサンプルは養液補給時に培養液タンク内の残液から採取した。ECとpHは養液補給日のおおむね17時にECメーター(東亜電波工業製CM-1K)とpHメーター(横河電機製pH 81)を用いて測定し, 陰イオンはイオンクロマトグラフ(横河電機製IC 500), 陽イオンは原子吸光光度計(島津製作所製AA-680)で分析した。

幼根が1cm伸長した種子を1片が75mmのロックウールキューブに, 5月2日に播種した。本葉5枚展開時に株間36cmごとに1条植で5月28日に定植し, 6

月25日に22節で摘心した(催芽, 育苗, 定植および摘心方法は以下同じ)。収穫は6月中旬から8月下旬までの50日間行い, 収穫と同期間, 全株について収量を調査した。

給液はタイマー制御により定植からロックウールスラブ内に根が入り込む活着期(5月28日～6月10日)までは常時給液し, 活着期から収穫前期(6月11日～7月8日)までは7～17時の間は1時間ごとに12分ずつ給液し, 収穫中期から収穫後期(7月9日～8月31日)までは6, 8, 10, 12, 14及び16時にそれぞれ12分間給液した。給液量は1l/株/回(株当り給液量は以下同じ)を基準とした。供試肥料は大塚液肥1, 2, 3, 5, 6及び7号であり, 各処方の成分組成は第1表のとおりである。各処方の肥料配合は第2表に示した。養液の補給方法は培養液タンク(容量200l)内の培養液がおおむね半量になった時点で, 減量分を設定濃度になるように補給した。

(2) 濃度差試験

1989年7月13日～10月20日において, 試験規模は1区12株, ベットの長さは4.5mで行った。

育苗期は山崎キュウリ処方(以下「山崎処方」という。)の1/2濃度(EC 1.0 mS/cm)で管理した。定植以降は培養液濃度差がEC値の変動に与える影響を調べるため, EC値に0.2 mS/cmの差をつけ, 山崎処方の1/2濃度(EC 1.0 mS/cm)区, 2/3濃度(EC 1.3 mS/cm)区及び3/4濃度(EC 1.5 mS/cm)区の3区で実施した。なお, 摘心まで3区ともEC値が下降したので, 摘心後は1/2濃度は2/3濃度に, 2/3濃度は3/4濃度に, 3/4濃度は7/8濃度にそれぞれ変更して管理した。

7月13日に播種し, 8月3日に定植し, 8月23日に摘心した。8月下旬から10月中旬まで収量を調査した。

活着期以降の7～15時の間は1時間ごとに12分ずつ給液した。

(3) 培養液処方試験

1987年7月2日～10月20日において, 試験規模は1区12株でベットの長さ4.5mで行った。

育苗期は山崎処方の1/2濃度(EC 1.0 mS/cm)で管

第1表 供試した培養液処方 (me/l)

処 方	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	EC
園試処方	16	4	8	8	4	2.4
山崎キュウリ処方	13	3	6	7	4	2.0
大塚A処方	19	5	8	8	4	2.4

ECの単位はms/cm

第2表 標準培養液の肥料配合

処 方	肥 料 塩 (mg/l)			
	硝酸カルシウム	硝酸カリウム	リン酸1アンモニウム	硫酸マグネシウム
園試処方	950	810	155	500
大塚A処方	968	1,040	194	455
山崎キュウリ処方	826	606	114	492

注) 各処方に微量元素として大塚5号を水100l当り5gを加えた。

理し、定植以降はキュウリの養分吸収量から導かれた山崎処方の標準濃度（EC 2.0 mS/cm）と 1/2 濃度（EC 1.0 mS/cm）及び農家が一般的に用いている処方で、園試処方と配合割合が類似している大塚 A 処方（以下「大塚処方」という。）の標準濃度（EC 2.4 mS/cm）と 1/2 濃度（EC 1.2 mS/cm）の 4 区を設けた。

7月2日に播種し、7月24日に定植し、8月9日に摘心した。8月中旬から10月中旬まで収量を調査した。

(4) 循環量試験

1987年7月28日～10月20日において、試験規模は1区4株、ベットの長さは1.8mで行った。

育苗期は山崎処方の1/2濃度で管理し、循環量については定植以降、7から15時まで常時給液した区（常時循環区）と7から15時の間に1時間ごとに12分給液した区（間断循環区）を設け、更に、それぞれ山崎処方の標準濃度（EC 2.0 mS/cm）と1/2濃度（EC 1.0 mS/cm）の2処理を加え、合計4区で行った。

7月28日に播種し、8月10日に定植し、8月31日に摘心した。収量は9月上旬から10月中旬まで調査した。

容量が45 lの培養液タンクを用いた。

2. キュウリの着果負担と EC 値の変動

1987年7月28日～10月20日において試験規模は1区4株、ベットの長さは1.8mで行った。

試験区の構成は全て栄養生長のみを想定し、雌花開花時に果実すべてを摘果した区（摘果区）と摘果しない区（慣行区）の2処理とし、更に、養液濃度も山崎処方の標準濃度（EC 2.0 mS/cm）と1/2濃度（EC 1.0 mS/cm）の2処理を加え、合計4区とした。

着果負担が減少すると、根部への光合成産物の転流状況に変化を生じ、根部への影響が考えられる。そこで、根量を調査するため、収穫終了時に1スラブ（90 mm×30 mm×30 mm）当りの根量をスラブ表面の上側に発生した根量と下側に発生した根量とを分けて測定した。

7月28日に播種し、8月10日に本葉5枚が展開した苗を定植し、8月31日に22節で摘心した。

給液はタイマー制御により、定植以降は7～15時の間は1時間ごとに12分間給液した。

容量が45 lの培養液タンクを用いた。

3. キュウリの吸水特性

1987年6～8月に生育が早く、吸水も旺盛な夏作で行った。試験装置は本装置と同じ1株用ミニ実験装置を製作して用いた。試験規模は1区1株で行った。

蒸散量の測定は装置全体を荷重変換器（共和電業製 LCL-50 KF）の上に乗せ、重量をストレインメータで経時的に計測し、重量の減少分をその時間の「みかけの蒸

散量」とした。給液中の「みかけの蒸散量」の測定は不可能であるので、荷重の増加分はその前後の数値から推定して調整した。また、作物の生長による荷重の増加量は無視した。積算日射量の測定はハウス外とし、日射計は農試電試式積算日射計を用いた。

7月4日（本葉展開7枚時）に定植し、7月24日に24節で摘心した。

培養液は山崎処方の1/2濃度（EC 1.0 mS/cm）を用い、1日当り6～7回給液した。

III 結果及び考察

1. 培養液管理と EC 値の変動

(1) 培養液濃度試験

a. EC 値の変動状況

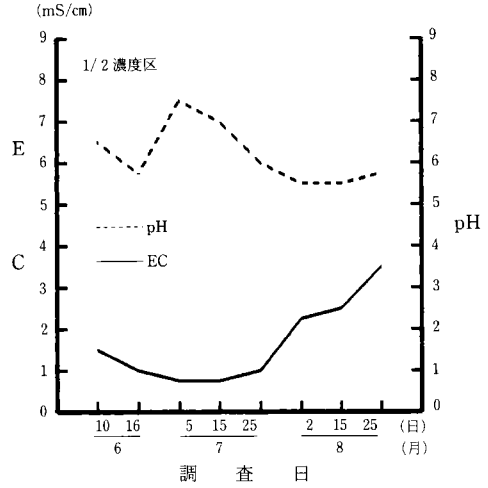
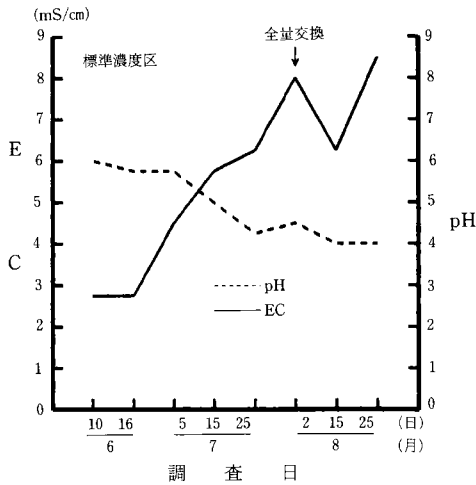
本装置を開発する過程で、培養液濃度が高い場合に EC 値が高くなりやすいことを観察していたが、詳細な検討は行わなかった。そこで、既存の成績から得られた適正濃度とその2倍濃度で EC 値の変動を調査した結果は第1図のとおりである。

標準濃度区では、定植から収穫始めまではほとんど変化はなかったが、収穫始めから上昇し始め、収穫最盛期を過ぎた頃には 8.0 mS/cm になり、途中、養液の全量交換を一度だけ行い、調整したが直ちに上昇した。この原因は収穫期になると養分より水分の吸収が多くなり、水分と養分の吸収のバランスを欠いたためであった。収穫後期には根部の活力低下も重なり、上昇程度が大きくなったものと考えられ、茅野⁸⁾が述べている EC 値の上昇についての考え方とほぼ一致しているようである。また、調整後においても EC 値が上昇したのはロックウールスラブ内に養分が蓄積されたとは考えにくく、作物体の吸収状況が大きく変わってきたことを物語っている。

1/2濃度区では標準濃度区より EC 値の上昇程度は小さく、定植から収穫始めまではむしろ下降気味となり、水分より養分の吸収が多かったことが推察された。しかし、収穫期からは上昇し、3.0 mS/cm になったが、標準濃度区より上昇程度は小さかった。この結果は標準濃度区より、1/2濃度区の方が水分と養分をバランス良く吸収していたことを示している。

b. pH の変動状況

pH の変動状況を第1図に示した。pH は EC 値と連動しており、EC 値が高くなると、pH は低くなった。標準濃度区では収穫始めまでは 6.0 前後で推移していたが、その後、下降し、収穫後期には 4.0 まで下降した。山崎⁹⁾が示した園試処方の肥料塩の解離表から EC と pH の関係を今回の結果に適用してみると EC 8 mS/cm では



第1図 培養液濃度の違いによる EC と pH の変化

pHは5.6前後と推定される。しかし、今回の試験の測定値ではこの推定値よりかなり下降しているの、この下降の原因は標準濃度区で根の腐敗がみられたことから、EC値の上昇により根が障害を受け、その根が分解され、酸性物質が生成されたためであると考えた。山崎⁹⁾も根の老化分解物(有機酸やアミノ酸)の集積によるpHの下降があることを指摘している。

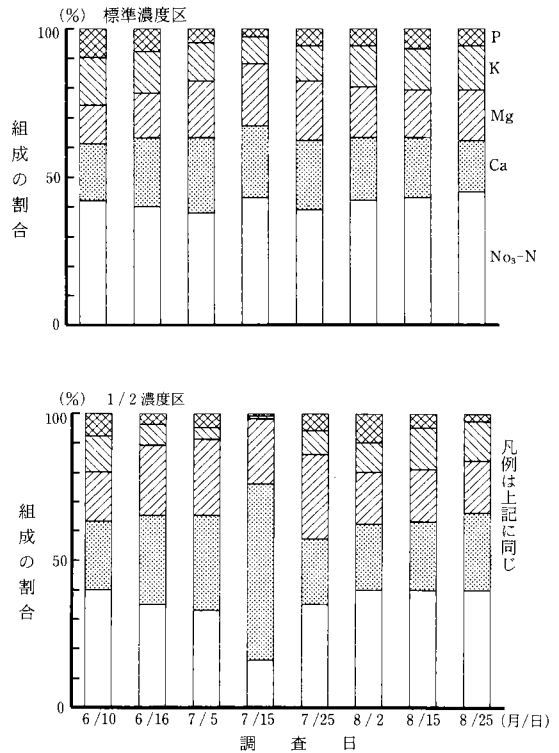
1/2濃度区では収穫始めまでは6.0~7.0前後で推移したが、その後下降し、収穫後期には5.5となった。pHの下降程度が標準濃度区より小さいことから標準濃度区より作物体への影響は少ないものと思われる。

c. 成分量の変化

収穫始めから終期までの濃度の違いによる成分の組成割合の変化については第2図に示した。

標準濃度区では硝酸態窒素(以下「NO₃-N」という。)、カルシウム(以下「Ca」という。)&及びマグネシウム(以下「Mg」という。)は収穫期間中を通して組成割合がほとんど変わらなかった。しかし、リン酸(以下「P」という。)&及びカリウム(以下「K」という。)の組成割合は収穫を始めから徐々に小さくなり、約1ヵ月後には最小となった。その後はP及びKの組成割合はほとんど変わらなかった。変わらなかった理由は各成分の配合割合がキュウリの養分吸収に適していたのではなく、培養液濃度が適正濃度より高くなった結果、根の細胞液濃度と培養液濃度との浸透圧差が生じ、根からの養分吸収が抑制され、変化が生じなかったためと思われる。

1/2濃度区では収穫期間中、Mgの組成割合はほとんど変わらなかった。しかし、NO₃-N、P及びKの組成割



第2図 培養液濃度の違いによる組成の変化

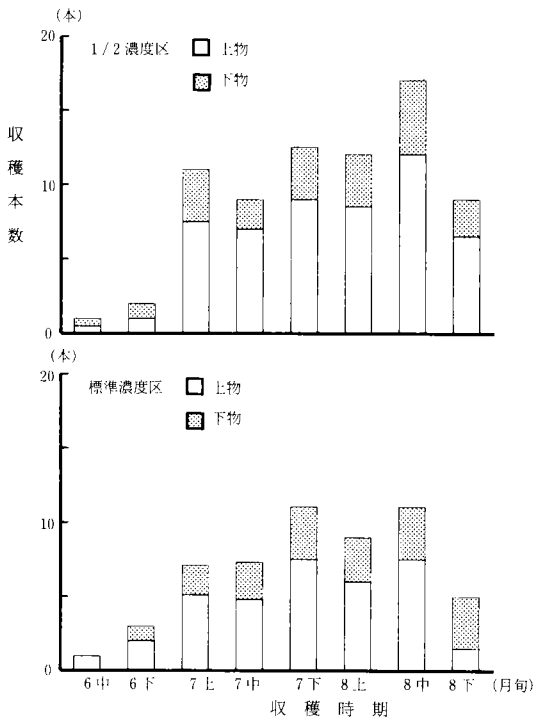
注) ミリグラム当量としての5成分の割合の変化

合は標準濃度区とほぼ同じ傾向がみられ、収穫始めから徐々に小さくなり、約1ヵ月後には最小になった。収穫を始めて約1ヵ月後からはNO₃-Nの組成割合はほと

第3表 キュウリの生育状況

試験区	6月6日			6月16日				7月2日						
	つる長 (cm)	節数 (節)	側枝発生 本数 (本)	つる長 (cm)	節数 (節)	葉の大きさ		側枝発生 本数 (本)	葉の大きさ		1次側 枝本数 (本)	2次側 枝本数 (本)	雌花開 花数 (個)	落果数 (個)
						たて (cm)	よこ (cm)		たて (cm)	よこ (cm)				
1/2 濃度区	130.1	12.2	3.8	192.4	21.9	27.3	25.8	7.9	28.6	27.0	13.1	0.4	34.0	10.8
標準濃度区	128.1	12.0	3.3	184.3	19.3	25.7	24.3	4.7	27.2	26.7	11.7	0.3	34.2	8.3

注) 調査対象株数10株、葉の大きさの6月16日は第9葉、7月2日は第10葉を調査



第3図 培養液濃度の違いによる株当たり収量

んど変わらなかったが、収穫後期においてPの割合が小さくなった。CaはNO₃-N、P及びKとは逆の傾向を示し、収穫始めから約1カ月後まで、組成割合が大きくなった。NO₃-N、P及びKの組成割合が減少した主な原因はそれらが能動的に吸収されるため、作物体の吸収量に比べて、培養液中の成分量が少なかったためである。Caの組成割合が増加したのはCaの吸収速度がNO₃-N、P及びKの吸収速度より遅いためと考えられた。また、Kについては、池田¹⁾が果実肥大時に吸収が多くなること、Smith²⁾が果実肥大時にはKを増加させた方が良くと述べていることも勘案すると、果実の肥大に伴い、吸収量が増大したことが原因であると思われる。

d. 生育及び収量への影響

濃度の違いによる生育・収量への影響については第3表及び第3図に示した。

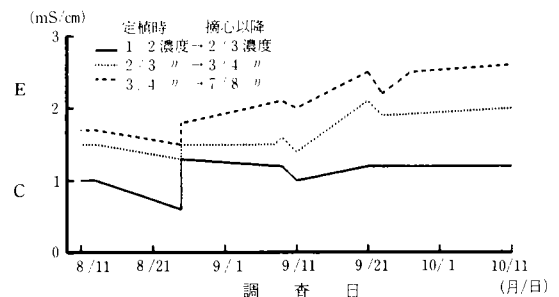
葉色は、標準濃度区では生育初期から収穫後期まで濃緑色であったのに対し、1/2濃度区では収穫前期までは淡緑色であったが、収穫後期になって、初めて濃緑色になった。

株当たり収穫本数は標準濃度区では55本、1/2濃度区では77本であった。また、1/2濃度区では標準濃度区より草丈は高くなり、葉が大きく、側枝の発生も多かった。1/2濃度区で生育が旺盛で、収穫本数が多かったのは、標準濃度区よりEC値の変動が少なく、養分や水分がバランス良く吸収された結果である。

(2) 濃度差試験

a. EC値の変動状況

(1)の濃度試験において、キュウリの適正濃度である園試処方1/2濃度 (EC 1.2 mS/cm) より高いEC値で管理するとEC値の変動が起こり、その現象は収穫期において顕著であった。そこで、どの程度の濃度差があるとEC値の変動が起こるかを検討した結果が第4図である。3段階に設定したすべての処理区において、定植時に設定したEC値が摘心時において0.2~0.4 mS/cm低下したので、摘心以降はいずれの区とも定植時に設定したEC値より0.2 mS/cm上方に修正して管理した。その結果、定植時に1.0 mS/cmに設定した区では収穫後期までEC値はあまり変動せず、1.3と1.5 mS/cmに設定した区ではわずかではあるが上昇した。このよう

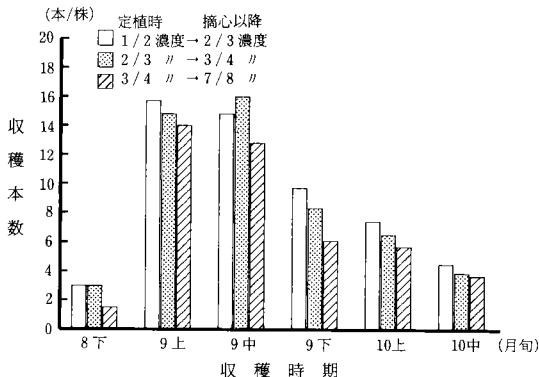


第4図 培養液濃度差がEC変動に及ぼす影響

な 0.2 mS/cm 程度の濃度差でも EC 値の変動が起きる原因はわからないが、濃度の微妙な変化でも EC 値が変動を起こすことは明らかであった。

b. 収量への影響

培養液濃度差と収量の関係を第5図に示した。EC 値が 1.0 mS/cm より高いほど収量は減少した。また、EC 値の変動が大きいほど減収したので、EC 値の変動が小さい管理すれば増収する結果が得られると考えられた。



第5図 培養液濃度差が収量に及ぼす影響

(3) 培養液処方試験

a. EC 値の変動状況

これまでキュウリの処方については多くの検討が行われているが、装置ごとに処方が異なっているのが現状である⁷⁾。そこで本装置においても処方の違いにより EC 値が変化すると考え、養分吸収量から導かれた山崎処方と作物の適用範囲が広い大塚処方について EC 値の変動を調べた (第6図)。

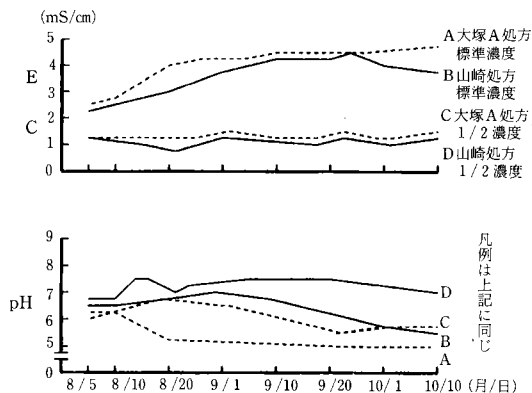
標準濃度では大塚処方区が収穫始めから直ちに上昇したのに対し、山崎処方区は徐々に上昇した。両区とも収穫最盛期にはほぼ 4 mS/cm となった。

1/2 濃度では両区とも、ほぼ供給液の EC 値 (1.2 ± 0.2 mS/cm) で安定していた。このことは今回用いた処方の各成分量の違い程度では EC 値の変動に違いがみられないことを示しており、個々の成分量がどの程度違えば EC 値が変動するのかについては今後検討する必要がある。

なお、今回の結果からは処方の違いより培養液濃度の違いの方が、EC 値の変動に与える影響は大きい結果となった。

b. pH の変動状況

pH の変動状況を第6図に示した。標準濃度では大塚



第6図 培養液処方の違いによる EC と pH の変化

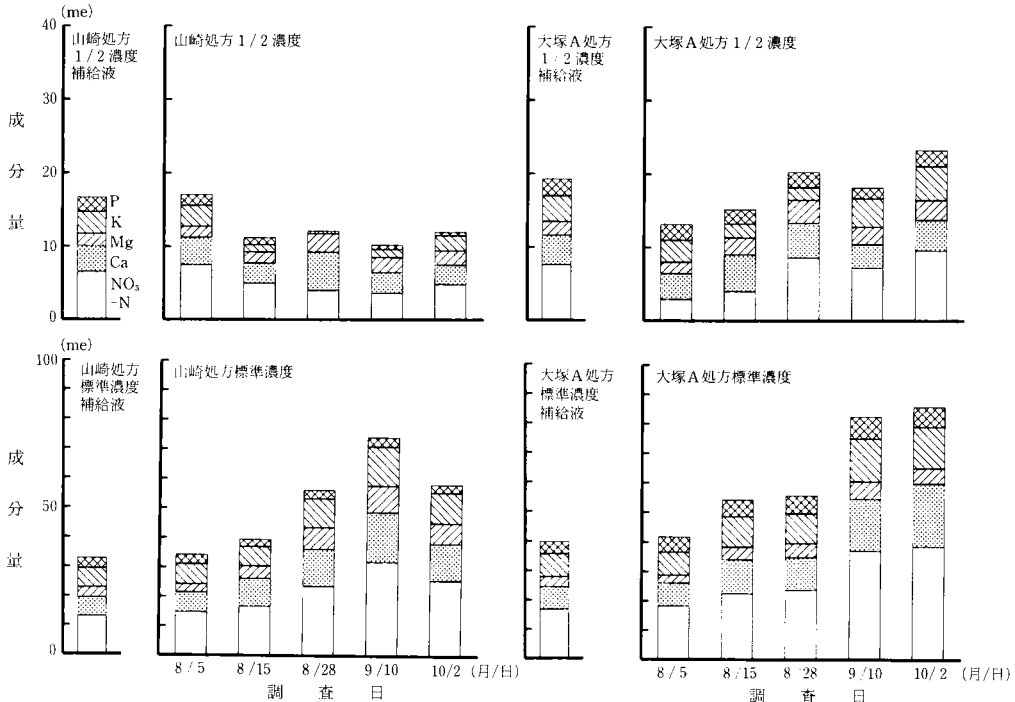
処方区が収穫始めの 6.0 から収穫最盛期に 5.0 まで下降したのに対し、山崎処方区は収穫最盛期に 7.0 まで上昇し、その後 5.5 まで下降した。1/2 濃度では大塚処方区が収穫始めに 7.0 前後に上昇した後、5.5 まで下降して安定した。山崎処方区は全期間を通して 7.0~7.5 の間でほぼ安定していた。大塚処方区で pH が下降したのは、第1表に示したように大塚処方区では山崎処方区より NO₃-N が多い配合割合であるために、NO₃-N は作物に吸収される量より培養液中に残存した量が多かった結果と考えられる。

c. 成分量の変化

処方により成分の配合割合が異なっているが、EC 値の変動にどのような成分が関係しているかを調べた結果が第7図である。

標準濃度では収穫期以降における両区の成分量は補給液の成分量より増加していた。これは水分と養分の吸収のバランスを欠いた結果と考えられる。

1/2 濃度における山崎処方区では収穫期間中、補給液より NO₃-N、K 及び P が減少したが、Ca 及び Mg は変わらなかった。大塚処方区では補給液と比べて、NO₃-N は収穫始めまで減少したが、収穫期になるとほぼ同じ量となった。K は収穫始めから約2週間後まで徐々に減少したが、その後は補給液とほぼ同じ量であった。P、Ca 及び Mg については収穫期間中、補給液とほぼ同じ量であった。両区に共通した現象は収穫始めから約2週間後まで K が減少したことである。この原因は濃度試験結果で記載したように果実肥大に伴い K の吸収が増大したためと思われる。このことから、定植から収穫始めまでの処方とは異なり、収穫期には K が多く含まれる処方を全イオン濃度やイオン間の比率を考慮して⁵⁾ 検討する必要があると思われた。



第7図 培養液処方の違いによる主要成分の変化

d. 収量への影響

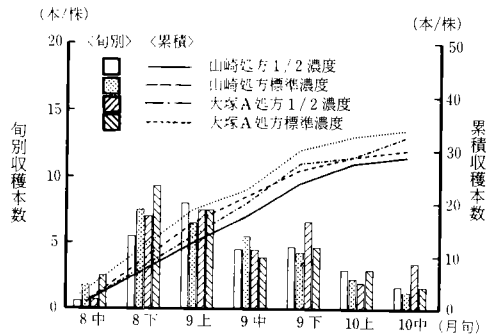
処方の違いが収量に与える影響については第8図に示した。両処方とも標準濃度が1/2濃度より収量がやや多かったが、大差はなかった。標準濃度区で収穫後期のEC値の変動に伴い、両処方間に成分量の変化が生じたが、成分量と収量との関係は明らかではなかった。

(4) 循環量試験

a. EC値の変動状況

本装置はロックウール培地を使用していることから、湛液装置とは異なり、給液回数や量を自由に変更することが可能である。そのため給液方法や給液量の変化により、作物の吸水状況の変化することも考えられるし、また、スラブを洗浄することもEC値の変動に影響するとも考えられる。そのため給液法を常時循環と間断循環に分け、EC値の変動を調査した結果が第9図である。

いずれの給液法でも標準濃度の場合はEC値は若干上昇したが、給液法によりその傾向はやや異なり、間断循環区では主に栄養生長期に上昇したのに対し、常時循環区では徐々にではあるが、常に上昇傾向であった。この原因は明らかではないが、標準濃度の常時循環区では1/2濃度と比べ、各成分量が多いことに加え、養分吸収が抑制されることから推察すると、水分と養分の吸収バランスのくずれが累積した結果と考えられる。一方、1/2



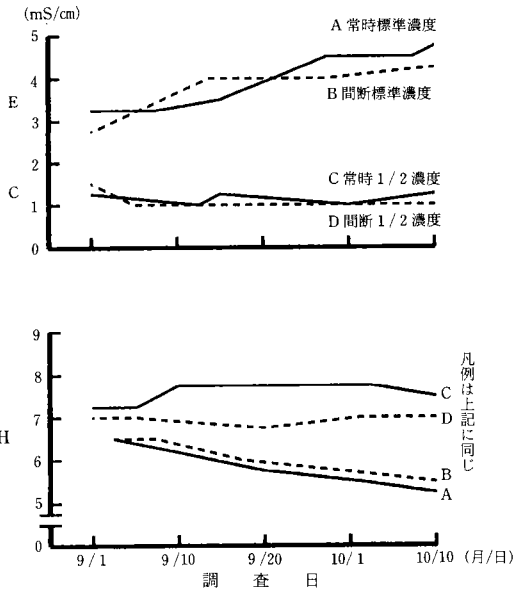
第8図 培養液処方の違いが収量に与える影響

濃度区では給液法によるEC値の変動の差はほとんどなかった。また、標準濃度でも両区の差は0.5 mS/cm程度であり、常時循環区と間断循環区では給液法による影響は小さいと考えられる。

今回の結果も給液法の違いより濃度の違いの方がEC値の変動に与える影響は大きかった。

b. pHの変動状況

pHの変動状況を第9図に示した。標準濃度では両区ともEC値が上昇するにつれて、pHは下降した。1/2濃度では両区のEC値の差は小さかったが、pHの差は大きかった。これは養分吸収状況の違いが影響している



第9図 循環量の違いによる EC と pH の変化

と考えられるが、原因は定かではない。

c. 成分量の変化

標準濃度では収穫後期において間断循環区より常時循環区の残液中の成分量が多かったが、変動傾向は両区ともほぼ同じであった。

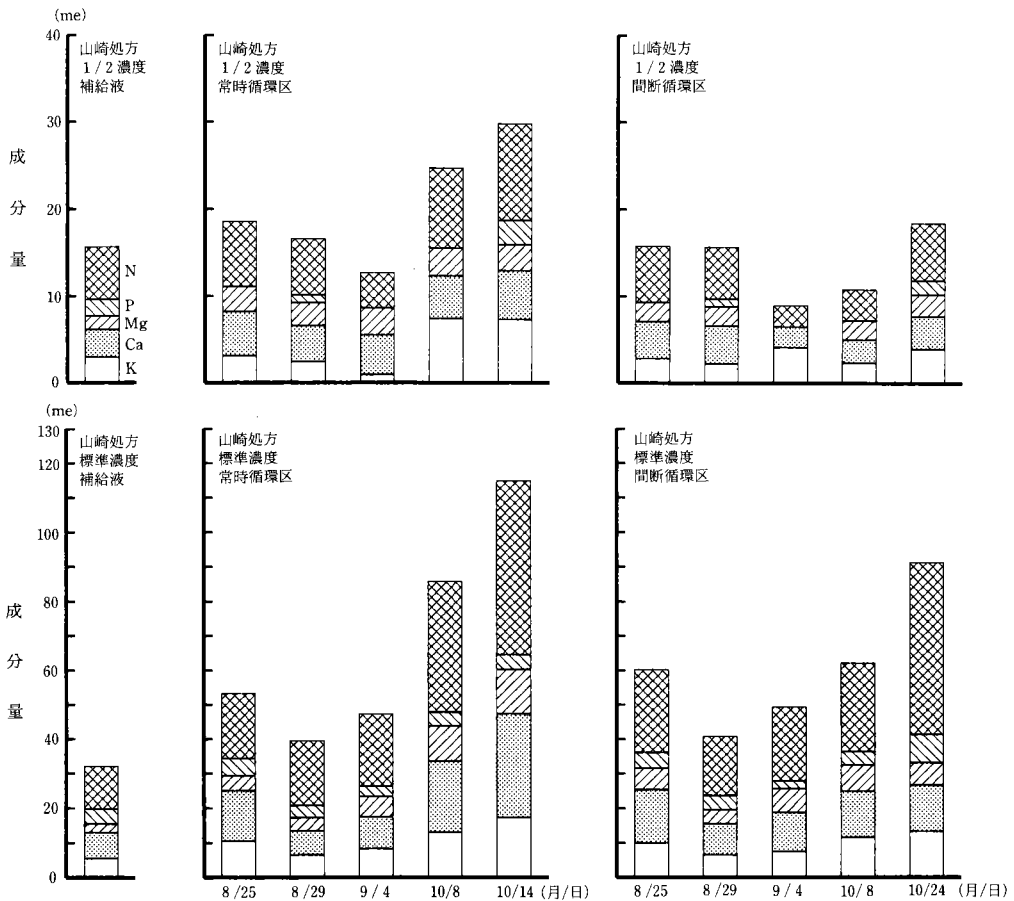
1/2濃度では両区とも収穫最盛期頃になるとPが少なくなった(第10図)。成分量は標準濃度と同じように、水分と養分との吸収バランスが異なった結果、常時循環区が間断循環区より多かった。

d. 収量への影響

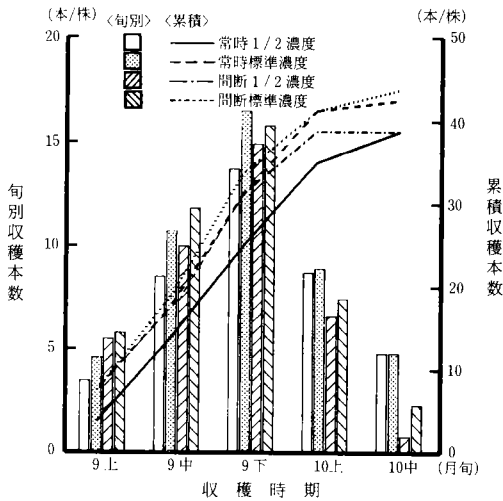
循環量の違いが収量に与える影響については第11図に示した。

総収量では両区とも、ほとんど変わらなかったことから、今回の試験の範囲内では循環量の違いはキュウリの収量に大きな影響を与えていないものと考えられた。

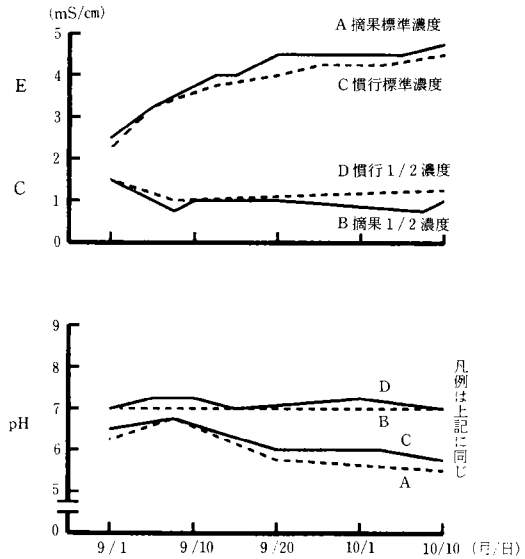
また、今回の試験では標準濃度の収量が1/2濃度より多かった原因については明らかではないが、1/2濃度においては収穫前期からpHの適正值(6.5~5.5)より高



第10図 循環量の違いによる主要成分の変化



第11図 循環量の違いが収量に与える影響



第12図 摘果の有無による EC と pH の変化

い7～7.5で推移したため、培養液中の P が欠乏したのが原因かもしれない。

2. 着果負担と EC 値の変動

a. EC 値の変動状況

今までの EC 値の変動状況から推察すると、概して、収穫期の変動が多く、生育ステージにより各成分吸収状況が異なることに加え、着果負担からくる樹勢等の影響が考えられる。また、着果負担を軽減することにより、EC 値の変動を回避することや樹勢を回復することが可能と思われる。そこで、摘果しない慣行区に加え、全果実を摘果した摘果区を設け EC 値を調査した結果が第 12 図である。

着果負担の有無にかかわらず、標準濃度では収穫始めから上昇したのに対し、1/2 濃度では 0.8～1.4 mS/cm であり、ほぼ供給培養液の値 (1.2 mS/cm) で安定していた。

果実肥大による負担を検討するため全果実を摘果した場合には標準濃度で EC 値がやや上昇したのに対し、1/2 濃度ではやや低くなった。これは、標準濃度では濃度試験で述べたように浸透圧差が生じたことや果実が無いために慣行（無摘果）より養分吸収が少なくなったことから残留成分が多くなったためと思われる。

b. pH の変動状況

pH の変動は EC 値の変動にほぼ連動し、EC 値が上昇した標準濃度では pH は低下し、EC 値が安定している 1/2 濃度では pH も 7.0～7.3 で安定していた (第 12 図)。

c. 成分量の変化

成分量の変化については第 13 図に示した。標準濃度では定植から収穫最盛期までの成分量の変化は両区ともほぼ同じであったが、収穫末期の 10 月 14 日時点では摘果区の方が成分量が約 20 me 多く、成分では K, Ca 及び Mg が摘果区で多かった。1/2 濃度ではいずれの時期においても、両区で P は補給液の濃度より低くなり、他の成分より良く吸収されていた。また、収穫期には摘果区の成分量が慣行区より少なかったが、この原因は摘果により根量が増加した結果、養分吸収量が増加したためと考えられる。

d. 根量への影響

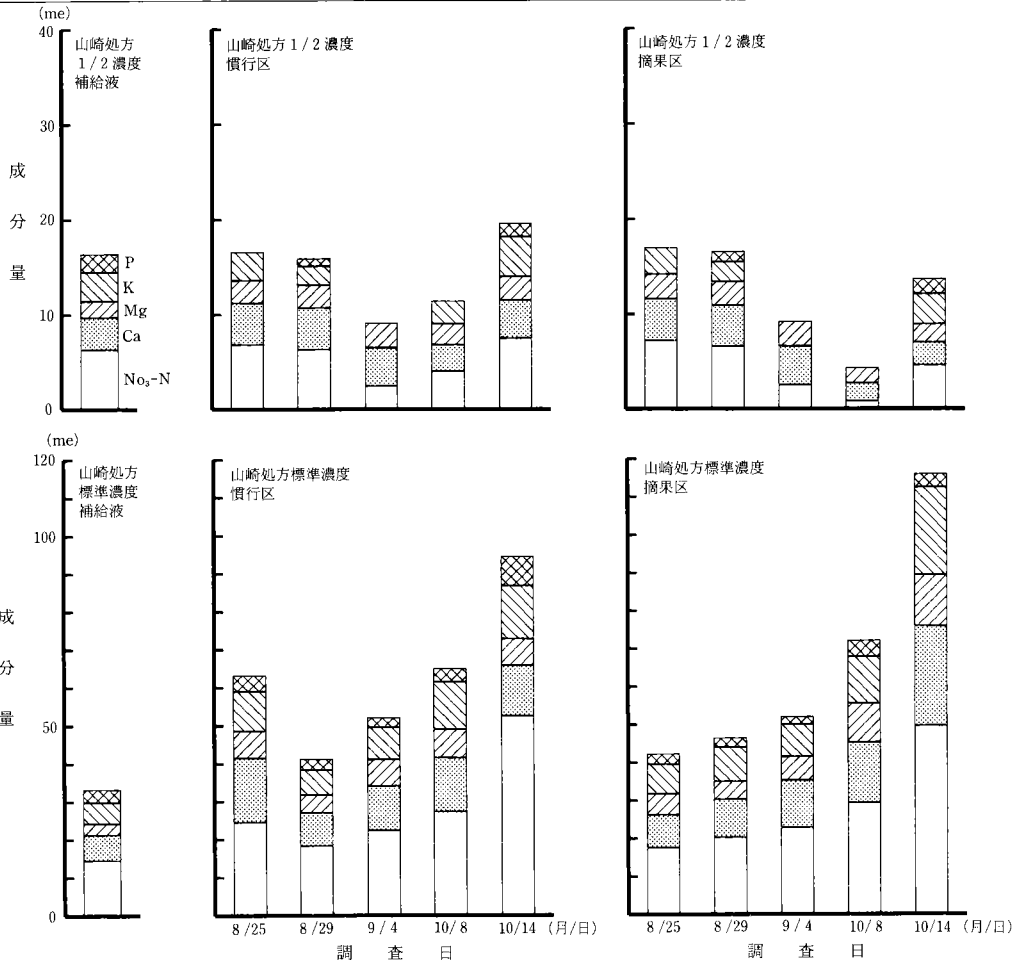
摘果による地上部の生育差は小さかったが、第 14 図に示したように摘果区におけるスラブ下側の根量は慣行区に比べ約 2 倍多くなった。スラブ上側の根量は補給液濃度が低い方で多いことから補給液濃度の違いにより発根状況が異なるようである。

3. キュウリの吸水特性

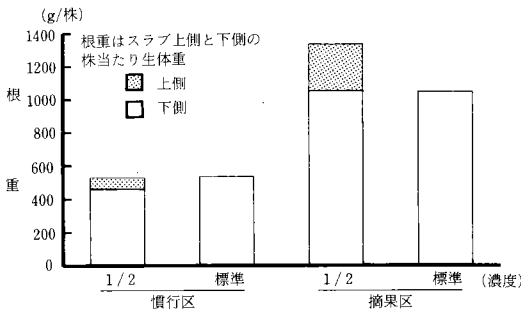
EC 値の変動要因を考察する上で、極めて重要であると考えられたので、吸水特性について調べた。

1日の平均日射量と1日平均のみかけの蒸散量ではおおむね比例関係にあるが、生育ステージによって異なったり、天候により変動したりするので、一つの関係式で全てを説明することは難しい。³⁾

吸収状況を細かく見るために、1日のうちで1時間ごとに調査した結果が第 15 図である。この結果から、必ずしもみかけの蒸散量と日射量の関係は明らかではなく、

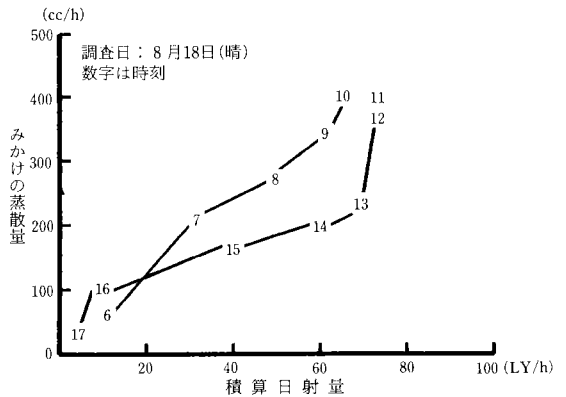


第13図 着花負担の違いによる主要成分の変化



第14図 摘果の有無が栽培終了時の根重に及ぼす影響

作物を取り巻く環境により、みかけの蒸散量は異なっていた。また、みかけの蒸散量の最大値は日射量の最大値より1~2時間前であること、午後の吸水量は午前より減少することも明らかにされている。このことから、キュウリの吸水特性は1日のうちでも微妙に変化しており、培養液中のEC値が吸水と連動していることを考慮



第15図 1日のうち時間別のみかけの蒸散量と室外日射量の関係

するとEC値が1日のうちでもかなり変化していることが推定される。

IV 総合考察

培養液濃度については、これまで栽培装置ごとに検討が加えられ、装置に応じた濃度が決められてきた⁷⁾。そのため、装置ごとに適正濃度は異なり、また、栽培期間中の濃度も、収穫終了時まで一定濃度であったり、途中から変更したりして、必ずしも統一されていない。このことは装置に起因する種々の要因により適正濃度が変わることを示唆していることから、本装置の培養液管理においても従来の濃度に関する知見が応用できない面が多いと考えた。

実際栽培の濃度管理において最も問題となるのは EC 値の変動、特に EC 値の上昇である。今回の濃度試験では EC 値を 1.2 と 2.4 mS/cm に設定して管理した結果、前者は後者と比べて EC 値の変動が小さく、前者では生育が旺盛で、収量も増加した。このことから、今回の試験の範囲内では本装置の適正濃度は 1.2 mS/cm であった。2.4 mS/cm における生育抑制と減収の原因については養分吸収量の減少と根の生育阻害が起こることにより、光合成産物の生産が抑制された結果と考えた。養分吸収量が減少するメカニズムとしてはこれまでの知見から、根の細胞液濃度と培養液濃度の浸透圧差が生じることにより、培養液中の養分は根には流入せず、ドンナン平衡理論から、逆に根から外部に水分が流出する現象が起こっていると考えた。また、養分吸収が抑制される過程については Bowling¹⁾ も Langmuir 吸着等温式を使って、培養液濃度が高くなるにつれて、養分吸収量は増加するが、ある濃度以上になると吸収量は一定となり、増加しないことを明らかにしている。根の生育については濃度が高いことにより養分吸収が抑制された結果、光合成能力が低下し、根の老化分解が促進され、有機酸が発生して阻害されたと考えた。

生育に適していると思われる培養液濃度からどの程度の濃度差があると EC 値の変動がみられるかを調べた結果、摘心以降においては 0.2 mS/cm 程度の差でも EC 値は上昇した。このことから、EC 値の変動は微妙であり、生育ステージごとの適正値を適確につかむことは難しく、まして予め予想しておくことは困難であると考えられた。そのため、生育ステージにより EC 値を修正する必要性が示唆された。

本装置のような循環式では掛け流し式とは異なり、作物の生育に伴って EC、pH 及び培養液の組成が著しく変動しやすい。そこで、できるだけこれらの変動が少ない培養液を用意する必要がある。今回、養分吸収量から導かれた山崎処方と大塚処方と比較した結果、EC 値の変

動状況や収量においてはほとんど同じであった。このことから、本装置における処方間の違いは明らかにならなかった。

一般的に濃度が低い培養液において果菜類を栽培すると培養液中の NO₃-N は収穫始めまで減少し、収穫期になると P と K が減少することが明らかにされている⁵⁾。今回の試験でも 1/2 濃度で管理すると収穫始めから培養液中の K の減少がみられた。一般的に果実や茎では K 濃度が高い特徴がある。また、キュウリの果実中の要素量を比率でみると N を 100 とした場合 P 20~30, K 110~120, Ca 6~7, Mg 6~7 である⁵⁾。このことから、濃度試験の結果も考慮して、キュウリの処方を考えてみると収穫始めまでは山崎キュウリ処方をうい、収穫始め以降は成分の配合割合を変え、K を多く含む処方を検討する必要がある。また、循環量試験の pH の変化、成分量の変化及び収量調査結果から pH が適正値 (6.5~5.5) より高くなると、P 欠乏となり減収することが推測された。

常時循環で山崎キュウリ処方の EC 2.0 mS/cm で管理すると EC 値は間断循環よりやや上昇したが、EC 1.0 mS/cm では両者にほとんど差はなかった。しかし、常時循環が間断循環より吸水量が多いこと³⁾ や吸水量の違いは養分吸収量の違いでもあることから推察すると、かん水回数が今回の試験より少ない場合には EC 値の変動に違いが現れると思われるので、この点については今後検討する必要がある。

着果負担がなくなると、根量が多くなり、EC 値も安定するので、草勢コントロールのための管理法として有効と思われる。実際栽培では長期栽培の場合に適用できるが、EC 2.4 mS/cm では培養液の EC 値が上昇するので、着果負担の軽減を行っても効果は少ないと思われる。

吸水量は養分吸収量と密接に関係しているが、1日のうちにおいても吸水の指標となる、みかけの蒸散量は周りの環境により変化していることから、EC 値も日変化を起こしていることが示唆された。また、栽培期間中、1日のみかけの蒸散量と1日の平均日射量はほぼ比例関係にあるが、同一日射量においても生育ステージの違いにより、100 cc/h/株の違いが生じることが明らかにされている³⁾。このことから、日射量だけを基準とした給液では吸水に見合った給液とはいいがたく、給液には天候や生育ステージを考慮した細かい管理が必要であった。

EC 値が変動しない管理を今回の試験結果とこれまでの経験から組み立ててみると次のようになる。

定植時の培養液濃度はこれまでの知見で得られた値 (1.2 mS/cm) で設定し、変動に最も関係している濃度

を毎日定時に記録する。定植から収穫始めまでは適正濃度より低ければ EC 値は下降し、高ければ上昇するので、設定濃度より ± 0.5 mS/cm 変化したら修正する。収穫が始まると EC 値は上昇しやすいので、収穫始めの EC 値を保つため、2~3日間隔の頻繁な修正を行う。処方については養分吸収量を考慮した山崎処方を用い、7~15時の間に1時間ごとに12分給液する。また、長期栽培において、曲り果の発生が多くなるなど樹勢低下の徴候がみられたら、着果を制限することも有効である。

残された問題としては品質を極度に重視するメロン栽培や極端な節水を行う高糖度トマト栽培については別の視点からの管理法を検討する必要があると思われる。

V 摘 要

1. キュウリを用いて、本装置における培養液濃度、処方、循環量及び着果負担の違いによる EC 値の変動状況とその原因について検討した。
2. EC 値の変動が大きい園試処方の標準濃度 (EC 2.4 mS/cm) より EC 値の変動が小さい 1/2 濃度 (の EC 1.2 mS/cm) で生育が旺盛となり、増収した。
3. 山崎処方と大塚処方では EC 値の変動や収量にほとんど差はなかった。
4. 今回の試験では常時循環と間断循環では EC 値の変動にほとんど差はなかった。
5. 摘果を行い、着果負担を少なくすることは山崎処方の 1/2 濃度では EC 値の変動が少ないので、長期栽培における草勢コントロールには有効と考えられた。
6. 培養液濃度が 0.2 mS/cm 異なっても EC 値は変動し、EC 値の変動に係る吸水量は1日のうちでも変化していた。
7. 前記の4要因の中では培養液濃度が EC 値の変動に最も影響していると考えられた。

引用文献

- 1) D. J. F. Bowling (1976). Uptake of Ions by Plant Roots (柳沢訳. 植物によるイオン吸収). 29~34
- 2) D. Smith (1987). Rockwool in Horticulture (池田・篠原共訳. 野菜・花きのロックウール栽培). 136~163
- 3) 堀内正美・村越一彦 (1989). 静岡農試施設部試験成績書資料第1781号. 40~136
- 4) 池田英男 (1986). 農業及び園芸. 61: 125~131
- 5) 日本土壤肥料学会編 (1989). 養液栽培と植物栄養. 73~83
- 6) 大石直記・堀内正美・村越一彦 (1990). 静岡農試研報. 35: 9~24
- 7) 静岡県 (1984). 養液栽培プロジェクト報告書. 52~55
- 8) 茅野充男 (1987). 農業及び園芸. 62: 91~96
- 9) 山崎肯 (1982). 養液栽培全編. 34~53

Development and utilization of 'Shizuoka' hydroponics system

II The change factors of the nutrient concentration

Yuji TADAUCHI, Masami HORIUCHI, Naoki OISHI and Kazuhiko MURAKOSHI

Summary

- 1 . The effects of the nutrient concentration, the application recipe of nutrient solution, the volume of circulation and fruit thinning on the change of electric conductivity (EC) value were studied using 'Shizuoka' hydroponics system for the cultivation of cucumber plant.
- 2 . By cultivating in the 1/2 concentration (EC 1.2mS/cm) of 'ENSHI recipe', EC value changed little and the growth and the yield of cucumber plants were better while those by standard concentration (EC 2.4mS/cm) changed EC value significantly.
- 3 . There was little difference between 'YAMAZAKI I cucumber recipe' and 'OTUKA recipe' on the change of EC value and on the yield of cucumbers.
- 4 . There was little difference on the change of EC value between the continuous and discontinuous circulation.
- 5 . Fruit thinning seemed to be useful for growth control in a long cultivation, since the EC value unchanged by fruit thinning in the 1/2 concentration of 'YAMAZAKI cucumber recipe'.
- 6 . The EC value of nutrient solution changed even when the nutrient concentration changed EC 0.2mS/cm. And the amount of water absorption which is responsible for the change of EC value, changed even in daytime.
- 7 . It was considered that the nutrient concentration among the above-mentioned four factors had most significant influence on the change of EC value.

