

果菜類の少量土壌培地耕に関する研究（第3報）  
キュウリおよびトマト栽培における培養液循環施用が  
生育、収量、品質ならびに肥料成分のみかけの吸収濃度に及ぼす影響

濱中 正人・吉澤 克彦\*・大谷 博実

Studies on Cultivation of Fruit Vegetables in  
the Isolated Minimum Soil Bed.

(3)Effect of circulated nutrient solution on the growth,yield,fruit qualities and  
the apparent concentration of nutrients for the cultivation of cucumber and tomato.

Masato HAMANAKA,Katsuhiko YOSHIZAWA,and Hiromi OTANI

キーワード:キュウリ, トマト, 培養液循環施用, 少量土壌培地耕, みかけの吸収濃度

キュウリ, トマトの少量土壌培地耕における培養液循環施用技術を確立するために, 培養液の循環施用が生育, 収量および品質に及ぼす影響を検討した. また, 循環施用におけるみかけの吸収濃度を測定することにより, 生育時期に適応した培養液処方確立しようとした.

- 1) キュウリの半促成栽培では, 培養液の循環施用で非循環施用に比べて収量が低下するが, 抑制栽培では, 同等の収量が得られた.
- 2) トマト栽培では, 培養液の循環施用で非循環施用と同等の生育, 収量, 品質を得ることができた.
- 3) 培養液の循環施用では, 非循環施用に比べ, 施肥量をキュウリ栽培で10~60%, トマト栽培で30%程度削減することが可能であった.
- 4) キュウリ, トマト栽培における  $\text{NO}_3\text{-N}$ , P, Kのみかけの吸収濃度を算出した.

## 1. 緒 言

少量土壌培地耕では, 土壌を主な構成成分とするため, 培地の緩衝能力が高く, 培養液管理は比較的容易に行うことができる. 前報では, 培養液非循環施用で, 土耕栽培と同等以上の収量・品質が確保できることを報告した<sup>2, 13)</sup>.

少量土壌培地耕は, 木枠やビニルなど入手しやすい資材を用いているため, 装置導入コストは他の養液栽培の装置よりも低い<sup>2, 10-13)</sup>. しかし, 培養液非循環施用では, ランニングコストの一つである肥料代が土耕栽培より高く, 併せて, 培養液の排液が垂れ流しにされることで, ハウス内土壌への多量の肥料成分が蓄積

する. 従って, 肥料コストの削減, 環境負荷軽減の観点から, 培養液の循環施用技術の確立が急務となっている.

肥料成分のみかけの吸収濃度は, みかけ上植物体が吸収する肥料成分の濃度を示す<sup>8, 9)</sup>. 吸収された肥料成分, 濃度の培養液を補充することにより, 培養液循環施用による成分バランスの崩れを防止することができる.

そこで, 本報では培養液の循環施用が, キュウリ, トマトの生育, 収量, 品質に及ぼす影響を検討し, 併せて, みかけの吸収濃度を測定することにより, 培養液循環施用における適正な肥培管理技術を確立しようとした.

\*平成7年10月28日逝去



## 2. 材料および方法

### 2. 1 栽培装置の構造

幅25cm, 高さ10cmのぬき板の栽培枠に, 厚さ0.1mmのビニルシートを敷き, 底に水はけを良くするため, もみがらを厚さ3cmに充填し, その上に消毒した施設土壌(土性:砂壤土)を7cmに充填した。2作目以降, 培地は消毒せずに連用した。水が滞留しないように栽培装置を片側にわずかに傾け, 傾けた側に1m間隔で長さ20cm程度の排水口を設けた。培養液循環施用区では, 排液は装置の下に敷いたSSシート(S社製)で回収し, 再利用した。苗は1条ごとに定植し, 株間の中央にかん水チューブ(エバフローA型)を下向きに設置して, 培養液を施用した。生育初期は1日1~2回, 収穫期には1日4~6回(多回数施用区は最大9回), 培養液を小型ポンプで施用した。給液量は, ポンプとエバフローの間に設置した水道メータにより測定した。

### 2. 2 キュウリ栽培の耕種概要

試験は1994, 1995, 1997年に行い, 半促成栽培, 抑制栽培で検討した。1994年の半促成栽培では単棟鉄骨ビニルハウス(間口10m, 奥行き50m), その他の作型では単棟鉄骨ガラス温室(間口7.4m, 奥行き16.0m)内で行った。穂木の品種は, 半促成栽培では'アンコール8'(ときわ), 抑制栽培では'翠星節成'(ときわ)を供試し, 台木はブルームの発生を防止するため, いずれも'NEWスーパー雲竜'(久留米原種)を用いた。うね幅は1994年の半促成栽培で1.8m, 1997年の作で1.6m, その他の作では2.0mとし, 株間30cmの1条ごとに定植して, 交互誘引した。主枝は1994年の半促成栽培と1995年の作型は18節, その他の作型では20節で, 側枝はいずれの作型も2節で摘心した。半促成栽培は1月下旬~2月上旬に播種, 2月下旬~3月中旬にポット苗(径12cm)を定植した。収量調査は7月上旬まで行った。抑制栽培は8月上旬~9月上旬に播種し, 8月中旬~9月下旬にポット苗(径12cm)を定植した。収量調査は12月上旬まで行った。

培地は1994年の半促成栽培で3作目, 1995年と1997年の抑制栽培では2作目, その他の作型では1作目土壌を用いた。

収量調査では形状などが優れ商品価値の高いものを上物, 軽度の曲がり果, 肩こけ果等で販売可能なもの

を中物, 販売不可能なものを下物として品質別収量を測定した。

### 2. 3 トマト栽培の耕種概要

試験は1995~1997年に, 半促成栽培と抑制栽培について, 鉄骨ガラス温室(間口7.4m, 奥行き16m)内で行った。供試品種は1997年の抑制栽培では'桃太郎8'(タキイ), その他の作型では'桃太郎'(タキイ)とし, いずれの作型も, 自根苗を用いた。うね幅1.6m, 株間25cmの1条ごとに定植し, 交互誘引した。半促成栽培では1月上旬~中旬に播種し, 2月中旬~3月上旬に定植した。抑制栽培では6月中旬~7月上旬に播種し, 7月中旬~8月上旬に定植した。いずれの作型も主枝1本仕立てで, 1997年の抑制栽培のみ8段果房まで収穫したが, その他の作型では6段果房で収穫を終えた。いずれも最上位果房の上の2葉を残し摘心した。培土は, 半促成栽培では1作目, 抑制栽培では2作目のものを用いた。

収量調査では, 果重100g以上の正常果を上物, 100g以上で軽度の生理障害果で販売可能なものを中物, 100g未満または極度の生理障害果を下物とした。着果促進のため, 合成オーキシン剤(トマトラン液剤500~1,000倍液)とジベレリン10ppm水溶液を開花時に単花処理した。

### 2. 4 [試験I]キュウリ栽培における培養液循環施用

1994年と1995年の半促成栽培, 抑制栽培で検討した。培養液の施用方法として, 非循環施用と循環施用を比較した。1994年の抑制栽培と1995年の半促成栽培では, 更に多回数循環施用(給液回数を循環施用区の1.5倍とした)の区を設けた。いずれも山崎処方キュウリ用0.9単位(EC1.9~2.0mS/cm)で管理した。1995年の抑制栽培では低濃度循環施用(山崎処方キュウリ用0.8単位, EC1.7mS/cm)の区を設けて比較した。培養液循環施用では, 培養液を設定したEC値になるように適時補充した。

いずれの作型も, 収穫打ち切り1~2週間前から水のみを補給して, 給水除塩を行った。

### 2. 5 [試験II]トマト栽培における培養液循環施用

1995年の半促成栽培と1996年の半促成, 抑制栽培で検討した。いずれの作型も, 培養液の施用方法として非循環施用と循環施用を比較した。培養液は山崎処方トマト用を用い, 第3果房開花期までは1単位で施用(EC1.2mS/cm)で管理し, それ以降は1.3単位(EC1.5mS/cm)で管理した。1996年は1単位循環施用



(終始山崎処方トマト用1単位)をさらに加えて比較した。培養液循環施用では、培養液を設定したEC値になるように適時補充した。

定植直後～約1週間は水のみを施用し、収穫終了1～2週間前から水のみを施用して、給水除塩を行った。

### 2. 6 [試験Ⅲ, IV]キュウリ, トマトのみかけの吸収濃度

キュウリ, トマトとも1997年の半促成栽培と抑制栽培において、培養液濃度の異なる3区を設けて試験を行った。培養液は、キュウリでは山崎処方キュウリ用を用い、中濃度区は常に1単位の濃度で管理し、低濃度区および高濃度区はそれぞれ中濃度区の0.8, 1.2倍の濃度で管理した。トマトでは、山崎処方トマト用を用い、中濃度区では定植直後より1週間は水のみ、その後第3果房開花期までは1単位、以降は1.3単位の濃度で管理した。低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の0.8, 1.2倍の濃度で管理した。

給液タンクの培養液残量が1/3程度減少した時点で、培養液を全量交換し、交換前後の培養液の肥料成分量を測定した。みかけの吸収濃度 ( $n/w$ ) は、給液タンクの容量を  $a$  ( $l$ )、吸水量 (減液量) を  $w$  ( $l$ ) とし、調合時の培養液濃度  $Y$  ( $me/l$ )、残液の培養液濃度を  $Y_1$  ( $me/l$ ) とし、下記の式によった。

$$Y > Y_1 \text{ の時 } n/w = a/w (Y - Y_1) + Y_1$$

$$Y < Y_1 \text{ の時 } n/w = Y_1 - a/w (Y_1 - Y)$$

また、植物体を定植していない区 (無定植区) を設

け、培地への肥料成分の蓄積量や、培地上からの蒸散量を調べた。

培養液の  $NO_3-N$ ,  $P$  濃度は小型反射式光度計 (メルコクェント社製),  $K$  濃度は平板電極式携帯用イオンメータ (堀場製作所製) で測定し、無定植区の培地への肥料成分の蓄積量は、給液と残液の肥料成分量の差から算出した。培地土壌の  $NO_3-N$  含量は小型反射式光度計で、 $P_2O_5$  含量はトルオーグ法、 $K_2O$  含量は平板電極式携帯用イオンメータで測定した。

## 3. 結 果

### 3. 1 [試験 I] キュウリ栽培における培養液循環施用

#### 3. 1. 1 給液量と施肥量

標準の施用回数では、1日・1株当たりの給液量は  $0.9 \sim 2.5 l$ 、総給液量が  $12.8 \sim 43.9 l$  であった。多回数循環施用区の総給液量は循環施用区と比べて  $15 \sim 50\%$  増加した (表1)。

非循環施用区の施肥量は  $N$  成分で  $2.2 \sim 5.1 kg/a$  であるのに対し、循環施用区では  $2.0 \sim 3.7 kg/a$  であり、 $9 \sim 59\%$  の削減率であった。また、多回数循環施用区の施肥量は循環施用区に比べて、若干増加したが差はわずかであった。低濃度循環施用区においては、循環施用区に比べてさらに施肥量が削減された。

#### 3. 1. 2 収穫終了時の生育および収量

草丈は半促成栽培、抑制栽培ともに、年次間に差があるものの、区間差はほとんど認められなかった (表

表1 培養液施用方式とキュウリ栽培時の給液量および施肥量

作型 年次	培養液施用方式	総給液量 (t/a)	日平均給液量 (l/株・日)	施肥量 (kg/a)			施肥削減率 (%)
				N	$P_2O_5$	$K_2O$	
半促成栽培							
1994	非循環施用	36.7	1.8	5.1	1.9	7.3	—
	循環施用	38.1	1.7	3.7	1.4	5.3	27.5
1995	非循環施用	28.3	2.0	3.22	1.24	4.91	—
	循環施用	30.6	2.1	2.08	0.80	3.18	35.2
	多回数循環施用	35.0	2.4	2.14	0.82	3.26	33.5
抑制栽培							
1994	非循環施用	43.9	2.5	5.14	2.22	8.79	—
	循環施用	43.9	2.5	2.12	0.91	3.62	58.8
	多回数循環施用	66.5	3.8	2.51	1.08	4.28	51.3
1995	非循環施用	12.9	0.9	2.18	0.84	3.34	—
	循環施用	13.6	1.0	1.98	0.76	3.03	9.3
	低濃度循環施用	12.8	0.9	1.52	0.58	2.32	30.6



表2 培養液施用方式とキュウリの収穫終了時の生育および収量

作型 年次	培養液 施用方式	草丈 <sup>1)</sup> (cm)	側枝発生率 (%)	側枝長		総収量 (本/株) (kg/m <sup>2</sup> )	品質別収量 (kg/m <sup>2</sup> )			
				指 数	2節間長		上物	中物	上中物	
半促成栽培										
1994	非循環施用	166	80.8	2.9 <sup>2)</sup>	—	96.7	15.7	9.2	3.9	13.1
	循環施用	161	81.5	2.4 <sup>2)</sup>	—	77.5	12.7	7.6	2.9	10.5
1995	非循環施用	176	97.7	—	—	87.1	11.6	7.4	2.3	9.7
	循環施用	172	97.0	—	—	75.4	10.3	6.2	2.2	8.4
	多回数循環施用	170	97.3	—	—	78.3	10.7	6.5	2.0	8.5
抑制栽培										
1994	非循環施用	155	98.0	—	10.5 <sup>3)</sup>	66.5	9.4	6.1	2.0	8.1
	循環施用	156	99.3	—	11.0 <sup>3)</sup>	72.7	10.8	6.5	2.5	9.0
	多回数循環施用	153	98.7	—	10.9 <sup>3)</sup>	76.1	11.5	6.8	2.7	9.5
1995	非循環施用	169	90.0	—	—	30.9	4.0	2.2	0.8	3.0
	循環施用	163	89.3	—	—	34.2	4.4	1.9	1.3	3.2
	低濃度循環施用	166	77.3	—	—	32.5	4.0	1.7	1.0	2.7

1) 1995年の半促成栽培は20節、その他の作は18節の摘心長。  
 2) 側枝の2節間長を~30cmを3、30~20cmを2、20~10cmを1とした指数。  
 3) 側枝の2節間長 (cm)。

表3 培養液施用方式とトマト栽培時における給液量および施肥量

作型 年次	培養液 施用方式	総給液量 (ℓ/株)	日平均給液量 (ℓ/株・日)	施肥量 (kg/a)			施肥削減率 (%)
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
半促成栽培							
1995	非循環施用	171	1.2	4.5	2.1	8.2	—
	循環施用	163	1.2	3.3	1.5	6.1	26.2
1996	非循環施用	138	1.1	3.7	1.7	6.7	—
	循環施用	134	1.1	2.7	1.3	4.9	26.9
	1単位循環施用	140	1.1	2.3	1.1	4.2	37.3
抑制栽培							
1996	非循環施用	151	1.4	3.5	1.6	6.4	—
	循環施用	151	1.4	2.7	1.2	4.9	23.4
	1単位循環施用	150	1.4	2.3	1.1	4.2	34.4

2). また、側枝の発生率は低濃度循環施用区で劣ったが、循環施用区と多回数循環施用区では、非循環施用区と比較して差がほとんど認められなかった。循環施用区の側枝長は非循環施用区と比較して、半促成栽培ではわずかに短い傾向にあったが、抑制栽培では差がなかった。

収量は半促成栽培で、循環施用区、多回数循環施用区とも、非循環施用区に比べて10~20%低下した。

抑制栽培では、循環施用区でも非循環施用区と同等ないし上回る収量が得られた。また、低濃度循環施用区では循環施用区に比べて、総収量にほとんど差はなかったが、上中物収量が15%低下した。

### 3. 2 [試験Ⅱ] トマト栽培における培養液循環施用

#### 3. 2. 1 給液量と施肥量

1日・1株当たりの給液量は1.1~1.4ℓであり、総給液量は130~170ℓ/株であった(表3)。施肥量はN成分で、非循環施用区で3.5~4.5kg/a、循環施用区で2.7~3.3kg/aであり、循環施用によるN施用量の削減率は23~27%であった。終始山崎処方1単位の施用を行った1単位循環施用区では、さらに施肥量が削減され、非循環施用区の34~37%の削減率であった。

#### 3. 2. 2 収穫終了時の生育、収量および果実品質

摘心長は1996年の半促成栽培および、同年の抑制栽培においても、培養液の施用方式による差が認められ



表4 培養液施用方式とトマトの収穫終了時の生育、収量および果実品質

作型 年次	培養液 施用方式	摘心長 (cm)	茎 径(cm、各段直下)			総 収 量		上中物収量			糖度 <sup>1)</sup> (Brix%)	酸度 <sup>2)</sup>
			1段	3段	6段	個/株	kg/株	個/株	kg/株	W%		
半促成栽培												
1995	非循環施用	—	—	—	—	25.7	4.9	21.0	4.0	81	5.5	0.50
	循環施用	—	—	—	—	26.4	4.8	20.3	3.8	78	5.7	0.51
1996	非循環施用	189	1.5	1.5	1.1	24.1	4.9	22.1	4.6	93	5.8	—
	循環施用	191	1.4	1.5	1.0	25.1	5.2	23.1	4.8	93	5.6	—
	1単位循環施用	192	1.6	1.3	0.8	23.5	4.9	21.9	4.6	93	5.7	—
抑制栽培												
1996	非循環施用	167	1.3	1.2	1.2	17.7	2.7	11.7	2.0	73	6.2	—
	循環施用	164	1.2	1.2	1.2	17.3	2.8	12.3	2.2	77	5.6	—
	1単位循環施用	164	1.3	1.3	1.2	19.8	3.3	15.1	2.8	84	5.8	—

1) 1995年は果房別、1996年は時期別に調査した。  
2) クエン酸含量: mg/100ml 汁液

表5 培養液施用濃度とキュウリ収穫終了時の生育

作 型 試験区	摘心長 (cm)	側枝発生率 (%)	側枝発生程度(%) <sup>1)</sup>			孫づる数 (本/株)	側枝の葉色 <sup>2)</sup>		茎 径 (mm)			
			強	中	弱		15節	20節	5節	10節	15節	20節
半促成栽培												
低濃度区	168	91.3	6.7	38.0	46.7	1.3	—	—	—	—	—	—
中濃度区	173	86.0	6.0	41.3	38.7	1.5	—	—	—	—	—	—
高濃度区	168	88.7	4.0	37.3	47.3	2.2	—	—	—	—	—	—
抑制栽培												
低濃度区	188	86.7	61.3	18.7	6.7	1.2	52.5	66.8	9.58	7.76	7.95	7.79
中濃度区	188	86.7	77.3	9.3	0.0	4.2	49.9	70.1	8.89	8.27	8.33	7.89
高濃度区	182	81.3	61.3	16.0	4.0	3.1	52.6	68.1	8.54	8.09	8.11	7.94

1) 側枝2節間長が30cmをこえるものを強、15~30cmを中、15cm未満を弱とした。  
2) MINOLTA SPAD-502により測定。

なかった(表4)。また、茎径は半促成栽培では、上位果房に近づくほど細くなり、1単位循環施用区では上位果房の茎径が非循環施用区より細くなった。抑制栽培では測定果房間に差がほとんどなかった。

半促成栽培での総収量に培養液の施用方法による差は認められなかった。

半促成栽培、抑制栽培とも総収量、上物率に区間差がほとんど認められず、培養液の循環施用区では非循環施用区と比較して、収量が低下することはなかった。また、施用量の少ない1単位循環施用区でも収量の低下は認められなかった。

循環施用区の果実糖度と酸度は、非循環施用区とほとんど差がなかった。また、1単位循環施用区の糖度は循環施用区と差がなかった。

### 3. 3 [試験Ⅲ] キュウリ栽培におけるみかけの吸収濃度

### 3. 3. 1 収穫終了時の生育

いずれの作型においても、摘心長に培養液の濃度の影響がなかった(表5)。側枝の発生率と発生程度では、給液濃度による明らかな傾向は認められなかったが、孫づるの発生本数は、施用濃度が低いと少ない傾向にあった。

抑制栽培の葉色では各区間に大きな差は認められなかったが、10節から20節の茎径は低濃度区で細い傾向にあった。

### 3. 3. 2 収 量

半促成栽培では、総収量は給液濃度が高まるに従って増加し、中濃度区と比較して、低濃度区では15%の低下、高濃度区では10%増加した(表6)。上中物収量においても、同様の傾向が認められた。

抑制栽培では、総収量、上中物収量ともに低濃度区



表6 培養液施用濃度とキュウリの収量

作型 試験区	総収量			上物収量		上中物収量		上中物率 (%)
	本/株	kg/m <sup>2</sup>	(指数)	本/株	kg/m <sup>2</sup>	本/株	kg/m <sup>2</sup>	
半促成栽培								
低濃度区	75.8	15.0	85	52.6	10.5	67.3	13.4	89
中濃度区	87.9	17.7	100	64.0	13.0	77.7	15.7	89
高濃度区	98.6	19.5	110	71.9	14.3	87.6	17.3	89
抑制栽培								
低濃度区	53.1	9.7	114	35.1	6.3	46.9	8.4	89
中濃度区	48.2	8.5	100	28.1	4.9	40.6	7.2	85
高濃度区	49.6	8.8	103	30.9	5.6	42.6	7.6	86

が最も多く、中濃度区と比較して総収量は14%多かった。高濃度区と中濃度区の差はほとんどなかった。

### 3.3.3 吸液量

半促成栽培では、1日・1株当たりの吸液量は、給液濃度が高い方がわずかに多かった(図1)。定植後の日数と吸液量は、定植後15日(展開本葉8葉期、草丈50cm)までは0.2ℓ程度、25日(展開本葉17葉期、草丈140cm)で0.8ℓ程度、主枝摘心時で1.5ℓ程度で

あった。その後の吸液量は天候によって左右されたが、定植後70日までは1~2ℓ(平均1.6ℓ)、給水除塩時までは1~3.5ℓ(平均2ℓ)の吸液量であった。

抑制栽培では、1日・1株当たりの吸液量は、給液濃度が低い方がわずかに多かった(図2)。吸液量は、定植後約10日で0.5ℓ程度、定植後20日で約1ℓ、定植後約40日で1.9ℓに達した。その後、気温の低下とともに減少し、0.7ℓ程度となった。また、無定植区の吸液量(蒸散量)はわずかで、無視できる程度の数値であった。

### 3.3.4 吸肥量

半促成栽培では、吸肥量は、いずれの成分も給液濃度が高い区ほど多くなり、NO<sub>3</sub>-Nの総吸収量は、中濃度区で26.8g/株、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の82, 119%であった(図3)。Pの総吸収量は中濃度区で4.93g/株、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の78, 110%であった(図4)。Kの総吸収量は中濃度区で26.5g/株であり、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の84, 111%であった(図5)。

また、無定植区のデータから各成分の土への吸収(吸着等による残留)をみると、NO<sub>3</sub>-Nでは、土への吸着はほとんど認められなかった。Kについては、給液直後より50日間程度では土への吸収が認められたが、その後は減少し、全栽培期間の吸収量は0.9gとわずかであった。Pについては給液期間中にわたり、2.45gの土への吸着が認められた。

抑制栽培では、NO<sub>3</sub>-Nの吸肥量は給液濃度が高い区でわずかに多い傾向にあり(図6)、総吸収量は中濃度区で15.9g/株、低濃度区および高濃度区では、それぞれ中濃度区の97, 106%であった。Pの総吸収

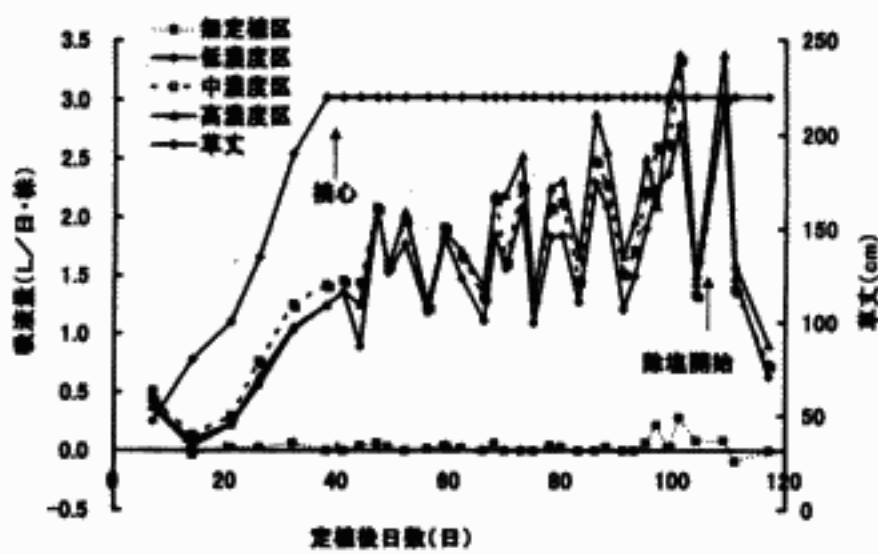


図1 キュウリの半促成栽培における吸液量と草丈の経時的変化

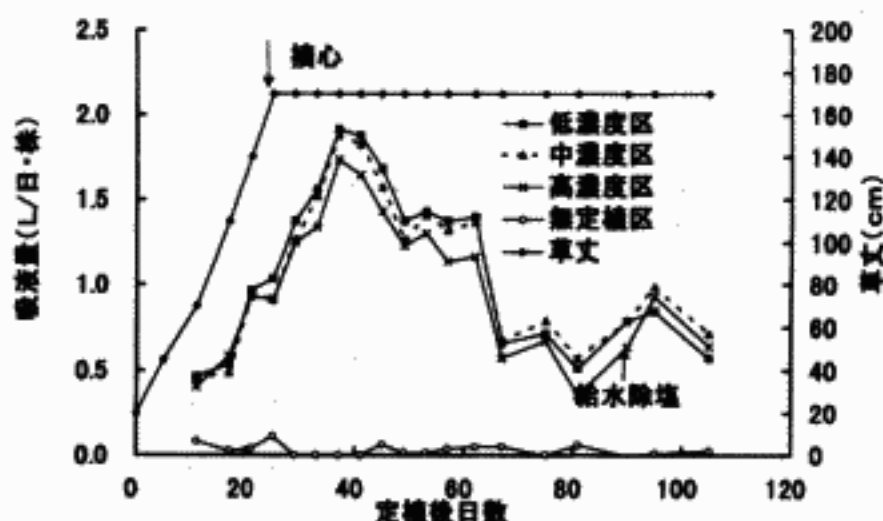


図2 キュウリの抑制栽培における吸液量と草丈の経時的変化



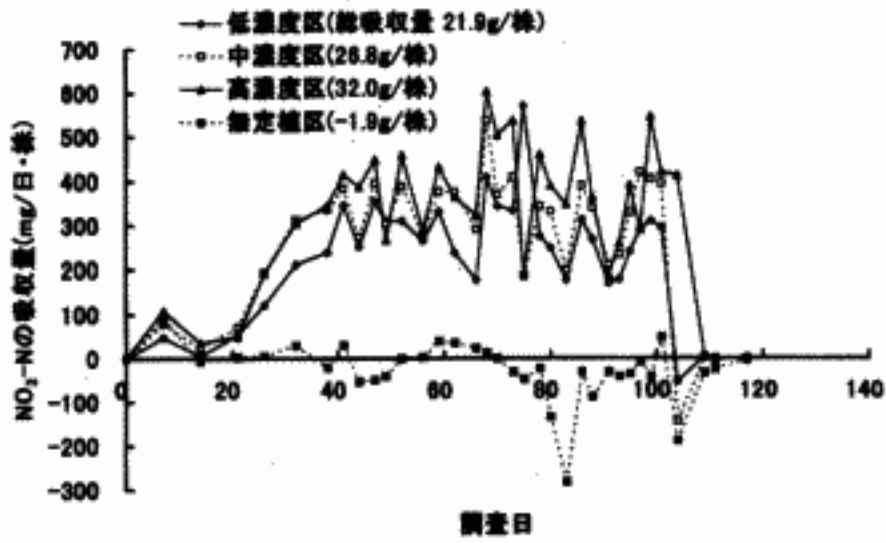


図3 キュウリの半促成栽培におけるNO<sub>3</sub>-Nの吸収量

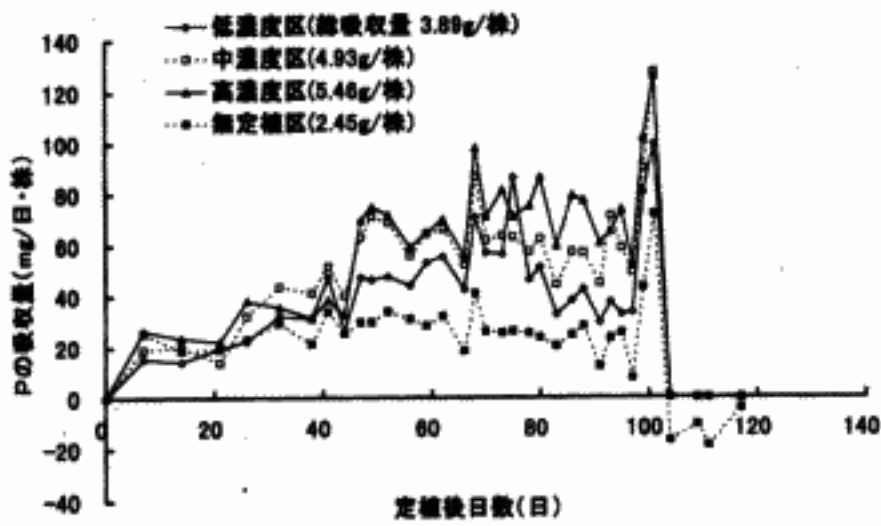


図4 キュウリの半促成栽培におけるPの吸収量

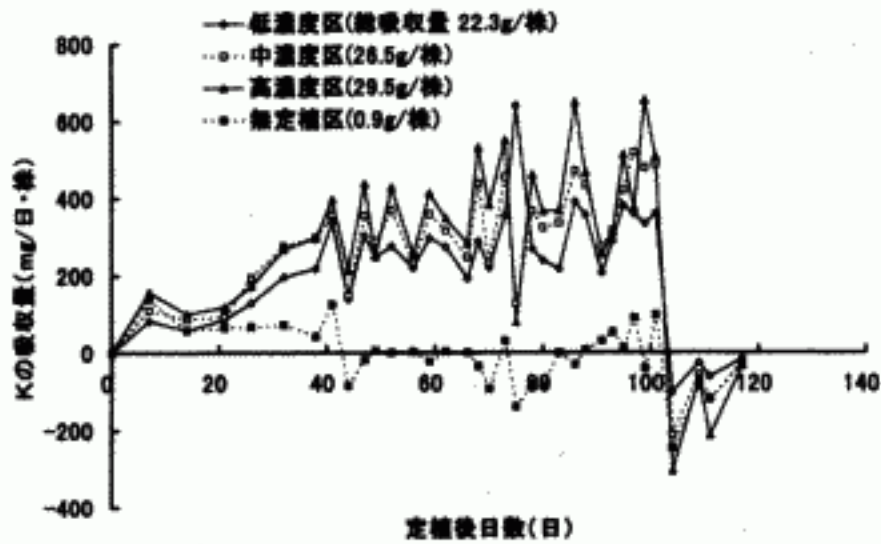


図5 キュウリの半促成栽培におけるKの吸水量

量は中濃度区で3.03g/株であり、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の92, 98%であった(図7)。また、Kの吸収量は給液濃度が高い区でわずかに多い傾向にあり、総吸収量は中濃度区で19.5g/株であり、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の96, 104%であった(図8)。

### 3. 3. 5 みかけの吸収濃度

最も収量の多い区(半促成栽培では高濃度区、抑制栽培では低濃度区)についてみかけの吸収濃度を表7, 8に示した。半促成栽培では、NO<sub>3</sub>-Nは定植後40日までは21me/l以上であったが、生育が進むに従い

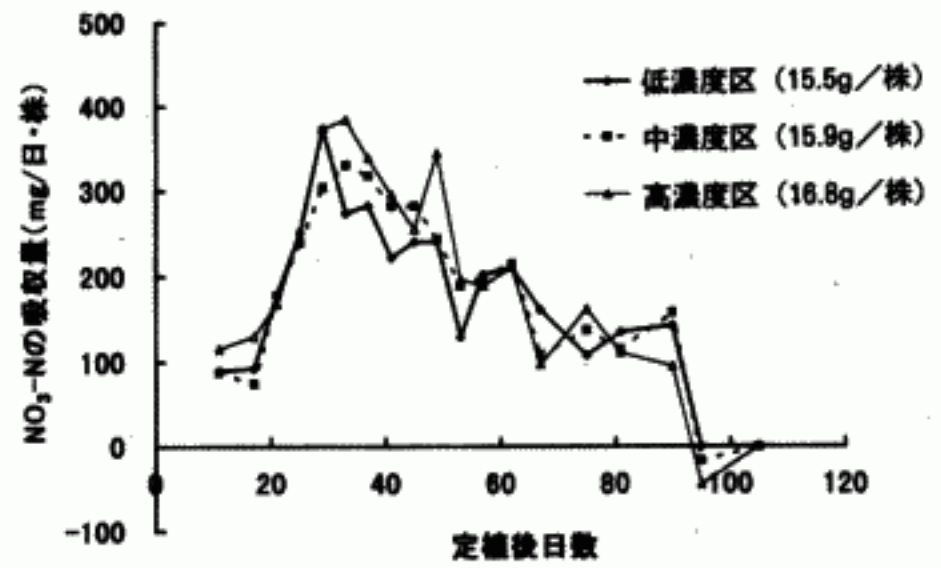


図6 キュウリの抑制栽培におけるNO<sub>3</sub>-Nの吸収量

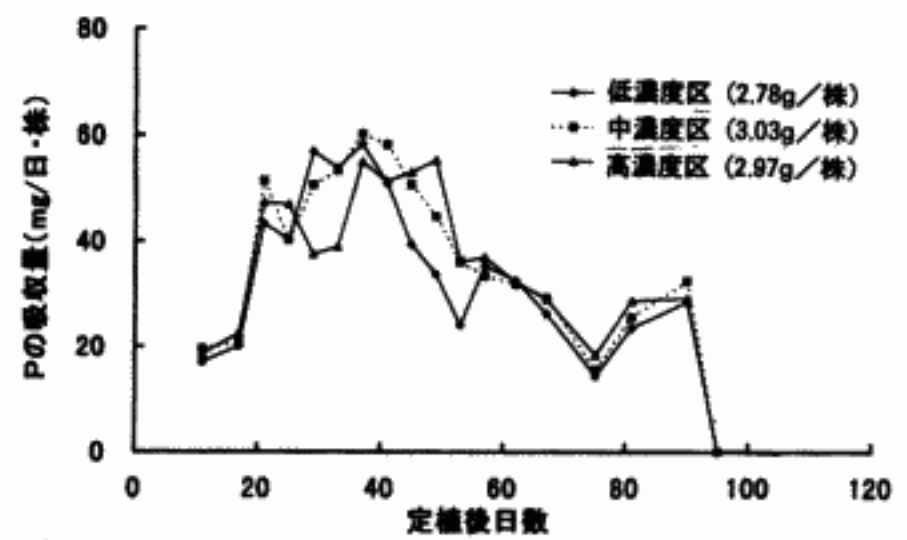


図7 キュウリの抑制栽培におけるPの吸収量

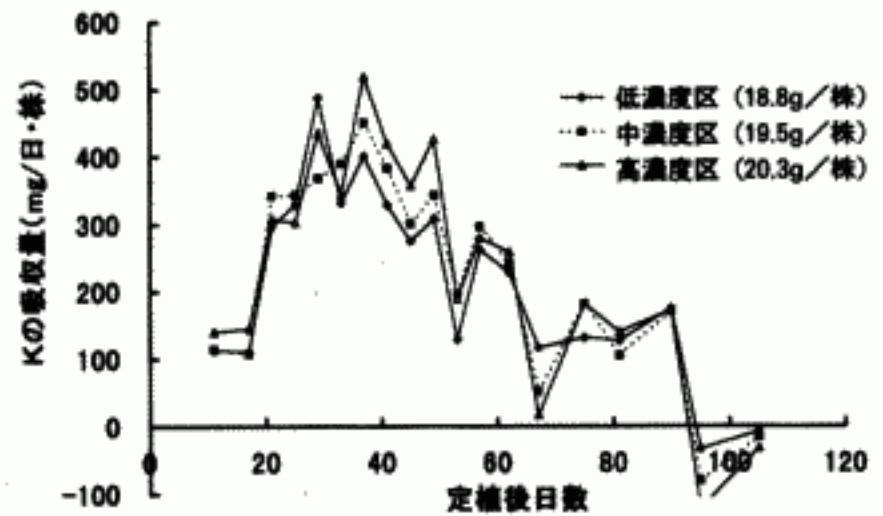


図8 キュウリの抑制栽培におけるKの吸収量

表7 キュウリの半促成栽培におけるみかけの吸収濃度 (高濃度区、1997)

成分	見かけの吸収濃度 (me/l)					山崎処方
	~20日	~40日	~60日	~80日	~100日	
NO <sub>3</sub> -N	21.6	21.0	16.3	14.9	10.5	13
P	14.0	3.6	3.7	3.7	3.1	3
K	17.7	6.8	5.0	4.7	4.7	6

表8 キュウリの抑制栽培におけるみかけの吸収濃度 (低濃度区、1997)

成分	見かけの吸収濃度 (me/l)					山崎処方
	~20日	~40日	~60日	~90日	平均	
NO <sub>3</sub> -N	13.0	13.1	10.1	15.7	12.6	13
P	3.9	3.2	2.2	3.4	3.1	3
K	6.4	6.2	4.3	5.2	5.5	6



低下した。Pでは、定植後20日までは14me/lと高かったが、その後定植後80日までは3.7me/lで推移し、その後わずかに低下した。Kについても、定植後20日までは約18me/lと高く、その後漸減した。

抑制栽培におけるみかけの吸収濃度は半促成栽培に比べて変動が小さく、NO<sub>3</sub>-Nで約15.7~10.1me/l、Pで3.9~2.2me/l、Kで6.4~4.3me/lで推移した。

### 3. 3. 6 栽培前後における培地土壌の化学性

半促成栽培の培地のpHは収穫終了時に低く、その後の給水除塩により上昇したが、給液濃度による差はなかった(表9)。また、収穫終了時のEC値、NO<sub>3</sub>-N、Kの含量は給液濃度が高いほど多くなった。給水除塩により栽培前の土壌とほぼ同等になった。収穫終了時のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量も、給液濃度が高いほど多くなったが、給水除塩による含量の低下はほとんど認められなかった。

抑制栽培における培地のpHは収穫終了時には低かった。また、収穫終了時のEC値、NO<sub>3</sub>-N、Kの含量は給液濃度が高ほど多かった。また、給水除塩により定植前と同程度となった。収穫終了時のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量は、施用濃度が高いほど多かったが、定植前より低い値となった。

### 3. 4 [試験IV] トマト栽培におけるみかけの吸収濃度

#### 3. 4. 1 収穫終了時の生育、収量、品質

半促成栽培では、茎径は高濃度区で太く、摘心長はわずかに低濃度区が長かった(表10)。また、給液濃度の高い区で収穫個数が増加したが、総収量については処理による差は小さかった。中濃度区と高濃度区は6段果房に尻腐れ果が多発し、上中物収量は低濃度区よりわずかに少なくなった。果実の糖度は施肥濃度が高いほど、高まった。

抑制栽培では、摘心長は給液濃度が高い区で長くなる傾向にあったが、茎径には処理による影響は認めら

表9 培養液施用濃度と培地土壌の化学性

作型 試験区	pH			EC (mS/cm)			NO <sub>3</sub> -N (mg/100g乾土)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g乾土)			K <sub>2</sub> O (mg/100g乾土)		
	前	終了	除塩	前	終了	除塩	前	終了	除塩	前	終了	除塩	前	終了	除塩
半促成栽培															
低濃度区 中濃度区 高濃度区 無定植区	6.1	5.3	5.8	0.10	0.69	0.13	2.4	30.6	3.0	70	66	73	1.2	33.0	3.6
		5.4	5.7		1.01	0.16		52.2	3.6		100	81		52.8	4.8
		5.4	5.7		1.34	0.19		78.0	4.8		125	107		78.0	9.0
		5.3	5.6		0.31	0.09		16.2	3.0		108	109		20.4	6.0
抑制栽培															
低濃度区	5.8	5.4	5.3	0.13	0.33	0.24	3.0	3.6	4.4	73	33	25	3.6	12.0	6.6
中濃度区	5.7	5.2	5.7	0.16	0.50	0.23	3.6	10.7	2.6	81	38	28	4.8	33.7	15.1
高濃度区	5.7	5.1	5.3	0.19	0.77	0.39	4.8	14.5	3.4	107	50	44	9.0	48.8	25.9
無定植区	5.6	-	5.3	0.09	-	0.18	3.0	-	4.0	109	-	54	6.0	-	17.5

注) 前: 作付け前、終了: 収穫終了後、除塩: 除塩後

表10 培養液施用濃度とトマトの生育

作型 試験区	摘心長 (cm)	茎径 (mm、各段直下)				総収量			上中物収量			糖度 (Brix%)							
		基部	3段	6段	8段	個/株	kg/株	1果重	個/株	kg/株	率(%)	1段	2段	3段	4段	5段	6段	7段	8段
半促成栽培																			
低濃度区	200	19.6	13.6	11.6	-	21.4	4.97	232	18.3	4.25	86	5.6	5.7	5.5	5.7	5.8	5.8	-	-
中濃度区	195	19.7	13.8	11.5	-	22.4	4.79	214	18.7	4.05	85	5.8	6.1	6.1	6.4	6.6	6.2	-	-
高濃度区	193	20.8	16.2	11.9	-	23.0	5.07	220	18.6	4.05	80	6.2	6.5	6.5	6.5	6.7	6.4	-	-
抑制栽培																			
低濃度区	237	12.4	12.9	10.1	9.7	32.3	5.49	170	28.7	4.99	91	5.5	5.6	5.6	6.2	6.1	6.1	6.3	5.8
中濃度区	244	11.7	12.0	9.9	10.0	30.1	4.75	158	26.7	4.36	92	5.5	5.4	5.8	6.2	6.1	6.1	6.1	6.2
高濃度区	247	12.6	12.0	9.7	9.4	33.0	4.96	150	28.3	4.48	90	5.6	5.5	6.1	6.3	6.4	6.2	6.0	5.8

注) 1果重の単位はg.



れなかった。また、給液濃度の高い区で1果重が小さくなり、総収量、上中物収量はわずかに低濃度区が多くなった。果実の糖度はいずれの区も平均6.0%で大きな差がなかった。

### 3.4.2 吸液量

半促成栽培では、1日・1株当たりの吸液量は、給液濃度が高い区で多い傾向にあった。第3果房開花期(定植後35日)までは350ml程度であったが、第6果房開花期(定植後60日)までに1.2lに達した。その後は天候によって左右されたが、0.4~1.7l(平均1.1l)で推移した。また、培地からの蒸散量はほとんどなかった(図9)。

抑制栽培では、1日・1株当たりの吸液量は給液濃度が低い区で多い傾向にあった。定植後7日で0.4l、定植後20日で1.2lに達した(図10)。その後、気温が低下するとともに減少し、収穫後期には0.7l程度となった。

### 3.4.3 吸肥量

半促成栽培では、いずれの成分も給液濃度が高い区ほど多くなり、NO<sub>3</sub>-Nの総吸収量は中濃度区で13.9g/株であり、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の87, 117%であった(図11)。Pの総吸収量

は中濃度区で1.97g/株、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の84, 124%であった(図12)。Kの総吸収量は中濃度区で17.4g/株であり、低濃度区および高濃度区では中濃度区の86, 120%であった(図13)。培地への吸収量はNO<sub>3</sub>-Nでは全くなく、Pでは約1gと植物体の吸収量の半分程度が培地に吸収されていた。また、Kでは2.6gと植物体の吸収量と比較すると小さかった。

抑制栽培では、給液濃度と吸収量に一定の関係が認められず、NO<sub>3</sub>-Nの総吸収量は8.3g/株前後であった(図14)。Pの総吸収量は中濃度区で3.1gであり、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の

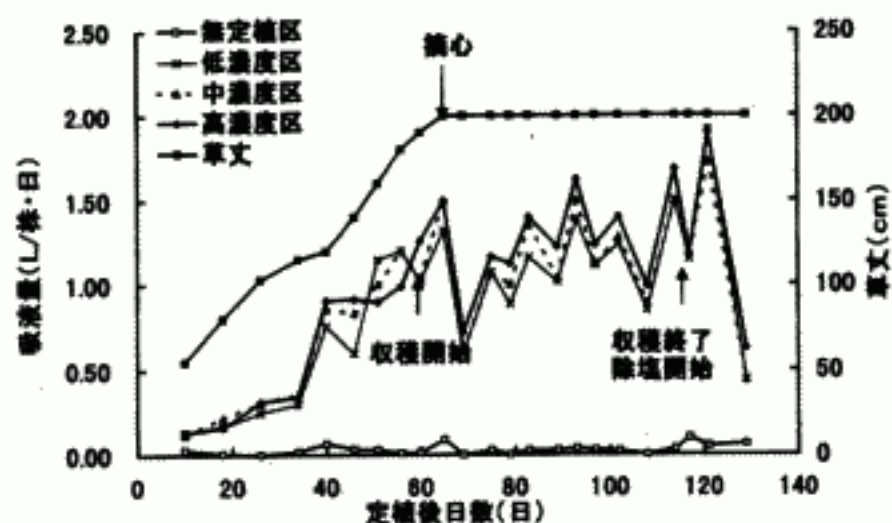


図9 トマトの半促成栽培における吸水量と草丈の経時的変化

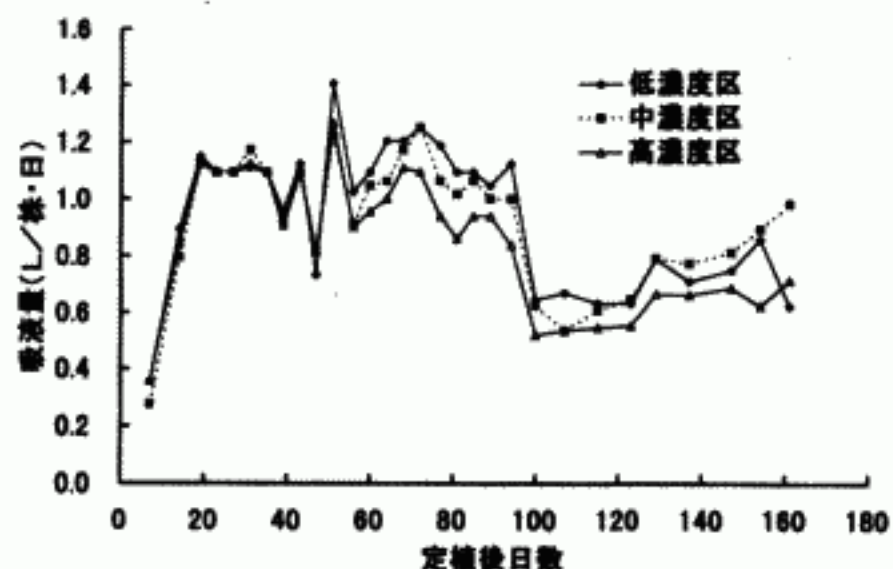


図10 トマトの抑制栽培における吸水量の経時的変化

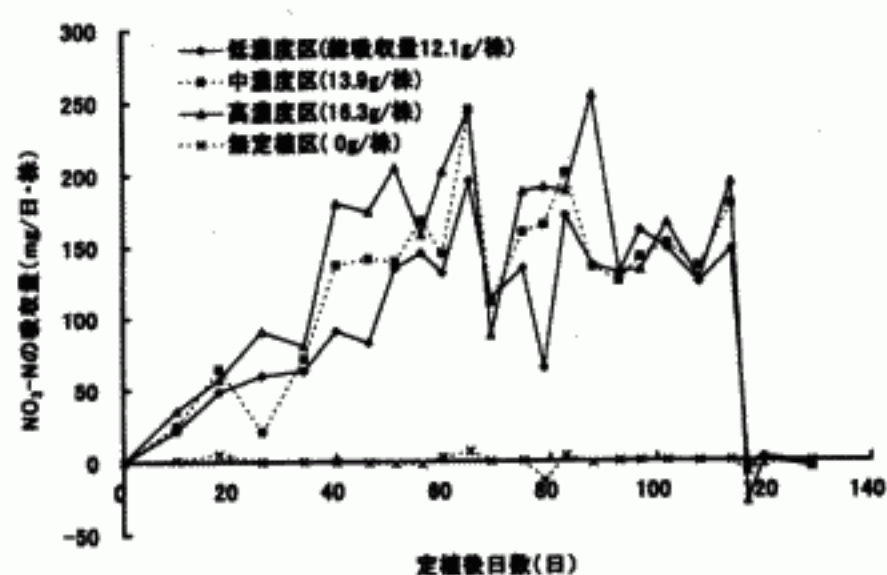


図11 トマトの半促成栽培におけるNO<sub>3</sub>-Nの吸収量

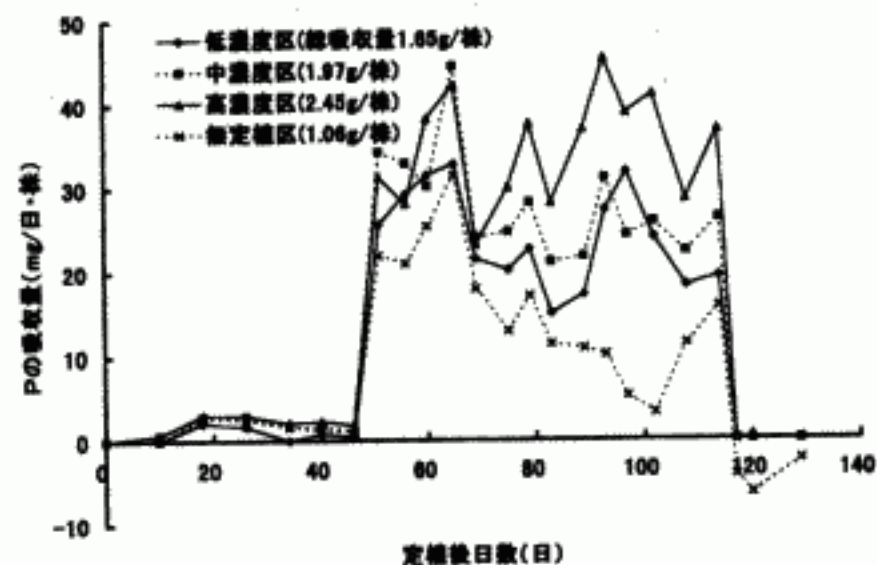


図12 トマトの半促成栽培におけるPの吸収量

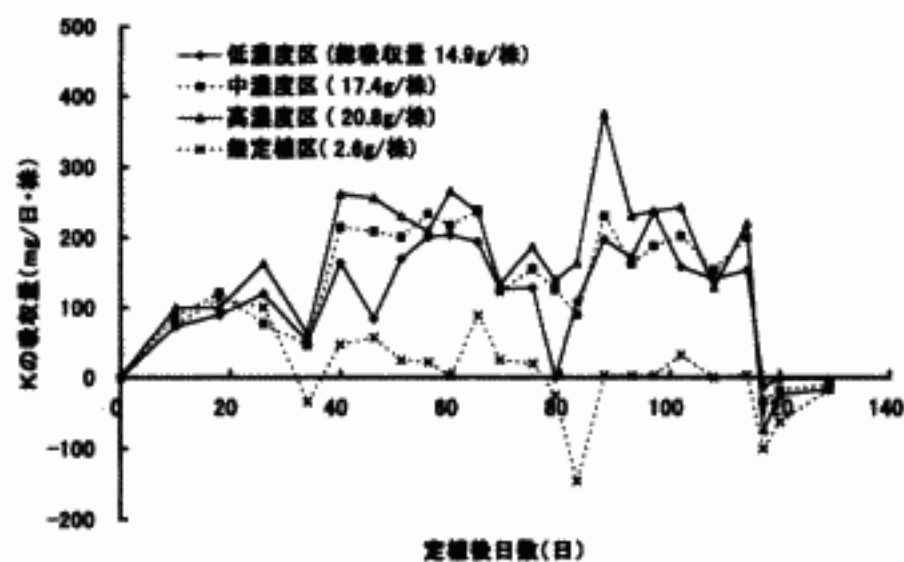


図13 トマトの半促成栽培におけるKの吸収量



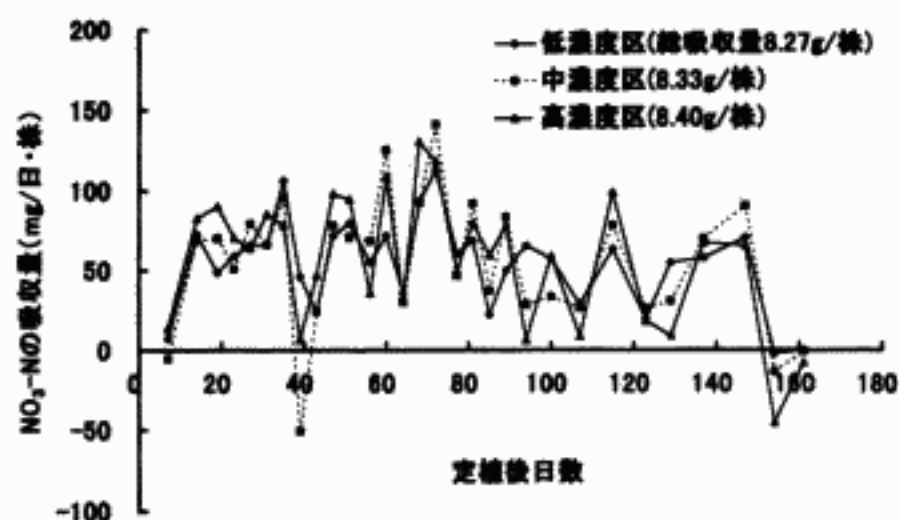


図14 トマトの抑制栽培におけるNO<sub>3</sub>-Nの吸収量

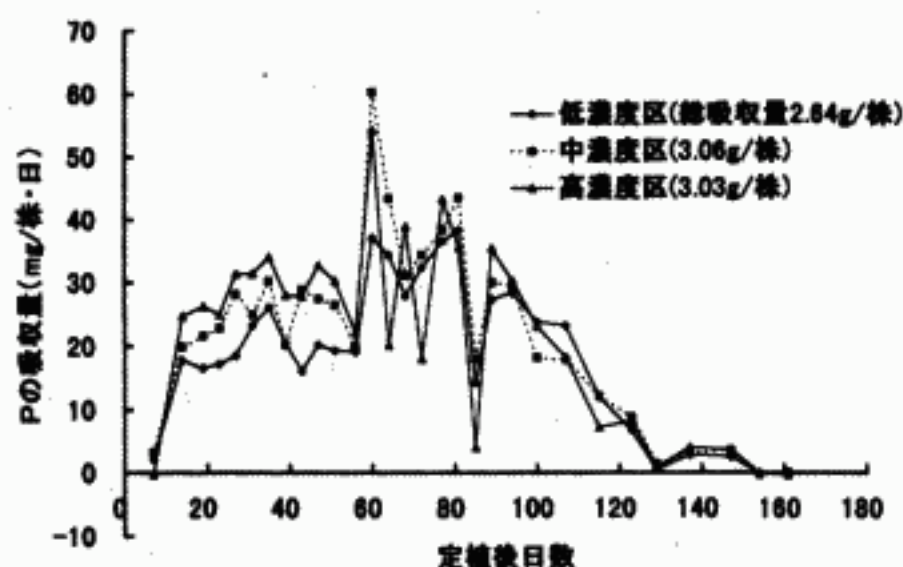


図15 トマトの抑制栽培におけるPの吸収量

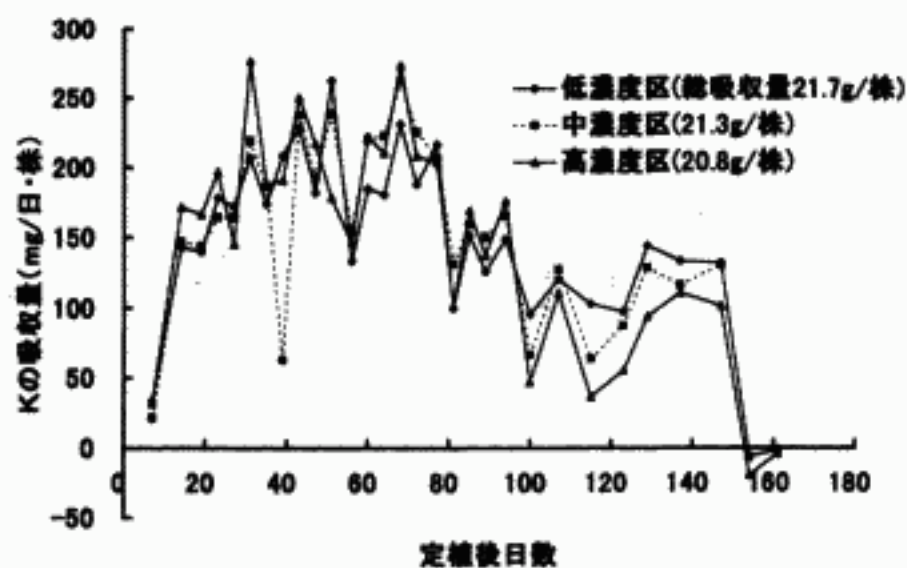


図16 トマトの抑制栽培におけるKの吸収量

87, 99%であった(図15)。また、Kの総吸収量は中濃度区で21.3g/株であり、低濃度区および高濃度区ではそれぞれ中濃度区の102, 98%であった(図16)。

### 3. 4. 4 みかけの吸収濃度

半促成栽培では中濃度区、抑制栽培では低濃度区のみかけの吸収濃度を表11, 12に示した。半促成栽培のみかけの吸収濃度はNO<sub>3</sub>-Nでは、定植後20日までは19.4me/lと高かったが、その後は緩やかな減少傾向を示し、平均で10.7me/lであった。Pでは、定植後45日まで給液濃度が著しく低かったため吸収濃度は低かったが、定植後46日以降で3~2me/lで推移した。Kでは、定植後20日までは13me/lと高かったが、定植後45日以降では緩やかに減少し、6.6~4me/lへ低下した。

抑制栽培における、低濃度区のみかけの吸収濃度は半促成栽培に比べて変化が小さく、NO<sub>3</sub>-Nでは約3.5~4.7me/l、Pは1.4~3.0me/l、Kは3.4~4.7me/lで推移した。

### 3. 4. 5 栽培前後における培地土壌の化学性

半促成栽培の培地土壌のpHは給液濃度が高いほど低かったが(表13)、その後の給水除塩により上昇した。また、収穫終了時のEC値、NO<sub>3</sub>-N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Kの含量は、給液濃度が高いほど多かったが、給水除塩により、栽培前土壌とほぼ同等になった。

抑制栽培の培地のpHは収穫終了時には低下し、給液濃度が高いほど低くなった。また、収穫終了時のEC値、NO<sub>3</sub>-N、Kの含量は施用濃度が高いほど多かった。給水除塩により定植前と同程度となった。収穫終了時のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量は、施用濃度が高いと多かったが、給水除塩による低下はほとんどなかった。

表11 トマトの半促成栽培におけるみかけの吸収濃度(中濃度区、1997)

成分	見かけの吸収濃度 (me/l)						山崎処方
	~20日	~45日	~65日	~80日	~100日	~112日	
NO <sub>3</sub> -N	19.4	12.6	10.4	12.0	8.5	10.0	7
P	0.7	0.3	2.9	2.6	2.0	2.1	2
K	13.1	6.6	4.9	4.8	4.1	3.9	4

表12 トマトの抑制栽培におけるみかけの吸収濃度(低濃度区、1997)

成分	見かけの吸収濃度 (me/l)						山崎処方	
	~20日	~40日	~60日	~80日	~100日	~120日		平均
NO <sub>3</sub> -N	3.5	4.1	4.3	4.3	4.2	4.7	4.3	7
P	1.4	1.9	2.4	2.5	3.0	1.0	2.0	2
K	3.4	4.7	4.5	3.9	3.7	4.3	4.1	4



表13 培養液施用濃度とトマト栽培時の培地土壌の化学性

作型 試験区	pH			EC (mS/cm)			NO <sub>3</sub> -N (mg/100g乾土)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g乾土)			K <sub>2</sub> O (mg/100g乾土)		
	前	終了	除塩	前	終了	除塩	前	終了	除塩	前	終了	除塩	前	終了	除塩
半促成栽培															
低濃度区	6.1	6.3	6.3	0.10	0.26	0.14	2.4	4.2	3.0	70	62	59	1.2	9.0	4.2
中濃度区		6.0	6.3		0.32	0.19		10.8	5.4		86	75		19.8	9.0
高濃度区		5.6	6.3		0.39	0.28		19.8	5.4		107	72		31.8	10.8
無定植区		5.6	6.0		0.18	0.08		8.4	2.4		95	88		14.4	5.4
抑制栽培															
低濃度区	6.3	5.7	6.2	0.14	0.28	0.14	3.0	6.3	1.1	59	42	42	4.2	11.4	4.8
中濃度区	6.3	5.6	5.6	0.19	0.60	0.08	5.4	19.0	0.7	75	57	62	9.0	15.7	6.0
高濃度区	6.3	5.0	5.6	0.28	0.45	0.13	5.4	13.8	1.0	72	73	64	10.8	24.7	7.8
無定植区	6.0	5.0	5.2	0.08	0.21	0.14	2.4	6.0	1.4	88	99	84	5.4	24.7	13.2

注) 前: 作付け前、終了: 収穫終了後、除塩: 除塩後

#### 4. 考 察

養液栽培では、肥料代がランニングコストの多くを占めている。これを削減する方法として、培養液を植物体が必要とする量だけ施用する方法と、循環して再利用する方法がある<sup>6)</sup>。培養液の非循環施用方式では、排水に含まれる肥料成分がハウス内土壌に蓄積する。このため、ヨーロッパでは地域によって地下水の水質保全のため、培養液の垂れ流しを法律により規制している<sup>6)</sup>。日本のロックウール栽培では、培養液の循環施用はほとんど行われていない。また、NFTなどの水耕栽培では循環施用されているが、培養液を1ヶ月に1回程度交換しないと成分バランスが崩れ、生育、収量が不良になりやすい<sup>6, 7)</sup>。この原因として、培地の緩衝能力が低いことが考えられる。

少量土壌培地耕では培地の緩衝能が高いため、多少培養液の成分バランスが崩れても、生育に大きな影響を及ぼさないと考えられる。このことから、本試験では特別な事情が生じない限り(たとえば、土壌中に塩類が集積しすぎた場合)、1作の間に給液タンクの培養液を廃棄せずに、循環施用した。

キュウリ栽培では、培養液を循環施用した場合、抑制栽培で収量の低下は認められなかったが、半促成栽培では非循環施用に比べ、収量が1~2割程度低下した。この傾向は、培地の連用の有無にかかわらず、2か年とも認められた。

半促成栽培における収量低下の要因として、①夏期高温時の培養液の供給量不足、②施肥量の絶対的な不

足、③培養液の成分バランスの崩れ、などが考えられた。

そこで、培養液の1日当たりの給液回数を増加し(多回数循環施用区)、給液量を増やすことで水分ストレスを低減しようとしたが、収量は増えなかった。この場合、施肥量は変わらなかったことから施肥量からの要因は不明であった。

一方、トマト栽培ではいずれの作型においても、培養液循環施用による収量・果実品質(糖度・酸度)の低下は認められなかった。トマトでは必要な肥料成分量がキュウリより少なく、養分の不足が生じなかったことと、キュウリでは収量の構成要因のうち果数が占める割合が大きい、トマトでは1個の形質(果重、外観・内部品質)が大きな構成要因である特徴が循環施用の影響を少なくした要因と考えられた。

少量土壌培地耕では成分バランスの崩れが生育、収量、品質に及ぼす影響は小さいと考えられたが、キュウリの半促成栽培での収量低下は成分バランスの崩れも要因の一つと考えられる。

理論的には植物体が吸収する培養液の濃度で管理を行えば、成分バランスが崩れない。しかし、実際の栽培では、培地表面からの蒸散や、培地に保持、吸着される肥料成分があり、これらを考慮に入れたみかけの肥料成分吸収濃度を利用する方が良いと考えられる。そこで、山崎らはみかけの吸収濃度を提唱し、水耕栽培で得られた値を基準として、各品目毎の培養液処方を示しており、これらの培養液処方が現在も利用されている<sup>8, 9)</sup>。

少量土壌培地耕では、特にリン酸などの土壌に吸着



されやすい成分の場合、水耕栽培でのみかけの吸収濃度と異なる可能性がある。少量土壌培地耕でのみかけの吸収濃度を測定し、培養液循環施用における適正な培養液濃度を算出しようとした。

キュウリの半促成栽培では、給液濃度が高まるにつれて、いずれの成分も吸収量が増加し、収量も高まった。抑制栽培では、培養液の給液濃度が高くても、収量は増加せず、逆に低濃度区（山崎処方キュウリ用0.8単位）の収量が最も多かった。吸肥量ではいずれの成分とも給液濃度による差は小さかった。

最も収量の高かった区（半促成栽培：高濃度区、抑制栽培：低濃度区）のみかけの吸収濃度を山崎が報告したキュウリのみかけの吸収濃度（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ：13me/l、P：3me/l、K：6me/l）と比較すると、半促成栽培においては、定植直後でいずれの成分も極めて高い値であった。その後は緩やかな低下傾向にあり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ で平均14me/l（定植後40～100日）、Pで平均3.5me/l、Kで平均5.3me/l（定植後20～100日）であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ とPでは山崎の値よりわずかに高かった。また、抑制栽培ではいずれの成分とも安定しており、 $\text{NO}_3\text{-N}$ で平均12.6me/l、Pで3.1me/l、Kで5.5me/lと、山崎の値とほぼ同じであった。

キュウリの養液栽培では低温期に栽培すると草勢が劣り、促成栽培、半促成栽培では長期収穫が困難であるとされる<sup>1)</sup>。少量土壌培地耕の非循環施用では、半促成栽培では培養液の給液濃度が低いと収量が低下する傾向が認められている<sup>2) 10)</sup>。また、土岐は生育初期の培養液を低濃度で管理すると、主枝の葉が小型化し、収量が低下したが、その後濃度を上げて収量は改善しなかったと述べている<sup>1)</sup>。このことより、キュウリの半促成栽培での収量の低下は、低温期、生育初期の給液濃度が低いことが要因であり、半促成栽培の生育初期～収穫中期には山崎処方キュウリ用1.2単位程度の給液濃度で管理する必要があると考えられた。また、収穫中期以降では施肥コスト面およびみかけの吸収濃度が低下することから1単位程度に下げてもよいと考えられた。抑制栽培ではみかけの吸収濃度より、山崎処方キュウリ用1単位の施用が適すると考えられるが、低濃度区でも同等の収量が得られており、施肥コストの削減の面から山崎処方0.8単位でもよいと思われる。

トマト栽培ではいずれの作型でも、培養液濃度が生育、収量に及ぼす影響は小さかった。しかし、半促成

栽培では、給液濃度が高いほど、果実糖度が高まり、尻腐れ果が増える傾向が認められた。

トマトの半促成栽培では、中濃度区のみかけの吸収濃度はいずれの成分とも定植直後が高く、定植45日以降 $\text{NO}_3\text{-N}$ で平均10.2me/l、Pで2.4me/l、Kで4.4me/lであった。また、抑制栽培では $\text{NO}_3\text{-N}$ で平均4.3me/l、Pで2.0me/l、Kで4.1me/lであった。山崎処方トマト用（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ：7me/l、P：2me/l、K：4me/l）と比較すると、半促成栽培でのみかけの吸収濃度はいずれの成分も高い結果となった。山崎は冬作では1.2～1.4倍の濃度で管理してよいとしており、近藤らはトマトのみかけの吸収濃度は $\text{NO}_3\text{-N}$ が18～10me/l、Pが5～3me/l、Kが10～4me/lであると述べている<sup>3) 8)</sup>。

本試験では施用濃度による収量への影響は少なかったが、半促成栽培では山崎処方1.2単位の濃度で果実の糖度が高かったことから、冬期の低温時には山崎処方トマト用の1.2単位の濃度で、夏期高温時には1単位の濃度で管理を行うのがよいと考えられた。

抑制栽培ではP、Kの値は山崎処方とほぼ同等の値であることから、1単位の管理でよいと考えられるが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の値は山崎処方と比較すると極めて低く、他の品種を含めてさらに検討が必要である。

また、1作目土壌（半促成栽培）では培地への $\text{NO}_3\text{-N}$ 、Kの吸着量が植物体の吸収量と比較して極めて少ないことから、培地土壌の連用による $\text{NO}_3\text{-N}$ 、Kのみかけの吸収濃度への影響は少ないと考えられる。しかし、Pは栽培期間中絶えず土壌に吸収され続けており、連用によるみかけの吸収濃度への影響が考えられるため、多連作土壌におけるPのみかけの吸収濃度についてはさらに検討する必要がある。

以上のように、水耕栽培で得られた山崎の値と異なる場合もあるが、少量土壌培地耕においてもみかけの吸収濃度を求めることができた。今後、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、Ca、Mg、 $\text{SO}_4$ などの成分のみかけの吸収濃度を求めることで少量土壌培地耕における適正な培養液組成を明らかにすることができると考える。

本試験では培養液を定期的に交換せずに循環施用しても、トマト、キュウリの生育、収量、品質への影響は小さく、1作型の間には培養液の交換が不要であった。また、培養液の循環施用により施肥量がキュウリで1～6割、トマトで3割程度削減できたことから、少量土壌培地耕は、低コストで、培養液循環施用を可能と



する技術として有望と思われた。また、培養液循環施用に伴う土壌病害侵入への対処法については、現在までのところ少量土壌培地耕で土壌病害が発生していないため検討していないが、本栽培システムでは太陽熱消毒が容易であり、その有効性を検討する必要があると考える。

## 謝 辞

本試験の遂行に当たって、農業試験場栽培部大西功男部長をはじめ、藺田慶蔵氏、中嶋利幸氏から終始ご指導と御協力を賜った。ここに記して、これらの方々に対して深く感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 土岐知久：キュウリ栽培の実際。農及園62(1),169-174,1987.
- 2) 濱中正人・吉沢克彦・岡本将宏・大谷博実：果菜類の少量土壌培地耕に関する研究(第2報)キュウリ・トマト栽培における培養液管理法。滋賀研報38, 33-41,1997.
- 3) 近藤隆彦：そ菜における生育段階別養分吸収について。園試報B 7 57-71,1967.
- 4) 西野寛：トマト栽培の実際。農及園62(1),155-162,1987.
- 5) 小倉祐幸：NFTとロックウール栽培の特性比較。農及園61(12),63-70,1986.
- 6) 崎山亮三・峯洋子・稲永忍：循環型養液栽培における緩速砂ろ過法の除菌効果と応用。農及園71(8), 907-910,1996.
- 7) 佐々木皓司・板木利隆：果菜類における養液栽培技術の確立に関する研究(第2報)数種培養液処方がトマトの生育・収量に及ぼす影響。神奈川園試研報25,52-58,1978.
- 8) 山崎肯哉・鈴木芳夫・篠原温：そ菜の養液栽培(水耕)に関する研究。特に培養液管理とみかけの吸収濃度(n/w)に就いて。東教大農紀要22,53-100,1976.
- 9) 山崎肯哉：根群生態からみた養液栽培(2)。ハイドロポニックス,5(1),42-45,1991.
- 10) 吉澤克彦・岡本将宏・志和将一：果菜類の少量土壌培地耕に関する研究(第1報)キュウリの生育収量に及ぼす土壌の種類、定植法および培地連用の影響。園学雑60,別2,340-341,1991.
- 11) —————：キュウリの少量土壌培地耕。ハイドロポニックス5(2),75-79,1992.
- 12) —————：少量土壌培地耕によるキュウリ栽培の試行と実用性。施設園芸10,56-59,1990.
- 13) —————・岡本将宏・志和将一・大谷博実：果菜類の少量土壌培地耕に関する研究(第1報)。滋賀研報38,1-33,1997.

## Summary

In an isolated minimum soil bed, the effect of nutrient solution circulation on the growth, yield and fruit qualities of cucumber and tomato plants were examined.

As well, to determine the optimum nutrient composition, we investigated the apparent concentration of nutrients.

The results were as follows:

- 1) In semi-forced cultivation, nutrient solution circulation resulted in 10-20% less yield than non-circulation methods for cucumbers.
- 2) No effects were found on the growth, yield, or fruit qualities of tomatoes with nutrient solution circulation.
- 3) Amounts of nutrients necessary for nutrient solution circulation were reduced to 10-60% of non-circulation methods.
- 4) Apparent concentrations of nutrients were calculated for cucumber and tomato plants in isolated minimum soil bed.