

多孔質セラミックパイプ地下給液栽培システムの開発

誌名	佐賀大学農学部彙報
ISSN	05812801
著者	小島, 孝之 松崎, 勝一
巻/号	79号
掲載ページ	p. 1-9
発行年月	1995年9月

多孔質セラミックパイプ地下給液栽培システムの開発

小島 孝之・松崎 勝一

(施設農業生産学)

平成7年5月30日 受理

Development of New Cultivation System by Under-ground Irrigation using Porous Ceramic Pipes

Takayuki KOJIMA and Katsuichi MATUZAKI

(Laboratory of Agricultural Production Engineering)

Received May 30, 1995

Summary

Broccoli 'Naomidori No.28' and 'Green Comet' and spinach 'Megaton' were cultivated in the newly designed cultivation system which supplies nutrient solution the culture medium through porous ceramic pipes laid in the soil. Six culture media were prepared for the cultivation in the greenhouse: 1) Masa soil, 2) volcanic soil, 3) volcanic soil (4 cm layered in bottom) + Masa soil (6 cm layered on the volcanic layer), 4) creek's mud (4 cm layered in bottom) + Masa soil (6 cm layered on the mud), 5) Ariake sea mud (4 cm layered) + Masa soil (6 cm layered on the mud) and 6) hydroponic system. The growth of broccoli and spinach was better in soil medium with new system than hydroponic system. The new system could produce higher yield when the soils with smaller particles contacting to ceramic pipes compactly were used. Two crops, two continuous croppings were harvested in the same soil medium. In the new cultivation system, plants could grow on the soils containing high salts.

Key words: Under-ground irrigation, Porous ceramic pipes, Volcanic ash, Sea mud, Continuous cropping

1. 緒 言

作物栽培法は、土耕と養液栽培の二つに大別される。土耕の培地となる土壌は、速効性、遅効性、緩効性の養分を保持し、保水力、緩衝力及び微生物の働きなど作物の生育にとって有用な各種の力を持つ¹⁾一方、養液栽培は養液の成分と濃度により作物の生育を調節することが容易である。

本実験では多孔質セラミックスを給液資材として土耕栽培ベッドに埋設することで、土耕と養液栽培を組み合わせ、双方の利点を活かした折中型の栽培システムを開発し、その利用法の確立を目的とした。

その際、培地土壌に火山灰、泥土及びマサ土を用い、各土壌での生産力を比較するとともに、

栽培ベッドの反復使用の可否についても検討した。

また、作型としては、困難とされるブロッコリーの夏期栽培を行い、本栽培システムの適応作型の範囲を検討した。

さらに、本システムにおける培養液循環の開始時期が、作物の生育に及ぼした影響を調査し、実用化に伴う使用条件に関する知見を得た。

2. 材料及び方法

2. 1 供試材料

供試作物は、ブロッコリー (品種：直緑28号及びグリーンコメット) *Brassica oleracea* L.var. *italica* Plenck とハウレンソウ (品種：メガトン) *Spinacia oleracea* Lである。ブロッコリーは、佐賀県富士町の (株) バイオテック富士で育苗されたセル苗を使用した。

2. 2 栽培期間

栽培期間は以下の通りである。

1993年度冬期

ブロッコリー 10/14日定植～2/12日収穫

ハウレンソウ 10/16日播種～12/13日収穫

1994年度夏期

ブロッコリー 8/2日定植～9/30日収穫

1994年度冬期

ブロッコリー 10/24日定植～2/20日収穫

ハウレンソウ 12/22日播種～2/22日収穫

なお、'93年度冬期栽培においては、直緑28号とメガトンを、'94年度夏期栽培においてはグリーンコメットを、'94年度冬期栽培においては、直緑28号とメガトンを供試材料に用いた。ハウレンソウの市場出荷規格は草丈20cmから25cmが一般的である⁷⁾が、試験区間の生育差を明確にするため1993年度では、草丈が28cmに到達するまで栽培した。

2. 3 栽培システム⁸⁾

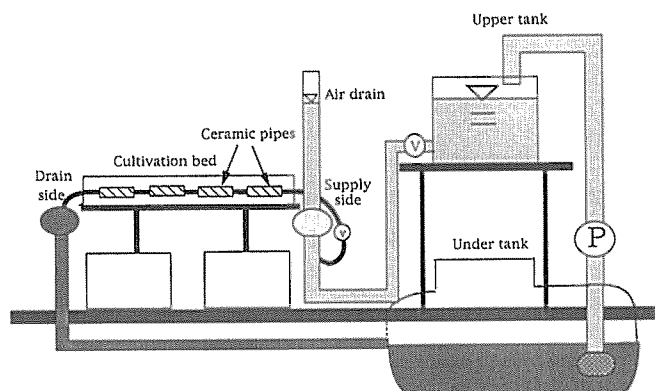


Fig. 1 The cultivation system with porous ceramic pipes.

栽培システムを Fig. 1 に示した。本システムでは、セラミックパイプを土中に埋設した栽培ベッドを作製し、その上部と下部に養液タンクを設けた。培養液は、上部タンクから自然流下により、栽培ベッドに通水し、下部タンクに溜まった培養液を、再び上部タンクへポンプで汲み上げ、循環させた。

2. 4 試験区

培地には、火山灰（雲仙深江町で採取した降灰）、クリーク泥土（佐賀県福富町で採取）、潟土（有明海干潟より採取）、山土（佐賀県富士町で採取したマサ土）を用いた。栽培試験区は、1：山土区、2：火山灰区、3：火山灰+山土区、4：クリーク土+山土区、5：水耕区、6：潟土+山土区の6区とし、3、4、6区においては山土を上層培地とした。クリーク、潟土においては、いずれも乾燥し、土塊が約5mm以下の粒になるように砕土して使用した。栽培2回目からは連作の影響を調査するために、それぞれの既栽培土区を設けた。栽培2回目からの既栽培土区では、地上部を取り除き、根などの植物残渣の残った状態で栽培を行なった。栽培前培養液循環の効果を調査するために、ホウレンソウ栽培区においては、'94年8月1日から10月25日のおよそ90日間、培養液を循環し続けた。その間のpH調整はしなかった。また、クリーク+マサ土区においては、クリーク泥土乾燥区と未乾燥区を設け生育の違いを見た。このクリーク区の栽培前培養液循環処理はしなかった。

栽培ベッドの概略図を Fig. 2 に示した。栽培ベッドは、幅16cm、高さ13cm、長さ90cmの箱型の硬質塩ビ製で、栽培ベッド中に、下層培地を4cmの深さに入れ、その上にビニールチューブで連結したセラミックスを配置し、上層培地を6cmの厚さで覆土した。水耕区においてはオーバーフロー方式をとり、ベッドへの注水部は、径13mm、長さ55mmの塩ビ製パイプでベッドの端部中央に、注水できるようにした。栽培ベッドの他端部の排水部には径13mmの塩ビ製パイプを通し水位が8cmなるように調節した。つまり、自然流下による湛水循環方式で常時栽培ベッドには給水している。

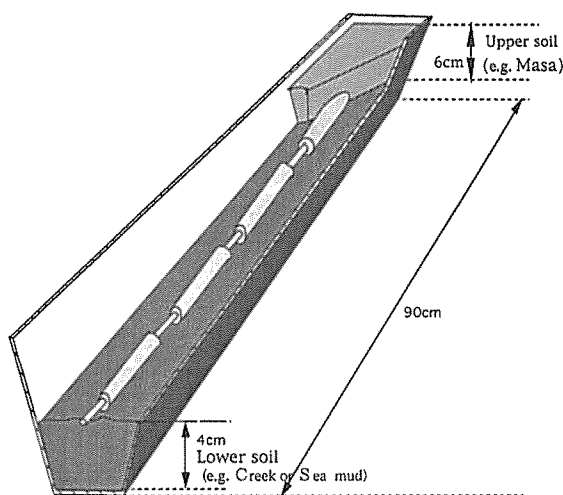


Fig. 2 The cultivation bed with ceramic pipes.

2. 5 多孔質セラミックパイプ^{2, 5)}

本実験で使用したセラミックパイプは、長さ120mm、外径25mmである。孔径分布は均一で孔隙率40%、気孔径は平均10 μ mのものを使用した。

2. 6 培養液

培養液は、大塚ハウス肥料1号及び2号を3：2の割合（大塚A処方）で調製した³⁾。

培養液調整は、植物体の生育ステージに従って、電気伝導度 EC は0.8mS(生育初期)から2.3

mS (生育後期) まで変化させた。

2. 7 測定項目

測定項目は、地上部生体重、その乾燥重、草丈、最大葉長、最大葉幅、葉数、花蕾重、花蕾直径及び葉の緑度 (SPAD 値) である。緑度は、葉緑素計 (ミノルタ製 spad-502) を使用して、各試験区からランダムに 6 個体選び、その最大葉長を 5 箇所ずつ測定した。

3. 実験結果

3. 1 1993年度冬期栽培

3. 1. 1 ブロッコリー

'93年度のブロッコリーの地上部生体重の推移を Fig. 3 に示した。地上部の生育はセラミックパイプを使用した栽培区が、水耕区よりも生育が良かった。また、セラミックパイプ使用区内でみると、収穫時の生体重はマサ土区、火山灰区及び火山灰+マサ土区で、いずれも 1400 g 前後に達したが、クリーク+マサ土区では 1000 g に到達しなかった。なお、マサ土区、火山灰区及び火山灰+マサ土区の各試験間の生体重には有意差が認められなかった (Table 1)⁴⁾。

ブロッコリーの収穫時の花蕾重と、階級別分布を百分率で表示した (Table 2)。水耕区、クリーク+マサ土区及び火山灰+マサ土区においては、各試験区毎の階級にバラツキがあるのに対し、火山灰区

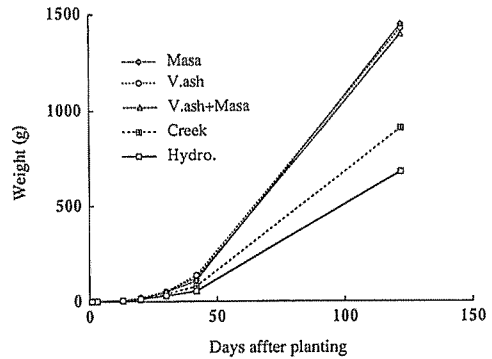


Fig. 3 Changes in fresh weight of shoot in winter (broccoli 1993).

Table 1 Analysis of variance (broccoli 1993).

Factor	df	SS	MS	F
Total	28	2594325.2		
Group	4	2370313.1	592578.3	63.49**
Error	24	224012.1	9333.8	

** p<0.01

df : degree of freedom

SS : sum of square

MS : mean of square

Table 2 Flower bud size in different culture medium. (broccoli 1993)

Flower bud	Hydro.	Creek	Masa	Volcanic ash	V.+Masa
Weight (g)	168.50	188.10	440.01	493.30	429.86
cv (%)	31.64	37.82	24.20	13.16	54.93
Size (%)					
2L	0	0	100	100	50
L	25	25	0	0	37.5
M	25	50	0	0	12.5
S	25	0	0	0	0
2S	25	25	0	0	0
Total	100	100	100	100	100

Hydro : hydroponic system

V : Volcanic ash

2L : 315 (g) ~

L : 210 ~ 314 (g)

M : 156 ~ 209 (g)

S : 126 ~ 155 (g)

2S : 105 ~ 125 (g)

とマサ土区は階級 2 L の基準315 g⁰を全て上回った。変動係数 cv (%) に着目すると、バラツキの小さい試験区から順に火山灰区、マサ土区、クリーク+マサ土区、水耕区、火山灰+マサ土区の順になった。平均花蕾重は、地上部生体重の場合と同様、火山灰区のバラツキが最も小さく、良好であった。火山灰+マサ土区は山土区及び火山灰区と同様に生育は良好であったが、バラツキが大であった。

3. 1. 2 ホウレンソウ

Fig. 4 に、播種後56日、71日、88日の3回の生育調査において草丈が28cm以上に伸びたホウレンソウの全個体数に対する割合を示した。

その結果、収穫率は大きい方から火山灰区、火山灰+マサ土区、クリーク+マサ土区、マサ土区そして瀉土区の順となった。火山灰を培地に加えた火山灰区と、火山灰+マサ土区の生育は良好で、51日目及び71日目の収穫率も高く、最終的には、それぞれ78.4%及び75.0%であった。一方、水耕区は生育が著しく遅れ、草丈が28cmに達するまでには88日間も要した。

3. 2 1994年度夏期栽培

3. 2. 1 ブロッコリ

Fig. 5 に'94年度夏期栽培の各試験区毎の生体重の変化を示した。収穫時に平均地上部生体重の最も大きかった試験区は、'94年度(新培地)のマサ土区と火山灰+マサ土区であった。最も生育が悪かった区は、瀉土+マサ土区であった。また Fig. 6 に夏期栽培期間中の各試験区における平均土壌表面温(地表面から深さ1cmの平均温度、1日24点の平均)及び平均気温を示した。'94年度は気温が40度を越す猛暑が続いた為、水耕区では水温上昇により生育初期に作物が枯死したが、セラミック使用区においては概ね順調に花芽が分化した。Table 3 に、第4回生育調査結果と各試験区の花芽分化率を

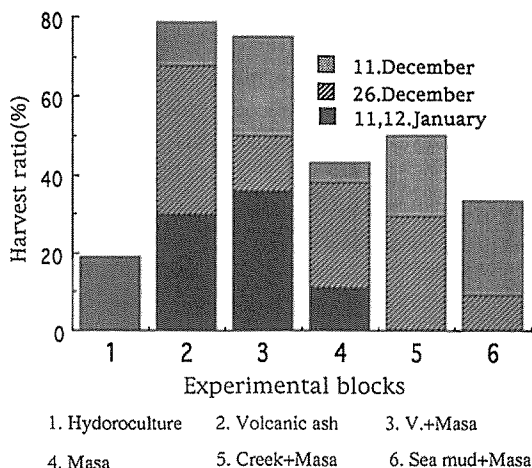


Fig. 4 Harvest ratio of spinach.

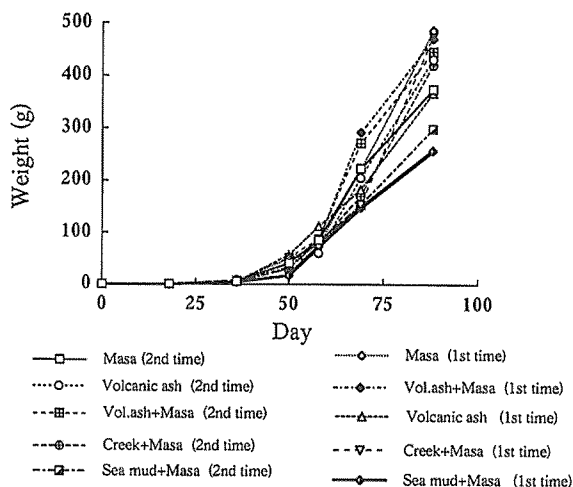


Fig. 5 Change in fresh weight of broccoli in summer (1994). -1st time cultivation and 2nd time cultivation-

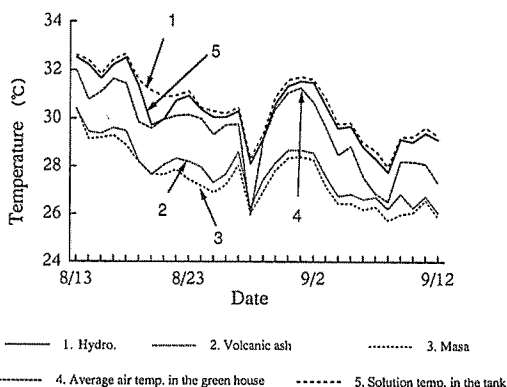


Fig. 6 The average temperature in the bed.

Table 3 The growth of Spinach in different culture medium in 1994(11/12).

	Fresh weight (g)	Hight (cm)	No.of leaf	Max leaf length (cm)	Max leaf width (cm)	Ratio (%)
Hydroponic	34.9	27.9	25	12.9	9.0	0
Volcanic ash(1st time)	72.9	37.7	27	16.8	11.9	60
Volcanic ash(2nd time)	38.7	28.7	25	13.4	9.3	0
Masa(1st time)	92.3	44.4	27	18.2	13.4	83
Masa(2nd time)	130.0	45.7	29	20.0	14.0	83
V.+Masa(1st time)	128.5	46.8	29	20.2	13.7	100
V.+Masa(2nd time)	145.5	50.1	30	20.4	14.1	100
Creek+Masa(1st time)	105.2	44.9	28	22.6	12.9	100
Creek+Masa(2nd time)	113.8	46.6	28	21.5	14.5	100
Sea mud+Masa(1st.)	115.2	45.1	29	19.2	14.6	83
Sea mud+Masa(2nd.)	102.8	42.7	28	18.7	13.8	72

Ratio : flower bud formation ratio (%)

Table 4 Fresh weight harvested in the first time cultivation and the second time cultivation(Broccoli). 1994

	Masa		Volcanic ash		V.+Masa		Creek+Masa		Sea mud+Masa	
	First	Second	First	Second	First	Second	First	Second	First	Second
Fresh weight (g)	468.7	375.5 ^{NS}	368.1	432.7 ^{NS}	471.7	447.1 ^{NS}	476.2	394.8 ^{NS}	258.5	300.0 ^{NS}
Flower bud weight (g)	139.4	116.5 ^{NS}	103.6	128.3 ^{NS}	87.9	138.3 ^{**}	157.6	117.7 ^{NS}	51.2	66.9 ^{NS}

^{NS}, ^{**} : Nonsignificant or significant at $p < 0.01$, respectively.

示した。

また、連続栽培による生育の影響(連作障害)を調べる為に、'94年度土壌(栽培1回目土壌)と'93年度土壌(栽培2回目土壌)の有意差検定を行った(Table 4)。地上部生体重においては、連作の影響はみられなかった。花蕾重においても、火山灰+マサ土区を除けば有意差はみられなかった。

3. 2. 2 考 察

'94年度夏期栽培では、ハウス内気温が、日中40°Cを越す猛暑の為、水耕区の栽培作物は枯死した。これは、タンク内培養液温及び水耕ベッド内液温が外気温とほぼ同じかそれ以上の温度の30°C前後を記録しているのに対し、火山灰区及びマサ土区のセラミック地下給液栽培区においては、それより2°Cほど低い温度を示していることからみて、根圏温度の差異によるところが大きいと考えられる。しかし、水耕区と同温もしくはそれ以上の温度の培養液がセラミックパイプ中を循環するセラミック試験区では、順調に花蕾を分化した。このことから、かなり高温の環境条件においても、セラミック栽培システムでは十分生育可能であることが分かった。また、連続栽培土壌の生育への影響は火山灰+マサ土区以外では確認できなかった。

3. 3 '94年度冬期栽培

3. 3. 1 ブロccoli

Fig. 7に'94年度冬期栽培における生体重の変化を示した。最も生育が良好であった試験区は、火山灰+山土区であった。また、最も生育の劣った試験区は、水耕区であった。'93年度冬期栽培では、生育が良好であった火山灰区は、栽培2回目、栽培3回目の両土壌で生育が悪か

った。Table 5 は、栽培3回目土壌（'93年度土壌）と栽培2回目土壌（'94年度土壌）における生育の結果である。マサ土区と瀉土区においては、連続栽培の影響はみられなかったが、火山灰区、火山灰+マサ土区及びクリーク+マサ土区では、地上部生体重、花蕾重、SPAD 値のいずれかもしくは全てにおいて有意差がみられた。

3. 3. 2 ホウレンソウ栽培における栽培前培養液循環の影響

Fig. 8 は、ホウレンソウの草丈が20 cm になったものの各栽培区毎の全株数に対する割合を示している。栽培前から培養液を循環していた区の方が非循環区よりも生育が良好であった。また、クリーク+マサ土区の比較において、クリーク土は、乾燥粉碎して用いた方が、明らかに生育が良かった。この実験では培養液の pH 調整を行っていない (pH=4.32, EC1.7mS 12/11日計測) ため、水耕区では収穫日（播種後60日）に、草丈20cm 以上のものはなく、全体的に生育の遅れる結果となった。

Table 6 に栽培前培養液循環区と非循環区のホウレンソウの生体重、草丈、SPAD 値及び有意差検定結果を示した。

瀉土+マサ土区においては、栽培前の培養液循環の生育に対する影響は、見られなかったが、他の試験区では、培養液循環による効果がみられた。また、クリーク泥土を乾燥させた培地と未乾燥培地では有意差がみられ、乾燥粉碎土を利用したものの成績が良い結果となった。

3. 3. 3 考察

ブロッコリー栽培では、Fig. 7 に示したように、連作により生育良好な試験区の順位に大き

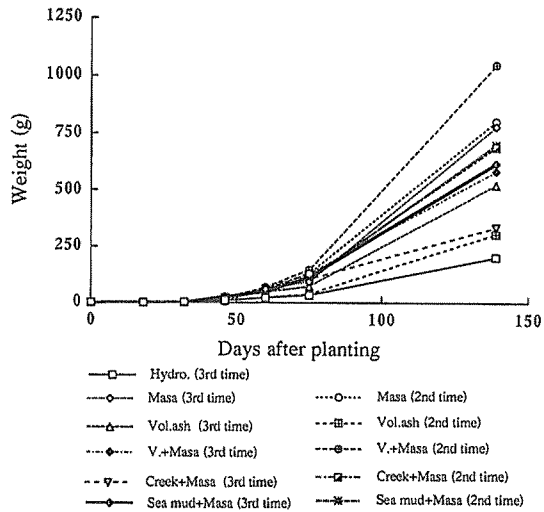


Fig. 7 Changes in fresh weight of broccoli in winter (1994). -2nd time cultivation and 3rd time cultivation-

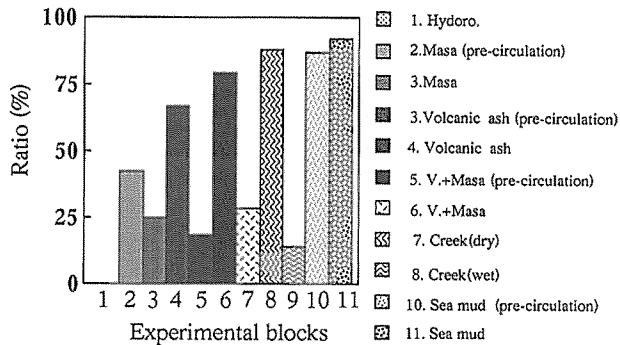


Fig. 8 Harvest ratio of spinach (1994).

Table 5 Fresh weight harvested in the second time cultivation and third time cultivation (Broccoli).

	Masa		Volcanic ash		V.+Masa		Creek +Masa		Sea mud +Masa	
	2nd time	3rd time	2nd time	3rd time	2nd time	3rd time	2nd time	3rd time	2nd time	3rd time
Fresh weight (g)	799.5	776.5 ^{NS}	306.5	522.4 ^{NS}	1044.8	582.5*	476.2	394.8***	698.6	615.6 ^{NS}
Flower bed weight (g)	235.0	200.5 ^{NS}	64.0	115.4 ^{NS}	249.6	107.2*	177.6	56.8***	155.5	109.6 ^{NS}
Value of Spad	72.9	70.8 ^{NS}	73.0	66.3***	67.4	67.0	67.9	53.3***	70.9	68.9 ^{NS}

^{NS}, *, *** : Nonsignificant or significant at p<0.05 or 0.001, respectively.

Table 6 Fresh weight harvested in different culture medium (Spinach).

	Hydoro.		Masa		Volcanic ash		V.+masa		Creek+Masa		Sea mud+Masa	
		treat.	cont.	treat.	cont.	treat.	cont.	dry	wet	treat.	cont.	
Fresh weight (g)	2.01	15.4	10.3 ^{NS}	18.4	8.1 ^{***}	18.4	9.00 ^{***}	22.0	7.85 ^{***}	19.7	27.1 ^{NS}	
Length (cm)	9.08	19.5	15.5 ^{NS}	20.8	16.4 ^{***}	23.7	16.81 ^{***}	26.9	14.26 ^{***}	23.2	23.9 ^{NS}	
Value of Spad	49.26	51.5	53.6*	49.9	49.2 ^{***}	52.7	49.5 ^{**}	57.2	50.39 ^{***}	47.3	46.2 ^{NS}	

^{NS}, *, **, *** : Nonsignificant or significant at $p < 0.02$, 0.01 or 0.001 , respectively.

treat. : treatment (pre-circulation)

cont. : control (non pre-circulation)

な変化が見られた。火山灰区では、栽培を重ねる毎に生育が劣性となり、潟土+マサ土区は、生育順位が上昇した (Fig. 7)。

火山灰+マサ土区及びクリーク+マサ土区において、栽培回数による生産力の劣性化がみられた (Table 5)。

これらの理由を解明する為には、更なる実験と土壌の物理的及び化学的分析の必要があり、現在検討中である。

ハウレンソウ栽培においては、栽培前に培養液を循環する事によって生育を促進する事ができた。クリーク泥土は乾燥させて用いた方が、生育が良好であった。またセラミック栽培においては培養液の pH 調整をしなくても、pH に感受性の高いハウレンソウが、良好に生育できたことから、本システムにおいては培養液調整をさらに簡略化できると考えられる。

摘 要

多孔質セラミックを使用した地下給液栽培システムを作成し、ブロッコリーとハウレンソウで栽培実験を行った。培地土壌に、火山灰、クリークや干潟の泥土及びマサ土を用い、各土壌での生産力を比較するとともに、栽培ベッド内培地の反復使用における可否を検討した。夏期栽培を行い、本栽培システムの適応作型の範囲を検討した。培養液循環の開始時期が、作物の生育に及ぼした影響を調査し、実用化に伴う使用条件に関する知見を得た。

1) '93年度冬期ブロッコリー栽培において、火山灰区の花蕾の生育が他の試験区と比べてバラツキが少なかった。

ハウレンソウ栽培においても、火山灰区の草丈の揃いがよかった。

2) セラミック栽培システムでは、劣悪な温度環境条件 (高温) においても、栽培が可能であった。

3) '94年度夏期栽培において、連続栽培における生育の影響 (連作障害) は確認できなかった (Table 5)。

4) '94冬期ブロッコリー栽培において、試験区順位の好成績に大きな変動が見られた。

火山灰区では、連作により生育が悪化したが、潟土+マサ土区は、生育順位が上昇した (Fig. 7)。

5) ハウレンソウ栽培においては、栽培前に培養液を循環することにより生育速度に好影響を与えた。

6) クリーク泥土は乾燥粉碎して利用した方が、生育は良好であった。

7) セラミック栽培では、培養液の pH 調整を行わなくても、pH に感受性の高いハウレンソウが良好に生育した。

8) セラミック地下給液法を利用した栽培システムでは、塩分を含む瀉土+マサ土区において、ブロッコリー及びホウレンソウが栽培でき、一般的に生育に不適な培地条件においてもこのシステムでは、十分栽培が可能であることが分かった。

引用文献

1. 農業技術体系 土壤汚染, 環境問題と土壤管理, 1-8
2. M. Kubota, T. Kojima (1992). Research on Development of use of porous Ceramics. Ceramic Transaction-POROUS MATERIALS-vol.31, American Ceramic Society, Westerville Ohio
3. 大塚ハウス肥料と養液栽培 大塚化学株式会社提供資料.
4. 岸根卓朗 (1980). 理論, 応用統計学, 養賢堂 308-325.
5. 小島孝之, 松田伸志 (1992) 都市型農業生産システムの開発 委託研究報告書.
6. 加藤善二, 手島三二 (1992). 負圧差灌漑の原理と基礎的検討 農業土木学会論文集第101号.
7. 小島孝之 (1993). 砂漠緑化システムの開発に関する研究(1) 九州の農業気象第2輯 第1号, 7-10.
8. 小島孝之, 松崎勝一 (1994), 多硬質セラミックを用いた新栽培システムの開発第53回農業機械学会講演要旨, 177-178.