

果菜類の水耕栽培に関する研究(第2報)

根圏環境がキュウリの生育、収量におよぼす影響*

西口 郁夫・今泉 寛**・稲垣 悟

Studies on the Water Culture of the Fruit Vegetables

II. Effects of root environment on the growth and yields of cucumber.

Ikuo NISHIGUCHI Hiroshi IMAIZUMI and Satoru INAGAKI

緒言

最近、各種の水耕方式が開発され、販売あるいは公表されている。佐々木ら⁶⁾は各種の水耕装置を用い果菜類の周年栽培を試み、その特性と利用法および装置の改善点について検討を加える中で、根圏をとりまく環境条件を重視している。近藤⁴⁾は気泡散気法と地下部の半分を培養液に浸漬し、その上半分を空中に露出してそこへ培養液を滴下する方法でキュウリの生育、収量を比較し、生育は両者に差はないが収量は滴下法がよいとしている。それらの方式はいずれも主として培養液中の溶存酸素の供給方法に工夫がなされており、液中の溶存酸素を利用させるものと空气中的酸素をも利用させるものとに大別できる。前者は溶存酸素の飽和量が液温で制限されるために溶存酸素の消長が追跡しやすいと考えられる。培養液濃度に関しては、際耕栽培が始められて以来多くの報告がなされているが栽培条件によりさまざまな結果が得られている。また培養液濃度と溶存酸素量を組合せた試験も少ない。

本試験では根をとりまく環境要因として培養液の状態、通気度、液濃度、液温、液量を取り上げ、各要因を組合せて試験を行ない、キュウリの生育、収量におよぼす影響について検討した。

なお、本試験を取りまとめるにあたって御指導をいただいた当所、片岡虎夫園芸部長に謝意を表す。

材料および方法

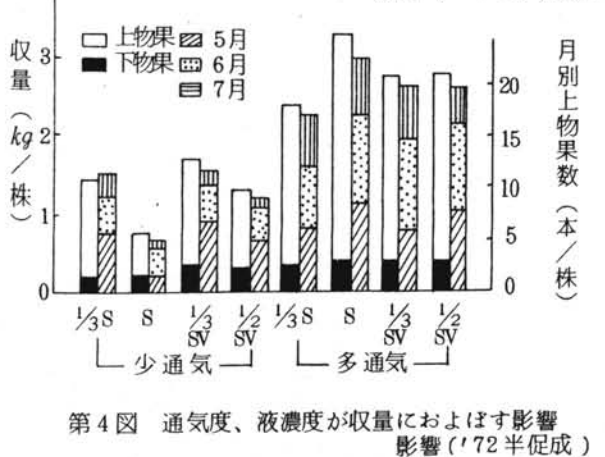
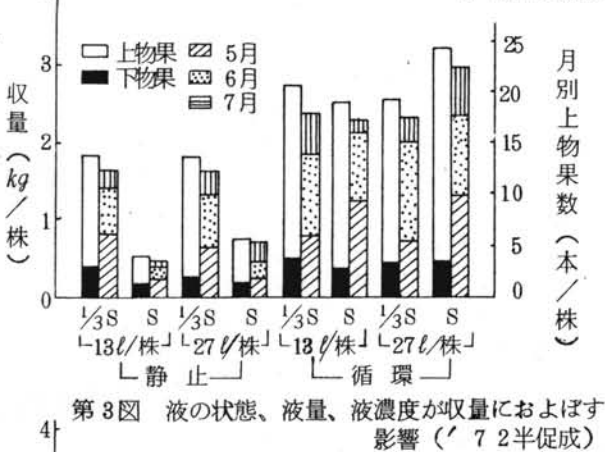
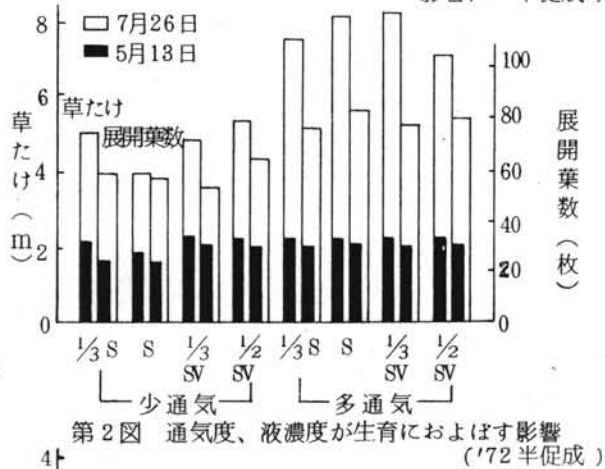
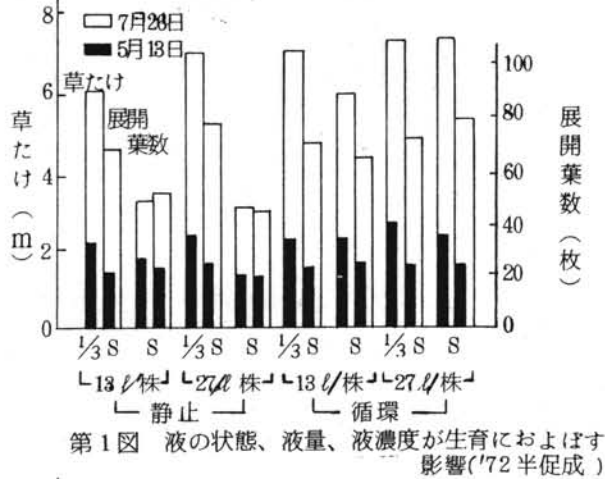
1972年2月から'73年7月まで約180㎡のビニ

ールハウスでキュウリの久留米落合H型を用い、第1表に示す3作型で試験を行なった。栽培槽は80cm×3mの発泡スチロール枠にビニールを敷いて培養液を入れ、その上に育苗鉢をのせたスチロール板を浮かせ、1ベッドに15株を定植し、生育・収量調査には10株を供試した。肥料は標準濃度として第2表に示す組成の大塚ハウス1、2号と微量要素補給に5号を用い、適時に電気伝導度計でECを測定し、設定した濃度を保持した。当所の地下水を用いたECは20℃で標準濃度(S)が2.6 mmho/cm、1/2Sが1.5 mmho/cm、1/3Sが0.9 mmho/cmであった。通気は130ℓ/minのコンプレッサーを主として24槽に供給し、最低15分間を単位としてその稼動時間で通気量を調節した。通気の処理には上記のほかに副として15ℓ/minのコンプレッサーで8槽に供給した。液の循環には23ℓ/minのマイクロポンプを使用し、バブリングされた液の流動をはかつた。培養液の成分分析にはNはコンウェイ微量拡散法、P₂O₅はバナドモリブデン酸比色法、K₂Oは炎光分析法、CaO、MgOはキレート滴定法を用いた。養分吸収量は全施用量から試験終了時の残存量を差し引いて算出した。培養液中の溶存酸素は宝工業のガルバニ式の計器で測定した。

1. '72年半促成栽培

展開葉数4.0~4.8枚の苗を4月4日に定植した。液温は当初約20℃に加温し、液温上昇とともに放任とした。通気は全ベッドに主コンプレッサーを3時間/日稼動させて行ない、雌花初開花日の4月21日にマイクロポンプと副コンプレッサーを稼動させて処理を始めた。

*園芸学会東海支部(昭和50年9月6日)においてその一部を発表



生し、その後サイドのEC 2mmho/cm 区にも発生した。これはハウス内が高温になったため、高液濃度で通気不足の区から障害が現われたものと思われる。収量は第5図に示すように前年度試験と同様に多通気ほど多収となった。溶存酸素の推移は第6図に示すように定植3か月後には通気度Ⅳの区は飽和度が約50%となり、根の褐変がみられた。高温時のハウスでは根が腐ると多くは地上部も枯れてしまうが、枯れない個体は株もとから新しい根の発生がみられた。しかし、収穫後期になるとほとんどの区は褐変していた。

'72年促成での生育は第7、8図に示したが各処理間には明らかな差がみられなかった。収量は第9、10図に示すように循環区は半促成栽培と同様にわずかではあるが多収となった。パブリック方式では逆の結果となり多通気の方が低収であった。

第3表 通気度、液濃度が生育におよぼす影響

('73 半促成)

処 理		4月16日	5月28日	7月10日	
ブロック	液濃度 通気度	草丈	展開葉数	草丈 展開葉数 芯止り株数	
中	EC 1	I	140	20.1	360 45.7 1
		II	148	20.5	329 45.2 0
		III	134	19.6	309 44.4 3
		IV	147	20.5	332 45.7 3
央	2	I	138	19.3	315 44.1 3
		II	143	19.7	358 45.0 2
		III	138	20.0	308 43.7 3
		IV	136	19.8	307 43.9 5
サ	1	I	146	20.1	340 44.7 0
		II	155	20.5	368 45.2 0
		III	138	19.9	340 44.3 0
		IV	131	19.7	326 44.2 2
ド	2	I	148	20.1	343 44.4 1
		II	136	19.4	275 42.9 0
		III	132	19.5	325 44.8 2
		IV	130	19.4	252 41.9 3

第1表 処理と栽培概要

作型	液の状態	液濃度	液温	液量	栽培概要
'72 半促成	循環と静止 (4月21日)	S, 1/3S (4月4日)	—	27ℓ/株 13ℓ/株	は種 2月25日 定植 4月4日 収穫 5月4日 ~7月26日
	バブリングの多・少 (4月21日)	S, 1/3S 1/2SV, 1/3SV (5月4日, 6月13日)	—	17ℓ/株	
'72 促成	循環と静止 (11月20日)	S, 1/3S (10月27日)	21℃, 18℃ (12月1日)	17ℓ/株	は種 9月25日 定植 10月27日 収穫 12月5日 ~1月27日
	バブリングの多・少 (11月20日)	S, 1/3S (10月27日)	21℃, 18℃ (12月1日)	17ℓ/株	
'73 半促成	バブリングの多・少 I > II > III > IV	EC 1 mmho/cm EC 2 mmho/cm	—	17ℓ/株	は種 2月3日 定植 3月15日 収穫 4月10日 ~7月23日

()内は 処理開始月日

第2表 標準濃度の組成 (ppm)

N (NH ₄ -N NO ₃ -N)	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Fe	Mn
260 (225 218)	120	345	230	75	1.5	2.7	1.5

液の循環は生育が進むにつれて1~3.5時間/日の稼動とし、通気は主コンプレッサーを9.5時間/日、副コンプレッサーを6.5時間/日稼動させた。液濃度は全栽培期間を一定濃度としたS, 1/3S区と、定植時が1/3Sで5月4日にそれぞれS, 1/2S, 6月13日に3/2S, Sとした1/2SV, 1/3SV区を設けた。収穫は5月4日から7月26日まで行なった。

2. '72年促成栽培

展開葉数約3.2枚の苗を10月27日に定植した。液温は処理を開始した12月1日まで約20℃とし、その後は約21℃と約18℃に保たせた。通気は'72年半促成栽培と同様に処理開始日の11月20日までは3時間/日のバブリングを行なった。液の循環は生育が進むにつれて2~5.5時間/日行ない、バブリングは主コンプレッサーを6時間/日、副コンプレッサーを6.5時間/日稼動させて行なった。液濃度は全期間一定のSと1/3S区を設けた。収穫は12月5日から1月27日まで行なった。

3. '73年半促成栽培

展開葉数約3.5枚の苗を3月15日に定植した。液濃度は適範囲を調べるために前年度より高濃度区の設定を下げ全期間EC1.0 mmho/cmと5月4日に2.0 mmho/cm

に濃度を上げた2水準を設けた。通気度は通気量の違いによる4水準を設け、雌花開花始めの4月2日から主コンプレッサー6時間/日、副コンプレッサー4時間/日で処理を開始し、収穫後期にはそれぞれ14時間と8時間まで稼動時間を延長した。ハウス内の栽培槽の設置場所による影響が出ないように、ハウスの両サイド区と中央区分けた。収穫は4月10日から7月23日まで行なった。

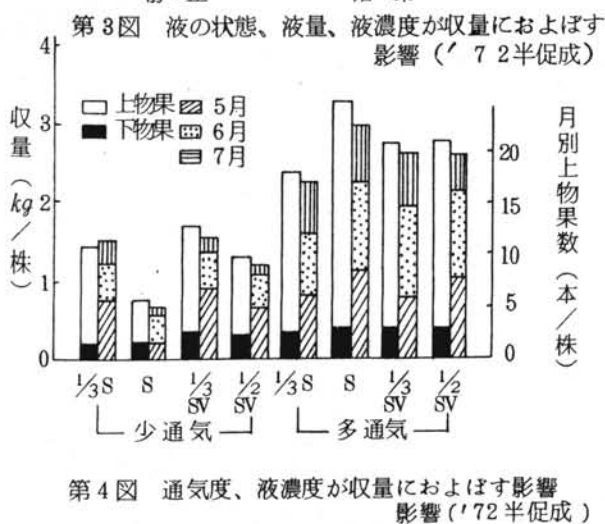
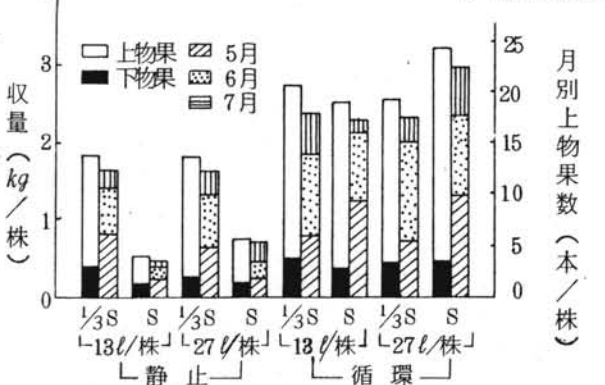
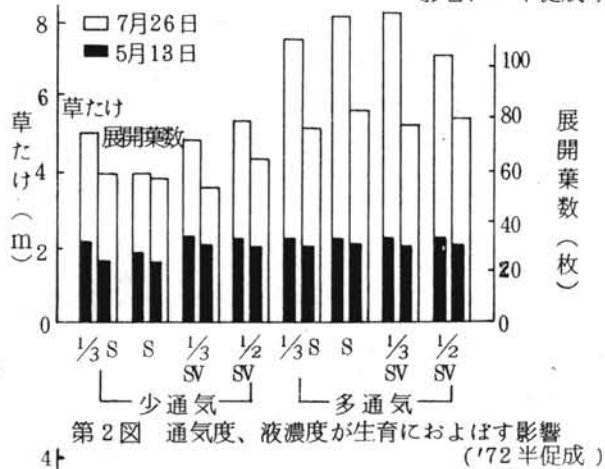
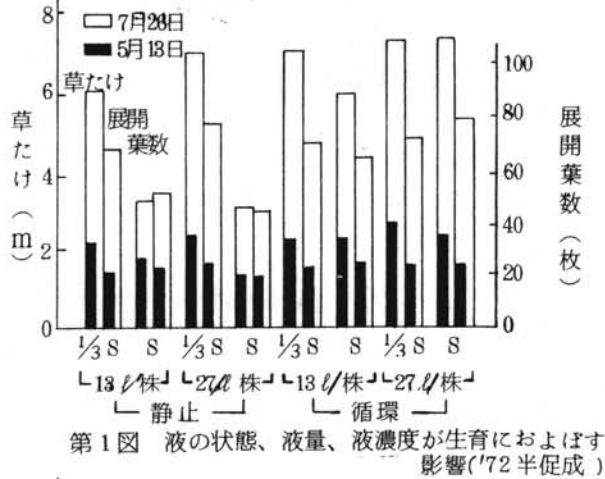
結果

半促成栽培を2作、促成栽培を1作し、以下の各要因について試験を行なった結果は次のようである。

1. 培養液の状態と通気度について

'72年半促成での定植1か月後の生育は第1, 2図に示すように循環、多通気がともにおう盛であった。1株あたりの側枝発生本数は循環区が1.5~3.9本、静止区が0~0.4本で2か月後の調査では循環区は他の区に比べ葉色が濃かった。収量は第3, 4図に示すように生育と同様の傾向がみられ、高溶存酸素条件で多収となった。

'73年半促成では第3表に示すように各処理間で生育に顕著な差はみられなかつた。芯止り症状が7月に入つて現われ、ハウスの中央のEC 2 mmho/cm区に多く発



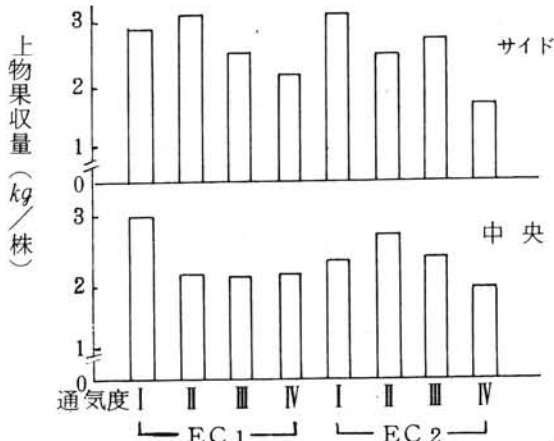
生し、その後サイドのEC 2mmho/cm 区にも発生した。これはハウス内が高温になったため、高液濃度で通気不足の区から障害が現われたものと思われる。収量は第5図に示すように前年度試験と同様に多通気ほど多収となった。溶存酸素の推移は第6図に示すように定植3か月後には通気度Ⅳの区は飽和度が約50%となり、根の褐変がみられた。高温時のハウスでは根が腐ると多くは地上部も枯れてしまうが、枯れない個体は株もとから新しい根の発生がみられた。しかし、収穫後期になるとほとんどの区は褐変していた。

'72年促成での生育は第7、8図に示したが各処理間には明らかな差がみられなかった。収量は第9、10図に示すように循環区は半促成栽培と同様にわずかではあるが多収となった。パブリング方式では逆の結果となり多通気の方が低収であった。

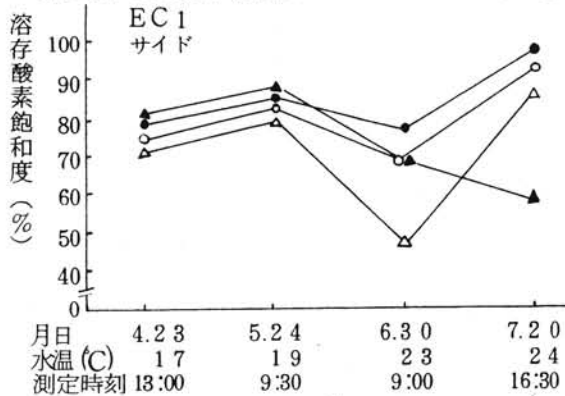
第3表 通気度、液濃度が生育におよぼす影響

('73 半促成)

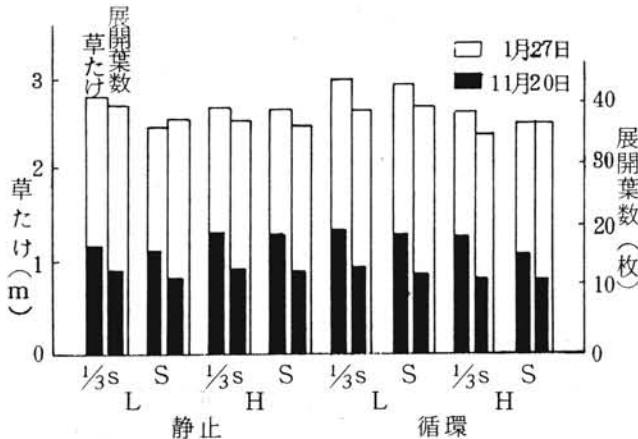
処 理		4月16日	5月28日	7月10日	
ブロック	液濃度 通気度	草丈	展開葉数	草丈 展開葉数 芯止り株数	
中	EC 1	I	140	20.1	360 45.7 1
		II	148	20.5	329 45.2 0
		III	134	19.6	309 44.4 3
		IV	147	20.5	332 45.7 3
央	2	I	138	19.3	315 44.1 3
		II	143	19.7	358 45.0 2
		III	138	20.0	308 43.7 3
		IV	136	19.8	307 43.9 5
サ	1	I	146	20.1	340 44.7 0
		II	155	20.5	368 45.2 0
		III	138	19.9	340 44.3 0
		IV	131	19.7	326 44.2 2
ド	2	I	148	20.1	343 44.4 1
		II	136	19.4	275 42.9 0
		III	132	19.5	325 44.8 2
		IV	130	19.4	252 41.9 3



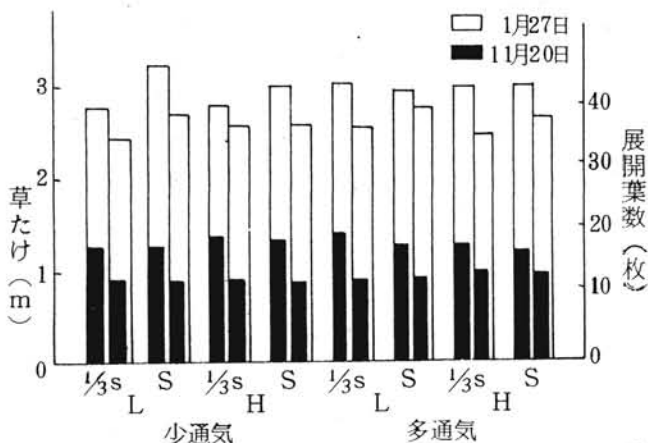
第5図 通気度、液濃度が収量におよぼす影響 ('73 半促成)



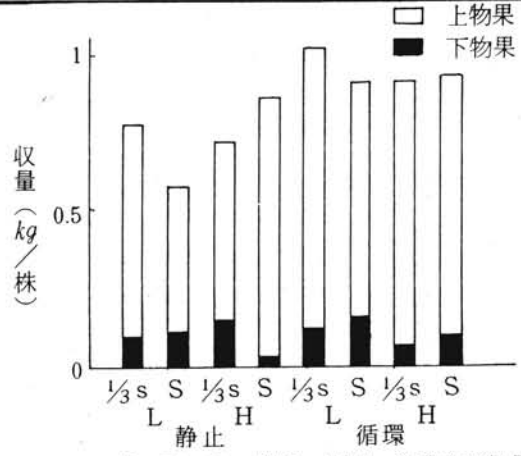
第6図 溶存酸素の推移 ('73 半促成)



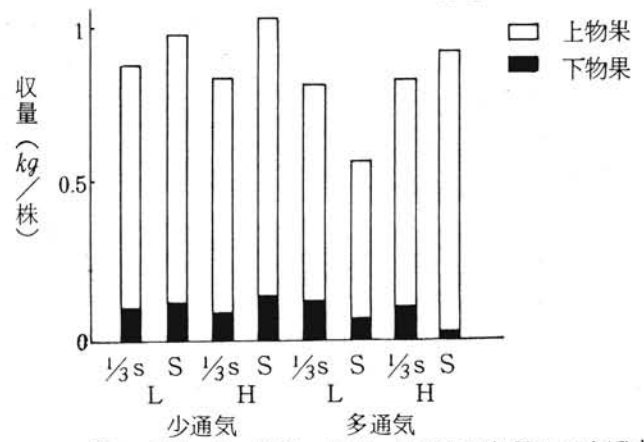
第7図 液の状態、液温、液濃度が生育におよぼす影響 ('72 促成)



第8図 通気度、液温、液濃度が生育におよぼす影響 ('72 促成)



第9図 液の状態、液温、液濃度が収量におよぼす影響 ('72 促成)



第10図 液の状態、液温、液濃度が収量におよぼす影響 ('72 促成)

2. 培養液濃度について
 '72 年半促成では高濃度区で高溶存酸素条件が多収となり、高濃度区で低溶存酸素条件が最も低収となった。高濃度区の設定を下げた'73 年半促成でも同様の傾向がみられる。'72 年促成では明らかな差がなかった。

養分吸収量は第4, 5表に示すように生育、収量と同様の傾向がみられ、多収な区ほど多くなっている。また全施肥量から吸収量を差し引いた吸収率は5要素ともに

第4表 液の状態、液量、液濃度が養水分吸収におよぼす影響 ('72 半促成)

液の状態	液量	項目 液濃度	1株あたり吸収量				
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	H ₂ O
静	少	1/3 S	0.63g	5.99g	3.33g	8.83g	55.3
		S	0.78	5.08	2.67	8.95	44.0
止	多	1/3 S	0.81	8.81	4.63	12.43	67.3
		S	1.04	7.98	3.49	10.31	50.7
循	少	1/3 S	0.79	8.08	4.41	11.67	65.3
		S	1.19	10.93	5.97	12.77	62.7
環	多	1/3 S	1.03	9.93	5.00	12.61	72.0
		S	1.59	11.95	6.32	19.15	79.3

第5表 通気度、液濃度が養水分吸収におよぼす影響（'72 半促成）

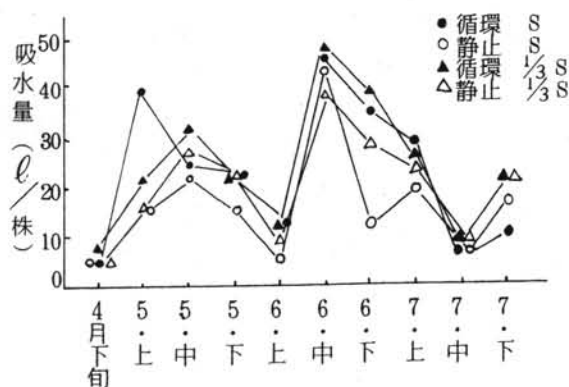
通気度	項目 液濃度	1株あたり吸収量				
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	H ₂ O
少	1/3 S	0.63	5.85	3.27	8.33	54.4
	S	0.84	4.90	2.46	8.15	43.7
	1/3 SV	1.00	7.66	4.04	11.25	57.4
	1/2 SV	0.95	6.73	3.59	14.01	51.7
多	1/3 S	0.86	8.24	4.55	12.43	63.7
	S	1.44	12.54	6.76	18.14	78.0
	1/3 SV	1.36	11.40	6.54	16.05	68.7
	1/2 SV	1.73	11.79	7.15	16.31	68.4

低濃度区が高く、高濃度区は低かった。しかし、P₂O₅は高濃度区でも吸収率が高かった。これらのことは供試した各作型で認められた。

3. 液温、液量について

液温は'72年促成で処理を行なったが、液濃度との関連において収量は低温のとき1/3S > S、高温のとき1/3S < Sの傾向がみられた。これは溶存酸素条件と液濃度との関係と同じ傾向であり、根の養水分吸収や呼吸と関連があるものと思われる。一般に低温区の根は太短く、高温区は細長い傾向がみられた。

吸水量は第11図に示すように生育がおう盛で多収となつた区ほど多いが、どの区も収穫盛期がピークとなつている。液量の相違は栽培槽の深さで調節をしたが、キュウリは浅根性の作物であるのと、市販の水耕装置に比べると低液量区でも1株あたりの水量が多かつたので、この範囲では影響がなかつたものと思われる。



第11図 吸水量の推移（'72半促成）

考察

根をとりまく環境要因として培養液の状態、通気度、液濃度、液温、液量を取り上げて試験を行なった結果、液の循環や通気度という溶存酸素に関する要因がキュウリの生育、収量に最も影響をおよぼし、液濃度も溶存酸素に関する要因と関連が深かつた。溶存酸素濃度については、山崎ら¹⁰⁾は温室メロンで成熟日数は少酸素区のほうが早まるとし、並木ら⁵⁾はトマトで最低2ppm以上を必要とするが6ppm以上は必要でないとしている。キュウリについては位田²⁾が土壌の気相中の酸素濃度は0%でも枯れないし20%までは多いほうがよいとしている。本試験でも同様の傾向を示し、バブリング方式だけよりもポンプによる液の循環を併用したほうが効果は大きかつた。これは散気による液槽内での攪拌よりもポンプによるほうが根の界面境界層を薄くすることができたためであろう。半促成栽培では通気の結果が顕著であつたが、促成栽培では少通気区のほうがわずかに多収となつた。これはか日照下の栽培で各区とも溶存酸素が飽和に近い状態で推移し、散気による液の攪拌に差がなかつたものと思われ、並木ら⁵⁾の秋作トマトの結果と同じ傾向である。第6図にみられるように少通気区Ⅳ区の飽和度が後半で高くなつているのは根が腐って酸素吸収が行なわれなくなつたためであろう。このように長期にわたる栽培では根の活性の保持が重要であり、根の老化がおこり新根への更新が不可避であるならば、その更新時期と方法が問題となる。

液濃度は液の循環や通気度と交互作用がみられ、高酸素条件では高濃度が多収となり、山崎ら⁹⁾のメロンの結果と同じ傾向であつた。しかし、低酸素条件では高濃度は節間がつまり果形も乱れ低収となつた。このように酸素条件により適濃度が異なることに留意し、栽培管理は初期を低濃度で行ない、生育段階に応じて濃度を上げていくのが良いと思われる。養水分吸収量は近藤³⁾によると土耕のキュウリの2倍以上でとくにP₂O₅の吸収が多くなり、吸収量比はN:P₂O₅:K₂O:CaO:MgOが1.0:0.5:1.8:1.8:0.2になつたとされている。本試験も同様の傾向を示しP₂O₅の吸収は顕著であつた。'73年半促成では吸収量比はおよそ1.0:0.4:1.5:0.9:0.2となり、K₂O、CaOは原水からの供給を考慮しても低い値であつた。これはむしろ山崎⁷⁾のキュウリの吸収量から算出された均衡培養液の比率に近いものである。

液温は山崎ら⁸⁾がキュウリで品種間差があることを、堀ら¹⁾はキュウリの地下部生育は23℃まで地温が高

いほうがよいが28℃では根重が低下するとしている。本試験では設定温度差が小さかつたため明らかな差はなかつたが、水耕といえども従来の温度管理でもよいと思われる。しかし、肥料は植物に吸収されやすい形態で施用されているので、適室温が維持できれば液温は少し低くてもよいと思われる。

摘 要

1. 1972年2月から1973年7月までビニールハウスでキュウリの久留米落合H型を用い、根をとりまく環境要因が生育、収量におよぼす影響を調査した。
2. 培養液中の溶存酸素に関する要因の液の循環や多通気が最も影響をおよぼし多収となつた。
3. 培養液濃度は循環、通気度と関係が深く、収量は高液濃度・高溶存酸素条件、低液濃度・高溶存酸素条件、低液濃度・低溶存酸素条件、高液濃度・低溶存酸素条件の順に少なくなつた。
4. 液温は本試験で設定した18～21℃の範囲では顕著な差がなかつた。

引用文献

- 1) 堀 裕・新井和夫・細谷 毅・小山田光夫(1968)
：園試報告A7, 187-214.
- 2) 位田藤久太郎(1956)：園学雑25, 85-93.
- 3) 近藤隆彦(1967)：園試報告B7, 57-71.
- 4) _____(1969)：園試報告B9, 73-83.
- 5) 並木隆和・西 新也・羽根田明子・高嶋四郎(1973)
：京都府大学術報告 農学25, 17-24.
- 6) 佐々木皓二・板木利隆(1974)：神奈川県園試
研究報告 22, 64-70
- 7) 山崎肯哉(1971)：農及園 46, 332-336.
- 8) _____・岡部勝美(1970)：園芸学会昭和45
年春季研究発表要旨 188-189.
- 9) _____・鈴木芳夫・岡野信雄・古田弘彬(1968)
：園芸学会昭和43年春季研究発表要旨 172-173.
- 10) _____・ _____・佐藤順彦(1970)：園芸学会
昭和45年春季研究発表要旨 160-161.