



簡易化した水耕栽培装置による葉菜類の生育について

松井, 範義

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 21(1):31-37

(Issue Date)

1994-01

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD01)

<https://doi.org/10.24546/00198253>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00198253>



簡易化した水耕栽培装置による 葉菜類の生育について

松井 範義*

(平成5年8月10日受理)

Growth of Leaf Vegetables Cultured in Simplified Equipment of Hydroponics

Noriyoshi MATSUI

Abstract

To simplify equipments of hydroponics for comparatively rapid growth of leaf vegetables, the growth of Shanghai pak-choi (*Brassica campestris*, *chinensis* group) was compared in three different application systems of nutrient solution; flow (F), and non-flow without further supplement (N) or with supplement of nutrient solution at about 10 days-interval (N-S) system.

The following observations were made:

1. Plants cultured in N system were inferior in growth to those in F system.
2. Top growth of plants cultured in N-S system was almost similar to that in F system.
3. Root growth in N-S system was decreased by 50% in length, but increased by 20% in fresh weight as compared with those in F system.
4. Oxygen content and electronic conductivity in the solution were remarkably low since the middle of growth period in N-S system.
5. Water use per plant was 1370ml in total for a whole period and daily use was maximized in the middle of growth period.
6. The solution temperature in N-S system was generally 2~3 °C higher than in F system.

緒 言

野菜類の水耕栽培では一般に培養液の循環は、溶存酸素濃度の維持、生育に必要な栄養素の供給、液温の調整等のため必要なものと受け止められている。従って栽培装置には循環機構は不可欠のものとして組み込まれているのが現状で、循環に必要な設備装置（貯溜槽・ポンプおよび配管等）の設置、さらに循環稼働に要する経費は栽培コストの高騰の原因に挙げることができる。養液栽培が今後、高度の装置化・自動化の方向へ移行するか、または装置の簡易・低コスト化を前提とした低作業化による低質労働力の利用へ進むかは、議論の分かれるところであり、両極分化の可能性も考えられると論じている⁵⁾。コストの低減は装置の簡易化が最短で容易に実行

出来るものと考ええる。

清水らは静止液法による無通気栽培を試み、その利用は十分に期待出来ると示唆している²⁾。上述の見地で筆者は作物の種類によっては、培養液を循環しない水耕栽培が可能ではないかと考え、比較的栽培期間が短い葉菜類（チンゲンサイ）を用いて水耕栽培試験を行い、生育状況や培養液の経時的变化等を調査検討した。

材料および方法

1. 試験区：栽培試験は2回に分けて行い、いずれの実験においても対照区として培養液循環区を設けた。夏期栽培（6月下旬～8月上旬）では培養液を循環しないで貯溜し栽培全期間を通して培養液の補給を全く行わない貯溜区を、冬期栽培（10月下旬～12月上旬）では減水状況に対応して適時補給する補給区を設けた。

2. 試験装置：協和式水気耕の栽培床（幅60cm長さ300

* 附属農場

cm深さ9 cm)を使用した。循環区はポンプ(20 l/min)を付設し、1時間毎に定時15分間の間歇給水方式による培養液循環を行った。栽培床の培養液はポンプ給水口の反対側の角にある水位調節弁で最低水位が調整され、それ以上の培養液は調節弁から次期給水時まで徐々に排水され貯溜槽に戻される。従って定植床は発泡スチロールのため水位の変化に対応して上下する。最低水位の水深は4 cmで、そのときの液量は72 lである。また培養液循環のための貯溜槽の容量は784 lである。

他方、貯溜区は培養液の補給回数を減らしても養液の欠乏のないように多く溜める必要があり、水位調節弁を閉じ栽培床を満水状態で供試した。このため定植床は栽培床の最上部に固定した。貯溜区の満水状態時の水深は9 cm、液量は160 lである。冬期栽培での培養液の補給は調査日(約10日間隔)に行った。

3. 材料：中国野菜のチンゲンサイを供試栽培した。夏期栽培では6月24日播種、7月1日定植、冬期栽培は10月8日播種、10月15日に定植した。定植苗は砂床に播種、発芽後、子葉が十分に展開したものをを用いた。苗の根を水でよく洗って砂を落とし、条間11 cm、株間14 cmの千鳥状に栽培床当たり108本を定植した。定植床は上記間隔に植穴が空けてある発泡スチロールで、所定の位置に苗をウレタン片で1本ずつ固定して根の先端部が培養液に浸すように定植した。

4. 調査：夏期栽培は収穫時に各試験区より10個体抽出して生育調査を行った。冬期栽培は調査個体として各試験区20個体をランダムに選び、10日毎に各個体の草丈、葉数およびSPAD値(ミノルタ葉緑素計SPAD-501)の推移ならびに収穫時の収量、根の分布発達状態を調査した。

培養液の調査は夏期では収穫時、冬期は生育調査日に水質チェッカー(東亜電波工業WQC-20A)でpH、溶存酸素、電導度および液温について調査を行った。

結果および考察

実験1 培養液の無補給による貯溜養液栽培(夏期栽培)

1. 生育状況：収穫時(8月3日)の生育状況を第1表に示した。草丈、葉数とも生育中期までは循環区と貯溜区との間に顕著な差は認められなかったが、収穫時には草丈は循環区が貯溜区より3.7 cm大きく、葉数は中期同様大きな差はなかった。茎葉重の差は最も顕著で、貯溜区は循環区より約30%減の収量であった。

又、根部の発達も両区で大きく異なっていた。循環区は長い根が多く栽培床に広がり白色で活力に満ちていた。これに反し、貯溜区は根長が短く特に空中に晒された部分は一部褐変して個体毎に毛筆状に分布し、その先端部が培養液に浸水している状態であった。循環区の根重7.6 gに対し貯溜区5.6 gと少なく、最大根長は両区で約10 cmの差があり、根量に大きな違いが認められた。このような根部の生育の差による影響で、貯溜区は栽培中期以降の茎葉部の生育に差が出たものと思われる。また、貯溜区は収穫直前の養水分の吸収が不十分で、さらに高温環境下で一部病害の発生があった。

2. 培養液：収穫直後の両区の培養液の調査結果を第2表に示した。両区の液温を比較すると循環区は貯溜区より約2℃低かった。循環区の培養液は比較的低温に保たれた貯溜槽から定時的に流入混合するため温度の上昇が抑えられたのに対し、貯溜区は室温の影響を直接受け高温となった。

溶存酸素は両区で大きな差があった。循環区の培養液は定時的な補給で流動と酸素吸入装置で高濃度を保つことは容易であった。他方、貯溜区の培養液の酸素補給は液表面のみで僅少と推察され、さらに高液温が酸素の溶存の阻害要因と考えられる¹⁾。

第1表 循環区と貯溜区の生育の比較

調査日	草 丈		葉 数		茎葉部生体重		根部生体重		根 長	
	循環区	貯溜区	循環区	貯溜区	循環区	貯溜区	循環区	貯溜区	循環区	貯溜区
	cm	cm	枚	枚	g	g	g	g	cm	cm
7月20日	13.6	13.7	5.7	5.7	—	—	—	—	—	—
8月3日	31.0	27.3	14.0	14.2	101.6	73.6	7.6	5.4	25.7	15.6

注) 6月24日播種 7月1日定植 8月3日収穫
—; 未調査

第2表 収穫時の培養液の比較

	循環区	貯溜区
液 温 (°C)	26.6	28.4
溶存酸素 (mg/ℓ)	4.1	1.7
電 導 度 (ms/cm)	2.3	4.3
pH	4.9	6.1
減 水 深 (cm)	—	7.3

注) 8月3日収穫, 定植時電導度2.5ms/cm

培養液濃度の指標となる電導度も両区でかなりの差が認められた。培養液の補給がない貯溜区では植物の吸収で水分が養分を上回り, さらに水分蒸発が起こり, 減水深の増加に伴い濃度を高めたと推察される。また, pHは各肥料成分の吸収の差にもとづく液中のイオンの変動と植物の根からの分泌する酸が原因で変化すると考えられ³⁾, 貯溜区では植物1個体当たりの培養液量が少ないため, 植物による養分吸収の影響が大きく, 補給の継続される循環区より変化が大であった。

培養液の無補給による葉菜の水耕栽培は上記のような小容量の栽培床では不安定である。栽培全期にわたって養水分の供給が充分可能な栽培床の容積が大きい装置を使用しなければならない²⁾。本実験では夏期の34日間の栽培で栽培床の水深が9 cmから2 cmに減水したことから, 栽培中期以降, 植物への充分な養水分の供給が不可能で, 生育が特に後半で鈍ったものと考えられる。さらに培養液の高温と高濃度は植物にとって厳しい根圏環境となり, 病害の発生を誘発したものと推察される。

実験2 培養液の補給による貯溜溶液栽培(冬期栽培)

1. 生育状況: 実験1の貯溜区の結果を踏まえその欠点を補正するため, 本実験では培養液の減水深に応じて

補給(補給区)した。循環区と補給区のチンゲンサイの生育推移を第3表に, 収穫時の調査結果を第4表に, さらに茎葉部の生育状況を第1図に示した。栽培初期から中期にかけては殆ど両区同等に生育した。後半両者の差が現れ補給区が循環区より勝った。

栽培期間中の草丈は両区よく似た推移を示した。循環区における個体の分散が大きく, 生育が補給区に比して多少不揃いとなった。

生育中の葉数の推移は栽培後半になってやや補給区が循環区より大で, 収穫時の両区の葉数の差は5%水準で有意性があり, 両区の葉数の差を推定すると平均の差は信頼率95%で1.7~0.1枚の間にある。

含有葉緑素を推定するSPAD値の差は信頼率95%で有意性が認められ, 補給区が循環区より大であった。補給区においても同化作用および窒素成分の吸収が循環区と同様に充分に行われていることが伺えた。

収穫時の平均茎葉重は補給区が循環区より25.1 g重く, 両区の差は信頼率95%で48.1~2.08 g間にあった。また両区の重量の分散には有意性が無かった。

他方, 根部の調査結果は茎葉部と異なり, 循環区が補給区より良好であった。両区の収穫時における根部の状況を第2および3図に示した。第4表の根長は各個体の最長根を測定したもので, 補給区は循環区の約半分の根長で, 総根重量は約20%増であった。循環区の根の発達は旺盛で培養液中に広く分布していた。これに反して貯溜区は最長根も短く株毎に毛筆状に分布し, 空気に晒された部分では一部萎びたものも見受けられた。

良好に発達した根を持った循環区の茎葉が, 補給区より生育が劣った結果について, 循環区では総根重が低かったことのほか給水回数が比較的短時間間隔で行ったため, 根の静止状態が少なく何らかの損傷を受け養分吸収に多少の障害を被ったのではないかと推察される¹⁾。

第3表 生育過程の草丈・葉数・SPAD値の推移

調査日	草 丈		葉 数		SPAD値	
	循環区	補給区	循環区	補給区	循環区	補給区
	cm	cm	枚	枚		
10月25日	4.8	4.9	2.4	2.5	—	—
11月6日	13.5	13.9	6.1	6.2	34.0	34.3
18日	22.4	22.6	9.3	10.0	38.1	37.3
12月2日	25.1	25.5	14.5	15.4	34.4	35.8

注) 10月7日播種, 10月15日定植, 12月2日収穫,

—; 未調査, SPAD値; 植物体に含まれる葉緑素の含量を表す指数

第4表 収穫時の生育調査

	草丈	葉数	SPAD値	根長	生草重		乾物重	
					茎葉	根	茎葉	根
循環区	(cm)	(枚)		(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)
平均	25.1	14.5	34.4	62.4	129.1	4.1	4.30	0.27
標準偏差	1.7	1.4	2.2	15.4	40.7	1.5	1.4	0.1
補給区								
平均	25.5	15.4	35.8	28.5	154.2	5.0	5.08	0.32
標準偏差	0.9	1.4	2.0	4.2	28.4	1.5	1.1	0.1

注) 12月2日収穫

第5表 培養液の変化および補給区における補給状況

期日	循 環 区			補 給 区				
	pH	溶存酸素	電導度	pH	溶存酸素	電導度	減水深	補給量
		mg/ℓ	ms/cm		mg/ℓ	ms/cm	mm	ℓ
10月15日	5.30	6.7	2.5	5.30	6.7	2.5	—	—
25日	4.85	6.6	2.4	6.01	5.0	2.2	4	8
11月6日	6.14	5.4	2.3	6.29	2.1	1.6	11	20
18日	5.96	4.9	2.3	6.80	2.7	1.8	28	50
25日	—	—	—	—	—	—	22	40
12月2日	5.83	6.2	1.9	6.95	1.2	1.9	17	30

注) 10月15日は定植直前の培養液。—；未調査

他方、貯溜区では根の酸素補給が空中に露出した部分より行われ、培養液中の不足分を補ったのではないかと考えられる。

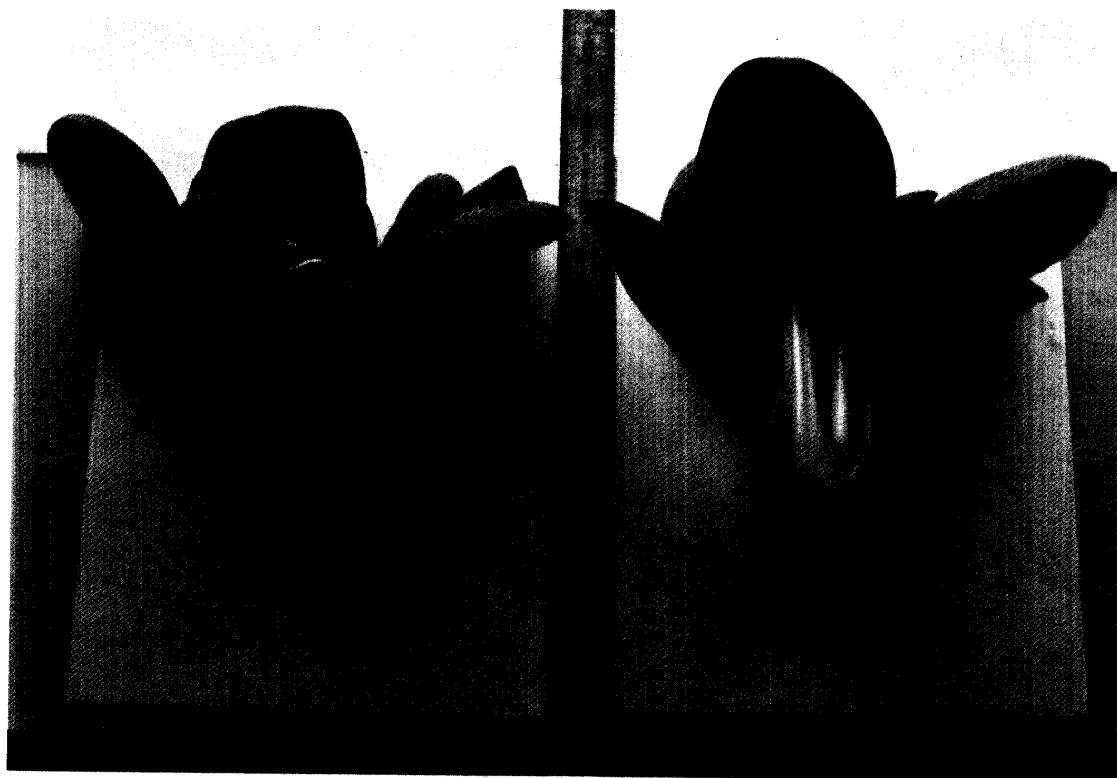
2. 培養液の状況：栽培中における循環区および補給区の培養液の変化を第5表に示した。循環区の溶存酸素は全栽培期間を通して大きな変化はなかった。これは培養液の循環行程中の酸素供給が栽培床への給水口で補給され、さらに液の流動効果が大であったことによる。一方補給区の溶存酸素は定植時が最高で、生育の進行に従い減少の傾向にあった。酸素の補給は液面と補給液によるもので、培養液の減水分に応じた補給液量が栽培床の残液量に対してそれほど多くないため、補給液で溶存酸素を増やすことが出来ず、生育の進行に従い低下したと考えられる。通気や液循環を行わない場合作物は溶存酸素の低い環境下で生育することとなり、特に根は生育の始めから溶存酸素の低い条件で生育すると根の通気間隔が発達し、その環境に適用するようになり、溶存酸素が低くても健全に生育できると言われている²⁾。

電導度の推移は循環区では急激な変化はなく、栽培終期に多少低下を早めた程度であった。培養液の循環による肥料要素の補給が継続的に行われたためである。補給区の変化は循環区の場合よりも急激な低下現象が生じた。この差は循環区の循環行程による培養液の入替えによる補給の差にあると推察される。

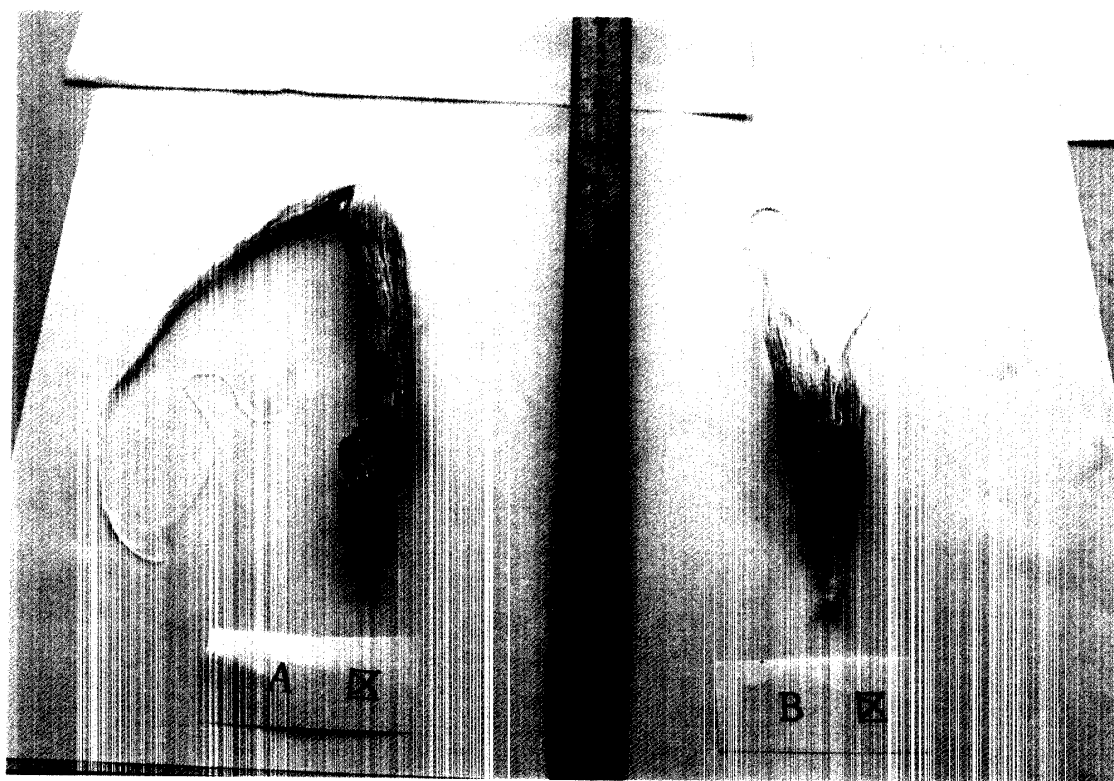
pHは循環区の緩慢な変化に対して補給区は急激な上昇をした。この現象は上述の培養液の補給方法の違いによる肥料要素の供給の差が起因するものである。

両区における液温の推移を第6表に示した。液温は常時補給区が循環区より2～3℃高く経過した。このことは補給区では培養液量が少なく、湛水状態であり、循環区より室温の影響を多く受け易いためである。本実験は冬期に行ったため生育に支障のない液温で推移したが、夏期栽培の場合は高温障害を留意しなければならない。

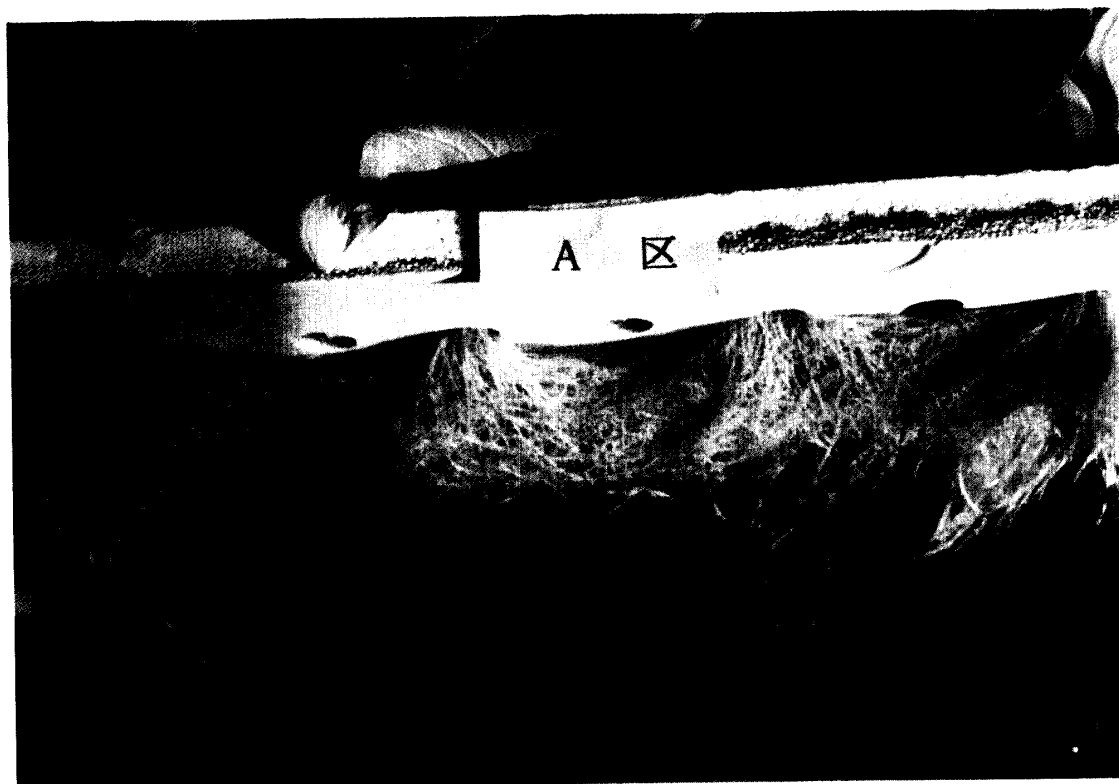
補給区における減水深は82mm、補給培養液量は148ℓであった。チンゲンサイ1株当たり1.37ℓの培養液消費量となる。作物によって培養液消費量は異なるが、消費



第1図 循環区(A)と補給区(B)における茎葉部の生育状況



第2図 循環区(A)と補給区(B)における根部の比較



第3図 循環区（A）と補給区（B）における根部の分布状況

第6表 培養液の温度変化

調査日	循環区	補給区
	℃	℃
10月15日	18.1	18.1
25日	19.1	22.4
11月6日	16.7	19.2
18日	14.5	17.3
12月2日	14.7	16.5

量に合わせて培養液を追加すればよく経済的と考えられる。

培養液の流動のないことは根の表面に形成される表面境界層を厚くし、根への酸素供給をし難くする欠点があり、同時に養分の吸収も阻害されと考えられている²⁾。

本試験では上述の論理に反し、培養液を循環しないで補給するシステムで循環システムと同等の生育をあげた理由としては、上述の作物の環境への順応力のほか作物の生育期間が短かったこと、培養液の補給を行ったこと、冬期の栽培により低温で推移したこと等が考えられる。

本実験では培養液の貯溜・補給システムで上述のように良い生育を上げることが出来たが、種々の環境下での作物の成長反応は単純なものではなく、今後栽培時期などについてもさらに検討する必要がある。長い栽培期間を要する作物あるいは酸素要求量の極めて多い作物等では、酸素不足による生育不良に陥ることが懸念され、今後の課題でもある。

摘 要

生育期間が比較的短い葉菜類の水耕栽培で、装置の簡素化を目的として、培養液の非循環（貯溜）によるチンゲンサイの栽培試験を行い、次の知見を得た。

1. 培養液補給をしない貯溜養液による水耕栽培（貯溜区）では、循環養液栽培（循環区）に比較して著しく生育が劣った。

2. 貯溜養液栽培で、培養液の減水に応じて適時補給を行った場合（補給区）、循環区と同等以上の生育をした。

3. 補給区における根の分布は毛筆状にまとまり、長さは循環区の約50%減、重量で約20%増であった。

4. 補給区の培養液は循環区に比較して、栽培中期から末期にかけて溶存酸素および電導度の低下が著しかった。

5. 補給区の培養液は全栽培期間を通して、減水深は82mm（個体当たり1370ml）で特に栽培中期の減水が多かった。また、液温は循環区より2～3℃高く推移した。

引用文献

- 1) 位田藤久太郎：溶存酸素の管理，p28-31，農耕と園芸編，野菜の養液栽培，誠文堂新光社，東京，1980.
- 2) 清水 武：静止液法による無通気栽培と野菜の生育，p79-84，農業技術体系，野菜編12，農文協，東京，1989.
- 3) 鈴木芳夫：培養液管理，p25-33，養液栽培の新技术，農耕と園芸編集部編，誠文堂新光社，東京，1986.
- 4) 橘 昌司：根圏の環境と根の生理，p69-74，THE水耕栽培，富民協会，東京，1986.
- 5) 農水省野菜試験場：研究資料，21，p64，1986.