

蔬菜水耕栽培の実用化に関する研究 VIII

トマトの生育にともなう培養液濃度の推移と培養液管理方式の検討

高嶋四郎・西 新也・並木隆和
黒田和夫・田中教也

SHIRO TAKASHIMA, SHIN-YA NISHI, TAKAKAZU NAMIKI,
KAZUO KURODA and NORIYA TANAKA

Studies on production of vegetable crops in water culture VIII
Seasonal changes in nutrients concentrations in culture
solution growing tomatoes as affected by solution renewal method

要旨：間欠給液方式によりトマト品種大型福寿を水耕栽培して、培養液中の各要素濃度の推移を調べるとともに、水耕栽培における培養液管理簡易化の一方法として、定期的に $\text{NO}_3\text{-N}$ の残量を分析定量し、その減量に応じて所定の組成の肥料を追加する補給法を試験した。各要素の吸収率は培養液中の濃度と異なり、補給を続けた結果、N, Ca, Mg は濃縮され、P と K の濃度はさがって生育後期にしばしば 0 となった。植物体中の P と K の含量、収量は劣る結果となって、この補給法では培養液中の各要素濃度を適当な範囲に長く保つことは難しいと思われる。

I 緒 言

そ菜の水耕栽培に使用する培養液処方 は数多く発表されており、Hewitt (1966) がそのほとんどを網羅したリストを作成している。わが国では実用的な処方として Hoagland 溶液 (Arnon : 1938) を多少修正したれき耕用園試標準処方第 1 例 (堀 : 1966) を使用することが多い。実際の水耕栽培では作付けの最初から終了まで、かなりの期間にわたって培養液を更新することなく、吸収された量に応じて水と肥料を補給することが行われている。培養液の濃度と成分割合を作物の生育に適した一定の範囲内に維持していく培養液管理を確実に行うためには、一定期間毎に各栄養素を分析定量しなければならず、そのための設備、技術、知識、時間などを要して、一般の農家が実施するには困難なことが多い。そのため、各栄養素の分析を行わずに実用的な範囲で培養液管理をする簡易な方法として 1) 培養液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ の量を分析して減量を求

め、他の成分も同様の比率で吸収されているものとして不足分を補給する方法、2) 水の減量にもとずいて肥料を補給する方法 (堀 : 1966)、3) 培養液中の全塩類濃度を電気伝導度計によって測定し、もとの値になるように肥料を補給する方法 (近藤 : 1965)、あるいはこれらを併用することが考えられている。いずれの場合においても、栽培している作物が培養液の成分組成と同じ割合で栄養を吸収しており、培養液中に残存している成分割合が当初のものとあまり変わっていないこと、すなわち均衡培養液であることを前提としているので、作物の種類や生育段階あるいは環境条件により各栄養素の吸収比率が培養液の成分比と違った場合には生育に好適な条件を長期間にわたって維持することは難かしくなってくる。

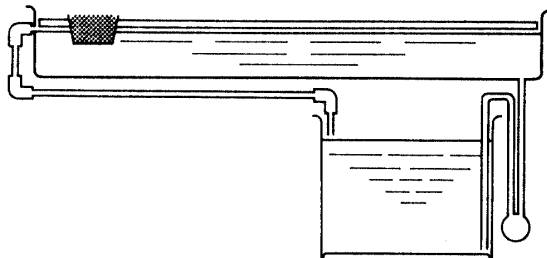
トマト栽培では、栽培期間が数ヶ月におよび、しかも初期、栄養生長が盛んな時期と、摘芯以後の果実肥大、成熟期とが比較的是っきりしていて、各栄養素の吸収比や吸収濃度がかなり変化することがみとめられ

ている (Hester : 1939, Hester et al. : 1951, Ward : 1963, 近藤 : 1967, Ward : 1968, MacLean et al. : 1968, 高嶋ら : 1974)。

本実験では、間欠給液方式によりトマトを水耕栽培し、培養液管理の簡易化のひとつの方法として、培養液に残存する $\text{NO}_3\text{-N}$ の量を定期的に定量分析し、その減量に応じて所定の組成の栄養素 (N : P : K : Ca : Mg = 4 : 1 : 2 : 2 : 1—当量比) を水とともに追加していく方法の可否を試験した。これを補給区とし、これに対して、2週間毎に培養液の全量を新しい液ととりかえる更新区をも設けて、培養液中の各成分濃度がどのように変化していくか、そしてそれによってトマトの生育、収量はどのように影響されるかを調査、比較した。

Ⅱ 実験材料および実験方法

ビニールハウス内に第1図に示すような水耕装置を設置した。栽培床の給液時の最大液量は60ℓ (縦200×横60×深さ5cm) であり、30分毎に5分間、ポンプ (揚量20ℓ/min) をまわして下のタンク (容量200ℓ) から培養液を満たし、ポンプの停止時には液はすべてタンクに戻るようにした。この間、根が空気に触れることにより根への酸素供給を行う方法をとった。



第1図 実験に用いた間欠給液方式水耕装置

実験は、トマト品種大型福寿を用いて1969年3～7月に行った。水耕育苗により本葉7枚のものを株間30cm、2条植えとし、1ベッドに13株を定植した。使用した培養液は園試処方第1例の50%液で N : P : K : Ca : Mg を 8 : 2 : 4 : 4 : 2 me/ℓ 含んでいる。2週間に1度、残存する培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 量を分析して、その減量に応じて園試処方第1例50%組成を補給する区と、分析値に関係なく液の全量を更新する区とを設けて、その収量、生育、培養液中各要素の濃度を比較した。

栽培管理は慣行ハウス栽培と同様にし、5段階摘芯とした。

培養液分析は2週間毎に行い、 $\text{NO}_3\text{-N}$: フェノール硫酸法、P : バナドモリブデン酸イエロー法、K :

炎光法、Ca, Mg : キレート滴定法、によった。植物体内成分分析は4週間毎に行い、N : フォーリンネスラー法、その他は乾式灰化後、培養液の場合と同様に分析定量した。

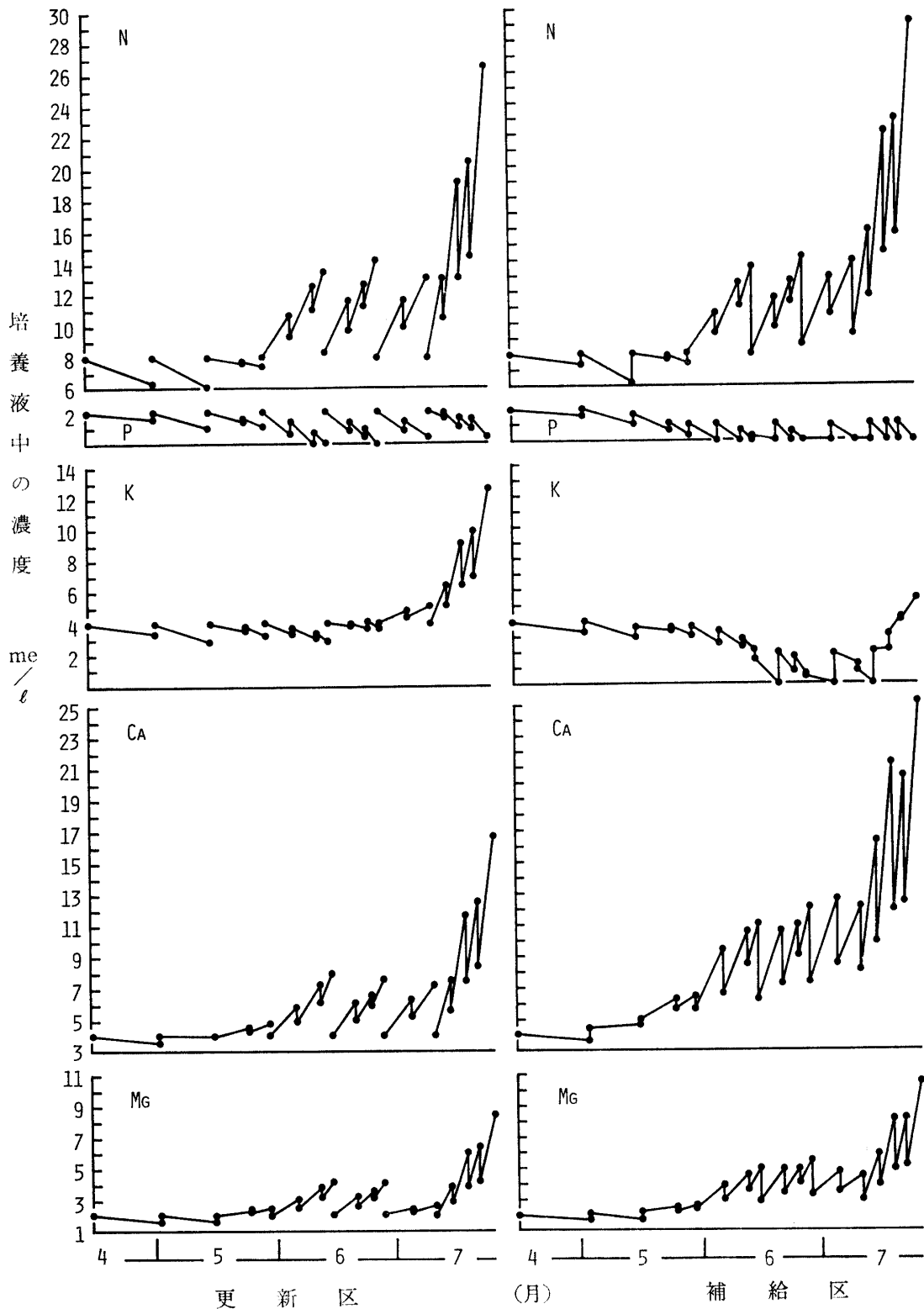
Ⅲ 実験結果

栽培中に必要とした培養液管理の概略を第1表に示す。そしてこの栽培中の、更新区と補給区における各栄養素濃度の推移を第2図に示した。

第1表 培養液管理

日 付	液 量 (ℓ)		
	更 新 区	追 加	補 給 区
4 / 15	(200)		(200)
5 / 2	200		67
16	200		95
25		100	
30	200		89
6 / 6		100	
12		50	
15	200		98
21		100	
25		50	
28	200		79
7 / 5		95	
11	200		87
20		50	
23		50	

培養液中の成分濃度はあたえられた成分量と吸収された成分量との差であるから、吸収率が1より大であれば培養液はその成分に関して次第に薄くなり、1より小であれば濃くなっていく。成分によってその程度は異なるが一般に、生育の初期には吸収率が大きいため培養液濃度は低くなる傾向があり、生育の進むにつれ小さくなるために培養液濃度は次第に高くなる状態を示している。図中、勾配が負になっている部分は吸収率が1より大であり、正の場合は1より小である。N, Ca, Mg のグラフはよく似た傾向を示し、生育の極く初期を除いて常に濃くなる傾向があった。CaとMgはNより吸収率が低いために、補給区では生育の後期に急激に高くなり最終的にはCaで 18 me/ℓ, Mgで 9 me/ℓ となり、基準値の各々 4 me/ℓ, 2 me/ℓ の4.5倍の濃度に達した。グラフ上、更新区と補給区で目立った差を示しているのがKの場合である。Kでは果実の肥大がほぼ終る6月下旬まで1以上を保ち、



第2図 培養液中の各栄養素濃度の推移

液濃度は薄くなる傾向にあった。補給区では常に基準の4 me/l 以下の濃度となり、果実肥大の旺盛な6月21日以後には0となることが多かった。収穫後期には吸収がおとろえ、濃度は上昇した。Pについては、生育期間中常に減少し、生育中期の摘芯時から以後、吸

収量の増加とともにほとんど0に近い値で終始した。Hogue et al. (1970) は非常に低い濃度のPはトマトの根に吸収されないことを報告しているが、本実験の結果では、培養液中の濃度が0になるまで吸収されたことを示している。

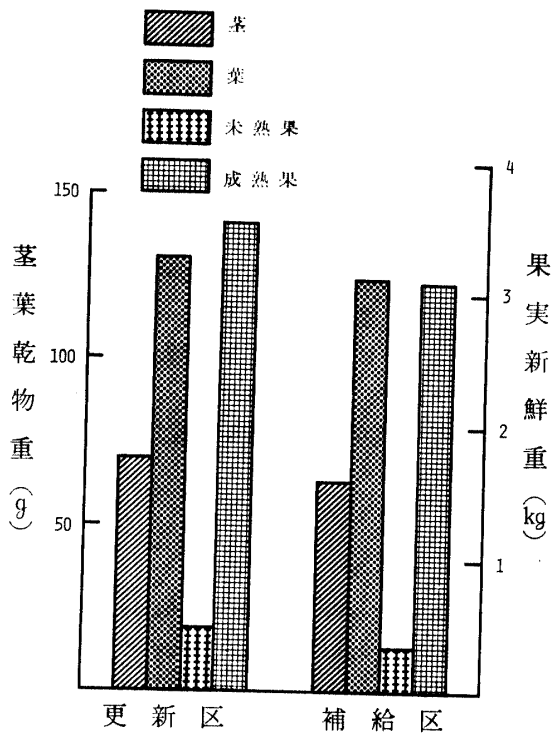
この補給区において、P、Kの不足が生育に影響をおよぼしているかどうかを確かめるために収穫終了時の植物体の重量を調査した結果を第3図に、植物体各部位の栄養素含有量を調査した結果を第4図に示す。更新区に比較して補給区のPおよびKの含有量は著しく低く、N、Ca、Mgではやゝ多かった。また、茎葉

重、果実重ともに更新区が大きく、P、Kの不足が生育に影響をおよぼしたものと考えられる。

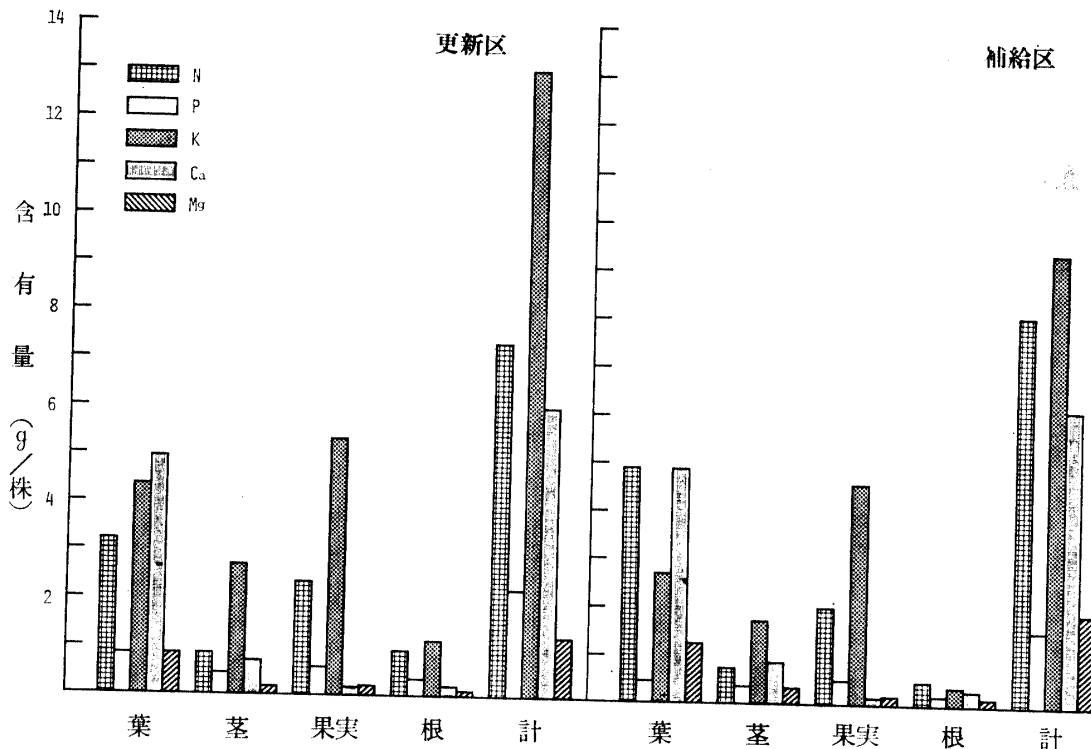
IV 考 察

本実験の結果から、残存する培養液中のNO₃-Nのみを分析定量して他のすべての栄養素もNと同じ割合で吸収されているものとして培養液を補給する方法では培養液管理を確実にこなうことは難しいと結論できよう。NO₃-Nの分析定量よりもはるかに簡単に培養液中の全塩類濃度の総和を測定する電気伝導度による方法では、電気伝導度に反映する程度が塩の種類によって大きな差があり、特にNO₃-NやCaイオンなどが大きな影響をあたえる (Smith et al.: 1957, 嶋田ら: 1965) ので結果的にはP、Kなどの不足を検知することは困難であると考えられる。本実験のようにP濃度が極端に低くなることが多い場合には検知できずに、生育に悪影響をおよぼすと思われる。

水耕栽培では、培養液は各栄養素を常に植物が順調に生育する範囲内に含んでいると同時に、それを長く持続させることが必要であり、この意味からは特定処方培養液を画一的に使用することは適当といえない。第2図のカーブがすべての栄養素について同じような勾配を示すならば、培養液管理は濃度の検出のみに還元されるが、以上述べたように各栄養素の吸収は植物の生育段階、環境条件などに影響され、また各栄養素の吸収速度の違い、ぜいたく吸収などもあるの



第3図 1株あたりの植物体各部重量



第4図 植物体各部位の栄養素含有量

で、固定した均衡培養液処方存在しないと考えられる。従って合理的な培養液管理を行うには、トマトの栄養吸収の基本的なパターンを把握するとともに、各栄養素の吸収に影響をおよぼす各種要因について解明していく必要があると思われる。そして、その時、その場合に応じた追肥、水補給を行うならば、栽培中に大量の培養液を入れ換えるといった不経済な作業、複雑な成分分析を行わなくても順調な生育が期待できると思われる。

引用文献

- 1) Hewitt, E. J. (1966) : Commonwealth Bureau of Hort. and Plant. Crops Tech. Comm. No. 22.
- 2) Arnon, D. I. (1938) : Amer. Jour. Bot. **25** : 322~325.
- 3) 堀 裕 (1966) : 蔬菜・花卉のれき耕栽培, 養賢堂.
- 4) 近藤隆彦 (1965) : 農及園 **40** : 801~804.
- 5) Hester, J. B. (1939) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **36** : 720~722.
- 6) ———, F. A. Shelton and R. L. Isaacs, Jr. (1951) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **57** : 249~251.
- 7) Ward, G. M. (1963) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **83** : 695~699.
- 8) 近藤隆彦 (1967) : 園試報告 **B-7** : 57~71.
- 9) Ward, G. M. (1968) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **90** : 335~340.
- 10) MacLean, K. S., H. A. L. McLaughlin and M. H. Brown (1968) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **92** : 531~536.
- 11) 高嶋四郎・並木隆和・西 新也・黒田和夫 (1974) : 京府大農・農場報告 **6** : 1~8.
- 12) Smith, D. E. and G. F. Warren (1957) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **70** : 501~511.
- 13) 嶋田永生・武井昭夫 (1965) : 愛知園試研報 **3** : 49~65.

Summary

Seasonal changes in nutrients concns in the culture soln as affected by the soln renewal method, was studied, on the tomato variety "Ohgata-Fukujyu" water-cultured in intermitently applied soln.

Periodical replenishment of nutrient soln, which is one of the renewal methods commonly practiced in commercial water culture, was compared with the complete replacement. The amount of $\text{NO}_3\text{-N}$ residue was analyzed every two weeks, and the soln was replenished with water and nutrients according to the amount of $\text{NO}_3\text{-N}$ absorbed by the plant, assuming

that the rate at which each nutrient element was absorbed was the same as it had been dissolved in the starting soln. The rates differed considerably with elements and growth stages, and therefore, after repeated replenishing, N, Ca and Mg became concentrated in the soln, while concns of P and K were lowered and often found nil in later stages. P and K contents of the plant and yield were lowered. Replenishing nutrient soln by analyzing solely $\text{NO}_3\text{-N}$ residue is concluded inadequate to maintain a proper concn of each element in the nutrient soln.