

氏 名	李 慧 霞
国 籍 ・ 本 籍	中国
学 位 の 種 別	博士（農学）
学 位 の 番 号	甲第233号
学位授与の日付	平成26年 3 月19日
学位授与の要件	名城大学学位規程第 3 条第 3 項該当
学位論文題目	Studies on the quantitative nutrient management (QNM) method of nutrient solution in hydroponic culture of small vegetables
論文審査委員	主 査 鈴 木 茂 敏
	副 査 道 山 弘 康
	副 査 新 居 直 祐

論 文 内 容 の 要 旨

養液栽培とは、培地として土壌を用いず、生育に必要な無機栄養素を水に溶かした培養液を、固形培地中や、溶液または気中にある根に与えて栽培する方法であると定義される。本来、植物の栄養に関する研究のための実験手法として開発された養液栽培は、様々な理由で野菜の栽培が困難な場所での栽培法として軍事用技術として実用化されて以来、現在では、世界中で作物栽培において広く利用されている。気候の温暖化、乾燥地域の拡大、耕作地の環境汚染や土壌・灌漑水中の塩類蓄積など、耕作が困難な地域が拡大している現在において、このような栽培法の重要性はますます増大している。またこの技術を使うことにより、本来、作物を栽培するための施設ではない場所、例えば、ビルや家屋内、宇宙ステーションなどでの作物栽培も可能で、この技術はこれまでの農業の枠を超えて拡大を続けている。養液栽培法のもう一つの重要な特徴は、農業の大規模化を可能にし、最新の技術を使った環境調節によるハイテク農業、すなわち、植物工場における栽培法として採用されているということである。このような流れは今後さらに加速し、養液栽培法は作物の栽培法として、ますます重要なものになると考えられる。一般に、養液栽培は施設中で行われるため、清浄で安全な野菜の生産技術としてますます重要になるものと思われる。

養液栽培に関する技術の中で、培養液管理法は最も重要である。これまでの培養液管理法は、作物生育に最適な栄養素組成と濃度を明らかにし、それらを維持することを目的として開発されてきた。その結果、現在では、ほとんどの作物について最適栄養素組成と濃度は、異なる栽培季節や生

育ステージにおいて明らかにされている。ところが、栄養素の吸収は栄養素ごとに一様ではなく、栽培を続けているうちに最適なバランスが崩れ、この方法では、栽培中に培養液の全量更新が避けられないことが明らかになってきた。その結果、大量の無機塩が環境に放出され環境汚染が深刻な問題となってきた。栄養素ごとに安価なセンサーが開発され、栄養素濃度の補正を行えるようになれば、従来からの栄養素濃度を一定に維持する方法（濃度管理法）も将来にわたって採用されると考えられるが、何れにしても栽培終了時には栄養素の大量廃棄は避けられない。

そこで、従来からの濃度管理法に代わる方法として、量的管理法と呼ばれる方法が提案された。この方法は、作物の生育に必要な栄養素を必要なだけ与えて栽培するという方法である。したがって、栽培終了時には、与えた栄養素はほとんど吸収され、廃棄される培養液中の栄養素濃度は著しく低くなる。その結果、環境への影響は小さく、肥料の節約にもなることから、最近、この方法には大きな関心が寄せられている。量的管理法に関する研究は、日本を中心に行われており、これまで、トマト、メロン、ホウレンソウ、キク等の野菜や花きを用いて研究が行われてきた。量的管理法にも様々な方法があり、これらの多くの研究では、1日または短期間の栄養素の吸収量をもとめて、吸収された量を与える方法が検討されてきた。トマトやメロンのように栽培が長期にわたる場合や、栄養成長と生殖成長が同時に進行する果菜類等では有効なものと考えられる。しかし、様々な栄養素を検出するセンサーや、作物の養水分の吸収と環境要因の関係等を考慮した複雑な管理が必要がある。

近年、サラダ用野菜としてホウレンソウやレタス等の小型葉菜、ハツカダイコンやカブ等の小型根菜類の需要が高まり、養液栽培による生産が増大している。これらの野菜は、生育期間が短く、成長パターンも比較的単純であるため、複雑な技術を必要としない量的管理法によって栽培が可能であると考えられた。そこで、本研究では、小型葉菜としてホウレンソウ、小型根菜としてハツカダイコンを用い、これらの生育に必要な栄養素量を求め、その全量を栽培開始時に施用する量的管理法を開発した。これらの小型野菜は、今後も、養液栽培による大量生産が拡大すると考えられ、本研究で得られた知見は、これらの野菜の今後の養液栽培技術の発展において大きな貢献をするものと考えられる。第1,2章ではハツカダイコンの量的管理法について、第3章ではホウレンソウの量的管理法について検討を行った。これらの概要は以下のとおりである。

第1章 培養液の量的管理法によるハツカダイコンの養液栽培について

野菜の栄養素のうちで窒素は重要な養素の一つである。まず、生育に必要な窒素量を求め、他の多量養素については、これまで明らかにされてきた好適比率から必要量を求め、それらの量を与える量的管理法について検討した。いくつかの培養液濃度で、濃度管理法によってハツカダイコンを栽培し、1個体当たり 1000 mg の硝酸態窒素が必要であることが明らかになった。次に、この結果より硝酸態窒素量を 1 個体当たり 1000 mg とする量的管理法による栽培を試みた結果、800 mg が適当であること、全量を栽培開始時に与える方法と 5 回に分けて与える方法の間では、収量には差が見られないこと、栽培開始時全量施用栽培で栽培終了時の培養液中の硝酸態窒素濃度は著しく低下することが明らかになった。これらのことから、ハツカダイコンの養液栽培には、栽培開始時の全量施肥による培養液の量的管理方法が簡便で実用可能な方法であることが明らかになった。また、

栽培の季節により必要な硝酸窒素量は変動することも考えられ、1 個体のハツカダイコンの生育に必要な硝酸態窒素量はさらに少なくなる可能性も考えられた。これらの結果は論文にまとめられ、園芸学雑誌に受理された。

第2章 培養液の量的管理法によるハツカダイコンの養液栽培について、とくに、生育初期の培養液濃度の影響について

ハツカダイコンの養液栽培において、栽培開始時の全量施肥による量的管理法による栽培が可能であることが、これまでの研究で明らかにされたが、この方法では、生育初期の培養液濃度が高く、生育が進行するに従って、急激に低下し、栽培終了時には著しく低下することが特徴である。この方法による栽培によっても、販売可能なハツカダイコンを生産することが明らかになったが、栽培期間中におこるこのような培養液濃度の変化は、栽培されるハツカダイコンの生育に大きな影響を与えるものと考えられた。そこで、異なる培養液濃度でハツカダイコンを栽培し、栽培開始時全量施肥法で育てられたハツカダイコンの成長と栄養素吸収について詳しく検討した結果、このような培養液濃度の変化は、ハツカダイコンの初期成長と栄養素吸収に大きな影響を及ぼさないことが明らかとなった。また、窒素源として、硝酸態窒素の他にアンモニア態窒素を添加することで、培養液の pH 変化を小さくすることが、量的管理法による養液栽培においても確認された。これらの結果は論文にまとめられ、名城大学農学部学術報告に受理された。

第3章 培養液の量的管理法によるハウレンソウの養液栽培について

ハウレンソウの養液栽培における、培養液の量的管理法による栽培について検討した。ハウレンソウを、異なる培養液濃度の培養液を用いた濃度管理法および全量施肥と 7 回に分けて施用する量的管理法で育て、成長と栄養素吸収について検討した結果、二つの量的管理法で収量にちがいは認められなかったが、栽培開始時の全量施用区では、生育初期において葉の成長が促進され、7 回に分けて施用する区では、生育後期の葉の成長が大きくなった。また、量的管理法で栄養素の吸収効率は著しく高められ、肥料の施肥効率が著しく高められることが明らかになった。また、栽培季節により成長速度にちがいがみられるため、季節の違いの検討も必要であると考えられた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、養液栽培技術のうちで最も重要な培養液管理に関する研究であり、一般的な管理法である EC 管理法に代わる新しい方法として、量的管理法の一つである栽培開始時全量施用法を提案したものである。論文の新規性として以下の点が挙げられる。(1) 栽培期間が短い小型野菜を用い、栽培開始時に生育に必要な肥料分を全量施用する培養液管理法について検討し、野菜養液栽培の省力化を実現した。(2) この方法によって、栽培終了時の培養液中肥料濃度を低下させ肥料の利用効率を高め、培養液廃棄時の環境負荷を低減できることを示した。(3) 野菜中の硝酸塩濃度を低減し、人の健康に安全な野菜を生産できることを示した。本論文の内容は以下のとおりである。1. 可販サイズのハツカダイコンの生産には、窒素源として 800 mg/個体の硝酸イオンが必要であり、その窒素量を含む肥料成分を栽培開始時に施用することによって、これまでの EC 管理法や必要な肥料分を 5 回に分けて施用した場合と同様な生育が行われることが明らかになった。また、栽培終了時には、培養液中の肥料成分濃度は低下し、植物体中の硝酸イオン濃度は低下した。2. 栽培開始時全量施用法の特徴は、栽培開始時の培養液中の無機塩濃度が高く、以後経時的に低下することである。このような条件がハツカダイコンの生育や無機塩含有量に及ぼす影響を調査した結果、栽培初期の成長はやや促進されたが、無機塩吸収量に及ぼす影響は少なく、ハツカダイコンの生育パターンは攪乱されることはないことが明らかになった。3. ホウレンソウを用いて同様な検討を行い、本管理法のホウレンソウの養液栽培における有効性を確認した。

以上の知見は野菜の養液栽培技術の発展に寄与するものであり、本論文は、学位論文としての条件を備えていると評価できる。従って、学位を授与することを妥当なものと判断する。