

トマトの養液土耕栽培における葉柄汁液中硝酸イオン濃度を 用いた生育診断指標の策定

田中哲司*

摘要：促成トマトの養液土耕栽培における効率的な肥培管理を確立するため、栄養診断の指標を策定した。

- 1 第一果房開花期までの葉柄のサンプリング部位は成葉の葉柄を用い、葉柄汁液中硝酸イオン濃度は2000～3000 mg/L の範囲が適当である。
- 2 第一果房開花期以降は、2～4 cm大の果房直下葉の小葉を用い、葉柄汁液中硝酸イオン濃度は第一果房開花期から第三果房開花期まで：2000～3000 mg/L、第三果房開花期から摘心期まで：3000～4000 mg/L の範囲が適当である。

キーワード：トマト、養液土耕栽培、栄養診断、硝酸イオン濃度、葉柄汁液、指標、反射式光度計

Nutritional Diagnosis Indicator in Drip-fertigation on Tomato Plants in Greenhouse Culture

TANAKA Tetsushi

Abstract : I examined real-time nutritional methods in drip-fertigation culture for the rational plant nutrient management practice.

1. Sampling of petiole until the flowering period of first fruit cluster uses mature leaf. It was good the nitrate concentration of the petiole juice was 2000-3000 mg/L.
2. Sampling of petiole after the flowering period of first fruit cluster uses leaflet under fruit cluster. It was good the nitrate concentration of the petiole juice was 2000-3000 mg/L from the flowering period of first fruit cluster to third and 3000-4000 mg/L from the flowering period of third fruit cluster to third.

Key Words : Tomato, Drip-fertigation culture, Nutritional diagnosis, Nitrate concentration, Petiole juice, Indicator, Reflectquant

緒 言

養液土耕栽培は、毎日必要とする養水分を液肥で施用する施肥効率の良い環境保全的な栽培技術であり、施設栽培を中心に普及し始めている。しかし、植物の栄養状態をリアルタイムに把握し、診断する手法や診断基準が確立されていないため、システムの能力を発揮させる効率的な肥培管理が十分には行われていない。

これまで、作物体内の窒素濃度による栄養診断については多く研究があるが^{1)・8)}、日々給液濃度が精密に制御できる養液土耕栽培の栄養診断法としては、生産現場において即時に診断できる簡易な方法が望ましい。栄養診断法は、山田ら^{6)・7)}により従来の土耕栽培において植物汁液の硝酸イオン濃度を測定する方法が考案されているが、肥培管理が大きく異なる養液土耕栽培への適応は再度検討を要する。また、第一果房肥大期までの生育初期段階の診断部位、診断指標は示されていない。

本報は、促成トマトの高生産性栽培を実現するため、養液土耕栽培において生育ステージ別の診断部位及び好適な作物体内硝酸イオン濃度の検討を行い、肥培管理指標を策定したので報告する。

材料及び方法

試験は、当场園芸研究所内のビニールハウス及びガラス温室で行った。供試作物はトマトを用いた。液肥及びかん水は、ドリップチューブ（エデンA、イスラエル、プラストロ社製）を、1ベッド当たり2本設置した。液肥は、硝酸カリ、硝安をN：K＝1：1となるように配合したものを、所定の希釈濃度で毎日午前8時に1回、株当たり200 mL施用した。その後のかん水管理は、電気接点付きpF計を用い、午前10時、正午、午後2時に計測を行い、設定したpF値を超えた場合電磁弁が開き、1株当たり200 mLかん水する方式で行った。本研究では、いずれの試験も以上の栽培管理システムを養液土耕栽培とした。栽植密度は、ベッド幅90 cm、株間40 cmで2条植えとした。なお、葉柄汁液中硝酸イオン濃度の測定は、山田ら^{6)・7)}の方法に基づき、晴天日の午後1時から2時に葉柄を採取、蒸留水とともに乳鉢で磨砕し、小型反射式光度計（RQflex-MERCK社）で計測した。

試験1 葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を用いた栄養診断における第一果房肥大期までの植物体サンプリング法定植から第一果房肥大期までの栄養診断指標のサンプリング法を策定するため、給液濃度を変え、葉位ごとの葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を調査した。

ガラス温室内で「桃太郎ヨーク」を用い、2001年2月5日には種、3月21日に3株ずつ中粗粒灰色台地土を詰めたプランター（58 cm×20 cm×15 cm）に定植し、5月22日まで栽培した株について調査した。

(1) 給液濃度と葉柄汁液中硝酸イオン濃度：給液濃度を0 mg/L、100 mg/L及び200 mg/Lの3水準設け、1株当たり200 mL/dドリップ方式で施用した。第一果房開花期

の4月4日に3株ずつすべての葉位を採取し、直ちに羽状複葉基部の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を測定した。

(2) 診断葉位：定植後、1株当たり200 mL/dずつ200 mg/Lの液肥を給液管理した株から4月4日、4月18日に3株ずつすべての葉位を採取し、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を計測した。

試験2 給液濃度を変えた養液土耕栽培における葉柄汁液中の硝酸イオン濃度と収量性

診断指標策定の基礎とするため、給液濃度を変え、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び収量性について調査した。葉柄汁液中の硝酸イオン濃度測定のためのサンプリングは、生育初期：第一果房下成葉、果実肥大期：2～4 cm大の果実が着生している果房直下葉、収穫終期：第六果房直下葉から行った。

育苗は、2001年8月9日に「桃太郎ヨーク」を128穴セルトレイには種し、9月6日に10.5 cmポリポットに鉢上げした。この際、1鉢当たり1B化成(10-10-10)を0.25 gNずつ施用した。9月22日にビニルハウス内に定植し、12月11日から2002年2月28日まで収穫調査を行った。葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、10月15日、25日、11月7日、14日、22日、12月11日、27日、1月10日及び2月8日の9回測定した。

(1) 第一果房開花期までの給液濃度と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び着果率：定植から第一果房開花期までの給液濃度が硝酸イオン濃度及び果実着果に及ぼす影響について調査した。給液は定植から第一果房開花期(10/15)まで0 mg/L、100 mg/L、200 mg/Lとし、その後のいずれの処理区も第一果房開花期～第二果房開花期(10/24)まで200 mg/L、第二果房開花期～摘心時(12/27)まで400 mg/L、摘心時～1月11日まで200 mg/L、1月11日～2月8日まで100 mg/Lで管理した。

(2) 第一果房開花期以降の給液管理と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び収量性：第一果房開花期以降の給液管理が葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び果実着果に及ぼす影響について調査した。給液は定植から第一果房開花期(10/15)までいずれも0 mg/L、第一果房開花期以降、低濃度区、中濃度区、高濃度区の三水準設け、順に、第一果房開花期～第二果房開花期(10/24)まで100 mg/L、200 mg/L、400 mg/L、第二果房開花期～摘心時(12/27)まで200 mg/L、400 mg/L、600 mg/L、摘心時～1月11日まで100 mg/L、200 mg/L、400 mg/L、1月11日～2月8日まで100 mg/L、100 mg/L、200 mg/Lで給液管理した。

試験3 全期間給液濃度を異にした場合の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び収量性

試験はビニルハウス内で行い、「ハウス桃太郎」を用いた。2000年8月14日は種、9月19日に定植し、11月26日から2001年2月23日まで収穫した。給液処理は低濃度区、中濃度区、高濃度区と3水準設け、順に定植～第二果房開花期(11/22)まで100 mg/L、200 mg/L、300 mg/L、第二果房開花期～第五果房開花期(12/22)まで200 mg/L、300 mg/L、400 mg/L、第五果房開花期～摘心期(12/31)まで300 mg/L、400 mg/L、600 mg/L、摘心期～収穫後期

(2/8)まで100 mg/L、200 mg/L、300 mg/L、収穫終了時(2/23)まで0 mg/L、100 mg/L、100 mg/Lで管理した。葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は10月24日、11月6日、14日、22日、28日、12月5日、12日、21日、27日、1月6日、20日、2月4日、14日の13回計測した。

試験4 羽状複葉の小葉の部位と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の相関

1枚の成葉で小葉の着生位置による葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の差をみるため、試験2で栽培中の果房直下葉を採取し、先端部と中位部の小葉葉柄について測定した。

試験結果

試験1 葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を用いた栄養診断における第一果房肥大期までの植物体サンプリング法

(1) 給液濃度と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度：給液濃度と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の関係を図1に示した。給液濃度が高いほど、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は高かった。0 mg/L区の葉位別葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、70 mg/L以下であった。葉位別の差は、ほとんどなかった。100 mg/L区では、いずれの葉位も100 mg/Lを超え、第5葉が最も高かった。200 mg/L区では、第5葉まで徐々に高くなったが、6葉以上は低くなった。

(2) 診断葉位：第一果房開花期(4月4日)及び第一果房肥大期(4月18日)の葉位別葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を図2に示した。第一果房は8葉と9葉の間、第二果房は11葉と12葉の間に着生した。第一果房開花期の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、成葉である5葉まで順

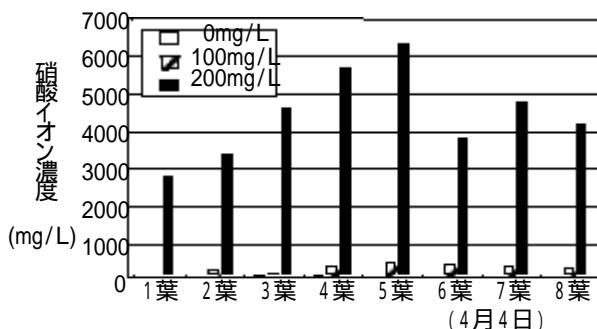


図1 給液濃度と葉位別葉柄汁液中硝酸イオン濃度(試験1)

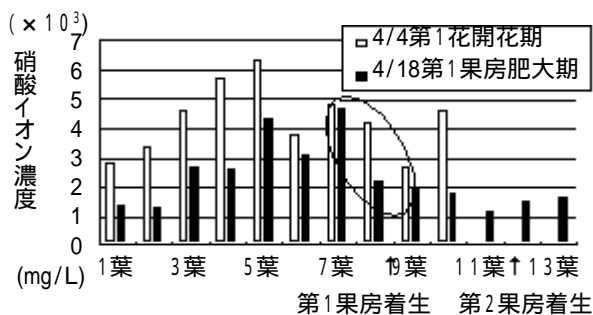


図2 生育ステージと葉位別葉柄汁液中硝酸イオン濃度(試験1)

次
上昇したが、6葉以上では5葉のおよそ2/3程度の濃度となった。第一果房肥大期の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は第7葉まで徐々に上昇したが、第一果房直下葉となる第8葉で急激に低くなった。また、8葉以上でも約2000 mg/Lと第7葉の約1/2の濃度となった。

試験2 給液濃度を変えた養液土耕栽培における葉柄汁液中の硝酸イオン濃度と収量性

(1) 第一果房開花期までの給液濃度と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び着果率：定植苗の葉位別葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を図3、第一果房開花期まで給液を0 mg/L、100 mg/L、200 mg/Lとし、その後、同一管理にした場合の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の推移を図4、果房別の着果率を表1に示した。

定植時、成葉である3葉から6葉までの葉柄汁液中の硝酸イオン濃度はおよそ6000 mg/Lであった。

第一果房開花期まで0 mg/Lとした場合の開花期における葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は100 mg/L、100 mg/Lの給液では1800 mg/L、200 mg/Lでは3500 mg/Lと給液濃度が低いほど、定植時からの葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の低下が著しかった。その後、給液管理を同一にした第一果房開花期以降は、いずれの区も徐々に2000~3000 mg/L程度となり、摘心後は4000~5500 mg/Lに上昇した。

いずれの区でも第一果房及び第二果房の着果率は100%であったが、第三果房以降では80%を下回った。その中でも低濃度区の第三果房及び第四果房は60%台と低かった。

(2) 第一果房開花期以降の給液管理と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び収量性：第一果房開花期まで液肥を施用せずに管理し、その後給液濃度を変えた場合の葉柄

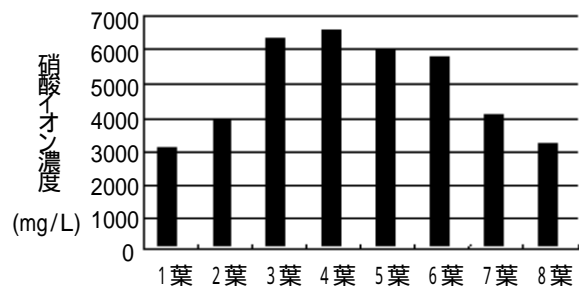


図3 定植苗の葉位別葉柄汁液中の硝酸イオン濃度(試験2)

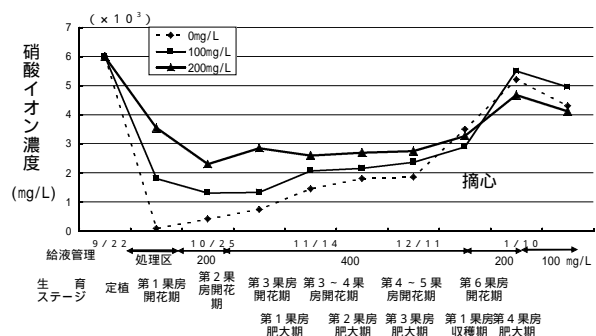


図4 第一果房開花期までの給液濃度の違いと葉柄汁液中硝酸イオン濃度の推移(試験2)

表1 定植後から第一果房開花期までの給液管理の違いと果房別着果率(%)

	第一果房	第二果房	第三果房	第四果房	第五果房	第六果房
低濃度区(0mg/L)	100	100	64	61	65	61
中濃度区(100mg/L)	100	100	78	70	65	54
高濃度区(200mg/L)	100	100	75	72	68	60

注) 各果房とも4果着生させ、それ以外は摘花
第一果房開花期以降の給液管理は同様

表2 第一果房開花期以降の給液管理の違いと果房別着果率(%)

	第一果房	第二果房	第三果房	第四果房	第五果房	第六果房
低濃度区	100	90	38	42	57	43
中濃度区	100	100	64	61	65	61
高濃度区	100	100	62	65	72	73

注) 各果房とも4果着生させ、それ以外は摘花
第一果房開花期までは0 mg/Lで管理

表3 第一果房開花期以降の給液管理の違いと収穫終了時の生育・収量

	果房直下の茎径(mm)			葉重	莖重	総収量		可販果率(%)
	第一果房	第三果房	第五果房			数	重(kg)	
低濃度区	16.5	15.3	12.5	387	237	148	2.7	85.8
中濃度区	17.2	15.2	12.7	493	460	180	3.2	89.4
高濃度区	14.2	16.5	15.2	570	490	194	3.7	80.7

汁液中の硝酸イオン濃度を図5、果房別の着果率を表2、収穫終了時の生育及び収量を表3に示した。

第一果房開花期の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度はいずれの区も100 mg/L以下であった。給液管理を変えて10日後(第二果房開花期)の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は区間による差はほとんどなかったが、それ以降給液濃度が高いほど葉柄汁液中の硝酸イオン濃度も高くなった。摘心後、低濃度区を除き、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は急激に上昇した。

第一果房及び第二果房の着果率は90%以上と高かった。低濃度区の第三果房、第四果房及び第六果房は50%を下回り、着果率は著しく低かった。

第一果房直下の茎径は、高濃度区が最も細かったが、第三及び第五果房直下では、高濃度区が最も太かった。葉重、莖重は給液濃度が高いほど重かった。総収量は、数、重さとも給液濃度が高いほど多かったが、可販果率は高濃度区が最も低かった。

試験3 全期間給液濃度を異にした場合の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度及び収量性

全期間給液管理を異にした場合の葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の推移を図6、総収量及び可販果収量を図7に示した。

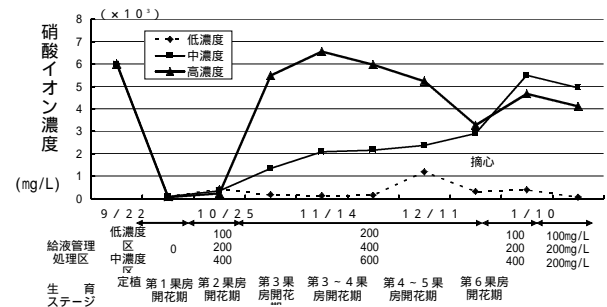


図5 第一果房開花期以降の給液管理の違いと葉柄汁液中硝酸イオン濃度の推移(試験2)

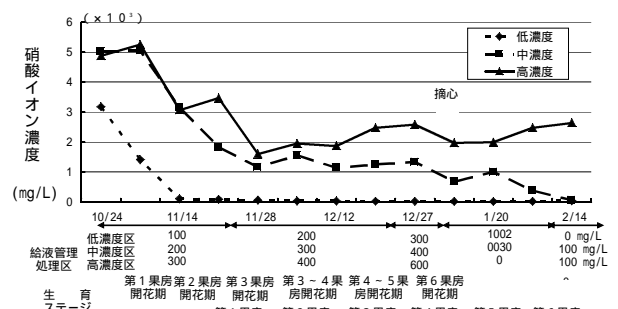


図6 給液管理の違いと葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の推移(試験3)

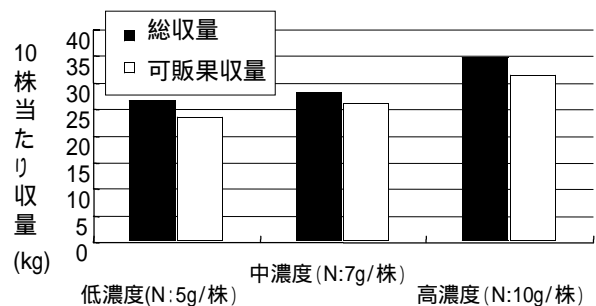


図7 給液濃度と収量(試験3)

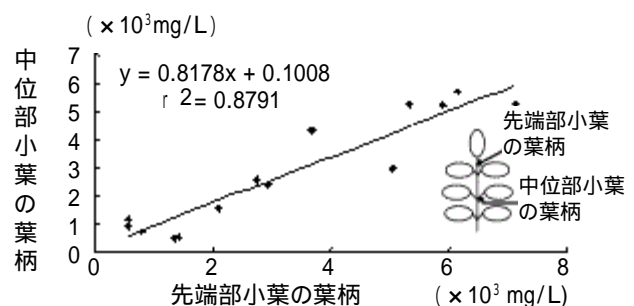


図8 養液土耕栽培のトマト小葉先端部と中位部の葉柄汁液中硝酸イオン濃度の関係(試験4)

定植後から11月22日まで100 mg/Lで給液管理した低濃度区は、第二果房開花期以降、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は100 mg/Lを下回り、著しく低濃度であった。中濃度区と高濃度区では給液濃度にかかわらず、第二果房開花期までいずれも3000 mg/L以上と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の差はほとんどなかったが、これ以降、給液濃度が高いほど葉柄汁液中の硝酸イオン濃度も高くなった。給液濃度が高いほど、総収量及び可販果収量は高かった。

た。

試験4 羽状複葉の小葉の部位と葉柄汁液中の硝酸イオン濃度

図8に第四果房直下葉の小葉着生部位による葉柄汁液中の硝酸イオン濃度の相関について示した。中位部と先端部での汁液中硝酸イオン濃度を比較すると先端部がやや高かった。また、先端部と中位部の間で高い相関が得られた。

考 察

野菜の栄養診断に関して問題となるのが簡便性であるが、比較的安価でしかも簡単に硝酸イオン濃度などが測定できる計測機器が市販されるようになり、これらの機器を用いた基準値作りが行われつつある。栄養診断をする際、診断部位を定めるために2通りの考え方があると思われる。1つは作物の状態にかかわらず、なるべく安定している部位から採取する方法、もう一つは、もっとも養分変動が大きい点を採取する方法である。杉山ら⁹⁾は、栄養診断の採葉部位について成熟葉が栄養状態を代表するとしている。また、竹下ら¹⁰⁾は、野菜の栄養診断のためのサンプリング法について検討しているが、その中で窒素含量は、上位葉で高くなるとしているものの、成熟葉期に当たる1～2段果房間の葉は、窒素濃度が安定しており、標本間の差が小さいとしている。この観点は、標本間差をいかに小さくするかに主眼を置いている。

今回行った試験では、着果負担が少ない定植苗から第一果房開花期までは、成葉であれば葉柄汁液中の硝酸イ

オン濃度の変動は少ないものの、第一果房肥大期以降、果実が着生することにより、その周辺葉の葉柄汁液中硝酸イオン濃度は著しく低下していた。吉岡ら¹¹⁾は、トマトの場合、果実周辺2～4葉が果実生産の60～80%を賄っていると報告していることから、第一果房肥大期前までは成葉の小葉中位部の葉柄、第一果房肥大期以降は、果実が2～4 cmサイズの果房の直下葉が植物の生育状況を把握するために適すると考えられる。また、果房直下葉の小葉では、先端部と中位部で汁液中の硝酸イオン濃度に差が認められたが、相関が得られたため、データを変換し診断基準値の策定に利用できると考えられる。

これらのサンプリング法を用い、2000年と2001年に給液濃度を変えてトマトの促成栽培で葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を測定し、適応性を検討したところ、いずれの年も給液濃度をよく反映していた。また、収量は給液濃度に応じて高くなる傾向があった。2000年の試験では、生育初期に給液濃度が200 mg/Lの場合、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は5000 mg/Lと高かった。これは、生育前半の着果負担が少ないことに起因していると考えられ、給液濃度はさらに低くてもよいと思われた。そこで、2001年の試験では生育初期の給液濃度を各処理区とも低めに設定して検討したところ、第一果房開花期まで給液濃度を0 mg/Lとした場合、葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、100 mg/L以下となり、果房着果率は第三果房以降60%台とやや低くなった。逆に第一果房開花期まで給液濃度を変え、その後、同一管理にした場合、初期100 mg/L及び200 mg/Lで管理すると、第三、四果房とも着果率は70%を超えていた。また、第一果房及び第二果房はいず

表4 葉柄汁液中硝酸イオン濃度の診断指標

生育ステージ	葉柄汁液中硝酸イオン濃度	診 断 部 位	給液濃度(参考)
促成トマト(6段摘心)			
定植～第1果房開花期	2000～3000 mg/L	第1果房下成葉の小葉の葉柄	0～200 mg/L
第1～第3果房開花期	2000～3000 mg/L	第1果房直下葉の小葉の葉柄	200～400 mg/L
第3果房開花期～摘心期	3000～4000 mg/L	2～4 cm大の果房直下葉の小葉の葉柄	300～600 mg/L
摘心期以降	2000～3000 mg/L	2～4 cm大の果房直下葉の小葉の葉柄	100～300 mg/L
第6果房収穫期	1000 mg/L以下	第6果房直下葉の小葉の葉柄	100 mg/L以下

注) サンプリングは晴れの日の午後1時から2時の間に行う。

小葉中位部の葉柄と蒸留水を乳鉢に入れ摩砕して得られた葉柄汁液を反射式光度計にて測定

給液濃度は一事例・所定濃度の液肥を1株当たり200 mL/d施用

診断部位が違えば葉柄汁液中硝酸イオン濃度も変わるため変換式を求め診断指標を置き換える。

例: $Y(\text{中位部}) = 0.8178X(\text{先端部}) + 0.1008 \quad r^2 = 0.8791$

表5 栄養診断に基づく施肥改善指針試案

基 準 値	診 断 値	給 液 濃 度	
		現在値	改 良 値
2000～3000 mg/L	5000 mg/L	400 mg/L	1/2濃度 (200 mg/L)
	4000 mg/L	400 mg/L	2/3濃度 (270 mg/L)
	2000～3000 mg/L	400 mg/L	1/1濃度 (400 mg/L)
	1000 mg/L	400 mg/L	5/2濃度 (1000 mg/L)

注) 栽培環境条件により給液濃度と葉柄汁液中硝酸イオン濃度は異なるため、現在の給液濃度の対して増減割合を示す。

れの場合も90%以上の着果率であった。これは、斎藤ら¹²⁾が報告しているように育苗期に第一、第二果房の花芽分化がすでに終了しており、定植から第一果房開花期の養分は第三、第四果房の花芽分化及び花芽発育に利用されていると推察され、この時期における絶対養分量の不足と果実着果による養分競合の結果、第三、第四果房の着果率を低下させたと思われる。したがって、第一果房開花期まで無肥料で管理することは、第三果房以降の着果率を低下させてしまうこと、100 mg/L、200 mg/Lの給液管理では着果率の差がなかったことから、土壌中残存窒素量にもよるが、給液濃度は、100 mg/L程度が妥当であり、このときの葉柄汁液中の硝酸イオン濃度2000~3000 mg/Lを目標とするのがよいと思われる。第一果房肥大期以降については、2001年度の試験において、給液濃度を極度に高めた場合について検討したが、収量性は高まるものの可販果率の低下が認められ、2000年の試験もあわせて考えると、果房肥大期は汁液中硝酸イオン濃度は2000~3000 mg/Lで維持するとよいと思われる。

以上の結果をもとに、養液土耕栽培におけるステージ別診断指標を表4に提示した。ここでは、診断部位を着果負担のかからない第一果房開花期までは成葉の小葉中位部葉柄、第一果房肥大期~第六果房肥大期までは2~4 cm大の果房直下葉の小葉中位部葉柄、それ以降は六果房直下葉の小葉中位部葉柄とした。葉柄汁液中硝酸イオン濃度は、山田ら^{6,7)}も報告しているように部位、天気、時刻により異なるため、診断指標作成時のサンプリング法には注意が必要である。

今回、おおよその診断指標は提示したが、診断結果に基づき、給液管理をどのように変えるかが実際の栽培上では問題点となると思われる。表5に栄養診断に基づく給液改善指針の試案を示した。給液改善指針は、土壌条件、ハウス内環境、植物体の生育状況など複合的な要因が絡み合うため具体的な改善給液濃度を示すことは困難であると推察される。しかし、一方で診断指標や改善指針は汎用性を持たせる必要があるため、診断指標に近づけるためには、現在の給液濃度に対してどの程度給液濃度を増減させるかの割合を示す形がよいと思われる。ここでは仮に割合表示例を示したが、今後、この割合を具体的に求めて実際の栽培に利用しやすくするよう、検討を進める必要があると思われる。

引用文献

1. 池田英男, 宇留嶋美奈, 大井慎太郎, 東井君枝, 岡准慈, 犬伏芳樹, 森山智子, 和田光生. 汁液分析による園芸作物の栄養診断(第1報)分析試料調整法の基準化についての検討. 園学雑. 67(3), 413-419(1998)
2. Robert, R. Sampling Considerations for Nitrate Quick Tests of Greenhouse-grown Tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(6), 922-927(1987)
3. 六本木和夫. 果菜類の栄養診断に関する研究(第1報)葉柄汁液の硝酸態窒素濃度に基づくキュウリの栄養診断. 埼玉園試研報. 18, 1-15(1991)
4. 六本木和夫. 果菜類の栄養診断に関する研究(第2報)葉柄汁液の硝酸態窒素濃度に基づくイチゴの栄養診断. 埼玉園試研報. 19, 19-29(1992)
5. 六本木和夫. 栄養診断の現状と課題. 園芸作物とくに果菜類について. 季刊肥料. 69, 80-86(1994)
6. 山田良三. 加藤俊博, 井戸 豊, 関 稔, 早川岩夫. リアルタイム土壌・栄養診断に基づくトマトの効率的肥培管理(第1報)葉柄汁液の硝酸濃度に基づく診断基準値の作成. 愛知農総試研報. 27, 205-211(1995)
7. 山田良三. 加藤俊博, 関 稔, 早川岩夫. リアルタイム土壌・栄養診断に基づくトマトの効率的肥培管理(第2報)持続的生産のための施肥管理技術. 愛知農総試研報. 28, 133-140(1996)
8. 杉山直儀, 高橋和彦. そ菜の窒素栄養の診断法としての硝酸態窒素の検定について. 園学雑. 27(3), 160-170(1966)
9. 竹下純則, 古藤 実. 野菜の栄養診断のためのサンプリング方法(第1報)トマトについて. 神奈川園研報. 20, 67-71(1972)
10. 何毅 清, 寺林 敏, 並木隆和. トマト葉柄汁液分析における採取時の天候及び採取時刻による無機養分濃度の差異. 園学雑. 63別1, 302-303(1994)
11. 吉岡 宏, 高橋和彦. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究 トマトにおけるSource - Sink単位. 野菜試報A. 12, 1-8(1984)
12. 斎藤 隆, 畑山富男, 伊藤秀夫. 育苗期の窒素・磷酸加里の施用量が生育ならびに花芽形成に及ぼす影響. 園学雑. 32, 132-142(1963)