

## 栄養診断に基づいたトマト・メロンの養液土耕栽培

愛知県農業総合試験場  
豊橋農業技術センター 畑地土壌研究室

室 長 山 田 良 三

### 1. はじめに

養液土耕栽培は装置が比較的簡単で安価であることや施肥とかん水が自由に調節できることなどから施設果菜類や花きで導入されつつある。本県においてもトマト（メロン）及びキクを中心に約1,300a（平成12年2月現在）の導入面積<sup>1)</sup>があり、今後も増加傾向にある。しかし、現状は、装置の導入が先行して養液管理技術が伴わない農家が多い。そのため、各作物の栽培型や土壌養分に対応した管理指針の作成が緊急に求められている。

養液土耕栽培は作物が生長する過程で必要な肥料成分や水を必要量だけ供給する栽培システムである。特徴として培地に土壌を利用するため、水耕やロックウール耕のように均質ではなく養分含量の多いもの、少ないもの、腐植含量の多少あるいは土性が粘質なものから砂まで等様々である。このようにベースになる土壌が栽培農家によってそれぞれ違っていることが、一定の養液管理ではうまくいかない大きな原因になっている。本来、養液土耕栽培の利点は土壌が持つ機能を最大限に利用して、必要成分のみを必要量だけ供給することにあると考えられるが、土壌からの養分を考慮しないため却って失敗する例も多い。

ここでは、トマト、メロンについて生育段階ごとに作物の栄養状態に最も関係の深い葉柄汁液中の硝酸濃度をリアルタイムに測定し、その結果に基づいて養液管理を行い生育をコントロールする栽培事例を紹介する。

### 2. 窒素の栄養診断

作物体の栄養状態を知る方法としては葉色を観察することが一般的であるが、葉色は養分吸収と同化作用の結果であり、その時点での栄養状態を表わしてはいない。施設果菜類は収穫期間が長いものが多く、草勢の維持と果実の肥大を同時に進

行させる必要がある。そして生育期間中における作物の栄養状態をリアルタイムに知ることができれば適切な養分管理に役立たせることができる。栄養状態を知る指標は窒素が最も適しており、畑作物では、施肥した窒素の大部分が硝酸イオンの形で根から吸収され茎を通過して葉に移行するので、導管内の硝酸イオン濃度を測定すれば栄養状態を正確に把握できる。葉は光合成を行う場所で、吸収した硝酸を速やかに亜硝酸に還元したり、クロロフィル（硝酸試験紙の発色を妨害する）含量が多いことや汁液が少ないことなどから硝酸濃度の測定には葉柄を用いるのが適している。以下に葉柄汁液の採取部位、時間及び施肥した窒素成分の体内移行等、栄養診断のための診断法及び測定条件を記す。

#### (1) 採取部位

トマトでは果実がピンポン玉の大きさで肥大が旺盛な果実直下の葉で、かつ中位にある小葉の葉柄を用いる。各果房毎の硝酸イオン濃度は、下段の葉柄汁液ほど高濃度で、上段果房になるにしたがって低濃度になる。しかし、肥大期の果房（果実径2～4cm）直下の葉柄では、果房への硝酸イオン（同化産物）の移行が根茎からの吸収量より多くなるため低濃度になる（図1）。このことから、栄養診断にはこの部位の硝酸イオン濃度を基準濃度に維持することが重要と考えられる。

メロンでは葉柄採取部位による汁液中の硝酸濃度は、果実肥大初期に果実直下の葉柄が最も高くなり、成熟期では上下位葉に比較して低くなることから、この部位が栄養診断に適していると判断した（図2）。なお、メロンは葉数が少ないため葉の代わりに、摘果枝を数本残しておき、その葉の葉柄を用いても硝酸はほぼ同濃度である。

図1. トマトの小葉と各葉柄採取部位と汁液中硝酸濃度

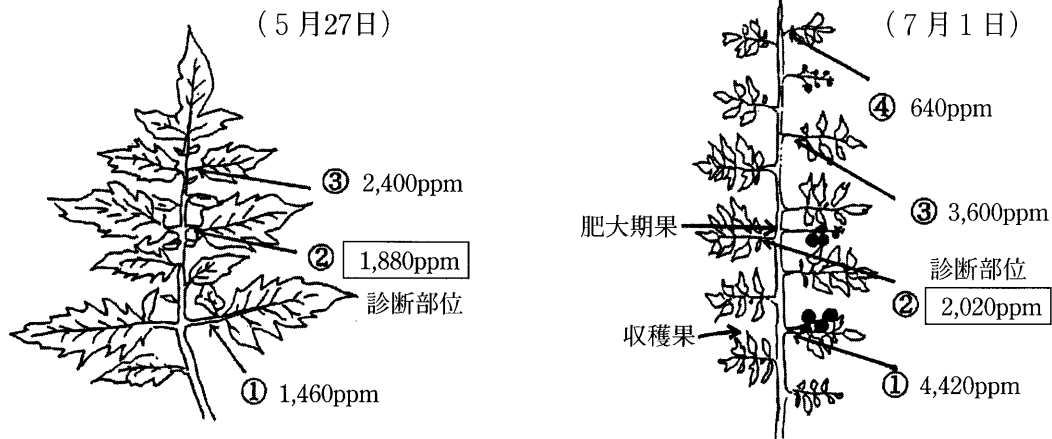
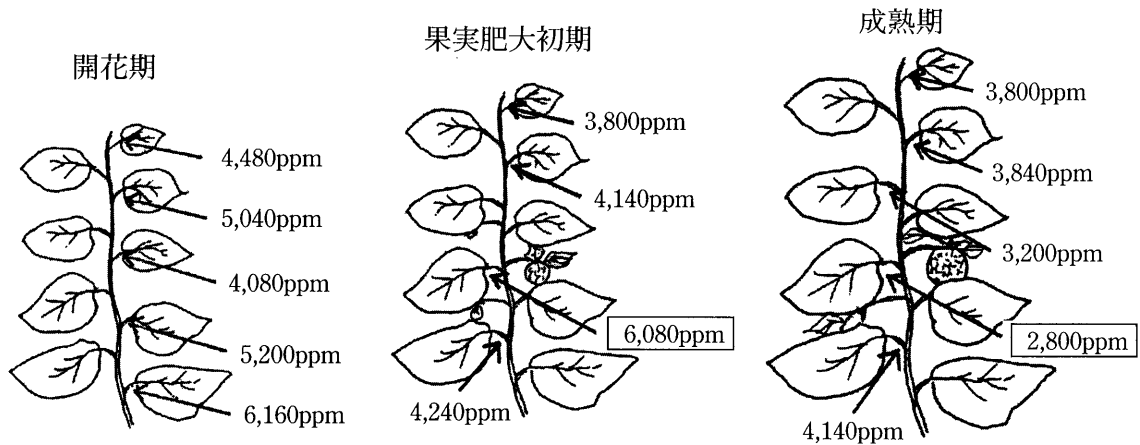


図2. メロンの生育時期における各葉柄採取部位と汁液中硝酸濃度



(2) 硝酸濃度の測定

硝酸イオン濃度の測定はトマトでは6～8本の葉柄を採取して裁断し、1g相当を乳鉢に入れ、10mlの蒸留水を加えてよくすりつぶし、さらに10mlの蒸留水を加えた20倍希釈液を用いる。硝酸濃度が低ければ10倍希釈液を用いてもよい。また、メロンのように葉柄の柔らかいものではにんにく絞り器やペンチを用いても簡単に汁液が採取できる。

RQフレックスシステムの測定方法は、10～20倍に希釈した汁液に硝酸試験紙を2秒間浸し、1分後に試験紙の発色を小型光度計で読み取るもので、測定結果は画面に表示され、その精度は簡易栄養診断に十分使用できる。

(3) 栄養診断基準(土耕栽培)

トマト、メロンの診断基準値<sup>2, 3, 4)</sup>を下記に示したが、地域により栽培方法や環境条件が異なる

トマト葉柄汁液中の硝酸濃度の診断基準値

促成栽培(収穫期間12月中旬～2月上旬)	追肥開始 : 3,000～4,000ppm
	収穫全期間 : 1,500～3,000ppm
半促成栽培(収穫期間5月中旬～7月上旬)	追肥開始 : 2,000～3,000ppm
	収穫全期間 : 1,000～2,000ppm

夏作メロン葉柄汁液中の硝酸濃度の診断基準値

品種: 夏系F1アールス	開花期: 2,000～3,000ppm
(収穫7月初旬～下旬)	果実肥大初期: 4,000～5,000ppm
	ネット形成期: 3,000ppm 成熟期: 2,000ppm
	収穫期: 1,000ppm前後

ので、各産地に合った基準値を作成するための目安として活用していただきたい。

メロンでは最も養分吸収が盛んになる果実肥大期に診断基準値(4,000~5,000ppm)を確保すること及び収穫時の硝酸濃度を1,000ppm前後に下げることがポイントになるので、測定は開花期から各生育ステージ毎に行うことが望ましい。

### 3. 養液土耕栽培事例

#### (1) トマト

(試験方法) 表1に示すように所定量の硝酸アンモニウム及び硝酸加里を100Lタンクの水に溶かして窒素100~200ppm養液を作り、ドリップチューブで100~200ml/株/日を午前9時に1回施用する区と肥効調節型肥料(ロング40+70)を所定量100Lのタンクに入れて、同様に100~200ml/株/日施用する区を設けた。かん水は深さ15cmにセンサー付きポーラスカップを埋設して、pF2.2~2.4に設定し(午前10時、午後2時に1回)必要量を電磁弁、タイマー接続により自動かん水した(雨天等でかん水が必要なければキャンセルする)。別に標準区として土耕栽培にロング70を用

写真1. pFを設定して必要量のかん水を行なう



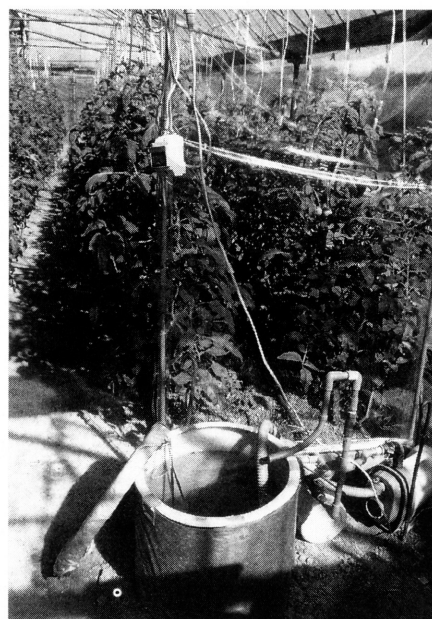
表1. 試験区の構成

試験区	肥料の種類	(g/株)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
土 耕①	ロング70	6.4	6.4	6.4
土 耕②	ロング70	7.7	7.7	7.7
土 耕③	ロング70	9.0	9.0	9.0
養液土耕①* <sup>1</sup>	硝酸加里+硝安	5.7	5.7	5.7
養液土耕②* <sup>2</sup>	ロング40+ロング70	5.0+1.0	5.0+1.0	5.0+1.0

供試品種: 桃太郎ヨーク 自根 10株/1区

耕種概要: 播種: 8月15日 定植: 9月8日 収穫: 11月22日~2月10日 (6段まで)

#### 写真2. ポンプ、電磁弁、タイマー連動による簡易な養液土耕装置



いる区を設け、かん水のみ同様に行った。

栽培は9月初旬に定植(品種: 桃太郎ヨーク, 86穴セルトレイを用いて1穴あたりマイクロロングトータル40日タイプを100mg施用して25日間生育した稚苗)した。活着後、経時的に所定位置の葉柄を採取して汁液中の硝酸濃度を測定した。また、生育、収量には好適な受光体勢が重要な要素と考えられるので、明、暗条件下での葉柄汁液中硝酸濃度と同化過程で作用する硝酸還元酵素の活性<sup>5)</sup>との関係を調査した。

#### (試験結果)

硝酸汁液濃度: 図3に示すように葉柄汁液中の硝酸濃度は養液土耕区では生育が旺盛になる10月中旬に入ると土耕区(標準)より急激な硝酸濃度の低下が起こり、3段目果房の開花期に最も低下した。稚苗定植のため初期生育を抑える必要から養液量を控えたことが原因であるが、ロング40と70を併用した養液土耕②では着果負担が少なくなる後半からは1,000ppm程度にまで回復した。しかし養液土耕①では窒素不足により生殖生長に

傾いたため養液供給量を多くしても回復せず硝酸濃度は低いまま推移した。一方、土耕区①②では生育初期から3,000~4,000程の高濃度で推移し、収穫期に入ると急激に低下するものの着果負担が軽減する収穫中期からは1,000~3,000ppmの範囲で推移した。しかし、施肥量の多い土耕区③では収穫期に入ってもそれ程硝酸濃度の低下は起こらず(700ppm)、後半は500~1,000ppmと比較的低濃度で推移した。生育前半の窒素吸収が多く、やや窒素過多の草勢になったのが原因と考えられる。

**収量：** 収量は土耕区では28.4~32.7kg/10株で施肥量が多いほど収量は多くなるが可販果率、秀品率はやや低くなる傾向が認められた。養液土耕区①の収量は29.9kg/10株で土耕区②程度であ

ったが、養液土耕区②は35.9kg/10株と最も高収量で可販果率、秀品率とも高かった(表2)。このことから着果負担時に葉柄汁液の硝酸濃度を極端に低下させないことや、生育前半に窒素過多の草勢にしないことが重要と示唆された。

**硝酸還元酵素活性：** 表3に示すように葉の硝酸還元酵素活性<sup>6)</sup>は光条件下で着果部は23.3、肥大果部は110.2、収穫果部位は41.1 μM/mini/gであった。各部位の硝酸濃度は2170、1820、3570 ppmと活性の高い肥大果部が低くなる傾向が認められた。これに対して遮光条件下では部位による差は殆ど認められなかった。このことは草姿を良好な受光体勢に維持していくことが硝酸還元酵素活性を高め、硝酸同化をスムーズに進行させるものと判断された。

図3. 葉柄汁液中の硝酸濃度の推移

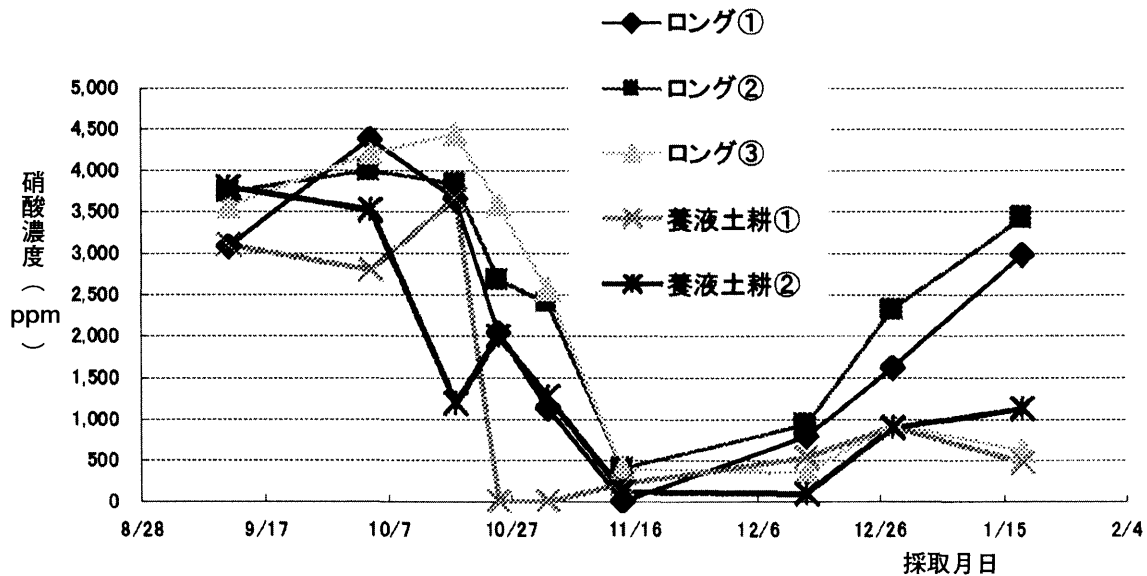


表2. 収量調査結果 (11月22日~2月10日)

(10株当たり)

試験区	総収量		同左比	可販果収量		同左比	可販果率	秀品率	糖度 (4段果)
	数	重量		数	重量				
土耕①	161	28.4	(100)	140	26.5	(100)	93.5	47.0	5.1
土耕②	159	29.4	(104)	141	27.7	(105)	94.3	35.0	5.3
土耕③	182	32.7	(115)	149	30.0	(113)	91.7	37.8	6.4
養液土耕①	156	29.9	(105)	138	28.3	(107)	94.8	35.5	5.4
養液土耕②	163	35.9	(126)	148	34.4	(130)	95.7	41.5	5.4

表 3. 葉の硝酸還元及び亜硝酸還元酵素活性と葉柄中硝酸濃度 (12月7日)

照 度	採取部位* 葉 身	NaR (NADH) 活性 (硝酸還元酵素) μ M/mini/g	NiR 活性 (亜硝酸還元酵素) μ M/mini/g	NO <sub>3</sub> (硝酸) ppm	K (カリウム) ppm
明	着 果	23.3	642.0	2,170	3,200
	肥大果	110.2	442.1	1,810	3,150
	収穫果	41.1	198.4	3,570	1,800
遮 光 30%	着 果	47.2	530.3	2,930	3,300
	肥大果	49.5	349.6	3,060	2,400
	収穫果	48.3	317.3	2,570	1,600

\* 1～2段収穫期で採取部位は果実直下の葉の小葉を用いた。

(2) メロン

メロンではその品質 (糖度、ネット等) が最も重要視され、かん水及び適正な施肥に栽培管理の重点がおかれている。施設栽培のように土壤養分が過剰なところでは施肥に対する反応が異なるため、養分に対応した施肥が必要になる。そこで、高品質・高収量を得るための最適な窒素レベル及び施肥方法並びに培地となる土壤養分の違いが収量に及ぼす影響を調査した。

**栽培試験 1:** 窒素レベルを1株当たり無機質土壌では5～9 g、有機質土壌では3～9 gの範囲でメロン (F1アールス夏系15号,) を栽培する区を設けた。

**栽培試験 2:** 肥料の種類を有機質肥料及び緩効性肥料 (ロング70) を用いる土耕区と養液窒素レベルを100ppmに

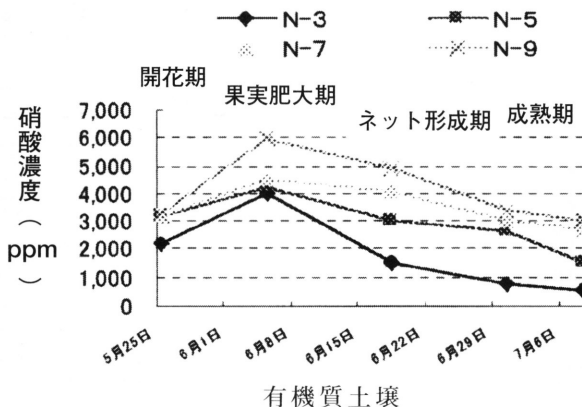
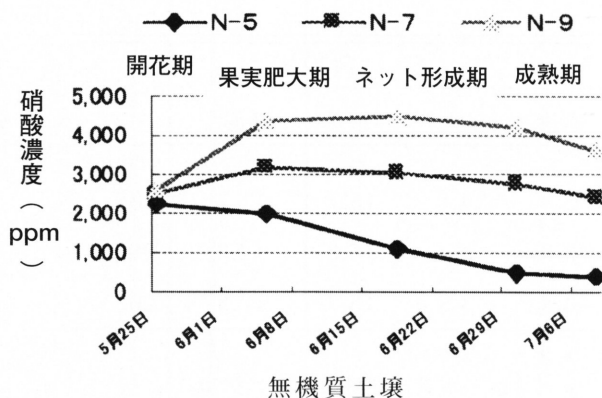
写真 3. 養液土耕で栽培したメロン



して100～200ml/株/日施用する養液土耕区を設けた。

苗は50穴セルトレイを用いて1穴当たりマイクロロングトータル (40日タイプ) を50mg施用して30日間育成したものを定植した。は種は3月中旬、定植は4月中旬、収穫は7月初旬である。

図 4. 施肥窒素レベルとメロン葉柄汁液中の硝酸濃度の推移



(試験結果)

硝酸汁液濃度： 生育期間中における葉柄汁液中の硝酸濃度は、施肥窒素レベルに対応した推移が認めらる。無機質土壌での少肥区（N-5）を除いて、中，多肥区とも活着後から硝酸濃度はしだいに上昇し、果実肥大期に無機土壌区では3,000～4,500ppm、有機質土壌では4,000～6,000ppmにまで上昇する。その後ネット形成，成熟期と進むに従って低下するが、施肥窒素が少ないほどその傾向が顕著である（図4）。

収量： 施肥窒素レベルを変えた試験1の果実重量は無機質土壌では株当たり窒素施用7.0gが最も重く、5.0g、9.0gではやや減少した。一方、有機質土壌では株当たり窒素3.0～7.0g施用の範囲ではほぼ同重量であるが、施肥量が9.0gと多くなるとやや減少し、糖度も低くなる傾向であった（表4）。

試験2では有機質肥料区（1.48kg/個）に対してロング70を用いた土耕区は1.41kg、養液土耕区

は1.51kgであった。養液土耕区はネットに関してはやや有機質肥料区に劣るものの糖度，アスコルビン酸含量では同程であった。

以上のように診断基準を指標にした施肥法では、生育コントロールが容易な養液土耕区は少ない施肥量で最も良い収量が得られたが、さらに最適な日毎の窒素施用量等の改善が必要である。

参 考 文 献

- 1) 環境負荷低減のための作物栽培技術—養液土耕栽培法の理論と実際— (2000), 平成12年度 関東東海農業土壌肥料研究会資料, 農業研究センター, 63-64
- 2) 山田良三・加藤俊博ら (1995), 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の作成, 愛知農総試研報27, 205-211
- 3) ————— (1996), 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
- 4) 山田良三・深谷雅博 (1999), 葉柄汁液の硝酸濃度を用いた夏作メロンの栄養診断基準, 平成11年度研究成果情報, 関東東海農業 (生産環境), 380-381
- 5) 植物栄養実験法編集委員会編 (1990), 植物栄養実験法, 博友社, 256-259
- 6) 山田良三 (2000), 養液土耕栽培における施設トマトの葉柄汁液硝酸濃度及び硝酸酵素活性, 日本土壌肥料学会中部支部講演要旨集, 6-7

表4. 施肥窒素量と果実重

土 壤	肥 料	果 重*		糖 度**
		g/株	kg	
無機質	N-5	1.19	(98)	14.3
	N-7	1.22	(100)	14.4
	N-9	1.18	(97)	14.6
有機質	N-3	1.46	(120)	14.0
	N-5	1.47	(120)	14.3
	N-7	1.45	(119)	14.4
	N-9	1.39	(114)	13.6

注) \* 8果平均値 \*\* 5果平均  
有機質区はパーク及び牛ふん堆肥を毎に3t連用した土壌である。

表5. 施肥法の違いと果実重・品質

試 験 区	肥料 (窒素)	果重* 同比	ネット**			糖度***		アスコルビン酸 mg/l
			太さ	密度	盛上り	頂部	基部	
有機肥料	5+4	1.48 (100)	3.6	3.8	4.0	15.7	11.7	236
緩効性肥料	2+5	1.41 (95)	3.4	3.5	3.4	16.3	12.3	255
養液土耕	5.6	1.51 (102)	3.4	3.8	3.3	15.7	12.3	260

注) \* 10果平均値 \*\* 5段階評価 秀(5)～不良(1) \*\*\* 8果平均  
有機肥料区は窒素成分で株当たり基肥5g, 追肥2g×2回, 緩効性肥料区はロング70を5gとスタータの硫安を2gを施用した。