

# 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(2)

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者名	山田,良三 加藤,俊博 関,稔 早川,岩夫
発行元	愛知県農業総合試験場
巻/号	28号
掲載ページ	p. 133-140
発行年月	1996年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 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

山田良三\*・加藤俊博\*\*・関 稔\*・早川岩夫\*\*\*

摘要：トマトの主要産地（豊橋、渥美）における施肥管理の実態並びに収量と葉柄汁液中の硝酸濃度の関係を調査したところ、施肥の目安が農家の経験と感に頼るところが多く、土壌養分の過剰蓄積や成分のアンバランス化が進行しているのが明らかであった。また、収量や葉柄汁液中の硝酸濃度についてもほ場によるバラツキが大きく、施肥改善の必要性が示唆された。

そこで、葉柄汁液中の適正な硝酸濃度を診断指標とするリアルタイム栄養診断に基づいた合理的な施肥法について検討した。その結果、トマトの養分吸収にあったタイプの肥効調節型肥料と液肥を組み合わせることにより高収量を得ることが可能であった。また、液肥は利用効率が高く、根に及ぼすストレスも小さいため、20%の減肥で収量、可販果率とも優れる結果が得られた。

以上のように葉柄の硝酸濃度を指標とする施肥法は持続的な安定生産が可能で、連作しても土壌ECが低く（0.2~0.4mS/cm）保たれる合理的な施肥管理技術と考えられる。

キーワード：現地調査、診断指標、肥効調節型肥料、液肥、持続的生産

## Rational Manuring Management of Greenhouse Tomatoes Based on Real-time Nutritional Diagnosis of Plants and Soil II

### Methods of Rational Fertilizer Application for Sustainable Production

Ryozou YAMADA, Toshihiro KATO, Minoru SEKI and Iwao HAYAKAWA

Abstract: We investigated the actual manuring practices and the relation between the yield and nitrate concentration of the petiole juice in the main tomato-producing districts of Atsumi and Toyohasi.

It became clear that the nutrient excess and inbalance in soil were proceeded, as decisions regarding fertilizer application depend on each cultivator's feeling or experience.

It was therefore suggested that it was necessary to use a rational method of fertilizer application at each greenhouse culture, as the range of yields and nitrate concentration of the petiole juice varied widely.

We then examined a rational method of fertilizer application based on a real-time nutritional diagnosis of the optimum nitrate concentration of the petiole juice.

It was possible to get good yield by combining controled release fertilizer in correspondence with nutrient absorption by tomato plants and liquid fertilizer.

In addition, as the recovery rate of the liquid fertilizer was high and the stress to the tomato roots was small, we could get good yield results and rate of fruit sales even if the amount of nitrogen decreased by 20%.

There fore, the rational method of fertizer application based on the optimum concentration of the petiole juice was considered to be a useful method in view of sustainable production and maintainance of low EC (0.2~0.4mS/cm) in the soil by successive fertilizer applications.

Key words: Field survey, Standard nutritional diagnosis, Controled release fertilizer, Liquid fertilizer, Sustainable production

緒 言

近年、農業サイドから環境への負荷をできるだけ少なくしようとする環境保全型農業への関心が高まってきている。土壌環境基礎調査<sup>1)</sup>や栽培施設の実態調査<sup>4, 6)</sup>からも農耕地土壌は養分過剰にあり、その傾向は施設栽培においてより顕著である。従って、施設栽培では土壌養分が過剰で、肥料成分のアンバランス化も進行している状態での施肥管理<sup>7)</sup>が前提となる。

特に、トマト栽培では、消費者ニーズが高く、栽培の主流を占めている完熟系品種は、土壌養分に対して敏感で、生育障害が生ずる大きな要因ともなっている。

また、従来の慣行施肥管理ではトマトの草勢や葉色を見ながら経験と感に頼る部分が多いため、作物による養分吸収量以上の施肥をする傾向があり、土壌が養分過剰に陥りやすいと判断される。以前のように、土壌養分が不足していた時代と違って施肥量の増加による増収や安定した生産は既に不可能となっている。

そこで、前報<sup>1)</sup>において、追肥の目安としてトマトの葉柄汁液の硝酸濃度を指標とした栄養診断のための基準値を示した。さらに、本報では硝酸濃度の基準値を適正に維持しながら、高品質・安定生産が得られる施肥管理技術について検討した。その結果、肥効調節型肥料及び液肥を利用することにより、リアルタイム栄養診断に基づいた適正な作物体養分のコントロールが可能で、かつ、連作による土壌養分の蓄積をできる限り少なくする施肥管理技術を明らかにしたので報告する。

なお、本試験は平成4年度～6年度まで農林水産省の地域重要新技術開発促進事業の一環として行ったものである。

材料及び方法

1. 現地実態調査

県内のトマトの主要産地である豊橋及び渥美地区では場を選定し、栽培期間中に1～2週間間隔で土壌及び葉柄を採取して、簡易測定器具を用いた硝酸及びカリウムイオン濃度等の測定と収量調査を行った。果実の糖、酸度の定量は常法<sup>8)</sup>により行った。別に、アンケートにより栽培概要、施肥量、土壌改良資材、有機物施用量等の調査を行って現地での肥培管理の実態を調査した。

2. 栽培試験

1992年から1994年の3か年間に、園芸研究所ビニルハウスで促成及び半促成栽培型で、肥効調節型肥料、液肥を利用してリアルタイム栄養診断によるトマトの栽培試験を行った。対照として化成肥料及び有機配合肥料で栽培する区を設けた。試験区の構成を第1表に示した。

促成栽培

- (1) 供試品種：レディーファースト
- (2) 供試土壌：細粒黄色土（土性 強粘質）
- (3) 試験規模：1区 1.80㎡、10株植え、自根、2連制
- (4) 栽培概要：は種 8月中下旬、定植 9月下旬、収穫 12月中旬～3月、6段階摘心

第1表 試験区の構成 (kg/10a)

試 験 区	肥 料 成 分		
	窒 素	リン酸	加里
有機配合+IB化成+液肥	10-10-5	20	20-5
有機配合+ロツグ70	10-15	20	25
CDU化成+LP50+液肥	10-10-5	20	20-5
CDU化成+LP70+液肥	10-10-5	20	20-5
CDU化成+LP50+LPS100	10-10-5	20	25
CDU化成+LP50+LP70*	10-10-5	20	20-5

注：\*半促成栽培のみ

(5) 調査項目：生育・収量、秀品率、葉柄及び土壌中の硝酸イオン濃度等

半促成栽培

- (1) 供試品種：ハウス桃太郎
- (2) 栽培概要：は種 1月中旬、定植 3月下旬、収穫 5月中旬～7月初旬、6段階摘心

他の試験条件、調査項目は促成栽培と同じとした。

液肥栽培

促成及び半促成栽培で窒素とカリウム成分のみを硝酸アンモニウムと硝酸カリの液肥で栽培する施肥法について検討した。別に対照区として肥効調節型肥料と液肥を組み合わせた区を設けた。

液肥区の施肥量は窒素、加里成分で20kg/10aを葉柄汁液の硝酸イオン濃度を指標として1回に1kg施用した。

なお、対照区の施肥量は窒素25kg、リン酸20kg、加里25kg/10aとした。

- (1) 供試品種：桃太郎
- (2) 供試土壌：細粒黄色土（土性 強粘質）
- (3) 試験規模：1区 3.6㎡、20株植え、自根、2連制

3. 施肥からの窒素成分の溶出

上記栽培試験に供した各種肥料からの窒素成分の溶出量を把握するため、トマトの定植と同時に各肥料を土壌に埋設した。栽培期間中に経時的に取り出して残存窒素を測定し、全量から差し引いたものを溶出量とした。

化成及び有機質肥料は現物で10gを、肥効調節型肥料は窒素成分で1g相当量を土と混合してから不織布の袋に入れて土層10cmの深さに埋設し、残存窒素量は化成及び有機質肥料は袋に付着した土を取り除いてから袋ごとケルダール分解して常法<sup>2)</sup>により測定した。また、肥効調節型肥料は袋から取り出して篩上で水洗し土を取り除いてから同様に測定した。なお、硝酸態窒素を含む場合は水洗後、乳鉢で良くすりつぶした後、上澄液の一定量をデバルタ合金法<sup>2)</sup>で測定した。

4. 連作跡地土壌のイオン組成

各種肥料と堆肥を施用して3か年にトマトとメロンの作付け体系で6作栽培した後の各土壌を採取してそのイオン組成の変化を調査した。供試土壌は細粒黄色土の未耕地土壌で各作物の施肥量は慣行施肥量に準じた。堆肥は初年度のみ10アール当たり5tとし、次年度からは3tを作毎に施用した。測定方法は乾土10gに蒸留水を50

cc加えて1時間振とうして得られた浸出液を用いて $k^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ は原子吸光法<sup>2)</sup>で、 $Cl^-$ 、 $NO_3^- - N$ 、 $SO_4^{2-} - S$ はイオンクロマトグラフィーでそれぞれ定量した。

結 果

1. 生産現場における肥培管理の実態

現地では促成、抑制、半促成栽培の作型があり、加えて3月～7月にメロン栽培を組み入れている施設が多い。栽植密度は両地区とも2500～2600株/10aで、5～6段摘心であるが、半促成の後にメロンを定植する場合は3～4段の低段栽培となる。栽培品種は豊橋地区は桃太郎及びハウス桃太郎で一部ファースト系も見られる。渥美地区は全てのほ場がファースト系（スーパー、レディー、三峰）であった。

(1) 施肥量及び収量

促成栽培における施肥量並びに収量を第2表に示した。施肥量は豊橋地区で窒素9.8～28.5kg、リン酸は13.5～16.5kg、カリは11.8～25.5kg/10aであった。基肥は果菜

配合、ロング（140）、腐植りん、けい酸カリ、追肥は主として液肥を施用するほ場が多かった。

渥美地区では窒素7.0～24.8kg、リン酸8.4～28.0kg、カリは7.0～51.1kg/10aで豊橋地区と同様に施肥量に大きな差がみられた。肥料の種類は基肥としてトマト配合、ロング、ぼかし肥、けい酸カリ、追肥として有機ペレット、液肥であった。両地区とも土壌改良資材ではセルカ（有機石灰）、有機物としては牛ふん堆肥の施用が多かった。

収量は桃太郎系で10アール当たり7.6～9.6t、ファースト系は豊橋地区は9.4～9.6t、渥美地区では10.1～11.6t/10aであった。収量と品質は一般的に反比例するが、一部には収量、品質とも良好なほ場も認められた。

半促成栽培では基肥あるいは追肥を施用をしないほ場が多く、窒素、リン酸、カリの施用量も促成栽培に比較して少なく、無肥料のほ場もあった。収量は無肥料でも7.3tあり他は7.9～9.7t/10aの範囲であった。

(2) 葉柄汁液の硝酸濃度

葉柄汁液の硝酸濃度は施設間の差が非常に大きく、追肥期間中における硝酸濃度は第2、3表に示すように促

第2表 促成栽培における施肥量並びに収量と葉柄の硝酸濃度 (10a 当たり)

地 区	ほ場	窒 素		リン酸		加 里		収量	糖度	酸度	硝酸濃度**
		基肥	追肥	基肥	追肥	基肥	追肥				
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	t		%	ppm
豊 橋	1	19.5	9.0	16.5	0.0	12.5	6.0	7.6*	7.0	0.37	3200
	2	12.5	8.0	15.5	0.0	18.5	7.0	9.4	5.1	0.33	3600
	3	5.1	7.2	13.9	0.0	12.3	6.4	9.6*	5.2	0.29	980
	4	6.3	7.2	14.9	0.0	5.3	6.5	—*	7.3	0.31	1700
	5	6.5	12.0	13.5	0.0	12.5	10.5	8.0*	5.8	0.13	510
	6	7.8	2.0	13.8	0.0	14.6	4.0	9.6*	4.8	0.26	1700
	7	12.5	7.2	15.5	0.0	18.5	5.8	8.8	5.2	0.28	2300
渥 美	1	0.0	7.0	0.0	8.4	0.0	7.0	10.7	6.0	0.45	2300
	2	12.0	10.0	14.4	0.0	9.6	6.4	11.2	4.9	0.47	1600
	3	15.2	9.6	15.2	12.8	14.4	8.0	11.6	5.3	0.42	1500
	4	10.0	8.0	14.0	3.1	10.0	6.0	10.6	5.3	0.42	3200
	5	12.4	6.8	16.4	7.6	19.6	8.8	10.8	5.1	0.56	2600
	6	8.0	11.3	11.2	11.0	40.0	11.4	10.1	5.0	0.35	2900

注：\*桃太郎系、他はファースト系  
\*\*収穫期間における平均値

第3表 半促成栽培における施肥量並びに収量と葉柄の硝酸濃度 (10a 当たり)

地 区	ほ場	窒 素		リン酸		加 里		収量	糖度	酸度	硝酸濃度**
		基肥	追肥	基肥	追肥	基肥	追肥				
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	t		%	ppm
渥	1	—	6.0	—	2.2	—	4.5	8.5	5.9	0.43	2500
	2	4.8	9.4	6.8	10.7	4.8	9.4	7.3	6.1	0.35	2300
	3	10.9	—	10.7	—	10.7	—	8.5	5.9	0.43	2500
美	4	—	—	—	—	—	—	7.3	6.1	0.35	2300
	5	—	2.4	—	3.4	—	2.4	7.9	6.5	0.41	1000

注：\*\*収穫期間における平均値

成栽培(診断基準:1,500~3,000ppm)で豊橋地区が510~3600ppm、渥美地区は1500~3200ppmであった。半促成栽培(診断基準:1,000~2,000ppm)でも1,000~4,150ppmの範囲にあり農家の施肥管理の違いが明らかであった。

(3) 土壌の理化学性

土壌の理化学性を第4表に示した。pHは6.3~7.3でやや高い傾向にあり、石灰飽和度が100%を超えるほ場が約半数あった。EC(1:2.5)については0.20~1.85mS/cmの範囲にあり、半数以上のほ場が1.0mS以上となっていた。交換性の塩基含量ではマグネシウムが異常に高く、カリウムが低いほ場が多く認められた。また、有効態リン酸は6割以上のほ場が300mg/100gを超えており、

100mg以下のほ場は皆無である。ここでは水溶性リン酸含量で示したが37~103mg/100gと多かった。

両地区とも現在の施肥量及び有機物施用量等からは説明できないほど土壌養分は過剰域に達していた。

2. 栽培試験

(1) 促成栽培

追肥開始時の生土浸出液中の硝酸濃度は260~460ppmであった。追肥期間中は低いほ場で84ppm、高いほ場で173ppmの範囲で、診断基準値(200~300ppm)より低く推移した。一方、葉柄汁液中の硝酸濃度は追肥開始時には5,500~6,300ppmであったが、追肥期間中は1,670~2,860ppmと診断基準値(1,500~3,000ppm)の範囲で推移した。

第4表 土壌の理化学性 (乾土100g当たり)

地区	ほ場	pH EC		CEC	Ex-Cation			Ca飽和度	水溶性-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		(1:5)			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
		mS		me	me	me	me	%	mg
豊橋	1	6.5	0.96	12.0	15.4	2.8	1.13	128	54.9
	2	6.4	1.25	14.0	11.5	7.3	2.31	82	64.2
	3	6.8	0.51	11.0	7.4	5.3	1.10	69	45.9
	4	7.3	0.60	9.0	7.4	3.2	2.10	82	37.9
	5	6.5	1.10	29.5	21.1	15.9	0.07	72	103.4
	6	6.8	0.85	10.5	9.7	6.0	1.11	92	56.8
	7	6.5	0.20	13.2	10.1	4.8	0.49	77	43.3
渥美	1	6.3	1.85	13.3	14.4	5.4	1.32	108	40.5
	2	6.9	1.80	14.6	17.4	7.3	1.49	119	37.3
	3	6.9	0.99	30.4	28.6	11.4	1.50	94	54.5
	4	6.5	1.48	14.0	18.3	5.7	2.01	131	70.2
	5	6.7	1.06	32.6	34.0	11.6	1.33	104	67.3

注:\*平均値

第5表 土壌浸出液・葉柄汁液中の硝酸濃度とトマトの収量 — 促成栽培 — (10株当たり)

試験区	追肥開始時		追肥期間中*		総収量	同比	可販果率	秀品率	
	土壌	葉柄	土壌	葉柄					
		ppm	ppm	ppm	ppm	個	kg	%	%
有機+IB+液肥		320	5,500	106	1,670	224	36.0 (100)	83	8.8
有機+PP70		440	5,800	167	2,280	210	33.9 (94)	84	7.8
CDU+LP50+液肥		290	6,300	84	2,860	216	32.1 (89)	77	8.3
CDU+LP70+液肥		460	6,000	173	2,280	218	32.9 (91)	78	4.8
CDU+LP50+LPS100		260	5,900	148	2,700	197	29.8 (83)	82	6.9

注:\*平均値

第6表 土壌浸出液・葉柄汁液中の硝酸濃度とトマトの収量 — 半促成栽培 — (10株当たり)

試験区	追肥開始時		追肥期間中*		総収量	同左比	可販果率	秀品率	
	土壌	葉柄	土壌	葉柄					
		ppm	ppm	ppm	ppm	個	kg	%	%
有機+IB+液肥		104	4,800	32	980	226	25.1 (100)	79	40.0
有機+PP70		220	6,100	86	1,180	246	27.9 (111)	77	34.8
CDU+LP50+液肥		80	5,200	50	1,250	248	28.4 (113)	77	35.2
CDU+LP70+液肥		36	4,550	66	1,030	238	27.8 (111)	77	31.1
CDU+LP50+LPS100		79	4,900	45	980	231	29.5 (117)	82	35.7
CDU+LP50+LP70		180	6,900	63	1,080	222	34.9 (139)	86	40.1

注:\*平均値

第7表 収量調査結果 (10株当たり)

試験区	総収量	可販果収量		同左比	可販果収量		同左比	可販果率	糖度	酸度	硝酸濃度***
		数	重量		数	重量					
促成	液肥	242	32.1	(121)	163	26.3	(133)	81.8	7.1	0.42	1952
	対照	223	26.5	(100)	142	19.7	(100)	74.0	7.2	0.46	1648
半促成	液肥	199	28.2	(103)	148	23.5	(113)	83.3	6.3	0.44	782
	対照	210	27.3	(100)	134	20.8	(100)	76.2	6.5	0.44	1538

注：\*\*\*追肥期間中の葉柄汁液の平均硝酸濃度

第8表 跡地土壌の化学性 (半促成栽培) (乾土100g当たり)

試験区	pH	EC	T-C	T-N	CEC	Ex-cation			Truog
						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
液肥	7.2	0.26	2.04	0.112	11.2	292.6	50.5	10.4	46.4
対照	7.2	0.34	2.20	0.119	12.5	302.4	60.1	5.9	56.9

収量は現地慣行施肥法に近い有機質肥料とIB化成を主体にした区(36.0Kg/10株)が最も勝り、次いで肥効調節型肥料(LP、ロング)と追肥として液肥を組み合わせた区(32~33Kg/10株)で、収量比は90%程度であった。最も収量が低いのはCDU化成と肥効調節型肥料の組み合わせによる全量基肥区で30Kg/10株、収量比は83%に留まった(第5表)。

### (2) 半促成栽培

追肥開始時の生土浸出液中の硝酸濃度は36~220ppm、追肥期間中は32~86ppmと試験区により大きな差が認められた。診断基準値100~200ppmと比較して各試験区とも低く推移したが、中でも有機質肥料とIB化成を主体にした区が32ppmで最も低濃度であった。

一方、葉柄中の硝酸濃度は追肥開始時に4,500~7,000ppmで、追肥期間中は1,000ppm前後で推移し、ほぼ診断基準値(1,000~2,000ppm)に合致した。

収量は肥効調節型肥料を主体にして追肥分を液肥で施用した区が、現地慣行施肥法に準じる有機質主体の区より10%程度の増収が認められた。また、CDU化成と肥効調節型肥料を組み合わせた全量基肥区でも収量比で117~139%と顕著な増収が認められた。全量基肥の場合、窒素溶出の比較的短い70日タイプを用いた方が初期抑制型の100日タイプを用いた区より収量、可販果率とも高い傾向が認められた(第6表)。

### (3) 液肥栽培

促成栽培での可販果収量は液肥区は対照区に比較して133%であり、可販果率は対照区が74%、液肥区は82%であった。液肥区の糖度、酸度については各7.1、0.42%と対照区(各7.2、0.46%)とほぼ同程度であった。

葉柄汁液の硝酸濃度は対照区が1,648ppmであるのに対して液肥区は1,952ppmとやや高濃度で推移した。

半促成栽培での可販果収量は対照区に比較して液肥区は113%であった。可販果率は対照区は76%、液肥区は8

3%と高かった。糖度、酸度についても対照区(各6.5、0.44%)と同程度(各6.2、0.44~0.44%)であった。

葉柄汁液の硝酸濃度については対照区が1,538ppmを維持したのに対して、液肥区は782ppmとやや低く推移した(第7表)。

跡地土壌のECは対照区が0.34mS/cmであるのに対して、液肥区は0.26mS/cmとやや低かった。また、窒素、リン酸等の肥料成分濃度はほぼ同程度であった(第8表)。

### 3. 施肥からの窒素成分の溶出

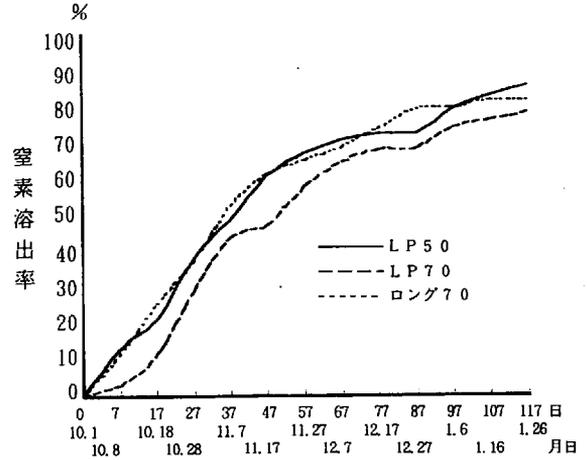
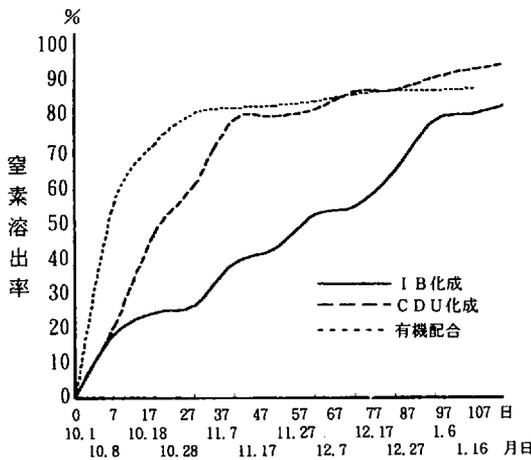
促成栽培並びに半促成栽培期間中における施肥からの窒素成分の溶出パターンを第1、2図に示した。有機配合肥料は促成栽培では20日間で約50%、40日で80%溶出したが、半促成栽培では20日間で80%の溶出が認められた。CDU化成は窒素成分の80%が溶出するのに促成栽培では60日、半促成栽培では40日程度であった。また、IB化成は初期の窒素溶出は緩慢で、約50日経過後からの溶出が多かった。

肥効調節型肥料でもトマトの栽培型により窒素成分の溶出に大きな差が認められた。半促成栽培ではタイプにほぼ見合った窒素の溶出が認められたが、地温が低下する時期の促成栽培ではこれより30日程度遅れる傾向を示した。

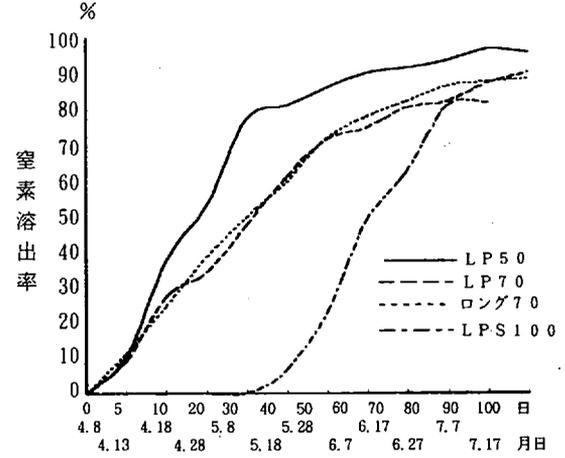
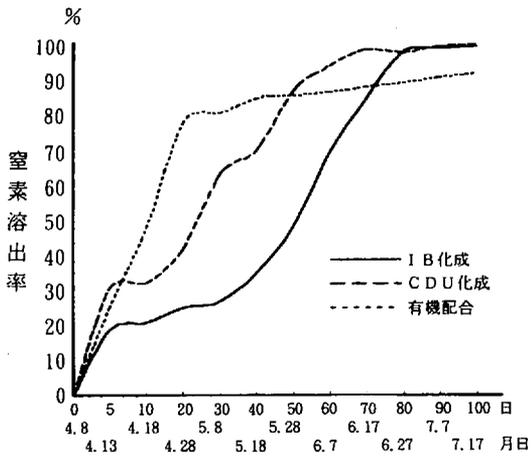
### 4. 跡地土壌のイオン組成

第3図にトマトとメロンの作付体系で6作栽培した跡地土壌のイオン組成を示した。イオン組成は施肥の種類、有機物の連用により大きな変化が認められ、陽イオンではCa<sup>2+</sup>が多く、次いでMg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>の順であり、陰イオンではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の占める割合が多いのが顕著であり、次いでNO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>の順であった。

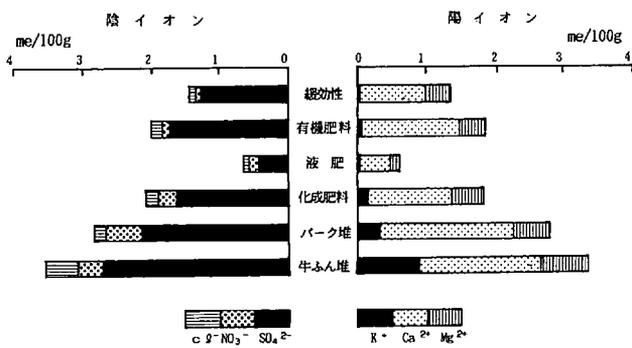
土壌ECについて見ると液肥区の0.26mS/cmに比較して牛ふん堆肥区は1.2mS/cmと高く、各種イオンの蓄積が顕著であった。また、有機質肥料区、化成肥料区の



第1図 促成栽培における窒素成分の溶出



第2図 半促成栽培における窒素成分の溶出



第3図 各種肥料と堆肥連用による跡地土壌の土壌浸出液中のイオン組成(6作後)

ECは0.6mS/cmであるのに対して緩効性肥料区(CDU、LP)は0.4mS/cmと低いレベルを維持しているのが明らかであった。

考 察

現地における施肥管理の実態から主要産地においても

農家の施肥管理の基準は慣行と草勢を見ながらの感と経験に頼るものが大部分であった。また、優良農家ほど施肥量や堆肥の施用が多く、摘花、摘葉あるいはかん水作業などに重点を置いており、土壌の養分濃度が適正域からはずれていても栽培管理面から、かなりの高収量を得ているのが実状と考えられた。

現地における葉柄汁液の硝酸イオン濃度は各ほ場とも診断基準値より概ね高く推移しており、どちらかといえば草勢が旺盛なほ場が多く見受けられた。現地では作付け体系にメロンが入り、年間2~3作を栽培するため、養分過剰に敏感なメロン作で富化養分の調節を図っているほ場も多く認められた。このことから施設栽培では単にその作での施肥量だけではなく年間を通した施肥基準についての検討の必要性も示唆された。

上述したように、土壌養分の過剰蓄積が懸念されていても生産現場において現段階ではその対応策が取られている状況にはない。既に20~30年間の連作により土壌養分が過剰に集積しているほ場では慣行施肥管理を継続すればさらに土壌環境が悪化することは明らかである。

いずれにしても茎葉部の生育と果実肥大が同時に進行

するトマト栽培では追肥開始時期と追肥の間隔をどの程度にするのが極めて重要と判断される。従ってリアルタイム栄養診断は葉色や草勢からだけでは判断できない汁液中の硝酸イオン濃度を基準にしているため追肥の目安が容易にできる点で科学的根拠に基づく合理的な施肥法と考えられる。

具体的には、基肥が緩効性の場合には3日目花房の着果期を目安とし、施肥量は促成栽培では10～14日、半促成栽培では7～10日間隔で10aあたり窒素、カリウム成分をそれぞれ1kg施用すればほぼ診断基準値の範囲内で収穫終了時まで推移する。しかし、追肥開始が遅れ、硝酸濃度が基準値以下に低下してしまうと、その後、追肥量を多くしてもなかなか回復せず、同時に草勢も衰える。この原因は茎葉部の生育と果実肥大のバランスがくずれて、より生殖生長に傾いてしまうためと考えられる。本栽培試験では窒素施肥量を25kg/10aとして、追肥の目安を汁液中の硝酸濃度としているためこのような危険性は少なかったが、基肥に使用した各種肥料の肥効の違いを反映して葉柄汁液中の硝酸濃度はほぼ診断基準値内に納まるものの、2倍程度の差が認められた。

施肥からの窒素成分の溶出パターンは有機質肥料や普通の化成肥料では、肥効の継続が栽培時期によって異なるものの極端に地温が低下することがないハウス環境下では生育とのズレはそれほど問題にならなかった。しかし、肥効調節型肥料ではトマトの栽培時期により窒素成分の溶出に大きな差が認められた。そこでトマト栽培に使用する各種肥料からの窒素成分の溶出パターンを把握しておくことも重要なポイントになると考えられる。

促成栽培では定植時期の9月中旬の平均地温は22～23℃であるが、しだいに低下していき収穫期の12月～2月では11℃～14℃の低温となる。そのため養分の溶出が温度に大きく影響される肥効調節型肥料を利用した場合は窒素成分の溶出が遅れるため、茎葉部の生育と果実肥大が旺盛になり、窒素養分を必要とする時期に必要な量が溶出しないというズレが生じる危険性がある。本試験の結果からも促成栽培での肥効調節型肥料の利用は単独では難しく、今後さらに溶出タイプ、種類等について検討する必要性が示唆された。

一方、半促成栽培では定植時期の3月中旬の平均地温は15～17℃と低温であるが、生育が旺盛になり追肥を開始する5月では22～23℃、収穫期ではさらに高温となるため溶出タイプに見合った窒素の溶出量が期待できる。

6段階摘心栽培の場合では基肥にCDU化成と50日タイプの被覆尿素を用い、不足する分を追肥(液肥)で補うか、70日タイプを用いた場合は全量基肥施用のみでよく、両施肥法とも葉柄汁液の硝酸濃度は診断基準の範囲で推移するとともに高収量が得られた。地温の高い半促成栽培では肥効調節型肥料からの窒素成分の溶出とトマトの養分吸収とが合致するためと観察された。

以上のことから窒素溶出パターンの異なる緩効性肥料を組み合わせることによりトマトの養分吸収に合った合理的な施肥管理が可能と判断した。

施設土壌ではリン酸が過剰に蓄積していることが実態

調査の結果からも明らかである。既にリン酸含量が100mg/100g程度存在している土壌で、リン酸を無施用として硝酸とカリウムのみを液肥で葉柄汁液中の硝酸濃度の診断基準値を目安にして施用したところ、慣行区より20%の減肥で収量、可販果率とも優れる結果が得られた。原因として液肥は根に及ぼすストレス<sup>1)</sup>が普通の化学肥料より小さく、また利用率も高いためと考えられた。既に北村ら<sup>2)</sup>が液肥のみによる施肥法で33%の減肥で慣行区と同等かそれ以上の収量が得られたと報告していることと一致する。キュウリでも同等な結果が報告<sup>3)</sup>されているように液肥の利用は作物の養分吸収に合った施肥管理がよりの確に行えらるとともに、土壌養分の程度に応じた施肥管理が可能であることからリアルタイム栄養診断に適した今後の新しい施肥システムとして定着するものと予想される。

トマトとメロンの作付体系で6作栽培した跡地土壌のイオン組成は施肥の種類、有機物の連用により大きな変化が認められ、液肥区(0.2mS/cm)に比較して牛ふん堆肥区(1.2mS/cm)では各種イオンの蓄積が顕著であった。現地実態調査からもセルカ(有機石灰)を100～200kg/10a、牛ふん堆肥を2～4t/10a施用する施設が大部分を占めることからこれらの資材が土壌養分の集積に及ぼす影響は無視できない。瀧ら<sup>4)</sup>が報告しているように有機物の施用は $SO_4^{2-}$ の蓄積並びにECを上昇させる主要因となるため、地力維持や物理性の改善に必要な施肥量以外は今後避けるべきと考えられる。また、有機質肥料区、化成肥料区のECは0.6mS/cmであるのに対して緩効性肥料区(CDU、LP)は0.4mS/cmと比較的低いレベルを維持した。このことから、液肥や副成分を含まない肥効調節型肥料の利用は土壌のECを高めず、硫酸根等の塩類集積が起らないため持続的生産が可能になると判断される。

以上のように、従来の慣行栽培が経験的に基肥、追肥を行っているのに対して、リアルタイム栄養診断は診断基準に基づいて養分濃度を適正にコントロールするもので応用範囲が広く、かつ安全性も高い施肥技術と考えられる。すなわち養分が十分あれば追肥を控え、不足していれば程度に応じて施肥するもので、トマトの生育ステージごとのきめの細かい施肥管理が可能になるとともに、養分過剰を生じさせない施肥法である。従って、将来にわたって安定した持続的生産が可能となり、環境負荷軽減にも役立つと考えられる。

なお、現地調査に当たってご協力いただいた豊橋並びに田原農業改良普及センターの担当者の方々に感謝いたします。

## 引用文献

1. 愛知県農業総合試験場, 平成3年度土壌環境基礎調査(定点調査)成績書(東三河地域), 生産環境部土壌保全対策資料36, 135～147(1994)
2. 土壌養分測定法委員会編, 土壌養分分析法, 養賢堂, 東京, p135～147(1970)

3. 北村秀教・中根昌美, 液肥による隔離ベットトマトの環境保全型栽培, 愛知農総試研報26, 177~184 (1994)
4. 日本土壌肥料学会編, 塩集積土壌と農業, 博友社, 東京, 71-119 (1991)
5. 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)
6. 植物栄養実験法編集委員会編, 作物生育・栄養診断法, 植物栄養実験法, 博友社, 東京, 361-401 (1990)
7. 武井昭夫・早川岩夫・嶋田永生, 施設栽培における土壌環境要因の解析と改善に関する研究(第1報) 施肥法の相違による土壌養液濃度がトマトの生育に及ぼす影響, 愛知農総試研報(B.2), 31-39 (1970)
8. 瀧勝俊・沖野英夫, 施設土壌における硫酸塩蓄積の原因 (1)東三河地域トマト施設土壌について, 愛知農総試研報23, 271-280 (1991)
9. ———, 県内トマト栽培施設における塩類蓄積の実態と硝酸態窒素の簡易測定法の検討, 愛知農総試研報22, 285-293, (1990)
10. 山田良三, 加藤俊博ら, 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 (1995)
11. 米山忠克ら, 植物生体液の溶出濃度, 汁液栄養診断の基礎, 農業及び園芸, 養賢堂, 東京, 951-957 (1995)