

第三章 施設トマトにおける汁液栄養診断に基づく窒素肥料低減化技術

第1節 施肥前の土壌中硝酸態窒素量が汁液栄養診断に基づく施肥量に及ぼす影響

1. 緒言

トマトなどの果菜類は栽培期間が長く、肥培管理の中で追肥の時期と量が生産物の収量や品質を決定するポイントである。これまで、追肥は、あらかじめ予定された時期に一定量を与えるか、農家が経験と勘を基に生育状態を観察して判断していた。このような方法では、必ずしも適切な時期に施用しているか明らかでなく、過剰に施肥されている傾向にあった¹²⁹⁾。この欠点を補うため、近年、トマト栽培では作物栄養診断の研究^{1,13,32,63,94,119,122)}が進められている。汁液栄養診断は、作物の汁液の硝酸濃度を測定し、それに基づいて施肥する方法で、より作物の要求に即した手法と考えられる。建部ら¹⁰⁷⁾や出岡ら²⁷⁾により、作物の汁液硝酸濃度を簡易に分析する方法が報告され、迅速な栄養診断が可能となった。

一方、郡司掛^{18,19)}が指摘するように、栽培が長期にわたる作目では、過剰施肥に伴い、残存窒素すなわち施肥前の土壌中硝酸態窒素が多量に存在し、その量によっては作物の初期生育に影響を及ぼすのを無視できないものと考えられる。しかし、栄養診断に基づいた適正窒素施肥量を検討した研究のなかで、施肥前の土壌中硝酸態窒素量の影響をみたものは見あたらない。

そこで、著者は施肥前の土壌中硝酸態窒素量の異なるほ場を供試し、栄養診断に基づく追肥法における窒素施肥量と収量に及ぼす影響を検討した。

2. 材料および方法

1) 栽培法

試験場所は、千葉県農業総合研究センター（千葉市）内のビニールハウスとした。

土壌は、表層腐植質黒ボク土（米神統）で、土性は壤土である。土壌の化学性は、全炭素3.51%、全窒素0.30

%、pH(H₂O)は6.2である。前作はトマトである。トマトの作型は半促成栽培で、供試品種は「ハウス桃太郎」（タキイ種苗）である。栽植密度は、畦幅130cm、株間35cmの1条植(21,980株ha⁻¹)、整枝法は、直立1本仕立9段どりとした。施肥は千葉県施肥基準⁹⁾に準じた。基準基肥は、CDU化成(N-P₂O₅-K₂O=15-15-15)を用いて窒素成分で150kg ha⁻¹を定植10日前に全面施用した。基準追肥は、千葉液肥2号(N-P₂O₅-K₂O=10-4-8)を用いて窒素成分で1回当たり15kg ha⁻¹とし、月に2回の割合で合計11回行った。ただし、最終の追肥は、窒素成分で10kg ha⁻¹とし、追肥の総窒素成分を160kg ha⁻¹とした。栄養診断に基づく追肥は、栄養診断試料調整法および栄養診断に基づく追肥法に示した。

2) 各年次の設計

試験は、施肥前に土壌中硝酸態窒素量を調査し、栄養診断の期間中に葉柄汁液の硝酸濃度に差がでるように、基肥窒素量を数レベル設けた。この条件下で、汁液栄養診断に基づく追肥を行う方法を1998年～2000年の3年間実施した。3ヶ年の試験区、前作および施肥前の土壌中硝酸態窒素量をまとめて第15表に示した。

1998年の試験区は、基肥窒素量を変えた以下の4区、すなわち、基肥窒素量を県施肥基準の150kg ha⁻¹施用した区(基肥100%区)、75kg ha⁻¹施用した区(基肥50%区)、38kg ha⁻¹施用した区(基肥25%区)、0kg ha⁻¹とした区(基肥0%区)を設けた。追肥は、いずれも栄養診断に基づき、基準値を下回った場合、動力噴水器を用いて所定量の液肥を希釈して、かん水用チューブから施用した。各区2反復とした。供試ほ場は、基肥施用1ヶ月前に5日間かん水を続けて除塩を行った。播種は1998年9月21日、定植は11月26日、栄養診断は1999年1月14日から6月2日にかけて行った。

1999年の試験区は、施肥前の土壌中硝酸態窒素が異なる2ほ場で設定した。それぞれのほ場に、1998年と同様の基肥窒素量の異なる4区を設け、反復はとらなかった。播種は1999年9月22日、定植は11月22日、栄養診断は2000年1月13日から5月31日にかけて行った。

第15表 3ヶ年の試験区、前作および施肥前の深さ別土壌中硝酸態窒素量

年	試験区(基肥窒素量:基準150kgha ⁻¹)	前作	施肥前の土壌中硝酸態窒素(mgkg ⁻¹ 乾土)			
			0-15cm	15-30cm	30-45cm	45-60cm
1998	基肥100%、基肥50%、基肥25%、基肥0%	トマト、除塩処理	30	60	50	80
1999	基肥100%、基肥50%、基肥25%、基肥0%	トマト、基準施肥	190	150	110	120
	同上	トマト、基準50%施肥	140	120	80	90
2000	基肥100%、基肥50%、基肥0%、基準施肥	トマト、基準施肥	200	180	110	130

2000年の試験区は、栄養診断施肥区と基準施肥区を設けた。栄養診断施肥区は、1998年に準じて基肥窒素量の異なる以下の3区、基肥100%区、基肥50%区および基肥0%区とした。対照となる基準施肥区は、千葉県の施肥基準に準じて基肥窒素を150kg ha⁻¹、追肥窒素160kg ha⁻¹の合計310kg ha⁻¹とした。各区2反復とした。播種は2000年10月2日、定植は11月27日、栄養診断は2001年1月14日から6月2日にかけて行った。

3) 収量調査法

トマトの収量調査は、収穫期間中毎週2回行った。収穫物は、園芸作物出荷規格³⁾に基づき、上物と下物に分けて個数と重量を調査した。収量の調査は、各区20株とした。

4) 栄養診断法

栄養診断のための試料採取は、以下の方法^{119,120)}で行なった。採取するトマト部位は、ピンポン玉程度に肥大した果房(直径2~4cm)直下の葉の中央に位置する小葉の葉柄とした。小葉柄は、試験区に設けた収量調査区画20株のなかからそれぞれランダムに7~10葉採取した。葉柄汁液は、得られた小葉柄を1cm程度に細断し、ニンニク絞り器を用いて採取し、これを1サンプルとした。実施する天候および時間は、雨天を避け、晴天又は曇天の午前中(9~12時)とした。硝酸濃度の分析は、採取した葉柄汁液を蒸留水で100倍または50倍に希釈して小型反射式光度計(RQフレックスシステム、関東化学社

製、東京)で測定した¹⁰⁷⁾。

5) 栄養診断に基づく追肥法

追肥は、葉柄汁液の硝酸濃度が2,000mg L⁻¹を下回った時、その翌日に、千葉液肥2号(N-P₂O₅-K₂O=10-4-8)を窒素成分で15kg ha⁻¹施用した。

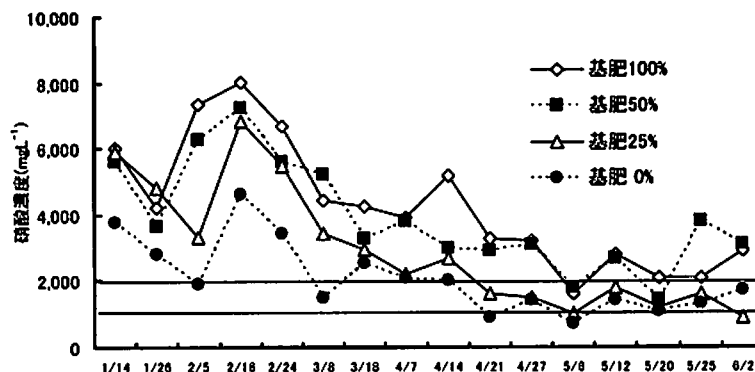
6) 土壌中硝酸態窒素の分析

土壌試料は、毎作施肥7日前と収穫終了の翌日に、ベッド中央部の深さ0~60cmから15cm層毎に採取した。硝酸態窒素濃度は、生土20gに100mLの蒸留水を加えて30分間振とうし、ろ過後、オートアナライザー(トラックス800:ブランルーベ社製)により分析した。

3. 結果

1) 栄養診断に基づく追肥と収量との関係

(1998年)異なる基肥量条件下におけるトマト葉柄汁液の硝酸濃度推移(反復1)を第11図に示した。葉柄汁液の硝酸濃度は、基肥100%区および基肥50%区では5月上中旬に2,000mg L⁻¹前後を推移し、摘心処理した5月下旬以降は2,000mg L⁻¹以上になった。基肥0%区は収穫開始直前の3月上旬に2,000mg L⁻¹を下回り、基肥25%区は4月下旬から2,000mg L⁻¹以下となった。また、基肥25%区と基肥0%区では、2,000mg L⁻¹を基準に追肥したにも関わらず、4月下旬以降6月初旬まで1,000mg L⁻¹前半、場合によっては、1,000mg L⁻¹以下で推移し、摘心処理後も2,000mg L⁻¹以上にならなかった。反復2



第11図 異なる基肥量条件下におけるトマト葉柄汁液の硝酸濃度推移(反復1、1998年)

第16表 異なる基肥量が栄養診断に基づく追肥量および収量に及ぼす影響(1998年)

試験区	施肥窒素量(kgha ⁻¹)			総収量(株当たり)		上物収量(株当たり)	
	基肥	追肥	合計	個	g	個	g
基肥100%	150	15 (1.0)	165	33.7 a	3,942 a	22.2 a	2,462 a
基肥50%	75	45 (3.0)	120	32.5 a	3,786 a	22.2 a	2,426 a
基肥25%	38	113 (7.5)	151	31.1 a	3,147 b	22.7 a	2,230 a
基肥0%	0	128 (8.5)	128	30.8 a	3,082 b	23.2 a	2,242 a

注1) ()内の数値は、2反復を平均した追肥回数を示す。

注2) 異なる英小文字は、Tukey法により5%で有意差あり。n = 2

における葉柄汁液の硝酸濃度推移は、反復1とほぼ同じ傾向を示した（データ省略）。

異なる基肥量が栄養診断に基づく追肥量および収量に及ぼす影響を第16表に示した。基肥と追肥との合計施肥窒素量は、基肥100%区が追肥1.0回で165kg ha⁻¹、基肥50%区が追肥3.0回で120kg ha⁻¹、基肥25%区が追肥7.5回で151kg ha⁻¹、基肥0%区が追肥8.5回で128kg ha⁻¹であった。

株当たり総収量は基肥100%区と基肥50%区が3,700g以上であったのに対し、基肥25%区が3,147g、基肥0%区が3,082gと少なかった。上物収量は、基肥100%区と基肥50%区が2,400g台であったのに対し、基肥25%区と基肥0%区が2,200g台と統計的有意差はなかったものの少ない傾向にあった。

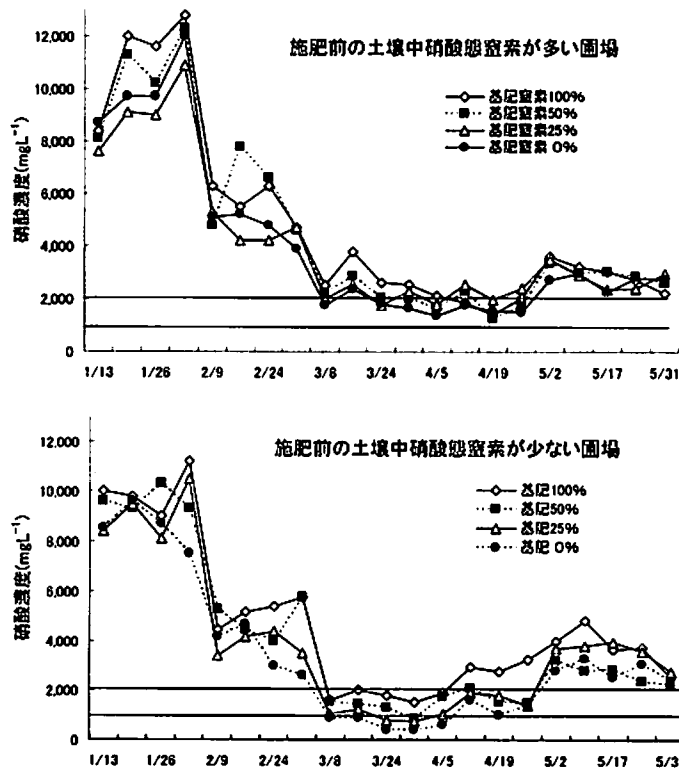
（1999年）施肥前の土壤中硝酸態窒素量が多いほ場と少ないほ場におけるトマト葉柄汁液の硝酸濃度推移を第12図に示した。土壤中硝酸態窒素量が多いほ場における葉柄汁液の硝酸濃度は、すべての区で収穫開始となった3月上旬に2,000mg L⁻¹前後まで急激に低下し、トマトの摘心処理を行った5月上旬までは2,000mg L⁻¹前後を推移し、それ以降はすべての区で2,000mg L⁻¹以上となった。

施肥前の土壤中硝酸態窒素量が少ないほ場における葉柄汁液の硝酸濃度は、収穫開始となった3月上旬に急激に低下し、2,000mg L⁻¹を基準に追肥したにも関わら

ず、3月上旬から4月上旬にかけてすべての区で2,000mg L⁻¹を下回った。それでも基肥100%区、基肥50%区および基肥25%区では1,000mg L⁻¹以上はほぼ維持できたが、基肥0%区では1,000mg L⁻¹を大幅に下回った。摘心処理を行った5月上旬以降は、すべての区で2,000mg L⁻¹以上で推移した。

施肥前の土壤中硝酸態窒素量が異なるほ場における栄養診断に基づく追肥量および各区の収量に及ぼす影響を第17表に示した。施肥前の土壤中硝酸態窒素量が多いほ場における基肥と追肥との合計窒素量は、基肥100%区が追肥2回で180kg ha⁻¹、基肥50%区が追肥3回で120kg ha⁻¹、基肥25%区が追肥4回で98kg ha⁻¹、基肥0%区が追肥7回で105kg ha⁻¹であった。一方、施肥前の土壤中硝酸態窒素量が少ないほ場では、基肥100%区が追肥4回で210kg ha⁻¹、基肥50%区が追肥7回で180kg ha⁻¹、基肥25%区が追肥8回で158kg ha⁻¹、基肥0%区が追肥8回で120kg ha⁻¹であった。

トマト収量は、施肥前の土壤中硝酸態窒素量が多いほ場では、株当たり総収量および上物収量は、いずれの区でも同等であった。一方、施肥前の土壤硝酸態窒素量が少ないほ場において、総収量は、基肥100%～基肥25%区が約4,000gであるのに対し基肥0%区が3,763g、同様に、上物収量も基肥100%～基肥25%区が約2,700gであるのに対し基肥0%区が2,429gといずれも少ない傾向を示した。



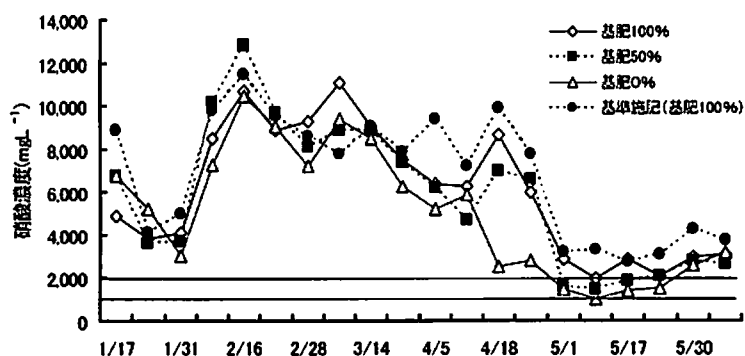
第12図 施肥前の土壤中硝酸態窒素量が多いほ場と少ないほ場におけるトマト葉柄汁液の硝酸濃度推移（1999年）

第17表 施肥前の土壤中硝酸態窒素が異なるほ場における栄養診断に基づく追肥量および各区の収量 (1999年)

施肥前の土壤中硝酸態窒素が多い圃場							
試験区	基肥窒素 (kg ha ⁻¹)	追肥窒素 (kg ha ⁻¹)	施肥窒素 (kg ha ⁻¹)	総収量 (株当たり)		上物収量 (株当たり)	
				個	g	個	g
基肥100%	150	30 (2)	180	31.7	4,182	21.2	2,730
基肥50%	75	45 (3)	120	31.5	4,116	23.0	2,973
基肥25%	38	60 (4)	98	31.3	4,145	22.0	2,858
基肥0%	0	105 (7)	105	31.3	4,121	22.5	3,002

施肥前の土壤中硝酸態窒素が少ない圃場							
試験区	基肥窒素 (kg ha ⁻¹)	追肥窒素 (kg ha ⁻¹)	施肥窒素 (kg ha ⁻¹)	総収量 (株当たり)		上物収量 (株当たり)	
				個	g	個	g
基肥100%	150	60 (4)	210	32.1	3,844	22.7	2,657
基肥50%	75	105 (7)	180	33.0	4,075	22.4	2,732
基肥25%	38	120 (8)	158	32.1	4,131	22.5	2,791
基肥0%	0	120 (8)	120	32.0	3,763	21.0	2,429

注) () 内の数値は、追肥回数を示す。



第13図 異なる基肥量条件下におけるトマト葉柄汁液の硝酸濃度推移 (反復1、2000年)

第18表 異なる基肥量が栄養診断に基づく追肥量および各区の収量に及ぼす影響 (2000年)

試験区	施肥窒素量(kg ha ⁻¹)			総収量 (株当たり)		上物収量 (株当たり)	
	基肥	追肥	合計	個	g	個	g
基肥100%	150	15 (1.0)	165	34.1 a	4,009 a	22.0 a	2,851 a
基肥50%	75	60 (4.0)	135	35.6 a	4,168 a	23.6 a	2,948 a
基肥0%	0	75 (5.0)	75	35.6 a	4,108 a	22.2 a	2,809 a
基準施肥	150	160 (11.0)	310	35.5 a	3,976 a	22.8 a	2,797 a

注1) () 内の数値は、2反復を平均した追肥回数を示す。

2) 同一英小文字は、Tukey法により5%で有意差なし。n = 2。

(2000年) 異なる基肥量条件下におけるトマト葉柄汁液の硝酸濃度推移 (反復1) を第13図に示した。葉柄汁液の硝酸濃度は、各区とも収穫開始時の3月中旬で8,000 mg L⁻¹以上あったが、0%区が、4月中旬に急激に低下し3,000 mg L⁻¹程度となり、100%区および50%区が5月上旬に急激に低下し、100%区が3,000 mg L⁻¹程度、50%区が2,000 mg L⁻¹程度になった。その結果、基肥100%区では、収穫中期の5月上旬に2,000 mg L⁻¹を1回のみ下回り、基肥50%区および基肥0%区で、収穫中期の5月上旬に2,000 mg L⁻¹を数回下回ったものの1,000 mg L⁻¹以

上を維持することができた。摘心処理後の5月中旬以降はすべての区で2,000 mg L⁻¹以上となった。また、参考として測定した基準施肥区では、全期間において葉柄汁液の硝酸濃度が2,500 mg L⁻¹を下回ることにはなかった。反復2における葉柄汁液の硝酸濃度推移は、反復1とほぼ同じ傾向を示した (データ省略)。

異なる基肥量条件下における栄養診断に基づく追肥量が収量に及ぼす影響を第18表に示した。基肥と追肥との合計窒素量は、基肥100%区が追肥1.0回で165 kg ha⁻¹、基肥50%区が追肥4.0回で135 kg ha⁻¹、基肥0%区が追肥

5.0回で75kg ha⁻¹であった。栄養診断に基づいた各区の総収量および上物収量は、いずれも基準施肥区と同等以上であった。

2) 収穫終了跡地の土壤中硝酸態窒素

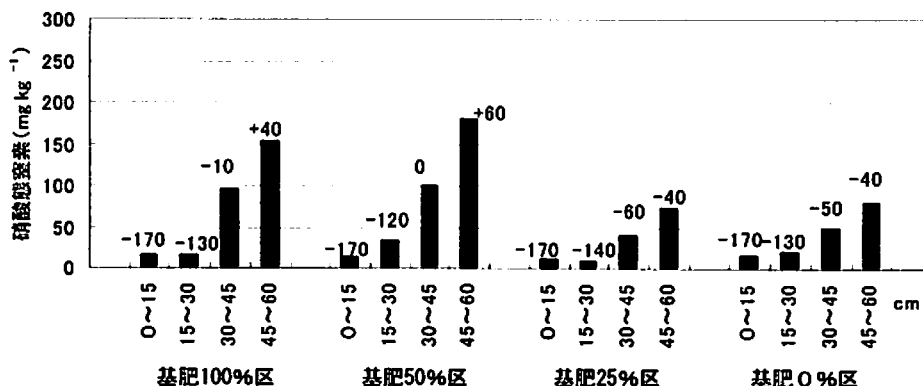
1999年に実施した施肥条件の異なるほ場においてトマトを栽培した跡地土壤中硝酸態窒素量を第14図に示した。施肥前の土壤硝酸態窒素量が多いほ場においては、すべての区の0~30cm層で30mg kg⁻¹以下であった。30~45cm層では基肥100%区と基肥50%区が100mg kg⁻¹程度、基肥25%区と基肥0%区が40~50mg kg⁻¹であった。45~60cm層では基肥100%区と基肥50%区が150~180mg kg⁻¹、基肥25%区と基肥0%区が80mg kg⁻¹程度であった。

施肥前の土壤硝酸態窒素量が少ないほ場においては、すべての区の0~30cm層で20mg kg⁻¹以下で、30~45cm層で70mg kg⁻¹以下であった。45~60cm層では基肥50%区を除くと80mg kg⁻¹以下であった。このように、施肥前の土壤硝酸態窒素量の多少に関わらず、すべての区で基肥25%区と基肥0%区は、0~30cm層で30mg kg⁻¹以下、30~60cm層で80mg kg⁻¹以下となり、ほぼ同等であった。また、基肥100%区と基肥50%区は、施肥前の土壤硝酸態窒素

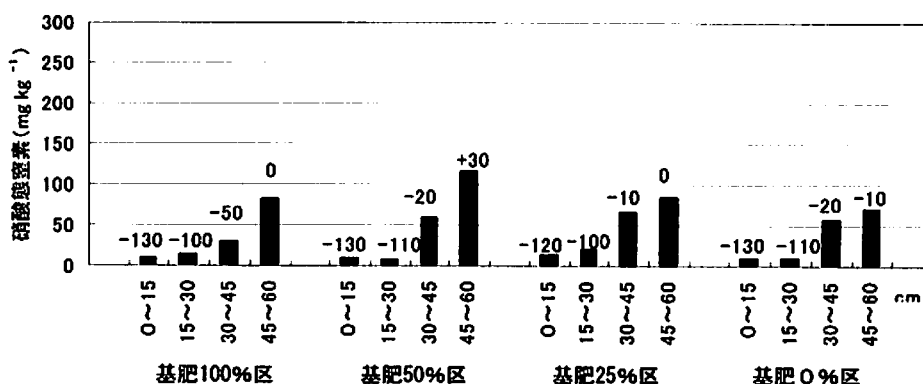
量の多少に関わらず0~30cm層で30mg kg⁻¹以下で、30~60cm層では、施肥前の土壤硝酸態窒素量が多いほ場が180mg kg⁻¹以下、少ないほ場が120mg kg⁻¹以下であった。

施肥前と跡地の土壤中硝酸態窒素量の差を第14図の棒グラフの上部に数値で示した。施肥前の土壤中硝酸態窒素量の多いほ場において、栽培跡地の土壤中硝酸態窒素量は、いずれの区も0~15cm層では170mg kg⁻¹、15~30cm層では120~140mg kg⁻¹施肥前より減少した。30~45cm層では基肥100%区と基肥50%区が施肥前とほぼ同等、基肥25%区と基肥0%区で50~60mg kg⁻¹減少した。45~60cm層では基肥100%区と基肥50%区で40~60mg kg⁻¹施肥前より増加し、基肥25%区と基肥0%区では40mg kg⁻¹程度減少した。一方、施肥前の土壤中硝酸態窒素量の少ないほ場において、栽培跡地の土壤中硝酸態窒素量は、いずれの区も0~15cm層では120~130mg kg⁻¹、15~30cm層では100~110mg kg⁻¹施肥前より減少した。30~45cm層では基肥100%区と基肥50%区が20~50mg kg⁻¹減少し、基肥25%区と基肥0%区で10~20mg kg⁻¹減少した。45~60cm層では基肥50%区を除けば、施肥前とほぼ同等であった。

(施肥前の土壤硝酸態窒素量が多いほ場)



(施肥前の土壤硝酸態窒素量が少ないほ場)



第14図 施肥条件の異なるほ場におけるトマトを栽培した跡地土壤中硝酸態窒素量 (1999年)

注1) 棒グラフの上部の数値は、施肥前の土壤中硝酸態窒素量から

跡地の土壤中硝酸態窒素量を引いた値 (mg kg⁻¹)。

2) 0~15cm、15~30cm、30~45cmおよび45~60cmは、採取土壌の深さである。

4. 考察

栄養診断に基づく施肥をより効果的で信頼性の高いものにするためには、試験の前提条件を整理しながら栄養診断による施肥試験を行い、科学的に検証を行う必要がある。著者らは、特に施肥前の土壤中硝酸態窒素がトマトの生育に大きく関わることに注目した。そこで、本試験では施肥前の土壤中硝酸態窒素量の違いによる、適正な基肥および追肥量の整理を試みた。

千葉県施肥基準の基肥窒素量に対し基肥100%、基肥50%、基肥25%、基肥0%（それぞれ窒素として150、75、38、0 kg ha⁻¹）を設定し、栄養診断に基づく追肥を行う試験を1998～2000年の3年間実施した。その結果、目標収量を確保するための最適総施肥窒素量は、年次、基肥量ごとに異なっていた。すなわち、本施肥法を適用して最も肥料を節約した上で目標収量を維持したのは、1998年は基肥50%区で総施肥窒素量は120 kg ha⁻¹、1999年は、施肥前の土壤中硝酸態窒素量が多いほ場では基肥25%区で総施肥窒素量が98 kg ha⁻¹、施肥前の土壤中硝酸態窒素量が少ないほ場では基肥25%区で総施肥窒素量が158 kg ha⁻¹、2000年は基肥0%区で追肥窒素のみの75 kg ha⁻¹を与えた処理区であった。これを、施肥前の土壤中硝酸態窒素濃度で整理してみると、除塩処理により最も硝酸態窒素が少なかった1998年の試験では、基準の50%の基肥を必要としたが、施肥前に200 mg kg⁻¹という高濃度硝酸態窒素を含んでいた2000年の試験では基肥は不要であった。またその中間濃度の1999年の試験では基肥は25%が適正であった。このことは、試験年次を超えて、土壤中の硝酸態窒素の範囲により基肥の削減率を推定できることを示唆するものである。

1999年の試験における施肥前と跡地との土壤中硝酸態窒素量の差について、0～60 cmの各層の平均値で見ると、施肥前の土壤中硝酸態窒素量が多いほ場では、基肥100%区と基肥50%区が57～69 mg kg⁻¹、基肥25%区と基肥0%区が97～105 mg kg⁻¹であった。一方、土壤中硝酸態窒素量が少ないほ場では、基肥窒素量に関わらず、その差は56～70 mg kg⁻¹と同程度であった。供試ほ場の来歴や試験設計から、土壌からの無機化、脱窒、溶脱の処理間差は小さいものと仮定すると、作付け前後の土壤中硝酸濃度の差が基肥の施用量が少ない処理区で大きかったことは、トマトによる土壤中硝酸態窒素の吸収量が大きかったことによるものと考えられる。施肥前の土壤中硝酸態窒素は基肥の速効性窒素と同様とみなせるので、トマトの窒素吸収において施肥前の土壤中硝酸態窒素は無視できない。

さらに、施肥前と跡地との土壤中硝酸態窒素量の差(第14図)から、0～30 cm層においてトマトが施肥前の土

中硝酸態窒素量を効率よく利用していることが理解できる。特に、基肥窒素が少ない場合、トマトへの土壤中硝酸態窒素の寄与は大きいと考えられる。それゆえ、土壌診断に基づいた基肥窒素の施用が重要と考えられた。基肥窒素量の目安としては、施肥前の土壌診断で0～30 cm層の硝酸態窒素が150 mg kg⁻¹以上なら不要、100～150 mg kg⁻¹であれば県施肥基準の25%にあたる38 kg ha⁻¹程度、100 mg kg⁻¹以下であれば施肥基準の50%にあたる75 kg ha⁻¹程度と判断した。

以上のように、トマトの目標収量を得るのに必要な窒素は、予め施肥前の土壤中硝酸態窒素量を測定し、基肥量を適正に設定した上で、栄養診断に基づいて追肥の時期と量を判断していくことが望ましいと考えられる。

栄養診断の方法については、半促成栽培ではトマト肥大期の果房直下にある葉柄が最も敏感に植物体の栄養状況を反映すると判断し、山田ら¹²⁰⁾の手法を採用した。また、基準値についても、山田ら¹¹⁹⁾が半促成栽培の収穫期で1,000～2,000 mg L⁻¹としたことに着目し、本試験では2,000 mg L⁻¹一定とした。理由は、1,000 mg L⁻¹を基準に追肥をしたのでは、結果的に1,000 mg L⁻¹以下になることが予想され、2,000 mg L⁻¹を基準に追肥をすれば結果的に1,000～2,000 mg L⁻¹を維持できると判断したことによる。

3年間施肥試験を行った結果、葉柄汁液の硝酸濃度が1,000 mg L⁻¹を下回らない範囲で管理できれば、従来の基準施肥量に対して最大で76%の減肥が可能で、しかも同等以上の収量が得られた。また、栄養診断追肥を実施していくと、跡地土壌に余剰の窒素を残さなくなると考えられる。このような栽培前の土壌中硝酸態窒素濃度が低く保たれているようなほ場において、収穫期の葉柄汁液中硝酸態窒素濃度が1,000 mg L⁻¹を保てないような場合には、栄養診断の間隔を短縮したり、1回の追肥量を多くするなどの方策により、葉柄汁液の硝酸濃度を適正值まで上げることは可能と考えられる。しかし、頻繁な栄養診断は農家での負担が増加し、1回の窒素量を増やすと成分濃度上昇による根系の障害や液肥ではかん水量の増加による肥料の拡散・溶脱も考えられるなど、現実的ではない。また、土壌中硝酸態窒素量が最も少ない条件のほ場（1998年の試験）ではそれ以外の年次と比べて収量レベルが低く、しかも、基肥が少ない処理区では総収量が有意に低くなった。気候等、年次間の差について考慮する必要はあるものの、収量を確保するには生育初期に一定量の速効性窒素が必要であることを示すものと考えられる。

以上のことから、半促成栽培トマトにおいて、本試験で採用した施肥前の土壌診断と収穫期の栄養診断に基づ

く施肥法は、採取位置、基準値、間隔と1回の追肥量を含めて合理的であり、現場に適応可能であると判断した。また、本試験は、表層腐植質黒ボク土の結果であるが、多腐植質や淡色などの黒ボク土であれば応用が可能と考えられる。

第2節 接ぎ木栽培における汁液栄養診断に基づく追肥量の削減

1. 緒言

近年、国内の施設野菜では、土壌消毒剤として最も効果のあった臭化メチル剤の使用が禁止となった。その結果、薬剤では、複数の土壌病害虫に対し十分な消毒効果が期待できなくなった。一方、台木は、土壌病害虫に対し複合抵抗性を有することから、接ぎ木栽培は土壌病害虫対策の手段として注目されてきた。台木は、一般に自根に比べて吸肥力が強いとされており^{25,27,100,111)}、接ぎ木栽培で栄養診断に基づく追肥を実施すると施肥窒素および土壌中硝酸態窒素がより効果的に利用されて、さらなる減肥が可能であると推察された。そこで、本報ではトマト半促成栽培において汁液栄養診断に基づく追肥による減肥効果を、接ぎ木および自根の両栽培法間で比較した。

2. 材料および方法

1) 試験場所

試験は、千葉県農業総合研究センター（千葉市）内の2棟のガラスハウス（12.8m×7.5m=96m²、前作トマト）で実施した。土壌は、表層腐植質黒ボク土（米神統）である。施肥1ヶ月前に1日当たり約200mmのかん水による除塩を7日間行った。処理後の土壌中硝酸態窒素量は、ハウス1では0~60cmの各層とも10~20mg kg⁻¹で、平均13mg kg⁻¹であった。ハウス2では0~60cmの各層とも20mg kg⁻¹以上で、平均30mg kg⁻¹であった。また、ハウス1の土壌（深さ0~15cm）はECが18.4mS m⁻¹、pH(H₂O)が6.6、ハウス2の土壌はECが18.9mS m⁻¹、pH(H₂O)が6.9であった。

2) 試験区的设计

試験区は、自根区（対照）に対し、吸肥力の異なる4種類の台木を供試した4区の合計5区とした。供試品種は、台木1が「ジョイント」（サカタのタネ）、台木2が「ドクターK」（タキイ種苗）、台木3が「マグネット」（サカタのタネ）、台木4が「影武者」（タキイ種苗）とした。なお、メーカーカタログでは、吸肥力の弱い品種は「ジョイント」と「ドクターK」、吸肥力が強い品種は「マグネット」と「影武者」である。供試株数は1区15株（6.8m²）とし、汁液栄養診断、生育、収量および品質

の調査は、両端の株を除いた13株（5.9m²）で実施した。試験はそれぞれハウスを反復とする2反復で行った。

3) 栽培概要

トマトの作型は、半促成栽培とした。穂木は「ハウス桃太郎」（タキイ種苗）とした。栽植密度は畦幅130cm、株間35cmの1条植（21,980株ha⁻¹）とした。整枝法は斜め誘引の10段どりとした。施肥前の土壌中硝酸態窒素量は、13~30mg kg⁻¹であることから、基肥窒素量は、前々報¹²⁰⁾の結果に基づき千葉県施肥基準⁹⁾の50%の75kg ha⁻¹を、CDU化成（N-P₂O₅-K₂O=15-15-15）で施用した。また、牛ふん堆肥（N-P₂O₅-K₂O=1.02-1.02-1.29）を10Mg ha⁻¹施用した。追肥は、汁液栄養診断^{119,120)}に基づいて施用した。播種は2003年10月23日、接ぎ木は11月14日、定植は12月12日であった。栄養診断は2004年2月18日から5月19日、収穫は2004年3月17日から6月18日に実施した。

4) 調査方法

生育調査は、摘心時の2004年4月27日に行った。草丈は、地際から成長点までの長さとし、葉長と葉幅は、第5果房直下にある本葉、茎径は第5果房直下で測定した。葉色は、第5果房直下にある本葉の最大小葉を葉緑素計（SPAD-502、コニカミノルタ社、東京）を用いて測定した。

収量調査は、収穫期間中毎週2回行った。収穫物は、園芸作物出荷規格⁹⁾に基づき、上物と下物に分けて個数と重量を調査した。

果実の品質については、1区20個体で2004年5月18日に実施した。糖度は、屈折式糖度計（ATAGO-N1、アタゴ社、東京）で、硬度（貫入抵抗値）は、直径8mmの円錐型先端を装着した圧縮荷重測定器（DPS II-R、イマダ社、東京）で測定した。

5) 栄養診断法

汁液栄養診断は、既報^{119,120)}に準じ、第1果房肥大期から第10果房肥大期まで週1回行った。その概略は、ピンポン玉程度に肥大した果房（直径2~4cm）直下の葉の中央に位置する小葉の葉柄を、調査対象13株の中からランダムに7~10葉採取し、搾汁液の硝酸濃度を小型反射式光度計¹⁰⁷⁾（RQフレックスシステム、メルク社製）で測定するものとした。

追肥は、葉柄汁液の硝酸濃度が2,000mg L⁻¹を下回った時¹²⁰⁾、その翌日に、千葉液肥2号（N-P₂O₅-K₂O=10-4-8）を窒素成分で15kg ha⁻¹施用した。なお、この栄養診断基準値は、穂木（ハウス桃太郎）が同じであれば、台木の品種に関わりなく2,000mg L⁻¹で良いこと¹³⁰⁾を確認している。

6) 土壌中硝酸態窒素分析法

土壌は、施肥7日前に深さ0~60cmについて15cm層毎

に各ハウスとも3ヶ所採取し、あわせて1サンプルとした。収穫終了後の土壌は、深さ0~60cmについて15cm層毎に各区ベッド中央部から2ヶ所採取し、あわせて1サンプルとした。

硝酸態窒素濃度は、生土20gに100mLの蒸留水を加えて30分間振とうし、ろ過後、オートアナライザー(トラックス800:ブランルーベ社製、東京)により分析した。

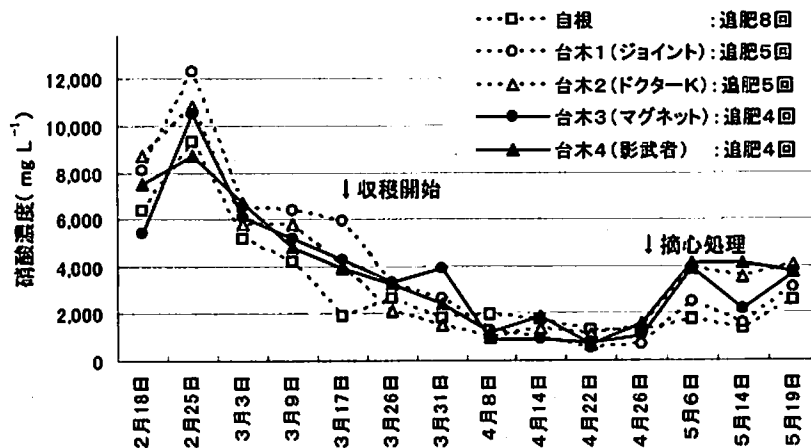
3. 結果

1) トマトの葉柄汁液中硝酸濃度推移および施肥窒素量

トマトの葉柄汁液中硝酸濃度推移(反復1)を第15図に示した。硝酸濃度は、収穫開始前の3月3日から3月17日にかけて、各台木区ともに自根区に比べて高く推移した。各台木区間に顕著な差はなかった。3月17日には、

自根区では2,000mg L⁻¹を下回ったが、各台木区では、4,000mg L⁻¹以上を維持していた。収穫開始後である3月31日には、自根区と台木2区が2,000mg L⁻¹を下回ったが、その他の台木区では2,000mg L⁻¹以上であった。4月8日から4月26日にかけては、自根区および各台木区でいずれも2,000mg L⁻¹を下回った。その後、摘心処理を行った4月27日以降の硝酸濃度は、5月6日の自根区および5月14日の自根区と台木1区を除き、いずれも2,000mg L⁻¹以上で推移した。栽培期間中の合計追肥回数は、自根区の8回に対して、台木区で4~5回であった。反復2における葉柄汁液中硝酸濃度推移もほぼ同様の傾向を示した。その合計追肥回数は、自根区の6回に対して、各台木区ではいずれも4回であった。

台木の異なる接ぎ木トマトの栄養診断に基づく追肥が施肥窒素量に及ぼす影響を第19表に示した。追肥窒素量



第15図 トマトの葉柄汁液中硝酸濃度推移(反復1:2004年)

第19表 台木の異なる接ぎ木トマトの栄養診断に基づく追肥が施肥窒素量に及ぼす影響

試験区	台木品種	吸肥力	追肥(回)	施肥窒素量		
				基肥(kg ha ⁻¹)	追肥(kg ha ⁻¹)	総量(kg ha ⁻¹)
自根(対照)	—	—	7.0 a	75	105 a	180 a
台木1	ジョイント	弱	4.5 b	75	68 b	143 b
台木2	ドクターK	弱	4.5 b	75	68 b	143 b
台木3	マグネット	強	4.0 b	75	60 b	135 b
台木4	影武者	強	4.0 b	75	60 b	135 b

注1) 吸肥力の強弱は、種苗会社のカタログによる。

2) 追肥回数、追肥量は、反復1と反復2の平均値である。

3) 異なる英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差あり。n=2。

第20表 台木の異なる接ぎ木トマトの摘心時の生育(2004年4月27日)

試験区	台木品種	草丈(cm)	葉長(cm)	葉幅(cm)	茎径(mm)	葉色
自根(対照)	—	299 a	49 a	49 a	12.7 a	47.9 a
台木1	ジョイント	292 a	48 a	52 a	13.4 a	46.6 a
台木2	ドクターK	284 a	47 a	48 a	12.3 a	47.4 a
台木3	マグネット	286 a	50 a	52 a	13.7 a	47.4 a
台木4	影武者	282 a	46 a	48 a	12.8 a	46.9 a

注) 同一英小字は、Tukey法により5%水準で有意差なし。n=2。

は、自根区の105kg ha⁻¹ (平均追肥回数7回) に対して、台木1区と台木2区が68kg ha⁻¹ (平均追肥回数4.5回)、台木3区と台木4区が60kg ha⁻¹ (平均追肥回数4回)であった。総施肥窒素量は、自根区が180kg ha⁻¹に対して、台木1区と台木2区が143kg ha⁻¹、台木3区と台木4区が135kg ha⁻¹であった。各台木区の自根区に対する施肥窒素減肥率は、21~25%であった。

2) トマトの生育、収量および品質

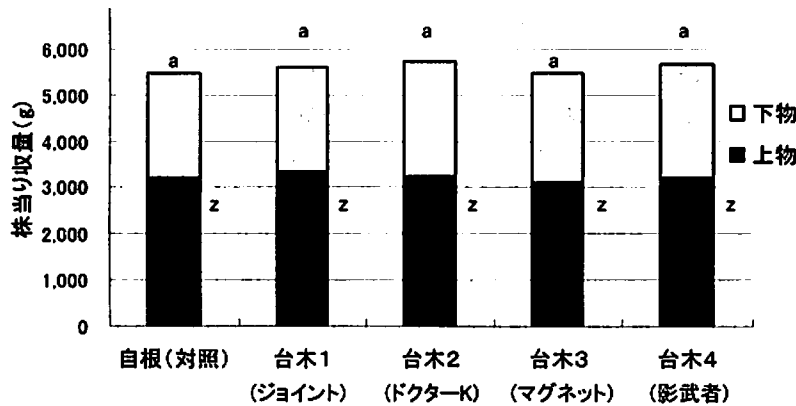
台木の異なる接ぎ木トマトの摘心時の生育を第20表に、収量を第16図に、果実の糖度および硬度を第21表に

示した。

摘心時の生育は、いずれの調査項目とも、区間差は認められなかった。また、上物収量および総収量とも、区間差は認められなかった。糖度および硬度についても、区間差は認められなかった。

3) 栽培跡地の土壌中硝酸態窒素量

栽培跡地の土壌中硝酸態窒素量 (反復1) を第17図に示した。栽培跡地の土壌中硝酸態窒素量は、自根区では0~30cm層で18~20mg kg⁻¹、30~45cm層で29mg kg⁻¹、45~60cm層で17mg kg⁻¹であった。それに対して各台木区では



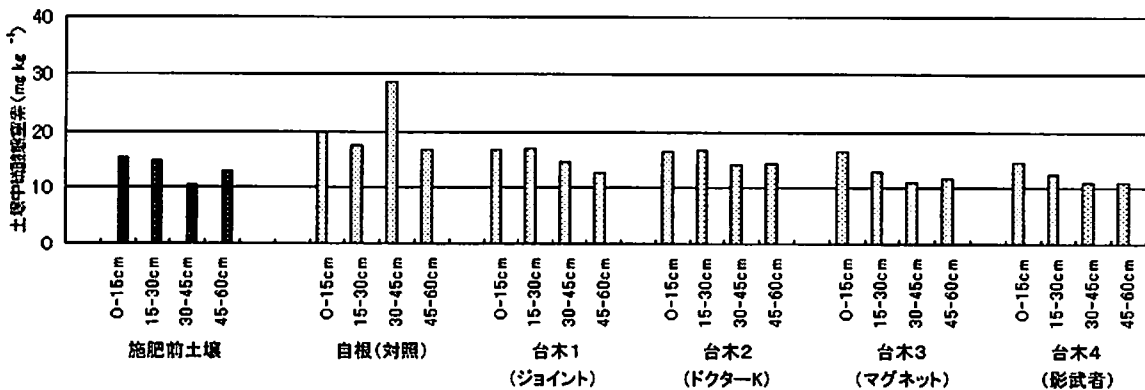
第16図 台木の異なる接ぎ木トマトの栄養診断に基づく追肥が収量に及ぼす影響

- 注1) 収量の重量は、反復1と反復2の平均値である。
 2) 同一英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差なし。n = 2。
 aは総収量、zは上物収量に対する有意性を示す。

第21表 台木の異なる接ぎ木トマトの栄養診断に基づく追肥が果実の糖度と硬度に及ぼす影響 (2004年5月18日)

試験区	台木品種	糖度 (Brix)	硬度 (g/cm ²)
自根 (対照)	-	6.1 a	599 a
台木1	ジョイント	6.0 a	583 a
台木2	ドクターK	6.0 a	581 a
台木3	マグネット	5.9 a	575 a
台木4	影武者	6.1 a	589 a

注) 同一英小文字は、Tukey法により5%水準で有意差なし。n = 2。



第17図 栽培跡地の土壌中硝酸態窒素量 (反復1 : 2004年)

注) 0~15cm、15~30cm、30~45cm、45cm~60cmは、採取土壌の深さである。

0~30cm層では、13~18mg kg⁻¹と自根区と同等かやや少なく、30~60cm層では吸肥力の弱いとされている台木1区と台木2区で15mg kg⁻¹程度と少なく、吸肥力が強いとされている台木3区と台木4区で10mg kg⁻¹程度とさらに少なかった。反復2もほぼ同様の傾向を示した。

4. 考察

本研究の目的は、栄養診断に基づく施肥法において、台木の有する強い吸肥力（「吸肥力」は一般に園芸学で使用される語彙であるが、土壌肥科学的には「養分吸収力」と考えられる）^{255,97,103,111}によって、接ぎ木栽培では自根栽培より高い減肥効果が得られるという仮説の検証である。ここでは、4品種の台木を供試して、接ぎ木栽培における栄養診断に基づく追肥が施肥窒素量および収量・品質に及ぼす影響を自根栽培と比較した。台木の吸肥力の違いを比較するため、2つの種苗会社から、吸肥力の異なるとされる2品種の台木をそれぞれ選定した。

その結果、診断基準値を硝酸濃度2,000mg L⁻¹とした栄養診断に基づいて追肥を行うと、最も硝酸濃度が低下する収穫始期から摘心期においても1,000~2,000mg L⁻¹に維持することができた(第22図)。しかもその収量は全処理区で有意差は無く、本作型の目標収量⁹⁾である約12Mg ha⁻¹(株当たり約5,500g)を確保できた。このように、トマト半促成栽培の栄養診断に基づく追肥法は、接ぎ木栽培においても適応できることが明らかとなった。

本試験における追肥窒素量は、自根区の105kg ha⁻¹に対して、各台木区で60~68kg ha⁻¹と有意に減少した(第19表)。その結果、総施肥窒素量は、自根区の180kg ha⁻¹に対して、各台木区では135~143kg ha⁻¹となり、21~25%の減肥となった。また、栽培跡地の土壌中硝酸態窒素量は、深さ0~30cm層では自根区および各台木区ともほぼ同等であったが、深さ30~60cm層では自根区に比べていずれの台木区も少なかった(第17図)。これは、台木が自根に対して施肥窒素を含めた下層の土壌窒素を効率よく吸収・利用したためと考えられた。

甲田・荻原⁶⁵⁾は、トマトに台木を利用すると草勢が旺盛になり果実の小玉化や品質の低下を招くので、自根栽培より施肥を控えて草勢をコントロールする必要があるとしている。本試験では、台木を利用しているものの栄養診断に基づいた追肥により過剰な施肥が回避され、栄養成長に偏ることなく、生殖成長とのバランスが保たれたことで、収量を維持しつつ減肥が可能になったと考えられた。

著者は、台木の吸肥力の強さが接ぎ木栽培における高い減肥効果の要因とすれば、台木の中でも吸肥力の強い

品種の方が効果は高いと推測したが、実際には台木品種間で有意差は認められなかった。種苗会社によると、台木の吸肥力は同一ほ場の同一施肥条件における作物の草勢の強さで評価するとしている。今回の試験ほ場では除塩作業を行ったため、現地ハウス土壌と比較して極めて土壌窒素が少なく、種苗メーカーの設定した条件よりも低い窒素レベルであったため、草勢が旺盛にならず、品種間差が明確に現れなかったと考えられた。

さらに、吸肥力に関しては、根部の影響を指摘する報告が見られる。田中・佐藤^{110,111)}、田中・嶋田¹¹²⁾および鈴木・森下¹⁰⁰⁾は、キャベツあるいはナスにおいて吸肥力の強弱は、根群域の深さ、および根量の多少に関連があると指摘している。本試験では、栽培跡地30~60cm層の土壌中硝酸態窒素が各台木区で自根区より明らかに減少していたが、根部の調査を行っておらず、根群の発達との関連は検討できなかった。

以上のように、トマト接ぎ木栽培では、汁液栄養診断に基づく追肥を実施すると、生育、収量および品質は低下せず、総施肥窒素量は、台木品種に関わらず自根栽培に比べて21~25%の減肥となることが明らかになった。これは、土壌中硝酸態窒素を効率よく吸収・利用できる台木の吸肥力の強さに起因するものと考えられた。

なお、トマト台木の品種間の吸肥力の相違と減肥率との関連について、土壌残存窒素の多い条件で、根群域の調査を加えて解析する必要がある。

第3節 汁液栄養診断に基づく追肥法の現地実証

1. 緒言

第1節では、トマト半促成の自根栽培において汁液栄養診断基準¹¹⁹⁾に基づく追肥により、大幅な減肥が可能であることを明らかにし、これはトマトが土壌中硝酸態窒素を有効に利用することに起因すると結論づけた。さらに、栄養診断に基づく追肥による施肥量削減を効果的に行うために、施肥前の土壌中硝酸態窒素量によって基肥量を調節することを提唱した。

本研究では、トマト半促成の自根栽培においてリアルタイム栄養診断に基づく追肥により、標準収量を維持した上で減肥が可能であることを実証するために、現地農家ほ場で試験を行った。併せて、葉柄汁液中硝酸濃度の測定について、小型反射式光度計^{107,121)}に比べて、取り扱いがより簡便な硝酸イオン試験紙⁹⁰⁾の適用性を検討した。

第22表 施肥設計

農家	試験区	堆肥	基肥窒素 (kg ha ⁻¹)	追肥窒素 (kg ha ⁻¹)
T	慣行追肥	有	300	20×2回
	栄養診断追肥	有	300	汁液診断
O	慣行追肥	無	160	30×2回
	栄養診断追肥	無	160	汁液診断

注1) 堆肥は、美駒グリーン(馬ふん堆肥：N-P₂O₅-K₂O=1.1-0.6-1.8)。施肥量は40Mg ha⁻¹。

2) 汁液診断は、汁液の硝酸濃度が2,000mg L⁻¹を下回ったときに、T農家20kg ha⁻¹、O農家30kg ha⁻¹を追肥。

第23表 トマト半促成栽培の耕種概要

農家	供試品種	播種	定植	栄養診断期間	収穫果房
T	サンロード	2000年 10月15日	2000年 12月23日	2001年 3月15日～6月21日	段位 1 4
		2000年 10月25日	2001年 1月5日	2001年 2月22日～6月21日	
O	桃太郎	10月25日	1月5日	2月22日～6月21日	1 4

2. 材料および方法

1) 試験場所

試験は、千葉県市川市のT農家およびO農家の施設ほ場で行った。T農家では連棟のビニールハウス(260m²)を、O農家ではガラスハウス(面積1,200m²)を使用した。ハウス内土壌はいずれも表層腐植質黒ボク土であった。

2) 試験設計

施肥処理は、各農家の慣行に基づく慣行追肥区と、葉柄汁液中硝酸濃度が基準値(2,000mg L⁻¹)を下回った場合に施肥する栄養診断追肥区を設けた(第22表)。T農家の慣行追肥区は、基肥窒素300kg ha⁻¹とし、追肥窒素20kg ha⁻¹を2回施用した。また、基肥前に馬ふん堆肥を40Mg ha⁻¹施用した。O農家の慣行追肥区は、基肥窒素160kg ha⁻¹とし、追肥窒素30kg ha⁻¹を2回施用した。一方、基肥前に堆肥は施用しなかった。

3) 栽培法

両農家のトマト半促成栽培の耕種概要を第23表に示した。T農家では、供試品種は「サンロード」(サカタのタネ)、播種は2000年10月15日、定植は12月23日とした。栽培密度は、条間150cm、株間40cmで整枝はつるおろし仕立14段どりとした。試験区は、各40株(24.0m²)を供試した。そのうち、20株を対象に栄養診断および収量調査を行った。栄養診断は2001年3月15日から6月21日まで毎週1回行った。収穫期間は5月5日～7月13日であった。

O農家では、供試品種は「桃太郎」(タキイ種苗)、播種は2000年10月25日、定植は2001年1月5日とした。栽培密度は、条間130cm、株間40cmで整枝はUターン仕立14段どりとした。試験区は、各40株(20.8m²)を供試した。

そのうち、20株を対象に栄養診断および収量調査を行った。栄養診断は2001年2月22日から6月21日まで毎週1回行った。収穫期間は4月5日～7月11日であった。

4) 収量調査法

トマトの収量調査は、各農家とも収穫期間中毎週3回行った。収穫物は園芸作物出荷規格³⁾に基づき農家が上物と下物に分けて重量を調査した。調査株数は両農家とも各区20株とした。

5) 栄養診断法

栄養診断のための試料採取は、既法¹³⁾に準じて行なった。具体的には、ピンポン玉程度(直径2～4cm)に肥大した果房直下の葉の中央に位置する小葉を、20株の中からランダムに7～10枚程度採り、その葉柄汁液をニンニク搾り器で採取した。

硝酸濃度は、硝酸イオン試験紙(メルコクアント試験紙、メルク社製、測定範囲：0～500mg L⁻¹)を用いて測定した。付属の0、10、25、50、100、250、500mg L⁻¹の各チャートの色と硝酸イオン試験紙の発色程度を比較した。さらに各チャート毎に+ (プラス：やや濃い) と - (マイナス：やや薄い) を目視で細分化した。具体的には、チャート100mg L⁻¹とチャート250mg L⁻¹間では、チャート100mg L⁻¹の色よりやや濃いと判定した場合に150mg L⁻¹、チャート250mg L⁻¹の色よりやや薄いと判定した場合に200mg L⁻¹とした。

硝酸イオン試験紙の場合、最も目視判定がしやすいと考えられた50mg L⁻¹のチャート色に栄養診断の基準値2,000mg L⁻¹を合わせるために、葉柄汁液を40倍に希釈した。すなわち、採取した葉柄汁液を樹脂製の2mL駒込ピペットで1.0mL採って50mLビーカーに入れ、ビーカー

の目盛りを利用して精製水で40mLに希釈した。

また、同一サンプルを小型反射式光度計 (RQフレックスシステム、メルク社製、測定範囲：5～225mg L⁻¹)でも測定した。測定範囲の関係から希釈倍率を50倍または100倍とした。

6) 土壌調査法

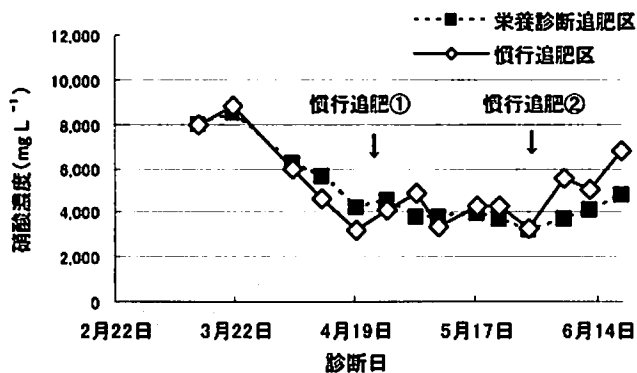
土壌は、施肥前と収穫終了後に、ベッド中央部の深さ0～90cmについて15cm層毎に各区2ヶ所から採取し、各層毎に混和して1サンプルとした。硝酸態窒素濃度は、生土20gに100mLの蒸留水を加えて30分間振とうし、ろ過後、オートアナライザー (トラックス800：ブランルーベ社製) により分析した。

3. 結果

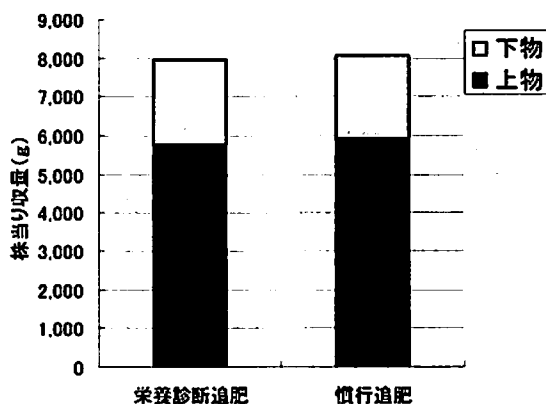
1) 栄養診断に基づく追肥が施肥窒素量と収量に及ぼす影響

T農家におけるトマト葉柄汁液中硝酸濃度推移および追肥時期を第18図に示した。硝酸濃度は、慣行追肥区および栄養診断追肥区のいずれも3,000mg L⁻¹以上で推移した。その結果、慣行追肥区では2回追肥したのに対して、栄養診断追肥区では追肥を行わなかった。T農家における収量は、上物収量および総収量のいずれも、慣行追肥区と栄養診断追肥区が同等であった (第19図)。

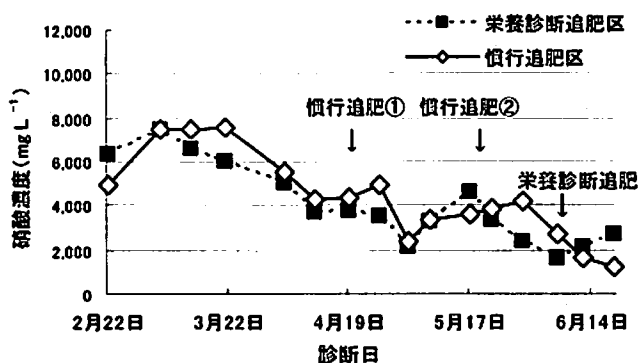
O農家におけるトマト葉柄汁液中硝酸濃度推移および追肥時期を第20図に示した。栄養診断追肥区では6月7



第18図 T農家におけるトマト葉柄汁液中硝酸濃度推移および追肥時期 (2001年)
注) 栄養診断区は追肥なし。



第19図 T農家の栄養診断に基づく追肥におけるトマトの収量



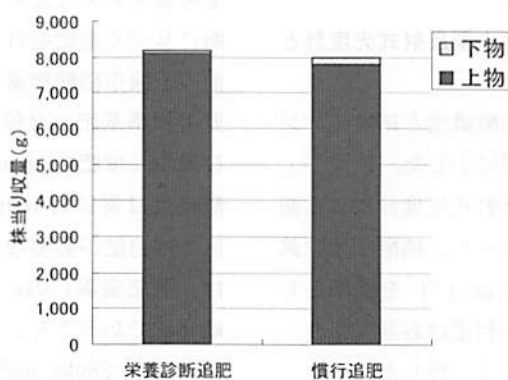
第20図 O農家におけるトマト葉柄汁液中硝酸濃度推移および追肥時期 (2001年)

日に基準値を下回ったため追肥を行った。最終的には、追肥は慣行追肥2回に対し、栄養診断追肥区では1回となった。0農家におけるトマト収量は、上物収量および総収量のいずれも、慣行追肥区と栄養診断追肥区が同等であった(第21図)。

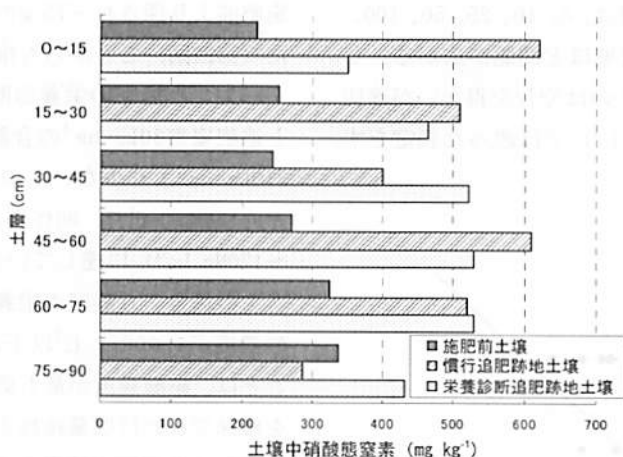
T農家におけるトマト栽培前後の土壌中硝酸態窒素を第22図に示した。施肥前の硝酸態窒素は、0~60cmで200 mg kg⁻¹以上、60~90cmで300mg kg⁻¹以上あった。栽培終

了後は、慣行追肥区および栄養診断追肥区とも0~75cmで300mg kg⁻¹以上と増加した。しかし、表層0~15cmの土壌中硝酸態窒素量は、慣行追肥区が620mg kg⁻¹に対し、栄養診断追肥区で350mg kg⁻¹と明らかに少なかった。

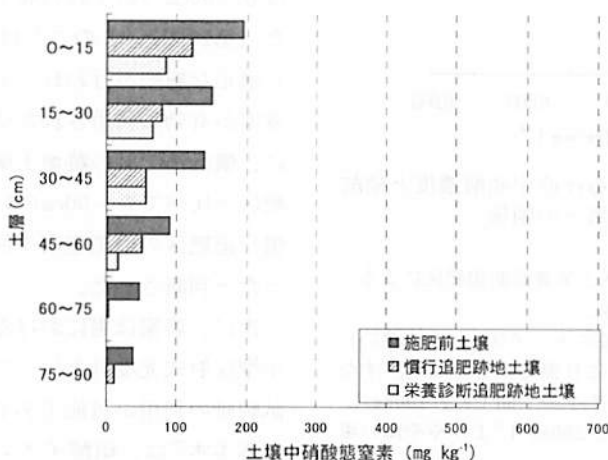
0農家におけるトマト栽培前後の土壌中硝酸態窒素を第23図に示した。施肥前の硝酸態窒素は、0~60cm層で90~190mg kg⁻¹、60~90cm層で40~50mg kg⁻¹で下層にいくほど低下した。栽培終了後では、慣行追肥区は0~60



第21図 0農家の栄養診断に基づく追肥におけるトマトの収量



第22図 T農家におけるトマト栽培前後の土壌中硝酸態窒素



第23図 0農家におけるトマト栽培前後の土壌中硝酸態窒素

cm層で50~120mg kg⁻¹、60~90cm層で5~10mg kg⁻¹であったのに対し、栄養診断追肥区は0~60cm層で20~80mg kg⁻¹、60~90cm層では検出されず、慣行追肥区より低い値であった。

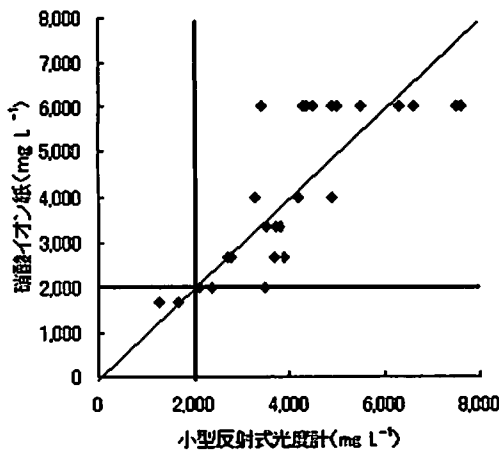
以上のように、両農家ともトマトの収量は、慣行追肥区と栄養診断追肥区が同等であったが、追肥量は慣行追肥区に比べ栄養診断追肥区が0~50%と減少した。また、栽培終了後の土壤中硝酸態窒素は、慣行追肥区に比べ栄養診断追肥区が明らかに少なかった。

2) 葉柄汁液中硝酸濃度測定法の小型反射式光度計と硝酸イオン試験紙との比較

小型反射式光度計による汁液中硝酸濃度と硝酸イオン試験紙の判定結果との関係を第24図に示した。

硝酸イオン試験紙の色は、小型反射式光度計による測定値が高いほど赤紫色がより濃くなった。硝酸イオン試験紙のチャート50mg L⁻¹ (原液2000mg L⁻¹) を基準とした赤紫の発色程度による硝酸濃度の判定は容易であり、かつ、小型反射式光度計の結果とよく一致した。

一方、100mg L⁻¹ (原液4,000mg L⁻¹) 以上のチャートの色は赤紫色がかなり濃く、目視による濃度判定が難しかった。硝酸イオン紙の比色段階は、0、10、25、50、100、250、500mg L⁻¹であり、高濃度域ほど間隔が広がる。したがって、高濃度域でばらつくのはやむを得ないが適切なチャート域 (ここでは50mg L⁻¹) では誤った判定をする可能性は低かった。



第24図 小型反射式光度計による汁液中硝酸濃度と硝酸イオン試験紙の判定結果との関係

- 注1) データは、0農家の慣行追肥区と栄養診断追肥区による。
 2) 表示は汁液濃度としての換算値。
 3) 硝酸イオン紙は、各チャート毎に+ (プラス：やや濃い) と- (マイナス：やや薄い) に目視で細分化した。すなわち、100mg L⁻¹と250mg L⁻¹のチャート間では、100mg L⁻¹よりやや濃い場合を150mg L⁻¹、250mg L⁻¹よりやや薄い場合を200mg L⁻¹と判定した。

4. 考察

著者は、栄養診断に基づく追肥法を用いることにより収量性を維持しつつ減肥になることを現地農家ほ場で実証しようとした。その中で特に、土壤中硝酸態窒素が施肥前と栽培後でどのように変化するかを検討した。

現地2農家の施肥前の土壤中硝酸態窒素量は、T農家の0~60cm層では200mg kg⁻¹以上、一方、O農家の0~60cm層では90~190mg kg⁻¹と極端に異なっていたが、基肥窒素量をあえて変更せず各農家慣行量を施用し、栄養診断に基づく追肥を行った。その結果、T農家では、施肥前の土壤中硝酸態窒素が多量に残存するにも関わらず、県の標準基肥の2倍に当たる300kg ha⁻¹の窒素肥料および馬ふん堆肥40Mg ha⁻¹を投入したところ、葉柄汁液の硝酸濃度は常に3,000mg L⁻¹以上で推移し、栄養診断追肥区では追肥が必要なかった。千葉県の本作型の施肥基準⁹⁾は、基肥窒素150kg ha⁻¹と追肥窒素160kg ha⁻¹の合計310kg ha⁻¹であること、さらに、本作型のトマトの窒素吸収量は250~280kg ha⁻¹程度^{45,118)}と推定されることを考慮すると、T農家では、必要以上の多量の窒素が施用されたと考えられる。これは、栽培跡地の土壤中硝酸態窒素が、施肥前より深さ0~75cmのいずれの層でも大幅に増加した (第22図) ことから推察される。

一方、O農家の栄養診断追肥区は基肥窒素160kg ha⁻¹と追肥窒素30kg ha⁻¹の合計190kg ha⁻¹で、県施肥基準の310kg ha⁻¹より少ないものの、収量が慣行追肥区と同等の約160Mg ha⁻¹で、同作型の県標準収量 (14段どりでは140~170Mg ha⁻¹) に違っていた。

この場合、O農家の栄養診断追肥区では葉柄汁液の硝酸濃度が1,000mg L⁻¹以下になることは無かった。このことは、硝酸濃度が最も低下する収穫期にも1,000mg L⁻¹を確保できれば収量維持と減肥の両者を満足できることを示した前報¹²⁰⁾の結果を裏付ける。

また、栄養診断追肥区の栽培跡地土壤中硝酸態窒素量は0~90cmのいずれの層でも施肥前より明らかに減少した (第23図)。このことは、栄養診断に基づく追肥により適正な施肥が行われ、トマト作付け前の土壤中硝酸態窒素が有効に利用された結果であると考えられる。さらに、慣行追肥区の跡地土壤中硝酸態窒素が、栄養診断追肥区と比べて0~90cmのいずれの層でも多いことから、慣行追肥区の追肥窒素1回分である30kg ha⁻¹は過剰であったと判断された。

次に、農家ほ場における硝酸濃度の測定方法として、小型反射式光度計と比べて取り扱いが簡便な硝酸イオン試験紙の利用が可能であるかを検討した。

六本木⁹⁰⁾は、硝酸イオン試験紙を用いて汁液の正確な値を判断するには100mg L⁻¹以下のチャートの色で判定

すべきで、そのレベルになるように純水で希釈する必要があるとしている。これに対して著者は、目視判断のポイントとして濃度判定がしやすいと考えられる 50mg L^{-1} の発色に着目し、診断基準が $2,000\text{mg L}^{-1}$ であることから、葉柄汁液の希釈倍率を40倍とした。

同一サンプルについて小型反射式光度計の測定値と硝酸イオン試験紙の測定を比較すると、 50mg L^{-1} のチャート色（図中の $2,000\text{mg L}^{-1}$ ）を基準とした赤紫の発色程度による硝酸濃度の判定は容易で小型反射式光度計による測定結果とほぼ一致した（第24図）。一方、 100mg L^{-1} 以上のチャート色（図中の $4,000\text{mg L}^{-1}$ ）では赤紫の発色が濃くて目視による硝酸濃度の判定が難しく、小型反射式光度計の測定結果とも一致しなかった。しかし、汁液原液で $4,000\text{mg L}^{-1}$ に相当する濃度域は実際の追肥有無の判定には関係しない。硝酸イオン紙の比色段階は、高濃度域ほど間隔が広がる。それゆえ、適切な判断チャート域があると考えられる。今回、40倍の希釈率と 50mg L^{-1} のチャート色を基準とした判定を用いれば、間違った追肥有無の判定をする可能性は低いと考えられた。さらに、測定に使用する器具が、駒込ピペットとビーカーのみであることから、現地ほ場における汁液中硝酸濃度の測定には、取り扱いが簡便で、かつ安価な硝酸イオン試験紙が適していると考えられた。

郡司掛^{18,19)}が指摘するように、栽培が長期にわたる作物では、過剰施肥に伴い硝酸態窒素が土壤に多量に残存し、その量によっては作物の生育や収量に影響を及ぼすのを無視できないと考えられる。現地T農家では、施肥前の残存窒素が多量に存在するにも関わらず、千葉県基準窒素基肥量の2倍程度施用していた。現在のところトマトに明らかな過剰障害は発生していないものの、環境負荷や経費削減の観点から改善を要すると考えられる。

今回、対象とした2農家は、いずれも半促成トマトと抑制キュウリを組み合わせた体系で、同一ハウスで20年

以上栽培を続けている。千葉県の施肥基準⁹⁾によると抑制キュウリの施肥基準は、基肥窒素 150kg ha^{-1} と追肥窒素 120kg ha^{-1} の合計 270kg ha^{-1} である。トマト作で過剰施肥のT農家では、キュウリの基肥窒素は無施用とし、追肥窒素は経験と勘に基づいて施用している。おそらく、トマトでの過剰施肥分をキュウリで吸収することにより、跡作土壤の残存窒素を $200\sim 300\text{mg kg}^{-1}$ 程度まで減少させていると推測される。年間を通じてみると過剰障害が発生しない程度に推移しているものの窒素過剰気味であり、その結果として土壤中硝酸濃度が高く推移していることは否めない。一方、O農家の基肥窒素はトマトとキュウリのいずれも県標準施肥とほぼ同等量を施用し、追肥窒素は経験と勘に基づいて施用していた。その結果、トマトの施肥前土壤の残存窒素は、 $0\sim 60\text{cm}$ 層で $140\sim 190\text{mg kg}^{-1}$ 程度におさまったと考えられた。

本試験では現地試験という制約から追肥窒素についてのみ検討したが、基本的には施肥前の土壤残存窒素を考慮して基肥窒素の施用量を削減する必要がある¹²⁾、施肥前の残存窒素が多ければさらなる減肥が可能であろう。その結果、土壤中硝酸態窒素を低いレベルに保つことができれば、作物が本来必要とする時期に必要な量だけ施肥する効率的な施肥に収束することが期待される。このことは1990年代に国内で最初に作物栄養診断の研究に着手した六本木⁶⁾の、施設栽培において養分富化のない効率的な施肥管理の手段として汁液栄養診断を位置づけようとする考えと一致する。

最後に、今回対象とした2農家は栽培歴が20年以上と長く、これまでどおり経験と勘により追肥の判断ができると考えており、栄養診断を行う必要性を感じてはいない。このように、認識のないまま極端な多肥栽培が行われている場合も多いと考えられる。汁液栄養診断に基づく施肥法は、科学的根拠に基づく減肥技術であり、これらのデータは現地農家に施肥の改善を強く促す根拠として、今後、利用されることを期待する。