潅水施肥(養液土耕)栽培における基肥の必要性

誌名	日本土壌肥料學雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	林,康人 新妻,成一 久保,省三
発行元	日本土壌肥料學會
巻/号	74巻6号
掲載ページ	p. 813-816
発行年月	2003年12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

ノ　ー　ト

灌水施肥（養液土耕）栽培における基肥の必要性*
基肥窒素がトマトの初期生育に及ぼす影響

林　康人**・新妻成一**・久保省三**

キーワード　灌水施肥，養液土耕，基肥窒素，トマト，初期生育

1．はじめに

灌水施肥（養液土耕）栽培が生産現場に広まり5年以上経過し，灌水・施肥作業の自動化による省力化や，少量ずつ施肥することによる生育制御面などで評価されている[1]．特に最近注目されている，葉柄汁液等を用いた栄養診断[2]を併用することによって，より効率的な施肥が期待できる．また，大きな減肥が可能になる事例が多く，研究機関でも同様の結果が得られている[3,4]．著者らも灌水施肥栽培の施肥窒素利用率が慣行施肥に比べて高いという試験結果を得た[5]．しかし最近，灌水施肥栽培を数年間連続して行った場合に，導入当初に比べて生育が劣り，特に初期生育の停滞が著しいという事例が聞かれるようになっている．

灌水施肥栽培は液肥を点滴灌水で供給して作物を栽培するものであり，基肥の施用はあまり重要視されない場合が多い．また，灌水施肥栽培は施設栽培への導入がほとんどであるが，一般的に施設栽培では降雨による養分の溶脱がなく，養分が富化する傾向にある[6~8]．著者らは，灌水施肥栽培の連作による初期生育停滞の原因の1つが，導入当初は豊富であった土壌養分が，減肥率を高めた灌水施肥栽培を続けることにより減少したためではないかと推測している．ここでは，隔離床を用い除塩後にトマトの栽培試験を行い，基肥窒素がトマトの初期生育に及ぼす影響について検討した．

2．材料および方法

1）耕種概要

試験は神奈川県平塚市にある全農営農・技術センター内のガラス温室でトマト（*Lycopersicon esculentum* Mill.；品種，ハウス桃太郎）を用いて行った．栽培は長さ0.94 m×幅0.85 mの隔離床（くみあいスーパードレンベッド85，土層深0.15 m）にトマトを4株植えて（2条ちどり植え，株間40 cm）行った．1株あたりの土壌量は約30 Lである．培地には黒ボク土にバーク堆肥を3：1の容積比で混合したものを用いた．水道水を散水チューブで2時間灌水して除塩を行い，除塩後の土壌EC（1：5水抽出）は0.2 dS m^{-1}であった．ダゾメット粉粒剤で土壌消毒後，バーク堆肥を少量施用し土壌微生物を賦活させた．2000年8月29日に播種，10月6日に定植を行った．5段果房の上葉2枚を残して摘心を行い，ハウス内温度が昼間20°C，夜間12°Cを下回らないように加温を行った．わき芽は随時除去し，摘果は1段につき5果を目標に行った．なお，これらの除去物もベッドごとにまとめて分析に供した．3段果房収穫以降にハウス全体的に萎ちょう病が発生し，収量が減少する傾向にあったため，初期1・2段の収量を中心に検討した．

2）処理区の内容

表1の通り6処理区を設けた．0+2区，0+4区，0+6区は基肥を施さず，液肥（硝安溶液）を定植33日後までにそれぞれ株あたり2，4，6 g N相当量を灌水施肥した．2+2区，4+2区は基肥として硝安をそれぞれ株あたり2，4 g N全層施肥し，液肥を定植33日後までに2 g N相当量を灌水施肥した．慣行区は基肥として株あたり4 g Nの硝安を全層施肥し，水道水を散水灌水して栽培を行った．1処理区について4ベッド（ただし，慣行区は3ベッド）の反復を設けた．すべての区に重焼リンをP_2O_5として株あたり10 g，硫酸加里をK_2Oとして株あたり4 g基肥として与えた．定植33日以降は，5段果房収穫までにすべての区において，全施肥量が株あたり8 g Nおよび10 g K_2Oとなるように灌水施肥または追肥を行った．

液肥は点滴灌水チューブ（ストリームライン80，20 cmピッチ）をトマト1列に対して2本，1ベッドあたり4本設置して供給した．施肥量は液肥濃度を表1の通りに変えて調整し，毎朝9時に株あたり250 mL灌水した．すなわち，定植33日目までの1日あたりの施肥窒素量は株あたり66～200 mg N，定植33日以降は28～86 mg Nである．また，朝9時以降にはpF 2.2を目標に水道水を灌水した．水道水の灌水は株あたり250 mLずつに分けて，1日に1～5回程度行った．

3）トマトの調査方法

定植18日後に各処理8株について草丈と最大葉長の測定を行った．定植33日後に，各処理2株について地上部を茎葉と果実に分けて採取し，窒素吸収量の分析に用いた．採取した茎葉は通風乾燥後NCアナライザーにより，果実は70°Cで通風乾燥後ケルダール法（ガンニング変法）により全窒素を測定した．また，各処理8株について果房ごとに収量調査を行った．

4）土壌溶液の採取方法

外径2.5 mm，長さ10 cmの樹脂製土壌溶液採取器

Yasuhito Hayashi, Seiichi Niizuma and Shozo Kubo: The Importance of Basally-Application in Drip Fertigated Crops. The Effect of Basally-Applied Nitrogen on Early Growth of Tomato

* 本報告の一部は2002年度日本土壌肥料学会名古屋大会において発表した．

** JA全農営農・技術センター肥料研究室（254-0016 平塚市東八幡5-5-1）

2003年6月2日 受付・2003年7月15日 受理
日本土壌肥料学雑誌　第74巻　第6号　p. 813～816（2003）

表 1　処理区の概要

処理区名	施肥方法	基肥窒素	定植 33 日目までの施肥窒素量 (g N 株$^{-1}$)			液肥の窒素濃度 (mg N L^{-1})	
			基肥	液肥	合計	定植 33 日目まで	定植 33 日目以降
0+2	灌水施肥	無	0	2	2	267	343
0+4			0	4	4	534	229
0+6			0	6	6	801	114
2+2	灌水施肥	有	2	2	4	267	229
4+2			4	2	6	267	114
慣行	全層施肥	有	4	—	4	—	—

慣行区は水道水を散水灌水した．

表 2　トマトの初期生育量と果実収量

処理区名	定植 18 日後		定植 33 日後		果実収量	
	草丈 (cm)	最大葉長 (cm)	茎葉乾物重 (g 株$^{-1}$)	窒素吸収量 (g 株$^{-1}$)	1・2 段収量 (kg 株$^{-1}$)	全収量 (kg 株$^{-1}$)
0+2	87.8±1.3	44.6±1.2	28.8±1.9	1.42±0.07	1.16 b	2.28 a
0+4	88.6±1.0	45.3±0.6	31.0±0.6	1.60±0.09	1.16 b	2.22 a
0+6	91.6±0.9	46.2±0.4	35.3±0.3	1.78±0.02	1.15 b	2.10 a
2+2	96.9±1.5	47.5±0.7	45.7±2.0	2.25±0.04	1.35 a	2.50 a
4+2	91.4±1.2	47.6±0.8	41.7±3.6	2.13±0.19	1.32 ab	2.50 a
慣行	92.2±1.4	47.8±0.5	39.7±1.4	2.01±0.02	1.23 ab	2.65 a

±標準誤差．同じアルファベット間には 5%有意差なし（LSD 法）．

(DIK-301 B) を，トマト株元の灌水チューブ吐出孔から 0（直下），5，10 cm 離れた地点に埋設し，定植 33 日後まで約 1 週間ごとに土壌溶液を吸引採取した．慣行区においては，灌水チューブを用いていないため，灌水施肥区と同様の位置に埋設した．採取した試料はイオンクロマトグラフ法で無機態窒素濃度を測定した．

3．結果および考察

1）トマトの初期生育量と果実収量

表 2 にトマトの初期生育量と果実収量を示した．定植 18 日後の草丈および最大葉長は，慣行区ではそれぞれ 92.2，47.8 cm であったのに対し，基肥窒素を与えていない 0+2，0+4，0+6 区ではそれぞれ 87.8～91.6，44.6～46.2 cm と慣行区よりも小さく，初期生育が遅れる傾向が認められた．それに対し 2+2 区では，草丈および最大葉長はそれぞれ 96.9，47.5 cm と慣行区と同等かやや大きく，初期生育が旺盛であった．4+2 区の草丈および最大葉長はそれぞれ 91.4，47.6 cm と慣行区とほぼ同等であった．

定植 33 日後の茎葉乾物重，窒素吸収量は定植 18 日後の生育と同様の傾向を示した．すなわち，慣行区の茎葉乾物重および窒素吸収量はそれぞれ株あたり 39.7 g，2.01 g N であったのに対し，基肥窒素を与えていない 3 つの区ではそれぞれ 28.8～35.3 g，1.42～1.78 g N と慣行区よりも小さく，慣行区に比べて初期生育が遅れていた．一方 2+2 区では，茎葉乾物重と窒素吸収量はそれぞれ 45.7 g，2.25 g N と慣行区よりも大きく旺盛な生育を示した．4+2 区では，茎葉乾物重と窒素吸収量はそれぞれ 41.7 g，2.13 g N と慣行区よりやや大きく，2+2 区より小さかった．

1・2 段果房の収量は初期生育量を反映しており，慣行区の株あたり 1.23 kg に対して，基肥窒素を与えていない 3 つの区では 1.15～1.16 kg と低かった．基肥を与えた 2+2 区では 1.35 kg，4+2 区では 1.32 kg と高く，2+2 区と基肥を与えていない 3 つの区との間には有意差が認められた．全収量は萎ちょう病の影響もあり，2.10～2.65 kg と全体的に低水準であった．処理区間に有意差は認められなかったが，基肥を与えていない 3 つの区で収量が低かった．

基肥窒素を与えていない 3 つの区では初期生育量が小さく，たとえ 0+6 区のように，慣行区よりも施肥窒素量を増やしても初期生育が遅れていたことは，初期生育の確保には基肥窒素の施用が必要であることを示している．また，基肥窒素量としては，2+2 区の生育が良好であり，4+2 区では 2+2 区よりも生育増進が認められなかったことから，株あたり 2 g N 程度が適当であったと考えられる．ただし，本試験は 1 株あたりの土壌量が約 30 L である隔離床で試験を行っており，地床の施設土壌よりも多くの無機態窒素を必要とした可能性がある．この株あたり 2 g N の窒素量は，トマトの栽植密度を 10 a あたり 2,500 本と考えれば 10 a あたり 5 kg N に相当し，土壌の乾燥密度を 1 Mg m^{-3} とすれば，50 mg kg^{-1}（表層 10 cm）の窒素量に相当する．この程度の無機態窒素量は施設栽培では残存していることが多く，例えば相馬[6] は調査した 92 カ所のハウス土壌の 90%以上が 50 mg kg^{-1} 以上の硝酸態窒

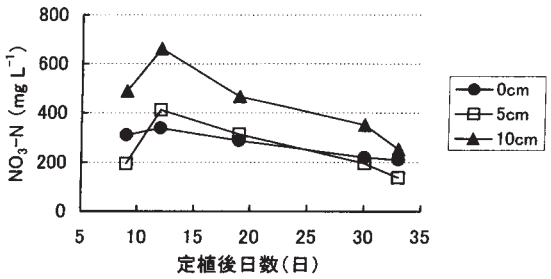

図1　慣行区における土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移
凡例の数字は灌水チューブの吐出孔からの距離を示す．ただし，慣行区においては灌水施肥区と同様の位置から採取した．

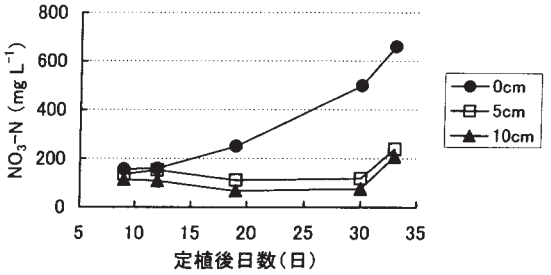

図2　0+6区における土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移
凡例の数字は灌水チューブの吐出孔からの距離を示す．

素を含有していたことを報告している．そのため，灌水施肥栽培を導入した当初は，基肥窒素を与えなくても初期生育が確保される場合が多いと考えられる．また，灌水施肥栽培では従来の土耕栽培よりも施肥量を削減する傾向があり，減肥分が当該作以前の残存窒素で補われている場合には灌水施肥栽培の継続によって土壌の無機態窒素量が徐々に低下する可能性がある．そのため，作ごとに土壌分析を行い，必要に応じて適正な基肥を施すことが必要であると考えられる．

2）土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移

図1～3に慣行区，0+6区，2+2区における吐出孔からの距離別の土壌溶液中硝酸態窒素濃度の推移を示した．なお，アンモニウム態および亜硝酸態窒素濃度は硝酸態窒素濃度に比べて僅かであったため，ここでは硝酸態窒素についてのみ示した．

慣行区では，定植初期の硝酸態窒素濃度は約400 mg N L^{-1}であり，その後定植30日目にかけて200 mg N L^{-1}まで徐々に低下した．

0+6区では基肥窒素を施していないために，定植初期はいずれの地点においても硝酸態窒素濃度は200 mg N L^{-1}以下と低かった．定植15日目以降，吐出孔付近の硝酸態窒素濃度は上昇したが，吐出孔から5 cmまたは10 cm離れた地点の濃度の上昇はほとんど認められず，定植30日目以降にやや上昇する傾向を示した．0+6区では，定植後33日目までに株あたり6 g Nと慣行区の4 g Nよりも多い窒素施肥を行ったにもかかわらず，慣行区よりも初期生育が劣っていたが，この原因として施用した液肥が

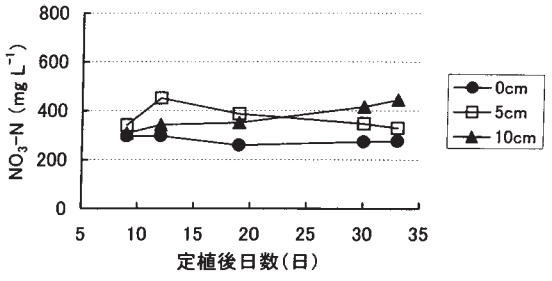

図3　2+2区における土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移
凡例の数字は灌水チューブの吐出孔からの距離を示す．

吐出孔付近に偏在するために十分な窒素量を吸収できなかったことが考えられる．作物の養分吸収量は根量と根表面の養分濃度に主に規定されるが，定植初期は根量が少ないため，全面的に無機態窒素が存在することが必要であると考えられた．

2+2区では基肥を施したために，定植初期の硝酸態窒素濃度は300 mg N L^{-1}程度であった．その後日数が経過しても硝酸態窒素濃度の大きな変動は認められず，頻繁に灌水施肥することによって，供給と吸収とのバランスが保たれているようであった．Bar-Yosef and Sagiv[9]は，播種70日後のトマトにおいて，窒素吸収速度は土壌溶液中の硝酸態窒素濃度が200～400 mg L^{-1}の時に最も高かったことを報告しており，2+2区は定植33日後（播種71日後）において，慣行区と同施肥量であったのにもかかわらず生育が旺盛であった原因として，土壌中の硝酸態窒素濃度がトマトの吸収に適した濃度に保たれていたことが考えられた．

4．まとめ

隔離床を用いて定植前に除塩を行い，土壌ECが0.2 dS m^{-1}と低い土壌においてトマトの灌水施肥栽培試験を行った．基肥窒素を施用して水道水を散水灌水した慣行区に比べ，基肥窒素を施用せずに灌水施肥栽培した場合には，定植後33日間の初期生育量は小さかった．この時，液肥の施用に伴う土壌溶液中硝酸態窒素濃度の上昇は，吐出孔から5～10 cm離れた地点では認められず，初期生育の確保には定植時に土壌全体にある程度の無機態窒素が存在することが必要であると考えられた．

一方，株あたり2 g N（10 aあたり5 kg Nに相当）の基肥窒素を施して灌水施肥栽培を行うと，初期生育は慣行区よりも旺盛となった．株あたり4 g Nの基肥で生育増進が認められなかったことから，株あたり2 g Nの基肥が適当であると考えられた．施設栽培ではこの程度の無機態窒素が残存していることが多いが，定植前には土壌分析を行い，必要に応じて適正な基肥窒素を施すことが必要である．

謝　辞　本調査にあたり，栽培および分析にご協力いただきました，（株）全農管財平塚支店肥料グループの伊藤拓郎班長をはじめとする皆様に深く感謝いたします．

文　　献

1) 六本木和夫・加藤俊博：野菜・花卉の養液土耕，p. 125～127，農文協，東京 (2000)
2) 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 NO_3 濃度に基づく診断基準の作成，愛知農研報，**27**，205～211 (1995)
3) 荒木陽一・山口博隆：養液土耕栽培における減肥率が半促成トマトの生育，収量，品質に及ぼす影響，園学雑別1，**72**，473 (2003)
4) 長友　誠，上之薗茂：促成ピーマンのかん水施肥による減肥栽培，土肥誌，**72**，694～697 (2001)
5) 林　康人・新妻成一・久保省三：灌水施肥（養液土耕）栽培の肥効は高いのか，施肥量を段階的に変えた場合のトマトの施肥窒素利用率，同上，**74**，175～182 (2003)
6) 相馬　暁：ハウス野菜の連作障害の実態と対策，農及園，**60**，1287～1290 (1985)
7) 岩崎貢三・竹尾優子・田中壮太・櫻井克年：環境保全型農業導入前後における施設栽培土壌の養分集積実態の比較，土肥誌，**72**，265～267 (2001)
8) 中野明正・上原洋一・山内　章：環境保全型農業導入前後における施設栽培土壌の養分集積実態の比較，同上，**72**，237～244 (2001)
9) Bar-Yosef, B. and Sagiv, B.: Response of tomato to N and water applied via a trickle irrigation system. I. Nitrogen. *Agron. J.*, **74**, 633～637 (1982)