

ノ ー ト

ペースト肥料の局所施肥（灌注施肥）がトマトの生育および品質に及ぼす影響

三代恭広*・太田勝巳**・松本真悟***

キーワード ペースト肥料, 局所施肥, 追肥, 果実品質成分, トマト

1. はじめに

著者らはこれまでにペースト肥料の局所施肥がレタスやホウレンソウの生育や品質に及ぼす影響について検討し、慣行施肥に対して20%の減肥でも収量を落とすことなく硝酸含量が低下することを認め、品質の改善に有効であることを報告した¹⁻³⁾。そしてペースト肥料を使用した局所施肥機も開発されていることから、作業効率や作業精度を考慮した実用的な施用の可能性を示した¹⁻⁵⁾。

一方、トマトなどの施設栽培においては、労働力の軽減や肥培管理の容易さなどから、養液栽培システムの導入が検討されているが、設備コストの増大が大きな課題となっている⁶⁾。また、トマトはわが国の主要野菜のなかでも生産額、流通価格ともに上位に挙げられ⁷⁾、その品質成分の向上は栽培上の重要な問題である。そこで、本試験では葉菜類の品質向上に有効であったペースト肥料の局所施肥が、果菜類であるトマトの生育や品質成分に及ぼす影響について検討することとした。その際、ペースト肥料の局所施肥は果菜類などの追肥を対象として開発されている局所施肥機の施用条件に準じ⁸⁾、灌注施肥で実施した。

2. 試験方法

1) 耕種概要

ガラス温室の中粗粒黄色土 (pH 6.8) で、トマト (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ‘ハウス桃太郎’ を栽培した。基肥は窒素 15 g m^{-2} 、リン酸 15 g m^{-2} 、カリ 18 g m^{-2} 、苦土石灰 200 g m^{-2} を標準施肥量⁹⁾ で施用して、1回目の追肥までは全て同様の管理を行った。追肥において処理区を設定し、①慣行区および②ペースト区とした。慣

行区は施肥窒素量を標準施肥量⁹⁾ とし、リン加安 (15-4-18) 15 g N m^{-2} (1回あたり 3.0 g N m^{-2} を計5回) を畝表層に施用した。ペースト区は慣行区の施肥窒素量を20%削減した量とし、尿素複合ペースト肥料 (10-10-10) 12 g N m^{-2} (1回あたり 2.4 g N m^{-2} を計5回) を畝内に灌注施肥で施用した。灌注施肥はペースト灌注施肥機の施肥位置⁹⁾ を基準に、株横 15 cm 位置から株間方向へ 10 cm、深さ 15 cm 位置にペースト肥料を施用した。1処理区の栽培規模は 3.0 m^2 ($1.2 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$) の2反復、栽植密度は 1.7 株 m^{-2} (1処理区5株、株間 0.5 m) とした。栽培は5月6日に基肥を施用後、耕起、畝立てを行い、5月10日に本葉が4葉～5葉展開した市販の苗を移植した。苗は1本仕立ての斜め誘引とし、その間、追肥は第3花房の開花時期に合わせ、1回目を苗移植後28日 (6月7日)、以後の追肥は各週毎に2回目を苗移植後42日 (6月21日)、3回目を56日 (7月5日)、4回目を70日 (7月19日)、5回目を84日 (8月2日) に行った。収穫段は第5果房までとし、各果房が3～4果になるように摘果した。また第5果房着果後の上位3葉を残し、摘心を苗移植後48日 (6月27日) に行った。収穫は着色程度の揃った果実をその都度採取し、6月下旬から第5果房の収穫が終了する8月中旬まで行った。

収穫までの灌水は、畝間に散水チューブを配置し、自動灌水装置 (松下電工社製, EY 4100 DX 2) により、午前9時と午後3時に m^2 あたり 0.2 L min^{-1} で10分間 (計20分間) 行った。また、ガラス温室は無加温とし、自動窓開閉システム (日本システムプロダクト社製, NS-101) により、室温 25°C で側窓および天窓を開閉する様に設定して温度の管理を行った。

2) 生育調査

植物体の栄養生長に及ぼす施肥の影響を把握するために、摘心時 (苗移植後48日) の生育を調査した。項目は茎長、最大葉長、最大葉幅、開花段数および葉色を調査した。最大葉長、最大葉幅および葉色については第3花房直上葉を測定した。また葉色は葉柄先端部分の SPAD 値 (ミノルタ社製, SPAD 502) を計測した。

3) 収量および果実品質成分の分析

果実の収量、果実品質成分として、糖度、酸度、還元型アスコルビン酸含量およびリコピン含量を測定した。収量は収穫時の各果房の果実重量を測定し、株あたりの収量を求めた。糖度は手持ち屈折計 (アタゴ社製, CR-10) により果汁の Brix 示度を測定した。酸度は果汁の滴定酸度¹⁰⁾ を測定し、クエン酸量で換算した。還元型アスコルビン酸含量は果実 10 g に 10% メタリン酸を加えて攪拌し、終端濃度が 5% となるように蒸留水で 200 mL に定容後、ろ液を小型反射式光度計 (Merck 社製, RQ フレックス) で測定した¹¹⁾。リコピン含量は永田らの方法¹²⁾ により、果実先端の中果皮 1 g に含まれるリコピン含量を定量した。

4) 収穫時の果房直上葉の硝酸態窒素および全窒素

第1, 第3および第5果房のそれぞれ最終果実を収穫

Yasuhiro Mishiro, Katsumi Ohta and Shingo Matsumoto : Effects of Localized Deep Placement of Paste-Like Fertilizer on the Growth and Fruit Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

* 鳥取大学大学院連合農学研究科 (現在, 三菱農機(株) 699-0195 鳥根県八東郡東出雲町揖屋 667-1)

** 鳥根大学生物資源科学部 (690-8504 松江市西川津町 1060)

*** 鳥根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター (690-2059 松江市上本庄町 2059)

2005年10月3日受付・受理

日本土壌肥科学雑誌 第77巻 第4号 p. 419~422 (2006)

後、各果房の直上葉（葉身+葉柄）を採取し、葉の硝酸態窒素を測定した。硝酸態窒素は 60°C で 72 時間の通風乾燥させた後、ボールミルで粉碎した直上葉の粉末試料 0.5 g に蒸留水 50 mL を加え、1 時間振とう後ろ過し、得られた抽出液を Cataldo 法で定量した¹³⁾。全窒素は粉末試料を C/N アナライザー（住友ケミカル社製、NC-80 Auto）により定量した。

3. 結果

1) 生育調査結果

表 1 に摘心時における茎長、最大葉長、最大葉幅、花房の開花段数および葉色を示した。慣行区とペースト区の茎長、最大葉長および最大葉幅に差異は認められなかった。また花房の開花段数や葉色についても同様に両処理区の差異は認められなかった。花房の開花時期や摘心時期についても栽培基準^{9,14)}に準じていたことから、両処理区とも良好な生育を示したものと考えられた。また、摘心までに 2 回の追肥（苗移植後 14 日目、28 日目）を実施したものの、両処理区に大きな差異は認められなかった。

2) 果実調査結果

(1) 収量

図 1 に各果房毎に調査した収量を示した。慣行区およびペースト区とも各果房の収量に差異は認められなかった。本試験結果から総収量を換算すると、慣行区が 5.03 kg 株⁻¹ (6.97 kg m⁻²)、ペースト区が 4.94 kg 株⁻¹ (6.85 kg m⁻²) であり、ペースト区は慣行区対比で収量：98 であった。すなわち、ペースト区は 20% の減肥でも慣行区と同等の収量が得られたことを確認した。

(2) 果実の品質成分

収穫時における各果房ごとの果実の糖度 (Brix %)、酸度 (滴定酸度)、還元型アスコルビン酸含量、リコピン含量を図 2 に示した。糖度、還元型アスコルビン酸含量およびリコピン含量は各果房とも慣行区よりペースト区の方が増加する傾向が認められた。また還元型アスコルビン酸含量は慣行区およびペースト区とも上位果房ほど増加する傾向を示した。全果房（第 1 果房から第 5 果房）の平均値では、ペースト区は慣行区対比で糖度：110、酸度：102、還元型アスコルビン酸含量：117、リコピン含量：127 であった。酸度は第 4 および第 5 果房で増加したものの、全果房では慣行区との差異は認められなかった。

3) 葉中の硝酸態窒素および全窒素

図 3 にトマト収穫時における第 1、第 3 および第 5 果房直上葉の硝酸態窒素含量および全窒素含量を示した。硝酸

態窒素含量は両処理区ともに上位葉ほど低下した。また慣行区とペースト区を比較するとペースト区の方が各果房とも低下する傾向を示し、第 5 花房では慣行区に対して有意に低くなった。一方、全窒素含量は各果房および両処理区に差異は認められなかった。すなわち、果実収穫時の全窒素含量は同等であったものの、葉中の硝酸態窒素含量はペースト区の方が低い値を示し、これまでに報告したレタス¹⁾およびホウレンソウ²⁾と同様な傾向がトマトでも再現された。

4. 考察

苗移植後から摘心までに 2 回の追肥を実施した。表層施肥を行った慣行区と灌注施肥を行ったペースト区の生育に差異が認められなかったことから、茎葉の生育に追肥の違いによる影響は少なかったものと考えられる。また両処理区の果実収量および果実品質成分を比較すると、ペースト区は施肥窒素量を 20% 削減したにもかかわらず、同等の収量が得られ、一方で糖度 (Brix %)、還元型アスコルビン酸含量およびリコピン含量は増加する傾向を示した。すなわち、慣行施肥に対して、ペースト局所施肥はトマトの生育および果実品質の向上に有効であることを確認することができた。

著者らはレタスやホウレンソウ（葉菜類）を供試した前報で、ペースト局所施肥は慣行施肥（粒状化成肥料の全面全層施肥）に対して、収量は同等でありながら葉中の硝酸態窒素の低下を認めた¹⁻³⁾。また、この要因として、局所施肥では土壤中の無機態窒素に占める硝酸態窒素の割合が慣行施肥より低く、施肥位置からの窒素の溶出や移動が緩やかであったため、葉中への硝酸態窒素の吸収が抑制された

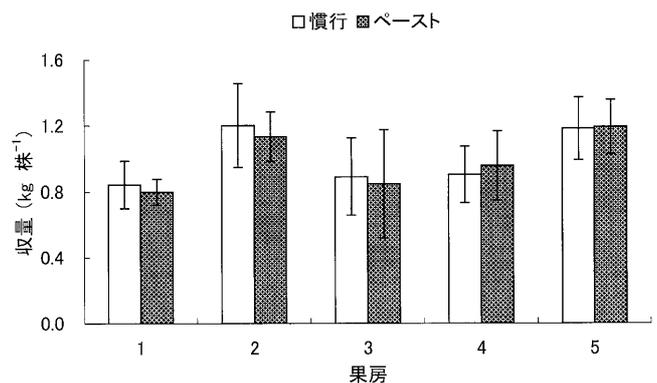


図 1 トマトの各果房の収量
バーは標準誤差を示す。n=12.

表 1 トマト栽培における摘心時の生育比較

処理区	茎長 (cm)	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	花房の開花段数	葉色 (SPAD 値)
慣行	122.6±1.8	47.0±1.0	49.0±3.7	6.1±0.2	47.7±1.8
ペースト	127.0±7.8	46.2±2.5	47.2±2.9	6.4±0.4	45.0±3.3

平均値±標準誤差を示す (n=5)。注) 最大葉長、最大葉幅および葉色は第 3 花房の直上葉を測定。

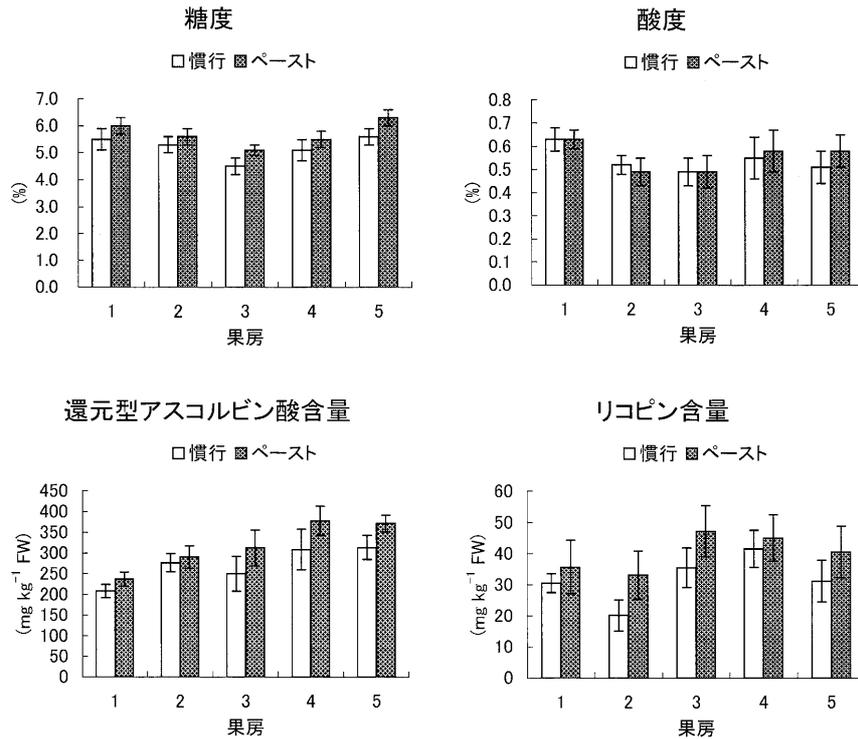


図2 トマト収穫時における各果房の糖度、酸度、還元型アスコルビン酸含量およびリコピン含量
 バーは標準誤差を示す。n=10。注) 糖度はBrix示度、酸度は滴定酸度を示す。

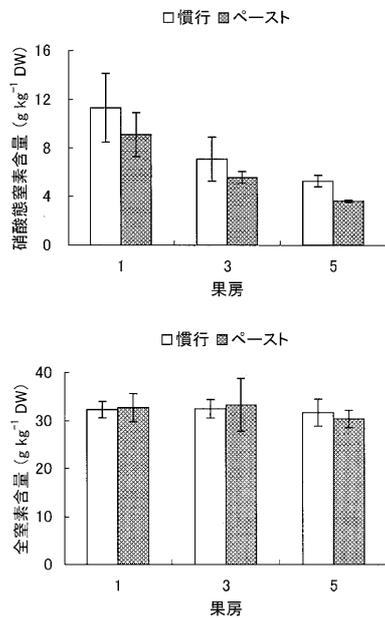


図3 トマト収穫時における第1, 第3および第5果房直上葉の硝酸態窒素含量および全窒素含量
 バーは標準誤差を示す。n=3

のではないかと指摘した^{1,2)}。トマト（果菜類）を供試した本試験でも、収穫時の各果房直上葉の硝酸態窒素は慣行区よりペースト区の方が低下した（図3）。また土壌中の無機態窒素に占める硝酸態窒素の割合は、追肥1ヵ月後で慣行区：95%（無機態窒素 359 mg kg⁻¹，硝酸態窒素 341

mg kg⁻¹），ペースト区：81%（無機態窒素 338 mg kg⁻¹，硝酸態窒素 275 mg kg⁻¹），栽培跡地で慣行区：94%（無機態窒素 259 mg kg⁻¹，硝酸態窒素 244 mg kg⁻¹），ペースト区：86%（無機態窒素 192 mg kg⁻¹，硝酸態窒素 165 mg kg⁻¹）であり、いずれもペースト区の方が慣行区より低下した。すなわち、果菜類におけるペースト肥料の灌注施肥においても、葉菜類と同様に緩効的な肥効が葉中の硝酸低減に起因したものと推察される。

また本試験では、各果房直上葉の硝酸態窒素は両処理区とも上位果房ほど低下した。近年、果菜類や果樹栽培において、栽培期間中に葉および葉柄を採取して含まれる無機成分含量を測定するリアルタイム栄養診断が行われるようになってきた¹⁵⁾。特に硝酸態窒素の分析は株の窒素栄養条件を良く反映することが示されており、追肥などの肥培管理に有益な情報をもたらすとされている^{16,17)}。そこで、本試験では先述したようにペースト肥料の追肥により、果房直上葉の硝酸態窒素含量が慣行栽培よりも低下する傾向を認めたことから、果実品質との関係を検証した（表2）。各成分の相関係数を比較すると、果房直上葉の硝酸態窒素と還元型アスコルビン酸に最も高い負の相関（ $R = -0.814$ ）が認められた。葉の硝酸態窒素とアスコルビン酸含量に負の相関があることは、目黒ら¹⁸⁾がホウレンソウ栽培で指摘し、硝酸態窒素の低下により内部品質が相対的に向上したことを報告している。本試験で採取した葉は収穫直後の果房直上葉であることから、果実品質に及ぼす影響は大きかったものと考えられ、葉中の硝酸低減がアス

表2 トマト収穫時における果房直上葉の硝酸態窒素と果実品質成分との相関係数比較

	果房直上葉の 硝酸態窒素	糖度	酸度	還元型 アスコルビン酸	リコピン
果房直上葉の硝酸態窒素	—	-0.156	0.327	-0.814 *	0.349
糖度		—	0.535	0.335	0.039
酸度			—	-0.300	0.483
還元型アスコルビン酸				—	-0.230
リコピン					—

*は0.1%水準で相関係数が有意であることを示す。第1, 第3および第5果房の成分で比較 ($n=18$)。注) 糖度はBrix示度, 酸度は滴定酸度を示す。

コルビン酸の向上に寄与したものと推察される。つまり、果菜類の品質向上に対して、葉中の硝酸含量を抑制するような肥培管理が重要であると考えられ、ペースト局所施肥はその手段として有効な施肥方法であることが示唆された。

一般にトマトなどの作物では、高品質化を図るための栽培方式として節水栽培が知られているが¹⁹⁾、水分管理が煩雑であることや塩類濃度の上昇に伴うカルシウム欠乏症(しり腐れ病)の多発も懸念されている^{19,20)}。一方、ペースト肥料の局所施肥では土中深くに施用することから、肥料の移動量も少なかったものと考えられ^{1,2)}、節水による水分調整は肥料の溶出の妨げになることから、本試験では特に行わず、結果として、しり腐れ果実もほとんど発生しなかった。

本報告ではペースト肥料の局所施肥がトマト品質成分の向上に有効であることを示した。果実品質成分が向上した要因については、今後さらに植物体内での窒素代謝をも含めた総合的な解析が必要であると思われる。しかし先述したように機械施肥による実用的な施肥が可能であることから、ペースト肥料の局所施肥は環境保全や高品質野菜生産に有望な施肥技術として期待できるものと思われる。

文 献

- 1) 三代恭広・太田勝巳・松本真悟：ペースト肥料による局所施肥栽培がレタスの生育および品質に及ぼす影響，土肥誌，**75**，431～438 (2004)
- 2) 三代恭広・太田勝巳・松本真悟：側条施肥栽培におけるペースト肥料の窒素組成の違いがホウレンソウの硝酸含量に及ぼす影響，同上，**76**，849～857 (2005)
- 3) 三代恭広・太田勝巳・松本真悟：ペースト肥料の局所施肥技術，農業技術体系，土肥編追録16号第6-1巻，96-17，p.2～7，農山漁村文化協会，東京 (2005)
- 4) 高橋正輝：省力・環境保全的な局所施肥法，環境保全と新しい施肥技術，p.188～205，養賢堂，東京 (2001)
- 5) 高橋正輝：葉菜類に対する緩効性肥料の局所施肥体形，平成8年度関東東海農業研究成果情報(生産環境・畜産・草地)，p.67～68 (1997)
- 6) 加藤俊博：施設野菜の省力・環境保全的施肥管理，環境保全と新しい施肥技術，p.205～224，養賢堂，東京 (2001)
- 7) 野菜統計要覧2004：独立行政法人 農畜産業振興機構編，p.172～202，農林統計協会，東京 (2005)
- 8) 三菱農機株式会社：三菱畑用灌漑ペースト施肥機MYM31・MYM31D施肥機取扱説明書，p.11～15 (2002)
- 9) 島根県・JA島根経済連：新野菜栽培指針，p.86～87 (1993)
- 10) 西条了康：野菜の品質・貯蔵性，植物栄養実験法編集委員会編，p.452～464，博友社，東京 (1990)
- 11) 静岡県農林水産部：簡易小型反射式光度計を用いた作物・土壌の簡易測定法，あたらしい農業技術，No.357，p.3～15 (2001)
- 12) 永田雅靖・壇和博・山田市二：トマト果実に含まれるクロロフィルおよびカロテノイドの同時簡便定量法，日食工誌，**39**，925～928 (1992)
- 13) 大山宅爾：無機態窒素，植物栄養実験法，植物栄養実験法編集委員会編，p.174～179，博友社，東京 (1997)
- 14) 川城英夫：野菜つくりの実際，p.19～30，農文協，東京 (2001)
- 15) 六本木和夫：リアルタイム診断による施設果菜類の効率的施肥管理技術に関する研究，土肥誌，**69**，235～238 (1998)
- 16) 六本木和夫：葉柄汁液の硝酸態窒素によるキュウリの栄養診断，農及園，**64**，960～964 (1989)
- 17) 坂口雅己・島山誠・中住晴彦・大村邦男：ハウストマト窒素栄養診断の現地検証，同上，**79**，52～57 (2004)
- 18) 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭：夏とりホウレンソウの内部品質指標，土肥誌，**62**，435～438 (1991)
- 19) 森国博全・新妻成一・嶋田永生：トマトの隔離床栽培における蒸気消毒後の硝酸化成菌の復活対策ならびに窒素施肥，同上，**70**，542～549 (1999)
- 20) Ehert, D. L. and Ho, L. C.: Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Ann. Bot.*, **58**, 679～688 (1986)