

養液土耕における灌水管の違いがトマトの生育および収量に及ぼす影響

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	吉田,千恵 岩崎,泰永 牧野,周 池田,英男
発行元	園芸学会
巻/号	10巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 325-331
発行年月	2011年7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



養液土耕における灌水管理の違いがトマトの生育および収量に及ぼす影響

吉田千恵^{1,2}・岩崎泰永^{1a*}・牧野 周²・池田英男³

¹ 宮城県農業・園芸総合研究所 981-1243 宮城県名取市高館川上

² 東北大学大学院農学研究科 981-8555 宮城県仙台市青葉区堤通雨宮町

³ 千葉大学環境健康フィールド科学センター 277-0882 千葉県柏市柏の葉

Effects of Irrigation Management on the Growth and Fruit Yield of Tomato under Drip Fertigation

Chie Yoshida^{1,2}, Yasunaga Iwasaki^{1a*}, Amane Makino² and Hideo Ikeda³

¹ Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture, Takadate, Natori, Miyagi 981-1243

² Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Amamiya-machi, Tsutsumidori, Aoba-ku, Miyagi 981-8555

³ Center for Environment, Health and Field Sciences, Chiba University, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-0882

Abstract

Effects of the amount of irrigation water and its frequency on the yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) plants under drip fertigation were examined. Treatments consisted of three levels of dripping water quantities (50, 250 and 1,250 mL) combined with two levels of the amount of nutrient application (standard, half dose of the standard). In the 50 mL-irrigated treatment, where plants were irrigated more frequently than in other treatments, more frequent irrigation with reduced amounts of water was most effective for growth and yield of tomato regardless of the nutrient level. Under this treatment, a region with a higher moisture content was formed near soil surface and NO_3^- concentration in the petiole sap was enhanced. Such factors may have led to stimulation of water uptake and efficient supply of nutrients.

Key Words : petiole sap, tensiometer, volumetric water content

キーワード : 土壌水分, テンシオメータ, 葉柄汁

緒 言

肥料を液肥として与える養液土耕（灌水同時施肥法）の導入面積が施設栽培を中心にして増加しており、トマト栽培においても導入が進んでいる（青木ら, 2001; 荒木, 2007; 六本木・加藤, 2000）。従来の養水分管理では、灌水頻度は数日に1回程度で、肥料は固形ものを基肥および追肥として与えられるため、土壌中の水分量や肥料成分濃度の変動が大きい。一方、養液土耕では、作物の生育ステージに合わせ、必要な養水分が液肥の形で毎日供給されるので、土壌中の水分量や肥料成分濃度の変動が小さくなる。その結果、作物は養水分を過剰や欠乏などのストレスがなく吸収できるので（青木ら, 2001; 中野ら, 2001; 六本木, 2000; 六本木・加藤, 2000）、生育の安定や収量の増加が可能になるとされている。トマトの養液土耕に関するこれまでの研究は、主に葉柄汁液中の硝酸イオン濃度を指標とした栄養

診断技術（上山ら, 2004; 田中, 2003）や、生育段階別の施肥量（伊藤・河井, 2005; 國田ら, 2004; 山田ら, 2005）、および肥料の利用効率の向上または減肥効果（荒木, 2007; 林ら, 2003）について実施されており、多くの成果が報告されている。

養液土耕と従来の灌水管理は、1回当たりの灌水量や灌水頻度が大きく異なる。千家（1999）によると、トマトの従来の灌水管理では1回当たりの灌水量は1 m²当たり2.7～44.4 mmとされており、これは栽植密度を2.5株・m⁻²とすると1.1～17.8 L/株となる。一方、養液土耕では0.1～0.4 L/株（伊藤・河井, 2005; 上山ら, 2004; 山田ら, 2005）となっている。池田（2005）は、根の周辺の水分移動が少なくなると根の表面に無機要素濃度や酸素濃度の低い層が形成されることを実験的に確かめ、高頻度な灌水は、根の周辺の水分を積極的に動かすことによって根の表面に多くの無機要素や酸素を供給することができ、生育促進を可能にすることを示唆している。また、1回当たりの灌水量や灌水頻度は、土壌中の水分の分布に大きく影響することが報告されている（荒木, 1997; 五島ら, 1982）。しかしながら、これまで、養液土耕による養分吸収量の増加、生育の安定および収量増加などの効果を、1回当たりの灌水量や

2010年8月18日 受付. 2011年1月6日 受理.

* Corresponding author. E-mail: iwasakiy@affrc.go.jp

^a現在：農研機構 野菜茶業研究所 470-2351 愛知県知多郡武豊町南中根 40-1

灌水頻度および土壌中の水分分布と関連づけて詳細に調べた報告は見あたらない。そこで、本実験では養液土耕において、1回当たりの灌水量および灌水頻度が土壌中の水分分布、トマトの養分吸収および生育や収量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

1. 作物の栽培

実験は、宮城県農業・園芸総合研究所（宮城県名取市）内にあるパイプハウスを用いて行った。供試したハウスの土壌は、埴壌土（褐色森林土）である。実験開始前の土壌の化学性を第1表に示す。トマトは接ぎ木栽培とし、穂木は‘麗容’、台木は‘B バリヤー’（ともにサカタのタネ）を供試した。穂木、台木ともに2008年7月7日に播種し、7月23日に接ぎ木を行った。圃場は深さ30 cmまで耕耘し、平畝としてマルチはしなかった。株間40 cm、条間40 cmの2条植え、畝間180 cmとして、8月14日に定植した。主枝1本仕立てとし、伸長に応じてつる下ろし誘引を行い、第8果房上に葉を2枚残して摘心を行った。着果数の制限は行わなかった。試験規模は1区10株、4反復とした。

2. 試験区の設定と実験システム

1回当たりの灌水量を3水準（50 mL区、250 mL区、1,250 mL区）と施肥濃度を2水準（標準濃度区、1/2濃度区）を組合せた6処理区を設定した。予備実験の結果から、1日当たり5～10回の灌水を行う灌水量として、50 mL区

を設定した。250 mL区は生産現場における養液土耕の一般的な灌水量で、1日当たり1～3回の灌水を行うことを想定している。また、1,250 mL区は通常の土耕の灌水量で、数日に1回の灌水を行うことを想定して設定した。

点滴型の灌水チューブ（ストリームライン 80、ノズル間隔10 cm、1ノズル当たりの吐出水量 $0.98 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ 、ネタフィルム）を株元に敷設した。実験には、第1図に示す灌水制御システムを用いた。テンシオメータ（DM-8HG、竹村電機製作所）をトマトの株元から10 cm、灌水チューブから5 cm離れた位置に、地表面からの深さ10 cmに埋設した。灌水開始点は、青木ら（2001）の報告に従ってマトリックポテンシャルで -6.3 kPa とし、15分ごとにテンシオメータの値を測定し、灌水開始点よりもマトリックポテンシャルが低い場合に、設定した灌水量を供給した。

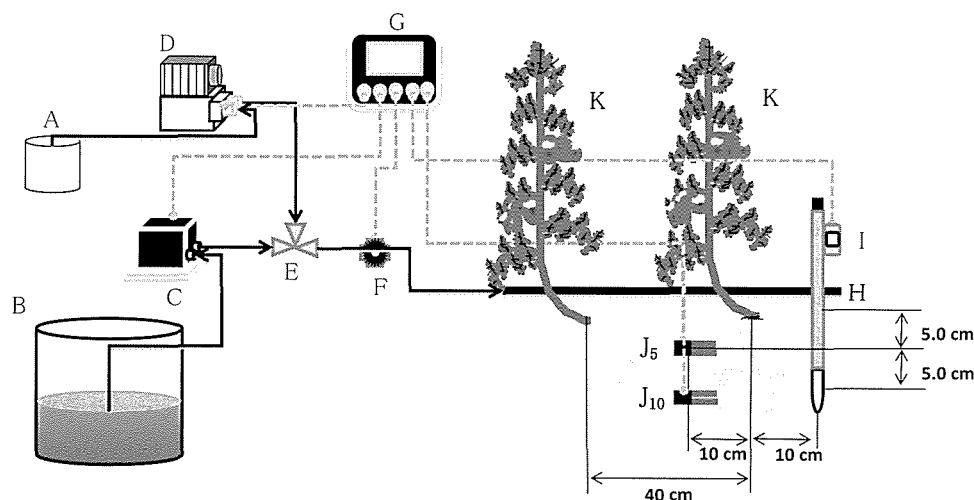
標準濃度区の養分供給量は上山ら（2004）の報告を参考にして、OKF-1（大塚化学）の250倍希釈溶液（ $600 \text{ mg} \cdot \text{N} \cdot \text{L}^{-1}$ 、ECで約 $5.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ）を用いて、生育段階に応じて1日当たり20～150 $\text{mg} \cdot \text{N} / \text{株}$ を毎朝6時、標準濃度区の全区画に供給した。1/2濃度区ではOKF-1の500倍希釈溶液（ $300 \text{ mg} \cdot \text{N} \cdot \text{L}^{-1}$ 、ECで約 $2.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ）を用いて、10～75 $\text{mg} \cdot \text{N} / \text{株}$ を標準濃度区と同様に、1/2濃度区の全区画に供給した。

3. 調査測定項目

週3回、赤熟果実を収穫して果数と重さを調査した。収穫調査の期間は、2008年10月17日～2009年1月28日と

第1表 供試土壌の実験開始前の化学性

pH	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	CEC ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$)	無機要素含量 ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$)					
			$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{Tr-P}_2\text{O}_5$	CaO	MgO	K_2O
6.2	0.12	24.8	5.1	0.5	35.6	220	55	90



第1図 実験に用いた灌水制御システムの模式図

A: 液肥タンク, B: 水タンク, C: 送水ポンプ, D: 液肥混合ポンプ, E: 3方弁, F: 流量計, G: プログラマブルコントローラ, H: ドリフトチューブ, I: テンシオメータ, J5, J10: 静電容量式土壌水分センサ, K: トマト株

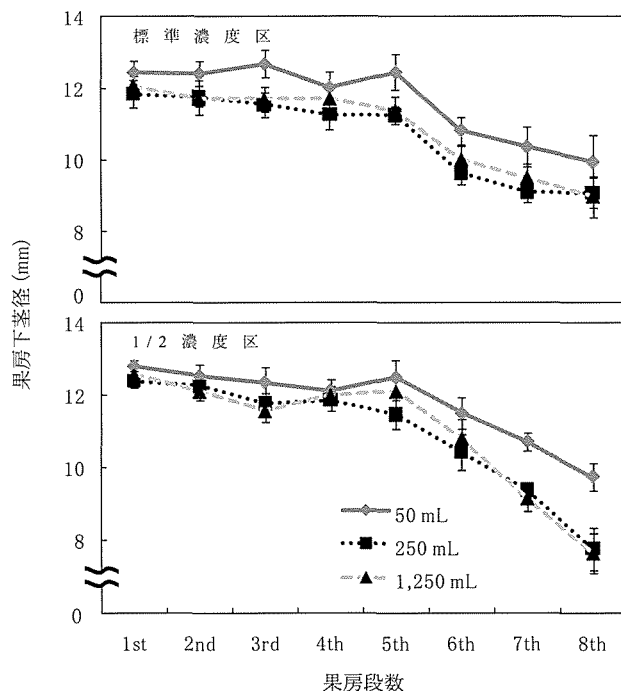
した. 第6果房がピンポン球大となった2008年11月25日に, 各区5株から第6果房直下の葉の小葉を採取し, その葉柄部分を10倍量の蒸留水を加えてミキサーで粉碎し, 濾液中の硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフィー (DX-120, ダイオネクス) で測定した. 栽培終了時の2009年1月28日に, 各果房直下の茎径を20株ずつ (各試験区当たり5株×4反復) 測定した. また同日に, 各区画の地上面から10 cmおよび10~20 cmの深さ別に土壌を採取し, 土壌中残存窒素量を生土容積法 (六本木・加藤, 2000) によって抽出して測定した.

トマトの株と灌水チューブに対してテンシオメータと同じ位置となる地上面から5 cmと10 cmの深さに静電容量式土壌水分センサ (EC-5, Decagon) を埋設し (第1図), 体積含水率の推移を, 1処理区当たり各深さ2点ずつ10分間隔で測定した. 各処理区の灌水状況 (灌水量, 灌水回数および灌水時刻) を, 灌水制御システムで記録した. この際, 毎朝6時に行ったOKF-1の希釈溶液の供給と, 土壌のマトリックポテンシャルに基づく灌水とは別に記録した.

結 果

第2図に, 施肥濃度および1回当たりの灌水量が果房下茎径に及ぼす影響を示した. 標準濃度区, 1/2濃度区ともに50 mL区が他の区よりも大きくなり, 特に第5果房以上ではその傾向が大きくなった.

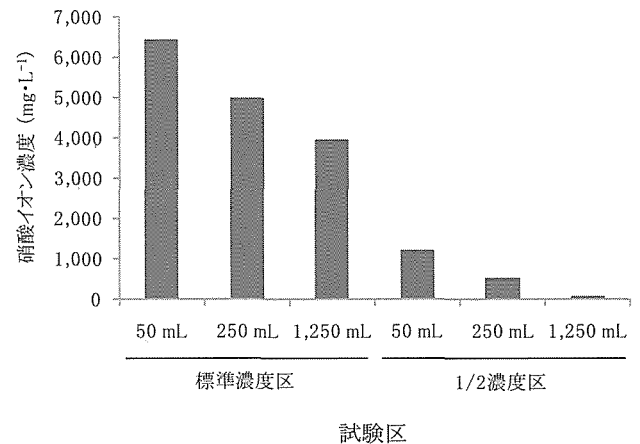
第3図に, 施肥濃度および1回当たりの灌水量が葉柄汁



第2図 施肥濃度および1回当たりの灌水量が果房下茎径に及ぼす影響
2009年1月28日調査
図中の縦棒は標準誤差を示す (n=20)

液中硝酸イオン濃度に及ぼす影響を示した. 標準濃度区では50 mL区で $6,430 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 250 mL区で $4,980 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 1,250 mL区で $3,970 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ となり, 1/2濃度区では, 50 mL区で $1,220 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 250 mL区で $540 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 1,250 mL区で $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ となった. 標準濃度区, 1/2濃度区ともに, 葉柄汁液中硝酸イオン濃度は1回当たりの灌水量が少ない場合に, 1回当たりの灌水量が多い場合よりも高い濃度を示した.

第2表に, 1日当たりの灌水量と灌水頻度を, 10月 (2008年10月1~31日, 第1果房収穫期) と12月 (12月1~31日, 第4, 5果房収穫期) に分けて示した. 灌水頻度は50 mL区は1日数回, 250 mL区は1~2日に1回灌水, 1,250 mL区は数日に1回となり, ほぼ想定した回数となった. 標準濃度区, 1/2濃度区ともに, 1日当たりの灌水量は10月は50 mL区が他の区よりも少ないか同等であったが, 12月は逆に50 mL区が多くなった. 灌水頻度は, 50 mL区は標準濃度区では10月は5.6回, 12月は9.0回, 1/2濃度区では10月は9.4回, 12月は10.7回となった. 250 mL区



第3図 施肥濃度および1回当たりの灌水量が葉柄汁液中の硝酸イオン濃度に及ぼす影響
第6果房果実肥大期の2008年11月25日に, 第6果房直下の葉について調査

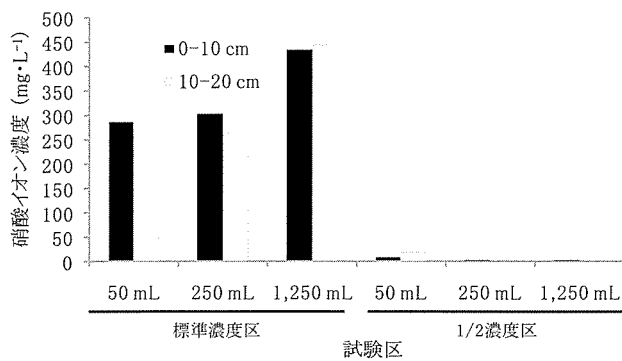
第2表 施肥濃度および1回当たりの灌水量が日灌水量と灌水頻度に及ぼす影響

試験区	灌水量 ^z (mL／株／日)		灌水頻度 ^z (回／日)		
	10月 ^y	12月 ^x	10月 ^y	12月 ^x	
標準濃度区	50 mL	282	449	5.6	9.0
	250 mL	368	246	1.5	1.0
	1,250 mL	288	244	0.2	0.2
1/2 濃度区	50 mL	469	536	9.4	10.7
	250 mL	596	303	2.4	1.2
	1,250 mL	688	122	0.6	0.1

^z全試験区共通の毎朝6時の肥料養液 (10月: $166 \text{ mL} / \text{株}$, 12月: $250 \text{ mL} / \text{株}$) の供給は灌水量, 頻度に含んでいない

^y10月: 2008年10月1~31日

^x12月: 2008年12月1~31日

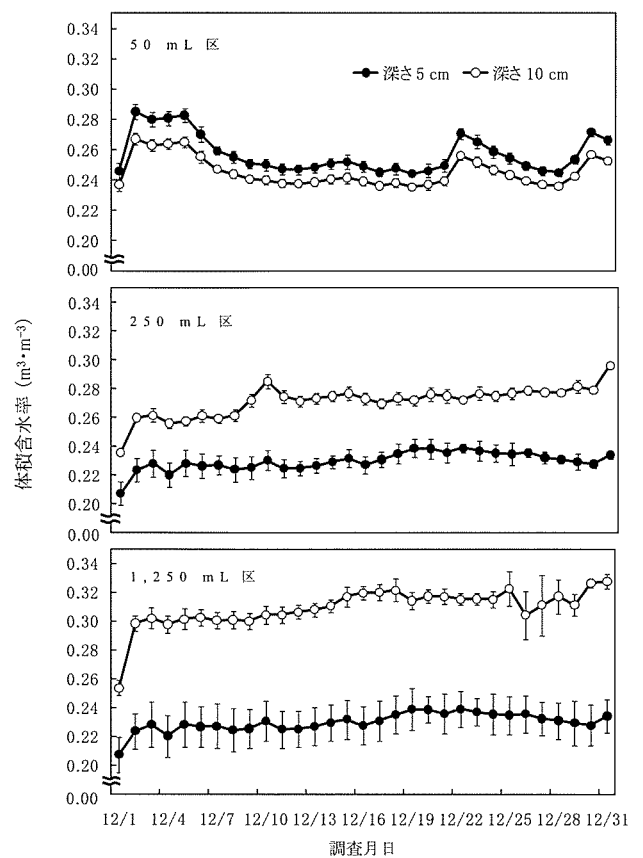


第4図 施肥濃度および1回当たりの灌水量が栽培終了時の残存硝酸イオン濃度に及ぼす影響
生土容積法にて抽出，イオンクロマト法で測定

は，標準濃度区では10月は1.5回，12月は1.0回となり，1/2濃度区では10月は2.4回，12月は1.2回となった。1,250 mL区は，標準濃度区では10月，12月ともに0.2回となり，1/2濃度区では10月は0.6回，12月は0.1回となった。

第4図に，栽培終了時の土壤中残存窒素量を示した。標準濃度区では，50 mL区は0-10 cmで290 mg・L⁻¹，10-20 cmで260 mg・L⁻¹，250 mL区では，0-10 cmで300 mg・L⁻¹，10-20 cmで270 mg・L⁻¹となり，50 mL区と250 mL区はほぼ同等であった。一方，1,250 mL区では，0-10 cmで430 mg・L⁻¹，10-20 cmで450 mg・L⁻¹となり，他の区よりも高かった。1/2濃度区ではいずれの試験区においても極めて低い濃度であった。

第5図に，標準濃度区の土壌水分の推移を深さ別の体積含水率として，1日ごとの平均値で示した。調査期間（12月1～31日）中の体積含水率の推移は，50 mL区では深さ5 cmと10 cmの差が小さく，調査期間全体の平均値はそれぞれ0.26 m³・m⁻³と0.25 m³・m⁻³であった。一方，250 mL区では，深さ5 cmの部分が10 cmの部分よりも体積含水率が低く推移し，調査期間全体の体積含水率の平均値は深さ5 cmの部分が0.23 m³・m⁻³，10 cmの部分が0.27 m³・m⁻³であった。1,250 mL区も250 mL区と同様に，深さ5 cmの部分が10 cmの部分よりも体積含水率が低く推移し，深さ



第5図 1回当たりの灌水量が体積含水率の推移に及ぼす影響（標準濃度区，2008年12月1～31日）
静電容量式土壌水分センサ（EC-5）で，10分間各で測定した体積含水率を1日単位の平均値として示した（図中の縦棒は，測定値の日ごとの標準偏差を示した）

5 cm部分（平均値0.23 m³・m⁻³）と10 cm部分（平均値0.31 m³・m⁻³）の差が250 mL区よりも大きかった。体積含水率の1日ごとの変位の大きさを第5図の標準偏差として示すと，50 mL区が最も小さく，1,250 mL区が最も大きい傾向がみられた。変位の大きさを深さ別にみると，50 mL区では，深さ5 cmの部分と10 cmの部分で差がなかったが，250 mL区および1,250 mL区では深さ5 cmの部分が10 cmの部分

第3表 施肥濃度および1回当たり灌水量が収量，商品果1果重および商品果率に及ぼす影響

試験区	総収量		商品果収量 ^γ		商品果1果重 (g/果)	商品果率 [×] (果数%)
	重量 (kg/株)	果数 (果/株)	重量 (kg/株)	果数 (果/株)		
標準濃度区	50 mL	6.46a ^z	34.2a	3.94a	22.5a	175a
	250 mL	5.40b	32.6a	3.24b	19.5b	166b
	1,250 mL	5.68b	34.3a	4.15a	24.5a	169ab
1/2濃度区	50 mL	6.42a	32.9a	4.72a	24.6a	192a
	250 mL	5.46b	32.1a	3.56b	22.1b	161b
	1,250 mL	5.75b	32.9a	3.89b	22.9b	170b

^z異なるアルファベットはTukeyの多重検定により，5%水準で有意差があることを示す（n=4）

^γ100 g以上の正形果を商品果とした

[×]角変換後の値を用いて多重検定を行った

よりも大きい傾向であった。1/2 濃度区についてもほぼ同様な推移であり、また、その他の期間についても各処理区の傾向は同様であった（データ略）。

灌水方法の違いが収量に及ぼす影響を第3表に示した。標準濃度区では、総収量の重量は50 mL区が他の区よりも多くなったが、果数では灌水量による差がなかった。商品果収量は、重量、果数ともに50 mL区と1,250 mL区が同等となり、250 mL区よりも多くなった。商品果1果重は、50 mL区で大きい傾向であった。商品果率は1,250 mL区が高かった。1/2 濃度区では総収量は50 mL区が250 mL区、1,250 mL区よりも多かったが、果数には灌水量による差は認められなかった。商品果収量は、重量、果数ともに50 mL区が250 mL区、1,250 mL区よりも多かった。50 mL区は商品果1果重が大きく、商品果率が高かった。商品果以外の不良果の内訳は標準濃度区、1/2 濃度区ともに、第1～3果房は乱形果や空洞果の発生が多く、第6果房以降は小果の発生が多かった。

考 察

本実験では養液土耕の灌水管理において、施肥量を標準濃度区と1/2 濃度区の2水準設定し、灌水開始点（マトリックポテンシャル）を同じとした場合の1回当たりの灌水量の違いが、土壌水分の分布やトマトの生育および収量に及ぼす影響を調べた。いずれの施肥濃度においても、1回当たりの灌水量が少なく、灌水頻度が多い50 mL区の草勢が他の区より強く、総収量が多くなった。

作物の根は表面から無機要素や酸素を吸収するため、根の単位表面積に供給される無機イオンの量や酸素量が多ければ、吸収量も多くなることが予想される。土壌中の肥料成分の移動は、作物の水分吸収によって生じる水の移動（マスフロー）に伴う場合と、濃度差に依存する拡散による移動がある（Horst, 1997）。不飽和土壌の透水係数は極めて小さく、水の移動速度は非常に遅い（Hillel, 2003）ため、池田（2005）はそれに伴う肥料成分の移動速度も極めて遅く、さらに拡散による物質の移動速度が非常に遅いことを確かめ、土壌中における肥料成分の移動は極めて遅いと結論している。Polle・Jenny（1971）は、根の周辺に形成される無機要素濃度の低い層は、培養液の流速に影響され、流速が上がるほど薄くなるとしている。池田ら（2002）も、根域の水分移動が少なくなると根の周辺に無機要素濃度や酸素の低い層が生じ、養分吸収や生育の低下が生ずる可能性を指摘し、根に頻繁に養水分を与えることは根の表面に無機要素や酸素を十分に供給し、生育を促進するとしている。Silberら（2003, 2005）やXuら（2004）は、灌水同時施肥法における高頻度な灌水が養分吸収速度や生育速度を向上させることを報告している。

本実験では、1回当たりの灌水量が少ない場合に葉柄汁液中の硝酸イオン濃度が高くなった。これは、高頻度な灌水によって根の周囲の水分移動が多くなった結果、養分の

吸収が促進されたためと考えられる。栽培終了時の残存要素は、灌水量の少ない50 mL区で少ない傾向がみられたことから、高頻度な灌水は養分の吸収を促進することが示唆される。

荒木（1997）は、灌水開始点と1回当たりの灌水量を変えてトマトを栽培し、1回当たりの灌水量は湿潤土層の深さに及ぼす影響が大きいと報告している。本実験においても、1回当たりの灌水量が少なく灌水頻度が多い場合は、水分は地表面近くに分布し、湿潤域は小さくなる傾向がみられ、1回当たりの灌水量が多く灌水頻度が少ない場合は、水分はより下層に多く分布し、湿潤域は大きくなる傾向がみられており、荒木（1997）の報告と一致する結果が得られた。本実験では、施肥濃度が同じ処理区のすべての区画に、同量の肥料成分を毎朝6時に液肥として与えた。50 mL区は、他の区より地表面付近の比較的小さい範囲に水分が分布しているので、肥料成分濃度が高い状態で地表付近にとどまり、拡散による根の表面への供給量が多くなり、養分吸収量が多くなったと考えられる。

葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、1回当たりの灌水量が少ないほど高くなり、また施肥濃度が高い方が高い傾向がみられるが、後者のほうが葉柄汁液中の硝酸イオン濃度に及ぼす影響は大きい。一方、いずれの施肥濃度の処理においても、1回当たりの灌水量が少なく、灌水頻度が多いほど生育が優れ、総収量が高い傾向がみられた。すなわち、施肥濃度の処理よりも、1回当たりの灌水量の処理のほうが生育や収量に強く影響していることが示唆される。本実験では、テンシオメータを用いて土壌の水分量に応じた灌水を行ったので、灌水された水分量はトマトの水分吸収量と対応している。灌水された水分量は、250 mL区と1,250 mL区では12月が10月よりも少なくなっており、逆に50 mL区では12月が10月よりも多くなっている。12月は着果負担に加えて日射や気温の低下によって、光合成産物の地下部への転流量が低下して根の活性が低下しやすい時期と考えられるので、高頻度な灌水は水分吸収を促進する効果があることが示唆される。これらのことから、高頻度な灌水は根の活性を高めたり維持する効果があり、その結果として養分吸収量が増加し、生育の向上や収量の増加がみられたと推察される。池田ら（2008）は、酸素分子の液体中の拡散速度が気体中の数万分の1であることから、水分移動による酸素供給の重要性を指摘している。本実験においても、高頻度な灌水が酸素吸収の促進にも大きな影響を及ぼし、根の活性の維持に寄与したことも考えられる。

生産現場では、養液土耕の養分供給方法として今回の実験と同様に、1日に必要と思われる肥料成分を毎朝1回灌水と同時に供給し、その後は必要な水分のみを供給する方法と、肥料成分を含む「培養液」を常に給液する方法が利用されている。前者では供給する施肥量を制御しやすいが、ECの高い液肥が株元に供給されることによる一次的な浸透ポテンシャルの低下と、それに起因する水分吸収の減少

や根の伸長抑制が生じる可能性がある。一方、後者は常に設定した濃度の肥料成分を含む培養液が株元に供給されるため、根域の肥料成分の濃度が安定しやすく、浸透ポテンシャルの変動が生じにくいというメリットがあるが、施肥量は給液量によって変化するため、正確に制御することは難しい。今回は施肥条件を一定にするため、前者の方法で実験を行った。肥料成分を供給するため、標準濃度区ではECが $5.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ の養液を、1/2濃度区ではECが $2.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ の養液を毎朝株元に供給した。そのため、灌水頻度が少ない場合には、ECが高いままの状態で長い時間を経過することによって、根域の浸透ポテンシャルが低下して水分の吸収を阻害したり、ECの変動が大きいことによって生じるストレスが草勢にマイナスの影響を及ぼしたことも考えられる。毎朝6時に肥料成分と同時に供給した水分量は、1日当たり灌水量の24～59%（10月）および47～205%（12月）となっており、大きな比率であった。しかし、トマトの生育や収量は1回当たりの灌水量や灌水頻度に大きく影響されており、土壌中の水分の移動や分布が養水分吸収に大きく影響することが示唆される。

総収量は標準濃度区、1/2濃度区ともに50 mL区が最も多く、250 mL区と1,250 mL区の間には差がみられなかった。一方、商品果収量は、標準濃度区では50 mL区と1,250 mL区が果数、重量ともに同等で250 mL区よりも多かったが、1/2濃度区では50 mL区が他の区よりも多く、標準濃度区と1/2濃度区で傾向が異なった。今回の実験では、いずれの処理区においても定植後～第3果房開花期までは草勢がやや強く、第6果房以降は次第に低下した。トマトの不良果の発生は、栄養生長が旺盛で草勢が強い場合に乱形果や空洞果が多く（青木, 1998）、草勢が弱い場合は果実の肥大が劣り小果が多くなりやすい。本実験においても第1～3果房は乱形果や空洞果の発生が多く、第6果房以降は小果の発生が多かった。50 mL区では標準濃度区、1/2濃度区ともに、栽培期間後半の草勢の低下が他の処理区よりも小さかったので、小果の発生が少なくなり、総数量、商品果収量ともに最も多かった。標準濃度区の1,250 mL区では、空洞果、乱形果の発生が少なかったので、商品果率が高くなり、商品果収量は50 mL区と同等となった。この処理区では濃度の高い培養液が株元に供給されること、1回当たりの灌水量が多く灌水頻度が低いことから、ECの変動が処理区の中で最も大きいと考えられる。このことが、栄養生長を抑え、商品果率が高くなったことの要因の一つと考えられる。

以上のことから、高頻度な灌水を行うと、土壌中の湿潤域が小さくなって根域の肥料成分濃度が高く推移し、根の周囲の水分移動が促進されることによって根の表面の肥料成分濃度が高くなり、その結果として養分吸収量が多くなるものと考えられる。さらに、高頻度な灌水は根の活性を維持し、トマトの生育にプラスの影響を及ぼし、収量を増加させると結論される。

摘 要

トマトの養液土耕において、1回当たりの灌水量や灌水頻度の違いが生育や収量に及ぼす影響を検討した。1回当たりの灌水量を3水準（50 mL区、250 mL区および1,250 mL区）と施肥濃度を2水準（標準濃度区、1/2濃度区）を組合せた6処理区を設定し、テンシオメータを地上面からの深さ10 cmに埋設し、マトリックポテンシャルで -6.3 kPa 以下となった場合に自動灌水した。施肥濃度水準に関わらず、1回当たりの灌水量が最も少ない50 mL区において、灌水頻度は最も高くなり栽培期間を通して草勢が強く維持され、収量が高くなった。これは、少量ずつ高頻度な灌水によって根の周辺の水分移動が多くなることや、根周辺の肥料成分濃度が高く維持されやすいことによって養水分の吸収が促進されたことによると考えられる。

引用文献

- 青木宏史. 1998. トマト 生理と栽培技術. p. 5-31. 誠文堂新光社. 東京.
- 青木宏史・梅津憲治・小野信一. 2001. 養液土耕栽培の理論と実際. p. 1-58. 誠文堂新光社. 東京.
- 荒木陽一. 1997. かん水時の土壌水分吸引圧と一回のかん水量が湿潤土層深とトマトの生育に及ぼす影響. 野茶試研報. 12: 125-131.
- 荒木陽一. 2007. 多頻度給液方式による養液土耕栽培の減肥効果の向上. 農及園. 82: 476-481.
- 五島 康・荒木陽一・柴田 明. 1982. 施設野菜のかん水開始点とかん水量に関する研究 (2). 野菜試報A. 10: 147-160.
- 林 康人・新妻成一・久保省三. 2003. 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要素利用率. 土肥誌. 74: 813-816.
- Hillel, D. 2003. 環境土壌物理学—耕地生産力の向上と地球環境の保全. 1. 土と水の物理学（岩田進午・内嶋善兵衛訳）. p. 243-246. 農林統計協会. 東京.
- Horst, M. 1997. 根と土壌の境界面（根圏）における養分の動態（藤田耕之助・但野利秋訳）. p. 11-44. 日本土壌肥料学会編. 植物の根圏環境制御機能. 博友社. 東京.
- 池田英男. 2005. 植物の根と周辺の無機要素の分布と流れからみた根域の養水分管理. p. 7-27. 養液土耕と液肥・培地管理. 博友社. 東京.
- 池田英男・古川 一・佐藤 卓・渡辺和彦・和田正夫・坪井秀樹. 2002. SEM・EDXで見た野菜の根とその周辺の無機元素濃度. 園学雑. 71 (別2): 381.
- 池田英男・岩崎泰永・安 東赫. 2008. 施設野菜生産における環境調節—高収量をめざして—. 日本生物環境工学会2008年大会プレシンポジウム講演要旨. p. 23-31.
- 伊藤裕朗・河井弘康. 2005. 夏秋トマトの養液土耕, 長段栽培における生育ステージ別施肥・かん水管理指針の

- 作成. 愛知農総試研報. 37: 73–79.
- 上山啓一・小野寺康子・大沼 康. 2004. 夏秋トマトの養液土耕栽培における栄養診断に基づいた養水分管理方法. 宮城農園総研報. 73: 41–47.
- 國田丙午・宮地勝正・伊藤純樹. 2004. 養液土耕栽培における夏秋トマトの窒素の栄養と土壌診断に基づいた養水分管理法. 広島農技セ研報. 76: 75–84.
- 中野明正・上原洋一・山内 章. 2001. 養液土耕法による根圏ストレス軽減がトマトの尻腐れ果発生を抑制する. 土肥誌. 72: 385–393.
- Polle, E. O. and H. Jenny. 1971. Boundary layer effects in ion absorption by roots and storage organs of plants. *Physiol. Plant.* 25: 219–224.
- 六本木和夫. 2000. 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—. 平成12年度関東東海農業土壌肥料研究会. 農研セ. p. 19–28.
- 六本木和夫・加藤俊博. 2000. 野菜・花きの養液土耕. p. 127–134. 農文協. 東京.
- 千家正照. 1999. 一般畑と施設畑の灌排水計画策定について. 平成11年度野菜・花き並びに茶業課題別研究会資料. p. 1–10.
- Silber, A., M. Bruner, E. Kenig, G. Reshef, H. Zohar, I. Posalski, H. Yehezkel, D. Shmuel, S. Cohen, M. Dinar, E. Matan, I. Dinkin, Y. Cohen, L. Karni, B. Aloni and S. Assouline. 2005. High fertigation frequency and phosphorus level: Effects on summer grown bell pepper growth and blossom-end rot incidence. *Plant and Soil.* 270: 135–146.
- Silber, A., G. Xu, I. Levkovitch, S. Soriano, A. Bilu and R. Wallach. 2003. High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. *Plant and Soil.* 253: 467–477.
- 田中哲司. 2003. トマトの養液土耕栽培における葉柄汁液中硝酸イオン濃度を用いた生育診断指標の策定. 愛知農総試研報. 35: 73–78.
- Xu, G., I. Levkovitch, S. Soriano, R. Wallach and A. Silber. 2004. Integrated effect of irrigation frequency and phosphorus level on lettuce: P uptake, root growth and yield. *Plant and soil.* 263: 297–309.
- 山田良三・川嶋和子・今川正弘. 2005. 即時制御灌水システムを導入した隔離床栽培トマトの養液土耕栽培マニュアル. 愛知農総試研報. 37: 61–66.