

トマトの点滴施肥灌水栽培における施肥量の違いが生育および養分吸収に及ぼす影響

誌名	静岡大学農学部研究報告 = Reports of the Faculty of Agriculture, Shizuoka University
ISSN	05598850
著者	斎藤, 俊久 糠谷, 明
巻/号	48号
掲載ページ	p. 39-45
発行年月	1999年3月

トマトの点滴施肥灌水栽培における施肥量の違いが 生育および養分吸収に及ぼす影響

斎藤俊久*1・糠谷 明

(平成10年11月7日受理)

Effect of Difference in Application Amount of Fertilizers on Growth and Nutrient Absorption of Tomatoes Grown by Drip Fertigation System

Toshihisa SAITO *1 and Akira NUKAYA

Summary

Tomato cv 'Super First' was transplanted on Sep. 25, 1997 and grown by drip fertigation system. Three concentration of the nutrient solution was achieved as a basis of nitrogen application rate (0.05, 0.1 and 0.2 g N day⁻¹ plant⁻¹). The plants were grown in soil and drip fertigated from Oct. 11 to Dec. 3. The growth of the plants were observed and data collected, periodically. The total amount of N applied to the plants during the experiment was 3.2 g, 6.0 g and 11.4 g, respectively. The results showed that the NO₃⁻ and K concentrations in the petiole sap, and NO₃⁻ and EC values of soil solution (1:2 by volume extracts) increased with increasing nutrient solution concentrations after Oct. 21. Growth, as expressed by number of leaves, leaf length and width, leaf fresh weight and stem diameter increased with increasing nutrient solution concentrations. Fresh Fruit weight at the 1st truss was less at 0.2 g N treatment, but the dry weight was not significantly different among treatments. The SSC increased with increasing nutrient solution concentrations. It was found that 0.1 g N concentration was appropriate at the early stage of the plant growth and the dosage of nutrients can be controlled by giving supplemental water followed by application of nutrient solution at one time in the morning.

緒 言

施設栽培では多年の連作により土壌に塩類が集積

し、養分がアンバランスとなっている¹⁾。今後、生産性の向上を図るために土壌生産力を高め、かつ作物の生育ステージに合致した効率的な施肥技

静岡大学農学部生物生産科学科

Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Shizuoka 422-8529, Japan.

*1 現在：愛知県渥美農業改良普及センター

Present Address:Aichi Prefecture Atsumi Agricultural Extension & Service Center, Tahara-cho, Aichi, 441-3427, Japan

術の確立により生産コストを低減するとともに、環境保全型農業の観点から栽培系外への肥料成分の流出を抑制する技術の確立が必要である。

一方、トマトの土耕栽培において、生育中の葉柄汁液や土壤抽出液中の硝酸及びカリウムイオン濃度の測定により栄養診断を行い、合理的な施肥を実施する技術がリアルタイム土壤・栄養診断として注目されている。山田ら²⁾は元肥と追肥を組み合わせた慣行の施肥における葉柄汁液及び土壤抽出液中の硝酸イオン濃度は、定植後数週間はかなり高濃度で推移し、その後果実の肥大に伴い低下し、収穫期の追肥期間中は一定の範囲で推移することを報告している。したがって、これらから追肥開始と追肥期間中の硝酸イオン濃度を診断基準値とする土壤・栄養診断により、追肥の施与量と時期を決定することができると考えられている。

トマトの点滴施肥灌水栽培は1997年に愛知県に導入が始まった。点滴施肥灌水栽培は土耕栽培に養液栽培の培養液管理技術を取り入れたものであり、土耕栽培で培養液を用いて作物の生育に合わせて必要な養水分を施与する技術である。この技術は、点滴灌水等の比較的低速で一定した灌水が行える施設を用いて培養液を供給することにより、好適な根域環境を維持し、加えて土壤の緩衝能を利用して栽培を行おうとするものである。これにより、従来の施肥法に比べ作物の生育ステージ別の成分要求量に応じた施肥管理がより一層可能となる。しかし、点滴施肥灌水栽培の実際栽培への導入は始まったばかりであり、施肥技術は不明な点が多い。そこで、トマトの点滴施肥灌水栽培における適正施肥量と土壤・栄養診断値を確立するための基礎資料を得る目的で、0.05、0.1、0.2g/(株・日)の窒素を施与してトマトを栽培し、生育、葉柄汁液および土壤抽出液中の硝酸イオン濃度、養分吸収量に及ぼす影響を調査した。

材料及び方法

供試品種は‘スーパーファースト’（愛三種苗）で、愛知県渥美郡渥美町の農家で育成された苗を

用いた。播種は1997年8月25日、9月25日に本葉5～6葉の苗を黒ぼく土と赤土を概ね半々ずつ混合し、過リン酸石灰を60gを混ぜた土壤を詰めた1/2000aのワグネルポットに定植した。培養液は粉末の複合肥料（大塚化学（株）保証値窒素15%内硝酸性窒素8.5%、リン酸8%、加里17%、石灰6%、苦土2%）を150～600倍液として使用した。また、定植前にポット当たり1,000倍液1リットルを施与した。実験は最低気温が20～22℃のガラス室で行い、点滴ノズル（NETAFIM社製）を用いて培養液の施与および灌水を行った。10月2日（定植後7日）に株当たり200ml灌水し、10月4日～10日までは1株1日当たり600倍液200ml（窒素施与量1株1日当たり0.05g）を施与して前栽培を行い、10月11日より処理を開始した。処理は窒素を基準に施肥量の異なる3処理（窒素施与量1株1日当たり0.05、0.1、0.2g、同リン酸0.027、0.053、0.107g、同加里0.057、0.113、0.227g、同石灰0.02、0.04、0.08g、同苦土0.007、0.013、0.027g）とし、1処理区当たり10株を供試した。施肥は200mlで各窒素施与量となるように調整した培養液を1日の最初に1回で施与し、その後に生育ステージ、天候に応じて水道水を灌水した。灌水量はできるだけポット底面から排水が無いように調節した。10月15日よりトマトーン（日産化学）150倍液を用いホルモン処理を行い、11月15日に第4段花房の上2葉を残して摘心した。各花房とも着果後に5果を目標に摘果し、尻腐れ果、穴あき果等の障害果は5果以下になっても摘果した。完熟果を適宜収穫し、第1段果房の果実を用いて糖度、酸度を測定した。1段果房の一部と2～4段果房は未熟果も含め12月4日に収穫した。各果房の着果始めに果房直下葉の葉柄汁液中の硝酸イオン、カリウムイオン、土壤抽出液³⁾の硝酸イオンを測定し、同時に草丈、莖径、葉長、葉幅の測定を行った。処理は12月3日まで行い、処理終了後に地上部生体重、乾物重を測定し、土壤の交換性塩基、リン、全窒素含有量、葉中の無機成分含有率を測定した。なお、葉柄汁液中の硝酸及びカリウムイオン、土壤抽出液の硝酸イオンは小型反射式光度計システム（RQ-

Flex, 関東化学 (株)³⁾により測定した。土壌中のリンはトルオーグ法により抽出し、カリウム、カルシウム、マグネシウムは原子吸光度法、リンはバナドモリブデン酸法、全窒素はケルダール法により定量した。

結 果

(1) 施肥量と灌水量

実験全期間の培養液を含む株当たり灌水量は45リットルとなった。1日の灌水量は最大で株当たり1.3リットル、最小で0.5リットルとなった(データ略)。株当たりの累計窒素施肥量は0.05g区が3.2g、0.1g区で6.0g、0.2g区で11.4gとなった(第1表)。

Table 1. Amount of nitrogen application (g/plant)².

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Prior to treatment ¹	During treatment ²	Total
0.05	0.5	2.7	3.2
0.1	0.5	5.5	5.9
0.2	0.5	10.9	11.4

¹Calculated from guaranteed value.

²Sept. 27 to Oct. 10. ³Oct. 11 to Dec. 3.

(2) 葉柄汁液中の硝酸イオン、カリウムイオン濃度の変化

葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、処理開始から処理11日目(10月21日)までは各処理による差

はなかった。処理18日目(10月28日)からは他の処理区に比べ、0.05g区が低く、処理25日目(11月4日)以降は施肥量が少ない区ほど低濃度となった。処理18日から処理32日目までは0.05gおよび0.1g区で、生育が進むに従って硝酸イオンの濃度が低下したが、0.2g区はほぼ同じ値を保った。0.2g区は処理期間中全ての測定で10,000ppm以上となり、0.05g区では最低が5,600ppmであった(第2表)。

葉柄汁液中のカリウムイオン濃度は処理11日目で0.05g区が0.2g区より低濃度となったが、処理18、25日目の調査では各区に差はなかった。処理32日目(11月11日)以降は施肥量が少ないほど低濃度となった。各区とも処理11日目より処理18日目が高い濃度となり、処理25日目で低下するが、以降0.05gおよび0.1g区はほぼ同様の値で推移し、0.2g区は生育が進むにつれて濃度が上昇した(第3表)。

土壌抽出液中の硝酸イオン濃度は調査日によるばらつきが大きかった。処理開始11日目以後、施肥量の少ない区ほど低濃度となった。その後0.05gおよび0.1g区では処理32日目まで低下したが、0.2g区では逆に上昇した(第4表)。

土壌抽出液のECは硝酸イオン濃度と同様の推移を示した(第5表)。

Table 2. Effect of difference in application amount of fertilizers on changes of nitrate concentration in petiole sap during the experiment (Fresh wt. basis, ppm).

Date	Oct. 10	Oct. 21 (11) ²	Oct. 28 (18)	Nov. 4 (25)	Nov. 11 (32)	Nov. 18 (39)
Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	8th node ³	lower part of 1st truss	lower part of 2nd truss	lower part of 3rd truss	lower part of 4th truss	upper part of 4th truss
0.05	7,500	10,200	8,750	5,650	5,600	7,100
0.1	7,725	11,650	12,150	9,050	7,850	8,900
0.2	7,700	12,350	12,050	10,100	10,550	10,950
LSD 0.05	2,065	4,414	2,582	2,213	2,273	1,649

¹Figures in parenthesis indicate days after treatment.

²part of leaves sampled.

Table 3. Effect of difference in application amount of fertilizers on changes of potassium concentration in petiole sap during the experiment (Fresh wt. basis, ppm).

Date	Oct. 10	Oct. 21 (11) ²	Oct. 28 (18)	Nov. 4 (25)	Nov. 11 (32)	Nov. 18 (39)
Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	8th node ³	lower part of 1st truss	lower part of 2nd truss	lower part of 3rd truss	lower part of 4th truss	upper part of 4th truss
0.05	5,800	5,800	6,700	5,950	5,850	5,800
0.1	5,800	6,300	8,000	6,950	6,950	6,850
0.2	5,500	7,000	8,250	7,150	8,850	8,550
LSD 0.05	862	1,071	2,357	2,058	431	712

¹Figures in parenthesis indicate days after treatment.

²part of leaves sampled.

Table 4. Effect of difference in application amount of fertilizers on changes of nitrate concentration in specific 1:2 volume extract solution during the experiment (ppm).

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Oct. 10	Oct. 21 (11) ²	Oct. 28 (18)	Nov. 4 (25)	Nov. 11 (32)	Nov. 18 (39)
0.05	97	65	73	29	14	52
0.1	104	333	305	285	139	235
0.2	89	555	688	763	725	835
LSD 0.05	77	225	298	107	600	441

²Figures in parenthesis indicate days after treatment.

Table 5. Effect of difference in application amount of fertilizers on changes of EC of specific 1:2 volume extract solution during the experiment (dS/m).

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Oct. 10	Oct. 21 (11) ²	Oct. 28 (18)	Nov. 4 (25)	Nov. 11 (32)	Nov. 18 (39)
0.05	0.51	0.39	0.53	0.36	0.37	0.43
0.1	0.45	0.79	0.81	0.81	0.54	0.72
0.2	0.55	1.26	1.64	1.67	1.42	1.72
LSD 0.05	0.21	0.49	0.72	0.27	1.13	0.64

²Figures in parenthesis indicate days after treatment.

(3) 生育と果実収量および品質

草丈は処理前(10月10日)から処理11日目までは0.05g区がやや大となったが、処理による差はほとんどみられなかった(データ略)。葉数は処理18、25日目で0.2g区が他の2区より多くなった(第6表)。生育途中の葉長および葉幅は施肥量が多い区ほど大となった(データ略)。実験終了時の葉幅は0.05gおよび0.1g区では9葉目より第1~3果房直上葉の葉幅が小さく、第4果房直上葉では大きくなった。0.2g区は9葉目より第2、第4果房直上葉の葉幅が大きくなった。葉重

は各調査葉で施肥量が多いほど重くなった。葉位別では0.05g区では葉位が上がるのに伴い軽くなり、0.1gおよび0.2g区では第2果房直上葉が最も重くなった(第1図)。

茎径は処理3日目(10月14日)では差はなかったが、処理12日目(10月22日)以降は0.05g区が他の2区より細くなった(第2図)。

実験終了時の茎径は9節以降は0.05g区が他の2区に比べ小さく、節位別では各区とも9~12節が最大となった。節位別の茎重は節位が上がるにつれ重量が増し、0.05g区では9~15節が最大で

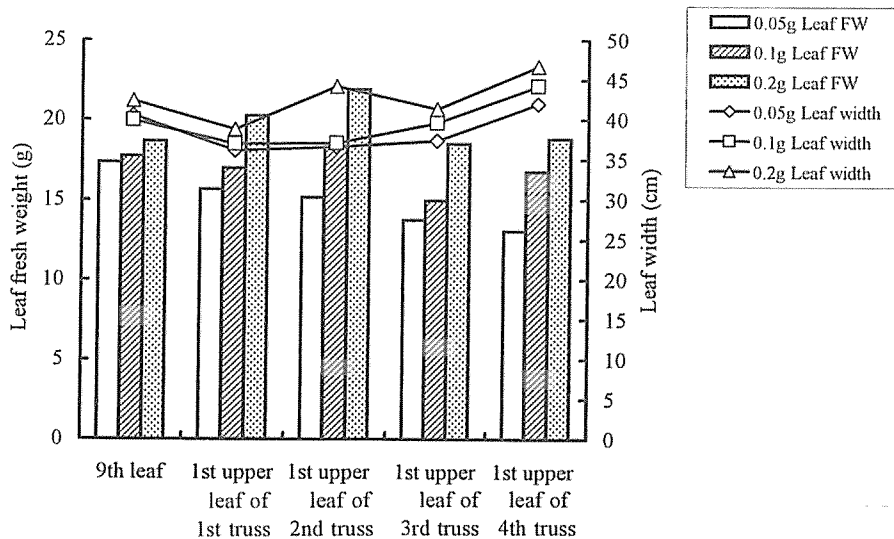


Fig. 1. Effect of difference in application amount of fertilizers on leaf fresh weight and leaf width.

以降軽くなり、0.1gおよび0.2g区では9～21節まで概ね同じとなった（第3図）。

実験終了時の葉重は生体重、乾物重とも施肥量が多いほど重くなった。茎重は生体重、乾物重とも施肥量が多いほど重くなったが、乾物率は逆に施肥量が多いほど低下した。果実は生体重では0.2g

区が他の2区より軽くなり、乾物重では差がなかった。乾物率は施肥量が多いほど増加した（第7表）。

1段果房の果実は施肥量が多いほど糖度が高く、酸含量には差がなかった（第8表）。

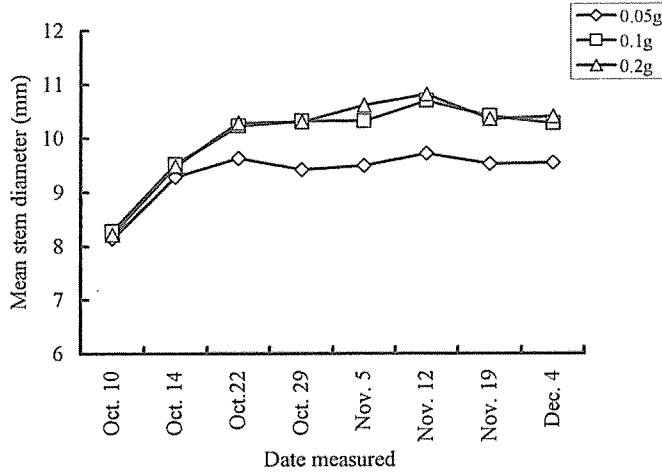


Fig. 2. Effect of difference in application amount of fertilizers on changes of stem diameter during the experiment.

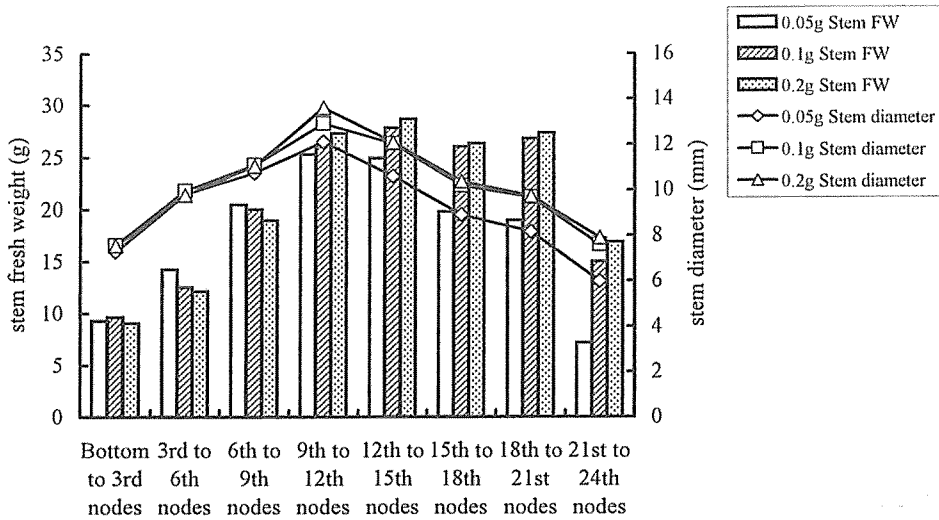


Fig. 3. Effect of difference in application amount of fertilizers on stem fresh weight and stem diameter.

Table 6. Effect of difference in application amount of fertilizers on changes of number of leaves during the experiment.

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Sept. 27	Oct. 3	Oct. 10	Oct. 14	Oct. 21 (11) ²	Oct. 28 (18)	Nov. 4 (25)
0.05	5.6	7.7	11.1	13.0	16.3	18.7	21.8
0.1	5.4	7.5	11.0	12.9	16.3	19.4	22.3
0.2	5.6	7.4	11.0	13.1	16.6	19.5	22.8
LSD 0.05	0.4	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7

²Figures in parenthesis indicate days after treatment.

Table 7. Effect of difference in application amount of fertilizers on fresh and dry weight of tomato plant parts at the end of the experiment.

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Leaves			Stem			Fruit		
	Fresh wt.(g)	Dry wt.(g)	Dry matter content(%)	Fresh wt.(g)	Dry wt.(g)	Dry matter content(%)	Fresh wt.(g)	Dry wt.(g)	Dry matter content(%)
0.05	213	24.9	11.7	140	15.6	11.2	1,045	48.9	4.7
0.1	251	28.6	11.4	162	17.2	10.6	1,054	55.0	5.2
0.2	272	30.8	11.3	168	17.4	10.6	906	51.2	5.7
LSD 0.05	24	3.3	0.5	14	1.3	0.7	153	6.8	0.5

Table 8. Effect of difference in application amount of fertilizers on Brix and citric acid content of tomato fruit^a.

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Brix (%)	Citric acid content (mg/ml juice)
0.05	4.3	6.2
0.1	4.7	6.3
0.2	5.2	6.5
LSD 0.05	0.4	0.7

^aSampled at the 1st truss.

(4) 地上部の養分含有率

実験終了時の供試土壌の全窒素含有率は0.05g区がやや低いものの0.1gおよび0.2g区では差がなかった。植物体の全窒素含有率は果実では差がなかったものの、葉および茎では施肥量が多くなるほど含有率が高くなった(第9表)。植物体のカルシウム含有率は果実及び茎では差がなく、葉では施肥量が多いほど含有率が低くなった。マグ

ネシウム含有率は果実では差がなく、葉および茎では施肥量が多いほど含有率が低くなった。カリウム含有率は果実では0.2g区が他の2区より高く、葉および茎では施肥量が多いほど含有率が高くなった。リン含有率は果実では差がなく、葉では0.1g区が他の2区より低く、茎では施肥量が多いほど含有率が高くなった(第10表)。

Table 9. Effect of difference in application amount of fertilizers on Total nitrogen content at the end of the experiment (Dry wt. basis, %).

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Soil	Fruit	Leaves	Stem
0.05	0.19	2.54	3.06	1.30
0.1	0.25	2.35	3.30	1.42
0.2	0.23	2.49	3.55	1.72
LSD 0.05	0.04	0.24	0.17	0.15

Table 10. Effect of difference in application amount of fertilizers on mineral element of the plant parts (Fresh wt. basis, %).

Treatment (g·plant ⁻¹ ·day ⁻¹)	Ca			Mg			K			P		
	Fruit	Leaves	Stem	Fruit	Leaves	Stem	Fruit	Leaves	Stem	Fruit	Leaves	Stem
0.05	0.09	4.55	1.83	0.18	0.80	0.31	3.85	3.20	3.39	1.45	1.35	0.93
0.1	0.09	4.00	1.67	0.18	0.61	0.25	3.82	4.37	4.53	1.78	1.22	0.81
0.2	0.07	3.29	1.77	0.18	0.47	0.20	4.15	5.74	5.32	1.86	1.70	1.50
LSD 0.05	0.02	0.40	0.15	0.02	0.05	0.04	0.02	0.33	0.15	0.47	0.14	0.25

考 察

慣行の施肥法ではトマトの葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は、促成栽培において生育初期には

5,000~10,000ppmと高いが果実肥大期に急激に減少し、追肥が必要な時点には3,000~4,000ppmとなる²⁾。今回の実験では点滴施肥灌水栽培により、養液栽培において平均的な窒素吸収速度であ

株当たり1日0.1gを基準にその1/2および2倍量区の3水準を設定し実験を行った。葉柄汁液中の硝酸イオン濃度は0.05g区の果実肥大期においても5,000ppm以あり、0.1g区では8,000~9,000ppm、0.2g区では10,000ppm以上とかなり高濃度となった。これは常に一定量の硝酸イオンが毎日供給され、0.05gおよび0.1g区ではそのほとんどを吸収していたためであると考えられる。また、葉柄中の硝酸イオン濃度と生育については、硝酸イオン濃度の低下に先立ち、生長点部位に変化がみられ、茎径が細くなった。このことから葉柄中の硝酸イオン濃度のほかに生長量自体を測定する指標（例えば茎径）と組み合わせて生育診断を行う必要がある。施肥量については窒素施与量1株1日当たり0.05gでは生育が劣り、0.2gでは過多であると思われる。実験期間が短く収量により判断がしがたいが、今回の実験により、施肥量は生育ステージに合わせ増加させることが必要であることが示唆された。現在の点滴施肥灌水栽培の施肥管理方法は、土壤養液濃度に注目し、適正な濃度の培養液を施肥することで組み立てられている。しかし、土壤の緩衝能力を積極的に活用し、施肥と灌水を分けて施与する方法で生育に問題はなかった。この方法は施肥の絶対量管理による生育制御が可能になることや、土壤条件の異なるほ場への施肥基準の適応範囲が広がるのが利点としてあげられる。今後の現地での技術組立はこれらの結果を前提として実施できると考えられる。

摘 要

トマトの点滴施肥灌水栽培における基礎資料を得る目的で、0.05、0.1、0.2g/(株・日)の3段階の窒素施与区を設けて、トマト品種‘スーパーファースト’を栽培し、生育、葉柄汁液および土壤抽出液中の硝酸イオン濃度に及ぼす影響を調査した。平成9年9月25日に定植し、10月11日より12月3日まで処理を行い、株当たり累計で0.05g区が3.2g、0.1g区で6.0g、0.2g区で11.4gの窒素を施肥した。葉柄汁液中の硝酸イオン、カリ

ウムイオン濃度及び土壤抽出液の硝酸イオン、EC濃度は、10月21日以後施肥量が多くなるにつれて高濃度となった。葉数、葉長、葉幅、葉重、茎径は施肥量が多い区ほど大となる傾向を示した。果実生体重は0.2g区が他の2区より少なかったが、乾物重は差がなかった。1段果房の果実は施肥量が多いほど糖度が高く、酸含量には差がなかった。本実験の結果、窒素施与量は1株1日当たり0.1gが最適であること、施肥量は生育ステージに合わせ増加させる必要があること、また施肥と灌水を分けて施与する絶対量管理による生育制御が可能になることが示唆された。

文 献

- 1) 瀧勝俊・沖野英男. 1990. 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.
- 2) 山田良三・加藤俊博・井戸豊・関稔・早川岩夫. 1995. 葉柄汁液硝酸濃度に基づく栄養診断基準の作成. リアルタイム土壤・栄養診断に基づくトマトの効率的肥培管理 (第1報). 愛知農総試研報 **27** : 205-211.
- 3) 建部雅子・米山忠克. 1995. 作物栄養診断のための小型反射式光度計システムによる硝酸および還元型アスコルビン酸の簡易測定法. 土肥誌 **66** : 155-158.
- 4) 池田英男・篠原温・糠谷明・寺林敏・犬伏芳樹. 1995. 園芸作物の新しい栄養診断法の開発. 平成4~6年度科学研究補助金〔試験研究(B)〕研究成果報告書.
- 5) 景山詳弘. 1991. 培養液の窒素濃度が水耕トマトの窒素吸収量と生育ならびに収量に及ぼす影響. 園学雑 **60** : 583-592.