

園芸作物の硝酸塩蓄積に関する研究

(第7報) トマト果実の硝酸塩蓄積におよぼす窒素肥料の影響 (2)

宮崎 正則・国里 進三・美谷 誠一

Studies on the Accumulation of Nitrate in Horticultural Products

Part VII. Effects of nitrogen fertilizer on the accumulation of nitrate in tomato fruit (2)

M_{ASANORI} M_{IYAZAKI}, S_{HINZO} K_{UNIZATO} AND S_{HEICH} M_{IYA}.

It is known that nitrate in tomato fruit causes heavy tin-dissolving in canned tomato juice.

In the previous paper, it was reported that the application of the top-dressing of nitrogen increased nitrate content in tomato fruit. The present study was carried out to investigate the influence of the application time of the top-dressing of nitrogen on the accumulation of nitrate in tomato fruit.

While nitrate in soil increased by the top-dressing, the content varied remarkably with the time of the application. Considerable amount of nitrate was detected in the fruit grown on high level of nitrate in the soil. Nitrate contents both in soil and fruit increased when the top-dressing had been applied shortly before the beginning of the harvest, or three times during the growing period.

緒 言

缶詰トマトジュースのスズ異常溶出の一原因が原料トマト果実に含まれる硝酸塩^{1~3)}にあり、スズ溶出防止にはトマト果実の硝酸態窒素(以下 $\text{NO}_3\text{-N}$ と記す)濃度を3 ppm以下にしなければならないとされている。そこでトマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を3 ppm以下にする栽培条件を見い出すことを目的とし、まず $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積の要因を見い出そうとした。

土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ は根に吸収され、すみやかに果実に移行し⁴⁾、未熟果実による $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収、蓄積は予想以上に大きい⁵⁾。完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積要因として土壌肥料、栽培管理、環境、品種、体内生理などの諸条件が考えられる。前報^{6,7)}でN肥料の影響について検討し、N追肥が蓄積に影響する傾向が認められたので、1969年と1970年に砂耕、圃場栽培でN追肥の影響特に追肥施用時期の影響について検討した。

実 験 方 法

1. 砂 耕

トマト品種“大豊”を用い、1969年3月5日播種し、4月17日ガラス室および人工気象室内の砂耕用ポット $\left(\frac{1}{2000} \text{ a}\right)$ に定植した。処理区は培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度210ppm(区標準)、840ppm(高濃度区)、105⇔210ppm区(低濃度と標準濃度に1週間毎に変化させる区)、105⇔840ppm区(低濃度と高濃度に1週間毎に変化させる区)、1段花房1番花の開花後、1、2週目、3、4週目、5、6週目、7、8週目の各2週間のみ840ppmにし、他の時期は105ppmにする区および1段果房1番果が緑白期になるまで105ppm、それ以後840ppmにする105→840ppm区を設けた。標準培養液組成は $\text{N}(\text{NO}_3\text{-N}$ で与え、 KNO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ で作成)210ppm、 $\text{P}(\text{KH}_2\text{PO}_4)$ 31ppm、 $\text{K}(\text{KNO}_3$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4)$ 234ppm、 $\text{Ca}(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ 200ppm、 $\text{Mg}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 48ppm、 Fe (クエン酸鉄として)8ppm、 $\text{B}(\text{H}_3\text{BO}_3)$ 0.5ppm、 $\text{Mn}(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ 0.5ppm、 $\text{Mo}(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ 0.05ppm、 $\text{Zn}(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ 0.05ppm、 $\text{Cu}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ 0.02ppmとし、pHは5.8~6.0に調整した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ を高濃度にするには NaNO_3 を加え、低濃度にするには KNO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を減じ、 KCl 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を加え、 K 、 Ca 濃度を調整した。株は整枝3段果房止めとし、1区3株を20ℓの培養液で育て、1週間毎に更新した。人工気象室はTem-Con(大阪冷機工業株式会社製)を使用した。気温は長野県のトマト産地の気温をトマトの生育状態に応じて第1表のように日変化と時期変化させた。照明はレフランプと蛍光水銀灯の人工光を用い、全期間同一の日変化を行った。

Table 1. Environment conditions in the growth cabinet*

Period of diurnal change (0' clock)	Illumination (Lux)	Temperature (°C)				
		Full season	Apr and May	Beginning half of June	Last half of June	Beginning half of July
6.00→8.30	30000	20	22	23	24	23
8.30→10.00	50000	23	24	25	27	26
10.00→15.00	70000	26	27	28	30	30
15.00→17.00	50000	23	24	25	27	26
17.00→19.00	30000	20	22	23	24	23
19.00→6.00	0	17	20	21	20	20

* Tem-Con

2. 圃場栽培

品種“チョコ”、“Heinz 1370”、“大豊”を用い、1969年3月3日播種し、4月30日にやや粘土質で、防疫のため冬期間湛水した土壤に定植した。N追肥施用時期の影響をみるため、N施肥量の40%を元肥として与え、残り60%を定植2週間後、4週間後、6週間後、8週間後に与える区(以下○週後区と記す)および4、6、8週間後の3回に分施する区(以下分施肥区と記す)を設けた。標準施肥量はN(硫安):P(溶性リン肥):K(塩加)を“チョコ”と“Heinz 1370”で25:30:30kg/10a、“大豊”で40:32:30kg/10aとした。このうちNとKは40%を元肥、60%を追肥とした。な

を全区に推薦肥 4 t/10a, 苦土石灰 150kg/10a を与えた。“チコ”と“Heinz 1370”はうね幅 1.2m, 株間 0.45m のポリマルチ無支柱栽培とし, “大豊”はうね幅 1.8m, 株間 0.45m のポリマルチ有支柱栽培を行なった。定植前の 4 月 22 日 および定植後 2 週間毎 (追肥の前日) に地上部と土壤 (“チコ”と“Heinz 1370”はうねの肩部の地下 10cm の土壤を同一区 3 カ所, “大豊”は株間の地下 10cm の土壤) を採取し, NO₃-N 量を測定した。

1970 年には “チコ”と“FR 1 号” (有支柱品種) を用い, 3 月 5 日播種し, 5 月 6 日に定植した。処理区は N 施肥量の 40% を元肥として与え, 残り 60% を定植後 2 週間後, 4 週間後, 6 週間後に追肥する区および 2, 4, 6 週間後に 3 回に分施する区を設けた。なを対照として全量元肥区, 少量元肥区 (標準 N 量の 40%) をも設けた。他は 1969 年度に準ずる。

3. 分析 方 法

NO₃-N の分析は WOLLEY らの方法⁹⁾を使用した。果実 および 茎葉の NO₃-N は新鮮重当りの ppm, 土壤は風乾土の ppm で表示した。

実 験 結 果

Table 2. Effect of the application time of nitrate on the accumulation of nitrate in tomato fruit (1969).

NO ₃ -N levels in culture solution	NO ₃ -N content (ppm)				
	Green mature stage		Red ripe stage		
	Petiol	1st fruit on the 1st cluster	1st fruit on the 1st cluster	2nd fruit on the 1st cluster	
210	1,110	5.1	3.1	1.4	Green house
840	790	4.6	1.0	0.5	
105 ⇄ 215 ¹⁾	1,060	9.0	5.8	4.8	
105 ⇄ 840 ²⁾		8.0	3.0	5.8	
105 ⇄ 840 ³⁾	710	5.8	4.4	2.8	
105 ⇄ 840 ⁴⁾	1,010	4.5	2.8	2.4	
105 ⇄ 840 ⁵⁾	740	8.0	3.4	3.4	
105 ⇄ 840 ⁶⁾	1,280	5.8	3.1	2.3	
105 ⇄ 840 ⁷⁾	900	5.0	2.8	0.5	
210	1,590	5.6	5.1	4.9	Growth Cabinet
840	1,610	8.0	3.4	1.0	
105 → 840 ⁸⁾	1,340	9.8	3.5	1.4	
105 ⇄ 840 ⁹⁾	1,320	12.5	4.2	5.9	

1) Cultivated on 105ppm and 210ppm nitrate nitrogen alternately every a week.

2) Cultivated on 105ppm and 840ppm nitrate nitrogen alternately every a week.

3) Cultivated on 840ppm nitrate nitrogen during the 1st and the 2nd weeks after the 1st flower opened.

4) Cultivated on 840ppm nitrate nitrogen during the 3rd and the 4th weeks after the 1st flower opened.

5) Cultivated on 840ppm nitrate nitrogen during the 5th and the 6th weeks after the 1st flower opened.

6) Cultivated on 840ppm nitrate nitrogen during the 7th and the 8th weeks after the 1st flower opened.

7) Cultivated on 840ppm nitrate nitrogen during the 1st, the 3rd and the 5th week after 1st flower opened.

8) Cultivated on 840ppm nitrate nitrogen after 1st fruit was to green mature stage.

9) Cultivated on 105ppm and 840ppm nitrate nitrogen alternately every a week.

1. 砂耕の結果

“大豊”の果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度におよぼす培地の $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用時期の影響を第2表に示す。2、3段果房の完熟果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は1 ppm 以下であったので記載しなかった。ガラス室栽培では標準区と変化区(1週間毎)は $\text{NO}_3\text{-N}$ 高濃度より高い傾向を示した。2週間のみ $\text{NO}_3\text{-N}$ 高濃度処理では、1、2週目処理区と5、6週目処理区がやや高い傾向を示したが大差は認められなかった。人工気象室栽培では標準区と変化区が高く、緑白期以降の $\text{NO}_3\text{-N}$ 高濃度処理区はやや低い値を示した。

緑白果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は完熟果より高いが、標準区のように大差がない場合も認められた。

2. 圃場栽培の結果

1969年の“チョコ”、“Heinz 1370”と“大豊”の茎葉および土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化および収穫日毎の完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を第1図および第2図に示す。なお“チョコ”と“Heinz 1370”の土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度はいずれの区も、いずれの時期にも50ppm 以下であり、区間毎の差異が認められなかったので図示しなかった。

茎葉の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は“チョコ”では定植2週間後にはかなり低下し、その後やや増加するが、分施肥区が常に高い傾向を示した。“Heinz 1370”は“チョコ”に比べて濃度はやや低いが、分施肥区は他の区に比べやや高い傾向を示した。“大豊”では2週間後および4週間後の追肥で茎葉の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の増加が認められたが、6週間後の追肥ではその影響が認められなかった。

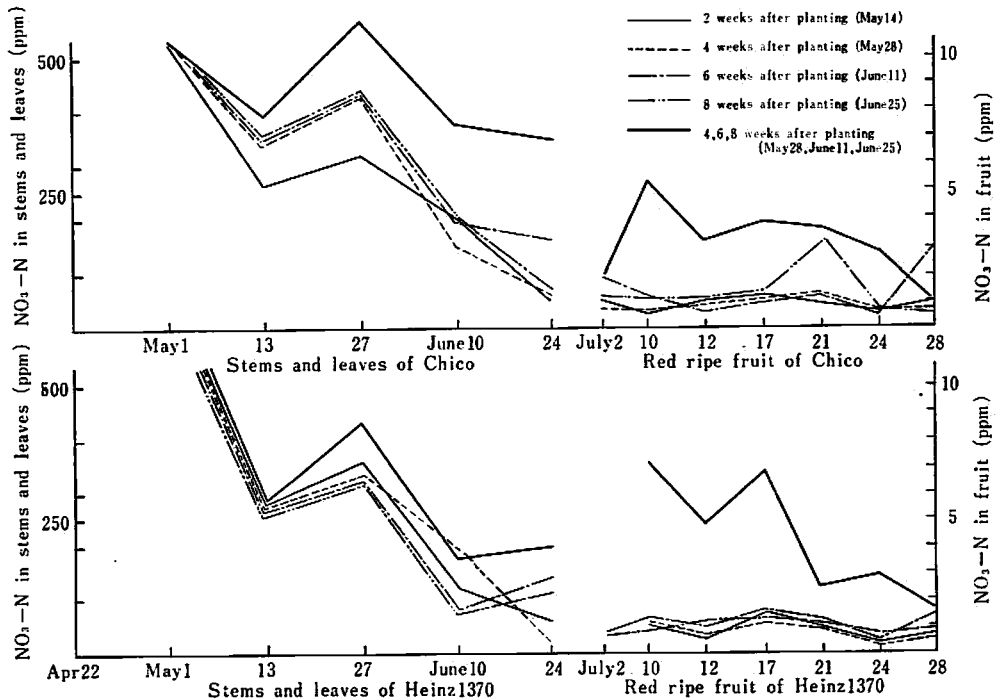


Fig. 1. Effect of application time of top-dressing of nitrogen on the accumulation of nitrate in tomato stems and leaves and fruit.

土壤の NO₃-N 濃度は“大豊”では、いずれの時期の追肥でも追肥後に増加が認められたが、施用時期の違いにより増加量に差異があり、2週後区と6週後区は低く、4週後区、8週後区、分施肥区はかなり高い値を示した。

第3表に収穫1週間前(6月24日)の茎葉と未熟果の重量および NO₃-N 濃度を示す。“チコ”では茎葉の NO₃-N 濃度は分施肥区が最も高く、次いで6週後区が高く、6月24日にはまだ追肥されていない8週後区とすでに追肥されている4週後区と2週後区はかなり低い値を示した。茎葉の生育は分施肥区と6週後区は良好であり、8週後区でもかなり良好であった。未熟果の NO₃-N 濃度は分施肥区と6週後区が高い傾向を示した。“Heinz 1370”の茎葉の NO₃-N 濃度は分施肥区が高く、未熟

Table 3. Effect of the application time of top-dressing of nitrogen on the accumulation of nitrate in tomato fruit (1969)

Application time of top-dressing	June. 24 (1 week before the beginning of harvest)								
	Stems and leaves		Immature fruit						
	Fresh weight	NO ₃ -N	Fresh weight	1st fruit on the 1st cluster		1st fruit on the 2nd cluster		1st fruit on the 3rd cluster	
Fresh weight				NO ₃ -N	Fresh weight	NO ₃ -N	Fresh weight	NO ₃ -N	
Chico	g/plant	ppm	g/plant	g	ppm	g	ppm	g	ppm
2 weeks after planting (May. 14)	880	50	1,197	45	2.4	41	1.6	38	2.4
4 weeks after planting (May. 28)	770	53	1,705	52	1.6	39	2.4	41	1.2
6 weeks after planting (June. 11)	1,360	163	1,409	51	4.2	43	3.6	32	4.4
8 weeks after planting (June 25)	1,260	73	1,707	46	2.9	55	1.2	48	1.2
4, 6, 8 weeks after planting (May. 28, June. 11, June. 25)	1,910	350	1,431	48	6.4	42	9.2	33	5.2
Heinz 1370									
2 weeks after planting (May. 14)	1,170	59	856	41	1.6	58	1.0	47	1.1
4 weeks after planting (May. 28)	1,160	23	699	42	1.0	63	0.9	46	1.2
6 weeks after planting (June. 11)	1,470	142	972	56	4.2	44	3.2	39	0.9
8 weeks after planting (June 25)	1,480	116	856	71	2.2	63	2.2	56	1.6
4, 6, 8 weeks after planting (May. 28, June. 11, June. 25)	2,060	198	775	88	3.2	68	4.0	39	2.4
Taiho									
2 weeks after planting (May. 14)	790	280	905	105	6.4	32	5.2	85	2.4
4 weeks after planting (May. 28)	890	340	977	116	6.8	63	9.2	78	4.0
6 weeks after planting (June. 11)	880	264	781	83	9.6	56	9.2	89	6.3
8 weeks after planting (June 25)	890	165	689	113	4.0	58	2.4	65	1.1
4, 6, 8 weeks after planting (May. 28, June. 11, June. 25)	680	290	864	114	8.4	88	9.2	32	4.8

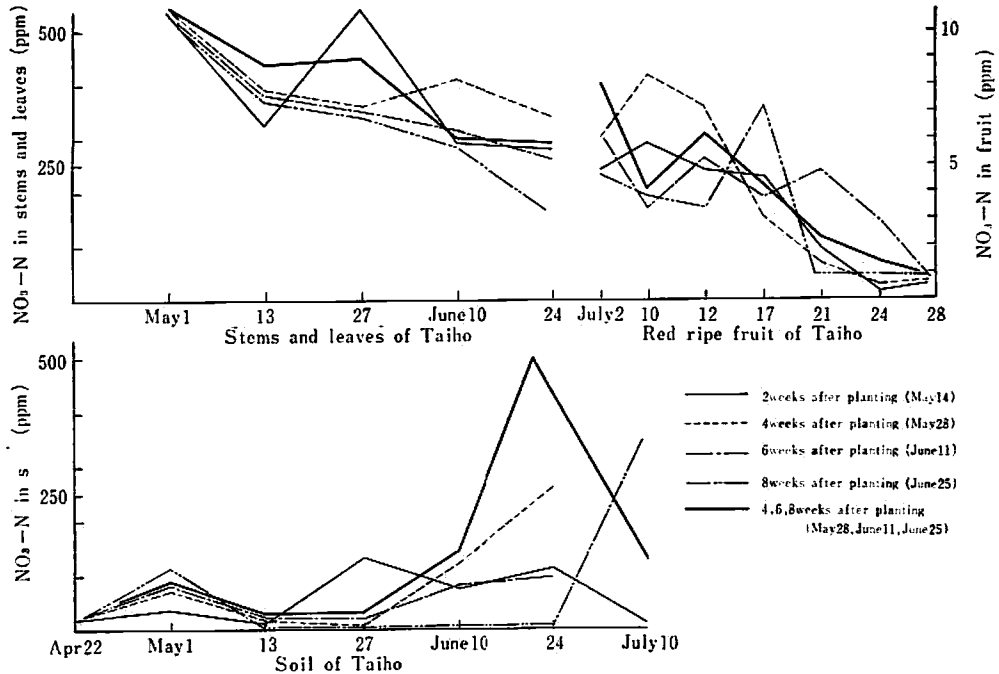


Fig. 2. Effects of application time of top-dressing of nitrogen on the accumulation of nitrate in tomato stemes and leaves, fruit and soil.

果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度も分施肥区で高いが、他の区に比べて大きな差ではなかった。“大豊”では茎葉の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は4週後区が最も高く、6月24日にはまだ追肥されていない8週区が最も低く、未熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は4週後区、6週後区、分施肥区が高く、8週後区は低い傾向を示した。

完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は“チコ”では分施肥区が高く、収穫中期以降漸減した。6週後区と8週後区では収穫中期にやや増加する傾向も認められた。“Heinz 1370”では分施肥区で収穫初期に高く、その後急減した。他の区はいずれも2ppm以下であった。“大豊”では各区とも最高値は5ppm以上を示したが、分施肥区、4週後区が比較的高く、2週後区、6週後区はやや低く、8週後区はピークがやや遅れる傾向を示した。

1970年の“チコ”と“FR1号”の完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を第3図に示す。“チコ”は収穫初期

Table 4. Changes of nitrate nitrogen content in soils.* (1970)

Application time of top dressing	May. 11	May. 20	June. 1	June. 17	June. 30	July. 14
2, 4, 6 weeks after planting (May. 21, June. 4, June 18)	76	182	220	220	30	20
2, 4, 6 weeks after planting (May. 21, June. 4, June. 18)	114	230	160	100	17	17
2, 4, 6 weeks after planting (May. 21, June. 4, June. 18)	60	123	270	175	70	9

$\text{NO}_3\text{-N}$ ppm

* $\text{NO}_3\text{-N}$ content in the soil of various ridges in the same field.

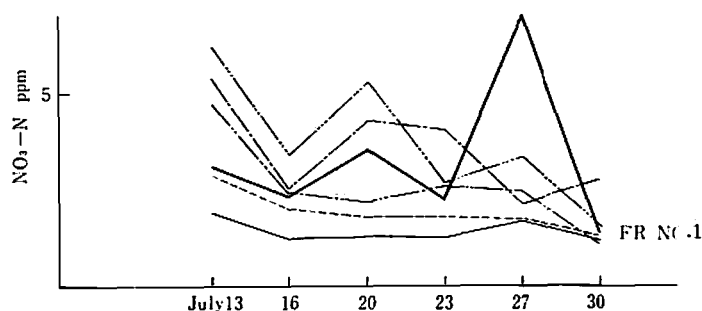
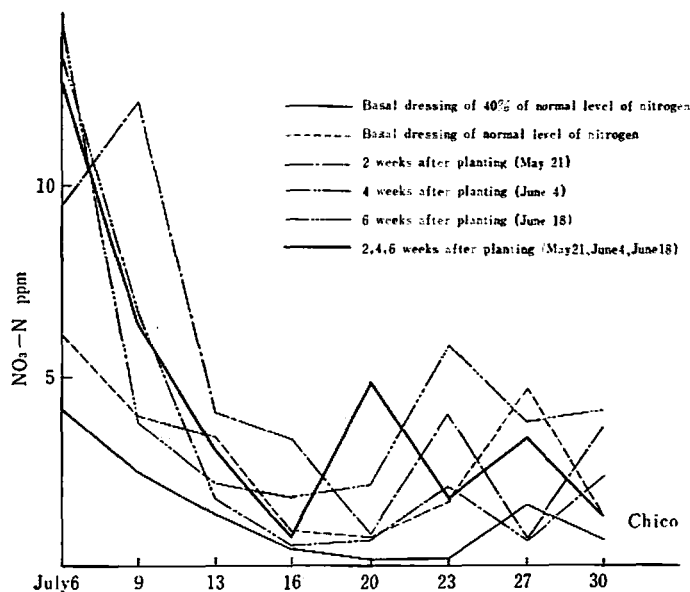


Fig. 3. Effect of the application time of the top-dressing of nitrogen on the accumulation of nitrate in tomato fruit (1970)

に高く（7月6日は収穫初日であり、完熟果数は40株中約10個程度であった）、その後急減し、収穫中期にやや増加する傾向が認められた。収穫初期においては少量元肥区、標準量元肥区は追肥区に比べかなり低く、かつ追肥区においてはいずれの時期の追肥区も高く、区間の差異は認められなかった。FR 1号は分施肥区とくに中期に高く、その点“チコ”とはやや異なる傾向を示した。

1970年の土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は実験の各区については測定しなかったが、“チコ”の分施肥区および参考のため同年同一区画の土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度（第4表の1, 2）を第4表に示した。5月中旬から6月上、中旬にかけて高濃度であったが、収穫開始の7月9日にはかなり低下し、1969年の“大豊”の分施肥区とはやや異なる傾向を示した。

考 察

トマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積に関し、阿部ら⁹⁾、高橋ら¹⁰⁾の報告があるが、N施肥量の影響は明らかでない。トマトは第1段果房の肥大期から養分吸収量が増加^{11,12)}、定植後、2ないし3カ月の間に大部分が吸収され^{13,14)}、栄養生長から生殖生長への切りかえが早いほど急激にNが吸収される¹⁵⁾。N追肥について本多ら¹⁶⁾は第1および第3果房肥大期の $\text{NO}_3\text{-N}$ 高濃度処理は果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を高めるとしているが、本実験の砂耕では果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度におよぼす $\text{NO}_3\text{-N}$ 高濃度処理時期の影響は明らかでなく、培地の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の数回の変化が影響する傾向が認められた。この傾向は圃場の追肥区の果実に $\text{NO}_3\text{-N}$ が蓄積する傾向と類似すると考えられる。しかし、圃場の追肥区における果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積は追肥により土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が増加し、かつ長期間維持されること

によると推察されるので、砂耕における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度変化区における果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積は $105 \Rightarrow 210\text{ppm}$ 区では培地の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度以外の要因例へば養分の不均衡などが影響したと考えられる。

圃場栽培でのN追施用時期の影響について“大豊”をみると、茎葉の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低い8週後区は6月24日まで追肥されず、土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度も著しく低く、このことは未熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低いこととも関連すると考えられる。6月25日の追肥の後の土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ の急増は完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度がかかなり高く、しかもそのピークが他の区に比べてやや遅れたことと関連すると考えられる。2週後区と6週後区は土壤、茎葉、完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は低く、4週後区と分施肥区は高く、追肥により土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなった区は果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなる傾向が認められた。しかし同年度、同一圃場でN追肥施用時期の違いにより土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に差異が生じたこと、年度の違いにより差異の生じ得る可能性が大であることからいずれの時期のN追肥がトマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に影響するかは明確には言い切れない。

1969年度の“チョコ”と“Heinz 1370”はいずれの時期の追肥でも1回の追肥では果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低く、大豊ではかなり高い値を示した。この原因は無支柱品種と有支柱品種の違い、施肥量の違い、追肥施用位置の違い（大豊はうねの中央部に、“チョコ”と“Heinz 1370”はうね間のみぞに施用）から生じたものと考えられる。

1970年度の“チョコ”は1回の追肥でもかなりの $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積量を示し、1969年度とは明らかに異なった傾向を示した。この原因として両年度の環境条件、土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度とその時期変化などが考えられるが明らかでない。

この研究に際し有益な御助言を頂いた東洋食品研究所 堀尾嘉友主任研究員、岩本喜伴主任研究員、東洋食品工業短期大学大塚滋教授、下田吉夫講師に感謝致します。また御助力頂いた東洋食品研究所木多武雄氏、杉原八郎氏、藪内一雄氏、若狭勝氏、石川伸氏に感謝致します。

要 約

1. トマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積におよぼすN肥料の追肥施用時期の影響について検討した。
2. Nの追肥により土壤中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は増加するが、施用時期の違いにより生成量は異なった。
3. “大豊”においては定植4週後、8週後追肥施用および3回追肥は土壤の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を高め、果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度も比較的高くなる傾向を示した。

文 献

- 1) 堀尾嘉友・岩本喜伴・小田久三：食衛誌，6，353（1965）。
- 2) 岩本喜伴・堀尾嘉友・小村祥子・前田瑠子：食衛誌，8，494（1967）。
- 3) 岩本喜伴・宮崎正則・国里進三・前田瑠子・堀尾嘉友・小村祥子：栄養と食糧，21，50（1968）。
- 4) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一・石川伸：東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所研究報告書，9，278（1970）。
- 5) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一・石川伸：東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所研究報告書，

- 9, 289 (1970).
- 6) 宮崎正則・国里進三・岩本喜伴・堀尾嘉友：園学雑， 37, 84 (1968).
 - 7) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一・石川伸：東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所研究報告書， 9, 284 (1970).
 - 8) J. T. WOOLLEY, G. P. HICKS, and R. H. HAGEMAN: *Agri and Food Chem*, 8, 481 (1960).
 - 9) 阿部勇・施山紀男・遠藤敏夫・逸見俊五：昭和44年度園芸学会秋季大会発表要旨， p 290 (1969).
 - 10) 高橋和彦・幸田浩俊：食品工誌， 17, 1 (1970).
 - 11) 綿原孝夫：農及園， 44, 513 (1969).
 - 12) 近藤隆彦：農及園， 40, 801 (1965).
 - 13) J. B. HESTER, F. A. SHELTON, and R. L. ISAACS: *Amer. Soc. Hort. Sci*, 57, 249 (1951).
 - 14) J. B. HESTER, and RIVERTER, N. J.: *Amer. Soc. Hort. Sci*, 36, 720 (1938).
 - 15) 小林忠和：農及園， 45, 41 (1970).
 - 16) 本多藤雄・安井秀夫：園試久留米支場昭和44年度試験成績， p 74 (1969).