

# 園芸作物の硝酸塩蓄積に関する研究

(第8報) トマト果実の硝酸塩蓄積におよぼす窒素肥料の影響 (3)

宮崎 正則・国里 進三・美谷 誠一

## Studies on the Accumulation of Nitrate in Horticultural Products.

### Part VIII. Effects of nitrogen fertilizer on the accumulation of nitrate in tomato fruit (3)

MASANORI MIYAZAKI, SHINZO KUNISATO AND SEIICHI MIYA.

In order to find the factors concerning the accumulation of nitrate in tomato fruit, the influences of the inorganic (ammonium sulfate) and organic (stable manure) nitrogen fertilizers were studied by using the flooded and unflooded fields. Flooding during the winter season was purported to control pathogenic fungi.

Nitrate content in the soil supplied with the inorganic nitrogen was higher than that supplied with the organic nitrogen, but appreciable amounts of nitrate was detected even in the latter. In the flooded field, the nitrate contents in soil and the fruit which had been supplied with the inorganic nitrogen were higher than that supplied with the organic nitrogen. In the unflooded field, however, the nitrate content in the fruit supplied with the inorganic nitrogen was lower than that supplied with the organic nitrogen, in spite that the content in the soil supplied with the inorganic was higher than that supplied with the organic nitrogen.

Nitrate contents in the soil and tomato fruit in the flooded field were lower than that in the unflooded field, especially when the organic nitrogen had been supplied.

## 緒 言

N肥料の追肥により土壌の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が高くなるとトマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が高まりことから、速効性N肥料と遅効性N肥料の違いで果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度に差異が生じるのではないかと考え、1969年と1970年の両年にトマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度におよぼす速効性N肥料と遅効性N肥料の影響について検討した。

## 実 験 方 法

### 1. 1969年の実験

トマト品種“大豊”と“チョコ”を3月3日播種し、4月30日圃場に定植した。供試圃場は防疫の

ため冬季間灌水した圃場（12月から2月まで灌水し、その後排水した。以下灌水区と記す）を標準圃場としたが、灌水しないトマト連作地でのトマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が著しく高いことを認めたので、この圃場（以下無灌水区と記す）をも用い、2種類の圃場で実験した。処理区は第1表に示すように速効性N肥料として化学肥料のみの区、遅効性N肥料として有機質肥料のみの区を中心に緩効性の CDU 単体区<sup>2)</sup>、硝化抑制剤入りのAM化成肥料区<sup>3)</sup>を設けた。施肥量は堆肥と化学肥料施用の慣行法の施肥量から算出し N:P:K を“大豊”は 48:40:56kg/10a、“チコ”は 33:38:50kg/10aとした。有機質肥料区とAM化成肥料区のPとKの量と施肥時期は化学肥料区と CDU 単体区に比べてやや異なった。追肥は“大豊”と“チコ”ともうね間のみぞに5月28日、6月11日、6月25日に $\frac{1}{3}$ 量ずつ与えた。“大豊”はうね幅1.8m、株間0.45mのポリマルチ合掌式有支柱栽培、“チコ”はうね幅1.2m、株間0.45mのポリマルチ無支柱栽培をおこなった。

各区10株を選び収穫日毎に10~20個の果実をまとめて  $\text{NO}_3\text{-N}$  量を測定した。施肥前の4月22日、定植後の5月1日、およびその後2週間毎に土壌を採取（“大豊”は株間地下10cmの土壌、“チコ”はうねの肩部地下10cmの土壌を同一区から3カ所）し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、pH、 $\frac{1}{2}$ N HCl 可溶の P、K、Fe、Cu、Zn、易還元性 Mn、有効 Mo を測定した。

## 2. 1970年の実験

品種“チコ”と“ファイアボール”を3月5日播種し、5月6日に1969年度と同様

Table 1. Amount of the applied fertilizer (kg/10a)

Variety Treatment	Basal Dressing							Top-dressing										
	Amount of the applied fertilizer							Amount of N, P, K			Amount of the applied fertilizer							
	Ammonium sulfate	Fused magnesium phosphate	Potassium chloride	Stable manure	Poultry excrement	CDU/AM	Doromitic lime	N	P	K	Ammonium sulfate	Potassium chloride	Oil cake	CDU	AM	N	P	K
Taiho	114	250	82	4,000	790		150	24	40	41	114	30				24	0	15
Inorganic. f							150	24	33	30		940				24	24	12
Organic. f		250	82			79	150	24	40	41	30		79		24	0	15	
CDU			16				150	24	24	32				160	24	24	24	
AM compound. f																		
Chico	86	240	70	4,000	490		150	18	38	35	71	30			15	0	15	
Inorganic. f							150	18	24	26		600			15	15	8	
Organic. f		240	70			60	150	18	38	35	30		50		15	0	15	
CDU			34				150	18	23	35				100	15	15	15	
AM compound. f						120												

の2種の圃場に定植した。処理区は化学肥料区と有機質肥料区およびそれらの各々にN施肥量の20%に相当するNaNO<sub>3</sub>を加える区を設けた。NaNO<sub>3</sub>は元肥と追肥の5月21日、6月4日、6月18日に4量ずつ施用した。化学肥料区と有機質肥料区の施肥量は第1表に示す通りである。

収穫日毎の果実のNO<sub>3</sub>-N濃度、および定植後2週間毎の土壤(株間地下10cmの土壤を同一区より3カ所採取)のNO<sub>3</sub>-N濃度を測定した。他は1969年度に準ずる。

### 3. 分析方法

NO<sub>3</sub>-NはWOOLLEYらの方法<sup>9)</sup>、Pはフィスクサバロフ法<sup>5)</sup>、Kは亜硝酸コバルトソーダー法<sup>6)</sup>、Feはオルトフェナンスロリン法<sup>7)</sup>、ZnとCuはポーラログラフ法<sup>8)</sup>、Mnは過ヨーン酸カリ法<sup>9)</sup>、MoはPURUVISらの方法<sup>10)</sup>によった。果実のNO<sub>3</sub>-Nは新鮮物当り、土壤は風乾物当りのppmで表示した。

## 実験結果

### 1. 1969年の実験結果

#### 1-1 “大豊”の土壤成分の変化

土壤のpH(KCl)、1/5N HCl可溶のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、Fe、Cu、Zn、易還元性Mn、有効態Mo濃度の

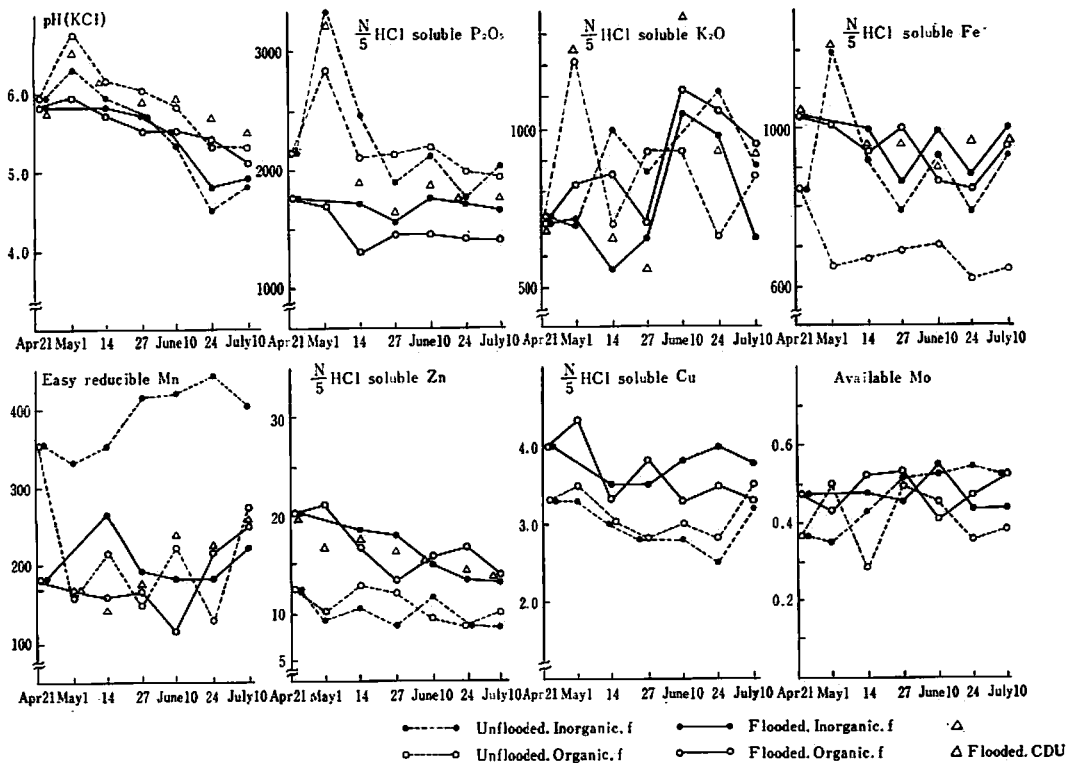


Fig. 1. Nutrients in soil (Taiho).

変化を第1図に示す。

pHは無湛水区の化学肥料区と有機質肥料区および湛水区のCDU区が5月1日に上昇し、その後低下した。収穫前には湛水処理による差異は認められず、いずれの処理区でも有機質肥料区は化学肥料区より高い傾向を示した。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度は無湛水区は湛水区より常に高く、湛水区の有機質肥料区は常に低い傾向を示した。

K<sub>2</sub>O濃度は収穫前には湛水区で有機質肥料区が化学肥料区より高く、無湛水区では化学肥料区が有機質肥料区より高くなった。

Fe濃度は施肥前(4月21日)は湛水区が無湛水区より高く、元肥施肥後無湛水区の有機質肥料区は急減し、その後常に低い値を示した。

易還元性Mnは施肥前は無湛水区で高く、元肥施肥後無湛水区の有機質肥料区で急減し、化学肥料区では漸増した。

ZnとCu濃度は湛水区は無湛水区より高いが著しい差は認められなかった。

有効態Mo濃度は一定の傾向が認められなかった。

第2図上段に土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度の変化を示す。湛水区では定植4週間後の5月27日以降から増加しはじめ、6月から収穫始めにかけて増大するが、化学肥料区は有機質肥料区よりさらに高い傾向を示した。CDU区、AM区は有機質肥料区より低いながら100ppm以上検出された。無湛水区では元肥施用直後の5月1日にかなり高濃度検出され、5月27日以降再び増加し、化学肥料区は著しく高濃度であり、有機質肥料区は化学肥料区に比べやや低い程度に検出された。一般に無湛水区は湛水区に比べて高い傾向を示した。

#### 1-2 “大豊”の果実のNO<sub>3</sub>-N濃度

収穫日毎の完熟果のNO<sub>3</sub>-N濃度を第2図下段に示す。湛水区では、化学肥料区は初期に高く、有機質肥料区は中期に高い傾向を示した。最高値は、化学肥料区は有機質肥料区より高いが、有機質肥料区でもかなり高濃度を示した。

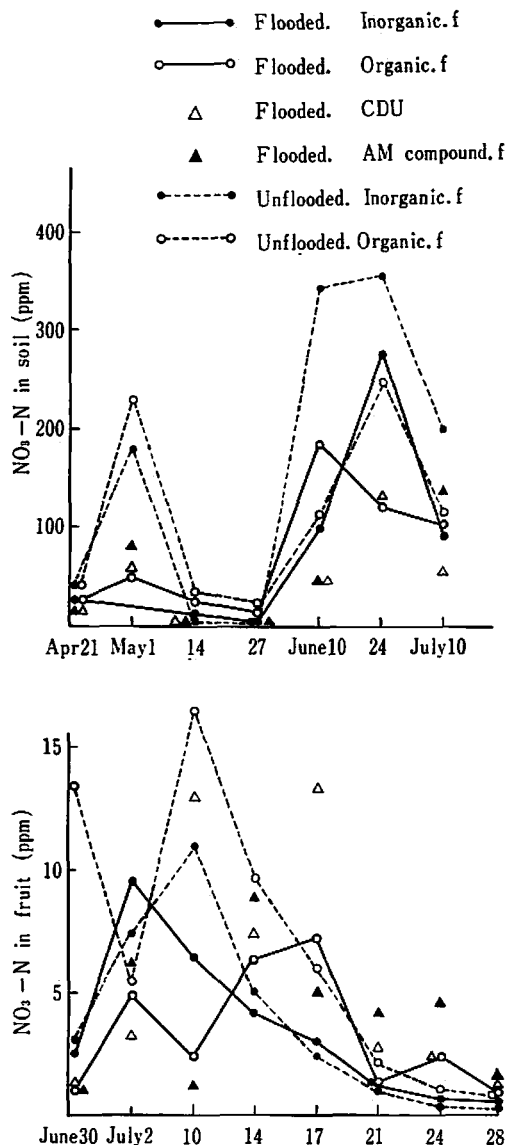


Fig. 2. Effects of quick-acting and slow-acting nitrogen fertilizer on the accumulation of nitrate in soil and tomato fruit of Taiho variety.

CDU 区, AM 区は化学肥料区よりやや後に最高値を示し, しかも化学肥料区より高濃度であった。無湛水区では有機質肥料区が化学肥料区より高濃度であった。無湛水区は湛水区に比べていずれの区も高い傾向を示し, 特に有機質肥料区でその傾向は顕著であった。

### 1-3 “チコ”の土壤成分の変化

“チコ”の土壤の pH(KCl),  $\frac{1}{5}$ N HCl 可溶の  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Fe, Zn, 易還元性 Mn 濃度の変化を第 3 図に示す。

pH は無湛水区で化学肥料区が有機質肥料区よりやや高い傾向を示したが, 湛水区では差異は認められなかった。

$P_2O_5$  濃度は無湛水区の化学肥料区は常に高く, 他の区はほぼ同じ濃度であった。

$K_2O$  濃度は湛水区で有機質肥料区が, 無湛水区では化学肥料区が高く, “大豊”と似た傾向を示した。

Fe 濃度は湛水区は無湛水区に比べ高く, 無湛水区の有機質肥料区は常に低い傾向を示した。

易還元性 Mn 濃度は一定の傾向は認められなかった。

Zn 濃度は無湛水区の有機質肥料区は収穫開始前までは常に低い傾向を示した。

第 4 図上段に土壤の  $NO_3-N$  濃度の変化を示す。同図の値は第 2 図の“大豊”の土壤に比べて著しく低い。これは実験方法の項で記した如く土壤採取位置の違いから生じた結果と思われる。各区の最高値には大差が認められないが, 無湛水区の有機質肥料区では初期から高く, 収穫開始直後の 7 月 10 日には他の区が 10ppm 以下であったのに反し, 50ppm 程度認められた。

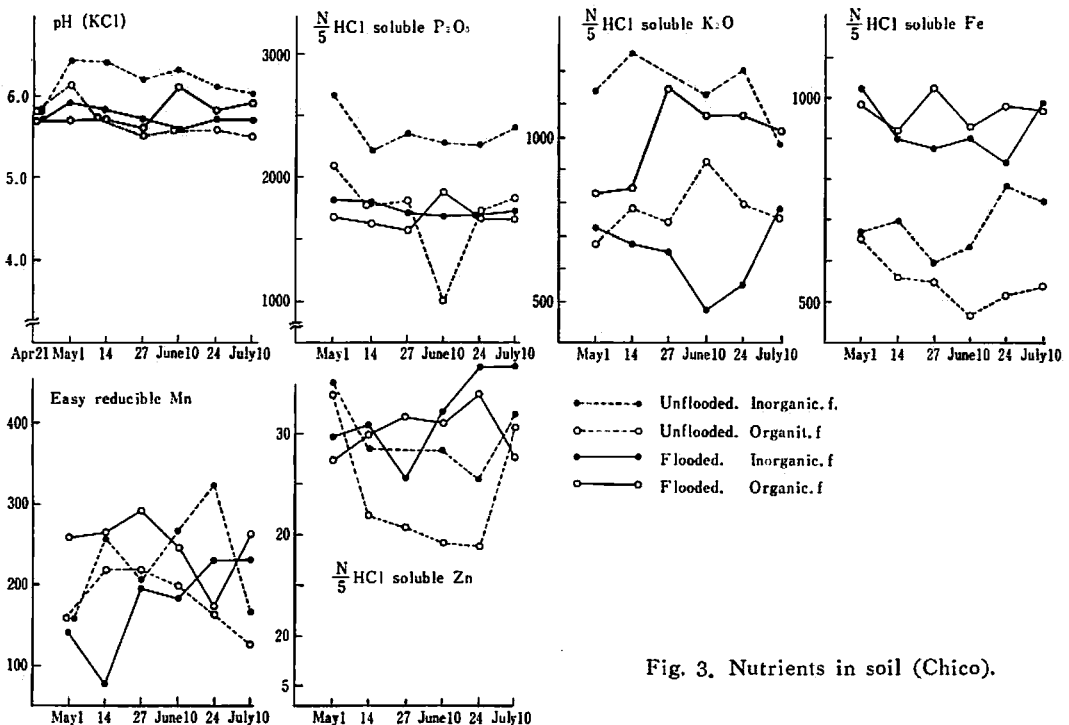
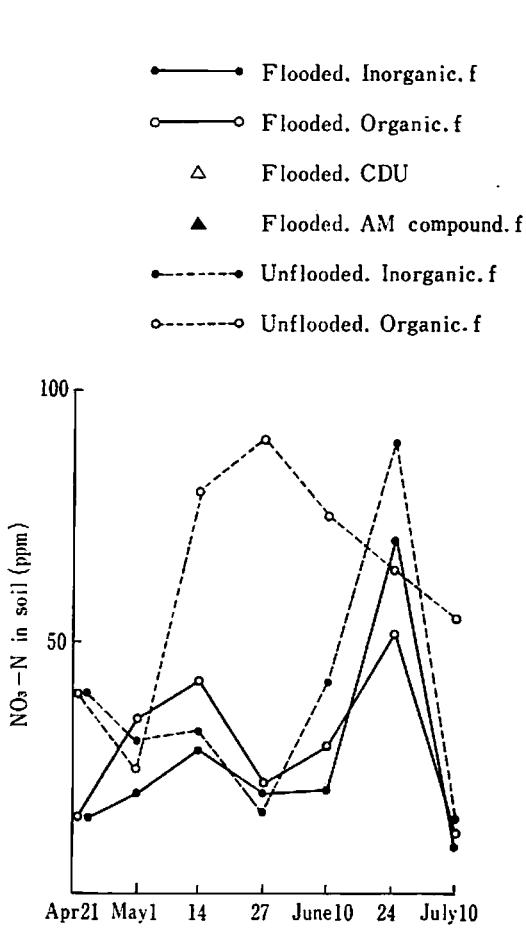
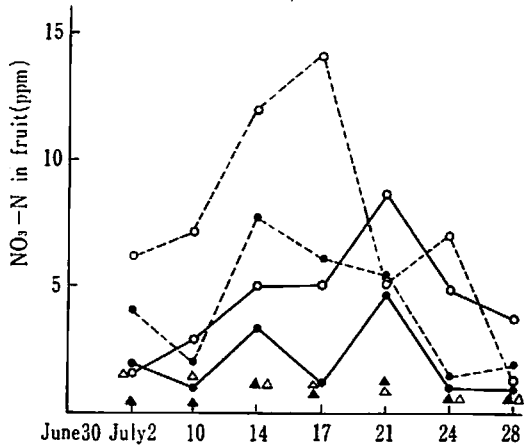


Fig. 3. Nutrients in soil (Chico).

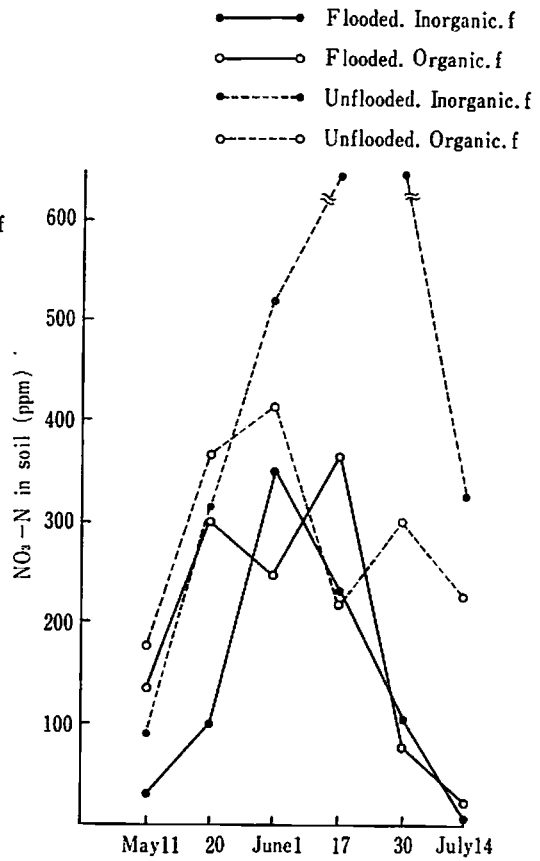


Apr21 May1 14 27 June10 24 July10

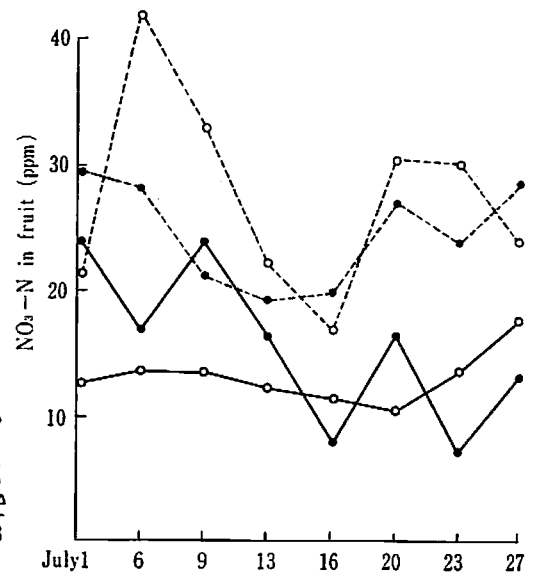


June30 July2 10 14 17 21 24 28

Fig. 4. Effects of quick-acting and slow-acting nitrogen fertilizers on the accumulation of nitrate in soil and tomato fruit of Chico variety.



May11 20 June1 17 30 July14



July1 6 9 13 16 20 23 27

Fig. 5. Effects of quick-acting and slow-acting nitrogen fertilizers on the accumulation of nitrate in soil and tomato fruit of Fire Ball variety.

### 1-4 “チョコ”の果実の NO<sub>3</sub>-N 濃度

収穫日毎の完熟果の NO<sub>3</sub>-N 濃度を第4図下段に示す。湛水区、無湛水区ともに有機質肥料区は化学肥料区より高い傾向を示した。CDU区、AM区では低く、“大豊”とは異なった結果を示した。無湛水区は湛水区に比べて高く、特に有機質肥料区でその傾向は顕著であった。

## 2. 1970年の実験結果

### 2-1 “ファイアボール”の土壌の NO<sub>3</sub>-N 濃度の変化

第5図上段に示す如く、定植直後から土壌の NO<sub>3</sub>-N 濃度は増加した。この傾向は1969年の“大豊”の5月下旬からの増加開始とは異なる傾向であった。湛水区では化学肥料区と有機質肥料区の間で生成量、変化のパターンの差異は認められず収穫開始直後にはいずれの区もほとんど10ppm以下となった。無湛水区では化学肥料区は有機質肥料区に比べて著しく高く、両区とも収穫開始直後にもかなり高濃度を示した。

### 2-2 “ファイアボール”

#### の果実の NO<sub>3</sub>-N 濃度

収穫日毎の完熟果の NO<sub>3</sub>-N 濃度を第5図下段に示す。果実の NO<sub>3</sub>-N 濃度は1969年の“大豊”、“チョコ”に比べて著しく高く、収穫中期以降に低下することなく、初期と同程度の濃度を維持していた。湛水区では化学肥料区が有機質肥料区より高く、無湛水区では有機質肥料区が化学肥料区より高い傾向を示した。無湛水区は湛水区に比べて高く、特に有機質肥料区でその傾向は顕著であった。

### 2-3 “チョコ”の土壌の

#### NO<sub>3</sub>-N 濃度の変化

第6図上段に土壌の NO<sub>3</sub>-N 濃度の変化を示す。湛水区では化学肥料区と有機質肥料区との間に差異が認められず、さらに NaNO<sub>3</sub> 添加の影響も認められなかつた。無湛水区では化学肥料は有機質肥料区より高濃度であ

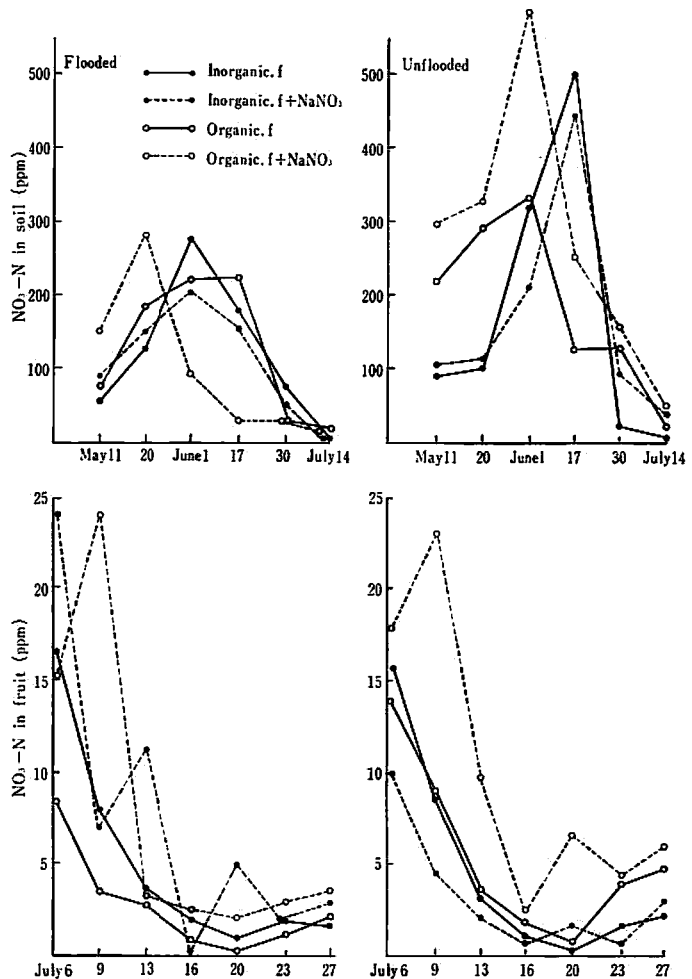


Fig. 6. Effects of quick-acting and slow-acting nitrogen fertilizers on the accumulation of nitrate in soil and tomato fruit of Chico variety.

った、有機質肥料+NaNO<sub>3</sub>区は有機質肥料区より高濃度であったが、化学肥料+NaNO<sub>3</sub>区は化学肥料区と同程度で、NaNO<sub>3</sub>添加の影響が認められなかった。一般に無湛水区は湛水区より高濃度であった。

#### 2-4 “チョコ”の果実のNO<sub>3</sub>-N濃度

収穫日毎の完熟果のNO<sub>3</sub>-N濃度を第6図下段に示す。収穫初期に著しく高濃度でありその後急減した。この傾向は1969年の“チョコ”とは異なった。湛水区は化学肥料区が有機質肥料区より高く、この両区の土壤にNaNO<sub>3</sub>を添加した場合は添加しない区に比べていずれも高濃度であった。無湛区では化学肥料区と有機質肥料区に差異が認められなかった。この両区にNaNO<sub>3</sub>を添加すると有機質肥料+NaNO<sub>3</sub>区は有機質肥料区より高く、化学肥料+NaNO<sub>3</sub>区は化学肥料区より低濃度であった。

## 考 察

土壤中では微生物によるアンモニア化成作用、硝化作用によりNO<sub>3</sub>-Nが生成される<sup>1)</sup>。化学N肥料は種類によって差異はあるが、一般に硝化作用の条件がそろえばNO<sub>3</sub>-Nの生成は早く、有機N肥料はアンモニア化成が徐々に行われるのでNO<sub>3</sub>-Nの生成は緩慢である。最近では一度だけの施用、省力、土を悪変させない肥料として緩効性化学肥料<sup>2,3)</sup>が使用されるようになった。実験の結果、化学肥料区は有機質肥料区より土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度が高く、土壤の微生物の減少が考えられる湛水区は無湛水区よりNO<sub>3</sub>-N濃度は低くなった。しかし有機質肥料区の土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度はかなり高濃度となり、推廐肥施用で土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度をかなりの程度低下させることは出来ないと考えられる。

各試験の処理区間の果実と土壤のNO<sub>3</sub>-N量との関係を見ると、土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度の高い区の果実のNO<sub>3</sub>-N濃度は高いという関係が第1にあげられる。この関係は湛水区でみられ、湛水区のごとく無湛水区に比べて土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度が一般に低い土壤では、土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度の高い化学肥料区は土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度の低い有機質肥料区より果実のNO<sub>3</sub>-N濃度は高い傾向を示した。さらに湛水区と無湛水区の間にはこの関係は明らかに認められた。第2に土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度がほぼ同程度で果実のNO<sub>3</sub>-N濃度に差異がある場合があげられる。この関係は1970年の“ファイアボール”と“チョコ”の湛水区における化学肥料区と有機質肥料区の間、および“チョコ”の湛水区の化学肥料+NaNO<sub>3</sub>区と化学肥料区との間に認められた。この場合果実のNO<sub>3</sub>-N濃度の高い区は化学肥料区または土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度が高いと考えられる区であり、測定した土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度はトマトの根が吸収し得る真値でなく、近似値であることおよび土壤のサンプリングの方法に問題があると考えられる。第3に果実のNO<sub>3</sub>-N濃度が同程度で、土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度に差異がある場合があり、この関係は、1970年の“チョコ”の湛水区の化学肥料区と無湛水区の有機質肥料区との間、湛水区の化学肥料区と無湛水区の化学肥料区との間に認められた。第4に土壤のNO<sub>3</sub>-N濃度が高く、果実のNO<sub>3</sub>-N濃度は低いという関係があげられる。この関係は1969年の“大豊”の無湛水区および1970年の“ファイアボール”の無湛水区の化学肥料区と有機質肥料区との間に認められた。これ



は土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  の過剰の影響と土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度以外の要因が影響すると考えられる。ただしこの場合の“大豊”と“ファイアボール”の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の比較は問題とする 5 ppm をはるかに越えた濃度での比較であり少々問題が残ると考えられる。

無湛水区は湛水区に比べ果実および土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が高く、この傾向は化学肥料区よりも有機質肥料区で顕著であった。これは湛水処理による土壤中の微生物の減少による  $\text{NO}_3\text{-N}$  生成量の差異から生じたものであろう。

有機質肥料区は湛水の有無にかかわらず一般に化学肥料区より土壤中の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は低い傾向を示したが、著しく低濃度にはならなかった。このことが有機質肥料区の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度がかなり高濃度であったことと関連すると考えられる。関西地方の高温で、ポリマルチ栽培では有機物の分解が早く、流亡も少ないのであろう。さらに化学肥料+ $\text{NaNO}_3$  区の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は高い場合と低い場合が認められ、土壤中での  $\text{NO}_3\text{-N}$  の流亡が考えられるのに対し、有機質肥料+ $\text{NaNO}_3$  区の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は常に著しく高濃度であることから土壤中に生成された  $\text{NO}_3\text{-N}$  は有機質に保護され流亡し難たい傾向があるのではないかと考えられた。

CDU, AM 化成肥料については予備的な実験を試みたが、“大豊”と“チョコ”の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は全く逆の結果を示した。これら緩効性あるいは硝化抑制剤肥料をたんに与えるだけでなく、施肥量、追肥を含む施肥方法を検討する必要があると考えられた。

以上果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度と土壤中の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度との関係を述べたが、土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度のみで説明され得ない点も数多く認められ、土壤中の  $\text{NO}_3\text{-N}$  以外の多量要素あるいは微量元素も関連すると考えられる。そこで土壤の pH, 可給態の  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Fe, Mn, Cu, Zn, Mo を測定したが、“大豊”と“チョコ”に共通している点は果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の高い無湛水区の有機質肥料区の Fe 濃度が著しく低いことのみで他の成分との関連性は明らかでなかった。これらの成分の影響については水耕あるいは砂耕での詳細な実験が必要である。

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  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度におよぼす速効性 N 肥料（硫安）と遅効性 N 肥料（有機質肥料, CDU-N 肥料, AM 化成肥料）および土壤の湛水処理の有無の影響について検討した。
- 2) 硫安の如き化学肥料区は有機質肥料区に比べ土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は高い傾向を示したが、有機質肥料区でもかなりの程度認められた。
- 3) 冬季間湛水した圃場では湛水しない圃場に比べ土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は低い傾向を示した。
- 4) 冬季間湛水した圃場では化学肥料区の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は有機質肥料区より高い傾向を示した。
- 5) 湛水しない圃場では化学肥料区は土壤の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は有機質肥料区より明らかに高いが、

果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度はかえって低い傾向を示した。

6) 湛水した圃場は湛水しない圃場に比べ果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は低く、特に有機質肥料区でこの傾向は顕著であった。

#### 文 献

- 1) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一：投稿中。
- 2) 塩谷正邦：農及園，41，1573 (1966)。
- 3) 塩谷正邦：農及園，42，113 (1967)。
- 4) J. T. WOOLLEY, G. P. HIGGS and R. H. HAGEMAN: *Agri and Food Chem*, 8, 481 (1960)。
- 5) 関根隆光・笹川奏治・森田茂広・木村徳次・倉富一興編：化学領域増刊，34 (南江堂)。
- 6) 京都大学農学部農芸化学教室編：農芸化学実験書第1巻，125 (1962)，8 (1958)。
- 7) E. B. SANDELL: *Colorimetric Determination of Trace of Metal*, 537 (1950)。
- 8) 齊藤謙・武内次夫：分析化学，10，1129 (1961)。
- 9) 戸菊義次・松尾孝嶺・畑村又好・山田登・原田登五郎・鈴木直治：作物試験法 (農業技術協公)，297 (1959)。
- 10) E. R. PURUVIS and N. K. PETERSON: *Soil. Sci.* 81, 223 (1956)。
- 11) E. J. RUSSELL and E. W. RUSSELL: *Soil Conditions and Plant Growth*, (藤原彰夫・大平幸次・黒沢諦・提道雄・小島邦彦，共訳：朝倉書店)，345 (1956)。