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 the organic (stable manure) nitrogen fertilizers were studied by using flooded and unflooded fields. Flooding during the winter season was purported to control pathogenic fungi.

The nitrate content in the soil supplied with the inorganic nitrogen was higher than that supplied with the organic nitrogen, but appreciable amount of nitrate was detected even in the latter.

In the flooded field, the nitrate content in the 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.

The 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.

(Received Aug. 11, 1971)

硝酸塩による缶詰トマトジュースのスズ異常溶出を防止するには、栽培中にトマト果実の硝酸塩蓄積を抑制する必要があると考えられる。そこでトマト果実の硝酸塩蓄積の要因を見いそだうとして、まずN肥料の影響について検討した。

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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高まる¹⁾ことから、速効性N肥料と遅効性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湛水した圃場(12月から2月まで湛水し、その後排水した。以下湛水区と記す)を標準圃場としたが、湛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(以下無湛水区と記す)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²⁾、硝化抑制剤入りのAM化成肥料区³⁾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、48:40:56 kg/10 a、“チョコ”は33:38:50 kg/10 a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“チョコ”ともうね間のみぞに5月28日、6月11日、

* 東洋食品研究所(兵庫県川西南花屋敷 4-23)

Toyo Institute of Food Technology. Kawanishi. Hyogo.

第1表 施肥量 (kg/10 a)

		元 肥											追 肥								
		施 肥 量							成 分 量				施 肥 量					成 分 量			
		硫酸	熔リン	塩加	推肥	ケイ フン	CDU	AM	苦土 石灰	N	P	K	硫酸	塩加	油 かす	CDU	AM	N	P	K	
大 豊	{	化学肥料区	114	250	82				150	24	40	41	114	30					24	0	15
		有機質肥料区				4000	790		150	24	33	30			940				24	24	12
		C D U 区		250	82			79	150	24	40	41		30		79			24	0	15
		AM 化成区			16				160	150	24	24	32					160	24	24	24
チ コ	{	化学肥料区	86	240	70				150	18	38	35	71	30					15	0	15
		有機質肥料区				4000	490		150	18	24	26			600				15	15	8
		C D U 区		240	70			60	150	18	38	35		30		50			15	0	15
		AM 化成区		30	34				120	150	18	23	35					100	15	15	15

6月25日に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行なった。

各区10株を選び収穫日ごとに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, 定植直後の5月1日, およびその後2週間ごとに土壌を採取(“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, 1/5NHCl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_3 を加える区を設けた。 NaNO_3 は元肥と追肥の5月21日, 6月4日, 6月18日に1/4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表に示すとおりである。

収穫日ごとの果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度および定植後2週間ごとの土壌(株間地下10cmの土壌を同一区より3カ所採取)の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を測定した。他は1969年度に準ずる。

3. 分析方法

$\text{NO}_3\text{-N}$ はWOOLLEYらの方法⁴⁾, Pはフィスクサバロフ法⁵⁾, Kは亜硝酸コバルトソーダー法⁶⁾, Feはオルトフェナンスロリン法⁷⁾, ZnとCuはポーラログラフ法⁸⁾, Mnは過ヨーン酸カリ法⁹⁾, MoはPURVISらの方法¹⁰⁾によった。果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ は新鮮物当り, 土壌は風乾物当りのppmで表示した。

実 験 結 果

1. 1969年の実験結果

(1) “大豊”の土壌成分の変化

土壌のpH (KCl), 1/5NHCl可溶の P_2O_5 , K_2O , Cu, Zn, 易還元性Mn, 有効態Mo濃度の変化を第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。収穫前には湛水处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_2O_5 濃度は無湛水区は湛水区よりつねに高く, 湛水区の有機質肥料区はつねに低い傾向を示した。

K_2O 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, その後つねに低い値を示した。

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図上段に土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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

第1図 大豊の土壌の可給態成分 ppm

●—● 湛水区化学肥料区 ●—● 無湛水区化学肥料区 △ 湛水区CDU区
○—○ // 有機質肥料区 ○—○ // 有機質肥料区

区は有機質肥料区より低い100 ppm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。

(2) “大豊”の果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

収穫日ごとの完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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。CDU区、AM区は化学肥料区よりややあとに最高値を示し、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、とくに有機質肥料区でその傾向は顕著であった。

(3) “チョコ”の土壌成分の変化

“チョコ”の土壌の pH (KCl), 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つた。

第2図 大豊の土壌および果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度におよぼす速効性および遅効性N肥料の影響

●—● 湛水区 化学肥料区 ○—○ 湛水区有機質肥料区
△ // 湛水区CDU区 ▲ // AM化成区
●—● 無湛水区 化学肥料区 ○—○ 無湛水区有機質肥料区

第3図 チコの土壌の可給態成分 ppm

●—● 湛水区 化学肥料区 ●---● 無湛水区 化学肥料区
○—○ " 有機質肥料区 ○---○ " 有機質肥料区

た。

P_2O_5 濃度は無湛水区の化学肥料区はつねに高く、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つね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つねに低い傾向を示した。

第4図上段に土壌の NO_3-N 濃度の変化を示す。同図の値は第2図の“大豊”の土壌に比べて著しく低い。これは実験方法の項で記したごとく土壌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10 ppm以下であったのに反し、50 ppm程度認められた。

(4) “チョコ”の果実の NO_3-N 濃度

収穫日ごとの完熟果の NO_3-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、とく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

(1) “ファイアボール”の土壌の NO_3-N 濃度の変化
第5図上段に示すごとく、定植後から土壌の NO_3-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に生成量、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10 ppm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) “ファイアボール”の果実の NO_3-N 濃度

収穫日ごとの完熟果の NO_3-N 濃度を第5図下段に示す。果実の NO_3-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、とくに有機質肥料区でその傾向は顕著であった。

第4図 チコの土壌および果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度におよぼす速効性および遅効性N肥料の影響

●—● 湛水区 化学肥料区 ○—○ 湛水区 有機質肥料区
 △—△ " CDU区 ▲—▲ " AM化成区
 ●---● 無湛水区 化学肥料区 ○---○ 無湛水区 有機質肥料区

(3) “チコ”の土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化

第6図上段に土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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_3 添加の影響も認められなかった。無湛水区では化学肥料は有機質肥料区より高濃度であった。有機質肥料+ NaNO_3 区は有機質肥料区より高濃度であったが、化学肥料+ NaNO_3 区は化学肥料区と同程度で、 NaNO_3 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。

(4) “チコ”の果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

収穫日ごとの完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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、この両区の土壌に NaNO_3 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。無湛水区では化学肥料区と有機質肥料区に間に差異が認められなかった。この両区に NaNO_3 を添加すると有機質肥料+ NaNO_3 区は有機質肥料区より高く、化学肥料+ NaNO_3 区は化学肥料区より低濃度であった。

第5図 ファイボールの土壌および果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度におよぼす速効性および遅効性N肥料の影響

●—● 湛水区 化学肥料区 ●---● 無湛水区 化学肥料区
 ○—○ " 有機質肥料区 ○---○ " 有機質肥料区

考 察

缶詰トマトジュースのスズ異常溶出は原料トマト果実に含まれる硝酸塩に基因し、スズ溶出防止には果実中の $\text{NO}_3\text{-N}$ は 3 ppm 以下にしなければならないとされている。缶詰食品のスズ異常溶出は衛生上の問題、シエルフライフの短縮による商品価値の低下を来す。この対策として原料果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度のチェック、各種の塗装缶が使用されるようになったが、原料入荷時におけるチェックは短時間に膨大な原料、時間、労力を要し、原料ロス来たし、また塗装缶では内容物の褐変、ビタミンCの減少など品質の劣化が予想される。そこで著者らは栽培の立場からトマト果実の硝酸塩蓄積を防止しようとした。

土壌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 $\text{NO}_3\text{-N}$ が生成される¹⁾。化学肥料N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

第6図 チョの土壌および果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度
におよぼす速効性および遅効性 N 肥料の影響

●—● 化学肥料区 ●—●—● 化学肥料+ NaNO_3 区
○—○ 有機質肥料区 ○—○—○ 有機質肥料+ NaNO_3 区

$\text{NO}_3\text{-N}$ の生成は早く、有機質肥料はアンモニア化が徐々に
行なわれるので $\text{NO}_3\text{-N}$ 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^{2),3)}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壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高く、土壌の微生物の減少が考えられる湛水区は兼湛水区より $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は低くなった。しかし有機質肥料区の土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度はかなり高濃度となり、堆肥施用で土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度をかなりの程度低下させることはできないと考えられる。

各試験の処理区間の果実と土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 量との関係
をみると、土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い区の果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が一般に低い土壌では、土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い化学肥料区は土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低い有機質肥料区より果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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に土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度がほぼ同程度で果実の

$\text{NO}_3\text{-N}$ 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_3 区と化学肥料区との間に認められた。この場合果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い区は化学肥料区または土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高いと考えられる区であり、測定した土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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壌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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が同程度で、土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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に土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高く、果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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の間に認められた。これは土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ の過剰の影響と土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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3ppm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壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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壌中の微生物の減少による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壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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+ 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、土壌中での $\text{NO}_3\text{-N}$ の流亡が考えられるに対し、有機質肥料+ 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壌中に生成された $\text{NO}_3\text{-N}$ は有機質に保護され流亡しが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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との

関係を述べたが、土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度のみで説明され得ない点も数多く認められ、土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 以外の多量要素あるいは微量要素も関連すると考えられる。そこで土壌の pH, 可給態の P_2O_5 , K_2O , 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いは砂耕であるの詳細な実験が必要である。

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)および土壌の湛水处理の有無の影響について検討した。

(2) 硫安のごとき化学肥料区は有機質肥料区に比べ土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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、とくに有機質肥料区でこの傾向は

顕著であった。

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。御助力頂いた東洋食品研究所木多武雄研究員、杉原八郎、藪内一雄、若狭勝副研究員に感謝致します。

文 献

- 1) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一: 食品工誌, 19, 16 (1971)
- 2) 塩谷正邦: 農及園, 41, 1573 (1966).
- 3) 塩谷正邦: 農及園, 42, 113 (1967).
- 4) WOOLLEY, J.T. HICKS G.P. and HAGEMAN R.H.: *Agriand. 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) SANDELL, E. B.: *Colorimetric Determination of Trace of Metal*, 537 (1950).
- 8) 齊藤 謙・武内次夫: 分析化学, 10, 1129 (1961)
- 9) 戸荻義次・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 (農業技術協会) 297 (1959).
- 10) PURVIS, E. R. and PETERSON, N. K.: *Soil Sci.*, 81, 223 (1956)
- 11) RUSSELL, E. J. and RUSSELL, E. W.: *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).

(昭和46年8月11日受理)