園芸作物の硝酸塩蓄積に関する研究

(第11報) トマト果実の硝酸塩蓄積におよぼす品種の影響 (1)

宮崎正則*・国里進三*・美谷誠一*

Studies on the Accumulation of Nitrate in Horticultural Products

Part XI. The variance of nitrate content in tomato fruit among five varieties

MASANORI MIYAZAKI, SHINZO KUNISATO and SEIICHI MIYA

The study was carried out to investigate the variances of nitrate contents in tomato fruits among five varieties namely Fireball, Amature, Chico, Heinz 1370 and Brehm's Solid Red. The chemical compositions in fruit and nitrate reductase activities in various parts of tomato plant were determined to know the mechanism of the accumulation of nitrate.

Nitrate contents in fruits of Fireball and Amature did not decrease during the ripening and were at remarkably high level at the red ripe stage and these varieties showed high contents throughout the harvest period.

Nitrate contents in fruits of Chico, Heinz 1370 and Brehm's Solid Red decreased remarkably from the mature green stage to the red ripe and were little in the red ripe fruits. In fruit of Chico, nitrate content was considerably high only at the beginning of the harvest period, and in Heinz 1370 and Brehm's Solid Red, the contents were always very low during the harvest period.

The variances of nitrate contents in the fruits among five varieties were not explained by the chemical compositions, but higher contents of nitrogen, phosphate, and potassium and lower content of calcium were found in the fruit containing higher nitrate.

Changes of nitrate reductase activities in various parts of plant during ripening were found to be no significant differences between Fireball and Chico.

(Received Dec. 24, 1971)

トマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積の要因を知る目的で前報^{1)~6)}までに土壌肥料の影響について検討した。これらの実験中、同一時期、場所の標準栽培下でも、さらにある特殊な環境条件下（培地、照度、温度）でも品種の違いにより果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に差異が認められ、果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積に品種間差異のあることが推察された。加工原料用トマトとして栽培されている品種は多数あり、それぞれ栽培および品質上の特性を具備⁷⁾⁸⁾⁹⁾しているが、果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の品種間差異は収穫の早晩性、果型、色などに関係していることが推察されている¹⁰⁾。そこで果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の著しく高い品種として‘ファイアボール’、比較的低い品種として‘チョコ’を中心に他に2, 3の品種を用いて果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積現象、無

機成分、硝酸還元酵素活性を測定し、品種間差異の検討を行なった。

実験方法

1. 栽培方法

果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の著しく高い品種として‘ファイアボール’と‘アマチュア’の2品種、比較的低い品種として‘チョコ’、低い品種として‘Heinz 1370’と‘ブレイムスソリッドレッド’の2品種を1970年3月5日播種し、5月6日に圃場に定植した。施肥量はN, P, Kを25, 30, 30 kg/10aとし、推肥肥4t/10a、苦土石灰150 kg/10aも与えた。栽植密度は1.2×0.45 mのポリマルチ無支柱栽培を行なった。

* 東洋食品研究所（兵庫県川西市南花敷 4-23）

Toyo Institute of Food Technology, Kawanishi, Hyogo.

部位別、時期別の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、硝酸還元酵素活性をみるために、'チョコ' と 'ファイアボール' を 1971 年 3 月 1 日播種し、4 月 26 日にガラス室内土壌に定植し、整枝、3 段果房止めとした。

2. 調査項目

'ファイアボール' と 'チョコ' を中心に収穫日ごとの完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、無機物質、果実および他の部位の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と硝酸還元酵素活性の時期別変化について調査した。

3. 分析方法

$\text{NO}_3\text{-N}$ および他の無機物質の測定は第 8⁴⁾、第 9⁶⁾報に準じた。

硝酸還元酵素活性の測定は水素供与体として malic acid を用いる方法¹¹⁾で、ツンベルグ管の側室に 0.1 M KNO_3 1 mL、中和した 0.1 M malic acid 1 mL を入れ、主室にリン酸緩衝液 (pH 7.5) 5 mL、2~3 mm にカットしたトマト 3 g を入れ、真空ポンプで脱気し、次いで空気を入れ、再び脱気し、主室と側室を混和し、30°C で 1 時間反応後生成した $\text{NO}_2\text{-N}$ を WOOLLEY らの方法で測定し、硝酸還元酵素活性として表わした。

実験結果

1. 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 1 図に示した。'チョコ' と 'ファイアボール' は 1 週間に 2 度収穫、分析し、他品種は 1 週間に 2 度収穫しそのうち 1 度分析した。'ファイアボール' と 'アマチュア' は早生種で 7 月 1 日から収穫され、'チョコ' と 'ブレイムスソリッドレッド' は 7 月 6 日から、Heinz 1370 はかなり遅れて収穫が開始された。完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は 'ファイアボール' と 'アマチュア' は収穫期間中絶えず高濃度を維持し、収穫中期あるいは後期にいたってもそれほど低下することはないが、他の品種に比べ $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の著しく高いことがわかった。'チョコ' は収穫初期にかなり高濃度であったが、3 回目の収穫日から低下した。'Heinz 1370' と

'ブレイムスソリッドレッド' は収穫の全期間を通して 2 ppm 以下であった。

2. 果実の無機成分

第 1 表に 2 段果房 1, 2 番果完熟果の無機成分を示した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い 'ファイアボール'、'アマチュア' と低濃度の 'チョコ'、'Heinz 1370'、'ブレイムスソリッドレッド' の間には一定の差異が認められなかった。別の目的で栽培していた 'チョコ' と 'ファイアボール' の完熟果を用いて $\text{NO}_3\text{-N}$ と無機成分を比較したのを第 2 図に示す。'チョコ' は 'ファイアボール' に比べ N, P, K 濃度が高い傾向を示し、また両品種とも $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い果実は低い果実に比べ N, P, K 濃度が高く、Ca 濃度は低い傾向を示した。

3. 果実の成熟中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と硝酸還元酵素活性の変化

結実直後から完熟までの 1 週間ごとの果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と硝酸還元酵素活性を 2 段果房 1, 2 番果について測定した結果を第 3 図に示す。'チョコ'、Heinz 1370、'ブレイムスソリッドレッド' の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は果実の肥大

第 1 図 トマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の品種間差異と収穫時期別変化

—○— ブレイムスソリッドレッド --●-- アマチュア
—●— Heinz 1370 —△— チョコ
--○-- ファイアボール

第 1 表 トマト果実の無機物質濃度の品種間差異

(ppm/fresh)

	$\text{NO}_3\text{-N}$	全-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
チョコ	3.6	1780	318	3220	255	110	4.1	1.5	3.4	1.9	1.8	0.07
Heinz 1370	+	1310	290	2280	320	98	3.6	1.3	2.8	1.6	1.6	0.04
ブレイムスソリッドレッド	1.8	1640	365	3160	125	113	7.1	1.7	3.3	1.9	1.7	0.04
ファイアボール	16.4	1360	297	2790	190	95	5.4	1.5	3.3	1.7	1.5	0.04
アマチュア	20.0	1580	256	3030	140	123	6.5	1.5	3.1	1.8	1.9	0.03

に伴い増加し、緑白期前に最高に達し、その後熟度が進むに従って低下する傾向を示した。‘ファイアボール’、‘アマチュア’は緑白期前後に最高に達したのち熟度の進行に伴い低下することはなく、完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は前3品種に比べ著しく高い傾向を示した。硝酸還元酵素活性は‘チョコ’、‘Heinz 1370’、‘ブレイムスソリッドレッド’では生育初期は低く、緑白期前後に最高に達し、その後熟度が進むとともに低下し、完熟果ではほとんど認められなかった。‘ファイアボール’と‘アマチュア’は前3品種に比べ生育初期に活性のピークが認められ、その後低下し、完熟果ではほとんど認められなかった。

果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に対する他の部位の時期別の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、硝酸還元酵素活性の関連性について1971年に‘ファイアボール’と‘チョコ’をガラス室内で整枝、3段果房止めとして栽培、分析した結果を第4図に示す。同図は1段果房についてであり、図中の葉、茎とは1段果房着生部より下に着生した葉、茎を示す。果実は1段果房3、4番果である。もちろん1段果房着生位置より上に着生する葉や茎から1段果房への $\text{NO}_3\text{-N}$ の移行は起り得るが、2、3段果房、あるいはその葉、茎についても1段果房と同じ結果であったので1段果房の結果のみを示した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は一般に果実で低く、他の部位は高く、とくに葉柄で高い蓄積がみられた。‘ファイアボール’は、へた、果梗、葉柄の初期、茎、根で‘チョコ’よりも高くなった。完熟果では‘ファイアボール’は‘チョコ’に比べてかなり高濃度であったが、第3図に

第2図 トマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と無機物質との関係 (ppm/fresh)

第3図 トマト果実の成熟中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度および硝酸還元酵素活性の変化

示したような成熟中の変化を示さず、両品種ともピーク時から熟度の進むに従って低下する傾向がみられた。両品種ともに果実の成熟中に $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低下するにもかかわらず、完熟時の蓄積量に大きな差異が認められるのは、5月26日にすでに大きな差異があったことに原因すると思われる。5月26日には‘ファイアボール’

第4図 トマトの $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度および硝酸還元酵素活性の品種間差異

— チコ ---- ファイアボール

は「チコ」に比べて他の部位で高い $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を維持していた。また茎、根では全期間中つねに「ファイアボール」は「チコ」よりも高い $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度であったことは $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収が活発であったとも考えられる。硝酸還元酵素活性は一般に果実で低く、葉身で高く、ヘタ、果梗、葉柄、茎、根でも果実よりはるかに高く、栽培の後期にはかなり低下する傾向がみられた。「ファイアボール」が「チコ」に比べていずれかの部位あるいは時期に著しく劣ることはみられなかった。

考 察

完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の品種間差異は第1図から明らかである。ただし「チコ」と「Heinz 1370」は、例年では収穫開始後1ないし2週間頃に $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度のピークが認められているので本年の傾向は特殊であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積には環境条件の影響も大であると推察される。

果実の成熟中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化は第3図では、「ファイアボール」と「アマチュア」は緑白期前後から完熟期

にかけて低下せず、一方「チコ」などは著しく低下した。しかし第4図および第9報のように「ファイアボール」でも成熟中に低下し、完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度はかなり低くなる場合も認められるので、成熟中の上記2つの傾向が両品種群にそれぞれ特有の性質であるとは考えられず、いずれの品種でも $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い果実では低下しないか、わずかに低下し、低濃度の果実では著しく低下すると考えられる。

果実の無機成分は両品種群間に一定の差異がみられず、蓄積に関与する成分はみだせなかった。一方「チコ」と「ファイアボール」では $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い果実は低い果実に比べて、N, P, K 濃度が高く、Ca 濃度が低く、このKとCaの傾向は第9報でも認められ、さらに次報でくわしく説明する。しかしKについては $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の低い「チコ」は高い「ファイアボール」よりもはるかに高い含有量を示し、上記とは矛盾する点がみられた。

硝酸還元酵素活性について王子、伊沢らは大豆葉¹²⁾で

はどの葉も出葉後 2, 3 日目に最も高い活性をもち、その後葉令が進むにつれて急激に低下し、ついには全く認められなくなり、水稻¹³⁾では若い上位葉で活性が高く、N代謝の盛んな分けつ期に高い活性を示し、炭水化物代謝の盛んな幼穂形成期以後は低下したとしている。トマトでは果実の活性は第 3 図、第 4 図に示すように、未熟期に認められ、着色開始と同時にほとんど認められなくなり、未熟期の活性も他の部位に比べて著しく弱かった。‘ファイアボール’と‘アマチュア’は他品種に比べ活性の低下が早い、この 2 品種は早生種であり、着色が早くなることと関連すると思われる。果実以外の部位では葉身の活性が最も高く、次いでへたで高く、他の部位も果実よりはるかに高い活性をもち、生育末期にはかなり低下するが、それでもかなりの活性が認められた。‘ファイアボール’は‘チョコ’に比べて根の活性がつねに低いこと、葉身の活性がつねに低下しつつあることなどは‘ファイアボール’の果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高いことと関連するようでもあるが、その活性が著しく劣ることはなかった。以上の点から果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を各部位、各時期の硝酸還元酵素活性から説明することは不十分である。

以上果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積の品種間差異を検討したが、無機物質濃度、硝酸還元酵素活性からは品種間差異を充分説明することはできなかった。しかし‘ファイアボール’と‘アマチュア’は早生種であり、他品種は中生あるいは晩生種であること、‘ファイアボール’、‘アマチュア’は生育中に葉は反転し、枯れ、他品種に比べて果重/葉重比が大であること、さらに吸肥力の差もあると考えられるので、これらの検討も必要であろうと考える。

トマト加工製品の需要増加につれて原料トマトの生産も増加し、無支柱栽培、加工専用品種が取り入れられるようになり、全国の主要産地で適品種が栽培されるようになった。この現在の適品種も加工用トマトの具備すべき条件としての栽培特性あるいは加工特性の目標のもとにつねに改良が加えられるであろう。栽培特性あるいは加工特性が品種の違いにより大きく差異があるのと同様に、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度も品種間差異が大きい。圃場栽培では‘ファイアボール’は毎年および全収穫期を通して高 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を示す。一方‘チョコ’はやや蓄積する品種であり、‘Heinz 1370’は比較的蓄積しがたい品種であると考えられ、‘チョコ’と‘Heinz 1370’は栽培年度により蓄積する年と蓄積しない年があり、蓄積する年では収穫初期に 5~10 ppm 程度の蓄積が認められる。この種の品種では肥培管理の工夫で 3~5 ppm 程度にすることは

可能であるが、‘ファイアボール’では 20 ppm を肥培管理で 10 ppm にすることは可能でも、さらに 3~5 ppm にすることは非常にむずかしい問題である。産地では収穫ピークの幅を広げる目的で、早生種、中晩生種を組み合わせ 2~3 品種を栽培するが、これらの品種の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積特性を充分確認し、‘ファイアボール’ほど著しく蓄積する品種はさなければならぬ。‘ファイアボール’は現在では加工用として主要品種ではないが、これに類似する早生種には充分注意を払うべきである。また将来において機械収穫が行なわれる時期にはコンパクトな品種が望まれるであろうが、このときにも品種と $\text{NO}_3\text{-N}$ との問題は残るであろう。一方果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度とビタミン C 含量との間には逆の相関があり¹⁴⁾、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の蓄積しやすい品種はビタミン C 含量が低下するのではないかと推察され、品質的にも $\text{NO}_3\text{-N}$ の蓄積しやすい品種は問題があると推察される。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は還元され有機態 N になって、はじめて本来の N 源としての役割を果たすと考えらるならば、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が著しく高濃度に残存する果実あるいは品種は N の利用効率が高いと推察され、基本的な検討が残されている。

要 約

(1) トマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積の品種間差異を検討した。

(2) 完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は‘チョコ’では収穫初期にのみ高く、中期、後期には低く、‘Heinz 1370’、‘ブレイムスソリッドレッド’は収穫全期間を通して低く、一方‘ファイアボール’と‘アマチュア’はつねに高い値を維持し、明らかに品種間の差異が認められた。

(3) 果実の成熟中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化は‘チョコ’、‘Heinz 1370’、‘ブレイムスソリッドレッド’は緑白期から完熟期にかけて減少し、‘ファイアボール’、‘アマチュア’は緑白期から完熟期にかけて減少しないか、または減少しても未熟期の高い蓄積量のため完熟果の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は著しく高い値を示した。

(4) 果実の無機物質濃度は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い‘ファイアボール’、‘アマチュア’と低い‘チョコ’、‘Heinz 1370’、‘ブレイムスソリッドレッド’の間に有意差は認められなかった。一方 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い果実は低い果実に比べ N, P, K 含量が高く、Ca 含量は低い傾向が認められた。

(5) 硝酸還元酵素活性は葉身で高く、次いで葉柄、へたで高く、果実では著しく低く、しかも着色開始と同時にほとんど認められなくなった。各部位、各時期の活性

から果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の差異を説明することはできなかった。

本研究は大阪府立大農学部緒方邦安教授の御指導の下に行なわれた。ここに謝意を表わす、また、本実験を行なうにあたり御助言いただいた園芸試験場高橋和彦博士、園試盛岡支場上村昭二博士、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、下田吉夫助教授に感謝致します。御助力いただいた東洋食品研究所古野さとみ氏に感謝致します。

文 献

- 1) 宮崎正則・国里進三・岩本喜伴・堀尾嘉友・黛乙郎：園学雑，**37**，178 (1968)。
- 2) 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)。
- 3) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一：食品工誌，**19**，16 (1972)。
- 4) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一：食品工誌，**19**，22 (1972)。
- 5) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一：食品工誌，**19**，55 (1972)。
- 6) 宮崎正則・国里進三・美谷誠一：食品工誌，**19**，418 (1972)。
- 7) 上村昭二・阿部 勇：農及園，**39**，816 (1964)。
- 8) 芦沢鴨明・牛流清志・小林忠和・藤森基弘：農及園，**39**，839 (1964)。
- 9) 飯島隆志：食品工誌，**12**，192 (1965)。
- 10) 国里進三・宮崎正則・美谷誠一：日本缶詰協会第19回技術大会口頭発表 (1969)。
- 11) MULDER, E.G., BOXMA, R. and VAN VEEN, W.L.: *Plant and Soil*, **10**, 335 (1959)。
- 12) 王子善清・伊沢悟郎：土肥誌，**40**，385 (1969)。
- 13) 王子善清・伊沢悟郎：土肥誌，**39**，380 (1968)。
- 14) 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**，312 (1970)。

(1971年12月24日受理)