

園芸作物の硝酸塩蓄積に関する研究—III

トマト果実による硝酸塩の吸収と蓄積について—1

宮崎 正則, 国里 進三, 美谷 誠一
石川 伸, 黛 乙郎

Studies on the Accumulation of Nitrate in Horticultural Products - III

1 The Absorption and the Accumulation of Nitrate in Tomato Fruit during the Fruit Culture

MASANORI MIYAZAKI, SHINZO KUNISATO, SEIICHI MIYA,
SHIN ISHIKAWA, and ITSURO MAUZUMI.

The purpose of the present experiments is to find the factors influencing the accumulation of nitrate in tomato fruit.

Present study was carried out to investigate the extent of the absorption and of the accumulation of nitrate in tomato fruit during the fruit culture and the effects of substances expected to prevent nitrate accumulation. Tomato fruit isolated from plant was used for the fruit culture.

The results obtained are:

1) Unripe fruit absorbed and accumulated appreciable amount of nitrate, whereas no significant amount of nitrate was either absorbed or accumulated by red-ripe fruit. (Table 1, 2, 3)

2) Simazine, molybdenum and gibberellin inhibited the accumulation of nitrate in green mature fruit. (Figure 1)

3) Iron and copper exerted a promoting effects on the accumulation of nitrate in green mature fruit. (Figure 1)

1 緒 言

トマト果実の硝酸塩蓄積に関し、前報¹⁾でトマト樹の $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収と移行について報告した。1株が 10~20 g の $\text{NO}_3\text{-N}$ を吸収するに対し、果実中の $\text{NO}_3\text{-N}$ は数 mg であるので果実自

体の $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収力が小さいこと、および熟度の違いにより $\text{NO}_3\text{-N}$ の蓄積量が異なる²⁾ ので熟度の違いにより吸収力に差異があることが推定された。

本実験はトマト果実自体の $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸収量、蓄積量を知る目的で、果実培養法によって果実を他の器官から独立させ、トマト果実自体の $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸収、蓄積、および蓄積阻害物質と考えられる物質の影響をみたものである。

2 実験方法

2-1 供試トマト果実

圃場、ガラス室栽培中の標準施肥区で育てた収穫末期の Chico を供試した。

2-2 果実培養法

果梗から $\text{NO}_3\text{-N}$ を吸収させるべく、果梗、へたを着けた果実を果梗の離層部を中心にして、果実と反対側の果梗約 1 cm を残して他の器官から独立させ、1 cm の果梗部のみを 2% NaNO_3 又は 0.1 M KNO_3 溶液に 2~6 日間浸した後、果実、へた、果梗の $\text{NO}_3\text{-N}$ を測定した。はじめの 0.1 M KNO_3 溶液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 量と処理後の残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量の差を吸収量とし果実 100 g あたりの吸収量で示した。

2-3 $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積阻害物質

$\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積を阻害すると考えられる Mo, Mn, Mg, Fe, Cu, アスコルビン酸, NAA, ジベレリン, 2,4-D, シマジンを標準施用量の 5~10 倍量を 0.1 M KNO_3 溶液に添加した。

2-4 $\text{NO}_3\text{-N}$ 分析法

Bray 氏法の変法⁹⁾を使用した。

3 実験結果

3-1 吸収と蓄積

緑白果、催色果、完熟果の吸収と蓄積を Table 1 に示した。蓄積量は緑白果 24 ppm, 催色果 10.4 ppm, 完熟果 4 ppm であり、対照区 (水) に比べ蓄積量が多かった。果梗での蓄積量も対照 (水) に比べ多かった。蓄積程度は果実の熟度の違いにより相異が認められ、緑白果に多く、完熟果では少なかった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸収量は未熟果ほど多く、吸収量と蓄積量の間に関連関係が認められた。

熟度の違いによる蓄積の差をより詳しく知るため、結実間もない小果、肥大中の緑果、緑白果、催色果、桃熟果、完熟果を培養した結果、Table 2 の結果を得た。緑白期までの未熟果には蓄積が多く、催色期以降の熟度の進んだ果実にはほとんど蓄積が認められなかった。

小果、緑白果、催色果、完熟果を着けた 1 つの果房を培養すると、Table 3 の結果が得られた。この場合も前記 2 つの例と同じく未熟果ほど蓄積量が多かった。しかし、この場合 Table 2 と異

Table 1 The accumulation of nitrate during the fruit culture of tomato of various ripe stage.

Ripeness	NO ₃ -N in fruit cultured on		Disappearance of NO ₃ -N ⁻ in culture medium	
	water	2 % NaNO ₃ solution		
Mature green	Fruit	0.8 ppm	24.0 ppm	18.50 mg/100g fruit
	Calyx	90.0	1040.0	
Breaker	Fruit	0	10.4	4.41
	Calyx	165.0	1290.0	
Red ripe	Fruit	0	4.0	0
	Calyx	29.0	625.0	

Table 2 The accumulation of nitrate during the fruit culture of tomato various ripe stage

Ripeness	NO ₃ -N		
	Fruit	Calyx	Fruit-stalk
Early setting	84.4 ppm	840 ppm	2560 ppm
Early mature green	49.2	1150	1470
Mature green	14.4	1100	1260
Breaker	2.0	1060	2000
Light-pink	0	1400	1380
Red-ripe	+	840	760

Table 3 The accumulation of nitrate in fruits and calyxes during the cluster culture.

Ripeness	NO ₃ -N		
	Fruit	Calyx	Fruit stalk
Early setting	71.2 ppm	12400 ppm	4490 ppm
Mature green	45.2	9420	
Breaker	10.0	6460	
Red ripe	5.6	2960	

なり催色果でも NO₃-N 10 ppm の蓄積が認められた。

3-2 蓄積阻害物質の影響

蓄積を抑制すると考えられる物質（これらは硝酸還元を促進すると考えられている）を添加し、蓄積への影響をみたのが Table 4 である。なおこの実験には緑白果を用いた。

0.1 M KNO₃ 溶液処理の果実中の NO₃-N 31 ppm に比較して、シマジン、Mo、ジベレリン、NAA 区では少なく、Fe、Cu 区では多く、Mn、Mg、アスコルビン酸区で同程度であった。

Table 4 Effect of addition of accumulation inhibitors on the accumulation of nitrate in green mature fruits during the fruit culture

Inhibitors	NO ₃ -N
Water	2.4 ppm
0.1 M KNO ₃	31.0
10 ⁻⁵ M. Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	14.5
10 ⁻⁵ M. MnCl ₂ ·4H ₂ O	30.0
10 ⁻⁴ M. FeC ₆ H ₅ O ₇ ·nH ₂ O	46.5
10 ⁻³ M. MgSO ₄ ·7H ₂ O	28.0
10 ⁻⁵ M. CuSO ₄ ·5H ₂ O	42.5
10 ⁻³ M. Ascorbic acid	34.0
10 ⁻⁴ M. NAA	21.5
10 ⁻³ M. GB	17.0
10 ⁻⁴ M. 2.4D	36.5
10 ⁻⁶ M Simazine	6.0

4 考 察

果実培養の結果からトマト果実の未熟果は $\text{NO}'_3\text{-N}$ をより多く吸収、蓄積し、完熟果はほとんど吸収しないことが判明した。Table 3 の結果の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量相対濃度を絶対濃度に直すと、果梗 (7.3 g) で 32.8 mg, 小果 (59 g) 4.2 mg, 小果のへた (0.75) 9.3 mg 完熟果 (302 g) で 1.6 mg, へた (2.2 g) 6.52 mg であった。生育中の果実では緑白果が最も蓄積量が多いという第 1 報の結果とは少々異にした。この原因は栽培中では根に吸収された $\text{NO}'_3\text{-N}$ の大部分が葉に移行すること、培養液の 0.1 M KNO_3 溶液は $\text{NO}'_3\text{-N}$ 1400 ppm であり栽培中のへた、果梗の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量より高濃度であること、および果実培養は 2~6 日間の吸収結果であるが、栽培中は長い期間たえず吸収と還元をくりかえしている等の点にある。いずれにしても栽培中の果実の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量よりはるかに多くの蓄積がみられることは果実に予想以上の吸収力があると推定された。この点につき Crider⁴⁾ はオレンジ、グレープフルーツの各器官の養分吸収力を測定し、果実は新葉と同じ程度の強い吸収力があると報告している。

本実験の中で催色果に 10 ppm 程度の蓄積が認められる場合と認められない場合があった。催色果が 10 ppm の時完熟果が 5 ppm 認められ、催色果に蓄積が認められない時には完熟果でも認められなかった。この原因は不明だが、催色期の果実への多量の $\text{NO}'_3\text{-N}$ の移行は催色果での多量の蓄積と完熟果へのわずかな移行の可能性という点から完熟果での蓄積の直接原因ともなり得る。

一般に $\text{NO}'_3\text{-N}$ の吸収に伴ない、陽イオンが吸収され⁵⁾、 $\text{NO}'_3\text{-N}$ が還元されて同化過程に入るとあとに塩基が残り、この中和のために有機酸の生成^{6),7)} が活発になる。トマト果実では K を増施すると有機酸含量が増加^{8),9)} するといわれる。これらは間接的に硝酸還元を促進するものであろう。Mo は硝酸還元酵素系¹⁰⁾ に、Mn, Fe, Cu, Mg は亜硝酸還元酵素系⁶⁾ およびそれ以後の系に必要とされている。アスコルビン酸は硝酸還元に必要な還元圧を保つように働く¹¹⁾、シマジン¹²⁾ は硝酸還元を促進するといわれている。NAA, 2,4 D, ジベレリンは体内代謝を乱し、また離層の形成の促進と抑制作用があるといわれている。この果実培養の結果を栽培に応用し、Mo とシマジンは培養液に添加したり、葉面散布を試みている。ジベレリンに関しては続報で報告する。

Cu, Fe の添加による蓄積の増大、アスコルビン酸の無効果に関しては原因は不明である。供試果実は Cu, Fe を含む培地で生育したので何らかの形で含まれていると推定され、標準量以上の添加による過剰害が $\text{NO}'_3\text{-N}$ の蓄積として現われたのかもしれない。アスコルビン酸は 2~6 日間で酸化されて効果が現われなかったとも考えられる。アスコルビン酸に関しては Mo 欠乏の植物はアスコルビン酸量が少なく、 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量が多く、この植物に Mo を添加するとアスコルビン酸量が増し、 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量が減少するといわれ^{13),14)}、著者らの実験でもトマト果実中のアスコルビン酸量と $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量の間には負の相関関係があることが確かめられている。

以上の結果から完熟果の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 蓄積には次の場合が考えられる。1) 未熟果に多く蓄積し、その蓄積が完熟期まで持続する。2) 未熟果に多く蓄積し、熟度の進行中に減少するが、なおかつ

蓄積する(還元力はあるが、未熟果に異常に蓄積したため、還元能力以上の $\text{NO}'_3\text{-N}$ が残る) 3) 未熟果に多く蓄積し、減少するが催色果、完熟果でもわずかに吸収する(催色果、完熟果で吸収された $\text{NO}'_3\text{-N}$ が収穫された完熟果に蓄積している)。正常な環境条件では1)の場合はまれであろう。完熟果に $\text{NO}'_3\text{-N}$ が認められない場合には1)未熟果に多く蓄積し、熟度の進行と共に著るしく減少する場合と2)培地の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 不足により、未熟果、完熟果にも少ない場合が考えられる。

5 要 約

- 1) トマト果実自体の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 吸収、蓄積量を知るため、果実培養法でトマト果実を培養した。
- 2) 未熟果は $\text{NO}'_3\text{-N}$ を多く吸収し、蓄積するが、完熟果はほとんど吸収しない。
- 3) 催色果で $\text{NO}'_3\text{-N}$ を吸収する場合には完熟果でもわずかに吸収する場合がある。
- 4) 果実培養法による果実の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 蓄積量は圃場栽培中の果実の蓄積量よりはるかに多く、トマト果実自体の吸収力は予想以上に大きいと推定された。
- 5) Mo 、シマジン、ジベレリンは蓄積を抑制する効果があったが、 Cu 、 Fe は蓄積を増大させた。

文 献

- 1) 宮崎正則, 国里進三, 美谷誠一, 石川伸, 蕪乙郎, 木多武雄, 若狭勝, 杉原八郎: 本誌投稿中
- 2) 宮崎正則, 国里進三, 岩本喜伴, 堀尾嘉友, 蕪乙郎: 園学雑, 37, 178—184. (1968)
- 3) J.T. WOOLLEY, G.P.HICKS, and R.H. HAGEMAN: *Agri and Food Chem.* 8, 481—482 (1960)
- 4) CRIDER, F.J.: *Calif. Citrog.* 41, (2) (1955)
- 5) 岩田正利: 園学雑, 27, 21—31. (1958)
- 6) 戸蒔義次, 山田登, 林武: 作物生理講座, 2, 25—43. (1962)
- 7) 杉山直儀: 野菜の栄養生理と施肥技術. 誠文堂 (1968)
- 8) 崎山亮三: 園学雑, 36, 399—405. (1967)
- 9) ———: 園学雑, 37, 67—72. (1968)
- 10) WEBSTER, G.C.: 植物の窒素代謝 (松中昭一, 田中房江) 飯塚宏訳—岩波書店` 2—13. (1963)
- 11) 坂村徹: 植物生理学上巻, 裳華房. 857—904. (1958)
- 12) C&EN: FEB. 20; 23—24. (1967)
- 13) PLANT. W: *Jour. Hort. Sci.*, 31, 163—176. (1956)
- 14) F.C. STEWARD: *Plant physiology*, IV A, 598—601. (1965)