

園芸作物の硝酸塩蓄積に関する研究—II

トマト樹による硝酸塩の吸収と移行について—1

宮崎 正則, 国里 進三, 美谷 誠一
石川 伸, 薫 乙郎

Studies on the Accumulation of Nitrate in Horticultural Products - II

1 Absorption and Transfer of Nitrate in Tomato Plant

MASANORI MIYAZAKI, SHINZO KUNISATO, SEIICHI MIYA,
SHIN ISHIKAWA, and ITSURO MAYUZUMI

Tin has been often found to be dissolved rapidly in canned tomato juice, and it is also known that nitrate in tomato fruit causes heavy tin-dissolving.

The present study was carried out to investigate the absorption of nitrate by tomato plant to elucidate the factors for the accumulation of nitrate in tomato fruit.

The results obtained are:

- 1) A tomato plant was found to absorb 10 to 20 grams $\text{NO}_3\text{-N}$ during the growing period. (Table 1)
- 2) Nitrate absorption is greater throughout the growth period when the plant was grown on the cultural solution containing a high level of nitrate. (Table 1)
- 3) Nitrate was absorbed by the plant is rapidly transferred to the stem, and then the leaves and through the fruit-stalks to the calyxes and the fruits. (Table 2)
- 4) Suffranine absorbed through one of the absorptive roots, transferred to the leaves and the fruit-stalks in the same side but not in the opposite side. (Figure 1)

1 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中に含まれる硝酸塩にあることが明らかにされ¹⁾, 原料トマト果実の硝酸態窒素 (以下 $\text{NO}_3\text{-N}$ と記す) 量を 3 ppm 以下に抑えなければならないとして以来^{1), 2)}, $\text{NO}_3\text{-N}$ 5 ppm を目標にして, 栽培面からトマト果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 蓄積の原因および対策を検討し, 前報³⁾ で $\text{NO}_3\text{-N}$ の体内分布, 熟度の違いによる蓄積の変化, 窒素施肥の影響などについて報告した。

果実中の $\text{NO}_3\text{-N}$ は土壤中に存在する $\text{NO}_3\text{-N}$ が根により吸収されて果実に入ったと考えられ

るので、本実験はトマト樹の $\text{NO}'_3\text{-N}$ の吸収、根から果実への移行の状態などの $\text{NO}'_3\text{-N}$ に関する生理面を検討し、果実の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 蓄積との関連を見付け出そうとしたものである。

2 実験方法

2-1 栽培法

$\text{NO}'_3\text{-N}$ 吸収試験では品種“大豊”を用い、1969年3月5日播種し、4月14日定植した。毎週更新した培養液中の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量と1週間栽培後の残存 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量との差を1週間の吸収量とし、栽培期間を通じて1週間毎の吸収量を測定した。樹は3段果房どめとした。 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 濃度 210 ppm, 840 ppm, 105 ⇄ 840 ppm (開花後1週間毎に 105 ppm と 840 ppm をくりかえし、6月20日以降は 840 ppm にした) の3区を設けた。

$\text{NO}'_3\text{-N}$ 移行試験では品種“H 1370”を用い、1968年2月27日播種し、4月11日定植した。この時 70 ppm の N を含む培養液で栽培し、第1段果房の果実が緑白期になる前に培養液施用をやめ、 $\text{NO}'_3\text{-N}$ がどの部位にも存在しなくなってから (この間約2週間水道水のみで育てた)、2段果房でとめ、葉は各段果房毎に2枚ずつ残し他は切除し、その後 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 280 ppm を含む培養液を与え、経時的に各部位の $\text{NO}'_3\text{-N}$ を測定した。

2-2 標準培養液組成

N 210, p 31, K 234, Ca 200, Mg 48, Fe 1.8, B 0.5, Mn 0.5, Mo 0.05, Zn 0.05, Cu 0.02 ppm. (N は全て $\text{NO}'_3\text{-N}$ で与えた)。

ポット栽培は 20 L の培養液で1区3ポットを栽培し、液は1週間毎に更新した。

2-3 サフラニン溶液の使用

1%サフラニン水溶液にトマト樹を浸し、3ないし6時間後剥皮してサフラニンの赤色の着色帯を観察した。

2-4 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 測定法

Bray 氏法の変法³⁾を使用した。

3 結 果

3-1 トマト樹による $\text{NO}'_3\text{-N}$ の吸収

$\text{NO}'_3\text{-N}$ 210 (標準) ppm, 840 (4倍) ppm, 105 ⇄ 840 (開花後1週間毎に 105 ppm と 840 ppm をくりかえし、6月20日以降 840 ppm にした区) ppm で栽培されたトマト樹の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 吸収量を Table 1 に記した。210 ppm 区では 10 g の $\text{NO}'_3\text{-N}$ を吸収し、5月末から6月にかけて吸収ピークが認められた。840 ppm 区は全吸収量 20.15 g でピークは比較的後期にあり、105 ⇄ 840 ppm 区は全吸収量 16 g で、840 ppm にした時多くの $\text{NO}'_3\text{-N}$ を吸収した。果実の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量は105 ⇄ 840 ppm 区に多く、840 ppm 区は少なかった。

3-2 NO₃-N⁻の体内移行

根により吸収された NO₃-N が果実に移行する速度、過程を Table 2 に示した。NO₃-N 飢餓状態のトマト樹に NO₃-N を与え、各部位の NO₃-N 量を経時的に測定したものである。処理 1 時間後には茎、葉柄に数 ppm 認められ、6 時間後は茎、葉柄の NO₃-N 量が増加するとともに果梗にも認められるようになった。しかしこの時点ではへた、果実には認められなかった。24 時間後にはへたでは認められたが、果実では充分認められなかった（しかし NO₃-N が果実に入った瞬間に還元されてしまったため、NO₃-N として検出出来なかったとも考えられ、この時点でへたを通過して果実に移行した可能性もある）。6 日後には栽培中と同じ程度の NO₃-N 量が各部位に認められた。果房の 1 段と 2 段との差は認められなかった。

Table 1 Change in the nitrate content in fruit and the amount of nitrate absorbed by the plant grown on the cultural solutions containing various level of nitrate.

Date of analysis	NO ₃ -N Concentration in cultural solution					
	210 ppm		840 ppm		105 ⇄ 840* ppm	
	NO ₃ -N absorbed	NO ₃ -N in fruit	NO ₃ -N absorbed	NO ₃ -N in fruit	NO ₃ -N absorbed	NO ₃ -N in fruit
mg/plant	ppm	mg/plant	ppm	mg/plant	ppm	
5/8	720		1160			
5/12	870		600		500	
5/22	680		870		580	
5/29	1020		2010		2000	+
6/5	1120		1700		660	6.0
6/13	1130		1970		1350	8.0
6/20	1000	5.1	3010	5.0	600	8.0
6/27	1040		2850		2200	6.0
7/3	740	3.8**	3010	2.8**	4400	5.8**
7/11	860	1.4**	2120	+**	3050	
7/18	800		1850		810	
Total NO ₃ -N absorbed	9980		21150		16150	

* Cultivated on 105 ppm NO₃-N before flowering and on 105 and 840 ppm NO₃-N took turns every a week after flowering and then on 840 ppm NO₃-N after 20th. June.

** Red-ripe fruit.

サフラン溶液を根に吸収させた場合 Fig. 1 に図示した A, B, C の 3 つの型が観察された。1 本の特定の支根に吸収させると、幹根の断面は 3/4 程度着色し、茎には 1 本の赤い着色帯がみられ、根の着色部分と茎の着色部分が連絡されていた。Fig. 1 の A の場合には、葉（又は果梗）の切除断面には赤い着色点のみられ、このことはサフランが葉（又は果梗）に移行したことを示す。B の如く流れると断面の着色点は流れの側の部分にしか現われず、A に比べ半量が移行したことを示す。C の場合には断面に着色点が認められず、葉（又は果梗）に移行しないことを示す。

Table 2 Nitrate transfer in tomato plant.

Part of plant	Cluster NO	NO ₃ -N content after:					
		Pre-treatment	1 hours	6 hours	1 day	3 days	6 days
Stem	1 st	0 ppm	3.5 ppm	50.4 ppm	53.3 ppm	70.3 ppm	270.0 ppm
	2 nd	0	5.3	50.4	40.0	100.0	312.0
Petiol	1 st	0	3.2	23.4	28.0	68.5	506.0
	2 nd	0	2.6	49.0	41.7	118.4	440.0
Fruit-stalk	1 st	0	0	34.6	63.0	80.0	310.5
	2 nd	0	+	43.2	73.0	71.0	256.4
Calyx	1 st	0	0	0	5.8	21.0	228.3
	2 nd	0	0	0	2.9	+	7.5
Fruit	1 st	0	0	0	0	1.3	1.8
	2 nd	0	0	0	+	+	0.8

4 考 察

以上トマト樹による NO₃-N の吸収とその体内移行について検討した。

トマト樹は栽培期間を通して 10 から 20 g の NO₃-N を吸収し、ある時期に吸収ピークを持つ。培地の NO₃-N 濃度が高い時には吸収量は多い。NO₃-N の吸収には、土壌 pH^{4), 5), 6)}, 温度⁷⁾, 酸素圧⁸⁾, 陽イオン⁹⁾ などが関与するといわれている。森¹⁰⁾ ら、綿原¹¹⁾ はトマト樹の NO₃-N の吸収量を調べ、第 3 花房開花時から果実の肥大がはじまる頃にかけて、NO₃-N 吸収ピークがあることを報告している。Fig. 1 の 210 ppm と 840 ppm 区の吸収ピークが一致しないが、この原因は不明である。このように吸収された多量の NO₃-N はかなりの速度で還元されていく。著者らの未報告の実験からみると、各生育段階ごとの全果実と全茎葉中の NO₃-N 量は果実で 0~6 mg, 茎葉で 100~600 mg であり、吸収された NO₃-N 量に比べ、存在する NO₃-N 量は非常に少ない。

Table 1 の 105 と 840 ppm 区の NO₃-N 吸収量で認められるように、人為的に吸収ピークを變えることが出来るので、正常な吸収ピークとは異にして、ピークをもっと先や後にしたり、ピーク

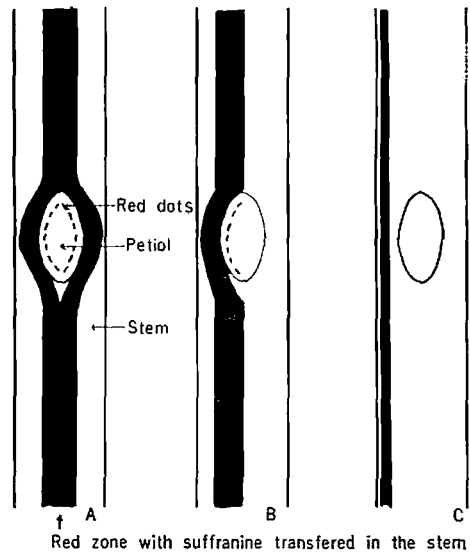


Figure 1 Three Patterns of the transfer of suffranine solution in tomato plant.

クの数を増すことによって吸収、体内窒素代謝を乱し果実、茎葉中の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量を増加又は減少させることが出来るかもしれない。

$\text{NO}'_3\text{-N}$ の吸収、移行はすみやかに行われ、根で吸収された $\text{NO}'_3\text{-N}$ は茎、葉、果梗へたを経て果実に入る。杉山¹²⁾らは $\text{NO}'_3\text{-N}$ 飢餓状態のコカブに $\text{NO}'_3\text{-N}$ を与え、1時間後には維管束に $\text{NO}'_3\text{-N}$ を認めている。

サフランインの流れからみるとある特定の吸収根と、茎のある導管は連絡されているので、特定の根から吸収された物質は連絡された導管を通過して地上部に送られ、その経路上にある器官にのみ移行し、経路からはずれた器官には移行しないことが推定された。このことから次の点が推定される。一般にトマトの葉柄の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 貯蔵力は 1000~3000 ppm あるにもかかわらず、Table 2 の3日後の結果の如く、葉柄中の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 28~120 ppm の時、へた、果実にも $\text{NO}'_3\text{-N}$ が存在することは根から送られた $\text{NO}'_3\text{-N}$ は一度全て葉に送られ貯蔵しきれない過剰の $\text{NO}'_3\text{-N}$ が果実に移行するというだけでなく、根から直接果実に移行し得る可能性がある。もちろんトマト樹（有支柱品種の場合）は1果房毎に3~4枚の葉が着生し、これらが茎のまわりに、等角度で着生しているので根から吸収された $\text{NO}'_3\text{-N}$ が葉（葉の先端まで移行しないとしても、葉のほんの一部にでも）を経ないで上方に移行することは困難であるかもしれない。この点につき、サツマイモの各葉へのPの移行量は吸収根の付着点を円頂とした茎の半円と、葉の付着点を円頂とした半円の重なった部分の面積によって定まるとしている¹³⁾。

Fig. 1 からさらに次の2点が推定される。その1は果実の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量を知る目的で葉柄中の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 量を測定する場合、その葉は目的とする果実のすぐ下の葉であり、さらにその果実の着生している果梗と同じ方向に着生した葉でなければならないこと、その2は施肥を均一にしなければ（ある栽培形式では追肥は片うねしか施肥しない時もある）地上部の成分が同一株でも不均衡になり得る。

5 要 約

- 1) トマト樹の $\text{NO}'_3\text{-N}$ 吸収と体内移行について検討した。
- 2) トマト1株は栽培期間中 10~20 g の $\text{NO}'_3\text{-N}$ を吸収するが、ある時期に吸収ピークがあった。
- 3) 高 $\text{NO}'_3\text{-N}$ 濃度の培地で育てられたトマト樹は低濃度のトマト樹より多くの $\text{NO}'_3\text{-N}$ を吸収した。
- 4) 根に吸収された $\text{NO}'_3\text{-N}$ はすみやかに地上部に移行し、茎、葉、果梗、へたを経て果実に入る。
- 5) 特定の根と地上部の導管は連絡されているので、特定の根に吸収されるとその根と同じ方向に着生する葉、果梗には移行するが、逆方向に着生する葉、果梗には移行しないことが推定された。

6) 果実の $\text{NO}_3\text{-N}$ 量を知る目的で葉分析する際には、目的の果実のすぐ下の、果実と同じ方向に着生する葉を採取すべきである。

7) 肥料が不均衡に施肥された場合には、同一株内でも成分の不均衡が起り得る。

文 献

- 1) 岩本喜伴・宮崎正則・国里進三・前田季子・堀尾嘉友・小村祥子：栄養と食糧，21，(1) 50—54. (1968)
- 2) 宮崎正則・国里進三・岩本喜伴・堀尾嘉友・黛乙郎：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) 奥田東・下瀬昇：日土肥，22，88—90. (1951)
- 5) MICHAEL, G.H, SCHUMACHER und H.MARSCHNER : Z.pflanzenernahr. Dung. u. Bodenkunde, 110, 225—238 (1965)
- 6) 戸苅義次・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) 位田藤久太郎：園学雑，25：85—93. (1956)
- 9) 岩田正利：園学雑，27，21—31. (1958)
- 10) 森英男・阿部勇：園学雑，25，1—8. (1956)
- 11) 綿原孝夫・松田照男・松田栄：農及園，42，(3) 521—522. (1957)
- 12) 杉山直儀・高橋和彦：園学雑，27，161—170 (1958)
- 13) 戸苅義次・山田登・林武：作物生理講座，2，46—56. (1962)