

## 園芸作物の硝酸塩蓄積に関する研究—VI

トマト果実の硝酸塩蓄積におよぼすモリブデン欠乏と  
日照不足の影響—1

宮崎 正則, 国里 進三, 美谷 誠一, 石川 伸  
岩本 喜伴, 木多 武雄, 藪内 一雄, 若狭 勝  
杉原 八郎, 黛 乙郎

### Studies on the Accumulation of Nitrate in Horticultural Products - VI

#### 1 Effects of Molybdenum Deficiency and Lack of Lighting on the Accumulation of Nitrate in Tomato Fruit

MASONORI MIYAZAKI, SHINZO KUNISATO, SEIICHI MIYA, SHIN ISHIKAWA,  
YOSHITOMO IWAMOTO, TAKEO KIDA, KAZUO YABUCHI, MASARU WAKASA,  
HACHIRO SUGIHARA, and ISTURO MAYUZUMI

In order to find the factors influencing nitrate accumulation in tomato fruit, molybdenum deficiency and lack of lighting were investigated.

The results obtained are:

- 1) Appreciable amount of nitrate was detected in tomato fruit grown on molybdenum deficiency, but remarkable accumulation was not.
- 2) A negative correlation was obtained between the contents of ascorbate and nitrate in tomato fruit.
- 3) Nitrate was accumulated in tomato fruit when grown under shading with cheese cloth.

#### 1 緒 言

トマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  蓄積に関し、3報<sup>1), 2), 3), 4)</sup>までにトマトの  $\text{NO}_3\text{-N}$  吸収、移行などの生理作用を、第4報<sup>5)</sup>では環境条件の一要因である窒素肥料の影響を検討した。果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  は土壌中の存在する  $\text{NO}_3\text{-N}$  が根に吸収され、地上部を移行して果実に入ったものであり、この観点から窒素肥料は蓄積に重大な影響をもつ。しかし4報<sup>5)</sup>で報告した如く、窒素施肥量と蓄積の関係は不明な点が多い。

完熟果での  $\text{NO}_3\text{-N}$  蓄積量は果実の熟度と関係し、特に緑白期ないし催色期以後の熟度の進行

中の体内生理と関係がある推定<sup>5)</sup>した。生理作用のうち直接関係するのは硝酸還元酵素系であろう。この酵素系には Mo が必要で Mo は電子運搬の役割をするといわれ<sup>6)</sup>、Mo が欠乏すると茎葉に NO<sub>3</sub>-N が異常に蓄積し、これに Mo を添加すると NO<sub>3</sub>-N 蓄積量は少なくなるという数多くの報告<sup>7), 8), 9), 10)</sup>がある。また光は光合成の点から硝酸還元を促進<sup>11), 12)</sup>するといわれている。

本報告はトマト果実の硝酸塩蓄積におよぼす Mo と光の影響について数年間行なった栽培実験結果である。

## 2 実験方法

### 2-1 大豊、ガラス室ポット砂栽培 (1967年冬季)

7月11日播種し、8月23日定植し、3段果房止めとした。

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はすべて NO<sub>3</sub>-N で与えた)

試験区

NO<sub>3</sub>-N 70 ppm, 140 ppm, 210 ppm, 280 ppm, 210 ⇄ 420 ppm (各花房の1番花開花7日後1週間のみ 420 ppm にする) の5区に Mo 添加区と Mo 無添加区を設けた。Mo 添加区は上記標準液に準じ、Mo 無添加区は上記標準液の Mo を除いた培養液である。

### 2-2 H 1370、ガラス室ポット砂栽培 (1968年冬季)

8月10日播種し、9月4日に定植した。

標準培養液組成

N 140, P 21, K 157, Ca 134, Mg 32, Fe 1.8, B 0.5, Mn 0.5, Mo 0.05, Zn 0.05, Cu 0.02 ppm (Nは全て NO<sub>3</sub>-N で与えた)

試験区

NO<sub>3</sub>-N 280 ppm の培養液に Mo を加える区と加えない区を設けた。

### 2-3 Chico ガラス室ポット砂栽培 (1966年夏季)

5月17日播種し、7月5日に定植した。

標準培養液組成

N 120, P 60, K 60, Mg 25, Fe 2.2, B 0.4, Mn 0.5, Mo 0.04, Zn 0.05, Cu 0.02 ppm.

(Nは全て NO<sub>3</sub>-N で与えた)

試験区

Mo を含む pH 4.5, Mo を加えず W を添加した pH 5.8, Mo を加えない pH 5.8 の3種の培養液で栽培し、果実が着色しはじめる頃、0.01~0.05% モリブデン酸ソーダー溶液を葉面散布する区としない区を設けた。

### 2-4 H 1370 Tem-Con 内ポット砂栽培 (1968年夏季)

6月18日播種し、7月16日定植した。

#### 標準培養液組成

2-2に準ずる。

#### 試験区

NO<sub>3</sub>-N 150 ppm, 140 ㉔ 350 ppm (各花房の1番花開花7日後1週間 350 ppmにする) 区に Mo 添加, 無添加区を組み合わせた。

#### 気象条件

昼間時間6時から20時までとし、気温 27°C, 湿度 75%, 照度 (人工光) 70,000 ルックスとした。夜間時間は20時から6時までとし、19°C, 75%とした。

#### 2-5 大豊, ガラス室ポット砂栽培 (1967年冬季)

育苗, 培養液組成は全て2-1に準ずる。

#### 試験区

NO<sub>3</sub>-N 210 ppm の標準培養液で, トマト株を寒冷沙2枚被覆する区としない区を設け, 果実の NO<sub>3</sub>-N 蓄積の遮光の影響をみた。

#### 2-6 H 1370 ガラス室ポット砂栽培 (1968年冬季)

育苗, 培養液組成は2-2に準ずる。

#### 試験区

NO<sub>3</sub>-N 70 ppm, 140 ppm, 280 ppm の培養液で, トマト株を寒冷沙2枚被覆する区としない区を設けた。

#### 2-7 H 1370, Chico, のぞみ, 圃場栽培 (1968年夏季)

3月5日播種し, 4月25日に定植した。

#### 標準施肥量

N:P:K=20:30:30 kg/10 a とした。施肥窒素の40%を元肥に60%を追肥とした。P肥料は全量元肥とし, K肥料は半量ずつ元肥と追肥に与えた。

#### 試験区

上記標準施肥量区で, 寒冷沙1枚のトンネル栽培をしトマトを遮光する区と, 標準法の遮光しない区を比較した。

#### 2-8 NO<sub>3</sub>-N 測定法

2-3の場合にはカドミウムカラム法<sup>13)</sup>で, 他は Bray 氏の変法<sup>14)</sup>を用いた。

2-9 アスコルビン酸測定法<sup>15)</sup> ジアゾ化した4.メトオキシ, 2.ニトロアニリン呈色を用いる方法を使用した。

### 3 実験結果

#### 3-1 Mo の影響について

##### 3-1-1 大豊, ガラス室ポット砂栽培 (1967年冬季)

Table 1 Effect of the fertilization of nitrate together with molybdenum on the accumulation of nitrate in tomato fruit on sand culture

NO <sub>3</sub> -N*	NO <sub>3</sub> -N					
	Mo added			Mo deficiency		
	Fruits of the 1 st cluster	Fruits of the 2 nd cluster	Petiol	Fruits on the 1 st cluster	Fruits on the 2 nd cluster	Petiol
70	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
140	3.4	1.1	288	2.7	1.2	675
210	9.3	2.1	458	2.5	1.3	1220
280	10.0	2.2	1065	11.0	5.6	1695
210→420**	6.2	2.8	1150	9.8	8.1	1695
			1003	8.1	1.6	818

var. Taiho. Winter 1967.

\* NO<sub>3</sub>-N level in cultural solution

\*\* Cultivated on 210 ppm NO<sub>3</sub>-N, which was raised to 420 ppm from the 7 th day to the 14 th day after the first flower of each cluster opened.

Table 1 に示すように、1 段果房の果実では Mo 添加区と無添加区の間に差がみられなかった。2 段果房の果実では培地の NO<sub>3</sub>-N 210 ppm, 280 ppm 区の Mo 無添加区は Mo 添加区より蓄積量が多くみられた。葉柄の NO<sub>3</sub>-N は Mo 無添加区が多かった。

3-1-2 H 1370 ガラス室ポット砂栽培 (1968年冬季)

Table 2 の如く、果実の NO<sub>3</sub>-N 量は Mo 無添加区がわずかに多かった。葉柄の NO<sub>3</sub>-N は 1 段の場合、Mo 無添加区は添加区の 2 倍程度蓄積した。しかし 3 段の葉柄ではむしろ添加区の方が多くなった。

Table 2 Effect of the fertilization of molybdenum on the accumulation of nitrate in tomato fruit on sand culture.

NO <sub>3</sub> -N*	Mo	NO <sub>3</sub> -N				
		Fruit			Petiol	
		the 1 st cluster	the 2 nd cluster	the 3 rd cluster	the 1 st cluster	the 3 rd cluster
ppm	-	3.1 ppm	2.9 ppm	3.4 ppm	1610 ppm	1051 ppm
280	+	1.9	2.4	2.0	860	1290

var. Heinz 1370. winter. 1968.

\* NO<sub>3</sub>-N level in cultural solution.

3-1-3 Chico ガラス室ポット砂栽培 (1966年夏季)

Table 3 に示す如く、Mo 不足培地で栽培された トマト果実中の NO<sub>3</sub>-N 量は緑果ではかなり多かった。Mo の葉面散布の効果は緑果では認められたが、完熟果では認められなかった。

Table 3 Effect of the foliar application of molybdenum on the accumulation of nitrate in tomato fruit grown on sand culture.

Cultural solution	Ripeness	NO <sub>3</sub> -N in fruit harvested on:					
		9/1		9/19		9/29	
		—	Foliar application of Mo	—	Foliar application of Mo	—	Foliar application of Mo
Mo added pH 4.5	Unripe fruit	1.9 ppm	0 ppm	7.5 ppm	5.0 ppm	11.4 ppm	7.9 ppm
	Red ripe fruit			2.9	2.5	5.0	4.2
Mo deficiency W added pH 5.8	Unripe fruit	0.8	+	5.0	2.1		
	Red ripe fruit				3.3	3.8	4.0
Mo deficiency pH 5.8	Unripe fruit	0.2	+	4.6	4.6		
	Red ripe fruit			2.9	2.1	5.0	6.3

var. Chico. Summer, 1966.

3-1-4 H 1370, Tem-Con 内ポット砂栽培 (1968年夏季)

Table 4 の如く、果実中の NO<sub>3</sub>-N 量がどの区も非常に少ないので Mo 添加の影響は認め難い。しかし、へた、葉柄中の NO<sub>3</sub>-N 量は Mo 無添加区の方が多かった。

Table 4 Effect of the fertilization of nitrate together with molybdenum on the accumulation of nitrate in tomato fruit grown under controlled atmosphere.\*\*\*

NO <sub>3</sub> -N*	Mo	NO <sub>3</sub> -N							
		Fruit			Calyx			Petiol	
		the 1st cluster	the 2nd cluster	the 3rd cluster	the 1st cluster	the 2nd cluster	the 3rd cluster	the 1st cluster	the 3rd cluster
150	—	ppm 1.5	ppm 1.1	ppm 1.2	ppm 215	ppm 348	ppm 188	ppm 1210	ppm 1041
	added	0.7	1.1	0.4	170	145	140	777	728
140=350**	—	1.6	2.2	3.3	205	201	144	1170	700
	added	1.3	1.1	1.0	174	183	132	908	910

\* NO<sub>3</sub>-N level in cultural solution

Var. H1370. 1969.

\*\* Cultivated on 140 ppm NO<sub>3</sub>-N, which was raised to 350 ppm from the 7 th to the 14 th day after the first flower of each cluster opened.

\*\*\* Tem-Con, OSAKA REIKI KOGYO CO., LTD. was used.

3-1-5 果実の NO<sub>3</sub>-N 量とアスコルビン酸量

1969年度の圃場栽培の後期収穫の果実の NO<sub>3</sub>-N 量とアスコルビン酸量の関係は Fig. 1 にみられるように負の相関関係が認められた。

3-2 光の影響について

3-2-1 大豊, ガラス室ポット砂栽培 (1967年冬季)

Table 5 に示す如く、遮光区の果実には多量の NO<sub>3</sub>-N の蓄積が認められた。

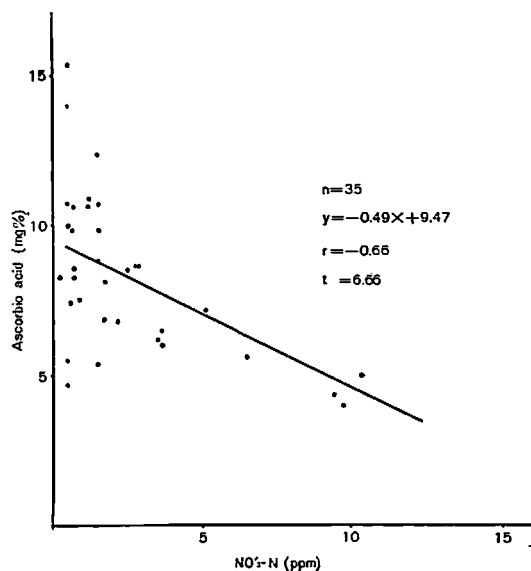


Fig. 1 Correlation of the contents of ascorbic acid and nitrate-nitrogen in tomato fruit.

Table 5 Effect of shading\* on the accumulation of nitrate in tomato fruit on sand culture.

Treatment	NO <sub>3</sub> -N		
	Fruit on the 1st cluster	Fruit on the 2nd cluster	Fruit on the 3rd cluster
nO- Shading	9.3 ppm	2.1 ppm	4.3 ppm
Shading	21.3	20.5	3.3

var. Taiho. winter. 1967.

\* Tomato plants were grown under shading with 2 sheets of cheese cloth.

Table 6 Effect of shading on the accumulation of nitrate in tomato fruit on sand culture.

NO <sub>3</sub> -N*	NO <sub>3</sub> -N					
	no-Shading			Shading		
	Fruit on the 1st cluster	Fruit on the 2nd cluster	Fruit on the 3rd cluster	Fruit on the 1st cluster	Fruit on the 2nd cluster	Fruit on the 3rd cluster
70	1.5 ppm	1.6 ppm	1.8 ppm	2.0 ppm	2.8 ppm	—
140	3.2	2.1	5.2	3.1	3.6	—
280	1.9	2.4	2.0	1.8	2.8	—

var. Heinz 1370. winter. 1968.

\* NO<sub>3</sub>-N level of cultural solution.

3-2-2 H 1370 ガラス室ポット砂栽培 (1968年冬季)

H 1370 では遮光区で  $\text{NO}_3\text{-N}$  蓄積は認められなかった。(Table 6)

3-2-3 H 1370, Chico, のぞみ圃場栽培 (1968年夏季)

3品種とも遮光区は遮光しない区に比べて蓄積が多かった。

Table 7 Effect of shading\* on the accumulation of nitrate in tomato fruit grown on the field.

Variety	Treatment	$\text{NO}_3\text{-N}$ in fruit harvested on :					
		7/10	7/17	7/23	7/31	8/8	8/14
Heinz 1370	no-Shading	2.8 ppm	2.1 ppm	3.2 ppm	2.2 ppm	3.1 ppm	2.1 ppm
	Shading	3.6	5.6	3.3	3.6	2.2	4.3
Chico	no-Shading	4.3	4.0	4.7	2.3	5.6	1.4
	Shading	4.6	8.0	2.8	2.6	1.2	2.3
Nozomi	no-Shading	0.7	1.4	0.6	1.4	0.4	1.9
	Shading	4.2	4.7	3.5	2.7	0.4	4.0

Summer, 1968.

\* Tomato plants were grown under shading with a sheet of Cheese cloth

#### 4 考 察

Mo 欠乏培地の葉菜類は生育不良で、アスコルビン酸少なく、 $\text{NO}_3\text{-N}$  が異常に蓄積し、土壌 pH を中性付近に矯正するか Mo 施肥で治ると報告<sup>9)</sup> されている。また  $\text{NO}_3\text{-N}$  を施用するとより多くの Mo を要求<sup>7)</sup> するといわれる。本実験では Mo 無添加区の葉柄では Mo 添加区の葉柄より多くの  $\text{NO}_3\text{-N}$  を含有したが、果実では Mo 無添加区の果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  量が比較的少なく、Mo 添加区と比較して大差が認められなかった。また Mo 無添加区の  $\text{NO}_3\text{-N}$  高濃度区でも Mo 添加区と大きな差が認められなかった。Mo 欠乏を治すには 10 a 当たり約 120 g のモリブデン酸ソーダの施用で充分であり<sup>9)</sup>、培養液の Mo 量も 0.05 ppm 程度であり、このようにごく微量で充分であるので、前述のように Mo 無添加区で果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  量が Mo 添加区と大差がないことは砂耕中の砂からの Mo の溶出など栽培管理上の問題がありそうである。

トマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  量とアスコルビン酸量の間には負の相関関係が認められた。このことは上述の多くの報告<sup>7), 9), 10), 16)</sup> と一致した。しかしトマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  量、アスコルビン酸量とも品種間差異があり、この負の相関が Mo 欠に由来するかどうかは不明である。

光に関しては弱光下では硝酸還元が低下する。光による硝酸還元の促進には  $\text{CO}_2$  排出を伴う場合と伴わない場合があり、Mo 欠カリフラワーに Mo を添加すると RQ が低下し、 $\text{NO}_3\text{-N}$  量が減少するといわれる<sup>16)</sup>。杉山<sup>17)</sup> らはコカブの  $\text{NO}_3\text{-N}$  量の日変化を調べている。

本実験ではガラス室の大豊、圃場の H 1370, Chico, のぞみの遮光区で蓄積が著しく増大し

た。遮光の影響は日照不足以外に、寒冷沙内の温度、ガス組成などとも関連し得る。品種ファイア・ボールを用いた。著者らの未報告の実験では遮光した果実は  $\text{NO}_3\text{-N}$  の蓄積量大、硝酸還元活性極小、アスコルビン酸量極小の結果を得ている。H 1370 の遮光区が大豊と比べてほとんど蓄積しない点は第 4 報の窒素施肥量の問題と類似し、ある特定の環境条件に反応しやすい品種としにくい品種があると推定された。

## 5 要 約

- 1) トマト果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  蓄積に関し、Mo と光の影響を検討した。
- 2) Mo 無添加区の葉柄は Mo 添加区に比べ多量の  $\text{NO}_3\text{-N}$  蓄積が認められた。果実では Mo 無添加区は Mo 添加区に比べわずかに多くの  $\text{NO}_3\text{-N}$  量が認められたが大差はなかった。
- 3) 果実中の  $\text{NO}_3\text{-N}$  量とアスコルビン酸量の間には逆相関が認められた。
- 3) 遮光すると果実の  $\text{NO}_3\text{-N}$  量は増加する傾向が認められたが、ガラス室栽培の H 1370 では認められなかった。

## 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—184. (1968)
- 2) 宮崎正則, 国里進三, 美谷誠一, 石川伸, 黛乙郎, 木田武雄, 藪内数雄, 若狭勝: 本誌. 8: 43—49. (1968)
- 3) ———: 本誌投稿中
- 4) ———: 本誌投稿中
- 5) ———: 本誌投稿中
- 6) WEBSTER, G.C.: 植物の窒素代謝 (松中昭一, 田中房江, 飯塚宏栄訳—岩波書店) 2—13. (1963)
- 7) HEWITTE, E.J. and MCCREADY, C.C.: Jour. Hort. Sci., 31: 284—290. (1956)
- 8) PLANT. W: Jour. Hort. Sci., 31: 163—176. (1956)
- 9) 藤原彰夫: 農及園: 31 (5) 751—754 (1956)
- 10) 杉山直儀: 野菜の栄養生理と施肥技術. 誠文堂. 210—217 (1968)
- 11) 坂村徹: 植物生理学上巻. 裳華房. 857—904 (1958)
- 12) F.C. STEWARD: Plant Physiology. IVA. 598—601. (1965)
- 13) KAMM, L., G.G. MCKEOWN, and D.M. SMITH: Jour. AOAC. 48: 892—897. (1965)
- 14) J.T. WOOLLEY, G.P. HICKS, and R.H. HAGEMAN: Agri and Food Chem 8: (6) 481—482. (1960)
- 15) 野村男次, 新本三郎: 食品工誌: 9 (6) 223—227. (1962)
- 16) F.C. STEWARD: Plant Physiology. III. 281—287. (1963)
- 17) 杉山直儀, 高橋和彦: 園学雑. 27. 161—170. (1958)