そ菜の亜硝酸害に関する研究 (第1報)

培養液の亜硝酸濃度と pH がそ菜の生育に及ぼす影響

大 沢 孝 也

(大阪府立大学農学部)

Nitrite toxicities in vegetable crops

I. Effect of nitrite and pH levels in nutrient solution on growth of vegetable crops

Takaya OSAWA

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka

Summary

Twelve species of vegetable crops were grown in solution culture with varying nitrite and pH levels. Nitrate and nitrite of sodium were used as the nitrogen sources. Nitrite was supplied at rates of 0, 4, 8, or 12 me/l, with the total nitrogen concentration being held constant at 12 me/l. At each nitrite level the pH of the solution was adjusted to three levels, 5, 6, or 7. The plants were grown under differential treatment for four weeks.

1. The nitrite toxicity was increased by low pH level. At pH 5 plants supplied with nitrite showed root browning, leaf wilting, dark green leaves, and stunted growth with increasing severity as the nitrite concentration was increased. In some species nitrite at pH 5 also produced leaf-burn, chlorosis, or flecks on leaves. At pH 6 or 7 nitrite was less injurious than at pH 5, but iron deficiency chlorosis was caused by nitrite in some species including tomato and pepper. The more the pH decreased, the more the nitrite treatment killed

plants.

2. The growth inhibition by nitrite was more marked at lower pH levels. The relative tolerance of vegetable crops to nitrite was evaluated on the basis of relative dry weight yield as affected by nitrite at the three pH levels and was found to be in the following order: cabbage > cucumber > Japanese hornwort > egg plant > celery > welsh onion > carrot > lettuce > tomato > spinach > pepper > bean. The nitrite tolerance varied greatly with the species.

3. The effect of nitrite treatment on the concentration of total nitrogen in leaves varied with the crop species. Nitrate nitrogen in leaves apparently decreased with the decreasing supply of nitrate in the nutrient solution. The nitrite treatment mostly reduced the concentration of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium in leaves. The effect of nitrite on the concentration of heavy metal elements, Fe, Mn, and Zn in leaves was variable with the crop species.

緒 言

土壤に尿素やアンモニア態肥料を施用すると多量の亜硝酸を生ずることがあるが^{3,4,5,11)}、本邦では近年そ菜のハウス栽培においてしばしば亜硝酸ガス害が問題になっており、また土壤中における亜硝酸の集積も認められている⁹⁾。亜硝酸がガスとして揮散するか土壤中に集積するかは土壌反応が密接に関連している。そのほか水耕栽培でも亜硝酸が生成して作物に障害を与える場合のことが報告されている^{2,6)}。従来農作物の亜硝酸害に関する研究は本邦および海外を通じてあまり多くなく、とくにそ菜に関しては BINGHAM ら¹⁾のトマト、インゲンを供試した水耕試験が主なる程度であつて、各種そ菜に

についての亜硝酸抵抗性あるいは亜硝酸害に関する知見は未だ充分とはいえない。

本研究はそ菜の亜硝酸害に関する研究の一環として、12 種類のそ菜を供試して水耕試験を行ない、培養液中の亜硝酸に対する比較抵抗性を培養液の pH との関連において検討し、さらに亜硝酸処理が植物体中の主要無機要素組成に及ぼす影響について調べたものである。

実験材料および方法

実験材料は第1表に示すとおりであつて、いずれもパーライトをつめた直径 6cm の素焼きばちを 1/2 濃度の HOAGLAND 培養液 (第1液) に浸して育苗したが、ネギは市販苗を用いた。

水耕はすべて温室内で行なつた。水耕容器には直径

1971 年 9 月 29 日受理

第1表 実験材料と処理時期

種 類	品 種	水 耕 処 理 開始年月日	処理開始時 本葉枚数
キ ュ ウ リ	金 剛	1969. 5. 14	2
ナ ス	千 両	1969. 4. 15	4
ト マ ト	福 寿 2 号	1969. 5. 14	3
トウガラシ	カリフォルニアワッダー	1969. 9. 22	8
イ ン ゲ ン	つるなし丸莢三度豆	1969. 4. 15	2
キ ャ ベ ツ	長岡交配四季穫	1970. 4. 2	4
ハウレンソウ	交配ニューアジア	1970. 4. 20	4
レ タ ス	グレートレックス366	1969. 11. 12	5
セ ル リ ー	コーネル 619	1969. 11. 12	5
ミ ツ バ	関 東 系	1970. 3. 23	2
ネ ギ	九 条	1969. 9. 24	—
ニ ン ジ ン	三寸ニンジン	1969. 2. 2	4

42cm で約 15 l 容のプラスチック製のものをを用い、木製のふたにあげた小孔に植物体をさしこみ、必要に応じて支柱で保持した。ただしミツバ、ニンジンはパーライトをつめたのはち植えのまま、はちの底を培養液に浸すようにした。1容器あたりの株数はミツバは24株、ネギ、ニンジンは8株、そのほかはすべて4株である。1容器あたり 15 l の培養液を与え、ブローヤによって通気し、1容器をもつて1区とした。なお果菜でも整枝は行わず放任仕立とした。

共通基本培養液（N欠除液）は KH_2PO_4 1, K_2SO_4 2, MgSO_4 2, CaCl_2 2.5 ミリモルの組成とし、Fe は鉄キレート（Fe-EDTA）により 3ppm を与え、他の微量元素は B : 0.5, Mn : 0.5, Zn : 0.05, Cu : 0.02, Mo : 0.01 ppm の各濃度とした。

このN欠除液に加用する NaNO_3 と NaNO_2 の濃度組み合わせを変えることにより、施用全 N 濃度を 12me/l 一定として、 NO_2 濃度を 0 (全 NO_3)、4, 8, 12 (全 NO_2) me/l とする各区を設けた。ただし特級 NaNO_2 を使用したのにもかかわらず、きょう雑する NO_3 (全 N 中約 3 %)の影響をまぬかれず、本来全 NO_2 区であるべき NO_2 12me/l 区でも僅かな NO_3 の混入はやむを得なかつた。培養液の pH は各 NO_2 濃度区について 5, 6, 7 の3段階を設け、毎日1回ガラス電極 pH 計を用いて処定の値に調節した。培養液の作成や蒸散、蒸発による減量分の補給にはイオン交換樹脂による純水（比抵抗 $10^5\Omega/\text{cm}$ 以上）を用いた。処理期間は4週間とし、培養液の更新は途中で2回行なつた。なお液中の NO_2 と NO_3 の濃度はしばしばチェックしたが、とくに問題になるほどの変化は認められなかつた。

収穫した植物体は生育調査ののち、熱風乾燥機中で最初約1時間 90~100°C に保ち、その後約 70°C で速やかに乾燥して乾物重を求めた。乾物試料は粉碎し、デンケ

ーター中に保存して主要無機要素の分析に供した。N は GUNNING 変法により全 N を、また乾燥粉末試料の 2 % 酢酸抽出液についてフェノール硫酸法により $\text{NO}_3\text{-N}$ を定量した。 $\text{NO}_2\text{-N}$ は同様の酢酸抽出液についてスルホン酸と α -ナフチルアミンにより発色させ比色定量した。他の各種要素は乾燥粉末試料を 450°C で灰化し、5 % HCl で溶解し 100 ml 定容とした供試液について、P は DENIGES 法（比色法）、K はフレイムフォトメーター法、Ca, Mg, Fe, Mn, Zn は原子吸光分光分析法によつて定量した。

実験結果

外観症状

いずれの供試そ菜も NO_2 0 me/l 区（全 NO_3 区）では培養液の pH が 5, 6, 7 の各場合とも正常な生育を示した。 NO_2 処理区では種々の害症状が認められたが、培養液の pH が低いほど著しかつた。

まず pH 5 の場合について述べると、 NO_2 処理後まもなく植物体が一時的にしおれ、また処理後数日ごろから根がかつ色をおびて伸長も悪く、高濃度区ほど著しくなり、ついには腐敗状を呈するものもあつた。多くのそ菜は NO_2 高濃度区で地上部がしおれ気味となり、とくに昼間高温時に著しかつた。また NO_2 処理区では葉が濃緑色を呈するものがあり、インゲンでとくに顕著であつた。第2表は上記のような一般的症状以外の特殊症状を示したものである。すなわち pH 5 の NO_2 処理区では葉焼け（キュウリ）、黄化（ミツバは葉脈間、トマトは全体的、インゲンは下葉）、葉の斑点（ナスやトマトは葉縁や葉身に暗色斑点、トウガラシは上位葉の葉縁沿いにかつ色斑点）などが観察された。そのほかインゲンは下葉裏面の葉脈が赤味をおびた。下葉からの枯れ上がりはキュウリ以外のそ菜で認められたが、一般に枯葉率（枯葉数/全葉数）は害の著しい pH 5 の NO_2 高濃度区において高かつた。第2表に示されるように、pH 5 シリーズではかなりの種類で枯死株を生じ、一区全株が枯死した場合もあつた。

培養液の pH が 6, 7 と高くなるにつれて上記の各種症状は軽減したが、キュウリ、ミツバ、トマト、トウガラシは上位葉に Fe 欠乏症状類似の葉脈間クロロシスを現わした（第2表参照）。またナス、トマト、セルリー、ネギなどでは根が障害をうけると新根がよく発生したが、それが伸長して培養液面に達するとやはり障害をうけた。枯死植物は pH 6 の NO_2 12me/l 区で二、三のそ菜にみられた（第2表参照）。

第2表 培養液の NO₂ 濃度と pH の組み合わせ処理による各種そ菜葉の特殊症状

種類**	pH NO ₂ *	pH 5			pH 6			pH 7		
		4	8	12	4	8	12	4	8	12
キャベツ										
キュウリ		MB	MB	MB			IC			
ミツバ				IC			IC			
ナス			F	F・×						IC
セルリー			×	×						
ネギ				×			×			
ニンジン		×	×	×			×			
レタス				×						
トマト		C・F	C・F	C・F××		IC	IC		IC	IC
ハウレンソウ			×	×						
トウガラシ		F・×	F・×	F・×	IC	F	F・×	IC	IC	F
インゲン		C	C	C・×						

* NO₂ 濃度は me/l** 配列順位は上方ほど NO₂ 抵抗性が強い

MB=葉縁焼け, C=クロロシス, IC=葉脈間クロロシス

F=暗色斑点, ×=一部の株が枯死, ××=全株が枯死

生育

一般に NO₂ 処理濃度が高まるにつれて生育は阻害され、植物体はわい化し、葉数が減じ、収量が低下したがその程度は培養液の pH が低いほど著しかった。第1図は pH を異にする場合の NO₂ 処理に対する各種そ菜の生育反応を示したものである。すなわち横軸には NO₂ 処理濃度を、また縦軸には各種そ菜の地上部乾物重について、pH 5, 6, 7 の各シリーズにおける全 NO₃ 区 (NO₂

0me/l 区)

を 100 とした指数値をとつてある。各種そ菜とも全

第1図 培養液の NO₂ 濃度と pH が各種そ菜の生育に及ぼす影響

NO₃ 区の乾物収量は pH にかかわらず大差がなかった。またそ菜によつては一部の株が枯死した処理区があつたため、収量指数の計算は各処理区の生存株全収量に基づいた。

第1図をみると、NO₂ 処理による生育阻害は pH 5 において最も著しく、pH が 6, 7 と高まるにつれて軽減するのが認められる。pH 5~7 の場合の生育反応を総合的にみて、供試そ菜の NO₂ 抵抗性を評価してみると、強いほうからキャベツ>キュウリ>ミツバ>ナス>セルリー>ネギ>ニンジン>レタス>トマト>ハウレンソウ>トウガラシ>インゲンの順となる。第1図はこの順位に従つて

配列してあるが、NO₂ 抵抗性は種類によつてかなり著しく異なることが伺われる。

ここには結果を表示してないが、地上部の乾物率は一般に NO₂ 処理濃度の高いほど、また pH の低いほど、すなわち生育阻害が著しい場合ほど大であつた。

植物体の分析結果

供試した各種そ菜の植物体について主要無機要素の分析を行なつたが、ここには前項の結果にもとづいて NO₂ 抵抗性の強、中、弱の代表そ菜例として、キャベツ、セルリー、インゲンの3種類をえらび、葉の分析結果をそれぞれ第3, 4, 5表に示した。

まず葉中の全 N の含有率についてみると、キャベツ、セルリーでは培養液の pH にかかわらず、NO₂ 処理濃度

第3表 培養液の NO₂ 濃度と pH がキャベツの葉の無機要素組成に及ぼす影響*

pH・NO ₂	全 N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	me/l	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
5	0	5.09	1.50	0.50	4.60	1.86	0.70	120	120
	4	3.42	0.35	0.40	2.60	1.00	0.50	75	55
	8	3.09	0.15	0.35	2.30	0.76	0.38	55	45
	12	2.81	0.05	0.38	1.80	0.66	0.32	75	45
6	0	5.31	1.80	0.50	4.90	1.92	0.72	125	120
	4	4.61	1.35	0.48	3.60	1.88	0.72	145	160
	8	4.82	0.75	0.50	3.40	1.38	0.56	100	135
	12	3.11	0.05	0.43	1.80	0.70	0.34	80	60
7	0	5.11	1.70	0.50	4.70	1.88	0.76	120	105
	4	4.50	1.25	0.43	4.20	1.58	0.62	95	105
	8	3.42	1.00	0.50	3.80	1.46	0.62	100	105
	12	3.50	0.25	0.38	2.30	0.84	0.40	150	70

* 乾物中含有率

第4表 培養液の NO₂ 濃度と pH がセルリーの葉の無機要素組成に及ぼす影響*

pH・NO ₂	全N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
me/l	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
5	0	5.17	1.95	1.32	8.20	1.34	0.42	100	110
	4	4.35	0.80	0.64	4.80	0.98	0.59	115	70
	8	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0	5.59	2.05	1.32	7.80	1.48	0.44	100	120
	4	5.04	0.95	0.97	5.80	1.38	0.51	80	155
	8	4.84	0.43	0.74	4.20	1.20	0.56	95	145
	12	4.61	0.05	0.58	3.20	1.06	0.60	110	125
7	0	5.20	1.58	1.38	7.70	1.52	0.46	85	115
	4	4.86	0.85	1.05	6.30	1.44	0.49	80	145
	8	4.73	0.45	0.90	4.80	1.26	0.60	75	190
	12	4.60	0.05	0.61	3.90	1.06	0.57	90	185

* 乾物中含有率

第5表 培養液の NO₂ 濃度と pH がインゲンの葉の無機要素組成に及ぼす影響*

pH・NO ₂	全N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
me/l	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
5	0	5.21	0.11	0.70	4.60	2.72	0.78	420	250
	4	5.00	0.04	0.42	2.80	1.34	0.74	280	180
	8	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0	4.48	0.19	0.58	5.20	2.08	0.63	270	180
	4	5.25	0.07	0.58	3.40	1.52	0.76	300	300
	8	5.24	0.04	0.32	3.20	1.26	0.67	460	210
	12	5.13	0.04	0.42	3.20	1.24	0.60	560	160
7	0	4.75	0.09	0.58	4.80	2.40	0.70	310	200
	4	5.05	0.10	0.60	3.92	1.76	0.76	250	290
	8	4.72	0.02	0.46	3.60	1.60	0.90	340	410
	12	5.00	0.01	0.44	2.60	1.56	0.73	420	280

* 乾物中含有率

が高まるにつれて低下しているが、インゲンでは明瞭な一定傾向を認め難い。他の各種そ菜でも全N含有率はNO₂処理によつて増加するもの、減少するもの、大差がないものなど、その変化傾向は種類によつてまちまちで、NO₂抵抗性順位とは関連がなかった。次にNO₃-Nの含有率はNO₂処理濃度の増大すなわちNO₃の供給濃度の減少につれて明瞭に低下しているが、この傾向は全供試そ菜について例外なく同様であつた。ただし本来全NO₂区であるべきNO₂ 12me/l区でも、植物体中にわずかにNO₃-Nが含まれるのは、さきに実験方法の項で述べたように、使用したNaNO₂試薬中にきよう雑するNO₃-Nに由来するものと思われる。なおここには表示していないが、葉中NO₂-Nは多くの場合乾物中1ppm以下の微量であつた。

次にPの葉中含有率は第3, 4, 5表に示す3種そ菜では、いずれもNO₂処理によつて低下する傾向が認められるが、これは他の大多数の種類についても同様であつた。

第6表 NO₂処理によるそ菜上位葉の葉脈間クロロシスの発症と葉中Fe含有率*の関係

pH・NO ₂	キュウリ	ミツバ	トマト	トウガラシ
me/l	ppm	ppm	ppm	ppm
5	0	340	250	270
	4	375	190	260
	8	360	155	—
	12	430	160**	—
6	0	415	220	495
	4	370	190	270
	8	300	150	225**
	12	295**	150**	—
7	0	370	195	340
	4	450	200	335
	8	360	160	255**
	12	385	155**	230**

* 全葉混合試料についての乾物中含有率

** 上位葉に葉脈間クロロシスを発症した

K, Ca および Mg の3種必須カチオン要素の葉中含有率は、表示した3種そ菜例と同様に、他の各種そ菜でもわずかの例外を除きNO₂処理によつてかなり著しく低下した。

Fe, Mn および Zn など重金属元素の葉中含有率に及ぼすNO₂処理の影響は、そ菜の種類によつて増減傾向がまちまちであつた。第6表はNO₂処理によつて上位葉に葉脈間クロロシスを現わした4種そ菜について、葉中Feの分析結果を示したものの

であるが、クロロシス発症区のFe含有率はおおむね低い値を示している。

考 察

植物に対するNO₂害は培地のpHが低いほど著しいことが報告されているが^{1,6,7,8,10}、本実験においてもpH 5, 6, 7の場合について同様の傾向が認められた。なお培養液のpHはいずれの場合もアルカリ側へ変化した。生育がゆるやかな処理後2週間くらいはpHをほぼ一定に保つのはさほど困難ではなく、その間に処理区間の生育差は明瞭になつた。pH 5におけるNO₂害はpH 6, 7の場合よりも著しく、根は処理後数日ごろからかつ色をおびて伸長も悪く、NO₂高濃度区ではついに腐敗状を呈するものもあり、地上部の生育も阻害された。NO₂処理区における地上部のしおれ、葉の濃緑色化、植物体の乾物率の増大などは、いずれも根の障害による吸水阻害のためと考えられる。そのほかにpH 5のNO₂処理区では葉焼け、黄化、葉の斑点、葉脈の着色なども観察されたが、いずれも特定の種類で観察された

にとどまり、一般的な症状ではなかつた。pH 5 シリーズでは NO_2 処理による枯れ上がりや枯死植物も多くみられた。

培養液の pH が 6, 7 と高くなるにつれて上記の各種症状や生育阻害は軽減したが、かわりにキュウリ、ミツバ、トマト、トウガラシでは NO_2 処理区において上位葉に葉脈間クロロシスが認められた。これは葉の分析結果から、また同症状が培養液の更新後あるいは別に試みた Fe の葉面散布によつて軽減もしくは回復することなどから、Fe 欠乏症状と推定される。BINGHAM らも水耕試験で同様の症状に対して Fe 施用の効果を認めている。ナス、トマト、セルリー、ネギなどでは NO_2 害をうけた場合に新根がよく発生したが、実際の栽培条件下では土壌中の NO_2 濃度は動的に変化することも考えられるので、新根再生能力の高いそ菜は NO_2 抵抗性について有利なように思われる。

生育の面からみたそ菜の NO_2 抵抗性が種類によつてかなり著しく異なることは、実際の栽培において注意すべきことである。果菜を例にとつても抵抗性はキュウリ>ナス>トマト>トウガラシ>インゲンの順でかなりの差がみられる。ただし NO_2 抵抗性は前述のように培地の pH の影響を強くうけること以外に、pH が異なる場合のそ菜の抵抗性順位は必ずしも一致しないことにも注意を要する。BINGHAM らも水耕試験によつてトマト、インゲンの NO_2 害を検討しているが、今回の実験とは品種あるいは培養液の組成とくに NO_2 と NO_3 の割合が異なるので直接の比較は無理であろう。

次にキュウリのように pH 7 の場合には NO_2 高濃度区でも良好な生育を示すそ菜があつたことから、種類によつては pH が低すぎない場合、そして少なくとも短期間の場合には、 NO_2 は N 源としてかなりよく吸収利用されるように思われる。今回の試験では植物体中の N についてはこまかい分別定量を行なつていないが、 NO_2 区でも植物体中の全 N 含有率は必ずしも低下しないこと、 NO_3 -N 含有率は培養液中の NO_3 供給濃度に密接に関連し NO_2 処理濃度の増大につれて明瞭に低下すること、また NO_2 -N 含有率は一般にきわめて低いことなどから、 NO_2 は吸収されたのち植物体中で速やかに還元されて他の形態に変化するもののように思われる。このような N 代謝に関する問題点は、植物体中の NO_2 -N の分析方法をさらに吟味すると同時に、N のこまかい分別定量を行なう必要があり、統報においてさらにくわしく検討する予定である。

また培養液の pH にかかわらず、 NO_2 処理によつて P, K, Ca, Mg など必須要素の葉中含有率が一般に低下

することは、一部のそ菜に認められた Fe 欠乏症状とともに、 NO_2 害に間接的に関与する可能性も考えられる。

摘 要

そ菜の亜硝酸害について検討するため、12 種類のそ菜を供試して水耕試験を行なつた。N を含まない基本培養液に加用する NaNO_3 と NaNO_2 濃度組み合わせを変えることにより、施用全 N 濃度を 12 me/l 一定として、 NO_2 濃度を 0, 4, 8, 12 me/l とする各区を設け、さらに pH 5, 6, 7 の 3 段階をこれに組み合わせた。処理期間は 4 週間とした。

1. 亜硝酸害は培養液の pH が低いほど著しかつた。すなわち pH 5 では NO_2 処理濃度が高くなるほど著しく根がかつ色をおびて伸長も悪く、地上部はしおれ気味となり、また葉が濃緑色を呈するものがあつた。さらにそ菜によつては葉焼け、黄化、葉の斑点などの特殊症状を現わした。pH が 6, 7 と高くなるにつれて上記の各種症状は軽減し、あるいは認められなかつたが、キュウリ、ミツバ、トマト、トウガラシは Fe 欠乏症状と思われる葉脈間クロロシスを現わした。 NO_2 処理による枯死植物は培養液の pH が低い場合ほど多く認められた。

2. NO_2 処理による生育阻害は培養液の pH が低いほど著しかつた。pH 5~7 の場合を総合的にみて、 NO_2 処理により地上部乾物収量がうける影響の程度によつて、各種そ菜の NO_2 抵抗性順位を検討した結果は、強いほうからキャベツ>キュウリ>ミツバ>ナス>セルリー>ネギ>ニンジン>レタス>トマト>ハウレンソウ>トウガラシ>インゲンの順で、そ菜の NO_2 抵抗性には種類によりかなり著しい差異が認められた。

3. 葉中全 N 含有率の NO_2 処理濃度に伴う変化傾向はそ菜の種類によつてまちまちであつた。また NO_3 -N の含有率は培養液中の NO_3 濃度と同じ増減傾向を示した。P, K, Ca, Mg などの葉中含有率は NO_2 処理によつておおむね低下した。Fe, Mn, Zn など重金属元素の葉中含有率に及ぼす NO_2 処理の影響はそ菜の種類によりまちまちであつた。

謝 辞 本研究を行なうにあつて水耕栽培、調査、分析などに助力を与えられた大植 登、中村耕性、井上英美の諸氏に謝意を表する。

引用文献

1. BINGHAM, F. T., H. D. CHAPMAN, and A. L. PUGH. 1954. Solution-culture studies of nitrite toxicity to plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18 : 305—308.
2. BITCOVER, E. H., and I. W. WANDER. 1950. Some observations on nitrite formation and the absorption of nitrogen by citrus. Plant Physiol. 25 : 461—468.

3. BROADBENT, F. M., K. B. TYLER, and G. N. HILL. 1957. Nitrification of ammoniacal fertilizers in some California soils. *Hilgardia* 27 : 247—267.
4. CHAPMAN, H. D., and G. F. LIEBIG, JR. 1952. Field and laboratory studies of nitrite accumulation in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 16 : 276—282.
5. COURT, M. N., R. C. STEPHEN, and J. S. WAID. 1962. Nitrite toxicity arising from the use of urea as a fertilizer. *Nature* 194 (4835) : 1263—1265.
6. CURTIS, D. S. 1949. Nitrite injury on avocado and citrus seedlings in nutrient solution. *Soil Sci.* 68 : 441—450.
7. DIKUSSAR, J. 1925. Einfluß von Nitriten auf das Pflanzenwachstum in Dunkeln und bei natürlicher Beleuchtung. *J. Landw. Wiss., Mosk.* 2 : 457. (cited from HEWITT, E. J. 1952. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. p. 213. Commonwealth Agricultural Bureaux, East Malling.)
8. FRAPS, G. S., and A. J. STURGES. 1935. Availability of nitrous nitrogen to plants. *Bull. Tex. Agr. Exp. Sta.* 515.
9. 橋田茂和. 1965. ビニールハウス栽培の土壌肥料学的問題点. *土肥誌.* 36 : 274—283.
10. MEVIUS, W., and I. DIKUSSAR. 1930. Nitrite als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen. Ein Beitrag zur Frage der Assimilation des Nitrastickstoffes. *Jb. wiss. Bot.* 73 : 633. (cited from HEWITT, E. J. 1952. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. p. 213. Commonwealth Agricultural Bureaux, East Malling.)
11. PAUL, J. L., and E. POLLE. 1965. Nitrite accumulation related to lettuce growth in slightly alkaline soil. *Soil Sci.* 100 : 292—297.