ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第7報)

溢泌液中の化学組成に及ぼす施用窒素の形態の影響

鐘 鈴 鋒・加 藤 徹・沢 村 正 義

高知大学農学部

Comparative Studies on Physiological and Ecological Characteristics
of Solanaceous Fruit Vegetables

(7) Effects of Applied Nitrogen Form on Chemical
Constituents of Xylem Exudate

Lingfeng ZHONG, Toru KATO and Masayoshi SAWAMURA

Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobe Otsu 200, Nankoku 783, Japan

Tomato (cv. Fukuzyu No. 2), eggplant (cv. Hayabusa) and sweet pepper (cv. Shinsakigake-midori) were grown in sand culture under glasshouse conditions, in order to clarify the effects of various concentration ratios of nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) to ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) in the cultural solution on the exudation rate and chemical constituents of xylem exudate.

1. The application of concentration ratio of $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$ (7:3) greatly promoted growth in each vegetable, but the higher concentration ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$ remarkably suppressed growth of plants. The plants applied with the concentration ratio of $\text{NO}_3\text{-N}$ to $\text{NH}_4\text{-N}$ (7:3) showed the highest exudation rate and conversely the plants grown under the application of higher concentration ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$ had lower exudation rate.

2. The $\text{NO}_3\text{-N}$ content in the xylem exudate decreased with increasing the concentration ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the cultural solution, while the $\text{NH}_4\text{-N}$ content predominantly increased. Aspartic and glutamic acids remarkably increased with increasing $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration ratio of the cultural solution, whereas the other amino acids slightly increased or little changed. Eggplant showed the higher amino acid content in the xylem exudate than tomato and sweet pepper. In spite of the low concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the xylem exudate of tomato, the amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the xylem exudate per plant per hour was greater than those of the other crops, because its exudation rate was much higher.

3. The N form in the cultural solution slightly influenced the contents of Fe, Mn, Cu and Zn in the xylem exudate. The application of higher concentration ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$ increased P content and conversely reduced K, Ca and Mg contents remarkably, especially in tomato. The large decreases of the total amount of K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn in the xylem exudate per plant per hour were observed under the application of higher concentration ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$.

4. From these results, it may be suggested that the reduction of dry weight due to the application of high concentration ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the cultural solution is resulted from the reduction of water and cation uptake and the increase of $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration in plant.

(Received December 5, 1987)

1987年12月5日受付

緒 言

前報¹⁾ではナス科果菜の生育および体内の成分組成に

及ぼす施用窒素形態の影響を比較検討し、トマト、ナス、ピーマンとも硝酸態窒素とアンモニウム態窒素の濃度比率が7:3の割合で共存すれば硝酸態窒素単用の場合よりも生育が良好であった。しかし、培地の硝酸態窒素とアン

モニア態窒素の濃度比率が5:5で、またそれよりも高濃度のアンモニア態窒素が施用されると、体内の陽イオン、澱粉および不溶性窒素含有率が減少するとともにアンモニア態窒素が著しく蓄積し、生育が阻害された。この阻害は作物別でトマト、部位別で根がより顕著であった¹⁾。そこで、本実験ではトマト、ナス、ピーマンの根の窒素同化能および養水分吸収に及ぼす硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率の影響について木部溢泌液を供試して調査した。

材料および方法

トマト（福寿2号）、ナス（はやぶさ）、ピーマン（新さきがけみどり）を1986年3月3日に播種し、子葉展開後1/2000 aのポットに鉢上げ、ポット当り2株を定植し、ビニルハウス内で砂耕栽培をした。培養液の組成と成分濃度は前報¹⁾と同じで、窒素、リン、カリ3要素各200、カルシウム80、マグネシウム24、鉄1、マンガン0.5、銅0.02、亜鉛0.05、ホウ素0.5ならびにモリブデン0.05 ppmとした。処理としては硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を10:0、7:3、5:5、3:7と0:10とし、処理区当り8ポットで、天候によって日に3~5回培養液をかけ流した。トマトは1本仕立てで、側芽は早期に除去した。ナスとピーマンは4本仕立てで、側芽は1節で摘心した。適宜農薬散布を行い、十分に注意しながら栽培管理をした。

実験は5月16日まで行い、16日に地際から約10 cmで茎を切断し、Fig. 1に示すように、切株にゴム管を差し込んで、朝8時から夕方6時まで計10時間根からの溢泌液を採取した。集められた溢泌液を着色瓶に入れて

Fig. 1 Diagrammatic pattern of collection method of xylem exudate from the root. A, tied with a wire; B, rubber tube; C, colored bottle; D, wrapped with aluminum foil; E, stone.

-20°Cの冷凍庫に分析使用時まで貯蔵した。株については、葉、茎（葉柄を含む）、根と果実に分けて80°Cで乾燥させ、乾物重を測定した。溢泌液中の成分分析について、全窒素濃度はまず一定量の溢泌液を100°Cの水槽中で蒸発乾固後、セミマイクロケルダール法によって測定した。アミノ酸は除たんぱく法²⁾によって分離抽出を行い、1/5 N クエン酸ナトリウム緩衝液 pH 2.2 で溶かし、835 型日立高速アミノ酸分析計（カラム:4×150 mm, イオン交換樹脂:#2619）で測定した。他の窒素成分は硝酸態窒素をフェノール硫酸法によって、アンモニア態窒素をインドールフェノール比色法によってそれぞれ測定した。また溢泌液中のカリ、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、銅および亜鉛の濃度は原子吸光法によって、リンはパナドモリブデン酸法によってそれぞれ測定した。

結 果

1. 生育に及ぼす影響

Table 1 に示すように、トマトは生育が著しく速く、乾物重がナス、ピーマンよりも多かった。各果菜とも硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を7:3とした場合に最高の生育量が得られた。また硝酸態窒素とアンモニア態窒素が5:5の割合で施用した場合は硝酸態窒素単用区に匹敵する生育量を示した。しかし、アンモニア態窒素の濃度比率が7割あるいはそれ以上に増加すると、生育が阻害された。その阻害程度はトマトで最も顕著であり、逆にナスでは少なかった。部位別では、根に対して阻害が顕著であった。

2. 溢泌速度ならびに溢泌液の EC と pH に及ぼす影響

溢泌速度は Table 2 に見られるように、トマトで著しく速く、次いでナス、ピーマンの順となった。各果菜とも硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を7:3とした場合に溢泌速度が最大であったが、これよりもアンモニア態窒素の濃度比率の増加で溢泌速度が著しく低下した。その溢泌速度低下は生育と同様にトマトが他作物よりも著しかった。一方、アンモニア態窒素の濃度比率が増加するにつれて EC がやや低下したが、逆に pH 値は高くなった。トマトは EC と pH の値が他作物よりも低かった。

3. 窒素化合物と他の無機成分濃度に及ぼす影響

溢泌液中の窒素化合物および他の無機成分濃度の分析結果は Table 3 に示すとおりであった。

1) 窒素化合物濃度: (a) 硝酸態窒素濃度; トマトでは硝酸態窒素濃度がナス、ピーマンよりも低かった。硝

Table 1 Effects of applied concentration ratios of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen on plant growth in solanaceous fruit vegetables.

Ratios of NO ₃ -N: NH ₄ -N	Leaves	Stems	Roots	Fruits	Total
	Dry weight g/plant				
Tomato					
10: 0	13.74 (100.0)*	16.91 (100.0)	5.79 (100.0)	4.95 (100.0)	41.39 (100.0)
7: 3	16.58 (120.7)	19.33 (114.3)	6.77 (116.9)	5.70 (115.2)	48.38 (116.9)
5: 5	14.58 (106.1)	17.03 (100.7)	5.92 (102.2)	5.09 (102.8)	42.62 (103.0)
3: 7	11.08 (80.6)	13.61 (80.5)	4.18 (72.2)	4.05 (81.8)	32.92 (79.5)
0: 10	9.63 (70.1)	11.73 (69.4)	3.39 (58.5)	3.40 (68.7)	28.15 (68.0)
Eggplant					
10: 0	10.47 (100.0)	7.49 (100.0)	5.68 (100.0)	—	23.64 (100.0)
7: 3	12.56 (120.0)	8.68 (115.9)	6.75 (118.8)	—	27.99 (118.4)
5: 5	10.92 (104.3)	7.85 (104.8)	5.88 (103.5)	—	24.65 (104.3)
3: 7	10.08 (96.3)	7.14 (95.3)	5.01 (88.2)	—	22.23 (94.0)
0: 10	9.29 (88.7)	6.57 (87.7)	4.55 (80.1)	—	20.41 (86.3)
Sweet pepper					
10: 0	6.72 (100.0)	4.74 (100.0)	2.91 (100.0)	—	14.37 (100.0)
7: 3	7.91 (117.7)	5.46 (115.2)	3.33 (114.4)	—	16.70 (116.2)
5: 5	6.93 (103.1)	4.88 (103.0)	3.07 (105.5)	—	14.88 (103.5)
3: 7	6.13 (91.2)	4.26 (89.9)	2.52 (86.6)	—	12.91 (89.8)
0: 10	5.46 (81.3)	3.78 (79.7)	2.24 (77.0)	—	11.48 (79.9)

* Relative growth rate (%), compared with 10: 0 treatment (concentration ratio of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen)

Table 2 Effects of applied concentration ratios of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen on exudation rate, EC and pH of xylem exudate in solanaceous fruit vegetables.

Crop	Ratios of NO ₃ -N: NH ₄ -N	Exudation rate (ml/hr/plant)	EC (mS/cm)	pH
Tomato	10: 0	6.75 (100.0)*	3.12	6.53
	7: 3	7.58 (112.3)	3.10	6.65
	5: 5	6.73 (99.7)	3.13	6.72
	3: 7	5.50 (81.5)	3.07	6.85
	0: 10	4.53 (67.1)	2.98	7.00
Eggplant	10: 0	4.13 (100.0)	3.42	6.57
	7: 3	4.86 (117.7)	3.36	6.65
	5: 5	4.27 (103.4)	3.37	6.71
	3: 7	3.82 (92.5)	3.36	6.76
	0: 10	3.38 (81.8)	3.33	6.90
Sweet pepper	10: 0	2.55 (100.0)	3.36	6.80
	7: 3	2.89 (113.3)	3.34	6.85
	5: 5	2.59 (101.6)	3.33	7.05
	3: 7	2.24 (87.8)	3.29	7.23
	0: 10	1.87 (73.3)	3.24	7.30

* Relative percentage, compared with 10: 0 treatment (concentration ratio of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen)

Table 3 Effects of applied concentration ratios of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen on the concentration of nitrogen compounds and other mineral composition of xylem exudate in solanaceous fruit vegetables.

Crop	Ratio of NO ₃ -N: NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Amino acid	Total N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Tomato	10:0	311.1	3.6	162.5	679.4	168.2	456.1	154.6	40.0	1.75	1.05	0.28	0.55
	7:3	272.2	39.2	240.8	730.1	158.2	438.6	142.2	37.3	1.68	1.13	0.25	0.53
	5:5	252.7	88.4	320.2	794.6	181.9	421.1	110.9	35.5	1.71	1.06	0.22	0.47
	3:7	108.3	111.6	375.2	834.2	207.4	399.1	77.4	27.5	1.52	0.94	0.27	0.42
	0:10	6.9	148.8	449.3	883.7	245.2	350.9	41.2	20.2	1.58	1.01	0.24	0.47
Eggplant	10:0	336.1	2.4	222.9	822.9	134.1	464.9	156.8	40.6	1.45	1.28	0.31	0.61
	7:3	295.6	36.8	330.7	865.9	131.9	460.2	144.7	39.5	1.57	1.32	0.31	0.67
	5:5	288.9	96.8	391.2	925.6	162.8	440.5	131.9	37.2	1.38	1.36	0.27	0.69
	3:7	147.2	138.0	459.2	950.5	159.6	412.0	107.2	33.0	1.51	1.07	0.25	0.53
	0:10	6.1	160.4	593.1	1065.2	181.5	390.0	81.8	28.0	1.49	1.18	0.28	0.59
Sweet pepper	10:0	350.0	1.9	202.0	794.7	83.1	526.3	133.0	37.4	1.34	0.71	0.35	0.77
	7:3	306.7	79.2	319.3	822.9	91.6	518.5	128.8	37.5	1.45	0.86	0.32	0.68
	5:5	290.0	132.0	382.5	881.0	126.7	502.3	99.0	34.3	1.30	0.78	0.27	0.78
	3:7	154.4	156.8	439.9	924.1	125.0	454.5	78.6	29.5	1.27	0.76	0.34	0.65
	0:10	12.8	198.4	513.9	954.5	159.6	398.6	49.9	22.8	1.28	0.68	0.31	0.67

Table 4 Effects of applied concentration ratios of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen on the concentration of amino acids of xylem exudate in solanaceous fruit vegetables.

Amino acid	Ratios of NO ₃ -N: NH ₄ -N														
	10: 0	7: 3	5: 5	3: 7	0: 10	10: 0	7: 3	5: 5	3: 7	0: 10	10: 0	7: 3	5: 5	3: 7	0: 10
	Tomato (ppm)					Eggplant (ppm)					Sweet pepper (ppm)				
Alanine	1.3	1.6	2.3	2.3	2.6	1.5	1.6	1.4	2.8	3.4	4.1	4.5	6.1	4.0	5.1
Arginine	4.2	3.6	3.7	5.4	3.4	3.7	4.5	4.3	4.4	4.7	3.7	6.4	8.8	8.2	9.7
Aspartic	45.3	81.9	93.3	118.8	127.4	64.1	96.3	107.1	127.4	147.5	73.1	105.9	115.4	147.1	153.9
Cysteine	6.5	6.8	4.9	4.2	4.6	6.5	6.0	7.1	6.5	7.3	7.0	6.7	7.0	6.8	7.6
Glutamic	29.4	58.9	111.3	152.5	189.9	51.3	108.6	158.5	207.6	283.4	40.4	81.3	118.0	159.1	219.3
Glycine	tr	tr	2.2	1.4	1.6	tr	tr	tr	tr	1.0	tr	1.2	2.1	1.8	3.0
Histidine	14.8	16.3	23.0	22.1	24.3	24.0	23.7	24.3	23.1	25.2	11.5	13.9	18.5	17.7	18.7
Isoleucine	12.5	11.1	13.4	11.1	13.7	10.4	13.0	12.0	11.4	18.3	10.5	11.4	13.4	9.2	11.0
Leucine	10.2	9.4	11.7	9.7	15.2	9.5	13.7	13.0	15.2	19.9	5.7	9.9	11.7	10.5	11.0
Lysine	5.7	7.2	8.6	7.9	10.3	21.3	20.0	23.7	22.0	28.0	16.2	18.9	21.0	19.8	20.8
Methionine	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Phenylalanine	7.4	6.8	9.6	8.3	10.1	6.4	8.2	7.8	7.2	8.9	6.6	10.1	11.2	13.5	11.5
Serine	2.4	2.9	2.7	2.3	4.3	4.2	3.3	3.3	3.0	5.0	3.4	4.7	4.2	4.9	6.3
Threonine	3.2	12.8	8.0	6.7	7.2	2.9	7.5	5.8	5.9	4.2	2.0	21.6	17.8	14.8	10.9
Tryptophan	7.5	10.7	12.1	11.7	13.5	9.5	11.0	10.5	10.1	14.0	6.6	9.6	12.5	10.5	10.1
Valine	12.1	10.8	13.4	10.8	21.2	9.1	13.3	12.4	12.6	22.3	11.2	13.2	14.8	12.0	15.0
Total	162.5	240.8	320.2	375.2	449.3	222.9	330.7	391.2	459.2	593.1	202.0	319.3	382.5	439.9	513.9

Table 5 Effects of applied concentration ratio of nitrate nitrogen to ammonium nitrogen on the amounts of nitrogen compounds and other mineral nutrition in xylem exudate of solanaceous fruit vegetables.

Crop	Ratios of NO ₃ -N: NH ₄ -N	mg/10 hr/plant										Cu	Zn
		NO ₃ -N	NH ₄ -N	Amino acid	Total N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn		
Tomato	10:0	21.00	0.24	10.97	45.86	11.35	30.79	10.44	2.70	118	71	10 ⁻³ 19	10 ⁻³ 37
	7:3	20.63	2.97	18.25	55.34	11.99	33.25	10.78	2.83	127	86	19	40
	5:5	17.01	5.95	21.55	53.48	12.24	28.34	7.46	2.39	115	71	15	32
	3:7	5.96	6.14	20.64	45.88	11.41	21.95	4.26	1.51	84	52	15	28
	0:10	0.31	6.74	20.35	40.03	11.11	15.90	1.87	0.92	72	46	11	21
Eggplant	10:0	13.88	0.10	9.21	33.99	5.54	19.20	6.48	1.68	60	53	13	25
	7:3	14.37	1.79	16.07	42.08	6.41	22.37	7.03	1.92	76	64	15	33
	5:5	12.34	4.13	16.70	39.52	6.95	18.81	5.63	1.59	59	58	12	29
	3:7	5.62	5.27	17.54	36.31	6.10	15.74	4.10	1.26	58	41	10	20
	0:10	0.21	5.42	20.05	36.00	6.13	13.18	2.76	0.95	50	40	9	20
Sweet pepper	10:0	8.93	0.05	5.15	20.26	2.12	13.42	3.39	0.95	34	18	9	20
	7:3	8.86	2.29	9.23	23.78	2.65	14.98	3.72	1.08	42	25	9	20
	5:5	7.51	3.42	9.91	22.82	3.28	13.01	2.56	0.89	34	20	7	20
	3:7	3.46	3.51	9.85	20.70	2.80	10.18	1.76	0.66	28	17	8	15
	0:10	0.24	3.71	9.61	17.85	2.98	7.45	0.93	0.43	24	13	6	13

酸態窒素濃度は硝酸態窒素単用区で高かったが、アンモニア態窒素の濃度比率が高まるにつれて減少した。(b)アンモニア態窒素濃度；アンモニア態窒素濃度はトマトで低く、逆にピーマンで高かった。各果菜ともアンモニア態窒素の濃度比率の増加に伴ってアンモニア態窒素濃度が著しく高まった。(c)アミノ酸濃度；トマトはアミノ酸濃度が低く、ナスでは著しく高かった。アンモニア態窒素の濃度比率が増加するにつれてアミノ酸が増加し、とくにナスではより顕著に増加した。また Table 4 に見られるように、各果菜とも測定された 16 種類のアミノ酸のなかでメチオニンは検出されなかった。アンモニア態窒素の濃度比率の増加によってアスパラギン酸とグルタミン酸が著しく増加したが、他のアミノ酸は微増またはほとんど変らなかった。(d)全窒素濃度；全窒素濃度はナスで高く、トマトで低かった。アンモニア態窒素の濃度比率の増加で全窒素濃度が高められた。

2) 他の無機成分濃度：(a)リン；リン濃度がトマトで高く、逆にピーマンで低かった。アンモニア態窒素の濃度比率の増加でリン濃度が高まり、とくにトマトでは顕著であった。(b)カリ；ピーマンではカリ濃度がトマト、ナスよりも高かった。アンモニア態窒素の濃度比率が高まるにつれてカリ濃度が低下した。しかし、ナスではその低下が他作物に比べて少なかった。(c)カルシウム；ピーマンのカルシウム濃度がトマト、ナスよりも低かった。アンモニア態窒素の濃度比率の増加でカルシウム濃度が減少した。ナスではその減少が他作物よりも少なかった。(d)マグネシウム；ピーマンではマグネシウム濃度がトマト、ナスよりもやや低かった。各果菜ともアンモニア態窒素の濃度比率が高まるにつれてその濃度が減少した。(e)微量要素；硝酸態窒素単用区ではトマトの鉄、ナスのマンガン、ピーマンの銅と亜鉛の濃度がそれぞれ高い傾向が見られた。アンモニア態窒素の濃度比率の増加でこれらの成分濃度がやや低下した。

3) アミノ酸生産量と無機成分吸収量：Table 5 に示すように、硝酸態窒素、アンモニア態窒素、アミノ酸、全窒素、リン、カリ、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、銅および亜鉛の吸収量(株当たり時間当りの溢泌液中の含有量)はトマトで著しく多く、次いでナス、ピーマンの順となった。しかし、各果菜ではリンの吸収量はどの処理区でも著しい差異は見られなかった。全窒素およびリン以外の無機成分吸収量は硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を 7:3 とした区で最も多かったが、アンモニア態窒素の高濃度比率区で著しく少なかった。また硝酸態窒素の吸収量は硝酸態窒素単用区で最も高く、アンモニア態窒素の濃度比率の増加で著しく低下

したが、アンモニア態窒素の吸収量は逆の傾向を示した。トマトではこの傾向がより顕著であった。一方、アミノ酸の生産量は各果菜とも硝酸態窒素単用区で最も少なかったが、アンモニア態窒素の施用で著しく増加した。しかし、アミノ酸の生産量は硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を 7:3, 5:5, 3:7 と 0:10 とした 4 処理区間では大きな差異が見られなかった。

考 察

硝酸態窒素とアンモニア態窒素の異なる濃度比率でトマト、ナス、ピーマンを栽培したところ、前報¹⁾とほとんど同様な結果が得られた。すなわち、各果菜とも硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を 7:3 とした場合に生育が最も優れていたが、アンモニア態窒素の高濃度比率で生育が阻害され、とくにトマトではその阻害が著しかった(Table 1)。しかしアンモニア態窒素の高濃度比率による生育の阻害が前報¹⁾に比べて軽かった。これは本実験の処理期間が前報¹⁾に比べて短かったこと、幼植物がアンモニア態窒素に対する選択吸収性が強いいためと考えられる。Harman ら³⁾は高アンモニア態窒素濃度によりトマトの生育が阻害されたが、栄養生長期ではその阻害が果実肥大期に比べて軽いと報告しており、本実験の結果と一致していると思われる。

吸水は根の重要な機能である。アンモニア態窒素の高濃度比率で根の生育が著しく阻害されたので(Table 1)、この機能も影響されたと考えられる。本実験ではアンモニア態窒素の高濃度比率で溢泌速度の低下が認められた(Table 2)。高濃度のアンモニア態窒素施用による吸水阻害あるいは溢泌速度低下は多くの研究者によっても報告されている⁽⁴⁻⁹⁾。このことから、アンモニア態窒素の高濃度比率による水分吸収阻害は生育の低下につながるものと考えられる。果菜別に見ると、トマトの溢泌速度低下が最も著しく、次いでピーマン、ナスの順となったことから、生育もそれに対応したものと思われる。

トマトでは、硝酸態窒素は主に葉で、アンモニア態窒素は根で同化されることが知られている⁹⁾。硝酸態窒素が施用された場合に、硝酸態窒素が溢泌液中に多く存在し、逆にアンモニア態窒素の濃度比率の増加で溢泌液中のアミノ酸とアンモニア態窒素濃度が増加した(Table 3)。溢泌液中のアミノ酸濃度はナスが他作物に比べて著しく高かった。これはナスの根のアンモニア態窒素同化能力が優れていることを示している。ナスの高いアンモニア態窒素同化能力は前報¹⁾でも報告したように、葉から根への炭水化物の転流による根中の高い炭水化物含有率と関係していると考えられる。アミノ酸の種類から見

ると (Table 4), アンモニア態窒素の濃度比率の増加で、各果菜とも多くのアミノ酸が微増あるいはほとんど変わらなかったが、アスパラギン酸とグルタミン酸が著しく増加した。同様なことが Hoff ら⁹⁾ によっても認められている。この結果から、アスパラギン酸とグルタミン酸が根のアンモニア態窒素同化の主な産物であり、これらのアミノ酸がアンモニウムイオンの解毒作用に重要な役割を果たしているものと考えられる。アンモニア態窒素の高濃度比率によりアスパラギン酸とグルタミン酸が増したが、他のアミノ酸は微増あるいはほとんど変わらなかったことから、王子ら¹⁰⁾ の指摘しているように、高アンモニア態窒素濃度下では体内アミノ酸代謝異常が発生したのかもしれない。前報¹⁾ では、アンモニア態窒素の濃度比率の増加により体内の可溶性窒素が増加し、逆に不溶性窒素が低下したことを認めた。これはアンモニア態窒素の濃度比率の増加でアミノ酸濃度が増加したが、アミノ酸からタンパク質への合成過程が阻害されたので、可溶性窒素として体内に蓄積した結果と思われる。一方、アミノ酸生産量 (株当たり時間当りの溢液中の含有量) は各作物とも硝酸態窒素単用区で著しく低かったが、アンモニア態窒素の施用区間で大きな差異は見られなかった (Table 5)。またアンモニア態窒素の濃度比率の増加でアンモニア態窒素の吸収量が著しく高くなった。硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を 7:3 とした場合に、各果菜の根がよくアンモニア態窒素を同化した。しかし、それよりもアンモニア態窒素の濃度比率が高まると、吸収されたアンモニア態窒素の量はその同化能力を越えるために、アンモニウムイオンの形で蒸散流に伴って地上部へ移動するのではないかと思われる。前報¹⁾ ではアンモニア態窒素の高濃度比率での生育阻害が体内のアンモニア蓄積と緊密に関係していると指摘した。本実験の結果はこれを裏付けるものと思われる。果菜別に見ると、溢液中のアンモニア濃度がピーマンで著しく高く、逆にトマトでは溢液速度が高いために濃度は低かった。しかし、アンモニア吸収量 (株当たり時間当りの溢液中の含有量) は、トマトが他作物よりも著しく多いので、アンモニア態窒素が体内に多く蓄積されたものと思われる。

一方、アンモニア態窒素の濃度比率の増加で溢液中のリン濃度が高められ、逆にカリ、カルシウムとマグネシウムの濃度が著しく低下した。陽イオン吸収量 (株当たり時間当りの溢液中の含有量) は硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度比率を 7:3 とした区で著しく多く、アンモニア態窒素の濃度比率の増加で減少した。トマトは

ナス、ピーマンよりも著しく影響されていた。これらの結果は前報¹⁾ と一致している。Wilcox ら⁶⁾ は高アンモニア態窒素濃度でトマトのカリ、カルシウムとマグネシウムの吸収量が著しく減少したと報告しており、本実験の結果と一致している。これらのことから、アンモニア態窒素の高濃度比率での生育阻害が一部は陽イオンの吸収阻害によっているように思われる。

文 献

- 1) 鐘 鈴鋒・加藤 徹. ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第 6 報). 1988. 生育および体内成分に及ぼす窒素形態の影響. 生物環境調節 **26**: 9-19.
- 2) 堤 忠一. 1982. アミノ酸の定量. 「食品分析ハンドブック」(小原哲二郎・鈴木隆雄・岩尾裕之編) 79-82, 建帛社, 東京.
- 3) HARMAN, P. L., H. A. MILLS, and J. B. JONES, Jr. 1986. The influence of nitrate:ammonium ratios on growth, fruit development, and element concentration in 'Floradel' tomato plants. J. Am. Soc. Hort. Sci. **111**: 487-490.
- 4) STUART, D. M., and J. L. HADDOCK. 1968. Inhibition of water uptake in sugar beet roots by ammonia. Plant Physiol. **43**: 345-350.
- 5) QUEBEDEAUX, B., and J. L. OZBUN. 1973. Effects of ammonium nutrition on water stress, water uptake, and root pressure in *Lycopersicon esculentum* Mill. Plant Physiol. **52**: 677-679.
- 6) WILCOX, G. E., C. A. MITCHELL, and J. E. HOFF. 1977. Influence of nitrogen form on exudation rate, and ammonium, amide and cation composition of xylem exudate in tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. **102**: 192-196.
- 7) PILL, W. G., and V. N. LAMBETH. 1977. Effects of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. J. Am. Soc. Hort. Sci. **102**: 78-81.
- 8) PILL, W. G., V. N. LAMBETH, and T. M. HINCKLEY. 1978. Effects of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress, and blossom end rot incidence in tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. **103**: 265-268.
- 9) HOFF, J. E., G. E. WILCOX, and C. M. JONES. 1974. The effect of nitrate and ammonium nitrogen on the free amino acid composition of tomato plants and tomato fruit. J. Am. Soc. Hort. Sci. **99**: 27-30.
- 10) 王子善清・伊沢悟郎. 1974. インタクト植物による無機成分の吸収ならびに同化に関する研究 (第 4 報) $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の利用性における水稲とキュウリの差異, 特にその代謝背景. 土肥誌 **45**: 341-351.