

# 花き植物の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の最適濃度比率 と吸収・同化

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	吉羽, 雅昭 麻生, 昇平
巻/号	56巻3号
掲載ページ	p. 220-228
発行年月	1985年6月

## 花き植物の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の 最適濃度比率と吸収・同化\*

吉羽雅昭\*\*・麻生昇平\*\*

キーワード 花き植物, 硝酸態窒素, アンモニア態窒素, 好硝酸性, 耐アンモニア性

日本の農産物のなかで花き類は特殊な位置を占めているが、その生産量は年々増加し、昭和 55 年度には年間に全国で出荷した切花の数は 30 億 5780 万本、球根量は 4 億 6610 万球、鉢物は 993.1 万鉢、苗木 3938.1 万本に達している。また、栽培面積も昭和 45 年度の 11,278 ha に対し、昭和 56 年度は 15,230 ha と 1.35 倍の増加を示した。花きの需要増に対して栽培面積の拡大に対応するのはもちろんのこと、単位面積当たりの生産量増加と品質の向上も重要な課題である。

花き植物は、種類、品種の多さ、切花・鉢物・花壇など栽培様式の相違、あるいは観賞植物として最良な生育状態の判定基準設定が困難なことなどが原因して、施肥に関する研究が少ない。近年になって栽培面積の広いキク、カーネーション、バラを対象として、施肥と土壌管理<sup>1,2)</sup>、施肥量や施肥濃度と養分吸収<sup>3~9)</sup>、肥料濃度障害<sup>10)</sup>などの研究、さらに、ポットマムに対する窒素肥料の肥効<sup>11~13)</sup>、チューリップに対する施肥と栄養生理<sup>14~18)</sup>、花き球根類の窒素栄養<sup>19,20)</sup>などの研究が実施され、それぞれの成果が報告されている。しかしながら、花き植物の窒素施用形態別の生育適応性や窒素形態に対する植物間の嗜好性の相違を比較し、それぞれに適した施肥法を見出すなどの系統的な検討はなされていない。また、窒素栄養について体内代謝生理の面から追究した報告はみられない。

著者らは、花き植物について、施肥養分のうち、茎葉の繁茂や葉色および花芽分化等に影響を及ぼす窒素に注目し、培養液中の窒素形態の相違による生育適応性を花き植物間で比較するとともに、窒素形態に対する嗜好性の相違を窒素代謝を中心に検討し、花き植物の窒素施肥法を確立することを目的として研究を行っている。

そ菜やイネの窒素栄養に関する研究は多数ある。たとえばイネ<sup>21,22)</sup>、そ菜<sup>23~25)</sup>、エンバク<sup>26)</sup>、ハツカダイコン<sup>27)</sup>などについて、アンモニア態窒素（以下、 $\text{NH}_4\text{-N}$

と略記する）あるいは硝酸態窒素（以下、 $\text{NO}_3\text{-N}$  と略記する）で生育の良好な植物を、それぞれ好アンモニア性あるいは好硝酸性植物と称している。そして、このような  $\text{NO}_3\text{-N}$  あるいは  $\text{NH}_4\text{-N}$  のいずれかを好む現象を高橋<sup>28)</sup>は窒素の形態に対する植物の嗜好性といい、この現象は栄養環境に対する生理的適応の結果生じたものではないかと考察している。また、王子・伊沢<sup>29)</sup>は窒素形態に対する嗜好性を窒素同化の面から検討し、 $\text{NO}_3\text{-N}$  のアンモニア化能、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の処理能などの窒素代謝過程上の差異からくる植物の栄養特性の反映であるとしている。

一方、過剰のアンモニアによる代謝変動に関する研究<sup>30)</sup>なども実施されている。

本報告では、培養液の  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率を変えて、12 種の花きを砂耕法で栽培し、その生育状態から施用窒素形態による生育適応性を比較分類した。また、そのなかから代表的な花き 5 種を選抜し、培養液の窒素形態が  $\text{NO}_3\text{-N}$  単独のときと、 $\text{NH}_4\text{-N}$  が共存したときの栄養生長期と開花期における窒素の吸収・同化の関係を、とくに体内の  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有量および過剰の  $\text{NH}_4\text{-N}$  を解毒し蓄積する形態といわれているアミド態窒素（以下、 $\text{Amd-N}$  と略記する）の含有量を中心に検討し、窒素形態に対する花き植物の嗜好性の相違を代謝の面から解析したものである。

### 1. 実験材料および方法

#### 実験 1. 培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度比率が花き植物の生育に及ぼす影響

実験に供した花きは第 1 表のとおりで、1 年生の双子葉類 (10 種) と単子葉類 (2 種) である。なお、供試花きの選択に当たって、切花、鉢物などの用途については考慮しなかった。

培養液組成と供試塩類は第 2 表のとおりである。試験は  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率を 10:0, 8:2, 6:4, 4:6, 2:8, 0:10 の 6 処理区で実施した。培養液の pH は供試花きごとに至適 pH の範囲が若干異なるが、各花きで共通する 6.0 に調整した。培養液のかん水は 1 日 2 回とし、1 回 300 ml を施用した。

\* 花き植物の窒素代謝に関する研究 (第 1 報)

本報告の一部は 1983 年 9 月、日本土壌肥料学会関東支部大会で発表した。

\*\* 東京農業大学 (156 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)

昭和 59 年 7 月 11 日受理

日本土壌肥料学雑誌 第 56 巻 第 3 号 p.220~228 (1985)

第1表 供試花き

	慣用名	科名	学名	品名	種
双子葉類	ジニア	キク	<i>Zinnia elegans</i> L.	スカーレット	フレーム
	コスモス	キク	<i>Cosmos bipinnatus</i> C.	4倍体コスモス	ペルサイユ
	ガーベラ	キク	<i>Gerbera hybrida</i>	スーパージャイアント	スカーレット
	ペチュニア	ナス	<i>Petunia hybrida</i>	ホワイト	エンサイン
	サルビア	シソ	<i>Salvia splendens</i> K.	ボンファイアー	
	コリウス	シソ	<i>Coleus Blumei</i>	マジック	レインボー
	アサガオ	ヒルガオ	<i>Pharbitis nil</i>	浜の輝	
	パンジー	スミレ	<i>Viola tricolor</i>	マジエスチック G.	パプルシュド
	カーネーション	ナデシコ	<i>Dianthus caryophyllus</i>	ノラ	
	ベゴニア	ジュウカイドウ	<i>Begonia semper florens</i>	Fl-シェイラ	
	単子葉類	グラジオラス	アヤメ	<i>Gladiolus gandavensis</i>	トラペラ
ユリ		ユリ	<i>Lilium</i> spp.	黄金ユリ	

第2表 培養液組成と供試塩

要素	濃度 (ppm)	試供塩
N	80	NaNO <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
K <sub>2</sub> O	80	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
CaO	40	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O
MgO	40	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
Fe	3.0	EDTA-Fe
B	0.5	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Mn	0.5	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O
Zn	0.05	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
Cu	0.02	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O
Mo	0.05	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>

栽培方法は、球根のグラジオラスとユリを除いて、市販のピート板に播種、本葉2~3枚展開時に仮植床に移植した。本葉5~6枚に生育した均一な苗を定植し、ガラス室内で栽培した。用いた容器は1/5000 a ワグネルポットあるいは6号鉢で、下層2~3cmに5分磔を、上層10~12cmに砂と3分磔を1:1に混合したものを充填した。グラジオラスとユリは重量の等しい球根を選び直接ポットに植付けた。

定植直後は基準培養液を1/5~1/2に希釈してかん水し、活着後基準培養液とした。

生育調査は開花最盛期にそれぞれ採取し、各部位別に生体重を測定した。

#### 実験2 培養液のNO<sub>3</sub>-NとNH<sub>4</sub>-Nの濃度比率が花き植物の体内窒素組成に及ぼす影響

実験1の結果をもとに、サルビア、ペチュニア、ジニア、ペコニア、パンジーの5種を選抜し実験に用いた。

試験は培養液のNO<sub>3</sub>-NとNH<sub>4</sub>-Nの濃度比率が10:0と8:2の2処理区とした。ただし、ベゴニアとパンジーについては2:8の処理区も設け、実験1に準じて実施した。

各植物は栄養生長期と開花期に各部位別に採取し、105°Cで20分間処理したあと、60°Cで24時間通風乾燥後粉碎して分析に供した。

分析方法は、全窒素(以下、T-Nと略記する)はガンニング変法、NH<sub>4</sub>-Nは80°C熱水抽出後コンウェイ微量拡散法、NO<sub>3</sub>-Nは安藤・尾形による微量迅速定量法<sup>31)</sup>、Amd-Nは80°C熱水抽出液を加水分解後セミミクロ水蒸気蒸留法、タンパク態窒素(以下、P-Nと略記する)はバルンスタイン法をそれぞれ用いた。

## 2. 実験結果

### 実験1 培養液のNO<sub>3</sub>-NとNH<sub>4</sub>-Nの濃度比率が花き植物の生育に及ぼす影響

各供試花きの生育調査成績を第3表に示した。供試花きの窒素施用形態による生育適応性を植物体全重でみると、培養液の窒素がNO<sub>3</sub>-N単独の10:0区で最も生育がよく、NH<sub>4</sub>-Nの比率が増すに従って低下するものは、コスモス、ペチュニア、サルビア、ジニア、コリウス、アサガオであった。とくにコリウス、アサガオ以外は、NO<sub>3</sub>-N:NH<sub>4</sub>-Nが10:0と8:2の間の全重差がLSD 5%で有意であった。また、10:0区の全重に対して50%以下となるNH<sub>4</sub>-Nの共存比率は、コスモスが4:6、ペチュニア、コリウスが2:8、サルビア、アサガオは0:10で、コスモスが耐アンモニア性が最弱の花きであった。

一方、NO<sub>3</sub>-N単独よりもNH<sub>4</sub>-Nが共存したほうが生育の良好な花きとして、カーネーション、ベゴニア、パンジー、ガーベラ、ユリが挙げられる。そのうちで、NO<sub>3</sub>-NとNH<sub>4</sub>-Nが10:0の全重と8:2ないしは6:4の全重の差がLSD 5%で有意となったものは、カーネーション、ベゴニア、パンジー、ガーベラであった。しかし、カーネーション、パンジー、ガーベラは

第 3 表 生育調査成績 (株当たり)

NO <sub>3</sub> -N: NH <sub>4</sub> -N	全重 (g)	地上部 重(g)	根重 (g)	花重 (g)	花数	全重 (g)	地上部 重(g)	根重 (g)	花重 (g)	花数	全重 (g)	地上部 重(g)	根重 (g)	花重 (g)	花数
	サルビア					コスモス					パンジー				
10:0	161.3	103.9	57.4	12.1	230	24.4	19.0	5.4	6.8	10	104.0	82.9	21.1	10.6	15
8:2	127.2	84.9	42.3	14.7	333	13.4	10.0	3.4	3.8	8	131.6	109.0	22.6	12.3	17
6:4	118.2	77.1	41.1	15.1	263	13.0	9.8	3.2	3.7	7	112.7	89.0	23.7	11.6	14
4:6	98.8	70.1	28.7	18.0	401	9.8	7.9	1.9	3.0	7	105.0	84.4	20.6	11.0	13
2:8	89.5	67.0	22.5	17.2	346	5.6	4.4	1.2	1.1	3	79.6	65.3	14.8	8.9	12
0:10	68.6	53.9	14.7	11.8	237	0	0	0	0	0	16.0	8.7	7.3	0	0
LSD	15.6		13.9	NS	131	4.9		2.0	1.1	2.6	25.3	16.2	5.7		NS
	ガーベラ					カーネーション					アサガオ				
10:0	96.3	42.8	53.3	2.7	1	293.8	259.9	34.3	37.5	5	187.6	169.0	18.6	97.2	69
8:2	116.3	55.5	60.8	4.9	1	315.7	227.1	38.6	49.5	6	172.2	153.2	19.0	89.3	66
6:4	160.6	109.1	51.5	14.1	2	363.2	322.5	40.7	61.0	7	128.8	113.2	15.6	58.9	44
4:6	164.3	101.7	62.3	11.7	2	299.9	259.8	40.1	49.2	6	129.5	110.2	19.3	59.3	48
2:8	108.3	73.0	35.3	12.6	1	295.7	257.1	38.6	35.5	5	105.2	89.9	15.3	46.8	40
0:10	45.5	31.9	13.6	2.8	1	107.2	142.1	25.1	18.4	2	75.9	66.6	9.3	38.4	37
LSD	50.0	38.4	16.5	6.4	1	46.7	37.7	NS	NS	NS	20.4		5.4	14.7	13.7
	ペゴニア					ペチュニア					ユリ				
10:0	247.2	229.7	17.5	17.8	210	160.4	142.7	17.7	43.2	54	99.9	51.2	48.7	12.3	3
8:2	285.5	262.1	23.4	24.5	262	135.8	119.6	16.2	38.0	53	102.1	56.8	45.3	14.1	3
6:4	266.5	245.1	21.4	24.5	302	108.3	94.4	13.9	32.4	43	90.5	46.3	44.2	11.0	2
4:6	203.4	186.4	17.0	20.7	244	85.9	74.6	11.3	25.8	37	79.1	37.5	41.6	9.6	2
2:8	161.0	146.4	14.6	18.1	214	49.4	43.6	5.8	13.7	19	72.1	34.7	37.4	9.2	2
0:10	148.6	135.8	12.8	16.3	170	13.1	9.1	3.0	1.7	4	62.6	27.2	35.4	3.0	1
LSD	30.7		6.9	3.9	41	17.9	15.5	3.6	6.8	25	16.1	17.0	7.3	5.6	NS
	グラジオラス					ジニア					コリウス				
10:0	151.0	98.0	53.0	37.0	13	157.9	108.9	49.0	9.9	1	61.0	46.0	15.0		
8:2	156.0	95.0	61.0	33.0	12	128.6	89.6	39.0	6.6	1	49.0	37.0	12.0		
6:4	149.0	94.0	55.0	34.0	11	127.2	87.2	40.0	8.2	1	47.0	35.0	11.0		
4:6	156.0	102.0	54.0	39.0	10	104.8	74.8	30.0	7.8	1	38.0	30.0	8.0		
2:8	156.0	99.0	57.0	36.0	12	101.5	71.5	30.0	7.5	1	30.0	23.0	7.0		
0:10	148.0	96.0	51.0	37.0	13	83.1	63.2	20.0	7.2	1	13.0	9.0	4.0		
LSD	NS	NS	NS	NS	NS	24.2	20.1	8.2	NS	NS	19.3	15.0	5.5		

LSD, least significant difference (5%). NS, no significant

NH<sub>4</sub>-N 単独の場合の生育が著しく低下した。

グラジオラスは上記 2 グループとは異なり, NO<sub>3</sub>-N と NH<sub>4</sub>-N の比率に関係なくほぼ均一な生育を示した。

以上の全重のみた生育傾向は地上部重, 根重およびサルビアを除く 1 株花重においても認められた。しかし, サルビアの 1 株花重は NO<sub>3</sub>-N と NH<sub>4</sub>-N の各単独では軽く, 両者が共存した場合に増加した。

また, 花重の変化を花数との関係でみると, サルビア, ペチュニア, ペゴニアは 1 花重に変化が少なく, 1 株花重の区間差違は花数の増減に基因するものであった。一方, アサガオ, ガーベラ, コスモス, カーネーション, パンジーでは花径が小さくなるとともに花数, 花重に相違があることから, NO<sub>3</sub>-N と NH<sub>4</sub>-N の濃度比率によって 1 花重に変異を生じた。

## 実験 2. 培養液の NO<sub>3</sub>-N と NH<sub>4</sub>-N の濃度比率が花き植物の体内窒素組成に及ぼす影響

実験 1 の結果, NO<sub>3</sub>-N 単独で生育良好であったサルビア, ペチュニア, ジニア, および NH<sub>4</sub>-N が共存したときに生育良好であったペゴニア, パンジーについて, 各窒素濃度比率ごとの体内窒素形態別の含有率を部位別, 生育時期別に調べた結果を第 4 表, 第 5 表に示した。

サルビア, ペチュニア, ジニアは両生育時期とも Amd-N, NH<sub>4</sub>-N に比べて NO<sub>3</sub>-N 含有率が顕著に高かった。すなわち, 栄養生長期の NO<sub>3</sub>-N 含有率は 10:0 区ではサルビア葉部の 0.194% からジニア根部の 1.422% で, とくにジニアの根部, 茎部が 1% 以上であった。8:2 区では 10:0 区と同程度かわずかに減少する傾向を示した。NH<sub>4</sub>-N 含有率は, 10:0 区ではジ

第4表 NO<sub>3</sub>-N と NH<sub>4</sub>-N の濃度比率の相違による各形態窒素の体内含有率（硝酸型）

NO <sub>3</sub> -N : NH <sub>4</sub> -N	栄養生長期 (%)					開花期 (%)						
	T-N	P-N	Amd-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-N	P-N	Amd-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N		
10:0	サルビア	花部					3.72	2.99	0.068	0.014	0.461	
		葉部	4.17	3.44	0.042	0.021	0.194	4.23	4.16	0.040	0.010	0.088
		茎部						2.14	1.96	0.028	0.021	0.211
		根部	1.98	1.44	0.028	0.022	0.569	1.97	1.28	0.049	0.004	0.301
	ペチュニア	花部						2.98	2.38	0.061	0.017	0.724
		葉部	4.10	3.07	0.039	0.022	0.845	4.86	4.03	0.028	0.013	1.147
		茎部						3.48	1.80	0.021	0.018	1.366
		根部	2.61	1.85	0.040	0.015	0.612	3.06	1.99	0.018	0.025	1.346
	ジニア	花部						3.28	2.35	0.096	0.066	0.261
		葉部	4.86	4.07	0.016	0.023	0.471	4.05	3.56	0.020	0.024	0.334
		茎部	3.22	1.75	0.053	0.007	1.029	2.67	1.30	0.051	0.028	1.327
		根部	3.74	2.32	0.045	trace	1.422	2.51	1.68	0.028	0.018	1.003
8:2	サルビア	花部					3.60	3.06	0.094	0.033	0.461	
		葉部	3.77	3.63	trace	0.064	0.259	4.44	3.68	0.020	0.020	0.071
		茎部						1.96	1.75	0.031	0.007	0.231
		根部	1.96	1.49	0.020	0.023	0.326	1.87	1.75	0.027	0.007	0.193
	ペチュニア	花部						2.97	2.22	0.055	0.029	0.441
		葉部	4.61	3.43	0.029	0.059	0.851	5.26	4.31	0.017	0.024	1.206
		茎部						3.84	2.00	0.040	0.009	1.486
		根部	2.75	1.93	0.059	0.029	0.748	2.82	2.39	0.038	0.010	0.934
	ジニア	花部						3.16	2.27	0.064	0.070	0.200
		葉部	4.90	4.11	0.021	0.037	0.608	4.03	3.48	0.029	0.025	0.264
		茎部	3.41	1.76	0.033	0.040	0.945	2.43	1.15	0.039	0.016	1.097
		根部	3.70	2.74	0.041	0.005	1.349	2.65	1.88	0.103	0.031	0.639

第5表 NO<sub>3</sub>-N と NH<sub>4</sub>-N の濃度比率の相違による各形態窒素の体内含有率（共存型）

NO <sub>3</sub> -N : NH <sub>4</sub> -N	栄養生長期 (%)					開花期 (%)							
	T-N	P-N	Amd-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-N	P-N	Amd-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N			
10:0	ペゴニア	花部					3.86	2.94	0.167	0.291	0.192		
		葉部	4.53	3.80	0.029	0.215	0.334	4.45	3.90	0.057	0.085	0.140	
		茎部	2.72	1.85	0.006	0.181	0.460	2.11	1.81	0.040	0.097	0.190	
		根部	2.36	1.83	0.019	0.019	0.517	2.95	2.67	0.021	0.004	0.240	
	パンジー	花部						4.47	2.39	0.171	0.077	0.095	
		葉部	4.61	4.05	0.067	0.012	0.440	4.42	3.84	0.092	0.022	0.266	
		茎部						3.62	2.29	0.093	0.071	0.529	
		根部	3.51	2.22	0.084	0.002	1.313	4.01	2.48	0.046	0.097	1.145	
	8:2	ペゴニア	花部					4.02	3.00	0.128	0.514	0.156	
			葉部	5.06	4.21	0.047	0.393	0.247	4.70	4.22	0.095	0.161	0.120
			茎部	2.98	2.28	0.005	0.267	0.215	2.20	1.84	0.112	0.142	0.140
			根部	2.69	2.04	0.028	0.020	0.466	2.90	2.67	0.018	0.014	0.222
パンジー		花部						3.46	2.36	0.173	0.080	0.152	
		葉部	4.63	3.98	0.067	0.008	0.507	4.22	3.70	0.088	0.030	0.337	
		茎部						3.67	2.12	0.127	0.074	0.812	
		根部	4.09	2.52	0.088	0.002	1.472	3.97	2.34	0.125	0.034	0.922	
2:8		ペゴニア	花部					3.32	2.30	trace	0.758	0.052	
			葉部	5.35	4.58	0.111	0.331	0.069	4.42	3.84	0.092	0.266	0.022
			茎部	3.29	2.41	0.034	0.518	0.188	2.75	1.98	0.063	0.384	0.153
			根部	2.97	2.37	0.055	0.069	0.256	2.89	2.21	0.048	0.031	0.120
	パンジー	花部						3.70	2.32	0.150	0.117	0.066	
		葉部	5.50	4.49	0.093	0.013	0.374	4.50	3.62	0.089	0.075	0.102	
		茎部						3.69	2.28	0.092	0.186	0.370	
		根部	4.21	2.69	0.100	0.040	0.998	3.56	2.38	0.045	0.159	0.522	

ニア根部の痕跡からジニア葉部の 0.023% と低い、8:2 区では 3 花きとも含有率が高くなった。Amd-N は 10:0, 8:2 区とも  $\text{NH}_4\text{-N}$  の含有率と大差がなかった。P-N は 10:0, 8:2 区とも葉部は 3% 以上、莖部、根部は 3% 以下で、サルビアとジニアは 10:0 区のほうが高く、ペチュニアは 8:2 区のほうが高い傾向を示した。T-N も P-N と同様な傾向であるが、とくにサルビアは 10:0 区より 8:2 区のほうが含有率が低く、ペチュニアは逆に 8:2 区のほうが高く、ジニアは両区で差がなかった。

開花期では  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率は 10:0, 8:2 区ともペチュニアの含有率がサルビア、ジニアよりも高く、花部を除く各部位とも 1% 以上であった。次にジニアの含有率が高く、サルビアは各部位とも低かった。 $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率はジニアの花部を除いて 10:0, 8:2 区とも 0.03% 以下であった。しかしジニアの花部のみはやや含有率が高く 0.07% を示した。Amd-N は  $\text{NH}_4\text{-N}$  よりも含有率が高くなったが、培養液の  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率と含有率との間に顕著な傾向が認められなかった。P-N と T-N とも両処理間で著しい差は認められなかった。

次に  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の共存で生育が良好なペゴニアとパンジーについてみると、両花きで体内の各形態窒素の含有率に顕著な相違が認められた。すなわち、ペゴニアの栄養生長期では、 $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率は、10:0 区では前記のサルビア、ペチュニアと大差がなかったが、8:2 区では各部位とも含有率が減少し、さらに 2:8 区では葉部、根部の含有率は 10:0 区の 20%、50% にそれぞれ減少した。 $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率は 10:0 区でも葉部 0.215%、莖部 0.181% と高く、8:2 区、2:8 区では両部位の含有率は高まり、 $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率を上回った。しかし根部の含有率は 10:0 区 0.019%、2:8 区で 0.069% と他部位より低下した。各部位の Amd-N は  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率が高くなるに従って含有率は増加する傾向を示した。P-N、T-N は Amd-N 同様に  $\text{NH}_4\text{-N}$  の比率の増加に伴い含有率が高くなった。

開花期の  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率は、10:0 区は葉部 0.140% ~ 根部 0.240% で、8:2 区になると各部位とも 10% 前後減少した。2:8 区では花部と葉部が極端に減少したが、莖部と根部は 0.153%、0.120% であった。 $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率は各区とも花部の含有率が最も高く、根部は他の部位よりもはるかに低含有率を示した。いずれの部位も培養液の  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率が増すに従い含有率は高くなり、葉部と莖部は 8:2 区と 2:8 区において  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率を上回った。Amd-N、P-N、T-N については

各区间で顕著な相違が認められなかった。

パンジーは、栄養生長期では  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率は 8:2 区において葉部 0.507%、根部 1.472% と最も高い値を示し、10:0 区では約 88%、2:8 区では約 70% に低下した。ペゴニアと異なり  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率は各処理区とも著しく低い反面、Amd-N 含有率が高い傾向を示した。とくに 2:8 区の含有率は他の処理区よりも高くなった。P-N と T-N については各部位とも  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度比率が高くなるに従い含有率が高くなった。

開花期では、 $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率は根部では 10:0 区、他の部位では 8:2 区が最も高く、次に 10:0 区で、2:8 区が各部位とも最も低かった。 $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率については、各部位とも栄養生長期に比べて含有率が高くなったが、根部を除いてペゴニアよりは低い。Amd-N 含有率は 8:2 区が最も高く、2:8 区になると低くなった。また、ペゴニアに比べて高含有率を示した。P-N、T-N 含有率については各処理間で大差がなかった。

### 3. 考 察

培養液の  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率の相違が花き植物の生育に及ぼす影響から、花き植物の窒素形態に対する生育適応性について検討を試みた。その際、花き植物は観賞を目的としているので、最適生育条件を判定するには花色や花もち、花部と莖葉部のバランス等、品質面についても考慮しなければならないが、指標が明確でないことから、本報では生体重をその判定指標とした。その結果、 $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率の相違による生育の変化から次の 3 グループに分類した。

すなわち、 $\text{NO}_3\text{-N}$  100% のときが生育最良で、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の共存比率が増すに従って生育が低下する花き(硝酸型): コスモス、ペチュニア、サルビア、ジニア、コリウス、アサガオ。

$\text{NO}_3\text{-N}$  に  $\text{NH}_4\text{-N}$  が 20~40% 共存したときが最良で、 $\text{NO}_3\text{-N}$  100% や  $\text{NH}_4\text{-N}$  の比率が 60% 以上になると生育が低下する花き(共存型): カーネーション、ペゴニア、パンジー、ガーベラ、ユリ。

$\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率に関係なく生育する花き(共用型): グラジオラス。

このように施用窒素形態による生育の変化は、花き植物の  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$  に対する嗜好性の相違あるいは体内窒素同化作用の相違によるものと考えられる。但野・田中<sup>23)</sup>は、 $\text{NH}_4\text{-N}$  で処理したときに生育の劣る作物中には  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率が高く、その程度には種間差があると報告している。また、高橋<sup>24)</sup>は耐アンモニア性の強い植物は、外界から吸収したアンモニアが過剰となった場

合、これを無害な化合物にして蓄積し、必要に応じて再利用してゆく機能を有しているとしている。この考え方については多くの研究者によっても認められている。

そこで、硝酸型と共存型のグループから5種の花きを選抜し、 $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率を 10:0, 8:2, 2:8 (ペゴニア、パンジーのみ) 区で処理したときの体内の各形態窒素の含有率の変化を生育時期別に追跡し、窒素形態に対する花き植物の嗜好性の相違アンモニア耐性について考えると、硝酸型の3花きはそれぞれの花きで  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率に差はあるが、常に  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率よりも高く  $\text{NO}_3\text{-N}$  を吸収し、 $\text{NO}_3\text{-N}$  の形態で蓄積していることが考えられる。共存型のペゴニアでは、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の供給がないときでも  $\text{NH}_4\text{-N}$  の含有率が  $\text{NO}_3\text{-N}$  の約 50% 相当、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の供給により  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率が高くなり、 $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率を上回った。このことからペゴニアは  $\text{NH}_4\text{-N}$  で蓄積貯蔵することが示唆された。一方、パンジーは硝酸型の花きと同程度の  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有率であることから、 $\text{NO}_3\text{-N}$  での蓄積貯蔵が考えられるが、 $\text{NH}_4\text{-N}$  を供給したときに  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有率より Amd-N 含有率が高くなったことから、アミドの形態で蓄積貯蔵している可能性も示された。

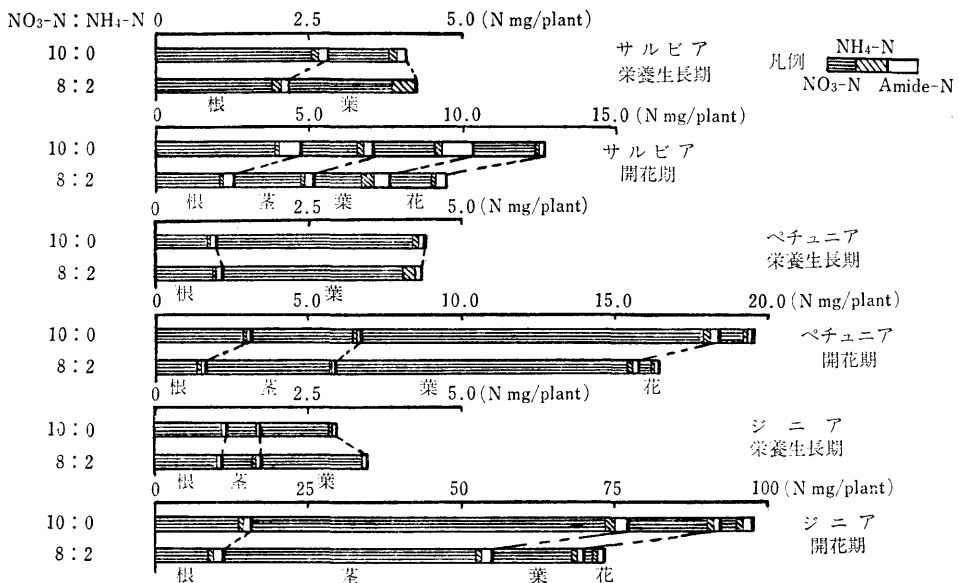
次に硝酸型、共存型両グループの花き植物について、体内の窒素の挙動を追跡するために各形態別窒素の個体当りの含有量を求めた結果、両生育型の花き間および各処理区間で T-N, P-N 含有量に比べて、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$

N, Amd-N 含有量に顕著な相違が認められた。そこで、体内の  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , Amd-N 含有量を硝酸型のサルビア、ペチュニア、ジニア、および共存型のペゴニア、パンジーについて生育時期別、部位別に第1図、第2図に示した。

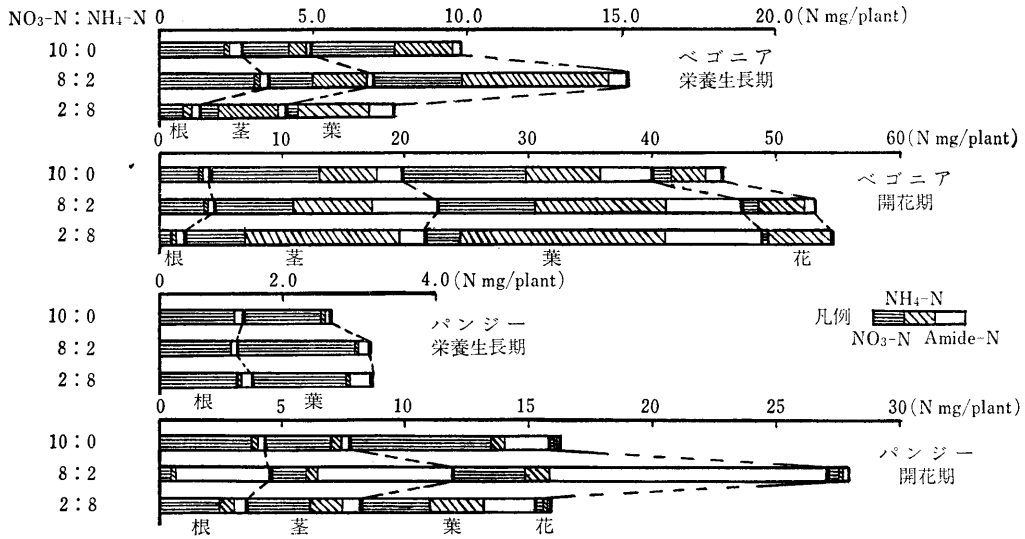
硝酸型のサルビア、ペチュニア、ジニアは第1図に示されるごとく、栄養生長期、開花期とも  $\text{NO}_3\text{-N}$  含有量が最多で、Amd-N,  $\text{NH}_4\text{-N}$  は  $\text{NO}_3\text{-N}$  の約 1/10 以下であった。これら植物は、吸収した  $\text{NO}_3\text{-N}$  をそのまま蓄積し、同化速度に合わせて徐々に亜硝酸、アンモニア、アミノ酸、アミドと転換させていると考えられる。

なお、栄養生長期では 8:2 区の  $\text{NH}_4\text{-N}$ , Amd-N 含有量が 10:0 区より若干増加しているもので、初期生育では  $\text{NH}_4\text{-N}$  を利用している可能性も考えられる。しかしながら、開花期になると、8:2 区の各形態の窒素含有量が 10:0 区よりも減少した。このように生育後半になって 8:2 区の窒素同化が抑制され、生育が低下したことは、栄養生長から生殖生長への生育の転換に伴って窒素形態に対する嗜好性が変化したことが考えられる。また、王子・伊沢<sup>20)</sup>、Hoff<sup>32)</sup>の報告のように、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の連続供給によって体内アミノ酸バランスが崩れるためであるとも考えられ、今後これらの点について検討が必要である。

共存型のペゴニア、パンジーについては、まず、ペゴニアは栄養生長期、開花期とも第2図で明らかなるよう



第1図  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率の相違による体内の  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , Amd-N 含有量の生育時期別変化 (硝酸型)



第2図  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率の相違による体内の  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、Amd-N 含有量の生育時期別変化 (共存型)

に、10:0 区における茎葉部の  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有量が  $\text{NO}_3\text{-N}$  の約 1/2 を占め、吸収された  $\text{NO}_3\text{-N}$  は硝酸還元酵素、亜硝酸還元酵素の作用により、還元・貯蔵されていることを示唆している。 $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率が増加すると、体内  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有量も増加、 $\text{NO}_3\text{-N}$  含有量を上回った。

また、ペゴニア根部の  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、Amd-N 含有量が他の部位に比べて極端に少なく、葉部の含有量も多いことから、ペゴニアは  $\text{NH}_4\text{-N}$  を積極的に吸収し、葉部まで移行したのち、貯蔵・代謝されているものと推察される。このように、ペゴニアは耐アンモニア性が強く、とくに葉部に多量の  $\text{NH}_4\text{-N}$  が含有されていることについては、葉部汁液の pH (葉部を乳鉢で磨碎抽出したろ液をガラス電極を用いて測定) がサルビアでは 6.5 前後であるがペゴニアは 1.8~2.3 と強酸性であることが一因と考えられる。すなわち、液胞中に含まれる有機酸などの酸性物質が  $\text{NH}_4\text{-N}$  を中和し、体内での毒性発現を抑制しているものと考えられる。

なお、2:8 区は  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、Amd-N の含有量は増加しているが、第3表に示されるごとく、T-N と P-N の含有率が 8:2 区より低下し生育が劣った。このことから、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率が高くなり、体内の  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有量ある限界を越えると、アンモニアの毒性が発現し、窒素同化機能が阻害されるものと推察される。

パンジーは、栄養生長期では各処理区とも、 $\text{NH}_4\text{-N}$

含有量は少なく、Amd-N も 8:2 区の葉部で多い以外は全般的に  $\text{NH}_4\text{-N}$  と同程度であった。しかし、開花期では、8:2 区の  $\text{NH}_4\text{-N}$  量は各部位とも 10:0 区よりもわずかな増加であったが、Amd-N は明らかに増加し、 $\text{NO}_3\text{-N}$  よりも多量となった。2:8 区では  $\text{NH}_4\text{-N}$  含有量が増加したが、Amd-N 含有量の増加は認められなかった (第2図参照)。

このような体内窒素含有量の変化から、パンジーは  $\text{NO}_3\text{-N}$  と同時に  $\text{NH}_4\text{-N}$  も吸収・同化する。吸収した  $\text{NH}_4\text{-N}$  はただちに Amd-N へと代謝して無毒化し、貯蔵していることが示唆された。しかし、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の供給量が多量となると、吸収した  $\text{NH}_4\text{-N}$  をアミドに合成する速度よりも  $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収量が優り、アンモニア過剰による生育阻害が起るものと考えられる。なお、 $\text{NO}_3\text{-N}$  のみを供給したときに生育が低下する点については、硝酸還元酵素の誘導あるいは活性化に原因があるものと考えられ<sup>33)</sup>、検討する必要がある。

以上の結果より、サルビア、ペチュニア、ジニアは好硝酸性植物で、耐アンモニア性の弱い花き植物である。一方、ペゴニアとパンジーは  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  が共存したときに生育が良好で、耐アンモニア性の強い植物で、 $\text{NH}_4\text{-N}$  に対する対応は、ペゴニアは  $\text{NH}_4\text{-N}$  で貯蔵するが、パンジーはアミドに転換して無毒化し貯蔵するタイプであると考えられる。このように花きによって培養液の  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の最適濃度比率に相違があるこ



とから、花き植物の栽培に当たっては、各花きの窒素に対する生育適応性を確認して合理的な施肥の実施が必要である。さらに、花きによって  $\text{NH}_4\text{-N}$  に対する代謝機能が異なるので、今後、 $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の選択吸収能、窒素の同化機構そして  $\text{NO}_3\text{-N}$  から  $\text{NH}_4\text{-N}$  への還元反応を制御している硝酸還元酵素の活性などを詳細に検討し、花き植物の窒素形態に対する嗜好性の相違を明らかにしていく予定である。

#### 4. 摘 要

12 種の花き植物について  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率の相違に対する生育適応性を、砂耕法により比較検討した。また、サルビア、ペチュニア、ジニア、ペゴニア、パンジーについて、 $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の比率を 10:0, 8:2, 2:8 (ペゴニアとパンジーのみ) としたときの体内の各形態窒素の変動を栄養生長期と開花期について検討し、花き植物の窒素形態に対する嗜好性と耐アンモニア性について考察した。

1) 生育に対する  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の最適濃度比率から、12 種の花きを次の 3 グループに分類した。

- ①  $\text{NO}_3\text{-N}$  100% が生育最良で、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の共存比率が増加するに従って生育が低下する花き類 (硝酸型) : コスモス, ペチュニア, サルビア, ジニア, コリウス, アサガオ。
- ②  $\text{NO}_3\text{-N}$  に  $\text{NH}_4\text{-N}$  が 20~40% 共存したときに最良な生育を示す花き類 (共存型) : カーネーション, ペゴニア, パンジー, ガーベラ, ユリ。
- ③  $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度比率に関係なく生育する花き類 (共用型) : グラジオラス。

2) 硝酸型のサルビア, ペチュニア, ジニアの 3 花きは好硝酸性植物で、吸収した  $\text{NO}_3\text{-N}$  をそのままの形態で貯蔵し、必要に応じて還元利用する。耐アンモニア性は弱い。

3) 共存型のうち、ペゴニアは  $\text{NH}_4\text{-N}$  も吸収し、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の形態で主として葉部に貯蔵する。しかし、培養液中の  $\text{NH}_4\text{-N}$  の比率が 80% 以上ではアンモニア過剰となり、生育が阻害された。 $\text{NO}_3\text{-N}$  のみを供給しても葉部で  $\text{NH}_4\text{-N}$  に還元して貯蔵する。このようにペゴニアの耐アンモニア性が強いのは葉部汁液が pH 2 前後と酸性であるためと考えた。

4) 共存型のパンジーも、 $\text{NH}_4\text{-N}$  を吸収するが、体内でただちにアミドに無毒化して貯蔵する。しかし、ペゴニア同様、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の供給が過剰になると、アミドの合成速度よりも  $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収が上回り、アンモニア過剰による生育阻害が起った。

謝 辞 本実験の実施に当り、花き植物の栽培管理についてご指導くださった埼玉県農業試験場細谷毅氏に謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 長谷川清善・竹島彊二・武田恭明：キクの施肥および土壌管理に関する研究，滋賀農試報，17，91~100 (1975)
- 2) 林 勇：温室バラの収量，品質に及ぼす牛ふん，パーク施用の影響，神奈川園試報，30，65~71 (1983)
- 3) 細谷 毅・村井千里：生育時期別の窒素施用濃度の違いが秋ギクの生育と開花におよぼす影響，農及園，54，445~446 (1976)
- 4) 伊東嘉明：園芸作物の施肥に関する定量的研究(第1報)，福岡園試報，19，52~59 (1981)
- 5) 伊東嘉明：キクの栄養診断 (第1報)，福岡農総試報 B，1，62~66 (1982)
- 6) 石田 明・増井正夫：カーネーションのマンガン過剰症に関する研究 (第2報)，園学誌，45，283~288 (1976)
- 7) 竹島彊二・西沢良一：施設バラの生育，収量ならびに体内成分におよぼす施肥量の影響について，滋賀農試報，18，45~54 (1976)
- 8) 是松博文・古谷 博：カーネーションの液肥施用が生育ならびに養分吸収におよぼす影響，広島農試報，44，99~112 (1981)
- 9) 三浦泰昌・小沢 博・竹下純則：温室カーネーションの施肥に関する研究 (第1報)，神奈川園試報，17，65~73 (1969)
- 10) 堀田 柏・松田岑夫・水戸嘉平・均上 朗・大長正文・万豆剛一・河森 武：キク，バラ，カーネーションにおける肥料濃度障害について，静岡農試報，19，88~94
- 11) 細谷 毅・村井千里・蛭間 弘：窒素供給時期の差異がポットマムの生育と開花に及ぼす影響，埼玉園試報，7，49~53 (1978)
- 12) 細谷 毅：窒素肥料 (液肥施用) の違いがポットマムの生育と開花に及ぼす影響，同上，8，51~56 (1979)
- 13) 細谷 毅・北村一男・石上 忠：土壌の種類及び三要素施肥の違いがポットマムの生育と開花に及ぼす影響，園学誌，48，336~344 (1979)
- 14) 雨木若橋・萩原 薫：チューリップの施肥に関する研究 (第1報)，同上，29，157~162 (1960)
- 15) 雨木若橋・萩原 薫：チューリップの施肥に関する研究 (第2報)，同上，29，157~162 (1960)
- 16) 萩原 薫・雨木若橋：チューリップの施肥に関する研究 (第3報)，同上，35，170~176 (1964)
- 17) 五十嵐太郎・馬場 昂：チューリップの生育と球根収量に及ぼす萌芽前に吸収された窒素の影響について，土肥要旨集，25，63 (1979)
- 18) 馬場 昂・五十嵐太郎：チューリップ窒素栄養の特性を利用した砂丘地畑窒素 12 月施肥について，同上，29，55 (1983)
- 19) 塚本洋太郎・藤岡作太郎：花卉の肥料に関する研究 (第1報)，園学誌，25，208~212 (1956)
- 20) 山根幹世・花き球根類の窒素栄養に関する研究，同上，39，353~362 (1970)
- 21) 春日井新一郎：水耕法による研究，土肥誌，13，669~822 (1939)
- 22) FRIED, M., ZSOLPOS, F., VOSE, P. B. and SHATOKHIN, I. L. : Characterizing the  $\text{NO}_3$  and  $\text{NH}_4$  Uptake Process of Rice Root by Use of  $^{15}\text{N}$  Labelled  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

- Physiol. Plant.*, 18, 313~320 (1965)
- 23) 但野利秋・田中 明：アンモニア態および硝酸態窒素適応性の作物種間差 (第 1 報), 土肥誌, 47, 321~328 (1976)
- 24) 岩田正利・谷内武信：窒素形態の差異と蔬菜の生育, 園学誌, 22, 183~192 (1953)
- 25) 池田英男・大沢孝也：施用窒素形態とそ菜の適応性 (第 1 報), 同上, 47, 454~462 (1979)
- 26) 尾形昭逸：作物の生育に対するアンモニア態窒素と硝酸態窒素の栄養生理的意義に関する研究 (第 1 報), 土肥誌, 34, 313~317 (1963)
- 27) GOYAL, S. S., LORENZ, O. A. and HUNFFAKER, R. C. : Inhibitory Effects of Ammoniacal Nitrogen on Growth of Radish Plants. I. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 107, 125~129 (1982)
- 28) 高橋英一：代謝調節的観点よりみた高等植物における硝酸態窒素の利用について, 京大食研報, 32, 44~55 (1969)
- 29) 王子善清・伊沢悟郎・インタクト植物による無機窒素の吸収ならびに同化に関する研究 (第 4 報), 土肥誌, 45, 341~351 (1974)
- 30) 松本英明：アンモニアと植物一過剰下における代謝変動, 化学と生物, 13, 198~204 (1975)
- 31) 安藤忠男・尾形昭逸：硝酸態窒素の微量迅速定量法, 土肥誌, 51, 48~54 (1980)
- 32) HOFF, J. E., WILCOX, G. E., and JONES, C. M. : 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 (1974)
- 33) COX, W. J. and REISENAUER, H. M. : Growth and Ion Uptake by Wheat Supplied Nitrogen as Nitrate, or Ammonium, or Both, *Plant Soil*, 38, 363~380 (1973)