

ナスの生育及び木部溢泌液中の無機成分、
ホルモンレベルに及ぼす窒素、リン、カリの影響

加藤 徹・楼 惠寧

(農学部蔬菜園芸学研究室)

Effects of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium on the Growth
and Mineral Component, Hormones Level in Xylem Sap in Eggplant

Toru KATO and Huining LOU

Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture

Abstract: The present studies were carried out to investigate the influence of nitrogen, phosphorus and potassium nutrient on the growth and mineral composition and hormones level such as cytokinin, abscisic acid and gibberellin-like substances in xylem sap in eggplant.

1. Effects of nitrogen

The growth was accelerated by the higher level of nitrogen supply. The concentration of N, P, Mg in xylem sap increased, and K, Ca decreased as the level of nitrogen in culture solution increased. The cytokinin and gibberellin-like substances level was the highest, but the abscisic acid level was the lowest on the plants treated with 600 ppm N.

2. Effects of phosphorus

The higher level of phosphorus depressed the growth of eggplant with the decrease in concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$, K, Ca, Mg Mn in xylem sap. Plants grown under 600ppm P condition produced the lowest cytokinin and gibberellin-like substances level in contrast with the highest abscisic acid level in xylem sap.

3. Effects of potassium

Dry weight was significantly greater on the plants grown in solution containing 600 ppm K than those grown in 200ppm. The higher level of potassium resulted in an increase in concentration of N, P, K Mg, Fe, Mn Zn in xylem sap. The highest level of cytokinin and gibberellin-like substances and the lowest level of abscisic acid were found on the plants grown under 600 ppm K concentration.

4. It may be concluded that the top growth of eggplant was not only regulated by flux of mineral elements, but also by hormones level especially cytokinin and gibberellins level in xylem sap.

緒 言

作物の生育が根から吸収される三要素によって影響されることは広く理解されている¹⁻²⁾。斉藤¹⁾は窒素、リン、カリの施用濃度の増加にしたがって、ナスの発育が旺盛になり、がく片、花弁、やく、子房の各器官の分化、発育が増加し、子室数が多くなったと報告している。しかし、施肥の多少がどのぐらい吸収され、移動されているかについてはまだ不明の点が多い。今までの研究では

組織の中に含まれている無機成分を分析し、生育との関連を研究していた³⁻⁴⁾。最近になって、木部溢泌液を利用して、その中の成分を調査し、無機成分の吸収、代謝及び根の活力を研究した報告が出されている⁵⁻⁷⁾。また、根においてホルモン類物質が合成され、あるいは移動して再び木部溢泌液とともに地上部に送り込まれて生育に関与している報告が数多く見られる⁸⁻¹⁹⁾。しかし、地上部の生育と関連して検討したものは少ないようである。そこで、本実験では、木部溢泌液中の無機成分やホルモンが三要素の施肥量によってどのように影響されて、地上部に影響を与えているかを知るため、三要素の施肥濃度を変えて木部溢泌液を採集し、その中に含まれている無機成分及びホルモンと地上部の生育がどう関係しているかを調査し、生育に及ぼす影響を木部溢泌液中の無機成分、ホルモンの変化から明らかにしようとした。

材料及び方法

“はやぶさ” ナスを供試し、砂耕で実験を行った。子葉展開後水洗した砂をつめた1/2000のワグナポットに移し、活着まで水だけをかけ、活着後、毎日朝と夕方2回、株当たり150mlないし250mlの培養液をかけ流した。また、その中間の昼ごろにも1回灌水し、萎凋を防止した。基本培養液の成分は Table 1 に示すとおりである。

Table 1. Composition of nutrient solution

Chemical salts used	mineral nutrient concentration (mg/ℓ)	
NH ₄ NO ₃	N	200
NH ₄ H ₂ PO ₄	P	200
K ₂ HPO ₄	K	200
Mg (NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	Ca	80
Ca (NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	Mg	24
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Fe	1
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	B	0.5
MnCl ₂ · 4H ₂ O	Mn	0.5
CuSO ₄ · 5H ₂ O	Cu	0.2
H ₃ BO ₃	Zn	0.05
C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O ₈ NaFe · 3H ₂ O	Mo	0.05

実験終了時、株元から5 cm上のところで茎を切断し、ゴム管をはめて、木部溢泌液を24時間採集した。採集した溢泌液はすぐろ過し、-20℃で冷凍保存した。また、株の生育を調査するために、根、茎、葉に分けて、各部分の重さと葉面積を測定した。なお花はすべて摘除した。

溢泌液の無機養分の分析：硝酸態窒素はフェノール硫酸法で、アンモニア態窒素はインドルフェノール法で、リンはメタバナトモリブデン酸法で、その他の無機成分は原子吸収分光光度計で測定した。

ホルモンの分析：Fig. 1のように溢泌液からサイトカイニン、アブシジン酸 (ABA) とジベレリン様物質 (GAs) 分画を抽出して、サイトカイニンと ABA は高速液体クロマトグラフィ (HPLC) (Fig. 2, Fig. 3) によって、GAs はレタス胚軸生物検定法 (Fig. 4) によって定量し、促進物質の合計を GA₃ 等量で表示した。

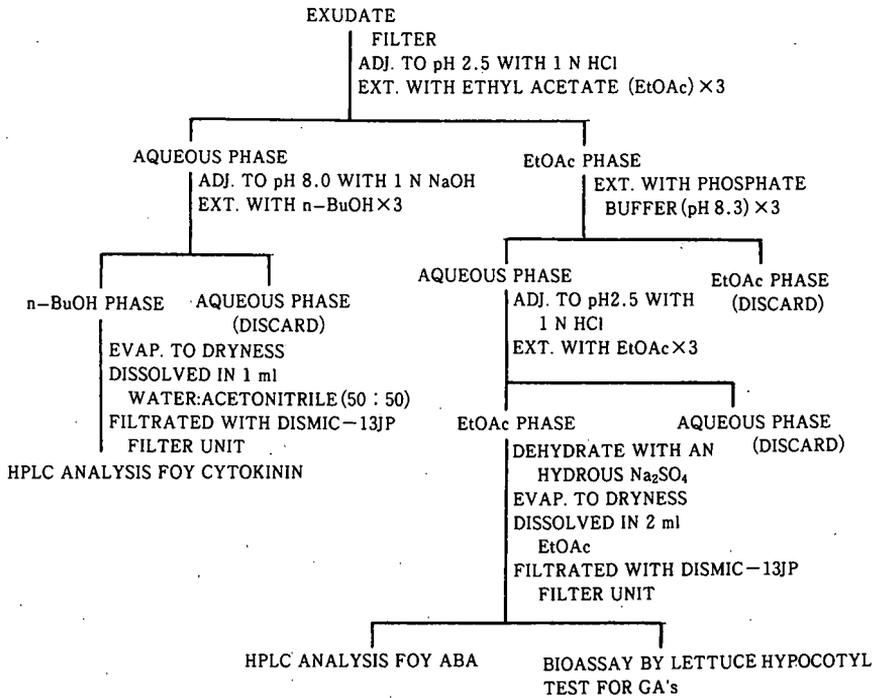


Fig. 1 . Procedure for extraction and determination of endogenous hormones from xylem sap of eggplant.

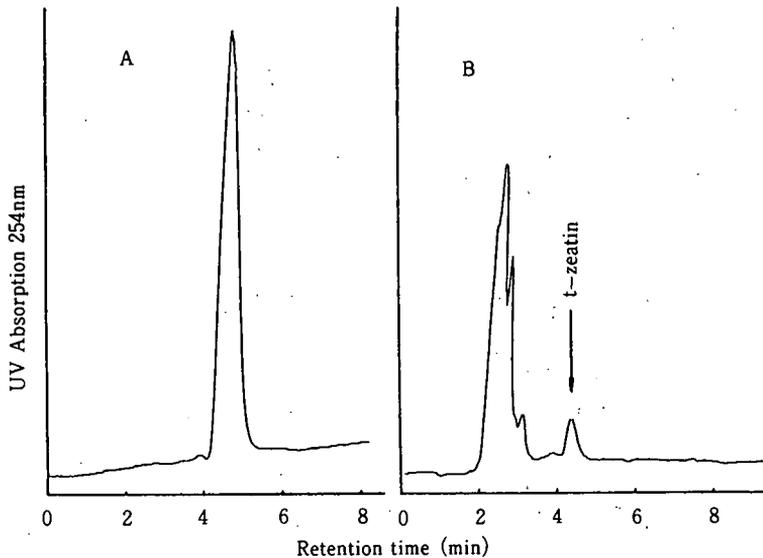


Fig. 2 . Chromatogram of cytokinin standard (A) and xylem sap of eggplant (B) on a shimpack CLS-ODS column. Injected amount: 1 ng of t-zeatin. Injection volume: 10 μ l of a mixture of water: acetonitrile (50 : 50). Solvent A was water and solvent B was acetonitrile. Elution conditions: flow rate 1 ml per min with 76% A and 24% B solvent.

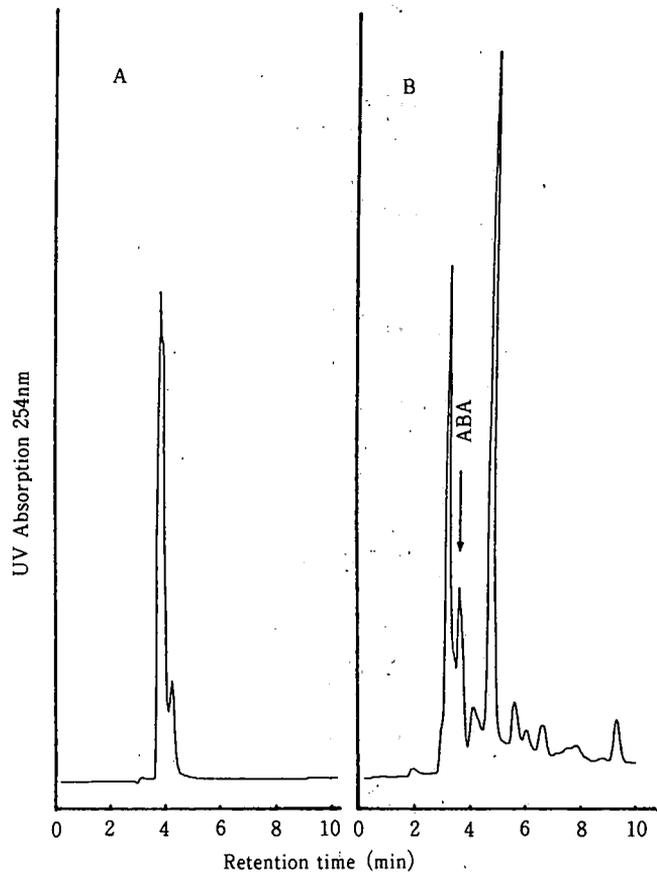


Fig. 3. Chromatogram of abscisic acid standard (A) and xylem sap of eggplant (B) on a shim-pack CLS-ODS column. Injected amount: 1 ng of abscisic acid. Injection volume: 10 μ l of ethyl acetate. Solvent A was water containing 1% acetate acid and solvent B was methanol. Elution condition: flow rate 1 ml per min with 30% A and 70% B solvent.

第1実験 窒素施肥濃度の影響 2月28日に播種し、活着後処理を始めた。窒素200ppm 処理区は基本培養液で、窒素400ppm、窒素600ppm 処理区は基本培養液に硝安と硝酸ソーダ(1:1)を加えて窒素濃度を準備した。各処理区16株ずつ供試した。5月13日に実験を終了し、上述の方法で溢泌液中の無機成分とホルモンのレベルを調査した。

第2実験 リン施肥濃度の影響 3月20日に播種した。子葉展開後鉢上げし、活着をまって、4月25日から基本培養液にリン酸二水素ナトリウムを加えて、リン濃度を200ppm、400ppm、600ppmとして、3区を設け、1区10株ずつ処理した。6月6日に木部溢泌液を取り、苗の生育状態を調査した。また、溢泌液の無機成分とサイトカイニン、GAs、ABAの含量を上記の方法で測定した。

第3実験 カリ施肥濃度の影響 3月25日に播種し、子葉展開後鉢上げし、4月20日から基本培養液に硫酸カリを加えて、カリの濃度を調節し、カリ200ppm、400ppm、600ppmの3処理区を設け、1区16株ずつを供試した。6月6日に木部の溢泌液を取り、溢泌液中の無機成分とホルモンの含量を調べた。また、苗の各部分の重さと葉面積を調べた。

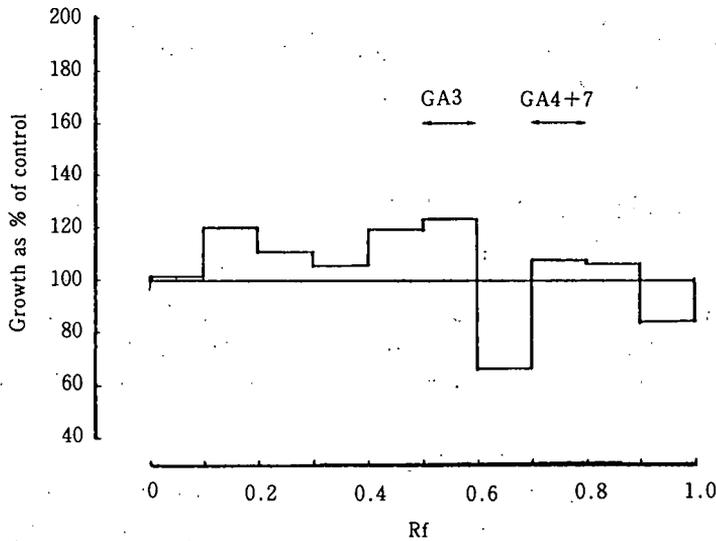


Fig. 4 . Lettuce hypocotyl bioassay of ethyl acetate extracts from xylem sap of eggplant. Extracts was chromatographed on Toyo No. 51 filter paper in isopropanol: water (4:1) (v/v) solvent. Solid line represents the growth of control.

結 果

第1実験 窒素施肥濃度の影響

1) 株の生育状態

Table 2に見られるように窒素施肥濃度の増加にしたがって、苗の生育が旺盛となり、葉、茎、根の新鮮重、乾物重、葉面積が多くなり、特に茎葉重の増加が著しかった。

2) 溢泌液中の無機成分の濃度と含量

溢泌液中の無機成分の濃度は Table 3 に示すとおりである。窒素施肥濃度の増加にしたがって、溢泌液中の窒素、リン、マグネシウム、マンガン、銅、亜鉛の濃度が増加したが、カリ、カルシウ

Table 2 . Effect of nitrogen on the growth of seedlings*

Treatments	Root weight (g)		Stem weight (g)		Leaf weight (g)		Leaf area (cm ²)
	FW	DW	FW	DW	FW	DW	
N200ppm	28.9	2.8	32.6	3.2	46.3	4.5	1158.4
N400ppm	28.8	2.9	42.9	3.8	54.3	5.2	1387.1
N600ppm	31.2	3.4	44.4	4.1	56.3	5.9	1505.5

* Values represent means for sixteen plants; FW, fresh weight; DW, dry weight.

Table 3 . Effect of nitrogen on the concentration of mineral elements in bleeding xylem sap (ppm)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Total-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
N200ppm	267.5	28.0	901.5	65.9	385.7	101.8	41.8	0.180	0.175	0.113	0.089
N400ppm	264.7	121.6	1234.2	74.6	316.8	96.6	53.1	0.174	0.375	0.214	0.096
N600ppm	279.4	121.7	1352.1	93.3	260.9	93.0	54.6	0.117	0.500	0.324	0.099

ムと鉄の濃度は逆に減少した。

株当たりの時間当たりの溢泌液中の無機成分の含量は Table 4 に示すとおりで、溢泌液中の無機成分の含量はすべて窒素施肥濃度が高いほど増加し、特に窒素、リン、マンガン、銅などの増加が著しかった。

Table 4 . Effect of nitrogen on the mineral elements flux in bleeding xylem sap (mg/plant/10h)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Total-N	P	K	Ca	Mg	×10 ⁻³			
								Fe	Mn	Cu	Zn
N200ppm	2.983	0.312	10.052	0.735	4.300	1.135	0.466	2.007	1.951	1.260	0.992
N400ppm	3.730	1.713	17.390	1.051	4.463	1.361	0.748	2.452	5.284	3.015	1.353
N600ppm	5.890	2.565	28.502	1.967	5.500	1.960	1.151	2.466	10.540	6.830	2.087

3) 溢泌液中のサイトカイニンの濃度と含量

Table 5 に見られるように、窒素施肥濃度が高いほど、溢泌液中のサイトカイニンの濃度がやや減少した。しかし、木部溢泌液の溢泌速度は窒素施肥濃度の増加にしたがって増加したので、株当たりの時間当たりの溢泌液中のサイトカイニンの含量は窒素600ppm 区が最も多かったが、窒素200ppm 区と窒素400ppm 区との間には著しい差異が見られなかった。

Table 5 . Effect of nitrogen on the concentration and flux of cytokinin in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	Cytokinin concentration (ng zeatin/ml sap)	Cytokinin flux (ng zeatin/plant/h)
N200ppm	1.115	0.066	0.074
N400ppm	1.409	0.056	0.079
N600ppm	2.108	0.053	0.112

4) 溢泌液中の ABA 濃度と含量

Table 6 に見られるように培養液中の窒素濃度が増加するとともに、溢泌液中の ABA 濃度が著しく減少したので、溢泌液の溢泌速度が増加したにもかかわらず、株当たりの時間当たりの溢泌液中の ABA 含量は窒素600ppm 処理区が一番少く、次いで窒素200ppm 処理区で、窒素400ppm 処理区が一番多かった。

Table 6 . Effect of nitrogen on the concentration and flux of ABA in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	ABA concentration (ng/ml sap)	ABA flux (ng/plant/h)
N200ppm	1.115	0.103	0.115
N400ppm	1.409	0.093	0.131
N600ppm	2.108	0.037	0.078

5) 溢泌液中の GAs の濃度と含量

溢泌液中の GAs 濃度に対する窒素施肥濃度の影響は Table 7 に示すとおりである。窒素施肥濃度が高いほど、溢泌液中の GAs の濃度が増加した。窒素600ppm 処理区の GAs の濃度はほぼ窒素200ppm 処理区の倍であった。窒素施肥濃度の増加にしたがって、株当たりの時間当たりの溢泌液

Table 7. Effect of nitrogen on the concentration and flux of GAs in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	GAs concentration ($\times 10^{-3}$ ng GA ₃ equiv/ml sap)	GAs flux ($\times 10^{-3}$ ng GA ₃ equiv/plant/h)
N200ppm	1.115	0.894	0.997
N400ppm	1.409	1.702	2.398
N600ppm	2.108	2.153	4.539

中の GAs の含量も増加した。また、サイトカイニンあるいは ABA に比べて、溢泌液中の GAs 含量はかなり低い傾向がみられた。

第2実験 リン施肥濃度の影響

1) 株の生育状態

リン施肥濃度の増加にしたがって、株の生育が抑制され、葉、莖、根の新鮮重と乾物重、そして葉面積ともに減少した。特に、莖重と葉重の減少が著しかった (Table 8)。

Table 8. Effect of phosphorus on the growth of seedlings*

Treatments	Root weight (g)		Stem weight (g)		Leaf weight (g)		Leaf area (cm ²)
	FW	DW	FW	DW	FW	DW	
P200ppm	45.0	4.6	64.1	7.1	75.6	8.0	2177.6
P400ppm	35.7	4.1	58.0	6.2	67.3	7.5	1957.6
P600ppm	34.8	3.6	47.7	4.7	58.3	6.0	1692.2

* Values represent means for ten plants; FW, fresh weight; DW, dry weight.

2) 溢泌液中の無機成分の濃度と含量

Table 9 に見られるように、溢泌液中の窒素、カリ、カルシウム、マグネシウム、マンガンの濃度はリン施肥濃度の増加にしたがって低下した。溢泌液中のリンと亜鉛の濃度はリン施肥濃度の増加にしたがって逆に増加した。溢泌液中の鉄と銅はリン200ppm 処理において一番高かった。

Table 9. Effect of phosphorus on the concentration of mineral elements in bleeding xylem sap (ppm)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Total-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
P200ppm	302.8	32.2	1011.0	58.5	391.3	112.7	46.1	0.107	0.175	0.148	0.025
P400ppm	284.1	28.8	942.4	58.5	339.1	94.1	51.8	0.064	0.091	0.091	0.028
P600ppm	191.2	22.0	878.5	64.0	242.2	38.2	40.6	0.074	0.046	0.110	0.032

Table 10 に見られるように、リン施肥濃度が高いほど、株当たりの時間当たりの溢泌液中のすべて無機成分の含量が減少した。これは培養液中のリン濃度の増加に伴って溢泌液の溢泌速度の減少によるものである。

3) 溢泌液中のサイトカイニンの濃度と含量

Table 11 に見られるように、リン施肥濃度が増加するにつれて、溢泌液中のサイトカイニンの濃

Table 10. Effect of phosphorus on the mineral elements flux in bleeding xylem sap (mg/plant/10h)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Total-N	P	K	Ca	Mg	×10 ⁻³			
								Fe	Mn	Cu	Zn
P200ppm	6.056	0.644	20.220	1.171	7.826	2.254	0.922	2.140	3.500	2.960	0.500
P400ppm	5.114	0.518	16.963	1.054	6.104	1.693	0.932	1.152	1.638	1.692	0.504
P600ppm	1.358	0.155	6.237	0.454	1.720	0.271	0.288	0.525	0.327	0.781	0.227

Table 11. Effect of phosphorus on the concentration and flux of cytokinin in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	Cytokinin concentration (ng zeatin/ml sap)	Cytokinin flux (ng zeatin/plant/h)
P400ppm	1.800	0.121	0.218
P600ppm	0.710	0.244	0.173

度が増加した。しかし木部溢泌液の溢泌速度が著しく減少したので、株当たりの時間当たりの溢泌液中のサイトカイニンの含量は減少した。

4) 溢泌液中の ABA 濃度と含量

Table 12に示しているように、リン施肥濃度の増加にしたがって、溢泌液中の ABA 濃度が増加した。株当たりの時間当たりの溢泌液中の ABA の含量はリン600ppm 処理区で一番多く、次いでリン400ppm 処理区で、リン200ppm 処理区が一番少なかった。

Table 12. Effect of phosphorus on the concentration and flux of ABA in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	ABA concentration (ng/ml sap)	ABA flux (ng/plant/h)
P400ppm	1.800	0.167	0.300
P600ppm	0.710	0.429	0.305

5) 溢泌液中の GAs の濃度と含量

溢泌液中の GAs の濃度と含量に及ぼすリン施肥濃度の影響は Table 13に示すとおりである。溢泌液中の GAs 濃度はリン600ppm 処理区で一番高かったが、株当たりの時間当たりの溢泌液中の GAs の含量はリン200ppm 処理区で一番高かった。リン400ppm 処理区とリン600ppm 処理区との間に大きい差異は見られなかった。

Table 13. Effect of phosphorus on the concentration and flux of GAs in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	GAs concentration (×10 ⁻³ ng GA ₃ equiv/ml sap)	GAs flux (×10 ⁻³ ng GA ₃ equiv/plant/h)
P400ppm	1.800	0.992	1.786
P600ppm	0.710	2.219	1.576

第3実験 カリ施肥濃度の影響

1) 株の生育状態

カリ施肥濃度の増加にしたがって、ナスの生育が旺盛になり、根重、莖重、葉重そして葉面積が増加した (Table 14)。

Table 14. Effect of potassium on the growth of seedlings *

Treatments	Root weight (g)		Stem weight (g)		Leaf weight (g)		Leaf area (cm ²)
	FW	DW	FW	DW	FW	DW	
K200ppm	42.8	4.0	55.6	5.9	64.9	6.8	1890.3
K400ppm	45.9	4.6	76.1	8.9	67.6	7.5	2150.5
K600ppm	50.9	5.2	83.4	9.9	73.9	8.0	2203.4

* Values represent means for sixteen plants; FW, fresh; DW, dry weight.

2) 溢泌液中の無機成分の濃度と含量

Table 15に見られるように、カリ施肥濃度を200ppm から400ppm に高めると、溢泌液中の窒素、リン、カリ、マグネシウムなどの濃度が急に増加した。400ppm を越えると、溢泌液中の窒素、リン、マグネシウムの濃度がやや低下したが、400ppm 処理区と600ppm 処理区との間にあまり差異は見られなかった。鉄、マンガン、亜鉛の濃度はカリ施肥濃度の増加にしたがって増加した。カルシウムと銅はカリ施肥濃度が高いほど減少する傾向が見られた。

株当たりの時間当たりの溢泌液中の無機成分の含量は Table 16に示すとおりである。銅を除いて、ほとんどの無機成分の溢泌液中の含量はカリ施肥濃度の増加にしたがって増加した。

Table 15. Effect of potassium on the concentration of mineral elements in bleeding xylem sap (ppm)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Total-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
K200ppm	210.6	10.3	1065.3	62.6	322.2	122.7	41.1	0.103	0.082	0.118	0.066
K400ppm	524.8	22.4	1311.2	94.4	573.7	98.2	57.5	0.118	0.103	0.032	0.093
K600ppm	508.1	23.6	1270.2	93.3	576.7	82.3	52.5	0.179	0.138	0.049	0.094

Table 16. Effect of potassium on the mineral elements flux in bleeding xylem sap (mg/plant/10h)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Total-N	P	K	Ca	Mg	×10 ⁻³			
								Fe	Mn	Cu	Zn
K200ppm	3.094	0.151	15.649	0.919	4.734	1.802	0.604	1.513	1.205	1.733	0.970
K400ppm	13.089	0.559	32.701	2.354	14.308	2.449	1.434	2.943	2.569	0.798	2.319
K600ppm	18.898	0.877	47.239	3.470	21.447	3.061	1.954	6.657	5.132	1.822	3.496

3) 溢泌液中のサイトカイニンの濃度と含量

Table 17に見られるように、カリ200ppm 処理区において溢泌液中のサイトカイニン濃度がもっとも高かった。カリ施肥濃度の増加にしたがって、溢泌液の溢泌速度が急激に増加し、株当たりの時間当たりの溢泌液中のサイトカイニンの含量も増加した。カリ600ppm 処理区で溢泌液中のサイトカイニンの含量が一番多く、カリ200ppm 処理区ではもっとも少なかった。

4) 溢泌液中のABA濃度と含量

Table 18に見られるように、溢泌液中のABA濃度はカリ施肥濃度が高いほど高くなり、株当たりの時間当たりの溢泌液中のABA含量はカリ400ppm 処理区でもっとも多かった。カリ600ppm 処理区においてもっとも少なかった。

Table 17. Effect of potassium on the concentration and flux of cytokinin in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	Cytokinin concentration (ng zeatin/ml sap)	Cytokinin flux (ng zeatin/plant/h)
K200ppm	1.469	0.085	0.124
K400ppm	2.494	0.073	0.182
K600ppm	3.719	0.068	0.253

Table 18. Effect of potassium on the concentration and flux of ABA in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	ABA concentration (ng/ml sap)	ABA flux (ng/plant/h)
K200ppm	1.469	0.113	0.166
K400ppm	2.494	0.069	0.172
K600ppm	3.719	0.040	0.149

5) 溢泌液中の GAs の濃度と含量

溢泌液中の GAs の濃度と含量は Table 19 に示すとおりである。カリ600ppm 処理区において溢泌液中の GAs の濃度がもっとも高く、カリ200ppm 処理区においてもっとも低かった。また、カリ施肥濃度が200ppm から600ppm に高まると、株当たりの時間当たりの溢泌液中の GAs の含量は増加した。

Table 19. Effect of potassium on the concentration and flux of GAs in bleeding xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/plant/h)	GAs concentration ($\times 10^{-3}$ ng GA ₃ equiv/ml sap)	GAs flux ($\times 10^{-3}$ ng GA ₃ equiv/plant/h)
K200ppm	1.469	0.985	1.447
K400ppm	2.494	1.055	2.631
K600ppm	3.719	1.157	4.303

考 察

Table 2 に見られるように窒素施肥濃度の増加に伴ってナスの生育が良好になった。齊藤¹⁾も窒素濃度の増加が生育を促進すると報告している。本実験で供試した窒素濃度はそれよりかなり高かったが、やはり窒素濃度が高いほど生育が促進される傾向がみられた。一般的には600ppm ほど高い濃度は濃度障害を引き起こすはずであるが、本実験では培養液をかけた直後に灌水したことや、ポットが小さいことによって、窒素濃度が高いほど生育が旺盛になったのではないかと考えられる。

窒素施肥濃度が200ppm から400ppm に高めると、溢泌液中の窒素の濃度が急に高くなった (Table 3)。沢口⁷⁾もアズキにおいて窒素施肥量が多いと溢泌液中の全窒素が増加すると報告し、本実験の結果と一致している。リン、マグネシウムの濃度も窒素600ppm 処理区でもっとも高かった。これは窒素がリンの吸収促進を招き、それに伴って相剰関係にあるマグネシウムの吸収も増加したもののと思われる。高い NH₄⁺ の存在はカリの吸収を抑制すると報告されている²⁰⁻²¹⁾。また、鈴木ら³⁾が窒素施肥量が多いと、葉中のカルシウムの含量が低くなると報告している。本実験で溢泌液中のカリ、カルシウム、鉄の濃度が培養液中の窒素濃度の増加にしたがって低下したのは培養液中の高

NH_4^+ による拮抗作用および硝酸態窒素の増加による塩類濃度の増加によってこれらの養分の吸収が抑制されたためと考えられる。WILCOX²²⁾らはアンモニア態窒素が多いと、溢泌液中のカルシウムの濃度が減少すると報告し、本実験の結果と一致していた。

培養液中の窒素濃度の増加にしたがって、溢泌液の溢泌速度が速くなったため、株当たりの時間当たりの溢泌液中の無機成分の含量が多くなった (Table 4)。MASUDA ら⁵⁾は自根キュウリに比べて、接ぎ木キュウリにおいて溢泌液の溢泌速度が速く、溢泌液中の無機成分の濃度が高いことから接ぎ木キュウリの養水分の吸収が優れるという結論を出している。したがって、窒素600ppm条件下で、生育が良好であったのは無機成分の吸収が増加し、それによってナスの生育が促進されたものと考えられる。

培養液中の窒素濃度の増加にしたがって、株当たりの時間当たりの溢泌液中のサイトカイニンの含量が増加した (Table 5)。これは根で生産されるサイトカイニンの量が栄養条件によって影響されることを示唆している。木部溢泌液中のサイトカイニンのレベルが土壌温度、土壌 pH、湛水などによって影響されると報告されている²³⁻²⁶⁾。また、木部溢泌液中のサイトカイニンレベルに及ぼす栄養条件の影響については、SALAMA ら²⁷⁾、WAGNER ら²⁸⁾はヒワマリにおいて窒素欠乏がサイトカイニンの含量を低下させたと報告している。SATTELMACHER ら²⁹⁾はジャガイモにおいて窒素を取り除くと、溢泌液中のサイトカイニンのレベルが大きく減少したと報告している。本実験の結果と一致している。サイトカイニンは主として根の先端部で作られ³⁰⁻³¹⁾、蒸散流にしたがって地上部に送られている³²⁻³⁴⁾ことから、溢泌液中のサイトカイニンレベルは根量に著しく影響されるものと思われる。本実験の結果は十分な窒素供給が根の生育を促進し、サイトカイニンの生産を高めたものと思われる。しかし、KUIPER ら³⁵⁾は無機成分が直接にサイトカイニンの合成に関与しているという報告を行っていることから、両者が関係しているとも考えられる。サイトカイニンは細胞分裂、花芽の形成、老化の防止、RNA とタンパク質の合成などさまざまな生理過程に深く関わっている³⁶⁻⁴⁰⁾。SKENE ら⁴¹⁾はブドウにおいて、STEVENS ら⁴²⁾はオウトウにおいて木部溢泌液中のサイトカイニンの量が多いほど、収量が増加すると報告している。これらの報告を考慮し、本実験の結果を見ると、窒素600ppm 処理区では根でのサイトカイニンの生産が多く、それが木部を経て地上部に送られ、生育を促進したのではないかと考えられる。

培養液中の窒素濃度が高いほど、溢泌液中の ABA の含量はむしろ減少した (Table 6)。鄭ら⁴³⁾はイネにおいて地上部全体の内生 ABA 含量は窒素施肥の増加にしたがって減少すると報告している。DAIE ら⁴⁴⁾も窒素欠乏が葉中の ABA の含量を増加させたと報告している。本実験の結果と一致している。また、溢泌液中の ABA のレベルについては水ストレス条件下で増加すると報告されている^{13,16)}。木部溢泌液中の ABA は根で作られたものか、あるいは葉で作られ、根に送られ、再び木部を経て、地上部に送られるものかについてはまだ論議のあるところであるが、生育に不利な条件下では抑制物質としての ABA の生産が増加し、生育に有利な条件下では ABA の生産が抑えられると思われる。

窒素濃度が200ppm から600ppm に高めると、溢泌液中のジベレリン濃度が増加した (Table 7)。RAJAGOPAL ら⁴⁵⁾はトマト生長点のジベレリンを調査し、少窒素の場合では生長点のジベレリン含量が少ないと報告し、少窒素条件ではジベレリンの合成あるいは合成酵素の活性が抑制され、逆に生長抑制物質の生産あるいは蓄積が促進されるのではないかと指摘している。本実験の結果もそれを支持している。ジベレリンは植物の炭水化物の転移、DNA、RNA、タンパク質などの合成を促進することが報告されている⁴⁶⁻⁵⁰⁾。YADAVA ら⁵¹⁾はリンゴにおいて葉、茎組織のジベレリンのレベルが生長と関連していると報告している。また、REID ら⁵²⁻⁵³⁾は湛水の場合、木部溢泌液中のジベレリンが減少し、それによって茎の伸長が抑えられたと報告している。それらの報告から、窒素

600ppm 処理区では、ジベレリンが多いので、生育が促進されたと考えられる。もちろん、高濃度の窒素が生育を促進して、ジベレリンの生産が盛んになった可能性も否定できないように思われる。

リン施肥濃度を200ppm から600ppm に高めると、ナスの生長が抑制された (Table 8)。これはナスの生育にとって400ppm 以上のリン施肥濃度が高すぎたためと考えられる。ただ、高リン濃度の直接的な働きか、あるいはそれに伴うリン源として使用したリン酸ナトリウムのナトリウムの増加によるものかは明らかでなかった。Table 9 から見ると、リン、鉄、銅、亜鉛を除いて、ほかの無機成分の濃度はリン600ppm 処理区で最も低かった。これは拮抗作用によって窒素、カリ、カルシウム、マグネシウムなどの吸収が抑制されたと考えられる。リン施肥濃度が高いほど、溢泌液中の無機成分の含量は減少した (Table 10)。これは培養液の浸透圧が高くなり溢泌液の溢泌速度が遅くなったことと、リンの拮抗作用による養分吸収が抑制されたためと考えられる。また、この養分吸収の減少が生育不良を促進したと考えられる。

リン施肥濃度の増加にしたがって、株当たりの時間当たりの溢泌液中のサイトカイニンの含量が減少した (Table 11)。DHILLON⁵⁴⁾ はスズカゲノキの生長に及ぼすリンの影響を調べ、その結果として、0.02mM と0.5mM よりも0.1mM のリンの濃度で草丈、茎の太さ、葉面積が大きく、木部の溢泌液中のサイトカイニン量も0.1mM 以上の濃度になると、急激に減少し、木部のサイトカイニンの生産量が乾物重、茎の長さとも太さ、そして葉面積と密接に関連していることを報告した。この結果から植物によってある限界を越える高い濃度のリンはサイトカイニンの生産にとって不利であるように思われる。SALAMA ら²⁷⁾、WAGNER ら²⁸⁾、JAKO⁵⁵⁾ は少リンの条件でサイトカイニンの生産が抑えられると報告しているが、彼らの実験に用いられたリンの濃度があまり低いためと思われる。

培養液中のリン濃度が増加すると、ABA の溢泌量が増加した (Table 12)。これは MIZRAHI ら⁵⁶⁾ が指摘しているように生育に不利な条件において植物の ABA の生産量が増加したのではないかと考えられる。リン600ppm 処理区で、ABA の生産量が多く、それが生育を抑制した一つの原因になったのではないかと考えられる。

リン200ppm 処理区でジベレリンの溢泌量をもっとも多かった (Table 13)。生育に有利な条件下では促進物質としてのジベレリンが多く生産され、ジベレリンが多いことは生育が旺盛になる原因の一つではないかと考えられる。

カリの施肥濃度の増加にしたがって生育が著しく旺盛になった (Table 14)。斉藤¹⁾ はカリ濃度を10、80、160ppm と変えて苗を育成した場合、80ppm あるいは160ppm 区で花の発育が旺盛で、開花が早く、花の各器官の分化、発育が増大したと報告した。本実験に用いられたカリの濃度は彼の報告より高かったが、同じ傾向であった。カリと窒素との濃度バランスによって著しく生育が影響されることを加藤⁵⁷⁾ はピーマンにおいて報告しているが、本実験の培養液中の硫酸カリの硫酸成分の供給が窒素の利用を高め、生育を促進したのかもしれない。

カリ施肥濃度が高いほど、溢泌液中の硝酸態窒素、マンガンなどの濃度が増加した (Table 15)。BLEVINS ら⁵⁸⁾ はコムギにおいて、MINOTT ら⁵⁹⁾ はオオムギにおいてカリが十分な条件下で硝酸態窒素の吸収が促進されたと報告している。また、RAMANI ら⁶⁰⁾ はカリがマンガンの吸収を促進すると報告している。本実験の結果と一致していた。カリ施肥濃度が高いほど、溢泌液中のカルシウムの濃度が減少した。これはカリとカルシウムとの拮抗作用によるものと考えられる。株当たりの時間当たりの溢泌液中の無機成分の含量がカリ施肥濃度の増加にしたがって増加した。これはカリが生育を促進して、根量が多くなったため無機養分の吸収が促進され、またそれによって生育が促進されたのではないかと考えられる。

カリ施肥濃度が増加するにしたがって、溢泌液中のサイトカイニンの含量が多くなった (Table 17)。STANEV ら⁶¹⁾ はカリ欠乏がサイトカイニンの代謝の乱れを引き起こすのではないかと報告し

ている。SALAMA ら²⁷⁾も少カリの条件下で葉と根の中に含まれているサイトカイニンが少なくなると報告している。カリはサイトカイニンの合成に関与し、カリ施肥濃度が600ppmのほうがサイトカイニンの生産が多く促進されると考えられる。

カリ施肥濃度が高いほど、溢泌液中のABAの含量が少なく、ジベレリンの含量が多くなった (Table 18, Table 19)。これはカリの直接の働きか、あるいは、生育を促進した結果によるものかは本実験では明らかではなかったが、カリ600ppm処理区において促進物質としてのジベレリンが多く、抑制物質としてのABAが少ないことは生育が旺盛になった原因の一つであると思われる。

3つの実験ともに、株当たりの時間当たりの溢泌液中の無機成分の含量、サイトカイニンの含量とジベレリンの含量はつねに生育が旺盛な処理区で多く、生育が不良な区で少ない傾向がみられた。無機成分の吸収が多く、サイトカイニン、ジベレリンの生産が旺盛な場合ではナスの生育が旺盛になると思われる。

本実験から生育が旺盛で根が多いほど、サイトカイニンの溢泌量が多かった。これは根がサイトカイニンの生産器官であることを裏付けたものと思われる。RICHARDS ら⁶²⁾が指摘しているように根で生産されたサイトカイニンが地上部の生育をコントロールしているのではないかと考えられた。ジベレリンは根でも合成されるという報告もあるが⁶³⁻⁶⁴⁾。木部溢泌液中のジベレリンがすべて根で作られたのかについては明らかではない。木部溢泌液中のジベレリンの含量が生育と深く関係していることは確かのようなのである。

ABAの変化について一定な傾向が見られないが、主として生育が旺盛な処理区でその生産が少なく、生育に不利な条件でABA生産が多い傾向が見られた。ストレス条件下で、ABA生産量の増加によって、植物の不良条件に対する抵抗力が増加するのではないかと考えられる。

以上の結果より、木部溢泌液中の無機成分の含量およびホルモンのレベルは植物の生育状態特に根量によって影響される。また、無機成分は生育に影響を与えることによって、ホルモンの生産に関与しているように思われる。

要 約

ナスの生育に及ぼす窒素, リン, カリ施肥濃度の影響について木部溢泌液中の無機成分ならびにホルモンのレベルの観点から検討した。

1. 窒素施肥濃度の増加にしたがって、苗の生育が旺盛になった。窒素施肥濃度が高いほど、溢泌液が多く、その中の窒素, リン, マグネシウムの濃度が増加したが、カリとカルシウムの濃度は減少した。しかし、株当たりの時間当たりの溢泌液中の無機成分の含量はすべて増加した。窒素600ppm処理区において溢泌液中のサイトカイニンとGAsの含量がもっとも多く、ABAの含量がもっとも少なかった。

2. リン施肥濃度が200ppmから600ppmに高まると、ナスの生育が抑制された。溢泌液中のリンの濃度は増加したが、窒素, カリ, カルシウムの濃度が低くなった。マグネシウムの濃度はあまり変わらなかった。リン施肥濃度が高いほど、溢泌液中の時間当たりの株当たりの無機成分の含量が減少し、サイトカイニンとGAsの含量も減少し、逆にABAの含量が増加した。

3. カリ施肥濃度が高いほど、ナスの生育が促進され、溢泌液中のカリの濃度が増加したが、カルシウムの濃度は低下した。溢泌液中の窒素, リン, マグネシウムの濃度は窒素400ppm処理区でもっとも高かった。溢泌液中の無機成分の含量はすべてカリ施肥濃度が高くなるにつれて増加した。溢泌液中のサイトカイニンとGAsの含量はカリ施肥濃度が高いほど多くなったが、ABAの含量は減少する傾向が見られた。

文 献

- 1) 斉藤 隆：トマトの生育ならび開花・結実に関する研究 (第14報)。花の發育並びに形態に及ぼす窒素・リン酸・カリの施肥量の影響。山形大学紀要, 7, 239-252 (1974)。
- 2) 嶋田永生・武井昭夫：そ菜類の窒素施肥に関する基礎的研究 (第2報)。そ菜の生育に及ぼす培養液濃度の影響。愛知県園試研報, 4, 62-71 (1966)。
- 3) 鈴木義彦・小田雅行・西村 剛・志村 清：施設内ナスの好適無機成分濃度に関する研究。野試報A, 13, 85-92 (1985)。
- 4) 吉江修司・島田典司：蔬菜類苗の栄養生理的研究 (第1報)。苗床の肥沃度とトマト苗の組成成分について。千葉大園学報, 11, 93-102 (1963)。
- 5) MASUDA, M. and GOMI, K. : Diurnal changes of the exudation rate and the mineral concentration in xylem sap after decapitation of grafted and non-grafted cucumbers. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 51, 293-298 (1982)。
- 6) 折谷隆志・葭田隆治：作物の窒素代謝に関する研究 (第7報)。作物体の溢泌液及び各器官における可溶性窒素化合物について。日作紀, 39, 355-361 (1972)。
- 7) 沢口正利：アズキの器官および木部溢泌液中の窒素化合物組成に及ぼす窒素施肥の影響。日本土壤肥料学雑誌, 57, 286-292 (1986)。
- 8) ATSMON, D., LANG, A. and LIGHT, E. N. : Contents and recovery of gibberellins in monoecious and gynoeious cucumber plants. *Plant physiol.*, 43, 808-810 (1968)。
- 9) CARR, D. J., REID, D. M. and SKENE, K. G. M. : The supply of gibberellins from root to the shoot. *Planta*, 197, 620-621 (1964)。
- 10) DAVEY, J. E. and van STADEN, J. : Cytokinin translocation : changes in zeatin and zeatinriboside levels in the root exudate of tomato plants during their development. *Planta (Bergl.)*, 130, 69-72 (1976)。
- 11) DAVISON, R. M. : Growth-inhibiting substance in xylem. *Nature*, 197, 620-621 (1963)。
- 12) DAVISON, R. M. and YOUNG, H. : Abscisic-acid content of xylem sap. *Planta*, 109, 95-98 (1973)。
- 13) HOAD, G. V. : Effect of osmotic stress on abscisic acid levels in xylem sap of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Planta*, 124, 25-29 (1975)。
- 14) JONES, O. P. and LACEY, H. J. : Gibberellin-like substances in the transpiration stream of apple and pear trees. *J. Exp. Bot.*, 19, 526-531 (1968)。
- 15) KENDE, H. : Preservation of chlorophyll in leaf sections by substances obtained from root exudate. *Science*, 145, 1066-1067 (1964)。
- 16) LACHNO, D. R. and BAKER, D. A. : Stress induction of abscisic acid in maize roots. *Physiol. Plant.*, 68, 215-221 (1986)。
- 17) PHILLIPS, I. D. J. and JONES, R. L. : Gibberellin-like activity in bleeding sap of root systems of *Helianthus annuus* detected by a new dwarf pea epicotyl assay and other methods. *Planta*, 63, 269-278 (1964)。
- 18) SKENE, K. G. M. : Gibberellin-like substances in root exudate of *Vitis vinifera*. *Planta*, 74, 250-262 (1967)。
- 19) 折谷隆志：登熟期における水稻の光合成速度と内生植物ホルモンの関係。日作紀 (別号2), 54, 184-185 (1985)。
- 20) RUTFTY, T. W., JACKSON, W. A. and RAPER, C. D. : Inhibition of nitrate assimilation in roots in the presence of ammonium : the moderating influence of potassium. *J. Exp. Bot.*, 29, 109-120 (1982)。

- 21) ROSEN, C. J. and CALSON, R. M. : Characterization of K^+ and NH_4^+ absorption by myrobalan plum and tomato : influence of plant potassium status and solution concentrations of K^+ and NH_4^+ . *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 109, 552-559 (1984).
- 22) WILCOX, G. E., MITCHELL, C. A. and HOFF, J. E. : 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 (1977).
- 23) ATKIN, R. K., BARTON, G. E. and ROBISON, D. K. : Effect of root growth temperature on the growth substances in xylem exudate of *Zea mays*. *J. Exp. Bot.*, 24, 475-487 (1973).
- 24) SKENE, K. G. M. and KERRIDGE, G. H. : Effects of root temperature on the cytokinin activity in root exudate of *Vitis Vinifera L.* *Plant Physiol.*, 42, 1131-1139 (1967).
- 25) BURROWS, W. J. and CARR, D. J. : Effects of flooding the root system of sunflower plant on the cytokinin content in the xylem sap. *Physiol. Plant.*, 22, 1105-1112 (1969).
- 26) BANKO, T. J. and BOE, A. A. : Effects of pH, temperature, nutrient, ethephon, and chlormequat on endogenous cytokinin levels of *Coleus blumei* Benth. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 100, 168-172 (1975).
- 27) SALAMA, A. M. S. El-D. A. and WAREING, P. E. : Effects of mineral nutrition on endogenous cytokinin in plants of sunflower. *J. Exp. Bot.*, 30, 971-981 (1979).
- 28) WAGNER, H. and MICHAEL, G. : Der einfluß unterschiedlicher stickstoffversorgung auf die cytokinbildung in wurzeln von sonnenblumenpflanzen. *Biochem. Physiol. Pfl.*, 162, 147-158 (1971).
- 29) SATTELMACHER, B. and MARCHNER, H. : Relation between nitrogen nutrition, cytokinin activity and tuberization in *Solanum tuberosum*. *Physiol. Plant.*, 44, 65-68 (1978).
- 30) ENGELBRECHT, L. : Cytokinins in leaf cuttings of *Phaseolus vulgaris L.* during their development. *Biochem. Physiol. Pflanz.*, 163, 335-343 (1972).
- 31) SHORT, K. C. and TORRY, J. G. : Cytokinins in seedling roots of pea. *Plant Physiol.*, 49, 155-160 (1972).
- 32) LUCKWILL, L. C. and WHYTE, P. : Hormones in the xylem sap of apple trees. In *Plant Growth Regulators*. Society of Chemical Industry, London. p. 87-101 (1968). ISBN 901001007. (S. C. I. Monogr. no. 31).
- 33) MORRIS, D. A. : Distribution and metabolism of root applied cytokinins in *Pisum sativum* cultivar meteor. *Physiol. Plant.*, 52, 251-256 (1981).
- 34) MOZES, R. and ALTMAN, A. : Characteristics of root to shoot transport of cytokinin 6-benzylaminopurine in intact seedlings of *Citrus aurantium*. *Physiol. Plant.*, 39, 225-232 (1977).
- 35) KUIPER, D. and STAAL, M. : The effects of exogenously applied plant growth substances on the physiological plasticity in *Plantago major ssp. pleiosperma* : Responses of growth, shoot to root ratio and respiration. *Physiol. Plant.*, 69, 651-658 (1987).
- 36) COLBERT, K. A. and BEEVER, J. E. : Effect of disbudding on root cytokinin export and leaf senescence in tomato and tobacco. *J. Exp. Bot.*, 32, 121-127 (1981).
- 37) LEOPOLD, A. C. and KAWASE, M. : Benzyladenine effects on bean leaf growth and senescence. *Am. J. Bot.*, 51, 294-298 (1964).
- 38) LETHAM, D. S. and WILLIAMS, M. W. : Regulators of cell division in plant tissues. VIII The cytokinins of the apple fruit. *Physiol. Plant.*, 22, 925-936 (1969).
- 39) OSBORNE, D. J. : Effect of kinetin on protein and nucleic acid metabolism in *Xanthium* leaves during senescence. *Plant Physiol.*, 37, 595-602 (1962).
- 40) SCHISTAD, I. J. and NISSEN, P. : Cytokinin-induced retention of chlorophyll in senescing barley leaves : Complexity of dose response. *Physiol. Plant.*, 61, 566-570 (1984).

- 41) SKENE, K. G. M. and ANTCLIFF, A. J. : A comparative study of cytokinin levels in bleeding sap of *Vitis vinifera* L. and two grapevine rootstocks, Salt Creek and 1613. *J. Exp. Bot.*, 23, 283-293 (1972).
- 42) STEVENS, G. A. Jr. and WESTWOOD, M. N. : Fruit set and cytokinin-like activity in the xylem sap of sweet cherry (*Prunus avium*) as affected by rootstock. *Physiol. Plant.*, 61, 464-468 (1984).
- 43) 鄭 永吉・太田保夫 : イネの光化学オキシゲンド障害に関する生理的研究 (第4報). イネの内生アブシジン酸 (ABA) 含量およびオゾン感受性に及ぼす窒素施肥量の影響. 日作紀, 50, 570-574 (1981).
- 44) DAIE, J., SEELEY, S. D. and CAMPBELL, W. F. : Nitrogen deficiency influence on abscisic acid in tomato. *HortScience*, 14, 261-262 (1979).
- 45) RAJAGOPAL, V. and RAO, I. M. : Changes in the endogenous level of auxins and gibberellin-like substances in the shoot apices of nitrogen-deficient tomato plants. *Aust. J. Bot.*, 22, 429-435 (1974).
- 46) BEEVERS, L. : Effect of gibberellin acid on the senescence of leaf discs of nasturtium (*Tropaeolum majus*). *Plant Physiol.*, 41, 1074-1076 (1966).
- 47) FLETCHER, R. A. : Regulation of protein and nucleic acid synthesis by gibberellin during leaf senescence. *Nature*, 207, 1176-1177 (1965).
- 48) HOLM, R. E. and KEY, J. L. : Hormonal regulation of cell elongation in the hypocotyl of rootless soybean : An evaluation of the role of DNA synthesis. *Plant Physiol.*, 44, 1295-1302 (1969).
- 49) NITSAN, J. and LANG, A. : DNA synthesis in the elongating nondividing cells of the epicotyl and its promotion by gibberellin. *Plant Physiol.* 41 : 965-970 (1966).
- 50) WEAVER, R. J., SHINDY, W. and KLIEWER, W. M. : Growth regulator induced movement of photosynthetic products into fruits of 'Black Corinth' grape. *Plant Physiol.*, 44, 183-188 (1969).
- 51) YADAVA, U. L. and LOCKARD, R. G. : Abscisic acid and gibberellin in three ungrafted apple (*Malus sylvestris*) rootstock clones. *Physiol. Plant.*, 40, 225-229 (1977).
- 52) REID, D. M., CROZIER, A. and HARVEY, B. M. R. : The effects of flooding on the export of gibberellins from the root to the shoot. *Planta*, 89, 376-379 (1969).
- 53) REID, D. M. and CROZIER, A. : Effects of waterlogging on the gibberellin content and growth of tomato plants. *J. Exp. Bot.*, 22, 39-48 (1971).
- 54) DHILLON, S. S. : Influence of varied phosphorus supply on growth and xylem sap cytokinin level of sycamore (*Platanus occidentalis* L.) seedlings. *Plant Physiol.*, 61, 521-524 (1978).
- 55) JAKO, N. : The influence of the macroelement supply on the growth of single bud cuttings of the vine in relation to the cytokinin and growth inhibitor contents of the roots. *Horti. Abstr.*, 44, 9407 (1974).
- 56) MIZRAHI, Y. and RICHMOND, A. E. : Abscisic acid in relation to mineral deprivation. *Plant Physiol.*, 50, 667-670 (1972).
- 57) 加藤 徹 : ピーマンの着果習性と生育安定策. 農及び園, 46, 1323-1326 (1971).
- 58) BLEVINS, D. G., GARNETT, N. M. and FROST, W. B. : Role of potassium and malate in nitrate uptake and translocation by wheat seedlings. *Plant Physiol.*, 62, 784-788 (1978).
- 59) MINOTTI, P. L., WILLIAMS, D. C. and JACKSON, W. A. : Nitrate uptake and reduction as affected by calcium and potassium. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32, 692-702 (1968).
- 60) RAMANI, S. and KANNAN, S. : Effects of certain cations on manganese absorption by excised roots. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 5, 427-436 (1974).
- 61) STANEV, B., IVANOVA, I. and VASSILEV, G. : An attempt to correct the effect of potassium deficiency on photosynthesis and growth in beans by means of cytoquinine active compounds. *Comptes Rendus de l'Académie Agricole Georgiya Dimitova*, 5, 101-107 (1972).

- 62) RICHARDS, D. and ROWE, R. N. : Root-shoot interactions in peach : The function of the root. *Ann. Bot.*, 41, 1211-1216 (1977).
- 63) JONES, R. L. and PHILLIPS, I. D. J. : Organs of gibberellin synthesis in light-grown sunflower plants. *Plant Physiol.*, 41, 1381-1386 (1966).
- 64) JONES, R. L. and PHILLIPS, I. D. J. : Effect of CCC on the gibberellin content of excised sunflower organs. *Planta*, 72, 53-59 (1967).

(昭和62年9月30日受理)

(昭和62年12月28日発行)

