

ナス苗の生育及び木部溢泌液中の無機成分、ホルモンレベルに 及ぼす育苗時の植物ホルモン類処理の影響

楼 惠寧・加藤 徹
(農学部蔬菜園芸学研究室)

Effect of Hormone Treatments on the Growth, Mineral Elements and Hormones Level in Xylem Sap in Eggplant Seedlings

Huining LOU and Toru KATO
Laboratory of Vegetable Crops Science, Faculty of Agriculture

Abstract : This paper reports the effect of hormone application on the growth, mineral elements and endogenous hormones level in xylem sap in eggplant seedlings.

- 1) Application of 10 ppm BA to root zone promoted the leaf growth. Foliage application of 20 ppm GA₃ remarkably promoted the elongation of stem followed by a larger S/R value. Foliage application of 1 ppm IAA promoted seedling growth, especially the root growth, resulting in a smaller S/R value.
- 2) BA treatment induced a higher concentration and flux of mineral elements except P and Fe in xylem sap. Foliage application of GA₃ inhibited exudation rate and reduced flux of minerals except K, Cu in xylem sap. IAA treatment increased the rate of xylem exudation with a high concentration of mineral elements.
- 3) Cytokinin was increased by IAA treatment. GA₃ treatment resulted in a decrease in cytokinin level in xylem sap. The cytokinin level in xylem sap was closely correlated with root weight.
- 4) GA₃ treatment reduced the gibberellin-like substance level in xylem sap. The highest gibberellin level was found in IAA-treated seedlings.
- 5) Abscisic acid increased by IAA treatment and reduced by BA or GA₃ treatment.
- 6) No indoleacetic acid was detected in the IAA-treated seedlings. Lower indoleacetic acid level was recorded in the GA₃-treated seedlings.
- 7) From above-mentioned results it may be concluded that foliage application of IAA should produce smaller S/R seedlings with higher exudation rate of xylem sap which contained higher level of hormones and mineral elements.

緒 言

著者らは今まで、育苗時の環境が苗質にどのように影響し、それが収量にどう関係しているかを検討した結果、生産性の高い良苗の特徴として、節間が短いこと、葉面積が多いこと、及び茎重/根重 (S/R) 値が小さいことが認められた¹⁻³⁾。そこで、植物ホルモン類を用いて、苗の生育を調節し、良苗を確保することができないかと考えて、検討した。

ベンジルアデニン (BA) は葉面積を増加させ、あるいは光合成を増加させること⁴⁻⁵⁾、インドール酢酸 (IAA) は発根伸長を促進すること⁶⁾、また、ジベレリン (GA) は茎の伸長を促進する

こと⁷⁻⁹⁾が報告されていることから、これら異なった性質を持つホルモンを供試し、ナス苗の素質にどのような影響を及ぼし、さらに木部溢泌液中の無機成分とホルモンレベルがどうなっているかを調査した。

実験方法

'はやぶさ' ナスを供試し、1986年2月28日に砂床に播種し、子葉展開後、川砂をつめた5000分の1アールのワグナーポットに鉢上げした。活着まで水だけを与え、活着後毎日午前と午後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1回少量灌水し、萎凋を防止した。培養液の成分はTable 1に示すとおりである。処理区としてジベレリン (GA₃) 20 ppm、ベンジルアデニン (BA) 10 ppm、インドール酢酸 (IAA) 1 ppm のホルモン処理区と対照区 (水) の4区を設け、1区16株とした。ジベレリンとインドール酢酸は葉面散布により、またベンジルアデニンは根部灌注の方法で、4月16日から、各処理区とも株当たり10mlを週1回、合計4回処理した。

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 · 6 H ₂ O	Ca	80
Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	Mg	24
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	Fe	1
Na ₂ MoO ₄ · 2 H ₂ O	B	0.5
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	Mn	0.5
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	Cu	0.2
H ₃ BO ₃	Zn	0.05
C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O ₈ NaFe · 3 H ₂ O	Mo	0.05

5月11日に株元から5cmのところまで茎を切断し、ゴム管をはめて、朝8時から木部溢泌液を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、分析に供試した。また、株の生育を調査するため、根重、茎重、葉重と葉面積を測定した。

溢泌液の無機成分の分析：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：溢泌液をブタノールあるいは酢酸エチルで抽出し、サイトカイニン分画、アブシジン酸 (ABA)、インドール酢酸 (IAA) とジベレリン様物質 (GAs) 分画をえてから、既報¹⁰⁾で述べた方法と同じように、サイトカイニン、インドール酢酸とアブシジン酸は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によって、ジベレリン様物質はレタス胚軸生物検定法によって定量した。

結 果

1. 苗の生育状態 Table 2に見られるようにベンジルアデニン処理区では, 根重, 葉重, 莖重とも対照区よりやや大きくなってしたが, 大きな差は見られなかった。乾物分配率から見ると, 対照区よりわずかながら葉への乾物分配が増加し, 莖への分配が減少した。S/R値が対照区よりやや大きかったが, 有意差が認められなかった。

Table 2. Effect of hormones treatments on the growth and partitioning percentage of dry matter of seedlings^a

Treat- ments	Leaf area (cm ²)	Leaf weight (g)		Stem weight (g)		S/R
		FW	DW	FW	DW	
BA 10ppm	1074.8 b ^b	41.563 bc	3.969 bc (45.7) b	32.250 a	2.938 a (33.8) b	
GA ₃ 20ppm	1034.1 a	36.500 a	3.500 a (40.6) a	38.375 b	3.781 b (43.4) c	
IAA 1 ppm	1092.8 c	43.375 c	4.102 c (45.8) b	31.688 a	2.906 a (32.5) a	
Control	1069.9 b	40.367 b	3.833 b (45.5) b	31.067 a	2.854 a (33.9) b	

Root weight (g)			S/R
FW	DW		
27.933 b	1.781 b	(20.5) b	1.649 b
17.187 a	1.375 a	(16.0) a	2.725 c
30.625 c	1.944 c	(21.7) c	1.495 a
27.000 b	1.733 b	(20.6) b	1.646 b

^a Values in parenthesis indicate the partitioning percentage of dry matter.

^b Mean separation within columns by Duncan's multiple range test. 5. %.

ジベレリン処理区では, 莖の伸長が著しく促進され, 莖重が多く, ほぼ対照区の2倍となったが, 葉重と葉面積は対照区より少なかった。ジベレリン散布によって根への乾物分配が著しく低下し, 莖への乾物分配が高く, S/R値が著しく大きくなった。

インドール酢酸処理によって, 根重, 葉重, 莖重がともに増加した。特に葉重と根重の増加が著しく大きく, S/R値が対照区より小さくなった。

2. 木部溢泌液の溢泌速度 ベンジルアデニン処理とインドール酢酸処理によって木部溢泌液の溢泌速度が増加したが, ジベレリン処理によって著しく減少した (Fig. 1)。溢泌速度はほぼ根重の多少と関係し, インドール酢酸処理区では根量が多く, 溢泌速度も速く, 根量の少ないジベレリン処理区では溢泌速度も遅かった。

3. 木部溢泌液中の無機成分の濃度と含量 ベンジルアデニン処理によって, 溢泌液中の硝酸態窒素, アンモニア態窒素, 全窒素, カリ, カルシウム, マグネ

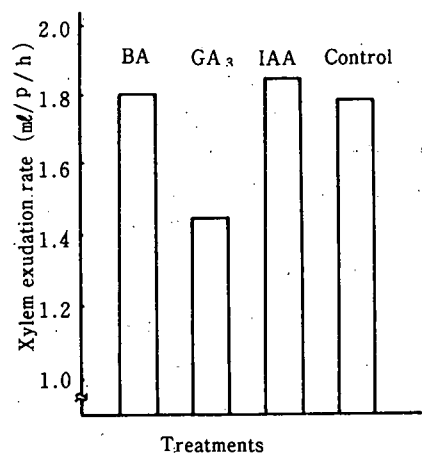


Fig. 1. Effect of hormones treatments on the xylem exudation rate (ml/p/h).

シウム、マンガン、銅の濃度が増加したが、リン、鉄、亜鉛の濃度は逆に低下した。ジベレリン処理によって、溢泌液中の大部分の無機成分の濃度が増加し、特にカリ濃度の増加が著しかった。しかし、アンモニア態窒素、鉄、亜鉛の濃度は低下する傾向が見られた。インドール酢酸散布によって、溢泌液中のほとんど無機成分の濃度が増加した (Table 3)。

Table 3. Effect of hormones treatments on the mineral elements concentration in xyle sap (ppm)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
BA 10ppm	213.9	17.0	678.5	61.5	266.5	85.7	34.7	0.194	1.357	0.073	0.616
GA ₃ 20ppm	212.5	13.9	666.6	72.4	400.6	86.7	33.5	0.141	1.320	0.077	0.613
IAA 1 ppm	218.9	16.9	703.0	75.1	273.9	77.7	34.6	0.238	1.140	0.087	0.557
Control	190.0	15.2	655.5	69.1	256.2	74.6	28.5	0.250	1.207	0.062	0.636

ベンジルアデニン処理により時間当たり株当たりの木部溢泌液中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素、全窒素、リン、カルシウム、マグネシウム、マンガンの含量が対照区より高くなったが、リンと鉄の含量は低くなった。ジベレリン散布によって、溢泌液中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素、全窒素、リン、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガンの含量が減少したが、カリの含量は増加した。インドール酢酸散布によって溢泌液中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素、全窒素、リン、カリ、カルシウム、マグネシウム、銅の含量が増加した (Table 4)。

Table 4. Effect of hormones treatments on the flux of mineral elements in xylem sap (mg/P/10 h)

Treatments	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-N	P	K	Ca	Mg	× 1/1000			
								Fe	Mn	Cu	Zn
BA 10ppm	3.850	0.306	12.213	1.107	4.797	1.543	0.625	3.492	24.426	1.314	11.808
GA ₃ 20ppm	3.056	0.200	9.586	1.041	5.761	1.247	0.482	2.028	18.982	1.107	8.815
IAA 1 ppm	4.021	0.310	12.914	1.380	5.031	1.427	0.636	4.371	20.941	1.598	10.232
Control	3.390	0.271	11.694	1.233	4.571	1.331	0.508	4.460	21.533	1.106	11.346

4. 木部溢泌液中のホルモンの濃度と含量 いずれのホルモン処理区においても、木部溢泌液中のサイトカイニンの濃度は対照区より高かった。特にインドール酢酸処理区ではサイトカイニン濃度の増加が著しく、ほぼ対照区の2倍であった。その結果時間当たり株当たりの溢泌液中のサイトカイニンの含量はベンジルアデニン及びインドール酢酸処理によって多くなり、特にインドール酢酸処理区では対照区の2倍にもなった。ジベレリン処理区ではサイトカイニンの含量が対照区より少なかった (Table 5)。

Table 5. Effect of hormones treatments on the cytokinin concentration and flux in xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/P/h)	Cytokinin Conc. (μg t-Zeatin/ml)	Cytokinin flux (μg t-Zeatin/P/h)
BA 10ppm	1.800	0.033	0.059
GA ₃ 20ppm	1.438	0.030	0.043
IAA 1 ppm	1.837	0.050	0.092
Control	1.784	0.026	0.046

ベンジルアデニン処理区ではジベレリン様物質の濃度と含量はともに対照区よりやや多かった。ジベレリン処理区では、溢泌液中のジベレリン様物質の濃度が対照区より高かったものの、時間当り株当りの含量は、対照区より少なかった。インドール酢酸処理区では、ジベレリン様物質の濃度と含量がともに著しく増加した (Table 6)。

Table 6. Effect of hormones treatments on the gibberellin-like substances concentration and flux in xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/P/h)	GA ₃ conc. ($\mu\text{g GA}_3$ equiv./1000ml)	GA ₃ flux ($\mu\text{g GA}_3$ equiv./P/1000 h)
BA 10ppm	1.800	0.522	0.940
GA ₃ 20ppm	1.438	0.615	0.884
IAA 1 ppm	1.837	0.674	1.238
Control	1.784	0.508	0.906

ベンジルアデニン及びジベレリン処理区ではアブシジン酸の濃度が対照区より低く、インドール酢酸処理区ではアブシジン酸の濃度が高く、対照区の約2倍となっていた。また、溢泌液中のアブシジン酸の含量はベンジルアデニンあるいはジベレリン処理によって低下し、インドール酢酸処理によって著しく増加する傾向が見られた (Table 7)。

Table 7. Effect of hormones treatments on the abscisic acid concentration and flux in xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/P/h)	ABA conc. ($\mu\text{g/ml}$)	ABA flux ($\mu\text{g/P/h}$)
BA 10ppm	1.800	0.0182	0.0328
GA ₃ 20ppm	1.438	0.0162	0.0233
IAA 1 ppm	1.837	0.0559	0.1027
Control	1.784	0.0209	0.0373

ベンジルアデニン処理により溢泌液中のインドール酢酸の濃度は対照区より高められ、反対にジベレリン処理によりインドール酢酸濃度は対照区より低下した。一方インドール酢酸散布により溢泌液中のインドール酢酸含量が非常に低く、検出できなかった (Table 8)。

Table 8. Effect of hormone treatments on the indoleacetic acid concentration and flux in xylem sap

Treatments	Xylem exudation rate (ml/P/h)	IAA conc. ($\mu\text{g/ml}$)	IAA flux ($\mu\text{g/P/h}$)
BA 10ppm	1.800	0.0320	0.0576
GA ₃ 20ppm	1.438	0.0123	0.0177
IAA 1 ppm	1.837	trace	trace
Control	1.784	0.0250	0.0446

考 察

1. ホルモン処理とナス苗の生育 Table 1に見られるように、ジベレリン処理によって、根への

乾物分配が減少し、莖への分配が増加し、莖重が著しく増加し、S/R値が大きくなった。またベンジルアデニン処理はわずかながら葉への乾物分配率を増加させた。これはサイトカイニンが多いと莖が伸びないで、葉の展開が早くなる、逆にジベレリンが多いと莖の伸長が促進されるというENGELKEら⁵⁾の実験結果と一致していた。ベンジルアデニン処理がわずかながらナスの生育を促進したのは植物の光合成を盛んにした結果である。インドール酢酸処理によって、苗の生育が旺盛になり、特に根の生育が促進された。これはインドール酢酸が根の形成を促進するという多くの報告⁶⁻¹¹⁾と一致している。ALTMANら¹²⁾はインドール酢酸が可溶性糖分の蓄積を促し、その結果発根を促進したものと報告している。インドール酢酸処理区ではS/R値が対照区より小さかった。この結果より、葉の生長にサイトカイニンが、莖の生長にジベレリンが、根の発生にオーキシンが関与しているように思われた。

2. ホルモン処理と溢泌液中の無機成分との関係 Table 2と Fig. 1から、溢泌液の量は常に根重と密接に関係しており、根重の多いインドール酢酸処理区では、溢泌液の量が多く、根量の少ないジベレリン処理区では溢泌液の量が少ないものと考えられる。また、この溢泌液量の多少がナスの生長に大きな影響を与え、インドール酢酸散布で根が多くなり、溢泌液が増加し、生長が旺盛になったものと考えられる。

Table 3に見られるように、ベンジルアデニン処理によって、リン、鉄と亜鉛を除いた無機成分の濃度が増加した。これはベンジルアデニン処理によって根がやや増加したことによるものと思われる。ベンジルアデニン処理によって木部溢泌液中のカリの濃度と含量がともに増加していたことから、カリを取り上げると、ILAN¹³⁾の結果と一致している。

ジベレリン処理によって溢泌液中のカリの濃度と含量が増加していた (Table 3, 4)、これは多くの研究者の報告と一致していた¹⁴⁾。カリが莖の伸長を促進したり、ジベレリンの効果を強化したりすることは多く報告されていること¹⁵⁻¹⁷⁾から、ジベレリン処理による莖の伸長はジベレリン及びカリによるものと考えられる。Table 4に見られるようにジベレリン処理によってカリ以外の無機成分の含量が低下した。これはGARCIA LUISら¹⁸⁾の結果と一致していた。ジベレリン処理による溢泌液中の無機成分の含量の低下は根の生長が抑制され、根量の減少によるものと考えられる。

インドール酢酸処理によって溢泌液中の無機成分含量が増加したのは、根量の増加に伴う吸収の増加によるものと考えられ、従来の報告¹⁹⁻²¹⁾にあるカリの吸収増加のみがオーキシンの作用ではないように思われた。また、この無機成分の増加が生育促進の一要因になったと考えられる。

3. ホルモン処理と溢泌液中のホルモンレベルとの関係 木部溢泌液中のサイトカイニンの含量はほぼ根重と比例し、根の多い処理区ではサイトカイニンの含量が多く、根の少ない株ではそれが少なかった (Table 5)。根がサイトカイニンの生産場所であることはすでに認められており²²⁻²⁴⁾、本実験の結果もそれを裏付けているように思われる。

ベンジルアデニン²⁵⁾あるいはオーキシン²⁶⁾処理によってジベレリンのレベルが増加することが報告されている。本実験では溢泌液中のジベレリン様物質の含量についても同じような結果がえられた。ベンジルアデニンとインドール酢酸が直接ジベレリンの生産を促進したのか、あるいは植物の生育を促進し、それに伴うジベレリン様物質の含量が増加したものと考えられる。また、溢泌液中のジベレリン様物質の含量と生育との関係を見ると、生育が旺盛な処理区では溢泌液中のジベレリン様物質が多い傾向が見られた。

CHINら²⁷⁾がカイネチンあるいはジベレリンで処理すると切り取った葉の中のアブシジン酸の含量が減少すると報告している。本実験では木部溢泌液中のアブシジン酸の含量についての結果ではあるが、やはりベンジルアデニン処理とジベレリン処理によってアブシジン酸が減少した。しかし、インドール酢酸で処理すると、アブシジン酸のレベルが増加した。この結果は多くの報告²⁸⁻³⁰⁾と

一致しているが、インドール酢酸がアブシジン酸の生産に関与し、アブシジン酸合成酵素を増加させ、あるいはアブシジン酸分解酵素を抑制したためではないかと考えられる。

ジベレリン処理によって溢泌液中のインドール酢酸の濃度と含量が低下したのは根量の減少によるものと考えられた。また、インドール酢酸処理区で溢泌液中のインドール酢酸は検出できなかったが、ANKER³¹⁾が外生インドール酢酸が内生インドール酢酸の生合成を抑制すると報告しているため、外生インドール酢酸を与えると、内生インドール酢酸の合成が抑制されたのではないかと考えられる。また、HEMBERG³²⁾、JORDANら³³⁾はサイトカイニンを与えると、体内のインドール酢酸の含量が増加することを報告しているが、本実験でもベンジルアデニン処理区は対照区に比べて溢泌液中のインドール酢酸の含量が多かった。

4. ナスの生育と溢泌液との関係 全体から見ると、インドール酢酸処理区のような根の多い株では溢泌液の溢泌速度が速く、溢泌液中の無機成分、サイトカイニン、ジベレリンの含量が多かった。生育は溢泌液中の無機成分、ホルモンの含量と密接に関連しているように思われた。

以上の結果より、ホルモン処理は木部溢泌液の無機成分とホルモンの含量に影響を及ぼしている。そして、木部溢泌液中の無機成分とホルモン含量はナスの生育特に根量と密接に関係している。

また、インドール酢酸処理区では根の生長が促進され、苗のS/R値が小さくなった。S/R値の小さい苗は、定植後発根がよく、収量が多くなることはすでに報告した¹⁻³⁾。したがって、インドール酢酸処理によって、S/R値を小さくし、良苗を育成できるのではないかと考えられる。今後インドール酢酸で処理した苗の収量性を検討し、実用的な処理方法を見出したいと思っている。またジベレリン処理は苗を徒長させ、S/R値を大きくするので、育苗上その使用はあまり好ましくないように思われた。

要 約

ナス苗の生育と木部溢泌液中の無機成分とホルモンのレベルに及ぼすホルモンの影響を調べるため、ベンジルアデニン10ppmは根部灌注方法で、ジベレリン20ppmとインドール酢酸1ppmは葉面散布方法で4回処理した。

1. ベンジルアデニン処理は葉の生長を促進した。ジベレリン処理は茎の生長を促進し、S/R値を大きくした。インドール酢酸処理区では根の生長が促進され、S/R値が小さくなった。
2. ベンジルアデニン処理によって木部溢泌液中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素、全窒素、カリ、カルシウム、マグネシウム、マンガン、銅の含量が増加したが、リンと鉄の含量は減少した。ジベレリン処理によって木部溢泌液の溢泌速度が減少し、時間当たり株当たりの溢泌液中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素、全窒素、リン、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、亜鉛の含量が減少したが、カリの含量は逆に増加した。インドール酢酸処理区では、木部溢泌液の溢泌速度が速く、溢泌液中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素、全窒素、リン、カリ、カルシウム、マグネシウムの含量が増加した。
3. ベンジルアデニン処理によって溢泌液中のサイトカイニンの濃度と含量がやや増加した。ジベレリン処理区では溢泌液中のサイトカイニンの含量が減少し、インドール酢酸処理区ではサイトカイニンの濃度と含量がともに増加した。
4. 溢泌液中のジベレリン様物質の含量がベンジルアデニン処理によってやや増加し、ジベレリン処理によって減少した。インドール酢酸処理区ではジベレリン様物質の含量が著しく増加した。
5. ベンジルアデニン処理とジベレリン処理によって木部溢泌液中のアブシジン酸の含量が減少

- したが、インドール酢酸処理区ではアブシジン酸の含量が著しく増加した。
6. ベンジルアデニン処理区では溢泌液中のインドール酢酸の含量がもっとも多かった。ジベレリン処理区では、溢泌液中のインドール酢酸の含量が少なかった。インドール酢酸処理区では溢泌液中のインドール酢酸の含量が検出できなかった。
7. 以上の結果から、インドール酢酸処理によって、S/R値の低い良苗が生産できるように思われた。

文 献

- 1) 加藤 徹・楼 惠寧：ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究 (第2報). 育苗時施肥量の影響. 生物環境調節, 25, 13-18 (1987).
- 2) 加藤 徹・楼 惠寧：ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究 (第3報). 育苗鉢の大きさの影響. 生物環境調節, 25, 19-23 (1987).
- 3) 楼 惠寧・加藤 徹：ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究 (第4報). ナスにおける育苗時の土壤水分の影響. 生物環境調節, 25, 57-61 (1987).
- 4) ADEDIDE, N. O., HUNT, L. A. and FLEICHER, A : Effects of benzyladenine on photosynthesis, growth and senescence of the bean plant. *Physiol. Plant.*, 25, 151-153 (1971).
- 5) ENGELKE, A. L., HAMZI, H. Q. and SKOOG, F : Cytokinin-gibberellin regulation of shoot development and leaf form in tobacco plantlets. *Am. J. Bot.*, 60, 491-495 (1973).
- 6) McDAVID, C. R., SAGAR, G. R. and MARSHALL, C : The effect of auxin from the shoot on root development in *Pisum sativum* L. *New Phytol.*, 71, 1027-1032 (1973).
- 7) 千葉忠男：矮性インゲンの生長とジベレリンとの関係. 農及園, 36, 1663-1664 (1961).
- 8) 沢池信康：ジベレリン利用によるウドの早出し栽培. 農耕と園芸, 16, 23-25 (1961).
- 9) SHARMA, R. K. UMAR, S. and NANDA, K. K : The effect of gibberellin acid guanosine monophosphates on extension growth, leaf production and flowering of *Impatiens balsamina*. *Physiol. Plant.*, 44, 356-364 (1978).
- 10) 楼 惠寧・加藤 徹：ナス苗の素質に関する生理的研究. (第1報) 日長時間と日照の強さの影響. 生物環境調節, 26, 69-78 (1988).
- 11) WIGHTMAN, F., SCHNEIDER, E. A. and THIMANN, K. V : Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots. II. Effects of exogenous growth factors on lateral root formation in pea roots. *Physiol. Plant.*, 49, 304-314 (1980).
- 12) ALTMAN, A. and WAREING, P. F : The effect of IAA on sugar accumulation and basipetal transport of ^{14}C -labelled assimilates in relation to root formation in *Phaseolus vulgaris* cuttings. *Physiol. Plant.*, 33, 32-38 (1975).
- 13) ILAN, I : Evidence for hormonal regulation of the selectivity of ion uptake by plant cells. *Physiol. Plant.*, 25, 230-233 (1971).
- 14) BENLLOCH, M., FOURNIER, J. M. and DE LA GUARDIA, M. D : Effect of gibberellic acid on K^+ (Rb^+) uptake and transport in sunflower root. *Physiol. Plant.*, 57, 79-84 (1983).
- 15) PURVES, W. K : Monovalent cations and growth regulation. I. Growth responses in cucumber hypocotyl sections. *Plant Physiol.*, 41, 230-233 (1966).
- 16) SILK, W. K. and JONES, R. L : Gibberellin response in lettuce hypocotyl sections. *Plant Physiol.*, 56, 267-272 (1975).
- 17) STUART, D. A. and JONES, R. L : Roles of extensibility and turgor in gibberellin and dark-stimulated growth. *Plant Physiol.*, 56, 61-68 (1977).
- 18) GARCIA LUIS, A. and GUARDIOLA, J. L : Effect of gibberellic acid on ion uptake selectivity in pea seedlings. *Planta*, 153, 494-496 (1981).
- 19) BODE, H. R : Uber den Einfluss des Heteroauxins auf die Kationenzusammensetzung der Blattsche der Tomate. *Planta*, 53, 212-218 (1959).
- 20) HIGINBOTHAM, N., PRATT, M. J. and FOSTER, R. J : Effects of calcium, indoleacetic acid and distance from stem apex on potassium and rubidium absorption by excised segments of etiolated pea epicotyl. *Plant Physiol.*, 37, 203-214 (1962).

- 21) ILAN, I : A specific stimulatory action of indole-3-acetic acid on potassium uptake by plant cells, with concomitant inhibition of ammonium uptake. *Nature*, 194, 203-204 (1962).
- 22) KENDE, H : Kinetin like factors in the root exudate of sunflower. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA.*, 53, 1302-1307 (1965).
- 23) LUCKWILL, L. C : The control of growth and fruitfulness of apple tree crops. In "The Physiology of Tree Crops" ed. by LUCKWILL, L. C. and CUTTING, C. V., p. 237-254, Academic Press, London, New York (1970).
- 24) SKENE, K. S. M : The relationship between the effects of CCC on root growth and cytokinin levels in the bleeding sap of *Vitis vinifera* L. *J. Exp. Bot.*, 21, 418-412 (1970).
- 25) REID, D. M. and RAILTON, I. D : The influence of benzyladenine on the growth and gibberellin content of shoots of waterlogged tomato plants. *Plant Sci. Lett.*, 2, 151-156 (1974).
- 26) TELTSCHEROVA, L : Changes in the level of endogenous cytokinins in apical buds of *Chenopodium* L. *Biol. Plant*, 12, 134-138 (1970).
- 27) CHIN, T-Y. and BEEVERS, L : Changes in endogenous regulators in nasturtium leaves during senescence. *Planta*, 92, 178-188 (1970).
- 28) ELLASSON, L : Effect of indoleacetic acid on the abscisic acid level in stem tissue. *Physiol. Plant.*, 34, 117-120 (1975).
- 29) KNOX, J. P. and MAREING, P. F : Apical dominance in *Phaseolus vulgaris* L. : The possible roles of abscisic and indole-3-acetic acid. *J. Exp. Bot.*, 35, 239-244 (1984).
- 30) TUCKER, D. J. and MANSFIELD, T. M : Apical dominance in *Xanthium atrumarium*. A discussion in relation to current hypotheses of correlative inhibition. *J. Exp. Bot.*, 24, 731-740 (1973).
- 31) ANKER, L : The auxin production of the physiological tip of the coleoptile and the repression of tip regeneration by indoleacetic acid (not by naphthylacetic acid and 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid). *Acta Bot. Neerl.*, 22, 221-227 (1973).
- 32) HEMBERG, T : The effect of kinetin on the occurrence of acid auxin in *Coleus blumei*. *Physiol. Plant.*, 26, 98-103 (1972).
- 33) JORDAN, W. R. and SKOOG, F : Effects of cytokinins on growth and auxin in coleoptiles of derooted *Avena* seedling. *Plant Physiol.*, 48, 97-99 (1971).

(昭和63年 9 月 26 日 受理)

(昭和63年 12 月 27 日 発行)

