

ナスの生育、体内成分と頂芽部のホルモンレベルに及ぼす摘葉の影響

楼 惠寧・加藤 徹

(農学部蔬菜園芸学研究室)

Effect of Various Leaf Removal on the Growth, Chemical Constituents in Stems and Hormones Level in Shoot Apices in Eggplant

Huining LOU and Toru KATO

Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture

Abstract : Effect of various leaf removal on the growth, chemical constituents in stems and hormones level in shoot apices in eggplant were examined to study the production and distribution of hormones.

Leaf removal, especially removal of mature ones inhibited the growth of eggplant with less fresh weight and dry weight of leaf, stem and root, and leaf area.

Carbohydrates, insoluble nitrogen in stems was increased by removal of immature leaves, but decreased by removal of mature ones. Seedlings with smaller S/R value contained more total sugar and insoluble nitrogen in stems.

Cytokinin content in shoot apices was increased by removal of either immature leaves or mature leaves compared with that of untreated control. Removal of mature leaves resulted in an increase of gibberellin-like substances and decrease of indoleacetic acid and abscisic acid in shoot apices. conversely, removal of immature leaves decreased the gibberellin-like substances content and increased the indoleacetic acid and abscisic acid content in shoot apices. There was a negative correlation between S/R value and abscisic acid or indoleacetic acid content, and a positive correlation between S/R value and gibberellin-like substances content in shoot apices. Seedlings with more total sugar and insoluble nitrogen in stems contained more abscisic acid and indoleacetic acid, and less gibberellin-like substances in shoot apices.

緒 言

著者は既報¹⁾において頂芽部のホルモンレベルと苗の素質との間に密接な関係があることを報告している。しかし、体内のホルモンがどこで作られているのか、また、どのように各部分に分配されているのかについて十分に調査をされていないよう思われる。

成熟葉は光合成の場所だけでなく、開花促進物質の生産場所でもあることと、未熟葉は光合成産物を消費するだけでなく、ジベレリンなど生長促進物質の生産場所でもあることが報告されている²⁾。本研究では成熟葉と未熟葉がそれぞれホルモンの分配、生産にどのような役割を果たしているか、またナスの生育にどのように影響を与えているかを明らかにするために、成熟葉と未熟葉を除去し、それによる苗の生育、体内成分、頂芽部のホルモンの変化を調査した。

実験方法

‘はやぶさ’ナスを供試し、9月10日に砂床に播種した。子葉展開後の10月1日に5000分の1のワグナーポットに鉢上げした。活着まで水だけを与えたが、その後は毎日午前と午後2回株当たり150mlないし250mlの培養液をかけ流して砂耕栽培した。また、その中間の昼ごろにも1回少量灌水し、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_4NO_3	N	200
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	P	200
K_2HPO_4	K	200
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Ca	80
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mg	24
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Fe	1
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	B	0.5
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mn	0.5
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu	0.2
H_3BO_3	Zn	0.05
$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{NaFe} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Mo	0.05

施肥濃度を変えて、少肥区（基本培養液の濃度）と多肥区（基本培養液濃度の2倍）を設けた。苗が5葉期になったときに、摘葉処理をして未熟葉除去区、成熟葉除去区と一枚おき摘葉区を設けた。なお対照区として無摘葉区を設けた。未熟葉除去区では6節から上の葉を未展開のうちに連続して除去した。成熟葉除去区では摘葉処理開始時すでに最大葉面積に達した3節までの葉を除去し、その後5節までの葉を最大葉面積に達した時に除去した。1枚おき摘葉区では摘葉処理開始時一枚おきに合計2枚摘葉し、続いて未展開の若い葉を一枚おきに除去した。実験は11月4日（無摘葉区苗は10葉期に達した）まで行われた。実験終了時、各処理区の頂芽部を採集し、 -20°C に冷凍保存し、その後の分析に供した。また、株の生育を調査するため、葉、茎、根に分けて、各部分の新鮮重と乾物重を測定するとともに葉面積も調査した。なお、茎は体内成分の分析に供した。

茎内の炭水化物と頂芽部のホルモンの分析は既報¹⁾と同様に行った。

炭水化物と窒素化合物の分析：茎の乾物を供試し、それぞれ80%アルコールで抽出して可溶性成分を、残渣で不溶性成分を常法に従って分画し、Somogyi法とsemi-micro-Kjeldahl法によって測定した。

ホルモンの分析：冷凍貯蔵の頂芽部をホモゲナイズし、 4°C で80%のメタノールで24時間ずつ3回抽出し、そして抽出液を合計して低温下で減圧濃縮して、メタノール層を除去し、水層のみとした。この水層を使って、ブタノールあるいは酢酸エチルで抽出し、各ホルモン分画をえてから、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）によって、サイトカイニン、アブシジン酸、インドール酢酸の含量を測定した。また、ジベレリン様物質についてはレタス胚軸生物検定法によって測定した。

結 果

1. 苗の生育状態 無処理区の苗は摘葉区よりも生育が旺盛で、葉面積、葉重、莖重ならびに根重がともに多かった。成熟葉の除去によって苗の生育が著しく抑えられた。未熟葉除去と一枚おき摘葉処理によっても苗の生育が抑制された。乾物分配率から見ると、未熟葉の除去は根への乾物分配を増加させたのに対して、成熟葉の除去は根の乾物分配を著しく低下させ、莖への乾物分配を増加させた。一枚おきの摘葉処理によって各部分の乾物分配率は無処理区のそれと大きな差異が見られなかった。未熟葉の除去によって苗のS/Rは小さくなったが、成熟葉の除去によって逆に苗のS/Rが著しく大きくなった。この傾向は培養液の施肥濃度の高低に関わらず同じであった (Table 2)。

Table 2. Effect of various leaf removal on the growth and partitioning percentage of dry matter of seedlings^a

Treatments		Leaf area (cm)	Leaf weight (g)			Stem weight (g)		
Fertilizer level	Leaves Removed		FW	DW		FW	DW	
Low level	Control	880.7 d ^b	28.571 c	2.452 c	(50.9) b	18.102 c	1.299 c	(27.0) a
	IL	404.4 a	15.288 b	1.519 b	(47.9) a	11.910 b	0.835 b	(27.0) a
	AL	488.9 b	15.204 b	1.401 b	(51.0) b	10.570 a b	0.754 a	(27.5) b
	ML	537.3 c	11.564 a	1.184 a	(53.4) c	9.049 a	0.686 a	(31.0) c
High level	Control	986.7 d	30.295 c	2.654 c	(50.7) c	20.671 d	1.459 c	(27.9) a
	IL	427.7 a	16.188 b	1.609 b	(45.5) a	13.394 c	0.984 b	(27.8) a
	AL	505.3 b	15.891 b	1.540 b	(49.1) b	12.028 b	0.922 b	(29.4) b
	ML	593.2 c	13.029 a	1.267 a	(52.2) d	10.109 a	0.773 a	(31.9) c

Root weight (g)		S/R
FW	DW	
13.800 d	1.064 d	(22.1) c
8.119 c	0.795 c	(25.1) d
6.267 b	0.592 b	(21.5) b
3.534 a	0.345 a	(15.6) a
14.826 d	1.124 d	(21.4) b
11.660 c	0.944 c	(26.7) c
7.480 b	0.676 b	(21.5) b
3.746 a	0.385 a	(15.9) a

^a IL, immature leaves removal; AL, alternate leaves removal; ML, mature leaves removal. Values in parenthesis indicate the partitioning percentage of dry matter.

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

2. 体内成分 Table 3に見られるように、未熟葉の除去によって還元糖、全糖、澱粉、多糖類、不溶性窒素と全窒素の含量が増加したが、可溶性窒素の含量は逆にやや減少した。また、成熟葉除去と一枚おき摘葉によって体内の還元糖、非還元糖、全糖、澱粉、多糖類、不溶性窒素の含量が減少したが、可溶性窒素の含量は増加した。成熟葉と一枚おき摘葉処理の苗は無処理区に比べてC/N率が小さくなった (Table 3)。

Table 3. Effect of various leaf removal on the chemical constituents in stem of seedlings (mg/g, FW)²

Treatments		Reducing sugar	Non-reducing sugar	Total sugar	Starch	Poly saccharides	Total carbohydrates	Soluble nitrogen	In-soluble nitrogen	Total nitrogen	C/N
Fertilizer level	Leaves removed										
Low level	Control	1.913	2.671	4.584	1.481	6.934	11.518	1.133	1.008	1.941	5.934
	IL	2.346	2.312	4.658	1.655	7.247	11.905	1.039	1.142	1.981	6.010
	AL	1.559	1.983	3.542	0.943	5.264	8.806	1.360	0.926	2.086	4.222
	ML	1.200	1.450	2.650	0.676	3.960	6.610	1.589	0.734	2.123	3.114
High level	Control	1.761	2.446	4.207	1.474	7.005	11.212	0.884	0.962	1.846	6.074
	IL	2.250	2.097	4.347	1.656	7.163	11.510	0.790	1.105	1.895	6.074
	AL	1.647	1.806	3.453	0.973	5.394	8.847	1.097	0.870	1.967	4.498
	ML	1.249	1.249	2.498	0.852	4.328	6.826	1.381	0.636	2.017	3.384

² IL, immature leaves removal; AL, alternate leaves removal; ML, mature leaves removal.

Table 4. Effect of various leaf removal on the hormones levels in shoot apices of seedlings²

Treatments		CK		GAs (GA equiv.)		ABA		IAA	
Fertilizer level	Leaves removed	μg/FW	μg/plant	μg/FW	μg/plant	μg/FW	μg/plant	μg/FW	μg/plant
Low level	Control	3.546	0.171	0.394	0.019	9.519	0.459	5.080	0.244
	IL	11.398	0.538	0.182	0.009	9.789	0.462	8.496	0.400
	AL	8.104	0.375	0.206	0.010	8.302	0.038	6.989	0.323
	ML	4.502	0.169	0.605	0.023	6.003	0.225	2.001	0.075
High level	Control	3.141	0.128	0.524	0.021	7.782	0.318	4.755	0.194
	IL	10.555	0.543	0.264	0.014	7.966	0.410	7.897	0.406
	AL	8.435	0.417	0.342	0.017	6.363	0.315	5.973	0.295
	ML	3.660	0.156	0.806	0.034	4.568	0.195	1.835	0.080

² IL, immature leaves removal; AL, alternate leaves removal; ML, mature leaves removal.

3. 頂芽部のホルモンレベル 各処理区の苗の頂芽部のホルモンレベルは Table 4 に示すとおりである。

サイトカイニン：摘葉によって頂芽部のサイトカイニンの含量が増加し、特に未熟葉の除去により頂芽部のサイトカイニンの含量が著しく増加し、ほぼ無処理区の4倍に達した。頂芽部のサイトカイニンの含量は未熟葉除去区、一枚おき摘葉区、そして成熟葉除去区、無処理区の順に減少していた。この傾向は少肥区においても多肥区においても同じであった。

また、少肥区の苗は多肥区の苗より頂芽部のサイトカイニンの含量が多い傾向が見られた。

ジベレリン様物質：頂芽部のジベレリン様物質の含量が成熟葉の除去によって増加したが、未熟葉の除去によって逆に減少した。また、少肥区の苗に比べて、多肥区の苗では頂芽部のジベレリン様物質の含量は高かった。

アブシジン酸：頂芽部のアブシジン酸の含量が成熟葉の除去によって著しく減少したが、未熟葉の除去によってやや増加した。また、多肥区に比べて少肥区の苗では頂芽部のアブシジン酸の含量が多かった。

インドール酢酸：未熟葉の除去によって苗の頂芽部のインドール酢酸の含量が増加した。一枚おきの摘葉によっても頂芽部のインドール酢酸の含量が増加した。しかし成熟葉の除去は頂芽部のイ

ンドール酢酸の含量を低下させた。この傾向は多肥区と少肥区においても同じであった。また、多肥区より少肥区の苗は頂芽部のインドール酢酸の含量がやや多い傾向が見られた。

考 察

1. 苗の生育について 本実験の結果を見ると、培養液中の施肥濃度の高低に関わらず、摘葉特に成熟葉の除去によって苗の生育が著しく抑制された。葉は光合成の器官であり、成熟葉の除去は光合成に悪い影響を与え、生育を不良にしたと考えられる。また、未熟葉の除去によって、新葉がなくなり、すでに展開した葉はそのうち老化し、光合成能力が低下し、生育に悪い影響を与えたと考えられる。

Wiebe³⁾は展開したばかりの葉を一枚おきに除去すると、トマトの収量が低くなったと報告している。Slack⁴⁾も同じような結果を報告している。これらの報告から成熟葉の除去は植物の発育に悪い影響を及ぼしていることが明らかで、本実験の結果と一致している。

2. 体内成分について 茎の中の炭水化物の含量は未熟葉の除去によってやや増加したが、成熟葉の除去によって低下した (Table 3)。未熟葉ではその生長に炭水化物を必要とするので、成熟葉からの光合成産物を消費した結果と思われる。逆に未熟葉の除去の場合、炭水化物の消費が少なくなり、その結果、貯蔵養分として、茎の中に多くの炭水化物が蓄積したと考えられる。

Fig. 1に見られるように、体内の全糖及び不溶性窒素の含量とS/R値との間に密接な相関関係が認められた。未熟葉摘除区では、茎の伸長が抑えられ、体内に全糖が蓄積した。また地上部の割合に根が多いため、茎の中に不溶性窒素が蓄積したと考えられる。反対に成熟葉摘除区では、茎が伸びて、S/R値が大きくなり、全糖と不溶性窒素の蓄積が少なくなったと考えられる。

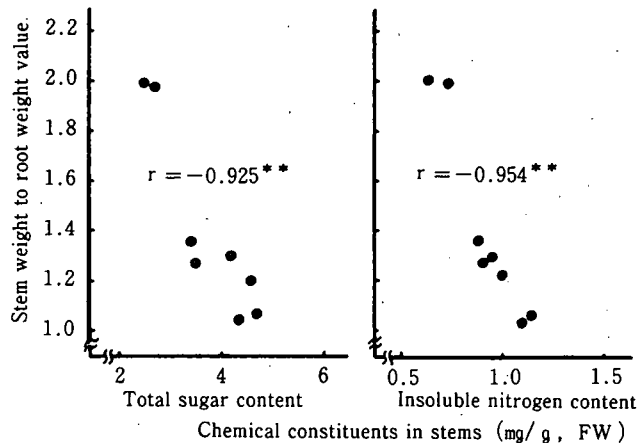


Fig. 1. Relation between the chemical constituents in stems and the value of stem weight to root weight (S/R). **, significant at 1% level.

3. 頂芽部のホルモンについて 頂芽部のサイトカイニンの含量が摘葉特に未熟葉の除去によって著しく増加した (Table 4)。サイトカイニンは根で作られ、木部溢液液を通じて地上部に送られるといわれている⁵⁻⁷⁾。摘葉特に未熟葉の除去はサイトカイニンの分配先を減少させ、頂芽部に多く分配させ、頂芽部のサイトカイニンの含量が増加したと思われる。

斎藤ら²⁾は未熟葉はジベレリンを生成して、花芽の形成に対して抑制作用をもたらし、子葉及び成熟葉は花芽形成に関与する花成物質を生成して、花芽形成を促進すると報告した。Abdulら⁸⁾はGA₃の散布によって、トマトの花数が減少するのに対して、未熟葉の除去は花の数を増加させることを認め、未熟葉の除去は植物体内のジベレリンの含量を減少させ、それによって花の数を増加させたと報告している。これらの報告から、未熟葉はジベレリンの生産場所であることが明らかである。本実験でも未熟葉の除去によって、頂芽部のジベレリン様物質の含量が減少した (Table 4)。未熟葉はジベレリン生産の主な場所であることが本実験の結果からも実証された。

未熟葉の除去によって頂芽部のオーキシン含量が増加した (Table 4)。これは未熟葉の除去によって、ジベレリンの含量が減少し、茎の伸長が抑えられ、オーキシンの含量が頂芽部に蓄積したものとされた。これについてはもっと詳しく研究する必要があると思う。

本実験で Fig. 2 に見られるように、頂芽部のホルモンレベルと S/R 値との間に相関関係が見られた。頂芽部のアブシジン酸とインドール酢酸の含量が多いほど、苗の S/R 値が小さくなっていった。反対にジベレリン様物質の含量が多いほど、S/R 値が大きくなっていった。サイトカイニンについては有意な相関関係がなかったものの、やはりその含量が多いほど S/R 値が小さくなる傾向が認められた。ジベレリンは茎の伸長を促進するのに対して、サイトカイニンとアブシジン酸はそれを抑制する効果があることが報告されている⁹⁻¹⁰⁾。成熟葉除去によって、頂芽部のアブシジン酸の含量が低下し、ジベレリン様物質含量が増加したことにより、茎への乾物分配が大きくなり、S/R 値が大きくなったと思われる。著者らは既報¹⁾において頂芽部のホルモンの含量が S/R 値と密接に関係していることを報告したが、本実験でも同じ結果が認められた。

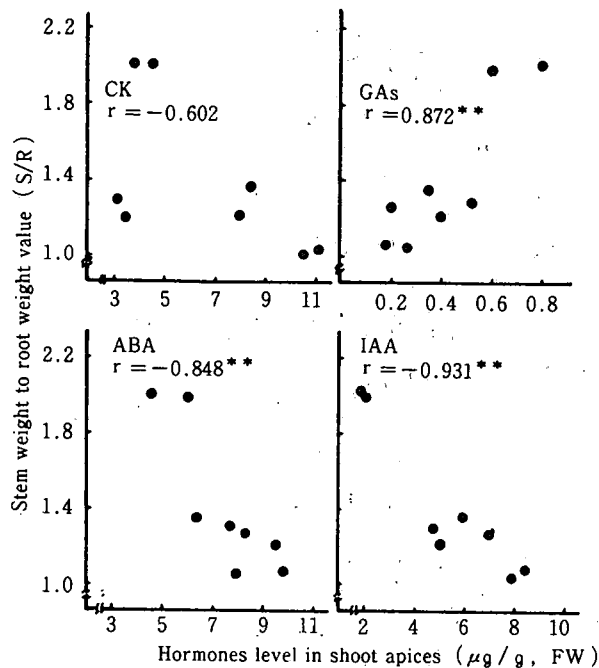


Fig. 2. Relation between the hormones level in shoot apices and the value of stem weight to root weight (S/R). **, significant at 1% level.

4. 体内の成分と頂芽部のホルモンレベルとの関係について 体内の成分の中で最も重要なものとして全糖及び不溶性窒素とホルモンとの関係を見ると、Fig. 3 に示すとおりである。体内の全糖が多いと、頂芽部のアブシジン酸とインドール酢酸の含量が増加し、ジベレリンの含量が低下する傾向が見られた。不溶性窒素の含量とホルモンレベルとの関係についてもほぼ同じような傾向が見られた。また、全糖及び不溶性窒素とサイトカイニンとの間に有意な相関関係がなかったものの、やはりそれらの含量が多いほどサイトカイニンの含量が多くなる傾向が見られた。

以上の結果からサイトカイニンは根で作られるのに対して、ジベレリンは頂芽部や未熟葉で作られることが分かった。また、未熟葉の除去による S/R 値の低下は頂芽部におけるアブシジン酸の増加とジベレリンの減少によるものと考えられる。頂芽部のホルモンレベルは苗の生育と密接に関係していることが明らかになった。

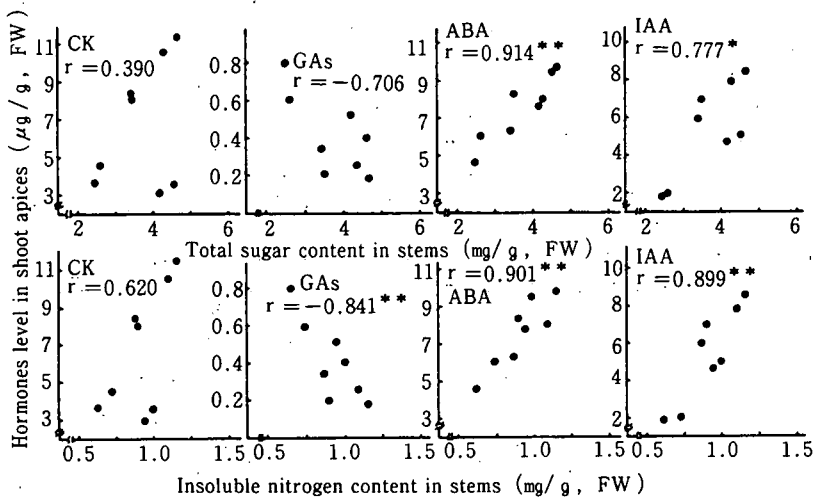


Fig. 3. Relation between the chemical constituents in stems and the hormones level in shoot apices. CK, cytokinin; GAs, gibberellin-like substances; ABA, abscisic acid; IAA, indoleacetic acid; *, **, significant at 5%, 1% level, respectively.

要 約

ナスの生育、体内成分と頂芽部のホルモンレベルに及ぼす摘葉の影響を検討するために、未熟葉除去区、成熟葉除去区と一枚おき摘葉区を設けて実験を行った。未熟葉、成熟葉に関わらず摘葉によってナスの生育が抑えられた。無処理区に比べて葉重、茎重と根重が少なく、特に成熟葉除去区ではその減少が著しかった。

未熟葉除去によって、茎の中の炭水化物、不溶性窒素、全窒素の含量が増加したが、可溶性窒素の含量は減少した。それと反対に、成熟葉の除去によって茎の中の炭水化物、不溶性窒素の含量が減少したが、可溶性窒素の含量は増加した。また全糖及び不溶性窒素と苗の S/R 値との間に密接な相関関係が認められた。

摘葉特に未熟葉の除去によって頂芽部のサイトカイニンの含量が増加した。ジベレリン様物質の含量は成熟葉の除去によって増加したが、未熟葉の除去によって減少した。アブシジン酸とインドール酢酸の含量は成熟葉の除去によって減少したが、未熟葉の除去によって増加した。頂芽部のホルモンレベルと苗の S/R 値との間に相関関係が認められた。また、体内の成分と頂芽部のホルモ

ンレベルとの間にも相関関係が見られた。

文 献

- 1) 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).
- 2) 斎藤 隆・伊藤秀夫。トマトの生育並びに開花・結実に関する研究（第5報）。生育並びに花芽形成に対する子葉、未熟葉及び成熟葉の役割。園学雑。34, 57-69 (1969).
- 3) WIEBE, J.: Foliage canopy effects in greenhouse tomatoes. *Rep. Hort. Res. Ins., Ontario*, 108-113 (1969).
- 4) SLACK, G.: The effects of leaf removal on the development and yield of greenhouse tomatoes. *J. Hort. Sci.*, 61, 353-360 (1986).
- 5) MORRIS, D. A.: Distribution and metabolism of root applied cytokinins in *Pisum sativum* cultivar meteor. *Physiol. Plant.*, 52, 251-256 (1981).
- 6) SHORT, K. C. and TORRY, J. C.: Cytokinins seedling roots of pea. *Plant. Physiol.*, 49, 155-160 (1972).
- 7) SKENE, K. S. M.: The relationship between the effects of CCC on the root growth and cytokinin levels in the bleeding sap of *Vitis vinifera* L. *J. Exp. Bot.*, 21, 481-521 (1970).
- 8) ABDUL, K. S. and HARRIS, G. P.: Control of flower number in the first inflorescence of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill): The role of gibberellins. *Ann. Bot.*, 42, 1361-1367 (1978).
- 9) 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).
- 10) SHARMA, R., KUMAR, 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, 359-364 (1978).

(昭和63年9月29日受理)

(昭和63年12月27日発行)