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

楼 惠 寧・加 藤 徹

高知大学農学部

The Physiological Study on the Quality of Seedlings in Eggplant

(1) Effects of Daylength and Light Intensity

Huining LOU and Toru KATO

Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku 783, Japan

The effects of daylength and light intensity on the chemical constituents in stems and hormones levels in shoot apices of eggplant seedlings were studied to establish the physiological characteristics of good seedlings which may produce higher yield.

1. The growth was inhibited by shorter daylengths or lower light intensities by shade treatments. Smaller stem dry weight to root dry weight (S/R) value was obtained on the seedlings grown under the natural daylength or natural light intensity.

2. Seedlings grown under shorter daylengths or lower light intensities contained less carbohydrates and nitrogen compounds in stems than those grown under the natural conditions. There was a close correlation between S/R value and total sugars or insoluble nitrogen in stems.

3. It was shown that cytokinin, abscisic acid and indoleacetic acid contents in shoot apices were increased by longer daylength or higher light intensity, however gibberellin-like substances level was lower under those conditions.

4. There was a negative correlation between S/R value and cytokinin, abscisic acid or indoleacetic acid level, and a positive correlation between S/R value and gibberellin-like substances level in shoot apices. Seedlings with more total sugar and insoluble nitrogen in stems contained more cytokinin, abscisic acid and indoleacetic acid, and less gibberellin-like substances in shoot apices.

5. From above-mentioned results, it may be suggested that seedlings with smaller S/R value morphogenetically contains more sugar and insoluble nitrogen in stem, and more cytokinin, abscisic acid and indoleacetic acid, and less gibberellin-like substances level in shoot apices.

(Received February 1, 1988)

1988年2月1日受付

緒 言

著者ら¹⁻⁴⁾は育苗期の環境が苗質にどのように影響を与え、ひいては定植後の生育、収量にどのように作用するかを検討してきた。すでに日長時間の影響について調査し、日長が長いほど、乾物分配が根に多く、茎重/根重 (S/R) 値が小さい苗になり、定植後は太根を多く形

成し、根系分布も深く、高収量がえられることを報告した³⁾。また、日照の強さを変えて育苗し、定植後の生育・収量を調査し、S/R 値の低い苗は収量の高いことを認めた⁴⁾。そこで、S/R 値の小さい苗の苗質の生理的特徴を明らかにする目的で、本実験では日長時間および日照の強さを変えて育苗し、それらの苗について、茎の窒素化合物と炭水化物の含量、そして頂芽部のホルモンレベルを調査したので報告する。

材料および方法

実験材料として高知県に一般に使われている‘はやぶさ’ナスを供試した。ハウス内で5月5日に水洗した川砂をつめた箱に播種し、子葉展開後の5月18日に12 cm ポリポットに鉢上げした。床土として埴壤土：パーク堆肥（商品名オートップ、腐植率40%）等量の混合床土を使い、床土にはアール当り窒素2 kg、リン4 kg、カリ2 kg を硫酸、過石、硫酸でそれぞれ施した。なおアール当り苦土石灰12 kg を一緒に入れた。活着をまって、5月20日から2実験に分けて処理を始めた。

実験1 日長時間の影響

日長時間の影響を見るために、自然日長区と短日処理による8時間および6時間の短日処理区を設けた。短日

処理は朝8時から明期とし、午後2時より順次に木質暗箱を苗の上にかぶせて短日処理し、さらにシルバーポリフィルムで被覆して温度の上昇を防いだ。各処理区は50株ずつ供試した。処理は6月25日まで35日間行われた。終了時頂芽部（非常に小さい未熟葉を含む生長点）を採取し、冷凍庫（MDF-330 SANYO）で -20°C に貯蔵し、ホルモン分析に供した。また、株の生育状態を調査するため、葉、茎、根に分けて、各部分の生体重量、自動葉面積計（AAM-7 HAYASHI DENKOH）で葉面積を測定するとともに、 80°C で5日間乾燥して乾物重も測定した。

実験2 日照の強さの影響

日照の強さの影響を見るために、自然日照区と、クレモナ寒冷紗（#600）1枚で植物体から50 cm上のところで遮光した50%遮光区と、クレモナ寒冷紗（#600）2枚

Fig. 1 Procedure for extraction and determination of endogenous hormones from shoot apices.

で遮光した75%遮光区の3処理区を設けた。各処理区50株ずつ供試した。5月20日から6月25日まで処理を続けた。実験終了時、実験1と同じように、頂芽部を採集してホルモンの分析に供するとともに、各部分の生体重、葉面積と乾物重を測定した。

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%エタノールで抽出して可溶性成分を、残渣で不溶性成分を分画し、SOMOGYI法⁵⁾とsemimicro KJELDAHL法⁶⁾によって測定した。

ホルモンの分析：Fig. 1のように冷凍貯蔵の頂芽部をホモゲナイズし、4°Cで80%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、メタノールを除去して水層のみとした。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、各ホルモンの分画を得てから、高速液体クロマトグラフィ

Fig. 2 Chromatogram of cytokinin standard (A) and butanol extracts from shoot apices (B) on a shim-pack CLS-ODS column (0.15 m × 6φ). Injected amount: 1 μg of t-zeatin. Injection volume: 10 μl of a mixture of water: acetonitrile (50:50). Solvent A was acetonitrile with 1% acetic acid (v/v) and solvent B was distilled water with 1% acetic acid (v/v). Elution conditions: flow rate 1.5 ml per min with a 30 min gradient, starting with 5% solvent A (in solvent B), 15% solvent A until 10 min and ending with 50% solvent A. Chromatogram after 15 min was not shown.

(HPLC) によってサイトカイニン (Fig. 2)、アブシジン酸とインドール酢酸の含量 (Fig. 3) を測定した。サイトカイニンについては活性が最も強いといわれている⁷⁾ トランスゼアチン (t-Zeatin) の含量を測定した。

また、ジベレリン様物質の含量についてはレタス胚軸生物検定法⁸⁾ によって定量し、促進物質の合計を GA₃ 当量で表した。つまり、Fig. 1 に示した酸性酢酸エチル分画をペーパークロマト (TOYO FILTER PAPER, No 51A) にスポットし、イソプロパノール/水 (v/v 4:1) で展開した。25 cm 上昇した後乾かしてペーパークロマトグラムを10等分し、試験管 (2.5 × 10 cm) に入れ、1 ml の蒸留水を加えて溶出させた。溶出後濾紙円片を試験管に入れ、その上に発根したレタス (品質、ウェアヘッド) の種子を置き、25°C の蛍光灯で4日培養した後下胚軸の長さを測定して、ジベレリン様物質の含量を計算した。なお、ホルモン分析に際しては標準物質を試料に添加し、位置および量の確認を行った。

Fig. 3 Chromatogram of indoleacetic acid and abscisic acid standard (A) and ethyl acetate extracts from shoot apices (B) on a shim-pack CLS-ODS column (0.15 m × 6φ). Injected amount: 1 μg of indoleacetic acid and 1 μg of abscisic acid. Injection volume: 10 μl of methanol. Solvent A was methanol and solvent B was distilled water with 1% acetic acid. Elution conditions: flow rate 1 ml per min with a 20 min gradient, starting with 30% A (in solvent B), 50% solvent until 5 min, 60% solvent A until 15 min and ending with 70% solvent A.

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

結 果

実験1 日長時間の影響

1. 苗の生育に及ぼす影響

Table 1に見られるとおり、日長時間が短くなるにつれて葉、茎、根各部の生長が抑制され、草丈低く、展開葉数の少ない苗になった。しかし、乾物分配率から見る

と、短日下の苗は根が著しく抑制されたため、S/R値の大きい苗になっていた。

2. 茎の体内成分に及ぼす影響

Table 2に見られるように、日長が短くなるにつれて、体内の還元糖、全糖、澱粉、多糖類の含量が減少するとともに不溶性窒素の含量も少なくなった。可溶性窒素は8時間日長区において最も多く、6時間日長区において最も少なかった。C/N率は日長が長いほど大きくなっていった。

3. 頂芽部のホルモンレベルに及ぼす影響

各処理区のホルモンレベルは Table 3 に示した。

(1) サイトカイニン: 日長が短いほど、生体重当りのサイトカイニン (t-Zeatin) 含量が減少した。株当りのサイトカイニンの含量は短日処理によって著しく減少する傾向が見られた。

(2) ジベレリン様物質: 生体重当りのジベレリン様物質の含量は日長が短いほど増加したが、株当りの含量については各処理区の間大きな差が見られなかった。

(3) アブシジン酸: アブシジン酸の含量は日長時間が短いほど減少する傾向が見られた。

(4) インドール酢酸: インドール酢酸の含量は短日処理区ほど減少していた。株当りの含量を見ると、6時間日長処理区は自然日長処理区の4分の1にすぎなかった。

Table 1 Effects of daylength on the growth of eggplant seedlings.

Treatments (Day-length)	Leaf area (cm ²)	Leaf weight (g)		Stem weight (g)		Root weight (g)		S/R
		FW	DW	FW	DW	FW	DW	
Natural	608.700*	21.667	2.557 (54.6)**	12.354	1.163 (24.9)	11.667	0.961 (20.5)	1.210
8 hr	629.226	20.000	2.190 (55.5)	10.400	1.014 (25.7)	9.220	0.742 (18.8)	1.367
6 hr	404.208	11.000	1.048 (55.6)	7.640	0.542 (28.8)	3.728	0.295 (15.6)	1.837

* Values represent means of fifty plants.

** Values in parenthesis indicate the partitioning percentage of dry matter.

Table 2 Effects of daylength on the chemical constituents in stems (mg/g, FW).

Treatments (Daylength)	Re- ducing sugar	Non- Re- ducing sugar	Total- sugar	Starch	Poly- saccha- rides	Total- carbo- hydrates	Soluble- nitrogen	In- soluble- nitrogen	Total- nitrogen	C/N
Natural	1.631	3.612	5.243	1.637	8.862	14.105	0.997	1.356	2.453	5.994
8 hr	1.373	2.254	3.627	0.994	6.475	10.102	1.007	1.165	2.242	4.506
6 hr	0.909	1.158	2.067	0.777	5.021	7.088	0.622	0.962	1.584	4.475

Table 3 Effects of daylength on the hormones level in shoot apices.

Hormones*	Daylength					
	Natural		8 hr		6 hr	
	$\mu\text{g/g}$, FW	$\mu\text{g/plant}$	$\mu\text{g/g}$, FW	$\mu\text{g/plant}$	$\mu\text{g/g}$, FW	$\mu\text{g/plant}$
CK	5.007	0.173	3.749	0.105	2.311	0.054
GAs	0.427	0.015	0.449	0.013	0.782	0.018
ABA	9.152	0.315	8.105	0.226	7.724	0.180
IAA	12.583	0.433	6.804	0.190	4.412	0.103

* CK, cytokinin; GAs, gibberellin-like substances; ABA, abscisic acid; IAA, indoleacetic acid.

Table 4 Effects of light intensity on the growth of eggplant seedlings.

Treatments	Leaf area (cm ²)	Leaf weight (g)		Stem weight (g)		Root weight (g)		S/R
		FW	DW	FW	DW	FW	DW	
Full sun light	608.700*	21.667	2.557 (54.6)**	12.354	1.163 (24.9)	11.667	0.961 (20.5)	1.210
50% shading	599.186	16.000	1.881 (55.1)	10.282	0.970 (28.4)	7.250	0.561 (16.4)	1.729
75% shading	329.124	7.602	0.791 (59.3)	6.002	0.381 (28.7)	2.127	0.162 (12.1)	2.352

* Values represent means of fifty plants.

** Values in parenthesis indicate the partitioning percentage of dry matter.

Table 5 Effects of light intensity on the chemical constituents in stems (mg/g, FW).

Treatments	Re- ducing sugar	Non- re- ducing sugar	Total- sugar	Starch	Poly- saccha- rides	Total- carbo- hydrates	Soluble- nitrogen	In- soluble- nitrogen	Total- nitrogen	C/N
Full sun light	1.631	3.612	5.243	1.637	8.862	14.105	0.997	1.356	2.453	5.994
50% shading	1.212	1.686	2.898	0.508	6.224	9.122	1.126	1.117	2.243	4.067
75% shading	0.552	1.208	1.760	0.404	4.578	6.338	1.211	0.732	1.943	3.262

実験 2 日照の強さの影響

1. 苗の生育に及ぼす影響

Table 4 に見られるように、日照の低下とともに葉、茎、根各部の生育が抑制され、展開葉数も減少して、葉面積が低下した。しかし、乾物分配率でみると、日照低下ほど茎への分配が多く、根への分配が少ないので、S/R 値の大きい苗になった。

2. 茎の体内成分に及ぼす影響

遮光によって茎中の還元糖、非還元糖、全糖、澱粉、多糖類、全炭水化物、不溶性窒素ならびに全窒素がともに減少していたが、可溶性窒素は多くなっていた。C/N 率は自然日照区で一番高く、遮光によって減少する傾向が見られた (Table 5)。

3. 頂芽部のホルモンレベルに及ぼす影響

各処理区の頂芽部のホルモンレベルは Table 6 に示した。

(1) サイトカイニン: 遮光によって、生体重当りのサイトカイニン含量と株当りのサイトカイニン含量がともに減少した。

(2) ジベレリン様物質: 遮光によって、ジベレリン様物質の含量が増加する傾向が見られた。50% 遮光区では生体重当りのジベレリン様物質の含量が自然日照区の倍以上になった。株当りのジベレリン様物質の含量もほぼ同じ傾向であった。75% 遮光区の苗は 50% 遮光区のものに比べてジベレリン様物質の含量がやや増加する傾向が見られた。

(3) アブシジン酸: アブシジン酸の含量が遮光によ

Table 6 Effects of light intensity on the hormones level in shoot apices.

Hormones*	Full sun light		50% shading		75% shading	
	$\mu\text{g/g}$, FW	$\mu\text{g/plant}$	$\mu\text{g/g}$, FW	$\mu\text{g/plant}$	$\mu\text{g/g}$, FW	$\mu\text{g/plant}$
CK	5.007	0.173	3.305	0.101	2.726	0.074
GAs	0.427	0.015	0.930	0.028	1.083	0.029
ABA	9.152	0.315	7.610	0.232	7.148	0.193
IAA	12.583	0.433	6.883	0.209	3.722	0.101

* CK, cytokinin; GAs, gibberellin-like substances; ABA, abscisic acid; IAA, indoleacetic acid.

って減少する傾向が見られた。

(4) インドール酢酸: 日照の強さが弱くなるにつれて, インドール酢酸の含量は減少した。

考 察

1. 日長および日照と生育との関係

Table 1, 4 に見られるように, 日長が短いほど, あるいは光が弱いほど, ナス苗の地上部と地下部の生育が抑制され, とくに根の生育が抑えられ, S/R 値が大きくなった。これは著者ら³⁻⁴⁾が既報において報告した結果と一致している。小菅ら⁹⁾も減光は根の発育を抑制し, 形態的苗質に対して悪い影響が強いことを報告し, 本実験の結果と一致していた。

2. 日長および日照と茎の体内成分との関係

日長時間が短いほど, また光が弱いほど, 体内の還元糖, 非還元糖, 全糖, 澱粉, 多糖類, 不溶性窒素および全窒素の含量が減少した (Table 2, 5)。ほぼ同じような結果が斎藤ら¹⁰⁻¹¹⁾によっても報告されている。日長時間が短い, あるいは, 日照が弱い条件下では光合成作用が抑えられ, 光合成産物としての炭水化物の含量が減少したためと考えられる。

3. 日長および日照と頂芽部のホルモンレベルとの関係

Hensonら¹²⁾と Van Stadenら¹³⁾は短日下で *Xanthium* のサイトカイニンの含量が低くなると報告している。また, Woolley ら¹⁴⁾は低光度下で根のサイトカイニンの含量が減少すると報告している。本実験でも Table 3 と 6 に見られるように, 短日, 遮光条件下では, 頂芽部のサイトカイニンの含量が減少した。サイトカイニンは根で合成され, 地上部に送られるといわれている¹⁵⁻¹⁷⁾が, Table 1, 4 から, 短日あるいは弱日照によって根の生長が抑制され, サイトカイニンの生産場所が少なくなり, 頂芽部のサイトカイニンの含量が減少したものと考えられる。

本実験で日長時間が短いほど, あるいは日照が弱いほ

ど, 頂芽部のジベレリン様物質含量は増加した (Table 3, 6)。Railton ら¹⁸⁾も弱光下で *Solanum andigena* の葉のジベレリンの含量が増加すると報告しているし, Osada ら¹⁹⁾もイネにおいて遮光の条件下で, ジベレリンの含量が増加すると報告している。これらの報告は本実験の結果と一致している。

短日また弱光下で頂芽部のアブシジン酸含量が減少した (Table 3, 6)。Loveysら²⁰⁾はカバノキの苗で, Zeevaart²¹⁾はハウレンソウで, 長日条件下でアブシジン酸の含量が増加すると報告している。Tillberg²²⁾は光条件下では暗黒条件に比べてインゲンのアブシジン酸含量が増加すると報告している。これらの報告と本実験の結果とはほぼ一致しているように思われる。ジベレリンがアブシジン酸の蓄積を抑制すること²³⁾, また, アブシジン酸がジベレリン含量を減少させること²⁴⁾が報告されているが, 自然日長下で体内のジベレリン様物質の減少とアブシジン酸の増加が平行しているように思われる。

日長時間および日照の強さと植物体内のインドール酢酸含量の変化についてはあまり報告されていないが, 本実験の結果では, 短日あるいは遮光下では頂芽部のインドール酢酸の含量が減少した (Table 3, 6)。植物体内にオーキシンの多い部位にはアブシジン酸も多く含まれていると報告されていること²⁵⁻²⁷⁾から, 遮光区と短日区の苗の頂芽部に含まれているアブシジン酸の減少はインドール酢酸の減少につながっているのではないかと考えられる。

4. 茎の体内成分と苗質との関係

Fig. 5 に見られるように, 体内の全糖および不溶性窒素の含量と S/R 値との間に相関関係が見られた。それらの含量が多いほど, S/R 値が小さくなっていった。短日, 弱光下で育てられた苗は S/R 値大きく, 定植後発根力弱く, 太根根数少なく, 収量も低いことを認めた著者ら³⁻⁴⁾の報告と, 本実験で S/R 値の大きい苗は体内の炭水化物と窒素の含量が少なかったことを総合して見ると, S/R 値の大きい苗の弱い発根力は低炭水化物と低窒素化合物

Fig. 5 Relation between the chemical constituents in stems and the value of stem weight to root weight (S/R).

*, **, Significant at 5%, 1% level, respectively.

含量にも原因があるのではないかと考えられる。吉江ら²⁸⁾は良苗は含糖率が高いと報告している。含糖率が高い苗は定植後発根力が強いことはほかの植物においてもいくつか報告されている²⁹⁻³¹⁾。ナスにおいても例外ではなく、糖などの体内成分の含量は発根力と関係していると考えられる。また、斎藤ら³²⁻³³⁾はトマトにおいて炭水化合物と窒素化合物両方が多い場合は短花柱花が少なくと報告しているが、自然日長あるいは自然日照区の苗は体内の糖と窒素化合物の含量が多いので、よい花芽が形成され、高収量につながったと考えられる。S/R 値の小さい苗は茎内に炭水化合物、窒素化合物を貯蔵養分として十分保持していると考えられるし、反対に貯蔵養分が増加するにつれて S/R 値の小さい苗となったとも考えられる。

5. 頂芽部のホルモンレベルと苗質との関係

Fig. 6 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。頂芽部のサイトカイニン、アブシジン酸とインドール酢酸の含量が多いほど、その苗の S/R 値が小さくなっていた。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た。

サイトカイニンは根から上昇する過程で茎の伸長を抑制するため、サイトカイニンの多い自然日長区と自然日照区の苗では S/R 値が小さくなったと思われる。また、本実験で、自然日長、あるいは、自然日照の条件下で育てられた苗は頂芽部のサイトカイニン含量が高いことと、そんな条件下で育てられた苗は定植後の収量が高いこと^{3,4)}を総合して考えてみると、両者の間になんらかの関係があるように思われる。サイトカイニンは花芽分化

Fig. 6 Relation between the hormones level in shoot apices and the value of stem weight to root weight (S/R).

CK, cytokinin; GAS, gibberellin-like substances; ABA, abscisic acid; IAA, indoleacetic acid; *, Significant at 5% level.

などの生理過程に関与している報告³⁴⁻³⁶⁾が多く、サイトカイニンが多いと、花芽分化により効果を与えて、高収量につながっていたのではないかと考えられる。

サイトカイニンだけでなく、ジベレリンも花芽分化に関与している³⁵⁾。しかし、ジベレリンは茎の伸長を促進することも報告されている³⁷⁾。著者ら³⁸⁾もジベレリンの葉面散布によってナスの茎が著しく伸びて、S/R 値が

Fig. 7 Relation between the hormones balance in shoot apices and the value of stem weight to root weight (S/R).
CK, cytokinin; GAs, gibberellin-like substances; ABA, abscisic acid; IAA, indole-acetic acid; *, Significant at 5% level.

Fig. 8 Relation between the chemical constituents in stems and the hormones level in shoot apices.
CK, cytokinin; GAs, gibberellin-like substances; ABA, abscisic acid; IAA, indole-acetic acid; **, Significant at 5%, 1% level, respectively.

大きくなったことを認めている。頂芽部に含まれている内生ジベレリン様物質の含量が多すぎると、茎への光合成産物分配が促進され、苗の S/R 値が大きくなったと考えられる。本実験では、Fig. 7 に見られるように、サイトカイニン/ジベレリン様物質の比率が大きいほど、苗の S/R 値が小さくなった。サイトカイニンは節間の伸長を抑制する効果があるのに対して、ジベレリンは茎の伸長効果を持っている⁸⁹⁾。サイトカイニン/ジベレリン様物質の比率が大きい場合では、節間がつまった花芽のよい苗ができると考えられる。

アブジン酸は生長抑制物質として知られている⁴⁰⁾。Fig. 7 に見られるようにジベレリン様物質/アブジン酸との比率が大きいほど、苗の S/R 値が大きくなった。頂芽部のジベレリン様物質の含量が多く、アブジン酸の含量が少ないと乾物分配が茎に傾き、節間が伸びて、S/R 値の大きい苗になると考えられる。

オーキシンは発根物質である⁴¹⁾。著者ら³⁸⁾も外部からインドール酢酸を与えると、根が多くなり、S/R 値が小さい苗となることを報告している。頂芽部にインドール酢酸の含量が多いと発根を促し、伸長をよくして、S/R

値が小さく、花芽の多い苗になると思われる。

6. 茎の体内成分と頂芽部のホルモンレベルとの関係

体内成分の中で最も重要なものとしての全糖および不溶性窒素とホルモンとの関係を見ると、Fig. 8 に示したとおりである。体内の全糖が多いと、頂芽部のサイトカイニン、アブジン酸とインドール酢酸の含量が増加し、ジベレリン様物質の含量が低下する傾向が見られた。不溶性窒素とホルモンとの関係についてもほぼ同じような傾向が見られた。体内の成分と頂芽部のホルモンとの間に密接な関係があるように思われる。

以上の結果より、日長が短く、あるいは日照が弱いほど、体内の炭水化物、窒素化合物の含量が減少し、頂芽部のサイトカイニン、アブジン酸、インドール酢酸の含量が少なくなり、逆にジベレリン様物質の含量が多くなって、S/R 値の大きい苗になるものと思われる。著者ら^{3,4)}が自然日長あるいは自然日照下で育てられた苗は苗質がよく、収量が高いことを報告している。本実験の結果と総合してみると、S/R 値の小さい良苗は形態的には節間が短く、生理的には茎内に炭水化物とくに可溶性糖分、窒素化合物とくに不溶性窒素を多く含み、頂芽部にはサイトカイニン、アブジン酸、インドール酢酸が多く含まれ、茎の伸長を促進するジベレリン様物質の含量が少ない状態をしているように思われる。

文 献

- 1) 楼 惠寧・加藤 徹. 1987. ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究 (第4報). ナスにおける育苗期の土壌水分の影響. 生物環境調節 **25**: 57-61.
- 2) 楼 惠寧・加藤 徹. 1987. ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究 (第5報). ナスにおける育苗時の温度と肥料の影響. 生物環境調節 **25**: 91-96.
- 3) 楼 惠寧・加藤 徹. 1987. ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究 (第6報). ナスにおける育苗中の日長時間の影響. 生物環境調節 **25**: 103-107.
- 4) 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9報). ナスにおける育苗期日照の強さの影響. 未発表.
- 5) 田村太郎. 1975. 炭水化物の測定. 「栽培植物分析測定法」(作物分析委員会編) 277-293, 養賢堂, 東京.
- 6) 高橋治助. 1979. 植物無機成分分析法. 「作物試験法」(芦荻義次・杉尾孝嶺・畑村又好・山田 登・原田登五郎・鈴木直治編) 279-283, 農業技術協会, 東京.
- 7) LETHAM, D. S. 1978. Cytokinins. In "Phytohormones and Related Compounds: A Comprehensive treatise. Vol.1. The Biochemistry of Phytohormones and Related Compounds," (Eds. by Letham, D. S., P. B. Goodwin, and T. J. V. Higgins) 205-251, Elsevier/North-Holland, New York.
- 8) FRANKLAND, B., and P. F. WAREING. 1960. Effect of gibberellic acid on hypocotyl growth of lettuce seedlings. Nature **185**: 255.
- 9) 小菅正規・国富貞義. 1970. 弱光寡照におけるトマートの育苗に関する研究 (第2報). 苗質および生産力に及ぼす育苗中の光度, 温度, 灌水量, 定植後の温度の影響. 福島農試研報 **7**: 31-53.
- 10) 斎藤 隆・畑山富男・伊藤秀夫. 1963. トマトの生育・結実に関する研究 (第2報). 育苗期の日長と光の強さが生育ならびに開花・結実に及ぼす影響. 園学雑 **32**: 49-60.
- 11) 斎藤 隆・伊藤秀夫. 1971. トマトの生育ならびに開花・結実に関する研究 (第12報). 花の發育ならびに形態に及ぼす苗の栄養と低温の相互作用の影響. 園学雑 **40**: 354-358.
- 12) HENSON, I. E., and P. F. WAREING. 1973. Cytokinins in *Xanthium strumarium*: A rapid response to short-day treatment. Physiol. Plant. **32**: 185-187.
- 13) VAN STADEN, J., and P. E. WAREING. 1972. The effects of photoperiod on levels of endogenous cytokinin in *Xanthium strumarium*. Physiol. Plant. **27**: 331-337.
- 14) WOOLLEY, D. J., and P. F. WAREING. 1972. The interaction between growth promoters in apical dominance. II. Environmental effects on endogenous cytokinin and gibberellin levels in *Solanum andigena*. New Phytol. **71**: 1015-1025.
- 15) LUCKWILL, L. C. 1970. The control of growth and fruitfulness of apple tree crops. In "The physiology of tree crops," (Eds. by Luckwill, L. C. and C. V. Cutting) 237-254, Academic Press, London, New York.
- 16) SKENE, K. S. M. 1970. 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**: 418-521.
- 17) SHORT, K. C., and J. C. TORRY. 1972. Cytokinins in seedling roots of pea. Plant Physiol. **49**: 155-160.
- 18) RAILTON, I. D., and P. F. WAREING. 1973. Effect of daylength on endogenous gibberellins in *Solanum andigena*. III. Gibberellin production by the leaves. Physiol. Plant. **29**: 430-433.
- 19) OSADA, A., H. SUGE, S. SHIBUKAWA, and I. NOGUCHI. 1973. Changes of endogenous gibberellins in rice plants as affected by growth stage and different conditions. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. **42**: 41-45.
- 20) LOVEYS, B. R., A. C. LEOPOLD, and P. E. KRIEDEMANN. 1974. Abscissic acid metabolism and stomatal physiology in *Betula lutea* following alteration in photoperiod. Ann. Bot. **38**: 85-92.

- 21) ZEEVAART, J. A. D. 1971. (+)-Absciscic acid content of spinach in relation to photoperiod and water stress. *Plant Physiol.* **48**: 86-90.
- 22) TILLBERG, E. 1974. Levels of indol-3yl-acetic acid and acid inhibitors in green and etiolated bean seedlings (*Phaseolus vulgaris*). *Physiol. Plant.* **31**: 106-111.
- 23) CHIN, T-Y., and L. BEEVERS. 1970. Changes in endogenous growth regulators in nasturtium leaves during senescence. *Planta* **92**: 178-188.
- 24) WAREING, P. F., J. E. G. GOOD, and J. MANUEL. 1968. Some possible physiological roles of abscisic acid. In "Biochemistry and physiology of plant growth substances" (Eds. by Wightmen, F., and G. Setterfield) 1561-1579, Runge, Ottawa.
- 25) HANCOCK, C. R., and H. W. B. BARLOW. 1953. The assay of growth substances by a modified straight growth method. *Annu. Rep. East Malling Res. Sta.* **1952**: 88-94.
- 26) ELIASSON, L. 1969. Growth regulators in *Populus tremula*. I. Distribution of auxin and growth inhibitors. *Physiol. Plant.* **22**: 1288-1301.
- 27) ELIASSON, L. 1975. Effects of indoleacetic acid on the abscisic acid level in stem tissue. *Physiol. Plant.* **34**: 117-120.
- 28) 吉江修司・島田典司. 1964. 蔬菜類苗の栄養生理的研究 (第2報). 育苗温度とトマト苗の組成成分について. *千葉大園芸学報* **12**: 69-74.
- 29) 本田 靖・白田純雄. 1958. イネ苗に関する生理生態的研究. *日作紀* **27**: 429-431.
- 30) 宮崎督三・時津忠臣・村岡洋三. 1957. タバコ苗の栄養条件が定植後の生長に及ぼす影響. *日作紀* **26**: 141-142.
- 31) YAMADA, N., and Y. OTA. 1957. Physiological character of rice seedling (II). *Pro. Crop Soc. Sci. Jpn.* **26**: 78-80.
- 32) 斎藤 隆・伊藤秀夫. 1967. トマトの生育並びに開花・結実に関する研究 (第8報). 花芽の形成に関する生理学的研究. *園学雑* **36**: 79-90.
- 33) 斎藤 隆・伊藤秀夫. 1967. トマトの生育並びに開花・結実に関する研究 (第10報). 花の形態, 機能及び落花に及ぼす幼苗期の環境条件の影響 (2) 灌水量, 摘葉および Gibberellin 施与の影響. *園学雑* **36**: 19-27.
- 34) BERNIER, G., J-M. KINET, A. JACQARD, A. HAVELANGE, and M. BODSON. 1977. Cytokinin as a possible component of the floral stimulus in *Sinapis alba*. *Plant Physiol.* **60**: 282-285.
- 35) KINET, J. M., R. M. SACHS, and G. NERNIER. 1985. The physiology of flowering, Vol. 3. CRC, Boca Raton, Florida.
- 36) NAPIER, D. R., G. JACOBS, J. VAN STADEN, and C. FORSYTH. 1986. Cytokinins and flower development in *Leucospermum*. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* **111**: 776-780.
- 37) SHARMA, R., S. KUMAR, and K. K. NANDA. 1978. The effect of gibberellin acid guanosine monophosphates on extension growth, leaf production and flowering of *Impatiens balsamina*. *Physiol. Plant.* **44**: 359-364.
- 38) 嵯 恵寧・加藤 徹. ナス苗の生育と溢泌液中の無機成分及びホルモンレベルに及ぼすホルモン処理の影響. 未発表.
- 39) ENGELKE, A. L., H. Q. HAMZI, and F. SKOOG. 1973. Cytokinin-gibberellin regulation of shoot development and leaf form in tobacco plantlets. *Am. J. Bot.* **60**: 491-495.
- 40) HASSON, E., and A. POLJAKOFF-MAYBER. 1983. Changes in osmolarity and solute content of pea plants exposed to salinity and abscisic acid. *Aust. J. Plant Physiol.* **10**: 573-583.
- 41) McDAVID, C. R., G. R. SAGAR and C. MARSHALL. 1972. The effect of auxin from the shoot on root development in *Pisum sativum* L. *New Phytol.* **71**: 1027-1032.