

## ナスの第1花着生位置に及ぼす呼吸速度と代謝物質の影響

|       |            |
|-------|------------|
| 誌名    | 園藝學會雜誌     |
| ISSN  | 00137626   |
| 著者    | 石田, 薫      |
| 巻/号   | 58巻3号      |
| 掲載ページ | p. 657-664 |
| 発行年月  | 1989年12月   |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## ナスの第1花着生位置に及ぼす呼吸速度と代謝物質の影響

石田 薫

神戸大学農学部 657 神戸市

### Influence of Respiration Rate and Metabolic Substances on Nodal Position of First Flower Bud of Eggplant Seedlings

Kaoru ISHIDA

Faculty of Agriculture, Kobe University, Kobe, Hyogo 657

#### Summary

Eggplant under different day lengths and light intensities was investigated as to the relationship between respiration rate, endogenous substances of cotyledons and the nodal position of the first flower bud to detect a substance that appears to be related to the promotion of flowering of plants.

1. The nodal position of the first flower bud was highest at 8 hour day length, followed by 12 hour and natural day lengths (about 11 hours). The time of maximum respiration rate at natural day length was earlier than that at 12 hour and 8 hour day lengths.

At a maximum respiration rate, the nodal position at 8 hour day length was lower than at other day lengths. Among three day lengths, change of phosphate content showed a similar pattern to respiration rate. The content of nitrogen and total sugars decreased with age of the cotyledons.

2. In non-shaded plants, the nodal position of the first flower bud was low and at respiration rate, contents of pyruvic acid and  $\alpha$ -ketoglutaric acid were high. In shaded plants, the nodal position of the first flower bud was high and at respiration rate, contents of pyruvic acid and  $\alpha$ -ketoglutaric acid were low. The content of steroids in shaded plants decreased gradually with age of the cotyledons, whereas in non-shaded plants it increased rapidly until 11 days after germination and then decreased.

3. The content of steroid ester in the cotyledons at high light intensity increased with age of the cotyledons, whereas the content of steroid increased 7 days after germination and then decreased.

From these results, it suggested that the nodal position of the first flower bud is related to change in respiration rate and endogenous substances of the cotyledons.

#### 緒 言

筆者は以前に子葉を生長段階別に摘除したとき、第1葉展開期以前の摘除では第1花の着生位置が上昇し、第2葉展開後の摘除ではその影響が認められなかったことを報告した(10)。このようなことから、第2葉展開後の子葉では既に花成を促進する物質が転流を終えてしまっているものと推測した。したがって第2葉展開以前に子葉が何らかの形で花成に影響を及ぼしていることは明らかである。この時期はまた子葉の急速な生長期で、花成を促進する物質の生産能の高い時期(20)ではないかと思われる。

急速に生長している葉は日長刺激に対する感受性が強いとの報告(4, 5, 12, 29)もあり、また呼吸速度も増大する(6, 19)ことが知られている。このことは花芽形成と呼吸の間に何らかの関係があることを示唆していると思われる。近年頂端分裂組織の呼吸が注目され、栄養生長から花芽形成への移行時には呼吸速度が増大するといった報告(11, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 32)もある。

このため、ナス幼苗育成中の光条件と第1花の着生位置、及びこれに関連した子葉の呼吸と数種の体内成分の消長について検討し、興味ある結果が得られたので、ここに報告する。

## 材料及び方法

### 実験1

供試品種は“千両二号”で、1985年10月18日に播種箱に播種した。

日長処理は8、12時間及び自然日長（薄明時間を含めて11時間前後）の3区を設けて行った。8時間日長区は8～16時までの8時間太陽光にあてた後暗黒とし、12時間日長区は8時間日長区同様8時間太陽光にあてた後、光を遮断して、播種箱上約45cmの高さから20Wの白熱球で16～20時までの4時間補光した。暗期は発芽後から花芽分化期までの期間、アルミ蒸着ポリエチレンフィルムを二重にして被覆し、光を遮断した。

各区は保温用として雨天時は昼夜とも、晴天時は夜間のみ透明ビニルで被覆するとともに、小型温風器で加温し、22℃に調整したサーモスタットで温度調節を行った。その結果最低夜温は20～23℃の範囲で推移した。

処理開始後2～4日ごとに呼吸を測定し、同時に窒素、リン酸及び糖などの分析用試料の採取も行った。

分析は窒素をマイクロケルダール法で、リン酸をリン・バナド・モリブデン酸法、糖をソモギー法でそれぞれ行った。

呼吸は植物呼吸用マノメーター（科学共栄社製）を用い、排出された炭酸ガスをカセイカリで吸収させ、被検物の入った反応容器内の酸素の減圧を測定した。測定は水温25℃で、黒ビニルで被覆して暗黒状態とした恒温水槽内に、10時30分～11時の間に採取した植物の子葉1gの入った反応容器を入れて行った。測定時間は1時間とした。

花芽分化の調査は50個体について行った。分析試料は窒素及びリン酸については乾物重で100mg、糖については200mgを用いた。

### 実験2

供試品種は“千両二号”で1988年5月27日に播種箱に播種した。

処理区はアルミ蒸着ポリエチレンフィルムで被覆した遮光区と非遮光の対照区の2区とした。

遮光区はトンネル内に約30cmの高さの台を設け、その上に播種箱を置き、被覆した。トンネル内に直達光が入射せず、散乱光のみが入射するものとした。そのため南北方向に設けたトンネルの北端はあけたままとし、南端及び両サイドは地面上約25cm位あけた。

各区の光の強さは6月13日13時（晴天）の測定で、ハウス内では露地の71%（約 $2,329\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}$ 。対照区）、遮光区では26%（約 $0.085\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}$ 。）であった。

処理は発芽直後から第3葉展開時の7月7日までの34日間行い、その後被覆を寒冷しやに換えて徐々に光に慣らして被覆を除いた。

調査は第1花着生位置、呼吸、ビルビン酸、 $\alpha$ -ケトグルタル酸及びステロイド類などについて行った。呼吸の測定には、遮光区と対照区間の生育に大きな相違があるため、両区の測定時の生育段階が同一になるよう、第1葉出葉期及び展開開始期、第2葉展開開始期の段階に達したものをを用いた。したがって両区の測定日は異なり、対照区では発芽後4、8、11日目、遮光区は4、10、15日目であった。測定法は下記した以外実験1と同一方法であった。

分析試料の採取は呼吸測定時に行ったほか、第3葉展開時、すなわち対照区では発芽後15日目、遮光区では34日目に行った。

ビルビン酸及び $\alpha$ -ケトグルタル酸は生鮮子葉3gを氷冷下の乳鉢で磨砕した後、冷10%過塩素酸水溶液で抽出し、抽出液をイオン交換樹脂によって脱塩し、Friedman-Hangen法を改良した分別定量法で比色定量した(39)。

ステロイド類の定量は生鮮子葉3gを常温下の乳鉢で磨砕してイソプロパノールで抽出後、さらにクロロホルム-イソプロパノール混合液(2:1)で抽出して減圧下で乾固し、Folchらの方法で分配透析して乾固、アセトンを用いて溶解し、遠心によりアセトン可溶部を分離(31)し、それをZak法(34)によって比色定量した。

第1花着生位置は50個体について剥皮法によって調査した。

### 実験3

供試品種・“千両二号”で、1988年7月22日に播種箱に播種した。

この実験はステロイド類をステロイドとステロイドエステルに分別定量するために行った。

分析試料は実験2で採取したものと同一生育段階のものを用いたが、そのほかに第2葉展開期のものも用いた。したがって試料の採取は発芽後4、6、7、8、11日目の5回行った。

ステロイド及びステロイドエステルの分別定量は次のような手順にしたがった。抽出は両物質の含量が微量であるため、実験2より多めの生鮮子葉4gを用い、実験2と同様な方法で抽出、乾固、分配透析を行ってアセトン可溶部を得た後、減圧下で乾固してアセトンを除き、ヘキササンで溶解して、カラムに充填したケイ酸マグネシウムの上端に注ぎ、吸着させた後、ヘキササン-エーテルの混合溶媒でアセトン可溶部の各物質を溶出した。各物

質の溶出(分別純化)は混合溶媒中のエーテル含量を段階的に増加して行った(34)。溶出したステロイド及びステロイドエステルのヘキサン溶液は減圧下で乾固してヘキサンを除去した後、それぞれの物質はアセトンで溶解して、Zak法(34)によって比色定量した。

第1花着生位置は剥波法で50個体について調査した。

### 実験結果

#### 実験1. 第1花着生位置と呼吸速度、リン酸、窒素及び全糖含量との関係

各区の平均第1花着生節位は第1表に示したように、自然日長区が最も低く、ついで12時間日長区で、8時間日長区が最も高かった。これら3区間には有意差が認められた。

各区の子葉の呼吸速度の推移は第1図に示したように、自然日長区は発芽後3日目が最高で、以後低下した。12時間日長区は3日目では自然日長区よりわずかに低く、7日目に最高となって、以後低下した。8時間日長区は3日目では他区より著しく低かったが、その後増加して7日目に最高となって、以後低下し、16日目では3

Table 1. Effect of day length on the nodal position of the first flower bud of eggplants.

|   | Day length |     |      |
|---|------------|-----|------|
|   | Natural    | 8 h | 12 h |
| Node at which first flower bud occurred | 7.2        | 8.5 | 7.5  |

L. S. D. 0.2 at 5% level.

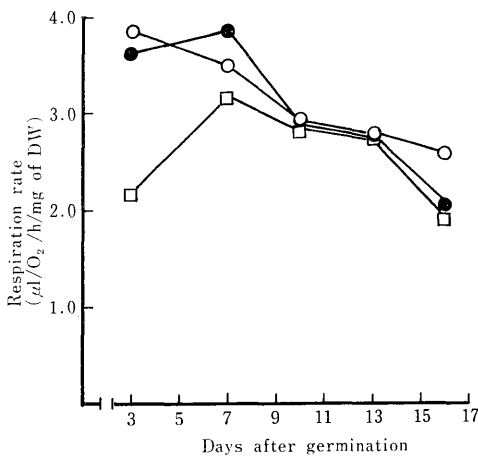


Fig. 1. Effect of day length on respiratory rate of cotyledons.

○: natural day length, ●: 12 hour day length, □: 8 hour day length.

区中最低となった。8時間日長区の呼吸速度の最高は他区のそれより著しく低かった。

各区のリン酸、窒素及び全糖含量の推移は第2図に示したとおりで、リン酸含量の推移についてみると、自然日長区は発芽後3日目が最高で、以後次第に低下した。12時間日長区は7日目が最高で、以後低下したが、13日目では他区ほど低下しなかった。8時間日長区は3日目では3区中最低であったが、7日目には増加して、その後低下した。8時間日長区のリン酸含量の最高は3区中最低であった。

窒素含量の推移についてみると、各区とも3日目を最高に、葉齢の増加とともに低下する傾向がみられた。

全糖含量の推移についてみると、各区とも発芽後3日目を最高に以後低下した。しかし各区ごとの推移は8時間日長区では一時期を除いて3区中最も高い水準で推移し、ついで12時間日長区、自然日長区の順に低い水準であった。

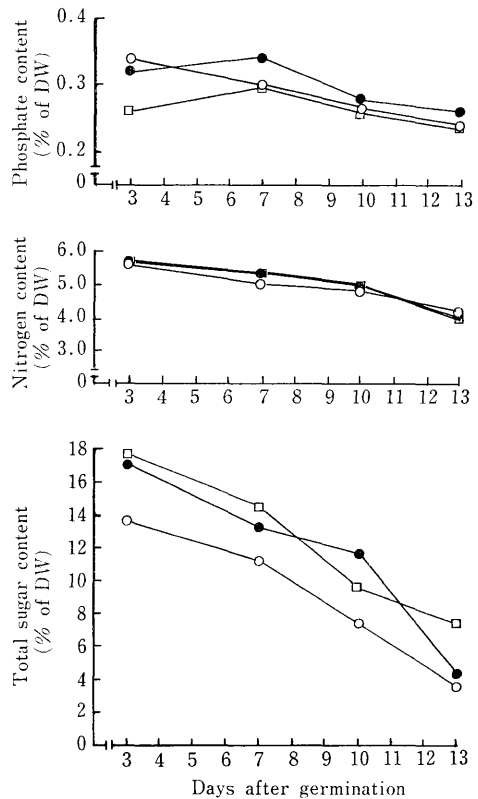


Fig. 2. Effect of day length on the contents of phosphate, nitrogen and total sugars of cotyledons.

○: natural day length, ●: 12 hour day length, □: 8 hour day length.

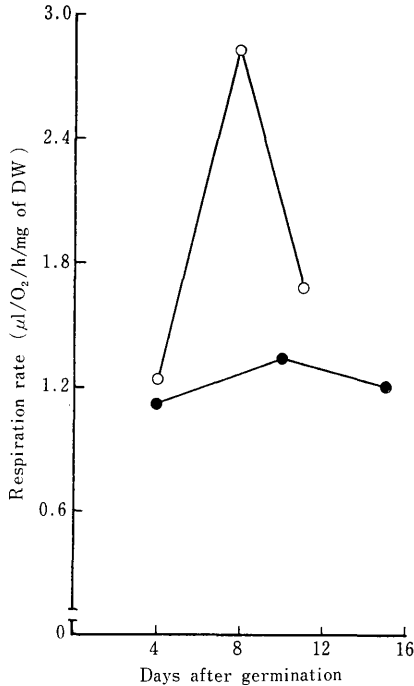


Fig. 3. Effect of shading on respiratory rate of cotyledons.  
○: non-shading, ●: shading.

#### 実験2. ピルビン酸及び $\alpha$ -ケトグルタル酸と呼吸速度及び第1花着生位置とステロイドの関係

各区の呼吸速度の推移は第3図に示したように、対照区では発芽後8日目には急速に増加して最高となり、以後低下した。遮光区では発芽後10日目には緩慢な速度で増加した後低下した。遮光区の最高は対照区のそれより著しく低かった。

各区のピルビン酸含量の推移は第4図に示したように、対照区では発芽後急速に増加し、8日目に最高となり、以後低下した。遮光区では10日目には増加して最高となり、以後低下した。遮光区の最高含量は対照区のそれより著しく低かった。

各区の $\alpha$ -ケトグルタル酸含量の推移は第5図に示したように、対照区では発芽後8日目には急速に増加して最高となり、以後低下した。遮光区では10日目には増加して最高となり、以後わずかに低下する傾向が認められた。遮光区の最高含量は対照区のそれより著しく低かった。

各区のステロイド類の含量の推移は第6図に示した。対照区では発芽後緩慢な速度で増加し、11日目には急速に増加して最高となったが、以後低下した。遮光区では

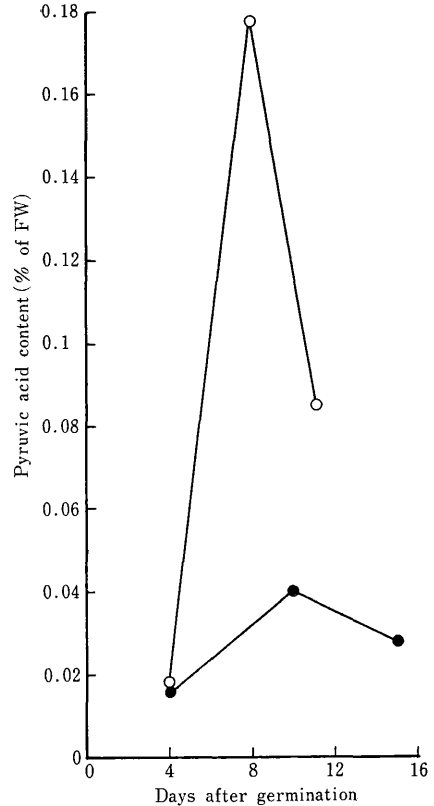


Fig. 4. Effect of shading on the content of pyruvic acid of cotyledons.  
○: non-shading, ●: shading.

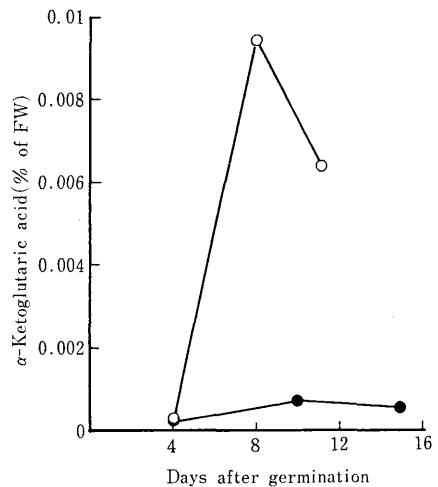


Fig. 5. Effect of shading on the content of  $\alpha$ -ketoglutaric acid of cotyledons.  
○: non-shading, ●: shading.

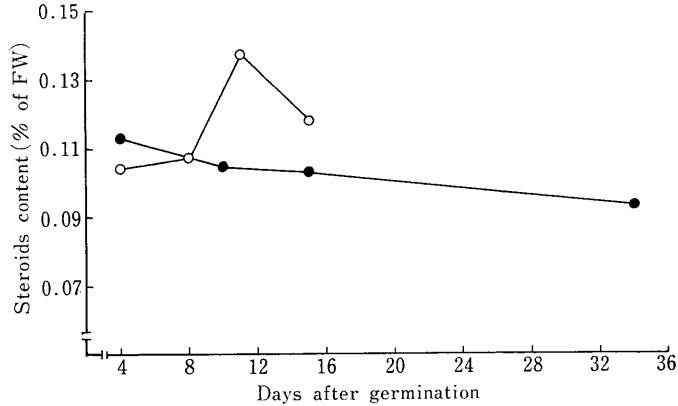


Fig. 6. Effect of shading on the content of steroids of cotyledons.  
○: non-shading, ●: shading.

Table 2. Effect of shading on the nodal position of the first flower bud of eggplant.

|   | Non-shading | Shading |
|---|-------------|---------|
| Node at which first flower bud occurred | 7.6         | 9.5     |

L. S. D. 0.04 at 1% level.

発芽後葉齢の増加とともに緩慢な速度で低下する傾向を示した。

各区の平均第1花着生位置は第2表に示した。対照区は遮光区より低節位に第1花を着生した。

### 実験3. 自然条件下での子葉のステロイド及びステロイドエステルの含量の推移

第7図に示したように、ステロイドエステル含量は発芽後8日目までは比較的急速に、それ以後は緩慢に増加する傾向を示した。

第8図に示したように、ステロイド含量は発芽後6日目までは緩慢に増加し、以後急速に増加して7日目では最高となり、その後は低下した。

第1花着生位置は極めて低節位で、平均6.6節位であった。

## 考 察

### 1. 第1花着生位置と呼吸の関係

第1花着生位置は第1表に示したように日長によって異なり、自然日長区、12時間日長区、8時間日長区の順に高くなった。これは第1花着生位置に子葉が影響を及ぼし(9, 10, 13), その子葉に日長感受性がある(9)のために生じた結果である。第1花を低節位に着生させるためには長日条件が必要である(9)。しかし本実験実施下での自然日長は12時間以下であるが、第1花着生位置は12時間日長区の方が自然日長区よりわずかに高かった。第

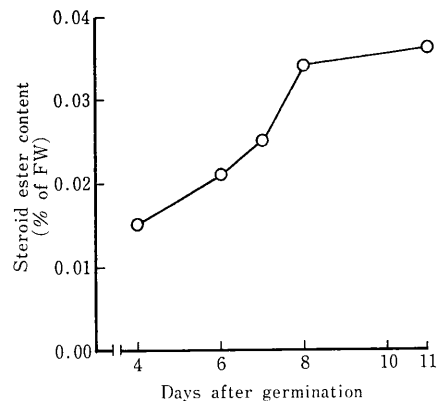


Fig. 7. Changes in steroid ester content of cotyledons.

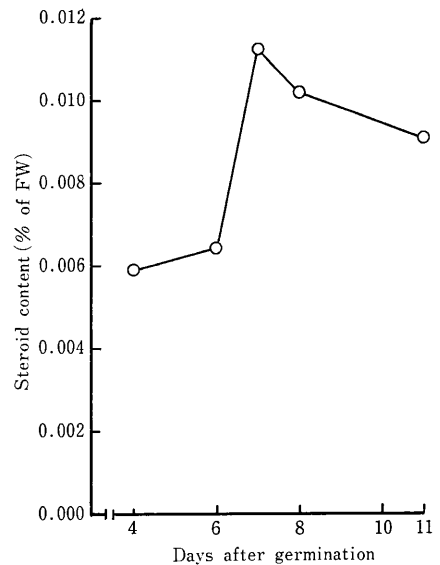


Fig. 8. Change in steroid content of cotyledons.

1花の低節位着生に必要な日長は光の強さによって異なり(8)、光が強いと日長が短かくても低節位に第1花は着生する。こうしたことから自然日長区は12時間日長区より強光にあたる時間が長いため第1花を低節位に着生したと考えられる。

呼吸速度についてみると、その最高期は自然日長区が発芽後3日目で、12及び8時間日長区の7日目より4日早かった。呼吸速度の最高値は自然及び12時間日長がほぼ同程度で、これら2区より8時間日長区は低かった。このように呼吸速度及びその推移は第1花着生位置と同様に、各区によって異なった。

そこで呼吸速度及びその推移と第1花着生位置との関係を検討してみると次のようである。呼吸速度の最高値が他区より低かった8時間日長区の第1花着生位置は自然及び12時間日長区より高く、また最高期の出現が自然日長区より遅かった12時間日長区の第1花着生位置は自然日長区より高かった。このように呼吸速度及びその最高期の出現時期などいずれも第1花着生位置に影響を及ぼしていると思われることから、呼吸は第1花着生位置に関係しているものと推測される。

## 2. 第1花着生位置とリン酸、窒素及び全糖含量の関係

リン酸含量の最高期は各区とも呼吸速度の最高期と一致していた。リン酸はエネルギー代謝と多くの物質の合成、分解反応に重要な役割を果しているため、ナスの場合も新葉や根の先端部などの代謝活性の強い組織に多く集積する(11)。また呼吸速度の最高期にリン酸含量が増加したのも、妥当な結果と考えられる。自然日長区と12時間日長区の第1花着生位置の相違はリン酸集積等の活発な物質代謝のおこる時期の違いによって生じた可能性が考えられるし、また8時間日長区のようにリン酸の最大含量が3区中最低であったことは物質代謝の活性が低かったことを示すとも考えられ、ひいては第1花着生位置に影響を及ぼした可能性が考えられる。

窒素含量は各区とも葉齢の増加とともに低下した。この低下傾向はそれぞれの区によって第1花着生位置が異なったにもかかわらず、各区ともほぼ同一の含量水準で推移した。この実験では窒素は第1花着生位置に関係していないことを示したと考えられる。

全糖含量は子葉の齢の増加とともに各区とも低下した。しかし低下程度は各区によって異なり、最も低水準で推移したのは自然日長区で、ついで12時間日長区で、8時間日長区は比較的高い水準で推移した。自然日長区のように糖含量の少ない区は第1花の着生位置が低く、呼吸速度も大で、また8時間日長区のように含量が多か

った区は第1花着生位置が高く、呼吸速度も低かった。生理活性が活発な場合に全糖の消費が多くなったことが、その一因であろうと考えられる。

## 3. ピルビン酸及び $\alpha$ -ケトグルタル酸と呼吸速度の関係

子葉の齢による呼吸速度の推移と、ピルビン酸及び $\alpha$ -ケトグルタル酸含量の変動はいずれもよく一致した傾向を示した。これは呼吸量の増大が、呼吸・解糖系におけるこれら中間代謝産物の増大をもたらせたこと、及び解糖経路とクエン酸回路の代謝活性がほぼ均衡していたことを示すと考えられる(28)。また遮光区では、呼吸量及び両物質の含量が共に低く、呼吸・解糖系の活性が抑制されたことは明らかである。

## 4. ステロイド類含量と代謝活性の関係

ステロイド類含量は、遮光区では葉齢の増加とともに次第に低下し、対照区では発芽後11日目に最高となり、以後低下した。ステロイドはアセチル CoA に続く生合成経路から生じるとみられている。したがってこのような結果は前述したように両区間に代謝活性の著しい相違があったことから生じたものではないかと考えられる。

ただし対照区におけるステロイド類含量の最大期は代謝活動の最盛期、すなわちピルビン酸含量の最高期より約3日遅かった。ピルビン酸の代謝生成物であるアセチル CoA からステロイド生成までが複雑な生合成過程を経ると考えられていることから、前者の含量の増大が、後者の生成量に影響するまでである一定の期間を必要としているのではないと思われる。

## 5. ステロイド類含量と第1花着生位置との関係

遮光区では、第1花着生位置は高く、前述したようにステロイド類含量は齢の増加とともに低下した。また対照区では、第1花着生位置は低く、ステロイド類含量は一旦増加して最高に達した後低下するといった推移を示した。含量の低下した時期は第1花着生位置が子葉摘除によって影響されなかった時期(10)と一致した。これらの事実から、ステロイド類の含量が、ナスの第1花着生位置に何らかの影響を及ぼしている可能性が考えられる。

## 6. ステロイド及びステロイドエステル含量の推移

本実験での第1花の着生位置は平均6.6節位で、非常に低節位であった。このようなナスの子葉のステロイドエステルの含量は増加速度が生育段階によって多少の違いがあったが、齢の増加とともに増大した。

一方ステロイド含量は発芽後増加して最高となり、以

後低下した。この推移はステロイド類の場合と類似していた。ステロイド類全体の消長はステロイドエステルにはあまり影響されていないものと考えられる。

ステロイドと花芽形成の関係については、すでにステロイド生合成阻害剤による花成阻害(3, 28), その他いくつか報告(1, 2, 14~18)されているが、他方では阻害剤による花成阻害はステロイド及び誘導植物から抽出した物質などを与えても回復されなかった、といった報告(3)もあり、また阻害剤はステロイド生合成を阻害するものではなく、光合成の抑制か、あるいは同化物質の輸送を減少させるといった点に作用するとの報告(20)もある。このように花成とステロイドとの関係については相反する結果が報告されており、両者の関係は明確になっていない。しかしステロイドの役割についてはなお注目されている(35)のでさらに検討を続ける所存である。

### 摘 要

異なった日長及び光強度下のナスは植物の花成の促進に関係していると思われる物質を見出すため、第1花着生位置、子葉の呼吸速度及び体内成分などについて調査した。

1. 第1花着生位置は8時間日長が最も高く、ついで12時間、自然日長の順であった。自然日長での呼吸速度の最大期は12及び8時間の日長より早く、また最大呼吸速度についてみると、8時間日長は他の日長より低かった。すべての日長処理では、リン酸含量の推移は呼吸速度の推移と同じパターンを示し、窒素及び全糖含量は子葉の齢の進行とともに減少した。

2. 非遮光植物では、第1花着生位置は低く、最大呼吸速度、ピルビン酸及び $\alpha$ -ケトグルタル酸含量はすべて高かった。遮光植物では、第1花着生位置は高く、最大呼吸速度、ピルビン酸及び $\alpha$ -ケトグルタル酸含量はすべて低かった。遮光植物のステロイド類含量は子葉の齢の進行とともに低下し、非遮光植物では発芽後11日目まで急速に増大し、以後減少した。

3. 強光下の子葉のステロイドエステル含量は子葉の齢の進行とともに増加し、ステロイド含量は発芽後7日目に増加し、以後減少した。

これらの結果は第1花着生位置が子葉の呼吸速度及び数種の体内成分の推移と関連していることを示唆した。

謝 辞 本学の農学博士、前川進助教授に本稿のご校閲をいただいた。ここに深謝の意を表します。

### 引用文献

1. BENNETT, R. D., E. R. LIEBER and E. HEFTMAN. 1967. Time course of steroid biosynthesis and metabolism in *Haplopappus*

*heterophyllus*. Plant Physiol. 42: 973-976.

2. BISWAS, P. K., K. B. PAUL and J. H. M. HENDERSON. 1966. Effect of chrysanthemum plant extract on flower initiation in short-day plants. Physiol. Plant. 19: 875-882.
3. BONNER, J., E. FLEFFMANN and J. A. D. ZEEVAART. 1963. Suppression of floral induction by inhibition of steroid biosynthesis. Plant Physiol. 38: 81-88.
4. BORTHWICK, H. A. and M. W. PARKER. 1940. Floral initiation in *Biloxi* soybean as influenced by age and position of leaf receiving photoperiodic treatment. Bot. Gaz. 101: 806-817.
5. 今村駿一郎. 1953. アサガオの花芽形成. 生研時報. 97-100.
6. 依田藤久太郎. 1962. 蔬葉の施肥と土壤. p. 21-37. 朝倉書店. 東京.
7. 石田 薫・松尾浩気. 1965. 茄子の花成に関する条件の研究 (第2報). 日長及び温度条件が花成に及ぼす影響. 兵庫農大研報. 7: 63-70.
8. 石田 薫. 1971. ナスの花成に関する条件の研究 (第5報). 光の強さと日長の関係. 神大農研報. 10: 41-44.
9. 石田 薫. 1972. ナスの花成に関する条件の研究 (第6報). 環境要因を感受する器官について. 園学雑. 41: 259-264.
10. 石田 薫・飯尾重博・佐伯カオル. 1981. ナスの第1花着生節位に及ぼす葉摘除の影響. 神大農研報. 14: 307-311.
11. JACOMARD, A. 1978. Histochemical localization of enzyme activity during floral evocation in the shoot apical meristem of *Sinapis alba*. Protoplasma. 94: 315-324.
12. KHUDIRI, A. K. and K. C. HAMNER. 1954. The relative sensitive of *Xanthium* leaves of different ages to photoperiodic induction. Plant Physiol. 29: 251-257.
13. 小餅昭二. 1961. ナスの着生節位に及ぼす温度. その他2, 3の要因. 北海道農試彙報. 76: 28-36.
14. KOPCEWICZ, J. 1970. Influence of estrogens on flower formation in *Cichorium intybus* L. Naturwiss. 57: 136.
15. KOPCEWICZ, J. 1971. Estrogens in developing bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. Phytochemistry 10: 1423-1427.
16. KOPCEWICZ, J. 1972. Oestrogens in the long-day plants *Hyoscyamus niger* and *Salvia splendens* grown under inductive and non-inductive light conditions. New Phytol. 71: 129-134.
17. KOPCEWICZ, J. 1972. Estrogens in the short-day plants *Perilla ocimoides* and *Chno-Podium rubrum* grown under inductive and non-inductive light conditions. Z. Pflanzen-



- physiol. 67: 373-376.
18. LINCOLN, R., D. L. MAYFIELD and A. CUNNINGHAM. 1961. Preparation of floral initiating extract from *Xanthium*. Science 133: 756.
  19. 中山 包. 1960. 発芽生理学. p. 115-135. 内田老鶴閣. 東京.
  20. OGAWA, Y. and R. W. KING. 1979. Indirect action of benzyladenine and other chemicals on flowering of *Pharbitis nil* Chois. Plant Physiol. 63: 643-649.
  21. ORR, A. R. 1984. Histochemical study of enzyme activity in the shoot apical meristem of *Brassica campestris* L. during transition to flowering. II. Cytochrome oxidase. Bot. Gaz. 145: 308-311.
  22. ORR, A. R. 1985. Histochemical study of enzyme activity in the shoot apical meristem of *Brassica campestris* L. during transition to flowering. III. Glucose-6-phosphate dehydrogenase. Bot. Gaz. 146: 477-482.
  23. ORR, A. R. 1987. Changes in glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase activity in shoot apical meristem of *Brassica campestris* during transition to flowering. Amer. J. Bot. 74: 1161-1166.
  24. 太田行人. 1964. 植物の生長と令パターン. 科学 34: 196-199.
  25. PETERSON, K. and A. R. ORR. 1983. Histochemical study of enzyme activity in the shoot apical meristem of *Brassica campestris* L. during transition to flowering. I. Succinic dehydrogenase. Bot. Gaz. 144: 338-341.
  26. ROBERTS, R. H. 1961. Photoperiodism, in view of recent lipid hormone induction studies. Plant Physiol. Supp. 36: liii-liv.
  27. ROBERT, R. H. and B. E. STRUCKMEYER. 1961. Induction of flowering by natural lipid hormones. Plant Physiol. Supp. 36: liii.
  28. SACHS, R. M. 1966. Inhibition of flower initiation in *Pharbitis nil* by an inhibitor of steroid biosynthesis dependent on seedling age. Plant Physiol. 41: 1392-1394.
  29. SALISBURY, F. B. 1955. The dual role of auxin in flowering. Bot. Gaz. 30: 327-334.
  30. 菅 洋. 1979. 作物の発育生理. p. 210-234. 養賢堂. 東京.
  31. 武富 保. 1970. 脂質研究法 抽出法. 安藤鋭郎・寺山 宏・西沢一俊・山川民夫編. 生化学研究法 I. p. 49-66. 朝倉書店. 東京.
  32. THEIN, M. M. 1957. Survey of anatomical and microchemical changes in the shoot of *Xanthium pensyl-vanicum* in relation to photoperiodism. Amer. J. Bot. 4: 514-522.
  33. 東大農学部農芸化学教室編. 1978. 実験農芸化学下. p. 155-166. 朝倉書店. 東京.
  34. 植田伸夫. 1970. 脂質研究法, 分析確認法. 安藤鋭郎・寺山 宏・西沢一俊・山川民夫編. 生化学研究法 I. p. 49-66. 朝倉書店. 東京.
  35. ZEEVAART, J. A. D. 1978. Phytohormones and flower formation. p. 315-316. In: Lethan, D. S., P. B. Goodwin and T. J. V. Higgins (eds.). Phytohormones and related compounds. Elsevier/Noth-Holland. Biomedical Press.