

論文内容要旨

農学系研究科 農業生物学専攻

昭和63年度博士課程進学 木村 正一

指導教官 東京大学教授 石井 龍一

論文題目

ダイズの落花・落莢に関する研究

Studies on abscission of flowers and pods in soybean plants

ダイズでは、種子が成熟するまでに多くの花もしくは莢が脱落し、その落花・落莢率は20～80%に達するといわれている。しかし落花・落莢が開花後どの時期に、個体内あるいは花房内のどの位置で多く起こるかなど、落花・落莢の実態はまだ明らかにされていない部分が多い。また、落花・落莢率の決定機構の解明は、ダイズの収量決定機構の解明にもつながり、ダイズ生産上極めて重要であると考えられるが、この方面の研究もきわめて少ない。本研究では、まず第I章で個体当たり莢数の大きく異なるダイズ2品種について、落花・落莢の実態を調査し、生育時期、花・莢の個体内あるいは花房内位置と落花・落莢率との関係を検討した。次に第II章では、摘葉、遮光、CO₂富化等の処理によって個体当りの同化産物量を変化させ、そのときの個体当りの落花・落莢率を検討することによって、個体としての同化産物量と個体としての落花・落莢率との関連性を追求した。次に第III章では、個々の花・莢への同化産物供給速度を推

定し、落花・落英率とのより直接的な関連性を検討した。これらの結果から、同化産物量と落花・落英率との密接な関係が示されたが、同時に生長調節物質も落花・落英率の決定に関与していることが示唆された。そこで、第IV章では生長調節物質が落花・落英率の決定に関与している可能性を検討した。

1. 花・英数の異なる2品種における落花・落英の実態

1. まず、粒大型品種のエンレイと粒数型品種のコガネダイズを用い、個体当りの落花・落英率の経時変化を調べた。個体の中で最初の開花がみられた日から2週間にわたり、毎日、開花数と落花・落英数を調査した。コガネダイズの個体当たり累積開花数はエンレイの約2倍であった。それにもかかわらず、開花後10日目までの累積落花・落英率はエンレイがコガネダイズの約2倍の高い値を示した。しかし開花後10日以降の累積落花・落英率については、エンレイではほぼ頭打ちになったのに対し、コガネダイズでは増加し続けた。その結果、完熟期におけるコガネダイズの個体当りの英数はエンレイの1.6倍と、開花数の差より小さくなった。

2. 次に、落花・落英率を主莖節位別に調べた。開花後14日における各節位ごとの累積落花・落英率は全体にエンレイの方が高い傾向にあった。しかし累積落花・落英率が主莖第4、5節で低くなるという節位別落花・落英率における特徴は、両品種で共通であった。

3. また、落花・落英率を花房内位置別にみた結果、花房当たり開花数は両品種で2倍以上違うものの、落花・落英率が花房基部で低く、先端部ほど高くなり、最も先端に着生した花は100%の落花・落英率を示したという点は、両品種共通の現象であった。

4. 完熟期における種子1粒重はエンレイがコガネダイズの2.1倍となっていたが、莢当り粒数には差がなく、1で述べたようにコガネダイズの個体当りの英数はエンレイの1.6倍あったため、収量に大きな違いはなかった。

II. 個体の同化産物量を人為的に変化させた場合の個体の落花・落英率

1. 個体の開花日に摘葉処理と(摘葉+遮光)処理を行ったところ、個体当りの落花・落英率は増加する傾向を見せた。従って、個体当りの同化産物量の減少と、その分配様式の変化は、個体当たりの落花・落英率の増加をもたらすと考えられた。

2. しかし、開花後3日および13日の個体に2週間にわたってCO₂富化処理を行ったところ、落花・落英率、花・莢の乾重のいずれも変化しなかった。従って、個体当たりの同化産物量の増加は落花・落英率を低下させることはないと考えられた。

3. 同化産物量を変化させることを目的とした処理が、植物ホルモン濃度を通じて植物の生長に影響した例が従来知られているため、摘葉処理個体の花・莢中の植物ホルモンの濃度を調査した。その結果、花・莢中のアブシジン酸濃度は摘葉処理の影響を受けなかったが、インドール酢酸の濃度は上昇した。従って摘葉処理は同化産物量の減少のみならず、植物ホルモン等の生長調節物質の濃度変化の面からも落花・落英率に影響する可能性が考えられた。

III. 花・莢への同化産物供給速度と落花・落英率との関係

1. 個々の花・莢への同化産物供給速度と落花・落英率との直接的関係を検討

した。開花日に2段階の摘葉処理を行い、開花日から2週間にわたって2日おきに花・莢1個当りの乾重を測定した。そして1日当りの花・莢1個当りの乾重増加量をもって花・莢1個当り1日当りの同化産物供給速度とした。その結果、落花・落莢が盛んな時期には両品種とも花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との間には強い負の相関がみられた。しかし、落花・落莢が旺盛に起こらない時期においては、花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢との関係は見られなかった。

2. 花・莢1個当りの同化産物供給速度と落花・落莢率との関係を花房内位置別に検討した。いずれの品種においても、花房内位置が高い花・莢ほど同化産物供給速度が低く、落花・落莢率は高くなる傾向が見られた。しかし、同化産物供給速度がきわめて低い花・莢でも、落花・落莢率が0～83%まで大きく変化しており、落花・落莢率の決定には同化産物供給速度以外にも何らかの要因が関与していることが示唆された。この現象はコガネダイズの花房上部の花・莢で顕著であった。

3. そこで、花房上部での落花・落莢率に影響している要因を検討するために、花房基部摘花処理を行った。その結果、花房基部摘花処理により花房上部の花・莢の一部では同化産物供給速度が大きく増加し、それらの落花・落莢は完全に見られなくなった。しかし同時に一部の花・莢では、同化産物供給速度が増加しないにもかかわらず、落花・落莢率が引き下げられることが観察された。従って、同化産物の競合の他に、花房基部の花・莢が直接的に花房上部の落花・落莢を促進するような仕組みがあると考えられた。

IV. 花・莢中の生長調節物質と落花・落莢率との関係

1. 花房基部に花・莢が存在すること自体が、花房上部の落花・落莢を促進するという現象が、何らかの生長調節物質によるものである可能性を検討するために、花房の基部に若莢抽出物処理を行った。すなわち、若莢から抽出した水溶性物質をラノリンペーストとし、それを花房基部の花・莢切除跡に塗布した。こうした若莢抽出物処理は、花房上部の落花・落莢率を増加させ、その程度は若莢抽出物の濃度に依存した。従って、若莢には花房上部の落花・落莢を促進する生長調節物質が含まれていることが示唆された。

2. 若莢抽出物処理の効果をエンレイとコガネグイズで比較するために、両品種の若莢からの抽出物を、その抽出したと同じ品種に処理すると同時に、他の品種にも交差して処理した。その結果、どちらの若莢からの抽出物でも、またどちらの品種に処理した場合でも花房上部の落花・落莢率は増加し、その効果に大きな差はなかった。

3. 花房基部へのインドール酢酸とアブシジン酸処理を行い、若莢抽出物中の物質がこの植物ホルモンのいずれかに類似しているかどうか検討した。その結果、どちらで処理した場合にも、花房上部の落花・落莢率は増加する傾向を示した。従って、若莢抽出物中には、インドール酢酸またはアブシジン酸に類似した物質が含まれている可能性が考えられた。

ダイズの落花・落莢に関する研究

木村 正一

②

ダイズの落花・落莢に関する研究

Studies on abscission of flowers and pods in soybean plants

農学系研究科農業生物学専攻

昭和63年度博士課程進学

木村正一

指導教官 東京大学教授 石井龍一

目次

緒論	1
用語の定義	5
第 I 章 花・莢数の異なる 2 品種における落花・落莢の実態調査	7
第 1 節 落花・落莢率の経時変化	8
第 2 節 主莖節位と落花・落莢率との関係	14
第 3 節 花房内位置と落花・落莢率との関係	19
第 4 節 完熟期の莢数および収量構成要素	24
考察	28
第 II 章 個体の同化産物量を人為的に変化させた場合の個体の落花・落莢率	30
第 1 節 摘葉処理と（摘葉＋遮光）処理が落花・落莢率に及ぼす影響	31
第 2 節 CO ₂ 富化処理が落花・落莢率に及ぼす影響	38
第 3 節 摘葉処理が花・莢中の内生インドール酢酸およびアブシジン酸の濃度に及ぼす影響	43
考察	47

第Ⅲ章 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との関係	51
第1節 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との関係の経時変化	52
第2節 花房内位置別にみた花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率の 関係	60
第3節 花房基部摘花処理が花房上部の花・莢への同化産物供給速度と落花 ・落莢率との関係に及ぼす影響	67
考察	72
第Ⅳ章 花・莢中の生長調節物質と落花・落莢率の関係	74
第1節 花房基部に対する若莢抽出物処理の効果と若莢抽出物濃度の影響	76
第2節 若莢抽出物処理効果の品種間比較	84
第3節 花房上部の落花・落莢率に対する花房基部へのインドール酢酸 およびアブシジン酸処理の効果	88
考察	91
総合考察	93
摘要	97
謝辞	102
引用文献	103

緒論

ダイズでは、種子が成熟するまでに多くの花もしくは莢が脱落する。ダイズの落花・落莢率すなわち、開花した花のうち結実前に脱落するものの割合は、20%から80%に達するといわれている (Carlson and Lersten 1987, Hansen and Shibles 1978, Heindl and Brun 1983, van Schaik and Probst 1958, Wiebold et al. 1981)。

ダイズの個体当り果実数は開花数と落花・落莢率の積により決まるが、落花・落莢率は植物の体内要因および環境要因の影響を敏感に受けて大きく変化する。群落各層の収量差が開花数よりも落花・落莢率の差によるという調査結果 (Heindl and Brun 1984) もそのことを示す一例である。したがって、落花・落莢率を決定する機構を解明することは、ダイズの果実数決定機構、ひいては収量決定過程の全体を明らかにする上で極めて重要であると考えられている。

ダイズの落花・落莢に関しては多くの研究がなされてきた。落花・落莢率に影響する要因は、大きく植物体の内的要因と外的要因とに分けられる。

内的要因としては、まず品種が考えられるが、落花・落莢率は品種によって大きく異なることが知られている (Hansen and Shibles 1978, Wiebold et al. 1981, Van Schaik and Probst 1958a)。また、同一個体内の花・莢であってもその個体内での位置、あるいは開花時期によっても落花・落莢率は異なると

いわれている。(Antos and Wiebold 1984, Brun and Betts 1984, Dybing et al. 1986, 加藤・内藤 1955, 大庭ら 1961, Spollen et al. 1986)。さらに、発育が先行した莢の存在によって、発育の遅れた莢の脱落が促進されるといふ現象も観察されている(Hicks and Pendleton 1969, Lindoo and Noodén 1976)。また、落花・落莢率は花や莢の発育段階によっても変わるとされ、花や莢の特定の発育段階で多くなるとされている。とくに脱落が多いのは、開花後1～7日であるとされ(Carlson and Lersten 1987, Huff and Dybing 1980, 加藤・内藤 1955, Noodén 1984)、加藤・内藤(1955)によればこの時の落花したものは解剖学的には原胚分裂期初期のものが多く、未授精花は少ないとされている。

一方、落花・落莢率は光(Heindle and Brun 1983, Johnson et al. 1969)、温度(van Shaik and Probst 1958b)、空気中の二酸化炭素濃度(Sionit 1983)、土壤水分(Sionit and Kramer 1977)、土壤中の無機養分欠乏(Mann and Jarworski 1970)と言った植物体外の環境要因によっても大きく影響を受ける。

落花・落莢率はこのように様々な要因の影響を受けるが、その決定機構としては、大きく分けて花・莢への同化産物供給量を通じた機構と同化産物供給量を経由しない機構の2つが考えられる。前者は、落花・落莢は花・莢への同化産物供給不足によって、個々の花・莢の生長に必要な材料が賸われないことによって起こるとするものである。この場合外的要因は個体の同化産物生産量を通じて落花・落莢率に影響する。空気中のCO₂濃度を上げる処理(Hardman and

Brun 1971, Sionit 1983) や補光 (Johnston et al. 1969, Schou et al. 1978) といった光合成産物生産量を増加させる処理や、摘花などの同化産物競合を軽減する処理 (Lindoo and Noodén 1976, Hicks and Pendleton 1969) が落花・落莢率を減少させることが、その根拠とされてきた。

しかし最近になって、実際に脱落する花や莢では、生長に必要な同化産物の欠乏は起こっていないという報告 (Dybing et al. 1986, Heitholt et al. 1986b) がなされ、従来の同化産物供給不足による落花・落莢の発生という考え方に疑問がもたれるようになってきた。

同化産物供給不足以外に落花・落莢を引き起こす機構としては植物ホルモンを介する制御機構が考えられている。様々な植物における落葉 (Jackson and Osborn 1970, Rubinstein and Leopold 1963) やワタの果実脱落 (Guinn 1976, 1982, Guinn and Brummett 1987, 1988a, 1988b, Lipe 1973) では、老化や水ストレスなどがオーキシン、アブシジン酸、エチレンなどの植物ホルモンの生成を誘起し、それが葉や果実の脱落を引き起こすことが知られている。ダイズの落花・落莢においても、植物ホルモンが関与することを示唆する報告 (Heindl and Brun 1983, Galston 1947, Huff and Dybing 1980, Myers et al. 1987) はあるが、その詳細な仕組みは明らかにされていない。

このように、ダイズの落花・落莢においては、体内、体外の諸要因がどのような制御機構によって落花・落莢を引き起こしているのかについて未だ明かにされていない点が多い。本研究では、従来の研究においては落花・落莢の経時変

化、花房内での花・莢の位置、品種による違い等に十分な注意を払わなかった点に問題があったのではないかと考え、まず第Ⅰ章で、個体当り莢数の大きく異なるダイズ2品種を用いて、落花・落莢の実態を、生育時期、花の個体内あるいは花房内位置との関係で検討した。次に、第Ⅱ章では摘葉、遮光、CO₂濃度などの処理によって個体当りの同化産物量を変化させ、それらが個体当りの落花・落莢率に及ぼす影響とその仕組みを検討した。次に、第Ⅲ章で個々の花・莢への同化産物供給速度を推定し、それと落花・落莢率との関係を検討した。それらの結果から同化産物供給量を通じた落花・落莢決定機構以外の機構も、落花・落莢率の決定に関与していることが示唆されたので、第Ⅳ章では何らかの生長調節物質が落花・落莢率の決定に関与している可能性を検討した。

用語の定義：

1) 花・莢

花と莢の間には解剖学的に明確な違いがあるわけではなく、開花後がく片から子房が突出した時点以後を莢、それ以前を花とする説 (Fehr et al. 1971) や、花弁からの子房の突出以降を莢とする説 (加藤・内藤 1955)、特定の大きさ (たとえば子房長 2 cm) に達した時点以降を莢とする説 (Wiebold et al. 1981) 等がある。こうした説を考慮に入れると本論文で扱う開花後 2 週間程度の短期間では両者を分けて考えるより両者をまとめて「花・莢」と表現した方がよいと考えた。また、花・莢の脱落をまとめて「落花・落莢」と呼ぶこととした。

2) 落花・落莢率

ある期間のはじめに存在した花・莢のうち、その期間内に脱落したものの割合を落花・落莢率と呼ぶこととした。

$$\text{落花・落莢率} = \frac{\text{落花・落莢数}}{\text{期間はじめの花・莢数}} \times 100 (\%)$$

3) 主莖節位

一般に主莖節位は、初生葉の直上の節を第 1 節とし、上に向かって数えられることが多い。本研究では後に述べるように主莖頂部の節とその直下の節で大きな違いが見られたために、集計上の利便さから、主莖頂部の節を第 1 節、下

に向かって第2節、第3節、第4節・・・と呼ぶことにした。

4)花房

本研究では永田(1956)にならい、花柄とその上に着生した花・莢をまとめて「花房」と表現することとした。

5)花位

花房内の節位を花位と呼び、花房最基部(最も茎寄り)の節に着生した花を第1花、以下花房の先端へ向かって第2花、第3花、第4花・・・と表現することとした。

6)開花日

主茎の本葉葉腋に着生した花房において始めて開花がみられた日を、個体の開花日とした。また、花房の第1花が開花した日をその花房の開花日とした。

第1章 花・莢数の異なる2品種における落花・落莢の実態

落花・落莢率は、個体当り莢数の決定に大きく関与すると考えられるが、花・莢の個体内位置や生育時期別に落花・落莢の実態を詳細に調べた研究は極めて少ない。ところでダイズでは、完熟期の個体当り莢数は品種によって大きく異なることが知られている。たとえば、松本・梅崎（1987）によれば、粒数型品種群の個体当り莢数の平均値は粒大型品種群の平均値のおよそ3倍にもなるという。落花・落莢率を決定する機構の解明のためには、このような個体当り莢数の異なる品種を用いて落花・落莢の実態を調査することはきわめて有用であると考えられる。しかし、こうした莢数の異なる品種間で上記のような観点から落花・落莢の実態を調査した報告はほとんど無い。Van Schaik and Probst（1958a）は晩生品種と早生品種の比較を行ったが、生育時期別および落花・落莢の個体内位置別の検討は行っていない。Wiebold et al.（1981）も熟期を異にする有限型11品種の主莖節位別の比較を行ったが、やはり生育時期別、花房内位置別の詳細な検討は行っていない。

本章では個体当り莢数が大きく異なるとされる2品種における落花・落莢の実態を調査し、生育時期、個体内あるいは花房内位置と落花・落莢率との関係を検討した。

第1節 落花・落莢率の経時変化

ダイズの落花・落莢は、花・莢の発育の特定の段階で多く発生するといわれ、とくに開花直後の時期に多いとされている。たとえば、落花・落莢は開花後1～7日の原胚分裂初期に多く（加藤・内藤 1955, 加藤・坂口 1953）、その多くは4～8細胞期であり（Abernathy et al. 1977）、花もしくは長さ2cm以下の若莢が、落花・落莢の全体の約87%を占めるといわれている（Wiebold et al. 1981）。

そこで、本節では個体の開花日から2週間にわたって、個体当りの花・莢数及び落花・落莢率の経時変化を詳細に調査した。

材料および方法

実験材料として、ダイズ品種エンレイとコガネダイズを用いた。これらはいずれも有限型品種であり、エンレイは大粒の粒大型品種、コガネダイズは小粒の粒数型品種である。1989年7月10日にプラスチックポットにつめたパーミキュライト上に播種し、初生葉展開前に1/5000aワグナーポットへ移植し、化成肥料（12-18-16）を5g施肥した。ポットは植物体の間隔が株間20cm、畝間1mになるように配置し、屋外で栽培した。開花日はエンレイが8月13日、コガネダイズが8月14日であった。

花・莢数及び落花・落莢率の調査は次のように行った。各品種5個体につき

開花日から2週間にわたって毎日、その日開花した花にマークをし、個体当りの累積開花数を求めた。また現存花・英数を毎日調査し、次式により各日の落花・落英数を算出した。すなわち、

$$\text{落花・落英数} = (\text{前日の花・英数} + \text{その日の開花数}) - \text{現存花・英数}$$

これをもとに、個体の開花日からその日までの累積落花・落英率を求めた。すなわち、

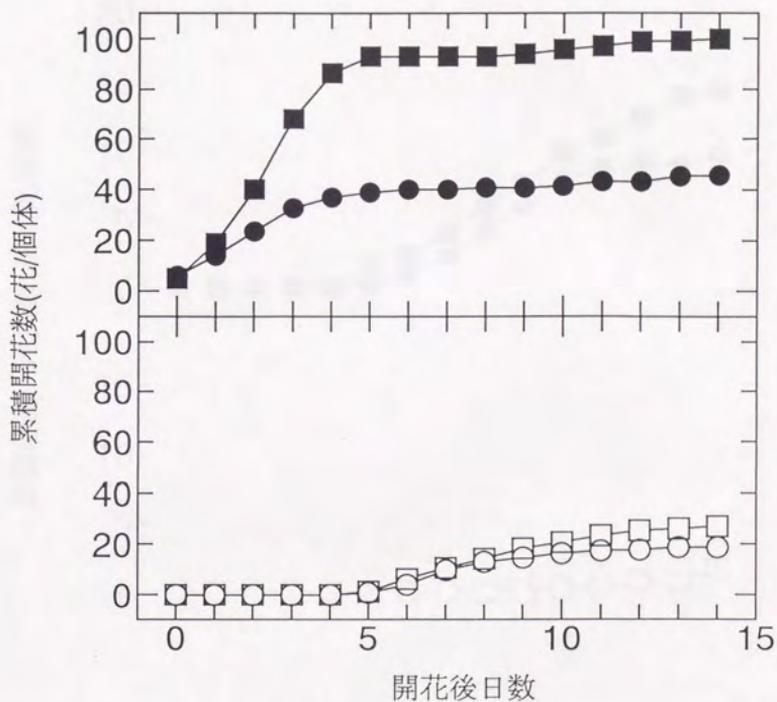
$$\text{累積落花・落英率}(\%) = \frac{\text{開花日から測定日までの累積落花・落英数}}{\text{開花日から測定日までの累積開花数}} \times 100$$

開花数および落花・落英数の記録は主莖節位別に、また主莖葉腋に着生した花房と分枝上に着生した花房別に分けて記録し、各々について集計を行った。

結果

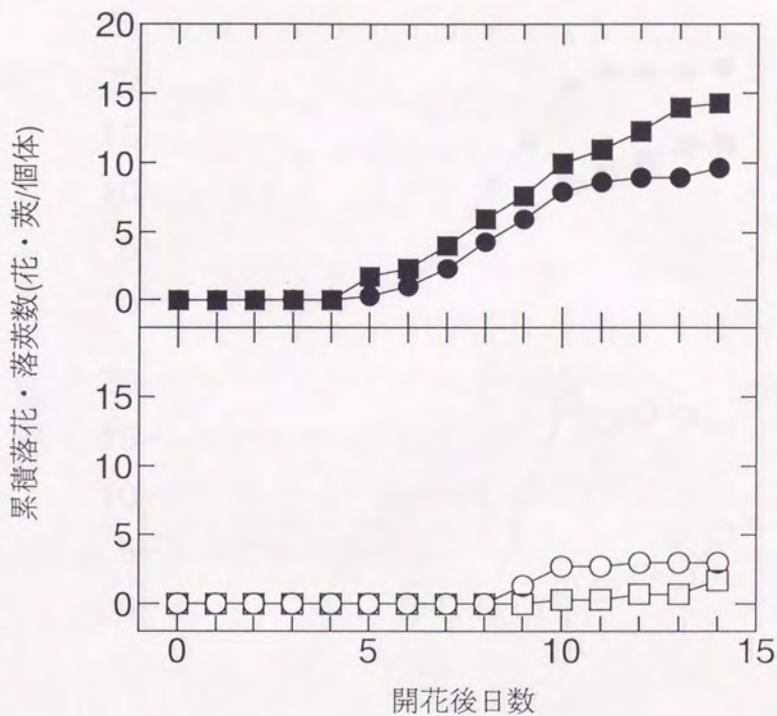
個体あたりの累積開花数、累積落花・落英数、累積落花・落英率の経時変化を、それぞれ第1～3図に示した。

いずれの品種でも、主莖花房着生花の開花は個体の開花後5日まででほぼ終了し、分枝花房着生花の開花がそれ以降続いた。コガネダイズの個体当り開花



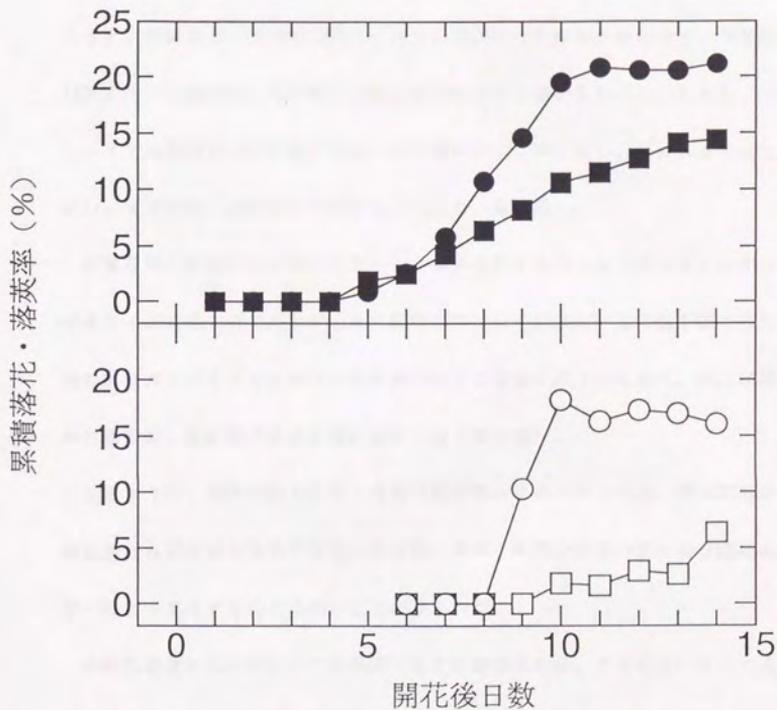
第1図 個体当たり累積開花数の経時変化

- エンレイ・主茎花房着生花
- エンレイ・分枝花房着生花
- コガネダイズ・主茎花房着生花
- コガネダイズ・分枝花房着生花



第2図 個体当たり累積落花・落莢数の経時変化

- エンレイ・主茎花房着生花
- エンレイ・分枝花房着生花
- コガネダイズ・主茎花房着生花
- コガネダイズ・分枝花房着生花



第3図 個体当たり累積落花・落莢率の経時変化

- エンレイ・主茎花房着生花
- エンレイ・分枝花房着生花
- コガネダイズ・主茎花房着生花
- コガネダイズ・分枝花房着生花

数は、エンレイの約2倍であった(第1図)。

主茎花房における落花・落莢はどちらの品種でも個体の開花後5日目から始まった。個体当りの累積開花数には大きな差があったにもかかわらず、開花後10日までの累積落花・落莢数には両品種でほとんど差がなかった。しかし、エンレイでは開花後10日前後でほぼ一定の値になったのに対し、コガネダイズでは14日までほぼ一定の割合で増加しつづけた(第2図)。

累積落花・落莢率を計算したところ、個体の開花後10日まではエンレイがコガネダイズの約2倍であるが、それ以降はエンレイがほぼ一定の値を保つのにに対し、コガネダイズでは個体の開花後14日まで増加を続けたために、両品種間の累積落花・落莢率の差は次第に縮まった(第3図)。

このように、両品種間で落花・落莢の経時変化に差があったが、開花期間は両品種とも開花後5日までであったため、落花・落莢の時期の差は開花期間の違いによって生ずるのではないことが示された。

分枝花房着生花の開花および落花・落莢の経時変化は、主茎花房に比べて5日ほど遅れていたが、その経時変化はそれぞれの品種の主茎花房と同様であった。

第2節 主莖節位と落花・落莢率との関係

落花・落莢率は主莖節位(Hansen and Shibles 1978, 大庭ら 1961, Wiebold et al. 1981) や群落内位置 (Antos and Wiebold 1984) によって異なることが知られている。そこでエンレイとコガネダイズについて、開花後2週間の落花・落莢率と主莖節位との関係を検討した。

材料および方法

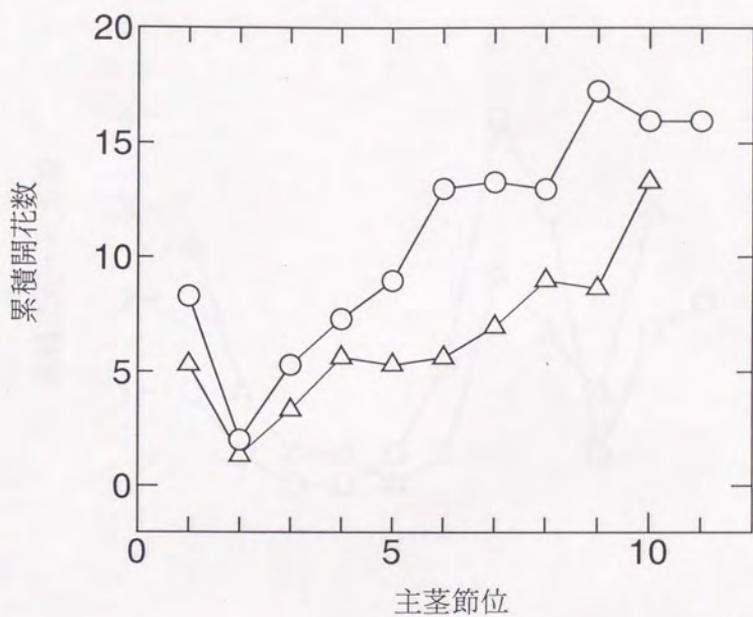
実験材料の栽培法は第1章第1節と同じである。落花・落莢率の調査は、主莖節位ごとに、第1章第1節と同様に記録した。

結果

開花後14日間における主莖節位別の累積開花数、累積落花・落莢数、累積落花・落莢率をそれぞれ第4～6図に示した。

累積開花数はコガネダイズの方が多かったが、節位による変化は両品種でほとんど同様であった。すなわち、基部の節ほど累積開花数が多く、頂部に向かって徐々に少なくなり、第2節(莖頂直下の節)で最も少なくなっていた。主莖頂部の節(第1節)の累積開花数は第2節より大きく増加していた。(第4図)。

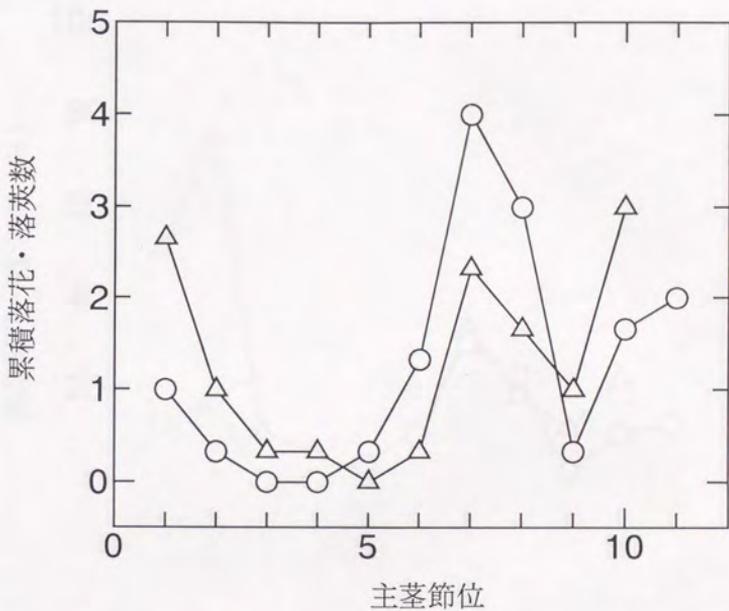
累積落花・落莢数は両品種ともに第3節、第4節、第5節、第9節で少なく、



第4図 主莖節位別の累積開花数（開花後14日間）

△ エンレイ ○ コガネダイズ

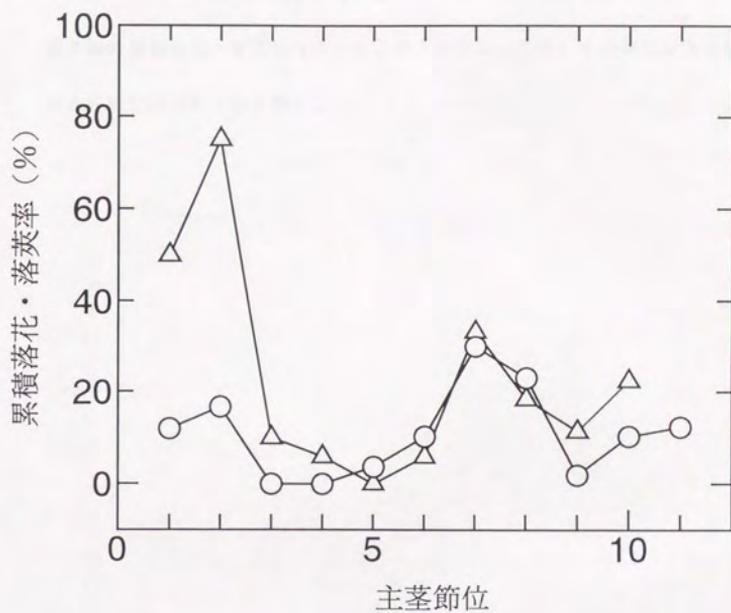
※主莖節位は莖頂から数えた節位



第5図 主莖節位別の累積落花・落莢数（開花後14日間）

△ エンレイ ○ コガネダイズ

※主莖節位は茎頂から数えた節位



第6図 主茎節位別の累積落花・落莢率（開花後14日間）

△ エンレイ ○ コガネダイズ

※主茎節位は茎頂から数えた節位

第7節、第8節および第1節で多いという複雑な変化を示した(第5図)。この傾向は落花・落莢率にも現れていた(第6図)。品種間で比べると、第1節、第2節の累積落花・落莢率はエンレイの方が高かったが、その他には大きな差がみられなかった(第6図)。

第3節 花房内位置と落花・落莢率との関係

ダイズの花房当り開花数は品種によって異なるが、一般に花房先端部に着生した花ほど落花・落莢率が高いといわれている (Brun and Betts 1984, Huff and Dybing 1980, Spollen et al. 1986)。ここではエンレイとコガネダイズについて、花房内位置別に落花・落莢率を調査した。

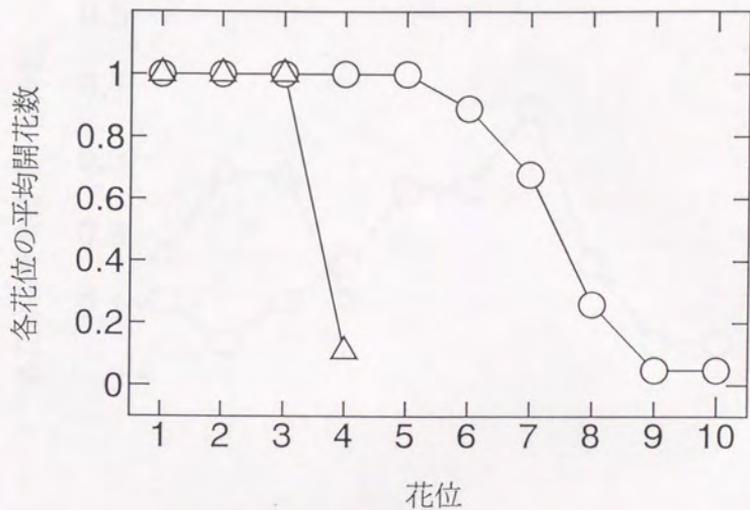
材料および方法

実験材料の栽培法は第1章第1節と同様であるが、播種日は1990年8月17日、個体の開花日は9月16日であった。

各花房の開花日から16日間にわたり開花と落花・落莢を花位別に記録し、その間の花位別の平均開花数、平均落花・落莢数を各品種10個体につき調査した。測定対象花房は前節までの結果から、開花日が揃っている上に、花房当り開花数、落花・落莢数ともに多い主莖頂部節と中下位節(第6、7節)の主莖花房を用いた。

結果

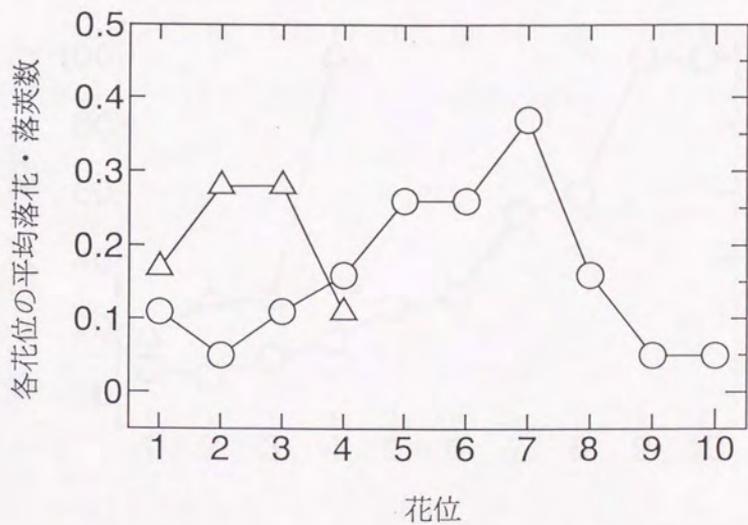
花房の開花後16日間における花位別の平均開花数、平均落花・落莢数、落花・落莢率をそれぞれ第7図、第8図、第9図に示した。両品種とも花房基部の花位には全ての花房で花をつけていたが、花房上部へいくほど平均開花数は



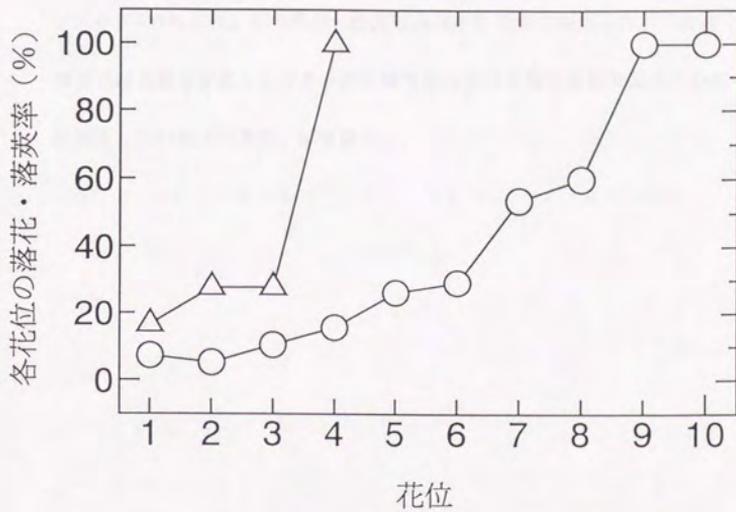
第7図 花位別にみた平均開花数（開花後16日間）

△エンレイ ○コガネダイズ

※花位は花房基部から数えた花柄の節位



第8図 花位別にみた平均落花・落莢数（開花後16日間）
 △エンレイ ○コガネダイズ
 ※花位は花房基部から数えた花柄の節位



第9図 花位別にみた落花・落莢率（開花後16日間）
 △エンレイ ○コガネダイズ
 ※花位は花房基部から数えた花柄の節位

少なくなり、花房の最先端部の花位はエンレイでは第4花、コガネダイズでは第10花であった（第7図）。花房当りの平均開花数はエンレイが3.1、コガネダイズが7.0であった。平均落花・落莢数は花房の中部で多かったが、落花・落莢率は花房上部ほど高く、どちらの品種でも花房の先端の花位では全ての花・莢が脱落していた（第8図、第9図）。

第4節 完熟期の莢数および収量構成要素

本章第1節から第3節では開花後2週間の花・莢数の変化と落花・落莢率を粒大型品種のエンレイと粒数型品種のコガネダイズにおいて調べた。本節では完熟期における両品種間の比較を行い、成熟まで到達した莢数とその1粒重を調査することによって収量構成要素を比較すると共に、莢数の主莖節位上の分布を調べた。

材料および方法

実験材料の栽培は第1章第1節と同様で、1988年7月12日に播種した。11月10日に収穫し、莢数、1莢粒数、1粒重を主莖花房上の莢と分枝花房上の莢に分けて調査した。

結果

第1表に両品種における完熟時の収量構成要素を示した。個体当たり莢数はコガネダイズがエンレイの1.6倍であったが、莢当たりの粒数には差がなく、1粒重は逆にエンレイがコガネダイズの2.1倍となっていた。このため、収量の差はエンレイがコガネダイズの1.3倍とわずかな差であった。

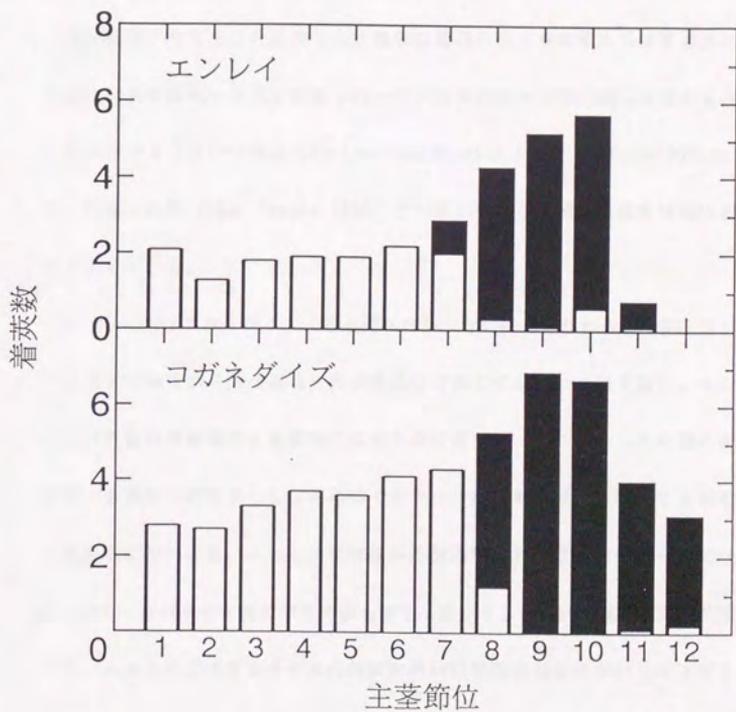
個体上の莢数の分布は、エンレイでは個体の全莢数のうち主莖花房上に着生した莢数が47.8%で、分枝上が52.2%の比率であった。コガネダイズでは主莖上

第1表 ダイズ品種エンレイとコガネダイズの完熟期の収量構成要素

	個体当り収量 (g DW / 個体)	個体当り莢数 (莢/個体)	莢当り粒数 (粒/莢)	1粒重 (g DW/粒)
エンレイ	18.1	30.4	1.86	0.32
コガネダイズ	14.4	51.1	1.88	0.15

が51.8%、分枝上が48.2%であり、どちらの品種でも主茎上と分枝上にほぼ同数
づつ着生していた。また主茎節位ごとに、その節の主茎花房上の英数と、その
節に着生した分枝上に着生した英数を調べたところ、どの主茎節位でもコガネ
ダイズの方が多かったが、主茎節位による英数の変化の全体的な形はよく似て
いた（第10図）。

このように粒大型品種であるエンレイと粒数型品種であるコガネダイズでは、
個体当りの英数は完熟期においてもコガネダイズの方が多かった。また、収量
や草型はよく似ているため、英数と粒大のみが大きく異なる点が注目された。



第10図 完熟期の主莖節位別着莢数

□ 主莖花房着生莢

■ 分枝花房着生莢

※主莖節位は莖頂から数えた節位

考察

今回供試したどちらの品種でも、個体の開花日の5日後頃から主茎葉腋に着生した花房の落花・落莢が始まった。この結果は個々の花の開花直後から落花・落莢が始まるという報告 (Carlson and Lersten 1987, Huff and Dybing 1980, 加藤・内藤 1955, Noodén 1984) と一致しており、開花直後の時期の重要性を示している。

エンレイではコガネダイズよりも開花数が少ないにもかかわらず (第1図)、10日目までの主茎花房の落花・落莢数はほぼ同じであった (第2図)。そのため、10日目の累積落花・落莢率には約2倍の差があった。しかしその後の累積落花・落莢数の経時変化には両品種で差がみられ (第2図)、従って累積落花・落莢率においても、エンレイでは個体の開花後10日目以降はほぼ一定になるのに対し、コガネダイズではその後も増加し続けることが観察された (第3図)。また、エンレイとコガネダイズの莢数の違いは開花後14日においてはコガネダイズがエンレイの2.0倍であったが、完熟期には1.6倍とやや縮まっていたことから、コガネダイズでは開花後14日以降も落花・落莢が進んだのではないかと考えられる。このように、落花・落莢率の経時変化には品種間で差がみられたが、累積開花数の経時変化には両品種間で差がなかった (第1図)、開花時期の違いがこの落花・落莢率の経時変化の違いの原因であるとは考えられない。したがって、両品種における落花・落莢率の経時変化の違いは、花房当り

開花数の違いに基づく花・莢の発育の違いによるのではないかと想像された。すなわち、花房内位置別にみた落花・落莢率は、両品種ともに花房上部ほど高く、花房最先端の花位では100%に達していたが、花房あたりの開花数はエンレイとコガネダイズで2倍以上違っていたために、エンレイよりも花房の長いコガネダイズにおいては花房上部の花・莢の発育が遅れ、そのために脱落の時期も遅れるのかも知れない。この点については、第Ⅲ章以降で花・莢の発育を見た上で、総合考察で再び議論する。なお、花房上部ほど落花・落莢率が高いという結果は従来の報告とも一致した (Brun and Betts 1984, Huff and Dybing 1980, Spollen et al. 1986)。

主茎節位別にみた累積落花・落莢率は両品種とも主茎第1節、第2節、第7節、第8節で高く、第5節、第9節では低かった。これは、全体としてみれば、主茎頂部と主茎下部において落花・落莢率が高いという点では従来の報告とも一致していた (Antos and Wiebold 1984, 大庭ら 1961, Wiebold et al. 1981)。このように主茎節位によって落花・落莢率が複雑に変化する原因は不明であるが、主茎節位によって葉による同化産物生産量と節間生長による消費量のバランスが異なっていることや (大庭ら 1961)、群落内位置によって光条件が異なること (Antos and Wiebold 1984, Wiebold et al. 1981) が指摘されている。また、主茎下部の節では、この時期は分枝の生長が盛んであり、分枝の生長にともなう同化産物の消費も考慮する必要があるだろう (Kokubun and Asahi 1984)。

第Ⅱ章 個体の同化産物量を人為的に変化させた場合の個体の落花・落莢率

第Ⅰ章でみたように、ダイズにおいては開花の直後に急激な落花・落莢が起こる。その原因については、従来様々に論じられてきた。その中でも同化産物の不足が落花・落莢の原因であるとする説が多い。その説の多くは、個体の同化産物レベルを人為的に変化させて、落花・落莢への影響を検討した結果を根拠としている。たとえば、個体全体に補光 (Johnson et al. 1969, Schou et al. 1978)、CO₂富化 (Hardman and Brun 1971, Sionit 1983) や、摘葉 (Heitholt et al. 1986a, 1986b) などの処理を行って個体の同化産物レベルを変え、個体としての着莢数や落花・落莢率を調べた実験などがその例である。しかし、これらの多くは生育期間の全体、もしくは開花期から完熟期までといった長期の処理を行って、その間の落花・落莢率への影響を見たものであるので、処理により草型や個体当りの開花数が大きく変化したり、落花・落莢がいつ起こったかが特定されていないといった問題点がある。

本章では、個体の開花日から個体当りの同化産物量を人為的に変化させ、その処理によって個体当りの落花・落莢率がどう変化するかを検討した。同化産物量を変化させる処理としては摘葉、(摘葉+遮光)、CO₂富化の各処理を取り上げた。

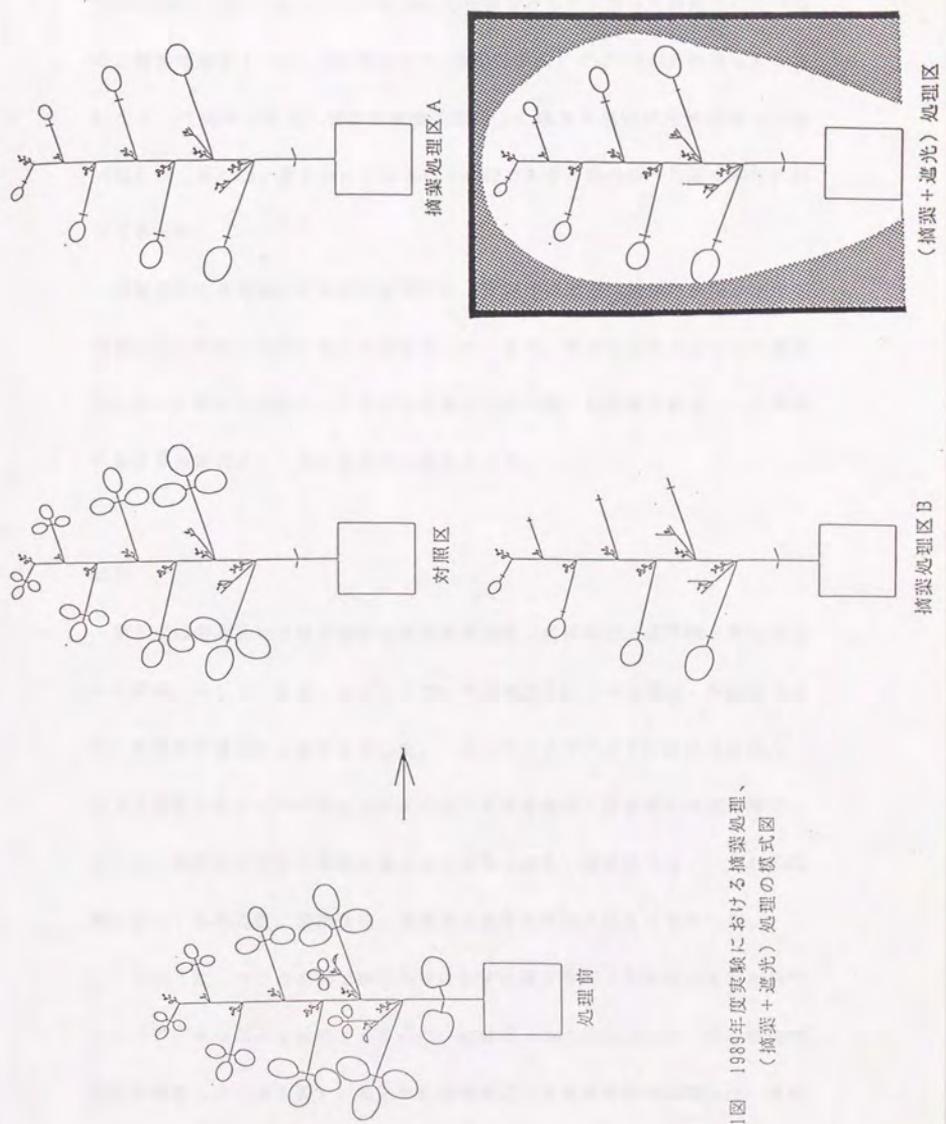
第1節 摘葉処理と（摘葉＋遮光）処理が落花・落莢率に及ぼす影響

同化産物のソースである葉を摘み取ったり、あるいは遮光することによって落花・落莢率がどう変化するかを見た実験は以外に少ない。Heitholt et al. (1986a, 1986b) は、開花期のはじめに摘葉処理を行い、落花・落莢率が增大することを観察している。しかし、この処理は個体上の全ての葉を切除するという極端なものであって、段階的な摘葉処理を行うことはしていない。また、摘葉処理の効果が品種によってどう違うか検討した実験はほとんどない。本節では個体の開花日に2段階の摘葉処理と遮光処理を行い、落花・落莢率に及ぼす影響をエンレイとコガネダイズの2品種について検討した。

材料および方法

材料としてはダイズ品種エンレイ、およびコガネダイズを用いた。材料の播種日と栽培法は第1章第1節と同じである。

個体の開花日に2段階の摘葉処理と（摘葉＋遮光）処理を行った。第11図にその模式図を示した。まず、初生葉と分枝上の葉をすべて切除し、主茎本葉のみとした区を対照区とした。さらに、主茎本葉の中央小葉のみを残して、他の小葉を切除したものを摘葉処理区Aとした。さらに主茎の奇数節位の中央小葉



第11図 1989年度実験における摘葉処理、
(摘葉 + 遮光) 処理の模式図

のみを残して他を切除したものを摘葉処理区Bとした。従って対照区に比べると、摘葉処理区Aでは主茎本葉の1/3、摘葉処理区Bでは1/6の葉が残ったことになる。(摘葉+遮光)処理は摘葉処理区Aの個体を黒色寒冷紗を張った枠(縦2.5m、横2.5m、高さ1m)内に入れたものである。枠内の平均遮光率は約50%であった。

個体当りの累積開花数および累積落花・落莢率の調査は個体の開花日から2週間にわたり第1章第1節と同様に行った。また、個体の開花日とその2週間後に各々5個体を採取し、それらの莖葉部と花・莢の乾物重を測定し、2週間における莖葉部と花・莢の乾物増加量を求めた。

結果

第2表に開花後14日間の個体当り累積開花数、累積落花・落莢数、累積落花・落莢率を示した。まず、エンレイでは摘葉処理Bによって落花・落莢数と落花・落莢率が増加する傾向を示した。一方、コガネダイズでは摘葉処理区A、摘葉処理区Bのいずれの区も対照区に比べて累積落花・落莢率が有意に増加していた。摘葉処理区Aに遮光を施した(摘葉+遮光)処理区では、いずれの品種においても開花数、累積落花・落莢率は摘葉処理区Aと差がなかった。

このように二つの品種間で摘葉処理に対する累積落花・落莢率の反応が異なったので、その原因を検討するために、個体当り地上部および花・莢の乾物増加量を調査した(第3表)。地上部乾物増加量は莖葉部乾物増加量と花・莢乾

第2表 摘葉処理と(摘葉+遮光)処理が開花後14日間における果積開花数、果積落花・落英数、果積落花・落英率に及ぼす影響

品種	エンレイ			コガネダイズ		
	対照区	摘葉処理区A	摘葉処理区B (摘葉+遮光) 処理区	対照区	摘葉処理区A	摘葉処理区B (摘葉+遮光) 処理区
果積開花数	64.7 a	71.3 a	58.0 a	127.0 b	126.7 b	143.7 c
(花/個体)			65.3 a			121.0 b
果積落花・落英数	12.7 a	13.3 a	18.7 ab	16.0 ab	35.3 c	50.3 d
(花・英/個体)			14.3 ab			25.3 bc
果積落花・落英率	19.7 ab	19.1 ab	32.9 bc	12.8 a	27.9 bc	35.2 c
(%)			21.9 abc			20.9 abc

※表中で同じ記号(a, b, c, d)がついたものは Duncan's multiple range test において有意水準5%で差が無いことを示す。

* 摘葉処理区Aは主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したものである。

摘葉処理区Bは主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したものである。

(摘葉+遮光)処理区は主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉した上に遮光率50%の遮光処理を行ったものである。

物増加量の和である。地上部乾物増加量は開花後14日間の個体全体の同化産物量の指標であり、花・莢乾物増加量はこの期間に個体上の全ての花・莢へ分配された同化産物量の指標と考えることができる。地上部乾物増加量は処理により両品種ともに減少していたが、その減少程度を対照区の値を100%とした時の各処理区の相対値と比較すると、摘葉処理区Aでは両品種とも約70%で差はなかったものの、摘葉処理区B、(摘葉+遮光)処理区のような強い処理区ではエンレイの方が低い値を示した。

ところが、花・莢乾物増加量を見ると、コガネダイズの方がいずれの処理区においても大きく減少していた。とくに、摘葉処理区Aにおける花・莢の乾物増加量は、エンレイでは対照区とほぼ変わらないのに対して、コガネダイズでは対照区の半分近く(56.6%)にまで低下していた。したがって、エンレイの摘葉処理区Aにおいて落花・落莢率の増加が見られなかったのは、摘葉処理Aによって花・莢へ分配された同化産物量が影響を受けなかったためと考えられた。摘葉処理区Bおよび(摘葉+遮光)処理区においても、エンレイの方が処理による花・莢乾物増加量への影響が小さい傾向が認められた。また、どちらの品種でも(摘葉+遮光)処理区と摘葉処理区Aとの間には花・莢乾物増加量の差はなく、この2処理間で累積落花・落莢率に差がない点と一致していた。このように、処理による累積落花・落莢率の変化と花・莢乾物増加量の変化はよく一致していた。従って、個体の同化産物量の減少は、落花・落莢率の増大をもたらし、その程度は、花・莢へ分配される同化産物量に大きく影響されると

第3表 開花後14日間における個体当り地上部乾物増加量と花・莢乾物増加量に対する摘葉処理および(摘葉+遮光)処理の影響

品種	処理区*2	地上部乾物増加量		花・莢乾物増加量	
		(g DW/個体)	%*1	(g DW/個体)	%*1
エンレイ	対照区	8.38	100.0	0.93	100.0
	摘葉処理区A	5.88	70.2	0.89	95.7
	摘葉処理区B	0.09	1.1	0.13	14.3
	(摘葉+遮光)処理区	3.27	39.0	0.80	86.1
コガネダイズ	対照区	6.08	100.0	2.87	100.0
	摘葉処理区A	4.17	68.6	1.62	56.6
	摘葉処理区B	1.04	17.1	0.26	9.2
	(摘葉+遮光)処理区	3.60	59.3	1.41	49.1

※ 地上部乾物増加量は莖葉部乾物増加量と花・莢乾物増加量の和

*1 対照区を100%とした相対値

*2 摘葉処理区Aは主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。

摘葉処理区Bは主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。

(摘葉+遮光)処理区は主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉した上に遮光率50%の遮光処理を行ったもの。

考えられた。

第2節 CO₂富化処理が落花・落莢率に及ぼす影響

ダイズに対するCO₂富化(CO₂ Enrichment)処理を行った実験は多く報告されている(Allen et al. 1988, Clough et al. 1981, Hardman and Brun 1971, Rogers et al. 1984, Sionit 1983, Sionit et al. 1984, 1987a, 1987b)。それらの実験によれば、CO₂富化処理によって、光合成量の増大、個体の乾物重、個体当り莢数・種子数の増大が見られたという。しかし、いずれも長期間にわたってCO₂富化処理を行っているために、特定の時期の同化産物量のみを増加させ、それに対応した時期の落花・落莢率を調べたものではない。

本研究では屋外条件のダイズ個体に対してCO₂富化処理を行う装置を作製し、開花日以降という特定期間のCO₂富化処理が落花・落莢率に及ぼす影響を検討した。屋外でのCO₂富化処理の場合、問題となるのはチャンパー内での温度上昇であり、植物体全体へ処理を行うと、花・莢が直接に温度上昇の影響を受けてしまう。本実験ではこの問題を回避し、かつ多数の個体について反復実験を行うために、各個体につき1枚の葉と1つの花房のみを残して全ての葉と花・莢を切除した。この残された1枚の葉にCO₂富化処理を行い、残された1花房の落花・落莢率を調べることにより、個体内の同化産物量の変化と、個体の落花・落莢率との関係を疑似的に捉えることができると考えられた。

材料および方法

材料としては粒数型品種コガネダイズを用いた。栽培法は第1章第1節と同様である。播種日は1988年8月5日(a群)、と8月13日(b群)で、開花日はそれぞれ9月5日と9月15日であった。

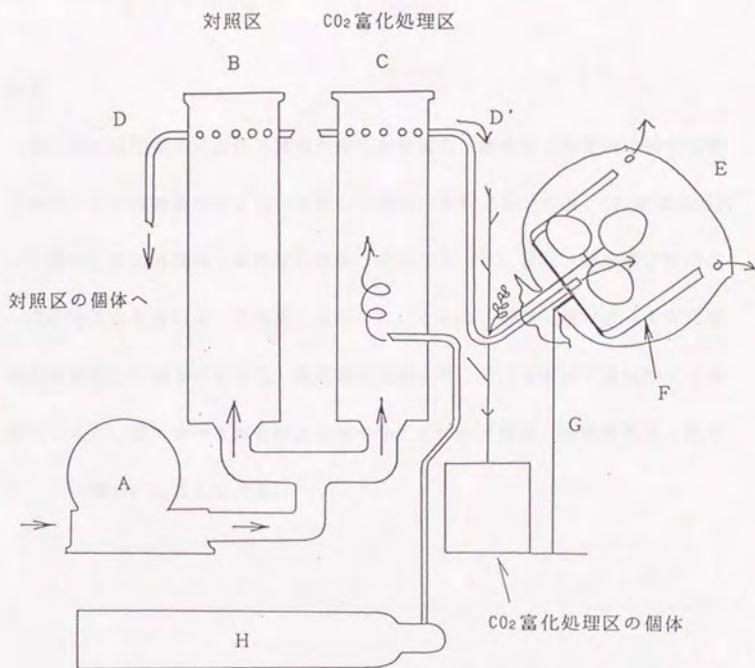
CO₂富化処理装置の模式図を第12図に示す。送風機(A)から送られた空気は2本の太径パイプ(B, C)へ送られる。太径パイプB, Cにはそれぞれ20本のビニールチューブ(D, D' . . .)がつながれている。このビニールチューブはダイズの本葉を包むように掛けられたビニール袋(E)につながっている。ビニール袋の底部付近には小孔2個が開けられており、ビニールチューブから送られた空気はこの小孔から袋の外へ排出される。太径パイプCにはCO₂ボンベHから一定の流量でCO₂ガスが送られ、CO₂ガス濃度の高い空気が作られる。

個々のビニール袋内に送られる空気流量はビニール袋内の温度上昇を防ぐために約11 l min⁻¹に、またCO₂富化処理区に送られる空気のCO₂濃度は約950 μl l⁻¹に設定された。対照区には、CO₂濃度を変えていない空気が送られた。

処理対象葉は主茎中下位の節の1本葉であり、処理対象葉およびその葉腋に着生した花房を残して他の葉、花房はすべて切除した。

処理は9月18日から10月2日まで行われた。したがって処理期間はa群が開花後13日から27日まで、b群は開花後3日から17日までの2週間である。

処理開始日と処理終了日に処理対象葉の葉腋に着生した花房の花・莢数を記録し、処理期間における落花・落莢率を算出した。また、処理終了日に処理対



第12図 CO₂富化処理の方法（模式図）

- A : 送風機
- B, C : 太径パイプ（塩化ビニール製、直径10cm、長さ50cm）
- D, D' . . . : ビニールチューブ（直径8mm、長さ2.5m）
- E : ビニール袋（40cm×50cm）
- F : 支持体
- G : スタンド
- H : CO₂ポンプ

象花房の花・莢を採取し、その乾物重を測定した。

結果

第4表に処理期間における処理対象花房の落花・落莢率と処理終了時の花房当り花・莢の乾物重を示した。a群、b群のいずれにおいても、CO₂富化処理区と対照区の間には落花・落莢率に有意な差はなかった。また、処理終了時の花・莢乾物重も処理によって変化しなかった。これは、摘葉処理によって同化産物量を制限した場合には落花・落莢率が上昇したこと（本章第1節参照）と対照的であり、葉における光合成量を増やすことにより落花・落莢率を低く抑えることは難しいと考えられる。

第4表 CO₂富化処理が落花・落莢率と花・莢乾物重に及ぼす影響

処理期間	a 群		b 群	
	CO ₂ 富化処理区	対照区	CO ₂ 富化処理区	対照区
処理開始時の花・莢数 (花・莢 / 花房)	5.83	6.00	6.75	7.83
落花・落莢率 (%)	11.4	10.4	6.2	7.4
処理終了時の花・莢乾物重 (g DW / 花房)	0.261	0.258	0.581	0.632

a 群：開花後 3～17日処理

b 群：開花後13～27日処理

第3節 摘葉処理が花・莢中の内生インドール酢酸およびアブシジン酸の濃度に及ぼす影響

植物の花および果実の脱落には植物ホルモンが関与していると考えられている。ダイズの落花・落莢率の決定にも内生のオーキシンやアブシジン酸が関与しているのではないかという指摘がなされている (Galston 1947, Noodén and Noodén 1985, Yarrow et al. 1988)。また、ワタは果実の脱落機構が詳しく研究された植物であるが、群落中の個体の間引きなどの同化産物量を変える処理が実際には果実の離層におけるインドール酢酸とアブシジン酸の濃度変化を引き起こし、それを通じて落果率に影響するといわれている (Guinn 1982, Guinn and Brummett 1987, 1988a, 1988b)。こうしたことを考えて、著者は本章第1節で見られた摘葉処理による落花・落莢率の増大も、摘葉処理による同化産物量の変化と同時に植物ホルモンの濃度変化を通じて引き起こされている可能性を検討すべきであろうと考えた。

そこで、落花・落莢に関与している可能性が高い植物ホルモンとしてオーキシン (インドール酢酸) とアブシジン酸に着目し、摘葉処理と花・莢中のこれら植物ホルモン濃度との関連性について検討を行った。

材料および方法

エンレイとコガネダイズを1991年7月4日に播種し、第I章第1節と同様の方法で栽培した。開花日はエンレイが8月9日、コガネダイズは8月10日であった。摘葉処理区では開花日に主茎頂部節の本葉以外の葉をすべて切除した。14日後に主茎頂部節の花房の花・莢を基部花と上部花に分けて採取した。花房あたりの開花数がエンレイでは約4.5花であるのに対し、コガネダイズでは約10.1花であったため、エンレイでは第1花と第2花を、コガネダイズでは第1～4花を花房基部花とし、これらの上部についた花・莢を花房上部花とした。採取した花・莢は直ちに液体窒素で凍結させた後-80℃のディープフリーザー内で保存した。

インドール酢酸とアブシジン酸の定量は主にSakurai et al. (1985)の方法にもとづいて行った。すなわち、1反復につき新鮮重で約500mgの採取した花・莢を計量し、その数を数えた後、氷温の80%アセトン中で摩砕した。0℃、27000g×20分間遠心し、上清からアセトンを蒸発させた後、希硫酸にてpH2.5に調整し、同量のジエチルエーテルで3回分液してジエチルエーテル分画を取り、ポリビニールポリピロリドン (PVPP) カラム、DEAE A-25 (Pharmacia社製) カラム、Sep-pak C-18カートリッジ (Waters社製) を通したのち、高速液体クロマトグラフィー (島津製作所製・LC-6A、CLC-ODSカラム) で分離精製した。インドール酢酸は分光蛍光光度計 (島津製作所製・RF-535) により内部標準と

してはインドールプロピオン酸（IPA）を用いて、アブシジン酸はPhytodetek社製ELISA法キットを用いてそれぞれ定量した。測定は1処理区につき3反復行った。

結果

第5表、第6表に摘葉処理が花・莢中のインドール酢酸（IAA）とアブシジン酸（ABA）の内生濃度に及ぼす影響を調べた実験結果を示した。どちらの品種でも、また花房基部花、花房上部花ともにインドール酢酸の内生濃度は摘葉処理により上昇する傾向を示し、エンレイの花房基部花では摘葉処理によりインドール酢酸濃度の有意な上昇が認められた（第5表）。一方アブシジン酸の内生濃度はどちらの品種のどの花房内位置の花・莢においても摘葉処理により変化しなかった（第6表）。これらのことから、摘葉処理による落花・落莢率の増加には、同化産物量の減少と共に花・莢におけるインドール酢酸の濃度の上昇が関与していることが示唆された。

第5表 花房内位置別にみたインドール酢酸の内生濃度に対する摘葉処理の影響

処理	花房内位置	インドール酢酸濃度 (n mol/ g FW)	
		エンレイ	コガネダイズ
対照区	上部花	0.78 a	1.03 a
	基部花	0.63 a	0.61 a
摘葉区	上部花	7.20 b	2.51 ab
	基部花	1.52 a	1.39 a

*ただし表中で同じ記号 (a, b) のついたものは Duncan's multiple range test において有意水準1%で差がないことを示す。

第6表 花房内位置別にみたアブシジン酸の内生濃度に対する摘葉処理の影響

処理	花房内位置	アブシジン酸濃度 (n mol/ g FW)	
		エンレイ	コガネダイズ
対照区	上部花	7.32 a	10.08 a
	基部花	10.45 a	4.27 a
摘葉区	上部花	15.40 a	13.04 a
	基部花	7.31 a	9.23 a

*ただし表中で同じ記号 (a) のついたものは Duncan's multiple range test において有意水準1%で差がないことを示す。

考察

開花後14日間の累積落花・落莢率は、コガネダイズでは摘葉処理区Aと摘葉処理区Bの両方において対照区に比べて有意に増加したが、エンレイではどちらの摘葉処理でも有意な差はみられなかった(第2表)。この品種間での違いは、摘葉処理によって花・莢へ分配される同化産物量が影響を受ける度合の違いを反映していると考えられる。すなわち、第3表に示すように、この期間の個体当たり花・莢乾重増加量は、コガネダイズでは摘葉処理区Aにおいて対照区の約57%まで減少するのに対して、エンレイの摘葉処理区Aでは対照区の約96%とほとんど減少しない。対照区と摘葉処理区Bを比べた場合でも花・莢乾重増加量はコガネダイズにおいてエンレイより大きく減少する。このように摘葉処理が累積落花・落莢率に及ぼす影響の度合と花・莢乾重増加量に及ぼす影響の度合は一致している。したがって、この期間の落花・落莢率は花・莢へ分配される同化産物量によって大きく影響されると考えられる。

このように、摘葉処理が花・莢乾物増加量に及ぼす影響はエンレイよりもコガネダイズのほうが大きかったが、この点は同化産物の分配という面から次のように考えられる。第3表に示すように、エンレイの対照区における個体当りの花・莢の乾重増加量はコガネダイズの対照区の約1/3であるが、このときの地上部の乾重増加量はエンレイの方が大きい。従ってコガネダイズでは個体の同

化産物のうち、より多くの割合が花・莢に分配されていることになる。したがって同化産物の分配という面ではエンレイの方が「余力のある」状態ではないかと考えられる。エンレイでは摘葉処理区Aにおいて個体乾重増加量が対照区の70%に抑えられても花・莢乾重増加量はほとんど変わらない(96%)点もこの考えを支持する。この同化産物分配の違いは、第1章でみた両品種における個体あたりの開花数の違い(第1図)に起因するものと考えられる。

(摘葉+遮光)処理は摘葉処理Aに光透過率約50%の遮光を行ったものであるが、摘葉処理区Bの個体に着生している本葉の数は摘葉処理区Aの個体のおよそ1/2なので、同化産物生産制限の点では摘葉処理区Bと(摘葉+遮光)処理で同程度の効果を期待した。しかし実際には(摘葉+遮光)処理は摘葉処理Bほどには地上部乾物増加量と花・莢乾物増加量に影響せず、(摘葉+遮光)処理区における地上部乾物増加量と花・莢乾物増加量は摘葉処理区Aにおける値に近かった(第3表)。(摘葉+遮光)処理区における累積落花・落莢率はどちらの品種でも摘葉処理区Aと差がなかった(第2表)のはこのためと考えられる。(摘葉+遮光)処理の効果が小さかったのは、摘葉処理区Bでは主茎や分枝上の腋芽などで新しい葉の展開が旺盛にみられたのに対して、(摘葉+遮光)処理ではそうした現象がみられなかったことから、新しい葉の生長にともなう同化産物の消費が無かったためと考えられる。暗黒下に近い条件に置くなど遮光の強度を上げれば、同化産物生産をより大きく減少させることができるかも知れないが、花や莢に当たる光が光形態形成的に落花・落莢を抑制すると

の報告 (Heindl and Brun 1983, Myers et al. 1987) があるために、そのような強い遮光処理は同化産物量のみを変化させる処理としては適切でないと考えられる。

本章第2節におけるCO₂富化処理装置は屋外で簡便に、花・莢の温度上昇をまねくことなくCO₂富化処理を行う目的で設計した。1個体1本葉1花房としたのは実験の系を単純化し、個体当りの同化産物の量と落花・落莢率の関係を疑似化できると考えたからである。しかし、処理による花・莢の生長促進はみられず、落花・落莢率への影響も見られなかった。CO₂富化処理によって、処理葉における光合成産物生産量は増加したはずなので (Clough et al. 1981, Cooper and Brun 1967, Nafziger and Koller 1976)、同化産物量を増加させても落花・落莢率を低く抑えることは難しいと考えることができる。CO₂富化処理は主に個体あたりの開花数さらには莢数を増やすが、落花・落莢率への影響は小さいという結果 (Cooper and Brun 1967, Hardman and Brun 1971, Sionit 1983) が多くあり、本研究の結果もこれらの報告の結果と一致する。この理由としては、花・莢の同化産物取り込み能力には上限があり、CO₂富化処理実験の対照区においても、その上限値を越えた同化産物生産が行われていたため、CO₂富化処理によって個体当りの同化産物量がさらに増加しても、花・莢の取り込みは変わらなかったのではないかと考えられる。Peet (1984) もCO₂富化処理時に同化産物供給過剰と思われる現象を報告している。また、花・莢による同化産物の取り込み速度は、花・莢自体の取り込み能力にも制限されるという報告 (

Carlson et al. 1987, schussler et al. 1984) も、この考えを裏付ける。従って、仮にこれ以上CO₂富化処理を強めたとしても、落花・落莢率への影響は見られないのではないかと考えられた。

摘葉処理により、花・莢中のインドール酢酸濃度が上昇するという本章第3節のデータは興味深い。Galston (1947) やNoodén and Noodén (1985) はオーキシン極性移動阻害物質の処理によりダイズの花・莢数が増加することから、オーキシンが落花・落莢に関与している可能性を指摘した。本章第3節のデータは摘葉処理が花・莢中のインドール酢酸の濃度を変えることにより落花・落莢率に影響する可能性を示すものであるが、本章第1節で見られた摘葉処理時の花・莢への同化産物分配と落花・落莢率とのきわめて密接な関係を考えると、摘葉処理の効果の全てをインドール酢酸濃度の変化に帰することは不可能であろう。

本章の結果は、オーキシン類似物質が何等かの形で落花・落莢に関与している可能性を示しながらも、全体としては個体の同化産物量とその分配が落花・落莢率を決定していることを強く示唆している。そこで続く第III章では、個々の花・莢への同化産物供給量と落花・落莢率の関係についてさらに詳しく検討した。

第三章 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との関係

第II章で、摘葉実験によって個体当りの同化産物量およびその花・莢への分配と個体当り落花・落莢率との間に密接な関係があることが示され、花・莢への同化産物供給量と落花・落莢率との間に因果関係があることが示唆された。しかしこの両者の関係は花・莢1個当りに供給される同化産物量とその花・莢の脱落率との関係を明らかにして始めて直接的に証明されたことになる。このような意図から行われた実験としては、葉に ^{14}C を処理し、 ^{14}C の花や莢への取り込みを見ることによって同化産物供給量と落花・落莢率をみた実験 (Brun and Betts 1984, Heitholt et al. 1986b, Spollen et al. 1986) や、落花・落莢率が異なる場合での個々の花・莢の炭水化物、タンパク質、核酸、無機イオン等のレベルと落花・落莢率との関係を調べた実験 (Dybing et al. 1986, Heitholt et al. 1986a) がある。前者の実験においては同化産物供給不足が落花・落莢の原因であることが示されたが、後者の実験においてはそうした考えに否定的な結果が得られ、同化産物供給量と落花・落莢率との関係については未だ意見の一致が見られていない。

本章では個々の花・莢への同化産物供給速度を推定し、それと落花・落莢率との関係を、花・莢の発達段階、花房内の花の位置別に検討した。

第1節 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との関係の経時変化

第1章で見たように、落花・落莢率は開花後2週間程度のごく短い期間に大きく変化する。しかし、このような短い期間内での落花・落莢率の経時的な変化を、個々の花・莢への同化産物供給量との関係で検討した研究例はきわめて少ない。本節では落花・落莢率と花・莢への同化産物供給速度を2日ごとに測定し、その経時変化と、両者の関係を検討した。

材料および方法

品種エンレイとコガネダイズを1989年7月10日に播種し、第1章第1節と同様に栽培した。個体の開花日はエンレイが8月13日、コガネダイズが8月14日であった。

開花日に第2章第1節と同様に2段階の摘葉処理を行った。すなわち分枝上の葉を切除し主茎本葉のみとした対照区に比べて、摘葉処理区Aでは1/3、摘葉処理区Bでは1/6の葉を残して他の葉を切除した。処理後2週間にわたって2日ごとに、各区5個体について落花・落莢率と同化産物供給速度を求めた。落花・落莢率は第2章第1節と同様に個体あたりの開花数、落花・落莢数を記録し、前回の測定日に着生していた花・莢のうち、脱落したものの割合を、その2日間における落花・落莢率とした。一方、これとは別の個体を2日ごとに各区5

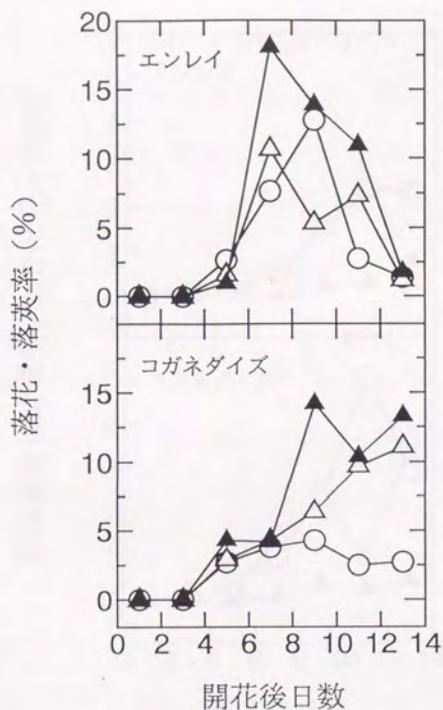
個体サンプリングして個体当りの花・莢乾物重と花・莢数を測定し、花・莢1個の1日当り乾物重増加量を求め、それを1個の花・莢への同化産物供給速度とした。

結果

まず、エンレイについてみると、落花・落莢は開花後4日から始まり、2日毎の落花・落莢率はその後急激に上昇し、6～12日に最高に達したのち低下した。そして、摘葉の程度が強い処理区Bが全期間にわたって高い落花・落莢率を示した。コガネダイズについてみると、2日毎の落花・落莢率は摘葉処理区では日を追って上昇する傾向を示したが、対照区では6日以降ほぼ一定の値をとった。(第13図)。

一方、この期間の花・莢への同化産物供給速度をみると、開花後日数と共に増大する傾向があった(第14図)。同時に、いずれの品種においても摘葉処理区Bで1花当り同化産物供給速度が最も低く、またエンレイの方が全体に低い傾向がみられた。これらは第13図でみられた落花・落莢率の傾向を説明しうるものであった。

次に、摘葉処理によって変化させた花・莢への同化産物供給速度とそれにもなう落花・落莢率の変化を2日毎に検討したところ、エンレイでは落花・落莢のピークに当たる開花後6～8日、8～10日、10～12日において、同化産物供給速度が高くなると落花・落莢率が低下する傾向が認められた(第15図)。

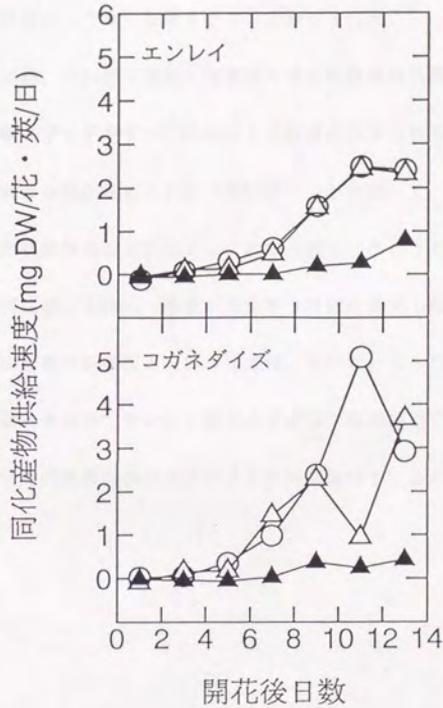


第13図 個体当たり落花・落莢率の経時変化

○対照区 △摘葉処理区A ▲摘葉処理区B

摘葉処理区Aは主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。

摘葉処理区Bは主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。



第14図 花・莢への同化産物供給速度の経時変化

○対照区 △摘葉処理区A ▲摘葉処理区B

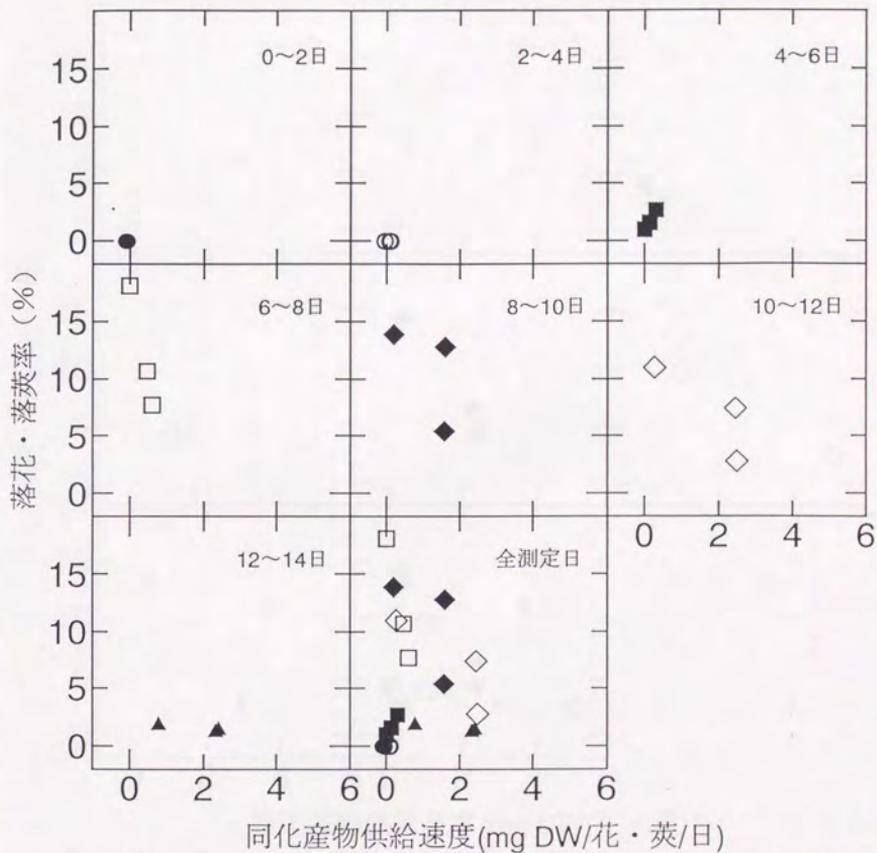
摘葉処理区Aは主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。

摘葉処理区Bは主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。

また、コガネダイズでも開花後8～10日、10～12日、12～14日において同様な傾向がみられた(第16図)。これらのことから落花・落莢率は花・莢への同化産物供給速度によって強く影響されることが示された。

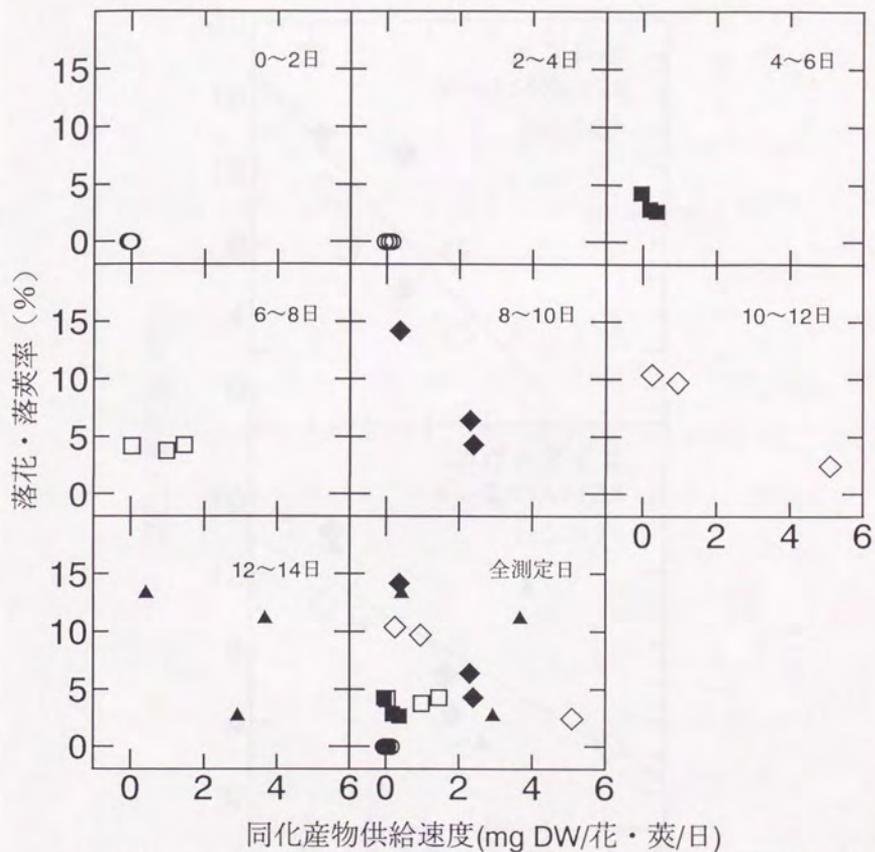
さらに第15図、第16図で落花・落莢率と同化産物供給速度の間に負の関係がみられた時期のデータをすべて込みにして両者の回帰直線を求めたところ、きわめて強い負の相関が認められた(第17図)。したがって、この時期には落花・落莢率が同化産物供給速度によって決定されていることが明らかになった。

しかし、両品種とも落花・落莢が発生する時期と発生しない時期とで落花・落莢率と同化産物供給速度との関係は変化していた。とくに0～4日には同化産物供給速度がきわめて低いにも関わらず落花・落莢は全く起こらず、落花・落莢率の変化を同化産物供給速度のみですべて説明することはできないことが示された。

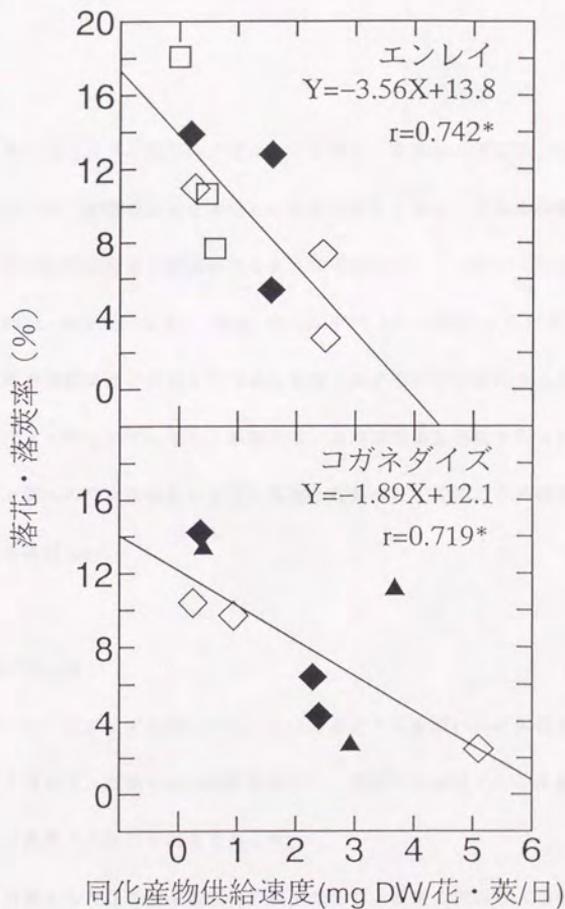


第15図 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率の関係の開花後日数による変化

品種:エンレイ



第16図 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率の関係の
開花後日数による変化
品種:コガネダイズ



第17図 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率の関係
 エンレイ：開花後6~12日、コガネダイズ：開花後8~14日
 開花後 □ 6~8日 ◆ 8~10日 ◇ 10~12日 ▲ 12~14日
 * : 5%有意

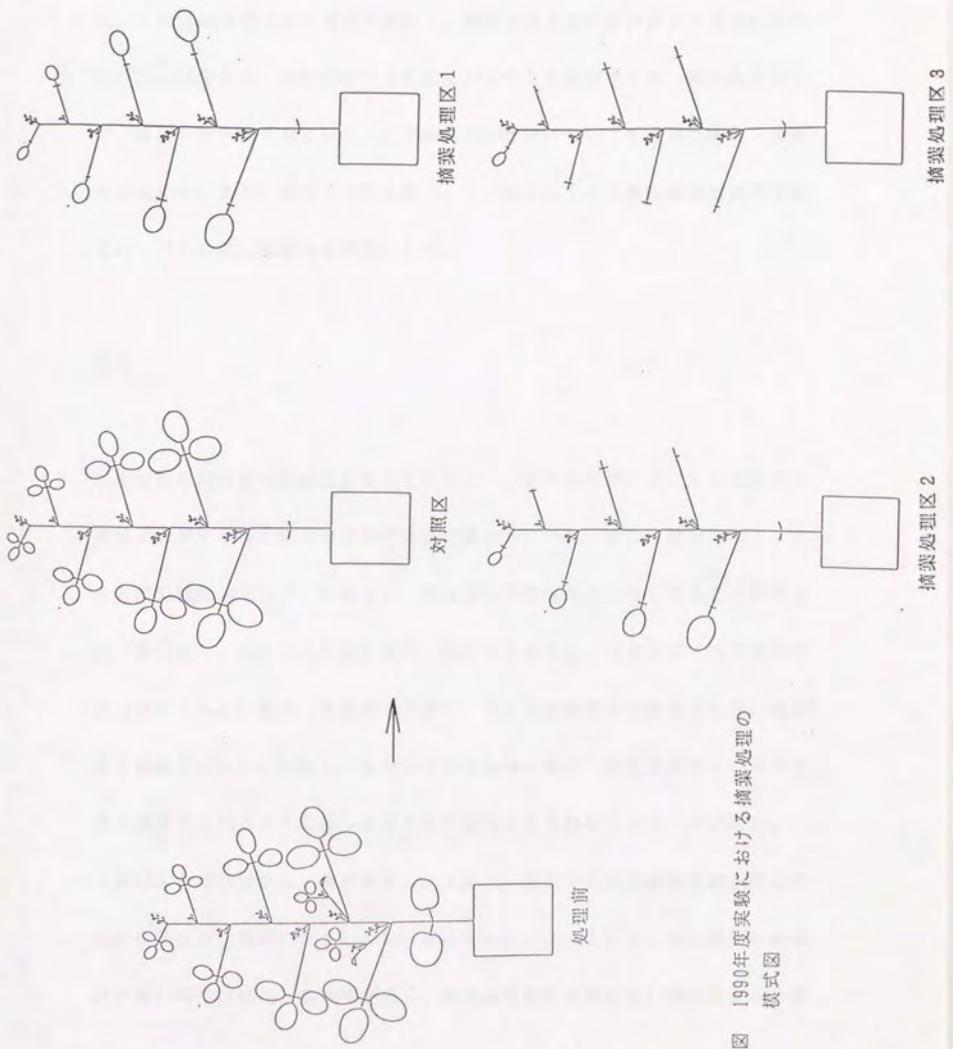
第2節 花房内位置別にみた花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率の 関係

第1章で見たように花房内位置によって落花・落莢率は異なる。しかし花房内位置別に同化産物供給量を測定した報告は少く、また、それらの報告においても、同化産物供給量を変化させるような処理は行っていない(Brun and Betts 1984, Dybing et al. 1986, Spollen et al. 1986)。したがって、各花位で同化産物供給量が増加した場合に落花・落莢率がどう変化するかについては、まだよく知られていない。本節では、3段階の摘葉処理を行ったときの個々の花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率とを花位ごとに測定し、両者の関係を検討した。

材料および方法

材料としてはダイズ品種エンレイとコガネダイズを用いた。栽培法は第1章第1節と同様で、播種日は1990年6月22日、開花はじめはエンレイが同7月30日、コガネダイズは7月31日であった。

測定対象とした花房は主茎頂部の花房である。花房の開花日(花房の第1花が開花した日)に第18図に示すような3段階の摘葉処理を行った。まず分枝および初生葉を切除し、主茎本葉のみからなる個体を対照区とした。また各主茎



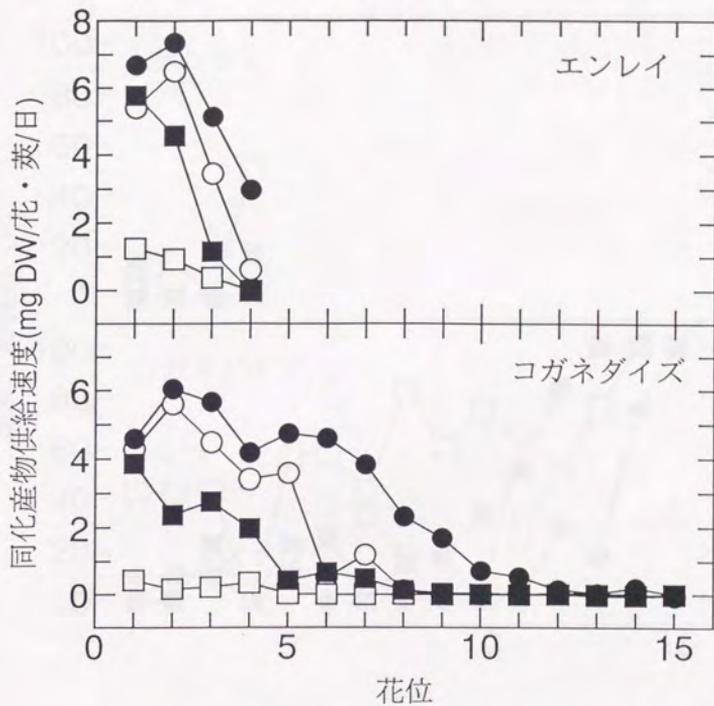
第18図 1990年度実験における摘葉処理の模式図

本葉の中央小葉のみを残した区を摘葉処理区1、奇数節の中央小葉を残した区を摘葉処理区2、主茎最頂部節の中央小葉のみを残した区を摘葉処理区3とした。これらの処理により摘葉処理区1、摘葉処理区2の葉の量は対照区に比べ約1/3、1/6となり、摘葉処理区3ではまだ小さく展開中の小葉1枚のみとなった。開花日から20日間にわたって各処理区10個体について花位別に落花・落莢率を求めた。また、別の10花房を用い、1日当りの1花・莢乾物増加量を求めて花・莢への同化産物供給速度とした。

結果

花位別に同化産物供給速度をみても、いずれの品種においても花房内の花位が上昇するほど同化産物供給速度が減少していた。また、摘葉処理1、2、3と摘葉程度が増加するに従って、同化産物供給速度は小さくなることが判った(第19図)。次に、花位別の落花・落莢率をみると、コガネダイズでは花位の上昇にともない落花・落莢率も上昇し、また摘葉程度が増加するに従い増加する傾向を示した。しかし、エンレイでは全体に落花・落莢率が低く、コガネダイズにみられるようなはっきりとした傾向は見られなかった(第20図)。

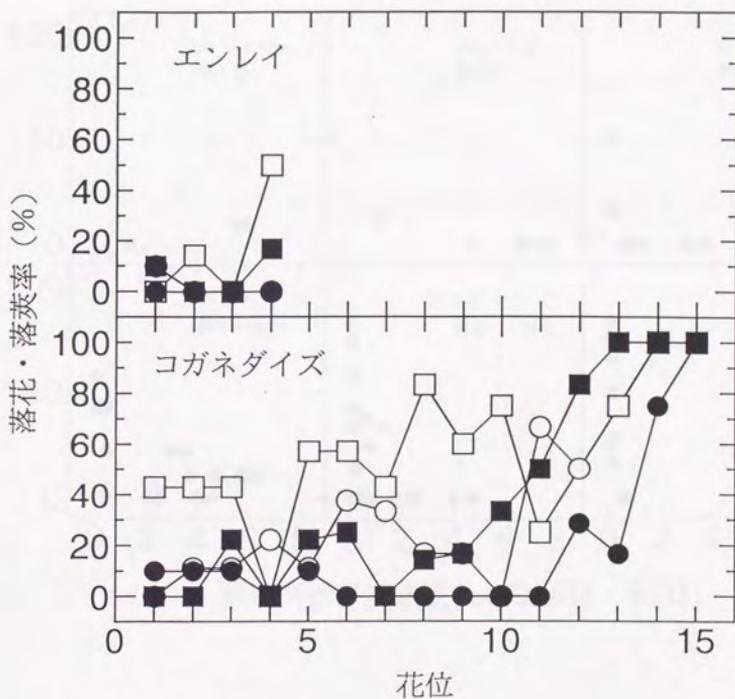
第19図と第20図から、摘葉処理による落花・落莢率と同化産物供給速度との関係を花位別に整理したものを第21図に示した。全体として、同化産物供給速度が高い時には落花・落莢率が低く、同化産物供給速度が低い時には落花・落



第19図 各摘葉処理区における花位別の同化産物供給速度 (開花後20日間)

● 対照区 ○ 摘葉処理区1 ■ 摘葉処理区2 □ 摘葉処理区3

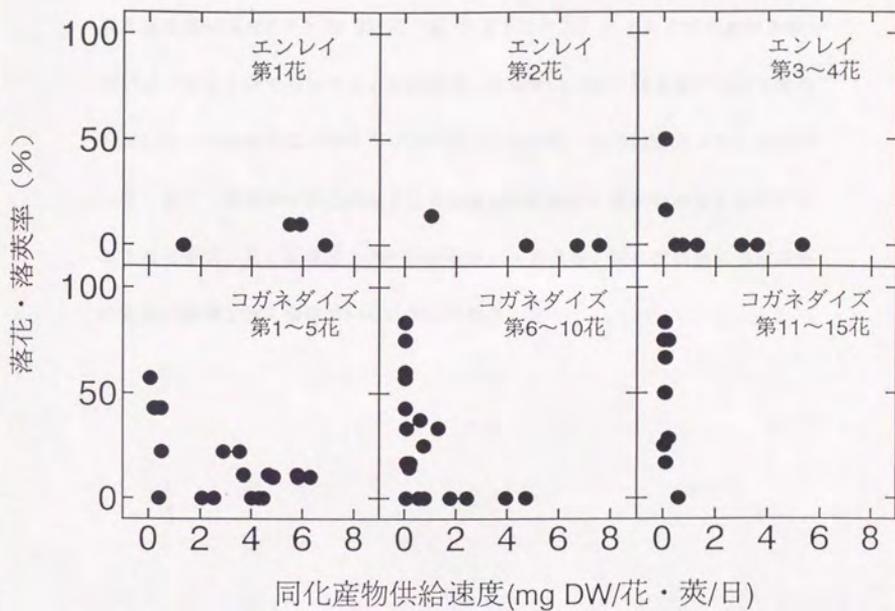
摘葉処理区1は主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。
 摘葉処理区2は主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。
 摘葉処理区3は主莖頂部節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。



第20図 各摘葉処理区における花位別の落花・落莢率
(開花後20日間)

● 対照区 ○ 摘葉処理区1 ■ 摘葉処理区2 □ 摘葉処理区3

摘葉処理区1は主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。
 摘葉処理区2は主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。
 摘葉処理区3は主莖頂部節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。



第21図 花房内位置別の花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率の関係

英率が高い関係がみられた。このことは同化産物供給速度が落花・落英率を決定する大きな要因であることを示し、前節までの結果と一致していた。しかし、同化産物供給速度が $0.1 \text{ mg DW/花}\cdot\text{英/日}$ 以下という、ほとんど同化産物供給が無いような花・英であっても、その落花・落英率は $0\% \sim 83\%$ まで大きく変化していた。この傾向はコガネダイズの花房上部の花・英で顕著だった。したがって、落花・落英率の変化の全てを同化産物供給速度の変化のみから説明することはできず、とくに花房上部における落花・落英は、同化産物供給速度以外の要素の影響を強く受けていると考えられた。

第3節 花房基部摘花処理が花房上部の花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との関係に及ぼす影響

本章第2節でみたように、コガネダイズの花房上部における落花・落莢はその花・莢への同化産物供給のみからは説明できなかった。従来、花房先端部で落花・落莢率が高いのは花房基部の花・莢が同化産物を吸収してしまうことにより、花房先端部の花・莢への同化産物供給が不足するためとされ、花房基部の摘花により花房先端部の落花・落莢が減少することはこの考えを支持する証拠のひとつとされてきた (Brun and Betts 1984, Spollen et al. 1986, Wiebold 1990)。しかし本章第2節の結果は、この考えに否定的であり、花房上部での落花・落莢が他の理由によって起こることを示唆している。そこで、本節では花房上部の落花・落莢に対する基部の花・莢による促進作用が、同化産物の競合を通じたものであるかどうかを確認するために花房基部摘花処理を行った。

材料および方法

材料としてはコガネダイズを用いた。栽培法は第1章第1節と同様で、播種日は1990年7月14日、開花はじめは同8月14日であった。

主茎頂部の花房の開花日に本章第2節と同様に3段階の摘葉処理を行った。

同時に各摘葉処理区を2分し、その一方には花房の第1花から第6花までを切除する花房基部摘花処理を行った。花房あたりの開花数は平均して9.3花であったため、基部摘花処理は花房の基部およそ2/3を切除したことになる。その上で開花日から15日間の花位別の落花・落莢率と花・莢への同化産物供給速度を本章第2節と同様な方法で調査した。

結果

第7表に各処理区の落花・落莢率を花房上部と花房基部に分けて示した。花房上部での落花・落莢は基部摘花処理によって減少していた。したがって、花房基部花による花房上部花脱落促進作用が存在することが示唆された。

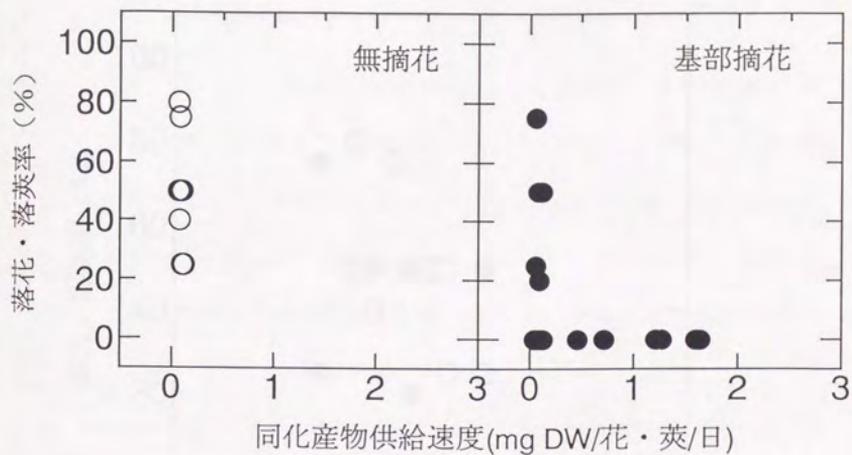
第22図に花房上部花の同化産物供給量と落花・落莢率との関係を示した。花房基部摘花処理により、花房上部の花・莢の一部では同化産物供給速度が増加し、落花・落莢率は0%となった。しかし、同化産物供給速度が増加しなかった花・莢に関して、第22図の同化産物供給速度が低い部分を拡大した図(第23図)で検討したところ、基部摘花処理を行った場合には、同一の同化産物供給速度であっても、無摘花区にくらべて落花・落莢率が引き下げられる傾向が認められた。したがって、花房基部の花・莢の存在が直接に花房上部の落花・落莢を促進するような仕組みがあると考えられた。

第7表 開花後16日間の花房内位置別の落花・落莢率に及ぼす
基部摘花処理の影響（品種コガネダイズ）

摘花処理**	摘葉処理**	落花・落莢率（%）		
		第1～6花	第7花～	全花
無摘花	対照区	0.0	58.3	19.4
	摘葉処理区1	4.2	50.0	19.4
	摘葉処理区2	8.3	76.9	32.4
	摘葉処理区3	34.7	64.7	44.9
花房基部摘花	対照区	—	0.0	0.0
	摘葉処理区1	—	5.3	5.3
	摘葉処理区2	—	17.6	17.6
	摘葉処理区3	—	50.0	50.0

*1花房基部摘花処理は第1花～第6花を花房の開花日に切除

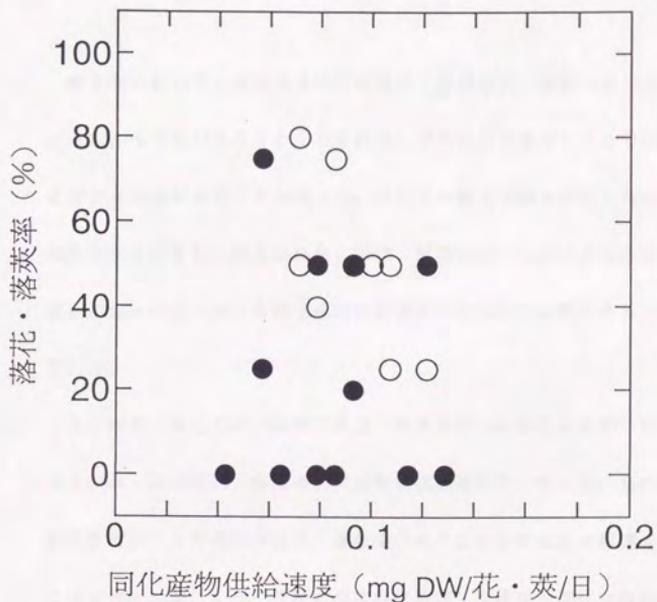
*2 摘葉処理区1は主莖各節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。
摘葉処理区2は主莖奇数節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。
摘葉処理区3は主莖頂部節の中央小葉のみを残して他を摘葉したもの。



第22図 花房基部摘花処理が花房上部の花・莢における同化産物供給速度と落花・落莢率の関係に及ぼす影響

品種 コガネダイズ

花房基部摘花処理区では花房の開花日に第1~6花を切除



第23図 花房基部摘花処理が花房上部の花・莢における同化産物供給速度と落花・落莢率の関係に及ぼす影響 (同化産物供給速度が低い部分の拡大図)

○ 無摘花区 ● 基部摘花区

考察

第Ⅱ章において、個体全体の平均落花・落莢率と、個体の同化産物量との間には密接な関係があることが示された。すなわち個体のレベルでは、両者の間に密接な関係があることが判った。そこで本章では個々の花・莢への同化産物供給速度に注目し、開花後日数、品種、摘葉処理、花位による落花・落莢率の変化が個々の花・莢への同化産物供給速度の変化から説明できるかどうかを検討した。

その結果、それぞれの品種で落花・落莢が盛んに起こる時期に限って見れば、個々の花・莢の落花・落莢率と同化産物供給速度との間に強い負の相関がみられ（第17図）この時期の落花・落莢率が同化産物供給速度の影響を強く受けることが示された。また、花房内位置別に落花・落莢率と同化産物供給速度との関係を検討した場合にも、同化産物供給速度が高いときには落花・落莢率は低いことが認められ（第21図）、多くの場合、落花・落莢率の変化は同化産物供給速度の変化から説明できることが示された。

しかし、落花・落莢が発生する時期と発生しない時期の差は同化産物供給速度の面からは説明できなかつた（第15図、第16図）。また、花房上部の花・莢における落花・落莢率の大きな変化もまた、同化産物供給速度の面からは説明できなかつた（第21図）。したがって、同化産物供給以外の要素もまた落花・

落英率の決定に関与していると考えられた。

さらに、花房基部摘花処理によって落花・落英率の低下が起こる場合でも、同化産物供給速度は必ずしも引き上げられないことが観察された(第23図)。従って、花房基部の花・莢の存在が直接に花房上部の落花・落英を促進する仕組みがあるのではないかと考えられた。

このように考えれば、従来出されていた、相反すると考えられていた実験結果をも矛盾なく説明できる。すなわち、Brun and Betts (1984) と Spollen et al. (1986) では花房内の位置の違う花・莢の比較により、落花・落英率の低い花房基部の花・莢には ^{14}C の取り込みが多く、シンク強度が高いことが示され、このことは落花・落英の原因が養分飢餓であることを裏付けるものとされてきた。一方、Dybing et al. (1986) や Heitholt et al. (1986b) は、花位や他の花・莢の有無によって落花・落英率が異なる場合を比較し、落花・落英率が高い花・莢(花房基部花が存在する時の花房上部花)における炭水化物、タンパク質、核酸、無機イオン等の濃度には落花・落英率が低い花・莢(花房基部の花、花房基部摘花を行った時の花房上位花)と比べて差が無いばかりか逆に濃度が高い場合すらあることを示していた。これらの報告は従来矛盾するものと捉えられていたが、花房上部の落花・落英は同化産物競合以外の基部花による直接的な働きかけによって起こっていると考えれば合理的説明がつく。そこで第4章では花房基部花・莢による花房上部落花・落英促進の仕組みについて、植物ホルモンなどの生長調節物質が関与している可能性を検討した。

第IV章 花・莢中の生長調節物質と落花・落莢率の関係

第III章で、花房上部の落花・落莢は花房基部の花・莢の存在により促進されることが観察された。これは、花房基部の花・莢が花房上部の花・莢への同化産物供給量を減少させると同時に、直接的に花房上部の落花・落莢を促進するという機構も存在するためと考えられた。

花房基部の花・莢が、花房上部の落花・落莢を直接的に促進する仕組みとしては、花房基部の花・莢から花房上部の花・莢へ植物ホルモンなど何らかの生長調節物質が送られていることが考えられる。植物個体内の器官が他の器官に作用を及ぼす場合には植物ホルモンを通じて作用することが知られ、インゲンマメにおいては発育中の果実が他の果実の脱落促進 (Tamas et al. 1979)、腋芽の休眠促進や枝数の減少 (Tamas et al. 1984)、葉の老化の促進 (Lindoo and Noodén 1977) といった現象を引き起こしている。こうした他の器官へ送られる種子からのシグナル物質はおそらくオーキシンではないかと考えられている (Gianfanga and Davis 1981, Goldsmith et al. 1974, Tamas et al. 1981)。また同じくインゲンマメの頂芽優先においてはオーキシンがシグナル物質として腋芽へ送られ、アブシジン酸の合成を刺激していると考えられている (Knox 1984)。

一方で、オーキシンとアブシジン酸は、なんらかの形でダイズの落花・落莢

にも関わっているという報告がある (Galston 1947, Huff and Dybing 1980, Noodén and Noodén 1985, Spollen and Wiebold 1986, Yarrow et al. 1988)。

このようにオーキシンとアブシジン酸は、植物個体内のシグナル物質として働いていると考えられるため、ダイズの花房基部の花・莢による花房上部の落花・落莢促進作用にも関わっている可能性がある。そこで本章では、Ⅲ章で見られた花房内での落花・落莢の様相が、何らかの生長調節物質による制御を受けていると考え、その点を検討した。

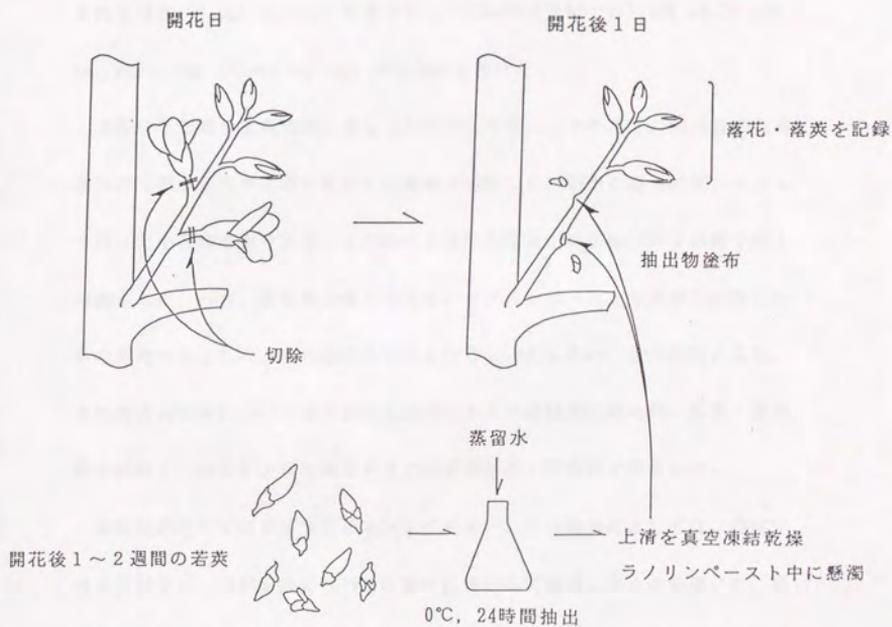
第1節 花房基部に対する若英抽出物処理の効果と若英抽出物濃度の影響

植物体の器官間の作用が何等かの生長調節物質によるものかどうかを検討する方法の1つとして、その器官からの水溶性抽出物を標的となる器官に投与し、その影響を調べることが行われる。たとえば黄色ルーピンの花房基部の花を切除した跡に若い莢からの水溶性抽出物を与え、花房上部の落花が増加することを観察した報告がある (Van Steaveninck 1959)。ダイズにおいても Huff and Dybing (1980) が同様の現象を報告している。本節では花房基部に若英抽出物処理を行い、花房上部の落花・落莢率が変化するかどうか検討した。

材料および方法

花房の開花日に花房基部の花・莢を切除し、その跡に若い莢からの水溶性抽出物を塗布する処理を行って、2週間にわたって花房当りの花・莢数、落花・落莢率を測定した。

第24図に若英抽出物処理試験の手順を模式図で示した。まず、抽出用材料としては圃場栽培したダイズ品種エンレイの開花後1~2週間経過した長さ5~10mm程度の若英を随時サンプリングし、-80℃のディープフリーザ内で保存した。この若英(平均重15mg)約500個に50mlの蒸留水を加え、0℃で24時間振盪したのちに、0℃、27000g×20分間遠心した。この上清を真空凍結乾燥し、



第24図 若莢抽出物処理の模式図

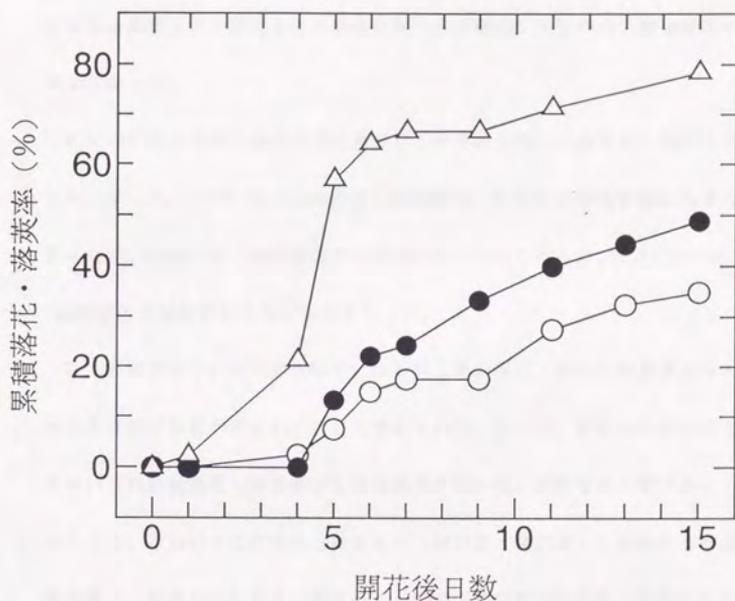
得られた粉末をラノリンペースト（ラノリン：蒸留水＝1：1）によく混合し懸濁した。懸濁する濃度は、ラノリンペースト1mg中に若英1個分の抽出物が含まれる濃度（1 pod eq./mg）を標準とし、1987年の実験では1/4倍（0.25 pod eq./mg）、4倍（4 pod eq./mg）の処理区も設けた。

主茎中下部節の主茎葉腋に着生した花房に注目し、その花房の開花日に花房基部花（第1花と第2花）をがくの基部で切除した。切除の翌日にピンセットで残った小花柄を取り去り、その跡に上記の若英抽出物を細いガラス棒で約1mg塗布した。一方、若英抽出物を含まないラノリンペーストを同様に塗布したものを対照区とした。また基部花切除を行わない区を設け、無切除区とした。各処理区10個体について処理後約2週間にわたり花位別に開花数、落花・落英数を記録し、開花日から各測定日までの累積落花・落英率を算出した。

実験材料としてはダイズ品種エンレイを用い、若英採取用としては、1986年は5月30日に、1987年は5月19日に圃場に播種して栽培したものを用いた。検定用の実験材料としては、1986年には7月23日に、1987年には6月16日に播種したものを、第1章第1節と同様に栽培したものを用いた。検定用個体の開花日は1986年が8月20日、1987年が8月1日であった。

結果

第25図に花房上部の累積落花・落英率の経時変化を示した（1986年）。どの処理区においても、花房上部の累積落花・落英率は開花後4日目から7日目に



第25図 花房基部への若莢抽出物処理が花房上部の
累積落花・落莢率の経時変化に及ぼす影響(1986年)

品種 エンレイ

- 抽出物処理区
- 対照区 (若莢抽出物を含まないラノリンペーストを塗布)
- △ 無切除区 (花房基部摘花をおこなわない)

かけて急激に増加し、それ以降はゆるやかに増加した。開花後15日における累積落花・落英率は、対照区では無切除区の1/2以下であった。若英抽出物処理区における累積落花・落英率は対照区に比べれば増加したものの、無切除区には及ばなかった。

次に1987年の実験における開花後15日目の花房上部の累積落花・落英率を第8表に示した。1 pod eq./mg処理区の累積落花・落英率は無切除区とほぼ等しかったが、4 pod eq./mg処理区では無切除区より高くなった。0.25 pod eq./mg処理区では対照区とほぼ等しくなった。

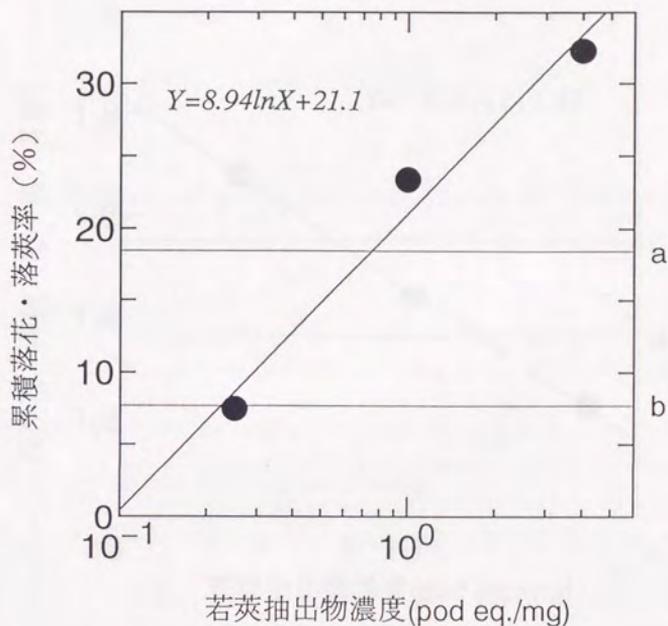
以上の結果から、若英抽出物中には花房上部の落花・落英を促進するなんらかの生長調節物質が含まれていると考えられた。そこで、若英抽出物濃度と開花後15日の累積落花・落英率および花房当り現存花・英数を片対数プロットしたところ、どちらもほぼ直線上に並んだ(第26図、第27図)。両図から回帰直線を求め、無切除区と等しい累積落花・落英率及び花房当り花・英数を与える抽出物濃度を求めたところそれぞれ0.75pod eq./mg、1.7pod eq./mgとなった。したがって、実際に基部の花・英が着生しているのと同じ効果を与える抽出物濃度は0.75~1.7 pod eq./mgの付近にあると考えられた。

第8表 若莢抽出物の花房基部処理が平均現存花・英数と累積落花・落莢率に及ぼす影響

処理	花位						計 (3-6花)	
	1	2	3	4	5	6		
無切除区*	平均現存花・英数	0.93	0.91	0.91	0.27	0.16	0.02	1.36
	累積落花・落莢率(%)	6.8%	9.1%	9.1%	20.0%	36.4%	75.0%	18.5%
対照区**	平均現存花・英数	-	-	0.94	0.32	0.19	0.10	1.55
	累積落花・落莢率(%)	-	-	6.5%	9.1%	14.3%	0.0%	7.7%
4 pod eq./mg	平均現存花・英数	-	-	0.69	0.33	0.19	0.0	1.22
	累積落花・落莢率(%)	-	-	30.6%	25.0%	36.4%	100.0%	32.3%
1 pod eq./mg	平均現存花・英数	-	-	0.76	0.38	0.24	0.06	1.44
	累積落花・落莢率(%)	-	-	23.5%	13.3%	20.0%	60.0%	23.4%
0.25 pod eq./mg	平均現存花・英数	-	-	0.95	0.36	0.32	0.05	1.68
	累積落花・落莢率(%)	-	-	4.5%	0.0%	12.5%	50.0%	7.5%

* 無切除区は基部花・英の切除を行わないもの

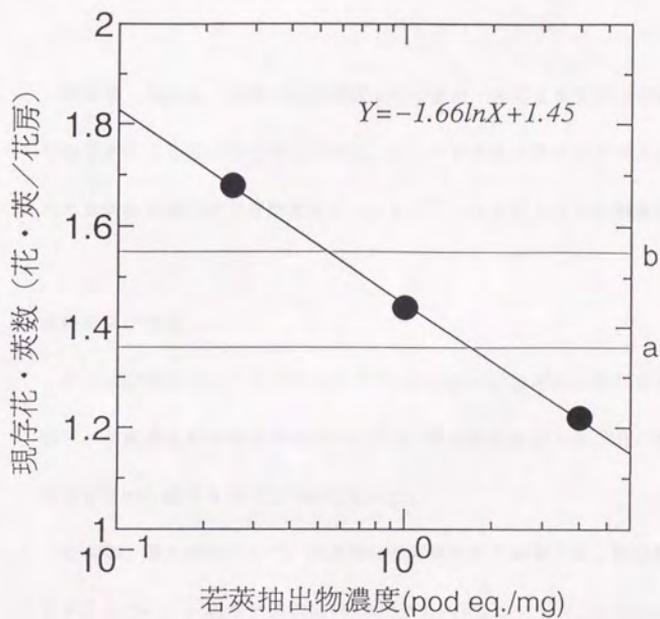
** 対照区は若莢抽出物を含まないラノリンベンペーストを塗布したもの



第26図 若莢抽出物の濃度が花房上部の累積落花・落莢率に及ぼす影響

a: 無切除区における累積落花・落莢率 (18.5%)

b: 対照区における累積落花・落莢率 (7.7%)



第27図 若莢抽出物の濃度が花房当り現存花・莢数に及ぼす影響（開花後15日）

a: 無切除区における花房当り現存花・莢数(1.36)

b: 対照区における花房当り現存花・莢数(1.55)

第2節 若英抽出物処理効果の品種間比較

本章第1節から、若英中には花房上部の落花・落英を促すならかの生長調節物質が存在していると考えられた。そこで若英抽出物の効力および花房上部花の若英抽出物に対する感受性をエンレイとコガネダイズで比較検討した。

材料および方法

ダイズ品種エンレイとコガネダイズを供試した。栽培法は第IV章第1節と同様で、若英採取用材料は1990年7月2日、検定用材料は8月17日に播種した。検定用材料の開花日は9月16日であった。

本章第1節と同様にして、両品種の若英抽出物を調製した。抽出物の濃度はラノリンペースト1mg中に若英1.7個分が含まれるようにした(1.7 pod eq./mg)。これは第27図の回帰直線において無切除区と同じ花房当り花数を与える抽出物濃度がこの濃度であったからである。

この2品種からの抽出物を、その抽出したのと同じ品種に処理すると同時に、他の品種にも交差して処理した。対象とした花房は主茎頂部と主茎中下部の主茎葉腋に着生した花房であり、各区10個体を処理した。花房の処理法は第IV章第1節と同様であるが、実際に切除した花・英の数は品種により異なる。すなわち、エンレイでは第1花と第2花を基部花として切除したのに対し、コガネ

ダイズでは花房あたりの開花数がエンレイの約2.3倍（エンレイは3.1花/花房、コガネダイズは7.2花/花房）あったため、基部花切除の花房全体に対する効果が相対的にほぼ等しくなるように、コガネダイズでは第1花～第4花までを基部花として切除した。開花日と開花後16日目に花房の花および莢の数を記録し、この間の落花・落莢率を求めた。

結果

エンレイの若莢抽出物とコガネダイズの若莢抽出物を、エンレイの花房基部に処理した場合の花房上部の落花・落莢率を第9表に示した。どちらの品種の若莢抽出物で処理した場合でも、花房上部の落花・落莢率は対照区よりはるかに高くなり、無切除区における値をも上回った。エンレイの若莢抽出物とコガネダイズの若莢抽出物とを比べると、エンレイ若莢抽出物で処理したときの方が落花・落莢率はわずかに高かった。次に、2品種の若莢抽出物をコガネダイズの花房基部に処理した場合にも、エンレイの花房基部に処理した場合と全く同様な結果が得られた（第10表）。したがって、エンレイの花房とコガネダイズの花房では若莢抽出物処理に対する感受性に差はないと考えられた。

一方、検定用個体の品種がどちらであっても、エンレイの若莢抽出物で処理した場合の方がコガネダイズの若莢抽出物で処理した場合よりも落花・落莢率はわずかに高かった。しかし、抽出に用いた若莢の1個あたりの新鮮重がエン

第9表 品種エンレイの花房上部の落花・落莢率に対する
花房基部への若莢抽出物処理の効果

処理	対照区* ¹	エンレイ 若莢抽出物	コガネダイズ 若莢抽出物	無切除区* ²
開花数/花房	1.11	1.21	1.07	1.11
落花・落莢数/花房	0.26	1.21	0.93	0.39
落花・落莢率(%)	23.8	100.0	87.5	35.0

※ 花房基部花として第1、2花を切除

*1: 若莢抽出物を含まないラノリンペーストを塗布。

*2: 花房基部花を切除せず。表中のデータは第1、2花を除いた集計。

第10表 品種コガネダイズの花房上部の落花・落莢率に対する
花房基部への若莢抽出物処理の効果

処理	対照区* ¹	エンレイ 若莢抽出物	コガネダイズ 若莢抽出物	無切除区* ²
開花数/花房	3.59	3.06	3.35	2.95
落花・落莢数/花房	1.06	3.06	2.70	1.15
落花・落莢率(%)	29.5	100.0	80.7	39.3

※ 花房基部花として第1～4花を切除

*1: 若莢抽出物を含まないラノリンペーストを塗布。

*2: 花房基部花を切除せず。表中のデータは第1～4花を除いた集計。

レイの方が大きかった（エンレイ20.4mg、コガネダイズ13.0mg）ことを考えると、若莢中の生長調節物質の濃度や活性の差を示し得るほどの差ではないと考えられた。

以上の結果から、生長調節物質を通じた、花房基部花・莢による花房上部の落花・落莢の促進は、両品種に共通の現象であると考えられた。

第3節 花房上部の落花・落莢率に対する花房基部へのインドール酢酸および アブシジン酸処理の効果

本章第1節および第2節で、若莢中で生産される何らかの生長調節物質が花房上部の落花・落莢を促進することが示唆された。既知の植物ホルモンのうちオーキシンとアブシジン酸は落花・落莢に関与するといわれている (Galston 1947, Huff and Dybing 1980, Noodén and Noodén 1985, Yarrow et al. 1988)。そこで本節では花房基部へのインドール酢酸とアブシジン酸処理を行い、若莢中に含まれると考えられる生長調整物質が、このいずれの物質に類似しているかを検討した。

材料および方法

材料としてはダイズ品種エンレイとコガネダイズを供試した。栽培法は第1章第1節と同様で、播種日は1991年7月15日、開花日はエンレイが8月16日、コガネダイズが8月20日であった。処理対象とした花房は主莖頂端の花房である。

花房基部へのインドール酢酸とアブシジン酸の処理方法は若莢抽出物処理の方法に準ずる。すなわち、花房の開花日に花房基部の花・莢をがくの基部で切除した。切除の翌日にピンセットで残った花柄を取り去り、その後にインドール酢酸またはアブシジン酸を含んだラノリンペーストを約1 mg塗布した。パー

スト中の両物質の濃度はそれぞれ1%と 10^{-4} %とした。一方インドール酢酸・アブシジン酸を含まないラノリンペーストを同様に塗布したものを対照区とした。また基部花切除を行わない区を設け、無切除区とした。花房基部花として切除する花・莢はエンレイで第1花と第2花、コガネダイズで第1花～第4花であった。各処理につき5反復、1反復につき3花房を供試した。

結果

花房基部へインドール酢酸とアブシジン酸を処理した場合に、花房の開花後10日間における花房上部の落花・落莢率がどう変化するか調べた(第11表)。インドール酢酸とアブシジン酸のどちらで処理した場合にも花房上部の落花・落莢率は対照区に比べて増加する傾向を示した。この傾向はコガネダイズにおいて顕著であり、とくにコガネダイズの花房基部に 10^{-4} %のアブシジン酸を処理した場合は対照区に比べ有意な差があった。したがって、本章第1、2節の若莢抽出物中にはインドール酢酸またはアブシジン酸に類似した物質が含まれていた可能性があると考えられた。

第11表 インドール酢酸 (IAA) とアブシジン酸 (ABA) の花房基部処理が
花房上部の落花・落莢率に及ぼす影響

処理	落花・落莢率(%)	
	エンレイ	コガネダイズ
対照区* ¹	0.00 a	6.62 ab
IAA処理区(1%)	2.22 a	12.34 bc
(10 ⁻⁴ %)	0.00 a	11.30 bc
ABA処理区(1%)	2.86 a	11.32 bc
(10 ⁻⁴ %)	0.00 a	15.04 c
無切除区* ²	6.50 ab	13.14 bc

※表中で同じ記号 (a, b) のついたものはDuncan's multiple range test において有意水準1%で差が無いことを示す。

§ IAA, ABA処理の方法は、若莢抽出物処理の方法と同様。

*¹対照区は花房基部花切除を行って、IAA、ABAを含まないペーストを与えたもの。

*²無切除区は花房基部花切除を行わないもの。

考察

第Ⅲ章において、花房基部の花・莢が直接的に花房上部の落花・落莢を促進する仕組みがあると考えられた。そして本章第1節、第2節の若莢抽出物の塗布実験の結果から、ダイズの若莢には花房上部の落花・落莢を促進する物質が含まれていると考えられた。このことは、何らかの生長調節物質が花房基部の花・莢から花房上部の花・莢に送られ、それらの脱落を促していることを示唆している。この推論はHuff and Dybing (1980) の推論とも一致している。

また、この若莢抽出物の効果をエンレイとコガネダイズで比べると、抽出に用いた若莢がどちらの品種であっても、また若莢抽出物によって処理される花房がどちらの品種であっても、その効果に差はみられなかった(第9表、第10表)。したがって、この生長調節物質による花房上部の落花・落莢促進は、両品種で共通の現象であると考えられた。

本章第3節の結果は、若莢中の生長調節物質がインドール酢酸かアブシジン酸である可能性を示している。Huff and Dybing (1980) も若莢抽出物の他に植物ホルモンによる処理を試みている。彼らはインドール酢酸、アブシジン酸、ジベレリン、ベンジルアデニンによる処理を行った結果、濃度1%のインドール酢酸で処理した場合に落花・落莢率が上がることを報告している。本研究の結果はインドール酢酸については彼らに一致しているが、アブシジン酸については異なっており、アブシジン酸で処理した場合にも効果が認められた。

また第Ⅱ章第4節で、摘葉処理により落花・落莢率が上がり、同時に花・莢

内のインドール酢酸濃度が増加する傾向があることが示された。このこともインドール酢酸が落花・落莢に何等かの形で関与していることを予想させる。

また、Stockman (1988) は、花房の開花日にオーキシン阻害剤で花房を処理すると、落花・落莢率が低下すると共に、維管束が発達促進されることを報告している。本研究でみられた生長調節物質の作用もあるいはこのような組織分化を通じて花房上部に影響するのかも知れない。

このように、本研究の結果は若莢抽出物中の生長調節物質が花房上部の落花・落莢を促進することを示し、インドール酢酸やアブシジン酸の様な植物ホルモンもその生長調節物質の候補のひとつであることを示唆する結果となっている。しかし他の生長調節物質の可能性も考えられ (Carlson et al. 1987, Dyer et al. 1987, Urwiler and Stutte 1986)、その点に関する詳細な研究が今後必要となるであろう。

総合考察

本研究は、従来注目されながらも実態調査を始め、その機構について十分な研究が行われてこなかったダイズの開花直後における落花・落莢現象に注目し、その原因を解明することを目標に行われたものである。最後に本研究で得られた知見をもとに、落花・落莢率決定機構の全体像を描いてみたい。

従来、ダイズの開花直後の落花・落莢に関しては、花・莢への同化産物供給不足がその原因とする報告が多くなされてきた (Antos and Wiebold 1984, Hardman and Brun 1971, Johnson et al. 1969, 大庭ら 1961, Schou et al. 1978)。しかし、同時に生長調節物質などの同化産物供給量以外の要因が原因とする報告 (Dybing et al. 1986, Heitholt et al. 1986a, Huff and Dybing 1980) もあり、両者は相対立する説として扱われることが多かった。もちろん、両者を2つの併存する原因としてとらえようとする試み (Noodén 1984) もあったが、両者が時期的に、あるいは量的にどのような関係にあるかという点をはじめ、多くの部分がはっきりしないままに経過してきたといえる。本研究では、従来の研究においては落花・落莢率の経時変化、花房内での花の位置、品種による違いなどに十分な注意が払われなかった点に問題があったのではないかと考え、まずこれらの面から詳細に落花・落莢の実態を調査し、それを踏まえて落花・落莢率と花・莢への同化産物供給速度との関係を検討した。その結果、

開花直後の落花・落英が激しく発生する時期には、花・莢への同化産物供給速度と落花・落英率との間にきわめて強い負の相関がみられること、花房内位置別に同化産物供給速度と落花・落英率との関係を検討してみても、同化産物供給速度が高い花・莢では落花・落英率は低いことが示され、こうした実験結果から、開花直後の落花・落英率は個々の花・莢への同化産物供給量ときわめて密接に関係していることが示された（第三章第1、2節参照）。しかし同時に、花房基部花・莢の切除によって花房上部の落花・落英率は引き下げられるが、その時に必ずしも同化産物供給速度の増加を伴わないこと（第23図参照）、花房基部に対する若莢抽出物処理により花房上部の落花・落英率は増加すること（第四章第1、2節参照）が示され、こうした結果から花房上部における落花・落英は花房基部の花・莢から送られる何らかの生長調節物質による促進も受けていることが示唆された。

以上の結果から、落花・落英率の決定における同化産物供給量と生長調節物質の位置付けが明らかになったとともに、本研究で明らかになった、品種によって落花・落英が起こる時期が違うという現象も次のように説明できる。すなわち、品種エンレイにおいては落花・落英は開花後のごく限られた時期（開花後4～12日）に集中して起こることから、この時期に花・莢で生長調節物質が生産されることが想像される。この時期の花・莢は原胚分裂期から子葉分化期という、生長分化の上できわめて重要な時期に当る（加藤・内藤 1955, Carlson and Lersten 1987）ので、この生長調節物質がこれら特定の発育段階

で生産されることが強く示唆される。このように考えれば、コガネダイズでは落花・落莢がエンレイより長く続くことが説明できる。すなわち、花房当り花・莢数の多いコガネダイズでは花位によって同化産物供給速度が少しずつ異なる（第19図参照）ために、各花位の花・莢が基部から順にこの発育段階を通過すると考えられ、このために花房上部の花・莢へはエンレイに比べて長く生長調節物質が送られることになり、落花・落莢の期間はエンレイに比べて長くなると考えられる。

ところで、本研究においては、落花・落莢を起こさせる生長調節物質について、インドール酢酸とアブシジン酸に注目して検討を行った。そして本研究では、摘葉処理によって花・莢中のインドール酢酸の濃度が上昇すること（第5表参照）、またインドール酢酸とアブシジン酸を外与した場合に、両者とも落花・落莢率を上昇させる効果のあること（第11表参照）より、この生長調節物質がインドール酢酸あるいはアブシジン酸類似物質である可能性を示すことができた。このことはさらに、従来は同化産物供給量への影響という面だけから捉えられてきた摘葉処理が、花・莢への同化産物供給速度を変えることのみでなく、花房基部での生長調節物質の生産に影響することによって、花房上部の落花・落莢率を増加させている可能性を示している。ダイズやそのほかのマメ科作物においてはエチレン（Rubinstein and Leopold 1963）やサイトカイニン（Carlson et al. 1987, Crosby 1981, Heindl et al. 1982.）といった植物ホルモンもまた関与している可能性が指摘されているため、落花・落莢の原因を

さらにはっきりとさせるためには、若莢抽出物中に含まれる生長調節物質の特定と、発育段階や摘葉処理によるその内生濃度の変化が明らかにされる必要があろう。

なお、本研究においては開花直後の落花・落莢に焦点を絞ったが、より発育の進んだ段階での莢の脱落は、開花直後に比べれば少ないものの、落花・落莢全体の約13%を占めるとの報告もあるため (Wiebold et al. 1981)、その原因についても、本研究と同様な視点からの検討が今後行われるべきであろう。

本研究で示したように、開花直後の落花・落莢率は花・莢への同化産物供給速度と密接な関係があるが、花房上部における落花・落莢は、花房上部における養分飢餓がその原因の全てではないと考えられる。すなわち開花直後の落花・落莢は、生長に必要な同化産物供給の面からはまだ維持が可能な花・莢をも脱落させる現象と考えられる。したがって、このような落花・落莢は植物自身による莢数の間引き機構として働いているのかも知れない。そのような観点からも、今後の研究が望まれる。

摘要

本研究は、個体当り英数の大きく異なるダイズ2品種につき、落花・落莢の実態を調査するとともに、同化産物および生長調節物質の量と落花・落莢率との関係を調べ、ダイズの落花・落莢の機構を探ろうとしたものである。

結果の概略は以下の通りである。

1. 花・英数の異なる2品種における落花・落莢の実態

1. まず、粒大型品種のエンレイと粒数型品種のコガネダイズを用い、個体当りの落花・落莢率の経時変化を調べた。個体の中で最初の開花がみられた日から2週間にわたり、毎日、開花数と落花・落莢数を調査した。コガネダイズの個体当り累積開花数はエンレイの約2倍であった。それにもかかわらず、開花後10日目までの累積落花・落莢率はエンレイがコガネダイズの約2倍の高い値を示した。しかし開花後10日以降の累積落花・落莢率については、エンレイではほぼ頭打ちになったのに対し、コガネダイズでは増加し続けた。その結果、完熟期におけるコガネダイズの個体当りの英数はエンレイの1.6倍と、開花数の差より小さくなった。

2. 次に、落花・落莢率を主莖節位別に調べた。開花後14日における各節位ご

との累積落花・落莢率は全体にエンレイの方が高い傾向にあった。しかし累積落花・落莢率が主莖第4、5節で低くなるという節位別落花・落莢率における特徴は、両品種で共通であった。

3. また、落花・落莢率を花房内位置別にみた結果、花房当り開花数は両品種で2倍以上違うものの、落花・落莢率が花房基部で低く、先端部ほど高くなり、最も先端に着生した花は100%の落花・落莢率を示したという点は、両品種共通の現象であった。

4. 完熟期における種子1粒重はエンレイがコガネダイズの2.1倍となっていたが、莢当り粒数には差がなく、1で述べたようにコガネダイズの個体当りの莢数はエンレイの1.6倍あったため、収量に大きな違いはなかった。

II. 個体の同化産物量を人為的に変化させた場合の個体の落花・落莢率

1. 個体の開花日に摘葉処理と(摘葉+遮光)処理を行ったところ、個体当りの落花・落莢率は増加する傾向を見せた。従って、個体当りの同化産物量の減少と、その分配様式の変化は、個体当たりの落花・落莢率の増加をもたらすと考えられた。

2. しかし、開花後3日および13日の個体に2週間にわたってCO₂富化処理を行ったところ、落花・落莢率、花・莢の乾重のいずれも変化しなかった。従って、個体当たりの同化産物量の増加は落花・落莢率を低下させることはないと考え

られた。

3. 同化産物量を変化させることを目的とした処理が、植物ホルモンの濃度を通じて植物の生長に影響した例が従来知られているため、摘葉処理個体の花・莢中の植物ホルモンの濃度を調査した。その結果、花・莢中のアブシジン酸濃度は摘葉処理の影響を受けなかったが、インドール酢酸の濃度は上昇した。従って摘葉処理は同化産物量の減少のみならず、植物ホルモン等の生長調節物質の濃度変化の面からも落花・落莢率に影響する可能性が考えられた。

Ⅲ. 花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との関係

1. 個々の花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との直接的関係を検討した。開花日に2段階の摘葉処理を行い、開花日から2週間にわたって2日おきに花・莢1個当りの乾重を測定した。そして1日当りの花・莢1個当りの乾重増加量をもって花・莢1個当り1日当りの同化産物供給速度とした。その結果、落花・落莢が盛んな時期には両品種とも花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢率との間には強い負の相関がみられた。しかし、落花・落莢が旺盛に起こらない時期においては、花・莢への同化産物供給速度と落花・落莢との関係は見られなかった。

2. 花・莢1個当りの同化産物供給速度と落花・落莢率との関係を花房内位置別に検討した。いずれの品種においても、花房内位置が高い花・莢ほど同化産

物供給速度が低く、落花・落莢率は高くなる傾向が見られた。しかし、同化産物供給速度がきわめて低い花・莢でも、落花・落莢率が0～83%まで大きく変化しており、落花・落莢率の決定には同化産物供給速度以外にも何らかの要因が関与していることが示唆された。この現象はコガネダイズの花房上部の花・莢で顕著であった。

3. そこで、花房上部での落花・落莢率に影響している要因を検討するために、花房基部摘花処理を行った。その結果、花房基部摘花処理により花房上部の花・莢の一部では同化産物供給速度が大きく増加し、それらの落花・落莢は完全に見られなくなった。しかし同時に一部の花・莢では、同化産物供給速度が増加しないにもかかわらず、落花・落莢率が引き下げられることが観察された。従って、同化産物の競合の他に、花房基部の花・莢が直接的に花房上部の落花・落莢を促進するような仕組みがあると考えられた。

IV. 花・莢中の生長調節物質と落花・落莢率との関係

1. 花房基部に花・莢が存在すること自体が、花房上部の落花・落莢を促進するという現象が、何らかの生長調節物質によるものである可能性を検討するために、花房の基部に若莢抽出物処理を行った。すなわち、若莢から抽出した水溶性物質をラノリンペーストとし、それを花房基部の花・莢切除跡に塗布した。こうした若莢抽出物処理は、花房上部の落花・落莢率を増加させ、その程度は

若英抽出物の濃度に依存した。従って、若英には花房上部の落花・落英を促進する生長調節物質が含まれていることが示唆された。

2. 若英抽出物処理の効果をエンレイとコガネダイズで比較するために、両品種の若英からの抽出物を、その抽出したと同じ品種に処理すると同時に、他の品種にも交差して処理した。その結果、どちらの若英からの抽出物でも、またどちらの品種に処理した場合でも花房上部の落花・落英率は増加し、その効果に大きな差はなかった。

3. 花房基部へのインドール酢酸とアブシジン酸処理を行い、若英抽出物中の物質がこの植物ホルモンのいずれかに類似しているかどうか検討した。その結果、どちらで処理した場合にも、花房上部の落花・落英率は増加する傾向を示した。従って、若英抽出物中には、インドール酢酸またはアブシジン酸に類似した物質が含まれている可能性が考えられた。

謝 辞

本研究の遂行に当たり終始懇切丁寧な御指導と適切な御助言を賜りました
東京大学農学部教授石井龍一博士に、ここに心から感謝致します。また、研究
方針の決定において多くの御指導と御助言を賜りました、同名誉教授玖村敦
彦博士、ならびに多くの有益な御助言を頂いた、同助教授山岸徹博士、同助手
伊藤亮一博士、同助手佐々木治人博士に、深く感謝致します。さらに、研究遂
行の過程で協力を惜しまなかった東京大学農学部作物学研究室の諸兄、並びに
実験に当たり御協力頂いた東京大学農学部付属多摩農場の町田寛康技官をはじ
めとする皆様に心から感謝致します。

引用文献

- Abernathy, R.H., R.G. Palmer, R. Shibles and I.C. Anderson 1977. Histological observations on abscising and retained soybean flowers. *Can. J. Plant Sci.* 57:713-716.
- Allen Jr., L.H., J.C.V. Vu, R.R. Valle, K.J. Boote and P.H. Jones 1988. Nonstructural carbohydrates and nitrogen of soybean grown under carbon dioxide enrichment. *Crop Sci.* 28:84-94.
- Andrews, A.K. and L.V. Svec 1975. Photosynthetic activity of soybean pods at different growth stages compared to leaves. *Can. J. Plant Sci.* 55:501-505.
- Antos, M. and W.J. Wiebold 1984. Abscission, total soluble sugars, and starch profiles within a soybean canopy. *Agron. J.* 76:715-719.
- Brun, W.A. and K.J. Betts 1984. Source/sink relations of abscising and nonabscising soybean flowers. *Plant Physiol.* 75:187-191.
- Brun, W.A. and R.L. Cooper 1967. Effects of light intensity and carbon dioxide concentration on photosynthetic rate of soybean. *Crop Sci.* 7:451-454.
- Carlson, J.B. and N.R. Lersten 1987. Reproductive Morphology. In Wilcox, J.R. ed., *Soybeans: improvement, production, and uses.* American Soc. Agron., Wisconsin. 95-134.
- Carlson, D.R., D.J. Dyer, C.D. Cotterman and R.C. Durley 1987. The physiological basis for cytokinin induced increase in pod set in IX93-100 soybeans. *Plant Physiol.* 84:233-239.
- Clough, J.M., M.M. Peet and P. Kramer 1981. Effects of high atmospheric CO₂ and sink size on rates of photosynthesis of a soybean cultivar. *Plant Physiol.* 67:1007-1010.
- Cooper, R.L. and W.A. Brun 1967. Response of soybeans to a carbon dioxide-enriched atmosphere. *Crop Sci.* 7:455-457.

- Crosby, K.E., L.H. Aung and G.R. Buss 1981. Influence of 6-benzylaminopurine on fruit-set and seed development in two soybean, Glycine max(L.)Merr. genotypes. *Plant Physiol.* 68:985-988.
- Dybing, C.D., H. Ghiasi and C. Paech 1986. Biochemical characterization of soybean ovary growth from anthesis to abscission of aborting ovaries. *Plant Physiol.* 81:1069-1074.
- Dyer, D.J., D.R. Carlson, C.D. Cotterman, J.A. Sikorski and S.L. Ditson 1987. Soybean pod set enhancement with synthetic cytokinin analogs. *Plant Physiol.* 84:240-243.
- Fehr, W.R., C.E. Caviness, D.T. Burmood and J.S. Pennington 1971. Stage of development descriptions for soybeans, Glycine max(L.)Merrill. *Crop Sci.* 11:929-931
- Fehr, W.R., B.R. Lawrence and T.A. Thompson 1981. Critical stages of development for defoliation of soybean. *Crop Sci.* 21:259-263.
- Galston, A.W. 1947. The effect of 2,3,5-triiodobenzoic acid on the growth and flowering of soybeans. *Am.J.Bot.* 34:356-360.
- Gianfanga, T.J. and P.J. Davis 1981. The relationship between fruit growth and apical senescence in G2 line of peas. *Planta* 152:356-364.
- Guinn, G. 1976. Nutritional stress and ethylene evolution by young cotton bolls. *Crop Sci.* 16:89-91.
- Guinn, G. 1982. Fruit age and changes in abscisic acid content, ethylene production, and abscission rate of cotton fruits. *Plant Physiol.* 69:342-352.
- Guinn, G. and D.L. Brummett 1987. Concentrations of abscisic acid and indoleacetic acid in cotton fruits and their abscission zones in relation to fruit retention. *Plant Physiol.* 83:199-202.
- Guinn, G. and D.L. Brummett 1988a. Changes in free and conjugated indole 3-acetic acid and abscisic acid in young cotton fruit and their abscission zones in relation to fruit retention during and after moisture stress. *Plant Physiol.* 86:28-31.

Guinn, G. and D.L. Brummett 1988b. Changes in abscisic acid and indole acetic acid before and after anthesis relative to changes in abscission rates of cotton fruiting forms. *Plant Physiol.* 87:629-631.

Hansen, W. and R. Shibles 1978. Seasonal log of the flowering and podding activity of field-grown soybeans. *Agron. J.* 70:47-50.

Hardman, L.L. and W.A. Brun 1971. Effect of carbon dioxide enrichment at different developmental stages on growth and yield components of soybeans. *Crop Sci.* 11:886-888.

Heindl, J.C. and W.A. Brun 1983. Light and shade effects on abscission and ^{14}C -partitioning among reproductive structures in soybean. *Plant Physiol.* 73:434-439.

Heindl, J.C. and W.A. Brun 1984. Patterns of reproductive abscission, seed yield, and yield components in soybean. *Crop Sci.* 24:542-544.

Heindl, J.C., D.R. Carlson, W.A. Brun and M.L. Brenner 1982. Ontogenetic variation of four cytokinins in soybean root pressure exudate. *Plant Physiol.* 70:1619-1625.

Heitholt, J.J., D.B. Egli and J.E. Leggett 1986a. Characteristics of reproductive abortion in soybean. *Crop Sci.* 26:589-595.

Heitholt, J.J., D.B. Egli, J.E. Leggett and C.T. Mackown 1986b. Role of assimilate and carbon-14 photosynthate partitioning in soybean reproductive abortion. *Crop Sci.* 26:999-1074.

Hicks, D.R. and J.W. Pendleton 1969. Effect of floral bud removal on performance of soybeans. *Crop Sci.* 9:435-437.

Huff, A. and C.D. Dybing 1980. Factors affecting shedding of flowers in soybean (*Glycin max*(L.) Merrill). *J. Exp. Bot.* 31:751-762.

Jackson, M.B. and D.J. Osborn 1970. Ethylene, natural regulator of leaf abscission. *Nature* 225:1019-1022.

- Johnson, T.J., J.W. Pendleton, D.B. Peters and D.R. Hicks 1969. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans. *Crop Sci.* 9:577-581.
- 加藤一郎・内藤文男 1955. 大豆の落蕾、落花、落莢の解剖学的観察. 日作紀. 23:251-252.
- 加藤一郎・坂口進 1953. 大豆不稔実粒の発生機構に関する形態学的並びに生理学的研究(第1報) I. 花芽分化及び子実の発達過程 II. 子実及び莢の發育過程. 日作紀 21:271-275.
- Knox, J.P. and P.F. Wareing 1984. Apical dominance in *Phaseolus vulgaris* L.: The possible roles of abscisic acid and indole-3-acetic acid. *J. Exp. Bot.* 35:239-244.
- Kokubun, M. and Y. Asahi 1984. Source-sink relationships between the main stem and branches during reproductive growth in soybeans. *Japan. Jour. Crop Sci.* 53:455-462.
- 玖村敦彦・浪花勳 1965. 大豆の物質生産に関する研究 第1報 生育に伴う植物体の光合成能ならびに呼吸能の推移. 日作紀 33:467-472.
- Lindoo, S.J. and L.D. Noodén 1976. The interrelation of fruit development and leaf senescence in 'Anoka' soybeans. *Bot. Gaz.* 137:218-223.
- Lindoo, S.J. and L.D. Noodén 1977. Studies on the behavior of the senescence signal in Anoka soybeans. *Plant Physiol.* 59:1136-1140.
- Mann, J.D. and E.G. Jarworski 1970. Comparison of stresses which may limit soybean yields. *Crop Sci.* 10:620-624.
- 松本重男・梅崎輝尚 1987. 粒数、粒大からみたダイズ品種の類別と生育特性. 日作紀 56:177-183.
- Myers, R.L., W.A. Brun and M.L. Brenner 1987. Effect of raceme-localized supplemental light on soybean reproductive abscission. *Crop Sci.* 27:273-277.

Nafziger, E.D. and H.R. Koller 1976. Influence of leaf starch concentration on CO₂ assimilation in soybean. *Plant Physiol.* 57:560-563.

永田忠男 1956. 農学大系 = 作物部門 大豆編. 養賢堂, 東京. 31-50.

Noodén, L.D. 1984. Integration of soybean pod development and monocarpic senescence. *Physiol.Plant.* 62:273-284.

Noodén, L.D. and S.M. Noodén 1985. Effects of morphactin and other auxin transport inhibitors on soybean senescence and pod development. *Plant Physiol.* 78:263-266.

大庭寅雄・大泉久一・工藤壮六・上田邦彦 1961. 大豆の開花結実性に関する研究 - 気象並びに耕種条件と大豆の部位別開花結実性との関係 -. *日作紀* 30: 68-71.

Peet, M.M. 1984. CO₂ enrichment of soybeans. effects of leaf/pod ratio. *Physiol.Plant.* 60:38-42.

Rogers, H.H., J.D. Cure, J.F. Thomas and J.M. Smith 1984. Influence of elevated CO₂ on growth of soybean plants. *Crop Sci.* 24:361-366.

Rubinstein, B. and A.C. Leopold 1963. Analysis of auxin control of bean leaf abscission. *Plant Physiol.* 38:262-267.

Sakurai, N., M. Akiyama, S. Kuraisi 1985. Roles of abscisic acid and indoleacetic acid in the stunted growth of water-stressed, etiolated squash hypocotyles. *Plant Cell Physiol.* 26:15-24.

Schou, J.B., D.L. Jeffers and J.G. Streeter 1978. Effects of reflectors, black boards, or shades applied at different stages of plant development on yield of soybeans. *Crop Sci.* 18:29-34.

Schussler, J.R., M.L. Brenner, W.A. Brun 1984. Abscisic acid and its relationship to seed filling in soybeans. *Plant Physiol.* 76:301-306.

Sionit, N. 1983. Response of soybean to two levels of mineral nutrition in CO₂-enriched atmosphere. *Crop Sci.* 23:329-333.

Sionit, N. and P.J. Kramer 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybeans. *Agron.J.* 69:274-278.

Sionit, N., H.H. Rogers, G.E. Bingham and B.R. Strain 1984. Photosynthesis and stomatal conductance with CO₂-enrichment of container- and field-grown soybeans. *Agron.J.* 76:447-451.

Sionit, N., B.R. Strain and E.P. Flint 1987a. Interaction of temperature and CO₂ enrichment on soybean: growth and dry matter partitioning. *Can.J.Plant Sci.* 67:59-67.

Sionit, N., B.R. Strain and E.P. Flint 1987b. Interaction of temperature and CO₂ enrichment on soybean: photosynthesis and seed yield. *Can.J.Plant Sci.* 67:629-636.

Spollen, W.G., W.J. Wiebold and S. Glenn 1986. Effect of altered intraraceme competition on carbon-14-labeled assimilate and abscisic acid in soybean. *Crop Sci.* 26:1216-1219.

Stephenson, R.A. and G.L. Wilson 1977. Patterns of assimilate distribution in soybeans at maturity. I The influence of reproductive developmental stage and leaf position. *Aust.J.Agric.Res.* 28:203-209.

Stockman, Y.M. 1988. Flower abscission in soybean as affected by assimilate supply and hormone levels. Ph.D. Thesis. Iowa State Univ., Ames, Iowa.

Tamas, I.A. and C.J. Engels 1981. Role of indolacetic acid and abscisic acid in the correlative control by fruits of axillary bud development and leaf senescence. *Plant Physiol.* 68:476-481.

Tamas, I.A., P.J. Davis, B.K. Mazur and L.B. Campbell 1984. Correlative effects of fruits on plant development. In Shibbes, R. ed., *World Soybean Conference III Proceedings*. Westview Press, Boulder and London. 858-865.

Tamas, I.A., J.L. Ozbun, D.H. Wallace, L.E. Powell and C.J. Engels 1979. Effect of fruits on dormancy and abscisic acid concentration in the axillary buds of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 64:615-619.

Urwiler, M.J. and C.A. Stutte 1986. Influence of ethephon on soybean reproductive development. *Crop Sci.* 26:976-979.

Van Schaik, P.H. and A.H. Probst 1958a. The inheritance of inflorescence type, peduncle length, flowers per node, and percent flower shedding in soybeans. *Agron. J.* 50:98-102.

Van Schaik, P.H. and A.H. Probst 1958b. Effects of some environmental factors on flower production and reproductive efficiency in soybeans. *Agr. J.* 50:192-197.

Van Steavenink, R.F.M. 1959. Factors affecting the abscission of reproductive organs in yellow lupins (Lupinus luteus L.). *J. Exp. Bot.* 10:367-376.

Wiebold, W.J., D.A. Ashley and H.R. Boerma 1981. Reproductive abscission levels and patterns for eleven determinate soybean cultivars. *Agron. J.* 73:43-46.

Wiebold, W.J. and M.T. Panciera 1990. Vasculature of soybean racemes with altered intreraceme competition. *Crop Sci.* 30:1089-1093.

Yarrow, G.L., W. Brun and M.L. Brenner 1988. Effect of shading individual soybean reproductive structures on their abscisic acid content, metabolism, and partitioning. *Plant Physiol.* 86:71-75.

