

香川大学農学部学術報告 第44巻 第1号 1～9, 1992

蚕豆の日本型および北欧型品種における
生育並びに子実生産機構の差異
—— 小粒種を秋播・春播した場合 ——

木暮 秩

DIFFERENCE OF SEED PRODUCTIVE
MECHANISM BETWEEN THE VARIETIES
OF JAPANESE AND NORTH EUROPEAN TYPES
OF FABA BEAN

—— On the Autumn and Spring Sowing
with Small Seed Varieties ——

Kiyoshi KOGURE

This study was undertaken to obtain some information on the characteristics of growth and seed productivity of different physiological and ecological type of Faba bean, using Japanese (J) and Finnish (F) varieties of small seed as materials. The experiment was conducted with autumn and spring sowing cropping.

The results obtained may be summarized as follows:

- (1) Japanese variety flowered only 30 to 20 days and grew determinately on each stem as compared with Finnish one continuously flowered and grew indeterminately. These were found in two sowing trials and it was recognized that the substantial different characteristics concerning the development of vegetative and reproductive organs existed among two types.
- (2) The role of stem and root as a temporary storing organs for the chemical components, especially carbohydrates of seed was similarly found in different two types. It behaved vigorously with Japanese variety as compared with Finnish one and seemed to relate with the determinate and indeterminate growth. Moreover, it was clear that this phenomenon was supported by the variation of nitrogen content: high nitrogen content was maintained in leaves of Finnish variety till later stage.
- (3) The photosynthetic rate, which was high during the flowering to seed maturing stage, declined earlier with high degree on Japanese variety than Finnish one, but the respiratory rate was similar in both varieties. Therefore, it seemed that Japanese variety might to produce quickly the synthetic matter within short period and translocate efficaciously from source to sink contrary to Finnish variety.

Judging from results it is clear that the Japanese variety has a integrated Source-Sink relationship as one stem and subsequently reveals the determinate growth habit, that the north European one has cumulative many Source-Sink units in one stem and exhibits indeterminate growth, and that these physiological and ecological characteristics of Faba bean plants are unchangeable by the different cropping season.

蚕豆の日本型品種と北欧型品種における生育並びに生理・生態的特性を解析し、異なる生態型における子実生産機構の差異を調べるため小粒種の日本産「房州早生」(J品種)とフィンランド産(F品種)を秋・春播した。

- (1) J品種における主茎が分枝の発達に寄与する特性は秋・春播とも発現したが、秋播では分枝が、春播では主茎と分枝が子実生産に大きく関与した。またJ品種は各茎が一斉に開花・結実して有限的に生育したのに対して、F品種では無限伸育特性が強く発現するなど、両品種の栄養器官が子実生産と係わるあり方が本質的に異なっていた。
 - (2) 茎と莢が子実内炭水化物の一時的貯蔵器官として果たす役割は、播種期を変えても両品種がもつ本質的に類似した特性と認められたが、J品種ではF品種に比して大きく、伸育特性の発現と強く関係することが分かった。葉内窒素の動向はこの現象を強く支持し、J品種とは異なりF品種が後期まで活発な生理状態が維持されていた。
 - (3) 光合成速度は概してJ品種がF品種に比して後期に低下が早く、またその程度も大きかったが、呼吸速度は両品種が近似していた。このため、J品種は短期間に集中して物質生産が行われるとともに、転流効率も良いなど、F品種とはかなり異なっていた。
- 以上、日本型品種は各茎がSource-Sink関係をもって有限伸育の生育を、北欧型品種では多くのSource-Sink単位を順次形成して無限伸育の生育をする生態型で、これらの特性は栽培環境で動かし難いことが確かめられた。

結 言

世界における蚕豆栽培をみると、その起源地とされる近東^(14,22)から東進して中国南部を経て日本に至る秋播栽培と中国の北部および山岳地域における春播栽培の両方式となった^(7,17,21)。また、起源地から西進して地中海の兩岸における秋播栽培とアルプスを越えて北欧にいたる春播栽培の両方式となって今日に至っている⁽¹⁴⁾。しかして、蚕豆はこれらの伝播経路において秋播栽培では多数の茎から成り結実期間が短い品種群と、春播栽培では主茎を主とした少数の茎から成り結実期間が比較的長くなる形質を獲得した品種群を用いてきているものと解される。また、開花・結実の様相をみると、前者は結莢が茎の中央部に集中するのに対して、後者では茎の全層位に分散・結莢し易いなど、その習性も異なっている^(9,10,12,13,18,19)。このため栽植密度を始めとする栽培様式が異なり、必然的に収量性と安定性にも関連するところが大きい^(1,16)。

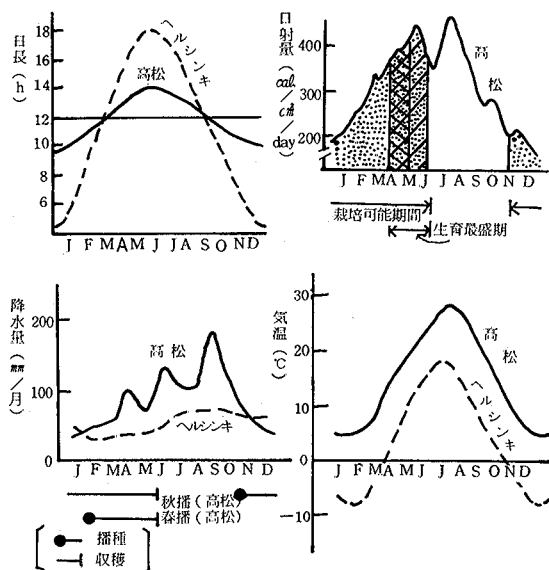
そこで本研究は前者の日本型および後者の北欧型の生理・生態的特性を解析してその潜在生産力を求め、新しい栽培手段の開発方策を得ようとして実施したものである。なお、この研究は昭和57-58年度科学研究費補助金(総合研究A-No.57360002)による「各種作物の潜在生産力の開発とその応用」研究(代表者 九州大学農学部 武田友四郎)を分担したものである。また、本研究の実施に当たって専攻生、川村哲明・原村弘文両君の助力が大きかった。記して謝意を表する。

材料および方法

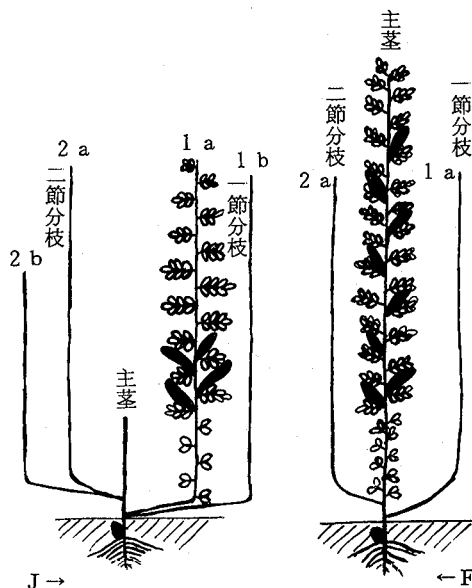
供試材料には日本産小粒品種「房州早生」(J品種)とフィンランド産小粒品種「F16」(F品種)を用いた。秋播実験は昭和55年11月6日、春播実験は昭和56年2月8日に植木鉢に1鉢2本植とし、ガラス室で育成した。実験期間とその栽培環境は第1図に示す通りである。肥料は全量を基肥とし、各鉢には砂質壤土11kgを詰め硫酸アンモニウム2.0g、過磷酸石灰3.5g、および硫酸加里1.5gを土壌表面から5cmの深さに施与した。また育成に際して土壌水分を最大要水量の70%に保った。

試料の採取は適宜行ったが、生育調査後各器官に分別して通風乾燥した。体内成分の測定は乾燥粉碎試料を用いて、全有効態炭水化物(TAC)は硫酸加水分解後、ソモギー・ネルソン比色法で、また窒素化合物(N)はサリチル硫酸により分解し、ケルダール法で行った。

光合成・呼吸の測定は日本品種では主茎(M)と一節と二節分枝(1a, 2a)の2本、北欧品種では主茎(M)と一節分枝(1a)の1本について行ったが、これは北欧品種が顕著な無限伸育



第1図 実験期間と栽培環境



第2図 分枝発達の様式

特性をもつ主茎と極少数の分枝からなることによる（第2図参照）。測定はこれら各茎全体を厚さ0.03mmのビニール袋で覆って密封し、挿入した管をコンプレッサーと炭酸ガス赤外線分析計に繋いで3日間実施した。

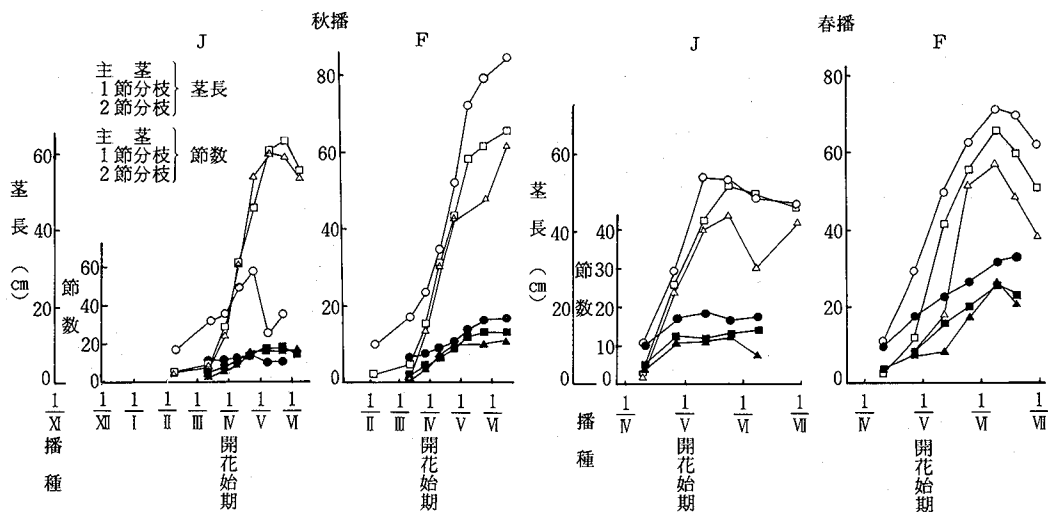
結果および考察

生育状況

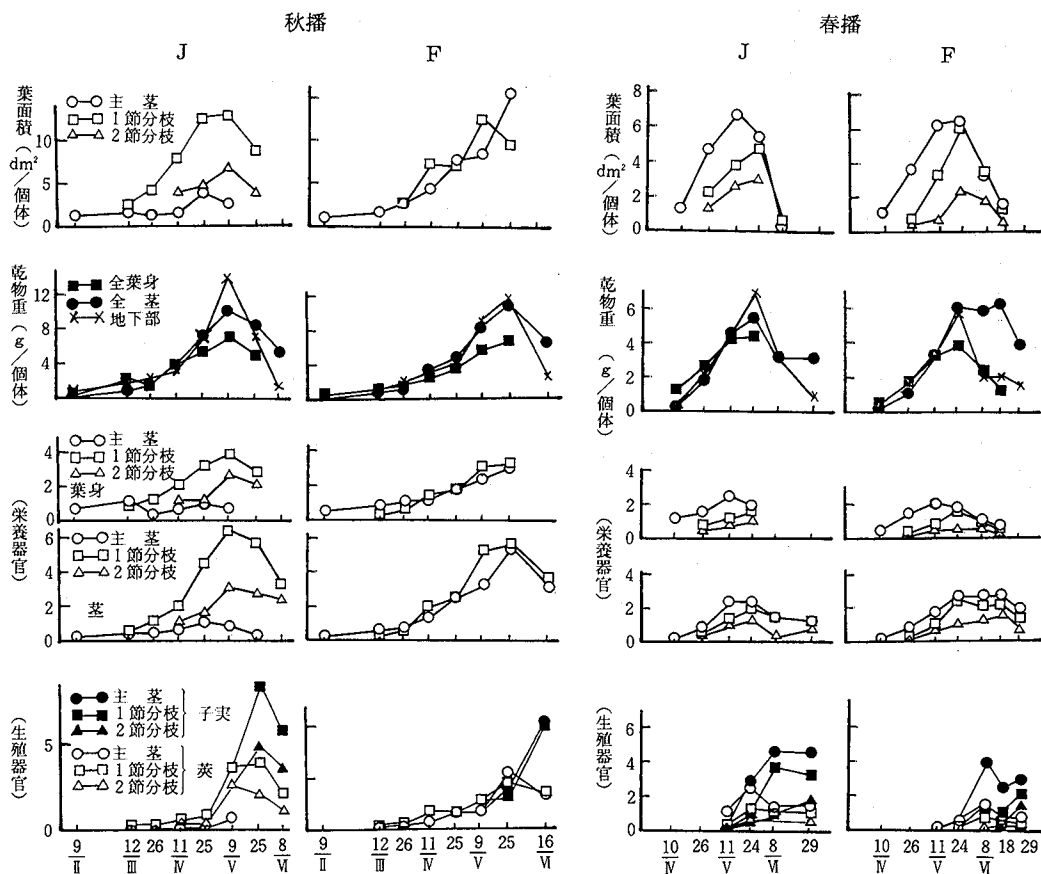
秋播と春播における生育の状況は第3、4図に示すとおりであった。秋播した場合、日本品種では主茎は主として冬期の寒気により枯死するか、或いは開花・結実しないことが多いが、生育初期の越冬中における分枝の形成に大きく関与していた^(9,18,19)。このため、子実生産には分枝が主たる役割を果たしていた。これに対して北欧品種では主茎が枯死することは少なく、翌春は旺盛に发育を続けて子実生産に対して大きな部分を、少数の分枝がその一部を担っていた。従って、茎数をみると秋播した場合、日本品種では通常は結実がみられない主茎を含む4-5本であったが、北欧品種では結実し難い分枝を含む2-3本となっていた。

これに対し春播すると日本品種では主茎は枯死することがなく、また生育の極く早い時期には分枝の形成にも関与していた。ついで気温の上昇に伴って主茎と分枝は揃って急速に伸長・发育したが、いずれも各茎のやや中央部の節位に集中して開花・結実したことは秋播におけると同様であった。これに対して、北欧品種では発芽後の主茎の发育は極めて旺盛であったが、他の分枝も遅れて発達し、いずれも開花し結実した。従って、茎数をみると日本品種では主茎を含む2-3本が結実したのに対し、北欧品種では弱小の分枝を含む1-2本であった。

開花始期は両品種とも秋播すると3月末、春播すると4月中旬であったが、各茎はいずれも開花始め以降も栄養器官の発達が継続していた^(9,13,18)。しかし、気温25℃になる6月に入ると急速に生育は衰退したが、これは日本品種で著しかった。このため栄養・生殖の両生長が重複・並行する期間は春播の場合には秋播の場合に比して短縮されたことになる。その結果として子実生産量は日本品種では秋播と春播の間に大差はないが、主茎：分枝の構成比率は秋播が0：100となった。これ



第3図 生育状況Ⅰ



第4図 生育状況Ⅱ

に対して春播では50:50となっていたが、分枝における子実の充実はかなり劣っていた。一方、北欧品種では子実生産量としては秋播が春播に優ったが、主茎：分枝はいずれも50:50であるとともに、分枝における子実の充実も劣っていた。

以上のとおり、日本品種では秋播・春播ともに分枝の発達に主茎が大きく関与したのに対し、北欧品種では各茎、とくに主茎が著しく独自の生育を示していた。しかし、日本品種では開花始め以降、とくに各茎は茎全体として一つのSource-Sink関係をもつ⁽¹⁰⁾とともに節数は20-25程度となり、また比較的限られた範囲の節位にSinkとしての結英が集中したために有限伸育的生育が強いものと解される。さらに結英節位付近の落葉は概して遅れるために葉面積の変動としては小さく、その維持期間も概して長くなっていた。しかし日本品種を春播すると比較的早期に生殖器官の発達が始まるために、並行する栄養生長期間の短縮が余儀なくさせられ、伴って草勢も小さくなっていた。これに対して北欧品種では、とくに主茎が顕著に強勢で、茎は伸長を続けて多節位で多数葉の作物体となるなど無限伸育的生育を示し、さらには開花節や開花期間の範囲も広がるため、葉と莢および子実の関係からみると明らかに各茎が幾段かのSource-Sink単位⁽²⁰⁾から成ることが分かった。

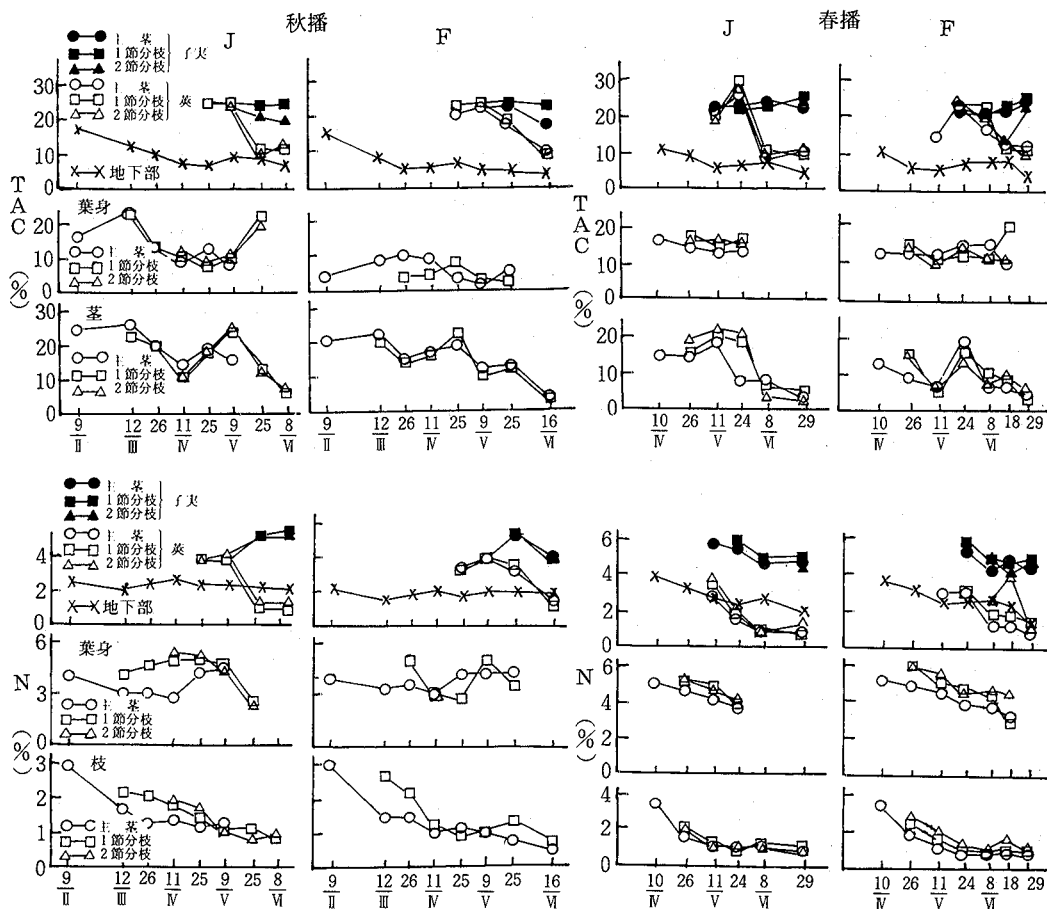
そこで莢1個の発達を支えた小葉数を計算したところ、日本品種を秋播すると分枝は10.1枚となり、春播すると主茎が9.1枚、分枝が8.8枚であった。これに対して北欧品種では秋播すると主茎が8.2枚、分枝が8.7枚、春播では主茎が10.5枚、分枝が10.9枚となって両品種が適期とされる時期に播種した場合に大となる傾向が認められた。しかし収穫時における収穫指数をみると日本品種の秋播は46.5%、春播は43.3%、北欧品種では秋播が35.3%、春播は41.6%となりいずれも日本品種が北欧品種に優るとともに両品種の適栽培期が確かめられた。

体内成分の消長

このように異なる生育を示した両品種を体内成分の推移についてみると第5図のとおりとなった。まず、全有効態炭水化物 (Total Available Carbohydrate: TAC) の推移を秋播についてみると、葉身では日本品種が北欧品種に比して高い値で推移していた。しかし主茎と分枝における消長が日本品種では近似したのに対し、北欧品種では若干の差異がみられたことから、後者では各茎の葉が異なった生理状態にあったものと思われる。一方、茎では日本品種で開花後に一旦低下し、莢・子実の肥大期に再び顕著に上昇したが、北欧品種でもその傾向は認められた。

次に春播についてみると、葉身では秋播と同様に日本品種が北欧品種より若干高い値で推移していたが、両品種とも主茎と分枝が近似していたことからみると類似した生理状態にあったと考えられ、春播した場合の特徴といえよう。茎では秋播におけると本質的には類似していたが、含有率の変動は日本品種で極めて顕著であった。これに対して北欧品種では変動の程度が小さく、また短期間であって、光合成産物は継続する栄養器官と生殖器官の発達に対し、kippsら⁽⁸⁾が示す葉から直接移動するものと、Ismailら⁽⁴⁾および著者ら^(9,13,15,18,19)が認めた茎などに一旦蓄積したものが移動して、合わせてもなお充分な状態であったとは考え難い^(3,5,6)。

以上のとおり、日本品種を秋播すると栄養器官内炭水化物含有率は概して北欧品種より高い値であった。またその変動は、とくに開花期以降の茎において日本品種で大きかった。これに対して春播すると両品種の変動は葉では小さかったが、茎におけるそれは大きかった。しかし茎と莢が子実成分に対する一時的貯蔵器官として働く役割^(4,9,13,15,18,19)は秋播にも春播にも認められたが、日本品種が北欧品種に比して大きいことが分かる。従って、日本品種では炭水化物の需要が春・秋播を問わず一時的に集中することが、栄養器官における上位節の発育、これに伴って生殖器官の発達を妨げて生理的に有限伸育的生育を強いられたものと解される。一方、北欧品種では上の節位葉から光合成産物を主とする合成物質が直接に、より上位節の発達に向けて移行し、利用されるのに対し



第5図 各器官内成分

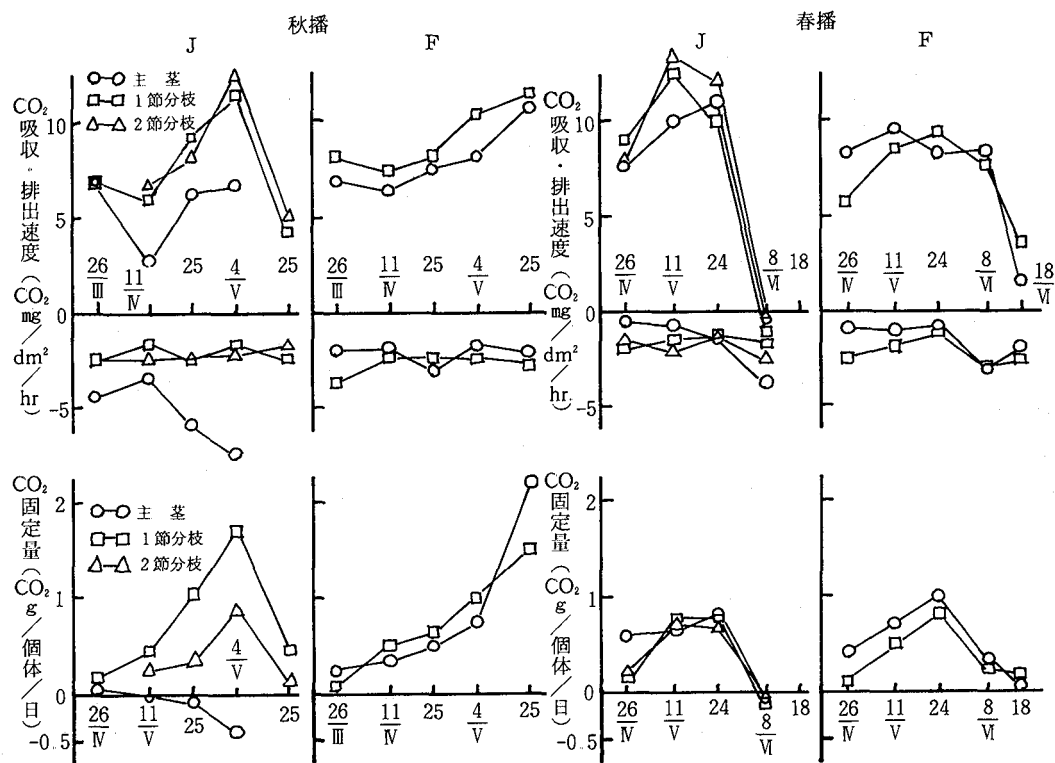
て、中・下位節にあっては各Source-Sink単位⁽²⁰⁾ごとに合成と利用がある程度完結していることが考えられる。しかし、個体全体として炭水化物面から比較的余裕のないことが成分含有率の変動状況から推察される^(3,5,6)。

つぎに、体内各器官内窒素 (N) 含有率について述べると、まず秋播では葉身の推移は両品種における活動中心葉が近似していたことを示していたが、その旺盛な活動期が日本品種では早い時期に、北欧品種では後期にあるなど異なり、茎ではそれらを反映するとともに生育に伴い低下していた。これに対して春播ではいずれも生育に伴い漸減したが、葉身で日本品種がやや高く、また茎でもそれを反映していた。

以上のとおり、両品種は窒素成分の消長で若干様相が異なること、即ち、活動中心葉は秋播すると日本品種が北欧品種に比し高く、春播すると逆の傾向が認められた。このことは日本品種と北欧品種が生態的に適合した環境下に生育していたことを示していると考えられる。

光合成及び呼吸

炭酸ガス吸収・排出速度と炭酸ガス固定量は第6図に示すとおりとなった。秋播についてみると、日本品種と北欧品種の光合成速度の消長はかなり異なっていた。即ち、日本品種では莢の緑熟



第6図 光合成・呼吸速度および炭酸ガス固定量

期から子実充実期にかけて最大となった後急速に低下したが、この傾向は莢の着かない主茎においても認められた^(11,15)。これに対して北欧品種では主茎と分枝葉はいずれも継続して上昇し、日本品種より長い期間高い光合成が維持されていた。呼吸速度は日本品種の主茎で極めて高かったことを除けば両品種は概して近似し、その変動も小さかった。つぎに春播について光合成速度をみると、日本品種では秋播と同様、子実充実期に高い値を示した後顕著に低下したのに対して、北欧品種ではやや低い比較的長期間維持されていた。呼吸速度は子実充実の後期には高くなったが⁽¹¹⁾、日本品種の主茎が秋播におけると同様に顕著であった。

一方、炭酸ガスの一当り固定量を計算すると秋播した場合が春播に比して作物体の生長量と関連して大きかった(第6図参照)。また、秋播では主茎と各分枝間で日本品種では異なり、北欧品種では近似したのに対し、春播では両品種は近似して推移していた。しかしながら生育期間における総固定量としては秋播では両品種が近似していたが、合成量は生育時期別に異なるとともに、これが種類の異なるSinkに移動したのに対して、春播では両品種は近似して推移したこと、従って秋播と春播における各器官の生理的令の進み方が異なることが分かる。

本実験では年度を異にし、自然光下で測定したため必ずしも秋播と春播の差異を正確には対比できないが、光合成速度をみると、秋播では日本品種が莢・子実の発達に合わせて大となり、しかも莢のない主茎葉のそれをも促進していた^(11,12,15)。春播では日本品種が短期間ではあるが大であったのに対して、北欧品種では若干小なる値ではあるが半月間余、その働きが長く維持していた。なお、個体当り子実生産量が秋播では日本品種が9.4g、北欧品種が8.0gとなったのに対して、春播ではそれぞれ9.7gおよび6.4gとなっていたが、これらは炭酸ガスの個体当り総固定量と強く関連

していた。

以上のとおり、日本品種は条件によって主茎が分枝とともに生育して開花・結実することが明らかになったが、同時に分枝の発達に寄与する特性が栽培環境条件に関係なく発現する生態型と推察される。ついで各茎は一斉に生殖過程に入りそれらが独立してSource-Sink関係をもつので体内成分、とくに炭水化物含有率の変動が大きくなり易い。そして体内成分の不足が結莢率を低下させる原因になるとともに、本来は無限伸育特性をもちながら生理的に有限伸育的な生育を強制することが推察される。一方、北欧品種では主茎が独自に伸長して分枝とは直接の関係をもたない。しかし多くのSource-Sink単位を順次形成するために、炭素経済平衡 (Carbon economy balance) の範囲が小さくて体内成分の変動幅が小さくなって、各茎が顕著な無限伸育的な生育を発現するものと推察される。しかしながら北欧品種は日本品種でみられた栄養器官における子実内成分の一時的蓄積器官の役割を不十分ではあるが果していることが推察される。従って、本実験の結果は本質的には無限伸育特性をもつが、生態型の異なる蚕豆の栽培に際して、地域に適応する理想草型 (Ideo-type) 品種の作出が望まれるとするDantumaら⁽¹⁾およびGateら⁽²⁾の報告が再確認出来る。なお、本実験の結果は蚕豆栽培における子実生産を日本品種では秋播して多くの分枝に依存し、北欧品種では春播・密播して多くの主茎に依存することから、結果的に両品種が単位土地面積当り最適茎数^(10,12)を確保して子実収量の安定化に資することができるとする根拠が併せ得られたものと思われる。

引用文献

- (1) DANTUMA, G., von KITTLITZ, E., FRAUEN, M., BOND, D.A.: Yield, yield stability and measurements of morphological and phenological characters of faba bean (*Vicia faba* L.) varieties grown in a wide range of environments in western Europe, *Results of the EC joint Faba bean trials*, *Z. Pflanzenzüchtung*, **90**, 85-105 (1983).
- (2) GATES, P., SMITH, M. L., BOULTER, D.: Reproductive physiology of *Vicia faba* L., *The Faba Bean*, 133-142 (1983).
- (3) GEHRIGER, W., KELLER, E. R.: Influence of topping of faba beans (*Vicia faba* L.) on their growth and on the supply of flowers with ¹⁴C, *FABIS*, (2), 33 (1980).
- (4) ISMAIL, A. M. A., SAGAR, G. R.: The influence of leaf age, leaf position and sinks on the rate of export and partition of ¹⁴C on different stages of development following assimilation of ¹⁴CO₂ by single leaf of *Vicia faba* L., *J. hort. Sci.*, **56**, 55-63 (1981).
- (5) JACQUIERY, R., KELLER, E. R.: Influence of the distribution of assimilates on pod set in field beans *Vicia faba* L. Part I, *Angew. Bot.*, **52**, 261-276 (1978).
- (6): Ibid., part II, Ibid., **54**, 29-39 (1980).
- (7) JING HUAXIAN: A survey of the cropping systems of Faba bean (*Vicia faba*) in China. *FABIS*, (4), 9-10 (1982).
- (8) KIPPS, A. E., BOULTER, D.: Carbon transfer from the bloom node leaf to the fruit of *Vicia faba* L., *New Phytol.*, **73**, 675-684 (1973).
- (9) KOGURE, K., NAKA, J., ASANUMA, K.: Physiological studies of the growing process of broad bean plants. VI. Effects of partial leaf removal in the flowering and maturing stages on the growth and the variations of chemical components, *Tech. Bull. Fac. Agric., Kagawa Univ.*, **24**, 1-9 (1972).
- (10): Ibid., VI. Effects of plant density on the growth and seed production, *Ibid.*, **25**, 1-11 (1973).
- (11): YOSHIHARA, S., WADA, H., NAKA, J.: Ibid., K. On the characteristics and the variations of carbon dioxide exchange of leaves and pods, *Ibid.*, **37**, 85-96 (1986).
- (12): OTOL, T., NAKA, J.: Ibid., X. Effects of plant density on carbon dioxide exchange of leaves and pods, *Ibid.*, **28**, 1-9 (1977).
- (13): NAKA, J., ASANUMA, K.: Behavior of ¹⁴C photosynthetic products during the reproductive growth in broad bean plant, *Ibid.*, **30**, 1-8 (1978).
- (14): Broadbeans in Japan: Origin and development, *FABIS*, (1), 11-14 (1979).
- (15): Transport of ¹⁴C photosynthate in faba bean branches with or without pods,

- FABIS*, (3), 31-32 (1981).
- (16) : Ecophysiological analysis on mechanisms of seed production of Faba beans differentiated in different regions of the world, *Poster Abstr of 1986 International Food Legume Research Conference*, 32 (1986).
- (17) LANG LI-JUAN : A summary on production of Faba bean in China. *FABIS*, (21), 3-6 (1988).
- (18) 玉置 秩・中 潤三郎：蚕豆の生育過程に関する生理学的研究, Ⅰ. 生育に伴う地上部各器官成分の消長について, 香川大農学報, 11, 13-18 (1959).
- (19) : 同, Ⅱ. 生育に伴う地上部並びに地下部成分消長の相互関係について, 日作紀, 27, 97-98 (1958).
- (20) 田中明・藤田耕之輔：菜豆の栄養生理学的研究 (第1報), 光合成産物の転流よりみたSource-Sink関係, 土肥誌, 46, 157-166 (1975).
- (21) SAXENA, M, C, HAWTIN, G. C : Faba beans in China. *FABIS*, (9), 14-20 (1984).
- (22) ZOHRY, D, HOPF, M.: Domestication of pulses in the old world, *Science*, 182, 887-894 (1973).

(1991年11月30日受理)