

ナタネのさやの光合成活性と稔実に対する寄与

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	北条,良夫 加藤,真次郎 小林,宏信
発行元	日本作物學會
巻/号	41巻4号
掲載ページ	p. 420-425
発行年月	1972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



ナタネのさやの光合成活性と稔実に対する寄与*

北 條 良 夫・加 藤 眞次郎・小 林 宏 信
(農業技術研究所)

1. 緒 言

作物の光合成器官としては、まず葉身があげられる。しかし、葉身以外の緑色表面を有する組織においても光合成作用を示すことが知られており、それらはムギ類^{4,6,10)}、マメ類^{5,7)}、および果樹類^{2,3)}で確かめられている。このような作用を示す組織は、穀粒あるいは果実など光合成産物の最終的な受容体に近接した位置にあることが多く、そのため光合成産物の受容体への蓄積は、他の供与体に比べ容易と考えられる。またこれら緑色表面の総面積は、大きい値を示す例も知られており、この部分で行なわれている光合成の総量は大きいものと推察される。したがって、葉身以外の器官・組織の示す光合成は、物質生産を中心に考えた場合、光合成期間の延長、葉身が損傷を受けた場合の代償的作用、光合成産物の転流などの見地から見逃すことのできない働きであるといえよう。

著者らは、ナタネにおいて、落葉後、長期間にわたり物質生産の続けられることから、ナタネのさやもムギ類の芒に類似した働きを示すのではないかと推察した。

そこで、ナタネのさやの光合成活性と稔実に対する寄与を中心に検討するため本実験を行なった。実験は1969年、1970年の2カ年にわたり行ない類似した結果を得た。1970年の結果について報告する。

2. 実験材料および実験方法

材料としては、ナタネ農林16号(農業技術研究所・遺伝第2研究室保存採種中のもの)を供試した。播種は10月26日、材料の養成は素焼植木鉢によることとし、1鉢1株仕立てとした。施肥量は、化成肥料(8・8・8)を鉢当たり10g(基肥)施肥し、硫酸を鉢当たり10g追肥した。

植物10個体について、草高、第1次分枝数、各株ごとのさや数、および乾物重を調査した。また一部の時期については、さや表面積および葉面積を測定した。

光合成活性に関連する性質としては、さやのみかけ

の光合成速度、さや組織のクロロフィル含量、¹⁴Cトレーサー法によるさや表面よりの¹⁴CO₂の吸収と植物体内への蓄積を測定した。

まず、さや表面積は、植物10個体についてさやを切り開き、均一な質の紙に複写し切り抜き、一定面積の紙重と切り抜いた紙重との比較から表面積を算出した。葉面積の測定もさや表面積と同じ方法によった。さやにおけるみかけの光合成速度は、第5第1次分枝を対象に同分枝の中位10さやについて赤外線ガス分析計により、照度50klx、流量2l/min、室温条件下で炭酸ガスの吸収量を測定し、算出した。測定個体数は8個体とした。さやに対する照明は、さやを格納した光合成速度測定用小型チャンバー(アクリル樹脂製)の上面および下面の双方から行なった。光合成速度測定中は、銅・コンスタンタン熱電対を微小直流電圧計にとりつけ、さや表面温度の測定も行なつた。葉身、莖、さやのクロロフィルaおよびbの含量は各組織の80%アセトン抽出液について、波長645mμおよび663mμにおける吸光度を測定し算出した⁹⁾。

¹⁴CO₂の供与方法は次のとおりである。すなわち、ナタネ8個体をアクリル樹脂製チャンバー(97×77×74.5cm)内に入れ、1mCiのBa¹⁴CO₃に稀塩酸を注入、¹⁴CO₂を発生させナタネに光合成により供与した。実験は2回反覆とした。¹⁴CO₂供与時間は1時間、その間10分おきに10分間チャンバー内の空気をポンプにて循環させた。¹⁴CO₂供与は落花期後20日目の5月21日に行なった。¹⁴CO₂供与当日の照度は50klxである。¹⁴CO₂供与に当っては、さや表面から吸収し得るようにするため、葉身は切り落とし、かつ第2、第4、第6および第8の第1次分枝のみを残し、これら4本の第1次分枝のさや表面から吸収させた。

¹⁴CO₂供与植物は、供与開始後1時間目および7日目の2回採取した。採取後、直ちに90°Cにて30分間熱処理し、ひき続き70°Cにて通風乾燥し、さや、種子、果梗、莖、および根に分けて乾物重を調査した。これらの乾物試料は微粉末とし、放射能測定に供した。放射能測定は、試料20mgについてGMカウンターにより行なつた⁹⁾。

* 昭和47年4月21日受理

さやおよび葉身については、光合成速度の測定後（5月17日）採取し Carnoy 液にて固定、パラフィン包埋を行ない、15 μ 厚みの切片を作成した。それらの切片については PAS 反応により染色⁹⁾、組織学的観察に供した。

3. 実験結果

①生育について：table 1 に草高，第1次分枝数，葉数，さや数を，table 2 に各器官の乾物重をそれぞれ示した。5月13日以降になると，草高はほぼ一定の値を示した。緑葉数は5月13日の調査では最高の値を示したが，6月の成熟期に入ると全て落葉した。さや数は落花期以降において次第に増加し，葉色が黄変化し始める5月23日以降は560個/株以上の値を示した。葉面積とさや表面積とを同一時期（5月13日調査）の材料について比較すると，葉面積271 cm^2 /株，さや表面積2168 cm^2 /株となり，葉面積はさや表面積の約 $\frac{1}{4}$ であった。さや表面積はこの時期以降増加するが，葉面積は減少し続けるから，双方の表面積の差はさらに大きくなるのがわかる。ここで乾物生産の面からみると（table 2），種子の成熟が進行している5月23日には，さや重は全器官の中で最も大きい値を示した。ついで茎重，種子重の順位であった。ナタネの茎はかなり太いものであるが，全器官

Table 1. Plant height and numbers of leaf blade, first branch, and pod at each growing stage.

Date	April 21	May 13	May 23	June 5
Number of leaf blades per plant	27	50	32	0
Plant height (cm)	83	86	89	88
Number of first branches per plant	12	12	12	12
Number of pods per plant	—	443	565	585

Note: Each figure indicates the mean of ten samples.

Table 2. Changes in dry weight of each organ.

Date	Organ	Leaf blade	Stem	Pod	Seed	Root	Total
May 23		8.0	23.0	29.0	20.9	6.0	86.9
June 5		0	24.3	32.6	35.2	7.6	99.7

(g/plant)

Note: Each figure indicates the mean of ten samples.

の中でさやがその数および重量の上で大きい値を示した。このことは，さやの物質生産過程で占める役割りの大きいことを示唆していよう。またこの傾向は成熟期にいたつても認められ，さや重はほぼ種子重に等しい乾物重を示しており，稔実はさやの生長と平行してすすんでいることが推察された。

②さやのみかけの光合成速度・クロロフィル含量：結果は table 3 および table 4 に示す。落花後，さやの大きさが増しつつある5月15日～17日のみかけの光合成速度をみると，さやと葉身とでは差がみられなかつた。しかし稔実が進んだ5月26日～28日では，両器官におけるみかけの光合成速度の差は著しくなり，葉身では極めて低下したが，さやでは11.5 ($\text{CO}_2\text{mg}/\text{dm}^2/\text{hr}$)を示した。この時期には葉身は部分的に黄色化し，下葉はほとんど枯死している。しかし，さやについてみるとその大きさが増し，さや表面は緑色を呈し生気をおびた状態を呈していた。この時期にさや数は一定となつてくるから，さやによる光合成の物質生産への寄与は大きいと考えられる。成熟期に入ると（6月5日～7日），さやのみかけの光合成

Table 3. Changes in net photosynthetic rates of pod and leaf blade.

Organ	Date	I	II	III
Pod		15.5	11.5	1.8
Leaf blade		15.5	trace	—

($\text{CO}_2\text{mg}/\text{dm}^2/\text{hr}$)

Note:

Measuring date	
I	May 15~May 17
II	May 26~May 28
III	June 5~June 7

Table 4. Chlorophyll content in each organ.

Date	Organ	Fraction	Pod	Stem	Leaf blade
May 24	chloro- phyll	—a	0.171	0.453	0.824
		—b	0.072	0.174	0.374
		total	0.243	0.627	1.198
June 6	chloro- phyll	—a	0.081	0.179	—
		—b	0.059	0.119	—
		total	0.140	0.298	—

(mg/g · FW)

Note: Chlorophyll content was determined by Arnon's method¹⁾.

速度は極めて低下し、さや表面は黄色化した。次にクロロフィル含量についてみると、葉身で最も大きい値がみられ、ついで茎、さやの順位を示した。

③¹⁴CO₂ 吸収からみたさやの働き：結果は fig. 1 ~ fig. 3 に示す。ナタネの穂の部分の¹⁴C 放射能測定

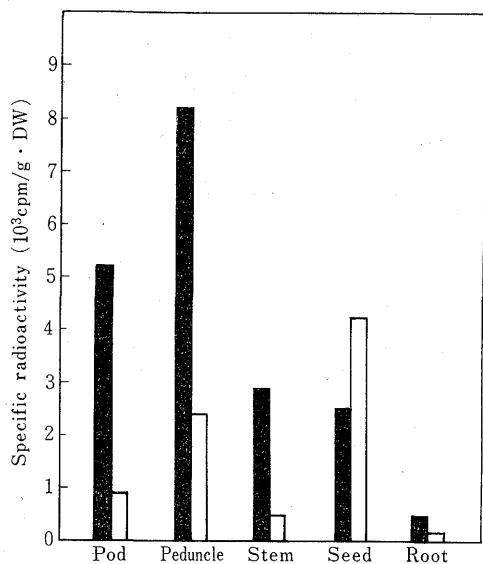


Fig. 1. Specific radioactivity of ¹⁴C in each organ.

Note:

- ; plant harvested one hour after exposure to ¹⁴CO₂ gas.
- ; plant harvested seven days after exposure to ¹⁴CO₂ gas.

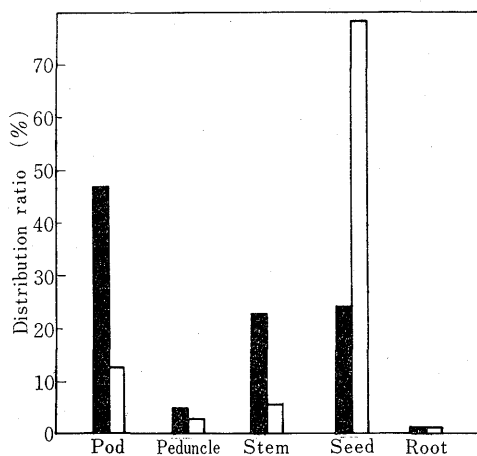


Fig. 2. Distribution ratio of ¹⁴C in each organ.

Abbreviation used is the same as described in Fig. 1.

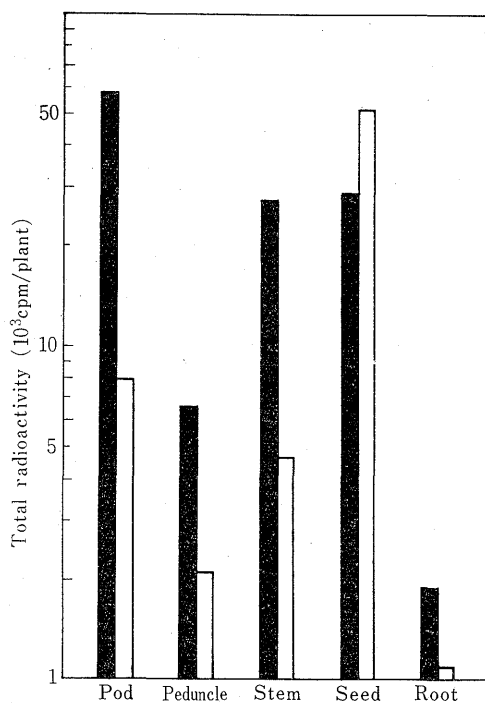
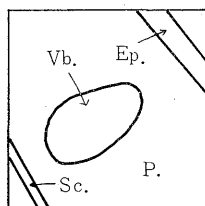


Fig. 3. Total ¹⁴C-radioactivity of each organ.

Abbreviation used is the same as described in Fig. 1.



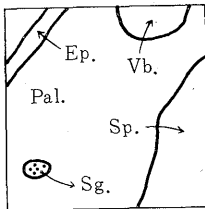
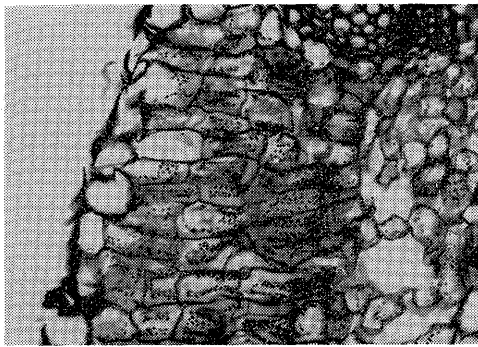
Note:

- Ep.; epidermis
- P.; parenchyma
- Vb.; vascular bundle
- Sc.; sclerenchyma

Fig. 4. Transection of pod (10×20).

The vascular bundle is present in the central region of pod; the parenchyma surrounds vascular bundle.

Stained with PAS reaction⁸⁾.



Note:
Ep.; epidermis
Vb.; vascular bundle
Sp.; spongy parenchyma
Pal.; palisade parenchyma
Sg.; starch granule

Fig. 5. Transection of leaf blade (10×20).

The palisade parenchyma consists of about five layers and it contains abundant starch granules.

Stained by PAS reaction⁸⁾.

は、さや、果梗、および種子とに分けて実施した。最も大きい比放射能値は、 $^{14}\text{CO}_2$ 供与1時間後に果梗で認められ、ついでさやの順位を示した (fig. 1)。果梗は重量的にみてさやの約 1/10 以下 (乾物) であるから、 ^{14}C 全放射能は大きい値を示さない (fig. 3)。しかし、比放射能値の大きいことから、さや表面と共に光合成を行なっていることが推定される。また種子についてみると、供与1時間後に茎とほぼ同じ値が認められた。このことは、さやから短時間のうちに ^{14}C 光合成産物の転流が開始されていることを示している。供与7日目の値をみると、比放射能値の減少が著しいのは、さやおよび果梗であり、増加の認められたのは種子のみであった。供与後7日間のうちに呼吸などによる消耗あるいは光合成器官から他器官への転流も起きていると考えられる。しかし、種子のみで比放射能値および ^{14}C 分配率の増加がみられたことは、集中的に種子へ ^{14}C 光合成産物が転流したことを示している (fig. 1, fig. 2)。

ここで、各器官の ^{14}C 全放射能を fig. 3 からみると、供与1時間後にさやにて最大値が認められた。ついで、種子および茎でさやの約 1/2 の値が認められた。果梗では、比放射能値が大きいわりに、全放射能値は小さかった。したがって、さやにおける ^{14}C の

全吸収量は極めて大きいものといえよう。また前述したように、1時間後には既に種子へ ^{14}C 光合成産物の転流が開始されているといえる。供与7日目には、さやでは供与1時間後の約 1/7、果梗で約 1/3、茎で約 1/6 の値を示した。一方、種子の値のみは増加し、約 1.6 倍の値を示した。このことは、供与1時間後には既に7日目の約 60% の ^{14}C 光合成産物が蓄積したことを意味している。

ナタネのさやおよび葉身の組織 (横断面) をみると、さやでは厚みは葉身に劣るが、同化柔組織および維管束の発達が認められた。また葉身の組織においては、デンプン粒の蓄積が著しく認められた。

4. 考 察

葉身以外の器官で光合成作用を示すものとして、オオムギの芒^{6,10)}、コムギの芒⁴⁾、エンドウマメのさや⁷⁾、および果実の表皮^{2,8)}などがあげられる。このうち、オオムギの芒、マメ類のさやについては、種子形成のための光合成産物の給源として、その寄与度の高いことが指摘されている。

ナタネのさやのみかけの光合成速度をみると、落花期以降では葉身より大きい値を示した。また葉面積が極めて減少してしまった生育時期以降でもさや表面は緑色を保ち、かつ光合成能の存在することを示した。このような傾向は、葉身の枯死後も認められている。したがって、ナタネのさやは光合成作用を示すと共に、稔実が開始される比較的初期から、葉身並の光合成活性を保持しているといえよう。

^{14}C トレーサー法による実験結果から、 $^{14}\text{CO}_2$ 供与1時間後および7日後の ^{14}C 光合成産物の動きをみると、種子へ最も多く転流し蓄積しており、7日後の ^{14}C 光合成産物の分配率は、種子で約 77% を示した。このようなことから、ナタネのさやからの ^{14}C 光合成産物は、茎あるいは根に対するよりも種子へ主に転流するものと考えられる。

上述したナタネのさやの示す光合成活性および光合成産物転流上の特徴から、さやは稔実のための光合成産物の給源として、その寄与度は大きいといえよう。そのような特徴は、種子に近接してさやの存在すること、同化柔組織および維管束の発達していること、受光態勢の良いこと、および表面積の大きいことに関連深いと考えられる。

5. 摘 要

1. ナタネのさやの光合成活性と稔実に対する寄与について、ナタネ農林 16 号を供試して検討した。みかけの光合成速度は、赤外線ガス分析計により測定し、また ^{14}C トレーサー法によって、さやからの $^{14}\text{CO}_2$ 取りこみ、 ^{14}C 光合成産物の種子への蓄積を調べた。

2. 落花期を過ぎると、さやの表面積は葉面積の約 8 倍以上を示し、生育の進行に伴い緑葉の減少にひきかえ、さや数およびさや表面積の増加が認められた。

3. さやおよび種子の重量(乾物)は、共に大きい値を示し、両者は乾物生産の過程で大きい光合成産物の受容体を形成した。

4. 落花期直後、さやのみかけの光合成速度は葉身と同じ値を示したが、生育がすすむと葉身より大きい値を示した。しかし、成熟期に入りさやが黄色化すると、そのみかけの光合成速度は低下した。

5. さやのクロロフィル -a、-b 含量は、葉身のそれに比較して低い値(約 1/5)を示した。

6. ^{14}C トレーサー法によると、 $^{14}\text{CO}_2$ 供与開始後 1 時間目には、さやと果梗とにおいて大きい比放射能値が認められた。種子での ^{14}C 光合成産物の蓄積をみると、1 時間後に既に 7 日後の約 60% の ^{14}C 光合成産物が認められた。供与 7 日後には、種子での蓄積のみが増加し、他の器官では著しく減少し、 ^{14}C 光合成産物は種子へ主に転流した。

7. さやの組織をみると、同化柔組織と維管束の発達が認められた。デンプン粒の蓄積はさや組織に比べ葉身組織で著しかった。

謝辞：本研究の遂行に当り、貴重な助言と指示とをいただいた農業技術研究所 村上寛一博士、志賀敏夫氏、福島県農業試験場 杉山信太郎博士に感謝の意を表します。

6. 引用文献

1. ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in iso-

lated chloroplasts. *Plant Physiol.* **24**: 1—15.

2. BEAN, R.C. and G.W. TODD 1960. Photosynthesis and respiration in developing fruits. I. $^{14}\text{CO}_2$ uptake by young oranges in light and in dark. *Plant Physiol.* **35**: 425—434.

3. BEAN, R.C., G.G. PORTER and K. BARK 1963. Photosynthesis and respiration in developing fruits. III. Variation in photosynthetic capacities during color changes in Citrus. *Plant Physiol.* **38**: 285—290.

4. BUTTROSE, M.S. and L.H. MAY 1965. Seasonal variation in estimates of cereal-ear photosynthesis. *Ann. Bot. N.S.* **29**: 79—81.

5. FLINN, A.M. and J.S. PATE 1970. A quantitative study of carbon transfer from pod and subtending leaf to the ripening seeds of the field pea (*Pisum arvense* L.). *Jour. exp. Bot.* **21**: 71—82.

6. HOZYO, Y. and H. KOBAYASHI 1969. Tracer studies on the behaviour of photosynthetic products during the grain ripening stage in six-rowed barley plant (*Hordeum sativum*, Jessen). *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.* **D20**: 35—77.

7. LOVELL, P.H. and P.J. LOVELL 1970. Fixation of CO_2 and export of photosynthate by the carpel in *Pisum sativum*. *Physiol. Plant.* **23**: 316—322.

8. McMANUS, J.F.A. and MOWRY, R.W. 1960. Staining methods—Histologic and histochemical. Harper and Row, N.Y., 126—128.

9. O'BRIEN, T.P. and I.F. WARDLAW 1961. The direct assay of ^{14}C in dried plant materials. *Aust. J. biol. Sci.* **14**: 361—367.

10. THORNE, G.N. 1965. Photosynthesis of ears and flag leaves of wheat and barley. *Ann. Bot. N.S.* **29**: 317—329.

Photosynthetic Activity of the Pods of Rape Plants (*Brassica napus* L.) and the Contribution of the Pods to the Ripening of Rape-seeds

Yoshio HOZYO, Shinjiro KATO and Hironobu KOBAYASHI*

(National Institute of Agricultural Sciences, Kitamoto, Saitama,* National Institute of Agricultural Sciences, Kitaku, Tokyo)

Summary

The present study was conducted to clarify the photosynthetic activity of the pods of rape plants and the effect of the pods on the ripening of rape-seeds. In making the present study, the productive characters of the plants and the net photosynthetic rates of the pods were investigated. Furthermore, the processes of accumulation of ^{14}C -photosynthates were also traced by means of a ^{14}C -tracer method.

The study results are summarized as follows:

(1) At the early ripening stage, the surface areas of pods showed on about eight-fold areas, as compared with those of the leaf blades. Marked increases in the pod surface areas were observed during the period ranging from the early ripening stage to the late ripening stage, while the leaf blade areas showed decreases during the same period.

(2) The dry weights of the pods or seeds were becoming heavier according as they have grown and the higher distribution ratios of dry matters were observed in the pods, as compared with those in other organs. The pods and leaf blades showed almost the same net photosynthetic activity at the early ripening stage, but at the late ripening stage, the pods came to show higher rate than that of leaf blades.

(3) Chlorophyll-a and -b contents in the pods were low, as compared with those in leaf blades. Chlorophyll contents in the pods were equivalent to about one-fifth of those in the leaf blades.

(4) From the results obtained through the ^{14}C -tracer experiments in photosynthates, higher specific radioactivities were observed in the tissues of pods and peduncles, while lower ones were observed in the stems and roots. ^{14}C -photosynthates in the seeds observed one hour after the $^{14}\text{CO}_2$ gas exposure accounted for about sixty percent of those of the seeds observed seven days after the $^{14}\text{CO}_2$ exposure. On the seventh day after $^{14}\text{CO}_2$ feeding, a markedly rich accumulation of ^{14}C -photosynthates was found only in the case of seeds, and the decreases in ^{14}C -photosynthates were observed in the cases of other tissues. Therefore, it may safely be said that ^{14}C -photosynthates in the pods may translocate mainly to the seeds.

(5) Viewed from the histochemical point, the assimilating parenchyma and vascular bundles were developed in pods as well as the leaf blades. The starch granules were found far more abundantly in the palisade parenchyma of leaf blades than in the assimilating parenchyma of the pods.

(6) From the above mentioned results, it might be concluded that the pods of rape plants have the photosynthetic function and contribute very actively to the accumulation of photosynthates in the rape-seeds.