キャベツの結球現象に関する生理学的研究 (第1報)

摘葉の結球体勢に及ぼす影響

加藤 徹・宗圓明久

(高知大学農学部)

Physiological Studies on the Head Formation in Cabbage

I. Effect of Defoliation of Wrapper Leaves on the Head Formation Posture

Toru KATO and Akihisa SOOEN

Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku-shi, Kochi

Summary

The effect of defoliation of wrapper leaves at the 14-leaf stage before head formation and at the stage of head development was investigated in order to understand the role of wrapper leaves on the head formation.

1. It was shown that the head formation posture was established following (1) changes in leaf shape from narrow oval into broad round, (2) changes in leaf area from small with long petiole into large without petiole, and (3) gradual decreases in leaf angle with leaf serial number.

2. A temporary rise of the length to width ratios with large leaf area was caused by defoliation of inner wrapper leaves. Those relatively long and narrow leaves curved more outward compared to those of the untreated plants, which resulted in the retardation of head formation posture.

These changes were not induced by defoliation of outer wrapper leaves, but induced to some extent by alternate defoliation.

3. It was shown that the outer leaves of leafy heads spread out more abundant and earlier in sparse planting than those in close planting during the course of head development, but the final number of leaves which spread out was almost the same in both plantings.

4. More and earlier spreading out of outer leaves of leafy heads was induced by whole or partial defoliation of wrapper leaves over that of untreated plants, but the enclosure of newspapers instead of wrapper leaves as a shelter inhibited the spreading out of outer leaves of leaf heads.

5. From the above-mentioned results it may be concluded that the wrapper leaves induce the head formation posture just before the onset of heading and maintain it during the course of head development.

緒 言

著者の一人は結球野菜の結球現象について研究し、報告してきた(3~12)。なかでも葉球を形成する結球現象についてはハクサイ、レタスを供試して報告し(3~5, 9~12)、その生理的機構についても1957年に報告した(5)。しかしその後多くの植物ホルモン類が発見され、それらの生理作用も明らかになってきたので、もう一度結球の生理的機構にこれら植物ホルモン類がどのように関係しているのかについて検討を加える必要にせまられてい

る。そこで結球野菜のうちでもキャベツを供試しての報告が少ないので(2, 16, 17)、キャベツを材料にして結球機構を研究することにした。

結球野菜は結球開始に先立って結球体勢をとるのであるが、結球体勢がとられるための条件として、(1)葉の立ち上り、(2)葉形、(3)葉の大きさ(葉面積)の3点が考慮されなければならないことが示されている(13, 14, 15)。

これらの条件に着目して、外葉を摘除して結球に及ぼす影響を調査し、外葉の役割について検討を加えたので

第1報として報告する。

材料及び方法

11月27日に‘長岡交配四季穫’キャベツをは種し、発芽をまって、土とピートの混合土(2:1 v/v)をつめた4号ポリポットに移植した。随時液肥を施し、ビニルハウス内に定植した。本ぼには元肥として苦土石灰 200 kg/10a, CDU 化成(15-15-15)で各三要素を各 10 kg/10a 施用した。180cm のうねに 60cm の株間で2条に定植した。これを疎植区とし、一部を 40cm 株間にして密植区とした。

定植後はかん水、追肥、消毒を適宜行ない、生育の万全を期した。

1. 3月29日に疎植区より結球初期の5株を選び、葉位順に展開角度、葉形比、葉面積を調査し、結球に伴う諸形質の変化について調査した。

葉の展開角度は茎と葉柄とのなす角度で、茎と葉柄とが同一平面上にあるようにして注意深く測定した。葉形比は葉長を最大葉幅で割って求めた。葉面積は葉面積計で測定した。

2. また2月28日に疎植区内の生育のそろった株を選び、次の処理を行ない、摘葉が内部葉の展開角度、葉形比、葉面積に及ぼす影響を3月29日に調査した。2月28日の処理時の苗は14枚展開していた。

i) 外葉の内側6枚摘除, ii) 1葉おき摘除, iii) 外側6枚摘除, iv) 無処理

各処理区とも5株を供試した。

3. 球の肥大充実期における球葉の展開速度を疎植区と密植区とで比較調査した。4月7日にはほぼ同程度の大きさの球をもった株を選び、6月3日まで7~8日おきに球葉の展開数を調査した。各区5株を調査した。

4. 4月22日に疎植区から生育のそろった株を新たに選び、次の処理を行なって外葉の球形成に対する関与の仕方について調査した。供試株はすでに球の充実肥大期に入っていたものである。

i) 外葉の内側6枚摘除, ii) 外葉の外側6枚摘除, iii) 外葉全部摘除, iv) 外葉全部摘除後新聞紙で球を囲ったもの, v) 無処理 の5区を設け、球葉の展開について調査した。処理時に球の外側の葉に墨汁でマークをつけ、球葉の展開の有無の調査の基準とした。

結果及び考察

1. 結球開始時の外葉の様相

20葉前後の外葉で結球開始となるが、このときの外葉の様相については第1図にみられるとおりで、葉の大きさは15節前後の葉が最大を示し、それより内側の上位葉になるにつれて小さくなった。とくに20節前後の

Fig. 1. Changes in leaf shape, leaf area, and leaf angle with serial leaf number at the time of the onset of head formation.

— Leaf shape.

..... Leaf angle.

--- Leaf area.

葉から急激に小さくなり、未成熟葉であることがみとめられた。また葉形比をみると、これら未成熟葉は1.5以下に低下しており、幅の広い、長さの短い扇形の葉になってきていた。これらの関係は抱合しやすい体勢になっていることを示している。一方展開角度をみると、外側の葉は開き、内部葉は立っている傾向がみられた。内部葉はそれでも大体50度前後の展開をしていた。従って外側の葉によってわずかずつ内側の葉が遮光されて立ち上っていると考える(3, 11, 13, 15)よりも、内部にある若い葉は最初立っている状態にあって、これらが光の影響をうけて展開していくが、外側の葉によって展開しにくくなっていると考えた方がよいように思われる。それで20節前後の葉は50度展開してとまり、それより内部の若い葉を結球へ導くものと思われた。

2. 結球体勢に及ぼす外葉摘除の影響

外葉摘除の影響は第2, 3, 4図に示した。第2図によって葉面積に及ぼす影響をみると、外葉の外側の摘葉、すなわち下位葉の摘除では内部の若い葉の発育に対して著しい影響を与えていないが、内側摘葉では若い葉が著しく発育し、大きい葉になっていた。とくに摘葉した部位より内側の数枚において著しかった。1葉おき摘除の場合、このような傾向はみとめられなかったが、20節前

Fig. 2. Effect of defoliation on the leaf area of inner leaves.

- Untreated.
- Defoliated alternately.
- ▲—▲ Inner 6 leaves defoliated.
- △---△ Outer 6 leaves defoliated.

後の内部葉ではやはり無処理区よりも大きい傾向がみられた。

次に第3図によって葉形比の変化をみると、摘葉によって20節前後の内部葉で葉形比は無処理のそれより大きくなっていった。この影響は内側の葉が摘除された内側6枚摘除区で著しく、1葉おき摘除区がこれに次ぎ、外葉の外側6枚摘除区ではあまり著しくなかった。この傾向は Bensink (1) がレタスで、加藤 (9) がハクサイで報告している結果と一致していた。

従って内側摘葉によって内部の若い葉は大きくなるものの、葉形比は大となって抱合体勢をとるのに不十分となる傾向がみられた。

次いで第4図によって展開角度に及ぼす影響をみると、摘葉によってそれより内部の若い葉が展開し、展開角度が大となった。この傾向は内側6枚摘除区において著しく、中心部に光があたることによって内部葉が展開する

Fig. 3. Effect of defoliation on the leaf shape of inner leaves.

- Untreated.
- Defoliated alternately.
- ▲—▲ Inner 6 leaves defoliated.
- △---△ Outer 6 leaves defoliated.

ことが暗示された。

以上の結果から内部葉が摘除されると、それより若い内部葉に光があたり、葉が展開し、外側に開いてくるとともに葉面積の増加、長い葉の出現となって著しく結球体勢の確立が遅れることが示された。

ちなみに球葉は葉柄がほとんどないことを足がかりとして結球開始期に及ぼす摘葉の影響をみるために葉柄がなくなる葉位を調査した。その結果は第1表のようで、摘葉によって無葉柄の葉の出現する節位は上昇し、内側6枚摘除区ではとくにそれが著しかった。

以上の現象を生理的に考察してみると、根から吸収されたチッソ化合物や根で形成されるサイトカイニンなどのホルモン類が外葉の内側の葉の摘除によって若い内部葉に無処理区のそれよりも多く供給される結果、葉緑素の増加、ひいては光合成能力の増大となって光合成産物が増加するようになったので、炭水化物、チッソ化合物、ホルモン類の蓄積が一方で葉面積の大きい、細長い葉形の葉を形成させ、他方でこれらの葉が光に反応して展開したものと思われる。すでに報告(1, 5, 9, 14)した事実と

Table 1. Appearance of sessile leaves as affected by defoliation of outer leaves.

Leaf number ^{a)}	17	18	19	20	21	22	23	Av.
Treatment ^{b)}								
Untreated	○○○	○○						17.4
Outer 6 leaves defoliated		○○	○○	○				18.8
Defoliated alternately			○○	○○○				19.6
Inner 6 leaves defoliated					○	○○○	○	22.0

a) Numbered from base.
b) Five plants were used in each treatment.

Fig. 4. Effect of defoliation on the leaf angle of inner leaves.

● — ● Untreated.
○ — ○ Defoliated alternately.
▲ — ▲ Inner 6 leaves defoliated.
△ — △ Outer 6 leaves defoliated.

一致しているところであるが、これら生理的要因についてはさらに研究をすすめることにしている。

3. 球の肥大充実期における球葉の展開

球の肥大充実中に球葉がほどけることが知られている(17)、栽植密度によってそれがどのようにかわるかについて調査した結果は第5図のとおりで、疎植区の方が密植区にくらべて展開が早く、多い傾向がみられた。しかし肥大末期になれば展開もなくなり、ほどけた展開葉数はほぼ同じとなった。

葉に十分光があたれば球葉がほどけて展開するわけであるが、密植区では疎植区にくらべ、外葉が相互に遮蔽しあって立ち上っているので内部の球葉表面にあたる光の量も少なく、またその時間も短いため展開する速度が遅いものと思われた。

従って球葉の展開も外葉の状態に影響されているもの

Fig. 5. Effect of planting density on the spreading out of outer head leaves.

--- Sparse planting.
--- Close planting.

と思われる。

4. 球葉の展開に及ぼす外葉摘除の影響

4月22日に球の肥大充実期の株を供試し、外葉を処理して5月15日に調査した結果は第6図のとおりであった。

外葉を全部除去した場合や内側6枚摘葉した株では著しく球葉がほどけて展開したが、外葉を全部除去しても外葉の代りに新聞紙で囲った場合ほとんど球葉がほどけて展開することはなかった。外側6枚摘葉も影響がみとめられなかった。

さらに5月22日及び6月6日に展開状況を調査した結果は第7図のとおりで、5月15日の調査結果と同じであった。外側6枚摘葉区では無処理区と同じで1枚展開したのに対し、内側6枚摘葉区や外葉全部摘除区では著しい展開がみられた。外葉がないとその展開も早く、しかも多かった。

この事実は葉の展開に光が関与したことを示しているし、新聞紙を外葉代りにしてもほどけないことは球葉の展開には強光を必要とすることを示すように思われる。

以上の結球開始時及び球の肥大充実期における摘葉結果から、外葉は結球体勢の確立及び維持に一つの役割を

Fig. 6. Photographs showing the effect of defoliation of wrapper leaves on the spreading out of outer head leaves (23 days after treatment).

- A : Whole wrapper leaves defoliated.
 B : Enclosed with newspapers instead of wrapper leaves.
 C : Inner 6 leaves defoliated
 D : Outer 6 leaves defoliated.
 E : Untreated.

果しているものと考えられる。そして結球体勢の確立には葉が何枚か展開して内側の葉が立ち上る必要がある。それは内部の若い葉にあたる光の量を減少せしめて展開する速度を遅らせる作用をしているともいえる。その結果結球が開始されるわけで、篠原(17)が結球とは葉の展開速度と新葉の発生速度の競争で後者が勝った時、葉が中心にたまって葉球を作る一種の過剰生長と説明しているのと一致している。

しかしこの外に抱合体勢をとるのに必要な葉の形、大きさを考慮する必要がある。一般には葉の立ち上りに伴って葉形や葉面積が確保されるので問題はないが、生理的

機構を明らかにするためには、それぞれについて生理的条件を明らかにする必要があるように思う。今後この面の研究を進めていきたいと考えている。

摘 要

キャベツについて外葉を結球前の 14 葉期及び球の肥大充実期に摘葉し、外葉の役割について検討を加えた。

1. 結球開始時 (20 葉前後展開期)、葉位に従って葉の展開角度、葉面積、葉形を調査してみると、外側から内側になるにつれて葉が立ち上り、大きい葉面積となり、葉形も葉幅のある扇形の葉になっており、結球体勢が確立されていた。

Fig. 7. Effect of defoliation of wrapper leaves on the spreading out of outer head leaves.

- Whole wrapper leaves defoliated
- Inner 6 leaves defoliated
- ▲—▲ Enclosed with newspapers instead of wrapper leaves
- △—△ Outer 6 leaves defoliated
- ×—× Untreated

2. 結球前の14葉期に外側の下位葉を摘除しても無摘葉株とほとんど変らなかった。外葉の内部葉を摘除した場合、それよりも若い葉は著しく発育し、大きい葉となるが、葉形は扇形とならないで、長い葉となって抱合条件が不十分となるばかりでなく、若葉が光に反応して外側に展開し、結球体勢の確立が遅れた。1葉おき摘除では外葉の内側の葉が少し摘除されるので、外葉の内側摘除区ほどではないが、結球体勢の確立がやはり阻害される傾向がみられた。

3. 球の肥大充実期における球葉の展開に及ぼす栽植密度の影響を60cm株間の疎植区と40cm株間の密植区とで比較すると、疎植区では球葉の展開が早く、しかも多い傾向があり、球葉の展開も光に対する反応と考えられ、外葉による若葉の遮光程度と密接に関係していることが示唆された。

4. 球の肥大充実期に外葉の内部葉を摘除あるいは外葉全部を摘除すると、球葉は著しく早く、しかも多くほ

どけた。が、しかし摘除された外葉の代りに新聞紙で球を囲ってやると球葉は全くほどこけなかった。

5. 以上から葉は光に感應して展開するが、外葉によって次第に内部葉の展開が阻害され、立ったままとなり、一方内部葉の形態も変化して大きい扇形の葉となって結球体勢が準備されて結球開始となる。その後も外葉は結球体勢を維持して球の肥大充実を進行せしめていると考えられた。

引用文献

- BENSINK, J. 1961. Heading of lettuce (*Lactuca sativa* L.) as a morphogenic effect of leaf growth. Adv. Hort. Sci. & Appl. 1: 470—475.
- 堀田 良. 1949. 蔬菜の結球現象に対する一考察. 農及園. 24: 697—698.
- 伊東秀夫・加藤 徹. 1950. ハクサイの結球現象の研究 (1). 光と結球現象の関係についての実験. 農及園. 25: 682.
- . 1951. 同上 (2). 生長ホルモンと結球現象との関係する実験. 同誌. 26: 771—772.
- . 1957. 白菜の結球現象に関する研究. 結球の組織学的並びに生理学的研究. 園学雑. 26: 154—162.
- 加藤 徹. 1964. ハナヤサイの花蕾の分化発育について (第1報). 花蕾の分化発育に関する生態学的研究. 園学雑. 33: 316—326.
- . 1965. 同上 (第2報). 花蕾の分化発育に関する生理学的研究. 同誌. 34: 49—56.
- . 1964. タマネギの球の形成肥大および休眠に関する生理学的研究. 高知大農紀要. 14: 1—92.
- . 1964. ハクサイの結球現象に関する研究 (II). 葉形よりみたる結球現象. 高知大学研報. 13: 自然科学Ⅱ, 6.
- . 1964. 同上 (III). 結球の早晩性に関する生理学的研究. 同誌. 13: 自然科学Ⅱ, 7.
- . 1965. 同上 (IV). 結球現象よりみたる白菜とな類との関係. 同誌. 14: 自然科学Ⅱ, 6.
- . 1966. 同上 (V). 葉の屈曲に及ぼす環境要因の影響. 同誌. 15: 自然科学Ⅱ, 16.
- . 1967. 結球現象. 杉山直儀編著「野菜の発育生理」pp. 63—109. 誠文堂新光社.
- . 1972. レタス基礎編. 農業技術体系, 野菜編 6, pp. 1—84. 農山漁村文化協会.
- . 1975. 葉菜類の結球現象. 北条良夫・星川清親共編「作物—その形態と機能」下巻 pp. 39—55. 農業技術協会.
- NORTH, C. 1961. Relationship between leaf shape and head formation in cabbage. Adv. Hort. Sci. & Appl. 1: 487—492.
- 篠原捨喜. 1955. 結球現象. 園芸技術新説. pp. 660—679. 養賢堂.