

ハクサイの結球現象に関する研究 (IV)

結球現象よりみた白菜とな類との関係

加 藤 徹

(高知大学農学部そ菜学研究室)

Studies on the head formation of chinese cabbage (IV)

Comparative studies on the morphology and physiology of typical heading type chinese cabbage plant and non-heading Cruciferae plants

By

Toru KATO

(Laboratory of vegetable crop science, Faculty of Agriculture)

Summary

In order to establish the physiological mechanism of head formation more clearly, comparative studies on the differences in morphological and physiological situation between heading type chinese cabbage and non-heading Cruciferae plants were carried out for three years.

1. When Cruciferae plants transferred to dark room from light room, their leaves curved inwards, but those leaf movement were significantly different in leaf blade and leaf petiole respectively among plants tested.

Hyponastic movement of leaf petioles was limited only in the basal part in Taisai and Yukina, and below the middle part in Komatsuna, Mana, and Santohhokusai, whereas all part of leaf petioles curved inwards in chinese cabbage.

Leaf blades in Taisai, Yukina and Mana did not curve by dark treatment, while those in Komatsuna, Santohhokusai and chinese cabbage did curve inwards clearly.

2. It was shown that leaf size is small in the following descending order; chinese cabbage > Santohhokusai > Mana > Komatsuna > Taisai > Yukina.

It was also shown that Yukina, Taisai and Komatsuna have long petioles, but leaf blade developed well up to the leaf base with the shortened leaf petioles in the following descending order;

Mana < Santohhokusai < chinese cabbage.

3. Hormone pasting on various part of leaf prevented the hyponastic movement of leaves by dark treatment, but its prevention was different in leaf part, that is, pasting on the basal part was the most preventive, the second on the middle part and the weakest on the top part of leaves.

4. Intermediate inheritance was shown in leaf size, shape and increase in leaves in the experiment with Matsushima Shin No. 2 chinese cabbage, Yukina and their hybrid and /or Matsushima Shin No. 2, Kashin and their hybrid.

These results showed that the causal gene concerning the head formation phenomenon

have quantitative functions on morphological and physiological development of leaves.

Among them auxin metabolism was remarkably invigorated and the situation of much amount of auxin, carbohydrates and less nitrogen head induced the head formation.

I. ま え が き

今まで結球現象を結球性のある白菜を供試して研究を行ってきた結果^(6,8,9)から、結球現象は遮光に感応して起る葉の屈曲現象で、たがいに抱合しあうだけの葉形および葉の広がり充足される必要があることを明らかにした⁽¹¹⁾。

葉が屈曲し、抱合しあっている姿を結球体勢とよび、早生品種は晩生品種より早急にその体勢に達することができる⁽¹²⁾。

これらの生理的要因として Auxin 代謝および炭水化物—窒素化合物バランスについて明らかにしてきた⁽⁹⁾。

本研究ではさらに結球現象を明らかにするために、結球しないな類あるいは半結球性品種および白菜とそれらとの F₁ を供試して暗室内における葉の動き、あるいはホルモンに対する反応、体内成分の変化などについて検討を加えた。

それらの結果を第4報として報告する次第である。

II. 材料および方法

第1実験：遮光によって葉の屈曲現象がみられるかどうかについて調査するために、*B. pekinensis* より松島純2号、山東白菜を、*B. chinensis* より真菜、小松菜、雪菜を選び、8月3日に15cm鉢の肥沃土にまき、9月2日に暗室に運び、24時間後に室外に出して、それらの葉の様子を観察した。

第2実験：葉の屈曲とホルモンとの関係を調査するために、9月20日に松島純2号、雪菜および小松菜を15cm鉢には種し、11月1日に8枚展開している葉のうち、最大葉を含む2枚を残して摘葉し、残した2枚に1パーセントのナフタリン酢酸軟こうを先端、中央および基部内側に塗布し、暗室に48時間入れて葉の動きを観察した。

第3実験：松島新2号、花心、ユキナおよびそれらの F₁ を8月15日に東北大学農学部ほ場には種し、発芽後次第に間引いて90×60cmの株間にし、十分な発育を行なはしめた。

生育とともに葉数、葉重および葉の形態を調査するとともに頂芽部の Auxin、葉内 Auxin、および地上部の炭水化物、窒素化合物を分析した。

葉は50gr、生長点を含む頂芽部は30個体1grに調整してから細切し、過酸化物を含まないエーテルで抽出し、葉ではこのエーテル抽出物について Avena straight growth test によって Auxin を評価し、頂芽部ではこのエーテル抽出物を寒天に含ませて、常法に従って Avena curvature test を行なって Auxin を評価した。

体内成分は全炭水化物を Somogyi 法によって、全窒素化合物を Semi-micro Kjeldahl 法によって定量し、乾物重パーセントで表示した。

III. 結 果

第1実験

1. な類の暗室内での反応

な類を暗室内に24時間入れて葉の動きを調査した結果は第1図のとおりで、それから模式的に代表的な結果を示したものが第2図である。

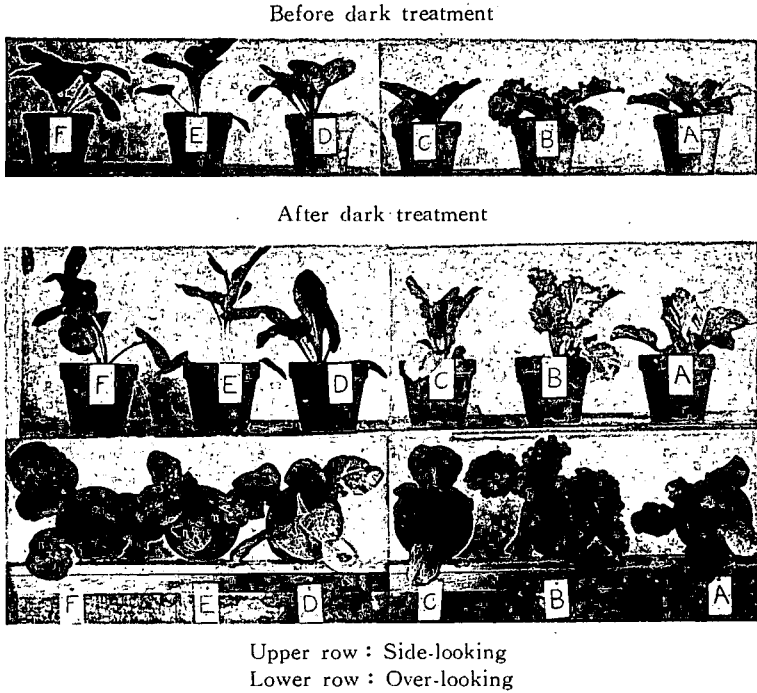


Fig. 1. Hyponastic movement of *B. pekinensis* and *B. chinensis*
 A : Matsushima Jun No. 2, B : Santoh Hakusai, C : Mana
 D : Komatsuna, E : Taisai, F : Yukina

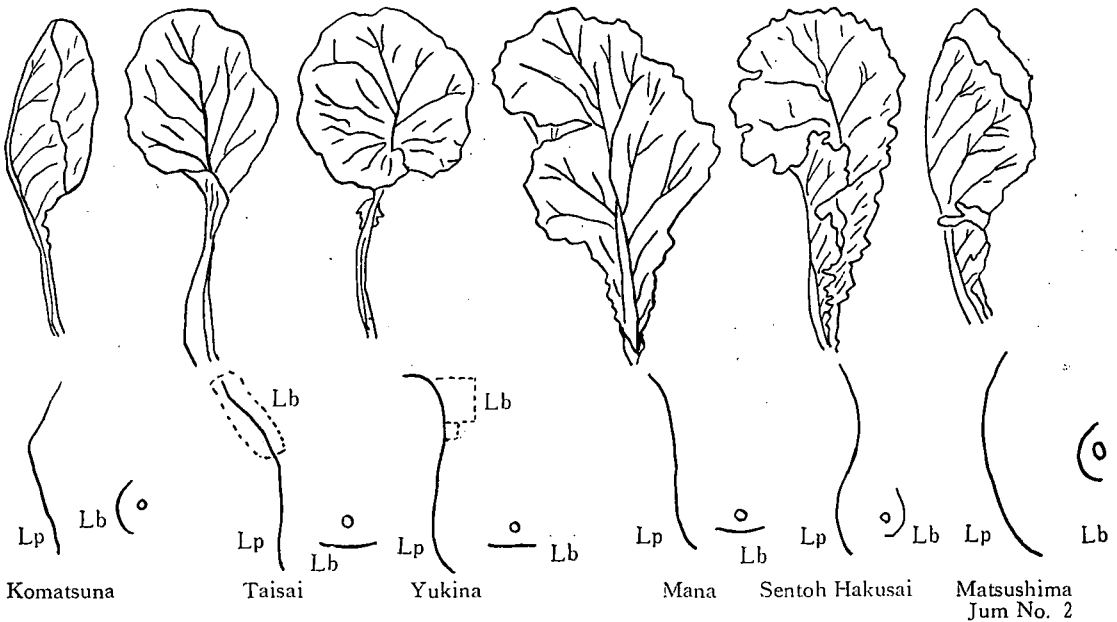


Fig. 2. Typical pattern of hyponastic movement of leaf in *B. pekinensis* and *B. chinensis*.
 Lb : Leaf blade, Lp : Leaf petiole

第1図にみられるような類全部が暗室処理によって立ち上ったことは注目し得る。しかし葉身および葉柄の動きには大きな差異がみとめられた。すなわち、老葉は暗室処理に対し、鈍である

が、成熟葉はひじょうに活発で、また若葉はその動きが少ない傾向がみられた。

以上のように葉の Age によって反応に強弱がみられたことは共通であるが、葉柄の屈曲が基部にのみにみられるものとして体菜、雪菜がみとめられ、中央部にまで屈曲しているものとして小松菜、真菜、山東白菜がみとめられ、葉先まで屈曲しているものとしては松島純2号のみであった。

次に葉身の左右の屈曲についてみると、動きのみられないものは体菜、雪菜、真菜、動きのみとめられたものとしては小松菜、山東白菜、松島純2号があげられる。

2. な類の葉の大きさ、葉形

葉面積の大きいものから示せば松島純2号、山東白菜、真菜、小松菜、体菜、雪菜の順である。

葉形についてみると、葉柄の長いものとして雪菜、体菜、小松菜があり、葉柄が短くなって葉身が基部の方にまで発達してきているものの順に示せば次のとおりであった。

真菜<山東白菜<松島純2号

第2実験

ホルモン処理を行ってから暗室に48時間入れてその反応をみた結果は第3図のとおりである。

松島純2号、雪菜、小松菜とともに暗室に入れることによって前実験の結果と同様に立上って屈曲しているが、ホルモン処理を行なうと何れの品種でも遮光に伴う屈曲が抑制された。すなわち、葉先のときは葉先部分のみの屈曲が抑制され、中央部塗布のときは中央部より基部にかけて、さらに基部に塗布されたときは全く屈曲が抑制された。

この傾向は松島純2号、雪菜、小松菜においてみとめられた。

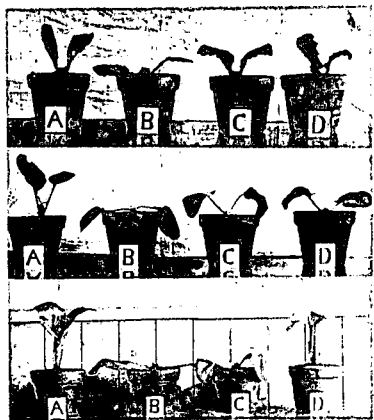


Fig. 3. Effects of hormone pasting on various part of leaf on the hyponastic movement of leaves in the dark.

A: Untreated, B: Pasted on basal part, C: Pasted on middle part, D: Pasted on upper part.

Upper row: Matsushima-Jun No. 2,

Middle row: Yukina,

Lower row: Komatsuna.

も多い。

葉形は第4図Bのように外側から内側にかけて変化しているが、葉形指数曲線はユキナにおいて急こう配で、ついで松島新2号×ユキナのF₁、松島新2号の順に緩こう配となっている。松島新2号と花心の間では著しい差異はみられないが、F₁はやはりその中間を示していた。

このように葉形比曲線が中間を示すばかりでなく、第5図にみられるように葉柄がみじかくなって太くなるとともに基部にまで葉身が発達してきている。

第3実験

ユキナ、花心に松島新2号を交配してえたF₁および両親をは種して結球に関係している諸形質および生理的要因がどのように変化しているかを調査した。

1. 葉の大きさ、葉形の変化

葉の大きさおよび葉形が抱合するに必要なことは既に明らかにしたところであるので⁽¹⁾、まず結球開始期に相当するは種後45日目に、それぞれの個体を採取し、外側の葉から内側の葉に順次に葉面積、葉形について調査した。

その結果は第4図のとおりである。

葉面積についてみると、松島新2号は葉面積の大きい葉が数多くなっているのに対し、ユキナは葉面積小さく、数も少ない、F₁はその中間を示し、ユキナにくらべ葉面積も大きくなり、数も増加している。

この傾向は松島新2号×花心においてもみとめられたが、花心はユキナにくらべ葉も大きく、数

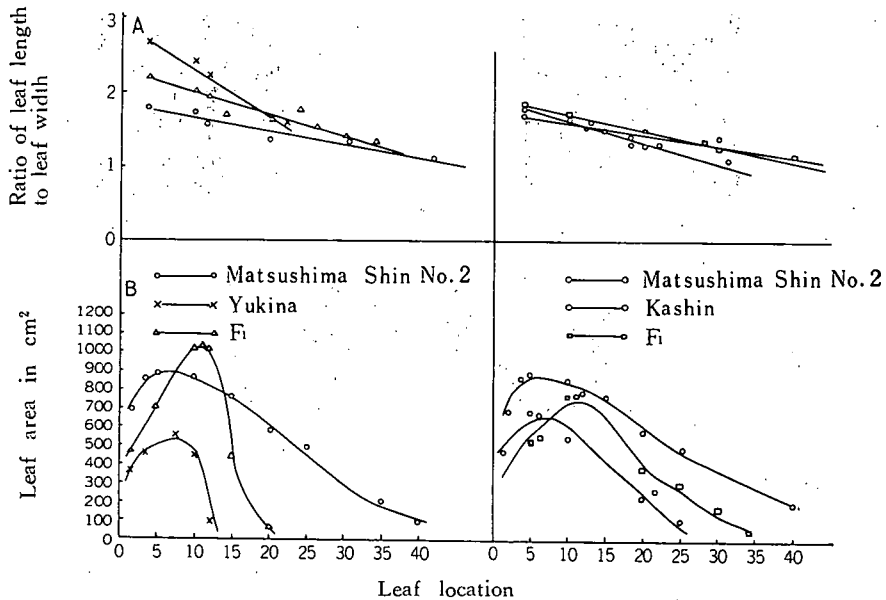


Fig. 4. Relationships between the leaf location from base and leaf area, and ratio of leaf length to leaf width in *B. pekinensis*, *B. chinensis* and their hybrids



Fig. 5. Leaf shape of *B. pekinensis*, *B. chinensis* and their hybrids. Photographs were taken on Oct. 1, 45 days after sowing.

Left: Chinese cabbage × Yukina

Right: Chinese cabbage × Kasin

Upper row: Chinese cabbage, Middel row: F₁, Lower row: Yukina and Kasin

2. 結球中の様相

は種後60日目の様相を示せば第7・8図のとおりである。

松島新2号 × ユキナの F₁ も上からみると抱合しあっているように見えるが、横からみると抱合にじゅうぶんな葉面積と葉形がないので下半分にすきまがみられた。

切断面からの様子は半結球に近い様相を示していた。

これに対し、松島新2号 × 花心の F₁ では内部葉が結球体勢を示し、結球白菜と区別されないが、松島新2号にくらべればなを充実が不じゅうぶんであった。

3. 葉数の増加

球の充実が葉数に影響されていることはすでに明らかにされているので^(2,3,7,8,10)、充実と関連して生育に伴って葉数の増加がどうなるか調査を行なった。

その結果は第8図のとおりで、松島新2号が生育日数とともに著しく葉数が増加するのに対し、

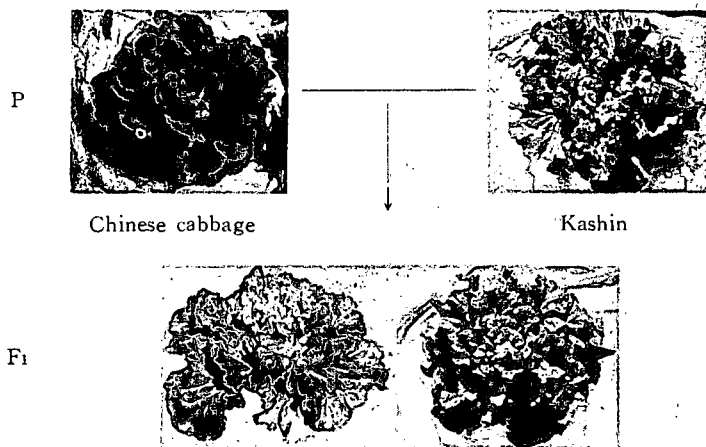


Fig. 6. Heading phase of hybrid of Matsushima Shin No. 2 and Kashin 60 days after sowing.

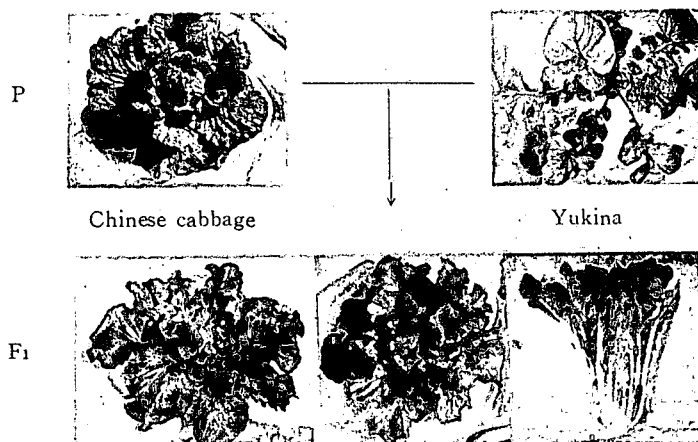


Fig. 7. Heading phase of hybrid of Matsushima Shin No. 2 and Yukina 60 days after sowing.

ユキナはひじようにその増加がわずかで、生育末期で40枚位で新2号の半分以下であった。花心はユキナより葉数の増加も多く、松島新2号に近い状態を示した。

この傾向は松島新2号×花心の方が松島新2号×ユキナより著しかった。

4. 葉内成分に及ぼす種間交雑の影響

(1) Auxin : は種後60日目に第3~4葉, 第6~7葉, 第12~13葉, および第20~26葉についてそれぞれ松島新2号, ユキナおよびそのF₁から採取し, 葉内Auxinを調査した結果は第9図のとおりである。

各な類とも, 外側から内側へと葉位が進むにつれてAuxin含量が増加し, ある葉位で最高に達し, 後減少している。この最高含量を示した葉位はユキナでは第6~7葉, 松島新2号で第12~13葉, F₁で第6~7葉であった。

ユキナにくらべ各葉とも松島新2号にひじように多くのAuxin特にIAAが含まれ, F₁は松島新2号に近い状態がみられた。

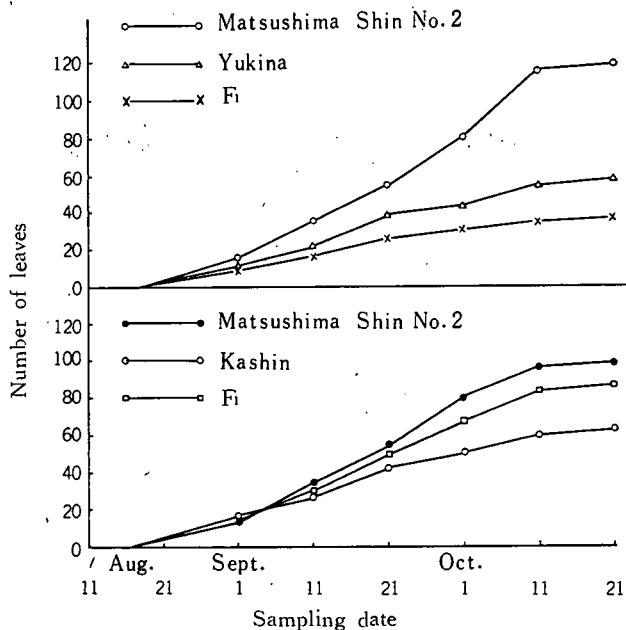
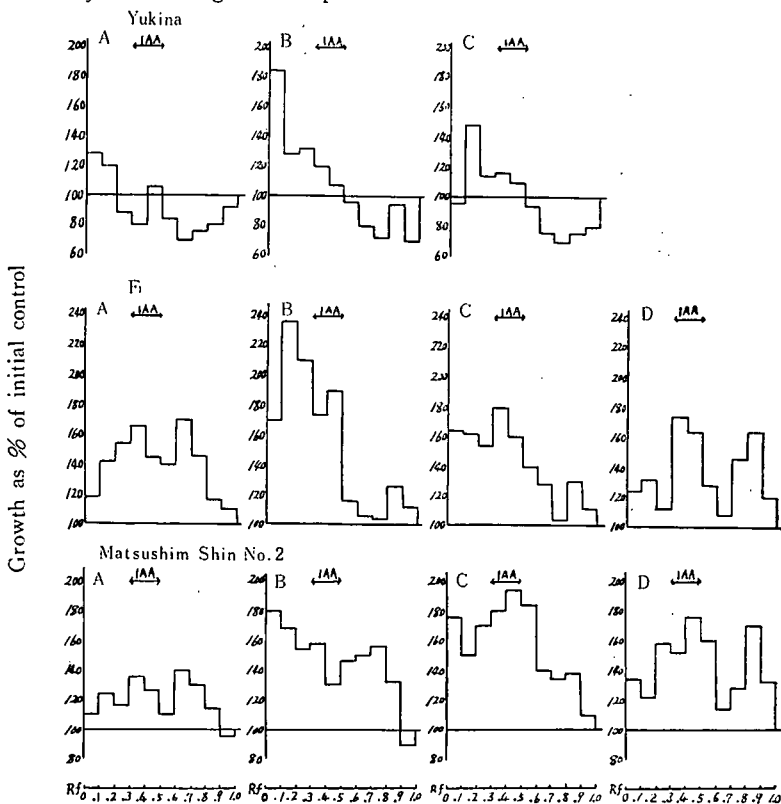


Fig. 8. Changes in number of leaves of *B. pekinensis*, *B. chinensis* and their hybrids with growth of plant.



A : 3-4th, B : 6-7th, C : 12-13th, D : 20-26th

The solid line gives the growth of controls

Fig. 9. Relationship between the leaf location from base and auxin content of leaves in *B. pekinensis*, *B. chinensis* and their hybrid.

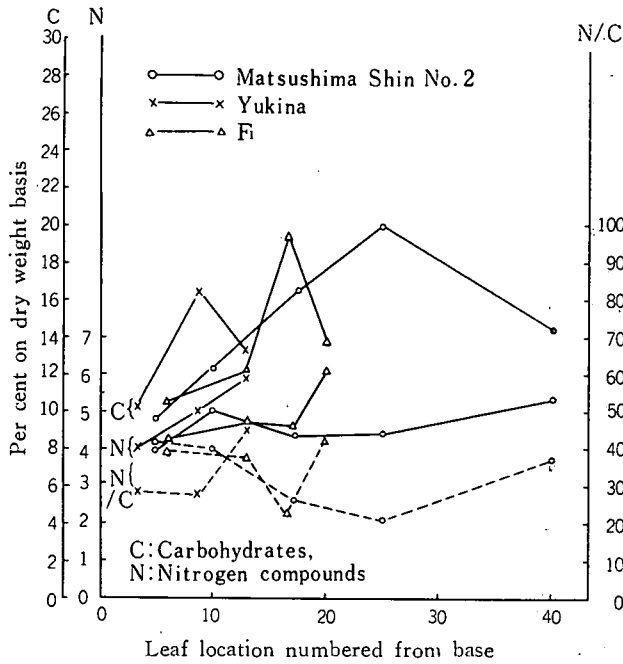


Fig. 10. Changes in carbohydrates and nitrogen contents of leaves in relation to leaf location from base in *B. pekinensis*, *B. chinensis* and their hybrid.

(2) 炭水化物・窒素化合物：葉内炭水化物・窒素化合物の分析結果は第10図のとおりである。

各な類とも葉位が内部になるにつれて炭水化物が増加し、ある葉位で最高となり、その後減少しているのに対し、窒素化合物は内部になるにつれて増加している。

炭水化物は松島新2号がユキナにくらべて著しく多いのに対し、窒素化合物は逆にユキナが多い傾向がみられた。F₁は炭水化物は松島新2号に、窒素化合物はユキナに近いレベルにまで増加していた。

5. 生育に伴う体内成分の消長

生育に伴って体内成分が種間あるいは種内交雑によってどのように変化するかを調査したものが第11図である。

(1) Auxin：生育に伴って頂芽の

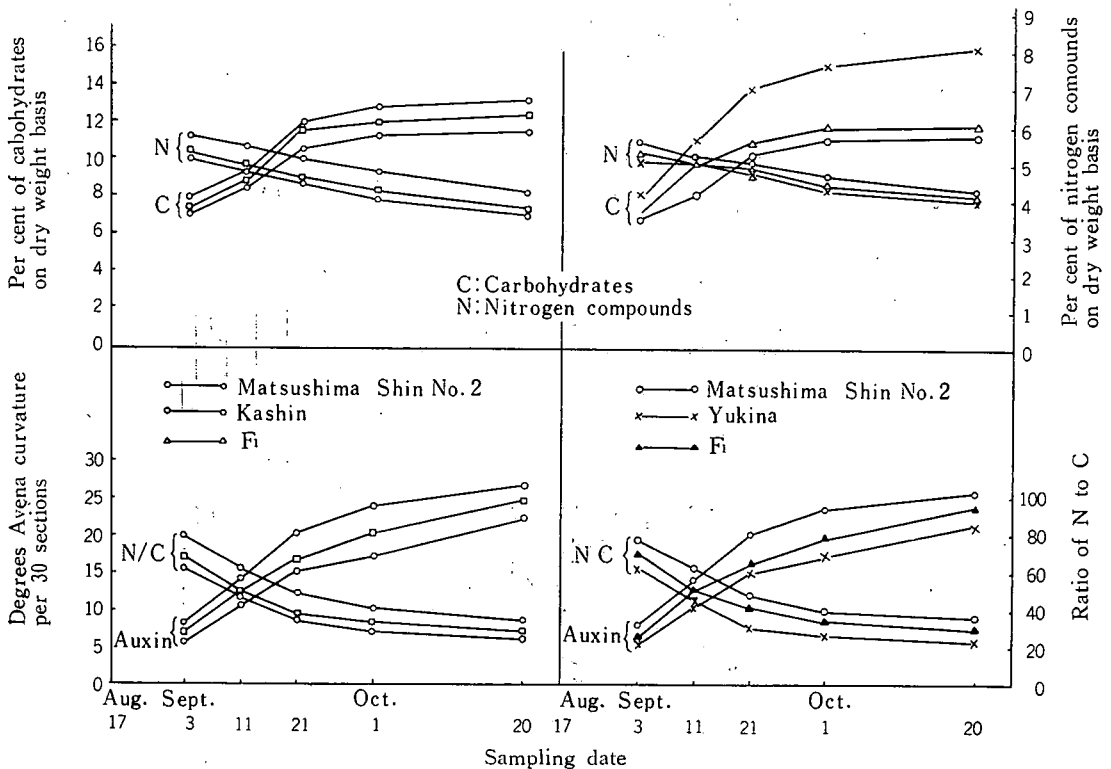


Fig. 11. Seasonal changes in organic constituents of *B. pekinensis*, *B. chinensis* and their hybrids

Auxin 含量は増加しているが、松島新 2 号が生育初期よりユキナ、花心より多く、また増加度も著しいのに対し、F₁ はその中間を示していた。

(2) 炭水化物・窒素化合物：炭水化物は生育とともに増加しているが、この傾向はユキナにおいて著しく、花心、松島新 2 号ではあまり著しくない。窒素化合物は逆に生育に伴って低下しているが、ユキナ、松島新 2 号、F₁ の間では著しい差異はみとめられないが、花心と松島新 2 号の間では花心の低下が松島新 2 号より著しく、F₁ はその中間にあった。

したがって N-C Ratio でみると、生育とともにユキナ、花心の低下が著しく、松島新 2 号がゆるやかで、F₁ はそれぞれの中間を示していた。

IV. 考 察

な類を暗室に入れると、どのな類も全部葉が屈曲した (第 1 図)。遮光に対して若葉および老葉は鈍感で、成熟葉が敏感であることは白菜でみとめられた結果⁽⁵⁾と一致している。

しかし葉身の動き、葉柄の先中下各部分の動きなどを比較してみると同じでなく、な類によって遺伝的に特有な動きを示していると理解されるが、それらに葉形および葉面積を考慮して白菜の生育に伴う葉の遮光時の屈曲仕方⁽¹¹⁾をみると、白菜の幼苗期は小松菜の屈曲ににており、少し生育がすすむと、真菜のような屈曲に変化し、さらに生育がすすむと、山東菜のような半結球の葉の動きがみられ、最後に白菜本来の結球体勢を示すようになった。

このように白菜の結球体勢完了までに系統発生的な移り変りがみられたことは結球の進化過程が暗示されていると思われるし、また結球機構解明の有力な足がかりともなるものであろう。事実な類と松島白菜との F₁ はな類よりも白菜に近い様相を示している (第 8 図)⁽¹¹⁾。

な類と松島白菜との交雑によって著しく変化がみられたものは葉形であり、葉面積であり、葉数であった。

第 2 報⁽¹¹⁾で報告したように葉形、葉面積の形質は結球体勢をとる際の抱合に必要な要因であり、葉数は球の充実に必要な要因である。したがって白菜の結球現象には多数の遺伝的形質が系統発生的に生育日数とともに発現し、結球をもって完了するものであろう。

結球現象に関係しているどの遺伝的形質をみても量的形質と考えられ、白菜は結局これら量的形質を十分にもった種類であるといえよう⁽⁴⁾。したがって白菜とな類の F₁ では白菜の結球状態に近い様相を示したものと考えられる。

これら量的形質発現に対し、遺伝子が働きかけている生理的要因の 1 つに Auxin があげられる。

遮光に伴う屈曲に Auxin が関係していることはな類の葉の各部に Auxin を塗布して遮光による葉の屈曲を阻害している結果 (第 3 図) からみとめられるところで、白菜の結果^(5,9)と一致している。

第 10 図にみられるとおり葉内の Auxin 含量はユキナでは白菜にくらべひじょうに少ない。このことは葉の屈曲が基部のみに限られる原因の 1 つとなつていよう。さらに葉内窒素が多く、炭水化物含量が少ない生理的状态は一層 Auxin の作用がさく減されているのではないだろう。

白菜において頂芽部の Auxin が生育初期より多いのは葉数の増加結果 (第 9 図) と対照してみると、葉数の分化発達に Auxin が関係していることを暗示するもので、球を形成し、充実にしめるには白菜程度の Auxin 生産が必要なことと思われる。

以上要するに頂芽部および葉における Auxin 代謝が非結球性のユキナ、半結球性の花心ではひじょうに不活発であるのに対し、結球性の白菜では活発で、Auxin 代謝が結球現象—遮光に伴う葉の屈曲、結球体勢の確立、さらに球の充実に密接に関係していて、結球性の遺伝子はこの代謝に働きかけている。したがって交配によって結球の遺伝子が導入された F₁ では白菜に近い状態を

示すものと思われる。

しかして第1報⁽⁹⁾で報告したように多量の Auxin および炭水化物の多い、窒素化合物の少ない生理条件下で結球性の遺伝子あるもののみが球を形成しはじめるのであろう。

V. 摘 要

結球性のないな類と結球性のある白菜とを形態学的にあるいは生理学的に比較検討して結球機構をより明らかにした。

1. な類を遮光せしめると葉の屈曲がみられるが、葉身の左右の動き、葉柄を先端、中央、下部に分けて観察してみると、葉柄の屈曲が基部のみにみられるものとして体菜、雪菜があり、中央部以下にみられるものとして小松菜、真菜、山東菜がある。葉柄全体にみられるものとしては白菜があるのみであった。一方葉身の動きのないものとしては体菜、雪菜、真菜がみとめられ、動くものとして小松菜、山東白菜、白菜がみられた。

2. 葉面積の大きいものから示せば白菜、山東白菜、真菜、小松菜、体菜、雪菜の順であった。葉形についてみると、葉柄の長いものとして雪菜、体菜、小松菜があり、葉柄が短くなって葉身が基部の方にまで発達しているものの順位は

真菜<山東白菜<白菜であった。

3. な類を遮光する前にホルモン処理をすれば遮光に伴う葉の屈曲が著しく阻害された。その阻害の程度は基部が最も強く、ついで中央部、先端部の順に弱くなっていた。

4. 松島新2号白菜にユキナおよび花心を交配して F₁ をえ、これら両親と F₁ とをは種して生育に伴う変化を調査したところ、葉の大きさ、葉形、葉数の増加は F₁ では両親の中間を示し、結球現象が多くの量的形質に左右されていることが暗示されたばかりでなく、結球に関係している遺伝子はとくに Auxin 代謝を活発にしている。しかして多量の Auxin および炭水化物の多い、窒素化合物の少ない生理状態になると、結球性の遺伝子のあるもののみが球を形成しはじめるものと考えられた。

謝辞 本報告とりまとめに際し御指導を頂いた門田教授に厚く御礼申し上げます。

引用文献

1. 安藤茂市・門田寅太郎. 1936. 漬菜・甜瓜並びに蕃茄の一代雑種育成(第1報). 園学雑. 7: 350—364.
2. 藤井健雄. 1947. 蔬菜園芸学総論 p. 217. 養管堂. 東京.
3. ————. 1951. 白菜系統の發育型. 農及園. 26: 1091—1092.
4. 伊東秀夫. 1947. 甘藍の結球性と早期抽苔性 —その遺伝と生理的機構に就いて—. 農学. 1: 554—560.
5. ————. 加藤 徹. 1950. ハクサイの結球現象の研究(第1報) 光と結球現象の関係についての実験. 農及園. 25: 682.
6. ————. ————. 1951. ハクサイの結球現象の研究(第2報) 生長ホルモンと結球現象との関係に関する実験. 農及園. 26: 771—772.
7. ————. 1952. 育ち方からみたハクサイの増収技術. 農及園. 27: 1005—1008.
8. ————. その他. 1954. 結球ハクサイ品種の生態的分化に関する研究. 浅見与七編: 蔬菜品種の生態学的分化に関する研究. 33—37 養賢堂. 東京.
9. ————. 加藤 徹. 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.
10. 板木利隆. 1953. 葉位別重量からみた白菜の發育. 農及園. 28: 993—994.
11. 加藤 徹. 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. 195—204.
12. ————. 1964. ハクサイの結球現象に関する研究(III) 結球の早晩生に関する生理学的研究. 高知大学研報. 13. 自然科学 II. 205—210.

(昭和40年9月30日受理)