

# 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

加 藤 徹

(農学部蔬菜研究室)

## Studies on the head formation of chinese cabbage (II)

### Relationship between leaf shape and head formation.

By

Toru KATO

(Laboratory of vegetable crop science, Faculty of Agriculture)

#### Summary

In order to obtain the information on the relationship between leaf shape and head formation, this experiment was carried out with Nozaki No. 2, Matsushima-jun No. 2 and Hakushoku-Hohtouren varieties grown in pots and field.

1. The gradient of the curve of the relative leaf length with serial leaf number from base gradually changed from sharp into flat with progress of plant growth, resulted in the formation of leafy head. Although the gradient of this curve changed more rapid in an early variety than in a late one, it was almost similar in a variety when began to form the head. Moreover, it was shown that the gradient of this curve suggests the degree of shading the later developing inner leaves by the wrapper leaves.

This transition with plant growth depended upon changes in leaf shape and area of newly developed leaves.

At the beginning of head formation it was found that leaf shape gradually changes from small narrow oval into large broad round with serial leaf number, and that the actual head was formed by the broad leaves with an length/width ratio  $\cong 1$ .

2. The gradient of this relative leaf length curve was remarkably affected by photoperiod, light intensity and night temperature, but not nitrogen fertilizer and day temperature.

3. Although both nitrogen top-dressing and high day temperature promoted the elongation of leaf length and width, no significant difference in leaf shape was detected compared with untreated control.

At lower light intensity, the width growth of leaves was more severe inhibited than the length growth.

Night temperature also influenced upon leaf shape in a quite similar way, whereby a temperature favorable for leaf growth equals the effect of a high light intensity.

4. It was reasonable to thin the uncircle-shaped plants when looked at the seedlings from above, judging from the above-mentioned results.

## I ま え が き

白菜はある枚数の葉が展開した後に球を形成する。これは外部の葉が内部を遮光する結果、内部の葉が立上って結球体勢をとることによるものである。したがって結球体勢には葉の屈曲による立上りの外に立上った葉が互に抱合し合う抱合現象が含まれている<sup>1),3)</sup>。

葉の屈曲現象についてはすでに明らかにした<sup>1),3)</sup>。抱合現象に葉の大きさ、葉形が強く関係していることは明らかであるが<sup>1),4)</sup>、今回葉形と結球現象との関係について調査したので、ここに報告するしだいである。

本報告は東北大伊東教授御指導のもとに行なわれたものであり、ここに厚く御礼申し上げるとともに、渡辺種苗育成の多数品種についても調査させて頂いたので、ここにあわせてお礼申し上げます。

## II 材 料 お よ び 方 法

品種は主として白色包頭連、松島純2号、野崎2号を供試した。

栽培は主として東北大学農学部圃場において宮城県の慣行に従って行ない、一部30cm鉢を利用した。

元肥にたいきゅう肥を十分に施し、後3回追肥を施した。栽培中は適宜灌水、中耕除草および薬剤散布を行なって生育の万全を期した。

葉形は葉長一葉巾比の葉形比をもって示し、葉の大きさは葉面積をもって示した。葉形比の指数を外側の葉から内側の葉に連らねた曲線を葉形比曲線と称し、これらの性質と結球現象とを関連せしめて検討をした。

## III 実 験 結 果

### 1. 葉形比曲線の性質

葉形比曲線の性質を明らかにするために、は種期、生育日数、生育度合の相違、また品種と葉形比曲線との関係を追求め、葉形比曲線が結球現象とどのような関係にあるのかを検討した。

#### (1) 葉形比曲線におよぼすは種期の影響

8月5日、15日、25日にそれぞれ圃場に直まきした白色包頭連を9月15日に収穫して葉面積および葉形比を調査した。

その結果は第1図のとおりである。早まきした白菜は当然生育日数が多く、遅まきしたものは生育日数が少ないわけであるが、第1図の結果から生育日数の少ない株では葉面積も少ないし、葉形比曲線もこう配が急である。生育日数の多い早まきの区になるにつれて葉面積も増加し、葉形比曲線のこう配も緩やかになってきている。

#### (2) 生育経過に伴う葉形比曲線の変化

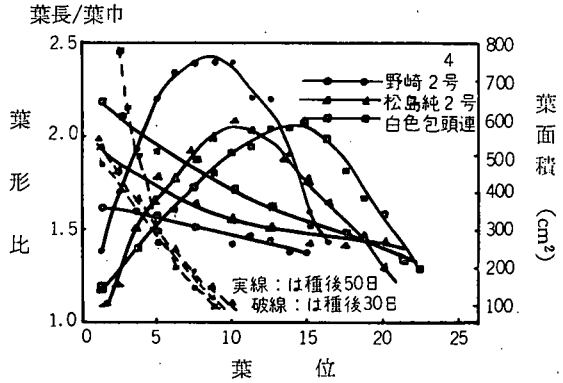
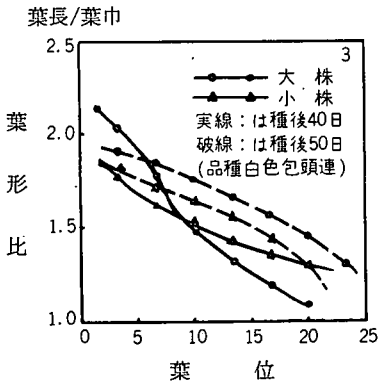
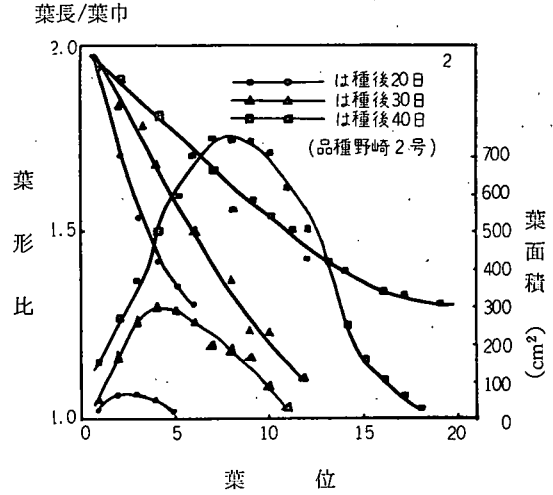
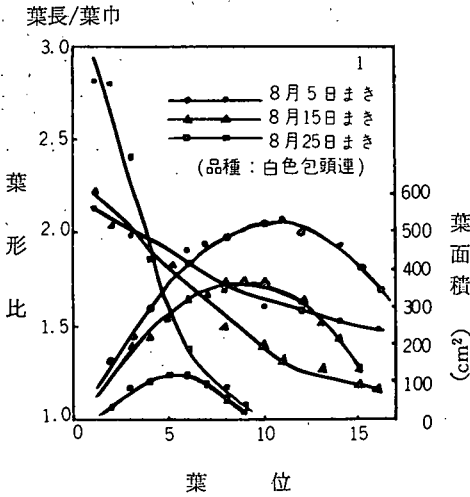
8月5日にまいた野崎2号を供試し、は種後20日、30日および40日目に採取して、生育経過に伴う葉形比曲線の変化を追求めた結果、第2図のような成績が得られた。

生育日数が増加するにつれて葉は生長し、葉面積は増加しているが、内部から生長してくる葉の方が葉面積の増加も著しく、最大葉の葉位はしだいに内部に移行している。それとともに葉形比曲線のこう配は緩やかに変化してきている。

#### (3) 生育度と葉形比曲線との関係

同時に種子をまいても生育とともに発育に相当のひらきがみられる。このような生育度の異なる株の間で、葉形比曲線にどんな差異があるかを調査してみたところ、発育のよい大株では発育のわ

るい小株より葉形比曲線の傾斜は緩やかである。しかし結球中の株の中では早く結球を開始した株と遅く結球に入った株との間では葉形比曲線のこう配はほぼ同じであった。このことは同一品種ならばほぼ同一こう配になって結球を開始するものであることを暗示している。



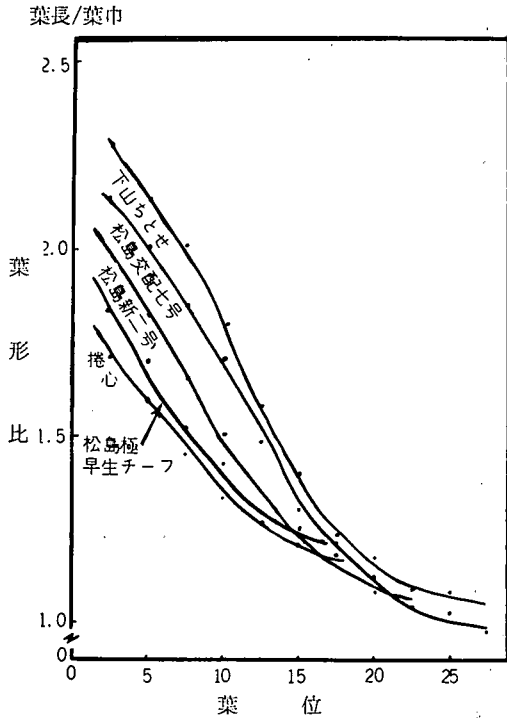
第1—4図 第1図. 葉形比曲線におよぼす種期の影響, 第2図. 生育経過に伴う葉形比曲線の変移, 第3図. 生育度と葉形比曲線との関係 (は種後40日目の大株は 900 g で結球中, 小株は 375 g で未結球, 付種後50日目の株は何れも結球中で大株は 1075 g, 小株は 855 g), 第4図. 品種と葉形比曲線との関係.

#### (4) 品種と葉形比曲線との関係

8月5日まきの野崎2号, 白色包頭連, 松島純2号については種後30日, 50日目に, 葉形比曲線を調査してみると, は種後30日目では曲線のこう配は3品種間で著しい相違がみられないが, 50日目になると, 野崎2号が他2品種より著しく緩傾斜になっていた(第4図)。

葉が急激に发育して, 葉形比曲線のこう配が急こう配から緩こう配に変移して結球を開始する傾向がみられる。この傾向は早生品種ほど著しい。

渡辺採種場で育成中の多数品種について調査してみると(第5図), 白色包頭連系の品種(下山ちとせ, 松島交配7号)は他品種より急こう配であった。逆に早生品種といわれている捲心, 松島交配11号は他品種より緩こう配で, 松島新2号などの中生種は中間的傾向を示していた。



第5図 葉形比曲線の品種間差異

8月12日まき，9月25日調査

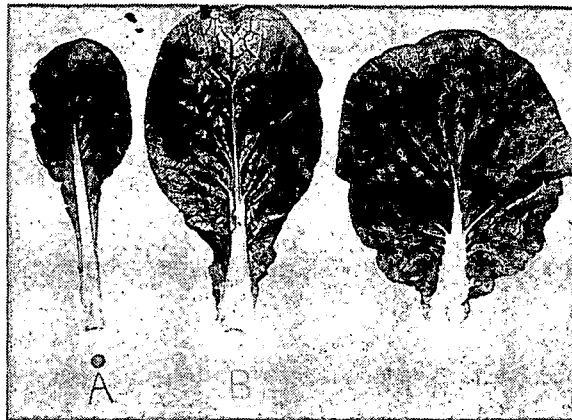
下山ちとせ 685g，松島交配7号（下山ちとせ×松島新2号）750g，松島新2号 830g，松島極早生チーフ 655g，捲心 770g

(5) 結球開始時の葉形について

結球は葉形比曲線が緩こう配になって開始されているが，葉形比曲線を構成している葉の形は第6図にみられるように外側の葉では葉柄が長く，その割に葉身は小さく，葉形比は著しく大きい。内側になるにつれて葉身は大きくなって葉面積は著しく増加する一方葉身が葉の基部まで発達し，葉柄はほとんどなくなっている。さらに内側の葉位で球を形成している葉ではほとんど丸型で葉形比が1に近い。

(6) 葉形比曲線におよぼす摘葉の影響

8月25日まきの白色包頭連を9月25日に展開葉を摘葉して，葉形比曲線におよぼす影響をみたところ，第7図にみられるように，新に展開した葉の葉形は



第6図 結球開始時の外葉の様相

A：5枚目（外葉の外側）， B：12枚目（外葉の中央）， C：20枚目（外葉の内側，葉球の外側にある）

著しく細長くなり，葉形比の大きい葉にもどり，それより内側の葉形は巾が長さよりしだいに広がってきているが，葉形比曲線のこう配は摘葉処理時のそれとほとんど差異がみられない。

2. 葉形比曲線におよぼす環境要素の影響

生育に伴って葉形，葉面積は急速に変化し，葉形比曲線のこう配が急から緩に変移することが

明らかになったが、葉形比曲線が環境要素によってどのように変化するかを調査した。

(1) 日照の強さの影響

8月17日に30cm鉢に白色包頭連をは種して生育一様な個体を残し、9月1日に3区に分けた。すなわち、寒冷紗2枚およびヨシズでそれぞれ遮光した区とそのままだ阳光下においた標準区とを設けて処理を行ない、9月22日に調査を行なった。

第8、9図にみられるように遮光度が強くなるにつれて葉形比曲線のこう配が急であった。

(2) 窒素肥料の影響

4月5日まきの松島交配10号を供試し、5月17日に2区に分け、一方を窒素区として硫酸2gr.を鉢ごとに10日間毎日与えて生育せしめ、他方を無窒素区とした。5月28日に調査した結果、硫酸加用によって葉は大きくなり、葉色し著しく濃くなったが、葉形比曲線のこう配には無窒素区のそれとかわりなかった(第10図)。

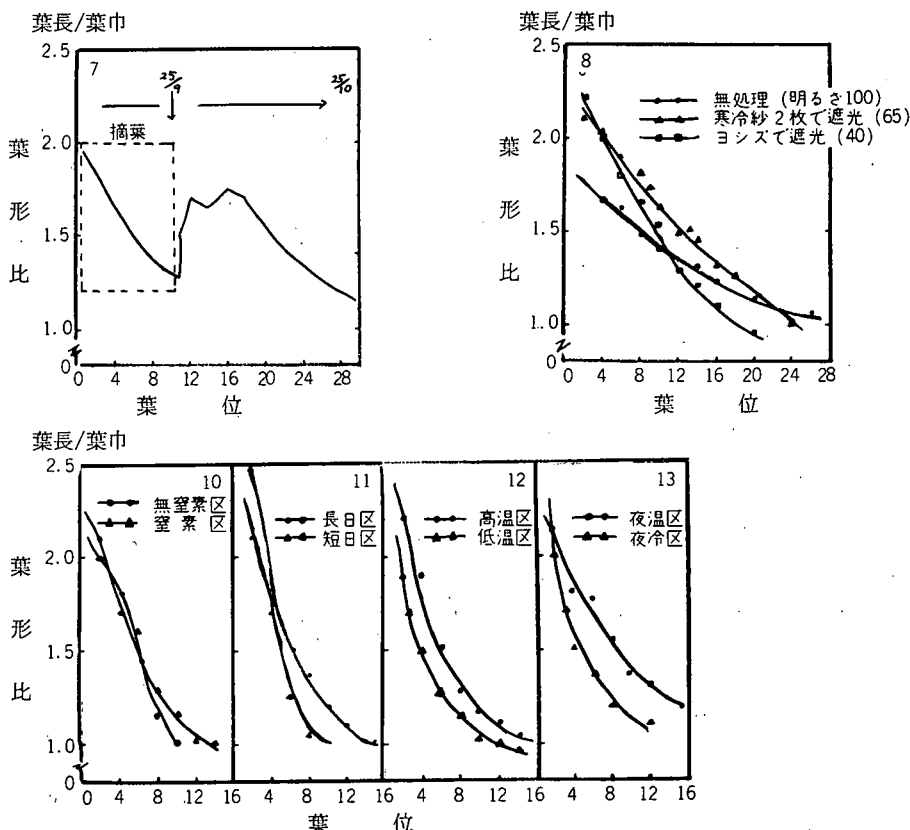
(3) 日照時間の影響

8月13日に30cm鉢には種した白色包頭連を8月24日より8時間日長区と自然日長区とに分けて処理を行なった。20日後の結果は第11図の通りで、日照時間が短くなるにつれて葉形比曲線のこう配は著しく急であった。

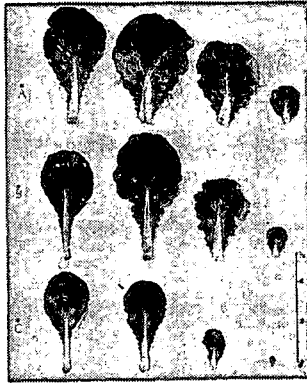
(4) 温度の影響

(i) 日中温度の影響

8月25日まきの白色包頭連を9月25日より2区に分け、一方は高温区としてガラス室に入れて保



第7図. 葉形比曲線におよぼす摘葉の影響, 第8, 10—12図. 葉形比曲線におよぼす環境の影響, 第8図. 日照の強さの影響, 第10図. 窒素肥料の影響, 第11図. 日照時間の影響, 第12図. 日中温度の影響, 第13図. 夜温の影響



A: 無処理区, B: 寒冷紗2枚区, C: ヨシズ区

第9図 日照の強さと葉形との関係

葉形比は次の通りである

	第5葉	第10葉	第15葉	第20葉
無処理区	1.89	1.30	1.23	1.12
寒冷紗2枚区	2.02	1.79	1.62	1.43
ヨシズ区	2.18	2.18	1.71	1.45



A: 円形株, B: 非円形株

第14図 円形株と非円形株  
(9月5日まき松島純2号, 10月5日調査)  
(地上重60gである)

### 3. 葉の生長におよぼす環境要素の影響

葉形比曲線が環境要素によって影響されていることは前述のとおりであるので、これを構成している個々の葉の縦の伸長と横の伸長について環境要素の影響を調査した。

#### (1) 日照の強さ、窒素肥料の影響

4月5日まきの松島交配10号を結球を開始した5月25日に展開葉を除き、葉長が約7cm、葉巾が約6cmの大きさの未展開葉を外に露出せしめ、遮光処理と窒素処理とを併用した。未展開葉は処理に対し敏感に反応するものと考えたからである。遮光処理はヨシズで無処理の明るさの50%になるようにして行なった。窒素肥料は毎日硫酸2grを10日間与えた。処理開始後2週間目の6月8日に調査した。

各葉の葉形比を比較してみると、窒素肥料の影響は遮光の影響ほど著しくない(第16図)。しかし葉の縦および横の生長量をみると、窒素は葉長、葉巾ともに伸長せしめている。これにたいし、遮光の場合、葉長、葉巾ともにその伸長が抑制されているが、葉巾の伸長抑制割合が葉長のそれより著しい。その結果葉形比が著しく増大するものと考えられた(第1表)。

温した。植物体上のガラス枠は全部除いて日照の強さによる影響を防ぎ、また夜間は戸外において対照区と同一夜温になるように心がけた。

10月10日の結果は第12図の通りで、日中高温区の方が対照区より葉形比が大きい、葉形比曲線のこう配はほとんどかわらない。

#### (ii) 夜温の影響

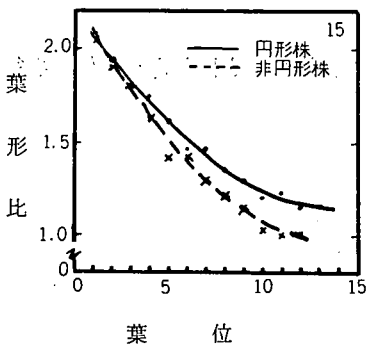
10月1日にまいた松島純2号を10月25日より2区に分け、一区は夜高温区(20°Cの恒温器に入れる)と低温区(戸外において恒温器と同大の暗箱をかぶせた)を設け、日照時間が同一になるように注意した。

20日後の結果は第13図のとおりで、20°Cの夜高温区の方が葉形比曲線の傾斜が夜低温区より緩やかであった。

#### (5) 間引と葉形比曲線との関係

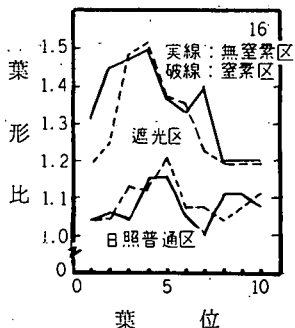
清水<sup>5)</sup>は「葉先がよくそろって、上からみたととき円形のものを残す」ことを強調しておられるので、この点を葉形比曲線のこう配の見地から調査した。

9月5日まき松島純2号を10月5日に円形株と非円形株とに分けて収穫し、同一重量の株について(第14図)葉形比曲線をとってみると、第15図のような結果が得られた。すなわち円形株は非円形株より葉形比曲線のこう配が緩やかであった。



第15図 円形株および非円形株の葉形比曲線

(品種 松島純2号 9月5日まき 10月5日調査)  
(地上部重はそれぞれ60gである)



第16図 葉形におよぼす日照の強さおよび窒素肥料の影響

第1表 葉の生長におよぼす日照の強さおよび窒素肥料の影響

葉位		外側 ← → 内側											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
葉長 cm	窒素区	26.2	24.2	22.8	18.0	17.2	15.4	13.6	11.4	10.2	8.2	7.8	4.8
	無窒素区	24.0	20.6	15.2	11.6	11.0	8.8	5.8	5.8	4.0	3.5	3.0	2.2
	差	+2.2	+3.6	+7.6	+6.4	+6.2	+6.6	+7.8	+5.6	+6.2	+4.7	+4.8	+2.6
葉巾 cm	窒素区	25.2	23.0	20.0	16.0	14.0	14.2	12.6	11.0	9.4	7.0	7.0	4.8
	無窒素区	23.0	19.4	14.6	13.0	10.0	10.4	8.8	5.0	5.0	3.5	3.2	2.5
	差	+2.2	+3.6	+5.4	+3.0	+4.0	+3.8	+3.8	+6.0	+4.4	+2.5	+3.8	+2.3
葉長 cm	日照普通区	24.0	20.6	15.2	11.6	11.0	8.8	5.8	5.8	4.0	3.5	3.0	2.2
	遮光区	27.8	18.4	13.6	10.0	9.2	7.2	4.3	2.7	2.7	—	—	—
	差	-3.8	+2.2	+1.6	+1.6	+1.8	+1.6	+1.5	+3.7	+1.3	—	—	—
葉巾 cm	日照普通区	23.0	19.4	14.6	13.0	10.0	10.4	8.8	5.0	5.0	3.5	3.2	2.5
	遮光区	23.0	15.0	10.4	7.8	6.2	5.6	3.8	2.4	2.5	—	—	—
	差	0	+4.4	+4.2	+5.2	+3.8	+4.8	+5.0	+2.6	+2.5	—	—	—

\* 4月5日まき松島交配10号 5月25日より処理を行ない、6月8日に調査を行った。

\* 窒素区：毎日硫酸2gを鉢毎に10日間与えた。  
遮光区：ヨシズをもって日照普通区の50%の強さとした。

(2) 日照時間の影響

第2実験の(3)に行なった植物体を供試して葉の生長に及ぼす日照時間の影響をみると、第2表の結果から葉長、葉巾の伸長がともに短日処理区が無処理の長日区より劣っている。

第2表 葉の生長におよぼす日照時間の影響

処理差	葉位	外側 ← → 内側									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
長日区	葉長 cm	+2.5	+4.6	+5.8	+6.7	+9.1	+8.3	+7.7	+7.8	+5.1	+5.6
	葉巾 cm	+1.7	+3.5	+4.0	+4.9	+6.1	+4.9	+5.1	+5.5	+5.3	+4.4

\* +は長日区が短日区より大きいことを示している。

\* 8月13日まき白色包頭連を8月24日より短日区(8時間日長)、長日区(自然日長区)に分けて処理し、9月14日に調査した。

## (3) 温度の影響

## (i) 日中温度の影響

8月25日まき白色包頭連を9月22日に展開葉を除いて第2実験の(4)と同じように処理を行ない、10月10日に調査した。

第3表にみられるような結果が得られた。

日中の温度が高いと葉長の伸びが葉巾の伸びより著しかった。

第3表 葉の生長におよぼす日中温度の影響

葉位		外側 ← → 内側									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
葉長 cm	高温区	22.8	21.3	20.6	20.9	18.8	17.0	13.4	11.0	9.0	6.1
	低温区	18.1	17.1	16.9	15.2	14.5	13.2	12.5	11.0	9.5	8.5
	差	+4.7	+4.2	+3.7	+5.7	+4.3	+3.8	+0.9	0	-0.5	-2.4
葉巾 cm	高温区	11.8	11.0	11.2	10.5	8.6	7.9	7.2	6.2	6.0	4.3
	低温区	10.3	10.2	9.8	8.8	7.8	7.7	7.5	7.2	6.4	6.4
	差	+1.5	+0.8	+1.4	+1.7	+0.8	+0.2	-0.3	-1.0	-0.4	-2.1

\* 8月25日まき白色包頭連, 6月22日より温度処理を行ない, 10月10日に調査を行なった。

\* 日中温度: 高温区; 33~27°C, 低温区; 27~21°C 大体5~9°Cの差がみられた。

## (ii) 夜間温度の影響

第2実験の(4)に行なった植物体を供試して葉の生長に及ぼす夜温の影響をみると, 第4表の結果から20°Cの夜高温区のすでに展開していた葉の生長は夜冷区より少く, 抑制されているが, 内部が急速に生長展開している。

第4表 葉の生長におよぼす夜温の影響

葉位		外側 ← → 内側									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
夜温区	葉長 cm	-2.4	-2.7	-1.1	+0.6	+0.8	+2.6	+3.6	+4.7	+4.5	+5.0
夜冷区	葉巾 cm	-1.0	-2.1	-1.3	+0.2	+0.4	+1.2	+1.5	+2.7	+2.8	+2.2

\* +: 生長促進, -: 生長抑制

\* 夜温: 夜温区; 20°C, 夜冷区; 10°C

\* 10月1日まき松島純2号, 10月25日より処理を行ない, 11月15日に調査

## IV 考 察

葉形は第2, 6図にみられたように生育に伴なって著しく変化している。球を形成し始めるころには葉形比が1に近く, しかも葉柄の基部まで葉肉組織が発達した葉面積の広い丸い葉が内部にみられた。これは外側の葉によって内部が遮光されたとき互に抱合しあうのにひじょうに都合よく, それによって結球体勢が充足されることを示すものであろう。したがって丸い大きい葉の出現は結球現象と密接に関係している。

第2, 3, 4図にみられるように葉形比曲線のこう配の緩急は, 丸い大葉の出現の早晩を示している。なかでも結球開始時には生育度の異なる株もほぼ同こう配の葉形比曲線を示したことはよく前述の関係を示しているものと考えられる。



摘葉実験でみられたように外側の葉がなくなると一時生育がとまって新に葉が展開し、その後に摘葉前と同こう配の葉形比曲線がみられたことは外側の展開葉が内部から發育してくる葉の葉形を支配しているばかりでなく、葉形比曲線のこう配には外葉による内部葉の遮光程度をも示しているものと考えられる。

以上のように葉形比曲線のこう配は葉の大きさ、形および遮光程度を示し、生育に伴なって急から緩に変移して行く性質をもっている。

葉形比曲線のこう配は窒素肥料、日中温度によってはほとんど影響されないが、日照時間の長さ、強さおよび夜間の温度には強く影響されている。これは前者が各葉の長さおよび巾をそれぞれ伸長させるが、葉形比を変化せしめない範囲の生長であるのに対し、後者が長さとの伸長に対しそれぞれ強力に影響を与えるため、日照時間の長いほど、日照の強いほどまた夜温が生育適温 $20^{\circ}\text{C}$ に近いほど葉巾の伸長を葉長より促進するためである(第1—4表、第10—13図)。

以上の関係は Went<sup>6)</sup> の *phyllocaline*, *caulocaline* の生成説によって説明される。すなわち、*phyllocaline* は葉肉の發育を促し、*caulocaline* は葉脈の生長を支配している。したがって葉長、葉巾の生長の差異は *phyllocaline* と *caulocaline* の生成量の差異に帰せられるわけである。そして *phyllocaline* の合成には光線を必要とし、日照の強いほど、日照時間の長いほど生成量は多いものと考えられるのに対し、*caulocalin* の生成には光線が関係していないので生成量は比較的影響されない。両者の生成に対し窒素が関係していることは第11図、第1表の通りである。

栽培書<sup>5)</sup> に「間引の要点として巾の広いもの、葉片が基部までついているものを残す」とあるが、葉形比が1に近い丸い葉が早く現われることを確実にする操作で、円形株を残す間引法は葉形比曲線のこう配からみて適当なしかも大切な方法であると考えられる。

## V 摘 要

葉の形、大きさと結球現象との関係を明らかにするために主として野崎2号、松島純2号、白色包頭連を供試して調査を行なった。

すなわち、葉形を葉長/葉巾比で現わし、これを外側の葉から内側の葉に結んだ曲線を葉形比曲線と称し、この曲線の性質、環境要素との関係を検討した。

1. 葉形比曲線のこう配は結球現象と密接な関係があり、葉の大きさ、葉形および外葉による内部の遮光程度をも示し、生育に伴なって急から緩に変移し、同一品種ではほぼ同じこう配になって結球を開始している。

早生の品種では葉形比曲線のこう配の移り変りが早いのに対し、晩生種では遅い傾向がみられた。

2. 葉形比曲線のこう配は窒素肥料、日中温度によってほとんど影響されないのに対し、日照時間の長さ、強さおよび夜間の温度には強く影響された。

3. 葉の長さおよび巾に対し環境要素はつぎのように働いていた。すなわち、窒素肥料、日中の温度は葉全般を生長させ、葉形比を変化せしめないが、日照時間が長いと、また日照の強いときは葉長、葉巾ともに伸長させるがとくに葉巾の伸長率が高く、葉形比は1に近づく、夜温は適温ほど葉形比を小さくする傾向がみられた。

4. 間引の方法として円形株を残し、非円形株を間引くことがすすめているが、葉形比曲線のこう配からみて合理的な方法と考えられた。

## 引用文献

1. Bensink, J. 1961. Heading of lettuce (*Lactuca sativa L.*) as a morphogenetic effect of leaf growth. *Adv. Hort. Sci. & App.* 1: 470—475.
2. 伊東秀夫・加藤 徹. 1950. ハクサイの結球現象の研究 (I) 光と結球現象の関係についての実験. *農及園* 25: 982.
3. ————. 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.
4. North, C. 1961. Relationship between leaf shape and head formation in cabbage *Adv. Hort. Sci. & App.* 1: 487—492.
5. 清水 茂. 1951. 結球白菜の栽培. 富民社, 大阪.
6. Went, F. W. 1938. Specific factors other than auxin affecting growth and root formation. *Plant Physiol.* 13: 55—80.

(昭和39年9月26日受理)