

香 川 大 学 農 学 部 紀 要

第 63 号

2001年3月

MEMOIRS OF FACULTY OF AGRICULTURE  
KAGAWA UNIVERSITY

No.63, March 2001

カイラン(*Brassica oleracea* L. var.*alboglabra* L. H. Bailey)の  
花芽形成に関する研究

奥 田 延 幸

香 川 大 学 農 学 部

香川県木田郡三木町

FACULTY OF AGRICULTURE, KAGAWA UNIVERSITY

Miki-chô, Kagawa-ken, Japan

香川大学農学部紀要

第63号

2001年3月 発行

各研究室の業績を発表するため、本学部は“香川大学農学部学術報告”と“紀要”を発行している。この“紀要”は研究の完成した比較的長い論文を発表するために発行されている。既刊の標題は最後のi-v頁に記載されている。“学術報告”および“紀要”の交換または寄贈については、香川県木田郡三木町 香川大学農学部（〒761-0795）あて照会されたい。

Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University

No.63, March, 2001

The Faculty of Agriculture, Kagawa University publishes “Technical Bulletin” (Gakujutsu Hôkoku) and “Memoirs” (Kiyô), and latter contains extended treatises. The titles of each number of “Memoirs” are printed on the pages i to v inside back cover. Correspondence concerning the exchange of publications should be directed to Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-chô, Kagawa-ken, 761-0795, Japan.

# カイラン (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey) の 花芽形成に関する研究

奥田 延幸\*

Studies on flower bud formation of Chinese kale  
(*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey)

Nobuyuki OKUDA \*

## 目 次

緒 言	1
第1章 形態的特性	3
第1節 カイランおよびキャベツ類蔬菜の染色体観察	3
第2節 形態的特性による品種分類	4
第1項 葉緑素計を用いたクロロフィル含量の簡易測定と葉色の数値化	4
第2項 花粉の形態	8
第3項 形態的特性による品種分類	11
第3節 考 察	16
第4節 摘 要	18
第2章 出らい・開花の早晩性	20
第1節 出らい・開花の品種間差異	20
第2節 考 察	26
第3節 摘 要	27
第3章 花芽形成のための低温要求性	28
第1節 定温条件下での花芽形成	28
第1項 定温条件下での生育と花芽形成	28
第2項 白花品種における花芽形成の温度範囲	32
第2節 低温処理期間	36
第3節 種子低温処理並びに苗齢	39
第1項 種子低温処理	39
第2項 苗 齢	40
第4節 考 察	46
第5節 摘 要	48

\*生物生産学科園芸科学大講座 Horticultural Science, Department of Bioresource Production, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki, Kagawa 761-0795, Japan

第4章 花芽形成に及ぼす光並びに植物生長調節物質の影響 .....	49
第1節 光合成 .....	49
第2節 日長の影響 .....	50
第1項 自然温度条件下での日長の影響 .....	50
第2項 定温条件下での日長の影響 .....	54
第3節 光強度の影響 .....	57
第4節 植物生長調節物質の影響 .....	59
第5節 考 察 .....	64
第6節 摘 要 .....	67
第5章 出らい・開花期の予測モデリング .....	68
第1節 ブロッコリーの出らい・花らい成熟の予測 .....	68
第2節 カイランの出らい・開花期の予測 .....	70
第3節 考 察 .....	72
第4節 摘 要 .....	73
第6章 種子形成に及ぼす小花齢と花粉親の影響 .....	74
第1節 種子形成の季節的差異 .....	74
第2節 小花齢と花粉親の影響 .....	77
第3節 考 察 .....	82
第4節 摘 要 .....	83
総 括 .....	84
引用文献 .....	87
Summary .....	92

#### 複写される方へ

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、図書館も著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル 学術著作権協会

TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619 E-mail: naka-atsu@muj.biglobe.ne.jp

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone: (978) 750-8400 FAX: (978) 750-4744

#### Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright for clearance by the copyrihgt owner of this publication.

Except in the USA

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

TEL: 81-3-3475-5618 FAX: 81-3-3475-5619 E-mail: naka-atsu@muj.biglobe.ne.jp

In the USA

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone: (978) 750-8400 FAX: (978) 750-4744

## 緒 言

*Brassica* 属のうちでCゲノム ( $2n=18$ ) をもつ栽培種はキャベツ類 (*Brassica oleracea* L.) として分類され、この発達した貯蔵部位により、葉が発達して茎の伸長するケールとハボタン (var. *acephala*)、葉が結球するキャベツ (var. *capitata*)、腋芽の結球するメキャベツ (var. *gemmifera*)、茎の肥大するコールラビ (var. *gongylodes*)、花らいの発達するカリフラワー (var. *botrytis*) とブロッコリー (var. *italica*) などの変種に分けられている。これらのキャベツ類は、原種の自生地に近い地中海沿岸からヨーロッパで成立してきた (藤目, 1988; Thompson, 1976)。しかし、*Brassica* 属のうちで  $2n=18$  とされているカイランは、地理的に隔たった東洋で独自に成立したと言われている (由比, 1988)。

カイランは、主に蕾・花茎などを利用する花菜類の一種であり、葉菜として利用される場合もある。台湾では隔藍菜とも呼ばれ (熊沢・西村, 1936)、8世紀の広州で栽培されていたと記録されている (藤枝, 1993; 矢花, 1982)。現在では中国南部から東南アジア諸国で一般的に広く普及し (岩佐, 1980)、タイでのカイランの栽培面積は約 6700ha に達している (Sagwansupyakorn, 1994)。

元来、キャベツ類はアジアに自生していない。アジアで栽培されているキャベツやブロッコリー、カリフラワーなどは、ヨーロッパから近年導入されたものであり、カイランは栽培種として導入されたとは考えられていない (水島・角田, 1969)。この成立過程については不明であるが、地中海沿岸あるいはヨーロッパから原始型のケール (藤枝, 1993)、カリフラワー (青葉, 1993)、ブロッコリー (矢花, 1983)、あるいは *B. cretica* (Snogerup, 1980) が東洋に伝播され、熱帯・亜熱帯の条件に適応して、中国南部から東南アジアで成立・普及してきたのではないと言われている (岩佐, 1980; 熊沢・西村, 1936; 蔣, 1987; 矢花, 1982)。我国にも導入は図られてきたが、それらが早生種に偏っていたためか、周年栽培体系は確立されず、自家消費が中心であった (藤枝, 1993)。諸外国との交流がより一層増加するにつれ、今後は東南アジアの食材として日本でも利用されていくことが期待されている。一方、耐暑性の導入あるいは栽培期間の短縮化などを目的とし、カイランを育種材料として

蕾や花茎を利用する新蔬菜の作出のための研究がされている (Hossain et al., 1994; 位田ら, 1987; Kudou et al., 1994)。蕾や花茎を利用する新蔬菜は栄養価が高いことから、その作出の試みはこれからも増加していくものと考えられる (藤目, 1996)。したがって、カイランの我国への再導入、あるいはカイランを用いた品種改良・新蔬菜作出のためには、まずその形態的並びに生態的特性、特に花芽形成条件並びに種子形成条件を十分に解明しておく必要がある。

*Brassica* 属のほとんどの種類では花卉が黄色であるのに対して、カイランでは白色であることから、Bailey (1922) はこれを *B. alboglabra* として分類した。しかし、カイランにも黄色品種があり、極まれに赤色品種の記載も見られる (Herklots, 1972)。黄花品種の栽培は白花品種と比較して少なく、品種特性についての報告は少なく、その形態的特性の詳細は明らかでない。

カイランは、比較的高温期にも出らい・開花することから、大部分の *B. oleracea* とは異なり、花芽形成のために低温を必要としないのではないかとされている (由比, 1988)。さらに、花芽形成に及ぼす日長の影響についての知見はほとんどない。また、自家不和合性を持つ多くの *B. oleracea* とは異なり、早生種のカリフラワー (藤目, 1988) と同様に、カイランは自家和合性であると言われている (由比, 1988)。しかし、これらの程度、品種間差異などの詳細については明らかにされていない。

そこで本研究では、黄花品種そのものの形態的特性、あるいは白花と黄花品種間の形態的特性にどのような差異があるのかをまず明らかにしようとした。次いで、カイランの出らい・開花の早晩性を数年間にわたって調査して、形態的特性と出らい・開花の早晩性との関係を考察した。さらに、温度制御下における花芽形成に及ぼす温度の影響、花芽形成に及ぼす低温処理期間および苗齢の影響について考察し、花芽形成に及ぼす日長と植物生長調節物質の影響について検討した。また、出らい・開花と気象要因との関係について統計解析をして、これらの予測のためのモデリングを検討した。一方、カイランの種子形成に及ぼす小花の齢と花粉親の影響について調査し、採種条件について考察した。

## 謝 辞

本研究の遂行と論文のとりまとめにあたり、京都府立大学教授藤目幸擴博士に多大のご配慮とご助言、終始懇切なご指導とご校閲を賜った。ここに謹んで心から感謝の意を表す。

香川大学教授松井年行博士には、化学分析の遂行にあたり有益なご助言と本論文のご校閲を賜った。ここに記して深く感謝の意を表す。

さらに、本論文のとりまとめにあたり、愛媛大学教授門屋一臣博士、同教授水谷房雄博士、高知大学教授長谷川耕二郎博士にご校閲を賜った。岡山大学助教授小倉久和博士には、染色体の観察実験の遂行にあたり、有益なご助言と多大の援助を賜った。香川大学農学部園芸科学大講座教官各位並びに岡山大学助教授吉田裕一博士には、研究遂行にあたりご鞭撻とご協力を賜った。ここに記し

て、これらの方々に対して厚く感謝の意を表す。

また、カイランの種子収集並びに中国語論文の翻訳にあたり、中華人民共和国天津市園芸工程研究所所長郭富常博士並びに同研究所副所長孟 廣雲氏に多大のご便宜とご協力を頂いた。香川大学農学部共同利用機器等管理室長徳田 孝氏並びに株式会社四国総合研究所垣渕和正博士には、走査型電子顕微鏡を用いた実験の遂行並びにコンピューターを用いた解析の遂行にあたり、有益なご助言とご配慮を頂いた。実験の遂行にあたり、蔬菜園芸学専攻の学生各位の多大の援助を得た。ここに、これらの方々に対して深謝の意を表す。

なお、本論文は愛媛大学審査学位論文を印刷に付したものである。

## 第1章 形態的特性

*Brassica* 属のほとんどの種類では花卉が黄色であるのに対して、カイランでは白色であることから、Bailey (1922) はこれを *B. alboglabra* と分類した。すなわち、カイランは *Brassica* 属の中で独立した種として *B. alboglabra* とする考えである (Yang et al., 1988; Snogerup, 1980; 角田, 1991)。一方、キャベツ類の一変種として *B. oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey とする考えがあり (Larkcom, 1991)、園芸学会ではこちらの考えを支持している (園芸学会, 1979)。しかし、今のところどちらにも統一されていないため、Sagwansupyakorn (1994) は両学名を併記している。

カイランは白花であることから、Bailey (1922) によって *B. alboglabra* と分類されたが、その後カイランにも黄色のあることが報告されている。一方、カイランの染色体数は  $n = 9$  であると報告されている (Yang et al., 1988)。しかし、これら染色体数の報告では、調査されたカイランの形態的特性、特に花卉色については明らかでない。黄花と白花のカイランの染色体数に差異があるか、また *Brassica* 属のキャベツ類と同じかどうかについては、多くのカイラン品種を用いて調査されていない。カイランの多くの品種で染色体数を知ることは、カイランを用いた育種および採種での基礎的知見として必要であると考えられる。

また、黄花品種の栽培は白花品種と比較して少なく、品種特性についての報告は少ない。したがって、これらの形態的特性の詳細は明らかでない。由比ら (1988) はカイランを栽培して、その性状から白花と黄花を4グループに類別している。しかし、供試された黄花は1品種だけであったため、黄花品種の特性調査は不十分である。黄花品種そのものの特性、あるいは白花と黄花品種間の特性にどのような差異があるのかを究明する必要がある。

そこで本章では、これらの疑問点を明らかにするために以下の実験を行った。

### 第1節 カイランおよびキャベツ類蔬菜の染色体観察

カイランの染色体数を明確にしておくことにより、カイランの形態的・生態的特性を解明する上で、基礎的な知見を得られるものと考えられる。さらに、カイランを用いた育種および採種での基礎資料として必要であると考えられる。そこで本節では、カイランおよび数種キャ

ベツ類の根端細胞での染色体を観察した。

#### 材料および方法

カイランおよびキャベツ類の合計7種類・32品種を供試した (第1表)。

Table 1. Varieties and cultivars used in this experiment.

Variety	Cultivar Name
Broccoli	'Green comet'
	'Wase-midori'
Brussels sprouts	'Family seven'
	'Wase-komochi'
Cabbage	'Couv P.T.'
	'Couv G.'
	'Green bowl'
	'Haru-hikari'
	'Kinkei-YR21'
Cauliflower	'Shiratama'
Chinese kale	'Chugoku-kairan-Y'
	'Enyou-shirobana'
	'Hakushin'
	'Kairan-K' (Kaneko Seed Co.)
	'Kairan-M' (Marutane Seed Co.)
	'Kairan-T' (Takii Seed Co.)
	'Kairan-Y' (Yamato Seed Co.)
	'Kibana-donyou'
	'Kibana-kakurin'
	'Kuro'
	'Kuro-kaku'
	'Nankin-kibana'
	'Senyou-shirobana'
	'Shiro'
'Shiro-kaku'	
'Shirobana-kuroba'	
'Shokushin-kibana'	
'Taishin'	
Kale	'Aojiru-you-Kale' (Takii Seed Co.)
	'Kale' (Tohoku Seed Co.)
Kohlrabi	'Grand duke'
	'Sun bird'

直径9cmのシャーレに2枚のろ紙を敷き、この中に各品種100粒の種子を置床した。適量の再蒸留水を加えた後、シャーレを23.5℃・16時間日長条件に設定したグロースチャンバー内に置いた。

種子根が1~3cm程度に伸長したとき、前処理を行った。前処理は、20mlの再蒸留水を入れたガラス製サンプル瓶 (容量30ml) に、各品種ごとに発芽種子を入れ、このサンプル瓶を0℃の氷温中に8~24時間置いて行っ

た。前処理後、サンプル瓶中の再蒸留水を、酢酸とエタノール (99%) を 1 : 3 で混合した溶液と置換して、約 20°C の室温に 3 日間置いて固定した。

前処理と固定の後、フォイルゲン押しつぶし法により、標本を作製した。すなわち、固定した種子根を、60°C の 1N-HCl 中で 10 ~ 20 分間加水分解し、次にフォイルゲン液に移して 10 ~ 20 分間置いて染色した。これらの処理した種子根の根端を採取して、スライドガラス上で再び酢酸カーミン液により染色した後、押しつぶして標本を作製した。この標本を光学顕微鏡下で観察し、染色体を写真撮影して記録した。

## 結 果

供試したキャベツ類蔬菜では根端の染色体数はすべて  $2n = 18$  であり、染色体数に変異は見られなかった。このうちブロッコリー、メキャベツ、キャベツおよびコールラビの根端細胞を、第 1 図に示した。

一方カイランでは、白花品種と黄花品種での染色体数に差は見られず、供試したすべての品種で  $2n = 18$  であった (第 2 図)。したがって、カイランの染色体数はキャベツ類蔬菜の染色体数と同じ  $2n = 18$  であることが確認された。

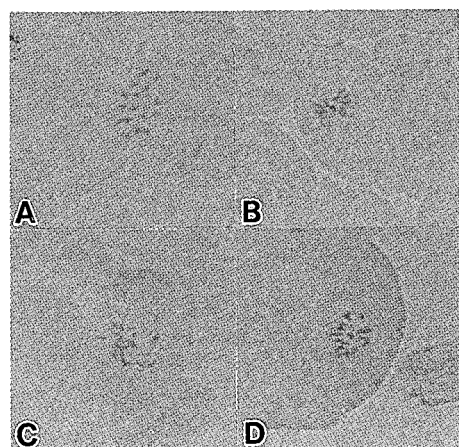


Fig. 1. Chromosomes in root-tip cell of *Brassica oleracea*. Refer to Table 1.

- A : Broccoli, 'Green comet'
- B : Brussels sprouts, 'Family seven'
- C : Cabbage, 'Green bowl'
- D : Kohlrabi, 'Sun bird'

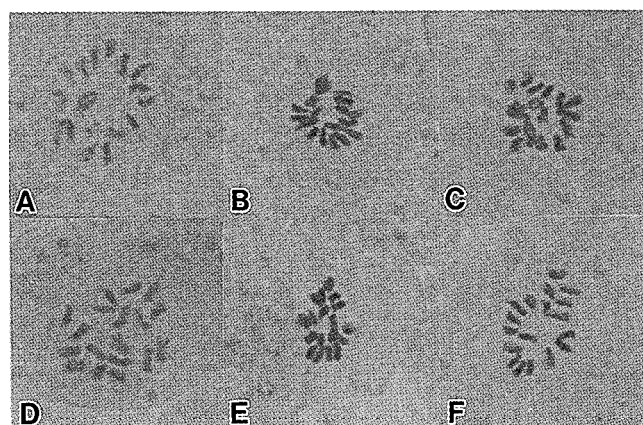


Fig. 2. Chromosomes in root-tip cell of Chinese kale. Refer to Table 1.

- A : 'Enyou-shirobana',
- B : 'Kairan-T',
- C : 'Kibana-donyou',
- D : 'Kuro',
- E : 'Nankin-kibana',
- F : 'Shokushin-kibana'

## 第 2 節 形態的特性による品種分類

カイランの花弁色は白色であることから、Bailey (1922) はこれを *Brassica alboglabra* として分類した。しかし、カイランにも黄色があり、極まれに赤色の記載も見られる。黄花の栽培は白花と比較して少なく、品種特性についての報告は少なく、その形態的特性の詳細は明らかでない。

本節では、まず葉緑素計の測定値とクロロフィル含量を測定し、葉緑素計の測定値からクロロフィル含量の推定および葉色の数値化の可能性を検討した。次に、キャベツ類の花粉の形態を観察した。さらに、カイラン品種の形態的特性について調査して、その形態的特性から品種分類を検討した。

### 第 1 項 葉緑素計を用いたクロロフィル含量の簡易測定と葉色の数値化

本項では 20 品種のカイランを供試して、葉緑素計の測定値とクロロフィル含量を測定し、葉緑素計の測定値からクロロフィル含量の推定および葉色の数値化の可能性を検討した。



Table 2. Cultivars used in this experiment.

No. of cultivar	Name of cultivar	Country
1	'Hakushin'	Japan (Sakata Seed Co.)
2	'Kairan-T'	Japan (Takii Seed Co.)
3	'Chugoku-kairan'	Japan (Sakata Seed Co.)
4	'Kairan-K'	Japan (Kaneko Seed Co.)
5	'Kairan-M'	Japan (Marutane Seed Co.)
6	'Tenshin'	China
7W	'Nankin-kibana' W	China
7Y	'Nankin-kibana' Y	China
8	'Kuro'	Taiwan
9	'Shirobana-kuroba'	Taiwan
10	'Kurokaku'	Taiwan
11	'Taishin'	Taiwan
12	'Shiro'	Taiwan
13	'Shirokaku'	Taiwan
14	'Kibana-kakurin'	Taiwan
15	'Kibana-donyo'	Taiwan
16	'Shokushin-kibana'	Taiwan
17	'Enyou-shirobana'	Thailand
18	'Senyou-shirobana'	Thailand
19	'Kairan-Y'	Japan (Yamato Seed Co.)

## 材料および方法

## 実験 1

第2表に、供試したカイランの20品種を示した。

1995年9月11日に、各品種につき50粒ずつの種子を催芽させた。催芽のそろった9月13日に、培用土を入れた直径9cmの黒ポリポットに2粒ずつを播種した。育苗は最低夜温を25℃以上に保った自然日長下のガラス温室内で行った。第2葉が展開してきた10月9日に、各ポットにつき1個体を残して間引きした。3~4枚の本葉が展開した10月18日に、1/5000 aのワグナーポットに1個体ずつを移植して、各品種につき15ポットずつを用いた。移植後は、無加温のビニールハウス（自然日長）で生育させ、葉色およびクロロフィル含量を測定した。なお、施肥は慣行に従った。

各品種ののらい・開花の見られた12月7日~12月21日に、各品種から2個体ずつを選びその第8葉を採取した。葉身を頂部、中部、基部に3等分し、葉緑素計（MINOLTA 葉緑素計 SPAD-502）を用いて各部分の葉色を無作為に20点測定した。次に、各試料2g（新鮮重）をとり、これにCaCO<sub>3</sub>と石英砂をそれぞれ0.5gずつ加えて手早く研磨した。研磨後、最終濃度が80%になるようにアセトンに12ml加えた。これをろ過して、残渣の緑色がなくなるまで80%アセトンを加えて、ろ過抽出を繰り返した。ろ過抽出後、さらに80%アセトンを加えて

50mlに定容した。この抽出液を1~4倍に希釈して、分光光度計（UVIDEC-210型、シングルビーム分光光度計）を用いて、645nm、663nmの吸光度を測定した。645nmの吸光度をOD<sub>645</sub>、663nmの吸光度をOD<sub>663</sub>として、以下の式から希釈した抽出液のクロロフィル濃度（mg/l）を計算した。

$$\text{クロロフィル a} = 12.72 \times \text{OD}_{663} - 2.58 \times \text{OD}_{645} \quad \text{--- ①}$$

$$\text{クロロフィル b} = 22.88 \times \text{OD}_{663} - 5.50 \times \text{OD}_{645} \quad \text{--- ②}$$

これら①、②の式から新鮮重1gの葉に含まれたクロロフィル含量（mg/g）を求めた。

## 実験 2

実験1と同様の品種を用いた。

1996年8月9、10日に催芽種子を播種した。9月28日および29日に、1/5000 aのワグナーポットに1個体ずつを移植した。各品種につき15個のうち3個体を選抜して、11月18日に第8葉を採取して、新鮮重と葉面積を測定した。葉面積の測定には自動面積計（林電工、AAM-8型）を用いた。これらの測定値から葉重比（新鮮重mg/cm<sup>2</sup>）を求めた。さらに、葉緑素計（MINOLTA 葉緑素計 SPAD-502）を用いて葉色を無作為に20点測定した。

## 結果

## 実験 1

## 1. 葉緑素計の測定値

葉緑素計の測定値を、第3図に示した。

葉緑素計を用いた測定値にはカイランの品種間で大きな差が見られた。つまり、'南京黄花' Wでは最も高く58.5となり、次いで'黒格'、'カイランT'、'黒'、'カイランM'では55.9~52.3と高い値を示した。'白心'、'天津'、'圓葉白花'、'中国芥藍'および'尖葉白花'では

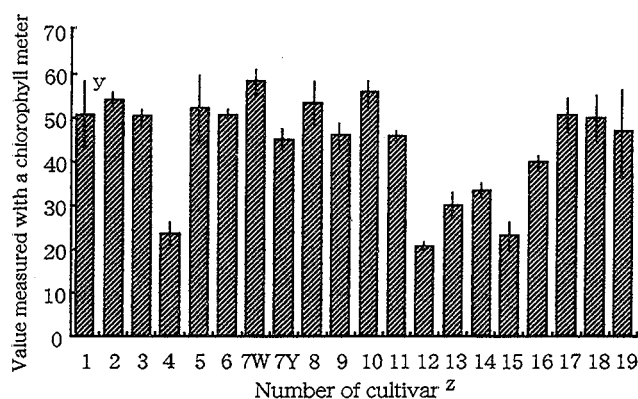


Fig. 3. Numerical values measured with a chlorophyll meter (Minolta Camera Co. SPAD-502) in the eighth leaf.

z: Refer to Table 2.

y: Vertical bars show standard deviation.

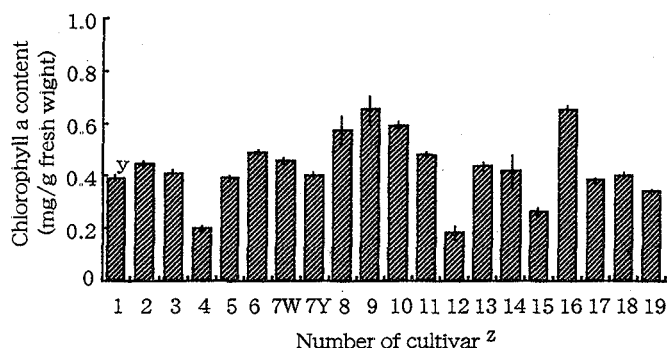


Fig. 4. Chlorophyll a concentration in the eighth leaf.  
z: Refer to Table 2.  
y: Vertical bars show standard deviation.

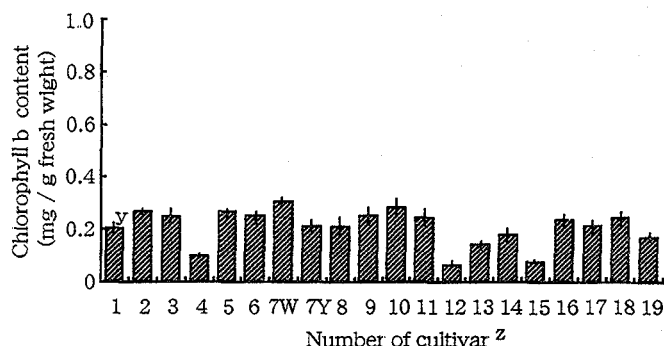


Fig. 5. Chlorophyll b concentration in the eighth leaf.  
z: Refer to Table 2.  
y: Vertical bars show standard deviation.

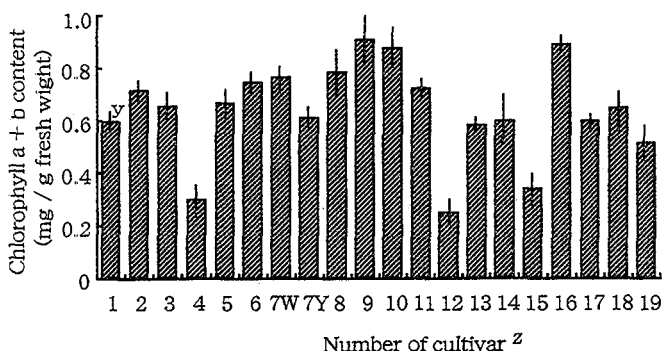


Fig. 6. Chlorophyll a and b concentration in the eighth leaf.  
z: Refer to Table 2.  
y: Vertical bars show standard deviation.

それらよりもやや低く、50.6～50.1であった。‘カイランY’、‘白花黒葉’、‘大心’および‘南京黄花’Yの測定値は、47.1～45.1の範囲にあった。

一方、‘白’の測定値は最も低い20.7となり、‘南京黄花’Wでの測定値の約1/3であった。これに次いで‘黄花嫩葉’および‘芥藍K’では23.2～23.8とやや高くなった。‘白格’、‘黄花格林’および‘食心黄花’ではこれよりも高くなり30.1～39.9であった。

2. クロロフィルa含量

新鮮重1gの葉に含まれるクロロフィルa含量を、第4図に示した。

‘白花黒葉’および‘食心黄花’のクロロフィルa含量は0.66および0.65mg/gと最も高く、次いで‘黒格’および‘黒’で高くなった。‘カイランT’、‘中国芥藍’、‘天津’、‘南京黄花’W、‘南京黄花’Y、‘大心’、‘白格’、‘黄花格林’および‘尖葉白花’ではやや低く、0.40～0.49mg/gの範囲にあった。

クロロフィルa含量の最も低くなった‘白’では0.19mg/gとなり、‘白花黒葉’および‘食心黄花’の約30%であった。‘芥藍K’および‘黄花嫩葉’はこれよりもやや高く、0.20および0.26mg/gであった。

他の品種では0.35～0.39mg/gであった。

3. クロロフィルb含量

新鮮重1gの葉に含まれるクロロフィルb量を、第5図に示した。

‘白’、‘黄花嫩葉’および‘芥藍K’のクロロフィルb含量が最も低く、0.07、0.08および0.10mg/gであった。次いで、‘白格’、‘カイランY’、‘黄花格林’ではそれらよりもやや高くなった。

一方、‘南京黄花’Wおよび‘黒格’ではクロロフィルb含量が最も高くなり、0.31および0.29mg/gであった。

他の品種では、クロロフィルb含量は0.21～0.27mg/gであった。

4. クロロフィルa+b含量

クロロフィルa+b含量を、第6図に示した。

クロロフィルa+b含量の品種間差は、クロロフィルa含量の差と同様の傾向を示した。つまり、‘白花黒葉’および‘食心黄花’のクロロフィル含量は0.91および0.89mg/gと最も高くなり、ついで‘黒格’では0.88mg/gとなった。

一方、‘白’、‘芥藍K’および‘黄花嫩葉’では最も低くなり、それぞれ0.25、0.30および0.34mg/gであった。

他品種のクロロフィルa+b含量は0.52～0.79mg/gであった。

5. 葉緑素計測定値とクロロフィル含量との関係

各品種の各部位別の葉緑素計の測定値とクロロフィル

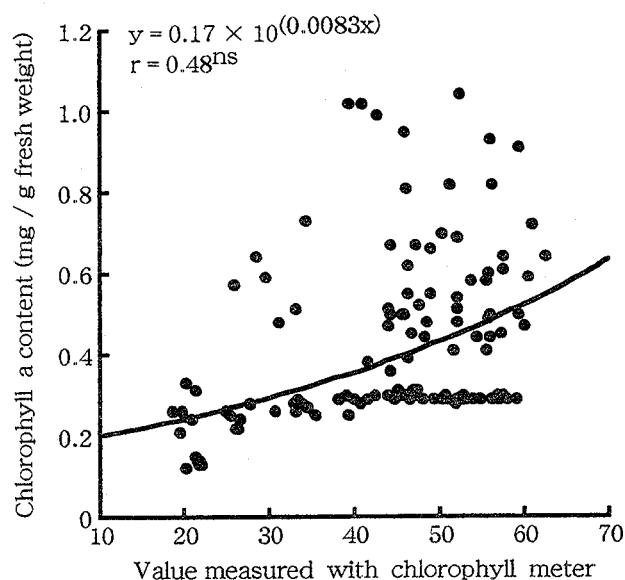


Fig. 7. Relation between the value measured with a chlorophyll meter (Minolta Camera Co. SPAD-502) and chlorophyll a concentration in the eighth leaf. Each plot represents a specimen of divided leaf.  
ns : not significant.

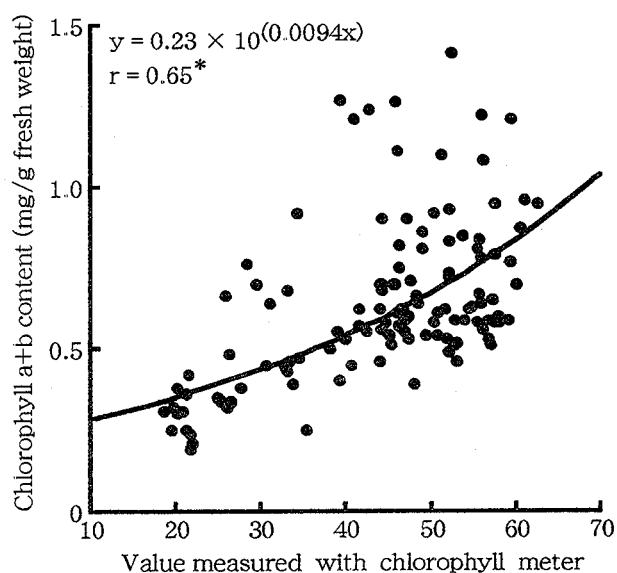


Fig. 9. Relation between the value measured with a chlorophyll meter (Minolta Camera Co. SPAD-502) and chlorophyll a and b concentration in the eighth leaf. Each plot represents a specimen of divided leaf.  
\* :  $P < 0.05$

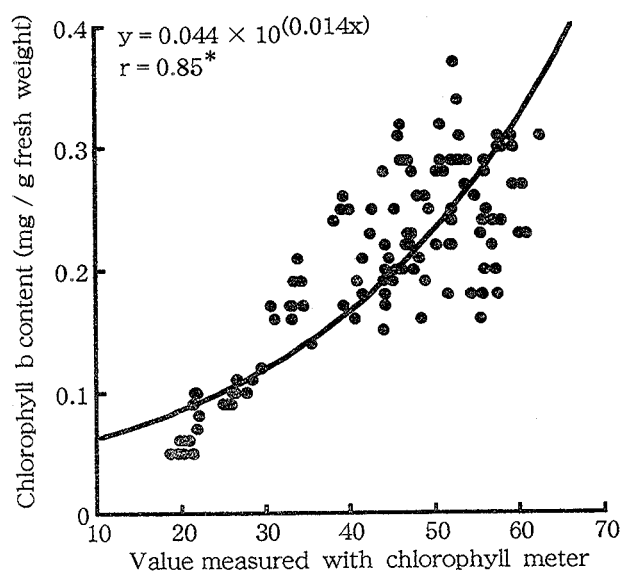


Fig. 8. Relation between the value measured with a chlorophyll meter (Minolta Camera Co. SPAD-502) and chlorophyll b concentration in the eighth leaf. Each plot represents a specimen of divided leaf.  
\* :  $P < 0.05$

含量との相関をいくつかの関数でみた結果、クロロフィル a 含量、b 含量あるいは a + b 含量のいずれでも、指数的な相関が得られた (第 7, 8, 9 図)。しかし、葉緑素計測定値とクロロフィル a 含量との間には有意な相関関係はみられず、 $r = 0.48$  であった (第 7 図)。

これに対して、葉緑素計測定値とクロロフィル b 含量との間には有意な相関関係がみられ、 $r = 0.85$  と高くなった (第 8 図)。このとき、両者の回帰をとると、 $y = 0.044 \times 10^{(0.014x)}$  の回帰式が得られ、葉緑素計の測定値が高くなるほどクロロフィル b 含量も高くなる傾向が示された。

葉緑素計測定値とクロロフィル a + b 含量との間にも高い相関を示した (第 9 図)。葉緑素計の測定値とクロロフィル a + b 含量との間には有意な相関はみられたが、クロロフィル b 含量との相関ほどは高くなく、 $r = 0.65$  であった。このとき  $y = 0.23 \times 10^{(0.0094x)}$  の回帰式が得られ、クロロフィル b 含量の場合よりも傾きは小さくなった。

#### 実験 2

各品種ごとの葉重比と葉緑素計測定値との関係を、第 10 図に示した。

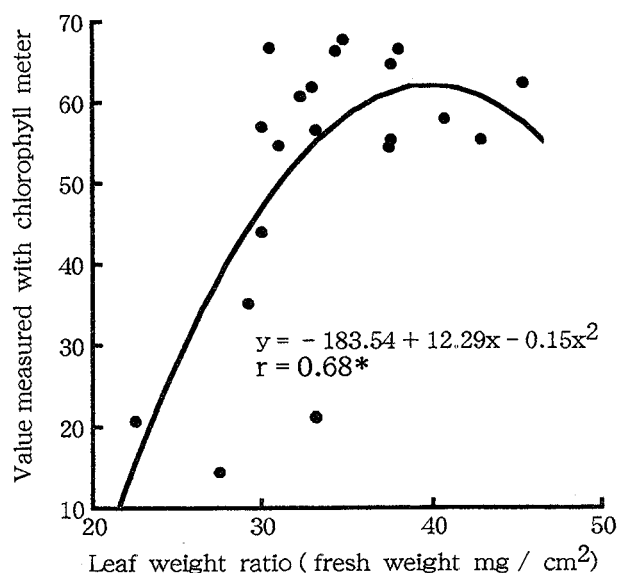


Fig. 10. Relation between leaf weight ratio and the chlorophyll concentration measured with a chlorophyll Meter (Minolta Camera Co. SPAD-502) in the eighth leaf. Each plot represented one cultivar.

\*:  $P < 0.05$

葉重比は22.4～45.4の範囲にあり、単位葉面積当たりの葉新鮮重に大きな差がみられた。また、葉緑素計の測定値は14.4～67.7となり、実験1の結果よりもやや範囲が広がった。葉重比と葉緑素計の測定値との相関をみると二次的で $r=0.68$ の有意な相関が得られた。このとき $y = -183.54 + 12.29x - 0.15x^2$ の回帰式が得られ、葉重比が約40まで増加するほど葉緑素計の測定値も増加する傾向が示された。

## 第2項 花粉の形態

本項ではカイラン、ブロッコリー、メキャベツ、キャベツ、カリフラワー、ケール、コールラビ、並びにカイランとブロッコリー、カイランとカリフラワーの雑種第一代を供試して、それらの花粉を走査型電子顕微鏡により観察した。

### 材料および方法

第3表に、供試した品種等を示した。

1997年3月にカイランの‘黄花嫩葉’、‘南京黄花’、‘天津’、‘黒’、‘食心黄花’、‘中国芥藍(Y)’、‘カイランY’、カイランとカリフラワーの雑種第一代(CK×C)、メキャベツ、キャベツ、ケール、コールラビの種子を播種して、最低夜温を25℃以上に管理したガラス温室内で

Table 3. Varieties and cultivars used in this experiment.

Variety	Cultivar Name
Broccoli	‘Gurieru’
	‘Wase-midori’
Brussels sprouts	‘Wase-komochi’
Cabbage	‘Akimaki-nakawase-2’
	‘Kinkei-YR21’
Cauliflower	‘Shiratama’
Chinese kale	‘Chugoku-kairan-Y’
	‘Kairan-T’ (Takii Seed Co.)
	‘Kairan-Y’ (Yamato Seed Co.)
	‘Kibana-donyou’
	‘Kibana-kakurin’
	‘Kuro’
	‘Nankin-kibana’
	‘Shokushin-kibana’
	‘Tenshin’
Kale	‘Aojiru-Kale’ (Yamato Seed Co.)
	‘Aojiru-you-Kale’ (Takii Seed Co.)
Kohlrabi	‘Grand duke’
	‘Sun bird’
Chinese kale x Cauliflower	‘Taishin’ x ‘Shiratama’
Chinese kale x Broccoli	‘Kairan-T’ x ‘Wase-midori’

生育させた。このうちカイランの‘黒’、‘食心黄花’、‘中国芥藍(Y)’、‘カイランY’、カイランとカリフラワーの雑種第一代(CK×C)は、播種2か月後に無加温のビニールハウスに移動して栽培した。また、メキャベツ、キャベツ、ケール、コールラビは、播種3か月後に低温生理室(10/5℃、昼/夜温)に移動して、それから5か月間生育させた後、無加温のビニールハウスに移動して栽培した。カイランの‘黄花格林’、ブロッコリー、カリフラワーは1997年8月に、‘カイランT’、カイランとブロッコリーの雑種第一代(CK×B)は1997年10月に播種して、無加温のガラス室で2か月間生育させた後、無加温のビニールハウスに移動して栽培した。

これらの植物体が開花したとき、開花当日の小花から花粉を採種した。採種した花粉は、カーボン製の両面テープの片面に添付した後、もう片面を電子顕微鏡観察用の試料台上に貼って置いた。白金蒸着した後、走査型電子顕微鏡(日立、S-800型)により、花粉の表面構造を観察した。

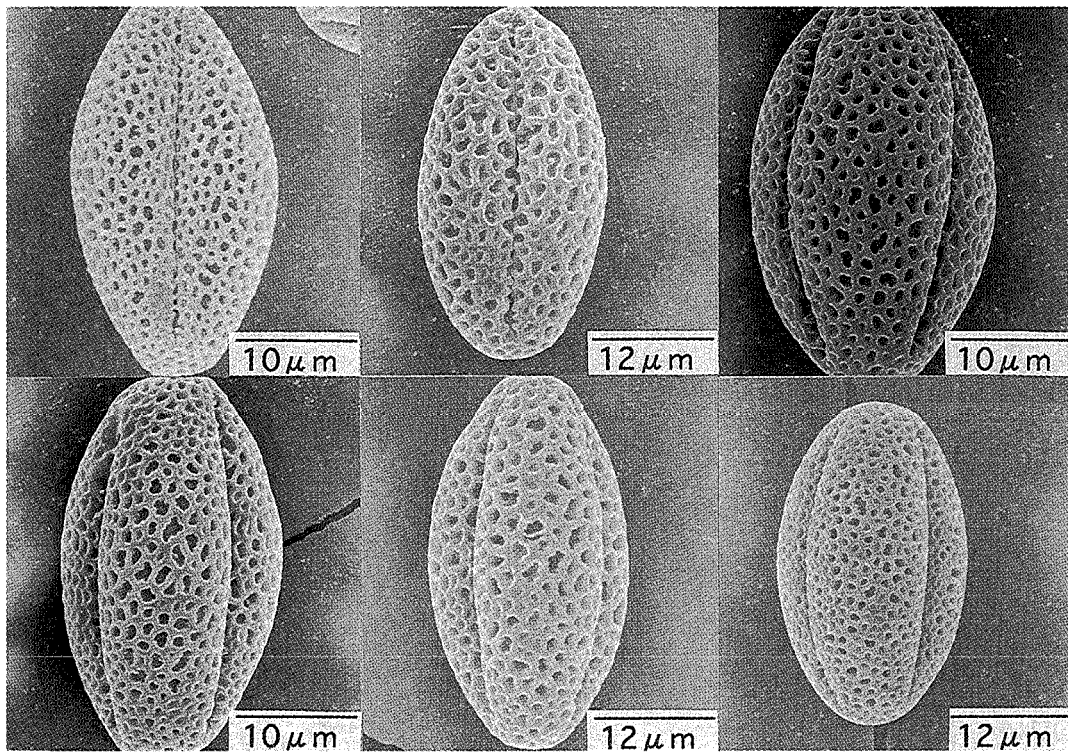


Fig. 11. A view of the major axis of a pollen grain from Chinese kale under a scanning electron microscope. Refer to Table 3.

A: 'Kairan-T', B: 'Kibana-donyo', C: 'Kuro',  
 D: 'Nankin-kibana', E: 'Shokushin-kibana',  
 F: 'Tenshin'

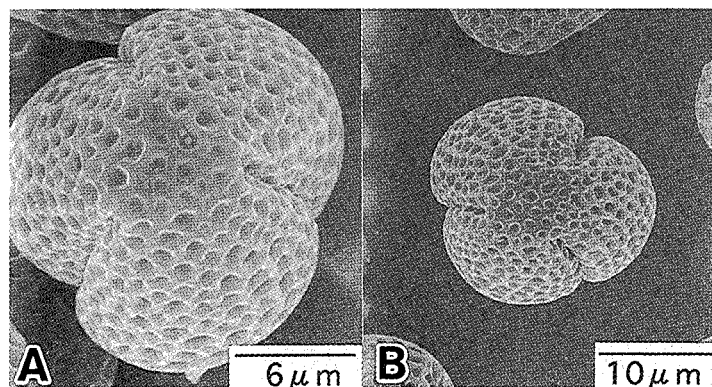


Fig. 12. A view of the minor axis of a pollen grain from Chinese kale cultivars under a scanning electron microscope. Refer to Table 3.

A: 'Kibana-kakurin', B: 'Kuro'

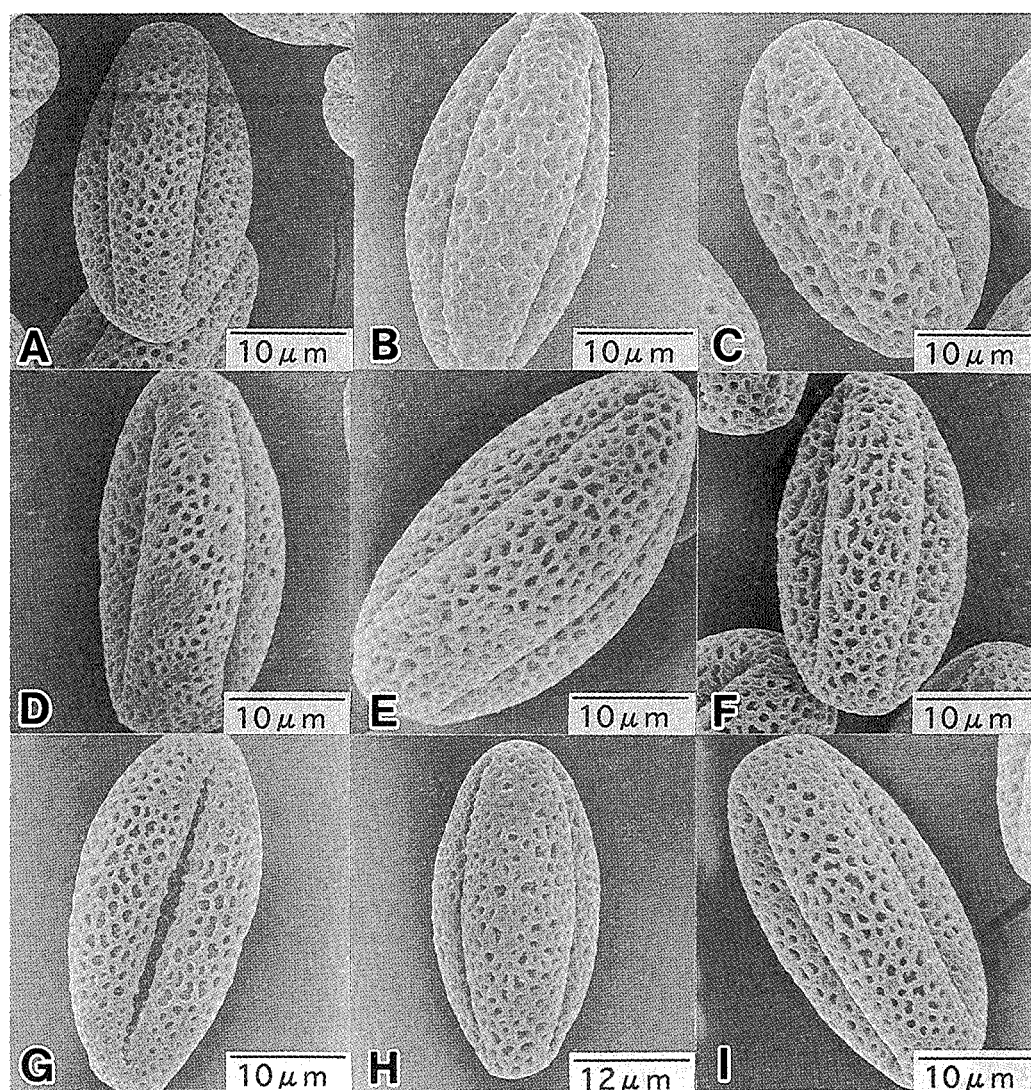


Fig. 13. A view of the major axis of a pollen grain from *Brassica oleracea* under a scanning electron microscope. Refer to Table 3.

A: 'Wase-midori', B: 'Wase-komochi', C: 'Akimaki-nakawase-2',  
 D: 'Shiratama', E: 'Kale' (Taki), F: 'Sun bird', G: 'Grand duke',  
 H: Chinese kale×cauliflower, I: Chinese kale×broccoli

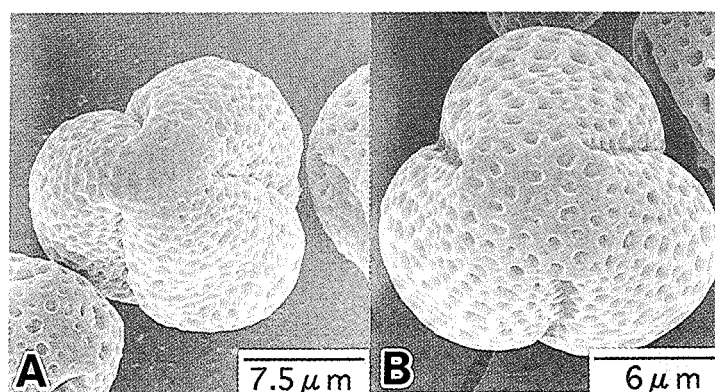


Fig. 14. A view of the minor axis of a pollen grain from *Brassica oleracea* under a scanning electron microscope. Refer to Table 3.

A: 'Akimaki-nakawase-2', B: 'Grand duke'

Table 4. Pollen morphology of Chinese kale and some groups of *Brassica oleracea* L.

Variety	Shape	Aperyure Exine	Sculpture
Broccoli	prolate	tricolpate	reticulate
Brussels sprouts	prolate	tricolpate	reticulate
Cabbage	prolate	tricolpate	reticulate
Cauliflower	perproate	tricolpate	reticulate
Chinese kale	prolate	tricolpate	reticulate
Kale	prolate	tricolpate	reticulate
Kohlrabi	prolate ~perproate	tricolpate	reticulate
Chinese kale x Cauliflower	perproate	tricolpate	reticulate
Chinese kale x Broccoli	prolate	tricolpate	reticulate

## 結果

### 1. カイラン

カイラン花粉の赤道観による電子顕微鏡像を、第11図に、遠心極観による像を、第12図に示した。カイランの花粉形態には品種間に大きな差はみられなかった。花粉は1粒ずつ離れており、それぞれの花粉粒には発芽口が認められた。発芽口は溝状であり、この溝は赤道面に3本ずつあり、互いに融合していなかった。また、花粉外壁の模様は網目型であった。赤道軸の長さに対する極軸の長さの比(P/E比)は1.67~2.00で、観察したカイラン品種はすべて長球形であった(第4表)。

### 2. その他キャベツ類並びに雑種

ブロッコリー、メキャベツ、キャベツ、カリフラワー、ケール、コールラビ、並びにカイランとブロッコリー、カイランとカリフラワーの雑種第一代における赤道観の電子顕微鏡像を、第13図に、遠心極観の像を、第14図に示した。それらの花粉には大きな差はみられなかった。カイランと同様、花粉は1粒ずつ離れており、それぞれの花粉粒には溝状の花粉口が赤道面に3本ずつあり、互いに融合していなかった。また、花粉外壁の模様はカイランと同様、網目型であった。赤道軸の長さに対する極軸の長さの比(P/E比)は1.56~2.07であり、この値はキャベツでやや小さく、カリフラワー、コールラビの‘グランドデューク’、CK×Cでやや大きくなった。カイラン以外のキャベツ類では、花粉の形は過長球形~長球形であった(第4表)。

Table 5. Cultivars used in this experiment.

Number	Cultivar		Country	Experimental year	
	Name				
1	‘Hakushin’ <sup>z</sup>		Japan	1993	1994
2	‘Kairan-T’ <sup>y</sup>		Japan	1993	1994
3	‘Chugoku-kairan’ <sup>z</sup>		Japan	-	1994
4	‘Kairan-K’ <sup>x</sup>		Japan	-	1994
5	‘Kairan-M’ <sup>w</sup>		Japan	-	1994
6	‘Tenshin’		China	1993	1994
7	‘Nankin-kibana’		China	1993	1994
8	‘Kuro’		Taiwan	1993	1994
9	‘Shirobana-kuroba’		Taiwan	1993	1994
10	‘Kurokaku’		Taiwan	1993	1994
11	‘Taishin’		Taiwan	1993	1994
12	‘Shiro’		Taiwan	1993	1994
13	‘Shirokaku’		Taiwan	1993	1994
14	‘Kibana-kakurin’		Taiwan	1993	1994
15	‘Kibana-donyo’		Taiwan	1993	1994
16	‘Shokushin-kibana’		Taiwan	1993	1994
17	‘Enyo-shirobana’		Thailand	1993	1994
18	‘Senyo-shirobana’		Thailand	1993	1994

z: Sakata Seed Co., y: Takii Seed Co.,  
x: Kaneko Seed Co., w: Marutane Seed Co.

## 第3項 形態的特性による品種分類

本項では、日本の6品種と中国・台湾・タイで収集した白花あるいは黄花の12品種のカイランを供試して、これらの形態的特性について調査した。

### 材料および方法

日本・中国・台湾・タイから収集したカイラン18品種を供試した(第5表)。1993年には15品種、1994年には18品種を用いた。2ヶ年にわたり用いた品種では、同一年度に入手した種子を供試した。その各品種につき50粒ずつの種子を23.5℃・16時間日長条件下のグロースチャンバー内で催芽させた。催芽のそろった1993年4月20日並びに1994年4月11日に、直径9cmの黒ポリポットに1粒ずつを播種した。各品種につき20個体を用いた。低温による不時抽だいを防ぐため、最低夜温を25℃以上に管理した自然日長のガラス温室内で育苗を行った。本葉が3~5枚展開した1993年5月13日および1994年5月17日に、1/5000 aワグナーポットに1個体ずつを鉢上げした。各品種につき12個体を供試した。鉢上げ後直ちに、ポットを無加温のビニールハウス内に移動した。生育中期ころまでは夜間にビニールハウスを密閉してハウス内を保温したが、生育後期には昼夜共にビニール側面を開放した。鉢上げ後のほとんどの個体で出らい・開花がみられた播種後85日目(1993年)あるいは100日目(1994年)まで生育させた。

1993年には半数以上の個体で出らしたとき、1994年には鉢上げ7日後に、子葉の位置から数えて5枚目あるいは6枚目の完全に展開した葉を第5葉もしくは第6葉として、それらの葉色と葉の形態、葉身長、最大葉幅および葉柄長を、供試した全個体について調査した。葉色の測定には葉緑素計(MINOLTA. 葉緑素計. SPAD-502)を用い、葉縁から約2 cm内側の部位を1葉について10点ずつ測定した。頂花序の第1番花の花弁が完全に展開した時を開花とした。各個体の開花時に、子葉から最終展開葉までの莖長、主莖中部の莖径、最終展開葉から花序先端までの花莖長、花序の横径、および花弁が完全に開いたときの花卉色について、開花した全個体で調査した。

これらの調査結果について、算術平均を用いた対グループ法(UPGMA法)によるクラスター分析(Romesburg, 1992)を行い、平均ユークリッド距離を形態的非類似度としてデンドログラムを作成した。

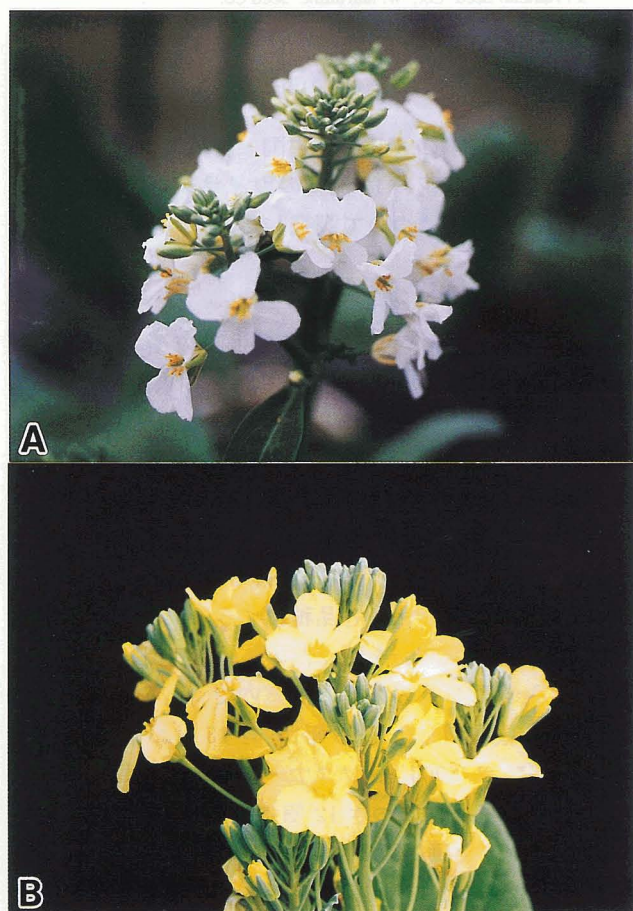


Fig. 15. Inflorescence of Chinese kale.

A: 'Enyo-shirobana' (17<sup>z</sup>),

B: 'Kibana-donyo' (15<sup>z</sup>),

z: Refer to Table 5.

なお、生育期間中の栽培管理は慣行に従った。

## 結果

供試したカイランの形態的特性は、1993年および1994年ともに同様の傾向を示したので、主に1994年の結果を以下に示した。

### 1. 花序および小花の形態的特性

最も生育の早かった'天津(6)'(品種名のカッコ内の数字は第5表の品種番号を示す。以下同様。)では5月下旬に出らして6月上旬に開花した。多くの品種では6月上旬から中旬にかけて出らが見られ、6月中旬から下旬にかけて開花した。一方、最も生育の遅かった'黄花格林(14)'では7月上旬に出らして、開花が見られたのは7月中旬であった。出ら・開花の早晩性については、この詳細を第2章に示した。

開花時の花序を、第15図に示した。カイランは他の*B. oleracea*と同様に総状花序を形成した。1花序当たり約100の小花が着生しており、各小花は4枚のがく片、4枚の花弁並びに6本の雄ずいと1本の雌ずいからなっていた。開花時の小花の直径は約2 cmであった。

花弁は白色あるいは黄色であった(第15図、第6表)。

Table 6. Petal color, inflorescence stalk length and inflorescence diameter of Chinese kale (1994).

Cv. no. <sup>z</sup>	Petal color	Inflorescence	
		length <sup>x</sup> (cm)	diameter <sup>x</sup> (cm)
1	White	7.0	b <sup>y</sup>
2	White	6.2	b
3	White	6.3	b
4	White	6.3	b
5	White	6.0	b
6	White	6.3	b
7W	White	7.3	b
7Y	Yellow	11.7	a
8	White	6.3	b
9	White	7.0	b
10	White	6.4	b
11	White	7.2	b
12	Yellow	6.5	b
13	Yellow	6.6	b
14	Yellow	12.1	a
15	Yellow	9.7	a
16	Yellow	12.4	a
17	White	6.9	b
18	White	6.8	b

z: Refer to Table 5.

7W; Plant with white petal color of 'Nankin-kibana'

7Y; Plant with yellow petal color of 'Nankin-kibana'

x: Terminal inflorescence, at anthesis.

y: Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test.





Fig. 16. Leaf shape and petal color of Chinese kale cultivars.

- A: 'Taishin' (11<sup>z</sup>), B: 'Hakushin' (1<sup>z</sup>), C: 'Nankin-kibana' (7<sup>z</sup>), D: 'Shiro' (12<sup>z</sup>),  
 E: 'Kibana-kakurin' (14<sup>z</sup>), these photographs from A to E were taken at 50 days after sowing  
 in 1993.  
 F: 'Nankin-kibana' (7<sup>z</sup>) at 65 days after sowing in 1993. These were yellow petal plants (left),  
 and white petal plants (right).  
 z: Refer to Table 5.

Table 7. Leaf shape and wrinkle of leaf blade in the fifth or sixth leaf of Chinese kale (1994).

Cv. no. <sup>z</sup>	Leaf shape	Leaf blade
1	Elliptic	Flat
2	Elliptic	Flat
3	Elliptic	Flat
4	Ovate	Wrinkled
5	Ovate	Wrinkled
6	Ovate	Wrinkled
7W	Ovate	Flat
7Y	Ovate	Flat
8	Elliptic	Flat
9	Orbicular	Wrinkled
10	Orbicular	Wrinkled
11	Orbicular	Wrinkled
12	Orbicular	Flat
13	Orbicular	Wrinkled
14	Ovate	Flat
15	Orbicular	Flat
16	Ovate	Flat
17	Orbicular	Wrinkled
18	Elliptic	Flat

z: Refer to Table 5 and Table 6.

‘白心 (1)’, ‘カイランT (2)’, ‘中国芥藍 (3)’, ‘芥藍 K (4)’, ‘カイランM (5)’, ‘天津 (6)’, ‘黒 (8)’, ‘白花黒葉 (9)’, ‘黒格 (10)’, ‘大心 (11)’, ‘圓葉白花 (17)’および‘尖葉白花 (18)’の12品種では, すべての個体は白花であった。一方, ‘白 (12)’, ‘白格 (13)’, ‘黄花格林 (13)’, ‘黄花嫩葉 (15)’および‘食心黄花 (16)’の5品種では, すべての個体が黄花であった。

‘南京黄花 (7)’では, 花卉が白色の個体と黄色の個体に分かれた (第16図F)。この分離比 (白花:黄花) は, 1993年には7:5, 1994年には5:7で, 中間色の個体は見られなかった。この品種の白花花卉は, がく片が開いて花卉がわずかに見えるまでは薄黄色で, その後花卉が開くにつれて退色した。花卉が完全に開くまでに花卉色は白色に変化し, その後花卉色には大きな変化は見られなかった。

頂花序の第1番花開花時における花茎長および花序径を, 第6表に示した。‘南京黄花 (7)’の黄花個体, ‘黄花格林 (14)’, ‘黄花嫩葉 (15)’および‘食心黄花 (16)’の花序径は他の品種よりも長くなった。

2. 葉の形態的特性

すべての品種の葉面に毛じはなく, 葉面にろう質が見られた。

白花品種のうち‘白花黒葉 (9)’, ‘黒格 (10)’, ‘大心 (11)’, ‘圓葉白花 (17)’と, 黄花品種の‘白 (12)’,

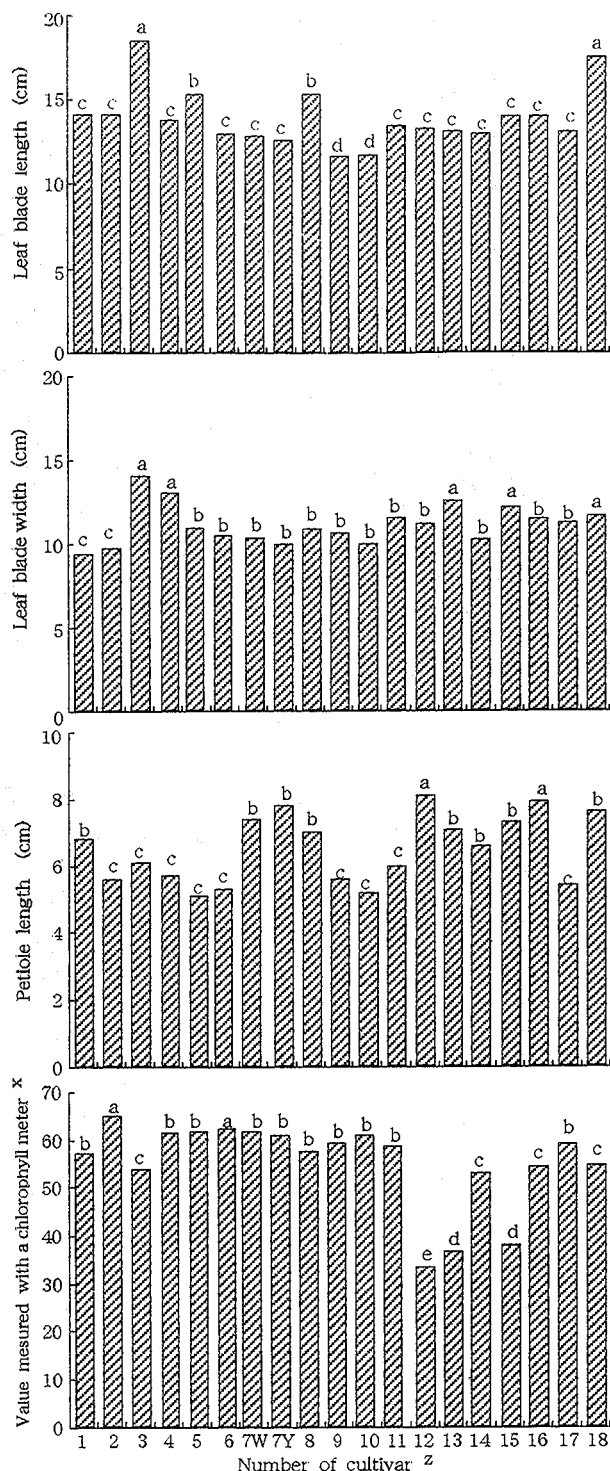


Fig. 17. Mean leaf blade length and width, petiole length and leaf color<sup>x</sup> of fifth or sixth leaf in Chinese kales (1994). Different letters indicate significant difference (P < 0.05) by Tukey-Kramer's multiple range test.

z: Refer to Table 5 and Table 6.

x: These numerical values were measured by a chlorophyll meter (Minolta Camera Co. SPAD-502).

‘白格 (13)’, ‘黄花嫩葉 (15)’の葉形は円形であった (第7表). 白花品種の‘芥藍K (4)’, ‘カイランM (5)’, ‘天津 (6)’と白花と黄花に分かれた‘南京黄花 (7)’, 黄花品種の‘黄花格林 (14)’および‘食心黄花 (16)’の葉形は卵形であった. 白花品種の‘白心 (1)’, ‘カイランT (2)’, ‘中国芥藍 (3)’, ‘黒 (8)’および‘尖葉白花 (18)’の5品種では, 葉形は楕円形であった.

白花品種のうち‘芥藍K (4)’, ‘カイランM (5)’, ‘天津 (6)’, ‘白花黒葉 (9)’, ‘黒格 (10)’, ‘大心 (11)’および‘圓葉白花 (17)’の7品種では, 調査した第5, 6葉の葉身に縮みが見られた (第16図A, 第7表). しかし, 同じ白花品種でも‘白心 (1)’, ‘カイランT (2)’, ‘中国芥藍 (3)’, ‘黒 (8)’および‘尖葉白花 (18)’の5品種には, 縮みは見られなかった (第16図B, 第7表). 一方, 黄花品種では‘白格 (13)’に縮みは見られたが, 他の品種には縮みは見られなかった (第7表). 白花個体と黄花個体に分かれた‘南京黄花 (7)’では, 葉に縮みは見られず, 白花個体と黄花個体の間に葉の形態的差異は見られなかった (第16図E).

白花品種並びに‘南京黄花 (7)’の葉色は, 黄花品種よりも濃くなった (第16図, 第17図). 黄花品種のうち‘白 (12)’, ‘白格 (13)’および‘黄花嫩葉 (15)’の3品種では, 葉色が薄くて淡緑色であった (第16図C). 黄花の他品種では, それよりもやや濃い緑色であった (第16図D). 葉緑素計を用いて葉色を測定した結果, ‘天津 (6)’および‘カイランT (2)’の測定値が最も高く, それぞれ62.4および65.0であった (第17図). 一方, ‘白 (12)’の測定値は33.3と最も低く, 次いで‘白格 (13)’および‘黄花嫩葉 (15)’の2品種で測定値は低く, それぞれ36.6および37.8であった (第17図). 黄花の‘黄花格林 (14)’および‘食心黄花 (16)’では, 測定値はそれらよりも高く, それぞれ53.1および54.4であった.

‘中国芥藍 (3)’および‘尖葉白花 (18)’の葉身は, 他の品種よりも長くなった (第17図). また, ‘白心 (1)’および‘カイランT (2)’の葉幅は他の品種よりも短くなった (第17図). 一方, ‘カイランT (2)’, ‘中国芥藍 (3)’, ‘芥藍K (4)’, ‘カイランM (5)’, ‘天津 (6)’, ‘白花黒葉 (9)’, ‘黒格 (10)’, ‘大心 (11)’および‘圓葉白花 (17)’では, 葉柄は他品種より短くなった. 葉身基部あるいは葉柄に, わずかにたく葉の見られる個体もあった.

3. 茎の形態的特性

供試したカイラン品種の茎は, 生育初期から直立して伸長しており, ロゼット状にはならなかった.

一般にカイランの蕾や花茎を利用する場合, 頂花序の第1番花が開花する頃までに収穫される. このため, 第

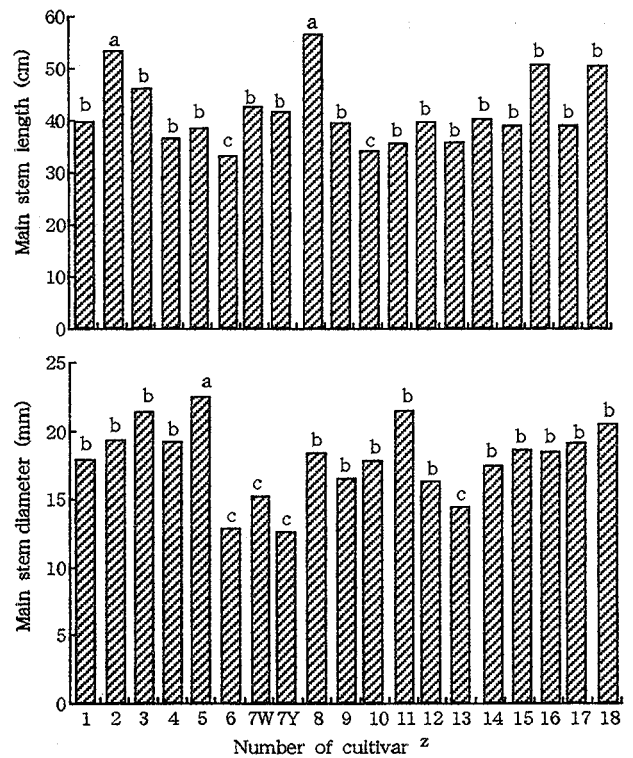


Fig. 18. Main stem length and diameter of Chinese kales at anthesis of terminal inflorescence (1994). Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test. z: Refer to Table 5 and Table 6.

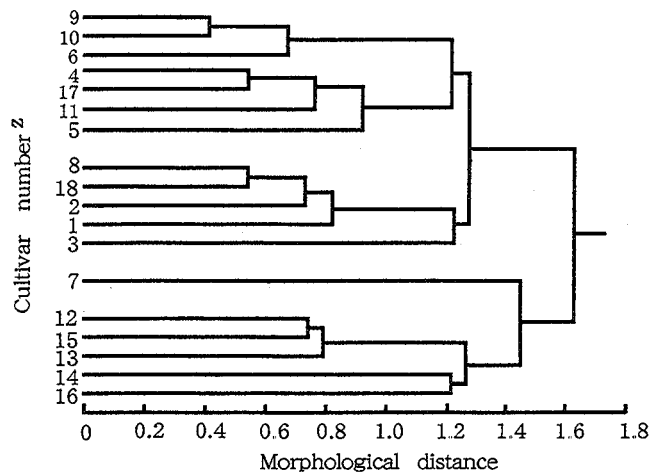


Fig. 19. Constructed dendrogram of eighteen cultivars of Chinese kale by cluster analysis. z: Refer to Table 5.

1 番花開花時の茎長および茎径を測定して、その結果を第 18 図に示した。

‘カイランT (2)’および‘黒 (8)’では茎長が最も大きく、‘天津 (6)’および‘黒格 (10)’では最も小さくなった。一方、茎径は‘カイランM (5)’で最も大きく、‘天津 (6)’、‘南京黄花 (7)’および‘白格 (13)’で小さくなった。

#### 4. クラスタ分析

調査した形態的特性からUPGMA法によるクラスタ分析を行い、その結果をデンドログラムに表した(第 19 図)。

形態的な非類似度を 1.25 で切断した場合、5 群のクラスタに分けられた。つまり、‘芥藍K (4)’、‘カイランM (5)’、‘天津 (6)’、‘白花黒葉 (9)’、‘黒格 (10)’、‘大心 (11)’および‘圓葉白花 (17)’のクラスタ、‘白心 (1)’、‘カイランT (2)’、‘中国芥藍 (3)’、‘黒 (8)’および‘尖葉白花 (18)’のクラスタ、さらに‘白 (12)’、‘白格 (13)’および‘黄花嫩葉 (15)’のクラスタ、‘黄花格林 (14)’および‘食心黄花 (16)’のクラスタ並びに‘南京黄花 (7)’のクラスタに分けられた。

‘白花黒葉 (9)’と‘黒格 (10)’との非類似度が最も低くなり、他の品種と比較して最も類似していることが示された。また、‘白心 (1)’、‘カイランT (2)’、‘中国芥藍 (3)’、‘黒 (8)’および‘尖葉白花 (18)’のクラスタでは、‘黒 (8)’と‘尖葉白花 (18)’との非類似度が最も低くなった。一方、‘中国芥藍 (3)’は高い非類似度で連結しており、‘中国芥藍 (3)’はこのクラスタの他品種とは形態的にやや離れた特性を持っていることが示唆された。

一方、‘白 (12)’、‘白格 (13)’および‘黄花嫩葉 (15)’のクラスタ、‘黄花格林 (14)’および‘食心黄花 (16)’のクラスタでは、連結する非類似度が高くなる傾向にあった。つまり、Y-A群では‘白 (12)’と‘黄花嫩葉 (15)’との非類似度は最も低かったが 0.75 となり、‘黄花格林 (14)’と‘食心黄花 (16)’の非類似度が 1.22 であった。‘南京黄花 (7)’は白花品種と黄花品種の中間的な特性を持っていたが、黄花品種のクラスタ‘白 (12)’、‘白格 (13)’および‘黄花嫩葉 (15)’のクラスタ、‘黄花格林 (14)’および‘食心黄花 (16)’のクラスタと非類似度 1.44 で連結した後にその他のクラスタと連結した。

### 第3節 考察

カイランの染色体数を述べている報告はあまり多くない。Snogerup (1980) によると、カイランは  $2n = 18$  であり、*Brassica alboglabra* に分類されると述べている。Herklots (1972) と高橋 (1985) も同様に、カイランは  $n = 9$  の *B. alboglabra* に分類されるとしているが、ゲノムについては明らかにしていない。また、水島・角田 (1969) は、カイランを *B. alboglabra* として、 $n = 9$  の Cゲノムを持つと述べている。これらの報告の他に、染色体数を明らかにしていないが、カイランを *B. alboglabra* とし、キャベツ類とは異なった種として分類しているいくつかの報告がある (Bailey, 1922, 1930; 岩佐, 1980; 蔣, 1987)。また、熊沢・西村 (1936) は、カイランは「*B. alboglabra* とされていたが、近年 *B. oleracea* L. var. *acephara* とされている」と述べ、ケールの一種であると報告している。篠原 (1941) も同様に、カイランを *B. oleracea* L. var. *acephara* とし、キャベツ類に属することを示している。矢花 (1983) は、黄花のカイランはケールの一種ではないかと述べ、黄花を *B. oleracea* L. var. *acephara* とし、白花を *B. alboglabra* として分けている。一方、最近ではカイランをキャベツ類に含めるが、ケールとしてではなく *B. oleracea* L. var. *alboglabra* として分類するいくつかの報告がある (青葉, 1993; 藤枝, 1993; Larkcom, 1991; 由比ら, 1987; 由比, 1988)。

以上の報告から、カイランは *Brassica* 属に分類され、染色体数は  $n = 9$  ( $2n = 18$ ) であるが、種・変種名については統一されていないことがうかがえる。

Sagwansupyakorn (1994) は、カイランの染色体数は  $n = 9$  であり、この学名として *B. alboglabra* と *B. oleracea* L. var. *alboglabra* を併記している。しかし、Sagwansupyakorn (1994) は、カイランの野生種は知られてないことから、カイランを *B. oleracea* の中の一変種として *B. oleracea* L. var. *alboglabra* と分類するのが適当ではないかと述べている。これに対して、Yang et al. (1988) は、カイランと数種キャベツ類の花粉により染色体の核型分析と花粉の形態を観察している。これによると、カイランの染色体数は  $n = 9$  であり、キャベツ、ケールとカリフラワーの染色体数と同じであったと報告している。さらに、カイランとキャベツ類の花粉染色体の核型は、ほぼ同じであったと述べている。しかし、花粉の形態ではカイランとキャベツ類の間に差異が見られたことから、カイランは独立した別の種であり、*B. alboglabra* として考えられると報告している。

第 1 節の実験では、カイランとキャベツ類の根端細胞での染色体を観察した。この結果、カイランの根端細胞

での染色体数は、品種間に差はなく  $2n = 18$  であり、キャベツ類の染色体数と一致した。これは、カイランの染色体数を述べている他の報告と一致している。また、第2節での結果から、カイランには白花品種と黄花品種があったこととあわせて、白花品種と黄花品種ともに染色体数は  $2n = 18$  であり、花弁色により染色体数は異なることが本研究により明らかとなった。

また、Yang et al. (1988) は、カイランの花粉が球形もしくは無極型で、その発芽口は散孔型であると述べ、キャベツ類とは異なると報告している。カイランの花粉の形態について、Wei (1991) は、その形状は亜長球形で、発芽孔は三溝型、花粉外壁の模様は網目型であったと述べ、基本的に他の *Brassica* 属と一致しており、Yang et al. (1988) とは異なると報告している。第2節でのカイランの花粉観察では、品種間に大きな差はみられなかった。花粉は1粒ずつ離れており、それぞれの花粉粒には発芽孔が認められた。発芽孔は溝状であり、この溝は赤道面に3本ずつあり、互いに融合していなかったことから、Wei (1991) の報告と同様に三溝型であると考えられた。また、花粉外壁の模様は網目型であった。赤道軸の長さに対する極軸の長さの比 (P/E比) は1.67~2.00で、観察したカイラン品種はすべて長球形であり、Wei (1991) の報告よりもさらに楕円であった。他のいくつかのキャベツ類と花粉の形態を比較した結果、カイランとキャベツ類の間に大きな差異は認められなかった。これらのことから、花粉の形態からカイランが独立した別の種であるとした Yang et al. (1988) の報告とは異なった。カイランとキャベツ類の交配により稔性種子が容易に得られたと報告され (Hossain et al., 1989)、筆者もカイランとブロッコリー、カリフラワー、キャベツとの正逆交配から稔性種子を得ている (未発表)。これらのことから、カイランをキャベツ類の一変種として考え、*B. oleracea* L. var. *alboglabra* とすることが妥当であるとした Sagwansupyakorn (1994) の報告を、本実験では支持できるものと考えられた。

第2節では、日本、中国、台湾およびタイから収集した18品種を供試した結果、12品種の白花品種と5品種の黄花品種、さらに白花個体と黄花個体に分離した1群に分けられた。カイランの花弁色について、Bailey (1922) は白花を持つ *Brassica* 属として分類し、白花の他にも黄花個体があったことを報告している。花弁色について、水島・角田 (1969) は白花について、岩佐 (1980) は黄花について報告している。その後、青葉 (1993)、Larkcom (1991)、蔣 (1987)、由比ら (1987)、由比 (1988) は、カイランには白花が多いが、この他に黄花の系統もあることを報告しており、これらの報告と第2節の結果とは

一致した。

第2節で供試した黄花品種はすべて台湾から得られた品種であり、白花個体と黄花個体の混在した品種を除けば、台湾以外では黄花品種は見られなかった。これらのことは、台湾では黄花系統が多く栽培されており、白花系統の栽培は極めて少なかったという熊沢・西村 (1936) の報告、あるいは篠原 (1941) の上海における白花種の報告と一致した。つまり、黄花品種と白花品種の栽培は地理的に隔たった分布をしていた可能性が示唆された。さらに、Herklots (1972) と Larkcom (1991) は、中国に赤花があると述べており、中国には赤花のカイランが存在する可能性がある。

葉の形態的特性については、葉柄が長く (岩佐, 1980; 篠原, 1941)、毛じはなく (Bailey, 1922)、葉面にはろう質があり (Bailey, 1930)、葉形は円~楕円・卵形であると報告されている (Bailey, 1922; 岩佐, 1980; 熊沢・西村, 1936; 蔣, 1987)。第2節の結果は、これらの報告とほぼ一致した。つまり、約5~8cmの葉柄をもち、葉身基部あるいは葉柄にわずかにたく葉の見られるものもあった。葉面に毛じはなく、葉面にろう質が見られ、葉形は円~楕円形をしていた。

由比ら (1987) は、白花種に平滑葉のグループ、葉身の波打つグループがあることを報告している。第2節においても、由比らの報告と同様に白花品種に平滑葉と縮葉とが見られた。また、熊沢・西村 (1936) は、黄花種の葉を小葉、大葉、球葉の3種に分けて報告しているが、これらの形態的特性の詳細については報告されておらず不明である。第2節では、黄花品種のうち1品種の葉身に縮みは見られたが、他の黄花品種に葉形に大きな差は見られなかった。また、黄花5品種のうち2品種の葉形は熊沢・西村 (1936) の報告と同様に、その葉形は円形であった。

白花品種の葉は、ブロッコリーやカリフラワーに類似した濃緑色で、黄花品種ではこれよりも薄くて淡緑色からやや濃い緑色であった。これらの結果は、葉色は濃緑色~淡緑色をしていたとする Bailey (1930) 並びに熊沢・西村 (1936) の報告とほぼ一致したが、第2節ではさらに葉色の薄い淡緑色の品種が見られた。第2節では、葉緑素計を用いたカイランのクロロフィル含量の簡易測定とその検定を試みた。この結果、葉緑素計の測定値と全クロロフィル含量との間には正の相関関係がみられ、葉の厚さや密度を考慮して、葉緑素計を用いたクロロフィル a + b 含量の予測を簡易に行うことが可能であると考えられた。さらに、この様な葉緑素計を用いて葉色を測定することで、葉色の数値化による品種特性の客観的評価が可能であると考えられた。第2節では白花よりも黄

花品種の葉の葉緑素計測定値が低く、これらの葉色は淡緑色からやや濃い緑色であったことから、黄花品種での葉の全クロロフィル含量は白花品種よりも少ないものと考えられた。

これらの形態的特性、つまり花弁色と葉身の縮み、あるいは花弁色と葉色を指標として、供試したカイランの品種分類を試みた。その結果、供試したカイラン 18 品種は 5 群に大別された。つまり、白花で葉に縮みのみられた W-A 群、白花で葉に縮みのみられない W-B 群、黄花で葉色の薄い Y-A 群、黄花で葉色の濃い Y-B 群並びに黄花個体と白花個体の混在した W/Y 群の 5 群に分けられた。

白花品種の W-A 群には「芥藍 K (4)」、*カイラン* M (5)、「天津 (6)」、「白花黒葉 (9)」、「黒格 (10)」、「大心 (11)」および「圓葉白花 (17)」の 7 品種、W-B 群には「白心 (1)」、「*カイラン* T (2)」、「中国芥藍 (3)」、「黒 (8)」および「尖葉白花 (18)」5 品種が属していた。W/Y 群には「南京黄花 (7)」の 1 品種が属していた。黄花品種の Y-A 群には「白 (12)」、「白格 (13)」と「黄花嫩葉 (15)」の 3 品種、Y-B 群には「黄花格林 (14)」と「食心黄花 (16)」の 2 品種が属していた。

これまでにカイランの分類については白花と黄花の花弁色、あるいは葉の形態によってもいくつかのグループに分かれるとされている。由比ら (1987) は、*カイラン* を白花 3 グループと黄花 1 グループの合計 4 グループに分けている。第 2 節の結果を由比らの結果と比較すると、由比らの分類した白花・平滑葉のグループ、白花・葉色の濃い葉身の波打つグループ並びに黄花グループは、それぞれ第 2 節の W-B 群、W-A 群並びに Y-A 群に類似すると考えられた。また、由比らが分類したカリフラワーの葉形に類似した白花品種については、カリフラワーとの類似特性だけでなく、この形態的特性の詳細を報告していない。このために、第 2 節の結果とは比較できなかった。第 2 節に供試していない品種に、このカリフラワーの葉形に類似した白花品種が含まれるか、あるいは、この品種を第 2 節の W-A 群・W-B 群に分類できるかは不明であった。しかし第 2 節では、由比らの報告には見られなかった群、すなわち黄花の Y-B 群、さらに W/Y 群が分類された。これは、由比らが供試した黄花品種が 1 品種であったのに対して、第 2 節では黄花の 5 品種、並びに白花と黄花に分かれた 1 品種を供試したこと、さらに葉色を分類指標に取り入れることにより、黄花品種が 2 群に分けられたためであると考えられた。これらのことから、第 2 節での分類法は、*カイラン* の分類として、より多くの品種についてあてはまると考えられる。

Dias et al. (1994) は、7 種類・48 品種の *Brassica* 属

のアイソザイム分析結果をクラスター分析して、*カイラン* は他の *Brassica* 属植物とは特異的に分類できたが、南ポルトガルの *Trouchuda Cabbage*, *Galega Kale* と類似した遺伝子を持っていることを示した。しかし、*カイラン* の白花と黄花の品種については検討をしていない。第 2 節では、形態的特性を基にクラスター分析を行った結果、非類似度を 1.25 で切断した場合、花弁色と葉の形態によって分類した 5 群と、クラスターによって分けられた品種群が一致した。このことから、*カイラン* の品種を大別する場合、花弁色・葉の縮み・葉色を指標として分類することの適合性が示された。

また、白花品種と比較すると黄花品種はやや大きい非類似度で連結した。つまり、白花品種は比較的類似した形態特性を示し、黄花品種ではこれよりも類似性が低いことを示した。これは供試した黄花品種が白花品種よりも少なかったことが影響しているのではないかと考えられた。また、白花個体と黄花個体の混在した W/Y 群は花弁色と葉の形態から白花品種と黄花品種の中間的特性を示したが、デンドログラムでは白花品種よりも先に黄花品種と連結した。このことから、W/Y 群はやや黄花品種に近い関係にあるのではないかと考えられた。

頂花序の第 1 番花の開花時、すなわち収穫期頃には、白花品種では黄花品種よりも茎径の大きくなる傾向が見られ、さらに W-B 群では茎長が大きくなった。また、花茎長は黄花品種で大きくなったが、花序径は白花品種で大きくなった。つまり、収穫期頃の白花品種では花茎の伸長は遅れるが、茎長、茎径と花序径が大きく、蕾の集まりがよい花序を形成するものと考えられた。したがって、蕾や花茎を利用する野菜として利用する場合には、黄花品種よりも白花品種の形態が栽培的に有利であったため、白花品種の栽培が拡大されたのではないかと推察された。

## 第 4 節 摘 要

日本・中国・台湾・タイで収集した*カイラン*、並びに数種キャベツ類の根端細胞での染色体を観察した。また、白花あるいは黄花の*カイラン*を供試して、形態的特性について調査した。

1. 供試したキャベツ類野菜では根端の染色体数はすべて  $2n = 18$  であり、染色体数に変異は見られなかった。*カイラン*では、白花品種と黄花品種での染色体数に差は見られず、供試したすべての品種で  $2n = 18$  であった。したがって、*カイラン* の染色体数はキャベツ類の染色体数と同じ  $2n = 18$  であることが確認され

た。

2. カイランの花粉形態には品種間に大きな差はみられず、花粉の形は長球形であり、発芽口は三溝型、花粉外壁の模様は網目型であった。キャベツ類の花粉の形態とほぼ一致した。
3. 葉緑素計測定値とクロロフィルb含量との間には有意な相関関係がみられ、さらにクロロフィルa+b含量との間にも高い相関関係が認められた。
4. 供試した18品種は花卉色が白色の12品種、黄色の5品種、白花個体と黄花個体の混在した1品種(W/Y群)の3群に大別された。白花の12品種はさらに、葉身に縮みの見られた7品種(W-A群)と、縮みの見られなかった5品種(W-B群)に分けられた。白花品種の葉は黄花品種よりも濃い緑色であった。黄花

の5品種はさらに、葉が極めて薄い淡緑色の3品種(Y-A群)と、それよりもやや濃い緑色の2品種(Y-B群)に分けられた。これに白花個体と黄花個体に分離する1品種をW/Y群として分け、合計5群に大別された。

5. 頂花序の第1番花の開花時には、白花品種では黄花品種よりも茎径の大きくなる傾向が見られ、さらにW-B群では茎長が大きくなった。また、白花品種では花序径が大きくて花茎長が短く、蕾の集まりが良くなった。
6. これら5群について、形態的特性による分類結果とクラスター分析による結果が一致した。W/Y群は白花群と黄花群との中間にあった。

## 第2章 出らい・開花の早晚性

一般に、カイランは蕾や花茎、若い葉が利用されている。頂花序が出らいして、その第1番花が開花する頃までに収穫されるため、出らいと開花の早晚性を把握しておくことが重要である。カイランの出らいと開花の早晚性についての報告は少なく (Bailey, 1922; 香川, 1971; Larkcom, 1991; Sagwansupyakorn, 1994; 蔣, 1987), これらの供試品種の形態的特性, 生育条件, 出らい・開花時期および着花節位の詳細については不明な点が多い。

そこで本章では、これらの疑問点を明らかにするために以下の実験を行った。

### 第1節 出らい・開花の品種間差異

#### 材料および方法

日本・中国・台湾・タイから収集した20品種のカイランを供試した (第8表)。

耕種概要を、第9表に示した。実験は1993年, 1994年, 1995年の春季と1995年の秋季の合計4回行った。白花品種: 黄花品種: 白花あるいは黄花個体の混在した品種を、1993年には9:5:1, 1994年には12:5:1,

1995年春季には13:5:1, 1995年秋季には12:6:1品種ずつそれぞれ供試した。各品種の種子50粒ずつを、グロースチャンバー内の23.5°C・16時間日長条件下で催芽させた。催芽のそろった1993年4月20日と1994年4月11日に、直径9cmの黒ポリポットに1粒ずつ播種した。また、1995年2月27日と9月13日に直径9cmの黒ポリポットに2粒ずつ播種し、第2葉が展開したときに各ポットに1個体ずつに間引いた。実験には土:砂:パーミキュライトを5:2:2 (volume) の割合で混合した培養土を用いた。各品種につき20ポットを用い、鉢上げするまでの期間、最低夜温を25°C以上に管理したガラス温室内で育苗した。本葉が3~5枚展開した1993年5月13日と1994年5月17日に各品種につき12個体ずつを、1995年4月1日と10月18日には各品種につき15個体ずつを、1/5000 a フグナーポットに1個体ずつ鉢上げした。鉢上げ後は無加温のビニールハウス内で生育させた。栽植密度は3.9~5.6個体/m<sup>2</sup>とした。また、鉢上げ時とその1か月後に緩効性肥料をそれぞれN:P:K=15:9:13kg/10aとなるよう施用した。春季の実験前半には、ハウスのビニールを夜間には密閉して保温した

Table 8. Cultivars of Chinese kale (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey) used in this experiment.

Cultivar		Country	Sowed		
Number	Name <sup>a</sup>		Year	and	Season <sup>b</sup>
1	'Hakushin'	Japan	1993 S	1994 S	1995 S,A
2	'Kairan-T'	Japan	1993 S	1994 S	1995 S,A
3	'Chugoku-kairan'	Japan	-	1994 S	1995 S,A
4	'Kairan-K'	Japan	-	1994 S	1995 S-
5	'Kairan-M'	Japan	-	1994 S	1995 S,A
6	'Tenshin'	China	1993 S	1994 S	1995 S,A
7	'Nankin-kibana'	China	1993 S	1994 S	1995 S,A
8	'Kuro'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
9	'Shirobana-kuroba'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
10	'Kurokaku'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
11	'Taishin'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
12	'Shiro'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
13	'Shirokaku'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
14	'Kibana-kakurin'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
15	'Kibana-donyo'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
16	'Shokushin-kibana'	Taiwan	1993 S	1994 S	1995 S,A
17	'Enyo-shirobana'	Thailand	1993 S	1994 S	1995 S,A
18	'Senyo-shirobana'	Thailand	1993 S	1994 S	1995 S,A
19	'Kairan-Y'	Japan	-	-	1995 S,A
20	'Kairan-K-y'	Japan	-	-	1995 - A

Z: Kairan-T; Takii Seed Co., Chugoku-kairan; Sakata Seed Co.,

Kairan-K; Kaneko Seed Co., Kairan-M; Marutane Seed Co.,

Kairan-Y; Yamato Seed Co., Kairan-K-y; Kaneko Seed Co.,

y: S; Spring, A; Autumn.



Table 9. Experimental design of this experiment.

Sowed season and year	Sowing <sup>z</sup> date	Potting <sup>y</sup> date	The end date of exp.	Natural daylength (hours)
Spring, 1993	April 20, 1993	May 13, 1993	July 14, 1993	about 12.5 - 14.5
Spring, 1994	April 11, 1994	May 17, 1994	July 20, 1994	about 12.5 - 14.5
Spring, 1995	February 27, 1995	April 1, 1995	July 12, 1995	about 11 - 14.5
Autumn, 1995	Septembt13, 1995	October 18, 1995	February 10, 1996	about 12.5 - 10

z: The pots were placed in a greenhouse maintained at a minimum night temperature of 25°C.

y: Plants were grown in an unheated plastic house using natural daylength.

が、実験後半には側面のビニールを昼夜ともに開放した。また、播種後の日長は自然日長とし、生育期間中の日長は1993年と1994年では約12.5～14.5時間、1995年の春季播種では約11～14.5時間、秋季播種では約12.5～10時間であった。なお、生育期間中の病害虫防除などの栽培管理はブロッコリー、カリフラワーに準じて慣行に従った。

ほとんどの品種について、各品種の半数以上の個体が開花するまで、各品種の出らい・開花および着花節位を調査した。頂花序が肉眼で確認できた日を出らい日とし、頂花序の第1番花の花弁が完全に展開した日を開花日とした。各品種で最も早く出らい・開花が見られた日を、それぞれ出らい・開花開始日とした。さらに、各品種の半数以上の個体が出らい・開花した日を、それぞれ出らい・開花の平均日とした。また、各品種のすべての個体が出らい・開花したときを、それぞれ出らい・開花終了日とした。

また、開花日には着花節位、花茎長と花序径を調査した。さらに、日最高気温と日最低気温の平均値を日平均気温とし、播種から開花日までの日平均気温の積算と着花節位との相関を、一次～五次関数、指数および対数関数について求めた。形態的特性による分類は前章にしたがって、W-A, W-B, W/Y, Y-AとY-Bの5群に分けた。

## 結果

### 1. 生育期間中の気温

生育期間中の日平均気温の変動を、第20図に示した。1993年、1994年、1995年春季および秋季での育苗中のガラス温室室内平均気温は、それぞれ、28.7°、29.0°、26.0°および29.7°Cであった。1995年の春季の平均気

温は3か年のうちで最も低く、秋季では最も高くなった。1993年、1994年、1995年春季および秋季での定植後のビニールハウス内平均気温は、それぞれ17.5°、26.9°、22.9°および13.7°Cとなった。春季播種の1993年～1995年では、1993年の平均気温が3か年のうち最も低くなり、次いで1995年、1994年の順に高くなった。このため、生育期間中の平均気温は、1993年が最も低くて20.4°Cとなり、次いで1995年の23.7°C、1994年の27.7°Cと最も高くなった。1995年秋季播種の日平均気温は生育が進むにつれて低下したことから、生育期間中の平均気温は17.8°Cであった。

### 2. 出らい・開花日の品種間差異

1993～95年の春季における出らい・開花はほぼ同様の傾向を示したため、生育期間中の平均気温が3か年のうち2番目に高くなった1995年春季のデータを、第21図に示した。

白花品種W-AおよびW-B群は、黄花品種Y-AおよびY-B群と比較して、出らい・開花日の早くなる傾向が見られた。つまり、白花品種W-A・W-B群の出らい平均日は、それぞれ4月14日～5月1日（播種後46～63日）・4月19～25日（播種後51～57日）であった。また、開花平均日は、それぞれ4月27日～5月14日（播種後59～76日）・5月2～9日（播種後64～71日）であった。一方、黄花品種Y-A・Y-B群の出らい平均日は、それぞれ4月28日～5月7日（播種後60～69日）・5月5～9日（播種後67～71日）となった。また、開花平均日は、それぞれ5月12日～21日（播種後74～83日）・5月18～21日（播種後80～83日）であった。したがって、白花品種の出らい・開花は、黄花品種と比較してそれぞれ8～14日・7～15日早くなった。白花と黄花個体の混在したW/Y群では、白花個体

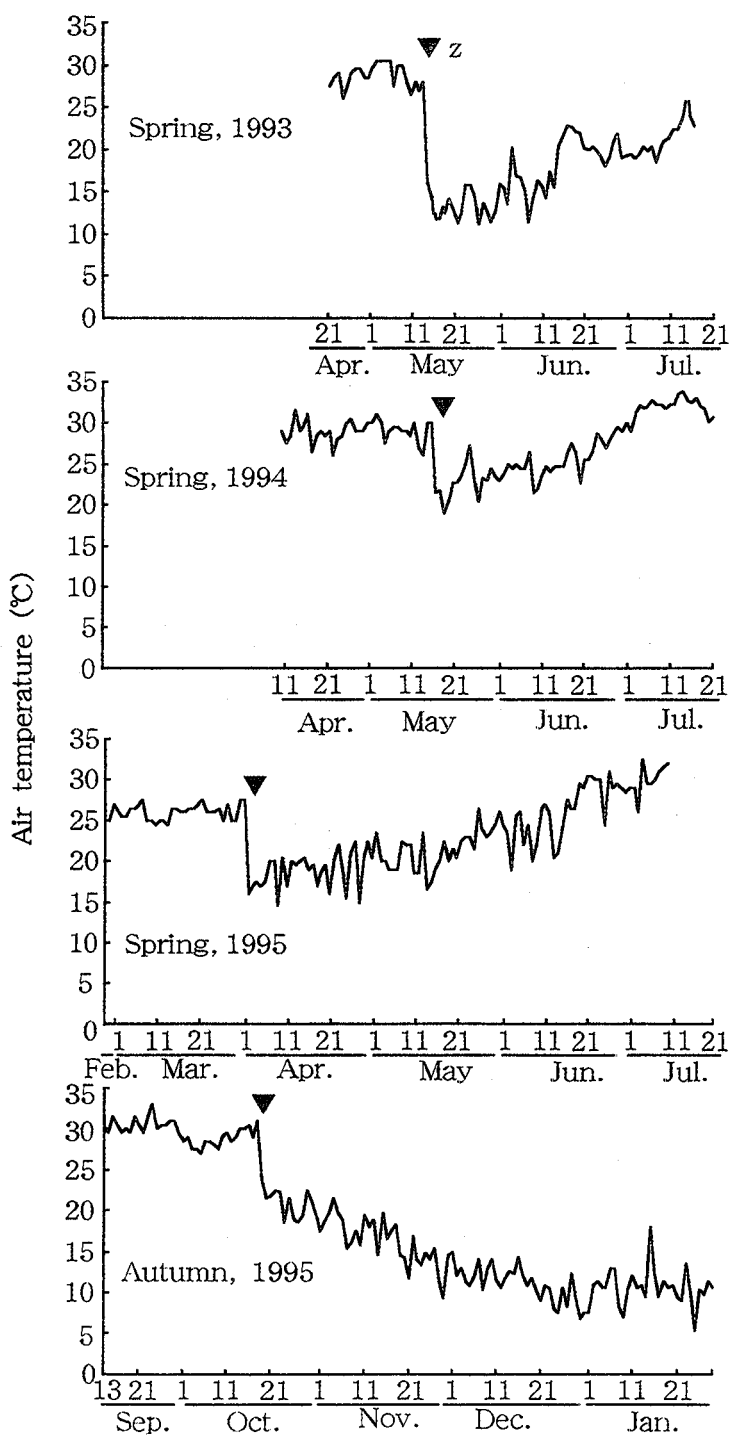


Fig. 20. Fluctuations of mean air temperatures after sowing.

z : This mark shows potting time.

Potted plants were transferred into unheated plastic house from the greenhouse maintained at a minimum night temperature of 25°C.

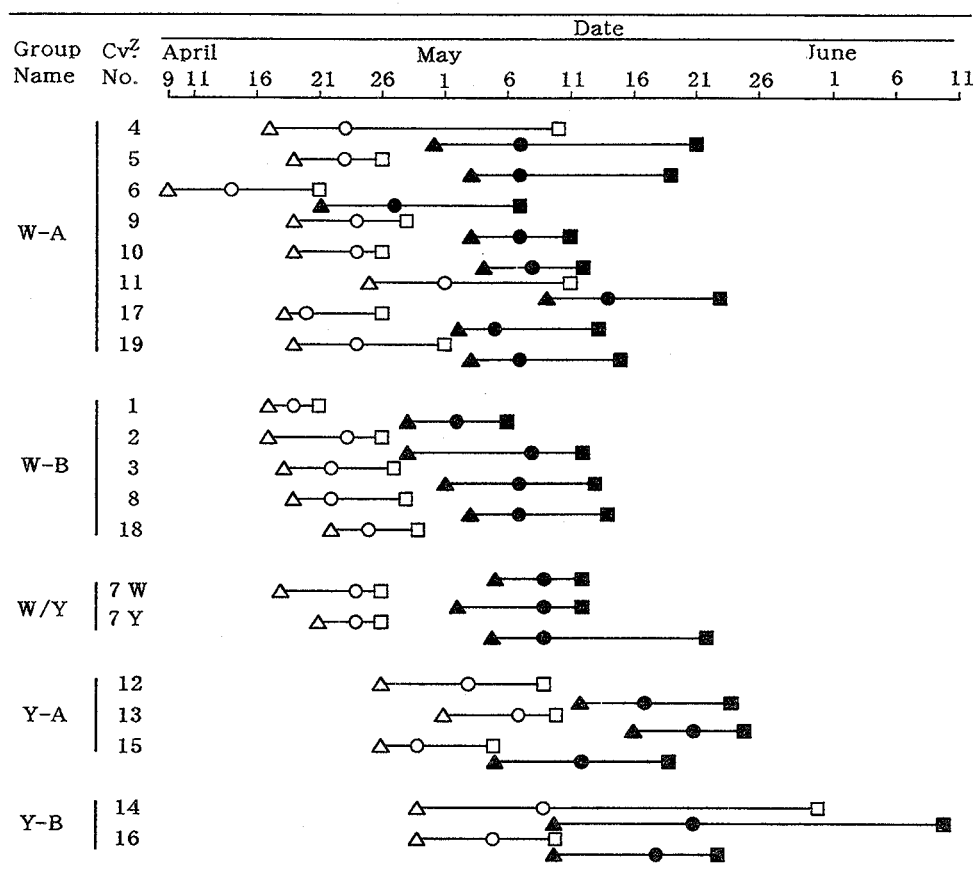


Fig. 21. Date of budding and anthesis in Chinese kale (Spring, 1995).  
 Budding : Date of start ( $\Delta$ ), mean ( $\circ$ ), end ( $\square$ )  
 Anthesis : Date of start ( $\blacktriangle$ ), mean ( $\bullet$ ), end ( $\blacksquare$ )  
 z : Refer to Table 8.  
 7W : Plant with white petals. Refer to Fig. 16.  
 7Y : Plant with yellow petals. Refer to Fig. 16.

と黄花個体との間に出入り・開花平均日に差はみられず、それぞれ4月24日（播種後56日）・5月9日（播種後71日）となった。

1995年秋季から1996年冬季の生育における出入り・開花の品種間の差は、春季と同様の傾向を示し、黄花品種と比較して白花品種では出入り・開花日が早くなった（第22図）。すなわち、白花品種W-A・W-B群の出入り平均日は、それぞれ11月12日～19日（播種後60～67日）・11月12～25日（播種後60～73日）であった。また、開花平均日は、それぞれ12月8～21日（播種後86～99日）・12月12～27日（播種後90～105日）であった。一方、黄花品種Y-A・Y-B群の出入り平均日は、それぞれ12月2～9日（播種後80～87日）・12月4～5日（播種後82～83日）となった。また、開花平均日は、それぞれ1月6日～20日（播種後115～129日）・1月10～17日（播種後119～126日）であった。したがって、白花品種の出入り・開花は、黄花品種と比

較して14～20日・24～29日早くなった。白花と黄花個体に分かれたW/Y群では、白花個体と黄花個体との間に出入り・開花平均日に大きな差はみられなかった。W/Y群の出入り・開花は白花品種よりもやや早くなり、出入りは11月11日と11月8日、開花は12月7日と12月4日であった。

### 3. 着花節位

実験期間別での着花節位の品種間差異を、第23図に示した。

黄花品種と比較して、白花品種では着花節位は低くなった。また、白花と黄花個体の混在したW/Y群の着花節位は、白花品種と同様の傾向を示した。すなわち、供試品種のなかで白花W-A群の‘天津（6）’（品種名のカッコ内の数字は第20表の品種番号を示す。以下同様）の着花節位が最も低くなり、黄花Y-B群の‘黄花格林（14）’と‘食心黄花（16）’の着花節位が最も高くなった。群別の着花節位では、黄花品種は白花品種よりも約

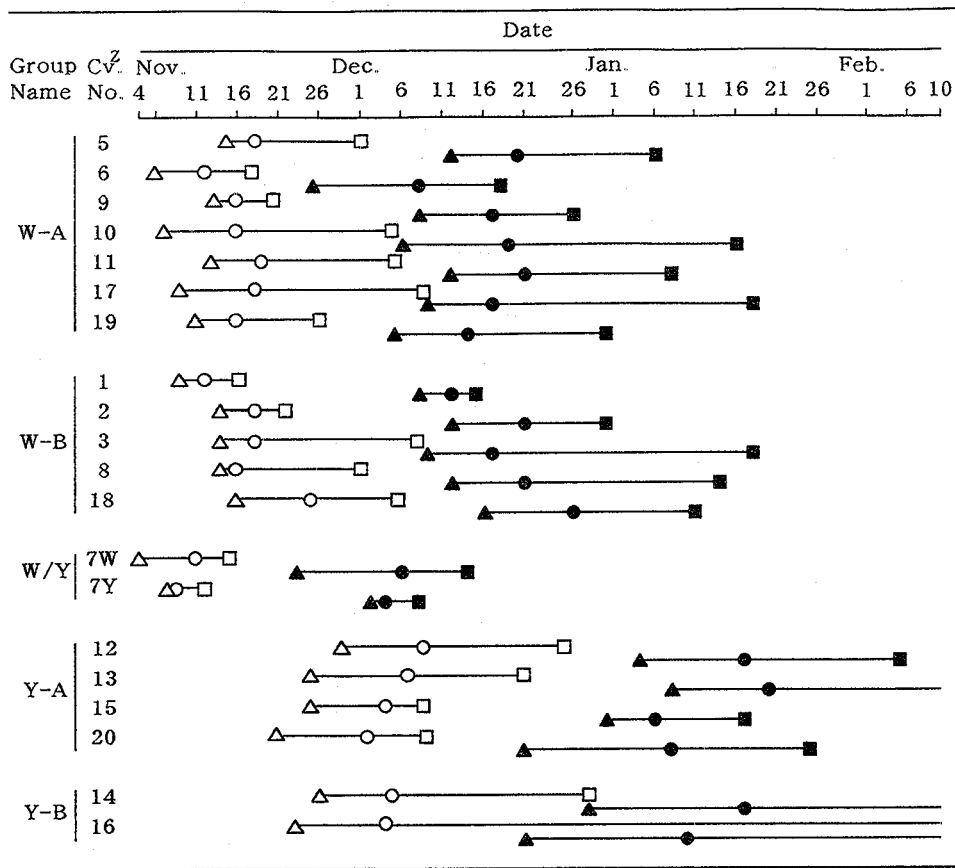


Fig. 22. Date of budding and anthesis in Chinese kale (Autumn, 1995).

Budding; Date of start (△), mean (○), end (□)

Anthesis; Date of start (▲), mean (●), end (■)

z: Refer to Table 8.

7W: Plant with white petals. Refer to Fig. 16.

7Y: Plant with yellow petals. Refer to Fig. 16.

2～13節高くなった。さらにY-A群と比較してY-B群の着花節位は約7～9節高くなった。白花個体と黄花個体の混在したW/Y群では、白花個体と黄花個体の間に着花節位の有意差は見られなかった。これらは白花品種と同程度か、あるいはそれよりも低くなった。つまり、W/Y群の黄花個体は白花品種と同様に着花節位が低く、黄花品種Y-AおよびY-B群よりも着花節位は約4～15節低くなった。

播種してから開花するまでの日平均気温の積算と着花節位との関係を、第24図に示した。日平均気温の積算と着花節位との相関を求めた結果、指数関数で最も高い相関が得られた。つまり、開花までの積算温度が増加するにしたがって、着花節位の高くなる傾向のあることが示された。また、3か年の春季実験間で比較すると、平均気温が最も高くなった1994年では、開花するまでの積算温度の分布が広がった。1994年での開花までの平均積

算温度は1839℃と最も高くなり、次いで1995年での1623℃、1993年での1395℃の順で低くなった。秋季では春季と比較して、開花するまでの積算温度は高くなり、その平均は2107℃となった。

#### 4. 花茎長, 花序径

開花の早晚性と開花時の花茎長および花序径との間に各生育時期で同様の傾向がみられたため、1995年春季の結果を、第25図に示した。開花時の花茎長は、開花の早かった白花品種およびW/Y群で短くなり、開花の遅れた黄花品種で長くなった。すなわち、白花のW-A・W-B群およびW/Y群の花茎長は、3.3～4.1であったのに対して、Y-A・Y-B群では4.6～5.8となった。一方、開花時の花序径は、開花の早かった白花品種およびW/Y群でやや大きくなり、開花の遅れた黄花品種でやや小さくなった。つまり、白花のW-A・W-B群およびW/Y群の花序長は、4.1～4.9であったのに対し

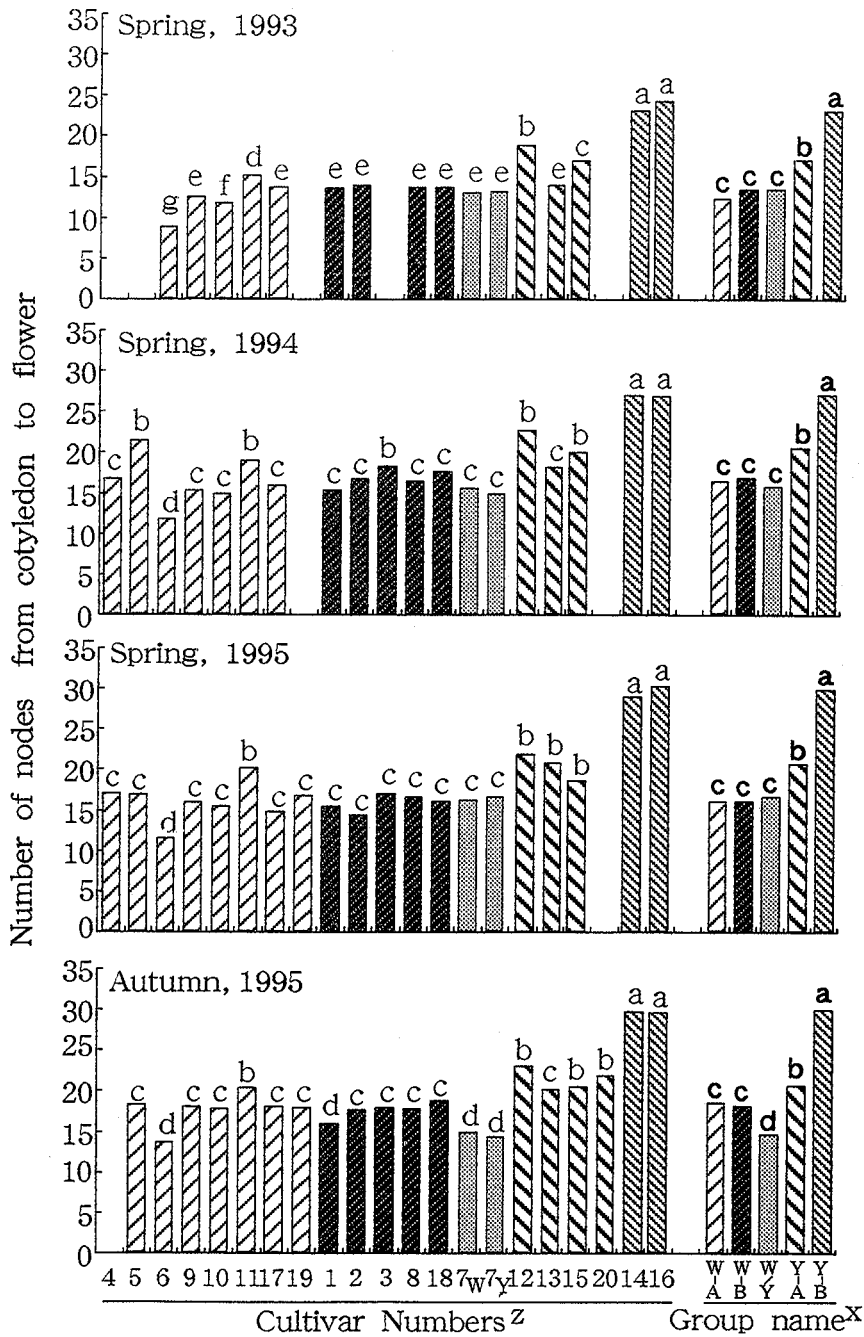


Fig. 23. Number of nodes from cotyledon to flower of Chinese kale. Different letters represent significantly different values ( $P < 0.05$ ) according to Tukey-Kramer's multiple range test.

z : Refer to Table 8.

x : These values show the average by separating the groups.

7W : Plant with white petals, 7Y : Plant with yellow petals.

W-A, W-B, W/Y, Y-A, Y-B

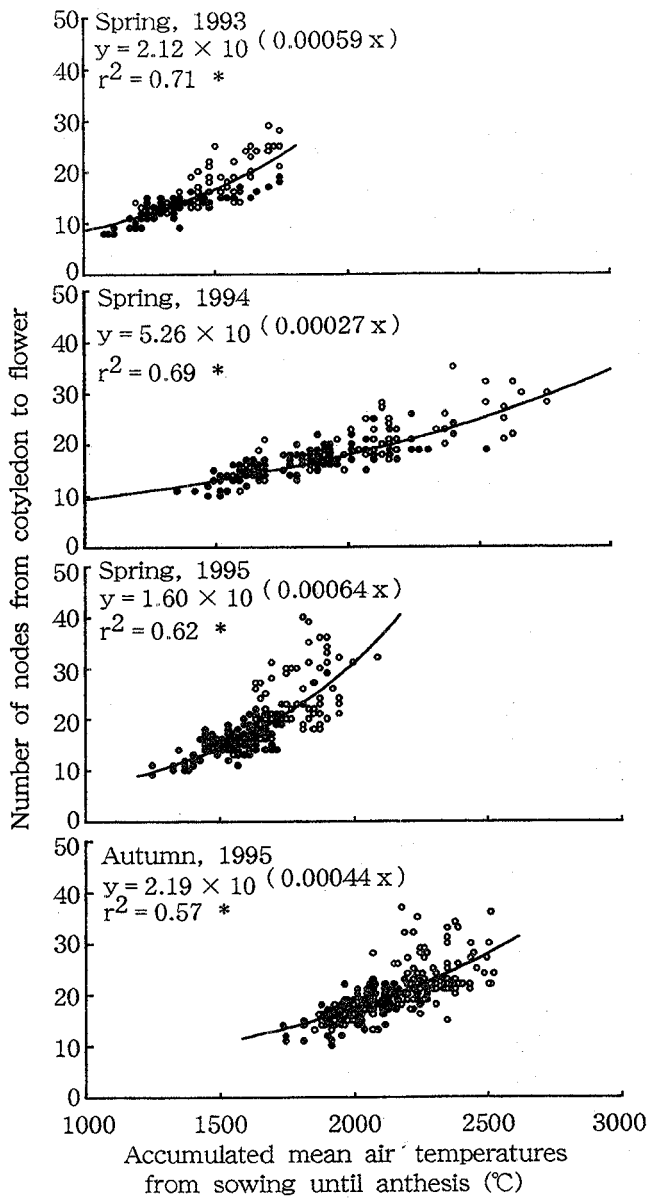


Fig. 24. Relationship between accumulated temperatures and number of nodes from cotyledon to flower of Chinese kale.

\* :  $P < 0.05$

- : Plant with white petals,
- : Plant with yellow petals

て、Y-A・Y-B群では3.5～4.5となった。

## 第2節 考 察

カイランの開花について、Bailey (1922) は、4月および7月3日に播種して、それぞれ7月1日および9月上旬に開花を観察した。また香川 (1971) は、4月10日

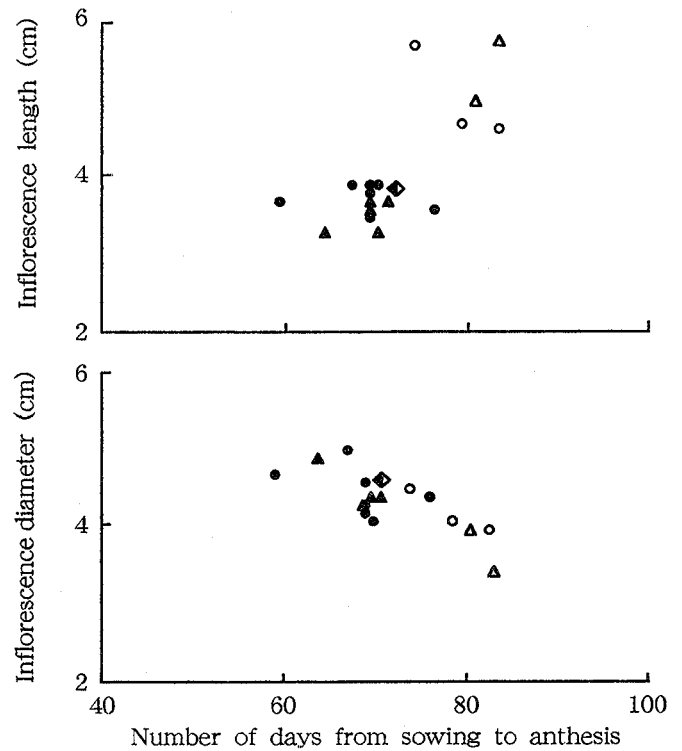


Fig. 25. Effects of number of days from sowing to anthesis on inflorescence length and diameter (Spring, 1995).

- Group : ● W-A, ▲ W-B, ○ Y-A, △ Y-B, ◆ W/Y

および9月19日に播種し、抽だい・開花はそれぞれ5月下旬・6月上旬および12月下旬・3月上旬であったと報告している。両者の供試した品種は不明であるが、香川の報告と第3節の結果を比較すると、春季での白花品種の抽だい・開花日はほぼ一致したが、黄花品種ではそれらよりも遅れた。さらに、秋季での結果を比較すると、白花品種・黄花品種ともに香川の報告よりも抽だい・開花が早くなった。

一般にカイランは頂花序が抽だいしてからその第1番花の開花頃までに収穫されるため、本実験の開花日を収穫期とみなすことができる。収穫期について蔣 (1987) は、一般に播種60～80日後であると述べ、白花種の早生・中生・晩生品種をそれぞれ2品種ずつ紹介している。また、Sagwansupyakorn (1994) および Larkcom (1991) は、播種55～80日後および60～70日後であると述べている。これらの生育時期および品種などについては明らかでないが、開花・収穫までの日数については本実験とほぼ一致した。

花色と収穫・開花について、Herklots (1972) は、播種3～4週後に定植したとした上で、白花2品種では播種80日後に収穫され、黄花1品種では定植40～45日後

に収穫されたと報告している。これによると、黄花種を冬季の栽培に向いていると述べており、各栽培条件は不明であるが、黄花種の収穫は白花種よりも早いことを示唆している。また由比ら (1987) は、秋季に黄花種の 1 品種および白花の 10 品種を生育させ、白花種よりも黄花種での開花が早かったと思われる報告をしている。しかし、その程度と着花節位については述べられていない。

これに対して、本実験では、白花の W-A, W-B 群は黄花の Y-A, Y-B 群と比較して出らい・開花日の早くなる傾向が見られた。さらに、白花品種の着花節位は黄花品種よりも低くなった。したがって、白花品種は黄花品種より早生性が高かったと考えられ、Herklots (1972) と由比ら (1987) の報告と第 3 節の結果とは異なった。この要因は明らかでない。第 3 節では 5～6 の黄花品種と 9～13 の白花品種を 3 年間に春季と秋季に生育させて、同様の傾向を得たことから、生育中の気温や日長などの環境条件が異なっても、白花品種が黄花品種よりも早生性が高いものと考えられた。しかし、白花品種内に出らい・開花の早晩性に幅があり、出らい・開花の遅い白花品種と黄花品種の中でこれらの早い品種との間で出らい・開花の差が小さい場合があった。W/Y 群では白花品種よりも開花の早い黄花個体もあった。したがって、供試した黄花品種と白花品種の組み合わせによっては、黄花品種の開花が白花品種よりも早くなる可能性がある。Herklots (1972) と由比ら (1987) の報告では、供試された黄花は 1 品種のみであったため、その早晩性が本実験と異なったのではないかと推察された。

春季実験の平均気温が最も低かった 1993 年では着花節位が最も低く、春季では平均気温が低いほど花芽が形成されるまでの積算温度は低かった。一般にカイランは花芽や花序の分化のために低温を要求しないのではないかとされている (由比, 1988)。一方、花序の発達には低温が必要であるとも言われている (Sagwansupyakorn, 1994)。カイランの花芽形成に及ぼす温度の影響については不明であるが、第 3 節の結果から、カイランの花芽形成は生育期間中の低温の影響を受けやすい可能性が示唆された。つまり、ある程度の低気温では花芽形成が促進され着花節位が低くなった。しかし、冬季の低温では、花序の発達が抑制され、出らいから開花までの日数が長くなったのではないかと考えられた。また、春季から夏季にかけて生育させても花序が形成されたことから、生育の初期から比較的高温でも花芽が形成されるのではないかと考えられた。

本実験から、カイランの白花品種は黄花品種と比べて早生性が高いことが示された。さらに、カイランの収穫部位である花序については、白花品種の花序径は黄花品

種よりも大きくなり、花茎はあまり伸長しないために蕾の集まりの良い花序を形成したことが明らかになった。つまり、白花品種は、蕾や花茎、若い葉を利用する苔菜として形態的に有用であると考えられた。さらに、これらのことから、白花品種は優良な形質を持ち、早生性が高いことから、黄花品種よりも選抜が進み、栽培が普及したのではないかと考えられた。したがって、高温期における花菜類の栽培、栽培期間の短縮化等を目的とする品種改良には、白花品種からの選抜が適していると思われる。

開花の早晩性と形態との関係を、スグキについて、山岸・米沢 (1992) が報告している。花卉色と蔬菜の発育についての報告は少ないが、加藤 (1991) は、ミズナとダイコンから作出した複二倍体植物の花卉色と結莢率について調査し、花卉色によって種子形成率が異なることを示している。また、生態型と早晩性との関係についてはいくつかの蔬菜について報告されている。例えば、ホウレンソウの東洋系は西洋系と比較して抽苔が早いことが報告されている (香川, 1964)。また、ニンジンについても、東洋系は抽苔が早く、欧州系は抽苔の遅い A 型とやや早い B 型に分類できると報告され (小原, 1950)、育種にも応用されている。

### 第 3 節 摘 要

日本・中国・台湾・タイで収集したカイランを供試して、生育時期を変えて出らい・開花期並びに着花節位などについて調査した。

1. 白花品種は黄花品種と比較して、出らい・開花日が 1～4 週間早くなる傾向が見られた。秋季播種では春季播種と比較して、播種から出らいまでの期間は、白花品種で 4～14 日、黄花品種で 12～22 日長くなった。W/Y 群では白花個体と黄花個体との間に、出らい・開花日に大きな差は見られなかった。
2. 白花品種では黄花品種と比較して、着花節位が 2～13 節低くなる傾向が見られた。
3. 以上の結果、白花品種は黄花品種よりも早生性が高いと考えられた。

### 第3章 花芽形成のための低温要求性

カイランは、高温季にも栽培が可能であるため、熱帯・亜熱帯で一般的に青果栽培され (Tindall, 1983), この耐暑性と早晩性を利用して、熱帯における周年栽培の研究がなされている (Lim, 1993). わが国においては、カイランの青果栽培は少ないが、その特性を導入した新野菜の作出あるいは品種改良の研究にも供試されている (Hossasin et al., 1989). したがって、カイランは蕾や花茎などを収穫する青果栽培だけでなく、育種をとまなう採種栽培もされ、これらの栽培は熱帯から温帯の広い地域で行われている。より広範囲にカイランの効率的な青果栽培・採種栽培を行うためには、この花芽形成の条件を把握し、様々な環境下で花成を制御して栽培することが必要であると考えられる。

これまでに、カイランの花芽形成の条件についての報告は少ない。この中のいくつかは、花芽形成のために低温を要求しないのではないかと報告されており (香川, 1965 b; 由比, 1988), 一方では低温が必要ではないかと報告されている (Sagwansupyakorn, 1994). このように、カイランの花芽形成と温度の関係については異なっており報告されている。また、篠原 (1959) は、カイランを植物体春化型 (green plant vernalization type) の植物に分類した上で、低温要求性は極めて小さいとしている。しかし、花芽形成と温度の関係についての具体的な関係、すなわち花芽形成の温度範囲、低温要求性の有無あるいは苗齢の影響については明らかでない。

そこで本章では、これらの問題点を究明するために、以下の実験を行った。

#### 第1節 定温条件下での花芽形成

カイランの花芽形成の温度範囲については明らかでない。本節では、カイランの花芽形成の温度範囲を明らかにするため、まず、播種直後から定温の環境制御温室で生育させて花芽形成を調査した。次に日本および台湾で栽培されているカイランの白花品種を供試し、ある程度の苗齢に生育させた植物体を定温の環境制御温室に移動して生育させ、主に花芽形成について調査した。

##### 第1項 定温条件下での生育と花芽形成

本項では、カイランの白花品種と黄花品種を供試して、播種直後から定温条件下で生育させて、花芽の形成につ

いて調査した。

##### 材料および方法

白花の‘白心’ (サカタのタネ), ‘カイラン’ (タキイ種苗, 以下 ‘カイランT’), 並びに黄花の‘中国芥藍 (Y)’ (サカタのタネ) および ‘黄花格林’ (台湾) の合計4品種を供試した。23°C・16時間日長条件下で催芽させ、白花2品種は1993年4月23日に、黄花2品種は1997年4月23日に土:砂:パーミキュライトを5:2:2 (volume) の割合で混合した培土を入れた育苗箱 (28.0 × 48.5 × 10.5cm) に、白花は52粒ずつ、黄花は40粒ずつを播種した。その後直ちに15°, 20°, 25°および30°Cの制御温室 (自然日長) に搬入した。白花2品種では播種14日後から10日ごとに7回、黄花2品種では播種4週間後から1週間ごとに7回、各品種・処理区から10個体ずつを採取して生育を調査した。その後、直ちに茎頂部を切除し、FAAで固定した。固定した茎頂を実体顕微鏡下で解剖し、花芽の形成を調査した。花芽発達段階は、藤目・垣淵 (1992) の報告を参考にして、カイランの花芽発達段階を決定した。さらに黄花品種では、解剖した茎頂部を、Gouge の修正法 (藤目, 1983) に改良を加えた方法で固定した。つまり、4%グルタルアルデヒドによって固定して、次いでエタノールシリーズで脱水した後、酢酸イソアミルに置換した。次に臨界点乾燥器 (日立HCP-1) を用いて試料中の酢酸イソアミルを液化炭酸ガスに置換した後、臨界点で乾燥した。乾燥後、蒸着装置 (E I K O社) を用いてPt蒸着して、走査型電子顕微鏡 (日立S-2150型) 下で観察した。

なお、生育期間中の栽培管理は慣行に従った。

#### 結果

##### 1. 花芽発達段階

供試した白花2品種および黄花2品種の花芽発達段階に品種間の差は見られなかった。

走査型電子顕微鏡を用いた茎頂部の観察により小花と花序の発達は合計で7段階に、さらに開花期を含めて合計8段階に分けられた (第26図)。

花芽発達段階0の未分化期では、茎頂の肥厚は見られず (第26図-0), 花芽発達段階1の膨大期では、茎頂はドーム状に肥厚していた (第26図-1). 花芽発達段階2の花芽原基分化期では、ドームの基部より花芽原基が分化していた (第26図-2). 花芽発達段階3のがく片分化期では、個々の花芽原基にがく片が分化しており



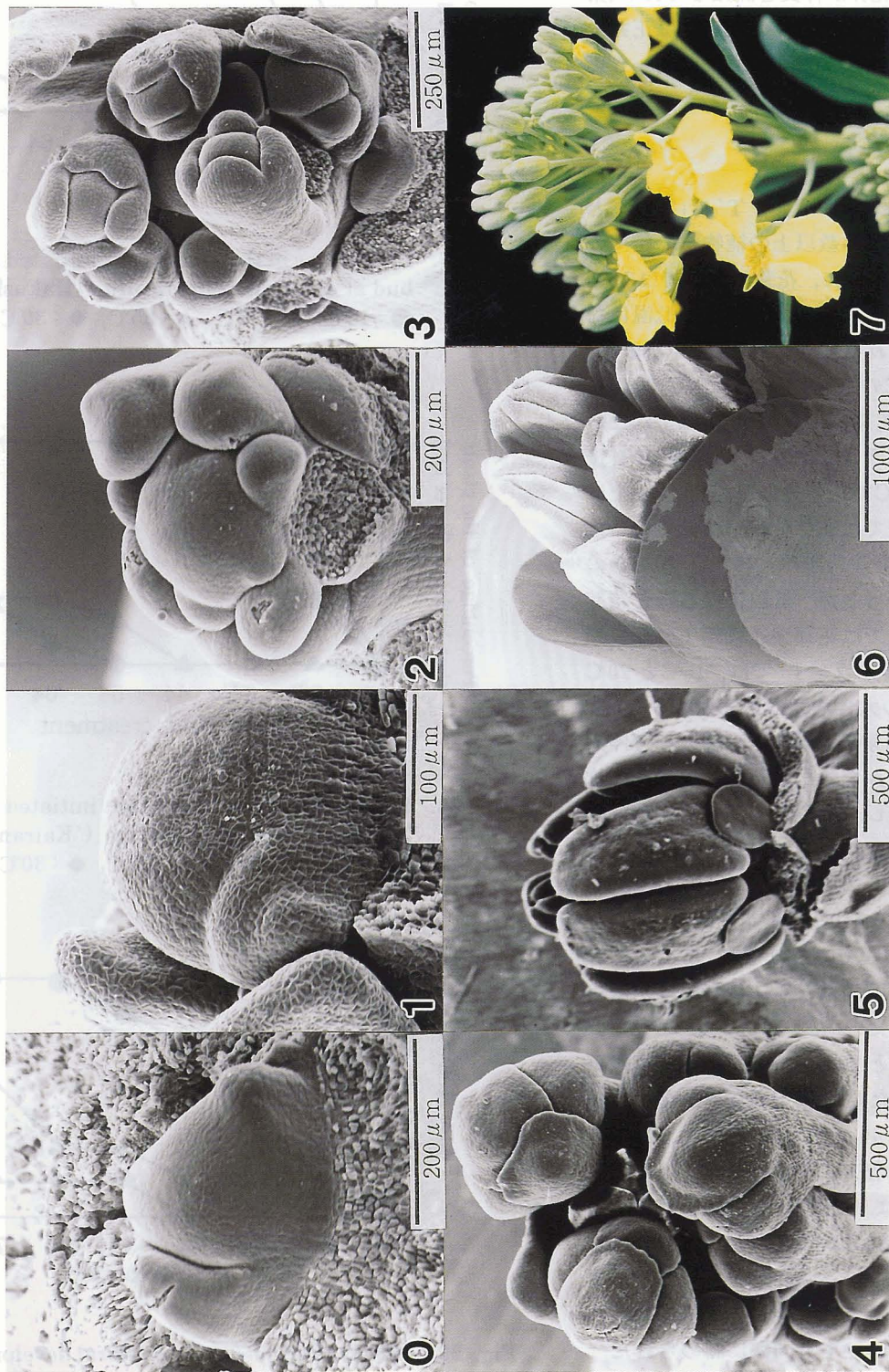


Fig. 26. Floral stages of Chinese kale 'Chugoku-kairan-Y'.

0) The vegetative stage, 1) the dome forming stage, 2) the flower bud forming stage, 3) the sepal forming stage, 4) the stamen and pistil forming stage, 5) the early petal elongation stage, 6) the late petal elongation stage, 7) the anthesis stage.

(第26図-3), 花芽発達段階4の雄ずい・雌ずい分化期には, がくが伸長して花芽原基を包み, がくの内側に雄ずい・雌ずいが分化していた(第26図-4)。花芽発達段階5の花弁伸長前期では花弁が伸長を開始しており(第26図-5), 花芽発達段階6の花弁伸長後期では花弁は伸長して雌ずいよりも長くなっていた(第26図-6)。花芽発達段階2の花芽原基分化期に達したとき, 花芽が分化したと判断した。

2. 白花品種

‘白心’では15°~25℃区, ‘カイランT’では15℃と20℃区において実験終了時に半数以上の植物体で花芽の形成が認められた。両品種ともに, 花芽の発達では15℃と20℃との間に大きな差はみられなかったが, 低温になるほど花芽の形成は促進される傾向にあった。すなわち, ‘白心’では, 生育温度15℃の処理24日後, 20℃の34日後, 25℃区の54日後に, 花芽分化率が50%以上になった(第27図)。一方, ‘カイランT’では, 処理後24日後に15℃区で, 34日後に20℃で花芽分化率が50%以上になり, 生育温度が25℃以上では花芽分化率は低くなった(第28図)。‘白心’の花芽発達段階は, 15℃と20℃との間に大きな差はみられなかったが, 低温になるほど花芽の発達は促進された。30℃では花芽発達段階1の膨大期で停滞した(第29図)。「カイランT」では, 15℃と20℃区との間に花芽発達段階の大きな差はみられなかった。また, 25℃と30℃区では花芽発達段階1の膨大期で停滞した(第30図)。また, 花芽を分化した個体の着花節位は, 高温区になるほど増加し, 20℃区と25℃区の差はやや大きくなった(第31図)。つまり, ‘白心’の着花節位は, 15℃では8.8, 20℃では10.9, 25℃では15.9, 30℃では20.0となった。‘カイランT’の着花節位は, 15°, 20°, 25° および30℃の順で, それぞれ8.4, 10.1, 15.1 および18.8であり, 両品種ともに生育温度が低くなるほど着花節位は低下した。

‘白心’の茎長は, 15℃区と20℃区では, 花芽発達段階が6の花弁伸長後期に達した処理54日後頃から茎の伸長が始まり, 実験終了時には40~50cmに達した。25℃以上の生育温度では, 茎長の増加は緩やかであった(第32図)。また, ‘白心’の茎径は, 処理54日後頃までは生育温度による大きな差はみられなかった(第33図)。15℃区と20℃区では, 開花期に達した処理64日以降での茎径の増加はみられなかった。これら茎長と茎径でみられた傾向は, ‘カイランT’についても同様に認められた。

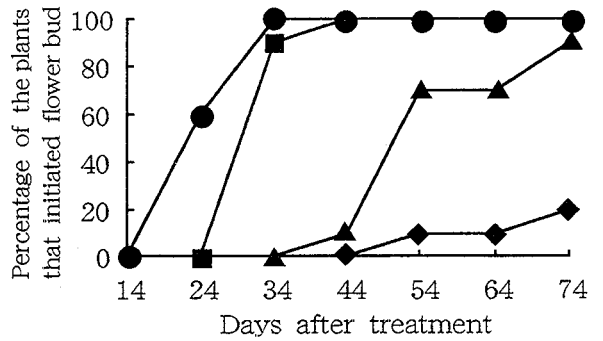


Fig. 27. Percentage of the plants that initiated flower bud at constant temperature ('Hakushin'). ●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

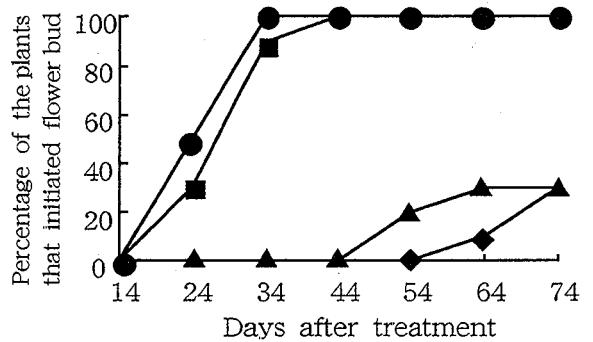


Fig. 28. Percentage of the plants that initiated flower bud at constant temperature ('Kairan-T'). ●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

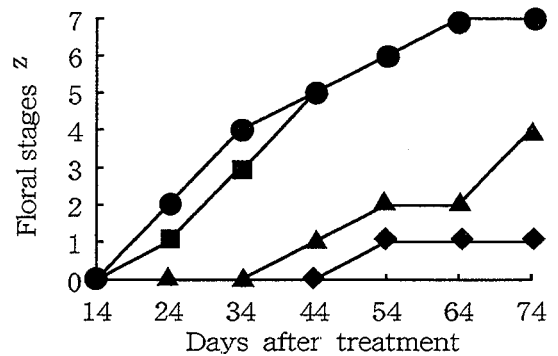


Fig. 29. Effects of temperature on floral developments of Chinese kale ('Hakushin'). z: Refer to Fig. 26. ●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

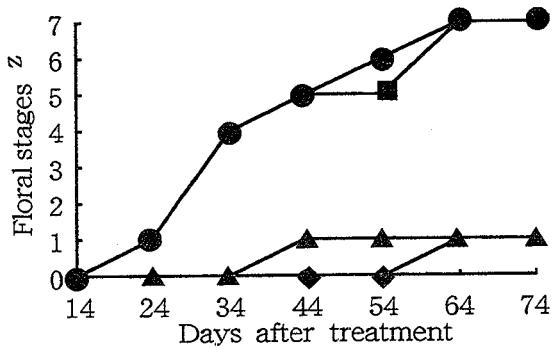


Fig. 30. Effects of temperature on floral developments of Chinese kale ('Kairan-T').  
z: Refer to Fig. 26.  
●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

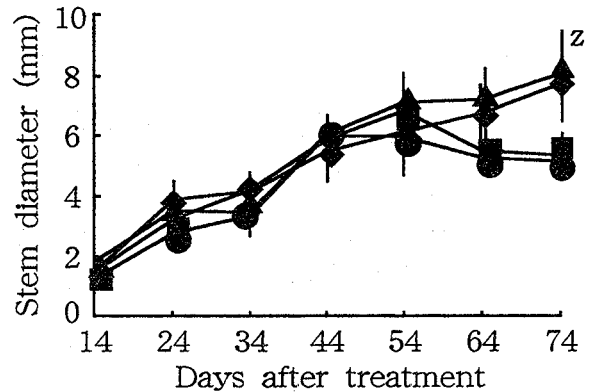


Fig. 33. Changes in stem diameter at different growing temperatures ('Hakushin').  
z: The vertical bars show standard deviation.  
●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

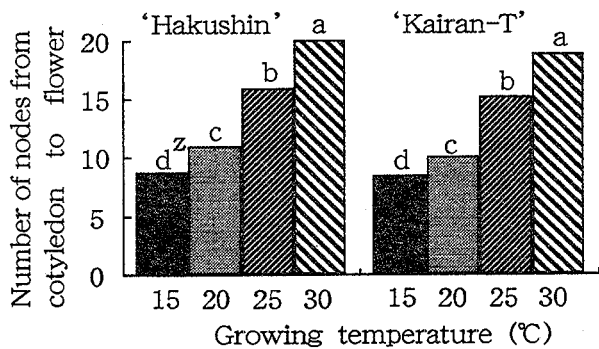


Fig. 31. Number of nodes from cotyledon to flower at different temperatures.  
z: Different letters in each cultivar show significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test.

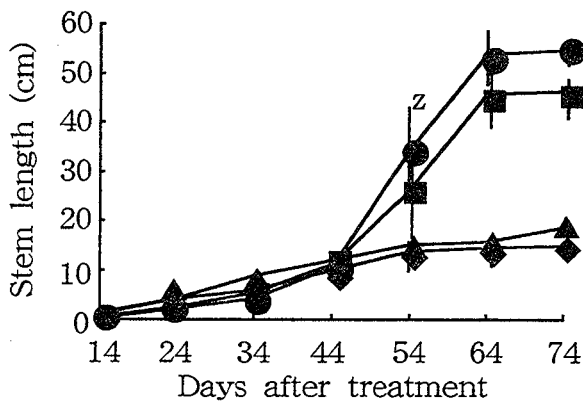


Fig. 32. Changes in stem length at different growing temperatures ('Hakushin').  
z: The vertical bars show standard deviation.  
●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

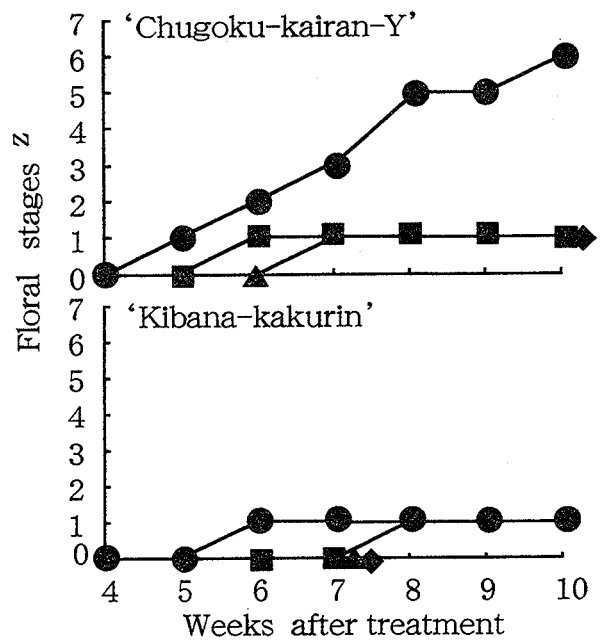


Fig. 34. Effects of temperature on floral development in cultivars with yellow petals.  
z: Refer to Fig. 26.  
●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

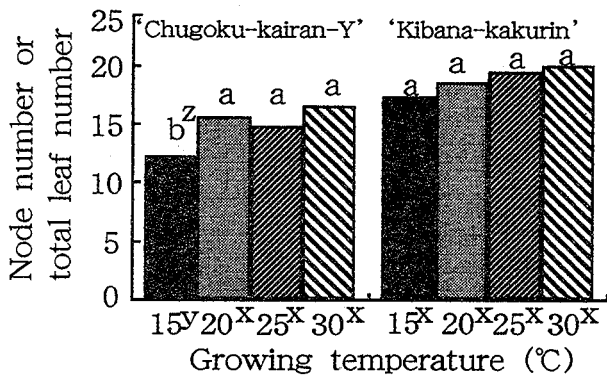


Fig. 35. Number of nodes from cotyledon to flower or total leaf number ten weeks after treatment. z: Different letters in each cultivar indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) on Tukey-Kramer's multiple range test. y: Number of nodes from cotyledon to flower. x: The total leaf number ten weeks after treatment.

格林'は、15°、20°、25°、30°C区のすべての処理区で実験終了までに花芽の分化はみられなかった(第34図)。実験終了時の平均花芽発達段階は、すべての処理区で膨大期であった。

'中国芥藍(Y)'15°C区の着花節位は12.1であった。また、実験終了時における総葉数は、20°、25°および30°Cの順で、15.6、14.3および16.6となり、15°C区の着花節位よりも多くなった(第35図)。実験終了時における'黄花格林'の総葉数は、15°、20°、25°および30°Cの順で、17.2、20.0、19.2および18.6となり、処理区間に大きな差はみられなかった(第35図)。

実験終了時の'中国芥藍(Y)'の茎長は、15°C区では10.7±5.5(平均±標準偏差)cm、20°C区では7.2±2.3cm、25°C区では11.4±4.0cm、30°C区では8.0±2.0cmであっ

た。'黄花格林'の茎長は、15°、20°、25°および30°C区ではそれぞれ8.1±1.5cm、10.9±2.8cm、12.0±2.1cmおよび10.4±2.4cmであった。両品種ともに茎長の有意な差はみられなかった。

実験終了時の'中国芥藍(Y)'の茎径は15°C区では4.8±1.2mm、20°C区では5.1±1.1mm、25°C区では4.5±1.9mm、30°C区では7.4±1.8mmであった。'黄花格林'の茎径は、15°、20°、25°および30°C区ではそれぞれ、4.7±0.7mm、5.7±1.5mm、6.1±1.2mmおよび7.0±1.0mmであった。両品種ともに生育温度が高いほど茎径が増加する傾向がみられた。

### 第2項 白花品種における花芽形成の温度範囲

本項では、日本および台湾で栽培されているカイランの白花品種を供試し、幼期の過ぎたと思われる植物体を温度制御条件下で栽培して、主に花芽形成について調査した。

#### 材料および方法

供試品種には'カイラン'(タキイ種苗、以下'カイランT')、'白心'、'中国芥藍'(以上サカタのタネ)、'カイラン'(丸種種苗、以下'カイランM')、'芥藍'(カネコ種苗、以下'芥藍K')並びに'白花黒葉'(台湾)の合計6品種を用いた。各品種につき1000粒の種子を、23.5°C・16時間日長条件下のグロースチャンバー内で催芽させた。一方、土:砂:パーミキュライトを5:2:2(volume)の割合で混合した培養土を入れた育苗箱(28.5×48.5×10.5cm)を、各品種につき16箱を準備した。催芽の揃った時、第10表に示した播種日に、この育苗箱1箱あたりに40粒ずつを播種した。一般に、キャベツ類は花芽の分化に対して植物体春化型の低温要求性を持つ

Table 10. Experimental design of this experiment.

Cultivar name	Sowing date	Date of start of treatment	Temperature treatment (°C)	Duration of treatment (weeks)
'Hakushin'	① Oct.17,1993	Nov.18,1993		
'Kairan-T'	② Apr. 8,1994	Apr.26,1994		
-----				
'Kairan-M'	① Jan.16,1994	Feb. 9,1994	15, 20, 25 and 30° C	1 - 6
'Chugoku - kairan'	② May 19,1994	Jun.13,1994		
-----				
'Shirobana - kuroba'	① Jul.20,1994	Aug.13,1994		
'Kairan-K'	② Feb.22,1995	Mar.22,1995		

ため、本実験でも幼期を仮定して、最低夜温を 25℃以上に管理したガラス温室内（自然日長）で育苗した。3～4 枚の本葉が展開した時、各品種を 4 箱ずつに分け、制御温室（自然日長）に搬入して 15°, 20°, 25°, 30℃の昼夜定温条件下で 6 週間生育させた。温度処理開始時並びにその後 1 週間ごとに、各品種・各処理区から 15～20 個体を無作為に採取して、植物体の生育（茎長、茎径、展開葉数）を調査した。実験は各品種につき 2 回ずつ行った。調査後、直ちに茎頂部を切除して FAA で固定した。固定した茎頂部を実体顕微鏡下で解剖し、未展開葉数を調査した。解剖した茎頂部を、Gouge 修正法（藤目, 1983）により、4% グルタルアルデヒド溶液と 1.6% オスミウム酸溶液によってさらに二重固定した。その後、常法に従い走査型電子顕微鏡（日立製作所 S-800 型）で茎頂部を観察した。このとき、藤目・垣淵（1992）の報告を参考にして、カイランの花芽発達段階を決定した。なお、生育期間中の栽培管理は慣行に従った。

結果

1. 処理開始時の展開葉数および茎の生長

処理開始時の展開葉数は 3.2～4.1 枚であった。このときの茎長と茎径は、それぞれ 2.7～6.9 cm と 2.1～5.1 mm の範囲にあり、品種間および反復間でやや異なった（第 11 表）。

2. 花芽並びに花序の発達

供試した白花 6 品種の花芽発達段階に品種間差は見られず、第 1 項と同様の花芽発達段階であった（第 36 図）。各温度区の平均花芽発達段階の移行を、第 37 図に示した。花芽の分化した温度範囲は品種により異なったが、生育温度が低くなるほど花芽が分化するまでの期間は短くなった。つまり、'白心'、'カイラン T' および 'カイラン M' の 3 品種では、30℃以下の温度条件下でも花芽を分化したことと比較して、'中国芥藍'、'白花黒葉' および '芥藍 K' の 3 品種では、25℃以下のやや低い温度で花芽を分化した。花芽の分化時期は、15° および 20℃区で

Table 11. Unfolding leaf number and stem length and diameter at the start of treatment.

Cultivar	Unfolding leaf number <sup>2</sup>	Stem		
		Length <sup>2</sup> (cm)	Diameter <sup>2</sup> (mm)	
'Hakushin'	① <sup>y</sup>	4.1±0.5	3.9±0.9	3.4±0.7
	②	3.5±0.4	5.0±0.7	4.1±0.5
'Kairan-T'	①	4.1±0.5	4.2±1.1	3.1±0.4
	②	3.6±0.4	6.9±1.0	4.6±0.6
'Kairan-M'	①	3.4±0.4	2.7±0.5	2.2±0.3
	②	3.9±0.5	6.0±1.4	5.1±0.9
'Chugoku -kairan'	①	3.2±0.3	3.3±0.7	2.1±0.2
	②	3.5±0.3	5.3±1.0	4.0±0.4
'Shirobana -kuroba'	①	3.9±0.4	3.4±0.7	3.9±0.6
	②	3.7±0.4	4.1±1.1	3.7±0.6
'Kairan-K'	①	3.9±0.4	5.0±1.3	4.3±0.5
	②	3.8±0.4	3.6±0.7	3.5±0.7

z : Mean ± Standard deviation  
y : Refer to Table 10.

は、それぞれ処理 2～3 週間および 2～5 週間後であった。さらに、25℃区では、'カイラン T'、'カイラン M' および '中国芥藍' の 2 回目を除いて、処理 4～6 週間後に花芽が分化した。また、'白心'、'カイラン T' および 'カイラン M' の 1 回目では、30℃区においてもそれぞれ 4 週間、5 週間および 6 週間後に、半数以上の個体で花芽の分化が見られた。分化した後の花芽の発達は 15° および 20℃区に大きな差は見られなかった。

処理 6 週間後の花序の横径は、生育温度が低くなるほど大きくなる傾向が見られた（第 12 表）。20℃以下の温度区では処理終了時の花序の横径は顕著に増加した。つまり、15℃区の花序の横径は、25℃区の約 1.6～17.4 倍に達していた。

3. 着花節位

一方、着花節位は生育温度が低くなるほど低下した（第 38 図）。すなわち、15°, 20°, 25° および 30℃区に

Table 12. Inflorescence diameter of Chinese kale six weeks after treatments.

Growing Temp.(°C)	Inflorescence diameter (mm)											
	'Hakushin'		'Kairan-T'		'Kairan-M'		'Chugoku -kairan'		'Shirobana -kuroba'		'Kairan-K'	
	① <sup>y</sup>	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
15	12.9 a <sup>z</sup>	40.5 a	7.4 a	25.8 a	8.0 a	35.3 a	10.3 a	23.5 a	32.1 a	22.3 a	33.1 a	23.9 a
20	7.9 b	45.6 a	2.0 b	24.6 a	1.4 b	31.4 a	3.0 b	20.3 a	22.8 b	23.4 a	14.0 b	21.3 b
25	0.8 c	26.1 b	-	5.2 b	-	10.4 b	1.4 c	-	2.4 c	12.7 a	1.9 c	12.6 b
30	-	11.5 c	-	2.6 b	-	3.9 b	-	-	-	-	-	-

z : Defferent letters indicate significant difference (P<0.05) by Tukey-Kramer's multiple range test.  
y : Refer to Table 10.

Table 11. Diameter (mm), number and stem length and diameter at the start of treatment

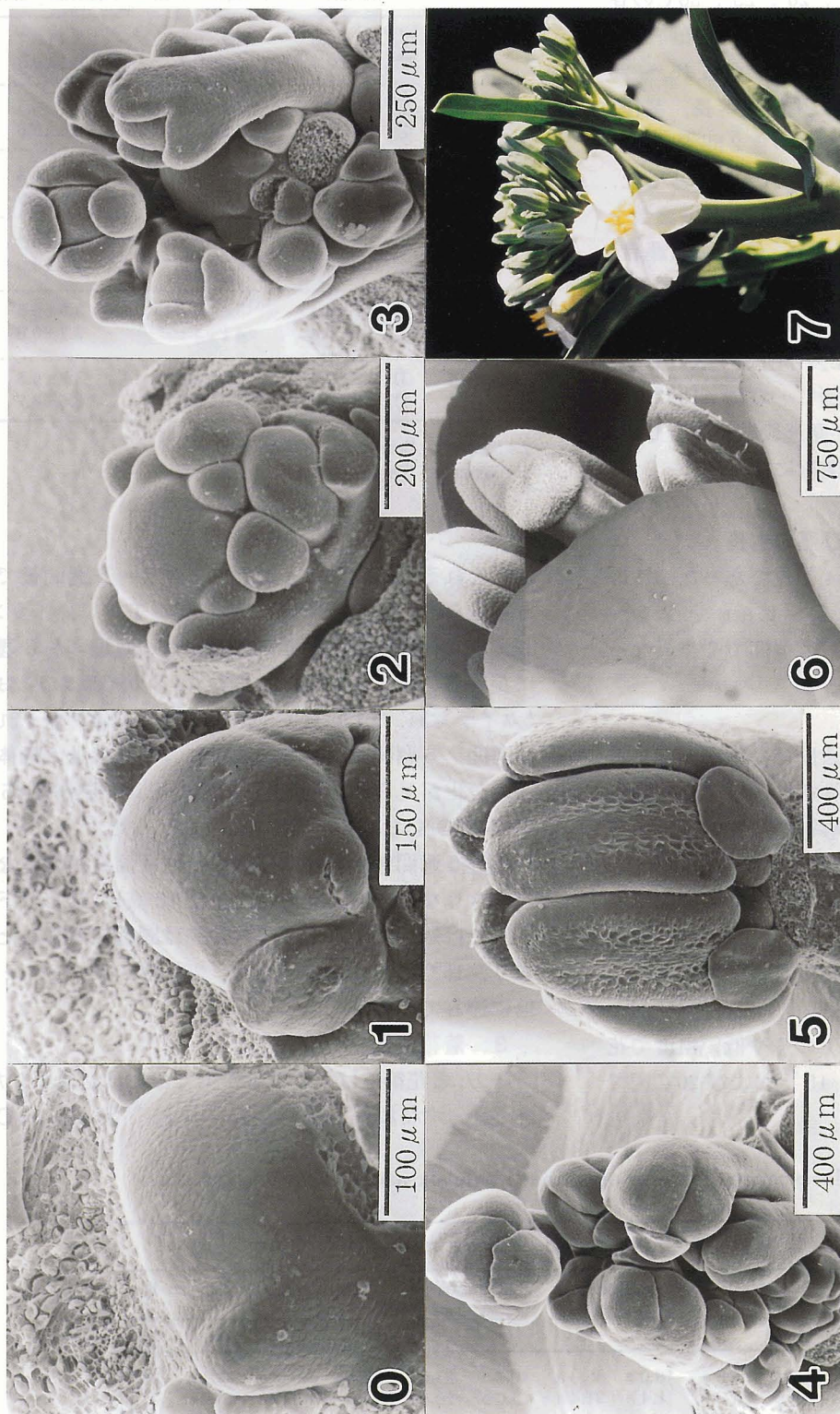


Fig. 36. Floral stages of Chinese kale 'Shirobana-kuroba' :

- 0) The vegetative stage, 1) the dome forming stage, 2) the flower bud forming stage,
- 3) the sepal forming stage, 4) the stamen and pistil forming stage, 5) the early petal elongation stage,
- 6) the late petal elongation stage, 7) the anthesis stage.

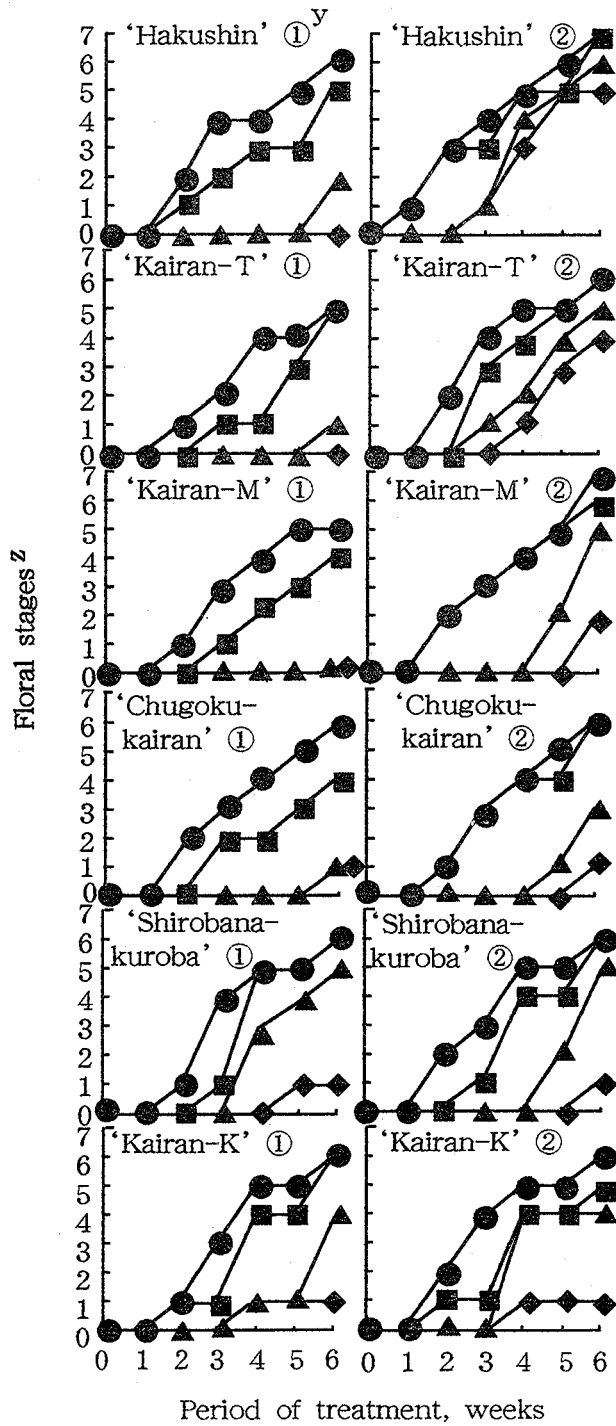


Fig. 37. Effects of temperature on floral developments of six cultivars with white petals.  
 z : Refer to Fig. 36. y : Refer to Table 10.  
 ● : 15°C, ■ : 20°C, ▲ : 25°C, ◆ : 30°C

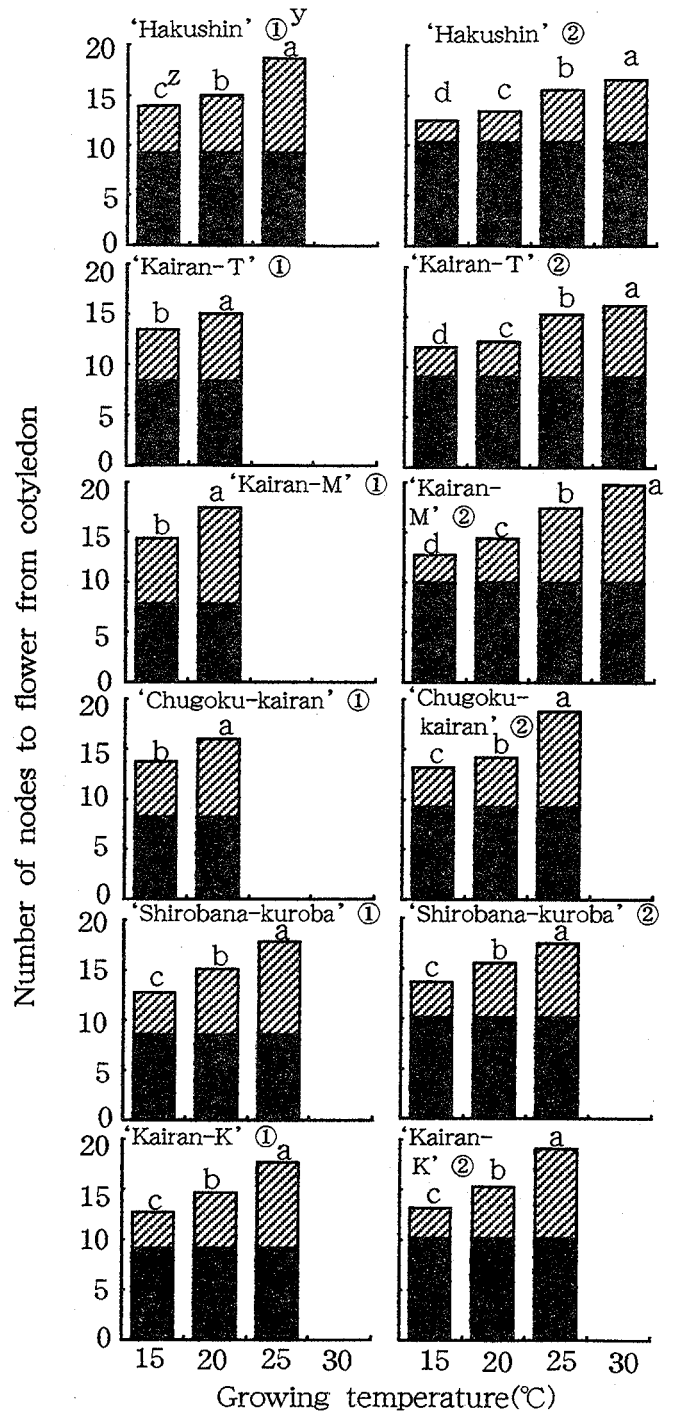


Fig. 38. Number of nodes from cotyledon to flower at different temperatures in six cultivars with white petals.  
 z : Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test.  
 y : Refer to Table 10.  
 ■ : Total leaf number at start of treatment.  
 ■ + ▨ : Number of nodes from cotyledon to flower.

において、着花節位はそれぞれ 12.0～14.3, 12.5～17.4, 15.3～19.1 および 16.1～19.8 となった。処理開始後に分化した葉数は生育温度が低くなるほど少なくなった。つまり、15°, 20°, 25° および 30°C 区で処理開始後に分化した葉数は、それぞれ 2.2～6.6, 3.2～9.7, 5.2～9.6 および 6.3～9.9 となった。‘白心’と‘カイラン T’の着花節位は、他の品種と比較して低くなる傾向が見られた。

また、‘白心’、‘カイラン T’、‘カイラン M’および‘中国芥藍’で、花芽の分化した温度範囲が広がった場合、処理開始時の総葉数がやや多く、処理開始後に分化した葉数は少なくなる傾向が見られた (第 11 表)。

4. 茎の生育

‘白心’、‘カイラン T’、‘カイラン M’および‘中国芥藍’で、処理開始時の茎長および茎径が小さかった場合、花芽の分化した温度範囲は狭くなった (第 11 表, 第 37 図)。

‘白心’における処理後の茎長と茎径の推移を、第 39 図に示した。低温になるほど茎長の増加する傾向が見られ、花芽の分化した処理区で顕著に増加した。一方、茎径は処理区間に大きな差は見られなかったが、低温区ほど茎径が増加する傾向が見られた。これらの傾向は他の品種にも見られた。

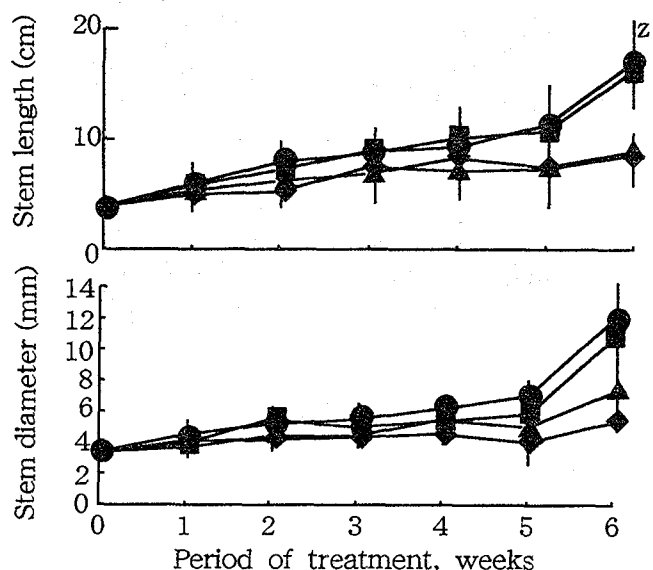


Fig. 39. Changes in stem length and diameter of cultivars with white petals (‘Hakushin’ ①). z: Vertical bars shows standard deviation. ●: 15°C, ■: 20°C, ▲: 25°C, ◆: 30°C

第 2 節 低温処理期間

カイランの花芽形成のための低温処理期間の影響については明らかでない。本節では、日本および台湾で栽培されているカイランの白花品種と黄花品種を供試して、低温処理期間を変えて栽培し、主に花芽の形成について調査した。

材料および方法

実験には、白花品種の‘カイラン’ (タキイ種苗, 以下‘カイラン T’), ‘白心’, ‘中国芥藍’ (サカタのタネ), ‘カイラン’ (丸種種苗, 以下‘カイラン M’), ‘芥藍’ (カネコ種苗, 以下‘芥藍 K’), ‘白花黒葉’ (台湾), 並びに黄花品種の‘中国芥藍 (Y)’ (サカタのタネ) と‘黄花格林’ (台湾) の合計 8 品種を供試した。白花の各品種では 1000 粒の種子を、黄花の各品種では 600 粒ずつを、23.5°C・16 時間日長条件下のグロースチャンパー内で催芽させた。一方、土:砂:パーミキュライトを 5:2:2 (volume) の割合で混合した培養土を入れた育苗箱 (28.5×48.5×10.5cm) を、白花の各品種につき 16 箱を、黄花の各品種につき 10 箱ずつを準備した。この育苗箱 1 箱あたりに白花品種では 40 粒ずつを、黄花品種では 48 粒ずつを播種した。

実験の概要を、第 13 表に示した。一般に、キャベツ類は花芽の分化に対して植物体春化型の低温要求性を持つため、前節の結果を参考に幼期を仮定して、最低夜温を白花品種では 25°C 以上に、黄花品種では 20°C 以上に管理したガラス温室内 (自然日長) で育苗した。3～5 枚の本葉が展開した時、各品種を 2 分した。この一方を 10/5°C (明期/暗期) の低温室 (白花品種では 16 時間日

Table 13. Experimental design of this experiment.

Cultivar	Sowing date	Date of start of treatment	Temperature of treatment (°C) (day/night)	Duration of treatment (weeks)
‘Hakushin’				
‘Kairan-T’	May 2, 1994	May 27, 1994		
‘Kairan-M’				1-4
‘Chugoku-kairan’				
‘Shirobana-kuroba’	Aug. 15, 1994	Sep. 9, 1994	10 / 5°C	
‘Kairan-K’				
‘Chugoku-kairan-Y’	Sep. 16, 1998	Oct. 14, 1998		
‘Kibana-kakurin’	Sep. 17, 1998	Oct. 15, 1998		1-5



長, 黄花品種では自然日長に調節・光強度  $70\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  に搬入し, 残りを育苗時と同様の条件でガラス温室に置いて対照区とした. 温度処理を開始してから1週間ごとに白花品種では4回, 黄花品種では5回, 各品種から育苗箱を搬出して, 約  $15\sim 20^\circ\text{C}$  の室温で1日間順化した後, 再びガラス温室にもどして対照区と同様の条件で3週間生育させた. 低温処理終了時および低温処理終了3週間後に各品種の処理区および対照区からそれぞれ白花品種では20個体を, 黄花品種では12個体ずつを無作為に採取して, これらの生育を調査した. 調査後, 直ちに茎頂部を切除してFAAで固定した. 固定した茎頂部を実体顕微鏡下で解剖し, 未展開葉数並びに花芽発達段階を調査した. 花芽発達段階は, 前節に従った. すなわち, 花芽発達段階は, 0:未分化期, 1:膨大期, 2:花芽原基分化期, 3:がく片分化期, 4:雄ずい・雌ずい分化期, 5:花弁伸長前期, 6:花弁伸長後期, 7:開花期の合計8段階に分けられ, 花芽原基分化期(2)に達したときに花芽が分化したと判断した(第26図, 第36図). なお, 実験期間中の栽培管理は慣行に従った.

結果

1. 白花品種

実験期間中のガラス温室内の平均気温の推移を, 第40図に示した. 日平均気温は約  $26^\circ\text{C}$  から  $33^\circ\text{C}$  で推移し, 実験期間中の平均気温は約  $30^\circ\text{C}$  であった.

低温処理開始時の展開葉数, 茎長および茎径を, 第14表に示した. 展開葉数は, 各品種ともに3~4枚であった. しかし茎長は, '芥藍K'の2.5cmから'カイランT'の7.2cmまで品種間に大きな差がみられた. また, 茎径についても'芥藍K'の2.4mmから'カイランM'および'カイランT'の5.0および5.1mmまで品種間に差がみられた.

すべての品種で, 4週間までの処理による低温障害は観察されなかった.

各品種の平均花芽発達段階を, 第41図に示した. '白心', 'カイランT', 'カイランM'では4週間区の低温処理終了時に花芽が分化した. また, '白心'および'カイランT'では対照区でも花芽が分化した. 一方, '中国芥藍', '白花黒葉'および'芥藍K'では, 4週間までの低温処理終了時に花芽は分化しなかった. 低温処理終了時に花芽が分化していなかった品種・処理区では, '白花黒葉'の1週間区を除いて, 処理終了後に最低夜温を  $25^\circ\text{C}$  以上に管理したガラス温室(自然日長)で3週間生育させたとき, 花芽が分化した. '中国芥藍'および'芥藍K'では1週間区の低温処理終了3週間後に, '白花黒葉'では2週間区の低温処理終了3週間後に花芽が分化した.

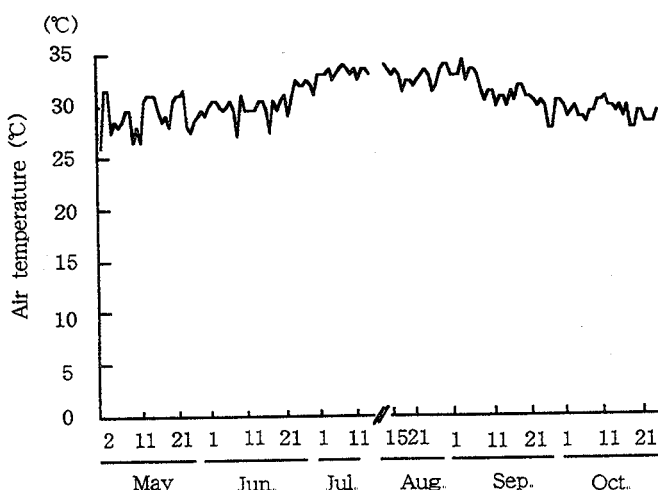


Fig. 40. Fluctuation of mean air temperatures in the greenhouse maintained at a minimum night temperature of  $25^\circ\text{C}$ .

Table 14. Unfolding leaf number, stem length and diameter at the start of low temperature treatment.

Cultivar	Unfolding leaf number	Stem	
		length (cm)	diameter (mm)
'Hakushin'	$3.7\pm 0.3^z$	$4.1\pm 0.6$	$3.7\pm 0.3$
'Kairan-T'	$3.8\pm 0.4$	$7.2\pm 1.4$	$5.1\pm 0.7$
'Kairan-M'	$4.0\pm 0.4$	$5.4\pm 1.7$	$5.0\pm 0.9$
'Chugoku-kairan'	$3.7\pm 0.5$	$5.1\pm 1.6$	$3.6\pm 0.5$
'Shirobana-kuroba'	$3.5\pm 0.4$	$3.5\pm 1.0$	$3.2\pm 0.4$
'Kairan-K'	$3.3\pm 0.4$	$2.5\pm 0.8$	$2.4\pm 0.2$

z: Mean  $\pm$  Standard deviation

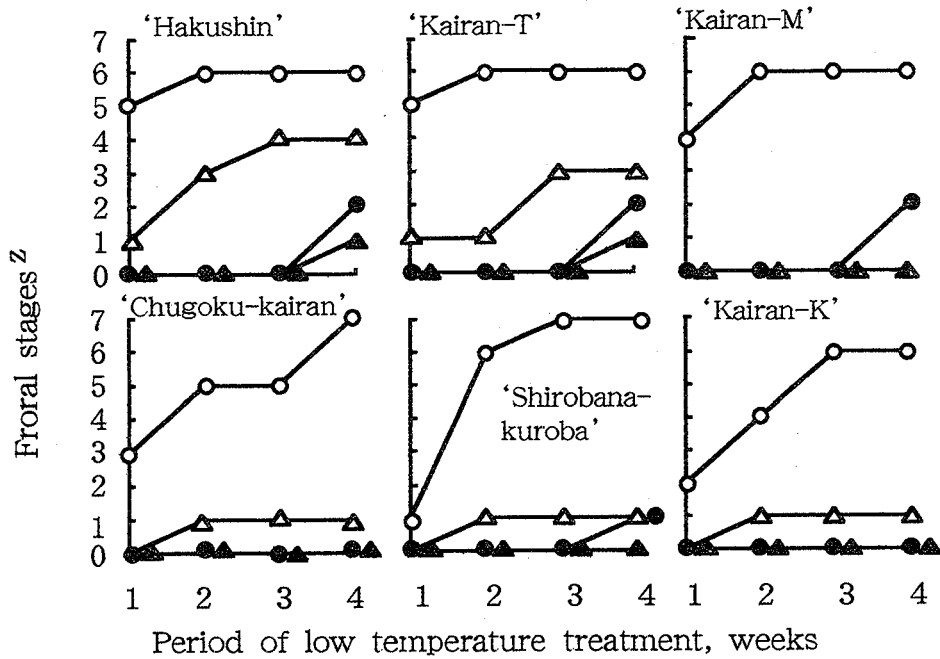


Fig. 41. Effects of period of low temperature treatments on floral development in six cultivars of Chinese kale with white petals.

z: Refer to Fig. 36.

- : Treatment (Just after the end of treatment)
- ▲: Control (Just after the end of treatment)
- : Treatment (Three weeks after the end of treatment)
- △: Control (Three weeks after the end of treatment)

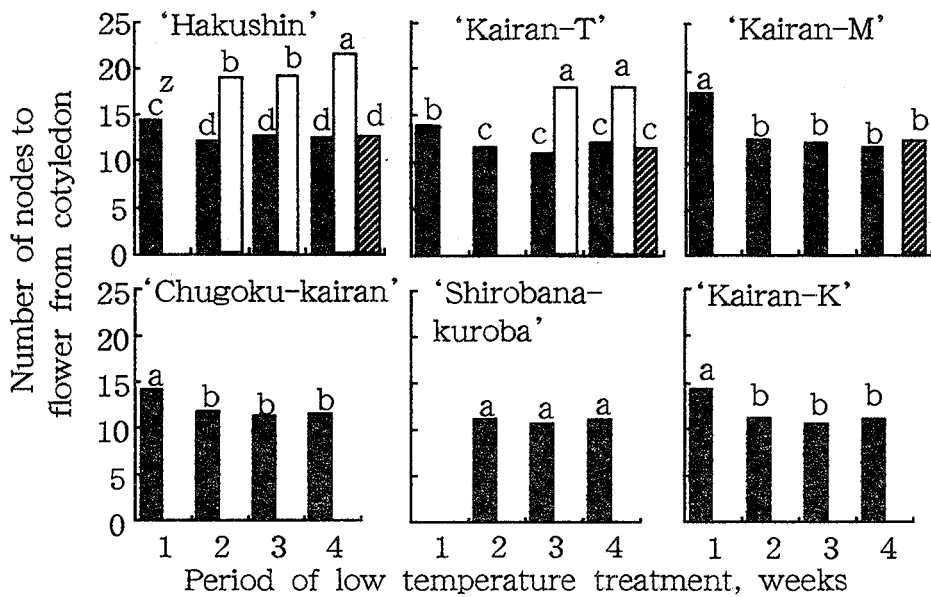


Fig. 42. Effects of period of low temperature treatments on number of nodes flower from cotyledon in six cultivars of Chinese kale with white petals.

z: Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test.

- ▨: Treatment (Just after the end of treatment)
- : Treatment (Three weeks after the end of treatment)
- : Control (Three weeks after the end of treatment)

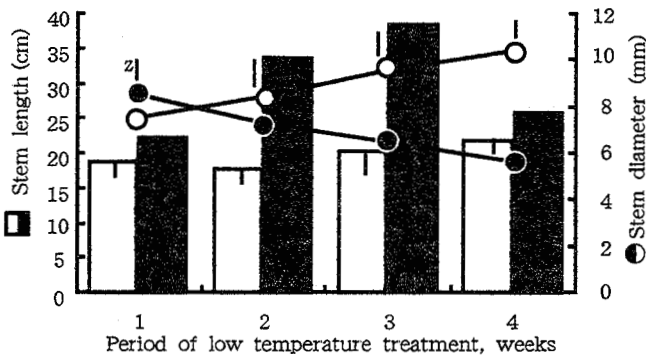


Fig. 43. Effects of period of low temperature treatment on stem length and diameter at three weeks after end of treatment ('Kairan-T'). z: The vertical bars show LSD. □: Control, ■: Low temperature treatment

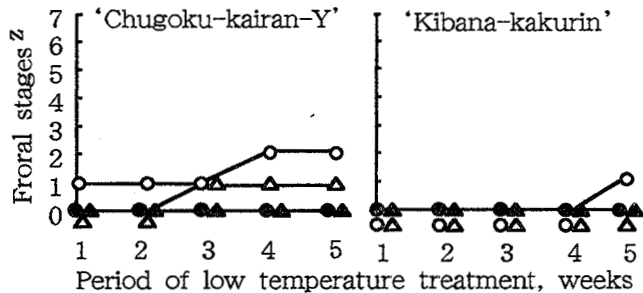


Fig. 44. Effects of period of low temperature treatments on floral development in six cultivars of Chinese kale with yellow petals. z: Refer to Fig. 36. ●: Treatment (Just after the end of treatment) ▲: Control (Just after the end of treatment) ○: Treatment (Three weeks after the end of treatment) △: Control (Three weeks after the end of treatment)

低温処理期間が長くなるほど花芽の発達は促進された。つまり、処理終了3週間後における1週間区、2週間区、3週間区および4週間区での花芽発達段階は、それぞれ1~5, 4~6, 5~7および6~7であった。さらに、低温処理区と対照区とを比較すると、低温処理によって花芽の発達は顕著に促進された。

各品種の着花節位を、第42図に示した。対照区でも花芽の分化した'白心'および'カイランT'では、低温処理区と比較して、対照区での着花節位は有意に高くなった。さらに、1週間区は低温処理をしなかった対照区と比較して、着花節位は有意に低下した。4週間区の低温

処理終了時に花芽の分化していた'白心'、'カイランT'、'カイランM'の着花節位は約11~13であった。これは2~4週間区の低温処理終了3週間後の着花節位と差はなかった。2~4週間区と比較して、1週間区の低温処理終了3週間後での着花節位は有意に高くなった。この傾向は'中国芥藍'および'芥藍K'においても同様に見られ、2~4週間の低温処理区間に着花節位の差はなく、1週間の低温処理ではそれらよりも高くなった。2~4週間区でのみ花芽が分化した'白花黒葉'では、これらの処理区間に着花節位の有意な差は見られなかった。

カイランは蕾だけでなく茎も利用されるために、茎の生育を調査した。供試した4品種にほぼ同様の傾向がみられたため、'カイランT'の処理終了3週間後の茎長および茎径を、第43図に示した。低温処理区の茎長は、処理期間が長くなるほど増加する傾向がみられた。しかし、4週間の低温処理終了時に花芽の分化した'白心'、'カイランT'および'カイランM'では、4週間処理区の茎長の増加は対照区と比較して大きな差はみられなかった。一方、低温処理区の茎径は、処理期間が長くなるほど小さくなる傾向がみられ、対照区との差が大きくなった。

## 2. 黄花品種

すべての品種で、5週間の処理による低温障害は観察されなかった。

黄花品種の平均花芽発達段階を、第44図に示した。低温処理終了時の花芽発達段階をみると、両品種ともに対照区と低温処理区の花芽発達段階は未分化期であった。

処理終了3週間後の花芽発達段階をみると、'中国芥藍(Y)'では、3週間までの低温処理区の花芽発達段階は膨大期で、花芽は分化しなかった。4、5週間区の花芽発達段階は花芽原基分化期に達しており、花芽が分化した。対照区の花芽発達段階は、1、2週間区では未分化期、3、4、5週間区では膨大期であり、いずれも花芽は分化しなかった。一方、'黄花格林'の処理終了3週間後の花芽発達段階をみると、対照区ではすべて未分化期であり、低温処理の5週間区では膨大期に達していたが、花芽を分化した処理区はみられなかった。

## 第3節 種子低温処理並びに苗齡

カイランの花芽形成のための低温感応苗齡については明らかでない。本節では、カイランの花芽形成のための低温感応苗齡を明らかにするため、種子低温処理と生育温度の影響を調査した。次に、苗齡を変えて低温処理を行い、花芽形成について調査した。

第1項 種子低温処理

本項では、日本で栽培されている白花品種を供試し、花芽形成に及ぼす種子低温処理の影響を調査した。

材料および方法

‘白心’ (サカタのタネ) および ‘カイラン’ (タキイ種苗, 以下 ‘カイランT’) の2品種を用いた。各品種 500粒の種子を、23.5℃・16時間日長条件下のグロースチャンパー内で催芽させた。一方、土:砂:パーミキュライトを5:2:2 (volume) の割合で混合した培養土を入れた育苗箱 (28.5×48.5×10.5cm) を準備した。

幼根が約1mm伸長した催芽種子を、1993年7月13日から3週間、5℃の暗黒条件下に置いた。8月4日にこの低温処理種子と対照区として無処理の催芽種子をそれぞれ育苗箱に52粒ずつ播種した。播種後直ちに20°、25°および30℃の制御温室 (自然日長) に移動して生育させた。搬入3週間後から2週間ごとに合計3回、各品種・処理区から無作為に12個体ずつを採取して、これらの生育を調査した。調査後、直ちに茎頂部を切除してF.A.Aで固定した。固定した茎頂部を実体顕微鏡下で解剖し、未展開葉数並びに花芽発達段階を調査した。なお、実験期間中の栽培管理は慣行に従った。

花芽発達段階は、藤目・垣渕 (1992) の報告を参考に、0:未分化期、1:膨大期、2:花芽原基分化期、3:がく片分化期、4:雄ずい・雌ずい分化期、5:花卉伸長前期、6:花卉伸長後期の7段階に7:開花期を加えた合計8段階に分けた。花芽原基分化期 (2) に達したときに花芽が分化したと判断した。

結果

両品種ともに、生育温度が低くなるほど花芽の分化率が高くなった (第45図)。すなわち、20℃では播種5週間後にほとんど花芽が分化し、30℃では播種7週間後でもほとんどの個体に花芽は分化しなかった。また、20°および30℃では、種子低温処理区と対照区の花芽分化率に大きな差はみられなかった。しかし、25℃では種子低温処理区の花芽分化率は対照区よりも高くなり、両品種ともに播種7週間後には50%を超えた。

花芽発達段階の推移を、第46図に示した。花芽の発達は、生育温度が低くなるほど促進される傾向がみられた。また、種子低温処理区は対照区と比較して花芽の発達段階が高くなり、この傾向は20°および25℃で大きくあらわれた。すなわち、20°および25℃では、対照区と比べて種子低温処理区の花芽発達段階は1~2段階高くなった。

茎頂部の直径あるいは花序の直径を、第15表および第

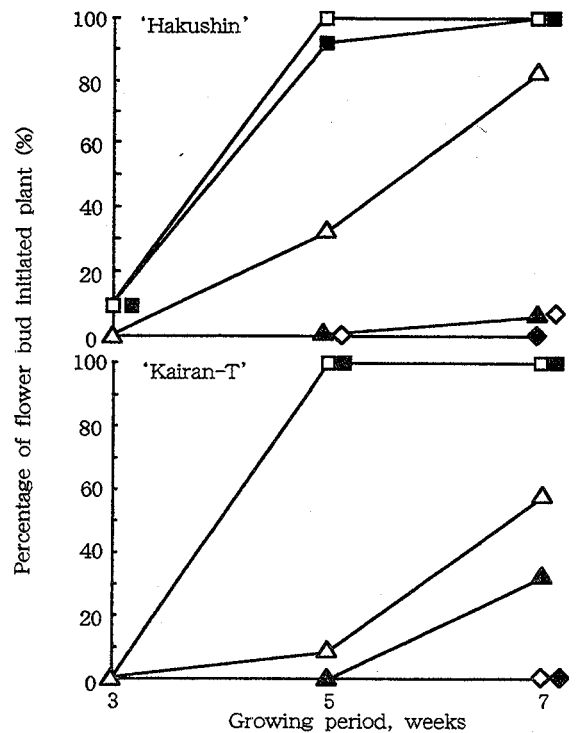


Fig. 45. Effects of low temperature treatments of pregerminated seeds on percentage of flower bud initiated plant in two cultivars of Chinese kale with white petals. Treatment ; 20°C (□), 25°C (△), 30°C (◇) Control ; 20°C (■), 25°C (▲), 30°C (◆)

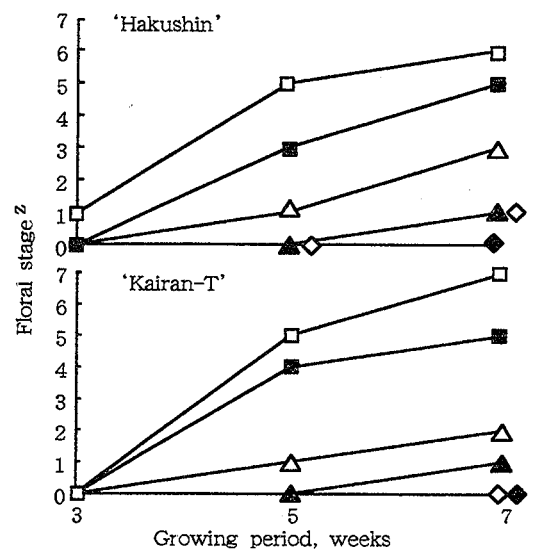


Fig. 46. Effects of low temperature treatments of pregerminated seeds on floral development in two cultivars of Chinese kale with white petals. z : Refer to Fig. 36. Treatment ; 20°C (□), 25°C (△), 30°C (◇) Control ; 20°C (■), 25°C (▲), 30°C (◆)

Table 15. Diameter of terminal shoot apex or inflorescence of Chinese kale with white petals ('Hakushin').

Growing period (weeks)	Low temperature treatment <sup>y</sup>	Diameter of terminal shoot apex or inflorescence <sup>z</sup>		
		Growing temperature (°C)		
		20	25	30
3	+	0.21±0.07	0.16±0.04	0.14±0.03
	-	0.17±0.04	0.12±0.02	0.13±0.03
5	+	2.60±2.58	0.34±0.20	0.20±0.05
	-	0.70±0.28	0.15±0.04	0.14±0.03
7	+	14.20±6.51	0.76±0.49	0.21±0.05
	-	2.91±1.72	0.40±0.57	0.18±0.03

z: Mean±Standard deviation  
y: +; treatment, -; control

Table 16. Diameter of terminal shoot apex or inflorescence of Chinese kale with white petals ('Kairan-T').

Growing period (weeks)	Low temperature treatment <sup>y</sup>	Diameter of terminal shoot apex or inflorescence <sup>z</sup>		
		Growing temperature (°C)		
		20	25	30
3	+	0.29±0.19	0.16±0.04	0.16±0.02
	-	0.20±0.03	0.15±0.04	0.14±0.04
5	+	1.93±1.00	0.26±0.07	0.16±0.05
	-	1.00±0.45	0.19±0.03	0.15±0.05
7	+	x	0.58±0.39	0.19±0.03
	-	3.29±1.56	0.40±0.26	0.21±0.06

z: Mean±Standard deviation  
y: +; treatment, -; control  
x: Anthesis

16表に示した。両品種ともに、20℃および25℃では、種子低温処理区の茎頂部あるいは花序の直径は、対照区と比較して大きくなる傾向がみられた。花芽分化率の低かった30℃では、茎頂部あるいは花序の直径は種子低温処理区でやや大きくなる傾向がみられたが、有意な差はみられなかった。

半数以上の個体に花芽の分化した処理区の着花節位を、第47図に示した。両品種ともに、着花節位は生育温度が低くなるほど低下した。つまり、20℃の着花節位は9.5～11.7となり、25℃では14.3～15.0であった。20℃の種子低温処理区と対照区とを比較すると、'白心'では着花節位に有意な差は認められなかったが、種子低温処理区でやや低下する傾向が見られた。また'カイランT'では、種子低温処理区の着花節位は対照区よりも有意に低下した。

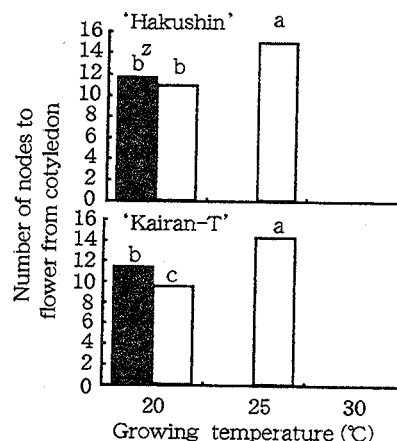


Fig. 47. Effects of low temperature treatments of pregerminated seeds on number of nodes to flower from cotyledon in two cultivars of Chinese kale with white petals.

z: Different letters indicate significant difference (P < 0.05) by Tukey-Kramer's multiple range test.  
□: Treatment, ■: Control

## 第2項 苗 齢

本項では、白花品種と黄花品種を供試し、苗齢を変えて低温処理を行い、主に花芽の形成を調査した。

### 材料および方法

実験には、白花品種の‘カイラン’（タキイ種苗、以下‘カイランT’）、‘白心’、‘中国芥藍’（以上サカタのタネ）、‘カイラン’（丸種種苗、以下‘カイランM’）、‘芥藍’（カネコ種苗、以下‘芥藍K’）および‘白花黒葉’（台湾）並びに黄花品種の‘中国芥藍（Y）’（サカタのタネ）と‘黄花格林’（台湾）の合計8品種を用いた。白花の各品種では1000粒の種子を、黄花の各品種では600粒ずつを、23.5℃・16時間日長条件下のグロースチャンパー内で催芽させた。一方、土：砂：パーミキュライトを5：2：2（volume）の割合で混合した培養土を入れた育苗箱（28.5×48.5×10.5cm）を、白花の各品種につき16箱を、黄花の各品種につき10箱ずつを準備した。この育苗箱1箱あたりに白花品種では40粒ずつを、黄花品種では48粒ずつを播種した。

実験の概要を、第17表に示した。播種後は、最低夜温を白花品種では25℃以上に、黄花品種では20℃以上に管理したガラス温室内（自然日長）で育苗した。育苗箱を2分して、一方を低温処理区に、もう一方を対照区とした。低温処理区は、白花品種では播種直後から播種3週間後までの間、黄花品種では播種1週間後から5週間後

まで1週間毎に10/5℃（明期/暗期）の低温室（16時間日長・光強度70 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s）に搬入した。対照区は、育苗時と同様の条件でガラス温室で生育させた。白花品種では低温処理を開始してから3週間経過した後、黄花品種では4週間経過後に育苗箱を搬出して約15～20℃の室温で1日間順化し、再びガラス温室に移動して対照区と同様の条件でさらに3週間生育させた。低温処理開始時、終了時および低温処理終了3週間後に各品種・処理区から12～20個体を無作為に採取して、これらの生育を調査した。調査後、直ちに茎頂部を切除してF A Aで固定した。固定した茎頂部を実体顕微鏡下で解剖し、未展開葉数並びに花芽発達段階を調査した。なお、実験期間中の栽培管理は慣行に従った。

花芽発達段階は前節に従い、0：未分化期、1：膨大期、2：花芽原基分化期、3：がく片分化期、4：雄ずい・雌ずい分化期、5：花卉伸長前期、6：花卉伸長後期の7段階に、7：開花期を加えた合計8段階に分けた（第26図、第36図）。花芽原基分化期（2）に達したときに花芽が分化したと判断した。

## 結 果

### 1. 白花品種

供試した植物体には低温処理による障害は観察されなかった。

実験期間中のガラス温室内の平均気温の推移を、第48図に示した。日平均気温は25℃から38℃で推移し、実験

Table 17. Experimental design of this experiment.

Cultivar	Hastening of germination date	Sowing date	Plant ages at start of treatment	Temperature (day/night)	Duration of treatment (weeks)
‘Hakushin’ ‘Kairan-T’	May 10, 1995	May 12, 1995			
‘Kairan-K’ ‘Chugoku - kairan’	Sep. 20, 1995	Sep. 22, 1995	0-3	10 / 5	3
‘Shirobana - kuroba’ ‘Kairan-M’	Dec. 1, 1995	Dec. 4, 1995			
‘Chugoku - kairan-Y’ ‘Kibana - kakurin’	Sep. 14, 1998 Sep. 15, 1998	Sep. 16, 1998 Sep. 17, 1998	1-5	10 / 5	4

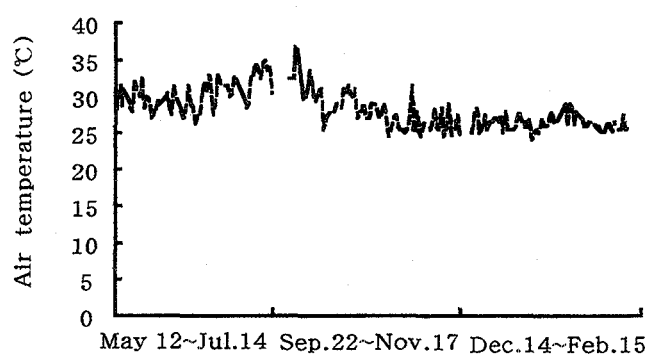


Fig. 48. Fluctuation of mean air temperatures in the greenhouse maintained at a minimum night temperature of 25°C

Table 18. Plant growth at start of the treatments (cultivar with white petals).

Cultivar	Plant age (weeks)			
	0	1	2	3
	<i>Stem length (cm)</i>			
'Hakushin'	-	-	1.6±0.2 <sup>z</sup>	3.5±0.3
'Kairan-T'	-	-	1.4±0.4	4.4±0.6
'Kairan-M'	-	-	0.4±0.2	2.3±0.8
'Chugoku-kairan'	-	-	1.0±0.1	1.0±0.4
'Shirobana-kuroba'	-	-	0.5±0.3	1.7±0.6
'Kairan-K'	-	-	1.1±0.2	2.0±0.3
	<i>Stem diameter (mm)</i>			
'Hakushin'	-	-	1.6±0.2	3.0±0.3
'Kairan-T'	-	-	1.8±0.2	3.5±0.4
'Kairan-M'	-	-	1.2±0.2	2.4±0.3
'Chugoku-kairan'	-	-	1.0±0.1	1.7±0.3
'Shirobana-kuroba'	-	-	1.2±0.1	2.1±0.3
'Kairan-K'	-	-	1.1±0.2	2.3±0.4
	<i>Unfolding leaf number</i>			
'Hakushin'	-	-	1.5±0.5	3.0±0.0
'Kairan-T'	-	-	1.3±0.4	3.1±0.3
'Kairan-M'	-	-	1.0±0.4	1.7±0.5
'Chugoku-kairan'	-	-	0.9±0.4	2.1±0.3
'Shirobana-kuroba'	-	-	1.0±0.2	1.7±0.6
'Kairan-K'	-	-	1.1±0.3	2.4±0.6
	<i>Total leaf number</i>			
'Hakushin'	-	3.4±0.6	6.2±0.5	8.7±0.6
'Kairan-T'	-	3.5±0.5	5.7±0.6	8.3±0.6
'Kairan-M'	-	2.8±0.5	5.0±0.7	7.6±1.0
'Chugoku-kairan'	-	3.7±0.7	4.7±0.6	7.3±0.6
'Shirobana-kuroba'	-	3.1±0.7	5.2±0.5	7.6±0.9
'Kairan-K'	-	4.1±1.0	4.8±0.5	8.1±0.7

z: Mean±Standard deviation

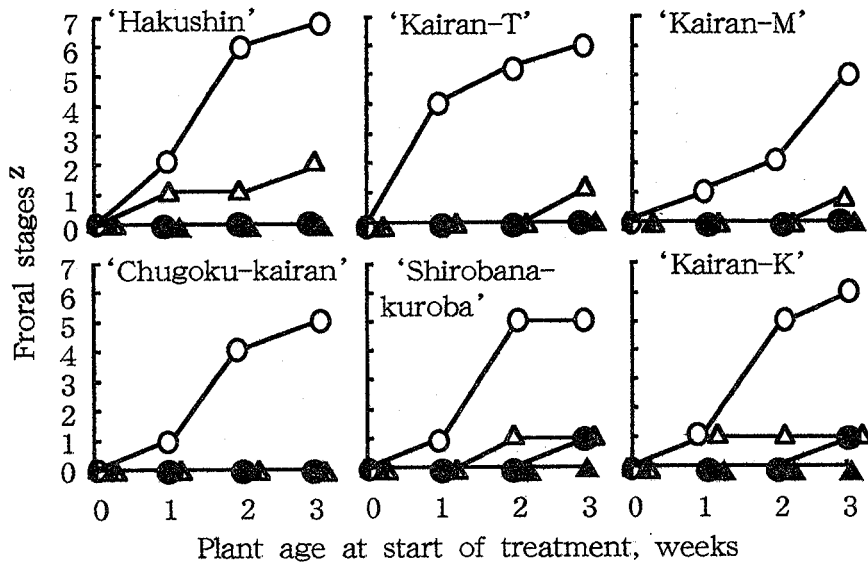


Fig. 49. Floral development in six cultivars of Chinese kale with white petals affected by low temperature treatment started at different plant ages.

z : Refer to Fig. 36.

● : Treatment (Just after the end of treatment)

▲ : Control (Just after the end of treatment)

○ : Treatment (Three weeks after the end of treatment)

△ : Control (Three weeks after the end of treatment)

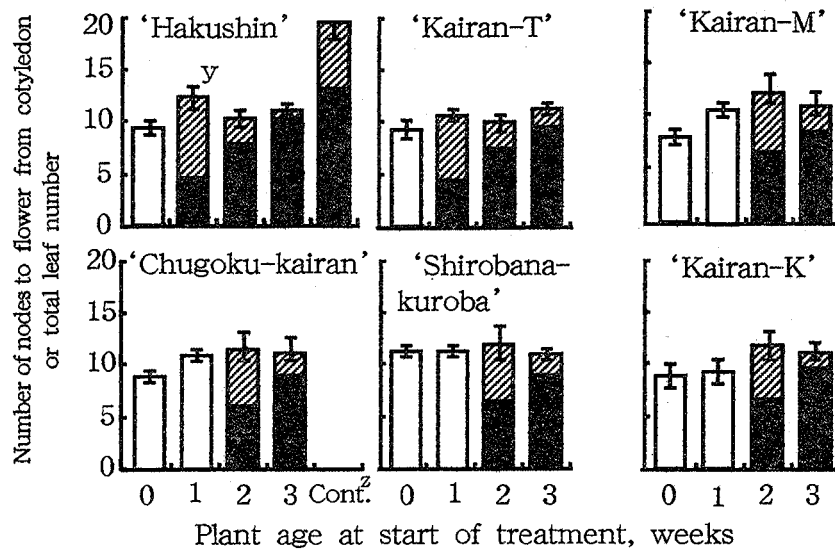


Fig. 50. Number of nodes to flower from cotyledon in six cultivars of Chinese kale with white petals affected by low temperatures treatment started at different plant ages.

z : Control of three weeks old that was plant age at start of treatment.

y : Vertical bars show standard deviation.

□ : Total leaf number at three weeks after the end of treatment (flower buds did not initiate).

■ : Total leaf number at the end of treatment.

■+▨ : Number of nodes to flower from cotyledon.



期間中の平均気温は‘白心’と‘カイランT’では30.2°C, ‘芥藍K’と‘中国芥藍’では28.3°C, ‘カイランM’と‘白花黒葉芥藍’では26.4°Cであった。

低温処理開始時の茎長, 茎径並びに葉数を, 第18表に示した。0~1週齢の植物体では, 茎の伸長はみられず, 展開した本葉はみられなかった。その後, 茎が伸長しはじめ, 2週齢での茎長は0.4~1.6cm, 茎径は1.0~1.8mmに達した。さらに, このとき1~2枚の本葉が展開し, 5~6枚の本葉が分化していた。

各品種の平均花芽発達を, 第49図に示した。低温処理終了時では, 処理区および対照区ともにすべての品種で花芽の分化は見られなかった。処理終了3週間後では, すべての品種の0週齢区で花芽の分化はみられず, 花芽発達段階0の未分化期であった。しかし, ‘白心’および‘カイランT’では1週齢区で花芽の分化が見られ, それぞれ花芽発達段階2の花芽原基分化期および花芽発達段階4の雄ずい・雌ずい分化期に達していた。また‘カイランM’, ‘中国芥藍’, ‘白花黒葉’および‘芥藍K’では2週齢区で花芽の分化がみられ, それぞれ花芽発達段階2の花芽原基分化期, 花芽発達段階4の雄ずい・雌ずい分化期, 花芽発達段階5の花卉伸長前期および花卉伸長前期であった。また, 処理終了3週間後の‘白心’の対照区でも花芽が分化した。しかし, 0週齢区を除いて, 低温処理区は対照区と比較して, 花芽の発達が促進された。さらに, 低温処理開始時の植物体の齢が進むほど低温処理の効果が大きくあらわれ, 花芽の発達は促進された。つまり, 1週齢区, 2週齢区および3週齢区での花芽発達段階は, それぞれ1~4, 2~4および5~7であった。

各品種・処理区の花芽節位を, 第50図に示した。対照

区でも花芽の分化した‘白心’では, 対照区と比較して, 低温処理した1~3週齢区の花芽節位は有意に低下した。すなわち, 低温処理区での花芽節位は10.8~13.0であったのに対して, 対照区での花芽節位は19.9となった。他の品種では低温処理区での花芽節位は10.5~12.3となった。処理開始時の苗齢が進むほど処理後から花芽を分化するまでに増加した葉数は減少する傾向がみられた。つまり, 低温処理後に増加した葉数は, 各品種の最初に花芽を分化した苗齢では5.5~8.1, 次の苗齢では1.7~2.7, その次に大きい苗齢では0.5~1.8であった。

## 2. 黄花品種

低温処理開始時の茎長, 茎径並びに葉数を, 第19表に示した。1週齢の植物体では, 茎の伸長はみられず, 展開した本葉はみられなかった。その後茎が伸長し, ‘中国芥藍’の4週齢での茎長は0.8±0.3cm, 茎径は1.6±0.3mmに達した。さらに, このとき3.0±0.4枚の本葉が展開し, 6.5±0.8枚の本葉が分化していた。

黄花品種の平均花芽発達段階を, 第51図に示した。低温処理終了時の花芽発達段階をみると, 両品種ともに対照区と低温処理区の花芽発達段階は未分化期であった。

処理終了3週間後の花芽発達段階をみると, ‘中国芥藍(Y)’では, 3週齢までの低温処理区の花芽発達段階は膨大期で, 花芽は分化しなかった。4週齢区の花芽発達段階は花芽原基分化期に, 5週齢区の花芽発達段階では雄ずい・雌ずい分化期に達しており, 花芽が分化した。対照区の花芽発達段階は, 1, 2週齢区では未分化期, 3, 4, 5週齢区では膨大期であり, いずれも花芽は分化しなかった。一方, ‘黄花格林’の処理終了3週間後の花芽発達段階をみると, 対照区, 低温処理区ともにすべ

Table 19. Plant growth at start of the treatments (cultivar with yellow petals).

Cultivar	Plant age (weeks)				
	1	2	3	4	5
	Stem length (cm)				
'Chugoku-kairan-Y'	-	0.3±0.1 <sup>z</sup>	0.5±0.2	0.8±0.3	1.0±0.5
'Kibana-kakurin'	-	0.6±0.2	1.7±0.6	1.9±0.7	2.4±0.6
	Stem diameter (mm)				
'Chugoku-kairan-Y'	-	0.9±0.2	1.1±0.2	1.6±0.3	1.7±0.4
'Kibana-kakurin'	-	0.9±0.2	1.2±0.3	1.9±0.3	2.5±0.5
	Unfolding leaf number				
'Chugoku-kairan-Y'	-	1.2±0.1	1.4±0.3	3.0±0.4	3.3±0.8
'Kibana-kakurin'	-	1.8±0.3	4.2±0.9	5.3±0.8	5.9±0.7
	Total leaf number				
'Chugoku-kairan-Y'	2.3±0.6	4.2±0.7	5.2±0.6	6.5±0.8	6.9±1.2
'Kibana-kakurin'	4.4±0.5	5.5±0.8	9.2±0.9	10.8±0.6	11.5±1.4

z: Mean±Standard deviation

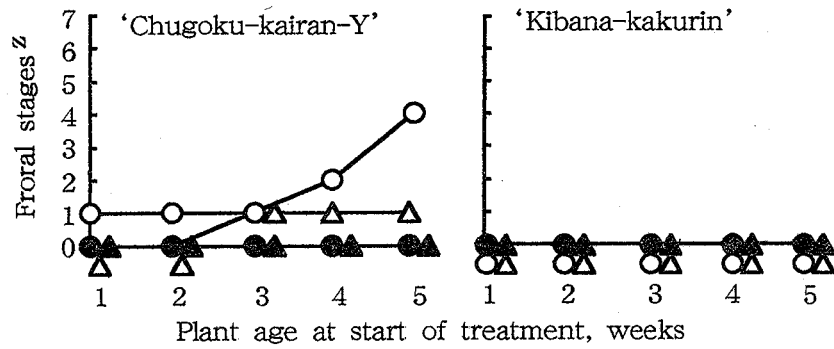


Fig. 51. Floral development in two cultivars of Chinese kale with yellow petals affected by low temperature treatment started at different plant ages.

z : Refer to Fig. 26.

- : Treatment (Just after the end of treatment)
- ▲ : Control (Just after the end of treatment)
- : Treatment (Three weeks after the end of treatment)
- △ : Control (Three weeks after the end of treatment)

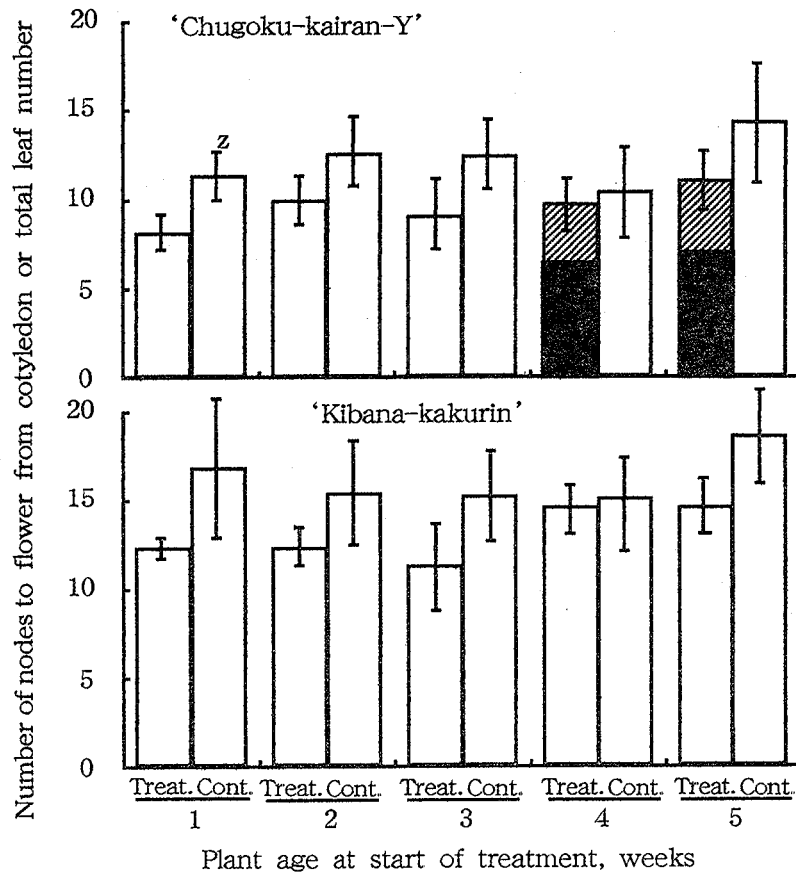


Fig. 52. Number of nodes to flower from cotyledon in two cultivars of Chinese kale with yellow petals affected by low temperatures treatment starting at different plant ages.

z : Vertical vars show standard deviation.

- : Total leaf number at three weeks after the end of treatment (flower buds did not initiate).
- : Total leaf number at the end of treatment.
- ▨+▩ : Number of nodes to flower from cotyledon.

て未分化期であり、花芽を分化した処理区はみられなかった。

各品種・処理区の着花節位あるいは総葉数を、第52図に示した。‘中国芥藍(Y)’では、対照区と比較して、花芽を分化しなかった低温処理区の総葉数は少なくなる傾向がみられた。花芽を分化した4、5週齢区の着花節位は対照区の総葉数と比べてやや低下した。花芽を分化しなかった‘黄花格林’の総葉数は、対照区と比較して低温処理区で少なくなる傾向がみられた。

#### 第4節 考察

アブラナ科の蔬菜の花芽発達については、藤目・垣渕(1992)がカイランを含む8種20品種を供試して、花芽の発達過程を走査型電子顕微鏡を用いて観察し、花芽発達段階を7段階に分類している。さらに、垣渕・藤目(1994)は花卉原基、雄ずいおよび雌ずいの分化と発達について詳細に調査し、圃場の変温環境下におけるカイランの花芽発達過程について報告している。この中で、垣渕・藤目は、供試したほとんどのアブラナ科蔬菜の花芽発達段階は同様の過程を経過するために、カリフラワーおよびブロッコリーを除いて、未分化期から花卉伸長後期の7段階に分類することが妥当であるとした。本実験においては、合計8品種を供試して環境制御室で生育させ、藤目・垣渕(1992)の報告を参考にして、花芽の発達段階を観察した。この結果、藤目・垣渕(1992)の報告とほとんど同様の花芽発達過程とこの形態特性が観察された。したがって、藤目・垣渕(1992)の報告した圃場の変温環境下におけるアブラナ科蔬菜の花芽発達過程を、本実験での環境制御下からも妥当であると再確認された。また、これらの花芽発達段階にさらに開花期を加えた合計8段階の花芽発達段階を本実験で用いたが、このことは他のカイラン品種だけでなく、他のアブラナ科蔬菜との比較にも有用になるものと考えられた。

これまでに、熱帯・亜熱帯地域で栽培されているアブラナ科蔬菜のいくつかは出らい・開花のために低温を要求しないのではないかと、サヤダイコン(野村ら, 1996)とカラシナ(Rabbani et al., 1997)で報告されている。カイランについても花芽の形成のために低温を要求しないのではないかとする報告(香川, 1965 b; 由比, 1988)と、必要であるとする報告(Sagwansupyakorn, 1994)があり、カイランの花芽の形成とこの温度範囲については不明な点が多い。篠原(1959)はカイランを植物体春化型の植物に分類し、感温性は極めて少ないと報告している。Lang(1965)は、花芽分化に対する植物の低温要

求度について量的低温要求(quantitative cold requirement)と質的低温要求(qualitative cold requirement)とに分け、どちらの作用型を示しても低温要求性があると述べている。さらに Schwabe(1971)と小西(1972)は後作用(間接型)として花芽分化に作用する場合のみを春化としてあつかうべきであると述べている。一方、田口(1969)は、生殖生長への移行するまでの量を茎頂部の栄養的な節数によって表すことができ、最初に着生する花に先行する節数によって花成の速度判定の尺度として利用できると述べている。

第1節第1項では、白花品種および黄花品種を播種直後から環境制御条件下で生育させた。この結果、白花品種では播種24日後ころに花芽が分化し、黄花品種の‘中国芥藍(Y)’では播種6週間後頃に花芽が分化し、低温になるほど花芽の形成は促進される傾向にあった。白花品種の花芽分化は黄花品種よりも早くおこり、より高温区でも花芽が形成された。第2章では、白花品種の出らい・開花が黄花品種よりも早くなったことを述べた。これは黄花品種の花芽分化は白花品種よりも低温を要求するため、白花品種の出らい・開花が黄花品種よりも早くなったのではないかと考えられた。また、花芽を分化しなかった‘黄花格林’はこれらの中で低温を最も要求すると思われた。

第1節第2項では、出らい・開花の早い白花品種を供試して、第1項の結果から幼期の過ぎたと思われる植物体を環境制御条件下で生育させて、その花芽形成の温度範囲について調査した。この結果、白花品種の花芽形成は、25°~30°Cという高温下でもみられたが、生育温度が低くなるほど短期間に花芽が分化して花芽の発達が促進された。さらに、生育温度が低くなるほど着花節位が低下して、花成の速度が促進された。これらのことから、供試した処理温度の範囲では、カイラン白花品種と黄花の‘中国芥藍(Y)’の花芽形成に対して低温は量的要求を示した。量的低温要求を示す植物については、これまでにレタス(Rappaport and Wittwe, 1956)、トマト(Wittwer and Teubner, 1957)、ホウレンソウ(香川, 1958)、エンドウ(Moore and Bonde, 1962)でも報告されている。また、藤目(1983)はカリフラワーの極早生品種では、25°~30°Cでも花らいが形成されたと報告している。本実験の第1節第2項では、‘白心’、‘カイランT’、‘カイランM’および‘中国芥藍’の4品種において、1回目と2回目で花芽形成の範囲が異なった。これは、処理開始時での植物体の展開葉数がある程度揃えたが、茎長と茎径の小さいときに温度処理を開始した場合、低温の感受程度が高くなかったのではないかと考えられた。Ito and Saito(1961)は、キャベツ苗の大きさを変えて

低温処理したとき、茎径が8 mm以上の苗では4 mmの苗と比較して短い低温期間で花芽を形成したことを観察している。つまり、カイランは量的な低温要求性を示したが、ある程度の苗の大きさで低温を感受する程度が高まる、植物体春化型の反応を持っている可能性が示唆された。

次に、第2節では低温処理期間の影響を調査した。その結果、白花品種と黄花品種ともに低温処理区で花芽形成が促進されることが明らかとなった。また、対照区と比較して低温処理区では少ない節数で花芽が形成されたが、白花品種では2週間以上の低温処理区間に有意な差はみられなかった。これらのことから、本葉が3~4枚展開したカイランの白花品種では、‘白花黒葉’を除いて、花芽形成は1週間の低温処理で促進され、2週間の低温処理では促進効果がより大きくなるものの、それ以上長期間処理しても効果は少ないと考えられた。‘白花黒葉’では、2週間の低温処理で花芽の形成が促進されると考えられた。また、黄花品種‘中国芥藍(Y)’では、4週間以上の低温処理区で花芽形成が促進された。このことから白花品種と比べて‘中国芥藍(Y)’の花芽形成のためには長い低温処理期間が必要であると考えられた。

白花品種の‘白心’、‘カイランT’と‘カイランM’では、4週間の低温処理中に花芽を分化した。その他の品種では低温処理中に花芽を分化しなかったが、低温処理後に花芽を分化した。Lang (1965) は、低温に対する花芽形成反応について、低温経過中に花芽が形成される低温直接作用型 (direct character) と低温経過後に形成される低温誘導作用型 (inductive character) に分けて報告している。第2節の結果から、低温に対するカイランの花芽形成反応は、‘白心’、‘カイランT’と‘カイランM’では低温直接作用型、白花品種の‘中国芥藍’、‘白花黒葉’および‘芥藍K’並びに黄花品種の‘中国芥藍(Y)’では低温誘導作用型を示すと考えられた。カリフラワー (藤目, 1983) とブロッコリー (藤目, 1983; 藤目ら, 1995) でも、花らい形成に対して低温直接作用型を示す品種と低温誘導作用型を示す品種があることが報告されている。つまり、低温直接作用型を示したカリフラワーの極早生品種とブロッコリーの極早生と早生品種では、2~4週間の処理期間中に花らいを形成し、誘導作用型を示したカリフラワーの早生品種、ブロッコリーの極早生と早生品種では花らい形成に必要な低温期間はそれぞれ15℃~20℃以下の温度に3~4週間、3~5週間並びに4~6週間であったと述べている。カイランの低温直接作用型品種では、カリフラワーとブロッコリーと同程度の処理期間中に花芽が形成され、低温誘導作用型品種では、短い低温期間で花芽が形成した。その花芽形成に

必要な低温期間は、カリフラワーとブロッコリーの極早生品種および早生品種と同程度か、あるいはそれらよりも短いと考えられた。

キャベツ類の花芽形成に対する低温感応性は植物体春化型 (green plant vernalization type) に分類され (Boswell, 1929; Miller, 1929), 低温感応の不十分な期間、すなわち幼期 (juvenile phase) の存在することがキャベツ (香川, 1957; Ito and Saito, 1961), カリフラワー (Wiebe, 1972a; 1972b; 藤目, 1983; Hand and Atherton, 1987), ブロッコリー (藤目, 1983), メキャベツ (Thomas, 1980) で報告されている。Wurr et al. (1993; 1995) は、カリフラワーおよびブロッコリーの春化における茎頂部発達のモデリングを行い、これによると茎頂部の直径は指数関数的に増加したことから、低温を感受するために必要な最小限の植物体重、茎径、葉数があることを示唆している。篠原 (1959) は、カイランを植物体春化型に分類して、幼期の存在することを示唆している。しかし、この期間については具体的に述べられていない。第3節第2項の結果、‘白心’と‘カイランT’では1週齢以上、他の白花4品種では2週齢以上、黄花品種‘中国芥藍(Y)’では4週齢以上の植物体への低温処理することにより花芽の形成が促進されることが明らかとなった。低温処理の苗齢が進むほど、低温処理後に少ない節数で花芽を分化したことから、花芽形成の促進効果は苗齢が進むほどより大きくなると考えられた。

第3節第1項では、カイラン白花品種の低温感応の開始時期について、催芽種子の低温処理と生育温度を組み合わせ調査した。その結果から、カイラン白花品種では、花芽形成のための低温感応は播種直後の催芽種子から開始されるが、生育温度と比較するとその効果は極めて小さく、それだけでは花芽形成のためには不十分であると考えられた。第3節第2項の0週齢処理区で低温処理の効果がみられなかったのは、生育温度が25℃以上の高温であったためであると考えられた。植物体春化型を示す植物の種子への低温は、植物体への低温効果を補足的にしか作用しないことが、Wellensiek (1958) と中村 (1961) によって報告されている。香川 (1971) は、カイランの催芽種子を2℃で15~30日間低温処理し、4月中旬と9月中旬に播種した場合、花芽形成がやや早くなったと報告している。この報告では、生育温度の条件と品種が明らかでないが、おそらく高温に遭遇することが少なかったことと夜間の低温によって、催芽種子の低温処理の影響が大きくあらわれたものと推察される。他のキャベツ類ではキャベツ (中村・服部, 1961; 香川, 1965a), カリフラワー (加藤, 1964; 藤目・廣瀬, 1979), ブロッコリー (加藤, 1964; 香川, 1965b), コールラビ (Rossger,

1947; Junges, 1959) についても、種子低温処理による花芽分化促進が報告されている。第3節の結果から、低温感応が不十分な幼期は白花品種では1~2週齢まで、黄花品種‘中国芥藍(Y)’では4週齢までであると考えられた。これは、白花品種では本葉が約1枚展開して茎径は約1mmの段階で、‘中国芥藍(Y)’ではそれぞれ約3葉と茎径約2mmであった。カリフラワーとブロッコリーの幼期は、カリフラワーの極早生と早生品種ではそれぞれ4~5週齢と5~6週齢まで、ブロッコリーの極早生と早生品種ではそれぞれ3~5週齢と4~6週齢までであると報告されている(藤目, 1983)。カイラン白花品種の幼期は、カリフラワーとブロッコリーの極早生品種および早生品種よりも短く、黄花品種‘中国芥藍(Y)’の幼期はカリフラワーとブロッコリーの極早生品種と同程度であると考えられた。

## 第5節 摘要

白花品種と黄花品種の花芽形成に及ぼす生育温度、低温処理期間並びに低温処理苗齢の影響を調査した。

1. 白花2品種および黄花2品種を、播種直後から15°~30°Cの定温条件下で生育させ、花芽形成過程を観察した。この結果、白花品種および黄花品種ともに、花芽発達段階は開花期を含めて8段階に分けられた。白花品種では、黄花品種と比較して、花芽は短い期間で、高温でも形成された。
2. さらに、白花6品種を供試して花芽形成の温度範囲を調査した。‘白心’、‘カイランT’および‘カイランM’では30°C以下、‘中国芥藍’、‘白花黒葉芥藍’および‘芥藍K’では25°C以下の気温で花芽が形成された。花芽分化までの期間は、15°、20°、25°および30°Cで、それぞれ2~3、2~5、4~6および4~6週間であった。また、着花節位は低温になるほど低下した。すなわち、15°、20°、25°および30°Cの着花節位は、それぞれ12.0~14.3、12.5~17.4、15.3~19.1および16.1~19.8であった。これらの結果から、カイランは花成に対して量的低温要求性を持つものと考えられた。
3. 白花6品種と黄花2品種を供試して、3~5枚の本葉が展開した植物体を1~5週間の低温処理し、その後3週間は20~25°C以上で生育させた。白花品種の‘白心’、‘カイランT’および‘カイランM’では、低温処理期間中に花芽が分化した。また、低温処理期間が長くなるほど花芽の形成が促進された。さらに、白花品種では2週間以上、黄花品種の‘中国芥藍(Y)’では4~5週間以上の低温処理期間によって、着花節位の低下程度は大きくなった。
4. 白花2品種を供試して、催芽種子を3週間の低温処理(5°C, 暗黒条件)し、その後20°、25°および30°Cの定温条件下の制御温室で生育させた。種子低温処理により花芽形成がやや促進され、着花節位がやや低下した。しかし、花芽形成に対する種子低温処理の影響は生育温度と比較して極めて小さく、それだけでは花芽形成に不十分であると考えられた。
5. 白花6品種と黄花2品種を供試して、苗齢を変えて3~5週間までの低温処理(10°/5°C-明期/暗期)し、最低夜温20~25°C以上に管理したガラス温室で生育させて花芽の形成を調査した。花芽の分化は、白花品種では1~2週齢からの低温処理で、黄花品種の‘中国芥藍(Y)’では4~5週齢からの低温処理でみられた。白花品種では苗齢が進むほど処理後に分化した葉数が減少した。

## 第4章 花芽形成に及ぼす光並びに植物生長調節物質の影響

アブラナ科の蔬菜の花芽形成と日長の関係については多くの報告がみられる。例えば、キャベツ(香川, 1962), ブロッコリー(藤目, 1983; 藤目ら, 1988; Gauss and Taylor, 1969; 香川, 1965 b), ダイコン(Tsukamoto and Konishi, 1959), ハクサイ(Moe and Guttormsen, 1985), ツケナ類(Suge, 1984)では低温処理期間中の長日条件が花芽形成を促進し, またカブの花芽形成および抽苔にも日長の作用していることが報告されている(Takahashi et al., 1994)。一方, カリフラワーでは, 花芽形成が日長に影響しなかったと報告されており(江口, 1947; 藤目, 1983), 熱帯・亜熱帯で栽培されているカラシナについても花成は日長に影響されなかったと報告されている(Rabhani, 1997)。このようにアブラナ科の蔬菜でも, 種類によって花芽形成に対する日長の影響が異なっていることが知られている。カイランの花芽形成と日長との関係については, この影響は少ないといわれている(篠原, 1959)。しかし, 他の報告はみあたらないため, 花芽形成と日長との関係について, その詳細は不明である。

また, アブラナ科の蔬菜のぐらいと開花の調節には, 生育温度・日長を変えるだけでなく, 植物生長調節物質の施用について多くの報告がみられる。そのうちジベレリンは低温・長日を要求する植物の開花を促進するとされることから, この生合成を阻害することによって, 葉根菜類の花芽分化と不時抽だいの抑制が研究されている。近年, ジベレリン生合成阻害剤の一つとしてウニコナゾールが開発され, Izumi ら(1985)は, この作用性について, ジベレリンの生合成を強く阻害して内生のジベレリン含量を著しく低下させることを報告している。このウニコナゾールをダイコンに処理することで, その花芽形成が著しく抑制されたと, Nishijima ら(1998 a)は報告している。また, メキャベツの側芽の花芽形成が, ウニコナゾール処理で抑制され, GA<sub>3</sub>処理で促進されることが報告されている(齊藤・齊藤, 1996)。しかし, これまでにカイランの花芽形成に及ぼすジベレリン類およびウニコナゾール処理の影響についての報告はみあたらない。

そこで本章では, これら疑問点を究明するために, 以下の実験を行った。

### 第1節 光合成

本節では, 以下の日長処理の基礎的知見を得るために, 4品種のカイランを供試して光合成特性を調査した。

#### 材料および方法

供試材料として白花品種W-A群の‘カイランM’とW-B群の‘黒芥藍’, 並びに黄花品種Y-A群の‘白格’とY-B群の‘黄花格林’を用いた。

1996年8月6日に各品種あたり120粒の種子を, 2枚のろ紙を敷いた9cmのシャーレに置床し, 23.5°C・16時間日長条件下のグロースチャンバー内で催芽させた。催芽のそろった8月9~10日に催芽種子を直径9cmの黒ポリポットに1ポットあたり2粒ずつを播種し, 各品種で20ポットを用いた。培用土は, 土:砂:パーミキュライトを5:2:2(volume)の割合で混合して用いた。育苗は, 最低夜温を25°C以上に管理した自然日長下のガラス温室内で行った。本葉が約2枚展開した8月27日に, 各ポットあたり1個体に間引いた。9月28-29日に1個体ずつを1/5000aワグナーポットに移植した。各品種あたりに15ポットを用いた。培用土は育苗と同様の混合比とした。移植後は, 自然日長の無加温ビニールハウスで生育させた。施肥は, 移植までは300倍希釈の組合液肥を週に1度とし, 移植後は週に2度とした。病虫害の防除は適宜行った。

1997年1月~2月にかけて, 快晴日の10時~15時に測定を行った。温室外の測定は無風時に行った。各品種を, 最低温度を25°C以上に保ったガラス温室に移した。温室内の湿度を温室外の湿度に近づけるため天窓を開閉し換気を行った。照度計(ミノルタ・デジタル照度計T-1H)により光量を測定し, 白色および黒色の寒冷しゃを木枠に固定し, 暗黒から自然光までを10段階の光強度に分けた。測定用個体は収穫に適するものとし, 完全に展開した活動中心葉と思われるもので光合成測定を行った。また対照区として温室外での光合成測定を同様に行った。光合成測定には携帯用・光合成測定装置(盟和商事株式会社LI-COR 6200)を用いた。

調査項目のなかから光量子量および光合成速度を使い, 散布図から高い相関を示す多項式を用いて曲線を引いた。

### 結果

温室内の測定用個体の平均葉温は26.2°Cであり, 温室外の測定用個体の平均葉温は13.7°Cであった(第53図)。

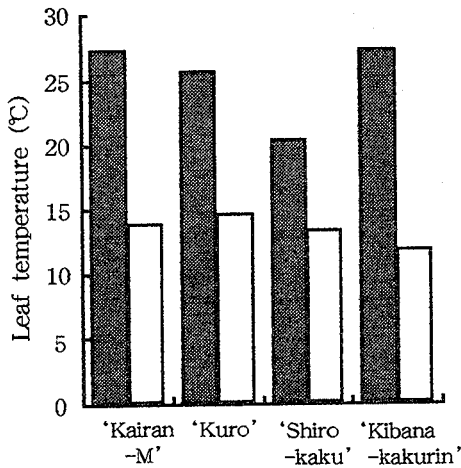


Fig. 53. Average leaf temperature at measurement of photosynthesis rate.

■ : Measured value in a greenhouse.  
□ : Measured value in a field.

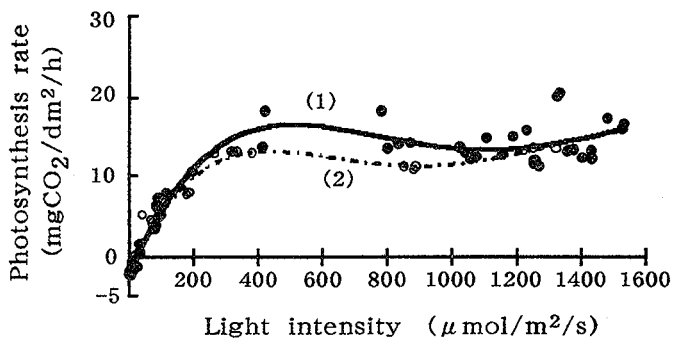


Fig. 54. Effects of light intensity on photosynthesis rate of Chinese kale 'Kuro'.

(1)  $y = -1.50e^{-11}x^4 + 6.71e^{-8}x^3 - 1.01e^{-4}x^2 + 5.92e^{-2}x - 1.34$   
 $r^2 = 0.933$

● : Measured value in a greenhouse.

(2)  $y = -2.29e^{-11}x^4 + 8.61e^{-8}x^3 - 1.09e^{-4}x^2 + 5.42e^{-2}x - 1.34$   
 $r^2 = 0.965$

○ : Measured value in a field.

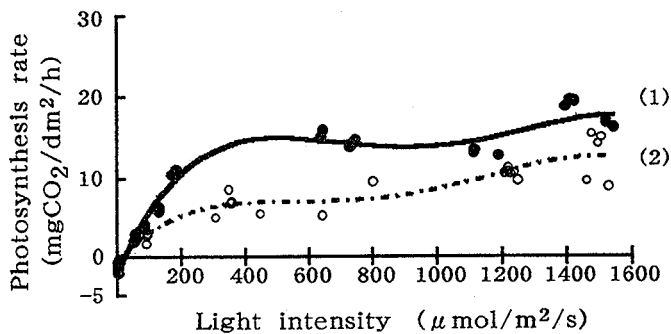


Fig. 55. Effects of light intensity on photosynthesis rate of Chinese kale 'Shiro-kaku'.

(1)  $y = -1.99e^{-11}x^4 + 7.85e^{-8}x^3 - 1.05e^{-4}x^2 + 5.62e^{-2}x - 1.24$   
 $r^2 = 0.976$

● : Measured value in a greenhouse.

(2)  $y = -1.41e^{-11}x^4 + 4.90e^{-8}x^3 - 5.59e^{-5}x^2 + 2.65e^{-2}x - 3.23e^{-1}$   
 $r^2 = 0.923$

○ : Measured value in a field.

本実験では、光合成曲線の作成に1次式～5次式までの多項式で相関を取りそれぞれを比較した結果、相関の最も高くなった4次の相関式で表した。

白花品種W-A群の'カイランM'では、温室内の測定値から得られた相関式を用いて光合成速度が0になる光量子量は、17.8 (μmol/m<sup>2</sup>/s) となった。同様に算出した結果、温室外では11.2 (μmol/m<sup>2</sup>/s) であった。光合成速度が0になる光量子量は、W-B群'黒芥藍'の温室内では23.5 (μmol/m<sup>2</sup>/s) となり、温室外では18.7 (μmol/m<sup>2</sup>/s) となった(第54図)。黄花品種Y-A群の'白格'では、温室内の測定値から得られた相関式を用いて光合成速度が0になる光量子量は、23.0 (μmol/m<sup>2</sup>/s) となった(第55図)。同様に算出した結果、温室外では12.5 (μmol/m<sup>2</sup>/s) であった。光合成速度が0になる光量子量は、Y-B群'黄花格林'の温室内では50.3 (μmol/m<sup>2</sup>/s) となり、温室外では21.7 (μmol/m<sup>2</sup>/s) となった。

## 第2節 日長の影響

カイランの花芽形成と日長との関係については不明である。本節では、カイランの白花品種と黄花品種を、自然条件下並びに定温条件下で日長を変えて栽培して、主に花芽形成と日長の関係を比較検討した。

### 第1項 自然温度条件下での日長の影響

本項では、自然温度条件下で日長を変えて、カイランの白花品種と黄花品種を栽培して、主に花芽形成と日長の関係を比較検討した。

#### 材料および方法

##### 1. 供試品種

'カイラン'(丸種種苗、以下'カイランM')、'芥藍'(カネコ種苗、以下'芥藍K')、'白心'(サカタのタネ)の白花3品種、並びに'中国芥藍'(サカタのタネ、本実験の'中国芥藍'は黄花品種であるため、白花と区別するために、以下'中国芥藍(Y)')とした)の黄花1品種、合計4品種を用いた。

##### 2. 栽培方法

実験は夏季と秋季に行い、その概要を第20表に示した。夏季実験:1996年5月31日には'芥藍K'と'中国芥藍(Y)',6月13日には'白心'と'カイランM'の催芽種子をそれぞれ播種した。1品種当りに5箱の育苗箱(28.5×48.5×10.5cm)を用い、1箱当りに40粒ずつを播種した。子葉が展開するまでの育苗は、最低夜温

Table 20. Experimental design of this experiment.

Cultivar	Date of sowing	Date of start	Treatment		
			Temperature (°C)	Daylength (hours)	Duration (weeks)
Summer					
'Kairan-M'	Jun.15,1996	Jun.22,1996	-z		
'Kairan-K'	May 31,1996	Jun. 4,1996	-	8,10,12,14 or 16	3,6,9
'Hakushin'	Jun.13,1996	Jun.19,1996	-		
'Chugoku -kairan-Y'	May 31,1996	Jun. 4,1996	-		
Autumn					
'Kairan-M'	Sep.29,1996	Oct. 2,1996	-		
'Kairan-K'	Oct. 3,1996	Oct. 7,1996	-	8,10,12,14 or 16	3,6,9
'Hakushin'	Sep.29,1996	Oct. 2,1996	-		
'Chugoku -kairan-Y'	Sep.29,1996	Oct. 2,1996	-		

z: Not controlled

を25°C以上に管理したガラス温室内で行った。子葉が展開した後、育苗箱を無加温のビニールハウスに搬入した。各品種を1箱ずつの5組に分けて、日長を8, 10, 12, 14と16時間の5段階に調節して、9週間生育させた。日長の調節は、午前9時から午後5時までの8時間を自然光で、午後5時から翌朝の午前9時までには二重のシルバーポリトウで完全に遮光した。遮光中は処理区間に気温の差がないように換気扇で室内空気を循環させた。日長は植物育成用蛍光灯(ホモルクス, 松下電器, FL20S・PG)を用いて、遮光開始から2, 4, 6あるいは8時間の補光(2~4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )により調節した。日長処理後3週間ごとに3回、各品種・処理区から無作為に10個体ずつを採取して葉数、茎長、茎径などの生育並びに花芽発達段階を調査した。

秋季実験: 1996年9月29日には'中国芥藍(Y)', '白心'と'カイランM', 10月3日には'芥藍K'の催芽種子を播種した。日入り時刻が午後5時よりも早まった11月中旬から、シルバーポリトウの開閉時間をそれぞれ午前8時30分と午後4時30分とした他は、夏季実験と同様に生育させて調査した。

夏季実験および秋季実験ともに2反復ずつ行った。栽培管理は慣行に従った。

### 3. 花芽発達段階

花芽の発達段階は、前章の第26図および第36図に従い、未分化期(0), 膨大期(1), 花芽原基分化期(2), かく片分化期(3), 雄ずい・雌ずい分化期(4), 花弁伸長前期(5), 花弁伸長後期(6)および開花期(7)の8段階に分けられ、花芽原基分化期(2)に達したと

きに花芽が分化したと判断した。

### 結果

実験期間中の日平均気温の推移を、第56図に示した。夏季実験では、日平均気温は約21~36°Cで推移して実験期間中の平均気温は30.5°Cであった。秋季実験での日平均気温は約8~28°Cで推移し、実験期間中の平均気温は17.5°Cであった。

夏季および秋季実験のそれぞれにおいて、反復実験間に有意な差はみられなかった。

夏季実験の黄花品種の'中国芥藍(Y)'を除き、処理開始9週間後には、すべての処理区で30%以上の個体が花芽を分化した(第57図)。半数以上の個体に花芽が分化したのは、'カイランM'では8, 12と16時間日長区、'芥藍K'では10時間以上の日長区、'白心'では14と16時間日長区、'中国芥藍(Y)'では14時間日長区であった。つまり、夏季実験では、日長が長くなるほど花芽を分化した個体の割合は高くなる傾向がみられた。秋季実験にもこの傾向はみられたが、処理開始9週間後にはすべての品種・処理区で75%以上の個体が花芽を分化して、夏季実験ほどその傾向は顕著でなかった。

平均花芽発達段階の推移を、第58図に示した。処理開始9週間後の花芽発達段階は、夏季実験では膨大期(1)~花芽原基分化期(2)に達した。秋季実験の'カイランM'では、処理開始6週間後に花芽原基分化期(2)~花弁伸長前期(5)に達し、日長が長くなるほど花芽発達段階が高くなった。この傾向は'芥藍K'と'中国芥藍'でも認められたが、'白心'では顕著でなかった。その



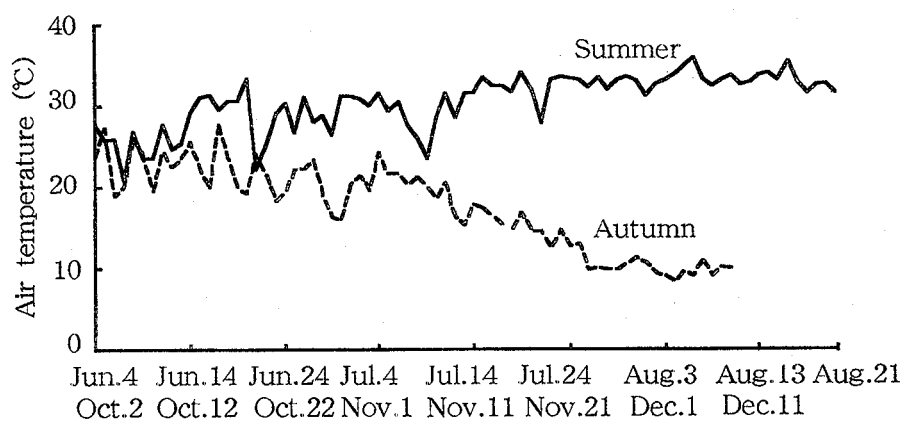


Fig. 56. Fluctuation of mean air temperatures after treatment.

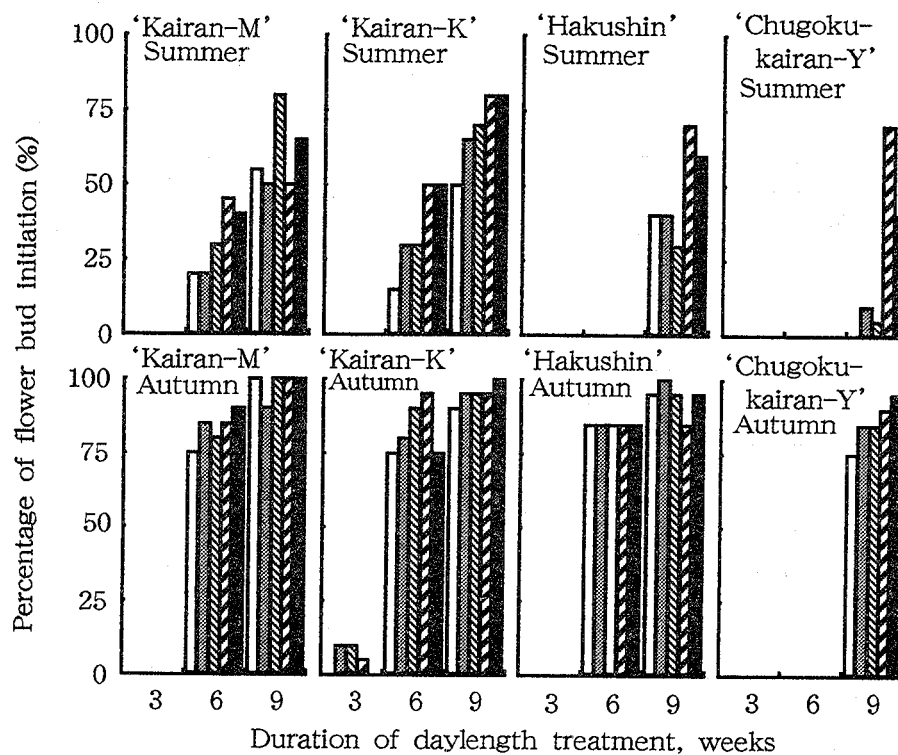


Fig. 57. Effects of daylength on percentage of flower bud initiation.  
 □: 8hours, ▨: 10hours, ▩: 12hours, ▪: 14hours, ▫: 16hours

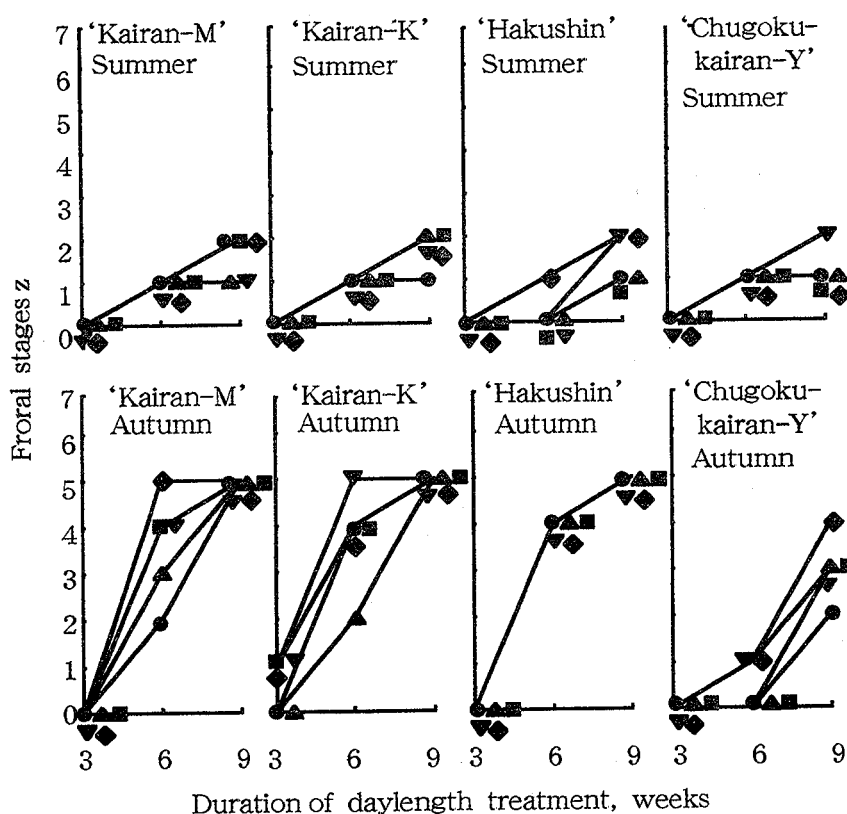


Fig. 58. Effects of duration of daylength treatment on floral development in four cultivars Chinese kale.  
 z : Refer to Fig. 26 and Fig. 36.  
 ● : 8hours, ▲ : 10hours, ■ : 12hours, ▼ : 14hours, ◆ : 16hours

Table 21. Effects of daylength on number of nodes from cotyledon to flower in four cultivars of Chinese kale by nine weeks after treatment.

Cultivar	Daylength (hours)				
	8	10	12	14	16
Summer					
'Kairan-M'	19.2 a <sup>z</sup>	- <sup>y</sup>	21.0 a	-	19.5 a
'Kairan-K'	-	21.1 a	21.9 a	21.6 a	21.2 a
'Hakushin'	-	-	-	23.9 a	24.5 a
'Chugoku-kairan-Y'	-	-	-	22.1 a	-
Autumn					
'Kairan-M'	14.3 b	15.1 b	17.1 a	15.5 b	15.0 b
'Kairan-K'	14.8 a	15.0 a	14.9 a	14.7 a	15.5 a
'Hakushin'	13.7 a	14.9 a	14.4 a	14.3 a	14.6 a
'Chugoku-kairan-Y'	15.1 c	15.2 c	15.9 c	17.2 b	18.8 a

z : Different letters for each cultivar indicate significant difference (P < 0.05) by Tukey - Kramer's multiple range test.

y : Flower buds did not initiate.

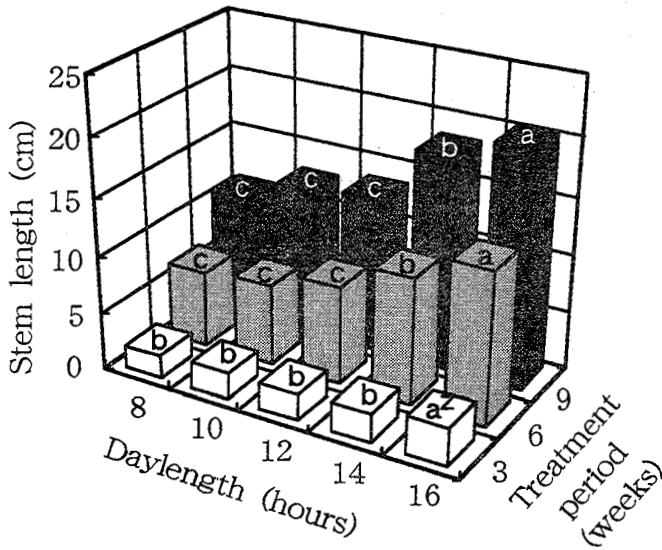


Fig. 59. Effects of daylength on the stem length of 'Kairan-M' (Autumn).  
z : Different letters of each treatment period indicate significant difference (P < 0.05) by Tukey-Kramer's multiple range test.

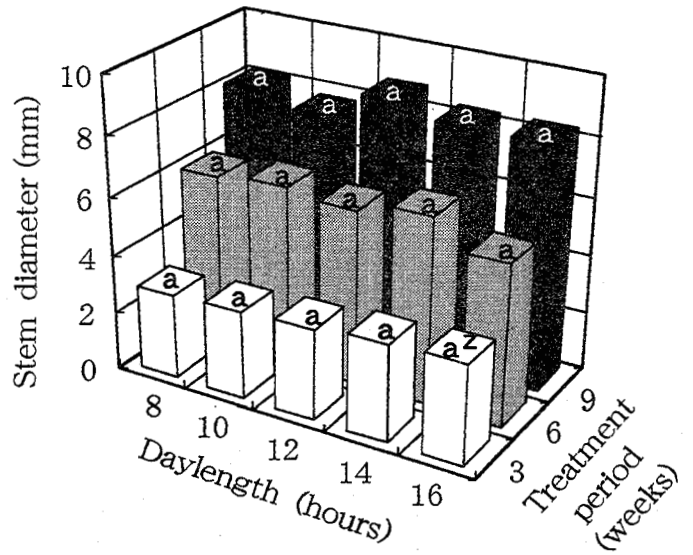


Fig. 60. Effects of daylength on the stem diameter of 'Kairan-M' (Autumn).  
z : Different letters of each treatment period indicate significant difference (P < 0.05) by Tukey-Kramer's multiple range test.

後処理開始9週間後では、'カイランM'、'芥藍K'および'白心'の花芽発達段階は、日長処理区間に差異がみられなくなった。

半数以上の個体が花芽を分化した処理区における着花節位を、第21表に示した。夏季実験において、'カイランM'、'芥藍K'と'白心'の着花節位は、各品種の処理区間に有意差はみられず、19.2~24.5であった。秋季実験においては、白花3品種では'カイランM'の12時間区で17.1とやや増加したが、他の品種では処理区間に大きな差はみられなかった。黄花の'中国芥藍(Y)'では、日長が長くなるほど着花節位が増加する傾向がみられた。

カイランでは蕾や花序だけでなく、若茎を利用するために、茎の伸長と肥大について調査した。各品種に同様の傾向がみられ、さらに春季および秋季でもほぼ同様の傾向がみられたため、'カイランM'の茎長と茎径を、それぞれ第59図と第60図に示した。茎長は、日長処理3週間後頃から長日区で大きくなる傾向がみられ、これは生育期間が長くなるほど顕著になった。すなわち、日長処理3週間後では16時間日長区で茎長が大きくなり、6週間後では14時間以上の日長処理区で茎長が増加した。一方、茎径は生育期間が長くなるほど大きくなったが、日長処理区間に有意な差はみられなかった。

## 第2項 定温条件下での日長の影響

本項では、カイランの白花品種と黄花品種を、定温条件下で日長を変えて栽培して、主に花芽形成と日長の関係を調査した。

### 材料および方法

#### 1. 供試品種

白花の'カイラン' (丸種種苗, 以下'カイランM'), '芥藍' (カネコ種苗, 以下'芥藍K'), '白心' (サカタのタネ) の3品種, 並びに黄花の'中国芥藍(Y)' (サカタのタネ) の1品種, 合計4品種を用いた。

#### 2. 栽培方法

実験の概要を、第22表に示した。

それぞれの播種日に催芽種子を、1品種当たり20箱の育苗箱(28.5×48.5×10.5cm)を用い、1箱当たり40粒ずつを播種した。子葉が完全に展開するまでの育苗は、最低夜温を25℃以上に管理したガラス温室内(自然日長)で行った。子葉が展開した後、気温を15°, 20°, 25°および30℃に制御した制御温室に、それぞれ4箱ずつの育苗箱を搬入した。搬入後直ちに、各温度区の育苗箱を2箱ずつに分けて、一方を8時間日長、もう一方を16時間日長の条件下で生育させた。両日長処理区ともに、午前9時から午後5時までの8時間を自然光下で生育させ、午後5時から翌朝午前9時までの16時間を二重のシル

Table 22. Experimental design of this experiment.

Cultivar	Date of sowing	Date of start	Treatment		
			Temperature (°C)	Daylength (hours)	Duration (weeks)
'Kairan-M'	Mar.27,1996	Mar.29,1996	15,20,25 or 30	8 or 16	3,4,6,8,10
'Kairan-K'	Aug. 2,1996	Aug. 6,1996			
'Hakushin'	Sep.16,1996	Sep.18,1996			
'Chugoku-kairan-Y'	Nov.23,1996	Nov.25,1996			

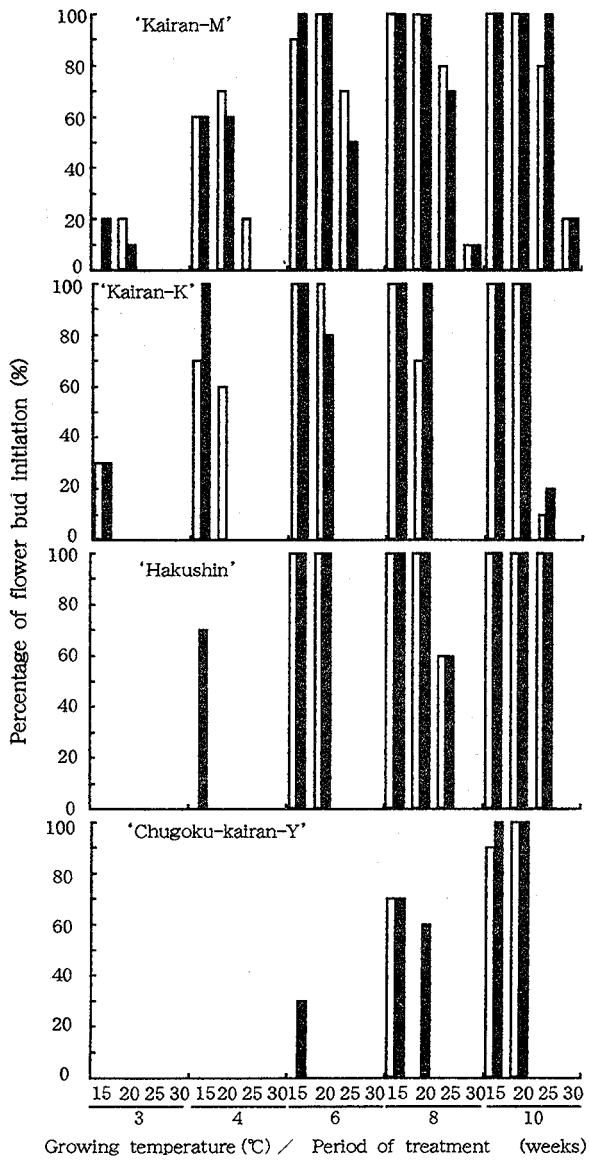


Fig. 61. Effects of daylength and temperature on percentage of flower bud initiation.  
 □ : 8 hours daylength, ■ : 16 hours daylength

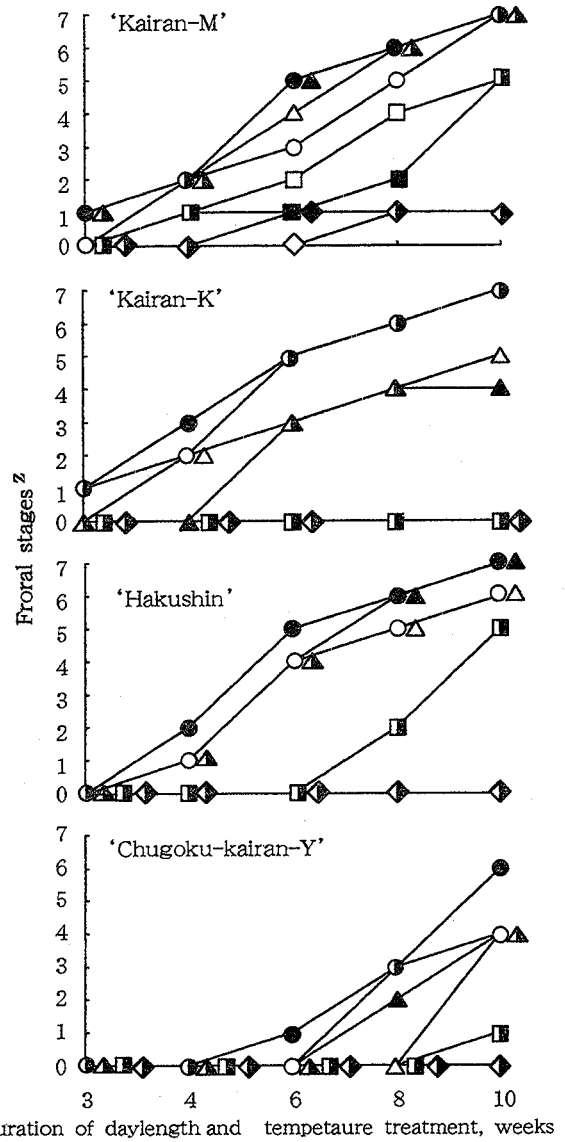


Fig. 62. Effects of daylength and temperature treatments duration on floral development in four cultivars of Chinese kale.

z : Refer to Fig. 26 and Fig. 36.  
 ○ : 8hours, 15°C    △ : 8hours, 20°C    □ : 8hours, 25°C  
 ◇ : 8hours, 30°C    ● : 16hours, 15°C    ▲ : 16hours, 20°C  
 ■ : 16hours, 25°C    ◆ : 16hours, 30°C

パーポリトウで被覆して完全に遮光した。16時間日長区では、植物育成用蛍光灯（ホモルクス、松下電器、FL20S・PG）を用いて、遮光開始から8時間の補光（13～18 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s）により日長を調節した。なお、日入り時刻が午後5時よりも早まった11月中旬から、シルバーポリトウの開閉時間をそれぞれ30分ずつ早めた。日長処理開始3, 4, 6, 8および10週間後に、各処理区から無作為に10個体ずつを採取して、生育並びに花芽発達段階を調査した。栽培管理は慣行に従った。

### 3. 花芽発達段階

花芽の発達段階は、前章の第26図および第36図に従い、未分化期（0）、膨大期（1）、花芽原基分化期（2）、がく片分化期（3）、雄ずい・雌ずい分化期（4）、花卉伸長前期（5）、花卉伸長後期（6）および開花期（7）の8段階に分けられ、花芽原基分化期（2）に達したときに花芽が分化したと判断した。

## 結果

花芽を分化した個体の割合の推移を、第61図に示した。‘カイランM’では、処理3週間後の15℃区の長日区および20℃区の両日長区で花芽が分化し始め、処理4週間後では15℃および20℃の両日長処理区で花芽分化率が60%以上に達した。25℃区では、処理4週間後に短日区で花芽が分化し始め、6週間後には両日長処理区で半数以上の個体が花芽を分化した。30℃区の両日長処理区では、処理10週間後までに花芽はほとんど分化しなかった。各温度区の長日区と短日区との間に花芽分化率の大きな差はみられなかった。‘芥藍K’および‘白心’では、処理4週間後の15℃の長日区で花芽分化の割合が高く

なったが、‘カイランM’と同様に、各温度区の長日区と短日区の花芽分化の割合に大きな差はみられず、低温区になるほど花芽分化の割合が高くなった。黄花品種の‘中国芥藍（Y）’では、白花品種と比較して分化時期は遅くなったが、低温区ほど花芽の分化割合が高くなる傾向がみられた。また、15℃および20℃の長日区では、短日区と比較して花芽の分化時期が早く、分化割合も高くなった。

各品種の平均花芽発達段階の推移を、第62図に示した。処理6週間後および8週間後における‘カイランM’の花芽の発達は、長日区で高くなった。処理10週間後では低温になるほど花芽発達段階が高くなったが、日長処理区による花芽発達段階に差異はみられなかった。‘芥藍K’での花芽の発達は、低温区で高くなったが、日長処理区間に差異はほとんどみられなかった。‘白心’の15℃と20℃での花芽発達段階は長日区で高くなり、25℃区では差異はみられなかった。他の白花品種と同様に低温区ほど花芽発達段階が高くなる傾向がみられた。黄花品種の‘中国芥藍（Y）’でも低温区ほど花芽発達段階が高くなる傾向がみられた。15℃および20℃の長日区で花芽発達段階が高くなる傾向がみられた。

半数以上の個体が花芽を分化した処理区での着花節位を、第23表に示した。‘カイランM’の15℃の短日区と長日区の着花節位は、それぞれ11.3と10.9であり、最も低くなった。温度が上がるにしたがって着花節位も上昇し、30℃区では、それぞれ18.0と17.3であり、最高であった。この傾向は、他のすべての品種において認められた。しかし、同温度の日長処理区間に着花節位の有意差はほとんどみられなかった。

Table 23. Effects of daylength on number of nodes from cotyledon to flower in four cultivars of Chinese kale by nine weeks after treatment.

Cultivar	Temp. (°C) / Daylength (hours)							
	15		20		25		30	
	8	16	8	16	8	16	8	16
‘Kairan-M’	11.3 d <sup>z</sup>	10.9 d	12.3 c	12.8 c	15.5 b	16.7 a	- <sup>y</sup>	-
‘Kairan-K’	12.3 b	12.5 b	15.7 a	16.6 a	-	-	-	-
‘Hakushin’	11.9 c	10.7 c	13.7 b	13.2 b	17.2 a	18.1 a	-	-
‘Chugoku-kairan-Y’	10.7 b	10.6 b	13.3 a	13.9 a	-	-	-	-

z: Different letters of each cultivar indicate significant difference (P<0.05) by Tukey - Kramer's multiple range test.

y: Flower buds did not initiate.

### 第3節 光強度の影響

カイランの生育と光強度の関係については不明である。本節では、カイランの白花品種と黄花品種を、環境制御下で光強度を変えて栽培して、生育と日長の関係を比較検討した。

#### 材料および方法

##### 1. 供試品種

白花の‘カイランM’と黄花の‘中国芥藍(Y)’の、合計2品種を用いた。

##### 2. 栽培方法

1998年7月16日に、これらの種子を23.5℃・16時間日長のグローブチャンバー内で催芽させた。催芽の揃った7月18日には‘中国芥藍(Y)’を、7月21日には‘カイランM’を、それぞれ播種した。播種は、直径9cmの黒ポリポットに土：砂：パーミキュライトを5：2：2 (volume) の割合で混合した培養土を入れ、このポットに1粒ずつとした。各品種につき200ポットを用いた。播種後直ちに環境制御室に搬入して栽培した。環境制御室は4室あり、それぞれに50ポットとした。それぞれの環境制御室では、温度を15±1℃、相対湿度を85±10%、CO<sub>2</sub>濃度を350±100 ppm、日長を12時間に制御して、光強度を50, 100, 150および200μmol/m<sup>2</sup>/sの4段階に変える処理区を設けた。

なお、栽培管理は慣行に従った。

##### 3. 調査項目

1998年9月26日に各品種・各処理区から12個体を採

取して、茎長、茎径、葉数を調査した後、茎頂部をF A Aで固定し、実体顕微鏡下で花芽の発達を調査した。また、実験期間中の毎日、出らいと開花調査を行った。

#### 結果

播種67～70日後の9月26日における花芽発達段階を、第63図に示した。白花の‘カイランM’の光強度50と100μmol/m<sup>2</sup>/sではほとんどの植物体が未分化期(花芽発達段階0)もしくは膨大期(1)であり、花芽は形成されていなかった。光強度150と200μmol/m<sup>2</sup>/sでは、個体間にばらつきはみられたが、両処理区ともに半数以上の個体が花芽を形成しており、それぞれの平均花芽発達段階はがく片分化期(3)と雄ずい・雌ずい分化期(4)であった。一方、黄花の‘中国芥藍(Y)’では、光強度の弱い処理区でも花芽形成がみられた。すなわち、光強度50, 100, 150および200μmol/m<sup>2</sup>/sの花芽形成率は、それぞれ42, 58, 42および92%であった。また、平均花芽発達段階は、それぞれ膨大期(1)、花芽原基分化期(2)、膨大期(1)および雄ずい・雌ずい分化期(4)に達していた。

9月26日のサンプリング時の茎長と茎径を、第64図と第65図に示した。両品種ともに、茎長は光強度が強くなるほど増加する傾向を示し、50μmol/m<sup>2</sup>/sと比べて100μmol/m<sup>2</sup>/s以上の光強度では有意に増加した。茎径も同様に、光強度が強くなるほど増加する傾向を示し、100μmol/m<sup>2</sup>/s以下と比べて150μmol/m<sup>2</sup>/s以上の光強度では有意に増加した。また、総葉数は、50μmol/m<sup>2</sup>/sと比べて100μmol/m<sup>2</sup>/s以上の光強度で増加した(第66図)。

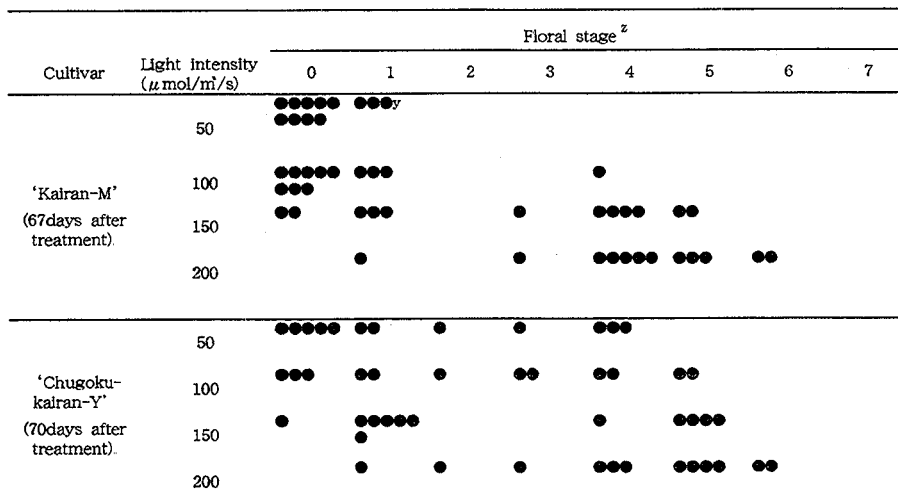


Fig. 63. Effects of light intensity on flower bud development in Chinese kale cultivars.

z : Refer to Fig. 26.

y : Indicating that one plant reached each floral stage.

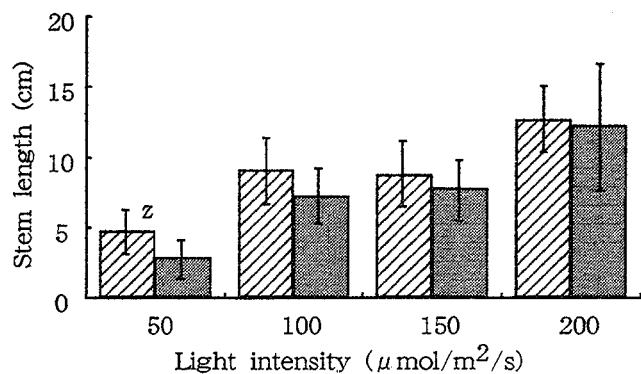


Fig. 64. Effects of light intensity on stem length of Chinese kale.

z: Vertical bars show standard deviation.  
 ▨: 'Kairan-M' (67days after treatment)  
 ▩: 'Chugoku-kairan-Y' (70days after treatment)

播種から出らい・開花までの日数を、第 24 表に示した。'カイランM' の出らい・開花までの平均日数は、光強度が強くなるほど減少した。つまり、光強度 100, 150 および 200 μmol/m<sup>2</sup>/s の出らいまでの平均日数はそれぞれ、99, 82 および 69 日で、開花までの平均日数はそれぞれ 138, 116 および 102 であった。'中国芥藍 (Y)' でも同様に、出らい・開花までの平均日数は、光強度が強くなるほど減少した。光強度 50, 100, 150 および 200 μmol/m<sup>2</sup>/s の出らいまでの平均日数はそれぞれ、130, 99, 82 および 69 日であった。また、光強度 100, 150 および 200 μmol/m<sup>2</sup>/s の出らいまでの平均日数はそれぞれ、127,

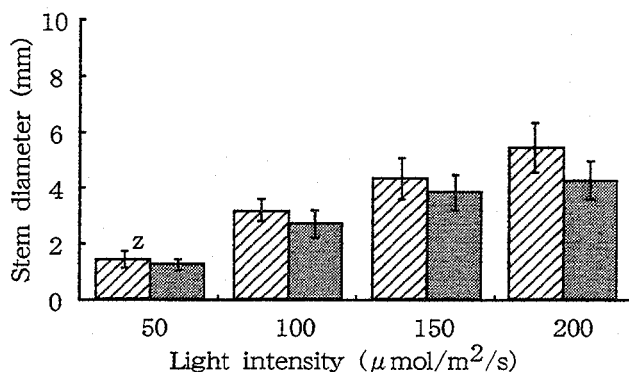


Fig. 65. Effects of light intensity on stem diameter of Chinese kale.

z: Vertical bars show standard deviation.  
 ▨: 'Kairan-M' (67days after treatment)  
 ▩: 'Chugoku-kairan-Y' (70days after treatment)

115, 99 および 69 日であった。光強度 150 μmol/m<sup>2</sup>/s 以上では、出らい・開花までの平均日数は両品種間に大きな差はみられなかったが、光強度の弱い処理区では 'カイランM' と比較して '中国芥藍' の出らい・開花までの日数が短くなった。

#### 第 4 節 植物生長調節物質の影響

本報告では、4 品種のカイランを用いて、ウニコナゾール処理を行い、花芽の形成が抑制されるかどうか、節数

Table 24. Effects of light intensity on days from sowing to budding and anthesis in Chinese kale cultivars.

Cultivar	Light intensity (μmol/m <sup>2</sup> /s)	Days to budding			Days to anthesis		
		initial	mean	end	initial	mean	end
'Kairan-M'	50	118	- z	-	156	-	-
	100	69	99	-	98	138	-
	150	58	82	131	76	116	-
	200	59	69	112	75	102	140
'Chugoku-kairan-Y'	50	69	130	-	142	-	-
	100	64	82	-	86	127	-
	150	59	80	-	81	115	-
	200	51	68	106	71	99	145

z: Flower buds did not initiate.

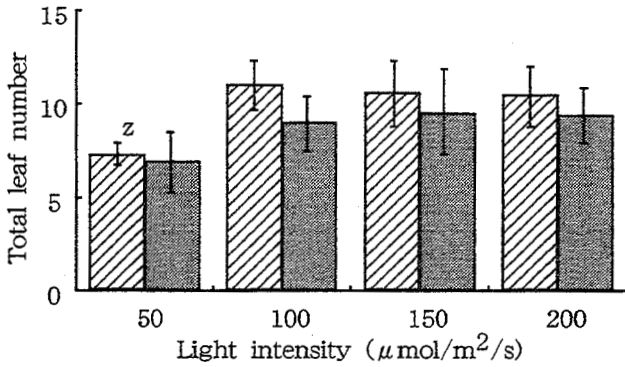


Fig. 66. Effects of light intensity on total leaf number of Chinese kale.

z: Vertical bars show standard deviation.  
 ▨: 'Kairan-M' (67days after treatment)  
 ■: 'Chugoku-kairan-Y' (70days after treatment)

が増加するかどうか、そのためのウニコナゾール濃度と処理時期について調査した。また、ウニコナゾール処理後にジベレリンを処理することによって、花芽形成の抑制を回復することができるかを調査した。

材料および方法

1. 供試品種

白花品種の '黒' と 'カイランT', 並びに黄花品種の '中国芥藍 (Y)' と '黄花格林' の, 合計 4 品種を供試した。

2. 栽培方法

実験は春季と秋季の 2 回行い, それぞれの播種日・間引き日・鉢上げ日を, 第 25 表に示した。

播種には培養土 (土:砂:パーミキュライト=5:2:2 volume) を入れた直径 9 cm の黒ポリポットを用いた。これに催芽種子を 1 ポット当たり 2 粒ずつ播種した。播種後, 実験が終了するまでは無加温のビニールハウス (自然日長) で生育させた。2~4 枚の本葉が展開したとき各ポットにつき 1 個体になるように間引きした。さらに, 7~9 枚の本葉が展開したとき, 直径 15cm の黒ポリポットに各品種 195 個体ずつを鉢上げ (1 個体/ポット) した。培養土は播種時と同様の混合比とした。

施肥, 病虫害防除等の栽培管理は慣行に従った。

3. 処理方法

処理の概要を, 第 67 図に示した。

ウニコナゾールはアグロス社の「スミセブンP」を, ジベレリンは明治製菓株式会社のジベレリン水溶剤「ジベレリン明治」を用いた。処理は, ウニコナゾール・ジベレリン無処理 (対照区), ウニコナゾール処理, ウニコ

Table 25. Experimental design of experiment.

Cultivar	Date	
	sowing	potting
<i>Spring sowing</i>		
'Kuro'	Apr.24,1997	Jun.7,1997
'Kairan-T'	Apr.24,1997	Jun.7,1997
'Chugoku-kairan-Y'	Apr.23,1997	Jun.8,1997
'Kibana-kakurin'	Apr.25,1997	Jun.8,1997
<i>Autumn sowing</i>		
'Kuro'	Aug.29,1997	Oct.23,1997
'Kairan-T'	Aug.29,1997	Oct.23,1997
'Chugoku-kairan-Y'	Aug.28,1997	Oct.22,1997
'Kibana-kakurin'	Aug.28,1997	Oct.22,1997

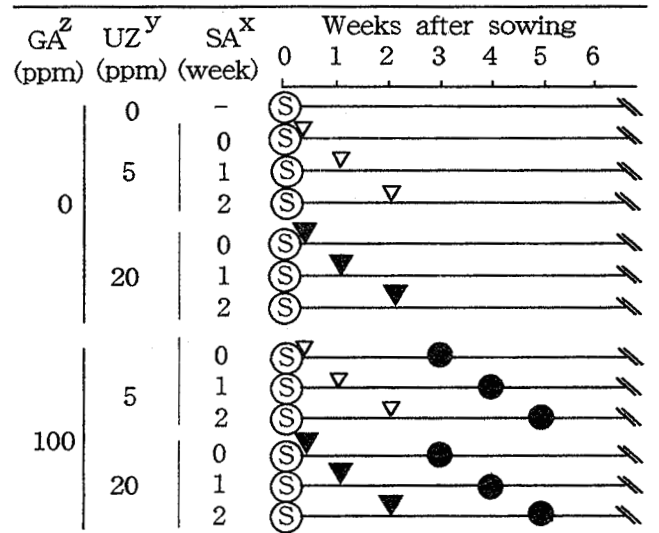


Fig. 67. Treatment design of experiment.

z: Concentration of gibberellin.  
 y: Concentration of uniconazole.  
 x: Seedling age at uniconazole treatment.  
 ⊙: Sowing  
 ▽: Uniconazole treatment (5 ppm)  
 ▼: Uniconazole treatment (20 ppm)  
 ●: GA treatment (100 ppm)



ナゾール+ジベレリン処理とし、処理時期と濃度を変えた13処理区を設けた。

各品種につき195個体のうち15個体を無処理区に用いた。残りの180個体はウニコナゾール処理を行う時期によって60個体ずつの3グループに分けた。ウニコナゾール処理は、播種直後・播種1週間後・播種2週間後の3つの時期のいずれかに1回のみ行った。各時期に処理をする60個体の3グループをさらにそれぞれ30個体ずつの2グループに分けて、5ppmあるいは20ppmのウニコナゾール溶液を土壌灌注(10ml/ポット)処理した。さらに、各処理時期・濃度で分けた30個体を15個体ずつに分け、それらの一方にジベレリンを処理した。ジベレリン処理は、ウニコナゾール処理の2週間後に100ppmのジベレリン溶液を植物体全体に均一に噴霧処理(1.2ml/個体)した。

#### 4. 調査項目

植物体は播種14週間後まで生育させた。これ以前に開花した個体は開花時に生育調査した。

また、蕾が肉眼で確認できた日を出らい日、頂花序第1番花の花弁が完全に開いた日を開花日として、各個体の出らい・開花日を調査した。同時に開花日の茎長、茎径および展開葉数・花序の縦径と横径・頂花序の小花数を調査した。播種14週間までに出らい・開花にいたらなかった個体では、茎頂部を切除してF A Aで固定した後、実体顕微鏡下で茎頂部を解剖して花芽発達段階および未展開葉数を調査した。花芽発達段階は第26図および第36図に従い分類し、花芽発達段階2の花芽原基分化期に達したとき、花芽が分化したと判断した。

## 結果

### 1. 実験期間中の気温変動

春季および秋季における実験期間中の気温の変動を、第68図に示した。春季における日平均気温は、実験の初期に低く、その後徐々に上昇し、11.5~30.5℃の範囲で変動した。実験期間中の平均気温は、22.6℃であった。秋季の日平均気温は、実験の初期に25~30℃と高く、その後徐々に低下した。日平均気温は、29.0~9.0℃の範囲で変動し、実験期間中の平均気温は、20.3℃であった。

### 2. 出らいおよび開花率

白花品種の‘黒’および‘カイランT’では、どの処理区でもほとんどの個体に出らい・開花がみられた(第69図)。しかし、‘黒’ではウニコナゾール20ppm区、‘カイランT’ではウニコナゾール単用区の開花率は低くなった。黄花品種の‘中国芥藍(Y)’および‘黄花格林’の出らい・開花率は、白花品種と比較して著しく低くなった。‘中国芥藍(Y)’では、ウニコナゾール処理時期が

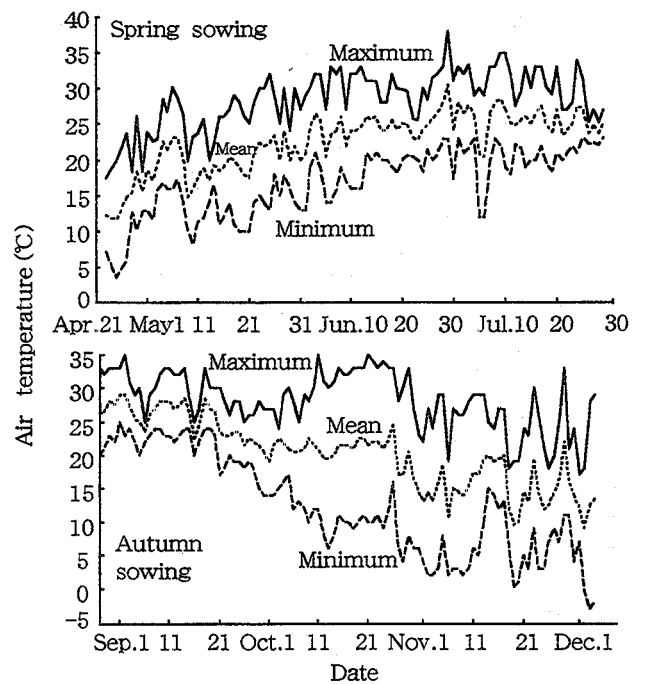


Fig. 68. Fluctuation of air temperature in an unheated plastic house (1997).

早くなるほど出らい・開花率が低くなる傾向がみられた。さらに、ジベレリン処理区では出らい・開花率が高くなる傾向がみられた。‘黄花格林’では、ほとんどの処理区で出らいと開花率は低くなったが、ジベレリン無処理区よりもジベレリン処理区の出らい・開花率はやや高くなった。

秋季における出らい・開花率を、第70図に示した。春季と同様の傾向を示したが、実験終了までに開花した植物体の割合は、‘黒’では7~87%、‘カイランT’では0~93%となり、黄花品種では開花しなかった。‘黒’では、ジベレリンを処理しなかった多くの処理区で半数以上の個体に開花はみられなかった。

### 3. 出らいおよび開花日

白花品種‘黒’の出らい平均日は、対照区で最も早く6月7日となり、1週齢にウニコナゾール20ppmの処理区では最も遅く6月21日であった(第71図)。対照区と比較すると、ウニコナゾール単用区の出らい平均日は4~14日遅くなり、ウニコナゾールの後にジベレリンを処理した区では1~6日遅くなった。ウニコナゾール処理時期と濃度が同じ場合、ウニコナゾール処理後にジベレリンを処理した区では、出らい平均日は1~9日早くなった。これはウニコナゾール処理時期が早くなるほど、ジベレリンの影響が大きくなる傾向がみられた。また、ウニコナゾール20ppm区の出らい平均日は、5ppm区と比較

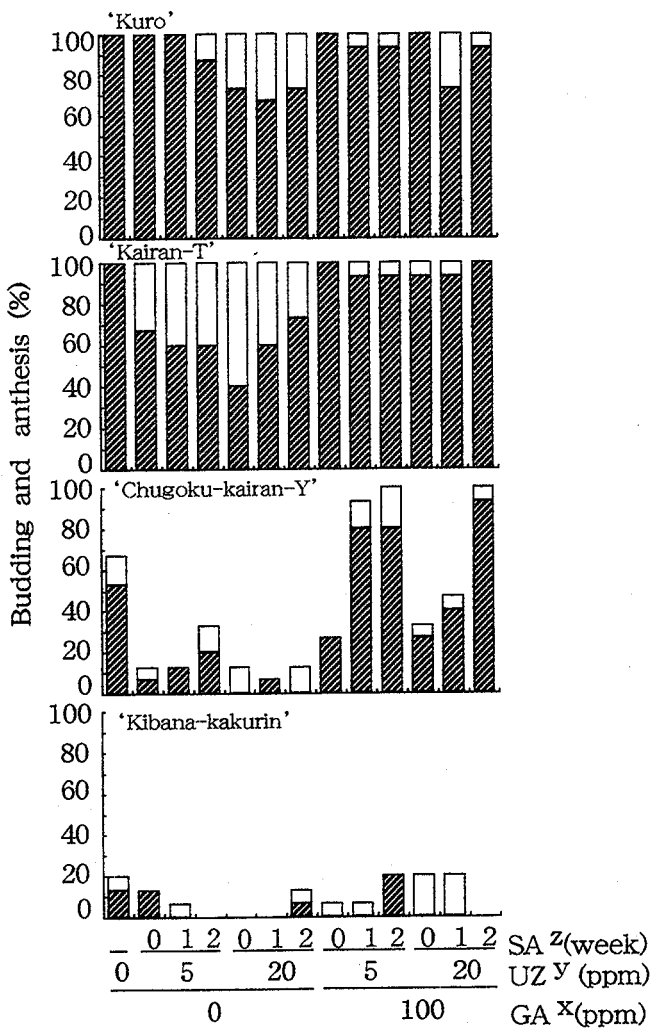


Fig. 69. Effects of uniconazole and GA treatments on budding and anthesis of Chinese kale (spring sowing).

z : Seedling age at uniconazole treatment.  
 x : Concentration of uniconazole.  
 w : Concentration of gibberellin.  
 □ : Percentage of budding plants without anthesis (%).  
 ▨ : Percentage of plants with anthesis (%).

して、2～6日遅くなった。

‘黒’の開花平均日は、出らいと同様に、対照区で最も早く6月15日となり、1週齢にウニコナゾール 20ppmの処理区では最も遅く7月12日であった。対照区と比較すると、ジベレリン単用区の開花平均日は8～27日遅くなり、ジベレリン処理区では1～8日遅くなった。ウニコナゾール処理時期と濃度が同じ場合、ウニコナゾール処理後にジベレリンを処理した区では、開花平均日は4

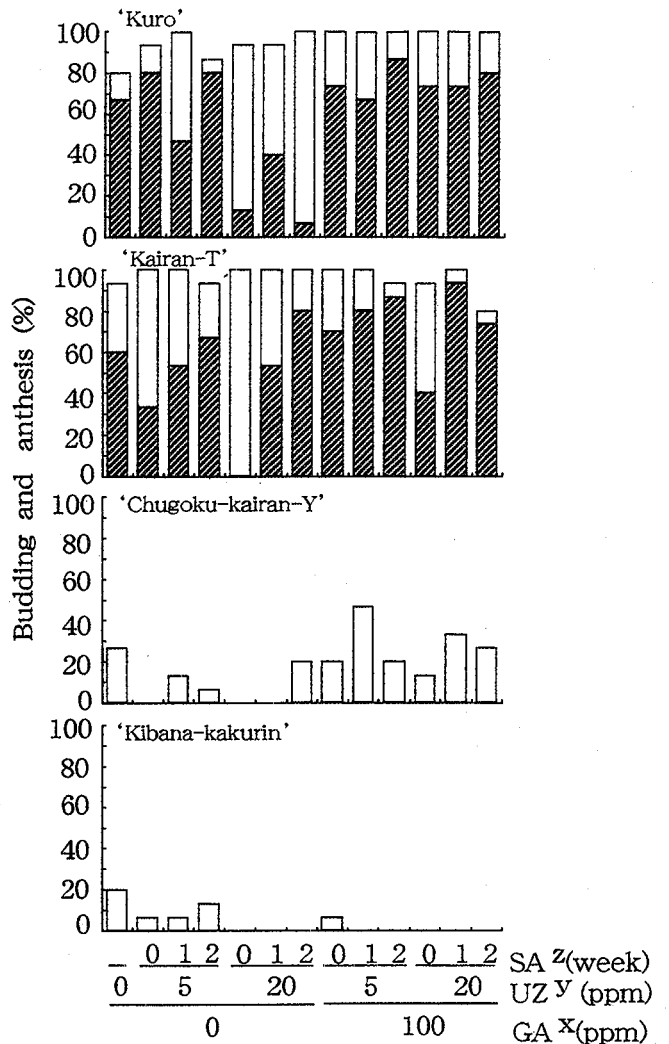


Fig. 70. Effects of uniconazole and GA treatments on budding and anthesis of Chinese kale (autumn sowing).

z : Seedling age at uniconazole treatment.  
 x : Concentration of uniconazole.  
 w : Concentration of gibberellin.  
 □ : Percentage of budding plants without anthesis (%).  
 ▨ : Percentage of plants with anthesis (%).

～20日早くなった。ウニコナゾール 5ppm区と比較して、20ppm区の開花平均日は3～12日遅くなり、これはジベレリンを処理しなかった区で顕著に遅れた。秋季においても、春季と同様の傾向がみられた。

また、‘カイランT’の出らい・開花平均日は、‘黒’とほぼ同様の傾向を示した。

#### 4. 小花の発達

‘黒’および‘カイランT’の開花時における頂花序の小

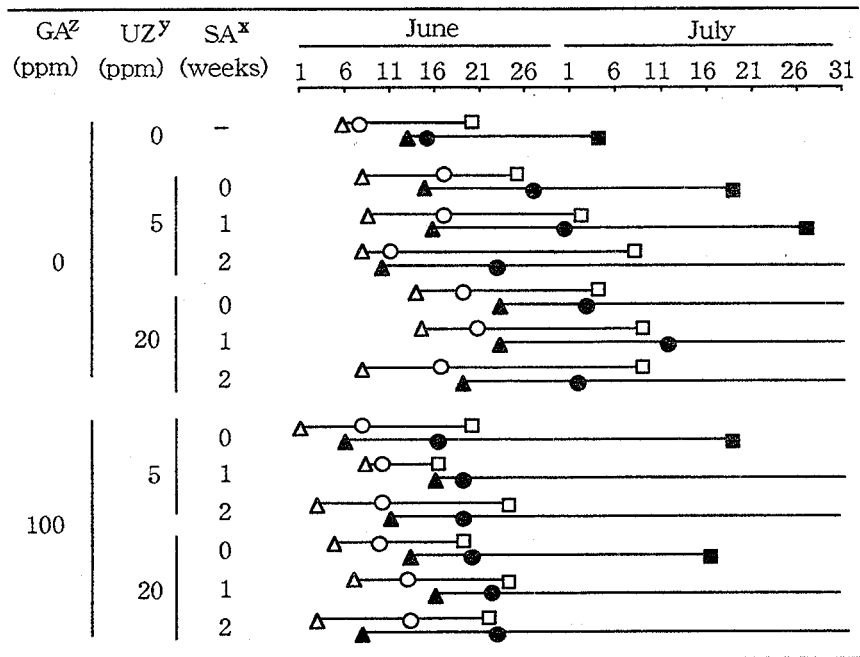


Fig. 71. Effects of uniconazole and GA treatments on the date of budding and anthesis ('Kuro', spring sowing).

z : Concentration of gibberellin.  
 y : Concentration of uniconazole.  
 x : Seedling age treated with uniconazole.  
 Budding ;  $\Delta$  : start,  $\circ$  : mean,  $\square$  : end  
 Anthesis ;  $\blacktriangle$  : start,  $\bullet$  : mean,  $\blacksquare$  : end

花数では、処理区間に大きな差はみられなかった。'黒'では、頂花序の小花数は42.3~57.2となり、処理区間に有意な差はみられなかった(第72図)。また、'黒'および'カイランT'の頂花序の横径は、'黒'のウニコナゾール20ppm処理区で小さくなったが、他処理区間に大きな差はみられなかった。これは、秋季にも同様の傾向がみられた。

黄花品種の'中国芥藍(Y)'および'黄花格林'の播種14週間後における平均花芽発達段階を、第73図に示した。'中国芥藍(Y)'の花芽発達段階は、ウニコナゾールのみの処理区で低くなり、対照区とジベレリン処理区では高くなった。つまり、花芽発達段階は対照区では開花期(花芽発達段階7)に達していたのに対して、ウニコナゾールのみの処理区では未分化期(0)~がく片分化期(3)、ウニコナゾール処理後にジベレリンを処理した区では花卉伸長期(5)~開花期(7)であった。ウニコナゾールの処理時期が早いほど、花芽発達段階は低くなる傾向がみられた。また'黄花格林'の花芽発達

段階は、対照区でがく片分化期(3)に達し、いくつかの処理区で花芽原基分化期(2)~がく片分化期(3)であった。しかし、半数以上の処理区では花芽発達段階は未分化期(0)~膨大期(1)であった。

秋季における実験終了時の花芽発達段階は、'中国芥藍(Y)'では全処理区で花卉伸長期(5)に達していた。'黄花格林'の花芽は、対照区で花芽原基分化期(2)、0週齢のウニコナゾール処理後にジベレリンを処理した区でがく片分化期(3)に達していたが、その他処理区では膨大期(1)であった。

### 5. 着花節位

春季および秋季における各品種の着花節位を、第26表に示した。白花品種の'黒'と'カイランT'では、いくつかの処理区を除き大きな差はみられず、一定の傾向は得られなかった。また、黄花品種の'中国芥藍(Y)'および'黄花格林'では半数以上の植物体で花芽の分化した処理区で比較した結果、'中国芥藍(Y)'では着花節位に有意な差はみられず、'黄花格林'ではほとんどの処理

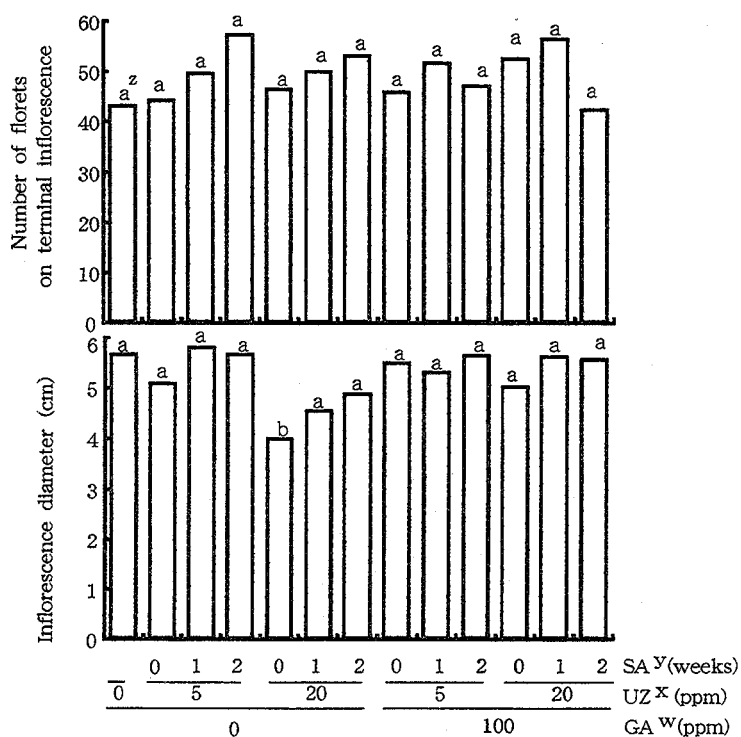


Fig. 72. Effects of uniconazole and GA treatments on inflorescence development of 'Kuro' (spring sowing).  
 z : Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test.  
 y : Seedling age treated with uniconazole.  
 x : Concentration of uniconazole.  
 w : Concentration of gibberellin.

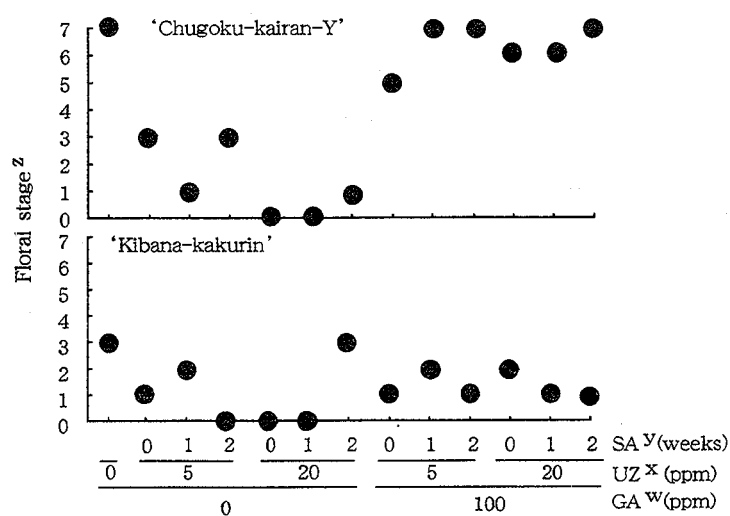


Fig. 73. Effects of uniconazole and GA treatments on floral development of cultivars with yellow petals (spring sowing).  
 z : Different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) by Tukey-Kramer's multiple range test.  
 y : Seedling age treated with uniconazole.  
 x : Concentration of uniconazole.

Table 26. Effects of uniconazole and GA treatments on number of nodes from cotyledon to flower of Chinese kale.

GA <sup>z</sup> (ppm)	UZ <sup>y</sup> (ppm)	SA <sup>x</sup> (weeks)	Spring sowing				Autumn sowing				
			'Kuro'	'Kairan -T'	'Chugoku -k-Y'	'Kibana -k'	'Kuro'	'Kairan -T'	'Chugoku -k-Y'	'Kibana -k'	
0	0	-	12.5 c <sup>w</sup>	14.1 b	17.4 a	30.6 a	16.3 c	15.0 c	18.0 b	27.5 a	
		0	13.5 b	13.1 b	20.7 a	29.7 a	15.9 d	18.5 b	17.5 b		
	5	1	13.2 b	13.4 b			18.7 c	17.0 c	16.6 c		
		2	14.9 b	14.9 b	21.2 a		17.4 c	16.1 c	18.3 b		
	20	0	13.9 b	15.4 a			19.1 b	20.5 a	18.3 b		
		1	15.6 a	14.4 b			18.8 c	17.6 b	18.9 b		
		2	14.9 b	14.1 b		27.0 a	21.3 a	16.3 c	17.6 b		
	100	5	0	13.0 b	12.1 c	16.8 a	36.9 a	17.3 c	16.5 c	19.3 b	29.9 a
			1	13.9 b	13.1 b	13.3 a	36.1 a	18.7 c	16.1 c	17.6 b	
			2	14.7 b	13.8 b	15.9 a		16.4 c	16.3 c	18.8 b	
		20	0	12.2 c	13.1 b	16.2 a	37.3 a	16.7 c	16.4 c	19.8 a	29.5 a
			1	14.2 b	13.9 b	19.2 a		17.4 c	15.3 c	19.4 b	
2			14.2 b	14.5 b	14.1 a		16.4 c	15.9 c	17.3 b		

z: Concentration of gibberellin.

y: Concentration of uniconazole.

x: Seedling age treated with uniconazole.

w: Different letters represent significantly different values (P<0.05) on Tukey-Kramer's multiple range test.

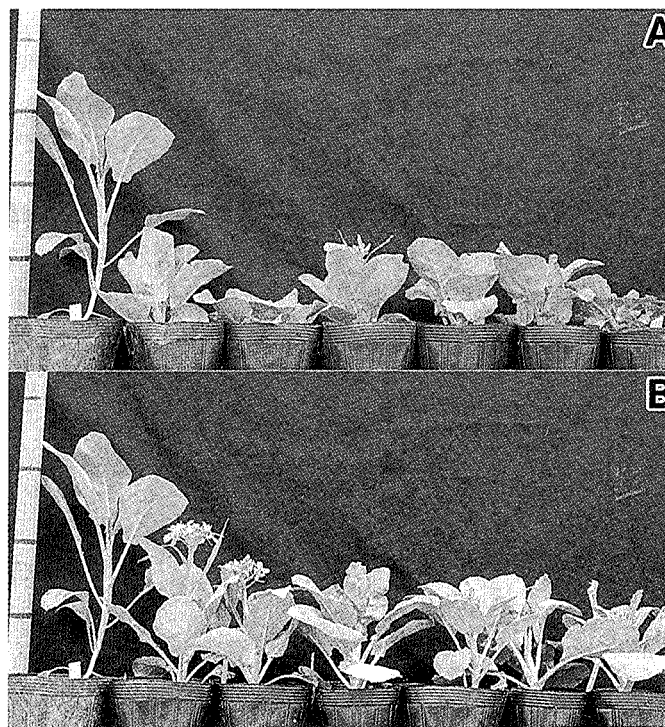


Fig. 74. The response of 'Kairan-T' to uniconazole and gibberellin treatment at 58 days after sowing (spring sowing).

A: Control (left side) and uniconazole alone treatment.

B: Control (left side) and uniconazole and 100 ppm gibberellin treatment.

z: Concentration of uniconazole.

y: Seedling age at uniconazole treatment.

区で花芽が分化しなかった。

春季と秋季の着花節位を比較すると、春季よりも秋季の着花節位が高くなる傾向がみられた。

#### 6. その他の発育

春季における播種 58 日後の植物体の草姿を、第 74 図に示した。ウニコナゾール処理は展開葉数と茎径にほとんど影響せず、茎の伸長を著しく抑制した。

### 第 5 節 考 察

これまでに、カイランの花芽形成に対する日長の影響は少ないと言われている(篠原, 1959)。しかし、その程度、品種、生育条件については明らかでなく、カイランの花芽形成と日長との関係については解明されていなかった。

まず、第 1 節ではカイランの 4 品種を供試して、光補償点の品種間差異を検討した。その結果、カイランの白花品種 W-A 群の 'カイラン M'、W-B 群の '黒' と黄花品種 Y-A 群の '白格' では、光合成速度が 0 になる光量子量は約  $11 \sim 24 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  となり、黄花品種 Y-B 群の '黄花格林' のそれは約  $21 \sim 50 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  となった。これらのことから、カイランの品種によって光合成特性が異なる可能性が示唆された。カイランの光合成について、新井ら (1985) は、タキイ種苗のカイラン品種を供試して調査している。これによると、このカイラン品種の光補償点は  $1.8 \text{ klux}$  であったと報告されている。この報告と本実験の結果は直接に比較することは難しいが、第 1 章の結果から、新井らの供試したタキイ種苗のカイラン品種は白花の W-B 群に属しているのではないかと推察される。したがって、本実験結果と新井らの報告から、カイランの白花品種と黄花品種 Y-A 群の光補償点は、約  $11 \sim 24 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  あるいは  $1.8 \text{ klux}$  であると考えられた。また、黄花品種 Y-B 群の '黄花格林' の光補償点はそれらよりもやや高くなるのではないかと思われる。

第 2 節第 1 項の自然条件下では、カイランの花芽の分化率およびその発達段階は夏季よりも秋季実験で促進された。また、長日区において花芽分化率が高くなり、秋季実験の処理 6 週間後では花芽の発達が促進される傾向がみられた。しかし、着花節位には日長処理区間に大きな差異はみられなかった。したがって、自然条件下での実験から、カイランの花芽形成は温度に大きく影響され、日長の影響は小さいのではないかと考えられた。そこで、第 2 節第 2 項では、制御温室において定温条件下で日長を調節して、カイランの花芽形成を調査した。その結果、白花品種の花芽分化は長日によって促進されなかったが、

花芽の発達は長日でやや促進される傾向がみられた。黄花品種では、白花品種よりも花芽の分化時期は遅れたが、低温の長日区において花芽の分化時期が早く、発達も促進される傾向がみられた。しかし、白花品種と黄花品種ともに、着花節位は日長処理区間にほとんど差がなく、低温になるほど低下した。これらの結果から、第 2 節第 1 項の実験結果と同様に、カイランの花芽形成に影響を及ぼす主要因は低温条件であり、日長の影響は小さいものと考えられた。つまり、カイランは低温条件によって花芽の分化が促進され、その後の発達は 14 ~ 16 時間の長日条件によって補足的に促進されると考えられた。

キャベツ類の花成に対する日長の影響についてはいくつかの報告がみられる。江口 (1947) は、カリフラワーの花成は日長に影響されなかったと報告している。また、藤目 (1983) も同様に、カリフラワーは日長に関係なく低温を受けて花らいを形成し、早晩性の違いによって低温感受性が異なることを報告している。一方、キャベツ (香川, 1962) とブロッコリー (藤目, 1983; Gauss and Taylor, 1969; 香川, 1965 b) の花成について、低温条件と長日条件との間に相乗的な作用がみられたと報告されている。さらに、藤目ら (1988) は、ブロッコリーの花らい形成には、低温が主要因として働き、長日条件は低温条件を促進する副次的要因であると報告している。これによると、ブロッコリーの花らい形成に十分な低温条件下では、日長に関係なく花らいが形成され、花らいはそれよりも高い温度では長日条件によって形成されるが、花芽の発育は遅れたと述べている。花成反応に対して低温が主要因で長日が副次要因であることについて、アブラナ科のダイコンについても明らかにされている (Tsukamoto and Konishi, 1959)。第 1 節では、カイランは低温によって花芽分化が促進され、その後の発達は長日によって補足的に促進されると考えられた。つまり、カイランの花芽形成は、カリフラワーの花成とは異なり、日長にやや影響されるが、ブロッコリーの花成にみられる低温と長日の相乗作用は顕著でないと考えられた。

香川 (1971) は、数種アブラナ科の開花感応の遺伝性について、日長感応は低温感応に対して優性に現れやすいが、花成反応に入る時期によって感応の程度が異なると報告している。本実験では、長日による花芽形成の促進効果は白花品種よりも黄花品種でやや大きくあらわれた。白花品種は黄花品種よりも出らい・開花が早かったことを前章で述べ、本章第 1 節でも白花品種の花芽分化時期は黄花品種よりも早かったことを述べた。これらのことから、香川 (1971) の述べている「花成反応に入る時期」は、白花品種で早く、黄花品種ではそれよりも遅いと考えられ、その時期の日長感応程度が白花と黄花品種間で

異なったのではないかと推察された。

第3節では、春季と秋季の結果から、黄花品種よりも白花品種の出らいと開花は早く観察された。これは、第1章および本章第2節の結果と一致した。また、前章で白花品種は播種1～2週間後までの低温感応性は比較的小さかったことから、本章では、白花品種の2週間後の個体と比べて播種直後および1週間後の個体は低温遭遇が不十分であったと推察された。ほとんどの処理区で花芽が形成した白花品種では、ウニコナゾールのみの処理区において出らいと開花が遅延した。ウニコナゾール濃度は5ppmよりも20ppmで遅延の程度が大きくなった。これまでに、ウニコナゾール処理によりブロッコリーの収穫が無処理区よりも早まったとする報告(鈴木・高浦, 1993)はあるが、ダイコン(北田・桂, 1994)、カブ(斉藤・斉藤, 1994)、メキャベツ(斉藤・斉藤, 1996)ではウニコナゾール処理により花芽形成が抑制されたことが報告されている。ウニコナゾールの処理時期では、播種2週間後よりも、播種直後あるいは1週間後の処理の出らいと開花がやや遅れた。ウニコナゾールによる花芽形成の抑制効果が若齢で大きくあらわれることは、メキャベツでも報告され(斉藤・斉藤, 1996)、第2節と一致した。その出らいと開花の遅延は、ウニコナゾール処理後のジベレリン処理により回復した。ウニコナゾール処理による花成の遅延はジベレリン処理によって回復することが、ダイコンでも報告されている(北田・桂, 1994)。また、GA<sub>3</sub>処理により、カリフラワーの熱帯性品種の開花が促進されたと報告されている(Aditya and For-dham, 1995)。

花芽形成の早晩は、花芽分化や出らいと開花の時期だけでなく、最初の花が着生するまでに分化した節数を比較して決定する必要がある(田口, 1969)。本実験では、白花品種の出らいと開花日はウニコナゾール処理で遅延し、ジベレリン処理で回復した。また、春季における黄花品種‘中国芥藍(Y)’の花芽発達段階は、ウニコナゾール処理で抑制された。しかし、着花節位は処理区間に大きな差がみられなかった。これらのことから、ジベレリンあるいはウニコナゾールはカイランの花芽分化には直接的に影響しないのではないかと推察された。しかし、花芽発達は、ウニコナゾールによって抑制され、ジベレリン処理によって促進されると考えられた。香川(1959)は、カリフラワーの早生品種ではジベレリン処理によって花成および花らいの発達が促進され、晩生品種では抽だいと開花が促進され、ブロッコリーでは花らいの発育が促進されたと報告している。逆に Fontes ら(1970)は、ジベレリン生合成阻害剤の SADH 処理によりブロッコリーの花らい形成が抑制されたことを報告し

ている。カリフラワーの花らい形成とジベレリンの関係について、加藤(1965)は、その頂芽部における内生ジベレリンの消長を調査し、内生ジベレリン含量が花らい形成後に増加するが、このことは花らい分化の促進には直接影響していないことを示唆している。このように、他のキャベツ類においても、ジベレリンが花らい形成あるいは花芽形成に影響するが、花芽分化よりも花芽発達に大きく影響したと報告し、第2節の結果と一致している。

本章第1節の結果から、カイランの花芽分化は低温により誘導され、花芽の発達は長日でやや促進された。第3節では、春季よりも秋季の着花節位が高くなる傾向がみられたことから、秋季の栽培前半の高温により花芽分化が遅れたと考えられる。このときのウニコナゾールおよびジベレリン処理により着花節位に大きな差がみられなかったことと、ジベレリン処理により出らいと開花日が早まったことから、カイランではジベレリンは低温感応の一部として代替せず、長日効果の一部として代替作用を示したのではないかと思われた。中村・服部(1961)は、キャベツの低温処理中におけるジベレリン処理が春化を促進しないと報告している。香川(1962)も、ジベレリンはキャベツの低温感応を代替しなかったと述べている。日長については、斉藤・斉藤(1994)は、短日条件下のカブにジベレリンを処理することによって、花芽分化が誘導されることを明らかにし、ジベレリン処理は長日効果を代替し、長日条件との組み合わせによって花芽形成が一層促進されると述べている。低温処理とジベレリンの関係については、*Brassica napus* において、低温処理の結果として内生ジベレリン含量が増加することが報告されている(Zanewich and Rood, 1995)。また、Nishijima ら(1998 b)は、ダイコンについて低温処理後の長日条件で内生ジベレリンの量的変化だけでなく、活性型ジベレリンへの質的変化が起こり、この活性型ジベレリンの生合成の制御が抽だいと花成に関与すると報告している。しかし、他のアブラナ科についても低温処理により内生ジベレリン含量が増加することは報告されているが、いずれも花成反応とは独立しているのではないかと述べられている(Long et al., 1990)。

したがって、カイランでは花芽分化の主要因は低温であり、ジベレリン処理は低温を代替えしなくとも、その生合成を阻害すると言われているウニコナゾール処理により花芽分化の抑制と節数の増加を得ることはできないと考えられた。しかし、ジベレリン処理はカイランの花芽発達を促進して、出らいと開花までの日数を短縮する可能性があると考えられた。

## 第6節 摘要

白花3品種と黄花1品種のカイランを供試して、自然条件下と定温条件下で日長を変えて、花芽形成に及ぼす日長と温度の影響について調査した。さらに、白花と黄花品種をそれぞれ2品種ずつ供試して、その花芽形成に及ぼすウニコナゾール並びにジベレリン処理の影響を調査した。

1. 自然条件下で日長を8から16時間の範囲で5段階に調節して栽培した。花芽の形成は夏季よりも秋季で促進された。また、長日により花芽分化率と花芽発達段階が高くなる傾向がみられたが、着花節位には日長の影響はみられなかった。
2. 15°, 20°, 25° および30°Cの定温条件下で、日長を8または16時間に調節して栽培した。白花品種、黄花品種ともに低温区ほど花芽の形成が促進された。白花品種の花芽分化は長日によって促進されず、花芽の発達は長日でやや促進される傾向がみられた。黄花品種の低温区では長日によって花芽の形成が促進される傾向がみられた。しかし、白花品種、黄花品種ともに着花節位は日長にほとんど影響されなかった。
3. 以上の結果から、カイランの花芽分化には低温条件が主要因として影響し、日長の影響は小さいと考えられた。
4. 出らいおよび開花した個体の割合は、ウニコナゾール単用区で低くなった。
5. 白花品種‘黒’においては、対照区と比較して、ウニコナゾール単用区(5, 20ppm)の出らい日および開花日は、それぞれ4~14および8~27日遅延した。しかし、ウニコナゾール処理2週間後に100ppmのジベレリンを処理した区では、ウニコナゾール単用区と比較して、出らいおよび開花日が、それぞれ1~9および4~20日早くなった。
6. 春季実験では、‘中国芥藍(Y)’におけるウニコナゾール単用区の花芽発達段階は抑制され、‘黄花格林’の花芽発達段階は処理区間に大きな差がみられなかった。
7. 着花節位と開花時における頂花序の小花数は処理区間に大きな差はみられなかった。
8. これらのことから、ジベレリンとウニコナゾール処理は、カイランの花芽分化にあまり影響せず、花芽の発達に作用するものと考えられた。



## 第5章 出らい・開花期の予測モデリング

これまでに、カイランは我国にも導入が図られてきた。しかし、それらが早生種に偏っていたためか、周年栽培体系は確立されず自家消費が中心であった(藤枝, 1993)。一方、カイランは高温期にも栽培が可能であるため、熱帯・亜熱帯では一般的に青果栽培され(Tindall, 1983)、この周年栽培の研究がなされている(Lim, 1993)。周年栽培体系を確立するためには、品種の出らい・開花特性を把握した上で、それらの出らいと開花期を予測した計画的な栽培が必要であると考えられる。

前章までに、カイランの花芽形成は低温に大きく影響を受けることを述べた。さらに、長日条件が花芽形成を補足的に促進する品種と、日長の影響の小さい品種がみられることを述べた。これらのことから、カイランの出らいと開花は播種後の気温に大きく影響されると思われる。しかし、これまでに気象要因からカイランの出らいと開花期を予測するためのモデリングについては明らかにされていない。

そこで本章では、まず、ブロッコリーの早生品種を用いて、出らいおよび花らい成熟と気象要因との関係について統計解析をして、いくつかの気象要因と出らい・花らい成熟期の予測の可能性を検討した。さらに、この手法を応用して、カイランの出らい・開花期の予測のためのモデリングを検討した。

### 第1節 ブロッコリーの出らい・花らい成熟の予測

本節では、ブロッコリーの出らいおよび花らい成熟と気象要因との関係について統計解析をして、出らい・成熟期の予測の可能性を検討した。

#### 材料および方法

ブロッコリーの‘早生緑’を供試した。この種子を、23℃・16時間日長のグロースチャンバー内で催芽させた。この催芽種子を播種箱に播種して、最低夜温を20℃以上に管理したガラス温室内で育苗した。栽培概要を、第27表に示した。実験は同じ圃場に同じ管理で7年以上にわたり、10回行った。どの年次においても、育苗は前述のガラス温室で行い、本葉6~7枚になったときに戸外の圃場へ定植した。定植は、幅1.2m、長さ25mの畝に、栽植距離45×80cmの二条植えて、30個体ずつを用いて行った。

定植後は1週間おきに、出らいの有無を調査した。定植後の気象要因としては平均気温・平均最高気温・平均最低気温・積算平均気温・平均日射量・平均地温(5cm)・積算平均地温の8要因を毎日測定して、10日ごとの平均およびその積算を計算した。これらの環境要因と出らい・花らい成熟期の相関をみた。さらに、これらのうち相関の高い気象要因を用いて、出らい・花らい成熟期を予測し、予測値と実測値を比較した。なお、花らいの成熟期は花らい表面の周辺部にゆるみができ、花茎の伸長してきたときとした。

#### 結果

##### 1. 出らいと環境要因との関係

定植後の出らいまでの日数と定植後10日目ごとの気象要因との相関関係を、第28表に示した。出らいまでの日数と日射量との間には、相関はほとんどみられなかった。出らいまでの日数と地温・気温との間には、負の相関関係がみられた。特に、最低気温との間には高い相関がみられた。最低気温との相関関係は、定植後日数のたつほ

Table 27. Cultivation dates (broccoli, ‘Wase-midori’).

Year	Sowing	Planting	Budding	Harvest
1972	Mar.16	Apr.27	Jun. 5	Jun.14
1973(1)	Mar.29	May 1	Jun. 8	Jun.19
1973(2)	Mar.29	Apr.30	Jun. 5	Jun.20
1974	Feb.19	Apr.10	May10	May27
1975(1)	Jan .30	Mar.19	May 9	May29
1975(2)	Feb.11	Apr.22	May21	Jun.10
1975(3)	Mar.20	May19	Jun.19	Jul. 9
1977	Mar.10	Apr.20	May23	Jun. 3
1982	Apr. 7	May22	Jun.21	Jul. 5
1983	Feb.16	Apr. 7	May 7	May27

Table 28. Correlation coefficients between the days to budding and environmental conditions (broccoli, 'Wase-midori').

Factor		Days after planting				
		0	10	20	30	40
Air temp. °C	Mean	-0.5825	-0.7168 *	-0.6668 *	-0.5458	-0.6444 *
	Max.	-0.4181	-0.6647 *	-0.7453 *	-0.7310 *	-0.7802 **
	Min.	-0.7078	-0.7421 *	-0.6072	-0.2657	-0.4837
	Int. mean	-0.5825	-0.7434 *	-0.8008 **	-0.6929 *	-0.6877 *
Isolation cal/cm <sup>2</sup> /day	Mean	0.1959	0.1235	0.0959	-0.5486	-0.3509
	Int. mean	0.1959	-0.0345	-0.1481	-0.0498	-0.2294
Soil temp. (-5cm) °C	Mean	-0.4507	-0.5689	-0.6446 *	-0.6045	-0.6632 *
	Int. mean	-0.4507	-0.6075	-0.6511 *	-0.6132	-0.6116

Significance level : \* = 5%, \*\* = 1%

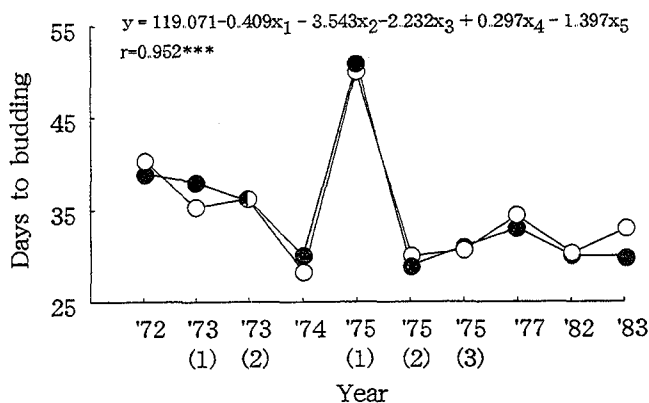


Fig. 75. Comparison of calculated and observed numbers of dates to budding in a multiple regression analysis (broccoli, 'Wase-midori').

- x<sub>1</sub>: Int. mean air temp. till 10 days after planting.
- x<sub>2</sub>: Max. air temp. at 20 days after planting.
- x<sub>3</sub>: Max. air temp. at 30 days after planting.
- x<sub>4</sub>: Int. mean air temp. till 30 days after planting.
- x<sub>5</sub>: Max. air temp. at 40 days after planting.

\*\*\*: P < 0.001

●: Observed, ○: Calculated

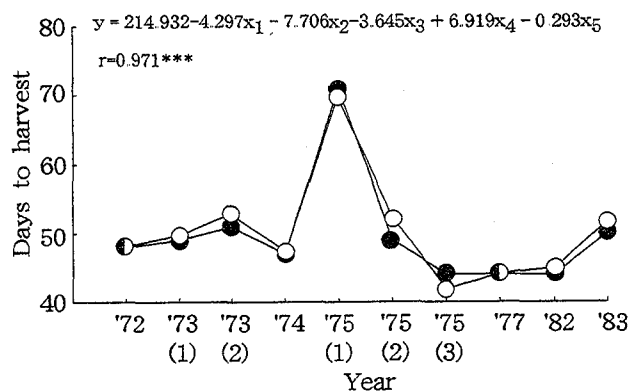


Fig. 76. Comparison of calculated and observed numbers of dates to harvest in a multiple regression analysis (broccoli, 'Wase-midori').

- x<sub>1</sub>: Min. air temp. during the planting period.
- x<sub>2</sub>: Max. air temp. at 10 days after planting.
- x<sub>3</sub>: Max. air temp. at 20 days after planting.
- x<sub>4</sub>: Max. air temp. at 30 days after planting.
- x<sub>5</sub>: Int. mean air temp. till 40 days after planting.

\*\*\*: P < 0.001

●: Observed, ○: Calculated

ど低下した。一方、定植後日数がたつほど、平均気温・最高気温・積算気温との間に高い負の相関がみられるようになった。

次に、各時期別の気象要因を選び、出らいまでの日数を求める重回帰式を作成して、第75図に示した。説明変数としては、定植後10日目までの積算平均気温(x<sub>1</sub>)、定植後20日目の平均最高気温(x<sub>2</sub>)、定植後20日目の平均最高気温(x<sub>3</sub>)、定植後30日目までの積算平均気温(x<sub>4</sub>)、定植後40日目の平均最高気温(x<sub>5</sub>)、の5要因

を選んだ。その結果、出らい日を予測する重回帰式が求められ、重相関係数 r=0.952 の高い重相関関係が得られた。

## 2. 花らい成熟と環境要因との関係

定植後の花らい成熟までの日数と定植後10日目ごとの気象要因との相関関係を、第29表に示した。花らい成熟までの日数と日射量の間には、相関はほとんどみられなかった。地温と気温の間には、高い負の相関関係がみられた。気温のうち最低気温とは定植時に高い負の相

Table 29. Correlation coefficients between the days to harvest and environmental conditions (broccoli, 'Wase-midori').

Factor	Days after planting					
	0	10	20	30	40	
Air temp. Mean	-0.7692 **	-0.8617 **	-0.8088 **	-0.7117 *	-0.7174 *	-0.7950 **
℃ Max.	-0.5744	-0.8644 **	-0.8260 **	-0.8746 **	-0.7372 *	-0.8282 **
Min.	-0.8562 **	-0.8307 **	-0.7745 **	-0.4188	-0.6418 *	-0.7199 *
Int. mean	-0.7692 **	-0.8680 **	-0.8315 **	-0.8418 **	-0.8441 **	-0.8420 **
Isolation cal/cm <sup>2</sup> /day Mean	-0.0178	-0.2828	-0.2650	-0.6975 *	-0.2963	-0.0344
Int. mean	-0.0178	-0.2531	-0.2568	-0.4427	-0.5362	-0.5318
Soil temp. Mean (-5cm)	-0.7101 *	-0.8003 **	-0.7945 **	-0.7977 **	-0.7811 **	-0.7314 *
℃ Int. mean	-0.7101 *	-0.8036 **	-0.7361 *	-0.8138 **	-0.8273 **	-0.8140 **

Significance level : \* = 5% , \*\* = 1%

関を示し、その後相関係数はやや低下した。平均気温・積算気温との間には定植後から高い負の相関がみられた。最高気温との間には、定植後日数のたつほど負の相関係数が高くなった。地温は、定植後から花らいの成熟するまでの間、高い負の相関係数であった。

次に、各時期別の気象要因を選び、出らいまでの日数を求める重回帰式を作成して、第76図に示した。説明変数としては、定植時の平均最低気温 ( $x_1$ )、定植後10日目の平均最高気温 ( $x_2$ )、定植後20日目の平均最高気温 ( $x_3$ )、定植後30日目までの平均最高気温 ( $x_4$ )、定植後40日目の積算平均気温 ( $x_5$ )、の5要因を選んだ。その結果、花らい成熟を予測する重回帰式が求められ、重相関係数  $r=0.971$  の高い重相関関係が得られた。

## 第2節 カイランの出らい・開花期の予測

本節では、カイランの出らいおよび開花期と気象要因との関係について統計解析をして、出らい・開花期の予測の可能性を検討した。

### 材料および方法

カイランの 'カイランT' を供試した。栽培概要を、第30表に示した。この種子を、23 ~ 23.5℃・16時間日長のグロースチャンバー内で催芽させた。この催芽種子を播種箱に播種して、最低夜温を25℃以上に管理したガラス温室内で育苗した。実験は香川大学農学部圃場の4年以上にわたり、5回行った。どの年次においても、育苗は前述のガラス温室で行い、本葉3~7枚になったときに移植して、無加温のビニールハウスへ移動して栽培した。

定植後は毎日、出らいと開花の有無を調査した。播種後の気象要因としては平均気温・平均最高気温・平均最

Table 30. Cultivation dates (Chinese kale, 'Kairan-T').

Year	Sowing	Planting	Budding	Anthesis
1993	Apr.20	May13	Jun. 8	Jun.17
1994	Apr.11	May17	Jun. 7	Jun.19
1995(1)	Feb.25	Apr. 1	Apr.23	May 8
1995(2)	Sep.11	Oct. 9	Nov.18	Dec.21
1996	Aug. 9	Sep.28	Oct.24	Nov.19

低気温の3要因を毎日測定して、播種から7日ごとの平均を計算した。これらの環境要因と出らい・開花期の相関をみた。さらに、これらのうち相関の高い気象要因を用いて、出らい・開花期を予測し、予測値と実測値を比較した。

結果

1. 出らいと環境要因との関係

播種後の出らいまでの日数と播種から7日ごとの気温との相関関係を、第31表に示した。出らいまでの日数と播種35日後までの平均最低気温との間に、相関はほとんどみられなかった。平均気温、平均最高気温との間には高い正の相関がみられた。特に播種28と35日後までの

平均気温との間には高い相関関係が認められた。

次に、高い相関のみられた気温要因を選び、出らいまでの日数を求める重回帰式を作成した。しかし、説明変数が2要因以上の場合、有意な重回帰式は得られなかった。次に、最も相関係数の高くなった播種28と35日後までの平均気温から出らいまでの日数を求める回帰式を作成し、その回帰式を第77図に示した。その結果、出らい日を予測する回帰式が求められ、播種28と35日後までの平均気温から、それぞれ回帰係数  $r=0.930$  と  $r=0.940$  の高い関係が得られた。この回帰式はそれぞれ、 $y = -50.1368 + 3.8573 x$  と、 $y = -38.0336 + 3.4983 x$  であり両式ともに1%水準で有意差が認められた。

Table 31. Correlation coefficients between the days to budding and environmental conditions (Chinese kale, 'Kairan-T').

Factor	Days after planting				
	7	14	21	28	35
Air temp. Mean	-0.8781 *	-0.8478 *	-0.8233 *	-0.9304 **	-0.9395 **
℃ Max.	-0.8565 *	-0.8516 *	-0.8268 *	-0.8752 *	-0.9160 *
Min.	-0.7651	-0.5253	-0.4126	-0.6925	-0.7154

Significance level : \* = 5%, \*\* = 1%

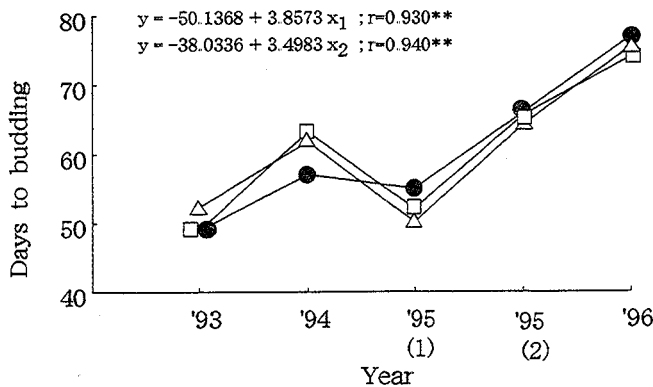


Fig. 77. Comparison of calculated and observed numbers of dates to budding in a multiple regression analysis (Chinese kale, 'Kairan-T').

- $x_1$  : Mean air temp. at 28 days after sowing.
- $x_2$  : Mean air temp. at 20 days after sowing.
- \*\* :  $P < 0.01$
- : Observed
- △ : Calculated by deta at 28 days after sowing
- : Calculated by deta at 35 days after sowing

2. 開花期と環境要因との関係

出らいから開花までの日数と出らい後7日目までの気温との相関関係を、第32表に示した。出らいから開花までの日数と出らい後7日目までの平均最高気温との間に、相関はほとんどみられなかった。平均気温、平均最低気温との間には高い相関がみられた。特に平均最低気温との間に負の相関係数が高くなった。

次に、高い相関のみられた平均最低気温 ( $x_1$ ) と平均気温 ( $x_2$ ) を説明変数として、出らいから開花までの日数を求める重回帰式を作成した (第78図)。その結果、出らいから開花までの日数を予測する回帰式が求められ、回帰係数  $r=0.994$  の高い関係が得られた。この回帰式は  $y = 31.611 - 2.546 x_1 + 1.034 x_2$  で、これは5%水準で有意差が認められた。

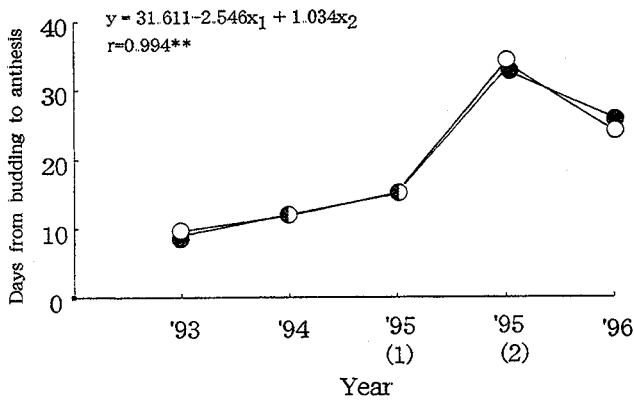


Fig. 78. Comparison of calculated and observed numbers of dates to budding in a multiple regression analysis (Chinese kale, 'Kairan-T').  
 $x_1$ : Min. air temp. at 7 days after budding.  
 $x_2$ : Mean air temp. at 7 days after budding.  
 \*\*:  $P < 0.01$   
 ●: Observed, ○: Calculated

Table 32. Correlation coefficients between the days to anthesis and environmental conditions (Chinese kale, 'Kairan-T').

Factor	Days after budding	
		7
Air temp. °C	Mean	-0.9363 *
	Max.	-0.6261
	Min.	-0.9895 **

Significance level : \* = 5% \*\* = 1%

### 第3節 考察

これまでに、花らいや花茎を利用するキャベツ類の発育と環境条件との関係を究明し、この結果を用いてそれらの発育や収穫期の予測モデルについて検討されている。

カリフラワーでは、花らい誘導と生長が環境条件に影響を受けると報告されている (藤目, 1983; 1988; Wurr et. al, 1981; 1988)。また、その花らい分化時期は生育温度により、収穫期は花らい分化期と相互関係があったと報告されている (Booij and Struik, 1990)。カリフラワーの作物としての成熟については, Salter (1969), Salter and Fradgley (1969), Salter and Ward (1972), Salter and James (1974) によって詳細に研究されてい

る。これらの結果から, Wurr ら (1990 a) は、カリフラワーの花らい成熟の予測モデルを検討している。カリフラワーのモデリングについては、定植から花らい分化までのモデリング (Grevsen and Olesen, 1994), 栄養生長のモデリング (Olsen and Grevsen, 1997) についても検討されている。Wurr らは、これらのモデリングを圃場の環境条件に応用し (1990 b), さらにカリフラワーの春化のモデルについても考察している (1993, 1994)。

ブロッコリーでは、花らいの形成と環境条件との関係について詳細に報告されている (藤目, 1983; 1988)。しかし、その発育や収穫の予測とモデリングについては、カリフラワーほど究明されていない。Olsen and Grevsen (1997) は、ブロッコリーの生育と温度・照射度の関係を調査して定植から花らい分化までのモデリングを検討している。また, Marshall and Thompson (1987a, 1987b) は calabrese ブロッコリーの播種から収穫までの予測モデルについて試みている。Wurr らは、calabrese ブロッコリーの生長と発達に及ぼす圃場の環境条件の影響 (1991), 栽植密度の影響 (1992) について調査している。さらに, Wurr ら (1995) は、定温実験から calabrese ブロッコリーの茎頂部の発達と生育温度の関係から春化のモデルを検討している。

本実験では、ブロッコリーの出らいおよび花らい成熟と気象要因との関係について統計解析をして、出らい・成熟期の予測の可能性を検討した。その結果、出らいまでの日数と日射量との間には、相関はほとんどみられなかったが、出らいまでの日数と地温・気温との間には、負の相関関係がみられた。説明変数として定植後 10 日目までの積算平均気温 ( $x_1$ ), 定植後 20 日目の平均最高気温 ( $x_2$ ), 定植後 20 日目の平均最高気温 ( $x_3$ ), 定植後 30 日目までの積算平均気温 ( $x_4$ ), 定植後 40 日目の平均最高気温 ( $x_5$ ), の 5 要因を選び、出らい日を予測する重回帰式を求めた場合、重相関係数  $r=0.952$  の高い重相関関係が得られた。花らい成熟までの日数と地温・気温との間にも、高い負の相関関係がみられた。定植時の平均最低気温 ( $x_1$ ), 定植後 10 日目の平均最高気温 ( $x_2$ ), 定植後 20 日目の平均最高気温 ( $x_3$ ), 定植後 30 日目までの平均最高気温 ( $x_4$ ), 定植後 40 日目の積算平均気温 ( $x_5$ ), の 5 要因を説明変数として選んだ結果、重相関係数  $r=0.971$  の高い重相関関係の重回帰式により、花らい成熟を予測することが可能であると考えられた。

次に、ブロッコリーでの実験結果を応用してカイランの出らいと開花期の予測の可能性を検討した。前章までに、カイランの花芽形成は主として低温に大きく影響を受けることを述べた。このため、カイランでは出らい・

開花期と気温との関係について検討した。その結果、出らしまでの日数と平均気温・平均最高気温との間には高い正の相関がみられた。特に播種 28 と 35 日後までの平均気温との間には高い相関関係が認められた。高い相関のみられた気温要因を選び、出らしまでの日数を求める重回帰式を作成した。しかし、説明変数が 2 要因以上の場合、有意な重回帰式は得られなかった。次に、最も相関係数の高くなった播種 28 並びに 35 日後までの平均気温から出らしまでの日数を求める回帰式を作成した結果、 $y = -50.1368 + 3.8573x$  並びに  $y = -38.0336 + 3.4983x$  の両式が得られた。この両回帰式から白花品種‘カイラン T’の出らいの予測が可能ではないかと考えられた。カイランの出らいから開花までの日数は、季節により、また環境条件により異なった。出らいから開花までの日数と平均気温・平均最低気温との間には高い相関関係がみられた。特に平均最低気温との間の負の相関係数が高くなった。このため、出らい期の平均最低気温と平均気温に影響を受けていると考えられた。高い相関のみられた平均最低気温 ( $x_1$ ) と平均気温 ( $x_2$ ) を説明変数として、出らいから開花までの日数を求める重回帰式を作成した。その結果、 $r=0.994$  の高い重回帰関係を持つ  $y = 31.611 - 2.546x_1 + 1.034x_2$  の回帰式によって、白花品種‘カイラン T’の出らいから開花までの日数を予測することが可能であると考えられた。

カイランの出らいおよび開花期の予測式は、ブロッコリーよりも少ない説明変数で得られた。このことは、ブロッコリーの花らい形成と比較してカイランの花芽形成のための条件は少なく、より短期間におこるからではないかと思われた。つまり、供試したブロッコリー‘早生緑’の幼期は 4 週齢で、 $5 \sim 10^\circ\text{C}$  の低温に 4 週間遭遇することが必要であると報告されている (藤目, 1983)。一方、カイラン白花品種の‘カイラン T’では、1 週齢でも低温を感受し、2 週間以上の低温でより充足されたことを述べた。ブロッコリーの出らいと花らい成熟の予測モデルよりも、カイランの出らいと開花期の予測モデルは単純化が可能であると考えられた。

カイラン白花品種の‘カイラン T’の出らいおよび開花期の予測式から、春季と秋季では播種後 1 か月ほどの育苗期間中の平均気温が低い場合、花芽分化が促進されてより少ない日数で出らし、出らい期の最低気温が高くなるほど花芽の発達が促進されてより少ない日数で開花するものと考えられた。したがって、‘カイラン T’の出

らいと開花は、日本の春季播種では播種後の低温と出らい期の最低気温の上昇によって、より短期間におこると考えられる。また、初秋期の播種では、播種後の高温と出らい期の最低気温の低下によって、出らいと開花は遅れるものと思われる。

#### 第 4 節 摘要

ブロッコリーの早生品種‘早生緑’とカイランの白花品種‘カイラン T’の出らい並びに花らい成熟・開花期の予測のためのモデリングを検討した。

1. ブロッコリーの出らしまでの日数と地温・気温との間には、負の相関関係がみられた。説明変数として、定植後 10 日目までの積算平均気温 ( $x_1$ )、定植後 20 日目の平均最高気温 ( $x_2$ )、定植後 30 日目の平均最高気温 ( $x_3$ )、定植後 40 日目までの積算平均気温 ( $x_4$ )、定植後 40 日目の平均最高気温 ( $x_5$ )、の 5 要因を選んだ。その結果、出らい日を予測する重回帰式が求められ、重相関係数  $r=0.952$  の高い重相関関係が得られた。
2. さらに、花らい成熟までの日数と地温・気温との間には、高い負の相関関係がみられた。説明変数として、定植時の平均最低気温 ( $x_1$ )、定植後 10 日目の平均最高気温 ( $x_2$ )、定植後 20 日目の平均最高気温 ( $x_3$ )、定植後 30 日目までの平均最高気温 ( $x_4$ )、定植後 40 日目の積算平均気温 ( $x_5$ )、の 5 要因を選んだ結果、花らい成熟を予測する重回帰式が求められた。
3. ‘カイラン T’の出らいと平均気温・平均最高気温との間には高い正の相関がみられた。特に播種 28 と 35 日後までの平均気温との間には高い相関関係が認められた。最も相関係数の高くなった播種 28 と 35 日後までの平均気温から、出らい日を予測する回帰式はそれぞれ、 $y = -50.1368 + 3.8573x$  と、 $y = -38.0336 + 3.4983x$  であり、両式ともに 1% 水準で有意差が認められた。
4. さらに、出らいから開花までの日数と平均最低気温・平均気温との間には高い相関がみられた。平均最低気温 ( $x_1$ ) と平均気温 ( $x_2$ ) を説明変数とした結果、出らいから開花までの日数を予測する重回帰式が求められ、重回帰係数  $r=0.994$  の高い関係が得られた。この回帰式は  $y = 31.611 - 2.546x_1 + 1.034x_2$  で、これは 5% 水準で有意差が認められた。

## 第6章 種子形成に及ぼす小花齡と花粉親の影響

一般に、アブラナ科の蔬菜は自家不和合性が強く、自家不和合性を利用した一代雑種法による採種が広く行われている。このため、自家不和合性の強弱により、採種および交雑育種の効率に影響を及ぼすと考えられる。

アブラナ科の主要な蔬菜は開花時に最も強い自家不和合性があらわれるが、蕾と老花での自家受粉では種子が形成されることがよく知られている。また、高温（郷内・日向, 1971 b）や高濃度のCO<sub>2</sub> (Nakanishi et al., 1969) 条件下で自家不和合性の打破されることが報告されている。

第2章では、カイランは秋季播種だけでなく春季播種でも出らい・開花したことを述べた。したがって、播種から出らい・開花までの期間が短かったことから、1年間に数回の採種栽培が可能であると考えられる。しかし、カイランの種子形成に季節的差異がみられるかどうかは不明である。さらに、黄花品種よりも白花品種は、出らい・開花について早生性が高いことを述べた。カリフラワーの早生品種では、自家不和合性が弱く、自家受粉によって種子が容易に得られると報告されている（建部, 1951）。カイランは自家不和合性が弱いと言われているが（由比, 1988）、小花の齡と種子形成との関係については明らかでない。また、建部の報告のように、カイラン品種の早晩性と自家不和合性程度に関係があるならば、その採種および交雑育種の効率は著しく影響を受けるものと考えられる。しかし、品種の早晩と自家不和合性程度の関係について、さらにカイランの早晩性と自家不和合性程度の関係については究明されていない。

そこで本章では、これら疑問点を究明するために、以下の実験を行った。

### 第1節 種子形成の季節的差異

日本での採種において、カイランの種子形成に季節的差異がみられるかどうかは不明である。本節では、日本、タイ、台湾、中国で栽培されているカイランを用いて、日本における採種が可能かどうか、種子形成に季節的差異が見られるかどうかを検討した。

#### 材料および方法

##### 1. 供試材料

供試品種を、第33表に示した。

##### 2. 栽培方法

実験は春季と秋季の2回行った。春季は1995年2月25日に、秋季には1995年9月11日に、各品種の種子50粒ずつを、2枚のろ紙を敷いた9cmのシャーレに置床して、23.5℃・16時間日長条件下のグロースチャンパー内で催芽させた。催芽のそろった2月27日と9月13日に、各品種を温室内に播種した。播種の条件は、土：砂：パーミキュライトを5：2：2（volume）の割合で混合した培用土を直径9cmの黒色ポリポットに入れ、各ポットにつき2粒ずつ、各品種ごとに20個のポットを用いた。育苗は最低夜温を25℃以上に管理した自然日長下のガラス温室で行った。第2葉が展開してきた3月10日と10月9日に、各ポットにつき1個体を残して間引いた。3～4枚の本葉が展開した4月1日と10月18日に、播種時と同様の培用土を入れた1/5000aワグナーポットに1個体ずつを移植して、各品種につき15ポットずつを用いた。移植後は、無加温のビニルハウスで生育させた。

開花がそろった頃に、1品種ごとに10個体の母本と5

Table 33. Cultivars used in this experiment.

Number	Cultivar		Country	Type classification	Sowing season <sup>h</sup>
	Name				
1	'Hakushin'		Japan <sup>a</sup>	W-B	S,A
2	'Kairan-T'		Japan <sup>b</sup>	W-B	S,A
3	'Kairan-S'		Japan <sup>a</sup>	W-B	S,A
4	'Kairan-K-w'		Japan <sup>c</sup>	W-A	S
5	'Kairan-M'		Japan <sup>d</sup>	W-A	S,A
6	'Tenshin'		China	W-A	S,A
7	'Nankin-kibana'		China	W/Y	S
8	'Kuro'		Taiwan	W-B	S,A
9	'Shirobana-kuroba'		Taiwan	W-A	S,A
10	'Kurokaku'		Taiwan	W-A	S,A
11	'Taishin'		Taiwan	W-A	S,A
12	'Shiro'		Taiwan	Y-A	S,A
13	'Shirokaku'		Taiwan	Y-A	S,A
14	'Kibana-kakurin'		Taiwan	Y-B	S,A
15	'Kibana-donyo'		Taiwan	Y-A	S,A
16	'Shokushin-Kibana'		Taiwan	Y-B	S,A
17	'Enyo'		Thailand	W-A	S,A
18	'Senyo-shirobana'		Thailand	W-B	S,A
19	'Kairan-Y'		Japan <sup>e</sup>	W-A	S,A
20	'Kairan-K-y'		Japan <sup>e</sup>	Y-A	A
21	'Nankin-kibana-WW'			W/Y	A
22	'Nankin-kibana-YY <sup>g</sup> '				A

a: Takii Seed Co.

b: Sakata Seed Co.

c: Kaneko Seed Co.

d: Marutane Seed Co.

e: Yamato Seed Co.

f: Crossed seedling between plants with white petals of 'Nankin-kibana'

g: Crossed seedling between plants with yellow petals of 'Nankin-kibana'

h: S: Spring, A: Autumn

個体の父本を無作為に分けた。母本1個体当たり3花序を選別し、これらの各花序につき開花した小花を切除した。未開花の小花を基部から12花残して除雄した。その後、父本の開花した小花から花粉を取り、品種内でつぼみ受粉をした。受粉後、莢が十分に成熟して乾燥したとき、花序を切除して、莢数、種子数および種子重を調査した。

なお、その他の栽培管理は慣行に従った。

## 結果

### 1. 平均気温

日平均気温の変動を、第79図に示した。日平均気温は、春季では14.5°～32.5℃、秋季では5.3°～33.0℃の範囲で変動した。

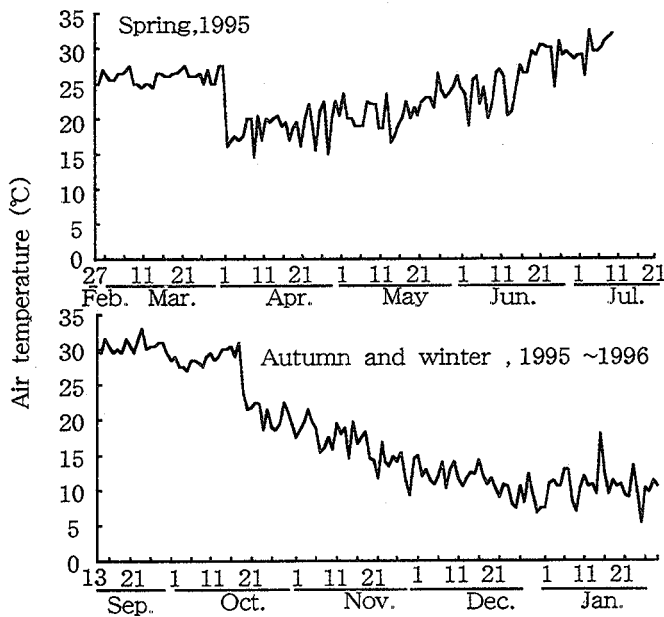


Fig. 79. Fluctuation of daily mean air temperature after sowing.

### 2. 開花および受粉期

白花品種W-AおよびW-B群は、黄花品種Y-AおよびY-B群と比較して、開花日の早くなる傾向が見られた。つまり、白花品種W-AとW-B群の開花平均日は、それぞれ4月27日～5月14日(播種後59～76日)・5月2～9日(播種後64～71日)であった。一方、黄花品種Y-AとY-B群の開花平均日は、それぞれ5月12～21日(播種後74～83日)・5月18～21日(播種後80～83日)であった。白花と黄花個体に分かれたW

／Y群の開花平均日は5月9日(播種後71日)となった。したがって、春季の受粉開始時期は白花品種およびW/Y群では5月上中旬から、黄花品種では5月中下旬であった。また秋季では、白花品種W-AとW-B群の開花平均日は、それぞれ12月8～21日(播種後86～99日)と12月12～27日(播種後90～105日)であった。一方、黄花品種Y-A・Y-B群の開花平均日は、それぞれ1月6～20日(播種後115～129日)と1月10～17日(播種後119～126日)であった。白花と黄花個体に分かれたW/Y群では、開花平均日は12月4日であった。したがって、秋季の受粉開始時期は白花品種およびW/Y群では12月上旬から、黄花品種では1月上旬からであった。

### 3. 種子形成

秋季播種で生育させた場合、すべての品種において種子は全く形成しなかったため、春季播種の結果のみを示した。

#### (1) 花序当たりの莢数

花序当たりの莢数を、第80図に示した。

W-A群では‘大心’の莢数は3と少なく、他の品種では5～9の範囲内で大きな差は見られなかった。W-B群では‘黒’の莢数は10と最も多くなった。他の品種では3～6の範囲内で大きな差は見られなかった。W/Y群では莢数は5であった。Y-A群では‘黄花嫩葉’の莢数は8とやや多くなった。他の品種では4～5の範囲内で大きな差は見られなかった。Y-B群では‘食心黄花’の莢数は4、‘黄花格林’の莢数は6と大きな差は見られなかった。

それぞれの品種群の花序当たりの莢数を比較すると、各品種群内で品種間にばらついたものの、W-A群が他の品種群に比べてやや多くなった。

#### (2) 莢当たりの種子数

莢当たりの種子数を、第81図に示した。

W-A群では‘白花黒葉’の種子数は15粒と最も多く、‘大心’と‘天津’では6粒と最も少なくなった。他の品種では11～12粒と大きな差は見られなかった。W-B群では‘黒’と‘尖葉白花’の種子数は11粒と多くなり、他の品種では6～7粒と大きな差は見られなかった。W-Y群では種子数は8粒であった。Y-A群では‘黄花嫩葉’の種子数は15粒と最も多くなった。他の品種では6～8粒と大きな差は見られなかった。Y-B群では‘黄花格林’が6粒、‘食心黄花’が12粒であった。

それぞれの品種群の莢当たりの種子数を比較すると、各品種群内で品種間にばらついたものの、W-A群でやや多くなった。



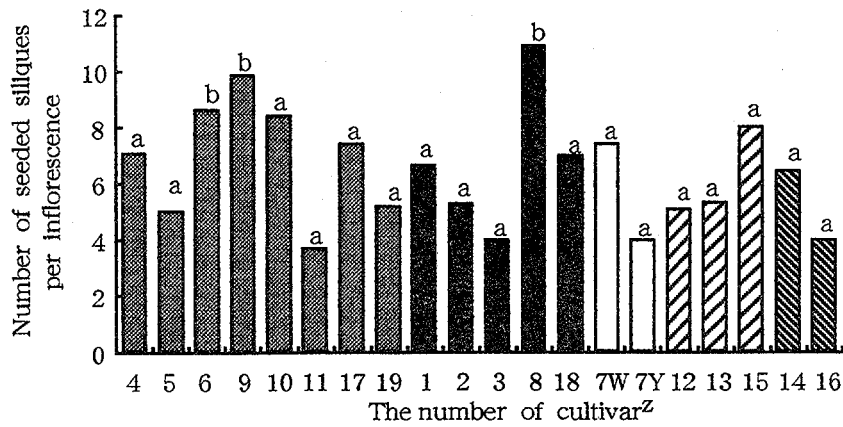


Fig. 80. Number of Chinese kale seeded siliques per inflorescence (Spring, 1995). Different letters on bars represent significantly different values ( $P < 0.05$ ) according to Tukey-Kramer's multiple range test. 7W : W/Y plants with white petals, 7Y : W/Y plants with yellow petals. z : Refer to Table 33. Group : ; W-A, ; W-B, ; W/Y, ; Y-A, ; Y-B

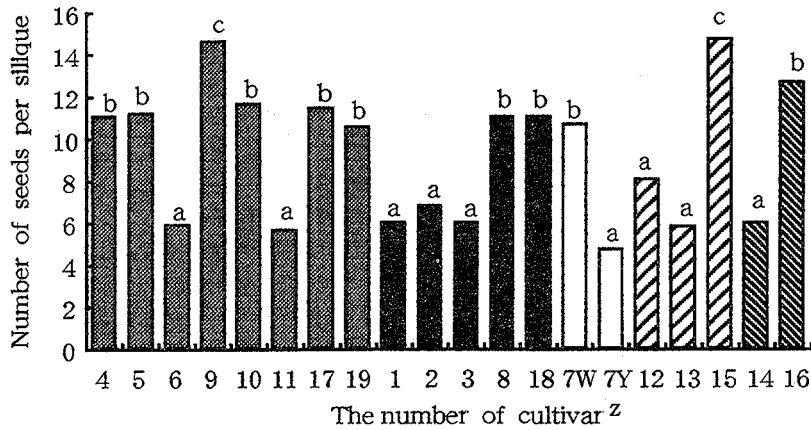


Fig. 81. Number of Chinese kale seeds per silique (Spring, 1995). Different letters on bars represent significantly different values ( $P < 0.05$ ) according to Tukey-Kramer's multiple range test. 7W : W/Y plants with white petals, 7Y : W/Y plants with yellow petals. z : Refer to Table 33. Group : ; W-A, ; W-B, ; W/Y, ; Y-A, ; Y-B

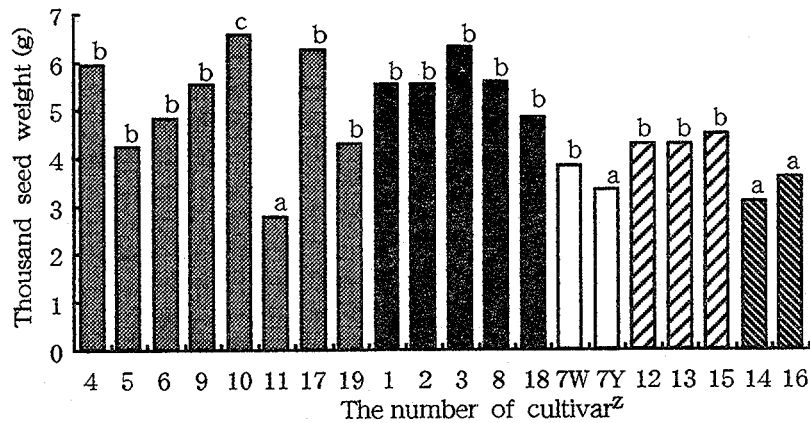


Fig. 82. Thousand seed weight of Chinese kale (Spring, 1995).  
 Different letters on bars represent significantly different values ( $P < 0.05$ ) according to Tukey-Kramer's multiple range test.  
 7W : W/Y plants with white petals, 7Y : W/Y plants with yellow petals.  
 z : Refer to Table 33.  
 Group : ; W-A, ; W-B, ; W/Y, ; Y-A, ; Y-B

(3) 1000 粒重

品種当たりの 1000 粒重を第 82 図に示した。

W-A 群では '大心' の 1000 粒重は 2.54g と最も小さくなった。他の品種は 3.30 ~ 6.66g と品種間にばらつきが見られた。W-B 群では 5.40 ~ 6.30g と大きな差は見られなかった。W/Y 群では 4.22g であった。Y-A 群では 4.25 ~ 4.83g と大きな差は見られなかった。Y-B 群では '黄花格林' の 1000 粒重は 2.92g, '食心黄花' では 3.28g と大きな差は見られなかった。

それぞれの品種群の 1000 粒重を比較すると、W-B 群で大きくなる傾向が見られ、黄花系統の Y-A 群、Y-B 群ではやや小さくなる傾向が見られた。

第 2 節 小花齡と花粉親の影響

カイランの小花の齡と種子形成との関係については明らかでない。また、早晚性と自家不和合性程度の関係については究明されていない。本節では、自家受粉あるいは品種内の他家受粉を行い、小花の齡と種子形成との関係を調査した。さらに、早晚性と種子形成との関係を検討した。

材料および方法

供試品種を、第 34 表に示した。

1. 栽培方法

23.5°C・16 時間日長下で催芽させた後、1996 年 2 月 17 ~ 19 日に催芽種子を播種した。播種は、土:砂:パー

Table 34. Cultivars used in this experiment.

No. and Name <sup>z</sup> of cultivar	Country
1 'Hakushin'	Japan
2 'Kairan-T'	Japan
3 'Chugoku-kairan'	Japan
4 'Kairan-M'	Japan
5 'Kairan-Y'	Japan
6 'Kairan-K-A'	Japan
7 'Kairan-K-B'	Japan
8 'Tenshin'	China
9 'Nankin-kibana'	China
10 'Kuro'	Taiwan
11 'Shirobana-kuroba'	Taiwan
12 'Kuro-kaku'	Taiwan
13 'Taishin'	Taiwan
14 'Shiro'	Taiwan
15 'Shiro-kaku'	Taiwan
16 'Kibana-kakurin-O'	Taiwan
17 'Kibana-kakurin-S'	Taiwan
18 'Kibana-donyo'	Taiwan
19 'Shokushin-kibana'	Taiwan
22 'Enyo-shirobana'	Thailand
21 'Senyo-shirobana'	Thailand

z : 'Kairan-T' ; Takii Seed Co.  
 'Chugoku-kairan' ; Sakata Seed Co.  
 'Kairan-M' ; Marutane Seed Co.  
 'Kairan-Y' ; Yamato Seed Co.  
 'Kairan-K-A' ; Kaneko Seed Co.  
 'Kairan-K-B' ; Kaneko Seed Co.

ミキュライトを5:2:2 (volume) の割合で混合した培養土を入れた直径9 cmの黒色ポリポットに、2粒ずつ置床して行った。播種後直ちに、各品種20ポットずつの黒色ポリポットを、最低夜温を25℃以上に管理したガラス温室に置いて栽培した。1~2枚の本葉が展開した3月上旬に、1ポット当たり1個体になるように間引きした。次に、本葉が6~7枚展開した4月4および5日に、各品種当たり15個体ずつを、1/5000 aのワグナーポットに1個体ずつを移植して、無加温のビニールハウスに移動して栽培した。移植時とその5週間後に、緩効性肥料をN:P:K=30:19:26kg/10aの割合で施用した。その他の栽培管理は、慣行に従った。

## 2. 処理方法

頂花序の10~20の小花が開花して、1品種ごとの開花がそろった5月上旬から6月下旬に、各品種を5個体ずつに3等分して、それぞれ花粉親個体、品種内受粉個体(以下、他家受粉個体)および自家受粉個体とした。

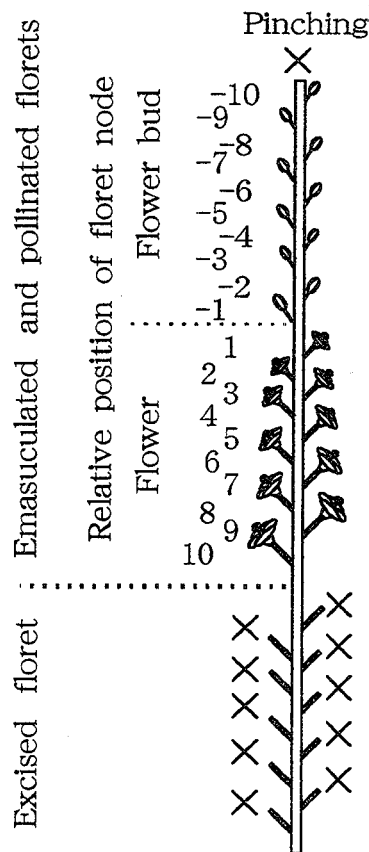


Fig. 83. Illustration of relative position of floret nodes, excised florets and pinching.

他家受粉個体および自家受粉個体では、10以上の小花が開花した花序を個体当たりで3花序用いた(第83図)。これらの花序では、すでに開花した小花をすべて切除して、残った蕾のうち基部から約20花を除雄した後、その花序全体を覆うように硫酸紙の袋をかけた。除雄した小花が10花に達したとき、袋を取り除き、その花序の除雄した小花すべてに受粉した。受粉の方法は、他家受粉個体では、これと同品種の花粉親個体で受粉当日に開花した小花から花粉を取って、これを受粉した。自家受粉個体では、同一個体で除雄していない花序の小花から花粉を取って受粉した。受粉した花序では、開花受粉と蕾受粉を区別するために、開花した小花と蕾との間にラベルで印を付けた。受粉した花序では、除雄と受粉しなかつた頂部の小花を切除した後、再度硫酸紙の袋で花序を覆った。この袋は莢が形成されたと思われた受粉4週間後に取り除いた。

## 3. 調査項目

頂花序の第1番花の花弁が完全に開いた日を開花日として、各個体の開花日を毎日調査した。各品種で半数以上の個体が開花した日を、その品種の平均開花日とした。また、第1章の品種分類に従い、供試品種を5群に分類した。

受粉した花序の除雄日と受粉日、開花した小花数から、1日当たりの開花小花数をもとめた。受粉した花序で莢が十分に成熟して乾燥したとき、その花序を採取した。莢の位置は、開花後受粉と蕾受粉を分けたラベルから、基部方向の莢では正の整数で、頂部方向の莢では負の整数で表した(第83図)。採取した莢の位置を考慮して、莢ごとの莢長と莢の幅、莢当たりの種子数と花序当たりの種子重を測定した。また、実験期間中は温室内には自記温度記録計を、ビニールハウス内には最高最低温度計を置き、毎日の最高気温と最低気温の平均値をその日の平均気温とした。

## 結果

### 1. 気温

実験期間中のビニールハウス内平均気温は14.2~36.9℃で推移した(第84図)。受粉期間の平均気温の平均値は、23.5℃であった。

### 2. 品種群、開花日、開花数

本節の供試品種は、第1章の品種分類に従い、その形態特性から次の5群に分けられた。すなわち、白花W-A群には、'カイランM'、'カイランY'、'芥藍K-A'、'芥藍K-B'、'天津'、'白花黒葉'、'黒格'、'大心'および'圓葉白花'の9品種とW-B群には'白心'、'カイランT'、'黒'および'尖葉白花'の4品種に分けられた。

黄花Y-A群には、‘中国芥藍’、‘白’、‘白格’および‘黄花嫩葉’の4品種、Y-B群には‘黄花格林-O’、‘黄花格林-S’および‘食心黄花’の3品種、並びに白花と黄花個体の混在したW/Y群には‘南京黄花’の1品種に分けられた。

‘大心’を除く白花品種とW/Y群の開花は、黄花品種よりも早かった(第85図)。すなわち、W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群の平均開花日は、それぞれ播種67~89日後、73~79日後、75日後、87~91日後および95~102日後であった。平均開花日は、W-A群の‘天津’で最も早くなり、播種67日後の4月24日であった。一方、Y-B群の‘黄花格林-O’と‘黄花格林-S’の平均開花日は最も遅く、播種102日後の5月29日であった。

小花の開花数は1花序につき1日当たり、2.5~5.2花であった(第35表)。「天津」の1日当たりの開花数は、2.5花となり、最も少なかった。W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群の1日当たりの開花数は、それぞれ4.0、3.3、4.0、3.5および3.7花であった。

### 3. 種子および莢

供試したすべての品種において、他家受粉だけでなく自家受粉の開花後受粉でも種子が形成された(第86図)。すなわち、自家受粉における開花後受粉の1莢当たりの種子数は、W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群で、それぞれ8.3、7.7、8.9、6.8および5.2粒であった。しかし、「圓葉白花」と‘中国芥藍’を除

いたすべての品種において、開花後受粉では他家よりも自家受粉の1莢当たり種子数は少なくなった。例えば、「芥藍K-A」では、開花後における他家受粉の1莢当たり種子数は18~24粒となったが、自家受粉の種子数はそれよりも少ない6~11粒となった。

開花後受粉における他家受粉に対する自家受粉の種子数の比率では、品種間に差異がみられた(第36表)。「芥藍K-A」、「白花黒葉」、「黒」、「白格」、「黄花格林-O」および‘食心黄花’では、その比率が50%未満と低くなった。また‘カイランM」、「芥藍K-B」、「白心」および‘尖葉白花’では、他家受粉と自家受粉での差が小さくな

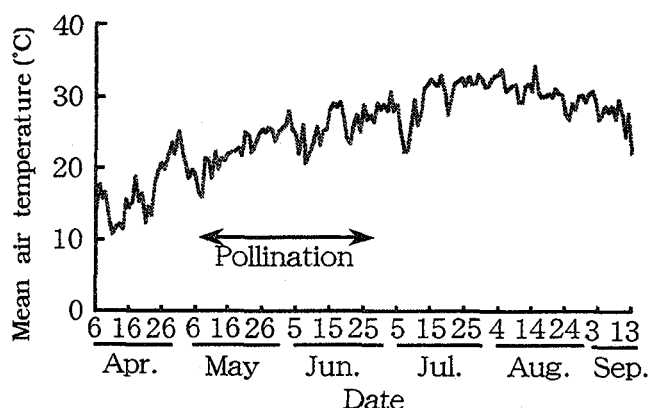


Fig. 84. Fluctuation of mean air temperatures in the unheated plastic house, and pollination period.

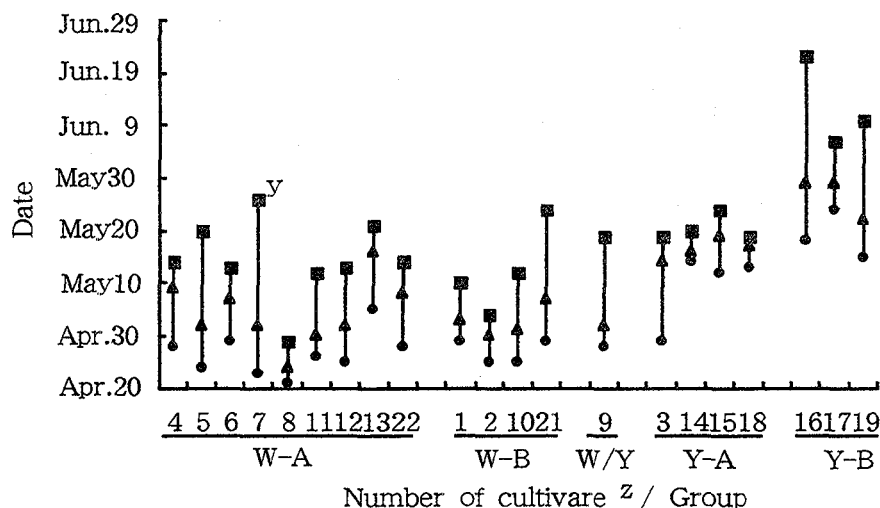


Fig. 85. Date of anthesis in the Chinese kales.

z: Refer to Table 34.

y: ■ Date of anthesis on the latest plant.

▲ Date of anthesis on the half plants (mean flowering time).

● Date of anthesis on the fastest plant.

Table 35. Number of flowered florets per day.

Group	No. of cultivar <sup>z</sup>	The mean number of opened florets per day	Standard deviation
W-A	4	5.0	1.4
	5	5.2	2.1
	6	4.3	1.0
	7	4.4	0.8
	8	2.5	0.8
	11	3.3	0.6
	12	4.8	1.4
	13	3.9	1.1
W-B	1	2.9	0.5
	2	3.1	1.5
	10	4.0	0.7
	21	3.5	1.3
W/Y	9	4.0	1.5
Y-A	3	3.6	0.9
	14	3.6	1.1
	15	3.2	1.1
Y-B	16	3.7	1.1
	17	3.4	0.8
	19	4.2	1.1
W-A <sup>y</sup>		4.0	1.5
W-B		3.3	1.1
W/Y		4.0	1.5
Y-A		3.5	1.1
Y-B		3.7	1.0

z: Refer to Table 34.  
y: Average of each group

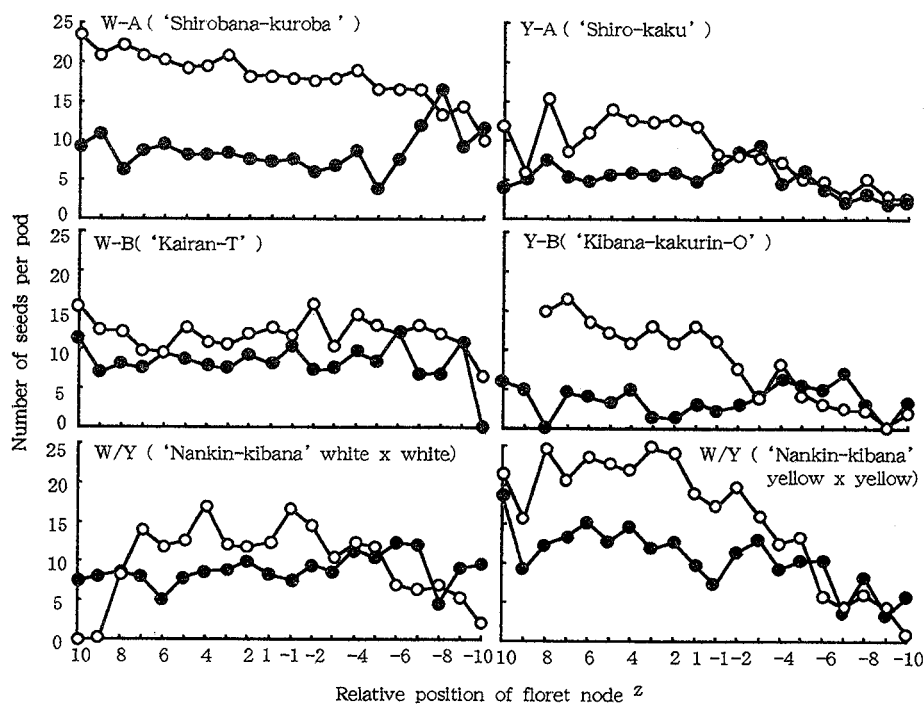


Fig. 86. Number of seeds per pod by relative position of the floret node.

z: Refer to Table 34.

●: Cross-pollination, ○: Self-pollination

Table 36. The rates (%) of seed number by self-pollination to that by cross-pollination.

Group	No. of cultivar <sup>z</sup>	Rates (%) of seed number		
		Flower pollination	Bud pollination	Mean on inflorescence
W-A	4	84	62	72
	5	55	38	45
	6	41	56	48
	7	81	66	74
	8	59	53	56
	11	42	107	73
	12	70	74	75
	13	58	71	63
W-B	22	143	193	147
	1	78	108	95
	2	71	68	70
	10	28	31	29
W/Y	21	88	358	112
	9 W x W	65	103	83
Y-A	9 Y x Y	60	82	67
	3	208	174	193
	14	68	70	68
	15	48	106	65
Y-B	18	68	60	67
	16	26	90	44
	17	70	163	108
	19	36	81	51

z: Refer to Table 34.  
W x W : white petal plant x white petal plant.  
Y x Y : yellow petal plant x yellow petal plant.

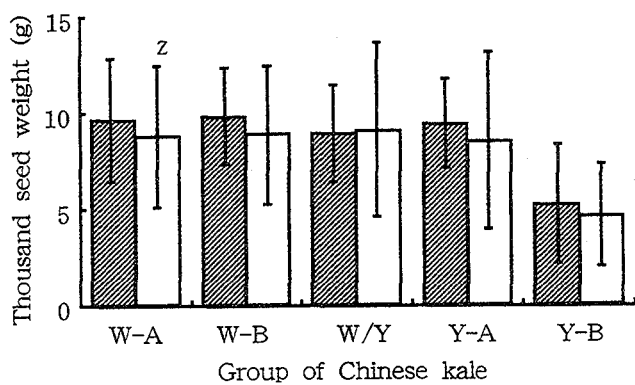


Fig. 87. The thousand seed weight in each type of Chinese kale.

z : Vertical bars show standard deviation.  
■ : Cross-pollination,  
□ : Self-pollination

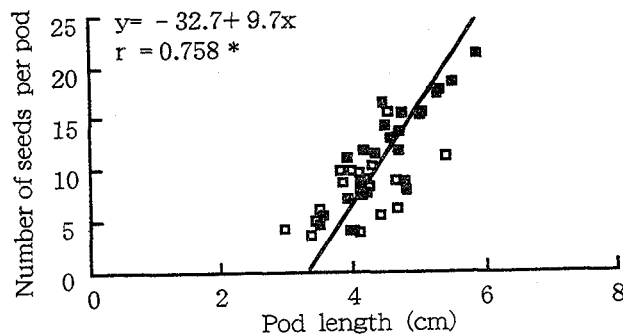


Fig. 88. Correlations between the pod length and number of seeds per pod (\*: P < 0.05).

■ : Cross-pollination,  
□ : Self-pollination

り、その比率は80%以上となった。半数以上の品種では、蕾受粉における他家受粉に対する自家受粉の種子数の比率は、開花後受粉での比率よりも高くなった。

1 莢当たりの種子数と、莢の長さ(第87図)あるいは莢の幅との間に正の一次相関が認められ、莢長あるいは莢幅が大きくなるほど種子数が増加する傾向がみられた。この傾向は他家受粉と自家受粉ともにみられた。

花序当たりの種子重からもめた品種群別の千粒重を、第88図に示した。有意な差はみられなかったが、自家受粉よりも他家受粉の千粒重が重くなる傾向がみられた。また、Y-B群の千粒重は他の品種群よりもやや軽くなった。

### 第3節 考 察

第1節では、カイランの採種栽培の基礎的知見を得るために、まず種子形成の季節的差異がみられるかどうかを調査した。

カイランの種子成熟について、Sagwansupyakorn (1994) は、受粉50~60日後であったと報告しているが、それらの採種量つまり種子数や種子重は示していない。本実験の春季播種では、受粉約2か月後に成熟した種子を収穫し、この結果はSagwansupyakornの報告とほぼ一致した。しかし、秋季播種では開花して受粉をしたが、種子を得ることができず、種子形成は季節間に差異が見られることが明らかとなった。これは第2節の実験結果からも確認された。秋季播種における出らいと開花平均日は、最も早い品種では12月上旬頃、最も遅い品種では1月下旬頃で、この頃の日平均気温は約10°Cであった。また、ビニールハウスのビニールを保温のために夕方から翌朝にかけて密閉していたため、この間のハウス内湿度が高かったことが推察される。これらの低温と、高湿度条件がカイランの種子形成を抑制していたのではないかと推察された。松原ら(1990)は、低温処理したダイコンを3月~11月までの間毎月圃場に定植して採種量を調査している。この結果、ダイコンでは8月と11月処理区を除き開花と結実したことから、採種量の季節間差異がみられ、冬季の低温がダイコンの生長と受精を抑制していることを示唆している。本実験の春季播種では、採種量は品種間に差異が見られた。白花品種群の花序当たりの莢数は黄花品種群のY-A、Y-B群と比較してやや多くなった。さらに、莢当たりの種子数はいくつかの品種を除きW-A群で多くなった。千粒重はW-B群で重くなる傾向がみられた。したがって、春季播種での採種の場合、黄花品種群よりも白花品種群の栽培

期間が短く、さらに採種量も多くなる傾向がみられたことから、カイランの採種には黄花品種群よりも白花品種群の効率がよいものと考えられた。

第2節では、カイラン品種の小花の齡と種子形成との関係、さらにそれらと早生性との関係を調査した。まず、一日当たりに開花する小花数は2.5~5.2となり、品種によって異なった。Gonai and Hinata (1971 a) は、キャベツとケールの一日常たりの開花数は2.2~2.9であったと報告しており、本実験のカイラン品種ではそれらよりも多くなった。Gonai and Hinata (1971 a) は温度条件を明らかにしていないが、実験期間が3月から5月であったことと本州北部地域での実験であったことから、実験期間中の気温は本実験よりもGonai and Hinata (1971 a) の実験で低かったのではないかと推察される。本実験では、比較的気温の低い時期に開花した品種では、Gonai and Hinata (1971 a) の結果に近い値となったことからそのことが推察される。

カイランは自家不和合性が弱いのではないかとされているが(Gonai and Hinata, 1971 a ; 由比, 1988), その詳細は明らかでない。キャベツ類の多くは自家不和合性をもち、それは開花受粉で最も強く現れ、老化受粉とつぼみ受粉では種子が形成される(治田, 1967)。このため、自家不和合性の程度をみるためには、受粉時の小花の齡と種子形成との関係を調査する必要がある。本実験では5月~7月の受粉により、供試したカイラン品種で開花後の自家受粉でも種子が形成し、開花後の自家受粉での莢当たり種子数は、5.2~8.9であった。しかし、自家受粉と比較して他家受粉での種子数は多くなる傾向がみられた。これはカリフラワーの極早生品種についても報告されている(建部, 1951)。建部(1951)は、カリフラワーの極早生品種では自家受粉によって種子の形成がみられたと報告している。第1章並びに本章第2節の結果から、品種間の差異はみられたが、カイランは初夏から夏季にかけての比較的高温下においても出らいと開花がみられた。これらのことからカイランは種として早生性が高いと考えられる。このため、品種間に出らいと開花の早晩性に差異はみられたが、カリフラワーの極早生品種と同様に、自家受粉でも種子の形成がみられた可能性が示唆された。

自家不和合性は高温(Matubara, 1980 ; Ronald and Ascher, 1975; Visser, 1977) や高濃度のCO<sub>2</sub>(Nakanishi et al., 1969) 条件下あるいは植物生長調節物質処理などで打破されることが知られている。また、Gonai and Hinata (1971 a) は、自家不和合種では雌ずいの発達が遅く、乳頭細胞の伸長が停滞し、この停滞期に自家不和合性が発現するのではないかと報告している。さらに、郷

内・日向 (1971 b) は、高温が雌ずいの生長を早めて、乳頭細胞の伸長の停滞を抑えるために、自家不和合性による稔性低下が少なくなるのではないかと述べている。

#### 第4節 摘要

カイランの種子形成に季節的差異が見られるかどうか、小花の齢と種子形成との関係を調査した。さらに、早晩性と種子形成との関係を検討した。

1. 白花品種およびW/Y群では5月上中旬から、黄花品種では5月中下旬から受粉したとき種子は形成したが、12月上旬から1月上旬に受粉を開始したとき種子は形成しなかった。
2. 花序当たりの莢数は、約3～10の範囲にあり品種間にばらつきはみられたが、品種群で比較するとW-A群の莢数がやや多くなった。
3. 莢当たりの種子数は、品種間にばらつきがみられ、W-A群では‘白花黒葉’の種子数は15粒と最も多く、‘大心’と‘天津’では6粒と最も少なくなった。W-B群では‘黒’と‘尖葉白花’の種子数は11粒、他の品種では6～7粒となった。W/Y群では種子数は8粒であった。Y-A群では‘黄花嫩葉’の種子数は15粒と最も多くなった。他の品種では6～8粒と大きな差は見られなかった。Y-B群では‘黄花格林’が6粒、‘食心黄花’が12粒であった。それぞれの群の莢当たりの種子数を比較すると、各品種群内で品種間にばらついたものの、W-A群でやや多くなった。
4. 1000粒重は、白花のW-A群では2.54～6.66g、W-B群では5.40～6.30g、黄花のY-A群では4.25～4.83g、Y-B群では2.92g～3.28gであった。白花と黄花個体の混在したW/Y群では4.22gであった。
5. 出らい・開花の早晩性と種子形成並びに小花の齢と

種子形成との関係を調査した。W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群の平均開花日は、それぞれ播種67～89日後、73～79日後、75日後、87～91日後および95～102日後であった。平均開花日は、W-A群の‘天津’で最も早く、播種67日後の4月24日であった。一方、Y-B群の‘黄花格林-O’と‘黄花格林-S’の平均開花日は最も遅く、播種102日後の5月29日であった。

6. 小花の開花数は1花序につき1日当たり、2.5～5.2花であった。W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群の1日当たりの開花数は、それぞれ4.0、3.3、4.0、3.5および3.7花であった。
7. 供試したカイラン品種では、他家受粉だけでなく自家受粉の開花後受粉でも種子が形成された。自家受粉における開花後受粉の1莢当たりの種子数は、W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群で、それぞれ8.3、7.7、8.9、6.8および5.2粒であった。しかし多くの品種では、開花後受粉では他家よりも自家受粉の1莢当たり種子数は少なくなった。
8. 開花後受粉における他家受粉に対する自家受粉の種子数の比率では、品種間に差異がみられた。‘芥藍K-A’、‘白花黒葉’、‘黒’、‘白格’、‘黄花格林-O’および‘食心黄花’では、その比率が50%未満と低くなった。また、‘カイランM’、‘芥藍K-B’、‘白心’および‘尖葉白花’では、他家受粉と自家受粉での差が小さくなり、その比率は80%以上となった。半数以上の品種では、蕾受粉における他家受粉に対する自家受粉の種子数の比率は、開花後受粉での比率よりも高くなった。
9. 品種群別の千粒重に有意な差はみられなかったが、自家受粉よりも他家受粉の千粒重が重くなる傾向がみられた。また、Y-B群の千粒重は他の品種群よりもやや軽くなった。



## 総 括

カイランは、主に中国南部から東南アジア諸国で一般的に広く普及している蕾や花茎などを利用する花菜類のひとつである。

カイランの我国への再導入、あるいはカイランを用いた品種改良・新蔬菜作出のためには、形態的および生理・生態的特性、特に花芽形成条件並びに種子形成条件を十分に解明しておく必要がある。

本研究では、カイラン品種の形態的特性をまず明らかにしようとした。次いで、カイランの開花の早晩性を数年間にわたって調査して、形態的特性と開花の早晩性との関係を考察した。さらに、温度制御下における花芽形成に及ぼす温度の影響、花芽形成に及ぼす低温処理期間並びに低温処理苗齢の影響を調査した。また、花芽形成に及ぼす日長と植物生長調節物質の影響について検討した。これらの結果を基に、出らいと開花の予測モデリングの可能性を検討した。一方、カイランの種子形成に及ぼす小花の齢と花粉親の影響について調査し、採種条件について考察した。

### 第1章 形態的特性

収集したカイラン、並びに数種キャベツ類の根端細胞での染色体を観察した。また、カイラン品種の形態的特性について調査した。

供試したキャベツ類蔬菜では根端の染色体数はすべて  $2n = 18$  であり、染色体数に変異は見られなかった。カイランでは、白花品種と黄花品種での染色体数に差は見られず、供試したすべての品種で  $2n = 18$  であった。したがって、カイランの染色体数はキャベツ類蔬菜の染色体数と同じ  $2n = 18$  であることが確認された。

供試した18品種は花卉色が白色の12品種、黄色の5品種、白花個体と黄花個体の混在した1品種(W/Y群)の3群に大別された。白花の12品種はさらに、葉身に縮みの見られた7品種(W-A群)と、縮みの見られなかった5品種(W-B群)に分けられた。白花品種の葉は黄花品種よりも濃い緑色であった。黄花の5品種はさらに、葉が極めて薄い淡緑色の3品種(Y-A群)と、それよりもやや濃い緑色の2品種(Y-B群)に分けられた。これに白花個体と黄花個体に分離する1品種をW/Y群として分け、合計5群に大別された。

頂花序の開花時には、白花品種では黄花品種よりも茎径の大きくなる傾向が見られ、さらにW-B群では主茎長が大きくなった。また、白花品種では花序径が大き

く、花茎長が短く、蕾の集まりが良くなった。

これら5群について、形態的特性による分類結果とクラスタ分析による結果が一致した。W/Y群は白花群と黄花群との中間にあった。

### 第2章 出らい・開花の早晩性

白花品種は黄花品種と比較して、出らい・開花日が1～4週間早くなる傾向が見られた。秋季播種では春季播種と比較して、播種から出らいまでの期間は、白花品種で4～14日、黄花品種で12～22日長くなった。W/Y群では白花個体と黄花個体との間に、出らい・開花日に大きな差は見られなかった。

白花品種では黄花品種と比較して、着花節位が2～13節低くなる傾向が見られた。

以上の結果、白花品種は黄花品種よりも早生性で、花芽形成は生育期間中の低温の影響を受けやすいと考えられた。

### 第3章 花芽形成のための低温要求性

白花品種と黄花品種の花芽形成に及ぼす生育温度、低温処理期間並びに低温処理苗齢の影響を調査した。

白花2品種および黄花2品種を、播種直後から15°～30°Cの定温条件下で生育させ、花芽形成過程を観察した。この結果、白花品種および黄花品種ともに、花芽発達段階は開花期を含めて8段階に分けられた。白花品種では、黄花品種と比較して、花芽は短い期間で、高温でも形成された。

さらに、白花6品種を供試して花芽形成の温度範囲を調査した。‘白心’、‘カイランT’および‘カイランM’では30°C以下、‘中国芥藍’、‘白花黒葉’および‘芥藍K’では25°C以下の気温で花芽が形成された。花芽分化までの期間は、15°、20°、25°および30°Cで、それぞれ2～3、2～5、4～6および4～6週間であった。また、着花節位は低温になるほど低下した。すなわち、15°、20°、25°および30°Cの着花節位は、それぞれ12.0～14.3、12.5～17.4、15.3～19.1および16.1～19.8であった。これらの結果から、カイランは花成に対して量的低温要求性を持つものと考えられた。

白花6品種と黄花2品種を供試して、3～5枚の本葉が展開した植物体を1～5週間の低温処理し、その後3週間は20～25°C以上で生育させた。白花品種の‘白心’、

‘カイルンT’および‘カイルンM’では、低温処理期間中に花芽が分化した。また、低温処理期間が長くなるほど花芽の形成が促進された。さらに、白花品種では2週間以上、黄花品種の‘中国芥藍(Y)’では4~5週間以上の低温処理期間によって、着花節位の低下程度は大きくなった。

白花2品種を供試して、催芽種子を3週間の低温処理(5℃, 暗黒条件)し、その後20°, 25° および30℃の定温条件下の制御温室で生育させた。種子低温処理により花芽形成がやや促進され、着花節位がやや低下した。しかし、花芽形成に対する種子低温処理の影響は生育温度と比較して極めて小さく、それだけでは花芽形成に不十分であると考えられた。

白花6品種と黄花2品種を供試して、苗齢を変えて3~5週間までの低温処理(10° / 5℃-明期/暗期)し、最低夜温20~25℃以上に管理したガラス温室で生育させて花芽の形成を調査した。花芽の分化は、白花品種では1~2週齢からの低温処理で、黄花品種の‘中国芥藍(Y)’では4~5週齢からの低温処理でみられた。白花品種では苗齢が進むほど処理後に分化した葉数が減少した。

#### 第4章 花芽形成に及ぼす光並びに植物生長調節物質の影響

白花3品種と黄花1品種のカイルンを供試して、自然条件下と定温条件下で日長を変えて、花芽形成に及ぼす日長と温度の影響について調査した。さらに、白花と黄花品種をそれぞれ2品種ずつ供試して、その花芽形成に及ぼすウニコナゾール並びにジベレリン処理の影響を調査した。

自然条件下で日長を8から16時間の範囲で5段階に調節して栽培した。花芽の形成は夏季よりも秋季で促進された。また、長日により花芽分化率と花芽発達段階が高くなる傾向がみられたが、着花節位には日長の影響はみられなかった。

15°, 20°, 25° および30℃の定温条件下で、日長を8または16時間に調節して栽培した。白花品種、黄花品種ともに低温区ほど花芽の形成が促進された。白花品種の花芽分化は長日によって促進されず、花芽の発達は長日でやや促進される傾向がみられた。黄花品種の低温区では長日によって花芽の発達が促進される傾向がみられた。しかし、白花品種、黄花品種ともに着花節位は日長にほとんど影響されなかった。

以上の結果から、カイルンの花芽分化には低温条件が主要因として影響し、日長の影響は小さいと考えられた。

出らいいおよび開花した個体の割合は、ウニコナゾール単用区で低くなった。白花品種の‘黒’においては、対照区と比較して、ウニコナゾール単用区(5, 20ppm)の出らいいおよび開花日は、それぞれ4~14および8~27日遅延した。しかし、ウニコナゾール処理2週間後に100ppmのジベレリンを処理した区では、ウニコナゾール単用区と比較して、出らいいおよび開花日が、それぞれ1~9日および4~20日早くなった。

春季実験では、‘中国芥藍(Y)’におけるウニコナゾール単用区の花芽発達段階は抑制され、‘黄花格林’の花芽発達段階は処理区間に大きな差がみられなかった。

着花節位と開花時の頂花序小花数は処理区間に大きな差はみられなかった。

これらのことから、ジベレリンとウニコナゾールは、カイルンの花芽分化へあまり影響せず、花芽の発達に作用するものと考えられた。

#### 第5章 出らいい・開花期の予測モデリング

ブロッコリーの早生品種‘早生緑’とカイルンの白花品種‘カイルンT’の出らいい・花らい成熟・開花期の予測のためのモデリングを検討した。

ブロッコリーの出らいいまでの日数と地温・気温との間には、負の相関関係がみられた。説明変数として、定植後10日目までの積算平均気温( $x_1$ )、定植後20日目の平均最高気温( $x_2$ )、定植後20日目の平均最高気温( $x_3$ )、定植後30日目までの積算平均気温( $x_4$ )、定植後40日目の平均最高気温( $x_5$ )、の5要因を選んだ。その結果、出らいいを予測する重回帰式が求められ、重相関係数 $r=0.952$ の重回帰式 $y=119.071-0.409x_1-3.543x_2-2.232x_3+0.297x_4-1.397x_5$ が得られた。

さらに、花らい成熟までの日数と地温・気温との間には、高い負の相関関係がみられた。説明変数として、定植時の平均最低気温( $x_1$ )、定植後10日目の平均最高気温( $x_2$ )、定植後20日目の平均最高気温( $x_3$ )、定植後30日目までの平均最高気温( $x_4$ )、定植後40日目の積算平均気温( $x_5$ )、の5要因を選んだ結果、花らい成熟を予測する重回帰式 $y=214.932-4.297x_1-7.706x_2-3.645x_3+6.919x_4-0.293x_5$ が求められた。

‘カイルンT’の出らいいと平均気温・平均最高気温との間には高い正の相関がみられた。特に播種28と35日後までの平均気温との間には高い相関関係が認められた。最も相関係数の高くなった播種28と35日後までの平均気温から、出らいいを予測する回帰式はそれぞれ、 $y=-50.1368+3.8573x$ と、 $y=-38.0336+3.4983x$ であり、両式ともに1%水準で有意差が認められた。

さらに、出らいから開花までの日数と平均最低気温・平均気温との間には高い負の相関がみられた。平均最低気温 ( $x_1$ ) と平均気温 ( $x_2$ ) を説明変数とした結果、出らいから開花までの日数を予測する回帰式が求められ、回帰係数  $r=0.994$  の高い関係が得られた。この回帰式は  $y=31.611 - 2.546 x_1 + 1.034 x_2$  で、これは5%水準で有意差が認められた。

## 第6章 種子形成に及ぼす小花齢と花粉親の影響

カイランの種子形成に季節的差異が見られるかどうか、小花の齢と種子形成との関係を調査した。さらに、早晩性と種子形成との関係を検討した。

白花品種およびW/Y群では5月上中旬から、黄花品種では5月中下旬から受粉したとき種子は形成したが、12月上旬から1月上旬に受粉を開始したとき種子は形成しなかった。

花序当たりの莢数は、約3～10の範囲にあり品種間にばらつきはみられたが、品種群で比較するとW-A群の莢数がやや多くなった。

莢当たりの種子数は品種間にばらつきがみられ、W-A群では‘白花黒葉’の種子数は15粒と最も多く、‘大心’と‘天津’では6粒と最も少なくなった。W-B群では‘黒’と‘尖葉白花’の種子数は11粒、他の品種では6～7粒となった。W/Y群では種子数は8粒であった。Y-A群では‘黄花嫩葉’の種子数は15粒と最も多くなった。他の品種では6～8粒と大きな差は見られなかった。Y-Bでは‘黄花格林’が6粒、‘食心黄花’が12粒であった。それぞれの群の莢当たりの種子数を比較すると、各品種群内で品種間にばらついたものの、W-A群でやや多くなった。

1000粒重は、白花のW-A群では2.54～6.66g、W

-B群では5.40～6.30g、黄花のY-A群では4.25～4.83g、Y-B群では2.92g～3.28gであった。白花個体と黄花個体の混在したW/Y群では4.22gであった。

出らい・開花の早晩性と種子形成並びに小花の齢と種子形成との関係を調査した。W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群の平均開花日は、それぞれ播種67～89日後、73～79日後、75日後、87～91日後および95～102日後であった。平均開花日は、W-A群の‘天津’で最も早く、播種67日後の4月24日であった。一方、Y-B群の‘黄花格林-O’および‘黄花格林-S’の平均開花日は最も遅く、播種102日後の5月29日であった。

小花の開花数は1花序につき1日当たり、2.5～5.2花であった。W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群の1日当たりの開花数は、それぞれ4.0、3.3、4.0、3.5および3.7花であった。

供試したカイラン品種では、他家受粉だけでなく自家受粉の開花後受粉でも種子が形成された。自家受粉における開花後受粉の1莢当たりの種子数は、W-A群、W-B群、W/Y群、Y-A群およびY-B群で、それぞれ8.3、7.7、8.9、6.8および5.2粒であった。しかし多くの品種では、開花後受粉では他家よりも自家受粉の1莢当たり種子数は少なくなった。

開花後受粉における他家受粉に対する自家受粉の種子数の比率では、品種間に差異がみられた。‘芥藍K-A’、‘白花黒葉’、‘黒’、‘白格’、‘黄花格林-O’および‘食心黄花’では、その比率が50%未満と低くなった。また、‘カイランM’、‘芥藍K-B’、‘白心’および‘尖葉白花’では、他家受粉と自家受粉での差が小さくなり、その比率は80%以上となった。半数以上の品種では、蕾受粉における他家受粉に対する自家受粉の種子数の比率は、開花後受粉での比率よりも高くなった。

## 引用文献

- Aditya, D. K. and R. Fordham. 1995. Effect of cold treatment and of gibberellic acid on flowering of cauliflower. *J. Hort. Sci.* 70 : 578-585.
- 青葉 高. 1993. 日本の野菜. 八坂書房. 東京. 149-178.
- 新井和夫・古屋茂貴・宍戸良洋. 1985. 中国野菜の光合成特性. 園学要旨 昭60春 : 282-283.
- Bailey, L. H. 1922. The cultivated *Brassicac*s. *Gentes Herbarum* 1 : 53-108.
- Bailey, L. H. 1930. The cultivated *Brassicac*s second paper. *Gentes Herbarum* 2 : 210-267.
- Boswell, V. R. 1929. Studies of premature flower formation in winter over cabbage. *Maryland Agr. Exp. Stat. Bull.* 313 : 69-145.
- Booij, R. and P. C. Struik. 1990. Effects of temperature on leaf and curd initiation in relation to juvenility of cauliflower. *Sci. Hort.* 44 : 201-214.
- Dias, J. S., A. A. Monteiro and S. Kresovich. 1994. Genetic diversity and taxonomy of Portuguese *Tranchuda* cabbage and *Gelega* kale landraces using isozyme analysis. *Euphytica* 75 : 221-230.
- 江口庸雄. 1947. 花椰菜の花芽分化に関する研究. 園学雑 16 : 96-105.
- 園芸学会編. 1979. 園芸学用語集 園芸作物名編. 養賢堂. 東京.
- Fontes, M. R., J. L. Ozburn and S. Sadik. 1970. Effect of growth retardants on growth and flowering of Broccoli. *HortScience* 5 : 483-484.
- 藤枝國光. 1993. 野菜の起源と分化. 九州大学出版会. 福岡. 123-127.
- 藤目幸擴. 1983. ハナヤサイ類の花らい形成並びに花芽発達の温度条件に関する研究. 香川大農紀要 40 : 1-102.
- 藤目幸擴. 1988. ブロッコリー・カリフラワーの生理と栽培技術. p1-64. 農耕と園芸編集部編. 誠文堂新光社. 東京.
- 藤目幸擴. 1996. 新しい野菜をつくる. 藤目幸擴編. バイオが開く人類の夢. p174-185. 法律文化社. 京都.
- 藤目幸擴・廣瀬忠彦. 1979. ハナヤサイ類の花らい形成並びに発育条件に関する研究. 第1報 種子低温処理の影響. 園学雑 48 : 82-90.
- 藤目幸擴・垣渕和正. 1992. 数種蔬菜の花芽形成並びに花芽発達過程に関する研究. 第2報 走査型電顕による数種アブラナ科蔬菜の花芽発達段階の分類. 香川大農学報 44 : 47-54.
- 藤目幸擴・斉藤良光・中山恭伸. 1988. ブロッコリーの花らい形成に関する温度と日長の相乗作用. 園学雑 57 : 70-77.
- 藤目幸擴・酒井史朗・深田典子. 1995. ハナヤサイ類の花らい形成及び発育に関する研究. (第19報) ブロッコリーにおける低温要求性. 園学中四国支部要旨 34 : 42.
- Gauss, J. F. and G. A. Taylor. 1969. Environmental factors influencing reproductive differentiation and the subsequent formation of the inflorescence of *Brassica oleracea* L. var. *italica*, plency, cv. 'Coastal'. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94 : 275-280.
- Gonai, H. and K. Hinata. 1971 a. Growth of pistils in relation to phenotypic expression of self-incompatibility in *Brassica*. *Japan. J. Breeding.* 21 : 137-142.
- 郷内 浩・日向康吉. 1971 b. カンランの雌ずいの生長と自家不和合性の発現に及ぼす温度の影響. 育学雑 21 : 195-198.
- Grevsen, K. and J. E. Olesen. 1994. Modeling cauliflower development from transplanting to curd initiation. *J. Hort. Sci.* 69 : 755-766.
- Hand, D. J. and Atherton, J. G. 1987. Curd initiation in the cauliflower. I. Juvenility. *J. Exp. Bot.* 38 : 2050-2058.
- 治田辰夫. 1967. アブラナ科そ菜採種の問題. 井上頼数編. 蔬菜採種ハンドブック. p. 161-191. 養賢堂. 東京.
- Herklots, G. A. C. 1972. Vegetable in south-east Asia. London George Allen and Unwin Ltd. London. 192-195.
- Hossain, M. M., H. Inden and T. Asahira. 1989. Development of interspecific hybrids between *Brassica oleracea* and *B. campestris* adapted to tropics. *Trop. Agr. Res. Series*, 23 : 147-157.
- Hossain, M. M., T. Asahira, S. Yazawa and H. Inden. 1994. Heat-tolerant interspecific hybrids between *Brassica oleracea* L. and *B. campestris* L. for the tropics. XXIVth IHC abstract : 79.
- 位田晴久・M. M. Hossain・浅平 端. 1987. 熱帯地域に適したブラシカ属種間雑種蔬菜の育成. (第1報) 胚培養における *B. campestris* と *B. oleracea* の種間雑種の作出. 園学要旨 昭62秋 : 228-229.

- Ito, H. and T. Saito. 1961. Time and temperature factors for the flower formation in cabbage, *Tohoku Jour. Agri. Res.* 12 : 297-316.
- 岩佐俊吉. 1980. 甘藍類その他菜類. 農林水産省熱帯農業研究センター編集. 熱帯の野菜. 養賢堂. 東京. 504-510.
- Izumi, K., Y. Kamiya, A. Sakurai, H. Oshio and N. Takahashi. 1985. Studies of sites of action of a new plant retardant (E)-4-(4-Chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl) 1-penten-3-ol (S-3307) and comparative effects of its stereoisomers in a cell-free system from *Cucubita maxima*. *Plant Cell Physiol.* 26 : 821-827.
- Junges, W. 1959. Abhängigkeit des Schossens binner Geusepflanzen von ihrer Alter und der Einwirkung niederer Temperaturen. *Archiv. Gartenbau.* VII. 485-504.
- 香川 彰. 1957. カンランの低温感応に関する研究. 第2報 低温刺激の移行並びに低温感応時の摘葉が花成に及ぼす影響. 岐阜大農研報 8 : 43-56.
- 香川 彰. 1958. 晩抽型ホウレンソウの開花促進に関する研究. (第4報) 低温感応の品種間差異について. 園学雑. 27 : 234-240.
- 香川 彰. 1959. 花椰菜の花成におよぼす植物生育調整剤の影響. 岐阜大農研報 11 : 18-26.
- 香川 彰. 1962. カンランの低温感応に関する研究. (第3報) 低温感応に及ぼす日長の影響. 岐阜大農研報 16 : 26-32.
- 香川 彰. 1964. 晩抽型ホウレンソウの開花促進に関する研究. (第6報) Vernalization 応用によるF1採種と2・3の問題について. 岐阜大農研報 19 : 16-31.
- 香川 彰. 1965a. カンランの低温感応に関する研究. 第5報 花成に及ぼす催芽種子低温処理の追加影響について. 岐阜大農研報 21 : 13-20.
- 香川 彰. 1965 b. イタリアンブロッコリーの低温感応性に関する研究. 岐阜大農研報. 21 : 21-34.
- 香川 彰. 1971. 十字花科ソ菜の開花感応性の遺伝に関する研究. 岐阜大農研報. 31 : 41-62.
- 垣渕和正・藤目幸擴. 1994. 走査型電顕によるアブラナ科蔬菜の花弁形成時期の観察. 園学雑 63 : 385-392.
- 加藤正弘. 1991. *Brassicoraphanus (Brassica japonica Sieb. × Raphanus sativus L.)* の花色の変化に伴うその両親との交雑親和性の変化. 愛媛大農紀要 36 : 221-227.
- 加藤 徹. 1964. ハナヤサイの花らしいの分化発育について. 第1報 花らしいの分化発育に関する生態学的研究. 園学雑 33 : 316-326.
- 加藤 徹. 1965. ハナヤサイの花らしいの分化発育について. 第2報 花らしいの分化発育に関する生理学的研究. 園学雑 34 : 49-56.
- 北田幹夫・桂 直樹. 1994. ダイコンの生育におけるジベレリン生合成阻害剤 (ウニコナゾール) の影響. 富山県農技セ研報告 14 : 9-17.
- 小西国義. 1972. 花卉栽培における低温処理問題. ミチューリン生物学研究. 8 : 42-49.
- Kudou, R., Y. Fujime and N. Fukada. 1994. The raising of interspecific hybrids by embryo culture accompanied by micro-morphological observations of the embryo. XXIVth IHC abstract : 84.
- 熊沢三郎・西村周一. 1936. 台湾・南支を中心とする蔬菜研究 (6). 農及園 11 : 2661-2668.
- Lang, A. 1965. Physiology of flower initiation, In "Encyclopedia of plant physiology", XV/1 : 1380-1536.
- Larkcom, Joy. 1991. Oriental vegetables. The complete guide for garden and kitchen. John Murray ltd. London. 25-28.
- Lim, M. 1993. Use of the dynamic root floating hydroponic system for the cultivation of *Brassica alboglabra* Bailey, Singapore J. Pri. Ind. 21 : 83-85.
- Long, M. H. H. Okubo and K. Fujieda. 1990. Flowering response of *Brassicoraphanus (Brassica oleracea × Raphanus sativus)* and *Hakuran (B. × napus)* in relation to endogenous gibberellins. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59 : 559-564.
- Marshall, B. and R. Thompson. 1987a. A model of the influence of air temperature and solar radiation on the time to maturity of calabrese *Brassica oleracea* var. *italica*. *Annal of Bot.* 60 : 513-519.
- Marshall, B. and R. Thompson. 1987b. Applications of model of predict the time to maturity of calabrese *Brassica oleracea*. *Annal of Bot.* 60 : 521-529.
- Matsubara, S. 1980. Overcoming self-incompatibility in *Raphanus sativus* L. with high temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 842-846.
- 松原幸子・三木典子・村上賢治・内田郷子. 1990. ダイコンの採種のための春化处理. 園学雑. 59 : 137-142.
- 水島宇三郎・角田重三郎. 1969. アブラナ属栽培種の起源について. 農及園 44 : 1347-1352.
- Miller, J. C. 1929. A study of some factors affecting

- seed-stalk development in cabbage. Cornell Univ. Agr. Exp. Stat. Bull. 488 : 1-46.
- Moe, R. and G. Guttormsen. 1985. Effect of photoperiod and temperature on bolting in Chinese cabbage. Sci. Hort. 27 : 49-54.
- Moore, T. C. and E. K. Bonde. 1962. Physiology of flowering in peas, Plant Physiol. 37:149-153.
- 中村英司. 1961. カンラン類の種子低温感応について. 第1報 低温処理期間カンランの抽だい開花に及ぼす影響. 園学雑 30 : 57-62.
- 中村英司・服部安一. 1961. カンラン類の種子低温感応について. 第2報低温処理期間の長短及び処理中のジベレリンの効果. 園学雑 30 : 167-170.
- Nakanishi, T. Y. Esashi and K. Hinata. 1969. Control of self-incompatibility by CO<sub>2</sub> gas in *Brassica*. Plant and cell Physiol. 10 : 925-927.
- Nishijima, T., N. Katsura, M. Koshioka, H. Yamazaki, M. Nakayama, H. Yamane, I. Yamaguchi, T. Yokota, N. Murofushi, N. Takahashi M. Nonaka and L. N. Mander. 1998 a. Role of endogenous gibberellins in cold-induced stem elongation and flower of Japanese radish (*Raphanus sativus* L.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67 : 319-324.
- Nishijima, T., N. Katsura, M. Koshioka, H. Yamazaki, M. Nakayama, H. Yamane, I. Yamaguchi, T. Yokota, N. Murofushi, N. Takahashi and M. Nonaka. 1998 b. Effects of gibberellin and gibberellin biosynthesis inhibitors on stem elongation and flowering of *Raphanus sativus* L. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67 : 325-330.
- 野村和成・米田和夫・内山寛・小山鐵夫. 1996. タイ北部より導入したサヤダイコン (*Raphanus sativus*) のわが国における生育特性と抽苔. 開花に対する低温要求性熱帯農業 40 : 63-67.
- 小原 昶. 1950. 人參の抽苔性と周年栽培に対する考察. 農及園. 25 : 517-521.
- Olesen, J. E. and K. Grevsen. 1997. Effects of temperature and irradiance on vegetative growth of cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis) and broccoli (*Brassica oleracea* L. italica). J. Exp. Bot. 48 : 1591-1598.
- Rabbani, M. A., A. Iwabuchi, N. Fukuda and K. Takayanagi. 1997. Flowering response of mustard (*Brassica juncea* L.) to temperature and photoperiod under field condition. Jpn. J. Trop. Agr. 41 : 195-202.
- Rappaport, L. and S. H. Wittwer. 1956. Flowering in head lettuce as influenced by seed vernalization, temperature, and photoperiod. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67 : 429-437.
- Romesburg, H. C. 1992. 実例クラスター分析 [西田英郎・佐藤嗣二共訳] 内田老鶴圃. 東京. pp. 424.
- Ronald, W. G. and P. D. Ascher. 1975. Effects of high temperature treatments on seed yield and self incompatibility in *Chrysanthemum*. Euphytica 24 : 317-322.
- Rossger, W. 1947. Niedere Anzuchttemperatur Ursache der Schosserbildung bei Kohlrabi. (German text) Zuchter 17/ 18 : 121-146.
- Sagwansupyakorn, C. 1994. *Brassica oleracea* L. cv. group. Chinese kale. Plant Resources of South - East Asia. 8 : 115-117.
- 斉藤秀幸・斉藤 隆. 1994. カブの花芽形成に対する長日 (24 時間) 処理と GA<sub>3</sub> あるいは S-07 施与の相互作用. 63 (別1) : 316-317.
- 斉藤秀幸・斉藤 隆. 1996. メキャベツの側芽の花芽形成における低温感応に対する苗齢と GA<sub>3</sub> あるいは S-07 施与の相互作用. 65 (別1) : 308-309.
- Salter, P. J. 1969. Studies on crop maturity in cauliflower: I. Relationship between the times of curd initiation and curd maturity of plants within a cauliflower crops. J. Hort. Sci. 44:129-140.
- Salter, P. J. and J. R. A. Fradgley. 1969. Studies on crop maturity in cauliflower: II. Effects of cultural factors on the maturity characteristics of a cauliflower crop. J. Hort. Sci. 44 : 141-154.
- Salter, P. J. and J. Ward. 1972. Studies on crop maturity in cauliflower: III. Effect of cold treatment and certain growth regulators on crop maturity characteristics and yield. J. Hort. Sci. 47 : 57-68.
- Salter, P. J. and J. M. James. 1974. Further studies on the effects of cold treatment of transplants on crop maturity characteristics of cauliflower. J. Hort. Sci. 49 : 329-342.
- Schwabe, W. W. 1971. Physiology of vegetative reproduction and flowering, In "Plant physiology, a treatise", F. C. Steward ed., 6A : 233-411. Academic Press, New York.
- 篠原捨喜. 1941. 中支那の蔬菜園芸 (その3). 実際園芸 27 : 153-158.
- 篠原捨喜. 1959. 十字花科作物を中心とした抽苔開花現

- 象の種生態学的研究。特に登熟中の種子に起る春化現象とその役割について。静岡農試特別報 6:1-166。
- 蔣 毓隆. 1987. 芥藍. 中国農業科学院主編. 中国蔬菜栽培学. 農業出版社. 北京. 480-487.
- Snogerup, S. 1980. Wilde form of the *Brassica oleracea* group. p. 126-132. In: S. Tsunoda, K. Hinata and C. Gomez-Campo (eds). Brassica crops and wilde allies. Japan Scientific Societies Press. Tokyo.
- Suge, H. 1984. Re-examination on the role of vernalization and photoperiod in the flowering of *Brassica* crops under controlled environment. Japan J. Breeding. 34: 171-180.
- 鈴木敏征・高浦祐司. 1993. ブロッコリーセル成形苗におけるウニコナゾール処理の効果. 園学雑. 62 (別2): 268-269.
- 田口亮平. 1969. 植物生理学の諸問題 [15]. 農及園 44: 1010-1014.
- 高橋和彦. 1985. アブラナ類. 世界の野菜. p. 211-219. 養賢堂. 東京.
- Takahashi, H., M. Kimura, H. Suge and T. Saito. 1994. Interactions between vernalization and photoperiod on the flowering and bolting of different turnip varieties. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 63: 99-108.
- 建部民雄. 1951. Brassica における不和合花粉の行動に関する研究. 第4報 カンラン及びハナヤサイ. 園学雑 20: 19-26.
- Thomas, T. H. 1980. Flowering of Brussels sprouts in response to low temperature treatment at different stages of growth. Scientia Hort. 12: 221-229.
- Thompson, K. F. 1976. Cabbage, kales etc. In: N. W. Simmonds. Evolution of crop plants. Longman Group Limited. London 49-52.
- Tindall, H. D. 1983. Vegetables in Tropics. English Language Book Society, Macmillan, p. 116-118.
- Tsukamoto, Y. and K. Konishi. 1959. Studies on the vernalization of growing plants of radish. Mem. Res. Inst. Food. Sci. Kyoto Univ. 18:41-47.
- 角田重三郎. 1991. アブラナ連栽培植物のルーツ. [2] キャベツ類のルーツ. 農及園. 66: 354-362.
- Visser, D. L. 1977. The effect of alternating temperatures on the self-incompatibility of some crosses of brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* (DC.) SCHULZ). Eupytica 26: 273-277.
- Wei, Z. -X.. 1991. Comparison of pollen morphology of *Brassica alboglabra* and some other species of the genus *Brassica*. Acta Botanica Yunnanica, 13, 290-292.
- Wellensiek. 1958. Vernalization and age in *Lunaria biennis*. Medede 1. Kon. Nederl. Akad. Wetenschap., Amsterdam C 61: 561-571.
- Wiebe, H. J. 1972a. Effect of temperature and light on growth and development of cauliflower. I. Duration of juvenile phase for vernalization. (German text with English abstract) Gartenbauwiss 37: 165-178.
- Wiebe, H. J. 1972b. Effect of temperature and light on growth and development of cauliflower. III. Vegetative phase. (German text with English abstract) Gartenbauwiss 37: 455-469.
- Wittwer, S. H. and F. G. Teubner. 1957. The effects of temperature and nitrogen nutrition on flower formation in the tomato. Amer. J. Bot. 44: 125-129.
- Wurr, D. C. E. and R. H. Kay. 1981. Studies of the growth and development of winter-heading cauliflowers. J. Agric. Sci. Camb. 97: 409-419.
- Wurr, D. C. E., E. D. Elphinstone and J. R. Fellows. 1988. The effect of plant raising and cultural factors on the curd initiation and maturity characteristics of summer / autumn cauliflower crops. J. Agric. Sci. Camb. 111: 427-434.
- Wurr, D. C. E., J. R. Fellows, R. A. Sutherland and E. D. Elphinstone. 1990a. A model of cauliflower curd growth to predict when curds reach a specified size. J. Hort. Sci. 65: 555-564.
- Wurr, D. C. E. and J. R. Fellows. 1990b. The influence of field environmental conditions on the growth and development four cauliflower cultivars. J. Hort. Sci. 65: 565-572.
- Wurr, D. C. E., J. R. Fellows and A. J. Hambidge. 1991. The influence of field environmental conditions on calabrese growth and development. J. Hort. Sci. 66: 495-504.
- Wurr, D. C. E., J. R. Fellows and A. J. Hambidge. 1992. The effect of plant density on calabrese head growth and its use in a predictive model. J. Hort. Sci. 67: 77-85.
- Wurr, D. C. E., J. R. Fellows, K. Phelps and R. J. Reader. 1993. Vernalization in summer/ autumn cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). J.

- Exp. Bot. 44 : 1507-1514.
- Wurr, D. C. E., J. R. Fellows, K. Phelps and R. J. Reader. 1994. Testing a vernalization model on field-grown crops of four cauliflower cultivars. J. Hort. Sci. 69 : 251-255.
- Wurr, D. C. E., J. R. Fellows, K. Phelps and R. J. Reader. 1995. Vernalization in calabrese (*Brassica oleracea* var. *italica*) a model for a pex development. J. Exp. Bot. 46 : 1487-1496.
- 矢花利治. 1982. 中国野菜. p. 69-72. 全国農業改良普及協会. 東京.
- 矢花利治. 1983. 中国野菜の品種と栽培 (2). 農及園 58 : 1061-1066.
- 山岸 博・米沢勝衛. 1992. スグキナ系統の開花日および花器とサヤのサイズに見られる遺伝変異. 園学雑. 61 : 353-357.
- Yang, P., Li, R. -Q. and Zeng, Z. -S.. 1988. Studies on the karyotype and pollen morphology of *Brassica oleracea* L. and *B. alboglabra* Bailey. Acta Phytotaxonomica Sinica, 26, 362-366.
- 由比 進・吉川宏明・山岸 博. 1987. サイシン・カイランの導入品種・系統の特性調査. 園学要旨. 昭 62 秋 : 218-219.
- 由比 進. 1988. カイラン. 農山漁村文化協会編. 農技術体系. 野菜編 11 特産野菜・地方品種. 農山漁村文化協会. 東京. 103-106.
- Zanewich, K. P. and S. B. Rood. 1995. Vernalization and gibberellin physiology of winter canola. Endogenous gibberellin (GA) content and metabolism of [<sup>3</sup>H] GA<sub>1</sub> and [<sup>3</sup>H] GA<sub>20</sub>. Plant physiol. 108 : 615-621.



## Studies on flower bud formation of Chinese kale (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey)

Nobuyuki OKUDA

### Summary

A Chinese kale is one of the flower vegetables using a flower bud, a flower stalk, etc., and has mainly spread widely through southern China and the countries in Southeast Asia. The breeding and raising of new vegetables are expected by the introduction of Chinese kale with heat tolerance to Japan. For that purpose, it is necessary to study the morphological, physiological and ecological characteristics of Chinese kale. It is especially important to fully understand the conditions of flower bud formation, since this is the harvest object, and the formation conditions of seed for a propagation.

In this research, I attempted to clarify the morphological characteristics of the Chinese kale cultivar first. Subsequently, the earliness of an anthesis of Chinese kale was investigated over several years, and the relation between the morphological characteristics and the earliness of an anthesis was considered. Furthermore, the influence of temperature exerted on flower bud formation of Chinese kale under temperature control was investigated, and the influence of the low temperature treatment term and seedling age which are exerted on flower bud formation was investigated. Moreover, the influence of the daylength and plant growth regulator which are exerted on flower bud formation of Chinese kale was considered. The possibility of modeling which predicts the budding time and anthesis time of Chinese kale based on these results was examined. Furthermore, the influence of the age of the floret and the pollen parent exerted on seed formation of Chinese kale was investigated, and the conditions of a seed production were considered.

#### Chapter 1 Morphological Characters

The chromosome in the root tip cell of the collected Chinese kales and several *Brassica oleracea* was observed. Moreover, I investigated the morphological characteristics of Chinese kale cultivars.

In all the observed *Brassica oleracea*, the number of chromosomes in a root tip cell is  $2n=18$ , and variations in the number of chromosomes were not examined. However, in all observed Chinese kales, the number of chromosomes in a root tip cell is  $2n=18$ , and the differences between cultivars were not compared by the number of chromosomes. Therefore, it was confirmed that the number of chromosomes in Chinese kale is  $2n=18$ , the same as the number of chromosomes in *Brassica oleracea*.

The 18 observed cultivars of Chinese kale were first divided roughly into three groups based on the color of the petals, that is, the cultivar group (12 cultivars) with white petals, the cultivar group (5 cultivars) with yellow petals and the cultivar group (W/Y group) in which plants with white petals and plants with yellow petals were intermingled. The twelve cultivars with white petals were further divided into two sub groups; seven cultivars (W-A group) as which shrinkage by leaf blade was regarded, and five cultivars (W-B group) as which shrinkage was not regarded. The leaf of cultivars with white petals was deeper green than that of cultivars with yellow petals. The five cultivars with yellow petals were divided into two sub groups; three cultivars (Y-A group) with light green leaves and two cultivars (Y-B group) with deep green leaves. Thus, all the cultivars were divided into five groups.

At the time of anthesis of the top inflorescence, the stem diameter of cultivars with white petals tended to become large than that of cultivars with yellow petals, and the main stem length of the W-B group became large rather than that of other cultivar groups further. Moreover, in the cultivar with white petals, the diameter of inflorescence was large, flower stalk length was short, and the collection of buds became good. About these five groups, the result depended on the classification result and cluster analysis by the morphological character was in agreement. W/Y group suited

in the middle of a cultivar with white petals groups and a cultivar with yellow petals groups.

## Chapter 2 Earliness of Budding and Anthesis

The tendency that the budding and anthesis day of a cultivar with white petals become early for one to four weeks as compared with a cultivar with yellow petals. Compared with that after spring sowing, the interval until budding was increased by 4 - 14 days in cultivars with white petals, and 12 - 22 days in cultivars with yellow petals after autumn sowing. There was no remarkable difference in budding and anthesis day between the white petal plant and a yellow petal plant of the W/Y group.

In cultivars with white petals, the node number from cotyledon to flower ranged from 2-13 and tended to be lower than that in cultivars with yellow petals.

Therefore, it was thought that cultivars with white petals held a potential for early budding and flowering in comparison with the cultivars with yellow petals.

## Chapter 3 Low Temperature Requirement for Flower Bud Formation

The influence of growth temperature, low temperature treatment term and seedling age on flower bud formation on cultivar with white petals and a cultivars with yellow petals was investigated. To investigate low temperature treatment term and seedling age, two cultivars with white petals and two cultivars with yellow petals were grown after sowing under 15 °C - 30 °C fixed temperature condition, and the flower bud formation process was observed. Consequently, the flower bud developmental stage of cultivars with white petals and cultivars with yellow petals was divided into eight stages including the anthesis time. Compared with cultivars with yellow petals, the flower bud of cultivars with white petals was earlier, and the flower bud was also formed under a higher temperature.

Furthermore, the temperature range of flower bud formation was investigated using six cultivars with white petals. 'Hakushin', 'Kairan-T' and 'Kairan-M' formed flower buds at temperatures below 30°C, 'Chugoku-kairan', 'Shirobana-kuroba' and 'Kairan' formed buds at temperatures below 25°C. The processing terms until flower bud initiation were 2-3, 2-5,

4-6, and 4-6 weeks at 15 °C, 20 °C, 25 °C, and 30 °C, respectively. Moreover, the number of nodes from cotyledon to flower decreased at lower temperature. Namely, the number of nodes from cotyledon to flowers were 12.0-14.3, 12.5-17.4, 15.3-19.1 and 16.1-19.8 at 15 °C, 20 °C, 25 °C and 30 °C, respectively. From these results, Chinese kale was considered to show a quantitative low temperature requirement for flower bud formation.

When 3-5 leaves of six cultivars with white petals and two cultivars with yellow petals developed, one to five weeks carried out the low temperature treatment, and it was grown at temperatures above 20-25 °C for three weeks there after. In 'Hakushin', 'Kairan-T', 'Kairan-M' cultivar with white petals, the flower bud initiated during the low temperature treatment.

Moreover, formation of the flower bud was promoted as the low temperature treatment term became longer. Furthermore, the number of nodes from cotyledon to flower in cultivars with white petals fell with the low temperature treatment term for two weeks or more, while that of the 'Chugoku-kairan-Y' cultivar with yellow petals fell remarkably with a low temperature treatment term of 4 - 5 weeks or longer.

Three weeks of low temperature treatment of the hastened seed germination of two cultivars with white petals under 5 °C dark conditions, and the plants were grown there after in a controlled greenhouse under a fixed temperature condition (20 °C, 25 °C, and 30 °C). Flower bud formation is promoted slightly by low temperature treatment of the seed, and the node number from cotyledon to flower fell a little. However, compared with growth temperature, the influence of the seed low temperature treatment on flower bud formation is very small, and was considered inadequate for flower bud formation by such treatment alone.

Seedlings of six cultivars with white petals, and two cultivars with yellow petals underwent low temperature treatment (10 °C / 5 °C, light / dark), then grown in the greenhouse for three - five weeks at 20-25 °C or more minimum night temperatures, and formation of the flower bud was investigated. The flower bud of cultivars with white petals is promoted by low temperature treatment from 1-2 weeks age, and that of 'Chugoku-kairan-Y' cultivar with yellow petals was initiated by the low temperature treatment from 4-5

weeks age. In cultivars with white petals, the number of leaves initiated after processing decreased as the seedling age progressed.

#### Chapter 4 Effects of Light and Plant Growth Regulators on Flower Bud Formation

The daylength was changed under natural temperature conditions and fixed temperature condition, to investigate the effects of daylength and temperature on flower bud formation in three Chinese kale cultivars with white petals and one cultivar with yellow petals.

The daylength was adjusted in five stages from 8 to 16 hours under natural temperature conditions. Flower bud formation was promoted by the experiment in autumn rather than that in summer. Moreover, although there was a tendency that the rate of the flower bud initiation and the flower bud developmental stage become high with a long day treatment, there was no effect of daylength on the number of nodes from cotyledon to flower. The daylength was also adjusted to 8 or 16 hours under the fixed temperature condition (15, 20, 25, and 30 °C). Flower bud formation was promoted in cultivars with white petals and those with yellow petals as it was by the low temperature treatment. Although the flower bud initiation of cultivars with white petals was not promoted by long day treatment, flower bud development tended to be promoted by the long day treatment. In the cultivar with yellow petals, there was a tendency for flower bud development is slightly promoted by a low temperature and long day treatment. However, the number of nodes from cotyledon to flower of cultivars with white petals and cultivars with yellow petals was hardly influenced by the daylength. From the above result, low temperature conditions are the main factor influencing the flower bud initiation of a Chinese kale, and it was thought that the effect of a daylength was slight.

Furthermore, the effect of a uniconazole and a gibberellin treatment on flower bud formation of four cultivars with white petals and a cultivar with yellow petals was investigated. The rate of the budding and anthesis plant decreased with only uniconazole treatment. In 'Kuro' which is a cultivar with white petals, the budding day and anthesis day after only uniconazole treatment was delayed by 4-14 days and 8-27 days compared with the control plot, respectively.

However, after two weeks of uniconazole treatments, when a gibberellin treatment (100 ppm) was carried out, as compared with the treatment with uniconazole only, the budding day and the anthesis day became 1-9 days and 4-20 days earlier, respectively. Although a treatment with uniconazole only inhibited flower bud development of 'Chugoku-kairan-Y' a cultivar with yellow petals in the spring experiment, flower bud development of 'Kibana-kakurin' did not differ. There was no difference in the number of florets of the top inflorescence at the time of anthesis and the number of nodes from cotyledon to flower was not remarkable. It was thought that gibberellin and uniconazole treatment affected development of the flower bud, without influencing flower bud initiation in Chinese kale.

#### Chapter 5 Prediction Modeling of Budding and Anthesis Time

The effects of environmental conditions on budding and harvest or anthesis time of broccoli 'Wase-midori' and Chinese kale 'Kairan-T' were investigated and analyzed statistically for multiple correlations.

A high and negative correlation was found between the days to budding of broccoli and the air temperature during the planting period. As data for five air temperature factors, the integrated mean air temperatures till 10 days and till 30 days after planting and maximum air temperatures at 20, 30 and 40 days after planting were chosen as variables. The calculated and observed numbers of days to budding were compared. High and negative correlations were also found between the days to harvest of broccoli and the air temperature during the planting period. Data for five environmental factors, minimum air temperature during the planting period, maximum air temperature at 10, 20 and 30 days after planting, and integrated mean air temperature till 40 days after planting were chosen as variables. The calculated number of days to harvest from air temperature conditions agreed well with the observed data.

A high and negative correlation was found between the days to budding of Chinese kale and the mean air temperature and maximum air tem-

perature during the planting period. As data for air temperature factor, the mean air temperatures till 28 days or till 35 days after sowing were chosen as variables. The calculated and observed numbers of days to budding were compared. High and negative correlations were also found between the days to anthesis of Chinese kale and the minimum air temperature and mean air temperature during the planting period. Data for two environmental factors, the minimum air temperature and mean air temperature were chosen as variables. The calculated number of days to harvest based on air temperature conditions agreed well with the observed data.

#### Chapter 6 Effects of Floret Age and Pollen Parent on Seed Formation

There are relatively few reports about Chinese kale seed production, and to better understand its production in Japan, we undertook this study. For our study of seed production characteristics, cultivars of Chinese kale were obtained from Japan, China, Taiwan and Thailand.

In the spring planting, the number of seeded siliques per inflorescence was slightly, but not significantly higher, in plants with white petals in comparison to that in plants with yellow petals. The mean number of seeded siliques per inflorescence of W-A, W-B, W/Y with white petals, and W/Y with yellow petals, Y-A, and Y-B were 6.9, 6.8, 7.4, 4.0, 6.1, and 5.2, respectively. The number of seeds per silique differed significantly between cultivars, and many W-A types had more seed per silique than most other cultivars, with the exception of cultivar 'Kibana-donyo' in the Y-A group. The mean thousand seed weight of W-A, W-B, W/Y with white petals, W/Y with yellow petals, Y-A, and Y-B was 4.9, 5.7, 3.8, 3.3, 4.6, and 3.1, respectively. In the autumn planting, seed did not develop in any of the cultivars used. Differences in seed production between Spring and Autumn seasons were ascribed to unfavorable temperature and humidity conditions during growth of the Autumn sown crop. This resulted in all of the cultivars failing to develop seed. Because the growing area of the plastic house was unheated, temper-

atures were low, and the use of thermal screens in the closed plastic house raised the relative humidity. The combination of low temperatures and high humidity was unfavorable for seed production. We showed that some cultivars of Chinese kale were able to produce seeds in the warm or Spring season and that seed production was greater in plant types with white flower petals, and that white petal plant types were better suited for seed production than yellow petal plants.

Chinese kale gathered from Japan, China, Taiwan and Thailand were investigated on earliness and seed development in self or cross pollinated flower. Flowering of plants with white petals except for 'Tashin' and of plants with white or yellow petals (W/Y type) was earlier than that of plants with yellow petals. Anthesis of W-A, W-B, W/Y, Y-A and Y-B type plants occurred 67~89 days, 73~79 days, 75 days, 87~91 days and 95~102 days after sowing, respectively. Anthesis of 'Tenshin' which was categorized as W-A type occurred earliest at 67 days after sowing, while that of 'Kibana-kakurin-O' and 'Kibana-kakurin-S' occurred latest at 102 days after sowing.

The numbers of florets flowering per day were within 2.5 ~ 5.2 and that of 'Tenshin' increased in comparison with other cultivars. The mean numbers of florets flowering per day in W-A, W-B, W/Y, Y-A and Y-B type were 4.0, 3.3, 4.0, 3.5 and 3.7, respectively. In twenty one cultivars, the seeds were developed not only by cross-pollination but also by self-pollination even at the flowering stage. The mean numbers of seed per pod by self-pollination at open flower of W-A, W-B, W/Y, Y-A and Y-B type plants were 8.3, 7.7, 8.9, 6.8 and 5.2, respectively. The mean numbers of W/Y, W-A and W-B in which anthesis occurred earlier than other types were slightly increased. The numbers of seeds per pod by self-pollination tended to be reduced at the flowering stage in comparison with that of by cross-pollination, the numbers of seed per pod by cross-pollination was more than that by self-pollination, except in a few cultivars. The mean numbers of seeds per pod in W-A, W-B, W/Y, Y-A and Y-B type plants were 11.7, 12.2, 14.2, 11.9 and 8.7, respectively. The thousand seeds weight by cross-pollination tended to be greater than that by self-pollination. The thousand seed weights of Y-A and Y-B type were slightly

decreased in comparison with that of W-A, W-B and W/Y types. There were significant correlations between the pod length and number of seeds and between pod diameter and number of seeds.

It is supposed that Chinese kales, which is an earlier type than other *Brassica*, has incomplete self-compatibility.

## 香川大学農学紀要

- 第1号 幡 克 美：アカマツ材の成分並びにパルプ化に関する研究（1955年3月）
- 第2号 内 藤 中 人：植物成長ホルモンに関する植物病理学的研究 特に植物病原菌に及ぼす影響について（1957年10月）
- 第3号 松 沢 寛：アオムシコマユバチの生態に関する研究（1958年3月）
- 第4号 梶 明：和紙原料の醗酵精練に関する研究（1959年3月）
- 第5号 森 和 男：傾斜地蜜柑園経営の構造分析（1960年3月）
- 第6号 玉 置 鷹 彦：ガラク並びに池泥の研究（1960年3月）
- 第7号 上 原 勝 樹：傾斜地開発利用に関する物理気象的研究（1961年3月）
- 第8号 桑 田 晃：オクラとトロロアオイとの種間交雑およびそれらより育成された種々の雑種ならびに倍数体に関する研究（1961年9月）
- 第9号 中 潤三郎：甘藷の生育過程に関する作物生理学的研究（1962年3月）
- 第10号 斉 藤 実：香川県及び北愛媛県の地質について（1962年3月）（英文）
- 第11号 小 杉 清：グラジオラスの生産と開花に関する研究（1962年9月）（英文）
- 第12号 吉 良 八 郎：貯水池の滞砂に関する水理学的研究（1963年2月）
- 第13号 野 田 愛 三：禾穀類の根鞘に関する研究（1963年3月）
- 第14号 川 村 信一郎：豆類のデンプンの研究（1963年3月）（エスペラント文）
- 第15号 浅 野 二 郎：種子の耐塩性を中心とした海岸地帯におけるアカマツおよびクロマツ林の成立に関する研究（1963年3月）
- 第16号 山 中 啓：乳酸菌のペントース・イソメラーゼに関する研究（1963年8月）（英文）
- 第17号 葦 沢 正 義：香川県における葡萄の早害に関する研究（1964年3月）
- 第18号 谷 利 一：カキ炭疽病の病態生理学的研究、とくに罹病果実の病徴発現にあずかるペクチン質分解酵素の役割（1965年3月）
- 第19号 樽 谷 隆 之：カキ果実の貯蔵に関する研究（1965年3月）
- 第20号 狩 野 邦 雄：ラン種子の発芽培地に関する研究（1965年3月）（英文）
- 第21号 山 本 喜 良：コモンベッチおよびその近縁種の雑種に関する研究（1965年3月）
- 第22号 中 広 義 雄：鶏における飼料の消化率測定法に関する研究（1966年10月）
- 第23号 井 上 宏：ナツダイダイの果実発育に関する研究、とくに水腐病の発生機構を中心として（1967年3月）
- 第24号 宮 辺 豊 紀：異常乳の生成と塩類均衡とくにカゼイン燐酸カルシウムに関する研究（1967年8月）（英文）
- 第25号 十 河 村 男：樹皮リグニン及び樹皮フェノール類に関する研究（1971年9月）
- 第26号 大 島 光 昭：赤クローバーサイレージ中の窒素栄養源に関する研究（1971年11月）（英文）
- 第27号 辰 巳 修 三：林木葉部中におけるカルシウムの化合形態とその生理に関する基礎的研究（1974年11月）
- 第28号 樽 谷 勝：ブドウの葉脈黄変による早期落葉の研究（1974年12月）
- 第29号 倉 田 久 男：カボチャ・スイカの性の分化におよぼす日長および温度の影響に関する研究（1976年3月）
- 第30号 鎌 田 萬：中小河川治水計画に適用する計画降雨の合理的算定法に関する研究（1976年6月）
- 第31号 山 本 弘 幸：エンバク冠さび病の抵抗性発現機構に関する研究（1978年3月）
- 第32号 岡 本 秀 俊：テントウムシの摂食の生態に関する実験的研究（1978年3月）
- 第33号 山 崎 徹：*p*-ヒドロキシフェニル並びにシリングリグニンに関する研究（1978年9月）（英文）
- 第34号 市 川 俊 英：イネを加害する4種の同翅亜目頸吻群昆虫の配偶行動に関する研究（1979年2月）（英文）
- 第35号 吉 田 博：農業生産共同組織の展開・構造・運営に関する研究（1980年3月）

- 第36号 一色 泰：鶏盲腸の栄養生理学的研究（1980年3月）
- 第37号 中條 利明：富有カキ果実の発育ならびに品質に及ぼす温度条件に関する研究（1982年2月）
- 第38号 五井 正憲：温帯花木の花芽形成ならびに開花調節に関する研究（1982年2月）
- 第39号 松井 年行：和三盆糖の食品学的研究（1982年2月）
- 第40号 藤目 幸擴：ハナヤサイ類の花らい形成並びに発育の温度条件に関する研究  
—特に異常花らいについて—（1983年2月）
- 第41号 西山 壯一：カンガイ用管水路における空気混入流の水撃作用に関する研究（1983年2月）
- 第42号 真山 滋志：エンバク冠さび病の抵抗性発現におけるアベナルミンの役割（1983年2月）（英文）
- 第43号 門谷 茂：海洋堆積物中のアミノ酸の初期統成過程に関する研究（1983年10月）
- 第44号 一井 真比古：水稻育種における再生茎形質の選抜指標としての効用に関する研究（1984年11月）  
（英文）
- 第45号 片岡 郁雄：ブドウ果実の着色に関する研究  
—とくにアブシジン酸による着色の制御について—（1986年10月）
- 第46号 鈴木 晴雄：畑地栽培におけるフィルムマルチと植被が地温に及ぼす影響に関する農業気象学的研究  
（1986年10月）
- 第47号 養輪 雅好：解放型畜舎内の放射熱環境に関する研究（1986年10月）
- 第48号 藤田 政之：サツマイモ塊根組織のチトクロムP-450系酵素に関する研究（1986年10月）
- 第49号 田中 道男：組織培養によるファレノプシスの栄養繁殖に関する研究（1987年2月）
- 第50号 長谷川 曙：東洋系シンビジウムの繁殖に関する研究（1987年12月）
- 第51号 笠井 忠：大豆の少糖類の加水分解に関する研究（1987年12月）
- 第52号 青柳 省吾：四国北部の瀬戸内沿岸における花崗岩風化残積土（マサ土）および安山岩風化残積土の  
土壌特性に関する研究（1987年12月）
- 第53号 片山 健至：*Fusarium solani* M-13-1によるリグニンサブストラクチャーモデル化合物の分解  
（1989年11月）（英文）
- 第54号 増田 拓朗：植栽基盤としてのマサ土の問題点とその改良法に関する研究（1990年10月）
- 第55号 多田 邦尚：海水中の溶存タンパク様物質およびアミノ酸の動態に関する研究（1990年10月）
- 第56号 深井 誠一：ダイアンサスおよびキク属植物における茎頂の凍結保存に関する研究（1992年10月）
- 第57号 吉田 裕一：イチゴの花器および果実の発育に関する研究  
—‘愛ベリー’の奇形果発生を中心として—（1992年10月）
- 第58号 越智 正：燧灘の化学環境特性と物質循環に関する研究（1992年10月）
- 第59号 木暮 秩：蚕豆における秋播型の生育習性とその収量成立機構に関する研究（1992年12月）  
（英文）
- 第60号 亀山 宏：地域農業資源管理の計画と評価に関する経済的研究（1995年3月）
- 第61号 浅沼 興一郎：暖地ダイズの乾物生産特性と収量向上に関する基礎的研究（1996年11月）
- 第62号 市野 隆雄：ドロバチ類の個体群動態に関する比較生態学的研究（1997年11月）
- 第63号 奥田 延幸：カイラン (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey) の花芽形成に関する研究  
（2001年3月）

## Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University

- No.1 Katsumi HATA : Studies on the Constituents and Pulping of "Akamatsu" (*Pinus densiflora* SEB et ZUCC) Wood (March, 1955)
- No.2 Nakato NAITO : Phytopathological Studies Concerning Phytohormones with Special Reference to Their Effect on Phytopathogenic Fungi (October, 1957)
- No.3 Hiroshi MATSUZAWA : Ecological Studies on the Braconid Wasp, *Apanteles glomeratus* (March, 1958)
- No.4 Akira KAJI : Studies on the Retting of Plant Fiber Materials for Japanese Paper Manufacture (March, 1958)
- No.5 Kazuo MORI : An Analytical Study on the Structure of the Mandarin Orange Growing Orchard Farm in a Sloping Land Region (March, 1960)
- No.6 Takahiko TAMAKI : Studies of Garaku Paddy Soil and Reservoir Deposits (March, 1960)
- No.7 Masaki UEHARA : Physical and Meteorological Studies on the Cultivation and Utilization of Slope Land (March, 1961)
- No.8 Hikaru KUWADA : Studies on the Interspecific Crossing between *Abelmoschus esculentus* MOENCH and *A. Manihot* MEDIC and the Various Hybrids and Polyploids Derived from the Above Two Species (September, 1961)
- No.9 Junzaburo NAKA : Physiological Studies on the Growing Process of Sweet Potato Plants (March, 1962)
- No.10 Minoru SAITO : The Geology of Kagawa and Northern Ehime Prefectures, Shikoku, Japan (March, 1962) (in English)
- No.11 Kiyoshi KOSUGI : Studies on Production and Flowering in *Gladiolus* (September, 1962) (in English)
- No.12 Hachiro KIRA : Hydraulic Studies on the Sedimentation in Reservoirs (February, 1963)
- No.13 Aizo NODA : Studies on the Coleorhiza of Cereals (March, 1963)
- No.14 Sin' itiro KAWAMURA : Studoj pri Ameloj de Legumenoj (March, 1963) (in Esperanto)
- No.15 Jiro ASANO : A Study on the Formation of Pine Forests on Seaside Areas, giving due Consideration to the Salt Resistance of the Seeds (March, 1963)
- No.16 Kei YAMANAKA : Studies on the Pentose Isomerases of Lactic Acid Bacteria (August, 1963) (in English)
- No.17 Masayoshi ASIZAWA : Studies on the Drough Damage of Grape Trees in the Region of Kagawa Prefecture (March, 1964)
- No.18 Toshikazu TANI : Studies on the Phytopathological Physiology of Kaki Anthracnose, with Special Reference to the Role of Pectic Enzymes in the Symptom Development on Kaki Fruit (March, 1965)
- No.19 Takayuki TARUTANI : Studies on the Storage of Persimmon Fruit (March, 1965)
- No.20 Kunio KANO : Studies on the Media for Orchid Seed Germination (March, 1965) (in English)
- No.21 Kiyoshi YAMAMOTO : Studies on the Hybrids among the *Vicia sativa* L. and its Related Species (March, 1966)
- No.22 Yoshio NAKAHIRO : Studies on the Method of Measuring the Digestibility of Poultry Feed (October, 1966)
- No.23 Hiroshi INOUE : Studies on the Fruit Development of Natsudaidai (*Citrus Natsudaidai* HAYATA), with Special Reference to Water Spot Injury (March, 1967)
- No.24 Toyoki MIYABE : Studies on the Production and the Salt Balance in Relation to Calcium Phosphocaseinate of Abnormal Milk (August, 1967) (in English)
- No.25 Murao SOGO : Studies on the Bark Lignin and Bark Phenolic Compounds (September, 1971)
- No.26 Mitsuaki OHSHIMA : Studies on Nutritional Nitrogen from Red Clover Silage (November, 1971) (in English)
- No.27 Shuzo TATSUMI : Fundamental Studies of the Chemical Forms of Calcium and Their Metabolisms in the Tree Leaves (November, 1974)
- No.28 Masaru KURETANI : Studies on the Early Summer Defoliation of Grape Vines Caused by Veinyellowing (De-



- ember, 1974)
- No.29 Hisao KURATA : Studies on the Sex Expression of Flowers Induced by Day-length and Temperature in Pumpkin and Watermelon (March, 1976)
- No.30 Takashi KAMADA : Studies on the Rational Estimation of Rainfall for Design Flood (June, 1976)
- No.31 Hiroyuki YAMAMOTO : Study on the Mechanism of Resistance Expression in the Crown Rust Disease of Oat (March, 1978)
- No.32 Hidetoshi OKAMOTO : Laboratory Studies on the Food Ecology of Aphidophagous Lady Beetles (Coleoptera : Coccinellidae) (March, 1978)
- No.33 Toru YAMASAKI : Studies on *p*-Hydroxyphenyl- and Syringyl Lignins (September, 1978) (in English)
- No.34 Toshihide ICHIKAWA : Studies on the Mating Behavior of the Four Species of Auchenorrhynchous Homoptera which Attack the Rice Plant (February, 1979) (in English)
- No.35 Hiroshi YOSHIDA : A Study of the Development, Structure and Management of Co-operative Groups (March, 1978)
- No.36 Yutaka ISSHIKI : Nutritional and Physiological Studies on the Function of Ceca in Chickens (March, 1980)
- No.37 Toshiaki CHUJO : Studies on the Effects of Thermal Conditions on the Growth and Quality of Fruits of Fuyu Kaki (February, 1982)
- No.38 Masanori GOI : Studies on the Flower Formation and Forcing of Some Ornamental Trees and Shrubs in East Asia (February, 1982)
- No.39 Toshiyuki MATSUI : Food Chemical Studies on Wasanbon-to Sugar (Japanese traditionally refined sugar) (February, 1982)
- No.40 Yukihiro FUJIME : Studies on Thermal Conditions of Curd Formation and Development in Cauliflower and Broccoli, with Special Reference to Abnormal Curd Development (February, 1983)
- No.41 Souichi NISHIYAMA : Studies on the Water Hammer of the Air-entrained Flow in Irrigation Pipe Lines (February, 1983)
- No.42 Shigeyuki MAYAMA : The Role of Avenalumin in the Resistance of Oats to Crown Rust (October, 1983) (in English)
- No.43 Shigeru MONTANI : Early Diagenesis of Amino Acids in Marine Sediments (October, 1983)
- No.44 Masahiko ICHII : Studies on the Utility of Ratoon Traits of Rice as the Indicator of Agronomic Characters in Breeding (November, 1984) (in English)
- No.45 Ikuo KATAOKA : Studies on the Coloration of Grape Berries with Special Reference to the Regulation of Color Development by Abscisic (October, 1986)
- No.46 Haruo SUZUKI : Agrometeorological Studies on the Effect on Soil Temperature, of Film Mulching and Canopy in the Upland Mulching Culture (October, 1986)
- No.47 Masayoshi MINOWA : A Study on Thermal Radiation Environment in an Open-type Livestock Barn (October, 1986)
- No.48 Masayuki FUJITA : Studies on Cytochrome P-450-Dependent Mixed Function Oxygenase in Sweet Potato Root Tissue (October, 1986)
- No.49 Michio TANAKA : Studies on the Clonal Propagation of *Phalaenopsis* through *in vitro* Culture (February, 1987)
- No.50 Atushi HASEGAWA : Studies on the Propagation of Oriental Cymbidium (December, 1987)
- No.51 Tadashi KASAI : Studies on the Hydrolysis of Oligosaccharides of Soybeans (December, 1987)
- No.52 Shogo AOYANAGI : Studies on the Physical Properties of Residual Granite and Andesitic Soils in Setouchi Coastal Region, Northern Shikoku (December, 1987)
- No.53 Takeshi KATAYAMA : Degradation of Lignin Substructure Model Compounds by *Fusarium solani* M-13-1 (November, 1989) (in English)
- No.54 Takuro MASUDA : Studies on the Characteristics of Masa Soil as a Medium for Tree Growth and Methods for its Improvement (October, 1990)

- No.55 Kuninao TADA: Behavior of Dissolved Proteinous Substances and Amino Acids in Seawater (October, 1990)
- No.56 Seiichi FUKAI: Studies on the Cryopreservation of Shoot Tips of *Dianthus* and *Chrysanthemum* (October, 1992)
- No.57 Yuichi YOSHIDA: Studies on Flower and Fruit Development in Strawberry, with Special Reference to Fruit Malformation in 'Ai-Berry' (October, 1992)
- No.58 Tadashi OCHI: Studies on the Characteristics of Chemical Environment and the Recycling of Nutrient in Hiuchi Nada Sea Area (October, 1992)
- No.59 Kiyoshi KOGURA: Studies on the Growth Habit and its Relation to the Mechanism of Yielding Process in Winter Type of Faba Bean (*Vicia faba* L.) (December, 1992) (in English)
- No.60 Hiroshi KAMEYAMA: Economic Study on Planning and Evaluation for Regional Agricultural Resource Management (March, 1995)
- No.61 Koh-ichiro ASANUMA: Dry Matter Production and Yield Potentiality of Soybean in a Warm Area in Japan (November, 1996)
- No.62 Takao ITINO: Comparative Behavioral Ecology and Population Dynamics of Eumenid Wasps (November, 1997)
- No.63 Nobuyuki OKUDA: Studies on flower bud formation of Chinese kale (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey) (March, 2001)

平成13年3月12日印刷 平成13年3月21日発行

香川県木田郡三木町

**香川大学農学部**

印刷所 **アート印刷株式会社**  
香川県木田郡三木町池戸1779番地13  
電話 (087) 891-0170 番