

Brassica campestris L. の花芽形成に及ぼす温度の影響

誌名	香川大学農学部学術報告
ISSN	03685128
著者名	奥田,延幸 和田,夏希 池本,亜都奈
発行元	香川大学農学部
巻/号	63巻
掲載ページ	p. 35-41
発行年月	2011年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



Brassica campestris L.の花芽形成に及ぼす温度の影響

奥田延幸・和田夏希・池本亜都奈

Effects of Temperature on Flower Bud Formation in *Brassica campestris* L.

Nobuyuki OKUDA, Natsuki WADA and Azuna IKEMOTO

Abstract

This study compared the dates of budding and flowering between 12 cultivars of Tsai-hisn (*Brassica campestris* L.). 'Honkon-saisin', 'Kanton-saisin 831',

'Kanton-saisin 621' is faster than 'Watanabe-saisin', 'Chugoku-saisin', 'Chugokuwase-saisin', 'Wase-saisin'. 'There was a correlation between node number from the cotyledon to flower and the dates of budding and flowering. Pregermination seeds of Hong-tsai-tai (*Brassica campestris* L. var. *purpuraria*. Bailey.) cv. 'Kagoshima' and 'Itaria' was treated by low temperature (2°C) for 28, 14, 10, 7, 3, 0 days; 14-days after treatment yielded the shortest interval until budding. There was correlation between node number from the cotyledon to flower and the dates of budding and flowering. 'Kagoshima' formed flower buds for 14 days after treatment, 'Itaria' formed buds for 21 days after treatment.

Key words : budding, flowering, Tsai-hisn, Hong-tsai-tai, low temperature

緒 言

Brassica 属の植物は多く、日本では古くからカブやツケナ等が栽培されてきた⁽¹⁾。これらは、早期抽苔が起ると品質が低下するため、春化に伴う花芽形成、抽苔、開花の一連の過程における機構について、古くから研究が行われてきた^{(2)・(3)・(4)}。

Brassica 属蔬菜のうち、ブロッコリーやカリフラワーを代表とする若い蕾を利用する蔬菜は栄養価が高く需要がある。特に近年、蕾を利用する「中国野菜」が注目されている。サイシン (*Brassica campestris* L.) およびコウサイタイ (*Brassica campestris* L. var. *purpuraria*. Bailey.) は、共に蕾を利用する「中国野菜」で *Brassica* 属のAゲノムに分類されている⁽⁵⁾。

一般にAゲノム種のハクサイやカブは種子春化型植物に分類され、低温により花芽形成が促進されること、また日長との相互作用について多くの報告がある^{(6)・(7)・(8)・(9)・(10)・(11)}。これまでに、サイシンおよびコウサイタイに春化処理を行うと、日長に関わらず花芽形成が促進された

ことが報告されている⁽¹²⁾。また、サイシンではAゲノムの他種と生育比較した場合、出蕾・到花日数が早い傾向があったこと⁽¹³⁾、コウサイタイでは低温処理により収量が増加したことが報告されている⁽¹⁴⁾。しかし、サイシンおよびコウサイタイの花成条件は十分に解明されていない。

また、サイシンおよびコウサイタイの成立過程については不明な点が多い。一般に、南方系のハクサイは早生で小型であり⁽¹⁵⁾、台湾では耐暑性の高いAゲノム種が報告されている⁽¹⁶⁾。このようなハクサイの変種が耐暑性を獲得し選抜されたことがサイシンとコウサイタイの成立に関与したのではないかと推察されるが、十分に究明されていない。

そこで本実験では、サイシンおよびコウサイタイの花芽形成における温度の影響について知見を得るため、サイシンの開花における早晩性の品種間差異について調査を行った。また、コウサイタイ種子に低温処理を行い、花芽発達段階並びに開花の早晩性への影響について調査した。

材料および方法

1. サイシンの生育ならびに花芽形成におよぼす品種の影響

供試材料

本実験には、採種地などの異なるサイシン (*Brassica campestris* L.) 12品種を供試した (表1)。

表1. 供試したサイシン12品種

	品種	生産者番号	種苗会社	産地
A	早生系サイシン		タキイ種苗	鹿児島県
B	サイシン (菜心)		サッポロノウエン	台湾
C	サイシン (菜心)		(株)丸種	台湾
D	サイシン (菜心)		(株)大和農園種苗販売部	台湾
E	サイシン (菜心)		(株)渡辺採種場	台湾
F	あじの菜心		(株)トーホク	アメリカ
G	中国菜心 中国野菜		サカタのタネ	イタリア
H	ホンコン菜心		(株)武蔵野種苗園	中国
I	広東サイシン	831	(株)丸種	中国
J	広東サイシン	621	(株)丸種	中国
K	中国早生菜心	80828807	(株)カネコ種苗	台湾
L	早生菜心	80716804	(株)カネコ種苗	台湾

栽培方法

2008年11月17日 (2008年度) および2009年9月11日 (2009年度) に、培養土として与作N-150 (チッソ旭肥料株式会社) を充填した黒ポリポット (直径6 cm) にサイシン12品種の種子を播種した。1反復あたり25個とし、各2反復行った。播種後、最低夜温を20℃に設定した自然日長条件のガラス温室内で栽培した。施肥は組合尿素複合液肥1号200倍希釈液を灌水を兼ねて施用した。病害虫の防除は適宜行った。

生育調査および出蕾・開花調査

2008年度では、2008年12月8日～2009年2月9日、2009年度では、2009年9月25日～12月3日まで、播種3週間後から調査個体がすべて開花した日まで、1反復につき15個体を無作為に選び生育調査を行った。茎長および茎径、展開葉数を調査した。また、出蕾日 (蕾が目視できたとき) および開花日 (第1番花の花弁が開いた日) を毎日調査した。開花日には花蕾径、花茎長、着花節位を調査した。

2. コウサイタイにおける種子低温処理の影響

供試材料

生産地の異なるコウサイタイ (*Brassica campestris* L. var. *purpuraria*, Bailey.) 品種、'コウサイタイ' (タキイ種苗/鹿児島県産、以下 '鹿児島') および '紅葉苔' (サカタのタネ/イタリア産、以下 'イタリア') の2品種を供試した。

処理方法および栽培方法

各品種25粒ずつ用いて、種子低温処理を行った。まず、23℃ 16時間日長のグロースチャンバーで催芽処理を24時間行った。その後、幼根が約1 mm伸長した催芽種子を、2℃の暗黒条件に設定したプログラム低温恒温器 (IN802/ヤマト科学株式会社) に置いた。

低温処理期間は、2008年度では0・3・7・10・14日間とし、処理終了後、グロースチャンバーに移動した。2009年度では0・3・7・10・14・17・21・28日間とし、処理終了後、15℃の暗黒条件下に14時間置いた。

培養土として与作N-150 (チッソ旭肥料株式会社) を充填した黒ポリポット (直径6 cm) に、低温処理を行った種子を各20ポットずつ播種した。播種後、無加温・自然日長条件のガラス温室内で育苗した。施肥は、組合尿素複合液肥1号200倍希釈液を灌水をかねて施用した。病害虫の防除は適宜行った。

生育調査および出蕾・開花調査

播種3週間後以降に、各処理区15個体について、茎長および茎径、展開葉数を調査した。また、出蕾日 (蕾が目視できたとき) および開花日 (第一番花の花弁が開いた日) を記録し、開花日には花蕾径、花茎長、着花節位を調査した。

なお、2009年度では、茎頂部を切除してFAAで固定したのち、実体顕微鏡下で解剖し、花芽発達段階、着花節位を調査した。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:雄蕊・雌蕊分化期 5:花弁伸長前期 6:花弁伸長後期 7:開花期の合計8段階とした^{(17)・(18)}。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. サイシンの生育ならびに花芽形成に及ぼす品種の影響

2008年度の実験では、展開葉数は '早生菜心' で22.8 ± 0.7枚と最も多く、'広東サイシン831' で9.6 ± 0.7枚と最も少なかった。茎長は、'広東サイシン831' で18.5 ±

1.6cmと最も大きく、'中国早生菜心'で 47 ± 0.6 cmと最も小さくなった。

播種から出蕾までの日数は、'ホンコン菜心'、'広東サイシン831'で有意に短く、'広東サイシン621'で 27.6 ± 0.3 日と最も短くなった。'早生系サイシン'、'あじの菜心'、'丸種サイシン'、'大和サイシン'、'ホンコン菜心'、'サッポロサイシン'、'中国早生菜心'、'渡辺サイシン'で有意に長く、'早生菜心'で 61.7 ± 1.6 日と最も長くなった(図1A)。

播種から開花までの日数も同様の傾向であった。花蕾径では、'渡辺サイシン'で 8.2 ± 1.0 mmと有意に小さく、'広東サイシン621'で 29.2 ± 0.8 mmと最大となった。花茎長では、'渡辺サイシン'で有意に短く、'ホンコン菜心'および'広東サイシン831'で高くなる傾向がみられた。着花節位は、'広東サイシン831'で 10.2 ± 0.4 mmと有意に小さく、'早生菜心'で 23.4 ± 0.7 mmと有意に高くなった(図2)。着花節位と播種から出蕾および開花までの日数の間には強い相関がみられた(図3)。

2009年度の実験では、展開葉数は'早生菜心'で 26.6 ± 1.2 枚、'ホンコン菜心'で 9.0 ± 0.2 枚となった。茎長は、'大和サイシン'で 39.6 ± 2.8 cm、'ホンコン菜心'で 9.0 ± 0.6 cmとなった。茎径は、'中国早生菜心'で 13.4 ± 0.4 mm、

'ホンコン菜心'で 8.0 ± 0.3 cmであった。播種から出蕾までの日数は、品種間で有意差がみられ、'広東サイシン621'で 27.4 ± 0.8 日と最も短く、'中国早生菜心'で 56.7 ± 1.3 日と最も長くなった(図1B)。播種から開花までの日数も同様の傾向であった。花蕾径は、'中国早生菜心'で 21.9 ± 2.2 mmと有意に小さく、'早生系サイシン'で 45.4 ± 1.6 mmと有意に大きくなった。花茎長は、有意差がみられなかったが、'渡辺サイシン'で9.0cmと最も短く、'あじの菜心'で14.2cmと最も長くなった。着花節位では、'ホンコン菜心'で 11.1 ± 0.3 と有意に低く、'早生菜心'で 26.4 ± 0.8 と有意に高くなった(図2B)。着花節位と播種から出蕾および開花までの日数の間には、強い相関がみられた(図4)。

2. 種子低温処理がコウサイタイの生育におよぼす影響

2008年度の実験では、展開葉数は'鹿児島'および'イタリア'ともに14日処理区で最も少なくなった。茎長は、'鹿児島'では、無処理区で最大、10日処理区で最少となった。'イタリア'では、3日処理区で最大、無処理区で最少となった。

播種から出蕾までの日数は、'鹿児島'では14日処理区

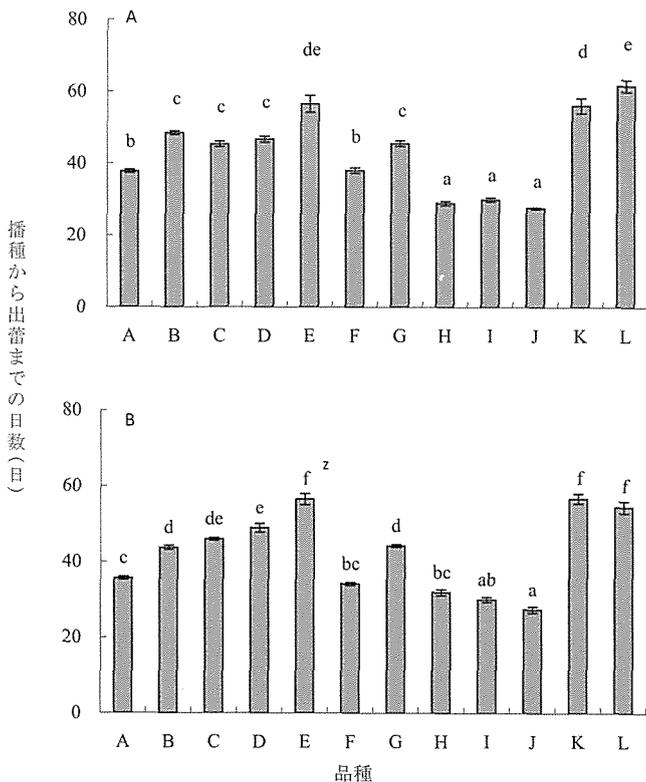


図1. 播種から出蕾までの日数における品種間差 (A: 2008年度, B: 2009年度)
z: Tukeyのギャップ検定により異文字間で有意差あり ($p < 0.05$).

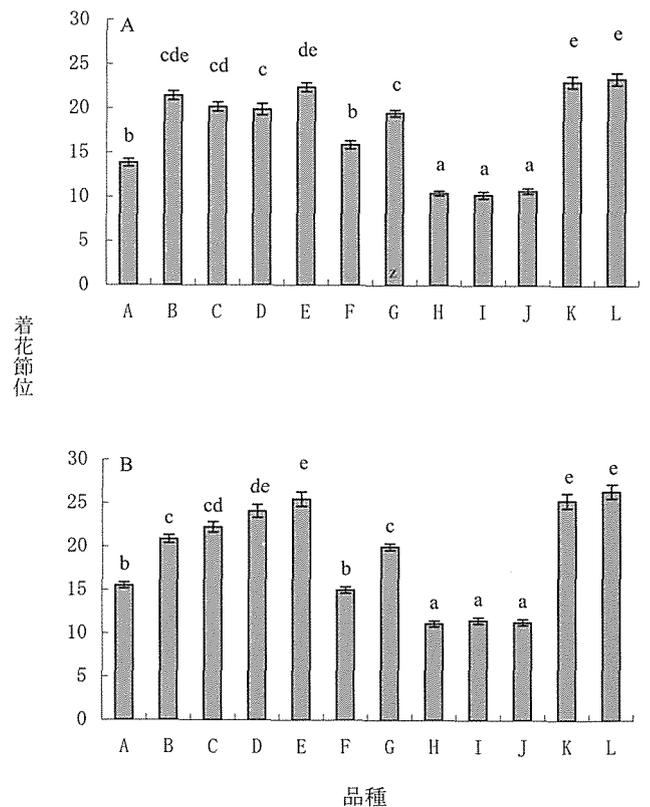


図2. 着花節位におよぼすサイシン品種の影響 (A: 2008年度, B: 2009年度)
z: Tukeyのギャップ検定により異文字間で有意差あり ($p < 0.05$).

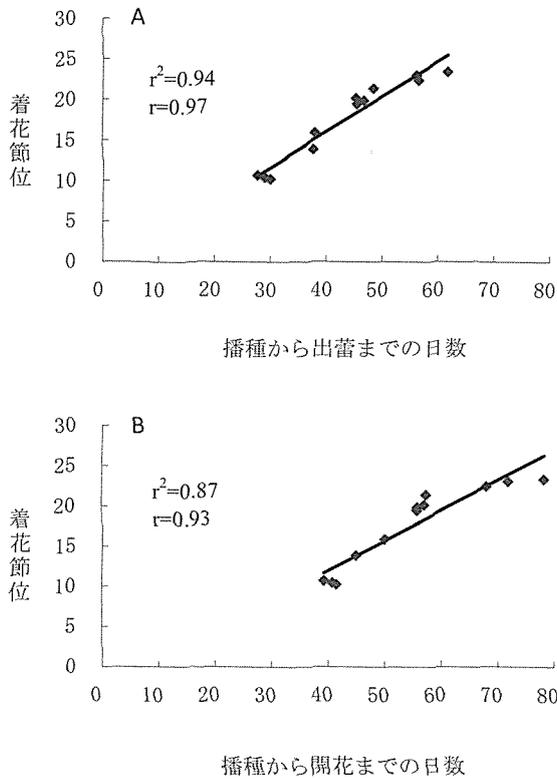


図3. 出蕾 (A) および開花 (B) までの日数と着花節位との関係 (2008年度)

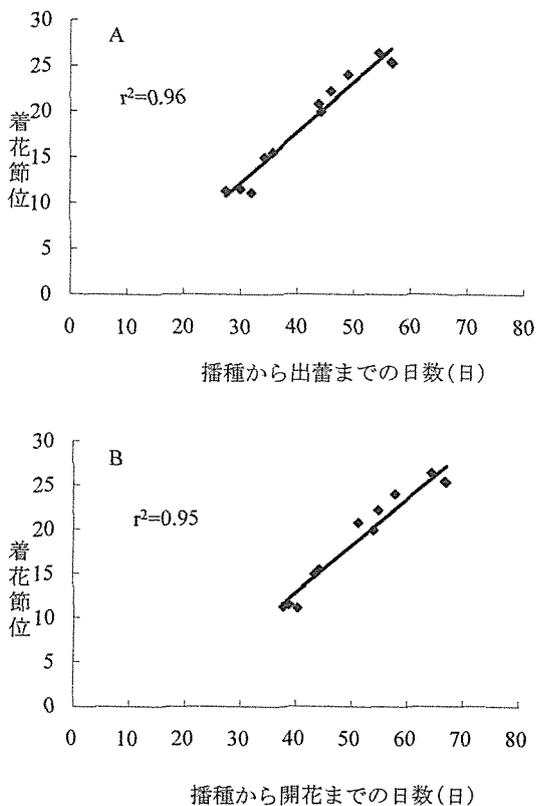


図4. 出蕾 (A) および開花 (B) までの日数と着花節位との関係 (2009年度)

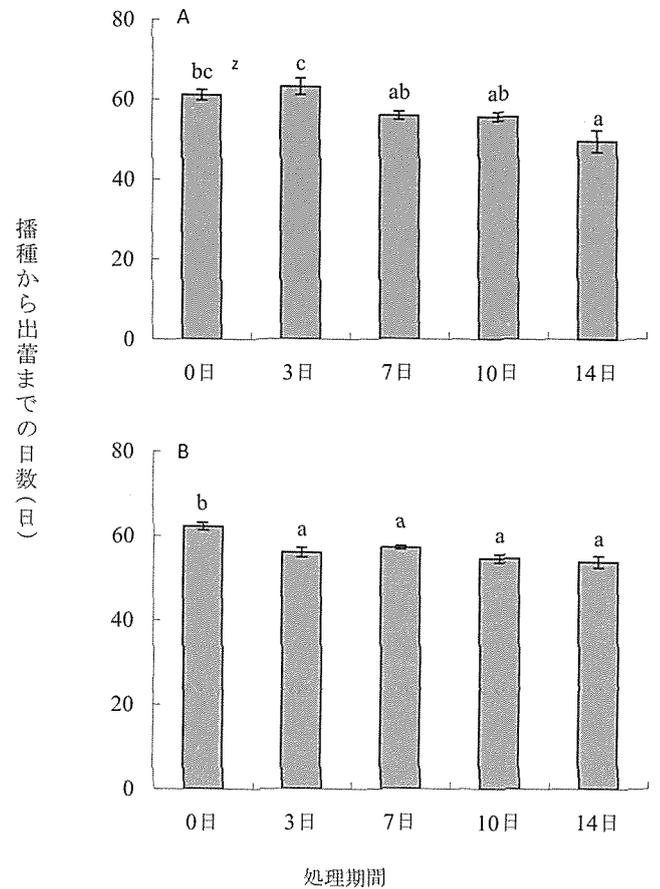


図5. コウサイタイの播種から出蕾までの日数における種子低温処理の影響 (A: 鹿児島, B: イタリア) z: Tukeyのギャップ検定により, 異文字間で有意差あり ($p < 0.05$).

で有意に早く 49.5 ± 2.7 日, 3日処理区で有意に遅く 63.2 ± 2.1 日となった。一方, 'イタリア'では, 無処理区で 62.2 ± 0.9 日と有意に遅くなった(図5)。播種から開花までの日数は, '鹿児島'では14日処理区で有意に早く 57.2 ± 2.7 日, 3日処理区で有意に遅く 69.9 ± 2.2 日となった。'イタリア'では, 14日処理区で有意に早く 62.0 ± 1.1 日, 無処理区で 69.5 ± 2.0 日と有意に遅くなった。花蕾径は, '鹿児島'では7日処理区で有意に大きく, 3日処理区, 無処理区で有意に小さくなった。'イタリア'では, 14日処理区, 10日処理区で有意に大きく, 無処理区で有意に小さくなった。花茎長は, '鹿児島'では14日処理区, 'イタリア'では10日処理区で有意に大きくなった。着花節位は, '鹿児島'では14日処理区で 13.5 ± 0.6 と有意に低く, 3日処理区で 20.4 ± 0.9 と有意に高くなった。一方, 'イタリア'では14日処理区, 10日処理区で有意に低くなった。また, 両品種において, 着花節位と播種から出蕾および開花までの日数には, 強い相関がみられた(図6)。

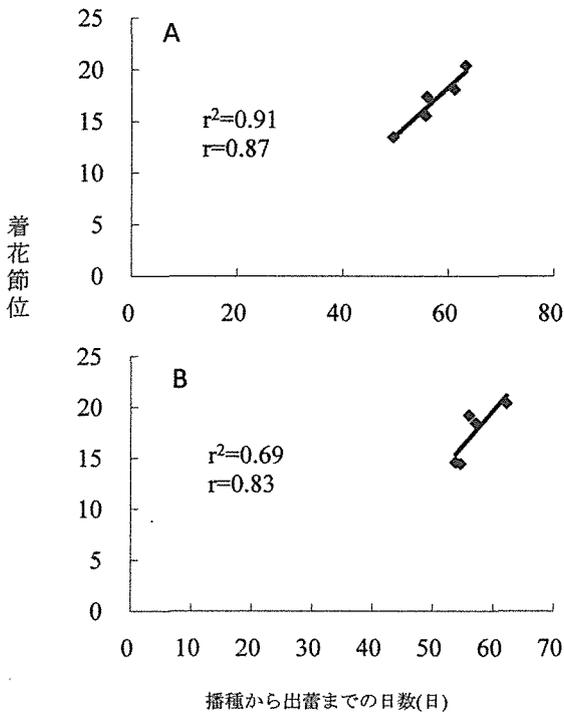


図6. 播種から出蕾までの日数と着花節位との関係 (2008年度)
(A: 鹿児島, B: イタリア)

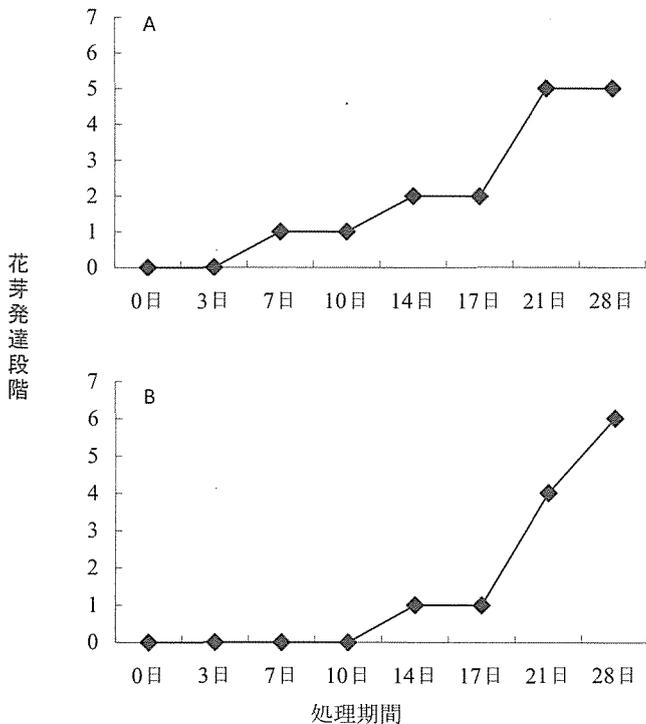


図7. 花芽発達段階 (A: 鹿児島, B: イタリア)
0: 未分化期 1: 膨大期 2: 花芽原基分化期
3: がく片分化期 4: 雄蕊・雌蕊分化期
5: 花弁伸長前期 6: 花弁伸長後期 7: 開花期

2009年度の実験では、茎長は‘鹿児島’では21日処理区, ‘イタリア’は28日処理区で有意に大きくなった。着花節位は‘鹿児島’では、7日処理区と3日処理区でそれぞれ 13.1 ± 0.3 , 13.1 ± 0.5 と有意に大きく、21日処理区で有意に小さくなった。‘イタリア’では、14日処理区で 13.3 ± 0.4 と有意に大きく、21日処理区で有意に小さくなった。

花芽発達段階は、‘鹿児島’では無処理区および3日処理区では未分化(0)であった。7日処理区および10日処理区では膨大期(1)であり、14日処理区および17日処理区では花芽原基分化期(2)で花芽形成が認められた。21日処理区および28日処理区では花弁伸長前期(5)であった。‘イタリア’では、無処理区および3日処理区、7日処理区、10日処理区では未分化(0)であった。14日処理区および17日処理区では膨大期(1)であった。21日処理区および28日処理区では花弁伸長前期(5)であり、花芽形成が認められた(図7)。

考 察

これまでに、サイシンは出蕾および到花日数が早い傾向があること⁽¹³⁾や、低温により花芽形成が促進されたことが示唆されている⁽¹²⁾。しかし、調査されている品種数は少なく、品種間差異について、ほとんど解明されていない。

両年度において、サイシン12品種の早晩性の傾向は類似していた。着花節位は、‘ホンコン菜心’、‘広東サイシン831’、‘広東サイシン621’で有意に少なく、‘渡辺サイシン’、‘中国早生菜心’、‘早生菜心’で多くなった。播種から出蕾および開花までの日数では、‘ホンコン菜心’、‘広東サイシン831’、‘広東サイシン621’で短く、‘渡辺サイシン’、‘中国早生菜心’、‘早生菜心’で有意に長くなった。このため、早期に花芽分化した品種が出蕾も早くなり、遅く花芽分化した品種は出蕾も遅くなるという結果となった。また、花芽分化の早晩性と出蕾および開花に関係があると考えられた。

本実験の結果と一致し、サイシンには品種間差異があることが報告されている。4月播種の春季実験と11月播種の秋季実験の結果、春季実験において各品種の出蕾および開花時期が早まり、早生性の高い品種では着花節位が低くなった⁽¹⁹⁾。また、日長条件も花芽発達に関係するとされ、日長の長い春季に、花芽分化およびその後の発達が促進された。カブでは24時間日長条件で栽培した場合、長期間その条件下で栽培すると花芽形成が促進するとの報告がある⁽²⁰⁾。しかし、本実験では両年度ともにほぼ同じ日長条件であったため影響は少な

かったと考えられる。

コウサイタイには生産地などの差異により品種間で早晚性があることが明らかとなっている⁽²¹⁾が、花芽形成条件に及ぼす影響についてはほとんど明らかになっていない。

2008年度では、'鹿児島'において14日処理区で有意に着花節位が少なく、処理期間が長いほど低温が満たされ、早期の段階で花芽分化段階に移行したことが示された。また、短期間の低温処理でも花芽分化が起こるため、低温感受性が敏感であると考えられる。一方、'イタリア'では、10日間処理、14日間処理で有意に着花節位が少なく、この長さの低温に遭遇することで低温要求がみたされ、花芽形成段階に移行したことが示された。しかし、'イタリア'では、これ以下の低温処理区では花芽分化は遅れたことから、10日および14日程度の期間、低温に遭遇する必要があると示唆される。さらに、播種から出蕾および開花までの日数では、'鹿児島'では14日処理区、'イタリア'では14日処理区、10日処理区で有意に短くなったことから、出蕾開花までの早晚性は着花節位と同様の傾向を示すことが明らかとなった。播種から出蕾および開花までの日数に高い相関がみられたことから、花芽分化に伴って花蕾が発達し、開花に至ったと示唆される。2009年度では、着花節位は、'鹿児島'では17日処理以上で有意に少なく、'イタリア'では21日処理以上で有意に少なくなった。'鹿児島'では14日以上、'イタリア'では21日以上で花芽分化し、発達段階も高くなった。花芽発達段階が高い区で着花節位が少なくなる傾向がみられた。

花芽形成条件についてはいくつかの報告がある。着花節位は、花芽形成条件がより早く充足されたかどうかの指標となる⁽²²⁾。サイシンと同様に早生性の高いカイランでも、低温下で着花節位が減少し、花芽分化までの日数が短くなったとの報告がある^{(18)・(23)}。さらに、早生性の高い品種で早期から花芽分化が起こるなど品種間差もみられ、本実験と一致する。'鹿児島'は短期間の低温処理区にも反応し、花芽発達段階が進み、'イタリア'よりも

'鹿児島'で早生性が高いと考えられた。さらに、無処理区で花芽形成が見られなかったことから、コウサイタイの花芽形成条件には低温が必要であると示唆された。以上の結果より、'鹿児島'は低温に敏感に反応し、短期間の低温処理区でも花芽分化が始まるのに対し、'イタリア'は'鹿児島'と比較して低温に鈍感であり、長期の低温処理が花芽分化に有効と考えられた。

本実験の結果より、アブラナ科蔬菜は抽苔に低温量を多く必要とする種が多いのに対し、サイシンは花芽分化に必要な低温量が少ないことが示唆された。これは周年栽培において、有用な形質であると考えられる。また、コウサイタイはサイシンより多く低温量を必要とするが、'鹿児島'などの早生性の高い品種を用いることで、周年の栽培が可能である。

今後、サイシンおよびコウサイタイの花芽分化および発達におけるより詳細な低温要求量および日長との相互作用が解明されることで、栽培期間が短く、かつ年中収穫できる花菜類としてサイシンおよびコウサイタイの需要が高まるものと期待できる。

摘 要

サイシン(*Brassica campestris* L.) 12品種の出蕾および開花までの日数を比較したところ、'渡辺サイシン'、'中国早生菜心'、'早生菜心'と比較して、'ホンコン菜心'、'広東サイシン831'、'広東サイシン621'で早くなった。着花節位および播種から出蕾開花までの日数には相関関係が見られた。コウサイタイ(*Brassica campestris* L. var. *purpuraria*. Bailey.) 品種'鹿児島'および'イタリア'の催芽種子を28日、14日、10日、7日、3日、0日間、2℃で低温処理したところ、両品種で、14日処理で出蕾日数が最も短く、着花節位と播種から出蕾開花までの日数に相関関係が見られた。また、'鹿児島'では14日処理以上、'イタリア'では21日以上での処理で花芽形成が見られた。

引 用 文 献

- (1) 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. 農業および園芸. 44 : 1347-1352.
- (2) 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. 静岡県農業試験場特別報告別報. 6. 12-17.
- (3) 杉山直儀. 1942. 二, 三, 十字花科蔬菜の抽苔に就いて. 農業および園芸. 17 : 89-91.
- (4) 杉山直儀. 1943. 十字花科蔬菜数種の抽苔現象に就いて. 園芸学会雑誌. 14 : 267-276.
- (5) 張 斌・柿原文香・加藤正弘. 2002. 花茎可食型 *Brassica rapa*(AA) と *Brassica oleracea*(CC) との種間雑種(AACC, AAC) における形質の遺伝および実用性. 植物工場学会誌. 14 : 92-99.

- (6) ELMERS, B., H. J. WIEBE. 1984. Flower formation of Chinese cabbage. I. Response to vernalization and photoperiods. *Scientia Horticulturae*. 22 : 219-231.
- (7) 福島栄二・上本俊平. 1951. 時無子蕪に於ける vernalization の効果. 園芸学会雑誌. 19 : 49-12.
- (8) GUTTORMSEN, G., R. MOE. 1985. Effect of plant age and temperature on bolting in Chinese cabbage. *Scientia Horticulturae*. 25 : 217-224.
- (9) 香川彰. 1966. ハクサイの低温感応性に関する研究. 岐阜大学農学部研究報告. 22 : 29-38.
- (10) MOE, R., G. GUTTORMSEN. 1984. Effect of photoperiod and temperature on bolting Chinese cabbage. *Scientia Horticulturae*. 27 : 49-54.
- (11) 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. Hort. Sci.* 63 : 99-108.
- (12) SUGE, H. 1984. Re-examination on the role of vernalization and photoperiod in the flowering of *Brassica* crops under controlled environment. *Japan. J. Breed.* 34 : 171-180.
- (13) 室園正敏・伏原 肇・吉武貞敏. 1985. 紅菜苔の抽苔促進に及ぼす低温処理の影響. 福岡農業総合試験場研究報告. B-5 : 43-46.
- (14) 山岸 博・由比 進・吉川宏昭. 1989. イタリア在来の苔用野菜‘cima di rapa’の特性. 園芸学会雑誌. 58. 別 1 : 186-187.
- (15) 芦沢正和. 1992. グルメ食品としての新野菜について. 農業技術. 47 : 80-85.
- (16) 王 博仁. 1963. 土白菜の花成と開花結実におよぼす温度と日長の影響. 園芸学会雑誌. 38 : 34-39.
- (17) 垣渕和正・藤目幸擴. 1994. 走査型電子顕微鏡によるアブラナ科野菜の花芽形成時期の観察. 園芸学会雑誌. 63 : 385-392.
- (18) 奥田延幸. 2001. カイラン (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey) の花芽形成に関する研究. 香川大学農学部紀要. 63 : 1-49.
- (19) OKUDA, N., Y. FUJIME., G. Y. MENG. 2003. Varietal differences in the budding time, days to anthesis and seed formation of Tsai-Hsin (*Brassica campestris* L.). *Acta Hort.* 607 : 19-25.
- (20) 斎藤秀幸・斎藤隆. 1992. カブの花芽形成に対する24時間日長処理期間の影響. 園芸学会雑誌. 61. 別 1 : 284.
- (21) 奥田延幸. 2008. ‘チーマ・デ・ラバ’ およびコウサイタイにおける生育特性の品種間差異. 園学中四国支部要旨. 47 : 31.
- (22) 田口亮平. 1969. 植物生理学の諸問題15. 農業および園芸. 44 : 1010-1014.
- (23) 奥田延幸・藤目幸擴. 1999. 温度制御条件下におけるカイラン (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L. H. Bailey) の花芽形成. 植物工場学会誌. 11 : 111-120.

(2010年11月8日受理)