ストックの花芽分化に対する低温要求性の品種間差異

坂西義洋・福住久代

(大阪府立大学農学部)

Varietal peculiarities of *Matthiola* in the effect of low temperature on the flower formation

Yoshihiro SAKANISHI and Hisayo FUKUZUMI

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka

Summary

1. Common stocks had been recognized to require low temperature below 15°C for 3 weeks at the stage having ten or more fully developed leaves to form flower-bud. The present studies were undertaken to ascertain whether the effect of the low temperature on flower formation differed with different cultivars of the common stocks, and to compare the growth and flowering behavior among individuals of several cultivars grown at four different seasons of the year under natural light and temperature conditions.

2. In experiment I, seventeen cultivars including early- and late-flowering ones were grown during spring and/or fall months in three glass-chambers under natural day light in which the temperature was controlled at 12°, 17° and 22°C constant.

A great diversity was noticed among different cultivars on the low temperature requirement for flower formation: that is, Seien, White Giant and Kanchidori etc., the late-flowering cultivars, were able to bring flower only at 12°C; Benikomachi, Hatsuyuki, Matsunoyuki and Ruby Improved etc., the mid-season-flowering cultivars, formed flower at 12° and 17°C; and many individuals of Snow White, Benizakura and Senshōnyuki, the early-flowering cultivars, formed flower even at 22°C.

The number of developed leaves at the formation of incipient visible bud, which was usually regarded as a criterion for physiological age of the plant, was also differed with cultivars. The range of the leaf number observed was from 8 to more than 20, and it was appeared that the late-flowering cultivars tended to have more expanded leaves than the early-flowering ones at the time of flower formation. Hereupon, it may be said that the late-flowering cultivars not only have the chilling requirement more rigorously for flower formation but also have longer period of the juvenile stage as compared with the early-flowering ones.

The relation of the temperature régime to the age of plant for flower induction was examined on the cultivars which took flower at every given temperature, and it was found that the number of developed leaves at the flower forming time was larger on the plant which grew at the higher temperature.

3. In experiment II, the materials seeded on March 2, May 25, August 25 and November 25 were grown in plastic-house under usual management. The cultivars used were Snow White, Benishio, Kōki, Senshōnyuki, Harunoyume and Shōjō, each of which had been regarded as having different characters for flower formation from the results in the experiment I.

The plants started in March were subjected to low temperature below 15°C during the first-half of the growing period, though the prevailing temperature rose gradually to above 15°C as the season advanced. All plants of Snow White and Senshōnyuki which had exhibited low chilling requirement in the experiment I took flowers within 80 days after seeding, but some plants of Kōki and Benishio and many of Harunoyume, the moderate chilling requirement cultivars, and all of Shōjō, the rigorous chilling requirement cultivar, formed no flower till fall months.

The plants which started in May and were not subjected to the low temperature till fall showed the suppression of internode elongation in summer months with the exception of Senshōnyuki which developed normally even in hot season and flowered 50 days after seeding. These plants were exposed to the low temperature at adult age in and after fall months simultaneously with the young plants started in August. Comparison of the beginning time of bolting indicated the following tendency: in some cultivars the May-plants emerged the flower-bud earlier than the August-plants, in another some the order was reversed, and in the remaining cultivars the May-and August-plants emerged the

1968年7月4日受理

bud at the same time. From the results it may be said that the relation of the plant age to the susceptibility for cold differs with different cultivars.

The plants started in December showed very slow growth during winter months, developing only 7 or 8 expanded leaves by the beginning of March. Active growth started after the middle of March, and the flower formation was noticed at the beginning or middle of April with a little distinction of the early- and late-flowering cultivars. Cultivar "Shôjô" grown in this season produced the best cut-flowers in quality than that grown in other three seasons. In the other cultivars the plants grown in this season showed a similar quality to the ones started in March.

4. Some of the materials used in the experiment II in every four seasons were applied with 50 ppm solution of gibberellin A₃ every 2 weeks from plant-

ing time. The effect on the stem elongation was not so apparent in the case of the March-plants, being distinctive in the August-plants. The most remarkable effect was obtained on the May-plants, as the treated plants showed no suppression of internode elongation in hot season. Flower formation and development were hastened generally by the gibberellin treatment in every season, though the extent of the effect was differed among different cultivars and seasons.

Among the effects of gibberellin on flowering, the following cases are noteworthy: cultivar "Harunoyume" started in March, of which more than half of the plants failed to induce flower-bud, was affected to take flower in all by the treatment, and cultivar "Snow White" started in May was induced flower formation during summer without chilling.

I. 緒 言

ストックの花芽分化に低温が必要であることは POST (1934) が Column 系の品種 Lilac Lavender において最低 50°F で育てた株は開花するが、最低 60°F では花芽が形成されないと報告して以来一般に認められている。POST (1942) はその後の実験にもとづいて、Column 系のストックは本葉が 10 枚展開する苗令に達してから、50~60°F の低温に 21 日間おかれることによつて花芽が形成され、そしてこの間にときどき高温の日があつてもそれが 3 日以上に間隔があいていれば影響をうけないと報じた。以来この条件が切花用ストックの花芽形成に対する低温要求度の基準とされてきた。一方、EMSWELLER および BORTHWICK (1937) は Single homozygous strain のストックは、17 時間の日長下で 50°F に 3 日おかれると花芽分化を起こすことを認めた。また HEIDE (1963) は、北欧諸国で広く切花用栽培されている Brilliant stock の低温要求性を見ている。それによるとこの系統の品種はスカンジナビアの夏の自然日長下では 20°C の高温でも分化するが、9 時間の短日におくと 20°C では分化せず、より低温を必要とする。また花成の誘起は本葉 2 枚の苗令時にすでに受け、Column 系のものより juvenile stage が短いという。BISWAS および ROGERS (1963) は Column 系の Lilac Lavender と Ball Supreme について、花芽分化を起こす苗の最小葉枚数は両品種とも同じであるが、分化には 50°F 以下の低温が前者では 7 日、後者では最低 12 日間必要であるという品種間差異を認めた。さらに 70°F の昼温、50°F の夜温を与えた場合、Ball Supreme は低温時に 400 f.

c. の光量を与えないと花芽分化しないが、Lilac Lavender は 50 f. c. でも分化を起こすという差異を見た。

POST が用いた Column 系の品種は、大阪付近の無暖房ハウスで 9 月中下旬に定植すると 2 月下旬以降に開花してくる品種であるが、近年早生品種の育成が進み、きわめて早く開花する品種が選抜されている。ストックにおける開花の早晩性を支配する条件として、(1) 低温に感応する苗令の程度、すなわち juvenile phase の長短、(2) 花成誘導の限界温度の高低、(3) 低温要求期間の長短、(4) 分化から開花までの日数の長短などが考えられるほか、日長条件や花芽分化前後の温度条件の相違も開花の早晩に影響を及ぼすものと思われる。

本実験は実験 I としてストックの早生から晩生にいたる諸品種を 12°C、17°C、および 22°C の恒温条件下で育て、花成に対する低温要求度の品種間差異の有無を確かめ、開花の早晩性との関連をみるとともに、実験 II としてハウス内で諸品種を温度、日長条件のことなる年間の 4 期にわけて栽培し、自然環境の違いが生育開花にいかなる影響を及ぼすか、またその場合に品種間差異がいかなるものであるかを見たものである。

実験 I. 恒温で育てた諸品種の 生育、開花の比較

1. 材料および方法

実験は春、秋の 2 期にわけて行なつた。供試品種は早生、中生、晩生の分枝および無分枝の両タイプのものから選び、ともに 1 本仕立てとした。供試品種名とそれらを 9 月中旬にハウス内に定植し普通栽培した場合の開花期を第 1 表に示した。

Table 1. List of cultivars used.

Cultivar	Specific time of flowering in plastic-house applying usual productive practices*
Hatsuyuki	End of November
Senshōnoyuki	do.
Benikomachi	do.
Benizakura	do.
Snow White	Beginning of December
Benishio	Middle of December
Ruby Improved	do.
Wakazakura	End of December
Kōki	do.
Kanchidori	Beginning of February
Seien	Middle of February
Bunshisei-Seien	End of February
Matsunoyuki	do.
Harunoyume	do.
Giant Red	do.
White Giant	Beginning of March
Shōjō	Middle of March

* Planted in soil in bed on September 20, 1965.

春期の実験では 1965 年 3 月 6 日には種した苗を用いた。本葉が 2~3 枚に達した 3 月 31 日に、各品種が乱塊法に従って配置されるよう 6cm 間隔で平箱内に定植した。は種および定植とも用土としてパーミキュライトを用い、は種から定植まで 17°C の恒温を保つコイトロン内においた。定植後の活着をまつて 4 月 5 日に 12°C, 17°C, および 22°C の恒温に移された。各区 1 品種につき 20 個体が用いられた。

秋期の実験では 8 月 16 日には種し、9 月 4 日に定植した。は種および定植の方法は春の場合に準じたが、9 月 13 日に各温度の恒温室に移すまでは天窓、サイドともに開け放したガラス室内で育苗した。

両期のもとも培地の水分、肥料条件を均一にするため、Hoagland-Arnon 液を 1/2 の濃度にし、培地の乾燥状態を判断したうえで適時灌水を兼ねて施用した。ただし高温区ほど乾燥が早いので、この施肥を兼ねた灌水は 12°C での乾燥状態を基準に行ない、高温区における追加の灌水は水道水のみで行な

つた。

調査は春の実験では 4 月 5 日の温度処理開始から 8 月 13 日まで、秋は 9 月 13 日の処理開始から 12 月 20 日まで、ともに 1 週間おきに行なつた。調査項目は草丈の伸長経過、花芽分化の時期および分化時の展開葉数、総葉数、開花日である。なお生長点に花芽が肉眼で識別し得たときを花芽分化時とし、花序の第 1 小花が着色したときを開花日とした。

2. 結 果

i) 各温度区における各品種の供試個体に対する花芽分化および開花個体の割合を第 2 表に示した。12°C 区のものはいずれの品種も花芽分化を行ない、しかも多くの品種が 100% 分化し、開花に至つた。17°C では光輝、ホワイト・ジャイアント、ジャイアント・レッド、猩々、寒千鳥の各品種は花芽を形成しなかつた。しかしスノー・ホワイト、紅桜、初雪、紅小町は全株が花芽を分化し開花した。またルビー・インブルー、春の夢、若桜、紅潮の多くの個体と、松の雪、青苑、分枝性青苑の若干の個体が花芽分化した。22°C では多くの品種で花芽形成が妨げられた。しかしスノー・ホワイトの半数以上、先勝の雪の 3 分の 1、紅桜、紅潮の若干個体が花芽を形成した。

以上のように花芽分化に対する低温要求度は品種によ

Table 2. Rate of flower induced plants at three different constant temperatures. Figures in parentheses show percentage of plants developed into bloom by termination of experiments.

Cultivar	Percentage of flower induced plants*					
	Experiment in spring (Apr. 5-Aug. 13)			Experiment in fall (Sept. 13-Dec. 20)		
	12°C	17°C	22°C	12°C	17°C	22°C
Snow White	100(100)	100(100)	50(50)	100(92)	100(100)	67(0)
Benizakura	100(100)	100(100)	25(13)	100(92)	100(92)	9(0)
Hatsuyuki	100(100)	100(100)	0(0)	100(100)	100(84)	0(0)
Benikomachi	100(100)	100(100)	0(0)			
Ruby Improved	100(100)	63(63)	0(0)	100(9)	92(25)	0(0)
Harunoyume	100(100)	38(38)	0(0)			
Wakazakura	88(75)	43(43)	0(0)			
Matsunoyuki	100(75)	13(13)	0(0)	100(0)	9(0)	0(0)
Bunshisei-Seien	100(100)	13(13)	0(0)	100(0)	0(0)	0(0)
Seien	100(100)	0(0)	0(0)	100(0)	34(0)	0(0)
Kōki	100(88)	0(0)	0(0)			
White Giant	100(100)	0(0)	0(0)	100(0)	0(0)	0(0)
Kanchidori	75(63)	0(0)	0(0)			
Shōjō	50(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
Benishio				100(34)	75(50)	16(0)
Senshōnoyuki				42(8)	59(34)	34(26)
Giant Red				75(0)	0(0)	0(0)

* Visible flower bud was shown slightly in whole of surrounding foliage at stem tip.

つてかなり異なる。低温要求度の違いによつて型をわけると次のような区別ができる。(A) 12°C, 17°C ではすべて、またはほとんどの個体が花芽分化し、22°C でもかなりの個体が分化するもの……スノー・ホワイト、紅桜、紅潮、(B) 12°C と 17°C では上と同じであるが、22°C では分化しないもの……初雪、紅小町など、(C) 12°C では全個体、17°C でも半数が分化するが、22°C では分化しないもの……ルビー・インブルード、若桜、春の夢など、(D) 12°C では全個体が分化するが、17°C では小数が分化、22°C では分化しないもの……松の雪、分枝性青苑など、(E) 12°C でのみ分化……青苑、光輝、寒千鳥、ホワイト・ジャイアント、ジャイアント・レッド、猩々など。

以上のほか先勝の雪は 12°C よりも 17°C において花芽分化する個体が多いという特殊な性質を示した。

なお、春期実験で青苑は 17°C では花芽を分化しなかつたのに対し、秋期実験では同じ温度で3分の1の個体に花芽分化が見られたほか、17°C, 22°C 両区の分化率が両期でやや異なっているものがある。日長や光量など両期の光条件の違いによるものか、または低温感性性に関する個体差があつて、その標本誤差にもとづくものであるかは明らかでない。

ii) 花芽分化時の総葉数と展開葉数を第3表に示した。葉数の少ない品種ほど若い葉令時に花芽分化したことになるが、12°C 区のものでみると、スノー・ホワイト、紅桜、初雪、紅潮、先勝の雪は最も葉数が少なく、展開葉 10~12 枚の時に花芽が認められた。ルビー・インブルード、光輝、松の雪、紅小町、春の夢、若桜、寒千鳥などの分化時の展開葉数はこれより数枚多かつた。猩々は他の品種とかけはなれて特に多くの葉を展開させた後に花芽分化を行なつた。なお、ホワイト・ジャイアントで特に顕著であるが、他の品種でも秋は春よりも少ない葉数で花芽分化しており、また 17°C

Table 3. Leaf number to bloom at three different constant temperatures. Figures in parentheses show number of expanded leaves at time of flower initiation*

Cultivar	Leaf number					
	Experiment in spring (Apr. 5-Aug. 13)			Experiment in fall (Spt. 13-Dec. 20)		
	12°C	17°C	22°C	12°C	17°C	22°C
Snow White	20(12)	24(14)	34(26)	20(10)	27(14)	45(35)
Benizakura	16(10)	24(12)	44(31)	16(8)	21(12)	42(34)
Hatsuyuki	19(12)	23(12)	—(—)	20(9)	23(10)	—(—)
Benikomachi	23(17)	24(16)	—(—)			
Ruby Improved	24(15)	28(16)	—(—)	23(10)	28(16)	—(—)
Harunoyume	32(17)	36(18)	—(—)			
Wakazakura	26(17)	34(24)	—(—)			
Matsunoyuki	31(16)	42(30)	—(—)	29(13)	55(31)	—(—)
Bunshisei-Seien	29(18)	52(32)	—(—)	34(16)	—(—)	—(—)
Seien	29(21)	—(—)	—(—)	30(14)	47(31)	—(—)
Kôki	27(15)	—(—)	—(—)			
White Giant	43(33)	—(—)	—(—)	38(15)	—(—)	—(—)
Kanchidori	29(18)	—(—)	—(—)			
Shôjô	66(52)	—(—)	—(—)	—(—)	—(—)	—(—)
Benishio				18(9)	20(12)	50(39)
Senshônuyuki				29(12)	33(17)	53(31)
Giant Red				31(15)	—(—)	—(—)

* Visible flower bud was shown slightly in whole of surrounding foliage at stem tip.

Table 4. Average number of days for initiation of visible bud at three different constant temperatures. Figures in parentheses show days from visible bud to first floret colored.

Cultivar	Days from removing to constant temperatures*					
	Experiment in spring (Apr. 5-Aug. 13)			Experiment in fall (Sept. 13-Dec. 20)		
	12°C	17°C	22°C	12°C	17°C	22°C
Snow White	49(28)	42(21)	56(21)	35(35)	35(28)	63(—)
Benizakura	42(28)	35(21)	77(21)	35(49)	42(28)	98(—)
Hatsuyuki	42(28)	42(21)	—(—)	35(42)	35(35)	—(—)
Benikomachi	56(21)	42(21)	—(—)			
Ruby Improved	56(21)	49(21)	—(—)	42(56)	49(35)	—(—)
Harunoyume	56(21)	42(21)	—(—)			
Wakazakura	56(28)	56(14)	—(—)			
Matsunoyuki	63(21)	56(14)	—(—)	49(—)	70(—)	—(—)
Bunshisei-Seien	63(28)	63(21)	—(—)	56(—)	—(—)	—(—)
Seien	63(21)	—(—)	—(—)	49(—)	77(—)	—(—)
Kôki	56(28)	—(—)	—(—)			
White Giant	77(21)	—(—)	—(—)	56(—)	—(—)	—(—)
Kanchidori	63(28)	—(—)	—(—)			
Shôjô	119(—)	—(—)	—(—)	—(—)	—(—)	—(—)
Benishio				35(49)	35(28)	91(—)
Senshônuyuki				42(56)	35(28)	45(21)
Giant Red				63(—)	—(—)	—(—)

* Plants were removed to three different constant temperatures one month after seeding.

で花芽分化した品種では、12°Cにおかれた同じ品種の個体よりも少ない葉数で花芽を形成させた。

iii) 温度処理開始から花芽分化までの日数を第4表に示した。

分化までの日数は品種によつてかなり異なり、春期実験の12°C区について見ると、スノー・ホワイト、紅桜、初雪では6～7週間以下、紅小町、ルビー・インブルー、春の夢、若桜、光輝では約8週間、松の雪、青苑、分枝性青苑、寒千鳥では9週間、猩々では極端に長く17週間であつた。

春秋の両期の実験でともに供試されたすべての品種において秋期のほうが春期よりも約1週間花芽分化までの日数が短かつた。処理温度との関係を見ると、12°Cと17°Cとでは処理の時期により、また品種によつて12°Cのほうが短かつたものと、17°Cのほうが短かつたものとがあつて一定の傾向は見られない。しかし22°Cで分化したものはいずれの品種でも、12°Cおよび17°Cよりも長い日数を要している。花芽分化から開花までの日数と低温要求度によつてわけられた品種の型との間の関連は見られず、春期実験においては猩々を除くいずれの品種も花芽を認めてから3～4週間で開花している。いずれの品種においても秋期実験では春の場合よりも開花までの日数がかなり長くなっている。

iv) 各温度下での生長曲線を第1図に示した。高性種かわい性種かによつて生長度そのものは異なるが、伸長経過の型は同様であるから、ここでは特異な伸長経過を示した先勝の雪を除く全品種の生長曲線がおちる範囲を示した。高性種の生長曲線は図で示された範囲の上部、わい性種は下部をたどっている。なお、花芽を形成した株と栄養生長を続けた株とは伸長状態が異なるので区別した。

春期、秋期ともに、生長の初期には高い温度下のものがすみ

やかな伸長を示したが、中期以降からは温度の高い区ほど伸長が押えられており、ことに22°Cではきわめて抑制されている。しかし先勝の雪のみは例外であつて高温区でも順調な伸長を示した。

実験 II. 異なる季節に栽培した諸品種の生育、開花の比較

1. 材料および方法

供試品種はスノー・ホワイト、紅潮、光輝、先勝の雪、春の夢および猩々の6品種で、これらはそれぞれ実験Iにおいて花芽分化に対する温度要求が異なると見なされた品種である。

生育期間が春期、夏期、秋期および冬期と区別されるように、は種を1967年3月2日、5月25日、8月25日および11月25日の4回にわけて行ない、いずれも1回

Fig. 1. Patterns of height growth of various cultivars at three different constant temperatures. Growth curves of all cultivars other than 'Senshōnoyuki' are drawn within the range shown by shadow figures.

仮植の後、展開葉2～3枚時のそれぞれ4月12日、6月26日、9月21日および12月29日にハウス内のベッドに15×15cm間隔で標準の用土に定植し、普通の栽培を行なった。これらをそれぞれ春まき区、夏まき区、秋まき区および冬まき区と称することにする。各区とも1品種30個体を用い、うち10個体には定植後出蕾まで2週間おきに Gibberellin A₃ (GA) の 50 ppm 水溶液を葉面散布した。なお6月8日から10月9日まで室温を下げるためハウス外部に黒の寒冷紗をかけて50%の遮光をした。

定植時より1週間ごとに草丈、節数を測定し、花芽発達、開花の状態を観察したが、春まき区では6月末、夏まき、秋まき区は3月中旬、冬まき区は5月上旬に打ち切った。実験Iでは葉群につつまれた生長点に花芽を認めえた時を花芽分化と見なしたが、ここではそれよりもややすすみ、葉群の中に出現した花蕾が認められた時を花芽が形成されたものとしたため、前者と区別して発蕾と称する。

2. 結 果

第2図に実験期間中のハウス内の温度を、第3図に各区における伸長増加曲線を、第5表に発芽から発蕾までと発蕾から開花までの日数をかかげた。

春まき区では定植後最低気温が15℃を割つた日は41日であつた。この期のものはいずれの品種もすみやかな伸長を示した。先勝の雪とスノー・ホワイトの全株、および紅潮、光輝の大部分の株は発芽から約80日、定植から約40日後にあたる5月下旬に草丈30～40cmで開花した。しかし春の夢の60%と猩々の全株は実験打ち切りの6月末までに花芽分化を行なわなかつた。第6表に6月末における各品種の開花率を示した。GA処理に

Table 5. Average number of days for flower bud formation and bloom in plants with and without GA grown in plastic-house in four different seasons. Figures out and in parentheses show days from germination to visible bud* and from visible bud to first floret colored respectively.

Cultivar	Month started	Number of days	
		Non-GA	GA
Senshōnoyuki	Mar.	73 (8)	68 (10)
	May	53 (7)	48 (9)
	Aug.	66 (38)	59 (24)
	Nov.	138 (11)	129 (15)
Snow White	Mar.	70 (13)	68 (11)
	May	166 (61)	88 (55)
	Aug.	76 (60)	67 (44)
	Nov.	126 (19)	121 (7)
Benishio	Mar.	69 (12)	68 (10)
	May	172 (63)	171 (45)
	Aug.	81 (66)	77 (50)
	Nov.	135 (15)	126 (18)
Kōki	Mar.	75 (7)	74 (6)
	May	183 (56)	183 (52)
	Aug.	89 (62)	83 (40)
	Nov.	130 (17)	124 (20)
Harunoyume	Mar.	82 (8)	72 (7)
	May	227 (58)	216 (59)
	Aug.	110 (71)	89 (70)
	Nov.	132 (16)	128 (21)
Shōjō	Mar.	— (—)	— (—)
	May	189 (69)	204 (59)
	Aug.	151 (47)	144 (49)
	Nov.	135 (18)	135 (17)

* Flower bud was shown appreciably in whole of folded leaves at stem tip.

Fig. 2. Changes in temperature in plastic-house during four growing seasons.

Table 6. Rate of flowered plants to all seeded on March 2 and grown in plastic house. Based on measurements by end of June.

Cultivar	Percentage	
	Non-GA	GA
Senshōnoyuki	100	100
Snow White	100	100
Benishio	93	100
Kōki	85	80
Harunoyume	40	100
Shōjō	0	0

Fig. 3. Height growth of six cultivars with and without GA treatments during four growing seasons in plastic-house.

よる草丈伸長に対する影響はこの期のものでは顕著でなかつたが、各品種の開花をやや早めた。ことに春の夢では発蕾率が高まって全株が開花し、また発蕾や開花までの日数が顕著に短縮された。

夏まき区では幼苗期には 15°C 以下の低温を受けず、多くの品種で約 60 枚の展開葉がみられた 9 月下旬以降になつて最低気温が 15°C を割つた。平均気温が 15°C 以下となつたのは 11 月上旬以降である。この期の栽培では先勝の雪のみが急速に伸長し約 50 日で開花した。このことは実験 I で本品種の花芽分化が他の品種と異な

り、やや高温で促進されたという結果と一致する。その他の品種の GA 無処理株は生育のごく初期の生長は順調であつたが、次第に節間伸長が抑制され、いわゆる高出ロゼットの状態を示し、10 月に入つてふたたび伸長が盛んとなつた。第 7 表は 7 月中旬にすでに発蕾をみた先勝の雪を除く各品種の 7 月から 10 月に至る月別の 1 日当たり草丈伸長量を示したものである。各品種とも GA 無処理株では 8 月および 9 月の草丈伸長量はその前後の月に比べ低いことが明かである。一方 GA 処理はこの高出ロゼット打破に顕著な効果があり、夏的高温期間中も

Table 7. Monthly average of daily growth in length in plants with and without GA started on May 25.

Cultivar	Treatment	Daily growth in mm			
		July	August	Sep- tember	October
Snow White	Non-GA GA	3.4 7.3	2.3 10.4	2.3 7.3	5.5 Flowered
Benishio	Non-GA GA	3.0 6.2	2.4 8.2	2.2 6.0	4.5 6.3
Kôki	Non-GA GA	2.9 5.8	2.0 6.9	1.6 5.7	4.0 5.4
Harunoyume	Non-GA GA	2.5 4.5	2.0 6.1	1.3 5.7	3.1 5.1
Shôjô	Non-GA GA	2.9 4.9	1.8 6.5	1.3 5.8	3.8 4.4

伸長量は低下しなかつた。

なお、この期の GA 処理が特に顕著な効果を示したのはスノー・ホワイトの開花に対してであり、この品種は低温に合わなかつたにもかかわらず処理によつて8月下旬に発蕾し、10月下旬に開花した。ただしこの場合、主茎の花はブラインドや奇型になり、側枝の花が早くしかも正常に咲くという異常がみられた。

夏まき株はかなり生長が進んだ後に、まだ幼苗である秋まき株と同時に花成誘導の条件である自然の低温をうけた。GA 無処理の秋まき株では 11 月上旬に発蕾をした先勝の雪に続き、スノー・ホワイト、紅潮、光輝がいずれも 11 月中旬に、春の夢が 12 月中旬、猩々が 1 月下旬に発蕾した。これと夏まき株の発蕾期を比較すると、スノー・ホワイト、紅潮、光輝では両期の株がほぼ同時に発蕾し、先勝の雪、猩々では夏まき株、春の夢では秋まき株の発蕾が早いという品種による差異がみられた。なお、秋まき株における GA の影響をみると先勝の雪では草丈伸長効果を示さなかつたが、他の品種では一様に伸長を促進し、全品種の発蕾を早めた。

冬まき区では播種時の平均気温が 15°C 以下であり、は種床での発育はおそく、本葉 2～3 枚が現われて定植に移されたのは約 1 か月後の 12 月下旬であつた。定植後の幼苗は冬の間あまり伸長せず、また展開葉の増加も少なく、発芽から約 90 日後の 3 月 5 日において各品種とも 7～8 枚であつた。活発な伸長を開始したのは 3 月以降で、発蕾は 4 月上・中旬、開花は 4 月下旬となり、早生、晩生の差があまりみられなかつた。これらの開花時の草丈および総葉数を 5 月下旬から 6 月上旬にかけて開花した春まき株と比較すると、先勝の雪、光輝、紅潮では冬まきと春まき株の草丈はほぼ等しく、スノー・

ホワイト、春の夢では春まき株のほうが大である。葉数においては先勝の雪では両期のものに差を認めなかつたが、春の夢、スノー・ホワイト、光輝では春まき株、紅潮では冬まき株のほうが大であるという品種差異を示した。なお猩々は春まきの場合には 6 月下旬に 87 枚の葉を分化させ、草丈が 38 cm に達していたにもかかわらず花芽分化しなかつたのに対し、冬まき株は 4 月中旬に発蕾し、5 月上旬に草丈 42 cm、総葉数 39 枚で開花し、しかも 4 期の栽培のうちで最も商品価値の高い切花が得られた。

冬まき株に対する GA の効果についてみると、いずれの品種においても草丈を増加させているが、無処理の場合にごく短い草丈で開花したスノー・ホワイトにおける伸長促進効果が特

に顕著であつた。一方花芽形成時の総葉数は、処理、無処理の間に差がみられなかつたスノー・ホワイトを除き、いずれも処理株が少なくなっている。

考 察

実験 I によつて、晩生品種ほど低温要求性が強く、早生になるほどより高い温度で花芽を形成させ得ることが明らかにされた。いまでも低温要求性の異なる品種を 9 月上旬に同時に定植し、自然環境下で栽培した場合、季節が進み気温が低下してゆくのに伴つて、17°C では勿論、22°C の高温でも分化しうるスノー・ホワイト、紅桜がまず花芽をつけ、次に 22°C では分化しないが 17°C で分化しうる初雪、紅小町などがこれについて花芽を形成することになる。しかしホワイト・ジャイアント、寒千鳥、猩々などのように 17°C ではもはや分化をしない品種はさらに季節がすすんでからでないと花芽をつけないものと推測される。このように低温要求性の強弱がまず開花の早晩性を支配する一つの要因であろう。次に温度条件が満されて花芽分化が誘起される時の苗令についてみると、早生の品種ほど少ない葉数時に分化を起こすという傾向が認められた。葉が何枚形成された後に花芽分化が起こつたのかは開花時の総葉数によつてわかるが、12°C の定温で育てたものでみると、早生であるスノー・ホワイト、紅桜、初雪では総葉数が 20 枚以下であるのに対し、晩生品種の青苑が 29 枚、松の雪が 31 枚、ホワイト・ジャイアントでは 43 枚となつている。少ない葉数で花芽分化する品種ほど juvenil stage が短いものと見なされるが、この juvenil stage の長短と低温要求度の高低とは一応別個の要因であると思われる。しかし本実験で早生品種は晩生品種より低温要求度が低く、しかもより若い葉令時に花芽分化を起こすという両

要因があたかも相互に関連すると見られるような結果が得られた。これは多分品種の育成過程において、このような性質を合わせ持つものが早生品種として淘汰選別されたことによるのではないかと考えられる。なお低温要求度が強く、この点だけでは晩咲きとなりうる品種でも、もし若い葉令時で低温に感応するならば、それだけ開花が早くなるはずである。光輝はこのタイプに属すると思われる。なお、POST がストックの花芽分化に要する低温および苗令について明らかにしたのは、本実験における晩生種すなわち青苑、寒千鳥、ジャイアント・レッド、ホワイト・ジャイアントなどのタイプに対する条件であつたといえる。

処理温度と花芽分化を起こす限界苗令との関係を 12°C と 17°C 、あるいは 12°C 、 17°C 、 22°C の各恒温下でともに花芽を形成した品種についてみると、いずれの品種においてもより低い温度におかれた株ほど、苗令がより若いときに花芽分化を行なっている。すなわち、低温におかれたものほど juvenil stage が短い。

低温による花成誘導期間中に長日を与えると、短日下よりも花芽分化が促進されることを塚本および小西(1960)は Ever-sporting 系の品種で、HEIDE (1963)は Brilliant stock で明らかにしている。春秋の両期に同一の恒温で栽培した実験 I の株について温度処理開始から花芽分化までの日数を比較すると、いずれの品種においても秋期のもののほうが短い。春期実験の低温開始時の日長は 12 時間 30 分であつたが、早生種の花芽が識別された 50 日後には 14 時間と次第に長くなつており、一方秋期実験では低温開始時が 12 時間 45 分で、早生、中生種に花芽を認めえた 40 日後には 11 時間であるという日長条件の違いがあつた。日長条件だけで考えれば春期のほうが早く花芽分化するはずであるが、秋でむしろ早かつたのは、低温処理までの育苗期間は秋期実験のほうがかなり高温であつたという両期の温度条件の違いが、この程度の日長条件の違いよりも強い影響を及ぼしたためではないかと考える。

花芽分化から開花までの日数と早生、晩生との関係は認められず、ただ温度の高い区のものほど早く開花した。この点 EMSWELLER および BORTHWICK (1937) の花芽分化後は高温のほうが発達が早いという結果と一致する。また秋のほうが春よりもいずれの品種でも花芽分化から開花までの日数が長くなっているが、これは両氏の花芽分化後長日が発達を促進させるという実験結果および BISWAS および ROGERS (1963) の光量が大なるほど開花が早められるという報告からみて、秋期実験でのより短日と低照度の影響によるものと思われる。

実験 II での 3 月上旬まきの株においてスノー・ホワイト、先勝の雪、紅潮の各品種では 6 月上旬までにほとんど全株が開花し、猩々は花芽分化さえ認められなかつたという結果は、前者は低温要求度が弱く、後者は低温要求度が強くてもしかまかなり苗令がすすんでからでないとは花芽分化を起こさないという実験 I の結果と一致する。しかし実験 I において 12°C の定温区でのみ花芽を分化した光輝を、3 月上旬には種し、自然環境下で育てた場合、6 月上旬までに 85% もの株が開花したのに対し、 17°C の恒温で約 3 分の 1 の個体花芽分化をし、光輝よりも低温要求度が弱いと思われる春の夢では同様の栽培において 60% の個体が 6 月末に至つても未分化の状態であるという現象がみられた。光輝の大部分の株が開花したのは、この品種の低温要求度はかなり強いが、少ない葉令で低温に感応しうするため、この期の低温条件が花成に対し限界的にはたらいたためと考えてよく、一方春の夢は低温要求性などの花芽分化に関する genotype が heterogenous であつて、ある個体はこの期の低温条件をうけて花芽分化するが、他の個体はこの条件に不足で花芽分化を起こさなかつたためかと考えられる。事実この品種は低温が十分でないで開花の不ぞろいをきたすため、営利栽培では 11 月～12 月まきで春出しとしており、本実験の秋まき株においても、は種から出蕾までの日数の標準偏差が光輝では ± 6 日、スノー・ホワイトでは ± 5.5 日であつたのに対し、春の夢では ± 14 日であり、出蕾、開花についてかなりのばらつきを示していた。

次に 5 月 25 日まきの株についてみると、幼苗期に 15°C 以下の低温にあわなかつたにもかかわらず、先勝の雪のみは高温によるロゼット状態になることなく、発芽から 50 日後に出蕾し開花に至っている。本品種は実験 I において 22°C の恒温下でも花芽分化し、しかも 12°C よりも 17°C のほうがむしろ早くより多く分化するという低温要求度の低い特殊なタイプのものであつた。またこの品種は特殊な栽培条件で育てた実験 I では、各温度において、花芽を分化した株と分化しない株とに分かれたが、実験 II においてはいずれの期のものも全株がかなりまとまつて出蕾、開花した。すなわち 3 月まき、5 月まき、8 月まきおよび 11 月まきの株の発芽から出蕾までの日数とその標準偏差はそれぞれ 73 ± 3 日、 53 ± 4 日、 66 ± 6 日および 138 ± 3 日であつた。両実験の栽培状態から考え、先勝の雪の花芽分化に対する温度条件の幅は広いが、日照や栄養条件による影響を他品種よりも強く受けるものであると思われる。

先勝の雪を除き、幼苗期に花芽分化をしなかつた 5 月まきの各品種は秋の低温を受けることによつて苗令が進

んでから出蕾した。これらの株は8月まき株と同時期に低温感応をうけたのであるが、両者の出蕾時を比較すると、スノー・ホワイト、紅潮、光輝では5月まき、8月まきの株がほとんど同時期に出蕾したが、春の夢は5月まきのものが8月まき株より約3週間おそく出蕾し、逆に猩々では約8週間も早く出蕾した。春の夢で5月まきの株の出蕾がおくれたのは低温到来時に苗令が進みすぎ、低温感応性が幼苗のものより弱くなつていたためではないかと考えられる。猩々は特に低温要求の強い品種であり、さらに実験Iで明らかにされたように低温感応はかなり苗令が進んだ後に行なわれるという傾向をもつため、低温到来時により苗令が進んでいた5月まき株のほうが早く花芽分化を起こしたのではないかと考えられる。一方は苗令の若いほうが低温感応性が大きく、他方は苗令の進んだ時に大となるという相反する性質は、異なる品種を用いた KOHL (1958) ならびに HEIDE (1963) の両実験から判断されるように品種間差異によるものと考えられる。

KOHL は花芽分化に要する低温の必要日数と苗令との関係を Avalanche という品種を用いて見ているが、は種時から分化適温の 60°F におかれた株は 85 日、適温にあうまで 100 日および 130 日間高温におかれた株はそれぞれ 15 日および 6 日で花芽分化したことから、ある範囲内では苗令が進むほど低温要求性は減少すると報告している。これに対し、HEIDE は Brilliant stock においては種後 15 日という割合早い stage で低温にあわせたほうがより苗令が進んでからあわせるよりも早く花芽分化が行なわれることをみた。

なお5月まき株の高出口ゼット状態についてであるが、高温によつて伸長が抑制されたものであるとすれば、7、8月の最高温時が最低の伸長度を示すと考えられるのに、第7表でみられるように本実験の結果では9月の伸長が最も低下している。これは多分高温による伸長抑制効果（この場合高出口ゼット）は株の age がやや進んだ時のほうが大であることと、ロゼット打破のためには10月以降の低温が必要であつたためによるのではないかと考えられる。株の age によつて伸長の適温が変わり、幼時にはやや高く、age が進むとより低くなることは第I実験の結果からもわかるが、紅潮を用いた別の実験でも明らかにされた。すなわち第8表は 22°C で育てた株を本葉 2, 6, 10 枚時にそれぞれ 12, 17, 22°C に移した株の3および5週間後の草丈を示したものであるが、3週間後では 22°C 区の草丈が最大で、5週間後に至ると最も若い2枚時入室の株を除き、17°C の草丈が最大となり、ことに最も age の進んでいた10枚時

Table 8. Increase in height of cultivar "Benishio" 3 and 5 weeks after removing to different constant temperature regimens. Plants having 2, 6 and 10 expanded leaves were removed from 22°C to three different temperatures.

Number of leaves at removing	Temperature °C	Increase in height in cm	
		3 weeks	5 weeks
2	12	0.1	0.3
	17	0.9	2.8
	22	1.5	3.7
6	12	0.2	0.5
	17	1.7	7.0
	22	2.7	6.1
10	12	0.6	2.5
	17	2.4	10.6
	22	3.3	6.2

入室のものにおいて 17°C で伸長が顕著に大であつた。

GA 処理による茎の伸長および開花に対する効果は品種により、また処理の時期によりかなり異なつていた。すなわち、高温による節間伸長抑制作用を打破し、夏の株に顕著な伸長促進をもたらした効果は別として、春には茎の伸長促進効果がなく、秋では明らかであるという一般現象が、先勝の雪ではみられなかつたことや、3月まきの紅潮および春の夢の出蕾率を高めたが光輝ではこのようなことはなく、また夏のスノー・ホワイトでは高温下での花芽分化を促したが、他の品種ではこの現象がみられない。さらにごく短い草丈で開花するスノー・ホワイトの冬まき株の草丈伸長に GA 処理が他の品種よりも特に顕著な伸長促進効果を示すという事実などがあげられる。

BISWAS および LOGERS (1963) は Column 系の Lilac Lavender と Ball Supreme での実験において花成のための低温処理は内生 GA の含量を増加させ、その濃度は前者のほうが後者よりはるかに高いこと、また前者は出蕾時に含量増加を示すが、後者では増加がみられないという品種差を認めるとともに両品種ともに 70°F では花芽分化しないが、Lilac Lavender は GA 処理によつて開花せしめうることをみた。なお開花を招かなかつた Ball Supreme も処理により体内の GA 濃度は増加していることから、この不開花は葉からの GA 吸収能力がなかつたためではないとしている。

本実験での GA 処理はいずれの期にも定植後の幼苗期から出蕾まで引き続いて行なわれたのであるが、秋には明らかな効果を与えたのに春では顕著でなかつた原因として春まきの株は幼苗期に低温をうけて内生 GA 濃度が

高かつたために処理による影響が強くあらわれず、8月まきの株はこれに反して幼苗期が高温であつて内生 GA 濃度が春よりも低かつたために処理の効果が発揮されたのではないかと推測される。

GA が高温による伸長抑制を打破し、一部の品種においてではあるが、低温を与えることなく花成を誘起したことは茎の伸長と花成のために低温とそれにつづく長日が必要とする *Hyoscyamus niger* L. が GA 処理によって低温を与えることなしに茎の伸長を促し、花芽を分化させたという LANG (1956) の実験結果と類似している。また MICHNIEWICZ および LANG (1962) は植物の種類によって効果を現わす GA の型が異なることを確めているが、ストックでは品種の間でこのようなことがあるのではないかと考えられる。

摘 要

1. 早生、中生および晩生に属するストックの諸品種をそれぞれ 12°C、17°C および 22°C の恒温で育て、生育、開花の状態を観察した。青苑、光輝やホワイ・ト・ジャイアントなどのように 12°C でのみ花芽分化したものから、スノー・ホワイト、紅桜、紅潮などのように 22°C でも花芽を分化させる品種にいたるまで、品種によって花成誘起のための低温要求度にかなりの差が認められた。また花芽を生じうる苗令も品種によつて異なつていた。全般的にみて早生品種は低温要求度が低く、しかも若い苗令時に花芽分化を起こし、晩生品種ほど花成のためにより強い低温と、より進んだ苗令を必要とする。各温度下で花芽分化した品種についてみると、高温下のものほど花芽分化時の葉令は進んでいた。茎の伸長度は生育の初期には低温区で低かつたが、中期以降は高温区ほど低下していた。ただし先勝の雪は 22°C でも順調な伸長を示した。

2. 恒温での栽培において異なる低温要求性を示した品種を選び、これらを温度、日長条件の異なる時期に生育させて、その生育、開花状態を比較するために、春、夏、秋、冬の4期に分けては種し、栽培した。春まき株は幼苗期に 15°C 以下であつたが、次第に高温に向かう季節に生育したため、各品種とも急速な伸長を示した。しかし低温要求性の低いスノー・ホワイト、先勝の雪などは夏までに全株が開花したが、要求性の強い品種では一部または全部が花芽未分化に終つた。幼苗期に低温をうけなかつた夏まき株では先勝の雪のみがロゼットになることなく開花し、他の品種は栄養生長のまま秋を迎え、秋まきの幼苗と同時に低温をうけた。この両者の発蕾期を比較すると、夏まき株のほうが早く発蕾した品種、秋まき株のほうが早かつた品種、および両者にほとんど差

がみられない品種とに分かれ、苗令と低温感性性との関係は品種によつて異なることがわかつた。

3. 春まき、夏まきおよび秋まきの株にそれぞれ GA を定植から発蕾まで散布した結果、草丈の伸長においては春まき株では顕著な効果を示さなかつたのに対し、秋まき株および冬まき株では明らかに伸長を促進した。また夏まき株では高温による節間伸長抑制作用が防止された結果、高温下でも順調に草丈を伸ばした。開花に対する効果としては、各期のものとも発蕾および開花を早めたことのほか、春まき株で一部花芽未分化株のあつた品種の開花率を高め、低温をうけなかつた夏まきのスノー・ホワイトを秋の低温到来までに開花させるなどの結果が得られた。このように GA の効果も品種や処理の時期によつてその程度がかなり異なつていた。

引用文献

1. BISWAS, P.K. and M.N. ROGERS. 1963. The effects of different light intensities applied during the night on the growth and development of column stocks (*Matthiola incana*). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82: 586—588.
2. ——— and ———. 1963. Synthesis of gibberellin-like substances in *Matthiola incana* under different temperature conditions. Physiol. Plant. 16: 311—314.
3. EMSWELLER, S.L. and H.A. BORTHWICK. 1937. Effects of short periods of low temperature on flower production in stock (*Matthiola*). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35: 755—757.
4. HEIDE, O.M. 1963. Juvenile phase and flower initiation in brilliant stock (*Matthiola incana* R.Br.). Jour. Hort. Sci. 38: 4—14.
5. KOHL, H.C. Jr. 1958. Flower initiation of stocks grown with several temperature regimens. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 481—484.
6. LANG, A. 1956. Induction of flower formation in biennial *Hyoscyamus* by treatment with gibberellin. Naturwiss. 43: 284—285.
7. MICHNIEWICZ, M. and A. LANG. 1962. Effect of nine different gibberellins on stem elongation and flower formation in cold-requiring and photoperiodic plants grown under non-inductive conditions. Planta 58: 549—563.
8. POST, K. 1934. Temperature as a factor in bud differentiation and flowering of stocks (*Matthiola incana*). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32: 631.
9. ———. 1942. Effects of daylength and temperature on growth and flowering of some florist crops. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bul. 787: 1—70.
10. TSUKAMOTO, Y. and K. KONISHI. 1960. Effect of light during vernalization on flowering of stock (*Matthiola incana*). Jour. Jap. Soc. Hort. Sci. 29: 70—76.