日長，補光強度，遮光時期および最低夜温がシュッコンカスミソウ‘アルタイル’の形態異常花序発生に及ぼす影響

山口　訓史・後藤丹十郎・小日置佳世子・大谷　翔子
吉田　裕一
（応用植物科学コース）

Effect of Day Length, Supplemental Lighting Strength, Shading Period and Minimum Night Temperature on Occurrence of Abnormal Inflorescence in *Gypsophila paniculata* ‘Altair’

Norihito Yamaguchi, Tanjuro Goto, Kayoko Kobiki, Shoko Otani and Yuichi Yoshida
(Course of Applied Plant Science)

As occurrence of abnormal inflorescence in *Gypsophila paniculata* ‘Altair’ is caused by environmental conditions, effects of day length, supplemental lighting strength, shading period and minimum night temperature on occurrence of abnormal inflorescence were investigated. Abnormal inflorescence was classified into four types : normal, pattern 1 (Short-flower stalk), pattern 2 (Coalescent two-flower stalk) and pattern 3 (Looping and irregular-flower stalk). Neither of 12h, 16h, 20h or 24h day length by fluorescent lamp, nor 24h by incandescent lamp affected occurrence of abnormal inflorescence. Effects of four levels of light intensity (fluorescent lamp : PPFD 1μmol・m^{-2}・s^{-1}, incandescent lamp : PPFD 3μmol・m^{-2}・s^{-1}, metal halide lamp : PPFD 14μmol・m^{-2}・s^{-1} and high-pressure sodium lamp : PPFD 48μmol・m^{-2}・s^{-1}) were examined in 16h photoperiod. Occurrence of abnormal inflorescence was not affected by different light intensities, neither was it affected by shading period. Occurrence of abnormal inflorescence at 15°C was however significantly reduced compared to that at 8°C. In particular, patterns 2 and 3 at 15°C were significantly reduced compared to those at 8°C. There was a strong negative correlation between average night temperature from starting the treatment to flower budding (7.1°C, 9.0°C, 9.2°C, 11.6°C and 16.4°C) and incidence of pattern 3 (13.1%, 8.7%, 7.1%, 1.1% and 0.7%). Therefore, as average night temperature increased, occurrence of abnormal inflorescence decreased. The results show that low night temperature may be the main factor inducing occurrence of abnormal inflorescence.

Key words : abnormal inflorescence pattern, cut flower form, environmental factor, incidence of abnormal inflorescence, low night temperature

緒　　言

シュッコンカスソウ（*Gypsophila paniculata* L.）は，地中海沿岸，中央アジア，欧州東部からシベリアを原産地とする多年生の宿根草で，アレンジメントや花束の添え花として人気のある切り花である．しかし，国内ではカスミソウは花持ちが悪い（花の観賞期間が短い）という理由で消費が低迷している状況であった．特に切り花の花持ち期間については，業務用需要から家庭用需要へのシフトに伴ってより花持ち期間の長い切り花が求められるようになっている．

本実験で用いている‘アルタイル’という品種は海外で育種された品種がほとんどの中，2005年に発表された日本のオリジナル品種（ミヨシ㈱）である．花持ちが従来の栽培品種と比較して大幅に向上し，高温時の奇形花（ダンゴ花）や低温時のピンク花が発生しにくいため，現在は市場の約４～５割を占め，急速に普及している．しかし，冬季から春季にかけて花柄が正常に伸びない形態異常花序が発生し，生産上大きな問題になっている．形態異常花序は，生産現場では「クシ」や「カクカク」などと呼ばれており，生産者は，明らかに草姿が損なわれ，切り花形質が低下する形態異常花序発生部位を取り除き出荷している．

著者らはこれまでに，形態異常花序発生には品種間差

Received October 10，2012

があり，‘アルタイル’は従来の栽培品種と比較して形態異常花序の発生が大きいことを明らかにした[1]．また年間通して栽培すると，夏季にはまったく発生せず，晩秋より発生が認められ，厳冬期より初春に開花した個体で形態異常発生率が大幅に増加した[1]ため，形態異常花序の発生には何らかの環境要因が影響していると考えられた．

奇形枝や奇形花は，シュッコンカスミソウ以外の植物においても発生し，発生要因として，夏秋ギク[2]，フリージア[3]，シンビジウム[4]では花芽分化中の高温遭遇，ヒマワリでは花芽分化中の低温遭遇[5]，夏秋ギクのエセフォン処理[6]やウイルス[7]などが報告されている．２～３月出しの秋ギク電照栽培では，発蕾後の花首が一方向に曲がったり，頂芽の花首と摘蕾後の腋芽花首が癒着する障害が発生する[8]という報告があり，電照打ち切り後の栽培温度が低く，施肥量が多く，定植後の電照期間が短いほど増加する[9]．

シュッコンカスミソウは花序発達の可変性が非常に大きく春から夏にかけて，栽培時期により花序構成が顕著に変化するため，春季の花序は，分枝次数が低くて小花数の少ない小さなユニットが多く着く．また，夏季の花序は着花節位が低下し，小花数そのものが減少し，分岐次数が高く小花数の多いユニットが少なく着く．ユニットの数とユニットの大きさ（発達程度）は相反する形質として季節変動する．植物体内における同化産物の分配率が温度，日長，日射量等により変化すると考えられる[10]．

‘アルタイル’で顕著に発生が見られる形態異常花序においても環境条件，特に日長，日射量，温度などが関与している可能性がある．そこで，本研究では日長，異なる光源による補光強度，遮光時期，最低夜温が形態異常花序発生に及ぼす影響を調査し，発生要因の解明を試みた．

材料および方法

栽培概要

シュッコンカスミソウ‘アルタイル‘を供試した．岡山大学の圃場で養成した砂壌土を詰めたベンチ（縦60 ㎝×横150 ㎝×深さ18 ㎝）へ定植した．土壌表面が乾いた時に適宜８Ｌの灌水を行った．施肥は，週に一度，大塚A処方培養液1/2濃度（Ｎ：Ｐ：Ｋの含有率（％）が18.5：5.1：7.6，大塚化学㈱）を８Ｌ給液した．特記しない限り全ての実験は，日最低気温８℃以上に加温し，４：00～９：00と16：00～20：00に白熱灯で明期延長（明期16 h）を施したハウス内で行った．第一花が萎れた時点で生育，形態異常花序発生率を調査した．本研究では，形態異常発生程度を正常（Fig. １Ａ），パターン１は茎が短いもの（Fig. １Ｂ），パターン２は２本以上の茎が癒着し１箇所から多量の花がついたもの（Fig. １Ｃ），パターン３はひどく湾曲し変形したもの（Fig. １Ｄ，Ｅ）の４種類に分類し，パターンごとの形態異常花序発生率を，以下の式で算出した．形態異常花序発生率＝それぞれのパターンにおいて形態異常が発生した箇所から先の小花数／調査個体全体の総小花数×100.

実験１．日長が形態異常花序発生に及ぼす影響

<u>３月定植</u>　発根苗を，2009年３月１日にベンチに14株ずつ定植し，３月９日に５節残して摘心を行い，３本仕立てとした．最大シュート長が約15㎝に達した2009年５月１日から日長処理を行った．日長を12時間，16時間，20時間，24時間とした．７時30分から17時30分までは自然光下に置き，それ以外の時間はシェードを行い，それぞれの日長時間となるよう，蛍光灯（PPFD　1 μmol・m^{-2}・s^{-1}）で補光した，

<u>10月定植</u>　発根苗を，2010年10月16日に木箱（縦60 ㎝×横35 ㎝×深さ18 ㎝）に４株ずつ定植し，10月25日に５節残して摘心を行い，３本仕立てとした．最大シュート長が約15 ㎝に達した2011年１月17日から日長処理を行った．自然日長と24時間日長とし，24時間日長区は自然日長に加え16：00～８：00まで白熱灯（PPFD 3 μmol・m^{-2}・s^{-1}）で補光した．

実験２．異なる光源による補光の光強度が形態異常花序発生に及ぼす影響

2009年10月３日に発根苗をベンチに14株ずつ定植した．10月13日に５節残して摘心を行い，３本仕立てとした．最大シュート長が約25 ㎝に達した11月16日より，電照をそれぞれ蛍光灯（処理開始時の草冠でPPFD　1 μmol・m^{-2}・s^{-1}），白熱灯（PPFD　3 μmol・m^{-2}・s^{-1}），メタルハライドランプ（PPFD　14 μmol・m^{-2}・s^{-1}），高圧ナトリウムランプ（PPFD 48 μmol・m^{-2}・s^{-1}）に切り替えた．補光時間は４：00～９：00，16：00～20：00（明期16 h）で，補光はすべての処理区で発蕾する（12月27日）まで行った．

実験３．遮光時期が形態異常花序発生に及ぼす影響

2008年９月16日に発根苗をベンチに12株ずつ定植した．９月21日に５節残して摘心を行い，３本仕立てとした．最大シュート長が約15 ㎝に達した2008年10月17日からベンチを半分に区切，６株ずつ寒冷紗を用いて75％の遮光処理を開始した．10/17―10/26遮光区，10/27―11/6遮光区，11/7－11/15遮光区，11/16－11/25遮光区の4処理区設けた．

実験４．最低夜温が形態異常花序発生に及ぼす影響

2009年10月３日に，木箱に４株ずつ定植した．10月13日に５節残して摘心を行い，３本仕立てとした．最大シュート長が約15 ㎝に達した11月16日に，木箱の半分を日最低気温15℃以上に加温したビニルハウスへ移した．残りの木箱は８℃以上に加温したハウス内で管理した．

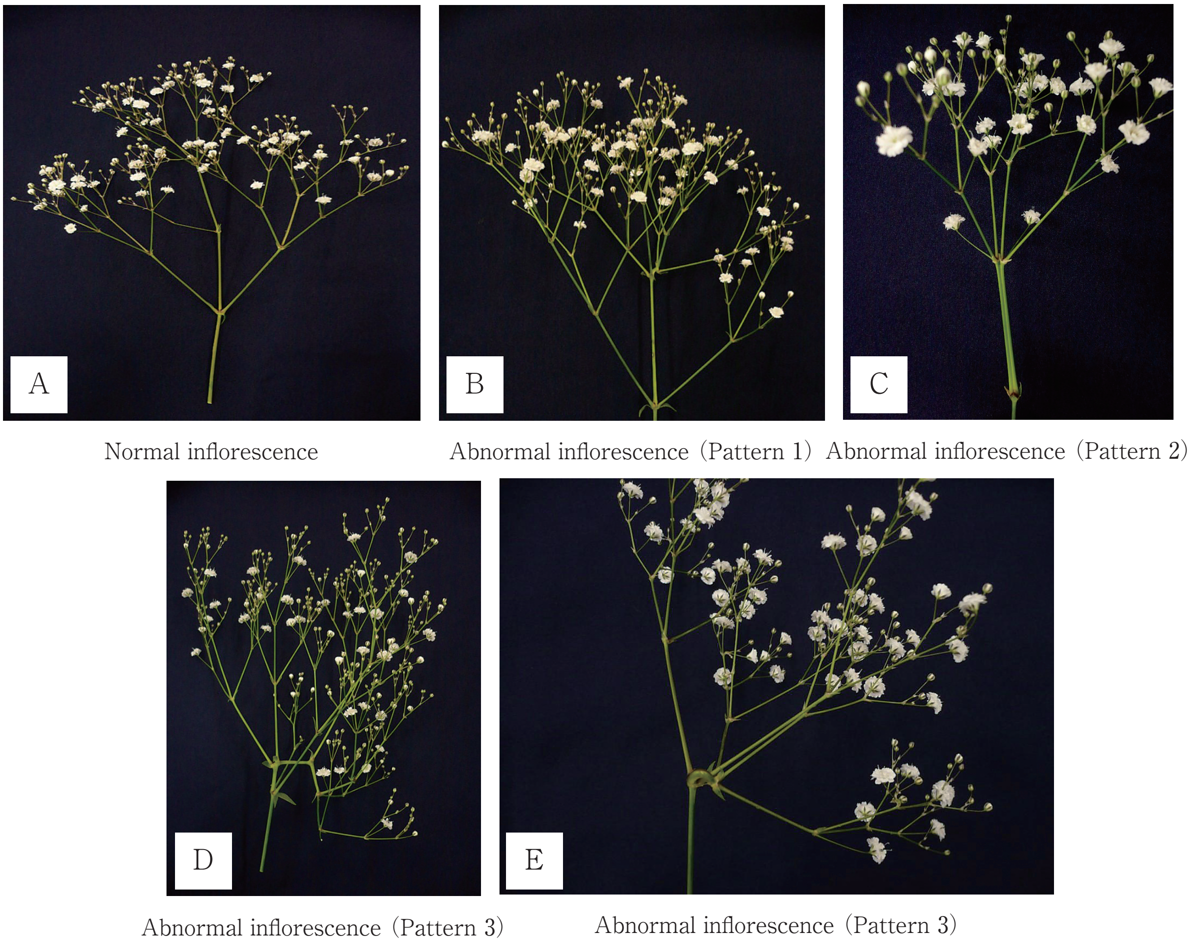

Fig. 1　Photographs of normal and abnormal inflorescence in *Gypsophila paniculata* ‘Altair’.

結果および考察

実験１．日長が形態異常花序発生に及ぼす影響

<u>３月定植</u>　発蕾は５月14～18日，開花は６月６日～９日であり，処理による有意な差は認められなかった．切り花重は86～110 g，切り花長は93～97 cm，節数は20～21であり，処理による有意な差は認められなかった．Fig. ２に蛍光灯による日長延長が形態異常花序発生に及ぼす影響を示した．発生パターン別にみると，パターン１はいずれの日長でも３～６％の発生が認められた，パターン２，３はほとんど発生しなかった．

<u>10月定植</u>　発蕾は自然日長区で２月７日，24時間区で２月14日，開花は自然日長区で５月25日，24時間区で５月26日であり，処理による有意な差は認められなかった．切り花重，切り花長，節数は自然日長区では，それぞれ210.4 g，126.9 cm，25.6，24時間区では192.2 g，120.3 cm，26.9であった．両区の間に有意な差は認められなかった．Fig. ３に白熱灯による日長延長が形態異常花序発生に及ぼす影響を示した．どの日長でもパターン１は５

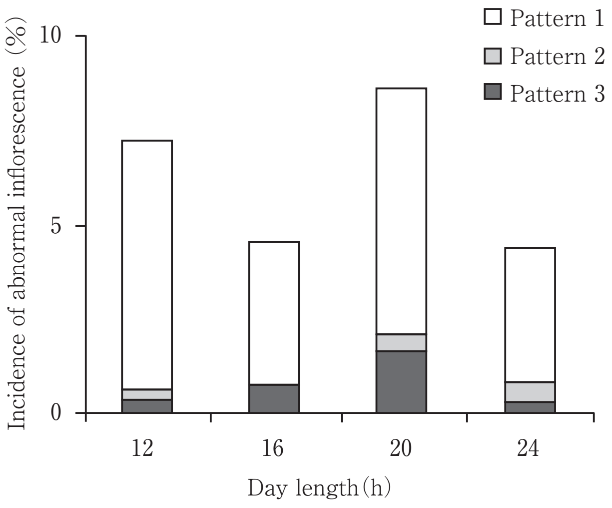

Fig. 2　Effect of day length on occurrence of abnormal inflorescence (Mar.).

～６％，パターン２は２～３％発生が認められた．24時間日長でパターン３の発生率はやや低下したが，両定植日とも日長の影響に一定の傾向は認められず，日長が形態異常の発生要因とは考えられなかった．

実験２．異なる光源による補光の光強度が形態異常花序発生に及ぼす影響

発蕾は11月19～20日，開花は翌年１月25～27日であり，処理による有意な差は認められなかった．切り花重は131～177 g，切り花長は127～137 cm，節数は20～21であり，切り花重は高圧ナトリウムランプ区で有意な差が認められ，切り花長は白熱灯区で有意な差が認められた．しかし，異なる光源の違いに一定の傾向は認められなかった．Fig. 4 に異なる光源による補光強度が形態異常花序発生に及ぼす影響を示した．形態異常発生率は蛍光灯，メタルハライドランプ，高圧ナトリウムランプ，白熱灯の順で増加したが，その差は小さく，また光質や光強度との関係も認められなかった．いずれの光源でもパターン１は３～５％，パターン２は５～６％発生が認められた．パターン３の発生率は白熱灯と高圧ナトリウムランプは同様の値を示し，蛍光灯とメタルハライドランプはそれらよりわずかに増大したが，異なる光源の違いに一定の傾向は認められなかった．白熱灯（PPFD 3 μmol・m^{-2}・s^{-1}）と高圧ナトリウムランプ（PPFD48 μmol・m・m^{-2}・s^{-1}）という異なる光強度でも形態異常発生率は同様であったことから，補光強度が形態異常発生の要因とは考えられなかった．

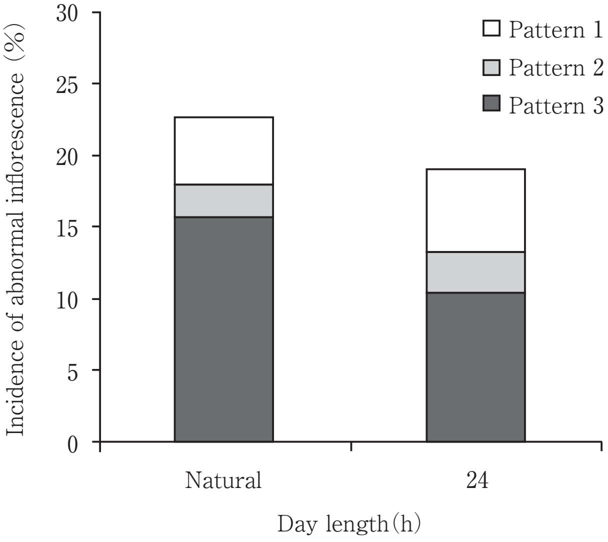

Fig. 3　Effect of day length on occurrence of abnormal inflorescence (Oct.).

実験３．遮光時期が形態異常花序発生に及ぼす影響

10/17－10/26遮光区の発蕾，開花は12月４日，１月４日で，他の処理区に比較して発蕾，開花までに日数を要し，開花が約２週間遅れたが，切り花長は128 cmで，切り花重（200 g）と節数（24.5）は最も大きくなった．その他の処理区の発蕾は11月13～16日，開花は12月19日～21日であり，切り花重，切り花長，節数はそれぞれ131～146 g，115～130 cm，21～23であった．切り花重および切り花長に有意な差は認められなかったが，節数は10/17―10/26遮光区で有意な差が認められた． Fig. 5 に示したように形態異常発生率は５～７％で処理区間に差は認められず，発生したパターンにも一定の傾向は認められなかった．

実験４．最低夜温が形態異常花序発生に及ぼす影響

Table 1 に，最低夜温が切り花形質に及ぼす影響を示した．８℃区では開花までに日数を要し，15℃区よりも約１ヵ月半遅くなった． それぞれ切り花重，切り花長，節数は８℃区では164.6 g，127.3 cm，22.8，15℃区では100.5 g，104.5 cm，21.5であった．８℃区と比較して15

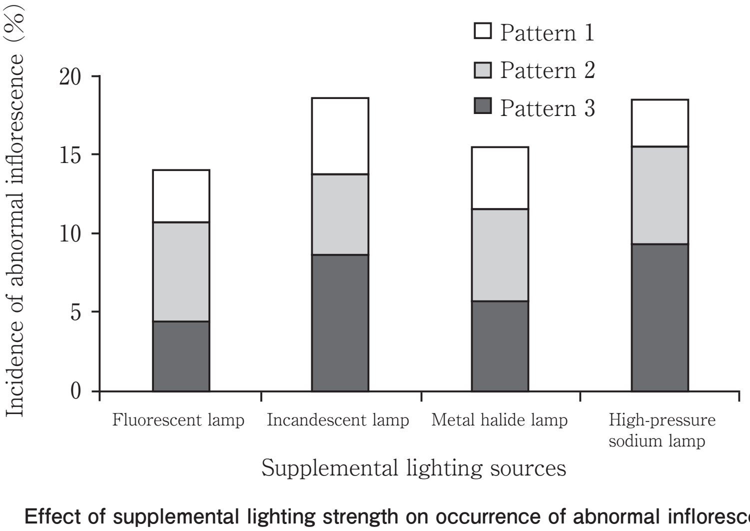

Fig. 4　Effect of supplemental lighting strength on occurrence of abnormal inflorescence.

Table 1　Effect of minimum night temperature on cut flower quality of *Gypsophila paniculata* 'Altair'

Minimum night temperature	Date of flower budding	Date of flowering	Cut flower weight (g)	Cut flower length (㎝)	Number of nodes
8℃	5-Jan b[x]	16-Feb b	164.6 a	127.3 b	22.8 a
15℃	10-Dec a	1-Jan a	100.5 a	104.5 a	21.5 a

[x]Different letters within columns indicate significant difference at $P<0.05$ by t test

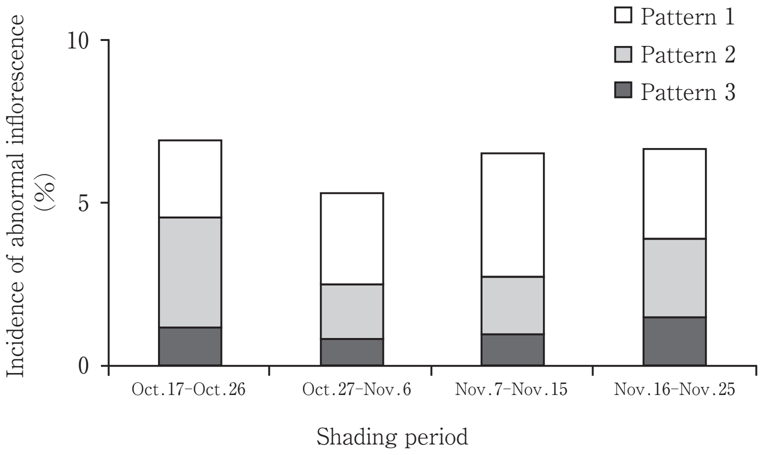

Fig. 5　Effect of shading period on occurrence of abnormal inflorescence.

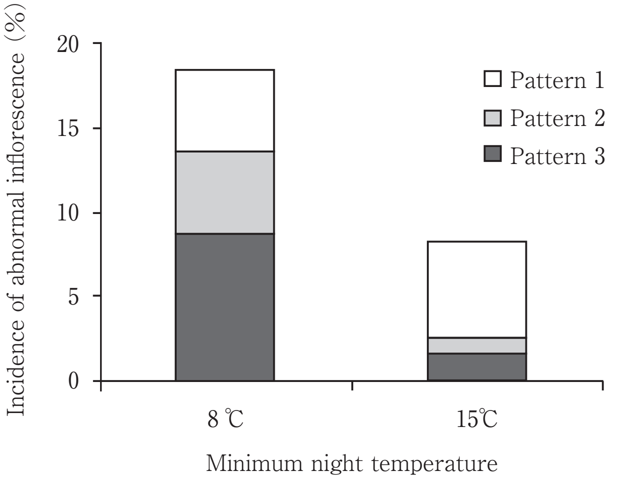

Fig. 6　Effect of minimum night temperature on occurrence of abnormal inflorescence.

℃区の切り花重，切り花長は大きく低下した．ただし，節数に有意な差は認められなかった．

Fig. 6に最低夜温が形態異常花序発生に及ぼす影響を示した．15℃区の形態異常花序発生率は8℃区と比較して明らかに低かった．パターン1の発生率は15℃区5.6%，8℃区4.7%と大きな差は認められなかったが，パターン2と3の発生は15℃区で1.1%，1.5%，8℃区では5.1%，8.7%であり差が大きかった．8℃区と15℃区は，処理開始以降の日中の温度，日長，日射量はほぼ同じであり，唯一異なるのは夜間の温度であることから，形態異常花序は，最低夜温に大きく影響される可能性が見出された．

そこで，それぞれの実験の形態異常発生率と処理開始から発蕾までの平均夜温の関係を見てみた．パターン1は，いずれの時期にも一定の割合発生し，あまり草姿を損なわないため，特に問題とされない．パターン2とパターン3は，明らかに草姿が損なわれ，切り花形質が低下する．生産現場ではパターン3に分類される形態異常花序発生部位を取り除き出荷しているため，パターン3に着目した．パターン3の形態異常発生率は，実験1（10月定植），実験4の8℃区，実験2，実験3，実験1（3月定植）の順で低下し，それぞれ平均形態異常発生率は13.1%，8.7%，7.1%，1.1%，0.7%であった．処理開始から発蕾までの平均夜温(20：00から翌朝6：00まで)はそれぞれ7.1℃，9.0℃，9.2℃，11.6℃，16.4℃となり，平均夜温が高くなるほど形態異常発生率は低下し，最低気温が12℃まではほとんど発生が認められなかったが，最低温度9℃以下では発生が上昇した(Fig. 7)．回帰式を算出すると $y=129.81e^{-0.335x}$ となり，相関係数（$R^2=0.849$）が高かった．これらから，形態異常花序発生には夜間の温度が大きく関与しているのではないかと考えられた．しかし，どの発育段階に低温の影響を受けるの

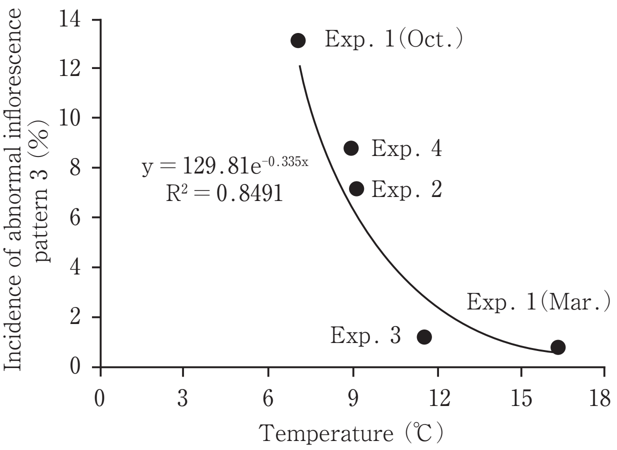

Fig. 7　Effect of average night temperature in each experiment on occurrence of abnormal inflorescence.

かは本実験の結果からは明確ではない．また，これらの実験は，実施時期が異なるため，他の環境要因の関与も否定できない．ヒマワリにおいては，低温期の１月に播種を行い４月に出荷の無加温栽培で，茎先端に複数の花が着く「複数花」，あるいは頂花と側花が癒着する「癒着花」などの奇形花が発生する．その，発生要因は花芽発達期間中の氷点下の低温遭遇と報告されている[5]．

ところが，最低夜温を上げると切り花重，切り花長が大きく減少し，切り花形質が低下した．昨今，原油高による燃料価格が高騰しており，生産現場での15℃加温は採算が取れないため，現状の普及は難しい．平均最低夜温が9.0℃では形態異常発生率は約７～９％（実験２，４）だが，11.6℃（実験３）では形態異常発生率が1.1％に減少したことから，12℃前後まで加温温度を低下させれば，形態異常花序発生率を低下させた上に切り花形質も改善できるかもしれない．さらに，形態異常花序発生に影響する低温遭遇時期を特定できれば加温期間を短縮できる可能性がある．

以上のことから，形態異常花序発生は夜間の温度が大きく関与していることが明らかになった．しかし，どの発育段階にどの程度の低温の影響を受けるのかは本実験の結果からは得られなかった．さらに最低夜温を上げると切り花形質の低下や暖房コストの問題が生じたため，今後，形態異常花序を軽減しながら切り花形質の改善，暖房コストの削減を検討する必要がある．

要　　約

シュッコンカスミソウ‘アルタイル’の形態異常花序の発生には環境要因が関与していると考えられたので，日長，補光強度，遮光時期および最低夜温が形態異常花序発生に及ぼす影響を調査した．形態異常程度は４種類のパターン（０：正常，１：茎が短いもの，２：２本の茎が癒着，３：ひどく湾曲し変形したもの）に分類し，その影響を受けた小花の割合を求めた．蛍光灯による日長処理（12時間，16時間，20時間，24時間）や白熱灯による日長処理（自然日長，24時間）は形態異常花序発生率に影響を及ぼさなかった．蛍光灯（PPFD 1 μmol・m^{-2}・s^{-1}），白熱灯（PPFD　3 μmol・m^{-2}・s^{-1}），メタルハライドランプ（PPFD　14 μmol・m^{-2}・s^{-1}），高圧ナトリウムランプ（PPFD 48 μmol・m^{-2}・s^{-1}）を用いて16時間の補光を行った．異なる光源による光強度でも形態異常発生率に一定の傾向は認められなかった．遮光時期を変えても形態異常発生率に一定の傾向は認められなかった．最低夜温を15℃に上げると８℃区と比較して15℃区の形態異常発生は大きく減少した．特にパターン２と３の発生率は大幅に低下した．各実験の処理開始から発蕾までの平均夜温（7.1℃，9.0℃，9.2℃，11.6℃，16.4℃）と，パターン３の形態異常発生率（13.1％，8.7％，7.1％，1.1％，0.7％）との間に高い負の相関（R^2＝0.849）が認められ，処理開始から発蕾までの平均夜温が高いほど形態異常発生率は低下した．以上のことから，形態異常花序発生には夜間の温度が大きく関与しているのではないかと推察された．

引 用 文 献

1）後藤丹十郎・小日置佳世子・大谷翔子・谷　一道・宮内勝久：シュッコンカスミソウの形態異常花序の発生要因について．園学研10別２，**11**，540（2011）
2）米倉　悟・西尾譲一・小久保恭明：キク「岩の白扇」における奇形花の発生要因．愛知県農業総合試験場研究報告，**33**，207-214（2001）
3）安井公一・大北　武・川尻　伸　：フリージアの花芽形成に及ぼす温度の影響．岡山大学農学部学術報告，**62**，31-38（1983）
4）杉浦広幸・藤田政良：露地栽培夏秋ギクのエセフォン処理が生育および形態に及ぼす影響．園学研**4**，319-324（2003）
5）黒柳直彦・國武利浩・坂井康弘：ヒマワリの４月出し栽培における奇形花発生と低温遭遇．福岡県農業総合試験場研究報告，**22**，85-89(2003)
6）荒井　啓・森　一浩・衛藤威臣：奇形花ニンニクに見いだされたマイコプラズマ様粒子．日本植物病理學會報，**59**，192-195（1993）
7）浦上好博・住友昭利・前田浩典：シンビジウムの奇形花に関する研究-1-花芽形成過程における夏季の高温が奇形花発生に及ぼす影響．徳島県立農業試験場試験研究報告，**26**，29-37(1989)
8）谷川孝弘・小林泰生・松井　洋：キクの花首曲がり発生要因の解明（第１報）花首曲がりの形態的観察および“秀芳の力”における系統間差．園学雑**64**，別１，482-483（1995）
9）谷川孝弘・小林泰生・松井　洋：キクの花首曲がり発生要因の解明（第３報）温度，施肥量および定植後の電照期間の影響．園学雑**67**，別２，369（1998）
10）林　孝洋・宮田弘恵・小西国義：シュッコンカスミソウの花序の構成と発達．園学雑**61**，135-141（1992）