

トルコギキョウ冬季生産における 高昼温管理と組み合わせた二酸化 炭素施用の活用

冬季生産における課題

トルコギキョウは、切り花の日持ちの良さと周年需要のある主要な切り花のひとつとなっている。一重以外にも八重咲き品種など花型のバリエーションが広がったことや、小輪から大輪系までの花径の大小、多彩な花色によって、ブライダルから葬儀までその用途を広げている。しかし、周年需要があるにもかかわらず、トルコギキョウ切り花の冬季生産量は夏季に比べて大幅に低下する。トルコギキョウは本来、夏開花の特性を持ち、長日、高温、高日照によって開花が促進され、逆に短日、低温、低日照では開花が抑制される (Halevy・Kofranek 1984; Islam *et al.* 2005; 工藤ら 2012; 塚田ら 1982; Zaccai・Edri 2002)。冬春季出荷作型は花芽分化発達時期が年間を通して最も日照条件の悪い時期に重なるため、開花遅延による出荷期の遅れや花芽分化後に花蕾が生育途中で壊死するブラスチングが発生しやすい (牛尾・福田 2010a)。ブラスチングは商品となる有効花蕾数を減少させ、切り花品質を低下させる。また、花芽分化後に連続してブラスチングが発生することは開花遅延の要因ともなる。開花遅延によって目的とする出荷期に出荷できない場合、計画生産に支障がでるだけでなく、開花まで栽培を継続すると在圃期間が延長され、冬季の暖房コストが増加する。冬季生産では生育速度の低下および開花遅延を回避し、切り花

品質に影響する草丈や開花輪数を確保することが課題となっている。

高昼温管理と組み合わせた二酸化炭素施用

二酸化炭素施用はハウス内で光合成の材料である二酸化炭素濃度を高めることによって光合成を促進する環境制御技術であり、多くの作物で生育促進が認められることから (Mortensen 1987)、トルコギキョウにおいても同様の効果があることが期待される。

冬季には夏季に比べて日射や日照時間の減少により、植物が1日に獲得できる光合成同化産物量が大幅に低下する。トルコギキョウにおいて、光合成同化産物は植物体の材料として茎葉の生育に利用されるだけでなく、花蕾の発達と開花にも必要とされる (農研機構花き研 2012)。トルコギキョウでは、ブラスチングを誘発する低照度下であっても、1,000ppmの高二酸化炭素濃度条件下で栽培した場合は大気濃度レベル約400ppmの条件下で栽培した場合と比較してブラスチングが抑制される (牛尾・福田 2009)。逆に通常ブラスチングの発生がほとんどない高照度下であっても、二酸化炭素濃度を150ppmに低下させた条件下で栽培した場合、大気濃度レベル条件と比較してブラスチング発生が助長されることが示されている (牛尾・福田 2010b)。これらのことから、二酸化炭素濃度を介した光合成量の増減は花蕾の発達に影響し、光合成同化産物の

不足がブラスチング発生に大きく関わると考えられる。冬季生産においても二酸化炭素施用によって光合成を増加させることで、正常な花蕾発達を促進し、より高品質な切り花を計画的に生産ができる可能性がある。

近年、トルコギキョウ冬季生産において、高温で生育・開花が促進されるトルコギキョウの生理特性に基づき、開花促進のために昼温を慣行の25℃よりも高い30℃とする高昼温管理が用いられるようになってきた (農研機構花き研 2012)。高昼温管理では保温を目的として換気温度設定を上げるため、外気温の低い冬季には、比較的光の強い時間帯であっても換気窓が閉鎖された状態となる。二酸化炭素濃度を400ppmから1,000ppmにした場合の光合成速度増加の絶対量は弱光下に比べて強光下でより大きい (Cure 1986; Kamp・Timmerman 2004)。高昼温管理と組み合わせて光の強い時間帯に二酸化炭素施用を行うことにより、高い光合成促進効果が期待できる。

一般的にC₃植物では、大気二酸化炭素濃度下と比較して高二酸化炭素濃度条件下では光合成適温が上昇する (Mortensen 1987)。トルコギキョウの光飽和条件下における光合成適温は、大気二酸化炭素濃度下では25～30℃であるが、高二酸化炭素濃度下(1,000ppm)では30～35℃の高温域に移動する (牛尾ら 2007)。二酸化炭素施用と併用して高昼温管理とすることは、強光下でより光合成好適温度に近づくことになり、合理的であると

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門
牛尾 亜由子

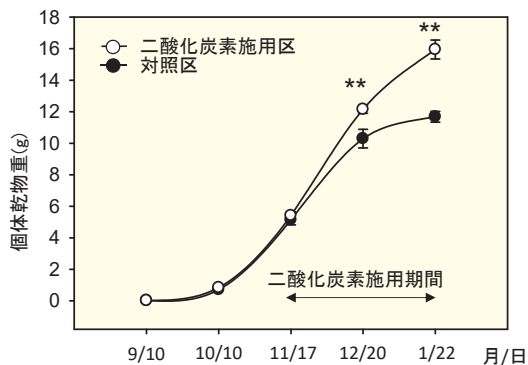


図-1 二酸化炭素施用がトルコギキョウ「ボレロホワイト」の個体乾物重推移に与える影響 (Ushio *et al.* 2014)
t-test (n=9) により, **: 1%水準で有意差あり

考えられる。

高昼温管理を行うと換気窓閉鎖時間が相対的に増加するため、二酸化炭素施用を行わない場合にはハウス内の二酸化炭素濃度は低下しやすい。トルコギキョウ生産農家のハウス内における二酸化炭素濃度の計測では日中に大気濃度レベルである約400ppmを大幅に下回る200ppmまで低下した事例もある。大気濃度を下回るレベルに二酸化炭素濃度が低下すると光合成速度が低下するため、二酸化炭素施用によってハウス内の二酸化炭素濃度を上昇させることによって光合成の促進が期待できる。

そこで、筆者らは高昼温管理と組み合わせ、日中の時間帯においてハウス換気窓閉鎖時に二酸化炭素施用を試みた。

冬季低日照地域での二酸化炭素施用

現在、トルコギキョウの冬季出荷作型では、太平洋側の高日照地域が主要産地となっていて、日本海側の低日照地域における生産量は少ない。これは低日照地域の冬季開花の作型では、十分な光合成量が確保しにくいと考えられる。しかし、花蕾発達期の日照量が極端に少ない冬季低日照地域で

表-1 二酸化炭素施用がトルコギキョウ「ボレロホワイト」の器官別乾物重に与える影響

| | 葉 (g/ plant) | 茎 (g/ plant) | 花蕾 (g/ plant) | 根 (g/ plant) |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 対照区 | 3.1 | 5.8 | 2.0 | 0.71 |
| 施用区 | 4.1 | 7.8 | 3.1 | 0.98 |
| 有意性 ^Z | ** | ** | ** | ** |

定植日 2010年9月10日, 調査日 2011年1月22日

^Z t-test (n=9) により, **: 1%水準で有意差あり

表-2 トルコギキョウ「ボレロホワイト」の生育における二酸化炭素施用効果

| | | 草丈 (cm) | 地上部新鮮重 (g/plant) | 開花数 (/plant) | 総花蕾数 (/plant) |
|--------|------------------|------------|---------------------|-----------------|------------------|
| 1月出荷作型 | 対照区 | 89.4 | 67.7 | 1.0 | 7.6 |
| | 施用区 | 92.7 | 89.0 | 2.9 | 8.8 |
| | 有意性 ^Z | NS | ** | ** | * |
| 3月出荷作型 | 対照区 | 108.8 | 80.9 | 1.0 | 7.0 |
| | 施用区 | 118.6 | 138.2 | 3.1 | 8.0 |
| | 有意性 ^Z | ** | ** | ** | NS |

1月出荷作型: 定植日 2010年9月10日, 調査日 2011年1月22日。

3月出荷作型: 定植日 2011年9月26日, 調査日 2012年3月21日

施用開始は2010年11月18日(1月出荷作型), 2011年10月24日(3月出荷作型)で出荷終了まで施用。

^Z t-test (n=9) により, **: 1%水準で有意差あり, *: 5%水準で有意差あり, NS: 5%水準で有意差なし。

あっても、二酸化炭素施用によって光合成を増加させることで、より高品質な切り花生産ができる可能性がある。1月の日照時間が100時間以下の低日照地域である福岡県内のトルコギキョウ生産ハウスで、福岡県花卉農協との連携およびJA直轄の協力によって、二酸化炭素施用の実証試験を行い、明らかになった効果を紹介する。

実証試験では天窓換気温度設定を30℃とする高昼温管理を行い、午前8時から午後1時を二酸化炭素施用時間帯とした。二酸化炭素施用開始は気温が低下し、側窓が常時閉鎖される時期以降とした。天窓閉鎖と二酸化炭素施用装置を連動させ、天窓閉鎖時に1,000ppmで施用を行い、開放時には施用を停止した。また、本地域では冬季曇天に無加温の場合、日中のハウス内気温が20℃に達しないこともあり得るため、施用時間帯は暖房20℃設定で日中加温を行い、温度を確保することとした。二酸化炭素施用区と二

酸化炭素施用なしの対照区とを設け、二酸化炭素施用の有無以外の栽培条件は両区で同一管理とした。

白八重中輪品種「ボレロホワイト」1月出荷作型において対照区と二酸化炭素施用区の個体乾物重量の推移を比較すると、施用開始以降に両区で差がみられ、対照区に対して施用区では個体乾物重が大幅に増加した(図-1)(Ushio *et al.* 2014)。二酸化炭素施用によって葉面積当たりの光合成速度を表す指標である純同化率(NAR)が増加し、植物の相対成長速度(RGR)は対照区に比べ32%増加した。光合成が促進された結果、二酸化炭素施用区では葉、茎、花蕾、根のすべての器官において対照区に比べて有意な乾物重増加が認められた(表-1)。

1月出荷作型と3月出荷作型それぞれについて、白八重中輪品種「ボレロホワイト」の二酸化炭素施用区と対照区の生育を比較した(表-2)。二酸化炭素施用区と対照区の生育を比較する



図-2 トルコギキョウ「ポレロホワイト」3月出荷開花期の植物の状態
左：対照区、右：施用区

と、二酸化炭素施用によって草丈、地上部新鮮重、開花数、および総花蕾数の増加が認められた(表-2, 図-2)。図-3は実証圃場の3月出荷作型で同日に撮影された白八重中輪品種「ピッコローサスノー」の生育状況である。「ピッコローサスノー」は、通常、冬季生産においてブラッシング多発により開花が困難とされる品種であるが(福田・牛尾 2008), 対照区ではブラッシングにより開花がほとんど見られないのに対し(図-3左), 二酸化炭素施用区では順調な開花が見られた(図-3右)。3月出荷作型において白八重大輪品種「ボヤージュホワイト」の出荷規格を調査したところ、対照区では分枝数3, 開花輪数3, 蕾数1以上の3F秀品率が0%であったのに対し、二酸化炭素施用区では31%となった(図-4)。このように、二酸化炭素施用によって品質が向上し、上位等級品の割合が増加する。3月出荷作型において、白八重大輪品種「ボヤージュホワイト」の平均出荷日は、対照区の4月3日に対して二酸化炭素施用区では3月27日と1週間程度早く、開花の促進が認められた。実証圃場での実



図-3 実証圃場でのトルコギキョウ「ピッコローサスノー」の3月開花状況
左：対照区、右：施用区
3月出荷作型で定植日 2011年9月26日, 撮影日 2012年3月17日。

績を基に、10a当たりの収益性について3月出荷作型「ボヤージュホワイト」を例に試算した(表-3)。施用区では品質向上によって販売金額が増加し、二酸化炭素施用装置の減価償却費、二酸化炭素ガス発生のための灯油代金を差し引いても、十分な収益性が得られることが試算された。

冬季出荷作型の定植時期は9月の高温期となるが、実用的な面から二酸化炭素施用開始時期は外気温が低下

し、ハウス側窓を閉鎖する時期以降でよいと考えられる。また、低日照地域の促成栽培で二酸化炭素施用を行うにあたっては、品種選定や二酸化炭素以外の環境要素も重要と考えられる。早生から中早生品種を選定し、発蕾後に窒素多肥条件とならないような肥培管理、白熱電球による長日処理、大苗定植など開花を促進する栽培技術(農研機構花き研 2012)を併用したうえで二酸化炭素施用を行う必要がある。肥

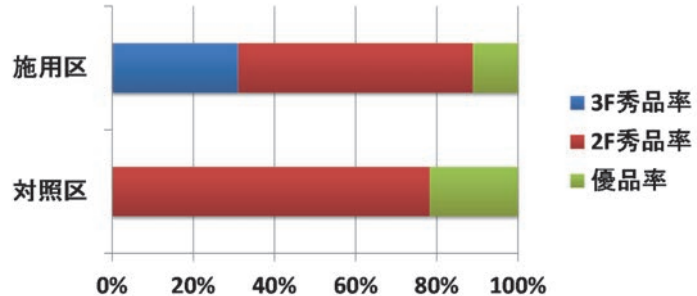


図-4 トルコギキョウ「ボヤージュホワイト」出荷等級に二酸化炭素施用が与える影響
等級は2012年3月出荷作型において出荷時に調査。3F秀は1枝1輪開花で分枝数3, 蕾数1, 2F秀は1枝1輪開花で分枝数2, 蕾数1または蕾なしで分枝数3, 優はそれ以下の規格を示す。

表-3 実証圃場における二酸化炭素施用の収益性に対する効果の試算

| | |
|--------------------------------|--------------|
| 施用による販売金額の増加分 ^Z (A) | 570(千円/10a) |
| 施用コスト(B) (内訳) | |
| 二酸化炭素施用装置減価償却費 ^Y | 80(千円/10a) |
| 二酸化炭素発生燃料費(灯油) ^X | 89(千円/10a) |
| 差し引き増加額 (A)-(B) | 401 (千円/10a) |

福岡県内実証圃場の2012年3月出荷作型での実績を基に算出。

^Z10aあたり「ボヤージュホワイト」を33000本定植, 出荷率90%と想定し, 実証圃場より出荷された同品種の等級別平均販売単価(円/本), 3F秀194円, 2F秀163円, 優73円をもとに図-4に示した等級割合より試算。

^Y償却年数5年

^X灯油単価は89.6円/L

培管理や長日処理の有無、品種選定などによって上述したような二酸化炭素施用の効果が十分に得られない可能性も考えられる。

また、低日照地域で高昼温管理と組み合わせて二酸化炭素施用を行った場合、外気温が低く、日射の少ない曇りの日には換気設定温度に達しないため、一日中換気窓が開かない場合もありうる。このため、二酸化炭素施用終了後に天窓の手動換気を行うなどして湿度を下げ、温室内が過剰な高湿度環境とならないよう留意する必要がある。温室の換気窓が一日中閉鎖したままであると、気温の低下する夜間に結露する危険があり、灰色かび病による花シミの好発条件となって切り花品質が低下する。今後、このような点に留意しながら、二酸化炭素施用技術の活用を図っていくことが望ましい。

二酸化炭素施用における今後の展望

トルコギキョウの冬季出荷作型では、太平洋側の高日照地域が主要産地となっている。太平洋側の温暖な高日照地域では、たとえ冬季であっても気温調節のために昼間は換気窓が開くことが多いため、これまでトルコギキョウ生産では二酸化炭素施用を行ってこなかったが、このような地域において

も高昼温管理と組み合わせて二酸化炭素施用を活用する試みがなされている(牛尾ら 2014)。冬季生産において、低日照地域だけでなく、高日照地域でも適用可能な施用技術の開発が求められている。また、冬季促成栽培だけでなく、秋冬出荷の抑制栽培においても切り花長や切り花新鮮重の増加などの二酸化炭素施用効果が報告されている(佐藤ら 2005)。作型や地域の気象条件によって二酸化炭素施用の適用時期の拡大も進む可能性がある。

引用文献

- Cure, D.J. 1986. Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. *Agric Forest Meteorol.* 38, 127-145.
- 福田直子・牛尾亜由子 2008. トルコギキョウの冬季プラスチックの品種間差に及ぼす施肥量と電照の影響. *園学研* 7 (別 2), 356
- Halevy, A. H. and A. M. Kofranek. 1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. *HortScience.* 19, 845-847.
- Islam, N. *et al.* 2005. Effect of photoperiod and light integral on flowering and growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Sci. Hortic.* 103, 441-451.
- Kamp, P.G.H. and G.J. Timmerman. 2004. 「コンピュータによる温室環境の制御」. 誠文堂新光社, 東京, p.1-197.
- 工藤陽史ら 2012. トルコギキョウの冬出し栽培における生育初期の昼温度が生育速度と主茎伸長および花芽分化に及ぼす影響. *園学研* .11(3), 343-349.
- Mortensen, L.M. 1987. Review: CO₂ Enrichment in Greenhouse. *Crop Responses. Sci. Hortic.* 33, 1-25.
- 農業・食品産業技術総合研究機構花き研究所 2012. トルコギキョウの低コスト冬季計画生産の考え方と基本マニュアル.
- 佐藤武義ら 2005. トルコギキョウの秋冬期における炭酸ガス施用が生育、開花に与える影響. *園学雑* 74(別 2), 518.
- 塚田晃久ら 1982. トルコギキョウの生理特性と栽培に関する研究 (第2報) 生育と開花に及ぼす温度、日長の影響. *長野野菜花き試験場報告* . 2, 77-88.
- 牛尾亜由子ら 2007. トルコギキョウにおける個葉光合成特性の解析 *園学研* 6(別 1), 238.
- 牛尾亜由子・福田直子 2009. 低照度下における二酸化炭素施用および昼温度がトルコギキョウのプラスチックに与える影響. *園学研* 8(別 2), 341.
- 牛尾亜由子・福田直子 2010a. トルコギキョウ冬季開花における発蕾前後の窒素施肥濃度が花蕾のプラスチックに及ぼす影響. *園学研* 9(2), 191-196.
- 牛尾亜由子・福田直子 2010b. 高照度・低二酸化炭素条件がトルコギキョウのプラスチックに与える影響. *園学研* 9(別 2), 291.
- 牛尾亜由子ら 2014. トルコギキョウ冬季栽培における二酸化炭素濃度二段階切り替え制御による二酸化炭素日中施用の効果, *園学研* 13(別 1),195
- Ushio, A. *et al.* 2014. Promotive effect of CO₂ enrichment on plant growth and flowering of *Eustoma grandiflorum*(Raf.) Shinn. under a winter culture regime. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 83(1), 59-63.
- Zaccai, M. and N. Edri. 2002. Floral transition in lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). *Sci. Hortic.* 95, 333-340.