

鉢花カーネーションの品質に及ぼす5-アミノレブリン酸(ALA)の影響

宇都宮大学 農学部 生物生産科学科 山根健治

はじめに

鉢花カーネーションは母の日前に約500万鉢が出回り、贈答品として愛好されているが、消費者の下における小花の早期老化や花蕾の未開花などが課題となっている。品質低下の原因として、輸送時、販売中および観賞時の弱光による光合成産物の低下、エチレンの影響などが挙げられる(須田, 2003)。

5-アミノレブリン酸(ALA)はクロロフィルやヘムなどテトラピロール化合物群の生合成における前駆体である(西原ら, 2001)。植物に高濃度のALAを与えて光を照射するとクロロフィル生合成中間体の光増感作用により一重項酸素が発生して植物に障害を与えるため、除草剤としての研究が行われてきた(Chakraborty・Tripathy, 1992; Kittsteinerら, 1991)。一方、低濃度のALAを処理した植物では、クロロフィル含量が増加し、二酸化炭素固定能力が向上することが報告されている(Hottaら, 1997)。

そこで、本研究では鉢花カーネーションの光合成、開花、花色などの品質に及ぼす光強度の影響について調査するとともに、ALA処理による鉢花品質の改善を試みた。

カーネーションの光合成特性

群馬県板倉町で生産された5号鉢の鉢花カーネーション(*Dianthus caryophyllus* L.) ‘マイ

フェアレディ’ および ‘スカーレット’ (キリンアグリバイオ社) を供試した。光合成測定装置(LI-COR・LI6400)を用いて、二酸化炭素 $400 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, 20°C , 相対湿度(RH)70%の条件下で測定した。両品種の個葉の光-光合成曲線をみると、光合成速度はPPFD $1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 付近まで増加し、陽生植物の特性を示した(図-1)。カーネーション ‘Cerise Royale’ における温度や CO_2 濃度変化に対する光合成速度の反応は他の温帯植物と同様であると報告されている(Enoch・Hurd, 1977)。光補償点は ‘マイフェアレディ’ が $10.3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, ‘ス

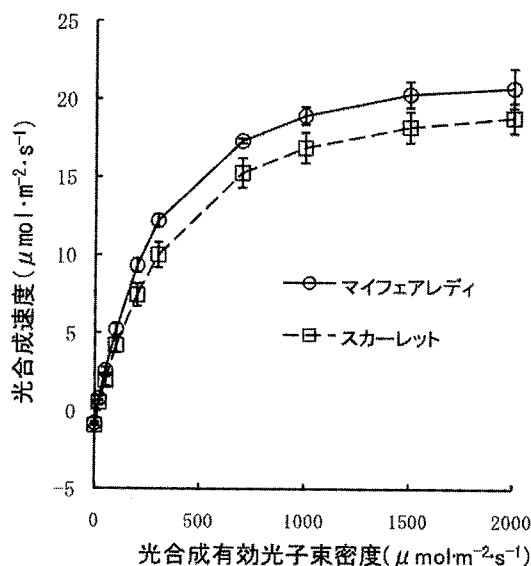


図-1 カーネーション個葉の光-光合成曲線. 平均±SE.

表-1 光強度が‘マイフェアレディ’花卉の糖含量, アントシアニン含量および花色に及ぼす影響.

PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	糖含量 ($\text{mg}\cdot\text{gFW}^{-1}$)	アントシアニン 含量(OD_{515})	花色			
			L*	a*	b*	
室内搬入 7 日後						
10	14.8 b	0.108	41.0	94.9	17.3 b	
120	26.7 a	0.161	40.4	94.8	23.5 a	
室内搬入 14 日後						
10	9.7 b	0.074 b	41.5	93.1	7.5 b	
120	25.6 a	0.157 a	42.4	92.4	26.4 a	

同一文字間には T 検定により有意差なし ($P<0.05$)

カーレット’は $12.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。通常の消費者の室内の明るさは個葉の光補償点前後か、それ以下であるため、鉢全体の光合成は呼吸を下回るものと考えられる。

異なる光強度における鉢花の品質変化とALA処理の影響

‘マイフェアレディ’および‘スカーレット’を宇都宮大学環境実験棟で管理し、 20°C , RH60%, 16時間日長のPPFD 120 (強光区) または $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (弱光区) の人工気象装置内に搬入した。ALA処理にはALA塩酸塩(コスモ誠和アグリカルチャ製)に微量要素入り液状窒素肥料を加えたものを使用した(岩井ら, 2007)。^{*}‘スカー

レット’では人工気象装置に搬入する9日前に20 mlの30 ppm (0.23 mM) ALAを株全体に散布処理した。1鉢に3花以上が開花した鉢は観賞価値があるとみなした。搬入後2週間の開花数、鉢花全体および個々の小花の日持ち、葉のクロロフィル蛍光、花卉のL*, a*, b*値、花卉のアントシアニン含量および花卉の糖含量を調査した。

室内搬入7日後と14日後の‘マイフェアレディ’の花卉の糖含量は強光区の方が有意に高かった(表-1)。花卉のアントシアニン含量も強光区の方が高く、14日後に顕著な差が認められた(表-1)。b*値は強光区の花で値が高く、弱光区では7日後から14日後にかけて低下した(表-1)。蕾の花色においてはさらに顕著な差

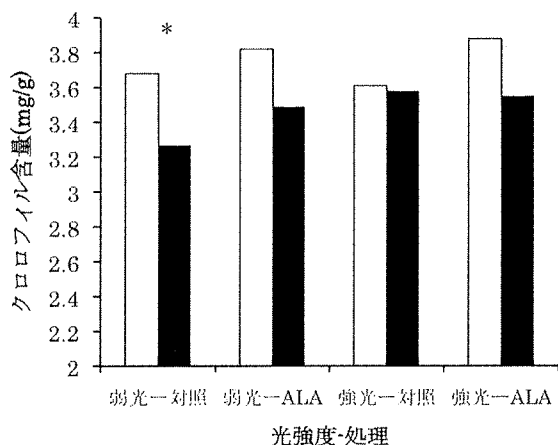


図-2 光強度と30 ppm ALA処理が‘スカーレット’葉身のクロロフィル含量に及ぼす影響。
*: StudentのT検定においてそれぞれ $P<0.05$ で有意差あり

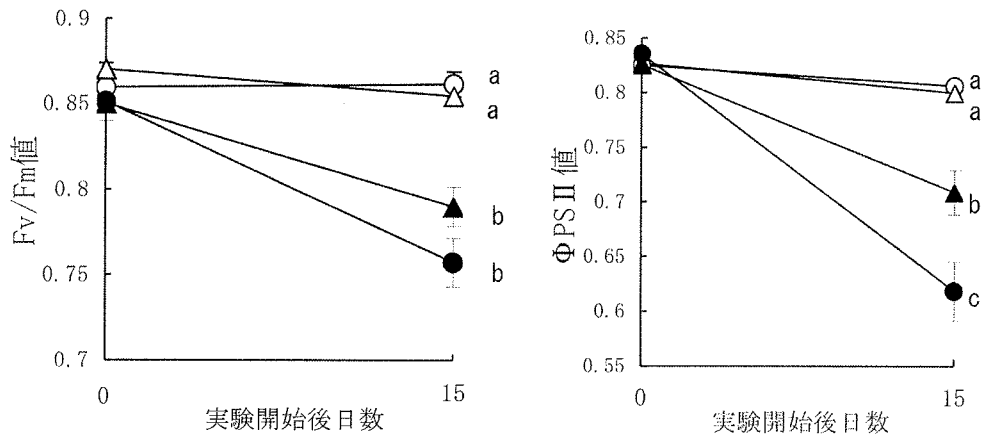


図-3 ‘スカーレット’のクロロフィル蛍光に及ぼす光強度と30 ppm ALA処理の影響. 平均±SE. 同一アルファベット間にはTukey-Kramer検定において有意差なし ($P < 0.05$).

が認められた (データ省略)。

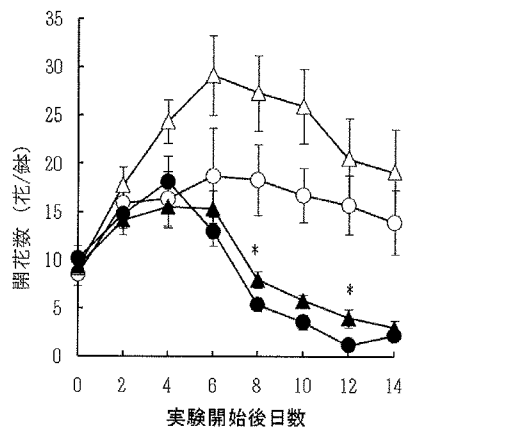
葉色についてみると, ‘マイフェアレディ’の弱光区では室内搬入後に色差計で測定した黄化指数が高まった (データ省略)。‘スカーレット’においても14日後に弱光下で有意に黄化したが, ALA処理によりその黄化が抑制された (データ省略)。‘スカーレット’の葉色はALA処理によりやや黄化してみえたが, 室内搬入の時点でクロロフィル含量が増加していた (図-2)。クロロフィル含量は弱光区において14日後に有意に低下したが, ALA処理によりその低下が緩和された (図-2)。

‘スカーレット’において, 葉の光化学系Ⅱの最大量子収率を示す F_v/F_m および電子伝達の光量子収率を示す $\Phi PSII$ は強光区においては高く維持されたが, 弱光区では15日後に有意に低下した (図-3)。ALA処理により F_v/F_m の低下はやや緩和され, $\Phi PSII$ の低下は有意に改善された (図-3)。

開花数をみると ‘スカーレット’の弱光区では4日後以降花数が減少し, 特に6日目以降は急激に減少した (図-4)。強光区では, ALA処理は有意ではないが花数を増加させる傾向にあ

り, 観賞価値は高まった。弱光区においてALA処理により8日および12日後の開花数が有意に増加した。

鉢花の日持ちは鉢に3花以上の開花した花がついている期間とした。‘スカーレット’鉢花の日持ちは強光区では3週間以上であったのに対して, 弱光区では11.2日であったが, ALAを処理すると12.8日以上となった (データ省略)。



●: $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 対照区 ▲: $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ALA処理区

○: $120 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 対照区 △: $120 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ALA処理区

図-4 ‘スカーレット’の開花数に及ぼす光強度と30 ppm ALA処理の影響. 平均±SE.*: StudentのT検定においてそれぞれ $P < 0.05$ で有意差あり

個々の小花の日持ちは強光および弱光でそれぞれ9.4日および3.4日であったが、ALA処理により強光区では影響はなく、弱光区では5.2日にやや延長された（データ省略）。

明るい室内における鉢花カーネーションへのALA処理の影響

‘マイフェアレディ’ および ‘スカーレット’ を20℃, RH60% (加湿調節のみ), PPFD $15 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (24時間日長, 白色蛍光灯)の室内に置いて鉢花全体および個々の小花の日持ちおよび花数を調査した。ALAは‘マイフェアレディ’では1.5 ppm (0.01 mM), ‘スカーレット’は30 ppm (0.23 mM)をそれぞれ室内へ搬入する10日または12日前に株当たり20 mlを散布処理した。

‘マイフェアレディ’において、対照区は全花蕾に対する開花割合が少なく、10日目以降急激に花数が減少した（データ省略）。1.5 ppm ALA処理区は開花割合が多く、花数の減少が緩和されたが（データ省略）、鉢花の日持ちは改善されなかった（表-2）。‘スカーレット’の対照区では2日後から6日後にかけて全花蕾に対する老化した花数が多く、処理10日目以降の開花の割合が少なかった。30 ppm ALA処理区では初

期の老化の割合が少なく、処理4日目以降の開花数がわずかに多かった（データ省略）。‘スカーレット’鉢花の日持ちは30 ppm ALA処理によりわずかに延長される傾向にあった（表-2）。

また、同様の条件で‘ポラリス’という品種で2花以上を観賞価値ありとして調査したところ、30 ppm ALA処理により鉢花の日持ちは14.5日から18日へ延長された（データ省略）。

暗い室内における鉢花カーネーションへのALA処理の影響

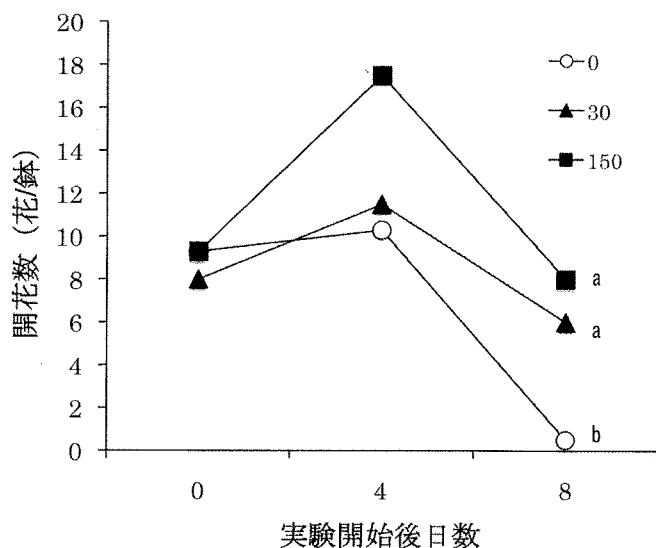
‘マイフェアレディ’を供試し、20℃, RH60% (加湿調節のみ), PPFD $5 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (24時間日長, 白色蛍光灯)の室内で調査した。室内に搬入する9日前に30 ppm (0.23 mM)または150 ppm (1.14 mM) ALA純品溶液を鉢当たり20 ml散布処理し、開花数および鉢花の日持ちを調査した。無処理の株を対照区とした。

暗い室内において、‘マイフェアレディ’に30 ppm および150 ppm の純品ALA処理を行ったとき、開花数は4日後に150ppm区でやや多く、8日後には両ALA処理区で有意に多かった（図-5）。その結果、鉢花の日持ちは6日から9日まで有意に延長された（データ省略）。暗い部屋では明るい部屋に比べてALAの効果がよく

表-2 ‘ALA処理が明るい部屋においたカーネーションの鉢花全体および小花の日持ちに及ぼす影響. 平均±SE.

品種	ALA (ppm)	鉢花の日持ち (日)	小花の日持ち (日)
マイフェアレディ	0	12.0±0.6	7.0±0.0
	1.5	11.6±1.0	6.0±0.5
スカーレット	0	14.0±2.7	4.4±0.7
	30	16.4±2.2	6.0±1.2

温度 20℃, PPFD $15 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (24 時間日長) 下で調査した



○：対照区，▲：30 ppm ALA 処理区，■：150 ppm ALA 処理区
 同一のアルファベット間には Tukey-Kramer の多重比較検定において有意差なし ($P < 0.05$)

図－5 暗い部屋においた‘マイフェアレディ’の開花数に及ぼす ALA 処理の影響.

り顕著であった。

まとめ

一般家庭の明るめの部屋の光強度は PPFD 6 から $12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度であるため、カーネーション鉢物を室内においた場合は弱光による光合成量の低下、個々の小花および鉢花の日持ちの短縮、花卉の着色不良などが生じる。鉢花デルフィニウムにおいても同様に光強度が低下すると光合成量が低く、花の糖含量も低下し、花持ちが短くなることが報告されている (Tanase ら, 2005)。

西原ら (2001) は ALA 散布処理によりハウレンソウの光合成速度が高まることを、葭田ら (2005) はキャベツポット苗への ALA の土壌灌注処理は光合成速度を高め、乾物生産効率を高めたことを報告している。1.5 ppm ALA を処理した‘マイフェアレディ’鉢花の日持ちは無処理と変わらなかったが、30 ppm 以上の ALA

処理では両品種において鉢花の日持ちの延長が認められたことから、処理濃度は少なくとも 30 ppm 以上が必要と考えられた (表－2)。

以上のように ALA はカーネーションのクロロフィル含量 (図－2) や Φ PS II (図－3) の低下を緩和し、開花を促進して品質を向上させたが (図－4, 図－5; 表－2), 光合成速度や光補償点には影響しなかった (データ省略)。ALA の作用機構については不明な点も多く (田中ら, 2004), さらに検討が必要である。

鉢花カーネーションにおいてもエチレンが生成され、品種間差も大きいことが報告されている (小野崎ら, 2006)。実際にエチレン作用阻害剤の 1-MCP 処理により輸送直後の小花の日持ちが延長され、鉢花品質が向上した (Yamane ら, 2007)。今後、1-MCP による老化抑制効果と ALA による開花促進の相乗効果も期待できる。

謝 辞

本研究を行うにあたってご指導頂きました宇都宮大学雑草科学研究センターの竹内安智名誉教授並びに試薬をご提供頂いた(株)コスモ誠和アグリカルチャ様に深く感謝いたします。本研究は科学技術振興機構(JST)のシーズイノベーション化事業の一環としてキリンアグリバイオ社との共同研究として行いました。尚、本論文の内容は原著(山根ら, 2008, 園芸学研究 7(1))を改編して掲載しました。

参考文献

- Chakraborty, N. and B. C. Tripathy. 1992. Involvement of singlet oxygen in 5-aminolevulinic acid-induced photodynamic damage of cucumber (*Cucumis sativus* L.) chloroplasts. *Plant Physiol.* 98:7-11.
- Enoch, H. Z. and R. G. Hurd. 1977. Effect of light intensity, carbon dioxide concentration, and leaf temperature on gas exchange of spray carnation plants. *J. Exp. Bot.* 28:84-95.
- Hotta, Y., T. Tanaka, H. Takaoka, Y. Takeuchi and M. Konnai. 1997. New physiological effects of 5-aminolevulinic acid in plants: The increase of photosynthesis, chlorophyll content, and plant growth. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61:2025-2028.
- 岩井一弥・倉持仁志・竹内安智. 2007. クリーピングペントグラス(*Agrostis palustris* Huds.)の生育に及ぼす5-アミノレブリン酸と微量要素入り液状窒素肥料の組み合わせの影響. *芝草研究.* 35:99-104.
- Kittsteiner, U., A. Mostowska and W. Rudiger. 1991. The greening process in cress seedlings. I. Pigment accumulation and ultrastructure after application of 5-aminolevulinic acid and complexing agents. *Physiol. Plant.* 81:139-147.
- 西原英治・高橋国昭・中田 昇・田中 浄・渡辺圭太郎. 2001. 5-アミノレブリン酸(ALA)処理がホウレンソウの光合成速度, 過酸化水素の生成, 抗酸化物質および活性酸素消去酵素に及ぼす影響. *園学雑.* 70:346-352.
- 小野崎隆・藤田祐一・八木雅央. 2006. ポットカーネーションにおける倍数性の推定ならびに花の老化とエチレン生合成の品種間差. *園学雑.* 75(別 2):298.
- 須田 晃. 2003. 観賞時の品質劣化要因と不良環境耐性の分類. *農耕と園芸.* 58:138-142.
- 田中 徹・岩井一弥・渡辺圭太郎・堀田康司. 2004. 5-アミノレブリン酸の農業利用に関する技術開発. *植物化学調節学会研究発表記録集.* 39:18-19.
- Tanase, K., A. Ushio and K. Ichimura. 2005. Effects of light intensity on flower life of potted *Delphinium* plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74:395-397.
- Yamane, K., A. Inotsume, Y. Wada, A. Shimizu and M. Hayashi. 2007. Effects of ethylene inhibitors on indoor quality and longevity in potted carnations. *Acta Hort.* 755:191-196.
- 山根健治・猪爪亜希・和田義春・林 万喜子・清水 明. 2008. 低照度下における鉢花カーネーションの生理ならびに品質に及ぼす5-アミノレブリン酸処理の影響. *園芸学研究.* 7(1):115-121.
- 葭田隆治・園田真紀・田中玲奈・金子真実・岩井一弥・田中 徹・岡田秀樹. 2005. キャベツポット苗の乾物生産効率に及ぼす5-アミノレブリン酸の影響. *植物化学調節学会研究発表記録集.* 40:57.