ブラッシングがアブラカンギクのわい化、分枝および開花に及ぼす影響

鄭 成淑^{1*}・金 基善²・松井 銑一郎¹

¹ 岐阜大学農学部 501-1193 岐阜市柳戸

² ソウル大学 園芸学科 441-301 京畿道水原市, 韓国

Effect of Brushing on Dwarfing, Branching and Flowering of *Dendromthema indicum* var. *hortense*

Chengshu Zheng^{1*}, Kisun Kim² and Shuichiro Matsui¹

¹ Faculty of Agriculture, Gifu University, Yanagido 1-1, Gifu 501-1193

² Department of Horticulure, Seoul National University, Suwon 441-301, Korea

Summary

Dendranthema indicum var. *hortense* plants were brushed gently with a soft plastic dusting brush 15 times (back and forth) per day for 7, 14, or 21 days, or brushed 10, 20, or 30 times per day for 15 days. Twenty-six days after treatment ended, plant heights were reduced significantly by all treatments. As time elapsed after brushing treatments, the dwarfing effect was decreased but the effect persisted after 21-day treatment with both suppression of both branch length and leaf area. Branching increased in the plants treated 30 times for 14 days and 15 times for 21 days. Both the fresh weight and dry weight of the shoot and root were also reduced. However, the chlorophyll content was not affected 80 days after planting. Stomatal width was decreased in plants treated 15 times for 21 days, but stomatal length was not affected by brushing. Number of stomata was increased greatly in plants treated 15 times for 21 days compared to the control. Days to emergence of flower buds were shortened by 6 days in plants treated 15 times for 21 days. The number of flowers increased in the plants treated 30 times for 14 days and 15 times for 21 days. Bases on this experiment, it is recommended to brush plants 15 times per day for 3 weeks to promote *Dendranthema* pot production with high quality.

キーワード： アブラカンギク、分枝、ブラッシング、開花、わい化

緒 言

アブラカンギク (*Dendranthema indicum* var. *hortense*) はキクの一 종류で東アジアに広く分布している (牧野, 1988). アブラカンギクは晩秋に小さな黄色花を咲かせ、分枝の発生が多いので、株当たりの花数が多い。従って、鉢物として観賞価値の高い花卉になっている (Jung ら, 2000). 中国や韓国で好まれ、消費が多い。しかし、節間が長く、草丈が伸びるので、コンパクトな鉢物とするには改良すべき点が残っている。

このキクの鉢物生産はわい化剤にたよっている (鄭ら, 2000). しかし、わい化剤は、環境汚染の問題が残るため将来的な利用には限界がある (Aker・Mitchell, 1983). 一方、自然の植物は強風にさらされれば、草丈は低く、茎は強剛になり、葉は小さく、枝は短くなって、わい化した植物になることが知られている (Leopold ら, 1978; Heuchert ら, 1983). Latimer (1986) は物理的ストレス

(MS)を与えると植物は自然の強風を受けたときと同じようにわい化することを示した。その具体的な方法として、シェイキング (Hammer ら, 1974)、ラビング (Jaffe, 1973) とファンニング (Glenn ら, 1972) などがある。しかし、シェイキングは消費電力がかかり (Mitchell ら, 1975)、ラビングは葉片に損傷を与えて営利的に不適當であり (Adler・Wilcox, 1987)、また、ファンニングは植物全体への効果が均一でない欠点がある (Glenn ら, 1972). ブラッシングは以上のような欠点を補完する方法で、経済的な効果も期待される方法といえる (Baden・Latimer, 1992). しかし、MSの反応は植物の種類 (Akers・Michell, 1985)、品種や植物の生長特性により異なる (Mitchell ら, 1975). 本実験ではブラッシングにより品質の優れたアブラカンギクの鉢物生産が可能かどうか調査した。

材料および方法

1. 供試材料とブラッシング処理

本試験は1998年にソウル大学園芸学科のプラスチック温室で実施した。アブラカンギクの母株は韓国農業振興庁作物実験場で栽培されているものを供試した。5月18

2003年9月3日 受付。2004年3月25日 受理。

* Corresponding author. E-mail: zcs0106@yahoo.co.jp

日母株から採穂した 8 cm の新芽を 100 ppm IBA に瞬時漬けて挿し芽した。挿し芽は自然日長下に置き、発根したものを 1.6 liter プラスチックポット (ピートモス: パーライト, 1:1, v/v) に定植した。ポットには、複合肥料 (N, 17%; P_2O_5 , 21%; K_2O , 17%) 3 g を生長初期に 1 回施肥した。昼夜の最高と最低温度は $32 \pm 2^\circ C$ と $20 \pm 2^\circ C$ に設定した。処理は毎日午後 4 時に軟毛ブラシでアブラカンギクの最頂端から 3 cm のところを軽く往復してブラッシングした (Michell ら, 1975)。アブラカンギクの草丈と分枝を考えて, Michell ら (1975) の結果を参考に, 定植 2 週間後から 7 日, 14 日および 21 日に, 毎回 15 回往復のブラッシングを行った。また, ブラッシングの一日の回数を 10, 20, 30 回に設定して, 15 日間行った。1 処理当たり 20 ポットを用いた。ブラッシング処理による茎や葉の物理的な損傷は認められなかった。開花を促進するために定植 30 日後, 黒ビニルで午後 5 時から翌日 9 時まで鉢物を被覆した。

2. 生育調査

処理日および処理後 6, 26, 46 および 66 日 (定植後 20, 40, 60 および 80 日) に草丈を測定した。茎, 花と根の生体重, 葉数と葉長は処理 66 日後に測定した。乾物重は $60^\circ C$, 72 時間乾燥後, 測定した。発らいまでの日は定植から花らいが 0.5 cm になった日までとした。葉面積は葉面積計 (LI-COR 3000, USA) で測定した。

3. クロロフィルの抽出と測定

定植 80 日後完全に展開した葉の中心部から 1 cm^2 のディスク 1 枚を切り取った。1 処理当たり 5 反復した。生体重を測定後ふた付きサンプルビンに入れ, N, N-ジメチルホルムアミド 10 ml を加え, 室温暗黒条件で 24 時間放置した。抽出物中のクロロフィルは分光光度計 (Shimadzu, UV-1606, 京都) で 665 および 649 nm における吸光度を測定し, 求めた。全クロロフィル含量は生体重 1 g 当たりの mg で示した (Moran, 1982)。

4. 気孔の数と大きさ

5 個のポットから成熟した 5 枚の葉を切り取り, それらの葉の表面構造を固定するためマニキュアを葉の裏表皮に塗った。マニキュアの乾燥後, 固定された表皮を葉の中心部で 1 cm^2 の大きさに切り取った。気孔の観察は顕微鏡 (Zeiss, Axioskop 50, ドイツ) で行い, 無作為的に葉表面の中心部から葉表面の周縁まで, 移動しながら, 3 個の任意点 (1 mm^2) を選択して (Thetford ら, 1995), 気孔の数, 長さと幅を計測した。1 処理当たり 3 反復を行った。

各調査項目について Turkey-Kramer の多重検定および処理回数と日数についてそれぞれ回帰分析を行った。

結 果

1. 生育

草丈は定植 40 日後にブラッシング処理で低下した。し

かし, 定植後 60, 80 日には無処理と大きな差は見られなかった (第 1 図)。定植 80 日後の処理区の草丈はブラッシングを行わなかった対照区と比較すると 15 回 21 日間区では低下し, 処理回数, 処理日数と草丈の相関係数は各 0.98 と 0.95 であった。茎径と葉数はブラッシングにより減少した。分枝長と葉面積は最大で 30% 減少した。また, 処理日数と分枝長の相関係数は 0.95 と高かった。分枝数は 30 回 15 日処理区と 15 回 21 日の処理区で 34% 増加した (第 1 表)。

2. 生体重, 乾物重, クロロフィル含量, T/R 率および気孔の数と大きさ

定植 80 日後の茎葉と根の生体重と乾物重は 10 回 15 日処理区の生体重を除きすべての処理区で対照区より減少した。根の生体重は 1 日の処理回数が多くなると著しく低下した (第 2 表)。T/R 率は 10 回 15 日と 30 回 15 日処理区では対照区に比べ顕著に増加した。クロロフィル含量に対する影響は認められなかった。気孔数は 15 回 21 日処理区で 19% 増加を示し, 30 回 15 日処理区でも増加した。また, 処理回数は危険率 1% で有意な回帰係数が得

第 1 図 ブラッシングがアブラカンギクの草丈に及ぼす影響

第1表 ブラッシングの頻度がアブラカンギクの生長に及ぼす影響 (定植80日後)

ブラッシング		草丈	茎径	分枝数	分枝長	葉数	葉面積/株
1日当たり回数	日数	(cm)	(cm)		(cm)		(cm ²)
0	0	35.8 a ^z	0.70 a	43.2 b	30.6 a	135 a	1414 a
10	15	34.8 a	0.64 b	43.0 b	27.1 b	114 b	1055 bc
20	15	32.2 a	0.67 b	47.0 b	21.8 c	113 b	939 c
30	15	31.3 a	0.67 b	58.0 a	23.1 bc	85 c	1140 b
相関係数		0.980	0.316	0.887	0.898	0.953	0.599
回数と形質の相関 ^y		*	NS	NS	NS	*	NS
15	7	35.7 a	0.63 b	44.0 b	26.4 b	100 b	923 b
15	14	31.6 ab	0.59 c	48.6 b	21.7 c	96 b	852 b
15	21	28.7 b	0.63 b	57.8 a	21.6 c	105 b	978 b
相関係数		0.952	0.706	0.932	0.952	0.697	0.702
日数と形質の相関		*	NS	NS	*	NS	NS

^z 異なる英文字間では Tukey-Kramer の多重検定法(危険率 5%)で有意差あり(n=20)^y NS, 危険率 5%で有意性なし; *, 危険率 5%で有意性あり

第2表 ブラッシングの頻度がアブラカンギクの生体重, 乾物重, T/R率, クロロフィル含量および気孔の数と大きさに及ぼす影響 (定植80日後)

ブラッシング		生 体 重 (g)		乾 物 重 (g)		T/R 率 ^z	クロロフィル 含 量	気 孔		
1日当たり回数	日数	茎葉	根	茎葉	根		(mg·g ⁻¹)	数 ^y	長さ	幅
									(μm)	(μm)
0	0	91.5 a ^x	19.7 a	13.6 a	2.2 a	17.09 b	0.66 a	441 b	31.2 a	5.5 a
10	15	82.8 b	15.5 ab	9.7 b	1.2 b	8.90 a	0.69 a	454 ab	31.2 a	5.5 a
20	15	71.1 c	13.7 b	10.4 b	1.5 b	8.17 a	0.81 a	482 ab	30.9 a	5.2 a
30	15	75.5 bc	10.0 b	11.3 b	1.4 b	9.18 a	10.78 a	503 a	30.6 a	5.3 a
相関係数		0.863	0.990	0.470	0.624	0.776	0.868	0.991	0.944	0.775
回数と形質の相関 ^w		NS	*	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
15	7	65.5 c	10.7 bc	9.8 b	1.5 b	17.70 b	10.59 a	438 b	31.1 a	5.4 a
15	14	63.2 c	12.5 bc	9.2 b	1.3 b	17.92 b	0.63 a	470 ab	30.8 a	5.2 ab
15	21	70.0 b	7.4 c	9.0 b	1.3 b	17.74 b	0.60 a	567 a	30.9 a	5.0 b
相関係数		0.581	0.795	0.774	0.863	0.714	0.538	0.782	0.862	0.735
日数と形質の相関		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z 地上部重/地下部重; ^y 1 mm² 当たり気孔数; ^x 異なる英文字間では Tukey-Kramer の多重検定法(危険率 5%)で有意差あり(n=20)^w NS, 危険率 5%で有意性なし; *, 危険率 5%で有意性あり; **, 危険率 1%で有意性あり

られた(第2表). 気孔の幅は15回21日処理のみで小さくなったが, 気孔の長さに対する影響は認められなかった.

3. 開花

15回21日処理区で開花が6日早まった(第3表). 処理日数の回帰係数は危険率1%で有意となった. 花数は30回15日と15回21日の処理区で増加した. 花径は20回15日を除き, 影響は認めらず, 花の生体重は処理日数

が多いと低下し, また, 花の乾物重はすべての処理で減少した. 花柄径と花柄長は影響を受けなかった.

考 察

植物は生長しているとき, メカニカルストレス(MS)を受けると, 一時的な生長の停止が起こる(Jaffe, 1973). これは植物が外界の不良条件に反応し, 環境に適応する現象といえる. その結果, 草丈が短くなり, 葉が小さく,

第3表 ブラッシングの頻度がアブラカンギクの開花に及ぼす影響 (定植80日後)

ブラッシング		発蕾までの日数	花数	花径 (cm)	花生体重 (g)	花乾物重 (g)	花柄径 (cm)	花柄長 (cm)
1日当たり回数 日数								
0	0	64.0 a ^γ	105 b	3.42 ab	18.5 a	2.70 a	0.14 a	3.12 a
10	15	60.2 a	110 b	3.62 a	13.1 b	1.82 b	0.13 a	3.18 a
20	15	61.1 a	113 b	3.00 b	18.3 a	1.43 b	0.15 a	3.12 a
30	15	59.2 a	137 a	3.32 a	17.6 a	1.81 b	0.13 a	3.11 a
相関係数		0.843	0.894	0.459	0.127	0.734	0.135	0.363
回数と形質の相関 [*]		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
15	7	62.1 a	105 b	3.53 a	17.5 a	1.54 b	0.12 a	3.06 a
15	14	59.3 ab	113 b	3.14 b	11.5 b	1.61 b	0.14 a	3.34 a
15	21	58.0 b	140 a	3.13 b	11.8 b	1.63 b	0.11 a	3.00 a
相関係数		0.991	0.878	0.808	0.913	0.731	0.602	0.070
日数と形質の相関		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^α 定植後から花蕾が 0.5 cm になった日までの日数

^γ 異なる英文字間では Tukey-Kramer の多重検定法(危険率 5%)で有意差あり(n=20)

^{*} NS, 危険率 5%で有意性なし; ^{*}, 危険率 5%で有意性あり; ^{**}, 危険率 1%で有意性あり

茎が強剛になる (Mitchell ら, 1975; Latimer, 1986). 本試験によってブラッシング処理により草丈や分枝した枝は短く, 葉も小さいコンパクトなアブラカンギクの鉢物を得た. 1日当たり処理回数と処理日数との回帰係数からその処理回数が多いほど, また, 処理日数が長いほど草丈や分枝長は短くなった. その要因について考えるとシェイキングによるユリの生長抑制はエチレンの産生促進 (Hiraki・Ota, 1975), ストロッキングによるダイズの伸長抑制は GA 含量の減少による (Suge, 1978)とされ, ブラッシングによるアブラカンギクのわい化もエチレンの産生や GA 含量の変化に基づくものと考えられる. また, MS によるダイズのわい化は表皮と皮層細胞の伸長抑制や維管束と髄組織の細胞数の減少など形態的な要因に基づく (Biro ら (1980)は述べ, さらに, 茎が肥大する結果は, 細胞の横径と数の増加, 維管束の活性化, 皮層細胞の伸長と二次木部の形成に要因を求めている. 本試験では植物の内部形態は調査しなかったためこれらの点は明らかでない. しかし, ブラッシング処理で茎は細くなった. 一方, 分枝数は 30回 15日間と 15回 21日間処理では増加した. ダイズのラビング処理の場合には, オーキシンが減少した (Mitchell, 1977)とされるので, 本研究の場合も同様のことが生じ, 頂芽優勢が軽減されて, 側枝が増加したと考えられる. ただし, ブラッシングの1日の回数や処理期間が少ないとオーキシンの減少をともなわず, 側枝は増加しなかったと考えられる.

ブラッシングの開花促進効果が 15回 21日間処理で認められた. また, 花数も増加した. 類似する結果は雌花比率が増加し, 開花促進したキュウリ (Takahashi・Suge, 1980)の例がある. この場合, MS によって産生したエチレンが雌花の増加をもたらしたためとしている. 反対に,

1~2週間開花遅延したメリコルド (Mitchell ら, 1975)や結実には影響せず, 開花の遅延したダイズ (Jaffe, 1973)の例や MS の影響が認められなかったトマト (Alder・Wilcox, 1987)の例もある. このように MS の効果は作物やその処理手段により一定しないと考えられる. こうした開花促進や花数の増加は葉数, 換言すれば葉面積の低下として現れ, 結果として同化産物が少なく, 植物体重が小さく, 花も小さい鉢物となったと思われる. 同化産物の不足には, 短期間のラビングでも気孔の開鎖が生じて光合成や呼吸が影響を受ける (Mitchell, 1977)ことも関連しているであろう. ブラッシングにより気孔の数は増加するが気孔開鎖の影響の方が勝ったと理解される.

ウニコナゾール処理によってもアブラカンギクのわい化は可能である. しかし, この処理には花数の減少, 開花遅延などの欠点があることが判明している (Jung ら, 2000). これに対し, ブラッシングは分枝数を増加させ, 花数も多くし, 鉢物としての外観が改善されるだけでなく, 栽培日数が短縮される利点が認められた. 植物体重が少なくなり, 花が小さくなることから予想されるように MS は子実生産を目的とする農作物に対しては収量を減少させる欠点がある (Stuart・Mitchell, 1984)が, アブラカンギクのように分枝を多く, 花数が増えて, 鉢物の品質を高めることの必要な花卉の生産には採用できる技術と考えられる. 処理日数は草丈, 分枝長や発蕾までの日数に影響する. しかし, 植物体や花の重さの低下をともなう. 一方, 処理回数は葉数や花の重さに影響を与えた結果を考慮して, 鉢物として品質の高いアブラカンギクの生産技術を構築する必要がある. 本実験からは毎日 15回 3週間のブラッシング処理が適当と考えられた.

摘 要

軟毛なブラシでアブラカンギクにブラッシング処理を行った。処理回数は1日10回、20回、30回で、処理期間は15日行った実験区、または、処理期間は7日、14日、21日で、1日の処理回数は15回に設定した実験区を設けた。草丈はすべての処理区で処理後26日目、顕著に抑制されたが、処理停止後、時間の経過とともにわい化効果は減少した。草丈は15回21日処理区で最も抑制された。分枝長と葉面積はすべての区で抑制された。分枝数は、15回21日処理区と30回14日処理区で増加した。茎と根の新鮮重と乾物重はブラッシング処理によって減少した。クロロフィル含量は、影響が認められなかった。気孔数は、15回21日処理区で最も多くなった。気孔の幅は小さくなったが、気孔の長さには影響は認められなかった。発蕾開始日は、15回21日処理区で6日早まり、花数は増加した。開花数は30回14日と15回21日処理区で増加した。本実験からは品質の高いアブラカンギクの鉢物を生産するには毎日15回21日のブラッシング処理が適当と思われた。

謝 辞 本実験で用いたアブラカンギクを提供していただいた韓国農業振興庁作物研究所に深く感謝します。

引用文献

- Adler, P. R. and G. E. Wilcox. 1987. Salt stress, mechanical stress, or chlormequat chloride effects on morphology and growth recovery of hydroponic tomato transplants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 22-25.
- Aker, S. W. and C. A. Mitchell. 1983. Seismic stress effects on vegetative and reproductive development of 'Alaska' pea. Can. J. Bot. 62: 2011-2015.
- Aker, S. W. and C. A. Mitchell. 1985. Seismic stress effects on reproductive structures of tomato, potato and marigold. HortScience 20: 684-686.
- Baden, S. A. and J. G. Latimer. 1992. An effective system for brushing vegetable transplants for height control. HortTechnology 2: 412-414.
- Biro, R. L., E. R. Hunt, Y. Erner and M. J. Jaffer. 1980. Thigmomorphogenesis: Changes in cell division and elongation in the internodes of mechanically-perturbed or ethrel-treated bean plants. Ann. Bot. 45: 655-664.
- Glenn, W. T., D. L., Chadwick and S. D. Tsai. 1972. Effect of wind on plant respiration. Physiol. Plant. 27: 342-346.
- Hammer, P. A., C. A. Mitchell and T. C. Weiler. 1974. Height control in greenhouse chrysanthemum by mechanical stress. HortScience 9: 474-475.
- Heuchert, J. C., J. S. Marks and C. A. Mitchell. 1983. Strengthening of tomato shoots by gyratory shaking. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 801-805.
- Hiraki, Y. and Y. Ota. 1975. The relationships between growth inhibition and ethylene production by mechanical stimulation in *Lilium longiflorum*. Plant & Cell Physiol. 16: 185-189.
- Jaffe, M. J. 1973. Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. Planta. 114: 143-157.
- Jung, S. S., H. H. Kim and K. S. Kim. 2000. Effects of uniconazole treatment on the growth and flowering of potted *Chrysanthemum indicum* L. J. Kor. Sci. Tech. 18: 28-32.
- Latimer, J. G. 1986. Growth responses of eggplant and soybean seedlings to mechanical stress in greenhouse and outdoor environments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 694-698.
- Leopold, A. C., K. M. Brown and F. H. Emerson. 1978. Ethylene in the wood of stressed trees. HortScience 7: 175.
- 牧野富太郎, 1988. 原色牧野植物大図鑑. 続編. 北隆館, 東京. 第42版. p. 213.
- Mitchell, C. A., C. J. Severson, J. A. Wott and P. A. Hammer. 1975. Seismomorphogenic regulation of plant growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 161-165.
- Mitchell, C. A. 1977. Influence of mechanical stress on auxin-stimulated growth of excised pea stem sections. Physiol. Plant. 41: 129-134.
- Moran, R. 1982. Formula for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-dimethylformamide. Plant Physiol. 69: 1376-1381.
- Stuart, W. A. and C. A. Mitchell. 1984. Seismic stress effects on vegetative and reproductive development of 'Alaska' pea. Can. J. Bot. 62: 2011-2015.
- Suge, H. 1978. Growth and gibberellin production in *Phaseolus vulgaris* as affected by mechanical stress. Plant Cell Physiol. 19: 1557-1560.
- Takahashi, H. and H. Suge. 1980. Sex expression in cucumber plants as affected by mechanical stress. Plant Cell Physiol. 21: 303-310.
- Thetford, M., S. L. Warren, F. A. Blazich and J. F. Thomas. 1995. Response of *Forsythia* × *intermedia* 'Spectabilis' to uniconazole. II. Leaf and stem anatomy, chlorophyll, and photosynthesis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 983-988.
- 鄭 成淑・石 鉄源・全 雪莉. 2000. B₉が菊花「彪馬」の生長と開花に及ぼす影響. 延辺大学農学報. 20: 38-40. (中国語, 英文摘要あり)