

秋ギクの生育，日持ち並びに葉縁褐変に及ぼす多量， 微量要素及びホウ素の影響¹

石田 明・増井正夫・糠谷 明・重岡広男
静岡大学農学部 422 静岡市大谷

Effect of Macro- and Micro-elements and Boron on Growth, Keeping Quality and Leaf Marginal Burn in Chrysanthemum

Akira ISHIDA, Masao MASUI, Akira NUKAYA and Hiroo SHIGEOKA
College of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Shizuoka 422

Summary

An experiment was conducted to determine the effect of macro- and micro-elements, and boron (B) on growth, keeping quality and leaf marginal burn in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. Seikonohana). Thirty day old cuttings were planted in wooden containers (40×40×12 cm) filled with sand, and grown in a greenhouse, under normal photoperiodic conditions. Four plants were grown in each container. There were 6 treatments consisting of 2 levels of macro- and micro-elements and 3 levels of B at 0.5, 1.0 and 1.5 ppm as shown in Table 2. Treatments were replicated 4 times. Treatment solutions were applied to the sand medium from July 11 to flowering (approximately 0.5 liters/container/time), twice on clear days, once on cloudy days and none on rainy days. Plant height decreased in the treatments receiving high macro-elements. Fresh weight of cut flowers decreased in the treatments with low macro-elements + high B. When macro-elements or B were high, dry weight of roots decreased. Keeping quality of cut flowers decreased by 18 to 22 days in the high B treatments compared with the treatment with the treatment with low macro- and micro-elements and low B. Flowering date was not affected by any treatments. Marginal burns on the lower leaves of the plant in the treatment with low macro-elements and high B appeared in late August and those in the treatment with high macro-elements and high B or with medium B did in early September. Thereafter, these symptoms developed towards upper leaves. Marginal burn was highly correlated with B content in the leaves. B was slightly higher in the lower leaves.

緒 言

秋ギクの生育と日持ちに及ぼす培養液濃度の影響をみた既報(5)の実験結果によれば，培養液濃度を基本培養液(第1表)の2倍以上にした場合，生育の抑制，日持ち日数の低下，葉縁の褐変が観察された。このような現象は施用された栄養素の過剰によって生じたものであるが，その過剰栄養素が何であるかは，明らかにすることが出来なかった。ただし，葉縁褐変がみられた処理区の葉中ホウ素(B)含量が，他の成分含量に比べて著しく高かったこと，及びBは植物の生育に対する好適濃度範囲が狭い(2)栄養素であると言われていることから，こ

の葉縁褐変はB過剰による可能性が高いことを指摘した(5)。一方，そのころ，静岡県焼津市のキクの産地において葉枯れ症が発生したが，原因不明のために防止策も見当たらず，問題になっていた。現地調査の結果，この症状は前述の葉縁褐変症とよく似ていた。したがって，これらの障害の原因は，栄養素の過剰によるものではないかと考え，まず，過剰栄養素がN,P,K,Caなどの多量要素であるか，あるいはFe,Zn,Cu,B,Mnなどの微量要素であるかを把握しようとした。他方，既報(5)の結果からB過剰の影響も調査しようとした。そこで，多量，微量要素及びB濃度の異なる培養液を用い秋ギクを砂耕栽培した。

¹ 1983年6月30日 受理

Table 1. Composition of base nutrient solution.

1.	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	1mM
2.	K ₂ SO ₄	3mM
3.	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2mM
4.	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	4mM
5.	Fe	1 ppm (Fe-EDTA)
6.	Zn	0.05 ppm (ZnSO ₄ ·7H ₂ O)
7.	Cu	0.02 ppm (CuSO ₄ ·5H ₂ O)
8.	Mo	0.05 ppm (Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O)
9.	Mn	0.50 ppm (MnSO ₄)
10.	B	designated concentration (H ₃ BO ₃)

pH≒6.0

実験材料及び方法

品種 '精興の花' の挿し芽苗を1978年7月4日, 天竜川の砂(壤質粗砂土)を詰めた木箱(40×40×12cm)に4本ずつ定植し, ガラス室内で栽培した. 定植後1週間は馴化のため, 基本培養液(第1表)を1/4濃度に希釈し, すべての区に一樣に与えた. 処理区は第2表に示すように, 培養液中の多量要素(N, P, K, Ca, Mg, Naなど)と微量要素(Fe, Zn, Cu, B, Mo, Mn)を, それぞれ基本培養液濃度(1S)とその3倍(3S)にした4処理区並びにBだけを2倍濃度(1.0ppm)及び3倍濃度(1.5ppm)にした2処理区の合計6区(1区4反復)を設けた. これらの培養液は7月11日から収穫時まで, 晴天日には1日1~2回, 曇天日には1日1回, 1箱当たり1回に0.5~1lを灌水代わりに施用した. 摘心は7月14日に行い, その後2本仕立てにした. 砂の表面は乾燥防止のため稲わらを敷いた. 9月7日に生育中の草丈を測定した. 開花日数は7月14日の摘心日から開花日までとした. 開花日に茎の基部から切り取り, 草丈と新鮮重を測定した. 根は注意深く掘り取り, 水洗, 乾燥後乾物重を測定した. 葉縁の褐変程度は収穫時に調査したが, 症状が全くみられないものを0, 下位から上位までのす

べての葉縁が褐変しているものを5とし, 6段階に分けて評点した. 葉は茎のほぼ中央から上部に着生した上位葉とそれより下部に着生した下位葉とに分けて分析した. 葉及び砂の化学分析並びに切り花の日持ち調査は, 既報(5)と同様の方法で行った.

実験結果

1. 生育, 切り花の日持ち並びに葉縁褐変に及ぼす影響(第2表)

摘心日(7月14日)から開花までの日数は, 108.5日から109.5日で, それぞれ10月31日から11月1日に相当したが, 処理の影響はほとんどみられなかった. 9月7日と収穫時における草丈は, 多量要素3Sの3区及び多量要素と微量要素のいずれも3Sの4区において劣った. 切り花新鮮重は微量要素のみ3Sの2区及びBだけを3倍にした6区でやや劣った. 根乾物重は多量要素と微量要素の両方又はその一方を3Sとした2, 3, 4区及びBだけを3倍にした6区において明らかに劣った. 切り花の日持ち日数は2, 6区で著しく低下し, 特に6区は1区の1/3であった. 葉縁褐変(第1図)は2, 6区で8月下旬から, また4, 5区では9月上旬からみられた. この褐変は既報(5)と同様, 最初下葉に発現し,



Fig. 1. Marginal burn in chrysanthemum leaves.

Table 2 Effect of macro- and micro-elements and boron on the growth and marginal burn of chrysanthemum grown in sand culture.

No.	Treatment ²			Days from pinching to flowering	Plant ht (cm)		Fresh wt of cut flower (g)	Dry wt of roots (g)	Keeping quality (days)	Marginal ³ burn
	Macro-element	Micro-element except B	B (ppm)		65 days after planting	at harvest				
1	1S	1S	0.5	109.3a [*]	22.6a	65.9a	82.7a	14.7a	32.6a	0e
2	1S	3S	1.5	109.0ab	23.3a	59.8b	65.7b	7.8b	14.3c	4.4a
3	3S	1S	0.5	108.8ab	17.3b	52.7c	75.5ab	7.3b	26.8b	0e
4	3S	3S	1.5	108.5b	17.0b	52.4c	73.2ab	5.1b	31.8ab	3.0c
5	1S	1S	1.0	109.3a	22.1a	64.4a	76.1ab	12.8a	27.6ab	2.5d
6	1S	1S	1.5	109.5a	22.1a	64.2a	69.6b	7.8b	10.3c	4.1b

² 1S and 3S refers to 1 and 3 times the concentration of base nutrient solution (Table 1), respectively.

³ Marginal burn in leaves were scored from 0 (none) to 5 (very severe).

^{*} Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3. Effect of macro- and micro-elements and boron on the content of nutrient elements in the upper leaves of chrysanthemum (dry matter basis).

No.	Treatment ²			Total-N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	B (ppm)
	Macro-element	Micro-element except B	B (ppm)							
1	1S	1S	0.5	3.79b ³	0.29b	6.72b	1.05bc	0.64bc	0.13b	12.4c
2	1S	3S	1.5	3.74b	0.31b	4.88c	1.23b	0.64bc	0.32a	122.8a
3	3S	1S	0.5	4.14a	0.68a	8.50a	1.85a	0.69a	0.21ab	9.0c
4	3S	3S	1.5	4.26a	0.63a	7.83a	1.56ab	0.60d	0.25ab	74.1b
5	1S	1S	1.0	4.01ab	0.31b	5.54c	0.83c	0.67cd	0.30a	86.0b
6	1S	1S	1.5	3.97ab	0.33b	5.46c	0.83c	0.63cd	0.25ab	123.8a

² Same as Table 2.

³ Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 4. Effect of macro- and micro-elements and boron on the content of nutrient elements in the lower leaves of chrysanthemum (dry matter basis).

No.	Treatment ²			Total-N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	B (ppm)
	Macro-element	Micro-element except B	B (ppm)							
1	1S	1S	0.5	3.04bc ³	0.28c	5.86c	1.03a	0.55b	0.19ab	51.9e
2	1S	3S	1.5	2.92c	0.30c	5.14d	0.96a	0.56b	0.19ab	148.3a
3	3S	1S	0.5	3.45ab	1.05a	8.72a	0.93a	0.70a	0.17b	21.7f
4	3S	3S	1.5	3.67a	0.82b	7.98b	0.86a	0.51c	0.18b	74.9d
5	1S	1S	1.0	3.24b	0.29c	5.44cd	1.03a	0.56ab	0.19c	101.7c
6	1S	1S	1.5	2.85c	0.32c	5.04d	0.87a	0.55b	0.22a	131.3b

² Same as Table 2.

³ Same as Table 3.

徐々に上位葉へ進行した。収穫時における葉縁褐変の程度は、2区で最も著しく、ついで6>4>5区の順であった。しかし、1、3区では葉縁の褐変は全くみられなかった。

2. 葉の成分含量に及ぼす影響 (第3, 4表)

葉のN含量は上, 下位葉とも3, 4区で高く, また上位葉は下位葉に比べ, いずれの処理区においても高い値を示した。P含量は上, 下位葉とも3, 4区で高く, それらの区では下位葉のほうが上位葉より高かった。3, 4区以外のP含量は処理の影響がなく, 葉位による差もみられなかった。K含量は上, 下位葉とも3, 4区で高く, 2, 5, 6区で低かった。また1, 5, 6区のK含量は上位葉で高かったが, 2, 3, 4区では下位葉でやや高かった。上位葉のCa含量は3, 4区で高く, 5, 6区で著しく低かった。下位葉のCa含量は処理間に有意差がみられず, 2, 3, 4区では上位葉に比べて低かった。Mg, Na含量は上位葉でやや高かったが, 処理の影響は明らかでなかった。B含量は上位葉では2, 6区で最も高く, ついで4, 5区で高かった。下位葉のB含量は2区で最も高く, ついで6>5>4区の関係がみられた。また各処理区ともB含量は下位葉が上位葉に比べて高かった。

3. 実験終了時における砂の化学的性質に及ぼす影響 (第5表)

砂のNO₃-N, Truog P, 置換性 K, Ca 含量及び EC は3, 4区で高かったが, 1, 2, 5, 6区間には有意差がみられなかった。置換性 Mg, Na 含量は処理の影響が明らかでなかった。水溶性 B 含量は6区で高かった。pH は3, 4区で高く, 5, 6区でわずかに高かった。

4. 実験終了時における土壌溶液の化学的性質に及ぼす影響 (第6表)

NO₃-N, P, K, Ca 含量及び EC は3, 4区で高かったが, 1, 2, 5, 6区間には有意差がみられなかった。Mg, Na 含量は処理の影響が明らかでなかった。B 含量は6区で最も高く, ついで2, 4, 5区で高かったが, 3区では著しく低かった。pH は3, 4区でやや低かった。

考 察

秋ギクの生育抑制や切り花の日持ち低下及び葉縁褐変が, 高濃度の培養液を施用することによってもたらされることは, 既に明らかにされている(5)が, その原因を明らかにするために行った本実験においても, 同様の現象を再現することができた。このような現象の発現と培

Table 5. Chemical properties of sand at the end of the experiment.

Treatment No.	NO ₃ -N (ppm)	P (Truog) (ppm)	Exchangeable cations (me/100g)				B (water soluble) (ppm)	pH (water extract)	EC _s (mS/cm)
			K	Ca	Mg	Na			
1	19.9b ²	88b	1.04b	2.85ab	0.66ab	0.51ab	0.14bc	5.20c	0.57b
2	23.5b	69b	1.03b	2.37b	0.59b	0.37bc	0.25b	5.46c	0.60b
3	78.6a	148a	1.68a	3.86a	0.77a	0.48ab	0.06c	6.40a	1.09a
4	79.5a	156a	1.59a	3.66a	0.70ab	0.49ab	0.14bc	6.43a	0.96a
5	16.9b	76b	1.04b	2.51b	0.62ab	0.54a	0.22b	5.91b	0.61b
6	22.5b	77b	1.00b	2.85ab	0.60ab	0.33c	0.49a	5.97b	0.66b

² Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 6. Chemical properties of soil solution (pF=0~3.8) at the end of the experiment.

Treatment No.	NO ₃ -N(ppm)	P(ppm)	K(me/l)	Ca(me/l)	Mg(me/l)	Na(me/l)	B(ppm)	pH	EC(mS/cm)
1	141b ²	9.3c	16.92b	17.87b	20.66ab	20.48ab	0.30c	7.64ab	6.44c
2	173b	9.9c	18.41b	17.58b	19.39b	17.10ab	0.51b	7.81a	6.52c
3	560a	24.6b	39.91a	19.00a	27.07a	22.79a	0.08d	7.30c	9.99a
4	506a	32.9a	35.01a	19.56a	23.77ab	20.17ab	0.47b	7.29c	8.31ab
5	132b	8.6c	14.21b	17.01b	17.20b	22.62a	0.54b	7.51b	6.68bc
6	183b	9.7c	15.76b	17.87b	17.61b	12.93b	0.73a	7.54b	6.02c

² Same as Table 5.

養液中の多量, 微量要素濃度との間には, 密接な関連があるものと推察されるが, ここでは上記の現象を個別に取り上げ, 多量, 微量要素及びB濃度の影響を考察することにした。まず草丈の抑制が最も著しかった3, 4区は, 多量要素濃度はいずれも標準の3倍であったが, 微量要素は4区だけが3倍であった。しかし, 3区と4区とで草丈には有意差がみられなかった。このことから, 秋ギクの草丈は, 微量要素よりも, N, P, K, Ca, Mg など多量要素を多用することによって抑制されるものと思われる。これと同様のことは, Kofraneks (6) がキクの品種 'Kramer' の砂耕実験において認めている。それによれば, 草丈は基本培養液濃度の4倍及び8倍処理において抑制された。これは高濃度の多量要素を施用したため, 培地のECが上昇した結果もたらされたもので, 特定のイオンの影響ではないと述べている。本実験では多量要素中の個々のイオンの影響については調査していないが, 実験終了時における砂及び土壌溶液のEC値は, 3, 4区で高かったため, ECの上昇が草丈を抑制したものと考えられる。次に, 切り花新鮮重が低下した2, 6区は, 多量要素濃度は標準であったが, 2区は微量要素濃度が3倍であり, 6区はB濃度だけ3倍であった。しかし, 切り花新鮮重は2区と6区の間に, 差がみられなかったことから微量要素中のB濃度に影響されていることがうかがわれ, 2, 6区のようにB濃度が高い場合は, 葉縁の褐変が著しいために葉の生育が抑制され, その結果切り花の新鮮重が低下したものと考えられる。このようにB過剰によって地上部の新鮮重が低下した例はキク

(4) を初め, 多くの作物において知られている(14, 17)。なお, 2区と同じ微量要素濃度の4区の切り花新鮮重が2区のように低下しなかったのは, 4区が多量要素濃度が2区の3倍であったために, 多量に与えられたBの吸収を抑制した結果, 葉縁の褐変が軽減され, 葉の生育が2区のように抑制されなかったためではないかと考えられる。葉中B含量は3, 4表に示したように, 2区では上位葉が122.8ppm, 下位葉が148.3ppmであるのに対し, 4区ではそれぞれ74.1ppm, 74.9ppmと著しく低かった。これはAsen and Tukey (1) がバラで明らかにしているように, CaがBの吸収を抑制したことを示すものである。次に, 根の乾物重が低下した2, 3, 4, 6区は, 多量要素又は微量要素あるいはB濃度が高い区であった。したがって, 根の生育抑制は3, 4区のように多量要素濃度が高い培養液を施用することによって培地の塩類濃度が高まった場合のほか, 微量要素中のB濃度が高い場合にも起こるものと思われる。B過剰によって根重が減少した例は, イネ, サボンソウ, トマト, ネギなどにおいて知られている(14)。次に, 切り花の日持ちは2, 6区で著しく低下したが, 2区は微量要素が標準の3倍であり, 6区はBだけが標準の3倍濃度であった。しかし, 切り花の日持ちは両者区間に差がみられなかった。したがって, 2, 6区における切り花の日持ちは, Bの過剰によって抑制されたものと思われる。キクの切り花の日持ちは, 生育後期における窒素過多や多肥栽培によって低下した例(16)は知られているが, B過剰が切り花の日持ちを低下させたという報告はみあ

たらない。そこで、B栄養と切り花の日持ちとの関係については、今後詳細な研究が必要と考えられる。次に、B過剰は葉縁褐変をもたらすことが、キク(4,10)をはじめ、花木類(3)、ポインセチヤ(7)、グラジオラス(8)、ゴムの木(11)、ラフレモン(12)、その他多くの植物(13)で知られている。また、前述したように、筆者ら(5)もキクの葉縁褐変は、Bの過剰によってもたらされる可能性が高いことを指摘した。本実験における葉縁褐変は前報(5)と同じ症状であり、高濃度のB処理区においてみられた。そして、葉縁褐変が著しかった2、6区の葉及び培地のB含量は、他区に比べて著しく高く、また、同一処理区内では、褐変が著しかった下位葉のB含量が、上位葉に比べて著しく高かった。これらのことから、既報(5)及び本実験におけるキクの葉縁褐変は、Bの過剰障害と考えられる。また、Bの過剰障害が葉縁部に発生しやすいのは、根から吸収されたBが、蒸散流によって道管を上昇し、その末端である葉縁まで移行し、その附近でBが多量に集積するためと考えられている(15)。Bを多量に施して、葉中B含量の分布を調査した結果によれば、ユリ(9)やラフレモン(12)では、褐変した葉先のB含量は、健全な葉身部に比べて著しく高いことが明らかにされている。本実験では葉中B含量の分布は調査しなかったが、今後詳細に調べる予定である。なお、前述した焼津のキク産地においてみられた葉の褐変症は、本実験のものと同様の症状が酷似したので、葉の主要成分含量を調査したところ、B含量がとりわけ高く、88~268 ppmであった。したがって、同地区でみられたキクの葉の褐変症は、B過剰による障害と推察される。その後、牛糞おがくずたい肥がBの給源であることも判明し、その施用を差し控えたため、現在では、本症は全くみられなくなった。

摘 要

培養液中の多量、微量要素及びB濃度が、秋ギクの生育、切り花の日持ち並びに葉縁の褐変に及ぼす影響を明らかにしようとした。品種‘精興の花’の挿し芽30日後の苗を、砂を詰めた木箱(40×40×12cm)に4本ずつ定植し、ガラス室内の自然日長下で栽培した。処理は第2表に示したように、多量要素及び微量要素濃度を1S(標準)と3S(標準の3倍)の2段階、そして、Bを0.5, 1.0, 1.5 ppmの3段階とした6区(1区4反復)を設けた。培養液(1回、1箱当たり0.5 l)は、7月11日から開花期まで、晴天日は1日2回、曇天日は1日1回施用した。また、雨天の日は施用しなかった。草丈は多量要素の高濃度処理区で減少した。切り花新鮮重は低多量要素でB高濃度区において減少した。根乾物重は多

量要素、又はBを高濃度で施用した場合に減少した。切り花の日持ちは、高濃度のB処理によって18~22日間も減少した。開花日には処理の影響がみられなかった。下位葉における葉縁の褐変は、微量要素又はBの高濃度区では8月下旬に、また、多量要素及び微量要素の高濃度区並びにB中濃度区では9月下旬に発現した。その後、その症状は下位葉から上位葉へと進展した。葉縁の褐変は葉のB含量と高い相関関係がみられた。B含量は下位葉においてやや高かった。

引用文献

1. ASEN, S. and H. B. TUKEY. 1953. Leaf scorch on the Snow White variety of greenhouse rose as influenced by various concentrations of boron and calcium. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 515—522.
2. 馬場 昂. 1976. ホウ素の生理作用, 高井康雄ら編. 植物栄養土壌肥料事典. p. 123. 養賢堂. 東京.
3. FRANCOIS, L. E. and R. A. CLARK. 1979. Boron tolerance of twenty five ornamental shrub species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 319—322.
4. GOGUE, G. A. and K. C. SANDERSON. 1973. Boron toxicity of chrysanthemum. Hort-Science. 8: 473—475.
5. 石田 明・増井正夫・糠谷 明・重岡広男. 1981. 秋ギクの生育と日持ちに及ぼす培養液濃度の影響. 園学雑. 50: 86—91.
6. KOFRANEK, A. M., O. R. LUNT and S. A. HART. 1953. Tolerance of *Chrysanthemum morifolium* variety Kramer to saline conditions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 528—532.
7. KOFRANEK, A. M., O. R. LUNT and H. C. KOHL. 1955. Tolerance of poinsettias to saline conditions and high boron concentrations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 68: 551—555.
8. KOFRANEK, A. M., O. R. LUNT and H. C. KOHL. 1956. Tolerance of gladioli to salinity and boron. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 69: 556—560.
9. KOHL, H. C. and J. J. OERTLI. 1961. Distribution of boron in leaves. Plant Physiol. 36: 420—424.
10. LUNT, O. R., A. M. KOFRANEK and J. J. OERTLI. 1964. Some critical nutrient levels in *Chrysanthemum morifolium* cultivar Good News. Plant Analysis and Fertiliser Problems. IV 398—413.
11. MARLATT, R. B. 1978. Boron deficiency and toxicity symptoms in *Ficus elastica* 'Decora' and *Chrysalidocarpus lutescens*. HortScience 13: 442—443.

12. OERTLI, J. J. 1960. The distribution of normal and toxic amounts of boron in leaves of rough lemons. *Agron. J.* 52 : 530—532.
13. OERTLI, J. J. and H. C. KOHL. 1961. Some considerations about the tolerance of various plant species to excessive supplies of boron. *Soil Sci.* 92 : 243—247.
14. 高下正則・高橋英一. 1976. 植物のホウ素栄養に関する比較生理的研究 (第1報). ホウ素に対する植物の生育反応の種間差異. *土肥誌.* 47 : 133—137.
15. 高下正則・高橋英一. 1976. 植物のホウ素栄養に関する比較生理的研究 (第2報). トマト植物体内ホウ素含量の推移と分布. *土肥誌.* 47 : 138—141.
16. WATERS, W. E. 1967. Effects of fertilization schedules on flower production, keeping quality, disease susceptibility and chemical composition at different growth stages of *Chrysanthemum morifolium*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91 : 627—632.
17. 山内益夫. 1976. ホウ素適応性の作物種間差異. *土肥誌.* 47 : 281—286.