

秋ギクの生育, 切り花の日持ち並びに葉縁褐変に及ぼす ホウ素とカルシウム施用濃度の影響

石田 明*・糠谷 明・重岡廣男**

静岡大学農学部 422 静岡市大谷

Effect of Applied Concentrations of Boron and Calcium on Growth, Vase Life and Leaf Marginal Burn in Chrysanthemums

Akira ISHIDA, Akira NUKAYA and Hiroo SHIGEOKA.

College of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Shizuoka 422

Summary

An experiment was conducted to determine the effect of concentrations of boron (B) and calcium(Ca) in nutrient solution on growth, vase life of cut flowers and leaf marginal burn in chrysanthemums (*C. morifolium* Ramat. cv. Seikōnohana) grown in sand or soil. Vase life of cut flowers decreased with increasing B concentrations in the treatment solution. Decrease in the vase life by B treatment was suppressed at high Ca concentrations in the solution. With increasing B concentrations, marginal burn in leaves appeared earlier and the degree became severe. With increasing Ca concentrations, appearance of the burn slightly delayed. Boron in leaves increased with increasing B concentrations. However, it decreased as Ca concentrations increased. Boron in marginal areas of leaves having marginal necrosis was 1,150 to 1,725 ppm, which was significantly higher than that in the healthy leaf areas.

緒 言

秋ギクの生育, 切り花の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(B)の影響をみた既報(5)において, 高濃度のBを施用すると, 切り花新鮮重と根乾物重が減少し, 切り花の日持ち低下と葉縁褐変をもたらすことを明らかにした。また, この障害はB処理濃度が同じでも, 同時に施用した多量要素濃度が高い場合には, 軽減されることが認められた。そして, この障害を軽減させる栄養素は, Asenら(1)がバラで明らかにしたように, カルシウム(Ca)ではないかと推論した。しかし, 既報(4)ではCaであるという確証を得ていない。また, 上記の結果は砂耕によるもので, 土耕の場合については不明である。したがって, これらの点を明らかにするため, 川砂と田土を用いて秋ギクを栽培し, 培養液中のB及びCa濃度が生育, 日持ち並びに葉縁褐変に及ぼす影響を調査した。

実験材料及び方法

品種「精興の花」の挿し芽苗を1979年7月11日, 天竜川の砂(壤質粗砂土)又は静岡市高松の水田土壌(粘質壤土)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週間はじゅん化のため, 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。摘心は7月23日に行い2本仕立てとした。処理区は第1表に示すように, 培地を川砂(砂耕)と田土(土耕)の2種類とし, それぞれに培養液中のB及びCa濃度が異なる8区(1区4反復)を設けた。なお, B処理濃度が砂耕と土耕とで異なるのは, 葉縁褐変を完全に発現させることを考慮し, 砂耕ではすでに明らかにされている(5)1.5 ppmまでとしたが, 土耕の場合はその点が不明のため, より高濃度処理を試みようとしたからである。B, Ca, Cl以外の成分濃度は各区同一で, 基本培養液としてその組成を第1表に示した。培養液は7月18日から収穫日まで, 培地が乾かない程度(晴天日は1日1~2回, 曇天日は1回, 1箱当たり1回に0.5~1.0l)に各区等容を灌水代りに施用した。培養液は全生育期間中に55l与えた。培地の表面には乾燥

1987年4月4日 受理

* 現在 静岡大学農学部附属農場

** 現在 静岡大学教育学部

Table 1. B and Ca concentrations and nutrient solution used in excess B studies with chrysanthemums.

B concn (ppm)		Ca concn (ppm)	Composition of nutrient solution	
Sand culture	Soil culture			
0.5	1.0	160	Na ₂ HPO ₄ ·12 H ₂ O	1 mM
0.75	1.25	160	K ₂ SO ₄	3 mM
1.0	1.5	160	MgSO ₄ ·7 H ₂ O	2 mM
1.0	1.5	400 ^z	Ca(NO ₃) ₂ ·4 H ₂ O	4 mM
1.25	1.75	160	Fe	1 ppm (Fe-EDTA)
1.25	1.75	400 ^z	Zn	0.05 ppm (ZnSO ₄ ·7 H ₂ O)
1.5	2.0	160	Cu	0.02 ppm (CuSO ₄ ·5 H ₂ O)
1.5	2.0	400 ^z	Mo	0.05 ppm (Na ₂ MoO ₄ ·2 H ₂ O)
			Mn	0.5 ppm (MnSO ₄)
			B	designated concentration (H ₃ BO ₃)
pH≒6.0				

^z 6 mM CaCl₂·2 H₂O was added to the nutrient solution.

Table 2. Effect of boron and calcium concentrations on growth and leaf marginal burn occurrence of chrysanthemums cv. 'Seikōhōhana' in sand culture.

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	Days from pinching to flowering	Plant ht (cm)		Fresh wt of cut flower (g)	Dry wt of roots (g)	Vase life (days)	Degrees of marginal burn ^y
			60 days after pinching	At harvest				
0.5	160	100.7a ^z	44.1ab	65.9ab	80.9a	9.2ab	33.3a	1.19e
0.75	160	100.7a	42.8abc	66.4a	73.8ab	9.5a	32.5a	2.2d
1.0	160	100.2a	41.4bc	62.8abc	68.2bc	8.9abc	19.5b	4.75b
1.0	400	100.8a	39.0c	59.5c	62.9cd	6.6d	33.3a	4.07c
1.25	160	100.0a	42.4bc	62.2abc	65.9cd	7.5bcd	16.5c	5.91a
1.25	400	100.3a	40.8bc	60.1bc	63.0cd	7.2cd	20.3b	5.74a
1.5	160	99.3a	46.5a	65.6ab	80.2a	8.5abc	14.0c	6.00a
1.5	400	100.4a	40.2bc	59.1c	59.2d	5.8b	21.5b	6.00a

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

^y Marginal burn in leaves were scored from 0 (none) to 6 (very severe).

を防ぐため稲わらを敷いた。摘心から60日目(9月21日)に生育中の草たけを測定した。開花日は摘心日(7月23日)から完全に開花した日までの日数で示した。開花日に茎の基部から切り取り、草たけ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。葉縁褐変の程度は、症状が全くみられないものを0、下位葉から上位葉までのすべての葉が激しく褐変しているものを6とし、7段階に分け、収穫時に評点した。葉はN, P, K, Ca, Mg, Na, B含量を、また茎は上, 中, 下の3部位に分けてB含量を測定した。褐変葉は、褐変部と健全部とに分け成分含量を調査した。砂及び用土は実験終了時にNO₃-N, P(Truog), 置換性 K, Ca, Mg, Na, 水溶性B含量, pH, EC値を測定した。植物体及び培地の化学分析並びに切り花の日持ち調査は既報(4)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, 3表)

摘心(7月23日)から開花までの日数は、砂耕, 土耕とも約99日から100日で、10月30日から31日に相当したが、処理による有意差はみられなかった。草たけは砂耕のほうが土耕に比べて一般にすぐれていたが、B濃度の影響は明らかでなかった。砂耕における草たけは摘心後60日目及び収穫時とも、B処理濃度が同じ場合、Ca 400 ppm区で劣る傾向がみられた。しかし、土耕ではCa濃度の影響がみられなかった。切り花新鮮重は、砂耕ではB 1.0 ppm以上でやや低下したが、土耕では処理の影響が明らかでなかった。根乾物重は砂耕のほうが土耕よりややすぐれたが、砂耕, 土耕ともにB処理濃度が同じ場合Ca 400 ppm区の根乾物重は劣った。切り花の日持ち

Table 3. Effect of boron and calcium concentrations on growth and leaf marginal burn occurrence of chrysanthemums cv. 'Seikōnohana' in soil culture.

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	Days from pinching to flowering	Plant ht (cm)		Fresh wt of cut flower (g)	Dry wt of roots (g)	Vase life (days)	Degrees of marginal burn ^y
			60 days after pinching	At harvest				
1.0	160	100.2a ^z	42.1a	58.4a	63.0a	7.8a	33.0a	1.41e
1.25	160	101.1a	41.3a	59.0a	60.9a	6.7b	33.5a	2.58d
1.5	160	100.5a	40.8a	57.3a	62.7a	6.6b	24.0c	3.85c
1.5	400	100.3a	41.3a	56.8a	61.0a	5.3c	30.3ab	3.89c
1.75	160	99.4a	41.2a	58.4a	63.1a	6.9ab	18.5d	4.48b
1.75	400	99.0a	40.8a	55.5a	64.4a	5.5c	28.8b	4.57b
2.0	160	100.5a	41.0a	56.7a	60.5a	6.5b	18.5d	5.72a
2.0	400	100.4a	38.5a	55.5a	57.7a	6.8ab	19.8d	5.53a

^{z, y} Same as Table 2.**Table 4.** Effect of boron and calcium concentrations on main elements in leaves of chrysanthemums cv. 'Seikōnohana' in sand culture (dry matter basis).

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	Total-N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
0.5	160	3.84ab ^z	0.23b	4.52ab	0.64b	0.42a	0.26a
0.75	160	3.78abc	0.23b	4.76a	0.61b	0.40b	0.25a
1.0	160	3.89a	0.24b	4.89a	0.61b	0.40b	0.23a
1.0	400	3.68bc	0.23b	4.01bc	1.05a	0.34c	0.17b
1.25	160	3.77abc	0.24b	4.46ab	0.65b	0.43a	0.12b
1.25	400	3.62c	0.26b	3.81c	1.08a	0.34c	0.15b
1.5	160	3.69bc	0.31a	4.92a	0.70b	0.41ab	0.25a
1.5	400	3.41d	0.23b	3.87c	1.10a	0.33c	0.14b

^z Same as Table 2.**Table 5.** Effect of boron and calcium concentrations on main elements in leaves of chrysanthemums cv. 'Seikōnohana' in soil culture (dry matter basis).

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	Total-N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
1.0	160	3.59c ^z	0.27ab	4.05ab	0.85cd	0.35a	0.19c
1.25	160	3.71abc	0.29a	4.10ab	0.81cd	0.36a	0.23bc
1.5	160	3.82ab	0.28a	4.16a	0.73d	0.37a	0.38a
1.5	400	3.85ab	0.28a	3.67cd	1.23a	0.39a	0.17c
1.75	160	3.89a	0.22b	3.96abc	0.88c	0.35a	0.22bc
1.75	400	3.58c	0.26ab	3.79bcd	1.10ab	0.37a	0.22bc
2.0	160	3.72abc	0.27ab	3.82bcd	0.78cd	0.35a	0.28b
2.0	400	3.67bc	0.30a	3.65d	1.07b	0.36a	0.20c

^z Same as Table 2.

は砂耕, 土耕とも B 処理濃度が高まるにつれて低下し, B 濃度が同じ場合は砂耕のほうが劣った. Ca 400 ppm 処理区は土耕の 8 区を除き Ca 160 ppm 処理区より, 日持ち日数が長かった. 葉縁褐変が砂耕では 8 月下旬 (処理後 41 日目), 土耕では 9 月上旬 (処理後 47 日目) から B 処理濃度が高い区で発現した. この褐変は下位葉から上位葉へと進行した. また, その症状は既報(4)と同様であった. 褐変は B 処理濃度が高い区で早く発現した

が, 実験終了時にはすべての処理区でみられた. また B 処理濃度が同じ場合には Ca 400 ppm 区で, 発現はやや遅れた. 葉縁褐変の程度は B 処理濃度が高まるにつれて激しくなり, 砂耕は土耕より激しかった.

2. 葉の主要成分含量及び葉と茎の B 含量に及ぼす影響 (第 4, 5, 6, 7 表)

砂耕, 土耕とも葉の N, P, K, Ca, Mg, Na 含量に及ぼす B 処理濃度の影響は明らかでなかったが, Ca 処理

Table 6. Effect of boron and calcium concentrations on B in leaves and stem of chrysanthemums cv. 'Seikōhohana' in sand culture (dry matter basis).

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	Leaves (ppm)	Stem		
			upper (ppm)	middle (ppm)	lower (ppm)
0.5	160	85.0e ^z	14.8c	11.3a	9.4e
0.75	160	93.1e	16.8c	12.4a	9.3e
1.0	160	179.4c	18.1bc	14.5a	12.6cde
1.0	400	150.0d	16.1c	11.1a	11.9de
1.25	160	256.7b	23.9a	14.5a	15.6bc
1.25	400	183.1c	22.1ab	13.9a	13.1cd
1.5	160	293.8a	21.3ab	14.3a	19.5a
1.5	400	202.5c	21.1ab	11.3a	17.3ab

^z Same as Table 2.**Table 7.** Effect of boron and calcium concentrations on B in leaves and stem of chrysanthemums cv. 'Seikōhohana' in soil culture (dry matter basis).

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	Leaves (ppm)	Stem		
			upper (ppm)	middle (ppm)	lower (ppm)
1.0	160	90.0d ^z	19.4c	11.6c	13.8b
1.25	160	142.5c	20.3bc	12.5bc	11.5cd
1.5	160	179.4b	25.9abc	14.4abc	10.9d
1.5	400	155.0c	31.6a	15.3ab	11.5cd
1.75	160	176.3b	28.9a	14.6abc	13.5bc
1.75	400	155.6c	27.1ab	14.3abc	14.8ab
2.0	160	236.3a	26.8abc	16.4a	16.1a
2.0	400	190.0b	24.4abc	14.1abc	13.5b

^z Same as Table 2.**Table 8.** Effect of boron and calcium concentrations on main elements in normal and marginal-burned parts of chrysanthemum leaves in sand and soil cultures (dry matter basis).

Treatment		Part of leaves	B (ppm)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
Medium	Ca concn (ppm)						
Sand	160	Marginal ^z	1,725.0	0.18	1.48	0.35	0.08
Sand	160	Normal ^y	121.3	4.62	1.04	0.66	0.32
Sand	400	Marginal	1,275.0	0.12	1.55	0.28	0.08
Sand	400	Normal	101.3	3.74	1.41	0.51	0.26
Soil	160	Marginal	1,675.0	0.21	1.48	0.30	0.09
Soil	160	Normal	117.5	4.07	1.09	0.53	0.28
Soil	400	Marginal	1,150.0	0.18	1.48	0.31	0.11
Soil	400	Normal	89.3	3.74	1.33	0.53	0.28

^{z,y} Samples were taken from marginal-burned and normal parts of leaves, respectively.

濃度が高い場合、葉の N, K, Mg, Na 含量は低下し、Ca 含量は明らかに高まった。葉の B 含量は B 処理間度が高まるにつれて増加し、同じ B 処理濃度では砂耕は土耕に比べて著しく高かった。また Ca 400 ppm 区の葉の B 含量は Ca 160 ppm 区に比べて高かった。茎の B 含量は砂耕、土耕とも上部が中、下部に比べて高かったが、

Ca 処理濃度の影響は明らかでなかった。

3. 葉緑褐変葉における褐変部と健全部の主要成分含量 (第8表)

褐変部は健全部に比べ、B 含量は著しく高く、Ca 含量はやや高かったが、K 含量は著しく低く、Mg, Na 含量も低かった。Ca 400 ppm 区の B 含量は 160 ppm 区に

Table 9. Chemical properties of sand at the termination of the experiment (air dried soil basis).

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	P (Truog) (ppm)	Exchangeable cations (me/100g)				B (water soluble) (ppm)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm) (1:5)
				K	Ca	Mg	Na			
0.5	160	19.1a ²	73bc	0.80a	1.29bc	0.61a	0.33a	0.62d	5.18a	0.52ab
0.75	160	18.2a	70bc	0.62c	1.17c	0.54a	0.29a	0.74d	4.88ab	0.49ab
1.0	160	24.2a	73bc	0.80a	1.35bc	0.57a	0.28a	1.01bc	4.23bc	0.50ab
1.0	400	22.2a	73bc	0.61b	1.77a	0.41b	0.26a	0.90c	4.26bc	0.52ab
1.25	160	25.2a	65c	0.75abc	1.41bc	0.56a	0.28a	1.13ab	4.18c	0.60a
1.25	400	24.0a	80ab	0.65bc	1.56ab	0.35b	0.27a	1.11ab	4.25bc	0.54a
1.5	160	23.3a	78ab	0.77ab	1.16c	0.61a	0.27a	1.15ab	4.33bc	0.41b
1.5	400	26.1a	88a	0.74abc	1.52ab	0.42b	0.26a	1.19a	4.49bc	0.57a

² Same as Table 2.**Table 10.** Chemical properties of soil at the termination of the experiment (air dried soil basis).

B concn (ppm)	Ca concn (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	P (Truog) (ppm)	Exchangeable cations (me/100g)				B (water soluble) (ppm)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm) (1:5)
				K	Ca	Mg	Na			
1.0	160	234.6a ²	125a	2.50a	5.22b	3.95a	1.77ab	0.71cd	4.49a	1.75b
1.25	160	241.6a	110ab	2.21abc	5.12b	3.88a	1.82a	0.59d	4.13a	1.74b
1.5	160	204.1ab	125a	2.37ab	4.94b	3.85a	1.81ab	0.90c	4.10a	1.69b
1.5	400	192.6ab	104b	2.12abc	6.53a	3.41b	1.47b	1.21b	4.00a	2.21a
1.75	160	230.9a	119ab	1.91c	4.99b	3.83a	1.64ab	0.86c	4.04a	1.52b
1.75	400	142.5b	103b	2.07bc	6.29a	3.69ab	1.61ab	1.27ab	4.04a	2.25a
2.0	160	198.9ab	113ab	2.52a	5.18b	3.83a	1.85a	1.45a	4.16a	1.73b
2.0	400	160.3b	119ab	2.10abc	6.06a	3.33b	1.64ab	1.31ab	4.14a	2.27a

² Same as Table 2.

比べ、褐変部、健全部ともに低かった。なお、葉の褐変部と健全部の成分含量は、砂耕と土耕による違いがほとんどみられなかった。

4. 実験終了時における培地の化学的性質に及ぼす影響 (第9, 10表)

砂及び田土の NO₃-N, P, 置換性 Na 含量, pH は処理の影響が明らかでなかった。Ca 400 ppm 区は 160 ppm 区に比べ、砂、田土ともに置換性 Ca 含量及び EC は高かったが、置換性 Mg 含量は低かった。水溶性 B 含量は両培地とも、B 処理濃度が高まるにつれて高まった。しかし、土耕の B 1.5 ppm 及び 1.75 ppm 区を除き、水溶性 B 含量に及ぼす Ca 処理濃度の影響は明らかでなかった。上記土耕の B 1.5 及び 1.75 ppm 区では Ca 400 ppm 区で培地の水溶性 B 含量が高かった。なお、田土は川砂に比べて NO₃-N, P, 置換性 K, Ca, Mg, Na 含量及び EC は高かった。

考 察

すでに、Gogue ら(3)並びに Lunt ら(7)はキクの葉縁褐変は B 過剰障害の典型的症状であることを報告しているが、既報(4)及び本実験では、葉縁褐変症状のほか、切り花の日持ちが低下することを明らかにした。さ

らに、それらの障害と葉中 B 含量との間に密接な関係のあることが確認された。葉縁褐変や切り花の日持ち低下をもたらす葉中 B 含量は、栽培環境や品種などによって異なるものと考えられているが、本実験の結果では、約 80 ppm で葉縁褐変が発現し、約 160 ppm から日持ちが著しく低下するものと推測される。植物による B の吸収が Ca と拮抗関係にあることは一般によく知られており、Asen ら(1)はバラにおいて、また Paul ら(9)はカーネーションにおいて、それぞれ Ca の処理濃度が高まるにつれて、葉中 B 含量が低下することを報告している。本実験において、砂耕、土耕の全処理区で同様の拮抗現象が認められ、さらに Ca は B 過剰による切り花の日持ち低下を抑制することも明らかになった。しかし、Ca によるその抑制効果には培養液中の B 濃度に限度があり、土耕では B 1.75 ppm までの区においてのみ Ca の効果が認められた。これは、Ca 400 ppm における結果であり、さらに Ca 濃度を高めた場合に上記の B 濃度に変動がみられるか否かは不明である。

葉における B 含量の分布をみた研究はいくつかあり、Oertli, J. J. (8)はラフレモンにおいて、B 過剰障害のみられた葉縁部の B 含量は中肋付近に比べて約 7.7 倍の含

量があることを認めている。本実験においても、葉縁褐変部のB含量は、中肋に近い健全部に比べて著しく高く、砂耕、土耕ともCa 160 ppm区で約14.3倍、Ca 400 ppm区では12.8倍であった。これは葉縁褐変が葉縁部におけるBの過剰集積によってもたらされたことを示すものである。またCaは葉におけるBの吸収を抑制することが明らかになった。一方、葉縁褐変部でK, Mg, Na含量が低く、特にK含量が著しく低かった理由は明らかではないが、これらの含量低下によって葉縁褐変が生じたとは考えにくく、むしろこれらの含量低下はB吸収との拮抗作用によるものと思われる。また、Kは植物の細胞質や液胞に多く含まれる成分である(10)ことから、B過剰によって葉縁部の細胞が崩壊したためにKが細胞外に流出し、二次的に減少したことも考えられる。茎のB含量は上部でわずかに高かったものの葉の含量に比べれば極めて低く、さらに、BやCa処理濃度にもほとんど影響されなかった。このようなことはEaton(2)が植物組織におけるB含量分布についての研究で認めている。Eatonによれば、植物へのB供給が十分又は過剰の場合、葉は他の器官に比べて常に高いB含量を示し、例えば障害がみられないブドウの葉においてさえ250~267 ppmのB含量を示したのに対し、茎ではわずかに50 ppmであったという。そしてこのことはBが植物体内を蒸散流によって移動し、最終点である葉にその大部分が集積するためであると述べている。これに似た結果はラフレモン(8)やイースターリリー(6)においても報告されている。これらのことから、本実験における秋ギクの葉縁褐変は葉縁部へのBの過剰な集積によって物質代謝が乱され、細胞が崩壊された結果、発現したものと考えられる。

つぎに、B過剰障害に対する砂耕と土耕栽培の比較について考察すると、B処理濃度が同じ場合、砂耕のほうが日持ちが劣り、葉縁褐変の発現が早く、その程度が著しいなどの相違がみられた。これは、砂耕に使用した壤質粗砂土が土耕に用いた粘質壤土に比べて土壌によるBの吸着も少なく、灌水施肥の場合には根の伸長がよく、生育が早く、B吸収もよかったためであると考えられる。

摘 要

培養液中のBとCa濃度が、秋ギクの品種‘精興の花’の生育、切り花の日持ち並びに葉縁褐変に及ぼす影響を

明らかにしようとした。

培養液のBとCa濃度を変えて、川砂と田土の培地に施用した。切り花の日持ちは、培養液のB濃度が高まるにつれて低下した。B処理による日持ちの低下は、Ca濃度を高くすると抑制された。B濃度が高い場合に、葉縁褐変の発現が早められ、その障害の程度は著しくなった。Ca濃度が高い場合、葉縁褐変の発現がやや遅れた。葉のB含量は、培養液のB濃度が高まるにつれて増加した。しかし、培養液のCa濃度を高めると減少した。葉縁褐変葉における葉縁部のB含量は1,150から1,725 ppmで、健全部に比べて著しく高かった。

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. EATON, F. N. 1944. Deficiency, toxicity, and accumulation of boron in plants. J. Agr. Res. 69: 237—277.
3. GOGUE, G. A. and K. C. SANDERSON. 1973. Boron toxicity of chrysanthemum. HortScience. 8: 473—475.
4. 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.
5. 石田 明・増井正夫・糠谷 明・重岡広男. 1983. 秋ギクの生育、日持ち並びに葉縁褐変に及ぼす多量、微量元素及びホウ素の影響. 園学雑. 52: 302—307.
6. KOHL, H. C. and J. J. OERTLI. 1961. Distribution of boron in leaves. Plant Physiol. 37: 420—424.
7. LUNT, O. R., A. M. KOFRANEK and J. J. OERTLI. 1964. Some critical nutrient levels in chrysanthemum morifolium cultivar Good News. Plant Analysis and Fertilizer Problems. V. 398—413.
8. OERTLI, J. J. 1960. The distribution of normal and toxic amounts of boron in leaves of rough lemon. Agron. J. 52: 530—532.
9. PAUL, E. and F. J. CAMPBELL. 1962. Effect of high calcium application on boron tolerance of carnation, *Dianthus caryophyllus*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 510—517.
10. 山崎 伝. 1966. 微量元素と多量要素. 土壌. 作物の診断, 対策. p.144—145. 博友社. 東京.