

キ ク の 耐 塩 性

石田 明・増井正夫・糠谷 明・小倉孝保*

(静岡大学農学部)

Salt Tolerance of Chrysanthemums

Akira ISHIDA, Masao MASUI, Akira NUKAYA, and Takayasu OGURA

College of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Shizuoka

Summary

Experiments were conducted to determine the effect of various concentrations of sea water on growth and flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 'Seikohana' in sand and soil cultures. The plant height and top fresh weight of flowering plants grown in sand and soil decreased above 250 ppm Cl of sea water, and the flowering was markedly delayed above 2000 ppm Cl. Salt injury appeared on the leaves at 500 ppm Cl in sand culture and at 2000 ppm Cl in soil culture 64 days after the beginning of treatments, and became more severe with increasing sea water concentrations. The intensity of the injury was less in soil culture than in sand culture. There was an increase in Mg, Na and Cl content in the leaves at the higher concentrations of sea water in sand and soil cultures. At the end of the experiment the content of Cl, exchangeable Mg and Na in the soil, and the EC values increased with increasing sea water concentrations.

緒 言

静岡県下の海岸近くの施設園芸地帯では、かん水用井戸水に塩分が混入し、これが作物に悪影響を及ぼして問題になっている。この井戸水の塩水化は、増井ら(6)の水質調査から海水の混入によることが明らかにされている。作物の耐塩性や塩害の症状は、その種類とか土壤中の過剰な成分の量や種類によって異なるようであるが、花きについての研究結果は乏しい。そこで、種々の濃度に希釈した海水のかん水が、秋ギクの生育、開花に及ぼす影響を明らかにするために本実験を行なった。

材料及び方法

実験 I. 砂耕栽培

品種「精興の花」を用い、1974年6月15日にさし芽した苗を、7月10日に天竜川の砂を詰めた木箱(40×40×12cm)に1箱4本ずつ定植した。摘心は7月18日に1回だけ行ない2本仕立てとした。定植から摘心までは海水を含まない培養液を施用した。処理は海水を第1表に示すような培養液で希釈し、Cl濃度で0, 100, 250, 500, 1000, 2000, 3000ppm(海水15%含有)の7区(1処理7反復)とした。海水処理は摘心の翌日から実験終了時まで通常1日1回、砂が乾かない程度にかん水代り

Table 1. Composition of nutrient solution.

1.	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	1 mM
2.	K ₂ SO ₄	3 mM
3.	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	4 mM
4.	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2 mM
5.	Mn	0.5 ppm (MnSO ₄)
6.	Fe	1.0 ppm (FeC ₆ H ₅ O ₇ ·5H ₂ O)
7.	Zn	0.05 ppm (ZnSO ₄ ·7H ₂ O)
8.	Cu	0.02 ppm (CuSO ₄ ·5H ₂ O)
9.	B	0.5 ppm (H ₃ BO ₃)
10.	Mo	0.05 ppm (Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O)
11.	pH	≒6.0

に行なった。9月20日に草たけを測定し、塩害の症状とその程度を記録した。完全に開花した時点で切り取って草たけ及び生体重(開花個体地上部生体重)を測定し、開花個体数、開花日及び塩害の程度を記録した。葉は約70°Cで乾燥しN, P, K, Ca, Mg, Na, Cl含量を測定した。これらの分析、定量はNukayaら(7)と同様の方法で行なった。

実験 II. 土耕栽培

砂耕栽培と同じ苗を水田土壌(静岡大学農学部旧附属農場水田)を詰めた木箱に定植した。その他の栽培方法、調査、記録、成分の分析などは、すべて実験Iと同様にした。施肥は1箱当たり硫酸19g、硫酸カリ6gを基肥と追肥2回に分け、また、過りん酸石灰11.8g、消石灰

1977年12月21日 受理

* 現在京都府農林部

Table 2. Effect of sea water concentrations on the growth and flowering of chrysanthemums in sand culture.

Sea water concentrations		Salt injury symptoms ^X		No. of flowering ^Y plants	Days from July 10 to flowering	Plant ht (cm)		Top fresh wt of flowering plants (g)
Cl(ppm)	%	Sept. 20	At harvest			Sept. 20	At harvest	
0	0	0	0	56 ^a	110.5 ^c	27.9 ^a	47.6 ^a	53.1 ^a
100	0.50	0	0	56 ^a	109.7 ^c	26.8 ^a	48.3 ^a	50.3 ^a
250	1.25	0	0	56 ^a	111.6 ^c	22.3 ^b	33.3 ^b	35.4 ^b
500	2.50	1	2	56 ^a	111.3 ^c	21.2 ^{bc}	35.5 ^{bc}	33.3 ^{bc}
1000	5.00	2	3	54 ^a	112.4 ^c	17.9 ^c	29.7 ^c	27.1 ^c
2000	10.00	3	4	45 ^b	116.2 ^b	8.5 ^d	16.9 ^d	14.4 ^d
3000	15.00	4	5	27 ^c	120.8 ^a	5.7 ^d	9.3 ^e	8.9 ^d

X: Symptoms with marginal chlorosis and burn in the leaves, and the dieback were evaluated, with 0 (none) to 5 (very severe).

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

Table 3. Effect of sea water concentrations on the main elements of chrysanthemum leaves in sand culture. (% of dry matter)

Cl concn (ppm)	N ^X	P	K	Ca	Mg	Na	Cl
0	3.71 ^a	0.23 ^{cd}	4.98 ^a	1.37 ^b	0.60 ^e	0.21 ^c	1.34 ^e
100	3.79 ^a	0.20 ^d	4.67 ^a	1.23 ^b	0.61 ^e	0.21 ^c	1.81 ^{de}
250	3.81 ^a	0.26 ^{cd}	5.25 ^a	1.33 ^b	0.69 ^d	0.36 ^c	2.24 ^{de}
500	3.58 ^a	0.26 ^{cd}	4.90 ^a	1.60 ^{ab}	0.79 ^c	0.52 ^c	2.93 ^d
1000	3.58 ^a	0.28 ^c	4.93 ^a	1.09 ^b	0.79 ^c	0.81 ^c	4.20 ^c
2000	3.49 ^a	0.48 ^a	4.91 ^a	1.17 ^b	0.93 ^b	2.55 ^b	7.23 ^b
3000	2.50 ^b	0.35 ^b	3.59 ^b	2.18 ^a	1.11 ^a	5.04 ^a	11.24 ^a

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

Table 4. Effect of sea water concentrations on the growth and flowering of chrysanthemums in soil culture.

Sea water concentrations		Salt injury symptoms ^X		No. of flowering ^Y plants	Days from July 10 to flowering	Plant ht (cm)		Top fresh wt of flowering plants (g)
Cl(ppm)	%	Sept. 20	At harvest			Sept. 20	At harvest	
0	0	0	0	56 ^a	110.6 ^{cd}	31.3 ^a	47.3 ^a	44.7 ^a
100	0.50	0	0	56 ^a	110.4 ^d	30.7 ^a	46.8 ^a	43.7 ^a
250	1.25	0	0	56 ^a	111.3 ^{cd}	27.1 ^b	41.1 ^b	37.8 ^b
500	2.50	0	0	56 ^a	111.8 ^{cd}	23.4 ^c	37.2 ^c	32.0 ^c
1000	5.00	0	1	56 ^a	113.0 ^{bc}	21.2 ^c	30.5 ^d	25.7 ^d
2000	10.00	1	2	51 ^a	114.9 ^b	15.6 ^d	22.1 ^e	17.0 ^e
3000	15.00	2	3	43 ^b	118.1 ^a	10.9 ^e	16.6 ^e	11.8 ^e

X: Symptoms with marginal chlorosis and burn in the leaves, and the dieback were evaluated, with 0 (none) to 5 (very severe).

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

33gは基肥とした。海水は水道水で希釈して砂耕の場合と同様にかん水した。なお実験終了時の土壌について、Nukayaら(7)の方法でNO₃-N, P, Cl, 置換性のK, Ca, Mg, Na含量及びpH, ECをそれぞれ測定した。

結 果

実験 I. 砂耕栽培

生育・開花に及ぼす影響を第2表に示した。9月20日における塩害の症状は、海水のCl濃度500ppm以上の区で下葉の葉縁クロロシスやネクロシスとしてみられ、

著しい場合は下葉の枯れ上がったものもあった。この塩害症状は、海水のCl濃度が高まるにつれて著しかった。収穫時における塩害の症状は、9月20日におけるそれよりも顕著となり、枯死株は2000ppm区で約20%、3000ppm区で約50%に達した。なお、塩害の著しい区で葉が内側に巻き込んでさじ状を呈したり、濃緑色となったものが一部にみられた。開花個体数は、2000ppm以上では枯死株があったため少なかったが、1000ppm以下の区では、処理による差がみられなかった。開花は

Table 5. Effect of sea water concentrations on the main elements of chrysanthemum leaves in soil culture. (% of dry matter)

Cl concn (ppm)	N ^X	P	K	Ca	Mg	Na	Cl
0	3.40 ^a	0.18 ^b	3.58 ^{ab}	1.67 ^a	0.38 ^c	0.17 ^c	2.04 ^d
100	3.19 ^a	0.18 ^b	3.39 ^{ab}	1.83 ^a	0.39 ^c	0.22 ^c	2.28 ^d
250	3.48 ^a	0.19 ^b	3.36 ^{ab}	1.71 ^a	0.40 ^c	0.28 ^c	2.65 ^d
500	3.43 ^a	0.21 ^{ab}	3.66 ^a	2.03 ^a	0.44 ^c	0.44 ^c	3.43 ^{cd}
1000	3.33 ^a	0.22 ^a	3.67 ^a	1.83 ^a	0.48 ^c	0.73 ^c	4.49 ^c
2000	2.89 ^b	0.20 ^{ab}	3.45 ^{ab}	2.01 ^a	0.66 ^b	2.37 ^b	8.39 ^b
3000	2.82 ^b	0.18 ^b	3.17 ^b	1.95 ^a	0.79 ^a	4.21 ^a	11.81 ^a

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

Table 6. Soil chemical properties at the end of the experiment.

Cl concn (ppm)	NO ₃ -N ^X (ppm)	P(Truog) (ppm)	Exchangeable cations (me/100g)				Cl (ppm)	EC m Ω /cm (1:5)	pH (H ₂ O)
			K	Ca	Mg	Na			
0	191 ^a	147 ^a	0.36 ^{cd}	10.17 ^c	1.78 ^e	2.85 ^d	552 ^d	0.13 ^d	6.67 ^a
100	151 ^a	112 ^b	0.31 ^d	12.66 ^{abc}	1.80 ^e	2.89 ^d	623 ^d	0.14 ^d	6.58 ^{ab}
250	178 ^a	76 ^c	0.35 ^{cd}	12.14 ^{abc}	1.99 ^e	3.88 ^{cd}	895 ^{cd}	0.17 ^{cd}	6.72 ^a
500	215 ^a	89 ^{bc}	0.56 ^c	14.24 ^a	2.70 ^d	5.56 ^c	1340 ^c	0.23 ^c	6.67 ^a
1000	206 ^a	86 ^{bc}	0.79 ^b	12.98 ^{ab}	3.49 ^c	9.02 ^b	2242 ^b	0.30 ^b	6.61 ^{ab}
2000	212 ^a	67 ^c	1.07 ^a	12.57 ^{abc}	4.63 ^b	12.99 ^a	3782 ^a	0.41 ^a	6.67 ^a
3000	161 ^a	89 ^{bc}	1.17 ^a	10.81 ^{bc}	5.33 ^a	14.19 ^a	4291 ^a	0.46 ^a	6.38 ^b

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

2000 ppm 以上の区で遅れた。収穫時における草たけと生体重は、250 ppm 以上の区で Cl 濃度が高まるにつれて劣った。

葉の主要成分含量に及ぼす影響は第3表に示した。葉の Mg, Na, Cl 含量は、海水の Cl 濃度が高まるにつれて高くなる傾向がみられた。葉の N, K 含量は 3000 ppm 区で低かった。

実験 II. 土耕栽培

生育、開花に及ぼす影響は第4表に示した。9月20日における塩害の症状は、Cl 濃度 2000, 3000 ppm 区において、下葉の葉縁クロロシスやネクロシスとしてみられたが、1000 ppm 以下の区ではそのような症状はみられなかった。収穫時における塩害は、1000, 2000, 3000 ppm 区だけにみられたが、9月20日におけるそれよりも顕著となり、下葉から枯れ上がっていた。枯死株は 2000 ppm 区で約7%、3000 ppm 区で約20%あった。開花個体数は Cl 濃度 1000 ppm までは差がみられなかったが、2000 ppm 以上の区では減少した。開花は海水の Cl 濃度が高まるにつれて遅れる傾向がみられ、3000 ppm 区で著しく遅れた。収穫時の草たけと生体重は Cl 濃度 250 ppm 以上で、その濃度が高くなるにつれて低下した。

葉の主要成分含量に及ぼす影響は第5表に示した。海水の Cl 濃度 2000 ppm 以上で、葉の Mg, Na, Cl 含量は

著しく高かったが、N 含量は低かった。

実験終了時における土壌の化学的性質は第6表に示した。土壌の Cl、置換性の K, Mg, Na 含量及び EC は、海水の Cl 濃度が高まるにつれて高くなった。NO₃-N、置換性 Ca 含量及び pH は、処理による影響が明らかでなかった。

考 察

高濃度の塩類による作物の生育障害については、多数の研究がなされており、そ菜では、その種類によっても耐塩性や塩害の症状が異なること(8)が知られている。

本実験では、砂耕及び土耕栽培ともに海水の Cl 濃度 250 ppm 以上の区で草たけや生体重が減少するといった生育抑制がみられ、2000 ppm 以上では開花遅延も著しかった。

また、砂耕では Cl 濃度 500 ppm 以上、土耕では 1000 ppm 以上で、下葉の葉縁クロロシスやネクロシスから始まり、徐々に下葉から枯れ上がり、ついには、全体が枯死するような塩害症状がみられた。希釈した海水をかん水することによって、作物の耐塩性をみた実験は比較的少ないようであるが、エダマメ(7)においても、本実験の結果と似た現象が報告されている。したがって、この実験におけるキクの生育抑制や塩害症状は、海水中に含まれる塩類の影響によるものと考えられる。

塩類による作物の生育障害の要因としては、現在、高

濃度塩類による土壌溶液の浸透ポテンシャルの低下(1, 9), 塩類中に含まれる特殊イオンの過剰吸収(1, 10), 塩類集積による土壌の物理性の悪化(1)などが挙げられている。そして、大沢(9)は塩類過剰による、そ菜の生育阻害は、一般に培養液の浸透ポテンシャルがその一次的原因をなすものと考えるが、そ菜の種類によっては、イオンの特異作用も関与することが認められると述べている。本実験では、砂と土壌の溶液の浸透ポテンシャルはみていないため、詳しい考察は困難と思われるが、実験終了時の土壌の分析結果(第6表)から、海水を多量に含むかん水によって、土壌中に Mg, Na, Cl などが集積したこと、及び、土壌 EC も高かったことなどから、海水処理は土壌溶液の浸透ポテンシャルを下げたことは当然考えられる。したがって、土壌溶液の浸透ポテンシャルが、キクの生育障害に関係あったのではないかとの推察はできる。

一方、葉の主要成分含量の分析結果(第3, 5表)では、砂耕、土耕栽培ともに、生育抑制や塩害症状が激しい場合、葉の Mg, Na, Cl 含量が著しく高かったことから、本実験におけるキクの生育障害は、これらイオンの過剰吸収によることも考えられる。Kofranek ら(5)は、Mg がキクの生体重と草たけを著しく減少させることを認めている。また、Gauch ら(4)はインゲンマメに対し、NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, MgCl₂, MgSO₄ などの塩類の作用を比較して、Mg 塩は生育阻害が著しいことを明らかにしている。Na については、Brown ら(2)はその過剰が、スモモとアーモンドの葉の枯死をもたらすことを報告している。Cl については、Brown ら(2)は核果類、Ehlig ら(3)はイチゴ、Yaron ら(11)はバラ、米村ら(12)は数種の観葉植物において、それぞれ、その過剰が葉の枯死をもたらすことを認めている。したがって、Mg, Na, Cl はいずれも、過剰吸収によってキクの生育障害を生ずる可能性はあると思われるが、本実験の場合、個々のイオンの影響を明らかにすることはできなかった。

なお、砂耕は土耕よりも塩害が著しかった。これは、砂のほうが緩衝能が小さいこと及び砂は土壌に比べて、日中は高温になりやすく、保水力もとぼしいので乾燥しやすいことなどが考えられるが、この点については今後検討する予定である。

摘 要

砂耕及び土耕栽培における、キクの品種‘精興の花’の生育と開花に及ぼす種々の濃度の海水の影響を明らかにするため、実験を行なった。砂耕と土耕の開花個体の草たけと地上部生体重は、海水の Cl 濃度 250 ppm 以上

で低下し、開花は 2000 ppm 以上で著しく遅れた。塩害は砂耕では 500 ppm Cl で、土耕では 2000 ppm Cl で、処理開始から 64 日後、葉にみられ、海水の濃度が高まるにつれて激しくなった。塩害の程度は、砂耕におけるよりも、土耕において軽かった。砂耕、土耕ともに海水の Cl 濃度が高い場合、葉の Mg, Na, Cl 含量は増加した。実験終了時における土壌の Cl、置換性 Mg, Na 含量及び EC は、海水の濃度が高くなるにつれて増加した。

引用文献

1. BERNSTEIN, L. and H. E. HAYWARD. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 25—46.
2. BROWN, J. W., C. H. WADLEIGH and H. E. HAYWARD. 1953. Foliar analysis of stone fruit and almond trees on saline substrates. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 49—55.
3. EHLIG, C. F. and L. BERNSTEIN. 1958. Salt tolerance of strawberries. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 198—206.
4. GAUCH, H. G. and C. H. WADLEIGH. 1944. Effects of high salt concentration on growth of bean plants. Bot. Gaz. 105: 379—387.
5. 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.
6. 増井正夫・糠谷 明・石田 明. 1975. 静岡県における温室農家の井戸水の塩分含量について. 静岡大農研報. 25: 15—22.
7. NUKAYA, A., M. MASUI, A. ISHIDA and T. OGURA. 1977. Salt tolerance of green soybeans. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 46: 18—25.
8. 大沢孝也. 1960. 砂耕による蔬菜の耐塩性に関する研究(第1報). 果菜類について. 園学雑. 29: 42—52.
9. ————. 1963. 蔬菜の耐塩性に関する浸透圧の作用とイオンの特異的作用. 園学雑. 32: 211—223.
10. 嶋田典司. 1969. 作物に対する塩類の濃度障害に関する基礎的研究(第2報). キュウリ根の活性に及ぼす共存塩類の効果について. 土肥誌. 40: 32—37.
11. YARON, B., N. ZIESLIN and A. H. HALEVY. 1969. Response of Baccara roses to saline irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 481—484.
12. 米村浩次・樋口春三. 1972. 用水の水質が観葉植物の生育に及ぼす影響(第2報). Ca, Mg および Cl の生育障害. 愛知農総試研報. B4: 81—87.