

養液栽培における培養液中のNaCl濃度がガーベラの生育に及ぼす影響

永沢朋子・斉藤研二

キーワード：ガーベラ, 養液栽培, NaCl, 耐塩性, ロックウール

I 緒言

千葉県ではガーベラ栽培が盛んに行われ、作付面積1,050a、出荷量15,200千本といずれも全国4位(平成21年度)である。九十九里沿岸部の白子町花き園芸組合では、約300aの面積でガーベラの切り花経営を行っている。このうちの約170aでは大規模な施設を共同で利用して、ロックウール培地による養液栽培を行っている。原水として地下水を利用しているが、地下水を雨水等で希釈せずに培養液を作成する場合、培養液中のNaやClの濃度は、ほぼ地下水の濃度と等しくなる。耐塩性が中程度と分類されるトマト(山内・長井, 1985)では、過剰害による減収を防ぐため、大玉トマトの養液栽培において培養液のNa許容限界濃度は3.48mM(80mg/L)とされている(千葉県, 2008)。この濃度はClがNaと等しいモル濃度で溶解している地下水の場合、NaClとして202mg/Lとなる。

九十九里地域の地下水のNa及びCl濃度は、平均でそれぞれ1.74mM(40mg/L)及び1.72mM(61mg/L)と県内では高い傾向にあり、養液栽培に使用する際には注意を要する(千葉県, 1990)。ガーベラではトマトのような基準値が示されていないことから、本地域の養液栽培では、塩分の過剰害が生じているのではないかと懸念されている。

ガーベラの耐塩性に関する研究は少ないが、培養液に4mM(234mg/L)または8mM(468mg/L)となるNaClを添加すると、いずれの場合も添加しない場合に比べて切り花重量が約10%減少することから、バラやカーネーションよりも耐塩性は弱いことが報告されている(Sonneveld et al., 1999)。また、九十九里地域の地下水のNa及びClの濃度はそれぞれ1.74mM及び1.72mMであり(千葉県, 1990)、Sonneveld et al. (1999)の試験より低濃度である。しかし、原水の水質変動や給液管理によっては、ロックウール中培養液のNa及びCl濃度が高くなり過剰害が発生する可能性が考えられる。そこで、本研究では、現地における原水の

Na及びCl濃度の実態と、培養液中で高濃度に設定したNaCl濃度がガーベラの生育に及ぼす影響を明らかにしたので報告する。

本研究の実施にあたり、白子町花き園芸組合、長生農林振興センター(現長生農業事務所)及び担い手支援課の担当者の方々、千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所野菜・花き研究室加藤美紀氏、同果樹・環境研究室大谷徹氏並びに生産環境部土壌環境研究室の方々には多大なご助言とご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

II 材料及び方法

1. 現地の生産施設における原水中のNa及びCl濃度の実態調査

調査は2008年9月8日～2009年8月27日に千葉県長生郡白子町の花き園芸組合のガーベラ生産施設より、原水として利用している地下水を1～2か月に1回採取し、Na及びCl濃度を調査した。Na濃度はICP発光分光分析装置(VARIAN社, 710-ES)、Cl濃度はイオンクロマトグラフ(ダイオネクス社, IC20)で常法により測定した。

2. 培養液中のNaCl濃度が生育に及ぼす影響

(1)試験場所及び試験区の構成

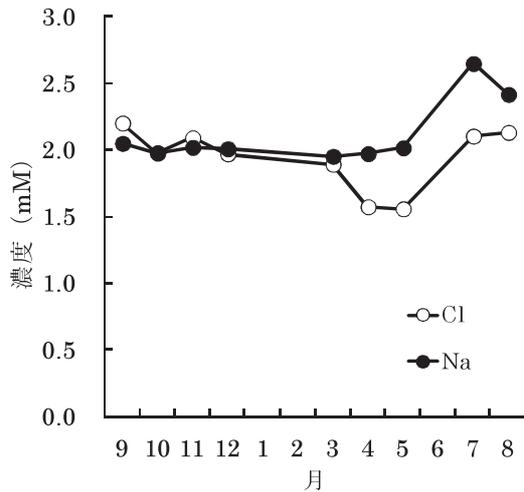
試験は千葉県農林総合研究センター内のビニルハウスにおいて、2008年6月25日～2010年8月26日に行った。ロックウール栽培により、NaCl濃度の異なる3水準の培養液を用いてガーベラを栽培した。試験区は、NaCl無添加区を対照区とし、NaCl添加濃度4.27mM区(250mg/L)及び51.3mM区(3,000mg/L)を設定した。2008年8月2日以降、対照区、4.27mM区(以下、4.3mM区とする)及び51.3mM区(以下、51mM区とする)のECはそれぞれ180mS/m、230mS/m及び690mS/mであった。なお、原水のNa及びCl濃度はそれぞれ0.39mM及び0.34mMであるため、各試験区の実際のNa濃度、Cl濃度は設定濃度にこの分が上積みされる。

(2)栽培概要

ロックウール栽培は、栽培ベンチの幅及び株間を現地と同じ条件の62cm及び30cmとし、供試品種に「バナナ」を用いて、試験期間中は改植することなく同じ株を栽培、調査した。縦120cm、横62cm、深さ15cmの枠の底に、中央縦

受理日2011年8月22日

本研究は、緊急技術開発促進事業「ガーベラの株枯れ発生要因の解明と対策技術の確立」(2008～2010年度)の一環として実施した。



第1図 原水中のNa及びCl濃度の経時変化
注) 調査期間は2008年9月8日～2009年8月27日。

方向に幅10cm、深さ10cmの排水溝を設けた構造の栽培ベンチを3台作製し、NaClを異にした3水準の試験区ごとに1台を使用した。各栽培ベンチの排水溝を挟むようにして、長さ120cm、幅20cm、厚さ7cmのロックウールマットを2列置いた。植え付ける株の位置に穴を開けた発泡スチロール板で、ロックウールマットを置いた枠の上部を覆った。2008年6月25日に、10cm角のロックウールキューブに葉数4～5枚の苗を植え、2列のロックウールマットに3株ずつ、株間は30cmで、1試験区につき合計6株を定植した。

培養液組成は園試処方(池田, 1996)とし、肥料は「大塚ハウス肥料」2, 3, 5, 6及び7号を用いた(ECを180mS/mとした培養液の品質保証成分濃度は、N:12.3, P:2.9, K:6.0, Ca:5.9, Mg:3.0me/Lである)。原水には、農林総合研究センターの地下水(Cl:0.34, SO₄-S:0.16, Na:0.40, K:0.05, Ca:0.35, Mg:0.74mM)を用いた。給液はかけ流し式とし、自動水やりタイマー(パナソニック社, EY4200P)を用いて、試験区ごとに設けた18L容タンクの培養液を1株当たり1回100～150mlとして1日2回給液した。定植直後の培養液のECは100mS/mとし、その後は1週間ごとに濃度を上げて同年7月9日から180mS/mとした。同年8月2日から各試験区の設定濃度に応じたNaClを培養液に添加した。また、春から夏頃には1週間に1～2回の頻度で葉かきを行い1株当たりの葉数が40～50枚となるように管理し、枯死した葉は取り除いた。

(3)調査方法

株の栄養生長を促進させる目的で、2008年9月7日以前の花芽は蕾の段階で摘み取り、2008年9月8日～2010年8月26日は、1週間に1～2回開花した花を収穫して採花本数、切り花長及び花径を測定した。

第1表 NaCl濃度の異なる培養液におけるガーベラの採花本数、切り花長及び花径

試験区	調査株数 (株)	採花本数 (本/株)	切り花長 (cm)	花径 (cm)
対照区	6	164 ±14	42.6 ±0.8	6.8 ±0.1
NaCl : 4.3mM区	6	176 ±22	44.5 ±1.1	6.9 ±0.2
NaCl : 51mM区	6 ¹⁾	119 ±22	42.6 ±1.0	6.9 ±0.4

注1)51mM区の採花本数は、ホコリダニの被害により2010年4月28日に抜き取った株以外の3株の平均値。切り花長及び花径は6株の平均値を示す。

2)数値は平均値±標準偏差を示す。

3)調査期間は2008年9月8日～2010年8月26日。

2010年9月10日に、すべての株を抜き取り、葉、クラウン及び根に分けて株ごとに新鮮重を測定した。その後、通風乾燥機を用いて70℃で48時間乾燥させ、株ごとに乾物重を測定した。なお、51mM区の3株においては、2010年4月以降ホコリダニによる被害が著しく株が萎縮したため、同年4月28日に抜き取り、その後の調査及び成分分析は残りの3株について行った。

作物体の成分分析については、葉、クラウン及び根のNa, K, Ca及びMg含有量を測定した。各試験区の乾燥試料を、超遠心粉碎機(レッチェ社, ZM1)で粉碎した後、試料0.5gに特級硝酸60%を8mL加えてマイクロ波試料前処理装置(マイルストーン社, ETHOS 900)で分解した。分解液を超純水で25mLに定容して適宜希釈し、ICP発光分光分析装置(VARIAN社, 710-ES)でNa, K, Ca及びMg濃度を測定した。

Ⅲ 結果

1. 現地における原水のNa及びCl濃度

2008年9月8日～2009年8月27日の原水中のNa濃度は1.95～2.65mMで推移し、平均は2.13mMであった(第1図)。また、Cl濃度は1.56～2.20mMで推移し、平均は1.94mMであった。

2. 培養液中のNaCl濃度が生育に及ぼす影響

(1)生育状況と採花本数、切り花長及び花径

培養液にNaClを添加して約1か月後の2008年10月15日、2009年3月5日及び8月11日の生育状況を写真1に示した。栽培期間中の生育は、定植を行った2008年では6月～10月頃に、2009年では4月～8月頃に特に旺盛であった。いずれの時期においても、対照区及び4.3mM区の間には外観上の明確な差はなかった。また、51mM区は、対照区及び4.3mM区に比べて、地上部全体が小さく草丈が低かったが、葉色の違いは認めなかった。

2008年9月8日～2010年8月26日の採花本数は、4.3mM区において1株当たり176本であり、対照区の164本と明確な差はなかった(第1表)。51mM区は119本で、対

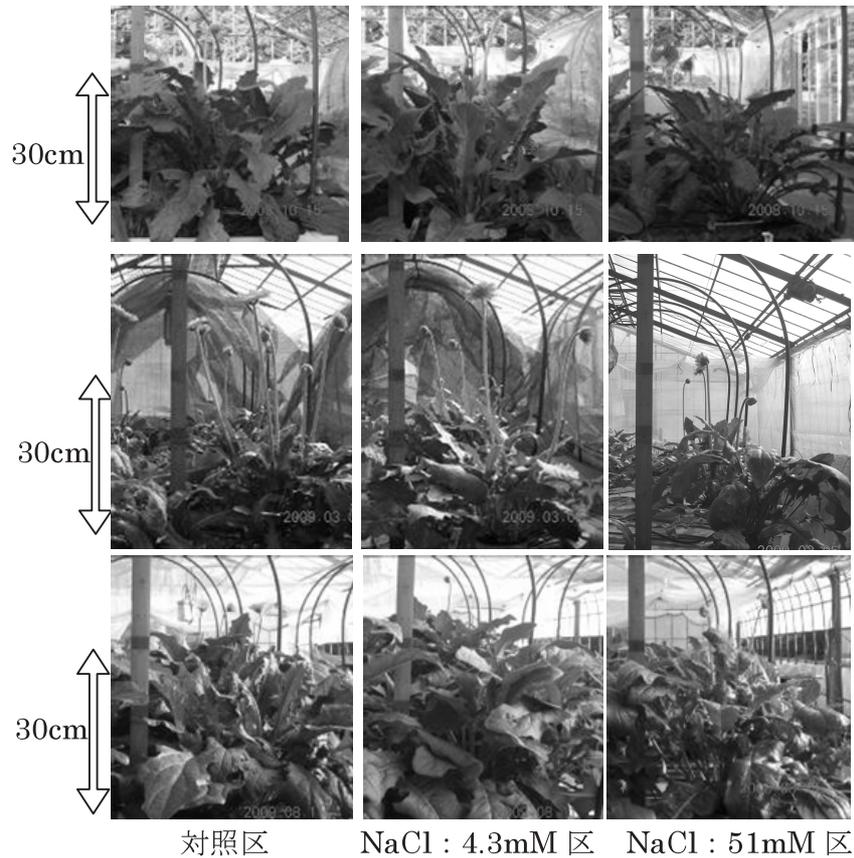
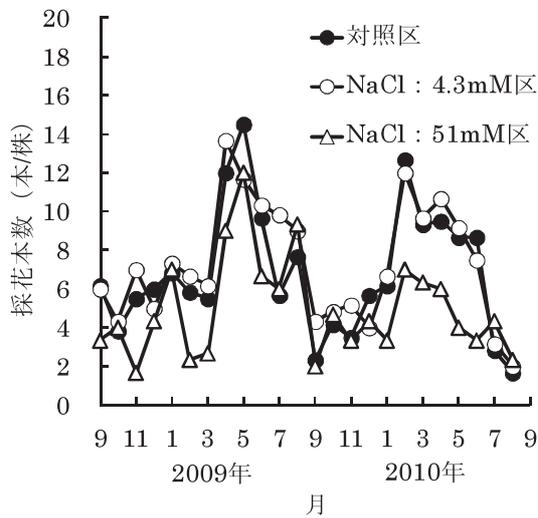


写真1 NaCl濃度の異なる培養液におけるガーベラの生育状況
 注) 調査日は上段：2008年10月15日，中段：2009年3月5日，
 下段：2009年8月11日。



第2図 NaCl濃度の異なる培養液におけるガーベラの月別採花本数
 注1) 調査期間は2008年9月8日～2010年8月26日。
 2) 対照区及び4.3mM区は6株の平均値，51mM区はホコリダニの被害により2010年4月28日に抜き取った株以外の3株における平均値を示す。

照区に比べ27%少なかった。対照区，4.3mM区及び51mM区の切り花長はそれぞれ42.6，44.5，42.6cm，花径はそれぞれ6.8，6.9，6.9cmであり，ともに試験区間の明確な差は認められなかった。

各試験区における1株当たりの月別採花本数は，2009年の4～8月，2010年の2～6月に多く，春から夏に増加する傾向を示した(第2図)。2009年9月～2010年1月の月別採花本数に対する2010年2月から6月の増加割合は，対照区及び4.3mM区と比べて51mM区で小さかった。

(2)試験終了時の株の新鮮重とNa，K，Ca及びMg含有量
 試験終了時の1株当たりの葉，クラウン及び根の合計新鮮重は，対照区及び4.3mM区においてそれぞれ244g及び238gで同等だった(第2表)。51mM区では98gとなり対照区の40%であった。51mM区の部位別新鮮重は，葉は対照区の60%，クラウン及び根はそれぞれ27%及び25%となった。なお，栽培期間中は，4.3mM区及び51mM区の地上部に，クロロシス，ネクロシス，葉枯れ等の塩害症状は確認されなかった。

成分分析の結果，各部位のNa含有量はNaCl添加により著しく増加した(第3表)。対照区のNa含有量は根，クラウン，葉の順に多かったが，51mM区ではクラウンが最も

第2表 NaCl濃度の異なる培養液における試験終了時のガーベラ部位別新鮮重

試験区	部位別乾物重 (g/株)			
	葉	クラウン	根	合計
対照区	101 (100)	60 (100)	83 (100)	244 (100)
NaCl : 4.3mM区	92 (91)	61 (102)	86 (104)	238 (98)
NaCl : 51mM区	60 (60)	17 (27)	21 (25)	98 (40)

注1)対照区及び4.3mM区は6株の平均値、51mM区はホコリダニの被害により抜き取った株以外の3株における平均値を示す。

2)栽培期間は2008年6月25日～2010年8月26日であり、2008年8月2日から試験区の設定濃度に応じたNaClを培養液に添加した。調査は2010年9月10日に行った。

3)()内の数値は対照区の重量を100としたときの比数示す。

第3表 NaCl濃度の異なる培養液における試験終了時のガーベラ部位別Na, K, Ca及びMg含有量

試験区	調査株数 (株)	部位別含有量(mg/kgDW)											
		葉				クラウン				根			
		Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
対照区	6	0.7	37.0	17.1	6.9	5.7	23.0	17.3	2.6	11.7	17.3	25.0	4.9
NaCl : 4.3mM区	6	11.7	32.4	13.9	6.9	24.0	17.0	15.7	2.0	38.9	9.7	28.8	5.5
NaCl : 51mM区	3	34.0	30.1	13.4	4.7	48.9	9.5	9.1	1.1	45.7	6.3	11.8	2.3

注1)栽培期間は2008年6月25日～2010年8月26日。

2)51mM区はホコリダニの被害により2010年4月28日に3株を抜き取った。

多く、4.3mM区では根のNa含有量が最も多かった。各部位のK含有量はNaCl濃度の上昇に伴って減少した。対照区のK含有量は葉、クラウン、根の順に多かったが、NaCl添加による減少率は、葉に比べ、クラウン及び根の方が大きかった。各部位のCa含量はNaCl添加により、4.3mM区の根を除いて減少した。減少率はクラウン及び根で大きかった。各部位のMg含量は、概ねCaの1/2～1/5であったが、各試験区、各部位の含有量の傾向はCaと同様であった。

IV 考 察

現地のガーベラ栽培施設で使用されている地下水のNa及びCl濃度は、九十九里地域の地下水の平均的な値を示すことが確認された。NaとClの平均濃度からモル濃度比を求めると1:0.9となり、Na及びClがほぼ等しいモル濃度で存在しているため、NaClを主体とする塩が溶解しているものと考えられた。また、調査期間中は原水中のNa及びCl濃度はそれぞれ1.95～2.65mM、1.56～2.20mMで推移し、平均値はそれぞれ2.1mM及び1.9mMで、最大でもSonneveld et al. (1999) の報告で生育阻害が起こった4mMには達しないことが確認された。このことから、現地においてNaCl過剰が生じ、生育阻害を引き起こす可能性は小さいと考えられた。

通常の培養液に4.3mM添加した区では、2年間生育させても採花本数、切り花長、花径及び試験終了時の株の新鮮

重は対照区と差がないことから、実際のNaCl濃度として、およそ4.6 mM (270mg/L) 以下であれば生育は阻害されないと考えられた。しかし、51mM (3,000mg/L) を添加した区では、栽培期間を通して明らかに生育が阻害された。また、月別採花本数の増減は対照区と同様の傾向を示したことから、株の大きさが対照区に比べ小さいことや採花本数の減少は、生育の遅延によるものではなく、高濃度のNaClによる生育量の低下が原因であると考えられた。

ECが180 mS/mの標準培養液にNaClを添加してECを370mS/mに上昇させた培養液と、過剰の養分を添加してECを370mS/mに上昇させた培養液それぞれを用いてガーベラを生育させると、同様に切り花重が抑制されたとの報告がある(Sonneveld et al., 1999)。このことから、51mM区における採花本数及び乾物重の減少は、Na及びClの過剰吸収による特異的な障害ではなく、ECが690mS/mであったように、培養液の塩類濃度が高いことによって引き起こされた可能性が高いと考えられる。

パセリー、ネギ及びキャベツ(下瀬・林, 1983)と、多くの作物において(但野, 1983)、Naを過剰に吸収した場合に、Naとの間に拮抗作用が働き、K、Ca及びMg等の吸収が低下する。本試験でも培養液にNaClを4.3mMまたは51mM添加することにより、K、Ca及びMgの含有量が減少したが、これはNaとの拮抗作用で生じた各元素の吸収低下によるものと推察された。

本試験では、培養液にNaClを51mM添加した場合(NaCl濃度として3,000mg/L、ECとして690mS/m)には採花本数

の減少及び生育抑制が著しかったが、4.3mM添加の場合（同250mg/L, 230mS/m）では生育阻害はみられなかったことから、培養液の総NaCl濃度として4.6mM（270mg/L）、ECとして230mS/m以下であれば、現地においてもNaCl過剰による生育阻害はないと考えられる。一方で、明らかな生育阻害が生じた51mM添加では、株全体の小型化及び採花本数の減少が確認されたが、切り花長及び花径の減少、葉のクロロシス及びネクロシス、葉枯れ等の塩害症状は外観上に現れなかった。このことから、比較対象のない一般の生産現場において、採花本数及び生育状況のみからNaCl過剰害の発生の有無を判断することは難しいと考えられる。したがって、原水や給液管理等の影響により培養液のNaCl濃度が高まる危険性のある場合には、生育状況を注意深く観察すること及び定期的に原水のECとNaCl濃度の把握を行うことがガーベラの安定生産の上で重要である。

V 摘 要

養液栽培における培養液のNaCl濃度が、ガーベラの生育に及ぼす影響を明らかにするために、現地における原水及び培養液中のNaCl濃度の実態調査、ロックウール培地を用いNaClを添加した栽培試験を行った。

1. 現地の生産施設における原水中のNa及びClはほぼ等しいモル濃度で存在し、年間平均はそれぞれ2.1mM及び1.9mMであった。

2. NaCl濃度51mM区（ECとして690mS/m）で2年間生育させると、対照区に比べ株全体は小さく採花本数は27%減少し、生育が阻害された。しかし、4.3mM区（同230mS/m）は対照区と同等に生育した。このとき、Na含有量は増加し、K、Ca及びMg含有量は減少するが、採花本数は減少せず、生育阻害を受けないことが明らかとなった。いずれの試験区においても、切り花長及び花径は対照区と差がなかった。

VI 引用文献

- 千葉県（1990）農林公害ハンドブック（改訂版）. pp.101. 千葉県.
- 千葉県（2008）養液栽培における培養液処理の手引き（改訂版）. pp.5. 千葉県・農林水産技術会議.
- 池田英夫（1996）用水と培養液の調整. 最新 養液栽培の手引き（日本施設園芸協会編）. pp.131-156. 誠文堂新光社. 東京.
- 下瀬 昇・林 紀明（1983）パセリー、ネギ、ハツカダイコン、及びキャベツの耐塩性. 岡山大農学報. 62:25-30.
- Sonneveld, C., R. Baas, H. M. C. Nijssen and J. De Hoog（1999）Salt tolerance of flower crops grown in soil-less culture. *J. plant nutr.* 22: 1033-1048.
- 但野利秋（1983）作物の耐塩性とその機構. 化学と生物. 21:439-445.

Effects of NaCl Concentration in Culture Solution of Nutriculture on the Growth of Gerbera

Tomoko NAGASAWA and Kenji SAITO

Key words: gerbera, hydroponics, NaCl, salinity tolerance, rockwool

Summary

In order to clarify influence of the NaCl concentration of the culture solution of nutriculture exerted on growth of gerbera, we performed the survey of the NaCl concentration in the raw water and culture solution, and did the rock wool cultivation examination which added NaCl.

1. Na and Cl concentration in the raw water in the productive facility of a spot were almost equal, and annual averages were 2.1mM and 1.9mM, respectively.
2. When grown for two years in the NaCl concentration 51mM division (690 mS/m as EC), compared with the contrast, the plant body is small, the number of picked flowers decreased by 27%, and growth was blocked. However, the 4.3mM division (230 mS/m as EC) was grown like the contrast. This time, Na content increased and K, Ca, and Mg content decreased. However, it turned out that the number of picked flowers did not decrease and growth is not blocked. Also in which examination division, cut-flowers length and the diameter of the flower were the same as the contrast.