

塩添加栽培における 塩生植物シチメンソウの成長とNa⁺吸収

上村 静香*¹・田中 明*²・谷本 静史*¹

*¹佐賀県佐賀市本庄町1

佐賀大学農学部植物工学研究室

*²佐賀県唐津市松南町152-1

佐賀大学海浜台地生物環境研究センター

Growth and Na⁺ uptake in the Halophyte *Suaeda japonica*
under Salt-containing Cultivation

Shizuka UEMURA¹, Akira TANAKA² and Shizufumi TANIMOTO¹

¹ Plantech Research Laboratory, Faculty of Agriculture, Saga University, 1 Honjo, Saga, 840-8502, Japan

² Coastal Bioenvironment Center, Saga University, 152-1 Shonan-cho, Karatsu, 847-0021, Japan

要 約

日本の有明海沿岸の干潟に自生するシチメンソウ (*Suaeda japonica* Makino) はアカザ科に属する塩生植物である。この植物は細胞内に取り込んだ塩 (Na⁺) を液胞に隔離するとともに、グリシンベタインを合成することによって液胞内外の浸透圧バランスを維持し、それによって高い耐塩性を獲得している。このシチメンソウを干拓地等の除塩に用いることを最終目的として、塩 (NaCl) 存在下で栽培を行い、塩による成長への影響と Na⁺ 吸収について検討した。シチメンソウは0.6~1.8% NaCl 存在下でも旺盛に成長し、さらにその成長 (植物体重) は調べた塩濃度の範囲では、0.6% NaCl 添加の場合に最大となった。植物体 (茎葉) の Na⁺ 含量は添加した塩濃度に対応して増加し、土壤中の濃度よりも高くなった。この結果は、シチメンソウが干拓地等での除塩に有効であることを示している。

Summary

Suaeda japonica Makino, a member of the family Chenopodiaceae, is a halophyte that grows at the shores of the Ariake Sea in Japan. In this plant, to maintain high salt tolerance nature, incorporated Na⁺ are transported, accumulated to vacuole and glycinebetaine are synthesized for osmotic balance against vacuole. For salt-removing from sea coast reclaimed land, we have examined the growth and Na⁺ uptake in *S. japonica* under salt-containing cultivation. Plants of *S. japonica* were fully grown in the presence of 0.6 to 1.8% NaCl, and the weights was highest in 0.6% NaCl. Contents of Na⁺ were also increased by increasing NaCl concentrations, and higher than contents of soil. Thus, we concluded that the *S. japonica* was useful plant for salt-removing from sea coast reclaimed land.

緒言

有明海沿岸や瀬戸内海沿岸では、古来から埋め立てや干拓が行われ、広大な農地が開発されてきた。干拓地等では、土壤中に含まれる塩分濃度が高く、イネなどの栽培には不向きであることから様々な除塩策が取られている。塩分により土壌が単粒化し排水不良になることを防ぐための明渠の施工、畦立て栽培、畦溝の整備等である。また、真水による灌水で土壌中の塩分を溶出させて排水したり、土壌改良剤や塩と結合する薬剤の散布なども行われている。しかしながら、それらの方法はコスト面で問題があるし、またかなりの時間を必要とする。

一方で、塩分集積土壌をポジティブに利用することも考えられ実行させている。例えばトマトではむしろ積極的に希薄海水を散布することで、糖度の高い果実を得ることができる(世戸・田中, 1998, 田中ら, 2000, 原田ら, 2006)。しかしながらこのような例は稀であり、イネ等の栽培では除塩は現在でも解決が待たれている課題である。

さらに台風等の強風によって海水中の塩分が飛来して起こる塩害も問題となっている。平成18年秋の台風によって有明海沿岸ではイネに劇的な被害もたらされた。そしてその塩分は現在も田圃に滞留している。

近年、植物による環境修復、Phytoremediationについては、いくつかの報告がされている(相崎・中里, 1995, Billore *et al.*, 1999, 小森ら, 2001)。我々はシチメンソウを干拓地の除塩に用いることができるのではないかと考えている。シチメンソウは日本では有明海沿岸の干潟に自生するアカザ科の塩生植物である。シチメンソウは、高塩(NaCl)濃度下でも発芽し、生育できる。それは液胞膜に存在する Na^+/H^+ exchanger (NHX)によって Na^+ を液胞に隔離し、適合溶質であるグリシンベタインを合成することによって液胞内外の浸透圧バランスを維持するという機構をもっているからである(Yokoishi and Tanimoto, 1994)。グリシンベタイン合成の鍵酵素であるbetaine-aldehyde dehydrogenase活性も塩濃度を増加させると上昇し、さらにその活性は葉緑体に局在することも明らかにしてきた(Tanimoto *et al.*, 1997)。このシチメンソウの耐塩性維持遺伝子群については、すでに報告した(Yamada

et al., 2003)以外にもいくつかの遺伝子を単離し、塩という刺激による発現解析を行っている。さらに、シチメンソウの種子は満潮時に河川を遡って運ばれ、中流域で生育するが、それらの場所の塩分濃度やシチメンソウの成長と塩分含量についても調べてきた(野口ら, 2004)。

塩生植物による除塩についてはアイスプラントの利用も考えられている。アイスプラントはサラダ等の食用として利用できる点でシチメンソウよりも優れているように思われる。しかし、アイスプラントの栽培時期は夏季であり、干拓地で農耕を行う農家としては、イネを栽培するか、アイスプラントを栽培するかという二者択一を迫られることになる。しかしシチメンソウは12月に発芽して成長するため、稲刈り後に播種し、冬季の田圃で除塩を行うことができる。この点はシチメンソウの利点であろう。

本研究では、シチメンソウによる干拓地等の除塩を最終目的として、塩(NaCl)を添加した土耕栽培におけるシチメンソウの成長と塩(Na^+)吸収について検討を加えたので報告する。

材料と方法

シチメンソウ(*Suaeda japonica* Makino)の種子は、東与賀海岸(佐賀県佐賀郡東与賀町大授掬)の干潟で2004年12月に採種し、4℃で保存していたものを使用した。

土壌としては、最終的に干拓地の田圃で栽培することを考慮して、佐賀大学農学部圃場(佐賀県佐賀市本庄町)の圃場土を用い、これをフルイで篩った後に1:1の比率でパーミキュライトを混合した。理由はパーミキュライトにより保水性と通気性をあげるためである。

土壌に、0, 0.6, 1.2, あるいは1.8%のNaClを添加し、良く攪拌混合後、プラスチック容器(直径14cm, 深さ9cm)に入れ、数粒ずつシチメンソウの種子を播種した。栽培条件は、16時間明期/8時間暗期の長日条件下、照度 $60 \mu \text{mole} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、温度 $25 \pm 2^\circ \text{C}$ とした。1ヶ月後に、各容器で最も良く生育している植物体1本以外を間引いた。その後2ヶ月間栽培した。

計栽培3ヶ月後、植物体長を測定し、地上部(莖葉)を採取して、新鮮重を測り、さらに80℃で15時間処理して乾燥重を測定した。その試料

を乳鉢で摩砕し、乾燥重0.1gに対して1mlの蒸留水を加えホモジナイザーで粉碎した。それを100℃で5分間処理して蛋白質変成を行い、10,000gで10分間遠心して上清を回収した。沈澱に再度蒸留水を加えて攪拌後、上記と同様に遠心し、得られた上清を先の上清と合わせた。

土壌については、約2日間80℃で乾燥させ、乳鉢で摩砕し、乾燥重0.5gに1mlの蒸留水を加えた。これを100℃で5分間処理して蛋白質変成を行い、10,000gで10分間遠心して上清を回収した。沈澱に再度蒸留水を加えて攪拌後、上記と同様に遠心し、得られた上清を先の上清と合わせた。

植物体及び土壌試料は、4,000倍に希釈し、ミリポアフィルター(0.2μm)を通したものを分析試料として、イオンクロマトグラフィー(Dionex Dx-120)にかけた。

実験は3回繰り返し、平均値及び標準誤差を求めた。

結果と考察

[成長に及ぼす NaCl の影響]

シチメンソウの種子は播種後1日で発芽し、1ヶ月間は伸長は緩やかであるが、その後急速に伸長した。3ヶ月後の植物長は0.6% NaCl 添加区で最も長くなり、無添加区の約2倍となった(図1)。それ以上 NaCl 濃度を上昇させると、伸長は抑えられたが、1.8% NaCl 添加区でも無添加区よりもよく伸長した。植物体は細く、分枝はほとんど見られず、葉は野生の二次葉に類似していた(図2)。

新鮮重及び乾燥重は0.6% NaCl 添加区で最も大きく、無添加の場合の約2倍に達した(図3)。

[植物体中及び土壌中の Na⁺ 濃度]

茎葉部の Na⁺ 含量は、添加したNaCl 濃度の上昇に伴って増加し、1.8% NaCl 添加区の場合は無添加区の約4倍となった(図4)。さらに、いずれのNaCl濃度区でも土壌中の Na⁺ 濃度よりも

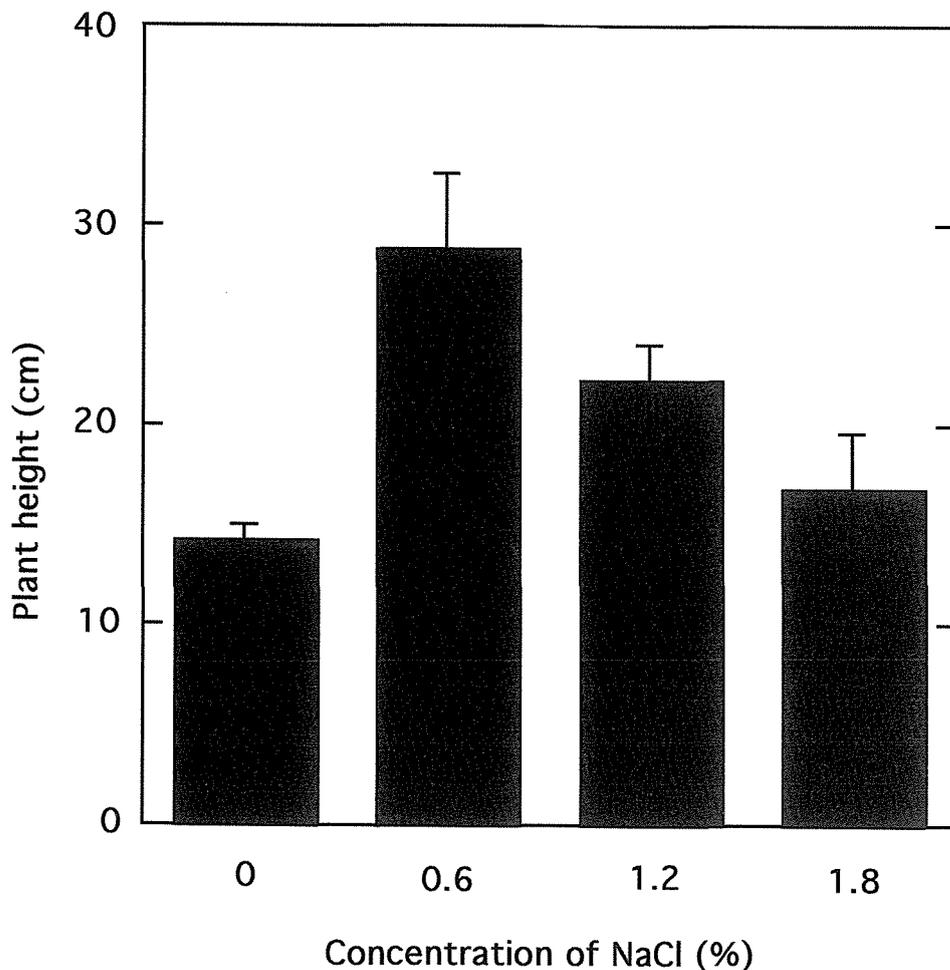


図1 各種濃度のNaCl添加水耕栽培におけるシチメンソウの植物体長(3ヶ月栽培)

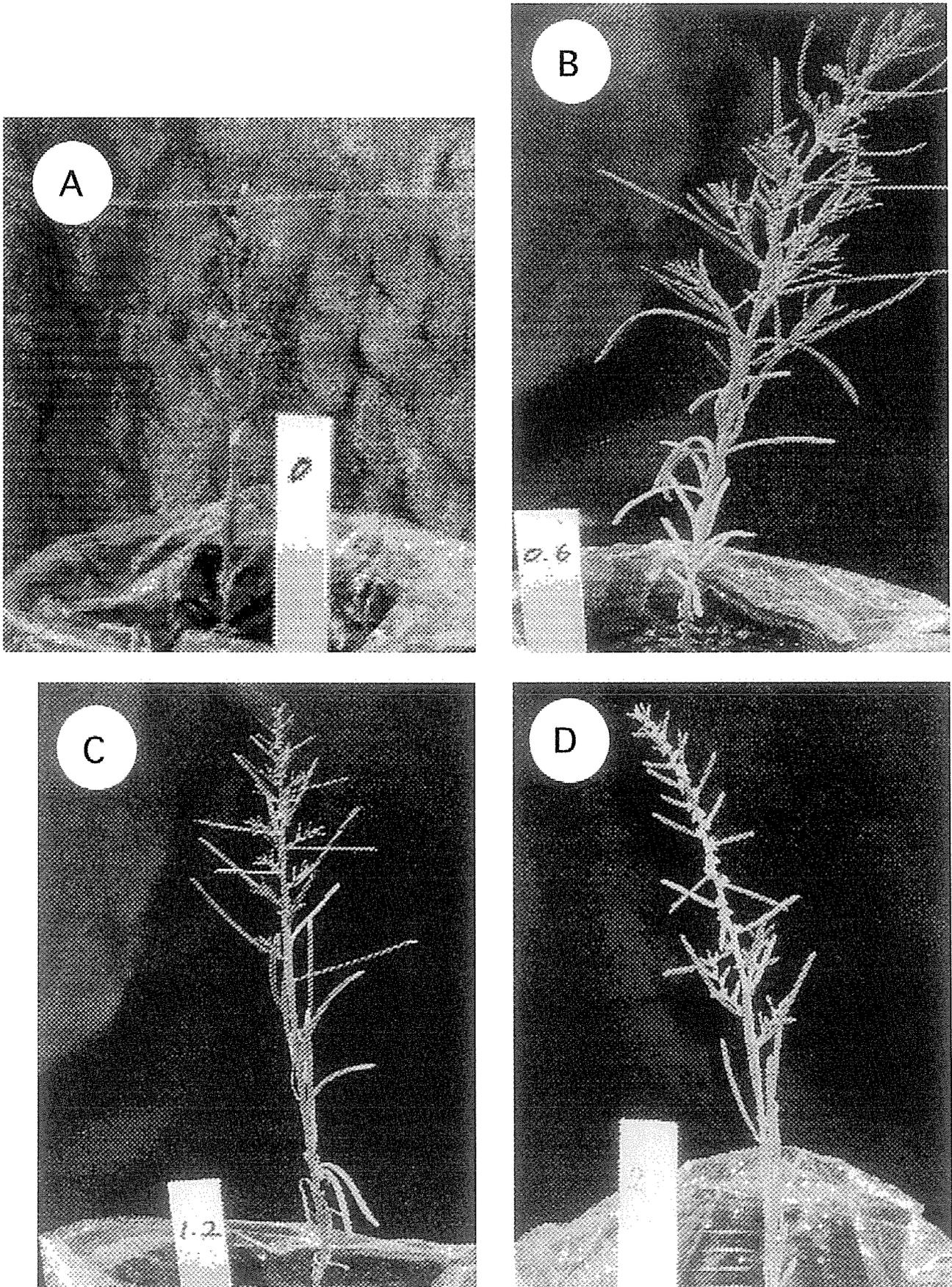


図2 各種濃度のNaCl添加水耕栽培におけるシチメンソウ (3ヶ月栽培)
NaCl濃度; 0 (A), 0.6 (B), 1.2 (C), 1.8% (D).

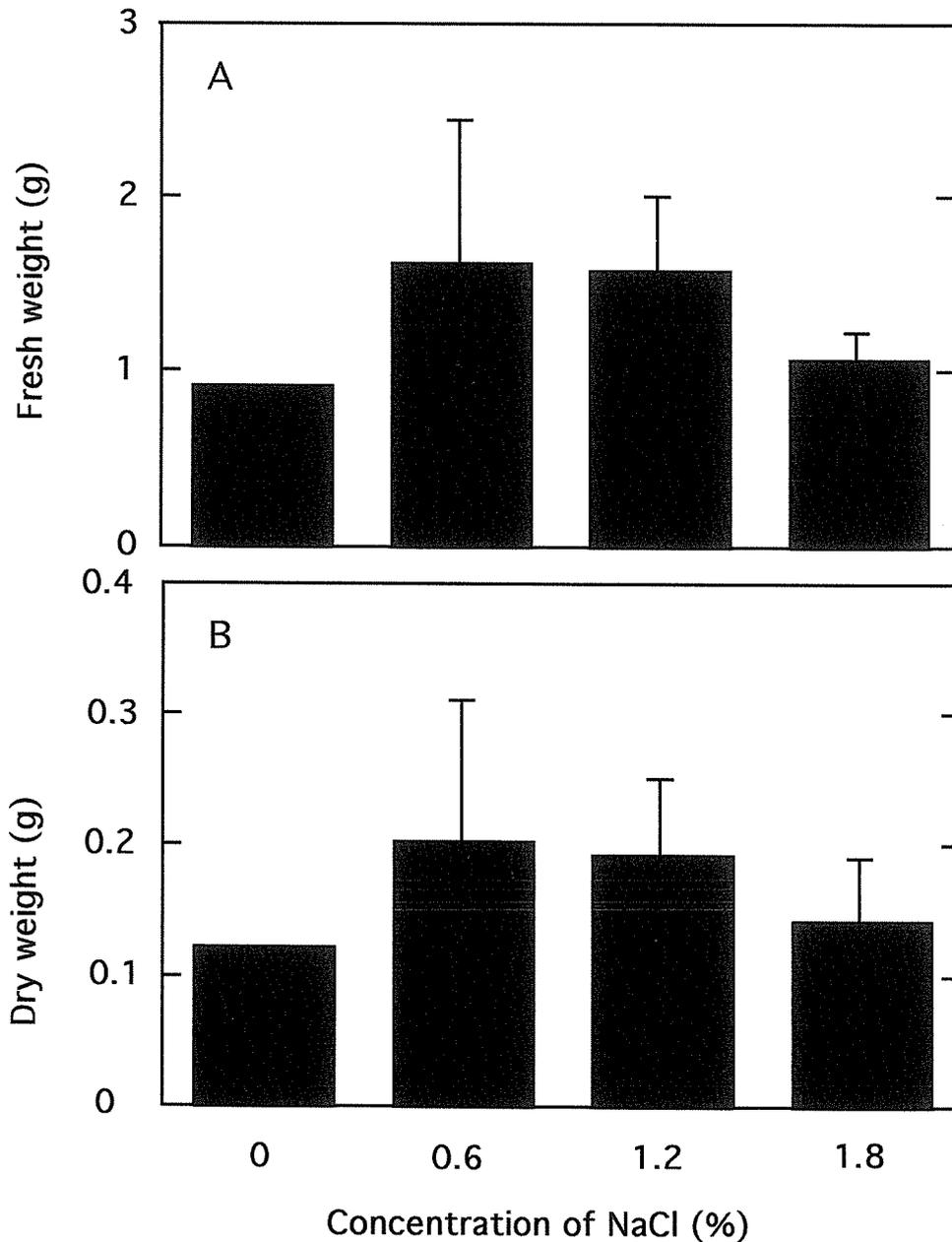


図3 各種濃度のNaCl添加水耕栽培におけるシチメンソウの成長（3ヶ月栽培）

A: 新鮮重, B: 乾燥重

高濃度であった（図4）。

以上の結果から、シチメンソウは土壤中の Na⁺ を吸収・蓄積することが証明されたので、干拓地等の除塩にシチメンソウが有効であることが明らかとなった。今後は、実際の干拓地と同程度の低濃度塩存在下での Na⁺ 吸収や、Na⁺ を吸収させた後のシチメンソウの処理について検討を加える予定である。最後のシチメンソウの処理については、牛等の飼料として利用できるのではないかと考えている。今後シチメンソウ植物体の栄養価等についても検討し、実用化をめざしていく予定で

ある。

引用文献

1. 相崎守弘・中里広幸 (1995): 植物水耕栽培系における根圏生物の変化と栄養塩の除去. 水環境学会誌, 18, 624-627.
2. Billore, S. K., N. Sign, J. K. Sharma, P. Dass and R. M. Nelson (1999): Horizontal subsurface flow gravel bed constructed wetland with *Phragmites karke* in Central India. Wat. Sci. Tech.,

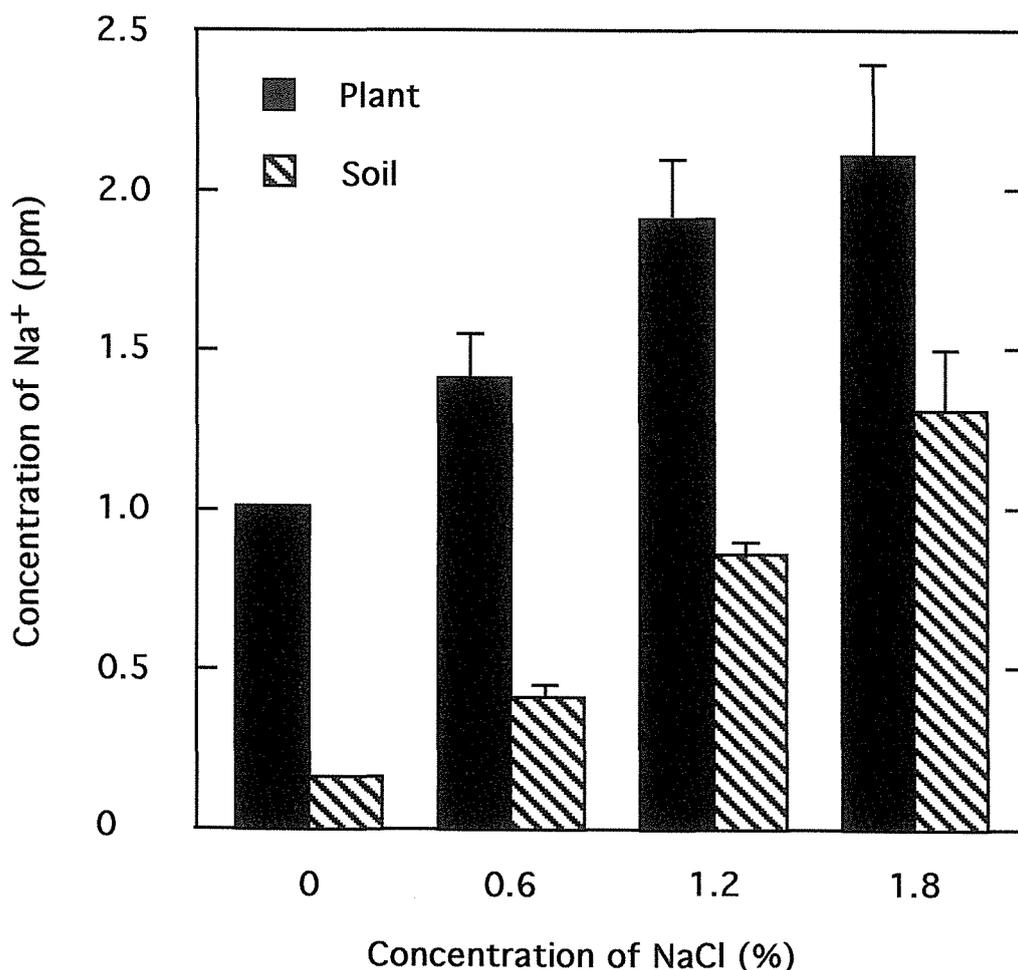


図4 各種濃度のNaCl添加水耕栽培（3ヶ月）後のシチメンソウ莖葉及び水耕液中のNa⁺濃度

- 40, 163-171.
- 原田千春・芹田剛・田中明 (2006): 養液土耕栽培における塩水灌漑がトマトの品質に及ぼす影響. *Coastal Bioenvironment*, 8, 51-62.
 - 小森正樹・中村嘉利・沢田博志・川村満紀 (2001): ヨシ水路による河北潟の浄化. *環境化学*, 11, 447-454.
 - 野口智子・堤功一・田中明・谷本静史 (2004): 異なる生育地におけるシチメンソウの生育環境. *Coastal Bioenvironment*, 3, 41-51.
 - 世戸直明・田中明 (1998): 塩水かんがいがトマトの品質に及ぼす影響. *海と台地*, 7, 33-41.
 - 田中明・長友さやか・石橋哲也(2000): 塩水かんがいがトマトの品質に及ぼす影響(II). *海と台地*, 12, 45-49.
 - Tanimoto, S., Y. Itoh and T. Yokoishi (1997): Possible involvement of greening in cell growth of *Suaeda japonica* under salt stress. *Plant Cell Physiol.*, 38, 129-132.
 - Yamada, A., K. Tsutsumi, S. Tanimoto and Y. Ozeki (2003): Plant RelA/SpoT homolog confers salt tolerance in *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Plant Cell Physiol.* 44, 3-9.
 - Yokoishi, T. and S. Tanimoto (1994): Seed germination of the halophyte *Suaeda japonica* under salt stress. *J. Plant Res.* 107, 385-388.