

## 培養液中 NaCl 濃度がピートバッグ栽培イチゴの生育、収量と品質に及ぼす影響

吉田裕一\*・宮田英幸・後藤丹十郎

岡山大学農学部 700-8530 岡山市津島中

### Salinity Levels Affecting Growth, Yield and Quality of Strawberry Grown in Peat Bags

Yuichi Yoshida\*, Hideyuki Miyata and Tanjuro Goto

Faculty of Agriculture Okayama University, Okayama 700-8530

#### Summary

To estimate the critical salinity level of nutrient solution for strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.), 'Nyoho' plants were grown in peat bags (8 plants in 28 × 80 cm bags containing 18 liter of medium) with solutions prepared with tap water (EC 15 mS/m; Na, 0.35; Cl, 0.29 mM). NaCl (0, 4, 8 and 12 mM) was added to the standard solution containing NO<sub>3</sub>-N, 8; NH<sub>4</sub>-N, 0.85; P, 0.85; K, 3.8; Ca, 2.05; Mg, 0.93 mM and micro elements. Only the strength of mineral elements, but not that of NaCl, was changed according to the seasons, ranging from 50 to 100% of the standard solution. Concentration of Na and Cl in petiole increased with increases in the concentration of NaCl. Total soluble solids and titratable acidity were highest in the control fruit, but the concentration of NaCl did not affect significantly. Severe tip burn occurred in the calyx of the primary flower in plants supplied with 12 mM of NaCl. Average fruit weight and total yield were significantly lower in 12 mM of NaCl compared to the others. The occurrence of tip burn was also stimulated slightly by 8 mM of NaCl, but it only slightly affected the yield. When the EC value of the obtainable water containing NaCl and/or other ions is lower than 100 mS/m, equivalent to 8 mM of NaCl, the water may be available for strawberry production with peat bags.

キーワード： チップバーン、イチゴ、果実品質、NaCl、収量

#### 緒 言

近年、イチゴの生産性向上、特に、栽培管理や収穫などの作業姿勢改善を主目的として、各地で高設式のイチゴ養液栽培システムの開発と普及が進められている。著者らが香川県内の関係機関と協同開発した低コストのイチゴ養液栽培システム“らくちん”(吉田ら, 1996)は、香川県下を中心に急速に普及し、2002年10月現在で約50haに導入されている。本システムの構築にあたっては、培養液管理の簡便化と管理基準の作成による生産性の高位平準化を目的とした。従って、原水の水質が産地や個々の生産者によるイチゴの生育、収量の差異に影響する可能性をできる限り少なくするため、水道水など良質な原水の使用を前提として普及が進められている。しかし、今後は、栽培地域の拡大に伴って、良質の原水を確保することが困難になると予想される。

イチゴは、園芸作物の中でも耐塩性が低く、塩類濃度障害が発生しやすいとされている(大沢, 1960;

2002年12月2日 受付。2003年3月31日 受理。

本報告の一部は園芸学会平成13年度秋季大会において発表した。

\*Corresponding author. E-mail: yyoshida@cc.okayama-u.ac.jp

Shannon・Grieve, 2000)。培養液の原水として利用可能な水のうち、海岸地域の地下水は塩分が、その他の地域においてもCa、Mgや重炭酸イオンが多量に含まれる場合が多い。このような水は循環式水耕の原水として用いには不適であるとされてきた。ヨーロッパにおいても、NFTでイチゴを栽培する場合、NaやCl濃度は1.5 mM以下であることが望ましいとされている(Lieten, 1993)。培養液を循環させる場合には、Naなどが植物に吸収されずに培養液中に集積するが、開放式の場合には、排液とともに過剰の塩類が排出されることから、これまで塩類濃度が高いために、不適とされてきた原水でも利用できる可能性が高いと推察される。そこで本実験では、各種塩類の中で生育を抑制する作用が最も大きいと考えられるNaClの濃度がイチゴの生育、収量ならびに品質に及ぼす影響について検討した。

#### 材料および方法

空中採苗し、挿し苗育苗した‘女峰’を1999年9月20日にpH調整したピートモス18 literを詰めたピートバッグ(幅28 cm × 長さ80 cm, 住化農業資材)に定植した。栽培は慣行に従い、1時間に10分の間欠照明として11月

10日から翌年2月28日まで電照を行った。11月10日から4月10日まで800~1000 ppmのCO<sub>2</sub>施用を行い、最低夜温10°Cに加温した。栽培期間を通じて1芽仕立てとして、株当たりの葉数を5~7枚に維持し、花房当たり7花に摘花した。

水道水(EC 15 mS/m, Na 0.35 mM, Cl 0.29 mM)を用いて作成した1/2濃度の大塚A処方(NO<sub>3</sub>-N, 8; NH<sub>4</sub>-N, 0.85; P, 0.85; K, 3.8; Ca, 2.05; Mg, 0.93 mM)を対照区の基本培養液とし、それに4, 8, 12 mM相当量のNaClを添加して計4処理区を設けた。週3回排液の量とECを調査し、既報(吉田・中井, 2003)に準じて、対照区の排液量とECの変動に合わせて基本培養液の濃度(50~100%, 第1図A)と日射比例制御による給液量(全天日射量1 kW·hr·m<sup>-2</sup>当たり25~60 ml/株)を適宜変更した。

毎週1回3日の排液サンプルを採取してNO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Na, Cl濃度をHPLC(日本分光)で測定し、給・排液量から養分の吸収量と廃棄量を算出した。2週間毎に各処理区3個体から新生第4葉の葉柄を採取し、-20°Cで凍結貯蔵した。試料にH<sub>2</sub>Oを加えて摩碎し、HPLCによって無機養分濃度を測定した。12月~5月末まで7g以上の成熟果を収穫し、果数と重量を記録した。1, 3, 5月中旬には20~25 gの果実を各処理区10果ずつ採取し、果汁の可溶性固形物濃度と滴定酸度を測定した。

### 結果および考察

培養液ECは、4, 8, 12 mM区がそれぞれ対照区より約45 mS/mずつ高くなった。排液ECはNaCl濃度が高

くなるに従って高くなつたが、3月以降は8 mM区と12 mM区の間にはほとんど差が認められなくなった(第1図A)。4 mM区の排液率は、1月まで対照区とほぼ同様に推移したが、2月以降は日射量の増大とともに高くなつた。8, 12 mM区の排液率は、対照区と比較して著しく高く推移した(第1図B)。植物体の生育はNaCl濃度が高くなるに従って抑制される傾向にあったが、12 mM区においても新生第3葉の葉面積は生育期間を通じて対照区の90%以上であった(データ省略)。葉面積の減少による蒸散速度の低下とともに、培養液の水ポテンシャル低下などによってイチゴの吸水が抑制された結果、排液率が高くなつたと推察される。

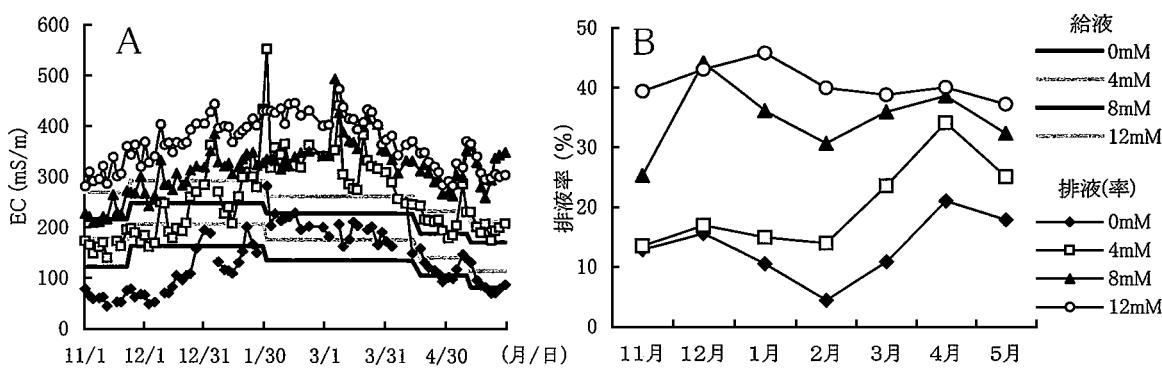
培養液のNaCl濃度が高くなるほど、NaとClの吸収量が多くなる傾向にあり、これとは逆にカチオン、特にCaの吸収量は著しく少なくなつた。NO<sub>3</sub>の吸収量も少なくなる傾向にあったが、Kと比較すると減少の程度は小さかった。PとSの吸収量には処理区間にほとんど差が認められなかつた(第1表)。葉柄中のNaとCl濃度はNaCl処理によって高くなつたが、Ca濃度には処理区間に顕著な差が認められず、NO<sub>3</sub>, Kなど他のイオンについてもNaCl処理の影響はほとんど認められなかつた(第2図)。高濃度のNaClによってCa, NO<sub>3</sub>およびKの吸収量は減少したが、生長が抑制された結果、葉柄中の濃度には差が現れなかつたと考えられる。

しかし、11, 12月に開花した頂花房、第2花房1番花のガクでは、NaCl濃度が高い処理区ほどチップバーンが多発する傾向にあり(第3図)、褐変枯死した部位も大きくなつた(データ省略)。8, 12 mM区においても、1月中旬から3月上旬に開花した第3, 4花房ではチップバー

第1表 培養液のNaCl濃度がイチゴ‘女峰’の養水分吸収に及ぼす影響

| NaCl (mM) | 無機養分 (mmol/株/日) |       |       |       |       |       |       | H <sub>2</sub> O<br>(ml/株/日) |      |
|-----------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|------|
|           | NO <sub>3</sub> | P     | K     | Ca    | Mg    | S     | Na    |                              |      |
| 0         | 0.545           | 0.064 | 0.269 | 0.120 | 0.061 | 0.048 | 0.016 | 0.028                        | 90.0 |
| 4         | 0.473           | 0.059 | 0.225 | 0.090 | 0.049 | 0.035 | 0.195 | 0.198                        | 84.8 |
| 8         | 0.414           | 0.060 | 0.176 | 0.062 | 0.038 | 0.036 | 0.279 | 0.260                        | 81.8 |
| 12        | 0.380           | 0.056 | 0.146 | 0.052 | 0.034 | 0.043 | 0.486 | 0.444                        | 76.6 |
| 一次回帰      | **              | NS    | ***   | ***   | ***   | NS    | ***   | ***                          | *    |

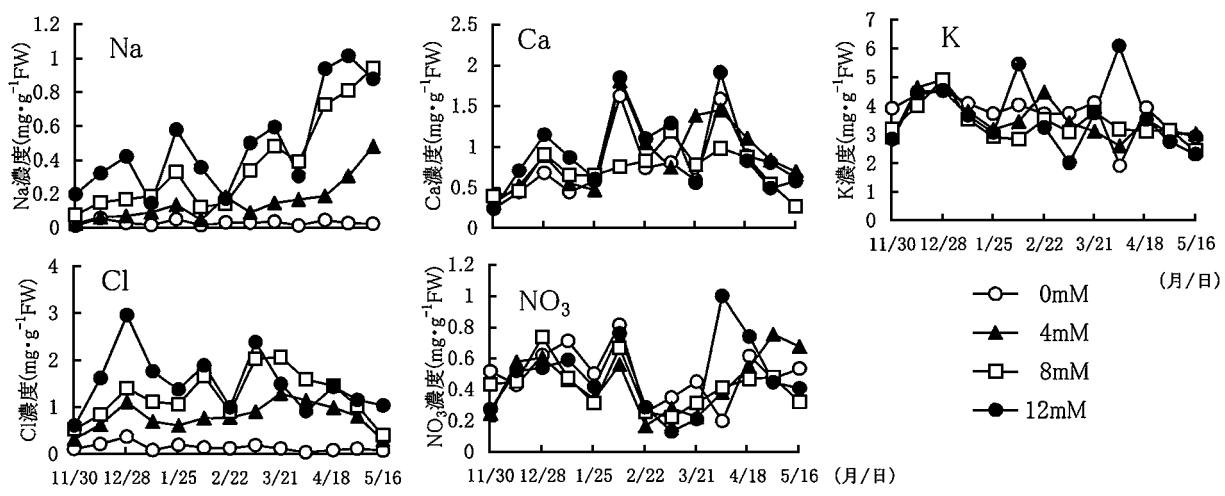
NS, \*, \*\*, \*\*\* それぞれ有意性なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示す



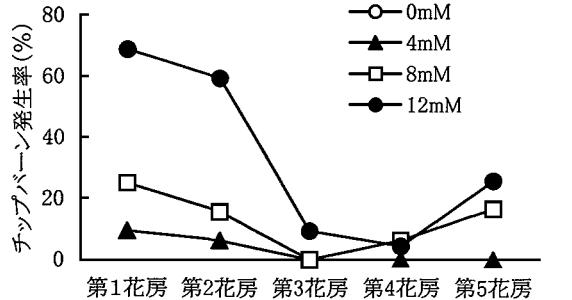
第1図 培養液のNaCl濃度が給排液のEC(A)と排液率(B)の変化に及ぼす影響

第2表 培養液のNaCl濃度がイチゴ‘女峰’の収量構成と果実品質に及ぼす影響

| NaCl<br>(mM) | 収量<br>(g/株)          | 収穫果数<br>(/株) | 平均果実重<br>(g) | TSS <sup>x</sup><br>(%, A) | 滴定酸度 <sup>y</sup><br>(%, B) | 糖酸比<br>(A/B) |
|--------------|----------------------|--------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|--------------|
| 0            | 469.6 a <sup>x</sup> | 22.4 a       | 21.0 a       | 9.09 a                     | 0.98 a                      | 9.40         |
| 4            | 454.1 a              | 22.1 a       | 20.5 a       | 8.15 b                     | 0.83 b                      | 9.95         |
| 8            | 446.9 a              | 22.0 a       | 20.3 a       | 8.27 b                     | 0.83 b                      | 10.01        |
| 12           | 362.1 b              | 22.3 a       | 16.3 b       | 8.19 b                     | 0.85 b                      | 9.93         |

<sup>x</sup> 可溶性固形物濃度<sup>y</sup> クエン酸当量<sup>x</sup> 異なる文字間に5%水準で有意な差があることを示す(LSD test)

第2図 培養液のNaCl濃度が新生第4葉葉柄中無機イオン濃度の変化に及ぼす影響



第3図 培養液のNaCl濃度が各花房1番花のチップバーン発生に及ぼす影響

ン発生率が低くなつたが、その後に開花した第5花房では再び発生率が高くなつた。葉に発生するチップバーンについてもほぼ同様の傾向が認められた(データ省略)。イチゴの新展開葉に発生するチップバーンは、夜間の低湿度やGA<sub>3</sub>処理によって増加したことから、CaやBの転流不足がその原因と考えられている(Bradfield・Guttridge, 1979; 金指ら, 1980)。12 mM区では、Caの吸収量が少なかつたが、葉柄中のCa濃度には差が認められなかつた。本実験ではBの調査を行っていないが、培養液の水ポテンシャル低下による水ストレスによって夜間旺盛に伸長するガクや新葉へのCaやBの転流が抑制された結果、12 mM区でチップバーンが多発したものと考えられる。一方、外気温が低下し、加温による夜間の湿度低下が著しかつた翌日には、出らいした花房にチップ

バーン発生が確認されることが多く、12 mM区でも外気温が高い時期に出らいした花房にはほとんど発生が認められなかつた(データ省略)。また、着果負担が大きく、低温寡日照条件下にあるため、花芽の発育や新葉の展開速度が遅い時期に出らい、開花した第3、4花房にはほとんどチップバーンの発生が認められなかつた。これらのことから、出らい時の花房や新葉の伸長速度が速く、夜間の湿度が低い場合にチップバーンが多発すると推察される。

第2表に示したように、12 mM区は平均果実重が著しく小さく、総収量は対照区の77%であったが、8 mM以下の処理区では総収量にほとんど差が認められなかつた。

果汁の可溶性固形物濃度と滴定酸度は、ともに対照区が最も高く、他の3処理区間には差が認められなかつた。トマトでは、培養液にNaClを添加することによって果実の糖濃度が上昇し(Ehret・Ho, 1986; 太田ら, 1991)、イチゴでも、培養液にNaClを添加すると栄養生長と果実肥大が抑制されるが、果実の糖、有機酸濃度は上昇したと報告されている(Awangら, 1993a, b)。本多・天野(1974)も高濃度培養液を施用すると糖濃度が上昇したとしているが、イチゴを用いたこれらの実験では、培養液のECが450 mS/m以上であった。本実験では、12 mM区でも最高280 mS/mであり、この濃度では果実の糖濃度は高まらず、旺盛な生長と養水分吸収を示した対照区の

糖濃度が最も高かった。メロンや低段栽培のトマトなどとは異なり、イチゴの促成栽培では、長期間連続的に収穫が行われる。高塩類濃度培養液の施用によって、栄養生長が抑制され、収量が著しく低下したことから、本多・天野(1974)が行ったような果実成熟期に限った高塩類濃度処理に経営上の利点はなく、高品質果実の多収を達成するには、排液のECが200 mS/mを越えることがないよう培養液濃度と給液量を調整し、十分な栄養生長量を確保することが最も重要と考えられる。

一方、8 mM区ではチップバーンがやや多発する傾向にあったが、ほとんどの場合、ガク片先端部のみの枯死にとどまり、収量も対照区とほぼ同等であった。本実験で原水に用いた水道水はEC 15 mS/m、8 mMのNaCl添加によるECの上昇は約90 mS/mであったことから、塩分濃度の高い地下水しか得られないような海岸地域や、硬水しか得られないような地域においても、EC 100 mS/m程度までの地下水であれば、特に培養液組成に修正を加えずにイチゴのピートバッグ栽培に利用できる可能性が高いと考えられる。

### 摘要

培養液に使用可能な原水中塩濃度の限界を明らかにするため、イチゴ‘女峰’をピートバッグ(28×80 cm, 培地量18 liter, 8株植え)で栽培し、水道水(EC 15 mS/m; Na, 0.35; Cl, 0.29 mM)で作成した培養液へのNaCl添加がイチゴの生育、収量に及ぼす影響について検討した。NaCl(0, 4, 8, 12 mM)以外の基本培養液濃度(NO<sub>3</sub>-N, 8; NH<sub>4</sub>-N, 0.85; P, 0.85; K, 3.8; Ca, 2.05; Mg, 0.93 mM)は、季節に応じて50~100%の間で変化させた。葉柄中のNaとClの濃度は、NaCl濃度が高くなるほど高くなった。果実の糖濃度と滴定酸度は、対照区が最も高かったが、NaCl濃度による差は認められなかった。12 mM区では各花房1番花のガクにチップバーンが多発し、平均果実重と総収量が他の3処理区より低くなった。8 mM区でも、チップバーン発生が増加する傾向にあったが、総収量は対照区とほぼ同等であったことから、NaClやその他のイオンを含む場合であっても、原水のECが8 mM区に相当する100 mS/m程度までであれば、ピートバッグでのイチゴ栽培に利用できる可能性が高いと考えられる。

**謝 辞** 本論文の作成に当たり岡山大学教授舛田正治博士にご校閲いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

### 引用文献

- Awang, Y. B., J. G. Atherton and A. J. Taylar. 1993a. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. *J. Hort. Sci.* 68: 783-790.
- Awang, Y. B., J. G. Atherton and A. J. Taylar. 1993b. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. II. Fruit quality. *J. Hort. Sci.* 68: 791-795.
- Bradfield, E. G. and C. G. Guttridge. 1979. The dependence of calcium transport and leaf tipburn in strawberry on relative humidity and nutrient solution concentration. *Ann. Bot.* 43: 363-372.
- Ehret, D. L. and L. C. Ho. 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *J. Hort. Sci.* 61: 361-367.
- 本多藤雄・天野智文. 1974. 野菜品質の向上に関する栄養生理学的研究. II イチゴの収量並びに品質に及ぼす肥料、高濃度処理、水分および光制限の影響. 野菜試報. C1: 39-80.
- 金指信夫・佐田 稔・池谷保緒・神谷園一・岩崎正男. 1980. イチゴ(宝交早生)のハウス促成栽培における異常花発生に関する研究. 静岡農試研報. 25: 11-18.
- Lieten, P. 1993. Nutrition of strawberries in hydroponics and substrate culture. Proc. 7th Austral. Nat. Berryfruit Conf.: 1-18.
- 大沢孝也. 1960. 砂耕による蔬菜の耐塩性について(第1報)果菜類について. 園学雑. 29: 294-304.
- 太田勝巳・伊藤憲弘・細木高志・東村英幸. 1991. 水耕ミニトマトの果実品質および収量に及ぼす培養液濃度と塩類処理の影響. 園学雑. 60: 89-95.
- Shannon, M. C. and C. M. Grieve. 2000. Options for using low-quality water for vegetable production. *Hort. Science* 35: 1058-1062.
- 吉田裕一・森本義博・溝渕俊明・喜多忠一・松崎朝浩・近藤弘志・金場香織・糸川桂市. 1996. 香川型イチゴピート栽培システム“らくちん”の開発(第1報)システムおよび栽培管理の概要と‘女峰’の収量. 園学雑. 65(別2): 42-43.
- 吉田裕一・中井啓介. 2003. 日射比例給液制御によってピート培地で栽培したイチゴ‘女峰’の生育、収量と養水分吸収. 岡大農学報. 92: 31-37.