

培養液濃度と施用量が高 CO₂ 濃度条件下で育てたイチゴ ‘さがほのか’ の生育・収量と果実品質に及ぼす影響

稲角 大地・吉田 裕一・後藤丹十郎・村上 賢治
(応用植物科学コース)

Effect of Supplied Amount and Strength of Nutrient Solution on Growth, Yield, and Fruit Quality of Strawberry ‘Saga-honoka’ Grown with Sufficiently Elevated CO₂

Daichi Inazumi, Yuichi Yoshida, Tanjuro Goto and Kenji Murakami
(Course of Applied Plant Science)

The effects of supplied amount and strength of nutrient solution were investigated for strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Saga-honoka) grown with peat bags in elevated CO₂ environment (800-2500 ppm in the day time, November 4 to April 7). Three strengths (L : low-80%, M : standard-100% and H : high-120%) of nutrient solution (N : 8.85, P : 0.85, K : 3.90, Ca : 2.05, Mg : 0.93 mM ; half strength of Ohtsuka A solution) were compared. Around 20% of discharged rate (discharged/supplied amount of nutrient solution) was kept for these 3 plots and 30 to 40% of the rate was kept for additional plot of 80%-solution (L2) by altering the supplied amount of 80%-solution. As almost no nitrate could be detected in drainage of L, nutrient supply was probably insufficient throughout the experiment. Total amount of nitrogen supply was lower than the other 3 plots and leaf area was the smallest after December. Although there was no significant difference in yield and fruit quality, the rate of tip burn affected flowers was lowest in L2 and highest in H. Thus, around 30-40% of drainage rate and 50-60 mS·m⁻¹ of drainage EC may be desirable target values for ‘Saga-honoka’ strawberry grown with peat based substrate.

Key words : nutrient absorption, tipburn, titratable acid, total soluble solid

緒 言

イチゴの養液栽培における標準的な培養液濃度は排水の EC と養分濃度に基づいて調節されることが多い^{8,13)}。多少の養分の過不足が生育、収量に大きな影響を与えることはないと考えられているが、高濃度培養液施用はしばしばチップバーンの発生を助長するため¹⁴⁾、‘章姫’のような草勢の旺盛な品種が栽培されている産地では、経験的に低めの培養液管理が推奨されている。しかし、CO₂ 施用条件下で通常より低濃度の培養液を‘女峰’に施用した場合、標準濃度で施用した株と比較して生育前期に草勢が劣り、やや果実が小さくなった⁵⁾。通常より高濃度の培養液を施用した場合には、チップバーンが多発する上に、わずかではあるが果実の可溶性固形物濃度(TSS)の低下が認められた。高 CO₂ 濃度条件下ではイチゴの養分吸収が旺盛になることが示されているが^{6,7)}、‘女峰’以外の品種では、十分な CO₂ 施用条件下での培養液濃度管理が生育・収量と果実品質に及ぼす影響について評価した報告はみられない。

佐賀県で育成された‘さがほのか’は早生多収性で⁹⁾、九州地域を中心に各地に普及しており、佐賀県や大分県

では被覆緩効性肥料を利用した高設栽培が盛んに行われている。このような栽培方式の場合には、土耕に準じた施肥が行われており、12月以降は経験則に基づいて液肥を適宜施用するという施肥体系が標準とされている⁴⁾。‘さがほのか’の高設栽培においても CO₂ 施用の有効性が示されているが¹⁾、CO₂ 施用条件下での養水分吸収に関する報告はみられない。

そこで本実験では、高 CO₂ 濃度条件下における培養液濃度管理が‘さがほのか’の生育・収量と果実品質に及ぼす影響について検討し、適正な培養液濃度管理について考察した結果について報告する。

材料および方法

空中採苗し、2009年7月21日に挿し苗して育苗した‘さがほのか’を9月14日に pH を調整したピートモス16 L を含むピートバッグ(幅28 cm×長さ80 cm)に、株間20 cm、2条で8株ずつ定植した。栽培は既報¹⁴⁾と同様に岡山大学内のプラスチックハウスで行い、11月4日から翌年2月3日まで23時から1時まで2時間の電照を行った。12

月9日から3月12日まで保温のため固定の内張りを展開した。最低夜温は8℃、6～16時は12℃以上に加温し、最高気温は28℃を目標に換気扇を制御した。CO₂施肥は11月4日～4月7日の間行った。一般的にはCO₂濃度800～1000 ppmを上限として施用されることが多いが、本実験では6～16時の間、燃焼式CO₂発生装置(CG-552T, ネボン)を暖房機(KA-201, ネボン)と連動して作動させ、早朝加温時(6時以降最低12℃)の補助熱源として利用した¹⁾。その結果、12月～2月の間は早朝2500 ppm以上に達する日が多く(Fig. 1), 2月末まで、明期におけるハウス内CO₂濃度の平均は1000 ppm以上であった。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枚に維持した。

培養液には、大塚A処方(N:8.85, P:0.85, K:3.90, Ca:2.05, Mg:0.93 mM, 50%濃度時)を用い、標準濃度(M)区は定植後30%, 10月21日から40%, 11月4

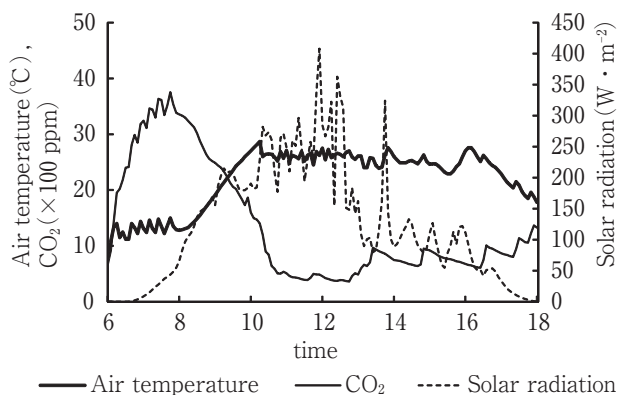


Fig. 1 Diurnal changes in solar radiation, air temperature and CO₂ concentration in artificially CO₂ enriched plastic house (FEB 20, 2010).

日から50%, 2月3日から40%, 3月31日から30%の濃度で施用した。10月21日から濃度をそれぞれ1.2倍, 0.8倍とする高濃度(H)区と低濃度(L)区, さらに低濃度区においては給液量を1.2倍とする低濃度多量(L2)区を設け, 計4処理区とした(Fig. 2)。各処理区3バッグ(24個体)を供試し, うち2バッグについて収量調査を行い, 残り1バッグから葉のサンプルを採取した。

各処理区において, 週3回, 排水の量とECを調査し, 高濃度区, 標準濃度区, 低濃度区では排水率20%, 低濃度多量区では35%を目標に日射比例制御により給液量を適宜変更した。全天日射量1kW・hr・m⁻²当たりの給液量はそれぞれ25～60, 30～72 mL/plantであった。毎週1回排水サンプルを採取し, 紫外外部吸光度法でNO₃-N, バナドモリブデン酸法でPを比色定量し(V-530, 日光分光), 原子吸光光度計(SPCA-6210, 島津製作所)でK, CaおよびMg濃度を測定し, 給・排水量から養分の吸収量と廃棄量を算出した。毎月中旬に新生第3葉中心小葉の葉長, 葉幅および葉柄長を測定した。新生第3葉の葉身, 葉柄を採取し60℃で1週間乾燥させた。粉碎した葉身をサリチル酸-硫酸で分解し, インドフェノール法により全N, バナドモリブデン酸によりPを比色定量し, 原子吸光光度計によりK, CaおよびMg濃度を測定した。またCataldoら²⁾の方法により葉柄中NO₃-N濃度を比色定量した。12月～5月末まで成熟果を収穫し, 果数と重量を記録した。また, 各果房の2, 3番果を5果ずつ採取し, 果汁の可溶性固形物濃度(TSS, PAL-1, アタゴ)と滴定酸度を測定した。

結 果

標準濃度区の排水ECは, CO₂施用期間中は給液より低くなり, CO₂施用停止後, 給液より高くなる傾向にあった(Fig. 2)。高濃度区では12月以降150 mS・m⁻¹以上

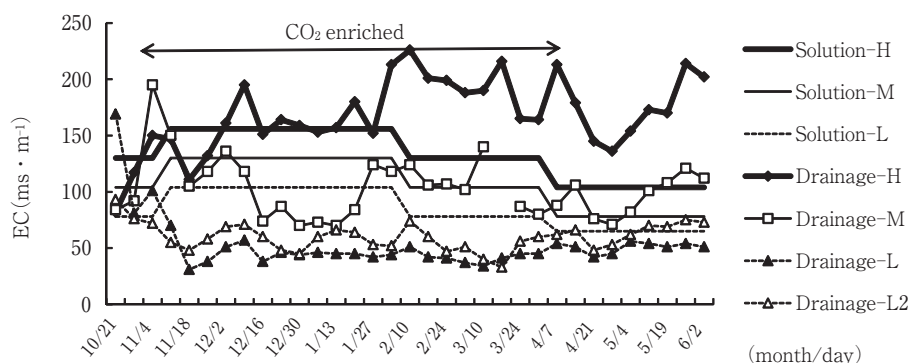


Fig. 2 Changes in electrical conductivity (EC) of supplied solutions (lines without symbol; H: standard \times 1.2, M: standard, L: standard \times 0.8) and drainage (lines with symbols) in 'Saga-honoka' strawberry grown in peat bags. Amount of supplied solutions was automatically controlled corresponding to solar radiation to keep 15-20% of discharged rate (% amount of drainage/supplied solution) in the plot M for which standard solution was supplied. For L2 the amount was increased to keep 30-40% of the rate.

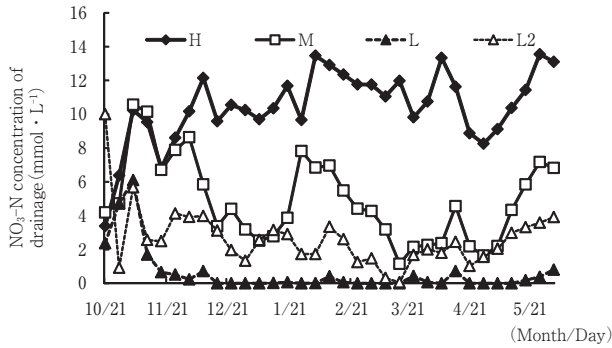


Fig. 3 Changes in nitrate concentration of drainage as affected by the concentration and amount of supplied solutions for ‘Saga-honoka’ strawberry. See Fig. 2 for details of treatments.

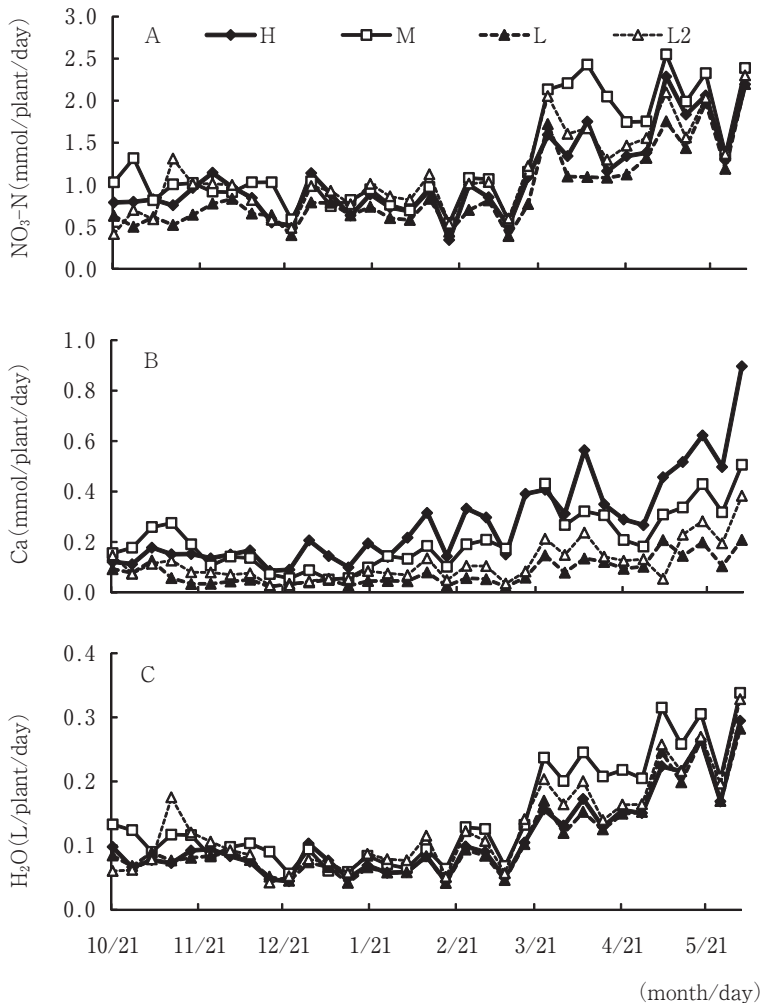


Fig. 4 Changes in apparent amount of absorbed (supplied-discharged) nutrients and water as affected by the concentration and amount of supplied solutions for ‘Saga-honoka’ strawberry. See Fig. 2 for details of treatments.

で推移し、1月中旬まではほぼ給液と同じであったが、その後は給液より50 mS · m⁻¹以上高く経過した。それに対し低濃度区では栽培期間を通して排液ECは給液より低く、35~50 mS · m⁻¹で推移した。また、低濃度多量区の排液ECは給液より低かったが、低濃度区よりやや高く、35~70 mS · m⁻¹で推移した。標準濃度区と高濃度区では太陽高度が高くなり、日射量が増大し始める1月中旬頃から給液濃度を低下させるまで、排液ECが徐々に高くなる傾向にあった。

排液中NO₃-N濃度は11月4日のCO₂施用開始後すべての処理区で急激に低下した(Fig. 3)。また高濃度区、標準濃度区では栽培期間を通じて2 mmol · L⁻¹以上のNO₃-Nが検出されたが、低濃度区では著しく低く検出限界以下の場合が多かった。低濃度多量区では、給液量が多いため、NO₃-Nが1 mmol · L⁻¹以下になることはほとんどなかった。この傾向はP, Kでもほぼ同様であった

(データ省略)。みかけのNO₃-N吸収量は栽培期間を通して低濃度区が、他の3処理と比較して少なくなった(Fig. 4 A)。また、11月中旬から3月中旬までは、高濃度区、標準濃度区、低濃度多量区の吸収量に差はなかったが、それ以降は標準濃度区の吸収量が多くなり、高濃度区、低濃度多量区の吸収量がやや少なくなった。P, K, Mgにおいてもほぼ同様の傾向が認められた(データ省略)。Caのみかけの吸収量(Fig. 4 B)は高濃度区が最も多くなり、次いで標準濃度区、低濃度多量区、低濃度区となった。Fig. 5に示したように、全N施用量は高濃度区、標準濃度区が同程度となり、他の2処理区より多かったが、吸収量は標準濃度区が多かった。全N施用量が最も少なかった低濃度区では、施用した窒素のほぼすべてが吸収された。低濃度多量区的全N施用量は高濃度区、標準濃度区より少なかったが、吸収量は高濃度区よりやや多かった。

葉面積は低濃度区が有意に小さく、1月以降は他の3処理区よりも低い値で推移した(Fig. 6)。低濃度多量区の葉面積は、低濃度区と比較すると明らかに大きくなる傾向にあった。葉柄中NO₃-N濃度は、低濃度区が有意に低く、特に11月、12月は他の3処理区と比較して著しく低かった(Fig. 7)。葉身中P濃度は低濃度区で有意に低くなったが、他の養分については処理区間に一貫した傾向は認められなかった(データ省略)。

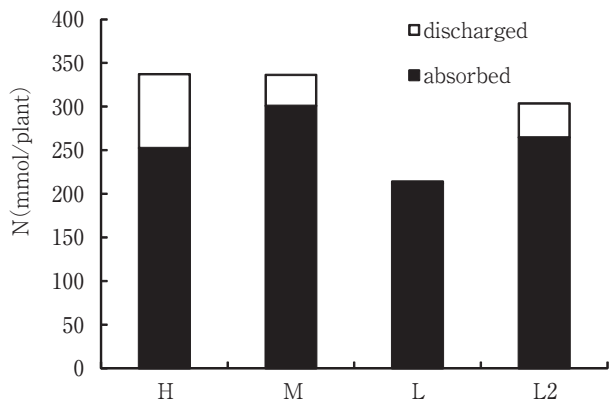


Fig. 5 Total amount of absorbed and discharged nitrogen as affected by the concentration and amount of supplied solution for 'Saga-honoka' strawberry. See Fig. 2 for details of treatments.

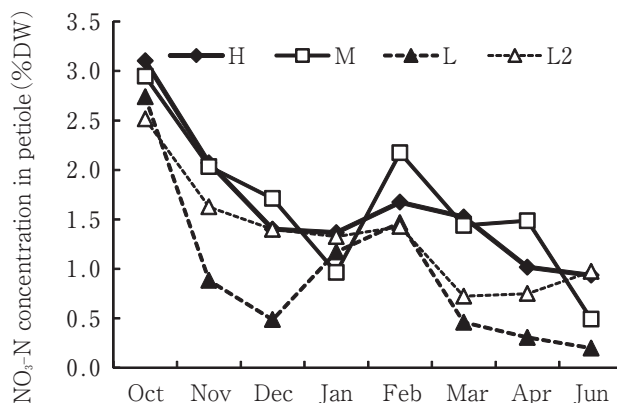


Fig. 7 Changes in nitrate concentration in petiole of the third newly expanded leaf as affected by the concentration and amount of supplied solutions for 'Saga-honoka' strawberry. See Fig. 2 for details of treatments.

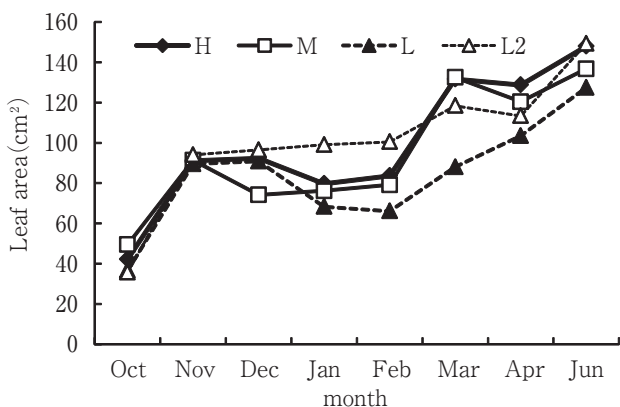


Fig. 6 Changes in leaf area (width×length of middle leaflet) of the third newly expanded leaf as affected by the concentration and amount of supplied solutions for 'Saga-honoka' strawberry. See Fig. 2 for details of treatments.

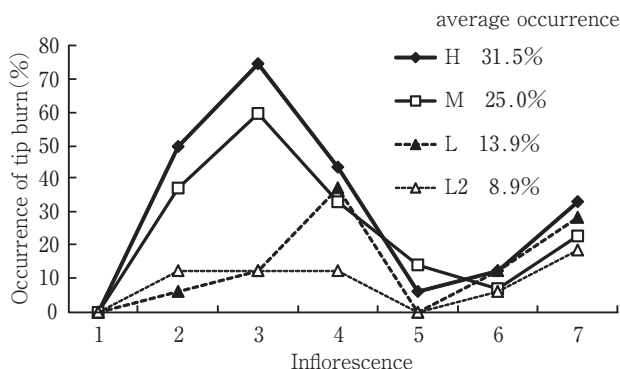


Fig. 8 Changes in occurrence of tip burn in the primary flower of inflorescences as affected by the concentration and amount of supplied solution for 'Saga-honoka' strawberry. See Fig. 2 for details of treatments.

各花房1番花のチップバーン発生に及ぼす培養液濃度の影響を Fig. 8 に示した。すべての処理区で第3花房(2次腋花房)1番花のがくに、チップバーンが多発し、高濃度区では発生率が約75%と最も高かった。また、高濃度区、標準濃度区では第1花房以外のすべての花房でチップバーンが発生した。全花房を通した平均の発生率は高濃度区が31.5%と最も高かった。同じ培養液施用濃度である低濃度区と低濃度多量区では、低濃度区が13.9%、低濃度多量区が8.9%となり、低濃度多量区の方が発生率は低かった。

培養液濃度が収量構成と果実品質に及ぼす影響を Table 1 に示した。総収量は養分吸収量の多い、高濃度区、低濃度多量区がやや多くなる傾向にあった。標準濃度区の収量が最も低かったが、これは2月に2株心止まりが発生したこと、また3月末で花房発生が停止した株

Table 1 Effect of the concentration and amount of supplied solutions on yield component and fruit quality of 'Saga-honoka' strawberry

Treatments	Yield (g/plant)	No. of fruits (/plant)	Mean fruit weight (g)	TSS ^z (%)	TA ^v (%)
H	815.3	42.2	19.3	9.02	0.66
M	735.8	36.3	20.3	9.34	0.63
L	760.3	41.0	18.6	9.08	0.63
L2	813.6	41.5	19.6	9.00	0.64
significance	—	—	—	ns	ns

^zTotal soluble solids

^vTitrateable acidity

ns, — : non-significant (ANOVA) and not analyzed

が2株あったことが原因と考えられる。果実品質については、TSS、滴定酸度ともに処理区間で有意な差は認められなかった。

考 察

イチゴは耐肥性が低く¹⁰⁾、塩類濃度障害が発生しやすいため、養液栽培においても定植直後の高温期には通常低濃度の培養液が施用されている。一方、高CO₂濃度条件下では、養分のみかけの吸収濃度が高くなるため⁷⁾、‘女峰’では厳寒期を中心に比較的高い濃度の培養液が施用されている⁶⁾。しかし、‘章姫’などのチップバーンが発生しやすい品種では、低濃度培養液を施用している産地が多い³⁾。

本実験で用いた‘さがほのか’においても、12月下旬から1月上旬に開花した第3花房を中心に高濃度区、標準濃度区ではチップバーンが多発する傾向が認められた(Fig. 8)。同様の濃度で‘女峰’を栽培した場合には⁵⁾、第3花房の発生率が高濃度区で50.0%、標準濃度区で35.9%であったのと比較すると、‘さがほのか’の発生率が高かった。また栽培期間を通しての平均発生率も‘女峰’より‘さがほのか’の方が高かった。イチゴのチップバーン発生には様々な要因が関与することが知られているが、それらの相互作用の詳細については明らかではない¹¹⁾。ただし、給・排水のECが高かった高濃度区では発生率が著しく高かったことから、吉田・谷岡¹⁵⁾が指摘しているように根圏の高塩類濃度が強く影響すると考えられる。

高濃度区では排水ECがほぼ栽培期間を通じて150 mS・m⁻¹を超える値で推移し(Fig. 2)、生育後半には養水分吸収量も低下した。‘女峰’においては、高濃度培養液を施用した場合、TSSが有意に低下したが、‘さがほのか’では果実品質への影響は認められなかった(Table 1)。ただし、チップバーンが多発したことから、‘女峰’と比較して低濃度の培養液を施用することが望ましいと考えられる。

一方、低濃度区では、12月以降の排水中NO₃-Nが検出限界以下となった(Fig. 3)。排水とともに排出されたNの割合は全N施用量の1%未満であったが(Fig. 5)、栽培期間を通して養分吸収量が少なかった。排水率15~20%を目標とした低濃度培養液管理では、全N施用量が最も少なく、他の3処理区と比較すると、11、12月および3月以降の葉柄中NO₃-N濃度が低く、1月以降の葉面積が小さくなった(Fig. 6, 7)。標準濃度区において、心止まり株と花芽分化を停止した株が発生したため、収量の面で明確な結論を得ることはできなかったが、低濃度区では肥料養分が不足していた可能性が高い。しかし、同濃度で排水率30~40%を目標とした低濃度多量区では、施用した窒素は高濃度区、標準濃度区より少なかったが、吸収量は標準濃度区の約90%に達した(Fig. 5)。

また、果実品質においては、処理区間で有意な差は認められなかったが、収量は高濃度区と低濃度多量区がやや多くなった(Table 1)。

以上のように、高濃度CO₂施用条件下では低濃度区で養分が不足しがちとなり‘さがほのか’の生育がやや抑制された。しかし、低濃度多量区では、生育が抑制されることもなく、またチップバーンの発生率も低かった。収量・果実品質に処理区間で明確な差がなかったことから、‘さがほのか’においては排水率35%程度を目標として給液量を調節し、低濃度での培養液管理が適するといえる。具体的には、大塚A処方培養液の40%濃度(EC約110 mS・m⁻¹)を上限として、排水EC50~60 mS・m⁻¹を維持するよう培養液濃度を変化させることが望ましいと考えられる。

摘 要

イチゴ‘さがほのか’を用いて、高CO₂濃度条件下(日中800~2500 ppm)での栽培における培養液濃度と施用量の影響について検討した。培養液は排水率20%を目標に、大塚A処方を30~50%濃度で適宜変更する慣行区を標準として、濃度をその1.2倍、0.8倍とする高濃度区と低濃度区、さらに低濃度区においては、給液量を1.2倍(排水率35%)とする低濃度多量区を設け、計4処理区とした。排水率20%を目標とした低濃度培養液管理では、12月以降の排水中NO₃-Nは検出限界以下であり、栽培期間を通して養分が不足しがちであった。また、全N施用量も他の3処理区と比較すると少なくなり、1月以降の葉面積が小さくなった。収量・果実品質においては処理区間で有意な差は認められなかったが、チップバーン発生率は、高濃度区で高く、低濃度多量区の発生率が最も低かった。低濃度多量区では、葉面積も大きくなったことから、‘さがほのか’においては、排水率30~40%、排水EC50~60 mS・m⁻¹を目標とした低濃度での培養液管理が望ましいといえる。

参 考 文 献

- 1) 安部貞昭・佐藤 如・戸井田雄一・山崎真居：炭酸ガスの午前午後施用がイチゴ‘さがほのか’の生育、収量、品質に及ぼす影響。園学研, 11 (別2), 181 (2012)
- 2) Cataldo, D. A., M. Haroon, L. E. Schrader and V. L. Youngs : Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 6, 71-80 (1979)
- 3) 遠藤昌伸・切岩祥和・糠谷 明：イチゴ‘章姫’の養液栽培におけるヤシ殻とビートの混合比率が生育、収量、水分生理特性に及ぼす影響。園学雑, 75, 344-349 (2006)
- 4) 福田 敬・豆田和造・田川毅明・山口祐輔：イチゴ高設栽培における施肥およびかん水管理の検討。九州農業研究, 67, 55 (2005)
- 5) 稲角大地・吉田裕一：培養液の施用濃度と摘果が‘女峰’の生育・収量と果実品質に及ぼす影響。園学研, 10 (別2), 140 (2011)

- 6) 伊谷慈博・原 圭美・ワサナ ナファン・藤目幸擴・吉田裕一：ピートバッグ栽培におけるイチゴの収量、果実品質と養水分吸収に及ぼすCO₂施用と栽植密度の影響。生物環境調節, **37**, 171-177 (1999)
- 7) 伊谷慈博・吉田裕一・藤目幸擴：NFT栽培におけるイチゴの養水分吸収に及ぼすCO₂施用の影響。生物環境調節, **36**, 145-150 (1998)
- 8) Lieten, P.: Nutrition of strawberries in hydroponics and substrate culture. Proc. 7th Australian National Berryfruit Conference, 1-18 (1993)
- 9) 森 欣也・田中政信・中島寿亀：イチゴ新品種「佐賀2号」の育成。九州農業研究, **60**, 156 (1998)
- 10) 大沢孝也：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 (1960)
- 11) Saure, M. C.: Causes of tipburn disorder in leaves of vegetables. Scientia Hort., **76**, 131-147 (1998)
- 12) 吉田裕一：農業ベンチャー「(有)のぞみふぁーむ」におけるイチゴ栽培と経営—らくちんシステムによる‘女峰’の生産・販売と研究利用の実態—。園学研, **10** (別2), 56-57 (2011)
- 13) 吉田裕一・森本義博・溝淵俊明・喜多忠一・松崎朝造・近藤弘志・金場香織・糸井桂市：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 (1996)
- 14) 吉田裕一・宮田英幸・後藤丹十郎：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。園学研, **2**, 171-174 (2003)
- 15) 吉田裕一・谷岡浩史：イチゴのチップバーン発生に及ぼす高塩類濃度ストレスの比較。園学研, **9** (別1), 162 (2010)