

## 日射比例給液制御によってピート栽培したイチゴ ‘女峰’の生育, 収量と養水分吸収

吉田 裕一・中井 啓介<sup>a)</sup>

(応用植物機能学講座)

### Nutrient and Water Uptake, Growth and Yield of Substrate Cultured Strawberry cv. Nyoho with Solar-Mediated Fertigation Control

Yuichi Yoshida and Keisuke Nakai<sup>a)</sup>

(Department of Applied Plant Science)

Nutrient and water uptake, growth and yield of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Nyoho) grown in peat-based substrate with controlled fertigation corresponding to solar radiation (SR) were compared with that of time-scheduled fertigation (TS). Amount of nutrient solution for each treatment was changed seasonally to keep the amount of drainage as 30–50 ml/plant/day. The amount of each fertigation (y, ml/plant; 4 times a day) was automatically controlled with the following equation in SR;  $y = (24x + 17.5) c$ , where x: cumulative solar radiation after the previous fertigation ( $\text{kW} \cdot \text{hr}/\text{m}^2$ ) and c: 0.7–2.0 (factor changed seasonally according to the amount of drainage), while the amount was set as 24.6–77.6 ml/plant (4 times a day) in TS. There was little difference between the two fertigation systems in growth, yield and the amount of absorbed nutrients. However, nutrients and water were absorbed more efficiently and nutrients were discharged with drainage less in SR than in TS. Relationship between water consumption and solar radiation varied seasonally, in which the slope of the regression was larger in April and May compared to before March. EC value of the drainage increased to 1.5 times or more of applied solution when the amount of drainage was small, but the EC and concentration of nutrients in the drainage varied little when discharge rate (amount of drainage/supplied solution) was larger than 15% or drainage was more than 30 ml/plant/day. When strawberries are grown with substrate, optimum value of the discharge rate may be 15 to 20%. To maintain this value, the factors of a controlling device for solar-mediated fertigation should be changed in a timely manner depending on the seasonal changes in evapotranspiration rate affected by leaf area of plants and/or environmental conditions in a greenhouse.

**Key words** : fertigation control, nutrient uptake, solar radiation, strawberry, substrate culture

### 緒 言

著者らは, JA 三木町, 香川県青果連, 同経済連(現在は合併し, JA 香川県), 香川県および四国電力グループと共同で低コストのイチゴ養液栽培システム「香川型イチゴピート栽培システム“らくちん”」を開発した<sup>9,10)</sup>。同システムは, 香川県下を中心に急速に普及し, 2001年10月現在で約45haに導入されており, 今後も県外を含めてさらに普及が進むものと期待されている。

本システムの開発にあたっては, 安定多収を達成した上で, イチゴの収穫や栽培管理における作業姿勢の改善と作業効率の向上という最終的な目標を低コストで達成することを目的とした。養液栽培においては, 土作りのために大量の有機物投入が行われる土耕とは異なり, 土壌有機物の分解による  $\text{CO}_2$  供給が期待できない<sup>11)</sup>。その

ため,  $\text{CO}_2$  飢餓による光合成速度の低下が施設内で養液栽培されるイチゴの生育を制限する大きな要因となっている。収量と品質を高く維持するためには積極的な  $\text{CO}_2$  施用が必要であることから<sup>2,4,5,11)</sup>, 本システムにおいては  $\text{CO}_2$  発生装置を設置した連棟ハウスでの栽培を前提とした。また, 開発当初から養液栽培に関する知識が必ずしも豊富でないイチゴ生産者への普及を目的としたため, 培養液管理を中心とした栽培管理を簡便化することも重要な課題であった。

土壌伝染性病害の回避や収量性の向上がトマトや葉菜類における養液栽培導入の主目的であったのに対して,

Received October 1, 2002

a) 香川大学農学部

(Faculty of Agriculture, Kagawa University)

1980年代には、作業姿勢の改善による作業効率の向上を目的として、高設式のイチゴの NFT 栽培やロックウール (RW) 栽培が全国的に導入された。しかし、設備費が高価であるにもかかわらず、収量性が劣り、現在では観光イチゴ園を中心に一部で継続されているに過ぎない。NFT や RW 栽培ではイチゴの根が直接培養液に触れるため、綿密な培養液管理が要求される。上述のハウス内 CO<sub>2</sub> 環境の他に、適切な培養液管理が困難なこともこれらの高設栽培システムで収量性が劣る要因の一つであると考えられた。そこで、培養液管理の簡便化と安定した生産性の確保をはかるため、緩衝能が高く、安定的に入手可能であり、ヨーロッパにおける栽培実績のあるピートモス<sup>6)</sup>を主体とした培地を用いることになった。また、培養液の循環再利用は行わずに解放式のシステムを採用することとした。

培地にピートモスを利用する場合、架台の強度確保や培地そのものに必要なコストによって培地量は制限を受けざるを得ない。根域容量が小さく、培地の養水分保持量が限られるため、培地内の養水分が不足しないように頻りに培養液を供給することが必要となる。一方で、開放式のシステムを採用したため、環境負荷と生産効率の両面から排水による養水分の系外へ流出を極力少なくする必要がある。以上のことから、イチゴ栽培に必要と考えられる電照、加温機制御の他に、換気扇と連動した CO<sub>2</sub> 濃度制御と給液管理を簡便化するための給液制御機能を有する複合環境制御装置を開発することになった。

植物の蒸散量は、葉面積とともに環境要因によって大きく変動するが、光、温度、湿度などの環境要因の中で、植物の蒸散を第一義的に規定しているのは日射による光エネルギーである<sup>7)</sup>。従って、複合環境制御装置には日射量に基づいて給液を制御する機能を付加することになった。そこで、著者らの以前の実験<sup>2)</sup>で得られた RW 栽培イチゴの蒸発散量と日射量に関する結果(未発表)を解析して日射比例給液制御式を作成し、この式に基づいた給液制御が‘女峰’の生育、収量と養水分吸収に及ぼす影響について検討した。

### 材料および方法

香川大学農学部(木田郡三木町)のビニルハウス内に 4 m × 30 cm の発泡スチロール製のベッド(勾配 1/80)を 3 列設置し、ピートモス 3 : RW 粒状綿 1 に混合した培地 80 liter を充填した。1995年 9 月 15 日に 7.5 cm ポットで挿し苗育苗した‘女峰’を株間 20 cm で 36 株ずつ定植した。

排水量 30~50 ml/株/日 を目標として毎回の給液量を一定の値に設定し、点滴給液した固定区を対照とし、給液量を前回の給液からの積算日射量に基づいて変動させて点滴給液する日射比例制御区(比例区)との比較を行った。給液はいずれも 6 : 00, 10 : 00, 13 : 00, 16 : 00 の 1 日 4 回として、点滴チューブ(Netafim, スーパータイ

フーン, 吐出量 14.1 ml/min/株)を用いて施用した。

日射比例給液に用いる基本制御式は、RW 栽培した‘愛ベリー’の実験結果(未発表)に基づいて、

$$y = 24x + 70$$

y : 日給液量 (ml/株/日)

x : 戸外の積算日射量 (kW · hr/m<sup>2</sup>/日)

とした。本実験においては、1 日当たりの給液回数を 4 回としたため、1 回当たりの給液量は次式によって算出した。

$$y = 24x + 17.5$$

y : 1 回当たり給液量 (ml/株)

x : 前回の給液から給液開始までの戸外の積算日射量 (kW · hr/m<sup>2</sup>)

葉面積の変化やハウスサイドの開放などによる蒸散速度の季節変化が大きかったため、2, 3 日ごとに測定した排水量が 30~50 ml/株/日となるよう式に係数 [0.7 (12 月)~2.0 (5 月)] を乗じて給液量を調整した。ただし、1 回当たりの給液時間が短いと点滴チューブからの吐出ムラが大きくなる。また、給液用ポンプの制御を 15 秒単位で行ったため、1 回当たりの最低の給液時間は 1 分 30 秒とした。従って、日最低給液量は約 85 ml/株/日となった。固定区の 1 回当たりの給液時間は定植後 2 分 (28.2 ml/株) とし、その後排水量 30~50 ml/株/日 を目標に 1 分 45 秒 (1, 2 月; 24.6 ml/株) ~ 5 分 30 秒 (5 月; 77.6 ml/株) に適宜変更した (Fig. 1 A)。

パーソナルコンピュータ (NEC, PC-9801 UV 2) に接続した A/D コンバータ (オガ電子, MIF-198) によって日射量 (Eiko, ML-020 V), 気温 (オガ電子, ダイオードセンサ), CO<sub>2</sub> 濃度 (COS, GE-250 E) を取り込み、自作の BASIC プログラムを用いて給液用ポンプ、換気扇 (最高気温 28°C), ヒーター (最低気温 7°C) と CO<sub>2</sub> 濃度 (700~900 ppm, 11 月 15 日~4 月 4 日, 液化 CO<sub>2</sub>) 制御用の電磁弁を制御した。

培養液組成は、CO<sub>2</sub> 施用条件下で NFT 栽培した‘愛ベリー’の見かけの吸収濃度 (n/w) の調査結果<sup>2)</sup>とオランダ、ベルギーでイチゴ栽培に利用されている培養液組成<sup>6)</sup>に基づいて大塚 A 処方 1/2 濃度液に KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> を 1 mM 添加して修正した。用いた培養液に添加した各イオンの濃度は、NO<sub>3</sub> 8, NH<sub>4</sub> 0.85, P 1.85, K 4.85, Ca 2.05, Mg 0.93 mM であり、水道水を原水として作成したときの EC は 158 mS/m であった。この修正大塚 A 処方 1/2 濃度液を標準として、既報<sup>9,10)</sup>に準じて 50~100% の濃度で施用した (Fig. 1 B)。

2 から 3 日に 1 回排水量と排水の EC を測定した。そのうち約 10 日に 1 回は 2 から 3 日分の排水を採取し、既報<sup>3)</sup>と同様に NO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Mg 濃度を測定してそれぞれの廃棄量、見かけの吸収量、吸収濃度を算出した。1 芽仕立てとして株当たり展開葉数を 4~6 枚に維持し、各果房 7 果に摘果した。その他の管理は慣行に従った。

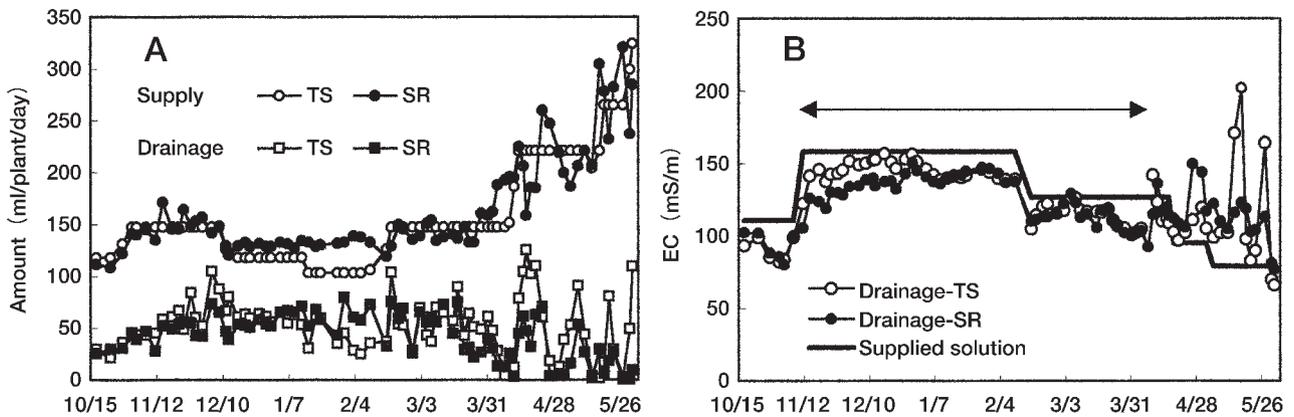


Fig. 1 Changes in the amount (A) and electrical conductivity (B) of supplied solution and drainage in 'Nyoho' strawberry grown in peat-based substrate with different fertigation methods. The arrow indicates supplemental CO<sub>2</sub> enrichment in day time (700–900ppm). TS: amount of application (24.6–77.6ml/plant, 4 times a day) was changed seasonally. SR: amount of each application (4 times a day; y, ml/plant) was automatically controlled by the following equation,  $y = (24x + 17.5) \cdot c$ ; where x, cumulative solar radiation integrated from the beginning of previous application (kW·hr/m<sup>2</sup>); c, 0.7–2.0 (changed seasonally).

収量調査は週2～3回行い、果実数と重量を記録した。また、半月ごとに新生第3葉中心小葉の葉長 (x<sub>1</sub>) と葉幅 (x<sub>2</sub>) を測定し、別に求めた回帰式 ( $y = 2.4 + 1.81 \cdot x_1 \cdot x_2$ ) によって葉面積 (y) を算出した。

結果および考察

5月末までの総収量は対照区745g/株、比例区738g/株となり、処理区間に大きな差は認められなかった。月別の収量について両区を比較すると、対照区は4、5月が、比例区は1月がやや少なかった (Fig. 2)。収穫果数は収量とほぼ同様の傾向を示した。また、平均果実重にも処理区間に差は認められなかった (データ省略)。

Fig. 1 Aに示したように、11月まで給液量は両区ともほぼ同量で推移したが、12月中旬から2月中旬までは、排水量に基づいて給液量を削減した対照区より比例区がやや多くなった。比例区の給液量は太陽高度が比較的低い3月中旬までは変化が比較的小さかったが、その後、太陽高度が上昇すると日射量の変動による給液量の変化

が大きくなった。排水量については、対照区と比較して比例区の給液量が多かった1月中旬から2月中旬を除けば、対照区のほうが多く、特に日射量が多い日にはその差が大きくなった。

排水の EC は、11月から12月にかけて対照区が比例区よりやや高く推移したが、両区ともに4月のCO<sub>2</sub>施用停止までは施用した培養液よりも低かった。ハウスの側窓を開放し、CO<sub>2</sub>施用を停止した後は、培養液濃度を低下させたにもかかわらず、両区ともに施用した培養液より高くなる傾向にあった。特に、排水量の変動が大きかった対照区では比例区と比較して排水 EC の変動が大きかった (Fig. 1 B)。排水中の無機養分のうち、NO<sub>3</sub>、P、Kについては両処理区とも既報<sup>10)</sup>と同様に、排水 EC とほぼ同様の変動を示した。2月以降、培養液濃度を50%にまで低下させたが、Ca、Mg濃度はほとんど低下せず、生育期間を通じて変化が小さかった。また、NO<sub>3</sub>以外の排水中の養分濃度は4月中旬以降、施用した培養液よりかなり高くなる傾向にあった (データ省略)。

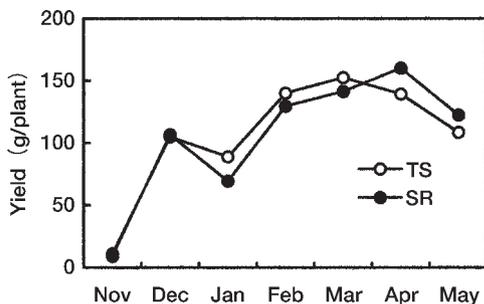


Fig. 2 Changes in yield in 'Nyoho' strawberry grown in peat-based substrate with different fertigation methods. Details of treatments are described in Fig. 1.

給・排水量から求めた見かけの水分吸収量は、ほぼ日射量に応じて変動したが、比例区が対照区より多くなる傾向にあった。対照区はタイムスイッチによる制御を想定して1日4回同量ずつ給液したのに対して、比例区は、前回の給液からの積算日射量に比例して給液量を変化させたため、日中の給液量が早朝と比較して多くなった。イチゴによる水分吸収量も多くなったため、施用した培養液が培地中に保持される効率が高くなり、結果的に排水量が少なくなったと考えられる。正確な計測は行っていないが、対照区においては、日中の給液後の排水量は比例区と比較して少ないことが観察された。また、1回当たりの給液時間が1分45秒 (24.6ml/株) と比例区の最低給液時間 (1分30秒, 21.2ml/株) に近かった1月中旬

から2月中旬には、比例区より排水量が少なくなったことから (Fig. 1 A), 比例区では早朝6:00の給液時に比較的培地内水分が多く、過剰に供給された培養液が排水として流出したと考えられた。

Table 1に示したように、10月から5月までの8か月間にわたり連続的に測定した排水量と給液量から算出した総吸水量は、対照区が24.2 liter/株であったのに対して、比例区は27.1 liter/株と対照区より多かった。また、養分濃度を求めるために約10日に1回採取した排水の量から1日当たりの吸水量を求め、それに日数を乗じ、積算することによって推定した総吸水量は、対照区と比例区がそれぞれ24.3と25.8 liter/株であった。実測値と推定値の差は小さく、10日に一度の測定値をもとに養水分吸収量を推定することが可能と考えられた。そこで、10日に1回採取し、測定した排水中養分濃度に基づいて全生育期間の養水分吸収量を算出した (Table 1)。既報<sup>10)</sup>の実験において、NH<sub>4</sub>は排水中にほとんど検出されなかったことから、NH<sub>4</sub>はほぼ全量が吸収あるいは硝酸にまで還元されたものとみなし、本実験においては分析しなかった。

培養液の総排水率は、連続して測定した結果から算出した場合、対照区が約32%、比例区が28%、10日ごとのデータをもとに算出した場合、それぞれ34%と27%となり、ヨーロッパでの基準値とされている25% (Lieten私信)を上回る結果となった。環境への影響を考慮すれば、排水率はより低く維持する必要がある。比例区では草勢が低下した1、2月の排水量が多かったことから、この時期の給液量をより少なく調整する必要があるであろう。また、その前後の時期、特に4月以降は対照区

の吸水量が比例区より少く、総吸水量が比例区と比較して少なくなった。Fig. 2に示したように、収量にはほとんど差が認められなかったが、ほぼ全生育期間を通じて葉面積がやや小さかったことから (データ省略)、晴天日の日中は軽度の水ストレス下にあったものと推察される。

本実験におけるイチゴ1株当たりの総養水分吸収量は、おおよそN200, P40, K100, Ca40, Mg20 mmol, H<sub>2</sub>O25 literと推定されたが、いずれの養水分も対照区が比例区より少なかった (Table 1)。この値を“らくちん”システムの標準栽植密度 (8,000株/10a)で換算すると、10a当たりの吸収量はおおよそN28, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>23, K<sub>2</sub>O38, CaO18, MgO6 kg, H<sub>2</sub>O200 tとなる。本実験における果実収量は約740 g/株であり、10a (8,000株)換算で約5.9 tとなる。本多<sup>1)</sup>は果実収量6 tのイチゴは10a当たりでN30, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>10, K<sub>2</sub>O35kgを吸収するとしている。NとKについては本実験の結果とほぼ同様の値であるが、Pについては本実験の半分以下となっている。本実験では、CO<sub>2</sub>施用条件下でのn/wの調査結果<sup>9)</sup>に基づいて培養液中のP濃度を、養液栽培に広く用いられている園試処方<sup>2)</sup>の2倍強に高めて施用した。その結果、土耕と比較して吸収量が著しく多くなったのであろう。ただし、寺林ら<sup>3)</sup>は、一定水準以上のPはトマトの収量性向上には寄与しないと報告している。イチゴについても根圏のPが豊富な場合には、いわゆるぜいたく吸収する可能性が高いと考えられる。イチゴの養液栽培を行う上で、吸収に見合った量を施用するという手法の是非については、今後検討する必要がある。

排水とともに排出されたNO<sub>3</sub>の総廃棄量は排水量が多

Table 1 Total amount of nutrients and water supplied with fertigation, discharged with drainage and absorbed by a strawberry plant during the experiment (October to May). Measurements were conducted for the samples in 2–3 days of every 10 days. Details of treatments are described in Fig. 1

Treatment	N			P (mmol)	K (mmol)	Ca (mmol)	Mg (mmol)	H <sub>2</sub> O (liter)	
	NO <sub>3</sub> (mmol)	NH <sub>4</sub> (mmol)	Total (mmol)						
	<i>Supplied</i>								
TS	255.2	25.5	280.7	59.0	154.7	65.4	29.7	36.6 (35.7) <sup>a)</sup>	
SR	251.2	25.1	276.3	58.1	152.3	64.4	29.2	35.8 (36.9)	
	<i>Absorbed</i>								
TS	164.0	(25.5) <sup>b)</sup>	(189.5)	37.3	95.1	35.9	17.8	24.2 (24.3)	
SR	178.0	(25.1)	(203.1)	41.4	103.9	39.4	19.2	25.8 (27.1)	
	<i>Discharged</i>								
TS	91.2	— <sup>c)</sup>	91.2	21.8	59.6	29.5	11.8	12.4 (11.4)	
SR	73.2	—	73.2	16.7	48.4	25.0	10.0	10.0 (9.8)	
	<i>Discharge rate (%)</i>								
TS	35.7	—	32.5	36.9	38.5	45.1	39.9	33.9 (31.9)	
SR	29.1	—	26.5	28.8	31.8	38.8	34.2	26.6 (27.9)	

<sup>a)</sup>Data in parentheses in italics are values obtained by successive measurements.

<sup>b)</sup>NH<sub>4</sub> was assumed to be absorbed by strawberries or oxidized in medium.

<sup>c)</sup>Not determined.

かった対照区が91.2 mmol/株、比例区は73.2 mmol/株と推定された。これを10 a 当たり8,000株として換算すると対照区が約10kg/10 a、比例区が8 kg/10 aとなった。その他の養分についても、比例区は対照区より廃棄量が少なかった。また、NO<sub>3</sub>の廃棄率(廃棄量/施与量)は対照区の35.7%に対して比例区は29.1%と低く、その他の養分と水分も比例区が低くなった(Table 1)。養分の廃棄率を平均すると、対照区が約38%であったのに対して、比例区は約31%となった。以上のことから、給液量を日射量に基づいて自動制御することによって、養水分の利用効率が高く、環境負荷の小さい開放式の養液栽培システムの構築が可能になると考えられる。

吸水量 ( $y$ : ml/日/株) と全天日射量 ( $x$ : kW·hr/m<sup>2</sup>/日) との間には、対照区 ( $y = 39.7x + 0.7$ ,  $r = 0.868^{***}$ ) と比例区 ( $y = 44.5x - 1.1$ ,  $r = 0.861^{***}$ ) のいずれにおいても有意な相関が認められた。しかし、比例区について時期別に検討した場合、換気扇のみによって日中の温度管理を行い、CO<sub>2</sub>施用を行った11月8日から3月末まで ( $y = 25.8x + 34.9$ ,  $r = 0.594^{***}$ ) と、CO<sub>2</sub>施用を停止してハウスの側窓を解放した4、5月 ( $y = 34.5x + 55.6$ ,  $r = 0.639^{***}$ ) とは明らかに異なった傾向を示した(Fig. 3)。4月以降の回帰直線の傾きと切片の増大には、イチゴの葉面積の拡大とハウスの開放による風速の変化が大きく影響していると推察された。すなわち、全生育期間を通じて単一の日射比例制御式によって給液量を適切に制御することは困難であり、本実験でも行ったように季節によって制御式を変更する必要があるといえる。実際には、給・排液量の実測値に基づいて制御式の設定値を適宜変更することが望ましいと考えられる。

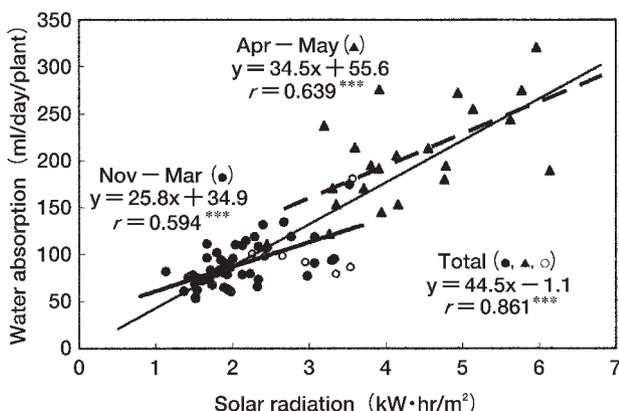


Fig. 3 Relationship between cumulative solar radiation and water absorption of 'Nyoho' strawberry grown in peat-based substrate with automatically controlled fertigation corresponding to solar radiation (SR). ●, Nov. 11-Mar. 31 with CO<sub>2</sub> enrichment (700–900 ppm); ▲, Apr. 9–May 31 without CO<sub>2</sub> enrichment; ○, other periods.

3月までのイチゴの吸水量の変化には、定植後の葉面積の増大、整枝・摘葉や12月以降の気温、日射量の低下に伴う葉面積の減少、ハウス内湿度の変化、内張りの有無、被覆資材の光線透過率の変化に伴うハウス内日射量の変化など様々な要因が影響すると考えられる。これらの要因についても、今後解析を進めることによって多くの変数を組み込んだ制御式を求めることが理論的には可能であろう。しかし、整枝摘葉の前後でイチゴの葉面積は大きく変動するため、実際の大規模な栽培ハウス内には様々な状態の株が混在している。また、骨材等の影響のために個々のイチゴに到達する光エネルギー量は不均一にならざるを得ない。さらに、ハウス内の温・湿度や風速を均一に制御することも実際には不可能である。すなわち、精密な実験結果に基づいて得られた制御式であっても、実用規模で栽培されているイチゴに与える培養液量を最適に自動制御することは不可能であるといえる。蒸発散量に見合った給液が可能で日射比例給液制御装置を導入した場合であっても、ハウス全体を代表し得るような位置で一部の排液を回収し、その量と給液量とのバランスに基づいて制御装置の設定を適宜調整することが実際には必要となる。また、ハウス全体で一定水準以上の排液量が確保されていることを確認し、給液不足となる部分が生じないように配慮することも重要であろう。

適切な給・排液量のバランスについて考察するにあたり、季節による培養液濃度変更の影響を排除するため、排液 EC/給液 EC の比を算出し、排液率 (A)、排液量 (B) との関係を図 4 に示した。Fig. 1 にも示したように、対照区では排液が少ない場合に EC が著しく高くなったのに対して、比例区では EC の変動が小さく、排液率約15%、排液量約30ml/株/日以上の場合には、かけ離れた値を示すことはほとんどなかった。排液 EC/給液 EC の比が1.2を越えたのは、いずれも前回の排液採取時の排液率が極めて低い場合に限られた。従って、日射比例制御において、排液率20%を目標として制御式を変更すれば、排液の EC も安定し、n/wの季節変化<sup>10,11)</sup>に見合った培養液濃度の設定変更にも柔軟に対応することが可能になると考えられる。ただし、イチゴの吸水量が最大300ml/株/日にも達する4月以降、20%の排液率を維持した場合には、1日当たりの排液量が約0.5 t/10 aにも達することになる。さらに詳細な検討が必要ではあるが、しばしば排液率が10%以下となった本実験においても、排液中の養分濃度が極端に低下することはなかった。従って、葉面積、給液量が急速に増大する4月以降においては、排液率が20%を下回る場合であっても、排液量が30ml/株/日程度に維持されていれば、イチゴへの養水分供給量は必要量が確保されていると判断してよいであろう。

筆者らが、四国総合研究所(株)と共同で開発したイチゴのピート栽培用複合環境制御装置(JA 香川県, らくちん

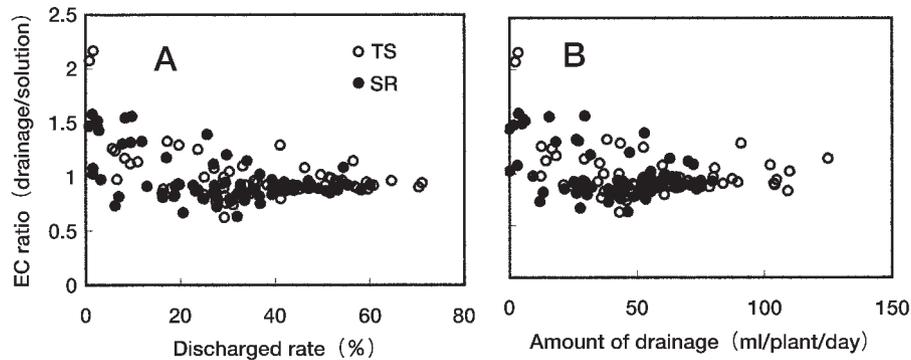


Fig. 4 Relationships between the ratio of EC in drainage to applied solution, and the discharge rate of solution (A, amount of drainage/applied solution) and amount of drainage (B) in 'Nyoho' strawberry grown in peat-based substrase with different fertigation methods. Details of treatments are described in Fig. 1.

コントローラー)には、1996年の発売当初、本実験で用いた制御式が組み込まれた。しかし、5月以降の晴天日中には1回当たりの給液量が最大で90~100ml/株に達する。ピートバッグを用いた“らくちん”システムで実際に使用した場合、4株に1個の割合で設置したドリッパーから一度に400mlもの培養液が吐出するため、多量の排水がピートバッグ底面から排出されることが明らかとなった。そこで、翌年からは1回当たりの給液量を任意に設定して積算日射量約500W・hr/m<sup>2</sup> (各地の普及センター等で保有している照度計を用いて日射センサーの補正を簡便に行うため、コントローラーの設定、表示は50,000 lux・hr)ごとに給液するとともに、日の出直後と正午頃に強制的に給液するプログラムへの改良を行った。現在では、給液の基準となる積算日射量の設定値も変更可能な新型コントローラーが並行して販売されている。

しかし、‘らくちんコントローラー’の販売単価は約50万円であり、10a未満の小規模な施設に導入する場合には、少なからぬ投資額といえる。経費節減のためにタイムスイッチを利用し、本実験の対照区と同様に、栽培期間中の気象条件の変動に合わせて不足しないように給液することで収量性は十分に確保することができるが、環境負荷が大きくならざるを得ない。気象情報などに基づいて、日々給液量の設定値を調整することも不可能ではないが、栽培者への負担が大きくならざるを得ない。いかに環境への配慮が重要であるとしても、収穫・調整・出荷の他、整枝・摘花・病虫害防除など多くの栽培管理作業に携わるイチゴ生産者に、その負担を強いることは不可能であろう。環境への配慮という点では、閉鎖・循環式の養液栽培システムへの移行が最も本質的な解決策といえる。しかし、現時点では十分な収量性を確保するための培養液管理技術が確立されていない上に、排水を回収再利用するための装置のコスト、不十分な土壤伝染性病害回避技術など、実際の導入に当たっては多くの問題が残されている。筆者らが、低コスト・簡便な栽培管理と安定した収量性の両立を目的として開発に着手した

“らくちん”システムは、ほぼ当初の目的にかなったものとなったが、排水を系外へ排出する開放式であり、環境負荷の点で問題を残している。しかし、本システムに採用した日射比例給液制御によって、養水分の利用効率が高まり、環境負荷が軽減されることが明らかになった。本実験の結果から、1~2か月に一度給・排水量の変動に基づいて日射比例給液制御装置を調整することによって給・排水のバランスを維持することが可能であろう。近年、各地で類似の方法によるイチゴの高設栽培システムが発表されているが、その多くはタイムスイッチによって給液制御が行われている。これらの栽培施設においても日射比例給液制御装置を導入すれば、環境負荷の軽減や肥料コストの削減ばかりではなく、養水分管理にかかわる生産者の心理的な負担も軽減することが可能となり、投資に見合った効果が十分に得られると考えられる。今後は、すでに導入・設置された施設の環境負荷を軽減するための給液制御技術の確立をはかるとともに、閉鎖・循環式システム確立のための栽培装置と培養液管理技術の確立に向けた研究・開発が必要であろう。

## 要 約

ピートモスを主体とする培地で養液栽培したイチゴ‘女峰’の生育、収量と養水分吸収について、排水量30~50ml/株/日を目標として毎回の給液量を一定の値(24.6~77.6 ml/株)に設定し、点滴給液した固定区を対照とし、給液量( $Y$ : ml/株)を前回の給液からの積算日射量( $X$ : kW・hr/m<sup>2</sup>)に基づいて変動させて点滴給液する[ $Y = (24X + 17.5)C$ ,  $C: 0.7 \sim 2.0$ ]日射比例制御区(比例区)との比較を行った。生育、収量については処理区間にほとんど差が認められず、養分の総吸収量にも大きな差は認められなかった。しかし、対照区と比較して比例区では、養水分の利用効率が高く、排水とともに排出される養分が少なかったことから、日射比例給液制御によって環境に対する負荷を小さくできることが明らかになった。イチゴの蒸発散速度と日射量との間の関係は季節によって

異なり、葉面積が大きくなる4月以降は回帰式の傾きが大きくなった。また、排液が少ない場合には排液のECが施与した培養液の1.5倍以上と著しく高くなったが、排液率(給液量/排液量)が15%、あるいは排液量が30ml/株/日以上の場合には、排液のECと排液中養分濃度が安定した値を示した。これらのことから、イチゴを固形培地で養液栽培する場合には、葉面積やハウス内環境条件の季節的な変動による蒸発散速度の変化に合わせて、排液率が15~20%となるように日射比例給液制御の設定値を変更することが望ましいと考えられた。

#### 引用文献

- 1) 本多藤雄：イチゴ。西 貞夫編。野菜園芸ハンドブック。pp. 609-639, 養賢堂, 東京 (1982)
- 2) 伊谷慈博・吉田裕一・藤目幸擴：ロックウール栽培におけるイチゴの生長, 収量と果実品質に及ぼすCO<sub>2</sub>施用の影響。生物環境調節, **36**, 125-129 (1998 a)
- 3) 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CO<sub>2</sub>施用の影響。生物環境調節, **36**, 145-150 (1998 b)
- 4) 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CO<sub>2</sub>施用と栽植密度の影響。生物環境調節, **37**, 171-177 (1999)
- 5) 川島信彦：施設内におけるCO<sub>2</sub>施用に関する研究(第3報)イチゴの生育に対する効果。奈良農試研報, **22**, 65-72 (1991)
- 6) Lieten, P.: Nutrition of strawberries in hydroponics and substrate culture. Proc. 7th Australian National Berry-fruit Conference: 1-18 (1993)
- 7) Stanhill, G. and J. S. Albers. 1974. Solar radiation and water loss from greenhouse roses. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **99**, 107-110
- 8) 寺林 敏・村松 功・稲田貴子・並木隆和：昼間及び夜間のリン欠培養液で水耕栽培したトマトの生長と養分吸収。京府大学報・農, **41**, 9-15 (1989)
- 9) 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：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 a)
- 10) 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：香川型イチゴピート栽培システム“らくちん”の開発(第2報)‘女峰’の養水分吸収量と廃棄量の季節変化。園学雑, **65**(別2), 44-45 (1996 b)
- 11) Yoshida, Y., Y. Morimoto and K. Yokoyama: Soil organic substances positively affect carbon dioxide environment in greenhouse and yield in strawberry. J. Japan. Soc. Hort. Sci., **65**, 791-799 (1997)
- 12) 吉岡 宏：寡日照地域における施設野菜に対するCO<sub>2</sub>施用効果。農および園, **65**, 1380-1384 (1990)