

CO₂施用下におけるイチゴの日射比例給液管理方法の提案

安藤(小島)寛子¹⁾・恒川靖弘²⁾・番 喜宏³⁾・小川理恵¹⁾

摘要: 炭酸ガス施用下のイチゴ高設栽培の日射比例給液管理について、給液量と給液ECの基準値を検討した。

- 1 線形分析の結果から、植物体の吸水量50 mL 株⁻¹(排液率30%の条件下で給液量71.43 mL 株⁻¹)に対する積算日射量は、「ゆめのか」で4.32 MJ m⁻²、「章姫」で4.77 MJ m⁻²、「紅ほっぺ」で3.97 MJ m⁻²が適当と推定された。
- 2 給液EC 0.3~0.8 dS m⁻¹の範囲で日射比例給液管理を行った結果、本県の標準的なタイマー制御の給液管理を行った区より生育と収量が向上した。
- 3 ただし、定植直後で植物体が小さい秋季は排液率が高く、芽数や葉数が増加する春季は排液率が低くなるため、日射比例給液管理を行うに当たっては、排液率を確認しながら給液量を時期別に調整する必要があると考えられた。

キーワード: イチゴ、給液管理、日射量、「ゆめのか」、「章姫」、「紅ほっぺ」

Proposal of a Fertilizer Management Method Proportional to Solar Radiation under CO₂ Enrichment Conditions for Strawberry

KOJIMA-ANDO Hiroko, TSUNEKAWA Yasuhiro, BAN Yoshihiro and OGAWA Rie

Abstract: Under carbon dioxide enrichment conditions, we attempted to determine the standard values (supplied amount of nutrient solution and EC) of the fertilizer management with solar radiation on the elevated bench system of strawberry.

- 1 In the linear analysis, the cumulative amount of solar radiation equivalent to 50 mL per plant of water absorption is 4.32 MJ m⁻² on ‘Yumenoka’, 4.77 MJ m⁻² on ‘Akihime’, and 3.97 MJ m⁻² on ‘Benihoppe’ under the condition of liquid supply volume of 71.43 mL per plant.
- 2 The standard range of supplied EC is in the range of 0.3 to 0.8 dS m⁻¹. This led to sufficient growth and yield equal to or higher than the conventional timer-controlled fertilizer management in Aichi.
- 3 However, when conducting fertilizer management proportional to solar radiation, the drainage rate is higher in the autumn when the plant is small, and lower in the spring when the buds and leaves grow. It is necessary to adjust the amount of liquid supply according to the volume or growth stage of strawberry with reference to the drainage rate.

Key Words: Strawberry, Fertilizer management method, Solar radiation, ‘Yumenoka’, ‘Akihime’, ‘Benihoppe’

緒言

イチゴの高設栽培では、厳寒期の高収量生産を目的として、環境制御技術の根幹である炭酸ガス(CO₂)施用の方法や、CO₂を効率的に吸収させる温湿度条件が検討されてきた¹⁻³⁾。生育と収量の増大にはCO₂施用のほか、適正な給液管理の実践も不可欠であり、様々な培地条件下における給液管理についても知見が多い⁴⁻⁷⁾。植物体の吸水量は蒸散量に応じることから、蒸散量の多い晴天日は給液量を多く、曇雨天日は少なくさせるといった日射比例の給液管理を行う高収量生産者も多いが、給液間隔や給液量、給液ECなどは生産者毎に異なり、基準は設けられていない。日射比例給液管理は、好適な生育と収量が得られると想定され、これまでに日射比例給液管理と従来のタイマー制御の給液管理を比べた報告^{8,9)}もあるが、品種、培地の種類や量、栽培槽、あるいは慣行で基準とされてきた給液量などが地域により異なっており¹⁰⁾、愛知県における日射量に対する適正な給液量は明らかになっていない。また、愛知県内では「ゆりかごシステム」という発泡スチロールプランタとピートモス主体の有機培地を用いた高設栽培システムが広く普及しているが、「ゆりかごシステム」でこれまで実施されてきたタイマー制御給液管理に比べ、日射比例給液管理が生育と収量に及ぼす影響についても明らかとなっていない。

こうしたイチゴ栽培技術の研究背景を受けて、本研究ではCO₂施用下における収量増加に効果的な日射比例給液管理の提案を目標に、愛知県主要栽培品種である「ゆめのか」、「章姫」、「紅ほっぺ」の日射比例給液管理における給液量と給液EC値の適正值を示し、植物体の吸水量、硝酸態窒素(NO₃-N)吸収量、生育と収量の推移についても明らかにしたので報告する。

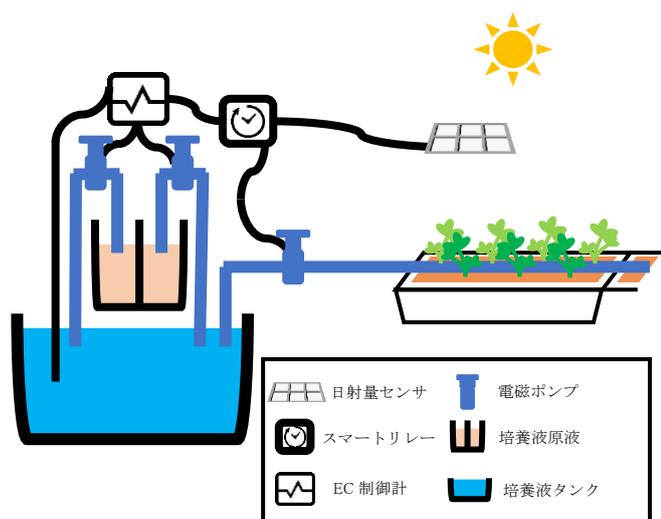


図1 給液管理装置の設置図

材料及び方法

品種「ゆめのか」、「章姫」、「紅ほっぺ」を用いて、試験1及び試験2を実施した。

試験1 CO₂施用下での植物体の吸水量と給液濃度の検討 (2018年度作)

CO₂施用条件下の日射比例給液管理について、積算日射量当たりの適正給液量と給液ECを求めるために、厳寒期の給液ECに差をつけた日射比例給液管理を行い、吸水量と生育、収量を比較した。

愛知県農業総合試験場内の丸屋根パイプ施設1棟(単棟南北棟:間口5.4 m×奥行20 m、農PO展張)内に給液ECを0.3~1.2 dS m⁻¹とする試験区(高濃度区)と、0.3~0.8 dS m⁻¹とする区(低濃度区)の2区を設けて、暫定的な日射比例給液管理を実施した。暫定的な日射比例給液管理とは、毎日6時(厳寒期は7時)に1回50 mL 株⁻¹程度の培養液を給液した後、日没まで一定量の積算日射量に応じて給液を行う管理である。スマートリレー(FL1E-H12RCE、IDEC株式会社、東京)に薄型太陽電池パネル(LR0GC02、シャープ株式会社、大阪)を日射量センサとして用い、給液ポンプ(C-P30W、株式会社日立製作所、東京)、EC制御計(CM-100D型、株式会社竹村電機製作所、東京)を接続して(図1)、秋季及び春季の晴天日には1日4~5回の給液で約300 mL 株⁻¹日⁻¹、冬季の晴天日は1日3~4回の給液で約200 mL 株⁻¹日⁻¹の給液となるよう設定した。給液には、園試処方OATハウス5号を50 g 1000 L⁻¹添加した培養液を希釈して用いた。CO₂は、2018年11月15日から2019年3月14日までの間、施設内気温24℃未満で700 ppm、施設内気温24℃以上28℃未満で400 ppmとなるよう液化CO₂を施用した。換気は、CO₂施用期間外は25℃以上、CO₂施用期間中は28℃以上で換気扇による強制換気を行った。厳寒期は施設内最低気温を8℃として、農POフィルムで施設天井と側面を二重被覆し、灯油燃焼式温風暖房機で加温した。

「ゆめのか」は2018年8月6日から定植までの35日間、「章姫」及び「紅ほっぺ」は2018年8月11日から定植までの30日

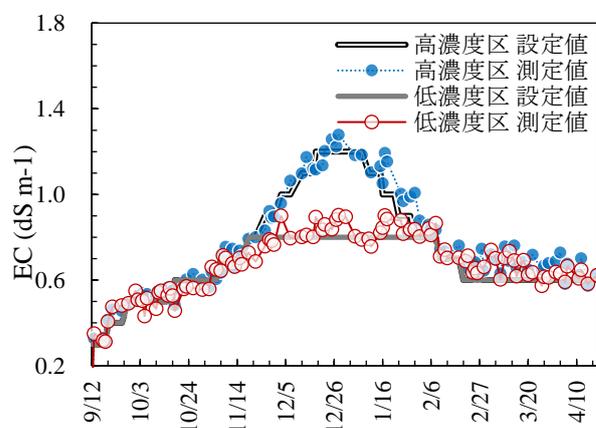


図2 給液EC推移(試験1)

間の短日夜冷処理をした。高設栽培ベンチに設置した発泡スチロールプランタ「ゆりかごBox」(トーヨー工業株式会社、愛知)に有機培地「ゆりかごソイル本圃用」(三河ミクロン株式会社、愛知)を14 L充填して、株間21 cm(プランタ当たり7株)で2018年9月10日に定植した。試験区は品種ごとに1区10株3反復とした。

週1回、各試験区の給液と排液を採集して、液量とECを測定した。下記の式に基づき見かけの吸水量を算出した。

$$\begin{aligned} & \text{見かけの吸水量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & = \text{給液量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) - \text{排液量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \end{aligned}$$

生育について、適宜草高と展開葉数、頂花房から二次腋花房までの開花株率推移と花房当たり着花数、花房間葉数を調査した。収量は、週2~3回収穫を行い、収穫果数と重量を調査した。給排液調査は2019年3月18日まで、栽培は4月19日まで実施した。

日射量については、施設外に設置した日射量センサ(ML-020P、英弘精機株式会社、東京)によって、遮蔽物のない場所で地上から1.5 mの高さの日射量を測定した。

試験2 CO₂施用下での日射比例給液管理とタイマー制御給液管理の比較(2019年度作)

試験1で求めた日射量当たり吸水量を基準とした日射比例給液管理を行い、生産現場で普及しているタイマー制御機器による給液管理と吸水量、NO₃-N吸収量、生育及び収量を比較した。

愛知県農業総合試験場内の丸屋根パイプ施設1棟(単棟南北棟:間口5.4 m×奥行20 m、農PO展張)内に、日射比例給液管理を行う区(日射比例区)と、愛知県内で普及している高設栽培システム「ゆりかごシステム」の給液マニュアルに基づきタイマーによって定められた時刻に1回50 mL 株⁻¹の培養液を施用する区(タイマー制御区)の2試験区を設けた。日射比例区では、試験1と同様に毎日6時(厳寒期は7時)に1回給液した後は、試験1で求めた積算日射量当たりの見かけの吸水量に、高設栽培にて一般的に推奨されている排液率30%¹⁰⁾を考慮して、施設外積算日射量4.32 MJ m⁻²当たりおよそ72 mL 株⁻¹の給液を行った。試験1と同じく図1のとおり自作した給液管理装置を利用して給液したが、日射量センサは「ひかり当盤」(トヨタ株式会社、愛知)に変更した。給液管理については、両区ともに園試処方にOATハウス5号を50 g 1000 L⁻¹添加した培養液をEC0.3~0.8 dS m⁻¹に希釈して給液した。CO₂は、2019年11月14日から2020年3月17日までの間、施設内気温24℃未満で700 ppm、施設内気温24℃以上28℃未満で400 ppmとなるよう液化CO₂を施用した。換気及び加温、保温は試験1と同様とした。

「ゆめのか」は2019年8月13日から定植までの35日間、「章姫」及び「紅ほっぺ」は8月18日から定植までの30日間の短日夜冷処理をした。試験1と同じ発泡スチロールプランタと有機培地を用いて、9月17日に高設栽培ベンチに株間21 cm(プランタ当たり7株)で定植した。試験区は品種ごとに1区10株3反復とした。

週1回、各試験区の給液と排液の液量、EC、NO₃-N量を測定した。さらに、植物を定植しないプランタ(無栽植区)を設けて、プランタ下面の排液穴からの排液を回収した。植物体の吸水量及びNO₃-N吸収量を、以下の式から求めた。

$$\begin{aligned} & \text{植物体の吸水量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & = \text{給液量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) - \text{試験区の排液量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & - \{ \text{給液量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) - \text{無栽植区の排液量}(\text{mL 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{植物体のNO}_3\text{-N吸収量}(\text{mg 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & = \text{給液中のNO}_3\text{-N量}(\text{mg 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & - \text{試験区の排液中のNO}_3\text{-N量}(\text{mg 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & - \{ \text{給液中のNO}_3\text{-N量}(\text{mg 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \\ & - \text{無栽植区の排液中のNO}_3\text{-N量}(\text{mg 株}^{-1} \text{日}^{-1}) \} \end{aligned}$$

また、適宜草高と展開葉数、各花房の開花株率推移を調査した。収量は、週2~3回収穫を行い、収穫果数と重量を調査した。給排液調査は2020年4月28日まで、栽培は4月30日まで実施した。

結果及び考察

1 試験1

(1) 給液経過と植物体の吸水量の変化

給液ECは、定植直後は0.3 dS m⁻¹の低濃度とし、その後徐々にECを高めていき、両区とも10月下旬にEC0.6 dS m⁻¹、11月中旬にEC0.8 dS m⁻¹とした(図2)。その後、低濃度区は2月上旬までEC0.8 dS m⁻¹とした。一方、高濃度区は7~10日毎に0.1 dS m⁻¹を目安に設定ECを高めていき、12月中旬に1.2 dS m⁻¹の設定とした。その後、高濃度区の排液ECが、1月中旬に給液ECの測定値を上回った(データ省略)。イチゴの根は土壌EC1.0 dS m⁻¹以下の比較的低EC条件を好む¹¹⁾。給液管理においては、排液ECが給液ECを上回ったからといって必ずしも給液中の肥料分がすべて排出されているとは限らず、給排液ECにそれぞれの液量を乗じて、給排液それぞれに含まれる肥料量を推定しながらEC管理を行うべきだとされている¹²⁾。しかし、排液ECが給液EC1.2 dS m⁻¹を上回り、それに伴って培地のECが土壌ECの適正範囲を上回る可能性があったため、高濃度区の給液ECを1月中旬以降、7日毎に0.1 dS m⁻¹を目安に下げていき、2月上旬には低濃度区と同じ設定値とした。その後も両区で排液ECが給液ECを上回っていたため、引き続き給液ECを下げていき、2月中旬には0.6 dS m⁻¹とした。

見かけの吸水量は3品種で同様の推移であった(図3)。試験1の全調査期間の1日当たりの施設外積算日射量と見かけの吸水量との相関係数を求めたところ、3品種ともに施設外積算日射量と見かけの吸水量との間に正の相関関係が認められた(図4、表1)。施設外日射量1 MJ m⁻²当たりの見かけの吸水量は、「ゆめのか」で13.7~16.5 mL 株⁻¹、「章姫」で11.3~15.0 mL 株⁻¹、「紅ほっぺ」で18.0~18.4 mL 株⁻¹と算出された。植物体の吸水量は、蒸散量に比例する。蒸散量は個葉面積に比例する葉裏の気孔数に応じ、同一な環境条

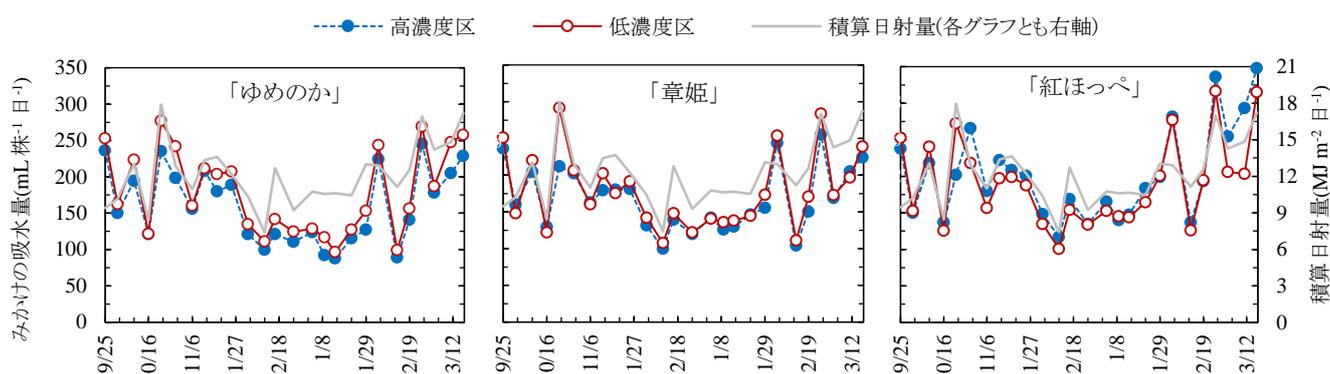


図3 日射量と見かけの吸水量の推移(試験1)

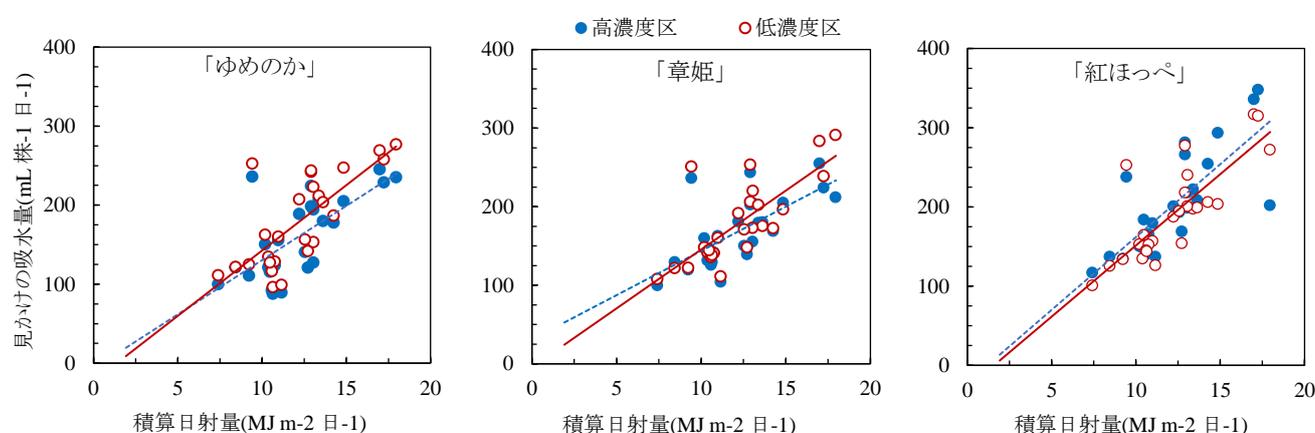


図4 施設外積算日射量と見かけの吸水量の関係(試験1)

表1 積算日射量と見かけの吸水量との相関(試験1)

品種	試験区	吸水量 ¹⁾ mL 株 ⁻¹	相関係数 ^{2,3)}
ゆめのか	高濃度区	13.73	0.700**
	低濃度区	16.53	0.745**
章姫	高濃度区	11.27	0.683**
	低濃度区	14.99	0.758**
紅ほっぺ	高濃度区	18.38	0.768**
	低濃度区	17.98	0.804**

- 施設外日射量1 MJ m⁻²当たりの見かけの吸水量 (図4の施設外積算日射量と見かけの吸水量の線形回帰式の係数に相当)。
- 図4の施設外日射量と見かけの吸水量の相関係数
- ** : 1%水準で有意差あり

件、時期において、「紅ほっぺ」は「章姫」と比べて葉面積が同等以上の傾向で¹³⁾、「ゆめのか」は「章姫」より葉面積が大きい傾向にある¹⁴⁾。よって、「ゆめのか」と「紅ほっぺ」は「章姫」と比較して単位日射量当たりの見かけの吸水量が大きい値であったと考えられた。

9月下旬から3月中旬までの給排水の調査期間中、高濃度区で給液量は47.9 L 株⁻¹、NO₃-N施用量は3.38 g 株⁻¹、低濃度区で給液量は51.5 L 株⁻¹、NO₃-N施用量は2.89 g 株⁻¹であった(表2)。高濃度区より低濃度区で給液量がやや多い結果となった。試験期間中、両区で1回当たりの給液量が揃うように給液ポンプ稼働時間を適宜調整したが、給液ポンプの揚水量の誤差により低濃度区で給液量がやや多くなったと判断した。

(2) 給液濃度による生育及び収量への影響

草高と展開葉数、頂花房から二次腋花房までの開花株率の推移について、試験区間差は認められなかった(データ省略)。

頂花房から二次腋花房の各花房の着花数は、「ゆめのか」で試験区間差が認められなかった(表3)。「章姫」は一次腋花房で高濃度区18.9花、低濃度区25.0花、「紅ほっぺ」は一次腋花房で高濃度区15.0花、低濃度区20.5花であり、2品種ともに高濃度区で着花数が少なかった。花房間葉数は3品種とも試験区間差は認められなかった。可販果収量及び可販果数は3品種ともに試験区間差はなく(表4)、可販果から除外した奇形果の数も試験区間差は認められなかった(データ省略)。

イチゴでは施設密閉時に外気より高濃度でCO₂施用した場合、養分吸収量が高まる傾向にあるため、給液ECは高めるほうがよいとの報告がある³⁾。しかし、試験1の試験区間に

表2 期間中の累計液量とNO₃-N量(試験1、2)

試験	品種	試験区	給液量 ¹⁾	吸水量 ^{1,2)}	NO ₃ -N 施用量 ¹⁾	NO ₃ -N 吸収量 ^{1,3)}
			L 株 ⁻¹	L 株 ⁻¹	g 株 ⁻¹	g 株 ⁻¹
試験 1	ゆめのか	高濃度区	47.9	26.0	3.38	-
		低濃度区	51.5	28.9	2.89	-
	章姫	高濃度区	47.9	27.2	3.38	-
		低濃度区	51.5	28.7	2.89	-
	紅ほっぺ	高濃度区	47.9	32.3	3.38	-
		低濃度区	51.5	30.6	2.89	-
試験 2	ゆめのか	日射比例区	61.2	27.8	2.91	1.58
		タイマー制御区	53.9	32.7	2.81	1.80
	章姫	日射比例区	61.2	30.1	2.91	1.61
		タイマー制御区	53.9	36.3	2.81	1.79
	紅ほっぺ	日射比例区	61.2	29.8	2.91	1.69
		タイマー制御区	53.9	34.0	2.81	1.84

注) -: 調査せず

1) 各値は以下の調査期間の累計量を示す

試験1: 2018年9月26日～2019年3月18日、試験2: 2019年9月12日～2020年4月28日

2) 試験1は見かけの吸水量を、試験2は植物体の吸水量を示す。

3) 植物体のNO₃-N吸収量

表3 各花房の着花数と花房間葉数(試験1、2)

試験	品種	試験区	着花数 ¹⁾			花房間葉数 ²⁾		
			頂花房	一次 腋花房	二次 腋花房	頂花房 まで	頂花房 ～一次 腋花房	一次～ 二次 腋花房
			花/花房	花/花房	花/花房	枚	枚	枚
試験 1	ゆめのか	高濃度区	20.4 a	19.9 a	9.6 a	6.8 a	6.7 a	2.4 a
		低濃度区	23.4 a	21.6 a	9.7 a	6.8 a	7.1 a	2.3 a
	章姫	高濃度区	22.9 a	18.9 a	12.5 a	6.1 a	6.2 a	2.2 a
		低濃度区	20.8 a	25.0 b	15.1 a	6.3 a	6.5 a	1.9 a
	紅ほっぺ	高濃度区	12.7 a	15.0 a	8.7 a	6.5 a	7.0 a	2.0 a
		低濃度区	12.8 a	20.5 b	10.5 a	6.3 a	7.8 a	2.2 a
試験 2	ゆめのか	日射比例区	22.6 a	20.6 a	9.5 a	6.6 a	6.9 a	2.1 a
		タイマー制御区	24.1 a	18.2 b	8.5 b	6.9 a	6.4 a	2.0 a
	章姫	日射比例区	25.6 a	22.4 a	11.8 a	6.3 a	6.3 a	1.7 a
		タイマー制御区	28.6 b	19.3 b	10.1 b	6.5 a	6.2 a	1.9 a
	紅ほっぺ	日射比例区	12.4 a	17.8 a	9.4 a	7.5 a	6.4 a	1.8 a
		タイマー制御区	11.0 a	15.1 a	7.7 b	7.5 a	6.2 a	1.5 a

注) 同一試験において、同じ品種の同列の異なる英小文字間は5%水準で有意差有り(t検定)

1) 着花数は調査株(n=30)の1株1花房当たりの着花数を示す

2) 「頂花房まで」の欄は、定植から頂花房までの展開葉数に相当

おける最大0.4 dS m⁻¹のEC設定値の差では、収量差は認められなかった。稲角ら¹⁵⁾は、CO₂施用下において「さがほのか」を厳寒期に給液EC1.2 dS m⁻¹以上とした高EC条件下で栽培した結果、二次腋花房でチップバーンが多発したと報告している。試験1実施中、3品種全てで二次腋花房を中心としたチップバーンの発生を観察したが、その発生割合に品

種や給液濃度による傾向はみられず、さらにチップバーンの影響による著しい生育、収量や果実品質の低下はみられなかった(データ省略)。高濃度区と低濃度区で収量差は認められなかったものの、「章姫」と「紅ほっぺ」の一次腋花房の着花数は高濃度区で低濃度区に比べて少なかった。この結果と既報のチップバーン発生を考慮すると、試験を行った3

表4 可販果収量と可販果数(試験1、2)

試験 ¹⁾	品種	試験区	可販果収量			可販果数		
			11-2月	3-4月	累計	11-2月	3-4月	累計
			g 株 ⁻¹	g 株 ⁻¹	g 株 ⁻¹	果 株 ⁻¹	果 株 ⁻¹	果 株 ⁻¹
試験1	ゆめのか	高濃度区	405.8 a	375.2 a	781.0 a	20.0 a	24.4 a	44.4 a
		低濃度区	409.9 a	363.9 a	773.8 a	21.4 a	25.5 a	46.9 a
	章姫	高濃度区	591.4 a	330.7 a	922.1 a	36.1 a	22.8 a	58.9 a
		低濃度区	623.9 a	327.0 a	950.9 a	38.8 a	23.6 a	62.4 a
	紅ほっぺ	高濃度区	496.3 a	404.6 a	900.9 a	24.8 a	20.8 a	45.6 a
		低濃度区	581.1 a	387.5 a	968.6 a	23.6 a	21.7 a	50.3 a
試験2	ゆめのか	日射比例区	415.3 a	269.7 a	685.0 a	19.8 a	17.5 a	37.3 a
		タイマー制御区	326.7 b	282.3 a	609.0 b	14.9 b	17.8 a	32.7 b
	章姫	日射比例区	463.6 a	258.0 a	721.5 a	26.0 a	15.4 a	41.4 a
		タイマー制御区	415.6 a	236.2 a	651.8 a	23.0 a	13.8 a	36.8 a
	紅ほっぺ	日射比例区	389.7 a	193.5 a	583.2 a	18.6 a	10.5 a	29.1 a
		タイマー制御区	359.5 a	168.0 a	527.5 a	17.7 a	8.5 a	26.2 a

注) 同一試験において、同じ品種の同列の異なる英小文字間には5%水準で有意差有り(t検定)

1) 各試験の収穫期間は以下のとおり

試験1: 2018年11月2日～2019年4月19日 試験2: 2019年11月5日～2020年4月30日

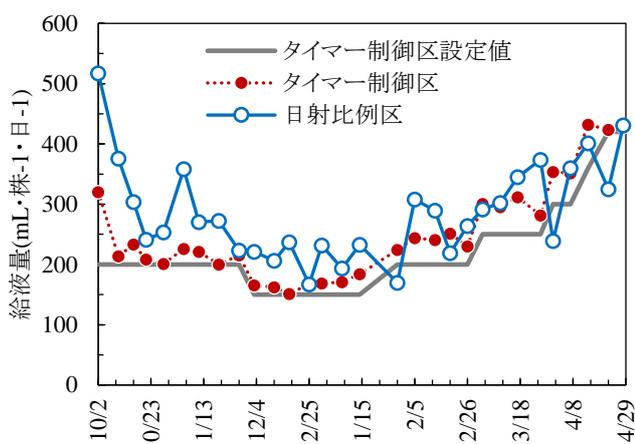


図5 給液量推移(試験2)

品種の日射比例給液管理の給液ECは、高濃度区より低濃度区の設定の方が適していると考えられた。

2 試験2

(1) 給液経過と植物体の吸水量の変化

排水率30%の条件下で給液1回当たり50 mL 株⁻¹を吸水させる場合、1回当たり71.43 mL 株⁻¹程度の給液量が必要と考えられる。試験1の低濃度区の給液EC設定値に基づき給液をした場合、「ゆめのか」では表1のとおり、施設外積算日射量1 MJ m⁻²当たり16.53 mL 株⁻¹吸水すると考えられた。71.43 mL 株⁻¹を16.53 mL 株⁻¹で除し、4.32 MJ m⁻²の値を算出した。また、同様の計算方法により、「章姫」は施設外日射量4.77 MJ m⁻²、「紅ほっぺ」は施設外日射量3.97 MJ m⁻²当たり71.93 mL 株⁻¹の給液が適当であると考えられた。しかし、今回試験2を実施するに当たっては品種毎に異なる日射量に

基づいた給液管理が困難であったこと、また、試験2の目的は従来のタイマー制御の給液管理と日射比例給液管理との比較であったことから、日射比例給液管理において3品種の中央値に当たる「ゆめのか」の施設外日射量4.32 MJ m⁻²当たり約72 mL 株⁻¹の給液量を基準とした。

タイマー制御区の給液量は、1作を通して設定値より平均32 mL 株⁻¹ 日⁻¹多かった(図5)。日射比例区では一時的にタイマー制御区より少ない給液量となる時期があったが、1作を通してはタイマー制御区の設定値より給液量が平均65 mL 株⁻¹ 日⁻¹多かった。定植後から4月までの給液量は、日射比例区で61.2 L 株⁻¹、タイマー制御区で53.9 L 株⁻¹であった(表2)。

排水ECは「ゆめのか」の日射比例区で2月19日、タイマー制御区で3月17日に給液ECを上回り、「章姫」の日射比例区で2月13日、タイマー制御区で2月5日、「紅ほっぺ」は両区ともに2月13日に排水ECが給液ECを上回った(図6)。日射量と施設内気温は、排水ECが給液ECを上回った時期に上昇しており(データ省略)、蒸散が盛んになりイチゴの水分吸収量が増加した結果、排水率が低下して排水ECが高くなったと考えられた。実際に、排水ECの上昇と同じ時期から植物体の吸水量は3品種で同様に大きく増える傾向を示し、タイマー制御区では11月中旬と3月下旬頃に排水がほとんどない時期があった(図7)。

定植後から4月までの植物体の吸水量は、「ゆめのか」日射比例区で27.8 L 株⁻¹、タイマー制御区で32.7 L 株⁻¹、「章姫」日射比例区で30.1 L 株⁻¹、タイマー制御区で36.3 L 株⁻¹、「紅ほっぺ」日射比例区で29.8 L 株⁻¹、タイマー制御区で34.0 L 株⁻¹であった(表2)。日射比例区でタイマー制御区より給液量が多いにもかかわらず、いずれの品種においても植物体の吸水量は日射比例区でタイマー制御区の83～88%となった。2月中旬以降、3品種ともにタイマー制御区の植物体の

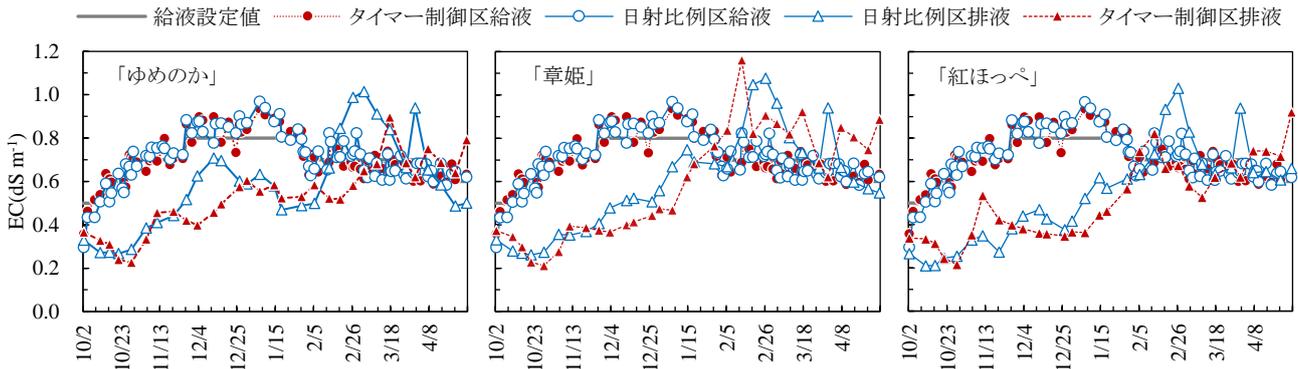


図6 給排水ECの推移(試験2)

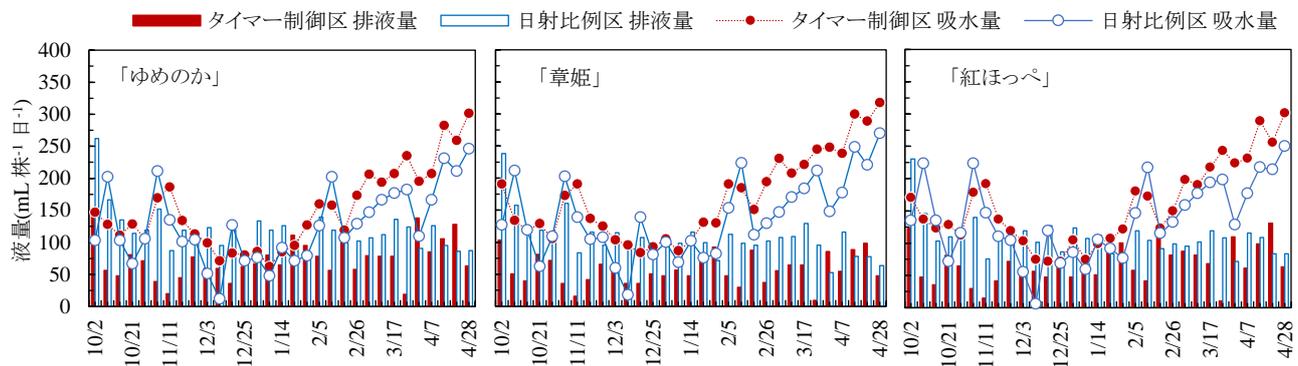


図7 植物体の吸水量と排水量の推移(試験2)

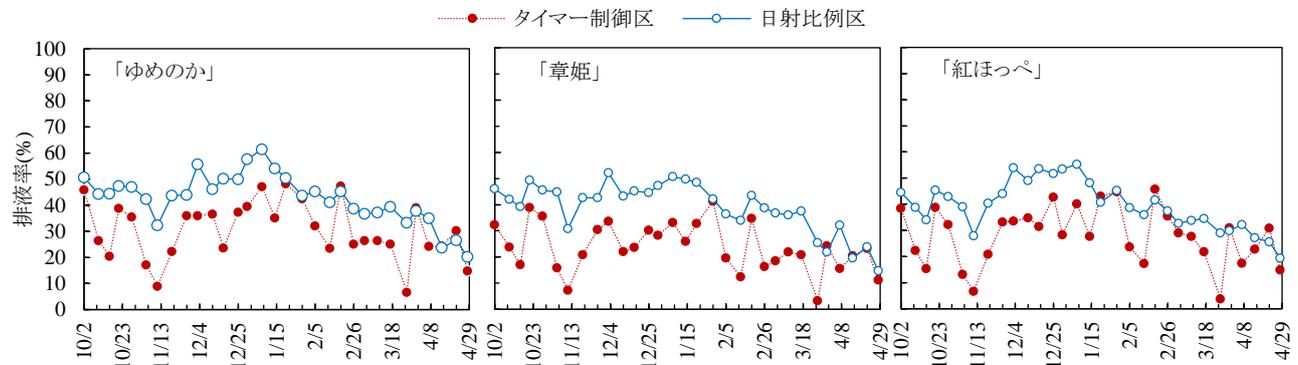


図8 排水率の推移(試験2)

吸水量が日射比例区に比べて著しく増加しており、1作を通じた植物体の吸水量の区間差に影響したと考えられた。

排水率は、日射比例区でタイマー制御区より高く推移した(図8)。日射比例区の排水率は50%を超える時期があった。定植後から4月まで平均して、「ゆめのか」日射比例区では41.2%、タイマー制御区では29.8%、「章姫」日射比例区では38.9%、タイマー制御区では22.5%、「紅ほっぺ」日射比例区では38.0%、タイマー制御区では26.8%程度の排水率で推移した。両区とも3月以降に排水率が低下する傾向が認められた。また、タイマー制御区は日射比例区に比べ排水率の変動が大きく推移した。

(2) NO₃-N吸収量の推移

植物体のNO₃-N吸収量の推移は両区で同様の傾向を示し、給液管理の違いによる明らかな差は認められなかった(図9)。定植後から4月までの植物体のNO₃-N吸収量は、「ゆめのか」日射比例区で1.58 g 株⁻¹、タイマー制御区で1.80 g 株⁻¹、「章姫」日射比例区で1.61 g 株⁻¹、タイマー制御区で1.79 g 株⁻¹、「紅ほっぺ」日射比例区で1.69 g 株⁻¹、タイマー制御区で1.84 g 株⁻¹であった(表2)。1日当たりのNO₃-N吸収量は、1作平均して「ゆめのか」日射比例区で8.49 mg 株⁻¹、タイマー制御区で9.66 mg 株⁻¹、「章姫」日射比例区で8.67 mg 株⁻¹、タイマー制御区で9.62 mg 株⁻¹、「紅ほっぺ」日射比例区で9.07 mg 株⁻¹、タイマー制御区で9.87 mg 株⁻¹であり、いずれの品種においても日射比例区のNO₃-N吸収量は

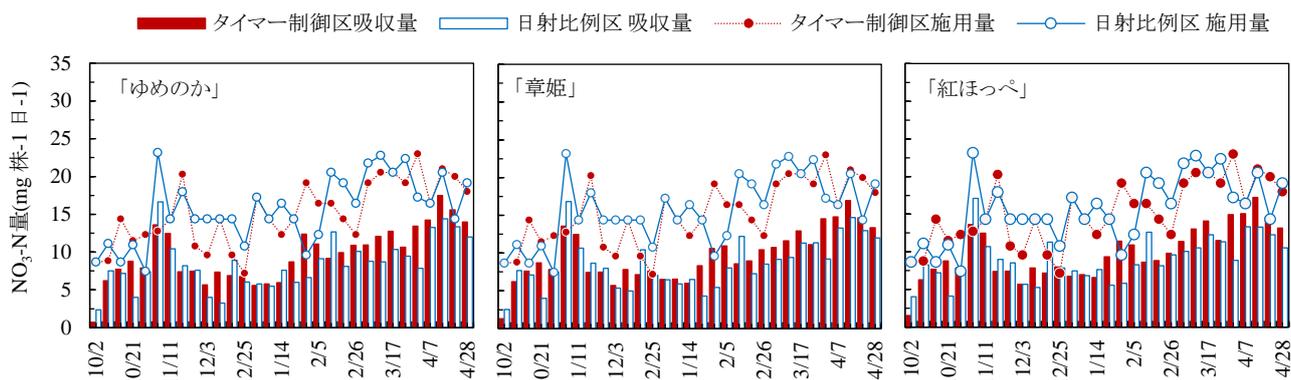
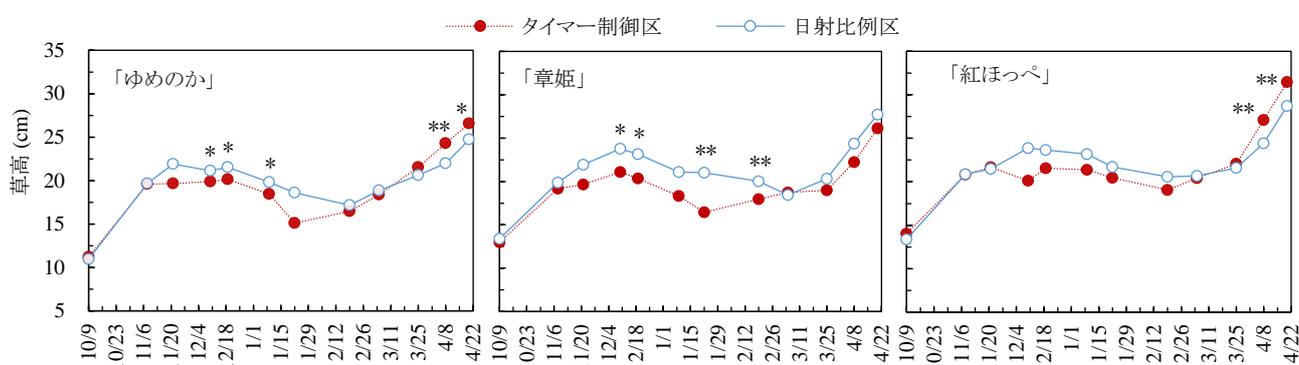
図9 植物体のNO₃-N施用量と吸収量の推移(試験2)

図10 草高の推移(試験2)

注) 同一調査日の値について

*:5%水準で有意差あり **:1%水準で有意差あり 無印:有意差なし(t検定)

タイマー制御区の90~92%となった。「女峰」の1日当たりの窒素吸収量は10 mg 株⁻¹が目安とされており¹⁾、齋藤ら¹⁰⁾は高設栽培かつCO₂無施用条件下の「とちおとめ」の1日当たりの窒素吸収量は5~10 mg 株⁻¹と報告している。また、伊谷ら⁹⁾は、NFT栽培のCO₂施用条件下において、CO₂無施用時と比べてNO₃-N吸収量が增大することを報告している。今回、厳寒期の施設密閉時にCO₂濃度を700 ppmとして供試した3品種のNO₃-N吸収量は、既報のCO₂無施用下と同程度を示した。おそらく品種、株当たり培地量や培地の種類といった栽培条件が制限となり、NO₃-N吸収量の増大に至らなかったと判断した。

時期別に見ると、3月以降は3品種共通してNO₃-N吸収量は10 mg 株⁻¹・日⁻¹以上を示した。本試験においては二次腋花房までは1芽管理としていたが、以後は2芽以上で管理していた。このため、芽数や葉数が増加する3月以降は窒素施用量を増やす必要があると考えられた。

(3) 給液管理方法による生育及び収量への影響

草高は、「章姫」で12月10日から2月19日まで日射比例区でタイマー制御区より有意に高くなった(図10)。「ゆめのか」と「紅ほっぺ」についても、12月から2月にかけて日射比例区で草高がタイマー制御区と同程度かそれ以上で推移し、4月以降は逆転してタイマー制御区で有意に草高が高くなった。3品種ともに積算展開葉数の推移は両区で同程度に進んだ(データ省略)。花房間葉数は試験区間差を認めなかった

め、日射比例区の給液管理が腋花房の花芽分化に影響を及ぼす可能性は低いと判断した(表3)。「章姫」の頂花房の着花数はタイマー制御区で3花程度多かった。「ゆめのか」と「章姫」について、一次腋花房と二次腋花房の着花数が日射比例区でタイマー制御区より多く、「紅ほっぺ」は二次腋花房の着花数が日射比例区で多かった。頂花房から二次腋花房までの開花株率の推移は、とりわけ一次腋花房について日射比例区でタイマー制御区より促進された(図11)。可販果収量及び可販果数は「ゆめのか」の日射比例区でタイマー制御区より有意に増加し、日射比例区で685.0 g 株⁻¹(可販果数37.3 果 株⁻¹)、タイマー制御区で609.0 g 株⁻¹(可販果数32.7 果 株⁻¹)であった(表4)。「章姫」と「紅ほっぺ」は有意差が認められなかったものの、日射比例区でタイマー制御区より可販果収量が多い傾向であった。

(4) まとめ

日射比例区は栽培期間を通してタイマー制御区より排液率が高く推移した。さらに、日射比例区で草高や腋花房の着花数が増え、一次腋花房の開花がタイマー制御区より早く進んだ。このことは、日射比例区では、排液率が高く維持されことにより、培地中の水分率が一定割合以上を確保でき、根の吸水や養分吸収を妨げない程度に水分率が保たれたためと考えられた。従って、今回供試した3品種については、試験2の日射比例区に相当する排液率40%程度の管理など、ある程度の排液量を確保する栽培管理を行うことが、生育促進と

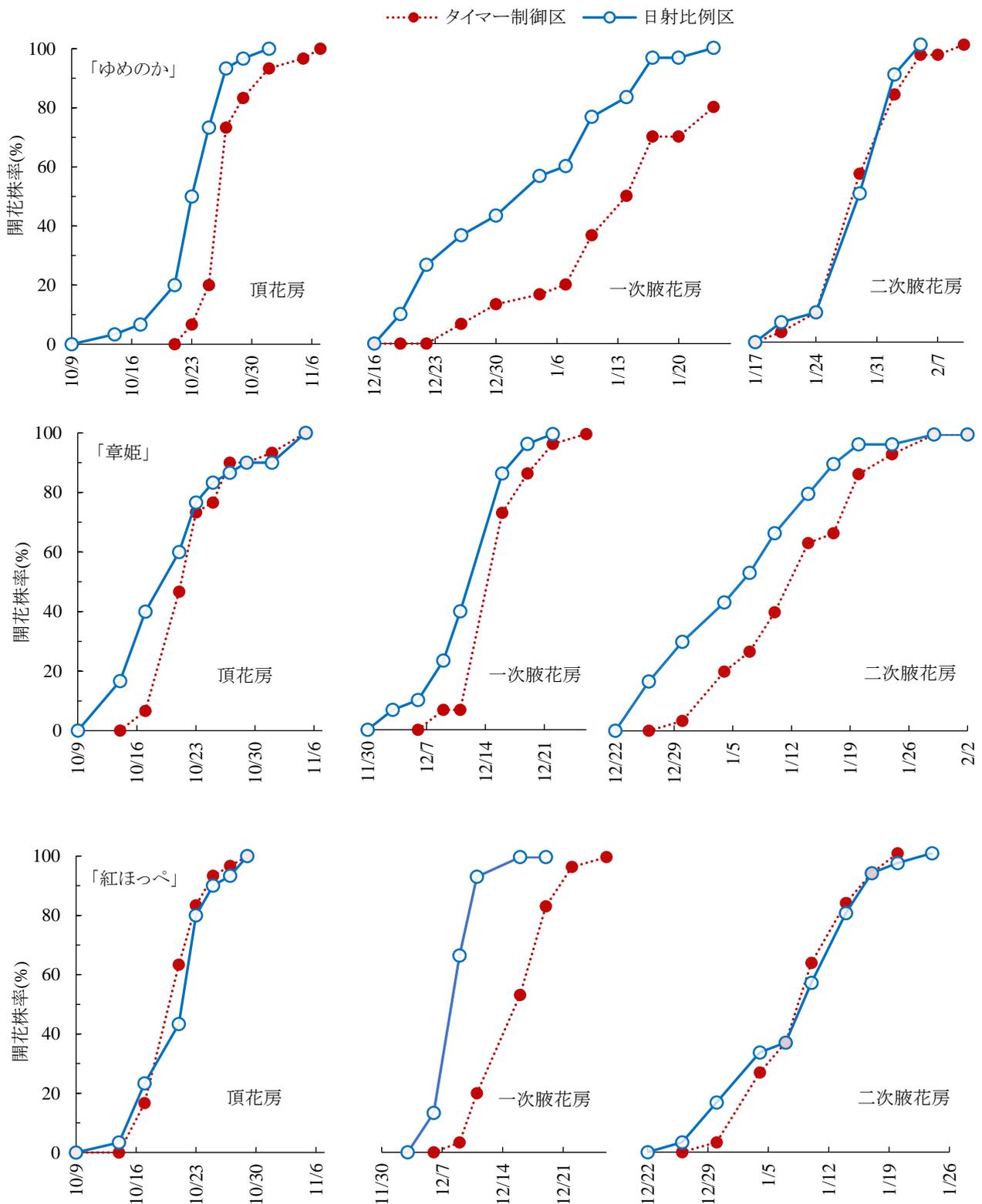


図 11 開花株率の推移(試験 2)

収量増加には必要であると考えられた。また、日射比例区でタイマー制御区より植物体のNO₃-N吸収量が少ないにも関わらず生育と収量が増大した結果から、日射比例給液管理は、愛知県の高設栽培のCO₂施用条件下において、効果的に生育と収量を向上させる給液管理であると考えられた。ただし、愛知県内で普及している掛け流し式の高設栽培システ

ムでは、施設外への排液の流出による環境負荷が課題となる。そのため、今後はより効果的な養分管理の検討や、培養液循環式の高設栽培システムの導入など、排液の施設外流出を防ぐ措置が必要と考えられた。

日射比例区でタイマー制御区より生育と収量が増大した要因として、上述の排液率を比較的高く維持したこと

か、給液のタイミングがタイマー制御のような時間固定式ではなく日射変動であったこと、1日当たりあるいは1回当たりの給液量が比較的多かったこと、以上3点が可能性として考えられた。しかし、吉田ら⁹⁾は、日射比例給液管理において給液の間隔を短くして少量多回数の給液としても、それより少ない回数で1日当たり同量の給液を行った場合と比べて、生育、収量が変化しなかったことを報告している。試験2のタイマー制御区では日射量の多い時間帯に給液頻度が高く設定されており、日射比例区とタイマー制御区における給液のタイミングの差が生育と収量の違いに影響した可能性は低いと推測した。今回の試験においては、1日当たりの給液量及び1回当たりの給液量のどちらも日射比例区で多い結果となり、いずれの要因が生育と収量の増大に大きく影響を与えたか言及するまでには至らなかった。しかしながら、株当たり2L程度の有機培地を用いた高設栽培においては、これまでの愛知県の標準的な給液量よりも、今回の日射比例区の給液量が、CO₂施用時における生育促進及び収量増加に対する効果が高いことが明らかとなった。

3 日射比例給液管理の提案に向けて

今回の試験結果から、「ゆめのか」は施設外日射量4.32 MJ m²当たり71.43 mL 株⁻¹、「章姫」は施設外日射量4.77 MJ m²当たり71.43 mL 株⁻¹、「紅ほっぺ」は施設外日射量3.97 MJ m²当たり71.43 mL 株⁻¹の給液をして、給液ECは最大0.8dS m⁻¹を目安とした給液管理を実施することで、高単価期に当たる2月までの生育と収量を好適に保つことが可能と考えられた。ただし、試験2においてはタイマー制御区の排液率が3月以降急激に低下した。これまでの研究において、培地内水分量や給液量が少ないと収量が低下することが報告されている^{7,15)}。排液率の低下は培地内水分の低下につながり、それ以後の生育と収量の停滞につながる危険度が高い。このため、日射比例給液管理を実施するに当たっては、今回の試験2の日射比例区のように実際の給液量と排液率を同時に確認しながら管理することで、過不足のない適正な給液管理が実施できると考えられた。しかし、芽数や葉数が増加する春季には、日射比例区でも排液率が徐々に下がる傾向がみられることやNO₃-N吸収量が増えた結果から、春季以降は給液量や窒素施用量を増やす必要があると考えられるため、今後検討していく予定である。

引用文献

1. 岩崎泰永.イチゴ大事典.農山漁村文化協会.東京.p.175-181(2016)
2. 吉田裕一. イチゴ大事典.農山漁村文化協会. 東京. p.216-219(2016)
3. 加藤賢治, 小林克弘, 嶋本千晶, 中村嘉孝, 小島寛子, 大藪哲也, 番喜宏, 岩崎泰永. イチゴ促成栽培におけるミスト噴霧とCO₂長時間施用が生育・収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 47, 51-60(2015)
4. 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CO₂施用の影響. 生物環境調節. 36(3), 125-129(1998)
5. 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(3), 145-150(1998)
6. 吉田裕一, 花岡俊弘, 日高啓. 培養液組成がピートモス混合培地で栽培したイチゴ‘女峰’の生育、収量と養水分吸収に及ぼす影響. 園学研. 1(3), 199-204(2002)
7. 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ピ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(4), 344-349(2006)
8. 吉田裕一, 中井啓介. 日射比例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. 岡山大学農学部学術報告. 92, 31-37(2003)
9. 吉田裕一, 廣瀬泰久, 森本由香里, 後藤丹十郎. ピート栽培における培地量と制御方法がイチゴの生育と収量に及ぼす影響. 岡山大学農学部学術報告. 100, 17-23(2011)
10. 岩崎泰永. 日本養液栽培研究会創立30周年記念出版 養液栽培実用ハンドブック. 日本養液栽培研究会.東京. p.58-59(2018)
11. 植木正明. イチゴ大事典. 農山漁村文化協会. 東京. p.155(2016)
12. 齋藤弥生子. 養液栽培のすべて. 誠文堂新光社. p. 222-239(2012)
13. 静岡県農林技術研究所. 「紅ほっぺ」の特性と栽培技術. (2005). https://www.agri-exp.pref.shizuoka.jp/pdf/beni_hoppe_siryuu.pdf. (2021.7.1参照)
14. 安藤(小島)寛子, 小川理恵. イチゴの葉面積を推定する回帰モデルの作成. 愛知農総試研報. 52, 49-56(2020)
15. 稲角大地, 吉田裕一, 後藤丹十郎, 村上賢治. 培養液濃度と施用量が高CO₂濃度条件下で育てたイチゴ‘さかほのか’の生育・収量と果実品質に及ぼす影響. 岡山大学農学部学術報告. 102, 15-20(2013)
16. 齋藤弥生子, 矢部和則. イチゴ「とちおとめ」の窒素吸収特性と出らいを基準にした土耕栽培施肥法の開発. 愛知農総試研報. 37, 41-47(2005)