

イチゴ高設栽培の環境調節による省エネルギー栽培技術

松尾尚典・越川兼行*

Environmental control cultural practice for energy conservation in elevated bed of strawberry

Takanori Matuo and Kaneyuki Koshikawa*

要約：本県主要品種である「濃姫」、「美濃娘」を用いた高設栽培の省エネルギーとなる栽培管理方法を検討した。省エネルギーとなる技術として、ハウス内温度管理は最低夜温を慣行の8℃から5℃に下げる。根域温度は、従来の15℃一定管理から夜間10℃に下げ、早朝に15℃に上げる変温管理を行なって暖房用燃料を削減する。生育促進技術として日中の温度は慣行より3℃高めの28℃管理とし、1日の電照時間は1～2時間程度延長する。これらの省エネ技術と生育促進技術を組み合わせることで品質・収量を落とさず暖房用燃料を40%以上削減することが可能となる。

キーワード：イチゴ、高設栽培、省エネルギー、変温管理、日中温度、電照時間

緒言

岐阜県では生育を旺盛にして収量を確保するイチゴ高設栽培システム「岐阜県方式」¹⁾を開発した。このシステムは株当たり1Lの少量培地で栽培し、寒い本県の冬でも安定して草勢・収量が確保できるようハウス内の暖房に加えて培地を暖める根域加温用温湯ポイラーも装備しているシステムである。

しかし、ハウス内暖房と根域加温の両方を行う本システムでは暖房用燃料価格の高騰の影響が大きく、省エネルギー（以下、「省エネ」と略記）となる管理方法の改良が求められていた。そこで、環境改善により慣行に比べ品質、収量が同程度で化石燃料を40%以上削減できる技術を開発したので報告する。なお、この研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（2006～2008）」において実施した成果である。

1. 省エネ管理における生育・収量品質への影響

[目的]

イチゴの高設栽培において省エネとなる管理方法を検討し、これによる生育、収量及び品質への影響を明らかにする。

[材料および方法]

試験は少量培地耕の「岐阜県方式」の促成高設栽培に

おいて、単棟の強化パイプハウス2棟を用い2006～2007年作の2カ年実施した。品種は2006年作では「濃姫」を、2007年作では「濃姫」と「美濃娘」を供試した。

試験区は、従来栽培法である夜間ハウス内暖房設定温度8℃（早朝加温13℃）と根域加温設定15℃一定の「慣行区」と夜間ハウス内暖房設定温度5℃（早朝13℃）、根域加温設定温度を夜間最低10℃・早朝15℃の変温管理を行い、慣行に比べやや高めの昼間の温度管理（28℃）と電照延長管理（1～2時間延長）を実施した「省エネ区」を設定し、生育、収量、品質および省エネ効果を検討した。

慣行区、省エネ区ともに厚さ0.05mmのPOフィルムを内張りに被覆し、11～3月の日の出から午前中のハウスサイドが開くまで1,000ppmで炭酸ガスを施用した。

また高設栽培の給液管理は原液2液の希釈タンク方式で排液感知型給液ポンプ制御装置による自動制御で行い、肥料組成はイチゴの養分吸収特性に基づいた²⁾岐阜県高設用イチゴ粉末肥料「いちごくん秋・春」を用いた時期別3段処方を実施した。

[結果および考察]

「濃姫」における厳寒期の生育については、2006年作では慣行区に比べ省エネ区の株張り、草高、草丈、小葉の大きさはほぼ同等であった。2007年作においても省エネ区では株張り、草高、草丈、小葉の大きさおよび果梗長は慣行区と大差なく、2作とも省エネ区は慣行区と生育に差がなかった（表1）。

*岐阜県中山間農業研究所中津川支所

また、「美濃娘」の厳寒期の生育も「濃姫」と同様に省エネ区では慣行区に比べ株張り、草高、草丈、小葉の大きさおよび果梗長はほぼ同等であった（表2）。

これらのことから、厳寒期において省エネ管理を行っても慣行管理と同等の生育をし、草勢が維持されると考えられた。

表1 「濃姫」における厳寒期の生育

年度	区	株張 cm	草高 cm	草丈 cm	小葉の大きさ cm		果梗長 cm
					縦	横	
2006年作	省エネ区	41.3	28.1	32.9	8.8	5.8	24.6
	慣行区	40.4	30.9	35.2	8.9	6.4	31.9
2007年作	省エネ区	40.6	27.7	32.3	8.2	5.9	30.2
	慣行区	40.0	25.0	29.3	7.9	5.9	29.6

*:2006、2007年作ともに1月31日調査

表2 「美濃娘」における厳寒期の生育

区	株張 cm	草高 cm	草丈 cm	小葉の大きさ cm		果梗長 cm
				縦	横	
省エネ区	40.9	25.3	29.4	8.2	6.6	23.4
慣行区	40.1	25.5	30.5	8.2	6.8	23.1

*:1月31日調査

「濃姫」における省エネ区の2月までの可販前半収量は2006年作では10a当たり2.7tで慣行区の2.8tと

ほぼ同等であり、2007年作においても省エネ区では2.8tと慣行区の3.0tと大差がなかった。また、可販総収量も2006作では省エネ区で8.8t、2007作では8.1tと慣行区と大差がなかった（図1）。

また「美濃娘」においても同様に2月までの可販前半収量は慣行区の2.7tに比べ省エネ区で2.8t、可販総収量も省エネ区で6.9tと慣行区と同様の収量が得られた（図2）。これらのことから「濃姫」、「美濃娘」とともに省エネ管理を実施しても前半収量、総収量ともに慣行栽培と同等の収量が確保できること考えられた。

「濃姫」における15g以上の大玉果率は、省エネ区では2006年作で64%、2007年作で71%であり慣行区の2006年作67%、2007年作の69%と大差がなかった。秀品率は省エネ区で2006作81%、2007作で69%と慣行区の2006年作79%、2007年作の69%と大差がなかった（図1）。

また、「美濃娘」については省エネ区で大玉果率は70%、秀品率は75%であり慣行区でそれぞれ67%、82%であった（図2）。

このことから、「濃姫」、「美濃娘」とともに省エネ管理を行っても大玉果率や秀品率に慣行管理と差はなく、品質に影響はないと考えられた。

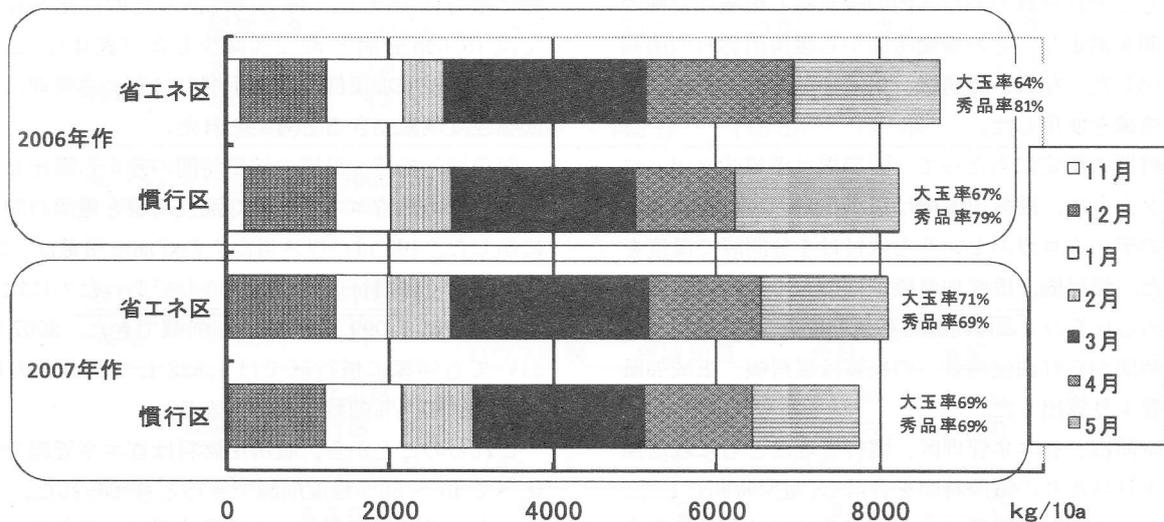


図1 慣行栽培と省エネ栽培の収量及び品質の比較（濃姫）

1)大玉率:可販収量の中の15g以上の果実の占める割合
2)秀品率:可販収量の中の秀品果実の占める割合

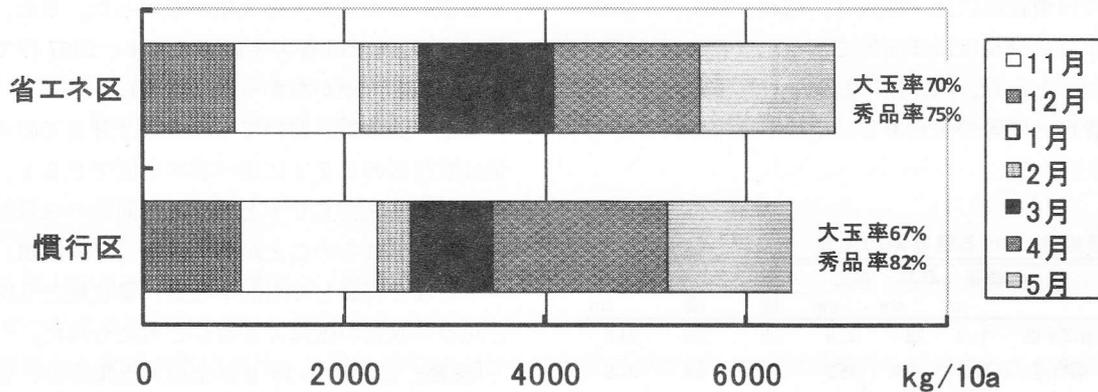


図2 慣行栽培と省エネ栽培の収量及び品質の比較(美濃娘)

1)大玉率:可販収量の中の15g以上の果実の占める割合
2)秀品率:可販収量の中の秀品果実の占める割合

2. 省エネ管理における省エネ効果と経費の試算

[目的]

省エネ管理における暖房用燃料削減効果とモデルによる経費を試算し、その効果を明らかにする。

[材料および方法]

「濃姫」、「美濃娘」を供試し、省エネ管理と慣行管理を実施したそれぞれのハウス内の暖房機と根域加温機の稼働時間を測定し、その稼働時間から暖房用燃料の削減率を算出した。なお、暖房機、根域加温機はともに灯油燃料の機械を使用した。

稼働時間の測定に当たって、暖房機は温風吹き出し口付近のダクトに、根域加温機は温湯出口の塩ビ管に温度測定用のデータログのセンサを取付け1分間隔で温度を測定した。暖房機、根域加温機が稼働していれば温度上昇が認められるのでこの時間を稼働時間として換算した。

稼働時間から灯油使用量への換算は暖房機、根域加温機の燃費より算出した。

電照時間は、省エネ管理区、慣行管理区ともに栽培期間中の1日当たりの電照時間を合計し、電照時間とした。

モデルによる試算経費に当たって重油代は、岐阜県高設栽培標準のA重油使用量をもとに試験から求められた削減率により算出した。電照による電気使用代金は電照時間から電気使用量を算出し中部電力の臨時電灯C料金に基づいて算出した。

[結果および考察]

暖房機の稼働時間は、2006年作においては慣行区の17,520分間に対して、省エネ区では9,659分間と

44.9%減少した。2007年作においても同様に慣行区では18,470分間であったのに比べ、省エネ区は9,259分間と49.9%減少した(表3)。これらのことから、暖房機の暖房用燃料は省エネ管理において45~50%削減できると考えられた。

根域加温機の稼働時間は2006年作においては慣行区では53,448分間であったのに比べ、省エネ区では27,783分間と48.0%減少した。2007年作においても同様に慣行区では32,736分間であったのに比べ省エネ区では15,645分間と52.2%減少した(表4)。これらのことから根域加温機の暖房用燃料は省エネ管理において50%程度削減できると考えられた。

暖房機、根域加温機の稼働時間の差から算出した削減率より求めた省エネ栽培の灯油使用量と電照時間を表5に示した。165㎡ハウス当たりの灯油使用量は、2006年作においては慣行区では2,033Lであったのに比べ、省エネ区では1,099Lと45.9%削減できた。2007年作においても同様に慣行区では1,822Lであったのに比べ903Lと50.4%削減できた(表5)。

これらのことから、暖房用燃料は省エネ管理で慣行に比べて45~50%程度削減できると考えられた。

一方、省エネ管理による電照時間は、慣行で1日2時間程度電照を行う比較的草勢の強い「濃姫」では、1時間程度の延長によって慣行より20~50時間増加した。また、1日4時間程度電照を行う草勢の弱い「美濃娘」では、2時間程度の延長によって慣行より100時間程度増加した。

2006年作、2007年作の2カ年の省エネ管理削減率の平均を用い、岐阜県高設栽培標準のA重油使用量(9,500L/10a)を慣行にして、「濃姫」、「美濃娘」の10a当た

りの省エネ管理の経費を試算した(表6)。省エネ管理におけるA重油削減量は4,574 Lとなり重油価格が60円/Lの時には約27万円、80円/Lの時には約36万円の暖房費削減となる。

一方、省エネ管理における電照電気代の増加分は「濃姫」の場合2,951円で、根域変温管理用の4段サーモの設置経費(減価償却費)9,200円を加えても12,151円とわずかな増加である。このため、省エネ管理は慣行管理に比べA重

油価格が60円/Lの場合で26万、80円/Lの場合で35万程度経費削減が可能となる。草勢が弱く電照時間の長い「美濃娘」においても電気料金が8,560円増加するだけで「濃姫」とほぼ同等の経費削減が可能である。

また、今回電照は白熱電球を使用しており、電照に電球形蛍光灯を用いればさらに電気代は削減できるものと考えられる。

表3 慣行栽培と省エネ栽培における暖房機の稼働時間

		11月	12月	1月	2月	3月	合計
2006年作	省エネ区	731	2,596	3,008	2,069	1,255	9,659
	慣行区	1,073	3,137	4,719	4,549	4,042	17,520
	(削減率%)	(31.9)	(17.2)	(36.3)	(54.5)	(69.0)	(44.9)
2007年作	省エネ区	-	1,729	3,501	3,409	620	9,259
	慣行区	-	3,631	6,134	6,752	1,953	18,470
	(削減率%)		(52.4)	(43.0)	(49.5)	(68.3)	(49.9)

1)単位は分

2)間口5.5m、長さ30m、二重被覆ハウスの値

3)()内は慣行区と比較した場合の削減率

表4 慣行栽培と省エネ栽培における根域加温機の稼働時間

		11月	12月	1月	2月	3月	合計
2006年作	省エネ区	2,300	7,134	7,880	6,010	4,459	27,783
	慣行区	3,478	16,265	17,041	10,017	6,647	53,448
	(削減率%)	(33.9)	(56.1)	(53.8)	(40.0)	(32.9)	(48.0)
2007年作	省エネ区	1,688	3,459	4,403	4,216	1,879	15,645
	慣行区	4,991	7,388	10,303	7,664	2,390	32,736
	(削減率%)	(66.2)	(53.2)	(42.7)	(45.0)	(21.4)	(52.2)

1)単位は分

2)間口5.5m、長さ30m、二重被覆ハウスの値

3)()内は慣行区と比較した場合の削減率

表5 慣行栽培と省エネ栽培における灯油使用量と電照時間

品種	年度	灯油使用量(L)			電照時間 (時間)	
		ハウス暖房	根域加温	合計		
濃姫	2006年作	省エネ区	720	379	1,099	242.5
		慣行区	1,305	728	2,033	194.0
		(削減率%)	(44.9)	(48.0)	(45.9)	
	2007年作	省エネ区	690	213	903	239.0
		慣行区	1,376	446	1,822	222.0
		(削減率%)	(49.9)	(52.2)	(50.4)	
美濃娘	2007年作	省エネ区	690	213	903	513.0
		慣行区	1,376	446	1,822	418.0
		(削減率%)	(49.9)	(52.2)	(50.4)	

1)数字は165㎡ハウス当たり

2)19年作は同じハウスで試験区を仕切り「濃姫」、「美濃娘」を栽培し、電照時間を変更した

表6 「濃姫」と「美濃娘」における重油価格別の経費試算モデル(円/10a)

品種	栽培管理	重油単価	重油使用量	重油代	電照代	増加設備費	合計	差額
濃姫	省エネ	40円		197,040			227,934	170,809
		60円	4,926L/10a	295,560	21,694	9,200	326,454	262,289
		80円		394,080			424,974	353,769
	慣行	40円		380,000			398,743	
		60円	9,500L/10a	570,000	18,743	0	588,743	
		80円		760,000			778,743	
美濃娘	省エネ	40円		197,040			252,466	165,200
		60円	4,926L/10a	295,560	46,226	9,200	350,986	256,680
		80円		394,080			449,506	348,160
	慣行	40円		380,000			417,666	
		60円	9,500L/10a	570,000	37,666	0	607,666	
		80円		760,000			797,666	

1)慣行の重油使用量:岐阜県高設栽培標準使用量(ハウス内暖房と根域加温の合計)

2)省エネの重油使用量:省エネ管理での18、19年作2カ年の平均削減率より計算

3)電照代:中部電力臨時電灯C料金で計算、電照時間は18、19年2カ年の平均

4)増加設備費:4段サーモ代1台 46,000円、耐用年数5年で計算

総合考察

近年、経済発展の著しい中国やインドなど新興国による石油需要の増大や中東など石油原産国の政治不安定、石油への投機資金の流入などにより原油価格が世界的に高騰している。それに伴い肥料や農薬などの農業用生産資材の価格も上昇し、特に暖房用のA重油の価格の上昇は施設栽培農家にとっては深刻な問題となっている。

本県ではイチゴの高設ベンチシステム「岐阜県方式」を開発したが、このシステムは冬期寒さの厳しい本県においても安定的に高収量を可能とするために、ハウス内の暖房に加え温湯による根域加温も装備しているシステムである。このため、近年の暖房用燃料の価格上昇は直接的に農業経営を圧迫しており、省エネ型栽培技術への改善が急務となっていた。

省エネ対策については以下の3つの方策にまとめられる³⁾。①栽培管理の改善や施設・装置の改善を行うエネルギーの節約と有効利用、②地中蓄熱方式、発砲ハウス、ミラーハウスなどの太陽熱の有効利用、③廃棄物燃焼熱の利用、地熱水の利用、風力の利用などの未利用資源の利用である。②③の技術については新たに設ける施設や装備にかなりの経費がかかることから導入が難しい状況であった。

このため、経費が少なく容易に導入可能となる①のエネルギーの節約と有効利用に着目し、特に環境改善の対策を検討した。

環境改善によるイチゴの高設ベンチの省エネ技術をまとめたものを表7に示した。この技術は大きく分けると省エネとなる管理と生育を促進する管理の2つに分ける

ことができ、この組み合わせから成っている。

表7 省エネとなる栽培管理

	時間帯	慣行管理	省エネ管理	備考
ハウス内温度管理	夜間	8℃	5℃	早期低温15℃あり、日の出の30分～1時間前におこなう
	昼間	25℃	28℃	液気型設定
根域温度管理	夜間	15℃一定	10℃	早期低温の生育期間中は、草勢や時期により加減する
	早朝(4～8時)		15℃	
電照時間	濃姫*	2時間	3時間	生育の時期、状況に応じて加減する
	美濃娘*	4時間	6時間	

*:栽培品種を示す

省エネとなる温度管理は、ハウス内の最低夜温を慣行の8℃から5℃に下げる。根域加温用の温湯ボイラーに4段サーモを新たに設置し、根域温度は、従来の15℃一定管理から夜間10℃に下げ、根の活動し始める時間に温度を上げるため早朝の4時頃から15℃に上げる変温管理を行う。このようにハウス内の最低夜温を下げるのと同時に根域を変温管理にすることで、暖房用燃料は慣行栽培に比べ40%以上削減することが可能となる。

ただし、このような省エネ管理だけでは草勢の低下を招いてしまうことから、生育を促進するために日中28℃とするやや高め温度管理や電照延長管理を実施する。1日の電照時間は、生育の時期や状況に応じて加減するが比較的草勢の強い「濃姫」では慣行より1時間程度、草勢の弱い「美濃娘」では2時間程度延長する。これらの生育促進技術を組み合わせることで品質、収量を落とさずに暖房用燃料を40%以上削減することができると考えられる。

また、増加した電照時間を灯油にエネルギー換算(灯

油 1 L 当たり 3.76kwh : エネルギー使用合理化に関する法律施行規則) すると、電照延長時間の長い「美濃娘」でも約 15 L / 165 m² であり、暖房用燃料削減に対するエネルギー増加量としてはわずかなものである。

この技術を行う上で新たに必要となる装備は根域加温を実施するための 4 段サーモのみで、価格も 5 万円弱と安価であるため現場ですぐに導入が可能なが大きな特徴である。このため電照用の電気代の増加分を合わせても導入経費が安く済み、普及しやすい省エネ技術である。

特に、本研究で実施した根域の変温管理については新たな試みであり、他の作物ではほとんど行われていない。新しい省エネ管理技術として他の作物へも応用が期待できる。

本研究は「濃姫」、「美濃娘」を供試した成果であるが、草勢の異なる両品種を供試しても同様な省エネ効果が得られたことは、他の品種においても実用が可能である。

また、昼間高めの温度管理や電照延長管理は、土耕栽培においても草勢維持技術として応用が可能である。

現在、原油価格は 2006 ~ 2007 年度ほどは高くなく安定している。しかし、地球温暖化、炭酸ガスの排出削減の観点から見ると、我が国の施設園芸分野における A 重油由来の二酸化炭素排出量は、1990 年度に比べ 2005 年度は 2 倍以上に増加したと見込まれている⁴⁾。暖房用燃料を削減する省エネ技術は、温暖化対策における炭酸ガス排出削減の点からもこれからますます重要な項目となると考えられる。

引用文献

- 1) 越川兼行、長谷部健一、安田雅晴、後藤光憲 (2000) イチゴの高設ベンチ栽培システム「岐阜県方式」の開発 (第 1 報) 岐阜農技研研報 1:1-8
- 2) 安田雅晴ら (2002) イチゴの養分吸収特性に関する研究. 園芸学学会誌第 71 巻 別冊 1:259
- 3) 板木利隆 (1986) 施設園芸・装置と栽培技術 (第 3 刷). 誠文堂新光社, 東京. 572pp
- 4) 及川仁 (2007) 施設園芸における省エネの取組みの推進など地球温暖化への対応. 施設と園芸 138:4-7

ABSTRACT

Minimum night temperature of 5 °C lower in the greenhouse. Root zone temperature control temperature is to change. Time-dependent temperature management in root zone control is lowered to 10 °C at night, from early morning to 15 °C. Ventilation temperature set to 28 °C during the day. Lighting

time is extended.. Fossil fuels without compromising the quality and yield by this administration will be reduced by more than 40 % .

KEYWORDS

Strawberry, Elevated bed, Energy conservation, Time-dependent temperature management, Day temperature, Lighting time