

効果的な省エネ技術と多年生植物利用による冬季花き生産の安定化

[平成30年～令和3年度]

板橋優人・山本陽平*・岡澤立夫・黒川康介*²

(園芸技術科) *現島しょセ八丈*²元園芸技術科

【要約】 供試した多年生花き 128 種のうちオブリエチアなど 39 種が都内栽培環境下で早春開花性と高い観賞性を示した。多層性保温資材は農 P0 を使用した際と比較して、厳寒期の暖房に掛かる電力消費を抑え省エネ効果が高い。

【目的】

近年、冬季の省エネ技術としてヒートポンプの導入が全国的に進んでいるが、初期コストが高く、普及は一部の農家に限定されている。また有効な保温資材や EOD 反応を活用した省エネ技術が開発されているが、研究事例が少なく、一部都内生産者への普及がなされているものの、実用的なレベルに達していない。一方、暖房費を削減するため耐寒性を有するペチュニアなど一年生花きは生産されているが、出荷が単価の低い 4～5 月に集中している。加えて、多年生花きは国内の種苗メーカーの取扱量が少なく、さらに開花特性に不明な点が多く、高単価が期待できるが生産が少ない現状にある。そこで、本研究では冬季における効果的な省エネ技術の利用方法および 2～3 月の早春出荷を可能とする多年生花きを選定する。

【成果の概要】

1. 多層性保温資材の利用における省エネ効果

(1) 簡易トンネルでの保温性評価

布団資材による簡易トンネルの保温効果および電熱マットの消費電力の変化にもたらす影響を調査し、冬季における夜間暖房費の削減効果を明らかにした。ガラスハウス内において簡易トンネルを設置し、全ての区で農 P0 スカイコート（シーアイ化成株式会社）を展張した。保温資材にはエナジーキーパー（東京インキ株式会社）、エナジーキーパー R（東京インキ株式会社）、タイベック（デュポン株式会社）を用い、対照区は農 P0 一重とした。地温 20℃で制御した際は、いずれの保温資材でも消費電力量の削減効果は同程度であった。ただし、エナジーキーパー、エナジーキーパー R を利用した際には、タイベックと比べて熱貫流率が小さくなり、高い保温効果を示した（表 1）。これは、土の温度が変化しにくく、20℃に達するまでに時間が掛かることが原因であると考えられた。気温 15℃で制御した際は、エナジーキーパーで最大 45%程度までの消費電力量の削減効果があった。また、熱貫流率も小さく、高い保温効果を認めた（表 2, 3）。

(2) 小型パイプハウス（3.6m×7.2m）での省エネ効果の確認

布団資材による内張り被覆が夜間暖房の燃料消費量および花き生育にもたらす影響を調査し、布団資材の省エネ効果を確認した。試験区を表 4 のように設定した。保温資材を用いた区では、夜間の暖房の駆動回数が減少し、燃料消費量が削減された（データ略）。特に温風暖房機の稼働温度を 5℃にした際には、エナジーキーパーで、燃料消費量が慣行区と比較して約 35%の減少となった（表 5）。稼働温度別では、ほとんど稼働しなかった 0℃を除くと、5℃に設定した際に最も燃料の削減効果が高かった。プリムラの生育を比較したところ、

「キャンディ イエロー」では、試験区間に差異はほとんど生じなかった（データ略）。一方で、「キャンディ ピンクバイカラー」では、3月上旬にスカイコートを用いた区で花数・SPAD値などで有意に大きな値を示したが、エナジーキーパーを用いた区と農P0を用いた区との比較では試験期間を通じてほぼ同水準の生育を示した。

（3）多層性保温資材利用がマリーゴールドの品質および燃料消費に与える影響

多層性保温資材と EOD-heating（以下、EOD-h）との併用による冬季の栽培が燃料消費およびマリーゴールドの生育・開花に与える影響を明らかにした。試験区を表6のように設定した。マリーゴールドの品質はエナジーキーパー区や EOD-h 併用区で株張・花径が大きくなるなど一部項目で品質に差があったが、概ね対照区と同水準となった。燃料消費は対照区と比べエナジーキーパー区で約34%、EOD-h 併用区で約43%削減され、その差は約10%であった。（表7）。EOD-h 併用区ではマリーゴールドの開花が対照区と比べ1.7日遅れたが、これは開花までの夜間の積算温度が低いことに由来すると考えられる。以上より、冬季の花き栽培において多層性保温資材と EOD-h の併用処理は品質を落とさずに、燃料消費を削減できるため実用的技術として有望であった。

2. 早春出荷を目指した多年生花きの選定

（1）第1期（2017年度）

早春出荷が可能な多年生花きの選定に向け、低い加温または無加温で早春開花性が見込まれる多年生花き栽培し、早春開花性および高い観賞性を持つ花きを明らかにした。全24種類中、2～3月にハウスでの開花が確認されたのは16種類であった（表8、温室開花）。一方で、無加温での露地開花については、2月中に開花した花きはなく、ペロニカ「オックスフォードブルー」をはじめとする6種類が、3月に開花した（表8、露地開花）。試験期間中11月後半から2月にかけて、例年と比較して気温の低い日が続いたことが、露地栽培で2月に開花が生じなかった一因とも考えられた。早春開花を示した16種類で、平均点が3.0以上を獲得したのは、オダマキ「テキーラサンライズ」を始めとする9種類であった（表8、観賞性評価）。これらを、低い加温による早春出荷が可能かつ高い観賞性を示す有望種とした。2019年度の冬季は平年よりも気温が高く推移しており、低温への遭遇が不十分であった。そのため、一部の品種で花芽の発達が正常に進行しなかったと考えられる（データ略）。

（2）第2期（2019年度）

早春出荷が可能な多年生花きの選定に向け、低い加温または無加温で早春開花性が見込まれる多年生花き栽培し、早春開花性および高い観賞性を持つ花きを明らかにした。全104種類中、2～3月にハウスでの開花が確認されたのは58品種であった（データ略）。この内、露地ベンチでも2～3月に開花が確認されたのは33品種であった。また、ハウスでは早春開花しなかったものの露地では確認されたものが4品種あった。ハウスと露地で共に早春開花が確認された33品種の内、観賞性に劣ると考えられた小輪かつ十分な花数が得られなかった3品種を除き、オブリエチアをはじめとする30品種を低加温条件での早春出荷が可能な有望品種とした（表9）。

【残された課題・成果の活用・留意点】

多年生花きの成果については冬季における省エネ栽培の一例として、冬季省エネ栽培マニュアルに取りまとめる。

【具体的データ】

表1 第1週における熱貫流率および消費電力量

保温資材	熱貫流率 ^a (W/m ² K)	消費電力量 (kWh/week)
エナジーキーパー	2.4	27.3 (88.9) ^b
エナジーキーパーR	2.8	26.9 (87.8)
タイベック	4.1	26.5 (86.5)
対照(農PO 1重)	4.9	30.7 (100)

注1) ハウス内温度と制御温度は、2月6日～2月13日がハウス5℃、地温20℃制御、2月14日～2月20日がハウス5℃(表2)、気温15℃制御、2月21日～2月28日がハウス0℃、気温15℃制御である(表3)。

a) 熱貫流率は、素材の単位面積あたりの熱の伝わりやすさを示す。積算熱量と試験区内外の温度差から求めた。

b) ()内は対照を100とした場合の電気消費量の割合(%)。以下同じとする。

注2) 気温と地温の変化を記録し、各資材での熱貫流率および、電熱マットの消費電力量を測定した(表2、表3も同様)。

表2 第2週における熱貫流率および消費電力量

保温資材	熱貫流率 (W/m ² K)	消費電力量 (kWh/week)
エナジーキーパー	2.0	15.2 (53.2)
エナジーキーパーR	2.6	20.5 (74.3)
タイベック	3.7	24.1 (87.6)
対照(農PO 1重)	4.9	27.5 (100)

注) 表1参照

表3 第3週における熱貫流率および消費電力量

保温資材	熱貫流率 (W/m ² K)	消費電力 (kWh/week)
エナジーキーパー	2.1	15.8 (53.2)
エナジーキーパーR	2.8	20.3 (68.7)
タイベック	3.7	25.1 (84.7)
対照(農PO 1重)	5.2	29.6 (100)

注) 表1参照

表4 試験設計

		試験区 内張り	
試験区	3.6m×7.2mのビニルハウス内に内張りを展張する。内張りは、農POと各種被覆資材の組み合わせにより、3試験区に分かれる。	1区	農PO(対照区)
		2区	スカイコート5 エアプラス
		3区	エナジーキーパー
期間(2018年12月17日～2019年2月21日)		稼働温度(℃)	
暖房の稼働温度設定	2018年12月17日～同年12月23日	15℃	
	2018年12月24日～同年12月30日	10℃	
	2018年12月31日～2019年1月6日	5℃	
	2019年1月7日～同年1月9日	0℃	
	2019年1月10日～同年2月21日	5℃	

表5 稼働温度ごとの消費燃料

	消費燃料(L)		
	15℃期間	10℃期間	5℃期間
	1区	33.3	27.3
2区	29.5 (88.4)	25.5 (93.3)	12.2 (89.0)
3区	27.8 (83.4)	21.9 (80.3)	8.9 (64.8)

注1) ()内は、農PO区の燃料消費量を100とした時の各区の燃料消費量

注2) 5℃期間は、2018年12月31日～2019年1月6日に測定した値

注3) バイブハウス内において内張り装置を設置し、全ての装置で、農POバツグン5(タキロンシーアイ化成株式会社)を展開した。保温資材にはエナジーキーパー(東京インキ株式会社)、スカイコート5エアプラス(タキロンシーアイ株式会社)を用い、対照区は農PO二重とした。2019年1月9日からは、ハウス内にてプリムラの栽培を行った。

表6 各区の処理条件

試験区	暖房設定	被覆	
		ハウスサイド	サイド・天井・北側
対照	終日15℃	終日25℃換気	
エナジーキーパー	終日15℃	終日25℃換気	16:00～9:00 閉
エナジーキーパー+EOD-h ^a	日中15℃～日没後3H20℃～夜間10℃	終日25℃換気	16:00～9:00 閉

注1) バイブハウス(3.6m×7.2m)内に多層性保温資材としてエナジーキーパーで被覆した試験区を2棟設け、それと併せて多層性保温資材を設置しない対照区を1棟設置した。被覆した試験区の1つは、日中15℃、日没後3時間20℃、その他の夜間10℃で暖房したEOD-h処理を行い、残りの1棟および多層性保温資材を設置しない対照区は慣行に沿って終日15℃で制御した。品質調査は1輪開花時点で、花卉が水平になった時点で行い、燃料消費(灯油)を1月28日から3月11日まで記録した

注2) 鉢上げは赤土を主体とした試験場の標準用土を用いた。

a) EOD-hは日没後3時間行った。

表7 多層性保温資材利用がマリーゴールドの品質および燃料消費に与える影響

試験区	到花 日数 ^a	株高 (cm)	株張 (cm)	茎径 (mm)	最大葉 長(cm)	主莖節 数(節)	節間長(cm)		花径 (cm)	燃料消費 (L/%)
							主莖 ^b	花首 ^c		
対照	58.4a	12.7a	14.5b	4.4a	7.3b	5.2a	1.6a	6.2a	6.1b	473.8(100) ^d
エナジーキーパー	58.1a	11.9b	16.4a	4.2a	7.9a	5.4a	1.2b	5.6b	6.5ab	313.1(66)
エナジーキーパー+EOD-h	60.1b	12.5ab	15.6ab	4.3a	7.3b	5.5a	1.4ab	6.0ab	6.6a	271.7(57)

注) 異なる英文字間には、Tukey Kramer法により1%水準で有意差あり(n=20)

a) 到花日数: 播種日から開花まで、b) 最大の節間長 c) 花首長: 最上位節から花の先端まで、d) 燃料消費()の数字は対照を100とした時の各区の割合

表8 早春開花性と観賞性による有望な多年生花きの選抜（第1期）

品目	品種	温室開花始め ^a		露地開花始め ^b		早春開花性 ^c	観賞性評価 ^d	有望 ^e
		12/27	4/19	4/19	4/19			
アジュガ	チョコレートチップ	12/27	4/19			○	2.1	
アネモネ	マルチフィダルブラ	5/18	4/26					
雲南サクラソウ		2/7	3/13			○	2.1	
エロディウム	ペラルゴニフォーラム	1/24	4/19			○	3.0	○
オダマキ	ローズパロー	3/13	4/26			○	4.1	○
オダマキ	テキーラサンライズ	3/13	5/1			○	4.4	○
オダマキ	ブルーパロー	3/22	4/19			○	4.1	○
オブリエチア ・デルトイデア	バリエガータ	1/10	4/19			○	3.4	○
オルレア	グランディフローラ	3/1	4/26			○	3.0	○
ゲウム		4/19	5/1					
サボナリア	オキモイデス	4/19	4/19					
サボナリア	スノーチップ	開花せず	4/19					
ジューム・リヴァーレ	アルバム	12/27	3/13			○	1.9	
ジキタリス	シルバーフォックス	4/19	5/1					
セントランサス	スノークラウド	3/13	4/26			○	2.3	
セントランサス	コッキネウス	4/19	4/26					
プリムラ	グリーンレース	3/1	4/19			○	1.4	
プリムラ・ブルガリス		1/24	3/13			○	2.4	
ブルサティラ ・ブルガリス	ローズ	開花せず	3/13					
フロックス	シアウッドパープル	4/19	4/19					
ペロニカ	オックスフォードブルー	12/27	3/13			○	4.0	○
ペロニカ	マダムマルシア	12/27	3/13			○	3.1	○
リクニス	フロスククリピンク	1/24	4/19			○	2.9	
リナリア	リップルストーン	12/27	4/19			○	3.7	○

注) 耐寒性を有し、早春開花が見込まれる多年生花き 24 種類を購入し（鉢サイズ 9cm×10.5cm）、2017 年 11 月 1 日に、30cm 四方に一株植えて無加温露地定植および 8℃加温でのガラスハウス栽培を行った。
a) 8℃加温のガラスハウス栽培で始めて開花が観察された日付を示す。
b) 無加温の露地栽培で始めて開花が観察された日付を示す。
c) 温室開花で、2～3月に開花した種類について、早春開花性を有すると評価した。
d) 早春開花性を示した花きについて開花盛期の画像を撮影し同時期にそれぞれを比較し、観賞性を評価した（1:悪い、2:やや悪い、3:普通、4:やや良い、5:良い）。
e) 観賞性評価で平均 3.0 点以上のものを有望とした。

表9 早春開花性と高い観賞性を示した多年生花きの開花期間と外観特性（第2期）

品目	品種	ハウス		露地		花数 ^a	輪形 ^b	花色
		開花開始	開花終了	開花開始	開花終了			
アラビシ	リトルレジャー ディープローズ	1月29日		2月19日	5月6日	多	中	赤
	リトルレジャー ホワイトimp	2月12日		3月4日		多	小	白
アリッサム	サミット	2月19日		3月25日	4月28日	多	小	黄
アルメリア	アルマダ ローズ	2月12日		3月18日		多	小	赤
	アルマダ ピンク	2月19日		3月25日		多	小	ピンク
	アルマダ ホワイト	3月18日		3月25日		多	小	白
イベリス	スノークッション	1月22日		2月5日		多	小	白
	タホ imp	2月12日		3月11日		多	小	白
	スノーフレイク	2月19日		2月19日		多	小	白
エリシマム	カナリア イエロー	1月8日	4月28日	1月8日	4月28日	多	小	黄
	オードリー スカイブルー	1月22日		1月22日	5月6日	多	中	紫
オブリエチア	オードリー ライトブルーimp	1月22日		2月5日		多	中	紫
	オードリー ブルーシェード	1月22日		2月5日	5月6日	多	中	紫
	オードリー パープルシェード	1月29日		2月5日	5月6日	多	中	紫
	オードリー レッド	1月29日		2月19日		多	中	赤
デロスベルマ	ジュエルオブデザートグレナード	11月27日		11月27日		多	小	赤
ドロニカム	レオナルドコンパクト	2月5日		3月18日		中	大	黄
フチンシア	アイスキューブ	1月8日		2月26日		多	小	白
プリムラ	ガブリオ ダークイエローコンパクト	2月19日		3月11日	5月6日	多	小	黄
	ガブリオ イエローコンパクト	3月4日	5月6日	3月25日	5月6日	多	小	黄
ブルモナリア	シルバークーゲ	1月22日	4月28日	2月5日		多	小	ピンク
	ブラウスマーア	1月22日	2月26日	3月25日	4月1日	中	小	紫
ポピー	ブルシネラ イエロー	1月8日		3月25日		少	大	黄
	ブルシネラ レッド	1月29日	2月26日	3月11日	4月9日	少	大	赤
	ブルシネラ ローズ	1月29日		3月11日	3月25日	少	大	ピンク
	ブルシネラ ホワイト	2月5日	3月4日	3月25日	4月28日	少	大	白
	ブルシネラ オレンジ	2月26日	3月25日	3月25日	4月9日	少	大	橙
ラベンダー	カスティリヤノ ローズ imp	3月18日		3月25日		多	中	ピンク・紫
レウイシア	リトルラズベリー	3月4日		3月25日		中	中	ピンク
	リトルマンゴー	3月18日		1月22日		中	中	黄

注1) 耐寒性を有し早春開花が見込まれる多年生花き苗 104 品種を購入した（鉢サイズ 9cm×10.5cm）。これらの苗を 11 月上旬に 5 寸鉢に鉢上げし、その後、無加温露地ベンチ栽培および 5℃加温でのガラスハウス栽培を行った。
注2) 開花終了日の空欄は 5 月末日でも開花を保っていたことを示す。
注3) 輪形が「大」または「中」、もしくは輪形が「小」でも花数が「中」以上のものについては、観賞性が高いと評価した。
a) 開花期の標準的な花数について「<5:少、5~20:中、20+:多」とした。
b) 花径について「<1cm:小、1cm~3cm:中、3cm<:大」とした。

【発表資料】

1. 板橋優人ら（2022）園芸学研究 21（別 2）：398.
2. 平成 30～令和 4 年度 成果情報