

イチゴ「ゆめのか」の育苗期における熱線吸収フィルムの被覆が苗質および頂花房の花芽分化に及ぼす影響

松本尚之, 前田 衡, 野田和也, 板垣 芳¹⁾, 小林雅昭²⁾, 前田寿久³⁾

キーワード: イチゴ, 花芽分化, 熱線吸収フィルム, 「ゆめのか」

Effects of Heat-Absorbing Film on Seedling Quality and Flower Bud Differentiation in Nursery Period in the Strawberry Variety 'Yumenoka'.

Naoyuki MATSUMOTO, Hitoshi MAEDA, Kazuya NODA,
Kaori ITAGAKI, Masaaki Kobayashi, Toshihisa MAEDA

目次

1. 緒言
2. 熱線吸収フィルムの特性
 - 1) 分光放射照度
 - 2) 物理的耐久性
 - 3) 化学的耐久性
 - 4) 被覆資材の昇温抑制効果
3. 熱線吸収フィルムの「ゆめのか」花芽分化早進および年内収量増加効果
 - 1) 苗質
 - 2) 花芽分化早進効果
 - 3) 年内収量増加効果
4. 総合考察
5. 摘要
6. 引用文献

Summary

¹⁾ヤンマー株式会社, ²⁾ヤンマーアグリジャパン株式会社, ³⁾パナック株式会社

1. 緒言

長崎県のイチゴ栽培品種は、食味や輸送性に優れる「さちのか」⁶⁾が2011年には作付面積の9割を占めていたが、小果傾向であるため生産量が伸び悩み、多収性品種への転換が求められていた。

そのような中で、愛知県育成の「ゆめのか」¹⁾を大果で収量性に優れる有望品種として選定し、2011年から現地試作を開始、以降急速に作付けが拡大し、2016年には本県の栽培面積の5割を占める品種となった。

「ゆめのか」は収量性に加え、食味や輸送性にも優れた特性を有する一方で、頂花房の花芽分化時期が遅いという欠点を有する。このため、普通促成作型で特に花芽分化が遅れる年の収穫開始は12月下旬からとなり⁹⁾、高単価の年内収量は望めない。このため、本県では暗黒低温処理⁷⁾による頂花房の花芽分化早進化技術に取り組み、9月10日頃に定植すると、11月中旬からの収穫が安定して可能となることを明らかにした⁵⁾。しかしながら、暗黒低温処理可能な冷蔵施設容量には限界があるため、「ゆめのか」の栽培面積の拡大に伴い、冷蔵施設が不足することが想定される。また、暗黒低温処理作型と普通促成作型には定植時期に開きがあるため、定植や収穫の労力分散、あるいは平準的な出荷

を見据えた中間的な作型が必要とされている。普通促成栽培における頂花房の花芽分化早進技術として寒冷紗の被覆があるが、佐藤・北島は¹²⁾育苗期の遮光率が高いほど全株重は軽く、葉柄長の長い徒長苗となることを報告している。

そのような中、光合成有効放射を透過し、熱エネルギーとなる近赤外線を吸収する性質を持つ「熱線吸収フィルム」がヤンマー株式会社（以下、ヤンマー（株））およびパナック株式会社（以下、パナック（株））により開発された（写真1）。また「ゆめのか」と同様に花芽分化が遅い「福岡S6号」において、奥ら¹⁰⁾は育苗期に熱線吸収資材を被覆すると、光合成有効放射が多いため徒長せず、寡日照の年は定植期の苗質が充実し、頂花房の花芽分化が早まることを報告している。

そこで、育苗期の熱線吸収資材被覆による光合成有効放射と近赤外線の透過量の違いが「ゆめのか」の普通促成育苗における苗質および頂花房の花芽分化に対する影響をヤンマー（株）、パナック（株）および当センターによる共同研究で検討し、知見が得られたのでここに報告する。



写真1 左から農POフィルム，農PO+50%遮光黒寒冷紗，熱線吸収フィルム

2. 熱線吸収フィルムの特性

1) 分光放射照度

熱線吸収フィルムの分光特性を明らかにするために、分光放射照度を測定した。

(1) 材料および方法

試験区として、熱線吸収フィルム（パナック（株）供試品）を被覆した熱線吸収フィルム区を設けた。対照区として、農 PO フィルム（サンテーラ社製）を被覆した農 PO 区と、農 PO フィルム（同）の上から 50% 遮光黒寒冷紗（クラレ社製）を被覆した農 PO+50% 遮光黒寒冷紗区を設けた。供試資材はすべて被覆 1 年目の新品を用いた。

分光放射照度の測定には相馬光学製の太陽分光放射計 S2440C を用い、2016 年 10 月 7 日 11 時 50 分（天候：快晴）に太陽光の分光放射照度を測定した。

(2) 結果および考察

各被覆資材の分光放射照度の相対値を図 1 に、太陽光透過率を表 1 に示した。農 PO 区の太陽光透過率を 100 としたときの熱線吸収フィルムの太陽光透過率は、

300~400nm の紫外放射で 31%，400~700nm の光合成有効放射で 73%，800~1100nm の近赤外放射で 16% となった。このことから、熱線吸収フィルムは、農 PO に比べ近赤外放射を 84% カットし、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ光合成有効放射を 9% 増加させることが明らかとなった。また、熱線吸収フィルムの照度は、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ高かった。

一般的に、600~700nm の赤色光 (R) と 700~800nm の遠赤色光の比である R/FR 比が小さいと植物の節間が伸張し、逆に大きいと節間の伸長が抑制されることが知られている²⁾。熱線吸収フィルムの R/FR 比は、同等の値を示した農 PO および農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ 2.33 と高かった。

以上から、熱線吸収フィルムは、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗と比べて、R/FR 比が高く、光合成有効放射を透過する一方で、近赤外放射を遮断する特性を持つことが明らかになった。

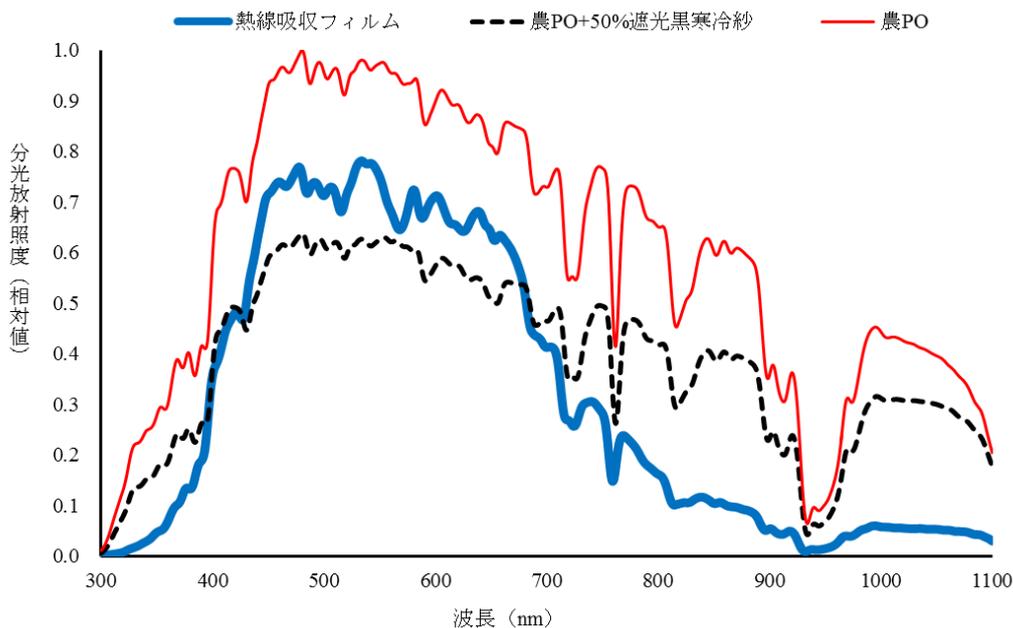


図 1 熱線吸収フィルムの透過スペクトル²⁾

²⁾ 値は、太陽光下で農 PO フィルムを透過した光の最大値を 1 とした場合の相対値

表1 被覆資材の太陽光透過率と照度, R/FR 比^z

	太陽光透過率 ^y			照度 (lx)	R/FR 比 ^x
	紫外放射 (%)	光合成有効放射 (%)	近赤外放射 (%)		
熱線吸収フィルム	31	73	16	49,640	2.33
農 PO+50%遮光黒寒冷紗	62	64	69	42,123	1.24
農 PO	100	100	100	65,570	1.25

^z 測定地：長崎県諫早市 長崎県農林技術開発センター

^y 農 PO を 100 としたときの透過率

^x 赤色光 (R) と遠赤色光 (FR) の比 値が小さいほど徒長しやすくなる

2) 物理的耐久性

熱線吸収フィルムの物理的耐久性を明らかにするために、環境負荷をかける加速試験をパナック (株) が実施した。

(1) 材料および方法

試験資材に熱線吸収フィルムを用いた。対照資材には、三菱樹脂製の農 PO フィルムおよび農ビを用いた。

気温 60℃に設定したスーパーUV 試験機に厚さ 0.10mm のフィルムを設置し、無風条件で、約 3 年、約 4.5 年、約 6 年相当の紫外線 (以下、UV とする) および雨の負荷をかける加速試験を実施し、耐久性の指標となるヤング率、破断点伸度、破断点応力について調査した。

(2) 結果および考察

表 2 に被覆資材の耐久性を示した。約 6 年相当の UV 照射はすべてのフィルムが変形し、もろくなったため

測定できなかった。

ヤング率は、UV 照射前は農ビが最も低い値を示したが、約 3 年相当の UV を照射すると最も高い値を示した。熱線吸収フィルムおよび農 PO は約 4.5 年相当の UV を照射してもヤング率の変化は小さかった。

破断点伸度は、UV 照射前は農 PO が最も高い値を示したが、約 3 年相当の UV を照射すると値は急減した。熱線吸収フィルムの破断点伸度も UV 照射で減少したが、農 PO および農ビと比べて高い値を示した。

破断点応力は、すべての資材で UV 照射前も照射後も同様の傾向を示した。

このことから、熱線吸収フィルムは農 PO および農ビに比べ硬くなりやすく、伸張性に優れ、また同等の強度を有するといえ、その耐用年数は約 4.5 年と推察された。

表2 フィルムの物理的耐久性

指標 (単位)	資材	UV 照射前	約 3 年 (UV150)	約 4.5 年 (UV225)	約 6 年 (UV300)
ヤング率 ^z (Mpa)	熱線吸収フィルム	120.0	116.5	117.8	測定不能
	農 PO	251.6	259.8	285.6	測定不能
	農ビ	16.8	637.6	836.6	測定不能
破断点伸度 ^y (%)	熱線吸収フィルム	637.4	402.0	117.8	測定不能
	農 PO	748.2	45.7	20.1	測定不能
	農ビ	306.0	0.6	0.6	測定不能
破断点応力 ^x (MPa)	熱線吸収フィルム	24.9	8.0	7.0	測定不能
	農 PO	24.9	7.5	6.5	測定不能
	農ビ	22.5	6.0	5.5	測定不能

^z ヤング率：ひずみが発生するまでの必要な力 数値が大きいと硬い

^y 破断点伸度：破断するまでの伸び 数値が大きいと伸びる

^x 破断点応力：破断する時の力 数値が大きいと強度がある

3) 化学的耐久性

経年劣化により熱線吸収フィルムの分光特性が変化するかどうかを明らかにするためにヤンマー（株）が試験を実施した。

(1) 材料および方法

試験資材として熱線吸収フィルムを用い、新品の熱線吸収フィルム（以下、新品）と 2016 年 6 月から 2017 年 6 月まで野外で 12 ヶ月間展張した熱線吸収フィルム（以下、12 ヶ月展張）を比較した。12 ヶ月展張は風雨により汚れが蓄積していたため、汚れを拭取ったフィルム（以下、12 ヶ月展張（汚れ除去））とも比較した。

光源は太陽光で、相馬光学製の太陽分光放射計 S2440C を用い、2017 年 9 月 29 日 12 時 52 分から 13 時 8 分（天候：快晴）に太陽光の分光放射照度を測定

し、赤色光（R）と遠赤色光（FR）の比率である R/FR 比、野外光に対する比である相対光強度を調査した。

(2) 結果および考察

12 ヶ月展張の分光放射照度を表 3、図 2 に示した。12 ヶ月展張（汚れ除去）の放射照度は、新品と同等の値を示し、R/FR 比も同等だった。

12 ヶ月展張の相対光強度を図 3 に、透過率の変化率を図 4 に示した。新品の光合成有効放射の相対光強度は 0.7 だった。12 ヶ月展張（汚れあり）は 400~1000nm の波長域で 10~15% 透過率が低下したが、汚れを拭取り除去すると新品と同等の透過率になった。

このことから、熱線吸収フィルムを 12 ヶ月展張しても化学的特性には変化がなく、フィルムは劣化していないと考えられた。

表3 12 ヶ月展張した熱線吸収フィルムの放射照度²

	新品	12 ヶ月展張 (汚れあり)	12 ヶ月展張 (汚れ除去)
赤色光(R) 600~700nm	68.16	62.91	68.76
遠赤色光(FR) 700~800nm	32.27	30.11	33.21
R/FR 比	2.11	2.09	2.07

² 測定地：岡山県倉敷市 ヤンマーバイオイノベーションセンター倉敷ラボ

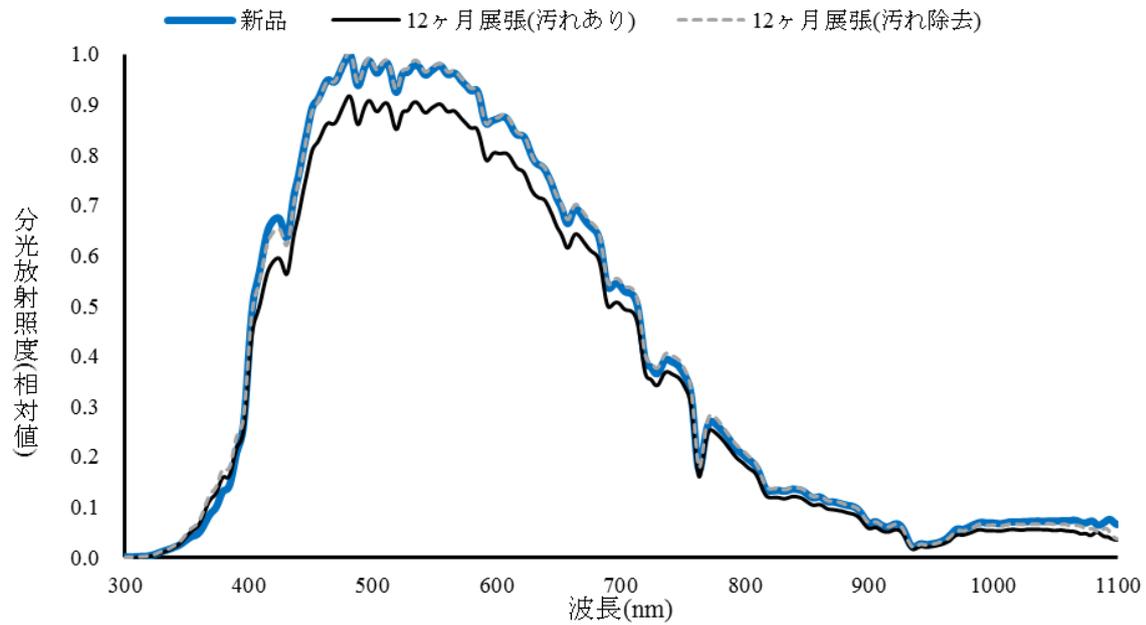


図2 12ヶ月展張した熱線吸収フィルムの透過スペクトル^z
^z 値は、太陽光下で新品を透過した光の最大値を1とした場合の相対値

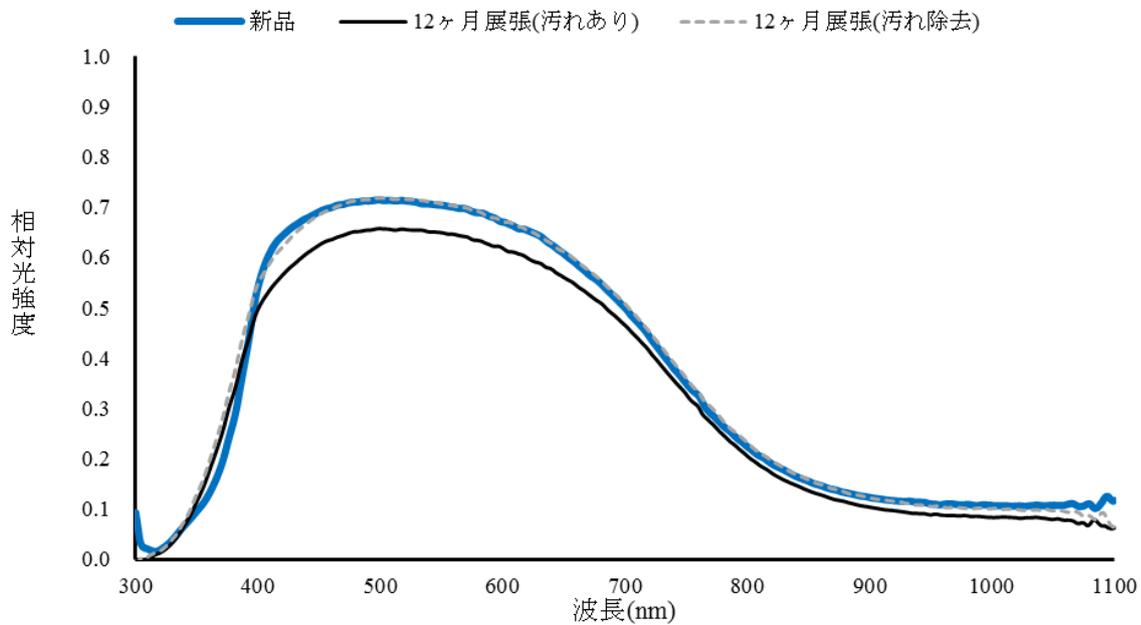


図3 12ヶ月展張した熱線吸収フィルムの相対光強度^z
^z 値は、野外光に対する比率

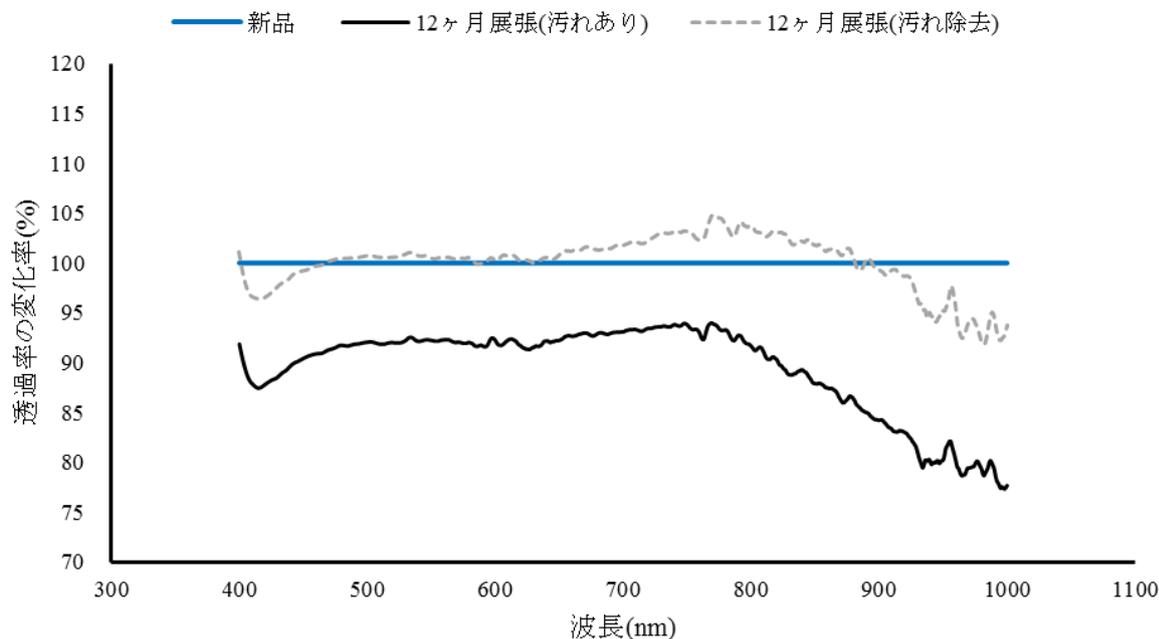


図4 12ヶ月展張した熱線吸収フィルムの透過率の変化率²

² 値は、新品に対する比率

4) 被覆資材の昇温抑制効果

前述の分光放射照度測定試験では、熱線吸収フィルムが近赤外線を遮断する結果が得られたので、昇温抑制効果を確認するために気温および培地温を実測した。

(1) 材料および方法

試験区には、熱線吸収フィルムを被覆し（以下、熱線吸収フィルム）、対照区には、農 PO フィルム（以下、農 PO）および農 PO フィルムの上から梅雨明け後の 2016 年 7 月 19 日に 50% 遮光黒寒冷紗を被覆した（以下、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗）。供試資材はすべて被覆 1 年目の新品を用いた。

試験は単棟の雨よけ高設育苗ハウスで 2015 年、2016 年に実施し、育苗ハウス内の気温および培地温を各年 7 月 21 日から 9 月 10 日の午前 7 時から午後 7 時まで 10 分間隔で測定した。イチゴ株元から高さ 10cm の気温の測定には、ティアンドデイ社製「おんどとり TR-74Ui」を用い、培地中央部深さ 5cm の培地温の測定には、同社製「おんどとり Jr.TR-51i」を用いた。し

かし、2015 年のデータは欠測した。

(2) 結果および考察

各被覆資材の育苗ハウス内の気温および培地温を表 4 および図 5 に示した。熱線吸収フィルムの日中平均気温は、農 PO に比べ 0.9~1.3℃、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ 0.5~0.6℃低かった。最高気温は、農 PO に比べ 2.2~3.7℃、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ 1.1~1.8℃低かった。日中平均培地温は、農 PO に比べ 1.2~2.7℃、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ 0.4~1.1℃低かった。最高培地温は、農 PO に比べ 4.1~6.6℃、農 PO+50% 遮光黒寒冷紗に比べ 0.2~2.6℃低かった（表 4）。

熱線吸収フィルムは、熱線を反射ではなく吸収しているため、夜間の放熱の懸念があったが、夜間の培地温は他区と同等に推移した（図 5）。

以上から、熱線吸収フィルムは、農 PO および農 PO+50% 遮光黒寒冷紗と比べて気温および培地温の昇温を抑制し、農 PO の気温および培地温が高くなるほど昇温抑制効果が顕著になると考えられた。

表4 日中の気温および培地温(2016年)

		日中平均 気温 (°C)	最高 気温 (°C)	日中平均 培地温 (°C)	最高 培地温 (°C)
8月 上旬	熱線吸収フィルム	33.4	39.3	31.6	36.5
	農PO+50%遮光黒寒冷紗	34.0 (0.6) ^z	40.4 (1.1)	32.6 (0.9)	37.7 (1.2)
	農PO	34.7 (1.3)	41.5 (2.2)	33.8 (2.2)	40.6 (4.1)
8月 中旬	熱線吸収フィルム	34.0	40.2	31.8	36.1
	農PO+50%遮光黒寒冷紗	34.7 (0.6)	41.7 (1.5)	32.8 (1.1)	38.7 (2.6)
	農PO	35.3 (1.2)	42.7 (2.5)	34.5 (2.7)	42.7 (6.6)
8月 下旬	熱線吸収フィルム	31.1	39.2	29.5	37.3
	農PO+50%遮光黒寒冷紗	31.6 (0.5)	41.0 (1.8)	29.9 (0.4)	38.5 (1.2)
	農PO	32.1 (1.0)	41.9 (2.7)	31.0 (1.5)	42.4 (5.1)
9月 上旬	熱線吸収フィルム	28.3	36.9	27.3	35.2
	農PO+50%遮光黒寒冷紗	28.8 (0.5)	38.1 (1.2)	27.7 (0.4)	35.4 (0.2)
	農PO	29.2 (0.9)	40.6 (3.7)	28.5 (1.2)	40.0 (4.8)

^z カッコ内の数値は、各対照区の試験区に対する温度差を表す

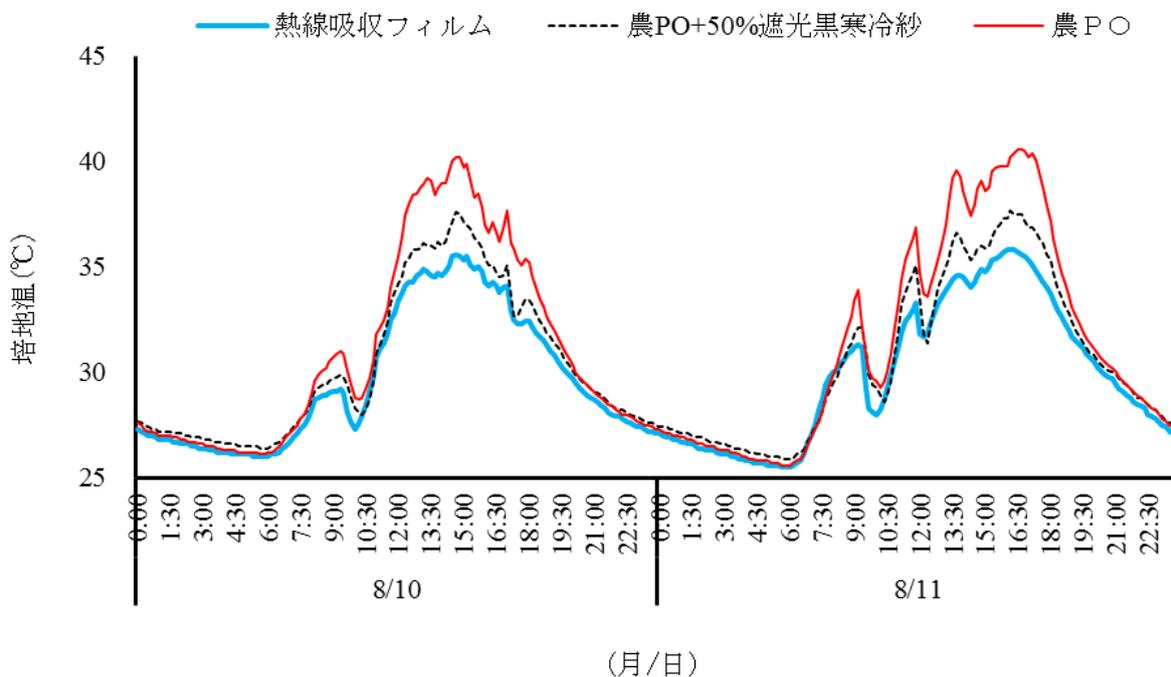


図5 培地温の推移(2016年)

3. 熱線吸収フィルムの「ゆめのか」花芽分化早進および年内収量増加効果

1) 苗質

前述の分光放射照度測定試験（表1）では、熱線吸収フィルムの光合成有効放射および R/FR 比が農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて高くなった。このことが苗質に与える影響を調査した。

(1) 材料および方法

試験は2015年、2016年に実施した。両年とも10.5cm黒ポリポットを用い、2015年は6月10日、2016年は6月9日に子苗を切り離し、2015年は6月11日、2016年は6月14日に窒素成分で140mg/株、その後2015年は7月6日、2016年は7月5日に窒素成分で60mg/株をいずれも緩行性固形肥料で施肥し、雨よけ施設で育苗した苗を用いた。

子苗切り離し後に以下3資材を被覆した単棟高設育苗ハウスへ苗を移動し、1区10株2反復で試験を行った。①熱線吸収フィルム、②農 PO フィルム（以下、農 PO）、③農 PO フィルムの上から梅雨明け後（2015年は7月20日、2016年は7月19日）50%遮光黒寒冷紗被覆（以下、農 PO+50%遮光黒寒冷紗）下で「ゆめのか」を育苗した。供試資材はすべて被覆1年目の新品を用いた。

定植前の生育調査として、第3葉葉長、第3葉小葉長、クラウン径、葉色、地上部乾物重、地下部乾物重を調査した。生育調査は2015年9月3日および2016年9月8日に実施した。

(2) 結果および考察

定植前の苗の生育を表5および表6に示した。

2015年は、農 PO+50%遮光黒寒冷紗の第3葉葉長が29.0cmで最も長くなり、農 PO は19.1cmで最も短かった。一般的に植物は、灌水量が多くなるほど徒長する傾向にあるため、前述の分光放射照度試験により両者の R/FR 比は同等（表1）だが、第3葉葉長で有意差があったと考えられた。また、第3葉小葉長は農 PO+50%遮光黒寒冷紗が長い傾向で、クラウン径は農 PO が大きい傾向だった。葉色は農 PO+50%遮光黒寒冷紗の値が高かった（表5）。2015年の地上部乾物重は農 PO が重い傾向となり、地下部乾物重は熱線吸収フィルムが重い傾向となったため、地上部乾物重（T:Top）と地下部乾物重（R:Root）の比である T/R 比は、熱線吸収フィルムで1.19と最も小さくなった。

2016年も、2015年と同様の傾向が見られ、第3葉葉長および小葉長、葉色では農 PO+50%遮光黒寒冷紗の値が高い傾向、T/R 比は熱線吸収フィルムで低い傾向となった。2016年の第3葉葉長および小葉長が2015年と比べて短くなっているが、その理由として後述の表7で示している8月上中旬の高温が原因で灌水量が不足したためであると推察された。

以上から、熱線吸収フィルムは光合成有効放射および R/FR 比が高いため、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて第3葉葉長が長くなりにくい傾向にあり、地下部乾物重が増加する傾向にあるため、T/R 比が低い充実した苗になると考えられた。

表5 定植前の第3葉葉長、第3葉小葉長、クラウン径、葉色

年次		第3葉葉長 (cm)		第3葉小葉長 (mm)		クラウン径 (mm)		葉色 ^z	
2015年	熱線吸収フィルム	23.7	ab ^y	8.8	n.s	9.3	n.s	28.5	b
	農 PO+50%遮光黒寒冷紗	29.0	a	9.4		9.3		31.6	a
	農 PO	19.1	b	8.0		9.9		26.5	b
2016年	熱線吸収フィルム	12.9	n.s	6.7	n.s	9.8	n.s	25.8	n.s
	農 PO+50%遮光黒寒冷紗	13.2		6.9		9.6		27.2	
	農 PO	11.2		6.2		9.5		25.0	

^z 葉色は、コニカミノルタ製 SPAD-502plus により第3葉小葉3ヶ所/株を測定した平均値

^y 同年、同列の異なる文字間には Tukey の多重検定により 5%レベルで有意差あり

表6 定植前の地上部および地下部乾物重, T/R 比

年次		地上部		地下部		T/R 比 ²
		乾物重 (g)	n.s ^y	乾物重 (g)	n.s	
2015年	熱線吸収フィルム	3.7	n.s ^y	3.1	n.s	1.19
	農 PO+50%遮光黒寒冷紗	4.1		2.9		1.41
	農 PO	4.5		3.0		1.50
2016年	熱線吸収フィルム	5.0	n.s	3.6	n.s	1.39
	農 PO+50%遮光黒寒冷紗	4.2		3.0		1.40
	農 PO	4.3		2.8		1.54

² T/R 比は、地上部乾物重 (Top) と地下部乾物重 (Root) の比

^y 同年, 同列の n.s は Tukey の多重検定により 5%レベルで有意差なし

2) 花芽分化早進効果

前述の気温および培地温測定結果 (表4) より, 熱線吸収フィルムは農 PO, 農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて昇温を抑制する効果が見られ, それが花芽分化に与える影響を調査した。

(1) 材料および方法

試験は2015年, 2016年に実施した。両年とも10.5cm黒ポリポットを用い, 2015年は6月10日, 2016年は6月9日に子苗を切り離し, 2015年は6月11日, 2016年は6月14日に窒素成分で140mg/株, その後2015年は7月6日, 2016年は7月5日に窒素成分で60mg/株をいずれも緩行性固形肥料で施肥し, 雨よけ施設で育苗した苗を用いた。

子苗切り離し後に以下3資材を被覆した単棟高設育苗ハウスへ苗を移動した。①熱線吸収フィルム, ②農 PO フィルム (以下, 農 PO), ③農 PO フィルムの上から梅雨明け後 (2015年は7月20日, 2016年は7月19日) 50%遮光黒寒冷紗被覆 (以下, 農 PO+50%遮光黒寒冷紗) 下で花芽分化を確認するまで育苗した。供試資材はすべて被覆1年目の新品を用いた。

頂花房の花芽分化状況の確認は, 2015年は9月4日から, 2016年は9月5日から各区から無作為に抽出した3株の花芽検鏡により行った。

(2) 結果および考察

花芽分化は体内窒素と日長に加え, 日平均気温の影響を受けるため, 各試験年度の外気温, 平均全天日射量, 日照時間を図6および表7に示した。2015年は, 8月中旬以降平年値を下回る冷夏で, 8月下旬は寡日照であった。2016年の気温は8月5半旬まで平年値を上回る暑夏であったが, 8月6半旬からは平年並みであった。2016年の日照条件は, 7月下旬から強日照であったが, 9月は寡日照であった (表7)。

頂花房の花芽分化指数の推移を図7, 図8に示した。2015年の花芽分化指数は9月4日時点で上昇し始めており, 熱線吸収フィルムおよび農 PO+50%遮光黒寒冷紗は9月10日に定植適期の指標となる花芽分化指数1.5以上となり, 農 POは9月17日に定植適期となった。

2016年は9月8日から上昇し始め, 熱線吸収フィルムおよび農 PO+50%遮光黒寒冷紗は9月15日に定植適期となり, 農 POは9月22日に定植適期となった。このことから, 熱線吸収フィルムおよび農 PO+50%遮光黒寒冷紗は, 農 POに比べ頂花房の花芽分化を早進する効果があると考えられ, その効果は同程度と考えられた。

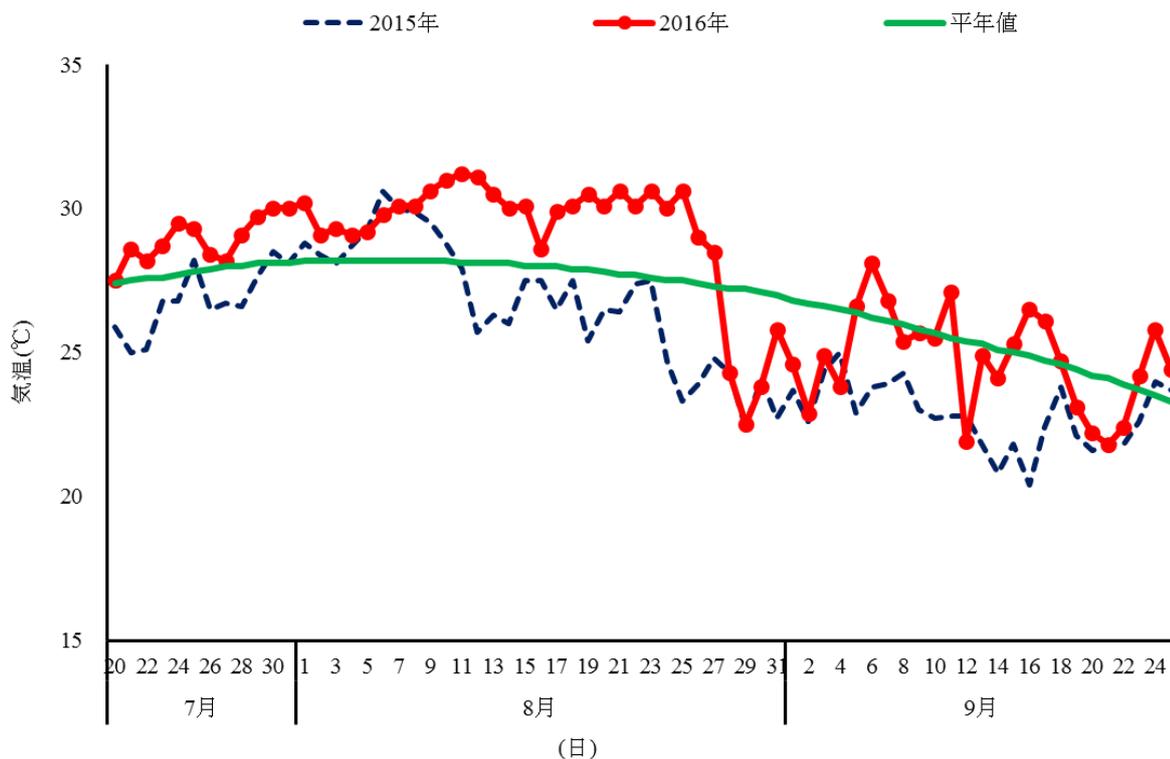


図6 2015年および2016年の外気温
観測地：長崎県農林技術開発センター

表7 旬別平均全日射量, 日照時間, 平均気温 (長崎地方気象台)

年次	月/旬	平均全日射量		日照時間		平均気温	
		(MJ/m ²)	平年比 (%)	(時間)	平年比 (%)	(°C)	平年差 (°C)
2015年	7/下	16.2	81	47.6	59	27.1	-0.8
	8/上	24.5	123	105.3	140	28.3	0.1
	8/中	17.3	96	56.3	87	27	-1
	8/下	13.4	77	44.2	63	25.1	-2.3
	9/上	15.9	98	58.9	95	24.1	-2.2
	9/中	15.7	103	60.6	107	22.8	-2.2
2016年	7/下	25.3	126	124.6	153	28.7	0.8
	8/上	21.8	110	87.5	116	29.6	1.4
	8/中	22.1	122	100.8	155	30.1	2.1
	8/下	19.7	114	93.7	133	28.1	0.7
	9/上	13.1	81	45.6	74	25.9	-0.4
	9/中	11.6	76	31.6	56	25.1	0.1

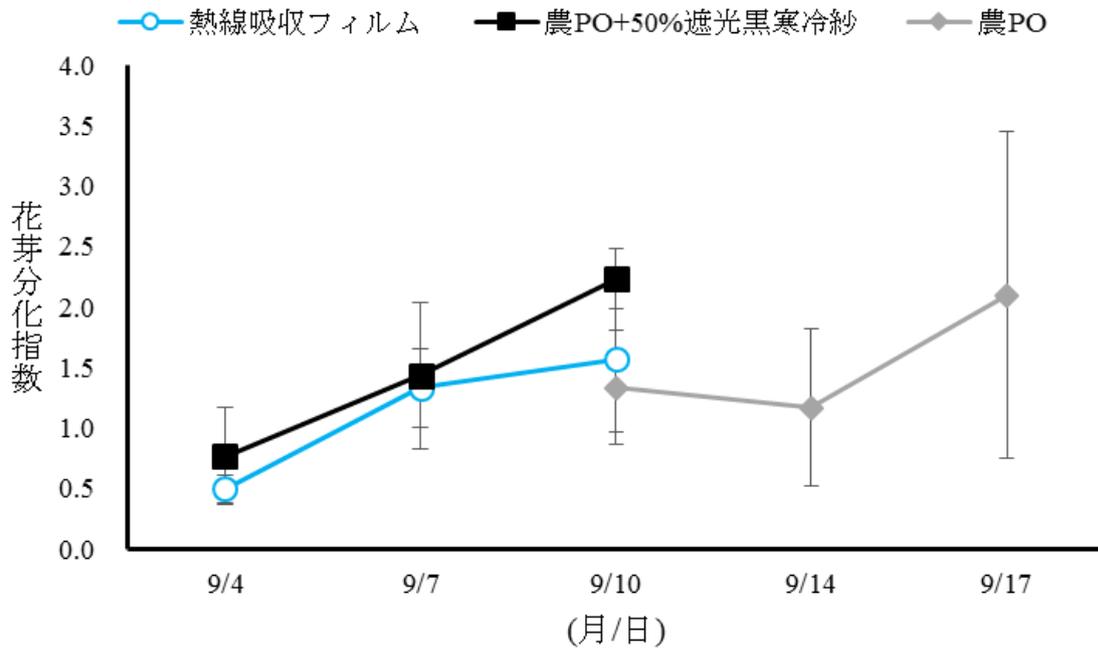


図7 花芽分化指数^{z)}の推移 (2015年)

^{z)} 0 未分化 0.5 肥厚初期 1.0 肥厚中期 1.5 肥厚後期 (定植適期) 2.0 分化期
^{y)} 垂線は標準偏差を示す

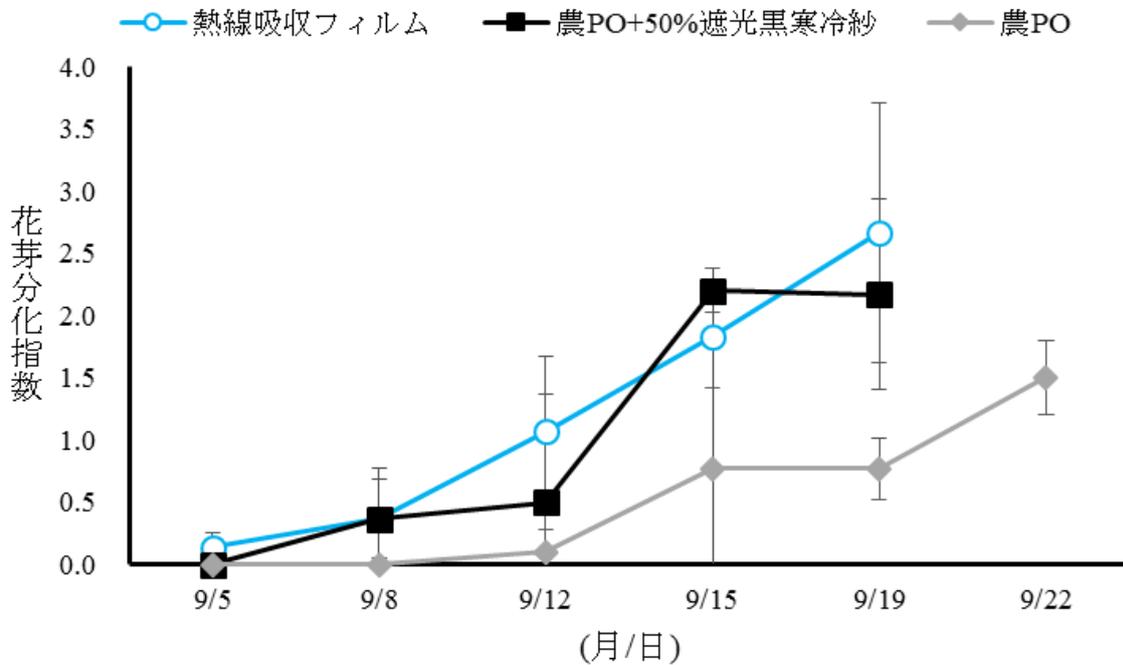


図8 花芽分化指数^{z)}の推移 (2016年)

^{z)} 0 未分化 0.5 肥厚初期 1.0 肥厚中期 1.5 肥厚後期 (定植適期) 2.0 分化期
^{y)} 垂線は標準偏差を示す

3) 年内収量増加効果

(1) 材料および方法

試験は長崎県型高設栽培ハウスで2015年、2016年に実施した。熱線吸収フィルム、農 PO+50%遮光黒寒冷紗、農 PO 被覆下で育苗した苗を花芽分化確認後に定植した(表 8)。栽植株数は、株間 20cm、2 条植えの 700 株/a とし、基肥窒素施肥量は、16.6kg/10a とした。加温機設定温度は 7℃、電照栽培とし、培土加温(16℃設定)した。1 区 8 株 3 反復とし、収穫は 2~3 日間隔で行い、収量調査は収穫当日に行った。

(2) 結果および考察

各試験年度の定植日、頂花房頂花の平均開花日および収穫開始日、年内収量を表 8 に示した。

2015 年は、熱線吸収フィルムおよび農 PO+50%遮光黒寒冷紗は 9 月 8 日に、農 PO は 9 月 11 日に定植した。農 PO の本来の定植適期は 9 月 17 日だったが、9 月 10 日時点で花芽分化指数 1.3 に達していたため、9 月 11 日に定植した。

熱線吸収フィルムの頂花房頂花開花日は農 PO より

6 日早く、農 PO+50%遮光寒冷紗より 2 日早い 10 月 22 日だった。頂花房頂果収穫開始日は農 PO より 5 日早く、農 PO+50%遮光黒寒冷紗より 1 日早い 11 月 22 日だった。熱線吸収フィルムの年内収量は、農 PO 比 109%の 187kg/a となり、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と同等だった。

2016 年は、熱線吸収フィルムおよび農 PO+50%遮光黒寒冷紗は 9 月 15 日に、農 PO は 9 月 23 日に定植した。熱線吸収フィルムの頂花房頂花開花日は農 PO より 14 日早く、農 PO+50%遮光寒冷紗より 2 日早い 10 月 29 日だった。頂花房頂果収穫開始日は農 PO より 18 日早く、農 PO+50%遮光黒寒冷紗より 2 日早い 12 月 2 日だった。熱線吸収フィルムの年内収量は、農 PO 比 216%で有意に高く、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と同等だった。

以上から、異なる気象条件(表 7)の 2015 年、2016 年ともに熱線吸収フィルムは農 PO と比べて花芽分化を早進し、定植日が早くなることから、年内収量を増加させる効果があると考えられた。

表 8 頂花房頂花の平均開花日、収穫開始日、年内収量

		定植日 (月/日)	頂花房 開花日 (月/日)	頂花房 収穫開始日 (月/日)	年内収量 (kg/a)	農 PO 比 (%)
2015 年	熱線吸収フィルム	9 月 8 日	10/22±1 ^z	11/22±1	187 a ^y	109
	農 PO+50%遮光黒寒冷紗	9 月 8 日	10/24±1	11/23±2	191 a	112
	農 PO	9 月 11 日	10/28±1	11/27±2	171 a	100
2016 年	熱線吸収フィルム	9 月 15 日	10/29±3	12/2±4	144 a	216
	農 PO+50%遮光黒寒冷紗	9 月 15 日	10/31±2	12/4±3	138 a	206
	農 PO	9 月 23 日	11/12±1	12/20±2	67 b	100

^z ±は 95%信頼区間の幅

^y 同年、同列の異なる文字間には Tukey の多重検定により 5%レベルで有意差あり

4. 総合考察

まず、熱線吸収フィルムが第3葉葉長の徒長を抑制する効果について、長崎県のイチゴ栽培面積の過半数を占める「ゆめのか」は、優れた果実品質を持つ一方で花芽分化が遅いが、森下⁷⁾により一季成り性イチゴの花芽分化については、短日と低温により誘導されることが報告されているため、寒冷紗などの遮光資材の被覆が検討されている。一方で、「ゆめのか」と同様に頂花房の花芽分化時期が他品種と比べて遅い「福岡 S6 号」において、佐藤・北島¹²⁾は育苗期の遮光度が高いほど葉柄長の長い徒長苗になることを報告している。このことにより、寒冷紗被覆によるイチゴの育苗は、花芽分化を早進させるが、苗の徒長を助長するといえる。本試験で、育苗期の被覆資材の違いによる苗質を調査した結果、熱線吸収フィルムの第3葉葉長は、両年とも農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて短くなった。本試験では、農 PO に合わせて灌水管理を実施したが、熱線吸収フィルムは、達観で鉢土が乾きづらかったため、灌水量を少なくすることでさらに徒長を抑制することができるものと考えられる。

次に、熱線吸収フィルムの光合成有効放射透過が乾物重を増加させる効果について、「福岡 S6 号」において佐藤・北島¹²⁾は育苗期の遮光度が高いほど全株重が軽くなることを報告している。他方で、本県「ゆめのか」の普通促成作型では目標クラウン径を 8～9mm 程度としている⁸⁾が、Hidaka⁴⁾は光合成有効放射を増加させる条件では葉、クラウンや根など植物体全体の乾物重が増加することを報告している。本試験では、熱線吸収フィルムの光合成有効放射透過率は野外比で 7割、農 PO 比で 73%となり農 PO+黒寒冷紗と比べて多くなったため、熱線吸収フィルムの地上部乾物重は 2016 年に、地下部乾物重は両年とも最も重い傾向となった。このことから、熱線吸収フィルムは光合成有効放射を透過するため、乾物重が重くなると考えられた。

しかし、光合成有効放射を最も透過する農 PO の乾物重が低くなったのはなぜだろうか。稲田・佐藤³⁾は、波長域 600～800nm の赤色～遠赤色光を除去した光を照射したイチゴ苗は葉柄長が短く、地下部の乾物重が重くなり、地上部と地下部の乾物重の比（以下、T/R 比）が低くなることを報告している。本試験で R/FR=2.03～2.33 の熱線吸収フィルムのクラウン径は 2015 年、2016 年ともに R/FR=1.25 の農 PO および R/FR=1.24 の農 PO+50%遮光黒寒冷紗と同等の 9mm 程度であり、乾物重は前述の通り熱線吸収フィルムが重くなった。このことから、熱線吸収フィルムは、R/FR 比が高く、光合成有効放射を透過するため、乾物重が増加したと考えられる。

次に、頂花房の花芽分化について、本試験で熱線吸収フィルムの頂花房の花芽分化は、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と同等だが、熱線吸収フィルムの頂花房頂花開花日および収穫開始日は農 PO+50%遮光黒寒冷紗よりも早進した。坂本ら¹¹⁾はイチゴの育苗期に R/FR 比を変化させた熱線遮断フィルムを被覆した苗は、黒寒冷紗の苗と比べて徒長せず、R/FR=2.0 の苗は R/FR=1.5 や黒寒冷紗の苗と比べて花芽分化が早くなることを報告している。このことから、熱線吸収フィルムは R/FR 比が高いため、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と同等かそれ以上の花芽分化早進効果があると考えられた。また、熱線吸収フィルムの花芽分化は、低温寡日照の 2015 年、高温多日照の 2016 年とも農 PO と比べて早く、高温で推移する年はよりその効果を発揮できるものと考えられる。

このことから、イチゴ「ゆめのか」の育苗期の熱線吸収フィルム被覆は、花芽分化を早進し、徒長していない大苗生産を可能にするといえる。

年内収量について、熱線吸収フィルムの定植日が農 PO と比べて 3日早進した 2015 年は 9%増加し、8日早進した 2016 年は

116%増加した。

以上のことから、熱線吸収フィルムの利用により、暗黒低温処理と普通促成作型の間を埋める冷蔵施設を使用しない普通促成作型の早進化が可能であると考えられた。

今後の課題としては、耐久性の加速試験

でその耐用年数は約 4.5 年と推察されたが、試験は無風条件で実施し、ハウス金具およびハウスバンドとの擦れを考慮していないため、実際に育苗ハウスに数年展張して、物理的、化学的な劣化を確認する必要がある。

5. 摘要

1) 熱線吸収フィルムは、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて、近赤外線透過率が低く、光合成有効放射の透過率および R/FR 比が高い。

2) 熱線吸収フィルムは農 PO および農ビに比べ硬くなりやすく、伸張性に優れ、また同等の強度を有し、その耐久性は約 4.5 年と推察される。

3) 12 ヶ月展張した熱線吸収フィルムは、汚れの蓄積により約 10~15%透過率が低下するが、汚れを拭取れば新品と同等の光透過率となり、その波長特性に変化はない。

4) 熱線吸収フィルムは、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて気温および培地温の昇

温を抑制する。

5) 熱線吸収フィルムは、農 PO+50%遮光黒寒冷紗と比べて徒長しづらい傾向にあり、地下部乾物重が増加する傾向にあるため、T/R 比が低い充実した苗になると考えられた。

6) 熱線吸収フィルムおよび農 PO+50%遮光黒寒冷紗は、農 PO に比べ頂花房の花芽分化を早進する効果があり、定植日が早くなるため年内収量が増加する。

7) 熱線吸収フィルムの利用により、暗黒低温処理作型と普通促成作型の中間的な作型が可能となる。

6. 引用文献

- 1) 番 喜宏, 矢部和則: イチゴ新品種「ゆめのか」の育成, 愛知農試報 37, 17-22 (2005)
- 2) D.C.Morgan, H.Smith: Linear relationship between phytochrome photoequilibrium and growth in plants under simulated natural radiation, Nature 262, 210-212 (1976)
- 3) 稲田勝美, 佐藤照美: イチゴの生育ならびに収量に及ぼす光質の影響 第 1 報 栄養成長について, 九農研 47, 220 (1985)
- 4) K Hidaka, K Dan, H Imamura, Y Miyoshi, T Takayama, K Sameshima, M Kitano, M Okimura: Effect of Supplemental Lighting from Different Light Sources on Growth and Yield of Strawberry, Environ. Control Biol., 51 (1), 41-47 (2013)
- 5) 前田 衡: イチゴ「ゆめのか」における年内収量増収に効果的な暗黒低温処理開始時期, ながさき普及技術情報 p34 (2014)
- 6) 森下昌三, 望月龍也, 野口裕司, 曾根一純, 山川 理: 促成栽培用イチゴ新品種「さちのか」の育成経過と特性, 野菜茶試験報 12, 91-115, 164-165 (1997)
- 7) 森下昌三: イチゴの基礎知識, 誠文堂新光社, 38-53 (2014)
- 8) 長崎県いちご部会, JA 全農ながさき: ビバ! 長崎県産ゆめのか栽培マニュアル, p24-25 (2016)

- 9) 野田和也, 前田 衡: 長崎県におけるイチゴ次期有望品種, ながさき普及技術情報, p32(2012)
- 10) 奥 幸一郎, 小賦幸一, 山崎麻衣子: イチゴ「あまおう」の育苗期における熱線吸収資材の被覆が苗質および頂花房の花芽分化に及ぼす影響, 福岡県農林業総合試験場研究報告, 16-22(2017)
- 11) 坂本豊房, 田尻一裕, 小野 誠: イチゴ「熊研い 548」の育苗期における熱線遮断フィルム被覆が花芽分化に及ぼす影響, 園学研 8 別 1, 392(2009)
- 12) 佐藤公洋, 北島伸之: イチゴ「あまおう」の普通促成栽培における黒寒冷紗を用いた花芽分化促進技術, 福岡農総試成果情報平成 17 年度(2005)

Summary

- 1) The near infrared (NIR) photon flux density of light filtered through heat-absorbing films higher than that of light filtered through black cheesecloth, and the photosynthetically active radiation (PAR) of light transmitted through heat-absorbing films higher than that of light transmitted through black cheesecloth, and the red/far-red (R/FR) ratio was also the same.
- 2) The heat-absorbing films remained soft, and have more stretch than vinyl films and polyolefin films for agriculture, and have the same strength when equivalent 4.5 years ultraviolet (UV) irradiation. So, we guessed the life of heat-absorbing films is 4.5 years.
- 3) Heat absorbing films covering on the seedling house in 12 months decreased a transmittance 10~15 percent, but returned as the same as fresh one by the wiping off dirt. And also the wavelength characteristic of the heat-absorbing films unchanged.
- 4) The temperature of air and culture medium under heat-absorbing films were lower than those of black cheesecloth.
- 5) The third leaf length of seedlings grown under heat-absorbing films was shorter than that did under the black cheesecloth. And the dry weight of seedlings under heat-absorbing films was greater than that did under the black cheesecloth.
- 6) Flower buds in the top bunch grown under heat-absorbing films and did under black cheesecloth differentiated earlier than that grown under polyolefin films for agriculture. Therefore, the yield by the end of the year of those was increase because planting day of those was earlier,
- 7) The culture of covering heat-absorbing films in nursery period will be an intermediate cropping type between a low-temperature-dark treatment and a forcing culture.