

遠赤色光透過抑制フィルムの被覆が夜間照明下の ハウレンソウの抽だいに及ぼす影響

高尾 保之

キーワード：夜間照明，遠赤色光透過抑制フィルム，抽だい，ハウレンソウ

緒 言

近年、環境の快適性に関する問題として「光害（ひかりがい）」が指摘され、環境庁は良好な光環境を実現するために1996年「光害対策ガイドライン」を作成し、照明のあり方や方法について周知を図ってきた。作物に対する光害については、イネ（川村，2000），ハウレンソウ（高尾，1998；2001），エダマメ（高尾，2004）について報告がある。また、生産現場での被害実態も報告されており、特に東京特別区ではハウレンソウの被害がきわめて多い（高尾，1996）。

著者はこれまでハウレンソウの夜間照明に関し、品種の選択（高尾，1998），栽培条件の改善（高尾，2001）について検討を行ってきた。品種の選択では5～6月播種において36品種の限界照度を推定し、秋まき栽培では品質などの点から晩抽性品種が使用できず、適品種の限界照度も3～4 lxと低いことを明らかにした。そして、栽培条件として密植や昼間の強遮光を避けることによって抽だいを軽減できることを示した。しかし、これらの対策は夜間の照度が数lxと低い場合に有効であるが、10lx以上の高い照度では抽だいが早く開始され効果が小さい。このため、夜間の光強度が高い場合に、抽だいを軽減させる方法を検討する必要がある。

一方、近年、施設栽培において園芸作物の生育制御を目的として、赤色光/遠赤色光量子束密度比（R/FR比）を変化させた被覆材が村上ら（1995）によって開発され、キャベツにおいて茎の伸長に対する効果が確認された（雀ら，1995）。また、トマト、キュウリ（浜本ら，1996），メロン（高市ら，1997）などの野菜苗やインパチェンスやマリーゴールドなどの鉢苗（須藤，1997）で検討が行われた。そして、いずれの報告においても、R/FR比が小さい資材を被覆すると、草丈や茎

の伸長が促進され、R/FR比が大きい資材を被覆すると抑制されることが示された。

特にR/FR比が大きい資材に関しては、セル成型苗や鉢苗の徒長防止、わい化剤を用いない鉢物の生産等への適用が期待されている。現在では、農業用ビニルフィルムやポリオレフィンフィルムに特殊な色素を添加して、より普及しやすい被覆資材が開発され、トマト、キュウリ、ナス（堀田・林，1998），キャベツ、ハクサイ（横山ら，2000），チンゲンサイ（林田ら，2001）のセル苗やポット苗で有効性が確認されている。

本試験は遠赤色光透過抑制フィルムが茎の伸長を抑制させることに着目し、その効果を夜間照明のハウレンソウにおける花茎伸長の抑制に利用し、抽だいの軽減対策につなげることを目的に実施した。

材料および方法

1. 遠赤色光透過抑制フィルムの被覆が抽だいに及ぼす影響（試験1）

1998年5月6日に「アクティブ」を条間15cmに条まきし、発芽後株間4cmに間引いた。栽培は間口2.7m、奥行き10mの2棟のハウスで行い、R/FR比（600～700nm/700～800nm：透過率比）が2.28のフィルムであるYLM-1〔図1：透過特性は三井化学（株）の測定〕とこれと同程度の光合成有効量子束密度（PPFD）を有する農ビ（0.075mm）+寒冷紗（#200）をそれぞれ雨よけ状に被覆した。なお、資材の太陽光透過率（光合成有効放射）はYLM-1が71.7%，農ビ+寒冷紗が72.2%であった。また、各ハウス内の温度条件を同一にするために、ハウスのサイドは開放した。栽培期間中のハウス内の日最高気温の平均はYLM-1区が27.6℃，農ビ+寒冷紗区が27.1℃，平均気温はそれぞれ21.8℃，21.5℃とほぼ同程度であった。夜間照

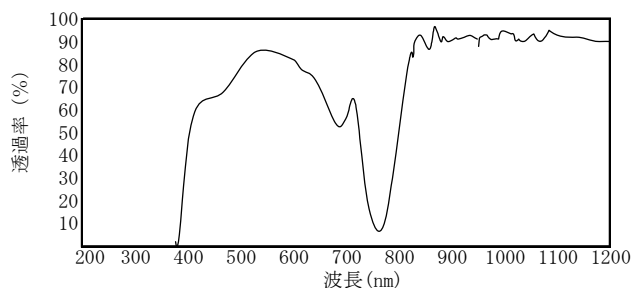


図1 遠赤色光透過抑制フィルム (YLM-1) の光透過特性

明は供試ハウス間の北側、高さ3mの位置に蛍光水銀ランプ (HF80W・X:三菱電機製) を設置し、発芽揃の5月14日から収穫期の6月4日まで、18:30から翌朝の5:00まで終夜行った。供試ハウスは南北棟で妻面も供試資材で被覆したので、植物が受光した光は供試資材を透過した光である。施肥量はN, P₂O₅, K₂Oをaあたり1.5kgとした。調査はハウス内の夜間の光強度 (ベッド上8cm) を測定し、PPFDの法線値が0.12, 0.08, 0.04, 0.01 μmol・m⁻²・s⁻¹の地点の株について行った。花芽分化の観察は、播種後13日および24日に夜間の光強度が0.12 μmol・m⁻²・s⁻¹ (10.5~11.7lx) と0.04 μmol・m⁻²・s⁻¹ (3.1~3.8 lx) の地点から8株ずつ採取し、江口・市川 (1940) の指標にもとづき実態顕微鏡下で行った。また、各地点の抽だい株数を定期的に数えるとともに播種後29日に花茎長および可販株数を調査した。なお、可販株は花茎長5cm未満で、花蕾がみえないものとした。

2. 遠赤色光透過抑制フィルムの光源への被覆と抽だい (試験2)

光源に遠赤色光透過抑制フィルムを被覆して、夜間の光質変化に対する抽だいへの影響を検討した。

1998年5月16日に‘アクティブ’をプランター (64×38×23cm) に条播 (条間12cm) し、6月2日、株間

4cmに間引いた。供試用土は赤土、腐葉土、ピートモスを7:2:1の割合で混合し、肥料 (8-8-8) を1.2g/lを施用して作成した。試験はYLM-1とこれと近い透過率を示す寒冷紗 (F-1000) 2枚 (69.5%) 区を設定し、各資材をそれぞれ蛍光水銀ランプ (HF40W・X:三菱電機製) に被覆して行った。被覆方法は針金で立方体の枠を作り、5面を各資材で覆い、覆わない1面を光源に装着した。プランターはランプ直下に置いた。なお、各処理区におけるプランターの上面のPPFDが0.15~0.16 μmol・m⁻²・s⁻¹となるようにランプの高さを調節した。照明は発芽後の5月23日から開始し、日の入りの時刻である18:30から23:00まで4時間30分行った。調査は播種後17日に実態顕微鏡下で花芽形成を観察し、播種後24, 28日に抽だいについて、31日に花茎長について行った。

結果および考察

1. 遠赤色光透過抑制フィルムの被覆が抽だいに及ぼす影響

播種13日後の花芽の形成程度は農ビ+寒冷紗区の0.12 μmol・m⁻²・s⁻¹の株で花芽分化が認められたが、その他の調査地点ではほとんどが未分化であった。播種後24日では調査した8株の全株が花芽分化期に達していたが、YLM-1区の0.04 μmol・m⁻²・s⁻¹では5株が未分化、2株が分化初期であった。被覆資材による花芽形成への影響としては、夜間の光強度に関わらず、YLM-1区は農ビ+寒冷紗区より花芽の形成が遅れた。また、花芽分化した個体の展開葉数と未展開葉数の和である総葉数を調査した結果、花芽分化時の総葉数も夜間の光強度に関わらずYLM-1区で多かった。このことから、遠赤色光の減少は花成を抑制させる作用があると考えられた (表1)。

表1 夜間照明下での遠赤色光透過抑制フィルムの被覆と花芽形成

夜間の光強度 ^a	被覆資材	花芽形成の程度 ^c		分化時総葉数
		13日 ^b	24日	
0.12	YLM-1	××××××△△	○○○○◎◎◎◎	18.0
	農ビ+寒冷紗	△○○○○◎◎	◎ I I I I I I I I	14.5
0.04	YLM-1	××××××××	×××××△△○	24.0
	農ビ+寒冷紗	××××××××	△○○○○◎◎◎	18.4

a) PPFD (μmol・m⁻²・s⁻¹) の法線値

b) 播種後日数

c) ×: 未分化 △: 分化初期 ○: 花房分化期 ◎: 花房形成期 I: 花芽突起形成 II: 花被・葯・子房形成

R/FR比と花成に関しては、山崎ら（1999, 2000）がハクサイ、ダイコン、ホウレンソウ、レタス、シュンギク、カイランで検討しており、遠赤色光透過抑制フィルム下ではダイコンなどの短日植物やレタスなどの長日植物で花芽分化や出蕾が遅れ、遠赤色光が花成に促進的な作用をもつと報告している。一方、ホウレンソウについては、出蕾は早まり、ダイコンなどと逆の反応を示すとしている。さらに、短日植物のキク（吉村・金浜, 2000）では遠赤色光透過抑制フィルムの被覆で開花までの日数が短縮し、長日条件で開花が促進するストック（吉村・金浜, 2001）では長くなるとの報告もあり、遠赤色光透過抑制フィルムによる花成や開花反応と作物の日長感性との間には一定の傾向がみられない。そのため、花成に対する遠赤色光の影響は植物種によって異なることが考えられる。本試験においては山崎ら（1999）の結果と異なっており、同一種でも逆の結果が得られる場合があり、さらに多くの調査事例が必要である。

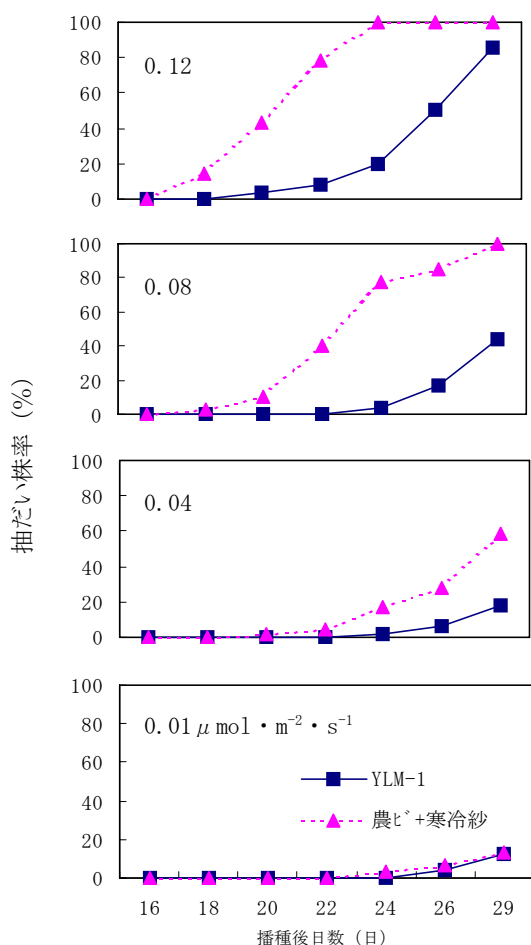


図2 夜間照明下における遠赤色光透過抑制フィルムの被覆と抽だいの株率
(グラフ内の数字は照明下の光強度を示す)

次いで、抽だいは被覆資材にかかわらず、夜間の光強度が大きいほど早く開始された。資材間では夜間の光強度が小さい $0.01\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で抽だいの株率の差異はなかったが、光強度が大きくなるに従い、同一調査日の抽だいの株率の差は拡大し、農ビ+寒冷紗区で抽だいの株率は高く、YLM-1区では低くなった(図2)。また、花茎の伸長については $0.01\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ では処理間で差はなかったが、光強度が高くなるほど差がみられ、YLM-1区の $0.12\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ では花茎の減少が顕著であった(図3)。

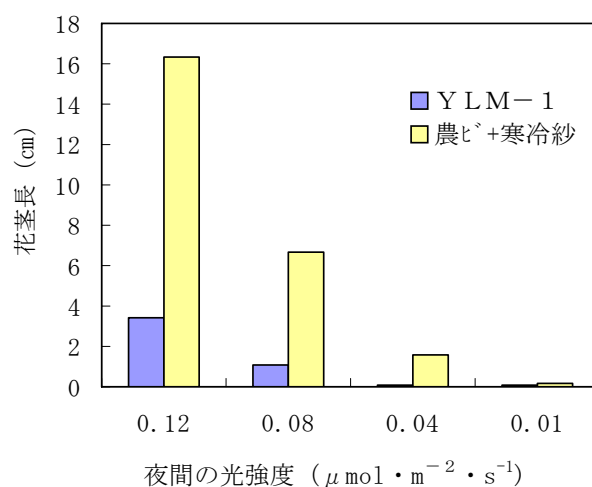


図3 夜間照明下における遠赤色光透過抑制フィルムの被覆と花茎長(播種後29日)

夜間照明では一般に光強度と抽だいが密接に関係し、光強度が大きいほど花茎は伸長する。YLM-1区において夜間の光強度が $0.12\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と高い条件下で抽だいの抑制効果が高かったことは、遠赤色光透過抑制フィルムにおいて花芽分化が遅れたことが大きく、さらに、花茎の伸長も抑制されたからである。

村上ら（1992）は茎の伸長に関し、700~800nm付近の遠赤色光の働きを指摘し、遠赤色光の付加照射によってR/FRが変わり、それによってフィトクロームの光平衡が変化して茎、葉脈などの伸長速度が増大し、その結果、茎長、節間長などが増加するとしている。本試験における遠赤色光の透過抑制はその逆の反応を示したと考えられる。

YLM-1の被覆によって花茎長が減少した結果、YLM-1区の可販株率は農ビ+寒冷紗区より大幅に増加し、農ビ+寒冷紗区では可販株がなかった $0.12\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下においても、85.7%の可販株率が得ら

れた (表2)。YLM-1区では葉柄長がやや短く、収穫時期が数日遅れるものの葉色も濃くなり品質的にも問題はなかった。このことから、長日期における遠赤色光透過抑制フィルムの被覆は光強度が比較的高い夜間照明下での抽だいの軽減対策として有効であると考えられる。なお、低温短日期の被覆では生育の遅延が課題となるので、今後、その点を踏まえた検討が必要である。

表2 夜間照明下における遠赤色光透過抑制フィルムの被覆と可販株率 (播種後29日)

資材	夜間の光強度 ^a	可販株率 (%) ^b
YLM-1	0.12	86
	0.08	100
	0.04	100
	0.01	100
農ビ+寒冷紗	0.12	0
	0.08	47
	0.04	100
	0.01	100

a) PPFD ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

b) 花茎長 5 cm未満を可販株とした

2. 遠赤色光透過抑制フィルムの光源への被覆と抽だい

試験1では夜間照明下において遠赤色光透過抑制フィルムYLM-1を終日被覆して栽培を行ったが、この場合、ハウレンソウは夜間だけでなく、昼間、遠赤色光の透過が抑制された光を受け生長する。そのため、抽だいへの影響が長日処理時の光質変化によるものか、昼間の光質変化によるものかの判断を下せない。そこで、長日処理時の光質変化によるかどうかを明らかにするため、光源にYLM-1および寒冷紗を被覆して検討した。

播種17日後の花芽の形成程度は花芽分化期から花芽突起形成期であったが、処理間において大きな差はみられなかった (表3)。抽だい株率については、播種後24日および26日において処理間で有意な差がみられなかった。また、花茎長についても同様で有意差はなかった (表4)。

日長を延長する場合の光質の影響としては、山田ら (1979) が赤色光でハウレンソウの生育や抽だいが増加したとしており、高尾 (1995) も4種の色蛍光ランプで検討し、赤色光で抽だいが促進することを確認し

表3 遠赤色光透過抑制フィルムの光源への被覆と花芽の形成程度

光源を被覆した資材	花芽形成の程度 ^a
YLM-1	○○○○○◎◎◎◎◎ I
寒冷紗2枚	○○○○○○○○◎◎ I I

a) ○: 花芽分化期, ◎: 花房形成期, I: 花芽突起形成期。播種後17日

表4 遠赤色光透過抑制フィルムの光源への被覆と抽だい

光源に被覆した資材	抽だい株率 (%)		花茎長 ^b (cm)
	24日 ^a	28日	
YLM-1	18.2	96.0	14.2
寒冷紗2枚	12.0	89.2	12.9
t-test	NS	NS	NS

a) 播種後日数

b) 播種後31日

ている。また、遠赤色光の照明は無照明と比べて抽だいが促進するとの報告 (山田ら, 1979; 小菅ら, 1980) があり、遠赤色光による日長延長は長日効果をもたらすと考えられる。本試験ではYLM-1区と寒冷紗2枚区の透過光のPPFDを揃えているものの、赤色光や遠赤色光の量を測定していない。しかし、YLM-1の赤色光域 (600~700nm) の透過率は53~87%で、寒冷紗区の平均透過率は69.5%であり、処理間の赤色光の差異は小さいと推測される。遠赤色光については、赤色光に比べ長日の効果が小さい (山田ら, 1979; 小菅ら, 1980) ので抽だいに對する影響は小さいとみられる。そのため、処理間において花芽分化時期や抽だい株率などに差がなかったと考えられる。

以上の結果から、試験1において遠赤色光透過抑制フィルムの被覆により抽だいが抑制された原因は主に昼間の光質変化、主として遠赤色光の減少によると考えられた。また、夜間照明によるハウレンソウの抽だいは夜間の光質 (高尾, 1995) だけではなく、昼間の光質も影響を及ぼしていることが明らかとなった。

摘 要

夜間照明下のハウレンソウにおいて、遠赤色光透過抑制フィルム (YLM-1) の被覆が抽だいに及ぼす影響を検討した。

1. 夜間の光強度に関わらず、YLM-1区は農ビ+寒冷紗区に比べ花芽の形成が遅れ、抽だいの開始も遅かった。花茎長については夜間の光強度が $0.01 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ では差はなかったが、光強度が高くなるほどYLM-1区で顕著に抑制された。
2. YLM-1の被覆によって $0.12 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の高い光強度下においても85.7%の可販株率が得られた。夜間照明下において遠赤色光透過抑制フィルムの被覆は光強度が比較的大きい場合の抽だいの軽減対策として有効であると考えられる。
3. 光源にYLM-1を被覆した区と対照区の寒冷紗2枚(F-1000)被覆区との間に抽だい発生についての差異はなかった。このことから、昼間の遠赤色光の減少は抽だいに影響することが明らかとなった。

引用文献

- 雀 海信・村上克介・清田 信・相賀一郎 (1995) 自然光の赤色光/遠赤色光光量子束比を変化させる植物成長制御用被覆材の開発(2). ヒマワリおよびキャベツ実生の伸長および成長におよぼす影響. 生物環境調節. 33(1): 37-42.
- 江口庸雄・市川秀雄 (1940) 蒔蘿草の花芽分化と抽台に関する研究. 園学雑. 11: 13-56.
- 浜本 浩・宍戸良洋・藤井明彦 (1996) 野菜の形態形成に関する研究. (第5報)赤色光/遠赤色光比と野菜苗の生育との関係. 園学雑65(別1): 334-335.
- 林田達也・芝戸靖志・浜地勇次・大和陽一・山崎博子・三浦周行 (2001) 赤色光/遠赤色光比の異なる光環境が高温条件下で生育するチンゲンサイ成型苗の伸長に及ぼす影響. 園学雑. 70(6): 774-776.
- 堀田行敏・林 悟朗 (1998) 赤色光/遠赤色光比を調節したフィルム被覆下でのトマト, キュウリ, ナスの生育反応. 愛知農総試研報. 30: 115-120.
- 川村和史 (2000) 水銀灯による夜間照明が水稻の生育, 収量に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報. 1: 103-110.
- 小菅悦男・稲田勝美・岩見直明 (1980) ホウレンソウとタカナの抽だいに及ぼす終夜照明光質の影響. 園学要旨. 昭55秋: 148-149.
- 村上克介・洞口公俊・柴田治男・相賀一郎 (1992) 植物栽培用人工光源の開発に関する考察. 生物環境調節30(4): 135-141.
- 村上克介・中村 立・児玉邦雄・雀 海信・清田 信・相賀一郎 (1995) 自然光の赤色光/遠赤色光光量子束比を変化させる植物成長制御用被覆材の開発(1). 被覆材の開発. 生物環境調節. 33(1): 31-36.
- 須藤憲一 (1997) 光質制御フィルムによる花きセル成型苗の徒長防止. 施設と園芸. 97: 15-19.
- 高市益行・島地英夫・東出忠桐・竹村康男・村上克介 (1997) 被覆資材による自然光の赤色光/遠赤色光比の変化がメロン苗の生育に及ぼす影響. 園学雑 66(別1): 296-297.
- 高尾保之 (1995) ホウレンソウの夜間照明に関する研究(第3報)光質が抽台, 生育に及ぼす影響. 園学雑. 64(別1): 386-387.
- 高尾保之 (1996) 東京特別区の農業における生産環境について. 東京農試研報. 26: 87-97.
- 高尾保之 (1998) ホウレンソウの生育および抽だいに及ぼす夜間照明の影響と品種の限界照度. 園学雑. 67(5): 778-784.
- 高尾保之 (2001) 夜間照明下で生育したホウレンソウの抽だいに及ぼす遮光, 株間, 窒素量の影響. 東京農試研報. 30: 17-22.
- 高尾保之 (2004) 夜間照明がエダマメの生育, 開花, 着莢に及ぼす影響. 東京農試研報. 32: 31-39.
- 山田英一・中村 浩・土田政行 (1979) 赤色光と遠赤色光の照射がホウレンソウの花成に及ぼす影響. 野菜試栽培部年報. 6: 102-105.
- 山崎博子・大井 龍・濱野 恵・大和陽一・三浦周行 (1999) 赤色光/遠赤色光比がハクサイ, ダイコンおよびホウレンソウの花成に及ぼす影響. 園学雑 68(別1): 101.
- 山崎博子・濱野 恵・大和陽一・三浦周行 (2000) R/FR比が長日性野菜レタス, カイランおよびシュンギクの花成に及ぼす影響. 平成11年度野菜・茶試生理生態部年報. 72-73.
- 横山和人・軽部 潔・松岡瑞樹・大井 龍・福田直也 (2000) 遠赤色光遮断フィルムがプラグ育苗時の数種野菜苗質に及ぼす影響. 筑波大農林研報. 13: 23-34.
- 吉村正久・金浜耕基 (2000) 赤色光/遠赤色光光量子束比が切り花品質に及ぼす影響. 園学雑69(別1): 136.

吉村正久・金浜耕基 (2001) 赤色光/遠赤色光量子束 園学雑70 (別1) : 145.
比がストックの開花と切り花品質に及ぼす影響.

Summary

Yasuyuki Takao(2006) : Effect of the Film Inhibiting Far-red Light on Bolting of Spinach Plants Grown under Night Lighting

Key words : night lighting, film inhibiting far-red light, bolting, spinach

The effect of the film(YLM-1;R:FR=2.28) inhibiting far-red light on the bolting was studied in spinach plants grown under night lighting.

1. The flower-bud formations of the plants grown under YLM-1 covered greenhouse were later than those under polyvinyl chloride film and cheesecloth covered greenhouse in each night lighting intensity. There was not difference in length of flower stalk of two treatments at low light intensity ($0.01 \mu \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). But elongation of flower stalk was inhibited remarkably in high intensity ($0.12 \mu \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

2. Percentage of marketable plants was 85.7% in high intensity ($0.12 \mu \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of YLM-1 treatment in spite of 0% in control. The film inhibiting far-red light was effective to reduce bolting of spinach plants under high intensity of night lighting.

3. Effect of bolting was investigated in spinach plants illuminated by a mercury vapor lamp with wire frames, which were covered on their side and bottom with YLM-1 or two cheeseclothes as control. Both treatments did not differ in length of flower stalk and percentage of bolting. This shows that a cause of inhibiting bolting in YLM-1 was decrease of far-red light in the daytime.