

夜間照明の光質並びに消灯時刻がホウレンソウの 抽だいに及ぼす影響

高尾 保之

キーワード：夜間照明，光質，消灯時刻，抽だい，ホウレンソウ

緒 言

近年，街路灯など夜間の照明によってホウレンソウが抽だいにし，出荷ができなくなる問題が生じている。著者が夜間照明に関し，特別区の生産者にアンケート調査をしたところ，回答者の1/3が問題であると答えている（1996，高尾）。

著者はこれまでホウレンソウの夜間照明に関する対策として，品種による被害回避を図る目的から，5～6月期において高い照度下でも栽培可能な品種を検索するとともに，各品種の限界照度を推定した（高尾，1998）。また，栽培管理上での改善策を検討し，密植や強い遮光は抽だいが促進するので，夜間照明下では粗植とし，夏期の強遮光を避けることを示した（高尾，2001）。

一方，夜間照明による被害は光源から放射される光によっておこることから，光源への対策が最も効果的で重要である。夜間の光強度が大きいほど抽だいが促進されるので，対策の1つとして光源に使用するランプの消費電力を減らし，圃場に入る光を減少させる方が考えられる。また，ホウレンソウは長日植物であり，抽だいの程度が昼間の長さに関係しているので，夜間照明の照明時間を制御することによって抽だいを軽減させることが期待できる。さらに，抽だいに對し光質が影響することを山田ら（1979），石井ら（2001），山崎ら（2003）が報告している。一般に夜間照明に使用されるランプは蛍光水銀ランプや蛍光灯などであるが，それぞれの波長スペクトルが異なり，抽だいの程度にも差異があると考えられる。

このように，光源の使用方法やランプの特性によっては抽だいの軽減に結び付く可能性があると考えられるので，夜間照明下における光質並びに消灯時刻が抽だいに及ぼす影響を検討した。

材料および方法

1. 光質が抽だいに及ぼす影響（試験1）

1994年8月30日，‘アクティブ’をプランター（64×38×23cm）に条間10cm，株間4cmで播種した。供試用土は赤土，ピートモス，腐葉土を7:2:1の割合で混合し，化成肥料（8-8-8）を1.2g/ℓ，過リン酸石灰を1.2g/ℓ施用して作成した。試験は地上から3mの位置に蛍光ランプSP（赤色光），SB（青色光），FL40SG（緑色光），FLR40S-N/M（白色光）の4種を設置した。各ランプは互いに光の影響がない位置に配置し，ランプ直下にプランターを3つ置いた。なお，各プランターはプランター上面の光合成有効光量子束密度（PPFD）が $1.0 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるように，高さを調節した架台の上に置いた。照明時間は日の入りの時間に近い18時00分から23時までの5時間とした。播種後18日に各処理区より8株採取し，江口ら（1940）の指標のもとに花芽の形成程度を実体顕微鏡で観察した。また，播種18日後に抽だい株数を，播種24日後に抽だい株数および花莖長を調査した。

2. 白色光ランプが抽だいに及ぼす影響（試験2）

1995年9月9日，プランター（64×38×23cm）に条間12cm，株間5cmで播種した。品種および用土は試験1と同様である。供試ランプは蛍光ランプ（FLR40S-N/M），蛍光水銀ランプ（HF100X・W），水銀ランプ（H100），白熱電球（95N）で，互いに光の影響がない位置に配置した。各ランプは試験1と同様にランプ直下のプランター上面のPPFDが $0.83 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるように高さを変えて設置した。プランターの上面を測定したところ，各区の最小のPPFDは $0.60 \sim 0.78 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，最大は $0.83 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ でほぼ同等な光環境であった。また，照明時間

はほぼ日の入りの時間である17時40分から23時までの5時間20分とした。播種後39日後に各処理区の生育および花茎長を測定した。

3. 照明の消灯時刻が抽だいに及ぼす影響 (試験3)

1996年5月15日に‘アクティブ’をプランター(64×38×23cm)に条播(条間12cm)し、5月29日に株間4cmに間引いた。供試用土は試験1と同様である。照明方法は蛍光水銀ランプ(HF40X・W)を地上1.8mに設置した木枠を5つ作り、それぞれの光源直下から1.0m, 2.5m, 4m, 6.5mの位置にプランターを3個ずつ置いた。各木枠と各地点のプランターは夜間点灯時にそれぞれが影響しないように配置した。処理は5組の光源とプランターを用い、日の入り時刻に近い18時40分から照明を開始し、消灯時刻を21時, 23時, 1時, 3時, 4時30分(ほぼ日の出時刻)とした。配置したプランターの夜間の光強度は表1のとおりで、光源から最も近いプランターの中央部上面のPPFD法線値は $0.24 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で、最も遠いものは $0.03 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。

表1 試験区の光環境

光源からの距離 (m) ^a	PPFD法線値 ^b ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
1.0	0.24
2.5	0.14
4.0	0.07
6.5	0.03

a) ランプ直下からの距離
b) 光源に対する法線値

結果および考察

1. 光質が抽だいに及ぼす影響

花芽の形成程度は赤色光や白色光で進み、青色光で遅れる傾向がみられた。分化時の総葉数は赤色光で最も少なく、青色光が多かった(表2)。また、抽だい株率も赤色光と緑色光が高く、青色光で低かった(表3)。収穫時の花茎長は赤色光が最も長く、青色光で短くなった(図1)。これらのことから、日長延長での花成に対する光質の影響は赤色光で花芽分化や抽だいが進み、青色光で遅れることが明らかとなった。ハウレンソウ

表2 夜間照明における光質とハウレンソウの花芽形成^a

光質	花芽の形成程度 ^b	分化時総葉数
白色光	○○○○○○○○◎	14.8
赤色光	○○○○○○◎◎◎	13.8
青色光	△△△△△○○○	17.8
緑色光	△△△○○○○◎	14.2
無照明	×△△△△△△△	(23.4) ^c

a) 8/30播種, 品種:アクティブ, 光強度: $1.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. 日没から23:00まで照明
b) ×未分化, △分化初期, ○花房分化期, ◎花房形成期, 9月17日調査
c) 9月26日の時点でも花芽分化みられず. その時の総葉数

表3 光質と抽だい株率

光質	播種後日数	
	18日	24日
白色光	6.1%	74.4%
赤色光	10.8	84.9
青色光	0.5	41.9
緑色光	9.6	84.1
無照明	0	0

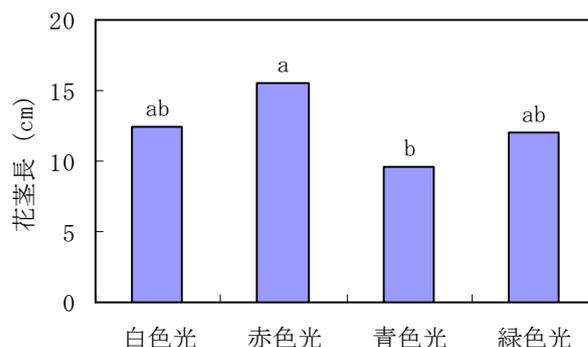


図1 光質が花茎長に及ぼす影響
(異なるアルファベットはダンカンの多重検定5%で有意差あることを示す)

の花成と光質の関係については、山田ら(1979)が赤色光と遠赤色光の蛍光灯を用い、日長延長で抽だいの影響を検討し、赤色光で抽だいが促進したとしている。また、明期での検討では石井ら(2001)が赤色光で抽だいが促進し、青色光で抑制することを、山崎ら(2003)は赤色光や白色光では抽だいが早くから発生し、青色光や緑色光にくらべ抽だい長も有意に長かつ

たことを報告している。このように、ホウレンソウにおいては赤色光は花成を促進し、青色光で抑制することは明らかであり、夜間照明に対する対策としては赤色光域のスペクトルが少ないランプの使用が求められる。また、白色光にくらべ青色光で抽だいが抑制されたことから、照明用ランプとしては青色ランプの使用が望まれるが、青色蛍光ランプは白色蛍光ランプと比べ同一の消費電力では光強度が小さく、実用的には消費電力自体を増加させる必要がある。さらに、防犯灯の場合、その役割からみて青い光は視覚的に適当ではないので、青色光ランプの使用には問題があると考えられる。

2. 白色光ランプが抽だいに及ぼす影響

播種後39日の花茎長は白熱電球が最も大きく、水銀

ランプで最も少なかった(表4)。白熱電球は放射のピークが1 μm 付近にあり、可視部では短波長になるに従いエネルギーが低下する。そのため、可視光では赤色光域が多いのが特徴である。白熱電球で花茎長の伸長が進んだ要因としては試験1の結果から、赤色光域のスペクトルが多いことが考えられる。また、水銀ランプでは蛍光水銀ランプに比べ赤色光部の放射がほとんどなく(稲田, 1984)、水銀ランプにおける花茎長の減少はこの波長特性によると推察される。各ランプに対する生育については、草丈や株重で有意差はなかったものの、最大葉の葉面積では有意な差が認められ、白熱電球および蛍光ランプでは葉面積は減少した。夜間照明の場合、抽だいが進むほど最大葉の葉面積が小さくなるので(高尾, 1998)、花茎長の伸長したランプほど葉の小形化が進んだと考えられる。

表4 白色光ランプによる夜間照明が生育、抽だいに及ぼす影響

ランプの種類	草丈 (cm)	株重 (g)	葉数 (枚)	最大葉面積 (cm^2)	花茎長 (cm)
蛍光水銀ランプ	16.9	5.2	19.3	10.7a	14.1bc
水銀ランプ	16.3	5.9	19.4	12.3a	13.1c
白熱電球	17.5	3.7	21.2	6.5b	15.7a
蛍光ランプ	16.9	5.0	20.7	7.4b	15.1ab
	NS	NS	NS	*	*

注) 異なるアルファベットはダンカンの多重検定(0.05)で有意差あり

3. 照明の消灯時刻が抽だいに及ぼす影響

消灯時刻が21:00では夜間の光強度による花茎長の差異はなかったが、消灯時刻が遅れるほど花茎長は増加し、光源から近く光強度が大きいほど顕著であった(図2)。石井ら(2001)はホウレンソウにおいて蛍光灯を用い10, 12, 14時間日長で栽培したところ、日長が長いほど抽だいが長いことを報告しており、日長の長さが抽だいに影響することは本試験の結果からも明らかである。また、光強度が $0.03 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 地点では消灯時刻による花茎長の差異は認められなかったことから、花茎長に対する長日の作用は夜間の光強度によって影響し、光強度が大きいほど顕著で、光強度が小さいと長日効果は小さくなると考えられた。

$0.03 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の地点での可販株率は消灯時刻に関わらず80%以上であった。しかし、光源に近くなるほど、そして消灯時刻が遅くなるほど可販株率は低

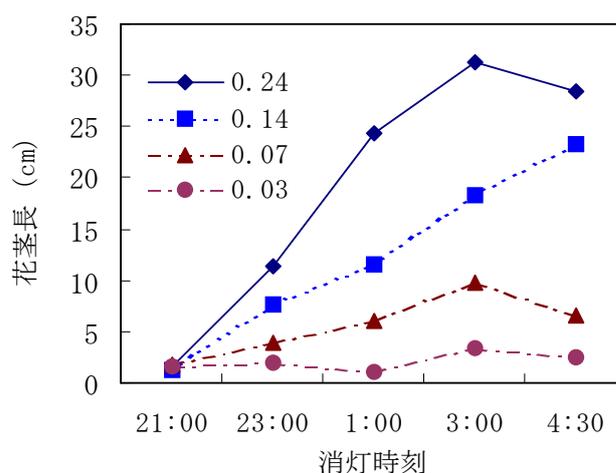


図2 ホウレンソウの夜間照明における消灯時刻と花茎長 (◆■▲●はPPFD法線値, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

下した(図3)。4地点の可販株の合計をもとに終夜の照明(4:30消灯)に対する可販株の相対値を算出し

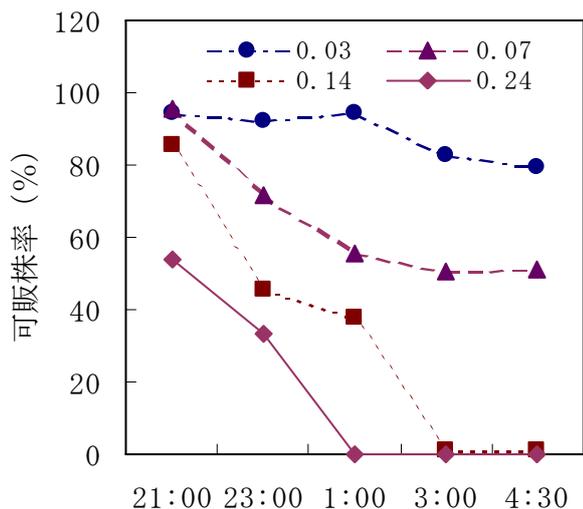


図3 照明の消灯時刻と可販株率
(◆■▲●は夜間のPPFD法線値. $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

て、消灯時刻による軽減効果を比較した。消灯時刻が早いほど可販株の相対値は増加し、23:00時消灯では終夜照明に比べ2倍以上の可販株が得られた。

(図4) このことから、夜間照明による被害軽減にはタイマーによる消灯が有効と考えられた。

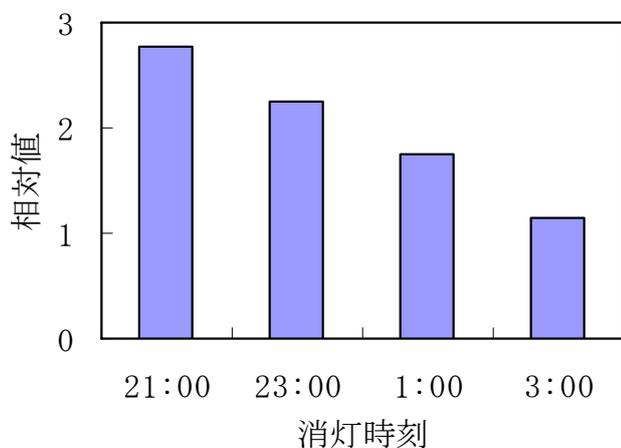


図4 終夜照明に対する可販株率の相対値
(4つの地点の合計値をもとに算出)

摘 要

夜間照明におけるランプの光質および消灯時刻がホ

ウレンソウの抽だいに及ぼす影響を検討した。

1. 4つの色蛍光ランプを用い5時間の日長延長をしたところ、赤色光では花芽の形成や抽だいが促進され、青色光では抑制された。
2. 白熱電球、蛍光ランプ、蛍光水銀ランプ、水銀ランプを用いて、抽だいの影響を検討したところ、播種後39日の花茎長は白熱電球で最も長く、水銀ランプで最も短かった。
3. 光源の消灯時刻が早いほど花茎長は減少し、夜間の光強度が高いほど顕著であった。23時の消灯によって終夜照明に対し2倍以上の可販株が得られ、タイマーによる消灯は夜間照明の被害軽減に有効であった。

引用文献

- 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.
- 稲田勝美 (1984) 人工光と植物の生育. 光と植物生育. 236-307. 養賢堂. 東京.
- 石井征亜・田中初奈・山崎敬亮・禿 泰雄 (2001) 長日植物 (ホウレンソウ) の花芽形成に人工光の光質が及ぼす影響. 園学雑. 70別1 : 280.
- 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.
- 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.
- 山崎敬亮・石井征亜・杉本善彦 (2003) 光質がホウレンソウの生殖生長に及ぼす影響. 園学雑. 72別2 : 175.

Summary

Yasuyuki Takao(2006) : Effect of Light Quality and the Time for Putting out Lights on Bolting in Spinach Plants Grown under Night Lighting

Key words : night lighting, light quality, time for putting out lights, bolting, spinach

Effects of light quality and the time for putting out lights on bolting were investigated in spinach plants grown under night lighting.

1 . The spinach plants were grown for four hours thirty minutes after sunset under four color fluorescent lamps(red, blue, white, green) . Flower-bud formation and bolting were accelerate by red-light treatment and delayed by blue-light treatment.

2 . Spinach plants were illuminated with incandescent lamp, fluorescent lamp and two kinds of mercury vapor lamps at night for 39 days. In result length of flower stalks increase in incandescent lamp treatment and decrease in mercury vapor lamps.

3 . The more time for putting out lights was early , the more flower stalks decreased. Specially in high light intensity degrees of decrease were large. When it was put out light at 23:00, marketable plants were got double more than lighting of all night. Shortening of lighting time by putting out light with timer switch was effective to reduce the percentage of bolting plants by night lighting

