

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

高尾保之

緒 言

ホウレンソウにおいて花芽分化後の抽だいは長日、温暖条件で促進される（香川、1974）。街路灯などの光源が栽培場に隣接していると、播種後の早い時期に抽だいが開始し、上物収量が低下する（高尾、1993）。そこで、著者（高尾、1998）は、上物ホウレンソウを生産できる最小の照度を推定したところ、丸葉の‘トニック’や‘サザンクロス’では13lxであったのに対して、栽培面積が多く市場評価の高い‘アクティブ’の限界照度は3 lxと低かった。そのため、抽だいの軽減には品種の選定だけでなく、他の方策を検討する必要がある。

ホウレンソウの抽だいは日長、温度以外の栽培条件によっても差異がみられる。小坂・植村（1984）および成松（1996）は密植で抽だいが増加することを、香川（1964）はN肥の多少が花芽の分化、発育に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。

そこで、本実験では昼間の遮光、株間および窒素施用量を異にした条件下で、夜間照明がホウレンソウの抽だいに及ぼす影響を明らかにし、夜間照明下で栽培されたホウレンソウの抽だい軽減方法を検討した。

材 料 及 び 方 法

試験1. 昼間の遮光が抽だいに及ぼす影響

ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) ‘アクティブ’を1992年6月1日に条間15cmで条まきし、ガラス室内（換気温度22°C）で生育させた。元肥としてN、P₂O₅、K₂Oの各成分を1.4kg/a施用し、6月10日には株間4cmに間引いた。

発芽揃い後から昼間の遮光と夜間照明を組み合わせた4区の処理を行った。昼間の遮光はトンネル状に午前8時から午後5時まで寒冷紗(300N)を2枚被覆(遮光率42%)して行った。また、高温の影響を避けるため、トンネルの両側を20cmあけた。夜間照明は日の入り、日の出に合わせて18時55分から翌朝4時25分まで行った。蛍光水銀ランプ（三菱電機HF80W・X）1個を高

さ150cmに設置して、地面から約8cm上空の法線照度が3 lxおよび10~14 lxの位置にあった株を低照度区と高照度区とした。播種12、17、22、28、36日後に抽だいを調査し、36日後に採取して花茎長、乾物重、出蕾株率を調査した。

なお、花芽の観察は所定の期日に8株を採取し、前報（高尾、1998）と同様に実体顕微鏡下で観察し、ステージI（未分化期）、ステージII（分化初期）、ステージIII（花芽突起形成期）に区分して記録した。草丈が23~25cmで、花茎長が5cm未満のものを可販株とし、可販株率を算出した。

試験2. 株間が抽だいに及ぼす影響

‘アクティブ’を1993年8月12日、ガラス室内（換気温度22°C）に条間15cmで条まきした。肥料は全量元肥でN、P₂O₅、K₂Oを各1.6kg/a施用し、間引きを9月1日に行った。

処理区は低照度(1 lx: 0.01~0.02 μmol·m⁻²·s⁻¹)、および高照度(6~7 lx: 0.07~0.0902 μmol·m⁻²·s⁻¹)の夜間照明と株間(2、4、8および12cm)を組み合せて8区を設けた。夜間照明は8月19日より試験1と同様に行なったが、ランプは蛍光水銀ランプ（三菱電機HF40W・X）を用い、照明時間は日の入り、日の出に合わせて8月19日から9月12日までは18時30分から5時までとし、その後は17時50分から5時20分までとした。播種後45日目に各区の抽だい株率、花茎長、葉面積等を調査した。

試験3. 窒素量が抽だいに及ぼす影響

1997年5月1日に‘アクティブ’をガラス室内のプランター(15×19×58cm)に条間10cm、株間5cmで3~4粒点播し、5月12日に1本を間引いた。赤土、腐葉土、ピートモスの7:2:1の混合土にP₂O₅、K₂Oを7.8g/100lずつと各種の量のNを加えた。標準N量を7.8g/100lとし、その1/2、1/4倍量を加えた区とNを加えない区を設けた。反復は3とした。夜間照明は出芽時以降、18時30分から22時まで行った。土面より95cmの高さに白熱灯（東芝40W.）を設置し、PPFD

水平値が $0.10\sim0.16\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ となる位置にプランターを置いた。播種32日後に抽だい株率、花茎長、草丈等を調査した。また、花芽の観察は播種16日後に8株を採取し、試験1と同様な方法で行った。

結 果

試験1. 昼間の遮光が抽だいに及ぼす影響

夜間の照明は、前報と同様に抽だいを促進したが、昼間の遮光も抽だいを促進した。花芽の形成過程をみると、夜間照度が高いほど進み、昼間の遮光によってさらに進んだ(第1表)。抽だい率(第1図)、出蕾・開花株率(第1表)も同様で、夜間照度が高い区、昼間に遮光した区で高まり、夜間照度が高く昼間遮光した区で最も高くなった。低照度区では昼間の遮光によって抽だいが5日早まった(第1図)。

花茎の伸長は、夜間照度が高い区および昼間に遮光した区で促進されたが(第2図)、これらの区の乾物量は低下する傾向がみられた。

Table 1. Effect of shading on flower bud formation, percentage of plants observed flowering or appeared visible flower bud, and dry weight of plant in 'Active' spinach grown under different night lighting condition.

Degree of normal illumination	Treatment ^x	Percentage of plants				Percentage of the marketable plants(%) ^y		
		I	II	III	IV			
Low	Non-shading	0	7	1	0	16.0	0.78	42.9
	Shading	0	1	5	2	57.1	0.52	0
High	Non-shading	0	0	8	0	88.0	0.52	0
	Shading	0	0	2	6	100	0.45	0

^x Low:3 lx, High:10~14 lx.

^y Percentage of shading ; 42%.

^x Observaiton of flower bud formation was done 14 days after sowing. Figure of each stage indicates number of plants. I;Vegetative stage. II;Predifferentiated stage. III;Flower cluster differentiated stage. IV;Flower cluster forming stage.

^w This was investigated 36 days after sowing.

^y Means the plants that length of flower stalk is under 5cm.

可販株率は夜間照度が高い区では遮光の有無にかかわらず、0%であった。一方、夜間照度が低い区では遮光によって可販株率が低下した(第1表)。

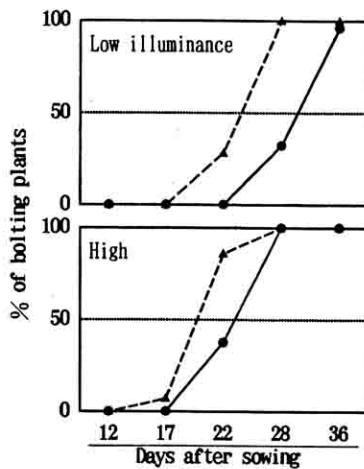


Fig. 1. Effects of shading on bolting of 'Active' spinach grown under different night lighting condition. [Non-shading (●), shading (▲). Low illuminance: 3 lx, high illuminance: 10~14 lx]

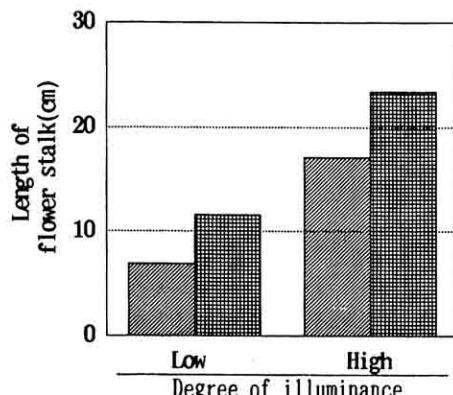


Fig. 2. Effects of shading in days on length of stalks in spinach 'Active' grown under different night lighting condition. [Non-shading (▨), Shading (▨). Low:3 lx, High:10~14 lx]

試験2. 株間が抽だいに及ぼす影響

夜間照度が低い区では株間を8、12cmとした疎植区で抽だいはみられなかった。2、4cmとした密植区ではいくつかの株が抽だいしたが、花茎長が短いため可販株率は97%以上と高かった。一方、夜間照度が高い区では株間に関係なくすべて株が抽だいした。しかし、株間を12cmとした場合には花茎長が短く、可販株率は高かった。また、1株当たりの葉面積が広く乾物量も大きかった。

Table 2. Effects of Seeding distance on bolting and growth in 45 days after sowing in spinach grown under night lighting.

Degree of ^z normal illuminance	Seeding distance (cm)	Percentage of bolting plants(%)	Length of flower stalk(cm)	Percentage of the marketable plants(%) ^y	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)
Low	2	29.3	0.6	100	98.6	0.73
	4	25.4	0.2	97.2	163.3	0.85
	8	0	0	100	184.3	1.21
	12	0	0	100	210.4	1.43
High	2	100	8.3	19.3	88.6	0.68
	4	100	7.2	46.3	169.4	1.01
	8	100	7.1	71.4	172.7	1.14
	12	100	4.8	68.2	224.1	1.19

^z Low: 1 lx or 0.01~0.02 μmol·m⁻²·s⁻¹, high: 6~7 lx or 0.07~0.09 μmol·m⁻²·s⁻¹.^y Means the plants that length of flower stalk is under 5cm.

試験3. 窒素量が抽だいおよび花芽の分化・発育に及ぼす影響

花芽の発育は無N区で最も遅く、他の処理間では差異がみられなかった。また、抽だい株率は1倍量区、1/2倍量区、1/4倍量区に相違はなかった。出蓄株率、

花茎長は無N区、1/4倍量区で小さくなった。しかし、無N区および1/4倍量区では草丈、新鮮重が少なくなり、葉色も淡くなかった。このように、N肥を減少させると抽だいは抑制される傾向にあるが、草丈や新鮮重は小さくなかった。

Table 3. Effects of amount of applied nitrogen on flower bud formation, bolting and growth in spinach grown under long-day teams.

Treatments (g)	16 days after sowing				32 days after sowing				
	NO. of leaves	Flower bud formation ^y			Percentage of bolting plants(%)	Percentage of plants appeared flower bud (%)	Length of flower stalk (cm)	Plants height (cm)	Fresh Weight (g)
		I	II	IIIIV					
0 (0) ^z	2.0	2	6	0	47.7 b ^x	3.1 c	0.6 c	4.9 c	0.4 d
1/4 (1.9)	2.2	0	1	7	93.4 a	50.8 b	7.6 b	14.7 b	2.5 c
1/2 (3.9)	2.6	0	1	6	96.8 a	65.5 a	14.0 a	22.6 a	7.0 b
1 (7.8)	3.1	0	2	4	98.4 a	70.1 a	13.6 a	25.5 a	9.3 a

^z Figure shown in parentheses are amount(g) of nitrogen per soil 100ℓ. All treatments were applied 7.8g of P₂O₅ and K₂O₅ respectively.^y The same as Table 1.^x Means that same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.^w Chlorophyll concentration was measured by using a chlorophyll meter (Minolta, SPAD-502).

考 察

著者は既に夜間照明したホウレンソウの抽だいは、夜間照度が高いほど促進され、照明時間が長いと増加することから、抽だいは日長と夜間の光の強さに影響されることを示した（高尾、1993、1998）。抽だいに関しては、密植で増加するとした報告や遮光でレタス茎の伸長が促進するとした報告（加藤、1964）から、昼間の光の量も抽だいに関与していると考えられる。そこで、夜間照明下で生育したホウレンソウの昼間の

遮光および株間が抽だいに及ぼす影響を検討した。

抽だいの早晚は花芽の分化時期とその後花茎の伸長が開始するまでの日数によって決定される。昼間の遮光は夜間照度にかかわらず花芽の分化時期を早めた。遮光区と無遮光区の分化時期の差は播種後14日後の顕微鏡観察より2~3日程度と判断された。また、遮光区の抽だいは花芽分化が早まった結果、早く開始されることになるが、第1図より花茎伸長開始時期の差は5日であった。このことから、昼間の遮光は花芽分化の促進だけでなく、花茎の伸長に対しても促進効果を

示していると考えられた。

株間については密植で抽だい率や花茎長が増加した。試験2では花芽の観察を行っていないが、終夜照明下の栽培では相互遮蔽がおこらない若いステージの段階で花芽が分化する。江口ら(1957)は栽植距離を変えたタカナの実験で、長日下である5月播種では花芽分化時期に相違はないとしている。夜間照明を行った試験2の場合には花芽分化時期に対する株間の影響は小さいと思われた。したがって、株間は花芽分化時期よりも花茎の伸長時期に影響を及ぼしていると考えられた。

遮光と密植がホウレンソウに与える共通の環境要因は、株にあたる受光量が減少することである。密植されたホウレンソウでは花芽分化後の生育過程で葉面積指数の増加によって、群落内の相対照度が低下する。遮光と密植条件で抽だいが進んだことから、ホウレンソウは昼間の受光量が少なくなると、抽だいが促進すると考えられた。密植条件では昼間の受光量の低下と同様に夜間も相互遮蔽がおこり、株がうける夜間照度は低下する。夜間の照度の低下は抽だいを抑制させることができ試験1で示されていることから、密植によって抽だいが促進されたことは、夜間よりも昼間の光条件のほうが大きく影響したことを見ていると思われた。

なお、長日下のホウレンソウではジベレリンの活性が高く(Zeevaart, 1971)、ジベレリン散布で抽だいが促進されること(香川, 1959)が報告されている。また、レタスでは遮光下で茎内の内生ジベレリンが増加すること(加藤, 1964)が明らかとなっている。夜間照度が高くなると抽だいが多くなることや昼間の光の減少が抽だいを促進することは内生ジベレリンの活性化と関係していると思われるが、このことについては今後検討する必要がある。

香川(1994)は窒素の施用量が抽だいに影響すると報告している。窒素がないあるいはその量が極端に少ない場合は生育は抑制され、抽だいや花茎の伸長も抑制された。しかし低窒素条件では、生育が著しく劣り可販株率が低下した。したがって、夜間照明されたホウレンソウにおいて窒素量の制御によって抽だいを抑制することはできないと考えられた。

以上のことから、昼間の強遮光(遮光率40%以上)を避けること、株間を広くとることでホウレンソウの抽だいを軽減でき、可販株率を高めることが可能であると思われた。しかし、窒素の減肥(標準量の1/4)は花茎の伸長を抑制させたが、生育を著しく抑制させるため、生産上は有効でないと考えられた。

摘要

1. 夜間照明したホウレンソウを用いて昼間の遮光、株間、施肥量が抽だいに及ぼす影響を検討した。
2. 昼間遮光すると抽だいが早く、花茎長が長く、出蕾・開花株率が高くなった。
3. 夜間の照度が1~1x($0.01\sim 0.02 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)で栽培した時、株間が狭いほど抽だい率は増加したが、花茎長が短いためすべての株間で可販株率は高かった。6~7lx($0.07\sim 0.09 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)で栽培した場合では、株間に関係なくすべてで抽だいしたが、12cmの株間では花茎長が短く可販株率が高かった。
4. 窒素の施用量を減少させると抽だいは抑制されたが、草丈や新鮮重が小さくなかった。この結果、窒素量によって抽だいや花茎を制御できなかった。
5. 夜間照明下のホウレンソウの栽培では、昼間の遮光を避け、株間を広くすることで抽だい率を少なくし、可販株率を増加させることができた。

引用文献

- 江口庸雄・金沢幸三・香川 彰・芹沢正和・神山利一・松村 正. 1958. そ菜の栄養と花成に関する研究. 農研報告. E 7 : 167-247.
- 香川 彰. 1959. ホウレンソウの開花に及ぼす日長・温度感応とジベレリンの相互影響. 岐阜大農研報. 11 : 12-17.
- 香川 彰. 1964. 晩抽性ホウレンソウの開花促進に関する研究. (第6報) Vernalization応用によるF₁採種と2・3の問題について. 岐阜大農研報. 19 : 16-31.
- 香川 彰. 1974. 花芽分化と抽苔の生理. p.21-30. 農業技術体系野菜編七. 農山漁村文化協会. 東京.
- 加藤 徹. 1964. レタスのとう立ちに関する生理学的研究. (第2報) 茎の伸長とホルモン代謝との関係. 園芸学雑. 33 (2) : 63-70.
- 小坂能尚・植村則大. 1984. 夏どりホウレンソウの生産安定技術について. 京都農総研報11 : 35-45.
- 成松次郎. 1996. ホウレンソウの補光栽培に関する研究. 神奈川農総研研報. 137 : 17-23.
- 高尾保之. 1993. ホウレンソウの夜間照明に関する研究. 第1報 夜間照明が生育、抽苔に及ぼす影響. 園芸学雑. 62別 1 : 242-243.

- 高尾保之. 1993. ホウレンソウの夜間照明に関する研究. 第2報 照明時間並びに昼間の遮光が抽苔に及ぼす影響. 園学雑. 62別 2 : 296-297.
- 高尾保之. 1998. ホウレンソウの生育および抽苔に及ぼす夜間照明の影響と品種の限界照度. 園学雑. 67 : 778-784.
- Zeevaart, Jan A, D. 1971. Effects of Photoperiod on Growth Rate and Endogenous Gibberellins in the Long-Days Rosette Plant Spinach. Plant Physiol. 47 : 821-827.

Effects of Shading, Seeding Distance and
Amount of Nitrogen on Bolting of Spinach
Grown under Night Lighting

Yasuyuki Takao

Summary

1. Effects of shading during the day, spacing between plants, an amount of nitrogen on bolting were investigated in spinach, which was illuminated at night.
2. Shading during the day promoted bolting, elongation of inflorescence, and percentage of flowering plants.
3. Narrowing the spacing between the plants increased the percentage of bolting plants, when plants were illuminated at 1 lx at night, although the percentage of marketable plants was more than 97 % due to short inflorescence. However, when plants were illuminated at 6-7 lx at night, all the plants bolted regardless of the spacing between plants. Percentage of marketable plants was higher at wider spacing.
4. Reducing N supply decreased inflorescence elongation. However, plant growth was also decreased and leaves became pale color, resulting in few marketable plants. Therefore, reducing N supply was not good mean to prevent bolting.
5. To prevent bolting of spinach plants, which are illuminated at night, avoiding strong shading in the day and keeping wide spaces between plants are recommended.