

水銀灯による終夜照明が大豆の 生育、収量および品質に及ぼす影響

福島裕助・内川修・塚崎守啓
(農産研究所)

水銀灯による終夜照明が大豆の生育、収量および品質に及ぼす影響を明らかにした。照度が0.5~44lxの範囲では、開花遅延は開花結実習性がIVcの‘フクユタカ’がIIIcの‘サチユタカ’より大きく、遅延日数は、‘フクユタカ’が1~63日、‘サチユタカ’が1~11日であった。成熟遅延日数は、‘サチユタカ’が2~51日であったが、‘フクユタカ’は11lx以上の照度では試験を終了した12月25日までに成熟しなかった。また、‘フクユタカ’は5lx以上では不稔莢が増加し、整粒数や百粒重の減少により減収したが、‘サチユタカ’は減収しなかった。さらに、‘フクユタカ’は11lx以上で未熟粒の発生が多くなり外観品質が劣った。

‘フクユタカ’で、出芽直後から開花期後14日までの期間に7日間ごとに照明処理を行った場合、開花への影響が最も大きかったのは処理開始日が開花前27日の区で、開花期が6日遅れた。また、成熟遅延は開花前までの処理ではいずれも2~3日で、開花後の処理では1~2日であった。照度50lxでは、開花14日以前の処理で、稔実莢数の減少がみられ、5~12%減収した。照度15lxでは処理開始日が開花前27日の区で稔実莢数がやや減少したものの、減収は2%程度であった。

[キーワード: 大豆, 減収, 開花, 水銀灯, 終夜照明]

Influence of the All-night Lighting with Mercury-vapor Lamps on the Growth, Yield and Apparent Quality of Soybean
FUKUSHIMA Yusuke, Osamu UCHIKAWA and Morihiro TSUKAZAKI

(Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 22:43-47 (2003)

Influence the all-night lighting with mercury-vapor lamps on the growth, yield and apparent quality of soybean was clarified.

In the range of illuminance from 0.5 to 44 lx, the delay in flowering was greater on ‘Fukuyutaka’ than on ‘Sachiyutaka’, with the maximum number of days delayed in flowering 63 days and 11 days respectively. The delay in maturing in ‘Sachiyutaka’ was 2-51 days in the range of tested illuminance, although ‘Fukuyutaka’ failed to mature under the condition of more than 11 lx by 25th of December, when the experiment was terminated. Under the condition of over 5 lx, the ratio of sterile flower rose and the yield fell because of a decrease in the number of whole grain and a hundred grain weight in ‘Fukuyutaka’, although the yield of ‘Sachiyutaka’ did not decrease up to 44 lx. Apparent quality of grain was inferior at over 11 lx in ‘Fukuyutaka’. The relative effect of all-night lighting treatment was measured at seven-days intervals beginning with the period of emergence to 14 days after flowering time. ‘Fukuyutaka’ was most sensitive to lighting in the period 27-21 days prior to flowering. In this period, the effect of lighting was a delay in flowering by six days. The number of days delayed in maturing was 2 to 3 days when the treatment was given prior to flowering and 1 to 2 days when the treatment was given after flowering. At under 50 lx of illuminance, yield decreased by 5-12% in the treatment of more than 14 days prior to flowering, although under 15 lx, yield decreased by only 2% in the treatment of 27-21 days prior to flowering.

[Key words: all-night lighting, flowering, mercury-vapor lamp, soybean, yield decrease]

結 言

近年、米の生産調整の拡大に伴って大豆の作付が増加している。さらに、2000年以降は「水田を中心とした土地利用型農業活性化大綱」に基づき、全国的に作付が推進されている。その結果、大豆の作付面積は、全国では1994年の60,900haから2001年には143,900haになり、本県では1994年の1,420haから2001年には7,890haに増加した。また、健康志向や農作物の安全性の面から、国産大豆に対する消費者の関心はますます高まり、実需者は供給量の安定と高品質化を求めている。このため、今後、大豆の産地間競争はますます激しくなり、需要に応じた安定生産と、より一層の品質向上が求められるものと考えられる。

一方、農村地域における居住環境の整備や混住化の進展に伴い、道路灯、防犯灯、店舗や遊技場等の夜間照明が増加し、これらの照明が作物の生育、収量および品質に影響を及ぼすことが問題となっている。今後、大豆作付け面積の拡大に伴って、照明による被害面積が増加することが予想され、終夜照明が大豆の生育、収量および品質に及ぼす影響を明らかにすることは、高品質安定生産の面から極めて重要であると考えられる。

夜間照明が農作物の生育、収量および品質に及ぼす影響については、水稻に関する報告が大部分で^{4, 6, 9, 12, 13, 14, 15)}、一部にホウレンソウ⁷⁾や蔬菜類⁸⁾に関する報告がある。大豆については、生理生態反応を明らかにする目的で、Borthwickら²⁾、笹村¹¹⁾および吉田¹⁶⁾が、短

第1表 光源からの距離と照度¹⁾

距離(m)	18	14	10	7	6	5	4	3	2	1
照度(lx)	0.3	0.5	1	3	5	7	11	18	31	44

1) 距離は水平距離(電柱の地際からの距離)、照度は地面から高さ30cmの水平照度で示す。

時間の夜間照明による光周反応の品種間差異、照度と開花遅延の関係などを明らかにしている。しかし、これらの報告はいずれも生態型の分類や開花までの光周反応を検討したもので、成熟期、収穫物の形態、収量および品質への影響は明らかにされていない。

そこで、本研究では開花結実習性の異なる‘フクユタカ’および‘サチユタカ’の2品種を用いて、水銀灯による終夜照明の照度や照明時期が大豆の生育、収量および品質に及ぼす影響について検討した。

試験方法

試験1 照度と大豆の生育、収量および品質

試験は福岡県筑紫野市の福岡県農業総合試験場内の幅5m、長さ22mの水田転換畑(砂壤土)2筆で実施した。供試品種は開花結実習性³⁾がIVcの‘フクユタカ’と同じくIIIcの‘サチユタカ’の2品種で、2000年7月12日に播種した。条間70cm、株間20cmで、1箇所に3粒の種子を2~3cmの深さに手播きした後、覆土を行い、出芽苗立ち後に2本立とした。肥料として、播種前の耕起時にりん酸と加里を各々a当たり0.8kg施用した。照明の光源として40Wの白色水銀電球を用い、地上から3mの高さに2.5m間隔で電灯4ヶを設置した。設置場所は圃場の端とした。照度計(東京光学機器社SPI-71)を用いて、光源からの水平距離ごと、すなわち電柱の地際からの距離ごとに、土壌表面から高さ30cmの位置の水平照度を測定した。光源からの距離と照度は第1表に示した。また、照明処理は大豆出芽直後の7月17日から12月25日まで実施し、日没と日出時に自動的に点消灯させた。第1表に示す各々の照度下に位置する10株(20個体)について、開花期、成熟期を調査し、各々の成熟期以降に収穫したものについて収量、収量構成要素および品質を調査した。また、光源から最も遠い18m位置(照度0.3lx)の区を対照区とした。試験は2区制とした。

試験2 照明時期と大豆の生育および収量

2000年7月11日に、水田転換畑土壌を充填した1/2000aワグネルポットに‘フクユタカ’の種子3粒を2~3cmの深さに手播きした後、覆土を行い、出芽苗立ち後に2本立とした。肥料として、播種直前にりん酸と加里を各々ポット当たり0.4g施用し、土壌と混和した。試験1と同じ照明施設を用い、50lx区と15lx区の2水準を設けた。照明処理は、大豆出芽直後の7月17日から9月3日まで7日間ごとに実施した。処理期間以外は照明の届かない場所で生育させた。また、試験1と同様に7月17日から12月25日までの全期間を所定の照度下に置くものと、全期間照明の影響を受けない対照区を設けた。試

験は3区制とした。

結果

試験1 照度と大豆の生育、収量および品質

第2表に照度と大豆の生育、収量および品質を示した。開花期は、照度が増すとともに遅れ、0.5~44lxの範囲での開花遅延日数は、‘フクユタカ’が1~63日、‘サチユタカ’が1~11日であった。第1図に、照度と開花遅延日数の関係を示した。照度の増大に伴う開花遅延の程度は‘フクユタカ’が‘サチユタカ’よりも大きかった。開花と同様に、成熟期は照度が増すとともに遅れ、‘フクユタカ’は11lx以上の照度では12月25日までに成熟しなかった。一方、‘サチユタカ’の成熟遅延日数は2~51日であった。第2図に照度と成熟遅延日数の関係を示した。また、第3図に開花遅延日数と成熟遅延日数の関係を示した。両品種とも開花が遅れるほど成熟期が遅れたが、同一開花遅延日数に対する成熟遅延日数は、‘フクユタカ’に比べて、‘サチユタカ’の方が長かった。

第2表に示すように、照度が増すとともに主茎長が長くなり、主茎節数が増加した。一方、稔実莢数および整粒数は、‘フクユタカ’では3lxまでは増加し、5lx以上で減少したが、‘サチユタカ’では本試験の最高照度である44lxまで増加傾向にあった。第4図に照度と不稔莢率の関係を示した。‘フクユタカ’は約10lxを超えると不稔莢率が急激に増加し、30lx以上では90%以上となった。これに対して、‘サチユタカ’では照度の増大に伴う不稔の増加は認められなかった。

また、収量についてみると、‘フクユタカ’は、3lxまでは整粒数の増加により増収したが、5lx以上では整粒数や百粒重の減少により減収した。一方、‘サチユタカ’は44lxまで減収しなかった。検査等級は、‘フクユタカ’では11lx以上で未熟粒の発生により低下したが、‘サチユタカ’ではこのような低下は認められなかった。

試験2 照明時期と大豆の生育および収量

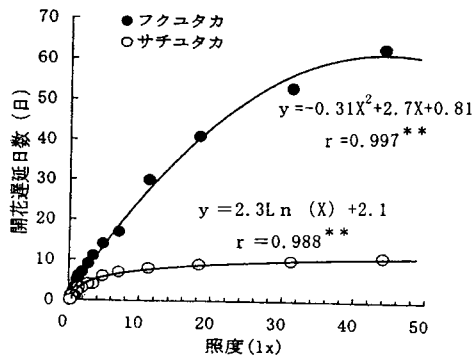
第3表に照明時期と大豆の生育および収量を示した。‘フクユタカ’で、出芽期から開花期後14日までの期間に7日間ごとに照明処理を行った場合、開花前27日から開花前7日までの処理区では開花期が3日以上遅延した。特に開花前27日~21日の処理区では開花期が6日遅れた。また、成熟遅延日数は、開花前までの処理区がいずれも2~3日、開花後の処理区が1~2日であった。しかし、50lxと15lxでは開花遅延程度に差はなかった。

50lxでは、開花前14日までの処理区で、稔実莢数の減少により5~12%減収した。15lxでは開花前27日からの処理区で稔実莢数が減少したものの、減収率は2%であった。また、生育の全期間を照明下に置いたものは、50および15lxで開花期が各々36、21日遅れ、減収率は各々99、34%であった。

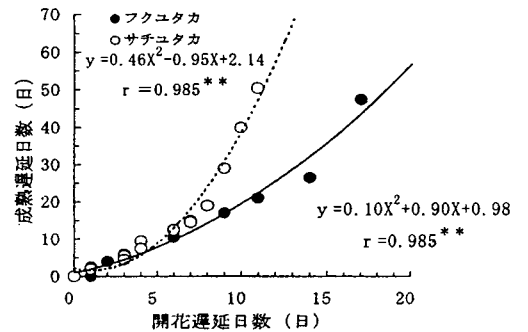
第2表 照度と大豆の生育、収量及び品質

品種	照度 lx	開花期 ¹⁾	成熟期 ²⁾	主茎 長 cm	主茎 節 数	稔実 莢数 莢/m ²	整粒数 ³⁾ 粒/m ²	百粒重 g	子実重 kg/a	検査 等級
		月日(日)	月日(日)							
	対照	8.22(0)	11.8(0)	64	15.4	589	844	35.4	32.6(100)	3.0
フクユタカ	0.5	8.23(1)	11.11(3)	68	15.9	615	947	35.7	33.1(102)	3.0
	1	8.26(4)	11.17(9)	82	17.2	644	958	36.9	34.0(104)	3.0
	3	9.1(10)	11.28(20)	103	19.4	768	1161	33.2	36.1(110)	3.0
	5	9.5(14)	12.4(26)	114	20.5	516	921	28.2	24.2(74)	2.0
	7	9.8(17)	12.25(47)	112	20.9	509	728	25.9	17.5(52)	3.0
	11	9.21(30)	NR	126	23.3	500	539	18.7	9.8(30)	5.0
	18	10.2(41)	NR	122	23.9	147	108	15.0	2.1(6)	-
	31	10.14(53)	NR	128	25.0	14	9	-	-	-
44	10.24(63)	NR	126	26.7	5	3	-	-	-	
	対照	8.15(0)	10.27(0)	41	13.6	589	987	37.3	35.6(100)	3.0
サチユタカ	0.5	8.16(1)	10.29(2)	41	13.4	595	1006	38.8	38.7(109)	2.5
	1	8.17(2)	10.31(4)	44	13.7	619	1028	38.9	39.6(111)	3.0
	3	8.19(4)	11.5(9)	52	14.7	636	1031	40.1	41.3(116)	3.5
	5	8.21(6)	11.8(12)	54	14.9	640	1034	40.0	40.8(115)	3.5
	7	8.22(7)	11.10(14)	59	15.5	647	1047	40.2	41.9(118)	3.0
	11	8.23(8)	11.15(19)	59	16.1	660	1038	40.6	41.2(116)	3.5
	18	8.24(9)	11.25(29)	62	16.5	655	1062	39.9	40.8(114)	3.5
	31	8.25(10)	12.6(40)	65	17.0	710	1120	36.2	38.2(107)	3.5
44	8.26(11)	12.16(51)	68	17.9	830	1173	35.0	36.6(103)	3.5	

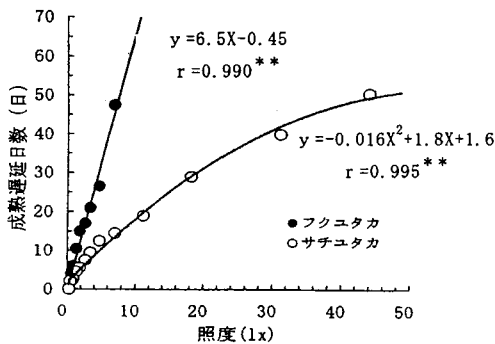
- 1) ()内は開花・成熟期では対照との差(遅延日数)、子実重では対照比率(%)を示す。
 2) 成熟期のNRは12月25日時点で未成熟であったことを示す。
 3) 整粒数、百粒重、子実重は粒径5.5mm以上、検査等級は粒径7.3mm以上で1(1等上)~6(2等下)で示す。



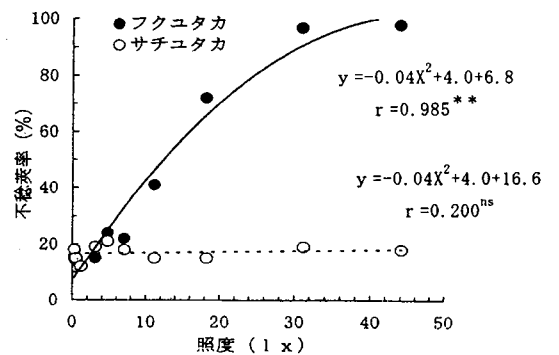
第1図 照度と開花遅延日数の関係



第3図 開花遅延日数と成熟遅延日数の関係



第2図 照度と成熟遅延日数の関係



第4図 照度と不稔莢率の関係

**は1%水準で有意。

第3表 照明時期と‘フクユタカ’の生育及び収量

照度	照明処理時期 ¹⁾		開花期 ²⁾	成熟期 ³⁾	主茎 稔実		整粒数 ⁴⁾	百粒重	子実重
	開始～終了(開花前後日数)				節数	莢数			
lx	月日	日	月日	月日	節	莢/ホ ^{ット}	粒/ホ ^{ット}	g	g/ホ ^{ット}
	無	処	8.20(0)	11.6(0)	16	82	132	39.3	52(100)
50	7.17~7.23(-34~-28)		8.22(2)	11.8(2)	15	78	125	39.4	49(95)
	7.24~7.30(-27~-21)		8.26(6)	11.9(3)	15	73	124	36.7	45(88)
	7.31~8.6(-20~-14)		8.25(5)	11.9(3)	15	73	119	39.9	48(92)
	8.7~8.13(-13~-7)		8.24(4)	11.9(3)	15	83	129	40.3	52(100)
	8.14~8.20(-6~0)		8.21(1)	11.9(3)	16	89	135	39.2	53(102)
	8.21~8.27(+1~+7)		8.20(0)	11.7(1)	16	91	136	39.2	54(104)
	8.28~9.3(+8~+14)		8.20(0)	11.8(2)	16	98	161	39.2	63(122)
生育全期間			9.25(36)	NR	23	6	3	13.8	1(1)
15	7.17~7.23(-34~-28)		8.21(1)	11.8(2)	14	84	132	39.2	52(100)
	7.24~7.30(-27~-21)		8.26(6)	11.9(3)	15	79	120	42.2	51(98)
	7.31~8.6(-20~-14)		8.25(5)	11.9(3)	15	85	137	40.2	55(106)
	8.7~8.13(-13~-7)		8.23(3)	11.9(3)	15	93	140	40.4	57(109)
	8.14~8.20(-6~0)		8.21(1)	11.9(3)	15	94	136	40.7	55(105)
	8.21~8.27(+1~+7)		8.20(0)	11.7(1)	14	90	140	39.6	55(107)
	8.28~9.4(+8~+14)		8.20(0)	11.8(2)	16	90	140	39.4	55(107)
生育全期間			9.10(21)	12.20(39)	22	93	138	24.8	34(66)

1) 照明処理時期の()内の開花前後日数は無処理区の開花期を0とし、前を-、後を+で示す。

2) 開花・成熟期の()内は無処理との差(遅延日数)、子実重では対照比率を示す。

3) 成熟期のNRは12月25日時点で未成熟であったことを示す。

4) 整粒数、百粒重、子実重は粒径5.5mm以上の数値で示す。

考 察

吉田⁶⁾は、大豆の晩生種は早生種に比べて開花抑制の現れる最低照度が小さく、照度が増すとともに開花遅延も大きくなると報告している。本試験でも開花および成熟遅延の影響は、福井³⁾による開花結実習性の分類型がIVcの‘フクユタカ’で大きく、IIIcの‘サチユタカ’では小さく、同様の結果が得られた。第1図および第2図に示したように、照度と開花または成熟遅延には一定の関係が示されていることから、照度から開花や成熟遅延程度の推定が可能と考えられる。また、笹村¹³⁾は、開花結実習性がVcの黄色大豆では、終夜照明の照度が5.5lx以上で花芽分化が抑制されるが、照度が0.8lx以下では開花に影響しないと報告している。本試験で、照明の影響が大きかった‘フクユタカ’における収量および品質からみた場合の限界照度は3lx程度と考えられる。但し、‘フクユタカ’の成熟期は3lxで20日も遅れ、コンバイン等による実際の収穫作業を想定した場合には汚損粒や未熟粒の混入などの問題が生じるものと考えられる。

本試験で、2品種とも照度が増すとともに主茎長や主茎節数が増加した。しかし、稔実莢数、整粒数および百粒重の増減は品種によって異なり、‘フクユタカ’は3lxをピークに増減がみられたのに対して、‘サチユタカ’の稔実莢数や整粒数は44lxまで増加傾向にあった。大豆は子実肥大始期まで栄養生長と生殖生長が並行して進み⁵⁾、開花数は花芽分化までの栄養生長量が、結実率には開花以後の栄養生長量が影響する¹⁰⁾ことから、開花結実習性がIIIcの‘サチユタカ’は終夜照明によって開

花後も乾物生産が促進され、不稔莢数が増大することなく子実生産に結びついたものと考えられる。第3図で示したように、開花遅延日数に対する成熟遅延日数が‘フクユタカ’より‘サチユタカ’の方が長かった理由として、‘サチユタカ’は‘フクユタカ’に比べて照明による開花抑制を受けにくく、1株内での開花数が多くなったために開花期間が長くなり、さらに開花の遅いものも結実したためと考えられる。

大豆の開花に関わる日長感受性について、Wilkerson¹⁸⁾は、子葉展開後初生単葉が完全に展開する時期までには既に日長感受性を示し、開花前の6.3~8.7日は非感受性期であることを認め、Borthwick¹¹⁾や吉田¹⁷⁾も初生単葉展開期という極めて初期に日長感受性を認めている。本試験では、水銀灯による照明処理が大豆の開花に影響を及ぼすのは開花前4週目から開花前1週目までの時期で、最も影響が大きかったのは開花前4週目(主茎葉1~2葉期)であった。大豆では生育の極初期の段階において照明の影響を強く受けるという前述の報告と一致した。また、生育初期段階における50lxの強い照明は稔実莢数や子実の充実を抑制し、減収をもたらすと考えられる。一方、開花期以降の照明は、栄養生長量が増加し、結実が促進されることによって、稔実莢数や整粒数が増加して増収するものと考えられる。

このように、水稲^{4, 6, 9, 12, 13, 14, 15)}と同様に、水銀灯による終夜照明は大豆の生育、収量および品質に影響を及ぼすことを明らかにした。これらのことから、被害回避対策としては、水稲^{9, 15)}と同様に、照明器具の工夫による照度の改善や、影響が強く現れる出芽後2週目か

ら開花前1週目の期間に一時的に消灯あるいは減光することや, 'サチユタカ' など開花結実習性Ⅲcの品種を選定することなどが考えられる。

引用文献

- 1) Borthwick, H. A., and M. W. Parker (1938) Effectiveness of photoperiodic treatments of plants of different age. *Bot. Gaz.* 100:245-249
- 2) Borthwick, H. A., and M. W. Parker (1938) Photoperiodic perception in Biloxi soybean. *Bot. Gaz.* 100:274-287
- 3) 福井重郎・荒井正雄 (1951) 日本における大豆品種の生態学的研究 1. 開花日数と結実日数による品種の分類とその地理的分布について. *育種学雑誌* 1-1: 27-39.
- 4) 川村和史 (1993) 水銀灯による夜間照明が水稻の生育・収量に及ぼす影響. *和歌山県農業試験場 技術資料No.42 水稻-10*: 1-4.
- 5) 小島睦男・福井重郎 (1966) 大豆の子実生産に関する研究 (3) 乾物生産の特性について. *日作紀* 34: 448-452.
- 6) 近藤晃・太刀川洋一 (1973) 水稻に対する終夜照明の影響. *群馬県農業試験場報告* 13: 75-85.
- 7) 小菅悦男 (1980) ホウレンソウの生育と抽苔. *野菜園芸技術* 7-12: 6.
- 8) 村松安男 (1980) 夜間照明の照度が蔬菜の光周反応に及ぼす影響. *昭和45年度静岡県農業試験場報告*.
- 9) 農作物に対する夜間照明の影響調査委員会 (1985) 社団法人照明学会 農作物に対する夜間照明の影響研究調査委員会報告書: 9-26.
- 10) 大庭寅雄・大泉久一・工藤荘六・上田邦彦 (1961) 大豆の開花結実性に関する研究. *日作紀* 30: 68-71.
- 11) 笹村静夫 (1952) 大豆およびオナモミの薄明時における日長感応について. *宇都宮大学農学部学術報告* 1: 334-339.
- 12) 笹村静夫 (1981) 水稻品種の出穂期に及ぼす低照度夜間照明および低温の影響とその統計学的解析法について. *京都大学農学部学術報告* 32-2: 53-62.
- 13) 笹村静夫・皿嶋正雄・仲林寛明・菅原友太・岩沢正美 (1969) 道路灯による低照度夜間照明と水稻の生育. *農業技術* 24: 526-527.
- 14) 時政文雄・末富正啓 (1971) 水稻の生育および収量に及ぼす夜間照明の影響. *日作紀* 40: 241-247.
- 15) 山根国男・水谷倫三・野村正 (1967) 夜間照明による水稻生育の被害. *農業技術* 22: 451-455.
- 16) 吉田鎮雄 (1952) 夜間補足照明の強さを異にした長日の下に於ける大豆の光周反応 (予報). *日作紀* 21-2: 127-128.
- 17) 吉田鎮雄 (1955) 大豆に対する光周刺激の後作用. *農業技術* 10: 90-92.
- 18) Wilkerson, G. G., J. W. Jones, K. J. Boote, and G. S. Buol (1989) Photoperiodically sensitive interval in time to flower of soybean. *Crop Sci.* 29:721-726.