

水稻の生育および収量に及ぼす夜間照明の影響

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
巻/号	403
掲載ページ	p. 241-246
発行年月	1971年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波事務所
Tsukuba Office, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat



水稻の生育および収量に及ぼす夜間照明の影響*

時政文雄・末富正啓

(山口大学教育学部)

最近、工場の農村地帯への進出や道路の整備拡充に伴う街路灯の増設、さらには、住宅、営業用照明灯の普及などのため、付近の作物はあたかも長日処理をうけたと同じ結果となり、その發育に異変をみるにいたっている。特に水稻においては長日に伴う出穂遅延が顕著であつて、このことが収量にまで影響し、あらたな公害として注目され、既にこれに関する報告²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾もなされている。筆者らもこれについて観察を行ない若干の知見を得たので、とりあえず、その概要を報告したい。実験は1967年より1970年にわたつて実施された。なお光源としては、日本電池KK製蛍光水銀ランプHF100(100ワット)を用いた。このランプの分光エネルギー分布は、5,500~6,800Åに最大の値をもつものである。

I. 照度と水稻の生育ならびに収量 材料および方法

第1表に示す諸区を設け、1967年6月2日にあらかじめ催芽して1cmに伸長した金南風を1/5000 aワグネルポットに3点1本植とし、各区2ポット宛を用いた。試験区の設定は、3.3mの高さに装置された光源を中心として、同心円的にえられる所定の明るさの場所にポットをおくことによつてなされた。また照明処理は全生育期間にわたり、日没と日出時とに自動的に点消灯せしめた。調査は生育調査のほか、おおむ

ね第1表に示す項目について実施した。別に1968年には普通圃場にワカバを25×25cmの1本植として栽培し、4.5mの高さからの光源を中心として、第2表に示す所定の照度下に位置する個体10株宛を選定して、同様の観察を行なつた。

実験の結果と考察

生育の概要 生育が進み分蘖を増すに従つて、株ならびに分蘖茎相互の遮蔽がおこり、所定の照度がえられない株や茎を生じ、一般に出穂は不揃いとなつた。これは、光源が比較的低位装置され、かつ固定されているため、陰影部位の移動がなく、その部分だけ照度が弱まつたためである。このような状態は普通の圃場でも、しばしばみられるのであつて、例えば1本の電柱による細長い陰影部のみ、くつきりと出穂遅延を免れたり、1株のなかでも照明をうける側は、出穂すら不可能であるのに、反対側は完全に登熟している場合などである。さて第1表から明らかのように、概していえば、照明によつて草丈は低く茎数を増した。この場合、特に5~20lxの各区が著しかつた。また、主稈の出葉速度はややおくれるようであるが、高照度の区は出穂のおくれと関連して、主稈総葉数が増加する傾向にあつた。次に出穂は、照明によつて常におくれたが、その程度は照度とともに大きく、70lx区では全く出穂せず、50lx区でも相当数の茎が出穂不能となり、たとえ出穂してもほとんどが不稔となつた。

第1表 照度と出穂ならびに収穫物との関係(ポット試験)

照度	出穂期	主稈葉数	稈長	穂長	穂数	一株稈重	一穂稈重	一株総稈数	一穂総稈数	一株稈実数	稈歩合	千粒重
lx	月日		cm	cm		g	g				%	g
2	9.5	16.0	62.5	17.0	29.8	46.6	15.6	2080	70	1890	91	24.5
5	.9	16.0	56.5	14.1	37.5	43.4	11.6	2325	62	1830	79	23.9
10	.10	16.2	54.0	14.3	35.0	31.5	0.9	2380	68	1315	55	23.9
15	.11	16.5	52.6	15.2	34.6	25.2	0.7	2280	66	1080	47	23.3
20	.13	16.5	54.2	15.0	34.0	21.7	0.6	2179	64	948	44	22.9
30	.15	17.0	54.8	14.9	30.8	16.2	0.5	1911	62	711	37	22.6
50	.22	17.2	56.2	15.3	24.9	3.2	0.1	1545	62	147	10	21.8
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
標準	.2	16.0	68.0	18.8	27.2	44.9	16.5	1958	72	1830	94	24.6

* 昭和45年11月26日受理

さらに 30lx 区でもなお出穂不能となる茎がみられ、出穂したものも、種々の程度の稔実障害をおこした。

収穫物 前述したように、照明によつて分蘖を増すため、2~20lx 区は穂数も多くなつたが、30~50lx 区では出穂不能茎を増し、穂数は漸減した。また茎数の増加と関連してか、照明各区は短稈となり穂長も減少した。次に穂数の増加によつて、20lx までの諸区は、一穂総粒数(不稔粒を含む)の減少にもかかわらず、一株総粒数(不稔粒を含む)は増加した。しかし、出穂不能茎の出始める 30lx 区では明らかに減り、50lx では激減した。また稔実歩合は、2lx 区は標準区とほとんど変わらないが、5lx 区になると明らかな減少が認められ、さらに照度を増すに従つて急速に低下して、50lx では庇陰部においてわずかに稔る程度であつた。その結果一株稔実粒数は 2lx および 5lx 区を除いて、すべて標準区より少なくなつた。さらに千粒重も照度を増すに従つて軽くなつた。以上の収量構成要素によつてもたらされる一株粒重をみると、2lx 区は穂数の増加によつて、むしろ標準区をしのいだが、5lx 区では稔実歩合の低下が原因となつて標準区を下廻つた。10~20lx 区になるとその傾向はさらに著しく、50lx 区では穂数の減少もこれに加わり、収量はほとんど期待できなかつた。70lx 以上では、前述のように、出穂の気配すら認められなかつた。また普通圃場での観察結果を第 2 表に付記した。供試品種は異なるが、上記の結果とはほぼ同じ傾向がうかがわれた。なお既往の業績によれば、研究者により年次により、必ずしも一致しないが、概して言えば、5lx、ときとして 10lx が限界照度だとされているが、筆者らの結果もほぼ一致した。

第 2 表 照度と出穂ならびに収穫物との関係
(圃場試験)

照 度	出 穂 期	一株粒重	稔実歩合
lx	月日	g	%
2	9. 4	30.7	91.3
3	. 8	30.4	89.0
15	.10	22.0	53.4
30	.14	10.3	35.0
70	.17	—	—
標準	. 2	31.0	92.3

浸種 5月25日 挿秧 7月3日

II. 照明による障害と生育時期との関係

照明灯による稲作障害は、稲が終夜照明をうけて、出穂がおくれるためにおこることから考えれば、生育全期間同じ影響をうけるものでなく、ある特定時期に

はげしいことが想像される。このため 1969~1970 年に当地方の晩生品種キンボウを用い、生育時期別の影響を観察した。

実験の方法

1969 年には、6月7日浸種、12日に常法によつて準備された 1/5000 a ワグナーポットに下種し、第 3 表に示すように、苗代期間と、移植後 10 日のずれをもつて 2 週間あて、70lx の照明下に移し、その前後はすべて自然条件下においた。また全期間照明下においた区と、全期間自然条件下においた区とを設けた。各区 3 ポット宛を供試した。なお当地方としては播種期がやや晩かつたが、全般の考察には支障ないものと思われる。また照度が高すぎるきらいがあるが、影響差を拡大したいと考えたからである。さらに 1970 年には、生育時期を細分してこの結果を補足確認した。

実験の結果と考察

まず生育状況をみると、照明期間中は伸長がにぶり、逆に茎数の増加がみられた。特に処理時期のおそい VI, VII 区では、無効分蘖が簇生する傾向があつた。次に主稈の出穂速度は各区間に著しいちがいはみられなかつたが、出穂のおくれた IV, V 及全期間照明区では主稈葉数を増した。さて照明の生育時期別影響は、出穂期に関して最も顕著であつた。I, II 区(葉令指数 0~63)すなわち苗代期から分蘖初期までの照明では、出穂は無処理と変わりなく、また VII 区すなわち穂孕を中心とした時期以後も同じ傾向がみられた。しかるに III 区(同 55~74)ではやや出穂がおくれ、次の IV 区(同 69~88)および V 区(同 83~96)では、標準区に比べ 10 日近くも遅延した。ところが次の VI 区(同 93~100)では、再びほとんど出穂のおくれはみられなくなつた。なお III~VI 区は照明処理によつて主稈葉数がますので、処理終了時の葉令指数はその基礎(総主稈葉数)を標準、処理両区のいずれにとるかで若干値が違ってくるが、考察上大きな誤りはないものと思われる。つまり全期間照明区が全く出穂をみなかつたのは、III, IV, V 区の結果から止葉始原体分化期頃²⁾から 20 日間(葉令指数 70~90)の照明によるものと推定され、この時期以外の照明は何ら出穂に障害をおよぼさなかつたといつてよからう。なお 1970 年の結果でもほぼ同じ傾向がうかがわれ、葉令指数 70~86 にわたる間、期日にして、やはり止葉始原体分化期頃から 20 日間であつた。また IV, V 区では、出穂のおくれのみならず、芒の異常伸長など形態上の特別な変化もみられた。そして 1970 年の追試によつて、この芒異常伸長の時期は正しく、葉令指

数 80~86, つまり第1次枝梗分化初期から第2次枝梗分化後期までに相当した。

次に収穫物をみると、一株粒重では出穂期の場合と同じく、栄養生長期間 (I~III) 区と顕花始原体分化後 (VI 区葉令指数 93 以上) の照明とは、ともに減収はみられず、むしろ、標準区にまさる場合すらあった。しかるに前述の IV, V の両区は、出穂遅延に関連して極端に減収した。そしてその前後の区とを考えた場合、影響の最も著しい時期はやはり、止葉始

原体分化期頃から後 20 日の期間に相当すると考えられる。いいかえれば、出穂前 40 日から 20 日間であつて、このことは程度の差こそあれ 1970 年も同じであつた。次に不稔歩合についての時期的影響も概ね一株粒重の場合と軌を一にし、IV, V 区特に IV 区に障害が著しかつた。その他は III 区がやや高い以外、それほど影響はみられなかつた。要するに水稻の出穂については子実収量に対する照明の障害は、特定の時期に限られ、その他の時期では全く影響がみられないといつてよい。(第3表)

第3表 生育時期別処理の影響 (1969)

区別	処 理 期 間		出穂期	主稈葉数	一株粒重	稔実歩合	
	曆 日	葉令 (葉令指数)					
	月日	月日	月日		g	%	
I	6.12~7.11	0.0~5.5 (0~35)	9.16	16.0	23.0	89	
II	7.19~8.2	7.0~10.0 (44~63)	.15	16.0	24.3	91	
III	7.29~8.12	8.8~11.8 (55~74)	.19	17.0	25.2	82	
IV	8.8~8.22	11.0~14.0 (69~88)	.26	17.2	6.0	24	
V	8.18~9.1	13.3~15.4 (83~96)	.25	16.3	7.3	64	
VI	8.28~9.11	14.9~16.0 (93~100)	.17	16.6	27.0	94	
VII	9.7~9.21	16.0~16.0	.15	16.0	26.5	90	
VIII	9.17~10.1	16.0~16.0	.16	16.0	28.2	89	
全期標準	6.12~10.1	0.0~16.0	—	18.0	—	—	
				16	16.0	23.0	93

III. 障害に対する品種間差異

しばしば述べたように、照明灯によつておこる障害の主な原因が、終夜照明に基因する出穂遅延にあるとすれば、水稻品種のもつ感光性の多様性からみて障害の程度には品種間差異が存在することが考えられる。

実験材料および方法

1967 年には、早期栽培用の極早生種と普通栽培用の早、中、晩生種計 9 品種を、30 lx の照明下で栽培してその影響を知ろうとした。さらに 1968, '69 年には若干品種を追加した。各品種とも 1/5000 a ワグナーポットに直播 2 本立とし、1 品種 3 ポットを用い、照明は播種直後 (5 月 18 日) より行なつた。また別に標準区を設けた。調査は常法によつたが、特に出穂期に注目した。

第4表 照明による影響の品種間差異

品 種 名	出穂のおくれ			主稈葉数 ('68)		穂数 ('68)		一株粒重 (対標準比)		稔実歩合 ('68)		
	1967	1968	1969	標	照	標	照	1967	1968	標	照	
極早生	兵系 16 号	10日	10	6	13	14	15	25	124	113	97%	97
	レイメイ		6	4	13	14	16	25		139	96	95
	越南 62 号		17	15	15	16	18	32		101	96	70
	ハウネンワセ	8	10	10	16	17	22	28	115	98	93	86
早生	ヤマビコ	30	26		15	17	18	20	0	0	94	0
	ウコンニシキ		30		14	17	15	19		20	94	8
	ヤマハウシ		40	40	13	17	16	20		10	96	12
中生	ハリマ		27		16	17	13	18		1	96	2
	キンマゼ	27	18		16	17	22	26	0	0	97	0
晩生	アリアケ	28	24		17	18	21	24	0	0	95	0
	東海 28 号		21		15	17	15	15		0	95	0
	キンボウ		24						0			
	千本旭		28						0			
シラヌイ		19						0				

註 標……標準区 照……照明区

実験の結果と考察

第4表にみるように、概していえば早期栽培用極早生種の兵系16号、ハウネンワセ、レイメイなどは照明に対する感応度が低く、出穂のおくれが小さいが、普通栽培用品種は、早、中、晩とも著しく出穂がおくれ、かつその程度には、明らかに品種間差異が認められた。なおこの場合、早生が中、晩生に比べ、照明に対する感応度が高い傾向があり興味もたれた。例えば早生のヤマハウシ、ウコンニシキは中生のハリマ、金南風、晩生の東海28号、シラマイなどに比べ出穂のおくれが著しかった。したがって、感応度の高低によつて、自然条件下と照明環境下とでは、出穂期が逆転する場合も生じうる。ところで照明による減収の原因は、主として発育遅延によつて、出穂期が気温的にみた登熟限界期を越えることにあるから、一般的には早生種は晩生種に比べ安全ではあるが、上のように照明下で早晩逆転する場合は、障害の様相も変わってくる。なお、兵系16号、レイメイ、ハウネンワセなどの早期栽培用品種は前述のように、照明に対する感応度が低く、出穂のおくれが小さく、その上栽培の時期が格段に早いから、上記の理由による稔実障害は考えられないが、出穂がおくれることは、早期栽培の目的からみてやはり不都合である。次に草丈の伸びは、アリアケ、東海28号のように出穂遅延の大きい品種ほど低く、これに反し兵系16号やレイメイのように、照明に対する感応度が低くておくれの小さい品種はむしろ促進され、最後の稈長もやや高くなつた。次にすべての品種が、照明下では著しく茎数を増し穂数も多くなつたが、金南風、東海28号のように、一部の茎は既に出穂不能となり穂数が減少する例もみられた。また主稈葉数も照明によつて増加するが、感応度の低い極早生種はこの程度が小さい。また普通栽培用品種では、出穂のおくれと関連して、早生は中、晩生に比べ主稈葉数の増加が著しかった。次に既述したように、極早生種は常によく稔実し、かつ穂数の増加によつてむしろ増収したが、普通栽培用品種では、早生のウコンニシキ、ヤマハウシがわずかに稔つたのみであつた。

IV. 照明に対する感応性の低い品種の探索

実験Ⅲにみるように、照明による障害には明らかに品種間差異がみられ、早期栽培用極早生種は出穂のおくれが小さく、障害もわずかであるが、普通栽培用の諸品種は一般に著しい障害が認められた。しかるに1968年に実験Ⅰの圃場(品種ワカバ)で光源に近

く、全く出穂の気配のみられない場所にたまたま数個の稔実個体を見つけた。なおその発生頻度はおよそ0.5%であつた。そしてこれらの所在する場所の照度は60~100lxの範囲にあつた。そこで1969年には前年の事実を確認するとともに、その特性を明らかにするため、前年と同じ環境でこれらの次代を系統別に栽培した。この場合各系統を、光源を設置した畦畔に直角に並列に1本植とし2区制とした。また比較のためこれにワカバの標準系統を挿入した。さて、光源直下の照度は各列とも概ね100lxで、これから遠ざかるにしたがつて照度を減じたが、調査には各系統つまり各列とも、光源からの距離によつて100, 90, 80, 70, 50, 40, 30, 20, 10lxに位置する個体をマークした。また別に同一圃場で、照明灯の影響の全くみられない場所に、各系統20個体あて1本植として栽培し、普通環境での特性を調査した。

実験の結果と考察

第5表にみるように選出各系統とも、照度と出穂遅延とは正しく比例したが、光源直下に近い100lxでもなお出穂が可能であつた。しかるに標準系統では、40lxでやつと庇陰部に出すくみの不稔穂がわずかに現われる程度で、これ以上の照度となると穂孕の気配すらみられなかつた。次に稔実の模様を系統別に示すと第1図のようである。選出した各系統とも、100lxでは出穂はするが正常に稔実した穂はなく、完全不稔と部分不稔からのみなつている。光源からの距離を増

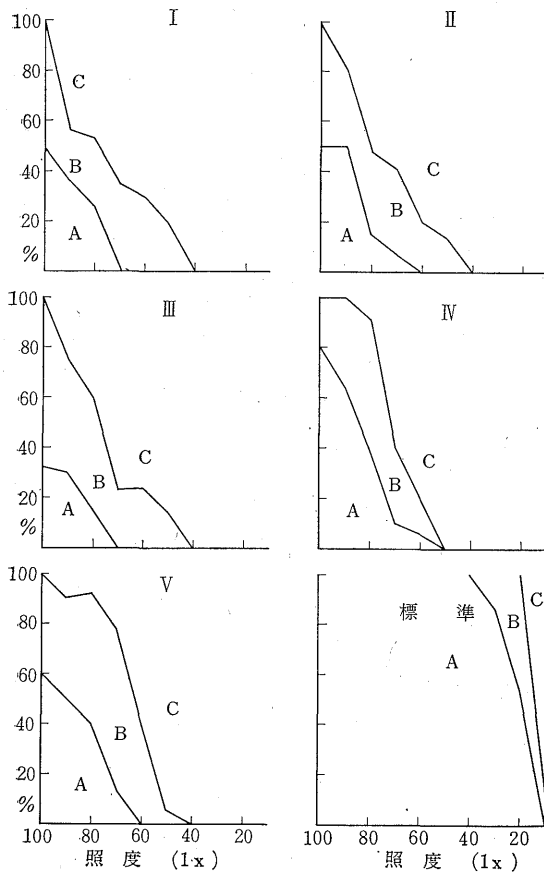
第5表 照度の差による出穂期の変化

系統	照度 lx					
	100	80	60	40	20	10
	月日					
I	9.30	9.24	9.23	9.19	9.17	9.16
II	.29	.25	.24	.19	.18	.17
III	.30	.25	.22	.18	.18	.16
IV	10.1	.25	.22	.20	.17	.16
V	9.30	.26	.22	.20	.19	.17
標準	—	—	—	—	10.5	.29

第6表 標準環境における特性

系統	出穂期	稈長	穂長	穂数	一株重	一株粒重	稈色
	月日	cm	cm		g	g	
I	9.16	85	18.5	23	65	32	黄褐
II	.16	83	18.5	21	64	29	〃
III	.16	84	19.0	19	68	30	〃
IV	.16	82	18.5	19	60	30	〃
V	.16	82	18.5	20	59	30	〃
標準	.13	75	21.0	17	61	28	やや濃

その他の形質は識別できない。



第1図 系統別 (I, II…標準) にみた、照度と不稔穂数 (A), 稔実障害穂数 (B), ならびに正常穂数 (C) の割合

すにしたがつて、不稔穂が減り、概ね 40~50 lx 以下では各系統とも、全部の穂が正常に稔実した。これに反し標準系統は前述のように、30 lx で始めて出穂をみたが、大部分は完全不稔穂であり、20 lx でも半数は完全不稔であったが、ここで始めて正常に稔実した穂もみられた。さらに 10 lx でもなお稔実障害が観察された。このように選出系統は標準系統に比べ著しく感応度が低い、選出系統間には、明瞭な特性のちがいは認められなかつた。次に、これらの諸系統が普通環境でどんな特性を示すかをみた (第6表)。はじめ、前年度照明下で出穂をみた5個体は、IIIの結果から推してあるいは、早期栽培用品種の混在ではないかとの疑をもつたが、事実は全くことなり、出穂期は晩生の標準系統よりさらに3日もおくれた。また標準系統に比べ稈長でおよそ 5~10 cm 高く、稈色もやや濃くて、明らかに別の系統であることがわかつた。しかし、5系統の間には外部的特性でみる限り、明瞭

な差異はみられず、同じ系統に属するものと思われた。さらに収量的には、いずれも標準系統にまさつた。朝隈等は同一品種の中にも、終夜照明に対する反応において、いろいろの生態型を含みうると述べているが、筆者らの事実はこれを裏書きするものといえよう。いずれにしても、このように普通栽培用品種の中にも、照明灯の影響をうけることの少ない系統が存在することは、今後このような生態型の探索によつて照明灯による害を軽減しうることを示唆するものと言えよう。

摘 要

夜間照明の水稻の生育におよぼす障害を観察するとともに、その対策に関する若干の試験を試みた。

(1) 照明灯の照度と生育、収量との関係では、2 lx 以下では影響はみられないが、5 lx ではわずかながら障害がみられ、10 lx になると著しい障害をきたし、50 lx では収穫皆無となり、70 lx では全く出穂をみなかつた。

(2) 生育時期との関係をみると、強く影響される時期は、出穂前40日から20日間、解剖的にみれば、止葉始原体分化期頃から後20日間であり、その他の時期はほとんど影響しなかつた。

(3) 照明による出穂のおくれに対しては、品種間差異が存在し、早期栽培用極早生種は影響が小さいが、普通栽培用の品種は何れも影響が大きく、このうち特に早生種が著しかつた。

(4) 照明による出穂のおくれの著しい普通栽培用品種の中にも、きわめて影響の少ない系統が存在することが発見された。したがつてこのような生態型を探索することによつて、障害の少ない品種の選抜が期待できよう。

引用文献

1. 朝隈純隆, 金田忠吉 1967. 水稻の出穂に関する生態的研究, 第4報 終夜照明下における感光性品種の出穂. 日作紀 36: 286—290.
2. 藤井正治・大森力雄 1968. 水稻の光害に関する研究. 鳥根県高校教員研究連合会研究紀要 4: 193—201.
3. 松島省三 1962. 水稻の生育, 作物大系, 第1編, 養賢堂 85—96.
4. 笹村静夫・血嶋正雄・仲林寛明・菅原友太・岩沢正美 1969. 水稻に対する低照度夜間照明の影響. 第1報 水稻の出穂, 収量におよぼす道

- 路照明灯の影響. 日作紀 38 別号 1: 157—158.
5. ———— . ———— . ———— . ———— . ———— . ————
 ———— 1969. 水稻に対する低照度夜間照明の影響. 第2報 水稻品種の出穂期におよぼす低照度夜間照明の影響. 日作紀 38 別号 1: 159—160.
6. ———— . ———— . ———— . ———— . ———— . ————
 ———— 1970. 水稻に対する低照度夜間照明の影響. 第3報 水稻の出穂, 収量におよぼす夜間照明の影響. 日作紀 39 別号 1: 139—140.
7. ———— . ———— . ———— . ———— . ———— . ————
 ———— 1970. 水稻に対する低照度夜間照明の影響. 第4報 (i) 光源の種類に依る影響差 (ii) 夜間照明の影響と水稻生育時期との関係 (iii) 夜間の短時間照明の影響 日作紀 39 別号 1: 141—142.
8. 山根国男・小谷論三・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.
9. 吉田鎮雄 1954. 夜間補助照明の強さを異にした長日の下に於ける水稻の光週反応 (予報) 日作紀 23: 147.

Effect of the Night-Illumination by Electric Lamps on the Growth and the Yields of Paddy Rice

Fumio TOKIMASA and Masahiro SUEDOMI

(Faculty of Education, Yamaguchi University, Yamaguchi)

Summary

Authors examined the relation between the illumination by the all-night street fluorescent lamps, and its effects on the growth and yields of paddy rice.

The results obtained are as follows:

1. In case of 2 luxes or less, neither the growth nor the yields were affected at all, but in case of 5 luxes, they were affected, though quite slightly, while in case of 10 luxes or more, they were affected markedly, and in case where the all-night illumination exceeds 50 luxes, the yields were completely nil. In an extreme case of as high as 70 luxes or more, rice plants never even came into ears.

2. The plant growth stage affected most remarkably by all night illumination was the duration from the 40th to the 20th day before the heading, which corresponds to the duration of 20 days after the differentiating stage of flag-leaf primodium.

3. The varietal differences in the delaying effect on the heading dates caused by all-night illumination are given belows.

The growth and the yields of the extremely early maturing varieties for the early season cultivation (Hōnenwase, Reimei) were affected quite slightly. However, considerable injuries caused by night illumination were observed in those for ordinary season cultivation, i.e., the early maturing (Yamahōsi, Ukonnisiki), the middle maturing (Harima, Kinmaze), and late maturing varieties (Siranui, Tokai No. 28). Among them the early maturing varieties were affected most seriously by all-night illumination.

And in any cases, the varietal differences were also confirmed clearly.

4. Among varieties for ordinary season cultivation, which were greatly affected by illumination and showed the great delay in the heading, authors could discover some individuals which were affected little by all-night illumination.

By examining the characteristics of their subsequent generations, it was found that they were the very strains which could bear ears and fruits even under a considerably high illumination.

This phenomenon is meaningful, because the study on such an ecotype may suggest the possibility of breeding up some non-responsive varieties to all-night illumination.