



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	レタス(Lactuca sativa L. cv. Grand Rapids)種子の発芽における光効果と温度効果
Author(s)	渡部, 信義; WATANABE, Nobuyoshi; 津田, 周彌 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 10(1), 13-21
Issue Date	1976-08-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11882
Type	departmental bulletin paper
File Information	10(1)_p13-21.pdf



レタス (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids) 種子の 発芽における光効果と温度効果

渡部信義・津田周彌・細川定治

(北海道大学農学部工芸作物学教室)

(昭和50年5月30日受理)

Studies of the effects of light and temperature on the seed germination in lettuce, *Lactuca* *sativa* L. cv. Grand Rapids

Nobuyoshi WATANABE, Chikahiro TSUDA
and Sadaji HOSOKAWA

(Laboratory of Industrial Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

(Received May 30, 1975)

緒 言

作物種子の発芽および芽生の伸長性等の形態形成に、光、とくに赤色光と遠赤外光*が決定因子のひとつになっていることが多くの研究者によって明らかにされている。

レタス (*Lactuca sativa* L.) の栽培品種のひとつである Grand Rapids は、光に対する感受性がきわめて大きいことが知られているが、この品種の発芽生理についての研究が、赤色光並びに遠赤外光の可逆的光形態形成反応や、光受容体色素タンパク即ちフィトクロームの発見につながったことは、よく知られているところである。

これらについては、数多くの研究結果が報告されているが、フィトクローム介在のこれらの現象が光の照射時間あるいは、温度条件によってどのような影響をうけるのかという基本的事項については、これまでの研究では、明らかにされていない。本実験は、レタス品種 Grand Rapids 種子を用いて、光質依存性の形態形成のうち、特に「発芽」についての実験を行なったものであり、その目的は、光の照射時間と温度のそれぞれの効果を明らかにし、さらにそれらの間の相互作用の有無を検討し、「光発芽」のメカニズムの解析を行なおうとしたものである。

ある。

また種子発芽の特性として、発芽率の再現性は、同一 lot 内でもなかなか得がたいことは、よく知られているところであり、KASPERBAUER [4] は、これを“Germination inconsistency”と名づけているが、この不一致性の原因とも考えられている水分含量と種子の光反応性との関係についても実験を試みた。

材料と方法

実験は3区分に分けて行なった。これらの実験に共通した材料と方法はつぎの通りである。各実験についてはそれぞれの結果の項で述べる。

本実験で用いられたレタス種子 Grand Rapids (系統品 Waldemann) は、雪印種苗株式会社を経て入手した、アメリカ合衆国 Northrup King & Co 生産のものである。

種子は50粒づつ2反復として、直径5.5 cm のペトリ皿に、0.7%の寒天5 cc を満たした培地に播かれた。その後ただちに暗箱内にペトリ皿を入れ、黒布でおおい、5時間置床の後、タイマーで照射時間を定め、それぞれ所定の時間照射した後、ふたたび暗黒条件においた。

照射処理のための光源としては、マスタールックス5 プロジェクターを用い、赤色光 (R) および遠赤外光 (FR)

* 遠赤外光は、Far-red つまり 730 nm を中心波長とする波長域の光である。一般には、「近赤外光」と訳されて用いられていたが、INADA [2] の指摘により、これを訳語として用いた。

は、それぞれ東芝干渉フィルター KL66 と KL73 による広幅の光線を用いた。

なお光の輻射熱および放射熱の影響を避けるため、光は鏡に反射させてから種子に照射した。

発芽の調査は、光処理後 48 時間目とし、得られたデータは Bliss の表により角度変換し、分散分析を行なった。

結 果

実 験 I

この実験は、発芽に対する光の照射時間と発芽温度の影響を検討するために、1973 年 6 月～7 月および 10～11

月に行なった。

照射時間は 4 区分 (以下 A_I, B_I, C_I, D_I とする) に大別し、A は 1 秒以下のごく短時間の照射とし、以下段階的に長い照射時間区分を設けた。各区分内での処理時間は次のとおりである。

- A_I…0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 (秒)
- B_I…0, 2, 4, 6, 8, 10 (秒)
- C_I…0, 10, 20, 30 (秒)
- D_I…0, 30, 60, 120, 240, 480 (秒)

発芽温度としては、光処理を行なう前はすべて 21 ± 1°C に保ち、処理後 21 ± 1°C と 25 ± 1°C の 2 段階を設けた。

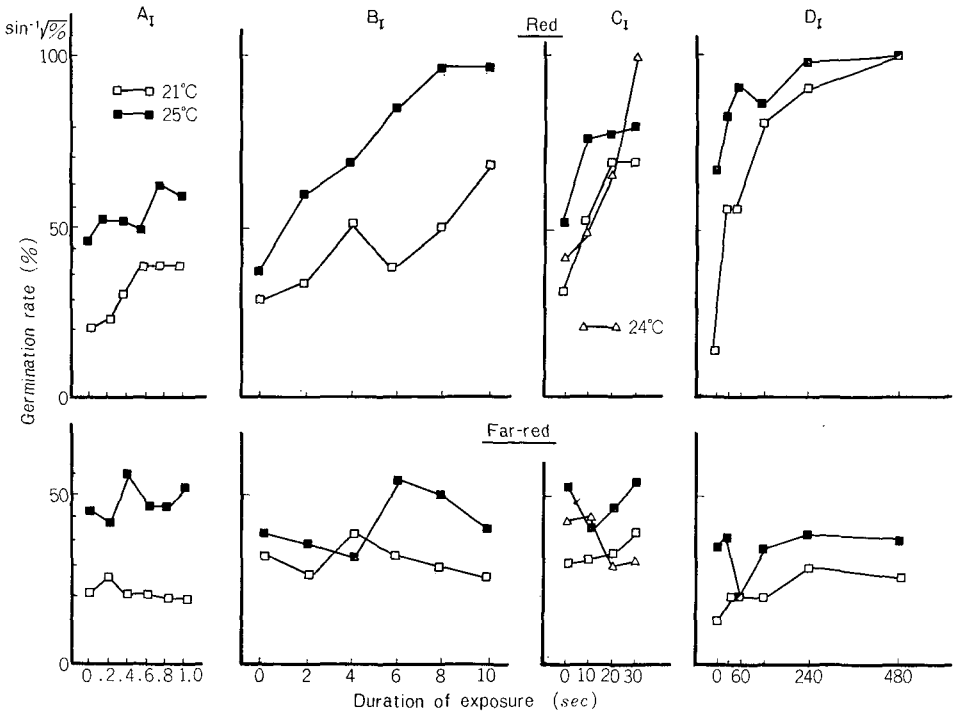


Fig. 1. Results in experiment I.

実験 I の結果は Fig. 1 に示した。発芽率は、波長 (赤色光および遠赤外光)、照射時間および温度により差異を示している。Table 1 の分散分析の結果から、これらの効果はいずれも統計的に有意であることが示された。つまり、波長効果が統計的に有意であることから、従来報告されているように、赤色光は発芽に対し促進的であり、遠赤外光は発芽抑制的であることが明らかにされた。照射時間と波長の交互作用は、この 4 区分の照射時間のいずれにおいても有意であり、発芽温度と照射時間

及び波長と発芽温度の交互作用は異なっていた。

各波長別の発芽温度と照射時間の効果は、1% 水準で有意であったが、Table 2 では、有意とは認められない。これは、Table 2 においては、照射時間と温度の交互作用の平均平方で照射時間の有意性を検定したためである。

しかし、照射時間の延長が発芽を促進する傾向は、A_I, B_I, C_I および D_I のおのおので観察された (Fig. 1)。特に B_I, C_I は 5% 水準で、D_I は 1% 水準で有意であり、

Table 1. Analysis of variances for the effects of various treatments on lettuce seed germination in experiment I.

Source	A _I		B _I		C _I		D _I	
	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.
Time of exposure	5	62.2911**	5	721.5138**	3	892.9966**	5	1578.9436**
Wave length	1	489.5380**	5	609.4361**	1	6837.3228**	1	21334.1432**
Temperature	1	6852.1911**	1	3242.1325**	2	1949.0107**	1	2084.8100**
Time×W.l.	5	49.2897**	5	497.8041**	3	927.3796**	5	1012.5961**
W.l.×Temp.	1	40.0587**	1	570.7094**	2	112.4237**	1	42.3474
Temp.×Time	5	18.9258**	5	241.6578**	6	24.3797	5	87.6817
Time×W.l.×Temp.	5	38.1902**	5	40.6931**	6	121.8142	5	118.5825**
Replication	1	34.0481**	1	9.3016	1	5.2008	1	14.4980
Error	23	3.1475	23	45.4529	23	70.7029	23	36.0684

** significant at the 1% level

Table 2. Analysis of variances for the effects of various treatment under red or far-red light exposure on lettuce seed germination in experiment I

source	A _I		B _I		C _I		D _I	
	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.	d.f.	M.S.
within red								
Time of exposure	5	86.1366	5	1154.3711*	3	1787.0563**	5	2530.0827**
Temperature	1	2797.6323**	1	3266.6668**	2	492.7957	2	1357.5105
Temp.×Time	5	36.9310	5	198.4017	6	146.4547	5	177.7033
within far-red								
Time of exposure	5	11.6162	5	65.0755	3	33.3198	5	61.4569
Temperature	1	3824.6175**	1	546.8088*	2	398.1132*	1	769.6470**
Temp.×time	5	34.0130	5	83.9566	6	65.0791	5	28.5108

発芽の促進に照射時間の延長が効果あることが示された。

一方温度効果はこれとは逆に、A_I, B_I の条件では、25°C 処理が統計的に有意に高い発芽率を示したが、C_I, D_I の条件では、有意差は認められなかった。

Table 3. Linear regression coefficient of germination rate ($\sin^{-1}\sqrt{\%}$) on the duration of red light exposure sec (in experiment I)

Duration of red light exposure	Temperature		
	21°C	24°C	25°C
A _I 0.2~1.0	11.6266	—	10.6533
B _I 2~10	4.3810	—	3.1700
C _I 10~30	0.6670	1.7890	0.8725
D _I 30~480	0.0761	—	0.0128

21°C および 25°C の温度別における単位時間(秒)あたりの発芽促進割合は、回帰係数を計算することによって求められ、その割合は段階的に減少していくことがわかる。これらの回帰係数から A_I~C_I の3つの範囲の照射時間では、促進の効果が著しいが、照射時間が30秒以上になれば、発芽率の上昇割合は微妙であると考えられる。

FR 条件のもとでの照射時間の効果をみると、A_I~D_I の実験区分のいずれにおいても有意差を見出すことはできなかった。一方、温度効果は、A_I~D_I のいずれの照射時間の区分においても、25°C の処理が5% または1% 水準で有意な高い発芽率を示した。

この結果は、FR 照射によって発芽は抑制されるが、温度の影響をうけることを示している。

つぎに、A_I 区分において波長、照射時間、温度およびこれらの交互作用が統計的に有意であるので、温度別

に R と FR の波長の照射時間の延長に伴う効果を判定するために最小有意差を用いて比較を行なった。その結果、温度 21°C のときに R, FR 照射処理が 0.2 秒であれば、発芽率 (角度変換値) は、それぞれ 21.49 と 22.75 であり、有意差は認められない。つまり、R と FR の間には差は認められないことになる。しかし、0.4~1.0 秒の照射時間では、R と FR の間には有意差が認められた。発芽温度が 25°C の場合には、0.2 秒の R, FR 照射の間には、統計的有意差が認められた。0.4 秒の R, FR 照射の場合には、両者に有意差は認められないが、発芽率は R < FR であった。また 0.6 秒照射の場合も有意差は認められないが、発芽率は R > FR であった。さらに、0.8 秒および 1.0 秒照射では、統計的な有意差が認めら

れ、R > FR であり、21°C 処理と同じ傾向を示した。

実験 II

この実験は実験 I と同様の目的のもとに、1974 年 5~6 月に行なわれ、即ち実験 I における結果の確認を目的として行なった。

照射時間は下記のように A_{II}, B_{II}, C_{II}, D_{II} の 4 区分が用いられた。

A_{II}…0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 (秒)

B_{II}…0, 1, 2, 4, 8 (秒)

C_{II}…0, 10, 20, 40, 80 (秒)

D_{II}…0, 100, 200, 400, 800 (秒)

発芽温度としては光照射を行なう前は、すべて 21 ± 1°C、処理後は 21 ± 1°C、27 ± 1°C の 2 段階をもうけた。

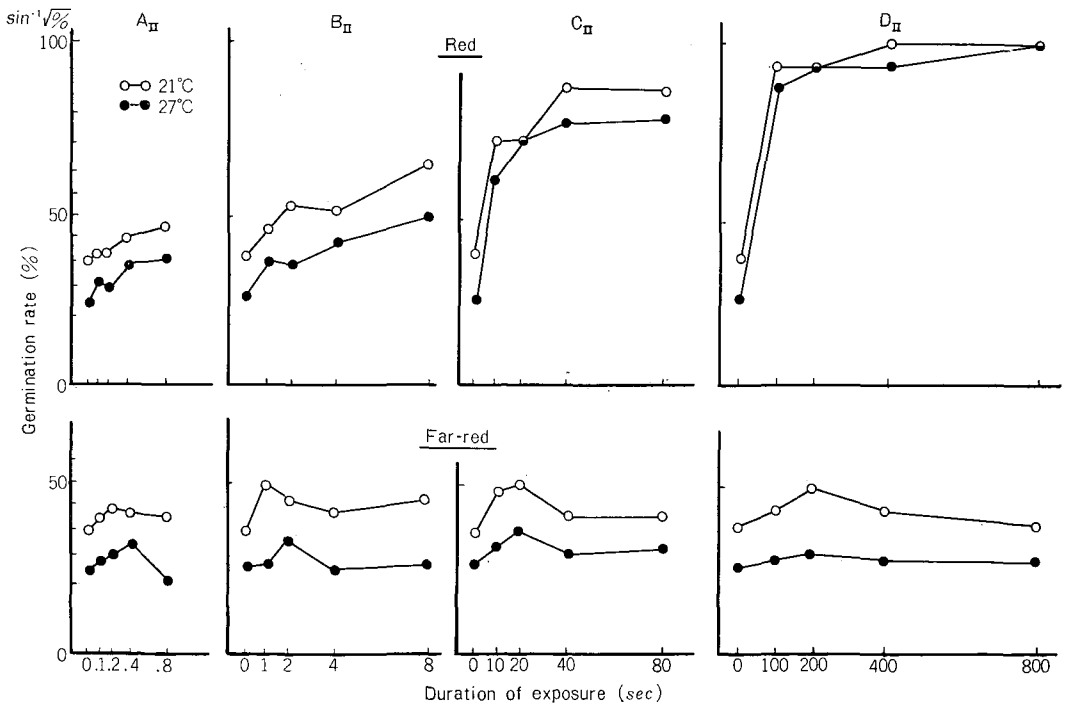


Fig. 2. Results in experiment II.

実験 II の結果は、Fig. 2 に示した。発芽率は、ほとんどすべての場合、21°C の発芽温度のほうが 27°C のそれよりも高い。分散分析 (Table 4) の結果は波長、照射時間および発芽温度については、実験 I と同様いずれも有意差がみられた。交互作用については、照射時間と波長の間では、いずれも統計的に有意であったが、温度と時間の交互作用は、A_{II}~D_{II} のいずれにおいても有意ではなく、温度と照射時間の交互作用は、C_{II} 区分での

み有意であった。波長別の分散分析の結果 (Table 5) によって R の効果は、この試験では 40 秒を超えれば限界に達するものと判断される。さらに D_{II} 区分においても、照射時間の有意差は認められるが、これは 0 秒 (暗黒) を除けば、その差はみとめられないし、また温度効果も D_{II} 区分ではみられなかった。

R について、直線回帰係数を計算した結果は、実験 I と同様の結果であった。

Table 4. Analysis of variances for the effects of various treatment on lettuce seed germination in experiment II.

Source	Degree of Freedom	Mean Square			
		A _{II}	B _{II}	C _{II}	D _{II}
Time of exposure	4	60.1107**	198.2372**	929.0285**	1584.4279**
Wave length	1	79.7203**	511.9402**	6916.2450**	18039.5572**
Temperature	1	1061.5181**	1748.7418**	1113.7636**	899.2729**
Time×W.l.	4	39.0143**	139.0558**	632.2685**	1156.0920**
W.l.×Temp.	1	5.6625	28.7642	692.4760**	2.6534
Temp.×Time	4	8.0145	11.7430	11.5883	64.3891
Time×W.l.×Temp.	4	2.7567	19.6112**	81.0962**	31.9048
Replication	1	1.0890	0.2788	0.9987	0.00003
Error	19	7.1357	4.1653	12.3688	16.5532

** significant at the 1% level

Table 5. Analysis of variances for the effects of various treatment under red or far-red light exposure on lettuce seed germination in experiment II.

Source	d.f.	M.S.			
		A _{II}	B _{II}	C _{II}	D _{II}
Within red					
Time of exposure	4	69.9751**	301.3022**	1500.0605**	8335.1362*
Temperature	1	390.3181**	664.4739**	353.6405*	24.2881
Time×Temp.	4	3.2028	5.1310	22.7509	644.6481
Within far-red					
Time of exposure	4	27.7709	39.8823	61.8823	31.7586
Temperature	1	742.6149**	1113.0320**	1452.5991**	999.6768**
Time×Temp.	4	11.8183	22.3318	10.9337	27.8973

**,*; significant level at 5, 1%, respectively.

Table 6. Linear regression coefficient of germination rate ($\sin^{-1}\sqrt{\%}$) on the duration of red light exposure (sec) (in experiment II)

Duration of red light exposure	Temperature	
	21°C	27°C
A _{II} 0.1~0.8	11.2542	7.6963
B _{II} 1~8	2.3484	1.9383
C _{II} 10~80	0.2898	0.1962
D _{II} 100~800	0.0090	0.1432

次にFR照射の場合は、照射時間別による処理効果に有意差が認められない。このことは、FRの発芽に対する抑制効果は、対照区つまり暗黒においた場合と同様で

あり、これは実験Iと同じ結果であった。

FRは発芽について抑制効果を示すものとされるが、対照区より有意に下回る発芽率はこの実験では得られなかった。

実験 III

実験IIIは光波長の効果とその後の環境条件(特に水分条件)によってどのように推移するかを検討するために、1973年10~11月に行なった。

実験方法の大要は、実験I, IIと同様であるが、種子の水分測定は、材料を無処理の種子は5g、吸水完了の種子は15gをとり、90~110°Cの恒温で3時間乾燥し、その後1時間ごとに恒量に達するまで重量を測定して乾物重を決定し、乾物重に対する水分含量を計算した。

実験方法は Fig. 3 に示した。

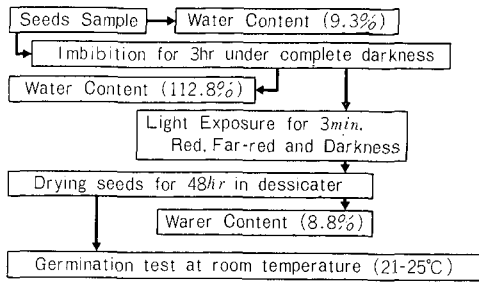


Fig. 3. The method of experiment III.

Table 7 には、各光照射後、乾燥をへた種子の発芽率を各光処理ごとに示した。この表から Fig. 3 に示した方法をへなかつた種子の発芽率が暗黒条件で36% (Ta-

Table 7. Dark-germination following a dry condition after light exposure treatment

Light treatment	Duration of dry condition (days)												Regression coefficient b (sin ⁻¹ √%/day)
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	... 180	
Darkness (control)	10	9	9	10	8	13	10	11	8	7	16	14	0.0204 ± 0.1253
Red (3 min)	86	89	90	88	80	95	71	82	75	80	85	80	0.0213 ± 0.0332
Far-red (3 min)	28	33	32	24	27	25	34	22	23	28	23	32	0.0159 ± 0.0164

Dark-germination rate of non-light-treated seeds; 36%

考 察

1. 赤色光の照射時間と温度の効果

R による発芽促進効果は、Table 2, 4 および Table 3, 6 においてみられるように、実験 I, II でよく似た傾向を示した。Fig. 1 と Fig. 2 で、また最小有意差による比較では、R と FR の効果の差は、実験 I においては 0.2 から 0.6 秒まで、さらに実験 II では 21°, 27°C の両条件で 0.8 秒までは、明瞭ではなかった。一方 Table 1 と Table 4 では波長の主効果は統計的に有意であったが、これは、それぞれ、FR 処理の発芽率が実験 I では 0.8, 1.0 秒、実験 II では、0.8 秒で R 処理と比較した場合、その差が大きいことによるものと考えられる。

これらの結果を総合すれば、以下のことが推察された。即ち、波長の効果が認められるのについて、波長 (R) の効果が完全に発揮されるためには、0.8 秒以上の照射時間を要するものと考えられる。このことは Table 3, 6 の回帰係数の推移からみて、赤色光が単に瞬間照射ですべての種子が発芽するわけではなく、ある一定限度の照射時間を必要とし、照射時間の増加に対応して発芽率は増加したことから明らかである。

ble 7 注) であるのに対して、R 処理の場合では、70~95% の範囲の発芽率を示し、FR 処理では、22~32%、光処理のない場合 (D) では、7~16% の発芽率であった。以上の 3 処理をうけた種子の乾燥処理後の日数に対する回帰係数は、それぞれ R, FR, D で 0.0204, 0.0213, 0.0159 であり、標準偏差からこの回帰係数の有意性は認められなかった。以上のことから波長の効果が、乾燥後相当長い日数を経過しても、その効果が保持されるものと考えられる。

暗黒処理を加えた場合は、発芽率は FR 処理よりも低くまた暗黒条件の対照区の発芽率 36% よりも低いことが認められた。

古谷 [1] も赤色光一遠赤外光可逆的光反応は、光の量が反応に必要な閾値をこえるかどうかによって決定されると述べている。一方 R による発芽促進割合は、両実験の A 区分で高い値が得られ、また回帰係数が B, C 区分では低い値を示していることは、閾値の存在を示していると思われる。

TAYLORSON と HENDRICKS [8] は、ナガバノギシギシ (*Rumex crispus* L.) 種子の光発芽について報告し、種子中に本来含有される発芽促進型フィトクローム (P_{fr}) がある濃度で存在し、発芽に必要とされる P_{fr} の濃度が光反応によって達成されることによって発芽が生起するものと仮定した。

R の照射時間の延長による発芽促進効果は、個々の供試種子に含まれるフィトクロームの全体の濃度 [P_{total}] に対しての発芽促進型フィトクロームの濃度 [P_{fr}] の割合が、光照射前で異なっており、そのため個々の種子の [P_{fr}] が閾値をこえるのに要する R の照射時間が異なるものと仮定すれば、良く理解できるであろう。また暗黒 (0 秒) ですでに発芽した種子は既に [P_{fr}/P_{total}] が、発芽に必要なレベルまで到達していたものと考えられることができる。つまり、供試された種子の中に光エネルギー

を多く必要とする種子と、より少なくても十分な種子が混在し、このため供試された種子は発芽のための要光性の幅が0~200秒程度の広い範囲にまでわたっていたのであろうと考えることができる。

実験 I, II の方法から明らかなように、浸漬時および光照射時の温度条件は同じである。実験材料に用いられた種子は、光に対する反応の傾向は同じと考えられるから、発芽時の温度の効果はフィトクローム系以外の代謝系に関連しているものであろう。

本実験の場合種子の発芽現象は、浸漬→光反応→代謝過程→幼根の伸長という過程を迎える。したがって、代謝系に影響する温度条件のいかんによっては、種子の発芽は大きく阻害されるとも考えられる。実験 I, II の D 区分のように、照射時間が長い場合、温度条件の違いによる差が小さくなった (Fig. 1, 2) のは、発芽の“信号”伝達過程が安定であったこと、また直接発芽に関連した代謝過程に遅速がみられなかったことが原因として推定される。

温度条件による発芽の阻害が、どのプロセスに影響を与えた結果生じたものであるかをみるためには、抑制的溫度条件と好適溫度条件を組みあわせて実験を試ることが必要である。

2. 遠赤外光の効果の温度による変化

FR の照射は、照射時間の長短にかかわらず対照区における発芽と同様の発芽率を示すことから、FR の照射時間による効果の変化がないことがあきらかとなった。したがって FR による発芽抑制的効果の有無について、判然とした結論を下すことはできない。

FR 照射条件のもとでの温度効果は、実験 I, II のいずれにおいても統計的に有意であった。このことは、温度の違いによって FR の抑制的作用とは異なる光照射後の暗黒下の代謝過程が影響されたものと考えられる。

これに関連して VIDAYER および HSIAO [10] はレタス Grand Rapids 種子を用いて、発芽の過程に感光性の径路と非感光性の径路を仮定し、シベレリン等の植物ホルモンの暗黒条件下における発芽への効果は、後者の径路が関与しているのであろうとしているが、このような物質の作用は、温度によって当然影響をうけると考えられる。

3. 光反応の持続性と発芽の不一致性

実験 III は同一 lot 内であっても発芽試験の繰り返しによって大きく発芽率を異にするいわゆる“Germination inconsistency”と光反応との関係が水分を制御す

ることによってどのような効果をうけるかを実験したものである。

結果としては、乾燥処理を経過しても、乾燥前に種子の浸漬時にうけた光の効果そのまま持続することがあきらかとなった。種子の乾燥によって水分含量を、8.8%に調整された種子 (その過程は Fig. 3 に示されている) は、発芽促進的 R の場合高い発芽率を、また抑制的 FR の場合低い発芽率を示したことによって、フィトクロームが光波長によって決定された型を保持していることがわかった。

この実験操作は、暗黒下で行なわれたが、実験に供試する場合、種子の置床は、明条件で行なったので、もし FR の処理をうけた種子が光反応をおこせば高い発芽率を示すものと考えられたが、実際は低い発芽率を示したことによってもこのことは明らかである。

種子の光発芽性は、フィトクロームの P_{fr} と P_r の両型の安定性、およびその比がある一定値をもつことによって方向づけられる過程と、光の影響をうけない。つまりフィトクローム系以外の物質代謝過程の総合的結果であると考えられ、以上に述べた持続性と個々の種子における反応の違いが対応し、個々の種子が様々な発芽反応を示すが、結果的には光効果が大きくあらわれるのであろう。

Fig. 1, 2 から明らかなように、温度条件および照射条件が同じであっても、発芽率は大きく異っている。このことは前にも述べたように、供試された種子における $[P_{fr}]/[P_{total}]$ の違い、または個々の種子の吸水程度や種子 1 個内における水分の差異による部分的な光への反応が考えられる。

坂西 [6] は、種子が受精後から発育成熟にいたる過程と、収穫後の貯蔵条件によっても、発芽は大きく影響をうけることを示唆している。

発芽試験の不一致性を回避するためには、栽培条件を一定にし、収穫後の種子の貯蔵も一定条件で行なう必要があると考えられる。この発芽の不一致性 (Germination inconsistency) は、単色光線または暗黒下において起こり、太陽光線下では起こらないようである。この理由としては、光発芽性が単色光線に対する感光性以外の要因によって支配されているものと考えられる。一般的には、発芽率の一致性はなくても、実験 I, II でみられた発芽の光に対する傾向性は変わらなかった。

摘 要

本実験は、レタス種子 Grand Rapids を用いて、光

発芽における、光が介在する径路とその他の内在または外在の、および内在と外在条件の交互作用を明らかにする目的で行なったものである。特にこの実験においては、発芽に対する光の波長、その照射時間および温度の効果をあきらかにしようとした。さらに数多くの研究者たちがおこなった研究結果が同一材料を用いて同様の環境条件で行なわれても、発芽試験の結果は一致しないといういわゆる不一致性 (Inconsistency) をひきおこす要因についての実験を試みた。

実験 I (1973 年), 実験 II (1974 年) の結果は次のように要約される。

供試された種子は赤色光 (R) および遠赤外光 (FR) が照射されたが、前者の場合は後者の場合よりも発芽率が高かった。また R の場合は、光処理のない場合よりも高い発芽率を示した。

それぞれの実験は、照射時間の長さによって、4つのグループに分割された。つまり A (1秒以下), B (0~10秒); C (0~30秒), D (0~480秒) である。それぞれのグループは4~6段階の照射時間で成りたち、2つの異った温度処理を行なった。

それぞれのグループ内では、照射時間の延長に伴って発芽率が一回帰的に増加した。

FR 照射は、照射時間の延長に伴って発芽率の間にはどのような関係もみられなかった。この場合、温度の効果は、R の場合とは、異っている。このことは、光が介在する径路に加えて、温度の介在する径路のあることを示唆している。この径路についての適温は 25°C 付近にある。

もしこの Grand Rapids の種子が全体のフィエクローム含量に対して、特定割合の P_{fr} を満たすことによって発芽を開始するのであれば、これらの結果は、既存の P_{fr} の含量が光処理以前では異なり、発芽は R の照射によって P_{fr} を少量かえることによって開始されることを示唆した。

実験 III では、乾燥条件における貯蔵が、乾燥以前にうけた光処理の効果をかなり長期にわたって失なわないことを示したものである。この結果は光処理に先行する内因性のまたは外因性の条件が、この品種の発芽試験の結果の一致を得るためには考慮すべき条件であることを示唆している。

参 考 文 献

- 1) 古谷雅樹 (1963): 光と植物の形態形成. 科学, **33**, 473-480.
- 2) HSIAO, A. I. and W. VIDAVER (1971): Water content and phytochrome-induced potential germination responses in lettuce seeds Plant physiol. **47**, 186-188.
- 3) INADA, K. (1973): On the boundary of visible range and the designation of a band around 730 nm Environ. Control in Biol. **11**, 41-42.
- 4) KASPERBAUER, M. J. (1963): Germination of tobacco seed Tobacco sci. **12**, 20-22.
- 5) ROLLIN, P. (1972): Phytochrome control and seed germination Phytochrome pp. 230-254. Edited by MITRAKOS, K. et al. Academic Press; London and New York.
- 6) 坂西義洋 (1953): 草花種子の発芽におよぼす光線の影響. 園芸学研究集録, **6**, 114-120.
- 7) 高橋成人 (1967): 光による発芽の抑制とその累積持続効果. 東北六農研報, **19**, 55-63.
- 8) TAYLORSON, R. B. and S. B. HENDRICKS (1972): Phytochrome control of seed germination of *Rumex crispus* L. seeds induced by temperature shifts Plant Physiol. **50**, 645-648.
- 9) VIDAVER, W. and A. I. HSIAO (1972): Persistence of phytochrome-mediated germination control in lettuce seeds for 1 year following a single monochromatic light flash Can. J. Bot. **50**, 687-689.
- 10) VIDAVER, W. and A. I. HSIAO (1974): Action of gibberellic acid and phytochrome on the germination Grand Rapids lettuce seeds. Plant Physiol. **53**, 266-268.

Summary

The authors are engaged in the genetic studies of the light-mediated seed germination in a few cultivated plants. In order to conduct these studies with sufficient accuracy, it becomes necessary to clarify the interaction of the light-mediated pathway of germination with other internal and/or external environmental conditions.

The main purpose of this experiment is to elucidate the influences of wave length of light, duration of light exposure and temperature on the seed germination of lettuce (*Lactuca sativa* L., cultivar Grand Rapids). Furthermore, the authors attended to investigate the causes giving rise to the inconsistency between results of germination tests which may many investigators encounter even when the tests are conducted under the same environmental conditions with identical materials.

The results of experiment I (in 1973) and experiment II (in 1974) are summarized as follows:

The samples of seeds exposed to red light (abbreviated as R) showed a higher germination rate than those exposed to far-red (abbreviated as FR) or untreated with light exposure.

Each experiment was divided into 4 different groups based on length of light exposure; A (below 1 second), B (0—10 seconds), C (0—30 seconds), D (0—480 seconds). Each group also consisted of 4—6 classes of duration of light exposure and two different temperature treatment as shown in Fig. 1 and 2. Within each group, the germination rate increased linearly as the duration of exposure to R became longer (Fig. 1, 2 and Table 3, 4).

The length of exposure to FR did not show any definite relation with the germination rate. In this case, the influence of temperature was conspicuous as in the case of R. This suggests

the existence of a temperature-mediated pathway. The optimum temperature for this pathway may be around 25°C as shown in Fig. 1 and 2.

If the seed of this cultivar begins to germinate by the fulfilment of a definite rate of content of P_{fr} , these results would suggest that the pre-existent rate of content of P_{fr} , prior to light exposure treatment may be different among seeds, and the seed supplemented with a short quantity of P_{fr} by means of R-exposure may start the germination in rapid succession.

Experiment III showed that the storage for considerably long periods under dry conditions after light exposure treatment did not diminish the influence of light-exposure treatment (Table 7). This result suggests that the internal and external conditions before light exposure treatment must be taken into consideration to obtain consistent results of germination tests of this cultivar, Grand Rapids.