

光反応性牧野草種子の休眠覚醒機構第4報

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	清水, 矩宏 池谷, 文夫 田島, 公一
巻/号	21巻2号
掲載ページ	p. 79-85
発行年月	1975年7月

光反応性牧野草種子の休眠覚醒機構

第4報 オーチャードグラス種子の登熟経過と発芽習性

清水矩宏・池谷文夫・田島公一

農林省草地試験場 (栃木県西那須野町)

緒 言

寒地型牧野草の完熟種子の休眠-発芽習性については、すでに多くの種にわたって研究^{2,3,4,5,7,8,10)}がみられ、温度依存性光反応系の存在^{5,7,11)}、prechillingの休眠覚醒効果^{2,5,7)}などの知見が得られている。しかし、開花後の登熟過程における休眠-発芽習性の形成パターンなどについては若干の研究^{4,9)}がみられるにすぎない。著者らは第2報⁹⁾でエゾノギンギシの種子形成過程は3期に区分し得、それぞれにおいて休眠-発芽習性が異なることを見出した。

そこで、本実験においては、我が国において栽培されている典型的な寒地型草種のひとつであるオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) をとり上げ、その発熟過程における種子形成パターン、温度依存性光反応系の面からみた休眠-発芽習性の変化および prechilling に対する反応などを追求した。

材料および方法

実験1) 1973年に草地試験場(栃木県西那須野町)で採取したオーチャードグラスの Potomac, アオナミおよびキタミドリ種子と、同年北海道農業試験場(札幌市)で採取したキタミドリ種子について、採取約1ヶ月後に18℃、23℃および28℃の光(10 W 白色蛍光灯連続照射, 300~500 lux) および暗黒条件下のシャーレ濾紙上にて発芽試験を実施した。試験は各区とも50粒宛3反復とした。なお、ここで種子とは内外穎を含めたものをさす。

実験2) オーチャードグラスの早生品種アオナミ(草地試験場圃場栽植経年株)の1974年5月28日に開花した穂から開花後所定日毎に稔実粒を採取し、以下の実験に供した。なお開花日⁶⁾は一穂内で最初に開花のみられた日とした。

a) 開花後7日間隔で採取し、種子の乾物重および含水率を測定するとともに、採取後0日、2日、10日および約3ヶ月間(9月9日まで)室内風乾し、上記実験1と同様の発芽試験を実施した。なお乾物重および含水率の測定

方法は第2報⁹⁾に準じた。

b) 開花後30日目の種子を採取直後と7日間の室内風乾後に5℃湿潤条件で0日、3日、6日および10日間 prechilling し、実験1と同様な発芽試験を行なった。また開花後10日間隔で採取した種子を10月22日まで室内で風乾したものについて0日、7日および14日間の prechilling を加え同様の発芽試験を実施した。

実験結果および考察

1. オーチャードグラス種子の発芽に対する光と温度の関係

1973年に西那須野および札幌で採取した種子の採種当初における発芽反応をみたのが第1図である。同図よりすべての供試種子において、18℃および23℃での発芽は光によって誘起され、連続暗黒条件下ではほとんど発芽がみられなかった。さらに高温の28℃下では光の有無をとわず発芽はいちじるしく低下した。これらのことよりオーチャードグラス種子は顕著な温度依存性光発芽習性を示すことが明らかであるが、この性質は採取地あるいは品種・系統によって差異は認められず、オーチャードグラス種子の発芽特性の根幹をなすものと考えられる。そこで以下、開花後の種子形成過程を本発芽習性の変化との関係で追究した。

2. 種子形成と発芽習性の変化

開花後所定日毎に採取したアオナミ種子の形成経過を示したのが第2図である。まず、種子の乾物重は開花後初期段階では比較的ゆるやかに増加したが、14日目頃から急激な増大を示し、ほぼ28日目で最大に達した。また種子の含水率は開花後7日目では約65%であったが、28日目頃まで漸減し、それ以後25%前後の平衡状態となった。なお28日目頃から種子の内外穎の褐色化が始まり外観的にも完熟状態を呈するようになった。

次にアオナミの開花後種子形成過程における温度依存性光発芽反応をみたのが第1表である。開花後7日目ではいずれの温度、光条件下でも発芽はみられなかった。しかし、14日目種子では採取直後の新鮮種子を直接各条

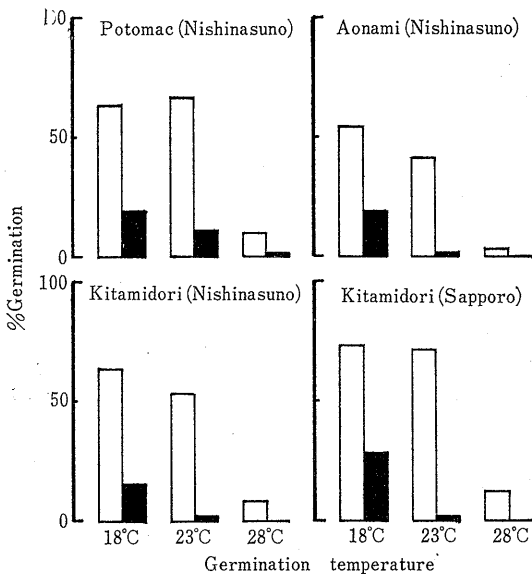


Fig. 1. An influence of temperatures and light condition on the germination of orchardgrass (Potomac, Aonami and Kitamidori) seeds freshly harvested in Nishinasuno and Sapporo

Notes: 1) □ = % germination under continuous light condition
 ■ = % germination under continuous dark condition
 2) () = Location where its seed was harvested

件下に置床した場合には発芽はまったくみられなかったが、10日間の室内風乾により含水率を一度低下させた後には、18°C、光条件下で17.8%の発芽率が認められるようになった。さらに21日目の種子も同様な傾向を示したが、この時期ではわずか2日間の風乾後に18°Cおよび23°Cの光条件下で50%前後の発芽がみられた。しかし暗黒条件下での発芽はいずれもほとんどみられなかった。また28°Cでの光発芽率は低温域でのそれに比べて低く、光発芽における温度依存性も顕著であった。次に開花後28日目以降の種子は採取直後の新鮮種子ですでに温度に依存した光発芽習性がみられ、採取後の風乾過程においてもほとんど発芽率には変化がなかった。ただこの時期の種子では前述の21日目までの種子と異なり暗黒下での発芽も若干認められるようになった。

以上の結果より、オーチャードグラスの登熟過程を種子の形成状態および発芽習性の面から整理すると次の3期に区分しうる。まず、第1期は開花後7日目頃までの時期で、この時期の種子は乾物重の増加が比較的ゆるやかで、その含水率は50%以上であり、まだ発芽能力を有

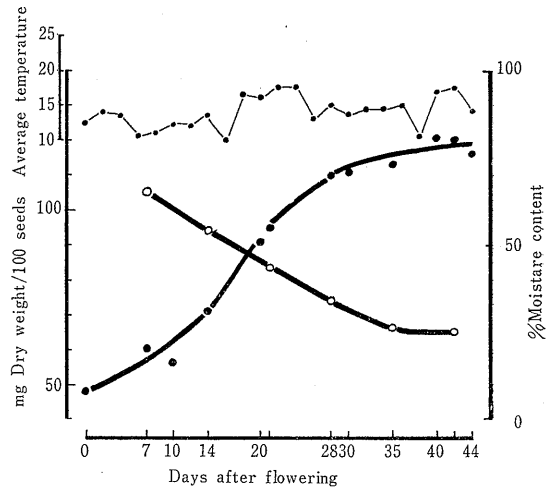


Fig. 2. Changes in mg dry weight per 100 seeds and % moisture content during seed development after flowering in Aonami orchardgrass

Notes: 1) Flowering date=May 28, 1974
 2) ●—● = mg dry weight
 ○—○ = % moisture content
 ·—· = the average temperature during seed development

していない。第2期は第1期以降28日目にかけての期間で、この時期には種子の乾物重は急激に増大し、含水率は漸減する。発芽能力の面からみるとこの時期の種子は母体から強制脱粒した直後の状態では発芽は生じなかったが、強制脱粒後の風乾過程において温度依存性光発芽能力が獲得されるという特徴がみられる。次に第3期は開花後28日目以降の期間で、乾物重、含水率はともに平衡状態となり、種子は外観的にも完熟する。この時期の種子では第2期と異なり、母体から脱粒した時点ですでに著しい温度依存性光発芽習性がみられ、その後の風乾過程でも変化がない。

3. 風乾過程に伴う発芽習性の変化

前記2項において脱粒後の短期間の風乾が発芽習性に影響を及ぼすことが判明したため、それら登熟過程各時期の種子をさらに長時間風乾貯蔵し、9月9日に再度発芽習性を検討した。結果は第2表に示す通りである。第1表と比較すると明らかのように、第3期に入っている種子は、この風乾過程においてもほとんど変化がみられず、母体から脱粒直後の発芽習性と相似たパターンを示した。しかし、脱粒直後にはほとんど発芽しなかった開花後14日目の第2期の種子は約3ヶ月間の室内風乾貯蔵によって18°C、23°Cの光条件下で各々48.7%および44.7%の発芽率がみられ、より種子形成過程の進んだも

Table 1. Effect of the length of the air-drying period after harvesting on the germination behaviour and the moisture content of Aonami orchardgrass seeds harvested on the different stage of seed development

Days after Flowering	Days after Harvesting	%Moisture Content	Germination Condition					
			18°C		23°C		28°C	
			Light	Dark	Light	Dark	Light	Dark
7	0	64.9	0	0	0	0	0	0
	2	29.8	0	0	0	0	0	0
	10	13.3	0	0	0	0	0	0
14	0	54.2	0	0	0	0	0	0
	2	39.2	0	0	0	0	0	0
	10	13.9	17.8	2.2	0	0	0	0
21	0	42.5	3.3	0	3.3	0	4.5	0
	2	25.6	47.8	0	51.2	0	13.3	0
	10	6.8	31.2	3.3	24.2	1.1	2.2	0
28	0	33.9	50.0	0	31.2	0	17.8	3.3
	2	23.4	36.7	2.2	30.0	1.1	12.2	1.1
	10	5.7	24.5	5.6	28.9	0	1.1	0
35	0	27.2	38.9	17.8	53.4	2.2	17.8	2.2
	2	15.7	42.3	5.6	37.8	3.3	11.1	1.1
	10	6.1	38.9	2.2	34.5	0	23.4	0
42	0	24.5	56.7	26.7	42.3	7.8	8.9	0
	2	9.1	60.0	21.2	42.3	3.3	14.5	1.1
	10	9.1	42.3	7.8	43.4	3.3	15.6	0

Notes: 1) Each figure represents % germination for 25 days after incubation.

2) Germination condition: Temperatures=constant

Light=continuous light from fluorescent lamp (300-500 lux)

Dark=covered with aluminium foil

Table 2. Effect of the stage of seed development on the germination behaviour of Aonami orchardgrass seeds stored in air-drying at room temperature for 2 to 3 months after harvesting (Assay date: Sept. 9, '74)

Days after Flowering	Harvest Date	Germination Condition					
		18°C		23°C		28°C	
		Light	Dark	Light	Dark	Light	Dark
7	June 5	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
14	12	48.7	14.0	44.7	4.0	7.3	0
21	19	36.0	11.3	39.3	3.3	26.0	0
28	26	32.0	8.0	38.7	6.0	20.0	0
35	July 3	47.3	20.0	57.3	14.0	35.3	1.3
42	10	38.7	10.7	50.7	8.0	14.0	2.0

Notes: 1) Each figure represents % germination for 19 days after incubation.

2) Germination condition: Refer to table 1.

のと同程度の発芽率を示すようになった。また第2図は第2表に示す18°Cおよび23°Cの光条件下での発芽の速度パターンを示したものであるが、開花後14日目の種子でも他の種子形成過程の進行した種子とほとんど差異はなかった。これらの結果より、脱粒時には発芽能力を有しなかった第2期の種子もその後の風乾過程において完熟した種子と同様な発芽能力を形成してることが明らかである。

また種子形成過程の第2期以降の種子では2~3ヶ月の室内風乾貯蔵後も依然として種子発芽における好光的性質はいずれの温度条件下でも著しいが、光条件下でも50%前後の発芽率しかみられず半数以上の種子はまだ休眠性を保有しているものと考えられる。

4. 登熟過程の異なる種子に対する prechilling の効果

Table 3. An influence of the air-drying after harvesting on the prechilling response in germination of Aonami orchardgrass seeds harvested on the 30th day from flowering

Days after harvesting	Duration of Prechilling	Germination Condition					
		18°C		23°C		28°C	
		Light	Dark	Light	Dark	Light	Dark
0 (39.5%)	0	57.0	3.0	47.0	3.0	34.0	3.0
	3	58.0	5.0	45.0	11.0	24.0	3.0
	6	62.0	12.0	42.0	10.0	30.0	7.0
	10	51.0	16.0	37.0	15.0	28.0	14.0
7 (9.7%)	0	61.0	4.0	43.0	6.0	31.0	3.0
	3	63.0	11.0	49.0	17.0	47.0	6.0
	6	74.0	25.0	72.0	22.0	50.0	19.0
	10	87.0	26.0	72.0	24.0	68.0	16.0

- Notes: 1) Each figure represents % germination for 28 days after incubation.
 2) Prechilling temperature=5°C
 3) Germination condition: Refer to table 1.
 4) ()=% moisture content

Table 4. An influence of the stage of seed development on the prechilling response in germination of Aonami orchardgrass seeds stored in air-drying at room temperature for 3 to 4 months after harvesting (Assay date: Oct. 22, '74)

Duration of Prechilling	Days after Flowering	Germination Condition			
		18°C		28°C	
		Light	Dark	Light	Dark
0	10	32.0	0	0	0
	20	23.0	12.0	7.0	1.0
	30	28.0	2.0	6.0	0
	40	42.0	13.0	10.0	0
7	10	52.7	18.0	18.7	2.0
	20	80.0	32.0	83.3	15.0
	30	72.0	19.0	82.7	9.0
	40	70.7	53.0	89.3	52.0
14	10	84.7	41.0	48.0	13.0
	20	86.0	50.0	79.3	41.0
	30	81.3	21.0	84.0	16.0
	40	88.0	35.0	88.7	56.0

- Notes: 1) Each figure represents % germination for 15 days after incubation.
 2) Prechilling temperature=5°C
 3) Germination condition: Refer to table 1.

すでに完熟時の種子に対しては prechilling 処理が休眠覚醒に有効であることが知られているが²⁾, この prechilling の効果を登熟過程の異なる種子について検討したのが第3表および第4表である。まず開花後30日目に採取した種子について、含水率が高い脱粒直後と7日間風乾して含水率が低下した段階に一定期間 prechilling 処理を加えた結果は表3に示す通りである。同表より脱粒直後の段階では10日間の prechilling 処理においてもほとんど効果はなかったが、脱粒後7日間の風乾をした場合には prechilling 処理の期間が長くなるに伴って光

条件下における発芽率はいずれの温度条件下においても著しく増大し、10日間の処理では18°C, 光条件下でほぼ完全な発芽がみられた。また暗黒条件下の発芽率も増加したが、まだ光発芽反応性を消去するにはいたらなかった。これらのことと完熟時の採種直後の新鮮種子に対して prechilling の効果が認められるという報告^{2,5,7)}をあわせ考えると prechilling の休眠覚醒効果は登熟過程の含水率の高い時点では認められず、一度含水率を低下させた種子において発現するものと推定される。

次に開花後10日間隔で採取した後10月22日まで室

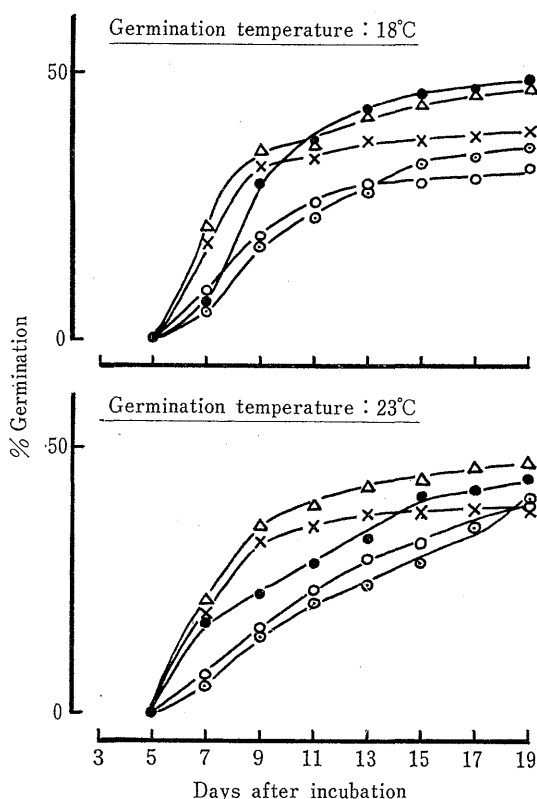


Fig. 3. Effect of the stage of seed development on the time course in germination under continuous light condition at 18°C and 23°C in Aonami orchardgrass seeds stored in air-drying at room temperature for 2 to 3 months after harvesting

Note: Stage of development	Duration of storage	Symbols
14 days after flower.	89 days	●—●
21 "	82 "	○—○
28 "	75 "	□—□
35 "	68 "	△—△
42 "	61 "	×—×

内風乾貯蔵した種子に一定期間の prechilling 処理を行ない、発芽習性に及ぼす影響をみたのが第4表である。同表より無処理 (prechilling 0日) では前記3項で述べた9月9日の時点と同様な発芽反応がみられた。しかし、7日間の prechilling 処理では開花後10日目に採取した種子は18°C および28°C の光条件下でそれぞれ52.7%、18.7%の発芽率を示し、かなりの種子がまだ休眠状態にあったが、それ以上種子形成過程の進んだ種子は両条件下でほとんど完全な発芽を示した。さらに14日間の prechilling 処理では10日目に採取した種子も18°C、光条件下でほぼ完全に発芽するようになり、28°C、光条件下でも

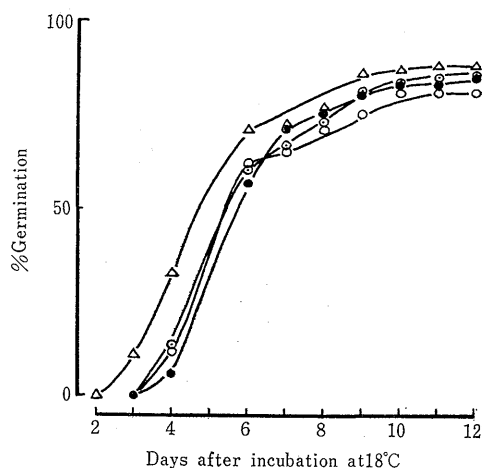


Fig. 4. Effect of the stage of seed development on the time course in germination under continuous light condition at 18°C in Aonami orchardgrass seeds prechilled at 5°C for 14 days

Note: Stage of development	Symbols
10 days after flower.	●—●
20 "	○—○
30 "	□—□
40 "	△—△

48.0%の発芽率を示すようになった。また暗黒条件下の発芽率も若干増加の傾向が認められたが、好光的性質は依然として顕著であった。

以上のように prechilling 処理はオーチャードグラスの種子形成過程の各時期の種子に対して顕著な休眠覚醒効果を示すことが明らかである。ただ、登熟過程の進んだ種子ほど短期間の prechilling 処理で有効であることから、第2期以降早期に採取した種子ほど深い休眠状態にあると推定される。しかし、開花後10日目に採取した種子も14日間の prechilling 処理で18°C、光条件下では80%以上の発芽率を示し、ほぼ完全な休眠覚醒状態となり、潜在的にはそれ以上登熟の進んだ種子と同様な発芽能力を有していることが明らかとなった。さらに、14日間 prechilling 処理をした場合の、18°C下での光発芽の速度パターンを示したのが第4図である。同図よりいずれの登熟過程の種子でもほとんど発芽の速度パターンに変化はなく、prechilling によって休眠覚醒した種子は熟度のいかんにかかわらず一定の発芽パターンをとることが判明した。

なお現在、オーチャードグラスなど牧草育種分野においても、米麦、大豆等と同様、世代促進法の確立がのぞまれているが、その具体的展開として juvenile stage (CALDER¹, 1964)における生育促進と種子形成期間の短

縮および発芽促進などが課題とされている。本実験の結果よりアオナミにおいては開花後10~20日目でも休眠性は有しているものの、すでに十分な発芽能力のある種子が得られること、かつ、この休眠性は一定の prechilling で打破しうること、さらに打破された種子の発芽速度はより熟度の進んだ種子と同程度であることなどが明らかとなったが、これらは世代促進法の確立にむけての基礎的知見と考えられる。これらの点を含め、上記1~4項で述べた発芽習性について今後種内の品種あるいは系統間差異などを検討していく所存である。

摘 要

オーチャードグラスについて、その登熟過程の種子形成状態および発芽習性の変化を検討した。結果は次の通りである。

1) オーチャードグラス種子は品種あるいは採種地を問わず、18℃および23℃の光条件下では高い発芽率を示したが、より高温域では光条件下においても発芽率は低下し、顕著な温度依存性光発芽習性を示した。

2) アオナミ種子の登熟過程を種子の形成状態および発芽習性の面から整理すると次の3期に区分しえた。

第1期; 開花後7日目頃までの時期で、乾物重の増加は比較的ゆるやかで含水率も高く、まだ発芽能力を有しない。

第2期; 第1期以降28日目にかけての時期で、乾物重は急激に増大し、含水率は漸減する。この時期の種子は母体から強制脱粒した直後には発芽しないが、その後の風乾過程において温度依存性光発芽能力を獲得する。とくに2~3ヶ月の風乾でより熟度の進行した種子と同様の発芽習性を示す。

第3期; 開花後28日目以降の時期で、乾物重、含水率はともに平衡状態となり、種子は外観的にも完熟する。この時期では母体から脱粒した時点ですでに著しい温度依存性光発芽習性がみられ、その後の風乾過程でも変化しない。

3) 開花後30日目に採取したアオナミ種子に対する prechilling 処理の休眠覚醒効果は、脱粒直後の含水率の高い時点では認められず、一度風乾し含水率が低下した場合に発現した。

4) 種子形成過程の各時期の種子を3~4ヶ月間風乾した場合、prechilling 処理はいずれの時期の種子に対しても顕著な休眠覚醒効果を示したが、登熟過程の進んだ種子ほど短期間で有効であった。また、prechilling 処理によって休眠覚醒した種子は熟度のいかにかわらず一定の発芽速度を示した。

引用文献

- 1) CALDER, D.M.: Annals of Botany, 28, 187-206 (1964)
- 2) CANODE, C.L., HORNING, E.V. and MAQUIRE J. D.; Crop Sci. 3 17-19 (1963)
- 3) GRABE, Don F.: Agron. J. 46, 253-256 (1954)
- 4) HYDE, E.O.C., McLEAVEY, M. ALLISON, and HARRIS, G.S.: N. Z. J. Agr. Res. 2, 947-952 (1959)
- 5) 中村俊一郎: 畜産の研究. 13, 1469-1473 (1959)
- 6) 関塚清蔵: 畜産の研究. 15, 1145-1149 (1961)
- 7) 関塚清蔵: 畜産の研究. 15, 1401-1404 (1961)
- 8) 清水矩宏・田島公一: 日草誌. 20, 138-143 (1974)
- 9) 清水矩宏・田島公一: 日草誌. 20, 144-150 (1974)
- 10) 清水矩宏・田島公一: 日草誌. 20, 151-157 (1974)
- 11) TOOLE, E.H., TOOLE, VIVIAN K., HENDRICKS, S.B. and BORTHWICK, H.A.: Proc. Intern. Seed Test. Assoc. 22, 196-206 (1957)

(昭和49年12月17日受理)

Dormancy Breaking of the Light-Sensitive Seeds in Temperate Forage Crops

IV. Seed development of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and change in germination behaviour during its development

Norihiro SHIMIZU, Fumio IKEGAYA and Koichi TAJIMA

(National Grassland Research Institute, Nishinasuno, Tochigi)

Summary

Relatively few attempts have been made to define the relationships between stage

of seed development and germination capacity in pasture grasses. In the second report of this series, the germination behaviour in relation to seed development of *Rumex obtusifolius* L. was investigated and three developmental phases could be recognized during seed development after flowering.

The present experiment was carried out to make clear the changes in dry weight, % moisture content and germination behaviour during seed development of Aonami orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), and moreover to evaluate the effect of prechilling treatment on the dormancy-breaking of the seeds at various stages of the development. The results obtained were as follows;

1. Immediately after harvest of mature orchardgrass seeds, the germination rate under continuous light condition was high in low temperature range (18°C-23°C), but decreased in high temperature range (28°C). Under continuous dark condition, the germination scarcely occurred at any constant temperature. Such light-sensitive and temperature-dependent germination was induced regardless of the varieties and the locations where the seeds were harvested.

2. Three developmental phases during seed maturation could be recognized as follows;

The first phase lasted for about 7 days after flowering. During this stage, dry weight increased gradually and moisture content was above 60%. The seeds harvested during this stage were not viable.

The second phase lasted for end of the first phase to 28 days. During this period, dry weight increased rapidly and moisture content decreased gradually. The seeds during this stage could not germinate immediately after removing from plant. However, with the lapse of the period of air-drying at room temperature, the light-dependent germination occurred within the limited range of temperature (18°C to 23°C). Especially, the seeds stored at laboratory conditions for 2 to 3 months after harvesting showed almost the same germination behaviour as the seeds at the third phase.

The third phase covered the period after 28 days. From this time on, dry weight and moisture content became equilibrium and the appearance of the seeds got complete. During this stage, immediately after harvesting, the light-dependent germination within the limited range of temperature occurred apparently, and scarcely changed during air-drying period following the harvest.

3. The dormancy of the seeds harvested on the 30th day from flowering could not be broken by any period of prechilling treatment when the moisture content was high (39.5%) immediately after removing from plant. The dormancy, however, was noticeably broken by prechilling for 10 days when the moisture content decreased to 9.7% after air-drying at room temperature for 7 days. After air-drying for 3 to 4 months following the harvest, the seeds in any developmental phase, except the first phase, markedly responded to prechilling treatment, and consequently high germination occurred even in high temperature range under continuous light condition.