

## 稲種子の休眠性および発芽性に関する研究

### IX 酸素および水分が種子の休眠解除並びに発芽抑制物質の不活性化に及ぼす影響

林 満

(熱帯作物学研究室)

昭和54年8月20日 受理

### Studies on Dormancy and Germination of Rice Seed

#### IX. The Effects of Oxygen and Moisture upon the Release of the Rice Seed Dormancy and upon the Inactivation of Inhibitors in the Dormant Seed

Mitsuru HAYASHI

(Laboratory of Tropical Crops)

#### 緒 言

稲種子の休眠現象に関するこれまでの生理学的研究は、種子(主に穎)に内生する発芽抑制物質<sup>2-4, 6-10, 12, 13, 19, 21)</sup>あるいは種子の包被組織の酸素の透過に対する阻害<sup>5, 8, 9, 12, 14-17, 20)</sup>のそれぞれに要因を求め、個々の要因で休眠現象の解釈を試みる傾向が強く、発芽抑制物質の存在と酸素の透過阻害とは無関係で独立の要因の如く解釈されがちであった。

著者はこれまで休眠種子にはABA(アブシジン酸)とインドール化合物と推定される物質の2種類の発芽抑制物質が存在し<sup>4, 6)</sup>、それらが穎のみならず胚乳および胚にも存在することを認めた<sup>4)</sup>。そして、これらの発芽抑制物質の活性の低下と休眠覚せいとの間に密接な関係が認められたことから、種子内生の発芽抑制物質が休眠性の要因であると推定した<sup>2, 3)</sup>。また、人為的な高温処理によって休眠を打破した場合には種子内生の発芽抑制物質の活性が低下することを認めた<sup>7)</sup>。一方、高温処理の効果は高含水率の種子で乾燥種子よりも時間的に著しく速く現われ<sup>5)</sup>、また、処理種子に残存する発芽抑制物質は種子が吸水すると短時間の内に不活性化されることを認めた<sup>7)</sup>。それと同時に、高温処理を施した種子の穎に亀裂が発生していることを発見して<sup>8)</sup>、高温処理も脱穎や加傷処理と同様に胚への酸素の透過量を増加させる上で共通的な効果を有すると推定された。上述の結果に基づいて、稲種子の休眠性は種子内生の発芽抑制物質に起因し、休眠解除は発芽抑制物質の不活性化によって誘起される。そして、その

不活性化は体内の酵素的な酸化反応によるものであらうと推論されるに至った<sup>8)</sup>。

本研究は、まず第1に酸素が種子の休眠解除および発芽抑制物質の不活性化に及ぼす影響を解明し、第2に人為的な休眠打破と発芽抑制物質の消長との関係を解明することを目的として行なった。

#### 材料および方法

休眠期間の異なる外国稲を本学農学部においてポット栽培(実験1~3)および水田栽培(実験4~6)し、水分含量が20%に達した時を完熟期として収穫された種子を供試した。

#### 実験1. 置床中の酸素が休眠解除に及ぼす影響

休眠期間の異なる3品種; Gendjah, Hadsaduri, および Ketaktara の収穫種子を風乾して、ポリエチレン袋に入れて、室温条件下に貯蔵した。そして、収穫期から休眠覚せい期まで10日毎に種子を酸素100%(高酸素分圧区)および0%(低酸素分圧区)並びに空気(対照区)条件下に置床して、30°Cの恒温器内に置き、10日間にわたって毎日の発芽率を測定した。実験は2反復とした。

置床法およびガス充填法; 殺菌した500mlの三角フラスコに濾紙を敷き、滅菌水10mlを加え、これに常法<sup>1)</sup>で消毒した種子100粒を置床した。このフラスコに活栓付ゴム栓を付し、パラフィンで気密にし、吸引ポンプで排気して活栓を閉じた。そして、高酸素分圧区は酸素ガスボンベ、低酸素分圧区は窒素ガスボンベに連結して、ガスを充填した。なお、置床後2日毎に

ガスの更新を行なった。

#### 実験2. 酸素が高温処理の効果に及ぼす影響

室温条件下に7日間貯蔵した未だ深い休眠状態にあった Hadsaduri 種子(発芽率0%)と30日間貯蔵した休眠覚せい進行中の Ketaktara 種子(発芽率15%)を供試した。これらの風乾種子を紙袋に入れて、50°Cの恒温器内に4日間置く高温処理を行なった。この処理種子を3段階の酸素分圧(酸素100%, 20%, 0%)条件下に実験1の方法にしたがって置床し、30°Cで10日間の毎日の発芽率を測定した。実験は3反復とした。なお、酸素20%区および0%区はガス混合装置を用いて窒素ガス中の酸素ガス濃度をそれぞれ20%および0%として充填した。

#### 実験3. 酸素並びに高温の複合処理が休眠打破に及ぼす影響

Ketaktara の深い休眠状態の種子(発芽率0%)を用い、種子を30°Cで水に24時間浸漬したのち、濾紙で附着水を除き、この吸水種子300粒ずつを2個の活栓付200mlの三角フラスコに入れて、それぞれに酸素20%および0%のガス(窒素ガス中)を充填した。そして、40°Cの恒温器内に2日間置く高温処理<sup>5)</sup>(以下、吸水・高温処理と呼ぶ)を行なった。つぎに、この処理種子100粒ずつを実験2の方法にしたがって3段階の酸素分圧(酸素100%, 20%, 0%)条件下に置床して、30°Cで10日間の毎日の発芽率を測定した。実験は3反復とした。

#### 実験4. 吸水・高温処理中の酸素が発芽抑制物質の活性に及ぼす影響

Ketaktara の収穫種子を風乾したのち、実験時まで4カ月間-15°C~-20°Cのフリーザーに貯蔵された休眠種子(発芽率0%)を供試し、実験3の方法で吸水した種子を酸素100%(高酸素分圧区)および0%(無酸素区)条件下に置き、40°Cで2日間の吸水・高温処理を行なった。そして、下記の方法で上述の処理種子並びに無処理種子に含まれる発芽抑制物質を定量した。

1区に風乾種子40gを供し、吸水種子を活栓付500mlの三角フラスコに入れて、これに酸素100%および0%のガスを充填して、吸水・高温処理を行ない、前報<sup>7)</sup>にしたがって、それぞれの種子に含まれる発芽抑制物質の活性を稲の剝離胚の培養法によってその発芽率で定量した。実験は5反復とした。

#### 実験5. 吸水・高温処理を施した種子の部位別の伸長抑制物質およびオーキシンの活性の変化

実験4と同じ材料を用い、種子10gを30°Cで水に

24時間浸漬したのち、附着水を除き、200mlの三角フラスコに入れて、口を密封し、40°Cで2日間の吸水・高温処理を行なった。この処理種子を前報<sup>4)</sup>にしたがって、穎、胚乳および胚の3部位に分け、それぞれに含まれる伸長抑制物質およびオーキシンの活性をアベナ伸長テストで検定し、無処理種子と対比した。

#### 実験6. 脱穎および刺傷処理を施した種子の伸長抑制物質の活性の変化

Ketaktara の休眠種子(発芽率0%)を供試して、乾燥種子並びに25°Cで水に12時間浸漬した吸水種子の両者について、脱穎並びに刺傷(胚の近傍を針で刺傷)の2処理を行ない、処理種子の伸長抑制物質の活性を無処理種子と対比した。実験は5反復とした。

1区に籽種子10gを供し、各処理種子を密封容器に入れて、15°Cの恒温器に10日間貯蔵したのち、玄米部位に含まれる伸長抑制物質を前報<sup>3)</sup>にしたがってアベナ伸長テストで検定した。

## 結 果

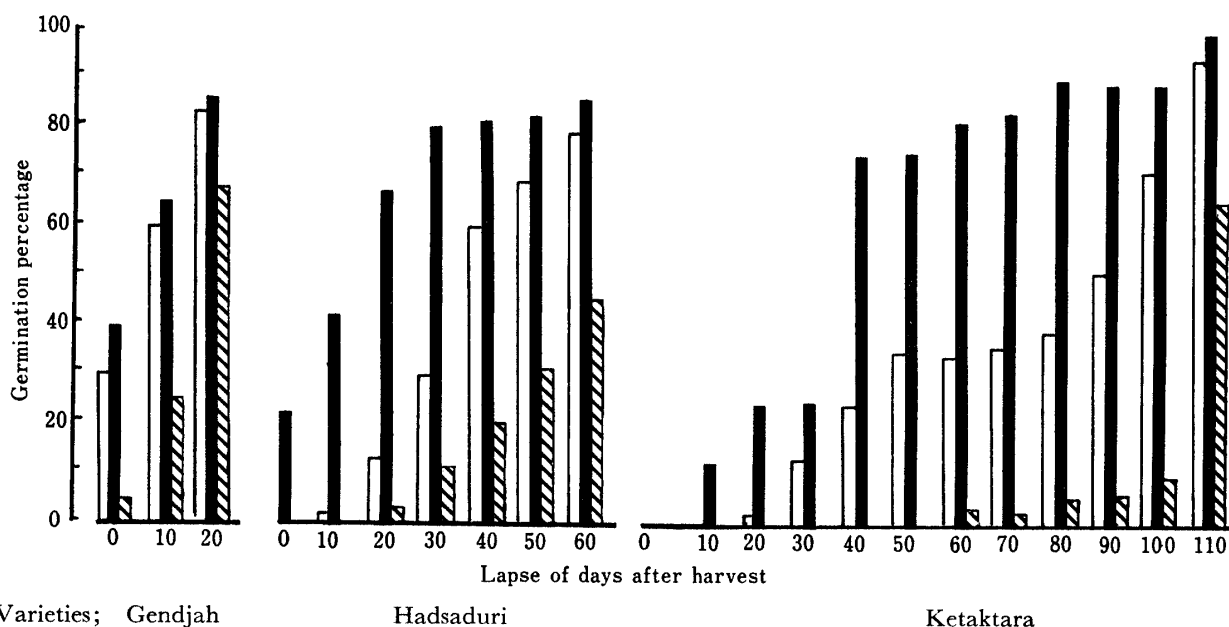
#### 実験1. 置床中の酸素が休眠解除に及ぼす影響

休眠種子を高酸素分圧、低酸素分圧および空気条件下に置床した場合の発芽率はFig.1の通りである。

休眠期間の短い Gendjah 種子においては、高酸素分圧区の発芽率はいずれの段階においても対照区の発芽率よりもやや優れたものの、両区の休眠解除の推移はほぼ類似した。一方、低酸素分圧区では、前2者に比して発芽率は低率で、休眠解除は約10日間遅れて推移した。

休眠期間が中程度の Hadsaduri 種子においては、対照区では収穫後10日目より休眠が解除し始めたものの、発芽率は徐々に増大し、80日目に60%、100日目に78%と休眠が解除したのに対して、高酸素分圧区では、10日目に40%、20日目にはすでに67%と50%以上の休眠解除を示し、さらに30日目には80%の休眠が解除し、休眠解除までの期間は対照区よりも著しく短縮された。一方、低酸素分圧区では、収穫後20日目より休眠は解除したものの、60日間を経過しても45%とかなり低率であった。以上の如く、休眠解除に対して高酸素分圧は促進、低酸素分圧は抑制の作用を示したが、その程度はいずれも休眠期間の短い Gendjah よりも大であった。

最も休眠期間の長い Ketaktara 種子においては、対照区の種子の休眠解除は収穫後20日目より開始されたが、その速度は極めて遅く、50%の休眠解除に達するのに90日間を要し、100日目に72%、110日目に94%



Varieties; Gendjah Hadsaduri Ketaktara  
 Oxygen partial pressures; □ atmosphere, ■ high oxygen tension (oxygen 100%), ▨ low oxygen tension (oxygen 0%)

Fig. 1. The effects of oxygen partial pressure under the condition of sowing on the release of the seed dormancy in varieties, Gendjah, Hadsaduri and Ketaktara. Germination test was made at 30°C for 10 days.

と推移した。これに対して高酸素分圧区では、対照区よりも10日間早く休眠が解除し始め、20日目に24%、40日目にはすでに74%の種子が休眠解除し、60日目には81%と推移し、対照区に比して著しく休眠期間が短縮された。他方、低酸素分圧区では、長期間にわたって休眠解除は認められず、収穫後60日間を経過して初めて休眠が解除し始めたものの、100日目でも発芽率は9%にすぎなかった。しかし、対照区の種子の休眠がほぼ完全に解除された110日目には、低酸素分圧区の種子の休眠も65%解除された。以上の如く、高酸素分圧の促進作用および低酸素分圧の抑制作用の程度はHadsaduriにおける作用よりもさらに大であった。

以上の結果から、酸素分圧は休眠解除に極めて顕著な影響を及ぼし、休眠解除に対する促進および抑制の程度は休眠期間の長短すなわち休眠性の強弱並びに種子の休眠程度の深浅に対応して変化することが明確となった。

**実験2. 酸素が高温処理の効果に及ぼす影響**

高温処理を施した乾燥種子を3段階の酸素分圧条件下に置床して、発芽率を測定し、その結果がTable 1に示された。

深い休眠状態にあったHadsaduri種子(発芽率0%)では、高温処理を行なって空気の酸素分圧とほぼ等しい酸素20%のガス中に置床した場合に、その発芽率は31%であった。これに対して酸素100%中での発芽率は88%であり、高酸素分圧区で休眠打破が促進された。一方、酸素0%中での発芽率は2%にすぎず、低酸素分圧区で休眠打破の効果は著しく抑制された。休眠程度の浅くなったKetaktara種子(発芽率15%)では酸素100%および20%中での発芽率はそれぞれ95%および83%であり、高酸素分圧の休眠打破の促進効果はHadsaduri種子よりも促進程度が減少した。また、酸素0%中での発芽率も36%を示し、低酸素分圧の抑制程度も著しく低下した。以上の如く、高

Table 1. The effects of oxygen partial pressure, under the condition of sowing, on the breaking dormancy of seeds treated with high temperature at 50°C for 4 days in varieties Hadsaduri and Ketaktara

Varieties	Hadsaduri			Ketaktara		
	100	20	0	100	20	0
Oxygen tension during sowing (%)	100	20	0	100	20	0
Germination percentage*	88	31	2	95	83	36

Germination percentage of the untreated seeds was 0% in Hadsaduri and 15% in Ketaktara. \* Germination percentage for 10 days after sowing.

Table 2. The effects of oxygen partial pressure, under the conditions of both high temperature treatment and sowing, on the breaking dormancy of the imbibed seeds in variety Ketaktara

Oxygen tension during high temp. treatment (%)	20			0		
	100	20	0	100	20	0
Oxygen tension during sowing (%)	100	20	0	100	20	0
Germination percentage*	96	77	6	89	68	0

The seeds soaked in water for 24 hours at 30°C were treated with high temperature at 40°C for 2 days.

\* Germination percentage for 10 days after sowing.

温処理を施した種子の休眠打破の程度は置床中（発芽試験）の酸素分圧条件によって著しい影響を受け、特に低酸素分圧条件下での発芽率がかなり低率であった。この結果と前報<sup>3)</sup>の高温処理を施した種子の類に亀裂が発生していた事実とを考え合せるとき、高温処理そのものが種子の休眠を直接に打破するものではなく、むしろ処理の物理的効果としての間接的な作用を有するものと推定された。

**実験 3.** 酸素並びに高温の複合処理が休眠打破に及ぼす影響

吸水種子を酸素20%および0%のガス中に置いて高温処理を行ない、酸素100%、20%および0%のガス条件下に置床した。その発芽率が Table 2 に示された。

酸素20%のガス中で高温処理された種子においては、種子を酸素100%、20%および0%中に置床した場合の発芽率はそれぞれ96%、77%および6%であり、高酸素分圧下では休眠打破の顕著な効果が認められたが、低酸素分圧下では休眠打破は著しく抑制された。以上の結果は実験2の結果と全く一致し、高温処理による休眠打破の効果は置床中の酸素分圧条件によって著しく影響を受けることが再確認された。

つぎに、酸素0%中で高温処理された種子においては、置床中の酸素100%、20%および0%での発芽率

はそれぞれの86%、68%および0%であり、高酸素分圧下では休眠は効果的に打破されたが、酸素0%中では、休眠は全く打破されなかった。以上の如く、高温処理中の酸素分圧の差異による休眠打破の効果にはそれほど大きな差異がなかったことから、高温処理を施した種子の休眠が効果的に打破されるためには、置床条件下に酸素が存在することが必要であり、さらに高温処理中および置床中の両者に酸素が存在しなかったとき、休眠が全く打破されなかったことから、稲種子の休眠打破にとって酸素の存在が必須であると推定された。

**実験 4.** 吸水・高温処理中の酸素が発芽抑制物質の活性に及ぼす影響

高酸素分圧および無酸素条件下で吸水種子を高温処理して、種子に含まれる発芽抑制物質の活性の変化を剝離胚の発芽率で検定し、その結果が Table 3 に示された。

まず、高酸素分圧条件下と無酸素条件下で処理された種子の物質 A 活性を比較すると、高酸素分圧区の置床後2日目および3日目の発芽率が10%および76%であったのに対して、無酸素区の発芽率は3%および27%であり、両者の発芽率には、すでに置床後2日目で明瞭な差異が認められ、高酸素分圧区の物質 A 活

Table 3. Comparison of the levels of endogenous germination inhibitors in the imbibed seeds, treated with high temperature for 2 days under the conditions of two kinds of oxygen tension, assayed by the germination of the rice excised embryo

Germination inhibitors	High temp. treatment	Oxygen tension during treatment (%)	A		B		non		
			non	at 40°C		non		at 40°C	
				100	0			100	0
Days after sowing	2	0%	10%	3%	10%	39%	6%	26%	
"	3	25	76	27	85	84	87	86	
"	4	94	96	98	95	99	97	95	

The seeds were soaked in water at 30°C for 24 hours before treatment. Inhibitors A and B were eluted from Rf 0.6–0.8 and Rf 0.9–1.0, respectively, on paper chromatograms of acidic fraction of extracts obtained from the seeds treated in variety Ketaktara. Numbers are the mean germination percentage of five replications.

性が低下していることがはっきりと示された。そして、高酸素分圧区の置床後3日目の発芽率76%と抑制物質を含まないCont.での発芽率86%との間には大差がなかったことから、高酸素分圧区の物質A活性の低下の程度が著しく大であることが示された。つぎに物質B活性を比較すると、置床後2日目の発芽率は高酸素分圧区で39%、無酸素区で6%であり、両者の発芽率には明瞭な差異があると同時に、すでに高酸素分圧区では物質Bの発芽抑制作用は認められず、物質Bは完全に不活性化されていることが示された。以上の結果は、吸水種子の高温処理においては、酸素分圧条件によって発芽抑制物質の活性の変化が著しく影響され、その程度は高酸素分圧条件下で大であることを明らかにした。

一方、無酸素区と無処理区において、物質A活性を比較すると、置床後2日目および3日目のそれぞれの発芽率は3%と0%および27%と25%であり、いずれの間にもほとんど差異は認められなかった。さらに、物質B活性の比較においても物質A活性と同様に両者間にはほとんど差異は認められなかった。そして、両者の物質Aおよび物質Bの発芽率はいずれもCont.の発芽率よりもかなり低率であり、両発芽抑制物質の発芽抑制力はかなり強力であることが示された。以上の結果は、無酸素中に種子を置いて高温処理を行っても発芽抑制物質の活性がほとんど変化しないことを明らかにした。実験3の結果は休眠打破が酸素分圧によって著しく影響をうけることを明らかにしたが、これは休眠解除を支配する発芽抑制物質の不活性化が酸素の影響を受けるためであろうと推定された。

**実験5. 吸水・高温処理を施した種子の部位別の伸長抑制物質およびオーキシンの活性の変化**

吸水種子を高温処理してその類、胚乳および胚に含まれる伸長抑制物質およびオーキシンの活性の変化をアベナ伸長テストで検定した。

その結果は Fig. 2 の通りである。

無処理種子の類、胚乳および胚のいずれにも Rf 0.6-0.8 (物質 A) と Rf 0.9-1.0 (物質 B) の2種類の伸長抑制物質の活性が検出され、胚乳および胚の Rf 0.4-0.6 にオーキシン活性が検出された。一方、処理種子においては、伸長抑制物質の活性はいずれの器官においても低下し、その低下の程度は物質 A では、胚および類で胚乳よりもやや大であり、物質 B では、類

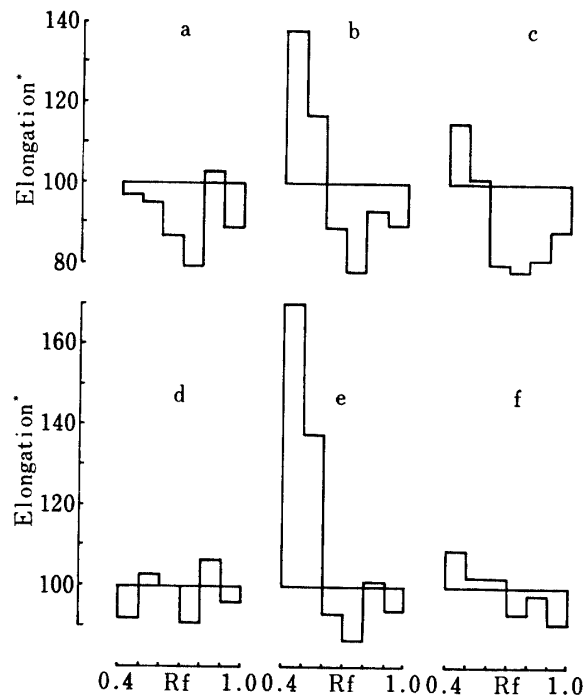


Fig. 2 a, b, c, d, e and f. Histograms representing the Avena straight growth test of the acidic fraction of extract obtained from hull (a and d), endosperm (b and e) and embryo (c and f) of the non-treated seeds (a, b and c) and the seed treated with high temperature at 40°C for 2 days (d, e and f). The seeds were soaked in water for 24 hours at 30°C before high temperature treatment. \*Relative length of Avena coleoptile for the control (=100).

Table 4. Comparison of the levels of endogenous growth inhibitors in the unimbibed and imbibed dormant seeds undergone the husking treatment and the injuring treatment, respectively, assayed by Avena straight growth test

	Unimbibed seed			Imbibed seed	
	non	husking	injuring	husking	injuring
Growth inhibitor A	78.4	86.3	86.5	96.3	95.2
“ B	76.8	84.9	85.5	96.4	93.1

The treated seeds were stored for 10 days at 15°C before bioassay. Growth inhibitors A and B were eluted from Rf 0.6-0.8 and Rf 0.9-1.0, respectively, on paper chromatograms of acidic fraction of extract obtained from the husked seeds in variety Ketaktara. Numbers are indicated as percentage of control (not containing inhibitor) on Avena coleoptile elongation.

でやや大である傾向があったものの、伸長抑制物質の変化の器官別の差異には大差のないことがわかった。

一方、オーキシンの活性は胚乳部位のみで著しい増大を示した。

**実験 6.** 脱穎および刺傷処理を施した種子の伸長抑制物質の活性の変化

脱穎および刺傷処理した種子の伸長抑制物質の活性の変化をアベナ伸長テストで検定し、その結果が伸長の指数で Table 4 に示された。なお、指数は抑制物質を含まない検液のアベナ幼葉鞘切片の伸長を 100 とした相対指数で、数値が小さいほど抑制力は大きいことを意味している。

無処理種子の物質 A および物質 B の伸長抑制はいずれも非常に強力であった。乾燥種子を脱穎および刺傷処理した場合には、いずれの処理も伸長抑制物質の活性を低下させた。そして、その低下の程度には処理間にほとんど差異はなく、また物質 A と物質 B の間にも差異は認められなかった。吸水種子の処理においても全く同様の傾向で活性は低下したが、その低下の程度は乾燥種子よりも著しく顕著であった。この結果は前報<sup>7)</sup>と同様に人為的な休眠打破処理において、伸長抑制物質の不活性化の速度が種子の水分含量に強く影響されることを明らかにした。そして、休眠打破は発芽抑制物質の不活性化によって誘起されること、また、発芽抑制物質の不活性化が吸水によって著しく助長されるという意味において、人為的休眠打破処理は全て共通であることが明らかにされた。

## 考 察

本研究は酸素分圧を温度あるいは水分との関連において若干変化させた場合に生ずる休眠種子の休眠解除の実態を把握するとともに、処理に伴う種子内生の発芽抑制物質の活性の変化を定量することによって、休眠解除機構における発芽抑制物質と酸化反応の関連性をより具体的に解明するために行なわれたものである。

池田<sup>9)</sup>は非休眠種子は粳および玄米において気中および水中の発芽率に差異がないのに反し、粳の気中発芽率の低い休眠種子の玄米は気中発芽率が高いが、水中発芽率が低いことを認め、玄米種子の発芽において、非休眠種子は発芽に酸素を必要としないが、休眠種子は発芽に対する酸素要求度が高いと報告している。本実験 1. の結果は休眠種子が発芽に際して酸素を必要とする点において池田の報告<sup>9)</sup>と一致すると同時に、休眠種子の酸素要求度が種子の休眠程度によってもま

た変化することを明らかにした。さらに、高温処理を施した種子の発芽試験において、その置床中の酸素分圧を変化させると、休眠打破に顕著な差異が生じ(実験 2)、また、休眠打破の効果は高温処理中の酸素分圧条件によりわずかな影響を受けたのに対して、置床中の酸素分圧条件により著しい影響を受けた(実験 3)。これらの結果は、高温処理を施して種子の休眠を打破する場合に、種子は酸素を必要とし、その必要度は高温処理中よりもむしろ置床中で高いことを明瞭に示すものであった。

一般に休眠種子の休眠が高酸素分圧条件下で解除された場合に、種子体内での酸化反応が休眠解除に関与するという指摘がなされる<sup>14,17)</sup>。稲種子においては、Roberts<sup>14,15)</sup>が温度、酸素および包被組織の加傷などと休眠解除との関連についての研究から、休眠解除がある酸化反応によるという仮説をたて、休眠解除に対して、KCN などの末端酸化酵素系の阻害剤が著しく有効であるのに反し、呼吸阻害剤が無効であることなどを認めて、休眠種子が発芽を開始する以前に種子内である酸化反応が起る必要があると述べ<sup>16)</sup>、さらに、酸化的五炭糖リン酸経路(Pentose phosphate pathway)に関与すると推定している<sup>17)</sup>。著者はこれまでに高酸素分圧条件下に休眠種子を置床すると発芽が誘起され<sup>1)</sup>、さらに、酸素濃度を異にする 40°C の温湯中に休眠種子を連続的に浸漬した場合に、種子の発芽は溶存酸素量の多い条件下で可能であり、酸素の溶解を阻止した条件下では種子は全く発芽しなかったことから、休眠種子は発芽を開始する以前に多量の酸素を必要とすることを明らかにし<sup>5)</sup>、休眠解除の機構に酸化反応の関与する可能性のあることを推定した<sup>5,7,8)</sup>。本実験 1. において、休眠解除が高酸素分圧下で促進され、低酸素分圧下で抑制されたことから、休眠解除に酸化反応の関与する可能性はさらに大となったといえよう。また、走査電子顕微鏡下での観察で、休眠を効果的に打破する高温処理を施した種子の穎に亀裂が発生していることを発見した<sup>8)</sup>。そして、処理した種子に含まれる発芽抑制物質は種子が吸水すると短時間のうちに不活性化されることを認めて<sup>7)</sup>、高温処理は主に物理的效果を有するものであり、亀裂の発生によって種子内への酸素の透過量が増加されるために休眠が打破されるものと推定した<sup>8)</sup>。実験 2, 3. において、高温処理を施した種子の休眠打破の効果は置床中の酸素の影響を大きく受けるものの、高温処理によって休眠打破の効果が相乗的に認められたことは、亀裂が酸素の透過促進の役目をはたすものであることがより具体的

に示されたものといえよう。

稲種子の休眠は脱穎、包破組織の加傷および高温処理などによって効果的に打破される。稲種子の休眠性が穎に存在する発芽抑制物質に起因するという立場をとる研究者<sup>10,12,18,19)</sup>は、脱穎による休眠打破が穎に含まれる発芽抑制物質の機械的な除去によって誘起されるとの観点から、穎に存在する発芽抑制物質を強調する傾向があった。また、種子の包破組織の酸素透過性の阻害を休眠の要因と考える研究者<sup>9,12,14)</sup>は、包破組織の加傷によって休眠が打破されることからこれに反論してきた。さらに、高温処理の効果は包被組織の変性に帰することが示唆されていたが、その作用についても、発芽抑制物質の種子外への拡散の促進<sup>10)</sup>並びに種子内への酸素の透過の促進<sup>15)</sup>として別々に解釈される傾向があった。それ故に従来、稲種子の休眠解除に対する外的あるいは内的条件と穎のみならず胚乳および胚を含めた種子に内生する発芽抑制物質の消長との関係はそれぞれ単独に論議されるのみで具体的に両者を連結した一貫性をもつ論理の展開はほとんどなされなかった。

著者はこれまで稲種子の休眠性の要因である2種類の発芽抑制物質は穎のみならず胚乳および胚に存在することを認め<sup>4)</sup>、自然的な休眠覚せいおよび人為的な休眠打破がこれらの発芽抑制物質の不活性化によって誘起されることを明らかにしてきた<sup>2,3,7)</sup>。一方、休眠解除に酸素、温度および水分が影響を及ぼし<sup>1,5,7)</sup>、休眠解除の効果は乾燥種子よりも吸水種子で時間的に著しく速く現われることを認める<sup>5,7)</sup>と同時に、前述の如く、高温処理を施した種子の穎に亀裂の発生を認め<sup>8)</sup>。上述の結果に基づいて、稲種子の休眠性は種子内生の発芽抑制物質に起因し、休眠解除は発芽抑制物質の不活性化によって誘起されるが、その不活性化は体内での酵素的な酸化反応によるものであろうと推論するに至ったのである<sup>8)</sup>。そして、穎の亀裂の発見によって、高温、脱穎および刺傷・加傷処理の効果は種子内への酸素の通導という意味において共通的に理解するに至ったのであるが、これまで主に研究対象としてきた高温処理における休眠打破と発芽抑制物質との関係が<sup>7)</sup>、脱穎および刺傷処理においても適合するかをみた実験6.において、脱穎および刺傷処理での休眠打破と発芽抑制物質との関係は、高温処理におけるその関係と全く類似するものであった。このことは処理効果が主に酸素の通導に共通性があるという理解が正しかったことを示したものでいえよう。さらに、同実験において、発芽抑制物質の不活性化の程度が吸水

種子で乾燥種子よりも速かったことから、休眠打破に及ぼす種子の吸水の効果は、水分の存在によって発芽抑制物質の不活性化が大きく助長されることにあり、種子体内の酵素の活性化にその意義を認めうるのである。

人為的な休眠打破と発芽抑制物質との関係については、太田<sup>13)</sup>、高橋<sup>19)</sup>の報告がある。太田は高温処理を施した種子の発芽抑制物質量がやや減少することを認めている。高橋は種子内の発芽抑制物質量の低下と発芽抑制物質の種子外への拡散の促進を処理効果として認め、その内でも後者に対する効果を主体として捕えている。これに対して著者は<sup>2~4,6,7)</sup>、これまで発芽抑制物質の活性の種子内での消長を主体に研究を進めてきた。本実験5においても、前処理として種子を水に浸漬し、飽和含水率に達した種子を用いて、これを飽和湿度の空气中で高温処理を行ない、その高温処理前の種子と処理後の種子で発芽抑制物質の活性の程度を比較した。その結果は処理後の種子に含まれる発芽抑制物質の活性は明瞭な低下を示し、その低下は穎、胚乳および胚のいずれの器官でも生じ、その程度に大差のないことが示された。これは前報<sup>7)</sup>の高温処理に伴って発芽抑制物質の活性が低下するという結果と完全に一致した。また、種子体内で発芽抑制物質が不活性化されることを明確にすると同時に、種子の全ての器官の発芽抑制物質が休眠解除に関与することを示すものであった。また、脱穎および刺傷処理を施して空气中に種子を貯蔵した実験6の結果が乾燥種子においても発芽抑制物質の活性が低下することを示したことは、発芽抑制物質が体内で不活性化されることをより明確にしたといえよう。上述の如き種子内生の発芽抑制物質の不活性化の機構については、これまでの研究<sup>1~8)</sup>で酵素的な酸化反応の関与する可能性を推定してきた。実験4において、発芽抑制物質の活性の低下は酸素の存在下で起ったのに反し、無酸素下では誘起されなかったことと、実験3において、人為的休眠解除が酸素の存在下で誘起され、無酸素下で誘起されなかったこととは完全に符合するものであり、これは種子の休眠解除において、発芽に先行する発芽抑制物質の不活性化の機構に酸素の存在が必須であることを明らかにするものであった。それ故に、これまで休眠解除の機構に関与すると考えられてきた酸化反応は<sup>17)</sup>発芽抑制物質の不活性化にその意義を認めうるものである。

## 摘 要

本研究は休眠性を有する外国稲の休眠種子を用いて、酸素が休眠解除および種子内生の発芽抑制物質の不活性化に及ぼす影響、並びに休眠打破に伴う発芽抑制物質の不活性化現象について行なったものである。

1. 休眠期間の異なる3品種の完熟種子を室温下に貯蔵し、収穫時から休眠覚せい期まで10日毎に異なる酸素分圧下で発芽試験を行ない、休眠解除に対する酸素の効果調べた。

休眠解除は空気中よりも高酸素分圧下で促進され、低酸素分圧下で抑制された。また、その促進および抑制の程度は、種子の休眠が深い状態にあるものほど大であった。

2. 吸水種子を酸素20%および0%のガス中に置いて高温処理して、その処理種子を酸素100%、20%、0%に置床した。

酸素20%中で高温処理された種子の休眠は高酸素分圧下で最も効果的に打破されたが、低酸素分圧下では休眠打破は著しく抑制された。酸素0%中で高温処理された種子では、高酸素分圧下で休眠が効果的に打破されたのに反し、酸素0%中に置床した場合には全く休眠は打破されなかった。

3. 吸水種子を酸素100%および0%のガス中に置いて、高温処理を行ない、種子内生の発芽抑制物質の活性の変化を稲の剝離胚の発芽率によって検定した。

発芽抑制物質の活性は高酸素分圧下の高温処理で著しく低下したが、無酸素下ではほとんど変化しなかった。

4. 吸水種子を高温処理して、種子の穎、胚乳および胚に含まれる伸長抑制物質およびオーキシンの活性の変化をアベナ伸長テストで検定した。

種子の伸長抑制物質の活性は全ての器官で低下し、その程度には器官別に大差は認められなかった。一方、オーキシンの活性は胚乳のみで著しく増大した。

5. 乾燥種子並びに吸水種子に脱穎および刺傷処理を施し、15°Cの恒温器内に10日間貯蔵した種子の玄米部位に含まれる伸長抑制物質の活性の変化をアベナ伸長テストで検定した。

乾燥種子並びに吸水種子ともに両処理によって伸長抑制物質の活性は低下した。その程度に脱穎処理と刺傷処理の間にはほとんど差異は認められなかったが、吸水種子での低下は乾燥種子よりも著しく大であった。

## 文 献

- 1) 林 満・森藤信治：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 I. 熱帯農業, **16**, 115-120 (1972)
- 2) 林 満・姫野正己：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 II. 熱帯農業, **16**, 270-275 (1973)
- 3) 林 満・姫野正己：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 III. 熱帯農業, **17**, 245-249 (1974)
- 4) 林 満：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 IV. 熱帯農業, **19**, 156-161 (1976)
- 5) 林 満：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 V. 熱帯農業, **20**, 164-171 (1977)
- 6) 林 満：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 VI. 熱帯農業, **23**, 1-5 (1979)
- 7) 林 満・田中文雄：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 VII. 鹿大農学術報告, **29**, 11-20 (1979)
- 8) 林 満・日高洋一郎：稲種子の休眠性および発芽性に関する研究 VIII. 鹿大農学術報告, **29**, 21-32 (1979)
- 9) 池田三雄：稲種子の穂発芽に関する研究. 鹿大農学術報告, **13**, 89-115 (1963)
- 10) Mikkelsen, D. S., and Sinah, M. N.: Germination inhibitors in *oryza sativa* and control by preplanting soaking treatment. *Crop Sci.*, **1**, 332-335 (1961)
- 11) Nikolaeva, M. G.: Physiology of deep dormancy in seeds. p. 1-220, Academy of Sci. of the USSR, (1967)
- 12) 太田保夫：発芽抑制物質と稲種子の休眠性に関する研究. 日作紀, **35**, 283 (1966)
- 13) 太田保夫：作物における種子の休眠. 農業技術, **28**, 68-74 (1973)
- 14) Roberts, E. H.: Dormancy of rice seed I. *J. Exp. Bot.*, **12**, 319-329 (1961)
- 15) Roberts, E. H.: Dormancy of rice seed II. *J. Exp. Bot.*, **13**, 75-94 (1962)
- 16) Roberts, E. H.: The distribution of oxidation-reduction enzymes and the effect of respiratory inhibitors and oxidising agents on dormancy in rice seed. *Physiol. Plant.*, **17**, 14-29 (1964)
- 17) Roberts, E. H. and Smith, R. D.: Dormancy and the pentose phosphate pathway. in Khan, A. A. (eds.), *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination.* p. 385-406, North-Holland Publication Comp. New York (1977)
- 18) 高橋成人：稲種子の発芽に関する生理遺伝学的研究. 東北大農研報, **14**, 1-87 (1962)
- 19) 高橋成人：稲種子の休眠と発芽. 東北大農研報, **18**, 195-213 (1967)
- 20) 安江多輔・浅井靖：貯蔵中の外囲条件がイネ種子の休眠性および発芽性におよぼす影響. 岐阜大農研究報告, **29**, 67-79 (1970)
- 21) 安江多輔・古田稔：登熟中の環境条件がイネ種子の休眠性および発芽性におよぼす影響. 岐阜大農研究報告, **31**, 31-39 (1971)



### Summary

The effects of the oxygen upon the artificial or natural release of the rice seed dormancy and upon the inactivations of the endogenous germination inhibitors were studied, and the latter phenomena were also examined in relation with the artificial breaking of the dormancy.

1. The seeds of 3 foreign varieties having the different dormancy periods were stored in the laboratory, and they were tested for germination under high, medium and low oxygen partial pressures with the interval of 10 days during the dormancy periods.

The release of the seed dormancy was promoted under the high oxygen tension but inhibited under the low oxygen tension, in comparison with the atmospheric condition. Both the degrees of the promotion and the inhibition were positively proportional to the intensities of the dormancy through all the varieties.

2. The imbibed seeds treated with high temperature, 40°C, for 2 days under the condition of two kinds of the oxygen tension, i.e., 20% and 0% oxygen, were sown in the flasks containing 100%, 20% and 0% oxygen, respectively.

The dormancy of the seeds treated under the condition of 20% oxygen was broken most effectively under the high oxygen tension, but under the condition of 0% oxygen, the breaking of the dormancy was inhibited exceedingly. On the other hand, the dormancy of seeds treated under the condition of 0% oxygen was broken effectively under the high oxygen tension, but under the condition of 0% oxygen, no breaking of the dormancy was occurred at all.

3. The imbibed seeds were treated with high temperature, 40°C, for 2 days under the condition of two kinds of the oxygen partial pressure, i.e., 100% and 0% oxygen, and the endogenous germination inhibitors in the seeds were measured quantitatively, by means of the excised embryo culture method of rice seed.

The results showed that levels of the inhibitors were decreased remarkably under the condition of 100% oxygen, but they were kept unchangeable under the condition of 0% oxygen.

4. The endogenous growth inhibitors and auxin in hull, endosperm and embryo of the imbibed seeds treated with high temperature, 40°C, for 2 days were measured, respectively, by means of Avena straight growth test.

Levels of endogenous growth inhibitors were obviously decreased with the similar proportion in all organs, and the increasing of level of auxin was recognized only in endosperm.

5. Two kinds of treatment to the husk, the removal and injury, were given to the unimbibed and imbibed dormant seeds, which were stored in incubator at 15°C for 10 days. And the endogenous growth inhibitors in the husked seeds were measured with Avena straight growth test.

Levels of growth inhibitors were decreased in all kinds of seeds. But it was notable that the decrease in the imbibed seeds was exceedingly greater than that of the unimbibed seeds.