

稲種子の休眠性および発芽性に関する研究

VIII 登熟中並びに収穫後の温度条件が種子の休眠および穎の変性に及ぼす影響

林 満・日高洋一郎

(熱帯作物学研究室)

昭和53年8月31日 受理

Studies on Dormancy and Germination of Rice Seed

VIII. The Temperature Treatment Effects upon the Seed Dormancy and the Hull Tissue-Degeneration in Rice Seed during the Ripening Period and the Post Harvesting

Mitsuru HAYASHI and Yoichiro HIDAHA

(Laboratory of Tropical Crops)

緒 言

熱帯の水稲二期作地域では、雨季作の品種と乾季作の品種とでは、それらの種子の休眠程度が異なり、さらに同一品種でも作季を変動させるとその種子の休眠程度が変異することが明らかにされている^{1-5,13,15,17}。しかし、作季の外囲条件の研究は主に日長条件を対象としてなされている^{2,14,18,24}。温度条件と種子の休眠程度または発芽性との関係に関しては高橋²⁴、安江²⁶および池橋²³の報告があるが、熱帯での生態的な結果を十分に説明しうるものではないようである。

稲種子の休眠性は種子の包被組織あるいは種子の発芽抑制物質のいずれかの要因で解析されようとしてきた。池田¹¹、Roberts²⁰は種子の休眠性が種子の包被組織の酸素透過性の阻害に基因すると報告し、さらにRoberts²¹は、休眠覚せいには種子内である酸化反応の起る必要のあることを述べている。一方、高橋²³、Mikellsen¹⁶、太田¹⁹は種子の穎に発芽抑制物質の存在を認め、林⁷は穎のみならず胚乳および胚に発芽抑制物質の存在を認め、これらの発芽抑制物質が種子の休眠性の要因物質であると報告している。著者らは休眠の自然覚せいおよび人為的な打破において、発芽抑制物質の活性の低下と種子の休眠程度との間に反比例的な関係を認め、そして高温処理による休眠打破は発芽抑制物質の不活性化とそれ以外に種子の包被組織の物理的な変性を伴う可能性が強く、変性によって種子内への酸素の侵入が容易となり、発芽抑制物質の不活性化が促進されるのではないかと推定した¹⁰。

そこで、本研究では第1に稲種子の休眠程度に及ぼ

す登熟中の温度の影響を調べた。第2に、種子の休眠程度の変異と種子の発芽抑制物質の活性との関係を調べ、さらに第3に、登熟中並びに収穫後の種子の高温処理による種子の穎の変性の観察を走査電子顕微鏡によって行なった。なお、本研究は1976年および1977年の2カ年にわたって行なった。

材料および方法

本研究には品種特性として強い休眠性を有する外国稲品種 Ketaktara を供した。栽培は本学農学部の網室内で行なった。1976年および1977年の播種期はそれぞれ5月21日、5月8日であり、移植期は7月1日、6月10日であった。移植は両年とも5000分の1aのポットに1株2本の2株植えとし、施肥量は1ポット当り硫安、過磷酸石灰および塩化加里(成分比1:1:1)の配合肥料の1gであった。なお、生育中に少量の硫安を追肥した。開花開始期はそれぞれ9月1日および8月16日であり、その開花開始期を1穂ごとに記録し、実験1においては、処理開始日の前後1日を含む3日間、実験2,3においては、処理開始日の前後2日を含む5日間に開花を開始した穂の穎果のみを材料とし、処理開始日を開花日とした。温度処理には人工気象室(佐藤製作所製、1×1×1.5m, 4連式)を用いた。なお、人工気象室内での送風による不稔を防止するために穂に袋掛けを行なった。処理区ごとに種子の水分含量を赤外線水分計(Kett FIA型)で測定して、水分含量が20%に達した時に採種した。

実験1. 登熟中の温度条件が種子の休眠程度に及ぼす影響

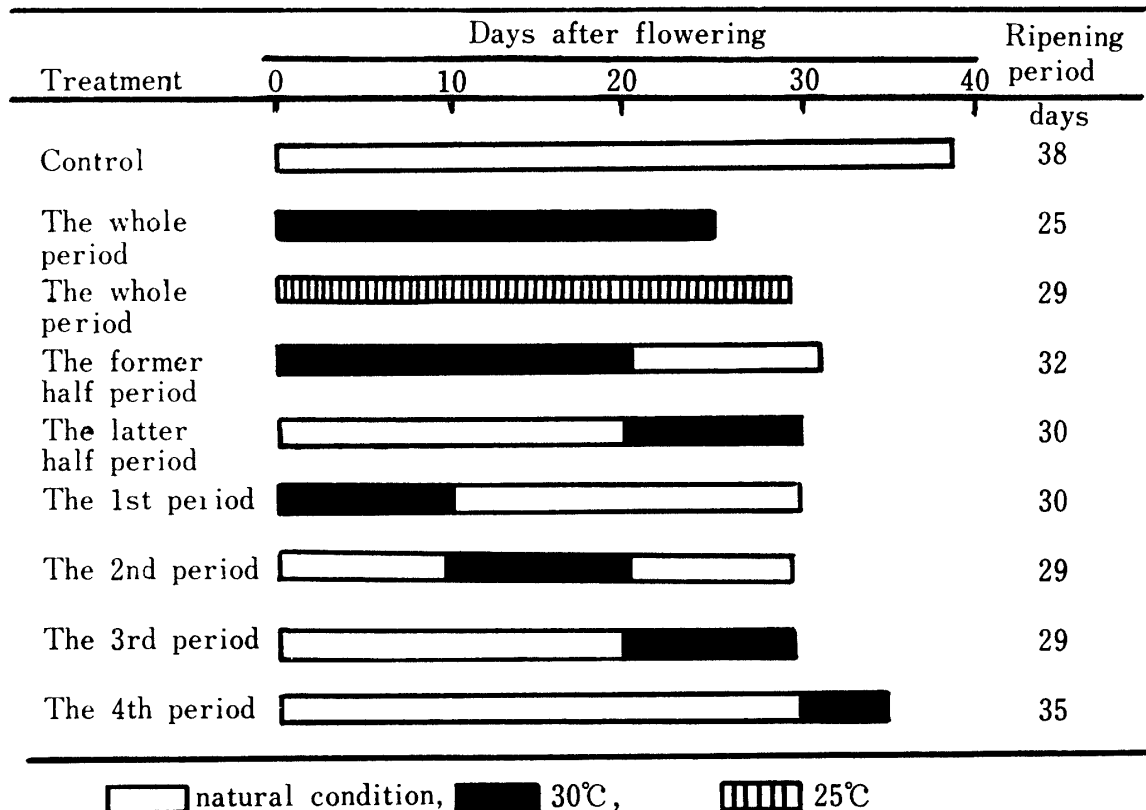


Fig. 1. Conditions of temperature treatment during the ripening period of seeds in variety, Ketaktara.

本実験は1976年に行なった。登熟中の温度条件としては高温 (30°C) を中心に設計された。そして、処理期間の長短および処理時期を組み入れた。種子の登熟の全期間、登熟期を40日間と想定して、2分割して前半期および後半期、さらに4分割して第1期より第4期までとして、第1図に示される如く、30°C と自然温度条件を組合せた8区と低温の25°C を加えた計9区を設定した。1処理区に10ポットを供して処理を行ない、処理中の乾燥を防ぐために朝夕2回の給水を行なった。しかし登熟温度および湿度の影響によって、種子の水分含量が20%に達する期間が短縮されたために、第1図に示される如く、登熟期間は処理によって変異した。収穫した種子は風乾してのち紙袋に入れて室温下に貯蔵し、収穫期より休眠覚せい期まで10日毎に前報¹⁰⁾と同じ方法で発芽試験(1区50粒, 2区制)を行ない、種子の休眠程度に及ぼす登熟温度条件の影響を調べた。

実験 2. 登熟中の温度条件による種子の休眠程度の変異と種子の発芽抑制物質の活性との関係

本実験は1977年に行なった。人工気象室を30°C±1°C および25°C±1°C に設定し、開花日(処理開始日)の8月21日より各温度に20ポットずつ入れて、

21日間処理を行ない、その後収穫期までの7日間を自然条件下に置いた。収穫種子は風乾後シャーレーに入れて室温条件下に貯蔵した。その貯蔵期間は、第2図に示される如く、処理間で種子の発芽に最も顕著な差が現われる60日間とした。

上述の種子40gを25°Cの恒温室内で12時間浸水して、その付着水を完全に除去して発芽するのを防ぎ、密封容器に入れて、20°Cに2日間置いてのち、ミキサーで摩砕した。その摩砕種子を前報¹⁰⁾と同じ方法で、抽出し、抽出液を溶媒分画およびペーパークロマトグラフィーで精製、分離して、そのクロマトグラムのRf 0.6—0.8(以下物質Aと呼ぶ)とRf 0.9—1.0(物質B)の発芽抑制物質の活性を前報¹⁰⁾と同じ方法で剝離胚の培養法で生物検定した。この実験は5反復とした。

実験 3. 登熟中並びに収穫後の温度条件が種子の穎の変性に及ぼす影響

本実験には実験2における30°Cおよび25°Cで登熟した種子並びに同年度に網室内で登熟した種子を用いて、これらの種子の穎の表面および裏面構造を走査電子顕微鏡(JSM-15型)によって観察した。さらに50°Cで10日間休眠打破処理を施した種子についても

穎の表面構造の観察を行なった。なお、顕微鏡の加圧電圧は 15kV を常用し、撮影には FUJI Neopan SS を使用した。FAA 固定液（ホルマリン 5：酢酸 5：50%エタノール 90 v/v）で固定された上述の種子をそれぞれ取り出し、付着した固定液を濾紙で除去し、表面構造の検鏡においては、籾のままドータイトで試料台に接着した。裏面構造の検鏡においては、籾の両端の約 1mm をカミソリ刃で切除して、外穎と内穎に分け、両方とも中央脈付近から縦断して試料台に接着した。観察は外穎並びに内穎とも基部（護穎側）より頂部への縦方向に試料を移動させながら行ない、つづいて試料を左より右へ移動させ、穎の全面を観察した。すなわち、1粒の種子については、試料台の接着面とは反対側の面全体を観察した。なお、観察された粒数は 1区約 20粒であった。

結 果

実験1. 登熟中の温度条件が種子の休眠程度に及ぼす影響

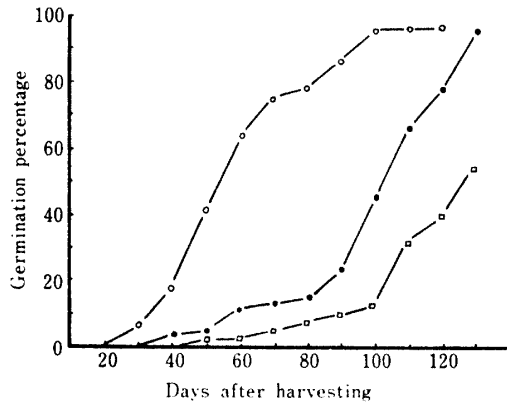


Fig. 2. Transitions of dormancy of seeds ripened in the whole period at 30°C (—○—) and at 25°C (—□—), and control (—●—).

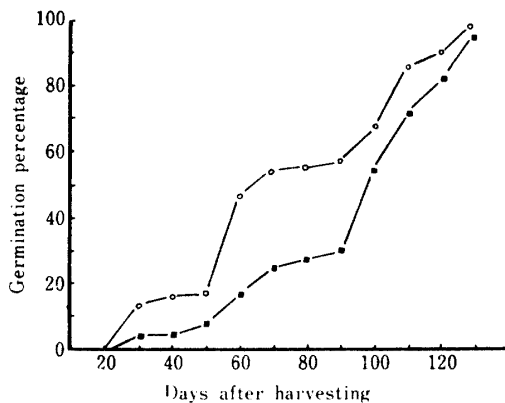


Fig. 3. Transitions of dormancy of seeds ripened in the former half period (—○—) and in the latter half period (—■—).

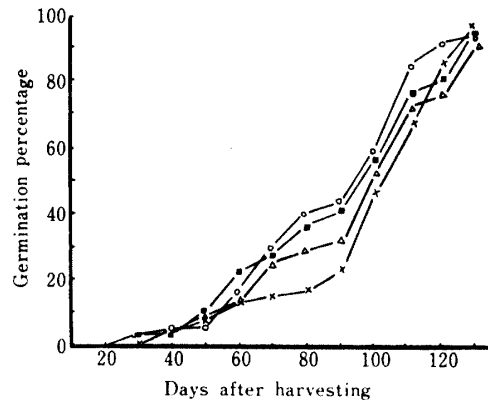


Fig. 4. Transitions of dormancy of seeds ripened in the 1st period (—○—), the 2nd period (—■—), the 3rd period (—△—) and the 4th period (—×—).

処理種子の休眠覚せい推移を全期処理、2分割処理および4分割処理に分けて、それぞれを第2図、第3図および第4図に示した。なお、種子の休眠程度を表現するのに、発芽率0%の種子を完全な休眠状態、発芽率が50%に達した時点で休眠がほぼ覚せい、発芽率90%以上を休眠覚せいという言葉を用いることにする。

全期 30°C 処理、全期 25°C 処理および無処理種子の休眠の推移は第2図の通りである。なお、登熟期間は無処理種子 38日、全期 30°C 処理種子 25日、全期 25°C 処理種子 29日であった。

無処理種子は収穫後 20日間は完全な休眠状態にあった。収穫後 30日目より休眠が覚せいし始めたが、収穫後 80日目までの発芽率の推移は 5, 12, 13, 15 および 23%で、休眠覚せいの速度は非常に緩慢であった。しかし、収穫後 90日目より休眠覚せいの速度は速まり、収穫後 100日目には休眠はほぼ覚せいし、120日間で休眠は完全に覚せいした。

全期 30°C 処理種子が完全な休眠状態にあったのは無処理種子よりも10日間短かく、そして収穫後 20日目より休眠が覚せいし始め、収穫後 50日目までの10日毎の発芽率は 6, 17, 40 および 63%と推移し、休眠覚せいの速度は無処理種子よりも著しく速く、休眠がほぼ覚せいするまでの期間は無処理種子よりも50日間短縮され、収穫後 90日目には休眠が完全に覚せいし、無処理種子に比して休眠期間は30日間短縮された。

全期 25°C 処理種子の休眠の推移は無処理種子のそれとほぼ同様な傾向であったが、25°C 処理種子の休眠程度は無処理種子のそれよりもやや強化され、無処理種子に比して、完全な休眠状態の期間は10日間延長され、休眠がほぼ覚せいするまでの期間も20日間

延長された。

前期 30°C 処理および後期 30°C 処理種子の休眠の推移は第3図の通りである。

処理種子はともに全期 30°C 処理種子と同じ10日間完全な休眠状態にあった。休眠の推移は前期 30°C 処理種子においては、全期 30°C 処理種子の休眠覚せいへの推移にはほぼ類似したが、後期 30°C 処理種子では、休眠の覚せい速度は緩慢であり、無処理種子の休眠覚せいの推移にやや類似の傾向がみられた。前期 30°C 処理種子では、休眠がほぼ覚せいするまでに60日間を要し、種子の休眠短縮の程度は全期 30°C 処理種子よりも小であった。後期 30°C 処理種子では、休眠がほぼ覚せいするまでに90日間を要し、休眠短縮の程度は前期 30°C 処理種子よりも小であり、無処理種子と大差はなかった。

第1期処理、第2期処理、第3期処理および第4期処理種子の休眠の推移は第4図の通りである。なお、結果的には第3期処理は後期 30°C 処理と全く同じであった。

いずれの処理種子においても、休眠短縮の割合は前期 30°C 処理種子よりも小であった。第1期および第2期処理は第3期および第4期処理よりも効果は大であったが、第1期処理と第2期処理との間には明確な効果の差異はなく、やゝ第1期処理の方が大である傾向が見られた。第3期処理の効果は後期 30°C 処理効果と完全に一致し、第4期処理種子の休眠の推移と無処理種子のそれとは一致したので、第4期処理は種子の休眠短縮に対しては無効であった。

以上の結果から、稲種子の休眠程度は登熟中の温度条件によって変異することが明らかとなった。高温条件は種子の休眠程度を低下させる作用を有し、その作用は登熟初期にしかも長期ほど大であることがわかった。

実験 2. 登熟中の温度条件による種子の休眠程度の変異と種子の発芽抑制物質の活性との関係

30°C および 25°C 条件下で登熟した種子に含まれる発芽抑制物質の活性を稲の剥離胚の培養法によって検定した結果は第1表の通りである。

検液を含まない対照区の剥離胚の発芽は置床後2日目より始まり、その発芽率は28%であり、3日目の発芽率は87%であった。

30°C 処理種子から得られた物質Aおよび物質Bを含む培地での剥離胚の発芽率は置床後2日目でそれぞれ22%および39%であり、それらの発芽率と対照区のそれとの間にはほとんど差異はなく、30°C 処理種子からは発芽抑制活性がほとんど検出されなかった。一方、25°C 処理種子から得られた物質Aおよび物質Bを含む培地での剥離胚の発芽率は置床後2日目でそれぞれ10%および27%であった。これらの発芽率と対照区のそれを比較すると、置床後2日目の発芽率に物質Aにおいて明確な差異が認められ(5%水準で有意)、25°C 処理種子には物質Aの発芽抑制活性が認められた。しかし物質Bの活性はほとんど検出されなかった。

以上の結果から、30°C 処理種子の発芽抑制物質の活性は25°C 処理種子のそれよりも大きく低下していることがわかった。

実験 3. 登熟中並びに収穫後の温度条件が種子の穎の変性に及ぼす影響

穎の外側表皮の表面構造は、外穎、内穎ともに第5図に示されるように、縦列に配置された円形突起(T)、円形突起の縦列間にある溝(幅5μm~9μm)、その溝に生じる針状突起の硬毛(B、基部径約35μm)が観察された。円形突起は第6図~第8図に示される如く、2個の乳頭状のふくらみをもち、その2個のふくらみの間の距離は一定ではなく(55μm~68μm)、そ

Table 1. Comparison of the levels of endogenous germination inhibitors in seeds treated at 30°C and 25°C during the ripening period assayed by the germination of the rice excised embryos

Treatment of seeds		Germination inhibitor				cont.
		A		B		
		at 30°C	at 25°C	at 30°C	at 25°C	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Days after sowing	2	22 ^a	10 ^b	39 ^a	27 ^b	28
	3	92 ^a	71 ^b	100 ^a	80 ^a	87

Note: 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 seeds treated in variety, Ketaktara. Numbers are the mean germination percentage of five replications. Numbers within a row for the same day after sowing and the same germination inhibitor followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

して突起間の上下幅は約 90 μ m であった。硬毛は第 5 図に示される如く、基部または途中で破損したのもあり、その内部は中空であった。

30 $^{\circ}$ C、25 $^{\circ}$ C および自然条件下で登熟した種子の穎の外側表皮の表面構造を比較検鏡した結果、第 7 図、第 8 図、第 11 図および第 12 図に示される如く、30 $^{\circ}$ C 条件下で登熟した種子の穎に亀裂 (C) が観察された。この亀裂は 25 $^{\circ}$ C および自然条件下で登熟した種子には検出されなかった。そして、この亀裂以外には両者の構造に相違点はなかった。さらに、この亀裂は 30 $^{\circ}$ C 処理種子の約 7 割程度の種子で認められた。また、その亀裂の発生位置は一定したものでなく、主に穎の基部から中心部にかけての範囲に認められ、その部位は円形突起と円形突起の中間部であり、水平に位置するよりもむしろ傾斜していた (第 7 図、第 8 図)。亀裂は円形突起縦列の 1 列程度のもの (第 7 図、第 11 図) から数列におよぶものまであり (第 8 図、第 12 図)、観察された亀裂の内では 2~3 列におよぶものが最も多かった。しかし、その亀裂の幅はほぼ一定であり (約 0.8 μ m)、組織の奥深くまで達しているように観察された。

そこで、穎の内側表皮の表面構造を検鏡し、その結果を第 9 図および第 10 図に示した。表面は外側表皮に比して凸凹の少ない滑らかな構造で、穎の縦抽方向に平行して、気孔 (S) と毛茸 (T) が観察された。30 $^{\circ}$ C 処理種子では第 10 図に示される如く、亀裂 (C) が観察された。この亀裂は外側表皮で観察されたのと同様に傾斜しており、その幅は約 0.7 μ m で外側表皮のそれとほぼ等しいものであった。この亀裂は外側表皮と同様に 25 $^{\circ}$ C および自然条件下で登熟した種子には認められなかった。しかし、内側表皮の亀裂は第 10 図に示される如く、外側表皮の亀裂よりも長く、切片の外周部位より中心部へと伸びているものが多く観察され、切片作成中に延長されたものと考えられた。

上述の如く、種子の休眠程度が大きく低下した 30 $^{\circ}$ C 条件下で登熟した種子の穎に亀裂が発生していることがわかったので、種子の休眠を効果的に打破する 50 $^{\circ}$ C 高温処理を 10 日間施した種子について、穎の外側表皮の表面構造を検鏡し、その結果が第 13 図、第 14 図に示された。50 $^{\circ}$ C 高温処理された種子においては、30 $^{\circ}$ C 処理種子よりも亀裂の数は多く、不規則に四方に伸び、幅も大きかった。その最大幅は 90 μ m にも達し、30 $^{\circ}$ C 処理種子のその約 100 倍であった (第 14 図)。

以上の結果から、登熟中並びに収穫後の高温処理種

子の穎に亀裂が生じていることが発見され、高温が穎組織に変性を誘起させる作用を有することが明らかとなった。そして、休眠短縮に及ぼす影響には両者間で大きな差異が認められるが、その差異は穎組織の変性の程度の差異として認められることがわかった。

考 察

稲種子の休眠程度が生育中の環境条件の変動によって変異することが、主に熱帯の水稲二期作地域における生態的研究の結果に見られる^{1-5,13,15,17}。インド南部における Murty ら¹⁷の報告によると乾季作 (成熟期 4 月、平均気温 31 $^{\circ}$ C 前後) の種子の休眠程度は雨季作 (成熟期 9 月~10 月、平均気温 19~24 $^{\circ}$ C) の種子の休眠程度よりも低下している。そして、この様な雨季作と乾季作での種子の休眠程度の変異は一般的認識となっている¹³。これらの熱帯での報告をもとにして、環境条件が日長^{2,14,18,24}、温度^{12,24,26}、および湿度²⁴の要因に分解されて研究されてきているが、それらは熱帯での現象を十分に解析し得ていない感がある。温度に関する本研究の結果は、登熟中の高温が種子の休眠程度を低下させ、低温がそれをやゝ強化する傾向を有するものであった。そして、高温の期間が長いほど、また登熟初期ほど高温の作用が強く現われた。これは温度に関する限り、熱帯での Murty ら¹⁷の報告における気温と休眠程度の変異との関係と完全に一致するものであった。ところが、日本稲を供試した池橋¹²の報告においては、種子の休眠は高温によって誘起または強化され、特に開花後 10 日~15 日以後の高温が強く作用している。逆に低温では種子に休眠が全く誘起されていない。これは本研究結果および熱帯での種子の休眠程度の変異と気温との関係とは全く異なるものであった。池橋はほとんど休眠性を有しない日本稲を用いて、その発芽の遅速と登熟中の温度との関係を主に論じており、熱帯での休眠性の強い外国稲における種子の休眠程度の変異にまで拡大して解釈しようとしたところに少々の難があったように考えられる。高橋²⁴は熱帯の雨季、乾季の気温の差異を温度日隔差の差異としてとらえ、温度日隔差の小さい条件すなわち雨季において種子の休眠程度が強化されることを認めている。本研究が平均気温の高低を目的としたのとは温度のとらえ方が異なるものであった。

つぎに、雨季と乾季における湿度の差異は極めて大である。高橋²⁴は登熟中の湿度が高いことが種子の休眠形成に強く作用することを認めている。本研究は温度のみを調節し、湿度を調節しなかった。自然条件下

の無処理種子と人工気象室中での処理種子とでは湿度条件に大きな差異があったと考えられる。25°C 条件下での種子が完熟するまでの期間は自然条件下での種子のそれよりも9日間短かく、この差は両者間の温度差よりもむしろ湿度差によって生じたものと考えられる。しかし、それらの種子の休眠程度には大きな差異はなく、むしろ乾燥状態にあった25°C 処理種子の休眠程度が強化される傾向が認められた。さらに、同じ人工気象室での30°C および25°C の相対湿度の差は約5%であった。この両者間の湿度差よりも種子の休眠程度の差異は大であったと考えられる。

日長条件に関しては、生育を同一にする材料を供試して、その開花日より収穫期までの期間を処理したものであり、種子の休眠程度に強く作用すると報告されている幼穂形成期の日長条件に対してはほぼ均一な条件下に置かれていた。そして、収穫期までの期間は処理によって変動したが、最大13日間であり、登熟期間中の日長時間の差異はほとんど無視しうるものであり、本研究においては、種子の休眠程度の変異と日長とはほぼ無関係であったと考えられる。

上述の如く、稲種子の休眠程度の変異には生育中の温度、湿度および日長条件が関与すると考えられるが、登熟中の温度が最も大きく影響を及ぼすと推定された。そして、登熟中の高温(30°C)が種子の休眠程度を大きく変異させる作用を有することが明らかとなった。

前報⁹⁾で、高温処理による休眠短縮の効果は高含水率の種子ほど大きいことを明らかにした。本実験においても種子の含水率の高い登熟初期ほど休眠程度の変異が大であったので、前報⁹⁾と同じ機構によって種子の休眠程度が低下したものと考えられる。しかし、登熟中の温度による休眠程度の変異を種子内生の発芽抑制物質の面から検討した報告は未だない。前報¹⁰⁾で高温処理種子の発芽抑制物質は処理種子を浸水すると短時間で不活性化されることを認めているので、本実験においても、処理間で種子の発芽率に最も顕著な差異が現われる収穫後60日目の30°C および25°C 処理種子について、種子を浸水してそれらの種子に含まれる発芽抑制物質の活性を比較検定したところ、30°C 処理種子からは物質Aおよび物質Bのいずれの活性も検出されず、25°C 処理種子からは物質Aの発芽抑制活性が検出された。この結果は、自然休眠覚せい⁶⁾および人為的な高温処理¹⁰⁾による休眠打破における結果と同様に登熟中の高温による休眠程度の低下も種子内生の発芽抑制物質の活性で説明しうることを明らかにするものであった。

前報¹⁰⁾で、乾燥種子を50°C で10日間高温処理した場合に、処理種子には発芽抑制物質の活性が認められ、この処理種子を浸水すると短時間の内に発芽抑制物質が不活性化されたことから、高温処理は種子の包被組織の物理的な変性を伴うものであろうと推定された。一方、池田¹¹⁾、Roberts²⁰⁾は稲種子の休眠性が穎、果皮および種皮を含む包被組織の酸素透過の阻害に基因することを認め、Roberts^{21,22)}は種子の発芽前における酸化反応が体内で起ることが必要であるが、種子内への酸素の透過が包被組織によって阻害されているので種子の包被組織の加傷あるいは種子を高温に保つなどの操作が休眠打破につながるのではないかと述べ、高温処理が包被組織の変性を伴う可能性のあることを示唆した。しかし、高温処理によって包被組織がどのように変性するか、またその変性が休眠打破とどのような関連性を有するかは不明のままであった。

本研究の走査電子顕微鏡による穎の表面構造の観察において、休眠程度が大きく低下した30°C の高温条件下で登熟した種子の穎に亀裂が発見された。この亀裂は休眠程度の変異しなかった25°C 条件下で登熟した種子並びに無処理種子の穎には検出されず、亀裂が高温によって生じたものであることは明白であった。つぎに、休眠種子を50°C に10日間置いて、休眠が打破された種子についても同様の観察を行なったところ、より多数のしかもより大きな亀裂が観察された。この結果によって、穎の亀裂の発生は高温の作用によることがさらに明確となった。

稲種子の休眠性は種子の包被組織の酸素透過性の阻害に基因するという説と種子の発芽抑制物質に起因するという説がある。両者はあたかも無関係でかつ独立の要因の如き解釈がなされがちであった。その原因は包被組織の酸素透過の阻害説を支持する研究者は種子の発芽抑制物質と休眠現象との間にそれほど深い関連性を見出し得ず^{11,20)}、一方、発芽抑制物質の存在説を支持する研究者は、稲種子の休眠が脱穎によって効果的に打破されるので、穎に存在する発芽抑制物質のみが研究の対象とされ、包被組織の酸素透過の阻害を考慮する必要を認めなかったためである^{16,19,23)}。著者らは稲種子の休眠性に関する一連の研究において⁶⁻¹⁰⁾、休眠種子に発芽抑制物質の存在を認め⁹⁾、その発芽抑制物質は穎のみならず胚乳および胚にも存在することを認め⁷⁾、そして、種子の休眠覚せいと発芽抑制物質の不活性化との関連において、特に人為的な休眠打破の場合に発芽抑制物質の不活性化に酸化反応が関与することが示唆された^{8,10)}。そしてその酸化反応は種

子に水分、温度および酸素が与えられることによって促進されるが、その前提として脱穎や加傷の如き包被組織の変性が必要であり、その変性によって種子内への酸素の透過が容易となるために、種子が吸水し、温度が与えられると発芽抑制物質が短時間の内に不活性化されて休眠が打破されるものであろうと推論するに至った¹⁰⁾。さらに、自然休眠覚せいにおいては、Tsinger²⁵⁾の示唆する如く、共生菌の寄生が大きな役割をはたしているものと考えられた。

本研究の温度処理種子における穎組織の亀裂の発見は、種子の包被組織の変性にともなって種子内への酸素の侵入が容易となるために発芽抑制物質の不活性化が促進されて、種子の休眠打破あるいは休眠程度の変異が誘起されることとした上述の推論に対する一つの大きな証明となるものであった。そして、本研究によって、稲種子の休眠性は種子内生の発芽抑制物質に起因し、種子の休眠程度は発芽抑制物質の活性によって支配されるという前報までの関係に種子の包被組織の酸素透過性が関与するという全く新しい解釈が稲種子の休眠性に対して与えられた。

要 約

本研究は休眠性品種 Ketaktara を供試して、登熟中の温度が種子の休眠程度、種子内生の発芽抑制物質の活性および穎組織の変性に及ぼす影響を明らかにするために行なわれた。

1. 開花期より収穫期まで、第1図に示された温度条件下で成熟した種子について、その収穫期より休眠覚せい期まで10日毎に発芽試験を行ない、休眠程度の変異の程度を測定した。

30°C で登熟した種子の休眠程度は自然条件下で登熟した種子のそれよりも低下した。その低下の程度は処理期間が長いほどまた登熟初期ほど大であった。そして 25°C で登熟した種子の休眠程度はやゝ強化される傾向が示された。

2. 30°C および 25°C で登熟したそれぞれの種子に含まれる発芽抑制物質の活性を剥離胚の培養法によって検定した。

30°C 処理種子の発芽抑制物質の活性は 25°C 処理種子のそれよりも大きく低下していた。登熟中の温度処理による種子の休眠程度の変異と発芽抑制物質の活性との間には前報¹⁰⁾の自然休眠覚せいにおける関係と同様に発芽抑制物質の活性の低下によって休眠程度が低下するという関係が存在すると推定された。

3. 30°C, 25°C および自然条件下で登熟した種子

の穎の表面構造を走査電子顕微鏡によって観察した。

30°C で登熟した種子の穎の外側表皮に亀裂が発見された。この亀裂は穎の内側表皮にも認められた。亀裂は穎の基部より中心部にかけての範囲で主に観察され、その部位は円形突起と円型突起の中間部で(第8図, 第12図), 円形突起縦列の1列のもの(第11図)から数列に及ぶもの(第12図)までであったが、2~3列に及ぶものが最も多かった。亀裂の幅は約 0.8μm とほぼ一定であった。

つぎに、種子の休眠を効果的に打破する 50°C 処理を10日間施した種子について、穎の表面構造を同様に観察した。亀裂は極めて大きく、無数にしかも不規則であり、最大幅は 90μm に及んだ(第13図, 第14図)。

4. 以上の結果から、稲種子の休眠覚せいに対する全く新しい解釈が得られた。すなわち、処理種子の休眠短縮は種子内生の発芽抑制物質の不活性化の程度に支配されるが、この両者の密接な関係に種子の穎の酸素透過性が大きく関与するものと推定された。

文 献

- 1) Chang, T. T., and Yen, S. T.: Inheritance of grain dormancy in four rice crosses. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, **10**, 1-9 (1969)
- 2) Dore, J.: Dormancy and viability of padi seed. *Malayan Agr. J.*, **38**, 163-173 (1955)
- 3) Ghose, B. N.: Studies on germination of spring (boro) and summer (aus) paddy to determine dormancy and viability. *Indian J. Agric. Sci.*, **30**, 129-134 (1960)
- 4) Ghose, B. N.: Agro-meteorological studies on rice I. *Indian J. Agric. Sci.*, **32**, 235-241 (1962)
- 5) Gopinathan Nair, V., Ponnaiva, B. W. X. and Raman, V. S.: Studies on seed dormancy in certain short-duration rice variety. *Indian J. Agric. Sci.*, **35**, 234-246 (1965)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 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, 投稿中.
- 10) 林 満・田中丈雄: 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)
- 11) 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)
- 12) 池橋 宏: 稲の発芽諸特性の品種間差異および環境変動に関する育種学的研究. 農事試験場研究報告, **19**, 1-60 (1973)
- 13) International Rice Research Institute: *Ann. Report*, 218-219 (1970)
- 14) 岩下友紀: 水稲穂発芽難品種の育成に関する研究. 鹿児島県農試報告, 72-99 (1971)
- 15) Jennings, P. R. and Jesue, J. DE.: Effect of heat on

- breaking dormancy in rice seed. *Crop Sci.*, 4, 530-533 (1964)
- 16) Mikkelsen, D. S. and Sinah, M. N.: Germination inhibitor in *Oryza sativa* and control by preplanting soaking treatment. *Crop Sci.*, 1, 332-335 (1961)
- 17) Murty, K. S. and Janardhan, K. V.: Seasonal influence on the dormancy period in rice. *Oryza*, 1, 93-98 (1965)
- 18) 太田保夫・武市義雄：親植物の短日処理が水稻種子の発芽に及ぼす影響。日作紀, 34, 287-291 (1966)
- 19) 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)
- 20) Roberts, E. H.: Dormancy in rice seed II. *J. Exp. Bot.*, 12, 319-329 (1961)
- 21) Roberts, E. H.: The effects of inorganic ions on dormancy in rice seed. *Physiol. Plant.*, 16, 732-744 (1963)
- 22) Roberts, E. H.: Dormancy in rice seed III. *J. Exp. Bot.*, 16, 341-349 (1965)
- 23) 高橋成人：稲種子の発芽に関する生理遺伝学的研究。東北大農研彙報, 14, 1-87 (1962)
- 24) 高橋成人：イネ種子の休眠と発芽。植物の化学調節, 2, 84-92 (1967)
- 25) Tsinger, N. V.: Development and physiology of properties of a seed. p.1-284, MOSKVA, Izd AN SSSR. (1958)
- 26) 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。岐阜大農研報, 31, 31-39 (1971)

Summary

The effects of the varying temperature-conditions upon the seed dormancy-degrees, the endogenous germination inhibitors levels and the hull tissue-degeneration were studied, using the rice plants, variety Ketaktara.

1. Under the nine kinds of temperature-condition the plants were grown from the flowering time to the harvesting time, the harvesting of the respective plot being made at the time when the moisture contents of the seed reached averagely 20 percent. During the dormancy period the seed dormancy-degree of the respective plot was examined, with the interval of 10 days, by the germination test.

The dormancy of the seed ripened at 30°C was noted to be lower than that of the one ripened under natural condition; concerning the decreasing degree it was noted that the longer the treating period and the earlier the ripening time, the larger was the degree. The dormancy of the seed ripened at 25°C showed a tendency to be intensified more or less than that of the one ripened under natural condition.

2. By means of the excised embryo culture method, the level of germination inhibitors contained in the seed ripened at 30°C, and that in the one ripened at 25°C were measured, respectively, with the result obtained that the level in the former was obviously lower than that of the latter. Hence the assumption that there is a close relationship between the seed dormancy-degree and the level of the endogenous germination inhibitors.

3. By means of the scanning electronic microscope, the surface-structure of a rice plant seed-hull ripened at 30°C and that of the one ripened at 25°C together with that of the one ripened under natural conditions were observed, respectively.

In the first case, linear cracks about 0.8 μ m wide were noted on the outer epidermis of the seed-hull. These cracks were noted to be scattered chiefly on the lower portions from the center of hull, existing at the center between tubercles, running across 1-3 longitudinal rows of tubercles. Since similar cracks were found also on the inner epidermis of the hull, it was reasonably assumed that the two sorts of crack on the outer and inner epidermis were connected each other through hull-tissues. In the second and third cases no such cracks were observed.

By the same method the hull of a seed, the dormancy of which was effectively broken by the 50°C treatment for 10 days was observed, too.

It was noted that the cracks were large size, innumerable, very dense and irregular in shape, the maximum width reaching 90 μ m.

4. Basing on the above obtained results, and owing to the fact that restriction an oxygen-entrance into ordinary hull was to be removed by the occurrence of the cracks in the seed-hull treated, it was assumed that the inactivation of the endogenous germination inhibitors contained in the dormant rice seeds was brought into finish during the short period when water and warmth were given to the seed, with the result that the dormancy of the seed treated was reduced exceedingly. While it was reasonably assumed that the entrance of oxygen into seed was to be influenced in right proportion to the degeneration-degree of the hull, followed by the reasonable assumption that the level of the endogenous germination inhibitors in the seed was also to be controlled by the hull degeneration-degree.

Hence, concerning the rice seed dormancy, a new interpretation was brought forth as in the followings: the entrance of oxygen into seed is to be closely related with the seed dormancy-degree, which is also to be affected in right proportion to the inactivation of the endogenous germination inhibitors in the seed.

Explanation of figures

- Fig. 5. Observation of outer surface-structure of seed hull by SEM. ($\times 75$)
 T: An arrow shows the longitudinal rows of tubercles.
 B: An arrow shows the bristle occurred among the rows of tubercles
 A: An arrow shows a hole occurred with excision of bristle.
- Fig. 6. Outer surface of hull. ($\times 250$)
 T: An arrow shows tubercles having two bulges.
- Fig. 7. Linear cracks are observed on outer surface of the hull of seeds ripened at 30°C . The cracks are existed at the center between tubercles, running across 1 longitudinal row of tubercles. ($\times 250$)
- Fig. 8. A crack is running across 3 longitudinal rows of tubercles. ($\times 250$)
 This crack is found generally on the observation.
- Fig. 9. Observation of inner surface-structure of seed hull. ($\times 250$)
 S: Stoma, T: Trichome
- Fig. 10. The similar cracks are also found on the inner surface of hull. ($\times 750$)
- Fig. 11. An arrow shows the enlarged cracks of Fig. 7. Width of the crack is about $0.8\mu\text{m}$. ($\times 750$)
- Fig. 12. An arrow shows the enlarged crack of Fig. 8. ($\times 750$)
- Fig. 13. The outer surface-structure of hull of seed treated at 50°C for 10 days. The cracks are very dense and irregular in shape. ($\times 250$)
- Fig. 14. The cracks are very large and have the maximum width, reaching about $90\mu\text{m}$. ($\times 750$)

