

稲種子の休眠性および発芽性に関する研究

X. ABA (アブシジン酸) の施用が種子の休眠および発芽に及ぼす影響

林 満*

(1979年10月31日 受理)

Studies on Dormancy and Germination of Rice Seed

X. The influence of exogenous ABA on the dormancy and germination of seeds

Mitsuru HAYASHI*

緒 言

昭和31年以降西南暖地では、防災営農の一環として、水稻の早期栽培の普及・拡大が計られてきた。しかし、その成熟期の気象は温暖で時に長雨に見舞われる条件下にあるために、穂発芽による大きな被害をしばしば被ってきた。この穂発芽の回避策を確立するための基礎的研究の一つとして、種子の休眠性に関する研究が始められた。

育種学的には、池田⁷⁾が休眠性の強い品種と弱い品種との相反交雑を行ない、休眠性が母性遺伝することを認め、穂発芽難の品種育成が可能であることを示唆したのにつづき、岩下⁹⁾は休眠性遺伝子の導入を計り、穂発芽難の品種育成をなしえた。さらに、池橋⁸⁾は穂発芽の難易と種子の寿命の長短との間に穂発芽難の種子ほど寿命が長いという関係が存在することを認めた。上述の如き結果は、種子の休眠性の強化が穂発芽の防止のみならず種子の貯蔵性の向上にきわめて有効な手段であることを示唆するものであった。一方、生理学的には、著者が休眠性は種子内生の発芽抑制物質に起因し^{1,2)}、休眠解除はそ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する^{1,5,6)}と同時に、休眠性の要因物質の主体であるABA (アブシジン酸) を同定した⁴⁾。上述の結果は、一世代ではあるけれどもABAの施用で種子の休眠の強化が可能であることを示唆するものであった。

本研究は、発芽試験を通じて、稲種子に対するABAの施用が種子の休眠強化および発芽抑制に及ぼす効果を把握することを目的として行なわれた。

実験材料および方法

休眠性程度の異なる4品種の水稻を1977年に本学農学部で通常の水田およびポット栽培を行ない、種子の水分含量が平均20%に達した時を完熟期として収穫された種子を用いて、実験を行なった。

実験1. ABA水溶液浸漬処理が種子の休眠に及ぼす影響

休眠性の強いKetaktaraおよびHadsaduriと休眠性の弱いKumariおよび農林48号の完熟種子を用いた。

収穫した種子を直ちに真空デシケーター中に置き、減圧下で種子の水分含量を約12%に減じたの

* 熱帯作物学研究室 (Laboratory of Tropical Crop Science) 本研究の一部は文部省科学研究費 (課題番号256014) によって行なわれた。

ち、合成ABA**の0, 50および100ppm水溶液にそれぞれ100gの種子を5°Cで20時間浸漬処理した。処理した種子は水洗し、附着水を濾紙で除き、再び真空デシケーター中に置き、水分含量を12%~13%に減じた。この種子をポリエチレン袋に入れて、実験室内に保存した。そして、保存種子について、処理直後から休眠覚せい期まで15日毎に発芽試験³⁾を行ない、ABAが種子の休眠に及ぼす影響を調査した。発芽試験は1区50粒で2区制とし、30°Cで10日間の毎日の発芽率を測定した。

実験2. ABA水溶液浸漬処理が休眠の覚せいした種子の発芽に及ぼす影響

HadsaduriとKumariの2品種の収穫種子をポリエチレン袋に入れて実験室内に約10カ月間保存することにより、休眠覚せい状態となった種子を用いた。

合成ABAの0, 20, 50および100ppm水溶液にそれぞれ約300gの種子を5°Cで20時間浸漬処理した。処理種子は実験1の方法にしたがって保存した。そして、保存種子について、処理直後から7カ月間にわたって発芽試験を行ない、ABAが休眠の覚せいした種子の発芽に及ぼす影響を調査した。発芽試験法は実験1にしたがったが、試験は処理後90日間は10日毎に、それ以降は30日毎に実施した。

実験3. 登熟中期におけるABA撒布処理が種子の休眠並びにABA含量の変化に及ぼす影響

休眠性の強いHadsaduriをポット栽培し、出穂後12日目の登熟中期にABA100ppm水溶液を2通りの撒布法で撒布処理を行なった。撒布法は稲の全面に2ℓを噴霧する全面処理と穂にパラフィン紙の袋をかけ葉面のみと同量を噴霧する葉面処理であった。両処理には15ポットの稲を供した。処理種子および無処理種子を完熟期に収穫し、収穫後15日目から10日毎に6回にわたって実験1の方法にしたがって発芽試験を行ない、ABA処理が種子の休眠に及ぼす影響を調査した。一方、収穫後50日目の処理種子および無処理種子について、種子に含まれるABA様物質の活性をアベナ伸長テストによって比較検定した。種子5gを前報²⁾にしたがって抽出、溶媒分画およびペーパークロマトグラフィーを行なった。そして、そのクロマトグラムのRf0.6—0.7, Rf0.7—0.8およびRf0.8—0.9の3層から得られた検液についてアベナテストを行なった。この実験は5反復とした。

結 果

実験1. ABA水溶液浸漬処理が種子の休眠に及ぼす影響

休眠種子の休眠強化に対するABAの作用をみるために、置床後10日間の種子の発芽率をみたのが第1表である。

まず、対照区(ABA0ppm)の種子の発芽開始までの期間をみると、Ketaktaraが最も長く、Hadsaduri, Kumari, 農林48号の順に短かった。休眠性程度の最も弱かった農林48号においては、処理時および処理後15日目の対照区の発芽率はそれぞれ72%および100%であったのに対し、ABA50ppm処理種子のそれらは33%および78%であり、ABA100ppm処理種子のそれらは16%および47%であり、ABAによって発芽はやや抑制された。その発芽抑制度はABAが高濃度ほど大であったものの、処理後30日目には、それらの発芽率に全く差異がなく、ABAによってわずかに休眠が強化されたにすぎなかったといえる。

Kumariでは、処理時の対照区の発芽率が27%であったのに対し、ABA50ppmおよび100ppm区では、いずれも0%であり、処理種子は完全な休眠状態にあった。処理後15日目の発芽率も対照区の98%に対してそれぞれ60%および15%でかなり低率であった。そして、ABA100ppm処理種子では、処理後45日目まで発芽が抑制され、先の農林48号に比して、休眠の強化および発芽抑制に対するABAの作用力はやや強かった。

** ABA(Mixed isomers, synthetic crystallin, approx. 90%, Sigma Chemical Company)

Table. 1. The effect of the exogenous ABA on the dormancy and the germination of the seeds of four varieties, as shown in germination percentage during 10 days after sowing

Varieties	Conc. of ABA (ppm)	Days after treatment							
		0	15	30	45	60	75	90	105
Norin No. 48	0 (cont.)	72	100	100					
	50	33	78	100					
	100	16	47	100					
Kumari	0 (cont.)	27	98	98	99	98			
	50	0	60	81	94	96			
	100	0	15	76	86	94			
Hadsaduri	0 (cont.)	0	15	70	70	95	95	96	
	50	0	0	48	80	81	81	88	
	100	0	0	0	38	67	78	88	
Ketaktara	0 (cont.)	0	6	37	67	80	82	80	85
	50	0	0	12	44	54	51	60	77
	100	0	0	0	0	18	32	40	67

The harvested seeds were soaked in the solutions of synthetic ABA at 0, 50 and 100 ppm for 20 hours at 5°C, respectively, and the seeds treated were stored in the laboratory.

Hadsaduriにおいては、対照区では処理時より60日目までの発芽率が0、15、70、70および95%と推移し、休眠覚せい速度が速かったのに対し、ABA 50 ppm処理種子では、処理後15日目まで0%であり、それ以降は48、80、81%と推移した。さらにABA 100 ppm処理種子では、処理後30日目まで0%であり、それ以降も50 ppm区よりも一層緩慢に推移した。Hadsaduri 種子に対するABAの発芽抑制作用は前述の2品種の種子に対するよりもかなり強力であり、しかもABA 100 ppm処理種子では処理後30日目まで完全な休眠状態にあり、ABAによって休眠が強化され、その程度は休眠期間をほぼ30日間延長するものであった。

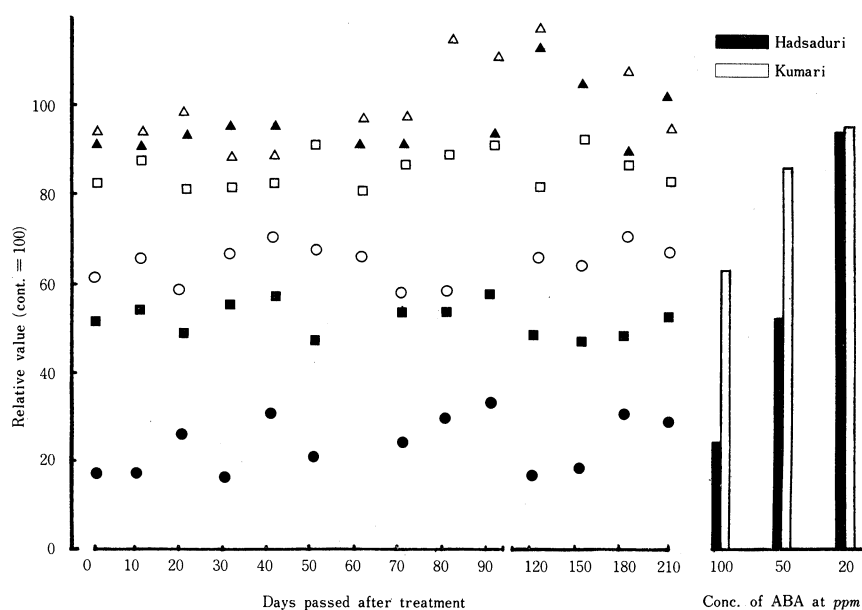


Fig. 1. The effect of the exogenous ABA on the germination of the non-dormant seeds in the varieties of Hadsaduri and Kumari.

The seeds stored in the laboratory for 10 months after harvest, were soaked in the solutions of synthetic ABA at 0, 20, 50 and 100 ppm for 20 hours at 5°C, respectively, and then the dry seeds treated were stored in the laboratory. In the left, points show the percentage of the control (ABA at 0 ppm) for 3 days after sowing. In the right, figures show the mean value of the relative value during the whole period.

●; Hadsaduri, 100 ppm, ○; Kumari, 100 ppm, ■; Hadsaduri, 50 ppm, □; Kumari, 50 ppm, ▲; Hadsaduri, 20 ppm, △; Kumari, 20 ppm.

最も休眠性程度の強いKetaktaraでは、ABAの休眠強化に対する作用はHadsaduri種子よりもさらに強まった。そして、ABA 50 ppm処理種子においても休眠覚せい速度は先述の3品種よりも著しく緩慢となった。ABA 100 ppm処理種子では処理後45日目まで完全な休眠状態にあり、休眠覚せい速度はさらに緩慢で、発芽率50%に達する期間も先述のHadsaduriの30日間よりもさらに延長され、ABAが休眠期間を60日間延長させるものであった。

以上ABAは種子の発芽抑制並びに休眠強化に対して効果を発揮し、その効力はいずれも品種の休眠性が強いほど強く現われることがわかった。

実験2. ABA水溶液浸漬処理が休眠の覚せいした種子の発芽に及ぼす影響

播種後3日間の処理種子の発芽率が対照区の発芽率を100とした相対指数で第1図に示された。なお、播種後10日間の発芽率はいずれの処理区においても対照区とほぼ同率であった。

ABAは種子の発芽速度を遅延させる作用を有し、その作用力は品種並びにABA濃度によって異なった。すなわち、Hadsaduri種子においては、対照区の種子の発芽に対して、7カ月間の全測定値の平均で、100 ppmでは75%、50 ppmでは48%、20 ppmでは6%の発芽抑制を示したのに対して、Kumari種子では、100 ppmで37%、50 ppmで13%、20 ppmで4%の発芽抑制を示した。上述の如き発芽抑制は処理後7カ月間ほとんど変化することなく持続されたが、測定の後期でABA処理種子の発芽指数がやや大となる傾向があり、特に20 ppm処理種子において、対照区の種子よりも発芽速度が速まる傾向が認められた。

実験3. 登熟中期におけるABA撒布処理が種子の休眠並びにABA含量に及ぼす影響

Table 2. The effect of synthetic ABA sprayed to the standing rice plants upon the dormancy and the germination of seeds in the variety of Hadsaduri, shown in germination percentage of seeds during the 10 days after sowing

Portion where ABA was sprayed	Days passed after harvest					
	15	25	35	45	55	65
Foliar	0	0	0	4	47	90
Whole plant	0	0	0	1	19	72
Control	0	0	0	1	43	92

Synthetic ABA at 100 ppm was sprayed to the standing rice plants on the 12th day after the heading time.

Table 3. Comparison of the levels of ABA like substance in the seeds assayed by the Avena straight growth test

Portion where ABA was sprayed	ABA like substance (Rf on chromatogram)		
	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9
Foliar	82 ^b	82 ^b	87 ^a
Whole plant	72 ^c	73 ^b	90 ^a
Control	88 ^a	91 ^a	96 ^a

Synthetic ABA at 100 ppm was sprayed to the standing rice plants on the 12th day after heading time. ABA like substance was eluted from Rf 0.6 - 0.9 on paper chromatograms of acidic fraction of extracts obtained from the seeds treated in variety of Hadsaduri. Numbers are noted in percentage of the check (not containing inhibitor) on Avena coleoptile elongation. The numbers with different alphabets on the same column are significantly different at 5% level.

Hadsaduriを用い、撒布処理を行ない、収穫、貯蔵した種子について、収穫後の日数と発芽率（置床後10日間）との関係をみたのが第2表である。

いずれの区においても種子の休眠は収穫後45日目より覚せいし始め、特に葉面処理区の種子の発芽率と対照区の発芽率とはほぼ同様の推移を示したことから、ABAの葉面処理は休眠期間の延長に対しては無効であった。一方、全面処理区の種子の発芽率は対照区に比してやや低率であり、ABAの全面処理は休眠程度をやや強化する傾向が認められた。

つぎに、各処理種子に含まれるABA様物質の活性を検定し、その結果が第3表に示された。表中の数値は伸長抑制物質を含まない検液でのアベナ幼葉鞘切片の伸長を100とした相対指数で表わされ、数値が小さいほど伸長抑制力が強いことを意味している。なお、検定に供した収穫後50日目の種子は第2表より、休眠が覚せいし始めた時期であることがわかる。

対照区の種子から得られたRf0.6~0.8のABA様物質の活性はかなり強力であったが、ABAの施用によって、いずれの区でも種子のABA様物質の活性は強まり、対照区よりも両処理区の種子のABA含量が増加していることが明瞭に示された。そして、ABA処理区間にもABA様物質の活性に差異があり、休眠が強化されている全面処理区において活性は強かった。

考 察

稲種子の穂発芽の難易は種子の休眠性の強弱によって決定されると一般に解釈されている^{8-10,12)}。また、穂発芽の難易と種子の寿命の長短との間に穂発芽難の品種ほど種子の寿命が長いという関係の存在が認められており⁸⁾、これらは種子の休眠性の強化が穂発芽防止に有効であるのみならず、種子の貯蔵性の向上にも有効であることを示唆するものといえる。しかし、育種的に休眠性の強化を計ることは、多収性や米質などに対する現在の要請を考慮する時に著しい困難を伴うと予想され、実際のまたは積極的な応用がなされていないのが現状である。一方、早期水稻における登熟期間の気象条件をみると、高温であることはいうまでもなく、往々にしておこる多雨、強風は倒伏を招き、結果として極めて穂発芽を誘起しやすい状況を呈する。著者^{3,5,6)}はすでに高温、水分および酸素が休眠打破に影響することを明らかにしているが、前述の気象条件は休眠期間を著しく短縮するものであり、それが穂発芽の発生に連動するものと考えて良いであろう。穂発芽防止のために、すでに池田⁷⁾はMH-30の施用による休眠の強化を試みた。また、安江ら¹³⁾は合成樹脂被膜の形成によって種子の発芽が抑制されたことから、穂発芽の防止には合成樹脂の施用が有効であることを示唆している。

著者らは休眠性が種子内生の発芽抑制物質に起因し^{1,2)}、休眠解除が発芽抑制物質の不活性化によって誘起されることを明確にし^{1,5,6)}、その要因物質の主体はABAであることを証明した⁴⁾。この結果は、休眠性の要因物質のABAを外生的に与え、種子のABA含量の増加を計るならば休眠が強化されるであろうことを示唆するものであった。そして、その休眠強化は穂発芽防止と同時に貯蔵性の向上にもつながるものと考えられた。以上のことから、種子の休眠または発芽に対する外生的ABAの作用を検討した。

ABA水溶液に種子を浸漬した場合に、休眠種子では休眠が強化されたが、休眠の覚せいした種子に再度休眠を誘起する作用は認められなかった。しかし、ABAはいずれの実験においても種子の発芽を遅延させる作用を有し、その作用はABAが高濃度ほど顕著であった。また、休眠種子、非休眠種子のいずれにおいても休眠性の強い品種ほどABAの作用が共通的に大であったことは非常に興味深い現象といえる。上述の如く、ABA施用によって休眠が強化されたこと並びに休眠覚

せい種子に対する発芽抑制作用が認められたことは、穂発芽防止のためのABA施用の有効性が示されたものと考えられる。しかし、穂発芽防止のための実際的施用は葉面撒布等によるものであろうから、収量などに対するABAの影響もまた検討されなければならないであろう。さらに、品種の休眠性の強弱によってABAの作用力が異なったことは、休眠性の著しく弱い日本稲での有効的な利用に若干の疑問を残すものであった。しかし、ABAの撒布によって種子のABA含量が増加し、それに伴って若干の休眠強化の効果が得られた点から、ABA利用の今後の検討は有意義であろうと考えられる。

休眠の覚せいした種子でのABA施用の結果は、ABAによる発芽抑制作用が長期間にわたって持続することを明確に示した。また貯蔵の後期において、低濃度のABA処理種子の発芽率が無処理種子の発芽率を上廻る傾向が示されたことから、ABAは種子の発芽力の減退を防止する作用を有し、種子の寿命を延長させることを示唆したものと解釈される。上述の如く、ABA施用は種子のABA含量を増加させるもので、穂発芽防止あるいは種子の貯蔵性の向上に対してケミカルコントロール的な利用の可能性に期待をつなげるものであった。

Phillipsら¹⁾はSycamoreの葉と芽に含まれるABA量の季節的な測定結果に基づいて、ABA様物質は葉で合成され頂芽に移行蓄積されて、休眠が誘起されるものと推定している。稲においては、ABAがどの器官で生産されるかについての研究はない。著者は出穂期以前の葉にABA様物質の存在を認め、その活性が出穂期直前まで徐々に増加することを認め(未発表)、また、本実験において葉面だけにABAを撒布した場合に種子のABA様物質の活性が強まったこと、並びに種子の成熟過程ではABA様物質の増加は認められず減少する¹⁾ことから、ABAは葉で合成され種子に移行蓄積されるものと推察される。

摘 要

本研究はABA施用が稲種子の休眠および発芽現象に及ぼす影響を知るために行なわれた。

1. 休眠期間の異なる4品種の休眠種子を用いて、ABA水溶液に5°Cで20時間浸漬処理を行ない、休眠覚せい期まで10日毎に発芽試験を行なった。

ABAは全ての種子の発芽を抑制する作用を有し、休眠性の強い品種では、その種子の休眠期間を延長させる作用を有した。それらの作用力はいずれもABA濃度が高いほど、また休眠性が強い品種ほど大であった。

2. 休眠の覚せいした種子を用いて、ABA水溶液に浸漬処理して、9カ月間にわたって定期的に発芽試験を行なった。

ABAは種子の発芽速度を遅延させる作用を有し、その作用力は長期間変化することなく持続された。そして、その作用力は品種によって異なったが、ABA濃度が高いほど、また休眠性の強い品種ほど大であった。

3. 登熟中の稲にABAの100ppm水溶液を1回撒布した。

収穫種子の休眠は強化される傾向が認められると同時に種子のABA含量は明らかに増加していた。

文 献

- 1) 林 満・姫野正己 1974 熱帯農業 17:245-249.
- 2) _____ 1976 同上 19:156-161.

- 3) _____ 1977 同上 20:164-171.
- 4) _____ 1979 同上 23:1-5.
- 5) _____・田中文雄 1979 鹿大農学術報告 29:11-20.
- 6) _____・日高洋一郎 1979 同上 29:21-32.
- 7) 池田三雄 1963 鹿大農学術報告 13:89-115.
- 8) 池橋 宏 1973 農事試験場研究報告 19:1-60.
- 9) 岩下友紀 1971 鹿児島県農試報告 70周年記念誌 72-99.
- 10) Jennings, P. R. and J. de Jesue 1964 Crop Sci. 4:530-533.
- 11) Phillips, I. D. J. and P. F. Wareing 1958 J. Exp. Bot. 9:350-364.
- 12) Roberts, E. H. 1961 J. Exp. Bot. 12:319-329.
- 13) 安江多輔・萩野耕司 1972 岐阜大農研報 33:1-12.

Summary

This investigation was made to ascertain the influence of the applied exogenous ABA (abscisic acid) upon the dormancy and germination of the rice seeds.

1. Four varieties of seeds having the different dormancy periods were used, namely the seeds were soaked in the solutions of ABA at 0, 50 and 100 ppm for 20 hours at 5°C, and then the dry seeds treated were stored in the laboratory. The germination test was conducted with the interval of 10 days during the dormancy periods.

It was ascertained that ABA was in possession of some effect inhibiting the germinations of all the varieties, and that the dormancy period of the seeds with high dormancy was prolonged by the effect. The working effects of ABA were positively proportional both to the high level of ABA density and to the intensity of the dormancy in all the varieties.

2. Two kinds of non-dormant seeds both of which were stored in the laboratory for 10 months after harvest, were soaked in the solutions of ABA at 0, 20, 50 and 100 ppm for 20 hours at 5°C, and then the dry seeds treated were stored in the laboratory. The germination tests were conducted at the fixed periods during seven months after treatment.

ABA showed the effectiveness inhibiting the germination speed of the seeds, which was generally maintained unmutable through the whole periods. The resulted inhibiting effect was also kept the same as in case of No. 1.

3. Using the application method, ABA at 100 ppm, 2 l/plot was sprayed over the standing rice plants on the 12th day after the heading time.

The results obtained from the harvested seeds showed that the seed dormancy-degrees were slightly strengthened and the amount of ABA like substance contained in the seeds were obviously increased by the above mentioned treatment.