

循環型乾燥機を利用した水稻種子の休眠打破とその種子の発芽能力

荒川 誠*・加藤 徹**

Effect of Using Circulation Dryer on Dormancy Breaking in Rice Seed and Viability of Seed after Dormancy Breaking

Makoto ARAKAWA ,Toru KATO

要約 水稻の登熟期間中に著しい高温で経過した籾は休眠が深くなり、育苗時に発芽遅延や不揃いなどの障害が懸念された。そこで、安定した苗立ちが確保できる種子を供給するための休眠打破技術について検討した。その結果、うるち性のイネ籾を収穫後に循環型遠赤外乾燥機により火力乾燥し、仕上げ乾燥後もさらに追加乾燥を行うことにより籾の休眠打破に一定の効果が認められ、処理時間が長いほどその効果が高かった。しかし、処理時間が 96 時間では脱ぶ率の上昇や苗立ちも不安定になるので、適正な処理時間は 48~72 時間程度と考えられた。休眠打破実施の可否について、収穫・乾燥した籾の 14 日目発芽率が 60%以上であれば休眠程度は深くなく、不要である。処理した籾の貯蔵は、収穫翌々年春まで可能と考えられたが、温湯消毒する場合は貯蔵による発芽率の低下も懸念されるので事前に確認することが望ましい。

筆者らは、2010年の稲作期間の高温が水稻種子生産にも影響を与え、発芽能力を検査する発芽調査における休眠が深いと思われる発芽遅延について報告した(荒川ら2011)。当然のことながら、同年産の水稻種子については、育苗時の注意を喚起するチラシの配布を行った。また、特に休眠が深かった種子7.1tについては、2011年産用としての使用を急遽とりやめ、備蓄に回すなどの対応を行った。しかしながら、2011年の米生産現場においては、育苗加温施設の使用が少ない普通栽培地域で「彩のかがやき」、「彩のみより」において出芽遅延、不揃いが数多く報告された。

そこで、登熟期間中の高温で種子の休眠が深くなった場合でも、従来の浸種、催芽方法で安定した苗立ちが確保できる種子を供給できるようにするため機械設備(循環型乾燥機)のある種子生産団体において実施できる大量休眠打破技術を検討した。

材料および方法

1 休眠打破試験

水稻品種「彩のかがやき」を2013年に栽培し、早植栽培(8月9日出穂、9月26日刈取り)の籾と、普通栽培(8月22日出穂、10月10日刈取り)の籾を試験に供した。それぞれ、収穫後ただちに循環型遠赤外乾燥機(金子農機製RVA5-BS(V))に約500kg張り込んだ。張込み時の籾水分量は約25%で、乾燥速度は、水分20%以上の時は0.4%/hr、水分20%未満では0.5%/hr設定で約9時間乾燥運転を行い、籾水分を約16%まで乾燥させた。その後、休眠打破処理のため乾減率0.5%/hr設定で乾燥運転を行い、48時間後、72時間後、96時間後に籾を採取した。脱ぶ率は時間別に採取した籾約100gから、玄米と籾の片面1/2以上玄米が露出しているものを計数して求めた。穀粒水分は電気抵抗式水分計(ケ

*品種開発・ブランド育成研究担当 **生産環境・安全管理研究担当

ト PB-1D2) で測定した。

歩留まり率は時間別に採取した籾を多段式縦目篩で調製し求めた。なお、無処理区の籾は、水分が約 16% あったため、休眠打破処理のための乾燥運転中に、水稻もみの農産物検査規格の水分 14.5 以下にまで低下した時点で採取した。無処理区の篩目は水稻種子籾の標準である 2.2mm としたが、水分が低下した乾燥処理区では、歩留まり率の低下が大きかったため、塩水選 (比重 1.13) による歩留まり率と同等となる 2.1mm の篩目とした。

休眠調査は籾の発芽により行った。各区の篩調製後の籾をチャック付ビニール袋に入れ、5°C の冷蔵庫に保管した後、一斉に発芽調査を行った。発芽調査の定法に従い置床後、3 日後から芽長 2mm 以上の籾を発芽として計数した。

2014 年も「彩のかがやき」を栽培し、早植栽培 (8 月 11 日出穂, 9 月 29 日刈取り) の籾で同様な試験を行った。乾燥機は循環型遠赤外線乾燥機 (金子農機 RVA5-BS(V)) を使用し、張り込み量は約 1,000 kg, 張り込み時の籾水分量は約 25% で、乾燥速度は、水分 20% 以上の時は 0.4%/hr, 水分 20% 未満では 0.5%/hr 設定で約 15 時間乾燥運転を行い、籾水分を約 14.5% まで乾燥させた。その後、休眠打破のため乾減率 0.5%/hr 設定で乾燥運転を行い、24 時間後、48 時間後、72 時間後、96 時間後に籾を採取した。脱つぶ率は時間別に採取した未調製の籾約 450g から、玄米と籾の片面 1/2 以上玄米が露出しているものを計数して求めた。

歩留まり率は、時間別に採取した籾 500g を紙袋に入れ 18°C, 73% の恒温恒湿機に 7 日間置き、水分を約 14% に戻した後、段篩で 2.2mm の篩目で調製し求めた。発芽調査は、定法に従い置床後、3 日後から芽長 2mm 以上の籾を発芽として計数した。

なお、各年とも恒温機による 50°C・96 時間乾熱処理した籾を比較対照として用いた。休眠の程度は、発芽が 90% に達するまでの日数 (以下、発芽日数) とした。また、気温はほ場の南東、約 3km にある熊谷地方気象台のアメダスデータを利用した。

2 休眠打破籾の温湯消毒

循環型遠赤外線乾燥機による休眠打破処理を行った 2014 年産の籾を紙袋に入れ直射日光の当たらない室内で常温保存し、2015 年 9 月 11 日に温湯消毒

を実施した。温湯消毒は 60°C で 10 時間浸漬処理とした。温湯消毒後ただちに流水で冷却し、各区 100 粒づつ 3 反復で定法により発芽調査を実施した。

3 休眠打破籾の貯蔵と苗質

2013 年産の各処理区籾および 2014 年産の各処理区籾を紙袋に入れ日光の当たらない室内で常温保存し、2013 年産籾は収穫当年の 10 月, 11 月, 翌年の 1 月, 4 月, 翌々年の 9 月, 12 月に、また、2014 年産籾は収穫当年の 10 月, 12 月, 翌年の 1 月, 7 月, 9 月, 12 月, 翌々年 3 月に 100 粒づつ 3 反復で定法に従い発芽調査を実施した。

苗立ち・苗質調査は、2013 年産の各処理区籾を翌年の 4 月 8 日に 16 穴の連結ポットを使用し、3 反復で 1 穴 100 粒づつ播種し、20 日後に苗立数を計測した。また、反復ごとに苗 10 個体の草丈、葉数、生体重、乾物重を測定した。

結 果

1 休眠打破効果と種子歩留まり

2013 年の早植栽培と普通栽培、および 2014 年の早植栽培の出穂後 30 日間の平均気温はそれぞれ 28.0°C, 25.4°C, および 25.2°C で、さらにそれを 10 日間隔で分け登熟前期、登熟中期、登熟後期とした場合の平均気温は表 1 の通りであった。

表 1 年別の出穂後平均気温 (°C)

年	区	前期	中期	後期
2013	早植栽培	30.5	27.0	26.6
	普通栽培	26.9	25.1	24.3
2014	早植栽培	27.2	25.1	23.2
	普通栽培	—	—	—

休眠打破処理後の発芽率の推移を図 1, 図 2 に示した。2013 年では早植栽培の無処理区での 14 日目発芽率は約 80% で、22 日目に 90% を超えた。50°C・96 時間処理の対照区では 10 日目で 90% 以上となった。休眠打破処理時間別では、処理時間が長いほど発芽日数が短く、休眠打破の効果が大きかった。48 時間処理区でも 11 日目には 90% を超えた。この傾向は普通栽培でもほぼ同様であった。

2014 年産初めの休眠打破処理後の発芽率の推移も同様に無処理区では徐々に発芽率が上昇し、14 日目で約 65%，30 日後で約 90%であった。対照区の 50

℃・96 時間処理では無処理区より発芽率が高く、8 日目でほぼ 100%となった。

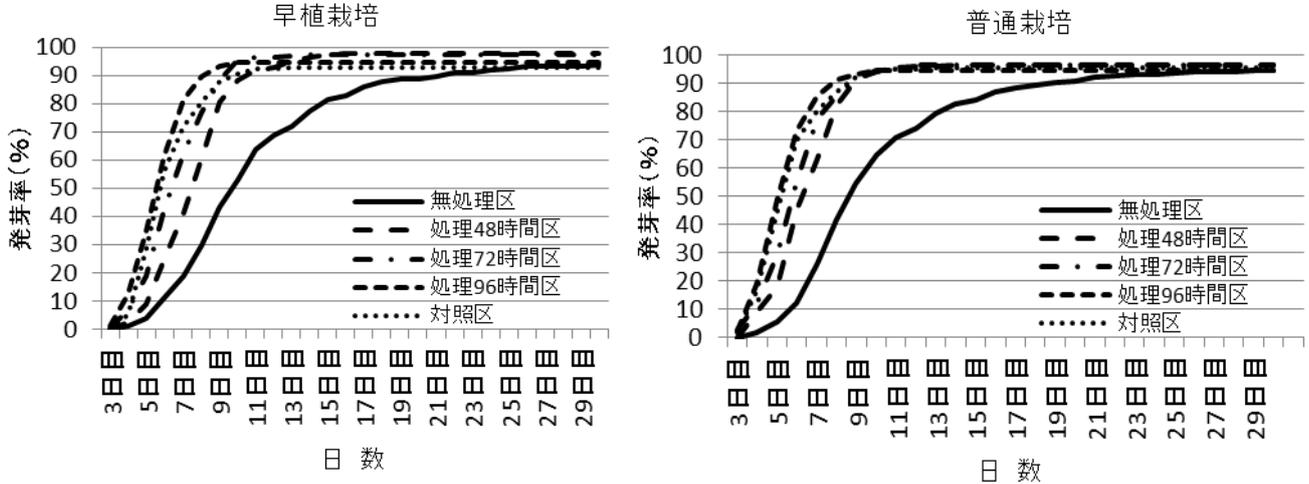


図 1 2013 年産初めの休眠打破処理時間別の発芽率の推移

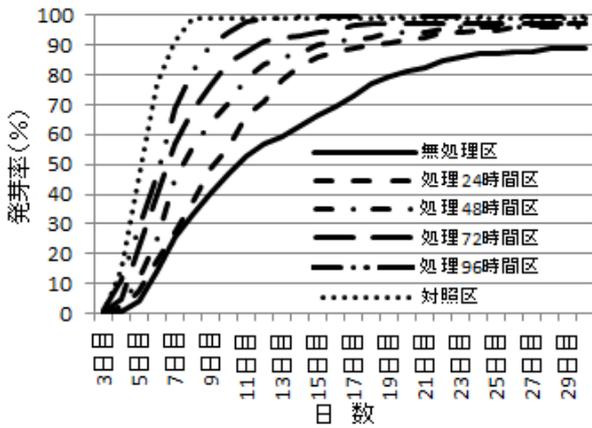


図 2 2014 年産初めの休眠打破処理時間別の発芽率の推移
各処理区は処理後に水分率を 14%に調整した。

休眠打破処理では、無処理区と対照区との発芽率であり、休眠打破処理時間が長いほど、発芽日数が短く、休眠打破処理の効果が大きかった。

休眠打破処理時間と初水分率、種子歩留まり率および脱ぶ率との関係を表 2 に示した。2013 年は処理時間の増加に伴い脱ぶ率も上昇し、処理 96 時間区では早植栽培区 3.4%，普通栽培区 5.2%となった。それに伴い、歩留まり率が低下した。しかし、初水分の低下により粒厚が低下し、歩留まり率も低下した可能性があったことから、2014 年は、初水分を一定にした後、調査を行ったところ、2014 年でも処理時間の増加に伴い脱ぶ率が上昇し、歩留まり率は低下した。しかし、96 時間処理区でも脱ぶ率は 1.1%であった。

表 2 休眠打破処理時間と初水分率、歩留まり率および脱ぶ率の関係 (単位：%)

処理時間	2013 年						2014 年		
	早植栽培			普通栽培			早植栽培		
	水分率	歩留まり率	脱ぶ率	水分率	歩留まり率	脱ぶ率	水分率	歩留まり率	脱ぶ率
無処理	14.5	87.3	0.4	14.1	86.7	0.2	13.9	70.9	0.1
24 時間	—	—	—	—	—	—	14.1	69.5	0.3
48 時間	10.8	91.3	0.7	11.0	90.7	1.8	14.1	68.7	0.5
72 時間	10.6	90.1	2.3	11.0	89.9	3.2	13.9	68.1	0.5
96 時間	10.6	88.2	3.4	10.8	88.2	5.2	14.0	66.0	1.1
塩水選	—	95.8	—	—	93.2	—	—	—	—

注) 塩水選の比重は 1.13

2 休眠打破処理籾の苗質と温湯消毒

2013 年産籾を水稻栽培の実際の播種時期となる翌年 4 月に播種し、苗質を調査した結果を表 3 に示した。普通栽培・処理 96 時間区では、苗の風乾重が低下し、苗立率の標準偏差が大きくなり、苗立ちは不安定となった。他の処理区はそれぞれの無処理区と同等であり、苗質に差は認められなかった。

2013 年に収穫後、乾燥機による休眠打破を行った籾の 2014 年 9 月における温湯消毒実施後の発芽率を表 4 に示した。各休眠打破処理時間区とも、温湯消毒前では発芽率が 97~98%であり、対照区と差がなかった。温湯消毒後は、各区とも温湯消毒前より 3~7%低下し、最も低かったのは休眠打破処理時間が最も長かった 96 時間区で、発芽率は 91%であった。

表 3 休眠打破処理種子の発芽および苗質
2013 年産籾を翌年 4 月に播種して調査した。

試験区	発芽率 (%)	苗立率 (%)	同左標準偏差	草丈 (cm)	葉位	風乾重 (g/100本)	充実度 (mg/cm)
早植栽培 無処理	97.7	95.7	0.6	9.4	2.2	1.3	1.42
早植栽培 処理 48 時間	96.7	93.7	2.3	9.7	2.2	1.5	1.54
早植栽培 処理 72 時間	94.0	92.7	2.3	9.8	2.2	1.4	1.46
早植栽培 処理 96 時間	94.0	94.3	0.6	9.7	2.2	1.5	1.54
有意差(Tukey)	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
普通栽培 無処理	97.0	95.0	3.6	10.3	2.1	1.6 a	1.53
普通栽培 処理 48 時間	94.7	91.7	2.1	9.7	2.2	1.4 ab	1.41
普通栽培 処理 72 時間	94.0	92.7	3.2	9.4	2.1	1.4 ab	1.42
普通栽培 処理 96 時間	88.7	88.0	8.5	9.3	2.1	1.3 b	1.40
有意差(Tukey)	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	*	n.s.

注) 値の後ろのアルファベット記号で異なる間に 5%で有意差

表 4 休眠打破処理時間別の温湯消毒の発芽への影響
2014 産籾を翌年 9 月に調査した。対照区は定温恒温器で 50°C120 時間処理した。(単位: %)

処理時間	消毒前	消毒後	差
無処理	98	95	-3
24 時間	97	94	-3
48 時間	98	93	-5
72 時間	97	93	-4
96 時間	98	91	-7
対照区	98	96	-2

3 休眠打破処理籾の貯蔵後の発芽率

2013 年産及び 2014 年産各処理区籾の経年発芽率の推移を図 3 に示した。収穫当年度 10 月の発芽率は、休眠打破処理を行った区の約 100%から、休眠打破処理を行わなかった対照区の約 60%まで、かなりばらつきが大きかった。しかし、12 月にはすべての

区が 90%を超えた。2014 年産籾では翌々年度の 3 月まで 90%以上の高い発芽率であったが、2013 年産籾の場合は翌々年度の 9 月には発芽率が大きく低下し、12 月には普通栽培・無処理区の 35%から早植栽培・処理 48 時間区の 5%まで、発芽率が低下した。

考 察

籾の休眠程度の違いは、登熟中の温度経過により異なることが報告されている(池橋, 1973, 林・日高, 1979, 田代ら, 1987)。本試験は野外で行っており、温度測定地点も異なるため、登熟中の温度を 30°Cや 25°Cなどに区分することは適当でない。玄米品質は 26~27°C以上で低下する(若松ら, 2007)ことや、埼玉での高温年(2010 年)の解析で 28°C以上では白未熟粒が多発した(荒川ら, 2011)ことから、本試験では、27°C以上を高温域、25°C~27°Cを中温域、25°C以下を低温域と区分すると、出穂期以降を 10 日間隔で区分した 30 日間の登熟中の区分

荒川ら：水稻種子の休眠打破とその種子の発芽能力

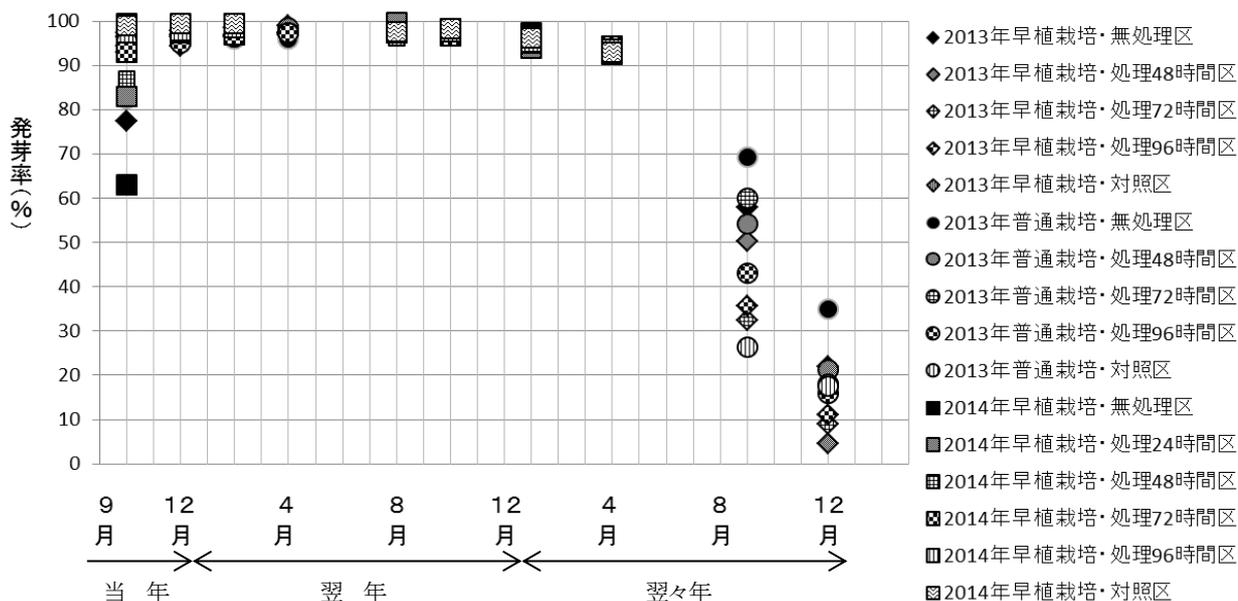


図3 休眠打破処理を行った籾の発芽率の経年変化

は、表5の通りとなる。休眠の程度は、登熟期間中高温であるか、登熟前半より後半の温度が高いとより深くなる(池橋, 1973)ことから、今回の試験で使用した籾は、休眠が特に深くなるような条件ではなかったと考えられる。このことは、籾の収穫年の12月には無処理区の発芽率が2013年産では9日目、2014年産では11日目には90%を超え、休眠がそれほど深くなかったことから裏付けられる。

表5 出穂後30日間の気温区分

年	区	前期	中期	後期
2013	早植栽培	高温域	高温域	中温域
	普通栽培	中温域	中温域	低温域
2014	早植栽培	高温域	中温域	低温域
	普通栽培	—	—	—

循環型遠赤外乾燥機の乾燥運転による休眠打破法は効果が認められた。2013年の早植栽培・無処理区が発芽日数21.3日に対し、処理48時間区は10.4日、処理72時間区は9.2日、処理96時間区は8.1日となり、通常の休眠打破方法である乾熱処理区9.8日と同等の効果が得られた。また、2014年では、

乾熱処理区ほどの効果は得られなかったが、無処理区の発芽日数35日に対し、処理24時間区は18日、処理48時間区は15日、処理72時間区は12日、処理96時間区は9日となり、休眠打破効果が得られた。しかし、2013年普通栽培・処理96時間区の籾は、苗の風乾重が無処理区と比較し約80%と劣り、苗立率の偏差も大きいことから、苗質が不安定になると考えられ、処理時間が長すぎると思われる。また、乾燥時間が長くなるほど脱つぶ率は高くなり、歩留まりは低下したことから、通常乾燥後の休眠打破処理のための適正な乾燥時間は48~72時間程度と考えられる。

休眠打破処理実施の可否について、2014年無処理区の収穫当年10月の14日目発芽率が約60%であるのに対し、翌年2月の14日目発芽率が約97%であり、休眠打破処理を行わなくても休眠から覚めると判断できる。したがって、10月に収穫・乾燥した籾の14日目発芽率が60%以上であれば休眠程度は深くはなく、翌春播種時には休眠から覚めると想定されるので、収穫乾燥後に休眠打破をする必要はないと考えられる。

種子の寿命と休眠の深さは品種にもよるものの、収穫時の発芽率と種子寿命は負の相関があることが

報告(田代ら, 1989)されていることから, 収穫乾燥時に休眠打破処理を行った場合, 種子寿命が短くなることが考えられる. しかし, 今回の試験の結果, 収穫時に休眠打破を行った場合, 無処理区より発芽率の低下は早かったが, 収穫翌々年の春時点でも発芽率が 90%以上あり, 実用上問題はなく種子寿命としては 48~72 時間程度の乾燥処理の影響は少ないと考えられた. さらに主要農産物種子法上の水稻種子初は 90%以上の発芽率が求められるので, 収穫翌々年春の播種であれば, この基準を満たすものと思われる.

休眠打破処理をおこなった籾を温湯消毒すると発芽率が 3~7%程度低下した. 収穫翌年播種時期の温湯消毒無処理籾の発芽率はほぼ 100%であり, 同期に温湯消毒を実施しても発芽率は 90%を超えると想定されるので, 温湯消毒を実施して差し支えないと考えられる. しかし, 翌々年の播種時期では, 無処理でも発芽率が 95%を割り込む場合もあるので, 温湯消毒を実施する場合は時間・温度に十分注意し, 播種量を数%多くするなど対策を実施する方が望ましい.

なお, 今回は登熟期間中に休眠が深くなるような高温条件とならなかつたため, 2010 年のような休眠の深い籾に対する遠赤外線式乾燥機が休眠打破に及ぼす効果については検証できなかった.

引用文献

- 荒川誠・石井博和・大岡直人(2011): 2010 年の埼玉県における水稻未熟粒多発の要因. 埼玉農総研研報 11, 27-31
- 荒川誠・矢ヶ崎健治・三島誠・岡田雄二・斎藤孝一郎(2011): 2010 年の夏季高温条件における水稻種子の休眠の実態. 埼玉農総研研報 11, 33-38
- 林満・日高洋一郎(1979): 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. 鹿大農学術報告 29, 21-32
- 池橋宏(1973): イネ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
- 田代亨・玉置雅彦(1987): イネ種子の寿命に及ぼす登熟温度の影響. 日作紀 56(別号 2), 195-196
- 田代亨・玉置雅彦(1989): イネ種子の寿命に及ぼす登熟温度の影響, とくに, 休眠性との関係について. 日作東海支部報 108, 17-18
- 若松謙一・佐々木修・上藺一郎・田中明男(2007): 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76(1), 71-78