

秋まき小麦種子審査のための休眠打破方法^{*1}

浅山 聡^{*2}

秋まき小麦「きたほなみ」の種子審査に適する休眠打破方法として、過酸化水素水処理と低温湿潤処理について、効果の高い条件を明らかにし、両方法の利用場面を提示した。濃度1%の過酸化水素水への浸漬による方法において、温度は8~12℃とし、48時間浸漬することで試料の休眠程度にかかわらず高い休眠打破効果が得られた。低温湿潤条件への静置による方法において、口径9cmシャーレに50粒の種子を供試する場合は加水量を4mlとし、5℃で72時間静置することで「きたほなみ」に対して高い休眠打破効果が得られたが、休眠が極深い試料では96時間の処理で発芽率が僅かに高くなる場合があった。両方法を比較すると、休眠の極深い試料では過酸化水素水処理の方が効果が高い場合があった。一方で低温湿潤処理は試薬の準備が不要で操作が容易であった。

緒言

北海道における秋まき小麦の種子生産では、収穫から乾燥調製を経て出荷までの作業を1ヶ月未満の短期間で行わなければならない。種子用としての合否を決める審査では、北海道が定めた主要農作物種子法実施事務取扱要領（以下「要領」と記載する）に従い発芽率を検定することが義務づけられ、合格には80%以上の発芽率が必要である。発芽試験には8日間を要するとともに、休眠の深い試料は予め休眠打破が必要であるため、時間的制約が極めて厳しいなかで、多数の試料を審査している。

2011年産から秋まき小麦の基幹品種となった「きたほなみ」は穂発芽耐性が優れるため¹⁸⁾、休眠が深い場合は、要領で定められている予冷等の方法では休眠打破の効果が低く、発芽率を的確に検定できないことが懸念される。また、種子の発芽能力は登熟時の気象条件や収穫乾燥条件により低下することもあり得ることから、できる限り休眠打破効果の高い方法を選定する必要がある。

麦類の休眠打破方法について、道外では主に過酸化水素水への浸漬による報告があるが^{1), 2), 3), 4), 5), 10), 13)}、休眠

打破効果の高い処理条件は産地や品種により異なることから、「きたほなみ」などの北海道で栽培されている品種に効果の高い処理条件は道外品種と異なると考えられる。また、過酸化水素水への浸漬は高い効果を示す場合が多いが、根の伸長阻害が伴う報告もある^{4), 7)}ことから、正常な発芽が求められる審査に適した処理条件を明らかにする必要がある。一方、5℃の冷水へ24時間静置する方法は過酸化水素水より効果が劣ることが報告されているが⁹⁾、処理時間等の条件は未検討であることから、過酸化水素水への浸漬と同じように道内品種に適した処理条件の検討が必要である。

本研究においては、休眠状態にある秋まき小麦「きたほなみ」の種子について、過酸化水素水への浸漬と低温湿潤条件へ静置する方法を用いて、種子審査に適する確実で迅速な休眠打破の方法を具体的に提示することを目的とした。

試験方法

1 供試材料

供試品種は「きたほなみ」と穂発芽性極難系統とされている「北系1802」, 「北系1838」, 「OW104」で^{11), 17), 19)}、北海道立総合研究機構中央農業試験場遺伝資源部（以下「遺伝資源部」と記載する）、北海道立総合研究機構北見農業試験場、および道内採種圃で生産した種子のうち、2010年は7点、2011年は11点を収集し（表1）、適宜各試験へ供試した。採種圃産種子は遺伝資源部より休眠の深

2016年4月27日受理

^{*1} 本報の一部は2012年度日本作物学会233回講演会で発表した。

^{*2} (地独) 北海道立総合研究機構中央農業試験場（現：同北見農業試験場、099-1496 常呂郡訓子府町）
E-mail: asayama-satoshi@hro.or.jp

表1 供試材料一覧

試験年次	試料番号	品種系統名	発芽率 (%)	休眠程度	試料略称	産地と乾燥方法
2010	1	きたほなみ	81	浅	きたほなみ・浅	遺伝資源部産, 風乾, 脱穀後, 室温20℃・湿度20%で乾燥
	2	きたほなみ	58	中	きたほなみ・中	2ヵ所の採種圃でコンバイン収穫後, 冷蔵保存して遺伝資源部へ輸送, 室温20℃・湿度20%で乾燥
	3	きたほなみ	39	深	きたほなみ・深①	
	4	きたほなみ	99	無	きたほなみ・無	2007年遺伝資源部産, 風乾脱穀調製後, 1~3℃で保管
	5	北系1802	36	深	北系1802	北見農試産, 風乾脱穀後, 遺伝資源部へ輸送
	6	北系1838	15	極深	北系1838	
	7	OW104	18	極深	OW104	遺伝資源部産, 室温20℃・湿度20%で乾燥後, 脱穀
2011	1	きたほなみ	63	中	きたほなみ・中①	遺伝資源部産, 室温20℃・湿度20%で乾燥後, 脱穀
	2	きたほなみ	67	中	きたほなみ・中②	
	3	きたほなみ	68	中	きたほなみ・中③	
	4	きたほなみ	67	中	きたほなみ・中④	5ヵ所の採種圃で穂採り, 同日に遺伝資源部へ輸送, 室温20℃・湿度20%で乾燥後, 脱穀
	5	きたほなみ	69	中	きたほなみ・中⑤	
	6	きたほなみ	69	中	きたほなみ・中⑥	
	7	きたほなみ	41	深	きたほなみ・深①	採種圃でコンバイン収穫後, 冷蔵保存して遺伝資源部へ輸送, 室温20℃・湿度20%で乾燥
	8	きたほなみ	45	深	きたほなみ・深②	
	9	北系1802	34	深	北系1802	
	10	北系1838	18	極深	北系1838	遺伝資源部産, 風乾, 室温20℃・湿度20%で乾燥後, 脱穀
	11	OW104	12	極深	OW104	

注) 供試材料は, 2010年の試料番号4の「きたほなみ」を除き, 当年産

表2 休眠打破方法の検討項目

休眠打破方法	項目	処理内容		その他の条件
		2010年	2011年	
過酸化水素水処理	温度	5, 20℃	A試験: 1, 5, 10, 15℃ B試験: 8, 10, 12℃	2010年の時間は24, 48時間 2011年の時間は48時間
	時間	24, 48時間	検討無し	温度は5℃または20℃
低温湿潤処理	温度	-5, 1, 5, 10, 15℃	C試験: -5, 1, 5, 10, 15℃ D試験: 3, 5, 7℃	時間は96時間, 水量は4ml
	時間	24, 48, 72, 96時間		温度は5℃, 水量は4ml
	水量	検討無し	4, 6, 8, 16ml	温度は5℃, 時間は96時間

注) 2011年過酸化水素水処理と低温湿潤処理の温度設定: A試験とC試験において休眠打破効果の高い温度を検討後, B試験とD試験において高い効果を得られる温度の範囲を検討した。

い試料を得るために収集した。穂発芽性極難系統は「きたほなみ」より休眠の深い試料の反応を確認するために供試した。

試料は子実水分12.5%まで乾燥, 2.2mm縦目篩で調整後, 休眠打破無処理の状態発芽率を調査し, その結果から休眠程度を「無(発芽率100%程度), 浅(同80%程度), 中(同60%程度), 深(同40%程度), 極深(同20%程度)」に区分した。その後は, -10℃で保管し, 随時休眠打破無処理の状態発芽率を調査して, 休眠が維持されていることを確認した。

2 休眠打破方法の検討

過酸化水素水へ浸漬する方法(以下「過酸化水素水処理」と記載する)では温度(2010年は5℃と20℃, 2011年のうちA試験では1, 5, 10, 15℃およびB試験では8, 10, 12℃)および時間(24時間と48時間)の影響について検討した(表2)。A試験において休眠打破効果の高い

温度を検討した後, B試験において高い効果を得られる温度の範囲を検討した。濃度は既往の報告^{4), 5), 10)}において休眠打破効果が高く, 根の伸長阻害の発生が少なかった1%とした。

低温湿潤条件へ静置する方法(以下「低温湿潤処理」と記載する)では温度(2010年は-5, 1, 5, 10, 15℃, 2011年のうちC試験は-5, 1, 5, 10, 15℃およびD試験は3, 5, 7℃), 時間(24, 48, 72, 96時間), および加水量(1シャーレ当たり4, 6, 8, 16ml)の影響について検討した。C試験において休眠打破効果の高い温度を検討した後, D試験において高い効果を得られる温度の範囲を検討した。-5℃処理は, 家庭用冷蔵庫等を用いて温度ムラが発生し, 氷点下となった場合を想定して設定した。なお, 加水においてはいずれも脱塩水を用いた。

最後に, 各々の方法について最も休眠打破効果の高かった処理を比較した。

表3 休眠打破と発芽試験の実施条件

試験行程	休眠打破方法	
	過酸化水素処理	低温湿潤処理
休眠打破	<ul style="list-style-type: none"> ・1%過酸化水素水を30ml満たしたシャーレへ種子50粒を浸漬，ろ紙無し，照光無し ・24時間後に過酸化水素水を交換（48時間浸漬の場合） ・その他の条件は「表2 休眠打破方法の検討項目」の通り 	<ul style="list-style-type: none"> ・ろ紙は種子の下2枚，種子の上に1mlの水で湿らせ1枚，照光無し ・その他の条件は「表2 休眠打破方法の検討項目」の通り
発芽試験への移行	<ul style="list-style-type: none"> ・過酸化水素水を捨て，種子を蒸留水でゆすぎ，表面水を除去 ・ろ紙は種子の下2枚のみで水量4mlのシャーレへ種子を置床 ・20℃の恒温器へ移行 	<ul style="list-style-type: none"> ・水量4mlの状態となるように水量を調整 ・20℃の恒温器へ移行
発芽試験	<ul style="list-style-type: none"> ・発芽条件は20℃，照光無し ・発芽が始まった時点で種子の上のろ紙は除去（過酸化水素水処理のみ） ・発芽に至った種子は除去 	

3 休眠打破と発芽試験の条件

休眠打破から発芽試験までの流れを表3に示した。供試粒数は100粒（50粒/シャーレを2シャーレ），5反復とした。シャーレの口径は9cmで，試験中のシャーレはフタ付のプラスチックバットで保管した。

過酸化水素水処理では，1%過酸化水素水（過酸化水素30.0～35.5%水溶液を希釈して作成）を1シャーレ当たり30mlを加えた（ろ紙は用いない）。浸漬時間が48時間の場合は24時間後に過酸化水素水を交換した。処理時間経過後に過酸化水素水を捨て，種子を脱塩水でゆすぎ，表面水を除去した後，ろ紙2枚を敷いたシャーレに水量4mlを加え，種子を置床し，20℃の恒温器で保管した。なお，ろ紙はADVANTEC社製定性ろ紙No.2直径8cm（特注品）を用いた（以下も同様）。

低温湿潤処理では，種子の下にろ紙を2枚敷き，4ml設定ではろ紙が濡れて光る程度，6ml設定ではろ紙の表面に薄く水の膜ができる程度，8ml設定では種子が1/3程度水に浸かりシャーレを傾けると種子が動く程度，16ml設定では処理開始時は種子が浮き，種子の吸水後は半分程度が水に浸かった程度となるよう，加水した。さらに，種子の上に1mlの水で湿らせたろ紙1枚を載せた。処理終了後は20℃の恒温器で保管した。

調査項目は発芽粒（種子根3本と鞘葉が全て1cm以上伸長した粒で，発芽試験開始の2日後から8日後まで隔日調査し，調査後の発芽粒は除去した），不完全発芽粒（一部の組織のみが伸長した粒で，8日後のみ調査）とした。発芽率は8日目までの発芽粒累積値の比率，その他は8日目の値の比率を示した。

種子の有する発芽能力を確認するために，2010年産「きたほなみ・深①」，2011年産「きたほなみ・深①，②」について，半切り法による発芽粒率を調査した。半切り法については種子の切断により胚乳が露出し，吸水が早く酸素供給が容易になるため，休眠打破効果が高いとされている^{6)，8)}。

結 果

1 過酸化水素水処理

2010年には処理温度（5，20℃）と処理時間（24，48時間）の組合せが発芽率に及ぼす影響を検討した。その結果，全体として5℃と20℃では5℃の方が発芽率が高く，24時間と48時間では48時間の方が高かった（表4）。5℃・48時間では「きたほなみ・深①」が87%であったが，他の全試料で95%以上であった。「きたほなみ・深①」の発芽率が他の試料より低かったが，半切り法による発芽率が90%であったことから，本試料の発芽能力は元々低かったと考えられ，この場合も5℃・48時間処理は高い休眠打破効果があったと考えられた。

一方，不完全発芽率については，20℃は5℃より高い傾向にあり，特に，5℃で発芽率が高い「きたほなみ・無」と「北系1802」で不完全発芽率が高かった。不完全発芽粒は種子根が褐変し伸長が劣る場合が多かった。

2011年には，より温度範囲を広げて1，5，10，15℃での発芽率を検討した。その結果，全体として10℃の発芽率が最も高く，5℃と15℃では10℃よりやや低く，1℃では明らかに低かった（表5）。「きたほなみ・深①，②」の10℃の発芽率はそれぞれ92%と89%とやや低かったが，半切り法による発芽率は91%と89%であったことから，元々の発芽能力がやや低かったものと推測される。

以上のように，10℃で48時間の浸漬により高い休眠打破効果を得られると考えられたことから，10℃前後である8，12℃について検討した結果，5試料とも8℃，12℃の発芽率は10℃と同程度であった（表5）。また，8，10，12℃における不完全発芽粒率は2%未満と僅かであった（データ省略）。

表4 過酸化水素水処理における温度と時間が発芽率および不完全発芽率に及ぼす影響 (2010年)

項目	試料名	5℃		20℃		無処理
		24時間	48時間	24時間	48時間	
発芽率 (%)	きたほなみ・浅	97 b	99 a	90 c	89 c	81 d
	きたほなみ・中	82 d	96 a	87 c	92 b	68 e
	きたほなみ・深①	67 c	87 a	61 d	79 b	46 e
	きたほなみ・無	100 a	100 a	99 a	86 b	100 a
	北系1802	96 b	99 a	96 b	83 c	58 d
	北系1838	72 c	95 a	66 c	86 b	27 d
	OW104	66 b	96 a	49 c	63 b	16 d
不完全発芽率 (%)	きたほなみ・浅	0	0	1	7	0
	きたほなみ・中	3	1	4	4	5
	きたほなみ・深①	3	3	7	6	7
	きたほなみ・無	0	0	1	9	0
	北系1802	1	0	1	15	1
	北系1838	2	1	4	5	1
	OW104	1	1	3	5	3

注1) 同一英文字は処理間で5%水準で有意差が無いことを示す (Tukey法)。

表5 過酸化水素水処理における温度と発芽率 (%) の関係 (2011年)

試料名	温度 (A試験)					温度 (B試験)			
	1℃	5℃	10℃	15℃	無処理	8℃	10℃	12℃	無処理
きたほなみ・中①	99 a	98 a	99 a	98 a	63 b	-	-	-	-
きたほなみ・深①	75 c	84 b	92 a	89 a	47 d	91 a	91 a	92 a	38 b
きたほなみ・深②	71 c	82 b	89 a	85 ab	47 d	87 a	88 a	88 a	47 b
北系1802	96 b	95 b	100 a	98 ab	31 c	98 a	98 a	100 a	32 b
北系1838	69 d	94 b	97 a	91 c	15 e	97 a	99 a	97 a	15 b
OW104	78 c	96 b	99 a	94 b	7 d	98 a	97 a	97 a	11 b

注1) 温度：A試験において休眠打破効果の高い温度を検討後、B試験において高い効果を得られる温度の範囲を検討した。

注2) 「-」は未供試を示し、以下同じ。

注3) 同一英文字は処理間で5%水準で有意差が無いことを示す (Tukey法)。

注4) 浸漬時間は48時間。

表6 低温湿潤処理における温度と発芽率の関係

年次	試料名	温度 (C試験)						温度 (D試験)			
		-5℃	1℃	5℃	10℃	15℃	無処理	3℃	5℃	7℃	無処理
2010	きたほなみ・深①	56 d	86 b	92 a	91 a	78 c	60 d	-	-	-	-
	きたほなみ・中①	71 c	100 a	99 a	99 a	93 b	63 d	-	-	-	-
2011	きたほなみ・深①	39 e	82 b	91 a	81 b	66 c	47 d	92 a	92 a	88 b	38 c
	きたほなみ・深②	45 d	86 a	87 a	84 b	70 c	47 d	84 a	87 a	85 a	47 b
	OW104	33 d	89 b	96 a	86 b	44 c	7 e	96 a	97 a	95 a	7 b

注1) 温度：C試験において休眠打破効果の高い温度を検討後、D試験において高い効果を得られる温度の範囲を検討した。

注2) 同一英文字は処理間で5%水準で有意差が無いことを示す (Tukey法)。

注3) 処理時間は96時間、水量は4ml

2 低温湿潤処理

(1) 処理温度

先ず-5, 1, 5, 10, 15℃処理後の発芽率を検討した。2010年の「きたほなみ・深①」の発芽率は5℃が92%, 10℃が91%と高く, 1℃が86%, 15℃が78%でそれに続き, -5℃では56%と明らかに低かった (表6)。なお, -5℃ではシャーレ内が凍結しており, 1℃以上とは大きく様相が異なっていた。

2011年は4試料を供試したが傾向はほぼ同様で, 5℃処理の発芽率が全般に高かった。次に, 5℃と同程度の休眠打破効果が得られる温度範囲を明らかにするために3, 5, 7℃で検討した。全体として3℃と7℃の発芽率は5℃よりやや低い傾向があり, 「きたほなみ・深①」では7℃の発芽率は5℃より4ポイント低かった。「きたほなみ・深②」の3℃では84%であり, 先に試験した1℃の86%より低かった。

表7 低温湿潤処理における時間と発芽率 (%) の関係

年次	試料名	時間				
		24	48	72	96	無処理
2010	きたほなみ・浅	95 b	98 a	99 a	98 a	81 c
	きたほなみ・中	82 b	97 a	98 a	97 a	68 c
	きたほなみ・深①	53 c	77 b	88 a	89 a	46 d
	北系1802	85 b	98 a	99 a	-	58 c
	北系1838	63 b	99 a	99 a	-	27 c
	OW104	45 c	94 b	98 a	-	16 d
2011	きたほなみ・中①	92 b	100 a	99 a	99 a	71 c
	きたほなみ・深①	61 b	85 a	90 a	91 a	41 c
	きたほなみ・深②	66 b	88 a	87 a	87 a	47 c
	北系1802	52 c	83 b	94 a	94 a	36 d
	北系1838	35 c	75 b	93 a	94 a	14 d
	OW104	32 c	76 b	94 a	96 a	12 d

注1) 同一英文字は処理間で5%水準で有意差が無いことを示す (Tukey法)。

注2) 処理温度は5℃, 水量は4ml

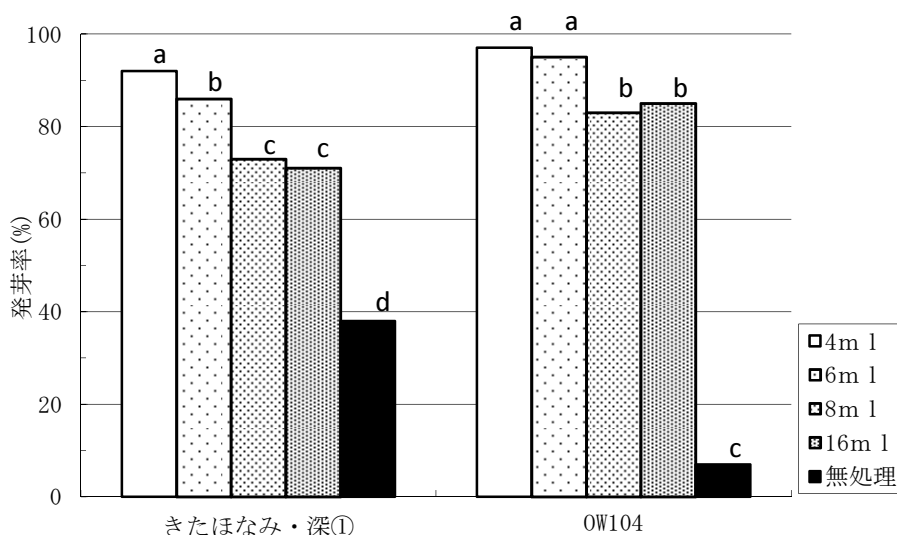


図1 低温湿潤処理における加水量と発芽率の関係 (2011年)

注) 同一英文字は処理間で5%水準で有意差が無いことを示す (Tukey法)。

(2) 処理時間

全体として、処理時間が長いほど発芽率が高い傾向があった (表7)。2010年において、「きたほなみ・浅, 中」の発芽率は48, 72, 96時間で100%に近かった。「きたほなみ・深①」は96時間の発芽率は89%とやや低かったが、半切り法の発芽率は90%であることを考慮すると、休眠打破の効果は十分高かったと考えられた。「北系1802」等の穂発芽性極難3系統の発芽率は、72時間で100%に近かった。

2011年においても、発芽率は72時間でほぼ上限に達する傾向があったが、「OW104」のように96時間で僅かに高くなる試料もあった。48, 72, 96時間の処理により、「きたほなみ・中①」の発芽率はほぼ100%であり、「きたほなみ・深①, ②」は半切り法による発芽率 (それぞれ92%と89%) と同程度の値であった。一方、「北系

1802」等3系統の72時間の発芽率は2010年産より低かったが、無処理での発芽率も2011年で低かったことから、休眠が深かったことによる影響と考えられた。

以上のことから、低温湿潤処理による休眠打破の効果は72時間でほぼ上限に達し、「きたほなみ」に対しては高い効果を示すと考えられるが、休眠が極深い試料では96時間の発芽率が僅かに高くなる場合があった。

(3) 加水量

休眠打破時の加水量 (4, 6, 8, 16ml) による発芽率への影響を検討した。「きたほなみ・深①」の発芽率は4mlでは92%と最も高く、6mlは86%, 8ml以上では明らかに低く、「OW104」も同様の傾向であった (図1)。したがって、低温湿潤処理で高い休眠打破効果を得られる加水量は4mlであると考えられた。

3 過酸化水素水処理と低温湿潤処理の比較

両処理のうち、それぞれ最も効果の高かった条件についてその効果を比較した。過酸化水素水処理は効果の高い温度に幅があったため、範囲内（8～12℃）の変温とした。「OW104」では過酸化水素水処理と比べて低温湿潤処理の発芽率は有意に4ポイント低かった（表8）。

表8 休眠打破方法による発芽率（%）への影響
(2011年)

試料名	休眠打破方法		
	過酸化水素水処理	低温湿潤処理	無処理
きたほなみ・中②	96 a	95 a	66 b
きたほなみ・中③	99 a	99 a	71 b
きたほなみ・中④	98 a	96 a	73 b
きたほなみ・中⑤	98 a	98 a	69 b
きたほなみ・中⑥	99 a	98 a	71 b
きたほなみ・深①	93 a	92 a	38 b
きたほなみ・深②	87 a	87 a	47 b
OW104	98 a	94 b	11 c

注1) 過酸化水素水処理：温度は1時間ごとに8→10→12→10→8℃の繰り返し、48時間処理

注2) 低温湿潤処理：5℃、96時間、水量4ml

注3) 同一英文字は処理間で5%水準で有意差が無いことを示す（Tukey法）。

その他の試料では有意でなかったものの、低温湿潤処理の方が1～2ポイント低い場合があった。また、直接比較した結果ではないが、表5の過酸化水素水処理の10℃で「北系1802」, 「北系1838」, および「OW104」とも97%以上であったのに対し、表7では低温湿潤処理の96時間でも94～96%と下回っていた。

考 察

1 過酸化水素水処理による休眠打破

麦類に対する過酸化水素水を用いた休眠打破方法については、多くの報告がある。温度は5～20℃で検討されていて、効果の高い温度として10℃前後⁴⁾、20℃¹⁾、5) 、5℃と20℃の組合せ¹³⁾などが示されており、一定ではない。効果が上限に達する処理時間は2～3時間¹⁾から48時間⁴⁾まで異なり、供試材料の休眠程度により調整する¹³⁾報告もある。最適濃度は1%前後とする報告が多く¹⁾、4) 、5) 、10) 、2%以上では種子根の褐変と伸長阻害が発生し⁷⁾、休眠の浅い試料では1%であっても障害が発生した報告がある⁵⁾。

種子の審査においては、迅速かつ確実な休眠打破が可能であるとともに、正常に発芽することが求められる。そこで、休眠打破効果が高く種子根の伸長阻害が少ない方法を選定するため、濃度は1%に固定し、温度と処理時間を検討した。結果として、濃度1%、8～12℃で48時間の浸漬により、試料の休眠程度にかかわらず高い休眠

打破効果を得られ、休眠の浅い試料でも根の伸長抑制による発芽率への影響が無いことが明らかとなった。

2 低温湿潤処理による休眠打破

香川県では、低温湿潤処理の休眠打破効果は過酸化水素水より低いことから、休眠の浅い試料に限定されている⁵⁾。一方、遺伝資源部ではこれまでに5℃で48時間程度の処理により高い休眠打破効果を得ている。更に、低温湿潤処理は種子根の伸長阻害の懸念が無く、試薬が不要であるとともに、休眠打破後の発芽試験への移行が容易であるなどの優点を有する。そこで、処理温度、時間、シャーレへの加水量について検討した結果、加水量4mlで5℃・96時間処理で高い休眠打破効果が得られることが明らかとなった。ただし、処理時間については試料の休眠程度により反応が異なり、休眠の浅い試料では48時間で高い効果を得られ、休眠が中～極深い試料でも効果は72時間でほぼ上限に達した。ただし、年次により休眠が極深い試料では96時間でさらに効果が高まる場合があった。

3 休眠打破の機作と温度の関係

休眠打破効果の高い処理温度は過酸化水素水処理（8～12℃）より低温湿潤処理（5℃）で低く、範囲も狭かったことについて、処理による休眠打破の機作の違いと温度の関係を考察した。過酸化水素水処理による休眠打破の機作は、強制的な酸素の供給により発芽抑制物質が不活性化することと推定されている^{7) 、8)}。処理温度による効果への影響は7℃>11℃>15℃の順で効果が高い報告はあるが⁷⁾、20℃で高い効果が得られる報告もあり⁵⁾、温度による明らかな傾向は無かった。なお、休眠打破後の発芽の初期段階では多くの酸素が必要であり^{6) 、15)}、無酸素状態ではαアミラーゼが活性化しないため、発芽に至らない^{12) 、15)}。休眠打破から発芽粒と判定されるまでは連続的な現象であり、発根が始まっても不完全な発芽に止まる場合もある。このため、過酸化水素水による酸素供給は、休眠打破のみならず初期段階の発芽を促進することによる発芽粒の増加、つまり発芽率の向上に結びついたと推察した。

低温湿潤処理については、低温による植物ホルモンの感受性に関する報告がある。温度（5℃、20℃）が胚糊粉層のアブシジン酸へ及ぼす影響について、休眠状態にあるコムギ種子を用いて検討した結果、20℃と比べて、5℃ではアブシジン酸への感受性は著しく低下していた⁹⁾。また、ジベレリン非感受性コムギの糊粉層におけるジベレリンの感受性に対する温度（5～30℃）の影響は、5℃のみがαアミラーゼの合成とジベレリンへの感受性が高まったこと¹⁴⁾、シロイヌナズナでは4℃の処理によって

表9 秋まき小麦種子審査のための休眠打破方法（口径9cmシャーレ，直径8cmろ紙を使用する場合）

方法		過酸化水素水への浸漬	低温湿潤条件への静置
特徴	効果 操作性 期間	休眠程度にかかわらず高い 過酸化水素水への浸漬，交換が必要 浸漬48時間	休眠程度の浅い～深い試料では高い 容易（発芽試験の置床と同じ） 静置72～96時間
	方法の 選択	・休眠打破効果を重視する場合は過酸化水素水への浸漬，操作の容易さを重視する場合は低温湿潤条件への静置を選択	
測定 の 行程	種子の 準備	・50粒を8セット（100粒・4反復）以上 ・70%エタノールや2%次亜塩素酸ナトリウムを用いた種子消毒によりかび粒の発生率は低下するが，発芽率が低下する 場合が多い。	
	休眠 打破	・1%過酸化水素水を30ml満たした容器へ種子50粒を浸漬， ろ紙は不要 ・浸漬温度は8～12℃，浸漬時間は48時間，照光なし ・24時間後に過酸化水素水を交換	・ろ紙を2枚シャーレへ入れ，4ml加水 ・種子50粒を置床，種子の上は1mlの水で湿らせたろ紙1枚 ・5℃で72～96時間静置，照光なし，置床時の状態が維持 されるように随時加水
	発芽 試験 への 移行	・過酸化水素水を捨て，種子を水でゆすぎ，表面水を除去 ・ろ紙を2枚シャーレへ入れ，4ml加水 ・種子50粒を置床，種子の上のろ紙は不要 ・20℃の恒温器へ移行	・20℃の恒温器へ移行
	発芽 試験	・温度は20℃ ・発芽が始まった時点で種子の上のろ紙は除去，発芽に至った種子は除去 ・置床時の状態が維持されるように随時加水	

注1) ろ紙：JIS規格2種を使用，直径が異なる場合は，「ろ紙が濡れて光る程度」となるように加水。

注2) ゴシック体は「主要農作物種子法実施事務取扱要領」における規程。

注3) 記載の無い事項は「主要農作物種子法実施事務取扱要領」を参照。

ジベレリン生合成遺伝子の発現が増加し，ジベレリンの活性が高まること¹⁶⁾が明らかにされている。

以上のことから，休眠打破の機作として，両処理とも発芽抑制物質の不活性化が関与することは共通している。一方で，機作の発端となる作用は，低温湿潤処理では低温による植物ホルモンへの影響があげられるが，過酸化水素水処理では種子内部への酸素の供給と考えられる。このように，低温湿潤処理においては低温が休眠打破に起因していると考えられるため，過酸化水素水処理と比較して効果の高い温度が限られたと推察した。

4 過酸化水素処理と低温湿潤処理の特徴と利用場面

休眠打破方法の特徴を整理し，秋まき小麦種子審査のための休眠打破方法を表9に示した。この方法は，種子審査の現場において発芽率を測定するための資料として設定するとともに，2012年に要領が改正された際の根拠となった。

本研究において，「きたほなみ」に対する休眠打破効果は両方法とも高かったが，「OW104」のように休眠の極深い試料では低温湿潤処理の効果が過酸化水素水処理よりやや低い事例が認められた。なお，過酸化水素水は劇物なので取り扱いに注意する。一方，家庭用冷蔵庫等で低温湿潤処理を実施する場合は，温度のムラに注意する。特に，冷気の吹き出し口付近で氷点下まで低下すると，表6で示したように発芽率が大きく低下する。

休眠の程度は登熟期間の気象条件による影響が大きい

ため，審査試料の休眠が今回の試料より深くなる場合も考えられる。また，収穫時の条件等により試料の発芽能力そのものの低下が懸念される場合には，休眠の程度にかかわらず，できる限り効果の高い方法が求められる。一方で，収穫条件が良好で休眠が浅い傾向にある年には操作が容易な低温湿潤処理でも十分な効果を得られる。これらのことから，方法を選択する際には，審査試料の状況と方法の特徴を勘案して決定するべきである。なお，「きたほなみ」の穂発芽耐性は現在普及している品種のなかで最も優れるレベルであることから，本研究の成果は現在普及している全ての品種に対して利用できると考えられる。

謝辞 本研究の実施に当たりご協力頂いた網走農業改良普及センター美幌支所，女満別農業協同組合経済部の各位に厚くお礼を申し上げます。また，ご校閲頂いた北海道立総合研究機構北見農業試験場竹中秀行場長，同研究部長の中津智史博士に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 岩田正久，石井四郎，岡本茂，折茂佐重樹．過酸化水素による麦類の休眠覚醒．群馬県農業試験場報告．23，21-26（1983）
- 2) 小松信，富樫伸夫，橋本進．麦類の機械採種に関する研究，第1報 大麦種子の休眠打破．東北農業研究．29，79-80（1981）

- 3) 馬淵敏夫. 二条オオムギ種子の休眠覚醒および休眠打破に関する研究. 第4報 休眠程度を異にする品種に対する過酸化水素水処理による早期発芽力検定の条件. 日本作物学会記事. 63(3), 436-441 (1994)
- 4) 前島敦夫. コムギ「ネバリゴシ」の休眠打破処理及び採種方法が発芽に及ぼす影響. 青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場研究報告. 10, 14-19 (2005)
- 5) 三木洋, 宮下武則. 香川県の主要麦類品種種子の発芽率調査のための適正な休眠打破方法. 香川県農業試験場研究報告. 57, 11-17 (2005)
- 6) ミルソープ・ムーアイビー. 作物生理学. 朝倉書店, 東京, 1981. p.149-155.
- 7) 百足幸一郎, 神尾正義, 細田清. 耐さびコムギ育種における世代促進技術の開発研究. 東北農業試験場研究報告. 51, 1-50 (1975)
- 8) 中村俊一郎. 種子の休眠と発芽. 化学と生物. Vol 13 725-729 (1975)
- 9) Noda, K., Kawabata, C., Kawakami, N. Wheat grain imbibition at low temperatures and embryo responsiveness to ABA. 6th Int. Symp. Pre-Harvest Sprouting. ed. by M.K. Walker-Simmons and J.L. Reid, AACC, St. Paul, Minnesota USA., 1993. p.367-372
- 10) 野崎光夫. 麦類種子の休眠期間と打破方法に関する研究. 東北農業研究. 31, 69-70 (1982)
- 11) Osanai, S., Amano, Y., Mares, D. Development of highly sprouting tolerant wheat germplasm with reduced germination at low temperature. Euphytica. 143, 301-307 (2005)
- 12) Perata, P., Pozueta-Romero, J., Akazawa, T., Yamaguchi, J. Effect of anoxia on starch breakdown in rice and wheat seeds. Planta. 188, 611-618 (1992)
- 13) 清水康弘, 阿部世紀. 収穫直後の麦種子における簡易発芽率検定法. 九州農業研究. 59, 14 (1997)
- 14) Singh, S. P., Leslie, G. P. Low temperature-induced GA3 sensitivity of wheat. Plant physiol. 76, 139-142 (1984)
- 15) 山口淳二. 種子貯蔵デンプン分解系. 植物細胞工学. 5(3), 184-192 (1993)
- 16) Yamauchi, Y., Ogawa, M., Kuwahara, A., Hanada, A., Kamiya, Y., Yamaguchi, S. Activation of Gibberellin Biosynthesis and Response Pathways by Low Temperature during Imbibition of Arabidopsis thaliana seeds. Plant Cell. 16(2), 367-378 (2004)
- 17) Yanagisawa, A., Nishimura, T., Amano, Y., Torada, A., Shibata, S. Development of winter wheat with excellent resistance to pre-harvest sprouting and rain damage. Euphytica. 143, 313-318 (2005)
- 18) 柳沢朗, 吉村康弘, 天野洋一, 小林聡, 西村努, 中道浩司, 荒木和哉, 谷藤健, 田引正, 三上浩輝, 池永充伸, 佐藤奈奈. 秋まきコムギ新品種「きたほなみ」の育成. 北海道立農試集報. 91, 1-13 (2007)
- 19) 吉村康弘. 技術開発の成果と展望 (5) 「きたほなみ」「はるきらり」の育成と今後の小麦育種について. 北農. 77(1), 56-67 (2010)

Seed dormancy breaking methods for seed quality evaluation in winter wheat

Satoshi ASAYAMA^{*1}

Summary

Current leading winter wheat variety in Hokkaido ‘Kitahonami’ has seed dormancy, which is more intense than a former leading variety. A breaking of seed dormancy is necessary to know the accurate germination rate in seed quality evaluation. The optimum method for breaking of seed dormancy were examined in ‘Kitahonami’ and some lines which had extremely intense seed dormancy. Dormancy breaking treatments were undertaken with immersing in 1 percent hydrogen peroxide about temperature of 1,5,8,10,12 and 15°C and periods of 24 and 48 hours. Also, the treatment with immersing in cold water was temperature of -5,1,3,5,7,10 and 15°C and period of 24,48,72 and 96 hours and quantity of water in 90 mm diameter laboratory dish (4,6,8 and 16 ml). Significant effects for breaking of seed dormancy to every sample were found under the treatment with concentration 1 percent hydrogen peroxide at 8°C to 12°C for 48 hours. The method of immersing in 4 ml water at 5°C for 72 hours had a significant effects for breaking of seed dormancy to ‘Kitahonami’, but the method is inferior to immersing for 96 hours to some extremely intense seed dormancy sample. A comparison of two methods, the method of hydrogen peroxide has the advantage of significant effects to some extremely intense seed dormancy sample, otherwise the method of cold water is easily operation. Therefore, the optimum method for breaking of seed dormancy should be selected by the condition of seeds.

^{*1} Hokkaido Central Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-1496 Japan)
E-mail: asayama-satoshi@hro.or.jp