

水稻種もみの温湯消毒法

岡部 繭子・馬場 正*

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

*東京農業大学農学部農学科

要 約 農業による環境負荷低減が叫ばれる近年、水稻栽培技術のうち種子消毒において化学合成農薬を使用しない技術として60°Cの温湯に10分間浸漬する温湯消毒法が急速に普及している。本報では、温湯消毒技術およびそのわが国における普及状況と栽培におよぼす影響について、これまで報告されている知見をまとめて紹介する。2008年におけるわが国での温湯消毒技術の普及率は約10%（17ha）と推定された。60°C、10分という処理条件で、ほとんどの水稻種子伝染性病虫害の防除に効果があることが示されている。しかし、温湯消毒法では、吸水を2時間以上行った種子、貯蔵期間の長い種子、発芽率の低いロットの種子、ジャポニカ品種およびインディカ品種とも一部の品種で発芽率の低下が報告されている。また、発芽率には影響がなくとも出芽率には影響をおよぼすケースもあり、遺伝的に多様な品種に処理する場合は、注意が必要である。その一方で発芽・出芽促進効果もみられ、種子のフィールドパフォーマンスを高める技術として発展する可能性を十分秘めている。大型の処理装置の開発も進み、廃液処理が不要である本技術は、今後国内での普及が予想されるほか、海外への普及も期待される。

キーワード：温湯消毒、種子消毒、水稻、普及

1. はじめに

古くから、「苗半作」といわれるように、水稻栽培にとって良い苗を生産することは、収量の確保に大変重要である。そして、良い苗の生産は、良い種もみの準備から始まる。その最たるものが「種子消毒」といえるだろう。

水稻栽培における種子消毒は、多くの農家では低濃度の薬液に24時間程度浸漬処理する方法で行っている。種苗・育苗センターなどで大量の種子を消毒する場合には、専用の種子消毒機で希釈薬液を種子に直接吹き付けるか、種子を攪拌しながら希釈薬液を均一に付着させる方法がとられる。このように化学合成農薬による消毒は、均一かつ大量の処理が可能で、また最も肝心なことであるが播種後の生育障害の心配がない。しかし、処理後の廃液および使用器具の洗浄液による環境負荷が懸念されている。

近年減農薬の水稻栽培が進むなか、化学合成農薬を使用しない種子消毒法として、微生物農薬による消毒と、本報の主題である温湯消毒法が急速に普及している。

微生物農薬による種子消毒とは、化学合成農薬の

ように病原菌自体を殺菌するのではなく、イネには無害な微生物を種子表面に病原菌より早く増殖させ病原菌の増殖を防ぐものである。水稻では2010年10月現在、主成分を細菌（バチルス属）または糸状菌（タラロマイセス属、トリコデルマ属）とする3剤が市販されている。微生物農薬は化学合成農薬と違って、連用しても薬剤耐性菌が出現しないというメリットがあるが、生きている微生物自体が剤であるため、有効期限が短いなど剤の保存性に多少難がある。最近は常温保存性を高めるなど、環境にやさしいだけでなく、使い勝手もよくなっている。使用後は化学合成農薬同様、廃液処理が必要である。日本農業新聞によれば、微生物農薬で消毒した種子の2007年の作付面積は8万ヘクタール強（水稻作付面積の約5%）が見込まれており、農薬散布回数にカウントされないこともあり、有機栽培（全く化学合成資材を使用しない）や特別栽培（化学合成農薬と化学肥料の使用量が慣行の50%以下）が広がるなかで、化学合成農薬による種子消毒を微生物農薬による消毒に切り替えれば農薬の使用成分回数を2～3カウント減らせるので、その導入メリットは大きいだろう。利用は着実に増えている（2007年4月4日掲載記事）。

一方、温湯による種子消毒とは、種子を60°Cの温湯中に10分間浸けておく消毒法である。廃液処理が

受理日 2010年12月10日

採択日 2011年1月24日

不要で、人間にも環境にもやさしい手法である。正確な温度制御のできる処理機が開発・商品化された1999年以降確実に広がりを見せ、2007年現在、温湯消毒した種子の作付面積は17万ヘクタール以上（水稻作付け面積の約10%）と推定されている¹⁾。著者らが行った新潟県内の水稻有機栽培農家を対象としたアンケートでも、温湯消毒を取り入れている農家が69%と、微生物農薬を使用している農家（10%）を大きく引き離しており²⁾、有機および特別栽培における種子消毒法として、剤の管理や排液処理が不要で処理に関する作業の手間のより少ない温湯消毒技術への期待はますます大きくなっている。

温湯消毒法は種子消毒を目的として開発されたものである。しかし、60°Cという温度は、生物にとってダメージを与えかねない温度である。もちろん60°C、10分の温湯消毒を施しても発芽に影響しないことは多くの研究で確認されているが、昨今多様な遺伝的背景や様々な由来をもつ種子の需要が広がるなかで、それらすべてに一律に60°C、10分の処理を適用すべきかどうかは議論の余地がある。また今後、温湯消毒をさらに多くの生産者に安心して受け入れてもらうためにも、種子の播種後の生育に対する影響は慎重に検討されるべき事柄であろう。

そこで本報では、人間にも環境にも優しい温湯消毒法の消毒効果の有効性を確認するとともに、温湯処理種子の播種後の生育におよぼす影響を紹介したい。

2. わが国で行われている水稻種もみ温湯消毒法の確立過程とその防除効果

温湯を利用した消毒法は、ムギでは古くから知られている種子消毒法であり、裸黒穂病の防止を目的として広く行われてきた³⁾。その他、ムギ類なまぐさ黒穂病、堅黒穂病、オオムギ斑葉病などの防除にも有効であることが知られている。具体的な処理方法は、6時間程度冷水に浸種したのち、コムギでは51°C、オオムギでは47~48°Cの温湯に1分程度浸し種子全体を温めた後、コムギは55°C、オオムギは52°Cの温湯に5分間浸し、処理後はただちに冷水で冷却するというものであり、「冷水温湯浸法」と呼ばれている。温湯処理前に冷水に浸すのは、吸水させることで、種子中で休眠している裸黒穂病の菌糸の熱に対する抵抗力を弱めることと、種子の熱伝導度を高めるためとされる。浸種時間が長すぎると、発芽障害の危険性が高まるので注意が必要である。とくに、オオムギではこの傾向が顕著であり、温湯

処理前に行う浸種時の水温と浸種時間が細かく設定されており、10°Cの時は6時間、18°Cの時は3時間、24°Cの時は2.5時間が目安である⁴⁾。

このような、熱を利用した種子消毒法は当然、水稻についても検討された。ムギの温湯消毒法を参考に、冷水浸種→温湯処理→冷水冷却の過程で行った場合、60°Cの温湯に5分間浸すだけで発芽障害が認められた⁵⁾。その後、安全な発芽を確保するために、冷水浸種過程の省略や好適な処理温度の探索など、温湯処理条件の確立に向けて様々な検討がなされた。ただし、これらの試験は少量の種子を用いたものであり、実用化を想定した大量種子を用いた試験は行われなかった。

1999年に0.1°C単位で温度を制御できる200リットルの恒温水槽を持つ温湯浸漬処理装置（湯芽工房、㈱タイガーカワシマ、栃木県）が開発・発売され、これを機に温湯消毒法の実用化レベルでの検討が急速に進んだ。たとえば早坂ら⁶⁾は、この処理装置を使い、58°C、20分あるいは60°C、10分の処理でいもち病、ばか苗病、苗立枯細菌病に対して発病抑制効果のあることを示した。現在用いられている温湯消毒の一般的な作業手順は以下の通りである。乾もみもしくは塩水選後1時間以内の種子を60°Cの温湯に10分間浸漬させる。浸漬直後に数回上下させて均一な温度上昇を図り、浸漬終了後は直ちに流水で冷却する。そのまま浸種工程に入る場合もあるが、乾燥させることもできる。一度に処理できる適正な種子量は温湯180リットルあたり8キログラムであり、これ以上だと温度制御が難しくなる。温湯消毒のコストは、JA 余目町（山形県）の試算によると、種もみ1キログラムあたり36円で、個人で化学合成農薬（たとえばプロクロラズ乳剤）を使用した場合と同等である⁷⁾。さらに、2004年頃からは大型の装置がJAなどの大きな組織へ導入され、温湯消毒種子の供給体制が確立しつつある。

表1⁸⁾に、温湯消毒法の防除効果を検討した試験について、病虫害ごとに、発病を抑制できた処理温度、処理時間をまとめた。現在も使われている60°C、10分でほとんどの種子伝染性病虫害の防除が可能であることが分かる。なお、わが国以外で水稻の種子消毒に温湯を利用している例は多くはないが、東南アジア諸国連合（ASEAN）では輸出入用の種もみに対する温湯処理を推奨しており、この場合、処理基準を52~57°C、15分と定めている⁹⁾。わが国の条件より明らかに低い温度設定であるが、ASEAN基準の場合、温湯処理だけでは不十分で、温湯処理後

表1 水稻の種子伝染性病虫害と防除効果のある温湯処理条件

病名	処理温度 (°C)	処理時間 (分)	報告研究機関
苗いもち病	58	20	山形農試庄内支場
	60	10～15	長野農試, 山形農試庄内支場
ばか苗病	58	15～20	山形農試庄内支場
	60	10～15	長野農試
	60	8～10	宮城農業センター
	62	10	長野農試
	63	5～8	宮城農業センター
もみ枯細菌病	60	10～15	埼玉農試
	60	15	長野農試
	60～62	10	滋賀県農業総合センター
苗立枯細菌病	60	5～	宮城農業センター
	57～62	10	滋賀県農業総合センター
褐条病	60	10	長野農試, 滋賀県農業総合センター
イネシンガレセンチュウ	60	5	茨城県農業総合センター

に薬剤処理を行うのが前提となっている¹⁰⁾。

わが国では温湯消毒の処理条件は60°C, 10分処理でほぼ固定しているが, 最近ではその防除効果に限界があると指摘する研究がみられるようになった。たとえば実防除面積, 発生面積とも大きくはないが, イネの細菌性病害に対して, とくに保菌率が高い場合に温湯消毒だけでは防除が十分でないとされ, 中でもイネ褐条病に対する防除効果の低さが指摘されている¹¹⁾。そこで, それを化学合成農薬以外の資材で補う策として, 食酢の併用処理が提案されており^{11,12,13,14)}, その他にも食品添加物である重曹や炭酸ナトリウム, 食品である粉わさびなどの併用処理も模索されている^{15,16)}。また, 有機JAS規格には適合していないが, 酸性電解水による処理^{17,18)}も検討されている。しかし, 採取圃産種子のように保菌率の低い種子を用いる限り, 60°C, 10分の温湯処理が実用上十分な防除効果を発揮すると推察される。

3. わが国における温湯消毒技術の普及状況

現在, 温湯消毒技術は本格的な普及期を迎えている。著者らはその普及状況を全国規模で把握するため, 47都道府県のすべてを対象に, 各県の県庁, 病害防除所, 普及センターおよび関連機関に電話で聞き取りを行い, 各地で個別に行われていた調査をとりまとめ, 普及状況の全体像を明らかにした¹⁾。

データの多くは, 各県の普及指導員が行った温湯

消毒種子作付面積に関する聞き取り調査に基づいており, 29県についてはこれを県全体の推定値としてまとめた。また, 表中で*をつけた5県では, 有機JASないし県独自の特別栽培農産物の認証制度に参加している農家データや無消毒種子販売量をもとに温湯消毒普及面積を推定した。

調査結果(表2¹⁾)をみると, 全国の温湯消毒技術普及率は約10%であり, およそ17万haの圃場で温湯消毒種子が作付けされていた。県別にみると, きわめて普及率が高かったのが, 宮城県(2007年温湯消毒種子普及率60%, 全国1位)と鳥取県(同48%, 全国2位)の2県であった。これら2県の普及状況をみると, 宮城県, 鳥取県ともにJAによる組織的な温湯消毒の導入があげられる。両県ともに導入初年度は先に紹介した8kg処理タイプの小型温湯消毒機からのスタートではあるが, その後, 大規模施設に大型の全自動型の温湯消毒機(例; 1時間当たり600kg処理タイプ, 図1)が設置され, 全県をあげて温湯消毒法の普及に取り組む体制が確立されていた。次いで普及率が高い(10～20%台)グループは11県あり, これには水稻作付面積が最も多い新潟県(22%)が含まれていた。普及率が10%未満で, 限られた農家のみに普及しているグループは21県であった。この調査により, 温湯消毒の普及は水稻作付面積の多い東北・北陸地域で進んでおり, いわゆる米どころにおいて組織的に導入されていることがうかがえた。

表2 わが国の温湯消毒推定実施面積および推定普及率

全 都 道 府 県	国	作付面積(ha)	温 湯 消 毒 普及面積(ha)	温湯消毒普 及 率 (%)	普及実績 調 査 年
全	国	1,675,378	167,553	10.0	—
新	潟	120,700	26,260	22.0	2007
北	海	116,000	7,000	6.0	2007
秋	田	94,100	4,037	4.3	2007
福	島	82,600	8,260	10.0	2007
茨	城	78,200	1,640	2.1	2007
宮	城	76,700	46,020	60.0	2007
山	形	71,700	9,178	13.0	2005
栃	木 *	67,200	150	0.2	2007
千	葉	62,900	1,887	3.0	2007
岩	手	60,000	7,200	12.0	2006
青	森	52,200	1,027	2.0	2007
熊	本 **	41,000			
富	山	40,600	5,600	13.8	2007
福	岡	40,000	8,000	20.0	2007
兵	庫	40,800	1,290	3.2	2005
埼	玉	37,000	8,000	21.6	2007
長	野	36,200	8,733	24.1	2007
岡	山	34,200	4,857	14.2	2007
滋	賀 **	33,900			
愛	知 **	31,900			
三	重	32,200	4,000	12.4	2006
佐	賀 **	28,100			
福	井	27,500	275	1.0	2007
石	川	26,700	2,937	11.0	2007
広	島 **	26,700			
大	分	26,200	860	3.3	2006
岐	阜 **	25,300			
鹿	島 **	25,300			
山	口 **	24,000	440	1.8	2007
宮	崎 **	21,000			
島	根 *	19,900	570	2.9	2007
群	馬	18,800	800	4.3	2007
静	岡 **	18,300			
京	都	16,100	537	3.3	2007
愛	媛 **	16,000			
香	川	15,000	23	0.2	2007
長	崎	14,600	13	0.1	2007
鳥	取	14,100	6,830	48.4	2007
徳	島	14,000	350	2.5	2007
高	知 *	13,800	185	1.3	2007
奈	良 *	9,770	47	0.5	2006
和	山 **	7,890			
大	阪 *	6,210	328	5.3	2007
山	梨	5,520	208	3.8	2007
神	川	3,280	11	0.3	2007
沖	縄 **	1,020			
東	京 **	188			

作付面積は農林水産省 HP にある平成17年産，平成18年産または平成19年産水稻の作付面積および予想収穫量（10月15日現在）による。都道府県の並び順は作付面積の多い順。

* は有機 JAS 認証および県独自の特別栽培農産物認証制度に参加している農家データや無消毒種子の販売量をもとに温湯消毒普及面積を推定した県。

** は調査をしていない県。



図1 鳥取県 JA 鳥取いなばに導入された I 社製全自動型の温湯消毒装置。

4. わが国で行われている温湯消毒が水稻種子の播種後の生育におよぼす影響

当然のことではあるが、前項でみた防除効果に関する試験と並行して、温湯消毒が種子の播種後の生育におよぼす影響について検討がなされてきた。この場合、ほとんどの試験では水で湿らせたろ紙をシャーレに敷き、その上に播種して温度25～30℃下に置き、3～14日後までに幼芽が出現した種子の割合を示す「発芽率」が測定され、温湯消毒の影響が評価された。多くの品種を用いた試験の結果、温湯消毒法の作業手順を確実に守れば、ほとんどの場合90%以上の発芽率を確保できた（表3^{8,19,20,21}）。これらの検証作業を通じて明らかになったことの一つは、発芽率を低下させる要因として、処理前種子の水分含量が重要であるという点である。たとえば吸水を2時間以上を行った種子に60℃、10分の温湯処理を行うと、発芽率は90%以下に低下する²²。これは、ムギ類の場合と同様、吸水により種子内部に熱が伝わりやすくなるためである。このため水稻の場合、乾もみを使用するか、塩水選などで水に浸したもみでは浸種開始1時間以内に温湯消毒を行うことが求められる。この他に、採種後の貯蔵期間の長い種子^{9,22}や、もともと発芽率の低いロットの種子⁹、またジャポニカ品種^{22,23}とインディカ品種^{24,25}とも一部の品種では温湯消毒による発芽率の低下が確認されており注意が必要である。ただし、大勢としては、「発芽率のデータから判断して実用上ほとんど問題なし」、という結論が引き出されている。

しかし、シャーレに播種して発芽率を求める方法で十分な検証作業といえるであろうか。遺伝的多様性が小さい場合はこれで十分かもしれないが、水稻栽培の実際の場面から考えると、発芽率だけで判断

するのは早計であろう。土壌中に種子を播種し、土壌表面上から幼芽が出現した率（出芽率）の調査が少なくとも必要である。実際、消毒を目的とした温湯処理（57℃、30分）により、発芽率に変化はないが、出芽率が低下する品種がある⁹）。著者らが、遺伝的に多様な品種の種子に60℃、10分の温湯処理を施し、ポットに播種後15℃の低温下で出芽試験を行った²⁴結果でも、一部のヨーロッパ品種において、発芽率には影響がみられなかったが、出芽率は15%以上低下した。わが国以外の地域でも温湯処理の普及を考えるならば、品種ごとに処理条件を検討していかなければならず、その際、シャーレではなく圃場レベルでの生育、いわば種子のフィールドパフォーマンスを確認すべきである。温湯消毒を生産者が安心して導入できる技術にするためにも、圃場レベルでの検証は欠かせない作業と思われる。

5. 温湯消毒のもうひとつの効果—フィールドパフォーマンスを高める—

前項で、60℃、10分の温湯消毒が種子の播種後の生育を低下させる危険性を指摘した。一方、播種前の種子に熱処理や吸水処理を行うことは、一般には発芽・出芽を促進する手法として、野菜をはじめとする多くの種子で使われている。そこで本項では、温湯消毒法の発芽・出芽促進技術としての発展の可能性について言及してみたい。

水稻種もみにおいて、発芽促進を意図して、播種前の種子に熱処理や吸水処理を行い、その効果を検討した事例として、乾熱処理^{26,27,28}と、高温湿潤処理^{29,30,31,32,33,34}がある。

楠田ら²⁶は、種もみを50℃で5日間乾熱処理することで、一部のジャポニカ品種で発芽率が80%以上になるまでの日数（発芽速度）が4日早くなり、タカナリにおいては無処理の場合約40%だった発芽率が処理によりほぼ100%に増加することを報告している。さらに、山内²⁸は、乾熱処理（50℃、1日～1週間）の前に浸種（25℃、1日～1週間）と催芽（25℃、保湿状態、半日）を行った活性化種子を用いることで、発芽速度を高め、湛水直播栽培時の浸種および催芽時間の短縮が図れると報告している。

一方、著者ら³⁴は、井之上²⁹の報告を参考に、種もみを25℃で14時間浸種後、種子の水気を良く拭き取りビーカーに入れ密閉し（保湿状態）、40℃のインキュベータ内に10日間入れる高温湿潤処理を行った。その結果、栽培温度20℃、播種深度3 cm 条件下では出芽開始日が2日、播種深度5 cm 条件下で

表3 水稻種もみに対する60℃, 10分の温湯消毒法が発芽率におよぼす影響

収穫後経過年数	うるち, 糯, 酒米の別	品種	発芽率	試験機関
1年 (試験前年産)	うるち	あきたこまち	98	1
			89	4
			97	4
		いわてっこ	91	4
			87	4
		かけはし	91	4
			96	4
		キヨニシキ	90	1
		コシヒカリ	96	1
			94	2
		ササニシキ	99	1
			93	4
		どまんなか	97	1
		はえぬき	93	1
		ひとめぼれ	100	1
			98	4
			97	4
		雪化粧	95	1
	糯	伊那糯15号	100	3
		カグヤモチ	98	4
		こがねもち	71	1
		でわのもち	97	1
		ヒメノモチ	81	1
			62	4
			91	4
		みすずもち	100	3
		もちひかり	99	3
		もち美人	94	4
	酒米	金紋錦	98	3
		ひとごこち	97	3
		美山錦	99	3
2年	うるち	あきたこまち	99	3
		キヌヒカリ	99	3
		きらりん	94	3
		コシヒカリ	100	3
		たかねみのり	80	4
		ひとめぼれ	100	3
	糯	カグヤモチ	99	3
		しらかば錦	95	3
		ながのもち	94	3
	酒米	モチミノリ	100	3
3年	うるち	秋晴	100	3
		いなひかり	93	3
		ゆめしなの	95	3
	糯	カグヤモチ	42	4
4年	うるち	ハナエチゼン	98	3
6年	うるち	ながのほまれ	100	3
7年	うるち	こいひめ	95	3
		トドロキワセ	99	3
9年	うるち	しなのこがね	97	3

※ 研究機関

- 1) 山形県農試庄内支場 2) 新潟県農業総合研究所 3) 長野県農事試験場
4) 岩手農研センター

は出芽開始日が3日早まり、出芽率は25～35%増加した。このことから、高温湿潤処理に、とくに低温条件や深播き条件など、出芽に不利な条件下で出芽促進効果のあることを指摘した。高温湿潤処理は、種子の吸水が速まることによる発芽促進効果の他に、中茎の伸長促進効果もあり、このことにより出芽速度が加速されたと考えられる。

乾熱処理および高温湿潤処理には、いずれも発芽・出芽促進効果が認められるが、処理に複雑な工程を要するため、普及は難しいと思われた。そこで著者らは、より簡単に取り組める方法として、温湯消毒法の利用を模索した。その結果、品種コシヒカリに温湯処理を施すと、栽培温度15°C下において発芽率が90%に達するまでの日数は、およそ1日速まることがわかった²⁵⁾。

水稻種もみの発芽・出芽促進技術は、今後、省力・低コストを進める上で大きな期待のかかる直播栽培において重要な意味をもつ。直播栽培では、種子を直接水田に播くため、土質、土壤水分、温度などの条件が発芽・出芽に必ずしも適さない場合が多いに予想される。これまでも様々なアプローチで発芽・出芽を安定させる研究が進められてきたが、まだ十分な成果は上がっていない。環境適応性の高い水稻種もみを、温湯消毒を利用して省力かつ低コストで準備できれば、直播栽培の推進に確実に役立つだろう。複雑な工程を必要としない温湯消毒法は、種子のフィールドパフォーマンスを高める技術として展開させる一例として注目される。

6. おわりに

化学合成農薬に頼らない水稻栽培において、温湯消毒法は、雑草防除における様々な代替技術に比べ、急速に普及が進んだ。その理由として、処理方法が簡単（お湯に浸けるだけ）、片付けが簡単（廃液処理がいらない）の2つの「簡単」を挙げることができだろう。

一方、「簡単」は落とし穴も持ち合わせている。わが国の水稻における処理温度として提示されている60°Cという温度設定は、対象物（種もみ）を「生きたまま」消毒するのには、実は相当高い温度である。世界的に脱農薬の風潮が強まるなか、農薬による消毒の代替技術として温湯を利用しようという試みは、いろいろな場面、とくに収穫後の生産物に発生する病虫害の防除において確実に増えている。このなかで、水稻種もみのように「生きたまま」消毒

を行う事例に限ってみれば、そのほとんどが50°C前後で、高くても57°Cである^{9,35)}。当然、高温の方が消毒効果は高まるが、対象物の品質保持を最優先せざるを得ず、温度設定にはおのずと限界がある。50°C前後の温度を利用した場合、害虫の駆除には十分であるが、病原菌を完全に死滅させることは難しいとされており、一般的には温湯消毒前後に薬剤処理を併用する方法が推奨されている^{10,35)}。言葉を換えれば温湯消毒だけで確実に防除効果をあげるためには、60°Cという“危険域”の温度がどうしても必要である。

このような60°Cの温度設定の意味合いを考慮すれば、温湯処理という簡単な作業ではあるが、処理には細心の注意をもって当たらなければならない。この技術が急速に普及したもう一つの要因として、処理時の温湯の温度を「精密に」制御できる処理機の開発があったことは忘れてはいけない。今後、この技術を海外へ広げて行くことを視野に入れば、生産者が安心して利用できるように、出芽率を確実に確保できる処理温度と処理時間の超過を見越した“安全域”での処理条件の設定が必要だろう。さらに、種もみの耐熱性の問題で60°C、10分が設定できなければ、温湯処理だけに頼るのではなく、その他の処理との組み合わせを考えざるを得ない。しかし、種子のフィールドパフォーマンスを高める技術として発展する可能性を秘めている。

温湯消毒法は歴史を持ちながら現代のニーズに十分応えうる、古くて最新の種子消毒法と言っても過言ではない。今後、多様な遺伝的背景をもつ品種群や、さまざまな由来の種子についても詳細な検討がなされれば、エコ稲作のスタートを切る生産者の輪をわが国だけでなく国外にまで広げられるようになるであろう。

7. 謝 辞

本報執筆にあたりご助言頂いた、東京農業大学農学部農学科篠原弘亮准教授に深く感謝申し上げる。

なお、本研究は東京農業大学大学院学術フロンティア共同研究の一環として行ったものである。

引用文献および図書、資料

- 1) 岡部蘭子・馬場正・陶山一雄：日本における水稻種子温湯消毒の普及について．日作紀78(4)：516-518. 2009.

- 2) Okabe M., T. Baba and K. Suyama : A questionnaire survey of organic rice cultivation in Niigata, Japan. Journal of ISSAAS Vol. 11 No.3 (suppl.): 190-199. 5005.
- 3) 鋤方末彦：麦種子消毒に関する試験 第二報 風呂湯浸法. 岡山県農業試験場農事試験成績 45:1-78. 1924.
- 4) 川口数美・末永一博：選種と種子消毒. p. 241-243. 農文協編. 転作全書第1巻ムギ. (社) 農山漁村文化協会. 2001.
- 5) 瀧口義資：冷水温湯法が禾穀類種子の発芽並びに発芽後の成育におよぼす影響. 日作紀 3 (2): 185-187. 1931.
- 6) 早坂剛・石黒清秀・渋谷圭治・生井恒雄：イネ種子伝染性病害に対する恒温水槽による温湯浸法. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 65(6): 667. 1999.
- 7) 早坂剛：イネの温湯種子消毒技術の普及と課題. 農業技術 59(11): 11-15. 2004.
- 8) 稲葉光國：有機稲作における種子消毒法—温湯しん法の研究動向と実際. p. 技164-2-7. 「農業技術大系作物編」第2巻イネ基本技術① (社) 農山漁村文化協会. 2001.
- 9) Rocha, A. and D.P.Garrity : Effect of hot water treatments on the quality of rice seed destined for international exchange. Crop Sci. 27: 278-283. 1987.
- 10) Mew, T. W., S. D. Merca, C. C. Humlma, P. G. Gonzales and J. O. Guevarra : Seed health testing services. In IRRI program report for 1998. 1998.
- 11) 梅沢順子・向島博行・守川俊幸：浸種前温湯処理と催芽時食酢添加処理を組み合わせた数種イネ種子伝染性病害防除. 日植病報 71(3): 280. 2005.
- 12) 円谷悦造・川村吉也：最近の非食品分野への食酢利用. 日本醸造協会誌 89(8): 601-606. 1994.
- 13) 米倉賢一：有機育苗成功のための一工夫(2) 褐条病までシャットアウト, モチ米でもできる…食酢で種モミ処理 (農薬より安くてラクな種モミ処理 2007). 現代農業 86(3): 100-103. 2007.
- 14) 北海道立上川農業試験場研究部病虫科・北海道立中央農業試験場生産環境部予察科：安心で安定した水稻種子消毒！～化学農薬を使わない種もみの消毒法～. 地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部 平成22年 (第28回) 農業新技術発表会要旨: 15-16. 2010.
- 15) 関原順子・向島博行：温湯・食酢処理後の重曹浸漬による種もみ消毒効果の向上. 北陸病害虫研究会報 55: 46. 2006.
- 16) 武田和男・山下亨・新井利直：食品および食品添加物の混合によるイネ種子伝染性病害の防除. 日植病報 72(4): 266. 2006.
- 17) 園田亮一・宮坂篤・岩野正敬：イネいもち病, ばか苗病菌保菌種子に対する電解水の消毒効果. 日植病報 66(3): 276. 2000.
- 18) 園田亮一・宮坂篤・岩野正敬：イネいもち病, ばか苗病菌保菌種子に対する水温の異なる酸性電解水の消毒効果および発病抑制効果. 日植病報 67(2): 200. 2001.
- 19) 早坂 剛・石黒清秀・渋谷圭治・生井恒雄：数種のイネ種子伝染性病害を対象とした温湯種子消毒. 日植病報 67(1): 26-32. 2001.
- 20) 岩手県農業研究センター：温湯浸漬法による水稻種子消毒. 平成14年度試験研究成果書 <http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/>. 2002.
- 21) 長野県農事試験場 HP <http://www.alps.pref.nagano.lg.jp/hukyu/00-2/002h30.pdf>
- 22) 早坂 剛：イネ種子伝染性病害を対象とした温湯種子消毒. 農業および園芸 77(6): 697-702. 2002.
- 23) 林 かずよ・小山 淳・石川志保・城所 隆：イネ種子伝染性病害に対する物理的・耕種の防除法. 宮城県古川農試報 3: 137-147. 2002.
- 24) 岡部蘭子・馬場 正・陶山一雄・武田元吉：温湯処理が深播き水稻種子の低温条件下における出芽におよぼす影響. 日作紀 76 (別1): 62-63. 2007.
- 25) Okabe M., T. Baba, K. Suyama and G. Takeda. Effect of hot water treatments on germination of rice seed under different temperature conditions. 5th International Crop Science Congress 2008 Abstract: 96. 2008.
- 26) 楠田 宰・福嶋 陽・古畑昌巳：乾熱処理と低温浸種が水稻種子の発芽に及ぼす影響(1)同一収穫年種子における品種間差異. 日作紀 69 (別2): 210-211. 2000.
- 27) 楠田 宰・福嶋 陽・古畑昌巳：乾熱処理と低温浸種が水稻種子の発芽に及ぼす影響(2)同一品種種子における収穫年次間差異. 日作紀 69 (別2): 212-213. 2000.
- 28) 山内 稔：水稻の活性化種子の製造と湛水直播における利用. 日作紀 76 (別1): 152-153. 2002.
- 29) 井之上準：水稻直播栽培における出芽に関する研究 第5報籾の湿潤・高温処理による中茎の伸長促進と出芽. 日作紀 41: 68-72. 1972.
- 30) 井之上準・日比克彦：水稻直播栽培における出芽に関する研究 第6報日本型水稻における種子の湿潤・高温処理による中茎の伸長促進の品種間差異. 日作紀 41: 73-77. 1972.
- 31) Inouye, J., T. Anayama and K. Ito : Heat stimulation for the mesocotyl elongation in paddy rice plants, *O. sativa* L. in japonica type. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University. 15: 305

- 309. 1969.
- 32) Inouye, J., K. Hibi and K. Ito: Effect of high temperature pre-treatment on elongation of mesocotyl of rice seedlings. I. Cell multiplication in the mesocotyl. *Plant & Cell Physiol.* 11: 685-688. 1970.
- 33) Inouye, J., K. Hibi and K. Ito: Effect of high temperature pre-treatment on the elongation of mesocotyl of rice plants. II. Elongation of the mesocotyl and coleoptile under various cultural temperatures. *Proceedings of the Crop Science Society of Japan*. Vol. XXXX.: 178-182. 1971.
- 34) 岡部蘭子・馬場 正・元田義春・武田元吉. 深播き播種前の高温湿潤処理が水稻種子の出芽に及ぼす影響. *日作紀* 74 (別2): 262-623. 2005.
- 35) Coates L.M. and G.I.Johnson: Effective disease control in the heat-disinfested fruit. *Postharvest News and Information* 4(1): 35-39. 1993.
-

Hot Water Treatment for Seed Disinfection of Paddy Rice

Mayuko OKABE and Tadashi BABA*

Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

*Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

Summary

Recently, the negative environmental impact of agriculture has become a problem. For seed disinfection of rice, hot water treatment (HWT), which only involves the soaking of seeds in hot water (60°C) for ten minutes prior to sowing, is a technology that does not use agricultural chemicals and is rapidly spreading in Japan. In this report, findings to date on the use and prevalence and the effect of HWT in paddy rice cultivation are presented and discussed. The current prevalence of HWT in paddy rice cultivation in Japan in 2008 was estimated to be about 10% (17 ha). To control most seed-borne pathogens of rice, soaking seeds in 60°C water for ten minutes has been shown to be effective. However, a decrease in the rate of germination caused by HWT is reported when seeds are soaked for two hours or longer, when it is applied for seeds stored for a long period, when a seed lot with a low germination rate were used, or when the seed of some cultivars of both Japonica and Indica were used. On the other hand, HWT does increase germination rates of some cultivars were increased by HWT. Therefore, such stimulatory effects of HWT offer great hope for enhancing seed performance. It is expected that other countries will adopt HWT in the future.

Key word: Hot water treatment, Seed disinfection, Rice, Prevalence