

1回当たり最大80kgの種もみを処理できる温湯消毒装置の開発

黒田克利・富川 章・鈴木啓史・鈴木素弘*

(* 中部電力株式会社エネルギー応用研究所)

要 旨

大規模水稻育苗施設に対応できる種もみの温湯消毒装置を開発した。本装置はそれぞれ500L容積の予浸水槽、殺菌水槽、冷却水槽を備え、1回に最大80kgの種もみを処理できる。種子消毒の行程は予浸、殺菌、冷却の順に行う。予浸を行うことにより、殺菌水槽に投入後の種もみの温度上昇が速やかに起こる。予浸および殺菌の温度および種もみの浸漬時間は、それぞれ40℃・10分間、60℃・10分間とする。なお、80kgの種もみを処理する場合、殺菌水槽の温度を62℃に設定すると、種もみ温度は殺菌に必要な温度に速やかに到達する。80kgの種もみを40℃の予浸水槽に10分間浸漬後、60または62℃の殺菌水槽に10分間浸漬する温湯消毒により、ばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、イネシンガレセンチュウに対して高い防除効果が認められる。三重県内の平均的な規模の大型水稻育苗施設では、本装置1台で現行の種子消毒をこなすことができる。

キーワード： 水稻、大型育苗施設、種もみ、温湯消毒装置

緒 言

イネに発生する病害には、病原菌が種子によって伝播される種子伝染性病害が多くあり、これらの中には、ばか苗病、いもち病、ごま葉枯病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、心枯線虫病などの重要な病害が含まれている。これらの病害が育苗期に発生すると被害が大きいことから、化学農薬による種子消毒が一般的に行われている。

近年、イネの種子消毒に使用された化学農薬の使用済み廃液の適正管理が求められており、特に大量の化学農薬を使用するJAを中心とした大規模水稻育苗施設では、農薬廃液処理装置を導入し対応する事例が増えている。しかし、農薬廃液処理装置が高額である上に、種子消毒を化学農薬に頼るがぎり、将来にわたり農薬処理に関わる作業やそれに要する経費負担の問題が残ることになる。このようなことから、生産現場からは化学農薬に替わる種子消毒技術の開発を望む声が高まっており、特に、物理的な手法を用いた種子消毒方法の開発が注目されている。

物理的殺菌法の一つである温湯消毒は、クリーンな種子消毒方法として期待が高まり、近年研究事例1、2、4、5)が増えたこともあり、その有効性が確かめられている。安定した殺菌効果の得られる処理条件として、種もみを60℃前後の温湯に10分間程度浸漬する方法が最も効果的とされている。また、民間企業から温湯消毒装置が販売され、生産現場での温湯消毒が実施可能となっ

ている。

我々が種もみの温湯消毒を大量に処理できる装置の開発に着手した2000年当時、市販の温湯消毒装置は一度に処理できる種もみ量が8～16kgであり、小規模農家向けの装置として位置づけられていた。そこで我々は、大規模水稻育苗施設における温湯消毒の実施をねらいとして、一度に大量の種もみを消毒できる温湯消毒装置を中部電力株式会社との協力により開発し、一連の試験を行ったので紹介する。

材料及び方法

1. 開発した温湯消毒装置

本装置はそれぞれ500L容積の予浸水槽、殺菌水槽、冷却水槽を備え、種子消毒の行程は予浸、殺菌、冷却の順に行う。予浸水槽、殺菌水槽には、550L容量の電気温水器(三菱, SRG-5544-BL)2器を利用して、それぞれ400Lの温湯を供給する。冷却水槽には水道水などの流水を供給する。温湯の温度はサーモスタットにより制御し、加熱は水槽底部に取り付けたヒーター(2kW)を熱源とし、予浸水槽に2台、殺菌水槽に4台装着する。また、温湯はポンプによって強制的に循環する(写真1)。電源はすべて200V仕様である。

2. 開発した温湯消毒装置の処理能力の検討

開発した温湯消毒装置は三重県科学技術振興センター

農業研究部内のガラス温室に設置し、2001年11月、2002年5月に試験を実施した。1回当たりの最大処理能力を求めるために、種もみの処理量が殺菌水槽の水温および種もみ温度に与える影響を調べた。種もみ20kgを網袋（55cm×73cm）に入れ、袋数を変えて60kgから120kgの間で水槽に投入した（写真2、3）。予浸水槽は40℃に設定し、10分間浸漬した。殺菌水槽は60、62、64℃に設定し、10分間浸漬した。なお、

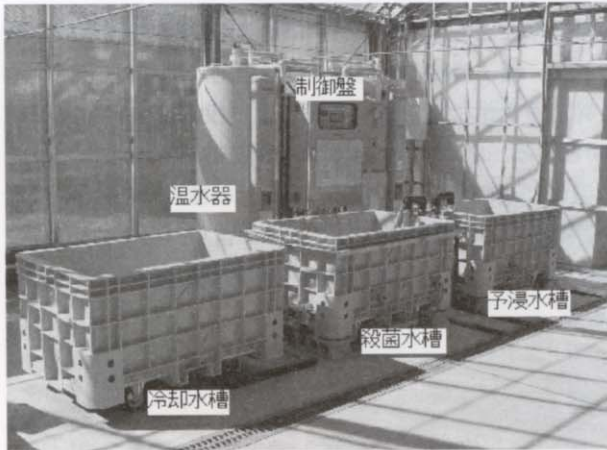


写真1 開発した温湯消毒装置



写真2 網袋に入れた種もみ（1袋当たり20kg入れる）



写真3 殺菌水槽に80kgの種もみを入れた状態

60kg処理の場合は予浸なしの区を設けた。温度の測定・記録はデータロガー（横河、DATA ACQUISITION UNIT DA100）により行った。種もみの温度測定において、センサーを種もみ袋の中心部に挿入した。

3. 各種病害に対する防除効果

試験は2001年11月、2002年5月に実施した。水稻の種子伝染性病害の中で、三重県内で発生が問題となるばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、心枯線虫病を対象に、開発した温湯消毒装置による防除効果を検討した。

ばか苗病は、開花期接種した汚染種もみ（品種：短銀坊主）を100%供試した。もみ枯細菌病は、開花期接種した汚染種もみ（品種：黄金晴）を100%供試した。苗立枯細菌病は、開花期接種もみ（品種：コシヒカリ）を健全種子に10%混ぜて供試した。心枯線虫病は、自然感染もみ（品種：コシヒカリ）を100%供試した。各病害別に汚染種もみ11gを網袋（5cm×10cm）に入れ、健全な種もみを20kg入れた袋の中心部に埋めた。温湯消毒を行う種もみの量は80kg（20kg×4袋）とした。温湯消毒は予浸水槽に40℃で10分間浸漬後、殺菌水槽に60℃または62℃で10分間浸漬し、殺菌終了後直ちに流水で冷却した。対象の種子消毒としてイブコナゾール・銅水和剤の200倍液24時間浸漬処理を行った。

ばか苗病は、徒長および枯死の有無を調査し、発病苗率を算出した。防除価は $100 - (\text{処理区の発病苗率} \div \text{無処理の発病苗率}) \times 100$ により算出した。もみ枯細菌病は、発病程度を0：発病なし、1：葉身の黄化、2：葉身の腐敗程度が重い、3：枯死の指数別に調査し、発病度を $\Sigma(\text{発病程度別苗数} \times \text{指数}) \div (\text{調査苗数} \times 3)$ $\times 100$ により算出した。防除価は $100 - (\text{処理区の発病度} \div \text{無処理の発病度}) \times 100$ により算出した。苗立枯細菌病の発病程度の調査、発病度、防除価の算出は、もみ枯細菌病に準じた。また、心枯線虫病は、温湯消毒直後に、種もみを脱ぶし、ベルマン法（50粒調査、48時間分離）により分離されるイネシンガレセンチュウ数を調査した。防除価は、 $100 - (\text{処理区の分離線虫数} \div \text{無処理の分離線虫数}) \times 100$ により算出した。

4. 温湯消毒がイネ種子の発芽に及ぼす影響

採種年の異なるうるち米（6品種）、もち米（3品種）を供試して、種もみの品種や採種年の違いによって、種子発芽に及ぼす温湯消毒処理の影響が異なるかどうかを検討した。2002年2月には恒温水槽（ヤマト科学、BK-43）を用いて試験を行い、2002年5月には開発した温湯消毒装置を用いて試験を実施した。恒温水槽に

よる試験は、水温を58℃または60℃に設定した水槽に、供試種子を100粒ずつ網袋(5cm×10cm)に入れ、10分間または15分間浸漬し、浸漬終了後直ちに流水で冷却した。温湯消毒装置による試験では、供試種子100粒の入った網袋(5cm×10cm)を20kgの種もみ袋の中心部に埋め、その4袋(80kg)を予浸水槽に40℃で10分間浸漬後、殺菌水槽に62℃で10分間浸漬し、終了後直ちに流水で冷却した。湿ったろ紙を敷いたガラスシャーレに温湯処理後の種子100粒を置床し、25℃で6日間培養後、発芽率を調査した。

結果および考察

1. 開発した温湯消毒装置の処理能力の検討

三重県では、イネの播種は3月下旬から開始されるが、種もみは倉庫などの温度の低い場所に保管されるので、播種時期の種もみの温度は気温と同様に約15℃以下になっていると想定される。このような温度の低い種もみを大量に殺菌水槽に投入すると、殺菌水槽の水温が大きく低下し、十分な殺菌効果が得られない可能性がある。そこで、種もみを殺菌直前に40℃の温湯に10分間予浸し、種もみの温度を40℃に上昇させることで、殺菌水槽の温度低下をできるだけ小さくする方法を考えた。

60kgの種もみを用いて予浸の有無が、殺菌水槽投入後の種もみ温度の変化に及ぼす影響を調べた。その結果、表1に示すように、40℃に10分間予浸する方法は、14.4℃の乾もみを直接殺菌水槽に投入する方法に比べ、種もみの温度上昇が早いことが確認された。また、80kgの予浸ありと60kgの予浸ありについて、殺菌水槽投入後の種もみ温度の変化を比較したところ、80kgでも予浸を行えば、温度上昇は比較的速やかであった。しかし、120kgの予浸ありでは、殺菌水槽の温度低下が大きく処理能力を超えていた。以上から、予浸を行うことは、殺菌水槽投入後の種もみの温度を速やかに上昇させること

に有効であると考えられる。また、開発した温湯消毒装置の最大処理能力は80kgまで可能と考えられた。

次に、80kgの種もみを用いて予浸を行った場合の殺菌水槽の設定温度と種もみ袋の中心部の温度変化の関係を調べた。表1にみられるように、60℃設定では、温度上昇は緩慢で、60℃に到達するのに19分を要した。62℃設定では、温度上昇は比較的速やかで、60℃に到達する時間は7分後であった。また、64℃設定では、3分後には60℃、8分後には62℃になり、温度上昇は非常に速やかであった。早坂は、イネ種子の発芽に及ぼす温湯消毒の処理温度と処理時間の影響を調べ、60℃では15分間まで、62℃の場合10分間までの処理で発芽率90%以上を確保できるが、64℃では10分間処理でも90%以下になる品種が見られたと報告している³⁾。これらのことから、本装置により80kgの種もみを処理する場合、殺菌水槽を64℃に設定すると袋中心部の温度上昇は速やかであるが、外周部の種もみが64℃に遭遇し、発芽率が低下する可能性がある。一方、62℃設定の場合、中心部の温度上昇は、64℃設定に比べやや劣るが、外周部の種もみは62℃以上には遭遇しないことから、発芽への影響は少ないと考えられる。したがって、80kgの種もみ処理を行う場合、殺菌水槽の設定温度は62℃が適当であると考えられる。

2. 各種病害に対する防除効果

本装置により80kgの種もみを設定温度40℃の予浸水槽に10分間浸漬後、設定温度60℃および62℃の殺菌水槽に10分間浸漬する方法で、各種病害に対する防除効果を調査した。ばか苗病に対しては、60℃設定で防除価100、62℃設定で防除価96.7といずれの温度においても高い効果が認められた(表2)。もみ枯細菌病に対しては、60℃設定で防除価78.7、62℃設定で86.2と62℃設定で高い効果が認められた(表3)。苗立枯細菌病に対して

表1 殺菌水槽における種もみ温度の上昇

種もみ 処理量 (kg)	予浸	殺菌水槽 設定水温 (℃)	種もみ袋中心部の所定の水温(℃)に 到達するまでの所用時間(分)								
			55	56	57	58	59	60	61	62	
60	有	60	1			2	7	12			
60	無	60	2			3	9	15			
80	有	60	2	3	4	5	8	19			
80	有	62	1.5	1.5	2	2.5	7				
80	有	64				1	2	3	4	8	
120	有	60	8	9	11	16	23	28			

予浸無処理種もみの殺菌水槽投入前の温度は14.4℃
水温の調査は4点の平均値

表2 開発した温湯消毒装置を用いて80kgの種もみを処理した場合のばか苗病の防除効果

試験	処 理	発芽率%	調査苗数	発病苗率%	防除価
I	温湯（殺菌水槽 60℃設定）	87.6	394	0	100
	イブコナゾール銅水和剤	93.6	417	0	100
	無処理	89.9	401	3.6	
II	温湯（殺菌水槽 62℃設定）	93.1	423	0.3	96.7
	イブコナゾール銅水和剤	95.5	418	0.4	95.7
	無処理	96.7	428	9.2	

温湯：予浸水槽（40℃設定）に10分間浸漬後、殺菌水槽に10分間浸漬
 イブコナゾール銅水和剤：200倍液、24時間浸漬処理
 3反復の平均値

表3 開発した温湯消毒装置を用いて80kgの種もみを処理した場合のもみ枯細菌病の防除効果

試験	処 理	発芽率%	調査苗数	発病苗率%	発病度	防除価
I	温湯（殺菌水槽 60℃設定）	74.2	368	9.9	8.7	78.7
	イブコナゾール銅水和剤	79.5	378	7.5	6.1	85.0
	無処理	67.1	334	51.9	40.8	
II	温湯（殺菌水槽 62℃設定）	84.1	280	3.1	2.7	86.2
	イブコナゾール銅水和剤	87.3	269	6.4	3.7	81.1
	無処理	85.6	262	22.3	19.6	

温湯：予浸水槽（40℃設定）に10分間浸漬後、殺菌水槽に10分間浸漬
 イブコナゾール銅水和剤：200倍液、24時間浸漬処理
 3反復の平均値

表4 開発した温湯消毒装置を用いて80kgの種もみを処理した場合の苗立枯細菌病の防除効果

試験	処 理	発芽率%	調査苗数	発病苗率%	発病度	防除価
I	温湯（殺菌水槽 60℃設定）	96.7	461	2.7	1.4	76.3
	イブコナゾール銅水和剤	96.4	495	1.6	1.0	83.1
	無処理	97.3	502	8.6	5.9	
II	温湯（殺菌水槽 62℃設定）	93.6	320	1.4	1.1	93.5
	イブコナゾール銅水和剤	97.3	328	2.7	2.0	88.2
	無処理	95.1	316	28.3	16.9	

温湯：予浸水槽（40℃設定）に10分間浸漬後、殺菌水槽に10分間浸漬
 イブコナゾール銅水和剤：200倍液、24時間浸漬処理
 3反復の平均値

表5 開発した温湯消毒装置を用いて80kgの種もみを処理した場合の
イネシンガレセンチュウの防除効果

試験	処 理	調査もみ数	線虫分離数	防除価
I	温湯（殺菌水槽 60℃設定）	50	0	100
	無処理	50	30.3	
II	温湯（殺菌水槽 62℃設定）	50	5.0	88.1
	無処理	50	42.0	

温湯：予浸水槽（40℃設定）に10分間浸漬後、殺菌水槽に10分間浸漬
 分離数はベルマン法により調査
 3反復の平均

は、60℃設定で防除価 76.3、62℃設定で防除価 93.5 となり、62℃設定で高い効果が認められた（表 3）。ばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病に対する温湯消毒の防除効果は、イブコナゾール・銅水和剤 200 倍 24 時間浸漬処理のそれとほぼ同等であった。また、シンガレセンチュウに対しては、60℃設定で防除価 100、62℃設定で 88.1 と 60℃設定で効果が優ったが、いずれの温度においても高い効果が認められた（表 4）。以上の結果から、試作した温湯消毒装置で一度に 80kg の種もみを消毒しても、三重県内で問題となる種子伝染性病害に対して高い防除効果のあることが明らかになった。

3. 温湯消毒がイネ種子の発芽に及ぼす影響

三重県内で普及しているイネの主要品種について、種子発芽に及ぼす温湯消毒の処理温度と処理時間の影響を調べた。恒温水槽を用いた実験の結果によると、58℃または 60℃の 10 分間および 15 分間の温湯処理では、品種や、うるち米ともち米の違いにかかわらず、種子発芽への影響はほとんど認められなかった。ただし、処理前の発芽率が低い種もみは温湯処理による発芽率の低下が大きかった。これに対して、発芽率 95%以上の種もみは発芽率の低下が小さかった。また、開発した温湯消毒装置を用いて 80kg の種もみを 40℃の予浸水槽に 10 分間浸漬後、62℃の殺菌水槽に 10 分間浸漬した試験でも、恒温水槽の試験とほぼ同様の結果が得られた（表 6）。温湯消毒による種子発芽率の低下を軽減するために、発芽率 95%以上の種もみを用いることが望ましいと考えられる。

表 6 種もみの温湯処理後の発芽率

供試品種	採種年	恒温水槽による試験				温湯消毒装置による試験		
		無処理	58℃		60℃		無処理	処理
コシヒカリ	2000	94.5	94.0	92.5	89.5	89.0	92.0	81.0
キヌヒカリ	2001	97.0	96.0	96.0	94.5	96.0	92.0	90.0
うこん錦	2001	96.5	97.0	98.5	94.5	93.5	96.0	95.0
山田錦	2001	99.5	98.5	97.0	95.0	95.5	95.0	90.5
どんとこい	2000	97.0	95.5	97.5	95.0	90.5	96.0	95.0
黄金晴	2000	91.5	92.0	83.5	82.5	80.5	77.5	58.5
あゆみもち	2000	83.5	86.5	81.0	77.0	75.5	79.0	61.0
喜寿もち	1999	87.0	83.0	80.5	63.5	57.5	78.5	60.5
恵もち	1999	94.5	96.0	93.0	85.0	85.5	84.0	71.5

100 粒調査の 2 反復の平均

温湯消毒装置による試験は、40℃に 10 分間浸漬後、62℃に 10 分間浸漬は 90%以下の発芽率

4. 大規模水稻育苗施設への適用性

三重県内の平均的な大型水稻育苗施設の出荷苗箱数は約 3 万箱で、播種期間は約 10 日間であり、1 日当たりの播種量は約 600kg と推定される。一方、開発した温湯消毒装置の予浸、殺菌、冷却に必要な所用時間は約 30 分間であり、1 回当たりの最大温湯処理能力が 80kg であることから判断して、1 施設当たり 1 台導入すればよいと考えられる。

引用文献

- 1) 江口直樹・山下亨・武田和男・赤沼礼一(2000) 関東東山病虫研報, 47: 27 ~ 29
- 2) 江口直樹・山下亨・武田和男・赤沼礼一・村田和昭・川嶋謙蔵(2000) 関東東山病虫研報, 47: 23 ~ 26
- 3) 早坂 剛(2001) シンポジウム「水稻種子の諸問題と今後の展開」講演要旨, 日本植物防疫協会 pp.50 ~ 55
- 4) 山下亨・江口直樹・赤沼礼一・齊藤栄成(2000) 関東東山病虫研報, 47, 7 ~ 11
- 5) 山下亨・酒井長雄・江口直樹・赤沼礼一・齊藤栄成(2000) 関東東山病虫研報, 47, 13 ~ 16

Development of a Hot Water Treatment Device Capable of Disinfecting 80 kg of Rice Seed in a Stroke

Katsutoshi KURODA, Akira TOMIKAWA, Hirofumi SUZUKI
and Motohiro SUZUMURA

A hot water treatment device to disinfect rice seed, which is applicable to large scale rice nursery facilities, was developed. The device is composed of a prewarming tank, a disinfection tank and a cooling tank of 500 liters each with a capacity of disinfection 80 kg of rice seed in a stroke. The former two tanks are filled with 400 liters of hot water kept at 40 and 60 °C, respectively. Rice seed in a mesh bag is immersed in the pre-warming tank for 10 min, then in the disinfection tank for 10 min and then cooled with tap water in the cooling tank. The pre-warming tank is important to minimize a temperature drop in the disinfection tank caused by immersion of a large quantity of seed at a time. When 80 kg of rice seed is treated, however, raising the temperature of the disinfection tank to 62 °C is recommended. Warming the seed at 60°C for 10 min does not affect seed germination unless the percent germination of untreated seed is below 90 %. The device is effective in disinfecting the seed infected with `bakanae` disease, bacterial seedling rot, bacterial seedling blight and *Aphelenchoides besseyi*. One set of the device is adequate for the daily operation in a large-scale rice nursery facilities.

Key words : rice plant, large-scale rice nursery facility, rice seed, hot water treatment device

本文は、大規模育苗施設に適用可能な、80kgの稲種を一括に消毒できる温水処理装置の開発について報告する。装置は、予熱タンク、消毒タンク、冷却タンク（各500リットル）で構成され、1回の処理で80kgの稲種を消毒できる。予熱タンクと消毒タンクはそれぞれ400リットルの熱水を40℃と60℃で保てる。稲種をメッシュ袋に入れて予熱タンクに10分浸し、消毒タンクに10分浸し、冷却タンクで水道水で冷却する。予熱タンクは消毒タンクへの温度低下を抑制するために重要である。80kgの稲種を処理する際には、消毒タンクの温度を62℃に上げることを推奨する。60℃で10分加熱しても、発芽率が90%未満の場合に限り発芽に影響を及ぼさない。本装置は、`ばかぬえ`病、細菌性育苗腐敗病、細菌性育苗萎縮病、および*Aphelenchoides besseyi*の感染した稲種を効果的に消毒できる。1セットの装置は、大規模育苗施設での日常的な作業に十分な容量がある。

キーワード：稲、大規模育苗施設、稲種、温水処理装置