

# 東北地域の飼料用水稲品種における温湯消毒および低温浸種が種子の発芽率に及ぼす影響

福嶋陽・太田久稔・梶亮太・津田直人

(農研機構東北農業研究センター)

**要旨**：東北地域の飼料用水稲品種においては、育苗の際に種子の発芽・出芽が不良となることが問題となっている。その原因を解明することを目的として、飼料用を含む20の水稲品種・系統を用いて、温湯消毒および低温浸種が発芽に及ぼす影響を調査した。60℃・30分の長期間の温湯消毒によって、発芽率は低下した。その低下程度は、主食用品種よりも飼料用品種、糯品種、インド型品種で大きかった。東北地域の主な飼料用品種の中では、「べこごのみ」、「べこあおば」、「いわいだわら」、「うしゆたか」、「夢あおば」で発芽率が特に低下した。また、穂発芽状態の種子は、温湯消毒によって発芽率が顕著に低下したことから、穂発芽性が「易」の飼料用品種は、種子が穂発芽状態にあり、温湯消毒によって発芽率が低下する危険性があると推察された。12℃の低温および5℃の極低温の浸種試験においては、東北地域の主要な飼料用品種の中で「べこごのみ」、「べこあおば」、「いわいだわら」が5℃の極低温によって発芽率が低下した。以上の結果から、東北地域の飼料用水稲品種の一部においては、長時間の温湯消毒や極低温の浸種によって、発芽率が低下する危険性があると推察された。

**キーワード**：温湯消毒, 飼料稲, 低温浸種, 東北地域, 発芽率.

近年、我が国においては水田の有効活用および飼料自給率の向上の観点から、飼料用米および稲発酵粗飼料を生産するための水稲の栽培が奨励されている。その場合、主食用品種が用いられることが多いが、多収の飼料用品種が用いられることも少しずつ増えている。しかし、東北地域の飼料用品種においては、育苗の際に種子の発芽・出芽が不良となることが問題となっている。生産者および研究者の聞き取りからは以下のように整理される。飼料用品種「べこあおば」は育苗の際に出芽率が大きく低下した事例が多くみられ、他の飼料用品種においても出芽率が低下する事例がみられる。「べこあおば」は高温で登熟した場合に発芽率が低下する。飼料用品種は、休眠打破のための乾熱処理で発芽率が低下する場合がある。飼料用品種は、温湯消毒、10℃以下の極低温浸種、10日以上長期浸種の場合に発芽率が低下する場合がある。しかし、これらの事例の多くは、対照区を設けた試験研究ではないため、飼料用品種の発芽・出芽の不良の原因は不明確な状況にある。

東北地域においては、主食用水稲の種子について温湯消毒が実施されている地域があり(岡部ら 2009)。今後、コスト削減や環境保全の観点から、飼料用水稲品種においても温湯消毒が普及していく可能性がある。また、浸種は水温12℃で1週間~10日間が望ましいとされているが、東北地域においては、浸種水温が10℃以下となる地域や2週間以上の浸種が慣行となっている地域がある。これらの消毒や浸種の方法は、主食用品種を用いる場合には大きな問題にはならなかったが、主食用品種と遺伝的に大きく異なる飼料用品種においては発芽・出芽の不良の原因となる

可能性がある。そこで、東北地域の主要な飼料用品種について、温湯消毒、極低温浸種、長期浸種が発芽率に及ぼす影響を調査した。

## 材料および方法

### 1. 種子の準備

東北地域で栽培されている飼料用品種、主食用品種を中心に20の系統・品種を用いた(第1表、以下、系統の場合も品種と記載する)。種子は、前年(2013年)に農研機構東北農業研究センター大仙拠点(秋田県大仙市)において栽培・収穫し、1.13の比重で塩水選を行った後に、室内で保管したものをを用いた。2013年は、8月、9月の気温が例年並みであり、高温登熟条件ではなかった。また、いずれの品種も顕著な穂発芽は認められなかった。発芽試験は2014年の6~7月に行った。軟膏壺(容量9 mL)に小穴をあけ通気性・通水性に十分にした容器に種子50粒を充填して、温湯消毒試験、浸種試験、および発芽試験を実施した。処理区当たり50粒×3反復×2回の試験を行った。

### 2. 温湯消毒試験

無処理の種子、および穂発芽状態とするために催芽乾燥処理を行った種子を用いた。催芽乾燥処理は、12℃・5日間の浸種後、加湿状態で30℃・20時間の催芽を行い鳩胸状態となった後、40℃で1日間の乾燥を行った。温湯消毒は、標準的な60℃・10分、および温湯消毒の影響を明確とするため長時間の60℃・30分で実施した。対照区として、

第1表 供試した品種・系統およびその特性.

品種・系統名	日本型・インド型	粳・糯	育成年	主な用途	千粒重 (g)	穂発芽性
みなゆたか	日本型	粳	2009	飼料用米	23.5	やや難
うしゆたか	日本型	粳	2008	WCS	27.0	難
つぶみのり	日本型	粳	2009	飼料用米	24.4	難
つぶゆたか	日本型	粳	2009	飼料用米	24.6	やや難
ふくひびき	日本型	粳	1993	飼料用米・WCS	24.6	やや易
べこごのみ	日本型	粳	2007	飼料用米・WCS	24.5	やや易
べこあおば	日本型	粳	2005	飼料用米・WCS	33.7	易
いわいだわら	日本型	粳	2013	飼料用米	25.7	やや易
べこげんき	日本型	粳	2014	WCS	26.2	やや易
夢あおば	日本型	粳	2004	飼料用米・WCS	26.5	中
奥羽 418 号	日本型	粳	-	飼料用米	28.6	易
奥羽 421 号	日本型	粳	-	飼料用米	29.3	中
まっしぐら	日本型	粳	2005	主食	23.5	難
あきたこまち	日本型	粳	1984	主食	23.5	やや難
ひとめぼれ	日本型	粳	1991	主食	23.2	難
ヒメノモチ	日本型	糯	1972	加工 (モチ)	22.7	易
奥羽糯 347 号	日本型	糯	-	加工 (モチ)	25.7	難
IR64	インド型	粳	-	-	24.1	不明
南京 11 号	インド型	粳	-	-	25.6	不明
関東 264 号	インド型	粳	-	-	23.0	(極難)

インド型を除く、17の品種・系統は東北地域の栽培に適する。「関東 264 号」は、インド型多収品種「タカナリ」の難脱粒性突然変異系統である。日本型品種とインド型品種は、系譜および形態的・生態的特徴をもとに区別した。WCS (Whole Crop Silage) は稲発酵粗飼料。千粒重は、試験に用いた種子 100 粒を測定して求めた。穂発芽性は育成時の参考成績書をもとにした。「関東 264 号」の穂発芽性は「タカナリ」の値である。

温湯消毒を行わなかった試験区を設けた。温湯処理後の種子および対照区の種子は、200 倍のテクリード C 水溶液 (クマイ化学) で 12℃・1 日間浸水、水道水で 12℃・4 日間浸水した後、高湿度状態で 30℃・5 日間の催芽を行った。

### 3. 低温浸種・長期浸種試験

水温は低温の 12℃、極低温の 5℃、浸種期間は 1 週間、2 週間、3 週間として、2 浸種水温×3 浸種期間の試験を行った。いずれの場合も、初日は、200 倍のテクリード C 水溶液で浸種し、その後は、水道水で浸種した。水道水は 3、4 日に 1 回の割合で交換した。その後、高湿度状態で、12℃浸種処理区は 30℃・5 日間、5℃浸種処理区は 30℃・7 日間の催芽を行った。

### 4. 発芽率の測定

芽が 1 mm 以上を発芽、5 mm 以上を 5 mm 発芽とした。水稻の種子は発芽後、生育を停止することがある。しかし、芽が 5 mm 以上になれば、苗箱の育苗において出芽に至ることが多いので、5 mm 発芽を出芽の目安とした。催芽乾燥処理区においては、事前の催芽処理によって発芽した種子が発芽と判断される場合が僅かにあったが、5 mm 発芽と判断される場合はなかった。3 反復×2 回を 6 反復として、発芽率と 5 mm 発芽率の平均値と標準誤差を算出した。

## 結 果

### 1. 温湯消毒試験

60℃・10 分の温湯消毒においては、発芽率が平均 97%、5 mm 発芽率が平均 93%であり、発芽率の低下はほとんど認められなかった (第 2 表)。しかし、60℃・30 分の温湯消毒においては、発芽率が平均 62%、5 mm 発芽率が平均 44%と大きく低下した。主食用品種と比較して、飼料用品種、糯品種、インド型品種は発芽率、5 mm 発芽率が低い傾向にあった。飼料用品種の中では、特に「うしゆたか」、「べこごのみ」、「べこあおば」、「いわいだわら」、「夢あおば」、「奥羽 418 号」、「奥羽 421 号」で 5 mm 発芽率が 50%以下まで低下した。また、飼料用品種の中では、千粒重が大きい品種が発芽率、5 mm 発芽率が低い傾向が認められた。

催芽乾燥処理を行った試験結果についてみると (第 3 表)、対照区における 5 mm 発芽率は平均 89%で、催芽乾燥処理を行わなかった区の平均 94%に劣るものの、高い値を保持していた。しかし、60℃・10 分の温湯消毒の 5 mm 発芽率は平均 73%と大きく低下し、60℃・30 分の温湯処理における 5 mm 発芽率は平均 2%といずれの品種もほとんど発芽・生長しなかった。

第2表 飼料用水稲品種における温湯消毒処理が種子の発芽率に及ぼす影響.

品種・系統名	発芽率 (%)			5 mm 発芽率 (%)			発芽率標準誤差			5 mm 発芽率標準誤差		
	0分	10分	30分	0分	10分	30分	0分	10分	30分	0分	10分	30分
みなゆたか	99	98	90	98	98	80	1	1	3	1	1	4
うしゆたか	98	92	59	92	84	36	1	1	6	4	2	5
つぶみのり	100	100	68	98	97	58	0	0	5	1	2	6
つぶゆたか	100	100	74	99	99	66	0	0	4	0	0	5
ふくひびき	100	98	69	96	96	54	0	1	3	3	1	3
べごのみ	92	89	47	87	83	35	1	2	4	2	3	4
べこあおば	97	92	27	92	87	15	2	2	2	5	2	3
いわいだわら	96	93	29	94	91	21	2	2	8	2	2	7
べこげんき	98	96	72	96	92	61	1	1	3	1	3	5
夢あおば	98	96	85	91	90	44	1	1	2	4	2	4
奥羽 418 号	98	95	63	94	94	45	1	1	7	3	1	6
奥羽 421 号	98	100	57	97	97	42	1	0	8	1	2	9
まっしぐら	99	99	68	97	99	61	0	1	4	1	1	3
あきたこまち	100	99	83	97	98	77	0	1	2	2	1	4
ひとめぼれ	100	99	94	94	98	86	0	0	2	5	1	3
ヒメノモチ	99	100	54	96	95	47	0	0	3	2	2	4
奥羽糯 347 号	97	93	45	89	91	30	1	2	5	4	2	5
IR64	99	99	57	91	90	6	1	0	11	5	2	2
南京 11 号	99	99	34	97	97	4	0	0	9	1	1	2
関東 264 号	100	99	63	81	88	20	0	0	9	7	7	6
平均値	98	97	62	94	93	44	1	1	5	3	2	4

0分, 10分, 30分は60℃温湯消毒の処理時間を示す.

発芽率, 5 mm 発芽率がそれぞれ 50%以下の場合には灰色で塗りつぶした.

第3表 飼料用水稲品種における催芽乾燥処理後の温湯消毒処理が種子の発芽率に及ぼす影響.

品種・系統名	発芽率 (%)			5 mm 発芽率 (%)			発芽率標準誤差			5 mm 発芽率標準誤差		
	0分	10分	30分	0分	10分	30分	0分	10分	30分	0分	10分	30分
みなゆたか	98	96	43	93	84	4	1	1	13	2	6	2
うしゆたか	97	88	36	84	55	2	2	2	12	6	4	2
つぶみのり	99	99	52	96	89	1	0	1	5	2	4	1
つぶゆたか	100	98	48	92	76	0	0	2	16	3	4	0
ふくひびき	99	98	79	94	81	0	0	1	11	3	2	0
べごのみ	89	84	72	78	52	1	2	3	7	7	10	1
べこあおば	96	90	40	94	77	3	2	2	10	4	4	1
いわいだわら	95	83	54	87	63	5	1	3	11	4	8	4
べこげんき	97	95	31	89	78	1	1	0	10	5	5	1
夢あおば	94	85	24	77	59	1	2	4	6	7	7	1
奥羽 418 号	95	84	47	90	61	3	2	8	12	3	9	1
奥羽 421 号	97	87	35	88	70	1	2	4	4	4	6	1
まっしぐら	99	99	45	98	88	3	0	1	13	2	4	2
あきたこまち	98	97	31	90	82	0	2	2	11	6	6	0
ひとめぼれ	98	99	32	90	82	0	1	0	11	5	4	0
ヒメノモチ	98	99	77	86	81	3	1	0	6	8	5	1
奥羽糯 347 号	95	88	34	91	77	4	1	2	9	4	3	2
IR64	98	96	9	91	75	0	1	2	4	7	8	0
南京 11 号	97	96	68	82	59	12	1	1	7	7	11	4
関東 264 号	98	95	19	89	73	3	1	2	9	6	8	1
平均値	97	93	44	89	73	2	1	2	9	5	6	1

0分, 10分, 30分は60℃温湯消毒の処理時間を示す.

発芽率, 5 mm 発芽率がそれぞれ 50%以下の場合には灰色で塗りつぶした.

第4表 飼料用水稲品種における12℃の低温浸種, およびその浸種期間が種子の発芽率に及ぼす影響.

品種・系統名	発芽率 (%)			5 mm 発芽率 (%)			発芽率標準誤差			5 mm 発芽率標準誤差		
	1 週間	2 週間	3 週間	1 週間	2 週間	3 週間	1 週間	2 週間	3 週間	1 週間	2 週間	3 週間
みなゆたか	99	100	99	99	94	99	0	0	0	1	3	1
うしゆたか	98	99	99	94	95	96	1	1	0	2	2	2
つぶみのり	100	100	100	99	95	100	0	0	0	1	2	0
つぶゆたか	100	99	99	98	96	97	0	0	0	1	2	1
ふくひびき	100	100	100	97	98	98	0	0	0	2	1	1
べこごのみ	94	90	92	93	87	92	1	1	1	1	2	1
べこあおば	97	97	97	94	95	96	2	1	1	2	2	2
いわいだわら	98	97	96	92	93	94	1	1	1	4	2	1
べこげんき	99	97	97	97	92	95	1	0	2	2	3	1
夢あおば	99	99	97	95	94	96	0	0	1	2	2	1
奥羽 418 号	97	95	98	89	91	95	1	1	0	3	3	1
奥羽 421 号	99	98	99	99	95	99	0	1	0	0	2	1
まっしぐら	100	100	99	100	98	99	0	0	0	0	2	0
あきたこまち	100	100	99	99	98	99	0	0	0	0	2	0
ひとめぼれ	100	100	100	99	97	100	0	0	0	0	3	0
ヒメノモチ	100	99	98	97	95	98	0	0	1	2	3	1
奥羽糯 347 号	96	96	97	87	93	93	1	2	1	5	2	2
IR64	100	100	100	96	89	94	0	0	0	2	4	2
南京 11 号	100	99	98	99	90	94	0	1	1	0	4	3
関東 264 号	100	97	98	91	77	85	0	1	1	3	7	4
平均値	99	98	98	96	93	96	0	1	1	2	3	1

1 週間, 2 週間, 3 週間は低温浸種の処理期間を示す.

発芽率, 5 mm 発芽率がそれぞれ 90% 以下の場合には灰色で塗りつぶした.

## 2. 低温浸種試験

12℃の低水温条件についてみると(第4表), 主食用品種は, 発芽率が99~100%, 5 mm 発芽率が97~100%と, 浸種期間によらず極めて高い値となった. 飼料用品種も, 食用品種に劣るものの, 発芽率が92~100%, 5 mm 発芽率が87~100%と浸種期間によらず高い値となった.

5℃の極低水温条件についてみると(第5表), 主食用品種は, 12℃の低水温条件と同様に, 発芽率, 5 mm 発芽率が浸種期間によらず極めて高い値となった. 一方, 飼料用品種の中では特に「べこごのみ」, 「べこあおば」, 「いわいだわら」, 「奥羽 418 号」において発芽率, 5 mm 発芽率が90%以下まで低下した. この場合の低下の程度は浸種期間で大きく変化しなかった.

糯品種は, 主食用品種には劣るものの, 発芽率, 5 mm 発芽率が高い値となり, 浸種温度, 浸種期間による発芽率, 5 mm 発芽率の差異は小さかった. インド型品種は, 12℃と5℃のいずれの浸種温度でも2週間以上の浸種期間で5mm 発芽率が90%以下に低下する場合があった.

## 考 察

本研究において, 主食用品種よりも飼料用品種, 糯品種, インド型品種は温湯消毒耐性が低いと判断された. この結果は, これまでの報告とほぼ一致するものであった(早坂

ら 2001, 岡部ら 2007, 辻本 2008, 福嶋ら 2012). 催芽乾燥処理の試験結果からは, 穂発芽状態の種子は, 発芽, 出芽能力を維持しているものの, 温湯消毒耐性が極めて低くなっていると考えられた. 前報(福嶋ら 2012)では, 穂発芽性が“易”の品種は, 温湯消毒耐性が低い傾向にあることを報告した. しかし, 奥羽糯 347 号や関東 264 号のように穂発芽性が“難”や“極難”であっても温湯消毒耐性が低い品種が存在したことから, 穂発芽性の難易は温湯消毒耐性に係わる単一の大きな要因ではなく, 温湯消毒耐性には複数の要因が関与していると推察された. ただし, 穂発芽性が“やや易”や“易”の飼料用品種は, 年次や収穫方法によっては種子が穂発芽状態となり, 温湯消毒によって発芽率が低下する危険性があると考えられる.

低温浸種試験においては, 5℃の極低水温で, 飼料用品種の一部で発芽率, 5 mm 発芽率がやや低下することが判明した. この場合, 浸種期間を1週間から3週間に延ばしても, 飼料用品種の発芽率, 5 mm 発芽率は大きく変化しなかった. 北野ら(2010)は, 浸種初日における5℃の極低水温が発芽率の低下をもたらすことを報告しており, 本研究においても, 浸種の初期段階での極低水温が強く影響したと考えられる. インド型品種は, 12℃と5℃の両方の浸種温度で, 5 mm 発芽率がやや低下する傾向が認められた. Miura and Araki (1996)は, インド型品種において2

第5表 飼料用水稲品種における5℃の極低温浸種、およびその浸種期間が種子の発芽率に及ぼす影響。

品種・系統名	発芽率 (%)			5 mm 発芽率 (%)			発芽率標準誤差			5 mm 発芽率標準誤差		
	1 週間	2 週間	3 週間	1 週間	2 週間	3 週間	1 週間	2 週間	3 週間	1 週間	2 週間	3 週間
みなゆたか	100	99	100	98	98	99	0	1	0	1	1	0
うしゆたか	98	98	96	97	96	94	1	1	1	1	1	2
つぶみのり	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
つぶゆたか	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
ふくひびき	99	98	98	99	95	98	0	0	1	1	2	1
べこごのみ	93	83	86	89	81	84	1	3	3	2	2	3
べこあおば	87	87	84	83	73	80	5	4	5	6	7	6
いわいだわら	85	83	71	77	67	66	5	6	7	8	10	8
べこげんき	96	96	92	95	90	90	1	3	2	2	6	2
夢あおば	96	98	94	94	96	90	1	1	1	2	1	2
奥羽 418 号	88	81	90	86	75	84	5	8	4	5	8	6
奥羽 421 号	96	94	95	95	92	94	1	2	2	2	3	2
まっしぐら	100	100	100	100	98	100	0	0	0	0	2	0
あきたこまち	100	100	99	100	100	99	0	0	1	0	0	1
ひとめぼれ	100	100	99	100	100	99	0	0	1	0	0	1
ヒメノモチ	96	98	93	95	95	92	2	1	2	3	3	2
奥羽糯 347 号	93	93	92	91	92	91	2	2	3	2	2	3
IR64	99	98	99	97	88	96	0	2	0	2	8	1
南京 11 号	99	99	94	99	92	85	0	1	1	0	3	4
関東 264 号	100	98	99	94	89	92	0	1	1	3	4	4
平均値	96	95	94	94	91	92	1	2	2	2	3	2

1 週間, 2 週間, 3 週間は極低温浸種の処理期間を示す。

発芽率, 5 mm 発芽率がそれぞれ 90% 以下の場合には灰色で塗りつぶした。

次休眠によって発芽率が低下したこと, その場合, 5℃よりむしろ 10℃, 15℃で発芽率が顕著に低下したことを報告している。しかし, 本研究で用いた日本型の飼料用品種に関しては, 12℃の浸種温度で発芽が阻害される現象は生じないと判断された。

本研究においては, 60℃・30 分の長時間の温湯消毒および 5℃の極低温浸種によって一部の飼料用品種において発芽率の低下が認められた。発芽, 出芽の良否は, 登熟期間の気象条件, 収穫時期, 保存方法, さらに, 浸種や催芽の方法, 播種後の苗の栽培管理方法などの多くの過程の相互作用によって決まると考えられる。本研究の結果では, 60℃・10 分の一般的な温湯消毒や 3 週間の長期間浸種が発芽率に及ぼす影響は小さかったが, これらの処理に, 穂発芽や高温登熟など他の要因が加われば, 発芽率や出芽率が低下する危険性がある。したがって, 飼料用品種の浸種や催芽に際しては, 温湯消毒, 10℃以下の極低温浸種, 10 日以上長期間浸種には注意する必要があると考えられる。将来的には, 温湯消毒や極低温浸種に対する耐性が強い飼料用品種を育成することが期待される。

### 引用文献

- 福馬陽・太田久稔・梶亮太・津田直人 2012. 穂発芽性易の水稲品種は温湯消毒によって発芽能力が低下する. 日作東北支部報 55: 45-46.
- 早坂剛・石黒清秀・渋谷圭治・生井恒雄 2001. 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: 26-32.
- 北野順一・中山幸則・松井未来生・大西順平 2010. 低温期育苗における水稲種子の発芽に及ぼす浸種水温の影響. 日作紀 79: 275-283.
- Miura, K. and Araki, H. 1996. Low temperature treatment during the imbibition period for the induction of secondary dormancy in rice seeds (*Oryza sativa* L.). Breed. Sci. 46: 235-239.
- 岡部蘭子・馬場正・陶山一雄・武田元吉 2007. 温湯処理が深播き水稲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.
- 岡部蘭子・馬場正・陶山一雄 2009. 日本における水稲種子温湯消毒の普及について. 日作紀 78: 515-517.
- 辻本淳一 2008. 浸種温度や温湯処理が飼料用稲専用品種の発芽に及ぼす影響. 日作紀 77(別 2): 72-73.

**Effects of Hot Water Disinfection and Cold Water Seed Soaking on Germination in Feed Rice Varieties of Tohoku Region. :**

Akira FUKUSHIMA, Hisatoshi OHTA, Ryota KAJI and Naoto TSUDA (*NARO Tohoku Agricultural Research Center, Daisen, Akita 014-0102, Japan*)

**Abstract :** Low percentage of germination and emergence has been a serious problem in cultivation of feed rice varieties in the Tohoku region of Japan. In order to elucidate the factors causing low percentage of germination, we investigated the effects of hot water disinfection and cold water seed soaking on germination using 20 rice varieties including feed rice varieties of Tohoku region. Hot water disinfection for a long time (60°C, 30 minutes) decreased the germination percentage more in feed rice varieties, glutinous rice varieties, and indica type varieties than in food rice varieties. Among the feed rice varieties in the Tohoku region, “Bekogonomi”, “Bekoaoba”, “Iwaidawara”, “Ushiyutaka” and “Yumeaoba” showed a lower germination percentage. The rice seed after sprouting treatment showed the low germination percentage after hot water disinfection, suggesting that the germination rate of feed rice varieties with weak sprouting resistance tends to decrease the percentage of germination after hot water disinfection. Seed soaking at 5°C decreased the germination percentage in some feed rice varieties in the Tohoku region, although soaking at 12°C did not. These results suggest that hot water disinfection for a long time and soaking in very cold water tended to decrease the germination percentage in some feed rice varieties in the Tohoku region.

**Key words :** Cold water seed soaking, Feed rice, Germination, Hot water disinfection, Tohoku region.

---