ワサビ種子繁殖性品種における置床前の GA₃ 処理期間および 低温前処理が乾燥種子の発芽に及ぼす影響

久松 奨^{1*}・馬場 富二夫¹・浜部直哉²・勝岡弘幸²・稲葉 善太郎^{1a}

¹ 静岡県農林技術研究所伊豆農業研究センターわさび生産技術科 410–3206 静岡県伊豆市湯ヶ島 2860–25

² 静岡県農林技術研究所伊豆農業研究センター 413–0411 静岡県賀茂郡東伊豆町稲取 3012

Effects of GA₃ Treatment Duration and Chilling Treatment Before Sowing on the Germination of Seed-Propagated Dry Wasabi Seeds

Susumu HISAMATSU^{1*}, Fujio BABA¹, Naoya HAMABE², Hiroyuki KATSUOKA² and Zentarō INABA^{1a}

¹ Wasabi Production Technology Division, Izu Agricultural Research Center, Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry, Yugashima 2860–25, Izu-shi, Shizuoka 410–3206, Japan

² Izu Agricultural Research Center, Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry, Inatori 3012, Higasiizu-cho, kamo, Shizuoka 413–0411, Japan

Abstract

In this study, we investigated the effects of GA₃ treatment duration and chilling treatment before sowing, and germination temperature on the germination of dried wasabi (*Wasabia japonica* (Miq.) Matsum.) seeds in October sowing. As the GA₃ treatment duration before sowing increased to 10 days, the germination rate improved significantly. The germination rate at 15 °C was higher than those at 10 °C and 20 °C. However, using the seeds treated with GA₃ for 10 days followed by wet chilling treatment at 5 °C for 10 days, germination rates at 10 °C and 20 °C were improved, i.e., respectively, 63 % and 69 %, and have almost the same germination rate at 15 °C. Since the germination rate of seeds treated with low temperature after GA₃ treatment was high in a wide temperature range, it may be possible to construct a systematic seeding raising system even in October when germination is unstable.

Keywords: dormancy, Japanese horseradish, priming, seedling, sowing

緒 言

ワサビ (*Wasabia japonica* (Miq.) Matsum.) は、種子か

2019 年 12 月 2 日受付

2020 年 6 月 15 日受理

*Corresponding author: Susumu Hisamatsu
(susumu1_hisamatsu@pref.shizuoka.lg.jp)

^a 現在：静岡県立農林環境専門職大学短期大学部

ら実生苗を育苗する種子繁殖性品種と、親株から生じる分けつ茎を採取して定植苗とする栄養繁殖性品種に分類される。静岡県における年間定植苗数の 57.1 % が実生苗であり (久松, 未発表), ワサビ生産の振興には増殖効率に優れる種子繁殖性品種の活用と実生苗の大量安定生産供給が重要である。

ワサビでは、長角果が裂開し成熟した種子が脱粒する頃に採種可能になる。静岡県において、施設内では 5 月上旬に、わさび田では 5 月下旬～6 月上旬に、長角果の裂開が始まり、この時期に採種が行われる^{1,2)}。種子は、かつては湿砂

と混合した湿潤状態で保存したが¹⁾、水分含量が多いために不時発芽や腐敗を生じやすく、1年以上の保存が困難である。採種時期が限定されることや、採種量の年次変動がある。このため、種子は複数年の長期保存が望まれ、近年は保存性を向上させるために採種後に乾燥させて、10月以降の播種まで低温庫で保管される。一方で、種子は乾燥により休眠が深くなり、発芽が安定しなくなる。静岡県のワサビ育苗現場では乾燥種子の発芽を安定させるために、一般に播種前に5℃の湿潤条件においてジベレリン酸 (GA₃) で3～5日間処理する操作が行われている (久松, 私信) が、種子は同じ産地、品種、採種時期であっても、採種した生産者によって発芽率が異なる。この理由として、ワサビの現地種子は、生産者間で調製方法、保存方法が異なるため、種子の休眠程度が異なっている可能性が考えられる (久松, 未発表)。また、ワサビの実生苗の多くは施設で育苗されているが、施設内の温度は一日のうちでも昼夜や気象状況、さらに季節で大きく変動するため、一定に維持することは困難であり、発芽揃いに影響する。近年、播種時期の温度条件の影響による種子の発芽不良が問題となっており、実生苗の大量安定生産供給には、種子発芽促進技術の確立が期待される。

中村³⁾はワサビ種子の発芽適温が15℃であり、10℃では平均発芽日数がきわめて長く、休眠の深い時期には20℃以上では完全な発芽は望めないことを報告している。大井・木村⁴⁾は、ワサビ種子をGA₃で1～5日間処理し、発芽温度5～25℃で発芽率を比較したところ、処理4日間、発芽温度15℃で最大であったと報告している。しかし、これらはいずれも採種後に湿砂中で貯蔵した湿潤種子について調査したものであり、乾燥種子の発芽に対するGA₃処理期間の影響については調査されていない。

筆者らは既報⁵⁾において、乾燥種子を播種前にGA₃で3日間処理した後、5℃低温処理を加えたところ、発芽温度10℃、15℃で発芽率が高く、20℃以上の高温域においても発芽率が向上することを報告した。実生苗の現地育苗は、10月中旬以降に播種が始まるが、発芽の不安定は秋季の高温の影響も示唆されており、低温域から高温域までの発芽率の向上は、育苗期間全体において温度管理面での発芽揃い向上技術につながり、効率的な増殖を可能にするものと考えられる。しかし、既報では5月中旬に採種して乾燥した種子を、8か月間冷蔵保存後の翌年2月に播種しており、現地育苗が始まる10月播種の発芽率への影響は不明である。また、発芽率の向上は低温処理期間による差が大きく、この理由として乾燥種子へのGA₃処理は3日間では休眠覚醒への影響が小さかった可能性がある。

そこで、本研究では静岡県における種子繁殖性品種の種子発芽促進方法の確立を目指して、10月播種における播種

前のGA₃処理期間と低温処理の組合せ処理が温度別の発芽率に及ぼす影響を検討したところ、種子繁殖性品種の育苗技術を確立する上で有益な知見が得られたので報告する。

材料および方法

供試材料として種子繁殖性品種‘伊づま’⁶⁾の種子を用いた。2017年5月10日に、ガラス温室内で土耕栽培した採種用親株の花茎基部から成熟して自然脱粒の始まった長角果を採取し、5月10日～9月6日にわさび田の流水中に長角果ごと浸漬して莢を腐敗させ、種子だけを取り出した。9月6～13日に種子を15℃で新鮮重に対し32%まで風乾させた後、9月13日から試験開始時までビニール袋とタッパーに密封し、低温恒温器 (IN802, ヤマト科学 (株)) 内で、0℃で保存した。試験は2017年10～12月に行った。

処理区は、シャーレ置床前のGA₃処理期間を0日 (無処理)、1日、3日、5日および10日に設定し、GA₃処理後の低温処理期間を既報⁵⁾の結果から0日 (無処理) および10日に設定し、置床温度設定10℃、15℃および20℃を組み

Fig. 1 Seed pretreatment period and temperature conditions after seeding for the test composition.

First, we soaked dry wasabi seeds in gibberellin aqueous solution (100 ppm) at 5 °C for 0 (untreated area), 1, 3, 5, or 10 days. Then, we prechilled gibberellin-treated seeds at 5 °C for 0 (untreated area) or 10 days. Finally, we sowed treated seeds in a Petri dish at 10, 15, or 20 °C

合わせた 30 区を設定した (Fig. 1)。

蓋付き丸カップ (内径 100 mm×深さ 40 mm, ポリエチレンテフタレート製) に GA₃ を 100 ppm 含む水溶液 (0.00029 M) 50 ml を注入し, 暗条件下で乾燥種子 1 g を浸漬して試験を開始した。処理温度は 5℃とし, 水溶液は毎日交換した。

GA₃ 処理終了後, 蓋付き丸カップ内の種子を純水 50 ml で 3 回水洗した。新しい蓋付き丸カップの底にろ紙 (直径 90 mm, 定性濾紙 No. 2, ADVANTEC) を敷き, 純水 10 ml で湿らせた後, 種子が重ならないように広げ, 低温処理を暗条件下で開始した。低温処理温度は 5℃に設定した。

それぞれの処理終了時点で, 速やかに, シャーレ (直径 90 mm×高さ 15 mm, ポリスチレン製, アズワン (株)) に純水で湿らせたろ紙を敷き, 種子を 50 粒ずつ置床した後, 所定の置床温度に設定した暗黒の小型低温恒温器 (SLC-25A, 三菱電機エンジニアリング (株)) 内に静置した。

種子から発根した幼根が 2 mm 以上になった状態を発芽^{7,8)}と定義し, 調査は恒温器内に静置してから 40 日間, 種子の発芽率について実施した。最終発芽率 (置床 40 日後) の 50 % に達した日数を発芽勢 (G50) とした。なお, 最終発芽率 0 % の処理区の発芽勢については, 40 日間発芽がないため, 発芽勢 40 日として扱った。

結 果

GA₃ 処理期間, 置床温度, 低温処理の関係について, 30 処理区の発芽率を Fig. 2 に示した。GA₃ 処理期間と最終発芽率との関係をみると, GA₃ の処理期間が長いほど最終発芽率は高まった。

低温処理無しでの置床温度と発芽率との関係をみると, 最終発芽率は, GA₃ 処理 0 日, 1 日および 3 日では, いずれも低く判然としなかった。5 日では置床温度 15℃, 20℃が 10℃よりも高いものの, 40 % 程度と低かった。10 日では 15℃が 10℃, 20℃よりも高く, 80 % 程度であった。

最終発芽率を低温処理の有無でみると, GA₃ 処理と低温処理の組合せは発芽率が高まる傾向を示した。低温処理有りでの最終発芽率は, GA₃ 処理 0 日, 1 日では置床温度 10℃でわずかに向上した。GA₃ 処理 3 日と 5 日では, 置床温度 10℃, 15℃ともに低温処理との組み合わせにより発芽率が高まった。GA₃ 処理 10 日では置床温度 15℃では影響は認められなかったが, 10℃, 20℃では低温処理との組み合わせにより発芽率がそれぞれ 20, 10 ポイント程度向上した。

GA₃ 処理期間, 低温処理, 置床温度の要因解析について, 最終発芽率と発芽勢を Table 1 に示した。発芽勢は, GA₃ 処理 1 日, 3 日, 5 日, 10 日が 0 日より短く, 低温処理有りが処理無しより短く, 置床温度 20℃が 10℃, 15℃より短かつ

た。GA₃ 処理期間, 低温処理の有意性は, 最終発芽率と発芽勢のいずれも検出された。置床温度の有意性は, 最終発芽率でのみ検出された。交互作用をみると, 最終発芽率は, 置床温度と GA₃ 処理期間または低温処理との組合せで検出されたのに対し, 発芽勢は GA₃ 処理期間と低温処理または置床温度との組合せで検出された。

考 察

本試験は, ワサビの乾燥種子に対し, 10 月播種における GA₃ 処理と低温処理の組合せをみたものであり, 本論文における処理の有効性は, 既報⁵⁾と同様, 発芽率 75 % 以上とした。

まず, GA₃ の処理効果についてみると, 低温処理無しでは, 5 日間処理まではいずれの置床温度においても 40 % 以下であり, 10 日間処理の 15℃置床でのみ実用レベルの 78.0 % となった (Table 1, Fig. 2)。既報⁵⁾では, GA₃ 3 日間処理後の低温処理無しでは 70 % 以上の発芽率であり, 本試験の発芽率とは大きく異なっている。既報で供試した種子は, 本試験とはほぼ同様の手法で採種し, 調製している。本試験と既報の相違点として, 本試験が当年採りの種子の 10 月播種であるのに対し, 既報⁵⁾は年明けの 2 月播種であり, 種子の乾燥から試験開始までの期間が 4 か月長い。一般的に, 種子は休眠により, 採種から一定期間は発芽しにくい状態となるが, 徳増ら⁹⁾はアブラナ科作物種子が保存中に徐々に休眠覚醒し, 発芽率が上昇することを報告している。このことから, 本試験では, 種子の乾燥から試験開始までの期間が既報より短いために, 種子の休眠がやや深かった可能性がある。

ワサビ種子は乾燥により休眠に入り発芽率が低下する¹⁰⁾と言われている。中野ら¹¹⁾は, 流水中に浸漬した長角果の種子の発芽率が高いことを示し, その種子の含水率は 63 % であり休眠に入っていなかったのだらうと考察している。また, 中野らは, 急激な乾燥をさせ, 一定湿度のデシケータ内で 10℃貯蔵すれば, 492 日後の種子においても, GA₃ 5 日間処理後 15℃条件下での発芽率が高いことを示している。

これに対し, 著者らは種子の長期保存の観点から, 既報⁵⁾および本試験では, 種子を 15℃で風乾させた後, 試験開始まで 0℃で保存している。中野ら¹¹⁾の試験では種子はデシケータ内で乾燥後も 10℃で維持され, 本試験とは休眠の程度が異なっていたために, 著者らの結果とは異なった可能性がある。

次に GA₃ 処理後の低温処理の効果についてみると, 発芽適温の 15℃置床では, GA₃ 処理を行った区において発芽率は高まった (Table 1, Fig. 2)。10℃での発芽率も同様に高まる傾向を示し, 20℃では GA₃ 10 日間処理と低温処理 10 日

Fig. 2 Germination percentage of wasabi seeds after GA₃ treatment and prechilling.

(A, F), (B, G), (C, H), (D, I), and (E, J) show germination percentage of wasabi seeds treated for 0 (untreated area), 1, 3, 5, and 10 days by gibberellins, respectively.

(A, B, C, D, and E) and (F, G, H, I, and J) show germination percentage of wasabi seeds prechilled for 0 (untreated area) and 10 days, respectively.

間の組合せで、発芽率は最大となった。

低温処理無しでの発芽率は、GA₃ 0, 1 および 3 日間処理ではいずれの置床温度も著しく低かったが、5 日間処理、10 日間処理では発芽率は向上するものの 10℃置床が最も低い。しかし、10℃置床の低温処理有りの発芽率は、低温処理無しに比べ、いずれの処理日数においても高まる傾向を示

し、特に、GA₃ 3, 5 日間処理の最終発芽率は発芽適温の 15℃置床に近づいている。

達山ら¹²⁾は、5℃の低温処理がワサビ種子の休眠打破に有効であることを報告している。本試験においても、事前に実施する GA₃ 処理期間が長いほど、5℃低温処理の休眠覚醒効果がより明確に現れるものと考えられる。また、筆者らは既

Table 1 Effects of GA₃ treatment, prechilling, and germination temperature on wasabi seed germination rate.

GA ₃ 100 ppm 5 °C (days)	Prechilling at 5 °C (days)	Germinating temperature (°C)	Final germination percentage (%)	G50 (days)
0	0	10	0	40.0
		15	0	40.0
		20	0	40.0
1	10	10	6.7	20.0
		15	0.7	30.0
		20	0.7	30.0
	0	10	5.3	21.7
		15	3.3	12.5
		20	2.7	12.5
3	10	10	17.3	23.3
		15	4.0	10.0
		20	3.3	6.7
	0	10	10.0	10.0
		15	14.7	11.7
		20	10.0	8.3
5	10	10	22.7	16.7
		15	24.0	13.3
		20	14.0	8.3
	0	10	20.0	13.3
		15	36.0	11.7
		20	35.3	11.7
10	10	10	48.7	13.3
		15	55.3	15.0
		20	28.0	10.0
	0	10	43.3	13.3
		15	78.0	11.7
		20	57.3	10.0
	10	10	63.3	10.0
		15	78.0	11.7
		20	69.3	10.0
Average	GA ₃ 100ppm 5 °C(days)	0	1.3	33.3
		1	6.0	14.4
		3	15.9	11.4
		5	37.2	12.5
		10	64.9	11.1
	Prechilling at 5 °C(days)	0	21.1	17.9
		10	29.1	15.2
	Germinating temperature(°C)	10	23.7	18.2
		15	29.4	16.8
		20	22.1	14.8
ANOVA ^z	GA ₃ 100ppm 5 °C (G)		**	**
	Prechilling at 5 °C (P)		**	*
	Germinating temperature (T)		**	n.s.
	G×P		n.s.	**
	G×T		**	*
	P×T		**	n.s.
	G×P×T		*	n.s.

^z Three-way analysis of variance with replication was conducted to determine the effect of GA₃ treatment, prechilling, and germinating temperature. * and ** indicate significant differences at P < 0.05 and P < 0.01, respectively, n.s. indicate nonsignificant.

報⁵⁾において、3日間の GA₃ 処理では 10℃置床で高い発芽率が得られたことを報告しており、これらのことから、置床温度 10℃は、発芽可能な温度であるとともに、種子の休眠覚醒に影響する温度の可能性がある。

GA₃ 10日間処理と低温処理の組合せにより、発芽適温の 15℃最終発芽率が 78.0%に対し、10℃ 63.3%, 20℃ 69.3%と向上し、いずれの温度でも実用レベルに近い発芽率が得られた (Table 1, Fig. 2)。

徳間ら^{13, 14)}は、アブラナ属作物の種子の発芽温度域が、休眠覚醒とともに 15℃以上の温度域にまで広がり、最適発芽温度が 15℃以下から 25～35℃になることを報告している。筆者らは既報⁵⁾において、ワサビ乾燥種子に対する 3日間の GA₃ 処理と 15日間の 5℃低温処理により、20℃置床でほぼ実用レベルに近い 70%の発芽率が得られることを報告している。ワサビ種子の発芽において、GA₃ 処理および 5℃低温処理のいずれも休眠打破のための処理とされる^{4, 12)}が、これらの知見から、本試験においても GA₃ 処理と 5℃低温処理が種子の休眠覚醒に影響を及ぼし、発芽温度域が広がったために、10℃、20℃での発芽率が向上したものと考えられる。本試験では、既報⁵⁾とは播種時期の違いにより種子の休眠状態が異なることが考えられることから、今後、採種から経時的に種子発芽の状況を調査する必要がある。

以上の結果から、ワサビの乾燥種子では、播種前の GA₃ 処理期間を延長することにより発芽が安定し、10日間の低温処理の追加により、これまで発芽が不安定であった温度帯で実用レベルの発芽率が得られ、初秋から晩冬の発芽が安定し、10月播種においても計画的な育苗体系を構築できる可能性が高いと考えられる。

摘 要

置床前の GA₃ 処理期間と低温処理および置床後の温度が、ワサビ (*Wasabia japonica* (Miq.) Matsum.) 乾燥種子の 10月播種における発芽に及ぼす影響について検討した。播種前の GA₃ 処理期間は 10日間まで長くなるほど、発芽率は著しく改善された。発芽温度に関しては、10℃と 20℃の発芽率より 15℃の発芽率が高かった。10日間 GA₃ 処理した種子に 5℃ 10日間の湿潤低温処理を行うことにより、10℃と 20℃の発芽率はそれぞれ 63%, 69%に改善され、15℃の発芽率とはほぼ同じであった。GA₃ 処理後に低温処理を行った種子の発芽率は広範囲の温度域で高いことから、発芽が不安定な 10月播種においても計画的な育苗体系が構築できる可能性が示された。

謝 辞

本研究成果は、農林水産省革新的技術開発・緊急展開事業「和食ブームを支えるワサビの施設化による超促成・高付加価値生産技術の実証」課題 ID 番号 16807949 によるものである。

引用文献

- 1) 足立昭三. ワサビ栽培. 秀潤社, 東京. 21-25, 105-109. 1987.
- 2) 馬場富二夫, 久松奨, 稲葉善太郎. 開花からの温度条件がワサビ胚の成熟に及ぼす影響. 園芸学研究. 17(別 2): 488. 2018.
- 3) 中村俊一郎. ワサビ種子の発芽に関する研究. 園芸学会雑誌. 59: 573-577. 1990.
- 4) 大井美知男, 木村彰宏. 休眠打破処理したワサビ種子の異なる温度条件下での発芽. 信州大学農学部紀要. 31: 63-66. 1994.
- 5) 久松奨, 馬場富二夫, 西島卓也, 浜部直哉, 勝岡弘幸, 稲葉善太郎. ワサビ種子繁殖性品種における置床前の低温処理が乾燥種子の発芽に及ぼす影響. 植物環境工学. 30: 231-236. 2018.
- 6) 伊奈健宏, 杉山泰昭, 馬場富二夫. 伊づま. 品種登録 26271. 2017.
- 7) 大阪府立大学農学部園芸学教室編. 園芸学実験・実習. 養賢堂, 東京. 106. 1986.
- 8) 張茵, 橋永文男. 野菜種子の発芽および初期生長に対する高圧電場処理の影響. 園芸学会雑誌. 66: 347-352. 1997.
- 9) 徳増智, 柿原文香, 加藤正弘. アブラナ科作物種子の乾燥貯蔵及び莢中保存による休眠の変化. 園芸学会雑誌. 50: 208-214. 1981.
- 10) 横木国臣, 上野良一. ワサビ. 農山漁村文化協会, 東京. 65-70. 1983.
- 11) 中野敬之, 太田光輝, 本間義之, 戸田幹彦. ワサビ種子の登熟特性と乾燥種子の保存. 静岡県農業試験場研究報告. 35: 1-8. 1990.
- 12) 達山和紀, 江川宏, 山本広基, 久保田博之, 古庄伸平. ワサビ種子の休眠打破と施設による育苗. 農村開発. 12: 15-19. 1983.
- 13) 徳間智, 亀井聡, 加藤正弘. アブラナ属作物種子の発芽率に及ぼす貯蔵湿度と発芽温度との関係. 育種学雑誌. 31: 109-120. 1981.
- 14) 徳間智, 金田泉, 加藤正弘. アブラナ属作物種子の発芽に対する温度の影響. 園芸学会雑誌. 54: 364-370. 1985.