

ISSN 0388-7650

BULLETIN

OF

AOMORI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

AGRE CULTURAL RESERCH INSTITUTE

No.44

June 2024

青森県産業技術センター
農林総合研究所
研究報告
第 44 号

令和 6 年 6 月

AOMORI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

AGRE CULTURAL RESERCH INSTITUTE

KUROISHI, AOMORI, JAPAN

青森県産業技術センター農林総合研究所

青森県黒石市

青森農総研研報 Bull. Agric. Res. Inst. No.44, p.1-21, June 2024

青森県産業技術センター農林総合研究所研究報告

第 44 号

(令和 6 年 6 月)

目 次

青森県における高密度播種苗を用いた水稲疎植栽培の収益性・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

木村 利行

小麦‘ネバリゴシ’の休眠打破法の改良・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12

西澤 登志樹

BULLETIN OF

AOMORI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

AGRE CULTURAL RESERCH INSTITUTE

No.44

(June 2024)

CONTENTS

Profitability of Sparsely Planted Paddy Rice Using Dense Seedlings in Aomori Prefecture · · 1

Toshiyuki KIMURA

Improvement of Dormancy-Breaking Treatments for Nebarigoshi Wheat · · · · · 12

Toshiki NISHIZAWA

青森県における高密度播種苗を用いた 水稻疎植栽培の収益性

木村 利行

Profitability of Sparsely Planted Paddy Rice Using Dense Seedlings in Aomori Prefecture

Toshiyuki KIMURA

要 約

高密度播種苗栽培は、箱当たり播種量を 250 ~ 300g として育苗した稚苗を、田植機で小さく掻き取って移植する省力技術である。本報では、高密度播種苗を疎植栽培したときの作業性、経費の削減効果、収量性について検討した。試験は、青森県黒石市で 2017 ~ 2020 年の 4 か年実施した。供試品種は「まっしぐら」とし、中苗の坪当たり 70 株植えの対照区と高密度播種苗の坪当たり 70 株植え（高密 70 区）、同 50 株植え（高密 50 区）、同 37 株植え（高密 37 区）の 4 水準を設けた。その結果、疎植条件ほど育苗経費は削減されたが、収入は減少した。収益性は高密 70 区が最も高かったが、高密 50 区および高密 37 区であっても対照区を上回ったことから、省力性を優先する場合には、高密度播種苗による疎植栽培は稲作の大規模経営や労働力不足に対応した実用技術になり得ると考えられた。

また、栽培上の留意点として、1) 高密度播種苗は中苗よりも草丈が短いため、移植直後の冠水で生育不良を生じさせないように生育初期は浅水で管理すること、2) 苗の充実が劣るため、除草剤の薬害を受ける恐れがあることから、薬剤の選択に留意すること、3) 中苗栽培よりも出穂期が遅くなるため、適期に移植することなどが考えられた。

キーワード

イネ、疎植、栽植密度、高密度播種苗、まっしぐら、収益性

I. はじめに

近年の青森県における農業経営体の変化をみると、2020年は2015年と比較して農業経営体数が約19%減少する一方で、経営体当たりの経営耕地面積が拡大している³⁾。特に20ha以上の大規模経営体が増加しており、地域の担い手となる農業経営体に農地が集積していく中、生産現場からは労働力不足や経営規模の拡大に対応しうる省力技術の開発と導入が求められている。

稲作の省力技術については、直播栽培、疎植栽培、高密度播種苗栽培などが挙げられる。

ビニルハウスなどで育苗した苗を田植えする移植栽培に対して、直播栽培では乾田や代かき後の水田に直接、種子を播種する。移植栽培における10a当たりの育苗作業（床土準備、苗箱への播種、ハウス管理）に要する労働時間は12.1時間であり、栽培管理全体の約4割を占める⁴⁾ことから、育苗作業を省略する直播栽培では大幅な省力化が可能になる。しかし、直播栽培は移植栽培と作業体系が大きく異なることから、その技術導入には播種機の購入や除草管理などの技術習得が必要となる²⁶⁾。加えて、直播栽培は移植栽培に比べ出穂期が遅くなる⁶⁾ため、登熟気温の確保の面から栽培適地が青森県の温暖な地域に限定される^{9), 10)}。大規模経営体が積極的に直播栽培を導入している事例はみられるが、2023年における青森県の直播栽培面積は約1,900ha（青森県庁農産園芸課調べ）で、水稻作付面積全体に対する普及割合は4%程度である。

一方、疎植栽培と高密度播種苗栽培は、移植栽培における省力技術である。疎植栽培は、株間を広げることで栽植密度を地域の慣行より少なくし、単位面積当たりの使用苗箱数を削減する。栽植密度を坪当たり70株から半分の37株とした疎植栽培では、育苗に要する作業時間が慣行栽培より42%、資材費と労働費の合計額が53%削減される²³⁾。疎植栽培を導入するメリットは、既存の作業機が利用可能なこと、直播栽培に比べて熟期の遅延による影響が小さく、特別な技術習得を要しないこと、育苗ハウ

スを増設することなく作付面積を拡大できることが挙げられる。なお、青森県では慣行の栽植株数（坪当たり70株程度）に対して、坪当たり50株植えや同37株植えを疎植栽培としている⁵⁾。

栽植密度と収量の関係については、広範囲の栽植密度で収量が同等となることが報告されている²⁴⁾が、安定的に収量を確保しうる栽植密度は地域の気象条件によって異なり、寒地における水稻の不作は初期の生育不良により特徴付けられ、暖地における不作は後期の生育不良によって示し得るため、水稻の栽植密度は寒地ほど高い傾向にある⁸⁾。疎植水稻は、積極的な分けつ発生と成長を促すことで株当たり穂数や一穂粒数を増大し、面積当たり粒数を補償することで多収性を示す⁷⁾が、一定の収量が補償される栽植密度は地域の気象条件により異なり、寒冷地である青森県ではその水準が高いことが考えられる。

また、高密度播種苗栽培は、育苗箱当たりの乾粒播種量を250～300gと慣行の播種量である100gよりも極端に多くして育苗した稚苗を田植機で小さく掻き取って移植する省力技術であり、使用苗箱数の大幅な削減が可能で、従来の中苗栽培の半分以下にすることができる²³⁾。青森県における高密度播種苗栽培の作付面積は、2016年には試作圃が散見される程度であったが、2023年には約7,300haまで増加している（青森県庁農産園芸課調べ）。青森県では1984～1990年に箱当たり乾粒播種量を250g程度、育苗期間を10日程度とした「短期稚苗」による省力技術が検討されたが広域的な普及には至らず、その問題点として初期生育の確保や出穂遅延が指摘されていた。高密度播種苗栽培においても同様の問題点が生じる可能性が想定されたが、青森県における稲作期間の平均気温は、近年上昇傾向¹²⁾にあり、温暖化した気象条件下では慣行栽植条件の場合、高密度播種苗栽培の収量と品質は慣行栽培と同等であり、県内広範囲での普及が見込まれることをこれまで報告した¹⁴⁾。

本報では、高密度播種苗を用いて疎植栽培したときの作業時間と経費の削減効果、収量性を検討し、

青森県における高密度播種苗に疎植栽培を組み合わせたときの有効性と普及性について議論する。

II. 試験方法

1. 高密度播種苗による疎植栽培の作業性

試験は、2017年に青森県産業技術センター農林総合研究所内圃場および育苗施設（以下、農総研内とする）で実施した。供試品種は、「まっしぐら」とした。箱当たり播種量は、高密度播種苗栽培（以下、高密区）では300g、慣行の中苗栽培（以下、対照区）では100gとした。播種時には、施肥として水稻育苗肥料をN-P-Kで箱当たり各2.5 gずつ、殺菌剤及び生育調節剤としてヒドロキシイソキサゾール・メタラキシルM液剤を箱当たり1mL、殺菌剤としてTPN水和剤を箱当たり1mL灌注処理した。播種後は、大型育苗施設内に平置きしてシルバーポリトウ（#90）で出芽揃期まで被覆した。その他の育苗管理は、当研究所の慣行に準じた。高密区の播種日は5月8日（育苗日数18日）、対照区は4月21日（同35日）とし、移植日はいずれも5月26日とした。移植作業は、高密度播種苗に対応した乗用田植機（YR8D、ヤンマーアグリジャパン株式会社）で行った。栽植密度は、高密区では坪当たり70株、50株、37株（以下、高密70区などとする）の3水準とし、対照区では坪当たり70株のみとした。概ね30a区画（95m×30m）の圃場を各区1面ずつ使用し、移植作業は短辺畦畔のスロープで田植機を旋回させて行った。移植苗の補給作業はオペレーター1人と補助員2名で行った。雑草防除として、移植5日後にベンゾビシクロン・フェントラザミド・メタゾスルフロン水和剤を散布した。水管理は、研究所内の慣行に準じた。

調査項目は、苗調査、作業時間、使用苗箱数、移植前後の欠株率、移植後の枯死苗率とした。苗調査は、密苗区と中苗区から無作為に抽出した50個体程度の平均値とし、草丈、葉齢、風乾重を測定した。欠株率は、移植直後と6月30日に調査し、各区とも約100m²（3.6m×30m）の1区画を対象にした。移植後の枯死苗率は、5月26日に株当たり植え付け

本数を4本に調整した全20株に対する6月14日現在の主茎数で算出した。

2. 高密度播種苗による疎植栽培の生育と収量

試験は、2018～2020年に農総研内で実施した。供試品種は、「まっしぐら」とした。高密区の播種量は300gとし、対照区は130gとした。各年次ともに移植日を5月上旬、5月中旬、5月下旬（以下、5上区などとする）の3作期を設けて、移植日から逆算して播種日を設定した（表1）。播種、育苗、移植作業は2017年試験と同様に行った。試験区として高密70区、高密50区、高密37区、対照区を設けた。本田における施肥は、穂肥1回体系とし、基肥として高度化成肥料でN-P-K=0.5-1.0-1.0 kg/a、幼穂形成期の追肥として硫安でN=0.2 kg/aを施用した。雑草防除として、2018年はピラクロニル・ピラゾレート・ベンゾピシロン水和剤、2019年の5上、5中区はブタクロール・ベンゾピシクロン・ベンゾフェナップ粒剤、同年5下区はピラクロニル・プロピリスルフロン・ブロモブチド水和剤、2020年はトリアファモン・フェンキノトリオン剤を移植5～10日後に散布した。水管理および病虫害防除は、研究所内の慣行に準じた。

調査項目は、苗調査、生育調査、収量調査、玄米品質調査とした。苗調査は、試験1に準じた。生育調査は、連続する20株の草丈、茎数、葉色値（SPAD-502、コニカミノルタ株式会社）を幼穂形成期に測定した。収量調査における収穫は成熟期に行い、約1坪の稲株を4条で株間方向に連続して刈り取った後、天日で自然乾燥した。調査は、刈り取った全穂数を計数してから脱穀し、全籾を回収して計量した直後に十分に攪拌してから800gを取り出し、その籾数、玄米数、玄米重、千粒重を計測した。このとき、玄米は1.9 mmの篩いで選別し、収量、千粒重は水分含量を15%に換算し、単位面積当たりの収量、穂数、籾数と一穂籾数、登熟歩合、千粒重は上記の調査結果から算出した。玄米品質は、品質判別器（RGQI20、株式会社サタケ）を用いて、精玄米で千粒を調査した。等級検査は、日本穀物検定協会東北支部青森出張所に依頼し、精玄米を1等

上から3等下まで9段階で格付けした。統計解析にはエクセル統計(株式会社社会情報サービス)を用いた。

3. 高密度播種苗による疎植栽培の収益性

収益性は、高密70, 50, 37区および対照区の各栽植条件における育苗費と収入の試算額を基に評価した。10a当たりの育苗費は、「主要作目の技術・経営指標」⁴⁾から算出した箱当たりの育苗費と2017～2019年試験による各栽植条件の10a当たり使用苗箱

数の積とした。なお、育苗費は農薬(イプロナゾール・銅水和剤, ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシルM液剤), 肥料(育苗箱専用5-8-5), 資材(育苗箱, シルバーポリトウ), 育苗山土, 労働費(1箱当たりの労働時間0.34時間×労働単価800円/時間(2020年黒石市農業委員会:農作業標準賃金)の積)を計上した。収入は「2. 高密度播種苗による疎植栽培の生育と収量」における各栽植条件の10a当たり収量と「主要作目の技術・経営指標」の販売単価(195.5円)の積とした。

表1 各試験年次の播種日および移植日, 育苗日数(2018～2020年)

年次	区名	5上区			5中区			5下区		
		播種日	移植日	育苗日数	播種日	移植日	育苗日数	播種日	移植日	育苗日数
2018年	高密区	4月6日	5月10日	34	4月16日	5月21日	35	5月1日	5月31日	30
	対照区	4月20日	〃	20	5月1日	〃	20	5月11日	〃	20
2019年	高密区	4月4日	5月10日	36	4月15日	5月21日	36	4月26日	5月31日	35
	対照区	4月15日	〃	25	5月2日	〃	19	5月8日	〃	23
2020年	高密区	4月6日	5月11日	35	4月15日	5月21日	36	4月28日	6月1日	34
	対照区	4月20日	〃	21	5月1日	〃	20	5月11日	〃	21

表2 各試験年次の気象条件(2017～2020年)

月	旬	平均気温(°C)					日照時間(hr)				
		2017年	2018年	2019年	2020年	平年	2017年	2018年	2019年	2020年	平年
4	上	7.9	5.0	4.1	6.4	6.1	80	36	58	45	57
	中	8.9	8.5	9.5	6.9	8.2	44	58	93	58	60
	下	10.2	13.2	10.2	8.1	10.5	69	73	56	36	61
5	上	13.0	11.5	13.4	14.6	12.4	92	54	87	52	62
	中	14.5	14.5	15.6	13.7	13.8	61	49	116	44	61
	下	17.8	16.1	19.4	14.8	15.6	76	93	89	89	76
6	上	15.2	18.3	18.5	19.4	16.8	33	85	86	101	67
	中	16.4	15.0	16.9	19.9	17.7	80	37	70	70	57
	下	18.6	20.7	18.4	18.9	19.2	90	46	47	51	56
7	上	22.7	20.3	19.1	21.0	20.4	74	22	83	43	49
	中	24.7	23.3	20.9	20.1	21.4	77	46	74	59	50
	下	23.0	24.8	25.3	22.0	23.3	59	102	54	47	61
8	上	21.8	21.7	26.0	24.7	23.7	77	65	92	34	61
	中	20.7	21.2	24.6	25.5	23.1	41	54	76	67	60
	下	21.5	23.4	21.9	23.7	22.3	49	42	60	77	62
9	上	19.0	21.2	23.2	24.8	21.3	74	40	68	83	56
	中	18.5	18.3	18.9	20.2	19.2	47	86	62	36	52
	下	16.0	16.7	17.8	16.4	16.7	65	31	65	57	52

注) アメダス黒石の観測値で, 平年値の統計期間は1991～2020年。

Ⅲ. 試験結果及び考察

1. 各試験年次の気象条件

表2に各試験年次の旬別日平均気温と積算日照時間を示す。2017年は、6月上旬が低温・少照で経過したほか、降水量が43mmと平年の17mmより多かった(データ略)。2018年の分けつ期(6月上旬～7月上旬)は、全般に平年より日照時間の少ない期間が多く、登熟期(8月上旬～9月下旬)は、低温・少照の期間が多かった。2019年は、5月下旬～6月上旬が高温・多照、6月下旬が低温・少照で、登熟期は概ね高温・多照傾向であった。2020年は分けつ始期～盛期となる6月上～中旬が高温・多照で、登熟期は概ね高温傾向であった。

2. 高密度播種苗による疎植栽培の作業性

育苗箱のマット形成は高密度区、対照区ともに良好で、田植え時の苗継ぎ作業には支障がなかった。株当たり植え付け苗数は、高密度区が3.9本、対照区が2.8本であった(データ略)。対照区は、田植機の苗の掻き取り面積を最大に設定したが目標本数(株当たり4本)に達せず、10a当たり使用育苗箱数が20.8箱と想定30箱程度より少なくなった(表3)。10a当たり使用育苗箱数は、高密度70区が10.2箱、高密度50区が7.9箱、高密度37区が4.1箱と、高密度区では対照区の半分以下に削減された。それに伴って、高密度区では田植え作業時における苗の補給回数も少なくなり、10aあたりの移植作業時間は4～5分程度短縮された(対照比73～79%)。なお、高密度37区については、30a規模の圃場では育苗の補給作業を要し

なかったものの、田植機の仕様により坪当たり37株植えでは移植精度を維持するため作業最高速度が低速に制限された。

移植苗の生育は、高密度区では草丈が17.1cm、葉齢が2.0葉、対照区では草丈が20.2cm、葉齢が3.1葉で両区とも徒長気味の苗質であった(データ略)。作業直後の欠株率は、対照区に比べて高密度区で低く(表4)、供試田植機により高密度播種苗を高精度に移植することが可能であった。一方、高密度区では枯死苗の発生割合が多く、移植後に生じた欠株は対照区に比べて多かった。本試験では、移植苗が徒長気味であったこと、移植後が低温・少照であったことに加えて、除草剤散布翌日に多量の降雨があり、約1週間ほどを深水条件で管理せざるを得なかったことが影響したと考えられる。稚苗の初期生育は浅水条件で促進され、冠水するような深水条件では劣ることが報告されている。高密度播種苗は、中苗よりも草丈が短く、移植直後の深水条件で冠水しやすいことから、初期生育を確保するためには圃場の均平にも留意した浅水管理が重要と考えられる。

表3 使用育苗箱数と移植作業時間(2017年)

区名	10a当たり 使用育苗箱数 (枚/10a)	苗の 補給回数 (回)	移 植 作業時間 (分/10a)
高密度70	10.2	2	15.5
高密度50	7.9	1	14.6
高密度37	4.1	0	15.8
対照	20.8	5	20.1

表4 枯死苗率と欠株率(2017年)

調査項目	調査日	高密度70	高密度50	高密度37	対照
苗数	5月26日	4.0本	4.0本	4.0本	4.0本
	6月14日	3.4本	3.5本	3.4本	3.9本
	枯死苗率	15%	13%	15%	3%
欠株率	5月28日(A)	2%	2%	2%	4%
	6月30日(B)	8%	8%	10%	7%
	欠株率の差(B-A)	6%	6%	8%	3%

注) 枯死苗率 = $100 - (6月14日の苗数 \div 5月26日の植付苗数) \times 100$

3. 高密度播種苗による疎植栽培の収量性

高密度区における移植苗の生育は、草丈が 10.9 ~ 15.8cm の範囲で対照区よりも短い傾向で、葉齢が 2.0 ~ 2.2 葉で対照区より 0.8 葉少なく、充実度が 0.55 ~ 0.92 で対照区より劣る傾向であった (表 5)。3 か年・3 作期の 9 事例で圃場試験を実施した結果、2019 年 5 中区では除草剤による強い葉害症状がみられ、対照区に比べて高密度区で欠株と生育抑制の発生が多く (写真 1)、幼穂形成期の株当たり茎数のバラツキも大きくなり¹³⁾、収量は対照比 89 ~ 94 % となった。なお、葉害の発生要因については、移植後の高温・多照条件によるブタクロール剤の影響と推察する¹⁸⁾。除草剤を使用する際には苗素質に適応した剤の選択が肝要である²⁶⁾ことが指摘されている。高密度播種苗栽培では、移植苗の充実度が劣る (表 5) ことから、湛水直播栽培における播種時処理の登録がある除草剤を使用するなど、水稻への安全性が高い除草剤を選択する必要があると考えられる。

次に、葉害の影響を受けた 2019 年 5 中区を除い

た 8 事例について、作期毎に栽植条件の違いが生育および収量、玄米品質に及ぼす影響を考察する (表 6)。幼穂形成期の m² 当たり茎数は高密度 70 区、対照区、高密度 50 区、高密度 37 区の順に多い傾向であり、高密度 37 区では高密度 70 区、対照区よりも m² 当たり茎数が有意に少なかった。SPAD 値は高密度 37 区、対照区、高密度 50 区、高密度 70 区の順に高い傾向であり、高密度 37 区は高密度 70 区より 2.3 ~ 3.2 ポイント高かった。高密度播種苗は中苗よりも移植時の葉数が少ない苗質になることで、高密度 70 区の出穂期は対照区より 2 日遅くなった。また、高密度 70 区の出穂期に比べて高密度 50 区では同日 ~ 1 日、高密度 37 区では 1 ~ 2 日程度遅い傾向であった。m² 当たり穂数は、高密度区では疎植化するほど少なくなる一方、補償作用として一穂粒数が増加する傾向であり、m² 当たり粒数には栽植間による有意差は認められなかった。登熟歩合は、5 下区において高密度 37 区が高密度 70 区および対照区より低かった。また、千粒重は、5 中区において、高密度 37 区が高密度 70 区および対照区より軽かった。

表 5 移植苗の生育 (2018 ~ 2020 年)

作期	年次	草丈 (cm)		葉齢 (葉)		充実度 (mg/cm)	
		高密度区	対照区	高密度区	対照区	高密度区	対照区
5上	2018年	13.7	16.0	2.1	3.1	0.64	1.26
	2019年	10.9	13.9	2.2	2.9	0.92	1.20
	2020年	14.7	13.3	2.1	2.7	0.75	1.21
	平均	13.1	14.4	2.1	2.9	0.77	1.22
			ns		*		*
5中	2018年	13.1	19.8	2.0	2.9	0.67	1.05
	2019年	14.3	18.7	2.1	3.1	0.81	1.09
	2020年	12.4	20.9	2.0	2.7	0.75	1.18
	平均	13.3	19.8	2.0	2.9	0.74	1.11
			*		*		*
5下	2018年	14.5	20.3	2.0	2.6	0.55	1.23
	2019年	15.8	19.3	2.2	3.1	0.71	1.02
	2020年	14.0	19.5	2.0	3.0	0.72	1.14
	平均	14.8	19.7	2.1	2.9	0.66	1.13
			*		*		ns

注) * は対応のある t 検定により 5 % 水準で有意であることを示し、ns は有意でないことを示す。



写真 1 高密度播種苗で除草剤による葉害が生じた事例 (2019 年 5 中区)

注) 移植日: 2019 年 5 月 21 日
 撮影日: 2019 年 6 月 13 日
 薬剤散布日: 2019 年 5 月 29 日
 薬剤名: ブタクロール・ベンゾピシクロン・ベンゾフェナップ粒剤

表 6 各栽植条件の生育, 収量, 玄米外観品質 (2018 ~ 2020 年)

作期	処理	幼穂形成期の生育量			出穂期 月/日	収量 kg/a	収量構成要素					玄米品質		
		草丈	茎数	SPAD			穂数	一穂 穂数	粒数	登熟 歩合	千粒重	整粒 歩合	検査 等級	
		cm	本/m ²				本/m ²	粒	100粒/m ²	%	g	%	1-9	
5上	年次	2018年	67 ^a	514 ^b	38.9 ^a	8/2 ^b	62.6 ^b	425 ^b	77	328 ^b	83 ^b	22.9 ^a	88.1 ^a	1.8 ^b
		2019年	58 ^b	422 ^c	35.1 ^b	8/1 ^a	68.4 ^a	470 ^a	75	353 ^a	87 ^a	22.4 ^b	87.7 ^b	1.3 ^a
		2020年	59 ^b	582 ^a	40.1 ^a	8/3 ^c	71.1 ^a	490 ^a	77	378 ^a	82 ^b	23.0 ^a	85.1 ^b	3.0 ^b
	栽植	高密70	62	576 ^a	36.9 ^b	8/2 ^b	67.9	495 ^a	72 ^b	356	84	22.9	87.3	2.2
		高密50	62	491 ^b	37.9 ^{ab}	8/2 ^{bc}	68.0	469 ^{ab}	76 ^a	358	84	22.8	86.2	2.1
		高密37	62	401 ^c	39.2 ^a	8/3 ^c	65.8	442 ^b	78 ^a	346	84	22.7	87.1	1.9
		対照	61	554 ^a	38.2 ^{ab}	7/31 ^a	67.8	441 ^b	80 ^a	353	85	22.7	87.3	2.0
	分散 分析	年次	***	***	***	***	***	**	ns	**	**	**	***	***
		栽植	ns	***	*	***	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns
		交互作用	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
5中	年次	2018年	68 ^a	438 ^b	37.3 ^b	8/7 ^b	64.4 ^b	426 ^b	80	342 ^b	82 ^a	23.2 ^a	85.7 ^a	2.0 ^a
		2020年	63 ^b	619 ^a	39.8 ^a	8/5 ^a	69.4 ^a	491 ^a	79	387 ^a	78 ^b	23.0 ^b	83.2 ^b	3.0 ^b
		栽植	高密70	65	601 ^a	36.8 ^b	8/6 ^b	67.6 ^{ab}	486 ^a	76 ^b	369	80	23.2 ^a	84.6
	高密50	66	533 ^a	38.6 ^{ab}	8/7 ^b	65.9 ^{ab}	445 ^{ab}	80 ^{ab}	357	80	23.1 ^{ab}	84.9	2.5	
	高密37	65	408 ^b	40.0 ^a	8/7 ^b	64.4 ^b	416 ^b	84 ^a	347	81	22.9 ^b	84.3	2.5	
	対照	66	572 ^a	38.9 ^{ab}	8/4 ^a	69.7 ^a	489 ^a	79 ^b	385	79	23.0 ^a	84.1	2.5	
	分散 分析	年次	**	***	***	***	***	***	ns	**	**	*	***	***
		栽植	ns	***	**	***	*	*	***	ns	ns	*	ns	ns
		交互作用	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	5下	年次	2018年	70 ^a	447 ^b	39.0 ^a	8/15 ^c	54.3 ^b	395 ^b	79 ^a	311 ^b	77 ^b	22.7 ^b	79.4 ^b
2019年			60 ^b	541 ^a	36.2 ^b	8/12 ^b	56.4 ^b	398 ^b	71 ^b	281 ^c	86 ^a	23.5 ^a	85.8 ^a	1.4 ^a
2020年			62 ^b	554 ^a	37.9 ^a	8/9 ^a	70.2 ^a	488 ^a	82 ^a	398 ^a	79 ^b	22.5 ^b	79.8 ^b	3.3 ^b
栽植		高密70	65 ^a	596 ^a	36.0 ^c	8/12 ^b	60.7	457 ^a	72 ^b	329	81 ^a	23.0	82.3	2.1
		高密50	64 ^{ab}	506 ^{ab}	37.3 ^b	8/13 ^c	59.4	415 ^{ab}	78 ^{ab}	326	80 ^{ab}	22.9	81.7	1.9
		高密37	65 ^a	420 ^b	39.0 ^a	8/14 ^d	59.4	409 ^b	82 ^a	339	78 ^b	22.7	80.8	2.6
		対照	62 ^b	534 ^a	38.5 ^{ab}	8/10 ^a	61.7	426 ^{ab}	76 ^b	326	82 ^a	23.0	81.9	2.2
分散 分析		年次	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		栽植	*	***	***	***	ns	**	***	ns	*	ns	ns	ns
		交互作用	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
全区平均	高密70	64	591	36.6	8/7	65.4(99)	479	73	351	82	23.0	84.7	2.3	
	高密50	64	510	37.9	8/7	64.4(97)	443	78	347	81	22.9	84.3	2.2	
	高密37	64	410	39.4	8/8	63.2(96)	422	81	344	81	22.8	84.1	2.3	
	対照	63	553	38.5	8/4	66.4(-)	452	78	355	82	22.9	84.4	2.2	

注) 統計解析は各作期毎に行った。同一英文字間には5%水準で有意差が認められないことを示す (Tukey法, 各3反復)。

*, **, *** はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示し, nsは有意でないことを示す。

比率の検定は逆正弦変換して行った。

検査等級は, 1等上を1, 3等下を9として数値化した。

全区平均における収量の括弧内の数値は対照区に対する割合。

収量は、5 中区では対照区、高密 70 区、高密 50 区、高密 37 区の順に多い傾向であり、対照区に比べて高密 37 区が有意に少なかった。また、5 上区および 5 下区では栽植間による有意差がみられなかった。全区を平均したときの対照区に対する高密区の収量比は、高密 70 区が 99 %、高密 50 区が 97 %、高密 37 区が 96 %であった。青森県における中苗を用いた疎植栽培の収量性については、坪当たり 50 株植えでは収量の変動が小さく、慣行の 70 株植えに対する減収程度は 1 %に留まること、同 37 株植えでは分けつ期の気象条件によって収量性が変動するが、慣行に対する減収程度は 2 ~ 4 ポイント程度になることを報告している¹⁶⁾。本報では、高密度播種苗を用いた疎植栽培について検討したが、収量性は中苗と同様の傾向となった(表 7)。

分けつの発生と生長には温度環境が強く関わるということが知られており^{20), 21)}、青森県では 6 月の平均気温が 16 ~ 17 °C 以下、特に 16 °C 以下では低温少げつ型の生育相になることが報告されている¹⁹⁾。青森

県における令和 4 年産水稻の栽植株数は平均 62 株/坪であり、全国平均の 56 株/坪、東北平均の 59 株/坪に比べると高い水準にある(農作物統計)が、収量を安定するために 73 ~ 86 株/坪の密植が推奨されていた 1970 ~ 1980 年頃²⁾に比べると、年々疎植化する傾向がみられている(図 1)。また、青森県における主力品種は、当時から現在に至るまで偏穂重型品種が採用される傾向にある。以上のことから、これまで寒冷地である青森県では、一穂当たりの生産性に優れた品種を一定の密植条件にすることで m² 当たり茎数ならびに穂数、粒数を確保する栽培体系が推奨されてきたが、近年は 6 月の平均気温が上昇傾向にあり、分けつの発生と生長が促進されやすい気象条件になっているため、疎植栽培でも一定の収量を確保する年次が多くなっていると考えられる。

なお、玄米品質については、栽植間による差がみられなかった。

表 7 中苗および高密度播種苗を用いた慣行栽培(坪当たり 70 株)に対する疎植栽培の収量比等(単位: %)

苗質	坪当たり栽植株数	収量	m ² 当たり穂数	一穂粒数	m ² 当たり粒数	登熟歩合	千粒重	備考
中苗	70株	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	木村・下野(2017)を改編し、4か年・2作期の平均値を用いた。
	50株	99	93	105	98	+1.1	100	
	37株	97	86	111	96	+0.8	100	
高密度播種苗	70株	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	第6表における試験事例の平均値を用いた。
	50株	98	92	107	99	+0.1	100	
	37株	97	88	111	98	-0.5	99	

注) 各苗質の坪当たり 70 株栽培(慣行栽培)を 100 としたときの同 50, 37 株栽培の対比および対差を示した。

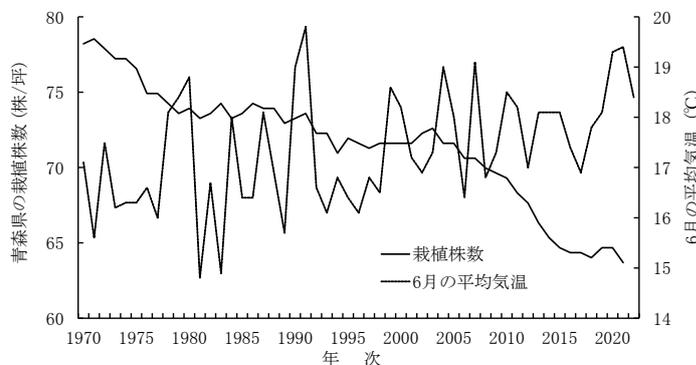


図 1 青森県における栽植株数と 6 月の平均気温 (1970 ~ 2022 年)

注) 坪当たり栽植株数は作物統計(農林水産省)の 1m² 当たり株数から算出した。
6 月の平均気温は、気象庁青森地方気象台の観測値とした。

4. 高密度播種苗による疎植栽培の有効性

10a 当たりの使用苗箱数は、対照区の 20.8 箱に比べて高密 70 区では 10.2 箱、高密 50 区では 7.6 箱、高密 37 区では 5.3 箱と大幅に削減された（表 8）。育苗費と収量についてみると、高密区の疎植条件ほど育苗費の削減効果が大きかったが、減収程度が大きくなることで収入は減少し、収益性は高密 70 区、高密 50 区、高密 37 区、対照区の順に高かった。以上のことから、収益性を優先する場合は、高密度播種苗栽培では坪当たり 70 株程度として、収量を高水準で安定させることが重要と考えられた。一方、高密 50 区および高密 37 区であっても収益性は対照区を上回る結果であったことから、省力性を優先する場合には、稲作の大規模経営や労働力不足に対応した実用技術になり得ると考えられた。特に、高密度播種苗を用いた疎植栽培では、移植作業（表 3）や苗箱の運搬に要する労働負担を軽減できるほか、受託農地などにより経営面積が拡大している大規模経営体などでは、育苗施設を増設することなく、経営面積を拡大することが可能になる。

5. 高密度播種苗栽培の普及に向けて

西北地域県民局地域農林水産部が実施した現地試験においても、高密度播種苗を用いた疎植栽培の収量性は本報と同様の傾向であり（表 9）、同技術の普及性が窺えた。ただし、高密度播種苗栽培では、中苗栽培に比べて移植時の葉齢が少なく（表 5）、出穂期が遅れる傾向があること（表 6）、育苗期間が密植条件となるため苗の老化が生じやすい¹⁷⁾こと、苗長が短く、苗の充実度が劣ることから、栽培管理の面では、適正な育苗期間の設定¹⁷⁾や生育状況に応じた追肥の実施、適期移植¹⁶⁾のほか、前述で指摘したような水管理や除草剤の選択などに留意する必要がある。また、高密度播種苗栽培に取り組んだ生産者からは、移植作業時の問題点として浮き苗の発生を指摘する声が多かった¹⁵⁾。高密度播種苗は、田植機で小さく掻き取られるため、「おもり」となる土量が少なく、田植機の移植爪による植え穴が生じると入水後の浮き苗が発生しやすくなる²³⁾。した

がって、移植時には、早く落水しすぎて田面が硬くならないよう注意するほか、事前に圃場の均平を図ることが重要となる。加えて、稲わらが急激に分解された場合には土壌が還元状態になりやすく、生成された有機酸や 2 価鉄などの有害物質の影響により水稲の生育が抑制されることがある。疎植栽培では、分けつの発生と生長を促す管理がより重要となることから、春耕による稲わらのすき込みを避けて、収穫後のなるべく早い時期の秋耕ですき込みを行い、稲わらの分解を促進させることも必要である。以上のように、高密度播種苗を用いた疎植栽培で収量を高水準で安定させるためには、生育特性を踏まえた適切な栽培管理を実践することが肝要となる。

最後に、当研究所では、「青森県高密度播種苗栽培マニュアル」を作成し、公開している。同マニュアルが青森県における高密度播種苗栽培の安定生産の一助になることを期待する。

IV. まとめ

慣行栽培（中苗による坪 70 株植え）に対する高密度播種苗栽培の収量比は、疎植条件ほど育苗費の削減効果が大きかったが、減収程度が大きくなることで収入は減少し、収益性は高密度播種苗栽培の坪当たり 70 株植え、同 50 株植え、同 37 株植え、慣行の順に高かった。高密度播種苗栽培では坪当たり 70 株程度として、収量を高水準で安定させることが収益面で有利であったが、同 50 株植え及び同 37 株植えであっても、それぞれの収益は慣行栽培よりも高く、省力栽培技術としての実用性は高いものと考えられた。

なお、深水条件や除草剤の薬害により生育不良を生じた試験事例がみられたことから、移植後の浅水管理や水稲への安全性が高い除草剤の選定などに留意する必要があると考えられた。加えて、高密度播種苗栽培の出穂期は慣行栽培より遅く、疎植化することでさらに数日程度遅くなる傾向であったことから、出穂晩限を考慮した適期移植に留意する必要があると考えられた。

表8 各栽植条件における育苗費と収入、収益

栽植条件	使用 苗箱数 箱/10a	育苗費		収量 kg/10a	収入		収益差 (A+B) 円
		円/10a	対差(A) 円		円/10a	対差(B) 円	
高密37	5.3	2,690	7,814	631	123,328	▲ 5,680	2,133
高密50	7.6	3,822	6,682	643	125,634	▲ 3,374	3,308
高密70	10.2	5,143	5,361	651	127,300	▲ 1,708	3,653
対照	20.8	10,504	-	660	129,008	-	-

表9 西北地域県民局地域農林水産部が実施した現地調査結果(2017～2018年)

坪当たり株数	収量		穂数 本/m ²	一穂粒数 粒	粒数 100粒/m ²	登熟歩合 %	千粒重 g	検査等級 等
	kg/a	対比(%)						
37株	63.4	98	371	89	330	80.9	22.7	1.4
50株	66.2	103	414	84	347	83.8	22.6	1.4
60株	64.4	100	427	78	333	82.1	22.7	1.1
70株	64.4	-	450	74	334	84.5	22.7	1.2

注) 表中は五所川原市一野坪(播種量250g/箱), つがる市柏(同240～280g/箱), 中泊町宮川(同250～270g/箱)で実施した計11事例の平均値。

引用文献

- 穴水孝道, 小野清治. 1971. 初期の水管理の稚苗稲への生育反応. 東北の農業気象 16: 47-50.
- 青森県 1980. 稲作改善指導要領(補完版): 1-169.
- 青森県企画政策部. 2022. 2020年農林業センサス農林業経営体調査青森県結果書. 1-98.
- 青森県農林水産部. 2015. 主要作目の技術・経営指標.
- 青森県産業技術センター農林総合研究所. 2014. 水稻疎植栽培マニュアル: 1-25.
- 青森県産業技術センター農林総合研究所. 2014. 水稻V溝乾田直播栽培マニュアル: 1-72.
- 橋川潮. 1984. 極端な疎植水稻にみられる多収性. 滋賀県立短期大学学術雑誌 25: 47-51.
- 石塚喜明, 田中明. 1952. 寒地と暖地の水稻栽培技術の比較. 農及園 27: 537-541.
- 木村利行. 2015. 青森県における水稻品種「まっしぐら」の乾田直播栽培適地. 東北農業研究 68: 7-8.
- 木村利行. 2016. 青森県における水稻品種「ほっかりん」の湛水直播栽培適地. 東北の農業気象 60: 1-8.
- 木村利行. 2018. 青森県津軽地域における水稻の移植栽培と直播栽培の登熟気温の経年変動. 東北の農業気象 62: 1-8.
- 木村利行. 2018. 青森県における水稻V溝乾田直播栽培での雑草防除の現状と今後の課題. 東北の雑草 17: 1-4.
- 木村利行. 2020. 青森県における水稻移植栽培の育苗法が移植後の生育に及ぼす影響. 日作東北支部報 63: 31-32.
- 木村利行. 2020. 青森県における水稻密苗移植栽培の生育, 収量および品質. 東北の農業気象 64: 1-7.
- 木村利行. 2021. 青森県における水稻密苗栽培の技術的課題の抽出. 日本作物学会東北支部報 64: 27-28.
- 木村利行, 下野裕之. 2017. 青森県における水稻疎植栽培の子実収量と玄米品質の変動要因. 日作紀 86: 329-338.
- 木村利行, 須藤弘毅. 2019. 水稻の密苗移植栽

- 培における育苗期間と初期生育の関係. 東北農業研究 72 : 13-14.
- 18) 古城斉一. 1985. 水稲作の雑草防除の現状と問題点. 暖地. 雑草研究 30 : 195-199.
- 19) 榎淵欽也, 和田純二, 金沢俊光, 佐藤亮一. 1968. 水稲冷害の実際研究. 第 28 報 気象条件が分けつに及ぼす影響. 東北の農業気象 13 : 44-47.
- 20) 松島省三, 田中孝幸, 星野孝文. 1964. 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第 70 報 生育各期の気温・水温の各種の組み合わせが水稲の収量および収量構成要素におよぼす影響. 日作紀 33 : 53-58.
- 21) 松島省三, 田中孝幸, 星野孝文. 1966. 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第 75 報 茎葉部・茎基部・根部の各部に対する温度処理が分けつ発生に及ぼす影響. 日作紀 34 : 478-483
- 22) 大野高資, 杉山英治, 川崎哲郎. 2001. 水稲疎植栽培が省力・低コスト化に及ぼす影響. 愛媛農試研報 36 : 1-5.
- 23) 澤本和徳, 伊勢村浩司, 佛田利弘, 濱田栄治, 八木亜沙美, 宇野史生. 2019. 石川県における育苗箱に高密度に播種した水稲稚苗の形質および本田での生育・収量・玄米品質. 日作紀 88 : 27-40.
- 24) 武田友四郎, 広田修. 1971. 水稲の栽植密度と子実収量の関係. 日作紀 : 381-385.
- 25) 八木宏典. 2016. 変貌するわが国の水田農業と増加する大規模経営. わが国水田農業をめぐる諸問題 (2). 日本農業研究研究報告「農業研究」. 第 29 号 : 65-94.
- 26) 山崎季好, 三本弘乗, 工藤聡彦, 木野田憲久, 小野清治. 1978. 水稲生育の診断に関する研究. 第 7 報 苗の種類と除草剤の生育への影響. 日作東北支部報 20 : 95-96.

Profitability of Sparsely Planted Paddy Rice Using Dense Seedlings in Aomori Prefecture

Toshiyuki KIMURA

Summary

Dense seedling transplanting cultivation is a labor-saving method that uses seedlings raised with 250 g to 300 g of sowing per box, and transplanted by taking small pieces with a rice transplanter. This paper looks at the labor, cost savings, and grain yield of carrying out sparse planting with dense seedlings. This research was conducted in Kuroishi City, Aomori Prefecture for four years from 2017 to 2020 using the Masshigura variety. Four levels of planting conditions were set: for conventional seedlings, 21.2 plants/m² (CONT), and for dense seedlings, 21.2 plants/m² (D70), 15.2 plants/m² (D50), and 11.2 plants/m² (D37). The results showed that the sparser the planting conditions, the lower the seedling cost, but the lower the income, and profits were highest from D70. However, as D50 and D37 were more profitable than CONT, they are useful techniques in terms of labor-saving.

In addition, the points to note in managing the cultivation of dense seedling transplanting can be summarized as follows.

- (1) As dense seedlings are shorter than convention seedlings, water depths must be kept shallow immediately after transplantation.
- (2) As the seedlings are weaker, herbicides less likely to cause chemical damage must be used.
- (3) As the heading stage is several days later than conventional cultivation, they must be transplanted at the appropriate time.

小麦‘ネバリゴシ’の休眠打破法の改良

西澤 登志樹

Improvement of Dormancy-Breaking Treatments for Nebarigoshi Wheat

Toshiki NISHIZAWA

要 約

小麦‘ネバリゴシ’の種子休眠の深さは年次によって異なり、休眠期間は約40日から約80日まで変動した。休眠打破法として、濃度0.75%過酸化水素水と5℃の低温浸漬を組合せ浸漬期間を2日間以上7日間までとすることや、過酸化水素水を用いず5℃の低温浸漬を浸漬期間5日間とすることは、慣行の‘ネバリゴシ’の休眠打破法である濃度1%過酸化水素水に10℃で2日間浸漬する方法と同様に、十分に有効であった。また、濃度0.75%過酸化水素水を用いた場合、浸漬期間を延長しても過酸化水素水による生育障害の発生は認められなかった。

キーワード

小麦, 休眠打破

I. はじめに

小麦‘ネバリゴシ’は、難穂発芽性で種子休眠期間が長いことが知られており、種子生産場面では発芽率の調査に休眠打破を行う必要がある³⁾。青森県主要農作物種子生産の手引き（令和3年2月改訂）には過酸化水素水を使用した香川県の検定方法²⁾を基にした発芽率検定方法（濃度1%過酸化水素水に10℃で2日間浸漬する）が示されている。この方法は、‘ネバリゴシ’の発芽率検定に極めて有効であり、種子の発芽率検定現場で実施されている。しかし、浸漬中の過酸化水素水の交換、浸漬期間を2日間に固定しなければならないなど、調査実施者の負担となっている。

そこで‘ネバリゴシ’発芽検定作業の軽減を目的として、休眠打破法の改良について検討した。

本調査を行うに当たり、多くの示唆を与えて下さり、試料の提供、試験方法などに御協力をいただいた青森県産業技術センターの小麦研究担当者と現地小麦生産者に対し心より謝意を表す。

II. 試験方法

1. 試験場所

青森県産業技術センター農林総合研究所（青森県黒石市田中）

2. 休眠覚醒時期の調査

‘ネバリゴシ’の種子休眠の深さに年次間差があることが確認されている⁴⁾ため、異なる年産の種子の休眠の深さを調査した。

(1) 供試材料

- i 2021年 農総研ほ場産（6月28日成熟期、6月30日収穫し、同日脱穀後40℃通風乾燥した。）
- ii 2022年 農総研ほ場産（6月29日成熟期、同日収穫し、同日脱穀後40℃通風乾燥した。）
- iii 2023年 農総研ほ場産（6月26日成熟期、同日収穫し、同日脱穀後40℃通風乾燥した。）

各年次の種子は乾燥後室内常温で保管した。

(2) 調査方法

- i 試験時期 2021年：成熟期後7日の7月5日か

ら処理を始め、2～7日おきに10回種子処理を行った。2022年：成熟期後23日の7月22日から処理を始め、3～10日おきに5回種子処理を行った。2023年：成熟期後7日の7月3日から処理を始め、7日おきに12回種子処理を行った。

ii 試験温度 20℃ 恒温器内

iii 種子処理 種子を水道水で洗い、シャーレに蒸留水を種子が1/3程度浸るまで注水し、1日浸漬後、水を捨て、濾紙2枚を敷き、種子を底面に等間隔となるように配置し、恒温器内に置床後、8日目までの発芽率を調査した。

(3) 区制 9cmシャーレ 1区100粒、4区制

3. 休眠打破法

(1) 供試材料 休眠覚醒時期の調査に用いた材料

(2) 調査方法

i 試験時期 2021年：成熟期後5日から処理を始め、7日おきに6回処理した。2022年：成熟期後5日の7月4日、7月12日、7月18日、7月25日に処理した。2023年：成熟期後7日から処理を始め、7日おきに10回処理した。

ii 種子処理

(i) 0.75%過酸化水素水処理 0.75%過酸化水素水を種子が1/3程度浸るまで注入し、5℃の恒温器内に1, 2, 3, 5, 7日間置床し、浸漬期間中の過酸化水素水の交換を省略した。蒸留水で洗浄後シャーレに濾紙2枚を敷き、種子を底面に等間隔となるように配置し、恒温器内に置床後、発芽率を調査した。

(ii) 1%過酸化水素水処理（対照） 1%過酸化水素水を種子が1/3程度浸るまで注入し、5℃の恒温器内に2日間置床し、浸漬期間中の過酸化水素水の交換を省略した。蒸留水で洗浄後シャーレに濾紙2枚を敷き、種子を底面に等間隔となるように配置し、恒温器内に置床後、発芽率を調査した。

(iii) 蒸留水5℃処理 蒸留水を種子が1/3程度浸るまで注入し、5℃の恒温器内に5日間置床後、シャーレに濾紙2枚を敷き、種子を底面に等間隔となるように配置し、恒温器内に置床後、発芽率を調査した。

(iv) 無処理 覚醒時期の調査と同様の種子処理、

調査方法で調査した。

(v) 浸漬時の管理 いずれの処理も浸漬開始時に過酸化水素水または蒸留水を注入し、浸漬途中における交換追加は実施しなかった。

Ⅲ. 試験結果及び考察

1. 休眠覚醒時期

年次ごとの休眠覚醒時期を図1に示した。

前述のとおり休眠覚醒時期に年次間差があることが知られており、過去の試験結果では、ほぼ全ての種子が休眠から覚醒するのに、2011年産で5週間

約40日、2010年産と2012年産では12週間約80日を要した⁴⁾。今回の2021、2022、2023年産では8～10週間約60～70日を要した。

このように、‘ネバリゴシ’の休眠の深さが年次や収穫後の日数によって異なることから、以前筆者は正確な発芽率をとらえるためには時期によって休眠打破法を使い分ける必要があるとした⁴⁾。しかし、成熟期後の時期を考慮して休眠打破法を決定するのは発芽率調査が煩雑となるため、成熟期後間もない時期から成熟期後1か月以上経過後まで使用が可能な、安定した休眠打破法の確立を目指した。

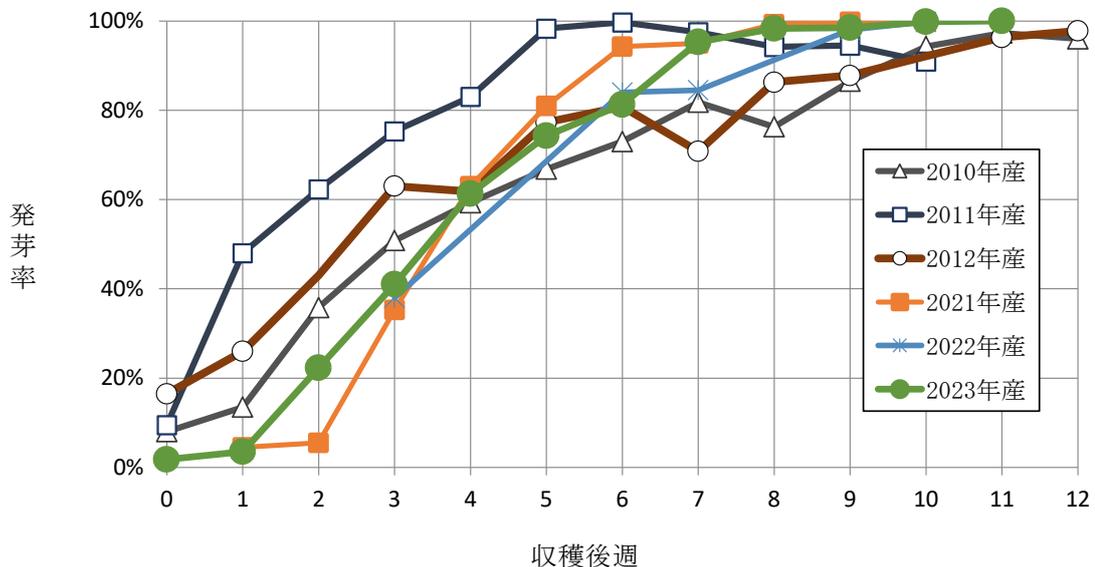


図1 収穫後発芽率の推移

注. 2010, 2011, 2012年産は引用文献4)のデータを利用。2021, 2022年産は引用文献5)のデータを利用し、2023年産のデータを加えた。

2. 休眠打破法

(1) 0.75%過酸化水素水の効果

大分県では過酸化水素水の濃度が0.75%以上であれば十分な発芽率が得られた⁷⁾との報告があること、また、“過酸化水素水1%より0.75%のほうが発芽抑制程度が低い”(野菜研究所前嶋氏私信)ともあったことから、休眠打破法における過酸化水素水処理を従来の1%から0.75%へ変更して休眠打破処理を行った。

また、これまでの発芽調査の経験から、過酸化水素水を浸漬期間中、新しいものに交換しなくとも、発芽揃いの早さが劣るものの発芽率に影響ないことの知見も得ていた。そこで、浸漬期間中の過酸化水素水の交換を省略した。

2021年の結果は、成熟期後7日以降であれば、0.75%過酸化水素水で発芽率99.8%から100%の十分な休眠打破効果が認められた(表1)。2022年の結果も同様に、成熟期後5日以降で発芽率98.3%から

100 %の十分な休眠打破効果が認められた(表 2)。

1 %過酸化水素水では成熟期後 3 週間程度で発芽阻害が観察される場合があるが⁴⁾, 0.75 %では 2021 年の試験では 8 月 9 日(成熟期後 42 日)において

も発芽阻害が認められなかった。以上より, 過酸化水素水 1 %を 0.75 %に変更し, 交換を行わなくても, 成熟期後 7 日以降であれば, 安定した休眠打破効果が期待できることが判明した。

表 1 2021 年産の過酸化水素水(0.75%, 10 °C 2 日間)の休眠打破効果

浸漬開始月日	7月5日	7月12日	7月19日	7月26日	7月28日	8月2日	8月4日	8月9日
成熟期後日数	7日	14日	21日	28日	30日	35日	37日	42日
発芽率(%)	100.0	100.0	99.8	99.8	100.0	99.8	100.0	99.8
無処理発芽率(%)	4.5	5.5	35.3	63.0	72.3	81.0	92.8	94.3

注. 引用文献 5)の表 1 を引用した。

表 2 2022 年産の過酸化水素水(0.75%, 10 °C 2 日間)の休眠打破効果

浸漬開始月日	7月4日	7月12日	7月18日	7月22日	7月25日	8月9日
成熟期後日数	5日	13日	19日	23日	26日	41日
発芽率(%)	98.3	99.8	99.8	—	100.0	—
無処理発芽率(%)	—	—	—	38.0	—	84.0

注. 引用文献 5)の表 2 を引用した。

(2) 低温(5 °C)浸漬の効果

過酸化水素水処理に比べ, 5 °Cの低温浸漬処理が収穫間もない休眠の深い時期の休眠打破効果が不十分であることが報告されている¹⁾²⁾。以前筆者は過酸化水素水による生育阻害を避けて‘ネバリゴシ’の正確な発芽率をとらえるためには, 休眠打破法を時期によって使い分ける必要があるとし, 成熟期後 22 日までは1%の過酸化水素水処理法を用い, それ以降は, 5 °Cの低温浸漬法を用いるとした⁴⁾。5 °C 2 日間の低温浸漬法は, ある程度休眠が覚醒した時点では有効ではあるが, 成熟期後間もない時点では効果が不十分である。しかし, 北海道の品種では 5 °C 96 時間で効果が高い¹⁾と報告されており, 成熟期後間もない時点では 5 °Cの浸漬期間を延長することで休眠打破効果が高まることを期待できる。そこで, ‘ネバリゴシ’で 5 °C 5 日間の浸漬の効果を検討し

た。

2022 年は, 成熟期後 28 日と 42 日の結果である。休眠の覚醒が進んでおり, 低温浸漬だけでも効果のある時期である。そのため, 5 °C 5 日間の浸漬により十分な効果が認められた(表 3)。生育障害は認められなかった。

2023 年は, 5 °C 5 日間の浸漬を成熟期後 7 日から 7日おきに 70 日まで実施した。いずれの時期も十分な休眠打破効果が認められた(表 4)。以上より 5 °Cの浸漬期間を 5 日間に延長することにより, 成熟期後の時期に関わらず十分な休眠打破効果が得られることが判明した。過酸化水素水は劇物であるため, 保管が難しい場合は, 過酸化水素水浸漬法の代替として 5 °C低温 5 日間浸漬法も十分有効であると考えられた。

表 3 2022 年産の低温浸漬(5 °C, 5 日間)の休眠打破効果

浸漬開始月日	7月27日	8月10日
成熟期後日数	28日	42日
発芽率(%)	99.8	99.5

表4 2023年産の低温浸漬(5℃, 5日間)の休眠打破効果

過酸化 水素水 濃度 (%)	浸漬 温度 (℃)	浸漬 日数 (日)	処理時期と発芽率 (%)									
			成熟期後 7日	成熟期後 14日	成熟期後 21日	成熟期後 28日	成熟期後 35日	成熟期後 42日	成熟期後 49日	成熟期後 56日	成熟期後 63日	成熟期後 70日
			7月3日	7月10日	7月17日	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日
0	5	5	99.3	99.5	99.8	100.0	99.8	100.0	100.0	99.5	100.0	100.0
0.75	5	2	99.8	99.8	100.0	100.0	100.0	99.8	100.0	99.5	99.8	100.0

注. 低温のみと0.75% 5℃ 2日の処理間にt検定による有意差は無い。

(3) 0.75%過酸化水素水と低温(5℃)浸漬の組合せ効果

i 浸漬1日間

過酸化水素水と5℃低温浸漬による両方の休眠打破効果が発揮され、休眠打破が促進されることを期待し、今回の試験では、2021年7月5日(成熟期後7日)、12日(成熟期後14日)、19日(成熟期後21日)において、0.75%過酸化水素水と5℃低温浸漬

を組み合わせ、1日浸漬した結果、いずれの時期においても過酸化水素水0.75% 10℃ 2日間浸漬並みの十分な発芽率結果が得られなかった(表5)。

このことから、5℃ 1日では休眠打破効果が劣るとみなされ、5℃の低温浸漬と過酸化水素水組合せの効果によって発芽調査期間を1日短縮させることはできなかった。

表5 過酸化水素水と低温(0.75%, 5℃, 浸漬1日間)の休眠打破効果(2021年)

過酸化 水素水 濃度 (%)	浸漬温度 (℃)	浸漬日数 (日)	処理時期と発芽率 (%)			
			成熟期後 7日	成熟期後 14日	成熟期後 21日	
			7月5日	7月12日	7月19日	
0.75	5	1	83.3	98.5	94.8	
0.75	10	2	100.0	100.0	99.8	
無処理	0	20	1	4.5	5.5	35.3

注. 成熟期後7日と21日の5℃ 1日と10℃ 2日の処理間にt検定による有意差有り。

ii 浸漬2日間

5℃の低温浸漬と0.75%過酸化水素水を組合せて2日間浸漬して、発芽を調査した結果を示した(表6, 7, 8)。5℃浸漬であれば過酸化水素水の劣化速度が遅れること、芽や根の伸長が進まないことが予想されたので、前述のとおり浸漬期間中の過酸化水素水の交換を省略した。

2021年は5℃ 2日間浸漬が成熟期後7日から21日まで、2022年は成熟期後5日から26日まで、2023年は成熟期後7日から70日まで、高い休眠打破効

果を示した(表6, 7, 8)。また、生育障害は認められなかった。10℃浸漬処理に比べ、発芽開始が遅れる傾向がみられたもの、置床後2日以降は10℃浸漬処理と同様の発芽経過を示した。以上より、5℃の低温浸漬と0.75%過酸化水素水組合せて2日間浸漬する方法は、休眠打破法として十分に実用的であることが確認された。

なお、2023年の慣行の1%過酸化水素水では、7月31日、8月14日の処理において写真1, 2, 3のとおり、わずかに生育障害が生じ、発芽が遅延した。

生育障害は根及び芽が褐色となり、伸長が阻害される症状であった。その後、水道水で種子を洗浄し、過酸化水素水の使用は生育障害のリスクを伴うものではないことを改めて、確認した。

の時期の1%過酸化水素水処理に生育障害は認められなかったものの、他の報告⁴⁾⁶⁾にあるとおり1%過酸化水素水の使用は生育障害のリスクを伴うものであることを改めて、確認した。

表6 過酸化水素水と低温(0.75%, 5℃, 浸漬2日間)の休眠打破効果(2021年)

過酸化水素水 濃度 (%)	浸漬 温度 (℃)	浸漬 日数 (日)	処理時期と発芽率(%)			
			成熟期後 7日	成熟期後 14日	成熟期後 21日	成熟期後 28日
			7月5日	7月12日	7月19日	7月26日
0.75	5	2	99.8	100.0	99.5	—
0.75	10	2	100.0	100.0	99.8	—
無処理	0	20	4.5	5.5	35.3	63.0

注. 5℃2日と10℃2日の処理間にt検定による有意差は無い。

表7 過酸化水素水(0.75%, 5℃, 浸漬2日間)の休眠打破効果(2022年)

過酸化水素水 濃度 (%)	浸漬 温度 (℃)	浸漬 日数 (日)	処理時期と発芽率(%)				
			成熟期後 5日	成熟期後 13日	成熟期後 19日	成熟期後 23日	成熟期後 26日
			7月4日	7月12日	7月18日	7月22日	7月25日
0.75	5	2	99.8	99.8	100.0	—	100.0
0.75	10	2	99.8	99.8	99.8	—	100.0
無処理	0	20	—	—	—	38.0	—

注. 5℃2日と10℃2日の処理間にt検定による有意差は無い。

表8 過酸化水素水と低温(0.75%, 5℃, 浸漬2日間)の休眠打破効果(2023年)

過酸化水素水 濃度 (%)	浸漬 温度 (℃)	浸漬 日数 (日)	処理時期と発芽率(%)									
			成熟期後 7日	成熟期後 14日	成熟期後 21日	成熟期後 28日	成熟期後 35日	成熟期後 42日	成熟期後 49日	成熟期後 56日	成熟期後 63日	成熟期後 70日
			7月3日	7月10日	7月17日	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日
0.75	5	2	99.8	99.8	100.0	100.0	100.0	99.8	100.0	99.5	99.8	100.0
慣行	1.0	10	99.8	100.0	100.0	100.0	99.8	99.8	100.0	100.0	100.0	99.0
無処理	0	20	1.8	3.5	22.3	41.0	61.3	74.3	81.3	95.3	98.3	98.5

注. 5℃2日と10℃2日の処理間にt検定による有意差は無い。

無処理の成熟期後63日と70日を除き、無処理と5℃, 10℃の処理間に有意差がある。



写真1
生育障害1
芽、根の伸長抑制



写真2
生育障害2
根端の褐色化



写真3
生育障害3
芽、根が伸長抑制



写真4
写真3を水道水洗浄
後芽、根が再伸長

iii 浸漬期間の延長

(i) 浸漬3日間

前述のとおり、青森県主要農作物種子生産の手引き（令和3年2月改訂）には‘ネバリゴシ’の発芽率検定方法が示されている。そこでは、①1%過酸化水素水に10℃で2日間浸漬すること、②過酸化水素水の浸漬期間が長いと発芽阻害することもあること、③過酸化水素水を1日毎に交換することが示されている。

この手引きに示された方法では、調査実施者が発芽率検定を実施する週のほとんどを期日を守ってその作業にあたらなければならない。そこで、日

曜日の浸漬中の管理を省略した発芽調査を可能とし、検定計画に柔軟性をもたせるために、浸漬期間を2日間から3日間への延長を試みた。

2021年は7月9日、16日、23日、30日と8月20日の5回、金曜日に0.75%過酸化水素水に浸漬し、5℃の恒温器に入れ、翌週月曜日に20℃の恒温器に入れ発芽率を調査した。

浸漬期間を延長した3日間浸漬の結果、7月9日の成熟期後11日から8月20日の成熟期後53日まで発芽阻害は観察されず、休眠打破効果は十分に認められた（表9）。

表9 過酸化水素水と低温の浸漬期間延長(0.75%, 5℃, 浸漬3日間)による休眠打破効果(2021年)

過酸化水素水 濃度 (%)	浸漬 温度 (℃)	浸漬 日数 (日)	処理時期と発芽率(%)								
			成熟期後 11日	成熟期後 14日	成熟期後 18日	成熟期後 21日	成熟期後 25日	成熟期後 28日	成熟期後 32日	成熟期後 42日	成熟期後 53日
			7月9日	7月12日	7月16日	7月19日	7月23日	7月26日	7月30日	8月9日	8月20日
0.75	5	3	99.8	—	100.0	—	100.0	—	99.8	—	99.8
0.75	5	2	—	100.0	—	99.5	—	—	—	—	—
無処理	0	20	—	5.5	—	35.3	—	63.0	—	94.3	—

(ii) 浸漬5日間, 7日間

2022年, 2023年は3日間浸漬に加え, 5日間, 7日間の更なる延長を試みた。各浸漬期間中は1日目には0.75%過酸化水素水を注入し, その後浸漬期間中は過酸化水素水の交換は行わなかった。

2021年と同様に2022年も3日間浸漬の発芽率は成熟期直後の成熟期後5日, 13日, 19日, 26日に

おいては99.8%から100%と効果は十分であった。

また, 5日間浸漬は成熟期後26日, 28日, 39日において99.5%から100%の発芽率で, 7日間浸漬も成熟期後28日が99.8%, 39日が100%と効果が高かった(表10)。

2023年の3日間, 5日間, 7日間浸漬の発芽率は, 成熟期直後の成熟期後7日から70日において

99.0 %から 100 %となり、いずれも生育障害も無く 種子が休眠から覚醒していたと考えられるが、覚醒効果は十分であった（表 11、写真 5）。の進んだ時期においても生育障害も認められなかった。

無処理と有意な差が無かった成熟期後 63 日の 8 月 28 日と成熟期後 70 日の 9 月 4 日は、ほぼ全ての

表 10 過酸化水素水と低温の浸漬期間延長(0.75%, 5℃, 浸漬 3, 5, 7 日間)による休眠打破効果 (2022 年)

過酸化水素水濃度 (%)	浸漬温度 (°C)	浸漬日数 (日)	処理時期と発芽率 (%)							
			成熟期後 5日	成熟期後 13日	成熟期後 19日	成熟期後 23日	成熟期後 26日	成熟期後 28日	成熟期後 39日	成熟期後 41日
			7月4日	7月12日	7月18日	7月22日	7月25日	7月27日	8月7日	8月9日
0.75	5	3	99.8	100.0	99.8	—	100.0	—	—	—
0.75	5	5	—	—	—	—	100.0	99.5	100.0	—
0.75	5	7	—	—	—	—	—	99.8	100.0	—
無処理	0	20	—	—	—	38.0	—	—	—	84.0

注. 同日に浸漬処理した 3 日, 5 日, 7 日の処理間に t 検定による有意差は無い。

表 11 過酸化水素水と低温の浸漬期間延長(0.75%, 5℃, 浸漬 3, 5, 7 日間)による休眠打破効果 (2023 年)

過酸化水素水濃度 (%)	浸漬温度 (°C)	浸漬日数 (日)	処理時期と発芽率 (%)									
			成熟期後 7日	成熟期後 14日	成熟期後 21日	成熟期後 28日	成熟期後 35日	成熟期後 42日	成熟期後 49日	成熟期後 56日	成熟期後 63日	成熟期後 70日
			7月3日	7月10日	7月17日	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日
0.75	5	3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	100.0	99.8	100.0
0.75	5	5	100.0	99.8	100.0	99.8	99.8	100.0	100.0	100.0	99.8	100.0
0.75	5	7	99.5	99.8	100.0	100.0	99.5	99.5	99.8	99.8	99.8	99.0
無処理	0	20	1.8	3.5	22.3	41.0	61.3	74.3	81.3	95.3	98.3	98.5

注. 無処理の成熟期後 7 日と 56 日を除き、それぞれの処理間に有意差は無い。



写真 5 7月10日7日間浸漬後置床2日目の発芽状況(2023年7月19日)



写真 6 9月11日(成熟期後77日)浸漬後7日の芽の様子(2023年9月18日)

3. 浸漬期間の延長と生育障害

写真 6 のように、休眠からの覚醒が進んだ時期には浸漬期間中に芽が伸張し始めているが、障害は認

められなかった。このことは浸漬時間の経過とともに過酸化水素水の効果が薄れていくことにより、生育障害が発生しなかったと考えられる。

青森県などのこれまでの休眠打破法では、十分な発芽率が得られない場合、過酸化水素水を追加することや一度に100mlと多めの浸漬量で発芽が促進するとされる⁷⁾。このことは、過酸化水素水中の過酸化水素が休眠打破のために消費されるか、時間の経過とともに無効化していることを示すと考えられる。今回の試験の過酸化水素水浸漬量は種子の1/3が浸る程度とし、9cmシャーレ当たり約15mlと少ない。他の試験例に比べ、かなり少量であり、濃度が薄いためダメージが比較的小さく、しかも5℃の低温に置いたため、芽の伸張が少な目であったことが芽や根の伸長抑制といった生育障害の発生が認められなかった要因と考えられる。3日間以上浸漬の場合、始めの1日か2日間は過酸化水素が効き、その後は5℃の低温だけの休眠打破効果となっているものと考えられる。

IV. まとめ

1. 小麦「ネバリゴシ」の種子休眠の深さには年次変動がある。「ネバリゴシ」のほぼ全ての種子が覚醒するまでに要する日数は成熟期後約40日(5週間)から約80日(11週間)である。
2. 小麦「ネバリゴシ」の慣行の休眠打破法に使用する過酸化水素水濃度を1%から0.75%に変えても休眠打破効果は同等である。
3. 休眠を打破するための浸漬中の温度を10℃から5℃の低温に設定し、浸漬中の過酸化水素水の追加を省略しても効果は同等である。
4. 過酸化水素水が準備できない場合は、日数を要するが、5℃の低温で5日間浸漬する方法も休眠打破に有効である。
5. 5℃低温浸漬と0.75%過酸化水素水を組み合わせた休眠打破法では、浸漬期間を2日に限定せず、7日間まで延長でき、生育障害もなく、同等の効果が得られる。
6. 浸漬期間を2日から7日まで延長可能とすることで、土、日曜日、休日を挟んだ浸漬が可能となり、置床や発芽数の調査等の発芽検定作業の分散化が図られる。

引用文献

- 1)浅山聡. 2016. 北海道の秋まきコムギ種子審査のための休眠打破方法. 北海道立総合研究機構法業試験場集報.
- 2)三木洋. 2005. 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. 香川農試研報 57: 11-18.
- 3)前島敦夫. 2004. 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. 青森農研セキ園試研報 10:14-20.
- 4)西澤登志樹.2013.小麦「ネバリゴシ」の種子休眠の覚醒時期と時期別休眠打破法. 東北農業研究 66: 59-60.
- 5)西澤登志樹.2023.小麦「ネバリゴシ」の種子休眠打破における0.75%過酸化水素水の有効性の評価. 東北農業研究 76: 31-32.
- 6)野崎光男. 1982. 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.
- 7)清水康弘・安倍世紀. 1997. 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

Improvement of Dormancy-Breaking Treatments for Nebarigoshi Wheat

Toshiki NISHIZAWA

Summary

The depth of seed dormancy in the Nebarigoshi variety of wheat varies annually. The number of days required for almost all Nebarigoshi seeds to germinate is approximately 40 to 80 days after maturation.

The dormancy-breaking effect remains equivalent even when the concentration of hydrogen peroxide water used in the dormancy-breaking method for Nebarigoshi is changed from 1 % to 0.75 %.

Setting the soaking temperature to a lower range of 5 °C from 10 °C to break the seeds dormancy of wheat is effective even when omitting the addition of hydrogen peroxide water during soaking.

If hydrogen peroxide water cannot be prepared, an effective dormancy-breaking method involves soaking for 5 days at a low temperature of 5 °C, although it requires more time.

This dormancy-breaking method, combining a low temperature of 5 °C and 0.75 % hydrogen peroxide water, can be extended for up to 7 days without restricting the immersion period to 2 days. No growth disorders occur, and equivalent effects are achieved.

By extending the soaking period from 2 days to 7 days, it becomes possible to soak on weekends and holidays, allowing for the germination testing tasks such as seedbeds and germination counts to be distributed over this timeframe.

青森県産業技術センター―農林総合研究所研究報告 第44号

令和6年6月28日

編集兼発行 地方独立行政法人青森県産業技術センター
農林総合研究所

代表者 須藤 充
036-0522 黒石市田中 82-9
電 話 0172-52-4346

製本 株式会社 津軽新報社
036-0367 黒石市前町 48
電 話 0172-52-3191
