

寒冷地における水稲の初冬播き乾田直播栽培が生育・収量に及ぼす影響

下野裕之¹⁾・玉井美樹¹⁾・濱寄孝弘²⁾・佐川了¹⁾・大谷隆二³⁾
(岩手大学農学部,²⁾ 北海道農業研究センター,³⁾ 東北農業研究センター)

要旨：雪解け後の春作業が制約される寒冷地の水稲栽培の作期拡大のため、初冬播き乾田直播栽培の可能性を検討した。播種時期として初冬播き3時期(10月, 11月, 12月)と春播き1時期(4月)を設定し、数種のシリコーン剤を塗布したシリコーン処理の効果を出芽率, 生育, 子実収量から岩手県において評価した。出芽率は春播きでは89%であったが、初冬播きで有意に低く、2.6% (2008/2009年), 5.9% (2009/2010年)となった。初冬播き間で比較すると、播種時期間, シリコーン処理間で有意な差異がみられなかった。単位土地面積あたりの苗立ち数は、春播きの250本 m^{-2} に対し、初冬播きにおいては、播種量を春播きの約5倍量としたため平均79本 m^{-2} 得られた(2009/2010年)。その結果、収穫期の乾物重と子実収量は、春播きと初冬播きとの間に有意な差異は認められなかった。今後、播種量を経済的な範囲まで下げるためには、出芽率の低下要因の解明が不可欠である。

キーワード：初冬播き栽培, 水稲, 収量, 乾物生産, 出芽率。

わが国の主食であるコメの自給率は他の品目に比べ、高く維持されてきたが、グローバル化の進行により、コメにおいてもコスト削減による国際的な競争力の強化が強く求められている。そのような背景のもと、大規模化によるスケールメリットの実現を制約する育苗工程を省いた直播栽培が注目されている(姫田1995, 農林水産省2008)。直播栽培の作付面積が1993年には全国でわずか7千haであったが、政策的な後押し、また新たな技術開発とその普及(酸素供給剤(太田・中山1970, 吉永ら2007), 鉄コーティング(山内2004), 落水出芽法(大場1997, 吉永ら2007), 不耕起乾田直播機(濱田ら2007)など)により、2008年には1万8千haと着実に拡大している(第1表)。水稲の全作付面積に占める直播栽培の割合は全国平均では1.1%であるが、地域別にみると、北陸地方(3.2%), 中国・四国地方(1.9%), 東海地方(1.6%)において全国平均を上回るのに対し、北海道(0.4%), 東北地方(0.9%)の寒冷地を含む地域においては、全国平均を下回り、地域間で大きな違いがある。

直播栽培のメリットを生かすには、大規模での栽培が重要となる。寒冷地・北日本は我が国の食糧基地であり、東北、北海道を合わせると全国の3割強の水稲作付面積を占めているとともに(第1表)、大規模化の潜在能力が非常に高い地域に位置付けられる。しかし、寒冷地では、雪解けが遅く、しかも秋が早いので、暖地に比べ水稲の作付可能期間が大きく制限され(長野ら2002)、特に直播栽培では播種適期が短く、収量が安定せず直播技術の導入は進んでいない。寒冷地への低コスト、安定かつ大規模な直播栽培体系の可能性の1つとして、本研究で検討する、積雪前に播種する初冬播き乾田直播栽培が考えられる。これにより、作業の分散化にともなう大規模化ができるとともに、生産力の面では、生育期間を拡大することにより寒冷地に

においても収量の安定化が望めるものと考えられる。

これまで水稲の初冬播き直播栽培は、いくつかの研究例がある。藤井(1971)は鳥根県において11月の不耕起直播栽培条件で36%の出芽率を、西村・宮内(1982)は愛媛県にて11月のムギとの同時播種で10aあたり550kg以上の収量を報告している。姫田(1973a, b)は体系的に初冬播き栽培の可能性を埼玉県にて検討し、11月の播種で14~33%の出芽率を得ている。しかしながら、それらの研究はすべて暖地で行われてきており、これまで、冬季、雪に覆われる寒冷地において検討した例はない。積雪後の雪の下の地温は安定していることから、種子の貯蔵において非常に有効と考えられ、暖地より寒冷地において安定した貯蔵が可能かもしれない。しかし、その一方で、積雪前の降雨の影響で過剰な吸水をした種子が氷点下0℃をまたいだ寒暖の差(日中と夜間の間や日々の変動)により、凍結融解を繰り返えし、被害を助長させることも同時に想定される。

本研究では、寒冷地での水稲の初冬播き直播栽培の可能性を検討するため、岩手県において、異なる播種時期の初冬播き栽培が水稲の生育・収量に及ぼす影響を評価した。その中で、撥水性を付与するシリコーン樹脂(以下、シリコーン剤)のコーティング処理が種子の過剰な水分吸収とそれに伴う凍結融解を阻害して越冬性の向上に寄与するか検討した。

材料と方法

栽培条件

2008/2009年

寒冷地における初冬播きとシリコーン塗布処理が水稲の出芽率に及ぼす影響を明らかにするため、岩手県盛岡市にある岩手大学構内の実験用水田(39°42'N, 141°8'E)にて

第1表 わが国の水稻の地域別作付面積と直播面積 (2008年).

地域	全作付面積 (ha)	地域別の比率 (%)	直播面積 (ha)	直播面積の比率 (%)
全国	1627000	100	18603	1.14
北海道	114600	7	428	0.37
東北	416000	26	3595	0.86
北陸	209800	13	6719	3.20
関東・東山	303600	19	857	0.28
東海	105400	6	1649	1.56
近畿	110800	7	1124	1.01
中四国	175500	11	3394	1.93
九州	191610	12	836	0.44

データは、全作付面積は「作物統計」より、直播面積は「最新の直播の状況 (20年産速報値) (平成21年4月)」 (http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/index.html) より、地域別の比率 = 各地域の全作付面積 / 全国の作付面積、直播面積の比率 = 各地域の直播面積 / 全作付面積。

水稻品種「あきたこまち」(1.10比重選)を用い評価した。シリコン処理は、播種前に、以下の4種類のシリコン液剤 (Polon MF-23 (シリコン I), Wood Aid (シリコン II), X-51-119B (シリコン III), KM-9703 (シリコン IV))、(株)信越化学工業、東京)に浸すことで種子表面に処理した。なお、それらシリコンの主な用途は、シリコン I, III, IV は繊維処理剤、II は木材処理剤として利用されている。播種は、前作の水稻を2008年10月1日に収穫後、耕起しない圃場に深さ2cmの溝(幅2cm)をつけ、条播とし(畦間30cm, 長さ30cm, 各処理1列)、種子50粒を重ならないよう11月15日に播種し、培土(無肥料培土、(株)アイケイ社製、秋田)で覆土した。種子は殺菌のため、シリコン剤処理後にベンレート水和剤((株)クマイ化学工業、東京)を塗布した。合計15列を設け、異なるシリコン処理を無作為に配置した(無処理を含めた5シリコン処理×3反復)。2009年5月7日以降に湛水条件とした。

また、上記のシリコン処理の効果を評価するため、培養試験として、湛水低温条件(4℃)にて種子を長期保存し、定期的に発芽能力(30℃での発芽試験)の変化をみた。

2009/2010年

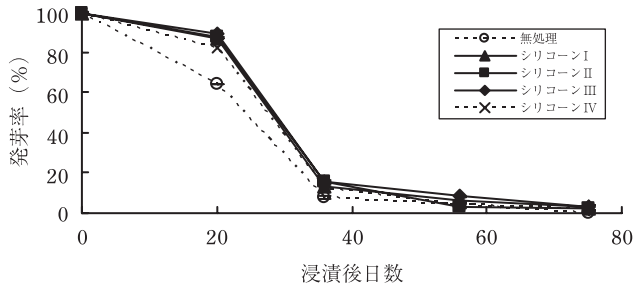
シリコン処理に加えて、異なる植え付け時期を設定し、初冬播き栽培が水稻の出芽率、乾物生産、子実収量への影響を評価した。岩手県滝沢村にある岩手大学附属農場の実験用水田(39°46'N, 141°7'E)に、2009年10月19日の耕起後、3時期(10月19日, 11月12日, 12月2日、以下それぞれを10月播き, 11月播き, 12月播き)に、水稻品種「あきたこまち」(1.10比重選)を栽植密度 1333粒 m^{-2} で条播きし(畝間15cm, 深さ2cm, 各条200粒)、培土(無肥料培土)で覆土した。種子は、シリコン処理を施した種子(シリコン I, II)と施さない無処理の種子を用い、各4反復で評価した。加えて、対照として、春に播

種する通常の乾田直播を、2010年4月30日に栽植密度を280粒 m^{-2} にて8反復の試験区を設け、播種した(畝間15cm, 深さ2cm, 各条42粒)(以下、4月播き)。種子は殺菌のためベンレート水和剤を塗布した。試験区のサイズは1.0m×0.9m(6畝×0.9m)とし、初冬播きでは計12試験区(無処理を含めた3シリコン×4反復)、春播きは計8試験区(1シリコン×8反復)を各植え付け時期について無作為に配置した(総計44試験区)。施肥はすべての試験区に2010年6月18日にN, P_2O_5 , K=9g, 15g, 7.5g m^{-2} を表層施用した。なお、N成分は硫安と緩効性被覆尿素(組合被覆尿素LP70)を1:3の比率とした。追肥として硫安(6g Nm^{-2})を8月3日に施用した。水管理は6月10日以降、湛水条件とし、その他の栽培管理は慣行法に則った。

測定項目

出芽調査は、2009年は7月9日に、2010年は5月10日~6月8日に継続的に行った。2009/2010年のシリコン処理なし種子のみ、生育調査として草丈、主稈葉数、茎数(各反復3個体)を計測した。また、収穫期の乾物重と子実収量への影響を評価するため、4月播きは2010年9月24日、他の初冬播きは10月5日に、ボーダー部分を除いた0.3 m^2 (4畦×0.5m)について地際より刈り取り、風乾後、穂数と全重(穂を含めた)を測定した。風乾した全重から乾物重を推定するため、一部の茎を80℃(72時間以上)で乾燥させ、含水率を算出した。また、子実収量を計測するため、残りの全茎を脱穀し、不稈も含めすべての粉を回収した。子実収量は登熟した粉収量(14%含水)として、1.06比重で選別し、乾燥登熟粉重(105℃で1週間)から推定した。

気温(1.5m)と地温(2cm)をデータロガー(TR-52, T&D corporation, 松本)にて計測した。気温は通風条件(岡田・中村2010)で計測するとともに、すべてのセンサーは



第1図 培養試験における異なるシリコン処理が湛水条件での発芽率に及ぼす影響。

培養は4℃の湛水条件で行い、発芽率を30℃での発芽試験で評価した。

標準温度計にて補正を行った(誤差±0.04℃以下)(岡田2010)。また、盛岡気象台より、最深降雪量、全天日射量を取得した。

統計処理

2008/2009年は、シリコン処理の効果を1元配置の分散分析にて評価するとともに、2009/2010年は、春播き、初冬播きの4播種時期(シリコン処理なしの無処理のみ)の影響について1元配置の分散分析、また初冬播きについてのみシリコン処理、播種時期ならびにそれら交互作用の効果を2元配置の分散分析にて、統計ソフト(エクセル統計2008,(株)社会情報サービス,東京)を用いて実施した。

結果

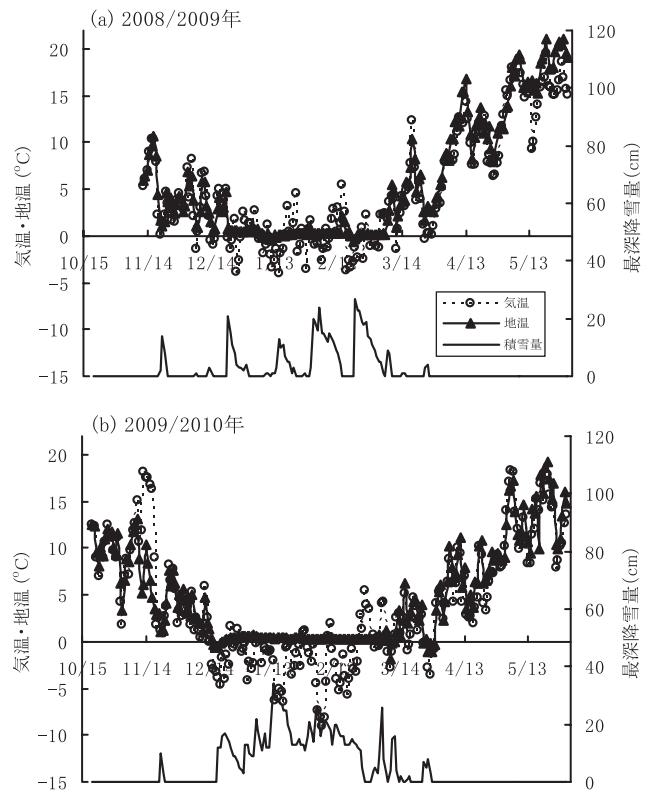
培養試験における湛水条件での発芽試験

種子の湛水培養期間中の発芽率の変化をみると(第1図)、コーティングなしの無処理では、20日目で64%、36日目で8%、75日目で0%にまで発芽能力が低下したのに対し、シリコンI、II、III、IVでは、20日目でそれぞれ87%、88%、89%、82%の発芽率を、36日目にそれぞれ13%、16%、16%、13%を、75日目にすべて3%の発芽率を維持しており、一定の効果が期待できるものと考えられた。

気象条件

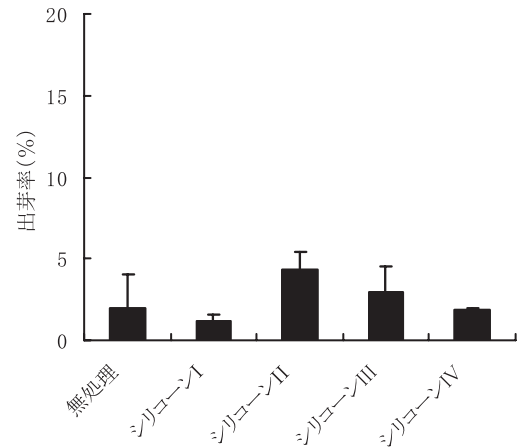
気温と地温ともに2回の試験期間について12月下旬まで徐々に低下し、気温と地温の温度差は比較的、小さかった(第2図)。しかし、その後、雪解けまでの積雪期間中(～3月中旬)は気温と地温の間で大きな温度差が認められ、地温が0℃付近で安定していたのに対し、気温は日々の変動が大きく、氷点下以下となる日や氷点下以上となる日がみられた。雪解け後の3月中旬以降の気温・地温は2008/2009年が2009/2010年より高く、4月と5月の平均でみると、気温と地温でそれぞれ3.1℃、3.9℃の差が認められた。

出芽後の生育と収量を評価した2009/2010年の生育期間



第2図 岩手県の水田圃場の気温、地温(左軸)、最深降雪量(右軸)の推移。

(a) 2008/2009年, (b) 2009/2010年。

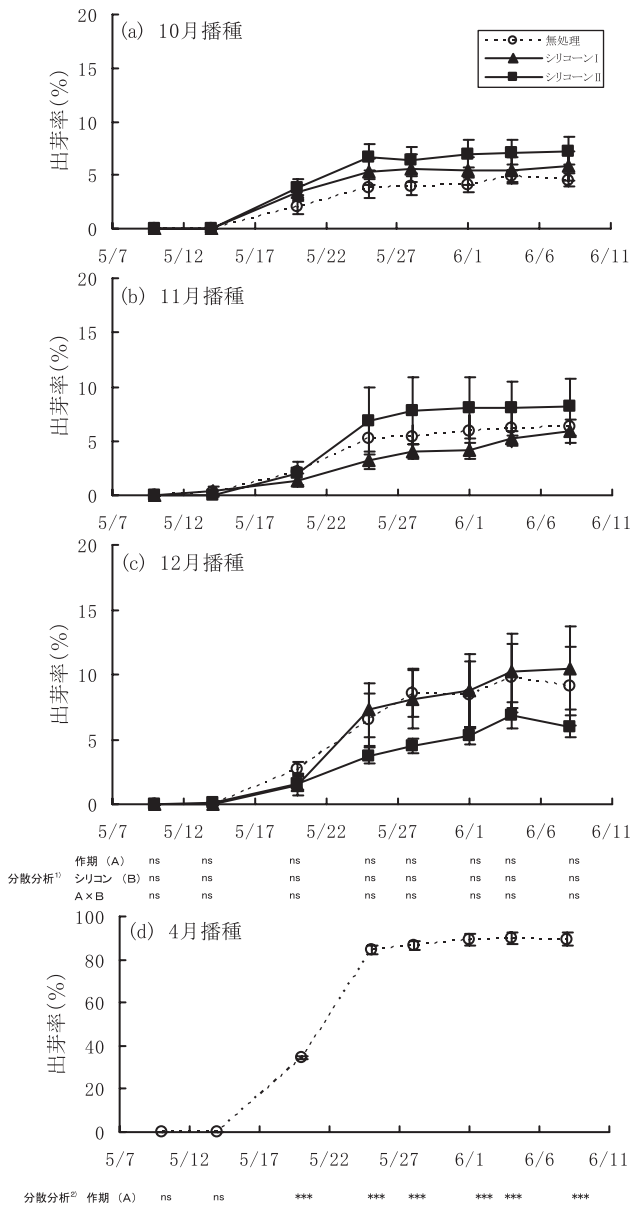


第3図 シリコン処理が水稻の出芽率に及ぼす影響(2008/2009年)。シリコン処理間で有意差なし。棒線は標準誤差(n=3)を示す。

(6～9月)の気温は22.8℃と平年値より2.4℃高く、日射量は16.0MJ m² d⁻¹と1.4MJ m² d⁻¹高かった(表略)。

出芽率

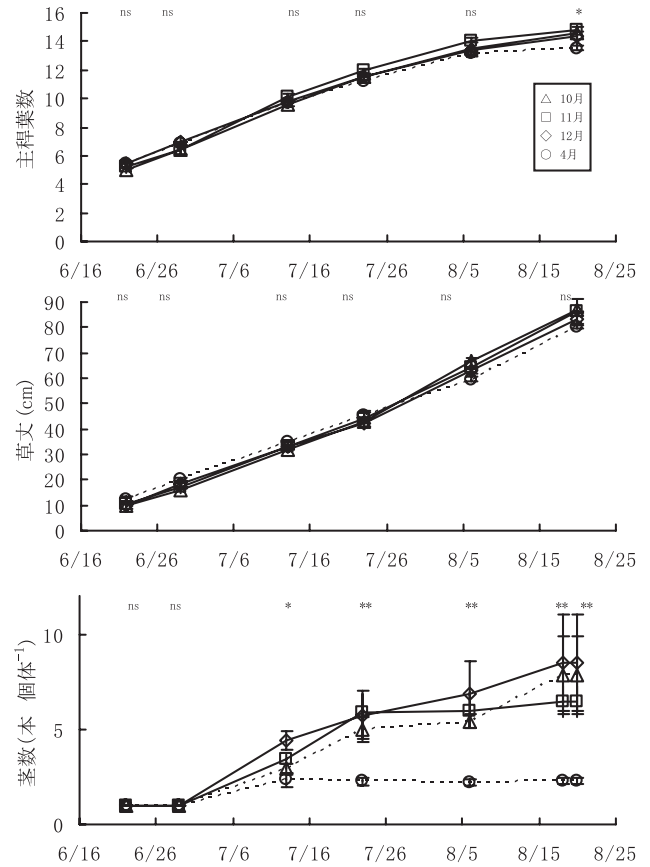
2008/2009年の出芽率はシリコン処理間で有意な効果がみられず、1～5%の範囲であり、平均2.6%であった(第3図)。2009/2010年において、出芽は5月上旬から始まり、



第4図 シリコン処理ならびに播種時期が水稻の出芽率の推移に及ぼす影響 (2009/2010年)。

棒線は標準誤差 (n=4) を示す。分散分析1) = 初冬播き間のみについて、播種時期間とシリコン処理間とその交互作用を2元配置の分散分析で評価、分散分析2) = 播種時期間 (春播き、初冬播き) の比較をシリコン処理なしの無処理条件で1元配置の分散分析で評価。***; 0.1%水準で有意。

5月下旬には最大値に達し、この推移には春播きも含めて播種時期間で大きな差異は認められなかった (第4図)。しかし、出芽率の絶対値で比較すると、春播きの4月播きでの出芽率89%に対して、初冬播きでは2~11% (平均5.8%) と有意に低かった。初冬播き間で比較すると、初冬播きの時期間とシリコン処理間、また交互作用も含めていずれも有意でなかった。最終の苗立ち数は、春播きの250本m²に対し、約5倍量を播種した初冬播きでは27~140本m²の範囲にあり、平均が79本m²であった。



第5図 播種時期が水稻の主稈葉数、草丈、茎数に及ぼす影響 (2009/2010年)。

棒線は標準誤差 (n=4) を示す。統計解析は、1元配置の分散分析を用いて、4播種時期間 (春播き、初冬播き) での比較結果を示す。**, *; 1%水準、5%水準でそれぞれ有意。

生育と出穂日

主稈葉数は8月上旬まで播種時期間に差異がみられなかったが、最終の葉数が春播きに比べて、初冬播きが約1枚、有意に多かった (第5図)。草丈の推移はいずれの播種時期とも同様に推移し、有意な差異が認められなかったが、やや初冬播きの方が春播きより高かった。収穫期 (10月上旬) の草丈は、初冬播きの94~100cm (10月播き、100±1cm、11月播き、97±1cm、12月播き94±1cm) に対し、春播きは86±1cmであり、初冬播きが約10cm程度、有意に高かった。個体あたりの茎数は、出芽率が低く、苗立ち本数が少なかった初冬播きが春播きより多くなり、茎数の増加は、春播きが7月上旬に停止したのに対して、初冬播きは7月下旬まで増加が続いた。

出穂日は、2008/2009年は初冬播きが8月19日であった。2009/2010年は、春播きが8月14日であったのに対し、初冬播きは8月19~23日と7~9日遅れた (第2表)。

乾物重と子実収量

地上部乾物重は、春播きも含めた播種時期間で有意な差異がみられなかった (第2表)。穂数は、初冬播きが春播

第2表 水稻の初冬播き乾田直播栽培が出穂日、乾物生産ならびに子実収量に及ぼす影響 (2009~2010).

播種時期	出穂日	全乾物重 (g m ⁻²)	穂数 (本 m ⁻²)	1穂粒数	籾数 (粒 m ⁻²)	登熟歩合 (%)	1粒重 (mg)	収穫指数	籾収量 (g m ⁻²)
初冬播き	10月 8月23日	933 ± 72	303 ± 11	73 ± 3	22184 ± 1417	85 ± 3	27.6 ± 0.1	0.56 ± 0.01	526 ± 48
	11月 8月19日	1062 ± 93	363 ± 34	69 ± 4	24867 ± 1957	89 ± 1	26.9 ± 0.1	0.56 ± 0.02	596 ± 44
	12月 8月21日	796 ± 99	292 ± 36	65 ± 4	18740 ± 2184	88 ± 3	26.9 ± 0.5	0.56 ± 0.03	442 ± 53
春播き	4月 8月14日	910 ± 44	415 ± 19	48 ± 1	20009 ± 743	93 ± 0	28.0 ± 0.3	0.58 ± 0.01	523 ± 21
分散分析	-	ns	**	**	ns	*	ns	ns	ns

*: 5%水準で有意, **: 1%水準で有意.

きより13~30%有意に低くなる一方、1穂粒数が34~51%増加し、単位面積当たりの籾数に有意な差はみられなかった。登熟歩合は初冬播きが春播きより低かったが、その程度は小さかった。籾収量は、播種時期間に有意な差はみられなかった。同様に、収穫指数にも有意な差異がみられなかった。

考 察

寒冷地・岩手県における2シーズンの圃場での水稻の初冬播き乾田直播栽培試験により、越冬することで発芽率が2~6%と極端に低下するものの(第3図, 第4図)、播種量を十分に多くすることにより苗立ち本数を確保し、最終的に通常の春播き栽培と同程度の収量水準を得ることができた(第2表)。寒冷地における乾田直播栽培の播種量は10aあたり5~7kgとされているため(東北農業研究センター2010)、本研究においても春播きではそれに準じた7kg相当(1粒重を25mgとして換算)を播種したものの、初冬播きでは約5倍の10aあたり33kg相当を播種していることから、今後、実用化を目指すためには、播種量をいかに少なくできるかが課題となる。

初冬播きの発芽率の低下については、これまでの暖地における研究では、冬期間中の発芽が問題となることが指摘されている。大平ら(2011)は広島県での飼料イネの翌年への発芽率の維持には、休眠性が深く関わり、休眠性が高い品種ほど、越冬後の発芽の痕跡がなく、翌年まで生存することを示している。姫田(1973a, b)も同様の報告をしている。しかしながら、一般に種子の発芽開始の限界温度は、10℃とされているように(星川1987)、寒冷地で実施した本研究では、越冬中の地温がほぼ0℃であり(第2図)、積雪前および積雪期間中における発芽の痕跡はみられず、暖地において報告されている越冬中の発芽率の低下(姫田1973a, b, 大平ら2011)とは異なるメカニズムが想定された。

種子の生存を決定する環境要因として、温度と湿度が重要である(伊藤1965)。寒冷地における本研究の越冬中の地温は低く、保存に適していると考えられるが、積雪前の降雨の影響により種子は過剰に水分を吸収したことが想定され、このような種子の吸水条件下において、積雪前ならびに雪解け後の地温の変動が何らかの形で負の影響を及ぼしたものと考えられる。本研究において、種子の含水率を

低く抑えるため、既存のシリコーン剤を用いた処理を実施したが、2シーズンにおける試験において、出芽率に有意な効果をもたらさなかった(第3図, 第4図)。予備試験において、ある程度、吸水時間が短い期間では大きな効果が見られたが、長期にわたる場合、ほぼ出芽率がゼロに達していたことから、使用したシリコーン剤よりもより強力な吸水抑制剤の検討が必要と考えられた。米国では、ダイズやトウモロコシなどの畑作物において早春の播種から出芽までの間の低温条件下における種子の過剰な吸水を防ぐため、温度感応性の吸水制御剤の被覆を種子に施用することが検討されている(Gesch and Archer 2005, Sharratt and Gesch 2008)。種子の吸水を抑える被覆資材の導入が寒冷地における越冬性を高める一つの要因になるものと考えられる。

さらに、栽培技術として、種子の過剰な吸水を防ぐ方法として、畝立てや播種深度など栽培法による地下水位の制御が想定される。大平ら(2011)は、暖地において異なる土壌深度条件で飼料イネの越冬処理の効果を検討した結果、深度が浅いほど越冬していることを示しており、暖地での結果ではあるが、表層播種や畝立てなどによる土壌水分が少ない条件下では越冬性が向上する可能性が示唆される。

品種の選択は新たな技術を導入する際の重要な要素である。暖地での初冬播きに適した品種の特徴として、越冬中に発芽しない休眠性が強いものが越冬性が高いとされているが(姫田1973a, b, 大平ら2011)、寒冷地において検討された例はない。寒冷地における水稻の種子の越冬性の品種間差の評価と、生理的なメカニズムの体系的な解明が望まれる。

生育については、止葉枚数が1枚増加し、出穂日は、春播き条件と比較して、7日程度遅くなった(第2表)。出芽開始時期が5月15日前後(第3図)と春播きと大きな違いがみられなかったことから、出芽後の環境の影響に加えて、種子の生理的な活性の違いが考えられる。姫田(1973b)は初冬播きしたイネを同一環境条件で生育させると、最終葉齢が1枚多くなること、また個体間での成長の変異が大きくなることを報告している。本試験を実施した異常高温である2010年の気象条件においては、最終的な乾物重と収量に、初冬播きと春播きの間で有意な差が見られなかつ

たが、年次を重ねた検討が必要である。また、基肥の施肥時期が出芽揃いより1ヶ月弱、遅れたことが、穂数の確保を制限した可能性があり、適正な施肥時期の選定も重要と考える。

本研究での寒冷地における水稲の初冬播き乾田直播栽培技術の利用方向として、低コストが強く求められる飼料イネなどに適用し、大規模、粗放で栽培することで自給率の向上につながるものとする。現在のわが国の食料自給率はカロリーベースで40%と依然として低い状況が続いており(農林水産省2008)、本研究で目指す、寒冷地での初冬播き直播栽培は大きく貢献できる可能性があるものと期待する。しかしながら、今後、実用技術として利用するには、越冬後の出芽率をいかに高くできるかが極めて重要な課題であり、品種、栽培法、また冬季の積雪深の影響も考慮した適地また栽培時期の設定など総合的に検討する必要がある。

謝辞：信越化学工業の宝田氏より、シリコーン薬剤の提供をいただいた。岩手大学農場技官 西政佳氏、また作物学研究室諸氏に栽培管理ならびに技術補助をいただいた。これらの方々に深く感謝の意を表す。

引用文献

- 藤井正治 1971. イネの不耕起秋播直播栽培に関する研究 第3報 バラ直播の出芽について. 作物学研究集録 14: 1-3.
- Gesch, R.W., and D.W. Archer. 2005. Influence of sowing date on emergence characteristics of maize seed coated with a temperature-activated polymer. *Agron. J.* 97: 1543-1550.
- 濱田千裕・中嶋泰則・林元樹・釋一郎 2007. 水稲における不耕起V溝直播栽培の開発. 日作紀 76: 508-518.
- 姫田正美 1973a. 水稲の冬播栽培法に関する研究 -とくに土壤中における種子の生存について-. 農事試研報 18: 1-70.
- 姫田正美 1973b. 水稲の冬播栽培法に関する研究 (続報) -冬播した

水稲の生育特性および栽培技術的改善について-. 農事試研報 18: 71-115.

- 姫田正美 1995. 直播稲作への挑戦. 第1巻 直播稲作研究四半世紀のあゆみ. 榊潤欽也監修. 農林水産技術情報協会, 東京. 1-279.
- 星川清親 1987. 食用作物学. 養賢堂, 東京. 1-689.
- 伊藤博 1965. 種初長期保存を基礎としたイネ育種材料の保存と育種体系とに関する研究. 農事試研報 D 13: 163-220.
- 長野敏英・佐野裕・佐瀬堪紀・塩沢昌・石田朋靖・青木正敏・内島立郎・真木太一・大政謙次・岡田益己・蔵田憲次・皆川秀夫 2002. 農業気象・環境学 第14版. 朝倉書店, 東京. 1-191.
- 西村博和・宮内直利 1982. 稲麦同時ばらまき栽培における水稲の養分吸収に関する研究 第2報 湛水時期および施肥法が水稲の生育・収量に及ぼす影響. 愛媛農事試研報 22: 23-26.
- 農林水産省生産局農産振興課 2008. 水稲直播栽培の現状について. http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/pdf/all.pdf (2011/5/16 閲覧).
- 岡田益己・中村浩史 2010. 温度の正しい測り方 (1) 通風式放射射の作り方. 生物と気象 10 A-2: 1-5.
- 岡田益己 2010. 温度の正しい測り方 (2) 温度計の校正. 生物と気象 10 A-3: 1-6.
- 大場茂明 1997. 落水出芽法の由来. 農業技術 52: 33-34.
- 大平陽一・佐々木良治 2011. 飼料イネ種子の休眠程度が越冬後の発芽力に及ぼす影響とその品種間差異. 日作紀 80: 174-182.
- 太田保夫・中山正義 1970. 湛水条件における水稲種子の発芽におよぼす過酸化石灰粉衣処理の影響. 日作紀 39: 535-536.
- Sharratt, B.S., and R.W. Gesch. 2008. Emergence of polymer-coated corn and soybean influenced by tillage and sowing date. *Agron. J.* 100: 585-590.
- 東北農業研究センター 2010. 乾田直播マニュアル Ver.1 -プラウ耕・グレーンドリル播種体系-. <http://tohoku.naro.affrc.go.jp/periodical/pamphlet/file/kanden.pdf> (2011/5/16 閲覧).
- 山内稔 2004. 水稲の鉄コーティング湛水直播 農及園 79: 947-953.
- 吉永悟志・境谷栄二・吉田宏・山本晶子・若松一幸・菊池栄一・本間昌直 2007. 東北地域の水稲湛水直播栽培における酸素発生剤被覆量と苗立ちとの関係. 日作紀 76: 445-449.

Effects of Autumn Direct-seeding on Rice Growth and Yield under Cool Climates: Hiroyuki SHIMONO¹⁾, Miki TAMAI¹⁾, Takahiro HAMASAKI²⁾, Ryo SAGAWA¹⁾ and Ryuji OHTANI³⁾ (¹⁾Fac. Agric., Iwate Univ., Ueda 3-18-8, Morioka 020-8550, Japan; ²⁾National Agric. Res. Center for Hokkaido region, ³⁾National Agric. Res. Center for Tohoku region)

Abstract: Effects of autumn direct-seeding of rice on the growth and yield were examined in Iwate Prefecture, Japan which has a cool climate. Rice seeds coated with four kinds of silicon were sown in October, November and December (autumn) and in April (spring), and the seedling establishment, growth and yield were examined. The percentage of seedling establishment to total seed number in autumn direct-seeding (2 to 6%) was significantly lower than that in spring direct-seeding (89%). The seedling establishment in the autumn direct-seeding did not significantly vary with the time of seeding or silicon coating. The number of seedlings established per m² was 250 in spring direct-seeding, and 79 in autumn direct-seeding due to about five times higher seeding rates. Thus, the final dry weight and grain yield did not significantly vary with the time of direct-seeding.

Key words: Dry matter production, Harvest index, Rice, Seed establishment, Yield.