北海道における乾田直播水稻の播種条件と播種量増減の目安

湯川智行・平岡博幸*・大下泰生・栗崎弘利・渡辺治郎

Seeding Condition and Regulation for Seeding Rate of Paddy Rice by Direct Seeding
on Well-Drained Paddy Field in Hokkaido

Tomoyuki YUKAWA, Hiroyuki HIRAOKA, Yasuo OHSHITA, Hirotoshi AWAZAKI and Jiro WATANABE

1 緒言

現在北海道の稲作は、水稻作付け面積154,800haのうち、185haが直播栽培である。この直播栽培のうち、79haが代かき後に播種を行う湛水直播栽培、106haが播種後に湛水する乾田播種早期湛水栽培である(水稻直播研究会1997)。これら直播栽培の普及面積は、数字的にはまだ低い値であるが、ここ数年作付け面積の拡大がみられ、また低コスト化や経営耕地面積の拡大、春の労働ピークを回避できるなどの利点があるため(田中・相原1998, 田中1999)、今後も拡大することが予想される。これら直播栽培は水田に直接播種するため、発芽・苗立ちと初期生育の良否が、その後の生長と収量に大きく影響を与える。特に北海道の場合、発芽から苗立ちの間が低温下で経過するため、苗立ち率の向上と安定性の確保が極めて重要である(和田1995)。

北海道の直播栽培の苗立ちと初期生育に関しての研究は、湛水直播栽培において竹川ら(1979)が、低温条件が苗立ち率に大きく影響することを報告し、また湛水条件下において酸素を供給する過酸化カルシウム剤(以下、酸素発生剤)の低温条件下における苗立ち促進効果について報告している。さらに田中ら(1986)は酸素発生剤の粉衣量や播種深度と苗立ち率との関連について調査し、浅播きの有効

性や粉衣量の減量について報告している。一方、乾田直播栽培について、栗崎ら(1986, 1995)および北海道農試泥炭地研究室(1986)では本栽培を乾田播種早期湛水栽培とし、播種前の土壌改良から収穫までの体系的な技術開発を行っている。このように、北海道における直播栽培においては、酸素発生剤の利用や播種条件等の改善により、それぞれの栽培法が体系化されるまでに至ったが(栗崎1995, 道立上川農試1988, 北海道農試泥炭地研究室1986)、依然として苗立ち率は低いレベルであり、このため播種量が多いのが現状である。今後の直播栽培の発展のためには、さらに苗立ち率の向上と安定化をはかる必要がある。そこで、本試験では栗崎ら(1986, 1995)および北海道農試泥炭地研究室(1986)の技術体系を補完するものとして、安定的な苗立ちを確保することを目的に、播種期や播種深度などの播種条件と苗立ち率との関係について調べ、両者の関係を明確にするために重回帰分析を行った。その結果から播種条件に対応した苗立ち率を確保するための播種量の増減の目安についての策定を試みた。

なお、ここでいう水稻乾田播種早期湛水栽培とは乾田状態すなわち無代かきの状態で播種を行い、発芽・苗立ちを安定的に促進するために早期に湛水する栽培法のことである。かつて乾田播種早期入水栽培や折衷直播等の呼称を用いたが、本論文では水稻

平成10年7月10日受付

平成11年6月18日受理

北海道農業試験場 総合研究第1チーム 〒062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘1番地

Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Project Research Team 1 Hitsujigaoka 1, Toyohira-ku, Sapporo 062-8555, Japan

* 国際農林水産業研究センター 〒305-8686 つくば市大和1-2

Japan International Research Center for Agricultural Sciences Ohwashi 1-2, Tsukuba 305-8686, Japan

乾田播種早期湛水栽培とし、以下、乾田直播栽培と略記する。

2 材料と方法

播種条件が苗立ち率に及ぼす影響について調査するために、1995、1996、1997年の3ヶ年にわたり北海道農試圃場（札幌市豊平区）にて試験を行った。播種条件としての検討項目は、酸素発生剤（主成分：過酸化カルシウム、16%含有）の有無、播種深度として0.5, 1, 2, 3 cmの4水準、播種期は早期播種、適期播種、晩期播種として、4月下旬～5月上旬、5月中旬、5月下旬～6月上旬播種を、また湛水期として5月中旬、5月下旬～6月上旬の湛水区を設定した。土壤条件には、淡色黒ボク土と灰色低地土の2水準を設定した。また品種には北海道における直播の主流品種を供試し、1995年と1996年には「きたいおき」、1997年には「ゆきまる」を用いた。

試験は播種板（60cm×180 cm）を用いて作条し、これは所定の播種深を持つ播種溝（巾2 cm）が条間30 cmで2条作れるように工夫したものである。播種溝に手播き後、同じ水田土壌を5 mm目で篩い覆土した。試験区は1区2条（1条1.8m、1区1.08m²）とし、1条当たり200粒を播種し、3反復を設定した。なお、酸素発生剤の粉衣は、酸素発生剤を乾初重の100%（1995年）または80%（1996年、1997年）、さらにヒドロキシソキサゾール・メタラキシル粉剤を同2%（有効成分0.08%）を用い、コーティング装置を用いて浸種・催芽後の種子に粉衣した。なお、苗立ち率の調査は苗立ちが確認された3葉展開

期頃に行った。また、本報告の統計解析のプログラムには、SAS（SAS出版局1991）を用いた。

3 結果と考察

1) 播種条件と苗立ち率との関係

本報告では、播種条件として酸素発生剤の有無、播種深度、播種期、湛水期、土壤条件、さらに品種と苗立ち率との関係について検討した。まず、播種期および湛水期と苗立ち率との関係について、播種期や湛水期が遅くなるほど苗立ち率が高くなった（図1）。これは、遅い播種期ほど外部環境要因のうち特に温度が上昇し発芽に好適な条件となったため、苗立ち率が向上したものと推定される。播種深度については、播種深度が深くなるほど苗立ち率は低下し、特に播種深度が3 cmでは極端に低下した（図2）。乾田条件での播種は、湛水条件に比較すればより好気的な条件にあるが、苗立ち率に及ぼす播種深度の影響は大きいものと推定された。また酸素発生剤の粉衣は、乾田状態で播種される本栽培法においても、苗立ちを向上させる効果があった。なお、1995年と1996年および1997年では酸素発生剤の粉衣量が100%と80%と異なるが、統計分析の結果、年次による処理の差は認められなかったことから、このレベルでの粉衣量の違いは大きく苗立ち率に影響を与えていないといえる。また、土壤条件、品種については明らかな差が認められなかった（図3）。

2) 重回帰式の導出と播種量の増減の目安

播種条件と苗立ち率との関係についてさらに明確にするために、苗立ち率を目的変数とし、播種条件

図1 播種期および湛水期と苗立ち率との関係
注) 縦線は標準誤差を示す。

図2 播種深度と苗立ち率との関係
注) 縦線は標準誤差を示す。

のうち、酸素発生剤の有無、播種期、湛水期、播種深度を説明変数として重回帰式を変数増減法で導出した(久米1986, 表1)。なお、変数選択を行う際のF値は2.0とした。得られた重回帰式は、播種期が説明変数として除かれ、その他の説明変数はいずれも有意となった。偏回帰係数は、播種深度が負値で最も大きく、苗立ち率に播種深度が大きく関与することが示された。また、酸素発生剤の有無についての偏回帰係数が次いで大きく、重回帰式からみても酸素発生剤の効果の高いことが示された。説明変数から播種期が除かれ湛水期が選択されたことから、苗立ち率には播種期よりも湛水期が大きく影響した。このことは、乾田直播栽培では出芽に有効な温度が確保されるまで湛水しないため(北海道農試泥炭地研究室1986)大きく出芽過程が進行せず、苗立ち率

図3 土壌および品種と苗立ち率
注) 縦線は標準誤差を示す。

表1 苗立ち率を目的変数とする重回帰式の導出

重回帰式	偏回帰係数のF値					重相関係数
	定数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	
(1) Y = 80.17 - 16.00X ₁	477.61 **	67.16 **				0.716
(2) Y = 74.39 - 16.00X ₁ + 11.55X ₂	388.33 **	78.73 **	12.02 **			0.768
(3) Y = 57.37 - 15.79X ₁ + 11.55X ₂ + 0.53X ₄	42.87 **	80.77 **	12.70 **		4.58 *	0.786

注) Y：苗立ち率 X₁：播種深度 X₂：酸素発生剤粉衣の有無 X₃：播種期 X₄：湛水期
**および*は1%および5%でそれぞれ有意。
なお、酸素発生剤粉衣の有無は、粉衣有りを1、無しを0とするダミー変数とした。
また、播種期および湛水期は4月21日を1とした。

に与える影響としては湛水期のほうが播種期よりもより直接的に影響を与えるためと考えられる。なお、得られた重回帰式は寄与率79%で苗立ち率を説明することができた。

本重回帰式を苗立ち率の予測式として用いた結果を図4に示した。播種条件によって苗立ち率が大きく変化することがわかる。北海道で行われている乾田直播では、アップカットロータリ耕耘施肥播種機を用いて播種作業が行われるが、現地で観察される苗立ち率は、本試験で得られた数値よりもやや低い場合が多い。例えば、1997年5月1日播種、5月14日湛水、平均播種深度1.3cmの場合には、実測の苗立ち率が50%なのに対し、予測値は62%であった。これには、本試験で検討していない土壌の碎土条件

の影響や播種深度のばらつき、またInoueら(1997)の指摘する出芽後の種子の流亡等が考えられる。このため、本重回帰式による予測結果を苗立ち率の予測に直接適用するのは不适当と判断される。しかしながら、図5は、酸素発生剤を粉衣して播種し、5月1日を湛水日とし、播種深度が1cmの時の苗立ち率を100の指数として、その時の苗立ち率を確保するためには、他の播種条件下でどの程度の播種量を増減すればよいかについて換算したものである。例えば仮に、100とした播種条件である酸素発生剤を粉衣、5月1日を湛水日、播種深度が1cmの時の理想的な苗立ち率とすれば、この苗立ち率を得るためには、酸素発生剤を無粉衣、5月1日を湛水日、播種深度が2cmのときには、播種量を約1.9倍量播

図4 重回帰式による苗立ち予測

図5 重回帰式から算出した播種量増減の目安
注) * 5月1日、播種深度1.0cmの苗立ち率を100とした。

種しなければならないことが読みとれる。このような形で利用すれば、播種条件が異なる時の播種量の増減の目安として利用することも可能であろう。

北海道における直播では、府県に比較して極めて大量の種子が播種される。これは、苗立ち率が低く且つ不安定なことや分けつに依存しない栽培体系にもよるが、直播のメリットである省力・低コストを考慮するとき、大量播種はデメリットである。今回の重回帰式による予測結果は、播種量や酸素発生剤の使用の有無などの判断に有効と考えられ、未検討の項目である碎土率や出芽種子の流亡などの要素を加えてさらに検討する必要がある。また、本論文では、播種期や湛水期など暦日を対象としたが、これを温度などの変数に置き換えることにより、北海道以外の地域にも適用できる可能性も生じものと考ええる。

4 摘 要

北海道において行われている水稻の乾田直播栽培では発芽や出芽過程が低温下となるなどの理由で苗立ちが不安定である。そこで、播種期や播種深度などの播種条件を設定して苗立ち率との関係について調査した。検討した播種条件のうち苗立ち率に最も影響を与える要因は播種深度であり、播種深度が3 cmでは苗立ち率は極端に低下した。また乾田状態で播種する本栽培法においても酸素発生剤の粉衣効果が認められた。播種条件と苗立ち率との関係についてより明確にするために、苗立ち率を目的変数に、播種条件を説明変数とする重回帰式を導いたところ、寄与率79%の重回帰式が得られた。本重回帰式の予測式としての適合度について検討し、播種量増減の目安の策定を試みた。

キーワード

乾田直播、過酸化カルシウム、重回帰分析、水稻、湛水期、苗立ち率、播種期、播種深度。

5 謝 辞

北海道農業試験場総合研究部長古川嗣彦博士には本論文のご校閲を頂いた。本研究におけるSASの利用にあたっては、東北農業試験場長谷川浩氏にご協力願った。また、本試験の遂行には、本場業務科の菅野輝男氏、竹下定男氏にご協力願った。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- Awasaki, H. and Ohno Y. (1986) : A New Direct Seeding Culture of Rice in Hokkaido, JARQ 20(1); 1-12.
- 栗崎弘利 (1995) : (櫛淵欽也監修 直播稲作研究の最前線 第2巻), 第1章-4. 乾田播種出芽前入水直播栽培, 農林水産技術情報協会, 東京, pp. 61-73.
- 道立上川農試 (1988) : 水稻湛水直播栽培暫定基準, 昭和63年度北海道農業試験会議資料.
- 北海道農試泥炭地研究室 (1986) : 寒地直播水稻栽培における安定多収生産技術 - 折衷直播方式について -, 昭和60年度北海道農業試験会議資料.
- Inoue, N., Amano, T. and Khoko, K. (1997) : Seedling establishment of rice sown on soil surface in flooded paddy field, Jpn. J. Crop Sci. 66; 632-639.
- 久米 均 (1986) : (奥野忠一ら編 多変量解析法), II. 重回帰分析, 日科技連, 東京, pp. 25-157.
- SAS出版局 (1991) : (SAS/STAT ユーザーズガイド, リリース6.03.), 第1章SAS回帰プロシジャ, SAS インスティテュートジャパン, 東京, pp. 1-20.
- 水稻直播研究会 (1997), 稲作に関する資料, 274-276.
- 竹川昌和・森脇良三郎 (1979) : 直播イネの発芽, 苗立障害に及ぼす過酸化石灰種子粉衣処理の効果, 道立農試集報42; 1-9.
- 田中英彦・山崎信弘・天野高久 (1986) : 直播水稻の苗立ち率に及ぼす播種深度と過酸化石灰被覆量の影響, 日作紀55 (別2); 29-30.
- 田中基晴・相原克磨 (1998) : 乾田直播の営農実践と普及条件, 農経研究36(1); 1-4.
- 田中基晴 (1999) : (北海道農業試験場編 北の国の直播-乾田直播の技術開発と挑戦-), 北海道農業試験場, 札幌, pp. 123-136.
- 和田 定 (1995) : 北海道における水稻の直播栽培技術とその問題点 [1], 農園70; 958-962.

Summary

Establishment of direct seeded paddy rice on well drained paddy field in Hokkaido in Japan shows low percentage because of low temperature. In this paper, we investigated about the relationship between some seeding conditions and percentage of seedling establishment. The most affectable factor to establishment of rice seedlings

was seeding depth, below 3cm seeding depth gave lower percentage. Coated seed with calcium peroxide showed higher percentage, indicating effectiveness of that material on even if well drained paddy field. From those seeding conditions, we induced the multiple regression equation having 79% contribution ratio. Therefore, we discussed

this equation for actual adaptation and simulated for regulation of seeding rate.

Key Words : Calcium peroxide, Direct seeding on well drained paddy field, Multiple regression analysis, Percentage establishment, Rice, Seeding date, Seeding depth, Submerging date.