

春まきコムギの初冬まき栽培における融雪直後の根の状態と その後の生存および収量との関係

辻 博之^{*}・大下 泰生・君和田 健二・渡辺 治郎

北海道農業研究センター

要 旨：春まきコムギ（品種：春よ恋）の初冬まき栽培における、融雪直後の根の状態と其後の生存の関係を圃場試験と屋内試験で検討した。圃場試験では北海道農業研究センター内の水田転換畑圃場に2003年と2004年の11月に春まきコムギを表面散播し、散播と同時に除草レーキで土壌表面を攪乱した攪拌区と、無攪拌区を設けた。播種翌年の融雪直後に単位面積あたり個体数、個体の発芽位置（地中、地表面）、地表面発芽個体の種子根数と地中貫入根数等を調査し、春以降の生存率および子実生産量との関係を検討した。屋内試験では地中に埋設する種子根数と土壌水分が生存率に及ぼす影響を調査した。圃場試験において、攪拌区では無攪拌区に比べて地中で発芽する個体の割合が高く多収であった。地中で発芽した個体の生存率は両年共に90%以上と高く、土壌表面で発芽した個体のうち、融雪直後の地中貫入根数2本以上の個体も76~90%と比較的高い生存率を示した。また、融雪直後の地中貫入根数2本以上の個体では、1個体当たりの有効穂数、1穂粒数、千粒重が地中で発芽した個体とほぼ同等であった。地中貫入根数は積雪下で伸長する種子根数が多いほど増える傾向が認められた。屋内試験において、個体が定着する前の乾燥により地中に貫入する根数とコムギの生存率が低下することが明らかとなった。これらから、春まきコムギの初冬まき散播栽培では、覆土により地中で発芽する個体を増やすこと、および積雪下で伸長する種子根数を増やすことが、越冬後の生存率と収量を高める結果につながるが示された。

キーワード：生存率、地中貫入根数、春まきコムギ初冬まき栽培、覆土

Relationship between plant surviving after spring and seminal root penetration into soil at thaw in spring wheat seeded in early winter. : Hiroyuki TSUJI, Yasuo OHSHITA, Kenji KIMIWADA and Jiro WATANABE (National Agriculture Research Center for Hokkaido Region)

Abstract: This study was undertaken to investigate an effect of soil covering on survival rate of spring wheat (*Triticum* spp. Cv. Haruyokoi) which were sown with a broadcaster in early winter. Effects of seed position (below or at soil surface) and the number of seminal roots penetrating into soil at thawing period on survival rate and yields were also investigated. The field experiment was conducted in 2003 and 2004 at the National Agriculture Research Center for Hokkaido Region. The laboratory experiment additionally investigated the effects of soil moisture (drought or wet) and root penetration into the soil on the survival rate of wheat plants in a growth chamber. In the field trial, the survival rate of the seedlings that sprouted from soil was over 90% in both years. The survival rate of the seedlings that sprouted at the soil surface were generally low, but ones that had more than two seminal roots penetrating into the soil survived better (76-90%). Yields of these plants were nearly equal to that of the plants sprouted from soil. In the laboratory experiments, drought treatment decreased not only the number of the roots that penetrated into the soil but also the survival rate of the wheat plant. These results suggested that the increasing in number of seminal roots that elongates under snow cover and roots that penetrates into the soil will decrease seedling death and increase yield of wheat that sprouted at the soil surface. Furthermore covering the seeds with soil will also increase and stabilize yield of spring wheat seeded in early winter.

Keywords: seedling survival, seminal root penetration, spring wheat seeded in early winter, soil covering,

北海道におけるコムギ生産は他の作物に比べて省力的で、北海道東部の畑作地帯のみならず北海道中央部の水田地帯においても重要な位置を占める。北海道では秋まきコムギと春まきコムギが栽培され、通常4月に播種し8月上旬に

収穫する春まきコムギは、水稻およびダイズ等の後作、秋まきコムギの前作として栽培できるため輪作体系上有用な作物である。しかし、播種後100日程度で成熟する春まきコムギは秋まきコムギに比べて低収である。また、収穫時期

に低温や降雨に遭遇することが多く、穂発芽や赤かび病によるデオキシニバレノール(DON)汚染などによる品質劣化の危険がともなう。さらに、融雪の遅れや春の天候不順により圃場の乾燥が進まない時には、播種が遅れて減収し、水稲育苗などの作業が優先されてコムギの栽培が取りやめられることもある。このようなことから、近年の春まきコムギの作付面積はコムギ作付面積の6~10%程度にすぎない。

短い生育期間に起因する春まきコムギの低収克服に向けて、雪が積もる前の11月上旬から中旬の初冬期に春まきコムギを播種し、根雪の下で出芽させて融雪の直後から生育を開始させる初冬まき栽培法(根雪前播種という呼称もあるがここでは初冬まきとする)が近年開発された。そしてこれまでに耕起法(渡辺ら, 1992)、播種時期(佐藤・沢口, 1998)、播種量(沢口・佐藤, 2001)、窒素施肥法(佐藤・土屋, 2002)等が検討されて安定生産が可能になってきた。

春まきコムギの初冬まき栽培の播種法には条播、散播、チゼルプラウ耕同時散播等がある。このうち、条播は融雪後の出芽個体数が比較的安定しているため、最も普及が進んでいる。一方、散播は作業の簡便性や過湿等の悪条件下でも播種が可能な点が評価されているが、融雪後の出芽個体数が不安定で雑草が繁茂するなどの欠点が指摘されている。散播では覆土を行わないため、荒く耕起された土塊の隙間に種子が落下した場合や、根雪期間中に崩壊した土塊で種子が偶然埋土された場合のみ地中で発芽後出芽できるが、その他の種子は地表面で発芽してそのまま生育する。地表面の種子は積雪下では土壤水分や温度が一定に保たれているが、融雪後は乾燥にさらされやすい。したがって、春まきコムギの初冬まき散播栽培では積雪下での発芽や根の生存状態が良好であること、および根が地中に貫入して定着することが、最終的な個体数の確保と収量の向上に直結するものと考えられる。

そこで、本研究では積雪下での発芽および定着と越冬後の生存率の係りに着目して、種子の発芽位置と根の地中への貫入がその後の生存率と生産力に及ぼす影響を検討した。さらに、融雪後の不安定な土壤表面の水分状態が、地表面で発芽したコムギ個体の定着率におよぼす影響を検討するために、地中に埋設する種子根数と土壤水分条件を調節し、コムギの生存率を調査した。その結果から春まきコムギの初冬まき散播栽培の収量安定化の方策について考察した。

材料と方法

試験1 圃場試験における融雪直後の種子および種子根の地中への貫入とその後の生存および収量

試験は北海道農業研究センター(札幌市)内にある乾性火山灰土の造成水田転換畑(畑転換2年目)で行った。春まきコムギ「春よ恋」を供試した。播種は2003年が11月17日、2004年が11月15日とし、チゼルプラウシダ(大下ら, 2004)によるチゼルプラウ耕同時散播方式で行った。機械除草に用いる金属製の除草レーキをチゼルプラウシダの後方に取り付けて、播種と同時に土壤表面を攪拌した攪拌区と、攪拌しない無攪拌区を隣接して設けた。施肥は融雪後(2004年4月16日、2005年4月20日)に、窒素、リン酸、カリをそれぞれ10、18、12%含む化成肥料を 120g m^{-2} 施用した。機械播種による1行程を1処理としたため反復は設けなかった。試験区は $2.5 \times 40\text{m} : 90\text{ m}^2$ の細長い試験区を長辺方向に3分割し、それぞれ 1 m^2 の調査区を設けて反復の代わりとした。なお、本試験における根雪期間(積雪継続の期間で、積雪の初日から終日までの期間。ただし、その間の積雪の中断が5日以内ならばそれらを期間に含む)は2003年12月7日から2004年4月6日と、2004年11月30日から2005年4月18日であった。

融雪後の2004年4月17日(融雪後10日目)と2005年4月24日(融雪後6日目)に、調査区内の発芽・出芽が確認できる全ての個体を、地中で発芽した後出芽した個体(種子が完全に土に埋まっている個体)、地表面で発芽(種子が露出)した個体に分類した。さらに、後者を地中に貫入した根(地中貫入根数)が2本以上の個体と1本以下の個体に分類した。分類に基づきそれぞれの個体数を計測し、分類した個体を以後も識別できるように全個体に印を付けた。

成熟期(2004年8月4日、2005年8月3日)に、上記の分類に従ってそれぞれの生存個体数、穂数、収量、千粒重を追跡調査した。また、2004年4月17日には無攪拌区の地表面で発芽していたコムギ346個体について、発根数と(5mm以上伸長が認められたもの)地中に貫入した根数の調査を行った。また、2004年4月26日には、攪拌区と無攪拌区でそれぞれ4地点(1地点あたり 0.5 m^2)ずつ任意に選び、無攪拌区159個体、攪拌区221個体の発芽深度を調査した。地中で発芽した個体では、発芽した種子の地表面からの深度を0.5cmごとに調査して発芽深度とし、各種子の発芽深度と個体数から発芽の以下

の方法で平均深度を求めた。

$$\text{平均深度} = (0 \times \text{深度 } 0 \text{ の個体率} \% + 0.5 \times \text{深度 } 0.1 \sim 0.9 \text{ cm の個体率} \% + 1.5 \times \text{深度 } 1 \sim 1.9 \text{ cm の個体率} \% + 2.5 \times \text{深度 } 2 \sim 2.9 \text{ cm の個体率} \% + 3.5 \times \text{深度 } 3 \sim 3.9 \text{ cm の個体率} \% + 4.5 \times \text{深度 } 4 \sim 4.9 \text{ cm の個体率} \% + 5 \times \text{深度 } 5 \text{ cm 以深 の個体率} \%) \div 100$$

試験 2 地中の根数および土壌の水分条件とコムギの生存率 (室内実験)

30℃, 暗黒条件下で, 春まきコムギ品種「春よ恋」の種子を給水させ 2 日間催芽した。発芽後, 葉鞘の長さ 1~2cm, 種子根 3 本が 1cm 以上に伸長した個体を 1 処理あたり 48 個体移植した。なお, これらは風乾土 150g を詰めた 8 個の容積 200cm³ のプラスチックカップに 6 個体ずつ分けて移植した。その際の移植時の処理として, 根, 子実とも地表面におく無埋設区, 子実を地上部におき, 種子根のうち 1 本だけをピンセットを用いて地中に埋め, 他の 2 本を地表面におく 1 本埋設区, 同じく種子根 2 本を地中に埋めた 2 本埋設区, 子実と根をともに地中に埋設する地中区を設けた。移植後, 土壌含水比を 40% に調整し, 4℃, 暗黒条件下に 3 日間おいた後, 人工気象室 (バイオトロン, LPH-200-RD, 日本医科機器製作所) に移し, 気温 18℃, 12 時間明条件で 28 日間栽培した。第 1 表に示すように栽培期間を 4 期にわけて, 乾燥処理 (含水比 20~45%) と湿潤処理 (同 40~65%) を組み合わせ, 4 通りの土壌水分処理を設けた。28 日間の栽培後に葉の展開が認められる個体を生存個体として生存率を求めた。本実験は 3 度繰り返して反復とした。

統計処理の方法

試験 1 の攪拌処理には, 実験計画法上適切な反復がなく, 細長い 2 つの試験区が隣接している。このためコムギの個体数や生産力に及ぼす攪拌処理の影響については, 統計解析を行うこ

とが本来であれば困難であるが, 調査の繰返しを反復に置き換えて統計解析を行った。排水性や地力等の定誤差が, 主として試験区の長辺間に存在した。そこで, 調査区は長辺を 3 分割したブロックにそれぞれ配置した。攪拌処理の影響は t 検定を用いて効果を検定した。このとき, ブロック間の分散を誤差分散に含めて解析することで, 処理間の分散を相対的に小さくし, 処理の影響を過大に評価する危険を回避した。なお, 2004 年に行った発芽深度の調査では, 他の調査同様の 3 反復の調査に 1 か所追加し, 計 4 地点で調査を行っている。

同一の攪拌処理内の融雪直後の発芽位置と種子根の地中への貫入に基づいて分類した個体群間の生産力については, 分散分析によってその影響を解析した。地中で発芽した個体群とその他の個体群を比較は Turkey の方法により行った。

試験 2 については 3 回繰り返した実験を反復と見なして分散分析を行い, 移植方法, 1 期目および 2 期目の土壌水分処理の主効果及び交互作用について解析した。

以上の統計処理にはマイクロソフト社の Excel を用いた。

結 果

1. 発芽位置および種子根の貫入数と越冬後生存率の関係

第 2 表に, 融雪直後の発芽位置および地中貫入根数で分類した個体群の, 1 m² あたりの個体数とそれらの越冬後 (融雪直後から収穫期) の生存率を示した。

地中で発芽した個体の越冬後生存率は 2 年共に 90% 以上であった。一方, 土壌表面で発芽し, 地中貫入根数 1 本以下の個体の生存率は 28~52% と低く, いずれも地中で発芽した個体の生存率より有意に低かった。地中貫入根数が 2 本以上の個体の生存率は 76~90% で, 2005 年の無攪拌区では地中で発芽した個体の生存率より有意に低い値を示したが, 地中貫入根数 1 本以下の個体より高い傾向を示した。従って, 成熟期まで生存した個体の大部分は, 地中で発芽した

第 1 表 試験 2 の移植時処理と人工気象室内の土壌水分処理の組み合わせ

移植時処理		土壌水分処理 (人工気象室移動後の土壌水分条件)			
種子の位置	地中に埋設した根の本数	1 期目	2 期目	3 期目	4 期目
		1~7 日	8~14 日	15~21 日	22~28 日
無埋設区: 土壌表面	0 本	} x {	乾乾: 乾燥	乾燥	} 乾燥 湿潤
1 本埋設区: 土壌表面	1 本		乾湿: 乾燥	湿潤	
2 本埋設区: 土壌表面	2 本		湿乾: 湿潤	乾燥	
地中区: 地中	3 本		湿湿: 湿潤	湿潤	

・試験は計 16 処理・3 回の繰返し (反復)
 ・1 回・1 処理あたり 48 個体
 ・1 処理あたり 8 カップ・6 個体/1 カップ
 ・乾燥区: 含水比 20~45%
 ・湿潤区: 含水比 40~65%

個体と、土壌表面で発芽し融雪直後に2本以上の種子根が地中に貫入していた個体で占められていた。

2. 表層土壌の攪乱が発芽率と発芽深度に及ぼす影響

両年の融雪直後の全出芽個体数を比較した場合、2005年の個体数が2004年に比べて多い傾向が認められた。攪拌処理の影響は2004年の地中発芽した個体群、および2005年の表面発芽・地中貫入根数2本以上の個体群で有意(t検定で危険確率5%以下)に認められた(第2表)。2004年の地中で発芽した個体数は、無攪拌区に比べて攪拌区で有意に多く、2005年の地表面で発芽し種子根が2本以上地中に貫入した個体数は、攪拌区のほうが有意に少なかった。このため、全個体数に占める地中で発芽した個体の割合は両年共に無攪拌区に比べて攪拌区で高かった。

2004年4月26日に調査したコムギの発芽深度を第1図に示した。無攪拌区では地表面と表層1cm以内の地中で発芽した個体が多く、その割合は全発芽・出芽個体の58%であった。これ

に対して、攪拌区では1~1.9cmの層で発芽した個体が多く、深さ1cm以下で発芽した個体の割合が61%を占めた。発芽深度の分布を加重平均して求めた平均発芽深度は無攪拌区の1.07±0.12cmに比べて、攪拌区では1.37cm±0.12cmと深くなった。

3. 表面発芽個体の発根数と地中に貫入した根数の関係

融雪直後に、地表面で発芽が認められた個体の発根数と地中貫入根数の平均値を第3表に示した。融雪直後に発芽が認められた個体のうち半数の個体は5本の発根が認められ、その地中貫入根数は平均2.25本であった。発根数が3本と4本の個体の地中貫入根数は発根数5本の個体より有意に少なく、それぞれ1.62と、1.53本であった。地中貫入根数2本以上の個体の割合は、発根数3本および4本の個体ではそれぞれ52%および49%であったのに比べて、発根数5本の個体では71%と高かった。これらから融雪直後までの発根数が多いと、地中貫入根が複数となる確率が高まる傾向が認められた。

第2表 発芽位置および融雪直後の地中に貫入した根数で分類したコムギの個体数とその後の生存率(n=3)

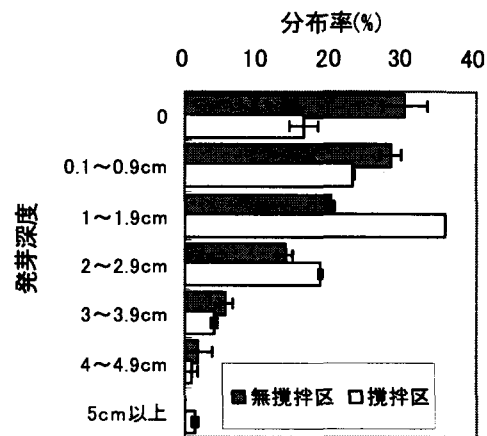
発芽位置	地中貫入根数	2004年(2003年播種)		2005年(2004年播種)	
		融雪直後 個体数 個体 m ⁻²	越冬後の 生存率 (%)	融雪直後 個体数 個体 m ⁻²	越冬後の 生存率 (%)
無攪拌区					
地中		39±9	92±3	102±9	95±2
表面	2本以上	27±3	84±8	90±10	80±3*
表面	1本以下	9±2*	42±11*	20±3**	41±3**
攪拌区					
地中		76±3	91±4	113±1	95±1
表面	2本以上	27±2**	90±5	59±3**	76±2
表面	1本以下	10±0**	52±13*	13±3**	28±8**

数値右側に付した*、**は、地中で発芽した個体群の平均値との差がturkyの方法でそれぞれ5、1%以下の危険確率で有意であることを示す。

第3表 地表面で発芽した個体において融雪直後の種子根発根数ごとにみた地中に貫入した根数(n=3, 圃場試験:2004年)

融雪時の種子根発根数(本/plant)	3	4	5
調査個体数(3地点合計)	37	136	173
平均貫入根数(本/plant)	1.62a	1.53a	2.25b
調査地点間の標準誤差	0.10	0.20	0.11
調査個体に占める貫入根数2本以上の個体の割合(%)	51.5	49.3	70.9
調査地点間の標準誤差	1.5	9.4	2.9

数値右側に同一のアルファベットを付した場合はturkyの方法で5%以下の危険水準で有意な差が認められないことを示す。

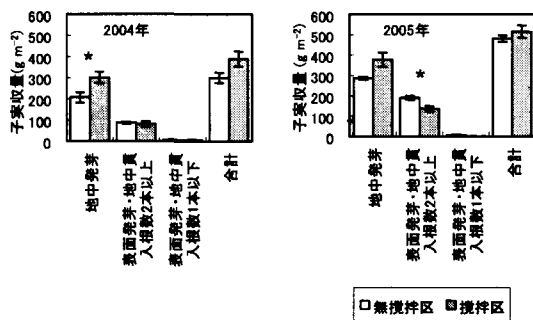


第1図 播種後の土壌表面攪拌が出芽深度に及ぼす影響(圃場試験:2004年)

4月26日に攪拌区と無攪拌区でそれぞれ4地点調査。1地点あたりの調査面積は0.5m²。

4. 攪拌処理が収量に及ぼす影響

融雪直後の発芽位置および地中貫入根数で分類した、各個体群の収量を第2図に示した。2004年は全個体数の過半数以上を占める地中で発芽した個体群の収量が有意(t検定により危険率5%以下)に攪拌区で高くなった。全体の収量も攪拌区で高い傾向が認められた。地表面で発芽し融雪直後の地中貫入根数が2本以上の個体群の収量は、無攪拌区では $87 \pm 5 \text{ g m}^{-2}$ 、攪拌区では $81 \pm 14 \text{ g m}^{-2}$ であった。地中貫入根数1本以下の個体では、攪拌区と無攪拌区でそれぞれ $7 \pm 4 \text{ g m}^{-2}$ 、 $8 \pm 1 \text{ g m}^{-2}$ となり、処理間に有意な差



第2図 発芽位置および融雪直後の種子根の地中貫入状況により分類した個体群の春まきコムギの収量(圃場試験、平均±標準誤差)

図中の*は攪拌処理間の収量に有意差(t検定で危険率5%以下)が認められたことを示す。試験は3反復。

は認められなかった。地表面で発芽した個体群の収量が全体に占める割合は、無攪拌区の31%に比べて、攪拌区は23%と低い傾向を示した。

2005年の全体の収量には処理間に有意差は認められなかった。しかし、地中で発芽した個体群の収量は攪拌区で高い傾向を示した。また、地表面で発芽し融雪直後の地中貫入根数が2本以上の個体群の収量は有意(t検定により危険率5%以下)に無攪拌区で高かった。地表面で発芽した個体群の収量が収量全体に占める割合は、無攪拌区の41%に比べて、攪拌区は27%と低く、2004年と同様の傾向を示した。

収穫時の個体数と収量構成要素を第4表に示した。攪拌処理の影響は収穫時の個体数に有意に(t検定で危険率5%以下)認められ、2004年は攪拌区の地中で発芽した個体が多く、2005年は無攪拌区の地表面で発芽し地中貫入根数1本以下の個体が多かった。また、2005年には攪拌処理の影響が、地表面で発芽し地中貫入根数2本以上の個体群の有効穂数にも有意に認められ、攪拌区で多かった。

5. 種子の発芽位置と融雪時の地中貫入根数が収量構成要素に及ぼす影響

地表面で発芽し融雪時の地中貫入根数が1本以下の個体群では、地中で発芽した個体群に比べて1個体当たりの有効穂数が有意に少なく(第4表)、1穂粒数も2005年の攪拌区で有意に少なかった。一方、融雪直後の地中貫入根数

第4表 発芽位置および融雪直後の地中貫入根数で分類したコムギの収量構成要素(n=3)

発芽位置	地中貫入根数	収穫時 個体数 個体 m ⁻²	有効穂数 本 m ⁻²	1個体当り 有効穂数 本 個体 ⁻¹	1穂粒数 粒 穂 ⁻¹	1000粒重 g
2004年(2003年播種)						
無攪拌区						
地中		36±15	128±48	3.6±0.3	37±6	45.0±1.0
表面	2本以上	22±1	59±10	2.7±0.4	35±7	42.4±1.4
表面	1本以下	4±2*	5±5**	1.1±1.0**	32±5	43.8±2.5
攪拌区						
地中		69±2	210±31	3.0±0.4	31±0	46.0±0.6
表面	2本以上	24±4**	63±13**	2.6±0.2	29±4	44.4±1.0
表面	1本以下	5±2**	7±2**	1.4±0.3**	26±3	43.6±2.7
2005年(2004年播種)						
無攪拌区						
地中		97±8	252±8	2.6±0.2	24±0	46.3±0.4
表面	2本以上	73±10	187±13*	2.6±0.1	22±1	46.0±0.1
表面	1本以下	8±3**	10±2**	1.1±0.3**	12±5	45.4±0.1
攪拌区						
地中		108±0	318±21	2.9±0.2	26±1	46.0±0.2
表面	2本以上	45±2**	131±16**	2.9±0.2	23±2	45.9±0.0
表面	1本以下	3±0**	3±0**	0.9±0.1**	16±1*	45.3±0.2

数値右側に付した*, ** は、地中で発芽した個体群の平均値との差がturkyの方法でそれぞれ5, 1%以下の危険率で有意であることを示す。

が2本以上の個体群と地中で発芽した個体群の間では、1個体当たり有効穂数、1穂粒数および千粒重には有意差が認められなかった。

6. 地中の種子根数および土壌の水分条件がコムギの生存率に及ぼす影響

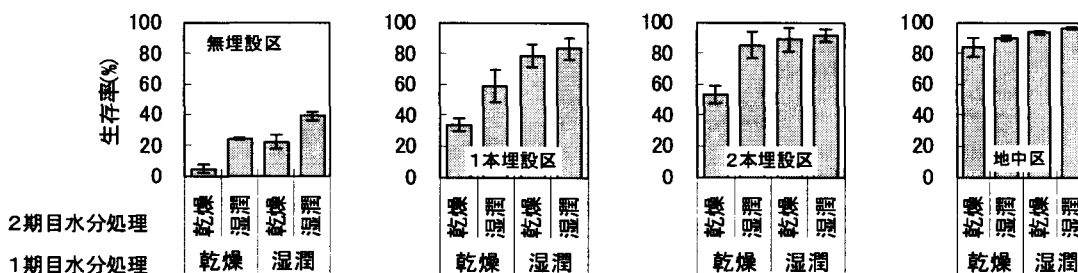
試験2における春まきコムギの試験終了後の生存率と分散分析結果を第5表に示した。土壌水分処理の主効果は1%以下の危険率で有意となり、土中への根の埋設本数が多く、土壌を湿潤としたときに生存率が高まった。また、移植法と1期目の土壌水分処理、1期目と2期目の土壌水分処理の交互作用が1%以下の危険率で有意となった。

第3図には3処理の組み合わせによる春まき

第5表 移植処理と土壌水分処理がコムギの生存率に及ぼす影響（平均値および分散分析結果, n=3）

処理	栽培終了後の生存率(%)			
移植処理	無埋設区	22.6		
	1本埋設区	63.7		
	2本埋設区	79.9		
	地中区	91.1		
1期目水分処理	1期目乾燥処理	54.4		
	1期目湿潤処理	74.2		
2期目水分処理	2期目乾燥処理	57.5		
	2期目湿潤処理	71.2		
分散分析表				
	自由度	平方和	分散	分散比
全体	47	44806		
実験回(ブロック)	2	1456	728	14.3
処理	15	41828	2789	55.0
主効果				
移植処理:T	3	32456	10819	213.3 **
1期目水分:SM1	1	4701	4701	92.7 **
2期目水分:SM2	1	2257	2257	44.5 **
交互作用				
TxSM1	3	1103	368	7.2 **
TxSM2	3	355	118	2.3 n.s
SM1xSM2	1	579	579	11.4 **
TxSM1xSM2	3	378	126	2.5 n.s
誤差	30	1522	51	

分散比の右側に付した** は、処理の効果が1%以下の危険確率で有意であることを示す。



第3図 移植処理と土壌水分処理がコムギの生存率に及ぼす影響（試験2：平均値±標準誤差）
試験方法については第1表に記載した。

コムギの生存率を示した。1期目の土壌水分処理が生存率に及ぼす影響を移植処理別にみると、1本埋設区および無埋設区では乾燥処理による生存率の低下が著しいのに対して、2本埋設区では1期目のみの乾燥処理では生存率がほとんど低下せず、地中区では影響が小さかった。また、2期目乾燥処理による生存率の低下は、1期目にも乾燥処理とした時に顕著な低下を示した。

試験終了時まで残った個体の大部分は2本以上の種子根（移植時の挿入と、その後地中に貫入した種子根の合計）が地中に入っていた（第6表）。とくに、1期目の処理を湿潤とした時に地中に入る種子根数が増える傾向が認められた。

考 察

1. 発芽位置が異なる個体群の収量への貢献度

本試験（試験1）では、地中で発芽した個体から得られた収量が、地表面で発芽した個体から得られた収量を上回った。また、2004年は攪拌区の地中で発芽した個体数が無攪拌区に比べて多く（表2）、それが攪拌区の有意な増収に結びついたと考えられる（第2図）。これらから、春まきコムギの初冬まき栽培で安定的な収量を得るには、地中で発芽する個体を確保すること、すなわち覆土を行うことが重要と考えられる。

第6表 試験2における移植処理および1期目の水分処理が処理終了時の種子根貫入に及ぼす影響(n=3)

移植処理	1期目水分処理	調査 ¹⁾ 個体数	試験終了時の1個体あたり ²⁾ 土中貫入根数(本/plant)
無埋設区	乾燥	42	1.94 ± 0.07
	湿潤	88	2.23 ± 0.05
1本埋設区	乾燥	134	2.44 ± 0.02
	湿潤	233	3.32 ± 0.09
2本埋設区	乾燥	200	3.10 ± 0.03
	湿潤	258	3.45 ± 0.02

- 1) 試験終了時に生存と判断された個体を調査対象とした。
- 2) 平均値±標準誤差 ただし、移植時に土中に埋設した種子根を含む。

しかし、地表面で発芽したコムギ個体から得られる収量も全収量の23~41%を占め、散播栽培においては農業生産上無視することはできない大きさとなった。また、地表面で発芽した個体から得られる収量の大部分は、融雪直後の地中貫入根が2本以上の個体によるものであった(第2図)。

本試験における収量構成要素は、個体数が関与する単位面積あたりの有効穂数を除けば、地中貫入根が2本以上の個体と、地中で発芽した個体の間に有意差が無く(第4表)、両者はほぼ同等の生産力を有していたと判断された。

また、積雪下で5本の種子根を伸長していれば、複数の種子根が地中に貫入する確率が高まる傾向が認められたことから(第3表)、積雪下における種子根の伸長が越冬後の生存率と収量に対して大きな影響を及ぼしたと判断された。

2. 融雪前後の環境条件と根の伸長と貫入

積雪下の土壌表面は湿潤な状態が保たれるが、融雪後は土壌表面が徐々に乾燥し、地表面で発芽した個体の生存率を低下させると予測される。試験2において、土中に埋設した種子根数が1本以下の個体では、1期目の土壌乾燥処理で生存率が大幅に低下した(第3図、第5表)。また、1期目を湿潤処理にすると地中に貫入する種子根数が増える傾向が認められた(第6表)。これらの結果から、種子根の貫入には湿潤な土壌条件が有利であり、根の貫入前に土壌が乾燥するとその後の貫入は抑制され、結果的に生存率が低下するものと考えられた。

これらから、融雪の前後では、積雪下の湿潤な条件が種子根の伸長と地中への貫入に有利であり、積雪下で根の発生と貫入が完了させることが、地表面で発芽した個体の生存率と生産性を高めるのに有利になると推察された。

また、越水(1998)は水稻湛水直播における転び苗の要因の一つとして、種子根伸長力の反作用による種子の持ち上げを報告している。地表面で発芽した春まきコムギでも同様の力が働き、根の貫入を妨げると考えられる。積雪下では雪の重みが種子の持ち上げを抑えたと考えられ、この点からも融雪前の環境条件が種子根の貫入に好適であったと推察された。

3. 積雪下における根の伸長

春まきコムギ初冬まき散播栽培では、種子根の地中貫入に有利な積雪下で5本の種子根を順調に伸長させることで、越冬後の生存率を高めることができると考えられた。これらの知見を

実際の初冬まき栽培に応用するには、春まきコムギの種子根の発生・伸長の速度と、春まきコムギの主要産地における根雪期間の長さの関係について考察する必要がある。

吉田ら(1994)は積雪下に埋設した春まきコムギの発芽と種子根の伸長を調査し、種子の埋設後14週目までに3本の種子根の伸長が認められ、18週目に伸長した根が4~5本となることを報告している。本試験の根雪期間は2004年が約17週間、2005年が約20週間であった。また、春まきコムギの主要な産地である上川、空知、石狩地域の根雪始平年値は11月20日から12月上旬、融雪は4月上旬で、根雪期間は17~20週間前後であることが多い。実際の初冬まき栽培では根雪前に播種するため、根雪前に吸水や澱粉分解酵素の生合成などの発芽機構が始動していることを考慮すると、根雪期間は春まきコムギの種子根5本が発生・伸長するのに十分な長さと考えられる。

しかし、実際の栽培では融雪直後に伸長が認められた種子根数は、地表面で発芽した種子では3~5本となっていた(第2図)。種子根の発生・伸長が抑制された要因は、これまで種子内貯蔵養分の消耗(佐藤・沢口, 1998; 吉田ら, 1994)、雪腐病の罹病(湯川ら, 2001)等が越冬個体率の低下要因として報告されていることから、種子根の発生・伸長の遅れにもこれらに関与したと推察される。越冬個体率を向上させる対策として播種適期の遵守(佐藤・沢口, 1998)、種子の吸水・発芽を適度に遅延させる発芽抑制剤の利用(沢口・佐藤, 2001)、大粒種子の利用(湯川ら 2001)、雪腐防除薬剤の種子粉衣処理(湯川ら 2003)等が提唱されている。これらは気温0℃前後の積雪下で種子の発芽能力を維持するために、根雪前の種子の消耗や病気を抑える方策として提唱されており、種子根の伸長能維持にも同様の効果が期待できる。

4. 春まきコムギ初冬まき散播における覆土の効果

既存のチゼルブラウシーダ播種機は、播種作業の簡便性や、湿潤条件下での作業性能等を重視し、条播播種機のような覆土装置を備えていない。重粘な土壌や作物残さが多い圃場条件下では、覆土機構が泥や残さを巻き込み、作業能率を低下させるためである。

しかし、本試験で用いたような簡便な攪拌処理でも、覆土された種子から発芽した個体の割合は増える傾向が認められた。地中の種子は地表面に比べて放射冷却等による強い低温に遭遇

する危険が小さく、覆土により発芽と根伸長能力が維持され、発芽個体数が増加すると考えられる。本試験の攪拌区や、偶然に覆土された種子が多かったと推測される2005年の無攪拌区では、2004年の無攪拌区に比べて単位面積あたりの有効穂数が多く、 400g m^{-2} を上回る収量に結びついたと考えられる。

これらの結果から散播栽培における不安定な生産を改善するには、種子が覆土される確率を高め、土中で発芽する個体数を増やすことが必要であり、具体的な改善策としては播種機に攪拌機構を装着する等の改良が有効であると考えられた。

謝 辞

本試験を実施にあたり、北海道農業研究センター業務センターの猪股龍郎氏、竹本敏彦氏にご尽力いただいた。また、論文作成にあたっては東北農業研究センター宮沢佳恵博士に、ご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

引用文献

越水幸男 1998. 水稻の湛水直播についての2, 3の私見. 農業技術 53: 157-160.

大下泰生, 辻博之, 渡辺治郎, 湯川智行 2004. チゼルプラウシーダを用いた春まき小麦の根雪前播種栽培の安定化. 農作業研究 39 (別1): 45-46.

佐藤導謙, 沢口敦史 1998. 北海道中央部における春播コムギの初冬播種栽培に関する研究—播種期と越冬性について—. 日作紀 67: 462-466.

佐藤導謙, 土屋俊雄 2002. 北海道中央部における春播コムギの初冬播種栽培に関する研究—窒素施肥法が収量および子実粗タンパク含有率に及ぼす影響—. 日作紀 71: 455-462.

沢口敦史, 佐藤導謙 2001. 北海道中央部における春播コムギの初冬播種栽培に関する研究—適正播種量について—. 日作紀 70: 505-509.

渡辺治郎, 高屋武彦, 高橋幹, 川勝正夫 1992. 春まきコムギの多収と根雪前播種—耕てん法を中心として—. 農業技術 47: 449-453.

湯川智行, 大下泰生, 栗崎弘利, 渡辺治郎 2001. 春播コムギの根雪前播種栽培における越冬性の低下要因と改善. 日作紀 70: 568-574.

湯川智行, 大下泰生, 渡辺治郎 2003. 雪腐防除用フルアジナム剤の種子粉衣による春播コムギの根雪前播種栽培の越冬性向上. 日作紀 72: 216-218.

吉田みどり, 阿部二郎, 森山真久, 高屋武彦 1994. 初冬播きした春播コムギの越冬性及び低温発芽機構. 北農試研報 159: 59-66.