

水稻直播栽培における苗立ちの確立に向けた鬬根242の利用

1. はじめに

水稻直播栽培の面積は、令和1年度時点で移植栽培面積の約2.5%である36,956haと、年々増加傾向にあります。移植栽培においては、育苗および田植え作業が労働時間の1/4を占めており、直播栽培の導入により稲作の省力・低コスト化をはかれることが最大のメリットになります。作付面積あたりの生産者数が現在進行形で減少している中、面積を維持、拡大するために今後ますます重要な栽培技術になると考えられます。

弊社は安定的な作物の栽培をサポートするために、これまで様々な「植物活力資材」の開発を行ってきました。その中の一つである「鬬根242」は、ほかし肥料の働きをヒントに開発されました。ほかし肥料は肥料としての効果だけでなく発根促進効果など植物の生育を調節するような効果を示すことが知られていました。ほかし肥料の発酵に関わる微生物の中で乳酸菌に着目して研究開発を進めた結果、培養上清に作物の根張りを促進する活性があることがわかりました。そのような乳酸菌の働きを活かし開発されたのが「鬬根242」になります¹⁾²⁾。水稻においては、特に根の活着が問題となりやすい低温下での移植を行う際に、移植の3日前に施用する方法をおすすめしております。

このように根張りに着目して開発された「鬬根242」ですが、水稻に対する試験を進める中で鬬根242の希釈液に種籾を浸種すると発芽が早まる効果が確認されました。今回は「鬬根242」の水稻直播栽培における活用方法をご紹介します。

2. 水稻直播栽培における苗立ち確立に必要な特性

直播栽培の面積は増加傾向ではありますが、水稻栽培全体でみると一部でのみ取り入れられているのが現状です。その主な原因として、出芽・苗立ちが不安定であること、移植栽培と比較して登熟期に倒

伏しやすいために収量が不安定であることがあげられます³⁾。

直播栽培は播種前の入水の有無によって、乾田直播栽培と湛水直播栽培に分けられます。乾田直播は代かきと浸種処理を行わないことから直播栽培の中でも省力的な方法です。今回は湛水直播に着目して報告しますが、乾田直播においても技術開発が進んでいることから北海道では乾田直播面積の拡大率が湛水直播を上回ってきており、今後期待される技術です。

湛水直播における播種位置の違いに着目すると、土の表面から5～10mm程度の深さに播種する「土中播種」と土の表面に播種する「土表播種」に分け

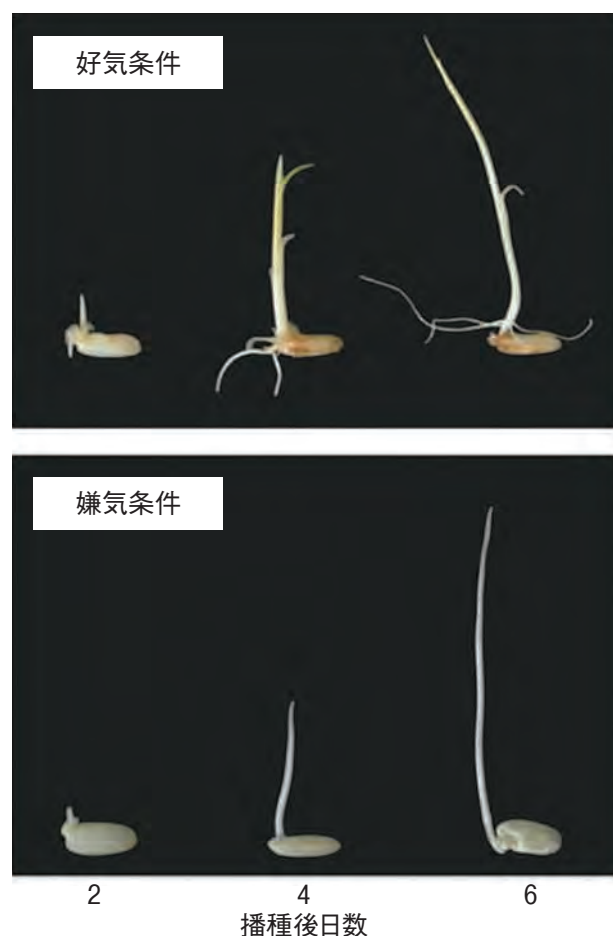
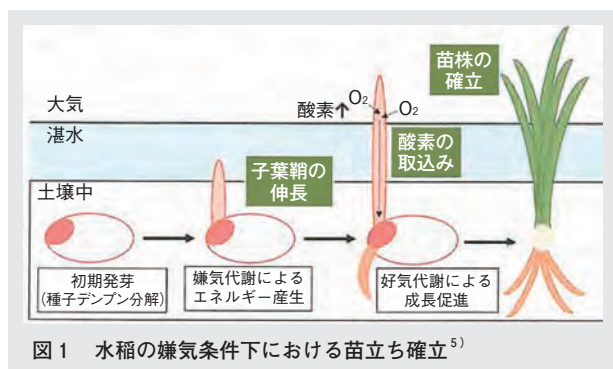


写真1 好気または嫌気条件下における水稻種子の発芽⁴⁾



られます。湛水土壌では土の表面から数mmを除いて嫌気条件になります。好気条件におかれた水稻種子は子葉鞘とともに幼根が伸長し、本葉と根が同時に生育するのにに対し、嫌気条件下では子葉鞘のみを伸長させます（写真1）。この間に嫌気代謝によるエネルギー産生が行われます。子葉鞘の先端が大気中に突出すると、酸素を取り込むことができ、ここではじめて好気代謝が行われます。そうすると根の伸長や、本葉の展開が行われるようになります（図1）。このことから苗立ちの確立のためにはいち早く子葉鞘を伸長させ、好気代謝を行うことが重要になります。実際に嫌気条件下において、子葉鞘の水面から突出（出芽）がより早いほど苗立ち率およびその後の初期生育が良好であることが報告されています⁶⁾。また低温苗立ち性の選抜にあたっては、「低温発芽性よりも、発芽以後の初期伸長性に着目していく必要があると考えられる」と報告されています⁷⁾。

直播栽培では、移植栽培と比べて登熟までの日数が必要であることから、できるだけ早く播種し生育日数を稼ぐことが重要です。そのため、栽培地域によっては低温期における播種は避けられません。しかし低温条件下では、子葉鞘の伸長が抑制されるため、これを補完する栽培技術が必要となります。

これまで土中播種における苗立ちについて報告してきましたが、土表播種における苗立ち率低下の原因は転び苗や浮き苗によるものが多いとされています。これらの改善に関与する特性として初期伸張性よりも初期発根性との関係が深いとされており、嫌気条件下での苗立ちの確立には子葉鞘の伸長だけでなく、根の伸張性も重要であることがわかります。

3. 苗立ちをサポートする種子コーティング技術

前述のような苗立ちにおける課題を解決するため、

様々な種子コーティング剤が開発されています。

・過酸化カルシウムコーティング

土中播種にともなう嫌気条件下での発芽を補助するために過酸化カルシウム剤を酸素供給剤としてコーティングする技術で、乾籾重の2倍量の処理で出芽・苗立ちが確保できます。催芽種子をコーティングできることから、播種後の生育が早いことが特徴です。

・鉄コーティング

土中播種では一定の播種深度が求められることから、鉄コーティングによって浮き苗を抑制しながら、土壌表面播種によって初期生育量を確保するねらいで開発された技術です。原料に還元鉄粉が使用されているため、コーティング時に酸化による発熱を伴います。これによる発芽障害を避けるために、催芽種子を用いず浸種種子を用います。そのため、播種後の生育は催芽種子よりも遅くなりますが、保管期間が比較的長いといったメリットがあります。

・酸化鉄+モリブデンコーティング

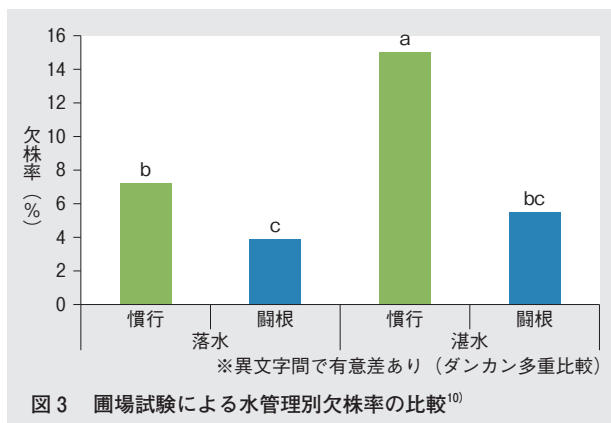
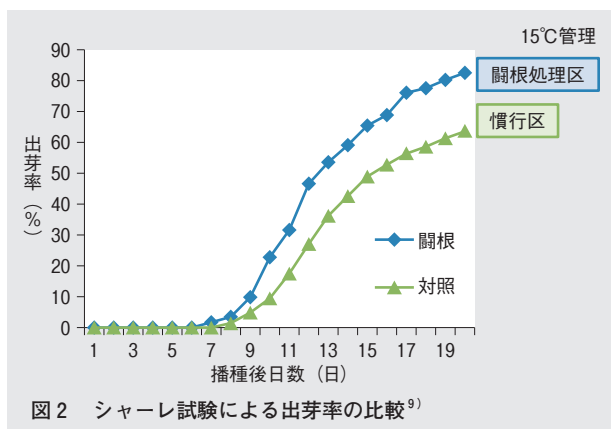
酸化鉄が使用されていることから、発熱の心配がなく催芽種子をコーティングすることができます。

これら以外にも、浸種時にジベレリン処理して過酸化カルシウムコーティングを行うと低温下で幼芽の伸張が促進されたとの報告⁸⁾がありますが、現在植物成長調整剤としては登録されていません。

4. 閼根242[※]は苗立ち率を改善する

2014年に新潟県農業総合研究所様に委託し、鉄コーティング直播栽培における閼根242の処理効果を検討しました。それぞれ48時間種子浸漬を行った後、鉄コーティング処理を実施し、シャーレ上での出芽個体数と、圃場での落水条件と湛水条件を反映したシャーレでの播種試験を行い、出芽個体数を経時的に調査しました。その結果、15℃の定温器内で管理した場合、対照区に比べ閼根242区の出芽率が高く推移することが確認されました（図2）。また圃場試験において、水管理の方法にかかわらず閼根242区の出芽率が対照区よりも高いことが確認されました（図3）。落水管理の初期生育には、処理区による一定の傾向はみられませんでした。湛水管理した場合は対照区よりも閼根区の根長が長い傾向が確認されています。

※現在販売している閼根242は原料変更を行っております。（試験データは当時の原料を使用したものです。）



5. 乳酸菌培養液は子葉鞘の伸張を促進する (北海道大学との共同研究)⁵⁾¹¹⁾

2019年、2020年の2年間にわたり、北海道大学と共同で直播栽培により適した資材の開発を目指して研究を行いました。

湛水田における苗立ちに最も重要なステップは、嫌気発芽環境からいち早く脱することであり、子葉

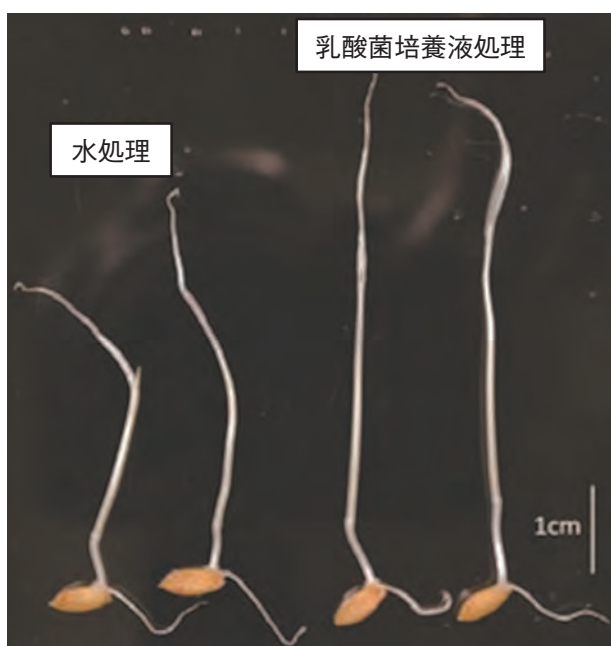


写真2 乳酸菌培養液の子葉鞘伸長促進効果

鞘伸長能力が土中播種された時の苗立ち確立に重要な特性であることは上述の通りですので、いかにこの能力を高められるかに着目し研究を進めました。

乳酸菌培養液を遺伝子解析が進んでいる水稻品種「日本晴」に処理すると、写真2のように、水処理と比較して子葉鞘の伸長が促進されました。さらにリアルタイムPCRにより遺伝子発現解析を行ったところ、嫌気代謝に関わる遺伝子群の発現に影響を与えることが示唆されており現在検証しています。

乳酸菌株のスクリーニングを行った結果、子葉鞘伸長効果が高い菌株が見出されています。また興味深いことに、子葉鞘のみならず根の伸長を促進するような菌株も見出されました。土表播種では、より根張りが良いことが転び苗と浮き苗の軽減に繋がるとされていますので、乳酸菌株をうまく使い分けることで、栽培方法に適した活用が可能になることが期待されます。

既存の種子コーティング技術の効果をより高めることを確認するため、湛水田に近い状態を再現したポット試験により、カルパーコーティングとの組み合わせで検証しました。その結果、関根242を処理することでカルパーコーティングのみよりもさらに出芽率が高く推移することが確認されました(図4、写真3)。

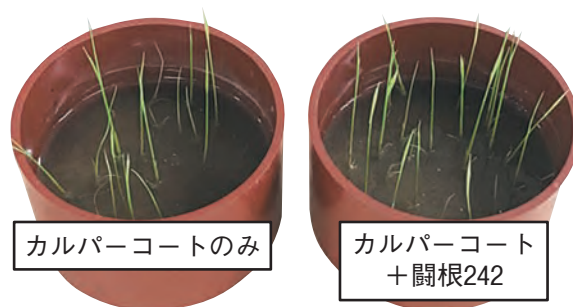
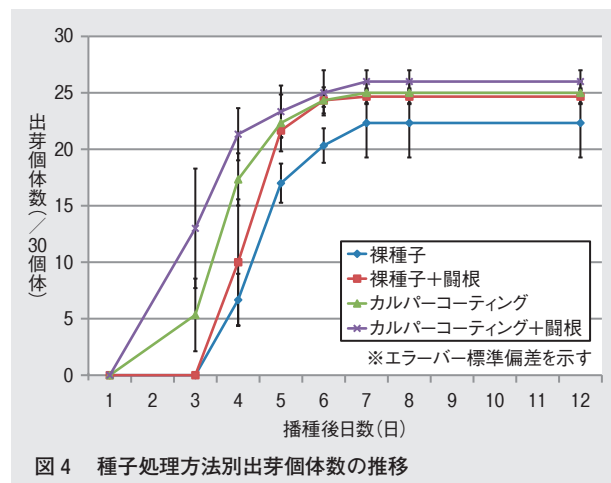


写真3 播種12日後の出芽の様子

表1 東北における苗立ち調査結果

種子コーティング	品 種	試験地	播種日	調査日	試験区	発芽率 (%)	苗立ち率 (%)
鉄コーティング	—	福島県	2015. 5. 2	2015. 5. 25	慣行	76	78
					闘根242	95	95
	ひとめぼれ	山形県	2015. 4. 23	2015. 5. 26	慣行	79	97
					闘根242	89	100
	朝紫	岩手県	2016. 5. 16	2016. 6. 6	慣行	76	81
					闘根242	86	90
	ひとめぼれ	岩手県	2016. 5. 8	2016. 6. 6	慣行	61	77
					闘根242	87	93

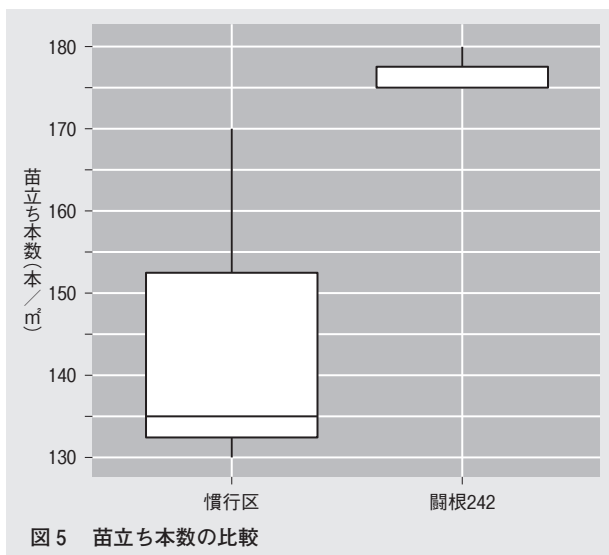
6. 「闘根242」使用事例

(1) 東北での使用事例

東北では鉄コーティングと組み合わせて闘根242をご利用いただいている事例があります。表1の通り発芽率と苗立ち率が改善されることが確認されています。

(2) 北海道上川管内での使用事例①

湛水直播栽培の湛水出芽法を採用されている生産者のもとで、直播用品種「えみまる」を対象に試験を行いました。「えみまる」は直播向けに開発された新品種で、従来の直播向け品種である「ほしまる」と比較して低温苗立ち性が優れます。闘根242の浸種処理を行って、苗立ち個体数を慣行と比較したところ慣行区で145本/㎡だったのに対し、闘根処理区では177本/㎡と苗立ち個体数が増加していることが確認されました(図5)。収量調査を行った結果、穂数の増加により増収する結果となりました(表2)。



(3) 北海道上川管内での使用事例②

これは直播の事例ではないですが、ゆめぴりかの出芽を安定させる目的で次のような試験を行いました。ゆめぴりかを闘根242の希釈液に浸種し、育苗マットに播種してから2週間後の苗の様子が写真4になります。植生の生育評価指数として用いられるVARIを用いて緑の割合を評価したところ、水処理区と比較して15%程度値が高い結果となりました(表3)。闘根処理区は出芽日が1日ほど早かったことを確認していま

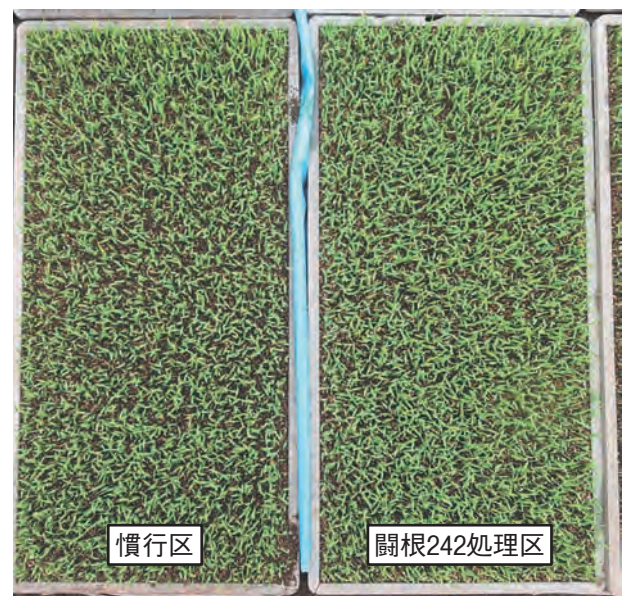


写真4 播種2週間後の生育状況

表3 VARI*値の比較

反 復	試験区	VARI	比
1	慣行	0.124	100
	闘根242	0.143	115
2	慣行	0.125	100
	闘根242	0.145	116

※VARI：可視大気抵抗植生指数 Visible Atmospherically Resistant Index の略で、スペクトルの可視範囲だけで植生の生育を定量的に評価するための植生指数です。水稻の生育診断にも一部使用されています。

表2 収量調査結果

試験区	穂数 (本/㎡)	比	籾重 (g/㎡)	比	玄米重 (g/㎡)	比	総粒数 (粒/㎡)	比	千粒重 (g)	比
慣行区	861	100	986	100	712	100	34,781	100	23	100
闘根242	891	103	1,137	115	858	121	41,262	119	23	100

す。このことから、闘根242は嫌気条件下に限らず出芽を早めるような効果があることが示唆されました。

7. 闘根242の直播水稻における推奨使用方法

種子を浸種する際に、浸種する水に対し500-1,000倍希釈になるように闘根242を希釈してご利用ください。養分を含んでいますので、希釈液を常温で長期間置きますと雑菌が繁殖する恐れがありますが、15℃以下で積算温度60℃までの条件でご利用いただければ問題ありません。一度使用した希釈液の再利用はお控えください。

8. おわりに

今回は湛水直播栽培における苗立ちの改善をテーマに、乳酸菌培養液の基本的な効果と闘根242（写真5）の試験事例を紹介させていただきました。品種改良や種子コーティングなど技術開発が進み苗立ちの問題は改善されてきていますが、「播種時期の低温」や「圃場の均平性が不十分なことによる局所的な水の停滞の発生」などのストレスの条件下では、苗立ち数が少なくなることが予測されます。そういった環境下で少しでも苗立ち数を確保するために闘根242の利用をご検討いただければ幸いです。

冒頭で触れました通り、闘根242はもともと根張りをサポートする資材として開発されており、その原料を活用して様々な形態の商品をご用意しております。その中の一つの「ネちからアップ」（写真6）は種子粉衣タイプの資材です。浸種処理を行わない乾田直播栽培でも「ネちからアップ」を種子粉衣することで根張りをサポートし初期生育を改善することが期待されます。ご興味を持っていただけたら、お近くの弊社営業所または研究農場にお問い合わせいただけると幸いです。

9. 参考文献

1. 眞木祐子（2014）. ほかし肥料の発根促進作用における乳酸菌の働きについて. 牧草と園芸. 野菜特集号 p15-16
2. Yuko Maki et al. (2021) 3-Phenyllactic acid, a root-promoting substance isolated from Bokashi fertilizer, exhibits synergistic effects with tryptophan. Plant Biotechnology. 38, p9-16
3. 古畑昌巳（2009）. 湛水直播水稻の出芽・苗立ち向上に向けて. 日作紀. 78巻2号 p153-162
4. Magneschi L et al. (2009) Rice germination and seedling growth in the absence of oxygen.



写真5 闘根242



写真6 ネちからアップ

Annals of Botany 103, p181-196

5. 山口ら（2020）. イネ直播栽培技術確立に資する乳酸菌由来バイオスティミュラントの開発. 北海道科学技術総合振興センター研究開発助成事業 研究成果報告書. p39-40
6. 古畑昌巳ら（2007）. 出芽速度および嫌気条件下における鞘葉の伸長速度が湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀. 76巻1号 p10-17
7. 田中ら（2016）. 湛水直播水稻における低温苗立ち性の品種間差異と初期伸長性の関係. 日作紀. 85巻2号 p162-167
8. 太田ら（1970）. 湛水条件における水稻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巻 p535-536
9. 新潟県農林公社. 平成26年委託試験成績書
10. 新潟県農林公社. 平成27年委託試験成績書
11. 佐藤ら（2021）. イネ直播栽培技術確立に資する乳酸菌由来バイオスティミュラントの開発. 北海道科学技術総合振興センター研究開発助成事業 研究成果報告書. p57-58