



水稻べんモリ直播マニュアル

水稻湛水直播の苗立ちの安定化を目的とした
簡易な種子被覆法



国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター

水稲直播の問題

苗作りを行わず水田に直接播種する直播は、省力で低コストな技術として期待されていますが、日本の直播の普及面積はわずか2%程度しかありません。移植と同じ代かきした水田に播種する湛水直播では、播種後に枯死してしまう苗立ち不良が起きやすく、その対策として過酸化カルシウム粉粒剤（農薬名：カルパー、土壤中で酸素を供給して種子の生育を促進）や鉄粉（土壌表面に播種できるように種子を加重）等を種子に被覆することで苗立ちの安定化を図ってきました。しかし、この被覆には手間とコストがかかります。そこで、直播の普及にはその手間とコストを削減する必要があります。

モリブデンの効果

代かきした水田の土壌中は酸素が不足し、その状態が続くと硫安などにも含まれる硫酸イオンから有害な硫化物が生成し、苗立ちを阻害している一因であることがわかりました。また、その硫化物の生成はモリブデン酸イオンによって抑制できることがわかりました。そこで、硫化物の生成を抑制するために、モリブデン酸イオンを放出するモリブデン化合物を種子に被覆する本法を考案しました。

モリブデン化合物の必要量は少ないため、種子被覆が簡易です。しかし、モリブデン化合物は硫化物の生成を抑制するだけで、種子の生育そのものを促進するわけではありません。苗立ち不良は様々な要因で起きますので、酸素を供給して種子の生育そのものを促進するカルパーを用いた従来法に比べると、苗立ち向上効果は限定的です。本法は、従来法よりも苗立ち向上効果が優れるのではなく、安価で簡易な方法として位置づけられます。

モリブデンとは

記号 Mo で表される元素で、植物の微量必須元素の一つです。要求量が少ない元素ですが、酸性土壌で欠乏しやすく、肥料に添加されることもあります。吸収した窒素を同化する硝酸還元酵素やマメ科作物の窒素固定酵素の構成元素として、生育に重要な窒素栄養に関係しています。

ヒトなどの動物の微量必須元素でもあり、尿酸の生成、造血作用、体内の銅の排泄などに関わるとされています。要求量は少なく、欠乏例はほとんど報告されていません。また、主要な形態であるモリブデン酸イオン（ MoO_4^{2-} ）が水に溶けやすいので蓄積しにくく、明確な過剰症の報告はないようです。ただし、鉾山下流でモリブデンを多く含む草を食べた牛が銅欠乏を発症した報告があり、牛などの反芻動物ではモリブデンの過剰摂取で、銅欠乏が助長されやすいとされ、飼料による給与の最大許容量が示されています。また、ヒトにおいても銅欠乏を助長するという可能性と知見の少なさから、水質の要検討項目に挙げられています。このため、環境への多量放出を行わないよう努める必要があります。

産業的には、各種合金鋼の添加剤や触媒として利用されています。摩擦係数が低いことから、工業用の潤滑油やエンジンオイルの添加剤としても用いられています。

本技術の実証試験の一部（2014～2015年）は、農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センターが実施する「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）」で実施した。

べんモリ直播とは

水稻作で田植えの代わりに水田に直接播種する「直播」の 1 つであり、代かきをした水田に播種する「湛水直播」に分類されます。湛水直播では、播種後に枯死してしまう苗立ち不良が起きやすく、その対策として種子に資材を被覆するカルパー被覆や鉄被覆が行われてきました。

べんモリ直播は、これらと同様に種子に資材を被覆しますが、被覆資材が異なります。被覆資材は、べんがら(酸化鉄)を主成分とし、機能性成分(土壌中で有害な硫化物イオンが発生することを抑制)としてモリブデン化合物、接着剤としてポリビニルアルコールを含みます。

被覆する資材の量は種子重の 0.3 倍重程度で、資材の比重が高くて嵩が小さいため、被覆作業が容易です。一定の苗立ち安定効果を持っており、カルパー被覆と同様に土壌中に播種できます。種子の調整方法や播種方法は、カルパー被覆とほとんど同じです。カルパー被覆用の播種機で播種できます。また、鉄被覆種子用の表面播種機でも、部品を付けるなどによって播種できます。

【カルパー被覆直播と比較して】

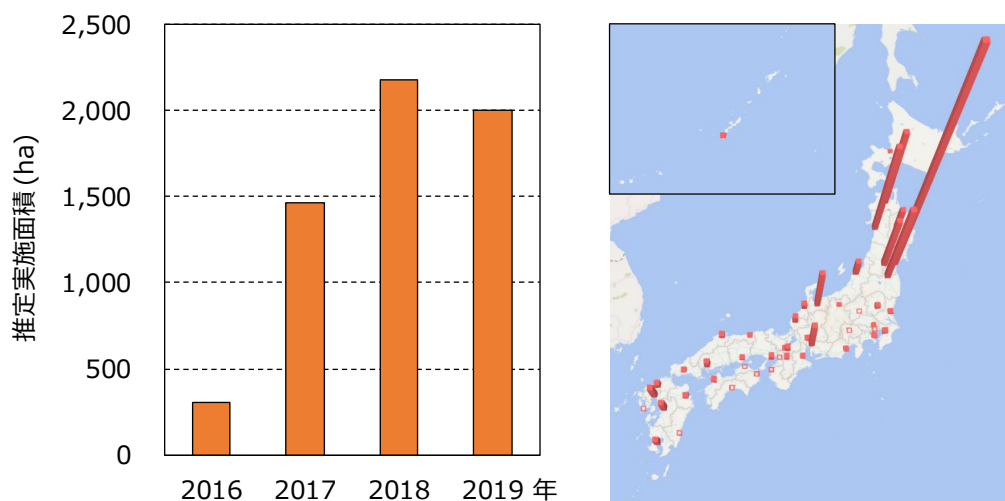
- 資材量が少ない（被覆が容易で、剥離が少なく、資材費が安価）
- 生育促進効果が無い（農薬に該当しない）（播種深度が深いと生育が遅い）

【鉄被覆直播と比較して】

- 土中播種ができる（表面播種である鉄被覆直播に比べて、倒伏しにくい）
- 被覆後に発熱しない（酸化鉄を用いており、放熱管理が不要で、催芽種子を利用できる）
- 雀の食害には効果なし（雀が多く観察される水田では実施しない）

普及状況

2016 年に普及を開始し、2018 年以降は全国で 2,000ha を超える水田で実施されたと推定されています。宮城県を中心に米どころである東北地域での実施が多くなっています。



推定実施面積の推移と分布（2019 年）

技術の構成

3 つの資材（べんがら、モリブデン化合物、ポリビニルアルコール）を混合した資材を種子に被覆します。この資材を成分である「べんがら」と「モリブデン」に因み、「べんモリ資材」と呼びます。標準では種子（乾粒）の 0.3 倍の重量のべんモリ資材を種子に被覆します。この種子被覆を「べんモリ被覆」、この被覆種子を用いた直播を「べんモリ直播」と呼びます。



べんモリ被覆種子

1. ベんがら（酸化鉄、 Fe_2O_3 ）＝加重、硫化物の不溶化

べんモリ資材の主成分です。被覆によって種子の重量を高め、流亡を抑制し、土壤に埋没されやすくします。また、酸化鉄は酸素原子を含む化合物であるため、酸素の消失後に起きる種子近傍の還元を穏やかにします。還元の進行で生じた 2 価鉄イオン（ Fe^{2+} ）は、土壤中で発生する有害な硫化物イオンと結合し、 FeS などとなって不溶化させます。

2. モリブデン化合物＝硫化物の生成を抑制

べんモリ資材にわずかに混合されています。土壤の還元で生じる有害な硫化物イオンの生成を直接的に抑制します。

3. ポリビニルアルコール（以下、PVA）＝資材の接着

べんモリ資材にわずかに混合されています。種子表面に資材を接着します。被覆種子を水に入っても崩壊しにくいよう、比較的溶けにくい種類の PVA を用います。

混合済ですぐに利用できるべんモリ資材が購入できます。

べんモリ資材は 2016 年から一般的な販売が開始されました。そして、2018 年から、比重を高めた改良資材「粒化粧」が販売されました。この改良品は、比重が高いため、嵩が小さく、被覆作業がより容易で、飛散が少なく、被覆後の剥離も少なくなっております。さらに、2020 年から、長期的な利用を考慮して、モリブデン化合物の含有率を下げることになりました。

ベンモリ資材

下記の資材を使用ください。

商品名「籾化粧」、10kg（種子 33kg 分）×2 袋／箱、1.3～2.0 万円程度（税込）／箱



ベンモリ被覆の実施には、農研機構が所有する特許（第 5477753 号、第 6024972 号）の利用許諾が必要です。ただし、この資材を製造する株式会社関東電化ファインテック（旧森下弁柄工業株式会社、0595-21-2636）はこれらの利用許諾を得ており、この資材を使用する場合、実施者が利用許諾を取る必要はありません。

この資材の購入は、下記にお問い合わせください。

- ・ 株式会社ケーエス（旧小泉商事株式会社）（0229-26-2838、東北 6 県で対応）
 - ・ ヤンマーアグリジャパン株式会社東日本カンパニー（0229-28-1711、東北 6 県で対応）
 - ・ 井関農機株式会社（夢ある農業総合研究所 0297-38-7010、全国販売店で対応）
 - ・ 株式会社クボタ（0570-091-313、全国販売店で対応）
- （電話番号順に記載）

この資材を種子に被覆し、水田に播種します。被覆種子は重いことから、種子が流されにくく、土壌に埋没しやすくなります。モリブデン化合物やベンガラによって有害な硫化物の影響を受けにくくなります。

従来法であるカルパー被覆や鉄被覆に比べて、ベンモリ被覆では被覆する資材量が種子の 0.3 倍重と少ない（例えば、カルパーでは種子の 1 倍重）ため、被覆作業が容易です。

ベンモリ被覆では、硫化物以外の苗立ち阻害要因に効果があるという知見は得られていません。カルパー被覆のように、種子の生育そのものを促進するわけではなく、苗立ち向上効果は限定的です。また、鉄被覆（還元鉄を種子に被覆し、錆びさせて固める方法）とは異なり、雀の食害を抑制する効果はありません。さらに、他の方法と同様に、スクミリングガイの食害が生じる水田での実施は困難です。

したがって、本法は従来法よりも苗立ち向上効果が優れる方法ではなく、一定の苗立ち向上効果を持ちながら、従来法に比べて被覆が容易であることを特徴とする種子被覆法といえます。

種子被覆

1. 被覆の時期 = 直播に近い時期

被覆は直播に近い時期が適します。被覆後、種子の表面が乾けば播種できます。被覆から直播までに日数がある場合、被覆種子の表面を乾かし、通気性の良い袋に入れ、米貯蔵庫などの冷暗状態に置けば、1 か月程度保管できます。常温でも通気の良い暗所なら 1 週間ほど保管できます。

被覆後に種子を薄く広げて 3 日以上通風すると、種子の内部まで乾燥します。この状態では、数ヶ月保管できます（できるだけ通気を良くし、冷暗所で保管）。ただし、この条件では、種子が乾燥して軽いので流されやすく、播種後は吸水が必要で生育が遅れるという問題が生じます。

2. 種子の準備 = 種子消毒して浸種

種子の準備は、基本的に従来法のカルパー被覆と同じです。播種量も同程度（暖地は 3kg/10a、寒冷地は 4kg/10a を基本とし、慣れれば減らす）です。移植に比べて、苗立ちが重要となる直播では生育が速い種子を使うことが重要です。塩水等によって比重が高い種子を選んで用いてください。種子消毒は必要です。本田における出芽を速めるため、浸種と催芽を行い、わずかに出芽した種子が観察される程度にしてください。芽が伸び過ぎると、被覆時に擦れて苗立ちが悪くなる可能性があります。催芽種子を冷蔵していた場合は、PVA が溶けにくいので、水に浸けるなどして常温に戻してください。

3. 資材の被覆 = 従来法と同じ

従来法のカルパー被覆とほぼ同じで、水を使って種子に資材を均一に被覆します。直径 90cm のコーティングマシンでは、傾斜を 53°程度として、一度に 10kg の種子を 5 分程度で被覆できます。資材を少しずつ入れれば、コンクリートミキサーでも被覆できます。

被覆に適した水分とするため、被覆直前に種子を水に浸けて、洗濯機などで脱水します。コーティングマシンに脱水した種子を入れ、少量の資材（種子の 0.1 倍重程度）を種子にかけます。資材に塊があったら、プラスチックのフライ返しなどでつぶします。コーティングマシンを回転させると、種子の表面に資材が付きます。回転するドラムに付いた種子はフライ返しで外します。資材が粉となって余るようであれば、霧吹きで水を少し添加して種子に付け、粉がなくなる状態にします。水は種子が高速で落下する部分にかけてください。従来法に比べて資材量が少ないため、水のかけ過ぎに注意ください。被覆始めは資材に対してやや水分を多めとし、種子全体を資材で覆います。その後は、資材の添加と霧吹きを粉が無くなるまで繰り返します。資材や水が多い状況になると“おこし”のような塊になりやすいです（ただし、鉄被覆と異なり、乾くと簡単にほぐれます。）。資材を少しずつ加えると、水をかけすぎた場合も粉の追加で調整できます。最終的に粉っぽいと剥離しやすいので、べたつかない程度に湿らせた状態で完了してください。

被覆が終わったら、種子を広げて表面を乾かします。防水シートの上に広げると水分が下に逃げず乾きにくいので、通気性が良いシートを用いると作業効率が良いです。途中、熊手などで種子を混ぜると、速く乾きます。晴天では 30 分程、曇りでは数時間で、種子の表面が乾きます。平型乾燥機や鉄被覆用の大量種子乾燥機があれば、被覆後の種子を広げることなく袋に入れて、多量に短時間で乾燥できます。また、低温で除湿できる米貯蔵庫などに入れることで、被覆後の種子をゆっくり乾燥できます。ただし、詰めすぎると乾くのに時間がかかるため、少量ずつ乾きやすい状態で入れるなど工夫が必要です。

【コーティングマシンを用いた被覆】



① コーティングマシンに、脱水した催芽種子と資材の一部を入れる



② コーティングマシンを回して、種子が速く落ちる部分にときどき噴霧器で散水する



③ 粉状の資材が無くなる状態にする



④ さらに少しずつ資材をかけて、同様に付着させる（②③④の繰り返し）



⑤ 被覆が終わった種子を薄く広げて、種子の表面を乾かす



⑥ 表面が乾いたら、通気性のある袋に入れて、冷暗所で播種まで保管する

【袋を用いた少量種子の被覆】

べんモリ被覆は資材量が少ないため、袋の中で被覆することも可能です。種子と資材を入れて、攪拌するために空気で膨らませた状態で袋を閉じ、手で上下に振盪する必要があります。重いと振盪できませんので、種子 1kg ぐらいずつ被覆してください。

1. まず、種子表面の水分を調整します。水に浸けた種子を脱水し、種子の容積の倍ぐらいのビニール袋（中が見える透明が良い）に入れます。空気を入れて袋を閉じて袋を膨らまし、種子を上下に振盪します。袋に水分が残らない場合は、袋に水分がわずかに付着する程度まで霧吹きで加水し、再び振盪して種子表面の水分を均一にしておきます。
2. 次に、種子全面が濡れたかを確認するため、種子が入った袋に種子が染まる程度の少量の資材を入れて振盪します。種子の凹状の部分が染まっていないようであれば、少し加水して資材を液状にし、振盪して種子の全面が赤色に染まるようにします。
3. それから、本格的に被覆します。資材を 0.1 倍重程度ずつ（慣れるまでは少量ずつ）加えて振盪し、被覆層に少し粉が残る条件とします。そして、霧吹きで加水して振盪し、粉がなくなる水分条件とします。このように、被覆層が可塑的となる水分で推移させながら、資材と水を追加することを繰り返し、資材全量を被覆します。

種子被覆時に混和できる農薬

べんモリ資材の被覆時に混和して種子に処理できる農薬が販売されています。本田での防除に比べて被覆時の混和は容易で省力的です。べんモリ資材の主成分は化学的に鉄被覆と同じ酸化鉄であることから、制度上は鉄被覆用の農薬も利用できます（メーカーが推奨していない場合もあります）。ただし、鉄被覆は土壌表面に播種するのに対し、べんモリ直播では土壌中に播種するため、効果や影響が異なる可能性もあります。

いもち病防除の農薬である「ルーチン FS」は、べんモリ直播でも数多くの場所で利用されている実績があります。混和の方法は、脱水した催芽種子をコーティングマシンに入れた後、回転させながら「ルーチン FS」を入れて種子に塗布してください。その後で、べんモリ資材を入れて、べんモリ被覆を行ってください。「ルーチン FS」は液状であるため、添加する水量は通常より少なくなります。

殺虫剤の「キラップシード FS」は、稀ですがべんモリ直播で使って生育遅延が生じた事例（播種深度が深く、低温の条件）が報告されていますので、使用は推奨されていません。



いもち病防除の農薬
写真は、バイエルクロップ
サイエンスのページより抜粋

4. 被覆後の保管 = 蒸れないように

種子の表面が乾いたら、播種できます。播種が翌日以降の場合、通気性が良い袋（酸素が少ないと芽が伸びやすく、結露すると腐敗の原因になる）に入れて保管します。なお、種子の内部まで乾かさないう方が、播種後の生育が速く、水分の重さで種子が流されにくいという効果も期待できます。常温では被覆後1週間ぐらいを目安に早めに播種してください。10℃程度の低温で除湿できる米貯蔵庫などで保管すれば、1か月ぐらいは種子の劣化もみられず播種に利用できます。

被覆後、薄く広げたまま数日通風し、種子の内部まで乾燥させ、通気性の良い袋に入ると、冷蔵で数ヶ月、常温でも1ヶ月ほどは保管できます。直播を行う水田の面積が増えて、多量の種子を被覆する場合、作業の分散化を目的に、保存性を高めるため、被覆後に内部まで乾燥させた種子（活性化種子）を用いることも行われています。平型乾燥機や鉄被覆用の大量種子乾燥機を用いれば、種子を被覆後、この状態まで一気に乾燥できます。ただし、種子内部まで乾かすと、種子が乾燥して軽いので流れやすく、播種後は水田で吸水する必要があるため、生育が遅くなるので、苗立ちの安定には不向きです。したがって、このような種子を用いる場合は、播種後に湛水して吸水させる期間を設けることや、生育が遅くても苗立ちが確保できるよう、ごく浅めの播種（もしくは表面播種）とするか、出芽時に土壌に酸素が入るようにしっかりと水田の水を落とすなど、播種と水管理を工夫する必要があります。

べんモリ被覆自体に起因すると推測された生育不良はこれまで確認していませんが、保管条件が悪いために苗立ちが悪かったと推察された状況がありましたので、保管には注意を払ってください。保管条件に不安がある場合は、十分な量の水に種子を播種して生育をご確認ください。また、被覆前の種子と被覆に用いた種子を少しでも冷暗所に保管しておくと、水田に播種して苗立ちが悪かった場合に、それらの種子の水中での発芽を確認することで、種子に原因があったかを判断できます。なお、資材には、湛水土壌中で種子周辺に拡散することを想定してモリブデン化合物を配合しています。水が少ない条件では根の伸長が抑制される症状がみられますが、異常ではありません。



被覆種子を低温で保管



鉄被覆用の大量種子乾燥機

湛水直播

1. 水田 = 適した条件で

雀や鴨やスクミリングガイなどによる食害を回避する効果はありませんので、これらの被害がみられない水田で実施してください。移植以上に直播では水田の均平が重要となります。均平がとれる水田で実施してください。移植と異なり、硫安など硫黄を含んだ肥料や堆肥は苗立ちを悪化させる恐れがありますので、使用を控えてください。また、移植に比べて、直播は水田内での水の出し入れが多く、肥料が流亡しやすいです。このため、基肥は被覆尿素などの緩効性肥料を利用してください。寒冷地では、播種期が移植と同時期に行われ、生育が遅れるので、基肥が重要となります。暖地では、移植よりも早く播種できるので、移植に比べて分げつが旺盛となり過繁茂となりやすいため、基肥を減らしてください。

鉄被覆直播では、土壌に種子が埋没しないよう、代かきから播種までの日数を空ける必要があります。しかし、べんもり直播では、土中に浅く播種するため、播種時の土壌条件は、移植に比べて均一に柔らかいことが望ましいです。したがって、土壌が落ち着けば播種できます。土壌の種類等によっても異なりますが、代かきは直播の前日ぐらいが適します。雑草を抑制する意味でも、代かきから播種までの日数を空けない方が望ましいです。なお、水田の減水深（一日で水位が低下する深さ）が大きいほど、苗立ちは良い傾向がありますが、大きすぎると除草剤が効きにくく肥料が抜けやすくなります。減水深は 2cm 程度を目安とし、水が溜まる水田であれば代かきをしすぎないようにしてください。

2. 播種 = 浅い土中播種

湛水直播では、土中に播種した方が、鳥害を受けにくく、倒伏しにくく、除草剤の薬害も起きにくいなど、好ましい点が多いのですが、肝心の苗立ちが良くありません。べんもり被覆種子は、土壌が還元した時に生成する有毒な硫化物イオンを抑制する効果がありますが、それ以外の苗立ち阻害要因には効きません。また、生育促進作用を持つカルパー被覆に比べて出芽が遅い懸念があります。そこで、一般的には、カルパー被覆種子の土中播種（1cm）よりも少し浅めに播種したほうが良いと考えています。ただし、浅く播種すると鳥害を受けやすくなりますし、倒伏も起きやすくなります。

しかし、実際の播種深度は、種子の催芽状態や播種後の水管理によって異なります。催芽させない鉄被覆直播とは異なり、べんもり直播では催芽種子を用いることができます。催芽種子は吸水が進んだ状態であるため、播種後は出芽まで落水状態で管理が可能です。この場合、1cm 程度に深く播種すると、鳥害も倒伏も起きにくくなります。落水で暖地に生息するスクミリングガイの食害も受けにくくなります。

一方、播種後に湛水状態が長くなるようであれば、浅め（深くても 0.5cm 程度）に播種することが必要です。べんもり直播では、催芽種子の使用を推奨していますが、作業の都合で浸種が短かったり、浸種後に乾燥させる活性化種子を用いておられたりする生産者もいらっしゃいます。この場合は、播種後に、種子に水を吸収させるため水田にしばらく水を張る必要がありますので、浅く播種する必要があります。また、べんもり被覆種子を鉄被覆種子用播種機で表面播種される生産者もいらっしゃいます。この場合、鉄被覆種子よりも生育が速いですが、水を落とすと稲 3 葉期ぐらいまでは雀等に食べられやすい（芽を引っ張って地上に出てきた種子を食べます）ので、注意が必要です。

3. 水管理と雑草防除 = カルパー被覆種子と同じ

直播では、苗立ち確保と雑草防除を両立しなければなりません。水田の水を落とせば、稲の苗立ちが良くなりますが雑草の生育も良くなります。水を張れば、稲の苗立ちが悪くなりますが雑草の生育も抑えられます。除草剤の効果は、水を落とすと低下するため、なおさらその傾向が大きくなります。このように、苗立ち確保と雑草抑制には、トレードオフの関係があります。したがって、稲の苗立ちを確保し、うまく雑草を抑えるかについては、除草剤と水管理方法の選択にかかっています。

湛水直播における除草剤は、播種同時（播種機に散布機を付ければ作業が楽）と出芽後の再湛水後の2回処理を基本とし、雑草が残ったら3～4葉期に茎葉処理剤を散布します。効果が高い（できればノビエ4葉期対応）除草剤を再湛水後に早く（できれば稲1葉期）処理することが重要です。

気候や作付けや圃場の条件が多様であるため、それぞれ条件に適した除草剤と水管理を選択する必要があります。基本的には、その地域で先行している、同じ土中播種であるカルパー被覆種子と同じ方法としてください。大まかには、寒い条件や水はけが悪い水田では、苗立ち確保を優先する必要があり、播種後に水を落とす落水出芽法が適すると考えられます。一方、暖かい条件や水はけが良い水田では、雑草抑制を優先する必要があり、播種と同時に除草剤を散布し、湛水して雑草を防除する方法が適すると考えられます。この場合でも、自然に落水させ、出芽期には水が無い状態としてください。

播種と同時に散布できる一般の除草剤は湛水とすることが必要ですが、ピラクロニル粒剤（ピラクロン、兆）は、播種と同時に散布した後、落水状態のままにできます。これらは、苗立ちと雑草抑制を両立させる一つの方法と考えられます。ただし、この除草剤は、表面播種や出芽時に滞水していると薬害が生じることがあるため、土中播種として滞水した場所があったら溝を切って排水するなどの対応が必要です。

5月に播種する地域など、播種後に雨が少ない場合は、代かき直後に十分に催芽した種子を少し深く（1cm程）播種し、播種後に水を入れずに稲が出芽してくるまで、表面土壌をしっかりと乾かすことで雑草の発生を抑制できている事例があります。これは、稲は催芽によって十分吸水しているのに対し、雑草は土壌水分が少ないため、生育が抑制されるためと考えられます。そして、稲の出芽が始まる頃に水を入れると、稲も雑草も生育が盛んになります。このときに、入水後処理除草剤を散布することで、雑草をうまく抑制することが可能です。播種同時のピラクロニル粒剤と組み合わせにも適すると思われます。

スクミリンゴガイが生息する水田では水を張ると稲の芽が食べられやすいため、湛水直播は困難です。上記の播種後落水状態とする管理で実施できる可能性はありますが、豪雨が降った場合に湛水すると食害が生じますので、排水のための溝を切っておくなどの対策が重要です。なお、大豆作を行うとスクミリンゴガイが著しく減少し、外からの流入が無い限り、食害を受けることはありません。そこで、大豆との輪作地帯では、前年に大豆を栽培した水田を選ぶと湛水直播を実施できます。この場合、前作の大豆栽培期間中にイネ科雑草を防除しておく、直播時のイネ科雑草を減らすことができ、管理が容易となります。

雀が多い水田では食害が発生します。雀の食害が見られた場合、水を浅く張ることで回避できる場合があります。ただし、水を張ることで、生育が遅れたり、苗立ちが不良となる場合があります。

圃場の一部が苗立ち不良となった場合、その回復を待って落水期間を長くすると、除草剤の散布が遅れて、雑草による収量低下が起きる可能性があります。また、落水期間が長くなると、肥料成分が流亡し、収量が低下する可能性があります。分げつが旺盛な暖地では少々の苗立ち不良はあまり気にすることなく、雑草害や肥料流亡を起こさないように、適期に湛水して除草剤を散布してください。

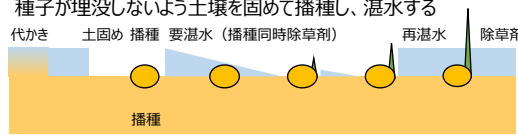
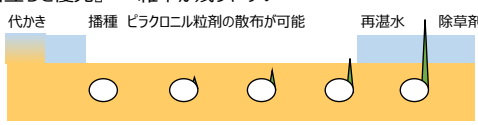
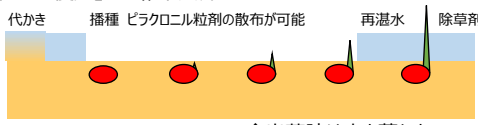
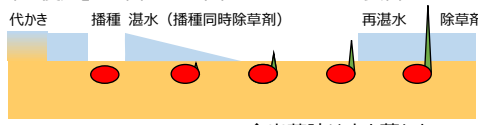
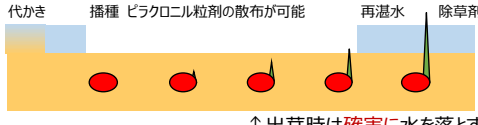
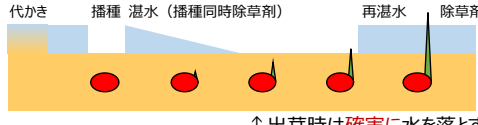
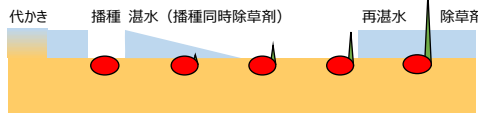
鉄被覆では、被覆後の発熱による障害を受けやすい催芽種子は用いず、農閑期に被覆作業ができて保存性が良い活性化種子（浸種を短めにして乾燥）を用いるのが一般的です。活性化種子は、播種後に吸水が必要であるため、播種同時で除草剤を散布し、湛水を維持します。

一方、カルパー被覆やべんモリ被覆では、生育が速い催芽種子を用いることができます。催芽種子は吸水を終えているため、苗立ちを優先して、播種後に落水条件で管理することが可能です。この場合、播種同時で利用できる除草剤はピラクロニル粒剤のみです。ただし、ピラクロニル粒剤ではなく、湛水での散布が可能な除草剤の方が抑草効果は高いです。この場合でも出芽時は水が無い状態とすべきです。

べんモリ被覆では、事情に応じて種子の催芽や播種機や播種の深さなどを変えることができます。

【播種後に湛水しない】

【播種後に湛水】

鉄（活性化種子、土壌表面） 活性化種子は、播種後の吸水が必要なので、湛水する ⇒ 種子が埋没しないよう土壌を固めて播種し、湛水する 代かき 土固め 播種 要湛水（播種同時除草剤） 再湛水 除草剤 	
カルパー（催芽種子、土中「深め = 1cm程」） 『苗立ちを優先』⇔ 雑草が残しやすい 代かき 播種 ピラクロニル粒剤の散布が可能 再湛水 除草剤 	『抑草を優先』⇔ 苗立ちに不利、スクミングガイ食害に弱い 代かき 播種 湛水（播種同時除草剤） 再湛水 除草剤 
べんモリ（催芽種子、土中「浅め = 5mm程」） = 出芽が速い、鳥害に弱い 『苗立ちを優先』⇔ 雑草が残しやすい 代かき 播種 ピラクロニル粒剤の散布が可能 再湛水 除草剤  ↑ 出芽時は水を落とす	『抑草を優先』⇔ 苗立ちに不利、スクミングガイ食害に弱い 代かき 播種 湛水（播種同時除草剤） 再湛水 除草剤  ↑ 出芽時は水を落とす
べんモリ（催芽種子、土中「深め = 1cm程」） = 鳥害を回避、出芽が遅い 『苗立ちを優先』⇔ 雑草が残しやすい 代かき 播種 ピラクロニル粒剤の散布が可能 再湛水 除草剤  ↑ 出芽時は確実に水を落とす	『抑草を優先』⇔ 苗立ちに不利、スクミングガイ食害に弱い 代かき 播種 湛水（播種同時除草剤） 再湛水 除草剤  ↑ 出芽時は確実に水を落とす
べんモリ（催芽種子、土壌表面「表面播種機を利用したい」） = 出芽が速い、鳥害に弱い 『苗立ちを優先』⇔ 雑草が残しやすい 代かき 播種 除草剤無（ピラクロニル粒剤は葉害の恐れ） 再湛水 除草剤 	『抑草を優先』⇔ 苗立ちに不利、スクミングガイ食害に弱い 代かき 播種 湛水（播種同時除草剤） 再湛水 除草剤 
べんモリ（活性化種子「種子被覆を事前にしたい」、土壌表面） = 出芽が遅い、鳥害に弱い 活性化種子は、生育が遅いので、土壌表面近くに播種する 活性化種子は、播種後の吸水が必要なので、湛水する ⇒ 苗立ちに不利、スクミングガイ食害に弱い 代かき 播種 湛水（播種同時除草剤） 再湛水 除草剤 	

実施事例

福岡県筑後市（鉄被覆用播種機による直播）

ここでは、2013 年からべんモリ直播を検討され、小麦後での移植とは別に、大麦後の水田 10ha 弱（2018 年）でべんモリ直播をしています。これらの水田は全て前年に大豆を栽培しており、スクミリングガイの食害はほとんどありません。播種量は 2.5kg/10a 程度で、過繁茂を避けて基肥成分は入れず、生育中期以降の緩効性肥料のみを施用します。種子被覆は、大麦収穫後の 5 月下旬に行い、米用保管庫内に保管しておき、小麦収穫を挟んで、6 月上旬に直播をします。代かきは直播の前日で、播種のために水を落とす前に、乗用溝切り機で水田に梯子状に溝を切ります。この溝によって播種前に素早く水が落とせ、播種時は土壌を柔らかく保てるので、播種後の湛水で種子を埋没させ、均一に浅く播種できます。元々鉄被覆種子用に購入した播種機の各播種条に作溝器（オプション：カルパーキット）を付けて、1cm 程の溝の中にべんモリ被覆種子を播種し、積極的な覆土はしません。播種と同時に 1 回目の除草剤を散布し、湛水後 4～5 日で出芽が始まり、その頃に自然に水が無くなるようにします。乗用溝切り機で作られた溝は、この時の均一な落水にも役立ちます。1 葉期に、再度湛水して、2 回目の除草剤を散布します。さらに、よほどのことがない限り、3 回目の茎葉処理剤を使うことは無いようです。

湛水直播において、局所的に滞水した場所は苗立ちが悪くなりますが、直播後でも滞水した場所ができた場合、乗用溝切り機を使って溝を切ること、排水を促し、苗立ち不良を回避することができます。



播種前日に溝切り



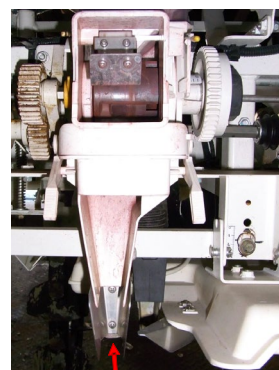
溝によって播種前に素早く水を落とせる



播種された種子



播種



作溝器

佐賀県上峰町（ショットガン播種機による直播）

ここでは、元々カルパー被覆種子を代かき同時打ち込み点播機（ショットガン播種機）を使って、麦後の水田 10ha 弱で、移植での栽培はなく、10 年以上湛水直播を続けられてきました。この方法は、播種時に代かきして土壌を柔らかくしながら、その部分に種子を高速で打ち込みます。べんもり直播は 2013 年から始め、2015 年には全てべんもり直播となりました。ショットガン播種機は、安定的に浅く播種できるため、べんもり被覆種子に適した方法です。種子は十分に催芽し、コンクリートミキサーを用いて被覆（0.1 倍重、種子 30 kg/5 分）を行います。被覆後の種子はシートに広げて表面を乾燥させたら袋に集め、被覆後 1 週間以内に播種します。水田は、耕起後、播種時に放水状態にしておき、代かき同時で播種し、除草剤も一緒に散布します。したがって、事前の代かきが不要で、播種日の変更も比較的容易です。やはり、過繁茂の懸念があることから、基肥成分は入れず、生育中期以降の緩効性肥料のみを施用での栽培を始めています。播種量は 2kg/10a 弱で、十分な生育量が得られています。

輪作で前年に大豆を栽培した水田では、スクミングガイがないため、2 週間ぐらいで湛水し、2 回目の除草剤を散布します。しかし、水稻栽培の面積割合が高いので、連続で水稻栽培となる水田では、スクミングガイによる食害が起きていました。このため、2017 年より播種と同時に湛水をせずに管理できる除草剤（ピラクロニル粒剤）を散布して乾田状態を長く保った後、水稻の生育に応じてスクミングガイの食害を受けないように少しずつ水位を上げて、ノビエへの効果が高い除草剤を 2 回目として散布します。広葉の雑草は、後で殺虫剤と合わせて茎葉処理の除草剤で対応します。



種子被覆



播種



播種 1 週間後



播種 3 週間後

宮城県大和町（土中播種機による直播）

（情報提供：宮城県古川農試）

ここでは、元々鉄被覆種子の表面播種による湛水直播をされていましたが、雑草発生と倒伏しやすいという問題がありました。2016 年にべんモリ直播を試験されたところ、倒伏が無く収量が向上したことから、2017 年から直播約 15ha の全てでべんモリ直播が実施されています。播種は5月上旬です。播種量は 2.5kg/10a 程度で、播種直前に被覆します。代かきは播種前日で、均一な覆土と抑草のため、柔らかい状態に仕上げます。翌日、土中播種機（覆土板付き）を用いて、深さ 1cm 程度に播種します。播種同時での除草剤は使わず、水を入れずに稲が出芽する 2 週間までしっかり乾かします。土壌が乾いた状態では雑草の発生がほとんどなく、まれに雑草が生えても部分的であるため、その場合は乾いた土壌の上を歩いて茎葉処理除草剤（クリンチャー）を散布します。出芽が観察されたら水を入れます。すると、稲も雑草も一斉に生長が加速します。この状態で、入水後処理除草剤を効かせることにより、稲の苗立ちを確保し、雑草のみを抑制できています。乾燥状態を長く保つことから、その期間の管理が不要で、藻の発生と表面剥離や吹き寄せがなく、除草剤も 1 剤で済むため、低コストとなっています。

このように、種子を十分に催芽させて、播種前日の代かきで雑草の発生を遅らせ、土壌を乾かすことで吸水済みの稲に有利な条件とし、乾田期間に根を十分伸ばさせて水を入れることで、稲と雑草の生育が加速する最適の条件で除草剤を効かせて抑草するという、効果的な方法となっています。



被覆種子の乾燥



播種



播種 2 週間後



播種 3 週間後

宮城県美里町（2種類の土中播種機による直播）

（情報提供：宮城県古川農試）

ここでは、元々カルパー被覆種子を用いて湛水直播をされていました。安定した収量が得られていましたが、作業効率の向上と資材費の削減のため、2016年よりべんもり直播を検討されました。2018年は、約20haの移植と別に、40ha弱でべんもり直播をされました。水田にはレベラーをかけます。播種量は3.5kg/10a程度で、播種は5月の中旬です。種子は十分に催芽し、播種前日にカルパー用の自動コーティングマシン（給水は手動）を用いて被覆（0.1倍重、種子20kg/5分）を行います。播種は、土中播種機（覆土板付き）または鉄被覆用播種機（カルパーキット付き）を用い、鳥害対策として播種深は1cm程度といずれも覆土をします。播種同時で除草剤を散布し、7日間湛水した後、暗渠開放や溝切りも併用して早期に落水し、田面に亀裂を入れます。その後、フラッシングによって土壌の湿り気を保ち、播種後15日程度で出芽がみられます。その後軽く芽干しをして、播種後20日頃に湛水して、2回目の除草剤を散布します。表面剥離が起きることもありません。なお、カルパーと比較して、倒伏も劣らず、収量も同等で、収穫時の株抜けも少なくなったそうです。

このように、水田の均平を図ることを重視し、鳥害が起きないように深めに播種するとともに、滞水が起きないように細やかな水管理をされることによって、安定した苗立ちを確保されています。



自動コーティングマシン



被覆種子の乾燥



播種



播種3週間後

失敗しないために

- 基本技術

湛水直播では、水田の均平を高め、一定の深さに精度よく播種し、細やかな水管理が必要です。本技術は従来法（カルパー被覆）以上の苗立ち向上効果はありませんので、基本的な湛水直播の技術が必須です。湛水直播の経験がない場合は、経験者の指導を受けてください。

- 種子

一部の種子に発芽がみられる程度まで催芽してください。出芽が速まり、苗立ちが安定します。その結果、除草剤を早く散布でき、雑草害も抑えられます。催芽した種子は質が低下しやすいので、早く播種してください。保管中は蒸れないようにし、1週間を超える場合は低温庫に入れてください。

原因不明の苗立ち不良は、種子の劣化による可能性が高いと思われます。苗立ち不良が起きた場合は、種子の劣化が起きていなかったか、残った種子の発芽を確認してください。

被覆資材の付着が弱く、粉が剥離すると、播種器のロールに詰まり、知らぬ間に播種量が減少することがあります。被覆時に十分な水を加えて資材をしっかり種子に付着させてください。

- 水田

レベラーをかけたり、凹状にならないように代かきをして、田面を均平にしてください。水が抜けにくい水田は、苗立ちが不良となる傾向があるので、過度に代かきしないでください。苗立ちは日減水深が大きい方が良く、除草剤を効かせるには小さい方が良いので、減水深は2cm程が好ましいです。

鉄被覆直播とは異なり、べんもり直播では土中播種であるため、代かき直後の柔らかい水田が播種に適します。出芽時に土が乾くようにすると苗立ちが安定します。雨が続いて水が溜まる場合は、強制的に排水してください。水溜まりが残った場合、溝切り機を利用し、排水を促すと効果的です。

雀の食害の回避などの理由で湛水のままで経過した場合、根が表面に出て幼植物が倒れやすくなります。その場合、食害を受けなくなる段階で水を落とせば幼植物は活着します。

出芽して湛水後に処理する除草剤を決められた範囲内で早めに処理することが抑草に重要です。局所的に苗立ち不良となった場合、苗立ち向上を待って長く水を落とすと、雑草害や肥料流亡によって収量が低下することが考えられます。一部の苗立ち不良にとらわれず、適切に管理してください。

- 食害

湛水直播全般にいえることですが、鳥害（種子を鳥に食べられる）が起きることがあります。鳥害を無くすことは難しいです。鳥害が発生する水田は一部ですが、著しい被害となることがあります。鳥害を受けにくい水田で実施し、播種後は異変がないか注意してください。

雀は幼植物を抜いてでも種子を食べます。人家に近い水田や、寒くて餌が少ない時期に被害が出やすいです。雀の食害は水田の湛水で回避できますが、湛水で出芽が遅れる傾向があります。深めに播種し土壌をしっかり乾かすことで、食害を回避し苗立ちを確保できる場合があります。

より大きい鳥の食害を回避することは困難です。鴨の食害は、水深が深いと発生しやすいです。湛水は水を浅めに張るとともに、鴨を見つけた場合はすぐに水を落としてください。

スキミングガイが生息する水田では、湛水すると食害が発生します。前年に大豆を栽培した水田における生存数は少ないため、用水からの個体の流入を防止すれば、直播を実施できます。

留意事項

- ベンモリ資材による苗立ち安定効果は、土壌の化学的性質の改善に起因し、農薬取締法で定義されている「農産物等の生理機能の増進」に該当せず、農薬取締法の適用を受けません。
- ベンモリ資材には、労働安全衛生法において名称等を通知しなければならない物質が含まれます。添付された危険有害性等の情報を読み、取り扱いの際は防じんマスクなどの保護具を着用ください。
- ベンモリ資材に含まれるモリブデンは生物に必要な必須元素であり、肥料などとして施用されることもあります。鉬山下流などで牛や稲などに過剰害が発生したことが報告されています。このため、不要となったベンモリ資材や被覆種子は環境に廃棄せず、廃棄物として処分ください。
- ベンモリ資材の使用量は、種子重の 0.3 倍重を基本としますが、より少ない量で被覆した種子による直播を試すことは可能です。しかし、モリブデンの過剰害を懸念する観点から、0.3 倍重を超える量での被覆はしないでください。同様の観点から、播種量はこれまでの量や地域の慣行量（概ね 3kg/10a）を超えないこととし、ベンモリ資材の使用量が過剰とならないようにしないでください。

モリブデンは生物にとって必要な微量元素で、植物やヒトなどでは過剰症が起きにくいですが、作物がモリブデンを過剰に吸収して収穫物のモリブデン含有率が上昇した際、牛などの反芻動物が収穫物を食べると、銅欠乏を引き起こすモリブデン過剰症が起きることが知られています。稲は牛の飼料（わら、ホールクropp）としても利用されています。

ベンモリ資材には、モリブデンが含まれておりますので、ベンモリ直播の実施では、稲収穫物のモリブデン含有率に留意する必要があります。

モリブデンは、肥料にも混合され、施用されることがあります。また、作物でモリブデン欠乏が生じた際は、モリブデン酸アンモニウムやモリブデン酸ナトリウムが 50g/10a 程度（モリブデンで 25g/10a 相当）施用されます。本マニュアルで示したベンモリ直播におけるモリブデンの使用量は、1g/10a（播種量を 3kg/10a と想定）となり、欠乏の対策で施用する量より少なくなります。また、この量は、仮に稲がベンモリ資材に含まれているモリブデンを全量吸収したとしても（現実には流亡などもあり、全量は吸収されない）、牛の飼料への利用の基準となるにおいて、モリブデン含有率の上昇は 1mg/kg 未満と試算され、飼料の基準（例えば、「日本飼養標準肉用牛、乳牛」に記載された最大許容量は 5~6mg/kg（乾物））と比べてその上昇程度が小さいことから、このことが問題になることはないと考えられます。

べんモリ資材の改訂

べんモリ資材は、2016 年より販売を開始し、2018 年で販売開始より 3 年間が経過しました。べんモリ資材に含まれているモリブデンは、動物と植物に必要な微量必須元素ですが、牛などの反芻動物では過剰にモリブデンを摂取すると銅欠乏症を引き起こすことが知られており、稲を牛の飼料とする場合に留意が必要です。とはいえ、べんモリ資材でのモリブデンの使用量は作物のモリブデン欠乏時の施肥量に比べても低く、3 年間の連用田の収穫物や土壌を調査した結果でも有意な上昇はなく、標準的な水田と同様で、飼料としての利用に問題はありませんでした（補足 1）。

しかし、べんモリ栽培の普及面積は 2019 年に 2,000ha 程度であり、さらに増えると予想されます。現状においては問題ないものの、長期的にもモリブデン含有率の上昇に関する懸念の払拭が必要です。モリブデンは土壌中で有害な硫化物イオンの発生を抑制するために利用していますが、べんモリ資材の原料である酸化鉄にも発生した硫化物イオンを不溶化させる効果があります。したがって、べんモリ資材は 2 つの仕組みで硫化物イオン害を抑制することが期待できることから、モリブデン含有率を試算上問題ないといえる程度（補足 2）に低下させた資材を作成し、直播での利用を検討してきました。2018 年は、全国の 3 カ所においてこの資材を用い、従来資材と同様の苗立ちが得られました。2019 年は、実際の生産者の水田 5 地域を含め、全国 10 地域において用いられ、同様に従来資材と概ね同等の苗立ちが得られました。

この結果を受けて、これまでよりもモリブデン化合物の使用量を減らすことが可能と判断し、長期的な利用を考慮して、2020 年から販売されるべんモリ資材は、モリブデン含有率を低くしたものに一本化されることとなりました。

（補足 1）東北地方の 3 地域の 3 年間の連用田において、稲体のモリブデン含有率は概ね 1mg/kg（乾物）前後で、「日本飼養標準肉用牛、乳牛」に記載された最大許容量 5~6mg/kg（乾物）と比べて低く、これらの資料に記載されている標準的なモリブデン含有率 1.4mg/kg と大差がない。また、連用田の土壌の全モリブデン含量の平均値は 0.4 mg/kg で、べんモリ履歴のない圃場の値（0.4 mg/kg）と差が見られなかった。

（補足 2）べんモリ資材のモリブデン含有率を現行の 1/10 に低下させると、仮にモリブデン全量が稲に吸収されたとしても以下のように飼料として問題が無い含有率となる。すなわち、べんモリ資材によるモリブデン使用量は 0.9g/10a（＝モリブデン含有率 0.1%×0.3 倍重×種子 3kg/10a）。水稻の地上部収量を 1,200kg/10a とすると、地上部収穫物のモリブデン含有率の上昇は 0.75mg/kg。標準的なモリブデン含有率 1.4mg/kg を加えても 2mg/kg 程度で、飼養標準に記載された最大許容量 5~6mg/kg を超える可能性は著しく低い。これは極端な試算であり、実際には流亡や不溶化もあることから、収穫物のモリブデン含有率はより低くなる。

詳しい情報は web → 「べんモリ」で検索



べんモリ直播(簡易な水稻湛水直播)

= べんモリに関する情報をまとめています。

べんモリ直播に関する web ページを開設しています。
マニュアルに書ききれなかった情報や、必要に応じて修正情報に加えて、関係各社のべんモリ関連のページ、実施の参考になる動画、公開済みの技術情報などがご覧になれるようにリンクを記載しています。



べんモリマニュアル（本冊子の掲載場所）

執筆者

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 原嘉隆
(宮城県古川農試などの関係者に写真や情報の提供を受けました)

2016 年 2 月 24 日 作成

2017 年 2 月 14 日 資材入手先、被覆後の乾燥法などについて更新

2019 年 3 月 4 日 資材の改訂、農薬の利用や新資材の検討などについて更新

2019 年 12 月 12 日 資材の改訂などについて更新

お問い合わせ先

農研機構 九州沖縄農業研究センター 広報チーム

〒861-1192 熊本県合志市須屋 2421

TEL : 096-242-7530 FAX : 096-242-7543

E-mail : q_info@ml.affrc.go.jp

ホームページ : www.naro.affrc.go.jp/karc