

べんモリ被覆技術の開発による水稲湛水直播栽培の苗立ち安定化

原嘉隆¹⁾・菅野博英²⁾・秀島好知³⁾

(¹⁾ 農研機構九州沖縄農業研究センター, (²⁾ 宮城県古川農業試験場, (³⁾ 佐賀県農業試験研究センター)

近年、我が国の水稲作において、育苗の省略による労働時間の短縮や、作業競合の回避が行える直播栽培の導入は、大規模化を図る上で不可欠となっている。我が国の直播栽培面積は全栽培面積の2%程度にとどまっているものの、最近20年間で直播栽培面積は約4倍に増加し、稲作の大規模化の進行にともなってさらなる増加が見込まれている。直播栽培のうち、代かき後の圃場に播種を行う湛水直播栽培では、苗立ちの安定が最重要課題となるが、苗立ち安定化技術として、我が国特有の種子被覆技術が発達している。このうち、「カルパー被覆」は、播種後に酸素を発生することで、土中播種条件でも出芽促進効果が比較的安定しているが、資材コストも高く、貯蔵性が低い。還元鉄を被覆する「鉄コーティング」播種技術は、種子を還元鉄の粉で被覆して比重を高めるもので、播種後の浮き苗や転び苗を抑制し、スズメによる食害も軽減できるものの、被覆後に酸化反応で発熱するため催芽種子を用いることができず、また、発芽の促進効果を有しないため、土壌表面に播種を行う必要がある。べんモリ被覆技術は、これまでの被覆技術の欠点を補うものとして、モリブデン化合物を添加したべんがら（酸化鉄）で種子を被覆し、湛水直播を行う技術である。従来技術よりも省力・低コストであることから、2017年には我が国の湛水直播面積の約8%、1,500 haまで普及が進んでいる。今後の増加も見込まれ、我が国の水稲作での湛水直播栽培の安定化に大きく貢献することが期待される。開発された技術の内容は以下に要約される。

1. 作用機作の解明

水稲種子への「べんモリ被覆」技術は、これまで種子被覆に利用されていなかった「モリブデン」を用いることが大きな特長である。本技術の開発に先立ち、無被覆の種子を湛水土壤中に播種した場合、肥料である硫酸の施肥量が多くなると苗立ちが悪化するという現象を確認していた。そこで、湛水直播条件の種子近傍の酸化還元電位を調査し、播種後数日で種子近傍が局所的に著しい還元状態になり、硫化物イオンが発生することを明らかにした。このことから、硫化物イオンの発生抑制が苗立ちの安定化に重要であると考え、硫化物イオンの拮抗物質であるモリブデンの利用について検討し、モリブデンの施用が硫化物イオンの発生を抑制すること、これにより土中播種での苗立ちが向上することを明らかにした。

2. 種子調整法の開発

種子被覆資材を選定するため、様々なモリブデン化合物で種子被覆を行い、苗立ちへの影響を調査した。その結果、水溶性の化合物は種子の発芽・生育を抑制するので微溶性の化合物が適すること、微溶性の化合物であればほぼ同様の効果が得られることを明らかにし、最も安価な三酸化モリブデンを資材として選定した。

また、カルパー被覆や鉄コーティングでは資材を固着させるために石膏が用いられるが、石膏に含まれる硫酸イオンは還元条件下で硫化物イオンに変化して苗立ちを阻害する一因と考え、石膏に代わる固着剤を探索した。その結果、安価な糊として用いられるポリビニルアルコール（PVA）でも被覆層を保持できること、特にケン化率が高く水に溶けにくい種類のPVAを微粉として混合することで、被覆時は水に溶けるが、被覆層が乾燥すると水に強くなり、固着剤として利用できることを見出した。

湛水直播栽培では、種子が水で流されないように加重することが重要である。還元鉄を用いて種子を加重する鉄コーティング技術は、雀による食害の軽減効果を有するものの、発熱する酸化過程を経るため、種子が劣化しないように薄く広げて、数日灌水するなどの工程が必要となる。そこで、発熱しない酸化鉄で加重することを試み、上記のPVAと数種類の酸化鉄を用い、被覆しやすく（種子に均一に被覆できる）、被覆が剥離しにくい条件を探索した。その結果、農業用の鉄資材よりも粒径が小さい顔料用酸化鉄（べんがら）を用いることで、適した条件が得られることを明らかにした。

以上より、べんがらに三酸化モリブデンとPVAを加えた混合粉による種子被覆法（「べんモリ被覆」と命名）を開発した。べんモリ被覆では発熱がないため、催芽種子を利用でき、種子同士が固着しても、ほぐれやすい特徴がある。このため、被覆作業が容易で失敗しにくい。また、資材は乾物の0.1~0.3倍と少量でも効果が得られる。さらに、催芽種子を利用すれば浅く土壌中に播種できるので、表面播種に比べて、倒伏に強いことも利点である。

3. 現地実証と市販化、普及状況

べんモリ被覆技術の実証栽培は、2013年から、公設研究試験機関や農業機械メーカーや生産者と協力して全国各地で実施され、その結果を基に、資材組成、播種機の改良、水管理法などについて、気象条件の異なる地域で検討が進められてきた。被覆に用いる資材は混合済みの状態で市販化され、また、農業機械メーカーによって、べんモリ被覆播種に適した播種機の発売や部品の供給が行われてきている。なお、農業メーカーと協力し、いもち病の農薬をべんモリ被覆時に混和する方法を検討し、普及に至っている。この方法は本田での農薬散布に比べて極めて省力的であり、今後、登録農薬が増えることが予想され、べんモリ被覆はその際の基材としての役割を果たすことも期待される。このような多数の実証試験や関連試験を通して、一連の技術を取りまとめて、マニュアルやweb上の情報として公表がなされている。これらの取り組みの結果、べんモリ被覆による湛水直播は、東北地域を中心として、全国で2016年に300ha、2017年に1,500 haまで普及している。

主要業績

1. Hara, Y. 2013a. Suppressive effect of sulfate on establishment of rice seedlings in submerged soil may be due to sulfide generation around the seeds. *Plant Prod. Sci.* 16: 50-60.
2. Hara, Y. 2013b. Improvement of rice seedling establishment in sulfate-applied submerged soil by application of molybdate. *Plant Prod. Sci.* 16: 61-68.
3. Hara, Y. 2013c. Improvement of rice seedling establishment on sulfate-applied submerged soil by seed coating with poorly soluble molybdenum compounds. *Plant Prod. Sci.* 16: 271-275.
4. Hara, Y. 2017. Comparison of the effects of seed coating with tungsten and molybdenum compounds on seedling establishment rates of rice, wheat, barley, and soybean under flooded conditions. *Plant Prod. Sci.* 20: 406-411.

5. 原嘉隆・秀島好知 2017. 暖地の農家水田におけるべんモリ被覆種子での代かき同時打ち込み点播による水稲湛水直播の苗立ちと収量および収穫物のモリブデン含有率. 日作紀 86: 201-209.
6. 秀島好知・原嘉隆・伊勢村浩司・菊池正男・山口喜久一郎・浅川将暁 2015. 湛水直播栽培における鉄およびモリブデン被覆種子を用いた苗立ち安定化技術の開発. 日作九支報 81, 5-8.
7. 菅野博英・佐々木哲・庄山寿・山根和・原嘉隆 2017. べんがらモリブデン被覆種子（べんモリ）を用いた湛水直播栽培方法の検討 第2報 被覆資材と乾燥方法. 日本作物学会東北支部会報. 60: 23-24.

参考資料

1. 原嘉隆 2014. モリブデンを用いた種子被覆技術. 最新農業技術, 作物 vol. 6. 農文協, 東京. 201-207.
2. 原嘉隆 2017. 水稲湛水直播における種子のべんモリ被覆. 農業食料工学会誌, 79: 340-344.

マニュアル等

1. 原嘉隆 2016. 水稲べんモリ直播マニュアル. 農研機構, つくば.
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/karc/061801.html
2. 農研機構 2016. べんモリ直播（簡易な水稲湛水直播）.
<http://www.naro.affrc.go.jp/karc/contents/benmori/index.html>