

石灰窒素施用による漏生イネの発生低減

農研機構
東北農業研究センター
水田作研究領域

大平 陽一

収穫時に圃場内に落下した籾(種子)が翌春に発芽し、成熟期まで生育する場合がある。このようなイネを漏生イネと呼ぶ。ホールクロップサイレージ(WCS)用水稲品種や飼料米用あるいは米粉など加工用の多収性水稲品種を収穫した圃場で、翌年に食用水稲品種を栽培して図-1のように漏生イネが多発すると、漏生イネ由来の玄米が食用品種の玄米に混入して検査等級を低下させる。また、生育期の土壤養分の競合や光環境の悪化によって食用品種の収量低下も問題となる。さらに、こうした問題への懸念から WCS 用水稲品種や多収性水稲品種の普及が進みにくい状況にあり、漏生イネの防除技術の開発が望まれている。

漏生イネの発生を低減する技術はこれまでにいくつか開発されている(農研機構 2013)が、単一の技術で根絶は不可能であり、複数の技術を組み合わせることが効果的である。また、日本は北から南まで多様な気象条件にあり、地域ごとに適した品種が普及している。水稲生産者の圃場管理・作付け・作業の形態も様々であることから、自らの水田で実施しやすい技術を選択可能にすることが重要である。筆者は、漏生イネ対策技術の一つとして石灰窒素の利用に着目し、これまで検討を進めてきた。石灰窒素を施用すると明瞭な漏生イネの発生低減効果がある一方で、その効果を十分に発揮させるためには留意点があることも明らかになってきた。本稿では、これまでに明らかになった石灰窒素の効果と利用上の注

意点、今後の検討課題について述べる。

1. 石灰窒素の効果

(1) 石灰窒素中のシアナミドが水稲種子の休眠性・発芽能力に及ぼす影響

これまでに、石灰窒素をスクミリンゴガイ対策として散布した圃場において水稲の湛水土中直播栽培を行うと、播種した水稲種子の出芽が阻害される場合のあることが知られている(松島ら 2002; 松島ら 2003)。この出芽阻害は、石灰窒素に含有されるシアナミドの作用によるものと考えられている(松島ら 2002; 松島ら 2003)。また、石灰窒素の作用として、一定量以上の石灰窒素処理がヒエ類の種子を死滅させる効果を持ち、さらに、特定量の石

灰窒素処理はヒエ類の種子に対して休眠覚醒効果を持つことが報告されている(井上ら 1970; 石原ら 1970; 石田ら 1997)。このような効果を利用して、水稲収穫後の秋季に石灰窒素を散布することでヒエ類の種子を休眠から覚醒させて越冬前に強制的に発芽あるいは出芽させ、冬季に枯死させて防除する方法がある(石原ら 1970; 石田ら 1997; 日本石灰窒素工業会 1999)。

石灰窒素は水稲種子に対して出芽阻害効果を持つことから、漏生イネ対策として利用できる可能性があると考えられた。また、種子休眠の深い品種は越冬後の発芽能力が高い傾向にあることが明らかになっている(大平・佐々木 2011)が、石灰窒素に水稲種子の休眠覚醒効果があれば、漏生イネ対策としての利用は一層有望となる。そこ

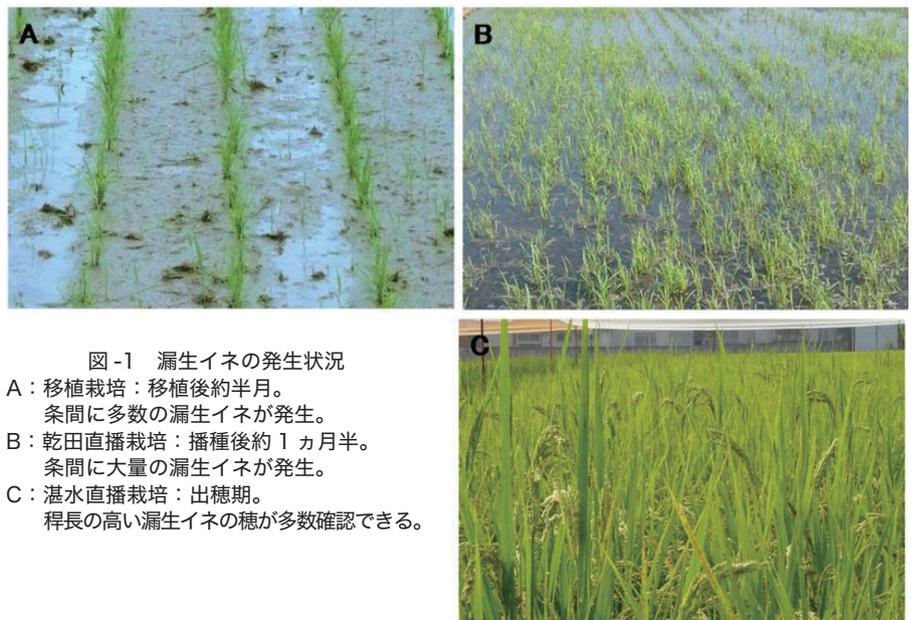


図-1 漏生イネの発生状況
A: 移植栽培: 移植後約半月。
条間に多数の漏生イネが発生。
B: 乾田直播栽培: 播種後約1ヵ月半。
条間に大量の漏生イネが発生。
C: 湛水直播栽培: 出穂期。
稈長の高い漏生イネの穂が多数確認できる。

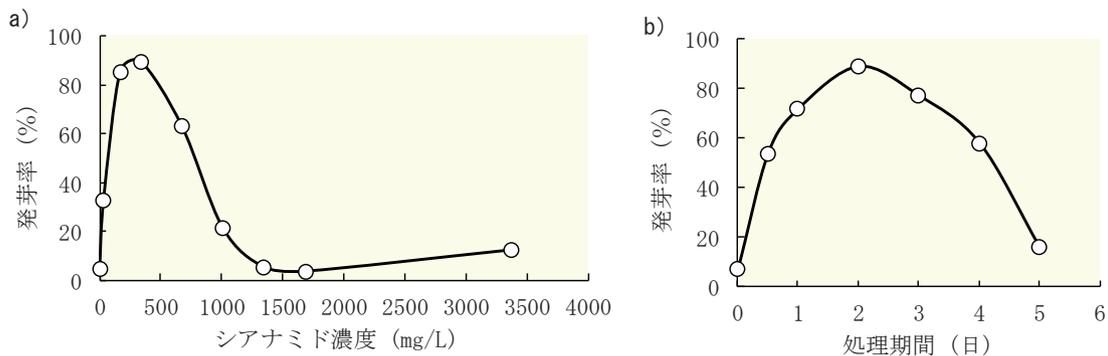


図-2 CS中のシアナミド濃度 a) および CS 処理期間 b) と種子の発芽率との関係
 品種は「タカナリ」。発芽率は置床後 20 日目の数値を示す。a) CS 処理期間は 5 日間。b) CS 中のシアナミド濃度は約 340mg/L。

で基礎的な知見を得るために、穂発芽性が「極難」の多収性インド型品種「タカナリ」を始めとする複数品種の種子を供試して、石灰窒素に水を加えて調製することで得られたシアナミドを含む水溶液 (CS) による処理を行い、CS中のシアナミド濃度および CS 処理期間と種子の発芽率との関係を調査した。

詳細は既報 (大平ら 2014) を参照したいが、図-2 に試験結果の一部を抜粋した。CS 処理期間を 5 日間に固定すると、シアナミド濃度が約 340mg/L までは濃度が高いほど発芽率が高くなり、その値を超えると低下した。なお、シアナミド濃度約 340mg/L 以下の処理について未発芽であった種子を 30°C 条件に約 2 ヶ月 (30°C 2M 休眠覚醒処理) おいて再発芽試験を実施したところ、積算した発芽率は 90% 以上であった。一方、シアナミド濃度が約 340mg/L を超える処理では、未発芽種子に 30°C 2M 休眠覚醒処理を施して再発芽試験を行っても新たに発芽する種子はほとんど認められなかった。これらのことから、本試験条件では、シアナミド濃度が約 340 mg/L までは CS に種子の休眠覚醒効果があり、その濃度を超えると発芽阻害効果があることが明らかになった。シアナミド濃度を約 3400mg/L に固定すると、発芽率が最も高くなる CS 処理期間は 2 日間であり、このピー

クを境にして CS 処理期間が短くても長くても発芽率は低かった。本試験でも未発芽種子に 30°C 2M 休眠覚醒処理を施して再発芽試験を行った結果、短い CS 処理期間の場合は積算発芽率が高くなったが、発芽率のピークとなる CS 処理期間よりも長い期間の CS 処理では、再発芽試験を行っても新たに発芽する種子はほとんど認められなかった。これらのことから、石灰窒素に含まれるシアナミドには、水稻種子に対して休眠覚醒効果と発芽阻害効果の双方が認められ、その効果は、CS中のシアナミド濃度と CS 処理期間で変化することが明らかになった。

(2) 石灰窒素の水田への施用が漏生イネの発生に及ぼす影響

次いで実際の圃場への石灰窒素施用による漏生イネの発生低減に関して、これまでに行ってきた試験結果を紹介する。石灰窒素は農薬登録されており、水田一年生雑草の防除として 50 ~ 70kg/10a を播種前または植付前に散布、ノビエの休眠覚醒として 40 ~ 50kg/10a を水稻刈り取り後 1 週間以内に散布となっている。これらを元に、圃場表面において、0 ~ 100g/m² の範囲で石灰窒素と種子とが存在する状態で越冬させ、越冬後の発芽率を検討したところ、石灰窒素処理量の増加に伴い、越冬後の発芽率は低下した

(図-3, 大平ら 2008)。以後、既に農薬登録されている処理量に準拠できるようにするために、石灰窒素処理量は 50kg/10a を基本として圃場試験を実施した。

圃場表面で種子が越冬する条件で、石灰窒素 50kg/10a を秋、冬、春のいずれかの時期に散布したところ、石灰窒素を散布しない無処理と比較して、畑条件における漏生イネの出芽率は有意に低下した (図-4)。また、秋処理の効果が特に大きいことが明らかになった (大平ら 2015)。

ヒエ類では、石灰窒素溶液と種子との反応時における温度が高いほど、休眠覚醒もしくは発芽阻害の効果は強く現れることが明らかになっている (井上ら 1970; 石原ら 1970)。同様に、水稻種子に対しても、石灰窒素による

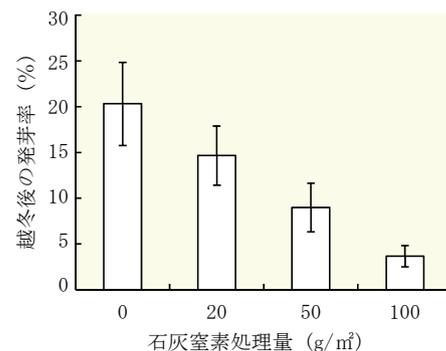


図-3 石灰窒素処理量が越冬後の発芽率に及ぼす影響
 試験地は広島県福山市。品種は「クサノホシ」。圃場設置直前の発芽率は 93% であった。垂線は標準偏差を示す。

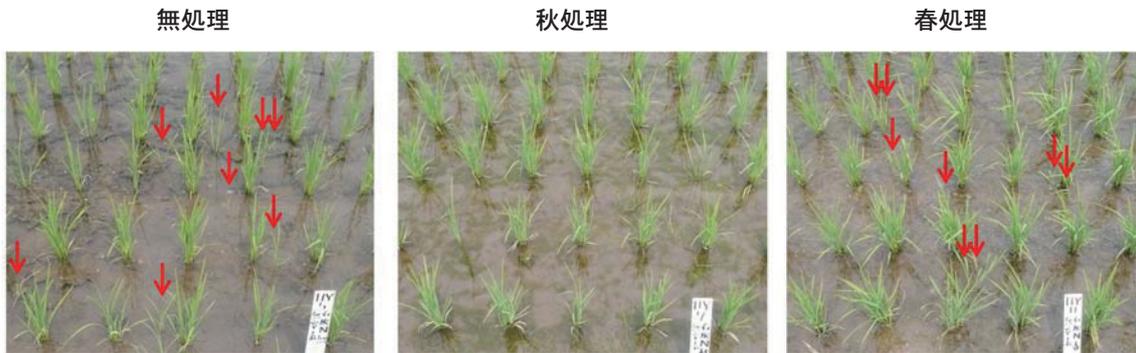


図-5 石灰窒素散布が移植栽培における漏生イネの苗立ちに及ぼす影響

成熟期に収穫した籾 300～400kg/10a を 10 月中旬に圃場に散播し、翌日に粒状石灰窒素を 50kg/10a 散布する秋処理、石灰窒素を散布しない無処理を設定。播種後約 3 週間防鳥網で鳥害を防いだ後に耕起。翌年 4 月中下旬に石灰窒素を散布する春処理も設定。石灰窒素春処理は、前年秋季に耕起して種子が土中に埋没している状態で実施。4 月下旬に耕起、5 月中下旬に圃場に入水、5 月下旬に代かきして中苗を機械移植。その後、株間の漏生イネの発生程度を調査。写真撮影は 2013 年 6 月 26 日。矢印は「ふくひびき」の漏生イネを示す。

発芽阻害効果には温度条件が影響し、温度が高いほどその効果は高い結果が得られている(大平ら 2012)。したがって、秋季の石灰窒素散布では、他の時期の処理と比較して、気温が高いことでシアナミドによる種子の休眠覚醒および発芽阻害の効果が高かったこと、その影響が及ぶ期間が長かったことが高い効果を得られた要因と推察された。

次いで、秋に圃場表面の種子へ石灰窒素を散布して 3 週間程度経過後に耕起し、土中で種子を越冬させ、翌年春に代かき・機械移植した条件で、移植株の間に発生した漏生イネの苗立ち率(苗立ち本数/播種粒数×100)を調査した。本試験では、秋に石灰窒素を散布せずに土中で種子を越冬させて春に石灰窒素を散布する処理および石灰窒素無処理も設けた。その結果、図-5 に示すように、石灰窒素無処理と比較して、秋の石灰窒素処理によって明瞭に漏生イネの発生は減少することが明らかになった。図-5 では供試 8 品種の内の一つを示したが、具体的データとしては、秋の石灰窒素処理によって苗立ち率は無処理の 1/6 以下であった(大平ら 2015)。

一方、石灰窒素を散布せずに秋に耕起して土中に種子が存在する条件では、春に石灰窒素を散布しても漏生イネの発

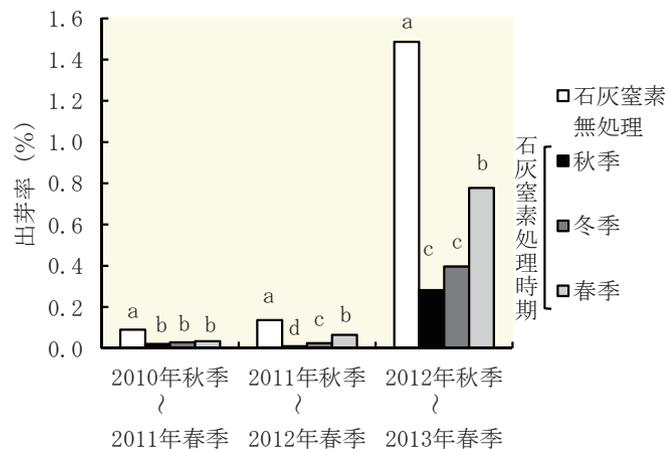


図-4 種子の圃場表面越冬条件における石灰窒素散布時期が漏生イネの出芽能力に及ぼす影響
各年次・時期に多収性稲品種「ふくひびき」、一般食用品種「萌えみのり」を含む 3～4 品種(多収性稲品種「べこあおば」、「ホシアオバ」、「べこごのみ」、「夢あおば」のいずれか)を供試。数値は全品種の平均値。成熟期の籾 600～800kg/10a を 10 月上旬中に圃場に散播して擬似的な脱落籾を作成。防鳥網を設置し、圃場表面で越冬。播種翌日(秋季)、積雪前の 11 月下旬(冬季)、雪解け後の 4 月中旬(春季)に粒状石灰窒素を 50kg/10a 散布する処理と石灰窒素無処理を設定。4 月下旬に防鳥網を撤去し、直後に耕耘機で耕起(ロータリー耕)。畑条件のままとし、6 月下旬に漏生イネの出芽数を調査。同一年次・時期における同一の英文字間には 5%水準で有意差がないことを示す(Tukey 法)。

生程度は石灰窒素無処理と変わらなかった。図-5 は 1 品種(ふくひびき)についてのみ示したが、供試 8 品種の全てで類似した傾向にあった。このことは、漏生イネの発生を抑制するためには、圃場表面の種子に石灰窒素を散布し、一定期間不耕起状態を保つ必要があることを示唆している。現時点で得られているデータから、3 週間程度不耕起状態を保つことを勧めているが、不耕起状態を保つ適切な期間をより明確にすべく、現在、石灰窒素を散布してからの耕起時期に関

する試験を実施中である。

2. 石灰窒素の利用上の注意点

前述したように、漏生イネ対策として石灰窒素を利用する上では、圃場表面の種子に石灰窒素を散布し、一定期間不耕起状態を保つ必要がある。なお、散布直後に耕起した試験では、漏生イネの発生抑制効果は全く認められなかった(具体的データ省略)。石灰

窒素の効果を得るためには水分が必要なことも明らかになっているが、圃場表面において夜露・朝露や降雨によって供給された水分を介して、石灰窒素中のシアナミドが種子に吸収され、これまで述べてきた影響を種子に及ぼすと考えられる。

石灰窒素には窒素の肥効があり、秋季から春季の散布時期によりその肥効は異なる。秋季に石灰窒素を50kg/10a 散布した翌年に食用稲品種を栽培する上では、基肥を窒素成分で1.0～1.5kg/10a 低減できることを予備的な試験により確認している。したがって、漏生イネ対策として秋季に石灰窒素を散布し、翌年に食用品種、特に耐倒伏性に劣る品種を作付ける場合には、基肥窒素を減じる必要がある。

3. 今後の検討課題

漏生イネ対策として石灰窒素を用いる上では、圃場表面の種子に石灰窒素を散布し、一定期間不耕起状態を保つ必要がある。しかし、この「一定期間」が明確になっていない。石灰窒素の効果は温度、水分条件の影響も受けることから、地域・気象条件に応じた「一定期間」を明確化することが課題である。また、窒素の肥効も石灰窒素散布後の環境・管理条件で異なる可能性が高い。窒素の肥効を把握することは、作物を適切に栽培する上で必須であることから、この点を明らかにすることが重要と考えられる。

石灰窒素の散布が漏生イネ対策とし

て有効であることを述べたが、本結果は、圃場から稲ワラを除いた条件で実施した試験に基づいている。また、試験規模も実レベルではない。WCS用の栽培では圃場にワラはほとんど残らず、また飼料用米の生産においても稲ワラの利用は推奨されていることから、本研究成果の適用場面は一定程度見込まれるが、今後は、ワラ等残渣が圃場に残留し、より面積の大きい圃場試験あるいは現地試験においても石灰窒素が漏生イネ対策として有効かを検討する必要がある。

飼料用として多収性水稻品種を低コストで生産するために直播栽培を行い、その後、同様に直播栽培で食用品種の栽培を望む声がある。しかし、現時点では、水稻を栽培する上での漏生イネ対策は移植栽培が前提であり、直播栽培条件で漏生イネ対策を図る手段は皆無である。そうした状況の中、石灰窒素の利用は、直播栽培を続けながら漏生イネ対策を図る手段となり得る。その一方、石灰窒素を散布した条件で直播栽培すると苗立ちが不良になるとの報告(松島ら 2002, 2003)もあることから、今後は、直播栽培が可能な石灰窒素の利用条件を検討することが課題である。

石灰窒素を漏生イネ対策として50kg/10a 散布すると、その費用は約7,500円である。漏生イネ対策のみとして考えた場合には高価と言わざるを得ない。しかしながら、石灰窒素には、ワラ等残渣・有機物の腐熟促進、土作り、肥料としての効果、雑草防除など

多面的な効果が認められている(日本石灰窒素工業会 1999)。これら多面的な効果も狙い、総体としての経済的評価をする必要がある。

引用文献

- 井上克宏ら 1970. 休眠覚醒利用によるノビエ防除に関する研究(第1報)呼吸阻害剤および呼吸阻害性ガスの休眠覚醒作用. 土肥誌 41, 377-382.
- 石原信一郎ら 1970. 水稻休眠期におけるノビエ防除に関する研究(第2報)石灰窒素の休眠覚醒効果について. 富山県農試研報 4, 57-63.
- 石田亮介ら 1997. 野生ヒエに対する石灰窒素の種子休眠覚醒効果の再確認. 雑草研究 42(別), 230-231.
- 松島憲一ら 2002. 石灰窒素の散布が湛水中直播水稻の出芽に及ぼす影響. 日作紀 71, 11-16.
- 松島憲一ら 2003. 水稻湛水直播栽培における酸素発生剤種子被覆および播種前の代かきによる石灰窒素の出芽障害緩和. 日作紀 72, 282-289.
- 日本石灰窒素工業会 1999. <http://www.cacn.jp/> (2015年8月17日確認).
- 農研機構 2013. 飼料用米の生産・給与技術マニュアル 2013年度版.
- 大平陽一ら 2008. 飼料イネ種籾の越冬後の発芽能力に及ぼす土壤埋設時期の影響. 日作紀 77(別1), 138-139.
- 大平陽一・佐々木良治 2011. 飼料イネ種子の休眠程度が越冬後の発芽力に及ぼす影響とその品種間差異. 日作紀 80, 174-182.
- 大平陽一ら 2012. 異なる温度条件における石灰窒素処理が水稻種子の発芽率に及ぼす影響. 日作紀 81(別1), 246-247.
- 大平陽一ら 2014. 水稻種子の休眠性と発芽能力に及ぼす石灰窒素に含まれるシアナミドの影響. 日作紀 83, 223-231.
- 大平陽一ら 2015. 東北日本海側地域における水稻収穫後の圃場への石灰窒素散布が漏生イネの出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 84, 22-33.