

## 石灰窒素の除草効果を考える — 何がどこまでわかっているのか？

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

中央農業総合研究センター 耕地環境部 畑雑草研究室 浅井元朗

### 除草にほとんど使われていない

農業登録されその適用範囲も拡大された石灰窒素には、50～70kg/10a を作物播種前に散布処理すると、水田・畑地の一年生雑草の防除効果があることが明記されています。また、散布処理時に生育しているサイズの小さな一年生雑草を、ある程度枯死させる効果も紹介されています。ところが現在、除草を第一の目的にして石灰窒素を用いている例はほとんどないと思われま

す。ここでは石灰窒素を除草用資材としてとらえた場合、その効果がこれまでどの程度わかっているのかについてまとめてみたいと思います。そして、何がわかっているのか、どんなことがわかれば石灰窒素を除草資材として使いこなしていくことができるのか、についてこれまでの知見をふまえて筆者の考えを述べていきたいと思います。

### シアナミドの吸収量で効果が変わる

石灰窒素が雑草種子におよぼす効果はヒエ類を用いたシャーレ発芽試験や小規模のポット試験で明瞭に確認されています(石原ら、1970; 井上ら、1970; 石田ら、1997)。これによると石灰窒素の処理量によって雑草種子が異なる反応を示すことが、どの試験でも認められています。石灰窒素の処理量が増えれば休眠覚醒効果が高まりますが、一定量以上ではその効果は低下します。その場合、死滅する種子が増えます。

これを図-1に示しました。なお、実際に作用するのは石灰窒素処理量ではなく有効成分シアナミドの吸収量です。処理濃度が低くても浸漬時間が長ければ休眠覚醒効果が高いことが確認されています(井上ら、1970)。

種子の側から見ると、石灰窒素の有効成分であるシアナミドの吸収量によって種子の生理状態が変化するということです。吸収量が多いほど死滅する種子の割合が増加し、中間的な量で休眠覚醒効果が発現し、さらに少ない量では種子は反応しません(この場合でも発芽後の肥料としての効果はあると考えます)。シャーレの試験では種子周囲の環境は均一なので効果は明瞭にあらわれます。一方、土壌を用いたポット試験では種子の位置によって周囲の環境が異なるので一粒ごとに被曝量・吸収量が異なると思われる。そのため種子の反応にも違いが生じ、シャーレ試験に比べると明瞭な試験結果が得られないことが多いのです。

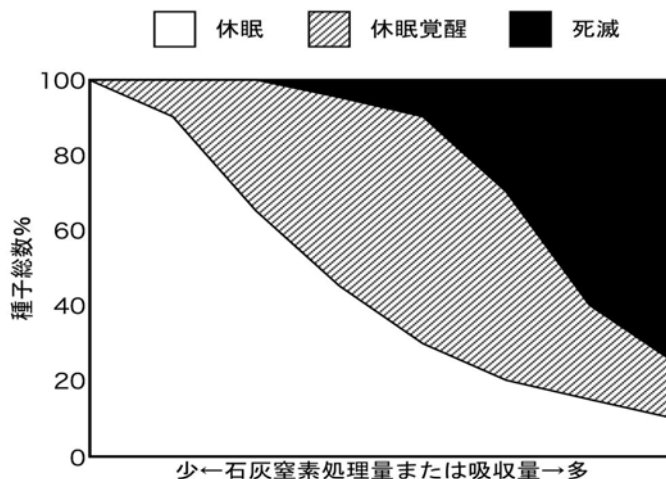


図1. 石灰窒素の処理量と雑草種子の反応を示した概念図

### 処理する時期でも除草効果は変わる

#### 発芽時期

次に野外試験で調査された事例をいくつかみてみましょう。

確認できる最も古い事例は林(1958)です。これは石灰窒素に種子の休眠覚醒効果があることが確認される以前のデータです。千葉県で小麦の窒素肥料として石灰窒素を用いた場合、雑草(特にスズメノテッポウ)の数が50%以下になった事例が報告されています。これは発芽時および発芽直後の雑草幼植物が石灰窒素の作用によって枯死した結果だと考えられます。

#### 水稲刈取後

最も有名な事例は昭和40年代に富山県で石原らによって行われた試験です(石原ら、1970)。水稲の刈跡(つまりヒエ類の種子が稲藁とともに田んぼの表面に落ちている状態)に石灰窒素を50-70kg/10a処理すると、ヒエ類の種子が越冬前に発芽し、冬の寒さで枯死することが確認されています。またその効果には土壌水分が関係し、今では少なくなった湿田のように十分に土壌の水分がある条件で高い効果が発揮されることも確認されています。こうした結果は、現在の石灰窒素の農業効果の登録に反映されているとおりです。

しかし、ここで気になる点がいくつかあります。まず、なぜ秋季に出芽が確認されたのはヒエ類だけで、ほかの主要な水田雑草

の出芽は観察されなかったのか？ということです。水田の雑草のなかではヒエ類が最も重要であり、幼植物のサイズもほかの草種と比べて大きいために刈跡の出芽が発見しやすかったことが、その理由の一つではあると思います。ヒエ類以外の雑草種子に対しても、石灰窒素が図-1に示した作用があると予想できますが、その処理量-反応関係がヒエ類とどの程度違うのか、を具体的に示すデータはありません。

### 前年処理

つぎに、石灰窒素を処理した翌年の水稻作でのヒエ類の発生はどのようになったのか、という点です。石灰窒素によって休眠は覚醒しても、地温が低いために発芽には至らずに越冬したヒエ種子が、どのくらいあるのか？それらが春期早く発芽するのであれば、移植までにさらに種子数が減少するので、移植後の出芽数を減らすことができるはずですが、これを調査した事例は今のところみつけないことができます。

### 春処理

石灰窒素を春期に処理した場合の効果については1990年代に研究が行われています(山末, 1999)。5月2日に石灰窒素を30~70kg/10a処理した場合、その後1ヶ月間のタイヌビエ幼植物の数は、無処理区の2倍以上になったことが確認されています。しかし、6月13日の代かき後のタイヌビエの出芽パターンは、ほとんど差が認められていません。石灰窒素処理区で速やかに、齊一に出芽が完了し、無処理区でだらだらと出芽が続くのであれば、除草剤の効果持続期間が短くとも、十分にヒエ類が防除できる可能性があります。しかし、そういった傾向は観察されていません。また、出芽完了後の夏期に埋土種子数を調べても、大きな違いは認められていません。

### 土中の雑草種子の動態がわからない

少なくともヒエ類で確認されたとおり、石灰窒素の処理が野外の雑草種子にある程度の影響を及ぼすことは、まちがいありません。ここでは石灰窒素による種子の死滅、休眠覚醒、出芽時期の変化などをあわせて「出芽攪乱作用」と呼ぶことにします。出芽攪乱作用が必ずしも防除と等価ではないことはあとで説明します。

実験室レベルでは、明確に現れる石灰窒素の効果は、野外で検出されにくい大きな理由は、雑草の埋土種子の動態がよくわかっていないことです。

シャーレ試験やポット試験では、多くの場合、その年に採種した雑草種子を用います。小規模の圃場試験でも、ヒエ類の種子が地表にほぼ均一に脱落している場所を選んで行います。こうした種子に対する石灰窒素の影響は、比較的明瞭に現れることは説明したとおりです。しかし、現場の土壌にはたいがい、それ以前に蓄積された雑草種子が多量に存在するのです。これを図-2に模式的に示しました。前年までに蓄積された種子の量と一年で新たに生産されて地表に落ちた(まだ埋土されていない)種子量との比は、どのような値になるのか？これはおそらく雑草の種類ごとに異なる特性だと思われる。

雑草の種類ごと、圃場ごとで当年産種子数/埋土種子数の比がどの程度異なるのか？種類ごとの埋土種子の一年間の減少率は？それは栽培のやり方でどの程度変動するのか？などについて実用に耐えうる基礎的な知見があまり蓄積されていないのです。仮に地表に落ちている当年産種子を石灰窒素で全て発芽させたとしても、土中に大量の種子が眠ったままであれば、翌年の雑草発生量に石灰窒素が影響したかどうかを検出するのは、難しくなります。表層にある当年産の種子と、土中に眠るそれ以前の種子とでは、石灰窒素に対する感受性が、どの程度異なるのかについても知見がありません。

### 不耕起栽培をつづけた場合には

不耕起栽培をつづけた場合には、地表面にたくさんの雑草種子が蓄積します。一方、耕起すると耕土全体に雑草の種子が混ぜ込まれます。石灰窒素による出芽攪乱作用は、前者でより高く発現すると予想されますが、それを裏付けるようなデータは

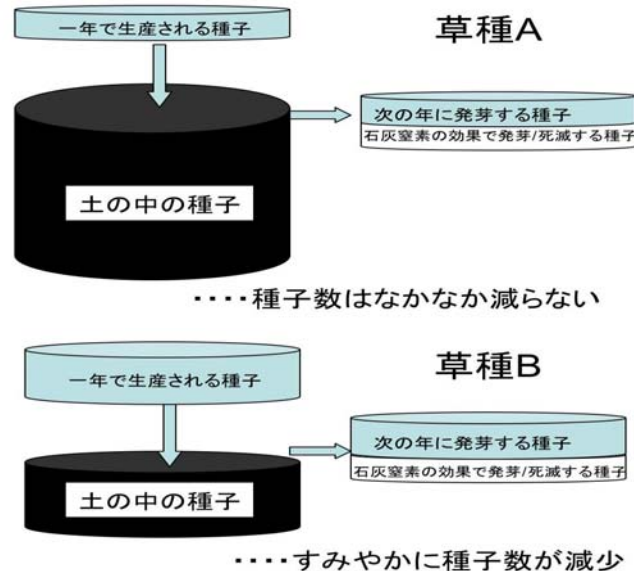


図2. 土壌中の雑草種子の動態と石灰窒素の効果との関係を示した模式図

今のところありません。その一方で不耕起栽培では、地表面に多くの作物残渣が存在します。それが石灰窒素の効果にどの程度影響するのかについてもあまり知見がありません。

土の中の雑草の種子が見える特殊なメガネがあるとしたらどうでしょう。新しい、活力の高い種子はより明るく見えるようなメガネです。それをつけて土の中をのぞけば、種子がまるで銀河のように無数に輝いて見えると思います。石灰窒素を処理し、種子の減少した土では、その煌めきが年々弱くなるのがわかるかもしれません。

### 防草剤ではむずかしい場面で

石灰窒素を除草用資材として使いこなすには、まだ野外の雑草種子の実態についてわかっていないことが多いのです。そして現在はヒエ類に効果の高い水稲用除草剤がいくつもありますので、それを適切な方法で使っていれば、わざわざ石灰窒素で種子を減らす、という努力をしなくとも容易に防除ができることはご存じの通りです。

そのため、石灰窒素による出芽攪乱作用による防除効果が大きな意味を持つのは、除草剤だけでは防除が難しい草種や有効な除草剤がない場面になります。

### こぼれ種子の除草効果・肥料効果

たとえば、小麦圃場に前年栽培した大麦が生えてきたり、前年と異なる品種を栽培したりした場合、前年栽培品種のこぼれ種から生えてきた麦は、防除の対象になります。そして、同じ麦であるために除草剤による防除ができません。麦の収穫から次の麦の播種までに何らかの手段で前作のこぼれ種の密度を減らしておくことが望まれます。

小松崎ら(1994)は茨城県の畑作の自生小麦防除に関する研究をおこない、興味深い結果を得ています。自生小麦の防除を意図した圃場試験において、石灰窒素の処理量が増える(0kg/a→4kg/a→8kg/a)と自生小麦の出芽時期が前進し、夏場の出芽数が増加しました。逆に11月中旬の小麦出芽数は減少しました。この結果は、石灰窒素処理によって防除上問題になる播種期以後の出芽が減少したことを意味します。また、その効果は石灰窒素の表層散布に比べて、耕起時の混和処理の効果が高いという結果も得られています。

その一方、石灰窒素処理区では夏作期間に出芽した雑草の生育量が増加するという結果も得られています。これは石灰窒素の肥料効果が発現したものと考えます。小松崎らの試験では、石灰窒素によって出芽が促進され、肥料効果で生育量が増加した雑草の防除対策までは、対象としていません。また、石灰窒素の肥料効果が大豆の生育に及ぼした影響についても言及されていません。小麦収穫後に夏作を栽培しない場合であれば、石灰窒素の効果は自生小麦、雑草の出芽をともに促し、埋土種子を減少させる、という点で好都合なのですが、夏作の存在を考慮すると、出芽が促進された雑草とその防除、肥料としての石灰窒素が作物、雑草の両者の生育に及ぼす影響も同時に考慮すべき点になります。

### カラス麦防除に手だてはないか

石灰窒素の出芽攪乱作用と防除との関わりについてもう一例説明します。関東地方の麦畑ではカラスムギというイネ科雑草が難防除で問題となっています。カラスムギは麦類の収穫時期に種子を結実、脱落させ、土中で越冬した種子は冬場にだらだらと出芽します。出芽期間が長く、土中深く10cm以下からも出芽できることもあり、現在登録されている麦類用の除草剤だけでは、効果的な防除ができません。

石灰窒素の出芽攪乱作用で、麦の播種前にカラスムギを出芽させてしまえば、冬場に出芽するカラスムギが減少する、と期待されます。

実際に石灰窒素の処理に対して、カラスムギの出芽がどのように変化したかを調査した例を図-3に示します(浅井・與語、2004)。図-3上段は出芽時期の早い(休眠の浅い)カラスムギ集団についての結果で、石灰窒素の出芽攪乱作用が防除にプラスに働く例です。処理区では出芽の大半が1年目の11月下旬までに終了し、無処理区では冬場もだらだらと出芽が続きます。この場合、麦類の播種時期をちよつと遅らせる(茨城県の播種適期は11月中旬まで)ことで、麦播種以前に出芽したカラスムギを耕起作業で埋没枯殺できます。また、このカラスムギ集団は、石灰窒素処理にかかわらず1年間でほとんどの種子が出芽し、2年目以降の出芽がありません。このことは1年間、徹底的に防除すればそれ以降、カラスムギ密度が大きく減少することを示します。

一方、図-3下段は石灰窒素の効果がマイナスに作用してしまう例で、出芽の遅い(休眠の深い)カラスムギ集団で得られた結果です。無処理であれば、1年目、2年目ともにカラスムギの出芽は少しずつですが、石灰窒素処理区では1年目に集中し、しかも麦播種時期から春先まで継続して出芽してきます。これでは麦播種後のカラスムギ出芽数を増やしてしまうことになり、防除という観点では明らかに逆効果です。ただし、麦作を一年休む場合には、石灰窒素の処理で土中のカラスムギ種子を大幅に減少させることができる、何年もかかってだらだら出てくるはずの種子を、ほぼ一年で出芽させてしまう、ということでもあります。

この結果から、7月に石灰窒素を処理しても実際に出芽を始めるのはカラスムギ集団にかかわらず10月以降であることがわかります。これは石灰窒素がカラスムギ種子の休眠を覚醒させたとしても、地温が発芽に適した温度に低下するまでは出芽が始まらないことを示しています。

カラスミギの出芽特性が事前にわかっていたら、石灰窒素の効果を予測して、適切な手だてを打つことができます。カラスミギの種子休眠特性には地域ごと、あるいは圃場ごとにどれだけの違いがあるのかについては、これから調査を進めてみないとわからないのです。また前述したように、カラスミギの埋土種子の減少速度や当年産種子数との比率も、ほか草種と同じようにまだはっきりとわかっていないところではあります。

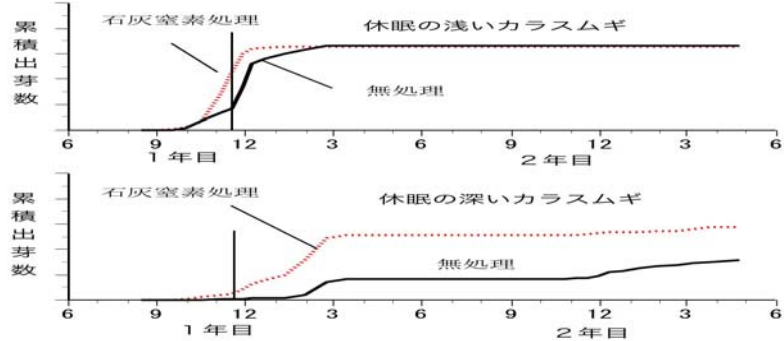


図3. 出芽特性の異なるカラスミギに対する石灰窒素の出芽促進効果の例(7月上旬にカラスミギ種子を播種し、直後に石灰窒素60kg/10aを表面散布した。垂直線は小麦類の播種適期；それ以前に出芽したカラスミギは非選択性除草剤や耕起で防除可能)

### 地道なデータの積み重ねが必要

石灰窒素による除草効果について、ここまで既存の結果を紹介してきました。石灰窒素の濃度と雑草側の感受性のちがいで、肥料的効果から休眠覚醒効果、さらには死滅効果へと連続的に効果の発現のしかたが変化すること、そして休眠覚醒作用が存在したとしても、実際の雑草の出芽がいつ起こるのかは別問題であること、出芽した雑草に対してはそれに対する防除手段を兼ね備えていなければ逆効果になる場合があること、などがご理解いただけたかと思います。

室内実験では明らかな石灰窒素の影響も、雑草の種類や栽培体系といった野外のさまざまな要因が関わるに当たって、その効果が見えにくくなってしまいます。そのため石灰窒素による除草効果が不安定にみえてしまいますが、そのことは石灰窒素が防除資材として見込みがないことを意味するものではありません。登録除草剤が少ないために、防除の難しい草種が残ってしまうマイナークロップや、あえて減除草剤に挑んだ栽培など、有効な除草剤が使えない、あるいは使わない場面での利用価値はあるものと考えます。ただし、石灰窒素が防除の中心となるのではなく、出芽攪乱作用とほかの防除手段を組合せた補助的資材である、と認識しておくことが肝要でしょう。

今後、どのような研究を進めれば石灰窒素を有効な雑草防除資材として使いこなすことができるのでしょうか？雑草の埋土種子の動態の研究と、きちんと関連づけた上で、重要な草種について石灰窒素の効果とその変動要因について、地道にデータを積み重ねていくことが不可欠です。さまざまな条件、草種に対する石灰窒素による出芽促進・斉一化の程度と土壌処理型除草剤の効果持続期間との関係を明らかにする必要もあります。可能であれば、石灰窒素処理区と無処理区とを比較した長期連用試験によって、埋土種子量の減少と組成の変化を追跡する、という研究も行う価値があります。

本稿が今後、石灰窒素による除草効果の現地試験の設計・調査・解釈に、また雑草の埋土種子の動態を解明する研究の参考となれば筆者として望外の喜びです。

### 引用文献

- 1) 浅井元朗・與語靖洋 2004. 不耕起と石灰窒素処理によるカラスミギ数集団の出芽反応と埋土種子の減衰。雑草研究 49(別)、156-157。
- 2) 井上克弘・東俊雄・山崎欣多 1970. 休眠覚醒利用によるノビ工防除に関する研究(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。
- 3) 石田亮介・山末祐二・草薙得一 1997. 野生ヒ工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。
- 4) 石原信一郎・竹島修二・滝川圭吾 1970. 水稲休閑期におけるノビ工防除に関する研究(第2報)石灰窒素の休眠覚醒効果について。富山県農業試験場研究報告 4 57-63。
- 5) 林政衛・川代賢・川名栄 1958. 裏作に於ける石灰窒素散布が雑草の発生及び麦の生育収量に及ぼす影響について。千葉農試研報 2 55-58。
- 6) 小松崎将一・遠藤織太郎・大崎和二 1994. 畑作における麦類の自生作物化と作付体系に関する研究(V)土壌処理型除草剤および石灰窒素が小麦の自生化に及ぼす影響。農作業研究 29(1)、7-13。
- 7) 山末祐二 1999. 休眠覚醒物質石灰窒素の作用機作と圃場における効果。農林水産技術会議事務局編「研究成果 341 環境調和型水田雑草制御技術の開発」15-18。