

# 乾熱種子消毒のダイズ褐斑粒防除体系への適用

新潟県農業総合研究所作物研究センター くろだ 黒田 ともひさ 智久・なばた 名畑 こしお 越夫・いしかわ 石川 こうじ 浩司

## はじめに

ダイズ栽培において、褐斑粒（図-1）や紫斑粒は品質や等級を左右する重要な病害粒であり、予防的な対策が必要である。褐斑粒は種皮に褐色の斑紋があらわれた種子で、この斑紋はある特定の植物ウイルスの感染によって生じる。褐斑粒を発生させるウイルス病は種子伝染するだけでなく、圃場ではアブラムシ伝染することから、その対策には健全種子を用い、殺虫剤による媒介虫の防除が必要である。さらに、新潟県の種子生産現場では、上記対策のほか感染株の抜き取りが指導されている。また紫斑粒は、*Cercospora kikuchii* の感染によって発生する種子伝染性糸状菌病であり、発生が予測できないため立毛中の殺菌剤散布が必須となっている。種子生産現場では、健全種子生産のため多大な労力とコストをかけているが、見かけ上健全な種子であっても褐斑粒や紫斑粒の原因となる植物ウイルスや病原菌を保毒している種子があり、褐斑粒や紫斑粒の発生を完全に防ぐことは困難である。それ故、種子生産現場では立毛中の対策だけでなく、除去しきれなかった保毒種子を無毒化する技術の開発が求められている。本稿では、種子伝染性ウイルス病の防除を目的としたダイズ種子乾熱消毒法の開発について紹介したい。

## I 新潟県における褐斑粒原因ウイルス

ダイズに発生する植物ウイルスは13種類報告されており、そのうち褐斑粒発生に関与するウイルスはダイズモザイクウイルス（*Soybean mosaic virus*, SMV）、インゲンマメモザイクウイルス、キュウリモザイクウイルス（*Cucumber mosaic virus*, CMV）、ラッカセイわい化ウイルス（*Peanut stunt virus*, PSV）、インゲンマメ南部モザイクウイルスの5種類で、このうちインゲンマメ南部モザイクウイルスを除く4種類はアブラムシ伝染性である。SMVに感染したダイズは、褐斑粒による品質の大幅な低下を招くだけでなく、株全体が萎縮して種子が小

粒化し、未熟粒や奇形粒の発生も多くなることから、質と量の両面において被害が大きい。このことから、SMV抵抗性ダイズの育成は最も重要な育種目標に掲げられてきた。新潟県における1980年代末から90年代初頭の調査では、圃場で発生するダイズウイルス病の約半数からSMVが検出され、CMVやPSV等の*Cucumovirus*属ウイルスも20%前後の割合で検出されていた（原澤ら、1996）。ところが2004～08年の調査では、SMVの発生がほとんど見られず、代って*Cucumovirus*属ウイルス、とりわけPSVが多く発生していることが確認された（黒田・名畑、2007）。PSVはマメ科植物だけでなく、ナス科、キク科植物にも感染することが知られており、主要な野菜類や多くの雑草が宿主となりうる。また、多くの種類のアブラムシによって媒介されることから、感染拡大には幅広いルートが存在する。ダイズにおける症状は、葉に現れるモザイクが比較的マイルドで奇形症状もあり強くは現れない。このことから、立毛中に感染株を抜き取る作業が困難になる。また、感染株の収穫物には高い確率で褐斑粒が発生し、種子伝染率も20%台に達することから、対処が難しいウイルス病の一つと言える。



図-1 キュウリモザイクウイルスによる褐斑粒

Application of Seed Thermotherapy to a Control System of Soybean Seed-Coat Mottling. By Tomohisa KURODA, Koshio NABATA and Kouji ISHIKAWA

（キーワード：ダイズ，乾熱，種子伝染，キュウリモザイクウイルス，ラッカセイわい化ウイルス，圃場試験）

## II 種子伝染性病害に対する種子消毒技術の現状

化学農業を用いない種子消毒法の一つとして、熱を利用した方法がこれまでよく研究されてきた。これは、種子の耐熱性が病原よりも高い場合に利用でき、熱媒体として水（温湯）、油脂類、空気（乾熱）を用いた方法が各種作物種子で報告されている。また、電子レンジのように、マイクロ波で直接種子を加熱し種子消毒する技術も開発されている。実用化されている技術の中で、最も身近な方法として水稻種子の温湯消毒法がある。本法は60℃の温湯に水稻種子を10～15分浸漬することで、種子伝染性病原菌の不活化をねらった方法であるが、ダイズ種子に応用することは非常に困難である。その主な理由として、①ダイズ種子は水稻種子に比べて大きいので、熱伝導に時間がかかる。②種子が膨潤し種皮が脱落する。③種子が吸水した状態で温度をかけ続けると著しく発芽率が低下する。④60℃程度の温度は、ウイルスの不活化には不十分である等が挙げられる。そのため、ダイズでは熱媒体として水以外のものを用いる必要がある。トウモロコシ、パームやし、ダイズ由来の油脂を80～90℃に加熱し、これにダイズ種子を浸漬することで、*Alternaria* spp., *Phomopsis* spp., *Cercospora kikuchii* に防除効果があることが報告されている（ZINNEN and SINCLAIR, 1982 ; PYNDJI et al., 1987）。しかし、廃油処理の問題などが懸念され、実用化は困難であろう。一方、賛田・林（1980 ; 1983）は、ダイズ種子を70℃で1～24時間乾熱処理することで、種子伝染性の植物ウイルスや紫斑病に防除効果があることを報告しているが、発芽率低下が大きな課題であった。熱処理による発芽率低下の対策として、PYNDJI et al. (1987) はダイズ種子水分を7.7%未満に調整しておくこと、新しい種子を用いることを報告している。そこで、これらの知見を参考に乾熱種子消毒法の開発を検討した（黒田・名畑, 2010）。開発の要点は、①子実を乾燥させる必要があるが、どの程度まで乾燥させる必要があるか、②少なくとも70℃以上の温度処理が必要であるが、どれくらいの処理時間を必要とするのかである。

## III ダイズ種子乾熱技術の開発

熱処理による発芽率低下への対策として、事前に供試種子の水分を調整しておく必要があると考えられる。しかし新潟県の主要品種エンレイの場合、どの程度に調整する必要があるのか不明である。そこで、乾熱を行うための適正な子実水分を調査した（図-2）。種子は、当年産の種子を用い、40℃の予備乾燥や低温低湿度倉庫内で

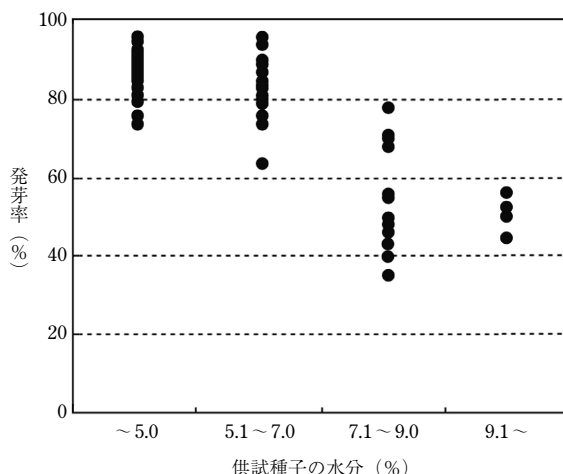


図-2 種子の水分と乾熱処理後の発芽率  
乾熱処理は70℃で48時間行い、水稻用育苗培土に播種して発芽率を調査した。

の自然乾燥により水分を4～13%に調整した。そして70℃48時間乾熱処理し、発芽率を調査した。その結果、供試種子の水分が7.0%以下の場合、発芽率はおおむね70%以上となり、水分が5.0%以下の場合は安定して70%以上の発芽率が得られた。

刈り取り直後のダイズ種子の水分は、大抵16%以上の高水分状態であるため、このままでは保存できない。そこで、乾燥施設で種子を乾燥させるが、種子用ダイズの場合、温度は発芽への影響を考慮して40℃以下で行われる。一方、乾熱処理を行うには、前述のように水分を7.0%未満に調整しておく必要があるが、現場でその都度水分を測るには手間がかかる。そこで、水分が13%, 9%, 7%の3種類の種子を用い、70℃48時間乾熱処理しても発芽率の低下が問題とならない、40℃の予備乾燥時間を調査した（図-3）。全く予備乾燥を行わない状態で70℃の乾熱処理を行うと、これまでの知見通り、水分の高い種子は発芽率が50%台に低下した。一方、水分7.0%の種子は、最初から目標水分をクリアしているので、70℃の乾熱処理を行っても、90%近い発芽率であった。予備乾燥時間を48時間、72時間、96時間と伸ばしていくと、いずれの種子も80～90%台の発芽率が得られるようになった。以上から、乾熱処理前の40℃予備乾燥を48時間行えば、水分を計測しなくても乾熱処理が可能と考えた。

次に、保毒種子の70℃乾熱処理時間を検討した。新潟県の主要な褐斑粒原因ウイルスであるPSVとCMVを保毒した種子を使用し、40℃2日間予備乾燥した後、

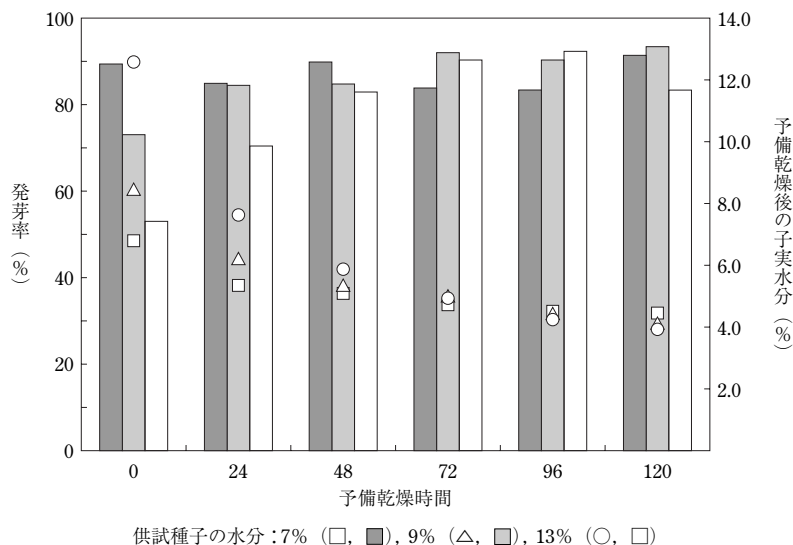


図-3 処理前の子実水分、予備乾燥時間と乾熱処理後の発芽率  
種子は、予備乾燥終了後に水分を測定し、70℃ 48時間乾熱処理した。発芽率の調査は、清浄な土壌に播種し、播種12日後に行った。

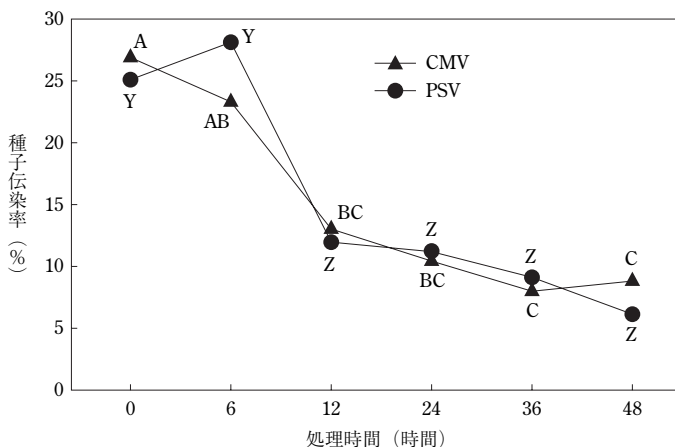


図-4 乾熱処理による種子伝染率低減効果  
ウイルス保毒種子 (CMV および PSV) は、40℃ 2日間予備乾燥後、70℃乾熱処理を6～48時間行った。乾熱処理後、清浄な土壌に播種し、展開した第一本葉を用いてDIBA法でウイルス感染の有無を検定した。同一英文字を付与したマーカーは、数値間に統計的有意差 ( $P = 0.05$ ) がないことを示す。

70℃乾熱処理を6～48時間行った。その結果、種子伝染率は12時間処理で半減し、24時間以上の処理で緩やかに減少した (図-4)。

乾熱処理後の種子は水分が3%以下に低下し、そのまま播種すると発芽率は非常に低かった。また、出芽した個体には子葉の亀裂や脱落が見られた。低水分の種子を

浸水すると、急激に吸水し種子が崩壊することが知られていることから (中山ら, 2004), 乾熱による過乾燥が原因と考えられた。そこで、これら発芽障害の緩和を目的に、吸水させた高分子ポリマーとともに密閉容器内に静置し、子実水分を13%程度に高めてから播種したところ、安定して80%以上の発芽率が得られた (データ不掲載)。

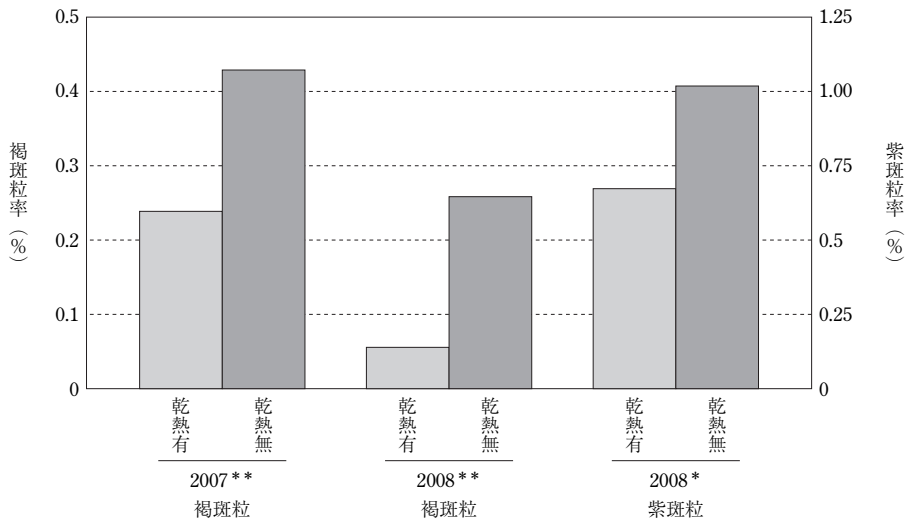


図-5 現地圃場を用いた乾熱処理効果の実証試験

供試種子：(2007年) CMV 種子伝染率5%の2006年産エンレイ、(2008年) PSV 種子伝染率7%、紫斑粒混入率1%の2007年産エンレイ。

試験年の肩に記された\*印および\*\*印は、処理間に10%または5%水準で有意差があることを示す。

種子処理条件：40℃1日間予備乾燥して子実水分を確認後、70℃12時間乾熱した。乾熱終了後、子実水分を調整し、チウラム水和剤を塗抹した。

現地試験の区制：乾熱処理区、無処理区とも540m<sup>2</sup>、反復なし

防除：(2007年) 播種時にエチルチオメトン粒剤、開花期から2週間後と4週間後にエトフェンブロックス・イミベンコナゾール粉剤、9月第1半旬にMEP粉剤を散布した。(2008年) 播種時にエチルチオメトン粒剤、9月第1半旬にMEP粉剤を散布した。

収穫物調査：各区16lずつサンプリングし、7.3mm以上の種子を調査した。

#### IV 現地圃場を用いた乾熱種子消毒技術の評価

これまでの実験結果から、エンレイ種子を用いた乾熱種子消毒は、当年産種子を用いること、40℃48時間の予備乾燥と70℃12時間以上の乾熱処理を組合せて行うこと、水分を13%程度に調整してから播種することで、消毒効果と発芽率を両立できると考えられた。そこで、2007年と2008年の2か年、長岡市内の水田転換畑において効果実証試験を行った(図-5)。2007年の試験では、CMV 保毒種子と健全種子を混合し、種子伝染率5%の種子を作製し供試した。2008年の試験では、PSV 保毒種子と健全種子を混合し、種子伝染率が7%になるように調整した。乾熱処理は、40℃2日間の予備乾燥後、70℃12時間行った。そして、調整後チウラム水和剤を種子塗抹し播種した。出芽状況の調査では、乾熱処理区で発芽の遅れから若干苗立ちの不揃いが見られたが、播種1か月以降の生育は無処理区と差が認められず、開花期、黄葉期、成熟期の生育ステージや生育量も、無処

理と差がなかった(データ不掲載)。収穫物の調査では、無処理と比較し褐斑粒率の低下が認められた。2か年とも褐斑粒の発生は全体的に低率であったが、乾熱処理区は無処理区よりも有意に低かった( $P=0.05$ )。

また、2008年の試験では、紫斑病に対する効果も併せて検討した。臍部のみに被害が認められる紫斑粒を約1%含む種子を乾熱処理し播種したところ、立毛中の殺菌剤散布を省略しても紫斑粒の発生を低減することができた。このことから、紫斑病に対しても種子伝染率低減の可能性が示唆された。

#### おわりに

種子乾熱処理によって、ダイズ種子伝染性ウイルス病や紫斑病の種子伝染率を低減する可能性が示された。しかし、現段階では乾熱種子消毒は数kgレベルの種子にしか行うことができないので、当面は原々種、原種レベルでの適用技術と考えている。一般栽培において本技術が普及するためには、今後大量の種子に均一に熱をかけ

る装置が開発され、かつ手ごろな価格で入手できることが必要であろう。

### 引用文献

- 1) 原澤良栄ら (1996): 新潟県農業試験場研究報告 **42**: 51 ~ 70.
- 2) 黒田智久・名畑越夫 (2007): 農業技術 **62**: 325 ~ 330.
- 3) ——— (2010): 北陸病虫研報 **59**: 5 ~ 9.
- 4) 中山則和ら (2004): 日作紀 **73**: 323 ~ 329.
- 5) 賛田裕行・林 宜夫 (1980): 関東東山病虫研報 **27**: 37 ~ 39.
- 6) ——— (1983): 同上 **30**: 39 ~ 40.
- 7) PYNDJI, M. M. et al. (1987): Plant Dis. **71**: 213 ~ 216.
- 8) ZINNEN, T. M. and J.B. SINCLAIR (1982): Phytopathology **72**: 831 ~ 834.

## 新しく登録された農薬 (23.4.1 ~ 4.30)

掲載は、**種類名**、登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録年月日、有効成分：含有量、**対象作物**：対象病害虫：使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、**適用作物**、適用雑草等を記載。（登録番号：22913 ~ 22921）種類名に下線付きは新規成分。※は新規登録の内容。

### 「殺虫殺菌剤」

#### ●イミダクロプリド・クロラントラニリプロール・イソチアニル粒剤 ※新混合剤

22915：ルーチントレス箱粒剤（バイエルクロップサイエンス）11/04/06

イミダクロプリド：2.0%，クロラントラニリプロール：0.75%，イソチアニル：2.0%

稲（箱育苗）：イネミズゾウムシ，イネドロオイムシ，コブノメイガ，ニカメイチュウ，いもち病，ウンカ類，ツマグロヨコバイ：は種前

稲（箱育苗）：イネミズゾウムシ，ウンカ類，ツマグロヨコバイ，コブノメイガ，ニカメイチュウ，いもち病：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：イネドロオイムシ，フタオビコヤガ，白葉枯病：移植当日

#### ●ブプロフェジン・フルトラニル水和剤 ※新剤型

22916：アブロードモンカットエアー（日本農業）11/04/06

ブプロフェジン：20.0%，フルトラニル：20.0%

稲：ウンカ類幼虫，ツマグロヨコバイ幼虫，紋枯病：収穫14日前まで

#### ●チアメトキサム・フルジオキソニル・メタラキシルM水和剤 ※新混合剤

22917：クルーザー MAXX（シンジェンタジャパン）11/04/06

チアメトキサム：22.6%，フルジオキソニル：1.1%，メタラキシルM：1.7%

だいち：アブラムシ類，タネバエ，ネキリムシ類，フタスジヒメハムシ，茎疫病，リゾクトニア根腐病：は種前

えだまめ：アブラムシ類，タネバエ，ネキリムシ類，フタスジヒメハムシ，茎疫病，リゾクトニア根腐病：は種前

#### ●エチプロール・カスガマイシン・トリシクラゾール水和剤 ※新剤型

22920：ダブルカットKフロアブル（北興化学工業）11/04/20

エチプロール：5.0%，カスガマイシン一塩酸塩：1.37%，トリシクラゾール：8.0%

稲：いもち病，カメムシ類：穂揃期まで（散布，無人ヘリコ

プターによる散布，空中散布）

#### ●シラフルオフエン・カスガマイシン・トリシクラゾール水和剤 ※新剤型

22921：ダブルカットJフロアブル（北興化学工業）11/04/20

シラフルオフエン：9.5%，カスガマイシン一塩酸塩：1.37%，トリシクラゾール：8.0%

稲：いもち病，ウンカ類，ツマグロヨコバイ，カメムシ類，コブノメイガ：穂揃期まで

稲：いもち病，カメムシ類：穂揃期まで（ブームスプレーヤーによる散布）

稲：いもち病，ウンカ類，ツマグロヨコバイ，カメムシ類：穂揃期まで（無人ヘリコプターによる散布）

### 「殺菌剤」

#### ●カスガマイシン・トリシクラゾール・バリダマイシン水和剤 ※新剤型

22919：ダブルカットバリダフロアブル（北興化学工業）11/04/20

カスガマイシン一塩酸塩：1.37%，トリシクラゾール：8.0%，バリダマイシンA：5.0%

稲：いもち病，紋枯病：穂揃期まで（散布，無人ヘリコプターによる散布，空中散布）

### 「除草剤」

#### ●メタミホップ乳剤

22913：グラスホップ（住商アグロインターナショナル）11/04/04

22914：ユニホップ（丸和バイオケミカル）11/04/04

メタミホップ：10.0%

日本芝（こうらいしば）：一年生イネ科雑草

西洋芝（ベントグラス）：メヒシバ

#### ●ホラムスルフロン水和剤

22918：トリビュートOD（バイエルクロップサイエンス）11/04/07

ホラムスルフロン：2.2%

日本芝：一年生雑草及び多年生広葉雑草