

2. ダイズ・バレイショ等の最新技術

1. ダイズ

ダイズでは体系化技術として、「種子乾熱処理を基幹としたダイズ褐斑粒発生抑制の体系化技術」と「健全種子と抵抗性品種を基幹としたダイズ紫斑病防除の体系化技術」を取り上げた。前者は、種子伝染率を従来の技術を用いながら低減しつつ、それでも保毒した種子を乾熱処理により無毒化する技術である。乾熱処理は効果は高いが発芽率を低下させるため、発芽率に影響の少ない条件を解明し、立毛中の感染株除去作業を組み合わせることにより効果を高めた。後者は、伝染源としての種子の重要性を解明し、採種圃における健全種子の生産のための薬剤の選択、これにより生産された健全な種子と抵抗性品種を利用し、圃場における薬剤散布回数を種子消毒の1回のみとした体系を確立した。これらの技術は、「I P Mマニュアル」に追加する技術である。

「I P Mマニュアル」に追加する個別技術として、ホソヘリカメムシ誘引剤（合成フェロモン剤）の改良、チョウ目昆虫誘殺用自動カウントトラップ「ムシダス 2000」のホソヘリカメムシ捕獲のための改造などによる「合成誘引物質と自動カウントトラップを利用したホソヘリカメムシの高精度発生予察技術」を取り上げた。

また、雑草管理技術として、冬作麦類をカバークロープとして用い、ダイズを不耕起栽培することで雑草を防除するとともに増収を得る「カバークロープ利用による省除草剤不耕起ダイズ栽培技術」、ムギ跡ダイズ栽培においてリビングマルチ利用による雑草防除を導入して除草剤の使用を大幅に削減できる「関東地域のリビングマルチ利用を基幹とした除草剤低減技術」を取り上げた。

さらに、将来 I P M 体系に組み込める技術として、病原性が高い新たな核多核体病ウイルス選抜系統を利用した「核多角体病ウイルスによるハスモンヨトウ防除技術」を取り上げた。

2. バレイショ等

バレイショでは体系化技術として、「生物機能を活用したバレイショ病害虫防除の体系化技術」を取り上げた。土着天敵の働きを活かすために、殺虫剤を無散布としてもアブラムシ等の害虫の発生は問題にならないことが、品種・地域による違いがないことから、殺虫剤無散布を基本とする防除体系である。この技術は、「I P Mマニュアル」にも記載されているが、その適用範囲、効果の発現機構を明確化したものである。

将来 I P M 体系に組み込める技術として、ふ化促進物質を含む未利用廃材としてのトマト水耕栽培で生じる廃液の利用、ふ化促進物質を分泌する未利用植物としてナス科対抗植物の利用による「ふ化促進物質を利用したジャガイモシストセンチュウ防除技術」、ジャガイモ栽培圃場から選抜したジャガイモ根部に親和性の高い拮抗微生物を利用した「拮抗微生物を利用したジャガイモ粉状そうか病防除技術」、そうか病の抑制効果のある野生エンバク圃場より分離した拮抗微生物を利用した「拮抗微生物を利用したジャガイモそうか病防除技術」を取り上げた。

また、テンサイにおいて将来 I P M 体系に組み込める技術として、土壌中に生息する糸状菌の一種である *Pythium oligandrum* の抵抗性誘導を引き起こす物質である細胞壁タンパク質を利用した「抵抗性誘導物質を利用したテンサイ褐斑病の防除」を取り上げた。

(河合 章：近畿中国四国農業研究センター)

種子乾熱処理を基幹としたダイズ褐斑粒発生抑制の体系化技術

1 はじめに

遺伝子組換えダイズや生産履歴のはっきりしない外国産ダイズに対する安全性への懸念から、近年国産ダイズへの需要が高まっており、転作の主要作物として作付けが伸びている。一方で品質や価格に対する市場の要求は高く、高品質・安全・安心とコストダウンという大命題の間で、生産者は苦慮しているのが現状である。

ダイズ栽培において、褐斑粒は品質や等級を左右する重要な病害粒であり、予防的な対策が行われる。褐斑粒を発生させるウイルス病は種子伝染性病害であり、健全種子を使用することで発病リスクを大幅に軽減させることができる。そのため、種子生産現場では農薬による防除、発病株の抜き取り、色彩選別機処理を行っており、加えて原種生産では手選別のダブルチェックまで行っている。ところが、種子生産において多くの費用や労力をかけても、褐斑粒の発生を完全に防ぐことは困難である。それは、見かけ上健全な種子の中に、褐斑粒の原因となる植物ウイルスを保有しているものがあるからである。そのため、種子生産現場では立毛中の殺虫剤散布をはじめ現在利用できる技術で最大限保毒抑制を行い、さらに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。そこで、ダイズ健全種子を確保する一つの手段として、種子乾熱技術を紹介したい。

2 種子乾熱処理技術のダイズへの応用

1) ウイルス病防除のための種子消毒の必要性

褐斑粒（図1）は、植物ウイルスの感染によって種皮に褐色の斑紋が現れたダイズ子実で、国内でダイズに発生する植物ウイルス13種類のうち5種類が関係することが知られている（大木，1997）。そのうちダイズモザイクウイルス（SMV）、ラッカセイおい化ウイルス（PSV）、キュウリモザイクウイルス（CMV）による被害



図1 ダイズモザイクウイルス（SMV）感染ダイズにおける褐斑粒

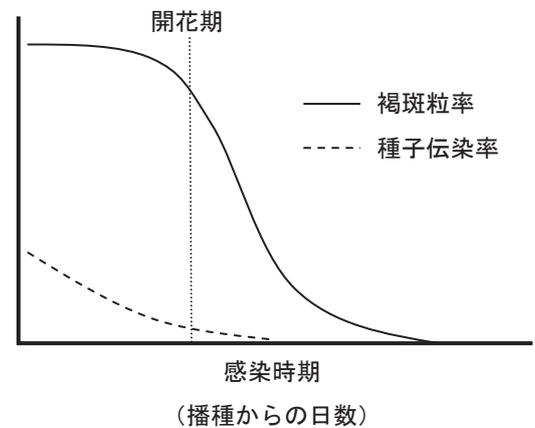


図2 ウイルスの感染時期と褐斑粒率・種子伝染率の関係（模式図）

割合が大きく、いずれの植物ウイルスもアブラムシ伝染と種子伝染する。そこで、保毒抑制のために種子生産現場ではさまざまな対策が取られてきた。SMVやCMVを異なる生育時期のダイズに感染させると、開花期ころまでの感染では高率で褐斑粒を発現させ、かつ種子伝染しやすい（図2）。すなわち、保毒種子由来のウイ

ルス感染ダイズは、高率でウイルスを保毒した種子を生ずるのである。また、立毛中のウイルス感染株抜き取りは、褐斑粒率や種子伝染率抑制に有効であるが、ウイルスの種類によって除去効率が異なることから、決定的なウイルス病対策とはならない。さらに、保毒種子は必ずしも褐斑粒にならないことから、種子から褐斑粒を取り除いても保毒対策には限界がある。

2) 種子消毒技術としての乾熱

熱処理の種子消毒への応用研究は100年以上の歴史があり、特に1970年代から80年代にかけてさまざまな作物・病害について盛んに検討された。温湯浸漬法は、比較的安価な設備で簡便に処理できることから、現在も農薬による種子消毒法の代替技術としてイネを中心に急速に普及している。ウイルス病防除目的としては主に乾熱種子消毒が検討されたが(表1)、操作が煩雑なこと、消毒効果と発芽率確保を両立させることが難しいことなどから、実用性はイネ、一部のマメ科、ウリ科、ナス科作物で認められるにとどまった。ダイズのウイルス病に対しては、70°Cで6~24時間処理で褐斑粒の発生を低下させることができたが、発芽率が処理時間や種子の含水率によって大幅に低下する場合があります、改善の余地が残されていた(贅田・林, 1980, 1983)。

表1 ウイルス病防除を目的とした種子乾熱処理の事例

対象作物	文献
アズキ	土崎ら (1970)
イネ	藤川ら (1981)
キュウリ	西・西沢 (1967)
スイカ	長井・深津 (1970)
	長井 (1974)
	長井ら (1974)
	長井・竹内 (1975)
ダイズ	贅田・林 (1980, 1983)
トマト	長井 (1975)
ピーマン	長井・竹内 (1980)
	米山 (1987)
メロン	古木市 (1975)

表2 乾熱処理のCMV保毒率低減効果

処理区	保毒率 (%)
無処理	23
65°C24時間	23
70°C12時間	12 *
75°C6時間	12 *

注) *は、無処理に対し5%水準で有意差があることを示す

3) ウイルス病防除を目的とした乾熱種子消毒

新潟県ではSMV抵抗性が「中」または「強」のダイズ品種が普及して、近年はSMVの発生が少ない。一方、高い種子伝染率を示すCMVやPSV等の*Cucumovirus*属ウイルスが、新潟県の褐斑粒原因ウイルスとして重要度が増してきた(黒田・名畑, 2007)。これらのウイルスに対する抵抗性品種も知られていないことから、褐斑粒対策は*Cucumovirus*属ウイルスが重要と考えられる。

CMV保毒種子に対する乾熱種子消毒の効果は、70°C12時間または75°C6時間の処理でウイルスの発病率を有意に低下させることができる(表2)。これは、多くの種子伝染性ウイルス病防除を目的とした乾熱の温度域にあるが、ダイズ種子の耐熱性の問題で処理時間は比較的

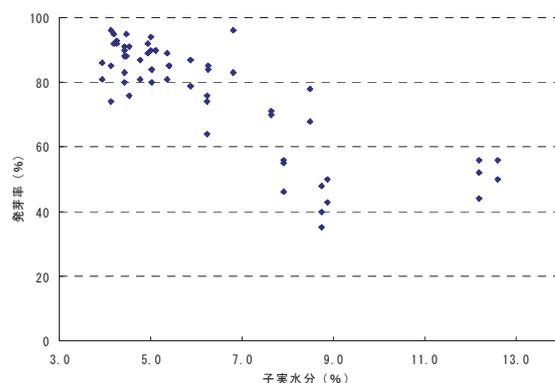


図3 乾熱処理前の子実水分と処理後の発芽率の関係

注) 70°C48時間の乾熱処理後播種し、10日後に正常に発芽した個体数を調査した

短い。そのため、完全にウイルスを失活させることができないが、実用上は全く問題ない。また、乾熱処理した種子の発芽率は、種子の老化程度、処理温度と処理時間、処理前後の子実水分に大きく左右される。すなわち、処理温度が高くなるほど、処理時間が長くなるほど発芽率は低下するが、特に産年が古いもの（種子活力が低下しているもの）や処理前の子実水分が高いものほどその程度が著しい（図3）。子実水分は概ね7%以下でなければ乾熱処理に適さないため、冷蔵庫等の低温乾燥条件下または40°C 24時間の予備乾燥処理を行う。前述のように、代表的な褐斑粒原因ウイルスであるCMVの保毒率を下げるためには、少なくとも70°C12時間以上の処理が必要である。なお、70°C12時間の処理後には少なくとも7%は発芽率が低下するので、必要な発芽率を確保できないと考えられる場合は、乾熱処理を適用できない。また、乾熱処理を行った種子は子実水分が著しく低下し、その後の播種で急激な吸水による子葉の損傷を引き起こす。子葉の損傷は栄養成分の溶出を促進し、それを栄養源とする微生物の繁殖を増加させ出芽障害につながる（Burchettら、1985）。そこで、乾熱処理後の種子を子実水分が15%前後になるように調整する。この時、種子を水に浸けて急激に吸水させると子葉が割れ、著しく発芽率が低下するので、高湿度に保った密閉容器に入れて徐々に子実水分を上昇させる。これによって、種子の急激な吸水を抑制し、子葉の損傷による影響を軽減することができる。

4) 乾熱消毒種子を用いたダイズ栽培

新潟県で行った乾熱消毒種子を用いた栽培実施例を以下に示す。この実施例ではCMV保毒種子（種子伝染率5%程度）を用いており、種子伝染したCMVが褐斑粒を生じやすい条件で行っている。栽培条件は現地慣行で、殺虫剤を適時散布し、ほ場内での発病が二次的に拡散しないよう努めた。乾熱種子消毒とウイルス感染株の抜き取り有無を組み合わせ比較したところ、乾熱単独では乾熱・抜き取りともに行わなかった場合の褐斑粒率の60%以下に軽減させたが、乾熱と感染株抜き取りを組み合わせるこ

表3 乾熱と抜き取りを組み合わせた褐斑粒発生抑制効果

	乾熱有	乾熱無
抜き取り有	0.20 ^a	0.36 ^{bc}
抜き取り無	0.28 ^{ab}	0.49 ^c

注1) 種子は前年産（品種エンレイ）を用い、40°C24時間の予備乾燥後70°C12時間乾熱処理した。乾熱処理後、子実水分を調整し、チウラム剤を塗沫し播種した。これら一連の処理は、播種直前に行った

注2) 数値は各区2反復の平均褐斑粒率(%)を示す

注3) 各区4L（約10,000粒）を調査した

注4) 同一英文字間に有意差はない

とで40%程度まで軽減させた（表3）。生育は、乾熱処理した場合、発芽苗立ちが若干劣り初期生育に遅延が認められたが、生育期間中に遅延は回復した。

5) 使用上の留意点

本技術で必要とする特別な機器は、乾熱滅菌器だけであり、通常試験研究機関に備わっている乾熱滅菌器で差し支えない。新たに導入する場合、容量や機能により価格はさまざまであるが、10万円程度の低価格の機種も販売されている。本技術の条件検討は定温乾燥機DS64（ヤマト科学、東京）で行ったが、メーカーや型式によって若干の癖があるので、予め少量のダイズ種子を処理し、発芽率を確認しておく必要がある。また、乾熱処理の効果は種子伝染率を調べることで確認することができる。処理後の種子を播種し、本葉の一部を取って血清診断で感染の有無を判定する。（社）日本植物防疫協会やAgdia社からELISAキットが販売されており、詳細は各社に問い合わせさせていただきたい。

3 乾熱種子消毒と組み合わせる従来の褐斑粒発生抑制技術

冒頭でも触れたように、種子生産現場では、農薬による防除、発病株の抜き取り、色彩選別

機処理等のウイルス病対策を行い保毒粒の発生を抑えている。これらの従来技術を併用することが肝要であり、乾熱種子消毒のみでウイルス病の発生を抑えることはできない。まず、ウイルス病を媒介するアブラムシの防除は、ダイズ生育初期の感染が特に褐斑粒や保毒粒につながりやすいことから、播種時のエチルチオメトン粒剤やジメトエート粒剤の散布またはチオメトキサム水和剤の種子塗沫処理を行う。これによって、圃場外から持ち込まれたウイルス病を圃場内で拡散させない効果が期待される。薬剤の効果は1ヵ月未満で失われることから、アブラムシの発生程度を見ながら茎葉散布剤の要否を検討する。ただし、開花期から概ね1ヵ月後には、感染しても種子伝染しなくなるので、そのころまでアブラムシ防除に努め、同時に圃場内でウイルス病発病株を抜き取る。ダイズは生育が進むと葉色が濃くなり、モザイク症状が分かりにくくなるので、作業性も考慮し開花期ころまでに抜き取りを実施する。収穫物中の褐斑粒は色彩選別機で除去する。これは、褐斑粒が必ずしも保毒粒であるとは限らないが、少なくとも着色していない子実に比べれば保毒している可能性が高いからである。色彩選別機については、「IPM マニュアル－総合的病害虫管理技術－」（梅川ら、2005）を参照願いたい。

4 他の病害虫防除の考え方

種子の乾熱処理は、種子生産時における種子伝染性ウイルス病の保毒を低減させる技術であり、一般ほ場のダイズ栽培における IPM の基本メニューは、「IPM マニュアル－総合的病害虫管理技術－」（梅川ら、2005）を参照願いたい。実験室レベルでは、紫斑病の被害度に応じた乾熱処理の防除効果が確認されていることから、将来的には種子伝染性糸状菌病に対する乾熱の効果を確認し、播種前の種子消毒（チウラム水和剤、チウラム・ベノミル水和剤等の種子塗沫処理）を省略できる可能性がある。いずれにしても、立毛中の対策、収穫後の色彩選別機と乾熱処理を併用して種子伝染性病害の保毒率を極力下げた健全種子を生産し、これを使用することで IPM 体系防除がより確実なものとなる。

なる。

参考文献

- 1) Burchett, C. A. et al. (1985) *Crop Sci.* 25 : 655~660.
- 2) 黒田智久・名畑越夫 (2007) : 農業技術 62 : 325~330.
- 3) 贅田裕行・林 宣夫 (1980) : 関東東山病虫研報 27 : 37~39.
- 4) ———・———— (1983) : 同上 30 : 39~40.
- 5) 大木 理 (1997) 植物ウイルス同定のテクニックとデザイン, (社)日本植物防疫協会, 東京.
- 6) 梅川 學ら (2005) : IPM マニュアル－総合的病害虫管理技術－, 養賢堂, 東京.

(黒田智久・名畑越夫：新潟県農業総合研究所作物研究センター)

健全種子と抵抗性品種を基幹としたダイズ紫斑病防除の体系化技術

1. はじめに

ダイズ紫斑病は糸状菌 (*Cercospora kikuchii*) による病害であり、茎葉や子実に発生する。茎葉では不規則な褐色ないし紫色の斑点を生じさせるが、他病害との識別は非常に困難である。一方、子実では、表面に典型的な紫色の斑紋を生じ、軽症のものでは種皮の一部に、被害の甚だしい場合は種皮の全体を覆い、著しい品質低下を招く。紫斑病菌は、主に種子や前年の被害残さ上で越冬し、これらが翌年の伝染源となる。また、近年、紫斑病の基幹防除薬剤であるチオファネートメチル (以下 TM) に耐性を示す紫斑病菌が日本各地で確認され、防除効果の低下を招いている。

近年ダイズは主に転換作物として栽培されており、特に、水稻3年、ダイズ1年といったブロックローテーションの体系を実施している地域では、種子以外に本病の伝染源は想定しにくい。このような体系をとる栽培地域では、採種ほ場で効果の高い薬剤防除により健全種子を生産し、一般ほ場に供給することで、一般ほ場でのダイズ減農薬栽培が可能と考えられる。また、TM 剤耐性菌の発生は、種子伝染する紫斑病に対し、採種ほ場及び一般ほ場において、年次を跨いで TM 剤が連続使用されたためと推察されるが、採種ほ場と一般ほ場において作用機作の異なる薬剤を使用すれば、耐性菌の発達を防ぐとともに蔓延の防止対策にもつながる。更に、ダイズには紫斑病に対する感受性の異なる品種があり、宮城県で栽培されるダイズ品種でも、紫斑病の発生程度が異なっており、品種によっては農薬散布回数の低減が可能と考えられる。そこで、本稿では、採種ほ場における防除強化による健全種子生産と、健全種子と抵抗性品種を利用した一般ほ場におけるダイズ紫斑病の農薬節減栽培の体系化技術を紹介する。

2. 新たに組み込む個別技術

1) 罹病種子の伝染源としての関与

ダイズ紫斑病は種子伝染することから健全種子の生産は必須である。年次間差はあるものの、転換畑における紫斑病の発生には、罹病種子の混入率の高低が伝染源の多少として関与する (図1)。また、伝染源周辺における紫斑粒の空間分布は、同じ畦上の近接した株に集中的に分布し (今崎, 2005), かなりの広範囲にまで影響することが明らかになっている (図2)。

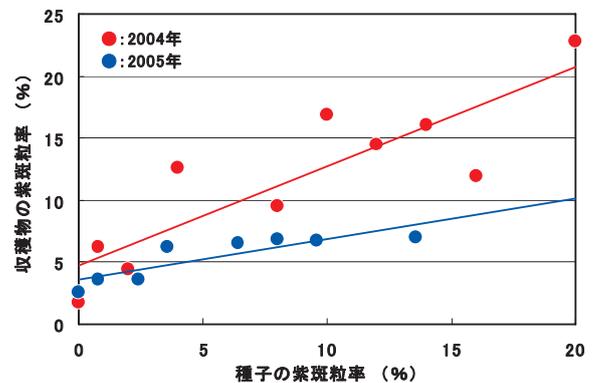


図1 種子の紫斑粒率と収穫物の紫斑粒発の関係 (2004年, 2005年, 品種: タンレイ)

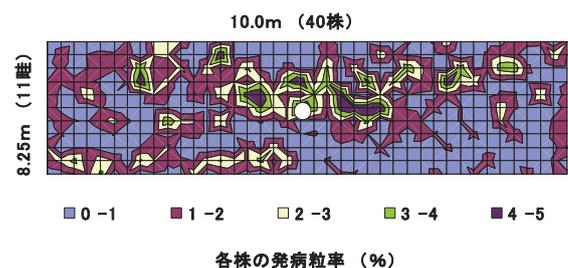


図2 伝染源周辺における紫斑粒の発生状況 (2005年, 品種: タンレイ) 横線は畦, 縦線との交点はダイズ1株を表す。数値は1株毎の発病粒率。○は伝染源設置場所。

種子生産現場において紫斑病が発生した場合、生産者は手選別により紫斑粒を除去しており、種子選別は紫斑病防除の基本事項である。しかし、発病粒率が高いほど、潜伏感染粒率も増加し (図3), これらも伝染源となって翌年の発生量に影響する (笹原ら, 2006a)。すなわち、

発病粒率の高い種子では紫斑粒を手選別により取り除いたとしても、外観上健全な種子に紫斑病菌が潜伏感染している。このため、採種にあたっては、紫斑粒の発生が出来るだけ少ない圃場からの採種が重要となる。

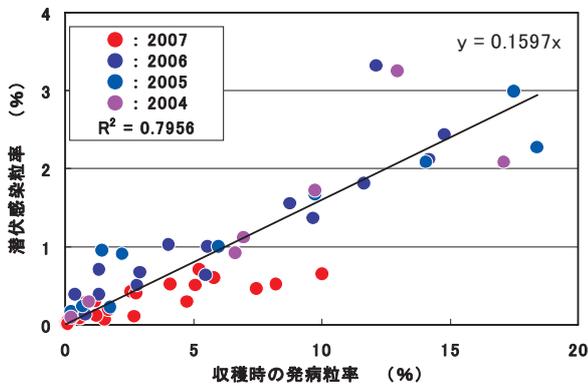


図3 収穫物の発病粒率と潜伏感染粒率との関係 (2004年～2007年, 品種: タンレイ) 潜伏感染粒率: 収穫後に紫斑粒を除去後25℃恒温室に1か月放置して再調査。

2) ダイズ紫斑病に対する各種薬剤の効果

ダイズ紫斑病の基幹防除剤であるTM剤に対する耐性菌が各地で問題となっている。これは、採種ほ場から一般ほ場まで年次を跨いだ形で本剤が連用されたためと考えられる。近年、作用機作の異なる様々な紫斑病防除剤が登録されたことから、これらの剤を用いた採種ほ場から一般ほ場までを考慮した薬剤散布体系の確立が必要である。

近年普及している主な薬剤のTM剤耐性ダイズ紫斑病に対する防除効果を第4図に示す。TM耐性菌の存在下では、TM剤の散布による効果は全く認められず、紫斑病の発生はむしろ増加する。これに対し近年開発されたストロビルリン系薬剤のアゾキシストロビン剤(以下AS剤)やDMI剤のイミベンコナゾール剤(以下IM剤)等は高い防除効果が認められ、特にAS剤での1回散布やIM剤での2回散布で効果が高い。

また、紫斑病罹病種子の病斑面積率を比較すると、無処理区やTM剤処理区では、発病程度の低い紫斑粒が多いのに対し、AS剤やIM剤の2回散布など効果の高い薬剤処理では、紫斑粒の減少に加え、比較的軽微な紫斑粒の比率が低

く、むしろ重度の紫斑粒率が高まる結果となった(図5)。このことは、種子生産において効果の高い薬剤処理により、潜伏感染粒や軽微な紫斑粒を極力減少させることができ、選別作業も容易になるものと考えられる(笹原ら, 2006b)。

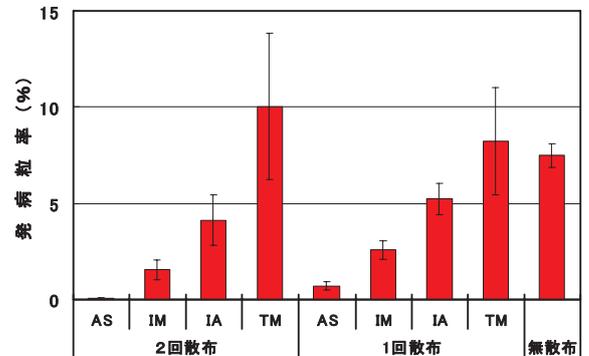


図4 各種防除薬剤のTM剤耐性ダイズ性紫斑病に対する防除効果(2007年, 品種: タンレイ) 伝染源: TM剤耐性菌率100%種子。AS: アゾキシストロビンフロアブル, IM: イミベンコナゾール水和剤, IA: イミクタジンアルハシル酢酸塩剤, TM: チオファネートメチル水和剤。バー: 標準誤差。

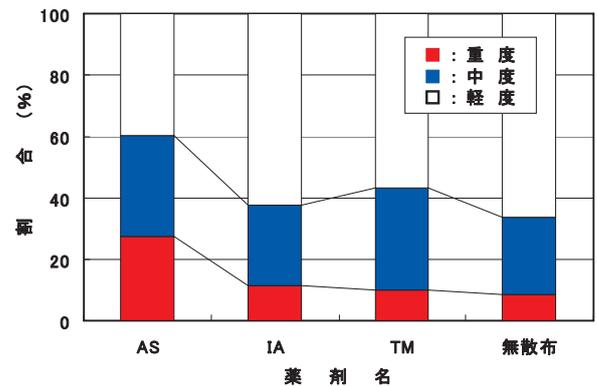


図5 各種防除薬剤と紫斑粒病斑面積率との関係(2002年～2007年, 品種: タンレイ) 伝染源: TM剤耐性菌率100%種子。薬剤名の記号は図4と同じ。重度: 病斑面積が表面積の1/2以上。中度: 同1/3～1/2。軽度: 同1/3以下。薬剤散布回数は2回散布。

3) ダイズ紫斑病に対する品種抵抗性

ダイズ紫斑病の発生には、品種間差があることが既に報告されており、宮城県の大品種である「タンレイ(中生種)」と「ミヤギシロメ(晩生種)」の間でも、紫斑病の発生程度が異なることが知られている(表1)。「タンレイ」を無防除で栽培した場合、紫斑粒率が20%を超える多発条件下においても、同じく無防除の「ミヤギ

シロメ」の発生量は数%に止まり、薬剤防除を実施した「タンレイ」の紫斑粒率と同等の結果となった(図6)。この、「ミヤギシロメ」の紫斑病に対する抵抗性は、晩生種であることから、紫斑病菌が進展する時期の気温が「タンレイ」に比べ低いことが挙げられるが、「タンレイ」と同時期に収穫期を迎える作型でも同様の結果となる。「タンレイ」と同じ中生種の「あやこがね」も、「ミヤギシロメ」程ではないが、「タンレイ」に比べ、紫斑粒の発生量が少ない傾向にある(図7)。こうした品種の抵抗性を利用することにより、一般ほ場での農薬散布回数を低減することが可能である。なお、紫斑病の抵抗性は、免疫的なものではなく、莢の形状などが影響していると考えられている。収穫時期が遅れた場合などは、被害を助長する場合があるので注意が必要である。

表1 宮城県におけるダイズ奨励品種の紫斑病に対する抵抗性。

熟期	品種名	紫斑病抵抗性
早生	すずほのか	強
中生	タンレイ	中
中生	スズユタカ	強
中生	コスズ	強
中生	あやこがね	中
中生の晩	タチナガハ	強
中生の晩	きぬさやか	やや強
晩生	ミヤギシロメ	強

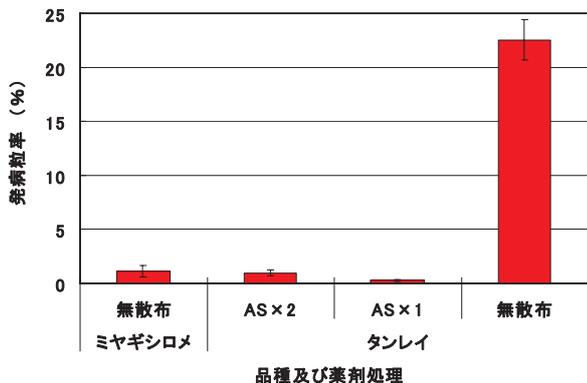


図6 ダイズ品種「ミヤギシロメ」の紫斑病に対する抵抗性(2004年) AS×2:AS剤の2回散布, AS×1:AS剤の1回散布。バー:標準誤差。

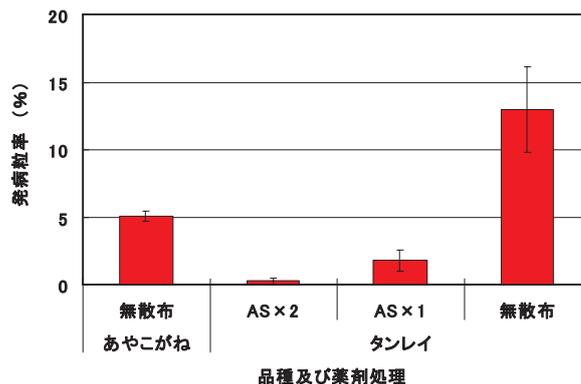


図7 ダイズ品種「あやこがね」の紫斑病に対する抵抗性(2003年) AS×2:AS剤の2回散布, AS×1:AS剤の1回散布。バー:標準誤差。

4) 吊下げノズルによる防除

現地での防除法は、無人ヘリやブームスプレーヤーに付属するノズルによる上方からの薬剤散布が主である。しかし、近年のダイズ栽培は、転作作物であることもあり、繁茂している場合が多く、ダイズ上方からの散布では、ダイズ下部や葉裏への付着率が低下する。また、防除の効率化と低コスト化が求められていることから、吊下げノズルによる防除の効果の確認と薬液減量散布の可能性について検討した。吊下げノズルは慣行ノズルと異なり、ダイズの生育や栽植密度に関わらず立体的に散布できることから、効率的な散布が可能である。

図8に慣行ノズルとの効果を比較した結果を示す。同一薬液量の場合、慣行ノズルによる上方からの散布に比較し、吊下げノズルによる散布では高い防除効果が認められた。一方、薬剤別に見ると、IM剤では散布薬液量を減じた場合、防除効果が低下するのに対し、AS剤では、本試験の散布量の範囲内では、いずれも高い防除効果が確認された。

また、薬剤選定などの部分で検討の余地はあるものの、紫斑病防除において、効果が高く、浸透移行性の高い薬剤などを選定すれば、薬剤散布量の低減も可能となる。

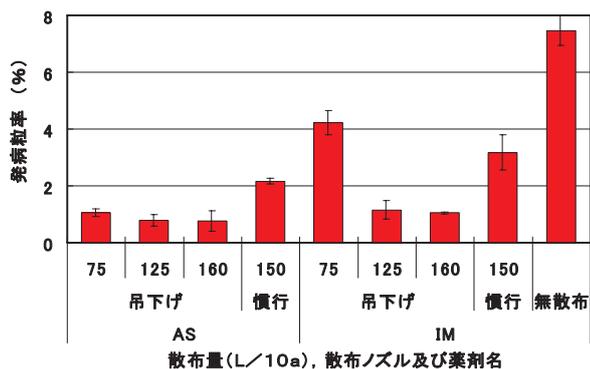


図8 散布薬液量、散布ノズル、散布薬剤と紫斑粒の発生状況 (2007年, タンレイ) バー: 標準誤差。

5) 体系化試験

現地ほ場において、徹底防除種子の紫斑病抑制効果を検討したところ、有意な差は認められなかったが、現地の慣行種子に比べ紫斑粒の発生は少なかった。「タンレイ」の紫斑病に対する抵抗性は弱いことから、薬剤散布は必須であるが、健全種子と効果の高い薬剤の組み合わせにより、現行の種子消毒1回+茎葉散布2回の体系を種子消毒1回+茎葉散布1回に削減可能と考えられる (図9)。

一方、抵抗性品種である「ミヤギシロメ」では、薬剤散布を実施してもその効果が判然としないことから、現行の種子消毒1回+茎葉散布2回の体系を、種子消毒1回のみで削減可能と考えられ、実際、現地ほ場の一部でも、この体系が数十ha規模で実証されている (図10)。

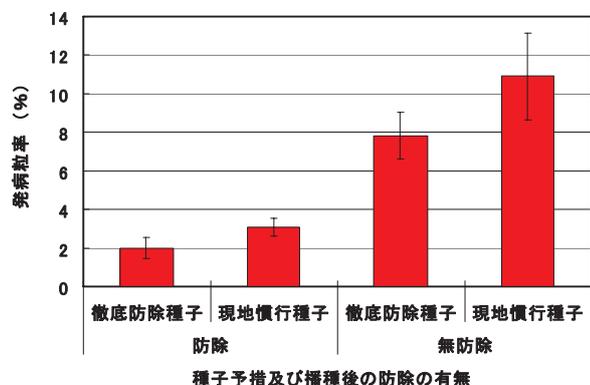


図9 種子予措の違いによる紫斑病の抑制効果 (2006年, 東松島市鳴瀬, 品種: タンレイ) 徹底防除種子: 紫斑病防除2回+種子選別。現地慣行種子: 紫斑病防除1回。防除: 紫斑病防除はIM剤による1回散布。バー: 標準誤差。

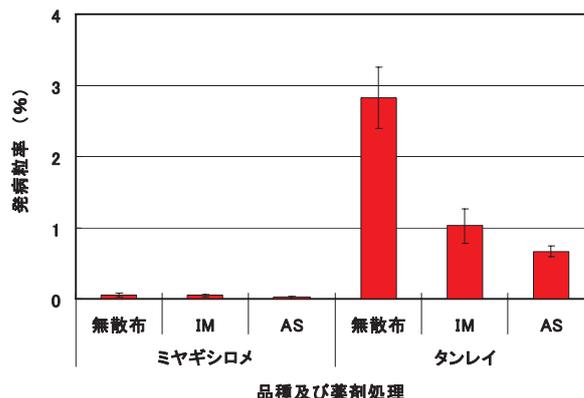


図10 品種別各種薬剤の紫斑病に対する防除効果 (2006年, 石巻市河南) AS: AS剤による1回散布, IM: IM剤による1回散布。バー: 標準誤差。

3 おわりに

現在、宮城県におけるダイズの病害虫防除は、1ha規模の大規模汎用化水田を例に取れば、種子消毒+殺虫剤 (8月上旬: 無人ヘリ, 主にアブラムシ類対象) + 殺虫・殺菌剤 (8月下旬: 無人ヘリ, 紫斑病, 子実害虫対象) + 殺虫・殺菌剤 (9月上旬: 無人ヘリ, 紫斑病, 子実害虫対象) で、無人ヘリを計3回飛ばすことになる。今回得られた成果を用いても殺虫剤散布の部分は課題として残されるが、近年転換畑における害虫の発生生態が明らかになってきていることや、効果の高い種子処理殺虫剤等が開発されている。これらを利用することにより、紫斑病の抵抗性の強い「ミヤギシロメ」では種子処理のみ、「タンレイ」では種子処理+殺菌剤散布1回と大幅に薬剤散布回数を低減できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 笹原剛志ら (2006a): 北日本病虫研報 57: 219
- 2) ———ら (2006b): 日植病報 72(4): 271
- 3) 今崎伊織ら (2007): 日植病報 73 (3): 185

(笹原剛志: 宮城県古川農業試験場)

合成誘引物質と自動カウントトラップを利用した ホソヘリカメムシの高度発生予察技術

1. はじめに

ダイズカメムシ類は、ダイズ以外の生息場所については不明な点が多く、ダイズ圃場への飛来・侵入の予測が困難な典型的な難防除害虫である。このうち最重要種であるホソヘリカメムシでは、雄成虫由来の誘引物質（フェロモン）の合成・利用が可能になっているが、フェロモンを発生予察等に利用するためには、より誘引力が強かつ実用的な構成成分の検討が必要である。そこで、より有効なフェロモン成分の選定および構成比の検討を行うとともに、チョウ目昆虫を対象とした自動カウントトラップ「ムシダス 2000」を改造し、フェロモンを誘引源とした同トラップによるホソヘリカメムシのダイズ圃場における早期発生予察法を開発したので、それらを本稿で紹介する。

2. ホソヘリカメムシ誘引剤（合成フェロモン剤）の改良

（1）フェロモン成分混合比の検討

ホソヘリカメムシのフェロモンはこれまでに 5 成分が同定されており (Leal et al., 1995; Yasuda et al., 2007ab), このうちの 3 成分, (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate (以下, E2-6:E2Hx), (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate (以下, E2-6:Z3Hx) および tetradecyl isobutyrate (以下, 14:iBu) の混合物 (E2-6:E2Hx: E2-6:Z3Hx: 14:iBu = 5: 1: 1) がホソヘリカメムシ誘引剤として市販されていた (富士フレーバー (株) 製)。その後の研究で 14:iBu が単独で誘引活性を持つ必須成分であることが明らかになった (Mizutani et al., 1997; Endo et al., 2005) ことから, 14:iBu を中心とした成分比の再検討を行った。その結果, 14:iBu と E2-6:E2Hx もしくは 14:iBu と E2-6:Z3Hx の 2 成分の混合物が, 市販されているホソヘリカメムシ誘引剤および 14:iBu を主成分とする 3 成分の混合物と同等の誘引力を持つことが明らかとなった。合成の容易さ等を考

慮し, 14:iBu と E2-6:E2Hx の 2 成分を新規合成誘引剤の候補成分とし, E2-6:E2Hx の混合比を変えて誘引数を比較したところ, E2-6:E2Hx の比率を変えても誘引数に差は認められなかった。以上の結果から, 14:iBu と E2-6:E2Hx の 2 成分の混合物が新規誘引剤として利用可能であり, E2-6:E2Hx の成分比を 14:iBu の 8 分の 1 まで減らしても誘引効果に変わりがないことを明らかにした (Mizutani et al. 投稿中)。

（2）新規ホソヘリカメムシ誘引剤

上記の結果を基に 14:iBu: E2-6:E2Hx = 2: 1 の混合物が, 新しいホソヘリカメムシ誘引剤として市販されている (富士フレーバー (株) 製)。同誘引剤は, ホソヘリカメムシの発生予察用に開発されており, 粘着トラップ (フィールドキャッチ, 富士フレーバー (株) 製など) や水盤トラップの誘引源として用いる。本誘引剤は 1 ヶ月で新しいものと交換する。

（3）誘引剤使用上の留意点

本誘引剤の成分はプラスチック製品に吸着されやすいので, 試験に使用するトラップ類と隔離して保管する等の注意が必要である。

本誘引剤には, ホソヘリカメムシと同様にダイズを加害するイチモンジカメムシを誘引する成分 E2-6:E2Hx (遠藤ら, 2003) が含まれている。その作用機作や誘引メカニズム等については不明であるが, イチモンジカメムシの発生予察への利用が考えられる。

3. 自動カウントトラップ「ムシダス 2000」のホソヘリカメムシ捕獲のための改造

（1）ムシダス 2000 の改造点

市販の自動昆虫捕獲装置「ムシダス 2000」((株) エルム製) の雨よけの傘の直下にある対象昆虫を感電させるための高圧電極を取り除き, ファネル上部に衝突板を取り付けた。ファネル内への雨滴の侵入を防ぐため, 大型の雨よけを

取り付けた(図1)。本トラップに誘引され、衝突板にぶつかったホソヘリカメムシがファネル下部に落下すると高圧電流が印加された計数用ローラー電極の間に達する。その際、導体である虫体に高圧電流が流れてローラーが回転し、虫体を下方へ巻き込むと同時に高圧電流による麻痺または殺虫が行われる。この時、ローラーの回転が電気信号となり、捕獲カウントとして記録される。ローラーの電極の間隔をホソヘリカメムシの体サイズを基準として約3mmに設定し、電極の印加電圧は工場出荷値の1,200Vとした。また、自動トラップは白色が標準仕様であるが、ホソヘリカメムシ以外の昆虫の飛び込みが少ない緑色(西本ら, 2003)に塗装した。トラップはファネル部分が地面から約1.5mの高さになるように固定した。

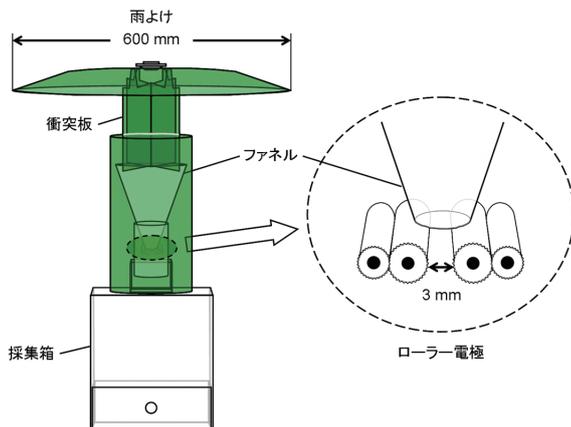


図1 改造型ムシダス 2000 の断面図(田淵ら, 2006 を改変)

(2)改造型ムシダス 2000 に関する使用上の留意点

本自動トラップは、太陽電池パネルにより発電した電力によって稼働する。電圧が低いと正常に稼働しないので、設置にあたっては太陽電池パネルが十分に受光できるようにする必要がある。

本自動トラップは、改造費込みで1台約100万円かかるため、今後は1台あたりの単価を下げてコストの削減を図ることが必要になる。また、計数データの自動送信には携帯電話を利用しており、1台あたり年間35,000円の通信料がかかる。このため、現在、自動トラップとワールドサーバーとの連携を進め、この費用を大

幅に軽減することを検討している。

4. 改良型ムシダス 2000 によるホソヘリカメムシ周年誘殺消長の把握

(1)改良型ムシダス 2000 によるホソヘリカメムシ周年誘殺消長の調査

本自動トラップ計7台を茨城県つくば市の農林研究団地内に設置した。誘引源としてホソヘリカメムシ誘引剤(旧剤:3成分系)50mgを入れたプラスチックボトル(富士フレーバー(株)製)をトラップ上部の雨よけの下に取り付けた。6月もしくは8月から稼働させ、毎日5~20時に15分間隔で計数を行った。通常、虫数計測部の下には何も設置せず誘殺した虫を排出する仕様になっているが、今回は回収用の箱を設置し、中に殺虫剤(DDVPプレート)を入れて実際に誘殺された虫の数を確認した。計数データの自動送信は1日1回行うとともに、1~7日おきに回収用の箱に捕獲されたホソヘリカメムシとその他の昆虫を計数した。調査は12月末まで行った。誘引源は2週間おきに新しいものと交換した。

自動トラップとの比較のため、ホソヘリカメムシ誘引剤を誘引源とした水盤トラップ(コガネコール用誘引器[黄色],サンケイ化学製)を用いて、ホソヘリカメムシの誘殺数を調査した。調査は4月から12月まで行い、誘殺されたホソヘリカメムシを1~5日おきに計数した。

自動トラップ、水盤トラップによる誘殺消長はほぼ同様の消長を示し、9~10月に大きなピークが認められた(図2)。自動トラップの自動カウントと実際の誘殺数との間には有意な相関関係が認められた(図3)。自動カウント(平均±SE:13.8±1.3)は実際の誘殺数(平均±SE:10.6±1.1)よりも多い傾向が見られた。誘殺数調査の際に、大型昆虫(一部ホソヘリカメムシを含む)が計数用ローラー電極部分に詰まっているのがしばしば観察された。このような場合、15~60分の短時間に1個体が重複してカウントされた様子が15分おきの自動カウントデータから確認され、自動カウントが実際の誘殺数よりも多くなる一因と考えられた。

ダイズ圃場におけるホソヘリカメムシ成虫の

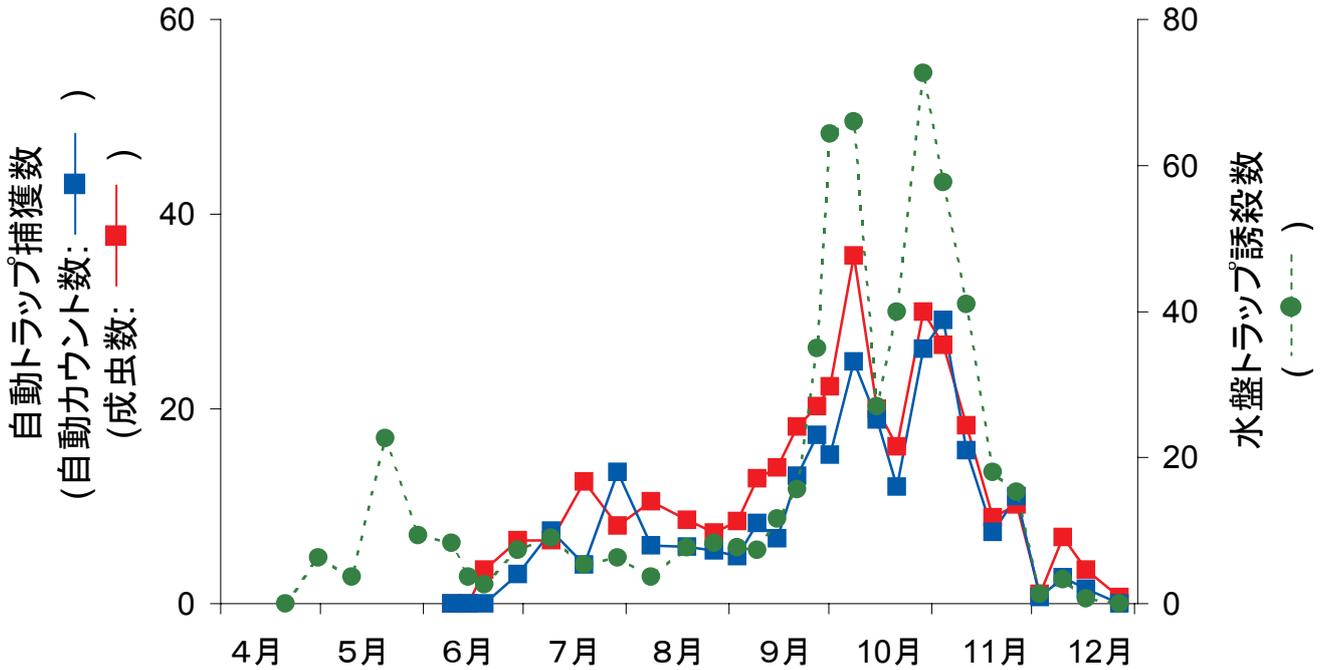


図2 ホソヘリカメムシ誘引剤を誘引源とした改造型ムシダス 2000 および水盤トラップによる誘殺消長 (田渕ら 2006 を改変)

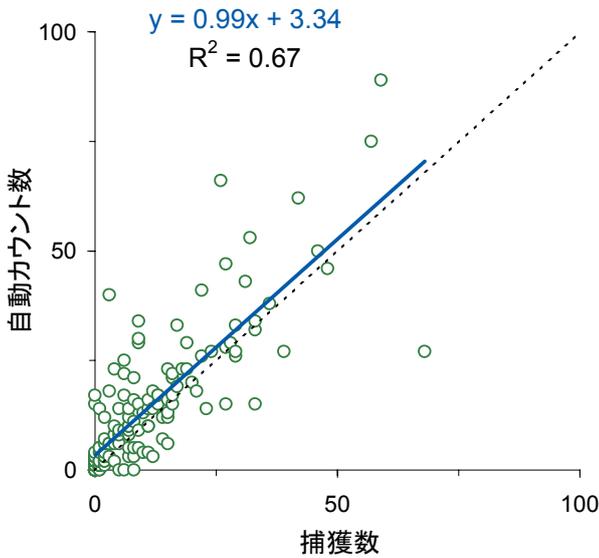


図3 改造型ムシダス 2000 における自動カウント数と捕獲数の関係 (田渕ら, 2006 を改変)

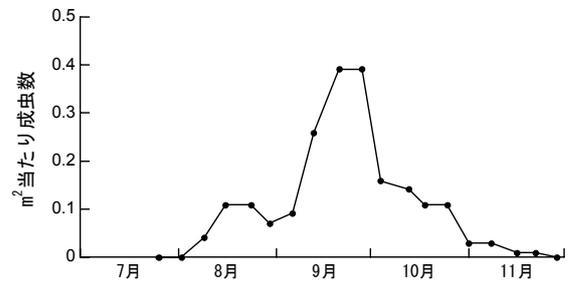


図4 ダイズ圃場におけるホソヘリカメムシ成虫の密度の推移 (2004)

ソヘリカメムシ誘引剤を誘引源とする自動カウントトラップや水盤トラップではダイズ圃場へ飛来した個体あまり誘殺されず、越冬場所へ移動途中の成虫が多く誘殺されたと考えられる。

密度の推移を図4に示した。成虫の発生ピークはダイズの子実が肥大する9月頃であり、自動カウントトラップや水盤トラップでの誘殺消長はダイズ圃場における発生消長と異なった。ホソヘリカメムシはダイズ圃場で発生ピークを迎えた後、越冬場所へ移動するためにダイズ圃場における密度が減少する(河野, 1991)。ホ

(2) 誘引消長調査により明らかとなった改良型ムシダス 2000 使用上の留意点等

ホソヘリカメムシの誘殺数は似通った環境条件の設置場所においても大きく異なる。ホソヘリカメムシが誘殺されやすい環境条件を明らかにすることはできなかったが、成虫誘殺数の多い場所・少ない場所があることから、ダイズ圃

場へ侵入する際の移動経路、もしくは越冬場所への中継地点など、本種成虫の集まりやすい環境がある可能性が考えられる。現時点では、複数地点にトラップを設置してより多く誘殺される場所を選定した上で設置場所を決定するのが望ましい。

自動トラップによる自動カウント数と実際の誘殺数の誤差率（ $1 - \text{実際の誘殺数} / \text{自動カウント数}$ ）は2割程度と大きい。チョウ目害虫で利用されている性フェロモンは誘引力が強く雄成虫がピンポイントに誘引されるのに対し、本誘引剤は性フェロモンほど誘引力が強くなく、トラップ周囲などに成虫が定位することが知られている。また、一般的な性フェロモンを用いたトラップではピーク時に1日あたり数百もの個体が誘殺されるのに対し、本調査でのホソヘリカメムシの誘引剤を用いたトラップでは1日あたり多くても30個体程度しか誘殺されなかった。対象外昆虫は物理的に衝突板に当たって捕獲されるため、ホソヘリカメムシの密度に関係なく一定の割合で捕獲される。このように、ホソヘリカメムシの日当たり誘殺数が比較的小ないために対象外昆虫の飛び込み割合が相対的に増加することが、誤差の一因になると考えられる。

自動カウント数が実際の誘殺数より多いことが示されたが、そのような誤差を減らすためには、短時間の複数回カウントを集計ソフトウェア側で補正する等の改良が必要である。また、計数用ローラーが埃などで汚れると虫体が入っても通電せずカウントされない場合があるため、計数用ローラーの汚れを定期的に清掃するようなメンテナンスが必要である。

なお、本文中の引用文献については、田淵ら（2005, 2006）等を参照されたい。

参考文献

- 1) 田淵研ら（2005）：応動昆 49：99～104.
- 2) ———ら（2006）：応動昆 50：123～129.

（水谷信夫・守屋成一・山口卓宏*・田淵研：中央農業総合研究センター，*現在，鹿児島県農業開発総合センター）

カバークロープ利用による省除草剤不耕起ダイズ栽培技術

1. はじめに

雑草防除はダイズ栽培で最も重要な技術的課題の一つであるとされる。ダイズは茎葉の繁茂が旺盛なので被蔭力が強く、雑草との競争には比較的強いと考えられているにも関わらず防除に失敗する例が多い要因としては、担い手の経営の現状と、除草剤の種類の制限があげられる。

コメの需給動向に対応して、生産調整はさらに強化される傾向にあるが、一方で、担い手への農地の集積が進行しつつあり、経営体あたりのダイズ栽培面積は急速に拡大している。もともと水稻作が優先され、ダイズの栽培管理は後回しにされる向きがあるなかで、こうした栽培面積の拡大は適期に適切な管理作業を実施することをさらに困難にする。雑草防除について言えば、ていねいに耕耘・整地を行えば土壌処理型除草剤の効果は安定するし、中耕培土や生育期における茎葉処理型除草剤の散布は適期に行ってこそ安定した効果が得られる。そうした基本技術の励行が構造的に難しくなりつつあることに今のダイズ生産の問題の一つがある。

一方、この数年間に有芯部分耕、畦立て播種、小畦立て播種など、播種の工夫による湿害回避技術の開発と相互評価に進展がみられ、農業者に浸透しつつある。ところが、地域によってはこれらの対策を施しても収量が上がらず、小粒化に悩まされる状況も生じている。転換畑での大豆栽培では地力の減耗が激しく、固定転作や短期の田畑輪換では大豆の収量が急速に低下する。湿害対策を講じてもお解消されない低収は、地力の低下によっている可能性がある。米の生産調整の強化の方向性を考えあわせれば、転換畑の地力低下は緊急に対策を要する問題と判断せざるを得ない。

カバークロープを利用した不耕起ダイズ栽培は、秋にムギ類をカバークロープとして播種し、ダイズの播種時に成熟前の子実を含む植物体地上部の全量を粉碎して地表面に敷き、大豆を不耕起播種する栽培法である(図1)。この技術は、

ダイズ播種前にはムギ類立毛による被蔭、ダイズ播種後には粉碎して敷かれた茎葉残さのマルチ効果によって雑草の発生を抑え、除草剤の使用量を減らすことをねらうものであ



図1 ムギ類カバークロープを利用した不耕起ダイズ栽培。(上) ムギ類立毛中にダイズを不耕起播種。ムギ類は収穫するわけではないので、多少踏んでしまっても支障はない。(下) 播種後、ムギ類地上部の全量を粉碎。作業体系としては、ムギ類を粉碎後にダイズを播種する方法も考えられる。

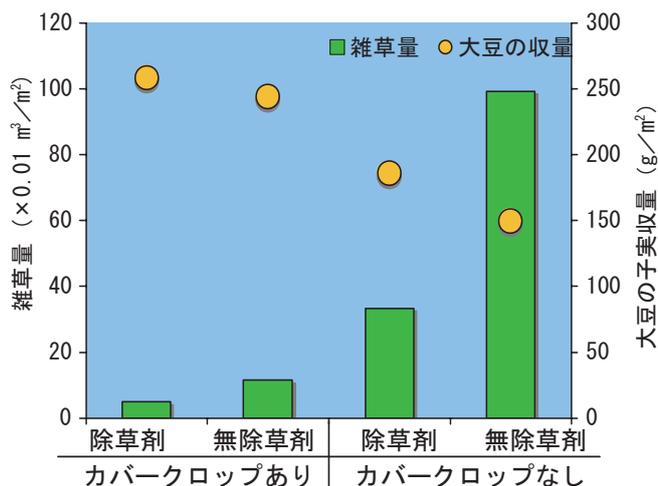


図2 カバークロップと除草剤処理が雑草量とダイズの収量におよぼす影響。除草剤処理は、播種時の非選択性茎葉処理型除草剤と土壌処理型除草剤。雑草量は、各草種の被度と草高を乗じた値を足しあわせたもので、雑草の空間占有体積を表す。この値は地上部乾物重との相関が高い。

る(図2)。しかし研究の過程で、増収、地力維持など雑草防除以外の利点も次第に明らかになり、上述のような大豆生産をめぐる今日的な問題に対処する技術として活用できる可能性がでてきた。克服しなければならない技術的な問題が残されてはいるが、後述するように様々な良い点をもった技術なので、できるだけ多くの方に試していただき、そうした試みを通じて技術が磨かれ、また、技術の長所を他の技術に活用することで新たな技術開発に展開することを期待して、紹介する。

2. 対象と作用機作

ダイズ栽培における一年生夏雑草を防除対象とした技術である。カバークロップによる抑草は、ムギ類立毛中の被蔭および粉碎されたムギ類残さによる地表面の被覆に伴う出芽抑制および幼植物の生育抑制による(図3)。シロザ、ヒユ類など比較的種子の小さな広葉雑草の抑草効果は総じて高い。タデ類に対しても抑草効果が認められるが、やや弱い。一般に、広葉雑草は不耕起栽培で減少する傾向があり、この栽培体

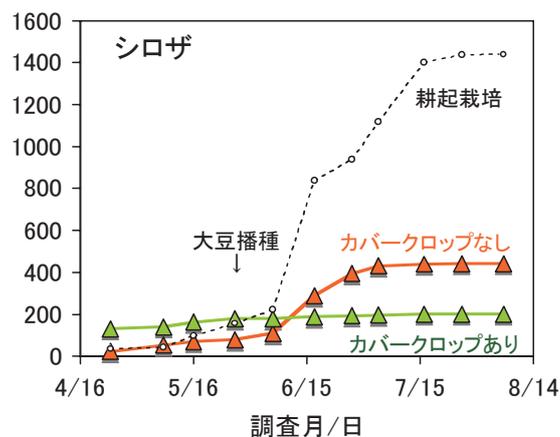
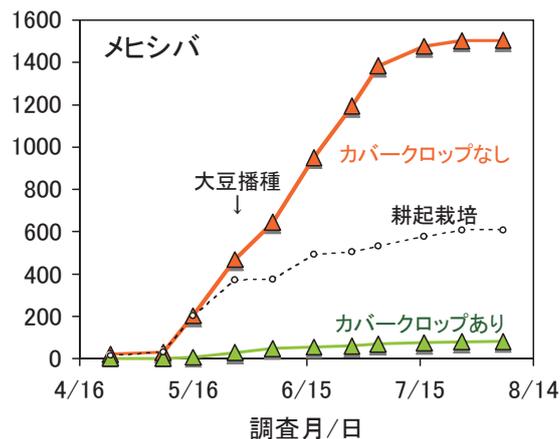


図3 ムギ類カバークロップがメヒシバとシロザの発消長におよぼす影響。「カバークロップあり」、「カバークロップなし」はいずれも不耕起栽培。

系による抑草は不耕起条件とカバークロップの相加的な効果によると考えられる(図3)。ただし、ツユクサに対しては明確な効果が認められないことがある。ツユクサは出芽深度が深く、被蔭の効果が及びづらいことと、実生のサイズが大きく、ムギ類残さの物理的障壁としての効果が弱いことによると考えられる。メヒシバ、イヌビエなどのイネ科雑草にも効果があるが、ダイズの播種後まもなくは出芽が抑制されていても、後で発生してくる傾向があるため、イネ科雑草の多発圃場では生育期になんらかの追加的な対策が必要である。不耕起栽培では多年生雑草が次第に増加する傾向が見られるが、カバークロップの導入によってある程度は抑制される。ただし、慣行の耕起栽培と比べれば多年生雑草のリスクは高い。多年生雑草は、ダイズの収穫後に耕起することで減らすことができる。

3. 技術の利用方法

1) ムギ類の播種

ムギ類はオオムギまたはコムギを用いるが、茎葉が良く茂る品種が適している。ムギ類の生育を確保するため、早めの播種が有利である（南東北では10月中）。ムギ類は不耕起播種でも耕起播種でも良いが、多年生雑草対策とムギ類の生育の安定化の観点からは、耕起播種の方が有利である。播種量は10kg/10a程度とする。全量基肥で6kgN/10a程度の施肥を行う。ムギ類の地上部乾物重が1t/10a以上得られれば、夏雑草の発生はほぼ完全に抑えられる。それよりも少ない場合、シロザなど発生時期の早い広葉雑草の発生はムギ類の生育期間中に始まってしまうが、多くの個体はその後のムギ類の生育に伴う被蔭の強化や刈り敷きによって枯死するので、防除効果が期待できないわけではない。

オオムギ、コムギのいずれを用いる場合でも、成熟期に至る前、茎葉にいくらか青さの残るうちにダイズを播種する。普通、オオムギの成熟はコムギよりも早いので、同じ成熟度合いでダイズを播種するとすれば、オオムギを用いる場合の方が早くなる。ムギ類が出穂してまもなくの頃にダイズを播種すると、刈り株からムギ類が再生して穂をつけ、作業の邪魔になったり、ダイズとの競合が生じることがある。ただ、再生したムギ類は雑草の抑制にも貢献している面があり、立ち枯れたムギ類はいずれ倒れて地面に落ち、ダイズの収穫期まで残ることはまれである。逆に、成熟期または成熟期間近の場合には落下した種子から多くの実生が発生し、ダイズとの競合が生じる。この場合も、ムギ類の実生は夏には枯れて敷き状になるので、その後の管理が難しくなることはない。また、旺盛に生育する実生は播種後の雑草の出芽および生育の抑制に貢献する。さらに、ムギ類の実生の茎葉はC/N比が高いため、比較的容易に可給化するようである。以上を踏まえて、地域の気象条件とダイズの播種期に応じて適切な品種を選ぶことが必要である。

2) ダイズの播種

ダイズの不耕起播種には2つのやり方が考えられる。一つは、フレールモアやトリチュレーターでムギ類茎葉を粉碎して地表面に敷いた直後に、不耕起播種機で播種する方法である。これを用いると播種作業は安定して行えるが、コルタが溝を切るときに土壌を跳ね上げてしまうとそこから帯状に雑草、特にシロザなどの広葉雑草が発生しやすい。また、ムギ類の茎葉が播種溝に入り込み、ダイズの種子がその上にのると、出芽不良の原因になる。もう一つは、ムギ類の立毛中にダイズを播種し、その後、同様にムギ類茎葉を粉碎して敷く方法である。残さの上に土が跳ね上げられることはないので雑草防除効果は安定し、ダイズの出芽も安定する。ただし、ムギ類の生育が特に旺盛だった場合には、地表面の残さ量が多い場所でダイズの出芽が不良になることがある。

3) 除草剤の併用

ダイズの播種時点において、一年生夏雑草の発生が見られないか、見られても生育が貧弱な場合には茎葉処理型除草剤の散布の必要はない。ただし、ムギ類の残さ量が少なかつたり、ムラがあつたりする場合、また、雑草の埋土種子量が多い圃場では、土壌処理型除草剤は散布しておいた方が無難である。なお、ムギ類残さが多い場合、散布した除草剤の大半は土壌表面に到達しないが、多くの土壌処理型除草剤で、ムギ類残さに付着した剤で十分な抑草効果が得られるとの報告がある。ムギ類残さによる抑草効果が十分であれば、その後、特段の防除作業は必要ないが、後発雑草が認められる場合には選択性の茎葉処理型除草剤を使用できる。

4. 雑草防除以外のメリット

この栽培技術には、雑草防除以外にも様々なメリットが認められる。最も大きなメリットは、耕起後播種し中耕培土も行う慣行栽培や、除草剤だけにより除草を行う不耕起栽培と比べて、最大で30%程度の増収が認められることである。増収はくず粒の減少、百粒重の増加など、

子実がよく肥大することによっている場合が多い。土壌中の無機態窒素濃度を調べると、生育初期には低く、生育が進むにつれて高まる傾向がある。また、根粒の着生や菌根菌の感染率も高まることから、これらの共生微生物とカバークロープとしてのムギ類が介在することでダイズによる養分吸収が適性に行われることが、増収の要因であると考えられている。一方、ムギ類カバークロープの植物体として固定された炭素や窒素はダイズ作期中に全て使われるわけではなく、一部は次作以降に持ち越される。このため、ダイズの単作を続ける場合と比較して、地力の減耗は抑制される。

5. 技術の利用上の留意点

以上の記述は、黒ボク土壌の畑圃場および転換畑で得られたデータに基づくものであり、非黒ボク土壌の圃場への適用性は、改めて検証する必要がある。また、この技術は無除草剤をめざして開発されたものだが、雑草の発生が多い圃場では、カバークロープだけでは雑草を防除しきれない。この場合、雑草の発生状況に応じて除草剤を適切に併用することで技術の安定性が高まる(図2)。上述のように、土壌処理型除草剤はこの体系でも有効である。また、出芽してしまった雑草に対して生育抑制などの効果を期待することはできないので、夏雑草の出芽抑制が十分でないと判断された場合には、何らかの防除を追加的に行う。生育期の除草剤散布は慣行栽培と同様に行うことができる。中耕培土も行うことができるが、この場合の養分動態は未解明で、収量に及ぼす影響は明らかでない。虫害は若干多くなる場合もあるので、適切な防除が必要である。

6. 技術の普及に向けた課題

この栽培法の成否は、安定した播種が最大の鍵になる。上述のように作業技術としてはムギ類の立毛中にダイズを播種した後にムギ類を粉碎する方法と、ムギ類粉碎後に播種する方法が考えられる。後者の場合にはコルタで播種溝を

切る市販の不耕起播種機を使用する。前者の場合には乗用管理機に、例えば市販のチゼル爪に土壌を反転させないように若干の改造を加え、シーダーと組み合わせたものをマウントする。一長一短があり、現時点ではどちらか一つに決めるのは難しい。また、それぞれの作業技術についても改善の余地がある。

他の耕種的防除と同様、残草量は埋土種子量や種構成に大きく影響されるので、事前に埋土種子を分析し、技術の適用の妥当性、また、他の防除技術との適切な組み合わせを判断する手法の開発が望まれる。

参考文献

- 1) Kobayashi, H. et al. (2004) : Weed Biol. Manage. 4 : 195~205.
- 2) 小林浩幸・小柳敦史 (2005) : 雑草研究 50 : 284~291.
- 3) ————ら (2006) : 平成 17 年度 東北農業研究成果情報 (<http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2005/tohoku/to05010.html>)
- 4) ————ら (2007) : 農業および園芸 82:1267~1272.
- 5) ————ら (2009) : 農業技術 63 (印刷中).
- 6) 中山壮一 (2004) 雑草研究 49(別) : 76~77.
- 7) 島崎由美ら (2008) : 日作紀 77: 395~402.
- 8) 内田智子ら (2006) : 土肥学会講要 52 : 133.
- 9) ————ら (2008) : 同上 54: 201.

(小林浩幸・内田智子・好野奈美子：東北農業研究センター，島崎由美：中央農業総合研究センター)

関東地域のリビングマルチ利用を基幹とした除草剤低減技術

1. はじめに

関東地域におけるダイズ栽培の作付体系はイネームギーダイズ体系（田畑輪換）とムギーダイズ2毛作体系（畑輪作）であり，除草剤の使用と中耕培土を前提とした雑草防除体系が一般的である。

しかし，ダイズ播種後の土壌処理除草剤の効果の不安定性，梅雨時期の中耕培土の困難さ，大規模化，省力化への対応，環境負荷低減の観点から，中耕培土の省略や除草剤の使用を削減した新たな雑草防除体系の確立が求められている。そこで，これらの雑草防除手段の削減を補完するため，生物機能を利用した雑草防除法の一つとしてリビングマルチを利用することとした。

リビングマルチとは，作物と同時に種子を畦間等に播種し，植物を生きたマルチとして用いて雑草を防除するものであり，夏期には開花せずに座止して地面を覆う種（品種）を選抜して利用するため，作物の収穫時には枯死して妨げにはならない。

リビングマルチの利用技術は，南東北で適用が研究され，播種機が開発されつつあったものの，関東地域においては気象条件，作付体系等が異なるため，そのままでは適用できない。そこで，関東地域で推進されているムギ栽培跡のダイズ狭畦栽培に利用可能なリビングマルチ種の選抜，リビングマルチによる雑草防除効果を高めるための除草剤や作付体系，不耕起栽培との組み合わせの効果について検討し，除草剤の使用量を慣行（土壌処理除草剤1回，生育期茎葉処理除草剤1～2回）より50%削減可能な雑草防除体系を構築した。本稿では，その技術の利用法を中心に紹介する。

2. 対象と作用機作および技術の利用

対象は適期（6月中旬から下旬）に播種される関東地域のムギ栽培跡ダイズ栽培で発生する一般的な一年生雑草とする。雑草抑制効果を高めるためダイズは狭畦栽培とし，リビングマル

チの利用と省力化のために無中耕無培土とする。

ダイズ栽培の雑草防除に利用できるリビングマルチは秋播き性の高いオオムギ（品種：てまいらず）であり，これは一次選抜でナタネ，ヘアーベッチ，オオムギ，テフを選抜した後，ムギ栽培跡圃場への適用性，夏期の座止現象の安定性，雑草化リスク等を検討して選抜したものである。ナタネについては，雑草抑制効果が高く，最終段階まで検討を進めたが，夏期の気象条件によって座止しない場合があったため，リビングマルチとして利用できないと判断した。今後，座止が安定する品種がみつければ，再検討が必要と考えられる。

リビングマルチ（オオムギ）はダイズ播種の直前に12～15kg/10aを散播する。ダイズ播種時に土壌に浅く混和あるいは覆土されたリビングマルチは，速やかに出芽し，初期生育は雑草よりも早い（図1）。

播種後約1ヶ月の雑草出芽数は，リビングマルチの有無で差がない。しかし，リビングマルチがあることによって，出芽した雑草の生育は著しく抑制される。播種後約6週で通常シロザやホソアオゲイトウは，ダイズの草高よりも大



図1 ダイズ，リビングマルチ（オオムギ），雑草の出芽状況（茨城県つくばみらい市2007年7月3日）

6月26日にダイズおよびリビングマルチを耕起播種し，作付体系は田畑輪換，前作はコムギである。出芽している雑草は主にシロザである。

きくなるが(図2),リビングマルチがある場合は雑草はダイズやリビングマルチの草高より大きくなる(図3)。これは、主として光,水分,養分の競合によるものと考えられる。

播種後約2ヵ月を過ぎるとリビングマルチは座止し,敷きわら状になって畦間を覆う(図4)。

播種後約2ヵ月の雑草の個体数は播種後1ヶ月よりも減少するが,リビングマルチがある場合の方が個体数の減少が大きい。これは通常の



図2 リビングマルチがないために雑草がダイズよりも大きくなっている圃場(茨城県つくばみらい市2007年8月7日)

図1と同じ圃場でリビングマルチなしで試験。

雑草は主にシロザ。



図3 リビングマルチによって雑草が抑制されている圃場(茨城県つくばみらい市2007年8月7日)

図1の圃場の5週間後の状況。

ダイズの畦間に緑色のリビングマルチが見える。

雑草間の競合による個体数減少に加え,リビングマルチとの競合やリビングマルチが座止する時に一緒に倒れて雑草の死滅が増加したためと考えられる。

ダイズの生育は,播種後約1ヵ月はリビングマルチとの競合によって抑制されるが,リビングマルチが座止すると生育が回復し,多くの場合,収量にはほとんど影響しない。

リビングマルチによる雑草防除は,雑草発生が多い圃場では相対的に雑草を減少させることはできるものの完全に防除することは困難である(図5)。このため,雑草の発生が多い圃場では,土壌処理除草剤とリビングマルチを併用する必要がある。併用することによって土壌処理除草剤の効果が不安定になりやすい圃場においても雑草抑制効果が高まる(図6)。

このことは,リビングマルチを主体に利用して雑草防除するためには,雑草発生の少ない圃場に適用する,あるいは,あらかじめ他の技術を組み合わせて雑草の埋土種子量を低減しておく必要があるということを示している。

耕種的な雑草発生抑制技術としては,作付体系の変更(田畑輪換による水稻作導入)と不耕起栽培がある。

水稻作を導入した場合,一作期間内では畑雑草の埋土種子を大幅に死滅させることはできない。しかし,ダイズを慣行栽培で連作する場合



図4 座止してダイズの畦間株間を覆うリビングマルチ(茨城県つくばみらい市2007年8月29日)

敷きわら状になっているのが座止したリビングマルチ。

と比較して、当年の雑草種子の生産を完全に遮断できるため、翌年の発生源となる埋土種子密度は大幅に小さくなる。

不耕起栽培では、耕起栽培よりも雑草発生が抑制される（図7、8）。また、広葉雑草とイネ科雑草が混在している圃場では、イネ科雑草主



図5 雑草発生が多いためにリビングマルチによって雑草が抑制しきれなかった圃場（茨城県つくばみらい市 2007年8月7日）

耕種概要：図1と同じ

作付体系：畑輪作，前作コムギ

リビングマルチ：あり

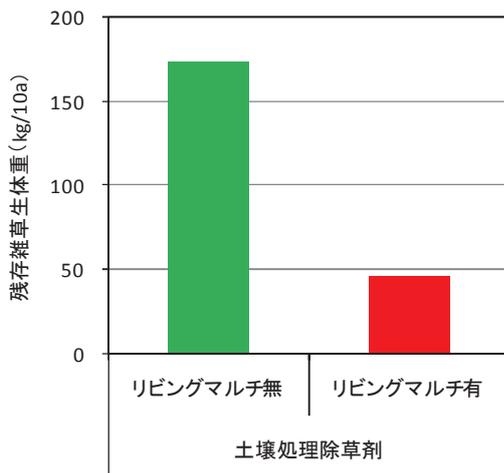


図6 土壌処理除草剤とリビングマルチの併用による雑草防除効果（茨城県つくばみらい市 2007年11月14日）

耕種概要は図1に準ずるが、不耕起栽培で、リビングマルチ播種後に土壌処理除草剤を散布。

作付体系：畑輪作，前作コムギ

リビングマルチ：あり

体に誘導される（図8）。イネ科雑草は土壌処理除草剤や生育期の茎葉処理除草剤によって防除されやすいため、除草剤による防除効果が高まり、埋土種子低減効果が高い。

3. 技術の利用方法のまとめ

雑草発生が少ない圃場では、リビングマルチのみ（土壌処理除草剤なし）で雑草の発生を抑制し、必要に応じて生育期に茎葉処理除草剤を使用する。

雑草発生が多い圃場、特に生育期の茎葉処理除草剤で防除困難なヒユ類やシロザ等が発生する圃場では、リビングマルチと土壌処理除草剤を併用し、十分に雑草発生が抑制できれば、生育期の茎葉処理除草剤を省略できる。

狭畦栽培で上記の2つの方法でリビングマルチを使用することによって除草剤の使用が50%削減でき、さらに中耕培土が省略できるので省力化できる。

雑草発生が特に多い圃場では、田畑輪換や不耕起栽培、除草剤を効果的に利用して雑草の埋土種子量を低減してからリビングマルチを利用する。

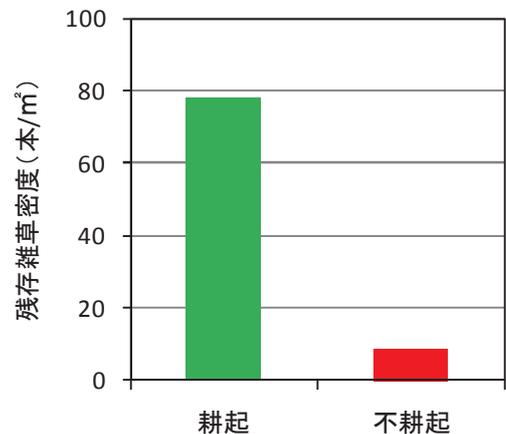


図7 不耕起による雑草発生抑制（茨城県つくばみらい市 2005年9月1日）

広葉雑草主体（雑草種子均一混和）の圃場でのダイズ栽培。ダイズ播種時の既発生雑草は、耕起栽培ではすき込み、不耕起栽培では非選択性茎葉処理除草剤で防除した。播種後の土壌処理除草剤は使用していない。

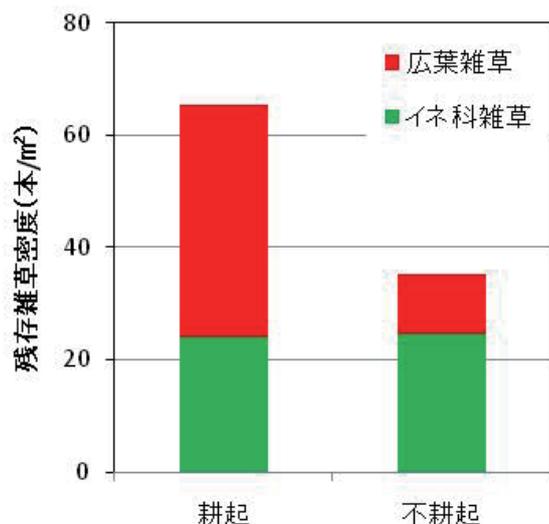


図8 不耕起による雑草発生抑制と雑草種構成の変化（茨城県つくば市 2007年 11月 8日）

イネ科と広葉雑草の混在圃場でのダイズ栽培。ダイズ播種時の既発生雑草は、耕起栽培ではすき込み、不耕起栽培は非選択性茎葉処理除草剤で防除した。播種後の土壌処理除草剤は使用していない。

4. 技術の利用上の留意点

リビングマルチによる雑草防除効果は、リビングマルチの生育に左右されるため、気象条件、土壌水分条件等によって効果が異なる。

リビングマルチ用のオオムギ種子の価格は1 kg 当たり約 500 円であり、種子代は 10a 当たり約 6,000 円となる。リビングマルチを利用することで除草剤の使用を 100%削減できれば、雑草防除にかかる費用はほぼ同じとなる。

不耕起栽培でリビングマルチを利用する場合は、リビングマルチの生育が劣るため、播種量は多めに設定する必要がある。

狭畦栽培で中耕培土を省略するため、倒伏しにくい品種を使用する。

ダイズの収量はリビングマルチとの光や養分の競合によって減収する場合がある。

5. 技術を普及するための課題

雑草防除のために導入したリビングマルチを介した病害虫や天敵の生物間相互作用について

は、検討がなされていないため、総合的病害虫雑草管理・作物栽培管理に向けて専門分野間の連携を強化して検討する必要がある。

リビングマルチが利用できる圃場の雑草の埋土種子量の目安およびその簡易測定法を早急に開発する必要がある。

この技術は環境負荷低減を目的として除草剤の使用量低減や中耕培土の省略を行うものであり、現在のところ資材購入費としては必ずしも低コストにはなっていない。今後、リビングマルチの種子の低価格化や種類の拡大を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 澁谷知子ら (2005) : 雑草研究 50 (別) : 64~65.
- 2) ———ら (2006) : 同上 51 (別) : 78~79.
- 3) ———ら (2008) : 同上 53 (別) : 42.
- 4) 浅井元朗・澁谷知子 (2008) : 同上 53 (別) : 46.
- 5) 小林浩幸ら (2008) : 同上 53 : 63~68.

(澁谷知子・浅井元朗：中央農業総合研究センター)

将来技術 核多角体病ウイルスによるハスモンヨトウ防除技術

1. はじめに

ハスモンヨトウは様々な植物を加害する農業害虫である。ダイズ栽培では、特に西南暖地において重要害虫として薬剤防除の対象となっている。主な被害は、幼虫によるダイズ葉の食害である(図1)。



図1 ダイズ葉を食害するハスモンヨトウ終齢幼虫

核多角体病ウイルスは自然界に存在する昆虫固有の病原性ウイルスであり、天敵微生物のひとつである。特定の昆虫にしか病原性を示さず、目的とする昆虫のみを選択的に感染死させることができる。このウイルスは、病原性が強いことに併せて、限られた昆虫にしか感染しないことから、天敵等有用昆虫に対する影響が少なく、ヒトや環境にも優しいといった特長を有する。よって、害虫防除にとって有望な生物防除資材として着目され、古くから研究が行われている。

ハスモンヨトウから分離された核多角体病ウイルス(ハスモンヨトウ核多角体病ウイルス)は、ハスモンヨトウの防除に最も効果的な天敵微生物として研究が行われてきた。防除効果に影響する諸要因の解析や散布の方法など多岐にわたる試験が行われた結果、圃場での防除効果も実用化レベルであると確認されている(岡田, 1977)。

ハスモンヨトウ核多角体病ウイルスと一口に言っても、実際には殺虫効果等、性質の異なる様々なウイルス株が存在している。ここで記載するハ

スモンヨトウ核多角体病ウイルス製剤(商品名:ハスモンキラー(揖斐川工業株式会社))は、同ウイルスの中から、病原性が高く、防除効果の向上につながると判断した2種類のウイルス株を選抜し、有効成分として利用した新規の微生物農薬である(農薬登録申請手続き中)(神谷・祖父江, 2007)。利用している株のひとつは、岐阜県生物工学研究所が新たに発見したウイルスの株であり、特長は、これまでに研究されてきたハスモンヨトウ核多角体病ウイルスと比較して、幼虫が感染してから致死するまでの時間が短い点である。もうひとつの株は、より殺虫力が強いという特長を有している。この2種類のウイルス株を混合して用いることで、一般的な微生物農薬と同様に遅効性であるとされる同ウイルスの短所を改善できることを期待して、本剤を開発した。

以下では、核多角体病ウイルスとして一般的に報告されている事項に、開発した新規製剤による試験結果を交えて、ハスモンヨトウ核多角体病ウイルス剤について述べる。

2. 対象と作用機構

ハスモンヨトウ核多角体病ウイルスは、ハスモンヨトウの幼虫にのみ選択的な殺虫効果を示す。ウイルス粒子はタンパク質でつくられた包埋体の中に存在しており、これを多角体と呼ぶ。多角体はたくさんのウイルス粒子を含んだカプセルの様なものである。ハスモンヨトウの幼虫によるウイルスの感染は、幼虫が多角体を経口摂取することで起こる。具体的には以下のような過程により感染し、死亡する。幼虫が多角体で汚染された餌を摂食し、取り込まれた多角体が腸内のアルカリ条件下で溶解する。溶解した多角体の中からウイルス粒子が放出され、中腸の細胞に侵入して感染に至る。感染が進んだ幼虫は摂食行動、運動が緩慢になる。体内は組織が溶解してドロドロの状態になり、体は軟化、体色は乳白色を呈した後、黒褐色に変色する。幼虫による多角体の摂食から感染死までの期間は、摂食時の幼虫齢や気温、摂食量などによるが、一般的には5~10日程度とされて

いる。本剤は早ければ3日目頃から効果が現れる。感染死した幼虫の皮膚は弱く、破れると体内で溶解した組織と共に増殖した多角体が放出されて周囲を汚染する(図2)。幼虫の死亡によって汚染された箇所が新たなウイルスの感染源となり、二次感染が引き起こされ、感染が拡大、継続することとなる。化学殺虫剤とは異なる二次感染の存在から、ウイルス剤は長期間にわたって防除効果があるとされている。



図2 ハスモンヨトウ核多角体病ウイルスにより死亡した幼虫
皮膚が破れて体内の溶解物と多角体が流出している。これが新たな感染源となる。

3. 技術の概要

当該技術の特性と利用方法、利用上の留意点について以下に述べる。

1) 散布方法

本剤は水和剤である。使用方法は一般的な水和剤と同様であり、散布には既存の散布機を使用する。多角体のダイズ葉への付着量が防除効果に影響するため、薬液が葉の表裏に十分にかかるように丁寧に散布する。後述する紫外線の影響を少しでも減らすため、紫外線が直接当たらない葉裏に特に重点的に散布するのが望ましい。また、本剤は液中での分散性とダイズ葉への付着性を上げるために展着剤を加用した方がよい。展着剤の加用による防除効果への影響を試験した結果、展着剤によるマイナスの影響は認められず、加用した方が高い防除効果が得られた。今後、ラジコンヘリ散布に利用できるように登録適用拡大も予定している。

2) 使用時の環境条件(温度・湿度・降雨)

温度については、高いほど幼虫の食餌量が増すため、多角体の摂取量が多くなり、殺虫効果が高くなるとされている(岡田, 1977)。本剤についても17~35℃の範囲内で殺虫効果を試験した結果、温度が高いほど幼虫の致死に要する時間が短く、最終的な死虫率は高くなった。言い換えると温度が高いほど早く、よく効く結果となった。20℃以下の温度では幼虫の致死に要する時間が長く、17℃では最終的な死虫率も低くなった(図3)。薬剤散布後の気温は防除効果に大きく影響し、

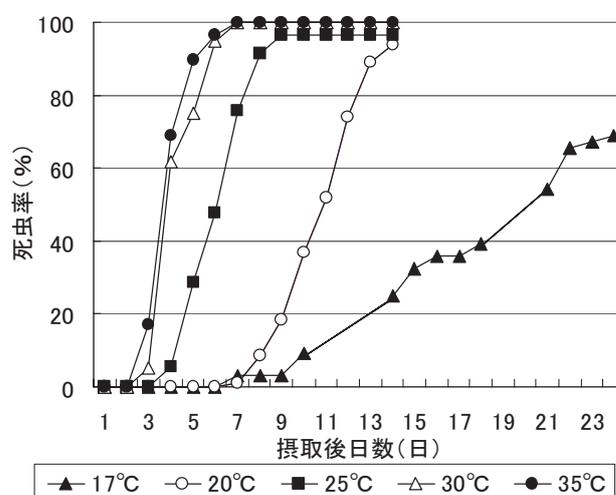


図3 温度別の殺虫効果

試験は、本剤を混入した人工飼料を室内で幼虫に摂食させる食餌混入法により行った。本剤は多角体の濃度が 5×10^7 個多角体/g飼料となるよう混入した。供試幼虫には3齢幼虫を用いた。

20℃以下では、高い防除効果が得られにくい。25℃以上の温度条件で使用する事が望ましい。

湿度については、多角体の有する殺虫力に影響しないと報告されている(岡田, 1977)。糸状菌製剤のように、湿度条件が防除効果を大きく左右することはなく、特別な配慮は必要ないと考えられる。

降雨については、ダイズに展着剤を加用した薬液を散布して1時間後、豪雨に相当する雨量で処理しても殺虫力の低下はほとんど見られないと報告されている(岡田, 1977)。一度乾いて多角体が付着してしまえば、多角体の有する殺虫力に大きな影響はないと考えられる。

本剤は、防除適期の幼虫に対しては、散布直後の圃場で1～2日間、普通に多角体の付着したダイズ葉を摂食するだけでも、十分な防除効果が得られることを確認している。少なくとも散布後1～2日間は、低温や悪天候等の幼虫の摂食を妨げる天候とならないことが望ましい。

3) 防除適期

ハスモンヨトウ核多角体病ウイルスによるハスモンヨトウの防除効果は他の殺虫剤同様、若い幼虫ほど高い(図4)。防除の時期を逃し、幼虫の

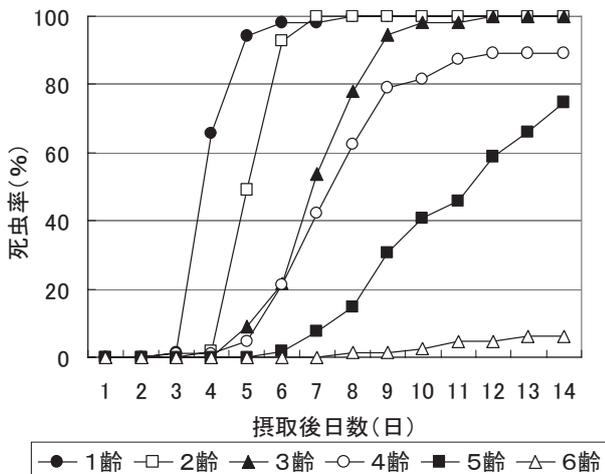


図4 幼虫齢別の殺虫効果

試験は、本剤を混入した人工飼料を室内で幼虫に摂食させる食餌混入法により行った。本剤は多角体の濃度が 10^8 個多角体/g飼料となるよう混入した。飼育温度は25℃

齢期が進むと、死虫率が下がるだけでなく、致死に要する時間が長くなるため、幼虫による食害が進み、被害が大きくなるので注意が必要である。確実な防除を行うためには、幼虫が集団で食害する若齢期のうちに防除するのが基本である。ダイズ圃場において、本剤の幼虫齢別の防除効果について試験した結果、1,000倍希釈で使用する場合は3齢幼虫(幼虫集団が分散し始める頃)までに十分な防除効果が認められた。また、2齢幼虫の防除には、2,000倍希釈で使用しても十分な効果が認められた。幼虫を早期に発見して防除することがコストの軽減にも繋がる可能性がある。いずれにしても、より確実な防除効果を得るためにはできるだけ早期の防除を心がけたい。

防除適期の判断には、白変葉(若齢幼虫集団による食害を受けた葉)(図5, 6)の発生状況から、直接幼虫の存在を確認する方法とフェロモントラップによる成虫誘殺数から幼虫の発生時期を予察する方法が利用できる。



図5 幼虫の発生初期の頃のダイズ白変葉(葉表)

幼虫の発生初期には、産卵された葉が集中的に食害されて白化する。幼虫の成育が進み、幼虫の分散が進むと、周囲の葉にも食害が拡大し、食害跡も大きくなる。



図6 幼虫の発生初期の頃のダイズ白変葉(葉裏)

幼虫の発生初期には、集団で食害している幼虫が見られる。

白変葉の発生は幼虫の存在を意味することから、圃場に白変葉が散見されるようになったら直ちに防除が必要とされている。一方、フェロモントラップを利用して幼虫の発生を予察する場合には、気温により前後はするが、ハスモンヨトウの

生育にかかる時間から換算すると、成虫誘殺数のピークから 10 日後頃が若齢幼虫の発生ピークであり、防除適期と考えられる。ただし、現在のフェロモントラップによる発生予察の精度の点から、予察をもとにした防除適期の判断は確実性に欠けるとの指摘もある（菖蒲ら、2003）。

4) 防除効果の持続性

多角体は紫外線に弱く、紫外線に曝されると失活し、殺虫力を失う。そのため圃場に散布された多角体は、急速に殺虫力が低下する。多角体を処理したダイズ葉に紫外線（太陽光線）を照射し続けたところ、多角体の殺虫力は葉表では 3 時間で 1/2 に、葉裏では 15～20 時間で同じく 1/2 に低下したと報告されている（岡田、1977）。

本剤について、薬剤を散布した後の圃場に発生してきた幼虫の死虫率を調べ、防除効果の持続期間を検討した結果、持続期間は 1 週間程度と考えられた。

薬剤の散布による直接の防除効果に併せて、それによって死亡した幼虫個体が新たな感染源となることから、薬剤を新たに散布しなくてもある程度防除効果は継続すると見込まれている。この二次感染効果は、薬剤散布時の幼虫の発生状況等によって異なってくる。同じダイズ株内であっても、死亡個体が存在する部分では非常に多くの多角体が存在し、高い殺虫効果があるものの、そうでない部分では殺虫効果はほとんど見られないと言った具合に、局所的な効果しか得られないことも考えられる。本剤を用いて二次感染効果の程度を調べた試験から例を挙げる。試験の条件は①圃場における幼虫の発生密度は 40 カ所/a。②幼虫が 2～3 齢の時期に薬剤を散布して防除。③散布 16 日後、ウイルスに感染した幼虫は死亡し、死亡個体から多角体が放出されている。④圃場に新たに幼虫を放虫してダイズ葉を摂食させ、死虫率を調査。この結果、薬剤散布 16 日後に放虫した幼虫の死虫率は 30% 程度であった。この試験では防除によって死亡した幼虫による二次感染の効果があることは確認できた。しかし、その効果は散布後に発生する幼虫を防除するのに十分なものではなかった。二次感染の効果では、確実な防除は難しく、幼虫密度を減らす程度であると考えておいたほうが安全である。

圃場での防除効果の持続期間と二次感染の効果から、本剤については幼虫の発生が継続して認められる場合には続けて散布することが望ましいと考えられる。散布の間隔については現在検討中である。

5) 散布・保存時の留意点

本剤はハスモンヨトウの幼虫専用の微生物農薬であり、その他の害虫に対する殺虫効果はないため、ハスモンヨトウ以外の害虫には別途防除が必要である。他の薬剤との混用については現在確認中であるが、これまでのところ混用により本剤の効果が大きく低下する薬剤は確認されていない。化学殺虫剤と異なり効果が現れるのに時間がかかること、ある程度の食害は避けられないことを理解して使用する必要がある。本剤の安定性については、室温でも比較的安定しているという試験結果が得られているが、長期間の保管は冷蔵で行うのが望ましい。

本剤は農薬登録申請の手続き中であり、現在はまだ使用できない。

4. 今後の技術開発の方向

本剤に限らず、核多角体病ウイルスをより実用性の高い防除資材とするためには、遅効性の改善や効果の持続性の向上、資材の低価格化が重要なポイントである。感染力の強化や紫外線からの防除、生産の低コスト化が大きな課題である。

また、より効率的なハスモンヨトウの防除を可能とするために、防除効果に大きく影響する防除適期を的確に把握する方法や、栽培コストや労力の軽減につながる防除の要否の判断基準がより明確になることが望まれる。このためにも発生予察や被害予測の精度の向上が必要である。

参考文献

- 1) 岡田齊夫 (1977) : 中国農業試験場報告 E12 : 1～66
- 2) 神谷克巳・祖父江勇氣 (2007) : 植物防疫 61 : 210～213
- 3) 菖蒲信一郎ら (2003) : 応動昆 47 : 137～141

(鈴木郁子・神谷克巳 : 岐阜県生物工学研究所)

生物機能を活用したバレイショ病害虫防除の体系化技術

1. はじめに

バレイショは北海道の畑作農業において、小麦、てん菜、豆類と並ぶ輪作基幹作物の一つである。2007年の栽培面積は約5.7万ha、収穫量は約224万tであり、全国生産量のほぼ80%を占めている。北海道のバレイショ生産における重要な病害虫は、病害では疫病、そうか病、ウイルス病（葉巻病、モザイク病など）などであり、害虫ではジャガイモシストセンチュウ、アブラムシ類（病原ウイルスの媒介、吸汁害）があげられる。これらの防除のために、慣行の栽培体系下では、燻蒸剤による土壌消毒、種イモの殺菌剤処理、植え付け時の粒剤型殺菌剤・殺虫剤処理、生育期の殺菌剤・殺虫剤散布などが行われている。一方、近年消費者の安全・安心な農産物に対する需要はますます高まっており、生産者も減農薬を考えるべき時代になってきている。

ここでは、北海道で広範に発生が見られるバレイショの主要病害虫、すなわち疫病、ジャガイモシストセンチュウ、およびアブラムシ類に対して、2005年に公表した「IPM マニュアル」（梅川ら、2005）以降の新たな減農薬に資する技術および補強する知見について述べていく。

2. 新たに組み込む個別技術

1)病害虫抵抗性品種

(1)疫病

これまで実用的な疫病抵抗性品種としては、圃場抵抗性を持つ「花標津」のみであったが、2006年に「さやあかね（北育8号）」が加わった。「さやあかね」は「花標津」並の強い圃場抵抗性を示し、疫病防除なしでも栽培可能とされる。バレイショ栽培において疫病防除は必須であり、慣行栽培では6月下旬から7～10日おきの薬剤散布が行われている。「男爵薯」のような早生品種でも6回程の薬剤散布が必要であるのに対し、疫病抵抗性品種では無防除でも収量・デンプン価の低下は少ない。また本品種は「花標津」と同様にジャガイモシストセンチュウに対する抵抗性も併せ持つ。枯凋期は「男爵薯」より遅く「花標津」よりやや早い中生、「男爵薯」「花標津」より1割以上多収、「男爵薯」並に食味が優れる、などの特徴を持っている。また、「さやあかね」の美点として、「花標津」の欠点であった1個重が小さく収量が少ない、塊茎の外観品質が悪いといった点が改善され、今後の普及が期待される（千田ら、2006；田村ら、2007）。

表1 ジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種（北海道優良品種）

用途	早生	中早生	中生	中晩生	晩生	極晩生
生食用	とうや キタアカリ 十勝こがね ゆきつぶら きたかむい	ノーザンビー	ベニアカリ さやか スタークイーン スノーマーチ さやあかね はるか スタールビー	花標津 キタムラサキ ひかる	プレバント	
	加工 食品用	オホーツク チップ	らんらんチップ	アトランチック きたひめ	ムサマル こがね丸	
でん粉 原料用			アーリースターチ ナツフブキ		アステルタ	サクラフブキ

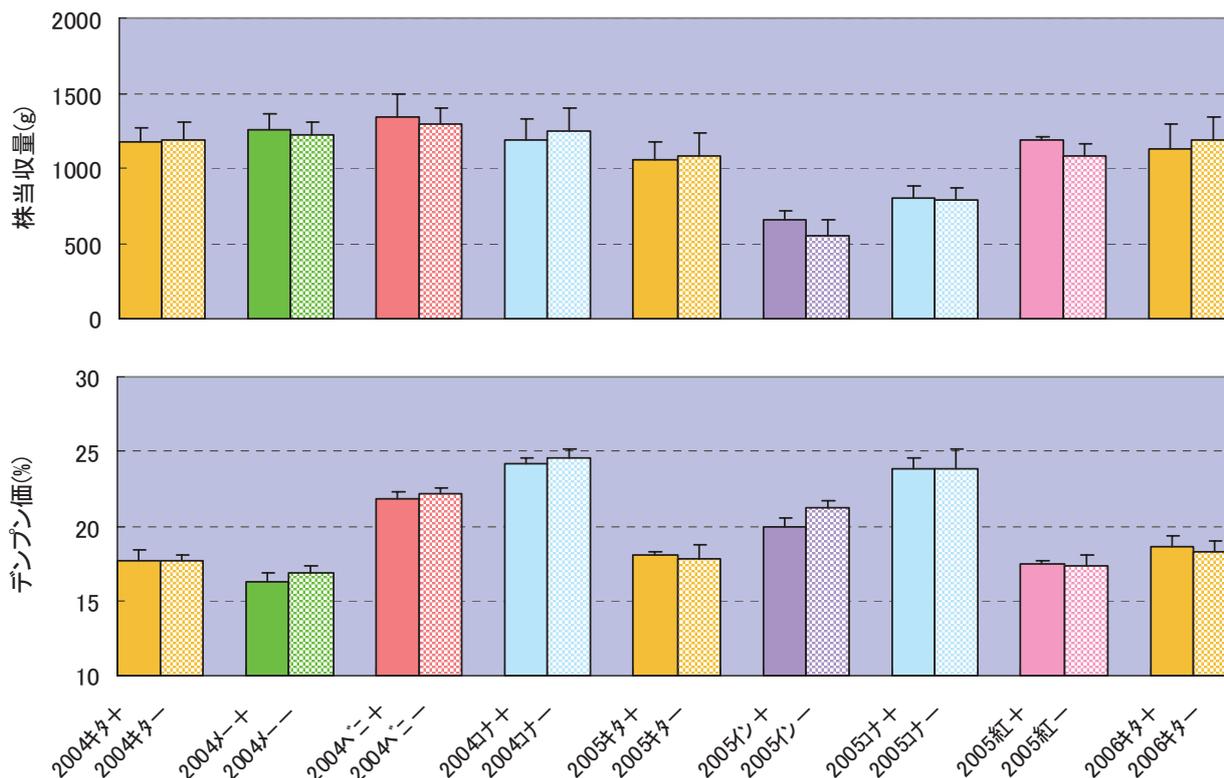


図1 殺虫剤4回散布区と無散布区におけるイモの収量(上段)とデンプン価(下段)。
 キタ:キタアカリ、メー:メークイン、ベニ:ベニアカリ、コナ:コナフブキ、イン:インカのめざめ、紅:紅丸、
 +:殺虫剤散布区、-:殺虫剤無散布区。
 2004キタ+は、2004年試験、供試品種「キタアカリ」、殺虫剤散布区であることを示す。
 いずれも殺虫剤散布区・無散布区間に有意差なし($P>0.05$, U-test)。

(2) ジャガイモシストセンチュウ

近年育成され、北海道で奨励品種となっているものはジャガイモシストセンチュウ抵抗性である場合が多い。最近育成された主な品種のうち、抵抗性を持つ品種は「はるか」、「さやあかね」、「ノーザンルビー」、「こがね丸」、「ゆきつぶら」、「らんらんチップ」などがあり、用途別、熟期別に多数品種の選択が可能になった(表1)。なお、西南暖地向け抵抗性品種には、「普賢丸」、「春あかり」、「アイユタカ」がある。

2) 土着天敵の活用によるアブラムシ類防除

これまでに、健全種イモの使用を励行することによりウイルス病を防ぎ、かつ土着天敵の働きを活かすために、殺虫剤の散布を無くしてもアブラムシは多発することなく、また他害虫の発生も問題にならず、イモの収量・デンプン価も慣行防除と比較して遜色ないことを明らかに

した(伊藤ら, 2005 参照)。ここではその成果を受けて、殺虫剤無散布の有効性にバレイショ品種による違いはないか、地域による違いはないか、の2点について試験を行った結果を述べる。

(1) 品種による差異

これまで用いた品種(「農林1号」:中晩生・加工用、「男爵薯」:早生・食用、「花標津」:中晩生・食用、「キタアカリ」:早生・食用)以外の主要品種(「メークイン」:中生・食用、「ベニアカリ」:中生・食用、「コナフブキ」:中晩生・澱原用、「インカのめざめ」:極早生・食用、「紅丸」:晩生・澱原用)について調査した結果、試験年次、品種を問わず殺虫剤無散布区の収量・デンプン価は散布区と変わらなかった(図1)。また、品種の違いに関わりなく、殺虫剤無散布区でもアブラムシやその他の害虫が多発生する

表2 殺虫剤散布区と無散布区におけるアブラムシ捕食性天敵の密度¹⁾

	調査日	殺虫剤	テントウムシ類	ヒメハナカメムシ	クサカゲロウ類	ヒラタアブ類	クモ類	合計
メークイン	2004.8.11	散布	0	0	0	0	0	0.0
		無散布	0	0.3	2.0	0	1.3	3.6
コナフブキ	2004.8.11	散布	0	0.3	0	0	1.0	1.3
		無散布	0	0	1.0	0	4.0	5.0
キタアカリ	2005.7.21	散布	0.3	1.0	0	0	0	1.3
		無散布	3.7	2.7	2.3	2.3	0.3	11.3
	7.24	散布	0	0	0	0	0.3	0.3
		無散布	5.0	0.7	2.7	2.7	0.3	11.4
	8.6	散布	0	0	1.0	0	0	1.0
		無散布	1.3	4.7	0.7	0.3	0.3	7.3
	8.16	散布	0	0.3	2.0	0	1.0	3.3
		無散布	0	5.3	1.7	0	1.0	8.0
8.19	散布	0	0	3.3	0	0.7	4.0	
	無散布	0	2.7	1.7	0	3.7	8.1	

1) 10株払い落とし、3反復平均。

表3 殺虫剤散布区と無散布区でのアブラムシ類、天敵類の発生状況¹⁾とイモの収量・デンプン価(訓子府町)

処理	ジャガイモヒゲナガアブラムシ	モモアカアブラムシ	ワタアブラムシ	寄生蜂マミー	捕食性天敵類 ²⁾	上イモ収量(kg/10a) ³⁾	デンプン価(%) ³⁾
(2006) ⁴⁾							
散布	8.1	0.2	26.2	1.8	0.5	3394	15.4
無散布	20.3	0.3	32.1	4.3	1.2	3471	15.9
(2007) ⁴⁾							
散布	8.1	0.1	1.5	0.9	0.8	3730	14.7
無散布	28.8	0.0	7.7	1.8	2.5	4035	14.0

1) 2006年6月13日～8月1日、2007年7月3日～8月13日の各6回調査平均。20複葉あたり虫数。

2) クサカゲロウ類、テントウムシ類、ヒラタアブ類、ヒメハナカメムシ類の合計。

3) 散布・無散布区間に有意差なし(P>0.05, t検定)。

4) 品種は「男爵薯」(2006年)、「とうや」(2007年)。

ことはなかった。一方、捕食性天敵(テントウムシ類、ヒメハナカメムシ類、クサカゲロウ類、ヒラタアブ類、クモ類など)の発生は殺虫剤散布区(4回散布)で少なく、無散布区で多い傾向が見られた(表2)。このように、殺虫剤を散布しなくても収量・デンプン価の低下はないことにバレイショの品種間差はないことが示された。

(2)地域による差異

以上の結果は道央地域(札幌市)で得られたものであるが、他地域でも同様の結果が得られ

るか否かを知るために、道東地域(訓子府町)において、殺虫剤散布区(3回散布)と無散布区とを設けてアブラムシの発生、天敵類の発生および収量・デンプン価を比較調査した。その結果、散布区に比べて無散布区ではアブラムシ類はやや多めであったが、寄生蜂類、捕食性天敵が多く認められ、アブラムシ個体数の極端な増加は起こらなかった。また、無散布区においてアブラムシ以外の害虫が顕在化することもなかった。さらに、収量・デンプン価に両区の差は見られなかった(表3)。このように、殺虫剤を散布しなくても収量・デンプン価は低下しな

いことに地域差は見られないことが示唆された。

3. 実施可能なIPMマニュアルの事例

北海道のバレイショ栽培においては、生育期に殺虫剤散布の対象とされる害虫はほぼアブラムシのみと言ってよく、他の害虫は同時防除されているものと考えられる。バレイショに発生するアブラムシ類はモモアカアブラムシ、ジャガイモヒゲナガアブラムシ、ワタアブラムシ、チューリップヒゲナガアブラムシの4種で、これらは病原ウイルス媒介（4種とも）および直接吸汁害（主としてワタアブラムシ）が問題となる。アブラムシによる被害の一方であるウイルス媒介については、バレイショの主要なウイルス病はいずれも、i)ウイルスを持ったアブラムシ当代のみが媒介し、次世代虫には伝わらない、ii)ウイルスを保毒する野生の植物は畑の周辺にはほとんどなく、感染源はほぼ保毒種イモのみと考えてよい、という性質を持っている。つまり、ウイルス病を防ぐには、殺虫剤に頼らなくても、毎年無病の種イモを使用することで対応可能である。すなわち、自家産イモを種イモとして使用せず、正規の健全種イモを毎年使用することが大切である。なお、殺虫剤無散布バレイショ圃場ではアブラムシ密度が低いため、有翅虫の出現は希であることが明らかにされており（Nakata,1995）、ここで発育した有翅虫が他作物へ悪影響を及ぼすことはほとんど無視できる。以上のことから、殺虫剤の削減を考えるには、もう一方の被害である吸汁害について検討すればよいことになる。これまで述べたように、殺虫剤を散布しなくても、捕食性天敵の活動によってアブラムシが吸汁害を起こすほど多発することはなく、また他の害虫の多発も認められず、イモの収量・デンプン価は低下しないということが明らかになった。

また、ジャガイモシストセンチュウ汚染地域では抵抗性品種を用いることで減農薬に貢献でき、線虫被害を軽減することができる。食用品種、加工用品種ともに多くの抵抗性品種が育成されており、最近では収量・品質とも既存の品種と同等かそれ以上のものも多くある。さらに、疫病抵抗性の品種を用いれば、殺菌剤も散布回

数を削減することができる。現在のところ、圃場抵抗性の強い品種は「花標津」と「さやあかね」の2品種で、これらは疫病の無防除栽培が可能とされる。

以上、新たに育成された抵抗性品種が加わったが、基本的な考え方は「IPM マニュアル」（梅川ら、2005）と変わりはなく、こちらを参照されたい。

参考文献

- 1) 伊藤清光ら(2005)： 応動昆 49(1):11~22.
- 2) Nakata, T. (1995)： Appl. Entomol. Zool. 30(1):121~127.
- 3) 千田 圭一ら(2006)：北農 73(2):154.
- 4) 田村 元ら (2007)：平成 18 年度「新しい研究成果—北海道地域—」, pp. 108~111, 北海道農業研究センター.
- 5) 梅川 學ら(2005)：IPM マニュアル—総合的病害虫管理技術—. 養賢堂, 東京, 236pp.

(古川勝弘：北海道立北見農業試験場, 伊藤清光・奈良部 孝：北海道農業研究センター)

将来技術 ふ化促進物質を利用した ジャガイモシストセンチュウ防除技術

1. はじめに

北海道ではジャガイモシストセンチュウの発生地域拡大が続き、2007年度末現在の道内の発生面積は約9,700 haとなり、ジャガイモ産地では大きな脅威となっている。現在本種の防除には、殺線虫剤と抵抗性品種の利用が可能である。しかし、大規模畑作ではコストおよび環境への影響の両面から、殺線虫剤の使用は制限されている。また、抵抗性品種の利用は最良の手段であるものの、品種の切り替えは進まず普及率は低いままである。

本種は通常、耐久態のシスト中で長期生存し、根から分泌される物質に反応してふ化が促進され、第2期幼虫が一斉に土壤中に遊出する。このときの分泌物が「ふ化促進物質」である。移動中の幼虫は摂食できないため、寄主植物の根にたどり着けない場合は死に至る。すなわち、ふ化促進物質を用いて線虫のふ化を人為的にコントロールできれば、寄主植物がないときに圃場のシストを一斉にふ化させ、線虫密度を大幅に低減することが可能である。このふ化促進物質は作物の根から通常に分泌されるものであるため、他の生物や周辺環境へ影響を与えることなく、本種の選択的な防除が可能である。本稿では、将来技術として、ふ化促進物質を利用した防除技術を紹介する。

2. 対象（作物、圃場条件、病害虫等）と作用機作

本防除技術の対象となるのは、すべてのジャガイモシストセンチュウ汚染圃場であり、本技術はジャガイモ栽培後の輪作体系の中で利用する。

本種の寄主植物はジャガイモ、トマト、ナスに限られるため、それら作物栽培時以外は、本種は多数の卵を内包した堅い殻であるシストの状態ですら土壤中に生存している。このとき、シスト内の卵は卵殻の中で第2期幼虫まで成熟して、

ふ化の待機状態となっている。この状態でもわずかにふ化が認められるが、寄主植物がないときの自然減は1年で30%程度である。寄主植物の根が伸長し、ふ化促進物質が到達するとすぐに、一連のふ化反応を開始する。ふ化促進物質は、卵殻やシストの水の透過性を変え、浸透圧変化によって幼虫を動きやすくし、幼虫を活性化する働きが知られている（Perry 1998）。このふ化促進物質を含む、トマト水耕栽培時の廃液（後述）に直接線虫卵を浸漬した場合、原液10倍希釈液中で7日後に卵の60~80%がふ化した（図1）。さらに28日後にはふ化はほぼ完了し、ふ化率は約90%であった。一方、蒸留水中でのふ化率は3%以下であった。ふ化活性成分は水溶性が高いと考えられている（奈良部、2008）。

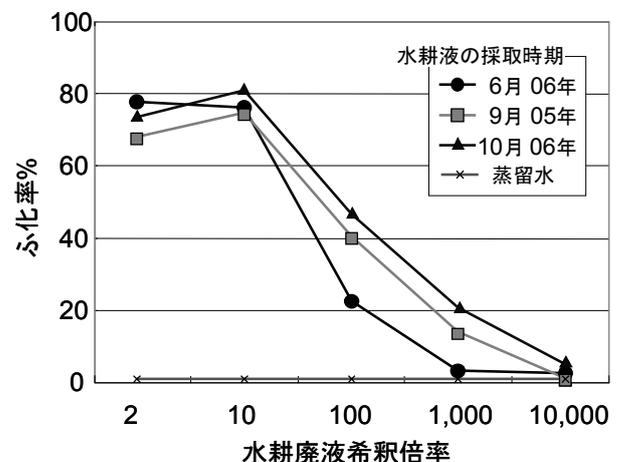


図1 水耕廃液採取時期ごとの濃度別ふ化率（7日後）

3. 技術の概要

寄主植物根から分泌されるジャガイモシストセンチュウのふ化促進物質は、単離・同定報告はあるものの（Mulderら、1992、図2）、合成物質は未だ入手できない。将来的には合成物質を用いた、化学農薬と同様の利用方法が想定される。合成物質が容易に入手できるようになるまでは、次の2通りの利用方法がある。

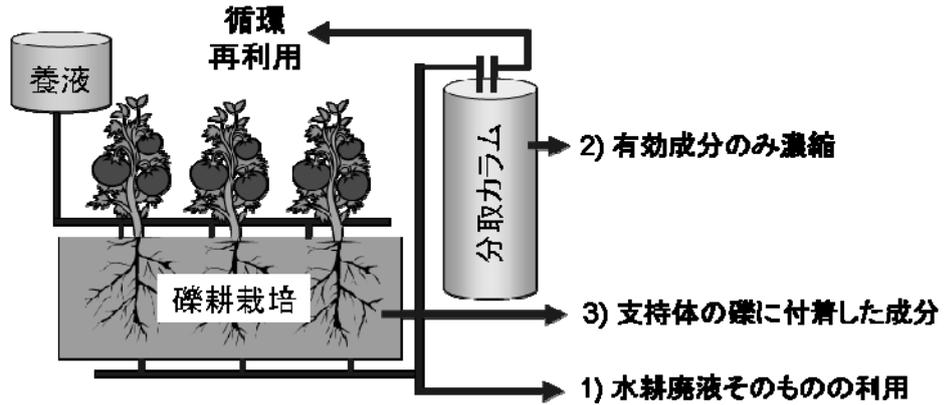


図3 ふ化促進物質を得るためのトマト水耕栽培システムの模式図

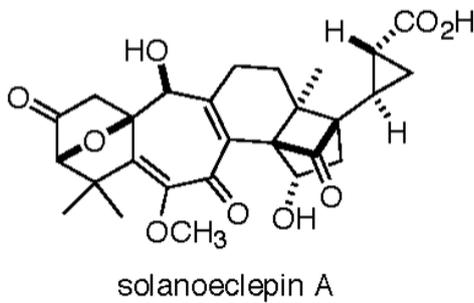


図2 構造が決定されたふ化促進物質

1) ふ化促進物質を含む未利用廃材の活用

ジャガイモシストセンチュウの寄主作物であるトマトは、水耕または礫耕栽培が行われており、その養水分循環システムで生じる廃液の適切な処理が求められている。水耕廃液はトマトの根圏を通過しているため、ふ化促進物質を大量に含んでいる (Devine and Jones, 2000)。本技術では、廃棄されるか、あるいは有効利用されていないこの水耕廃液を主に用いる (図3)。

具体的な利用方法として、次の3通りが検討されている。

- a) 水耕廃液そのものを利用し圃場へ散布
- b) 水耕廃液から濃縮・精製液を作製し圃場へ散布
- c) 水耕栽培で生じるふ化促進物質を資材に吸着させ圃場土壌に混和

以上について、北海道内農家のトマト礫耕栽培ハウスより入手した水耕廃液の利用方法と効果実績は次の通りである。なお、c) については、トマト礫耕栽培に用いた礫を回収・乾燥後、φ 1.5mm 以下に粉碎した物質を用いた。

a) 水耕廃液そのもの：室内のカップ試験 (50ml の汚染土壌) では、水耕廃液 15L/m² の散布 (換算) に対し、初期卵密度の 90% がふ化した (図4)。現地汚染圃場 (20 m²) では、水耕廃液 10L/m² の散布に対し、対無処理比で 30% の卵密度低減率が得られた (図5)。

b) 濃縮精製液：同様の室内カップ試験では、濃縮液 150ml/m² の散布に対し初期卵密度の 80% がふ化し (図4)、現地汚染圃場では、濃縮液 400ml/m² の散布に対し、対無処理比で 35% の卵密度低減率が得られた (図5)。

c) 礫粉碎物：処理量に応じた卵密度低減が認められ、現地汚染圃場では、10kg/m² (対無処理比約 40% の低減率) と 4kg/m² 処理 (同約 25%

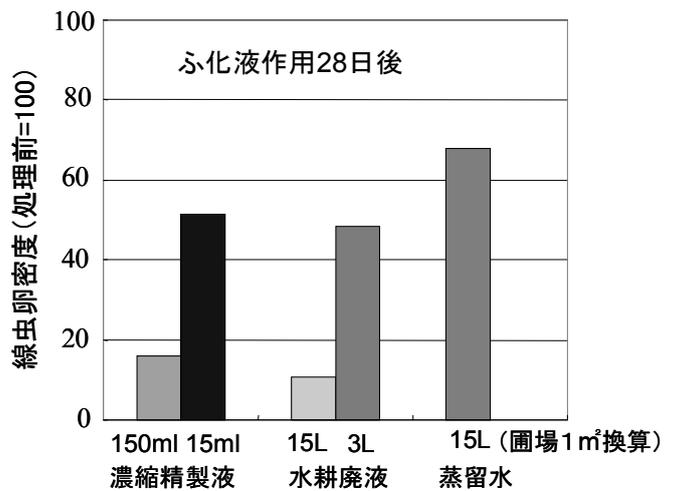


図4 室内土壌カップ試験におけるふ化液散布 28 日後のシスト内卵数の変化

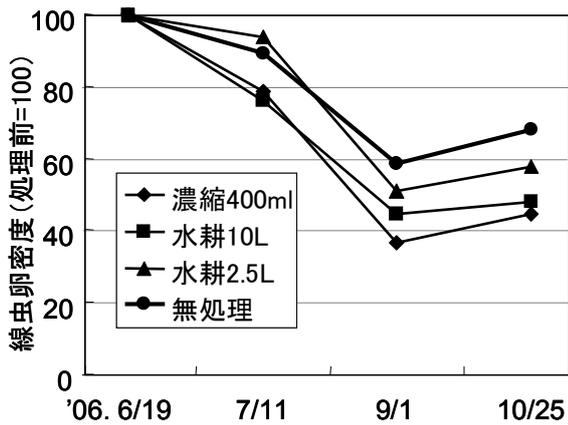


図5 現地圃場（北海道 道央地区）におけるふ化液散布後の卵密度の減少推移（各処理区の処理日 6/19 の密度=100，各処理量は 1 m²あたり）

の低減率）において無処理と比較し有意な差が認められた。

以上の通り，小規模室内試験であれば，80～90%という高い線虫密度低減率が得られ，いずれの資材も線虫防除ポテンシャルは高い。また，圃場試験においては同量の処理で，対無処理比で30%程度の低減率が得られている。実用化に当たっては，高いポテンシャルを持つ資材をさらに有効に生かす処理技術の改良が必要である。

a) の方法は，ジャガイモ栽培圃場近くに水耕トマトハウスを設置するか，近隣の水耕トマト農家より廃液を入手し，自家処理する利用法を想定している。b) および c) は比較的規模の大きな水耕トマトハウスに機材を設置し，メーカー等が定期的に回収・精製・製剤化を行う利用法を想定している。現在，研究用に試作品が製造されているが，まだ，一般圃場へ散布できる資材はない。

2) ふ化促進物質を分泌する未利用植物の活用

ナス科植物の中には，寄主植物と同様のふ化促進物質を分泌しながら，寄主として線虫が利用できない植物がある。これらの植物はふ化を促進し，根に侵入した幼虫を取り込んで死滅させる作用があるため，対抗植物（antagonistic plant）あるいは捕獲作物（trap crop）と呼ばれる。これら植物自体は食用にならないが，線虫密度低減効果があり，緑肥としてすき込むこ

とによって，圃場の物理・化学性や微生物相の改善にも効果が期待できる。

このうち，ナス科の帰化雑草であるハリナスビ *Solanum sisymbriifolium* (Scholte, 2000, 図6) やトマト野生種 *Solanum peruvianum* は実用的な線虫密度低減効果があり，前者はすでにヨーロッパで実用化され，輪作に取り入れられている。北海道において高い効果を得るには，両者とも10aあたり1kgの種子を散播し，NPK各8kg/10aの施肥，ジャガイモと同様，約3か月の栽培期間が必要である。現地圃場における栽培試験では，*S. sisymbriifolium*（商品名：ロケットリーフ）は播種時密度の約90%の線虫密度低減率（ポテカル編集部，2007），一方，*S. peruvianum*（試験名：トマト野生種）は同90～95%の線虫密度低減率（山田ら，2007）となり，両者とも高い効果が確認されている。いずれの種子も日本ではまだ市販されていないが，サンプル種子は入手できる（参考文献を参照）。



図6 ナス科対抗植物 ハリナスビ
Solanum sisymbriifolium

以上の技術は輪作体系の中で利用するのが原則である。輪作年限が長いほど，また，輪作にジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種を導入することによって，さらに高い効果が得られる。

4. 今後の技術開発の方向

ふ化促進物質を含む資材については，北海道の大規模圃場を対象に考えると，現状では，かなり大量の資材を投入しなければならない。より効率的なふ化促進物質の回収方法，および，より効果的な散布方法の開発が必要である。原

材料の供給とコストの問題を根本的に解決するためには、ふ化促進物質を特定し、安価で合成可能にすることが、最終的な目標となる。現在、ふ化促進物質とその効果を助長する物質が確認され、単離・同定の研究が進められている。

圃場全体の線虫密度を低減するためには、ふ化促進物質を土壌深く、少なくとも 20cm 程度までは到達させることが必要である。ふ化促進物質は水溶性が高いので、降雨により地中に浸透して効果が高まると考えられる。一方で、大量の降雨はふ化促進物質の流失の恐れがあり、効果が天候に左右される。そこで、ふ化促進物質が良く吸着し、かつ、徐々にその物質が滲出するような資材を利用し、土壌混和する処理法は安定性が高いと考えられる。現在、有望な資材がいくつか探索され、開発が進められている。

一方、ナス科対抗植物は利用環境が整えば、すぐにでも実用可能である。今後は、低コスト種子生産および栽培技術の確立が課題である。ナス科対抗植物は、基本的に栽培トマト同様の採種法であるため、大面積での栽培に必要な種子量を供給するには、現状ではコスト高である。コストをかけても導入すべき利用場面(例えば、地域内での早急な撲滅対策事業など)を明確化する必要がある。

普及に当たっては、低播種量・低労力でも線虫の生息する土壌中全体に根を十分伸長させることができるような、低コスト栽培技術の開発が不可欠である。具体的には、均一な播種、高い発芽率の確保、また、ナス科植物は初期生育が遅いので雑草対策などがあげられる。さらに、結実した場合の雑草化を回避し、かつ、十分な効果が得られるすき込み時期の検討も必要である。播種時期については、秋まきコムギ収穫後の播種(夏まき)・栽培も検討されており、十分な根の伸長がないうちに降霜期を迎えるため、春まきに比べ効果は低いものの、ある程度のふ化促進効果が得られた(山田ら, 2007)。圃場の効率的利用のため、コムギ後作緑肥としての導入の可能性をさらに検討する必要がある。

ジャガイモシストセンチュウのふ化に関しては、複数の物質が関与しており、それぞれ作用点とそれに伴う化学反応が異なると考えられ

(Perry, 1998)、全てが解明されているわけではない。ふ化のどの過程にどんな化学物質が関与するかといった、線虫の生理生態に関する基礎的研究の進展も不可欠である。

参考文献

- 1) Devine, K. J. and P. W. Jones (2000) : *Ann. Appl. Biol.* **137**: 21~29.
- 2) Mulder, J. G. et al. (1992) : Patent application No. PCT/NL92/00126.
- 3) 奈良部 孝 (2008) : *農業および園芸* **83**: 595~600.
- 4) Perry, R. N. (1998) : *Potato cyst nematodes*, CAB International, Wallingford, UK, pp.27~50.
- 5) ポテカル編集部 (2007) : *ポテカル* **30**: 41~42.
- 6) Scholte, K. (2000) : *Ann. Appl. Biol.* **136**: 239~246.
- 7) 山田英一ら (2007) : *日本線虫学会誌* **37**: 21~36.

(奈良部 孝 : 北海道農業研究センター)

将来技術 拮抗微生物を利用したジャガイモ粉状そうか病防除技術

1. はじめに

わが国の農業においてバレイショは重要な基幹作物であり、平成 18 年度の国内における作付面積は 86,600ha、生産量は水稲に次ぐ 2,635,000t で、その約 8 割が主産地である北海道で生産されている。バレイショの生産阻害要因のひとつに土壌病害があり、その対策として健全種いもの使用、適切な輪作年限の堅守、抵抗性品種の利用等が挙げられるほか、殺菌剤の使用も有力な手段の一つである。しかし近年農薬を含めた化学物質の環境への影響が懸念されるとともに消費者の安全な食糧供給に対する要望も高まりを見せており、農業現場においても病害防除ための農薬の使用を必要最小限にすることが求められている。このような現状のもとで、自然界から分離した病害抑制能を有する微生物を利用した生物防除法が改めて脚光を浴びつつある。生物防除の中で用いられる拮抗微生物は自然環境中に存在していたものであり、また宿主に対する親和性や対象病原菌に対する特異的な防除効果から、農業生態系への環境負荷は小さいと考えられ、これは消費者の食の安全へのニーズにも合致するものである。そこで、自然環境中からバレイショ根部に対する親和性と病害防除効果を併せ持った微生物を選抜し、その拮抗微生物の有効な施用条件の解明を通して、安全で環境への負荷が少なく、かつ効果の高い粉状そうか病防除技術を開発したので、将来技術として紹介する。

2. 対象病害と拮抗微生物

本稿で対象としたジャガイモ粉状そうか病は変形菌類の一種である *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* による土壌病害で、感染を受けた塊茎では周囲に表皮断片がひだ状に残った特徴的な瘡蓋状の病斑が形成され、塊茎の経済的価値を損なうため問題となる(中山, 2006)(図 1)。低温(17~19℃)、多湿条件下で病原菌の宿主への侵入が旺盛になることが知られており、塊茎形成期以降に冷涼・多



図 1 ジャガイモ粉状そうか病の病徴
(品種：男爵薯)

雨の年に多発する傾向がある。平成 20 年度北海道においては 6,254ha(作付面積の 11.0%)で発生が認められた。

本技術で利用した拮抗微生物は以下の方法により分離した。北海道内の主要なバレイショ栽培地域の粉状そうか病発生圃場 36 圃場より土壌を採取し、その圃場の孢子球密度、土壌の感染ポテンシャル(Nakayama et al., 2007)ならびに圃場における収穫物の発病程度から、本病に発病抑制的な性質(一定程度の感染ポテンシャルを示しつつ、発病度が低い)を示した北海道内 2 地点(二海郡八雲町内 1, 瀬棚郡今金町内 1)の土壌を拮抗微生物の分離源として選択

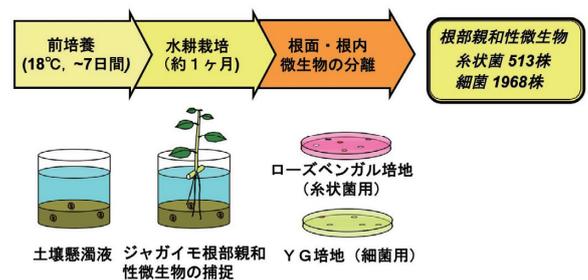


図 2 ジャガイモ根部親和性微生物の分離法

した。それらの土壌を懸濁した水耕培養液中でジャガイモメリクロン苗(男爵薯)を栽培後、回収した根の根面および根内部より細菌 1968 株、糸状菌 513 株を分離した(図 2)。これらの中から、ジャガイモ根部に拮抗菌候補菌株を前接種した後に粉状そうか病菌を後接種した場合の根部感染抑制効果(図 3)、さらに候補菌株を

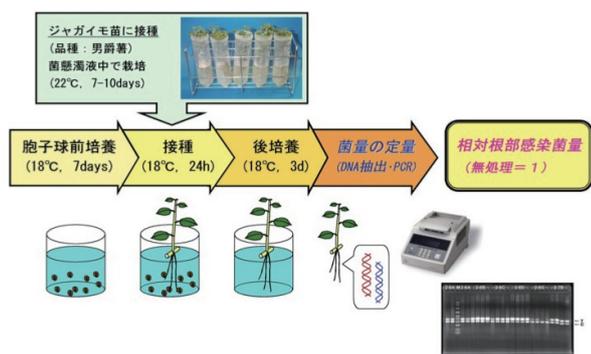


図3 ジャガイモ根部親和性微生物前接種による粉状そうか病菌根部感染抑制試験法

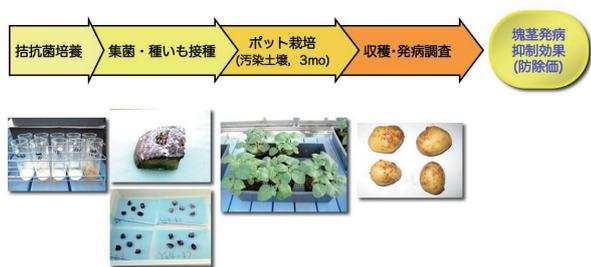


図4 拮抗微生物の種いも前接種処理による粉状そうか病発病抑制試験法

種いも粉衣処理して粉状そうか病菌汚染土壌に植え付けるポット試験 (図4) あるいは圃場試験での発病抑制効果(防除価)を指標に, 細菌3菌株 (B1, B2 および B3 株), および糸状菌4菌株 (F1, F2, F3 および F4 株) を選抜した (表1~4) (中山・島貫, 2005 ; 中山, 2008)。なお選抜された細菌ならびに糸状菌菌株は現在までのところ未同定である。

選抜した細菌は 10%グリセロール中に懸濁し

表1 拮抗細菌・糸状菌菌株の種いも粉衣処理による粉状そうか病防除効果 (ポット試験)

処理菌株	防除価 ¹
B1	72.1
B2	73.6
B3	59.3
F1	76.0
F2	97.0
F3	100
F4	100

5反復の平均値. 1:防除価=100-(処理区発病度)×(無処理区発病度)⁻¹×100

表2 拮抗細菌菌株の種いも粉衣処理による粉状そうか病防除効果 (2006年, 北農研圃場)

処理	収量 (kg)	上いも ¹ 率 (%)	病いも率 (%)	発病度 ²	防除価
B1	3.65	50.5	63.6	45.7	20.3
B2	3.78	42.1	67.2	45.4	20.7
B3	3.49	63.6	48.3	32.2	43.8
薬剤 ³	4.50	88.2	36.7	13.2	77.0
無処理	4.30	36.9	72.5	57.3	

2反復の平均値. 1:20g以上で, かつ粉状そうか病の発病指数が0(病斑なし)または1(病斑数1~3個)の塊茎. 以下本文・表中においても同様. 2:発病度=ΣnN_n×4N⁻¹×100, n=発病指数(0~4), N_n=指数nのいも数, N=調査いも数 3:フロンサイド水和剤(600g/10a)

て-85°Cで凍結保存, 糸状菌はスクロース・ジャガイモ煎汁寒天培地 (PSA) に移植し, 15°Cにて継代保存し, 使用時に適宜液体培地 (細菌:肉エキス培地, 糸状菌:PS培地等) で振とう培養し増殖後, 集菌, 洗浄した菌体を用いた。

3. 技術の概要

選抜した拮抗微生物を利用した生物防除法が現在のバレイショの栽培体系の中で利用されていくためには, 拮抗微生物処理を組み込むこと

表3 拮抗微生物の種いも粉衣処理による粉状そうか病防除効果と収量への影響 (2008年, 北農研圃場)

処理	総収量 (kg)	上いも収量 (kg)	上いも個数	上いも1個重 (g)	上いも率 (%)	病いも数	病いも率 (%)	発病度	防除価
無処理	9.44	4.93	77.0	64.0	68.1	48.5	42.9	27.5	
薬剤	8.80	7.47 (152) ¹	121.0 (157) ¹	61.7 (96) ¹	99.6	8.0	6.6	1.9	93.3
B1	9.04	6.58 (133)	68.5 (89)	96.1 (150)	77.1	31.0	32.6	18.7	32.1
B2	9.26	6.03 (122)	99.5 (129)	60.6 (95)	78.7	43.0	34.3	18.3	33.4
B3	9.02	4.78 (97)	64.5 (84)	74.0 (116)	70.2	42.0	43.7	26.0	5.6
F1 (菌体)	8.34	5.44 (110)	67.5 (88)	80.6 (126)	72.1	39.0	42.8	24.1	12.5
F2 (菌体)	8.49	6.18 (125)	77.0 (100)	80.3 (125)	85.6	26.0	26.2	12.8	53.6
F2 (孢子)	8.50	6.12 (124)	71.5 (93)	85.5 (134)	78.4	31.0	32.8	19.8	28.0
F3 (菌体)	8.70	6.76 (137)	78.5 (102)	86.1 (135)	82.5	27.0	27.8	16.5	40.0
F3 (孢子)	8.91	5.78 (117)	79.5 (103)	72.7 (114)	72.2	41.5	37.8	23.2	15.5
F4 (菌体)	9.34	5.56 (113)	74.0 (96)	75.1 (117)	62.7	60.5	51.3	31.2	-13.3

いずれも数値は2反復の平均値. 1:対無処理比 (無処理=100)

表4 拮抗微生物の種いも粉衣処理による粉状そうか病防除効果と収量への影響（2008年、北海道京極町現地農家圃場）

処理	総収量 (kg)	上いも収量 (kg)	上いも個数	上いも1個重 (g)	上いも率 (%)	病いも数	病いも率 (%)	発病度	防除価
無処理	25.2	9.2	89.0	103.4	68.1	176.3	77.1	52.5	
B2	23.7	10.2 (110) ¹	105.5 (119) ¹	96.2 (93) ¹	72.1	153.5	68.7	43.5	17.1
B3	26.7	12.1 (132)	116.5 (131)	103.9 (100)	99.6	169.0	70.9	41.3	21.3
F3 (孢子)	23.3	12.6 (137)	130.0 (146)	96.7 (93)	58.9	131.5	60.2	33.7	35.7
F4 (菌体)	24.8	12.5 (136)	124.0 (139)	100.7 (97)	61.8	130.0	58.4	30.0	42.9

いずれも数値は3反復の平均値。1：対無処理比（無処理=100）

による作業工程への影響が最小限であることが必須条件であると思われる。また、本項で対象病害とした粉状そうか病は土壌病害であることから、植え付けられた種いもが土壌中の病原菌に遭遇する前に拮抗微生物が既に存在し、病原菌の感染に対するバリアーの役割を果たしている状態であることが理想的である。以上のことを考慮すると、拮抗微生物の処理方法としては植付前の種いも粉衣処理が最適であると考えられる。図5に圃場試験に供試した拮抗微生物菌体による種いも粉衣処理方法を示した。培養液300 ml から得られる菌体をホモジナイズ後、水で約50 ml の懸濁液とする。拮抗糸状菌を孢子で接種する場合は、PDA 寒天平板培地で菌株を散光下で1ヶ月間培養後、蒸留水で孢子を回収

して孢子懸濁液とする。種いもは4月上旬より網室内で約1ヶ月間浴光催芽を行い、切断、キュアリング後に拮抗菌粉衣処理を行う。選抜された拮抗微生物を種いも粉衣処理して植え付けることにより、粉状そうか病の発病が軽減され、無処理と比較して上いも収量、上いも個数ならびに上いも率が改善される（表3および4、図6；上いもについては表2注参照）。



図6 拮抗糸状菌 F2 および F3 株の種いも浸漬処理による粉状そうか病発病抑制効果(2008年、北農研圃場)

A:無処理, B:薬剤(フルジナム水和剤 600g/10a), C:F2株菌体粉衣処理, D:F3株菌体粉衣処理。数字は発病指数(0:病斑なし~4:病斑数21個以上)

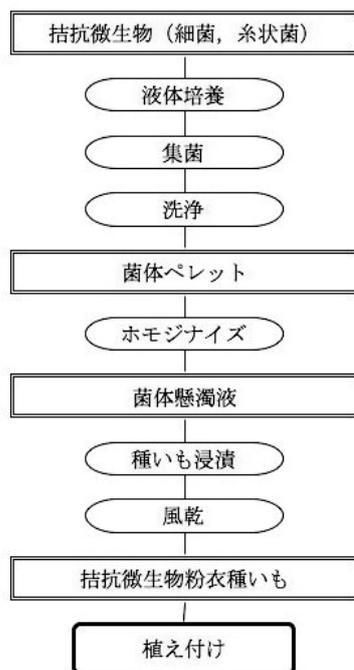


図5 拮抗微生物菌体による種いも粉衣処理方法

留意点として、選抜した拮抗微生物については、北海道農業研究センター圃場ならびに北海道京極町現地農家圃場において、男爵薯に種いも粉衣処理した場合の粉状そうか病発病抑制効果を確認したものであるため、他地域あるいは他品種における適合性については別途確認しておく必要がある点があげられる。また甚発生条件下では、拮抗微生物処理によって十分な防除

効果が得られないことが予想されるため、予め圃場の感染ポテンシャル評価(Nakayama et al., 2007)等を行い、甚発生が予想される圃場においては拮抗微生物処理ではなく殺菌剤土壌施用による防除を採用する等の対応を考える必要がある。本項で選抜した拮抗細菌菌株を処理した場合に、出芽がやや遅延し、初期生育が遅れる傾向が認められている。このことから拮抗微生物の種いも処理に際しては、浴光育芽を十分にを行った種いもを用いることが重要である。

4. 今後の技術開発の方向

今後、選抜した拮抗微生物菌株の同定を速やかに完了させ、この結果をもとに接種方法、接種菌量等の条件を最適化するとともに、拮抗微生物が他のバレイショ土壌病害に対する発病抑制効果を有するかどうかについても検討を進める。本稿で示した結果は小規模圃場試験レベルでのものであり、将来的な実用化を見据え、大規模培養法や大規模種いも処理法、ならびに拮抗微生物の製剤化等を検討していく必要がある。また、発病抑制効果のある糸状菌のうちの複数の菌株が粉状そうか病菌の根部感染阻害物質を生産することを示唆する結果が得られていることから(中山, 2008), それらの物質的な解明とともに、拮抗微生物による粉状そうか病抑制の作用機構を解明することにより、拮抗微生物処理による防除効果の向上,あるいは活性物質自体を利用した防除技術の開発への展開が期待できる。

参考文献

- 1) 中山 尊登 (2006) : 最新 農業技術事典 NAROPEDIA, 農山漁村文化協会, 東京, 1396pp.
- 2) Nakayama, T. et al. (2007) : J. Gen. Plant Pathol. **73**:229~234.
- 3) 中山 尊登 (2008) : 日植病報 **74**:189 (講要).
- 4) ———・島貫忠幸 (2005) : 同上 **71**: 285 ~286 (講要) .

(中山 尊登 : 北海道農業研究センター)

将来技術 拮抗微生物を利用したジャガイモそうか病防除技術

1. はじめに

ジャガイモそうか病は防除が難しい土壌病害である。病原菌は *Streptomyces* 属の放線菌であり、北海道では、種の異なるそうか病菌、*S. scabies* および *S. turgidiscabies* が、前者は道央以南、後者は道東にそれぞれ分布する（田中ら、1995）。

そうか病防除のため、北海道では、化学農薬による種芋消毒のほか、輪作、休閒緑肥栽培、土壌酸度調整、土壌水分調整など様々な対策が講じられているが、十分な防除効果は得られていない。また、抵抗性品種の育成も精力的に行われており、そうか病抵抗性が極強の生食用品種「ユキラシャ」や強の「スノーマーチ」が育成され、そうか病甚発生圃場でもバレイショの栽培が可能となっているが、「男爵薯」や「メイクイン」などの抵抗性が極めて弱い従来品種の栽培を望む声は依然として高い。

小規模畑作である暖地においては、化学農薬を用いた土壌消毒によりそうか病防除が可能である。しかし土壌消毒は、防除効果は高いが、生態系や人体への悪影響が懸念される。そこで、拮抗微生物（*Trichoderma* 属の糸状菌）を利用した資材が開発され、そうか病防除に一定の効果を上げている。しかしながら、北海道では本菌による防除効果は認められず、寒地においても適用可能な微生物資材の開発が望まれている。そこで、野生エンバク圃場から分離した拮抗微生物を利用した防除技術を開発したので、将来技術としてその概要を紹介する。

2. 対象病害と作用機作

野生エンバクの休閒緑肥栽培により、ジャガイモそうか病の発生が軽減される（佐久間ら、2002）。野生エンバク栽培土壌では、アズキ落葉病やトマト半身萎凋病など他の土壌病害の発生も軽減され、発病抑制には根圏微生物が関与している可能性が示唆されている（森本ら、2000；福原ら、2001；小長井ら、2005）。そこで、野生エンバク栽培圃場から、細菌、放線菌、糸状菌

など様々な微生物を分離し、これら微生物の培養物をそうか病人工汚染土壌（*S. turgidiscabies* 菌）に混合し、ポットに詰めてバレイショを栽培し、新生塊茎のそうか病発病程度を調査した。その結果選抜された、そうか病の発病を顕著に抑制する拮抗菌（*Streptomyces* 属の放線菌）をそうか病防除に利用する（図1；小林ら、2006）。



図1 拮抗菌を混合（右）または混合していない（左）そうか病人工汚染土壌で栽培したバレイショの病徴

本菌は、デンプン寒天培地上でそうか病菌（*S. turgidiscabies* および *S. scabies*）に対し生育阻止帯を形成するため、そうか病菌の生育を阻害する物質を産生すると考えられる。土壌中においても同様の物質を産生しているかは不明である。

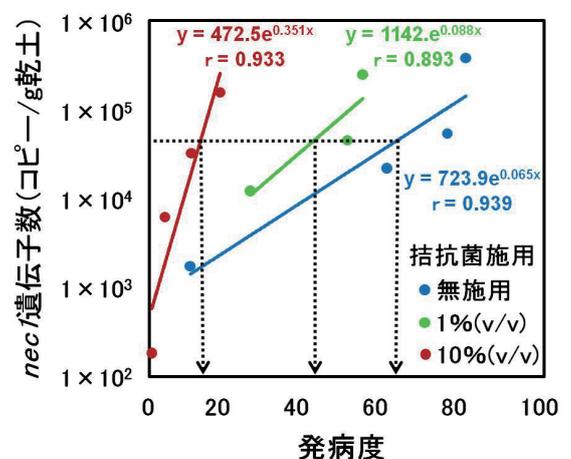


図2 拮抗菌を異なる濃度で施用した時のそうか病菌量（*nec1* 遺伝子数）と発病度の相関

また、そうか病菌 (*S. turgidiscabies*) 量の異なる人工汚染土壌に本菌を施用してバレイショを栽培し、根圏土壌中に存在するそうか病菌量 (*nec1* 遺伝子数) を競合的 Qprobe-PCR 法 (Koyama et al., 2006) により測定した結果、本菌の施用量が多い区では、そうか病菌量が多くとも発病が軽減されたことから、本菌は、そうか病菌量を減少させずに発病を抑制するものと考えられる (図 2; 小林晃ら, 2008)。

本菌のイースト・麦芽寒天培地上における生育可能 pH ならびに温度は、2 種のそうか病菌 (*S. turgidiscabies* および *S. scabies*) と同様に広範囲であることから、本菌は、自然界においてもそうか病菌が生息している環境に適合して生育できる可能性があり、そうか病防除資材として有利である可能性が考えられる (表 1)。

表 1 そうか病菌と拮抗菌の生育可能な培養条件

菌名	pH	温度(°C)
<i>S. turgidiscabies</i> 菌	4.5~9	5~30
<i>S. scabies</i> 菌	5~9	15~35
拮抗菌	4.5~9	10~35

3. 技術の概要

ポット栽培試験では、そうか病人工汚染土壌 (*S. turgidiscabies* 菌) にバーミキュライト・オートミール培地で培養した本菌を 10% (体積) 量混合することにより高い発病抑制効果が得られた (図 3; 小林有紀ら, 2008)。

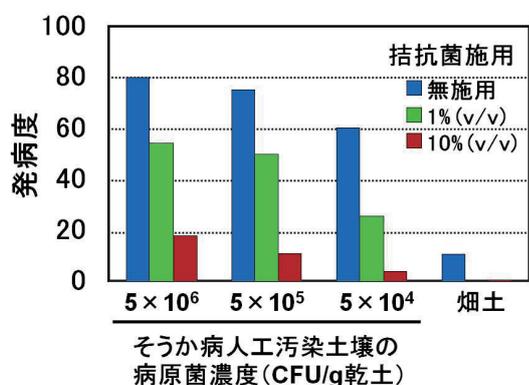


図 3 拮抗菌の施用濃度とそうか病発病抑制効果

そうか病人工汚染圃場 (*S. turgidiscabies* 菌) における栽培試験では、同様の培地で培養した本菌を、バレイショ植付け時に、畝に 10% (体積) 量混合することにより発病が軽減された (図 4)。

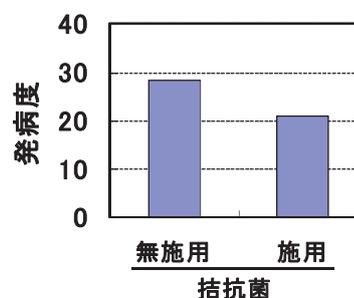


図 4 そうか病汚染圃場における拮抗菌のそうか病防除効果

4. 今後の技術開発の方向

本菌の施用のみで化学農薬と同等の防除効果を得ることは、これまでの生物防除の実施例から推察すると難しい可能性もあるため、他の防除技術との併用も視野に入れた、総合的なそうか病防除技術の確立を目指す。

技術の確立にあたり、本菌の特性や発病抑制機構を明らかにし、それに基づく効果的な施用方法を開発すること、および、本菌の資材化技術を開発し、*S. turgidiscabies* および *S. scabies* 菌により発生するそうか病の防除効果を圃場レベルで実証することが今後の課題となる。

参考文献

- 1) 田中文夫ら (1995): 日植病報 61:647~648.
- 2) 佐久間太ら (2002): 同上 68:203.
- 3) 森本晶ら (2000): 同上 66:309.
- 4) 福原暢一郎ら (2001): 同上 67:193.
- 5) 小長井健ら (2005): 同上 71:101~110.
- 6) 小林有紀ら (2006): 同上 72:269.
- 7) Koyama, O. et al (2006): Microbes Environ. 21:185~188.
- 8) 小林晃ら (2008): 日植病報 74:277.
- 9) 小林有紀ら (2008): 同上 74:277.

(小林有紀・小林晃・竹中重仁: 北海道農業研究センター)

将来技術 抵抗性誘導物質を利用したテンサイ褐斑病の防除

1. はじめに

土壤中に生息する糸状菌の一種である *Pythium oligandrum* (P0) は病原菌ではないが、多くの作物の根圏に定着する。そして、本菌が根圏に定着した作物は、定着していない作物に比べて病害に対して抵抗性を示す。このP0による「抵抗性誘導」の作用機作に関しては、まだ実験的に十分証明されていないが、おそらく、P0が作物の根圏に定着した際に、作物がP0のある物質を「異物」として認識し、作物自身の防除システムを事前に活性化させるために、その後病原菌の攻撃を受けても被害が軽減されるものと推察されている。このP0による「抵抗性誘導」は、(1)スペクトルが広く多くの病原菌に効果が期待できる点、(2)本来作物が持っている防御システムを利用するため、化学合成殺菌剤に比べて安全性が高い点から、環境負荷低減型の病害防除技術開発のための強力な武器として注目されている。このP0の「抵抗性誘導を引き起こす物質」の一つが、P0の菌体表面に存在する細胞壁タンパク質（以下これをCWPと称する）である。実際にこのCWPをP0より抽出し、各種作物の根や葉に処理すると抵抗性が誘導され、病害による被害が軽減される。

北海道の基幹畑作物の一つであるテンサイにとって、毎年恒常的に発生し糖収量に影響を与える「テンサイ褐斑病」が重要病害であり、その防除に年3~4回も化学合成殺菌剤を散布している。そこで、環境負荷低減型の病害防除の観点から、直接的に褐斑病菌に作用する化学合成殺菌剤の代替資材として、テンサイに褐斑病に対する抵抗性を誘導させて本病による被害を軽減させるP0のCWPによる防除技術を将来技術として紹介する。

2. CWPの作用機作

(1) CWPの特性

P0のCWPは菌体表面に大量に含まれる細胞壁タンパク質で、その組成を電気泳動法により分析してみると、2種の主要なタンパク質(POD-1とPOD-2

と呼ばれている)から構成されている(図1)。両タンパク質は約15%の糖鎖を含む糖タンパク質で、両者のアミノ酸配列の相同性は83%と非常に高く、この共通のタンパク質部分が作物に「異物」として認識され、抵抗性誘導の引き金になっているものと考えられている。

P0のCWPは菌体中に大量に含まれるため、培養したP0菌体から比較的容易に大量生成が可能である。具体的な抽出法は、はじめにV8ジュース液体培地(キャンベル社のV8ジュース100ml/L、CaCO₃ 1.5g/L)で培養したP0菌体を凍結させ、

液体窒素で細かく粉砕する。これに5 mMのメルカプトエタノールを含む50 mM トリス緩衝液(pH 7.2)を菌体重の5倍容、ガラスビーズを

5/3倍容加えて、低温条件下のホモジナイザーで14,000rpm, 20分程度さらに磨砕して菌体残渣を得る。この菌体残渣を上記緩衝液できれいに洗浄して「P0の細胞壁画分」(ガラスビーズは混入したままで構わない)を得る。この「細胞壁画分」にもとの菌体重の8/3倍容の溶出緩衝液(0.5 Mの塩化カルシウムを含む上記緩衝液)を加え、低温条件下で一晩振とうし、CWPを細胞壁画分から溶出させる。翌日、CWPを遠心分離により回収し、塩化カルシウムを除去するため、蒸留水中で透析し、凍結乾燥させたものがCWP標品である。本抽出法により、P0の菌体重1gからCWP標品が平均で約3 mg抽出できる。

(2) CWPによるテンサイの抵抗性誘導機構

CWPをテンサイに事前に処理すると、テンサイの

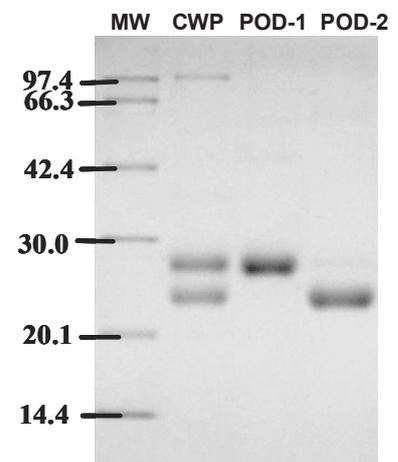


図1 P0のCWPの電気泳動像

防御応答に係るいろいろな遺伝子の発現が誘導され、その後に病原菌が感染しても無処理の場合に比べて明らかに被害が軽減される。CWPにより顕著に誘導される遺伝子として、①Respiratory burst oxidase (RBO)、②Oxylate oxidase-like germin (OxOLG)といった活性酸素の生成に関連する酵素の遺伝子がある。植物は通常外敵から身を守るために、活性酸素を生成する。この活性酸素は病原菌に対する殺菌効果、病原菌の侵入を阻止するために自分の細胞壁を肥厚させる効果、あるいは外敵に素早く反応するためのシグナル物質としての効果があると言われている。しかし、活性酸素が出続けると植物体自体にも悪影響を与えるため、③Glutathione S-transferase (GST)といった解毒酵素の遺伝子も誘導される。さらに、外敵の侵入の情報伝達に関係していると考えられている④Receptor-like serine/threonine kinase (STK)の遺伝子や、病原菌の蔓延を阻止するため植物が抗菌物質やリグニン物質等を合成するための2次代謝経路に関連する⑤5-enolpyruvyl shikimate-phosphate synthase (EPSPS)、⑥Phenylalanine ammonia-lyase (PAL)、⑦Aspartate aminotransferase (AAT)、脂質合成に関与する⑧Acetyl-CoA carboxylase (ACC)のような各種酵素の遺伝子、および⑨病原菌の溶菌酵素の一つである β -1,3glucanase (Glu)といった遺伝子もCWP処理により誘導される。

例えば、上記のCWP標品を蒸留水に2mg/mlの濃度で溶解させ、その水溶液に23℃の陽光定温器で3週間育生したテンサイ幼苗の根を浸漬し、処理2~48時間後のテンサイの茎と根からRNAを抽出し、特定の遺伝子の発現をノーザンブロット法で可視化させて解析してみると、単に蒸留水(DW)を処理したテンサイに比べて、CWPを処理したテンサイでは上記の防御関連遺伝子の発現が顕著に誘導される(図2)。また、テンサイ葉にCWPを噴霧処理して葉における防御関連遺伝子の発現を解析した場合も、CWP処理により顕著にこれら遺伝子の発現が誘導される。これらの遺伝子の発現パターンは遺伝子の種類により異なり、RBOは処理2~48h後にCWP処理の方が常にDW処理に比べて強く発現する。また、GSTは処理2~4h後に一回目の発現ピークがあり、その後24h後に

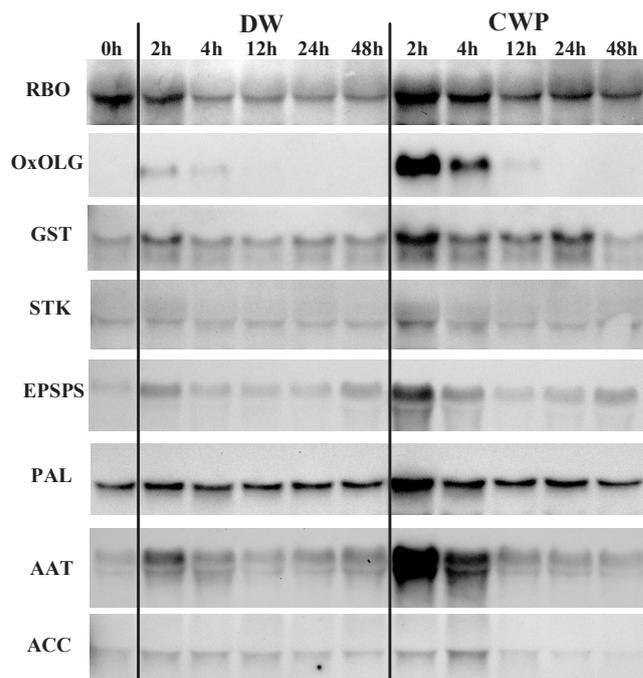


図2 CWP処理によるテンサイの防御関連遺伝子の発現解析



図3 CWPによるテンサイ褐斑病菌の生育阻害試験

もう一度ピークが認められる発現パターンを示すが、常にCWP処理の方がDW処理より強く発現する。その他の遺伝子に関しては、処理2~4h後にCWP処理で強く発現が誘導され、その後は発現量が低下してDW処理と同じレベルになる。これら発現パターンから、CWPによる誘導抵抗性は植物の防御関連遺伝子を常に発現させて無駄にエネルギーを消耗させるのではなく、病原菌の攻撃を受けた際に瞬時に反応できるように植物の防除システムを励起させておく働きをしていると考えられている。このCWPには殺菌効果がなく、テンサイ褐斑病菌の菌体の近くにCWPを吸収させたディスクを置き

でも殺菌剤であるジフェノコナゾール(DMI)のような菌糸の生育阻害効果を示さない(図3)。

(2)CWP処理後のテンサイ各組織におけるCWPの挙動

23°Cの陽光定温器で3週間育生したテンサイの根にCWP水溶液(2mg/ml)を浸漬して、所定の時間後にCWPのみを緑色に光らせる蛍光抗体染色法によりCWPの挙動を観察してみると、CWPは根を水洗しても少なくとも処理48時間後までは根にしっかりと吸着している(図4)。また、上記のテンサイ

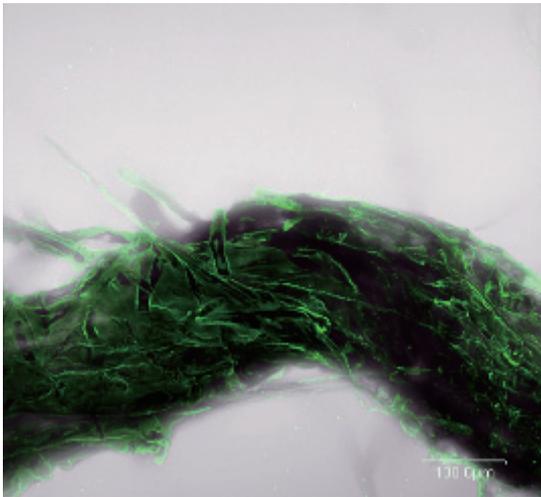


図4 CWP処理後のテンサイ根部表面の蛍光抗体染色法による観察

いの葉に100 μ g/mlのCWP水溶液を1個体あたり2mlずつ噴霧処理して、処理後のCWPのテンサイ葉面における挙動を、CWPのみを可視化させるウェスタンブロット法により検出してみると、CWPは葉面に吸着して処理後4~48時間のいずれからも検出される(図5)。また、CWP水溶液をセルロース粉末と混合して一定の間培養して、反応液を上清部(S)とセルロースが存在する沈殿部(P)に分けて、CWPがどちらから検出されるかをウ

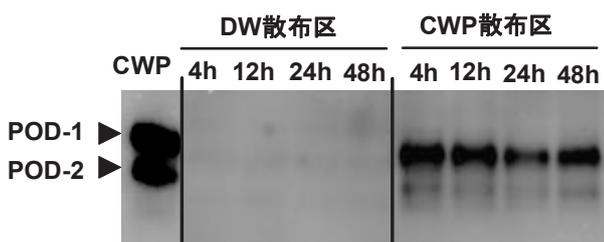


図5 CWPを葉面散布した後のテンサイ葉からのCWPの検出

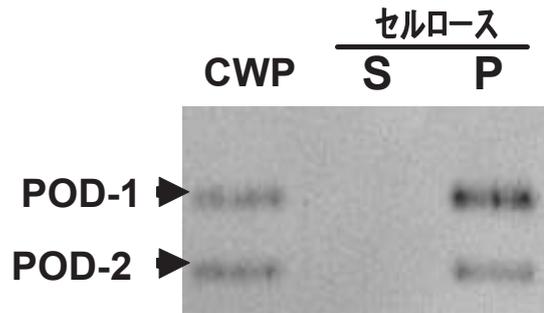


図6 CWPのセルロース粉末への結合能力の検定

スタンブロット法により解析してみると、CWPはセルロース結合能力を持っているため、セルロースの存在する沈殿部からのみ検出される(図6)。

以上のように、POのCWPはセルロース結合能力という特性により、セルロースを多量に含むテンサイの根や葉組織にかなり安定的に結合する。その結果、テンサイに「異物」認識されて、テンサイが有している防御システムを活性化させることにより、抵抗性誘導を引き起こしていると考えられている。CWPによる抵抗性誘導はテンサイ以外の作物として、イネ、コムギ、トマト、ジャガイモでも働くことが確認されている。

3. 技術の概要

CWPをテンサイの葉面に殺菌剤と同様に噴霧処理することにより、テンサイ褐斑病の被害を抑制することができる。具体的なポット試験と圃場試験の事例を以下に示す。

(1)ポット試験の事例

葉数が約13枚になるまでポットで約8週間栽培したテンサイ(品種:えとびりか)に10 μ g/mlあるいは100 μ g/ml濃度のCWP水溶液を1個体あたり10mlずつ葉面散布する。対照として、DWあるいは褐斑病の登録薬剤であるジフェノコナゾール3000倍液を同様に1個体あたり10mlずつ葉面散布する。24時間後に褐斑病菌の分生孢子懸濁液(5,000個/ml)を1個体あたり10mlずつこれらテンサイの葉面に接種して、接種2週間後に発病指数(株ごとに下記の6段階で評価、0:ほとんど発病を認めない、1:成葉に病斑が散見される、2:成葉の大半に病斑が散生し大型病斑も混在する、3:成葉のほとんどが発病し、部分的に壊死が認められる、4:ほとんど枯死した成葉が

認められる、5:成葉の大半が枯死し、新葉の発生が目立つ)を調査してみると、CWP処理はDW処理に比べて明らかに褐斑病による発病指数を軽減し、ジフェノコナゾール並の防除効果を示す(図7)。接種3週間後ではジフェノコナゾールに比べると防除効果は劣るが、依然としてDW処理より被害が低く抑えられる。CWPの処理濃度に関しては、10 μ g/mlと100 μ g/mlでその効果に差異はなく、これ以上濃度を高めても防除効果の著しい向上はないものと思われる。

(3) 圃場試験の事例

4月23日の移植栽培により圃場で栽培したテンサイ(品種:えとぴりか)に10 μ g/ml濃度のCWP水溶液を1個体あたり10mlずつ2回(7月10日,7月26日)あるいは3回(7月10日,7月26日,8月8日)葉面散布する。対照として、褐斑病の登録薬剤であるマンゼブ500倍液(7月26日)とジフェノコナゾール2,500倍液(8月8日)を同様に1個体あたり10mlずつ葉面散布する。褐斑病罹病葉を土と混合し7月上旬に圃場に散布して均一に褐斑病を発生させる。8月18日に発病指数を調査してみると、CWPの2回あるいは3回処理は無処理に比べて褐斑病による発病指数を有意に軽減し、ジフェノコナゾール並の防除効果を示す(表1)。

CWPは褐斑病菌以外にもテンサイの病害に効果があり、CWPをテンサイの根に浸漬処理することにより、*Rhizoctonia solanini*や*Apahnomycos cochlioides*による苗立枯病を抑制することができる。POのCWPは通常の酵素溶液等に比べれば、かなり安定なタンパク質ではあるが、使用の際は処理直前に凍結乾燥標品を必要量のみ溶解して、できるだけすべてを使い切ることが望ましい。もし、あまりがでた場合は冷凍保存する必要がある。また、CWPには予防効果はあるが治癒効果はないので、病害発生前に散布する必要がある。

4. 今後の技術開発の方向

今後、POのCWPを抵抗性誘導剤として実用化させるためには、低コストな大量抽出法の開発が必要である。また、民間企業と連携して本物質の農薬登録を取得する必要がある。

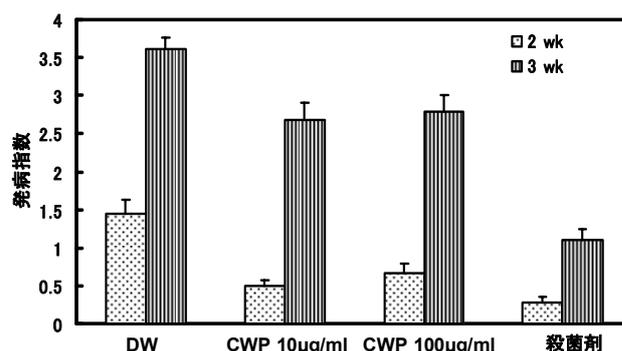


図7 CWPの葉面散布によるテンサイ褐斑病の抑制効果(ポット試験) 殺菌剤としてジフェノコナゾールを使用。

表1 CWPの葉面散布によるテンサイ褐斑病の抑制効果(圃場試験)

処理区	発病指数
無処理	1.34 a
CWP2回散布	1.19 b
CWP3回散布	1.15 bc
農薬散布	1.05 c

注)異なる英文字は5%の有意水準で統計的に異なる

(竹中重仁:北海道農業研究センター)