

特集：ピシウム病害

近年発生頻度の高い高温性ピシウムの特徴

岐阜大学流域圏科学研究センター 景 山 幸 二

はじめに

近年, *Pythium aphanidermatum*, *P. helicoides* および *P. myriotylum* を代表とする高温性のピシウム属菌による病害が多く見られ, 伝染能力が高いことから重大な被害をもたらしている。ここではこれら 3 種について, 発病例, 菌の特性, 生態について述べる。

I 高温性ピシウム属菌による病害

P. aphanidermatum は 1932 年にタバコで最初の報告があり, ピシウム属菌の中でも古くから重要な病原菌として知られている。*P. myriotylum* は 1970 年サトイモの病原菌として報告されたのが最初で, それ以降それほど大きな問題となる病原菌ではなかった。*P. helicoides* は, 本種の存在自体を含めて 1996 年に岐阜県のミニバラで根腐病の病原菌として我が国で初めて発見された (KAGEYAMA et al., 2002)。農業生物資源研究所ジーンバンクの植物病名データベースにより検索した最近 15 年間の新病害として報告されたものを表-1 に示した。1995 年以前と比較すると, 3 種ともこの 15 年間で登録病害数が激増している。

病害例を見ていくといくつかの特徴に気づく。キーワードとして, 花き類, 鉢物, 養液栽培が挙げられ, 農業形態の変化に伴い新しい病害が発生してきていることが推察される。また, 冷涼な地域から導入された花き類は, 高温多湿な気候に適応できていないのに加えて, 高温多湿条件下で活性が高くなる高温性ピシウム属菌により病害を受けやすい。カーネーション, カランコエ, スイトピーでは 3 種中 2 種, アルストロメリアでは 3 種すべてによる病害が報告されている。

最近の病徴を見ると, これまで一般的であった苗立枯だけでなく, 成長した植物体に対しても根腐, さらに最終的に枯死まで引き起こす例が多い。このことは, 発病最適条件では病原力が他のピシウム属菌より強い傾向にあることを示している。また, 菌の生育速度が速く病徴

の進展が速いため, 特に根の伸長が制限されている鉢物栽培では根の再生の余地がないことにも関係していると思われる。

II 形態的特徴

無性器官は, *P. aphanidermatum* と *P. myriotylum* はともに膨潤した胞子のう (図-1-1, 2, 9), *P. helicoides* は球型から楕円型, 卵型の胞子のうを形成する (図-1-5, 6)。*P. helicoides* の胞子のうは乳頭状突起があり (図-1-5), 増殖性であることから, *Phytophthora* 属菌と間違われる場合がある。しかし, 遊走子は胞子のうから形成された球のう内に形成されることから区別できる (図-1-6)。

有性器官は, 3 種とも表面平滑で比較的大きな造卵器を形成する (図-1-3, 4, 7, 8, 12, 13)。卵胞子はいずれも非充満性である。造精器は, それぞれ特徴的な形態をしており, *P. aphanidermatum* は間生で大きな造精器を形成することが特徴である (図-1-3, 4)。*P. myriotylum* の造精器は, *P. aphanidermatum* より小さく, 頂生で造卵器に多く付着している (図-1-12, 13)。*P. helicoides* は, 長い円筒型の造精器が造卵器を覆うようにして付着している (図-1-7, 8)。また, *P. helicoides* には有性器官を形成しない系統もあるので注意が必要である (KAGEYAMA et al., 2003)。乳頭状突起のある球形胞子のうを形成することから, van der PLAATS-NITERINK (1981) の検索表によると Group P になる。しかし, すべての Group P が *P. helicoides* ではないので, 後述する生育温度特性, rDNA ITS 領域の分析あるいは種特異プライマーを用いた PCR により判別する必要がある。

III 生育特性

3 種とも最適生育温度は 35℃～40℃であり, ピシウム属だけでなく糸状菌一般の生育高温限界が最適温度になっている。また, 最高生育温度は 40℃以上あり, まさに高温性菌といえる。一方, 最低生育温度は意外に低く, *P. aphanidermatum* では 10℃, 他の 2 種では 5℃であり, 生育可能温度は著しく広い。生育速度は, 3 種とも 25℃, 24 時間で 30 mm 前後, 最適温度での生育は 35 mm を超える速い生育速度である。この速さは一般

Characteristics of High-Temperature-Growing *Pythium* Species
Nowadays Frequently Occurring Disease. By Koji KAGEYAMA

(キーワード: *Pythium aphanidermatum*, *Pythium helicoides*,
Pythium myriotylum, 養液栽培)

表-1 過去 15 年間に報告された高温性ピシウム属菌による病害

宿主	病名	発生県	栽培法	
<i>Pythium aphanidermatum</i>				
キャベツ	ピシウム腐敗病	香川		森 充隆ら (1996): 関東病虫研報 43: 63.
トリトマ	苗立枯病	三重		庄内玲子ら (1999): 関西病虫研報 41: 67 ~ 68.
アルストロメリア	根茎腐敗病	東京	鉢物	竹内 純・堀江博道 (1999): 日植病報 65: 410.
オユコ	腰折病	香川		富岡啓介ら (2000): 日植病報 66: 301.
スイカ	綿腐病	三重		窪田昌春・我孫子和雄 (2000): 関西病虫研報 42: 90.
スイートピー	立枯病	宮崎		松浦 明ら (2001): 日植病報 67: 162.
ウルクス	腰折病	香川		トモイカ, K. et al. (2002): J. Gen. Plant Pathol. 68: 189 ~ 190.
デルフィニウム	苗立枯病	宮崎	鉢物	泥谷公子ら (2002): 日植病報 68: 186.
タイサイ類	ピシウム腐敗病	岡山		谷名光治ら (2002): 日植病報 68: 187.
ハクサイ	ピシウム腐敗病	茨城		重松辰郎ら (2005): 日植病報 71: 211.
マツバギク	ピシウム腐敗病	静岡		河原崎秀志ら (2005): 日植病報 71: 210.
ツルムラサキ	腐敗病	徳島		東條元昭ら (2006): 日植病報 72: 206.
ベニバナインゲン	綿腐病	茨城		青木一美ら (2007): 日植病報 73: 182.
ポインセチア	根腐病	岐阜	鉢物	渡辺秀樹ら (2008): 日植病報 74: 178.
キク	ピシウム立枯病	鹿児島		築尾嘉章ら (2008): 日植病報 74: 177, 2008
<i>Pythium helicoides</i>				
バラ類	根腐病	岐阜	鉢物	景山幸二ら (1998): 日植病報 64: 629.
カランコエ	根腐病	岐阜	鉢物	渡辺秀樹ら (2002): 日植病報 68: 77.
キウイフルーツ	根腐病	愛媛		清水伸一ら (2005): 日植病報 71: 210.
イチゴ	ピシウム根腐病	静岡		鈴木幹彦ら (2005): 日植病報 71: 209.
キク	根腐病	香川		TSUKIBOSHI et al. (2007): J. Gen. Plant Pathol. 73: 293 ~ 296.
エリカ類	根腐病	山梨	鉢物	舟久保太一ら (2009): 日植病報 75: 186.
ベゴニア	根腐病	岐阜	鉢物	宮崎暁喜ら (2009): 関西病虫研報 51: 53.
ガーベラ	ピシウム根腐病	静岡	鉢物	鈴木幹彦ら (2009): 日植病報 75: 237.
アルストロメリア	根茎腐敗病	山形	鉢物	菅原 敬ら (2010): 日植病報 76: 44.
<i>Pythium myriotylum</i>				
スイートピー	立枯病	宮崎		松浦 明ら (2001): 日植病報 67: 162.
ベルゲランツス	腐敗病	香川	鉢物	富岡啓介・佐藤豊三 (2001): 日植病報 67: 162.
シュンギク	立枯病	大阪	水耕	瓦谷光男ら (2002): 日植病報 68: 313 ~ 317.
カランコエ	根腐病	岐阜	鉢物	渡辺秀樹ら (2002): 日植病報 68: 77.
アズキ	ピシウム苗立枯病	北海道		岡田 貴ら (2003): 日植病報 69: 75.
インゲンマメ	苗立枯病	北海道		的場百合香ら (2004): 日植病報 70: 214.
ベニバナインゲン	茎根腐病	奈良		渡邊 健・東條元昭 (2006): 日植病報 72: 52.
ムラサキオモト	株腐病	静岡	鉢物	鈴木幹彦ら (2008): 関東病虫研報 55: 85.
クルクマ	立枯病	静岡		鈴木幹彦ら (2008): 日植病報 74: 178.
ネメシア	立枯病	福岡	鉢物	梶谷裕二・景山幸二 (2008): 日植病報 74: 27.
ベチュニア	立枯病	大阪		岡田清嗣ら (2008): 日植病報 74: 177.
カーネーション	根腐病	千葉		植松清次ら (2008): 関東病虫研報 55: 191.
ナス	根腐病	大阪	水耕	岡田清嗣ら (2009): 関西病虫研報 51: 69.
ブーバルジア	根腐病	東京	鉢物	竹内 純ら (2009): 日植病報 75: 51.
アルストロメリア	根茎腐敗病	山形	鉢物	菅原 敬ら (2010): 日植病報 76: 44.
ウツギ	立枯病	愛知		三宅律幸ら (2010): 日植病報 76: 65.

糸状菌を含めても極めて速い。したがって、これらの生育温度特性は種の同定にも重要な要素である。

P. helicoides では遊走子形成温度が調べられている。菌糸生育より低い傾向にあり、15℃～35℃で形成が見られ、最適形成温度は25℃～30℃である (KAGEYAMA et al., 2002)。

IV 分子生物学的特徴

最近、rDNA ITS 領域の塩基配列と形態的特徴をあわせて同定することが多くなっている。塩基配列の相同性検索で重要なことは検索結果の見方である。相同性の高い種があっても、その菌株の同定が間違っていれば意

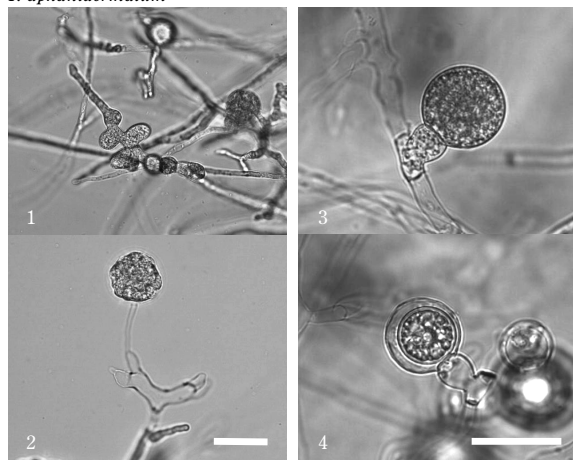
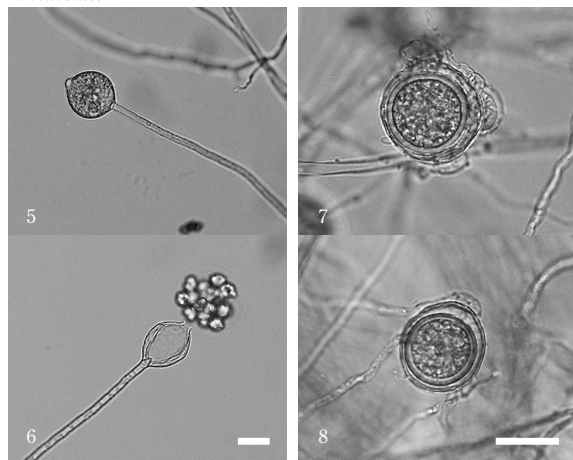
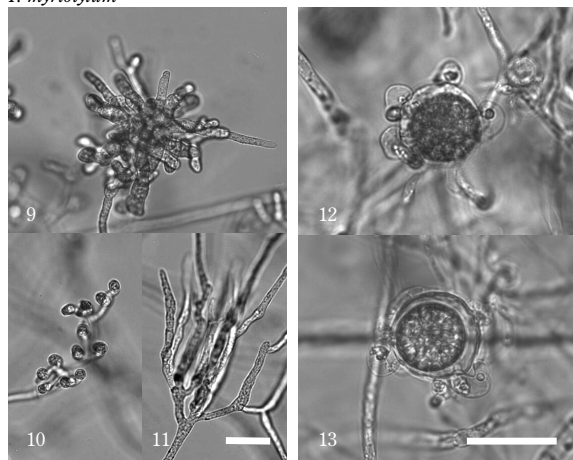
P. aphanidermatum*P. helicoides**P. myriotylum*

図-1 高温性ピシウム属菌の形態

1, 2, 5, 6, 9: 胞子のう; 10, 11: 吸器; 2, 4, 7, 8, 12, 13: 造卵器, 造精器, 卵胞子; Bars = 30 μ m

味がないため、その判断に注意が必要である。現在、ピシウム属菌で信頼性の高い菌株は CBS (Centraalbureau voor Schimmelcultures) の菌株で、ピシウム属菌の形態同定で世界的に使われている van der PLAATS-NITERINK (1981) のモノグラフに出てくる菌株が保存されている。LÉVESQUE and de COCK (2004) は、これらの菌株を用いてピシウム属菌の分子系統解析を行い、そのときに用いた塩基配列が DNA データベースに登録されている。したがって、同定菌株の塩基配列が CBS 菌株の塩基配列と相同性が高ければ、同定の候補として信頼度が高い。

P. helicoides および *P. aphanidermatum* を対象とした場合、注意すべきことがある。*P. helicoides* の場合、ITS 領域には種内だけでなく菌株内多型が見つけられている (KAGEYAMA et al., 2007)。菌株内多型があると、一般に塩基配列を調べる方法として使われているダイレクトシーケンス法では塩基配列を決定することはできない。これは、ITS 領域の PCR 産物の中に塩基配列の一部異なるものが混在していることが原因である。このような場合は ITS 領域の PCR 産物 1 分子をクローニングにより拾って塩基配列を調べなければならない。ミトコンドリアのシトクロムオキシダーゼ遺伝子 II (*cox II*) の塩基配列には菌株内変異はなく、本種の同定に有効である。

一方、*P. myriotylum* については本菌の ITS 領域の塩基配列が *P. zingiberis* の塩基配列に似ており、*P. myriotylum* の塩基配列の種内変異内であることに注意しなければならない。景山ら (2010) は、形態的特徴、ITS 領域の塩基配列および RAPD-PCR による系統分析から *P. zingiberis* は、*P. myriotylum* の異名同種 (synonym) である可能性を示唆した。現在、病原性の差異について検討している。

V 生態的特徴

生態的特徴として注目しなければいけないのが、土壌伝染だけでなく水媒伝染する点である。近年、水耕栽培に加えて特に花き類の鉢物栽培ではエブアンドフローやマット灌水などの養液栽培が普及し、さらに養液循環システムが導入されてきている。これらの環境は水媒伝染性病原菌にとって好適な発病環境である。

高温性ピシウム属菌といっても必ずしも暖かい地方で発病しているとは限らない。新病害として報告があった都道府県を示したので実際はさらに広範囲であると思われるが、表-1 に示した初発生地を見ると、*P. aphanidermatum* は茨城県、*P. helicoides* は山形県、*P. myriotylum* は北海道と必ずしも暖かい地方で報告されているわけではない。施設栽培での発生が主であることから地域

の気候とは関係ないかもしれない。また、地球温暖化による夏季の高温が発病を助長していることも考えられる。しかし、どのようにして持ち込まれたかは興味のあるところである。*P. helicoides* は、我が国で 1996 年にミニバラの根腐病を起こす病原菌として初めて報告され、世界的に見ても報告は多くない。ところが、自然環境に生息するピシウム属菌の多様性調査において *P. helicoides* は河川水や河川敷の土壤中にも生息していることが明らかになった（景山，2010）。このことは、本来は病原菌ではなかった土着の菌が、環境の変化に伴い病原菌として働いている可能性を示唆している。

先に述べたように鉢物での発病の場合、根系の発達が鉢内に限られるため高温時に一気に根が腐敗し、根の回復はなく立枯してしまうと考えられる。畑作物では高温期を凌ぐことができれば新しい根の伸長が始まり、生育を回復させ、枯死といった重大な被害を回避できる。また、鉢物でもミニバラでは根の活性が高い品種があり、そのような品種では少量の根でも生き残っていれば秋になると急速に新しい根を伸長させて回復が可能である。しかし、この回復は防除法開発を複雑にする要因でもある。すなわち、回復しても潜在的に感染しており、製品として出荷される前に若い苗が隣接していると、潜在感染株から遊走子により養液を通して苗が感染を受け、無病徴のまま夏季を迎え、発病に至る（本特集の「Ebb & Flow 方式の鉢物生産におけるピシウム病害の生態と防除」を参照）。

VI 高温性ピシウムの検出法

PCR を利用した検出法が開発されている。*P. aphanidermatum* と *P. helicoides* では種特異的プライマーが設計されている（銀ら，2007；ASANO et al., 2010）。*P. myriotylum* も特異プライマーの報告があるが、日本産の菌株についての信頼性についてはまだ検証されていない。

また、養液栽培の養液中に生息する菌のモニタリングには、WATANABE et al. (2008) によるベントグラスを使った捕捉法が有効で、高選択的・高感度な検出が可能である。オートクレーブした 5～10 mm の葉の切片をお茶パックに入れ、貯水タンクなどの調査したい場所の水中に設置する。1 週間後葉を回収し、それをピシウム選択培地に置き、38℃で培養する。養液中には病原性のないピシウム属菌も生息しているので、選択培地と高温培養を組合せることにより、高温性ピシウム属菌のみを検出することができる。また、水中に設置する期間を変えることにより感度を調整することができる。表-2 にトマトの水耕栽培施設とカランコエのエブアンドフロー養

表-2 ベントグラス捕捉法による高温性ピシウム属菌の養液からの検出

栽培施設	捕捉ベントグラスからの分離率 ^{a)}		
	<i>P. helicoides</i>	<i>P. aphanidermatum</i>	<i>P. myriotylum</i>
トマト施設（水耕）			
循環養液 1	0	100	0
循環養液 2	0	80	93
原水	0	0	0
カランコエ施設 1（エブアンドフロー）			
排水液	87	0	0
カランコエ施設 2（エブアンドフロー）			
排水液	0	0	77

^{a)} 30 枚のベントグラス葉からの分離率。

液栽培施設での検出結果を示した（WATANABE et al., 2008）。調査した 3 施設とも高温性のピシウム属菌が検出され、*P. helicoides* と *P. myriotylum* がそれぞれ検出されたカランコエ施設では調査後発病が見られ、発病株からはそれぞれの菌が分離されている。このように本法は病害の予察に利用可能である。

おわりに

高温性ピシウム属菌による病害は、主因として病原菌が養液栽培の普及に伴い遊走子により急速・広範囲にわたり蔓延できること、誘因として夏季の高温や鉢物栽培による根系発達が制限されること、素因として日本の固有種ではなく新規の作物のために病害抵抗性を有していないことや気候に合っていたために活力が低いこと、これらが重なり合って起きている。

病害防除にはこれらの要因をそれぞれ小さくすればよいが、圃場衛生も重要な要素である。高温性ピシウム属菌による病害は施設栽培作物で多く見られる。しかし、施設内で作物は土壌と離れたベンチ上で十分に管理されて栽培されている。それにもかかわらず病原菌は侵入して被害をもたらす。病原菌がどのような経路で侵入するかがわかれば、病害を未然に防ぐことができる。また、いったん病原菌が施設内に侵入してしまっても、二次伝染がどのようにして起こるかを突き止めることで、さらなる拡大を遮断することができる。すなわち、施設の安全性診断、養液中等の病原菌のモニタリング診断に基づき防除の視点を考えることが、高効率・低環境負荷防除技術の開発に必須である（景山，2006）。

引用文献

- 1) ASANO, T. et al. (2010): J. Phytopathol. **158**: 609 ~ 615.
- 2) KAGEYAMA, K. et al. (2002): J. Gen. Plant Pathol. **68**: 15 ~ 20.
- 3) ——— et al. (2003): J. Phytopathol. **151**: 485 ~ 491.
- 4) ——— et al. (2007): Mycol. Res. **111**: 416 ~ 423.
- 5) 景山幸二 (2006): 植物防疫 **60**: 250 ~ 254.
- 6) ——— (2010): IFO Res. Commun. **24** (印刷中).
- 7) ———ら (2010): 日本菌学会第54回大会講演要旨集, p. 54.
- 8) LÉVESQUE, C. A. and A. W. A. M. de Cock (2004): Mycol. Res. **108**: 1363 ~ 1383.
- 9) van der PLAATS-NTERINK, A. J. (1981): Study Mycol. **21**: 1 ~ 242.
- 10) WATANABE, H. et al. (2008): J. Gen. Plant Pathol. **74**: 417 ~ 424.
- 11) 銀 玲ら (2007): 日植病報 **73**: 86 ~ 93.

(新しく登録された農薬6ページからの続き)

「除草剤」

●プロピリスルフロニル粒剤

22834: ゼータワン1キロ粒剤 (住友化学) 10/12/13

22835: 協友ゼータワン1キロ粒剤 (協友アグリ) 10/12/13
プロピリスルフロニル: 0.90%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道), ヒルムシロ, セリ (九州を除く)

●プロピリスルフロニル水和剤

22836: ゼータワンフロアブル (住友化学) 10/12/13

22837: 協友ゼータワンフロアブル (協友アグリ) 10/12/13
プロピリスルフロニル: 1.7%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ, セリ (北陸, 九州を除く)

●ピラクロニル・プロピリスルフロニル粒剤

22838: メガゼータジャンボ (住友化学) 10/12/13

22839: ビクトリーZジャンボ (協友アグリ) 10/12/13
ピラクロニル: 5.0%, プロピリスルフロニル: 2.25%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ (北海道, 東北), ミズガヤツリ (北海道を除く), ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離 (北陸, 関東・東山・東海, 近畿・中国・四国)

●ピラクロニル・プロピリスルフロニル水和剤

22840: メガゼータフロアブル (住友化学) 10/12/13

22841: ビクトリーZフロアブル (協友アグリ) 10/12/13
ピラクロニル: 3.9%, プロピリスルフロニル: 1.7%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ, セリ, エゾノサヤヌカグサ (北海道), シズイ (東北), オモダカ (北海道, 東北, 北陸, 近畿・中国・四国), クログワイ (北陸, 近畿・中国・四国), コウキヤガラ (東北, 関東・東山・東海, 九州), アオミドロ・藻類による表層はく離 (関東・東山・東海, 近畿・中国・四国, 九州)

●ピラクロニル・プロピリスルフロニル粒剤

22842: メガゼータ1キロ粒剤 (住友化学) 10/12/13

22843: ビクトリーZ1キロ粒剤 (協友アグリ) 10/12/13
ピラクロニル: 2.0%, プロピリスルフロニル: 0.90%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ (北陸を除く), セリ, エゾノサヤヌカグサ (北海道), オモダカ (北海道), アオミドロ・藻類による表層はく離 (北海道, 東北を除く)

●プロピリスルフロニル粒剤

22844: ゼータワンジャンボ (住友化学) 10/12/13

22845: 協友ゼータワンジャンボ (協友アグリ) 10/12/13

プロピリスルフロニル: 2.25%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ (北海道, 東北), ミズガヤツリ (北海道を除く), ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, エゾノサヤヌカグサ (北海道), オモダカ, クログワイ (北海道を除く), コウキヤガラ (関東・東山・東海, 九州)

●シクロスルファムロン・ベンゾビスクロン・ペントキサゾン粒剤 ※新混合剤

22846: 半蔵1キロ粒剤 (BASF ジャパン) 10/12/22

シクロスルファムロン: 0.50%, ベンゾビスクロン: 2.0%, ペントキサゾン: 3.9%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ヘラオモダカ (北海道, 東北), ミズガヤツリ (北海道を除く), ヒルムシロ, アオミドロ・藻類による表層はく離 (北陸, 関東・東山・東海, 近畿・中国・四国)

●フェントラザミド・プロモブチド・ペンシルフロニルメチル粒剤 ※新製剤

22847: イノーバトリオ1キロ粒剤 51 (バイエルクロップサイエンス) 10/12/22

フェントラザミド: 3.0%, プロモブチド: 9.0%, ペンシルフロニルメチル: 0.51%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離 (北陸, 関東・東山・東海)

●ピラゾレート・プレチラクロール・メソトリオン粒剤 ※新混合剤

22848: カミオン MX 1キロ粒剤 (シンジェンタジャパン) 10/12/22

22849: MIC カミオン MX 1キロ粒剤 (三井化学アグロ) 10/12/22

ピラゾレート: 12.0%, プレチラクロール: 4.5%, メソトリオン: 0.90%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ

●ペンシルフロニルメチル・ベンゾビスクロン・ペントキサゾン粒剤 ※新混合剤

22850: プレステージ1キロ粒剤 51 (科研製薬) 10/12/22

ペンシルフロニルメチル: 0.51%, ベンゾビスクロン: 2.0%, ペントキサゾン: 3.6%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ

●ペンシルフロニルメチル・ベンゾビスクロン・ペントキサゾン粒剤 ※新混合剤

22851: プレステージ1キロ粒剤 75 (科研製薬) 10/12/22

(38ページに続く)