

新規殺菌剤イソチアニルの特徴と使い方

バイエルクロップサイエンス株式会社 ^{さわ} 沢 ^だ 田 ^{かつ} 勝 ^み 鏡
住友化学株式会社 ^た 田 ^{おち} 淵 ^{とし} 俊 ^や 哉

はじめに

イネの生産現場における農業施用技術では、従来よりも防除コストおよび散布労力の低減が求められている。「高い防除効果」、「低環境負荷」、「省力」に適合した防除を行うために、育苗箱施用剤にも従来剤よりも幅広い適用性、残効性、安全性が求められるようになってきた。

イソチアニルは、バイエルクロップサイエンス社と住友化学株式会社の共同開発により創出された新規イネいもち病防除用殺菌剤である。本剤の作用機構は、植物自身もつ病害防御機能の活性化である。その防御機能は、既存の抵抗性誘導型殺菌剤よりも低薬量で充進され、長期にわたり高い防除効果を持続する。またイネ白葉枯病をはじめとする細菌性病害の同時防除効果を併せもつ。イソチアニルを含有する各種製剤は、病害防除の主要施用技術である播種前の培土混和、播種時から移植当日の育苗箱散布、本田の湛水散布が可能である。

低薬量、防除効果の長期持続および広い施用方法への適用を特徴とするイソチアニルは、農業生産現場における農業施用技術の鍵である「低環境負荷」、「省力」に適合した薬剤である。

本稿は、これまでに得られた知見に基づいて、主としていもち病防除における、イソチアニルの特徴および作用特性等を紹介する。

I 開発経緯およびイソチアニル含有の商品

イソチアニルは、1995年に現在のバイエルクロップサイエンス社（ドイツ）により植物病害抵抗性誘導剤として発明され、1998年に化合物基本特許が出願された。2003年、住友化学工業株式会社（現 住友化学株式会社）およびバイエルクロップサイエンス社間で本剤の共同開発が合意され、両社連携による実用化に向けた安全性試験・薬効薬害試験等の開発研究が開始された。

日本では、イネ育苗箱施用剤および本田での湛水散布用薬剤として開発が進められ、2005年から日本植物

防疫協会新農業実用化試験を通じ、イソチアニル粒剤（イソチアニル3%、ルーチン®粒剤）のほか、各種殺虫剤との混合剤（ルーチン®アドマイヤー®箱粒剤、スタウト®ダントツ®箱粒剤等）の公的委託試験を開始した。

イソチアニルを含む農薬の農業登録申請は2008年1月31日に初めて行われ、10年5月19日に、イソチアニルを含む11剤が新規に農業登録された。それらを代表しイソチアニル粒剤の登録内容を表-1に示す。

II 有効成分の物理化学的性状

イソチアニルはその化学構造中にイソチアゾール環を有している（図-1）ことを特徴としている。浸透移行性を有する薬剤としては、log Powは2.96と比較的高く、水溶解度も0.50 mg/lと低い。この性質は、低薬量での処理で長期間、安定した防除効果を持続することを可能としている。

一般名：イソチアニル

化学名：3,4-ジクロロ-2'-シアノ-1,2-チアゾール-5-カルボキサニリド

性状：白色固体（粉末）

融点：193.7～195.1℃

水溶解度：0.50 mg/l（20℃, pH7.0）

オクタノール/水分分配係数（log Pow）：2.96（25±1℃, pH7.2）

蒸気圧：2.36 × 10⁻⁷ Pa（25℃）

構造式：図-1

分子式：C₁₁H₅Cl₂N₃OS

分子量：298.15

CAS No.：224049-04-1

III 安全性

イソチアニルは人畜および環境中の各種生物に対し高い安全性を示す（表-2、表-3）。

IV イソチアニルの特徴

1 植物自身もつ病原菌に対する防御機能を活性化

イソチアニルは培地を用いた *in vitro* 試験において、イネいもち病菌、白葉枯病菌をはじめとする病原糸状菌および細菌に対する抗菌活性を示さなかったが、ポット、

Characteristic of Isotianil, a Novel Fungicide. By Katsumi SAWADA and Toshiya TABUCHI

（キーワード：イソチアニル、殺菌剤、いもち病、植物病害抵抗性誘導剤）

表-1 イソチアニル粒剤 (イソチアニル 3%) の適用病害および使用方法 (2010年5月19日現在)

| 作物名 | 適用病害虫名 | 使用量 | 使用時期 | 本剤の使用回数 | 使用方法 | イソチアニルを含む農薬の総使用回数 |
|---------|--------|--|---------------------------------------|---------|---------------------|-------------------------------|
| 稲 (箱育苗) | 白葉枯病 | 育苗箱 (30 × 60 × 3 cm, 使用土壌約 5 l) 1箱当たり 50 g | 移植当日 | 1回 | 育苗箱の上から均一に散布する | 3回以内 (移植までの処理は1回以内, 本田では2回以内) |
| | いもち病 | | は種時 (覆土前) ~ 移植当日 | | 育苗箱の床土または覆土に均一に混和する | |
| | | | は種前 | | | |
| 稲 | いもち病 | 1 kg/10 a | 移植直後 ~ 葉いもちの初発 3 日前まで ただし, 収穫 30 日前まで | 2回以内 | 湛水散布 | |

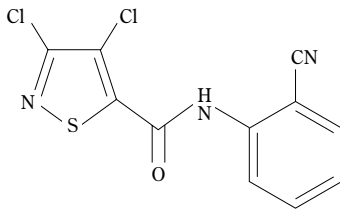


図-1 イソチアニルの構造式

表-2 人畜毒性: 普通物相当

| 急性経口毒性 | ラット (♀) | 原体 | LD ₅₀ > 2,000 mg/kg |
|--------|----------|----|--------------------------------|
| 急性経皮毒性 | ラット (♂♀) | 原体 | LD ₅₀ > 2,000 mg/kg |
| 皮膚刺激性 | ウサギ | 原体 | 刺激性なし |
| 眼刺激性 | ウサギ | 原体 | 実際上刺激性なし |
| 感作性 | モルモット | 原体 | 皮膚感作性あり |

表-3 水産動植物に対する影響

| 急性毒性 | コイ | 原体 | LC ₅₀ (96 hr) : > 1.0 mg/l |
|------|---------|----|--|
| | ミジンコ | 原体 | EC ₅₀ (48 hr) : > 1.0 mg/l |
| | 藻類 (緑藻) | 原体 | ErC ₅₀ (0 ~ 72 hr) : > 1.0 mg/l |

糸状菌
Alternaria mali
Aspergillus niger
Botrytis cinerea
Gibberella zeae
Phytophthora cryptogea
Pyricularia grisea
Pythium aphanidermatum
Rhizoctonia solani
Septoria tritici
Ustilago avenae

Phytophthora, *Pythium*, *Rhizoctonia* は磨砕した菌叢, その他の分生胞子を所定濃度の薬剤 (0.1, 0.3, 1, 3, 30, 100 ppm) を含む PD 液体培地に懸濁し, 各菌株の生育最適温度で 2 日間培養後, 吸光度から菌の生育程度を判定した。

細菌
Acidovorax avenae subsp. *avenae*
Burkholderia glumae
Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*
Erwinia carotovora subsp. *carotovora*
Pseudomonas aeruginosa
Pseudomonas syringae pv. *lachrymans*
Xanthomonas campestris
Xanthomonas campestris pv. *citri*
Xanthomonas campestris pv. *pruni*
Xanthomonas oryzae pv. *oryzae*

イソチアニル 500 ppm 添加 PDA 平板培地に供試菌を画線し, 2 日間培養後に菌の生育程度を判定した。

図-2 イソチアニルの培地上で菌生育阻害が見られなかった糸状菌および細菌 (佐久間ら, 2008)

圃場試験においては, それらに対して防除効果を示した (図-2, 図-3)。あらかじめイソチアニルを処理したイネの葉鞘裏面にイネいもち病菌を接種した後, イネ葉鞘裏面を顕微鏡観察したところ, 侵入を受けた細胞の過敏反応が認められた (図-4)。

散布試験において, イソチアニルは散布 1 日後よりも 5 日後接種のほうが防除効果は高く, 効果の発現までに

数日程度が必要と考えられた (図-5)。イソチアニル処理は, いもち病接種の有無にかかわらず, イネ葉身内の植物病害抵抗性関連酵素であるリボキシゲナーゼ, フェニアラニンアンモニアリアーゼ, キチナーゼ活性を亢進させた (図-6)。遺伝子レベルの研究も徐々に進み

| 作物名 | 病名 | 病原菌名 | 効果 |
|-------|-------|--|-----|
| イネ | いもち病 | <i>Pyricularia grisea</i> | +++ |
| | 紋枯病 | <i>Rhizoctonia solani</i> | - |
| | 白葉枯病 | <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> | +++ |
| | ごま葉枯病 | <i>Cochliobolus miyabeanus</i> | - |
| | 苗立枯病 | <i>Rhizopus chinensis</i> | - |
| コムギ | うどんこ病 | <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> | +++ |
| | 黄斑病 | <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> | - |
| ジャガイモ | 疫病 | <i>Phytophthora infestans</i> | - |
| キュウリ | べと病 | <i>Pseudoperonospora cubensis</i> | - |
| | 炭疽病 | <i>Colletotrichum orbiculare</i> | +++ |
| | 斑点細菌病 | <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachlymans</i> | +++ |
| カボチャ | うどんこ病 | <i>Sphaerotheca fuliginea</i> | ++ |
| イチゴ | 炭疽病 | <i>Glomerella cingulata</i> | ++ |
| | うどんこ病 | <i>Sphaerotheca aphansis</i> | + |
| ナス | うどんこ病 | <i>Sphaerotheca fuliginea</i> | + |
| トマト | うどんこ病 | <i>Oidiopsis sicula</i> | + |
| | 疫病 | <i>Phytophthora infestans</i> | + |
| ダイズ | 紫斑病 | <i>Cercospora kikuchii</i> | - |
| ハクサイ | 黒斑病 | <i>Alternaria brassicae</i> | ++ |
| | 軟腐病 | <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> | - |
| カンキツ | 黒点病 | <i>Diaporthe citri</i> | - |
| タバコ | 黄化えそ病 | TSWV (tomato spotted wilt virus) | + |

図-3 イソチアニルのポット試験、圃場試験での各種病害に対する防除効果（佐久間ら，2008）
 ポットまたは露地植え植物。茎葉散布（散布濃度：100～250 ppm）。

| | | | |
|-----|--------------------------|----|-----------|
| +++ | 防除価 80 以上 | ++ | 防除価 70 以上 |
| + | 防除価 50 以上（Virus は 20 以上） | | |
| - | 防除価 50 未満 | | |

WRKY45 をはじめとする病害抵抗性関連遺伝子を誘導することも明らかになってきている。以上のことから、イソチアニルの病害防除作用機構は、植物病害抵抗性誘導剤であると考えられた（沢田，2009）。

植物病害抵抗性誘導剤にはこれまで、国内外を通して耐性菌発生の報告はなく、イソチアニルについても耐性菌発生リスクは低いと考えられる。

2 低薬量で高い防除効果が得られる

育苗箱施用の模擬ポット試験によりイソチアニルの葉いもちに対する防除効果を処理薬量別に検討したとこ

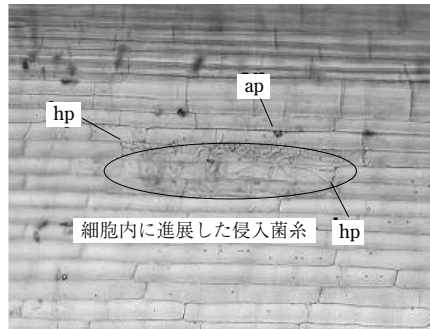
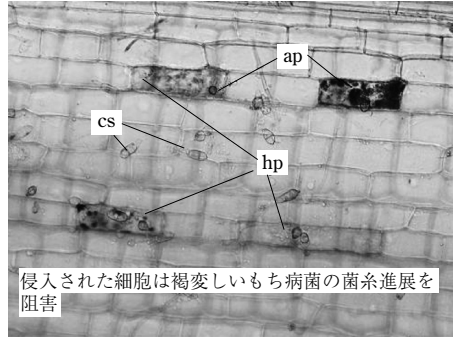


図-4 イネ葉鞘裏面におけるイネいもち病侵入状況（バ イエルクroppサイエンス株式会社，未発表）
 左図：イソチアニル処理区，右図：無処理区，cs：分生子，ap：付着器，hp：菌糸。
 供試作物：イネ 品種コシヒカリ 10月27日移植（ポット植），薬剤処理：イソチアニル粒剤 1 kg/10 a 相当湛水散布，接種：処理10日後に常法に従って葉鞘裏面にいもち病菌を接種した。

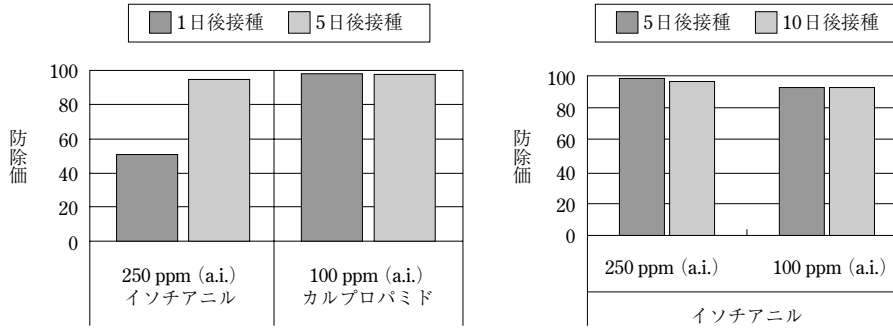
ろ，本剤は，0.5 g，1 g/箱（10 g，20 g/10 a 相当，育苗箱 20 枚/10 a 換算）の有効成分量で既存抵抗性誘導剤と同等またはやや優る効果が見られた。（図-7）。

圃場試験では，イソチアニル 0.5 g，1 g，1.5 g/箱の育苗箱散布は，対照の既存抵抗性誘導剤（12 g/箱）と同等の高い葉いもち防除効果を示した（図-8）。

現在，登録されたイソチアニルを含有する各製剤の単位面積当たりの処理成分量は，20～30 g/10 a である。イソチアニルはいもち病に対し高い効果を発揮すると同時に，環境中への負荷が既存剤に比べより少ない。

3 各種イネ病害への開発状況

イソチアニル粒剤は，2010年5月19日付け新規農薬登録時に適用病害名として「いもち病」および「白葉枯病」を有している。イソチアニルの植物病害抵抗性誘導作用は，これら病害のほか，穂枯れ（ごま葉枯病菌）や，もみ枯細菌病，内穎褐変病等の細菌性病害に対しても防除効果を示す。これら病害への適用拡大のために，各種



供試作物：イネ2～3葉期（ポット植）コシヒカリ。散布1日または5日後にイネいもち病菌を噴霧接種。その1週間後に発病程度を調査。

供試作物：イネ2～3葉期（ポット植）コシヒカリ。散布5日または10日後にイネいもち病菌を噴霧接種。その1週間後に発病程度を調査。

図-5 イソニアジルの防除効果とイネいもち病菌接種後日数（佐久間ら，2008）

| 薬剤 | いもち病菌接種有無 | POX パーオキシダーゼ | LOX リボキシゲナーゼ | PPO ポリフェノールオキシダーゼ | PAL フェニルアラニンアミンオキシダーゼ | CHT キチナーゼ |
|---------|-----------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| イソニアジル | 未接種 | — | ↑↑ | — | ↗ | ↗ |
| | 接種 | — | ↑↑ | — | — | — |
| プロベナゾール | 未接種 | — | ↗ | — | ↑ | — |
| | 接種 | — | ↗ | — | ↗ | — |
| 無処理 | 接種 | — | ↗ | — | ↓ | — |

対無処理無接種比：0.5 未満；↓，0.5～2 未満；—，2～4 未満；↗，4～8 未満；↑，8 以上；↑↑

イネ水耕液に処理（5 ppm）。

薬剤処理5日後にいもち病菌分生胞子懸濁液を接種。経時的にイネ葉をサンプリング，酵素活性を計測。

図-6 各病害抵抗性関連酵素に対する活性の変化（久池井ら，2009 改変）

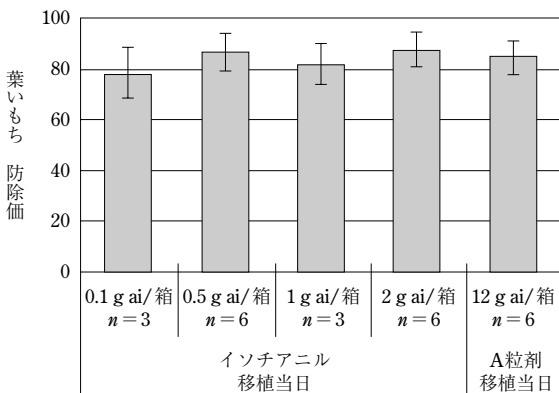


図-7 イソニアジルの育苗箱処理（ポット試験）での葉いもち防除効果（佐久間ら，2008）

試験方法：供試苗の株元土壤に所定薬量の薬液を滴下し，土壤を崩さないよう直ちに移植した。移植30日後に胞子懸濁液を噴霧接種，1週間後に病斑面積率を調査し防除価を求めた。

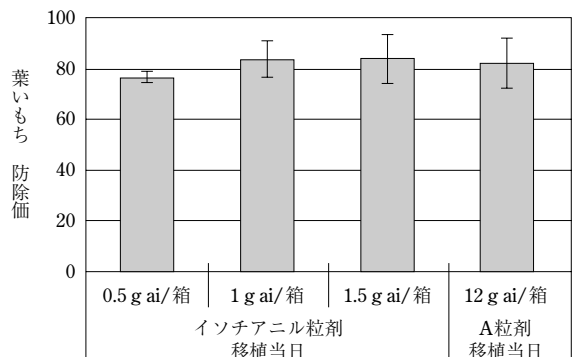


図-8 イソニアジルの育苗箱処理（圃場試験）での葉いもち防除効果（小川ら，2008）

試験場所：茨城県結城市（2事例），滋賀県甲賀市，兵庫県加西市，高知県南国市。グラフ上防除価：上記試験場所における5事例をまとめた。

試験がイソチアニル粒剤で実施されている（表-4）。

4 幅広い適用防除方法と時期

イソチアニルは、播種前培土混和、播種時覆土前から移植当日までの育苗箱散布により、安定した葉いもち防除効果を示した（図-9）。本田では、葉いもち初発前の

表-4 イソチアニル粒剤の開発状況

| 病害名 | | 開発状況 |
|------|---------------|--------------------|
| 糸状菌病 | イネいもち病 | 2010年5月19日 農薬登録 |
| | 穂枯れ（ごま葉枯病菌） | 適用拡大申請中 |
| 細菌病 | イネ白葉枯病 | 2010年5月19日 農薬登録 |
| | イネもみ枯細菌病（穂枯れ） | 適用拡大申請中 |
| | イネもみ枯細菌病（苗腐敗） | 委託試験実施中 |
| | イネ苗立枯細菌病 | 委託試験実施中 |
| | イネ内穎褐変病 | 委託試験実施中 |

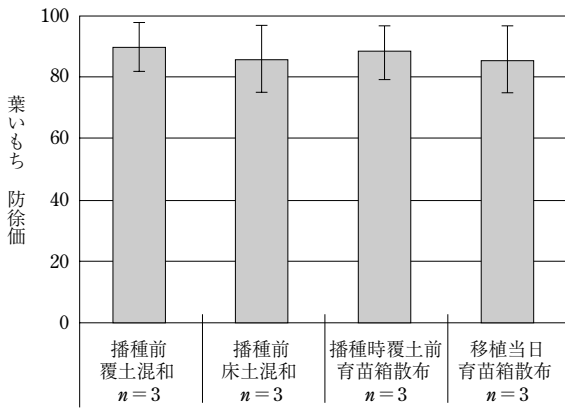


図-9 イソチアニル2%粒剤の稲育苗箱における各処理法での葉いもち防除効果（小川ら，2008）
試験場所：宮城県仙台市，茨城県結城市，高知県南国市，試験方法：イソチアニル2%粒剤50g/箱を所定の処理法で育苗箱散布した。

湛水散布で高い葉いもち防除効果を示した。移植当日の湛水散布では、葉いもち初発前散布とほぼ同程度の効果で、その効果は移植後70日以上にわたり持続した（表-5）。

このように本剤は、種子の準備（塩水選、催芽）や種子消毒時等を除き、育苗準備のほぼ全期間を通し使用することが可能である（図-10）。本田では移植後から葉いもち初発3日前までの湛水散布を可能とする。この幅広い適用防除方法と時期は、使用者の要望に応じ、いもち病防除の労力分散に寄与すると考える。

5 圃場での防除効果が長期にわたって持続する

(1) イソチアニルの圃場における残効性

イソチアニルの葉いもちに対する残効性を圃場条件で検討した。残効期間といもち病菌の感染時期との関係を明確にするため、圃場に移植したイソチアニル処理イネに対し所定時期にいもち病菌を噴霧接種し、イネ株ごとにビニールで保湿、発病を促した。その結果、本剤の播種時覆土前および移植当日散布は移植59日後まで対照薬剤と同等の高い葉いもち防除効果を示した（図-11）。本検討では、さらに接種期間の延長を試みたが、イネ葉身の硬化、気温上昇などにより、十分な感染好適条件が得られず、その後の残効期間は判然としなかった。これについて、さらに試験手法の改善が必要と考えられた。

表-5 イソチアニルの本田の湛水散布における葉いもち防除効果（中発生条件以上 抜粋事例）

| 薬剤 | 葉量 | 散布時期 | 試験事例 | 調査時期 (散布後平均日数) | 葉いもち防除価 |
|------------------------|---------|---------|------|-------------------|--------------------------------|
| イソチアニル粒剤 ^{a)} | 1kg/10a | 移植当日 | 3 | 72 | 96.3 (4.1769) ^{b)} |
| | | | 5 | | 94.3 (3.7895) |
| A粒剤 | 3kg/10a | 葉いもち初発前 | 3 | 31.6 | 93.3 (5.1173) |
| | | | 4 | | |

a) イソチアニル3%， b) ()：標準偏差
(日本植物防疫協会 新農薬実用化試験，2005～07年)

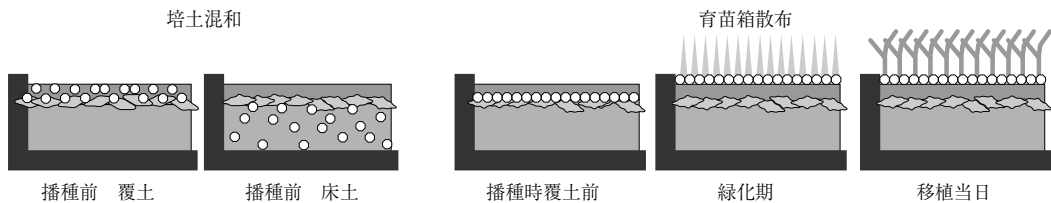


図-10 イソチアニルが適用できる各種処理方法と粒剤分布（模式図）

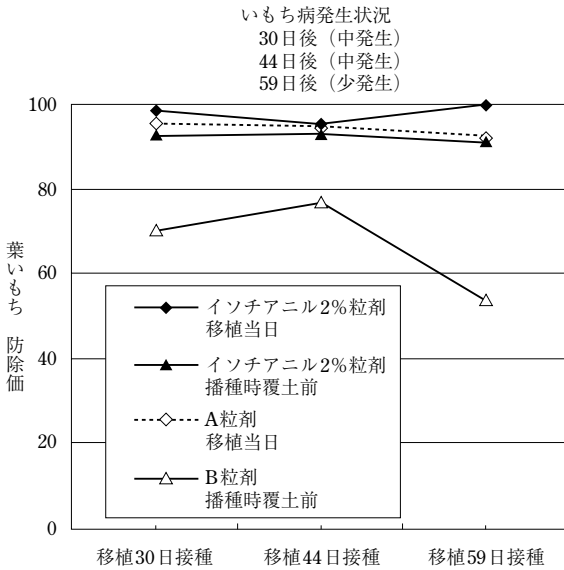


図-11 イソチアニルの圃場における葉いもちに対する残効性 (石川, 2010)

試験場所：茨城県結城市
品種：コシヒカリ 播種日：2009年4月15日 移植日：5月9日 出穂期：8月5日
処理日：4月15日, 5月9日. 接種日方法：孢子懸濁液を田植え30, 44, 59日後に噴霧接種した.
調査日：葉いもちは, 接種9日後に病斑数を調査した.

(2) 特別連絡試験で検証された残効性

2008年, 09年度にイソチアニル粒剤に関する特別連絡試験を全国各地の道府県の試験研究機関で実施いただき, 本剤のいもち病に対する薬効が評価された。その結果, イソチアニル2%粒剤の播種時覆土前および移植当日における育苗箱散布は, 高い葉いもち防除効果を示し, 安定した効果の持続がおおよそ移植後80日余り見られた (図-12)。

6 イネに対する高い安全性

これまでに実施した社内外での効力評価試験から, イソチアニルに起因する薬害事例はほとんど見られず, イネに対する本剤の安全性は高いと考えられる。ごくまれに育苗箱での根張り不足や本田での下位葉の黄化症状等の観察事例があったが, 根張り不足の事例でも移植作業への支障はなく, 移植後の初期生育においても影響はなかった。本田で黄化症状が発生した事例では, その後問題となる生育影響には至らなかった。

こうしたいくつかの事例を踏まえ, イソチアニルのイネ収量影響に関する検証を積み重ねた結果, 通常処理薬量では, 育苗箱散布および湛水散布による収量への有意な影響事例はなかった。本剤のイネに対する安全性は高いと考えられる。

V 効果的なイソチアニルの使用方法

イソチアニルは, イネ育苗期間での播種前培土混和, 播種時覆土前から移植当日までの育苗箱散布, 水田での

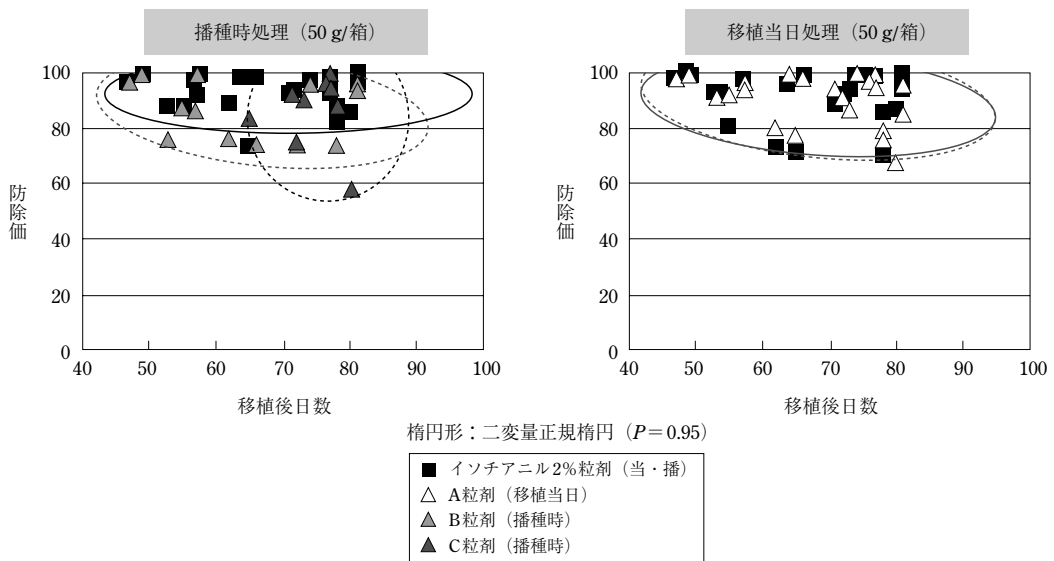


図-12 日本植物防疫協会 特別連絡試験におけるイソチアニル2%粒剤の葉いもち防除効果 (石川, 2010)

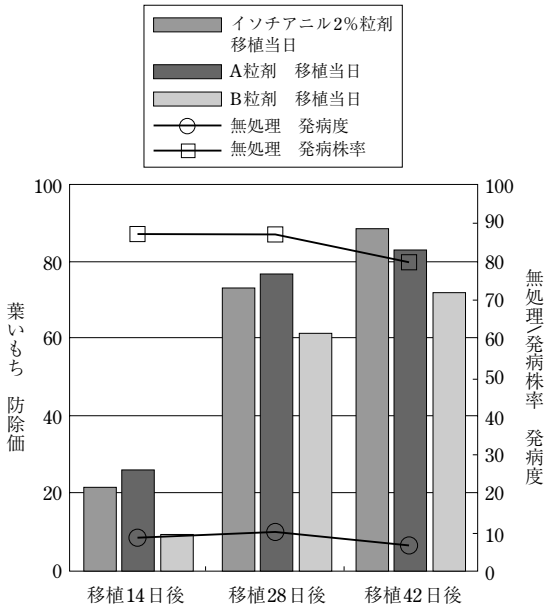


図-13 イソチアニルの葉いもち罹病育苗箱における防除効果 (住友化学株式会社, 未発表)

試験場所：兵庫県加西市，供試作物：イネ（品種：ヒノヒカリ），施用時期：移植当日処理，試験方法：移植時点で罹病した育苗箱（病斑面積率：25～30％）に各薬剤を処理し，本圃に移植．移植14日，28日および42日後に未展開葉を除く上位2葉の発病度を調査．

湛水散布の幅広い処理時期および方法に対応している。これらの散布方法，処理適期であれば安定した葉いもち防除効果を示す。しかし，イソチアニルは他の植物病害抵抗性誘導剤と同様，種子伝染性の苗いもちや，穂いもちに対する防除効果が十分でない場合があり，それに対しては他剤との適切な体系防除が必要と考えられる。

(1) 苗いもち防除

植物病害抵抗性誘導剤では，薬剤処理から植物に病害抵抗性が発現するまでに数日を有することが知られている。また，これらの薬剤はいもち病菌に対して直接的な抗菌活性を示さないことから，育苗期間中に発生する種子伝染性の苗いもちに対しては，播種初期には十分な防除効果は示さない。したがって，育苗箱でいもち病発生を抑制するには，健全種子の使用や温湯種子消毒，薬剤による種子処理の徹底が必要である。なお，育苗箱でのいもち罹病育苗にイソチアニルを移植時処理した場合でも，圃場に移植後上位葉への病勢進展は抑制され防除が可能であった (図-13)。

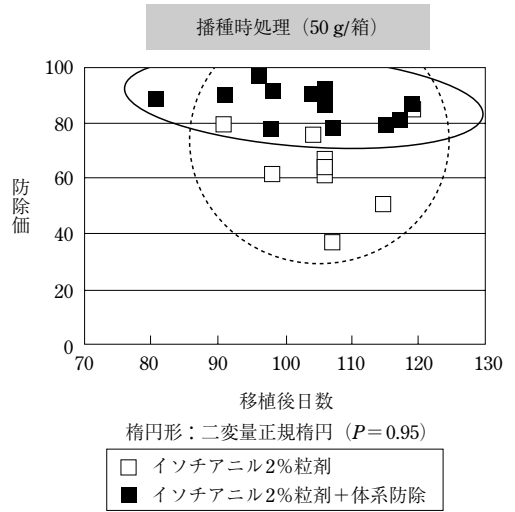


図-14 イソチアニルの穂いもち防除効果と体系散布の防除効果 (石川, 2010)

(2) 穂いもち防除

一般的に，植物病害抵抗性誘導剤は，穂いもちに十分な防除効果が得られない事例が見られるが，イソチアニルでも同様の傾向があると考えられる。特に葉いもちの多発年には，周辺圃場からのいもち病菌の飛込みも多くなることから，穂いもちの罹病率も上がる懸念がある。このような場合には，穂いもちを対象とした薬剤散布との体系防除が有効である (図-14)。

おわりに

本報告の知見は，バイエルクロップサイエンス株式会社と住友化学株式会社が共同開発の過程で得られた成果である。

イソチアニルはその原体の性質から，種々の処理方法，処理時期に適応できる薬剤である。また，長期間にわたって発生する葉いもちに対し低薬量で防除効果を持続することから，イソチアニルは環境負荷の少ない薬剤といえる。現在，登録を取得した各種製剤は本剤の性質を生かした，使い勝手のよい製品であり，効率的・省力的ないもち病防除資材として活用されることを望む。

引用文献

- 1) 石川 亮 (2010): EBC 研究会ワークショップ (講要).
- 2) 久池井豊ら (2009): 日植病報 75: 216 (講要).
- 3) 小川正臣ら (2008): 日植病報 74: 267 (講要).
- 4) 佐久間晴彦ら (2008): 日植病報 74: 267 (講要).
- 5) 沢田治子 (2008): 日植防シンポジウム: 33 (講要).