

いもち病菌の自然界における生存戦略と新しい防除技術

農林水産省農業研究センター ない とう ひで き
内 藤 秀 樹

いもち病は、作物病害の中では最も古くから多くの研究が行われ、防除技術の最も進んでいる病害である。防除薬剤の点からみても他の病害に比較すると、効果の高い優秀な剤がそろっている。しかし、いもち病菌は多くの研究、防除技術の開発にもかかわらず、絶滅することなく昔と変わらずしぶとく生存し、常に大被害を引き起こす機会を虎視眈々と狙っている。このいもち病による被害を根絶し、いかなる年でも安定した稲作が行えるようにするためには、改めていもち病菌の自然界におけるしたたかな生存戦略（いもち病菌の環境適応力）を見直し、これまでのやや対処療法的な傾向がある防除体系から、根絶するにはどうしたらよいかという視点に立った防除技術を考える必要がある。ここでは、いもち病菌の自然界における環境適応の実態およびそれに対する新しい防除技術について概要を述べ、今後の参考としたい。

I 自然界におけるいもち病菌のしたたかな生存戦略

栽培法や品種がどうであれ、いもち病菌を根絶できればいもち病は発生しないはずである。それならなぜ効果の高い防除剤があるにもかかわらず、時としていもち病の大発生が生じるのだろうか。この疑問について、いもち病菌の自然界での種々な生き方の面から考えてみたい。

1 イネがない所でイネいもち病菌は生き残れるか

いもち病菌は生きているイネを侵害するだけでなく、他の植物をも侵害し、また腐生的にも生存できるため、その自然界における生存法は多岐にわたっている。

(1) 雑草やイネ以外の植物での生存

雑草でのイネいもち病菌の生存について、成田ら(1956)はオニウシノケグサ、エゾノサヤマカクサにいもち病の自然発生を認め、またイネ科植物へのイネいもち病菌の接種試験で23属38種の植物に発病を認めた。また小野ら(1963)は、生きた植物体より枯死したもので孢子形成が良好であること、また、ツクシやアシボソ、オオバコ、タモノキ、シロツメクサ等の生体上でも孢子形成を認めた。さらに、タケのいもち病が島根県で

認められ(糸井ら, 1978)、そのいもち病菌はイネに対して病原性を持つことが明らかにされた。八重樫(1987)は、イネいもち病菌の感染可能植物を整理し、イネ科の76種を挙げている。また、オオムギではイネいもち病菌を接種すれば極めてよく発病し(池上ら, 1973)、九州では、イネ品種レイホウを侵害するイネいもち病菌レースによるオオムギ穂いもちの自然発病が認められている(松本ら, 1979)。またコムギは発病し難い品種が多いが、いくつかの品種は接種により発病する。

(2) イネ以外の植物の病害病斑上でのイネいもち病菌の腐生的生存

シコクビエにはいもち病の発生が見られるが、通常、シコクビエいもち病菌はイネに対しては病原性を持たず、接種しても発病しない。また逆にイネいもち病菌をシコクビエに接種しても発病しない。しかしシコクビエ上にシコクビエいもち病菌による病斑が存在すると、その病斑の上ではシコクビエに病原性を持たないイネいもち病菌が生存、増殖できる(内藤ら, 1981・図-1)。また、ヒエの他種病害による病斑上でもイネいもち病菌が生存、増殖している可能性も示唆されている(加藤, 1987)。

(3) 水田の水面・土壌表面、枯死植物上での腐生的

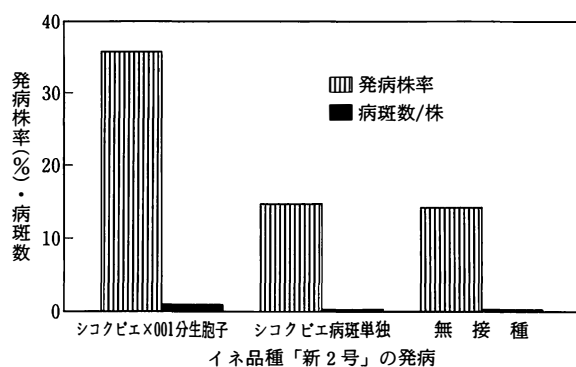


図-1 シコクビエいもち病病斑部におけるイネいもち病菌レース001の増殖

注) シコクビエ×001分生孢子：シコクビエいもち病病斑部にイネいもち病菌レース001の分生孢子を接種し、そこで形成された孢子を新2号に接種
シコクビエ病斑単独：シコクビエいもち病病斑の分生孢子を新2号に接種

Survival Strategy of Rice Blast Fungus and Modern Technology of Blast Control. By Hideki NAITO

(キーワード：イネいもち病, 生存戦略, 根絶技術)

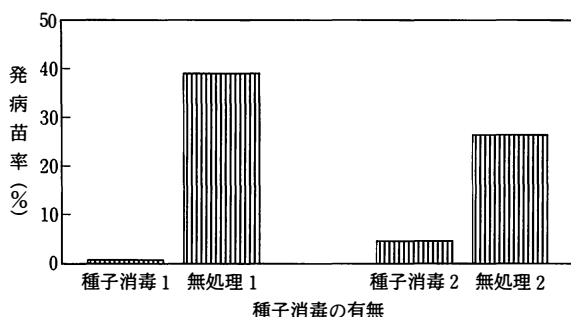


図-2 種子消毒による苗いもち防除効果
(1992 年福島農試成績より作図)

生存

小野ら (1963) によれば、イネ葉に自然発病で形成されたいもち病菌胞子は水面に落下するとその約 80% のものが水面に浮遊し、温度が 23~28°C の場合にはその約 70% のものが胞子を形成する。また土壌表面においてもごくわずかに胞子が形成される。さらに、枯死した雑草や下葉等の枯死部分、あるいは落葉上でもいもち病菌は比較的容易に生存し、胞子形成が可能である。

以上述べたように、イネ以外の場所でのイネいもち病菌の生存、あるいは腐生的な増殖が、実際場面でのイネのいもち病発病の伝染源としてどれほどの意味を持つか、いまだ明らかでない部分が多い。しかし、これまでの多くの研究結果から、これらが常にイネの作期におけるいもち病の伝染源の主体になっているとは考えがたい。これらの場所でもいもち病菌が生存可能であるということは、イネがない時期およびたとえイネの栽培がなくなったとしても、イネいもち病菌が自然界で生き延びていくための一つの重要な種の保存手段であると考えられ、また、時としてイネいもち病の伝染源となりえることを示唆するかもしれない。

2 イネいもち病はどうして毎年発病するのか

——いもち病菌は貯蔵しているイネ種子や稲ワラで長期間生存できる

いもち病は種子伝染性病害で、最初の発病は罹病種子により育苗箱内で苗いもちとして鞘葉や葉鞘に発生する。これらの罹病苗が本田での伝染源となる。そのため本病防除のためにはまず健全種子の利用と種子消毒の徹底が重要となる (図-2)。また罹病ワラが育苗期の苗箱の近くにあると伝染源となる。これらの罹病種子、稲ワラで、いもち病菌は分生胞子、菌糸で越冬し、乾燥状態にあれば分生胞子は約 1 年、菌糸は 4 年以上生存し伝染源となる (栗林, 1928)。

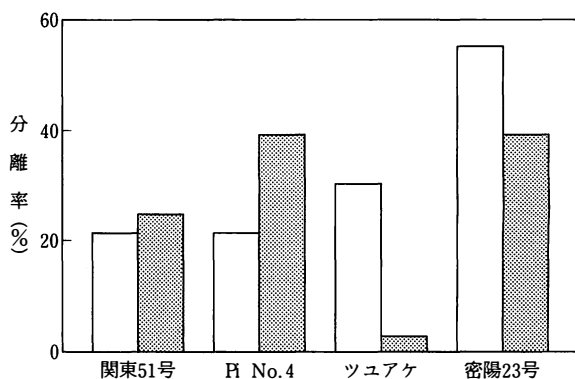


図-3 イネ葉耳の毛茸での非親和性いもち病菌レースの生存

□: 親和性レース, ■: 非親和性レース

3 いもち病菌レースは侵害できる品種が栽培されていない水田でも生き残れるか

——イネ体ではイネの葉を侵害できないレース (非親和性レース) でも生存できる場所がある

(1) イネの葉耳、葉舌、穂では非親和性いもち病菌レースでも生存できる

イネいもち病菌には多くのレース (菌型) があり、それぞれのレースにより侵害できる品種が異なる。しかし、イネ体の葉耳の毛茸や葉舌、穂の各組織ではその関係があいまいで、葉身を通常侵害できない非親和性いもち病菌レースでも侵害できる (越水, 1970; 内藤ら, 1985)。そのため葉を侵害できる品種がなくてもそのレースは細々ながら消滅することなくこれらの部位で生存、増殖し、勢力を盛り返す機会を待っている (図-3)。穂はこれら非親和性レースによっても発病し、穂いもちでの分布レースは一般に葉いもちより種類が多い。

(2) イネの葉に親和性レースによる病斑があると、その病斑上で非親和性レースも生存できる

前述したシコクピエいもち病の場合と同様に、ある品種の上でその品種に病原性を持つ親和性いもち病菌レースの病斑が存在する場合、その病斑上では非親和性レースも生存・増殖できる (内藤, 1979)。そのためいもち病菌はこの方法によっても侵害できる品種がなくても生き延びることができる (図-4)。

4 抵抗性品種が栽培されてもなぜ絶えないか

——いもち病菌の病原性は変異しやすい

これまでいもち病に対する多くの抵抗性品種が育成され、栽培されてきた。特に外国稲の抵抗性遺伝子を導入した高度抵抗性品種の育成は 1940 年ごろから進められ、いくつかの実用品種が普及したが、これらの多くは普及後数年で激しく発病するようになり、いわゆる抵抗性の

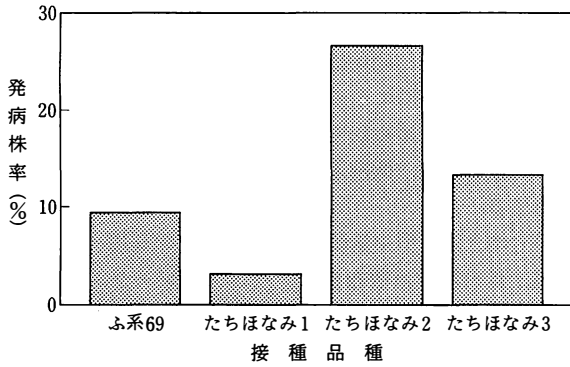


図-4 親和性いもち病菌病斑における非親和性いもち病菌レースの生存

注) ササニシキ病斑上にレース C 3 胞子を接種し、形成された胞子接種
通常レース C 3 はササニシキを侵害できない。
接種品種：レース C 3 に親和性の品種

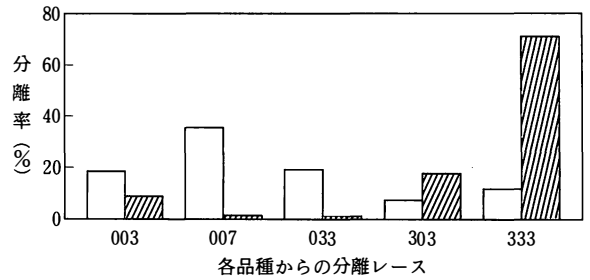


図-5 レース 033 と 303 菌対接種親菌移植田での分布レース

□：コシヒカリ，▨：シモキタ

分離レース 333：対接種親菌レース 033 と 303 の無性的交雑により生成されたと考えられる新レース

崩壊現象が見られた。その代表的な品種には支那稲系の抵抗性遺伝子を導入したクサブエやユーカラ等、また九州におけるレイハウの例がある（松本ら，1965；山田，1965）。この原因は、いもち病菌は変異しやすく、病原性変異によりこれらの新しい遺伝子を持った品種を侵害できる新レースが生成されたことによる。

このいもち病菌の病原性変異による新レースの生成は突然変異、有性的交雑、無性的交雑によって起こる。有性的交雑は日本のいもち病菌が交雑能を喪失していることから可能性はない。可能性が高いと考えられるのは複数のレースが共存している発病田における無性的交雑（内藤ら，1988；斉藤ら，1989）と突然変異である（図-5）。

また同一品種を長期間栽培しているとその品種と最も仲の良いレースが徐々に増加し、主体を占めるようになり、その結果その品種はより罹病的となり被害が大きくなる。コシヒカリ栽培地帯での一つの試験例によれば、最初レース 003 が優先していたものが年毎にコシヒカリと最も仲の良いレース 001 と入れ替わり、ついにはレース 001 が優先レースとなる（内藤，1994）。

5 効果の高い防除薬剤を利用してもなぜ絶えないか

（1）薬剤耐性菌の発生

いもち病菌に対し同じ成分を持つ薬剤を何回も使用しているとその薬剤の効果が劣ってくることもある。それはいもち病菌が変異してその薬剤に対し耐性を持った菌株が出現したためである。これまでに耐性菌の出現はカスガマイシン、IBP、EDDP 等で認められている。カスガマイシン耐性菌は 1971 年に山形県の庄内で最初に報

告され、これ以来耐性菌問題が大きな問題として認識されるようになった（三浦，1984；飯島ら，1987）。

（2）効果の高い薬剤でもいもち病菌を無にすることは至難の業である

いもち病は種子伝染が主体の病気である。そのため、種子消毒を完全に行い、付着いもち病菌を根絶すればいもち病は発生しない。しかし、現在、どんな効果の高い種子消毒剤でも完璧にいもち病菌を死滅させ、無病化することはできない。この残存いもち病菌が稲育苗という好適環境条件下で増殖し、本田での発病源となる。

6 極めて少数の生存いもち病菌がイネの発病源となり得るか

——いもち病菌の伝染力は極めて強い

いもち病を根絶することが困難な理由の一つは、その伝染力が強いことである。環境条件が良好の場合には 1 個でも病斑が存在した場合、それが増殖し、圃場全体に伝染するのにそう時間はかからない。太田らが 1968 年から数年にわたり大曲市の東北農試圃場で実験した結果によると、本田中央に 1 個の病斑を持つ株を 1 株 6 月 13 日に移植後、好適気象条件が 1～2 回訪れるとその後の発病増加は極めて急激で、7 月下旬には 1,000 株以上が発病した（越水，1992）。

以上、イネいもち病菌は、圃場において、主として 2～6 項で述べたような特性を最大限駆使し、人間が加える防除圧に耐え、しぶとく生き長らえ、人間への反撃の機会を虎視眈々とうかがっている。

II いもち病に勝つための根本的対策はあるか

——新しい省力、環境負荷軽減防除技術の開発

近年の農業を取り巻く情勢の大きな変化に対応し、病

害防除においても省力、低環境負荷、高精度の防除技術開発が進められている。

1 いもち病被害の軽減技術

(1) 発生予察技術の高度化

的確な発生予察は必要最少限の農薬、労力での確に病害を防除するための最も重要な技術である。特に現在農薬以外の実用的防除技術がほとんど確立されていないイネの病害防除において、発生予察技術の活用は特に重要である。現在最も広く用いられている予察法は地域気象観測システム (AMeDAS) を利用したモデル BLASTAM (越水, 1988; 林ら, 1988) で感染好適日の出現から発病を予測するものである。またシミュレーションモデルとして BLASTL (橋本ら, 1984) がある。

(2) 新しい低薬量、低毒性、高性能農薬の開発

1) 種子消毒剤

現在の種子消毒剤の主体であるエルゴステロール生合成阻害剤 (EBI 剤) は病原菌の細胞膜の主成分であるエルゴステロールの生合成を阻害し、病原菌の細胞膜の機能をかく乱し、防除効果を示す薬剤である。ばか苗病、ごま葉枯病、いもち病などの種子消毒剤として多くの薬剤が開発されている。

2) メラニン生合成阻害剤

いもち病菌は稲体に侵入する際表面に付着器を形成してから侵入する。この付着器の細胞壁にメラニンという褐色の色素が生成されないと侵入できず、発病が阻止される。この剤の大きな特徴は殺菌性がないことで、本剤の直接作用でいもち病菌が死ぬことはない。最近の育苗箱施用剤、本田水面施用剤・散布剤等の多くがこれに含まれる。

3) 抵抗性誘導剤

プロベナゾール剤に代表される本剤も殺菌性はない。本剤はイネに対しいもち病抵抗性発現を誘導する機能を持つといわれている。今後、この種の薬剤の開発が進む可能性がある。

(3) 新しい剤型、施用法の開発

1) 長期効果持続型粒剤

機械移植が普及してから育苗箱施用の粒剤や本田での水面施用粒剤がいもち病を初め紋枯病にも開発された。粒剤は効果の持続する期間が長く、いもち病剤では2か月近く効果を示し、現在、より効果の高い新しい剤の開発が続いている。

2) パック剤

本田投げ込み型の薬剤がいもち病、紋枯病に対し開発された。本剤では特別の防除機器は不要で、大規模型の航空防除に対し、中規模以下の農家を対象に省力、低コ

スト型防除法として期待がもてる。

3) 本田移植時側条施薬

本田移植と同時に苗の株元に粒剤を施用する側条施薬技術の開発が進められている。本法による防除効果は高く、今後の省力、低投入、低コスト防除技術として期待がもてる。

4) 地上走行型少量散布機、RCヘリの利用

地上走行型少量散布機 (ブームスプレーヤ、25 L/10 a) による防除技術やラジコンヘリによる防除が進められている。本法によれば航空防除より時間はかかるが、薬剤の周辺への飛散も少なく、航空防除ができない地域での省力、低投入、低コスト防除技術として期待できる。

(4) 病害抵抗性遺伝子多系品種の利用

イネいもち病菌には多くのレースがある。現在存在するレースに侵害されない品種を栽培しても前述のように抵抗性の崩壊が起こる。そこで、いもち病真性抵抗性遺伝子だけが異なり、食味等の他の形質は同一の系統 (同質遺伝子系統) を多数育成し、それを混植することにより親和性レースの増殖を抑止し、発病を軽減しようとする技術が開発された。現在ササニシキの多系品種が実用化されている。これにより薬剤防除回数的大幅低減が期待できる。

2 いもち病根絶技術

いもち病は、前述のように種子伝染性病害である。いかにして健全、無病の種子を生産するかが、いもち病根絶の第一歩となる。

(1) 健全種子生産技術

現在、イネの病害で最も重要な種子伝染性病害の防除は、種子消毒や育苗箱施薬で対応されているが、優秀な薬剤でも現実には完全な防除が困難な場合が多い。種子伝染性病害ではわずかな汚染種子が混在していても後の発病に大きく影響する場合が多く、完全な種子消毒効果が理想である。そのためには汚染程度の低い種子を生産することが重要で、種子生産圃での汚染軽減栽培技術、立毛時防除法の開発研究が必要である。

(2) 種子の無病化技術

種子の無病化を達成するためには病原菌が存在する部位を明らかにし、その組織を種子から除去する方法がある。これにより種子の無病化が可能となり、種子消毒が不要となるとともに種子伝染性病害の本田での防除も不要となる。また少なくともこれにより種子の汚染程度を大きく軽減することができるはずであり、種子の消毒効果をあげることもできる。この防除技術が確立されると、いもち病等の種子伝染性病害の根絶も夢ではない。

いもち病はイネにとって極めて恐ろしい疫病である。それは米を主食とする我々人間にとっても同じである。これまで人間の多くの重要な疫病に対しては人間はそれを絶滅するために多大の努力をし、その成果のおかげで現在の我々は安心して生活できるようになった。農業の分野でもウリミバエ等に見られるように根絶の努力がなされてきた。しかるに、最も恐ろしい疫病であるいもち病に対してはどうであろうか。最近の防除研究、薬剤の開発はなぜか、いもち病は出るもので、その年の被害を何とか抑えられればそれでよいという、いもち病に敗退宣言をしたような気風が占めているように思える。また最近、環境保全という言葉に熱心なあまり、いもち病菌も生き物であるから殺さずに被害のない程度に程々に抑制すればよいという考え方をする人もいるが、現実を知らない極めて甘い考えである。平成5年の大冷害年におけるいもち病の激発状況は、科学が進んだ現代においても一歩間違ふといつても江戸時代以前と同様の激烈な状況が襲来することを示している。

イネの病害に絞ってみても、根絶が必要な病害とそれほど努力をしなくてもよい病害とあることも事実であるが、いもち病は根絶すべき病害であり、努力により根絶が可能な病害である。

引用文献

- 1) 橋本 晃ら (1984): 福島農試特別研報 2: 1~104.
- 2) 林 孝・越水幸男 (1988): 東北農試研報 78: 123~138.
- 3) 飯島章彦・寺沢 租 (1987): 長野農事試報 44: 39~94.
- 4) 池上八郎 (1973): 岐阜大農研報 34: 55~69.
- 5) 糸井節美ら (1978): 日植病報 44: 209~213.
- 6) 加藤 肇 (1987): 稲いもち病, 養賢堂, 東京, pp. 365.
- 7) 越水幸男 (1970): 東北農試研報 39: 97~110.
- 8) 越水幸男 (1988): 東北農試研報 78: 67~121.
- 9) ——— (1992): 病害虫発生予察資料2, イネいもち病発生予察に関する特別技術研修テキスト, 農水省植物防疫課.
- 10) 栗林数衛 (1928): 日植病報 2: 99~117.
- 11) 松本定利ら (1965): 関東病虫研報 12: 9.
- 12) 松本省平・茂木静夫 (1979): 九病虫研会報 25: 12~14.
- 13) 三浦春夫 (1984): 山形農試特研報 14: 1~44.
- 14) 内藤秀樹 (1979): 日植病報 45: 272~274.
- 15) ———・対馬誠也 (1981): 九病虫研会報 27: 17~19.
- 16) ———・平野哲司 (1985): 日植病報 51: 343.
- 17) ——— (1988): 同上 54: 343.
- 18) ——— (1994): Pest Science and Management, IRRI, pp. 289.
- 19) 成田武四ら (1956): 北海道農試報告 7: 1~33.
- 20) 小野小三郎・鈴木穂積 (1963): 北陸農試報告 4: 1~15.
- 21) 斉藤初雄ら (1989): 愛知農総試研報 21: 99~105.
- 22) 八重樫博志 (1987): 稲いもち病, 養賢堂, 東京, pp. 365.
- 23) 山田昌雄 (1965): 植物防疫 19: 231~234.

学 界 だ よ り

○The Third Asia-Pacific Conference of Entomologyのご案内

日時: 1997年11月16日~22日

場所: 台湾・台中市 館前路・國立自然科学博物館 (National Museum of Natural Science)

参加費: US\$300 (1997年6月30日まで)

US\$320 (1997年6月30日以後)

US\$350 (会場受け)

他に、同伴者は一律 US\$200, 学生参加費は US\$120 です。ただし学生参加費を申し込む場合には身分証明書, または指導教授の証明が必要です。

上記の会議は1989年, 1993年に第1回, 第2回の会議がおのおのチェンマイ, 那覇市で開催され, 今回が第3回目に当たります。会議の内容は次の18項目に分かれて講演を行なう予定です。

1. Morphology, Systematics and Evolution
2. Insect Physiology
3. Biochemistry and Molecular Biology
4. Behavior and Population Ecology
5. Social Insects
6. Insect Conservation and Museum Inventory
7. Insects of Medical and Public Health Importance
8. Forest Entomology
9. Apiculture and Useful Insects
10. Insects of Agricultural Importance

11. Storage Insects
12. Pathology and Microbial Control
13. Biological Control
14. New Approaches to Insecticide Management
15. Toxicology and Insecticide Resistance
16. Biopesticides
17. Acarology
18. IPM

なお、他にポスターセッションを設け、各種の小型シンポジウムも企画中です。

準備委員会では第1回, 第2回の会議に負けられないような盛会を期待, 尽力中ですので, 大勢の皆様の参加をお待ちしています。本会議の2nd Announcementは昨年既に配布済みですが, ご希望の方には申し込みがあり次第, 直ちにお送りします。

連絡先

Dr. Chinchang Yeh, Secretariat
Third Asia-Pacific Conference of Entomology
P. O. Box #17-81
Q. Taichung, Taiwan 40227
Tel: +886-4-286-0368 Fax: +886-4-287-5024
または
朱耀沂 (Yau-I Chu)
台湾・台北市羅斯福路
國立台灣大學農學院植物病虫害學系
Tel: +886-2-735-9990 Fax: +886-2-735-9990
+886-2-735-0872