

日本植物病理学会
第 29 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム

《プログラム》

- 10:00 開 会
- 10:05-10:35 神奈川県における薬剤耐性菌の調査・研究事例
岡本 昌広 (神奈川県農業技術センター)
- 10:35-11:15 キュウリうどんこ病菌 (*Podosphaera xanthii*) におけるフルチアニル
およびピリオフェノンに対する耐性菌の発生
宮本 拓也 (茨城県農業総合センター 園芸研究所)
- 11:15-11:55 イネばか苗病の増加要因とその対策について
藤 晋一 (秋田県立大学 生物資源科学部)
- 11:55-13:00 <昼食休憩>
- 13:00-13:10 研究会会計および幹事会活動報告
- 13:10-13:50 北海道における薬剤耐性テンサイ褐斑病菌の現状と今後の防除戦略について
柏森 美如 (北海道立総合研究機構 十勝農業試験場)
- 13:50-14:30 GAP における IPM と抵抗性病害虫管理
鈴木 啓史 (三重県 中央農業改良普及センター)
- 14:30-14:40 <休憩>
- 14:40-15:20 SDHI 剤耐性菌にみられる遺伝子変異と交さ耐性
石井 英夫 (吉備国際大学 農学部)
- 15:20-16:20 Research, Monitoring and Management of Fungicide Resistance in France
Anne-Sophie Walker (INRA, France)
- 16:20-16:40 総合討論 (座長: 川口 章 (農研機構 西日本農業研究センター))
- 16:40 閉 会

神奈川県における薬剤耐性菌の調査・研究事例

A case study of Fungicide Resistant Pathogens in Kanagawa Prefecture

神奈川県農業技術センター

岡本昌広

Masahiro Okamoto, Kanagawa Agricultural Technology Center. 1617, Kamikichisawa, Hiratsuka,
259-1204, Japan

Abstract

In this report, we introduce the properties, assay method and regional distribution of DMI - resistant strains of powdery mildew and QoI - resistant strains of gummy stem blight (*Didymella bryoniae*) on Cucurbitaceae vegetables in Kanagawa prefecture. In addition, we introduce countermeasure to suppress occurrence of fungicide resistant pathogen against Japanese mume brown rot (*Monilinia laxa*) frequently occurred in the western part of Kanagawa prefecture.

1. はじめに

神奈川県は、関東平野西南部に位置し、県土面積約 2,400km²、総人口約 920 万人が暮らす、全国でも有数の都市化が進んだ地域である。その一方、東京湾や相模湾に接し、箱根山や丹沢山系を有するなど多様な地形を生かし、県土の約半分の面積を占める農地や森林を用いて地域の特色を生かした農林水産業が営まれている。農業形態も多様で、都市農業型の直売に対応した多品目少量栽培、県民参加型の観光農園や農作業体験農園などが行われる一方で、三浦半島地域のような土地利用型農業も行われている。本県の農業は、農家一戸当たりの耕地面積が 0.80ha と全国平均(2.09ha)と比べて規模は小さいが、農地に占める畑の割合が 80.7%と全国平均(45.6%)と比べ高く、野菜や花きを中心に高い技術力を生かし農地を高度利用して土地生産性の高い経営が行われている。

多様な作物の一例として、県内で産地が点在する施設キュウリや三浦半島地域で夏期に露地で栽培されるウリ科野菜は、産地として長く続いており、これまで様々な病害対策を行ってきた。その中でも、ウリ科野菜に共通して発生するうどんこ病やつる枯病に対して薬剤防除効果が低下したことから、重点的に調査や対策を行っている。また、最近では県西地域のウメの主産地で、ウメ灰星病の深刻な被害が発生し、発生生態や防除体系の確立のための緊急な対応を実施している。

本稿では、こうした一連の対応の中で明らかにした、ウリ類うどんこ病における DMI 耐性菌やウリ科野菜つる枯病における QoI 耐性菌といった、ウリ科野菜病害の薬剤耐性菌の性質や検定方法、地域分布などを紹介する。また、ウメ灰星病に対して、薬剤耐性菌の発生を考慮した防除対策を紹介する。

2. ウリ類うどんこ病における DMI 耐性菌について

ステロール脱メチル化酵素阻害剤 (DMI 剤) は、優れた殺菌剤として多くの植物病原菌防除に用いられている。本剤は防除効果が高いことから、頻繁に使用され、これが薬剤耐性菌の発生に拍車をかけて、様々な病害で問題となっている。キュウリうどんこ病菌は耐性菌の発生リスクが高い菌として知られ、1988 年に神奈川県や千葉県で DMI 剤の感受性低下事例が報告され (大塚ら、1988 ; 竹内・村井、1988)、その後の全国調査でも耐性菌が各地に分布していることが示された (武田ら、2007)。植物病原

キュウリうどんこ病菌 (*Podosphaera xanthii*) における
フルチアニルおよびピリオフェノンに対する耐性菌の発生

Occurrence of cucumber powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) isolates resistant to
flutianil and pyriofenone in Ibaraki Prefecture, Japan

茨城県農業総合センター園芸研究所
宮本拓也

Takuya Miyamoto

Horticultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center,
3165-1 Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, Japan

Abstract

The new fungicides, flutianil and pyriofenone, which belongs to cyano-methylene thiazolidine group and aryl-phenyl-ketone group, respectively, were introduced into Japanese market in 2013 and 2014, respectively, to control powdery mildew on cucumber and played an important role in rotation with various fungicides with different modes of action. During 2017-2018, the sensitivities to both fungicides were tested with a leaf disk assay for cucumber powdery mildew fungus (*Podosphaera xanthii*), which were collected from greenhouses with a history of both fungicides use in Ibaraki Prefecture, Japan. When tested three sensitive reference isolates, the minimum inhibitory concentration (MIC) of each fungicide was 0.01-0.1 μg flutianil/ml and 1-10 μg pyriofenone/ml respectively, and 50% effective concentration (EC_{50}) was <0.01 $\mu\text{g}/\text{ml}$ and <0.1-2.51 $\mu\text{g}/\text{ml}$ respectively. In contrast, for 117 of 157 mass isolates collected from 15 greenhouses, MIC value of flutianil was 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ or more and for 118 isolates, the value of pyriofenone was 1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ or more. Additionally, 117 isolates of them showed low sensitivities to both fungicides. To further investigate the sensitivity of this fungus in more detail, the results of testing for 25 single-spore isolates obtained from four greenhouses, 22 isolates showed low sensitivity with EC_{50} values >100 μg flutianil/ml and >1,000 μg pyriofenone/ml and only one isolate showed slightly less sensitivity with EC_{50} values 5.9-26.5 μg flutianil/ml and 74.3-345.9 μg pyriofenone/ml. In foliar inoculation tests using potted cucumber plants, the efficacies of flutianil (10 $\mu\text{g}/\text{ml}$) and pyriofenone (100 $\mu\text{g}/\text{ml}$) were very low against four single-spore isolates. This is the first report on flutianil and pyriofenone resistance in *P. xanthii*.

1. はじめに

茨城県のキュウリ栽培は、2016年産で作付面積527ha、生産量26,600tとそれぞれ全国5位、6位であり、県内農産物の主要品目の一つである。作型は様々で他の品目との輪作を行っている産地もあるが、主要産地では促成(11月~5月)と抑制(7月~10月)の年間2作で施設栽培を行っている場合が多い。

イネばか苗病の増加要因とその対策について

Increase factor of Bakanae disease and its countermeasures

秋田県立大学 生物資源科学部

藤 晋一

Shin-ichi Fuji, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University,
Shimoshinjo-Nakano Akita City, Akita, 010-0195, Japan

Abstract

The *Fusarium fujikuroi* is a haploid filamentous fungus and is one of rice seed-borne pathogens, causing "Bakanae (foolish seedlings) disease". Although several chemical fungicides (EBI) have been generally used as seed disinfection materials to control seed-borne fungal diseases, the simple method using hot water was rapidly spread with the popularization of eco-friendly agriculture. Recently, the population of moderately sensitive *F. fujikuroi* isolates to EBI fungicides is shown an upward trend. In this study, therefore, we investigated the effect of seed disinfection using EBI chemical fungicides to *F. fujikuroi* isolates with various sensitive isolates. Two types EBI fungicides have high effect, but that of prochloraz was declined. we also monitored the contamination of *F. fujikuroi* in seventeen farmer working facilities using *Fusarium* selection medium. *F. fujikuroi* was detected three farmers facilities. These results suggested that the contamination of farmer working facilities are involved in the occurrence of Bakanae disease. Additionally, we investigated the effect of seed disinfection using EBI chemical fungicides on the invasion of *Fusarium fujikuroi* at sprouting period. The Bakanae disease was occurred in seedlings using all tested EBI fungicides when disinfected seeds were soaked in the spore of three isolates with different chemical sensitivity at sprouting period, respectively. Furthermore, the height of diseased seedling was prevented when EBI fungicides were used. These results suggest that the cleaning out the farmer working facilities is important for the control of Bakanae disease.

1. はじめに

イネばか苗病は *Fusarium fujikuroi* によって引き起こされる病害である。水稻栽培においては、環境保全型農業と有機・減農薬栽培の高まりによって、これまで化学合成農薬により行われてきた種子消毒にかわり、温湯種子消毒法や微生物防除資材を用いた方法が広く取り入れられるようになった。しかしながら、こうした化学農薬に依存しない種子消毒技術の普及は、これまで問題視されていなかった、ばか苗病の発生を増加させた。特に温湯種子消毒法の普及率の高い宮城県や微生物防除資材の普及率が高かった岩手県では、その発生が深刻な問題となった。そのため岩手県では、一定期間化学合成農薬による種子消毒方法に戻すことによる、クリーン作戦に取り組んでいる。

イネばか苗病の研究については、1980年代に広く研究が行われてきた(佐々木 1987、渡部 1980)。また、1980年代にベノミル耐性菌が発生して大きな問題となったものの(小川・諏訪 1981、北村ら 1982) それに代わるエルゴステロール生合成阻害[EBI(DMI)]系の種子消毒が、卓越した防除効果を示

北海道における薬剤耐性テンサイ褐斑病菌の現状と今後の防除戦略について

Current status of fungicide-resistant strains of *Cercospora* leaf spot of sugar beet in Hokkaido

北海道立総合研究機構 十勝農業試験場

栢森 美如

Miyuki Kayamori, Tokachi Agricultural Experiment Station, Hokkaido Research Organization,
Hokkaido, 082-0081, Japan

Abstract

Cercospora leaf spot (CLS) caused by *Cercospora beticola* Sacc. is one of the most severe foliar disease of sugar beet (*Beta vulgaris*) with worldwide economic impact. The history of sugar beet production could represent to the history of fungicide resistance. In Japan, the history of fungicide resistance in CLS has been started since benzimidazole-resistance happened in 1974.. Kasugamycin-resistance was first reported in 1984, without decline in the practical control, but in 2017, the frequency of resistant isolates was increased and fail in practical control. In recent year, resistance was developed in QoIs and DMIs. Thus, fungicide resistance was occurred in the fungicides which likely to occur resistance, except manzeb and copper substances, which is the last fungicide to develop resistance. But the application times allowed to manzeb is not enough to control susceptible varieties. Fortunately, tolerant varieties became one of the choices for all sugar beet growers from 2017, the combination of multisite fungicides and tolerant variety is the only way to control CLS, in Japan.

1. はじめに

テンサイは寒さに強く、寒冷地作物としてヨーロッパ、北米、アジアなどの中～高緯度で栽培される甘味資源作物である。日本では明治期より北海道に導入され、現在の栽培面積は 5.8 万 ha となり、畑作の輪作上なくてはならない作物となっている。テンサイ褐斑病は高温多雨により助長される重要病害であり、多発すると茎葉が枯死に至り、糖量の低下をもたらす。テンサイ導入当初は防除技術も稚拙であったが、「導入 2 号」などの抵抗性品種と無機銅剤との組合せが本病の被害軽減に貢献した。1963 年に銅剤と比べて効果の高い有機スズ剤の登場により、抵抗性のない多収品種への切り替えへ拍車がかかった。以後、チオファネートメチル剤が登場したが、ここから耐性菌と新規剤のいたちごっこが始まった。現在ではカスガマイシン、QoI、DMI 剤で耐性菌が出現し、防除暦から褐斑病防除対象としてこれらの剤が削減されて以降、マンゼブ剤や銅剤など耐性菌リスク「低」の薬剤しか残されていない。幸い、2017 年以降、多収形質を備えた抵抗性品種が出揃い、褐斑病抵抗性「強」以上の品種が作付面積の 3 分の 2 を占めるようになった。耐性菌の連鎖を断ち切るため、抵抗性品種をベースとした新しい防除体系の確立が急務である。

2. テンサイ褐斑病防除薬剤の変遷

テンサイは明治期に北海道に導入されたが、有効な薬剤はなく褐斑病の被害は多かった。1922 年に

GAP における IPM と抵抗性病害虫管理

IPM and Resistant Pest Management in GAP

三重県中央農業改良普及センター

鈴木啓史

Hirofumi Suzuki, Mie Prefecture Chuo Agricultural Extension Center,
530 Ureshinokawakita-cho, Matsusaka City, Mie, 515-2316, Japan

Abstract

Resistant pest management has been developed in cooperation with pesticide use guidelines, which recommend rotational use of pesticides or simultaneous use of suitable pesticides based on the RAC (resistance action committee) codes, as well as IPM (integrated pest management) as non-chemical pest control technology.

First of all, a pest control plan is indispensable in order to make an effective pest control system.

Then, risk analysis is necessary to know potential causes for the occurrence of resistant pests and to prepare countermeasures under local conditions.

Further, resistant pest management offers analysis of the selection and diffusion of resistant pests, for which monitoring in field is available.

GAP (good agricultural practice), covering the production process as a flow diagram from seed purchase to sales, is available for the risk analysis at each process from the viewpoints of food safety, industrial safety and environmental conservation.

Following the process of GAP, risk analysis is composed of four steps : identification of hazards, risk assessment, preparation of risk management measures, and dissemination of risk management measures.

Farmers are expected to be aware of the importance of the resistant pest management, prepare the countermeasures based on the risk analysis and initiate necessary actions by themselves.

1. はじめに

抵抗性病害虫の顕在化を遅延させる管理技術は、RAC (Resistance Action Committee) コードや IPM (Integrated Pest Management) 技術など整いつつある。しかし、これらの方法も実行されてこそその対策である。抵抗性病害虫対策を計画して、実行して、その結果を検証して、また次の計画に反映していく、このような仕組みづくりが必要である。今回、2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会における食材調達基準で話題になっている GAP (Good Agricultural Practice) が活用できると考え、紹介する。抵抗性病害虫管理については、OIE (Office International des Epizooties : 国際獣疫事務局) 抗菌剤耐性ガイドライン (OIE 2001) を参考にした。また、抵抗性病害虫管理の考え方は、病害も虫害も同様と考えての表題であるが、耐性菌管理を中心に話題提供したい。

2. GAP とは

SDHI 剤耐性菌にみられる遺伝子変異と交さ耐性

Mutations in the *sdh* genes from fungal isolates and their impact on cross-resistance to various succinate dehydrogenase inhibitors (SDHIs)

吉備国際大学農学部

石井 英夫

Hideo Ishii · Kibi International University · Minami-awaji, Hyogo, Japan

Abstract

A plenty of SDHI (succinate dehydrogenase inhibiting) fungicides have been developed and are still in progress worldwide. However, boscalid-resistant isolates have also appeared rapidly in many pathogens including *Alternaria alternata*, *Corynespora cassiicola*, *Botrytis cinerea* and others. Molecular mechanism of boscalid resistance has been studied intensively and found that the point mutations in *sdhB*, *sdhC*, or *sdhD* genes often associated with various levels of resistance. Interestingly, two SDHI fungicides fluopyram and isofetamid showed strong inhibitory activities not only against boscalid-sensitive but also highly boscalid-resistant isolates indicating the differential binding of these fungicides to target-site enzyme from other SDHI fungicides. Complex situation has become obvious between genotypes of resistant isolates and their pattern of resistance to SDHI fungicides. Therefore, the relationship of target-site mutations with cross-resistance is reviewed in this paper.

1. はじめに

新世代の SDHI 剤 (コハク酸脱水素酵素阻害剤、複合体 II 阻害剤) としてボスカリドが登場して以来、本系統薬剤の開発が相次ぎ、第 1 世代のものも含めると現在 23 剤に及ぶ (FRAC, <http://www.frac.info/>)。しかし、いくつもの病原菌で既に耐性菌の発達が知られ、SDHI 剤の耐性菌リスクは「中～高い」と位置付けられる (殺菌剤耐性菌研究会、<http://www.taiseikin.jp/>)。一方、同じ作用機構を持ちながら、近年開発された薬剤の一部にはボスカリドほかとの間に交さ耐性が認められないものもある。SDHI 剤は今後も更なる開発が見込まれることから、現場で使用するにあたっては各薬剤の特性を関係者がより深く理解する必要がある。そこで、その一助とすべく、耐性菌にみられる遺伝子変異と交さ耐性の関係を中心に国内外の情報を整理してみたい。

2. SDHI 剤耐性の主要なメカニズム

SDHI 剤耐性の主要なメカニズムについては Stammler et al. (2015)、阿部 (2018) ほかによって簡潔にまとめられている。作用点であるコハク酸脱水素酵素 (SDH) の 4 つのサブユニットのうち SDH-A を除く SDH-B、SDH-C 及び SDH-D の 3 つが SDHI 剤との結合に関与しており、ミトコンドリア電子伝達系の阻害を通じて菌の呼吸が停止する。そこで、耐性のメカニズムとして作用点変異が着目され、これらのタンパク質をコードする遺伝子のシークエンスが相次いで解析された。

圃場由来のボスカリド耐性菌が最初に報告されたピスタチオの *Alternaria alternata* (*Alternaria late blight* の病原菌) (Avenot et al., 2008 & 2009) やキュウリ褐斑病菌 *Corynespora cassiicola* (石井ら、2007; Miyamoto et al., 2010)、次いで灰色かび病菌 *Botrytis cinerea* (Veloukas et al., 2013)、バレイシヨ夏疫病菌

Research, Monitoring and Management of Fungicide Resistance in France

Anne-Sophie WALKER^{1,2}

¹UMR BIOGER, INRA, Avenue Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon, France

²Research and Reflection Ring on Pesticide Resistance (R4P)

Anne-sophie.walker@inra.fr; @A_SWalker

Context

Modern fungicides greatly contribute to world agricultural production but their sustainability is threatened by the widespread evolution of fungicide resistant plant pathogen populations. Resistance is the outcome of the adaptive evolution of pathogen populations under fungicide selective pressure, expressed as the intrinsic, inheritable ability of some pathogen genotypes to survive fungicide concentrations that kill or inhibit the development of sensitive genotypes from the same species. This capacity is due to naturally occurring mutation(s) in the genome of resistance genotypes (R4P 2016). In addition to supplementary crop losses, resistance may lead to remedial treatments which are detrimental for human health and for the environment. Meanwhile, national (*e.g.* Ecophyto plan in France¹) and European policies (*e.g.* directive 2009/128/CE²), encouraged by the social demand for safer food and environment, aim to limit pesticide registration and use, but consequently, also tend to decrease the number of available modes of action, which may reduce the fungicides diversity usable by farmers to manage resistance. Original modes of action are getting rare for some (eco)toxicological reasons, and, in this context, a major challenge for crop protection is to design new crop protection tools and management strategies and to enhance the sustainability of the available molecules.

Resistance management relies (i) on the use of alternative strategies (*e.g.* resistance cultivars, prophylaxis, agricultural practices), and (ii) on the skillful deployment of anti-resistance strategies (namely alternation, mixture, mosaic and dose modulation), maximizing the heterogeneity of selection applied on pest populations (Jørgensen *et al.* 2017; REX 2013). If there is still a debate about the respective efficacy of strategies in impeding resistance evolution, probably because it tightly depends on pest biology and resistance genetics, there is a consensus to admit that early management of resistance is a condition to sustainability. Management optimization is first based on the specific knowledge of resistance status for a given pest and pesticide and therefore relies on resistance monitoring information. Resistance monitoring is the regular observation in populations of the biological and genetic characteristics, frequency, occurrence and/or location of resistance as regard of pesticide use in concerned territories. Resistance monitoring is a prerequisite to pesticide registration, to predict in field pesticide efficacy and propose preventive measures. It is also made mandatory to further adapt strategies by stakeholders, according to resistance evolution. Management optimization also relies on findings from basic research, to elucidate

¹ <https://agriculture.gouv.fr/ecophyto>

² https://aida.ineris.fr/consultation_document/733