

第8節 病害虫に関する試験研究

近年の温暖化の進行により、いちご栽培におけるアザミウマ類被害の顕在化や、水稻栽培ではイネカメムシが問題化するなど、害虫の発生状況が変化している。病害についても、イチゴ萎黄病や炭疽病等の高温で多発する病害や、媒介虫の増加によってウイルス病が増加するなど、気候変動の影響が生じている。さらに、流通の国際化等により、外来害虫の侵入・蔓延も問題となっている。こうした情勢変化により新たに問題となった病害虫について、発生生態の解明や防除対策の検討を行い、クビアカツヤカミキリでは、紫外光を用いた卵の早期発見技術や、各種資材を用いた侵入及び産卵の抑制効果を明らかにした。

また、「IPM（化学農薬だけに依存するのではなく、病害虫の発生状況に応じて、生物的防除法や物理的防除法等の複数の防除方法を適切に組み合わせ、環境への負荷を軽減しつつ、病害虫の発生を抑制する防除体系）」の開発として、いちごのアブラムシ類防除における天敵活用や、にらのネダニ類防除での高温処理や緑肥作物の防除効果について検討を行った。令和5（2023）年3月に策定された「とちぎグリーン農業推進方針」では、「環境負荷低減と収益性向上の両立」を目指し、今後も IPM 技術の開発が求められている。

1 生産性を効率的飛躍的に向上させるいちご新品種の育成

(1) いちごの主要病害に対する耐病性系統の選抜(平 20～)

イチゴ萎黄病および炭疽病に対する耐病性品種を育成するため、いちご研究所で育成された3次選抜以降の系統・品種に対し、接種検定により選抜系統の耐病性を明らかにした。

2 環境負荷を低減する生産技術の確立

(1) 施設害虫アブラムシに対する基盤的防除のための次世代型バンカー資材キットの開発(平 28～30)

アブラムシ類はいちごの重要害虫であるが、農薬への感受性低下の懸念もあり、化学農薬以外の防除方法が求められていた。そこで、いちごほ場におけるナケルクロアブラバチとコレマンアブラバチの2種アブラバチの、バンカー法を用いた同時放飼の防除効果を検討した。その結果、いちごのアブラムシ類対策として、ナケルクロアブラバチと

コレマンアブラバチのマミーを、チューリップヒゲナガアブラムシを対象にそれぞれ 1 頭/㎡ずつ 6 回同時放飼、ワタアブラムシを対象にそれぞれ 0.5 頭/㎡ずつ 6 回同時放飼したところ、両処理ともに防除効果が認められ、有効性が明らかになった。

研究成果 35：25～26(2017)



写真1 次世代型バンカー

また、いちご栽培で使用される殺虫剤及び殺菌剤のアブラバチ雌成虫及びマミーに対する影響を評価した。その結果、供試した殺虫剤 18 剤では、4 剤でアブラバチ雌成虫に対する影響が大きく、4 剤で影響中程度、10 剤で影響無しであった。また、殺菌剤 11 剤では、すべて影響無しであった。

研究成果 37：29～30(2018)

(2) いちごのアザミウマ類の IPM 防除体系の確立(令 4～6)

いちご栽培において、アザミウマ類は果実表面を加害し商品価値の低下を招く重要害虫である。

近年、作型早期化や気候温暖化の影響により、単価の高い秋期での被害が増加しているため、現場で導入しやすい防除技術を検討した。その結果、定植前の灌注剤（モベントフロアブル、ベリマーク SC）処理と、ククメリスカブリダニ放飼を組み合わせることで、アザミウマ類の密度を低く抑え、秋期における果実への被害を軽減できることが明らかとなった。

研究成果 42：5～6(2023)

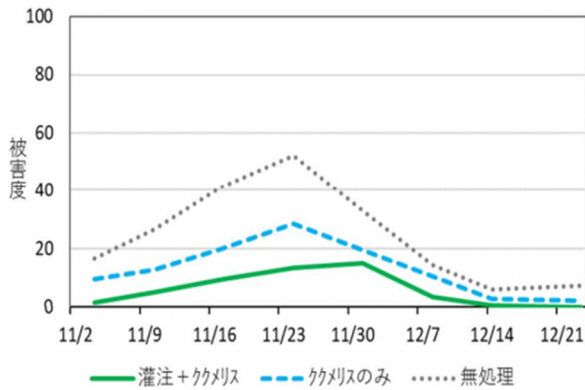


図1 アザミウマ類による果実の被害度

(3) にらのネダニ類に対するIPM防除体系の確立(令4～6)

農業に依存しない防除対策としてこれまでに開発した方法(にら株に対する温水処理)は、処理にあたって多量の温水および労力を要する点から現場普及は困難であった。そこで簡易な防除対策として、作付け終了後のにら株に対し、被覆資材を用いた高温処理のネダニ類に対する密度低減効果について検証した。その結果、2月中旬以降の処理開始では、3月下旬から地下5cmの地温を40℃以上で30分以上維持でき、ネダニ類密度が大幅に低減され、ビニル被覆による簡易な高温処理はネダニ類の密度低減に有効であると考えられた。

研究成果 39: 23～24(2020)

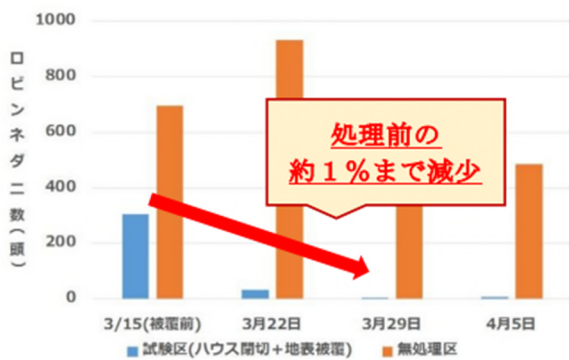


図2 ネダニ類密度の推移

また、新たな防除法として、土壌線虫や病害の抑制効果が知られる緑肥作物に注目し、ネダニ類に対する防除効果について検討した。その結果、にらの定植前に緑肥作物をすき込むことにより、ネダニ類の密度抑制が可能であり、緑肥作物のなかでも、ライムギの効果が高いことが明らかになった。

研究成果 42: 7～8(2023)



写真2 各種緑肥作物の栽培状況

3 農業情勢や生産環境の変化に対応した総合的な病害虫防除技術の確立

(1) オオムギ黒節病に対する種子消毒技術の確立(平26～27)

オオムギ黒節病は種子伝染性の細菌病で、全国的にも問題となっており、厚播き・早播きを避けるなどの耕種的防除法が行われているが、その効果は十分でないことから、乾熱処理と薬剤処理を組合せた種子消毒の防除効果を検討した。その結果、80℃・120時間の乾熱処理とチウラム・チオファネートメチル水和剤200倍液、酢酸液剤100倍液または食酢30倍液のうち、いずれか1時間浸漬の組合せは、本病の種子保菌率を低下させ、高い種子消毒効果が認められた。

研究成果 35: 27～28(2016)

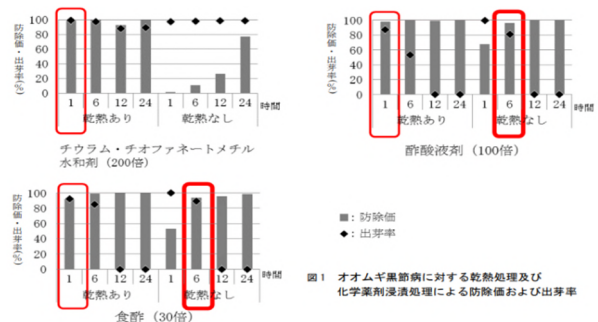


図3 オオムギ黒節病に対する乾熱処理及び化学薬剤浸漬処理による防除価及び出芽率

(2) イチゴ萎黄病菌の病原性分化の解明(平26～28、令5～7)

イチゴ萎黄病は防除が困難なため、耐病性品種「アスカウェイブ」を育種素材として萎黄病の耐病性育種が行われている。しかし、平成21(2009)年に県中部のいちご産地から採取したイチゴ萎黄病菌に、「アスカウェイブ」を侵す菌株(UKA-1菌株)が確認された。そこで、その発生実態を明らかにするとともに、既存の品種・系統、並び

にいちご研究所の育成系統の中から耐病性を示すものを検索した。その結果、イチゴ萎黄病耐病性品種「アスカウェイブ」を侵すイチゴ萎黄病菌は、県内に広く分布していることが明らかになった。なお、これら菌株に対して耐病性を示すいちご品種・系統が見出され、新たな育種素材としての可能性が示唆された。

研究成果 36：25～26(2017)



写真3 イチゴ萎黄病菌接種後の発病状況

また、病原性関連遺伝子（*SIX* 遺伝子）に着目し、県内の萎黄病菌を改めて分類し、経時的変遷について明らかにするとともに、主要菌株の病原性について知見を得た。さらに、これら菌株に対する耐病性素材として、いくつかの品種・系統が見いだされた。

(3) 栽培管理法の改善によるハウスリンドウ生産安定化技術体系の構築(平 27～31)

県内のりんどう産地では *Fusarium solani* 種複合体によるリンドウ立枯病が発生し、良質・安定生産を妨げている。そこで、本病に対するコンテナ隔離栽培の防除効果を検討した。その結果、本病の発生抑制として、コンテナを設置した周囲を防草シートで被覆したうえで、点滴灌水を用いたコンテナ隔離栽培が有効であった。

研究成果 39：19～20(2020)

(4) にらの黄化腐敗症状の原因解明と防除対策(令 4～)

県西部のにら産地において、春先から初夏にかけて外葉が黄化、萎凋し、後に株全体が萎れる症状(黄化腐敗症状)が発生し、問題となっている。そこで、発症株から病原菌の分離と再接種を行ない、原因菌を2菌株に絞るとともに、特定の害虫により発病が助長される可能性が示唆された。

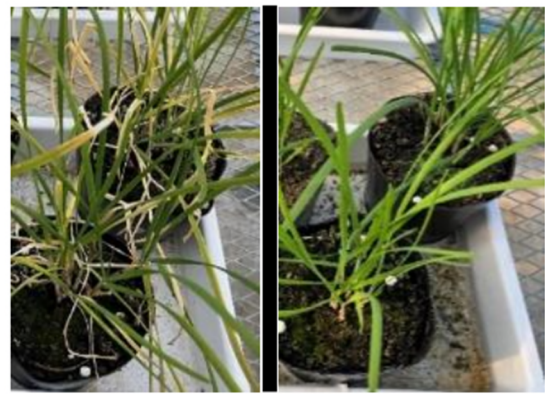


写真4 分離菌を接種したニラ株(左)と無接種株(右)

(5) LAMP法によるいちご病害の迅速診断技術の開発(平 29～31)

イチゴ炭疽病は、育苗期に潜在感染株を早期に除去することが課題である。そこで、イチゴ炭疽病の迅速診断技術確立のため宇都宮大学で設計した LAMP (Loop-mediated amplification) 用プライマーを用い、本法の有効性及び実用的な検定方法を検討した。その結果、イチゴ炭疽病に特異的な LAMP 用プライマーを用いることにより本病の診断の迅速化が図られ、バルク法を用いた多検体検出により効率化も可能であった。

研究成果 35：23～24(2016)

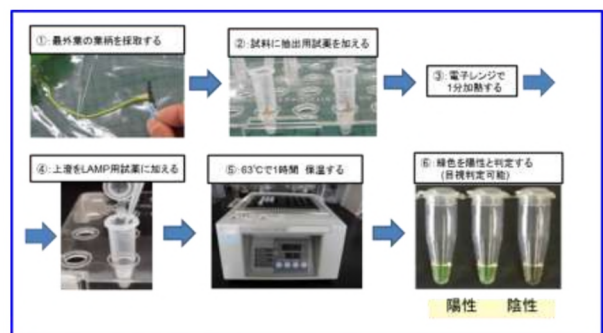


図4 LAMP法による診断のイメージ

また、イチゴ萎黄病感染株についても、LAMP法を用いた診断技術を開発した。本法は、葉柄サンプルから *Fusarium* 属菌を検出できるプライマーを用いて LAMP 反応を行い、陽性を示したサンプルについては、分離培養して得られた菌体を病原性判別プライマーを用いて改めて LAMP 反応を行うことでイチゴ萎黄病の感染を診断できる。

研究成果 39：21～22(2020)

(6) 耕種的な防除技術を基盤としたトマトかいよう病の総合的な防除技術の開発(平 29～31)

トマトかいよう病は、近年、発生が問題となっている病害である。一度発生すると防除が難しいことから耐病性品種の利用が望まれるが、穂木および台木の本病耐病性に係わる品種間差異が明確にされていなかった。初めに本病菌の接種法を検討し、これを用いて試験を行ったところ、穂木品種では耐病性が低く、台木品種では穂木品種に比べ耐病性が高いことが明らかになった。なお、供試品種中では、B バリア、スパイク、ボランチ、がんばる根ベクト、あおおに の 5 品種が比較的高い耐病性を示した。

研究成果 36：27～28(2017)

また、本病の伝染方法のひとつに土壌伝染があげられる。現場では、ほ場内への本病菌の持ち込みを防ぐために靴の消毒を指導しているが、科学的な知見は無かったことから、各種消毒資材の長靴消毒の効果を検討した。その結果、本病原菌の長靴消毒にはケミクロン G の消毒効果が高かった。なお、作製した薬液の効果は 3 日で減少するため 1 日ごとに消毒液を調製する必要がある。

研究成果 38：25～26(2019)

さらに、管理作業等を介して、ほ場内に本病が蔓延することから、各種消毒資材を用いたハサミ消毒による防除効果を検討した。その結果、熱ハサミで最も防除効果が高く、次いで 70%エタノール、ケミクロン G およびアンテックビルコン S で効果が認められた。一方、食酢、重曹、イチバンは効果が認められなかった。

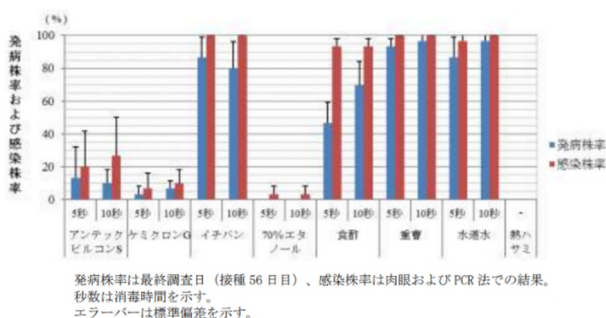


図5 トマトかいよう病に対する各種消毒資材の防除効果

(7) ももを加害するクビアカツヤカミキリの防除技術の確立(平 30～令 3)、環境低負荷のカミキリ飛来・産卵阻止技術の開発と実証(令 4～7)

クビアカツヤカミキリは特定外来生物であり、果樹やサクラの被害防止のための技術確立が望まれている。被害地域において、ももの生産樹の被害有無と樹齢および主幹径の関係を調査し、生産樹の生長に伴う被害の受けやすさの変化及び本種の被害が生産樹の定植から改植までの生涯収量に及ぼす影響評価を試みた。その結果、樹齢が進み主幹径が大きくなるほど被害は増加し、成木となる頃に急増することが明らかとなった。樹齢と被害割合の関係はロジスティック回帰式によく当てはまり、回帰式と収量のモデルデータから、被害地域の本虫発生密度が同程度で推移した場合、もも生産樹 1 樹あたりの生涯収量期待値は健全樹と比べ約 65.7%減少すると推定された。

研究成果 39：25～26(2023)

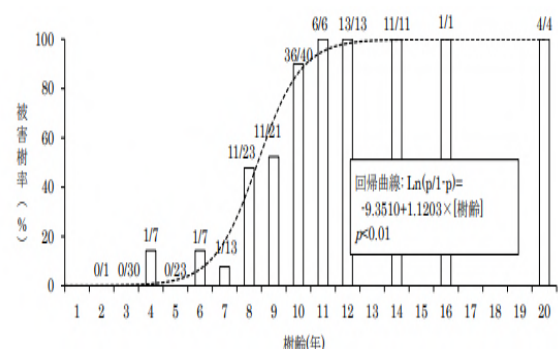


図6 もも樹における被害と樹令の関係

また、クビアカツヤカミキリ成虫に効果が期待できる有機リン系剤やネオニコチノイド系剤等、数種の農薬について、県内のもも園地で発生している個体群に対する殺虫効果を明らかにした。その結果、直接散布では、4 剤で殺虫効果が高く、2 剤で効果があると判定された。残効試験では、3 剤が散布 7 日後でも高い効果を示した。

研究成果 38：27～28(2019)

本種の発生消長を明らかにするため、平成 30（2018）～令和 3（2021）年に佐野市南西部のもも園で調査を実施し、併せて薬剤防除効果を検証した。その結果、成虫の初確認日には 2 週間程度の年次間差がみられ、防除は成虫発生が多い 6 月中旬～7 月中旬を中心として、もも収穫開始後も適宜実施する必要があると考えられた。また、複数回の防除は効果をより安定させることと、発生源となる園内の被害樹対策が重要であることが示された。

研究成果 42：9～10(2023)

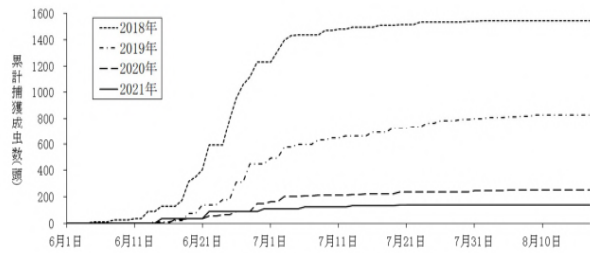


図7 もも園における成虫捕獲数の推移

本種は特定外来生物であることから、被害樹の薬剤防除や脱出防止措置、伐倒等の適切な防除対策、伐倒木を処分する際には焼却やチップ化及びくん蒸等の殺虫処理も必要である。このため、もも・サクラ等でその疑いがある被害樹が認められた場合、種の識別が求められるが、カミキリムシ類幼虫はいずれも形態の特徴が類似し識別が難しい。そこで、カミキリムシ類に関する専門的知識が無くても確実かつ比較的簡便に種の識別が可能な DNA 配列に基づいた識別マーカー（CAPS マーカー）を開発した。

研究成果 40：13～14(2021)

なお、本種の寄生については、幼虫の生育に伴って被害樹から排出されるフラスにより確認できるが、早期発見が困難で、防除は後手に回らざるを得なかった。そこで、幼虫がふ化し侵入する前に、樹皮上に産み付けられた卵を検出し、防除を可能とする検出法を開発した。本法は、卵が紫外線（UV）の照射によって青白く蛍光することを利用し、ブラックライトを用いることで、肉眼の 200 倍以上の高効率で卵を検出することが可能である。

研究成果 42：23～24(2023)

飛来・産卵阻止技術の開発と実証では、9mmX 目合より目の細かいネットが成虫の通過率が低く、目ずれを生じにくい資材が、侵入阻止資材として有望と考えられた。また、処理部分において産卵数を 70%以上抑制した資材は、幹巻テープ、防草シート及び蛍光イエロー塗料の 3 資材であり、産卵阻止資材として有望と考えられた。



写真5 クビアカツカミキリ卵の蛍光
(左：自然光、右：ブラックライト照射時)

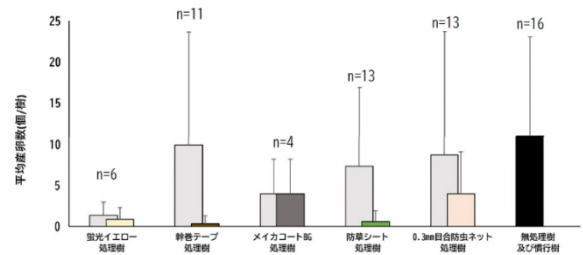


図8 各種資材を処理した樹令 6～13 年のもも園における平均産卵数

(8) なし（にっこり）に発生した汚果症状の原因究明と防除対策の確立(令 2～4)

なし品種「にっこり」では、収穫期から貯蔵中に果面に黒アザ状の斑紋を呈する汚果症状が問題となっていた。そこで、本症状の原因菌を特定し、その感染時期や感染好適条件を究明と防除対策を検討した。その結果、収穫期から貯蔵中に発生する果面の汚果症状は、主に *Acaromyces ingoldii* 及び *Zasmidium* sp によるナシ汚果病であり、高湿度条件下での貯蔵によって発病が助長されることが明らかとなった。

研究成果 41：21～22(2022)



写真6 なし汚果病の病徴

また、本病の病原菌に対する有効な防除薬剤を検討した。その結果、ヘキサコナゾール水和剤、テブコナゾール水和剤、有機銅水和剤及びプロピネブ水和剤の菌糸伸長抑制効果が高いことが明らかとなった。

研究成果 42：9～10(2023)

(9) トマトフザリウム株腐病防除技術の確立(令2~4)

トマトフザリウム株腐病は、*Fusarium solani* f.sp.*eumartii* を病原とし、主根が激しく褐変腐敗し、病勢が進展すると立枯症状を呈し減収する土壌病害である。本病は平成16(2004)年に本県で初めて確認されて以降、促成長期どり栽培の増加に伴い、発生が拡大しているが、安定して効果が期待できる有効な手段がなく、防除技術の確立が望まれている。そこで、トマト主要品種の本病耐病性や薬剤による防除を検討したところ、品種によって耐病性に差異が認められ、キャプタン水和剤 800 倍の5回散布が薬害も見られず有効と考えられた。

研究成果 40：11~12(2021)

研究成果 41：23~24(2022)



写真7 トマトフザリウム株腐病の病徴

ただし、上記の品種や薬剤防除については、ほ場での長期どり栽培においては効果が不十分であった。そこで、土壌還元消毒の現地調査を行うとともに、台木品種の発病抑制効果についても詳細に検討した。その結果、土壌還元消毒は効果が高く、これにより土壌のフザリウム属菌密度を下げたうえで、台木品種アシストを用いることで発病が抑制できると考えられた。

研究成果 43：13~14(2024)

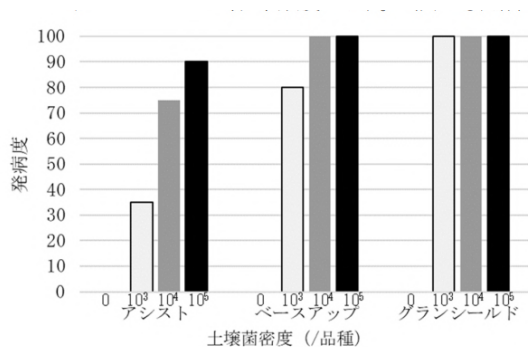


図10 土壌の菌密度及び台木品種の違いによる地下部の発病度の差異

(10) とちあいかのイチゴ炭疽病 (*Colletotrichum nymphaeae*) に対する感受性と各種薬剤の防除効果 (令2~3)

いちご品種「とちあいか」には、育苗期間中の新葉の葉枯れ症状が目立つ傾向が認められ、症状部からイチゴ炭疽病菌 (*Colletotrichum nymphaeae*) が高率に分離される。そこで、本病に対する感受性と主要薬剤の防除効果を検討した。その結果、とちおとめに比べてとちあいかで本病原菌への感受性が高く、アミスター20フロアブル、シグナムWDGおよびゲッター水和剤の効果が高いことが明らかとなった。

研究成果 40：9~10(2021)



写真8 イチゴ炭疽病 (*Colletotrichum nymphaeae*) による新葉の葉枯れ症状

(11) 2核 *Rhizoctonia* によるイチゴ黒色根腐病の発生及び薬剤防除 (令2~3)

萎凋および根腐れを伴う生育不良症状のいちごから *Rhizoctonia* 属様の糸状菌が高率に分離されたが、本症状についての知見は少ないことから、分離菌の同定および接種試験を行い、薬剤による防除効果を検討した。その結果、本症状は2核 *Rhizoctonia* AG-A および AG-G によるイチゴ黒色根腐病であり、オーソサイド水和剤 80 (キャプタン水和剤) が有効であった。

研究成果 40：43~44(2021)



写真9 イチゴ黒色根腐病の病徴

(12) いちご主要品種に対する青枯病耐病性品種間差異 (平 29～令和)

平成 25 (2013) 年、平成 29 (2017) 年に県内のいちご苗生産ほ場においていちご主要品種のイチゴ青枯病 (*Ralstonia solanacearum*) が発生し問題となった。そこで、いちご主要品種におけるイチゴ青枯病耐病性を接種検定により検討した。その結果、スカイベリーは、女峰やとちおとめに比べて本病に対する感受性が高いことが明らかになった。

研究成果 38 : 23～24(2019)

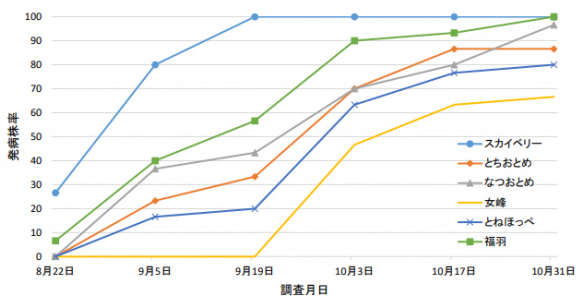


図 11 イチゴ青枯病菌 (Sky-Rs) 接種後のいちご主要品種発病株率推移

(13) 二条大麦におけるオオムギ斑葉病菌の保菌状況の解明(平 27～29)

県内 21 ほ場におけるオオムギ斑葉病の発病および種子の保菌状況を調査した。その結果、本病の発生地域においては、ほ場での発生有無に関わらず、種子が本病菌を保菌していることが明らかとなった。また、オオムギに適用のある主要な種子消毒剤の薬剤感受性を検定したところ、いずれも効果が認められた。

研究成果 36 : 13～14(2017)



写真 10 オオムギ斑葉病の病徴

本病は種子伝染性病害であるが、ほ場での発病が見られなくとも、大麦種子が本病原菌を保菌している場合がある。そこで、種子生産現場での保菌種子の確認手法として、LAMP 法によるオオムギ斑葉病保菌種子検定技術を検討

した。設計したプライマーを用いて本法を行った結果、オオムギ斑葉病菌にのみ陽性を示し、他の主要なオオムギ種子伝染性病原菌への反応は陰性であった。また、検出感度は既知の PCR 法と比較して 10 倍劣ったが、多検体検出が可能であった。

研究成果 38 : 25～26(2019)

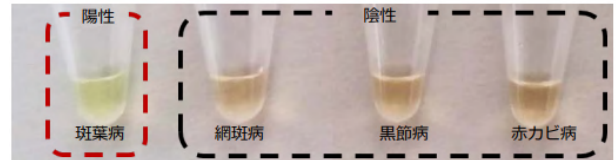


写真 11 主要種子伝染性病害への LAMP 反応

なお、本病については、平成 27 (2015) 年および平成 28 (2016) 年の発生は県南部のみに限られ、土壌伝染の可能性が考えられた。そこで、オオムギ収穫後に想定される水田条件、畑条件および雨ざらし条件下における、土壌および罹病残渣中の本病菌 (*Pyrenophora graminea*) の動態について検討した。本病の罹病残渣を混和した土壌にオオムギ健全種子を播種したところ、本病の発生が認められ、水田、畑および雨ざらし条件下での罹病残渣における本菌の有無については、水田条件では 14 日後、畑条件では 154 日後に罹病残渣から本菌が分離されなくなったが、雨ざらし条件では 154 日後も本菌が分離された。これらのことから、収穫後に放置した罹病残渣は本菌の感染源となることが示唆された。

研究成果 36 : 23～24(2017)

(14) ニラで発生したフシダニ類に対する防除技術の検討(令 6)

令和 5 (2023) 年に本県の主要作物であるにらで、新種のフシダニ類 (*Aceria* sp.) の発生に関する特殊報が発出された。本種は既知のフシダニ類とは異なることから、生態や効果的な農薬に関する知見が全くない状況であった。そこで、本種に有効な薬剤及び寄主範囲を検討した。

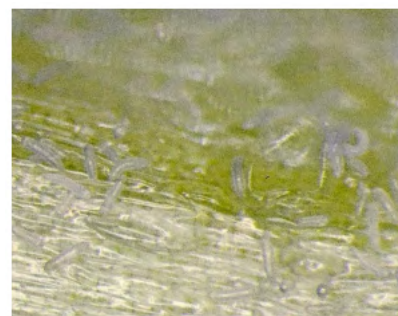


写真 12 にらの葉鞘部に寄生するフシダニ

(15) 麦類栽培ほ場における土着天敵相発生状況調査（令1～4）、ミックスフラワーを利用した土着天敵の誘引活用技術の開発（令6）

本県主要品目である麦類ほ場には、土着天敵が多く生息しており、麦類ほ場の土着天敵を上手く活用することで農薬使用を削減できる可能性が示された。そこで、本県主要品目である麦類ほ場の複数天敵を効率的に誘引する植物（ミックスフラワー）の植栽時期や天敵の種構成等を明らかにするとともに、活用可能性について調査した。



写真13 大麦上で見られるヒラタアブ類の幼虫
（アブラムシ類などの土着天敵）

4 新しい殺菌剤・殺虫剤・資材等の選抜および利用法の確立

(1) 新農薬選定試験(昭40～)

農薬の新規登録を目的に日本植物防疫協会から試験を受託し、薬効及び薬害試験を実施した。

表1 試験実施剤数

年次	殺菌剤	殺虫剤
2015	8 剤	3 剤
2016	9 剤	7 剤
2017	5 剤	4 剤
2018	6 剤	12 剤
2019	3 剤	20 剤
2020	7 剤	12 剤
2021	5 剤	8 剤
2022	7 剤	11 剤
2023	8 剤	11 剤
2024	4 剤	12 剤

(2) マイナー作物農薬登録拡大試験(平21～)

Alternaria sp. によるうどん黒斑病の防除に資するため、薬効及び薬害試験を実施した（2024）。

(3) AIを活用したイチゴ病害虫早期診断技術開発のためのデータ収集(平29～令2)

人工知能が判断する病害虫診断システム「AIを活用した診断システム」の開発のため、いちごの主要病害虫について画像データを取得するとともに、本診断システムの精度検証を行った。その結果、場内ほ場から収集した病害3,203枚の画像データについては、データ数が少ない場合は正答率が低いですが、これ以外では正解率は79～99%と高かった。また、虫害2,275枚の画像データについては、健全な部位が写り込むと正解率がやや低かったが、その他の正解率は81～100%と高かった。これらのことから、本診断システムの診断精度は高く、実用性があることが確認された。

研究成果 41：17～18(2022)