

第2編

「AI発病予測システムを利用した 施設栽培における空気伝染性病 害管理の事例」

内 容

- トマトうどんこ病 ■ トマトすすかび病 ■ キュウリ褐斑病 ■ キュウリべと病
- イチゴうどんこ病 ■ おわりに

香川県 / 福岡県 / 岡山県

本編では、AI発病予測システム(プランテクト[®])を利用した病害管理の実証試験の例を紹介します。対象とした5病害と担当した公設試験研究機関は次のとおりです。

トマトうどんこ病 (岩手県農業研究センター)

トマトすすかび病 (広島県立総合研究所農業技術センター)

キュウリ褐斑病 (福岡県農林業総合試験場)

キュウリべと病 (宮崎県総合農業試験場)

イチゴうどんこ病 (香川県農業試験場、福岡県農林業総合試験場、岡山県農林水産総合センター)

それぞれの病気について、試験は主に令和2年度から4年度にかけての3シーズンで実施しました。試験を行った病害の予測システムは概ね令和2年度にプランテクト[®]に実装され、リリースされました。実証試験はその直後から行いました。試験1年目には低、中、高の3段階で発出される予測に対応してどのようなタイミングで薬剤散布を実施するかあらかじめ散布ルールを定め、それに機械的に従うこととしました。そして翌年以降、その試験結果をもとにこのルールを改訂していきました。初年度はルールに概ね機械的に従いましたが、2年目以降には病害の発生を十分抑制することを第一の目的とした上で、病害防除と散布回数低減を両立する可能性を検証することとしました。本試験で検討を重ねる間に、より効果的に本システムを使用するために話題になったことを「おわりに」に記載していますので参考にしてください。

なお、本システムのAI発病予測ソフトウェアはアジャイル方式によって開発しております。これは、必要なスペックが達成されたと判断された段階で市場にリリースし、実際に使っていただきながらデータを収集するあるいは改良をすすめるという方法で、近年のソフトウェア開発でしばしば使われる手法です。この手法では、一旦リリースされたソフトウェアも年々改良が加えられ、またデータが蓄積されることで進化していきます。そのため、本書で紹介した事例で使われたソフトウェアと最新のソフトウェアは必ずしも全く同じではありません。ここに記載した試験例はそのようなシステムを使って実施したものです。本システムを利用した病害制御技術もシステムとともに今後さらに進化していくことが期待されます。

AI発病予測システムを利用した トマトうどんこ病管理

岩手県農業研究センター

目次

はじめに

1. 試験方法の概要

2. 2020年度の試験結果

- (1) 無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (2) 慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (3) 予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (4) 2020年度の試験結果のまとめ

3. 2021年度試験結果

- (1) 無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (2) 慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (3) 予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (4) 2021年度の試験結果のまとめ

4. 2022年度試験結果

- (1) 無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (2) 慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (3) 予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移
- (4) 2022年度の試験結果のまとめ

5. 3カ年の試験結果のまとめ

はじめに

トマトうどんこ病は予防的に農薬を散布することで効果的に防除できる。まん延してからの農薬散布では、十分な防除効果を得る事が難しくなるので、発病する前や発病が見られはじめた時期から、予防的に農薬を散布することが重要である。

そこで、プランテクトを用いて日々の感染が起きたリスクを推定し、それをもとに防除を行うことで、慣行の防除法に比べて防除効果や農薬散布回数がどのようになるかを調査した。

試験は、プランテクトを利用した区(予測防除区)と慣行の防除を行う区(慣行防除区)、無防除区をそれぞれハウス1棟ずつ設け、病気の発生程度(推移)を比較する方法で実施した。試験は全て岩手県農業研究センター(北上市成田、標高86.7m)で実施した。

1. 試験方法の概要

- **試験期間**：2020年6月22日～10月26日
2021年6月22日～10月31日
2022年6月21日～10月31日
- **試験概要**(品種:りんか409、台木:B/バリア高接ぎ、Uターン栽培、株間40cm、畦間150cm)
- **試験区**
 1. 予測防除区：リスクが表示された日(大リスクは1回、中リスクは累積3回)、初発確認時に散布した。また、前回の散布から14日間は散布しなかった。定植後約1週間はリスクを無視した。
 2. 慣行防除区：10日～14日程度の間隔で散布。初発確認時は、防除間隔に関係無く散布。
 3. 無防除区：うどんこ病に効果のある薬剤は散布しない。
- **発病調査**：センサー設置箇所を中心に連続5株について1～3日毎に病斑数を調査

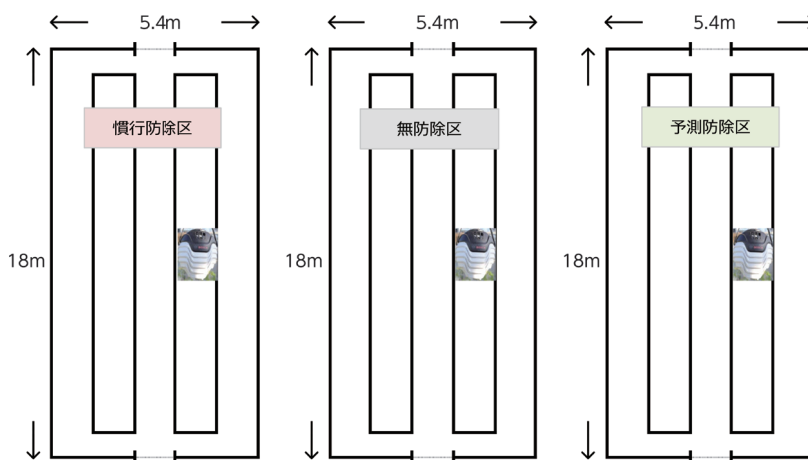


図1. 試験区の配置(3か年とも同一の配置とした)



図2. トマトうどんこ病の病斑

2. 2020年度の試験結果

(1) 無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・最初の発病は8月19日に認められた。
- ・その後、急激に発病が増加し、調査を終了した10月26日まで新規の発病が確認されない日はなかった。
- ・この間、6月25日に最初のリスク(中リスク)が表示された。ついで7月25日～8月7日にかけて断続的にリスクが表示された。8月27日以降、調査終了時まで継続して感染リスク(中あるいは高リスク)が表示された。
- ・初発の確認は、最初のリスク表示(6月25日)から55日後であった。

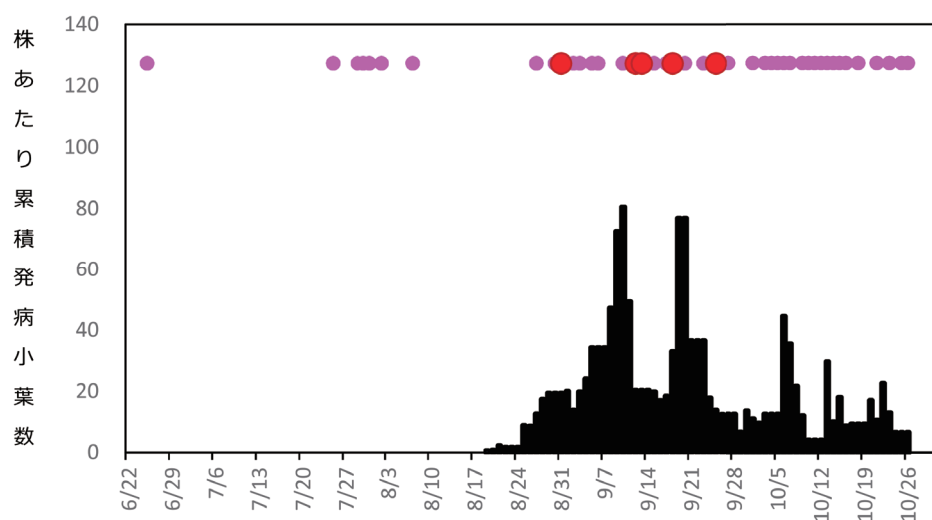


図3. 実証試験(2020年)の無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(2) 慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・7月1日から薬剤防除を開始した。
- ・6月24日から断続的にリスクが表示され、8月19日に初発が確認された。発病は無防除区よりも軽微で推移し、9月18日以降、新規の発病は確認されなかった。
- ・薬剤は計9回散布した。

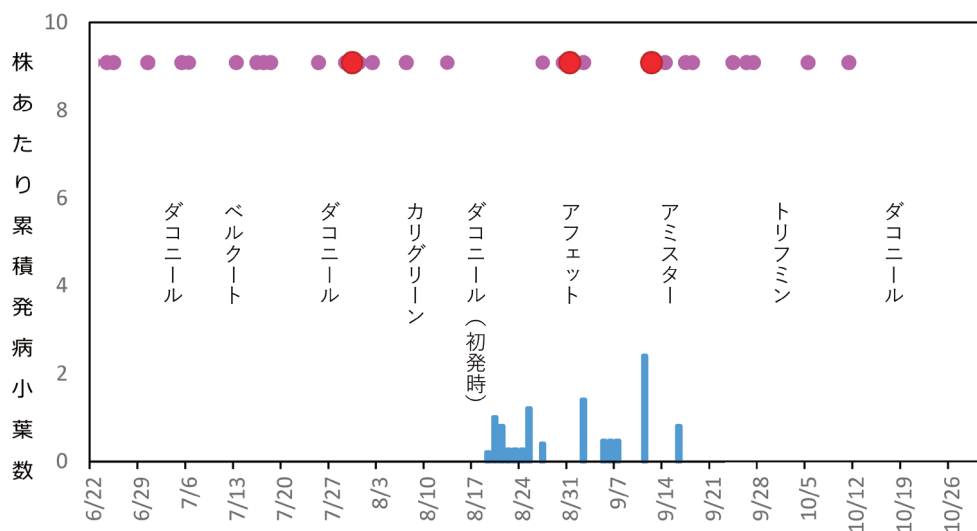


図4. 実証試験(2020年)の慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(3) 予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・6月24日からリスクが表示された。設定した散布ルールに準じて7月12日から薬剤の散布を開始した。
- ・その後、リスクは継続して表示された。
- ・初発は8月19日に確認された。その後の発病の進展は極めて軽微であり、9月18日以降は新規の発病は認められなかった。
- ・薬剤は6回散布した。

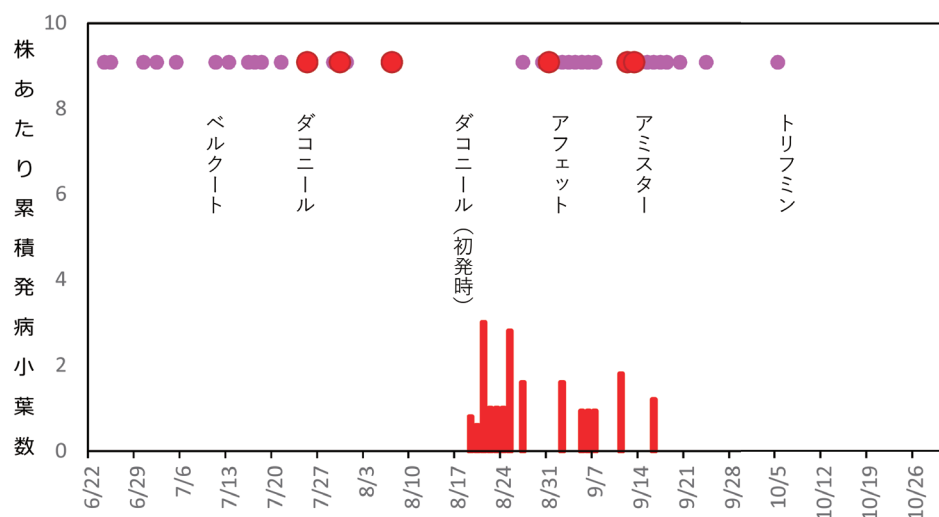


図5. 実証試験(2020年)の予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(4) 2020年作の試験結果のまとめ

- ・予測防除区では、無防除区に比べて明らかに病気の発生が少なく、被害の軽減ができた。
- ・予測防除区の病気の発生程度は、慣行防除区に比べても、より軽微で推移した。
- ・予測防除区の農薬散布回数は6回であり、慣行防除区(9回)よりも3回少なかった。
- ・本システムで初発時期の予測できなかったが、表示されたリスクを参考に、薬剤防除を実施することで農薬散布回数の低減が可能と考えられた。

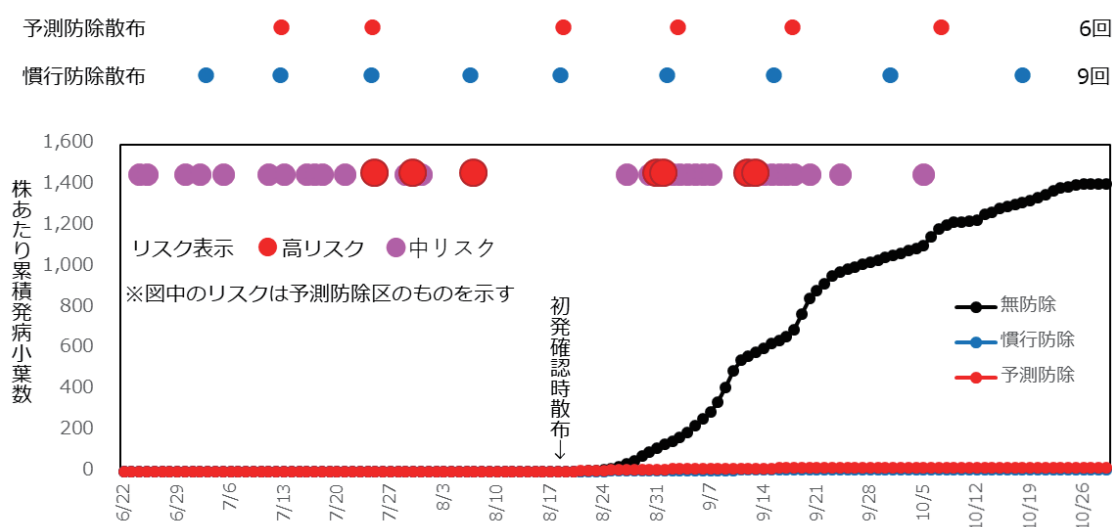


図6. 発病予測を利用したトマトうどんこ病防除の実証試験(2020年)

3. 2021年度試験結果

(1) 無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・最初の発病は7月18日に認められた。その後、発病は連続して増加し、調査を終了した10月29日まで新規の発病が確認されない日はなかった。
- ・この間、7月1日に最初のリスク(中リスク)が表示された。ついで7月27日～8月2日にかけて断続的にリスクが表示された。8月9日以降、調査終了時まででは継続して感染リスク(中あるいは高リスク)が表示された。
- ・初発の確認は、最初のリスク表示(6月25日)から17日後であった。

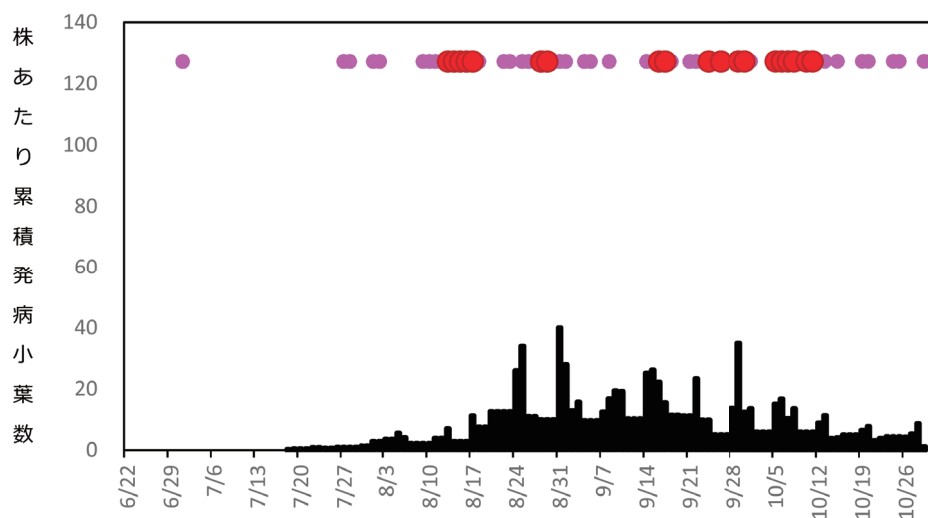


図7. 実証試験(2021年)の無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(2) 慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・7月1日から薬剤防除を開始した。
- ・7月1日から断続的にリスクが表示されたが、試験期間中に発病は認められなかった。
- ・薬剤は計10回散布した。

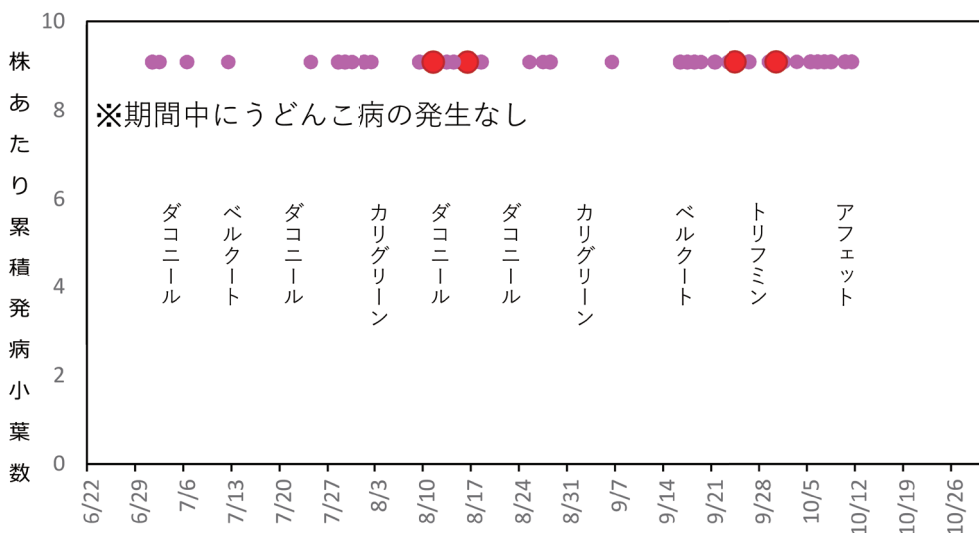


図8. 実証試験(2021年)の慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(3) 予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・7月1日からリスクが表示された。初発確認後の7月21日に薬剤散布を実施し、以後は設定した散布ルールに準じた。
- ・リスクは8月9日以降、継続して表示された。
- ・初発確認後の発病の進展は極めて軽微であり、7月28日以降は新規の発病は認められなかった。
- ・薬剤は5回散布した。

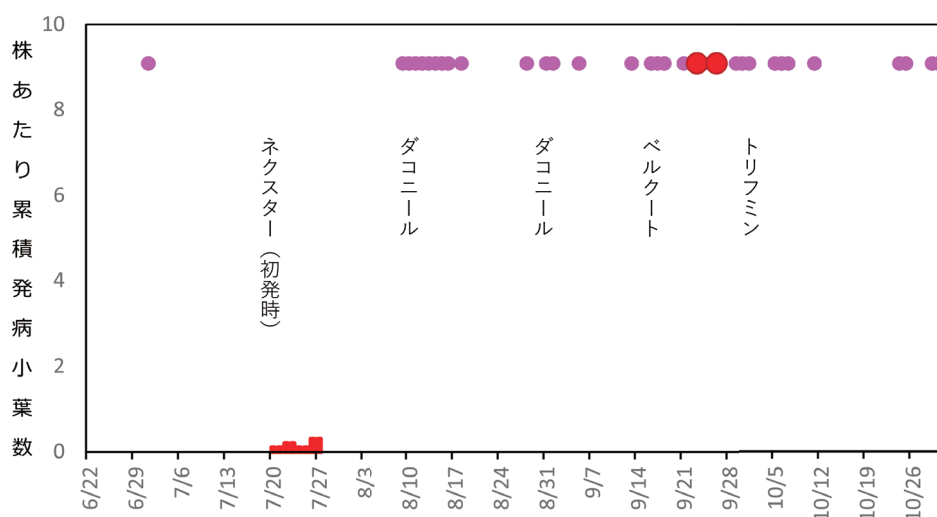


図9. 実証試験(2021年)の予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(4) 2021年作の試験結果のまとめ

- ・予測防除区では、無防除区に比べて明らかに病気の発生が少なく、被害の軽減ができた。
- ・予測防除区の病気の発生程度は、慣行防除区とほぼ同等で軽微に推移した。
- ・予測防除区の農薬散布回数は5回であり、慣行防除区(10回)よりも5回少なかった。
- ・本システムで初発時期の予測できなかったが、表示されたリスクを参考に、薬剤防除を実施することで農薬散布回数の低減が可能と考えられた。

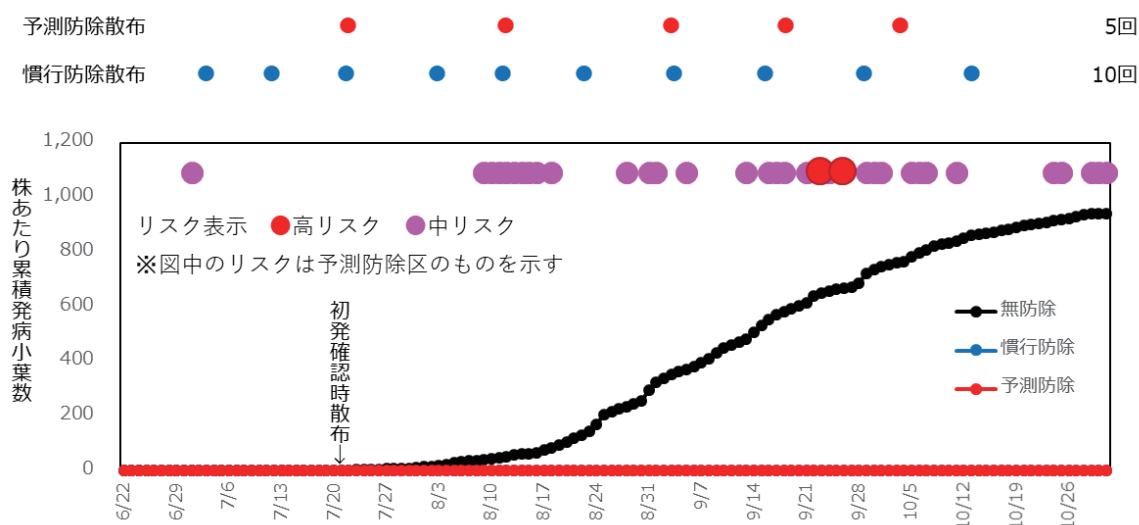


図10. 発病予測を利用したトマトうどんこ病防除の実証試験(2021年)

4. 2022年度試験結果

(1) 無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・最初の発病は8月29日に認められた。
- ・その後、発病は増加し、調査を終了した10月31日まで新規の発病が確認されない日はなかった。
- ・この間、6月21日に最初のリスク(中リスク)が表示され、10月3日まで断続的に感染リスク(中あるいは高リスク)が表示された。
- ・初発の確認は、最初のリスク表示(6月21日)から69日後であった。

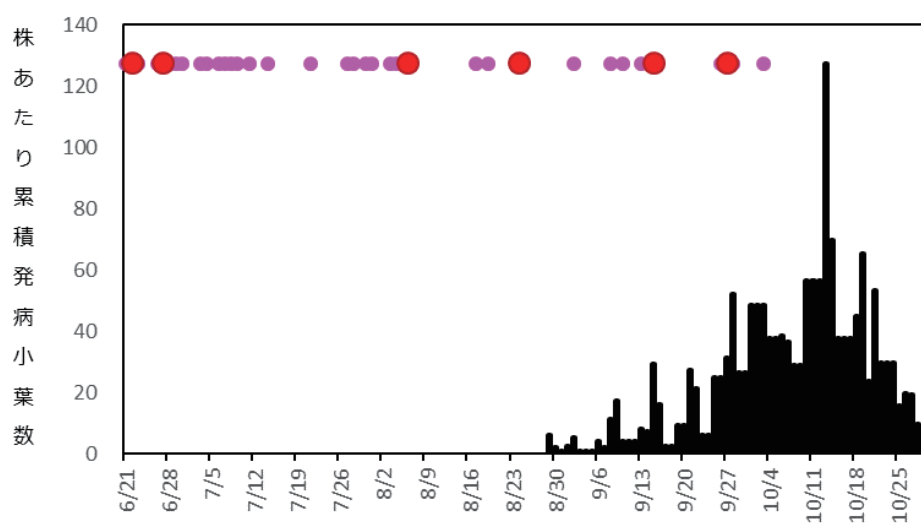


図11. 実証試験(2022年)の無防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(2) 慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・7月1日から薬剤防除を開始した。
- ・6月21日から断続的にリスクが表示され、断続的にリスクが表示されたが、試験期間中に発病は認められなかった。
- ・薬剤は計10回散布した。

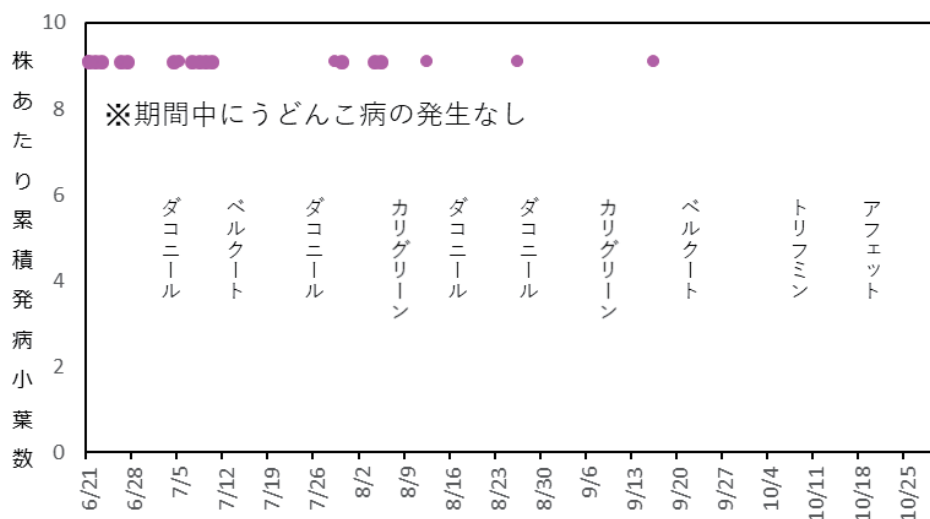


図12. 実証試験(2022年)の慣行防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(3) 予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

- ・6月21日からリスクが表示された。設定した散布ルールに準じて7月12日から薬剤の散布を開始した。
- ・その後、リスクは継続して表示された。
- ・初発は9月1日に確認された。その後の発病の進展は極めて軽微であり、9月9日以降は新規の発病は認められなかった。
- ・薬剤は4回散布した。

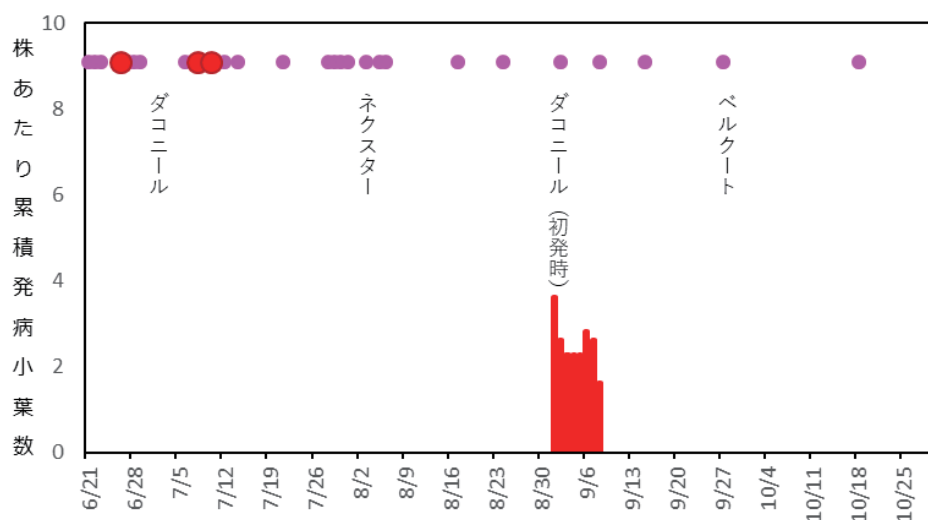


図13. 実証試験(2022年)の予測防除区におけるトマトうどんこ病の発生推移

(4) 2022年作の試験結果のまとめ

- ・予測防除区では、無防除区に比べて明らかに病気の発生が少なく、被害の軽減ができた。
- ・予測防除区の病気の発生程度は、慣行防除区とほぼ同等で、軽微で推移した。
- ・予測防除区の農薬散布回数は4回であり、慣行防除区(10回)よりも6回少なかった。
- ・本システムで初発時期の予測できなかったが、表示されたリスクを参考に、薬剤防除を実施することで農薬散布回数の低減が可能と考えられた。

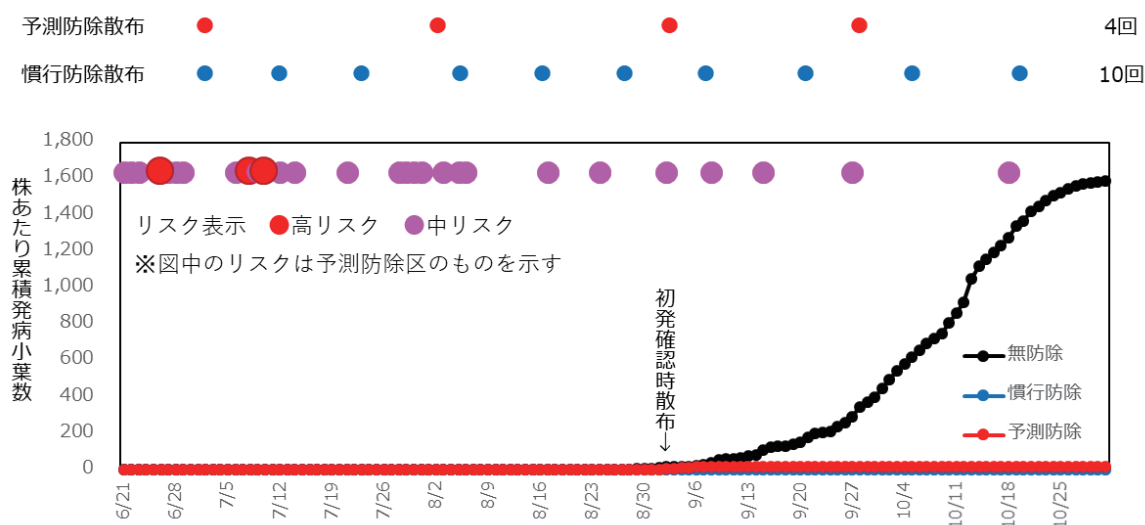


図14. 発病予測を利用したトマトうどんこ病防除の実証試験(2022年)

5. 3力年の実証試験のまとめ

- ・ 2020年～2022年までの3年間の実証の結果、予測防除区は、慣行区と同様にトマトうどんこ病の発病を抑制し、防除回数は慣行区の4割～7割に抑えられた。
- ・ 病害発生予測システムで表示されたリスク表示にもとづき防除要否を判断することで、トマトうどんこ病の発病を抑制しつつ、薬剤防除回数の削減が可能であった。
- ・ 薬剤散布回数
2020年：慣行防除区 9回、予測防除区6回(3回減)
2021年：慣行防除区10回、予測防除区5回(5回減)
2022年：慣行防除区10回、予測防除区4回(6回減)

本試験は開発されて間もないAI発病予測システムを利用した防除試験であったことから、ただ一つの病気を対象として実施しました。しかし実際には、葉かび病とうどんこ病など複数の病気のリスクが重なってあるいは交互に出ることがあります。そのような場合には、リスクが出された病害の全てを考慮して防除(この場合は両病害に効果のある薬剤を選択)することが必要です。

AI発病予測システムを利用した トマトすすかび病管理

広島県立総合技術研究所 農業技術センター

目 次

はじめに

1. トマトすすかび病発生予測(感染リスク推定)の検証(2019年度試験)

1) 試験の概要

2) 試験結果

(1) 薬剤散布をしない区でのトマトすすかび病の発生と温湿度の推移

2. 予測に従ったトマトすすかび病防除の実証(2020-2022年度試験)

1) 試験の目的と方法

2) 試験の概要

3) 試験結果

(1) 予測に従った防除の実証(2020年)

(2) 予測に従った防除の実証(2021年)

(3) 予測に従った防除の実証(2022年)

(4) 予測に従った防除の実証(3か年まとめ)

3. 農薬散布回数, 発病程度, 収量に対するAI発病予測の効果(まとめ)

はじめに

トマトすすかび病は、潜伏期間が10～20日と長いため、発病してからの農薬散布では十分な防除効果を得る事が難しく、発病する前に予防的に農薬を散布することが重要です。

そこで、ハウス内の温湿度から病害の感染リスクをAIが予測するシステムプランテクト®を用いて、農薬を散布しないでトマトを栽培し、すすかび病の感染予測と実際の発病日を比較しました。また、予測をもとに防除を行うことで、慣行の防除法に比べて防除効果や農薬散布回数がどのようになるかを調査しました。

試験は全て広島県立総合技術研究所農業技術センター(東広島市、標高225m)で実施しました。

1. トマトすすかび病発生予測 (感染リスク推定) の検証 (2019年度試験)

1) 試験の概要

- ・栽培期間：2019年5月29日～12月2日
- ・栽培概要：土耕栽培, つり下げ誘引一本仕立て, 株間58cm, 畝間170cm
- ・供試品種：麗容、台木:Bバリア高接ぎ
- ・発病調査：ハウス中央の連続10株の病斑数を1～3日毎に調査



図1. 農薬を散布しないでトマトを栽培



図2. トマトすすかび病の病斑

2) 試験結果

(1) 薬剤散布をしない区でのトマトすすかび病の発生と温湿度の推移 (図3)

- ・最初の発病は、8月3日に認められた。その後は少発生で推移したが、9月6日から急増し、11月中旬まで比較的激しい発病が続いた。
- ・感染リスクは、7月21日に最初のリスクが発生し、その後10月中旬まで継続して感染リスク「中」「高」が発生した。
- ・ハウス内の温湿度は、リスクが発生した日は感染適温(22～30℃)の時間が長い傾向が見られた。
- ・9月以降のすすかび病の急増は、気温が低下して胞子形成適温(18～22℃)の時間が長くなり、病斑上に形成された胞子が飛散して二次伝染が起こったためと考えられます。
- ・最初の発病が見られたのは、最初の感染リスク表示が出てから13日後であった。これは、感染リスク発出時に感染し、潜伏期間を経て発病したものと考えられる。その後の感染リスクは、二次伝染による病気の発生の可能性を示していたと考えられる。

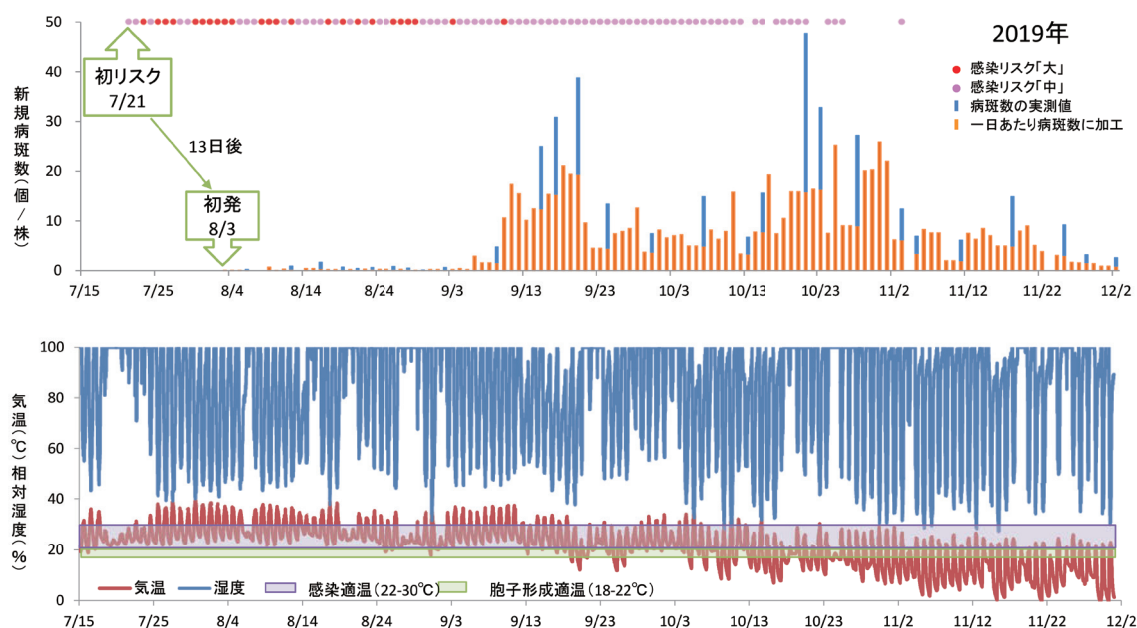


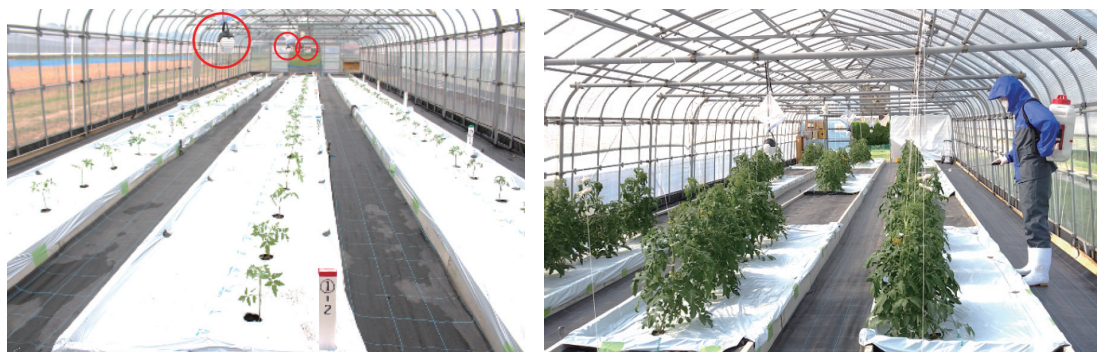
図3. トマトすすかび病の発生推移と感染リスク発出の推移(上図)、及びその間の気温と湿度の状況(下図)

2. 予測に従ったトマトすすかび病防除の実証 (2020-2022年度試験)

1) 試験の目的と方法

発病予測システムプランテクト®を用いて日々の感染が起きたリスクを推定し、それをもとに防除を行うことで、慣行の防除法に比べて防除効果や農薬散布回数がどのようになるか調査した。

試験は、プランテクト®を利用した予測防除区、発病が増えた時に防除を行う慣行防除区、および薬剤を散布しない無防除区を一つのハウスに設け、病気の発生状況も調査した。



トマトを定植し、Plantectを設置(5月下旬)

散布ルールに基づき薬剤散布

図4. 試験区と試験実施のようす

2) 試験の概要

【栽培の概要】

- ・栽培期間：2020年5月29日～12月1日、2021年5月26日～12月5日、2022年5月26日～12月2日
- ・栽培概要：養液土耕栽培、つり下げ誘引一本仕立て、株間45～58cm、畝間170cm
- ・供試品種：麗月、台木：B/バリア高接ぎ

【試験区(図5)】

- ・予測防除区：(初発前)感染リスク「大」あるいは「中」1回でTPN水和剤等を散布。
(初発後)感染リスク「大」は1回、「中」は累積3回でTPN水和剤等を散布。ただし、前回の散布2～3週間までのリスク表示はないものとして扱い散布はしない。
- ・慣行防除区：初発確認後、および前回の散布から2～3週間経過し、発病が増えた日にTPN水和剤等を散布。
- ・無防除区：すすかび病対象外の薬剤(うどんこ病、害虫)は必要に応じて散布(全区とも散布)。

【発病調査】1～3日毎に全株の病斑数を調査、2020年1区7株、2021、2022年：1区6株、3反復

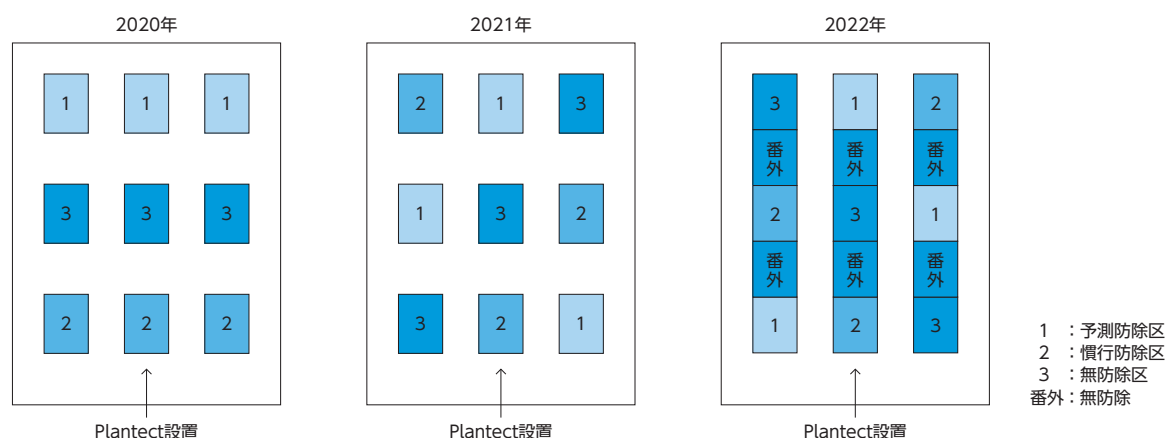


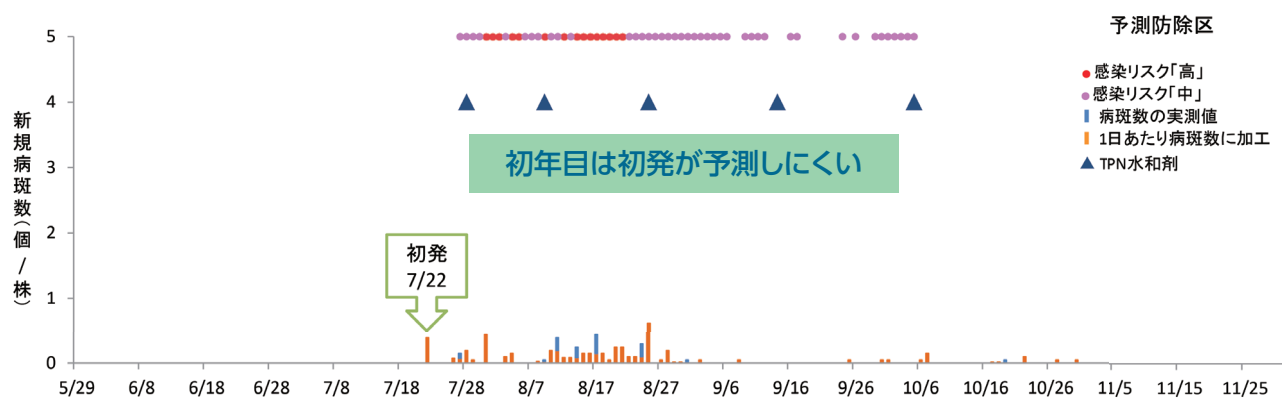
図5. 試験区の配置

3) 試験結果

(1) 予測に従った防除の実証(2020年)

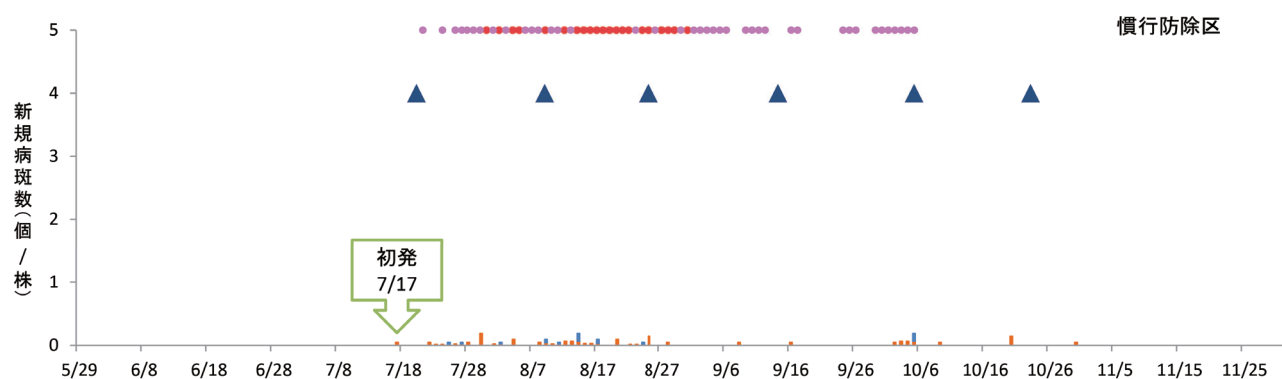
【予測防除区】

- ・すすかび病：7/22初発 ・予測：7/27初リスク(初発の5日後) ・農薬散布：5回
- ・発病は無防除区より少ないが、初発が予測できず慣行防除区よりやや発病が多かった。



【慣行防除区】

- ・すすかび病：7/17初発 ・予測：7/21初リスク ・農薬散布：6回
- ・発病は無処理区より少なかった。



【無防除区】

- ・すすかび病：7/22初発 ・予測：6/5初リスク(初発47日前) 7/14最後のリスク
- ・7/14以降も発病はあったが、感染リスクは発生しなかった。
- ※6月12～28日:センサー故障でデータ欠測、2年履歴あり(予測防除区、慣行防除区はプランテクト®設置初年目)
- ・初発が予測できなかった。 ・履歴によって予測が異なった。

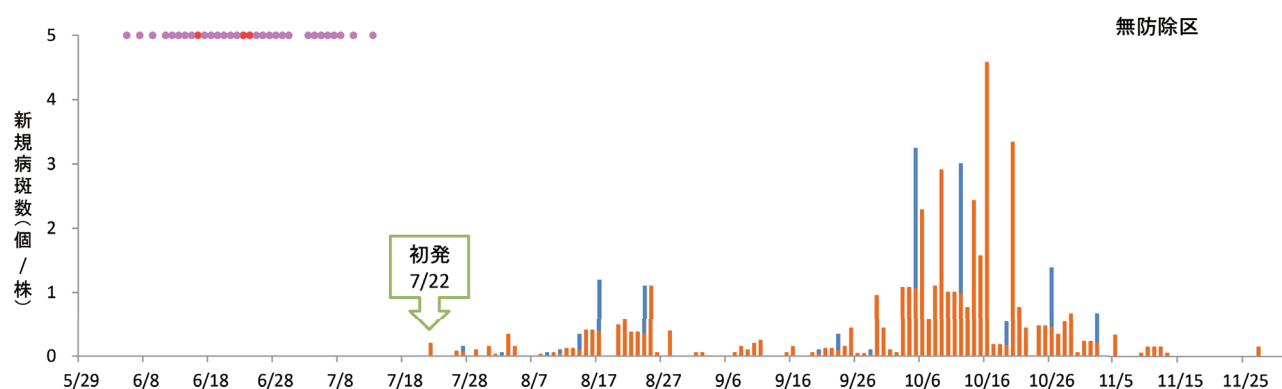
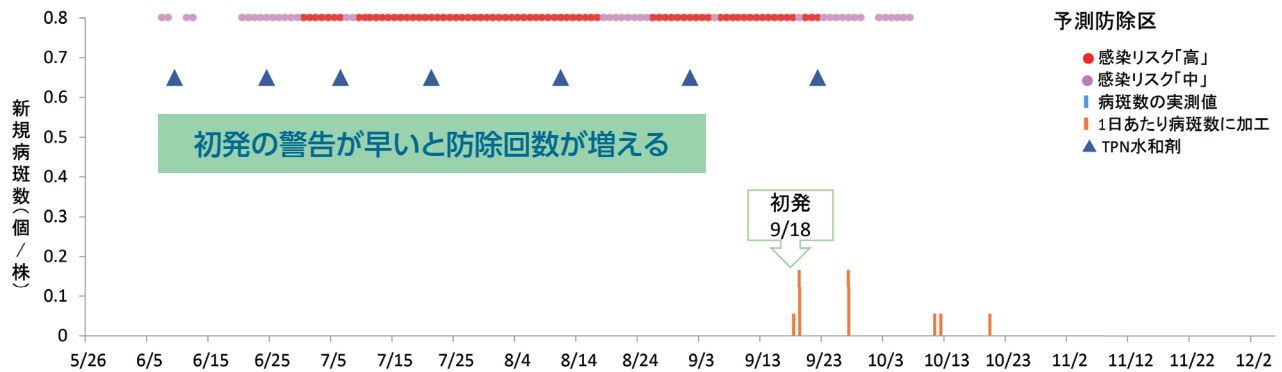


図6. 発病予測に基づいた防除の実証試験(2020年)

(2) 予測に従った防除の実証(2021年)

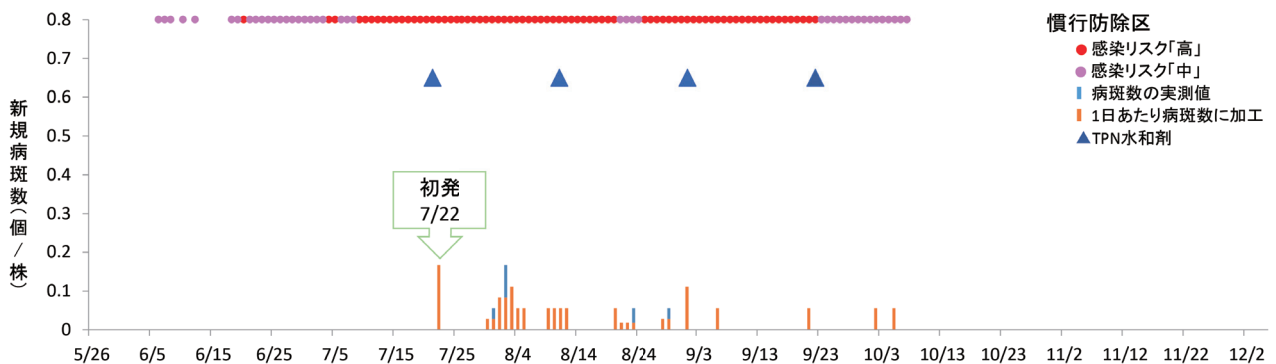
【予測防除区】

- ・すすかび病：9/18初発
- ・予測：6/7初リスク(かなり早い)
- ・農薬散布：7回
- ・発病は無防除区よりかなり少ないが、リスクが早くから発生して散布回数が多くなった。



【慣行防除区】

- ・すすかび病：7/22初発
- ・予測：6/6初リスク(初発46日前)
- ・農薬散布：4回
- ・発病は無処理区より少なかった。



【無防除区】

- ・すすかび病：7/14初発
- ・予測：6/7初リスク(初発38日前)
- ・初リスクがすすかび病の初発よりかなり早かった。
- ・早い時期の予測に従った防除により散布回数が多くなった。

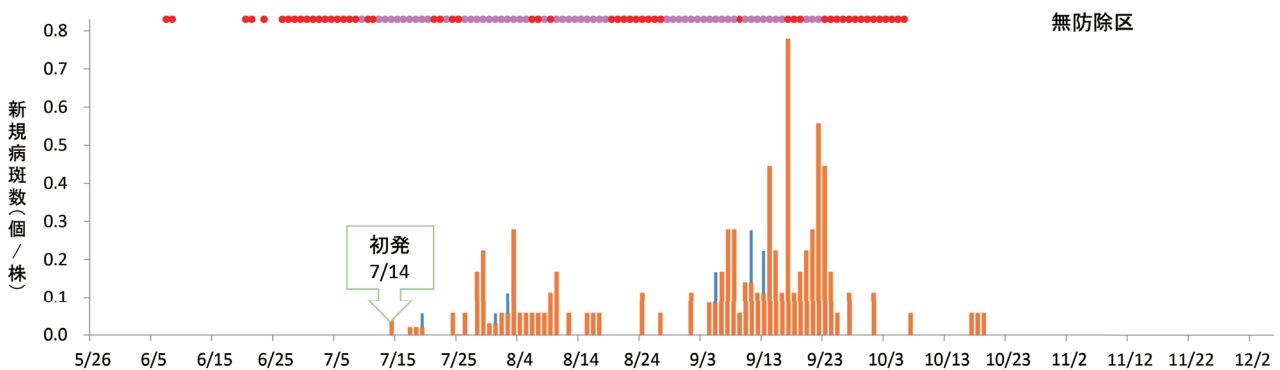
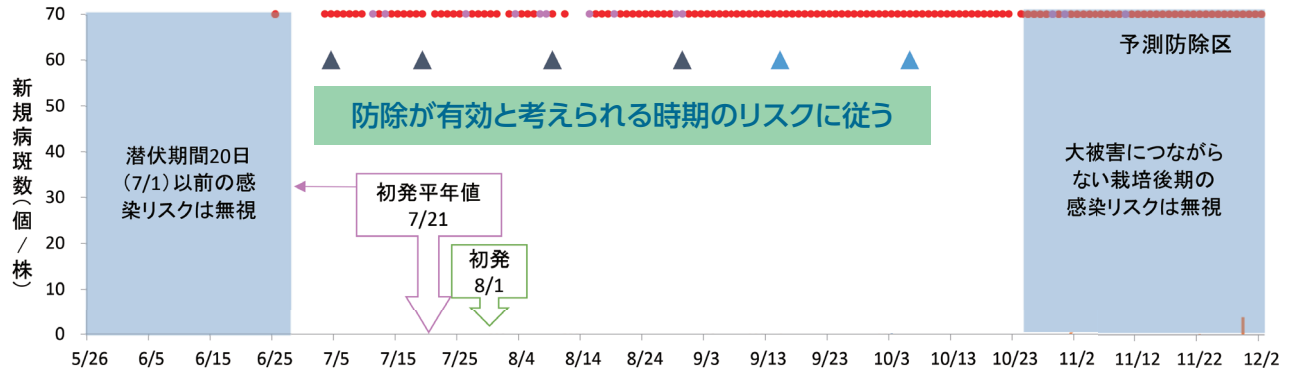


図7. 発病予測に基づいた防除の実証試験(2021年)

(3) 予測に従った防除の実証(2022年)

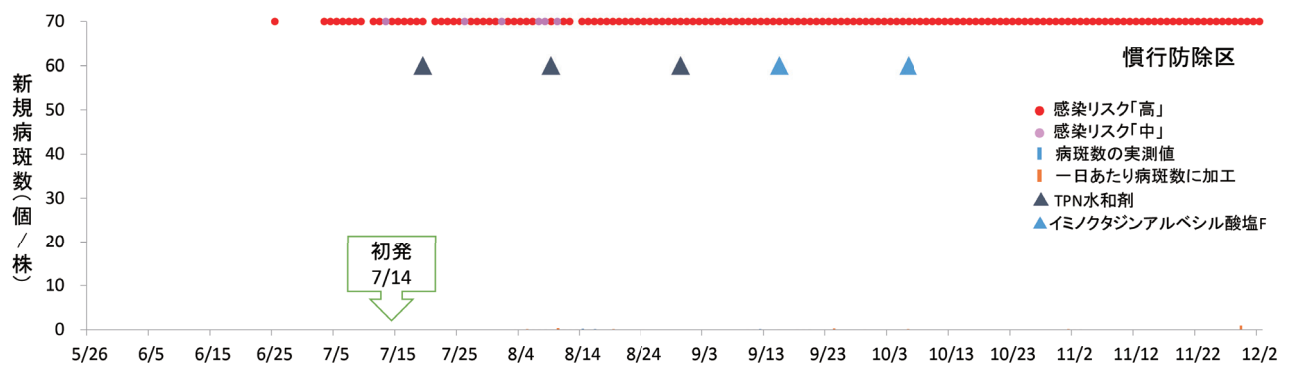
【予測防除区】

- ・すすかび病：8/1初発 ・予測：6/5初リスク ・農薬散布：6回
- ・初発平年値の20日以前や栽培後期(潜伏期間20日+栽培期間残り1か月)のリスクは無視した。
- ・発病はほぼなかった。



【慣行防除区】

- ・すすかび病：7/14初発 ・予測：6/25初リスク(初発19日前) ・農薬散布：5回
- ・発病はほぼなかった。



【無防除区】

- ・すすかび病：7/29初発 ・予測：5/25初リスク(初発51日前)
- ・初発平年値よりかなり前のリスクや栽培後期(潜伏期間20日+栽培期間残り1か月)のリスクは無視した薬剤散布で、散布回数は慣行防除区より1回多いが、発病を低く抑制できた。

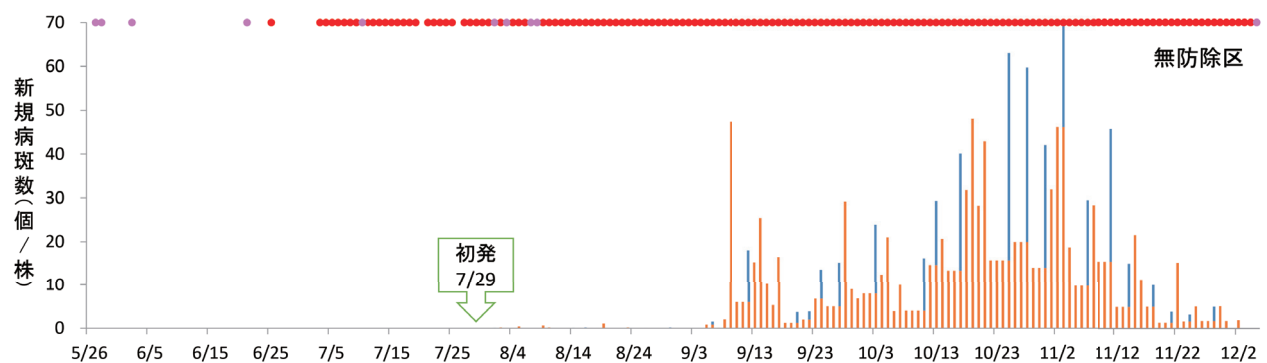
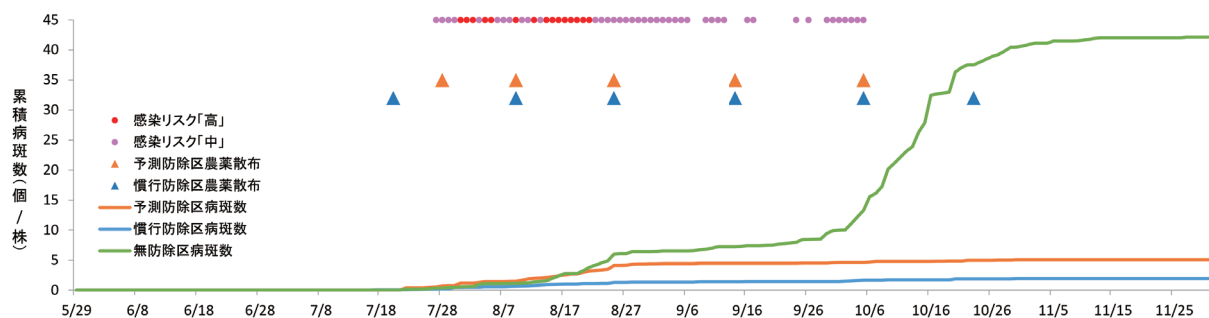


図8. 発病予測に基づいた防除の実証試験(2022年)

(4) 予測に従った防除の実証(3か年まとめ)

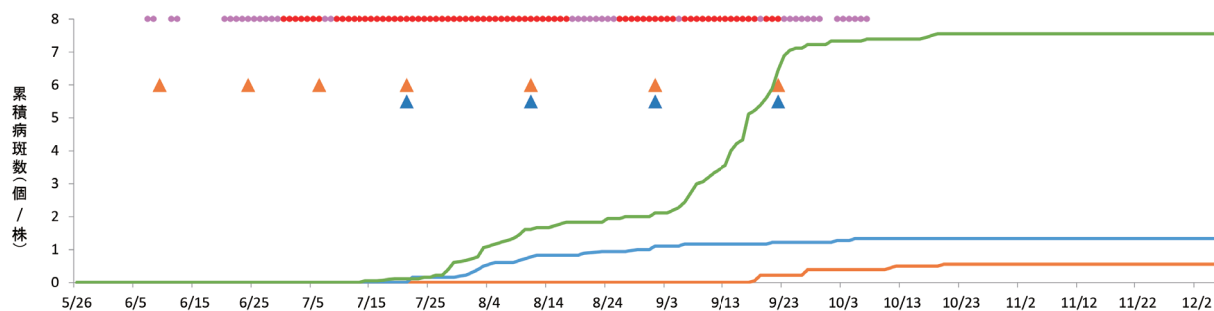
【2020年】

- ・ 初発が予測できなかった。
- ・ 初年目は初発の予測が難しい場合がある。



【2021年】

- ・ 早い時期の予測に従った防除により、散布回数が多くなった。
- ・ 初発の警告が早いと防除回数が増える。



【2022年】

- ・ 初発平年値よりかなり前のリスクや栽培後期のリスクは無視した薬剤散布で、散布回数は慣行防除区より1回多いが発病を低く抑制できた。
- ・ 防除が有効と考えられる時期のリスクに従うのがよい。

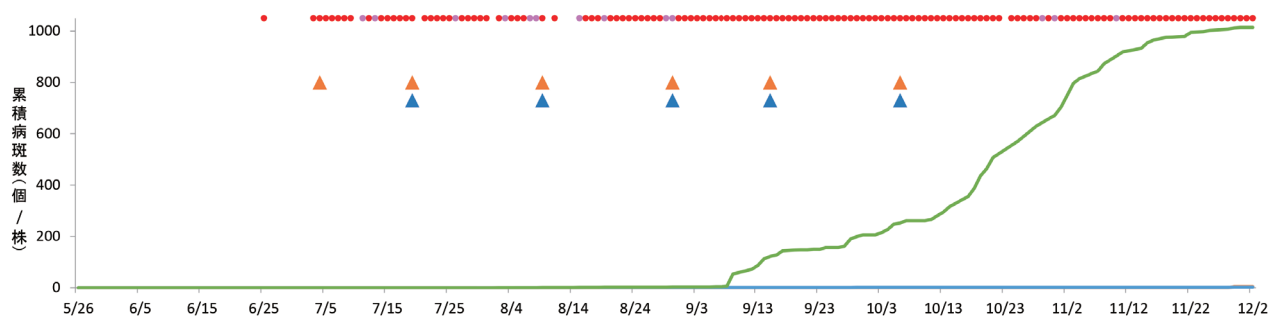


図9. 発病予測に基づいた防除の実証試験(2020～2022年)

3. 農薬散布回数, 発病程度, 収量に対するAI発病予測の効果(まとめ)

- ・散布回数は、防除が有効と考えられる時期のリスクに従うことで、慣行防除区とほぼ同じであった。これは、減農薬栽培の現地慣行と同程度の散布回数であった。
- ・病気の発生は、無防除区よりかなり少なく、慣行防除区とほぼ同程度の防除効果が認められた。
- ・システムを活用し利用者に警告を出すことで、防除を促すことができる。さらに、初発平年値の20日以前や栽培後期のリスクは無視する運用により、県内の生産現場で発病後に農薬散布を実施している圃場では、システムによって発病程度や散布回数を抑えられる可能性がある。
- ・収量は、予測防除区、慣行防除区で同等であった。
- ・本試験において収量に有意差は認められなかったが、現場ではすすび病の発生は収量低下の主な要因となることがあり、発病前の感染のタイミングで防除を行うことは重要であることから、感染のタイミングで警告を出すシステムは有効であると考えられる。

表1. トマトすすび病防除薬剤の散布回数, 発病程度, および収量の比較

	試験区	散布回数(回)	病斑数(個/株)	発病回数	収量(kg/株)
2020年	予測防除区	5	5.0 b	15.0 b	8.8
	慣行防除区	6	1.9 c	9.7 b	8.8
	無防除区	0	43.0 a	41.3 a	9.3
2021年	予測防除区	7	0.6 a	2.0 a	9.3 a
	慣行防除区	4	1.3 a	7.0 a	9.1 a
	無防除区	0	7.4 b	24.0 b	9.8 a
2022年	予測防除区	6	4.7 a	3.3 a	9.5 a
	慣行防除区	5	3.0 a	9.0 a	9.2 a
	無防除区	0	1062.1 b	58.3 b	10.4 a

総病斑数と発病回数は、2020年は1区7株調査、2021、2022年は1区6株調査、いずれも3反復の平均。

収量は、1区2株調査、2020年は1反復、2021、2022年は3反復の平均。

異なる文字は有意差を示す($P<0.05$, 2021年の全項目と2022年の総病斑数と収量はTukey検定で、2020年の全項目と2022年の発病回数はKruskal-Wallis検定)。

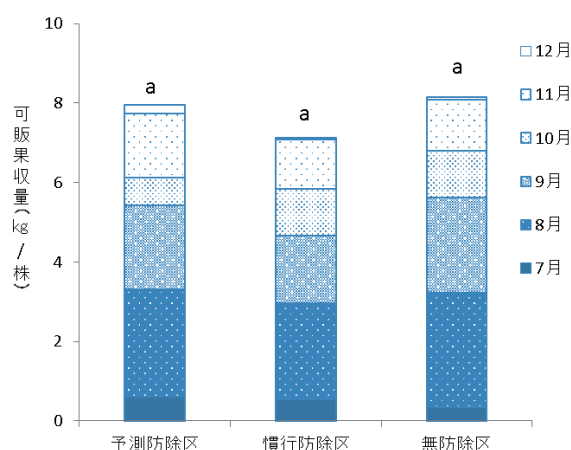


図10. 月別の可販果収量(2022年)

本試験は開発されて間もないAI発病予測システムを利用した防除試験であったことから、ただ一つの病気を対象として実施しました。しかし実際には、葉かび病とうどんこ病など複数の病気のリスクが重なってあるいは交互に出ることがあります。そのような場合には、リスクが出された病害の全てを考慮して防除(この場合は両病害に効果のある薬剤を選択)する必要があります。