

学 位 論 文 題 名

シミュレーション・モデルを用いた
イネいもち病（葉いもち）防除法の改善に関する研究

学位論文内容の要旨

環境負荷を低く保ちイネいもち病を経済的見地から効率的・効果的に防除するためには、いもち病の病勢進展とその結果生じる被害を高い確度で予測し、それに応じて各種の防除方法を合理的に組み合わせる方策を確立することが必要である。本研究では、橋本ら(1984)によって構築された葉いもちシミュレーションモデル、BLASTL を利用する事によって、上記の目標にかなうシステムの構築を目的とした。

BLASTL モデルは、モデル内の状態変数を予測しようとするイネの生育条件に合わせた状態で、気象データを入力してシミュレーションを行うと、実際の病勢進展の傾向を推定できることが知られていたが、量的にどの程度の精度で予測できるか不明であった。そこで、モデルの量的検証である、validation を行った。validation では、ある年次の発病進展データを用い、非線形最小自乗法により、モデル内の未知パラメータである上位葉の葉位別の固有な感受性を推定し、次ぎにその値をあてはめて予測した別の年次の病勢進展曲線が圃場で観察した病勢進展曲線とどの程度類似するか比較した。その結果、本モデルは未知パラメータに適切な数値を用いることができれば、株当たり病斑数で評価しても桁単位以内の精度で適合していると考えられた。したがって、本モデルを用いて種々の予測や検討を行う場合には、この誤差を念頭に置けば実用可能と結論した。

いもち病の主要な防除手段である殺菌剤を適時に散布するためには、種々の時期に散布した薬剤の効果を正しく評価する必要がある。BLASTL には薬剤散布が病勢進展に及ぼす影響を検討できるサブモデルが無いので、予防効果を有する薬剤 2 種と、種々の治療効果を持つ薬剤 6 種について、散布葉上での動態、各種作用特性のモデルを構築した。

いもち病の胞子の侵入を抑制する予防剤の葉上における消長と、付着量と胞子侵入抑制効果との関係を調べた。その結果、両薬剤とも散布時展開葉には十分量が付着し、その付着量は半減期が数日の割合で指数関数的に減少した。また、散布時未展開葉には両薬剤とも、再付着と考えられる経路で微量が付着することが判明した。散布時展開葉では散布後ほぼ完全に防除効果が得られると考えられたが、散布時未展開葉では防除効果が劣ると考えられた。これらの結果をモデル化して、BLASTL に組込んで圃場における病勢進展を予想したところ、各種の散布時期における薬剤の防除効果がある程度推定できると結論した。

治療効果を有する 6 薬剤を対象に、病斑発現抑制効果、胞子形成抑制効果および病

斑拡大抑制効果をモデル化した。いずれの薬剤でも病斑拡大抑制効果が見られたが、卓効ではなかった。以上の結果をモデル化し、BLASTL に組み込んだ。

その BLASTL により、各薬剤の散布時期と防除効果との関係をシミュレートした結果、予防剤は散布時期が葉いもち全般発生開始期よりかなり前では効果は見られないが、全般発生開始期前後以降は防除効果が見られた。防除効果は一般的に全般発生開始期前後が高く、その後効果の高い時期と劣る時期を約1週間の周期で繰返し、散布時期が遅れると徐々に防除効果は低下し、葉いもち流行後期の散布では防除効果が判然としなかった。散布時期が遅くなるに連れて防除効果が周期的に変動した理由をシミュレーションで推定したところ、新葉の展開間隔が約1週間であることと、感染好適条件の出現間隔がおおよそ1週間であることの組合せによって上記の周期が現れると推定された。

治療剤を種々の時期に散布した場合の防除効果もシミュレートした。病斑発現抑制効果の見られる散布時期は感染好適条件出現直後に限られ、治療剤単独の散布では散布適期は狭いと考えられた。しかし、この時期は予防剤では十分な防除効果が得られず、慎重に両剤を組み合わせると防除適期が広がると考えられた。一方、孢子形成抑制効果が有効となる散布時期は予防効果を有する薬剤の適期とほぼ重なった。

薬剤の防除効果に関するサブモデルを BLASTL に導入すると、種々の薬剤散布時期の防除効果がおおよそ推定できる。モデルの精度にある程度の誤差があることを念頭に置けば、本モデルは薬剤散布を必要最小限とするため有効に利用できる可能性があると考えられた。本モデルで葉いもち防除適期を検討したところ、葉いもちを決して多発させないことを目標とすると、小林(1984)が提唱した、全般発生開始期以降の第3世代病斑の進展を抑制する時期が防除適期であることが再確認された。ただし、新葉の展開時期をよく観察し、新葉展開を見極めて薬剤を散布することが重要と考えられた。

過剰な窒素施用はいもち病の病勢を助長するが、窒素追肥は稲作上不可欠である。しかし、葉いもちをあまり助長させない追肥時期は明らかでない。そこで BLASTL モデルを利用して葉いもちの病勢を助長するリスクの少ない追肥時期を検討した。なお、BLASTL には窒素追肥がいもち病の病勢進展に及ぼす影響のモデルが組込まれていないので、窒素追肥に伴う感受性および孢子形成能の変動をモデル化して組込んだ。

葉いもちに対するイネの感受性は窒素追肥後直ちに上昇し、約1週間で最高となった後、徐々に低下し、この傾向は追肥量が多いほど著しかった。また、窒素追肥により孢子形成能は約2倍に上昇することが明らかとなり、両機構をモデル化した。

窒素追肥の影響のモデルを組込んだ BLASTL で実際の圃場における病勢進展を推定したところ、推定精度は高くないがおおよその傾向は窺えた。窒素追肥時期を種々変更してシミュレーションしたところ、葉いもち流行よりかなり早い時期や葉いもちの流行末期の窒素追肥は葉いもち病勢を大きく助長する効果はなく、いずれかの時期に葉いもち病勢進展を大きく助長するピークの時期があるようであった。このピークの時期はイネの生育ステージでは説明できず、シミュレーションにより検討したところ、葉いもちの全般発生開始期前後である可能性が指摘された。

以上の研究により、葉いもちシミュレーションモデル BLASTL の機能を拡張することにより、主要な防除法である薬剤の適正な散布適期あるいは葉いもち病勢進展のリスクの低い窒素追肥法を検討することが可能と考えられた。今後は、このモデルを

用いて実際の営農の中に適用させる研究が必要である。

学位論文審査の要旨

主査	教授	生越	明
副査	教授	小林	喜六
副査	教授	斎藤	裕
副査	助教授	近藤	則夫

学位論文題名

シミュレーション・モデルを用いた

イネいもち病（葉いもち）防除法の改善に関する研究

環境負荷を低く保ち、イネいもち病を効率的・効果的に防除するには、高い確度で予測された病勢進展に応じて各種防除法を合理的に組み合わせる必要がある。本論文は、イネいもち病の効率的・効果的防除を目的に、葉いもちシミュレーション・モデル、BLASTLを利用して各種防除法を合理的に組み合わせるシステムの構築を目指した研究をまとめたものである。

BLASTLは、気象データを入力すると病勢進展の傾向が推定できるが、量的精度は不明であったため、その量的検証を行った。すなわち、非線形最小自乗法により実際の発病進展データから未知パラメータである上位葉の葉位別感受性を推定し、その推定値から予測した別の年次の病勢進展が実際に観察した病勢進展とどの程度類似するか比較した。その結果、本モデルは、株当たり病斑数を桁単位以内の精度で推定可能と考えられ、この誤差を念頭に置いて種々の解析が可能と結論した。

いもち病防除用の殺菌剤を適時に散布するには、その効果を正しく評価しておく必要がある。散布効果をBLASTLで検討するため、予防剤2種と治療剤6種の葉上における動態と作用特性のモデルを構築した。予防剤であるフサライド剤およびトリシクラゾール剤を散布すると、散布時展開葉には十分量が付着し、付着量は半減期が数日の割合で指数関数的に減少するため、ほぼ完全な防除効果が得られると考えられた。一方、散布時未展開葉には、再付着と考えられる経路で微量が付着したが、防除効果は劣った。これらの結果をBLASTLに組込んで各種散布時期における防除効果を推定できると結論した。6種の治療剤の潜伏期間中散布による病斑発現抑制効果、病斑出現後散布による孢子形成抑制効果および病斑拡大抑制効果をモデル化した。病斑発現抑制効果はいずれも感染好適条件以降数日以内に散布しないと十分な効果が得られないと考えられた。フェリムゾン剤およびイプロジオン剤は孢子形成抑制効果が高かった。

以上の結果をBLASTLに組込んでシミュレーションを行うと、予防剤は葉いもち全般発生開始期よりかなり前に散布すると効果は見られず、全般発生開始期前後の散布で防除効

果が高く、散布時期が遅れるに従い、効果の高い時期と劣る時期を約1週間周期で繰り返しながら効果は徐々に低下した。防除効果が時期により周期的に変動したのは、新葉展開間隔と感染好適条件の出現間隔がいずれも約1週間であるためと推定された。治療剤の病斑発現抑制効果は感染好適条件出現直後の散布のみで見られ、この効果が期待できる散布の適期は狭いと考えられた。しかし、この時期は予防剤で十分な防除効果が得られない時期であるため、両剤を組み合わせると散布適期が広がると考えられた。また、孢子形成抑制効果が期待される散布時期は予防剤の散布適期と重なった。

このように、農薬散布のサブモデルを追加した BLASTL で各種薬剤の散布時期別の防除効果の評価が可能と考えられたので、本モデルを用いて、葉いもちを多発させず、薬剤散布は必要最小限にすることを目標にした場合の散布適期を検討した。その結果、葉いもち全般発生第3世代病斑を抑制する時期に新葉展開を見極めて薬剤を散布することが重要と考えられた。

窒素追肥は稲作上不可欠だが過剰な窒素施用はいもち病の発生を助長する。葉いもちの病勢進展を助長させず多発のリスクが低い追肥法を明らかにするため、窒素追肥に伴う感受性および孢子形成能の変動モデルを BLASTL に組込んで追肥時期を検討した。葉いもち感受性は窒素追肥後直ちに上昇し、約1週間後から徐々に低下する。孢子形成能は窒素追肥により上昇する。これらの機構を組込んだモデルで圃場における病勢進展傾向をおおよそ推定できた。窒素追肥時期と葉いもち病勢進展の関係をみると、最も発病を助長する追肥時期は葉いもちの全般発生開始期前後である可能性が示唆され、イネの生育ステージでは説明できないと考えられた。

以上のように機能を拡張させた葉いもちシミュレーション・モデル BLASTL により、薬剤の適正な散布適期あるいは葉いもち多発のリスクの低い窒素追肥法を検討することが可能と考えられた。

以上の研究成果は、シミュレーション・モデルを利用してイネの葉いもち病の効率的・効果的防除をめざしたものであり、学術上応用上高く評価される。よって審査員一同は、石黒 潔が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。