氏名	大東　健太郎		
学位の種類	博　士（　農学　）		
学位記番号	博　甲　第　９４７１　号		
学位授与年月日	令和２年３月２５日		
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	開花予測モデルを利用した時間的隔離による遺伝子組換えダイズとツルマメの交雑リスク評価手法の確立		
主査	筑波大学教授	農学博士	大澤　良
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	吉岡洋輔
副査	筑波大学助教	博士（農学）	津田麻衣
副査	筑波大学教授（連係大学院）	博士（理学）	田中　剛

論　文　の　要　旨

本論文は、遺伝子組換え作物と近縁野生種や栽培作物と遺伝子組み換え作物など種間あるいは品種間交雑を忌避したい場面で、そのリスクを低減するための手段として、開花期が重複しないように栽培時期や品種などの選択によって管理する時間的隔離法の提案を試みたものである。

著者は、第１章において、遮蔽物で完全に覆われた閉鎖系に対象を隔離する方法である遮蔽管理、交雑に関与しないと考えられるほど物理的に隔離距離を設定する方法である物理的隔離、開花期などの交雑に影響する時期が重複しないように管理する方法である時間的隔離の３つについて、従来の研究を総括し、遮蔽管理は実験段階で広く利用されていて、確実性は非常に高いものの大規模化は難しいこと、大規模な開放系栽培では距離による物理的隔離が様々な作物種で実用化されていることを提示した。時間的隔離に関しては、研究が非常に少なく、実用化に至っていない要因として、（１）開花の重複程度を正確に表現する指標が確立していないため、複数の既往研究を統合的に利用することができず、交雑リスクを評価するための時間的隔離の程度を一般化できないこと、（２）管理可能な条件である作付け日や品種の変更が交雑リスクに与える影響が、気象条件によって年ごと、地域ごとに異なるため、複数の研究の結果に統一性がないことの２点を本研究で解決すべき課題とした。

第２章で著者は、開花重複度指標の開発のためには、時間的隔離の効果をバラつかせている原因と考えられる、開花の重複程度を正確に示す新たな指標の導入を試みた。はじめに、これまで開花重複程度には、開花の重複した日数、種子親の開花期間中に花粉親の開花が重複していた日数の割合、開花の開始日の差、開花の最盛日の差などが利用されていたが、これらの指標は全て開花の重複程度をある程度代表してはいるものの、完全だとは言えないことを示した。開花の重複日数が同じでも、開花の最盛期に開花が重複している場合と、開花の終期と開花の開始期が重複している場合では、花粉の供給源の開花量が全く異なること、種子親の開花期間が非常に短く、花粉親の開花終期と完全に重複していた場合、前述の指標では、完全に同じ開花の推移をしていた場合と同じく

開花の重複程度は最大値である１を取るが、両者の交雑率は大きく異なることを示した。そこで、著者は、開花の推移を確率密度分布として表現することで、開花の重複程度を複数の確率密度分布間の距離として定義する指標を導入し、交雑率との関係を調べた。その結果、本研究で提示された式で定義される開花重複度は従来利用されてきた手法に比べて、交雑率との相関が高いという結果を得た。またイネのモチ・ウルチ系統を用いた交雑試験の結果、出穂の重複程度と交雑率の間には線形の関係があり、開花の重複度の増加に伴い、観察される交雑率の分散も増加するという極めて合理的な結果が得られた。これは、本研究で提示した開花重複度が、一般化できる優れた指標であることを示唆している。

３章で著者は、ツルマメの開花予測モデルの開発を行った。時間的隔離を有効に用いるために、作物と野生種において、作物の開花期をずらすことによる隔離が試みられた。ダイズについては、これまでにも様々な開花予測モデルが提案されているが、ツルマメの開花フェノロジーに関する研究は、非常に少なかったことから、ダイズの場合と同様に、日本列島の５地域のツルマメの開花期を予測するモデルの構築を目的とした開花観察実験を行った。その結果に基づいて、日長調節調節温室内での観察結果と野外栽培での観察結果の両方に対して十分な精度を持って推定可能なモデルを開発することができた。またツルマメの温度と日長に対する反応性の地域差はダイズのそれと類似しており、緯度による勾配が存在し、本研究で採取した地域以外での開花の予測が可能であることが示唆された。また、開花開始のみならず、推定された発育指標モデルを用いて、開花開始だけでなく、50%開花、95%開花なども、開花開始と同程度の精度で推定できることを示し、開花期全体の予測が可能であることを示した。

以上の結果は、種間あるいは品種間の交雑リスクを低減するための時間的隔離手法の実用化の基盤となるものである。本研究で確立した正確な開花の重複度指標に基づいて作物の作付け計画を立てることで、時間的隔離は、物理的隔離と同様に、近縁野生種と遺伝子組換え作物、あるいは遺伝子組換え作物と慣行栽培作物との共存にも資する非常に強力な手法となりえることを明らかにしたものである。

審　査　の　要　旨

本論文は、遺伝子組換えダイズと近縁野生種のツルマメとの時間的隔離が、開花フェノロジーなどのパラメータを用いた推定式の確立によって可能であることを示したものである。わが国において遺伝子組換え作物が一般圃場栽培された場合には、近縁野生種との交雑による生物多様性影響や同一種との共存が適切な管理のもとでなされなければならない。本研究は、その際の隔離手法の基盤となる成果であり、育種学的あるいは規制科学として高い価値を持つ成果である。特に、遺伝子組換えダイズは実用化されている遺伝子組換え作物種の中でわが国に近縁種が唯一存在する遺伝子組み換え作物であり、わが国のように小面積に同一種多数品種が栽培され、物理的隔離が困難な国においては不可欠な隔離手法として遺伝子組換え作物の産業利用という面からも期待されている成果である。

令和２年１月 16 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。