

氏名（本籍）	石栗 陽一		
学位の種類	博士（農学）		
学位記番号	博 甲 第 9858 号		
学位授与年月日	令和 3 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	リンゴ果実の防御反応による幼虫の発育阻害がモモシンクイガの生活史におよぼす影響		
主査	筑波大学教授	農学博士	戒能 洋一
副査	筑波大学教授	Ph.D.(Ecological Sciences)	Taylor DeMar
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	古川 誠一
副査	筑波大学講師	農学博士	松山 茂

論 文 の 要 旨

審査対象論文において著者は、リンゴを加害するモモシンクイガの幼虫が食入したリンゴ果実において誘導防御反応が起こり、果実内で発育する幼虫に著しい生存率の低下や発育のばらつきが生じることを新たに発見した。そして、果実の誘導防御による幼虫の発育阻害の実態解明に加えて、本種の休眠を軸とした生活史におよぼす影響を明らかにするための一連の実験を行い、従来から防除上問題となっていた成虫の長期にわたる発生をもたらすメカニズムについて、生態学的な観点から考察した。

著者の実験から、野外のリンゴ果実における幼虫の生存率は、果実の生育ステージに関わらず、0～20.8%と極めて低かった。産卵から老熟幼虫の果実脱出までに要した日数は、発育の早い個体では有効積算温度の法則から推定される30日前後であったが、発育の遅い個体では100日以上経過してから脱出するものや、気温が発育零点を下回る11月までに発育を完了できずに果実内にとどまるものも見られ、個体によるばらつきが大きかった。このような生存率の低下や発育のばらつきは、樹から切り離れた果実（摘果）では見られない現象であり、着果で特異的に発現する誘導防御反応によるものであると著者は考えた。

次に、著者は幼虫密度に注目して実験を行い、着果における幼虫の発育阻害程度は、1果当たりの幼虫密度によって異なり、1個体が食入した果実では、10～29個体が食入した果実に比較して幼虫生存率が高く、発育のばらつきが小さかった。摘果では食入密度の違いが生存率や幼虫期間に影響しないため、着果における食入密度の生存率や幼虫期間に対する影響は、単なる幼虫間の競争や干渉ではなく、着果で特異的に起こる果実の防御反応を通じてもたらされると著者は結論づけた。

著者は幼虫発育に関する実験を行い、果実の防御反応による幼虫の発育阻害は、7種の栽培品種やリンゴ属野生種3種でも確認されたが、‘あおり27’の果実では特異的に生存率が高く、幼虫発育のばらつきも小さかった。‘あおり27’はポリフェノール含量が低く、ポリフェノールオキシダーゼ活性の低い難褐変性品種であることから、モモシンクイガ幼虫の発育阻害をもたらす二次代謝物質として、ポリフェノール類に関連した化合物が関与していることが示唆された。

モモシンクイガの休眠誘導は主に日長によって制御され、長日条件で非休眠、短日条件で休眠が誘導されることが知られている。これに関連した著者の実験から、果実の防御反応によって幼虫の発育

にばらつきが生じた場合、同じ長日条件下で発育を開始した幼虫でも、発育の早い個体は長日条件下で脱出まで至り非休眠となるが、発育が遅延した個体は、幼虫期の後半に存在する日長の感受期に短日条件を経験することで、休眠が誘導されることがわかった。

変温動物である昆虫は、一般に有効積算温度の法則に従った発育を示すが、著者の実験からは、リンゴ着果内のモモシクイガの幼虫発育は、温度などの季節的に変化する環境要因とは独立して起こる果実の防御反応による影響が大きいことがわかった。また、多化性の昆虫において、一般に世代数の増加は適応度の上昇をもたらすが、著者の実験からは、モモシクイガの場合、防御反応による影響程度が個体によって大きく異なり、発育がばらつくことから、休眠ステージに達することができない個体割合を増加させる危険がある世代数の増加は、必ずしも適応度の上昇につながらないと考えられた。

著者の調査からすれば、モモシクイガの主な発生源である管理不良園や廃園では、病害虫の被害や隔年結果による果実量の変動が大きく、それによって生じる果実内幼虫密度の年次変動が防御反応による幼虫の発育阻害程度に影響するため、世代数の増加と適応度の関係は予測困難である。このように適応度が不規則に変動する予測困難な環境で発育する昆虫では、しばしば危険分散の生活史戦略が進化するが、著者が行ったモモシクイガの実験結果は、休眠誘導のタイミングにおける個体変異は少なく、閾値反応的であるのに対し、越冬後の成虫の羽化時期においてばらつきを大きく維持することにより、異なる化性の集団を個体群内に混在させ、適応度の不規則な変動に対処していると推定された。

本研究から著者は、モモシクイガで見られる越冬後の発育のばらつきにより、越冬世代成虫と第1世代成虫の発生時期が重なり、本種のリンゴ園における成虫の発生は、5月下旬頃から9月中旬頃まで切れ目なく見られることを観察した。本種の防除を困難にしているこのような長期にわたる発生をもたらすメカニズムについては、これまで生息地の気象要因を基に考察が行われていたが、著者は、寄主植物の防御反応による発育阻害という視点を加えることにより、新たな解釈を提示した。

審 査 の 要 旨

著者は、リンゴ果実に食入し外部からの防除が困難なモモシクイガの発生の機構について種々の実験を行い、越冬後の発育のばらつき及び春以降の成虫発生のばらつきが、着果状態での果実において特異的に起こる防御反応によるものであることを解明した点は特筆に値するものである。その防御反応についてもリンゴの品種間比較実験から、発育阻害物質であるポリフェノール関連物質であることが示唆されており、今後活性物質の解明が待たれるところである。本種における、成虫羽化のばらつきに適応的意義に関しても著者は考察し、不規則な環境に対する生活史戦略であろうと結論づけた点は、今まで未解明だった現象に対する解釈として評価できる成果である。

令和3年1月19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。