

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月17日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07815

研究課題名(和文) 水田生態系における鳥と捕食性節足動物による天敵効果の評価

研究課題名(英文) Evaluation of the natural enemy effect by birds and predatory invertebrates in a paddy field ecosystem

研究代表者

日野 輝明 (Hino, Teruaki)

名城大学・農学部・教授

研究者番号：80212166

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：フィプロニル系の苗床殺虫剤の施用は、水稻害虫であるヨコバイとウンカの個体数が増加させ、水稻の500粒重が減少させた。これは、殺虫剤がカエル幼生とクモの個体数を減少させたためである。カエル成体の個体数は、田植え時の殺虫剤施用によるオタマジャクシが死亡後に出現した個体が中干し前に成体になれるかどうかで決まり、クモの個体数は捕食者であるカエル成体の個体数によって決まった。したがって、カエルが多い年にはカエルによる天敵効果が、逆の年にはクモによる天敵効果が認められた。本研究によりフィプロニル系のように殺虫力の強い殺虫剤は天敵生物を殺してしまうために、害虫防除には逆効果であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フィプロニル系の殺虫剤は殺虫力が高いが、天敵生物まで殺してしまうために、害虫が増えて収量が減るという逆の効果が生じることが明らかになった。カエルについては、中干しの時期を調整することで殺虫剤の影響を緩和することが分かった。上位捕食者であるカエルが殺虫剤の影響を受けた場合には、下位捕食者であるクモによる天敵効果が発揮されることも分かった。これらの成果は、水田生態系における複雑な生物間相互作用について明らかにした学術的な意義だけでなく、天敵の効果を発揮させるためには殺虫力の高い殺虫剤は使用を控えるべきことを明らかにし、総合病害虫防除を進めていく上で応用的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：Application of fipronil insecticide increased significantly the numbers of a paddy-rice pest insects, i.e., leaf- and plant-hoppers and then decreased the 500-grain weight of rice. This result is because the insecticide decreased the numbers of frogs and spiders which were natural enemies of the pests. The frog numbers depended on whether the tadpoles could mature before water-drawing after they were killed by insecticide when rice-planting, and the spider numbers depended on the number of its predators (i.e., frogs). Thus, the natural-enemy effect was exhibited by frogs in the frog-abundant year and by spiders in the opposite year. Therefore, this research showed that strong insecticides like fipronil is an adverse effect on insect pest control owing to killing natural enemies.

研究分野：生態学

キーワード：フィプロニル系殺虫剤 天敵効果 総合的病害虫防除 野外操作実験 カエル クモ ヨコバイ ウンカ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

農業に依存しない環境保全型の稲作技術を確立するためには、水田生態系における水稲をめぐる複雑な「食う-食われる」関係のネットワークを明らかにし、タイプの異なる捕食者の天敵効果を定量的に評価することが必要である。生態系を構成する生物間の関係は、2者間の直接的な相互作用だけでなく、直接的な相互作用がつながることで第三、第四の生物にその影響が及び間接効果が生じることが知られている。水田生態系においては、栄養段階の異なるさまざまな天敵が存在し、捕食者間相互に「食う-食われる」関係にあることから、天敵効果の定量的評価が難しく研究が遅れている分野である。また最近の稲作では、労力コストの削減のために、散布系の殺虫剤に代わって育苗箱処理型の殺虫剤が使用されているが、この殺虫剤によるカエルやクモなどの天敵の個体数減少が知られてきている。しかしながら、カエルは害虫の天敵であるクモの捕食者でもあることから、カエルとクモの天敵効果を定量的に評価するためには、カエルとクモそれぞれ単独の天敵効果、カエルによるクモの捕食量、殺虫剤のカエルとクモそれぞれの個体数に及ぼす影響を調べる必要があるが、そのような調査は国内外で行われてきていない。

## 2. 研究の目的

大学附属農場において、フィプロニル系の育苗箱施用殺虫剤の有無と天敵生物除去の有無を組み合わせた野外実験を行なうことで、天敵生物(トンボ・クモ・カエル)の害虫に対する捕食効果、殺虫剤が天敵個体数に及ぼす影響、天敵生物同士の関係、殺虫剤が天敵生物への影響を介して害虫個体数に及ぼす間接効果を定量的に明らかにすることを目的とした研究を行った。なお、課題申請時の目的は鳥による天敵効果を調べる予定であったが、除去が難しかったことから、カエルによる天敵効果を調べる計画に変更した。

## 3. 研究の方法

### (1) 調査地

調査は愛知県春日井市にある名城大附属農場内の水田の一画で行った。2016年からの3年間は水田の南西部に幅10m、長さ40mの調査区を2カ所に設置し、一方を農薬区、もう一方を非農薬区とした。農薬区ではフィプロニル系の育苗箱施用殺虫剤であるプリンス粒剤を施した苗を用い、非農薬区では無農薬の苗を用いた。両区間での農薬の混入を防ぐために、2016年は高さ約40cmの畦シート、2017年と2018年は幅50cm程度の畦道を挟んで試験区を設置した。いずれの年も、田植えは6月中旬、中干しは7月下旬に行った。年によって異なる天敵生物を対象とし、各生物の除去の有無を組み合わせた試験区を設置した。2016年はトンボとクモ、2017年はカエル、2018年はカエルとクモを対象に4m×4mの試験区を合計8-16ヶ所設置した。トンボ除去区は高さ2mの防鳥ネット(20mmメッシュ)、カエル除去区は、高さ約60cm畦シート、クモ除去区は高さ40cm畦シートを使用した。クモ除去区では、外側からの侵入を防ぐために、畦シートの回りのイネを1m幅で刈り取り、シートの外側に粘着スプレーを調査ごとに噴射し、カエル除去区ではトラップ調査ごとに捕獲された個体を試験区外には排出した。

### (2) 天敵生物の調査

いずれの年も約10日おきに天敵生物の調査を行った。トンボ類の個体数調査は、調査区を含んだ水田1枚を一周して種類と個体数を記録した。クモ類の個体数調査は、2016年は見取り法、2018年はサクシヨンマシン法によって行った。見取り法では、区画あたり1条分の列区(約50株)について目視で種類と個体数を記録した。サクシヨンマシン法では、区画あた

り5カ所において縦30cm横40cm高さ70cmの直方体の筒を3株のイネに被せて、ハンディークリーナーによる吸引で紙パック内に採集されたクモの種類と個体数を研究室にて同定した。カエル幼生の個体数調査は、2017年と2018年の両年とも2Lペットボトルを使って作成したトラップに煮干しを入れて、農薬区と非農薬区で4個ずつ仕掛けた。捕獲された個体については種類・個体数・手足の有無・体長を記録して放逐した。2018年にはカエル除去区で捕獲された個体は区画外に排出した。カエル成体の個体数調査は、落とし穴トラップによる捕獲および試験区の周りを歩いて1m幅内の種類と個体数を記録した。

### (3) イネ上の害虫の個体数調査

天敵と殺虫剤による昆虫個体数への影響を評価するために、補虫網(直径38cm・深さ95cm)を用いたスーピング法による個体数調査を、各調査区において約10日おきに行った。いずれの年においても区画あたり40振り行い、採集した昆虫は酢酸エチルで殺虫し、実験室にて同定と計数を行った。

### (4) 米の収量調査

天敵および農薬が米の収量に及ぼす影響を評価するために、10月中旬に区画あたり5箇所、2株ずつ合計10株の刈り取りを行った。刈り取ったイネは稲架にかけて乾燥させ、2週間後に脱穀を行った。収穫された米は区画ごとに全体重量を計測後、500粒あたりの重量の計測と病害粒数の計数を3回行い、平均値を求めた。

### (5) 農薬濃度の分析

農薬の主成分であるフィプロニルの濃度分析をJapan Testing Laboratories株式会社に依頼した。農薬区と非農薬区において、田植え前後にそれぞれ採取した200mLを1サンプルずつ合計4サンプルの分析を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 天敵個体数

#### カエル類

2017年と2018年のどちらにおいても、ヌマガエルが捕獲・観察個体の90%以上を占め、他にトノサマガエル、アマガエル、ツチガエルがわずかに記録された。幼生の出現時期は両年とも同じ傾向を示し、非農薬区では田植え前から出現したのに対して農薬区では田植え後から出現した。フィプロニルの濃度分析により、農薬区の田植え前の濃度は $7 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ で、田植え後に非農薬区と同程度の濃度( $3-4 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ )にまで減少した。このことはフィプロニルの成分が水田内の土壌に蓄積されていることを示している。また、両生類に対する1g個体に対する半数致死濃度の下限値は $8 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ であることが分かっている。卵や孵化したばかりの幼生は1g以下と考えられるため、田植え前の農薬区の濃度の $7 \times 10^{-5} \text{mg/L}$ は死に至るには十分な濃度と考えられる。

非農薬区の幼生は出現後約1ヶ月で成長して、中干し前に全ての個体が成体となった。一方、農薬区の幼生は2017年には中干し前に多くの個体が成体になることができなかったが、2018年には全ての個体が成体になることができた。その結果、中干し後の成体個体数はいずれの年も農薬区で有意に少なかったが、その差は2017年に4倍、2018年に1.5倍と大きな差があった。2年分のデータを用いてロジスティック回帰分析を行った結果、幼生の成長(足の有無)

に対して気温（農場測定値）が最も大きな影響を与えていることが示された。したがって、田植え後に出現してくる幼生が中干し前に成体になれるかどうか、カエル成体の個体数に大きな影響を与えることになる。フィプロニル系の農薬はカエル等の水生生物に対して浸透性が高く有害であることが知られているが、中干しの時期を遅らせることでその影響を緩和できると考えられる。

#### クモ類

2016年のクモ類については、徘徊性のコモリグモ類と造網性のアシナガグモ類・ヒメグモ類が確認された。個体数の季節変化は種ごとに異なっており、コモリグモ類の個体数は調査期間を通して安定していたが、ヒメグモ類の個体数は8月中下旬に最大で9月以降に減少し、アシナガグモ類および全種類の幼虫の個体数は逆に9月以降に個体数が増加し10月上旬に最大となった。対象区の合計個体数は8月中旬が最大で、50株あたりの個体数は41.5匹であった。2018年のクモ類については、徘徊性のコモリグモ類と造網性のアシナガグモ類・サラグモ類が確認された。いずれのクモにおいても9月中旬から急激に個体数が増加し、10月中旬に最大となった。対象区の合計個体数は10月下旬が最大で、50株あたりの個体数は80.0匹であった。ANOVAの結果、2016年は農薬区で個体数が有意に増加したが、2018年は逆に個体数が有意に減少した。

クモはカエルにとって摂取した生物の10-20%を占める重要な餌資源である。2018年は農薬によるカエル個体数の影響が小さかったため、農薬によるクモ個体数に対する負の影響が直接現れたと考えられる。2016年はカエル個体数の調査は行っていないが、2017年と同様に農薬によってカエル個体数が減少したと考えれば、カエルによるクモ捕食が減少した結果、クモの個体数が増加したことは説明できる。フィプロニル系の農薬はクモの個体数を減少させることも知られているが、その影響は農薬が上位捕食者であるカエルなどに与える影響によって変化することが明らかになった。

#### トンボ類

調査区周辺のトンボについては、ウスパキトンボ、シオカラトンボ、アオモンイトトンボなどの合計7種が観察された。調査日ごとの個体数は、8月中旬から9月上旬に最大となり、9月下旬以降は減少した後10月中旬に再び上昇した。農薬によるトンボ成体の個体数への影響は認められなかった。しかし、フィプロニル系の農薬はトンボ幼虫を減らすことが知られているため、今後の調査が必要である。

#### (2) イネ上の害虫個体数

主要な害虫であるツマグロヨコバイ、その他のヨコバイ（主にイナヅマヨコバイ）、ウンカの発生時期と個体数は年によって変化した。対象区においてツマグロヨコバイが最大となった時期はいずれも9月上旬であったが、個体数は2016年に1.3匹/振、2017年に15.0匹/振、2018年に11.8匹/振と年間で大きな違いがあった。その他のヨコバイが最大となったのは、2016年には10月上旬で0.5匹/振、2017年には10月中旬で0.7匹/振、2018年には9月下旬で1.3匹/振であった。同様に、ウンカで最大となったのは、2016年には8月下旬で1.3匹/振、2017年には9月上旬で4.4匹/振、2018年には9月上旬で1.8匹/振であった。ANOVAによる農薬の影響は年によって違いが見られた。農薬の効果はツマグロヨコバイに対しては2016年のみ、その他のヨコバイに対しては2017年と2018年、ウンカに対しては2018年の

み有意な効果が認められ、いずれも農薬区において個体数が増加した。

いずれの年においても農薬が害虫を減らす効果は認められず、影響がないかもしくは逆に害虫を有意に増やすことが明らかになった。農薬によって害虫が増加したのは、農薬がカエルやクモの個体数を減少させたために、害虫に対する天敵効果が発揮されなかったためと考えられる。また、その影響は害虫の個体数の大小に左右され、個体数の多い年には天敵効果は発揮されない可能性が示唆された。

### (3) 米収量

収穫されたコメの全体重量と病虫害米数については、いずれの年も農薬の有意な効果は示されなかったが、500粒重については、2016年と2018年に有意な差が示され、いずれの年においても農薬区において有意に減少し、その大きさは2016年に0.285g(2.6%)、2018年に0.296g(2.8%)であった。この結果は、農薬区で天敵生物が減少して害虫が増えたためだと考えられる。減少した重さ2.5%という値は少ない印象を与えるが、10kgあたりでは250gに相当するため、決して無視できる量ではない。

調査地である附属農場で使用されているフィプロニル系の殺虫剤は他の農薬に比べて殺虫力が高いが、その影響で天敵生物まで殺してしまうために、害虫が増えて収量が減るといった逆の効果が生じることが明らかになった。本殺虫剤を使用しても、カエルについては、中干しの時期を調整することで農薬の影響を緩和することが分かったが、クモについては、そのような方策はない。IPM推進のためには、殺虫力が弱くても天敵生物に影響の少ない殺虫剤を使うことが推奨される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

杉山絢子・安藤幸来・島田比乃樹・杉浦新二郎・椀田祐基・片山好春・日野輝明(2019) フィプロニル系育苗箱施用殺虫剤が水稻害虫の天敵効果に及ぼす影響. 名城大学総合研究所紀要24: 13-16. (査読なし)

榊原未紗・杉浦智多佳・片山好春・日野輝明(2018) フィプロニル系育苗箱施用殺虫剤による害虫防除の負の効果. 名城大学総合研究所紀要23: 153-156. (査読なし)

渡辺直人・小笠原史織・片山好春・日野輝明(2017) トンボによる水田害虫の捕食効果. 名城大学総合研究所紀要22: 153-156. (査読なし)