

令和元年6月18日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07324

研究課題名(和文)グリホサート抵抗性ネズミムギの個体群動態の解明と総合的雑草管理への応用

研究課題名(英文)Elucidation of population dynamics of glyphosate-resistant Italian ryegrass and its application to Integrated Weed Management

研究代表者

山下 雅幸 (Yamashita, Masayuki)

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：30252167

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)：水田畦畔において斑点米カメムシ類の発生源として問題となっているネズミムギは、近年静岡県内でグリホサート除草剤抵抗性を獲得し、その防除を一層困難にしている。グリホサート抵抗性ネズミムギは、静岡県内の主要な水田作地帯において一部の水田周辺部で出現しており、特に中遠地域では全調査地点のうち半数以上(59%)の地点で抵抗性個体が確認された。総合的雑草管理(IWM)の重要な構成オプションとなりうる草刈りに注目した。開花盛期にタイミングをあわせた草刈り法を水田畦畔にて野外実験し、この地域で慣行的に行われてきた早期の草刈りより、開花盛期の草刈りが抵抗性ネズミムギの頻度を減少させる上で有効であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

最も高頻度で使用されているグリホサート系除草剤に対する抵抗性雑草を研究対象とする本研究の成果から、難防除雑草ネズミムギの管理法だけでなく、日本における雑草管理技術の発展に寄与するものと考えられる。また、研究で調査対象とするグリホサート抵抗性ネズミムギは、世界で初めて水田畦畔の雑草集団から見つかった。このことは、世界全体における水田面積が極めて広く、今後も除草剤により管理される水田畦畔がアジアの途上国を中心に増加すると予想されることから、本研究で得られる成果は、日本のみならず世界全体においてグリホサート系除草剤に過度に依存しない総合的雑草管理技術(IWM)の確立に貢献するであろう。

研究成果の概要(英文)：Italian ryegrass, which has become a problem weed as a source of spotted rice bugs in the paddy field margins, has acquired glyphosate resistance in Shizuoka Prefecture in recent years, making it more difficult to control them. Glyphosate resistant Italian ryegrass was found in some paddy fields margins in major paddy fields in Shizuoka Prefecture, and resistant individuals were found at more than half (59%) of all survey sites, especially in Chuen area. The authors focused on mowing grass, which can be an important component option of Integrated Weed Management (IWM), and devised mowing methods timed to the high flowering season. Field experiments were conducted in paddy fields, and it was shown that mowing during the flowering period was more effective in reducing the frequency of resistant ryegrass than early mowing that has been conventionally used in this area.

研究分野：雑草科学

キーワード：総合的雑草管理(IWM) ネズミムギ グリホサート除草剤抵抗性

1. 研究開始当初の背景

飼料や緑化資材として温帯地域で広く利用されている外来イネ科牧草ネズミムギ(イタリアンライグラス、*Lolium multiflorum* Lam.)は、日本各地で野生化し、水田畦畔や耕作放棄地等の水田周辺では、水稻害虫である斑点米カメムシ類の主要な発生源となっている(Yoshioka *et al.* 2014)。また、関東・東海地域を中心にコムギ圃場でしばしば雑草化し、多発すると著しい減収をもたらす(鈴木ら 2010)。さらに、近年静岡県内の水田畦畔に自生するネズミムギがグリホサート抵抗性を獲得していることが確認された(Niinomi *et al.* 2013)。我々は、これまで雑草化したネズミムギを適正に管理するために、その個体群動態の解明やネズミムギによるコムギ作被害の簡易査定法の開発等を進めてきた(石田ら 2012、市原ら 2010、鈴木ら 2010、浅井・與語 2010、浅井ら 2010、澤田ら 2009、稲垣ら 2009、Ichihara *et al.* 2009)。これらの研究を通して、日本におけるネズミムギの防除を困難にしている主要因は、(1)効果的な登録除草剤がないこと、(2)農業経営の大規模化に伴う栽培の省力化によって除草が不十分であることによると考えてきた。そして、(3)グリホサート抵抗性ネズミムギの出現は、その防除をいっそう困難にしている。そこで、ネズミムギの適切な防除には、グリホサート系除草剤に過度に依存しない総合的雑草管理(Integrated Weed Management, IWM)技術の構築が早急に必要である。

2. 研究の目的

本研究では日本でも今後その蔓延が懸念されるグリホサート抵抗性雑草を適切に管理するために、ネズミムギをモデル植物として研究期間内に以下のことを明らかにする。

- (1) グリホサート抵抗性ネズミムギの発生状況を詳細に把握する。ネズミムギは風媒他殖性であるため、広域スケールでのネズミムギ分布調査を行い、抵抗性個体の有無を調べ、精密な分布図を作成する。抵抗性ネズミムギの分布拡大を防止するために、水田畦畔において確認された抵抗性ネズミムギが耕地内部や非農耕地(道路端や河川敷)にも侵入しているかを調査する。
- (2) 水田畦畔におけるグリホサート抵抗性ネズミムギの個体群動態を解明し、その種子生産量を抑制する方法として草刈り処理の時期や頻度を調整し、その抑制効果を検証する。
- (3) グリホサート以外の除草剤抵抗性について、ポット試験および圃場試験により評価し、代替剤の有効性を検証するとともに、除草剤多剤抵抗性の有無を明らかにする。
- (4) 代替剤による化学的防除に加え、草刈り処理や蒸気除草等による物理的防除、種子食性昆虫による生物的防除等を組み合わせた総合的雑草管理により、グリホサート抵抗性ネズミムギの個体群動態がどのように変化するか、個体群動態モデルを用いて解析し、有効な総合的雑草管理の方策を立案する。

3. 研究の方法

- (1) 静岡県内の主要な水田作地帯に自生するネズミムギのグリホサート抵抗性を評価した。静岡県東部地域(伊豆の国市、伊豆市、函南町、沼津市、富士市、計11地点)、中部地域(静岡市、計4地点)、志太榛原地域(焼津市、藤枝市、島田市、吉田町、牧之原市、計30地点)、中遠地域(袋井市、森町、掛川市、菊川市、御前崎市、磐田市、計68地点)、西部地域(浜松市、計15地点)の水田周辺部(水田畦畔または畦畔に近接する道路端)に自

生するネズミムギ集団から採取した種子とグリホサート感受性のネズミムギ栽培品種（牧草名:イタリアンライグラス、品種名:タチワセ、タチムシャ、ワセフドウ）の種子を、ろ紙2枚を敷いた直径9 cm のシャーレに播種し、発芽した実生を、培土を敷き詰めた育苗用ポットに移植し、静岡県農林技術研究所三ヶ野圃場（静岡県磐田市三ヶ野）の温室内で生育させた。ネズミムギが2~3 葉期の段階で、グリホサートカリウム塩液剤（有効成分量:2.7 kg ai ha⁻¹、散布水量:100 ml/m²）をハンドスプレーで散布した。グリホサートカリウム塩液剤の散布薬量は、現地圃場における慣行的な散布薬量とした。薬剤散布7週間後の生存個体数を調査し、グリホサート抵抗性個体率 $[\{(\text{散布7週間後の生存個体数})/(\text{散布前の生存個体数})\} \times 100]$ を算出した。また、この調査と同時に、各品種および各集団とも18個体程度を同様の育苗用ポットに移植し、グリホサート無処理条件下における同期間の生存個体率を調査した。

- (2) 静岡県浜松市浜北区平口のナシ園（3園地）に自生するネズミムギの種子を2017年6月に採取した。各園地から採取した種子とネズミムギ栽培品種（牧草名：イタリアンライグラス、品種名：タチムシャ）の種子を恒温器内で発芽させ、10月5日に実生を育苗用セルトレイに移植した。ネズミムギが2~4葉期（草丈約15 cm）の段階で、グリホサートカリウム塩液剤（有効成分含有率48.0%）とグルホシネート液剤（同18.5%）をハンドスプレーで散布した。グリホサートカリウム塩液剤の薬量は0、200、300、400、500mL/10a（水量：100L/10a）、グルホシネート液剤の薬量は0、300、400、500mL/10a（同：100L/10a）とした。処理区あたり約36個体を供試し、各処理3反復とした。薬剤散布7週間後に生存個体数（新葉が抽出し生育している個体数）を調査し、生存率（ $= \text{薬剤散布7週間後の生存個体数} / \text{供試個体数} \times 100$ ）を算出した。
- (3) 水田畦畔に自生するグリホサート抵抗性ネズミムギを効率的に管理するために、刈取りの時期と頻度を組み合わせた物理的防除法の改良を検討した。グリホサート抵抗性ネズミムギが優占化している静岡県袋井市で3年間の圃場試験を実施した。次の5つの処理を毎年4月~6月に実施した：ネズミムギの開花期前に1回刈取り（慣行的な刈取り方法）、開花期に1回刈取り、開花期に2回刈取り、開花期前にグリホサート散布（慣行的管理方法の一つ）、無処理。これらの処理の有効性を評価するために、ネズミムギの地上部バイオマス、種子生産量、埋土種子量および実生発生量を調査した。
- (4) グリホサート抵抗性ネズミムギが優占化する水田畦畔で成長したネズミムギのグリホサート抵抗性とエンドファイト感染に及ぼす5つの雑草管理法の影響を調べた。雑草管理の処理は、ネズミムギの開花期前に1回刈取り（慣行的な刈取り方法）、開花期に1回刈取り、開花期に2回刈取り、開花期前にグリホサート散布（慣行的管理法の一つ）、無処理である。各処理区で処理2年目から種子を採取した。エンドファイト感染率は採取した種子で、グリホサート抵抗性の頻度は種子から育成した実生で評価した。

4. 研究成果

- (1) グリホサート散布7週間後、ネズミムギの栽培品種は全ての供試個体が枯死したが、水田周辺部の自生集団では生存個体が確認された。グリホサート抵抗性個体の確認された地点数の割合は、東部地域では18.2%、中部地域では50.0%、志太榛原地域では3.3%、中遠地域では58.8%、西部地域では6.7%であった。各地点におけるネズミムギ集団内の抵抗性個体率は、東部地域では0.0~2.9%（平均値:0.5%）、中部地域では0.0~2.8%（1.4%）、志太榛原地域では0.0~2.8%（0.1%）、中遠地域では0.0~83.3%（24.3%）、西部地域では0.0~3.2%（0.2%）

であった。一方、グリホサート無処理条件下におけるネズミムギの生存率の平均値は、96.3%であった。グリホサート抵抗性ネズミムギは、静岡県内の主要な水田作地帯において一部の水田周辺部で出現しており、特に中遠地域では全調査地点のうち半数以上の58.8%の地点で抵抗性個体が確認された。

- (2) グリホサートおよびグルホシネートの処理によりネズミムギの栽培品種は全て枯死したのに対して、ナシ園に自生するネズミムギは一部の個体が生存したことから、これらの剤に対する抵抗性を獲得していると考えられた。グリホサートについては薬量が増加するとともに、ネズミムギの生存率が低下する傾向があった。グリホサートを200mL/10a処理した区での生存率は38.0%～53.3%であったのに対して、500mL/10a処理した区では11.1%～27.8%と低下した。一方、グルホシネートについては300～500mL/10aの薬量での生存率に有意差がなかったものの、500mL/10a処理した区の生存率が最も低く、0.0～1.9%であった。このため、ネズミムギが2～4葉期の段階では、グリホサートと比べて、グルホシネートの処理が比較的有効と考えられた。
- (3) 開花期の刈取りによって、地上部バイオマス、種子生産量、埋土種子量が他の処理区より減少した。さらに、開花期の2回刈りは1回刈りより実生の出芽密度を減少させた。これらの結果から、この地域ではグリホサート抵抗性ネズミムギを管理するためには、慣行的な方法より開花期の刈取りによる物理的管理法がより有効であることが示唆された。
- (4) グリホサート散布区由来の実生には、他の処理区由来の実生よりグリホサート抵抗性個体が高頻度で見られた。エンドファイト感染は水田畦畔の処理区から採取した全集団で確認された。中でもグリホサート散布区と2回刈り区から採取した種子は高頻度で感染が認められた。種子中のエンドファイト感染率と同じ集団に由来する実生のグリホサート抵抗性の間には有意な相関が認められた。これらの結果から、グリホサート除草剤が高頻度で使用されたところでは抵抗性ネズミムギの選抜が起こるとともに、エンドファイト感染率も高まることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

山下雅幸、澤田 均、グラスエンドファイトが種子食昆虫および宿主草種へ及ぼす影響、日本草地学会誌、64、272-275、2019年、査読有

Masayuki Yamashita, Valentina Dwi Suci Handayani, Kosuke Tomita, Minoru Ichihara, Hitoshi Sawada, Grass endophyte symbiosis increases herbicide resistance in naturalized Italian ryegrass in Japan, Proceedings of the 7th Japan-China-Korea Grassland Conference, 128-129, 2018年、査読有

Valentina Dwi Suci Handayani, Yuki Tanno, Masayuki Yamashita, Hiroyuki Tobina, Minoru Ichihara, Yoshiki Ishida, Hitoshi Sawada, Improved physical control of glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) on rice paddy levees in Japan, Weed Biology and Management, 17, 77-83, 2017年、査読有、DOI: 10.1111/wbm.12121

Valentina Dwi Suci Handayani, Yuki Tanno, Masayuki Yamashita, Hiroyuki Tobina, Minoru Ichihara, Yoshiki Ishida, Hitoshi Sawada Influence of weed management measures on glyphosate resistance and endophyte infection in naturalized Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). Weed Biology and Management 17, 84–90, 2017年、査読有、DOI: 10.1111/wbm.12122

市原実、石田義樹、小池清裕、新實由貴、木田揚一、神谷径明、鈴木 亨、済木千恵子、山下雅幸、澤田均、静岡県内の水田周辺部におけるグリホサート抵抗性ネズミムギ (*Lolium multiflorum* Lam.) の分布状況、雑草研究、61、17-20、2016年、査読有

〔学会発表〕(計6件)

市原実・富永達・山下雅幸・澤田均、静岡県浜松市のナシ園に自生するグリホサートおよびグルホシネート抵抗性ネズミムギに対する各種茎葉処理剤の効果、日本雑草学会第58回大会、2019年4月21日、サンポート高松シンボルタワー(高松市)

Masayuki Yamashita, Valentina Dwi Suci Handayani, Kosuke Tomita, Minoru Ichihara, Hitoshi Sawada, Grass endophyte symbiosis increases herbicide resistance in naturalized Italian ryegrass in Japan,

The 7th Japan-China-Korea Grassland Conference 2018年7月10日、北海道大学(札幌市)

市原実・富永達・山下雅幸・澤田均、静岡県浜松市のナシ園におけるグリホサートおよびグルホシネート抵抗性ネズミムギの出現、日本雑草学会第57回大会、2018年4月15日(東京都府中市)

山下雅幸、ライグラス類の野生化とエンドファイト共生に関する研究、2019年度日本草地学会熊本大会、2018年3月24日、くまもと県民交流館パレア(熊本市)

浅井元朗・澤田均・山下雅幸・Valentina Dwi Suci Handayani・市原実、畦畔草地および輪作麦ほ場におけるエンドファイト感染/非感染ネズミムギの動態モデル、日本雑草学会第55回大会 2016年3月29日、東京農業大学(東京都世田谷区)

市原実・宮田祐二・石田義樹・山下雅幸・澤田均、静岡県中遠地域の水田周辺部におけるグルホシネート抵抗性ネズミムギの発生実態、日本雑草学会第55回大会、2016年3月30日、東京農業大学(東京都世田谷区)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：澤田 均

ローマ字氏名：SAWADA, Hitoshi

所属研究機関名：静岡大学

部局名：農学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 10183831

研究分担者氏名：宮田 祐二(平成27年度～平成29年度)

ローマ字氏名：MIYATA, Yuji

所属研究機関名：静岡県農林技術研究所

部局名：作物科

職名：科長

研究者番号(8桁): 80426452

研究分担者氏名：亀山 忠(平成30年度)

ローマ字氏名：KAMEYAMA, Tadashi

所属研究機関名：静岡県農林技術研究所

部局名：作物科

職名：科長

研究者番号(8桁): 00542630

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。