

## ミニ特集：雑草防除に関する最近の話題

## 自生化したライグラス類をめぐる生物間相互作用

静岡大学農学部 <sup>やま</sup>山 <sup>した</sup>下 <sup>まさ</sup>雅 <sup>ゆき</sup>幸

## はじめに

イタリアンライグラス (ネズミムギ) *Lolium multiflorum* Lam. やペレニアルライグラス (ホソムギ) *Lolium perenne* L. は、本特集の前記事にあるように全国で広範囲にわたり野生化している。特にイタリアンライグラスは、関東・東海地域を中心にコムギ圃場で雑草化し、多発すると著しい減収をもたらす (口絵①)。その侵入経路については十分に解明されていないが、静岡県袋井市では水田転換畑周辺の畦畔や農道法面でイタリアンライグラスの優占化が多く見られ、それらが圃場内への侵入源となっている可能性が高い (口絵②)。したがって、圃場に隣接する畦畔や農道法面、さらにその周辺の耕作放棄地に自生するイタリアンライグラスを適切に管理しなければ、圃場内に侵入してくるイタリアンライグラスを抑制することはできないと考えられる。本稿では、このように問題雑草化しているライグラス類 (*Lolium* 属) をめぐる生物間相互作用について、雑草防除の観点から紹介する。なお、雑草と種子食昆虫との生物間相互作用の詳細については本特集の次の記事を参照していただきたい。

## I 雑草化したライグラス類と斑点米カメムシ類

いたるところに自生するライグラス類は、稲作で最も重要な害虫、斑点米カメムシ類の発生にも深く関与している。斑点米カメムシ類は、畦畔や耕作放棄地等の水田周辺のイネ科雑草の群落で増殖し、水稻出穂時期に水田内に侵入してくる。出穂期間の長いイタリアンライグラスは、近年特に問題となっているアカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) とアカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura) にとって産卵場所としても生息場所としても好適な草種であり、それゆえに、これらの斑点米カメムシ類の主要な発生・増殖源の一つと考えられている (林, 1986; 菊地・小林, 2004; 長澤, 2007; 樋口, 2010; YOSHIOKA et al.,

2011)。したがって、斑点米カメムシ類の防除の観点からも、水田周辺に自生しているイタリアンライグラスを適切に管理することが強く求められている。

## II ライグラス類とエンドファイト

イタリアンライグラスなどのイネ科雑草の管理による斑点米カメムシ類対策として近年注目されるのが「エンドファイト」である。エンドファイトとは、広義には植物体内にすむ菌や細菌等微生物全般を指すが、一般的には植物体内で宿主に害を与えず共生的に生活するものを指して使用されている (菅原, 2003)。エンドファイトは栄養分や生息場所の提供の見返りに、宿主植物の体内に分泌する化合物によって、草食動物や食植性昆虫に対する抵抗性、耐病性、耐乾性、成長促進等様々な有用機能を宿主植物に付与する。エンドファイトはイネ科植物のほかにも、双子葉植物、裸子植物、シダ植物、コケ植物等広範な植物から報告されており、農業利用などの実用的な観点と生物共生への学術的な関心から、世界的に研究が広がりつつある。なかでも、多くの寒地型イネ科牧草と共生関係にあるネオティフォディウム (*Neotyphodium*) 属のエンドファイト (口絵③) は、親植物からの種子伝染による後代植物への伝染 (垂直伝染) のみで生存が維持されていることから、より強い共生関係にあると考えられている。ニュージーランドにおけるエンドファイトが感染したペレニアルライグラスによる羊の中毒 (ライグラス・スタグガー) や北米における感染トールフェスク (オニウシノケグサ) *Festuca arundinacea* Schreb. による牛の中毒 (フェスク・トキシコーシス) が大きな問題となり、1970年代以降エンドファイトの研究が本格化した。研究が進むにつれて、これらの家畜中毒はエンドファイト由来のアルカロイドによることが明らかとなり、それとともに様々な有用機能を宿主植物に付与することもわかってきた。

日本におけるエンドファイト研究が本格的に始まったのは1990年代に入ってからである。1997年には日本国内でもエンドファイト感染牧草による家畜中毒の発生が報告され、全国各地で被害報告が相次いだ (雑賀, 2003)。日本国内で報告された家畜中毒は、飼料として輸入されたストロー類 (干し草) によるものと考えられ

Biological Interaction over Naturalized *Lolium multiflorum* in Japan. By Masayuki YAMASHITA

(キーワード: イタリアンライグラス, エンドファイト, 種子食昆虫, 斑点米カメムシ類, 周辺管理)

ており、北米やニュージーランドのように草地における家畜中毒の報告は今までのところない。日本で野生化しているイタリアンライグラスのエンドファイト感染状況については、北陸から九州で収集した 135 集団中 131 集団でエンドファイトが検出され、平均感染率は 53% であった。このことからエンドファイトが感染したイタリアンライグラスは日本国内に普遍的に存在していることが明らかとなった (SUGAWARA et al., 2006; YAMASHITA et al., 2007)。

### III エンドファイトを利用した斑点米カメムシ防除

斑点米カメムシ類の発生・増殖源として、水田周辺の畦畔や耕作放棄地とともに、近隣の牧草地もその対策が必要となる。牧草地では家畜や周辺環境への影響等から薬剤防除が困難な場合が多く、エンドファイトを生物的防除素材として斑点米カメムシ類対策に活用するための研究が畜産草地研究所を中心に進められている。SHIBA and SUGAWARA (2005) は、エンドファイトの 1 種、*Neotyphodium lolii* に感染したペレニアルライグラスの葉や穂に対するアカヒゲホソミドリカスミカメの摂食嗜好性が非感染ペレニアルライグラスと比較して著しく低く、それらを摂食させると生存率も低下することを明らかにした。さらに、SHIBA et al. (2007) は、家畜などの哺乳類への毒性と昆虫などの無脊椎動物への毒性は異なる化合物によるものであり、哺乳類への毒性はなく無脊椎動物に毒性を示す牧草品種の育成が可能であることを示した。野生化したイタリアンライグラスから見いだされたエンドファイト *Neotyphodium occultans* が産生するロリンアルカロイドも家畜への毒性はなくカメムシ類に強い毒性を示すものであったため、このエンドファイトを利用した牧草品種の育成が進められている (SHIBA and SUGAWARA, 2009; 菅原, 2011)。このようにエンドファイトが感染した牧草品種を導入・栽培することで、牧草地における斑点米カメムシ類の発生・増殖を抑制し近隣の稲作地帯における斑点米の発生リスクを下げるとともに、耐虫性の改良により牧草生産性も向上させることが期待されている (菅原・柴, 2011)。

### IV エンドファイト感染ライグラス類に種子食昆虫を組合せた新たな生物的防除

一方、水田周辺の農道法面や畦畔に自生するイタリアンライグラスについては、エンドファイトと種子食昆虫を組合せた新たな斑点米カメムシ類の防除技術の開発を、静岡県農林技術研究所、畜産草地研究所、静岡大学の共同で進めている。静岡県袋井市南部の水田転換コム

ギ圃場に侵入・まん延した、イタリアンライグラスのエンドファイト感染率およびアカスジカスミカメの生息密度を調査した。その結果、農道法面や畦畔に自生するイタリアンライグラスは、高頻度でエンドファイトに感染していた (図-1, YAMASHITA et al., 2010; 2012)。アカスジカスミカメの生息密度は  $7.3 \pm 5.8$  個体 (平均  $\pm$  標準偏差/30 回振り) で、これまでの研究 (林, 1986; YOSHIOKA

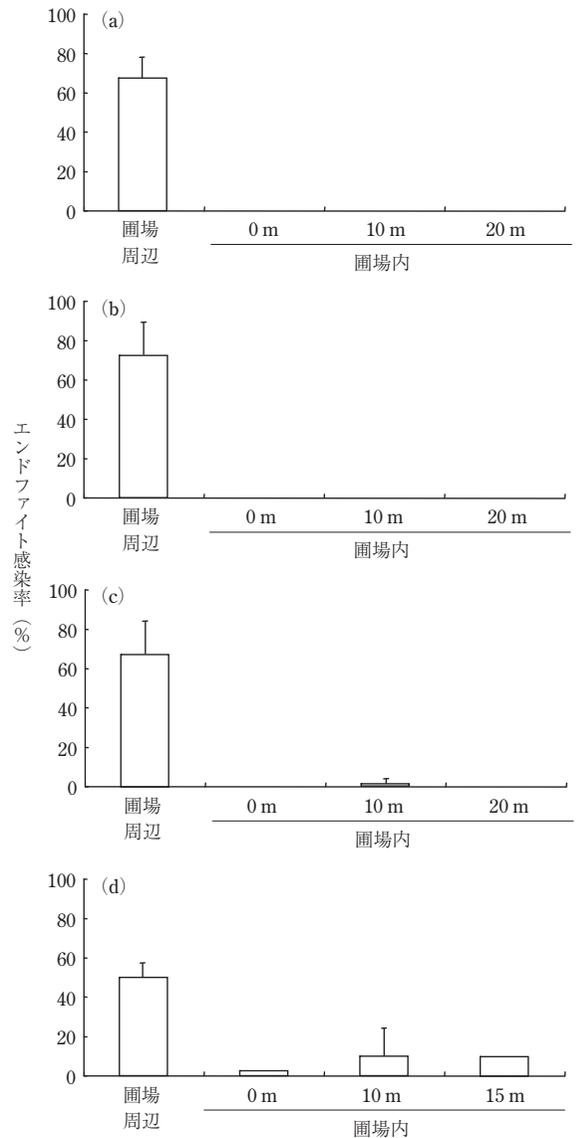


図-1 静岡県袋井市のコムギ圃場内および圃場周辺に自生するイタリアンライグラスのエンドファイト感染率 (n = 1,000). エラーバーは標準偏差. YAMASHITA et al. (2010) を改変.

et al., 2011) と比較すると低かった (YAMASHITA et al., 2012)。今後継続した調査が必要であるが、アカスジカスミカメの生息密度が低かった一因として、生息地に自生するイタリアンライグラスの高いエンドファイト感染率との関連が考えられる。

この調査地では主な種子捕食者と種子捕食の程度についても調査してきた。イタリアンライグラスは5月中旬から種子散布し、11月に出芽ピークを迎えるまでの間、多数の種子が地表面に分布すること (市原ら, 2010)、これら種子の多くがゴオロギ類やゴミムシ類に捕食されることがわかっている (ICHIHARA et al., 2011)。主な種子食昆虫であるタンボコオロギ *Velarifictorus parvus* (Chopard)、エンマコオロギ *Teleogryllus emma* (Ohmachi et Matsuura) およびゴミムシ類に、エンドファイトが感染したイタリアンライグラス種子と非感染種子を一緒に与え、摂食選好性を調べた。その結果、いずれの種子食昆虫もエンドファイト感染種子を忌避する傾向が認められた (図-2, 3, YAMASHITA et al., 2012)。

エンドファイト感染イタリアンライグラスの穂からは、アカスジカスミカメを致死させるのに十分な濃度のロリンアルカロイドが検出された。この感染穂を餌として与えられたアカスジカスミカメふ化幼虫は、非感染穂を与えられた幼虫より生存率が低いことも確かめられた (水元ら, 未発表)。感染穂からも幼虫のふ化が観察されたが、これらのふ化幼虫はロリンアルカロイドを含む穂を摂食することで水田内へ移動することなく死亡すると予想される。

したがって、雑草群落に生息するコオロギ類やゴミムシ類がエンドファイト感染イタリアンライグラスの種子を忌避し、非感染種子を選択的に捕食することで、イタリアンライグラスのエンドファイト感染率が高く維持されれば、斑点米カメムシ類の発生・増殖を低く抑えられる。つまり、斑点米カメムシ類の発生・増殖源である水田周辺の畦畔や農道法面を、逆に増殖を抑制するトラップ・バリアーとして機能させ、水田周辺から水田内へ侵入する斑点米カメムシ類を防除できるのではないかと考えている。

## おわりに

最後に述べた新たな生物的防除は、問題雑草であるイタリアンライグラスのエンドファイト感染率を上げ高く維持することで、害虫の生物的防除のエージェントに仕立て上げようというやや無謀な構想のように思える。しかし、水田や水田転換圃場という環境条件では、必ずしもデタラメな話ではない。そもそもイタリアンライグラ

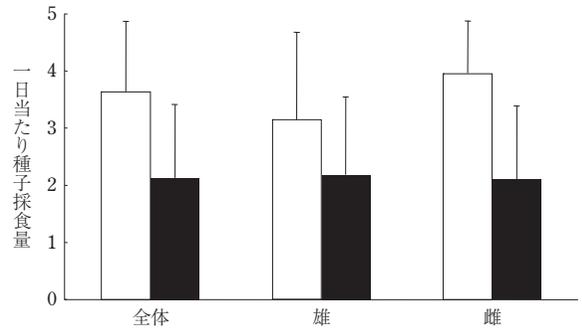


図-2 タンボコオロギによるエンドファイト感染 (E+, 黒棒) および非感染 (E-, 白棒) イタリアンライグラス種子の一日当たり一個体当たりの採食量 (全 23 個体, 雄 9 個体, 雌 14 個体). エラーバーは標準偏差. YAMASHITA et al. (2012) を改変.

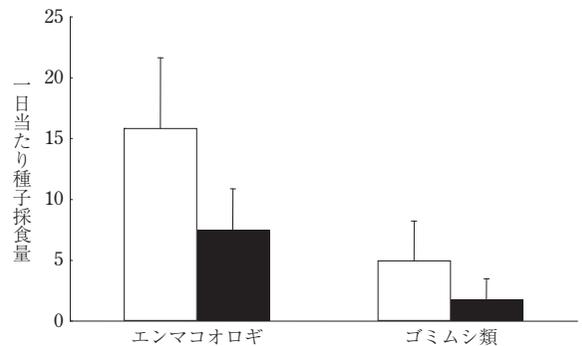


図-3 エンマコオロギおよびゴミムシ類によるエンドファイト感染 (E+, 黒棒) および非感染 (E-, 白棒) イタリアンライグラス種子の一日当たり一個体当たりの採食量 (エンマコオロギ 8 個体およびゴミムシ類 10 個体). エラーバーは標準偏差. YAMASHITA et al. (2012) を改変.

スは水田内へは侵入できない。イタリアンライグラスの種子は 50 日以上連続した湛水条件下で約 90% が死滅する (木田・浅井, 2006)。一方、コムギ圃場では農道法面や畦畔のライグラスがおそらくその増殖・侵入源となっている。ただし、これらの圃場周辺から圃場内に散布されるイタリアンライグラス種子は、雑草の生物的防除のエージェントである種子食昆虫に片付けてもらう。先述の通り、種子食昆虫もエンドファイト感染種子を忌避するが、圃場内では感染種子中のエンドファイトのみが死滅し、感染種子から非感染イタリアンライグラスが成長する。エンドファイトは種子でのみ垂直伝染するので、非感染個体は非感染種子のみを生産する。そのため、圃場内で雑草化しているイタリアンライグラスのエ

ンドファイト感染率は極めて低い (図-1, YAMASHITA et al., 2010)。このように感染種子が遭遇する環境条件などによって垂直伝染がうまくいかず非感染個体が生じる現象をエンドファイト・ロスと呼ぶ (AFKHAMI and RUDGERS, 2008)。エンドファイト・ロスが生じやすい環境条件の一つとして高温多湿が知られており (GUNDEL et al., 2009), 水はけの悪い水田転換圃場はエンドファイト・ロスが生じやすい環境なのである。現実にはエンドファイトに非感染のイタリアンライグラスが圃場内にまん延している状況であるため, さらに詳細な調査と知恵が必要である。例えば, 本特集の次の記事で詳しく紹介する種子食昆虫を増やすための圃場周辺環境の管理などを検討すべきであろう。

引用文献

- 1) AFKHAMI, M. E. and J. A. RUDGERS (2008): The American Naturalist 172: 405 ~ 416.
- 2) GUNDEL, P. E. et al. (2009): Microbial Ecology 57: 740 ~ 748.
- 3) 林 英明 (1986): 植物防疫 40: 321 ~ 326.
- 4) 樋口博也 (2010): 応動昆 54: 171 ~ 188.
- 5) 市原 実ら (2010): 雑草研究 55: 16 ~ 25.
- 6) ICHIHARA, M. et al. (2011): Agriculture, Ecosystems & Environment 140: 191 ~ 198.
- 7) 木田揚一・浅井元朗 (2006): 雑草研究 51: 87 ~ 90.
- 8) 菊地淳志・小林徹也 (2004): 北日本病虫研報 55: 149 ~ 154.
- 9) 長澤淳彦 (2007): 北陸病虫研報 56: 29 ~ 31.
- 10) 雑質 優 (2003): Grassland Science 49: 516 ~ 522.
- 11) SHIBA, T. and K. SUGAWARA (2005): Entomologia Experimentalis et Applicata 115: 387 ~ 392.
- 12) ——— et al. (2007): Grassland Science 53: 205 ~ 209.
- 13) ——— and K. SUGAWARA (2009): Entomologia Experimentalis et Applicata 130: 55 ~ 62.
- 14) 菅原幸哉 (2003): Grassland Science 49: 536 ~ 542.
- 15) SUGAWARA, K. et al. (2006): ibid. 52: 147 ~ 154.
- 16) 菅原幸哉 (2011): Mycotoxins 61: 25 ~ 30.
- 17) ———・柴 卓也 (2011): 酪農ジャーナル 3: 26 ~ 28.
- 18) YAMASHITA, M. et al. (2007): Proceedings of the 6th international symposium on fungal endophytes of grasses, p. 91 ~ 93.
- 19) ——— et al. (2010): Grassland Science 56: 71 ~ 76.
- 20) ——— et al. (2012): Proceedings of the 4th Japan-China-Korea Grassland Conference: in press.
- 21) YOSHIOKA, A. et al. (2011): Environmental Entomology 40: 1027 ~ 1035.

登録が失効した農薬 (24.2.1 ~ 2.29)

掲載は, 種類名, 登録番号: 商品名 (製造者又は輸入者) 登録失効年月日。

〔殺虫剤〕

- DEP 乳剤  
4596: 三共ディプレックス乳剤 (三井化学アグロ) 12/02/21
- BT 水和剤  
14994: ダイポール水和剤 (住友化学) 12/02/23
- アセフェート・MEP エアゾル  
15921: 武田オルトラン S (住友化学園芸) 12/02/15
- ペルメトリン乳剤  
15963: 三共アディオオン乳剤 (三井化学アグロ) 12/02/21
- ペルメトリン水和剤  
15972: 三共アディオオン水和剤 (三井化学アグロ) 12/02/21
- ペルメトリンエアゾル  
15978: サンフラバー A (三井化学アグロ) 12/02/21

〔殺虫殺菌剤〕

- アセフェート・MEP・トリホリンエアゾル  
15922: 武田オルトラン C (住友化学園芸) 12/02/15

〔殺菌剤〕

- フサライド水和剤  
18631: 日農ラプサイドフロアブル (日本農薬) 12/02/07
- マンゼブ水和剤  
22347: 三共ペンコゼブ水和剤 (三井化学アグロ) 12/02/18

〔除草剤〕

- ターバシル水和剤  
10712: デュボンシンパー (丸和バイオケミカル) 12/02/23

● DCMU・DPA・MCP P 粒剤

- 20324: クサノン V 粒剤 (住友化学園芸) 12/02/08
- 20325: ゼスト E 粒剤 (大阪化成) 12/02/08
- チアジニル・インダノファン・クロメプロップ・ベンスルフロメチル粒剤  
21631: ブイゲットダイナマン粒剤 (日本農薬) 12/02/08
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・プロモブチド・ベンスルフロメチル粒剤  
21638: ホームランキング 1 キロ粒剤 75 (デュボン) 12/02/08
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・プロモブチド・ベンスルフロメチル粒剤  
21640: ホームランキング 1 キロ粒剤 51 (デュボン) 12/02/08

〔農薬肥料〕

- プロベナゾール複合肥料  
21029: オリゼメート入り複合燐加安 864 (Meiji Seika ファルマ) 12/02/25
- 21030: くみあいオリゼメート入り複合燐加安 864 (コープケミカル) 12/02/25
- ターバシル・DBN 粒剤  
21985: ネコソギキング粒剤 (レインボー薬品) 12/02/28