

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450019

研究課題名(和文) アフリカにおける陸稲栽培の安定化に資するストライガ抵抗性品種作出の基盤構築

研究課題名(英文) Construction of infrastructure for selecting *Striga hermonthica* resistant varieties to stabilize upland rice cultivation in Africa

研究代表者

鮫島 啓彰 (Samejima, Hiroaki)

名古屋大学・農学国際教育協力研究センター・研究機関研究員

研究者番号：50580073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、根寄生雑草ストライガ(*Striga hermonthica*)の被害が広がるサブサハラアフリカ地域において安定した陸稲栽培を行うため、有望品種作出につながる知見を収集することを目的としている。

2品種のストライガ抵抗性陸稲品種(UmgarとNERICA5)は、土壤中のストライガ種子密度が高くイネ根とストライガの接触が増える場合も、低窒素施肥量というストライガが好む環境においても、安定した抵抗性を維持することを確認した。

様々な環境で安定した収量を示すがストライガ感受性品種であるNERICA4を種子親、Umgarを花粉親とする交配を進め、今後の実用的な抵抗性品種選抜の基盤を構築した。

研究成果の概要(英文)：Rice is becoming an important staple crop in sub-Saharan Africa. Farmers' fields in this region are sometimes infested by a root-parasitic weed *Striga hermonthica*. The aim of this study was collecting information for breeding *Striga*-resistant rice varieties to achieve stable rice production in this region.

Two rice varieties, Umgar and NERICA5, showed stable resistance against *Striga* under high *Striga* seed densities in soil and under low N fertilizer conditions. These conditions are common in farmers' field in sub-Saharan Africa. Umgar and NERICA5 are promising source of resistance in breeding *Striga*-resistant rice varieties in this region.

Using Umgar as a pollen parent and NERICA4, which is a *Striga*-susceptible variety but shows stable yield under several growth conditions, as seed parent, F3 generation was collected in this study. Their resistance against *Striga* will be evaluated in further studies to select varieties for practical use.

研究分野：作物生産科学

キーワード：ストライガ イネ 発芽刺激物質 安定栽培 サブサハラアフリカ

### 1. 研究開始当初の背景

サブサハラアフリカ地域の多くの国で陸稲の導入・普及が進められている。しかし、この地域には、ソルガム、トウモロコシ、ミレットなどイネ科作物の根に寄生して養水分を収奪する雑草ストライガ (*Striga hermonthica*) が分布している。イネ (*Oryza sativa*) にもストライガが寄生することは古くから報告されており、寄生されたイネは地上部の生育が著しく阻害され、出穂に到達しない例も報告されている。ストライガは他家受粉であり遺伝的に多様であること、および1個体あたり10万粒の高い種子生産能力を持つことを考慮すると、陸稲栽培面積の拡大に伴い、ストライガ被害が深刻化する危険性が極めて高い。

研究代表者は、サブサハラアフリカ地域での普及を目指して開発された NERICA (NEw RICe for Africa) 18品種およびその交配親4品種とスーダンで普及が期待されている4品種のストライガ抵抗性を比較した。人工気象器内でライゾトロンを用いた評価では NERICA13、NERICA5、Umgar の3品種が、これまでに抵抗性と報告されている日本晴よりも高いストライガ抵抗性を示した。スーダンで行ったポット試験および圃場試験においても、この3品種に寄生するストライガは他の品種より少なく、ストライガ存在下でも生育の低下は見られなかった。これらの結果から、ストライガの形成を特にうけにくく生育も低下しない NERICA5 と Umgar を抵抗性品種、この2品種と比較すると寄生をうけるが生育は低下しない NERICA13 を耐性品種と判断した。また、寄生を受けやすく生育も低下する NERICA4 と NERICA18 を感受性品種と判断した。

ストライガは発芽種子から幼根を伸ばし宿主根に接触・侵入する。宿主根の表皮・皮層・内皮を突破したストライガは、養水分を収奪するため宿主と自らの木部導管同士を直結する。その後、ストライガの茎葉部が種皮を破り伸長し寄生が成立する。しかし、抵抗性品種 NERICA5 と Umgar の根内では導管に到達できないストライガ個体が多く観察され、侵入は皮層あるいは内皮で止まっていた。また、少数のストライガ個体は両品種の根内でも導管に達し茎葉部の伸長を開始したが、Umgar に寄生したストライガの茎葉部は高頻度に壊死した。この現象は NERICA5 では観察されなかったことから、両品種は異なる抵抗性メカニズムを持つと考えられた。

### 2. 研究の目的

本研究は両品種のストライガ抵抗性機構を解析し、抵抗性持続を検証するとともに、両者を材料とした交配を行い実用性の高いストライガ抵抗性品種を作出する基盤を構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

陸稲の持つストライガ抵抗性について、メカニズムと持続性の解明および実用性の高いストライガ抵抗性品種の作出を目指し、以下の研究を行った。

(1) これまでに選抜した NERICA5 と Umgar のストライガ抵抗性メカニズムをより詳細に理解するため、両イネ品種の根分泌物のストライガ種子発芽誘導活性の評価を行った。ストライガ種子は宿主根が分泌する化学シグナルを認識して初めて発芽するため、宿主根からの化学シグナル分泌の少なさは、抵抗性メカニズムの一つと考えられている。

(2) 環境条件が NERICA5 と Umgar の抵抗性に与える影響を調査するため、土壌中のストライガ種子密度や窒素施肥量を変えて量品種を栽培し、ストライガ被害程度を観察した。

(3) NERICA5 や Umgar を親とした交配を進めた。交配相手は、サブサハラアフリカ地域の様々な環境条件下で安定した収量を示すことが報告されているが、ストライガの被害を受けやすい NERICA4 とした。また、交配のしやすさから NERICA4 と NERICA1 の交配も行った。

### 4. 研究成果

ストライガ種子の発芽を誘導する発芽刺激物質は宿主根から分泌されるため、イネ品種を栽培した後の水耕液をストライガ種子に与え、その発芽率を確認することで、各品種のストライガ種子発芽誘導活性を評価することができる。

ライゾトロン試験および野外試験でストライガ抵抗性品種と評価された NERICA5 と Umgar、耐性品種と評価された NERICA13、感受性品種と評価された NERICA4 と NERICA18 およびこれまでに複数の研究者が抵抗性品種と報告している日本晴のストライガ種子発芽誘導活性を評価した (図1)。

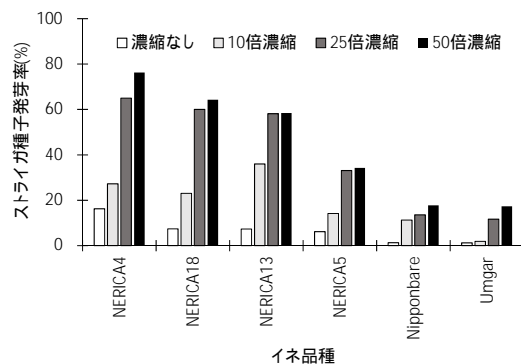


図1. イネ6品種のストライガ種子発芽誘導活性。イネを栽培した水耕液をそのまま、あるいは濃縮してストライガ種子に与えた。

使用した6品種中で Umgar が最もストライガ種子発芽誘導活性が低かったことから、この品種はライゾトロン試験で評価できるストライガ侵入抵抗性のみならず、ストライガ種子発芽を誘導しにくいという複数の抵抗性メカニズムを持つことが明らかになった。

ストライガ抵抗性品種 NERICA5 と Umgar、耐性品種の NERICA13 および感受性品種 NERICA4 を異なるストライガ種子密度（1ポットあたり 16、32 および 48 mg のストライガ種子を混入）で栽培し、各品種に寄生し、出現したストライガ個体数を測定した（図2）。

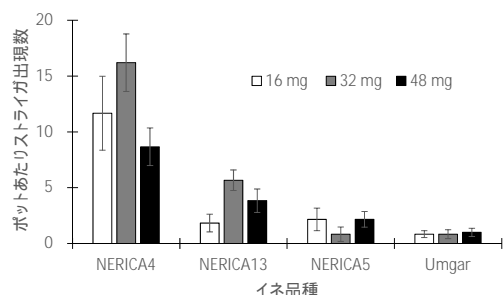


図2. イネ4品種を異なるストライガ種子密度で栽培したときのストライガ出現数。1ポットあたり 16、32 および 48 mg のストライガ種子を混入した。

NERICA4 と NERICA13 では、ストライガ種子を1ポットあたり 32 mg 混入した場合にストライガ出現数が最大になり、これより多いストライガ種子（48 mg）を混入した場合では出現数が低下した。両品種の生育（地上部乾物重）は、ストライガ種子の混入量に関わらず、寄生を受けない場合の12~28%と大きく低下した。土壌中のストライガ種子密度がある水準以上に増加してもストライガ出現数の増加や宿主の生育の低下が起こらない理由として、ストライガ寄生数の増加に伴いストライガ個体間の競合が大きくなること、および宿主の生育が抑制されストライガへの養水分の供給が減ることが考えられる。したがって本実験でストライガ種子を 48 mg 混入した条件は、十分に高いストライガ種子密度であると言える。

このような高いストライガ種子密度を含んだ条件下でも、NERICA5 と Umgar では、ストライガ混入量によらずストライガ出現数はほぼ一定であり、地上部乾物重が寄生を受けない場合の55%以下に低下することはなかった。この結果から、土壌中のストライガ種子密度が増加した場合も、NERICA5 と Umgar の抵抗性は安定していることを確認した。

ストライガの寄生程度には品種の特性のみならず栽培環境も影響を及ぼす。窒素施肥量もストライガと宿主の関係に影響を及ぼす要因と考えられている。そこで、窒素施肥

量を慣行量、半量、2倍量の3水準設けて、ストライガ抵抗性品種 NERICA5 と Umgar およびストライガ感受性品種 NERICA4 を栽培した。その結果、NERICA5 と Umgar は、窒素施肥量によらず安定したストライガ抵抗性を示した。農家の窒素施肥量は一定ではなく、推奨される量より少ない施肥を行う場合も想定されるが、NERICA5 と Umgar は窒素施肥量を減らした場合にもストライガ抵抗性を示すことが期待できる。

一方、NERICA4 は窒素施肥を倍量にした区で最もストライガ出現数が多かった。一般的に低窒素条件でイネを栽培すると、根から分泌されるストライガ種子発芽誘導物質の分泌が高まると報告されており、この実験のように高窒素条件でストライガ出現数が増えることと矛盾する。しかし、ライゾトロン試験で確認されたように NERICA4 はストライガの侵入に対する抵抗性も低いことがわかっている。NERICA4 では、窒素施肥量が多い場合、根の生育が旺盛になり、ストライガとの接触が増えたことから、ストライガ被害が拡大したと考えられる。

ストライガ感受性であるが幅広い環境で安定した収量を示す NERICA4 を種子親、Umgar や NERICA5 を花粉親とする交配を進めた。また、NERICA1 は複数の研究者がストライガ抵抗性であると報告しており、Umgar と同様に市場価値のある香り米の性質を持つ。このため、NERICA1 を花粉親とする交配も進めた。

NERICA5 を花粉親とする交配種子を得ることはできなかったが、NERICA4/Umgar および NERICA4/NERICA1 の交配については本課題中に F3 種子を確保した。

NERICA4/NERICA1 の交配系統について、F2 世代のストライガ種子発芽誘導活性を評価した。ストライガ感受性の親品種 NERICA4 は発芽率 18.7%（18.7%のストライガ種子を発芽させた）のに対して、ストライガ抵抗性の親品種 NERICA1 では発芽率 6.8%と明確に低かった。F2 世代 140 系統では発芽率が 0.0~24.0%と変動し、発芽率が 2%以下と極めて低いものが 22 系統確認された。今後はこのような系統を用いて、アフリカ現地でのストライガ抵抗性評価を進める予定である。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

- （1）鮫島 啓彰、滝川 浩郷、杉本 幸裕、根寄生雑草の生存戦略の化学的解明と防除への応用、関東雑草研究会報、査読無、27巻、2016、5-19
- （2）鮫島 啓彰、滝川 浩郷、杉本 幸裕、実用化にむけた根寄生雑草自殺発芽誘導剤の開発と実証試験、バイオサイエン

ストバイオインダストリー、査読無、74  
巻、2016、314-315

- (3) Hiroaki Samejima, Abdel Gabar Babiker, Ahmed Mustafa, Yukihiro Sugimoto, Identification of Striga hermonthica resistant upland rice varieties and their resistance phenotypes, *Frontiers in Plant Science*, 査読有, 7, 2016, 634. doi: 10.3389/fpls.2016.00634
- (4) Hiroaki Samejima, Abdel Gabar Babiker, Mitsuru Sasaki, Yukihiro Sugimoto, Practicality of the suicidal germination approach for controlling Striga hermonthica, *Pest Management Science*, 査読有, 72, 2016, 2035-2042. doi: 10.1002/ps.4215

〔学会発表〕(計6件)

- (1) Hiroaki Samejima, Verification examples for suicidal germination approach for controlling Striga hermonthica in Sudan, ITbM-IGER Seminar (招待講演、2017年3月22日、名古屋大学、愛知県・名古屋市)
- (2) Hiroaki Samejima, Hirosato Takikawa, Mitsuru Sasaki, Abdel Gabar Babiker, Yukihiro Sugimoto, Demonstration of controlling Striga hermonthica using suicidal germination approach, 植物化学調節学会第49回大会、(2014年10月17日~18日、京都大学、京都府・京都市)
- (3) 鮫島 啓彰、杉本 幸裕、根寄生雑草ストライガの防除方法に関する研究成果とスーダン国ガダーレフ州農家への普及活動、日本熱帯農業学会第116回講演会(招待講演、2014年10月4日~5日、九州大学、福岡県・福岡市)
- (4) Hiroaki Samejima, Hirosato Takikawa, Abdel Gabar Babiker, Yukihiro Sugimoto, Activity and stability of T-010 in soil and demonstration of suicidal germination for combating Striga hermonthica, SATREPS International Symposium on Striga management (招待講演、2014年9月15日、Khartoum, Sudan)
- (5) Hiroaki Samejima, Chizu Yoshimoto, Abdel Gabar Babiker, Yukihiro Sugimoto, Identification Striga resistant upland rice varieties adapted to growth conditions in Sudan and durability of their resistance (招待講演、2014年9月15日、Khartoum, Sudan)
- (6) Hiroaki Samejima, Selection of Striga hermonthica resistant rice varieties adapted to growth conditions in Sudan. (招待講演、2014年7月12日、名古屋大学、愛知県・名古屋市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鮫島 啓彰 (SAMEJIMA HIROAKI)

名古屋大学・農学国際教育協力研究センター  
・研究機関研究員  
研究者番号：50580073

(2) 研究分担者

杉本 幸裕 (SUGIMOTO YUKIHIRO)  
神戸大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号：10243411