

# 地球規模課題対応国際科学技術協力

(生物資源研究分野「生物資源の持続可能な利用に資する研究」領域)

## 根寄生雑草克服によるスーダン乾燥地農業開発

(スーダン共和国)

平成22年度実施報告書

代表者: 杉本 幸裕

神戸大学大学院農学研究科・教授

<平成21年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施の概要

- ・プロジェクトのねらい:根寄生雑草ストライガは、アフリカにおける農業生産を阻害する最大の生物的要因である。本プロジェクトは、ストライガの被害が最も大きい国の一つであるスーダンでストライガの防除研究に長年取り組んでいるスーダン科学技術大学(SUST)の研究者と協力して、新たな防除技術を開発するとともに伝統的知識・技術と融合することにより、有効なストライガ防除法の確立を目指している。
- ・プロジェクトの概要:化学物質に依存するストライガの発芽の特殊性に着目して、発芽を制御する薬剤や微生物を探索する。また、宿主作物とは異なるストライガ特異的な代謝に着目して、選択的な除草効果を有する薬剤を探索する。これらの新規技術の受容性や圃場での有効性を検討しつつ、ストライガに抵抗性を示す作物品種の選抜、適切な水分管理の検討、伝統的なストライガ防除法の体系化およびその改良等を通して、総合的なストライガ防除法の確立を目指す。さらに、現地のネットワークを活かして有効な防除法を普及する方策の確立も目指す。
- ・進捗状況:平成 22 年 3 月初旬に着任した JICA 業務調整員、4 月上旬より着任した専門家およびスーダン側研究代表者を中心に SUST の実験環境の整備が進められた。専用車輛の導入、オフィスの運用、実験室の全面改修、圃場の整備、現地補助スタッフの雇用、本邦・現地調達機材の導入等、プロジェクトを実施する体制が確立された。プロジェクトに対する認知を高めるため、また、導入した機材に対する理解を深め有効に活用されるように、10 月 11 日に在スーダン日本国大使、SUST 学長らの列席のもと、実験室のお披露目セレモニーを開催した。関係者相互の理解・親睦を深めるとともに若手研究者の国際化を促す契機とするため、9 月中旬に淡路夢舞台国際会議場でセミナーを開催した。スーダンからの 9 名を含む 13 名の研究者を海外から招聘し、日本人研究者、JICA および JST 関係者を合わせて約 60 名が参加した。平成 22 年度にスーダンで調査・研究を行った日本側研究者は、課題 1(植物科学グループ、神戸大学)の関連で延べ 359 人日、課題 2(文化人類学グループ、総合地球環境学研究所)の関連で延べ 63 人日であった。一方、スーダンから招聘した研究者は、神戸大学で実施している研修コースへの参加者 1 名とセミナーへの参加者による、延べ 160 人日であった。
- ・プロジェクト成果:最大の成果は、SUST に実験室と圃場を整備し、基盤的な機材を導入したことである。これにより、日本、スーダン両国研究者間での情報共有や共同研究が加速すること期待される。成果物としては、論文 3 編、総説 1 編を公表した。このほか、招待講演 2 件を含む多数の研究発表を行った。特筆すべきこととして、研究参加者の一人が第 45 回植物化学調節学会において奨励賞を受賞した。また、論文 1 編が当該学術誌の 2010 年論文賞に、口頭発表 1 件が優秀発表賞に選ばれた。
- ・今後の見通しについて:スーダン側研究代表者を中心として新たな機材を設置するためのスペースを要望してきた結果、本事業の重要性に対する認知を得るに到り、実験室の増築が行われている。ここに分子生物学関連実験機材を導入する。それに合わせてスーダン側研究者に、平成 23 年度に神戸大学で実施する予定の JICA 植物保護のための総合防除研修コースに参加する機会を提供し、基礎的な技術の導入を図る。このように、植物科学グループが担当する課題 1 に関しては、目標に向かって着実に歩を進めている。一方、文化人類学グループの担当する課題 2 は、情報収集・発信の中核と位置付けられている農民学校を実施するための予算措置が間に合わなかったため、平成 22 年度はスーダン側研究代表者を中心として 23 年度以降の準備が進められた。スーダン側で必要な予算を確保する見通しがついたので、23 年度からガダーレフ州の農業研究者や普及員の協力も得ながら農民学校を実施する。これを拠点として、当初計画に沿ったフィールド調査を実施する。植物科学グループも、スーダン側と密接な連携をとりながら課題 1 に加えて課題 2 にも参画し促進を図る。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### 課題1. ストライガ防除法の開発(植物科学グループ)

#### ①研究のねらい

根寄生雑草ストライガはスーダンにおける農業生産を阻害する最大の生物的要因である。化学物質に依存するストライガの発芽の特殊性を利用して、発芽を制御する薬剤や微生物を探索する。また、宿主作物とは異なるストライガ特異的な代謝に着目して、選択的な除草効果を有する薬剤を探索する。得られた知見の有効性を検証するべく、スーダンで実証試験を行う。さらに、ストライガに抵抗性を示すイネやソルガムの品種を選抜するとともに、養水分収奪機構の理解に基づく適正な栽培管理および発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良を通して、ストライガの被害を容認できる程度に抑える栽培学的方法を確立する。これらを実施するために個別課題 1-1~6 を実施した。

1-1) 自殺発芽誘導物質の開発

1-2) ストライガ防除微生物の探索

1-3) 選択的除草剤の探索

1-4) 宿主養水分収奪機構の解析

1-5) イネ・ソルガムの環境適応性の検討とストライガ抵抗性評価

1-6) 抵抗性／耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案

#### ②研究実施方法

個別課題 1-1 自殺発芽誘導物質の開発では、天然より見出されているものの構造が未確定であった発芽刺激物質の合成、および、天然由来の発芽刺激物質の構造を簡略化した化合物のデザイン・合成に取り組んだ。また、これら化合物群の発芽刺激活性を評価した。

個別課題 1-2 ストライガ防除微生物の探索については、スーダン各地の土壌から微生物を単離し、ストライガの発芽および生育に及ぼす影響に基づきスクリーニングを進めた。また、アミノ酸、バクテリア、菌根菌、肥料等が、ストライガおよびソルガムの生育に及ぼす影響を評価した。

個別課題 1-3 選択的除草剤の探索では、寄生雑草の発芽時に特異的な炭素源であるゲンチアノースの代謝経路を検討した。また、ゲンチアノース代謝酵素の細胞内局在を検討するとともに、発芽阻害活性を示すノジリマイシンの作用点も検討した。

個別課題 1-4 宿主養水分収奪機構の解析では、スーダンでポット試験を行い、異なる土壤水分条件下でストライガとソルガムの上位展開葉の光化学系IIの活性、光合成速度、呼吸速度、蒸散速度、気孔抵抗、および気孔開度・密度を調べた。

個別課題 1-5 では、日本在来の陸稲品種やネリカの種子を収集し、ライゾトロンあるいはポットを用いて試験を行い、ストライガ耐性・抵抗性を評価した。また、ネリカ品種の環境適応性を調査するための圃場試験も行った。ソルガムについては、水耕栽培法により根浸出液の発芽刺激活性の調査を行った。

個別課題 1-6 抵抗性／耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案のため、ゴマ、イネ、ササゲ、ミレット、トウモロコシなどの品種を多数入手した。スーダン側研究者にライゾトロン法を伝達した。

## ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

個別課題 1-1 天然由来の発芽刺激物質の構造を確定するための合成研究とともに、構造を簡略化しつつも高い発芽刺激活性を有する類縁体の合成を進めており、概ね当初計画通りに進捗している。平成 23 年度よりポット試験を開始する予定で、サンプルの調製を進めている。

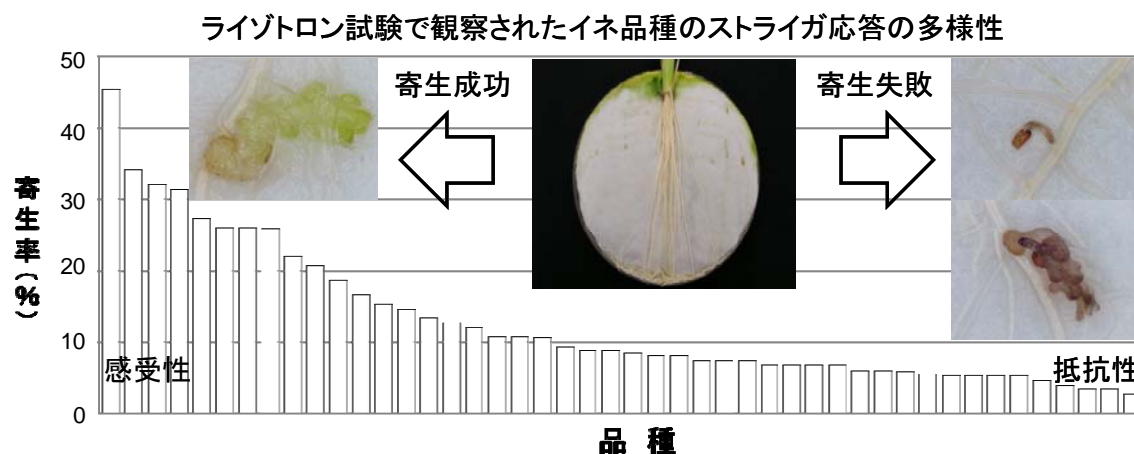
個別課題 1-2 トリプトファンがストライガの発芽には影響しないが吸器形成を抑制することを見出したことを契機に、トリプトファンアナログである 4-フルオロトリプトファンへの耐性に基づく *Fusarium* 変異株のスクリーニングを行っている。

個別課題 1-3 ゲンチアノースおよびゲンチオビオースの代謝に関わる主要な酵素はストライゴラクトンの受容によって誘導され、ゲンチアノース代謝酵素は水溶性画分に、ゲンチオビオースの代謝酵素は細胞膜あるいは細胞壁に結合していることを見出した。選択的除草剤の標的を明確にするべく、これらの酵素の解明に注力している。

個別課題 1-4 ストライガとソルガムの呼吸速度、光合成速度、蒸散速度、気孔抵抗、気孔開度および光合成活性を、異なる土壌水分条件下で測定し、土壌が乾燥するほどストライガはソルガムの同化産物への依存を高めると考えられる知見を得た。これらの事実から、水分管理によるストライガ防除が合理的であることの裏付けを得た。

個別課題 1-5 ライトロン、ポット栽培試験のいずれにおいても、陸稲のストライガに対する応答が品種間で多様であることを確認し、平成 23 年度もさらなる選抜を続ける意義が確信された。生育および収量に基づき、ネリカ品種(NERICA4)の栽培条件の設定に有益な知見を得た。ソルガム品種の根浸出液の発芽刺激活性を調査し、品種間差が大きいことを確認した。

個別課題 1-6 スーダンの市場およびスーダン農業研究機構(ARC)からゴマ 10 品種、アフリカ稲センター(WARDA)からイネ 20 品種、国際熱帯農業研究所(IITA)からササゲ 50 品種を入手した。IITA からトモロコシ品種、国際半乾燥熱帯作物研究所(ICRISAT)からミレット品種の入手を進めている。平成 23 年度はライトロン技術を用いて、これらの作物のストライガ抵抗性/耐性の品種間差異を評価する。



## ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

スーダン側からは様々なソルガム品種の種子が提供された。日本側からは、宿主植物根系における根寄生雑草との相互作用を観察できるライトロン法の技術が設備、消耗品とともに導入された。現在、宿主植物の寄生雑草感受性についての評価が双方で進められている。選抜された抵抗性品種の栽培試験はスーダンで行う。一方、発芽刺激物質の生産性を評価する生物試験技術もスーダン側と共有したので、双

方で発芽刺激物質高生産ソルガム品種を探索し、分泌される化合物の同定を日本側で行う。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

報告されていた *Striga gesnerioides* の発芽を誘導する物質の構造に基づき、類縁体のジアステレオマー混合物を合成した。活性を有すると期待されたこの混合物が不活性であったことから、4 つの立体異性体に分割して評価し直した結果、1 つの立体異性体に特異的に活性を見出した。興味深いことに、活性がないことに加えて発芽阻害効果を有する異性体を見出した。これらから、天然物の推定構造の再検討を行うとともに、発芽刺激物質の立体化学の重要性を再認識した。この研究展開は、プロジェクトに導入された高精度の分析機器によって実現された。

課題2. ストライガ防除に資する知見の集約と普及(文化人類学グループ)

①研究のねらい

文化人類学と社会経済学・農学を専門とする日本とスーダンの研究者が協力しておこなう現地調査を通して、現地住民が有するストライガに対処するための伝統的知識を収集し、地域の自然環境に応じて培われてきた在来の農業システムの特質を体系的に明らかにする。それにより、ストライガ対策に有効な既存の方法を洗い出し、植物科学グループと協同して更なる工夫を加えて、農民に広く使われる手法として確立する。並行して、植物科学グループが開発・確立を目指す新たな防除方策について、農民学校を活用し現地で生産者の受容性を、経済、社会、文化、栽培学的側面から評価する。研究成果を現地共通語であるアラビア語により公開しアウトリーチ活動を通して現地の生産者・受容者を含む現地住民一般と研究資源を共有化することで、技術の普及へとつなげていく。これらを達成するために個別課題 2-1~4 を実施する。

2-1) 伝統的知識および新技術受容性の調査

2-2) 生産者・消費者の嗜好調査

2-3) 発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良

2-4) 農民学校の計画、実施、運営管理

②研究実施方法

スーダンでは、文化人類学を専門とする日本側研究者と社会経済学・農業経済学を専門とするスーダン側研究者が、「農民学校」の実施が計画されているガダーレフ州の諸地域を訪れて、農業システムの異なるソルガム生産の現場で本格的な現地調査を開始した。9 カ所において州農業省普及部の協力のもと集められた 2-10 名の農民グループに対して聞き取り調査を行うとともに、SUST 学生の協力を得て、述べ 6 村 200 名の農民を対象としてアンケート調査を行った。国内ではプロジェクト研究推進支援員とアルバイトによって、アフリカの乾燥地農業におけるこれまでの作物生産の歴史に関しての網羅的な文献調査を行い、国内・国外から集めた関連の資料・データの整理作業を進めた。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

長期的な現地調査と研究成果のアウトリーチ活動を行っていくためのサイトを選定し、平成 23 年度より農民学校が開催される現場でスーダン側研究者主導の調査を 5 回、日本側専門家を交えての調査を 2 回実施した。

課題 2-1 伝統的知識の調査に関しては、ガダーレフ州の 9 つの調査地において複数の現地生産者から

体系だった聞き取り調査を実施し、当初の計画の通り、自然環境や社会環境に応じて異なるソルガム生産体系とストライガ被害またストライガの伝統的な対処法に関する情報収集を行った。アンケート調査を通してガダーレフ州の農民から収集した社会経済情報に基づき、平成 23 年度からは農民学校の開始と合わせ本格的に新技術受容性の評価調査を始める。

課題 2-2 現地生産者・消費者の作物に対する嗜好性調査に関しては、スーダンにおけるこれまでのコメ、ソルガムの主な消費方法を把握した。また、ソルガムについては、聞き取り調査を中心にガダーレフ州の生産者・消費者の作物種、品種に対する嗜好調査を行った。

課題2-3 発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良に関しては、ガダーレフ州内において地域の自然環境ごとに異なる在来の農業システムのうち、とくに、輪作、混作、休閑といった輪作体系に関する伝統的知識の特質を具体的に明らかにした。

#### ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

文化人類学を専門とする日本側研究者と社会経済学・農業経済学を専門とするスーダン側研究者が、「農民学校」の実施が計画されているガダーレフ州の諸地域を訪れて、農業システムの異なるソルガム生産の現場で本格的な現地調査を開始したことに伴い、現場において、問題意識、共同研究の役割分担の仕方、具体的な分析方法について情報共有が進んだ。とくに、スーダン側研究者は農業経済のみならず生産体系や技術に対して深い知見を有し、現地調査においても州政府関係者などと適切な関係を構築する能力が高いことが把握された。同時に、日本側研究者はすでにスーダンにおける現地調査経験が豊富であり現地住民から質の高い情報を収集できると共に、スーダン以外のアフリカの半乾燥地域サーヘル沿いにおいての現地調査から比較考察できる研究成果をすでに持っている利点が認識された。このような点において、双方がお互いの知見を学び合える強固な協力関係が構築された。

#### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況

農民学校を本課題が取り組む一連の研究の実践の場として明確に位置付け、知見・情報の収集および発信の中核として機能させるため、平成 22 年度の JCC において新たに「個別課題 2-4 農民学校の企画、実施、運営管理」が追加された。それに伴い、体制強化のため農民学校の実施に積極的なガダーレフ州農業省と ARC から新たに 4 名のプロジェクトメンバーを選出し、農民学校の運営とデータ収集を委託することとした。

### 3. 成果発表等

#### (1) 原著論文発表

① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 3 件)

② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 5 件)

③ 論文詳細情報

5. Kitahara, S., Tashiro, T., Sugimoto, Y., Sasaki, M., Takikawa, H.: First synthesis of (±)-sorgomol, the germination stimulant for root parasitic weeds isolated from *Sorghum bicolor*. Tetrahedron Letters, **52**, 724-726, 2011 Jan.

4. Ueda, H., Sugimoto, Y.: Vestitol as a chemical barrier against intrusion of the parasitic plant *Striga hermonthica* into *Lotus japonicus* roots. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, **74**, 1662-1667, 2010

Aug.

3. Takikawa, H., Imaishi, H., Tanaka, A., Jikumaru, S., Fujiwara, M., Sasaki, M.: Synthesis of optically active strigolactones: Enzymatic resolution and asymmetric hydroxylation. *Tetrahedron: Asymmetry*, **21**, 1166-1168, 2010 May.

(前年度まで)

2. Takikawa, H., Jikumaru, K., Sugimoto, Y., Xie, X., Yoneyama, K., Sasaki, M.: Synthetic disproof of the structure proposed for solanacol, the germination stimulant for seeds of root parasitic weeds. *Tetrahedron Letters*, **50**, 4549-4951, 2009 May.
1. Jumtee, K., Okazawa, A., Harada, K., Fukusaki, E., Takano, M., Kobayashi, A.: Comprehensive metabolic profiling of *phyA phyB phyC* triple mutants to reveal their associated metabolic phenotype in rice leaves. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **108**, 151-159, 2009.

## (2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

## 4. プロジェクト実施体制

(1)「植物化学」グループ(ストライガ防除法の開発)

①研究者グループリーダー名: 杉本 幸裕 (神戸大学・教授)

②研究項目

- 1) 自殺発芽誘導物質の開発
- 2) ストライガ防除微生物の探索
- 3) 選択的除草剤の探索
- 4) 宿主養水分収奪機構の解析
- 5) イネ・ソルガムの環境適応性の検討とストライガ抵抗性評価
- 6) 抵抗性/耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案

(2)「文化人類学」グループ(ストライガ防除に資する知見の集約と普及)

①研究者グループリーダー名: 縄田 浩志 (総合地球環境学研究所・准教授)

②研究項目

- 1) 伝統的知識および新技術受容性の調査
- 2) 生産者・消費者の嗜好調査
- 3) 発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良
- 4) 農民学校の計画、実施、運営管理

以上