

研究の詳細

【研究の背景】

食虫植物は、特殊な葉（トラップ）で昆虫などの小型の動物を捕獲・消化し、そこから栄養を吸収する植物です。世界には 600 種類以上が知られており、そのトラップは、粘液で昆虫を絡め取るもの、昆虫が触れると素早く動いて挟み込むもの、落とし穴状の構造に昆虫を落下させるものなど実に多様です。しかし、こうしたトラップの形や色、大きさの違いが、どのような生態学的背景のもと進化してきたのかはほとんど明らかになっていません。

モウセンゴケ属 *Drosera* は、表面に生えた粘毛から粘液を分泌し、昆虫を捕獲する食虫植物です。その中でも *Drosera* sect. *Arachnopus* (*Drosera indica* complex) とよばれるグループには、数 cm 程度の小さなトラップをもつ種から 20cm 以上に達する大きなトラップを持つ種、さらには、トラップから甘い香りを放つ種まで、さまざまな種が含まれています。また、種間だけでなく、同じ種の中でも場所によって特徴に大きな違いが見られます。そのため、このグループは、食虫植物の多様なトラップがどのような環境要因と関連して進化したのかを調べるうえで優れた研究材料になると考えられます。

2023 年、私たちはタイ南東部でフィールドワークを行う中で、これまで *Drosera indica* として扱われてきた植物に、明確に区別できる 2 つのタイプが存在し、これらが同所的に自生していることを発見しました（図 1・図 2）。1 つは白い粘毛と赤い粘球を持ち、株丈が比較的大きいものです（以降、白粘毛タイプ）。もう 1 つは赤い粘毛と赤い粘球を持ち、株丈が非常に小さいものです（以降、赤粘毛タイプ）。

白粘毛タイプに似た形態は世界中の広い地域で知られていることから、私たちは赤粘毛タイプがタイ南東部の環境で分化してきた可能性を考えました。そこで本研究では、まず 2 つのタイプの形態学的特徴を詳細に比較しました。さらに、赤粘毛タイプに見られる「赤い色合い」と「小型の形態」がなぜ生じたのかについて 3 つの仮説を立て、野外観察及び栽培実験によって検証しました。

【研究の成果】

まず、赤粘毛タイプと白粘毛タイプの形態学的特徴を定量的に比較しました。その結果、赤粘毛タイプは白粘毛タイプと比較して、株丈、葉身長、葉柄長、粘毛長がいずれも統計学的に有意に小さいことが分かりました。また、花茎と主茎がなす角度も有意に小さく、植物体全体が小さく縮こまった形態をしていました。さらに、両タイプの花を用いて人工授粉実験を行ったところ、異なるタイプ間の交配では成熟種子が形成されませんでした。つまり、赤粘毛タイプと白粘毛タイプの間には生殖的な隔離が存在するといえます。以上の結果は、タイの *D. indica* において、赤粘毛タイプがすでに種分化している、あるいは種分化しつつある可能性を示しています。

それでは、赤粘毛タイプの赤い色合いや小型化した形態には、どのような生態学的な意義

があるのでしょうか。私たちは次の3つの仮説を立てました。1つ目は赤粘毛タイプが乾燥や高温などの干ばつ条件に適応しているという仮説です。赤色のもととなる色素アントシアニンは、熱などのストレスによる植物への悪影響を緩和することが知られています。また、植物体の小型化は蒸散による水分損失を抑えるうえで有利にはたらく可能性があります。2つ目は赤色が植食者に対する防御として働いているという仮説です。赤色によって植物体が植食者から見つかりにくくなったり、警告色として働いて接近を妨げたりする可能性があります。また、アントシアニンそのものが食害を抑える可能性も考えられます。3つ目は赤色が送粉者捕獲を防ぐという仮説です。食虫植物は昆虫を栄養源としてのみならず、花粉を運ぶ送粉者としても利用します。そのため、送粉者をトラップで捕獲してしまえば繁殖に不利益が生じてしまうかもしれません。ハナアブ類などの *D. indica* の送粉者の一部は赤色を認識しづらいことが知られています。そこで私たちは、赤粘毛タイプでは送粉者がトラップに着地する頻度が低下し、結果として送粉者の捕獲が抑えられている可能性を考えました。

1つ目の仮説を検証するために、私たちはタイの2箇所の自生地 に計 150 個の方形区を設置し、それぞれの方形区内に自生する両タイプの株数を記録するとともに、土壌水分量を測定しました。その結果、土壌水分量が少ない場所ほど赤粘毛タイプの株数が多く、白粘毛タイプの株数は少なくなることが分かりました（図3）。つまり、赤粘毛タイプはより乾燥した微環境に多く自生していました。さらに、野外で採集した両タイプの株を乾燥条件下で栽培し、1週間にわたって生存状況を記録しました。その結果、赤粘毛タイプは白粘毛タイプよりも高い生存率を示しました（図3）。これらの野外での分布調査と栽培実験の結果は、赤粘毛タイプの分化に乾燥環境への適応が関わっているという仮説を支持しています。2つ目の仮説は、野外で両タイプの食害率に大きな違いは見られず支持されませんでした。3つ目の仮説は、予想とは異なる結果が得られました。2023年～2025年にかけて計8回異なる時期に野外で観察したところ、赤粘毛タイプは白粘毛タイプよりも多くの送粉者を捕獲することが分かりました。赤粘毛タイプは植物体全体が小型で花と捕虫葉が接近しているため、花を訪れた送粉者の体が捕虫葉に触れやすくなっていることが原因として考えられます。

以上の結果から、タイ南東部で見つかった赤粘毛タイプの分化には、乾燥した環境への適応が関わっている可能性が高いと考えられます。タイ南東部には明確な季節性があり、3月頃から5月頃にかけては、気温が高く降水量が少ない干ばつ条件にさらされます。赤粘毛タイプは、このような時期にいち早く発芽・成長し少なくとも6月頃には開花していました。一方、白粘毛タイプは雨季に入った6月以降に発芽し、9月下旬頃から開花を始めました（図4）。このような季節性の違いも、赤粘毛タイプが乾燥・高温条件に適応している可能性と整合しています。

【研究の意義と今後の展望】

食虫植物のトラップが多様化してきた背景については、これまで主に「どのような餌を、どれだけ効率よく捕獲するか」という観点から研究されてきました。これに対して本研究は、餌の捕獲だけでなく、土壌の乾燥具合などの非生物的環境もトラップの多様化に大きく関わっている可能性を示しています。

現時点では、本研究はタイ南東部の限られた地域での野外調査・実験に基づくものです。赤粘毛タイプが世界的にどの程度広く分布しているのか、また白粘毛タイプとの間にどの程度の遺伝的な違いがあるのかは、まだ明らかになっていません。そのため、このタイプを独立した種として記載することが妥当かどうかについては、追加調査に基づいて慎重に検討する必要があります。

タイでは地方都市を結ぶ幹線道路沿いを中心に開発が急速に進んでおり、多くの植物が学術的に認識される前に自生地とともに失われてしまうリスクにさらされています。そのような生物多様性の損失を防ぐためには「どのような植物が、どこで、どのように生きているのか」という基礎的な自然史情報の蓄積が欠かせません。しかし、広大な荒地や湿地の中から特定の植物の自生地を見つけ出すのは大変むずかしいことです。本研究の出発点となった自生地は、タイで長年にわたり植物の分布と生態を調査してきた地元の植物研究者、山東智紀博士によって見いだされました。この発見がなければ、本研究を始めることはできませんでした。さらに、タイの生物相に深い専門性を持つマヒドン大学の Ekgachai Jeratthitikul 博士との共同研究によって、研究を発展させることができました。

本研究は、地元の研究者による長期的かつ丹念なフィールドワーク、タイの研究者が有する地域の生物相に関する専門知、そして日本の研究者による分類学的・生態学的な検証が結びつくことで実現しました。今後も、異なる立場や専門分野をもつ研究者が対等なパートナーとして知見を持ち寄り継続的に協働することによって、食虫植物の未知の生態とその進化の過程を明らかにするとともに、タイの貴重な生物多様性の理解に貢献することが期待されます。

【発表雑誌】

雑誌名： *Biological Journal of the Linnean Society*

掲載日： 2026 年 8 月 5 日

論文タイトル： Ecological divergence in a carnivorous plant *Drosera indica* L. (Droseraceae): Discovery of a red-tentacled dwarf form adapted to drought stress

著者： Kazuki Tagawa, Aoi Watanabe, Ekgachai Jeratthitikul, Tomoki Sando, Mikio Watanabe

DOI： 10.1093/biolinnean/blag047

アドレス： <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blag047>

【研究チーム】

田川一希（鳴門教育大学大学院学校教育研究科：責任著者），渡邊碧以，Ekgachai Jeratthitikul（タイ・マヒドン大学理学部），山東智紀，渡邊幹男（愛知教育大学教育学部）

【研究助成】

科学研究費助成事業： JSPS KAKENHI: JP24K18182, JP21K15154, JP21K06315

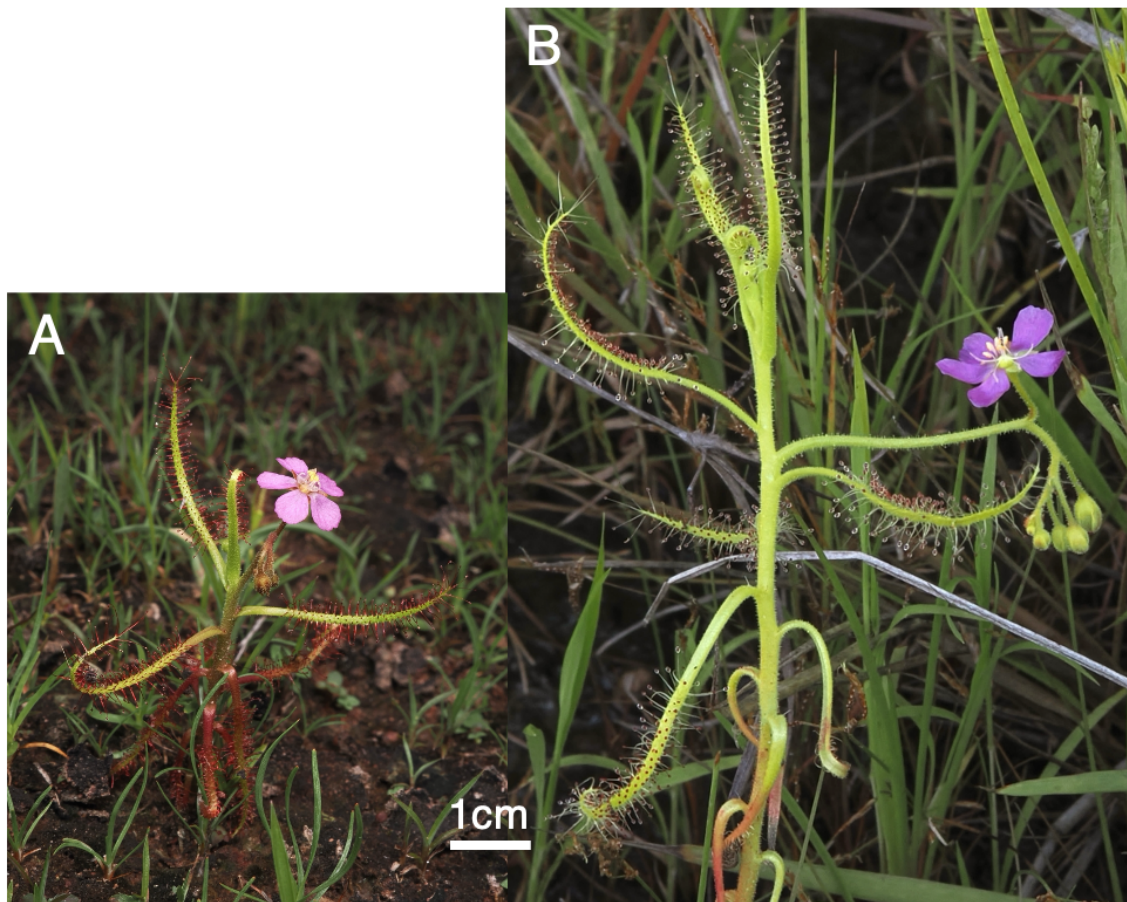


図 1. タイ南東部の湿地に同所的に自生する *Drosera indica* L. の 2 つのタイプ。(A) 赤粘毛タイプ：粘毛と粘球が赤く全体的に赤っぽい見た目をしている。また，株丈が小さい。
(B) 白粘毛タイプ：粘毛が白色，粘球が赤色である。

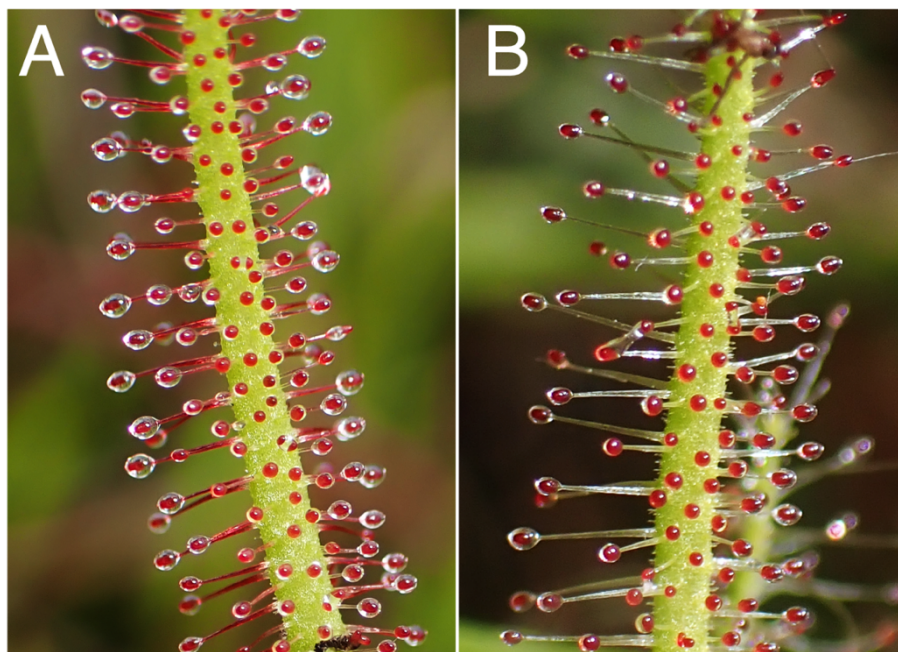


図2. *Drosera indica* L.の2つのタイプの粘毛の拡大図。(A) 赤粘毛タイプ, (B) 白粘毛タイプ

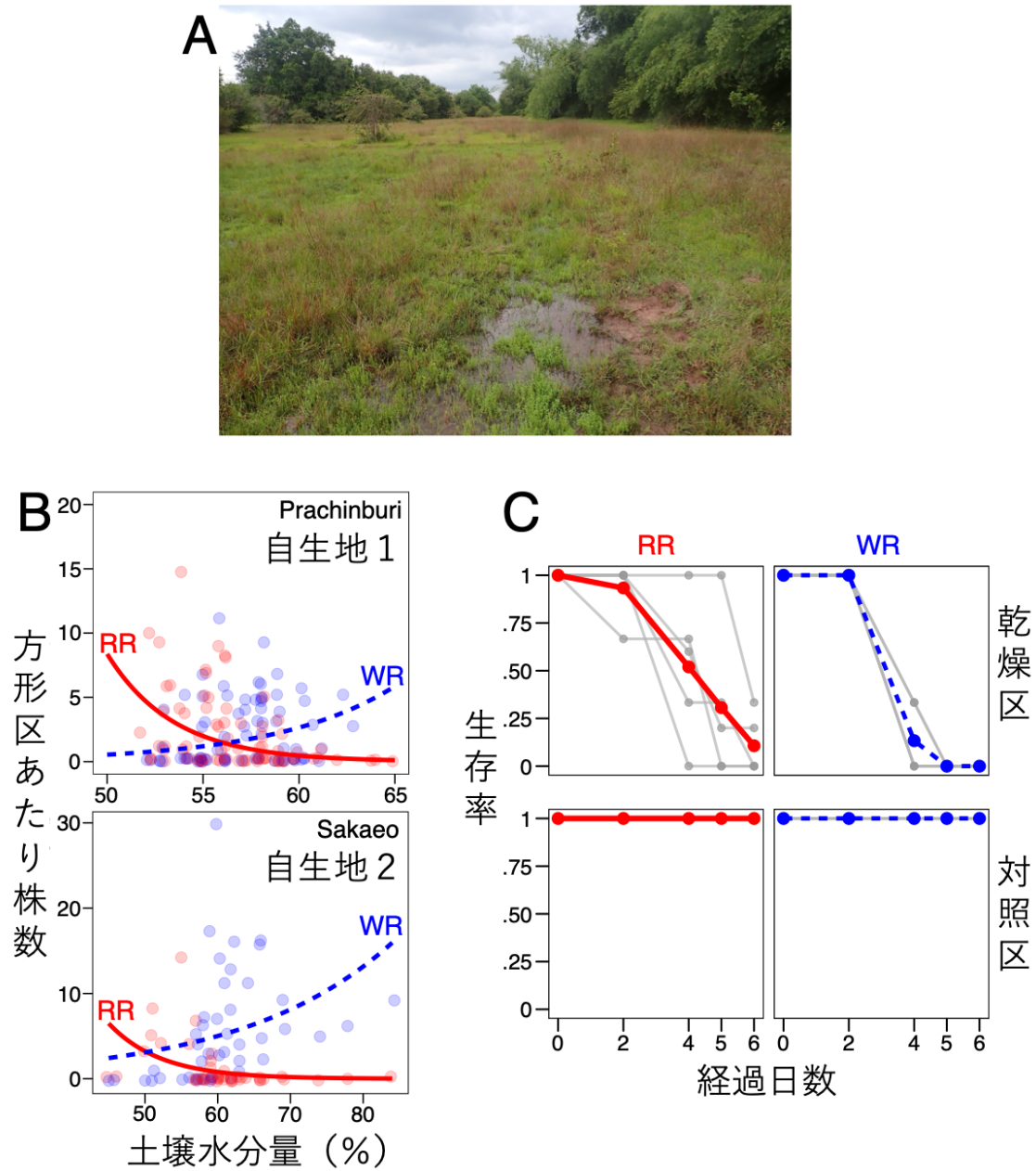


図 3. 本研究の調査地と乾燥条件に対する赤粘毛タイプの適応。(A) 雨季におけるタイ南東部の自生地 1 の様子。草原の中に水たまりが点在しており、乾燥～湿潤まで土壌の水分量にばらつきが見られる。(B) 方形区の土壌水分量と両タイプの株数の関係。RR, WR はそれぞれ赤粘毛タイプ、白粘毛タイプの株数と水分量の関係性を示す。(C) 両タイプの乾燥条件での栽培実験の結果。灰色の線はケース（ブロック）ごとの生存率、赤色・青色の線は RR・WR の平均生存率を示す。

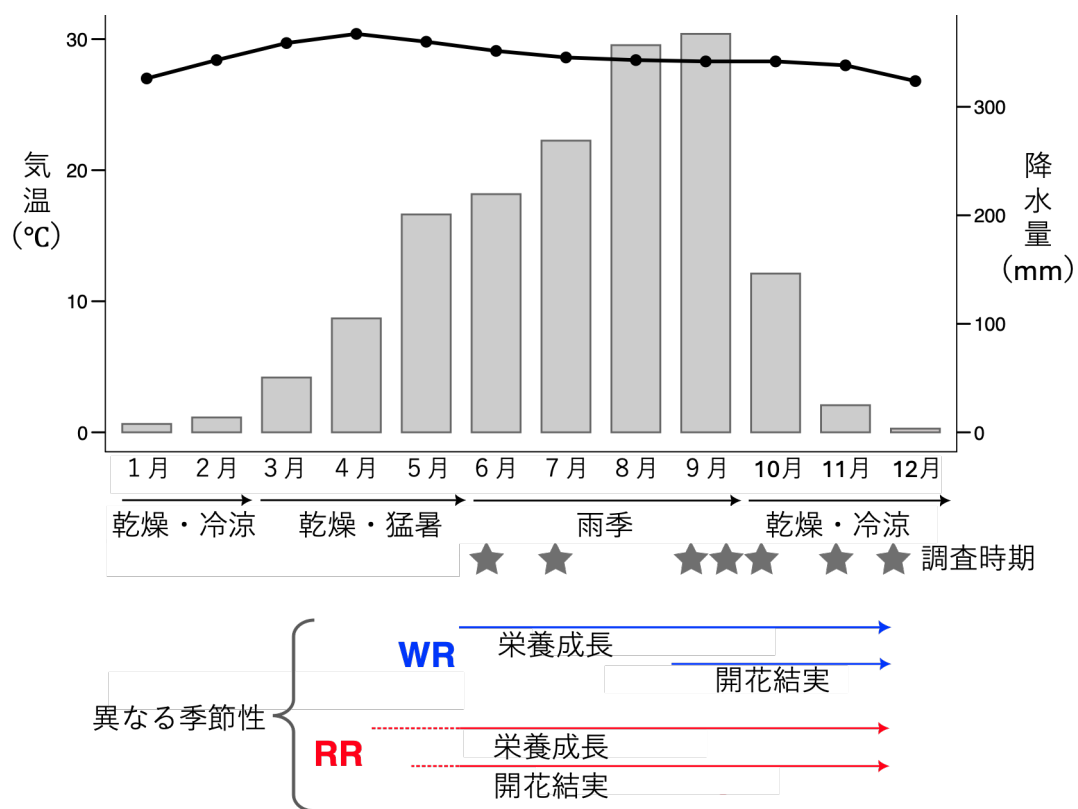


図4. 調査地の気象条件と赤粘毛・白粘毛タイプの季節性の違い。 自生地が位置するブラチンブリー県の気象局の雨温図では、棒グラフが降水量を、折れ線グラフが気温を示す。★は本研究で調査を行った時期を示す。WR, RR は白粘毛型、赤粘毛型の季節性を示す。実線は調査で実際に確認された生活史の段階を、破線は植物の様子から推測される生活史の段階を示す。