

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19353

研究課題名（和文）植物における種間競争に対する分業

研究課題名（英文）Division of labor for interspecific competition in plants

研究代表者

山尾 僚（Yamawo, Akira）

弘前大学・農学生命科学部・助教

研究者番号：50727691

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、協力の一つである分業の存在を検証すると共に、種間競争に対する分業が植物群集に及ぼす影響を評価することを目的とした。根分割栽培実験により、他種との競争に曝される集団外縁部のオオバコ個体は集団中央部のオオバコ個体にくらべて競争へ多く投資し、集団中央部の個体はより成長へ投資する事が明らかになった。さらに、個体群内の遺伝構造を変えたメソコスム実験により、オオバコ個体群内の遺伝的多様性が増加するとオオバコの生存率が低下し、他種が繁茂することが示唆された。これらの結果から、オオバコは種間競争に対して近縁個体と協力的にふるまい、その効果は植物群集の構造にまで波及しうることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物の環境ストレスに対する適応は、進化生態学や植物生理生態学の中心的な研究テーマである。これまでは、個体単体の能力に着目して進められてきたが、本研究により、植物が他種植物との競争ストレスに対して、個体間の相互作用が重要な役割を果たしている事が示された。加えて、空間的な遺伝構造が植物群集に与える効果についても明らかにした。植物のストレス環境への適応において、個体間の相互作用がどのような役割を果たすのかについては殆ど明らかにされていない。今後、生理学分野や遺伝学分野とも連携しながら「植物の個体間相互作用に基づく環境適応」について明らかにすることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we examined the existence and effects of the division of labor in plant community. Root-split experiments revealed that plants that exposed to competition to other species invested more in competitive traits (e.g. increase allocation to root) than plants that exposed to only intraspecific competition. Furthermore, mesocosm experiments in which the genetic structure within population were changed suggested that genetic diversity increasing within the population reduced the survival rate and allowed the proliferation of other species. These results suggest that plants act cooperatively with closely related plants in interspecific competition, and that the effect can be extended to the structure of plant communities.

研究分野：生態学

キーワード：植物間相互作用 競争 協力 群集構造

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

植物は、一次生産者としてあらゆる生態系の基礎を成しており、食物連鎖等を通じて多くの生物が植物に依存して生活している。したがって、その土地の植物の種組成や生育量といった群集構造は、植物を基盤とした生態系を理解する上で必須である。植物の群集構造を決定する主要因として植物間の相互作用が挙げられるが、これまでの研究の多くは植物同士の競争関係に着目して進められてきた。

動物の中には、アリ類やハチ類等の遺伝子を共有する近縁個体と協力することで生存上の様々な問題を解決し、遺伝子を効率的に残す(包括適応度を高める)社会性生物が多く知られる(Hamilton 1996; Platt & Bever 2009)。分業は、遺伝子を共有する他個体のために自らが時間的、またはエネルギー的なコストを払い、相手の利益となるように振る舞い、それにより自分の遺伝子を効率よく残す行動で、最も典型的な協力行動として知られる。特に、ある個体が競争や採餌等の労働を担い、遺伝子を共有する近縁の個体が繁殖を担う繁殖分業は、アリ類やハチ類で見られる真社会性の定義の一つとなっている。

動物において近縁個体間の協力行動は、臭いなどによる近縁個体の識別をベースとしておこなわれる場合がある。近年、植物においても近隣に生育する個体の近縁度合いに応じて根や茎などへの資源配分比の変更や根や葉の配置の変更などの様々な反応を示すことを明らかにされてきた(Yamawo et al. 2015, *Evol Biol*; Yamawo & Mukai 2017, *Proc R Soc Lond B*)。これらの事実は、植物においても分業などの様々な協力的な反応が進化している可能性を示唆している。

### 2. 研究の目的

本研究では、室内栽培実験と野外の自然を模倣した人工草地を利用した半野外における栽培実験により、植物が遺伝子を共有する近縁個体と他種との競争に対して協力の一種である分業をおこなうこと、分業が他種植物の群集構造(各種の優占度や種組成)に与える影響を検証する。これらの研究を通して、「動物を対象として発展してきた適応進化の知識が、植物群集の理解に役立つ」ことを提案する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 近縁個体間の協力の実証とメカニズムの解明

種間競争に対する近縁個体間の分業を検証するために、室内栽培実験を実施する。実験には、近縁識別能が明らかになっているオオバコとツボミオオバコを用いた。遺伝子交流が制限されている弘前市内の2 km以上離れている30集団のオオバコから種子を採取した。ツボミオオバコは、青森県に生育していないため予備実験で用いた福岡市の個体群をオオバコと同様の方法で種子を収集したものを用いた。採取した種子を集団ごとに発芽させ、ポット内の遺伝構造を変えた栽培実験を実施した。栽培実験は、人工気象機内で25℃、12L12Dの条件下で実施した。オオバコをはじめ多くの植物種は、同種の近縁/非近縁個体と他種の存在を根の浸出液により識別しているため(Biedrzycki 2010; Yamawo et al. 2017)、対象植物の根を2つに分割し、一方を近縁個体または非近縁個体と共に配置し、一方を他種が生育するまたは何も生育しないポットへ植え込み、成長量と繁殖投資量を評価した。成長量は葉と根の乾燥重量を、繁殖投資量は花序の乾燥重量を測定した。他種競争者としては、予備的な野外調査により特定したシロツメクサとチチコグサ、シバを用いた。

#### (2) 模擬野外実験による群集構造への影響の解明

土を敷き詰めたプラスチックコンテナ(横1.5m×縦60cm×深さ30cm)にオオバコ、またはツボミオオバコの競争者であるシロツメクサやチチコグサ、シバの種子を播種し、人工的に草地群集を模したコンテナを合計10作成した。作成したコンテナを、同じ親株由来のオオバコの種子を播種する近縁区( $n = 5$ )と1)で明らかになった異なる個体群の親由来の種子を播種する非近縁区( $n = 5$ )とりわけ、オオバコの種子を播種後、2ヵ月後に植物の個体数と高さ及び根際

#### 4. 研究成果

##### (1) 近縁個体間の協力の実証とメカニズムの解明

近縁条件の対象個体の繁殖量が隣の近縁個体や非近縁条件の対象個体よりも小さく、他種競争者の成長量や繁殖量は非近縁条件よりも近縁条件で小さい傾向がみられた。これらの結果は、植物が配置によって異なる資源配分をおこなっていることを示唆しており、植物は非近縁個体と生育する条件と近縁個体と生育する条件では、種間競争に対して、異なる応答を示すことが示唆された。また、他種競争者と地下部で区切られた条件では、近縁条件と協力的な作用が観察されなかったことから、種間競争に対する近縁条件特異的な応答は、地下部における他種との相互作用に依存していることが示唆された。

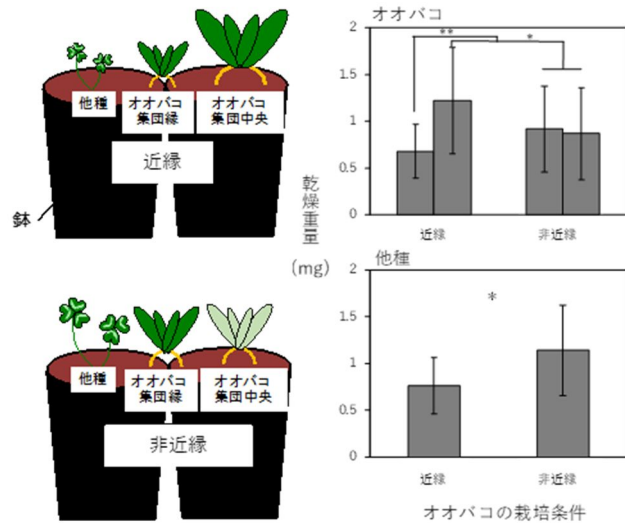


図1. オオバコで種間競争に対する分業を検証した結果. \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ .

##### (2) 模擬野外実験による群集構造への影響の解明

植物は、個体群内での位置によって成長量が大きく異なっており、分業の存在が強く示唆された。個体群内で他種と接している個体は、同種に囲まれて生育している個体に比べて成長量が小さかった。また、長期的な栽培実験の結果、近縁個体条件で構築された群集ではオオバコは少なからず生存することができたが、非近縁個体で構築された群集ではオオバコ個体は他種との競争に負け、全ての個体が枯死した。これらの事実から、空間構造の違いに基づく応答は、植物群集の多様性や構造に影響することが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamawo A., Suzuki N.	4. 巻 131
2. 論文標題 Induction and relaxation of extrafloral nectaries in response to simulated herbivory in young <i>Mallotus japonicus</i> plants.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 255-260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-017-0988.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Miori, Ohsaki Haruna, Fukano Yuya, Yamawo Akira	4. 巻 13
2. 論文標題 Self-discrimination in vine tendrils of different plant families	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior	6. 最初と最後の頁 e1451710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1451710">https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1451710</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yamawo A., Sato M., Mukai H.
2. 発表標題 Kin discrimination through root is adaptive for intraspecific competition in <i>Kalanchoe daigremontiana</i> .
3. 学会等名 8th EAFES International Congress. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohsaki H., Yamawo A.
2. 発表標題 Does phenotypic plasticity of the leaves of host plants promote resource partition between leaf beetles?
3. 学会等名 8th EAFES International Congress. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamawo A., Sato M., Mukai H.
2. 発表標題 Effects of kin-recognition through water-soluble chemical substances of root-exudation on clonal reproduction of <i>Kalanchoe daigremontiana</i> .
3. 学会等名 Annual Meeting of International Society of Chemical Ecology. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamawo A., Mukai H.
2. 発表標題 Effects of genetic relatedness of conspecific neighbour on interspecific competition.
3. 学会等名 Joint congress on Evolutionary Biology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武川正嗣・澤 進一郎・向井裕美・山尾僚・石川勇人.
2. 発表標題 アブシジン酸が媒介するオオバコ種子の捕食者認識機構
3. 学会等名 第99回日本化学学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地孝介・奥田圭・池田紘士・笹部美知子・山尾僚.
2. 発表標題 マンサクに形成される虫こぶの捕食者相の解明
3. 学会等名 日本生態学会東北地区大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤可南子・山尾僚・川窪伸光.
2. 発表標題 アカメガシワの生長と化学・物理・生物的防御形質の時空間変化.
3. 学会等名 第50回種生物学会.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大野美涼・山尾僚.
2. 発表標題 落葉広葉樹の冬芽の開芽に關与する光受容器官の特定 枝は光を感じているのか? - .
3. 学会等名 第50回種生物学会.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大崎晴菜・千本木洋介・坂本祥乃・宮本留衣・田島美和・奥田圭・山尾僚.
2. 発表標題 シロヨメナの生育密度がニホンジカの嗜好性に与える影響 - 葉形質の違いに着目して - .
3. 学会等名 第50回種生物学会.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大崎晴菜・千本木洋介・坂本祥乃・宮本留衣・田島美和・奥田圭・山尾僚.
2. 発表標題 餌植物の個体群密度で決まるニホンジカの嗜好性.
3. 学会等名 第66回日本生態学会.
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----