

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14464

研究課題名(和文) 耕起に対する畑地雑草の生態的・進化的な応答を解明する

研究課題名(英文) Rapid adaptation to mechanical tillage in weeds

研究代表者

深野 祐也 (Yuya, Fukano)

東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教

研究者番号：70713535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：都市と農地環境における植物の密度(=競争者の多さ)の違いに注目し、都市と農地のメヒシバ系統を作出、同一条件下で栽培し形質を比較することで、競争者に対する現在進行形の形質進化を検証した。栽培実験の結果、都市と農地で草姿が遺伝的に分化しており、都市個体は匍匐型を農地個体は直立型の草姿を持つ傾向があることがわかりました。競争を模した栽培実験により、高い競争環境では直立型が有利に、低い競争環境では匍匐型が有利になることが示された。加えて、農地に適応した直立型個体は、ロータリー耕による雑草防除に耐性があることがわかった。農地で生じた進化が副次的に雑草防除効率に影響したことを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的なイネ科雑草であるメヒシバ(図1)を対象に、都市と農地では植物の草姿が遺伝的に分化していることを発見しました。

都市と農地では植物間の競争の強さが異なり、この違いが草姿を急速に進化させる選択圧になりうることを示しました。植物において、競争者への形質進化を示した初めての事例です。

農地に適応した直立型個体は雑草防除(ロータリー耕)への耐性がありました。急速な進化を考慮することで雑草管理がより効果的になる可能性があります。

研究成果の概要(英文)：We Focused on the difference in plant density (i.e., the number of competitors) in urban and agricultural environments. We produced urban and agricultural weed lineage, cultivated them under the same conditions, and compared their traits to examine the ongoing evolution in response to competitors. The results showed that plants from farmland populations had higher growth rates than plants from urban populations in high-competition treatments, and vice versa in low-competition treatments. Among populations, those with larger height/width ratios (farmland populations) were more tolerant of above-ground competition in high-competition treatments, but among individuals, those with larger ratios had lower growth rates in low-competition treatments. More plants from farmland populations, which had thicker stems (and larger height/width ratios), survived after experimental tillage than plants from urban habitats with thinner stems.

研究分野：生態学

キーワード：雑草防除 進化 都市

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「除草剤」と「機械を用いた耕起」は世界的に主要な雑草抑制手法である。雑草が除草剤への抵抗性を進化させる現象は広く研究されている一方、耕起が雑草に与える生態・進化的な影響はほとんど検証されていない。申請者は、予備的な観察で、メヒシバやスベリヒユなど、断片化した植物体からでも不定根を発達させ再生できる雑草が、耕起された圃場で繁茂していることに気づいた。耕起は、植物を断片化し土壌に埋没させるため、このような性質は、耕起への耐性と関連しているかもしれない。また耕起を受け続けている畑の雑草では、これらの性質が遺伝的に向上し、耕起に対する抵抗性が進化している可能性がある。本課題では、雑草群落の比較、ロータリーを用いた耕起実験、形質の集団間比較、実験進化系統の作出などの手法によって、機械を用いた耕起が雑草に与える生態的・進化的な影響を明らかにする。

2. 研究の目的

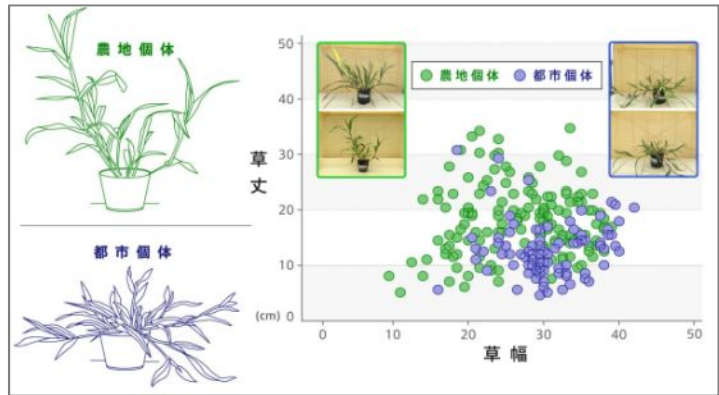
研究を進める中で、農地の雑草が受けている選択圧で特徴的なのは、耕起よりも種間・種内の競争であることに気が付いた。そこで、競争環境として対極的な農地と都市に注目し、それぞれの環境の雑草がどのように適応進化しているのか、そしてその進化の結果耕うんに対してどのように抵抗性を獲得しているかを明らかにした。

3. 研究の方法

本研究では、農地の代表的な雑草であり、都市の路傍にも普通に生育している一年生のイネ科雑草メヒシバ *Digitaria ciliaris* をモデルとして研究を行った(図 1)。まず、野外観察により、都市と農地では競争の程度が大きく異なることを確認したのち、都市と農地のメヒシバの形質の違いを検証するために、関東近辺の都市と農地のメヒシバ 13 集団から種子を採集した。それらの種子をハウス内で栽培し自殖させ 30 系統を作出したのち、同一条件下で栽培を行った。次に、この草姿の違いが、競争環境に対する適応であるかを検証するために、競争条件を変えて栽培する実験を行った。最後に、農地におけるメヒシバの草姿の進化が、雑草としてのメヒシバの防除にどのような影響を与えるかを検証した

4. 研究成果

栽培実験の結果、都市と農地の集団で草姿が遺伝的に分化しており、都市個体は匍匐型を農地個体は直立型の草姿を持つ傾向があることがわかった(図1)。次の競争実験では、もし草姿が競争環境への適応であるならば、低い競争

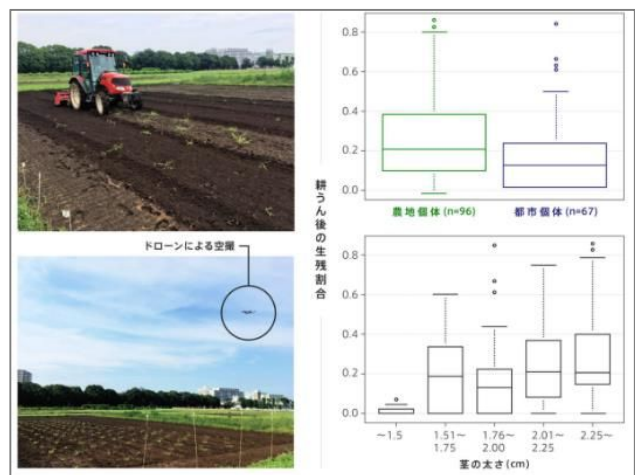


競争下では都市の匍匐型が成長に有利である一方、高い競争下では農地の匍匐型が有利になると予想した。実験の結果、この予想と一致する結果が得られた(図2)。これらの結果は、都市と農

地の競争環境の違いはメヒシバの草姿に対する強い選択圧となっており、局所的な競争環境に応じて草姿が迅速に進化していることを示唆する。最後に、生態調和農学機構の実験圃場に都市・農地由来のメヒシバを移植し、実際にロータリーで耕うんする実験を行った。そして、



耕うんの前後にドローン空撮を行い、各個体の植被面積を計算することで、各個体の生残を評価した。実験の結果、茎が太く直立型を示す個体ほど、ロータリー耕の後でも生残しやすいことがわかった(図5右)。つまり、農地の競争環境によって進化した太い茎を持つ直立型の草姿が、副次的にロータリー耕



への耐性を持ったことを示唆する。これらの成果は、植物が局所的な競争環境に対して素早く進化することを示し、その適応に関わる形質を特定した点で進化生態学的に重要な知見である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Fukano, Y., Guo, W., Aoki, N., Ootsuka, S., Noshita, K. ...& Kubota, H. et al.	4. 巻 in press
2. 論文標題 GIS-based analysis for UAV-supported field experiments reveals soybean traits associated with rotational benefit	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpls.2021.637694	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Feldman, A., Wang, H. Fukano, Y., Kato, Y. Ninomiya, S. Guo, W.	4. 巻 in press
2. 論文標題 EasyDCP: an affordable, high-throughput tool to measure plant phenotypic traits in 3D.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 該当する

1. 著者名 深野祐也, 細田力, 丸山紀子	4. 巻 in press
2. 論文標題 除草剤抵抗性雑草の進化生態学的研究の現状と今後の展望	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 雑草研究	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Fukano, Y., Guo, W., Uchida, K., Tachiki, Y	4. 巻 108
2. 論文標題 Contemporary adaptive divergence of plant competitive traits in urban and rural populations and its implication for weed management	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 2521-2530.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1365-2745.13472	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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 深野祐也
2. 発表標題 都市-農地における植物形態の急速な適応進化と雑草管理に与える影響
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深野祐也 郭威 立木佑弥 内田圭
2. 発表標題 農地におけるメヒシバの形態形質の急速な進化と除草効率に与える影響
3. 学会等名 日本雑草学会第59回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 細田 力, 深野 祐也
2. 発表標題 耕起から生存する雑草の種および関連形質の探索
3. 学会等名 日本雑草学会第58回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 深野祐也	4. 発行年 2019年
2. 出版社 京都大学出版会	5. 総ページ数 17
3. 書名 「遺伝子・多様性・循環の科学」3章 外来種における生態と進化の相互作用 外来種管理への応用は可能か.	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------