

氏名	郷原匡史 ごうばら まさし
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	甲第332号
学位授与年月日	平成16年 3月12日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	レタスのF ₁ 採種用送粉昆虫の開発
学位論文審査委員	(主査) 甲斐英則 (副査) 東政明 北村憲二 竹松葉子 前田泰生

学位論文の内容の要旨

レタス *Lactuca sativa* L. は、キク科 (Asteraceae) タンポポ科 (Cichorioideae) タンポポ族 (Lactuceae) の植物で、世界の温帯地方における主要野菜のひとつである。大部分の主要野菜では F₁ 品種が育種され、市販されている。しかし、レタスの F₁ 品種開発は商業的にはまだ成功していない。商業的 F₁ 品種開発の最大の障害となっているのは、レタスで効率的送粉昆虫の開発が遅れていることである。本研究では、遺伝子雄性不稔性を利用したレタスの F₁ 採種に適用可能な送粉昆虫を探索することを目的として、レタスの訪花昆虫を開放系と閉鎖系において調査した。また、送粉昆虫に要求される条件を評価するために、レタスの開花習性と花の形態を研究した。さらに、いまだにはっきりと説明されていないレタスの自家受粉の仕組みを解き明かすための調査もおこなった。

F₁ 採種用送粉昆虫の条件として、以下の5項目が必要であると判断された。1) レタスの長い開花期間 (約 60 日) に対応するための長い活動期間と、レタスの花から提供される食料 (花粉と花蜜) の量変動に対する耐性を示すこと。2) 朝の短い開花時間 (満開時間は約 1 時間) に対応するために、その時間内での飛翔活動性をもつこと。3) レタスの小さな頭花 (直径 12~18mm、クリスピーヘッド・タイプの品種に限れば 12~14mm) での採餌に適した小さな体サイズをもつこと。4) 雄性不稔株での連続吸蜜に適した短い口吻 (0.97~4.7mm) をもつこと。5) 気象条件に関係なく毎日開花するレタスの開花習性に対応するために、悪天候時においても飛翔活動性をもつこと。

レタスの自家受粉の仕組みは3つに分けられる。最初に、開花しているときに花粉粒が柱頭片の内側にこぼれ落ちる。次に、柱頭片が完全に回転し、花柱表面に保持されている花粉粒と接触する。最後に、花粉粒は花冠が閉じるときに花弁によって柱頭片の内側に落とされる。自動自家受粉は、さまざまな割合で3つの方法が組み合わさった結果生じていた。最初の方法は大きな頭花をもつ品種において比較的貢献し、2番目の方法は長い柱頭片をもつ品種において貢献した。最後の方法は、小さな頭花で短い柱頭片をもつ品種において自家受粉を保証していた。

レタスの訪花昆虫を野外と閉鎖条件において調査した結果、4年間の野外調査で3目11種の訪花昆虫が観察された。大部分の種はコハナバチ類 (ハチ目; コハナバチ科) であった。コハナバチの一種ケナガチビコハナバチ *Lasioglossum villosulum trichopse* の訪花頻度は他の訪花者より明らかに高

い65.5%であった。ミツバチ類はレタスの花では観察されなかった。5年間の閉鎖系での調査では、飼育した17種のハナバチ類と1種のハナアブのうち10種のハナバチ類でレタスへの訪花が観察された。最も高い訪花頻度はケナガチビコハナバチの59.4%で、次いでキバナヒメハナバチ *Andrena knuthi* (19.2%)、マメコバチ *Osmia cornifrons* (8.6%) となった。大部分の訪花者は1~3日限りの採餌者であった。訪花者の多くは、一時的な花蜜採餌者と連続的な花粉(&花蜜)収集者に分けられた。連続的な花蜜採餌はケナガチビコハナバチとキバナヒメハナバチ、オガサワラチビツヤハナバチ *Ceratina boninensis* の3種だけで観察された。ケナガチビコハナバチとタンポポ族狭食性ハナバチであるキバナヒメハナバチの1日の飛翔活動時間は、朝にあるレタスの開花時間と一致していた。

タンポポ族狭食性ハナバチは、前述した送粉昆虫の必要条件に最も適合していると考えられた。しかし、本研究で試験した2種のタンポポ族狭食性ハナバチ(キバナヒメハナバチとシロスジフデアシハナバチ *Dasypoda japonica*)の体サイズは、クリスピーヘッド・タイプのレタスで採餌をおこなうには大きすぎた。クリスピーヘッド・タイプのレタスの頭花に適したハナバチ類の体サイズは、5.28~6.39mmの範囲にあると予測された。

クリスピーヘッド・タイプのレタスのF₁採種試験において、セイヨウミツバチ *Apis mellifera* とケナガチビコハナバチ、オガサワラチビツヤハナバチの3種を使用した。セイヨウミツバチ(体長11.5mm)は、閉鎖系条件でのF₁採種においてまったく効果がなかった。亜熱帯産のオガサワラチビツヤハナバチ(体長5.68mm)は、温室内の高温条件下で送粉効果を示した。ケナガチビコハナバチ(体長6.05mm)は、開放系と閉鎖系の両条件で高い送粉効果を示した。これらの2種での結果は、送粉昆虫を使ったレタスのF₁採種における最初の成功例である。

上述したような従来にはなかった新しい視点からの知見は、レタスを送粉生態学的に理解する上できわめて重要である。本研究はレタスの育種に関与する研究者に対して貴重な情報を提供するものである。自家受粉の仕組みや、開花期、開花時間、花のサイズと色、花冠展開の程度といった開花習性は、レタスの従来の固定品種の育種では注目されていなかった。商業的F₁採種を目指すためには現行品種のレタスの開花習性を改良する必要がある。このためには、新しいレタスの育種に関与する植物育種学者と送粉生態学者が緊密に共同研究することが求められる。

論文審査の結果の要旨

レタス *Lactuca sativa* L. は、温帯地方における世界の主要野菜のひとつであるが、そのF₁品種開発は商業的にはまだ成功していない。大部分の主要野菜でF₁品種が育種され市販されているのに対して、大きな遅れとなっている。最大の要因は、レタスで効率的な送粉昆虫の開発が遅れていることにある。本研究は、まずレタスの自家受粉の仕組みを解明し、レタスの開花習性と花の形態との観点から送粉昆虫に要求される条件を評価し、レタスの訪花昆虫を開放系と閉鎖系において調査して、F₁採種用に有望な送粉昆虫を示したものである。

レタスの自家受粉は、3段階で進む。まず1) 開花時に花粉粒が柱頭片の内側に落ちる。次に、2) 柱頭片が回転して花粉粒と接触する。最後に、3) 花冠が閉じるときの花卉の動きによって、花粉粒が柱頭片の内側に落とされる。自動自家受粉は、これら3段階が組み合わせられてもたらされる。1) は大きな頭花をもつ品種において、2) は長い柱頭片をもつ品種において、3) は、小さな頭花と短い柱頭片をもつ品種においてそれぞれ有効であった。

上述のような受粉プロセスの特性に加えて、レタスの開花習性を勘案したところ、レタスのF₁採種用送粉昆虫の具備条件として、以下の5項目が必要であると判断された。1) レタスの長い開花期間(約60日)に対応する長い活動期間をもつこと。2) 朝の短い開花時間帯(満開時間帯は約1時間)に対応した活動時間帯をもつこと。3) レタスの小さな頭花(クリस्पヘッド・タイプの品種では12~14mm)での採餌に、適した小さな体サイズをもつこと。4) 雄性不稔株の花からの連続吸蜜に適した短い口吻(0.97~4.7mm)をもつこと。5) 気象条件に関係なく毎日開花するレタスの開花習性に対応するために、悪天候時にも活動性をもつこと。これら5項目であった。

送粉昆虫として具備すべき5項目に注目して、訪花昆虫の観察を行った。その結果、4年間の開放条件下での調査で3目11種の訪花昆虫が観察された。大部分の種は、コハナバチ類(ハチ目コハナバチ科)であった。コハナバチの一種ケナガチビコハナバチ Lasioglossum villosulum trichopse の訪花頻度は、他の訪花者より明らかに高かった(65.5%)。ミツバチ類の訪花は、観察されなかった。一方、5年間の閉鎖条件下での調査では、放飼した17種のハナバチ類と1種のハナアブのうち、10種のハナバチ類がレタスを訪花した。最も高い頻度で訪花したのはケナガチビコハナバチ(59.4%)で、次いでキバナヒメハナバチ Andrena knuthi (19.2%)、マメコバチ Osmia cornifrons (8.6%) の順であった。大部分の訪花者では訪花恒常性が欠如した「1日限りの採餌者」であった。これらは一時的な花蜜採餌者または連続的ではあるが花粉を主とする採餌者であった。これに対して、連続的な花蜜採餌者として行動したのは、ケナガチビコハナバチとキバナヒメハナバチ、オガサワラチビツヤハナバチ Ceratina boninensis の3種だけであった。なかでもケナガチビコハナバチとタンポポ族狭食性ハナバチであるキバナヒメハナバチの1日の採餌活動の時間帯は、レタスの開花時間帯と一致していた。

タンポポ族狭食性ハナバチは、前述したレタスの送粉昆虫としての具備条件を多く保有していると考えられたが、2種のタンポポ族狭食性ハナバチ(キバナヒメハナバチとシロスジフデアシハナバチ Dasyroda japonica)では、体長がクリस्पヘッド・タイプのレタスの花サイズと適合しなかった。クリस्पヘッド・タイプのレタスの頭花に適したハナバチ類の体長は、5.28~6.39mmの範囲にあると予測された。実際に、送粉効果についてみると、セイヨウミツバチ Apis mellifera (体長11.5mm)は、閉鎖条件下でのクリस्पヘッド・タイプのF₁採種においてまったく効果がなかった。亜熱帯産のオガサワラチビツヤハナバチ(体長5.68mm)は、温室内の高温条件下で送粉効果を示した。一方、ケナガチビコハナバチ(体長6.05mm)は、開放系と閉鎖系の両条件下で高い送粉効果を示した。これら2種での試験結果は、送粉昆虫を使ったレタスのF₁採種における最初の成功例となった。

本研究により、F₁採種用に有望な送粉昆虫がはじめて示された。また、昆虫側からの追究とともに、自家受粉の仕組みや、開花期、開花時間帯、花のサイズと花弁色、悪天候時の開花性などの、レタスの開花習性側からの追究の重要性が指摘された。

以上のように、本研究は従来にない全く新しい視点から研究領域を拓き、重要な情報を提供している。関連分野の発展にも大いに寄与すると思われる。学位論文として十分な独創性と優れた内容があるものと判定した。