

	ノカミヨ
氏名	野中 光代
本籍（国籍）	京都府
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 824 号
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 2 3 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
学位論文題目	セイヨウナタネ (<i>Brassica napus</i> L.) の革新的な品種育成のための基盤的研究 (Studies on innovative breeding in rapeseed(<i>Brassica napus</i> L.))
学位審査委員	主査 岩手大学准教授 畠山 勝徳 副査 岩手大学客員教授 高畑 義人 副査 山形大学准教授 笹沼 恒男 副査 弘前大学教授 石川 隆二

論文の内容の要旨

セイヨウナタネ (*Brassica napus* L.) は主に油糧用作物として世界的に利用されるアブラナ科 *Brassica* 属の植物である。本研究では、国内におけるセイヨウナタネの生産振興のための優れた品種の育成に関わる課題について取り組んだ。

第一章「国内の根こぶ病菌に有効な抵抗性セイヨウナタネ系統の開発」では、国内のセイヨウナタネ産地において被害が深刻化しているアブラナ科作物共通の難防除の土壤病害である根こぶ病に対して抵抗性を持つセイヨウナタネ品種の育成を行った。まず国内のセイヨウナタネ産地から採取した根こぶ病菌の病原型を調査し病原型グループ 2 およびグループ 4 が含まれることを明らかにした。そこで、これらの病原型に有効であると考えられるハクサイ由来の根こぶ病抵抗性遺伝子座 *Crr1* と *Crr2* を有する合成ナプスを用いて、戻し交雑と DNA マーカー選抜により暖地・温暖地向きと寒地・寒冷地向きのセイヨウナタネ普及品種に導入した。暖地・温暖地向き根こぶ病抵抗性系統は、福岡県築上町における現地汚染圃場および幼苗接種検定において安定した根こぶ病抵抗性を発揮し、優れた農業特性を持つことから「CR ななしきぶ」として品種登録出願を行った。寒地・寒冷地向き抵抗性系統については、種子に栄養学的に好ましくないエルカ酸が含まれていたことから、エルカ酸生合成に関わる *BnFAE1.1* の配列情報を用いて改良した無エルカ酸選抜 DNA マーカーを併用することにより *Crr1* と *Crr2* を持つ無エルカ酸系統を育成した。育成した品種および系統はセイヨウナタネ生産の安定化に寄与すると考えられる。

第二章「セイヨウナタネの種子品質安定化に関する解析」では、圧搾油の品質に影響する種子品質特性である種子重、含油率、種子のクロロフィル含量、トコフェノール含量に着目し、国内の主要な普及品種 6 品種について複数年の評価試験を行った。特に国内のセイヨウナタネ生産では収穫時期が梅雨にあたるために適期前に早刈りを行うケースが多く、その際に種子中にクロロフィルの残存が問題となっている。クロロフィル含量については、成熟期にお

いて品種間差異が認められること、成熟期以降に急激に減少することを明らかにした。種子重、含油率、トコフェロール含量については品種間差異がみられたが、成熟期以降の変化は少ないことを明らかにした。また、「ななしきぶ」を種子親、「キラリボシ」を花粉親として用いた交雑由来の F₂ 分離集団を用いて種子品質に関係する遺伝子座の検出を試みた。ddRAD-seq 解析により抽出した SNPs を用いて連鎖地図を構築し QTL 解析を行ったところ、種子重、グルコシノレート含量、Progoitrin 含量についての QTL は検出されたが、クロロフィル含量についての QTL は検出されなかった。種子品質に関わる形質は環境の影響を受けやすいことが示唆されたため、解析手法の改良が必要であると考えられた。

第三章「自家不和合性を利用した F₁ 育種システム実用化に向けた検証」では、自家不和合性を利用した新たな F₁ 採種システムをセイヨウナタネに実装するための検証実験を行った。本育種システムにおいては花粉親として利用可能な S ハプロタイプは既報の 5 タイプのうち 3 タイプに限定されるため、近年の国内外における普及品種や育成系統合計 24 品種・系統の S ハプロタイプの調査した結果、23 品種・系統が花粉親として利用可能であることを明らかにした。戻し交雑と DNA マーカー選抜によって *B. rapa* 由来の S ハプロタイプを導入した種子親系統を作出し、種子親系統が自家不和合性を示すこと、種子親と花粉親の交雑により得られた F₁ 個体は自家和合性であることが確認された。一方、種子親と花粉親を用いた F₁ 種子の採種試験において、種子親からの収穫した F₁ 種子（個体あたり平均 3227 粒）の純度を調査したところ、48.2% から 85.5% と基準に満たなかったため、採種における栽培条件や種子親の自家不和合性程度の強化を検討する必要があると考えられた。また、近年の普及品種や育成系統の交雑により得られた F₁ 19 組み合わせを用いて収量性試験を行ったところ、両親に育成系統を用いた組み合わせの中から優れた収量性を示す組み合わせを見出すことができた。以上より、国内品種および育成系統を供試材料として本育種システムを利用した F₁ 品種の育成が可能であると考えられた。

国内におけるセイヨウナタネ生産量は大幅に増加しており、生産現場や生産物を取り扱う搾油業者において多くの問題が生じている。本研究において取り上げた病害抵抗性の強化、種子品質の安定化、収量性の向上はセイヨウナタネ品種育成において最も重要な課題であり、本研究において得られた知見は、これらの形質を改良した画期的な品種を効率的に育成するために有用な情報になると考えられる。

論文審査の結果の要旨

セイヨウナタネ (*Brassica napus* L.) は主に油糧用作物として世界的に利用される植物である。近年、輪作・水田転作の作物として国内におけるセイヨウナタネの作付面積は増加傾向で推移しているが、それに伴い生産現場や生産物を取り扱う搾油業者において多くの問題が生じている。本研究では、主要な問題となっている、病害抵抗性、種子の品質、種子生産性に着目し、その課題解決のための研究を行った。得られた成果は以下の通りである。

国内の発病圃場で栽培可能な抵抗性品種を育成するために、発病圃場から収集した根こぶ病菌の病原型の調査を行い、病原型グループ 2 およびグループ 4 が含まれることを明らかにした。そこで、これらの病原型に有効であるハクサイ由来の根こぶ病抵抗性遺伝子座 *Crr1* と *Crr2* を有する合成ナプスを用いて、戻し交雑と DNA マーカー選抜により 2 つの抵抗性遺伝

子座を国内の普及品種に導入した。暖地・温暖地向きの系統は、現地汚染圃場および幼苗接種検定において安定した根こぶ病抵抗性を示し、優れた農業特性を持つことから「CR ななしきぶ」として品種登録出願を行った。一方、寒地・寒冷地向き系統の種子には、栄養学的に好ましくないエルカ酸が含まれていた。そこでエルカ酸生合成に関わる *BnFAE1.1* の塩基配列情報を利用して改良した無エルカ酸選抜 DNA マーカーを併用して、根こぶ病抵抗性で無エルカ酸の系統の育成に成功し、DNA マーカー選抜が国内のセイヨウナタネ品種の効率的な改良に有効であることを明らかにした。

圧搾油の品質に影響する種子品質特性である種子重、含油率、種子のクロロフィル含量、トコフェノール含量に着目し、国内の主要な普及品種 6 品種について複数年の評価試験を行った。国内のセイヨウナタネ生産では収穫時期が梅雨にあたるために適期前の早刈りによる種子中のクロロフィルの残存が問題となっている。クロロフィル含量については、成熟期において品種間差異が認められること、成熟期以降に急激に減少することを明らかにし、品種選定と大幅な早刈りを回避することで種子のクロロフィルの低減化に寄与できる可能性を示唆した。種子重、含油率、トコフェノール含量については品種間差異がみられたが、成熟期以降の変化は少ないことも明らかになった。また、遺伝解析から種子品質に関わる形質は環境の影響を受けやすいことが示唆され、解析精度を向上するための手法の改良など新たな課題も明らかになった。

自家不和合性を利用した新たな F₁ 採種システムをセイヨウナタネに実装するための検証実験を行った。本採種システムでは花粉親として利用可能な S ハプロタイプが限られているため、近年の国内外における普及品種や育成系統合計 24 品種・系統の S ハプロタイプを調査し、23 品種・系統が花粉親として利用可能であることを明らかにした。戻し交雑と DNA マーカー選抜によって *B. rapa* 由来の S ハプロタイプを導入した種子親系統を作出し、種子親系統が自家不和合性を示すこと、種子親と花粉親の交雑により得られた F₁ 個体は自家和合性であることを示した。また、組合せ能力検定試験を行い、両親に普及品種および育成系統を用いた組み合わせの中から収量性が優れる有望な組み合わせを見出すことができた。以上より、国内品種・系統を育種素材として本採種システムを利用した F₁ 品種の育成が可能であることを示唆した。

以上のように、本研究で得られた知見はセイヨウナタネの品種開発に利用できるだけでなく基盤研究に貢献することが期待される。よって、本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

Mitsuyo Kawasaki, Takayoshi Ohara, Masahiko Ishida, Yoshihito Takahata and Katsunori Hatakeyama (2021)

Development of novel clubroot resistant rapeseed lines (*Brassica napus* L.) effective against Japanese field isolates by marker assisted selection. *Breeding Science*
<https://doi.org/10.1270/jsbbs.2101>

