

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－中国研究交流）

1. 研究課題名：「SNP マーカー選抜による耐乾性ナタネの作出」
2. 研究期間：平成 24 年 4 月～平成 27 年 3 月
3. 支援額： 総額 14,450,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	西尾 剛	東北大学大学院農学研究科	教授
研究者	北柴大泰	東北大学大学院農学研究科	准教授
研究者	白澤沙知子	東北大学大学院農学研究科	助教
研究者	Zou Zhongwei	東北大学大学院農学研究科	博士課程学生
研究者	Yong Hui-Yee	東北大学大学院農学研究科	博士課程学生
研究者	殿崎 薫	東北大学大学院農学研究科	博士課程学生
研究期間中の全参加研究者数		6 名	

相手側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Zhang Xue-kun	Oil Crops Research Institute of CAAS	Professor
研究者	Zhang Chun-lei	Oil Crops Research Institute of CAAS	Professor
研究者	Li Feng	Oil Crops Research Institute of CAAS	Assistant Professor
研究者	Lu Guang-yuan	Oil Crops Research Institute of CAAS	Associate Professor
研究者	Li Jun	Oil Crops Research Institute of CAAS	Assistant Professor
研究期間中の全参加研究者数		5 名	

5. 研究・交流の目的

地球温暖化は不毛な乾燥地を拡大し、世界における作物の総生産量の減少をもたらす。中国では、砂漠化が黄砂の増加をもたらし、環境問題にもなっている。春に乾燥ストレス耐性（耐乾性）の作物を栽培することは、黄砂の減少と食糧生産の両方に貢献できる。環境ストレス耐性の遺伝子組換え作物を開放系で栽培することは、生物多様性に対するリスクをもたらすため、自然変異や突然変異を耐乾性の遺伝子源として用いることが望ましい。日本の東北大学では、アブラナ科作物近縁種の世界的に貴重な遺伝資源と、独自に開発した育種技術として利用可能な一塩基多型（SNP）分析技術を有し、中国の油糧作物研究所では、セイヨウナタネの育種に蓄積があり、耐乾性の評価法を独自に開発してきた。本国際交流研究は、東北大学と油糧作物研究所の協力により、独自の育種技術を用いて、中国の乾燥地や半乾燥地で栽培できるセイヨウナタネ系統や、耐乾性を持ち有害なエルカ酸やグルコシノレートを含まない食用油用のカラシナ系統を作出しようとするものである。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

- ・AC ゲノムを持つセイヨウナタネの祖先にあたるC ゲノム種の種子を日本側から中国側に提供し、中国側で遺伝資源の多様性評価が行われ、A ゲノム種との種間交雑により新規セイヨウナタネが作出された。これは、既存のセイヨウナタネより遺伝的な多様性を持つため、耐乾性の強いものが含まれることが期待できる。葉毛は、虫害耐性だけでなく、乾燥などの環境ストレス耐性にも関わることが知られているが、葉毛が多いC ゲノム種の特徴をセイヨウナタネに入れることが出来た。

- ・日本側では、セイヨウナタネの85系統の塩ストレス耐性を評価し、遺伝解析により117箇所の遺伝子座を見いだした。その内の効果の大きい第1染色体(A1)の遺伝子座には*BnaaTSN1* 遺伝子があり、耐塩性が弱い系統では全て機能不全型の対立遺伝子となっていたため、これが耐塩性を決定する遺伝子の有力な候補と考えられた。

- ・日本側で既報に基づいて*FAE* 遺伝子の低エルカ酸特性のSNP マーカーを作成し、カラシナ27系統の遺伝子型分析をしたが、予想に反してSNP マーカーとエルカ酸含量が対応しなかったため、中国側で耐乾性が強いと評価されたカラシナ系統に日本側で突然変異を誘発し、突然変異体集団を2年かけて4,000系統作成した。中国側で、Aゲノム種の1,981系統から一つのエルカ酸ゼロ系統が見いだされたため、Bゲノム種との種間交雑によるエルカ酸ゼロのカラシナの育成に有効に利用できる。

- ・日本側と中国側のセイヨウナタネ遺伝資源系統を合わせて用い、耐乾性に関わる遺伝子座の解析を行い、遺伝子座を3カ所検出した。この遺伝子座周辺には多数の塩基配列多型が見いだされ、育種選抜SNP マーカーとして有効に活用できる可能性が示された。

- ・耐乾性の機構は耐塩性機構と共通していると考えられる。日本側で耐塩性を評価した85系統のセイヨウナタネのうち50系統について耐乾性が評価された。両結果を比較したところ、耐乾性の程度と耐塩性の程度に高い相関があることが明らかになった。同様に、日本側が提供した耐塩性の強いカラシナ系統は、中国側の評価調査により乾燥ストレスにも強いことが明らかになった。このことは、これらが複合環境ストレス耐性のための遺伝資源として有望であることを示唆し、有益な成果が得られた。

- ・中国側で、セイヨウナタネのエルカ酸含量、グルコシノレート含量に関わる遺伝子座解析を行った。エルカ酸含量の遺伝子座は、A8とC3に検出され、いずれも*FAE1* 遺伝子を含む領域であることを明らかにした。

- ・耐乾性が強いセイヨウナタネ数系統とカラシナ数系統で種間交雑を行い、種間雑種後代を日本側および中国側それぞれで育成中である。

- ・耐乾性関連遺伝子座のSNPが同定されたことにより、SNP マーカー選抜による育種が効率良く進むようになった。選抜は交雑集団の幼苗期に行うため、栽培圃場の省スペース化（従来の1/10のスペース）、低コスト化、省力化が可能となり、日本側で開発したSNP解析法を使うことで選抜を迅速（約3日）に行うことができる。

- ・耐塩性及び耐乾性関連遺伝子座のSNPが同定され、エルカ酸含量、グルコシノレート含量に関わる遺伝子座が明らかにされたことにより、複合環境ストレス耐性の品種育成が可能となり、中国だけでなく、インド、中東、アフリカ地域の食料生産への貢献が期待できる。

6-2 人的交流の成果

- ・相手側研究者の一人を、博士研究員として2年間受入れることになり、相手側研究機関との研究交流がより活発になるとともに、研究交流につながる人材育成ができた。同氏は、日本語、英語も堪能で、今後の日中研究交流に大いに活躍できる人材となると期待している。

- ・日本側の留学生2名を、平成24年12月、平成26年3月に日本側研究代表者が相手側を訪問した際にそれぞれ同伴し、研究交流を行った。1名は中国からの留学生、1名はマレーシアからの留学生で、いずれも英語と中国語が堪能であるため、相手側との研究交流につ

ながる人材となりうる。その内の一人は、日本側研究室で博士研究員となることを希望している。

・平成 27 年 3 月に日本側から准教授が相手側研究機関を訪問し、セミナーで講演した。同氏にとっては初めての中国訪問であり、今後の研究交流を図っていく上で若手研究者の中国に対する好感が不可欠で、この訪問は有効であった。

・平成 26 年 12 月 5 日に、東北大学において、日中合同セミナー「Genetic studies on stress tolerances and reproduction traits in *Brassica* crops」を開催し、日本側がプロジェクトメンバー 2 名、その他 2 名、中国側がプロジェクトメンバー 3 名、その他 1 名がそれぞれ英語で講演を行い、研究交流を行った。中国側プロジェクトメンバー 3 名の内 2 名は相手側研究代表者と上記の博士研究員であるが、もう 1 人は若手研究者であった。若手研究者と交流することにより、今後の研究交流の持続的発展が期待できる。中国側からは他に 2 名の研究者の参加があり、その内の 1 名は相手側研究機関と同じ武漢にある華中農業大学の准教授で、あと一人は、同准教授の研究室のポスドクで、両氏との交流は今後の研究交流の拡大につながると期待している。もう 1 名の中国からの参加者は大連工業大学の准教授で、その後 2 ヶ月間日本側研究室で研究を行った。

・平成 26 年 4 月 2 日に、相手側研究機関において「International symposium on rapeseed breeding for drought tolerance」が開催され、日本側研究代表者と中国側研究代表者が座長を務め、日本側研究代表者は講演も行った。この講演会では、イギリスやオーストラリアの研究者も参加し、セイヨウナタネのゲノム研究を推進した教授とも情報交換を行った。同教授とは、その後セイヨウナタネのゲノム情報の提供を受け、共同で論文執筆を行った。中国側研究員も同教授からゲノム情報の提供を受け、共同で論文を発表した。このように、国際協力がより発展し、拡大していく可能性がある。

7. 本研究交流による主な論文発表・主要学会での発表・特許出願

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年、DOI ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等	特記 事項
論文	Li F, Zou Z, Yong H-Y, Kitashiba H, Nishio T: Nucleotide sequence variation of GLABRA1 contributing to phenotypic variation of leaf hairiness in Brassicaceae vegetables. Theor Appl Genet 126: 1227-1236 (2013)	共著
論文	Yong H-Y, Wang C, Bancroft I, Li F, Wu X, Kitashiba H, Nishio T: Identification of a gene controlling variation in salt tolerance of rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.). Planta in press (2015)	共著
論文	Yong H-Y, Zou Z, Kok E-P, Kwan B-H, Chow K, Nasu S, Nanzyo M, Kitashiba H, Nishio T; Comparative transcriptome analysis of leaves and roots in response to sudden increase in salinity in <i>Brassica napus</i> by RNA-seq. BioMed Res International Article ID 467395 (2014)	
総説	Zhang X, Lu G, Long W, Zou X, Li F, Nishio T: Recent progress on drought and salt tolerance studies in Brassica crops. Breed Sci 64: 60-73 (2014)	共著
論文	Li F, Chen B, Xu K, Wu J, Song W, Bancroft I, Andrea LH, Trick M, Liu S, Gao G, Wang N, Yang G, Qiao J, Li J, Li H, Xiao X, Zhang T, Wu X (2014). Genome-wide association study dissects the genetic architecture of seed weight and seed quality in rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.). DNA Research, 21, 355-367 (2014)	