

戦略的創造研究推進事業(ALCA)
技術領域(プロジェクト名)「革新技術領域」

課題名「人為的アポミクシス誘導技術の開発による
植物育種革命」

終了報告書

研究開発期間 平成27年10月～令和2年3月

研究開発代表者:高木 優
(国立大学法人埼玉大学大学院理工
学研究科、教授)

○報告書要約（和文）

研究開発代表研究者：埼玉大学 教授 高木 優

研究開発課題名：人為的アポミクシス誘導技術の開発による植物育種革命

1.研究開発の目的

本研究では、独自性の高い植物転写因子リソースと胚発生研究・転写因子研究の経験を活かして、受精を介さずにクローン種子を形成する『アポミクシス』を人為的に誘導する技術を確立し、多様な植物に適用することを目指す。それにより、バイオ燃料・バイオ素材の生産に有用な高バイオマス、高生産性を持つ新品種の育種を加速し、また、F1 有用形質の固定によって生産量を増加させ、直接的には増産した糖や油脂をバイオ燃料・素材生産に用いることで、持続的な低炭素社会の実現に貢献する。

2.研究開発の概要

(1)内容：我々が独自に開発した遺伝子サイレンシング技術（CRES-T 法）を基盤として、植物における未受精でクローン種子をつくるアポミクシス現象を人為的に誘導する技術を確立する。確立したアポミクシス誘導技術で大規模栽培されている主要穀物やアブラヤシなどに適応させることによって、世界の穀物と油糧植物の生産量を 20%以上増産させ、それに伴う CO₂ 固定量を増加させると共に、増加分をバイオマテリアル、バイオ燃料などに利用することによって地球規模の CO₂ の劇的な削減と持続可能な低炭素社会の確立を目指す。

(2)成果：埼玉大学チームでは、これまで誰もが解析に携わっていない珠心胚形成によるアポミクシス性胚誘導技術の開発を行った。その結果、ほぼ 100%の頻度で不定胚を誘導するキメラリプレッサーを 2 種類単離した。それらを母方 2n 組織である胚嚢内皮で特異的に発現するプロモーターで誘導させたシロイヌナズナ形質転換体を作成した結果、一つの胚珠内に受精胚とアポミクシス性胚と考えられる 2 つの魚雷型胚を胚珠内に同時に持つ形質転換体の単離に成功した。また、未受精で胚乳を肥大させる ESP と名付けた 5 種類の転写因子に対するキメラリプレッサーを見出した。産総研では、それらのイネオーソログに対するキメラリプレッサーを発現するイネを作製し、受精なしで明瞭な胚珠の肥大と胚乳形成が認められ、胚種内にデンプン塊の蓄積が認められた。横浜市立大学グループでは、DNA メチル化等のエピゲノム解析の基盤データを整備するとともに、ポリコム複合体構成因子の変異体において、受精に依存しない胚乳発生の表現型の同定に成功した。

(3)今後の展開：本アポミクシス誘導技術をベースに、主要穀物で F1 ハイブリッド種や収量性の高いエリート品種が作出され、これらの作物において 20%の増産が見込まれたと仮定する。増産分をバイオエタノール生産に流用した場合、主要穀物の世界レベルの一年間の生産量から概算して下 2 億トン CO₂削減効果が期待できる。主要穀物やエネルギー植物での生産量が 20%増収となれば、バイオエネルギー、バイオマテリアル生産に必要な原料の安定した供給、および生産コスト削減が可能となる。本研究で開発するアポミクシス誘導技術は、キメラリプレッサーを用いたシステムであり、遺伝子サイレンシング技術であることから、将来的にゲノム編集技術を用いた再現も可能である。

○Report summary (English)

Principal investigator: Saitama University professor Masaru Ohme-Takagi

R & D title: The Plant Breeding Revolution through the Development of Artificial Apomixis Induction Technique

1. Purpose of R & D

The aim of this research is to establish the technology that induces “Apomixis” artificially without fertilization and to apply the established apomixis technology to various plants by utilizing the highly unique resource of plant transcription factors and the knowledge of embryo and endosperm development. Based on the established apomixis technology, we will contribute establishing the sustainable low-carbon society through fixation of the F1 hybrid traits and acceleration of breeding of the new varieties with high productivity and biomass, which are to be used for production of biofuels and biomaterials for the reduction of CO₂.

2. Outline of R & D

(1) Contents: The artificial apomixis inducing technology that enables to produce clone seeds without fertilization is to be established by the epigenesis research and the gene silencing technology (CRES-T) that was originally developed by the applicant group. By applying the established apomixis technology to large-scale cultivated major cereals and oil palm, it is expected to increase the production of cereals and palm oil in the world by 20% or more, and increase the amount of CO₂ fixation accompanying it. The goal of this project is to reduce global CO₂ emissions and establish a sustainable low-carbon society by utilizing the increased amount for biomaterials and biofuels.

(2) Achievements: The research team of Saitama University identified two chimeric repressors that induce somatic embryos at a frequency of almost 100% and developed inducing system of the apomictic embryos using the chimeric repressors, which system has not been developed so far. We have identified the ovules in which two torpedo-shaped embryos were developed in a single ovule when the chimeric repressor that induces somatic embryos was expressed by the integument specific promoter. We also identified the chimeric repressors for five transcription factors named ESPs, which expanded endosperms without fertilization. The research team of AIST prepared transgenic rice plants that expressed the chimeric repressors for the Arabidopsis ESP orthologues, and found that their ovules were expanded without fertilization and accumulated starch mass. The research team of Yokohama City University identified a polycomb mutant for the first time in rice and contributed greatly to the elucidation of the imprinting mechanism in rice, which was unknown until now.

(3) Future developments:

By using the developed apomixis technology, the useful traits of the F1 hybrids and high-yielding elite varieties with increased yield by 20% will be produced in major cereals. If the increased production is diverted to bioethanol production, the CO₂ reduction effect of 200 million tons per year can be expected, which is estimated from the world-class annual production of major grains. A 20% increase in production in major cereals and energy plants will enable a stable supply of raw materials required for bioenergy and biomaterial production and reduce production costs. The apomixis induction technology developed in this study is a system that uses a chimeric repressor, which is a kind of gene silencing technology, so it can be reproduced in the future using genome editing technology.