

高機能プロモーターゲノム編集技術の化学生物学的イノベーションによる
イネ・コムギ・ダイズの種子収量増産に関する開発研究30009
AB1

分野

適応地域

農業－水稲
畑作物

全国

【研究グループ】

京都大学、農研機構、北海道大学、東京大学

【研究総括者】

京都大学 大学院生命科学研究科 中野 雄司

【研究期間】

令和3年度～令和5年度(3年間)

キーワード: イネ・小麦・ダイズ、プロモーターゲノム編集、種子収量増産、機能獲得型形質、遺伝子発現制御

1 研究の目的・終了時の達成目標

突然変異育種や従来のゲノム編集技術で作物に付与できるのは機能欠損型の形質である。一方、遺伝子組換え技術で遺伝子発現を活性化すれば、機能獲得型の形質を付与できる。本研究は遺伝子組換えではなく、プロモーター配列のゲノム編集により遺伝子発現を活性化することで、イネ・コムギ・ダイズの種子収量増産技術を確立することを目的とする。応用研究ステージでは、各作物において種子収量増産遺伝子の発現を実用化レベルまで活性化するとともに、従来よりも高活性のゲノム編集効率化化合物を開発することを目標とする。

2 研究の主要な成果

- ①種子収量増産遺伝子のプロモーターゲノム編集により作出したイネの第3世代で、1株あたり種子収量が野生型の145%および115%に増大した2系統が得られた。両系統とも、出穂前の第一穂で当該遺伝子の発現量の増加を確認した。
- ②種子収量増産遺伝子のプロモーターゲノム編集により作出したダイズの第1世代で、分枝の伸長促進が観察され、個体あたり種子数が野生型の128%に増加した1系統が得られた。
- ③種子収量増産遺伝子のプロモーターゲノム編集により作出したコムギの第1世代、第2世代では、種子収量増大系統は得られなかった。しかし、遺伝子組換えにより作出したコムギの第2世代で、種子収量が野生型の165%に増大した系統が得られ、当該遺伝子の高発現による種子収量増大の可能性が示された。
- ④ゲノム編集効率化活性のアッセイ系を確立し、スクリーニングを行うことなどにより、ゲノム編集効率を3倍以上に高める化合物を発見した。効果活性発現には4環性構造を持つことが重要であることを明らかにした。

公表した主な特許・論文

- ① Kumagai et al., Introduction of a second 'Green Revolution' mutation into wheat via in planta CRISPR/Cas9 delivery. *Plant Physiology*, 188(4), 1837-1842. (2021)

3 今後の展開方向

- ①プロモーターゲノム編集による収量増大が確認されたイネ2系統について、種子収量増大に有効なプロモーター配列をさらに探索してゲノム編集を行い(多重プロモーターゲノム編集)、より高い収量増産が得られるイネを作出する。
- ②種子収量増産遺伝子のプロモーターゲノム編集により、種子収量以外にも植物成長に環境適応性など有効となる形質を付与できる可能性についても研究を進める。

【今後の開発・普及目標】

- ①2年後は、多重プロモーターゲノム編集で作出したイネ系統の後代の形態観察を進め、多収性を確立する。
- ②5年後は、多重プロモーターゲノム編集で作出したイネ系統について、圃場試験で多収性を確認する。
- ③最終的には、本技術を他の作物にも適用し、多収量やその他の有用形質を持つ作物種の開発に活用する。

4 開発した技術・成果の実用化により見込まれる波及効果及び国民生活への貢献

- ①イネ、コムギ、ダイズの多収性品種に加えて、機能獲得型の有用形質を付与した新品種の開発が見込まれる。ゲノム編集効率化化合物は、医療、健康、動物分野などへの波及も期待される。
- ②遺伝子組換えに頼らずに有用な形質を付与した作物新品種の普及により、国民が安心できる食料の安定供給に貢献する。

(30009AB1) 高機能プロモーターゲノム編集技術の化学生物学的イノベーションによるイネ・コムギ・ダイズの種子収量増産に関する開発研究

研究終了時の達成目標

遺伝子組換えではない、プロモーターゲノム編集技術を用いて種子収量増産遺伝子の発現を活性化することにより、イネ・コムギ・ダイズの種子収量を増産する技術確立する。

研究の主要な成果

【研究成果】

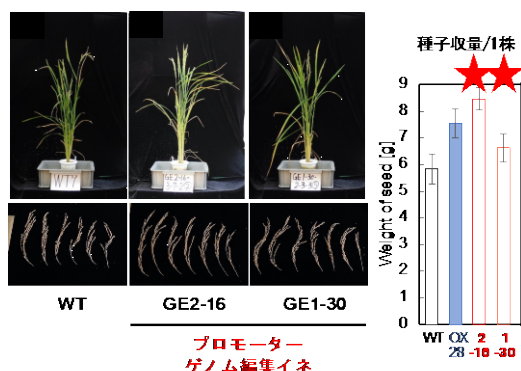
①種子収量増産遺伝子のプロモーターゲノム編集で作出したイネの第3世代(注)2系統で、**種子収量の増大化に成功**(右図)し、出穂前の第一穂で、遺伝子の発現量増加を確認した。

注:ゲノム編集を行った世代を第0世代、その子を第1世代とする。

②種子収量増産遺伝子のプロモーターゲノム編集で作出したダイズの第1世代で、分枝の伸長が観察され、個体あたり種子数が野生型の128%に増加した1系統が得られた。

③遺伝子組換えにより種子収量増産遺伝子を過剰発現させたコムギの第2世代で、種子収量が野生型の165%に増大した系統が得られ、当該遺伝子の高発現による種子収量増大の可能性が示された。

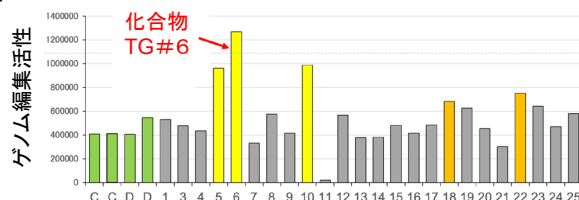
④ゲノム編集効率化活性のアッセイ系を確立し、スクリーニングを行うことなどにより、**ゲノム編集効率**を3倍以上に高める化合物のほか、2倍程度に高める複数の化合物を発見した(右図)。効果活性発現には4環性構造を持つことが重要であることを明らかにした。



ゲノム編集により、種子収量が野生型の145%および115%に増大したイネ

左:植物形態、右:種子収量

GE2-16, GE1-30:ゲノム編集株、OX28:遺伝子組換え株、WT:野生株



ゲノム編集効率を対照(C, D)に比べて3倍以上に向上させる化合物(TG#6、黄色)、2倍以上(黄色#5, #10)、1.6倍以上(橙色, #18, #22)に向上させる化合物

今後の展開方向

プロモーターゲノム編集による種子収量増大が確認されたイネを対象に、種子収量増大に有効なプロモーター配列をさらに探索し、多重プロモーターゲノム編集配列を持つ系統を創出することにより、種子収量がいっそう増加した系統を作出する。さらに、この技術を他の作物や、種子収量以外の有用形質へも展開する。

見込まれる波及効果及び国民生活への貢献

①イネ、コムギ、ダイズの多収性品種などの機能獲得型の有用形質を付与した新品種の開発が見込まれる。ゲノム編集効率化化合物は、医療、健康、動物分野などへの波及も期待される。

②遺伝子組換えに頼らずに有用な形質を付与した作物新品種の普及により、国民が安心できる食料の安定供給に貢献する。