

食料安全保障強化に資する新品種開発

【研究概要及び成果】

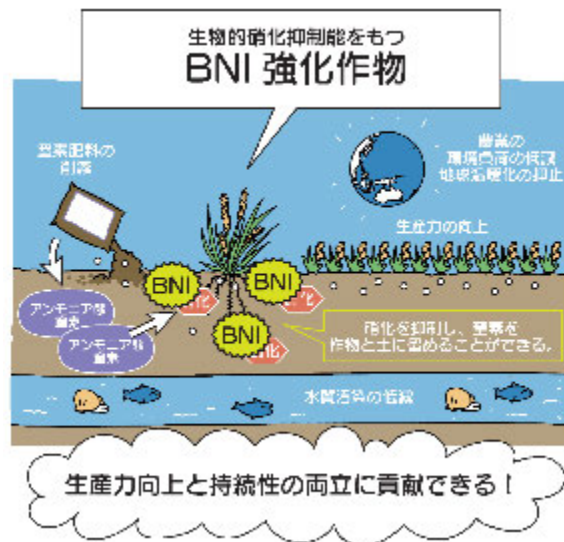
研究代表機関：（国研）国際農林水産業研究センター

共同研究機関：（国研）農研機構 北海道農業研究センター、長野県農業試験場、
ホクレン農業総合研究所、道総研 北見農業試験場 日清製粉つくば穀物科学研究所

1. 研究背景・目的

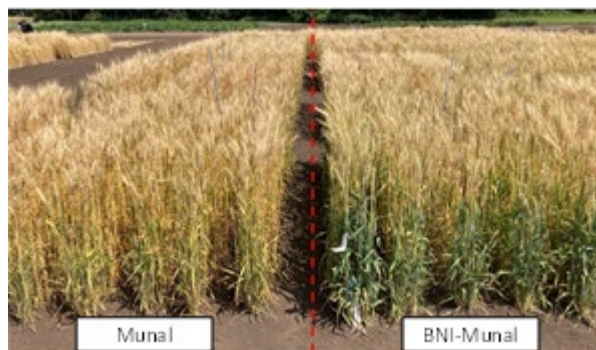
コムギ生産には工業的窒素固定に由来する窒素肥料が大量に使用されている。このような作物生産における窒素肥料の使用は、地球の環境負荷の許容量を既に超えていると言われている。国際農研は土壌微生物による硝化を抑制し、窒素を土壌に留め、効率よく作物に吸収させる生物的硝化抑制（BNI）強化作物の研究を推進している。野生コムギ（*Leymus racemosus*）の高いBNI能を南アジア向け国際コムギ品種“Munal”に導入したBNI強化コムギは、圃場試験にて少ない窒素施肥でも収量を確保できることを証明した。

本研究では、国内向けBNI強化コムギを開発するため、戻し交配により野生コムギ由来のBNI能を導入するとともに、BNI能評価系の多検体化等により、国内向けBNI強化コムギ開発の加速を図る。



2. 研究内容と研究成果

- ①野生コムギ由来のBNI能に関わる硝化抑制物質として、6-メトキシ-2-ベンゾキサゾリノンと同定し、その放出機構を明らかにした。
- ②BNI能評価系の高感度化および多検体化による迅速化のため、土壌硝化菌（*Nitrosomonas*）の生育ステージの影響等を踏まえた改善により、当該評価系のハイスループット化に成功。
- ③現世代よりも1.5倍程度BNI能が高い次世代BNI強化コムギ“Tr.#7”を国際農研に導入し、BNI能を圃場で確認した。
- ④国内向けコムギ品種（本州向けコムギ、北海道向け春播パン用コムギ等）に対しBNI能を導入し、BC4F1～BC5F3世代の中間系統を作出した。



春播き条件下での
BNI強化Munalと親系統Munalの生育

3. 達成目標と達成状況

達成目標

- 1.野生コムギ由来の遺伝子に制御される、根圏土壌にコムギ根から放出されるBNI物質の特定。
- 2.次世代BNI強化コムギTr.#7のBNI能を確認した上で、圃場で評価し、国内向けBNI強化コムギ育成に導入。
- 3.国内向けBNI強化コムギの中間系統1系統以上が作出。

達成状況

- 1.Lr#N-SAに由来するBNI物質6-メトキシ-2-ベンゾキサゾリノンと同定。
- 2.次世代BNI強化コムギTr.#7系統について、圃場における硝化抑制能を確認。
- 3.各種国内向け品種へのBNI能導入に取り組み、BC4F1～BC5F3世代の中間系統を6系統作出。

課題1：BNI強化コムギのBNI物質の同定

【研究概要及び成果】

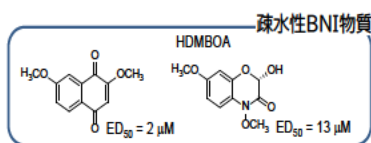
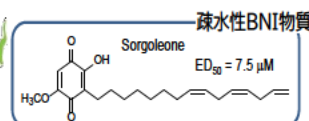
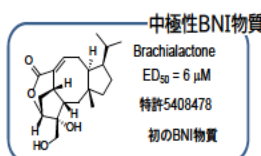
対象品目：コムギ

担当研究機関：（国研）国際農林水産業研究センター

1. 研究背景・目的

BNI強化コムギでは、野生コムギ *Leymus racemosus* N染色体短腕(Lr#N-SA)がコムギ3B染色体短腕と置換されており、この野生コムギ染色体の一部がBNI能の発揮を担う。主要なBNI物質は根から分泌される水溶性の物質であることが分かっているが、BNI物質の単離同定には至っていない。

そこで本研究では、硝化抑制効果の定量系である *Nitrosomonas* アッセイに基づき、Lr#N-SAに由来するBNI物質を単離・同定し、BNI強化コムギを評価するための指標とすることを目的とする。

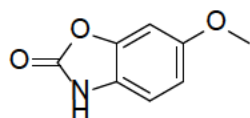


報告のあるBNI物質の例（イネ科作物）

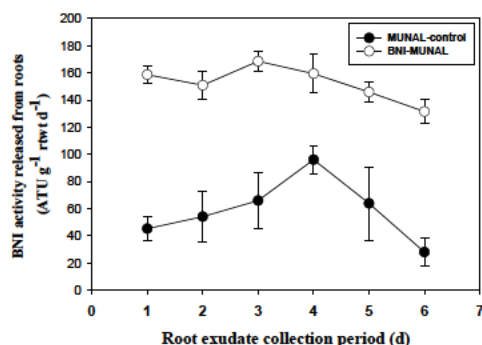
2. 研究内容と研究成果

BNI能は、作物から根圏土壤に放出されるBNI物質により発揮されるため、BNI物質を特定することがBNI強化コムギを活用する上で重要である。

調整した根滲出物を分離分画し、主要なBNI物質と思われるピークを単離の上、本ピークが6-メトキシ-2-ベンゾキサゾリノン(MBOA)であることを明らかにした。



6-メトキシ-2-ベンゾキサゾリノン



BNI強化コムギでは親系統の2.5倍程度のBNI能が発揮される

3. 達成目標と達成状況

達成目標

野生コムギ *Leymus racemosus* N染色体短腕に由来し、BNI強化コムギの根から根圏土壤に放出されるBNI物質の特定。

達成状況

BNI強化Munal及び親系統Munalから得られた根滲出物の分離分画を実施し、主要なBNI活性を示すピークが6-メトキシ-2-ベンゾキサゾリノンであることを明らかにした。

課題2：硝化抑制を評価する*Nitrosomonas*アッセイの多検体化 【研究概要及び成果】

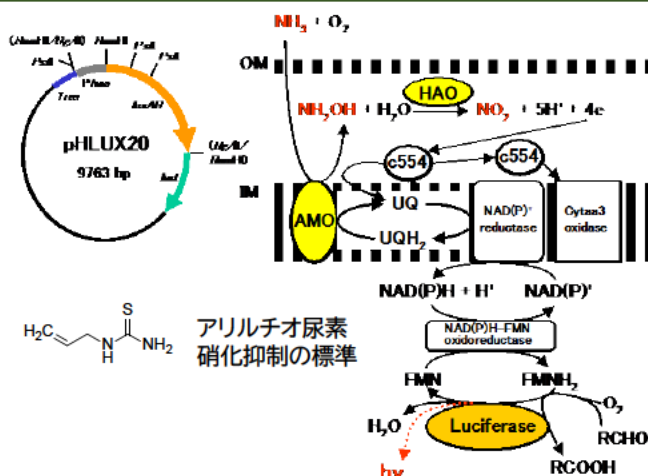
対象品目：コムギ

担当研究機関：（国研）国際農林水産業研究センター

1. 研究背景・目的

BNI能の評価は、作物水耕栽培から滲出液を調製し、これを濃縮後、遺伝子組換え*Nitrosomonas*の発光を利用した硝化抑制アッセイ系（*Nitrosomonas*アッセイ）により実施しているが、当該アッセイ系は比較的大量の試料を必要とすることから、BNI能評価におけるボトルネックとなっている。

そこで本研究では、試験の小スケール化を通じた当該アッセイ系の多検体化により、処理能力を飛躍的に向上させることを目的とする。



遺伝子組換え*Nitrosomonas*の発光を利用した
硝化抑制アッセイ系

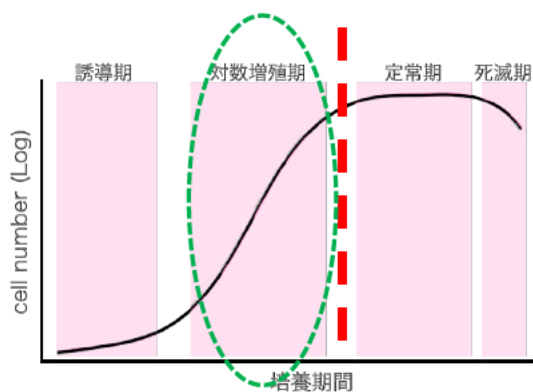
2. 研究内容と研究成果

*Nitrosomonas*の生育速度は他の微生物に比べ遅いため、多検体を同時に評価するには試料量の減少など、分析の感度に関わる障害があるが、*Nitrosomonas*の生理に着目し、高感度化を図ることにより、効率化、多検体化に成功。

これにより、*Nitrosomonas* アッセイのハイスループット化を実現した。



多検体
試料量小



Nitrosomonas の増殖曲線と
アッセイ適期

3. 達成目標と達成状況

達成目標

*Nitrosomonas*アッセイの小スケール化による多検体化

達成状況

*Nitrosomonas*アッセイの高感度化と、これに伴う自動化により、ハイスループット化が実現し、従来に比べ単位時間当たり10倍以上の試料を測定できるようになった。

課題3：より高いBNI活性を持つ次世代BNI強化コムギ(Tr. #7)の活用 【研究概要及び成果】

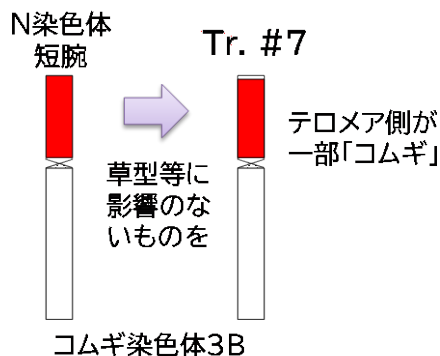
対象品目：コムギ

担当研究機関：（国研）国際農林水産業研究センター、日清製粉つくば穀物科学研究所

1. 研究背景・目的

現世代のBNI強化コムギは野生コムギ *Leymus racemosus* N染色体短腕(Lr#N-SA)の導入を基盤としている。一方で、これまでにN染色体短腕をさらに短縮した系統をCIMMYTとの共同研究により作出しており、現世代の1.5倍程度のBNI活性を持つTr.#7置換系統を見出している。

そこで本研究では、次世代BNI強化コムギであるTr.#7置換系統について、圃場試験により詳細に評価すると共に、国内の共同研究機関と共有し、国内向け次世代BNI強化コムギの育成を図る。

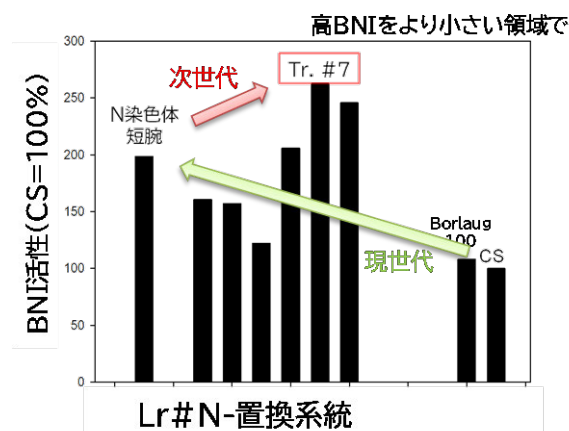


Tr. #7の染色体（テロメア側がコムギ3B）

2. 研究内容と研究成果

Tr.#7置換系統は、*Leymus racemosus* N染色体短腕の一部をコムギ3B染色体に戻した系統から選抜された。CIMMYTから国際農研圃場にBNI-Roelf F2007を導入し、作付けを開始した。評価、種子増殖後、国内向けBNIコムギ育成機関と共有する。

圃場における土壌中硝酸イオン濃度を測定し、BNI強化コムギが圃場において硝化抑制することを確認した。また、BNI強化コムギプロトタイプでは、製粉歩留まりが向上すると共に、蛋白質含量が増加することを確認した。



Tr.#7（次世代BNI強化コムギ）ではLr#N-SA（現世代）と比較してBNI能が3-4割向上

3. 達成目標と達成状況

達成目標

Tr.#7置換系統のBNI能確認
圃場におけるTr.#7置換系統の知見取得

達成状況

Tr.#7置換系統について、国内コムギ品種で活用するための基盤を確立し、BNI強化コムギが圃場においても硝化抑制能を持つことを確認した。

さらに、実需者による確認で、Lr#N-SAの導入による品質への致命的な影響は見られなかった。

課題4：国内コムギ品種へのBNI能の導入 【令和6年度研究概要及び成果】

対象品目：コムギ

担当研究機関：（国研）国際農林水産業研究センター・（国研）農研機構 北海道農業研究センター、
長野県農業試験場、ホクレン農業総合研究所、道総研 北見農業試験場

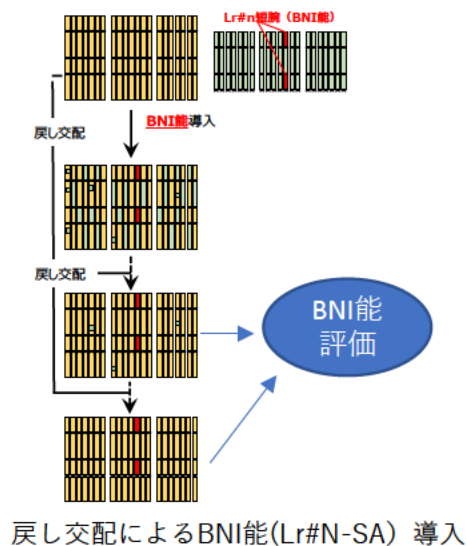
1. 研究背景・目的

コムギは日本の農地の5%を占め、国内コムギ消費の16%が国産コムギで占める。コムギ品種はそれぞれ生産に適した地域が異なり、求められる品種の特性が異なることから、これらの品種に野生コムギ由来のBNI能を導入し、国内向けの優良形質を持つBNI強化コムギを作出することにより、化学肥料投入の削減と環境負荷低減を図る必要がある。

BNI能導入には、親系統の相性があり、これについては科学的な解明が進んでいないことから、多くの優良品種へのLr#N-SA導入を試み、後代のBNI能を検証する必要がある。

S

2. 研究内容と研究成果



各研究機関にて、BNI強化コムギから、国内優良品種へのBNI能の導入に向けた交配を開始

- ① 北海道向け秋播パン用コムギへのBNI能の導入と評価
- ② 本州向けコムギへのBNI能の導入
- ③ 北海道向け春播パン用コムギへのBNI能の導入
- ④ 北海道向け秋播麺用コムギへのBNI能の導入



共同研究機関の位置

3. 達成目標・期待される効果

達成目標

野生コムギ由来BNI能を導入した国内向けBNI強化コムギの中間系統を作出する。

達成状況

BNI強化Munalから国内優良品種へLr#N-SAが導入され、中間系統が作出された。
BC4F1～BC5F3世代の中間系統を作出。