

少ない窒素肥料で高い生産性を示す生物的硝化抑制 (BNI) 強化コムギの開発

〔要約〕 高い BNI 能を持つ野生コムギ近縁種であるオオハマニンニクとの属間交配により、多収品種に BNI 能を付与した BNI 強化コムギを開発できる。BNI 強化コムギは、土壌中のアンモニア態窒素の硝化を遅らせ、その土壌中濃度を向上させ、低窒素環境でも生産性が向上する。

BNI 強化コムギの活用により、窒素肥料の損失に伴う N_2O 排出による地球温暖化の緩和と水質汚濁物質の削減が期待できる。

〔キーワード〕 コムギ、生物的硝化抑制、野生コムギ近縁種、アンモニア態窒素、窒素利用効率

〔分類〕 技術

〔背景・ねらい〕

近代農業は、工業的に固定した窒素を農地に投入することを基盤としている。しかし、アンモニア態窒素として投入した窒素の過半は、作物に利用されず農地外へと溶脱・流出している。窒素の損失の多くは、土壌細菌による硝化を原因としており、生成物の硝酸態窒素は、水圏環境の悪化を引き起こすと共に、その後の窒素循環により CO_2 の 298 倍の温室効果のある N_2O が生じる。植物が根から硝化を抑制する物質を分泌し、土壌窒素の溶脱を防ぐ BNI は、熱帯牧草の機能として 2009 年に世界に先駆けて国際農研が証明し、作物への展開が期待されている。BNI を食料システムに応用することで、窒素を土壌に留め、作物の窒素利用効率を向上させることが出来る。これにより、少ない窒素投入で高い生産性を確保できると共に、窒素の損失に伴う環境汚染を低減でき、地球温暖化の緩和に繋がる。コムギは三大作物の 1 つで、世界で最も広く栽培されると共に、最も多くの窒素が投入される作物であるが、BNI 能の高い品種は現在まで見出されていない。このため、高い BNI 能を示す野生コムギ遺伝資源の活用による BNI 能の強化により、生産力向上と持続性の両立を図る。

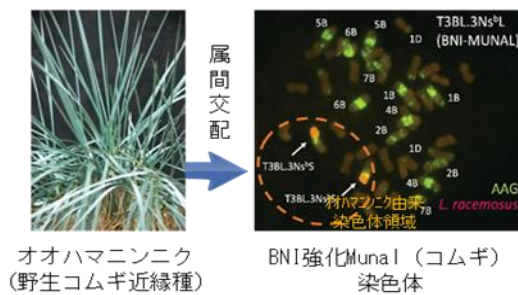
〔成果の内容・特徴〕

1. 属間交配によりコムギの 3B 染色体短腕を野生コムギ近縁種オオハマニンニク (*Leymus racemosus*) n 染色体短腕に置き換えることで、コムギの BNI 能強化が期待できる。(図 1)
2. 多収国際コムギ品種“Munal”にオオハマニンニク由来の BNI 能を導入した系統(BNI 強化 Munal)では、BNI 能が親系統の根乾物 1g、1 日あたり 92.7 ± 12.1 ATU (アリルチオ尿素当量; 硝化抑制の程度を示す) から、 181.7 ± 12.1 ATU となり、2 倍程度に強化され、圃場での根圏土壌硝化菌数の抑制、硝化速度の低下、 N_2O 排出量の低下 (図 2) で、環境負荷が低減される。
3. BNI 能強化に伴い、コムギの窒素代謝が変化し、葉の硝酸量、硝酸還元酵素活性の低下 (図 3) や、グルタミン合成酵素活性の上昇など、アンモニア態窒素を活用する代謝が活発になる。さらに、低窒素施肥条件では、地力窒素からの窒素取り込み能が向上する。
4. “BNI 強化 Munal”と親系統の Munal を比較するとバイオマス生産量、子実収量、窒素吸収量は施肥量に関わらず、有意に高くなり、250 kg/ha から 100 kg/ha に 6 割の窒素施肥量を削減しても子実収量 (図 4)、穀粒のタンパク質含量、製パン特性 (図 5) について有意差がない。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 多収国際コムギ品種に導入されたオオハマニンニク n 染色体短腕は、戻し交配により地域の特性に適合した品種へ導入することができ、BNI 能を持つ品種を世界各地で育成できる。
2. BNI 能を示す n 染色体短腕には、野生コムギに由来する他の遺伝子も座乗することや、BNI 能の発揮に土壌条件 (pH など) 等の影響があることに留意が必要。

[具体的データ]



圃場試験（つくば市）における生育の違い

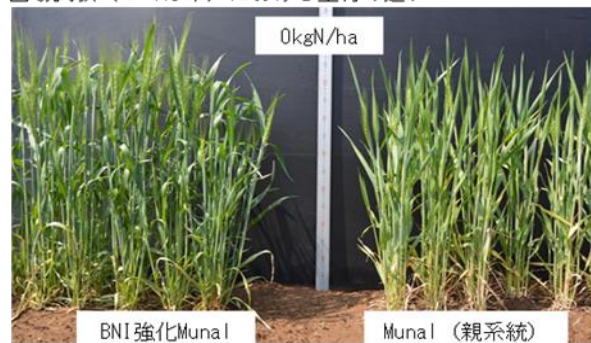


図1 BNI 強化コムギ（例：BNI 強化 Muna I）

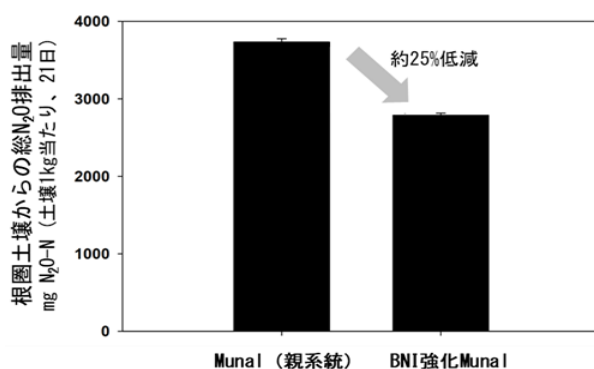
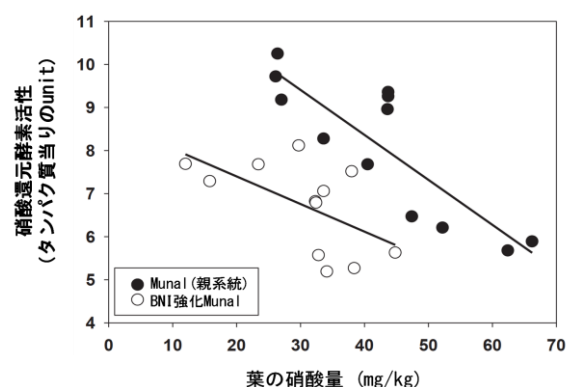
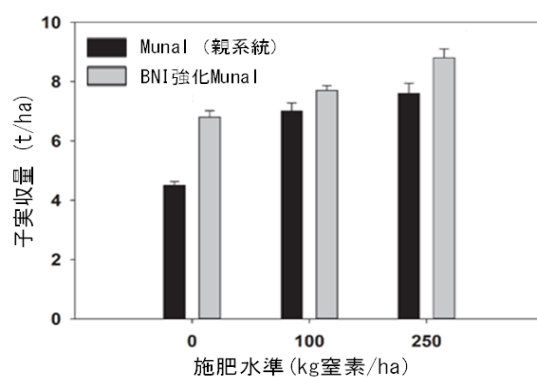
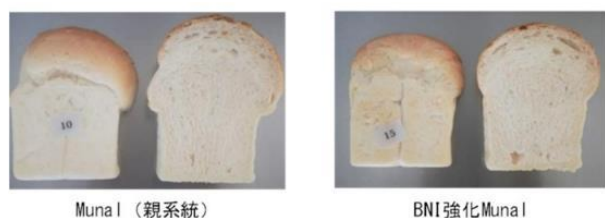
図2 BNI 強化 Muna I 根圏土壌からの N_2O 排出量
根圏土壌からの N_2O 排出は約 25%抑制される。図3 BNI 強化によるコムギの窒素代謝の変化
BNI 強化コムギはアンモニア態窒素を選好する。図4 異なる施肥水準における子実収量
250 kg/ha の親系統と 100 kg/ha の BNI 強化コムギの
収量に有意差はない。

図5 BNI 強化コムギの製パン特性

BNI 強化コムギも親系統と同様にパンに加工可能。

図は Subbarao et al. (2021)より改変（転載・改変許諾済）

[その他]

予算区分：交付金 [環境／BNI システム]

研究期間：2021～2025 年度

研究担当者：G.V.スバラオ（生産環境・畜産領域）・吉橋忠（生物資源・利用領域）・飛田哲・岩永勝・岸井正浩（国際トモロシコギ改良センター）ら

発表論文等：Subbarao et al. (2021) *PNAS* 118: e2106595118, <https://doi.org/10.1073/pnas.2106595118>