PRESS RELEASE

研究成果

令和8年11月19日
国　際　農　研
国際トウモロコシ・コムギ改良センター

BNI強化トウモロコシによる施肥窒素量と温室効果ガス排出の同時削減に期待

―地球規模試算が示す導入効果と持続可能農業への貢献可能性―

ポイント

- **国際農研が2050年までの開発を目指す土壌硝化抑制率30%のBNI強化トウモロコシ[1)]を世界のトウモロコシ生産地域に導入した場合、慣行トウモロコシでは約4%の増加が見込まれる2050年の施肥窒素量を約3%削減へ転換可能と試算**
- **LCA[2)]により、窒素肥料由来の温室効果ガス[3)]を18%程度削減可能と推定**
- **世界のトウモロコシ栽培面積の約70%が本技術の効果発現に有利な条件にあると推定**

概要

国際農研では、トウモロコシの根から産出される５つの生物的硝化抑制（BNI）物質[4)]を発見しており、現在、これらの知見を活用したBNI強化トウモロコシの開発を推進しています。2030年までに土壌の硝化抑制率[5)]20%、2050年までに30%を実現可能な目標として掲げています。

世界では施肥窒素量の不均衡が生じており、低施肥の国々[6)]では収量の向上を目的として施肥窒素量の増加が必要とされています。他方、過剰施肥の国々では水質汚濁や温室効果ガス（GHG）排出量の緩和を目的として、収量を維持しつつ施肥窒素量の低減が求められています。

国際農研と国際トウモロコシ･コムギ改良センター（CIMMYT）は、地球規模での試算により、BNI強化トウモロコシの開発が、施肥窒素量の削減とGHG排出の抑制に大きく貢献することを示しました。試算の結果、土壌の硝化抑制率30%を可能とするBNI強化トウモロコシを導入した場合、低施肥の国々では旺盛な食料需要に応えるために施肥窒素量を増加させる一方、過剰施肥の国々では生産を維持しつつ施肥窒素量を削減することにより、地球規模のトウモロコシ生産量を拡大しつつ、2050年に約4%の増加が見込まれる世界のトウモロコシ生産に関わる施肥窒素量を約3%削減へと転換し、窒素肥料由来のGHG排出量を18%程度低減することが明らかになりました。

BNI強化トウモロコシ研究の推進は、作物生産を維持しながら施肥窒素量とGHG排出量削減を可能にし、持続可能な農業システムの構築に貢献することが期待されます。

本研究の成果は、国際科学雑誌「Environmental Research Letters」オンライン版（日本時間 2026 年 7 月 2 日）にオープンアクセスで掲載されました。

<関連情報>

予算：運営費交付金プロジェクト「生物的硝化抑制(BNI)技術を活用した持続的農業生産システムの構築」

発表論文

<論文著者> A. Leon (レオン愛), J.E. Cairns, V.M. Kommerell, G.V. Subbarao, T. Yoshihashi (吉橋忠)

<論文タイトル> The impacts of biological nitrification inhibition-enabled maize on global nitrogen fertilizer consumption and greenhouse gas emissions

<雑誌> Environmental Research Letters

DOI: https://doi.org/10.1088/1748-9326/ae7d42

問い合わせ先など

国際農研（茨城県つくば市）理事長　長谷川　利拡

研究推進責任者：国際農研 プログラムディレクター　林　慶一

研究担当者：国際農研 社会科学領域主任研究員　レオン　愛

国際農研 生産環境・畜産領域主任研究員 グントゥール V. スバラオ

国際農研 生物資源・利用領域プロジェクトリーダー　吉橋　忠

広報担当者：国際農研 広報連携ユニット長　丸井　淳一朗

Tel：029-838-6708　FAX：029-838-6337

プレス用　e-mail：info-pr@jircas.go.jp

本資料は、農政クラブ、農林記者会、農業技術クラブ、筑波研究学園都市記者会に配付しています

※国際農研（こくさいのうけん）は、国立研究開発法人 国際農林水産業研究センターのコミュニケーションネームです。
新聞、TV 等の報道でも当センターの名称としては「国際農研」のご使用をお願い申し上げます。

開発の社会的背景

トウモロコシの世界の単位面積あたりの施肥窒素量は 1961 年から 2020 年にかけて 141%増加し、それに伴って生産量も増加しました。しかし、世界では、施肥窒素量の不均衡が生じており、過剰施肥の国々では、水質汚染や GHG 発生など、環境問題を深刻にしています。一方、アフリカなど低施肥の国々では、土壌養分の収奪が進み、土壌肥沃度の低下と低収量を招いています。中でもアフリカの国々では、食料増産が求められており、その達成に向けて施肥窒素量の増加が重要となっています。しかし、低施肥の国々が施肥窒素量を増加させた場合、世界の GHG 排出量は現在よりも増加し、2015 年に採択されたパリ協定 [7]が掲げる、「世界の気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える」という世界共通の目標の達成を一層困難にします。

このため、窒素肥料を有効に利用し、高い生産性と低環境負荷を両立できる、BNI 強化トウモロコシの活用が注目されています。

研究の経緯

国際農研では、BNI 強化コムギの開発（令和 3 年 8 月 31 日プレスリリース）とともに、他の作物についても研究を進めています。BNI 強化トウモロコシもその一つで、トウモロコシの根から産出される 5 つの BNI 物質を発見してきました。その中には、自然界で初めて発見された物質「ゼアノン（令和 3 年 7 月 29 日プレスリリース）」や BNI 強化トウモロコシ開発で鍵となる物質「MBOA（令和 5 年 6 月 28 日プレスリリース）」が含まれます。これらの成果をもとに、研究グループは 2030 年までに土壌の硝化を 20%、2050 年までに 30%抑制する BNI 強化トウモロコシを実現可能な目標として開発を進めています。

そこで本研究では、BNI 強化トウモロコシ導入による世界の窒素肥料消費量を推計し、LCA 手法により窒素肥料由来の GHG 排出量を試算しました。

研究の内容・意義

1. BNI 強化作物は、微酸性から中性の土壌（pH5.5～7.0）で、硝化抑制作用をよく発揮するとされています。本研究では、土壌 pH に基づく評価の結果、世界のトウモロコシ生産地の約 7 割（図 1、2）が BNI 強化作物の効果発現に有利な条件にあると推定されました。
2. 本研究では、2030 年までに BNI 強化トウモロコシの土壌の硝化抑制率が 20%、2050 年までに 30%に達すると想定して、施肥窒素量と窒素肥料由来の GHG 排出量について試算 [8]を行いました。また、低施肥国では施肥窒素量を増加させ、その他の国々では削減する条件の下で、その影響を評価しました。
3. 試算の結果、従来品種の場合（硝化抑制率 0%）、低施肥の国々でもその他の国々でも施肥窒素量を変えない場合と比べて（図 3、S1）、2030 年と 2050 年の施肥窒素量はそれぞれ約 4%、3%増加し、窒素肥料由来の GHG 排出量もそれぞれ約 3%増加すると推定されました（図 3、S2）。
4. 一方、BNI 強化トウモロコシ（硝化抑制率 20%または 30%）を導入した場合、2030 年（図 3、S3）と 2050 年（図 3、S4）の施肥窒素量はそれぞれ約 1%、4%削減され、窒素肥料由来の GHG 排出量もそれぞれ約 11%、18%低減すると推定されました。

今後の予定・期待

本研究により、BNI強化トウモロコシは、現在低施肥国とされている国々において施肥窒素量が増加した場合でも、地球環境への影響を可能な限り抑制しつつ、これらの国々の発展と持続的な農業システムの構築に貢献する可能性が示唆されました。

本研究成果は、BNI強化トウモロコシの導入が地球規模での施肥窒素量とGHG排出量削減に寄与する可能性を示したものであり、今後のBNI強化トウモロコシの研究開発をさらに推進していく重要性をますます強固とするものです。これにより、2030年までに土壌の硝化を20%、2050年までに30%抑制するBNI強化トウモロコシの実現に向けた研究開発が加速することが期待されます。

また、本研究で用いた分析手法は、他のBNI強化作物にも応用可能であり、BNI研究全体の推進や導入地域の実態を踏まえた施肥窒素量の最適化に寄与することが見込まれます。

さらに、世界各地の多様な食料システムに適応したBNI強化作物の開発と適切な窒素施肥管理を進めることで、GHG排出量削減と安定的な食料生産の両立、さらには食料安全保障への貢献が期待されます。

用語の解説

1) BNI 強化トウモロコシ：BNI は生物的硝化抑制（Biological Nitrification Inhibition）の略称で、植物自身が根から物質を分泌し、土壌中で起こる硝化を抑制する現象を指します。硝化とは、土壌中の微生物（硝化細菌）により、肥料中のアンモニア態窒素（NH_4^+）が硝酸態窒素（NO_3^-）に酸化される反応です。硝化は窒素の流亡や GHG 発生要因の一つであり、BNI は硝化を抑制することで、GHG 排出の削減に貢献することが報告されています。BNI 強化トウモロコシとは、この硝化プロセスを抑制する能力を育種によって強化したトウモロコシです。
2) LCA：ライフサイクル評価（Life Cycle Assessment）の略称。ある製品・サービスのライフサイクル全体（資源採取―原料生産―製品生産―流通・消費―廃棄・リサイクル）、または、その特定段階における環境への影響を定量的に評価する手法です。本研究では、施肥窒素量の変化に伴う GHG 排出量に着目して試算を実施しました（用語の解説 3））。
3) 窒素肥料由来の温室効果ガス：本研究においては、工業的窒素固定のために必要な化石燃料によるエネルギー生成に伴う GHG 排出と、施肥され作物に利用されなかった窒素から、硝化・脱窒、溶脱・流出を経由して農地内外から排出される GHG を合計したものです。すなわち、トウモロコシ生産の各段階で発生する総 GHG 排出量のうち、BNI 強化トウモロコシの導入により、削減が可能な部分の GHG 排出量です。
4) トウモロコシの根から産出される 5 つの生物的硝化抑制(BNI)物質：これまでのところ、「MBOA」、「ゼアノン（Zeanone）」、「HDMBOA」、「HMBOA」、「HDMBOA-β-glucoside」がわかっています。これらの物質が明らかになったことで、トウモロコシの BNI 能を評価する指標として活用できるようになり、現在、これらの知見を活用した BNI 強化トウモロコシの開発を推進しています。
5) 土壌の硝化抑制率： BNI により、土壌で硝化が抑制される度合を抑制率としています。
6) 低施肥の国々：例としてアフリカの国々があげられます。アフリカ連合は、2015 年までに肥料施用量（養分ベース）を 1 ヘクタールあたり 50kg に増加させるこ

とを目標として掲げ、2015 年に肥料施用量は 18kg まで増加しましたが、目標に到達することができませんでした。そのため、新たに 2034 年までに 54kg に増加させることを目標としています。トウモロコシの収量向上には十分な窒素肥料の投入が重要であり、50kgNha^{-1} 以下では肥料不足によって収量が制約される可能性があります。そこで、本研究では、トウモロコシに係る施肥窒素量が 1 ヘクタールあたり 50kg 未満の国々を低施肥国と定義しました。

7) パリ協定：2015 年 12 月に COP21（国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議）で採択された協定です。世界平均気温の上昇を抑制するための世界共通の長期目標を定めました。

8) 施肥窒素量と窒素肥料由来の GHG 排出量について試算：本研究では、試算にあたり、「施肥窒素量」と「土壌 pH」について仮定を設定しました。

「施肥窒素量」

低施肥の国では施肥窒素量を 50kg に増加させ、その他の国々では、国際農研が開発した BNI 強化作物の評価モデル（令和 3 年 12 月 10 日プレスリリース）を用いて、BNI による肥料損失分が減少する分に相当する施肥窒素量を削減しました。本評価モデルは、世界各国の GHG 排出及び吸収の算定に用いられる IPCC ガイドラインの算定式を基に、BNI 強化作物の効果を評価できるように改良したものです。本モデルは土壌の硝化抑制率さえ分かれば、作物種に関わらず適用でき、施肥窒素低減量や GHG 発生低減量を推定できます。

「土壌 pH による硝化抑制率の違い」

最近の研究によりアルカリ性の土壌でも BNI 強化作物は硝化を抑制することがわかってきました。そこで、土壌の pH が 7 以下の地域では硝化抑制率が 20%と 30%、他の地域では、先行研究に基づき、硝化抑制率がそれぞれ 12%と 18%（40%低減）になると仮定しました。

担当研究者の声



国際農研 社会科学領域
主任研究員　レオン　愛

BNI 強化作物を、一人でも多くの農家の皆様に利用していただける日を楽しみに、研究を進めています。

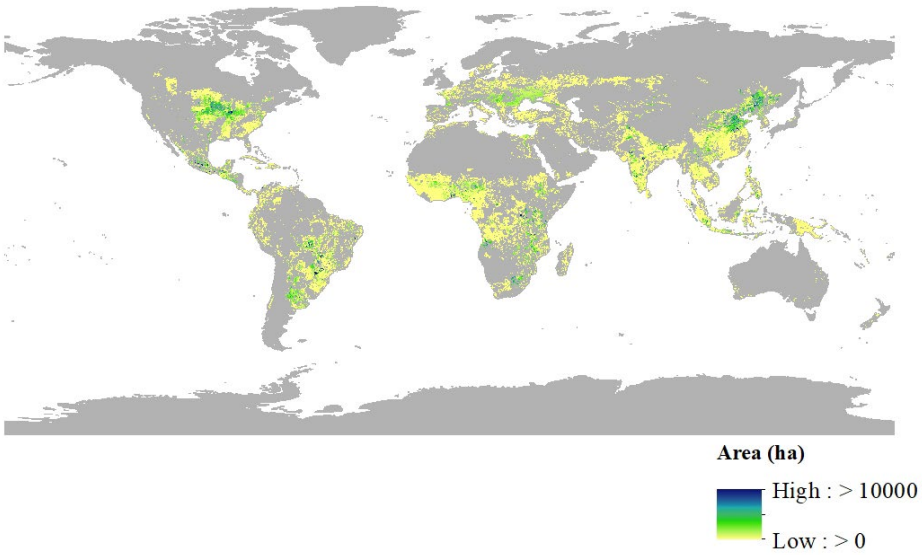


図 1.　トウモロコシの栽培地域

トウモロコシ栽培地域を示しています。色の違いは栽培面積の大きさを表しており、黄色から緑色、青色になるほど栽培面積が大きくなります。

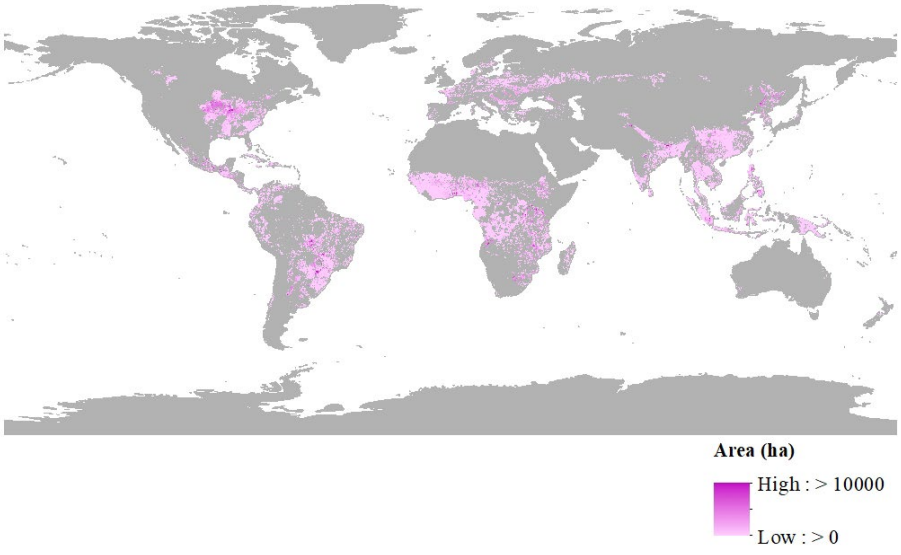


図 2. BNI 強化トウモロコシの効果発現に有利な条件にあると推定される地域

ピンク色で示された部分が栽培最適地域（微酸性から中性の土壌）を示しています。色の濃淡は栽培面積の値の違いを視覚的に示しています。ここでは、色が濃いほど栽培面積が大きくなります。施肥窒素による収量増加が特に期待されるアフリカ地域では、トウモロコシ栽培地域（図 1）の 90%以上が栽培最適地域(図 2)と推定されました。一方、その他の多くの地域でも、その割合は 50%以上と推定されました。

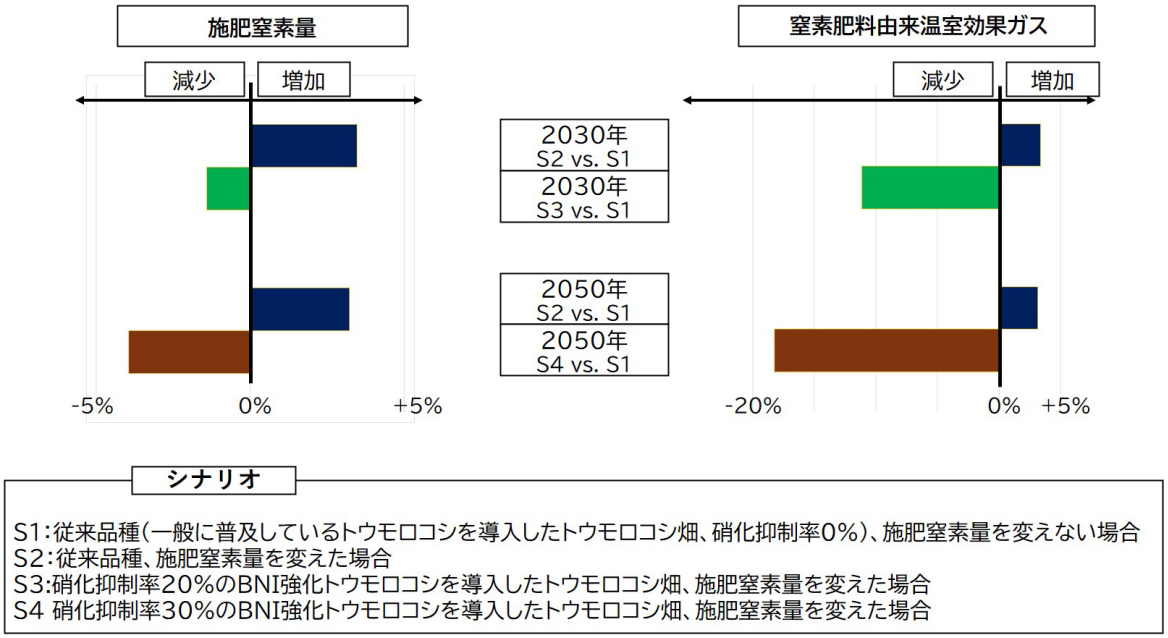


図 3. BNI 強化トウモロコシによる施肥窒素量と窒素肥料由来の温室効果ガス

本研究では、2030 年までに土壌の硝化抑制率 20%、2050 年までに 30%が達成されることを想定し、4 つのシナリオ（図 3 の S1～S4）を設定して試算[用語の解説 3)、6)、8)]を行いました。図中の棒グラフは従来品種（S1）と比較した各シナリオにおける施肥窒素量と窒素肥料由来 GHG 排出量の変化率を示しています（例えば、青色の棒グラフは S2 の値を S1 と比較した際の変化率を示しています）。