

作物栽培条件下の窒素溶脱量抑制には炭化物の表層土壌への施用が有効

土壌への炭化物の施用深度の違いにより施肥由来の硝酸態窒素溶脱量は変化する。作物栽培条件下では表層施用により溶脱量が 12.3%減少する一方、作土層施用では 6.4%増加する。本試験の条件において表層施用では、無施用と比較して深さ 0~30 cm の土壌における窒素吸着量増加と乾燥状態の軽減が見られる。炭化物を適切な深度に施用することで、環境負荷軽減が期待される。

キーワード：バガス炭、硝酸態窒素、パイプ試験、窒素溶脱、土壌乾燥状態

背景・ねらい

ハーバー・ボッシュ法による窒素肥料の大量生産は食料増産を可能にしたが、同時に未利用窒素の溶脱による河川・地下水の汚染や N_2O の放出など深刻な環境問題を引き起こしている。持続可能な農業を実現するために、窒素溶脱抑制技術開発が求められている。

畑地への炭化物施用は窒素溶脱を軽減する手法として知られており、施用量の最適化は進んでいるが、施用深度に関する評価は十分行われていない。これまでに作物のない条件でパイプ試験を実施し、炭化物の施用深度の窒素溶脱量への影響を評価した。この中で、作土層への炭化物施用により、排水量と窒素溶脱量が減少することを確認した（令和 5 年度成果情報 A07）。これを踏まえ、本研究では作物栽培条件下での結果の再現性を検証するため、陸稲栽培条件下で同様のパイプ試験を実施し、炭化物の施用深度の違いが窒素溶脱量に与える影響を明らかにする。

成果の内容・特徴

1. 共試土壌（国頭マージ、 $\text{pH}=5.25$ ）を塩化ビニル製パイプに充填し、 800°C 作成の市販バガス炭（粉体）を表層（0~5cm）、作土層（0~30cm）、下層（25~30cm）に混ぜ込む。陸稲（NERICA4）を一株移植し、粉体の硫酸アンモニウムと表面灌漑を定期的に施用し栽培する（図 1）。
2. 試験期間中のパイプからの硝酸態・アンモニウム態窒素溶脱量をバガス炭無施用条件と比較する。パイプ下端からの窒素溶脱量は、炭化物の施用位置により異なる（図 2）。表層施用では無施用に比べ、硝酸態窒素溶脱量が 12.3%減少する（ $p<0.05$ ）。作土層施用では硝酸態とアンモニウム態窒素の溶脱量がそれぞれ 6.4%（ $p<0.05$ ）、164.1%（ $p<0.01$ ）増加する。下層施用ではいずれにも有意な変化は認められない。作物のない条件では作土層施用で溶脱軽減効果が高かったが、本試験の結果はこれと異なる。
3. 深さ 10 cm に設置した土壌水分センサーの値に土壌物理性（保水性）を適用し、土壌が水分を保持する力である pF に変換する（図 3 左）。表層施用では土

壌の乾燥状態が軽減する傾向にあるが、作土層施用では深さ 10 cm において乾燥状態が強まる。作物根の根長密度は表層施用では全深度で高いが、作土層施用では土壌表層で低くなる傾向にある（図 3 右）。

4. 試験終了後の土壌の吸着態窒素量の実測値を用いて、パイプ内全層の吸着態窒素量を推定する（表 1）。表層施用では、土壌に吸着された硝酸態・アンモニウム態窒素 186 mg のうち 75% は深さ 0~30 cm に存在する。作土層施用では土壌に吸着された硝酸態窒素の半分以上が 30~95 cm に存在する。
5. 炭化物施用による排水量および窒素溶脱容量の低減効果は、作物が存在しない条件では作土層施用が最も高かったが、作物栽培条件下では表層施用が最も効果的である。作物栽培条件下において表層施用を行うと、深さ 0~30 cm の土壌の乾燥状態が緩和され、窒素吸着率が向上し、根長密度も増加する。一方、作土層施用では、表層施用と比較して土壌の乾燥が進み、根長密度が低い傾向にあり、その結果、無機窒素の土壌への吸着および作物による吸収が減少すると考えられる。

成果の活用面・留意点

1. 炭化物を表層土壌へ施用する場合、硝酸態窒素溶脱量が軽減する傾向にある。これは環境負荷軽減を目的として炭化物を利用する際の参考情報となる。
2. 窒素溶脱の軽減にともない、化学肥料の使用量を削減できる可能性があるが、別途栽培試験などで評価する必要がある。
3. 本試験は単一の土壌、炭化物を使ったパイプ試験であるため、異なる土壌、原料や生成温度の異なる炭化物での圃場試験による評価が必要である。

その他

予算区分：交付金プロ [A5 熱帯島嶼環境保全（第 5 期）]
研究実施期間：2022 年度
研究担当者：濱田耕佑、國吉大地（熱帯・島嶼研究拠点）、中村智史（生産環境・畜産領域）
発表論文等：Hamada et al. (2024) *Sci. Rep.* 14: 22823.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-73621-3>

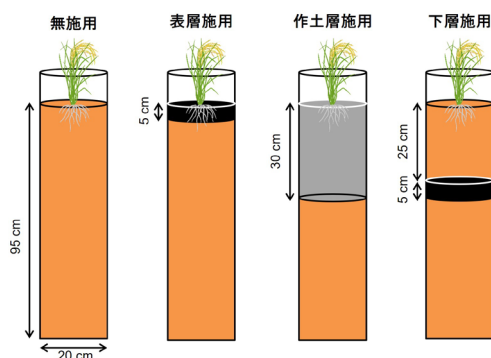


図1 各条件の概要

各5反復で試験を実施。施用した炭化物量は各条件で同量だが、含有率は施用条件で異なる。図中の黒色は炭化物含有率が高いことを、灰色は炭化物含有率が低いことを示す。

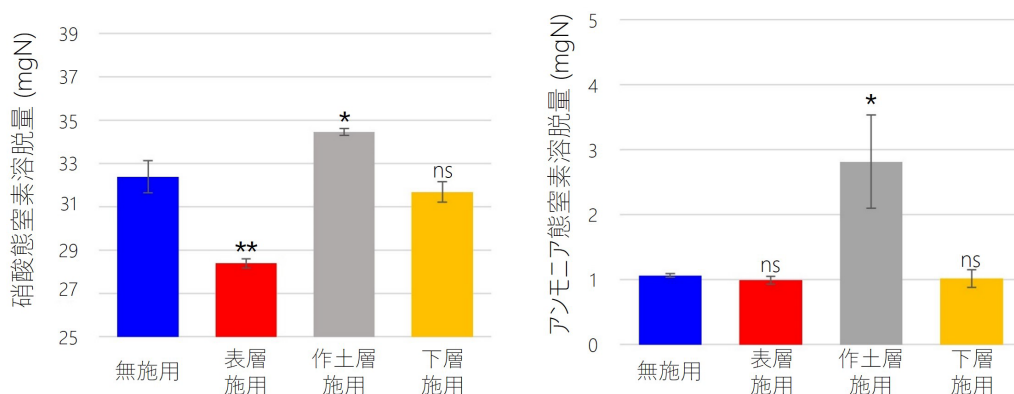


図2 パイプ下端からの硝酸態窒素（左）およびアンモニア態窒素溶脱量（右）

**、*および ns は無施用条件との有意差 ($p < 0.01$ および $p < 0.05$) または有意差がないことを示す。エラーバーは標準誤差。

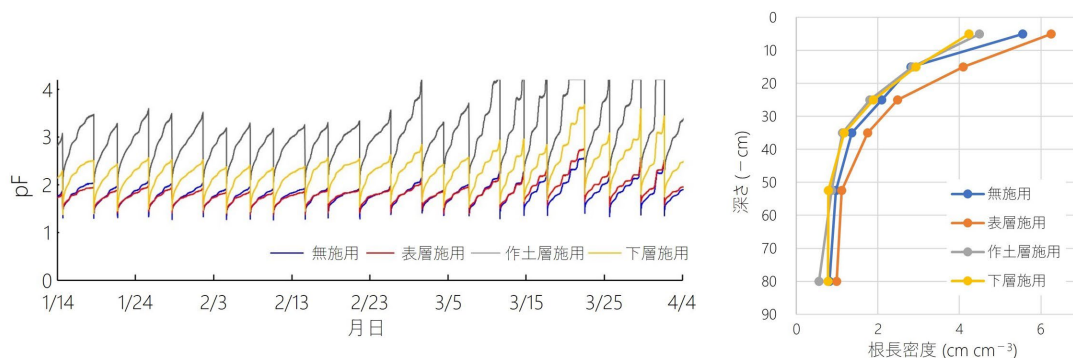


図3 深さ10 cmにおける土壌水分保持力(pF)の変化（左）と根長密度分布（右）

pF3以上で土壌の乾燥状態は強まり、根による水分・養分吸収が低下する。根長密度は深さ0~10、10~20、20~30、30~40、40~65、65~95 cmにおける値を示す。根長密度が高いほど、根による水分・養分吸収能力が高い。

表1 土壌に吸着した無機態窒素の推定値

	無施用	表層施用	作土層施用	下層施用
土壌中窒素量(mg)				
深さ0-30 cm合計	87	161	126	116
硝酸態窒素	17	31	12	19
アンモニア態窒素	70	131	114	97
深さ30-95 cm合計	27	25	38	25
硝酸態窒素	17	9	18	13
アンモニア態窒素	10	16	20	12

図表は Hamada et al. (2024) © The Author(s) 2024 より転載/改変して作成