

令和 7 年 10 月 6 日

報道機関 各位

有機農法によって作られる土壌の炭素・窒素特性が 微小節足動物の生息密度を高める

■ ポイント

- ・土壌中における有機物の分解者として重要な役割を担っている微小な節足動物の生息密度が、有機農法によって高まることを富山県内の耕作地を対象とした実地調査により明らかにしました。
- ・窒素に対する炭素比が高く、有機態窒素に富んだ土壌では、微小節足動物の生息密度が高くなる傾向を検出しました。
- ・炭素と窒素の両方を供給する有機物に富んだ土壌が、豊富な微小節足動物群集を維持する上で最適な条件を作り出していることを示唆しています。

■ 概要

有機農法は、農業生態系における土壌劣化を防止する上で有効であることが広く認められています。しかし、有機農法が土壌の生物群集に及ぼす影響を、作付の異なるさまざまな耕作地間で比較した研究は十分になされていません。富山大学大学院理工学教育部博士後期課程のハック エムディ アリフルと峯村友都、学術研究部理学系の佐澤和人講師、倉光英樹教授、和田直也教授の研究グループは、富山県内の水稻、大豆、野菜畑において、土壌微小節足動物の生息密度を調べ、有機栽培と慣行栽培の耕作地土壌を比較しました。一般化線形混合モデル (GLMM) ^{*1)} を用いた解析の結果、有機農法と野菜の作付けはともに、微小節足動物の生息密度に有意な正の影響を与えていることが分かりました。また、土壌の炭素-窒素 (CN) 比と有機態窒素含有量との間に正の交互作用が検出され、有機物が濃縮された土壌は微小節足動物にとって適した環境であることが示されました。この結果は、農業管理方法、作付体系、土壌養分特性が総合的に土壌微小節足動物の生息密度に有意な影響を与えていることを示しています。

本研究成果は、米国農学会、米国作物学会、米国土壌学会の3学会が合同で発行している国際誌「Agricultural & Environmental Letters」に 2025 年 10 月 1 日 (水) (日本時間) に掲載されました。

■ 研究の背景

農地における化学肥料と農薬の使用は、増加する人口を維持するのに十分な食糧の供給を可能にただけでなく、自然生態系の農地化を抑制する役割も果たしてきました。しかし、その過剰な使用は農業生態系を劣化させ、流域に窒素負荷をもたらす可能性があります。したがって、今日ではそれらの使用を削減することが重要な課題となっています。合成肥料と

農薬を制限しながら、地元で入手可能な有機肥料を使った有機農法の普及が求められています。

土壌の質と機能性は、養分レベルや関連指標を含む化学的特性と生物学的特性の両方によって決定されます。土壌の微小節足動物（0.2～2 mm）は、土壌動物の重要なメンバーであり、さまざまな栄養段階を占めています。微小節足動物は、土壌の構造、通気性、有機物変換に寄与し、穴掘り、摂食、生息活動を通じて、微生物群集と密接に関係し合い、食性や生息地の嗜好性によって、肥料に対して複雑な反応を示します。微生物は微小節足動物にとって重要な食物源であり、有機物が豊富な土壌では微生物の活動が活発になるため、有機物の含有量が多いと微小節足動物の生息が促進される可能性があります。農業管理方法は、炭素（C）、窒素（N）、リン（P）含有量などの土壌化学的特性に与える影響も異なることから、土壌の化学的特性と微生物群集との関連を調べた研究や、化学的特性だけを比較した研究が多く行われてきました。しかし、有機態窒素（ON）、無機態窒素（IN）、リン酸（ P_2O_5 ）のような主要栄養素も考慮しながら、作付の異なる耕作地を対象に、微小節足動物の生息密度を異なる農業管理間で比較した研究はほとんどありません。

そこで本研究では、富山県内に分布する作付けの異なる耕作地（図1）を対象に、有機農法と慣行農法の耕作地における土壌微小節足動物の生息密度を調べました。この研究では、(1) 農業管理法と作付体系は、作物の種類によって異なる環境条件を作り出すことにより、微小節足動物の生息数に有意な影響を与える、(2) 土壌微小節足動物の生息数は、土壌の化学的性質、特に有機養分含有量に影響される、という2つの仮説を立てて検証を行いました。



図1. 調査対象とした富山県内の耕作地の景観の一例。

■研究の内容・成果

63 か所の耕作地を対象に 189 個の土壌試料を解析したところ、9 つのグループの土壌微小節足動物が同定され、その中でトビムシ目が最も多く（48.45%）、次いでダニ目（28.09%）、クモ目（11.74%）が優占していました（図2）。全微小節足動物の平均密度は 6.39 個体/100 cm³で、1 平方メートル当たり 3,256 個体に相当しました。土壌の化学的性質は、管理タイプと作付タイプによって異なり、無機窒素含量は慣行農法（0.04 mg/g）では有機農法（0.03

mg/g) よりも有意に高いことが分かりました。野菜畑では、大豆畑や水田に比べて、pH と電気伝導度 (EC) が有意に高く、リン酸含有量 (0.76 mg/g) が高いことが分かりました。

5 つの一般化線形混合モデル (GLMM) を平均化することにより得られたモデルは、農法、作付タイプ、リン酸、pH、EC、炭素窒素 (CN) 比、有機態窒素 (ON)、および CN×ON の交互作用を説明変数として特定されました。これらのうち、農法 (有機)、作付タイプ (野菜)、CN×ON の交互作用の要因が有意な効果を示しました (図3)。有機農法は慣行農法に比較して微小節足動物の生息数が多いことが分かりました。また、水田と比較して、大豆畑と野菜畑では高い生息数を示しましたが、野菜畑の効果だけが有意でした。その中で、炭素窒素 (CN) 比×有機態窒素 (ON) の交互作用が最も強い正の効果を示しました。

これらの結果は、炭素と窒素の両方の資源を供給する有機物に富んだ土壤が、多様で豊富な微小節足動物群集を維持するための最適な条件を作り出すことを示唆しています。これらの知見は、土壤の生物多様性を高め、健全な農業生態系を維持するために、耕作地に投入する有機物肥料の改良と作物の選択を農業慣行に組み込むことの重要性を物語っています。



図2. 採取した耕作地の土壌試料から検出された微小節足動物 (トビムシ目・ダニ目) の一例。

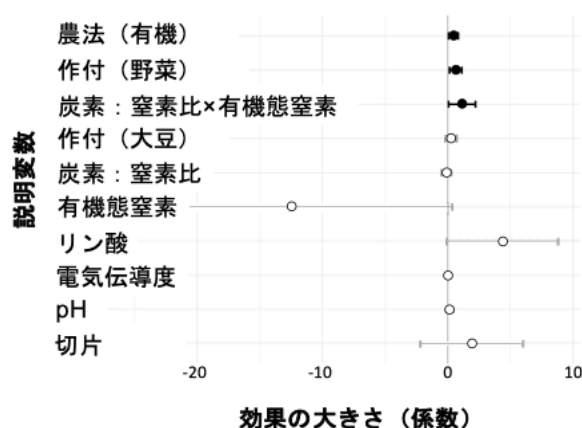


図3. 5 つの一般化線形混合モデル (GLMM) の平均化により得られた説明要因係数 (効果の大きさ) 間比較。黒丸は効果が統計的に有意な要因 ($P < 0.05$) を、白抜き丸は統計的には有意ではない要因 ($P > 0.05$) を、それぞれ示している。効果の大きさが0から有意に離れている場合

は、効果があると思なすことができる。

■今後の展開

私たちの研究グループは、さらに、有機農法が細菌類や真菌類等の土壌微生物群集に及ぼす影響についても同時に解析を進めております。有機農法がさまざまな分類群における土壌生物の多様性にどのような影響を及ぼしているのかを定量的に評価することで、土壌の養分も生物相も豊かで持続的に作物を栽培できる農法の在り方を見つけていきたいと思っています。このような科学的知見を農家の皆様と共有することで、農家の方々が望む土作りにも貢献していきたいと思っています。

【謝辞】

本研究を実施するにあたり、富山県内の多くの農家の方々から土壌試料の採取にご協力を頂きました。富山県有機農業研究会の会長であり富山大学名誉教授である酒井富夫先生には、多くの農家の方々にお声がけ頂き、私たちの研究グループと農家の皆様を繋いで頂きました。本研究にご協力頂いた関係者の皆様にお礼を申し上げます。ありがとうございました。なお、本研究の一部は、富山県日本海学推進機構「環日本海学術ネットワーク特定テーマ研究支援事業（令和4年度）」による支援を受けました。

【用語解説】

※1）一般化線形混合モデル（GLMM）

一般化線形混合モデル（GLMM）とは、統計学において一般化線形モデル（GLM）を拡張した統計解析モデルであり、GLMとは、モデルに組み込んだ要因だけでは説明しきれない残差を任意の確率分布とした線形モデルである。GLMMは、固定効果に加えて変量効果を考慮している。変量効果は通常、正規分布に仮定される。本研究では、1つの耕作地で3つの土壌試料を採取しており、このクラスター構造を変量効果に組み込みモデルを構築した。

【論文詳細】

論文名：

Interaction of Organic Nitrogen and C/N Ratio Enhances Soil Microarthropod Abundance

著者：

Md Ariful Haque, Yuto Minemura, Kazuto Sazawa, Hideki Kuramitz, Naoya Wada*

*責任著者：富山大学学術研究部理学系（サステナビリティ国際研究センター）

教授 和田直也

掲載誌：

Agricultural & Environmental Letters (Wiley)

DOI : <https://doi.org/10.1002/ael2.70034>

【本発表資料のお問い合わせ先】

富山大学学術研究部理学系（サステイナビリティ国際研究センター）

教授 和田 直也

TEL : 076-445-6678 Email : wada@sci.u-toyama.ac.jp