

水田への麦わら施用に伴う芳香族カルボン酸の生成と水稲の生育抑制機構に関する研究

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	田中, 福代
巻/号	72巻3号
掲載ページ	p. 335-336
発行年月	2001年6月

水田への麦わら施用に伴う芳香族カルボン酸の生成と 水稲の生育抑制機構に関する研究

田 中 福 代*

北部九州の稲麦二毛作田では、麦わらの収穫後、その残渣が未熟の状態の水田に鋤き込まれ、短期間で湛水、代かき、水稲の移植が行われる。この作業体系では、しばしば水稲の初期生育が抑制される。従来、この生育抑制は土壤中のアンモニア態窒素が土壤微生物により有機化されるため、水稲に吸収可能な窒素が不足する「窒素飢餓」が主要因と考えられてきた。本研究ではトレーサー ^{15}N を用いた土壤中アンモニア態窒素の挙動の解析から、この説の問題点を指摘し、生育抑制と窒素吸収阻害を生じさせる物質を新たに同定、定量した。さらに、この阻害物質の麦わら施用に伴う水稲の生育抑制機構への関わりを解析した。

1. 麦わら施用土壌における水稲の生育抑制と芳香族カルボン酸の検出

コンクリート枠およびポットで水稲を栽培し、麦わら施用による生育抑制を再現し、土壌中アンモニア態窒素の推移と水稲の生育および窒素吸収経過を解析した。水稲の生育抑制が最も強い時期の麦わら施用土壌におけるアンモニア態窒素濃度は、麦わら無施用区より大きくなることが多く、窒素飢餓は認められなかった¹⁾。このため、水稲の生育抑制は土壌に存在する物質による生育抑制によるものと示唆された。

麦わらを施用した湛水土壌から土壌溶液を採取し、水稲根の伸長阻害画分を検索したところ、酸性画分で水稲根の伸長阻害活性が最も高かった。この土壌溶液の酸性画分を高速液体クロマトグラフィーおよびガスクロマトグラフ-質量分析計 (GC/MS) で分析し、芳香族カルボン酸類と揮発性脂肪酸類を同定した²⁾。さらに GC/MS を用いた土壌溶液中の芳香族カルボン酸の分析法を開発した³⁾。麦わら (10 Mg ha^{-1}) を施用した水稲栽培圃場における芳香族カルボン酸の濃度を測定した結果、最高濃度は安息香酸が $59 \mu\text{M}$ 、フェニル酢酸が $1 \mu\text{M}$ 、2-フェニルプロピオン酸が $11 \mu\text{M}$ 、3-フェニルプロピ

オン酸が $12 \mu\text{M}$ であった。

2. 芳香族カルボン酸による水稲生育阻害作用

芳香族カルボン酸の水稲に対する作用性について、根の伸長阻害と窒素吸収阻害の2つの観点から検討した。土壌から検出された芳香族カルボン酸の水稲根伸長阻害活性 (種子根試験法) は2-フェニルプロピオン酸 > フェニル酢酸 > 3-フェニルプロピオン酸 > 安息香酸であった。2-フェニルプロピオン酸では $0.5 \mu\text{M}$ で根の伸長阻害活性が認められた²⁾。また、水耕法で水稲の生育に及ぼす影響を調査した結果、阻害活性の順位は種子根伸長阻害活性とはほぼ同様であった。芳香族カルボン酸による水稲根の伸長阻害の作用機作はオーキシン様と推定した。さらに、2-フェニルプロピオン酸を用いて代表的な水稲品種間の感受性の差異を検討したところ、インディカ系統の超多収品種の伸長阻害率が大きく、ジャポニカの良食味品種では感受性が低かった。

芳香族カルボン酸 (安息香酸、2-フェニルプロピオン酸、3-フェニルプロピオン酸) による水稲の窒素吸収への作用をトレーサー ^{15}N 法で解析した⁴⁾。三種のカルボン酸はともに窒素吸収阻害活性を有し、特に、2-フェニルプロピオン酸は検定した中で最も低い濃度 ($1 \mu\text{M}$) で活性を示した。

3. 水田土壌における芳香族カルボン酸の集積に影響する諸要因

土壌と麦わら (有機質資材) を種々の条件に設定して容器内で培養し、土壌溶液の芳香族カルボン酸濃度を測定した。施用有機質資材の易分解性有機成分量に対応して芳香族カルボン酸の集積量が変化した⁵⁾。高温条件 (40°C) では芳香族カルボン酸の集積の開始、消失時期とも速く、低温 (20°C) では集積期間が長く積算濃度は大きかった。土壌の種類では、芳香族カルボン酸生成量や陰イオン吸着能の相違により土壌溶液濃度が変化すると推定した。土壌水分が畑条件のとき芳香族カルボン酸濃度は低く、湛水状態で密に充填された土壌では、芳香族カルボン酸の集積開始は早く濃度も高かった。麦わら連用土壌では非連用土壌と比較して芳香族カルボン酸の

* たなかふくよ；農業技術研究機構中央農業総合研究センター (305-8666 つくば市観音台 3-1-1)

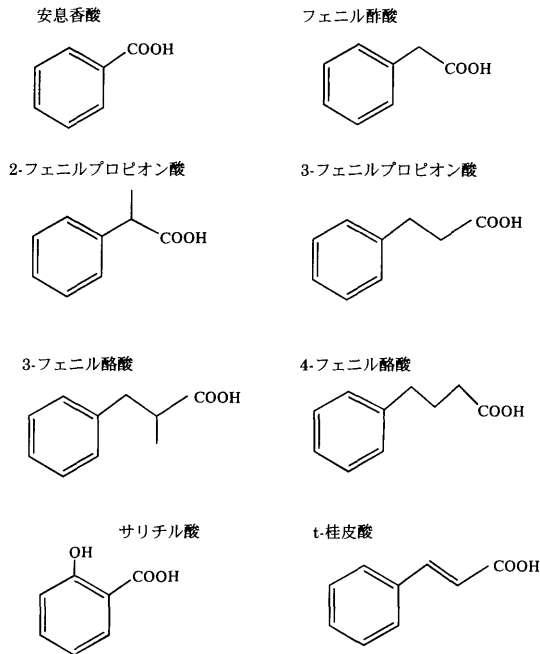


図1 水田土壤の土壤溶液から得た主な芳香族カルボン酸

濃度が低い傾向にあり、集積が認められる時期は早まった。芳香族カルボン酸濃度のピークはEhが最も低下した時期とほぼ一致した。芳香族カルボン酸の起源は有機物の施用で増殖した微生物の代謝産物と考えられた。

4. 水稲の生育抑制・窒素吸収阻害と芳香族カルボン酸の消長

圃場およびポット試験により麦わらを施用して水稲を栽培し、各種の土壤条件下における生育抑制の程度と、土壤溶液中の芳香族カルボン酸濃度の関係を評価した。有機質資材施用による生育抑制が大きくなる条件は、過去に新鮮有機物の施用歴が無い、透水性が低い、代かきが強、有機質資材中の易分解性有機成分が多い、土壤温度が低いことであった。

5. 結論

水稲における窒素吸収量の低下には、「窒素吸収力の低下」と「土壤中アンモニア態窒素の減少」という二つ

の要因が考えられる。本研究の結果では、「土壤中アンモニア態窒素の減少」が生じる期間、湛水直後の数日に限られており、移植後約10日以上では全く減少しないか、減少しても吸収抑制の比率と比較するとその割合は小さかった。一方、麦わら施用による水稲の生育抑制が顕著な時期には水稲の窒素吸収速度が低下したことから、窒素吸収活性の阻害が吸収量低下の主要因と推定した。芳香族カルボン酸の集積は、わら施用歴のない土壤における水稲の窒素吸収活性低下の主要因であり、わら連用土壤においては二価鉄の集積、ECの上昇、酸素供給量の不足や強い還元状態も重要な因子となる。

謝辞 本研究は九州農業試験場水田利用部水田土壤管理研究室で行ったものです。研究の遂行にあたりご指導とご助言をいただいた早坂 猛氏、吉野 喬博士、井田 明氏、脇本賢三氏、山室成一博士（現佐賀大学教授）、小野信一博士（現農業研究センター）、吉田 澤博士、元農業研究センター 米山忠克博士（現東京大学教授）に厚くお礼申し上げます。また、研究にご協力いただいた西田瑞彦氏はじめ水田土壤管理研究室と農業研究センター土壤肥料部栄養診断研究室の皆様にご心よりお礼申し上げます。

おもな業績

- 1) Tanaka, F. and Nishida, M.: Inhibition of nitrogen uptake by rice after wheat straw application determined by tracer NH_4^{+} - ^{15}N . *Soil Sci. Plant Nutr.*, **42**, 587~591 (1996)
- 2) Tanaka, F., Ono, S. and Hayasaka, T.: Identification and evaluation of toxicity of rice root elongation inhibitors in flooded soils with added wheat straw. *ibid.*, **36**, 97~103 (1990)
- 3) Tanaka, F.: Method of determination of some aromatic acids in soil solution from paddy fields by gas chromatography-mass spectrometry. *ibid.*, **36**, 425~430 (1990)
- 4) Tanaka, F. and Nishida, M.: Inhibitory effects of aromatic acids on nitrogen uptake and transport in rice (*Oryza sativa* L.) plants cultured on hydroponics. *ibid.*, **44**, 691~694 (1998)
- 5) 田中福代・小野信一：有機質資材を施用した水田土壤における芳香族カルボン酸の集積と起源および水稲の生育阻害、*土肥誌*, **71**, 350~355 (2000)