

要約

北部九州の稲麦二毛作田では麦わら収穫後、その残渣が未腐熟の状態で水田に鋤き込まれ、短期間で湛水、代かき、水稻の移植が行われる。この作業体系ではしばしば水稻の生育が抑制される。従来、この生育抑制は土壌中のアンモニア態窒素が土壌微生物により有機化されることにより水稻に吸収可能な窒素が不足するためとされてきた。本研究ではトレーサー¹⁵Nによる土壌中の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稻の生育抑制機構への関りを解析した。

コンクリート枠およびポットで水稻を栽培し、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稻の生育および窒素吸収経過を解析した。水稻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もあり、水稻の生育抑制は窒素飢餓ではなく生育阻害物質の関与が示唆された。麦わらを施用した湛水土壌から土壌溶液を採取し、水稻根の伸長阻害画分を検索したところ、酸性画分で水稻根の伸長阻害活性が最も高かった。この土壌溶液酸性画分を HPLC 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。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、これを用いて、麦わらを施用した水稻栽培圃場における芳香族カルボン酸の濃度を測定したところ、最高濃度は安息香酸が 59 μ M、フェニル酢酸が 1 μ M、2-フェニルプロピオン酸が 11 μ M、3-フェニルプロピオン酸が 12 μ M であった。

芳香族カルボン酸の水稻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稻根伸長阻害活性は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 μ Mで阻害活性が認められた。また、水耕法で水稻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ほぼ同様であった。芳香族カルボン酸による水稻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いくつかの代表的な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

力の良食味品種では感受性が低かった。芳香族カルボン酸による水稻の窒素吸収阻害活性を、トレーサー¹⁵N法で解析したところ、2-フェニルプロピオン酸は検定した芳香族カルボン酸の中で最も低い濃度（1 μ M）で窒素吸収を阻害した。

各種条件下において土壌と麦わら（有機質資材）を培養し、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に変化した。高温条件（40 $^{\circ}$ C）では芳香族カルボン酸の集積が始まる時期は早く消失も速かった。低温（20 $^{\circ}$ 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。土壌水分が畑条件では芳香族カルボン酸濃度は低く、湛水状態で攪拌して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。

圃場およびポット試験により麦わらを施用して水稻を栽培し、各種の土壌条件下における生育抑制の程度と、土壌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、代かきが強い、有機質資材中の易分解性有機成分が多い、土壌温度が低いことであった。耕起深度については初期は浅耕区で生育阻害が大きかったが、中干し直前には深耕区で大きくなり土壌と麦わらの比率、土壌の温度などの複雑な条件の効果があったものと推定した。

以上の研究から、水稻における窒素吸収量の低下要因として、窒素吸収力の低下と土壌中アンモニア態窒素の減少という二つが考えられる。そのうちの土壌中アンモニア態窒素の減少が生じる期間は、湛水直後の数日に限られており、移植後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稻の生育抑制が顕著な時期には水稻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壌における水稻の窒素吸収活性低下の主要因であり、わら連用土壌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。