

氏名(本籍)	たなかふくよ代(長野県)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博乙第1697号		
学位授与年月日	平成13年2月28日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	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稻の生育抑制機構に関する研究		
主査	筑波大学教授	農学博士	白井健二
副査	筑波大学教授	農学博士	松本宏
副査	筑波大学助教授	農学博士	小林勝一郎
副査	筑波大学教授	農学博士	横尾政雄
副査	東京大学教授	農学博士	米山忠克

論文の内容の要旨

北部九州の稲麦二毛作田では、麦の収穫後その残渣が未腐熟の状態で水田に鋤きこまれ、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初期生育が抑制される。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同化・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、 ^{15}N トレーサーによる土壌中のアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)の挙動の解析からこの説の問題点を指摘し、土壌中に生成する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わりを解析した。

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中のアンモニア態窒素濃度は無施用区より大きくなることがあり、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。また、 ^{15}N 標識(NH_4) $_2\text{SO}_4$ を用いて土壌中アンモニア態窒素の分配を検討した。わら類施用により土壌中アンモニア態窒素の有機化が促進されたが、その期間は短く、生育初期の水稻のトレーサー窒素吸収量、窒素吸収速度は低下したことから、窒素吸収阻害が生じていると考えられた。

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、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 $59\mu\text{M}$ 、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。

芳香族カルボン酸の水稻に対する作用性について検討した。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 $0.5\mu\text{M}$ で阻害活性が認められた。また、水耕法での水稻の生育に及ぼす影響も同様であった。芳香族カルボン酸による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による伸長阻害率はインディカ系統の超多収品種が大きく、ジャポニカの良食味品種では小さかった。芳香族カルボン酸による水稻根の窒素吸収阻害活性を、 ^{15}N トレーサー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。

各種条件下で土壌と麦わら・有機質資材を培養し、土壌溶液の芳香族カルボン酸集積の要因を解析した。施用有機質資材の易分解性有機成分量に対応して、また、土壌温度、土壌種、土壌水分（畑・湛水状態）等により芳香族カルボン酸の集積量が変化した。湛水下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べ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。これらの芳香族カルボン酸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、各種の土壌条件によ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、浸透性が低い、代かきが強、有機質資材中の易分解性有機成分が多い、土壌温度が低いことであった。

以上の研究から、麦わら施用による水稻の初期生育抑制の主要因は、従来考えられてきた土壌中の可給態窒素の不足による窒素吸収量の低下ではなく、新規に土壌溶液から検出された2-フェニルプロピオン酸などの芳香族カルボン酸による水稻の窒素吸収活性の阻害および根の伸長阻害であることが明らかにされた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、水田への麦わら等の未腐熟有機質資材施用に伴う水稻の生育抑制機構を、 ^{15}N トレーサーによる土壌中のアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）の挙動の解析と土壌溶液中の生育阻害物質の同定、定量、評価から明らかにしたものである。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、可給態窒素が不足するためとされてきたが、本研究では、むしろ、土壌中の微生物代謝産物の芳香族カルボン酸による生育阻害、窒素吸収活性の低下が主要因であることを明らかにしており、高く評価される。

先ず、麦わら施用時の水稻の生育経過と土壌アンモニア態窒素量を測定し、生育抑制が強い時期でも土壌中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あり、また、 ^{15}N トレーサー実験より、一時的な土壌中アンモニア態窒素の有機化の促進はあるものの、水稻による窒素吸収量、乾物当りの窒素吸収速度は麦わら施用区で小さいことから、水稻における麦わら施用による窒素吸収量の不足は窒素吸収活性の低下が原因であり、水稻の生育抑制の主要因は窒素飢餓ではないこと及び生育阻害物質の関与を示唆した。

一方、麦わらを施用した土壌溶液中の水稻根の伸長阻害活性を検索、GC/MSによる定量法を開発し、芳香族カルボン酸類を同定した。特に、新たに土壌溶液から2-フェニルプロピオン酸を検出、これを含む芳香族カルボン酸が強い水稻生育抑制活性、窒素吸収阻害活性を示すことを見出した。また、それら芳香族カルボン酸の様々な土壌温度、土壌水分、土壌種、新鮮有機質資材使用歴、代かきなどの水田条件下での消長を追究し、圃場における水稻の生育との関連性を明らかにしたことも評価される。これらの芳香族カルボン酸の生成集積条件の解析結果は、実際面での麦わら施用による水稻生育抑制の回避、対策に有用である。

本研究は、芳香族カルボン酸の生成、作用機構、土壌中動態、および関与する微生物等に関する研究の更なる進展につながり、また、有機質資材の有効な利用法、生育抑制の緩和・回避策も提案しており、持続的農業、環境調和型農業の基礎および応用への寄与も期待できる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。