

氏 名	李 昆 志
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1172 号
学位授与の日付	平成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 農 学 専 攻
学位論文題目	Long-Term Changes in Soil Physico-Chemical Properties and Crop Productivity in a Maize-Barley Rotation under Intensive Chemical and Organic Fertilizations (有機・無機肥料を多施用したトウモロコシ・オオムギ連作における土壌理化学性と作物生産機能の長期変化)
論文調査委員	(主 査) 教 授 堀 江 武 教 授 天 野 高 久 教 授 小 崎 隆

論 文 内 容 の 要 旨

急速な人口増加が進む一方、耕地面積拡大が限界に近づきつつある状況下で、農業は作付率の強化と資源多投を伴う集約化の度合を強めてきている。このような集約的農業の長期にわたる持続可能性、あるいはそのための適正な資源管理のあり方について科学的な解明が求められている。本論文は、これらの課題解明に必要な基礎的知見を得ることを目的に、有機あるいは無機肥料の多投のもとでトウモロコシ・オオムギの輪作を13年間継続した圃場の土壌理化学性と作物生産機能の長期変化を測定し、その解析結果をまとめたものである。主な内容は以下のように要約される。

1. 沖積堆積物由来砂壤土の畑地において、化学肥料、堆肥、化学肥料と堆肥、および無肥料の4試験区を設定し、トウモロコシ・オオムギの輪作を行い、陽イオン交換容量(CEC)、酸度(pH)、塩基飽和度(BS)、硬度および無機栄養素含量などの土壌理化学性と作物の生育・収量の長期動態を測定した。化学肥料単独の施用では、輪作年数の経過につれて塩基の溶脱、pHの低下および交換性アルミニウム(Al)濃度の上昇が進み、両作物とも2年目より収量が低下し始め、7年目以降には収穫皆無となった。堆肥単独の施用では土壌の炭素(C)、窒素(N)の含有率やCECの顕著な増加、およびマグネシウム(Mg)を始めとする塩基の蓄積が進行したが、収量は年度とともに低下し、特に冬作のオオムギでそれが著しかった。無肥料では、土壌理化学性の変化は相対的に小さく、収量は5、6年目ごろまでは低下したが、それ以降は低水準で安定した。これらに対して、化学肥料と堆肥の併用区の収量は最も高くかつ安定していた。これらの結果から、高い収量を長期にわたり持続的に得るには、化学肥料と有機物の適切な組み合わせが必要なことを指摘した。

2. 処理開始後9年目に、土壌の理化学性が大きく変化した各圃場を対象に、 ^{15}N で標識した硫酸を用いて、土壌-植物系のNの動態を調査し、堆肥の連用は施肥Nの土壌残留量を顕著に高めるが、当作物および後作物でのN利用率は極めて低いことを明らかにした。さらに化学肥料と堆肥の併用が堆肥の施用よりも収量が高いのは、化学肥料のN成分の直接効果よりも土壌の無機栄養素のバランスが好適に維持されることによる効果大きいと推察した。

3. 堆肥・化学肥料の連用開始から9年目以上経過した圃場において、施肥前歴の違いがトウモロコシの水利用に及ぼす影響を調査し、次のことを明らかにした。すなわち、堆肥を施用した圃場では、化学肥料施用および無肥料のそれに較べて、トウモロコシはより深い土層より水分を吸収するため、水ストレス下において植物体の水ポテンシャル、光合成および気孔の水蒸気拡散伝導度を高く維持し、バイオマス生産を相対的に高く維持するということである。このことは堆肥の連用がトウモロコシの水ストレス抵抗性を高めることを意味している。

4. 化学肥料もしくは堆肥の長期連用により、作物生産機能が低下した土壌の生産力回復方法について検討を行った。化学肥料連用圃場では、石灰によるpHの矯正によって生産力はかなりの程度回復するが、それだけでは不十分で、溶脱の進んだMgの供給が必要であることを明らかにした。一方、堆肥連用区では過剰なMg蓄積による交換性塩基のバランスの片寄りが収量低下の主因であり、3作期程度の化学肥料の施用により、過剰なMgを溶脱させることが生産力回復に有効

なことを明らかにした。

以上により、集約的土地利用のもとでの有機物の長期連用は土壌の肥沃度を高め、また土壌物理性の改善を通じて、作物の水ストレス抵抗性を高め得るが、交換性塩基のバランスに片寄りが生じ易く、それ単独で高い生産性を持続させることは困難であることを明らかにした。一方、化学肥料の連用は塩基の溶脱を促進し、pH 低下と Al 濃度の上昇により作物生産機能を著しく低下させることから、集約的作物栽培において高い生産機能の長期間の持続には、有機物および化学肥料を適正に組み合わせて、土壌の塩基バランス、特に Mg 含量を好適に維持することの重要性を指摘した。

論文審査の結果の要旨

人口増加の著しい多くのアジア地域の農業は、土地利用の集約度と無機・有機肥料の投入量を高め、土地生産性の向上へと進んできている。このような農法は様々な問題を内包しているが、中でもそれが長期にわたる持続的生産を保障し得るものか否かについての科学的解明と、それを踏えた適正な資源管理技術の確立が重要な課題となっている。本論文は有機あるいは無機肥料の多投のもとで、トウモロコシ-オオムギの輪作を13年間継続した圃場についての土壌の理化学性と作物生産機能の長期変化の測定結果に基づいて、集約的作物生産における高い生産機能の持続に必要な資源管理技術について重要な知見を加えたものである。その評価すべき主要な成果は以下の通りである。

1. 化学肥料のみを施用した圃場では輪作年数の経過とともに塩基の溶脱による土壌 pH の低下と交換性 Al イオン濃度が上昇し、両作物とも著しい収量低下を招くことを確認した。一方、堆肥のみの連用圃場では、年数とともに C と N の蓄積量や CEC の顕著な増加など、土壌の肥沃度が高まるものの、塩基バランスの崩れから収量は低下する傾向にあり、特にそれが冬作物のオオムギで著しいことを示した。これらに対して、化学肥料と堆肥の併用により両作物とも高い収量が維持できたことから、集約的な作物栽培で、高い生産性を長期にわたり持続するには、化学肥料と有機物の適切な組合せが必要なことを指摘した。

2. 堆肥・化学肥料を9年間連用した圃場において ^{15}N 標識硫酸を使用した土壌-作物系の N 動態の調査から、堆肥の連用圃場では施用 N の土壌残留量は増えるものの、当作物および後作物の N 利用率が著しく低くなることを示した。さらに、化学肥料と堆肥の併用により高い生産性が持続できるのは、N の直接的効果よりも無機栄養素バランスが好適に維持されることの効果が大きいと推察した。

3. 有機物施用を長期に継続した圃場では土壌の硬度が低下し、トウモロコシ根が土壌の深部まで伸長し、そのことによって水ストレス条件下での光合成、蒸散および生長が、化学肥料の連用および無肥料の圃場よりも顕著に高まることを明らかにした。このことは有機物の施用が作物の水ストレス抵抗性を高めることを具体的に示したものとして評価される。

4. 化学肥料あるいは有機物の長期連用により作物生産機能が低下した圃場の生産力の回復には、pH の矯正のみならず土壌の塩基バランスの矯正が必要であり、特に Mg 含量を適正な範囲に導くことが重要であることを明らかにした。

以上のように本論文は、集約的な作物栽培における有機物あるいは化学肥料の連用が作物生産機能に与える長期的な影響を、土壌の理化学性の変化と作物の生理・生態に基づいて明らかにし、高い生産性の持続に必要な資源管理の方法を提示したものであり、作物学、土壌学および作物栽培の実際場面に貢献することが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成13年2月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。