

論文の内容の要旨

農学国際 専攻

平成 17 年度 博士課程 入学

氏 名 武田 容枝

指導教員名 中元 朋実

論文題目

Winter cover cropping as a phosphorus management practice for Andosol under compost application

(火山灰土壌における堆肥施用と冬作カバークロップの導入 - リン管理技術としての可能性)

緒言

火山灰土壌はアルミニウム (Al) や鉄 (Fe) の酸化鉱物を多く含む。施用されたリン (P) はこれらの Al・Fe 化合物によって固定され、植物に供給されにくい形へと変化し蓄積していく。P 固定力の高い土壌では、土壌微生物を介した有機態 P の循環が植物への P 供給に与える影響は大きい。また、微生物による P 代謝回転は速く Al・Fe 化合物に固定される P の量を減少させると考えられている。家畜糞尿、堆肥、緑肥などの有機質資材を施用すると土壌の生物活性は高まる。したがって、有機質資材の施用は火山灰土壌における有機態 P の循環を活性化し P 循環全体を改善する可能性がある。有機質資材はさまざまな特性をもちその効果は予測することがむずかしい。日本ではトルオーグ法やブレイ法などの簡易抽出法によって土壌の P 供給能を推定することが多い。これらの方法は土壌から容易に放出される P を測定する方法で、有機物を施用した土壌で長期間にわたって無機化される P の量を推定する方法としては適さないと考えられる。一方、P 分画法 (Hedley らの方法) は異なる溶液をもって連続的に土壌 P を抽出していく方法で、植物への供給の難易によって土壌 P を定量する。したがって、土壌のもつ長期 P 供給能を評価する手段となりうる。また、土壌の生物活性は有機物の分解程度、また P 無機化の程度を評価する上で重要な指標となる。有機物を施用している土壌の P 循環には多くの要素が関わっており、さまざまなアプローチで評価する必要がある。本研究では、有機質資材として牛糞堆肥を施用している火山灰土壌において P の循環を改善する方法として冬作カバークロップに着目し、その効果を検討した。

(1) 有機質資材を施用した火山灰土壌におけるリン分画の検討

火山灰土壌における P 形態は Al 型、Fe 型、Ca 型といった P の結合形態で分類されることが多い (Chang and Jackson 法と関谷法) が、Hedley らの方法のように植物への供給という観点から分類されることはまれである。そこで、有機質資材を連用した火山灰土壌 12 種類 (対照土壌を含む) を用いて Hedley らの方法を検討し、他 2 法との比較を行った。土壌の P 供給能の指標とされる P 分画は Hedley らの方法 (イオン交換樹脂で抽出される P) で関谷法 (弱酸で抽出される Ca-P) よりも多かった。また、Hedley らの方法で植物に供給されにくいとされる P 分画 (強酸で抽出される P) は Chang and Jackson 法の中で強酸を使って抽出される Ca-P よりも多かった。Hedley らの方法を用いた結果、家畜糞尿 ($55 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) または下水汚泥コンポスト ($132 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) を 20 年間施用した土壌では全 P の増加が顕著で、とくに無機態 P 分画の量が増加することがわかった。また、P 含有量の少ない麦わらの施用 ($2 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) は全 P への影響が少ないものの P の存在形態への影響が他の有機質資材とは大きく異なることが示された。Hedley ら方法で分類される P 分画それぞれがもつ供給能は火山灰土壌においては未だ評価されていない。しかし、本実験の結果から、有機質資材を施用した火山灰土壌における P 形態の変化を検討する上で Hedley らの P 分画法は有用であることが示された。

(2) 火山灰土壌でのリン形態に堆肥施用と冬作カバークロップの導入が及ぼす影響

圃場試験は福島県福島市にて実施した。牛糞堆肥 ($0, 61, 122\text{--}183 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) を施用して 2005–2007 年にダイズを栽培し、冬の無作付け期間にカバークロップ (裸地、ナタネ、ライムギ) を栽培、残渣を堆肥の施用前にすき込んだ。2 年間に 5 回土壌を採取し、土壌中の P 形態の変化を P 分画法 (Hedley らの方法) を用いて調べた。堆肥の施用によって添加された P のほとんどは作土層で認められた。また、植物 (ダイズまたはカバークロップ) に吸収されず残余した P は主に無機態 P の分画に分配された。堆肥施用後の P 分画の結果から、堆肥 P の多くが無機態で易溶性から難溶性のものを含むことが示唆された。0.1 M NaOH で抽出される無機態 P の分画 (土壌中の Al や Fe 化合物に強く吸着している P) は、堆肥の処理に関係なく、夏期に減少し冬期に増加した。他の P 固定土壌においてすでに提言されているように、火山灰土壌においてもこの無機態 P 分画が添加された P を貯留し必要に応じて P を放出するという可逆的な働きをもつ可能性が示唆された。冬作カバークロップによる P の吸収が堆肥に由来する無機態 P の蓄積を軽減し、すき込まれた際に有機態 P 循環を活性化することが期待されたが、無機態、有機態いずれの P 分画にも影響を与えなかった。除草を目的とした耕うんなど、物理的かく乱をとまなう作業が多い慣行ダイズ栽培では P の無機化が促され土壌中に有機態 P が蓄積しにくいのではないと思われる。

(3) 火山灰土壌のリン供給能に堆肥施用と冬作カバークロップの導入が及ぼす影響、また土壌生物活性の重要性

P の供給は溶解、脱離という化学過程と分解、無機化という生物的過程に左右される。前者の観点からブレイ 2 法による抽出 P (可給態 P) を、後者の観点からホスファターゼ活性、微生物バイオマス P、土壌線虫の群集構造を調べた。堆肥あるいはライムギの処理でダイズ (開花時) の P 吸収量が増加した。また、両処理によってホスファターゼ活性、微生物バイオマス P、微生物食

性線虫の密度が高まった。堆肥施用では可給態 P の増加が認められたため、堆肥から容易に放出される P がダイズの P 吸収に寄与したと考えられる。一方、ライムギはもともと土壤から吸収した P を残渣とともに還元したため可給態 P を増加させなかった。すき込みによって活性化した土壤生物の働きによって P の無機化が促され、ダイズの P 吸収量が増加したと考えられる。ライムギよりも C/P 比の低いナタネはすき込みによって P の無機化を促進すると予想されたが、ダイズ P 吸収への影響は認められなかった。これはすき込まれたバイオマスが小さく土壤生物への影響が小さかったこと、植物寄生線虫を増加させたことが原因と考えられる。

(4) 堆肥施用と冬作カバークロップの導入が火山灰土壤でのダイズ生産に与える影響

堆肥を 183 kg P ha^{-1} で施用した場合のみダイズの収量は増加した。この P 施用量は試験を実施した東北地方でダイズ栽培の際に火山灰土壤に施用される標準量の 3 倍に相当する。標準量で堆肥の効果が認められなかったのは N 不足による可能性がある。施用回数が増すとともに堆肥の収量への効果が顕著になったのは、堆肥に多く含まれる有機態 N の分解によってダイズへの N 供給量が徐々に増加した結果と推察される。一方、ナタネの処理では植物寄生線虫の増加が原因と思われるダイズの減収が認められた。また、ライムギの処理で収量の変化は認められなかったが、ダイズの P 吸収量を高める効果があった。したがって、堆肥の施用が繰り返された後に N 供給が十分となった場合にダイズの収量を高める効果が期待できる。

総合考察

ライムギを冬作カバークロップとして導入することで火山灰土壤の P 循環が改善された。バイオマスの大きいライムギのすき込みは土壤生物の活性を維持し、その結果、土壤生物を介した P の循環を活性化した。このような土壤生物を介した P 循環は火山灰土壤に固定される P の量は減少させる可能性がある。一方、ナタネはさまざまな要因（気候条件、土壤肥沃度、植物寄生線虫など）によって生育が抑制され、ナタネ特有の P 吸収能力を発揮することができなかった。

堆肥を施用した火山灰土壤では、堆肥由来の P（おもに無機態 P）が Al や Fe 化合物に吸着された形で蓄積した。日本には牛糞堆肥のように家畜糞尿に由来する資材が過剰に存在する。したがって、その有効利用は環境保全の観点から重要な課題となっている。火山灰土壤のもつ P 固定容量は有機質資材を多用する上で利点となるかもしれない。P を固定することで系外への流出を抑制することができるだろう。しかし、有機質資材の投入量が火山灰土壤のもつ P 固定容量を超えた場合、P は流出し近隣水源を汚染する可能性が高まる。ライムギを冬作カバークロップとして導入すれば、まず土壤表面を被覆することで土壤水食を防ぐことができ、さらに P を残渣や土壤生物体内に保持させることで P の系外への流出を抑えられるであろう。