

Pの循環と土壌中での挙動

リンの形態変化

自然界におけるリンの主要な形態

オルトリン酸塩

有機リン酸エステル

土壌におけるリンの形態変化

(1) リン鉱石や難溶性リン化合物からのリンの可溶化

リン溶解菌 硫化水素生成菌

無機酸生成菌 (イオウ酸化細菌・硝化菌)

有機酸生成菌 キレート作用を持つ有機酸を生成

クエン酸、シュウ酸、乳酸、コハク酸、フマル酸、

2-ケトグルコン酸等を生成する細菌、放線菌、糸状菌、酵母

菌根菌 (mycorrhizal fungi)

高等植物の根面に共生し、土壌中に伸ばした菌糸によって無機栄養分を吸収して宿主に提供し、自らは宿主から合成された有機物の供給を受ける。特に、低濃度のリン酸のを効率良く吸収する。その、吸収機作としては菌糸の呼吸による二酸化炭素の発生や有機酸の分泌などが考えられている。

(2) 可溶性無機リンの植物、動物、微生物への同化

無機リンを有機リンに変換する反応の例

ヘキソキナーゼ(hexokinase)

グルコース+ATP → グルコース6-リン酸+ADP

ホスホフルクトキナーゼ

フルクトース6-リン酸+ATP → フルクトース1,6-二リン酸+ADP

土壌中の主な有機態リン酸

60%以上がイノシトールリン酸 (inositol phosphate)

イノシトール6リン酸 (=フィチン酸)

5~10%が核酸 (nucleic acid)

約1%がリン脂質 (phospholipid)

他に微量の糖リン酸、グリセロリン酸、コエンザイム、ATP、ADP等

(3) 有機リン化合物の無機リンへの無機化

細菌、放線菌、糸状菌等多様な微生物が関与

主な酵素 ホスファターゼ、フィターゼ、ヌクレアーゼ、ヌクレオチダーゼ

土壤に有機物を添加すると微生物の生育や代謝活性が高められ、有機リンの生成され、それに引続いて植物の生育に必要な可給態無機リンが増加する。

(4) 有機物化合物の分解

(5) 可溶性リンの不溶化

無機態リン酸の大部分は土壤中で金属塩の形で存在している。

植物に対するその可給性はカルシウム型>アルミニウム型>鉄型>難溶型である。

難溶型とは一次鉱物のリン灰石や三二酸化物に吸蔵されたリン酸塩等である。

火山灰土では腐植と複合体を形成しているアルミニウムやアロフェン・イモゴライト中のアルミニウムがリン酸を固定するため、リン酸吸収係数が高い。

土壤中の可給態リン酸

様々な抽出法により土壤中の可給態リン酸が抽出定量され、植物による吸収量と関連づけられている。そのうち重要な3種類の方法について述べる。

①トルオーグ (Truog) 法

希酸によってC a 型リン酸を溶解する方法である。

風乾細土 2 g に0.001M 硫酸 pH3.0 (0.3%の硫酸を含む) 400 ml を加え、30分間の振盪によって溶解するリン酸量を定量する。

②ブレイ (Bray) 第二法 (準法)

C a 型リン酸と、A l 型およびF e 型リン酸の一部を溶解する方法

風乾細土 1 g に抽出液 (0.03M NH₄F + 0.1M HCl) 20mlを加え、1分間振盪した後、直ちにろ過し、抽出されたリン酸量を定量する。

ブレイ第一法は風乾細土 1 g に抽出液 (0.03M NH₄F + 0.025M HCl) 7mlを加え、ブレイ第二法は風乾細土 1 g に抽出液 (0.03M NH₄F + 0.1M HCl) 7 mlを加えて抽出するものであるが、日本の火山灰土に適するように、準法が考案された。

③オルセン (Olsen) 法

溶液中のC a ²⁺を炭酸カルシウムとして沈澱させ、C a ²⁺の活動度を低下させることによってリン酸カルシウムの溶解を促進する。

風乾細土 5 g に活性炭 1 g と0.5 M 重炭酸ナトリウム100 ml を加え、30分間振盪した後ろ過、抽出されたリン酸量を定量する。

④2.5%酢酸抽出法

日本の火山灰土壌でC a 型リン酸を効率的に定量するために考案された方法

風乾細土 1 g を 100 ml のふた付き遠心管にとり、2.5%酢酸液 100 ml を加え 2 時間振盪後、遠心分離にかけ、清澄液を 200 ml の定容フラスコに入れる。次に 1 N 塩化アンモニウム液 50 ml で 2 回洗浄後、洗液を酢酸抽出液に加える。標線まで水で満たしてよく混合後、一定量を取り、リン酸を定量する。

リン酸保持容量

土壌がリン酸を保持する能力の指標を一般にリン酸保持容量(phosphate retention capacity)と呼ぶ。

わが国で最も広く使われている方法は、pH 7 のリン酸アンモニウムから吸収するリン酸の量（リン酸吸収係数）である。リン酸吸収係数 1500 mg / 100 g 乾土は黒ボク土と非黒ボク土を区別する一つの指標にもなっている。

他に、1/50 M H_3PO_4 からの吸収量や、酢酸・酢酸ナトリウム緩衝液で pH を 4.6 に調節したリン酸カリウム溶液 (1 mg/ml) からのリン酸の吸収量もリン酸保持量の指標として用いられている。

Kの循環と土壌中での挙動

カリウムは窒素とともに植物体中の含有量の最も多い元素である。窒素・リン酸が生育の初期に吸収されるのに対して、カリウムは生育後期まで吸収される。カリウムは作物の水分利用および炭水化物合成に果たす役割は大きく、病害抵抗性を増加させる。カリウムの欠乏は成熟期を遅らし、低温の害を受けやすくする。

土壌中におけるカリウムの形態

水溶性カリウム 交換性カリウムと平衡関係にある。カルシウムやマグネシウムと比べて低い傾向がある。

交換性カリウム 鉍質土壌では全カリウムの 1 ~ 2 %。粘質土壌で高く砂質土壌で低い。耕地土壌では 100 g 当り 15 ~ 25 mg が普通。

非交換性カリウム 1 次鉍物の正長石、微斜長石、黒雲母、白雲母などや粘土鉍物のイライトに含まれる。土壌中で風化を受けて交換性、水溶性に変化する。

固定態カリウム バーミキュライトやモンモリロナイト等の膨張格子型の 2:1 型粘土鉍物の層間に固定されたカリウムは、他の陽イオンによって交換されないくらい固く結合されている。

有機態のカリウムは土壌中にはほとんど存在しない。

カルシウム・マグネシウム

わが国の土壌では交換性塩基のうち、カルシウムが60～80%、マグネシウムが10～30%を占めている。カルシウムは植物の分裂組織の生長、特に根の先端および新芽の正常な発育と機能のために必須。マグネシウムは葉緑素の構成要素である他、リン酸の移動にも重要な役割を果たしている。

ケイ酸

ケイ酸は植物の必須元素としてはまだ確認されていないが、イネをはじめとする禾本科植物に多く含まれている。イネの倒伏の防止やイモチ病への耐病性などに貢献している。

微量元素

植物にはほぼ60種類の元素が含まれているが、このうち16の成分が必須元素としてあげられている。このうち植物に多く吸収されるものを多量要素、吸収量の小さいものを微量元素と呼んでいる。

多量要素．．． 水素、炭素、酸素、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、
イオウ

微量元素．．． 鉄、マンガン、ホウ素、亜鉛、銅、モリブデン、塩素

ある種の植物にとって必須の元素．．． 珪素、ナトリウム、コバルト、バナジウム

微量元素欠乏は土壌の反応と関係する場合が多い。酸性条件下ではモリブデンは土壌に固定されて欠乏症状を起こしやすい。アルカリ条件下で、鉄、マンガン、ホウ素、亜鉛、銅は不溶化するため欠乏症状が発生しやすい。また、土壌有機物含量が多い場合、有機物に銅、亜鉛やモリブデンが固定され、欠乏を招く場合もある。

また、水田土壌では還元状態の発達に伴って、亜鉛および銅の濃度は減少するがモリブデンの濃度は増加する。またホウ素含量は還元発達と比較的無関係であった。亜鉛欠乏は熱帯での稲作において最も広く認められる欠乏症状である。水田のホウ素欠乏は有機物の少ない粗粒質の水田で起こりやすい。水田における鉄欠乏は有機物含量が少なく還元発達しない土壌、鉄の溶脱した老朽化水田、やカルシウム質でpHの高い水田等で起こりやすい。

微量元素の土壌中におけるおおよその存在量は、鉄が $40\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、マンガン $1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、亜鉛 $90\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、銅 $30\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、ホウ素 $20\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、モリブデン $1\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、塩素 $0.1\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ である。

地殻および土壌中の微量元素