植物へのカリウム供給源としての土壤微生物バイオマス 土壤微生物は窒素やリンだけでなくカリウムも抱え込んでいる

カリウムは窒素、リンと並ぶ植物の三大必須栄養元素の一つである。光合成、炭水化物の植物体内での転流、気孔の開閉、膜電位の調節、細胞内の浸透圧や酵素機能の維持など、植物の生育に不可欠な役割を果たしている。また、作物はカリウムの要求量が多く、その吸収量は窒素に匹敵する⁽¹⁾。土壤中のカリウムは、分析操作上の便宜的な形態として、水溶性、交換性、非交換性に分けられており、互いに平衡関係にある。植物が直接吸収する形態は水溶性のカリウムイオンであり、その減少を補うのが粘土鉱物などの負荷電に吸着した交換性のカリウムとされている（図1）。土壤中のカリウムの動態を考える際には、イオンあるいは無機粒子に存在するカリウムの形態のみが想定されてきた。土壤中の生物はカリウムの動態にはかかわっていないのであろうか？ カリウムは生物の細胞内の主要な無機陽イオンであり、細菌や糸状菌の細胞では0.18~0.2M以上と、細胞外に比べ高い濃度が維持されている。そのため、微生物体内に存在するカリウム（微生物バイオマスカリウム）もまた、土壤中のカリウムの動態にかかわる重要な形態の一つであると考えられる。

土壤中の窒素やリンの動態における微生物バイオマスの重要性は広く認識されている⁽²⁾。土壤微生物は有機物などを分解・無機化する過程で増殖・成長し、炭素、窒素、リン、塩類などの養分の一部をバイオマスに取り込む。それらの菌体が死滅すると微生物により分解され、バイオマス中の養分の一部が土壤中へ放出される。土壤有機物、なかでも腐植物質の分解速度は極めて遅く、半減期が数千年以上の場合もある。それに対し、土壤微生物バイオマスの分解速度は速く、代謝回転時間（turn over time）は年から月のオーダーである。土壤有機物中に占める微生物バイオマスの割合は2~3%に過ぎないが、植物への可給態養分の供給に果たす微生物バイオマスの役割は大きい。

微生物バイオマスは一般には大型の動物や植物根以外の土壤中の全生物体量を指し、細菌、糸状菌などがその大部分を占める。1976年にJenkinsonら⁽³⁾によって、土壤をクロロホルム燻蒸で殺菌した後に無機化される炭素を測定することにより、微生物バイオマス炭素量を求め

る方法（クロロホルム燻蒸法）が開発された。その後、微生物バイオマス窒素やリンの測定法が考案され、研究が大きく発展し、土壤中の養分の貯蔵・供給者として微生物バイオマスの重要性が明らかにされてきた。

しかし、微生物バイオマスカリウムはほとんど注目されることはなく、見過ごされてきた。これには、微生物バイオマスカリウムを直接定量する方法がなかったことが大きな原因であったと思われる。土壤の微生物バイオマス炭素量と純粋培養により求めた微生物細胞の平均的な炭素とカリウムの比率から、バイオマスカリウム量を計算により推定していたのである。ようやく最近になって、Lorenzら⁽⁴⁾によりクロロホルム燻蒸法による微生物バイオマスカリウムの測定法が確立された。Lorenzらはこの方法を用い、アメリカの畑土壤で微生物バイオマスカリウム量を測定することにより、バイオマス中のカリウム量が交換性カリウム量の37%に相当することを明らかにし、土壤中のカリウムの貯蔵源としての微生物バイオマスの重要性を示した。

水田を対象に土壤中の微生物バイオマスカリウム量を

図1 ■ 土壤中のカリウムの動態と主な形態

これまでは、微生物バイオマスカリウム以外の水溶性、交換性、非交換性の3形態のみが土壌中でのカリウムの動態にかかわっていると考えられていた。近年、直接定量する測定法が確立され、微生物バイオマスカリウムは交換性カリウムの27%にも達することが明らかとなった。

測定した研究結果⁵⁾を紹介しよう。水稻栽培中に経時的に採取した水田土壌の微生物バイオマスカリウム量は8~43mgKkg⁻¹であり、平均すると交換性カリウム量の27%に相当した。面積当たりの微生物バイオマスカリウム量を試算すると26kgKha⁻¹となり、水稻への1作あたりの施肥量(82kgKha⁻¹)の32%に相当した。また、土壌へのカリウムの補給源ともなる家畜ふん堆肥や稲わら堆肥を長期間連年施用すると、微生物バイオマスカリウム量と交換性カリウム量は有機物無施用の土壌よりも大きく増加した。興味深いことに、交換性カリウム量に対する微生物バイオマスカリウム量の割合は有機物無施用の土壌でより大きく、特に、長期間カリウム施肥を行わず、カリウムが欠乏状態にある土壌では交換性カリウム量より微生物バイオマスカリウム量のほうが大きい値を示した。

カリウムには窒素やリンとは異なり有機態の化合物がないこともあり、土壌中での動態への微生物の関与は意識しにくいと思われる。紹介した研究結果は土壌中のカリウムの動態に「微生物が抱え込んでいるカリウム」がかかわっていることを示唆しており、図1に示すようにイオンや無機粒子に存在する形態だけでなく、微生物バイオマスカリウムも考慮する必要がある。今後、微生物バイオマスカリウムの代謝回転速度を測定することにより、微生物バイオマスからのカリウムの流れを定量化し、植物へのカリウムの供給源としての土壌微生物バイオマスの重要性を明らかにしたい。

- 1) 尾和尚人: “肥料の事典”, 朝倉書店, 2006, p. 207.
- 2) 早野恒一: “新・土の微生物 (2)”, 博友社, 1997, p. 133.
- 3) D. S. Jenkinson & D. S. Powlson: *Soil Biol. Biochem.*, **8**, 209 (1976).

- 4) N. Lorenz, K. Verdell, C. Ramsier & R. P. Dick: *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **74**, 512 (2010).
- 5) K. Yamashita, H. Honjo, M. Nishida, M. Kimura & S. Asakawa: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **60**, 512 (2014) (Corrigendum, **62**, 570 (2016)).

(浅川 晋^{*1}, 山下昂平^{*1,2}, ^{*1}名古屋大学大学院生命農学研究科, ^{*2}現在, 片倉コープアグリ株式会社)

プロフィール

浅川 晋 (Susumu ASAKAWA)

<略歴>1985年東京大学農学部農芸化学科卒業/同年農林水産省九州農業試験場土壌微生物研究室/1997年科学技術庁長期在外研究員(マックスプランク陸生微生物学研究所)/2001年名古屋大学大学院生命農学研究科助教授/2007年同准教授/2013年同教授, 現在に至る<研究テーマと抱負>水田の土壌微生物学, 水田土壌中での微生物の生き様の解明<趣味>鉄道小旅行(特に路面電車), 地図の本を眺めること<所属研究室ホームページ>http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~soil/Soil_Biology_and_Chemistry/toppupeji.html

山下 昂平 (Kohei YAMASHITA)

<略歴>2012年名古屋大学農学部応用生命科学科卒業/2014年同大学大学院生命農学研究科博士前期課程修了/同年片倉チッカリン株式会社(現片倉コープアグリ株式会社)入社, 現在に至る<研究テーマと抱負>現在, 研究職ではない職種に就いております<趣味>ゴルフ, スポーツ観戦<所属研究室ホームページ><http://www.katakuraco-op.com/>

Copyright © 2017 公益社団法人日本農芸化学会
DOI: 10.1271/kagakutoseibutsu.55.444