

モリブデンを用いた水田土壌における硫化物イオンの生成抑制と 作物の苗立ち向上に関する研究

原 嘉隆（農研機構九州沖縄農業研究センター）

水稲作では担い手不足が進み、水田に直接種子を播く直播が省力的技術として期待されるが、普及は作付面積の2%程度である。直播面積の大半を占める湛水直播での問題は不安定な苗立ち（種子の生存）である。そこで、その改善に向けて研究してきた。

1) 水稲直播での硫安による苗立ち不良

まず、窒素施肥が苗立ちに与える影響を調べた。種子を土壌表面に播種した場合、窒素施肥は苗立ちに影響を与えず、生育は良くなった。一方、土中に播種した場合、窒素施肥が多いと苗立ちが悪くなる傾向がみられた。その傾向は硫安で顕著であった。硫安の添加量を増やすと、土壌からの出芽には影響しないものの、種子近傍の土壌が黒くなり、 1 mmol kg^{-1} を超える程度（ 3 kg N/10a 程度）から、苗立ちが悪化した。しかし、土壌を滅菌すると苗成ちは良かった。これらから、硫安による苗立ち不良は、出芽後の嫌気的条件下で微生物によって起きると推察された。

2) 水稲種子近傍の局所的な還元化

そこで、種子近傍の酸化還元電位を計測することにした。精度を確保できるよう、経時的に局所的な計測を多点で行うため、計器を安価に自作した（その後、（株）藤原製作所から市販され、ヒ素やメタンなどの水田での研究や、他の環境での計測にも使用されている）。土中に播種した種子の近傍の酸化還元電位を計測したところ、 30°C では播種2日後、 20°C では3日後に -0.2V まで低下した。一方、種子がない土壌のみの場合、 30°C では2週後に -0.1V までゆっくり低下する程度で、 20°C では低下がほとんどなかった。したがって、土壌のみの条件とは異なり、種子の近傍は低温でも播種後数日で著しい還元的状態となることが分かった。また、土壌溶液を調べた結果、土壌のみに比べて、種子近傍ではMn、Fe、Cが増え、Sが減少した。Mn、Feの増加は還元による可溶化を示しており、Cの増加は種子からの浸出物や微生物活動の結果であり、Sの減少は硫酸イオンが硫化物イオンに還元され、FeSなどとして不溶化していると推察された。過去の研究によって、盛夏といった 30°C を超える条件では硫化水素が生成し、水稲に障害が及ぶ秋落ちが知られている。この試験から、直播が行われ

る春の涼しい温度でも、種子近傍では水稲に害を及ぼす硫化物イオンが生成することが示唆された。

3) モリブデンによる硫化物イオンの生成抑制

モリブデン酸イオン（ MoO_4^{2-} ）は硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）と拮抗し、微生物による硫酸イオンから硫化物イオンへの還元を抑制することが報告されている。そこで、モリブデン酸カリウムを土壌に添加したところ、添加量の増加によって種子近傍の黒化が抑制され、 1 mmol kg^{-1} 以上の添加によって苗成ちが改善された。モリブデン酸塩の添加は、種子近傍の酸化還元電位に影響せず、種子近傍の土壌溶液の硫黄濃度を低下させた。このことは硫化物イオンの生成抑制を示唆する。したがって、苗成ち不良の一因は、種子が土壌中に播種されると、種子近傍が局所的に還元され、微生物によって硫酸イオンから生成した硫化物イオンが水稲に害を及ぼすためと考えられた。

4) 水稲直播の苗立ち向上技術の開発

Moは植物の微量必須元素で、添加される肥料もあることから、生産現場での直播の苗成ち向上に利用することを考えた。Mo化合物の使用量が少なく済むよう、種子への被覆を検討した。様々なMo化合物を試した結果、易溶性化合物は種子の生育を阻害するので、難溶性化合物が適しており、その中で安価な三酸化モリブデンを選んだ。使いやすい技術とするため、被覆種子の比重を高める酸化鉄と被覆層を固めるポリビニルアルコールを混合した被覆資材を開発した。これは「べんモリ資材」として2016年から市販され、被覆種子を播種する「べんモリ直播」は、東北を中心に普及が進み、2018年は全国



5) 畑作物やタングステンでの研究

畑作物でも播種後の大雨で苗成ち不良となる問題があることから、Mo化合物の種子被覆による苗成ち不良に効かないか調べたところ、小麦、大麦、大豆においても、播種後冠水時における苗成ち不良を緩和させる効果があることを明らかにした。

水稲や畑作物における苗成ち向上は、モリブデンと同族元素であるタングステンの化合物を用いても得られることを明らかにした。