

塩化カリウムの施用が水稻による施肥窒素利用率

および大豆の根粒着生に及ぼす影響

東北農業試験場・地域基盤研究部

低温ストレス研究室

室 長 田 村 有 希 博

(前富山県農業技術センター農業試験場土壌肥料課)

1. はじめに

近年、環境に配慮した低投入型生産技術の確立が求められており、窒素の利用効率向上や食味への配慮から窒素の減肥は実現している。今後は、環境保全と資源保護の観点からリン酸やカリウムの減肥を考える必要があると考える。これまで、リン酸やカリの施肥量は、生産性を確保するための必要十分量が投入されてきた。これを必要最小限の施肥量にまで減肥することを検討する場合、減肥しなければならぬという根拠が示されなければ、なかなか減肥をしようという機運も盛り上がらない。窒素であれば食味の向上と地下水や河川の窒素負荷の問題があり、リン酸では、資源の枯渇や環境負荷の問題がある。しかし、カリウムではさしたる問題は無いように思われ、カリの施用量を減らそうという機運はない。

中粗粒質灰色低地土水田は CEC (陽イオン交換容量) が小さく、保肥力が弱いため、陽イオンであるアンモニア態窒素を土壌表面に吸着する容量が小さく、液層に溶け出す割合が多くなり、拡散と水の流れに伴って移動し易くなる。そのため、降下浸透量が多いと施肥窒素が作土下に流亡して水稻が吸収する窒素量が減少することになる。このとき、リン酸やカリウム等の共存イオンは窒素の土壌中での移動を促進するため、施肥窒素の水稻吸収に影響すると考えられる。そこで、施肥窒素利用率に及ぼすリン酸やカリウムの影響を検討した。

また、米余りから、水田の高度利用が求められる中で、転作作物の有力作物として大豆が期待されているが、十分な収量が確保されていないのが現状である。大豆の多収のためには十分な窒素集積が必要である。また、多収大豆の窒素吸収の特

徴は固定窒素と土壌由来窒素の割合が多いことである。さらに、窒素の施肥は根粒の着生を強く阻害するため、追肥窒素の利用効率は高いものの、窒素固定量が大きく減少するため、見かけの肥効は極めて低い。よって、大豆多収のためには窒素固定能の確保が重要である。また、大豆の収量確保のためには過繁茂にならない程度の乾物生産量が必要であり、開花期での適切な生育量の確保が重要であるため、初期生育の遅れは致命的である。これらの理由から、大豆の初期生育や根粒着生に悪影響を及ぼす資材の投入などは極力避けるべきである。

2. 砂質浅耕土水田における塩化カリウムの窒素動態に及ぼす影響

水田土壌中は還元性であるため、無機態窒素の形態はアンモニア態窒素として存在する。田面の酸化層において一部のアンモニア態窒素が硝酸化によって硝酸態窒素となるものの、還元層に移行して脱窒によって失われるため、水田土壌中での無機態窒素の動きはアンモニア態窒素のみを考えればよい。アンモニア態窒素の水田土壌中での動きは、CEC、塩基飽和度、共存イオンや水の動きに影響される。そこで、基肥として全層施用したアンモニア態窒素の動きをポット試験で検討したところ、代かき直後から施肥由来窒素のみならず土壌由来窒素も降下浸透水中に溶出した (図1)。その結果、基肥として全層施用した施肥窒素の水稻による吸収量は降下浸透量に大きく影響され、減水深が1cm/日まで急激に低下し、1cm/日以上では減少率は小さいものの徐々に減少した (図2)。このように CEC の小さい土壌では、少ない降下浸透量でもアンモニア態窒素の作土下への流亡が実際に起こっていると考えられる。

図1 基肥として硫安を全層施用したときの降下浸透水中の無機態窒素量の推移

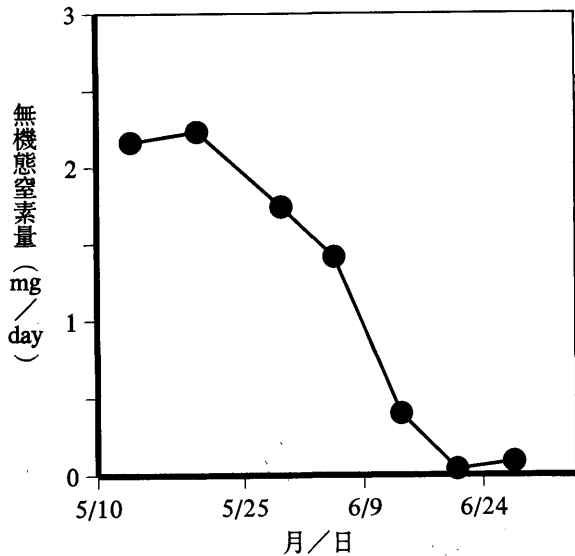


図2 減水深と水稻による施肥窒素吸収量との関係

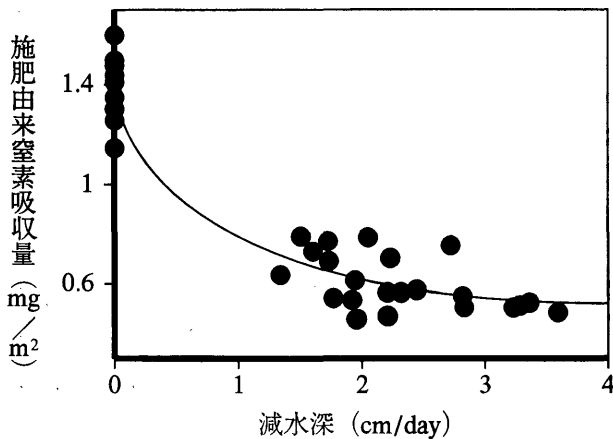
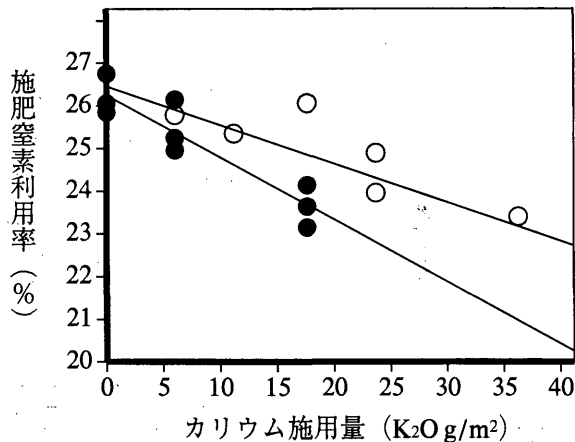
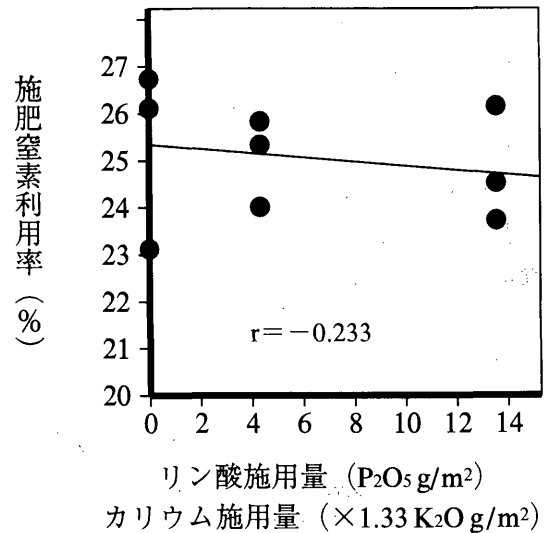


図3 カリウムの施用量と窒素利用率との関係



そこで、基肥として全層施用した施肥窒素の水稻による吸収に及ぼすリン酸とカリ肥料の影響を検討するため、圃場試験を行った。コシヒカリを移植した圃場の無肥料区に金枠を設置し、枠内に基肥として重窒素標識硫安（窒素として4kg/10a相当量）と施肥量を変えてリン酸カリウム及び塩化カリウムを混合して全層施用し、施肥の翌日に水稻稚苗を移植した。土壌中の無機態窒素が消失する移植60日後に水稻を採取し、窒素吸収量と重窒素含有率を測定して水稻による施肥窒素利用率を求めた。この窒素利用率は、塩化カリウムの施用によって低下した（図3）。しかし、リン酸カリウムの基肥窒素利用率に及ぼす影響は少なく（図3, 4）、カリウムの形態がリン酸カリウムでは、基肥窒素の利用率を低下させなかった。

図4 リン酸施用量と窒素利用率との関係



凡例

- : 塩化カリ由来カリ量 $r = -0.932^{**}$
- : リン酸カリ由来カリと塩化カリ由来カリとの合計量 $r = -0.773^*$

この塩化カリウムによる施肥窒素利用率の低下は、慣行のカリ施肥量では、1ポイント程度であり、実質的なデメリットは少ないとも言える。しかし、米価が低迷している現状では、資材の投入自体が経済的なデメリットであり、増収や品質向上等の具体的メリットが期待できず、影響は少なくともマイナス要因のある資材投入は減らすことを考

えるべきである。

穂肥を行う場合、慣行的には窒素とカリを同時に施用する。そこで、追肥における塩化カリウムの窒素利用率に及ぼす影響を検討した。追肥として表面施用した場合、田面付近では脱窒と有機化が起こりやすく、根の分布も少なく、水稻による追肥窒素の吸収量が減る恐れがある。よって、施用した窒素が速やかに土壤中に浸透する方が水稻の吸収に有利であると考えられる。そこで、穂肥として硫酸と塩化カリウムを混合して表面施用したところ、肥料由来の無機態窒素の4日目における表層(0~1cm)の残存率は低下した(図5)。しかし、塩化カリウム施用による窒素利用率への影響は認められなかった(表1)。この場合、塩化カ

図5 裸地に穂肥として窒素と同時に施用した塩化カリの施用量と施肥4日後に表層に残存した無機態窒素量との関係

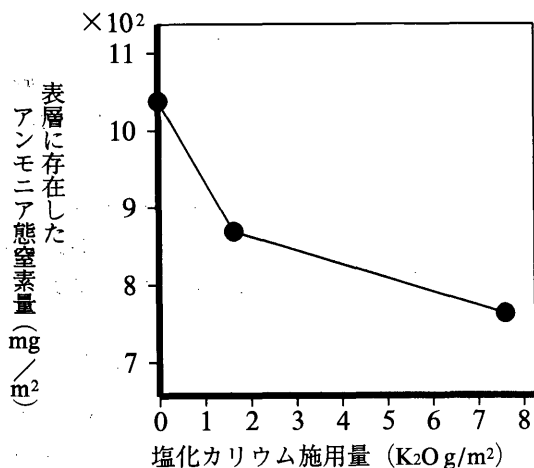


表1 穂肥として窒素と同時に表面施用した塩化カリウムの施用量と水稻による窒素利用率との関係

カリウム施用量 (g/m ²)	0	1.5	7.5
窒素利用率 (%)	66	63	65

リウムの施用量が基肥に比べて少ないことと、窒素の吸収力の大きい穂肥時期では数日で施肥窒素は水稻に吸収されてしまうため、塩化カリウムの施用効果が認められなかったものと考えられる。

以上のことから、CECが小さくて(10me/100g以下)保肥力が弱く、減水深が1cm/日以上の水田において、塩化カリウムの多施用は全層施用し

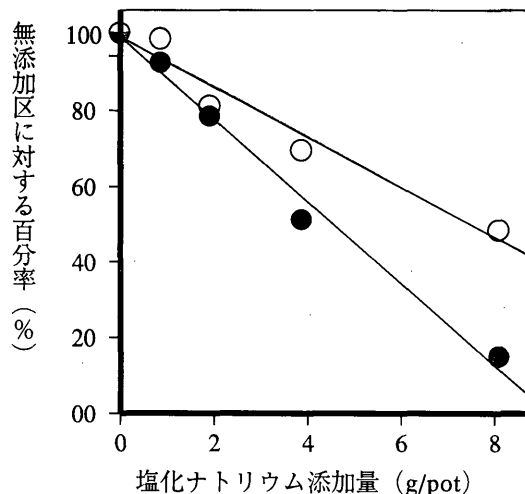
た窒素の溶脱を促し、水稻による利用率が低下を招くおそれがある。よって、CECが小さく、減水深が大きい砂質浅耕土水田においては、カリウムの施用形態や施用量を考慮する必要がある。

なお、本研究は富山県において実施されている指定試験事業で行われた。

3. 塩化カリウムの施用が大豆の初期生育と根粒着生に及ぼす影響

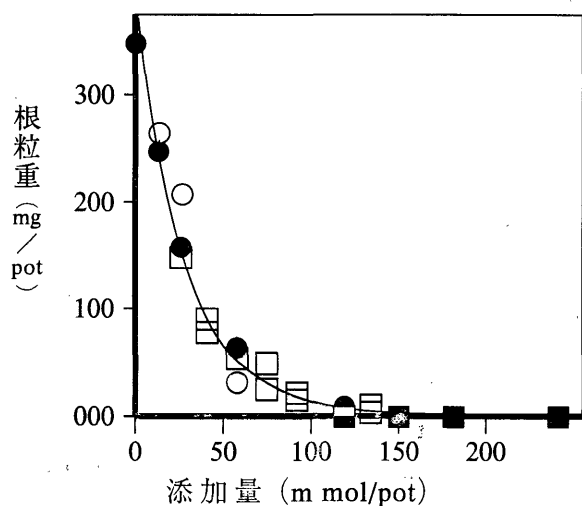
大豆を連作すると収量が減少するいわゆる連作障害が現れる。連作障害の原因としては線虫や病原性微生物の密度増加等病害虫に起因するところが多いとされる。しかし、土壌肥料的な原因も少しはあるのではないかと、大豆のミネラルバランスを検討した結果、連作年数とともにカリウム含有率が低下し、ナトリウム含有率が上昇する傾向が認められ、ナトリウム含有率と収量とが反比例することを認めた。多くの場合、高塩類濃度は植物に悪影響を及ぼすことが知られている。特に塩化ナトリウムの影響は塩類ストレスとして研究事例も多い。そこで、圃場に塩化ナトリウムを施用したところ、見事に初期生育が劣り、減収した。そこで、塩化ナトリウムが大豆の初期生育に及ぼす影響をポット試験で検討することにした。その結果、塩化ナトリウムの施用は大豆の初期生育及び根粒着生に悪影響を及ぼした(図6)。圃場試験の結果から、ナトリウムとカリウムの含有率は反比例する傾向が認められたことから、ナトリウ

図6 発生1カ月後の着生根粒重および地上部重と塩化ナトリウム添加量との関係



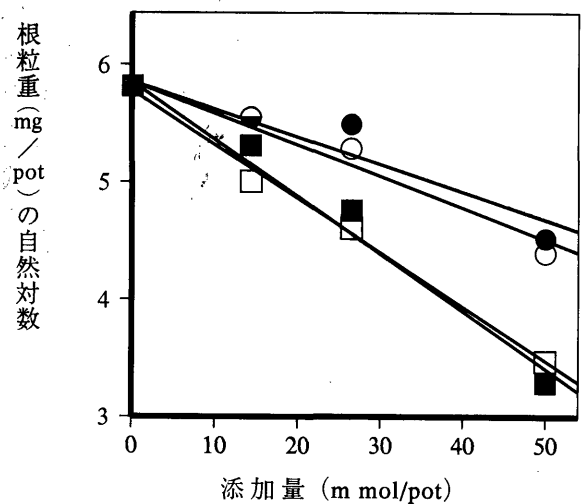
注) ● 根粒重 (r=-0.99**) ○ 地上部重 (r=-0.98*)

図7 発芽1カ月後の根粒着生量と塩化ナトリウムおよび塩化カリウムの添加量との関係



注) ●塩化ナトリウム添加区 ○塩化カリウム添加区
□混合添加区 ■生育不能区

図8 発芽1カ月後の根粒着生量の対数と塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムおよび塩化マグネシウムの添加量との関係



注) ●ナトリウム ($r=-0.95^{**}$) ○カリウム ($r=-0.98^{**}$)
■カルシウム ($r=-0.98^{**}$) □マグネシウム ($r=-0.99^{**}$)

ムのカリウム吸収阻害があるのではないかと考えた。そこで、カリウムを多く施用すればナトリウムの阻害効果を軽減できると考え、ナトリウムとカリウムの混合施用を試みた。ところが、塩化ナトリウムと塩化カリウムは、ほぼ同じ強度で悪影響を大豆の初期生育と根粒着生に及ぼした(図7)。さらに、塩化カルシウム及び塩化マグネシ

ウムでも同じ様な影響が認められ、その影響の強度をモル濃度で比較すると、ナトリウムとカリウムの2倍であった。カルシウムとマグネシウムは2価であるため、同じモル濃度では、塩化カルシウムと塩化マグネシウムに含まれる塩素の量は、塩化ナトリウムと塩化カリウムの2倍である。すなわち、大豆の初期生育と根粒着生に及ぼす影響は、陽イオン量ではなく塩素量に比例した(図8)。よって、大豆の初期生育と根粒着生への悪影響の原因はカチオンではなく、塩素であると考えられる。このことから、大豆に対しても塩化カリウムの施用は避けた方が良いことになる。

なお、この悪影響は硫酸イオンでも認められるが、その強度は小さかった。

4. おわりに

これまで述べたとおり、塩化カリウムの施用は、CLC が小さく透水性の大きい水田に基肥として全層施用した施肥窒素の水稲による利用率を下げ、大豆の初期生育と根粒着生を阻害する悪影響があることを示した。塩化ナトリウムの植物に及ぼす悪影響を塩類ストレスとして扱っている研究結果のうち、その効果がナトリウムによるものか塩素によるものかを区別していない事例が見受けられる。このような事例の内、いくつかはナトリウムが悪さをしているのではなく塩素が原因である可能性がある。しかし、カリウムが植物の必須元素であると同様に、効果の植物種間差は大きいものの、塩素も必須元素とされている。塩素の生理作用としては光合成における酸素発生に関わっていることや浸透圧調整に関わっていることが指摘されている。そのため、塩素を全て排除した場合、塩素欠乏症の発生も懸念されるが、単に施肥カチオンのカウンターアニオンとしてのみで安易に塩素を圃場に持ち込むことは思わぬところで悪影響が生じる恐れがある。よって、塩素も肥料成分としての効果、逆効果を吟味して適切な施用量を検討する必要があると考える。

塩素は反応性が大きく、化学工業的にも便利に使われてきたが、ダイオキシンやトリハロメタン等の問題もあり、有機無機に関わらず、環境への塩素化合物の負荷はできるだけ避けるべきであると考えられる。