

Alfalfa Growth Response to Application of Cow Slurry

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新良, 力也, 糸川, 信弘, 池田, 哲也 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001315

アルファルファの生育におよぼす牛ふん尿スラリー散布の影響

新良 力也¹⁾・糸川 信弘²⁾・池田 哲也³⁾

I. 緒 言

アルファルファは、タンパク質含有率が著しく高く、ビタミンやミネラルも豊富に含有し、その上、多収で永続性のある申し分のない優れた牧草である(鳶野, 1984)。しかしながら、酸性土壌に弱く、機械踏圧にも弱い、さらに、北海道の主要酪農地帯である根釧・十勝地方では土壌凍結による断根を受けることから、持続的な栽培は容易でなく、過去にも何度か導入試験が行われたものの、あまり普及していない現状である(山口・赤城, 1981; 鳶野, 1984; 小松, 1988)。この現状を打破すべく、近年、北海道農業試験場において、土壌凍結地帯での永続性、収量性が高い品種「ヒサワカバ」が育成された(山口ら, 1994)のを受け、再度、安定的なアルファルファ栽培が可能となるよう研究が開始された。

一方、酪農家周辺では、環境汚染源とならないよう、家畜ふん尿を効率的に処理することが最重要課題となっており、発生したふん尿は牧草地へできる限り多量に還元したいところである。アルファルファは、根粒の働きにより空中窒素を利用でき、窒素肥料をほとんど必要とせず生育できるという、優れた特性を有する。そのため、アルファルファ主体草地では追肥として窒素肥料の施肥標準量はゼロ(北海道農政部, 1995)、また、草地へのふん尿施用量は投入される要素量が施肥標準量を超えないよう指導されている(北海道立農業・畜産試験場家畜糞尿プロジェクト研究チーム, 1999)ので、ふん尿施用量もゼロと計算されてしまう。さらに、窒素肥料の投入により根粒の働きが抑制されるとの報告もある(Lambら, 1995)。こうした知見に基づけば、アルファルファ主体草地へは家畜ふん尿スラリー施用を控えた方が無難で、優れた飼料価値を有するアルファルファの栽培面積が拡大すると、ふん尿還元草地面積が減少してしまう可能性がある。これは、少

しでも多くのふん尿を還元すべき情勢に逆行しかねない。そこで、牛ふん尿スラリーのアルファルファ単播草地への散布を検討した。スラリーの散布により、アルファルファの生育はどの様な影響を受けるのか、投入される窒素成分が根粒活性をどの程度抑制するのかを明らかにして、根粒活性の抑制を軽微にし、スラリー中の窒素以外の成分、特に、カリウムとリン酸をうまく利用する方法を探ることを目的とした。

II. 材料および方法

1. 試験圃場と処理

北海道農業研究センター畑作研究部内圃場に、面積約1.5haのアルファルファ単播草地を造成し、その一部に、スラリー散布試験区を設定した。この圃場の土壌型は褐色火山性土に分類される。1999年6月23日に、品種ヒサワカバ、根粒菌が接種されたコート種子(ハイパーコート種子[®]、十勝農協連農産化学研究所)を、ドリルシーダーにて18kg ha⁻¹の割合で、うね幅12.5cmに条播した。基肥として、過燐酸石灰を830kg ha⁻¹、エーコーブ高度化成055を400kg ha⁻¹、要素量で40kg N ha⁻¹、250kg P₂O₅ ha⁻¹、60kg K₂O kg ha⁻¹相当を施用した。なお、前年秋から春にかけては、土壌改良材として、熔成燐肥1670kg ha⁻¹、防散苦土炭カル8720kg ha⁻¹、牛ふん厩肥50Mg ha⁻¹相当を散布した。

アルファルファ1番草を1999年8月26日に収穫した後、同年の2番草、翌年の1, 2, 3番草に対して、スラリーを使用した追肥処理を実施した。試験区を、化成肥料で追肥を行う処理区、化成肥料を使用せずにスラリーを散布する処理区で構成し、スラリー処理については施用量を3水準設定した。各処理区の面積を10m×5mとして、処理の配置を3反復で乱塊法に従わせた。化成肥料はホクレン高度化成PK22号を使用して、施用量を各番草あたり0g N m⁻²、4.0g P₂O₅ m⁻²、7.3g K₂O m⁻²、1.0g MgO m⁻²相当とした。これは、アルファルファ主体草地で年間3回収穫する場合の北海道施肥標準0g N m⁻²、3.3g P₂O₅ m⁻²、7.3g K₂O m⁻²(北海道農政部, 1995)に準じている。

平成14年5月23日 原稿受理

¹⁾ 総合研究部総合研究第3チーム(現 静岡農業試験場)

²⁾ 総合研究部総合研究第3チーム(現 中央農業総合研究センター)

³⁾ 総合研究部総合研究第3チーム

スラリー施用量は、各番草あたり 4 L m^{-2} 、 8 L m^{-2} 、 12 L m^{-2} 相当の3水準とし、それぞれの処理をスラリー1倍量、2倍量、3倍量と称した。1倍量は、同じ出所スラリーの過去の成分値から推定して、リン酸とカリウムの投入量が化成肥料区とほぼ同じとなる 4 L m^{-2} に設定した。スラリーは芽室町上美生地区の肥培かんがい施設から運搬し、草地表面に均一になるよう散布した。追肥処理日は、1999年9月2日（収穫調査日10月14日）、2000年5月9日（収穫調査日6月15日）、6月27日（収穫調査日8月3日）、8月11日（収穫調査日9月14日）である。

2. 調査項目

追肥処理後から、ほぼ1週間ごとに、アルファルファ地上部を30cm長2畦分採取し、草丈、全窒素量、硝酸態窒素量を測定し、その内、ほぼ2週間ごとの採取試料では、カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、リン量をも測定した。そして、各番草の収量は $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ の面積分を刈り取って測定した。

根粒の活性に関する調査も、ほぼ1週間ごとに行った。アルファルファの主根位置を中心とする、内径3cm深さ20cmの土壌を植物体と共に円筒採土具で採取し、採取物から根粒をピンセットで収集した。収集後ただちに、根粒の窒素固定活性をアセチレン還元法（浅沼, 1992）により測定した。同時に得られる土壌については、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、無機態窒素量、交換性陽イオン量を測定した。

散布したスラリーについて、全窒素量、無機態窒素量、カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、リン量を測定した。

3. 測定および統計処理方法

アルファルファの各種成分量、および、スラリーの窒素以外の無機成分量は、乾燥後、微粉碎された試料を用いて測定した。全窒素量は、NCアナライザー（住化分析センターNC900）により、アルファルファの硝酸態窒素量は、蒸留水で振とう抽出して、フローインジェクション法により測定した。窒素以

外の無機成分量は、試料を硝酸で分解して、PERKIN ELMER社OPTIMA3300DV装置を使ってICP法（小山, 1989）で測定した。スラリー中の窒素成分については、乾燥処理前の試料を用いて、全窒素をケルダール法（嶋田, 1986）で、無機態窒素を蒸留水で振とう抽出後、フローインジェクション法で定量した。

根粒のアセチレン還元活性は、根粒を内容量65mLのガラス試験管内に、シリコン栓で密封し、試験管内の気体6.5mLをアセチレンガスに交換して、20分以上経過後に、試験管内に生成するエチレン量を定量して算出した。水素炎イオン化検出器（FID）付きガスクロマトグラフ（島津製作所GC15A）を用いて、カラム充填剤は80~100メッシュのポラパックRを、キャリアガスとしてヘリウムガスを流速60mL min^{-1} で流し、カラム温度80°C、インジェクターと検出部の温度を、60°Cとした。アセチレン還元活性は採取した土壌あたりで算出した。

土壌は湿土のまま、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ をガラス電極法（伊達, 1986）で、無機態窒素量を2M塩化カリウム液抽出のフローインジェクション法（新良・西宗, 2000）により測定した。交換性陽イオンは、風乾細土から $\text{pH} 7$ の1M酢酸アンモニウム液により振とう抽出（鎌田, 1986）してICP法により定量した。

得られた測定値に対しては、統計処理ソフトSAS（SAS Institute, 1988）のGLMプロシージャーを使って、分散分析およびTukeyの多重比較検定を行った。

なお、測定結果は、特に断らない限り、3反復の平均値で示した。

III. 結果および考察

1. スラリー施用に伴う肥料成分の投入量

施用したスラリーは、常に、水分が970g L^{-1} と安定し、全窒素、アンモニア態窒素、窒素以外の無機成分含有率もほぼ一定していた（第1表）。なお、無機態窒素として、硝酸態窒素は検出されなかった。

第1表 スラリー施用日と施用したスラリーの成分含有率 (g L^{-1})

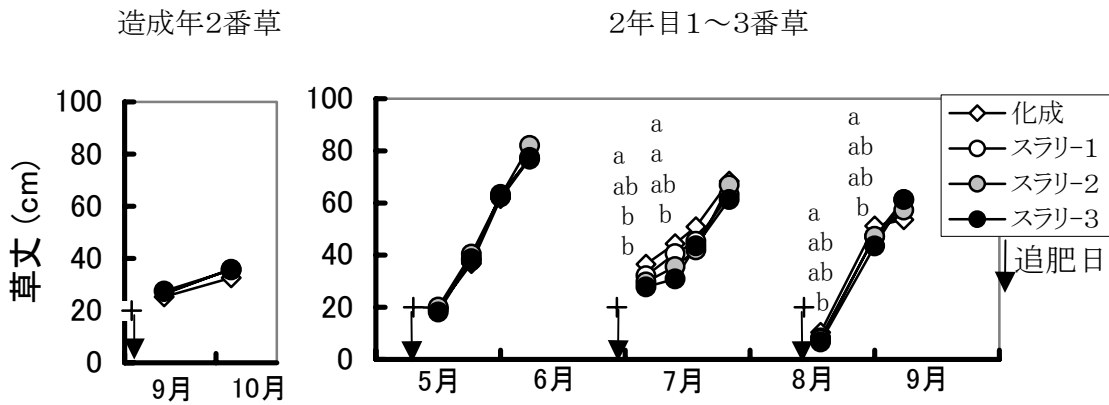
施用日	水分	全N	NH_4^+-N	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5
99/9/2	970	2.3	1.5	1.0	0.5	2.0	0.7	0.9
00/5/9	970	2.5	1.5	1.0	0.5	2.0	0.8	0.8
00/6/27	970	2.5	1.5	1.0	0.5	2.0	0.9	0.8
00/8/11	970	2.5	1.5	0.9	0.5	2.2	0.9	0.7

スラリー1倍量区では、番草（1施用）あたり施肥成分の投入量は、スラリー施用量が 4 L m^{-2} であるから、全窒素 $9.2 \sim 10.0 \text{ g N m}^{-2}$ 、アンモニア態窒素 6.0 g N m^{-2} 、リン酸 $3.0 \sim 3.4 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-2}$ 、カリウム $8.0 \sim 8.8 \text{ g K}_2\text{O m}^{-2}$ 、マグネシウム $1.8 \sim 2.0 \text{ g MgO m}^{-2}$ となる。化成肥料区に比較して、全窒素で $9.2 \sim 10.0 \text{ g N m}^{-2}$ 、アンモニア態窒素で 6.0 g N m^{-2} の増量施用、マグネシウム量がほぼ2倍施用となったが、リン酸とカリウム量についてはほぼ同程度で、設計通りの投入量となった。なお、本試験で使用したスラリーの成分含有率は、根釧地方の多数の酪農家から採取したスラリーに比べて、水分量で最大値、他成分含有率は最小値付近にある（能代，1992）。これは、本試験のスラリーが肥培かんがいシステム下において、希

积水を多量に使用して産出されたことによる。

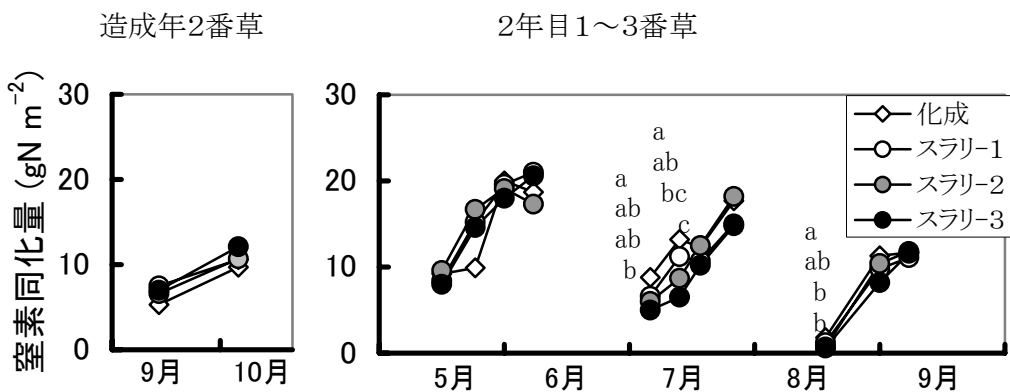
2. アルファルファの生育と収量におよぼすスラリー施用の影響

化成肥料区のアルファルファは、収穫期までに、草丈が造成年2番草で33cm、2年目には1番草の77cmから3番草の54cmとなった（第1図）。同区の収穫部（地上部）窒素同化量は、造成年2番草で 9.7 g N m^{-2} 、2年目には1番草の 18.7 g N m^{-2} から3番草の 11.7 g N m^{-2} に達した（第2図）。化成肥料区の生育経過に比べて、スラリー1倍量区では差異が認められなかったが、2倍、3倍量区では2年目2番草と3番草の再生初期に草丈、窒素同化量が共に低下した。この生育量の低下は、肥料成分が多量に施用されたことによる、作物の濃度障害が原因と考えられる。



第1図 アルファルファの草丈の推移

各調査時に処理間差が認められた場合には英文字を付け、同英文字が付いた数値は Tukey 検定 $p < 0.05$ 水準で有意な差がないことを示す。



第2図 アルファルファ地上部の窒素同化量の推移

図中英文字の表す意味は第1図と同じ。

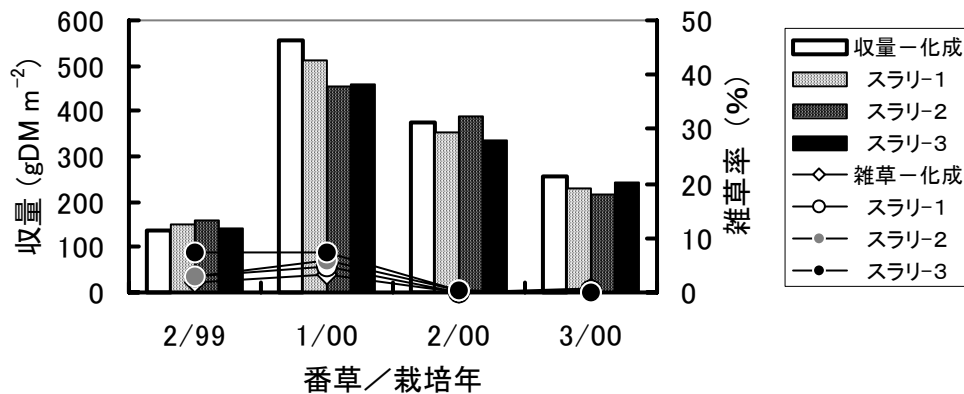
スラリー散布処理を行った以降のアルファルファの乾物収量は、造成年2番草で136~158gDM m⁻²と低かったが、造成2年目には、1番草450~560gDM m⁻²、2番草330~390gDM m⁻²、3番草220~260gDM m⁻²とかなりの高収量を得た(第3図)。化成肥料の代わりにスラリーを施用することによる収量の変化は、有意差検定上(p<0.05)は認められなかったが、2年目1番草において、スラリー2倍および3倍量を施用すると収量低下の傾向がみられた。雑草混入率(雑草乾物重の全収穫乾物重に占める割合)は、調査期間中の最高値が造成年2番草、2年目1番草のスラリー3倍量区で7.3%と極めて低く、スラリー施用に関わらず、良質な単播草場が造成維持された。

3. スラリー施用に伴うアルファルファ根粒の窒素固定活性の抑制

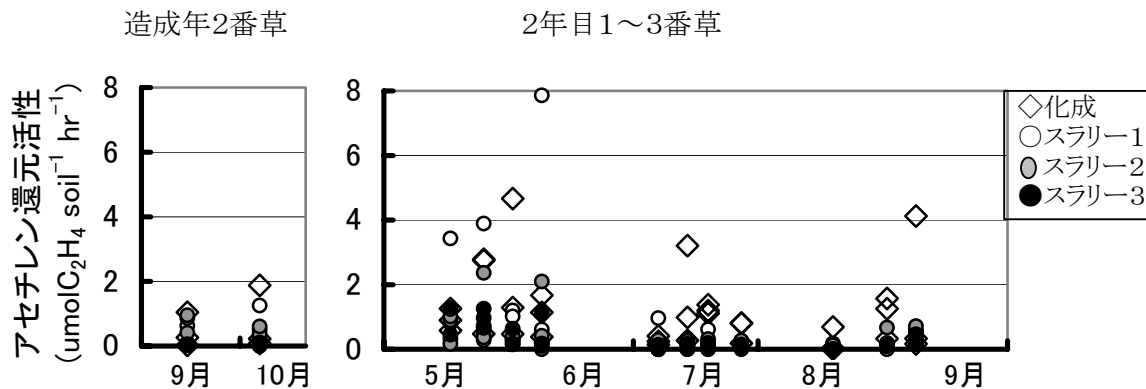
根粒の窒素固定活性をアセチレン還元法で調べた結果を第4図に示した。アセチレン還元法は、根粒

中の窒素固定酵素ニトロゲナーゼの活性を推定する方法のひとつで、本酵素による窒素ガスのアンモニアへの還元時に、アセチレン(C₂H₂)が定量的にエチレン(C₂H₄)に還元されることを利用するものである(浅沼, 1992)。アセチレン還元活性は、化成肥料およびスラリー施用に関する処理を同じにした区内においても、採取試料ごとの分析値が大きく変動した。そのため、同じ処理区内の3試料の値を平均化せずに図示したところ、活性は、化成肥料区で高い場合があるのに対し、スラリー2倍、3倍量区では、調査期間中常に低い傾向を示している。スラリー1倍量区でも、2年目1番草生育期間には高い場合があったが、その後低下した。分析値の表示は割愛するが、採取土壤中の根粒重量も、アセチレン還元活性とほぼ同じ推移を示し、スラリー施用により根粒量そのものが抑制されていた。

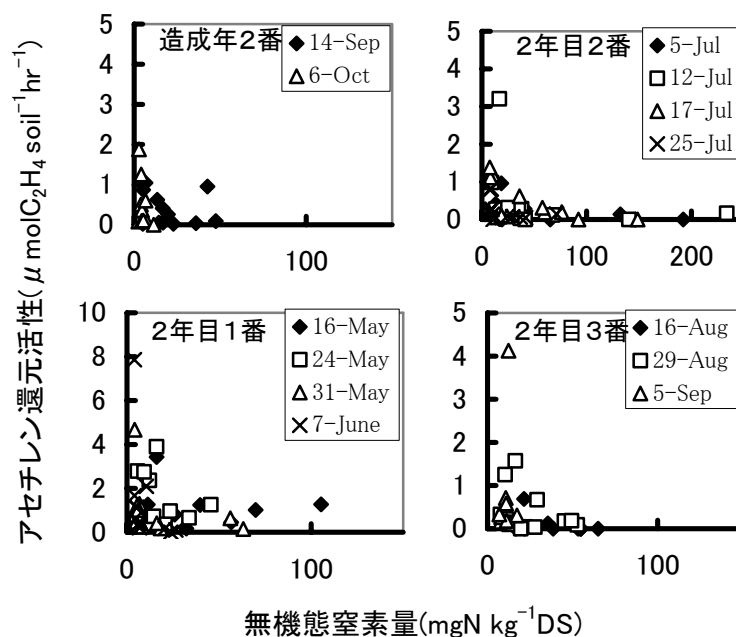
スラリーの施用により、根圏土壤中の無機態窒



第3図 アルファルファの収量と雑草混入率



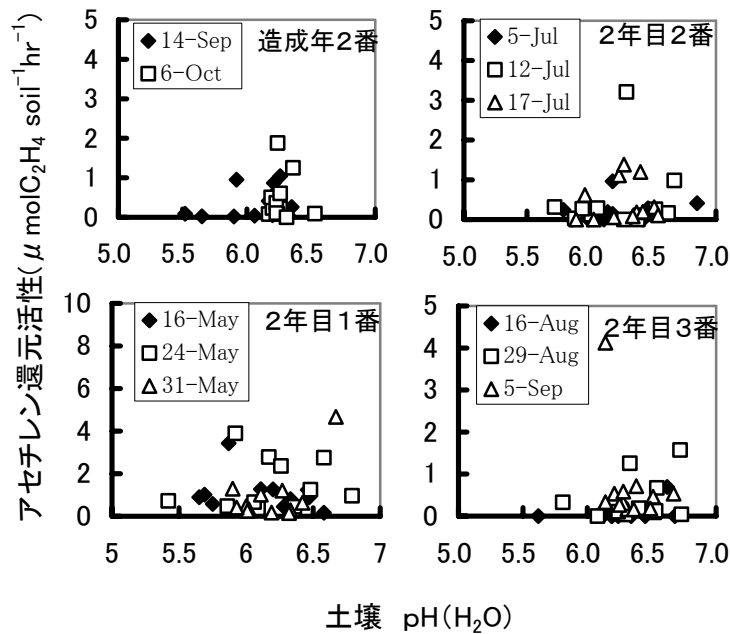
第4図 アルファルファ根粒のアセチレン還元活性の推移



第5図 土壤中の無機態窒素量と根粒のアセチレン還元活性との関係

素量は、一時、増大するが、アルファルファに吸収されたり、下層土壌へ溶脱して徐々に減少する。採取した土壌中の無機態窒素量と根粒のアセチレン還元活性との関係を第5図に示した。各番草生育時で、採取時期が早ければ、無機態窒素量の大きい土壌試料から小さい試料まで存在するが、時間経過に伴い、無機態窒素量の小さい試料のみに収束する。アセチレン還元活性との関係をみると、無機態窒素量が大きい場合には、活性が低く、窒素量が小さい場合には、活性が低い場合から高い場合と様々であった。施用直後には、スラリー施用量に応じて、土壌中の無機態窒素量が大きい処理区と小さい処理区が生じ、大きい処理区では根粒活性が抑制され、施用後の時間経過に伴い、どの処理区でも無機態窒素量は小さくなるが、一度抑制された根粒の窒素固定活性は回復せず、活性の高い場合と低い場合が共存したと考えられる。海外では、化成窒素肥料を多量に施用すれば、アルファルファの根粒による窒素固定量が低下したとの報告があり (Lambら, 1995), わが国では、ダイズ根粒による窒素固定が施肥窒素により抑制されることがよく知られている (桑原, 1986)。その抑制メカニズムとしては、施肥に伴う作物による硝酸態窒素の吸収が増大し、吸収された硝酸態窒素を同化するために、窒素固定との間で光合成産物の

競合が起こって、窒素固定が抑制されるという説、あるいは、吸収された硝酸態窒素から生成された亜硝酸イオンが窒素固定に関わる酵素の活性を阻害するという説などが提唱されている (金山, 1990)。本試験でも、スラリー施用により投入されるアンモニア態窒素が、土壌中の硝化作用を速やかに受け、根圏土壌中に硝酸態窒素として蓄積し、ダイズの場合と同様に根粒の活性を抑制したものと考えられる。一方、土壌pHの根粒活性におよぼす影響も大きいとされる。例えば、アメリカのウィスコンシン州の試験では、pH6.7~6.9の条件で、アルファルファの収量が最大となり、その要因のひとつとして、根粒の窒素固定活性が良好であることがあげられている (Cooperative Extension Publication, University of Wisconsin-Extension, 1994)。本試験では、スラリーの施用によって、根圏土壌のpHが変動し、この至適pHよりかなり低い場合が生じた。すなわち、スラリー施用直後から発生した硝酸態窒素によりpHの低下が生じ、硝酸態窒素のアルファルファによる吸収と下層土への溶脱による減少後、pHの低下が回復する傾向を示した。しかし、pHの高低に対してアセチレン還元活性の規則的な分布関係は見いだせなかった (第6図)。前述した通り、土壌中の無機態窒素量が大きい場合に根粒活性が抑制された (第5



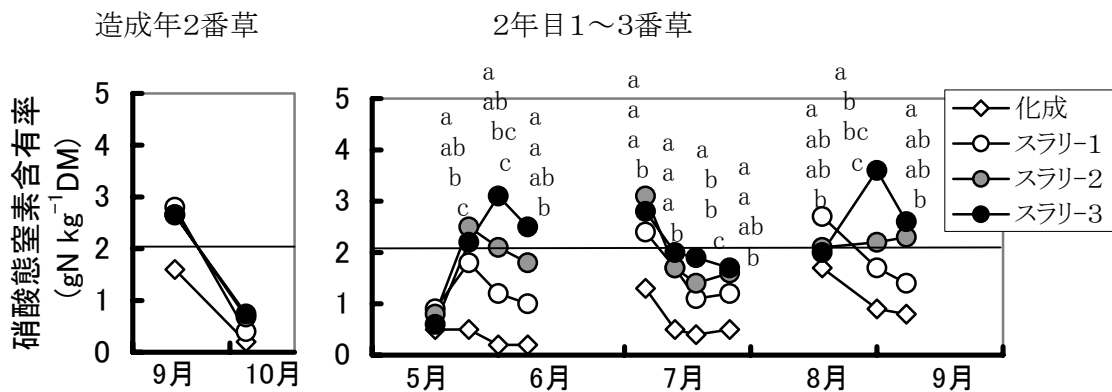
第6図 土壌pHと根粒のアセチレン還元活性との関係

図) ことを考え合わせると、スラリー施用は、土壌pHの低下を通じてというより、まず、硝酸態窒素自体の蓄積がアルファルファ根粒の活性に大きな影響をおよぼすものと結論できる。

4. スラリー施用に伴うアルファルファ収穫部の硝酸態窒素の蓄積

アルファルファ収穫部(地上部)の硝酸態窒素含有率は、造成2年目には、ほとんど常に、スラリー施用区で化成肥料区より高くなった(第7図)。一般

に、速効性の窒素を多く含む尿、スラリーの施用時には、牧草体に硝酸態窒素が高濃度で蓄積する可能性が高く、家畜の急性硝酸態中毒を引き起こさないような施用が重要となる。中毒を引き起こす危険値は、給与飼料乾物中2.0gN kg⁻¹DM程度とされている(北海道立農業・畜産試験場家畜糞尿プロジェクト研究チーム, 1999)。本試験では、収穫期においても、スラリー2倍、3倍量施用区では、この危険値を越える場合があった。1倍量の場合には、再生初期に



第7図 アルファルファ地上部の硝酸態窒素含有率の推移

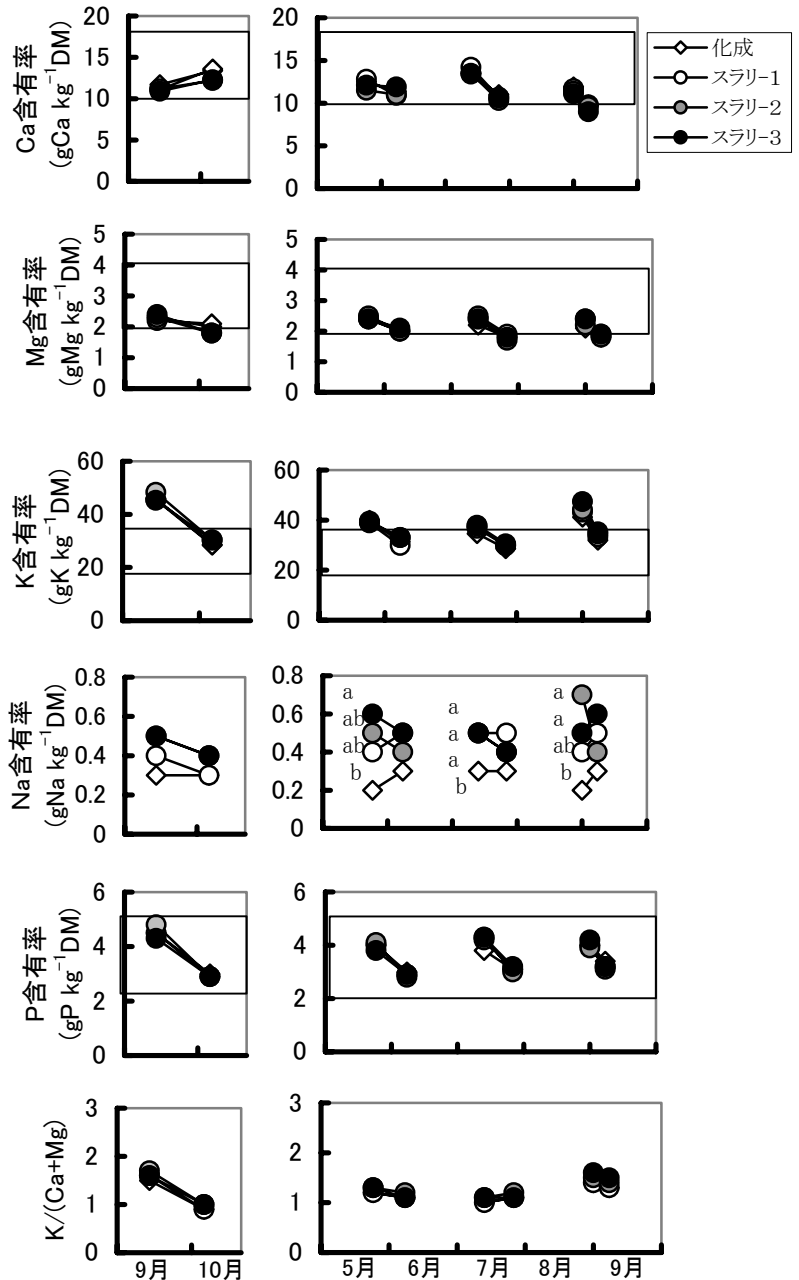
図中英文字の表す意味は第1図と同じ。直線は家畜の急性硝酸塩中毒を引き起こす可能性のある下限値を示す。

この値を超えるが、収穫が近づくにつれて、危険値より低下した。スラリーの施用量が多い場合、前述したように、根粒活性が低下しているにもかかわらず、アルファルファの全同化窒素量が再生初期を除いてあまり低下していないことから、根粒での窒素固定に由来する同化窒素量は減少する一方、スラリー由来窒素を硝酸態として多く吸収し、牧草体中に硝酸態窒素が高濃度で蓄積したものと考えられる。全同化窒素量のうち大部分を、根粒での固定窒素に依存するアルファルファといえども、多量のスラリー施用で危険値を超えるほどの硝酸態窒素の蓄積が生じることを認識すべきである。

5. アルファルファ収穫部の窒素以外の無機成分含有率および土壤中の交換性陽イオン量におよぼすスラリー施用の影響

アルファルファ収穫部(地上部)の窒素以外の無機成分含有率は、ナトリウムと造成年2番草のカルシウムを除いて、生育が進むと低下する傾向を示した(第8図)。スラリー施用の影響としては、再生中期のナトリウム含有率の増大がみられた以外、特に、施肥成分として重要なカリウムとリン含有率に変化が認められなかった。ナトリウムを除いて栄養診断基準値が、マメ科牧草の場合、リン $2.0 \sim 5.0 \text{gP kg}^{-1}\text{DM}$ 、カリウム $17 \sim 35 \text{gK kg}^{-1}\text{DM}$ 、カルシウム $10 \sim 18 \text{gCa kg}^{-1}\text{DM}$ 、マグネシウム $2.0 \sim 4.0 \text{gMg kg}^{-1}\text{DM}$ と公表されている(北海道農政部他, 1999)。本試験のアルファルファの成分含有率を基準値と比較すると、収穫期以前のカリウム含有率が高いが、それも収穫期に至って基準値内に低下すること、そして、収穫期のカルシウム含有率とマグネシウム含有率が下限値を下回るものの、その程度は小さ

く、概して大きな問題はないようであった。また、かつて公表されていた家畜栄養上の基準 $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ 当量比(北海道農業試験場他, 1989)は、スラリー施用に関わらずほとんど変動せず、基準値



第8図 アルファルファ地上部の無機成分含有率の推移

図中英文字の表す意味は第1図と同じ。四角で囲んだ部分が作物栄養診断基準値の範囲を示す。

2.2以下であった。

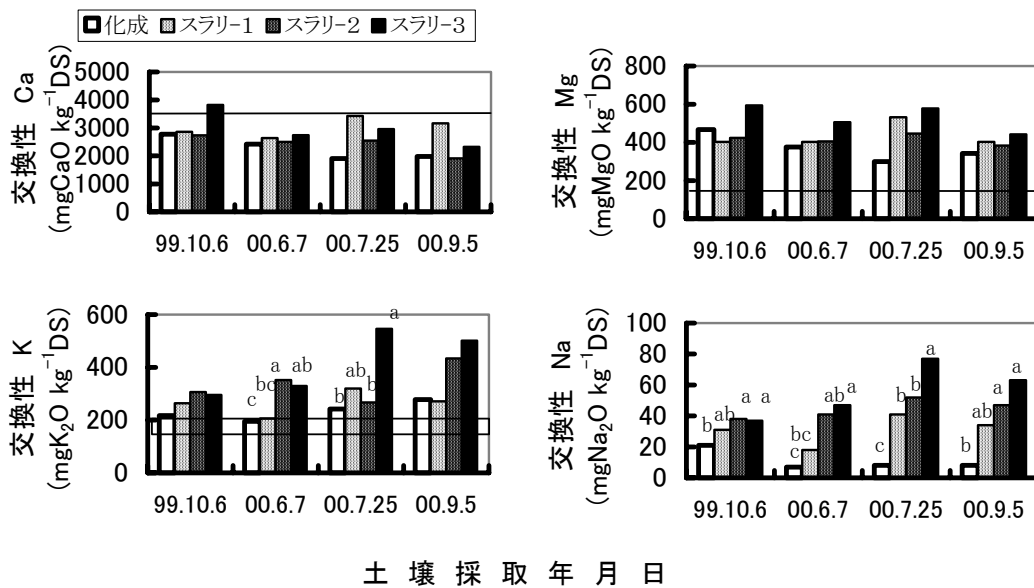
ふん尿の過剰施用は、牧草中のカリウム含有率を顕著に増加させ、飼料乾物中30gK kg⁻¹DMを越えると、家畜の反芻胃内でのマグネシウム吸収阻害、ひいては、欠乏症を引き起こす可能性があり、また、カリウムの増加は飼料中のイオンバランスを崩し、分娩前後の乳牛のカルシウム代謝に悪影響を及ぼすことも知られている(北海道立農業・畜産試験場家畜糞尿プロジェクト研究チーム,1999)。本試験では、カリウム過剰について問題となる結果を認めなかったが、後述する通り、スラリー2倍ないし3倍量施用で土壌中のカリウム量が増大しており、造成3年目以降にアルファルファ中のカリウム含有率の増大を引き起こす懸念がある。ナトリウム含有率の上昇については、それがアルファルファの生育と飼料価値におよぼす影響は明らかでなく、今後の知見収集を待って、基準値の設定に結びつける必要がある。

作物が直ちに吸収可能な土壌中の窒素以外の無機成分として、収穫期の根圏土壌中の交換性陽イオンを評価した(第9図)。化成肥料区に比較して、スラリー施用により、カリウムとナトリウムの蓄積の増大が認められた。カリウム量は、スラリー1倍量区では変化がみられなかったが、2倍ないし3倍量区では増大して土壌診断基準値(北海道農政部他,1999)の上限を越えるまでになっていた。ナトリウ

ムの場合は、スラリー1倍量区から増大が認められた。なお、本研究では、土壌診断基準値として、維持管理草地のものではなく、造成更新の改良目標値を採用した。これは、土壌の採取深度が診断基準に近いこと、また、本研究の草地が造成1~2年目のもので、造成に対する評価が重要だと考えたからである。カリウムについてはスラリー中の含有率が大きいこと、ナトリウムについては土壌中の本来の含有率が小さいために、それぞれ、スラリー施用の影響が現れやすかったと考えられる。

IV. まとめ

追肥として、スラリーを多量に施用すると、アルファルファの根粒活性が低下し、牧草体中の硝酸態窒素含有率が危険値を上回るほど高まった。窒素以外の無機成分含有率については、栄養診断基準値を超えるほどではなかったが、土壌中の交換性カリウム量の蓄積が顕著で、今後、牧草体中のカリウム含有率を高める可能性がある。そして、収量は低下傾向を示した。従って、牧草体の栄養状態から、スラリーの多量施用はさけるべきである。しかし、リン酸とカリウムの投入量が北海道施肥標準と同程度となるスラリーの施用であれば、牧草体中の硝酸態窒素含有率が危険値より低くおさまると、土壌中の交換性カリウムの蓄積もほとんどなく、化成肥料を使



第9図 収穫期土壌中の交換性陽イオン量

図中英文字の表す意味は第1図と同じ。直線および四角で囲んだ部分は土壌診断基準値の下限値あるいは範囲を示す。

用せずに、アルファルファの収穫量を化成肥料施用並に確保できる可能性がある。本試験では、スラリーの施用によるアルファルファの生育量を向上させる結果は得られず、施用の利点はリン酸とカリウムに関する化成肥料を減肥できることと結論できる。ただ、リン酸とカリウムの投入量を代換えできる程度の施用の場合にも、徐々に根粒の活性は低下傾向を示しており、今後、根粒活性の低下傾向が続くようであるなら、スラリー由来窒素成分に対する吸収同化依存が強まり、継続的なスラリー施用を余儀なくされる可能性がある。

本試験の場合、リン酸とカリウムの投入量が施肥標準と同程度のスラリー施用で、全窒素の年間投入量が 30gN m^{-2} 弱、アンモニア態窒素で 18gN m^{-2} に達している。投入された窒素成分の行方として、硝酸態窒素含有量が增大していることからアルファルファによる吸収もいくらかはあるとみなせるものの、アルファルファの同化窒素量が窒素成分無施用区（化成肥料区）に比較してスラリー施用区で増加するわけではないので、土壤への残存そして地下水や河川水への到達が想定される。牧草体の栄養状態のみならず環境への負荷をできる限り小さくするという視点からみると、スラリーの許容施用量の決定に至るには、今後、窒素成分の土壤中での動態を明らかにすることが必要である。

V. 摘 要

アルファルファ単播草地を造成し、追肥として、化成肥料の代わりに牛ふん尿スラリーを散布し、アルファルファの生育、収量、根粒活性、無機成分含量におよぼす影響を調査した。

リン酸とカリウムの投入量が、北海道施肥標準と同程度となるスラリーの施用（1倍量施用）では、化成肥料施用に対し、草丈の推移、地上部窒素同化量、収量の差異はみとめられなかったが、2倍、3倍量を施用すると、アルファルファの再生初期に、草丈、窒素同化量の低下が認められた。

アセチレン還元活性で評価した根粒の窒素固定活性は、採取試料ごとの分析値の変動が大きく、スラリー施用処理の差異が明確ではなかったが、2倍、3倍量のスラリーを施用すると、常に低かった。根圏土壤中の無機態窒素量と根粒の窒素固定活性との間には、窒素量が高い場合には活性が低く、窒素量が低い場合には活性が高いものから低いものまで分

布するという関係がみられた。スラリーの施用により、無機態窒素量が高まると、根粒活性を阻害し、時間経過とともに無機態窒素量が減少しても、活性が回復しないと考えられた。

アルファルファ地上部の硝酸態窒素含有率は、造成2年目には、ほとんど常に、スラリー施用区で化成肥料区よりも高くなった。そして、家畜の急性硝酸塩中毒を引き起こすとされる危険値を超える場合があったが、1倍量施用の場合には、収穫期に近くと危険値を下回った。多量のスラリー施用により、土壤に硝酸態窒素が蓄積し、その結果、根粒の窒素固定活性を抑制するとともに、アルファルファに吸収される硝酸態窒素量を増大させ、含有率の上昇を引き起こしたと考えられた。

アルファルファ収穫部の、カルシウム、マグネシウム、カリウム、リン含有率は、スラリー施用による変化を示さず、ほぼ、栄養診断基準値内にあった。診断基準値が公表されていない、ナトリウムについては、スラリー施用による含有率の増大が認められた。一方、土壤中には、交換性カリウムの蓄積がスラリー2倍、3倍量施用で、交換性ナトリウムの蓄積がすべてのスラリー施用処理で認められた。従って、スラリー多量施用の継続は、造成3年目以降、牧草体中のカリウム含有率を診断基準値以上に上昇させる可能性があるかと懸念された。

以上の結果、牧草体の栄養状態から、スラリーの多量施用はさけるべきであるが、リン酸とカリウムの投入量が施肥標準と同程度のスラリー施用であれば、牧草体中の硝酸態窒素含有率を危険値より低く収め、土壤中の交換性カリウムの蓄積増もほとんど引き起こさないうで、アルファルファの収穫量を化成肥料施用並に確保できる可能性が示された。

VI. 謝 辞

スラリーの利用に際し、北海道開発局帯広開発建設部の其田渉氏に、分析試料の調整に際し、北海道農業研究センターの潮田正代氏にご尽力頂いた。また、根粒のアセチレン還元活性の測定に際しては、北海道農業研究センターの池田順一博士（現在、近畿中国四国農業研究センター）からご指導を頂いた。記して謝意を表する。

VII. 引用文献

- 1) 浅沼修一 (1992) : アセチレン還元による窒素固

- 定能の測定, 新編土壌微生物実験法, P. 224-233, 養賢堂, 東京.
- 2) Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension(1994): Alfalfa management guide, p.5, American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc.
- 3) 伊達昇 (1986): pH, 土壌標準分析・測定法, 土壌標準分析・測定法委員会編, P. 70-71, 博友社, 東京.
- 4) 北海道農業試験場・道立中央農業試験場・道立上川農業試験場・道立道南農業試験場・道立十勝農業試験場・道立根釧農業試験場・道立北見農業試験場・道立天北農業試験場・北海道農政部農業改良課 (1989): 土壌および作物栄養の診断基準, p. 29.
- 5) 北海道農政部 (1995): 北海道施肥標準, p. 50, p. 51.
- 6) 北海道農政部・北海道立農業試験場・北海道農業試験場 (1999): 北海道土壌診断基準と施肥対応, p. 20, p. 128.
- 7) 北海道立農業・畜産試験場家畜糞尿プロジェクト研究チーム (1999): 家畜糞尿処理・利用の手引き1999, p. 21, 北海道立新得畜産試験場.
- 8) 鎌田春海 (1986): 交換性陽イオン, 土壌標準分析・測定法, 土壌標準分析・測定法委員会編, P. 155-160, 博友社, 東京.
- 9) 金山喜則 (1990): ダイズの生育における窒素固定と窒素施肥のかかわり, 根粒窒素固定の硝酸態窒素による阻害のメカニズム, 農業および園芸, 65, 1016-1022.
- 10) 小松輝行 (1988): アルファルファの冬枯れ問題と対策, 北海道草地研究会報, 22, 21-38.
- 11) 小山雄生 (1989): プラズマ発光分光法, 植物栄養実験法, P. 142-147, 博友社, 東京.
- 12) 桑原真人 (1986): ダイズの多収条件と窒素代謝 [1], 農業および園芸, 61, 473-479.
- 13) Lamb, J.F.S., Barnes, D.K., Russelle, M.P., Vance, C.P., Heichel, G.H. and Henjum, K.I. (1995): Ineffective and effective nodulated alfalfa demonstrate biological nitrogen fixation continues with high nitrogen fertilization. *Crop Science* 35, 153-157.
- 14) 新良力也・西宗昭 (2000): 反応速度論的手法による作物残渣窒素無機化量の推定, 土肥誌, 71, 330-336.
- 15) 能代昌雄 (1992): スラリーの有効利用について, 牧草と園芸, 40, 1-5.
- 16) SAS Institute(1988): SAS/STAT User's guide. Release 6.03 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- 17) 嶋田典司 (1986): 全窒素, 土壌標準分析・測定法, 土壌標準分析・測定法委員会編, P. 94-104, 博友社, 東京.
- 18) 鳶野 保 (1984): 飼料の特長と給与, 北海道の酪農技術-乳牛の消化生理と飼料給与技術-, P. 136-156, 農業技術普及協会, 北海道江別市.
- 19) 山口秀和・内山和宏・澤井晃・我有満・植田精一・眞木芳助・松浦正宏・杉信賢一・佐藤倫造・竹田芳彦・中島和彦・千葉一美・越智弘明・澤田嘉昭・玉掛秀人 (1994): アルファルファ新品種「ヒサワカバ」の育成とその特性, 北農試研報, No161, 17-31.
- 20) 山口宏・赤城抑哉 (1981): 道東火山性土地帯におけるアルファルファの栽培法, 北農, 48, 1-14.

Alfalfa Growth Response to Application of Cow Slurry

Rikiya NIRA¹⁾, Nobuhiro ITOKAWA²⁾, Tetsuya IKEDA

Summary

The effect of top-dressing cow slurry on the growth, yield, biological nitrogen fixation activity, and mineral content of alfalfa (*Medicago sativa* L. 'Hisawakaba VR') was investigated to establish useful method of slurry application to alfalfa grassland. Four L m⁻² slurry, which involved almost the same amount of phosphate and potassium as top-dressed chemical fertilizer, application at one top-dressing time caused the similar growth and yield of alfalfa to the case of top-dressing the chemical fertilizer. Top-dressing 8L m⁻² or 12L m⁻² slurry decreased the height and nitrogen content of alfalfa at the early re-growth stage.

When 8L m⁻² or 12L m⁻² slurry was top-dressed, the biological nitrogen fixation activity of alfalfa nodule was always low, which was evaluated by acetylene reduction method. The low activity of nodule was recognized in the soil with the high content of inorganic nitrogen, which was caused by the application of much slurry. The nodule activity did not recover when inorganic nitrogen reduced to scarce level by uptake of alfalfa and nitrate leaching.

The nitrate concentration of alfalfa in the case of slurry application was beyond the critical level to cause the nitrate toxic symptoms for livestock. But in the case of 4L m⁻² slurry application, the nitrate concentration decreased under the critical level at the harvest season. Much slurry application would cause the accumulation of nitrate in soil and the depression of biological nitrogen fixation

activity, and would result in the increase in nitrate uptake of alfalfa.

The calcium, magnesium, potassium and phosphate concentration of alfalfa was in the range of proper level with or without slurry application. The sodium concentration increased by slurry application. Exchangeable potassium accumulated in the soil with slurry application at the rate of 8L m⁻² or 12Lm⁻² and exchangeable sodium accumulated in the all soil with slurry. The accumulation of exchangeable potassium in soil by much slurry application may be increase potassium concentration over the critical level of alfalfa in the near future.

In conclusions, too much slurry should not be applied to alfalfa grassland. Slurry application, if the input of phosphate and potassium by the slurry application is as large as one by standard top-dressing with chemical fertilizer, would cause standard yield without too high nitrate concentration of alfalfa and the potassium accumulation in soil.

Present address :

¹⁾ Shizuoka Agricultural Experiment Station

²⁾ National Agricultural Research Center