

アルファルファのモリブデン (Mo) 吸収

原田 勇・佐倉 博・黒澤清文

The Absorption of Molybdenum by Alfalfa
Isamu HARADA, Hiroshi SAKURA, Kiyohumi KUROSAWA

Summary

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) were grown by addition of five different concentration of Mo fertilization. Alfalfa and soils were analyzed for their molybdenum (Mo) contents. Three different Mo extract methods were applied :

- 1) Lithium metaborate method, 2) wet ashing method, and 3) water extract.

Molybdenum concentrations of each method were determined using ICP.

The main results were as follows ;

- 1) Molybdenum content of the extraction by lithium metaborate was higher than that by the extraction by wet ashing, and water.
- 2) Molybdenum content of the extraction by lithium metaborate of 700°C was higher than that of 600°C and 500°C.
- 3) Molybdenum concentrations in the forages grown on different fertilizations were 1.22~7.96ppm in top of alfalfa.
- 4) Molybdenum concentrations absorbed by plants were 1.58ppm in alfalfa and 0.8ppm in orchardgrass, and 0.56ppm in smooth bromegrass.
- 5) Molybdenum contents in the soils were not related to the amount of Mo fertilization.

キーワード : ICP法, アルファルファ, メタホウ酸リチウム抽出法, モリブデン (Mo)

Key Words : Alfalfa, Extraction by lithium metaborate, Method of inductively coupled plasma (ICP), Molybdenum (Mo)

緒言

アルファルファと共生している根粒菌は、空気中に存在する窒素を固定し、アンモニアへと還元する¹⁾。モリブデン (Mo) はこの反応を触媒するニトロゲナーゼの構成元素であるが、この分子量220,000当たりMoは2原子含まれている²⁾。また、アルファルファは主として硝酸とアンモニアを吸収し、窒素源として利用しているが、この硝酸は植物体内でアンモニアにまで還元される¹⁾。Moはこの硝酸の還元にかかわるナイトレート・レダクターゼの構成元素であるが、この分子量200,000当たりMoは1原子含まれている²⁾。

牧草の高Mo濃度は植物過剰害を発生させる報告はないが、家畜に対しては、米国カリフォルニア州のSan Joaquin Vallyで牛にMo過剰症が発生し、激しい下痢や若いホルスタインの毛皮の色が黒色からねずみ色へと変色し、この症状が現れた牛が採食していたアルファルファからは6~36ppmのMoが検出され、この土壌中には14ppm以上のMoが含まれていた。そして牛の毛皮には5倍、骨で7倍、腸の部分に9倍Moが含まれていた³⁾。牧草のCu含有率が5ppm以下ではMo含有率が3ppmを越えるとMo過剰症の可能性が生じ、Cu含有率が10ppm以上であればMo含有率が20ppm以上で家畜のMo過剰症が生じる⁴⁾。

アルファルファのMo欠乏は下方の古い組織や古い葉に発生し、著しく黄色いSpotが現れ、Mo欠乏により葉中に硝酸態窒素が集積する。Mo施肥により、アルファルファの根粒は成長し、N含有率は増加する⁵⁾。このMoは他の必須栄養素に比較し、非常に微量であり、原子吸光法などでの測定は困難を要してきた。

そこでこのMoを測定するために、メタホウ酸リチウム抽出法、硝酸・過塩素酸による湿式分解抽出法、及び水抽出法とICP発光分光分析法 (Method of Inductively Coupled Plasma) を組み合わせた、アルファ

ルファ及び土壌のMo元素の分析法について検討したので、以下にその概要を記述する。なおICP法とは、①試料に電氣的・熱的エネルギーを与えることにより発光させ放射された光を分光器により元素特有のスペクトル線に分け、そのスペクトル線の有無と強度を測定することにより、試料に含まれる元素の定量分析を行うものである。②試料の導入効率がよく、かつプラズマが6000~8000Kと高温であるために、超微量レベルの高感度分析が可能である⁶⁾。

材料及び方法

供試土壌は、野幌洪積性重粘土壌であり、1/5,000 a のワグナーポットにアルファルファ(品種バークス)を93年5月20日に播種し、93年8月17日まで生育させ刈り取った後再生させ89日後にモリブデン酸アンモニウム溶液(Moとして10ppm溶液)を、0, 40, 80, 160及び320ml, 10aあたりに換算すると、0, 20, 40, 80及び160gを93年8月17日に上からこのポットにかけた。植物、土壌とともに、93年9月15日に採取し、アルファルファは70℃で48時間通風乾燥し直ちに粉碎したものを分析に供した。土壌は風乾し、2mmメッシュの篩にかけたものを分析に供した。

アルファルファ及び土壌からのメタホウ酸リチウム抽出は、試料及びメタホウ酸リチウム1gずつを電気炉にて加熱し、1Nの硝酸で溶解し50mlに定容とし、合成標準溶液には試料溶液と同濃度の硝酸を共存させた^{7, 8)}。

湿式分解による抽出は、試料1gに濃硝酸12mlと過塩素酸2mlを加え、ホットプレートで80℃から200℃にまで加熱し、過塩素酸を1ml添加した後、過塩素酸をとばして、25mlに定容とした^{6, 9)}。

水による抽出は試料1gと水40mlを加えスターラーにより攪拌し、50mlに定容とした。おのおの得られた濾液をICPの定量分析法を用いて分析した。

オーチャードグラス及びスムーズブROMグラスについても同様に分析した。

結果及び考察

1) 水道水、蒸留水及び脱塩水中のモリブデンの測定

水のMo含有率は表1のとおりである。すなわち平均値で水道水25.3>蒸留水15.9>脱塩水10.7ppbの関係を示し、標準偏差はそれぞれ±3ppbであった。これらのことからICPを用いてMoを測定することが可能であると考えられた。一般にMoの測定は微量な高感度を要するので、まず土壌や植物体以前に、供試水の検討から始めることにした。

表1. ICPによる水道水・蒸留水及び脱塩水中のMo含有率

(ppb)

Mo濃度	試料 No.						平均と偏差
	1	2	3	4	5	6	
水道水	23.58	20.77	22.69	29.07	25.04	30.41	25.25 ±3.75
蒸留水	18.18	14.56	16.04	14.83	11.37	20.59	15.92 ±3.17
脱塩水	9.46	15.03	12.44	12.74	9.29	5.04	10.66 ±3.50

2) 各抽出法の相違によるアルファルファのモリブデンの測定

抽出法の相違による植物体中のMo含有率は図1のとおりである。すなわちMoの10ppm液を80ml添加したアルファルファ乾物の場合、地上部:地下部ともに、メタホウ酸リチウム抽出法では8.07:6.54>湿式分解では5.05:3.41>水による抽出方法では3.43:2.17ppmの順であった。

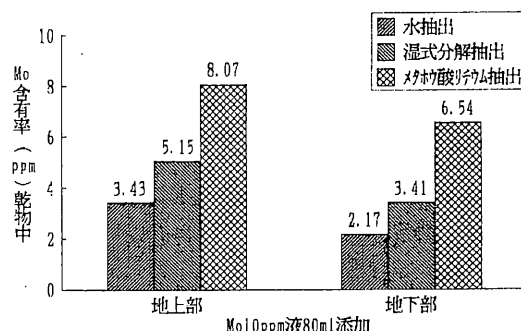


図1. 抽出法の相違によるアルファルファ(A1)のMo含有率

なお、湿式分解による抽出は、試料溶液の酸濃度が高い場合、溶液の噴霧効率に変化して、発光強度に影響を与える物理干渉が考えられ、そのためにメタホウ酸リチウム抽出法による抽出に比べ、Mo測定値が低いと思われた。よって酸濃度を低くし、標準溶液に試料と同濃度の硝酸を添加し、マトリクスを試料溶液と一致させるか、内標準元素を用いることにより、物理干渉が避けられ、湿式分解抽出によるMoの測定値の誤差を取り除くことが可能と思われた⁶⁾。

3) 処理温度の相違によるアルファルファのモリブデンの測定

処理温度の相違によるメタホウ酸リチウム抽出法の植物体中のMo含有率は図2のとおりである。

すなわちMoの10ppm液を80ml添加したアルファルファの場合、地上部:地下部は、700℃で8.07:6.54>600℃で7.69:3.57>500℃で4.87:1.8ppmの順のMo

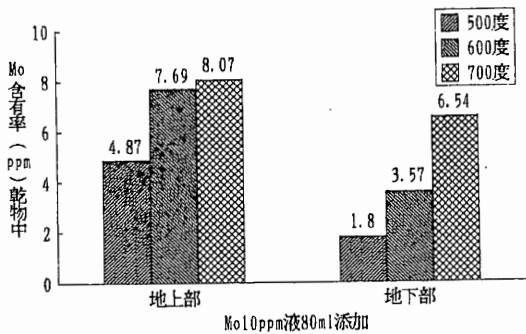


図2. メタホウ酸リチウム抽出法の処理温度別によるAlのMo含有率を示した。これらの処理から700°Cにおける数値が最もMo存在量に近い数値と考えられた。

4) 700°Cメタホウ酸リチウム抽出法によるアルファルファのモリブデンの測定

700°Cメタホウ酸リチウム抽出法による植物体中のMo含有率は表2のとおりである。

表2. メタホウ酸リチウム抽出法によるアルファルファのMo含有率 (700度) (ppm) (乾物当り)

アルファルファ	Mo 10ppm液添加量 (ml)				
	0	40	80	160	320
地上部	1.22	3.48	8.07	5.92	7.96
地下部	1.29	3.11	6.54	8.38	9.19

すなわちアルファルファ地上部：地下部は0ml区の1.22：1.29から320ml区の7.96：9.19ppmへとMo施用量の増加に伴い植物体中のMo含有率は増加した。アルファルファ地上部の80ml区のMo含有率が高い値を示しているが統計的に有意な差は見られなかった。Mo中毒症の牧草のMo含有量はNormal (3 ppm以下), Moderate (3~10ppm, Cu含量が少ないと危険), High (10 ppm以上, Cu含量が多くても危険の可能性あり)¹⁰⁾となっており、この基準値から見れば0ml区はNormalで、40ml区から320ml区がModerateであった。

5) メタホウ酸リチウムにより抽出された牧草別のモリブデンの測定

メタホウ酸リチウム抽出法による牧草別のMo含有率は表3のとおりである。すなわち植物体中のMo含有率は、アルファルファ1.58>オーチャードグラス0.8>スームスプロムグラス0.56ppmの順であった。マメ科作

表3. メタホウ酸リチウム抽出法による牧草別のMo含有率 (ppm地上部乾物当り)

牧草の種類	試料 No.				平均と偏差
	1	2	3	4	
* アルファルファ	1.31	2.28	1.54	1.18	1.58±0.49
** オーチャードグラス	0.97	0.77	0.82	0.64	0.80±0.13
** スームスプロムグラス	0.55	0.59	0.71	0.39	0.56±0.13

* 開花始期, ** 出穂期

物のMo含有率が0.3ppm以下になると、根粒菌による窒素固定力が低下することが知られている^{4, 13)}。今回調査したアルファルファの平均Mo含有率は1.58ppmであり、過剰症及び欠乏症ではないと思われた。

6) メタホウ酸リチウム抽出法による土壌中のモリブデンの測定

メタホウ酸リチウム抽出法による土壌中のMo含有率は表4のとおりである。

表4. メタホウ酸リチウム抽出法による土壌中のMo含有率 (700度) (ppm) (乾物当り)

Mo 10ppm 液添加量 (ml)				
0	40	80	160	320
2.82	2.55	1.93	5.79	4.26

すなわち土壌中のMo含有率は80ml区の1.93ppmから320ml区の4.26ppmであった。Robinson (1953)は世界各地の土壌500点について全Moの定量を行っているがその平均は2.3ppmであった¹¹⁾。野幌洪積性重粘土壌は平均よりやや高いと思われた。本来土壌中に存在したMoより新たに施用されたMoの方が土壌中でその有効度を早く失いやすい⁴⁾。またMoは土壌のpHが上昇すると溶解性が増すといわれ¹⁾、酸性土壌の多いわが国ではかなり問題となる可能性も大きく、野幌洪積性重粘土壌のpHは6.0 (H₂O) 4.9 (KCl)¹²⁾と酸性土壌であり、植物のMo吸収量は低下していると思われた。よってMo施用量と土壌中のMo含有量との間に明確な関係が見い出されなかった。

要 約

メタホウ酸リチウム法、湿式分解及び水抽出法とICP発光分光分析法を組み合わせたMoの分析法について検討した。

- 1) メタホウ酸リチウム法、湿式分解及び水抽出によるMoの10ppm液を80ml添加したアルファルファ地上部のMo含有率は、メタホウ酸リチウム8.07>湿式分解5.05>水3.43ppmであった。
- 2) 処理温度を変化させたメタホウ酸リチウム抽出法によるMoの10ppm液を80ml添加したアルファルファ地上部のMo含有率は700°C8.07>600°C7.69>500°C4.87ppmであった。
- 3) 700°C処理によるメタホウ酸リチウムで抽出されたアルファルファ地上部のMo含有率は、0 ml区の1.22ppmから320ml区の7.96ppmへとMo施用量の増加に伴い、植物体中のMo含有率も増加した。アルファルファ地下部においてもMo施用量の増加に伴いMo含有率は増加した。
- 4) アルファルファ、オーチャードグラス、スームスプロムグラスのMo含有率は、アルファルファ1.6>オーチャードグラス0.8>スームスプロムグラス0.6ppmであった。
- 5) Mo施用量と土壤中のMo含有量との間に明確な関係は見い出されなかった。

引用文献

- 1) 原田 勇 (1984) シリーズ技術・土 近代酪農 酪

農学園近代酪農部 江別

- 2) 大塚齋之助, 山中 健生 (1983) 金属タンパク質の化学324~341 講談社 東京
- 3) BRITON, J. W. and Guss, H.(1946) *J. of the Amer. Vet. Med. Association.* 108: 176~178 (1946)
- 4) 牧草肥料研究会 (1975) 牧草に対する微量元素、特殊成分の施肥効果
- 5) REISENAUER, H. M.(1956) *Soil Science* 81: 237~242
- 6) 原口紘恭, 久保田正明, 森田昌敏, 宮崎 章, 不破敬一郎, 古田直紀 (1988) ICP発光分析法 共立出版 東京
- 7) 後藤逸男, 村本穰司, 蛭本 翠 (1991) 土肥誌 62: 521~527
- 8) 後藤逸男, 蛭本 翠 (1991) 土肥誌 62: 628~633
- 9) 北海道中央農業試験場・北海道農政部農業改良課 (1992) 土壌及び作物栄養の診断基準 144, 145
- 10) 青木茂一, 山本有彦 (1958): 土肥誌 29: 363~367
- 11) 山崎 伝, 速水彦彦, 島田永生, 上敷領未男(1957) 土肥誌 28: 125~131
- 12) HARADA, I. K. YUZAWA, S. KOSEKI, T. ISHII, Y. SASAKI, and M. (1992) 酪農学園大学紀要, 17: 29~51
- 13) 原田 勇, 篠原 功, 横山良美 (1977) 牧草の栄養と施肥264~265 養賢堂 東京
(1994年4月14日受理)