

アルファルファおよびオーチャードグラスの マンガン(Mn)吸収特性

原田 勇*・小川浩子*

The Absorption Characteristics of Manganese by Alfalfa and Orchardgrass

Isamu HARADA and Hiroko OGAWA

(December, 1991)

緒 論

1922年 McHargue J. S.¹⁰⁾ は小麦と豌豆の砂耕試験によりマンガン(Mn)が植物栄養素として不可欠であるということを立証して以来、植物の必須元素として広く認められるようになった。その後 Hopkins E. F.⁹⁾ (1930) は Mn が Fe と共同して働き、一定の酸化還元元素の活動を維持しているということを明らかにした。これは動物にとって Mn が必須元素であると確認された同じ年代である。

Snider H. J.¹¹⁾ は、マンガンが強い酸性土壌においては毒性を示す程の含量に存在すると報告し、これがアルファルファの生育不良の原因であると報告し、土壌の pH がマンガン(Mn)の有効性を支配している原因であるとしている。また、Evans H. T. と Purvis E. R. はアルファルファのマンガン(Mn)欠乏症は葉部が黄白化する³⁾ ことで表徴されるとしている³⁾。

その後マンガン(Mn)の生体内における機能がつぎつぎと明らかにされてきている。すなわち、Mn は生体内のピルピル酸カルボキシラーゼの構成元素でこの酵素1モル中には1原子の Mn の存在が確認されている¹⁴⁾。また酸性ホスファターゼ(Acid phosphatase)が哺乳動物の体液や組織、植物そして微生物に広く分布するがこの酵素1モル中1原子の Mn の存在が確認されている¹²⁾、他10種をこえている²⁾。

さらに直接酵素中には組み込まれていないが、Mn イオンによって活性化される酵素は多数(20種以上)にのぼっている²⁾。

植物中のマンガンは不足するとクロロシスを起す。すなわちイネ科の植物では古い葉から黄化、褐線または褐斑の線状に連なるものが生ずる。

一方乳牛にマンガンが欠乏すると一般には正常な成長や繁殖が行われなくなり、骨にも異常が生ずることが知られている。

これらの症状が出現するのは動植物の中にはマンガンが数十ミリグラム(乾物一キログラム当たり)含有されていて、このマンガンが酸化還元反応、脱炭酸、加水分解および原子団の転移の触媒を行う酵素の構成成分になって働いているからである⁴⁾⁶⁾。

しかしながら牧草の Mn 吸収特性について、家畜のミネラル栄養の方法から研究調査されたものは極めて少ない⁸⁾¹³⁾。

そこで、本研究では、土壌の種類と施肥処理の相違によるアルファルファ(*Medicago sativa* L.)とオーチャードグラス(*Dactylis glomerata* L.)のマンガンの吸収特性について検討した。以下にその概要を記述する。

実験材料および方法

1) 供試土壌および供試植物

供試土壌は、野幌洪積性重粘土、植苗粗粒火山性土壌、美唄高位泥炭土壌、および篠津沖積土壌である。この4種の供試土壌に施肥処理として、堆厩肥+完全化学肥料区(Manure and Complete Fertilizer: MCF区と略す)、完全化学肥料区(Complete Fertilizer: CF区)、硫酸系完全化学肥料区(SO₄区)、塩素系完全化学肥料区(Cl区)、無窒素区(-N区)、無リン酸区(-P区)、

* 酪農学科、土壌植物栄養学研究室

Department of Dairy Science (Soil and Plant Nutrition), Rakuno Gakuen University Ebetsu, Hokkaido 069, Japan.

Table 1. Amount of fertilizer used for five years

| Nitrogen (N) | Phosphate (P ₂ O ₅) | Potassium (K ₂ O) | Calcium (CaO) | Magnesium (MgO) | FTE* | Manure |
|---|--|---|---|--|----------|--------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • urea • Ammonium sulfate • Ammonium chloride | <ul style="list-style-type: none"> • superphosphate • ammonium phosphate | <ul style="list-style-type: none"> • potassium sulfate • potassium chloride | <ul style="list-style-type: none"> • calcium carbonate | <ul style="list-style-type: none"> • magnesium carbonate • magnesium sulfate • magnesium chloride | | cattle feces |
| 750~1000 ka/ha | 730~1280 kg/ha | 750~2400 kg/ha | 1200~6000 kg/ha | 640 kg/ha | 40 kg/ha | 150 t/ha |

*: Fritted trace elements

無加里区 (-K 区), 無肥料区 (Non Fertilizer: NF 区) の 8 処理区を設け (2 連), 処理区当たり 3.0×3.3 m, 畦間 30 cm, 11 条の単条播とした。その配置はランダムとした。

供試植物は, アルファルファ (*Medicago sativa* L. 品種名: Du Puits 2~3 kg/10 a) とオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L. 品種名: フィロックス 1.5~2 kg/10 a) を用いて, 5 カ年間栽培した。施肥量については, Table 1 のように N は 750~1000, 磷酸は 730~1280, 加里においては 750~2400, 石灰は 1200~6000, そして苦土は 640 kg/ha であり, 微量要素肥料の FTE は 40 kg/ha, 堆厩肥は 15t/ha である。

2) 試料の採取方法

植物については, 播種当年においては 2 番草まで, 2 年目以降は 3 番草までをアルファルファ開花始め期を目安に地上 5 cm 以上のところで刈り取り, 酵素活性を止めるため 90°C で 1 時間処理した後 70°C で 48 時間風乾燥し, ただちに粉碎したものを分析に供した。

土壌においては, 表層 10 cm の深さで採取, 風乾したものを 2 mm メッシュの篩にかけたものを分析に供した。

3) 分析方法

窒素 (N) は, 土壌, 植物共に, セミマイクロケルダール法により測定した。土壌の有効態磷酸 (P₂O₅) については, Bray's No. 2 法により抽出し Fiske-Subbarow 法に従って, 測定した。カリ (K₂O) とナトリウム (Na₂O) の分析法については 1 N-酢酸アンモニウム (pH 7.0) を用いて得た抽出液を, 炎光度法により測定した。カルシウム (CaO) とマグネシウム (MgO) の分析法は, さきのカリ, ナトリウムの抽出液を EDTA を用いたキレート滴定法により, それぞれ分析した。

植物の分析は, 以下のようである。乾燥試料をマッフル炉で灰化し, 水: 塩酸 (1:1) の溶液で硫酸分離後のろ

液を, 磷酸, カリ, ナトリウム, カルシウム, およびマグネシウムの分析に供した。

土壌, 植物共に, 銅, マンガン, 亜鉛の微量要素については, 0.1 N-HCl 抽出により原子吸光法によって分析した⁷⁾。

また, 硝酸態窒素 (NO₃-N) およびフッ素 (F) については, イオンメーター法を用いて分析した。

結果および考察

1) 供試土壌の特性

供試土壌の特性は, Table 2~5 の通りである。すなわち, 洪積性重粘土壌では, 窒素 (N) が, 0.35% とやや高いが, リン酸 (P₂O₅), カリ (K₂O) が少ない。亜鉛 (Zn), 銅 (Cu) およびマンガン (Mn) の微量要素については表層で 3, 22.2 および 0.7 ppm で Zn と Cu は第 2 層を除き下層へ行くほど増加する傾向にある。

粗粒火灰性土壌ではマグネシウムおよびカリが少ないが, pH は良好である。またリン酸が第 1 層を除いて少なく, カルシウムも第 3 層を除けば極めて低くなっている。銅については第 3~4 層で低くなっており, この土壌では土層による含有率のばらつきが非常に大きい。

泥炭土壌では, pH が他の土壌にくらべ特に低く, 3.85~4.47 の範囲にあり, 第 1 層のカルシウムが特に少なく, 他の層はほぼ一定で通常肥沃土と呼ばれる土壌の半分程度となっている。またリン酸については, 第 1 層のみに集中している。亜鉛についてみると, 他の土壌と比較して高く, 7.5~8.4 の間で各層間の差異は認められなかった。Mn は表層から F 層に向かって増加した。

沖積土壌では, pH は 6.38~6.82 と各層とも中性に近くまた窒素およびカルシウム含量は高い。カリはやや低めである。亜鉛については, 第 3 層 (50~75) で 3.8 ppm, 第 5 層 (100~120 cm) で 3.9 ppm と低くなるものの泥炭土壌同様ほぼ一定であった。Mn は各層とも高い含有量

Table 2. Chemical characteristics of soil used (Diluvial soil)

| Horizon | pH | | EC μS/cm | T-N % | Available P ₂ O ₅ mg/100 g soil | Exchangeable bases | | | | Trace elements | | | Fluorine F ppm* |
|----------------|------------------|------|-------------|----------|--|--------------------|-------------------|-------|------|----------------|------|-----|-----------------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | Zn | Mn | Cu | |
| 1st (0~20 cm) | 5.95 | 4.98 | 88 | 0.35 | 0.7 | 5.5 | 5.5 | 192.0 | 17.2 | 3.0 | 22.2 | 0.7 | .68 |
| 2nd (20~40 cm) | 5.65 | 4.40 | 68 | 0.22 | 0.7 | 2.5 | 9.5 | 106.5 | 2.0 | 1.4 | 7.1 | 0.4 | 6.0 |
| 3rd (40~60 cm) | 5.43 | 3.95 | 53 | 0.07 | 0.7 | 6.5 | 13.8 | 150.0 | 30.5 | 5.2 | 6.7 | 1.2 | 5.0 |
| 4th (40~80 cm) | 5.78 | 4.08 | 59 | 0.05 | 0.7 | 3.5 | 17.5 | 184.5 | 58.9 | 6.2 | 16.0 | 1.7 | 4.7 |
| 5th (80~100cm) | 6.44 | 4.40 | 55 | 0.04 | 1.5 | 5.0 | 22.5 | 205.5 | 77.1 | 6.8 | 18.9 | 1.9 | 4.0 |

* Dry matter basis

Table 3. Chemical characteristics of soil used (Volcanic soil)

| Horizon | pH | | EC μS/cm | T-N % | Available P ₂ O ₅ mg/100 g soil | Exchangeable bases | | | | Trace elements | | | Fluorine F ppm* |
|-----------------|------------------|------|-------------|----------|--|--------------------|-------------------|-------|-----|----------------|------|-----|-----------------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | Zn | Mn | Cu | |
| 1st (0~43 cm) | 6.26 | 5.46 | 74 | 0.12 | 18.6 | 4.0 | 3.0 | 60.9 | 6.0 | 2.9 | 23.9 | 4.0 | 3.9 |
| 2nd (43~30 cm) | 6.47 | 6.03 | 56 | 0.03 | 2.4 | 2.6 | 2.0 | 15.4 | 3.5 | 0.9 | 5.3 | 5.1 | 2.5 |
| 3rd (30~100 cm) | 6.19 | 5.40 | 128 | 0.25 | 0.1 | 13.3 | 6.5 | 175.3 | 9.5 | 4.3 | 8.9 | 2.6 | 1.6 |
| 4th(100~120cm) | 6.23 | 5.70 | 74 | 0.03 | 0.7 | 2.4 | 2.0 | 17.5 | 1.0 | 0.9 | 6.6 | 1.7 | 1.2 |

* Dry matter basis

Table 4. Chemical characteristics of soil used (Peat soil)

| Horizon | pH | | EC μS/cm | T-N % | Availa- ble P ₂ O ₅ mg/100 g soil | Exchangeable bases | | | | Trace elements | | | Fluorine F ppm* |
|-----------------|------------------|------|-------------|----------|--|--------------------|-------------------|-------|------|----------------|------|-----|-----------------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | Zn | Mn | Cu | |
| 1st (0~20 cm) | 3.85 | 2.90 | 393 | 1.90 | 2.0 | 13.7 | 23.3 | 51.1 | 8.0 | 8.4 | 9.4 | 0.5 | — |
| 2nd (20~40 cm) | 4.47 | 3.50 | 369 | 2.07 | 0.5 | 9.0 | 22.0 | 179.2 | 18.0 | 8.4 | 18.4 | 0.3 | — |
| 3rd (40~60 cm) | 4.47 | 3.80 | 418 | 1.62 | 0.7 | 7.9 | 19.0 | 180.6 | 51.0 | 7.5 | 25.0 | 0.4 | — |
| 4th (60~80 cm) | 4.60 | 3.70 | 409 | 1.70 | 0.3 | 11.5 | 18.3 | 135.3 | 81.4 | 8.8 | 25.0 | 0.8 | — |
| 5th (80~100 cm) | 4.60 | 3.70 | 489 | 1.70 | 0.4 | 19.2 | 32.5 | 173.6 | 87.0 | 8.4 | 25.0 | 0.9 | — |

* Dry matter basis

を示した。

2) 乾物収量

乾物収量の概要は、Table 6 に示すようであった。処理区別にみた場合 MCF 区が最も高く、アルファルファで平均 37.8、オーチャードグラスで 46.9 t/ha/5 年であっ

た。また最低は NF 区で、アルファルファにおいて 16.3、オーチャードグラスが 12.5 t/ha/5 年であり、MCF 区を 100 とした場合、アルファルファが 43 と 1/2 以下に、オーチャードグラスが 27 と 1/4 となり大きな差異が認められた。

Table 5. Chemical characteristics of soil used (Alluvial soil)

| Horizon | pH | | EC μS/cm | T-N % | Available P ₂ O ₅ mg/100 g soil | Exchangeable bases | | | | Trace elements | | | Fluorine F ppm* |
|------------------|------------------|------|-------------|----------|--|--------------------|-------------------|-------|-------|----------------|------|-----|-----------------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | MgO | Zn | Mn | Cu | |
| 1st (0~30 cm) | 6.38 | 5.09 | 57 | 0.23 | 7.3 | 9.9 | 6.4 | 296.6 | 60.1 | 5.8 | 25.4 | 4.0 | 10.9 |
| 2nd (30~50 cm) | 6.82 | 5.09 | 45 | 0.14 | 2.9 | 6.4 | 7.7 | 311.4 | 94.8 | 5.3 | 21.5 | 4.5 | 4.4 |
| 3rd (50~75 cm) | 6.44 | 4.91 | 52 | 0.08 | 4.7 | 4.8 | 7.9 | 196.8 | 106.2 | 3.8 | 19.8 | 4.8 | 2.7 |
| 4th (75~100 cm) | 6.53 | 4.88 | 47 | 0.13 | 2.2 | 6.4 | 8.0 | 216.2 | 170.3 | 4.4 | 21.9 | 5.7 | 3.5 |
| 5th (100~120 cm) | 6.58 | 4.84 | 56 | 0.11 | 2.4 | 6.2 | 9.5 | 196.6 | 183.9 | 3.9 | 18.6 | 5.8 | 3.5 |

* Dry matter basis

Table 6. Dry matter yield of forage

(t/ha/5 years)

| Treatment of fertilization | Alluvial soil | | Volcanic soil | | Peat soil | | Diluvial soil | | Average | | Rate by treatment of fertilization | |
|--------------------------------|---------------|------|---------------|------|-----------|------|---------------|------|---------|------|------------------------------------|-----|
| | Al | Og | Al | Og | Al | Og | Al | Og | Al | Og | Al | Og |
| Manure and complete fertilizer | 39.1 | 54.5 | 34.1 | 40.4 | 34.5 | 45.0 | 43.3 | 47.3 | 37.8 | 46.9 | 100 | 100 |
| Complete fertilizer | 40.9 | 51.8 | 31.9 | 36.8 | 29.1 | 39.4 | 40.6 | 43.7 | 35.6 | 42.9 | 94 | 92 |
| Sulfur | 40.9 | 52.1 | 32.4 | 37.8 | 28.5 | 43.4 | 36.9 | 43.5 | 34.7 | 44.2 | 92 | 94 |
| Chlorine | 35.6 | 50.5 | 30.9 | 33.3 | 29.0 | 35.7 | 24.5 | 37.2 | 32.5 | 39.2 | 79 | 84 |
| Non nitrogen | 37.7 | 35.1 | 30.8 | 14.5 | 27.1 | 25.3 | 35.2 | 17.9 | 32.7 | 23.2 | 87 | 50 |
| Non phosphate | 37.8 | 49.5 | 27.6 | 33.0 | 4.8 | 9.5 | 30.3 | 20.5 | 25.1 | 28.1 | 66 | 60 |
| Non potassium | 36.2 | 44.6 | 27.0 | 21.8 | 7.7 | 14.2 | 26.1 | 22.1 | 24.3 | 25.7 | 64 | 55 |
| Non fertilizer | 37.9 | 34.7 | 13.4 | 18.8 | 0 | 0 | 13.7 | 13.2 | 16.3 | 12.5 | 43 | 27 |
| Average | 38.3 | 46.6 | 28.5 | 29.6 | 20.1 | 26.6 | 31.3 | 30.7 | 29.9 | 33.8 | 79 | 70 |
| Ratio by soil | 100 | 100 | 74 | 63 | 52 | 57 | 81 | 65 | 78 | 72 | | |

Al: Alfalfa Og: Orchardgrass

また-N区は全土壌でアルファルファではMCF区100に対して87(69~96)であった。一方のオーチャードグラスは同様に、MCF区100に対して50(36~64)であり、マメ科の窒素固定の効果が顕著であった。また-P区ではアルファルファの4土壌の平均で66、オーチャードグラスでは60であったが、-K区では64と55といずれも50~60%の収量であった。これに対してSO₄系区やCl系区は両収量共、79~94%範囲の収量を示した。

土壌種類別にみた場合、沖積土壌が最も高く、アルファルファで38.3、オーチャードグラスで46.6/ha/5年で

あった。また最低は、泥炭土壌の20.1、26.6/ha/5年であり、沖積土壌を100とした場合でみると、アルファルファが52、オーチャードグラス57と半分程度となっていた。

3) 土壌種類別による植物体中のマンガン(Mn)含有率

洪積性土壌、粗粒火山性土壌および沖積土壌に生育したアルファルファおよびオーチャードグラスのマンガンの含有率はTable 7のようであった。すなわちアルファルファは平均洪積性土壌では45.70、火山性土壌で37.44、そして泥炭土壌では31.38で、この間には偏差が大きく差異は認められなかったが、沖積性土壌では1%レベル

Table 7. Manganese concentration in plants grown in different soils (ppm)

| | Diluvial soil n=112 | Volcanic soil n=112 | Peat soil n=112 | Alluvial soil n=112 |
|--------------|------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Alfalfa | 45.70±22.52 | 37.44±50.42 | 46.09±31.38 | 24.48± 9.69 |
| Orchardgrass | 87.40±49.76 | 60.61±33.55 | 60.14±54.95 | 82.63±29.37 |

Table 8. Manganese concentration in plants grown with different fertilization (ppm)

| | Non fertilizer n=42 | Manure and complete fertilizer n=56 | Complete fertilizer n=56, | Non nitrogen n=56 | Non phosphate n=56 | Non potassium n=56 | Sulfur n=56 | Chlorine n=56 | Average LSD |
|-------------------|---------------------------|---|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Alfalfa | 35.84 ±16.65 | 38.03 ±16.46 | 35.94 ±19.71 | 36.74 ±21.20 | 30.60 ±16.34 | 39.87 ±25.71 | 46.73 ±22.06 | 49.21 ±24.92 | 39.12 ±5.71 |
| Orchard- grass | 78.07 ±20.70 | 71.89 ±47.40 | 65.94* ±36.22 | 72.76 ±40.90 | 56.85 ±35.77 | 66.26 ±35.36 | 100.94 ±47.03 | 94.75 ±53.18 | 75.93 ±14.00 |

*: n=55

で有意に低く 24.48 ppm であった。またオーチャードグラスでは洪積性土壌 87.40, 火山性土壌 60.61, 泥炭土壌 60.14, そして沖積土壌が 82.63 ppm でこの間には差異は認められなかった。すでに前述したように、マンガンの含有率は土壌の pH や酸化還元状態によって大きくその溶解性がことなり、そのことが、牧草によるこれらの要素の含有率を変化させていることが考えられる。

4) 施肥処理区別による植物体中のマンガン (Mn) 含有率

施肥処理の相違によるアルファルファおよびオーチャードグラスのマンガン含有率は Table 8 のようであった。アルファルファのマンガン含有率の平均は 39.12±5.71 で、1% レベルで有意に -P 区で低く、また SO₄ 区と Cl 区で高い以外は施肥処理差は認められなかった。オーチャードグラスの平均は 75.93±14.00 ppm でアルファルファ同様 1% レベルで有意に -P 区で低く、SO₄ 区と Cl 区で高い他は施肥処理間差は認めがたかった。

両植物で -P 区および NF 区 (無肥料区) の含有率が高かったのはリン酸やその他の肥料養分が不足することによって、相対的に植物生育が不良となり、そのため一定重量の植物体当たりのマンガン吸収量が他の亜鉛や銅と同様⁷⁾⁶⁾, 多くなったためと考えられる。

5) 刈取り時期による植物体中マンガン含有率

アルファルファとオーチャードグラスの刈取り時期別マンガン含有率は、Table 9 のようであった。アルファルファの植物体中マンガン (Mn) 含有率は 1 番草で

Table 9. Manganese concentration in different cutting of forage

| | 1st cutting plants n=160 | 2nd cutting plants n=160 | 3rd cutting plants n=128 |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Alfalfa | 34.91±19.47 | 37.71±21.01 | 38.72±25.03 |
| Orchard- grass | 65.32±46.77 | 76.91±43.88 | 77.24±42.20 |

34.91±19.47, 2 番草で 37.71±21.01, そして 3 番草では 38.72±25.03 であり、オーチャードグラスでは 65.32±46.77, 76.91±43.88 として 77.24±42.20 ppm で、両牧草とも偏差が大きく、その間には差異は認められなかった。

6) 植物体中のマンガン含有率の草種間差

5 年間の各土壌に生育したすべての植物体のマンガン含有率の平均 (Table 10) は、アルファルファで 37.69±24.13 ppm, オーチャードグラスでは 72.42±45.03 であり、オーチャードグラスがアルファルファより、常に高く、1% レベルで有意であった。このような草種間差は、土壌環境、とくに pH の変化によるものと考えられる⁹⁾, 植物種間差すなわち、植物そのものか何らかのマンガン可溶物質を分泌して、これを吸収している可能性もあり、このようなことについては今後の研究にまたねばならない⁵⁾, と考えている。

Table 10. Interspecific difference of Manganese concentration in plants

| | (ppm) | |
|---------|------------------|-----------------------|
| | Alfalfa n=448 | Orchardgrass n=447 |
| Average | 37.69±24.13 | 72.42±45.03 |

7) 跡地土壌におけるマンガン (Mn) 含量

4種の跡地土壌のマンガン含量は Table 11 のようであった。4種の土壌の平均は 24.74±6.53 ppm に対し、沖積土壌で有意に高く 32.59 ppm であった。泥炭土壌では 14.54 ppm と有意に低く、土壌間差が明瞭であった。これらのマンガン含有率と土壌の特性すなわち pH, EC,

Mn 含量は供試土壌や跡地土壌では明瞭であった。すなわち、沖積土壌では pH も、また Mn も、高く維持していた。一方泥炭土壌はこの pH, Mn が共に低く、土壌の相違による、植物体中 Mn 含有率をよく反映していた。しかし洪積土壌や火山性土壌はこの関係が明瞭ではなかった。

8) 施肥処理区別土壌のマンガン含量

施肥処理区別跡地土壌のマンガン含量は Table 12 のようであった。各土壌のマンガン含量の平均は 24.75±1.68 で MCF 区で有意に高かったが、他の処理区には差異は認めがたかった。従ってこれらの数値は堆肥等の有機物によるマンガンの存在形態や可溶性に変化を与えたものと考えられる。

Table 11. Manganese content in soil after cutting (ppm)

| Diluvial soil n=80 | Volcanic soil n=80 | Peat soil n=80 | Alluvial soil n=80 | Average |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------|
| 26.91±7.76 | 24.93±5.47 | 14.54±9.24 | 32.59±6.42 | 24.74±6.53 |

Table 12. Manganese content in soil after cutting (ppm)

| Non fertilizer n=40 | Manure and complete fertilizer n=40 | Complete fertilizer n=40 | Non nitrogen n=40 | Non phosphate n=40 | Non potassium n=40 | Sulfur n=40 | Chlorine n=40 | Average |
|------------------------|--|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|------------------|------------|
| 22.45±7.62 | 27.86±9.81 | 25.43±9.74 | 25.21±10.91 | 23.27±9.77 | 23.37±9.18 | 26.27±10.45 | 24.11±9.75 | 24.75±1.68 |

謝 辞

本研究は 1980~1985 年までの土壌植物栄養学研究室 篠原助教授及び同専攻学生の協力によるところが絶大であり、心より感謝申し上げる次第である。

要 約

植物によるマンガンの吸収特性を明らかにするため、アルファルファ (品種: デュピイ) およびオーチャードグラス (品種: フィロックス) を野幌洪積性重粘土壌、植苗粗粒火山性土壌、美唄高位泥炭土壌ならびに篠津沖積土壌に 8 施肥処理区を設け 5 年栽培し、実験した結果は以下のようであった。

1) 供試土壌の 0.1 N-HCl 可溶性マンガン含量は表層で粗粒火山性土壌 (23.9) = 沖積土壌 (25.4) > 洪積土壌 (22.2) > 泥炭土壌 (9.4 ppm) の関係であった。

2) これらの土壌で栽培されたアルファルファの平均収量は洪積 31, 粗粒火山性 29, 泥炭 20 および沖積 38 t/ha/5 年で、オーチャードグラスでは 31, 30, 27 および 47 t/ha/5 年であった。

3) 土壌の相違による植物体中マンガン平均含有率は、アルファルファで泥炭 (46.09) > 洪積 (45.70) > 火山 (37.44) > 沖積 (24.48 ppm) の関係であった。オーチャードグラスでは洪積 (87.40) > 沖積 (82.63) > 火山 (60.61) > 泥炭 (60.14 ppm) の関係であった。

4) 草種間差を検討するため、用いたアルファルファ 448 点のマンガン含有率は 37.69±24.13 ppm であり、オーチャードグラス 447 点のそれは 72.42±45.03 ppm で明瞭にアルファルファよりオーチャードグラスにおいて有意に高い含有率を示した。

5) 施肥処理区別マンガン含有率ではアルファルファ SO₄ 区 (46.73), Cl 区 (49.21) がその全平均 39.12±5.71

からみて有意に多く、オーチャードグラス -P 区 (56.85), -K 区 (66.26) および CF 区 (65.94) がその全平均 75.93 \pm 14.00 ppm からみて有意に少ない傾向であった。

6) 施肥処理後の土壌マンガン含有率は平均 24.75 \pm 1.68 ppm で、MCF > SO₄ > CF = -N > Cl > -K -P > NF の順であった。

文 献

- 1) Charles, K. Fujimoto and G. Donald Sherman, 1948: Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle, *Soil Sci.*, **66**, 131-147.
- 2) Dikson, M. and Webb. 1961: 植物の生命と微量元素, モスクワ, 原田竹治訳.
- 3) Evans, H. T. and Purvis, E. R. 1948: An instance of manganese deficiency of alfalfa and red clover in New Jersey. *J. Amer. Soc. Agron.*, **40**, 1046.
- 4) 原田 勇, 牧草の栄養と施肥, 1977: 東京, 養賢堂, p. 33-34.
- 5) Harada, I., I. Shinohara and K. Aoki: Comparisons of nutrient specificity for mineral absorption of species between the alfalfa and the orchardgrass grown on same soils. *Proc. XV, IGC.*, 1985.
- 6) 原田 勇, 篠原 功, 小川浩子, 1987: アルファルファ及びオーチャードグラスの Mn 吸収特性. *日本草地学会誌*, **33**, 282-283.
- 7) 原田 勇, 篠原 功, 志和一也, 1989: アルファルファ及びオーチャードグラスの Cu 吸収特性. *酪農学園大学紀要*, **13**, 273-279.
- 8) 原田 勇, 篠原 功, 岡田聖子, 1990: アルファルファ及びオーチャードグラスの Zn 吸収特性. *酪農学園大学紀要*, **14**, 121-127.
- 9) Hopkins, E. F. 1930: The necessity and function of manganese in the growth of *Chlorella* sp. *Science*, **72**, 1876, 609.
- 10) McHargue, J. S. 1922: The role of manganese in plants. *J. Amer. Chem. Soc.*, **44**, 1592.
- 11) Snider, H. J. 1943: Manganese in some Illinois and crops. *Soil Sci.* **56**, 187.
- 12) Sugiura, Y. Kawabe, H. Tanaka, H. Fujimoto, S. and Ohara, A. 1981: *J. Biol.* **256**, 10664-10670.
- 13) 高橋達兒, 1978: 本邦草地の無機栄養および牧草の無機品質に関する諸問題. Mn, *日本草地学会誌*, **24**, 76-78.
- 14) Wood, H. G. and Barden, R. E. 1977: *Ann. Rev. Biochem.*, **46**, 385-413.

Summary

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) were grown by 8 fertilizations in 4 soil types, for 5 years from 1977.

1) Manganese concentration in the forage grown on different soils were 24.48 \pm 9.68—46.09 \pm 31.38 ppm in alfalfa and 60.14 \pm 54.95—87.40 \pm 49.76 ppm in orchardgrass.

2) Manganese concentration in alfalfa by different fertilization was 39.12 \pm 5.71 ppm on average. The concentration of -P plot was lower than that of the average of treatment plot, and SO₄ and Cl plots were higher than that of the average. Manganese concentration in orchardgrass was 75.93 \pm 14.00 ppm. The concentration of -P, CF and -K plots were lower than that of the average, and SO₄ and Cl plots were higher.

3) Manganese concentration absorbed by plant was 37.69 \pm 24.13 ppm in alfalfa and 72.42 \pm 45.03 ppm in orchardgrass.

Orchardgrass in particular showed a higher uptake than that of alfalfa, and inter-specific difference of manganese absorption by plant was recognized.

4) Manganese content in alluvial soil after cutting was 32.59 \pm 6.42 ppm and was higher than the average, but in peat soil was 14.54 \pm 9.24 ppm, and was lower than the average manganese content.

5) Manganese contents in soils under different fertilization were low in NF, -P, and -K plots, high in MCF, and SO₄ plots.