

多孔質ケイ酸カルシウム水和物の施用が芝生の擦り切れ抵抗性,耐虫性,耐病性に及ぼす影響

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	三枝, 正彦 小野沢, 圭介 渡邊, 肇 ほか1名,
巻/号	45巻4号
掲載ページ	p. 416-420
発行年月	2000年1月

多孔質ケイ酸カルシウム水和物の施用が芝生の擦り切れ抵抗性、 耐虫性、耐病性に及ぼす影響

三枝正彦・小野沢圭介・渡邊 肇・渋谷暁一

東北大学農学部附属農場 (989-6711 宮城県玉造郡鳴子町大口字蓬田 232-3)
Experimental Farm of Tohoku University,
Naruko, Miyagi, 989-6711 Japan

受付日: 1999年4月12日/受理日: 1999年10月27日

Synopsis

Masahiko SAIGUSA, Keisuke ONOZAWA, Hajime WATANABE and Kyoichi SHIBUYA (2000): Effects of Porous Hydrate Calcium Silicate on the Wear Resistance, Insect Resistance and Disease Tolerance of Turf Grass "Miyako". *Grassland Science* 45, 416-420.

Field trials were conducted at Exp. Farm of Tohoku univ., Naruko, Japan in 1997 to examine the effects of porous hydrate calcium silicate (PS) on the wear resistance, insect resistance and disease tolerance of turf grass using a new turf grass cultivar "Miyako". Silica content of Miyako leaves treated with PS 100 and 300 g/m² increased by 18 and 26%, respectively, compared to that of the control. With the application of 300 g/m² PS, tractions of turf leaves at 4 cm and 6 cm height, indicators of wear resistance, significantly ($P < 0.05$) increased by 7.0% and by 9.0%, respectively, compared to that of the control. With PS 300 g/m² treatment, feeding amount of turf leaves by *Rusidrina depravata* BUTLER larvae significantly decreased by 41% ($P < 0.05$) compared to that of the control. Degrees of disease severity affected with the brown large patch (*Rhizoctonia solani*) tended to be reduced by PS application. In conclusion, porous hydrate calcium silicate is an effective material for improving the wear resistance, insect resistance and disease tolerance of turf grass "Miyako".

Key words: Disease tolerance, Insect resistance, Porous hydrate calcium silicate, Traction, Turf grass, Wear resistance.

緒 言

トバモライトを主成分とする多孔質ケイ酸カルシウム水和物 (Porous hydrate calcium silicate, 以下 PS と表記) は、これまで市販されている鋳さいを原料としたケイ酸質鋳さい肥料に比べて水溶性ケイ酸含量が多くしかも安定して高いケイ酸供給能を持つこと等から、新ケイ酸資材としてその農業利用が期待されている^{3,5)}。前報では、この PS を 5 種類の芝生に施用し 3 年間にわたる圃場試験を行った結果、供試したいずれの芝生においてもケイ酸含有率が増加し、PS の施用により芝生のケイ酸栄養の改善を図ることが可能であること

が示された⁸⁾。

現在の芝生管理において、景観や競技上の機能性を最良に維持するために、擦り切れ抵抗性や病虫害に対する抵抗性が重要である^{2,4)}。これまで、擦り切れ抵抗性や病虫害を防ぐために種々の農業が多量に使用されているが^{2,4)}、地下水汚染などの環境汚染を引き起こすことが問題視され、環境保全を考慮に入れた芝生の管理技術の確立が切望されている^{2,12)}。

そこで本研究では、耐病性や耐虫性に関係が深く安全性の高い、ケイ酸資材に着目した。これまで、ケイ酸資材の施用が芝草のケイ酸栄養に及ぼす影響について調査した例は、ケンタッキーブルーグラス等の西洋芝を用いた、Street *et al.*⁹⁾ の研究例を除いて見られない。また、日本国内で広く用いられているシバ (*Zoysia japonica* Steud.) やコウライシバ (*Zoysia tenuifolia* Willd.) のケイ酸栄養についての報告はない。

そこで本報では、PS の施用が、芝生のケイ酸栄養や擦り切れ抵抗性及び病虫害抵抗性に及ぼす影響を圃場試験により検討した。

材 料 と 方 法

供試材料は芝草品種“みやこ”を用いた。このみやこは *Zoysia* 属自生系統から、芝草の緑化期間の延長を目的として、選抜された品種であり、日本で古くから利用されてきた、コウライシバとシバの自然交雑品種であるため両シバの特徴を合わせ持つ⁴⁾。

栽培試験は東北大学農学部附属農場 21 号圃場 (宮城県鳴子町, 2:1~2:1:1 型中間種鋳物を主体とする非アロフェン質黒ボク土) で行った。1996年6月13日に張り芝を行い、試験圃場の造成を行った。1997年3月28日に PS を 0 (無処理), 100, 300, 500, 1,000 g/m² 処理した。1 区の面積は 1 m² (1.0 m × 1.0 m) とした。窒素施用量は、20 g/m² とし、肥効調節型肥料である CDU を施用した。リン酸とカリウムは各処理区共通に、それぞれ 7 g P₂O₅/m², 20 g K₂O/m² を施用した。刈り取りは、6月11日から10月24日までの計 10 回行った。冬期の雪腐病を防ぐために、12月10日と12月30日に、有機銅剤の葉面散布を行った。また、耐病性の試験において、リゾクトニア属菌のコンタミネーションを防ぐために、チウラム・ベノミル水和剤を 1997年8月15日に施用し

た。

1. 芝生のケイ酸含有率

ケイ酸含有率の測定は，牽引力測定及び耐病虫害性試験前の1997年9月9日に，PSが0, 100, 300 g/m²の処理区について行った。測定は各試験区2反復で行った。採取した芝草は，70℃で48時間乾燥し粉碎後，ケイ酸含有率の測定に供した。ケイ酸含有率は乾式灰化後，重量法により測定した¹⁷⁾。

2. 擦り切れ抵抗性に及ぼす影響

擦り切れ抵抗性の指標として，芝生の牽引力を牽引力測定装置⁴⁾を用いて測定した。測定は，PSを0, 100, 300 g/m²処理した区について，1997年9月10日に刈り高4 cmと刈り高6 cmで各試験区3反復で行った。

3. 耐虫性に及ぼす影響

芝生の耐虫性の検定には，スジキリヨトウ (*Rusidrina depravata* BUTLER) を用いた。このスジキリヨトウは，芝草の茎葉の被害が甚だしく，その防除は，芝生の育成管理上の最重要課題の一つと考えられている^{2,4)}。本試験は，芝生の摂食が旺盛になり実際の圃場で被害が問題となる体長8 mm以上の幼虫を用いて行った^{15,16)}。なお，試験中に死亡した個体は認められなかった。供試卵を，25℃暗黒下に静置し，孵化させた後，別のシャーレに移し，25℃の恒温器内で人工飼料を用いて約2週間飼育し供試虫を得た。摂食量は採取したみやこの葉片を，脱塩水で湿らせたろ紙を敷いたシャーレ内に置き，そこに24時間絶食をさせた幼虫5頭を放飼し，25℃の恒温器内に24時間放置し，葉片の減量を測定することで評価した。芝草はPSを0, 100, 300 g/m²施用したものをを用い，各施用量毎に3反復の試験を10月2日，10月7日の計2回行った。

4. 耐病性に及ぼす影響

供試菌株は芝生の重要病害の1つであるラージパッチ菌株 (*Rhizoctonia solani*) を用いた。接種法及び発病調査の方法は梅本¹³⁾の方法によった。すなわち，フスマ20 gを純水20 mlと混ぜ，それを300 ml三角フラスコに入れ滅菌した。そこへ供試菌を移植し，25℃暗黒下で7日間培養した後，滅菌砂(目砂用川砂)100 g，滅菌水15 mlを加えさらに5日間培養し，これを接種源とした。接種方法は，直径29 cmの円筒内に，接種源50 gをできるだけ均一にばらまいた後，葉に傷を付け十分に感染するように手でよく擦り込んだ。接種部は保湿を目的として，不織布で被覆し直ちに灌水を行った。試験区には接種後約10日間，1日当たり約10 mmの灌水を毎日行った。被害度は，パッチ部の直立葉の発病程度を目視により以下の0~4の数値で評価した。すなわち，0(無)，健全。1(少)，接種部位の範囲内のみ病斑を形成またはそれに準ずる程度の発病。2(中)，接種部位を中心として一部不鮮明でやや小さい病斑を形成。3(多)，接種部位を中心としてやや小さい典型的なラージパッチ病斑または一部不鮮明ではあるが典型的なラージパッチ病斑を形成。4(甚)，接種部位を中心として典型的なラージパッチ病斑を形成の5段階で評価した。

試験は計2回行った。1回目の試験はPSが0~1,000 g/m²処理した芝生を，2回目の試験は0と300 g/m²処理した芝生

を用い，各試験区2反復で行った。一回目の試験は，1997年9月20日に接種し，10月1日に不織布を除去，10月14日に調査を行った。二回目の試験は，1997年10月3日に接種し，10月17日に不織布を除去，11月11日に調査を行った。

統計処理は，各処理区について分散分析を行い，Tukey法を用いて，それぞれの処理区の平均値の多重比較を行った。

結 果

1. 芝生のケイ酸含有率に及ぼす影響

図1に，牽引力測定前の9月9日における芝草品種“みやこ”のケイ酸含有率を示した。その結果，ケイ酸含有率は無処理区に比べて100 g/m²で18%，300 g/m²で26%増加し，PS施用量に応じて増加した。このPSによるケイ酸含有率の増加は前報⁹⁾と同様な傾向であった。

2. 擦り切れ抵抗性に及ぼす影響

図2-aに，刈り高6 cmにおける芝生の牽引力を示した。牽引力は，各ケイ酸処理区とも37~42 Nmと，サッカー場において良好と考えられる30 Nm以上⁴⁾の値を示した。無処理区とPS施用区についてみると，100 g/m²施用では，牽引力は無処理区と有意な差異は認められないが，300 g/m²施用区では，有意に(p<0.05)増加した。

同じく，図2-bに，刈り高4 cmにおける芝生の牽引力を示した。芝生牽引力は，刈り高6 cmと同様に，各ケイ酸処理区とも39~42 Nmと，サッカー場で良好と考えられる30 Nm以上⁴⁾の値を示した。また，PSの施用量に応じて芝生の牽引力が増加する傾向が見られ，特に300 g/m²施用区では無処理区に比べて10%，牽引力が有意に(P<0.05)増加した。

3. 耐虫性に及ぼす影響

図3-aに各PS処理における体長9 mmのスジキリヨトウ幼虫による摂食量を示した。各PS処理区とも，スジキリヨトウによる摂食が見られたが，施用量に応じてスジキリヨトウによる芝草摂食量が減少する傾向が見られた。特に，300 g/m²では無処理区に比べて，摂食量が41%も有意に(P<

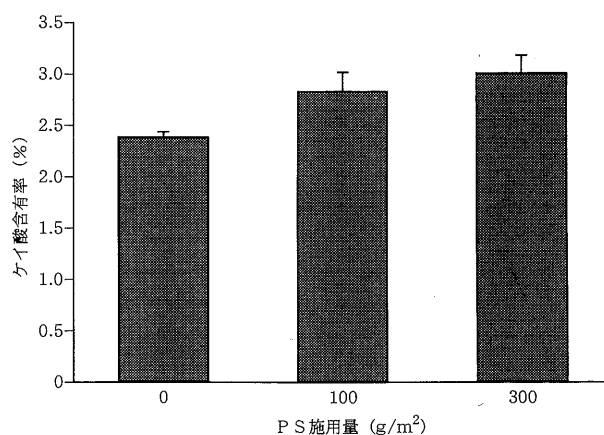


図1. PSの施用が芝生“みやこ”におけるケイ酸含有率に及ぼす影響。
図中の縦棒は標準誤差。
ケイ酸含有率は乾物あたりの%を示す。

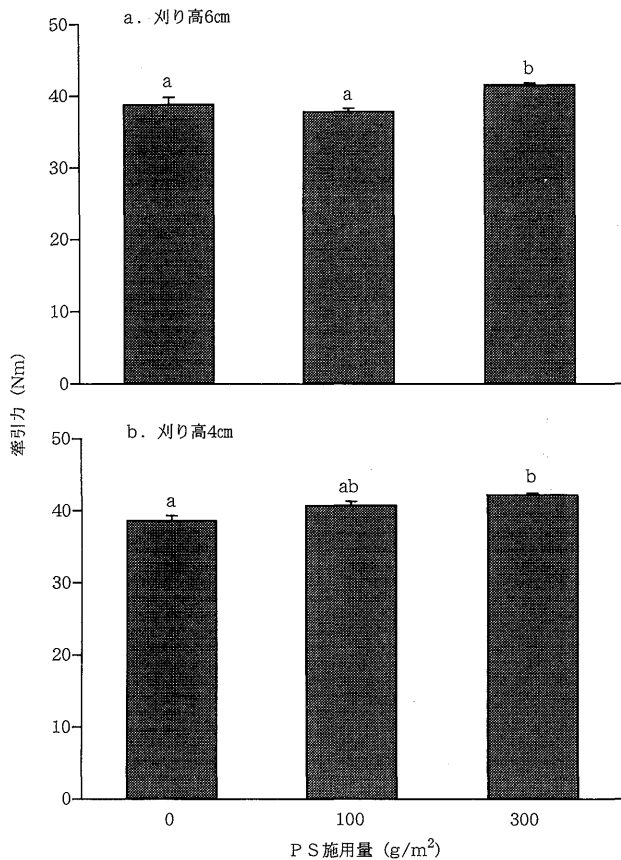


図 2. PS の施用が芝生の牽引力に及ぼす影響。
図中の縦棒は標準誤差。図中の異なる英小文字を付した処理間には、5%水準で有意差が認められることを示す。

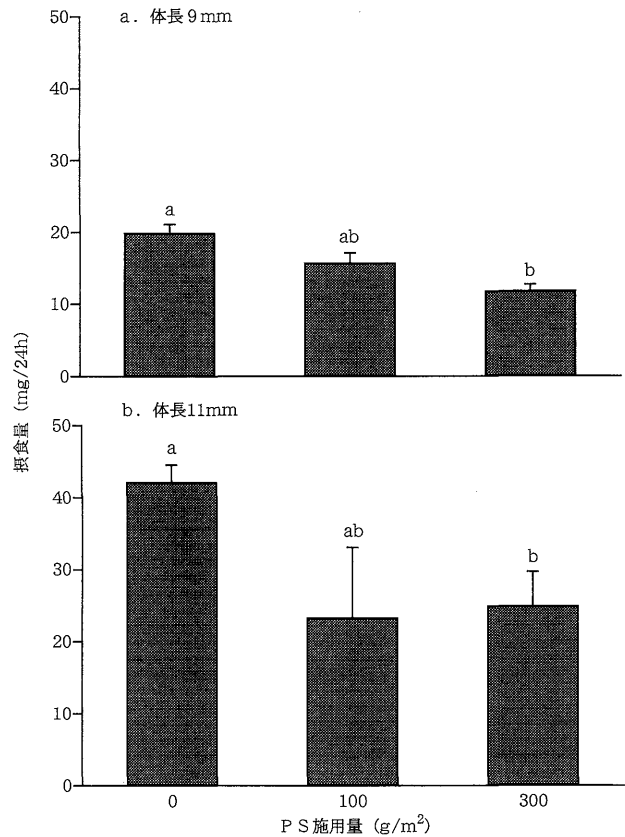


図 3. PS の施用がスジキリヨトウの幼虫による芝生の摂食量に及ぼす影響。
図中の縦棒は標準誤差。図中の異なる英小文字を付した処理間には、5%水準で有意差が認められることを示す。

0.05) 減少した。

図 3-b に体長 11 mm のスジキリヨトウの幼虫における摂食量を示した。その結果、PS の施用量に応じて摂食量が減少し、体長 9 mm の幼虫の場合と同様に、300 g/m² で、摂食量が 41% も有意に ($P < 0.05$) 減少した。

以上より、スジキリヨトウの摂食阻害に対する、PS の施用効果は 300 g/m² で有意に認められた。

4. 耐病性に及ぼす影響

ラーズパッチ菌による病徴発現は、接種 1 週間後より認められ、その後徐々にパッチが拡大するのが観察された。1997 年 9 月 20 日にラーズパッチ菌を接種した接種部位の、10 月 14 日の被害度を図 4 に示した。PS 施用量との関係を見ると、PS 施用量に応じてラーズパッチ菌による被害度が減少する傾向が見られた。無処理区、100 g/m²、300 g/m² では被害度がそれぞれ 2.0、1.8、1.8 と、接種部位の周りに病斑が見られたが、500 g/m²、1,000 g/m² では被害度がそれぞれ 1.3、1.2 と接種部位内のみで病斑形成にとどまった。

1997 年 10 月 3 日にラーズパッチ菌を接種した接種部位の、11 月 14 日の被害度を図 4 に示した。被害度は 0.8~1.0 の範囲で、接種部以内での病斑の形成にとどまった。また、PS 施用量に応じてラーズパッチ菌による被害度が減少する傾向が見られ 300 g/m² 施用では、17% も減少した。

考 察

芝生にケイ酸資材を施用した研究は極めて少ないが、同じイネ科に属する水稻に対する効果を見た報告は多い。そこで、本研究では主にイネの研究例を参考に考察することにする。水稻にケイ酸資材を施用することにより、稲体のケイ酸含有率が増加し、さらに受光態勢の改善、耐倒伏性の向上、耐病虫害性の賦与、過剰蒸散の抑制、光合成機能の増大等の効果が認められている^{1,10)}。このように、ケイ酸資材は、水稻の栽培管理に多くの利点を持っている。それゆえ、我国の水稻栽培では、銚さいを原料としたケイ酸資材（以下、ケイカル）が広く用いられているが、この市販ケイカルは製法によって肥効の変異が大きいという問題点が指摘されている^{6,11)}。

そこで、本報では新ケイ酸資材として近年注目されている多孔質ケイ酸カルシウム水和物 (PS) を用いた。この PS は、トバモライトを主成分とし、水稻栽培期間中に、市販ケイカルに比べて安定して継続的にケイ酸を供給することが明らかにされている¹¹⁾。また、穂揃期の葉身のケイ酸濃度は、PS 300 g/m² 施用した区では、無処理区の 1.5 倍と増加した。そして、いもち病に対する罹病率は市販ケイカル区の半分以下

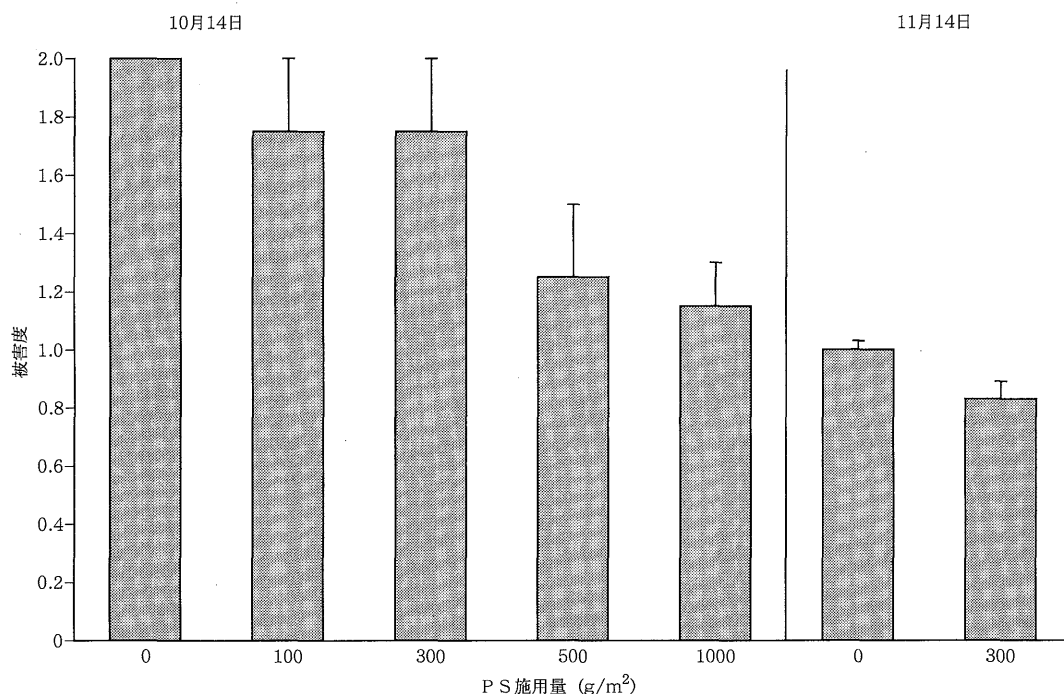


図 4. PS の施用がラージパッチ菌による芝生の被害度に及ぼす影響。
 図中の縦棒は標準誤差。被害度は 0 (無), 1 (少), 2 (中), 3 (多), 4 (甚) の 5 段階で示した (本文参照)。

と、著しく低い値を得た⁵⁾。このような経過から、現在 PS は水稲の新ケイ酸資材として注目されている^{3,7)}。

本報において芝生に PS を施用することにより、芝生組織中のケイ酸含量が無処理区に比べて 18~26% 増大した (図 1)。この結果は、ケンタッキーブルーグラス、バーンヤードグラス、トールフェスクといった、西洋芝の生育に対するケイ酸資材の影響を見た Street *et al.*⁹⁾ の報告及び前報⁸⁾ に一致した。しかし、Street *et al.*⁹⁾ はケイ酸資材の施用により刈り取り乾物収量の増加が認められなかったことから、芝生管理におけるケイ酸資材の重要性は低いと指摘している。しかしながら、芝生の評価には生産物である刈り取り乾物収量より、その機能性や“審美面”すなわち“外観上の美しさ”が最も重要である。すなわち、擦り切れ抵抗性や耐虫性、耐病性に対する PS の影響を検討する必要がある。

まず擦り切れ抵抗性を示す牽引力については、PS の 300 g/m² 施用区で刈り高 6 cm では 7%、刈り高 4 cm では 9%、有意に増加した (図 2)。イネにケイ酸資材を施用すると、表皮、維管束、維管束鞘の部分にケイ酸が多量に沈着することによって、物理的強度が増すことが知られている¹⁰⁾。このようなことから、芝生においても、ケイ酸資材の施用による物理的強度の増加を通して牽引力が増すものと考えられる。この点に関しては組織形態学的な観察を含めて、今後、詳細に検討する必要がある。

また、PS の施用が耐虫性に及ぼす影響を調べた結果、体長 9 mm 及び 11 mm のスジキリヨトウ幼虫において、芝草摂食量が PS 300 g/m² 施用区で無処理区に比べて有意に ($P < 0.05$) 減少した (図 3)。水稲におけるニカメイ虫を用いた試験によると、ケイ酸含量の多いイネ体を摂食したニカメイ虫

の大あごは、ケイ酸含量の低いものを摂食したものに比べて摩滅が著しいとされている¹⁰⁾。芝生においても、ケイ酸資材の施用によって葉組織の物理的強度が増加して、スジキリヨトウの摂食を阻害したことが考えられる。また、ケイ酸資材の多施用で、ニカメイ虫の誘引物質の生成抑制が報告されている⁹⁾。スジキリヨトウの誘引物質の生成抑制、あるいは摂食阻害物質の生成などについては、さらに詳しく解析する必要がある。

さらに、PS の施用がラージパッチ病 (*Rizokutonia solani*) に対する影響を調べた結果、接種一カ月後の被害度は無処理区、施用区とも 1~2 の比較的軽度にとどまった (図 5)。これは、本試験において供試材料にもともとラージパッチ菌耐性のある“みやこ”を用いたこと⁴⁾と、接種時の気温が低くラージパッチ菌の活性が低かったことが関係しているものと考えられる。これまで、耐病性品種は数系統しか選抜されておらず、しかもリゾクトニヤの真性抵抗性品種の育成は極めて困難であるとされ、病害の防除のために依然として大量の農薬が使用されているのが実状である²⁾。本研究では PS を施用することで、ラージパッチ菌による被害度が減少する傾向が認められたことから、PS の施用は芝生の耐病性を向上させる可能性があることを示唆している。イネにおいては、ケイ酸資材の施用によりごま葉枯病、いもち病等様々な病害に対する抵抗性の向上が認められ、これは葉の表皮細胞の物理的強度の増加が、病原菌の侵入を阻止することによるものとされている^{10,14)}。特にいもち病の抵抗性については、いもち病菌の主たる侵入箇所である機動細胞のケイ化を促進することによって、抵抗性を増大させると考えられている¹⁴⁾。また、稲体中のケイ酸含有率の増加に伴う窒素含有率

の低下は、いもち病に対する機能的・生理的抵抗力を増加させるとも言われている¹⁴⁾。本試験においても、葉組織の物理的強度の増加が芝生の耐病性を向上させたことが考えられる。これまで、芝生におけるケイ化細胞の役割については明らかにされておらず、続報で詳細に検討する予定である。

謝 辞

牽引力測定装置は(株)東洋グリーンより借用し、また、千葉県農業試験場の青木孝一、梅本清作の各氏にはラージパッチ菌株を、伊藤靖之氏にはスジキリヨトウの卵を分与して戴きました。厚く御礼申しあげます。

引用文献

- 1) 東江 栄・縣 和一・窪田文武・P.B. Kaufman (1992) 水稻の光合成・乾物生産に対するケイ酸の生理的役割. 日作紀 **61**, 200-206.
- 2) 青木孝一 (1996) 環境保全を目指した芝草の管理技術 農業技術 **51**, 49-53.
- 3) 羽田野一幸 (1993) 多孔質ケイ酸カルシウム水和物の新利用. Gypsum & Lime **229**, 413-418.
- 4) 中原久和・柳 久 (1994) サッカー場の芝生造成と管理. ソフトサイエンス社. 東京. pp. 1-227.
- 5) 三枝正彦・山本晶子・渋谷暁一 (1994) 多孔質カルシウム水和物の農業利用. 第2報 黒ボク水田土壌における水稻のケイ酸吸収と病害抵抗性. 日作東北支部報 **37**, 37-38.
- 6) 三枝正彦・山本晶子・渋谷暁一 (1998) 多孔質ケイ酸カルシウム水和物のケイ酸資材としての評価. 土肥誌 **69**, 576-581.
- 7) 三枝正彦・山本晶子・渋谷暁一 (1998) 多孔質ケイ酸カルシウム水和物のケイ酸資材としての実用性と水稻ケイ酸栄養の改善効果. 土肥誌 **69**, 612-617.
- 8) 三枝正彦・小野沢圭介・渡邊 肇・渋谷暁一 (1999) 多孔質カルシウム水和物の施用が芝生のケイ酸栄養に及ぼす影響. 日草誌 **45**, 411-415.
- 9) Street, J.R., P.R. Henderlong and F.L. Himes (1981) The effect of silica rates on the growth, silica deposition, and water absorption among three turf grass species. In Proc. 4th Int. Turfgrass Res. Conf., Guelph, ON, Canada. 19-23 Jury. ed (R.W. Sheard). Int. Turfgrass Soc., Ontario Agric. Coll., Univ. of Guelph, ON.
- 10) 高橋英一 (1987) ケイ酸植物と石灰植物—作物の個性を探る. 農文協. 東京. pp. 53-101.

- 11) 高橋和夫 (1986) 鉋さいの水稻に対する肥効と水田土壌中の有効ケイ酸に関する研究. 四国農試報 **38**, 75-114.
- 12) 冨森聡子・長屋祐一・谷山鉄郎 (1994) ゴルフ場排水の農業・肥料成分による水質汚染. 日作紀 **63**, 442-451.
- 13) 梅本清作 (1997) 芝の主要病害, コウライシバ葉腐病, カーブラリア葉枯病及びベントグラスダグラススポット病の人工接種法. 芝草研究 大会誌 **26**, 102.
- 14) 山中 達・山口富夫 (1987) 稲いもち病. 養賢堂. 東京. pp. 115-120.
- 15) 吉田正義・築根照英 (1975) 芝草を加害するガ類の研究 I—東海地方のゴルフ場における重要害虫の発生消長と芝草の被害—. 芝草研究 **4**, 1-9.
- 16) 吉田正義・藤田義雄 (1980) 芝草害虫の分類と外国より侵入した芝草害虫. 芝草研究 **9**, 13-17.
- 17) 吉田昌一・岡部達夫 (1975) 無機成分分析法. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 作物分析法委員会編. 農文協. 東京. pp. 141-146.

要 旨

三枝正彦・小野沢圭介・渡邊 肇・渋谷暁一 (2000) : 多孔質ケイ酸カルシウム水和物の施用が芝生の擦り切れ抵抗性, 耐虫性, 耐病性に及ぼす影響. 日草誌 **45**, 416-420.

多孔質ケイ酸カルシウム水和物 (Porous hydrate calcium silicate: PS) の施用が, 芝生の擦り切れ抵抗性, 耐虫性, 耐病性に及ぼす影響を検討するために, 東北大学農学部附属農場 (宮城県鳴子町, 2:1~2:1:1 型中間種鉋物を主体とする非アロフェン質黒ボク土) で芝草新品種“みやこ”を供試して圃場試験を行った。1. PS の施用により芝草のケイ酸含有率が無処理区に比べて18~26%増加した。2. PS 処理における芝生の擦り切れ抵抗性を, 牽引力で検討したところ, 300 g/m² 施用区で無処理区に比べて刈り高4 cm では7%, 6 cm では9%牽引力が有意に (P<0.05) 増加した。3. 耐虫性に及ぼすPS 施用の影響をスジキリヨトウ (*Rusidrina depravata* BUTLER) の幼虫を用いて検討した。PS 300 g/m² 施用区では, 体長9 mm 及び11 mm の幼虫とも, 無処理区に比べて41%摂食量が有意に (P<0.05) 減少した。4. 耐病性に及ぼす影響を, ラージパッチ菌 (*Rhizoctonia solani*) を接種して検討したところ, PS 施用区は, 無処理区に比べて, 被害度が減少する傾向が認められた。以上より, 多孔質ケイ酸カルシウム水和物の施用は, 芝草のケイ酸含量を増加させて, 擦り切れ抵抗性, 耐虫性, 耐病性向上に貢献することが示唆された。

キーワード: 牽引力, 芝草, 擦り切れ抵抗性, 耐病性, 耐虫性, 多孔質ケイ酸カルシウム水和物.