

牛糞尿の過剰施与がトールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) 葉部の水ポテンシャルにおよぼす影響

平野 繁・前田良之*

Influence of Excess Application of Cattle's Excreta on Leaf Water Potential
in Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Shigeru HIRANO and Yoshiyuki MAEDA*

Summary

The influence of excess application of cattle's manure and urine on leaf water potential in tall fescue was investigated. Excess urine application gave a decrease in leaf water potential just after application. It was considered that low water potential was induced by high osmotic pressure of the soil under high ion excess. On the other hand, excess manure application after a harvest gave an increase in leaf water potential just after application. It was considered that high water potential was induced by high soil water content caused by mulching effect of manure application.

キーワード：過剰施与、きゅう肥、トールフェスク、尿、
葉の水ポテンシャル

Key words: Excess application, Leaf water potential, Manure, Tall fescue, Urine.

緒言

昭和30年代中頃に始まった農業の専作的規模拡大、特に、畜産部門の規模拡大によって大量の糞尿が排泄されるようになったことから⁶⁾、畜産農家において糞尿処理を目的とした大量かつ局所的な施与が行われるようになった⁶⁾。草地へ家畜糞尿が過剰に施与された場合、土壌中の、窒素、ミネラルなどが過剰となる⁸⁾。その結果、土壌の浸透圧上昇によって、植物体での水吸収阻害が発

生することが予想される¹⁾。牛尿流入土壌に生育するリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) は、非牛尿流入土壌に生育する個体に対し耐塩性が高まる^{2,3,4)}ことが報告されている。植物の耐塩性に関する要因としては、1) 培地の浸透圧上昇による水吸収阻害、2) 植物体内の塩含有率が高くなることに起因する生育阻害等が挙げられる¹⁾。牧草の耐塩性の発現過程を水吸収阻害回避の点から検討するにあたり、草地への家畜尿の過剰施与による牧草の水分生理の変化を検討する必要がある。一方、草地への家畜糞の施与は、有機物の地表面への散布となることから、地表面からの土壌水分の蒸発を抑えるマルチングの効果が期待される^{7,9)}。

本実験では、草地への家畜糞尿の過剰施与による牧草の水分生理への影響を、イオン過剰による水吸収阻害とマルチングによる土壌水分保持の2つの点から検討するために、牛糞きゅう肥および牛尿の施与量の相違によるトールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) 葉部の水ポテンシャルの変化を検討した。なお、供試牧草は、本実験の実施地が夏季に高温になることから、寒地型牧草の中で耐暑性・耐乾性が大きなトールフェスクを用いた。

材料および方法

実験は1995年に東京農業大学農学部(東京都世田谷区)で行った。トールフェスク品種サザンクロスを用い、5月19日にペーパーポット(径2cm×高3cm)内に1粒づつ播種し、幼植物を育成した。6月12日に生育の均一な個体を選び、直径35.7cm、高さ30cm(面積1/1000a)

東京農業大学農学部(156 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

*東京農業大学富士畜産農場(418-01 静岡県富士宮市麓422)

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo, 156 Japan

*Fuji Farm, Tokyo University of Agriculture, Fumoto, Fujinomiya, 418-01 Japan

本研究費の一部は平成7年度東京農業大学総合プロジェクト研究費による。

のポットに5 cm間隔で40個体を移植した。供試土壌は、関東ローム層の心土を用いた。移植時に元肥として、化成肥料の硫加磷安(NPK各13%)をポット当たり5 g施与した。刈取りは、8月12日、9月16日、10月30日の3回行い、刈取り高さを5 cmとした。処理区は、1回目と2回目の刈取り後に、化成肥料硫加磷安をポット当たり10 g施与する化成区、化成肥料10 gに加え牛糞きゅう肥を施与するきゅう肥区、および、化成肥料10 gに加え牛尿を施与する尿区の3区を設けた。また、きゅう肥区は、1回の施与量をポット当たり250 g (10 a当たり2.5 t)とするきゅう肥1倍区と、750 g (10 a当たり7.5 t)とするきゅう肥3倍区を設けた。また、尿区は、1回の施与量をポット当たり200 g (10 a当たり2.0 t)とする尿1倍区と、600 g (10 a当たり6.0 t)とする尿3倍区を設け、合計5区の処理を設けた。なお、化成肥料、きゅう肥、および、尿は地表面に施与した。本実験で用いた、きゅう肥および尿は、東京農業大学富士畜産農場で生産された牛糞きゅう肥、および、曝気処理尿である。使用したきゅう肥ならびに尿の成分は、表1に示した。各成分の測定は、全窒素はケルダール法で、硝酸態窒素(NO₃-N) およびリンはイオンクロマトグラフィー(ダイオネクス社製DX-100)で、カリは原子吸光度法で行った。

表1. 使用したきゅう肥および尿の成分

	含水率 (%)	mg/原物100 g			
		全窒素	NO ₃ -N	リン	カリ
きゅう肥	59.9	548.94	43.39	85.24	824.94
尿	98.8	40.00	0.29	12.62	124.28

実験は野外で行い、ポットへの灌水量は全ての区で均一になるように管理した。

牧草葉部の水ポテンシャルの測定は、生育良好な個体を選び、葉の小片(直径5 mm)2枚を、サイクロメーター(WESCOR社製)に封じ込め、2時間放置後測定した。測定時期は、1回目刈取り後18日目の8月30日、2回目刈取り後9日目の9月25日、42日目の10月28日に行った。

また、土壌水分の測定は、1回目刈取り後20日目の9月1日に、有機物を取り除いた地表面に、TDR(Time Domain Reflectometry)プローブ(IMKO社製Probe-P 2 M; 電極長さ5 cm、直径1.5 mm、間隔1 cm)を垂直に挿入し、比誘電率-水分率変換器(IMKO社製TRIME-FM)を用いて、深さ0 cm~6 cmのTDR水分率(体積含水率)を求めた。

結果および考察

葉部の水ポテンシャルの変化を表2に示した。1回目刈取り後18日目の、きゅう肥1倍区、3倍区と、2回目刈取り後9日目のきゅう肥3倍区を除いて、化成区と比較し、水ポテンシャルが低くなった。また、2回目刈取り後42日目のきゅう肥区、および、全ての調査の尿区で、施与量の増加にともない水ポテンシャルが低下した。それに対し、1回目刈取り後18日目と、2回目刈取り後9日目のきゅう肥区では、3倍区の方が1倍区よりも水ポテンシャルが高くなった。

表2. 葉部の水ポテンシャルの変化 (MPa)

	測定日		
	8月30日 〔1回目 刈取り後 18日目〕	9月25日 〔2回目 刈取り後 9日目〕	10月28日 〔2回目 刈取り後 42日目〕
化成区	-0.761	-1.206	-0.761
きゅう肥	-0.687	-1.355	-1.039
1倍区	(90.3)	(112.4)	(136.5)
きゅう肥	-0.445	-0.798	-1.457
3倍区	(58.5)	(66.2)	(191.5)
尿1倍区	-0.798	-1.281	-1.151
	(104.9)	(106.2)	(151.2)
尿3倍区	-1.058	-1.559	-1.299
	(139.0)	(129.3)	(170.7)

注) 1回目刈取りを8月12日、2回目刈取りを9月16日に行った。括弧内は化成区に対する%を示す。

本実験では、きゅう肥区および尿区は、化成区に施与した化学肥料に加えて、きゅう肥もしくは尿を施与したことから、化成区に対する水ポテンシャルの低下は、施与したきゅう肥・尿による、土壌溶液中のイオン濃度の上昇による水吸収阻害が要因と考えることができる。その程度は、尿区でみられたように、施与量の増加にともない大きくなるものと考えられる。特に、本実験で用いたきゅう肥は、尿に比較して成分が多いことから(表1)、施与による葉部の水ポテンシャルの低下程度は、尿施与の場合に比較して大きいものと考えられる。しかしながら、1回目刈取り後18日目と、2回目刈取り後9日目のきゅう肥区では、施与量の増加による水ポテンシャルの低下が認められず、逆に、3倍区の方が、水ポテンシャルが高くなった。この逆転現象について、土壌水分の点から次に検討した。

表3に、1回目刈取り後20日目における、土壌の体積含水率を示した。きゅう肥3倍区では、土壌水分が他の区に比べて高くなった。この土壌水分の増加は、有機物

(きゅう肥)の地表面施与によるマルチングの効果^{8,10)}と考えられた。また、尿はほとんど固形物を含まないことから(表1)、マルチングの効果が極めて小さく、尿3倍区で土壤水分の増加がみられなかったものと考えられた。

表3. 第1回目刈取り後の土壤の体積含水率 (%)

化肥区	きゅう肥 1倍区	きゅう肥 3倍区	尿 1倍区	尿 3倍区
28.2	29.7 ^a (105.3)	31.6 ^b (112.1)	28.2 ^a (100.0)	28.7 ^a (101.8)

注) 測定は1回目刈取り(8月12日)後、20日目の9月1日に行われた。
括弧内は化肥区に対する%を示す。
同一文字のついていない平均値の間には5%水準で差がある。

土壤の水ポテンシャルは、主にマトリックポテンシャルと浸透ポテンシャルによって構成され、土壤水分の増加は、マトリックポテンシャルを高くするとされている¹⁰⁾。したがって、土壤水分の高いきゅう肥3倍区では、きゅう肥施与により土壤溶液の浸透ポテンシャルが低下するものの、高いマトリックポテンシャルによって、土壤の水ポテンシャルが高くなったことから、葉部の水ポテンシャルが高められたものと考えられた。

本実験における土壤水分の測定は、1回目刈取り後20日目の1回だけ行った。したがって、その後2回の調査における、葉部の水ポテンシャルの変化について、土壤水分の関係から明確な結論は出せない。しかしながら、2回目刈取り後9日目にみられた、きゅう肥3倍区における葉部の水ポテンシャルの高い要因は、刈取り後間もなく地表面からの蒸発量も大きな時期であることから、1回目刈取り後18日目同様、土壤水分の保持効果であると考えることができよう。また、3回目刈取り直前(2回目刈取り後42日目)の、きゅう肥3倍区の水ポテンシャルの低下要因は、10月末で気温が低く、蒸発散量が少なくなっていることや、地上部の生育が進行し、牧草の茎葉が地表面を覆うことによって、きゅう肥3倍区以外の区でも、土壤水分が高く維持されていることから、施与量の増加にともない、葉部の水ポテンシャルが低下したものと考えることが可能であろう。なお、土壤水分の測定は、生育前半の1回のみであるので、今後、土壤水分と水ポテンシャルとの関係を明らかにするためには、測定回数を増やすなど、詳細に検討する必要がある。

以上の結果、きゅう肥と尿を草地表面に過剰施与をした場合の、牧草葉部の水ポテンシャルへの影響は、その固形物量の相違によるマルチングの効果の有無から、両者で異なった。

きゅう肥3倍区は、地表面施与によるマルチングの効果から、土壤水分を高く保ち牧草葉部の水ポテンシャル

を高くしたが、3回目刈取りの直前では、葉部の水ポテンシャルが低下した。きゅう肥は固形物の多い有機物であることから、地表面施与はマルチングの効果があり、土壤水分の保持に果たす役割は大きい。きゅう肥の過剰施与の継続は、牧草への水吸収阻害を発生させるものと考えられた。したがって、牧草生産に対して、きゅう肥施与を化学肥料の代替としてとらえるだけではなく、付加価値として土壤乾燥防止機能を期待するのであれば、施与の時期、ならびに、量について詳細な検討が必要であろう。

また、尿3倍区では、固形物が少ないことからマルチングの効果による土壤水分の保持の効果が、きゅう肥と比較して小さいため、施与直後から生じた牧草の水吸収阻害によって、葉部の水ポテンシャルが低下したと考えられた。したがって、前田ら^{2,3,4)}が実験に用いた尿貯留そう付近で頻繁に牛尿が流入している草地では、土壤中のNa、Ca、Mg、NH₄-NおよびNO₃-N含量の増加から^{2,3,4)}、牧草には常時水吸収阻害がはたらいていたと考えることができる。牛尿流入土壤に生育する牧草の生理的特性を検討する際、土壤のイオン集積による水吸収阻害の点も考慮する必要性を認めた。

謝 辞

本実験の遂行にあたり、協力いただいた農学部作物学研究室、大島 剛、高松敦子の両氏に謝意を表す。

引用文献

- 1) Greenway, H. and Rana Munns (1980) Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **31**, 149-190.
- 2) Maeda, Y. and H. Takenaga (1993) Salt tolerance of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) grown on soil perfused with urine. *J. Japan Grassl. Sci.* **39**, 116-119.
- 3) 前田良之・武長 宏 (1993) 牛尿流入土壤に生育する牧草のNaCl耐性の変化. *北草研報* **27**, 113-116.
- 4) 前田良之・竹本 圭・麻生末雄・武長 宏 (1995) 牛尿流入土壤に生育するリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) の耐塩性と草体中のカチオンおよび遊離アミノ酸含量との関係. *日草誌* **41**, 60-66.
- 5) 松崎敏英 (1978) 家畜ふん尿の農地還元. *土肥誌* **49**, 429-440.
- 6) 向山新一・川鍋祐夫・押田敏雄・中野克仁 (1995)

西富士地域における家畜ふん尿処理・利用の実態
飼養密度、糞尿生産量、草地施用量、環境汚染. 日
草誌 41(別), 291-292.

- 7) 中江克己 (1975) 栽植管理 マルチング. 農学大事
典 (野口弥吉監修). 養賢堂, 東京. pp. 1252.
- 8) 越智茂登一 (1984) 飼料作物に対する家畜ふん尿の
施用技術の確立に関する研究 草種による家畜ふん
尿施用反応特性. 草地試験場研究報告 28, 22-38.
- 9) 種田行男 (1979) 土壤保全と物理性 保全対策工法
および農法. 土壤の物理性と植物生育 (土壤物理研
究会編). 養賢堂, 東京. pp. 380-386.
- 10) 湯村義男 (1979) 土壤の物理性と土壤肥沃度 土壤
水と植生. 土壤の物理性と植物生育 (土壤物理研
究会編). 養賢堂, 東京. pp. 16-25

摘 要

草地への牛糞きゅう肥および牛尿の過剰施与が、牧草の水分生理におよぼす影響を検討する目的で試験を行った。化肥区・きゅう肥1倍区・きゅう肥3倍区・尿1倍区・尿3倍区の5区を設け、トールフェスク葉部の水ポテンシャルの変化を検討した。尿を施与した場合は、施与直後から化肥区に比較して水ポテンシャルが低下し、3倍区が1倍区に比較して低下した。これは、牛尿過剰施与により土壤溶液の浸透ポテンシャルが低下したことが要因と考えられた。これに対し、きゅう肥を施与した場合は、施与直後に3倍区が1倍区に比較して葉部の水ポテンシャルが高まることが認められた。きゅう肥3倍区はマルチング効果により土壤水分が高く、牧草葉部の高い水ポテンシャルが得られた要因と考えられた。

(1996年10月18日 受理)