

尿侵入土壤に生育するリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) の塩化カリ (KCl) 耐性

前田良之・竹本 圭*・武長 宏*

Potassium Chloride (KCl) Tolerance of Reed Canarygrass
(*Phalaris arundinacea* L.) Grown on Soil

Perfused with Urine

Yoshiyuki MAEDA, Kei TAKEMOTO
and Hiroshi TAKENAGA

Summary

The difference in KCl tolerance between reed canarygrass (RCG) grown on soils with and without perfusion of urine (urine soil and control soil, respectively) was discussed from the changes in the growth rate and the contents of cation and anion. The seedling grown on each soil were cultured in water solution for 10 days, then KCl was applied to the solution to adjust its concentration to 0, 100 and 200mM/L. On 10 days after KCl applied, the plants were harvested to measure the weights and the contents of cation and anion. The relative growth index, as an indicator of KCl tolerance, was shown as the comparative value with the dry weight at the level of 0mM/L KCl in solution.

1. The relative growth index of RCG on the control soil showed the highest value of 117.7% at the level of 100mM/L KCl in solution, but the value was markedly decreased to 60.6% at 200mM/L. On the other hand, the growth index of RCG on the urine soil showed higher value as KCl application increased, being 109.6% at 200mM/L.
2. While K and Cl contents in the plant top and

root of RCG on both soils were significantly increased by KCl application ($P < 0.05$), the content and its increase rate were low for RCG on the urine soil. Since Mg and Ca contents of the plant top decreased for RCG on the control soil, those were not recognized for RCG on the urine soil.

キーワード: KCl 耐性, 尿, リードカナリーグラス.
Key words: KCl tolerance, Reed canarygrass, Urine.

緒言

前報¹⁾では尿散布と植生変化との関連を植物の耐塩性の面から検討し、尿そうから溢れ出た尿に長年侵入された場所ではリードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) (以下RCGと記す) のみが生育し、このRCGは尿の侵入のない土壤に生育しているものに比較してNaCl耐性は強いことが示された。また、NaCl耐性の強かったRCGはカチオン吸収能力が高く、しかも、吸収したカチオンを地上により多く移行していることが示唆された²⁾。一方、糞尿散布によって土壤中に増加するカチオンはNaよりKで多いことは周知の事実であり³⁾尿侵入土壤における耐塩性を議論する場合、Kに対する耐塩性を考慮する必要があると考える。そこで本試験では、尿侵入土壤および対照土壤に生育するRCGの

東京農業大学富士農場 (418-01 富士宮市麓422)

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

*東京農業大学農学部 (156 世田谷区桜丘1-1-1)

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

平成5年度北海道草地研究会において発表

KClに対する耐塩性の違いを生長量および草体中のカチオン・アニオン含量の変化から検討を行った。

材料および方法

東京農業大学富士産農場内の尿貯留そう付近の草地において、尿そうから頻繁に尿の侵入がある区を試験区、侵入のない区を対照区として設定した。播種、施肥および刈取条件は同様であったが、試験区にはRCGのみ、また、対照区にはRCGの他オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.), イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) およびシロクロバ (*Trifolium repens* L.) がそれぞれ生育していた。平成5年6月上旬、両区より土壌およびRCGを3点ずつ採取した。土壌は表層より10cmの深さまで採取し、乾燥後1mmの篩を通し、また、植物体は新鮮物のまま、または、通風乾燥して重量を測定後、粉碎し、以下の各項目について測定を行なった。pHはガラス電極法、ECはECメーター、T-NはNC-Analyzer、Ca、Mgは原子吸光法、Na、Kは炎光法、NH₄-N、ClおよびNO₃-Nは新鮮物試料を-20℃で凍結した後、純水にて抽出し、イオンクロマトグラフィー (ダイオネクス社製 DX100)³⁾にて測定した。耐塩性試験は木村B液⁷⁾を基本培養液とした水耕栽培にて行なった。すなわち、採取した幼植物を10日間基本培養液にて栽培後、培養液中のKCl濃度が0、100および200mM/Lとなるように添加し、添加後10日目に採取し、乾物重量、カチオンおよびアニオン含量を比較した。耐塩性の強弱は塩添加後10日間の地上部乾物重量の増加率を求め、KCl無添加時における増加率に対する相対値(%)で比較した。

結果

対照区および試験区の土壌の分析結果を第1表に示した。土壌のpH値は対照区で6.5、試験区で6.7と試験区で多少高い値であった。EC値、交換性塩基含量、T-N含量、NO₃-NおよびNH₄-N含量はいずれも試験区で高く、特にK₂O、Na₂OおよびNO₃-N含量は対照区に比べて試験区では3~4倍の高い値を示した。

対照区および試験区から採取したRCGを供試し、KCl濃度をそれぞれ、0、100および200mM/Lとなるように添加した培養液で10日間耐塩性試験を行なった結果を第1図に示した。KClを添加しない場合、対照区および試験区のRCGの10日後の地上部増加率はそれぞれ175%および166%とほぼ同様であった。これらの値をそ

Table 1. Some properties of soils.

Soil	Ex. cation									
	pH(H ₂ O)	EC	(μS/cm)				(mg/100g dry soil)			
			K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	T-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	
Control	6.5	180.0	1.88	0.51	13.20	2.10	850	18.29	0.50	
Urine area A)	6.7	660.2	6.53	1.91	24.73	3.99	861	73.91	1.00	

A) Soil perfused with urine.

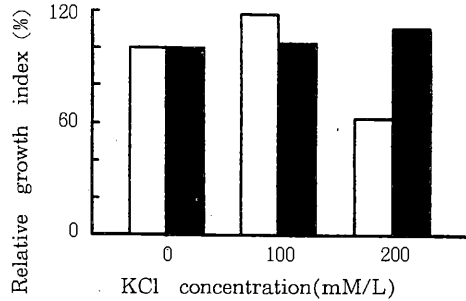


Fig. 1. Relationship between relative growth index of plants and concentration of potassium chloride (KCl) in solution culture. Index show relative values, dry weights of plant grown in 100 and 200mM/L KCl solution to in 0mM/L. □ : plants grown on soil without perfusion of urine, ■ : Plants grown on soil with perfusion of urine.

れぞれ100%とし、KCl濃度が100mMとなるように添加した場合、対照区のRCGの増加率は117.7%と最も高い値を示し、また、200mMでは60.6%と著しく低下した。一方、試験区ではKCl濃度が高いほど増加率は高く、100mMでは103.0%、200mM濃度では109.6%であった。これらのことから、対照区のRCGでは、KCl濃度が200mMでは明らかに生長量の低下が認められたのに対して、試験区では200mMの場合にも増加率は高く、試験区のRCGはNaCl耐性同様、KCl耐性も強いことが示唆された。

対照区および試験区から採取したRCGを供試し、KCl濃度を0、100および200mM/Lとなるように添加した培養液で耐塩性試験を行ない、地上部および根部的カチオンおよびアニオン含量の変化を調査した結果を第2表および第3表に示した。KCl添加によってRCGの地上部のK含量およびCl含量は両区ともに有意に増加した(P<0.05)。しかし、RCGのK、Cl含量およびその増加程度はともに対照区にくらべて試験区で低かった。すなわち、KCl濃度を200mMとなるように添加し

Table 2. Relationship between cation and anion contents of plant top and concentration of potassium chloride(KCl) in solution culture.

	Plant grown on control soil			Plant grown on urine soil A)		
	Concentration of KCl(mM/L)					
	0	100	200	0	100	200
	(me/100g fresh material)					
Na	2.12 ^a B)	1.64 ^b	1.12 ^b	3.30 ^a	1.65 ^b	1.47 ^b
K	12.74 ^a	74.32 ^b	106.99 ^a	17.08 ^a	42.39 ^b	77.13 ^a
Mg	4.05 ^a	3.50 ^a	2.45 ^b	7.03	6.27	6.05
Ca	7.04 ^a	5.30 ^a	4.92 ^b	7.68	7.31	7.09
Cl	5.71 ^a	68.05 ^b	140.05 ^a	15.46 ^a	53.75 ^b	126.52 ^a
NO ₃ -N	2.56 ^a	2.03 ^{ab}	1.90 ^b	3.35 ^a	2.03 ^b	2.09 ^b

A)Soil perfused with urine.

B)Value in the same line with different superscripts(a-c) is significantly different(P<0.05).

Table 3. Relationship between cation and anion contents of root and concentration of potassium chloride(KCl) in solution culture.

	Plant grown on control soil			Plant grown on urine soil A)		
	Concentration of KCl(mM/L)					
	0	100	200	0	100	200
	(me/100g fresh material)					
Na	0.63	0.74	0.66	1.21	0.99	1.25
K	2.62 ^a B)	11.20 ^b	23.44 ^a	3.92 ^a	11.74 ^b	21.30 ^a
Mg	0.84 ^a	0.37 ^b	0.25 ^b	0.94	0.83	0.67
Ca	0.65	0.62	0.51	0.54	0.55	0.63
Cl	1.32 ^a	9.78 ^b	23.47 ^a	1.97 ^a	9.41 ^b	21.48 ^a
NO ₃ -N	0.26	0.63	0.65	0.57	0.44	0.71

A)Soil perfused with urine.

B)Value in the same line with different superscripts(a-c) is significantly different(P<0.05).

た場合、対照区のRCGのK含量は12.74meから106.99meへ約8倍増加したのに対して、試験区では17.08meから77.13meへ約5倍の増加であった。同様にCl含量においても、対照区では5.71meから140.05meへ約25倍増加したのに対して、試験区では15.46meから126.52meへ約8倍の増加であった。

なお、Na含量はKCl添加にともない両区ともに有意に低下した(P<0.05)。しかし、MgおよびCa含量は対照区のRCGでは200mM濃度において低い値を示したが、試験区ではこれら含量に有意な変化はみられなかった。また、NO₃-N含量は両区のRCGとも200mM濃度で最も低かった。

一方、根部の場合もKCl添加によってKおよびCl含量は有意に増加した(P<0.05)。これら含量は対照区のRCGで、それぞれ2.62meおよび1.32me(無添加)から23.44meおよび23.47me(200mM)へ、試験区では3.92meおよび1.97me(無添加)から21.30meおよび21.48me(200mM)へ増加し、含量およびその増加程度は地上部と同様に試験区のRCGで低かった。

Mg含量は対照区のRCGのみ添加によって低い値を示したが、その他の成分は対照区および試験区ともに変化は認められなかった。

考 察

本試験における試験区は、尿の侵入によって土壤中のNa, K, Ca, Mg, NH₄-NおよびNO₃-N含量は対照区にくらべて著しく高い場所に設定した。また、試験区に生育した植物体中のNa, KおよびNO₃-N含量は高く、CaおよびMg含量は低かった。一般に糞尿散布の過剰による弊害は土壌、植物体中のNO₃-Nの集積とミネラル組成のアンバランスにあり、とくに本試験で注目したKの場合は土壌への集積および植物体への吸収はいずれも大きいことが知られている²⁾。KIM, S. A. ら⁴⁾は、水耕栽培によってオーチャードグラスにおけるK感応性を検討し、高濃度のK(K₂Oとして500ppm)は牧草の生育増加を伴わず、K含量のみを増加し、それ以上の過剰濃度では牧草収量とK吸収量の低下が認められ、また、牧草中のK含量と収量との関係は、乾物当たり3%までのK含量の増加は牧草収量の増加に結びつくが、それ以上では収量に有効に働かないことを報告している。本試験で設定したKCl濃度は200mM/L(15,000ppm)とこの試験に比べてはるかに高く、試験期間、草種および生育段階も異なることから直接の比較はできないが、KCl200mM/L濃度で生長量が最大であった試験区のRCGはNaCl耐性のみならずKCl耐性も相当強いものと推測された。そこで、耐性の強かった試験区の牧草の耐塩性機構をイオン組成の観点から明らかにするために、植物体内のカチオン、アニオンの含量を調べた。

前報⁶⁾において、NaCl耐性が強い場合にはNa含量は地上部で高く、根部で低く、Naの地上部への移行が高いことと耐塩性の強さとの相関を示唆した。本試験においてKClを添加した場合、根部のK含量は対照区および試験区のRCG間にほとんど差はみられなかったが、地上部のK含量はKCl耐性の強かった試験区のRCGで低く、Kの吸収においても、耐塩性の強いものの方が地上

部への移行は少ない傾向にあった。従って、NaCl添加の場合とは明らかに異なる結果となった。このことは、同程度の高塩類濃度条件であってもイオン組成の違いによって植物体による応答が異なることを示すものであり、今後これらの吸収・移行の詳細をさらに調査する必要がある。

一方、地上部のK含量の増加にともない、対照区のRCGではMgおよびCa含量の著しい低下がみられたが、耐塩性の強かった試験区のRCGではこれらの含量に有意な低下はみられなかった。

下瀬は⁸⁾、トウモロコシ、ルーサン、イタリアンライグラスの耐塩性を比較し、イタリアンライグラスの耐塩性が強いことを示し、その原因として培養液中のNa濃度が増加してもKの吸収阻害程度が低かったことを挙げ、耐塩性はカチオン吸収力の強い作物が大きいことを示唆した。また、山内⁹⁾は、植物体内のイオンバランスに関して、NaCl添加処理をうけた作物のK、Ca、Mgの吸収・移行は、NaとClの吸収・移行に際しての共役関係によって左右されるとし、NaがClより多量に吸収・移行する場合にはK、CaおよびMgの吸収・移行は抑制されるが、逆にClの方がNaより多量に吸収・移行される場合にはそれらのカチオンの吸収・移行は促進されるとした。本試験では、ClはKの随伴イオンとして添加されたものであるが、対照区および試験区の地上部、根部ともにKCl添加によりK/Cl比は低下し、試験区の地上部でこの比は低い値を示した(第2図)。KCl

できるかもしれないが、なぜ、試験区のRCGでこのようなイオンバランスを生じるのかについては明らかにできなかった。

本試験ではアニオンとしてNO₃-Nもとりあげた。NO₃-Nは試験区土壤中に多く含まれていたことから試験区牧草で含量は高かったが、KCl添加によって両区の地上部ともに低下し、その低下程度は試験区で高かった。アニオンの吸収においてもカチオン同様にイオン間に競合があることが知られ¹⁾、本試験においても水耕液中へのKCl添加によってClとNO₃-Nとの競合が生じ、地上部でのNO₃-N含量の低下が生じたことが推測される。この競合のメカニズムは未だ不明であり、耐塩性とアニオンとの関連もこれまで明確にされておらず、今後耐塩性機構をカチオンおよびアニオンの生体内の動態と代謝作用との関連からさらに検討する必要がある。

なお、本研究費の一部は東京農業大学一般プロジェクト研究費によった。

引用文献

- 1) 茅野充男, 篠崎泰子(1989)養液栽培と植物栄養(日本土壤肥料学会編). 博友社. 東京. pp. 92-93.
- 2) 畠中哲哉, 倉島健次, 木村 武(1983)家畜ふん尿施用土壌の土壌管理に関する研究 1. 化学性からみた草地・飼料畑土壌の実態と問題点. 草地試験場研究報告. 25, 48-59.
- 3) 木方展治(1991)イオンクロマトグラフィー 植物栄養実験法(日本土壤肥料学会監修). 博友社. 東京. pp. 147-151.
- 4) KIM, S. A., S. YOSHIDA and R. KAYAMA. (1987) Growth Response of Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) to Potassium Level in Water Culture. *J. Japan. Grassl. Sci.* 33, 276-281.
- 5) 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.
- 6) 前田良之, 武長 宏(1993)牛尿侵入土壌に生育する牧草のNaCl耐性の変化. 北海道草地研究会報. 27, 113-116.
- 7) 嶋田典司(1987)農学大事典(野口弥吉, 川田信一郎共監修). 養賢堂. 東京. p. 817.

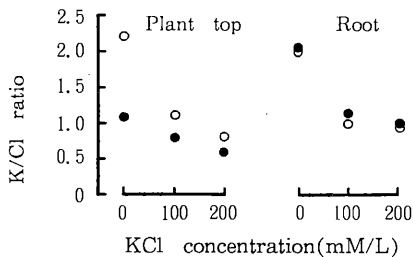


Fig. 2. Relationship between K/Cl ratio of plant top and root and concentration of potassium chloride (KCl) in solution culture.

○: Plants grown on soil without perfusion of urine. ●: Plants grown on soil with perfusion of urine.

添加においても、KとClとの共役関係にNa、MgおよびCaの吸収・移行が左右されるとすれば、K/Cl比の低下した試験区のRCGではClの増加率が高く、そのためにMgおよびCaの低下が抑制されたかもしれない。耐塩性の強さをこのような電気的共役関係をともなう、植物体におけるMgおよびCaの保持能力の強さから説明

- 8) 下瀬 昇(1968) 作物の塩害生理に関する研究(第8報) トウモロコシ, ルーサン, イタリアンライグラスの耐塩性について. 土肥誌. 39, 554-557.
- 9) 山内益夫(1991) 塩集積土壌と農業(日本土壌肥料学会編). 博友社. 東京. pp. 170-174.

摘 要

尿侵入土壌(試験区)および対照土壌(対照区)に生育するリードカナリーグラス(RCG)のKClに対する耐塩性の違いを生長量および牧草体中のカチオンおよびアニオン含量の変化から検討した。それぞれの区から採取した幼植物を10日間基本培養液にて栽培後, KClを培養液中の濃度が0, 100および200mM/Lとなるように添加した。添加後10日目に植物体を採取し, 地上部重量の

増加率, カチオン・アニオン含量を測定した。

1. 対照区に生育したRCGの地上部重量の増加率はKCl濃度0mM/Lにおける増加率を100%とした場合, 100mM/L条件下で117.7%と最も高い値を示したが, 200mM/L条件下では60.6%と著しく低下した。一方, 試験区のRCGではKCl濃度が高くなるにつれて増加率が高く, 200mM/L条件下では109.6%であった。
2. KCl添加によってRCGの地上部および根部のKおよびCl含量は両区ともに有意に増加したが($P < 0.05$), 含量およびその増加程度は試験区で低かった。また, 地上部のMgおよびCa含量は対照区のRCGで低下したが, 試験区では有意な変化はみられなかった。

(1994年3月22日受理)