

顾寅钰,陈传杰,杨剑超,等. 8 种耐盐植物离子选择性吸收[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):306-308.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.069

8 种耐盐植物离子选择性吸收

顾寅钰,陈传杰,杨剑超,李俊林,衣葵花,梁晓艳,张海洋,付 烧,郭洪恩,王向誉

(山东省蚕业研究所,山东烟台 264002)

摘要:研究 8 种滨海耐盐植物及其根际土中 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 的含量特征,探讨耐盐植物的耐盐性。结果表明,植物与根际土壤中的离子含量比值没有绝对的正相关或负相关关系。所试植物都可以耐受 pH 值 8 以上的碱性土,牛筋草、苍耳、曼陀罗的耐盐性较高,其次是肾叶打碗花、砂引草和软毛虫实,最差的是狗牙根和猪毛菜。不同植物的 K^+ 和 Mg^{2+} 选择性吸收系数差异较大,植物全株和根对 K^+ 的选择性吸收差异较大的是曼陀罗和砂引草,最小的是苍耳。对 Mg^{2+} 的选择性吸收差异较大的是苍耳、牛筋草和猪毛菜,最小的是狗牙根。

关键词:耐盐植物;根际土;离子;选择性吸收;盐渍化

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)11-0306-03

土壤的盐渍化和次生盐渍化是一个世界性的问题^[1],直接危害着农业生产。植物耐盐性是指植物在盐胁迫下维持生长、完成生活史的能力,存在着明显的种间及种内差异。高等植物耐盐的重要机制之一是通过调节无机离子的种类、数量和比例来维持细胞内微环境的稳定^[2]。离子选择性吸收和分配是无机离子渗透调节机制的主要体现,一些植物受到盐胁迫时,从外界吸收 Cl^- 、 K^+ 、 Na^+ 等无机离子,以降低细胞质的渗透势^[3]。因此,盐胁迫下维持植物细胞中的离子平衡,对植物正常的生理活动具有重要意义。本试验以 8 种滨海耐盐植物为材料,研究盐胁迫下植物对土壤中 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 的选择性吸收特征,以期对耐盐植物研究实践提供理论基础,认识不同生态条件下的耐盐植物如何适应盐分环境,对开发利用有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

耐盐植物取自山东省烟台市经济技术开发区海边沙滩,分别为牛筋草(*Eleusine indica*)、苍耳(*Siberia Cocklebur*)、肾叶打碗花(*Calystegia soldanella*)、软毛虫实(*Corispermum puberulum*)、砂引草(*Tournefortia sibirica*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、猪毛菜(*Salsola collina*)、曼陀罗(*Datura stramonium*)。

收稿日期:2019-03-14

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2017cxgx0311);山东省农业科学院农业科技创新工程项目(编号:CXGC2016B10、CXGC2018F6);山东省农业重大应用技术创新项目(编号:201706);中央引导地方科技发展专项资金(编号:201706)。

作者简介:顾寅钰(1970—),女,江苏南通人,硕士,研究员,主要从事耐盐植物研究,E-mail:guyy70@163.com;共同第一作者:陈传杰(1979—),男,硕士,副研究员,主要从事桑树育种研究,E-mail:chuanjie79@163.com。

通信作者:王向誉,硕士,副研究员,主要从事海水农业研究。
E-mail:747309894@qq.com。

1.2 试验方法

1.2.1 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 含量的测定 将样品烘干粉碎后过 40 目筛,称取 0.2 g,加入 20 mL 去离子水后沸水浴 2 h,冷却后于 5 000 r/min 离心 15 min,将上清液定容至 20 mL。 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 含量使用原子吸收分光光度计进行测定^[4]。pH 值的测定和电导率检测分别参考 NY/T 1121.2—2006《土壤检测 第 2 部分:土壤 pH 的测定》、HJ 802—2016《土壤电导率的测定 电极法》。

1.2.2 离子选择性吸收 植物根系对土壤中无机离子的选择性吸收(SA)能力: $SA = (\text{根层土壤有效性}[Na^+]/[X^+]) / (\text{根系}[Na^+]/[X^+])$,其中 $[Na^+]$ 表示 Na^+ 浓度, $[X^+]$ 表示其他离子浓度;植物 SA 值越大,表示根系拒排 Na^+ 、吸收 X^+ 的能力越强,即根系的选择性吸收能力越强^[5]。

2 结果与分析

2.1 土壤环境

从表 1 可以看出,每种植物的根际土微环境均不同,8 种植物的根际土壤均偏碱性,pH 值均大于 8,其中牛筋草、苍耳和肾叶打碗花的根际土壤碱性高于其他植物,尤其是牛筋草,其土壤 pH 值高达 8.94。电导率普遍偏低,最高的是砂引草,最低的牛筋草。 K^+ 含量最高的是曼陀罗, Na^+ 、 Mg^{2+} 含量最高的均为砂引草。

2.2 离子含量比

植物体内 Na^+ 含量提高, K^+ 含量和 K^+ 含量/ Na^+ 含量降低为常见胁迫反应现象,同时 K^+ 含量/ Na^+ 含量比值大小为评价不同植物耐盐性的重要指标^[6]。8 种植物根际土壤中 K^+ 含量/ Na^+ 含量除了苍耳以外其余均 <1 ,植物全株中 K^+ 含量/ Na^+ 含量除了狗牙根和猪毛菜以外均 >1 ,植物全株中 K^+ 含量/ Na^+ 含量与根际土壤中没有绝对的正相关或负相关关系,苍耳从周围的土壤中吸收了更多的 K^+ 。根际土壤中所有的 Mg^{2+} 含量/ Na^+ 含量均 >1 ,植物全株中所有的 Mg^{2+} 含量/ Na^+ 含量均 <1 ,植物全株中 $(K^+ \text{ 含量} + Mg^{2+} \text{ 含量})/Na^+ \text{ 含量}$ 趋势与 K^+ 含量/ Na^+ 含量相似,而根际土壤中的 $(K^+ \text{ 含量} + Mg^{2+} \text{ 含量})/Na^+ \text{ 含量}$ 趋势则是与 Mg^{2+} 含量/ Na^+ 含量相

表 1 植物生长的土壤环境

植物	pH 值	电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	K^+ 含量 (mg/g)	Na^+ 含量 (mg/g)	Mg^{2+} 含量 (mg/g)
牛筋草	8.94	52	0.106	0.085	0.217
苍耳	8.80	69	0.124	0.125	0.250
肾叶打碗花	8.80	73	0.089	0.063	0.253
软毛虫实	8.50	76	0.146	0.110	0.308
砂引草	8.16	740	0.167	0.137	0.410
狗牙根	8.48	105	0.067	0.054	0.245
猪毛菜	8.13	123	0.089	0.068	0.184
曼陀罗	8.39	202	0.180	0.084	0.328

似(表 2)。无论是植物全株中的 K^+ 含量/ Na^+ 含量还是(K^+ 含量 + Mg^{2+} 含量)/ Na^+ 含量,较高的都是苍耳、牛筋草和曼陀罗,说明这 3 种植物更耐盐。

表 2 植物和根际土壤的离子含量比

植物	全株			土壤		
	K^+ 含量/ Na^+ 含量	Mg^{2+} 含量/ Na^+ 含量	(K^+ 含量 + Mg^{2+} 含量)/ Na^+ 含量	K^+ 含量/ Na^+ 含量	Mg^{2+} 含量/ Na^+ 含量	(K^+ 含量 + Mg^{2+} 含量)/ Na^+ 含量
牛筋草	2.715	0.110	3.01	0.801	2.565	2.85
苍耳	3.786	0.122	4.25	1.002	2.009	3.01
肾叶打碗花	1.634	0.112	1.82	0.711	3.990	3.55
软毛虫实	1.493	0.124	1.68	0.757	2.790	2.87
砂引草	1.102	0.184	1.30	0.819	2.989	3.27
狗牙根	0.859	0.068	0.92	0.801	4.530	4.43
猪毛菜	0.432	0.264	0.55	0.768	2.698	2.84
曼陀罗	1.827	0.142	2.09	0.468	3.893	2.29

2.3 K^+ 的选择性吸收

$\text{SA}_{\text{K},\text{Na}}$ 反映的是植株对 K^+ 吸收的选择性, $\text{SA}_{\text{K},\text{Na}}$ 越大,说明植株对吸收 K^+ 的选择性越大。不同植物对 K^+ 的选择性吸收系数差异较大(图 1),对于全株植物来说,曼陀罗、牛筋草、苍耳的选择性吸收系数较高,而狗牙根和猪毛菜的相对较低。植物根系对 K^+ 的选择性吸收系数则是牛筋草、苍耳和

肾叶打碗花较高,狗牙根和猪毛菜的相对较低。植物全株和根对 K^+ 的选择性吸收差异较大的是曼陀罗和砂引草,最小的是苍耳。说明曼陀罗和砂引草地上部 K^+ 的选择运输能力较强,其中砂引草根 K^+ 留存的相对较多,而曼陀罗根中 K^+ 留存较少。

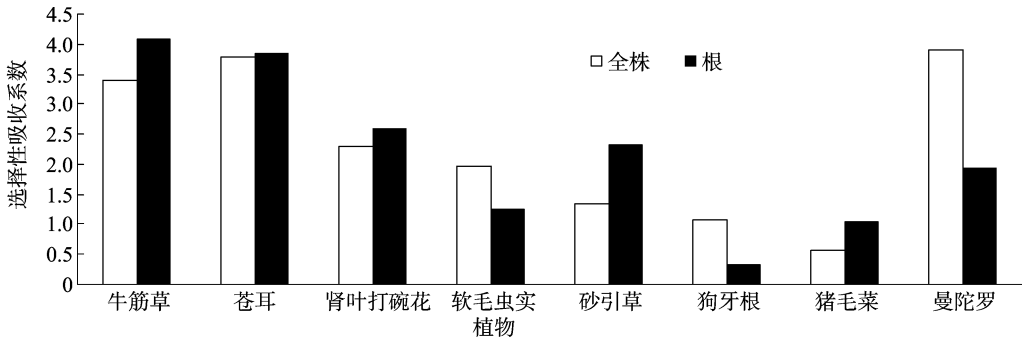


图 1 植物对 K^+ 的选择性吸收系数

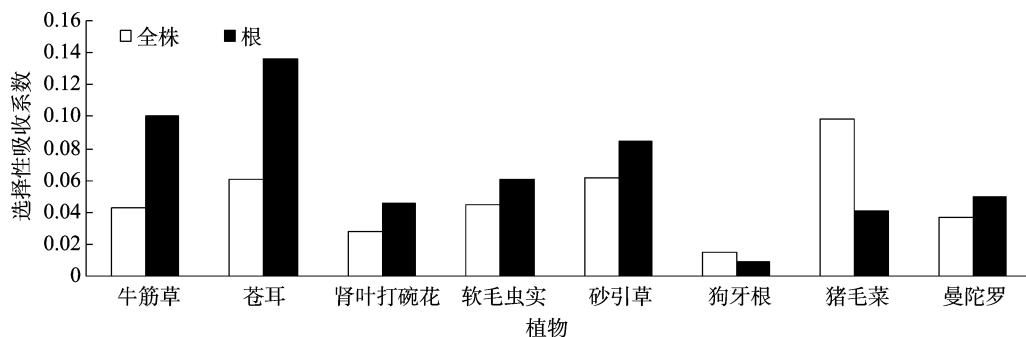
2.4 Mg^{2+} 的选择性吸收

$\text{SA}_{\text{Mg},\text{Na}}$ 反映的是植株对 Mg^{2+} 吸收的选择性, $\text{SA}_{\text{Mg},\text{Na}}$ 越大,植株对吸收 Mg^{2+} 的选择性越大。不同植物 Mg^{2+} 的选择性吸收系数见图 2。对于全株植物来说,猪毛菜、砂引草和苍耳对 Mg^{2+} 的选择性吸收系数较高,而狗牙根的最低。植物根对 Mg^{2+} 的选择性吸收系数则是苍耳、牛筋草较高,最低的仍是狗牙根。植物全株和根对 Mg^{2+} 的选择性吸收差异较大的是苍耳、牛筋草和猪毛菜,最小的是狗牙根。表明苍耳、牛筋草和猪毛菜从根系至地上部的运输比根系离子吸收表现出较

高的 Mg^{2+} 选择性,其中牛筋草和苍耳根部 Mg^{2+} 留存的相对较多,而猪毛菜根部 Mg^{2+} 留存的相对较少。

3 讨论与结论

根际是植物与土壤环境接触的重要界面,更易对土壤环境作出反应^[7]。在逆境条件下植物能够感应外界胁迫,并能通过自身的调节系统,使之在生理水平和形态水平上进行适应性反应,以增强在胁迫条件下的生存机会^[8]。本研究中的土壤偏碱性,说明这 8 种植物相对都比较耐碱。而整体环境

图2 植物对 Mg²⁺ 的选择性吸收系数

的盐度不高,可能是沙土表面残留的盐分较少所致。阳离子以 Mg²⁺ 为主,Mg²⁺ 的含量高于 K⁺、Na⁺ 的含量,大概是由于植物吸收的钾和钠较多所致。

植物体内的 Na⁺ 是没有活化作用的阳离子,过多的 Na⁺ 会使代谢中的酶形成无活性的蛋白结构而毒害植物^[9]。K⁺ 是植物体内具有活化作用的阳离子,K⁺ 营养是植物耐盐的关键性因素^[10-11]。盐胁迫下 Mg²⁺ 在维持生理代谢关键酶活性^[12-13]、促进光合作用、影响细胞的离子平衡、调节气孔关闭和呼吸作用等保持植物体内代谢平衡方面起重要作用^[14-15]。K⁺ 含量/Na⁺ 含量、Mg²⁺ 含量/Na⁺ 含量、(K⁺ 含量 + Mg²⁺ 含量)/Na⁺ 含量可用来表征盐胁迫对离子平衡的破坏程度,比值越低表明 Na⁺ 对 K⁺、Mg²⁺ 吸收的抑制效应越强,受盐害程度也越严重^[16]。从 8 种耐盐植物的离子含量比来看,猪毛菜和狗牙根的耐盐程度低于其他植物,植物的离子含量比与根际土壤没有绝对的正相关或负相关关系,植物对镁的吸收要远远弱于钾和钠,导致根际土壤中残留的 Mg²⁺ 较多。

由于各离子的离子半径不同造成的与酶的亲和能力不同,从而导致了植物对不同离子的吸收和运输存在选择性^[17]。离子选择性运输和吸收系数表征植物对离子的选择性运输或吸收能力,NaCl 胁迫下离子选择性运输系数越大,说明植株促进营养离子的选择性运输和抑制盐离子向上运输的能力越强^[18]。在所测 8 种耐盐植物中,牛筋草、苍耳、曼陀罗相对比较耐盐,其次是肾叶打碗花、砂引草和软毛虫实,最差的是狗牙根和猪毛菜。猪毛菜虽然对 Mg²⁺ 的选择性吸收系数较高,但由于(K⁺ 含量 + Mg²⁺ 含量)/Na⁺ 含量低,所以对 Na⁺ 的吸收总的来说影响较小。

参考文献:

- [1] 沈禹颖,张自和,赵 银,等. 河西走廊盐渍区草地建植与改良综合技术及其效果[J]. 草业学报,2002,11(3):14-21.
- [2] Jeschke W D, Pate J S, Atkins C A. Partitioning of K⁺, Na⁺, Mg²⁺ and Ca²⁺ through xylem and phloem to component organs of nodulated white lupin under mild salinity[J]. Journal of Plant Physiology, 1987,128(1/2):77-93.
- [3] 高永生,王锁民,宫海军,等. 盐胁迫下植物离子转运的分子生物学研究[J]. 草业学报,2003,12(5):18-25.
- [4] 王宝山,赵可夫. 小麦叶片中 Na、K 提取方法的比较[J]. 植物生

- 理学通讯,1995,31(1):50-52.
- [5] 王锁民,朱兴运,舒孝喜. 碱茅离子吸收与分配特性研究[J]. 草业学报,1994,3(1):39-43.
- [6] Zhu J K. Regulation of ion homeostasis under salt stress[J]. Current Opinion in Plant Biology,2003,6(5):441-445.
- [7] Lynch J. Root architecture and plant productivity[J]. Plant Physiology,1995,109(1):7-13.
- [8] 冯 锋,张福锁,杨新泉. 植物营养研究——进展与展望[M]. 北京:中国农业大学出版社,2000:12-21.
- [9] 弋良朋,马 健,李 彦. 荒漠盐生植物根际土壤盐分和养分特征[J]. 生态学报,2007,27(9):3565-3571.
- [10] 杨敏生,李艳华,梁海永,等. 盐胁迫下白杨无性系苗木体内离子分配及比较[J]. 生态学报,2003,23(2):271-277.
- [11] Renault S, Croser C, Franklin J A, et al. Effect of NaCl and Na₂SO₄ oil red - osier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx) [J]. Plant and Soil,2001,233(2):261-268.
- [12] Zhu J K, Liu J, Xiong L. Genetic analysis of salt tolerance in arabidopsis. Evidence for a critical role potassium nutrition[J]. The Plant Cell,1998,10(7):1191-1194.
- [13] Loupassaki M H, Chartzoulakis K S, Digalaki N B, et al. Effects of salt stress on concentration of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium in leaves, shoots and roots of six olive cultivars [J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25 (11): 2457-2482.
- [14] Fageria V D. Nutrient interactions in crop plants[J]. Journal of Plant Nutrition,2001,24(8):1269-1290.
- [15] Castillo E G, Tuong T P, Ismail A M, et al. Imusponse to salinity in rice: comparative effects of osmotic and ionic stresses [J]. Plant Production Science,2007,10(2):159-170.
- [16] 刘正祥,张华新,杨秀艳,等. NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性[J]. 生态学报,2014,34(2):326-336.
- [17] Maathuis F J. Sodium in plants: perception, signalling, and regulation of sodium fluxes[J]. Journal of Experimental Botany, 2014,65(3):849-858.
- [18] Teakle N, Flinders T, Real D, et al. Lotus tenuis tolerates the interactive effects of salinity and waterlogging by 'excluding' Na⁺ and Cl⁻ from the xylem[J]. Journal of Experimental Botany,2007,58(8):2169-2180.