

商陆钾离子吸收特性研究

马立英, 苏益, 郭志强, 赵欣, 蔺万煌*

(植物激素与生长发育湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128)

摘要:采用 K^+ 浓度分别为 50、200 和 800 $\mu\text{mol/L}$ 的 Hoagland 营养液培养商陆和水稻, 观测商陆的形态和生理指标, 比较商陆和水稻的 K^+ 吸收动力学参数米氏常数(K_m)、最大吸收速率(I_{\max})和钾离子吸收最低临界浓度值(C_{\min})。结果表明, 各处理的商陆能正常生长, 光合速率、蒸腾速率、株高和根冠比等的差异不显著; 在低钾(50 $\mu\text{mol/L}$)条件下, 商陆的 K_m 小于水稻, I_{\max} 大于水稻, 说明商陆比水稻更具耐低钾特性, 对钾的亲合力更强。

关键词: 商陆; 钾离子; 吸收动力学

中图分类号: Q945.12 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)06-0621-03

Characteristics of K^+ uptake in *Phytolacca acinosa*

MA Li-ying, SU Yi, GUO Zhi-qiang, ZHAO Xin, LIN Wan-huang*

(Hunan Provincial Key Laboratory of Phytohormones and Growth Development, Changsha 410128, China)

Abstract: *Phytolacca acinosa* Roxb. and *Oryza sativa* L. were cultured in modified Hoagland medium containing 50, 200 and 800 $\mu\text{mol/L}$ K^+ respectively to analyze the morphological and physiological characteristics of *Phytolacca acinosa*. The results were as follows: The photosynthetic rate, transpiration rate, plant height and the root to shoot ratio exhibited no significant difference between the two plants, and *Phytolacca acinosa* grew normally in medium with different K^+ concentrations. The K_m was lower but the I_{\max} was higher in the *Phytolacca acinosa* than those in the rice under K^+ concentrations of 50 and 200 $\mu\text{mol/L}$. These results indicated that *Phytolacca acinosa* was more tolerable to low K^+ stress and had higher potassium affinity than *Oryza sativa*.

Key words: *Phytolacca acinosa* Roxb.; potassium ion; absorption kinetics

商陆(*Phytolacca acinosa* Roxb.)为商陆科多年生宿根草本植物, 是传统的中药材^[1]。在迄今为止筛选出的70余种富钾植物中, 商陆的含钾量较高, 又是优质的富钾绿肥资源^[2]。笔者采用Hoagland营养液培养商陆, 对其形态、生理特性和钾离子吸收动力学进行研究, 旨在揭示商陆富钾生理机制, 为进一步利用野生富钾植物资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

商陆种子采自湖南农业大学试验基地, 水稻为日本晴。

1.2 方法

1) 植物种子处理。商陆种子用 98% 的浓 H_2SO_4 处理 10 ~ 15 min^[3] 后用自来水冲洗, 置于暗处, (25±1)°C 催芽, 3 d 后播撒在沙土中, 用 Hoagland 营养液浇灌; 水稻种子经浸种、催芽后播于沙土中, 培养 14 d, 用 Hoagland 营养液浇灌。

2) 幼苗处理及取样。挑选生长一致的商陆幼苗进行水培, 每盆 6 株, 先用 Hoagland 全营养液培养 14 d, 再用 K^+ 含量分别为 50、200 和 800 $\mu\text{mol/L}$ ^[4] 的 Hoagland 营养液处理 21 d。处理过程中保持 24 h 通气, 每 7 d 更换 1 次营养液, 并调 pH 值至 6.0。

收稿日期: 2011-07-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(30900099); 湖南省自然科学基金项目(09JJ3052)

作者简介: 马立英(1984—), 女, 山东聊城市人, 硕士, 主要从事植物生理和分子生物学研究; *通信作者, linwhat@163.com

21 d 时用 Li-6400 便携式光合作用系统测定仪测定商陆幼苗的光合速率和蒸腾速率。处理结束后,地上部与地下部分开取样,并于 105 °C 杀青 15 min, 80 °C 烘干至恒重,计算生物量及根冠比。干灰化^[5]样品后,采用 ICP 法^[6]测定钾含量。

3) 商陆和水稻的 K⁺吸收动力学分析。商陆和水稻沙培 14 d 后,用 Hoagland 营养液培养 21 d,每 7 d 更换 1 次营养液,并调 pH 值至 6.0,设 3 次重复,保持 24 h 持续通气。用不含 K⁺的 Hoagland 营养液处理 24 h 后,设 3 个供钾水平(50、200 和 800 μmol/L)处理植物材料,每 2 h 测定 1 次营养液的 pH 值;同时取 5 mL 培养液用于测定钾含量,随即加入 5 mL 培养液补齐总体积,培养 8 h 后终止取样。

K⁺吸收动力学参数的计算参照文献[7]的方法。数据处理采用 Excel 2007 与 DPS 7.55 软件。

表 1 不同供钾水平下商陆的生长特性、光合速率与蒸腾速率

K ⁺ 浓度/(μmol·L ⁻¹)	株高/cm	地上部干重/g	根干重/g	根冠比	光合速率/(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	蒸腾速率/(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
50	15.54±1.06	4.74±0.38	3.20±0.37	0.68±0.27	11.64±0.56	3.02±0.22
200	17.01±1.15	4.83±0.51	3.19±0.41	0.67±0.42	12.34±0.45	3.45±0.36
800	16.72±1.28	4.73±0.44	3.23±0.35	0.68±0.39	13.61±0.17	3.26±0.74

2.2 商陆对 K⁺的吸收特性

表 2 结果表明,随着培养时间的延长,培养液中的 pH 值和 K⁺浓度不断下降,但是在低钾浓度(50 μmol/L)培养的商陆营养液中 K⁺浓度的变化比高浓度情况下的变化值小,而 pH 值的减小却比后者的减小幅度大。在高钾情况下,植物主要是钾通道发挥吸钾作用,钾离子的摄入依靠被动运输,不需要能量,不排出 H⁺;在低钾情况下,植物靠需能的高亲和 K⁺转运体主动运输 K⁺,会不断排出 H⁺;因此,低钾时 pH 的变化会更多,高钾时 K⁺浓度的减少会

表 2 培养液中 K⁺浓度与 pH 的变化

Table 2 Changes of pH value and K⁺ concentration in culture medium

K ⁺ 浓度 /(μmol·L ⁻¹)	pH			K ⁺ /(μmol·L ⁻¹)		
	2 h	4 h	6 h	4 h	6 h	6 h
50	0.09	0.13	0.27	4.35	9.51	14.21
200	0.05	0.08	0.17	7.68	16.38	24.87
800	0.03	0.05	0.10	21.34	42.98	63.89

2 结果与分析

2.1 不同供钾水平对商陆生长特性的影响

表 1 结果表明,在不同 K⁺浓度的 Hoagland 培养液中培养商陆,株高、地上部干重、根干重和生物量、根冠比无显著差异;商陆在 K⁺浓度为 50 μmol/L 的情况下并没有出现缺钾症状。说明商陆幼苗在低钾条件下能够正常生长,推测商陆能够从低钾环境获得生长必需的钾元素。

虽然随着 K⁺浓度的升高,商陆光合速率有上升的趋势,但统计分析表明,K⁺浓度对光合速率的影响并没有显著差异,低钾浓度(50 μmol/L)不影响商陆的光合作用。同样,K⁺浓度对蒸腾速率的影响差异也不显著,说明低钾水平也不影响商陆的蒸腾作用。

更多。说明商陆在低 K⁺水平同样保持了较高的 K⁺吸收能力。

2.3 商陆与水稻对 K⁺的吸收动力学

为了进一步弄清商陆的 K⁺吸收特性,比较了商陆和水稻的 3 种主要的钾离子吸收动力学参数,即 K_m(米氏常数)、I_{max}(最大吸收速率)、C_{min}(钾离子吸收最低临界浓度值)。

商陆和水稻在不同钾营养状况下动力学参数都有一定的变化,就钾离子的亲和力(1/K_m)而言,2 种植物在高钾下均比低钾条件下的小。在低钾营养状况下,商陆的 K_m 明显小于水稻的 K_m,说明商陆的高亲和性吸钾能力明显强于水稻,商陆在低钾情况下对 K⁺的亲和力更强,吸钾速率更大。在高钾条件下,2 种植物的 K_m 和 I_{max} 差别并不显著,说明两者对钾的吸收能力差别也不大。

K_m 和 I_{max} 可以作为基因型适应土壤中营养条件的适应水平的有效指标^[8-9]。Cacco 等^[10]假设在吸收过程中这 2 个动力学参数的 4 种情况:①高 I_{max}

和低 K_m ，这类植物能适应广泛范围的营养条件；
 ②高 I_{max} 和高 K_m 的基因型适应于高浓度的养分条件；
 ③低 I_{max} 和低 K_m 则比较适合低的养分情况；
 ④低 I_{max} 和高 K_m 的植物在任何浓度养分条件下都

是不利的。由于动力学参数在不同植物间表现的复杂性，相比于水稻而言，商陆更能适应广泛范围的营养条件。

表 3 商陆与水稻对 K^+ 的吸收动力学参数Table 3 K^+ uptake kinetic parameters of *Phytolacca acinosa* and *Oryza sativa*

K^+ 浓度/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$K_m/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$		$I_m/(\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$		$C_{min}/(\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$	
	商陆	水稻	商陆	水稻	商陆	水稻
50	34.14	57.76	0.147	0.111	35.62	59.54
200	160.25	202.73	0.172	0.113	180.17	206.90
800	702.58	751.18	0.172	0.184	680.89	751.22

3 讨论

K^+ 吸收可分为 2 个机制^[11]：机制 I 指 K^+ 吸收服从 Michaelis-Menten 动力学模式，并在低外部 K^+ 浓度(10 ~ 200 $\mu\text{mol/L}$)下起作用(高亲和力)；机制 II 在高的外部 K^+ 浓度(1 000 ~ 10 000 $\mu\text{mol/L}$)下起作用(低亲和力)。高亲和力吸收为主动机制，低亲和力吸收为经由 K^+ 选择性通道的被动运输。

本试验采用 Hoagland 营养液对商陆进行水培，测量 35 d 龄商陆的株高、苗干重、根干重、根冠比、光合速率和蒸腾速率等形态、生理指标；测定培养溶液 pH 值和 K^+ 含量变化，比较商陆与水稻的钾离子吸收动力学的差异，发现在低钾(50 $\mu\text{mol/L}$)胁迫下商陆的光合作用、蒸腾作用和根冠比与高钾浓度水平培养的商陆没有显著差异，植株生长发育正常，没有出现缺钾症状，显示商陆具有耐低钾营养特性。

比较分析商陆和水稻的 K^+ 吸收动力学参数 K_m 、 I_{max} 和 C_{min} ，结果表明商陆对钾有更强的亲和力和吸收速率。说明商陆富钾主要在于其本身有较强的吸钾能力，这种能力使其在低钾情况下也能够从环境中获得充足的 K^+ ，以满足自身生长发育的需求。

参考文献：

[1] 高学敏. 中药学[M]. 北京：中国中医药出版社，2002：56-58.

- [2] 胡笃敬, 董任瑞, 葛旦之. 植物钾营养的理论与实践[M]. 长沙：湖南科学技术出版社，1993：75-79.
- [3] 孙雨珍, 陈辉, 谷贵卿. 商陆种子适宜发芽温度及有效的前处理方法[J]. 种子科技, 1995(4)：29-31.
- [4] Martínez-Cordero M A, Martínez V, Rubio F. High-affinity K^+ uptake in pepper plants[J]. J Exp Bot, 2005, 56(416)：1553-1562.
- [5] 陈超子, 田晓娅. ICP-AES 同时测定植物中十八种元素的方法研究(干灰化法)[J]. 光谱实验室, 1993(6)：4-8.
- [6] 苏冰霞, 刘洪生, 冯信平. ICP-AES 法同时测定天然植物中金属元素的研究[J]. 微量元素与健康研究, 2009, 26(1)：44-46.
- [7] Rosen C J, Carlson R M. Potassium uptake characteristics of pruns rootstocks: Influence of solution Ca/Mg ratios and solution nickel[J]. J Plant Nutrition, 1984, 7(6)：865-885.
- [8] 饶宝蓉, 罗海燕, 杜中军, 等. 不同香蕉品种钾离子吸收动力学研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(11)：1612-1617.
- [9] 赵学强, 介晓磊, 李有田, 等. 不同基因型小麦钾离子吸收动力学分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3)：307-312.
- [10] Cacco G, Ferrari G, Saccomani M. Pattern of sulfate uptake during root elongation in maize: Its correlation with productivity[J]. Physiol Plantarum, 1980, 48(3)：375-378.
- [11] Epstein E, Rains D W, Elzam O E. Resolution of dual mechanisms of potassium absorption by barely roots [J]. Proc Natl Acad Sei, 1963, 49：684-692.

责任编辑：罗慧敏