

盐胁迫对马蔺生长及 K^+ 、 Na^+ 吸收与运输的影响

白文波 李品芳*

(中国农业大学资源与环境学院 北京 100094)

摘要 本文主要介绍马蔺在盐胁迫下的生长状况以及 K^+ 、 Na^+ 含量和分布情况。采用砂培试验对马蔺的耐盐性进行了研究。试验结果表明: 在 $NaCl$ 胁迫下, 随着胁迫浓度的增加, 马蔺生物量、株高、干重、肉质化以及 K^+ 含量、 K^+/Na^+ 比值降低, 同时根冠比、 Na^+ 含量增加; 各盐处理区根系含水量和肉质化程度大于茎叶, 但与盐浓度的相关性不大。在土壤盐浓度 $<20.0\text{g/kg}$ 时, 盐胁迫使马蔺根系 $K-Na$ 的选择性吸收降低, 但却增强了向茎叶中运输 K^+ 的能力。马蔺受 $NaCl$ 胁迫时, 生长受抑制与植物组织内 Na^+ 含量提高和 K^+/Na^+ 比值的降低有关。

关键词 马蔺; $NaCl$ 胁迫; 钾钠选择性

中图分类号 S682.19

世界上存在着占陆地面积 1/10 的盐渍土, 严重地影响着现代农业的发展^[1]。挖掘植物品种的耐盐能力, 推广选用耐盐植物是改良和利用大面积盐渍土资源最为经济、快捷的措施之一。为此, 研究植物的耐盐性及其机理具有重要的理论和现实意义。

Na^+ 是造成植物盐害及产生盐渍生境的主要离子, K^+ 是植物生长发育所必需的大量元素和重要的渗透调节组分。然而由于这两种离子的半径和水合能相似, Na^+ 对 K^+ 吸收呈现出明显的竞争性抑制作用。因此, 盐碱化土壤上的作物往往受到 Na^+ 毒害和 K^+ 亏缺的双重伤害, 而对它们选择性吸收程度的高低是影响植物抗盐能力的一个重要因素^[2]。

马蔺 (*Iris lactea* Pall. var. *chinensis* (Fisch.) Koidz.) 又名马莲、马莲花、紫蓝草、兰花草、箭秆风、马兰、马莲草、山必博、蠡实、旱蒲, 属于鸢尾科 (Iridaceae) 鸢尾属 (*Iris* L.), 多年生宿根草本植物, 广泛分布于我国西部、东北、华北等地^[3]。马蔺不仅抗寒、抗旱、抗盐碱、耐荫、耐践踏, 抗病虫能力强; 而且还具有重要的药用价值。其具有的耐盐碱性和耐寒、耐旱能力已使其成为荒漠草原和盐生草甸的主要植被。

尽管具有多种用途的马蔺越来越受到人们的关注, 但对于其耐性方面的研究却很少。一般多是一些根据马蔺的外观特征以及繁殖、解剖特性, 结合它的生长习性和相关的记载笼统地断定马蔺的耐盐

碱性^[4~6]; 但其耐性究竟有多大? 探究和掌握这一信息, 并揭示其耐盐机制, 对于了解马蔺的耐性及其大面积栽培和开发利用, 具有深远的科学意义和经济价值。

本研究通过室内盆栽试验初步探讨马蔺在不同土壤盐渍条件下生长及主要元素 Na^+ 、 K^+ 吸收、运输的变化状况, 进而分析马蔺的耐盐性, 为相关领域中开发利用马蔺提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料培养

马蔺 (*I. lactea* var. *chinensis*) 种子由北京绿洲科技发展有限公司延庆生态园艺中心提供。

试验用底部带孔的塑料花盆 (D 25 cm × H 23 cm), 每盆装洗净的风干砂土 5.5 kg。装盆前分别以 KH_2PO_4 和 NH_4NO_3 均匀拌入纯 N 0.2 g, P 0.2 g, K 0.25 g。于 2003 年 6 月 1 日将经过浓 H_2SO_4 浸泡, 冷藏处理 1 周, 萌发后的马蔺种子播于盆内, 覆 3~4 mm 细砂, 在中国农业大学植物营养系网室自然光照条件下露天遮雨培养。6 月 10 日出苗整齐, 于 7 月 1 日定苗至每盆 15 株。

1.2 胁迫处理

马蔺苗高约 8~10 cm 时, 进行 $NaCl$ 胁迫处理 (2003 年 7 月 16 日), 盐浓度分别为 0 (CK)、5.0、10.0、15.0、20.0、25.0 g/kg (以 $NaCl$ 和土壤

①国家自然科学基金项目 (30170671) 资助。

* 通讯作者

重量比为梯度计算单位), 4 次重复; 土壤表面覆盖 2 mm 左右石英砂 (以避免过分蒸发)。

以含有不同浓度盐的营养液 700 ml 为处理液, 分数次透灌花盆以保持相应的盐浓度。对照组只浇营养液。营养液配方如下^[7] (单位: mol/L): K_2SO_4 0.75×10^{-3} , MgSO_4 0.65×10^{-3} , KCl 0.1×10^{-3} , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2.0×10^{-3} , KH_2PO_4 0.25×10^{-3} , H_3BO_3 1×10^{-5} , MnSO_4 1×10^{-6} , CuSO_4 1×10^{-7} , ZnSO_4 1×10^{-6} , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_2\text{O}_4$ 5×10^{-9} , Fe-EDTA 1×10^{-4} ; pH 调节为 6.0 ~ 6.2。从次日日起每天早晚用称重法测定每盆失水量并用蒸馏水补充。7月24日, 发现高盐浓度处理区的植株生长受到严重的影响, 少数植株出现萎蔫时进行采样, 分析有关项目。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 植物样 在胁迫处理期间, 进行生长状况株高等的测定。取样时, 把盆内砂子缓缓倒出, 将马蔺连根一起整株挑拣出, 用水洗净后, 蒸馏水漂洗, 吸水纸吸干水分, 称整株鲜重, 即生物量。之后将茎叶和根系分开, 分别称鲜重; 105 °C 下杀青

10 min, 60 °C 烘干至恒重后称干重, 并计算含水量。前处理采用干式灰化, 用火焰光度法测定 Na^+ 和 K^+ 含量^[8]。

K^+ 、 Na^+ 吸收选择性系数和运输选择性系数如下公式^[9] 计算:

$$S_{\text{K, Na (吸收)}} = \{[\text{K}]_{\text{根系}} / [\text{Na}]_{\text{根系}}\} / \{[\text{K}]_{\text{土壤}} / [\text{Na}]_{\text{土壤}}\}$$

$$S_{\text{K, Na (运输)}} = \{[\text{K}]_{\text{茎叶}} / [\text{Na}]_{\text{茎叶}}\} / \{[\text{K}]_{\text{根系}} / [\text{Na}]_{\text{根系}}\}$$

1.3.2 土样 处理前、后分别分层取不同深度的土样, 以 1: 5 土水比浸提液测定土壤中的 Na^+ 、 K^+ 含量, 方法同上。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对马蔺生长的影响

生物量的高低是反映植物综合抗盐能力的指标^[7]。各处理区马蔺生长情况列于表 1。由表 1 可知, 盐处理的马蔺干重和株高都低于对照, 且随着盐度水平的增加, 下降幅度加大。从生物量的减少程度来看, 随着盐胁迫的增加, 马蔺生长受抑制的程度呈增加的趋势; 尤其是当盐浓度为 25.0 g/kg 时, 胁

表 1 盐胁迫对马蔺生长的影响

Table 1 Effect of NaCl stress on growth of *I. lactea* var. *chinensis*

NaCl 处理 (g/kg)	干物质重 (g/pot)		植株含水量 (g/kg)		相对生物量 (%)	根冠比	株高 (cm)	肉质化	
	茎叶	根系	茎叶	根系				茎叶	根系
CK	0.92a	0.32a	798.1a	882.6ab	100.00a	0.35a	13.6a	4.95a	8.49a
5.0	0.62b	0.24ab	767.7b	857.4b	55.57b	0.38a	12.4b	4.31b	8.01ab
10.0	0.61b	0.23b	697.3c	889.8a	52.38c	0.38a	11.9b	3.30d	7.13b
15.0	0.49b	0.20b	703.5c	859.3b	43.77d	0.41a	8.7 c	3.69c	8.00ab
20.0	0.44b	0.19b	728.2c	874.3ab	53.71bc	0.43a	7.7d	3.37d	7.07a
25.0	0.35b	0.19b	749.1b	880.1ab	41.23d	0.54a	6.9e	3.78c	7.22ab

注: 同一列数据后面有不同字母的, 表示差异显著 ($p=0.05$), 下表同。

迫 1 周后生物量仅为对照的 41.23%, 植株出现严重的萎蔫死亡现象。根冠比随盐浓度的增加而增大, 但增加的幅度不大。

上述结果表明, 盐分对马蔺茎叶生长的抑制作用大于根部, 即茎叶比根对盐危害反应灵敏, 因而盐胁迫导致根冠比增大。另外一个明显的特点是, 根系的含水量普遍高于茎叶, 这可能与根的吸收功能和植物体内水分运输机制有关。盐胁迫并不影响根系对水分的吸收和利用, 但会降低植株的蒸腾或抑制水分从根系向茎叶运输, 因而茎叶含水量下降。

由此认为, 马蔺生物量和鲜重下降与含水量有关, 这正是赵可夫等^[10]提出的盐分胁迫对植物的原初直接效应的具体表现, 即认为在盐分胁迫初期, 原初的生长降低是由于水分供应受到限制造成的。

2.2 NaCl 胁迫对马蔺体内 Na^+ 、 K^+ 吸收与运输的影响

在含有高浓度盐分的介质中, 植物生长必须满足两个条件: 渗透的适应性和生长及功能代谢所必需的矿质元素。在 NaCl 盐渍条件下, 主要是指对 K^+ 的吸收^[11]。 K^+ 、 Na^+ 的选择性吸收以及在原生质膜上 K^+ 、 Na^+ 的交换与植物的耐盐性有重要关系。

2.2.1 Na⁺、K⁺ 含量 一般认为, 盐胁迫下, Na⁺ 会对 K⁺ 产生不同程度的拮抗作用, 从而降低 K⁺ 在植物体内的含量^[12]。本试验中, 随着盐度水平的增加, 马蔺茎叶和根系中 K⁺ 含量缓慢减少, Na⁺ 含量显著增加 (图 1); 且根系中 Na⁺、K⁺ 的变化趋势均比茎叶显著, 即根系中 K⁺ 含量显著地减少, Na⁺ 含量明显地增加。当盐处理浓度达到最大时, 茎叶和根系中 K⁺ 含量分别为对照的 47.4 %、11.1 %, Na⁺ 含量分别为对照的 732.7 % 和 1174.3 % (表 2)。K⁺ 在不同盐处理水平下其茎叶中的含量均高于根系, 这可能是由于盐胁迫对根系吸收 K⁺ 的抑制作用大于茎叶。

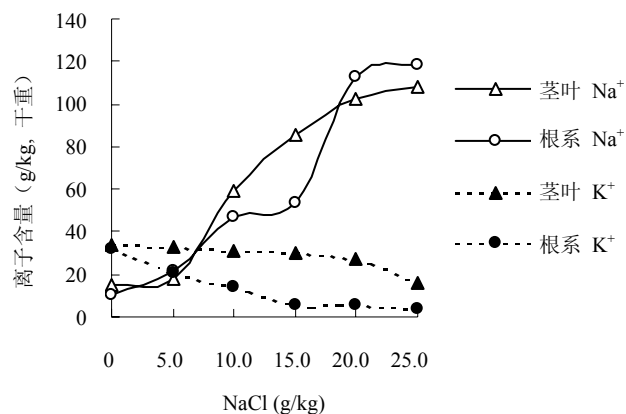


图 1 盐胁迫对马蔺 Na⁺、K⁺含量的影响

Fig. 1 Effects of NaCl stress on Na⁺ and K⁺ contents in *I. lactea* var. *chinensis*

表 2 各盐分处理区土壤和马蔺体内离子分布状况

Table 2 Ion distribution in soil and *I. lactea* var. *chinensis* in different salt treatments

NaCl 处理 (g/kg)	K ⁺ 含量 (g/kg, 干重)			Na ⁺ 含量 (g/kg, 干重)			K ⁺ /Na ⁺		
	茎叶	根系	土壤	茎叶	根系	土壤	茎叶	根系	土壤
CK	34.2a	32.4a	6.0a	14.7a	10.1a	38.9a	2.33	3.24	0.154
5.0	32.4ab	21.0b	7.0a	17.8a	21.6ab	135.6b	1.82	0.97	0.051
10.0	31.4b	14.3b	6.8a	59.1b	47.2b	222.2c	0.53	0.30	0.031
15.0	30.5b	5.7c	7.1a	85.5c	53.5b	341.9d	0.36	0.11	0.021
20.0	27.7b	5.4c	6.8a	102.3cd	113.0c	415.8e	0.27	0.05	0.016
25.0	16.2c	3.6c	6.6a	107.7d	118.6c	458.6e	0.15	0.03	0.017

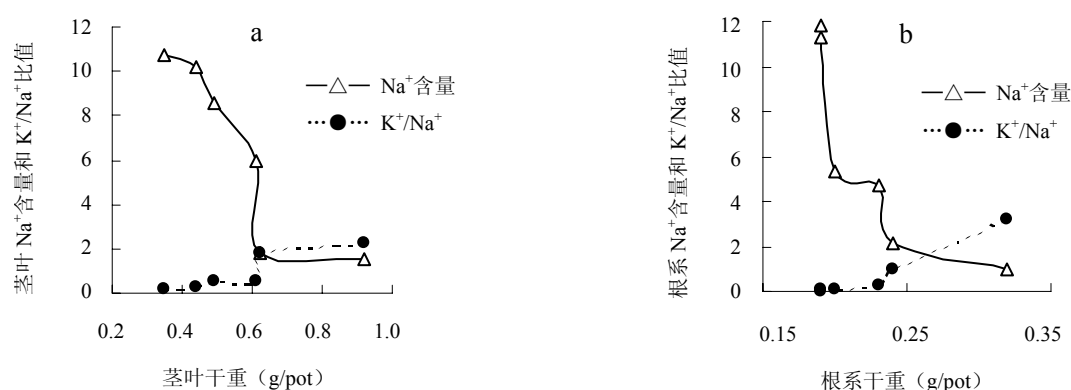


图 2 马蔺茎叶和根系干重与 Na⁺含量及 K⁺/Na⁺比值的关系

Fig. 2 Dry weight of shoots and roots of *I. lactea* var. *chinensis* as a function of Na⁺ contents and K⁺/Na⁺ ratios therein

图 2 表明, 马蔺茎叶和根系的干重均随着 Na⁺ 含量的增加、K⁺/Na⁺ 比值的降低而显著降低, 但茎叶和根系的下降趋势又略有不同。对于茎叶 (图 2 a), 与对照相比, 即使体内吸收极少量的 Na⁺ 也会导致干重大幅度的降低; 而当盐胁迫达到一定水平,

即在低盐浓度 5.0 g/kg 和 10.0 g/kg 时, 尽管体内吸收的 Na⁺ 含量增加, 但马蔺对盐胁迫具有一定的适应性, 表现为干重相对稳定; 当盐浓度 > 10.0 g/kg 时, 马蔺茎叶的 Na⁺ 含量 (x) 与其干重 (y) 呈显著负相关 ($y = -0.0481x + 0.8993$ $r^2 = 0.9411^*$)。对

于根系(图 2 b), 在盐浓度低于 15.0 g/kg 时, 随着体内 Na^+ 含量增加, 干重显著降低; 大于此胁迫浓度时, 马蔺根系的 Na^+ 含量 (x') 与其干重 (y') 也呈显著负相关 ($y' = -0.0016x' + 0.2085$ $r^2 = 0.994^*$)。

2.2.2 K^+/Na^+ 比值 图 3 表明, 根系和茎叶中的 K^+/Na^+ 比值在 NaCl 各处理水平下均明显低于 CK, 且随着盐处理浓度的增加, 比值递减。除 CK 外, 其余各处理下茎叶 K^+/Na^+ 比值均高于根系, 而且盐胁迫对根系 K^+/Na^+ 比值的影响比茎叶显著, 说明盐胁迫更容易造成根系中离子间的营养失衡, 也就是说, 由于 Na^+ 和 K^+ 之间的拮抗作用, 马蔺根系中过多的 Na^+ 抑制了其正常生长对 K^+ 的吸收。与 CK 相比, 各盐处理下土体中的 K^+/Na^+ 比值均下降, 而且与胁迫浓度负相关, 随着胁迫浓度的增大比值减小。

从图 2 可以看出, 马蔺茎叶和根系中 K^+/Na^+ 比值的降低明显影响干物质的形成。对于茎叶(图 2 a), 当胁迫浓度介于 5.0 g/kg 和 10.0 g/kg 时, 干重基本维持在一定水平, 说明在此胁迫范围内, 马蔺具有一定的耐盐适应性; 当盐浓度 > 10.0 g/kg 时, 马蔺茎叶干重显著降低。对于根系(图 2 b), 以胁迫浓度 10.0 g/kg 为界, 大于此水平时干重降低的程度较大, 马蔺根系对 K^+/Na^+ 比值的吸收 (x'') 与干重 (y') 变化呈显著的正相关 ($y' = 0.1579 x'' + 0.182$ $r^2 = 0.9694^*$); 当盐浓度低于 10.0 g/kg 时, 马蔺根系干重随 K^+/Na^+ 比值吸收而增加的幅度较小, 但也呈显著的正相关 ($y' = 0.0318 x'' + 0.2155$ $r^2 = 0.9862^*$)。

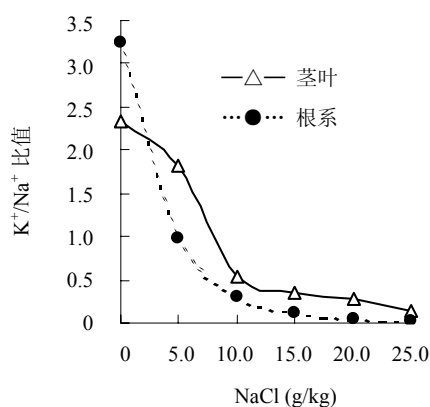


图 3 NaCl 胁迫对马蔺 K^+/Na^+ 比值的影响

Fig. 3 Effects of NaCl stress on K^+/Na^+ ratio in *I. lactea* var. *chinensis*

2.2.3 NaCl 胁迫下马蔺的 K^+ 、 Na^+ 选择性 由植株 Na^+ 、 K^+ 选择性系数的分析结果表明, 随着盐处理水平的增加, 马蔺根系对 K^+ 的吸收选择性降低, 而向茎叶中运输 K^+ 的选择性增加, 但增加的幅度不大(图 4)。这说明盐胁迫的增加主要抑制了马蔺根系对 K^+ 的选择性吸收。但总的来看, 在马蔺生长初期, 胁迫却有利于 K^+ 向茎叶中运输, 也就是说, 马蔺根系可以将吸收的少量 K^+ 运输到茎叶中, 以减轻 Na^+ 的毒害, 表现在同一盐处理水平下无论是 K^+ 含量, 还是 K^+/Na^+ 比值均是茎叶中大于根系(表 2), 马蔺具有积极向茎叶中运输 K^+ 的功能。这也许就是马蔺耐盐性及其耐盐适应性机制之一。

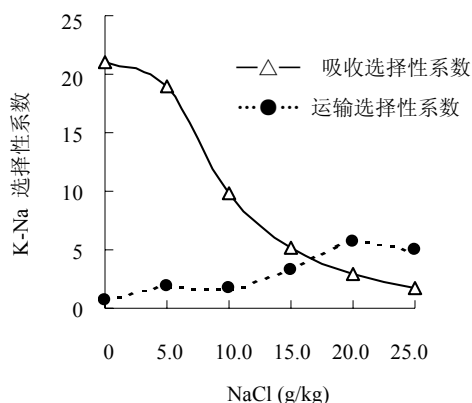


图 4 NaCl 胁迫对马蔺 K-Na 选择性系数的影响

Fig. 4 Effects of NaCl stress on the K-Na selectivity coefficient in *I. lactea* var. *chinensis*

对于任何植物, 当盐分浓度超过其耐盐阈值时, 植物必定会做出相应的反应来忍受一定的盐害。马蔺在高盐胁迫水平下, 根系将吸收的少量 K^+ 运输到地上部, 以缓解 Na^+ 过多引起的盐害, 可以初步认为叶片 K^+/Na^+ 比值可作为马蔺耐盐性鉴定的生理指标之一。

3 讨论

生长量是植物对盐胁迫反应的综合体现, 即对盐胁迫的综合适应, 也是植物耐盐性的直接指标^[13]。土壤溶液中过量的 NaCl 导致马蔺生长量减少, 株高下降, 而且随着盐胁迫浓度的增加, 马蔺生物量、干重和株高降低幅度增大, 同时根冠比增加, 根冠比与盐浓度呈正相关关系, 表明盐分对马蔺茎叶生长的抑制作用大于根系, 这与前人的研究结果

一致。Cramer 等^[14]发现在含盐基质上植物地上部受到抑制的程度一般比根更严重。本试验中, 马蔺根系干重随胁迫浓度增大而减小, 而相应的含水量变化却很小, 这说明根系产量下降的原因主要是根区盐胁迫造成的盐分中毒而不是植物缺水。

Na^+ 胁迫下, 植物对 K^+ 吸收、累积的减少以及相应的生长量下降是最显著的反应之一。适量的 Na^+ 可以维持细胞内外离子之间的平衡, 而随着其在植物体内的累积, 其他阳离子减少, 因而破坏了正常的生理平衡关系^[15]。本试验中, 在盐胁迫下, 随着胁迫浓度的增加, 马蔺茎叶和根系的 K^+ 含量减少, Na^+ 含量增加, K^+/Na^+ 比值降低, 这与大多数植物的反应一致。而且随着马蔺茎叶和根系中 Na^+ 的累积以及 K^+/Na^+ 比值的降低, 其干重均发生不同程度的降低, 足以说明由于马蔺吸收了过多的 Na^+ , 造成 Na^+ 毒害, 致使干重大幅度减少。正如 Weimberg^[16]指出的那样, 植物生长受抑制与植物组织内 Na^+ 含量和 Na^+/K^+ 比值的提高有关。所以, 与有关禾本科牧草耐盐性鉴定指标研究的报道一样, 认为马蔺叶片 K^+/Na^+ 比值可作为马蔺耐盐性鉴定的生理指标之一。

从马蔺对 K^+ 、 Na^+ 的选择性上来看, 正是因为马蔺对 K^+ 具有较强的运输选择性, 就可以有效地把高盐浓度下吸收的少量 K^+ 运输到茎叶中, 因而抑制 Na^+ 的吸收以及从根系向上的运输, 最终维持茎叶适宜的 K^+/Na^+ 比值, 有利于植株体正常的代谢。也就是说在 $NaCl$ 胁迫下, 马蔺允许盐离子进入根部并在根部累积, 而很少向茎叶运输, 从而使地上部避免受到盐害, 这可能是由于根细胞质膜特定的组成, 在盐渍生态环境中改变其膜组成, 减少对外界盐分离子的渗透性, 阻止外界盐分离子进入作物体内, 因而表现为根部较强的拒盐与抗盐特性^[17]。也就是 Levitt 等^[18]所说的植物的拒盐机制, 即植物的根有较强的过滤能力, 几乎不吸收或很少吸收土壤中的盐分, 如蒿属中的盐生植物种类, 还有些植物吸收土壤中的盐分, 但能有效地阻止盐分运输到叶, 而将其保留于根部或茎干中。整体上看, 尽管根冠比随盐胁迫浓度的增加而增大, 但马蔺茎叶和根系中 Na^+ 含量相差较小, 这也许就是马蔺所具有的拒盐机制, 这方面正在进行进一步的研究。

同时, 在试验的过程中发现, 在高盐浓度下, 马蔺茎叶会分泌出盐分, 而且随着温度的升高和光照的增强分泌量增大, 所以推测马蔺可能还具有泌

盐的耐盐机制。因此, 有待于进一步通过分析马蔺的形态结构特征, 看其是否具有泌盐结构——盐腺和盐囊泡。

4 结论

(1) 在 $NaCl$ 胁迫下, 马蔺生长量减少, 株高、肉质化降低, 且随着胁迫浓度增加, 干重以及株高降低幅度增大, 同时根冠比增加。

(2) 随着 $NaCl$ 胁迫浓度的增加, 马蔺茎叶和根系中的 K^+ 含量减少, Na^+ 含量增加, K^+/Na^+ 比值减小。同时, 随着茎叶和根系中 Na^+ 含量的增加和 K^+/Na^+ 比值的降低, 干重呈降低趋势。马蔺叶片 K^+/Na^+ 比值可作为马蔺耐盐性鉴定的生理指标之一。

(3) 随着盐度水平的增加, 马蔺根系对 K^+ 的吸收选择性降低, 运输选择性增加。马蔺积极向茎叶运输 K^+ 的功能也许就是其耐盐适应性机制之一。

(4) 还应结合其他一些生理生化指标对马蔺耐盐性及其机制进行进一步的深入研究, 为盐碱地的开发利用提供科学依据。

参考文献

- 1 刘春卿, 杨劲松, 陈德明. 管理调控措施对土壤盐分分布和作物体内盐分离子吸收的作用. 土壤学报, 2004, 41 (2): 230 ~ 236
- 2 高永生, 王锁民, 张承烈. 植物盐适应性调节机制的研究进展. 草业学报, 2003, 12 (2): 1 ~ 6
- 3 王伏雄主编. 中国植物志 (第 16 卷第 1 分册). 北京: 科学出版社, 1985, 131 ~ 157
- 4 樊润威. 盐碱荒地旱植马蔺的研究. 内蒙古农业科技, 1991, (1): 17 ~ 18
- 5 王桂芹. 不同生态环境马蔺植物体解剖结构比较. 内蒙古民族大学学报 (自然科学版), 2002, 17 (2): 127 ~ 129
- 6 刘德福, 陈世璜, 陈敬文, 敖特根, 占布拉, 杨尚明. 马蔺的繁殖特性及生态地理分布的研究. 内蒙古农牧学院学报, 1998, 19 (1): 1 ~ 6
- 7 夏阳, 林杉, 张福所, 李杰, 胡恒觉, 梁慧敏, 李庆国. 淋洗对盐胁迫下大豆生长和矿质营养基因型差异影响的研究. 土壤学报, 2003, 40 (1): 155 ~ 159
- 8 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1996, 218 ~ 219
- 9 陈德明, 俞仁培. 盐胁迫下不同小麦品种的耐盐性及其离子特征. 土壤学报, 1998, 35 (18): 88 ~ 93

- 10 赵可夫编著. 植物抗盐生理. 北京: 中国科学技术出版社, 1993, 25 ~ 26
- 11 张建锋, 李吉跃, 宋玉民, 邢尚军, 郝金标, 马丙尧. 植物耐盐机制与耐盐植物选育研究进展. 世界林业研究, 2003, 16 (2): 16 ~ 22
- 12 Cramer GR, Lynch J, Chli AL, Epstein E. Influx of Na^+ , Ca^{2+} into roots of salt-stressed cotton seedlings—Effects of supplement Ca^{2+} . Plant Physiol., 1987, 83: 510 ~ 516
- 13 Levitt J. Response of Plants to Environmental Stress. 2nd ed. New York: Academic Press, 1980, 365 ~ 434
- 14 Cramer GR, Epstein E, Lauchli A. Effect of sodium potassium and calcium on salt-stressed barley (II). Elemental analysis. Physiol. Plant, 1991, 81:197 ~ 202
- 15 Kafkafi U. Plant nutrition under saline conditions. In: Shainberg, shalhevet J. eds. Soil Salinity Under Irrigation. Springer-Verlag, Bertin, 1984, 319 ~ 331
- 16 Weimberg R. Growth and solute accumulation in 3-week-old seedlings of a gropyron elongatum stressed with sodium and potassium salts. Scandinavian Society for Plant Physiology. 1986, 67: 129 ~ 135
- 17 杨劲松, 陈德明, 沈其荣. 作物抗盐机制研究 II. 小麦对盐分离子的吸收与运移. 土壤学报, 2002, 39 (5): 759 ~ 762
- 18 赵可夫, 李法曾. 中国盐生植物. 北京: 科学出版社, 1997, 40 ~ 41, 66 ~ 68

EFFECTS OF SALT STRESS ON GROWTH OF AND ABSORPTION AND TRANSPORTATION OF K^+ AND Na^+ IN *I. LACTEA* VAR. *CHINENSIS*

BAI Wen-bo LI Pin-fang

(College of Resources and Environment of China Agriculture University, Beijing 100094)

Abstract In this paper, the growth performance and contents of K^+ and Na^+ of *I. lactea* var. *chinensis* related to salt stress were studied through cultivation on a sand culture experiment. The result showed that the biomass, plant height, dry weigh, carnification, K^+ content and K^+/Na^+ ratios of *I. lactea* var. *chinensis* decreased with increasing NaCl stress, while root/shoot ratios and Na^+ content increased. The water content and carnification degree of roots in all treatments were higher than shoots, which, however, was not significantly related to salt concentration. When the salt concentration was less than 20 g/kg, for *I. lactea* var. *chinensis*, the absorption selectivity of K^+ in roots decreased, but the transportation selectivity to shoots increased. So under NaCl stress, the restrained growth of *I. lactea* var. *chinensis* was much related to increased Na^+ content and decreased K^+/Na^+ ratio.

Key words *I. lactea* var. *chinensis*, NaCl stress, The K-Na selectivity