

# 淋洗对盐胁迫下大豆生长和矿质营养基因型差异的研究\*

夏阳<sup>1,2</sup> 林杉<sup>2</sup> 张福锁<sup>2</sup> 李杰<sup>2</sup> 胡恒觉<sup>3</sup>  
梁慧敏<sup>1</sup> 李庆国<sup>1</sup>

(1 山东省林业科学研究院, 济南 250014) (2 中国农业大学植物营养系, 北京 100094)  
(3 甘肃农业大学, 兰州 730070)

## EFFECT OF FOLIAR LEACHING ON GROWTH AND MINERAL NUTRIENT CONTENTS OF SOYBEAN UNDER NaCl STRESS

Xia Yang<sup>1,2</sup> Lin Shan<sup>2</sup> Zhang Fu-suo<sup>2</sup> Li Jie<sup>2</sup> Hu Heng-jue<sup>3</sup> Liang Hui-min<sup>1</sup> Li Qing-guo<sup>1</sup>  
(1 Shandong Provincial Academy of Forestry, Jinan 250014, China)  
(2 Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, China)  
(3 Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

关键词 叶片, NaCl 胁迫, 生长, 矿质营养, 大豆  
中图分类号 Q945

植物外体是由细胞壁的纤维素和微晶体空间以及充满空气的细胞间隙组成, 约占植物体积 5% 的空间。很久以来, 质外体被认为是无生命的, 与有生命的原生质相比很少引起研究者的兴趣, 直到 80 年代中期, 由于研究技术的发展和研究的深入<sup>[1]</sup>, 对质外体的认识才发生根本性的转变, 认识到了其重要的生理作用。

淋洗可从完整叶片的质外体中带走无机和有机物质<sup>[2]</sup>, 因而具有重要的生态作用并受到人们的重视。Munns 和 Teemart 一致强调叶片质外体中盐分的积累是植物盐害的主要原因, 而质外体中盐分的积累又是造成新叶生长速率减慢的主要原因<sup>[3]</sup>。由此可以推论, 降雨和喷灌不仅可以为植物提供水分, 而且从生态学角度看也是植物长期进化过程中对环境条件形成的有效适应机理。同时, 随着工业化的发展, 自然降雨趋向酸化, 而在许多灌溉农田, 土壤次生盐渍化问题日益严重, 对作物生产造成严重威胁, 并使盐胁迫条件下植物体的养分平衡发生变化。因此, 本研究以盐敏感的大豆不同基因型品种为试材, 探讨酸性淋洗液淋洗对盐胁迫下植物耐盐性的影响, 为盐碱地条件下大田和饲料作物栽培技术的改进提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试作物

以 7 个大豆品系 B014、P021、84069、P010、P018、A012 和 9-13 为试材。

#### 1.2 试验方法

种子在 0.3% 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 水溶液中消毒 15 min, 并在饱和 CaSO<sub>4</sub> 溶液中浸泡 30 min, 然后移至石英砂中催芽。播种后幼苗子叶未展开时, 移栽到培养盆(容积 2L)中, 每盆 5 穴, 每穴 1 株, 重复三次。培养液每

\* 国家自然科学基金资助项目(3967034) 和山东农业大学博士后资金资助

- 通讯作者: 林杉, 张福锁, Email: linsan@mail. cau. edu. cn

收稿日期: 2001-04-31; 收到修改稿日期: 2001-09-17

3d换一次,依次变为水、半量、全量营养液,培养液配方如下:  $K_2SO_4$   $0.75 \times 10^{-3}$ ,  $MgSO_4$   $0.65 \times 10^{-3}$ ,  $KCl$   $0.1 \times 10^{-3}$ ,  $Ca(NO_3)_2$   $2.0 \times 10^{-3}$ ,  $KH_2PO_4$   $0.25 \times 10^{-3}$ ,  $H_3BO_3$   $1 \times 10^{-5}$ ,  $MnSO_4$   $1 \times 10^{-6}$ ,  $CuSO_4$   $1 \times 10^{-7}$ ,  $ZnSO_4$   $1 \times 10^{-6}$ ,  $(NH_4)_6MoO_4$   $5 \times 10^{-9}$ ,  $Fe-EDTA$   $1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ 。pH调节为6.0~6.2,光照/黑暗周期为14/10 h,光照强度为185~210  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ,昼/夜温度分别为27~32  $^{\circ}\text{C}$ /23~26  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 1.3 处理设计

培养液盐处理的浓度为  $100 \text{ mmol L}^{-1} \text{ NaCl}$ ; 每个品种各设两个淋洗处理: 即CK(不淋洗)和pH3.5酸液淋洗,淋洗液pH用 $H_2SO_4$ 和 $NaOH$ 调节,由于在淋洗池中采用专门设计制作盆盖并辅以相应的保护措施,可完全防止淋洗液进入培养液中。盐胁迫的日日开始进行淋洗,共淋洗10d,每天早晚各淋洗一次,每次5 min,相当于8mm降水,水滴成雾状。催芽至收获共34d,植物样品在105  $^{\circ}\text{C}$ 下杀青15 min,70  $^{\circ}\text{C}$ 下烘干,磨碎备用。称取0.5 g混匀的样品,在550  $^{\circ}\text{C}$ 马福炉中灰化7~8 h,  $6 \text{ mol L}^{-1}$ 盐酸溶解并定容。

火焰光度计测 $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ ,原子分光光度计测 $Mg^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 和 $Zn^{2+}$ 。每样品重复测定两次,取平均值。

## 2 结果分析

### 2.1 淋洗对生物量的影响

与对照相比,在 $NaCl(100 \text{ mmol L}^{-1})$ 胁迫下,pH3.5酸液淋洗使A012的茎叶干鲜重和B014茎叶鲜重下降,84069茎叶干重和根系鲜重以及9~13的茎叶鲜重增加,对其它品种的生物量无明显影响。说明不同品种对淋洗的反应各异(即酸液淋洗对盐胁迫条件下一些品种的生长是有利的,而对另外一些品种是有害的)。

表1 叶片淋洗对盐胁迫下大豆生物量的影响( $\text{g pot}^{-1}$ )

品种	茎叶鲜重		根系鲜重		茎叶干重	
	pH3.5	CK	pH3.5	CK	pH3.5	CK
B014	26.8*	32.3	16.8	16.1	4.2	5.1
P021	42.3	43.2	19.2	16.8	6.9	6.5
84069	49.4	45.0	28.6*	19.7	7.2*	6.0
P010	39.5	44.2	24.6	22.2	6.4	7.0
P018	50.3	49.6	22.3	23.6	7.2	7.3
A012	52.4*	58.2	24.9	24.8	8.0*	9.3
9~13	48.2*	39.8	22.7	19.6	6.6	5.8

注:应用L.S.D.法进行显著性检验;\*表示该品种淋洗处理与其对照之间差异显著, $P < 0.05$

### 2.2 淋洗对植株体内矿质养分含量的影响

**2.2.1 对钾含量的影响** 与对照相比,pH3.5酸液淋洗对盐胁迫下各品种的 $K^+$ 含量未产生明显影响(图1)。

**2.2.2 对钠含量的影响** 与对照相比,pH3.5酸液淋洗使盐胁迫下品种P021和9~13的 $Na^+$ 含量未产生明显变化,而其他5个品种的 $Na^+$ 含量则有明显的降低,降低幅度达到36.6%~28.6%(图1)。说明酸液淋洗可明显降低多数大豆品种盐胁迫条件下的体内 $Na^+$ 含量。

**2.2.3 对钙含量的影响** 与对照相比,pH3.5酸液淋洗使品种P010和A012的 $Ca^{2+}$ 含量均表现下降,最大降低幅度为25.2%;品种84069含量增加,增加幅度为21.7%;而B014、P021、P018和9~13未发生明显变化(图2)。

**2.2.4 对镁含量的影响** 与对照相比,pH3.5酸液淋洗仅使品种9~13的 $Mg^{2+}$ 增加,其余品种没有明显变化(图2)。

**2.2.5 对铁含量的影响** 与对照相比,pH3.5酸液淋洗使品种84069的 $Fe^{2+}$ 含量降低27.3%,P010

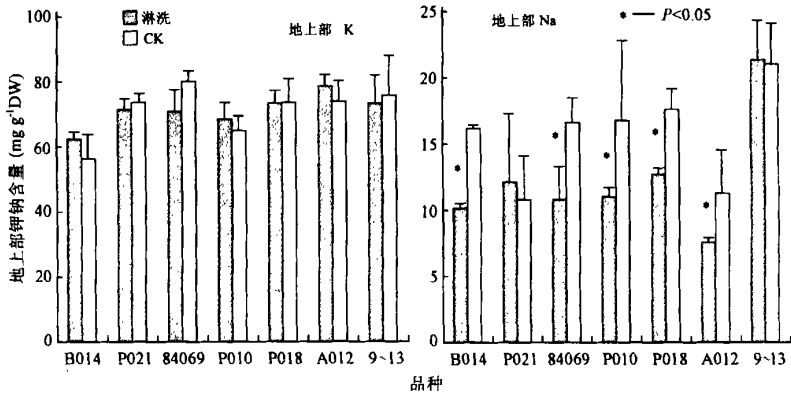


图 1 淋洗对盐胁迫下大豆地上部钾钠含量的影响

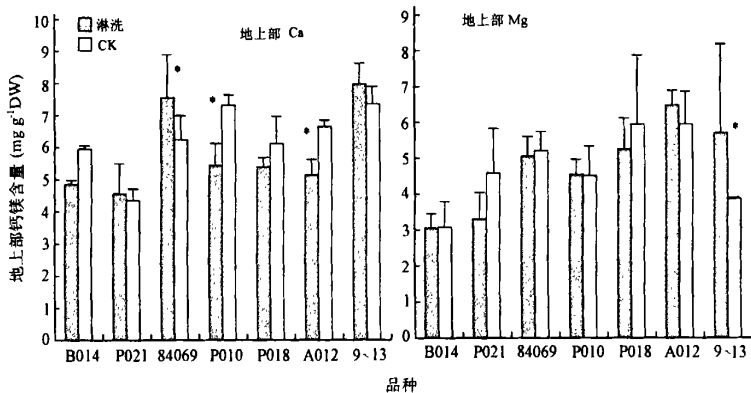


图 2 淋洗对盐胁迫下大豆地上部钙镁含量的影响

增加了 26.2%, 其余品种没有明显变化(图 3)。

**2.2.6 对锌含量的影响** 与对照相比, pH3.5 酸液淋洗使品种 84069 的  $Zn^{2+}$  含量降低 25.5%, 其余品种没有明显变化(图 3)。

### 3 讨论

#### 3.1 淋洗对大豆不同品种生物量的作用

酸液淋洗对盐胁迫下大豆生物量的影响因品种各异, 在所选用的 7 个大豆品种中, 生物量增加、下降和没有变化的均有。已有报道<sup>[4]</sup>证实, pH3.5 酸液淋洗对 7 种不同植物生物量的影响不同, 分析原因可能是由于角质层和表皮结构的差异所造成, 如泌腺。本试验品种间差异的原因之一可能是由于叶面保护组织的差异所造成, 如角质层和蜡质层的厚薄。淋洗对营养胁迫条件下植物生长的影响有两个方面, 一方面酸液淋洗可能在一定条件下会造成生物量的下降(由于营养流失、生理过程受到干扰), 另一方面也可从质外体中将胁迫环境中积累过多、对植物造成危害的物质淋洗去, 从而减轻胁迫程度<sup>[5]</sup>。淋洗造成胁迫环境中植物生物量的差异是两种影响共同作用的结果, 它因环境条件、植物抗淋洗的特性(叶表保护组织)和植物逆境适应机理的不同而异。本试验证明, 酸雨淋洗对盐胁迫下作物生长是否有利因品种而异。

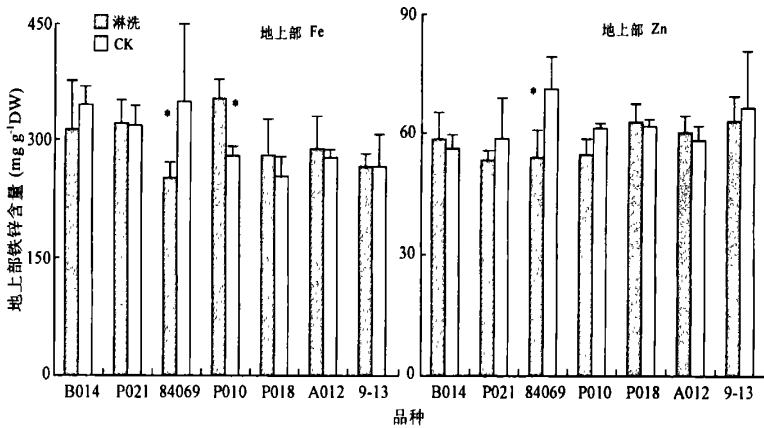


图3 淋洗对盐胁迫下大豆地上部铁锌含量的影响

### 3.2 淋洗对大豆各品种元素含量的影响

与对照相比, pH3.5 酸液淋洗使盐胁迫下 7 个大豆品种中 5 个品种的  $\text{Na}^+$  含量明显降低, 降低幅度达到 36.6% ~ 28.6%, 降低幅度明显高于其它元素, 说明酸液淋洗可明显降低多数大豆品种盐胁迫条件下的体内  $\text{Na}^+$  含量。pH3.5 酸液淋洗对盐胁迫下各品种的  $\text{K}^+$  含量无明显影响。 $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  是两个互为竞争性的元素, 盐渍条件下, 植物过量吸收和积累  $\text{Na}^+$ , 使  $\text{K}^+$  的进入减少; 淋洗后  $\text{Na}^+$  含量降低, 而  $\text{K}^+$  的含量未发生明显变化, 其结果必然是植物体内  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  比例增大, 这有利于提高植物的抗盐性, 即有利于维持植物体内矿质营养的平衡。生物量的高低是反映植物综合抗盐能力的指标, 但本试验淋洗后植物  $\text{Na}^+$  含量的降低并未与生物量的提高相一致, 这是因为许多试验都证明<sup>[6,7]</sup>, 单纯植物体内  $\text{Na}^+$  含量的高低并不能完全反映植物的抗盐性, 而与多种元素的平衡关系及其抗盐机理有关。

与对照相比, pH3.5 酸液淋洗使 3 个品种的  $\text{Ca}^{2+}$  含量产生变化、2 个品种的  $\text{Fe}^{2+}$  含量发生变化,  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  含量各有一个品种发生变化。叶片淋洗后植物体中矿质元素的含量由两方面决定<sup>[8,9]</sup>, 一是淋洗的损失量, 二是根系吸收、通过木质部后的补充量; 而淋洗量的大小是由质外体中可淋洗离子的含量及叶片保护组织的特性所决定。从本试验结果可以看出, 由于基因型的差异, 即各品种之间在抗盐机理(盐胁迫改变植物体内原有离子平衡状态)、矿质元素吸收和运输、叶片的抗淋洗程度之间的差异, 从而导致了淋洗结果的完全不同。Lernardi 等在桃树上的试验证实, 经过 15 天的淋洗, 叶片中  $\text{K}^+$  升高,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  元素含量下降, 但未达到显著水平, 原因是淋洗损失可通过根系加快吸收来补偿; 而在他们的另外一个试验中, 在根际养分供应受到限制的情况下, 叶片中养分含量出现了明显差异<sup>[10]</sup>。在 Gjengedal 的研究中  $\text{Ca}^{2+}$  的含量升高, 但淋洗量加大, 认为是由于根系吸收速度加快, 同时也发现  $\text{K}^+$  的淋洗量大而叶片含量降低<sup>[11]</sup>。因此, 有关淋洗的机理以及对植物和土壤的影响是受多因素所影响的。

试验用 7 个大豆品系种子, 种子由中国农科院作物所邵贵花先生提供, 在此表示衷心感谢。

### 参考文献

1. Schindler K. Das neue Bild der Zellwand. Biologie in unserer Zeit., 1993, 23: 113~ 120
2. Tukey H B Jr. The leaching of substances from plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 1970, 21: 305~ 324
3. Munns R, Tennaat A. Whole-plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol., 1986, 13: 143~ 160
4. Kerst in P, Muhling KH, Sattelmacher B. Leaching from the leaf surface and its significance for apoplastic ion balance. In: Ando T, et al. ed. Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment. Kluwer Academic Publishers, Japan, 1997. 87~ 88
5. Speer M, Werner M K. Ion relations of symplastic and apoplastic space in leaves from *Spinacia oleracea* L. and *Pisum sativum* L. under salinity. Plant Physiol., 1991, 97: 990~ 997

6. 陈际型,宣家祥. 低盐基土壤 K、Ca、Mg 的交互作用对水稻生长与养分吸收的影响. 土壤学报, 1999, 36(4): 433~439
7. 马茂桐,杜承林. 华中红壤丘陵地区水稻生产中的 K 肥问题. 土壤通报, 1982, (5): 5~ 11
8. Mecklenburg R A, Tukey H B Jr, *et al.* A mechanism for the leaching of calcium from foliage. *Plant Physiol.*, 1966, 41: 610~ 613
9. Tumer D P, Tingey D T. Foliar leaching and root uptake of Ca, Mg and K in relation to acid fog effects on douglas fir. *Water, Air and Soil Pollution*, 1989, 48: 205~ 214
10. Leonardi S, Flückiger W. Effect of cation leaching on mineral cycling and transpiration: Investigations with beech seedlings, *Fagus sylvatica* L. *New Phytol.*, 1989, 111: 173~ 179
11. Gjengedal E. Effects of acidification on foliar leaching and retranslocation of metals vascular plants. *Water, Air and Soil Pollution*, 1996, 86: 22~ 34

## 新书《土壤农业化学分析法》介绍

由中国土壤学会组织有关专家编写、鲁如坤研究员主编的《土壤农业化学分析法》已由中国农业科技出版社于 2000 年出版。全书共分 11 篇 52 章有 101 万字。本书出版后深受广大读者欢迎, 已销售千余册。

本书内容丰富, 主要包括两个方面: 一是总结我国近 50 年土壤分析经验, 把那些行之有效, 在我国证明是成熟的分析方法介绍出来; 二是反映近年来的新进展、新方法、新成果。主要是①有 5 章仪器分析, 它们是近年来土壤农化分析进展的主要方面。这是满足现代分析“大量”、“快速”基本要求的必要条件; ②有 2 章土壤环境污染物的分析, 这是因为环境问题已变成土壤学和农业化学必须面对的重大任务之一; ③在新进展方面还专章介绍了土壤多元素通用浸提剂的应用。此外本书每一元素或方法, 均增加了“分析意义”一节。介绍与该方法分析结果有关的研究成果, 这样可以使分析结果在生产和理论上得到更有效的应用。

本书可作为广大土壤肥料、环保工作者的工具书, 现尚有余书, 如欲购此书, 请向中国土壤学会办公室联系。本书每册定价 98 元, 加挂号邮费 7 元, 共计 105 元。一次订购 20 册以上者享受八折优惠。

现金请寄: 南京市北京东路 71 号中国土壤学会(邮编: 210008)

银行请汇: 南京工商银行成贤街分理处

户 名: 中国土壤学会; 帐号: 4301010809001064640

联系电话: (025) 7713360

中国土壤学会