

盐胁迫对苹果器官中钙镁铁锌含量的影响*

夏 阳^{1**} 梁慧敏¹ 王太明¹ 束怀瑞² 王清华¹ 柴传华¹

(¹山东省林业科学研究院, 济南 250014; ²山东农业大学园艺学院, 泰安 271018)

【摘要】 以盆栽2年生富士苹果树(砧木为平邑甜茶 *M. hupehensis* Reld)为试材,研究了盐胁迫对苹果矿质营养平衡的影响。结果表明,在盐胁迫下,苹果各器官不同时期的单位干样中Ca、Mg、Fe和Zn含量的平均值没有明显变化,但各元素与Na的比值明显下降,特别是在高盐(3% NaCl)胁迫下下降更为明显,从而破坏了树体内元素平衡。在无盐和盐胁迫下,苹果各器官中Ca含量的顺序为主干韧皮部>叶片、新梢>根>主干木质部;Mg含量为新梢、根>主干木质部、主干韧皮部、叶片;Fe含量为根>叶片>主干韧皮部、新梢>主干木质部;Zn含量为新梢>叶片>根、主干韧皮部>主干木质部。与对照相比,器官中各元素含量在胁迫期间表现出不同程度的波动性。

关键词 盐胁迫 苹果 矿质营养

文章编号 1001-9332(2005)03-0431-04 **中图分类号** Q945.78;S661 **文献标识码** A

Effects of NaCl stress on Ca, Mg, Fe and Zn contents of different apple organs. XIA Yang¹, LIANG Huimin¹, WANG Taiming¹, SHU Huairui², WANG Qinghua¹, CHAI Chuanhua¹ (¹Research Academy of Forestry of Shandong Province, Jinan 250014, China; ²Shandong Agricultural University, Taian 271018, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(3):431~434.

The study with two-year-old potted apple tree (Fuji variety with *M. hupehensis* Reld stock) showed that under NaCl stress, the average contents of Ca, Mg, Fe and Zn in different apple organs sampled at 4 periods had no significant changes, while the content ratios of test elements to Na decreased significantly, especially under high NaCl (3%) stress, which would result in the unbalance of mineral nutrients in the tree. The Ca content of different apple organs under and without NaCl stress was in order of trunk phloem > leaf and vegetative shoot > root > trunk xylem; Mg content was vegetative shoot and root > trunk xylem and phloem, and leaf; Fe content was root > leaf > trunk phloem and vegetative shoot > trunk xylem; Zn content was vegetative shoot > leaf > root and trunk phloem > trunk xylem. The element contents under NaCl stress showed different degrees of fluctuation, comparing with the control.

Key words NaCl stress, *Malus* spp., Mineral nutrients.

1 引言

植物生长需要从根际环境中获取矿质营养。但在盐生境下,土壤中的NaCl改变了植物的营养平衡,导致盐离子与营养元素的比例发生变化^[5,9,13,23,28]。这些变化将影响植物正常的生理代谢,导致植物生长量下降^[3,11,15]。有关盐胁迫影响植株营养状况的研究几乎都集中在农作物上^[6,22,25],有关果树方面的报道很少^[21]。

20世纪80年代以来,苹果(*Malus* spp.)对主要矿质元素的吸收、运转、利用、分配和再利用规律,矿质营养与果实产量和品质形成的关系已有较多报道^[10]。随着苹果营养研究的不断深入,苹果矿质营养的生理生化学、酶化学、根际学成为研究的热点;同位素、组织培养、显微、亚显微等新技术也被广泛采用^[10,20],但对苹果盐胁迫逆境下矿质营养的变化则研究很少。

盐害已成为21世纪农业的重要问题^[4,29]。全球干旱和半干旱地区,约有1/3的农业灌溉土壤面临着盐害问题。苹果是我国北方最重要的经济林树种,许多果园已表现出不同程度的盐碱化^[24]。本研究采用多盐浓度处理和多种矿质元素测定方法,从离子平衡的角度分析了盐胁迫对苹果树矿质养分吸收和分配的影响,以期对盐碱地苹果栽培技术的建立和改进提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 试验材料

选用盆栽(盆土17 kg)富士苹果(*Malus* spp.)树,砧木为平邑甜茶(*M. hupehensis*),种植当年进行常规管理,越冬

* 国家“十五”科技攻关重大计划项目(2002BA516A15-04)、山东省自然科学基金项目(Y2000D10)和山东农业大学博士后基金资助项目。

** 通讯联系人。

2004-02-12收稿,2004-06-28接受。

后,选择生长一致、树势中庸健壮的植株作为试验树。

2.2 研究方法

2.2.1 试验设计 盐胁迫时间为2002年5月30日.试验设3个盐处理:0(对照)、1%和3% NaCl胁迫.单株小区,重复4次,随机排列,每个盆底垫有塑料盘,收集流失的土壤溶液,并定期回浇到盆内,以防止盆内土壤盐分含量降低。

分别选择叶片、新梢、主干韧皮部、主干木质部和根5个取样部位;取样时间分别为盐胁迫后第6天(6月5日)、19天(6月18日)、35天(7月4日)和54天(7月23日),将各个时间样品含量的平均值作为植株胁迫期间的矿质营养含量;叶片取自新梢中部,根系取2 mm以下的细根,主干分别取木质部和韧皮部,新梢取生长中庸的当年生新梢;测样用湿纱布包被,装入塑料袋,带回实验室用自来水冲洗,再用蒸

馏水冲洗5遍。

2.2.2 测定方法 矿质营养待测样品在105℃杀青15 min,60~70℃下烘干,用不锈钢粉碎机粉碎备用;干灰化盐酸溶解后,采用原子吸收分光光度法测定Ca、Mg、Fe和Zn含量,矿质营养测定委托山东农业大学植物营养系完成。

3 结果与分析

3.1 盐胁迫对苹果各器官不同元素含量的影响

由图1可以看出,苹果各器官胁迫期间Ca含量平均值顺序为韧皮部>叶片、新梢>根>木质部;Mg含量为新梢、根>木质部、韧皮部、叶片;Fe含量为根>叶片>韧皮部、新梢>木质部;Zn含量平均值顺序是新梢>叶片>根、韧皮部>木质部。

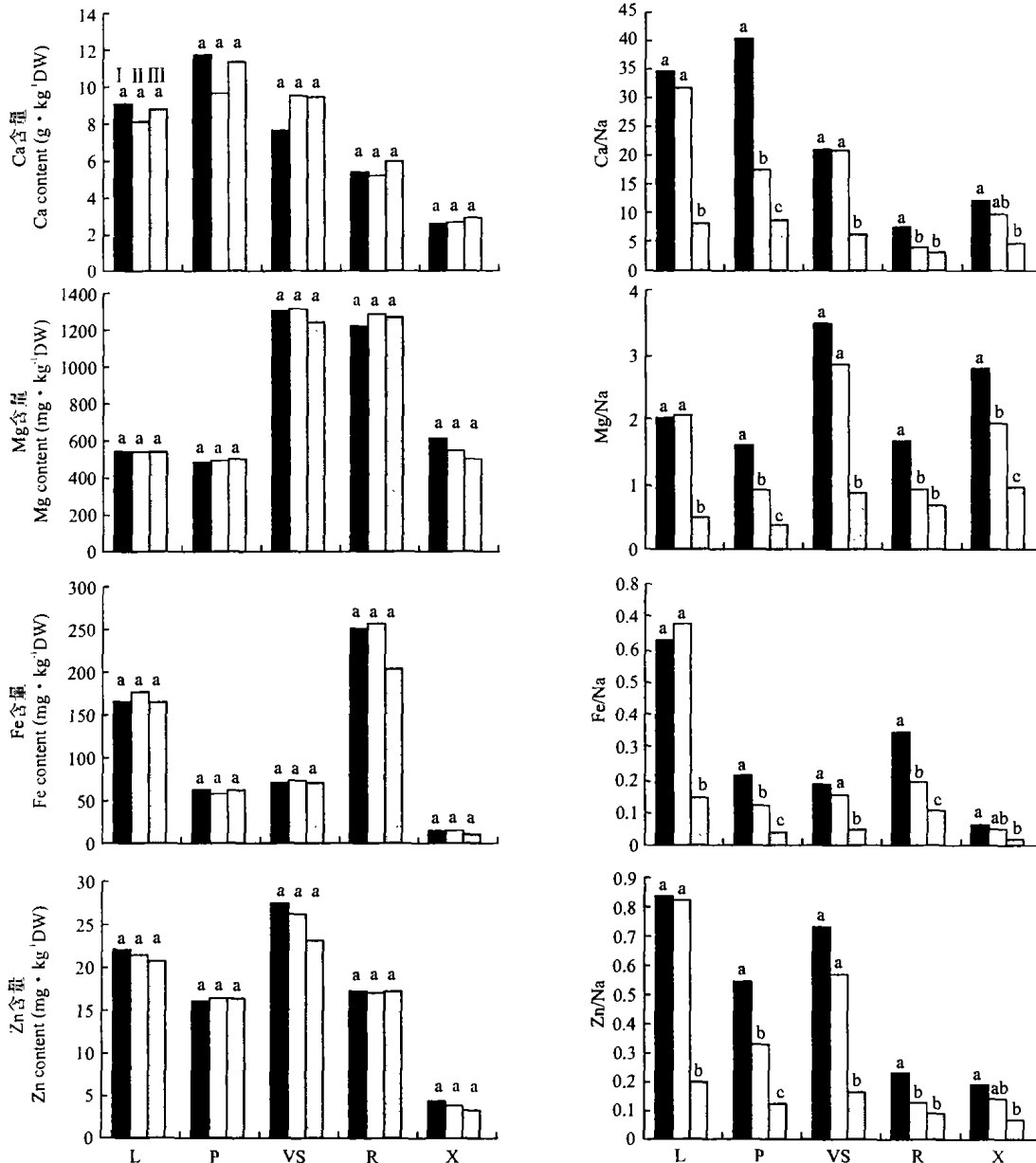


图1 盐胁迫下苹果不同器官组织中Ca、Mg、Fe、Zn含量及其与Na的比值

Fig. 1 Ca, Mg, Fe, Zn contents and the element/Na ratio in different organs of apple tree under NaCl stress.

L: 叶 Leaf; P: 韧皮部 Phloem; VS: 新梢 Vegetable shoot; R: 根 Root; X: 木质部 Xylem. 下同 The same below. I. 对照 Control; II. 1% NaCl; III. 3% NaCl.

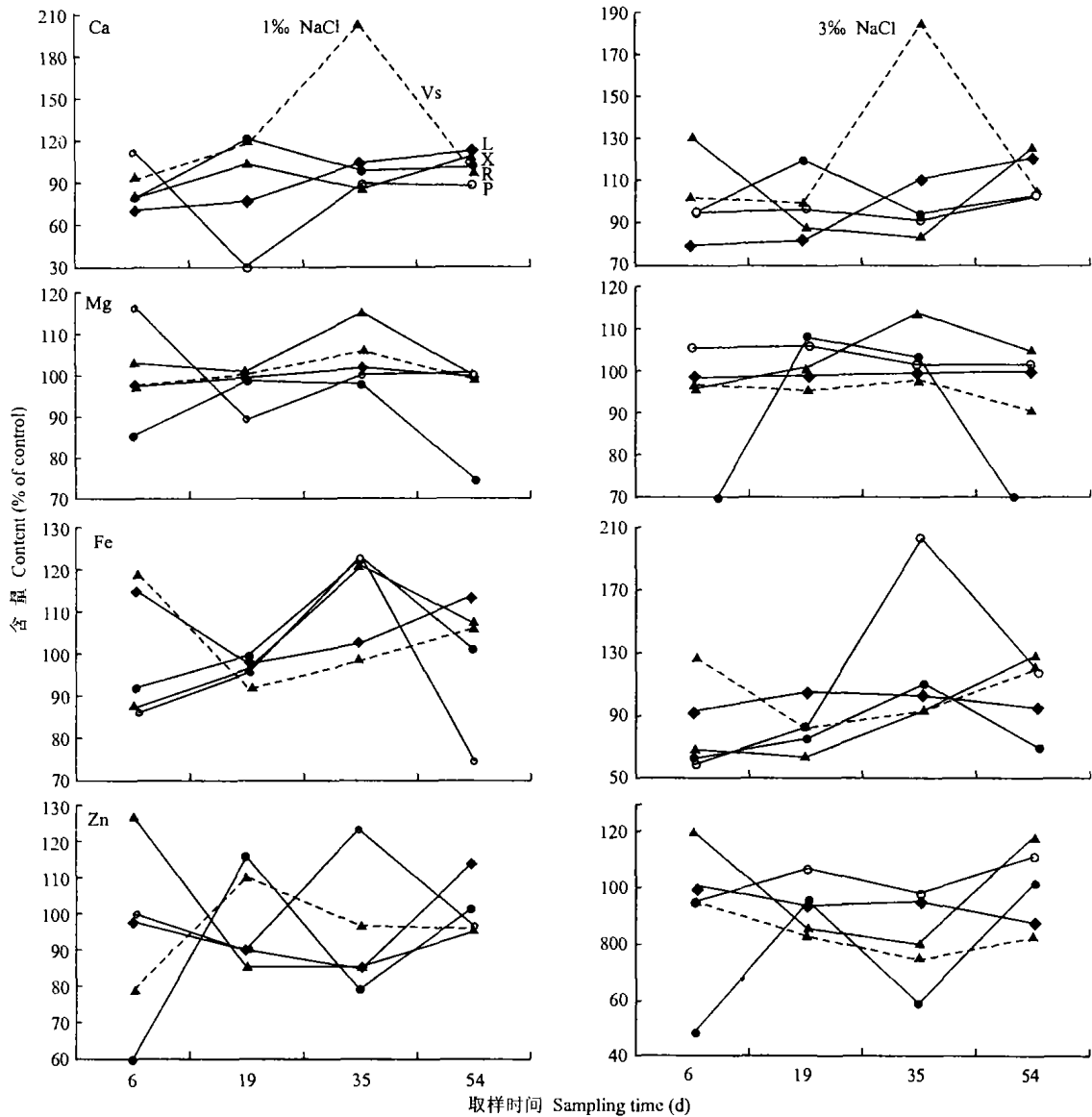


图2 盐胁迫时间对苹果不同器官组织中Ca、Mg、Fe、Zn含量的影响

Fig.2 Effect of NaCl stress day on Ca, Mg, Fe, Zn contents in different organs of apple tree.

与对照相比,盐胁迫下各器官中4种元素的绝对含量没有明显变化.在1‰NaCl胁迫下,叶、新梢和木质部中的Ca/Na比值没有明显变化,韧皮部和根中降低;随盐胁迫增加,各器官中的Mg/Na比值下降,说明盐胁迫明显影响树木Mg的平衡.在3‰NaCl胁迫下,Ca/Na比值明显下降,表明树木Ca的平衡受到明显影响.盐胁迫下,Fe/Na、Zn/Na比值明显下降,特别是在3‰NaCl胁迫下,下降更为明显,说明盐胁迫严重影响Fe、Zn的吸收.

3.2 盐胁迫时间对苹果苹果各器官不同元素含量的影响

由图2可见,与对照相比,在1‰NaCl胁迫下,新梢中Ca含量在中后期升高,韧皮部在中前期明显降低;在3‰NaCl胁迫下,新梢中的Ca含量在中后期明显增高,其它器官没有明显变化.在1‰和3‰

NaCl胁迫下,叶片、韧皮部、新梢和根中Mg含量均无明显变化,木质部中的含量在前期和后期低于对照.韧皮部中Fe含量的变幅最大;1‰NaCl胁迫下,其它器官的变幅基本在对照含量的 $\pm 20\%$ 之内;3‰NaCl胁迫下,其它器官的变幅有所增大,但也在对照含量的 $\pm 30\%$ 之内.而木质部中的Zn含量变幅较大,其它处理变幅都较小,基本在对照含量的 $\pm 20\%$ 之内.

4 讨 论

研究表明,在盐胁迫下,植物体内的各种离子含量发生变化,并对其生理作用产生影响,而原有离子平衡关系的破坏,对植物生理作用产生的不利影响更为严重^[2,14,27].离子只有处于相对平衡状态下,才能在植物体内发挥正常的生理作用.而平衡关系

的破坏将对其生理作用产生明显影响^[5,15,16,26]. 本研究表明,在盐胁迫下,各器官中 Ca、Mg、Fe 和 Zn 的绝对含量没有明显变化,但各元素与 Na 的比值明显下降,从而破坏了树体内元素平衡.

Na 和 Ca 的相互关系是研究植株耐盐生理机制的关键环节. Ca 不仅是植物必需的营养元素,也是植物代谢和发育的主要调控者. 细胞内 Ca 的平衡失调是盐胁迫的原初反应^[1,19], 并由此引发许多次生的盐害反应. 盐胁迫造成植物根系质膜中静电发生变化,表面的电负性变小,导致质膜表面吸收的阳离子减少^[7,12]. 由于 Na 的活性高,是受影响最小的阳离子,而结合在质膜上的 Ca 受到的影响最大,导致 Na 从质膜上置换 Ca,因此质膜表面的 Na/Ca 比值升高,膜的生理功能发生变化,细胞内 Ca 的平衡受到影响^[8]. 由于 Na 与 Ca 有拮抗作用,因此高 Ca 质量摩尔浓度及低 Na/Ca 值可评定树种的盐害程度及耐盐性^[17,18]. 本研究表明,盐胁迫并未对各器官中单位叶样 Ca 含量造成明显影响,但 Ca/Na 比值明显下降.

此外,由于胁迫的取样时间不同,各器官 4 种元素含量的变化表现出不同程度的波动. 因此,对于盐胁迫条件下矿质营养的研究,应在不同时间多次取样测定,综合分析,以提高研究结果的可靠性.

参考文献

- Chapin FS. 1991. Integrated responses of plants to stress. A centralized system physiological response. *Bioscience*, **41**:29~36
- Cheesman JM. 1988. Mechanism of salinity tolerance in plants. *Planta Physiol*, **87**:547~558
- Feng G(冯固), Bai D-S(白灯莎), Yang M-Q(杨茂秋), et al. 1999. Effects of salinity on VA mycorrhiza formation and of inoculation with VAM fungi on saline tolerance of plants. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **10**(1):79~82(in Chinese)
- Flowers TJ. 1999. Salinisation and horticultural production. *Sci Hort*, **78**:1~4
- Grattan SR, Grieve CM. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plant grown in saline environment. *Agric Ecosyst Environ*, **38**:275~300
- Greenway H, Munns R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann Rev Plant Physiol*, **31**:149~190
- Lauchli A. 1979. Absorption and translocation of mineral ion in higher plants. In: Eilenberg H, Esser K, Kubitzki E, eds. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Berlin: Springer-Verlag. 12C. 59~135
- Lauchli A. 1990. Calcium, salinity and the plasma membrane. In: Leonard RT, Hepler PK, eds. *Calcium in Plant Growth and Development*. American Society of Plant Physiologists. Rockville, Maryland. 26~35.
- Li J-H(李加宏), Yu R-P(俞仁培). 1998. Ion transportation in soil-crop rhizosphere system under different conditions. *Acta Pedol Sin* (土壤学报), **35**(2):187~194(in Chinese)
- Liu H(刘慧), Wang W-M(王为木), Yang X-H(杨晓华), et al. 2001. Current situation in the study of apple tree mineral nutrition in China. *J Shandong Agric Univ* (Nat Sci) (山东农业大学学报·自然科学版), **32**(2):245~250(in Chinese)
- Liu R-J(刘润进), Liu P-Q(刘鹏起), Xu K(徐坤), et al. 1999. Ecological distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in saline-alkaline soil of China. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **10**(6):721~724(in Chinese)
- Lynch J, Lauchli A. 1985. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley. *New Phytol*, **99**:345~354
- Metin T, Yildirim S. 2002. Effect of Salt Stress on Plant Nutrition Uptake. International Conference on Sustainable Land Use and Management. Canakkale.
- Pan R-Z(潘瑞焱), Dong Y-D(董愚得). 1995. *Plant Physiology*. Beijing: Education Press. 332~385(in Chinese)
- Ruiz D, Martinez V, Cerda A. 1997. Citrus response to salinity: Growth and nutrient uptake. *Tree Physiol*, **17**:141~150
- Sagi M, Dovrat A, Kipnis T. 1997. Ionic balance, biomass production, and organic nitrogen as affected by salinity and nitrogen source in annual ryegrass. *J Plant Nutr*, **20**(10):1291~1316
- Sepaskhah AR, Maftoun M. 1988. Relative salt tolerance of pistachio cultivars. *J Hort Sci*, **63**(1):157~162
- Storey R, Walker R. 1999. Citrus and salinity. *Sci Hort*, **78**:39~81
- Storey R. 1995. Salt tolerance, ion relations and the effect of root medium on the response of citrus to salinity. *Aust J Plant Physiol*, **22**:101~114
- Wang H-Y(王海英), Sun J-S(孙建设), Wang X-J(王旭静), et al. 2000. The recent study progress on salt tolerance of fruit trees. *J Hebei Agric Univ* (河北农业大学学报), **23**(2):54~61(in Chinese)
- Wang L-J(汪良驹), Ma K(马凯), Jiang W-B(姜卫兵), et al. 1995. Study on contents of sodium and potassium ions of pomegranate and peach plants under sodium chloride stress and their salt tolerance. *Acta Hort Sin* (园艺学报), **22**(4):336~340(in Chinese)
- Wu L-H(吴龙华), Zhang S-J(张素君), Liu L-M(刘兰民), et al. 2002. Rhizosphere effect of nutrients in different maize soils with different fertility levels. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(4):545~548(in Chinese)
- Xi J-B(郗金标), Zhang F-S(张福锁), Chen Y(陈阳), et al. 2004. A preliminary study on salt contents of soil in root canopy area of halophytes. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(1):53~58(in Chinese)
- Xia G-H(夏国海), Chen Y-Z(陈英照), Sun S-R(孙守如), et al. 1998. Study on the nutrition characters of the leaves of the apple trees and orchard soils in the yellow river's old flooded area. *J Fruit Sci* (果树科学), **15**(3):207~211(in Chinese)
- Xia Y(夏阳), Hu H-J(胡恒觉), Lin S(林杉), et al. 2000. Effect of foliar leaching on growth and mineral nutrition of maize under NaCl stress. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(5):731~734(in Chinese)
- Xia Y(夏阳), Lin S(林杉), Zhang F-S(张福锁), et al. 2003. Effect of foliar leaching on growth and mineral nutrient contents of soybean under NaCl stress. *Acta Pedol Sin* (土壤学报), **40**(1):155~159(in Chinese)
- Xia Y(夏阳), Lin S(林杉), Zhang F-S(张福锁), et al. 2001. Effect of foliar leaching on mineral nutrient contents in leachate of maize (*Zea mays* L.) under NaCl stress. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **21**(4):593~597(in Chinese)
- Xia Y(夏阳), Lin S(林杉), Li J(李杰), et al. 2002. Effect of NaCl Stress on N-components in leachates from maize canopy (*Zea mays* L.). *Acta Agron Sin* (作物学报), **28**(2):278~281(in Chinese)
- Zhang Y-D(张彦东), Bai X-B(白尚斌), Wang Z-Q(王政权), et al. 2001. Soil P availability in larch rhizosphere. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **12**(1):31~34(in Chinese)

作者简介 夏阳,男,1962年生,博士,教授.主要从事植物抗逆生理和抗逆基因转化研究,发表论文30多篇. Tel: 0531-8557749; E-mail: lzsh88@jn-public.sd.cninfo.net