

# NaCl 胁迫对葡萄幼苗根际 pH 值及营养成分的影响

房玉林<sup>1</sup>, 宋士任<sup>1</sup>, 王华<sup>1</sup>, 陈书霞<sup>2\*</sup>, 史世梦<sup>1</sup>, 周晓明<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100; 2 西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 采用多隔层根际培养的方法, 研究了 NaCl 胁迫下赤霞珠葡萄幼苗根际土和非根际土的 pH 值以及主要营养成分的变化。结果表明, NaCl 处理对赤霞珠葡萄幼苗的生长造成了不同程度的抑制。不同 NaCl 处理下, 葡萄幼苗根际土壤 pH 均低于非根际土壤, 各层土壤的 pH 随盐胁迫程度加深而增高; 水溶性 K<sup>+</sup> 在根际含量较低, 水溶性 Na<sup>+</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 在根际富集。非盐渍条件下, 葡萄幼苗根际碱解氮增高, 而在盐胁迫下下降。在 4 g/kg NaCl 胁迫下, 葡萄根际有效磷降低, 其它处理升高; 而水溶性 Mg<sup>2+</sup> 则相反。试验结果还表明, Na<sup>+</sup> 的存在阻碍了根系对多种矿质营养的吸收和利用, 影响了葡萄的正常生理活动, 不同程度地限制了葡萄根系的生活力和吸收能力。在 Na<sup>+</sup> 的作用下, K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 的迁移和吸收受到不同程度的影响, 与对照相比, 各层土壤中的几种离子的含量均有所变化。

**关键词:** 葡萄幼苗; 盐胁迫; 根际土壤; 矿质营养

中图分类号: S663.1; Q945.78

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2008)04-0814-05

## Effects of NaCl stress on pH values and nutrient elements around rhizosphere of young grapevines

FANG Yu-lin<sup>1</sup>, SONG Shi-ren<sup>1</sup>, WANG Hua<sup>1</sup>, CHEN Shu-xia<sup>2\*</sup>, SHI Shi-meng<sup>1</sup>, ZHOU Xiao-ming<sup>1</sup>

(1 College of Enology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The changes in pH values and primary nutrient elements around rhizosphere soil and non-rhizosphere soil of Cabernet Sauvignon young grapevines under salt stress were studied by using rhizobox cultivation experiment. The results showed that pH values of rhizosphere soil were lower than non-rhizosphere soil under different salt stresses, pH values of each layer increased with salt stress. Water-soluble potassium ions were lowest, but water-soluble sodium ions and calcium ions were enriched in rhizosphere. Alkali-hydrolyzable nitrogen was enriched without salt stress, but decreased under salt stress. Available phosphorus decreased when stressed in 4 g/kg salt, and was enriched under other treatments. Water-soluble magnesium ion was enriched when stressed in 4 g/kg salt, and decreased under other treatments. The results indicated that sodium ion blocked the root system from absorbing and utilizing the mineral nutrients, affected normal physiological activities of young grapevines, and restricted root activity and absorption ability of young grapevines. With the effect of sodium ion, the transfer and absorption of potassium ion, calcium ion and magnesium ion were affected to different extents. Compared with control, the content of these ions changed in each layer.

**Key words:** grapevine nursery; salt stress; rhizosphere soil; mineral nutrients

根际是指根-土界面不足几毫米范围内的微区土壤, 是植物根系和土壤相互作用的界面, 也是土壤-植物-微生物相互作用的场所。因此, 根际土壤的

物理、化学和生物学特性明显不同于土体土壤<sup>[1-3]</sup>。研究根际微域环境, 探索根际理化和生物环境与作物的生长发育、抗逆性等的关系, 是目前土壤学与肥

收稿日期: 2007-06-08 接受日期: 2007-11-06

基金项目: 国家科技攻关项目(02EFN2170127); 西北农林科技大学青年学术骨干支持计划 校专项(08080224)资助。

作者简介: 房玉林(1973—), 男, 博士, 讲师, 主要从事葡萄栽培、生理、生态研究。Tel: 029-87091364, E-mail: fangyulin1973@yahoo.com.cn

\* 通讯作者 Tel: 029-87091364, E-mail: shuxiach@yahoo.com.cn

料学领域的热点之一。

我国是世界上盐碱地大国之一,盐碱土地面积约为 2700 万公顷,主要分布在河北、新疆、辽宁、山东及江苏等地,盐碱化的土地占总耕地的 1/4 ~ 1/3,潜在盐碱化耕地面积则更大<sup>[4-5]</sup>。而上述地区是我国葡萄种植的传统区域和重点区域<sup>[6]</sup>。随着传统灌溉方式导致的葡萄园土壤次生盐碱化的加重,对葡萄优质高效生产构成了一定威胁<sup>[7]</sup>。

近年来,许多学者在葡萄耐盐生理<sup>[8-9]</sup>、抗盐砧木的筛选<sup>[10]</sup>、抗盐细胞系培养<sup>[11]</sup>、耐盐性鉴定指标<sup>[12]</sup>及 AM 真菌对盐胁迫的缓解效应<sup>[13]</sup>等方面进行了较多研究,但有关盐胁迫条件下葡萄根际环境中 pH 值和矿质营养变化的研究尚未见报道。因此,本研究拟对 NaCl 胁迫下,葡萄根际微域环境中 pH 值的变化及根际矿质营养的吸收、分布规律进行探索,旨在为盐碱地葡萄园的土壤改良和水肥管理提供理论支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验方法

试验用土壤为瘠土,取自陕西杨凌张家岗葡萄园。该土壤田间持水量为 30%,0—40 cm 土层有机质含量为 11.4 g/kg,全氮 0.84 g/kg,全磷 0.63 g/kg,全钾 25.46 g/kg,碱解氮 67 mg/kg,速效磷 14 mg/kg,速效钾 111 mg/kg, pH 值为 8.08。土壤经风干、研碎、过 0.15 mm 筛后备用。

试材为欧亚种葡萄 (*V. vinifera* L) 品种赤霞珠 (*Cabernet Sauvignon*) 组织培养苗。利用双芽茎段扦插方法在 WPM 培养基上进行培养,3~4 片叶时转入沙盘炼苗,长至 6 片叶时移入根箱定植。根箱采用多隔层法<sup>[14-17]</sup>。规格为长 × 宽 × 高 = 200 mm × 30 mm × 200 mm,分 9 层,各夹层厚度均为 2 mm,中间层为植株定植层,植株生长一段时期后,中间层便

充满根系,故该层土壤作根际土对待;其余层次对称分布于中间层两侧。层间用 0.08 mm 聚乙烯塑料筛网分开,根箱框架为厚度 1 mm 的硬塑料板,钻孔后以不锈钢螺丝固定。

试验设 4 个 NaCl 浓度处理: NaCl 0、2、4、6 g/kg,每处理 6 次重复,采用完全随机设计。试验时按设计的浓度,在土壤中加入化学纯 NaCl,充分混匀后装入根箱。葡萄苗于 2005 年 5 月 3 日移入根箱,每个根箱栽植 4 株。将根箱埋入规格为 1000 mm × 600 mm × 600 mm 的土箱内,根箱上表面与土箱中土壤取平,置于日光温室中。定期在土箱中浇水,保持土箱土壤正常含水量,浇水的原则为少量多次,避免水流过大导致盐分迁移。不施加其他肥料。

### 1.2 测定项目与方法

在植株生长过程中,观测记录新梢长度和叶片数。盐处理至 8 月 3 日,处理结束后采集土样,并将植株地上部与地下部剪开,分别测定其鲜重和干重。

土样采集由根箱一侧开始<sup>[16]</sup>,由外向内依次采集各层土样,取样时均去除表层 3 cm 厚的土壤。将中间层以外各对应土层放在一起,分别标记为距根际 0、2、4、6、8 mm 的土样。

碱解氮采用碱解滴定法,有效磷采用 0.05 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 法,土壤水溶性 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup> 含量用原子吸收光谱仪测定, pH 值用电位法测定。

采用 DPS 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐处理对赤霞珠葡萄生长的影响

表 1 看出,随着盐胁迫强度的增加,赤霞珠幼苗的生长受到抑制作用,新梢的延长量、新梢叶片数、地上部与地下部的鲜重及干重值均出现不同程度的降低。NaCl 6 g/kg 处理下,葡萄幼苗生长情况不良,

表 1 不同 NaCl 处理下葡萄植株的生长量

Table 1 Variation of the growth of Cabernet Sauvignon under different saline stress

NaCl 浓度 NaCl concen. (g/kg)	新梢总长度 Young shoots length (cm/plant)	平均叶数 Leaves (No. plant)	新梢 Young shoots (g/plant)		根系 Root (g/plant)	
			鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.
0	81.56 aA	14 aA	56.80 aA	12.34 aA	15.67 aA	6.28 aA
2	62.23 abA	11 abA	45.50 bB	9.67 abA	13.35 abA	5.06 abA
4	50.68 bA	9 bA	34.45 cB	7.08 bA	10.28 bA	4.33 bA
6	28.63 cB	7 bA	—	4.01 cB	5.45 cB	2.42 cB

注 (Note): 同列数字后不同大、小写字母表示分别在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Values followed by different capital and small letters within a column are significantly different at the 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

先后出现生长点干枯、叶片变黄的症状,在盐处理 45 d 后全部枯死。故在以下的分析中仅对其他 3 个处理的结果进行讨论。

## 2.2 葡萄幼苗根际土和非根际土 pH 的变化

盐胁迫下葡萄幼苗根际土和非根际土 pH 都高于对照,且随着盐浓度的上升,pH 值增大。与对照相比,NaCl 2 g/kg 和 4 g/kg 处理 pH 值(各土层均值)分别上升了 0.10 和 0.19 个 pH 单位,而在葡萄根际则分别上升了 0.37 和 0.52 个 pH 单位(表 2)。

## 2.3 葡萄幼苗根际土和非根际土营养成分的变化

### 2.3.1 碱解氮

在无 NaCl 胁迫处理下,从远根区至根际,碱解 N 含量先是缓慢的下降,当距根际 2 mm 时,又快速上升并在根际达到最大值;NaCl 胁迫处理下,葡萄根际和非根际土壤的碱解 N 含量较低,且 NaCl 4 g/kg 处理低于 2 g/kg 处理。(图 1a)

### 2.3.2 有效磷

不同盐处理下有效磷的分布有较

大差异。图 1b 看出,对照和 NaCl 2 g/kg 处理葡萄幼苗根际土有效磷的含量高于 NaCl 4 g/kg 处理。与对照相比,NaCl 2 g/kg 处理在根际和邻近土层磷的含量明显上升,其根际有效磷的含量是距根际 8 mm 非根际土的 1.80 倍,对照处理为 1.57 倍;而 NaCl 4 g/kg 处理葡萄根际土壤中有有效磷的含量则低于非根际土。

表 2 葡萄幼苗根际土和非根际土 pH 的变化  
Table 2 Variation of pH values in rhizosphere and non-rhizosphere soil of young grapevine

NaCl 浓度 NaCl concen. (g/kg)	距根际距离(mm) Distance from rhizosphere				
	0	2	4	6	8
0	7.90	8.33	8.37	8.31	8.29
2	8.27	8.34	8.39	8.34	8.36
4	8.42	8.50	8.43	8.39	8.41

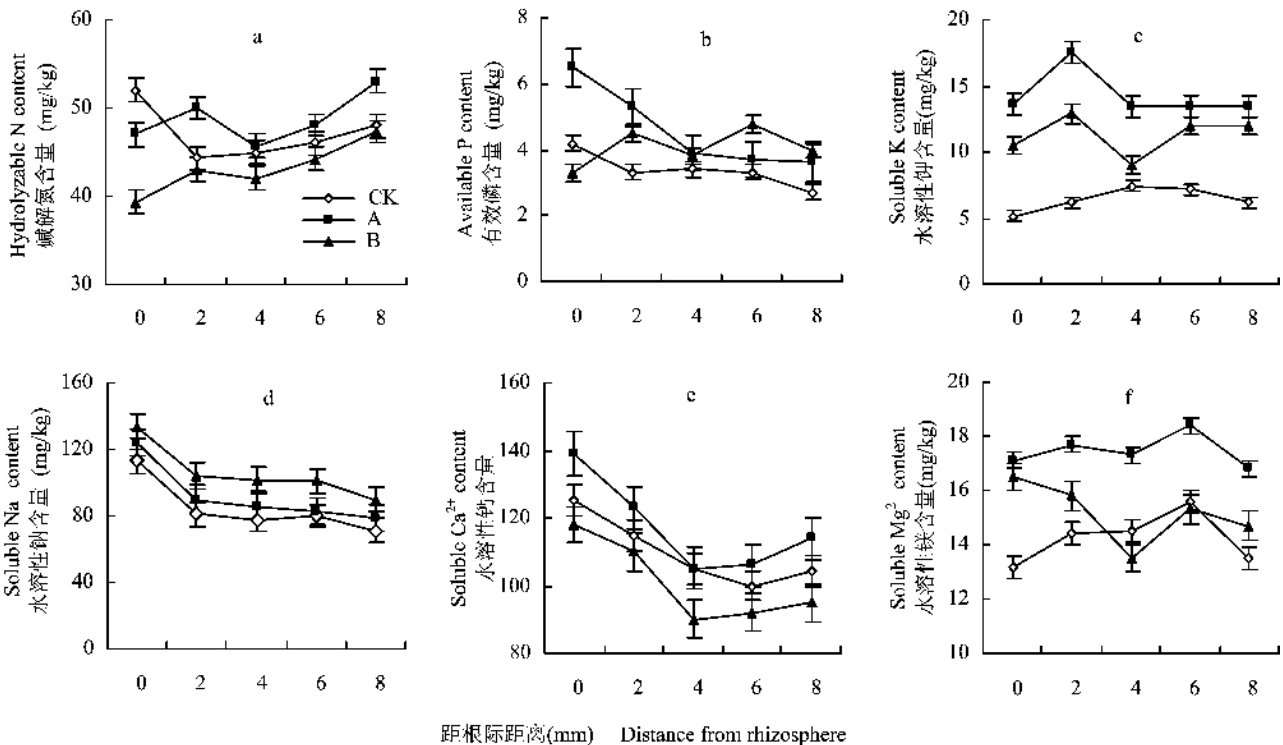


图 1 葡萄幼苗根际和非根际土中营养成分的变化

Fig.1 Variation of nutrient elements in rhizosphere and non-rhizosphere soil of young grapevine

(A : 2 g/kg NaCl ; B : 4 g/kg NaCl ; CK : Without NaCl )

### 2.3.3 水溶性 K<sup>+</sup>

对照和 NaCl 4 g/kg 处理中葡萄幼苗根际水溶性 K<sup>+</sup> 在根际含量较低,分别比 8 mm 土层降低了 18% 和 13%;而 NaCl 2 g/kg 处理的根际水溶性 K<sup>+</sup> 略高于 8 mm 非根际土。不同盐处理下,葡萄幼苗根际与非根际土壤中水溶性 K<sup>+</sup> 含

量具有明显差异。相同土层内,NaCl 2 g/kg 处理和 4 g/kg 处理的水溶性 K<sup>+</sup> 含量明显高于对照,差异均达到显著水平(图 1c)。

### 2.3.4 水溶性 Na<sup>+</sup>

3 种处理下 Na<sup>+</sup> 含量的分布呈相同趋势,即在葡萄根际出现大量富集。图 1d 表

明,对照和 NaCl 2、4 g/kg 处理的根际土  $\text{Na}^+$  含量分别是距根际 8 mm 土的 1.59、1.57 和 1.49 倍;盐胁迫处理高于对照。 $\text{Na}^+$  在根际富集与 NaCl 的加入提高了土壤中  $\text{Na}^+$  的含量, $\text{Na}^+$  在土壤中主要以质流方式运移,受根系吸水影响的范围大;同时  $\text{Na}^+$  不是葡萄必需元素,根系对  $\text{Na}^+$  吸收利用的量较小,当周围的  $\text{Na}^+$  迁移到根际时,由于根系中没有更多的  $\text{Na}^+$  载体将其吸收和运输到植物体内,从而使  $\text{Na}^+$  在葡萄根际富集。

2.3.5 水溶性  $\text{Ca}^{2+}$  不同水平盐胁迫下,葡萄幼苗根际和非根际  $\text{Ca}^{2+}$  含量的变化特征呈现相似的变化趋势(如即在根际出现水溶性  $\text{Ca}^{2+}$  的富集。3 种处理葡萄根际土  $\text{Ca}^{2+}$  含量以 NaCl 2 g/kg 处理为最高;其次为对照;NaCl 4 g/kg 处理最低(图 1e)。不同浓度盐处理对土壤  $\text{Ca}^{2+}$  有所影响,但未达到显著水平。适度盐渍条件下(2 g/kg NaCl 处理),葡萄根际土的  $\text{Ca}^{2+}$  含量与对照相比有所提高;而较高浓度(4 g/kg NaCl)处理, $\text{Na}^+$  对钙盐溶解度的提高效果不明显,根际及各土层的  $\text{Ca}^{2+}$  含量均低于 NaCl 2 g/kg 处理和对照。

2.3.6 水溶性  $\text{Mg}^{2+}$  NaCl 2 g/kg 处理与对照的  $\text{Mg}^{2+}$  变化趋势相似(图 1f),在根际出现降低,NaCl 2 g/kg 处理和对照根际分别比距根际 8 mm 处土  $\text{Mg}^{2+}$  含量降低了 3% 和 8%;反之,NaCl 4 g/kg 处理根际则出现升高。多重比较结果显示,NaCl 2 g/kg 处理与其他处理的  $\text{Mg}^{2+}$  含量的均值均达到显著水平,但 NaCl 2 g/kg 处理与对照差异不显著。

### 3 小结

试验表明,葡萄幼苗根际土壤 pH 均低于非根际土,各层土壤的 pH 随盐胁迫程度加深而增高。盐胁迫不同程度地限制了葡萄根系的活力和吸收能力,对氮的吸收产生抑制,使根际的氮含量高于周围,但阻碍了葡萄根系对磷的吸收,使磷在根际的含量增高。由于金属离子化学性质的相似性,在  $\text{Na}^+$  的作用下, $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的迁移和吸收受到不同程度的影响,与对照相比,各层土壤中的几种离子的含量均有不同升高。NaCl 处理后, $\text{Na}^+$  存在阻碍了根系对多种矿质营养的吸收和利用,影响了葡萄的正常生理活动,降低了植株的生长势。

### 参考文献:

[1] 郭朝晖,张杨珠,黄子蔚. 根际微域营养研究进展(一)[J]. 土壤通报,1999,30(1):46-47.

Guo C H, Zhang Y Z, Huang Z W. The advance in rhizosphere micro-zone nutrition research [J]. Chin. J. Soil Sci., 1999, 30(1): 46-47.

[2] 许衡,杨和生,徐英,等. 果树根际微域环境的研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2004,35(3):476-480.

Xu H, Yang H S, Xu Y *et al.* Research progress on rhizosphere environment of fruit trees[J]. J. Shandong Agric. Univ. (Nat. Sci. Ed.), 2004, 35(3):476-480.

[3] 张福锁,曹一平. 根际动态过程与植物营养[J]. 土壤学报,1992,29(3):239-250.

Zhang F S, Cao Y P. Rhizosphere dynamics and plant nutrition[J]. Acta Pedol. Sin., 1992, 29(3):239-250.

[4] 陈小兵,杨劲松,刘春卿,等. 大农业条件下新疆土壤盐碱化及其调控对策[J]. 土壤,2007,39(3):347-353.

Chen X B, Yang J S, Liu C Q *et al.* Soil salinization under integrated agriculture and its counter measures in xinjiang[J]. Soils, 2007, 39(3):347-353.

[5] 汤洁,赵凤琴,李昭阳,等. GIS 技术支持下的土地盐碱化敏感性评价[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,36(5):841-846.

Tang J, Zhao F Q, Li Z Y *et al.* Evaluation of sensitivity to alkaline land supported by GIS[J]. J. Jilin Univ. (Earth Sci. Ed.), 2006, 36(5):841-846.

[6] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.

He P C. Viticulture[M]. Beijing:China Agricultural Press, 1999.

[7] 李华,房玉林. 论葡萄产业可持续发展模式的目标—优质、稳产、长寿、美观[J]. 科技导报,2005,23(9):20-22.

Li H, Fang Y L. Study on the mode of sustainable viticulture: quality, stability, longevity and beauty[J]. Sci. & Tech. Rev., 2005, 23(9):20-22.

[8] 房玉林,惠竹梅,高邦牢,等. 盐胁迫下葡萄光合特性的研究[J]. 土壤通报,2006,37(5):881-884.

Fang Y L, Hui Z M, Gao B L *et al.* Changes of grapevine photosynthetic properties under salt stress[J]. Chin. J. Soil Sci., 2006, 37(5):881-884.

[9] 高光林,姜卫兵,俞开锦. 盐胁迫对果树光合生理的影响[J]. 果树学报,2003,20(6):493-497.

Gao G L, Jiang W B, Yu K J. Effects of salt stress on fruits photosynthetic properties[J]. J. Fruit Sci., 2003, 20(6):493-497.

[10] 张亚冰,刘崇怀,孙海生,等. 葡萄砧木耐盐性与丙二醛和脯氨酸关系的研究[J]. 西北植物学报,2006,26(8):1709-1712.

Zhang Y B, Liu C H, Sun H S *et al.* Relation between salt tolerance of grape rootstock and MDA and proline contents in grape leaves[J]. Acta Bot. Boreali-Occid. Sin., 2006, 26(8):1709-1712.

[11] 霍丽云. 葡萄抗羟脯氨酸变异细胞系和抗盐变异细胞系的生化特性比较研究[J]. 山东师大学报(自然科学版),2000,15(2):182-185.

Huo L Y. Study on biochemistry characterization of two variant cell lines resistant to hydroxyproline and salt in *Vitis vinifera*[J]. J. Shandong Norm. Univ. (Nat. Sci.), 2000, 15(2):182-185.

[12] 冯长根,任玉华,李华. 葡萄耐盐性研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2004(3):12-15.

- Feng C G, Ren Y H, Li H. Advances of research on grapevine tolerance under salt stress [ J ]. *Sino Vine & Wine*, 2004, (3): 12-15.
- [ 13 ] 冯长根, 任玉华, 李华. 盐胁迫下“霞多丽”葡萄幼苗接种地表球囊霉效应初探 [ J ]. *园艺学报* 2004, 31(1): 84-86.
- Feng C G, Ren Y H, Li H. Preliminary effects of inoculating *Glomus versiforme* on “Chardonnay” rooted cuttings under salt stress [ J ]. *Acta Hortic. Sin.*, 2004, 31(1): 84-86.
- [ 14 ] 刘芷宇, 李良漠, 施卫明. 根际研究法 [ M ]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1997.
- Liu Z Y, Li L M, Shi W M. Rhizosphere research method [ M ]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1997.
- [ 15 ] 董淑富, 何承顺, 黄天栋, 束怀瑞. 苹果砧木苗根际微域环境的研究 [ J ]. *土壤学报*, 1997, 34(3): 323-326.
- Dong S F, He C S, Huang T D, Shu H R. Study on rhizosphere of apple rootstock seedlings [ J ]. *Acta Pedol. Sin.*, 1997, 34(3): 323-326.
- [ 16 ] Youssef R A, Chino M. Studies on the behavior of nutrient in the rhizosphere I. Establishment of a new rhizo-box system to study nutrient status in the rhizosphere [ J ]. *J. Plant Nutr.*, 1987, 10: 1185-1196.
- [ 17 ] 苏宝玲, 韩士杰, 王建国. 根际微域研究中土样采集方法的研究进展 [ J ]. *应用生态学报* 2000, 11(3): 477-480.
- Su B L, Han S J, Wang J G. Advance in soil sampling methods in rhizosphere microzone study [ J ]. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2000, 11(3): 477-480.