

# 盐胁迫下紫花苜蓿苗期根部生长及生理特性研究

江 超<sup>1</sup>, 夏 阳<sup>2</sup>, 杨 克 强<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 272100; 2. 山东省林业科学研究院, 山东 济南 250000)

**摘 要:**以耐盐性不同的紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)品种“阿尔冈金”和“皇冠”为试材,在水培条件下,研究了不同盐胁迫浓度(0、100、200 mmol/L NaCl 浓度)和不同胁迫时间(0、2、4、6、8、10、12 d)对 2 个紫花苜蓿品种幼苗的根系活力、丙二醛含量、脯氨酸含量、可溶性蛋白质含量等相关根部生长及生理指标的影响。结果表明:随着盐胁迫浓度和天数的增加,紫花苜蓿根系活力呈现明显下降的趋势;随着盐胁迫浓度和天数的增加,紫花苜蓿根部脯氨酸含量、丙二醛含量和可溶性蛋白质含量均呈现明显的先升高后降低的趋势,但是高盐溶液升高的趋势要明显大于低盐溶液升高的趋势。经主成分分析表明,脯氨酸含量和可溶性蛋白质含量能较好的代表紫花苜蓿的耐盐性。

**关键词:**紫花苜蓿;耐盐性;根部;生理特性

**中图分类号:**S 551<sup>+</sup>.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0068-05

土壤的盐渍化是影响作物生长发育以及产量和品质的重要因素之一,严重影响农业生产,已成为世界性难题<sup>[1]</sup>。对于盐碱地的改良变得越来越紧迫,许多学者认为种植耐盐植物是改良盐碱地最有效、最经济的方法之一<sup>[2-3]</sup>。被誉为“牧草之王”和“饲料皇后”的紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是具有经济价值高的优质豆科牧草,其中有些品种的耐盐性较强,具有在盐碱地推广的潜力,因此选择和培育耐盐性较强的紫花苜蓿品种变得尤为重要。

植物在吸收水分和营养物质的过程中,根系起关键性作用,同时根系在土壤中的理化性质的变化反映出植物的生态适应对策,这种对策在逆境中表现为增加其生存的机会<sup>[4]</sup>。植物的耐盐性随个体的发育阶段而变化,不同发育阶段,其抗盐能力是不一样的。研究表明,紫花苜蓿在发芽期、苗期对盐比较敏感,生长后期相对不敏感,认为苗期是耐盐鉴定的最佳时期<sup>[5]</sup>。因此,现以 2 个耐盐性不同的紫花苜蓿品种幼苗为试材,分析研究了不同盐胁迫浓度、不同胁迫时间的盐胁迫处理对其根部生理指标的影响,以期确定其与耐盐程度的关系,也为进一步提高紫花苜蓿耐盐性及相关耐盐转基因苜蓿的筛选提供参考。

**第一作者简介:**江超(1988-),男,硕士研究生,研究方向为林木遗传育种。E-mail:asd3431505@163.com.

**责任作者:**杨克强(1965-),男,博士,副教授,研究方向为林木遗传育种。E-mail:yangwere@126.com.

**基金项目:**山东省良种工程资助项目(鲁农良种字[2010]117 号)。

**收稿日期:**2013-11-22

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试的耐盐性不同的 2 个紫花苜蓿品种为“阿尔冈金”和“皇冠”,均由山东省林业科学研究院林木遗传实验室提供;光照培养箱(GXZ 型,上海仪存公司)。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 盐胁迫对紫花苜蓿根长及生物量的影响** 挑选籽粒饱满的 2 个品种的紫花苜蓿种子,根据《国际种子检验规程》进行试验。将种子经 0.1% HgCl<sub>2</sub> 消毒 8 min 后,用蒸馏水冲洗干净。4℃ 春化后播种于底部垫有 2 层滤纸、直径为 90 mm 培养皿内,每个培养皿均匀撒播 30 粒种子。放入 GXZ 型光照培养箱,温度恒为 25℃ 进行种子发芽,每 2 d 观察 1 次,补充水培溶液,使其保持湿润。待发芽 10 d 后,各培养皿内注入等量的 0(CK)、50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 溶液直至半浸没种子。在第 12 天时,测量各浓度下幼苗的根长及生物量。

**1.2.2 盐胁迫对紫花苜蓿根系活力的影响** 种子培养方法同 1.2.1,发芽 10 d 后,各培养器注入等量的 0(CK)、100、200 mmol/L 的 NaCl 溶液,渗液浸没种子,在继续培养 0(CK)、2、4、6、8、10、12 d 时,取根部组织,分别测定脯氨酸含量、丙二醛含量、可溶性蛋白质含量、根系活力等指标。

### 1.3 项目测定

根系活力的测定采用氯化苯基四氮唑比色法<sup>[6]</sup>;脯氨酸含量的测定采用磺基水杨酸提取,茚三酮比色法<sup>[7]</sup>;可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法<sup>[8]</sup>;丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸法<sup>[7]</sup>。测量均为生

物学 3 次重复,测量值 6 次重复,计算结果取平均值。

#### 1.4 数据分析

采用 Excel 2010、SPSS 21.0 软件进行数据分析及作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫对紫花苜蓿根长及生物量的影响

从表 1 可以看出,盐胁迫对紫花苜蓿幼苗的生长具有明显的抑制作用,不同浓度 NaCl 胁迫处理对 2 个紫花苜蓿品种的根长及生物量均有显著的抑制,随 NaCl 浓度的提高抑制作用增强。在 NaCl 浓度  $\geq 50$  mmol/L 时,盐胁迫显著抑制了“皇冠”幼苗根的生长;而当 NaCl 浓度  $\geq 100$  mmol/L 时,盐胁迫显著抑制了“阿尔冈金”幼苗根的生长。当 NaCl 浓度  $\geq 100$  mmol/L 时,“阿尔冈金”和“皇冠”的生物量均受到了显著抑制。

表 1 盐胁迫对紫花苜蓿幼苗根长和生物量的影响

Table 1 Effect of salt stress on root length and biomass of *Medicago sativa* L.

| NaCl 浓度<br>NaCl concentration<br>/mmol·L <sup>-1</sup> | 根长 Root length/cm<br>“阿尔冈金”<br>‘Algonquin’ | 根长 Root length/cm<br>“皇冠”<br>‘Crown’ | 生物量 Biomass/mg<br>“阿尔冈金”<br>‘Algonquin’ | 生物量 Biomass/mg<br>“皇冠”<br>‘Crown’ |
|--|--|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 0  | 6.30±1.00a                                 | 8.27±0.88a                           | 36.7±2.8a                               | 43.7±1.1a                         |
| 50   | 5.83±0.64a                                 | 3.67±0.46b                           | 39.2±0.6a                               | 39.5±0.5a                         |
| 100  | 1.85±0.23b                                 | 2.80±0.44b                           | 24.0±1.5b                               | 23.0±3.2b                         |
| 150  | 1.15±0.08b                                 | 0.70±0.10c                           | 25.1±2.6b                               | 19.1±4.0b                         |
| 200  | 0.22±0.14b                                 | 0.18±0.10c                           | 4.8±3.0c                                | 3.9±2.5c                          |

注:同列的不同字母表示差异达显著水平( $P<0.05$ )。

Note: Values followed by different letters indicate significantly different at 5% probability level.

### 2.2 盐胁迫对紫花苜蓿根系活力的影响

根的生长情况和活力水平直接影响地上部的生长状况和营养水平,根系活力是根生长状况的直接体现。从图 1、2 可以看出,随着胁迫时间的增加,根系活力均呈现下降趋势,表明在盐胁迫状态下,根系活力明显下降,而且当 NaCl 浓度为 200 mmol/L 时,根系活力下降幅度明显大于 NaCl 浓度 100 mmol/L 时的。不同品种之间下降趋势不尽相同,“阿尔冈金”在 NaCl 浓度为 100 mmol/L 和 200 mmol/L 时下降趋势基本一致,呈直线状下降。而“皇冠”在 NaCl 浓度较低时,下降呈阶梯状,较“阿尔冈金”下降速度缓慢。

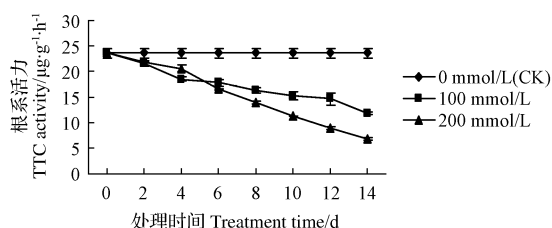


图 1 盐胁迫对“阿尔冈金”根系活力的影响

Fig. 1 Effect of salt stress on root activity of *Medicago sativa* L. ‘Algonquin’

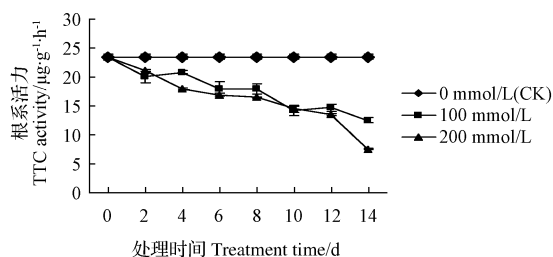


图 2 盐胁迫对“皇冠”根系活力的影响

Fig. 2 Effect of salt stress on root activity of *Medicago sativa* L. ‘Crown’

### 2.3 盐胁迫对紫花苜蓿丙二醛含量的影响

从图 3、4 可以看出,随着胁迫天数的增加,丙二醛含量逐渐增加,在第 8 天时,“皇冠”丙二醛含量达到最大值;在第 10 天时,“阿尔冈金”丙二醛含量达到最大值。NaCl 胁迫浓度在 200 mmol/L 时,“阿尔冈金”的丙二醛含量大于 NaCl 浓度为 100 mmol/L 时的含量,而“皇冠”在 NaCl 胁迫浓度为 100 mmol/L 时的丙二醛含量大于 NaCl 浓度为 200 mmol/L 时的含量。

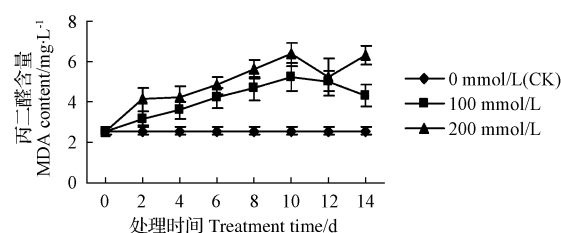


图 3 盐胁迫对“阿尔冈金”根部丙二醛含量的影响

Fig. 3 Effect of salt stress on MDA content in the root of *Medicago sativa* L. ‘Algonquin’

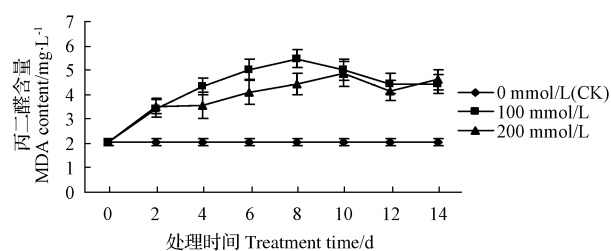


图 4 盐胁迫对“皇冠”根部丙二醛含量的影响

Fig. 4 Effect of salt stress on MDA content in the root of *Medicago sativa* L. ‘Crown’

### 2.4 盐胁迫对紫花苜蓿脯氨酸含量的影响

从图 5、6 可以看出,随着盐胁迫天数的增加,脯氨酸含量均呈现先上升后下降的趋势。2 个紫花苜蓿品种均体现出在高盐胁迫时脯氨酸含量要高于低盐胁迫时的脯氨酸含量。在“阿尔冈金”中,当 NaCl 胁迫浓度为 200 mmol/L 时,第 4 天脯氨酸含量最高;当 NaCl 胁迫浓度为 100 mmol/L 时,在第 8 天脯氨酸含量出现最高值。但在“皇冠”中,2 种盐胁迫对高盐溶液中脯氨酸含量变化要高于低盐溶液中脯氨酸含量变化,但总体比对照增幅明显。

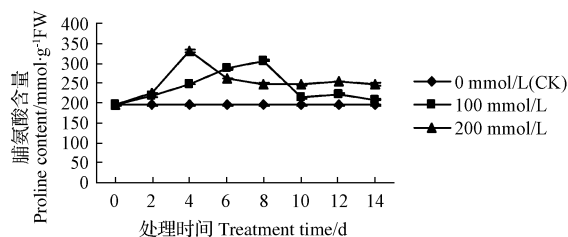


图5 盐胁迫对“阿尔冈金”根部脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Effect of salt stress on proline content in the root of *Medicago sativa* L. 'Algonquin'

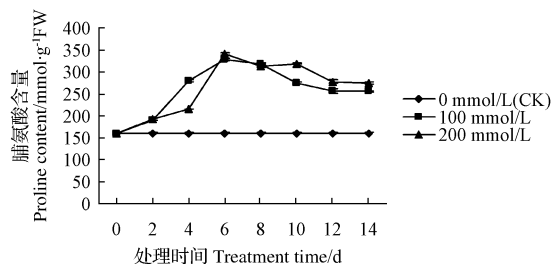


图6 盐胁迫对“皇冠”根部脯氨酸含量的影响

Fig. 6 Effect of salt stress on proline content in the root of *Medicago sativa* L. 'Crown'

## 2.5 盐胁迫对紫花苜蓿可溶性蛋白质含量的影响

从图7、8可以看出,随着盐胁迫天数的增加,2个紫花苜蓿品种的可溶性蛋白质含量均呈现先上升后下降的趋势。高盐溶液胁迫对植株根系可溶性蛋白质含量增长幅度要高于低盐溶液中增长幅度。2个紫花苜蓿品种的可溶性蛋白质含量在NaCl胁迫浓度为200 mmol/L时的峰值均出现在10 d,但是当NaCl胁迫浓度为100 mmol/L时可溶性蛋白质含量的峰值均出现在第12天。

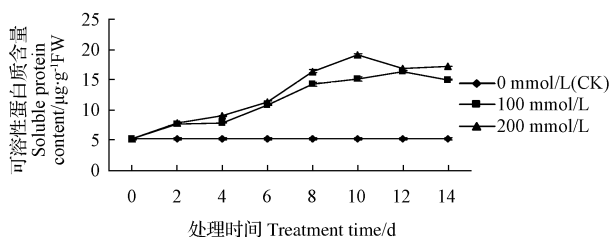


图7 盐胁迫对“阿尔冈金”根部可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 7 Effect of salt stress on soluble protein in the root of *Medicago sativa* L. 'Algonquin'

## 2.6 紫花苜蓿抗盐性的主成分分析

对2个品种的紫花苜蓿在200 mmol/L NaCl浓度胁迫下的4个生理指标的主成分分析<sup>[9]</sup>表明,第1~3主成分的贡献率分别为69.5834%、19.9122%、7.9684%,累计贡献率达到97.4640%(表2)。第1主成分中特征向量值较大且为正的指标为脯氨酸含量、可溶性蛋白质含量,是对第1主成分影响较大的特征向量;第2主成分中特征向量值较大且为正的指标为脯氨酸含量、根系活力,是对第2主成分影响较大的特征向量;第3主成分中特征向量值较大且为正的指标为丙二醛含量、根系活

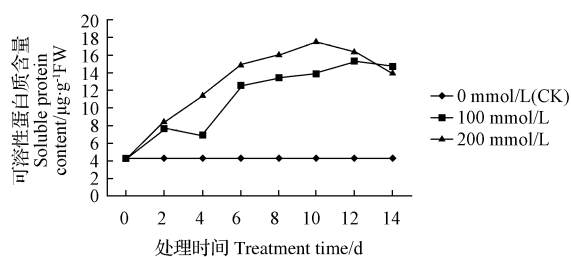


图8 盐胁迫对“皇冠”根部可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 8 Effect of salt stress on soluble protein in the root of *Medicago sativa* L. 'Crown'

力,是对第3主成分影响较大的特征向量(表3)。结果表明对紫花苜蓿根部耐盐性影响较大的生理指标是脯氨酸含量、可溶性蛋白质含量。

表2 紫花苜蓿耐盐性指标的特征根及相应的贡献率

Table 2 Total variance explained of each variety of *Medicago sativa* L.

| 主成分<br>Component | 特征向量 Characteristic vector |                           |                       |
|------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                  | 特征根<br>Eigen value         | 贡献率<br>Contributiveness/% | 累计贡献率<br>Cumulative/% |
| 1                | 2.7833                     | 69.5834                   | 69.5834               |
| 2                | 0.7965                     | 19.9122                   | 89.4956               |
| 3                | 0.3187                     | 7.9684                    | 97.4640               |
| 4                | 0.1014                     | 2.5360                    | 100                   |

表3 紫花苜蓿耐盐性指标的特征向量

Table 3 Characteristic vector of salt resistance physiological indexes of *Medicago sativa* L.

| 指标<br>Indicator                     | 特征向量 Characteristic vector |         |          |         |
|-------------------------------------|----------------------------|---------|----------|---------|
|                                     | 1                          | 2       | 3        | 4       |
| 根系活力<br>Root activity               | -0.5223                    | 0.5262  | 0.3411   | 0.5779  |
| 丙二醛含量<br>MDA content                | 0.2465                     | -0.6062 | 0.9186   | -0.0406 |
| 脯氨酸含量<br>Proline content            | 0.7576                     | 0.6468  | 0.0162   | 0.0863  |
| 可溶性蛋白质含量<br>Soluble protein content | 0.3041                     | -0.4594 | -0.01989 | 0.8105  |

## 3 讨论与结论

根系是植物从土壤中吸收水分及矿质营养的主要器官,因此盐胁迫最先是由根系感受的。在感受到盐胁迫信号后根系会做出相应的生理生化反应,并通过信号传导对有关基因的表达进行时间和空间的调整来适应环境胁迫<sup>[10]</sup>。根系活力、脯氨酸含量、丙二醛含量及可溶性蛋白质含量在植物缓解盐胁迫带来的危害时能发挥重要作用,紫花苜蓿作为一种广泛种植的牧草,对于其根部耐盐性的生理特性研究十分必要。

盐胁迫处理可引起紫花苜蓿幼苗根系活力的缓慢降低,在大麦、黄瓜上进行的盐胁迫处理也出现根系活力降低的情况<sup>[11-12]</sup>。植物一般通过提高代谢作用来缓解过多盐分带来的伤害。但是随着处理时间的延长,植物呼吸代谢会随之加强,强的呼吸代谢造成消耗过多能

量<sup>[13]</sup>,引起植株各方面生理生化变化,导致根系活力下降增幅变大<sup>[14]</sup>。2个品种中根系活力下降方式呈现出一个直线型下降和一个阶梯型下降,体现了不同品种之间的根系活力的差别。

脯氨酸作为植物适应盐胁迫中渗透调节的重要机制,在植物的渗透调节中起着重要作用。许多研究证明,植物体内脯氨酸含量并不是很高,一旦遭受盐分等胁迫时体内的脯氨酸含量往往大幅度增加<sup>[15-16]</sup>,根部为最先遭受盐胁迫的部位,对于其中脯氨酸含量变化作为耐盐性的主要指标得到证明<sup>[17]</sup>。该试验的主成分分析中,第1主成分对耐盐性的贡献率达到69.58%,而第1主成分中特征向量为正且值较大的即为脯氨酸含量,也说明了脯氨酸含量可以作为植物耐盐性的一个重要指标。

在植物生命活动中能干扰或破坏膜结构和功能的因素很多,盐胁迫时能增加细胞膜透性,加强脂质过氧化作用。丙二醛作为脂质过氧化作用的产物,其含量的多少可以代表膜损伤程度的大小<sup>[18-19]</sup>。盐胁迫下,植物体内丙二醛含量会上升,之前亦有很多学者做出相应的研究<sup>[20-21]</sup>。该试验也表明,随着NaCl浓度提高或胁迫天数的增加,紫花苜蓿根部丙二醛含量逐渐增加。但不同浓度或不同品种之间,增加的幅度并不相同。

可溶性蛋白质也是植物的渗透调节剂之一,盐胁迫下使植物细胞中蛋白质的合成代谢增强,增加蛋白质含量,降低细胞的渗透势,提高植物的保水能力<sup>[22-24]</sup>。逆境胁迫会使植物体内正常蛋白质的合成受到抑制,也会诱导产生一些新蛋白质或使原有蛋白质质量分数明显增加<sup>[25-26]</sup>。该试验对于2个不同品种的紫花苜蓿在2种NaCl胁迫浓度中可溶性蛋白质含量也不尽相同,说明不同品种紫花苜蓿之间对于可溶性蛋白质调节渗透势的能力也不尽相同。

盐胁迫对紫花苜蓿的生长发育具有多方面的影响,如损伤根系活力及膜系统的完整性,抑制酶的活性,引起代谢紊乱等。虽然,植物耐盐的完整机制现在还不十分清楚,但是从生理指标的方向对植物应对盐胁迫的研究,也给学者提供了一些植物耐盐性的变化规律。为解释盐胁迫下植物的离子吸收、抗氧化酶、相溶性物质等方面的变化也做了一个有力证明,对于今后更好揭示植物耐性机制有一定意义。

该试验结果表明,随着盐胁迫浓度和天数的增加,紫花苜蓿根系活力呈现明显下降的趋势,“阿尔冈金”品种呈直线状下降,而“皇冠”品种呈阶梯状下降。随着盐胁迫浓度和天数的增加,紫花苜蓿根部生理指标脯氨酸含量、丙二醛含量和可溶性蛋白质含量,均呈现明显的先升高后降低的趋势,但是高盐溶液升高的趋势要明显大于低盐溶液升高的趋势,说明紫花苜蓿有一定的自我调节能力,但是调节能力并不相同。经主成分分析表明,脯氨酸和可溶性蛋白质指标能较好的代表紫花苜蓿的耐盐性。

## 参考文献

- [1] 王善仙,刘宛,李培军,等.盐碱土壤改良研究进展[J].中国农学通报,2011,27(24):1-7.
- [2] Dupuy L, Fourcaud T, Stokes A. A numerical investigation into the influence of soil type and root architecture on tree anchorage[J]. Plant and Soil, 2005, 278(1/2): 119-134.
- [3] Dupuy L, Fourcaud T, Stokes A. A numerical investigation into factors affecting the anchorage of roots in tension[J]. European Journal of Soil Science, 2005, 56(3): 319-327.
- [4] 弋良朋,王祖伟.盐胁迫下3种滨海盐生植物的根系生长和分[J].生态学报,2011,31(5):1195-1202.
- [5] Kumar A, Bahadur B, Sharma B K. Influence of salts on the germination and seedling growth of *hordeum vulgare* L[J]. Annals Arid Zone, 1988, 27: 65-69.
- [6] 袁晓华,杨中汉.植物生理生化实验[M].北京:高等教育出版社,1983:128-133.
- [7] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2002.
- [8] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:167-260.
- [9] 柳新红,何小勇,苏冬梅,等.翅茎木种源抗寒性综合评价体系的构建与应用[J].林业科学,2007,43(10):45-50.
- [10] 张晓磊,刘晓静,齐敏兴,等.混合盐碱对紫花苜蓿苗期根系特征的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(3):340-346.
- [11] 姚彩艳,汪晓丽,盛海君,等.NaCl和PEG胁迫对玉米幼苗根系生长的影响[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2007,28(4):42-46.
- [12] 廖岩,彭友贵,陈桂珠.植物耐盐性机理研究进展[J].生态学报,2007,27(5):2077-2099.
- [13] Levitt J. Responses of plant to environmental stress chilling, freezing, and high temperature stresses[M]. second ed. New York: Academic Press, 1980:17-20.
- [14] 张润花,郭世荣,李娟.盐胁迫对黄瓜根系活力、叶绿素含量的影响[J].长江蔬菜,2006(2):47-49.
- [15] 李磊,赵耀方,胡延吉.大麦苗期耐盐性鉴定指标的研究[J].莱阳农学院学报,1998,15(4):53-57.
- [16] 丁玉梅,龙海,晓昱,等.干旱胁迫下马铃薯叶片脯氨酸、量变化及与耐旱性的相关性分析[J].西南农业学报,2013,26(1):105-109.
- [17] 王贺正,马均,李旭毅,等.水分胁迫对水稻结实期活性氧产生和保护系统的影响[J].中国农业科学,2007,40(7):1379-1387.
- [18] Wang B S, Lutge U, Ratajczak R. Effects of salt treatment and osmotic stress on V-ATPase and V-PPase in leaves of the halophyte *Suaeda salsa* [J]. Exp Bot, 2001, 52: 2355-2365.
- [19] 李彦,张英鹏,孙明,等.盐胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展[J].植物生理科学,2008,24(1):258-265.
- [20] 王爱国.丙二醛作为脂质过氧化指标的探讨[J].植物生理学通讯,1986(2):55-57.
- [21] 吴幼容,郑郁善.观音竹对盐胁迫的生长及生理生化响应[J].福建林学院学报,2011,32(1):23-27.
- [22] 张志,刘敏,梁艳,等.盐胁迫对3种冷季型草坪草生长的影响[J].生态环境学报,2009,18(5):1877-1880.
- [23] Daneshmand F, Arvin M J, Kalantari K M. Physiological responses to NaCl stress in three wild species of potato *in vitro* [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2010, 32(1): 91-101.
- [24] 肖强,郑海雷,陈瑶.盐度对互花米草生长及脯氨酸、可溶性糖和蛋白质含量的影响[J].生态学报,2005,24(4):373-376.
- [25] 方志红,董宽虎. NaCl胁迫对碱蒿可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响[J].中国农学通报,2010,26(16):147-149.
- [26] 杨颖丽,徐世健,保颖,等.盐胁迫对两种小麦叶片蛋白质的影响[J].兰州大学学报(自然科学版),2007,43(1):70-74.

# 庐山地区乡土植物资源调查及开发利用

梁同军<sup>1</sup>, 李晓花<sup>1</sup>, 邹 芹<sup>2</sup>, 宗道生<sup>2</sup>, 宗德欢<sup>3</sup>

(1. 江西省中国科学院庐山植物园, 江西 九江 332900; 2. 江西省庐山自然保护区管理处, 江西 九江 332900;

3. 庐山旅游发展股份有限公司, 江西 九江 332900)

**摘要:**采用线路调查和重点调查方法,对庐山地区的乡土植物资源进行了初步调查与统计分析。结果表明:庐山地区有乡土维管植物 175 科、621 属、1 279 种。其中蕨类植物 31 科 55 属 116 种,分别占总科、属、种数的 17.7%、8.9%、9.1%;裸子植物 5 科 5 属 8 种,分别占总科、属、种数的 2.9%、0.8%、0.6%;被子植物 139 科 561 属 1 155 种,分别占总科、属、种数的 79.4%、90.3%、90.3%;分析了该类植物种类丰富多样,在被子植物中,双子叶植物 124 科、440 属、941 种,单子叶植物 15 科、121 属、214 种;按照观赏习性将其分为观赏蕨类、乔木类、灌木类、草本地被类、藤本类等 5 类。分析了庐山乡土植物资源现状及存在的问题,并对其保护、开发提出了几点合理建议。

**关键词:**庐山地区;乡土植物;观赏习性;开发利用

**中图分类号:**S 718.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0072-06

随着我国城市园林建设的不断发展,有关园林专家呼吁:我国绿化要以乡土植物为主,外来植物为辅,以

充分体现景观多样性,发挥最佳生态效益<sup>[1]</sup>。这与人们“返璞归真”的愿望相一致,建设适合人们旅游、休闲、娱乐为一体的生态园林景观已成为当今社会的一大主题。乡土植物是指经过长期的自然选择及物种演替后对当地的气候、土壤等环境条件有高度生态适应性、抗逆性及抗病虫害能力的自然植物的总体<sup>[2]</sup>。庐山乡土植物资源极为丰富,但在园林绿化中应用的植物种类却不多,大量可供观赏的种类仍然处于野生状态,未被开发利用。尤其是抗逆性强、耐阴的非常少,造成绿化景观单一,地方特色优势不明显。因此,对庐山地区乡土植

**第一作者简介:**梁同军(1975-),男,江西庐山人,本科,林业工程师,现主要从事植物分类及标本管理等研究工作。

**责任作者:**宗道生(1960-),男,高级林业工程师,现主要从事庐山自然保护等研究工作。

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2011BAC13B02);园林技术国际合作示范资助项目(2009-2010)。

**收稿日期:**2013-11-18

## Research on the Root Physiological Characteristics of *Medicago sativa* L. Seedling Under Salt Stress

JIANG Chao<sup>1</sup>, XIA Yang<sup>2</sup>, YANG Ke-qiang<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 272100; 2. Shandong Academy of Forestry, Jinan, Shandong 250000)

**Abstract:** Taking two cultivars of *Medicago sativa* L. 'Algonquin' (salt resistance) and 'Crown' (salt susceptible) as materials, under hydroponic conditions, effect of root activity and malonaldehyde content, proline content, soluble protein content under different NaCl concentration (0, 100, 200 mmol/L NaCl) and stress time (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 d) of two cultivars of *Medicago sativa* L. seedlings were measured, the changes of related physiological indicators were analysed. The results showed that with the increase of stress salinity and the number of days, the root activity of *Medicago sativa* L. presented significant decreasing trend, the root physiological indicators containing malonaldehyde content, proline content, soluble protein content showed significantly trend of first increased and then decreased, but increasing trend of high salinity was significantly bigger than increasing trend of low salinity. The principal component analysis showed that proline and soluble protein could be better representative of the salt patience of *Medicago sativa* L. .

**Key words:** *Medicago sativa* L. ; salt resistance; root; physiological characteristics