

水培条件下不同 pH 值对香根草幼苗形态和生理特性的影响

王青青¹, 周强², 於丙军^{1,①}

(1. 南京农业大学生命科学学院, 江苏 南京 210095; 2. 吉首大学植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南 吉首 416000)

摘要: 在 pH 2.0 ~ pH 11.0 的 1/2 Hoagland 培养液水培条件下, 对培养 20 d 后香根草 [*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash] 幼苗形态、叶片和根系部分生理指标的变化进行了研究。结果表明: 在强碱性 (pH 11.0 和 pH 10.0) 及强酸性 (pH 2.0 和 pH 3.0) 条件下, 香根草幼苗的部分叶片枯黄, 茎干枯, 须根数量明显减少且长度趋短; 而在弱碱性 (pH 9.0 和 pH 8.0) 及弱酸性 (pH 5.0 和 pH 4.0) 条件下, 仅可见部分叶尖出现轻度失绿现象, 根系形态无明显变化仅颜色有差异。随培养液 pH 值的增大 (碱性增加) 或减小 (酸性增加), 叶片含水量和叶绿素含量均逐渐降低且均小于对照 (pH 6.5), 而相对电解质外渗率和 MDA 含量均逐渐增加并高于对照; 各指标在强碱性 (pH 11.0 和 pH 10.0) 及强酸性 (pH 2.0 和 pH 3.0) 条件下总体上与对照差异显著 ($P < 0.05$), 而在弱碱性 (pH 9.0 和 pH 8.0) 及弱酸性 (pH 5.0 和 pH 4.0) 条件下总体上与对照差异不显著 ($P > 0.05$)。随培养液 pH 值的增大 (碱性增加) 或减小 (酸性增加), 幼苗的最大根长和根系活力均逐渐降低; 在弱碱性 (pH 8.0) 和弱酸性 (pH 5.0) 条件下, 最大根长略小于对照、根系活力略大于对照, 但差异均不显著; 而在 pH 9.0 ~ pH 11.0 及 pH 4.0 ~ pH 2.0 条件下最大根长及根系活力均显著小于对照, 其中, 在 pH 11.0 条件下根系最短、根系活力最小, 分别仅为对照的 60.50% 和 9.52%。研究结果揭示: 香根草对环境酸碱性的适应范围较广, 可适应 pH 4.0 ~ pH 9.0 的土壤生境。

关键词: 香根草; 培养液 pH 值; 植株形态; 生理特性; 酸碱适应性

中图分类号: Q945.78; S543+9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)03-0059-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.03.08

Effects of different pH values on seedling morphology and physiological characteristics of *Vetiveria zizanioides* under hydroponic culture WANG Qingqing¹, ZHOU Qiang², YU Bingjun^{1,①} (1. College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization, College of Hu'nan Province, Jishou University, Jishou 416000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2014, 23(3): 59-64

Abstract: Under hydroponic culture with 1/2 Hoagland solution of pH 2.0-pH 11.0, seedling morphology, changes of some physiological indexes of leaf and root of *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash were researched after cultured for 20 d. The results show that *V. zizanioides* seedling appears a part of leaves firing, stem withering, fibrous root number decreasing obviously and its length shortening under conditions of strong alkalinity (pH 11.0 and pH 10.0) and strong acidity (pH 2.0 and pH 3.0), and the seedling only appears a part of leaf apexes with a little chlorosis and root morphology without obvious change except color under conditions of weak alkalinity (pH 9.0 and pH 8.0) and weak acidity (pH 5.0 and pH 4.0). With pH value of solution increasing (alkalinity increasing) or decreasing (acidity increasing), both leaf water content and chlorophyll content decrease gradually and are lower than those of the control (pH 6.5), while both relative electrolytic leakage and MDA content increase gradually and are higher than those of the control. In general, there are significant ($P < 0.05$) differences in all indexes under conditions of strong alkalinity (pH 11.0 and pH 10.0) and strong acidity (pH 2.0

收稿日期: 2013-12-20

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金资助项目(31300337); 江苏省研究生培养创新工程项目(CX10B-304Z)

作者简介: 王青青(1988—), 女, 江苏赣榆人, 硕士研究生, 主要从事植物逆境生物学方面的研究。

① 通信作者 E-mail: bjiyu@njau.edu.cn

and pH 3.0) with the control, while generally without significant ($P>0.05$) difference in all indexes under conditions of weak alkalinity (pH 9.0 and pH 8.0) and weak acidity (pH 5.0 and pH 4.0) with the control. With pH value of solution increasing (alkalinity increasing) or decreasing (acidity increasing), both the maximum root length and root activity decrease gradually. Under conditions of weak alkalinity (pH 8.0) and weak acidity (pH 5.0), the maximum root length is slightly lower than that of the control and root activity is slightly higher than that of the control without significant difference. Under pH 9.0–pH 11.0 and pH 4.0–pH 2.0, both the maximum root length and root activity are significantly lower than those of the control, in which root length is the shortest and root activity is the smallest under pH 11.0, with 60.50% and 9.52% of the control, respectively. It is suggested that *V. zizanioides* has a wide adaptation range to acidity-alkalinity of soil, and can adapt soil habitat with pH 4.0–pH 9.0.

Key words: *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash; pH value of solution; plant morphology; physiological characteristics; acidity-alkalinity adaptation

植物赖以生存的土壤中含有多种物质,如果土壤溶解水中的物质释放的 H^+ 多于 OH^- ,则土壤水分呈酸性,反之土壤水分呈碱性^[1]。植物生长在酸碱性不适宜(或极端 pH 值)的土壤环境中,不仅可导致其矿物质离子吸收障碍,还会引起土壤或水培环境中溶氧量减少以及植物生长所必需的微生物群落的失衡,从而造成植株根系吸水能力下降、叶片干枯,甚至严重阻碍植物或作物生长,引起农业产量大幅降低^[2-3]。

香根草 [*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash] 又名岩兰草,是禾本科 (Poaceae) 香根草属 (*Vetiveria* Bory) 多年生草本植物,属于 C_4 类植物,原产于印度、东南亚和热带非洲,是热带和亚热带地区的主要牧草之一。该种网状根系发达、生物产量高,近年来被广泛应用于农业水土保持、工程边坡固定、矿山生态恢复和土地复垦、水体净化以及污染物清除等环保领域;还可应用于香根油提取、饲草、编织、食用菌和药用菌栽培以及造纸原料等方面^[4-5]。香根草耐贫瘠并对干旱、盐分和重金属等均有一定的耐性,综合抗性和生态适应性很强;叶片中纤维素和半纤维素含量较高,是一种潜在的优良木质纤维素能源植物^[6-9]。

作者采用水培法模拟不同 pH 值的胁迫生境,研究不同 pH 值对香根草幼苗形态、叶片和根系相关生理指标的影响,分析香根草植株正常生长所需的 pH 值范围,以期对香根草的推广种植提供基础实验数据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试香根草保存并种植于南京农业大学生科楼。于 2013 年 8 月从土壤中挖取春夏季新长出的分蘖植

株并分成单株小苗,对幼苗进行修剪并保留 25 cm 地上部和 10 cm 根系,将植株移植到具有 9 孔的泡沫板中,每孔 1 株苗,每个周转箱放 1 张泡沫板,每处理 3 个周转箱,总计 27 株苗,置于自然光照、昼夜温度 $18\text{ }^\circ\text{C} \sim 25\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下进行水培。

1.2 方法

1.2.1 水培处理方法 实验共设置 9 个处理,其中碱性 pH 值处理 4 组,分别为 pH 8.0、pH 9.0、pH 10.0 和 pH 11.0,用 $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KOH 溶液和 1/2 Hoagland 营养液配制;酸性 pH 值处理 4 组,分别为 pH 2.0、pH 3.0、pH 4.0 和 pH 5.0,用 $2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液和 1/2 Hoagland 营养液配制;对照为不含 H_2SO_4 和 KOH 的 1/2 Hoagland 营养液, pH 6.5。每处理设 3 次重复。实验过程中采用 PHSJ-5 型实验室 pH 计(上海雷磁仪器厂)控制培养液 pH 值,每隔 1 d 更换 1 次培养液。培养 20 d 后进行香根草植株形态观察,并采样进行相关指标测定。

1.2.2 植株形态观察 培养 20 d 后,观察和比较各处理组香根草植株形态和根系形态,同时拍照记录。

1.2.3 叶片生理指标测定方法 参照文献[6]的方法测定叶片含水量。从每个周转箱中取 3~4 株香根草幼苗的叶片,混合后用去离子水冲洗干净并吸干水分,采用上海良平仪器厂生产的 JY5002 型电子天平(精度 0.01 g)称量鲜质量(FW);然后置于 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下杀青 15 min 后于 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干至恒质量,采用德国 Sartorius BSA 224 型电子天平(精度 0.1 mg)称量干质量(DW)。按照公式“叶片含水量 = $[(FW - DW) / FW] \times 100\%$ ”计算叶片含水量。重复测定 3 次。

参照张宪政^[10]的方法测定叶绿素含量;参照文献[7]的方法测定叶片相对电解质外渗率和 MDA 含量。各项指标均重复测定 3 次。

1.2.4 根长和根系活力测定方法 将植株平放在实验台上,轻轻拉直根系,用直尺(精度0.1 cm)测量每处理组每株根系中最长根的长度,其平均值即为各处理组的最大根长;参照文献[11]的方法测定根系活力,重复测定3次。

1.3 数据处理

采用SPSS 17.0 统计分析软件计算各指标的平均值和标准误,并进行差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 不同pH值培养液对香根草幼苗形态的影响

经不同pH值培养液水培20 d后香根草幼苗的形态见图1。观察结果表明:经强碱性(pH 11.0和

pH 10.0)及强酸性(pH 2.0和pH 3.0)培养液水培20 d后,香根草植株的部分叶片枯黄,茎明显干枯并变白;与对照组(pH 6.5)相比较,经pH 9.0、pH 8.0、pH 5.0和pH 4.0培养液水培20 d后,仅可见香根草植株部分叶尖出现轻度失绿现象。

在碱性(pH 8.0~pH 11.0)条件下香根草根呈褐黄色,而在酸性(pH 2.0~pH 6.5)条件下其根系颜色较白。随培养液pH值的增大(即碱性增加)或减小(即酸性增加),植株须根数量逐渐减少且须根长度趋短;其中,在pH 4.0~pH 9.0条件下仅根系颜色有差异,但在强碱性(pH 11.0和pH 10.0)以及强酸性(pH 2.0和pH 3.0)胁迫条件下须根数量明显减少且长度趋短。总体上,仅在强碱性或强酸性的极端胁迫条件下香根草植株出现明显的受害症状。

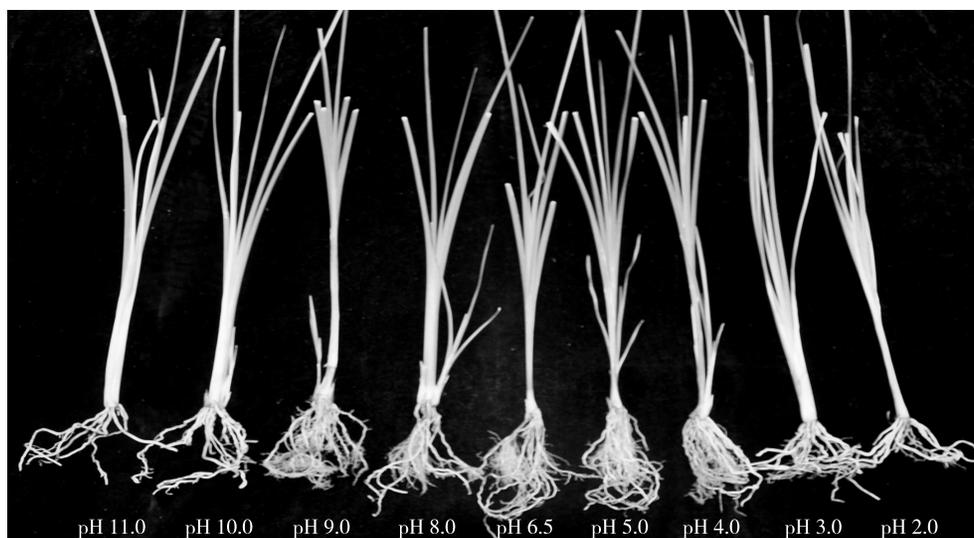


图1 经不同pH值培养液水培20 d后香根草幼苗形态的比较

Fig. 1 Comparison on morphology of *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash seedling after hydroponic culture for 20 d by solution with different pH values

2.2 不同pH值培养液对香根草幼苗叶片部分生理指标的影响

经不同pH值培养液水培20 d后香根草幼苗叶片的含水量、叶绿素含量、相对电解质外渗率和MDA含量见表1。

2.2.1 对叶片含水量的影响 由表1可以看出:随培养液pH值的增大(碱性增加)或减小(酸性增加),香根草幼苗叶片含水量均逐渐降低且小于对照。经pH 6.5(对照)培养液水培20 d后,叶片含水量最高,达61.59%;而经强碱性(pH 11.0和pH 10.0)及强酸

性(pH 2.0和pH 3.0)培养液水培20 d后叶片含水量均显著低于对照($P < 0.05$),但经弱碱性(pH 9.0和pH 8.0)或弱酸性(pH 5.0和pH 4.0)培养液水培20 d后香根草叶片含水量小于对照但与对照无显著差异($P > 0.05$)。

2.2.2 对叶片叶绿素含量的影响 由表1可见:随培养液pH值的增大(碱性增加)或减小(酸性增加),香根草幼苗叶片叶绿素含量均逐渐降低且显著小于对照($P < 0.05$),而各处理组间叶绿素含量也有显著差异。其中,经强碱性(pH 11.0和pH 10.0)及强酸

表 1 不同 pH 值对香根草幼苗叶片含水量及相关生理指标的影响 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾Table 1 Effect of different pH values on water content and related physiological indexes in leaf of *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash seedling ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

培养液 pH 值 pH value of culture solution	含水量/% Water content	叶绿素含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Chlorophyll content	相对电解质外渗率/% Relative electrolytic leakage	MDA 含量/ $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ MDA content
pH 11.0	41.52±0.19a	0.271±0.005a	21.58±1.22d	34.37±0.52e
pH 10.0	52.39±0.47b	0.414±0.006b	18.50±0.46bcd	30.33±0.32d
pH 9.0	57.84±0.46cd	1.271±0.004d	16.69±0.67ab	30.02±0.06d
pH 8.0	59.08±1.19d	2.050±0.002f	14.58±0.40a	22.26±1.08b
pH 6.5 (CK)	61.59±1.32d	2.319±0.004h	14.14±0.60a	15.92±0.24a
pH 5.0	60.19±1.24d	2.210±0.014g	15.73±0.32ab	16.69±0.19a
pH 4.0	57.29±1.24bcd	1.431±0.013e	16.31±0.53ab	16.80±0.42a
pH 3.0	53.16±0.81bc	0.807±0.002c	17.73±0.26abc	22.34±0.10b
pH 2.0	44.61±0.46a	0.435±0.001b	20.35±0.82cd	26.09±0.20c

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

性(pH 2.0 和 pH 3.0)培养液水培 20 d 后叶片叶绿素含量分别较对照降低 88.36%、82.33%、81.03% 和 65.09% ;而在弱碱性或弱酸性条件下叶片叶绿素含量的降幅减小。

2.2.3 对叶片相对电解质外渗率的影响 由表 1 可见:随培养液 pH 值的增大(碱性增加)或减小(酸性增加),香根草幼苗叶片的相对电解质外渗率均逐渐增大且均大于对照。经强碱性(pH 11.0 和 pH 10.0)及强酸性(pH 2.0)培养液水培 20 d 后,叶片相对电解质外渗率均显著高于对照 ($P < 0.05$),且在 pH 11.0 条件下达到最大,为 21.58%;而在 pH 3.0、pH 4.0 和 pH 5.0(弱酸性)及 pH 9.0 和 pH 8.0(弱碱性)条件下香根草叶片相对电解质外渗率均与对照无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2.4 对叶片 MDA 含量的影响 由表 1 还可见:随培养液 pH 值的增大(碱性增加)或减小(酸性增加),香根草幼苗叶片的丙二醛(MDA)含量均逐渐增加且高于对照。其中,在弱酸性(pH 4.0 和 pH 5.0)条件下叶片的 MDA 含量与对照差异不显著,而在碱性(pH 8.0~pH 11.0)及强酸性(pH 3.0 和 pH 2.0)条件下香根草叶片的 MDA 含量均显著高于对照,且在 pH 11.0 条件下 MDA 含量最高,为对照的 2.16 倍。

2.3 不同 pH 值培养液对香根草最大根长及根系活力的影响

经不同 pH 值培养液水培 20 d 后香根草幼苗最大根长及根系活力见表 2。

2.3.1 对最大根长的影响 由表 2 可知:随培养液 pH 值的增大(碱性增加)或减小(酸性增加),香根草幼苗最大根长均逐渐减小且小于对照。在弱碱性

(pH 8.0)和弱酸性(pH 5.0)条件下幼苗的最大根长均略小于对照且与对照差异不显著 ($P > 0.05$);而在 pH 9.0~pH 11.0 及 pH 4.0~pH 2.0 条件下最大根长均显著小于对照 ($P < 0.05$),其中在 pH 11.0 条件下根长最短,最大根长仅为对照的 60.50%。

表 2 不同 pH 值对香根草幼苗最大根长和根系活力的影响 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾
Table 2 Effect of different pH values on the maximum root length and root activity of *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash seedling ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

培养液 pH 值 pH value of culture solution	最大根长/cm The maximum root length	根系活力/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Root activity
pH 11.0	13.57±0.25a	2.11±0.13a
pH 10.0	16.13±0.25b	5.38±0.33bc
pH 9.0	18.07±0.24c	17.15±0.67d
pH 8.0	21.60±0.32d	23.25±0.25f
pH 6.5 (CK)	22.43±0.29d	22.16±0.65f
pH 5.0	21.03±0.37d	23.46±0.43f
pH 4.0	17.97±0.07c	19.54±0.22e
pH 3.0	16.20±0.47b	7.56±0.45c
pH 2.0	15.03±0.40ab	3.20±0.44ab

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

2.3.2 对根系活力的影响 由表 2 还可知:随培养液 pH 值的增大(碱性增加)或减小(酸性增加),香根草幼苗根系活力均逐渐降低。在弱碱性(pH 8.0)和弱酸性(pH 5.0)条件下根系活力均略大于对照但与对照差异不显著 ($P > 0.05$);而在 pH 9.0~pH 11.0 及 pH 4.0~pH 2.0 条件下根系活力均显著小于对照 ($P < 0.05$),其中,在强碱性(pH 11.0)和强酸性(pH 2.0)条件下根系活力分别仅为对照的 9.52% 和 14.44%。

3 讨论和结论

植物在遭受干旱、盐分和高温等逆境胁迫时,体内会发生一系列的形态和生理生化变化,表现为植物生长受到抑制;叶片含水量和叶绿素含量下降;细胞膜脂过氧化加剧、膜透性增大、相对电解质外渗率和膜脂过氧化产物(如MDA)含量升高等,这些指标变化较小则通常表明该植物对逆境胁迫的适应能力较强^[12-13]。土壤或营养液碱性或酸性过大能在一定程度上影响植株的正常生长发育;多数植物适应微酸性至中性的土壤环境,但也有些植物对酸性生境或碱性生境具有一定的耐性。例如,茶[*Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze]、马铃薯(*Solanum tuberosum* Linn.)和烟草(*Nicotiana tabacum* Linn.)等作物耐酸,适宜在酸性土壤中生长^[14];甜菜(*Beta vulgaris* Linn.)、紫苜蓿(*Medicago sativa* Linn.)等作物则要求中性或微碱性土壤,对酸性土壤不太适应。而有些植物可在pH值较宽泛的生境中生长,例如:荞麦(*Fagopyrum esculentum* Moench)、黑麦(*Secale cereale* Linn.)和芝麻(*Sesamum indicum* Linn.)等^[15]。此外,土壤酸碱性失衡还会影响各种离子的浓度,从而影响植物对养分或营养元素的有效吸收^[16]。

香根草对干旱、盐分、高温、贫瘠和重金属等胁迫均有一定的耐性,表明其具有良好的综合抗性和生态适应性^[6-8,12]。本研究结果表明:用不同pH值(含极端pH值)培养液水培后,香根草幼苗形态以及叶片的部分生理指标和根系的生长及活力均有明显变化。用pH 6.5(对照)培养液培养20 d,香根草叶片含水量最高,这与武永军等^[17]对蚕豆(*Vicia faba* Linn.)的研究结果基本一致。在pH 4.0~pH 9.0条件下香根草幼苗基本能正常生长,其叶片含水量和叶绿素含量降幅较小、叶片相对电解质外渗率和MDA含量增加,但总体上与对照差异不显著。刘金祥等^[18]报道:在pH 4.5、pH 3.5、pH 2.5和pH 1.5的模拟酸雨中,pH 3.5是影响香根草叶片叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率和水分利用效率的临界点,作者通过水培实验获得的研究结果与之基本相同。在强碱性(pH 11.0和pH 10.0)培养条件下,香根草植株叶片明显枯黄、茎部也明显干枯并失绿,说明香根草对强碱性生境的适应性较弱。

根系是植物体较为活跃的代谢器官,也是与外界

环境直接接触的部位之一^[19];根系活力是表征植物生命活动的重要指标,影响根系对水分和矿质元素的主动吸收^[20];根际生境的pH值是影响根系活力的重要因子^[21]。本研究中,对照组(pH 6.5)香根草幼苗根系生长良好、须根数量较多、根长度较长;而随培养液酸碱性的增强,香根草幼苗须根数量减少、根长度变短,该现象与于荣^[20]对短梗五加[*Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr. et Maxim.) Seem.]的研究结果相似。但在弱酸和弱碱性(pH 4.0~pH 9.0)条件下香根草幼苗根系形态及其活力变化不显著,植株整体上受危害较轻;而在强碱性(pH 11.0和pH 10.0)和强酸性(pH 2.0和pH 3.0)条件下香根草幼苗须根数量明显减少、根系明显变短,显示其受伤害较重,虽然植株没有死亡,但其生长已明显受到抑制。

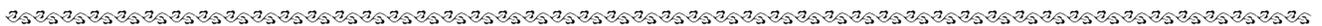
中国幅员辽阔,尽管土壤酸碱性南(偏酸)北(偏碱)差异很大,但土壤pH值大多在pH 4.0~pH 9.0之间^[22]。自然界中多数植物可在微酸性(pH 5.5~pH 6.5)环境中生长良好^[23],根际环境的酸碱性过低或过高(尤其是极端pH值)都会对植物的生长和发育产生严重影响^[3],特别是过低pH值还可伴随其他逆境胁迫的产生,如与铝毒害相伴发生^[24]。综合研究表明:香根草根对根际环境酸碱性的适应范围较广,其适应的环境pH值分别可向酸性和碱性2个方向适度扩展,即酸性可达到pH 4.0、碱性可达到pH 9.0,表现出对生境酸碱度的适应能力较强。根据香根草的这一特性,可考虑将其在弱酸或弱碱性的土壤上推广种植,这对提高能源植物香根草和酸性土壤的资源利用效率均有重要意义。

参考文献:

- [1] 罗淑华. 土壤酸碱性[J]. 茶叶通讯, 1995, 22(1): 23-24, 28.
- [2] 唐 琨, 朱伟文, 周文新, 等. 土壤pH对植物生长发育影响的研究进展[J]. 作物研究, 2013, 27(2): 207-212.
- [3] ZHAO D Q, HAO Z J, WANG J, et al. Effects of pH in irrigation water on plant growth and flower quality in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 154: 45-53.
- [4] 徐礼煜. 香根草系统在我国的应用与发展20年历程回顾[J]. 生态学杂志, 2009, 28(7): 1406-1414.
- [5] 毛 萍, 杨 宏, 马欣荣. 香根草的研究及利用进展[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(1): 88-93.
- [6] ZHOU Q, YU B J. Accumulation of inorganic and organic osmolytes and their role in osmotic adjustment in NaCl-stressed vetiver grass seedlings [J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2009, 56: 678-685.

- [7] ZHOU Q, YU B J. Changes in content of free, conjugated and bound polyamines and osmotic adjustment in adaptation of vetiver grass to water deficit[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2010, 48: 417-425.
- [8] 刘金祥, 张莹. 香根草在我国的研究简史及应用进程[J]. *草原与草坪*, 2012, 32(5): 70-74, 78.
- [9] 周强, 於丙军. 潜在木质纤维素能源植物香根草的初步研究[J]. *植物资源与环境学报*, 2012, 21(1): 98-103.
- [10] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 142-143.
- [11] 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: 119-120.
- [12] 马博英. 香根草逆境生理生态适应研究进展[J]. *生物学杂志*, 2009, 26(1): 65-68.
- [13] SHI D C, SHENG Y M. Effect of various salt-alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2005, 54: 8-21.
- [14] 朱礼学. 土壤pH值及CaCO₃在多目标地球化学调查中的研究意义[J]. *四川地质学报*, 2001, 21(4): 226-228.
- [15] 赵军霞. 土壤酸碱性与植物的生长[J]. *内蒙古农业科技*, 2003(6): 33, 42.
- [16] 李二云. 土壤酸碱性对植物生长的影响及其改良措施[J]. *现代农村科技*, 2012(6): 48.
- [17] 武永军, 何国强, 史艳茹, 等. 不同pH值缓冲液处理下蚕豆叶片相对含水量、脯氨酸及丙二醛含量的变化[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(6): 169-172.
- [18] 刘金祥, 邝宴筹, 肖生鸿. 模拟酸雨对种子繁殖香根草生理特性的影响[J]. *草业学报*, 2005, 14(5): 54-58.
- [19] 徐兴友, 张凤娟, 龙茹, 等. 6种野生耐旱花卉幼苗叶片脱水和根系含水量与根系活力对干旱胁迫的反应[J]. *水土保持学报*, 2007, 21(1): 180-184.
- [20] 于荣. 酸碱胁迫对短梗五加生长发育及其根系活力的影响[J]. *北方园艺*, 2013(7): 173-175.
- [21] 郭培国, 陈建军, 李荣华. pH值对烤烟根系活力及烤后烟叶化学成分的影响[J]. *中国农业科学*, 2000, 33(1): 39-45.
- [22] 刘克锋. 土壤、植物营养与施肥[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 63-68.
- [23] 蔡庆生. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 69-70.
- [24] LIANG C Y, PIÑEROS M A, TIAN J, et al. Low pH, aluminium, and phosphorus coordinately regulate malate exudation through *GmALMT1* to improve soybean adaptation to acid soils[J]. *Plant Physiology*, 2013, 161: 1347-1361.

(责任编辑: 张明霞)



《植物分类与资源学报》2015年征订启事

《植物分类与资源学报》(原刊名《云南植物研究》)是由中国科学院主管、中国科学院昆明植物研究所及中国植物学会承办的全国性自然科学学术期刊,1979年创刊;为“中国科学引文数据库来源期刊(CSCD)”、“中文核心期刊要目总览(2011版)来源期刊”、“中国科技论文统计源期刊”及“中国科技核心期刊”。刊载的论文在国内生物、农林、医药、轻工等二次文献刊物中均有收录;并被CA(美国《化学文摘》)和BA(美国《生物学文摘》)连续摘报;为CABS(生物科学的当代进展)、CABI(国际农业与生物科学研究中心)数据库、PЖ(俄罗斯《文摘杂志》)和Agris(国际农业科技情报系统)和UIPD(乌利希国际期刊指南)等的收录期刊。与30多个国家和地区有发行和交换关系,目前已加入“中国学术期刊(光盘版)”、“中国学术期刊网”及“万方数据——数字化期刊群”等资源系统。连续多年被评为中国科学院优秀期刊和云南省优秀期刊。

本刊主要刊登原创性研究论文、简报和综述(以约稿为主)。报道内容主要包括:1) 广义植物系统学相关学科;包括植物分类学、系统学、命名法、系统发生、植物区系和生物地理学;2) 植物多样性保护及植物资源的可持续利用;包括植物分子生物学、植物生理学、植物生态学、植物化学及民族植物学;3) 植物资源管理和监测;4) 农业、林业、园艺及药用植物资源利用与保护。研究对象以野生植物为主,兼顾引种驯化后的野生物种;分布地以中国及喜马拉雅地区为主,兼顾其他地区。

本刊为双月刊,单月25日出版;2015年每期定价30元,全国各地邮局均可订阅,邮发代号64-11;也可直接与编辑部联系订阅。联系地址:云南省昆明市蓝黑路132号中国科学院昆明植物研究所(邮编650201);电话及传真:0871-5223032;E-mail: bianji@mail.kib.ac.cn, linnana@mail.kib.ac.cn;网址: <http://journal.kib.ac.cn>。

欢迎订阅和投稿!