

# 不同土壤 pH 对普通野生稻生理特性的影响

喻崎雯<sup>1</sup>, 马祖陆<sup>1</sup>, 伊文超<sup>1,2</sup>, 梁晓<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学, 广西桂林 541004)

**摘要** [目的] 研究不同土壤 pH 对普通野生稻生理特性的影响。[方法] 以雁山普通野生稻为试验材料, 通过盆栽试验设置不同土壤 pH 栽培, 比较不同 pH 下普通野生稻的生理特性变化。[结果] 在 pH 为 6.8 的中性条件下, 普通野生稻叶片叶绿素相对含量和可溶性糖含量最高, 脯氨酸含量和 MDA 含量维持最低水平, 且 CAT 和 POD 活性均为最高。[结论] 雁山普通野生稻对中性偏碱环境的适应性较强, 适宜的环境 pH 范围为 6.0~7.4。

**关键词** 普通野生稻; 土壤 pH; 生理特性

中图分类号 S511 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)02-00473-03

## Effects of Soil pH on Physiological Characteristics of *Oryza rufipogon* Griff.

YU Qi-wen et al (Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin, Guangxi 541004)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study the effects of soil pH value on physiological characteristics of *Oryza rufipogon* Griff. [Method] Using *O. rufipogon* as test material, the physiological characteristics of *O. rufipogon* were analyzed through pot experiment under different soil pH value culture. [Result] The chlorophyll content and soluble sugar content were highest, while the proline content and MDA were the lowest at pH=6.8. CAT and POD showed strongest activity at pH=6.8. [Conclusion] *O. rufipogon* adapt to the pH range form 6.0 to 7.4.

**Key words** *Oryza rufipogon* Griff.; Soil pH; Physiological characteristics

野生稻是栽培稻的近缘种<sup>[1]</sup>, 其遗传多样性较栽培稻丰富<sup>[2]</sup>, 具有重要的研究与利用价值。发掘、利用野生稻的优异资源与优良性状, 提高栽培稻的产量、品质和抗性是水稻研究的重要课题。因此, 加强野生稻资源的保护、研究与利用具有重大的意义。

土壤的酸碱度即 pH 是植物生长中不可忽视的影响因素之一。不适宜的 pH 会影响植物的正常生长和发育。与非岩溶区土壤相比, 岩溶区土壤具有富钙偏碱的特点<sup>[3]</sup>。有关普通野生稻对土壤 pH 的适应性研究鲜有报道。为此, 笔者以雁山普通野生稻为材料, 分析其不同土壤 pH 条件下生理特性, 以期为进一步研究土壤 pH 对普通野生稻生理特性的影响提供参考, 也为普通野生稻的保护和利用提供科学依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验材料** 试验材料为桂林市农业科学研究所野生稻种质保存区内保存的雁山普通野生稻 (*Oryza rufipogon* Griff.)。盆栽试验的土壤取自会仙岩溶生态与水生态研究基地。基地位于广西桂林临桂县南部, 距离市区约 30 km, 地处我国中低纬度海拔地区面积最大、保存最完整的岩溶湿地——会仙岩溶湿地的核心, 其地理坐标为 110°13'33"~110°13'55"E, 25°6'~25°6'26"N, 占地面积约 35 hm<sup>2</sup>。试验用土为基地内洼地土壤。将所取土壤混合均匀, 经风干、压碎、过筛后测定基本理化性质 (表 1)。

**1.2 试验设计** 在 2011 年 5 月开始进行盆栽试验, 设置 5 种土壤 pH 梯度; 施加七水硫酸亚铁 (FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) 0、6、10 g/kg 3 个水平; 施加氧化钙 (CaO) 10、30 g/kg 2 个水平 (表 2)。将药品与盆栽土壤混匀, 放置 7 d 后再移栽雁山普通野

生稻。

表 1 会仙基地洼地土壤的基本物理化学性质

土层深度//cm	pH	速效氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	有机质 g/kg	交换性 Ca <sup>2+</sup> cmol/kg	交换性 Mg <sup>2+</sup> cmol/kg
0~20	6.52	59	7.9	32	38.4	5.126	0.339
20~40	7.69	50	7.0	24	17.5	9.427	0.264

选择处于二叶一心时期的等高雁山普通野生稻苗, 移栽入塑料盆内 (盆底有孔, 以免积水), 每盆定苗 2 株。将所取土壤随机等量分入各个盆中, 每盆装入供试土壤 5 kg, 共计 24 盆。试验园地光照、土壤性质等条件较一致。每个处理设 3 次重复。在种植过程中, 采取常规水肥管理与病虫害防治。

表 2 盆栽试验处理方案

pH	水分模式	土壤施加 FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 量//g/kg	土壤施加 CaO 量 g/kg	处理后 pH
8.0	保持土壤湿润	-	30	8.0
7.4	保持土壤湿润	-	10	7.4
6.8	保持土壤湿润	0	-	6.8
6.0	保持土壤湿润	6	-	6.0
4.5	保持土壤湿润	10	-	4.5

**1.3 测定项目与方法** 在 2011 年 10~11 月雁山普通野生稻齐穗后 7 d, 采集相同部位叶片 (最新长出的 3 片), 自来水下冲洗干净, 用蒸馏水润洗、擦干, 测定相关生理生化性质。于齐穗后 7 d 取叶片测定叶绿素含量、可溶性糖含量、脯氨酸含量、丙二醛 (MDA) 含量、抗氧化酶活性。随机选择 5 片成熟叶片, 每片叶片从叶尖到叶根读 5 个数, 采用 SPAD502 叶绿素仪测定叶绿素含量, 取平均值。

采用蒽酮比色法<sup>[4]</sup>, 测定可溶性糖含量。

$$C_{\text{可溶性糖}} (\text{mg/g}) = \frac{C}{V_1} \times V \times n \times 100\%$$

**基金项目** 地调项目“西南岩溶石漠化遥感调查与地面监测” (1212011220958); 岩溶所所控项目。

**作者简介** 喻崎雯 (1986-), 女, 湖南怀化人, 实习研究员, 硕士, 从事植物生态学方面的研究, E-mail: yuqiwen@karst.ac.cn。

**收稿日期** 2012-11-26

采用磺基水杨酸提取茚三酮显色法<sup>[5-6]</sup>,测定脯氨酸含量。

$$C_{\text{脯氨酸}}(\mu\text{g/g}) = \frac{C \frac{V}{V_1}}{W}$$

采用硫代巴比妥酸显色法<sup>[7]</sup>,测定丙二醛含量。

$$\text{MDA}(\text{nmol/g}) = (\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600}) \times A \times V / (1.55 \times 0.1 \times a \times W)$$

参照李合生的方法<sup>[8]</sup>,测定过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性。

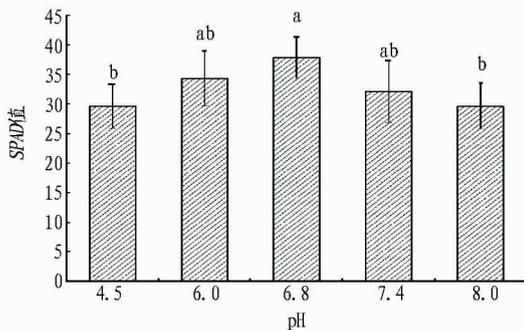
$$\text{CAT 活性}(\text{U}/(\text{mg} \cdot \text{min})) = \frac{(\alpha - \beta) \times (V/V') \times 1.7}{t \times m}$$

$$\text{POD 活力}(\text{U}/(\text{mg} \cdot \text{min})) = \frac{\Delta\text{OD}_{470} \times V_1}{t \times V \times C_{\text{匀浆蛋白}}}$$

**1.4 数据分析** 采用 SPSS18.0 和 origin8.1 软件结合进行统计分析并绘图。用一元方差分析(one-way ANOVA)比较多个平均数之间的差异显著性。当  $P > 0.05$  时,差异不显著;当  $P < 0.05$  时,差异显著。

## 2 结果与分析

**2.1 不同土壤 pH 对叶绿素相对含量的影响** 叶片中叶绿素含量与作物的营养状况有关。对同一作物品种来说,叶绿素相对含量(SPAD)指数越高,代表该作物吸收氮素营养的能力越强。多项研究表明,便携式叶绿素仪 SPAD-502 测定的 SPAD 值与叶绿素含量显著相关,能较好地反映植物叶绿素含量的变化<sup>[9]</sup>。从图 1 可以看出,随着 pH 的升高,SPAD 值呈先升后降的趋势,pH 6.8 处理 SPAD 值显著高于 pH 4.5 和 pH 8.0 处理( $P < 0.05$ ),pH 4.5 与 pH 8.0 处理间差异不大。SPAD 值大小依次为 pH 6.8 处理 > pH 6.0 处理 > pH 7.4 处理 > pH 4.5 处理 > pH 8.0 处理。这说明过酸或过碱处理可能影响叶绿素的合成。

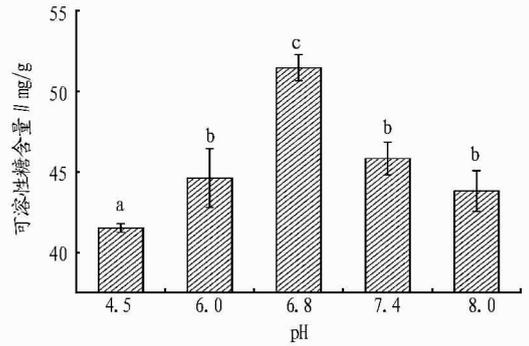


注:不同字母表示差异在 0.05 水平显著。数据为 3 个重复的平均值 ± 标准差。

图 1 不同 pH 对叶绿素相对含量的影响

**2.2 不同土壤 pH 对可溶性糖含量的影响** 从图 2 可以看出,野生稻剑叶可溶性糖含量与叶绿素相对含量的变化趋势相同,即随着 pH 升高先升后降。pH 6.8 处理的可溶性糖含量最高,与其他处理间差异达显著水平( $P < 0.05$ );pH 4.5 处理的含量最低,差异达显著水平( $P < 0.05$ );其余 3 组之间差异不显著。这说明在中性偏碱环境中野生稻剑叶可溶性糖含量最高。过酸环境可溶性糖含量最低,可能是由于逆境

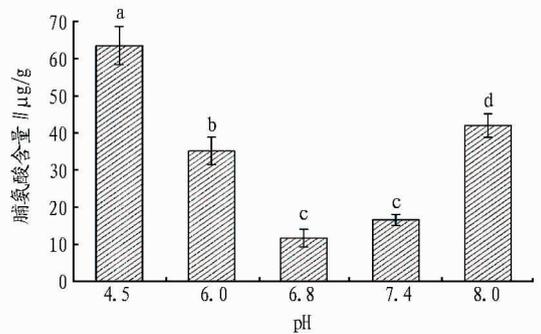
中植物机能受损,营养物质消耗速度高于合成速度,可溶性糖因大量消耗而降低。



注:不同字母表示差异在 0.05 水平显著。数据为 3 个重复的平均值 ± 标准差。

图 2 不同 pH 对叶片可溶性糖含量的影响

**2.3 不同土壤 pH 对脯氨酸含量的影响** 脯氨酸具有较强的水合能力,具有在逆境条件下调节细胞质渗透压的作用<sup>[10]</sup>。有研究认为,在胁迫条件下,植物内源脯氨酸还可能具有消除活性氧的作用<sup>[11]</sup>。此外,脯氨酸是逆境胁迫下解除氨毒害的有效途径之一<sup>[12]</sup>。从图 3 可以看出,pH 对野生稻剑叶脯氨酸含量影响显著。随着 pH 的升高,脯氨酸含量呈先降后升的趋势。经方差分析,组间整体差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。在 pH 4.5 处理下,脯氨酸含量达最高水平,与其他处理间差异达 0.01 显著水平;pH 6.8 和 pH 7.4 处理脯氨酸含量最低,两组间差异不显著,但与其他 3 种处理均达极显著水平( $P < 0.01$ )。这说明 pH 在 6.8~7.4 范围内野生稻剑叶脯氨酸含量最低,过酸或过碱环境下脯氨酸积累较多。这是野生稻适应性和抗逆性的反映。

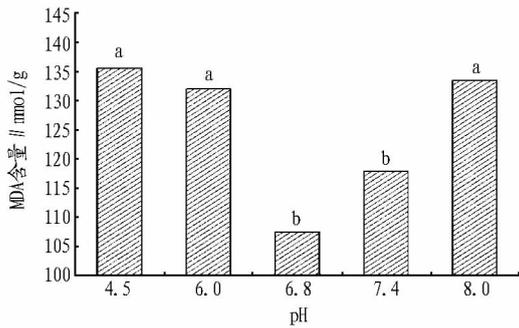


注:不同字母表示差异在 0.05 水平显著。数据为 3 个重复的平均值 ± 标准差。

图 3 不同 pH 对叶片脯氨酸含量的影响

**2.4 不同土壤 pH 对丙二醛含量的影响** 丙二醛是植物器官在逆境或衰老时发生膜脂过氧化伤害的最终产物之一,其含量高低可以反映膜脂过氧化伤害程度<sup>[13]</sup>。从图 4 可以看出,野生稻剑叶 MDA 含量变化趋势与脯氨酸含量变化趋势基本一致。经方差分析,总体差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。pH 4.5 处理的剑叶 MDA 含量最高,与其他处理间差异达极显著水平( $P < 0.01$ ),pH 6.8 和 pH 7.4 处理的 MDA 含量最低。这说明过酸或过碱的环境下雁山普通野生稻剑叶危害

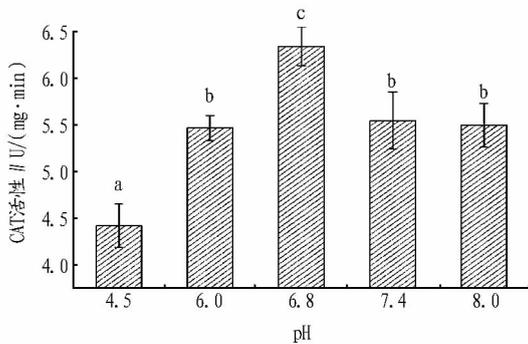
程度较大,衰老程度快。



注:不同字母表示差异在 0.05 水平显著。数据为 3 个重复的平均值。

图 4 不同 pH 对叶片丙二醛含量的影响

**2.5 不同土壤 pH 对过氧化氢酶活性的影响** 过氧化氢酶能有效地清除植物体内的  $H_2O_2$ , 使得细胞免受  $H_2O_2$  的毒害。从图 5 可以看出, pH 对野生稻剑叶 CAT 活性的影响在 0.05 水平显著。pH 6.0、pH 7.4 和 pH 8.0 处理的 CAT 活性差异不大, pH 6.8 处理的 CAT 活性最高, 与其余 4 种处理间差异达极显著水平 ( $P < 0.01$ ), pH 4.5 处理的 CAT 活性最低, 差异也达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。



注:不同字母表示差异在 0.05 水平显著。数据为 3 个重复的平均值。

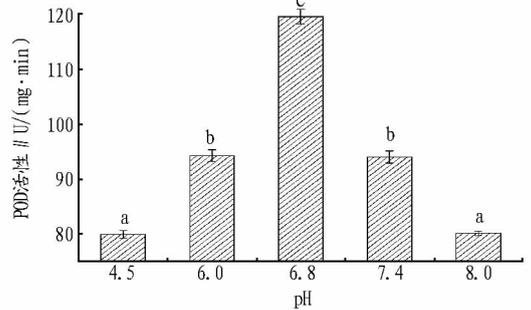
图 5 不同 pH 对叶片过氧化氢酶活性的影响

**2.6 不同土壤 pH 对过氧化物酶活性的影响** POD 与 CAT 一同阻止  $H_2O_2$  在植物体内的过量积累。从图 6 可以看出, pH 对野生稻剑叶 POD 活性的影响的 0.05 水平显著。pH 6.8 处理 POD 活性显著升高 ( $P < 0.01$ ), pH 4.5 和 pH 8.0 处理 POD 活性显著低于中性处理的活性 ( $P < 0.01$ )。

### 3 结论与讨论

由于植物自身遗传特性和对环境适应性的差异, 各种类型植物的生长发育对周围环境土壤 pH 的要求不同。在生长最适的 pH 下, 植物自身的各生理机能均处于最佳状态, 周围环境对其生长起促进作用。研究表明, 在盆栽条件下, 雁山普通野生稻对中性偏碱环境的适应性较强, 适宜的环境 pH 范围在 6.0~7.4。

植物受到逆境胁迫时, 各种生理过程均会受到影响, 植物叶绿素含量也将直接或间接地受到影响。研究表明, 野生稻在中性条件下叶绿素相对含量较高。所以, 中性环境有利于其叶绿素的生成。



注:不同字母表示差异在 0.05 水平显著。数据为 3 个重复的平均值。

图 6 不同 pH 对叶片过氧化物酶活性的影响

叶绿素是光合作用的基础物质之一, 其含量的高低与光合能力关系密切。因此, 野生稻剑叶内可溶性糖含量的变化趋势与叶绿素基本相同。过酸和过碱处理下可溶性糖含量显著低于中性处理。这可能是由于叶绿素含量低, 可溶性糖等营养物质合成受阻, 或者是由于机能受损, 可溶性糖作为营养物质大量消耗。

脯氨酸会在植物遭受逆境时在植物体内大量积累, 起到调节渗透压、降低细胞酸度的作用<sup>[14]</sup>。研究表明, 当环境 pH 为 6.8 和 7.4 时, 野生稻剑叶内脯氨酸含量维持在较低水平, 在其他 pH 下均较高, 并在 pH 4.5 时显著增加。这说明脯氨酸对酸性条件较敏感, 可能在抵抗外界不适宜酸度环境方面起重要作用。

植物体内的 MDA 含量可直接反映细胞膜的受伤程度。研究表明, MDA 含量在 pH 6.8 和 7.4 时较低, 其他 pH 处理下 MDA 含量显著升高, 说明过酸和过碱处理的野生稻剑叶细胞膜受损较重。

当 pH 为 6.8 时, CAT 和 POD 的活性均为最高。这与 Forman 等的研究结果一致<sup>[15]</sup>。CAT 和 POD 的活性最适 pH 分别为 6.8 和 7.4。Halliwell 等研究表明, 强毒性的自由基在酸性条件下更利于生成, 因而不利于膜保护酶 CAT、POD 的高活性<sup>[16]</sup>。这也与该研究结果相符, 具体表现为 pH 4.5 时 2 种酶活性均显著低于其他处理。同时, POD 对土壤酸碱胁迫反应更敏感。过酸和过碱处理下 MDA 含量大, 膜透性加大, 而保护酶活性降低, 说明过酸、过碱处理加速野生稻衰老的进程。在适宜 pH 条件下, 细胞的 CAT、POD 活性较高, 能减少叶绿体中微量的  $Cd^{2+}$  对光合膜造成的伤害。

### 参考文献

- [1] 丁颖. 中国栽培稻种的起源及其演变[J]. 农艺学报, 1957, 8(3): 234-260.
- [2] 盖红梅, 陈成斌, 沈沈富, 等. 广西武宣珠江流域普通野生稻居群遗传多样性及保护研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(2): 156-162.
- [3] 曹建华, 袁道先, 潘根兴. 岩溶生态系统中的土壤[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 37-44.
- [4] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 1-54.
- [5] 张宪政. 作物生理研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 21-28.
- [6] 职明星, 李秀菊. 脯氨酸测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(3): 355-357.
- [7] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 306.

(下转第 478 页)

0.1 ℃,完成了利用热平衡测量植物茎流的供热保温系统,对用热平衡测茎流提供了可行的试验装置和控制程序,为下一

步利用热平衡原理测量茎流做好了前期准备。

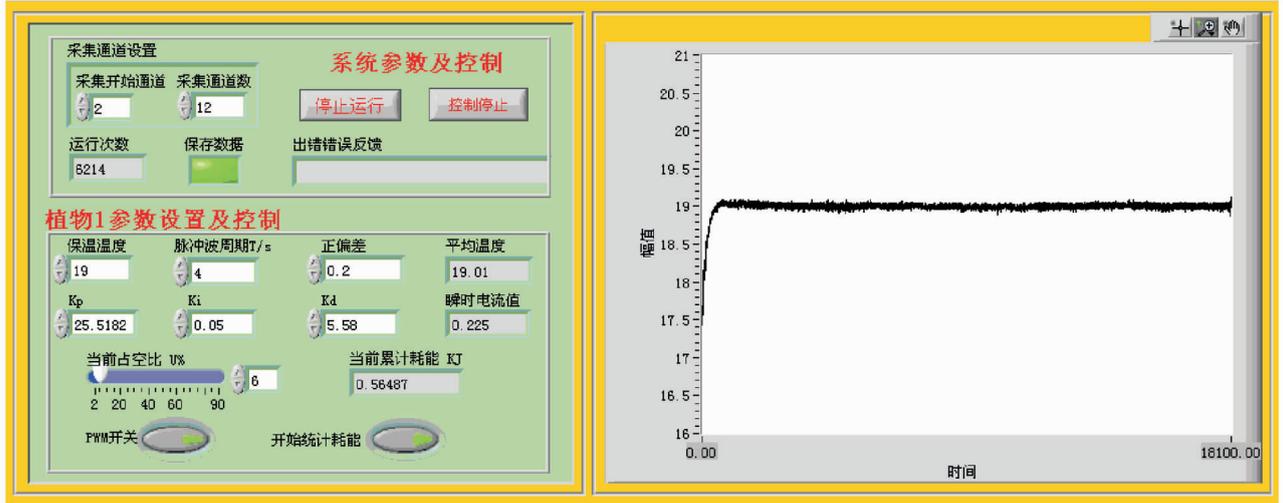


图5 水竹温控测试结果

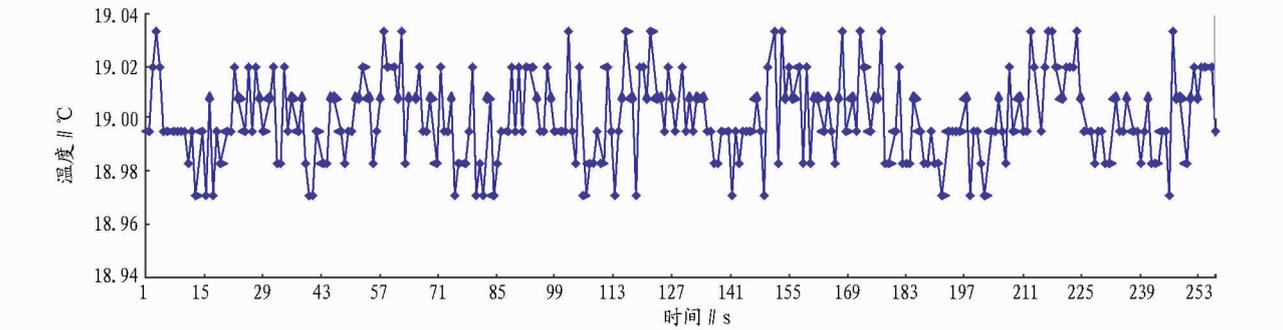


图6 稳定情况下温度波动

参考文献

[1] HUBER B. Observation and measurements of sap flow in plant[J]. Berichte der Deutscher Botanischen Gesellschaft, 1932, 50:89 - 109.

[2] SAKURATANI T. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants[J]. J Agric Meteorol, 1981, 37:9 - 17.

[3] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京:科学出版社,2005.

[4] 霍罡. 可编程序控制器模拟量及PID算法应用案例[M]. 北京:高等教育出版社,2008.

[5] 邓焱,王磊. LabVIEW7.1测试技术与仪器应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

[6] 张兴. PWM整流器及其控制[M]. 北京:机械工业出版社,2012.

[7] (上接第475页)

[8] 李合生. 植物生理生化实验室原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000:164 - 167.

[9] 贾莉君,梁晓蓉,尹晓明,等. pH值对水稻幼苗吸收 $\text{NO}_3^-$ 的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2006,12(5):649 - 655.

[10] 刘光玲,陈荣发,田富桥,等. 不同pH值对甘蔗幼苗生长和生理特性的影响[J]. 南方农业学报,2011,42(2):380 - 383.

[11] SMIRNOFF N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation[J]. New Phytol, 1993, 125:27 - 34.

[12] 祝延成,钟章成,李建东. 植物生态学[M]. 北京:高等教育出版社, 1988:123.

[13] CHEN G, HU W Y, XIE F T, et al. Solvent for extracting mal on dialdehyde in plant as an index of senescence[J]. Plant Physiology Communications, 1991, 27(1):44 - 46.

[14] 许祥明,叶和春,李国凤. 脯氨酸代谢与植物抗渗透胁迫的研究进展[J]. 植物学通报, 2000, 17(6):536 - 542.

[15] FORMAN H J, FISHER A B. Antioxidant defenses[M]//GILBERT D L. Oxygen and living processes: an interdisciplinary approach. New York: Springer-Verlag, 1981:235 - 249.

[16] HALLIWELL B. Toxic effects of oxygen on plant tissues[M]//Chloroplast metabolism: the structure and function of chloroplasts in green leaf cell. Oxford: Clarendon Press, 1984:180 - 202.