

涝渍胁迫下 5 种菊花近缘种属植物生理特性

尹冬梅, 陈发棣*, 陈素梅

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要: 采用土培模拟涝害的方法, 对 5 种菊花近缘种属植物的根系活力、叶绿素含量和光合生理特性以及涝渍胁迫后的形态表现进行研究和观察, 比较了其耐涝能力。结果表明: 涝渍胁迫下, 5 种菊花近缘种属植物根系活力急剧下降, 但紫花野菊在胁迫初期表现出强的根系活力; 5 种植物叶绿素含量总体呈现先升后降的趋势; 涝渍胁迫 15d 时纪伊潮菊、泡黄金菊的光合强度明显降低, CO_2 同化作用下降, 并出现负值, 叶片已丧失光合作用能力, 其次是大岛野路菊和那贺川野菊, 而紫花野菊维持了一定水平的净光合速率。结合叶片外观形态观察发现, 紫花野菊最为耐涝, 泡黄金菊最不耐涝, 而大岛野路菊、纪伊潮菊和那贺川野菊的耐涝性介于两者之间。

关键词: 菊花近缘种属植物; 涝渍胁迫; 生理特性

文章编号: 1000-0933 (2009) 04-2143-06 中图分类号: S944 文献标识码: A

Physiological characteristics in five related species of *Dendranthema* under Waterlogging

YIN Dong-Mei, CHEN Fa-Di*, CHEN Su-Mei

College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 2143 ~ 2148.

Abstract: The Effects of waterlogging on root vigor, chlorophyll content, photosynthetic characteristics and morphological changes in five related species of *Dendranthema* were studied. The waterlogging was mimicked by treating pot plants with flooding (2—3 cm in depth). Waterlogging tolerance of five species was evaluated. The results showed that the root vigor of five species all declined significantly under waterlogging, except that *Dendranthema zawadskii* showed high root vigor in the early stage of waterlogging stress. The chlorophyll contents of the five species increased during the early stages of stress and then decreased afterwards; After flooding treatment for 15d, in *Ajania shiwogiku* Kitam. var. *kinokuniense* and *Dendranthema boreale*, the net photosynthetic rate declined significantly, CO_2 assimilation declined as well and even decreased to negative value which suggests that photosynthetic capacity was lost. Obvious decrease in photosynthetic rate was also observed in *Dendranthema crassum* and *Dendranthema yoshinaganthum*. However, *Dendranthema zawadskii* maintained higher net photosynthetic rate under the stress. The leaf morphological changes under the waterlogging suggested that *Dendranthema zawadskii* is most tolerant species, whereas *Dendranthema boreale* is the most sensitive species, *Dendranthema crassum*, *Ajania shiwogiku* Kitam. var. *kinokuniense* and *Dendranthema yoshinaganthum* showed moderate tolerant to waterlogging stress.

Key Words: five related species of *Dendranthema*; waterlogging stress; physiological characteristics

水分条件是植物生长的重要环境因子之一, 影响着植物形态、生理生化代谢及地理分布范围^[1]。据统计, 全球涝渍性土地面积约 800 万 km^2 , 占地球陆地面积的 6% 左右, 我国有 63 万 km^2 的涝渍土地, 占地面

基金项目: 国家教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目 (NCET-06-0489); 上海市农委重点攻关资助项目 [沪农科攻字 (2006) 第 4-3 号]

收稿日期: 2007-12-16; 修订日期: 2008-09-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenfd@njau.edu.cn

积近 6.6%^[2]。黄淮海平原、长江中下游、东南沿海、松花江和辽河中下游等地区是我国洪涝灾害的易发地区。尤其是南方地区的降雨量高,季节分布又不均匀,经常会出现短暂或较长时间的水涝灾害。菊花 (*Dendranthema × grandiflorum*) 属菊科菊属多年生宿根花卉,原产中国,喜温暖及冷凉气候,忌涝,过高的土壤含水量不利其生长和发育,短时间的水淹就会对其造成一定程度的伤害甚至引起死亡。而园林绿化美化应用的盆栽小菊或地被菊,多为露地种植。因此,加强菊花在涝害逆境下的生理反应及耐涝性的研究是十分必要的。

近年来,涝渍对植物生理代谢的影响在小麦、玉米中的研究较多^[3,4],但对观赏植物的研究较少。菊科是被子植物中最大的科^[5],也是双子叶植物中进化程度最高的科,拥有丰富的具极高观赏价值的栽培和野生种类,但菊花近缘种属植物耐涝性研究尚未见报道。本试验以 5 种菊花近缘种属植物为材料,模拟涝渍条件,采用生理指标的测定,结合外部形态观察,初步评定了 5 种菊花近缘种属植物的耐涝能力,以期为建立菊花近缘种属植物耐涝种质资源筛选和耐涝评价体系,并为探讨耐涝机理提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为引种自日本的 5 种菊花近缘种属植物,种植在南京农业大学“中国菊花种质资源保存中心”(表 1)。为方便叙述,文中使用各材料的代码。

表 1 试验材料

Table 1 Taxon used in this study

代码 Code	学名 Scientific name	中文名 Chinese captions	采集地 Collection site	标本号 Specimen No.
DD2	<i>Dendranthema crassum</i>	大岛野路菊 Dadaoyeluju	日本石川 Ribenshichuan	Chen0607
GD12	<i>Dendranthema zawadskii</i>	紫花野菊 Zihuayaju	日本广岛 Ribenguangdao	Chen0613
ZB1	<i>Ajania shiwogiku</i> Kitam. var. <i>kinokuniense</i>	纪伊潮菊 Jiyichaoju	日本筑波 Ribenzhubo	Chen06121
ZB2	<i>Dendranthema boreale</i>	泡黄金菊 Paohuangjinju	日本筑波 Ribenzhubo	Chen0601
ZB7	<i>Dendranthema yoshinaganthum</i>	那贺川野菊 Lahechuanyaju	日本筑波 Ribenzhubo	Chen0604

1.2 试验设计

设对照与处理:选取生长一致的 10 叶龄扦插生根苗,混合基质(园土:腐殖质:草炭 = 6:2:2)栽培于营养钵中。(1)对照——正常浇水;(2)淹水——于 2007 年 5 月 15 日 9:00 将营养钵放入周转箱中,使水面高出土面 2~3cm。分别于水淹的 0、3、6、9、12d 测定根系活力和叶绿素含量,处理结束时测定各植株的光合生理参数。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 根系活力测定

参照张宪政的方法(TTC 还原法)测定根系活力^[6]。

1.3.2 叶绿素含量测定

按李合生等^[7]的方法(浸提 24h)测定叶片叶绿素含量。用 752-紫外可见分光光度计读取光密度值。

1.3.3 光合参数测定

用美国 LI-COR 公司产 LI-6400 型光合仪于 9:00~11:00 测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(Tr)胞间 CO_2 浓度(C_i)。

1.3.4 外部形态观察

采用数码相机于处理前后拍照观察记录,综合评价。

1.4 数据统计分析

试验数据用 Excel2003、SPSS13.0 软件进行分析处理,采用单因素方差分析(One-way ANOVA)。用

Duncan 多重比较 (Duncan's multiple range test) 检验不同材料处理之间植株的差异 (在 $P = 0.05$ 水平上进行比较), 3 次重复; 图片用 Photoshop CS3 进行处理。

2 结果与分析

2.1 根系活力的变化

根系活力直接影响植株的生长状况。由图 1 可知, 5 种菊花近缘种属植物根系活力的变化可以分为两种类型: 一种是先上升后下降的单峰曲线, 这种类型仅有 GD12; 另一种则呈急剧下降的趋势, 属该类型的有 DD2、ZB1、ZB2、ZB7。

第一种类型的 GD12, 涝渍胁迫初期诱发了根系活力的升高, 在处理 3d 后上升到对照的 113.3%, 这可能是植株本身对涝渍胁迫的一种保护性应激反应。但随后急剧下降, 直至处理结束时下降为处理的 6.3%; 而第二种类型的根系活力则自处理开始即呈急剧下降的趋势, 处理结束时 DD2 下降为对照的 6.2%; ZB1 为 10.1%; ZB7 为 5.3%; ZB2 根系已经死亡, 以致 TTC 还原力为负值。

根系活力的升高可能是对逆境的一种应激性反应, 通过提高代谢作用来缓解涝渍胁迫的伤害。但是随着处理时间的延长, 强的呼吸代谢造成能量的过多消耗, 严重抑制了植株的生长, 导致根系活力急剧下降。

2.2 叶绿素含量的变化

由图 2 看出, 随着水淹时间延长, 5 种菊花近缘种属植物叶绿素含量总体上表现出先增加后降低的趋势。处理初期, 水淹促进叶绿素含量升高; 水淹后期, 5 种菊花近缘种属植物叶绿素含量均有不同程度的下降。水淹 6d 时, DD2 为对照的 145.19%、GD12 为 103.20%、ZB1 为 259.33%、ZB2 为 173.19%、ZB7 为 133.22%; 处理结束时各植株的叶绿素含量与对照植株叶绿素含量的比例: DD2 为 87.80%、GD12 为 59.07%、ZB1 为 89.09%、ZB2 为 83.96%、ZB7 为 87.96%。

可见涝渍胁迫降低了叶片叶绿素含量, 叶片中的光合色素是叶片光合作用的物质基础, 环境因子的改变可以引起光合色素含量的变化, 光合色素含量的高低在很大程度上反映了植物的生长状况和叶片的光合能力。

2.3 光合生理特性的变化

涝渍处理使 5 种菊属植物的净光合速率 (P_n) 均显著下降, 但是不同种之间有差异 (图 3A)。在涝渍胁迫结束时, DD2、GD12、ZB7 的净光合速率分别为对照的 16.7%、22.6%、21.5%, 而 ZB1、ZB2 的净光合速率已经下降为负值。

涝渍胁迫后, 各植株的蒸腾速率 (Tr) 和气孔导度 (G_s) 均显著下降 (图 3B、3C), 以 GD12 下降最少。GD12 的蒸腾速率 (Tr) 和气孔导度 (G_s) 分别为对照的 45.3% 和 32.7%; ZB1 分别为 23.88%、19.25%; ZB2 分别为 16.98%、10.23%; DD2 分别为 37.7%、29.3%; ZB7 分别为 3.7%、2.5%。DD2、GD12、ZB1、ZB2 胞间 CO_2 浓度 (C_i) 升高, 分别为对照的 121.98%、115.32%、183.12%、196.45%, 而 ZB7 却显著下降。

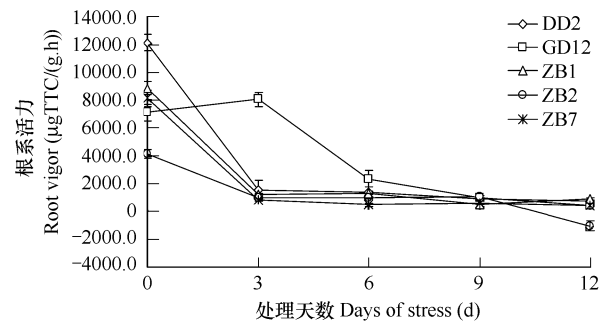


图 1 涝渍胁迫对根系活力的影响 (平均值 $\pm$ 标准误差)

Fig. 1 Effect of waterlogging on root vigor (mean $\pm$ SE)

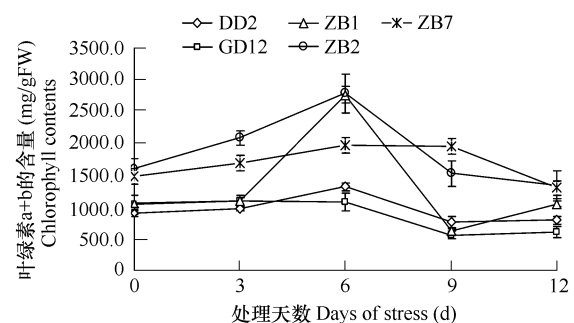


图 2 涝渍胁迫对叶绿素含量的影响 (平均值 $\pm$ 标准误差)

Fig. 2 Effect of waterlogging on chlorophyll content (mean $\pm$ SE)

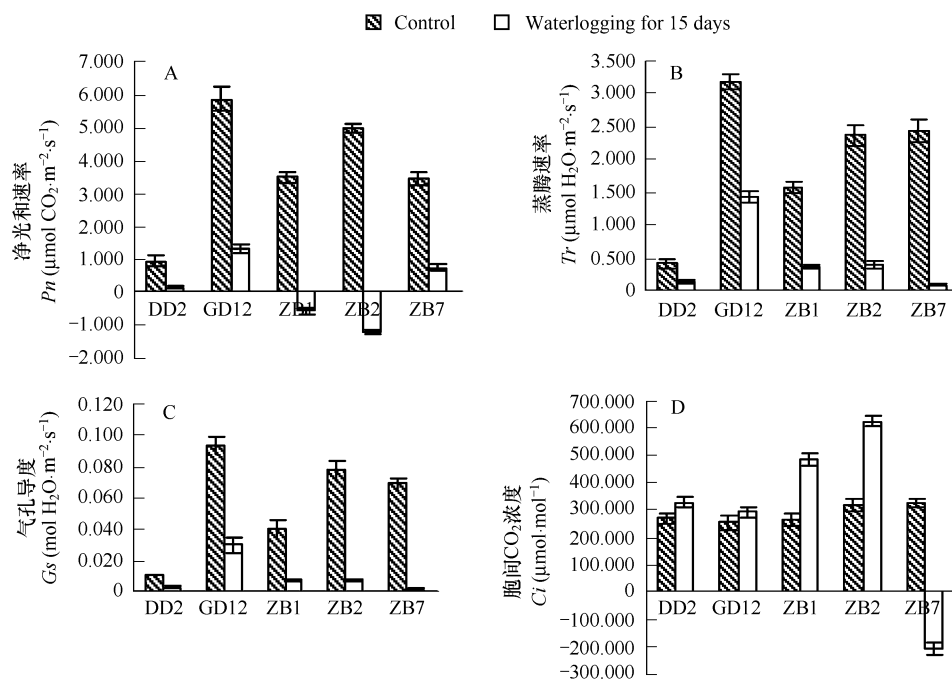


图3 涝渍胁迫15d对5种植物 P_n 、 Tr 、 G_s 及 C_i 的影响(平均值 $\pm$ 标准误差)

Fig. 3 Effect of 15-day waterlogging on P_n 、 Tr 、 G_s and C_i in Five *Dendranthema* genus (mean $\pm$ SE)

2.4 外部形态观察

如图4所示,水淹15d后,ZB2的涝害症状最严重,整株枯萎,基部叶片干枯;DD2、ZB1、ZB7叶片均萎蔫、失绿;GD12的症状最轻,叶片保持完整。可见GD12最为耐涝。

涝渍胁迫下,菊花近缘种属植物叶片失水萎蔫,根系活力急剧下降继而光合速率进一步下降,叶绿素破坏,叶片自下而上干枯,造成恶性循环效应,从而进一步加重了涝害。这与蔺万煌等^[8]的研究结果一致。

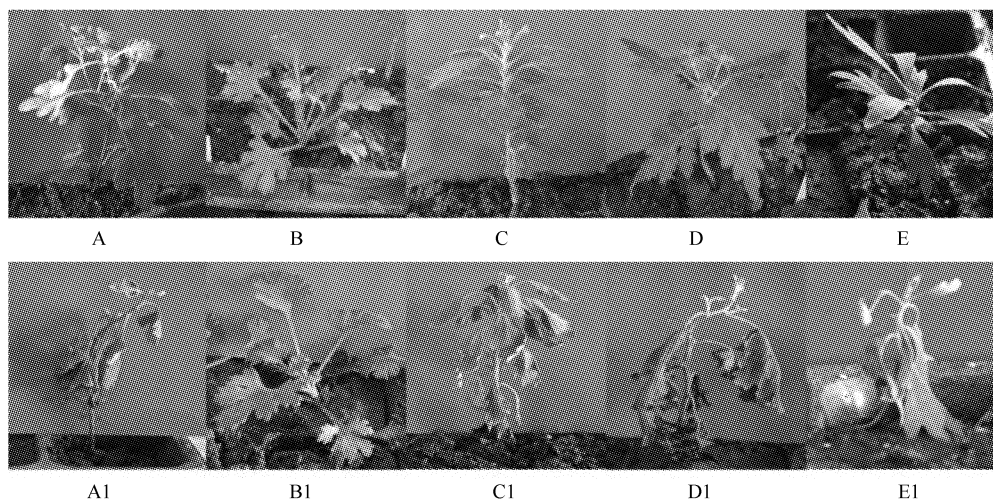


图4 A、B、C、D、E分别表示对对照的DD2、GD12、ZB1、ZB2、ZB7

Fig. 4 A, B, C, D and E represent the control plants of DD2、GD12、ZB1、ZB2、ZB7, respectively

A1、B1、C1、D1、E1分别表示淹水15d后的DD2、GD12、ZB1、ZB2、ZB7; A1、B1、C1、D1 and E1 represent plants of DD2、GD12、ZB1、ZB2、ZB7 under waterlogging, respectively

3 讨论

3.1 涝害的实质并不是水分过多,而是通过涝渍诱导的次生胁迫严重影响植物的生长发育,缺氧是受涝植物

最重要的胁迫因素^[9]。根系是受涝渍逆境直接伤害的器官,地上部分及其伤害症状,是由于根缺氧伤害而引起的次级伤害^[10]。TTC 还原力反映了细胞内总脱氢酶活性,是代谢活力的一个重要标志。陈大清等^[11]研究表明,耐涝材料的根系活力显著高于不耐涝的。本试验中的 GD12 在涝渍胁迫初期表现出强的根系活力,可见是对水淹的积极响应。

长时间淹水时,土壤环境逐步变成缺氧,根系能量代谢逐步由有氧代谢转变成缺氧代谢。植株根系供氧受阻,土壤氧化还原电势随之降低,代谢毒物和还原离子毒物积累,呼吸代谢紊乱,根系活力下降,水分和营养离子的吸收以及营养物质的运输能力减弱,影响植物的正常代谢。本研究中,持续水淹导致 5 种菊花近缘种属植物根系活力大幅度下降也验证了这一观点。

3.2 叶绿素作为光合色素,参与光合作用中光能的吸收、传递和转化,在植物光合作用中起着关键性的作用。淹水处理对叶绿素含量的显著影响是由于涝渍胁迫引起了叶绿素降解加强,生物合成减弱所致。而在胁迫前期叶绿素含量的升高则被示为一种适应行为,罗芳丽等^[12]和卢雪琴等^[13]也有同样的报道。何斌源等^[14]认为叶绿素含量增加是红树植物对淹水的适应机制之一,叶片受水淹时间延长,相当于处于较荫蔽的环境,光合色素含量的增加有助于集中在较短的光照时间内采光。本研究结果表明菊花近缘种属植物可能也存在类似的机制。

3.3 在水淹条件下,植物保持较高的光合速率和正常的光合特性是植物能耐受水淹的重要原因之一^[15]。渍水逆境限制了淹水条件下植物的光合作用,这与前人的研究结果一致^[16~18]。研究表明胁迫后期植株的代谢严重失调导致叶绿素损伤,光合能力减弱,叶肉利用 CO₂ 的能力下降,从而构成了严重影响光合作用的非气孔限制系列因素。光合速率下降的主要因素可能源于水淹引起光合色素含量的降低。本研究中,水淹 15d 时 ZB1、ZB2 的光合强度明显降低,CO₂ 同化作用下降,并出现负值,叶片已丧失光合作用能力;其次是 DD2 和 ZB7;而 GD12 维持了一定水平的净光合速率,表现出较强的耐性。

4 结论

持续水淹条件下,5 种菊花近缘种属植物表现为根系活力下降、叶绿素和叶片净光合速率降低,叶片萎蔫、干枯。紫花野菊表现出较强的耐涝性,泡黄金菊的涝害症状最严重,而大岛野路菊、纪伊潮菊和那贺川野菊的耐涝性介于两者之间。

References:

- [1] Li X, Yan X F, YU T. Effects of water stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in *Phellodendron amurense* seedlings. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(12): 2353—2356.
- [2] Lei J F. Chinese Forestry Report. Beijing: Chinese Forestry Press, 1996.
- [3] Wang S G, He L R, Li Z W, et al. A Comparative Study on the Resistance of Barley and Wheat to Waterlogging. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(2): 228—232.
- [4] Yan B, Dai Q J, Liu X Z, et al. Accumulation of super oxide radical in corn leaves during waterlogging. Acta Botanica Sinica, 1995, 37(9): 738—744.
- [5] Lin R, Chen Y L, Shi T. Flora, Volume 74. Beijing: Science Press, 1985.
- [6] Zhang X Z. Crop Physiology Research Method. Beijing: Agriculture Press, 1990.
- [7] Li H S, Sun Q, Zhao S J, et al. Plant Principle and Technology of Physiology and Biochemistry Experimental. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [8] Lin W H, Li Y H, Xiao L T, et al. Effects of waterlogging on physiological properties of tobacco. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2001, (5): 339—342.
- [9] Lal R, Taylor G S. Drainage and nutrient effects in a field lysimeter study II mineral uptake by corn. Soil Sci Soc Am Proc, 1970, 34: 245—248.
- [10] Liu Z Q, Zhang S C. The plant Physiology of Flooding Tolerance and resistance. Plant Resistance Physiology. Beijing: China Agriculture Press, 1994. 168—169.
- [11] Chen D Q, Dong D F, Li Y N, et al. Comparative physiological effects of genotype difference of wheat resistance to waterlogging on stress. Journal of Hubei Agricultural College, 1998, 18(4): 295—298.

- [12] Luo F L, Wang L, Zeng B, *et al.* Photosynthetic responses of the riparian plant *Arundinella anomala* Steud. in Three Gorges reservoir region as affected by simulated flooding. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11): 3602–3609.
- [13] Lu X Q, Xia H P, Peng C L. The Effects of Submergence on the Photosynthetic Characteristics of Five Grasses. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 374–378.
- [14] He B Y, Lai T H, Chen J F, *et al.* Studies of the tolerance of *Avicennia marina* and *Aegiceras corniculatum* to seawater immersion in Guangxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(3): 1130–1138.
- [15] Chen H J, Qualls R G, Blank R R, *et al.* Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. *Aquatic Botany*, 2005, 82: 250–268.
- [16] Bragina T V, Ponomareva Y V, Drozdova I S, *et al.* Photosynthesis and dark respiration in leaves of different ages of partly flooded maize seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2004, 51(3): 342–347.
- [17] Su P X, Zhang L X, Du M W, *et al.* Photosynthetic character and water use efficiency of different leaf shapes of *populus euphratica* and their response to CO₂ enrichment. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(1): 34–40.
- [18] Eck P. *Blueberry Science*. New Brunswick and London: Rutgers University Press, 1988.

参考文献:

- [1] 李霞, 阎秀峰, 于涛. 水分胁迫对黄蘗幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响. *应用生态学报*, 2005, 16(12): 2353–2356.
- [2] 雷加富. 中国林业资源报告. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [3] 王三根, 何立人, 李正玮, 等. 淹水对大麦与小麦若干生理生化特性影响的比较研究. *作物学报*, 1996, 22(2): 228–232.
- [4] 晏斌, 戴秋杰, 刘晓忠, 等. 玉米叶片涝渍伤害过程中超氧自由基的积累. *植物学报*, 1995, 37(9): 738–744.
- [5] 林镛, 陈艺林, 石涛. 中国植物志(第74卷). 北京: 科学出版社, 1985.
- [6] 张宪政. 作物生理研究法. 北京: 农业出版社, 1990.
- [7] 李合生, 孙群, 赵世杰, 章文华. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [8] 蔺万煌, 李艳红, 萧浪涛, 等. 淹水对烟草生理特性的影响. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2001, (5): 339–342.
- [10] 刘祖祺, 张石城. 植物耐涝及其抗涝生理. 《植物抗性生理学》. 北京: 中国农业出版社, 1994: 168–169.
- [11] 陈大清, 董登峰, 李亚男, 等. 小麦抗涝的基因型差异对逆境的比较生理学效应. *湖北农学院学报*, 1998, 18(4): 295–298.
- [12] 罗芳丽, 王玲, 曾波, 等. 三峡库区岸生植物野古草(*Arundinella anomala* Steud.) 光合作用对水淹的响应. *生态学报*, 2006, 26(11): 3602–3609.
- [13] 卢雪琴, 夏汉平, 彭长连. 淹水对5种禾本科植物光合特性的影响. *福建林学院学报*, 2004, 24(4): 374–378.
- [14] 何斌源, 赖廷和, 陈剑锋, 等. 两种红树植物白骨壤(*Avicennia marina*)和桐花树(*Aegiceras corniculatum*)的耐淹性. *生态学报*, 2007, 27(3): 1130–1138.
- [17] 苏培玺, 张立新, 杜明武, 等. 胡杨不同叶形光合特性、水分利用效率及其对加富CO₂的响应. *植物生态学报*, 2003, 27(1): 34–40.