

文章编号:1001-7380(2015)04-0001-04

淹水胁迫对麻栎苗木生长和生理的影响

贾志远,葛晓敏,唐罗忠*,仲 灿,史琴巧

(南方现代林业协同创新中心,南京林业大学,江苏 南京 210037)

摘要:采用室内盆栽控制试验,研究了麻栎苗木在不同淹水处理下的生长和生理变化。结果表明,经过1个月的淹水试验,麻栎苗木未出现死亡现象,说明麻栎具有较强的耐水能力;但是不同处理之间的苗木生长和生理性状存在一定差异,主要是淹水处理后的麻栎苗木新梢生长均明显小于对照处理。经淹水处理后苗木叶片含水量、叶绿素含量以及光合速率均明显低于对照处理,但是叶片相对电导率呈相反趋势。淹水后麻栎苗木叶片中的N、P、K含量均比对照低。淹水处理会导致叶片Na含量增加,且随着淹水强度的增强而增加。

关键词:麻栎;淹水胁迫;生长;生理特性

中图分类号:S792.181 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2015.04.001

Effects of waterlogging stress on growth and physiology of *Quercus acutissima* seedlings

JIA Zhi-yuan, GE Xiao-min, TANG Luo-zhong*, ZHONG Can, SHI Qin-qiao

(Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The growth and physiological properties of *Quercus acutissima* seedlings were investigated under different waterlogging stresses in a greenhouse. The results showed that seedlings were not dead under waterlogging stress for one month, suggesting that *Quercus acutissima* was resistant to the waterlogging stress. However, the growth and physiology of seedlings existed differences under the different treatments. Compared with CK, the shoot growth, leaf chlorophyll content, leaf water content and leaf photosynthetic rate of *Quercus acutissima* seedlings decreased under the waterlogging stress, but the relative electrical conductivity of leaf was showed the opposite tendency. The contents of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves were lower under the waterlogging treatment than those in CK. The content of sodium in leaves increased when the seedlings were in the waterlogging treatment.

Key words: *Quercus acutissima*; Waterlogging stress; Growth; Physiological trait

随着全球气候异常现象日益增多,局部地区暴雨、洪涝灾害频繁发生,水涝已成为植物遭受的主要逆境之一^[1]。多数研究表明,植物受到淹水胁迫后,其根系数量减少,活力下降^[2-3];叶片气孔导度下降,光合速率降低^[4];由于缺氧而进行无氧呼吸,产生乙醇、乙酸等有害代谢物质,毒害细胞,使细胞质膜透性增大,影响植物代谢,进而导致植物生长受抑,甚至死亡^[5]。但是,耐淹植物往往能够在生长、形态以及解剖结构上产生明显变化,在呼吸代谢、光

合作用、抗氧化系统等方面也会发生相应变化,以适应淹水胁迫环境^[6-7]。

麻栎(*Quercus acutissima* Carr.)是我国重要的硬阔叶树种,它分布广,耐瘠薄^[8],木材坚硬、燃烧值高,萌芽更新能力强,是传统的薪炭林树种;在水土保持、水源涵养、城市生态环境保护等方面^[9-11],麻栎也具有重要的作用。

为深入了解麻栎的生物学和生态学特征,扩大其栽植范围,近年来,许多学者对麻栎在干旱、盐等

收稿日期:2015-06-09;修回日期:2015-07-10

基金项目:国家自然科学基金项目“池杉形成膝根的生理机制及其功能研究”(31170566);教育部高等学校博士学科点专项科研基金“杨树对土壤重金属污染的净化能力研究及高富集品种筛选”(201332041100011);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介:贾志远(1989-),女,河南驻马店人,硕士研究生,主要从事森林培育学研究。E-mail: 865809419@qq.com。

* **通信作者:**唐罗忠(1967-),男,江苏金坛人,教授,主要从事森林培育与森林生态学研究。E-mail: luozhongtang@njfu.edu.cn。

胁迫下的生长和生理特性进行了研究^[12-14]。在淹水胁迫方面研究较少,张晓磊等^[15]对不同种源麻栎嫁接苗在淹水条件下的生物量分配以及叶片脯氨酸、丙二醛含量等进行了研究,初步表明不同种源麻栎的耐水性存在一定差异。本文在此基础上,对产自安徽省滁州市的麻栎苗木在不同淹水强度下的生长、生理以及养分含量进行了研究,旨在为进一步掌握麻栎对土壤淹水胁迫的适应性以及相关机制积累资料,也为生产上推广栽培麻栎提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2013 年 3 月,选择长势均匀、健壮的安徽省滁州市红琊山林场 1 年生麻栎实生裸根苗,移栽到口径 20 cm、高 18 cm 的塑料花盆中,苗木平均高度为 51.2 cm,平均地径为 6.5 mm。采用红琊山林场苗圃土作为培养基质。置于南京林业大学玻璃温室中进行常规管理与培育。由于麻栎喜光,所以将苗木置于温室的东南方位(光照充足)的位置。7 月 20 日进行淹水处理。

1.2 试验方法

试验参照唐罗忠等的研究方法^[16-17],共设置 4 种淹水处理水平,分别是(1)对照:保持土壤湿润,使土壤含水量保持在田间正常持水量的 75% 左右;(2)轻度淹水处理:将栽植苗木的塑料盆放置在大塑料盆(宽 45 cm,长 65 cm,深 40 cm)中,加水使水面位于盆土的 1/2 半高度;(3)中度淹水处理:将栽植苗木的塑料盆放置在大塑料盆(规格同上)中,加水使水面与盆土表面相平;(4)重度淹水处理:将栽植苗木的塑料盆放置在大塑料盆(规格同上)中,加水使水面高于盆土表面 10 cm 左右。每种处理重复 3 次,每个重复 4 盆。对照处理的麻栎苗木按照常规方法进行水分管理,其他处理的苗木每隔 3 d 添加 1 次水分,使大盆中的水位达到设计要求。

1.3 测定方法

分别于 7 月 20 日(处理前)和 8 月 20 日(处理结束时)用钢卷尺测量新梢长度,用游标卡尺测量新梢基部直径,通过计算 2 个时期的差值,了解不同处理对麻栎苗木新梢长度和粗度生长的影响。分别在处理后的第 0、3、15、30 d,采用便携式叶绿素测定仪(SPAD 计)测定不同处理苗木成熟叶片和未成熟叶片(嫩叶)的叶绿素 SPAD 值。嫩叶是指在当年新形成的主梢和侧枝上萌发的叶片,生长期较短,比较

幼嫩,呈浅绿色;成熟叶片是指从 1 年生的苗木主干或 1 年生的侧枝上萌发的叶片,主要在 4 月萌发形成,生长期较长,呈深绿色。

试验结束时,分别采集不同处理的苗木成熟叶片和嫩叶,采用烘干法(65 ℃恒温烘箱)测定叶片含水量。

在淹水处理后的第 0、1、3、6、10、15、24、30 d(均为晴朗天气),选择不同处理的麻栎苗木成熟叶片,采用 LI-6400 型光合仪测定光合速率。

在淹水处理后的第 0、2、3、6、10、15、22、30 d,分别采集不同处理的苗木成熟叶片采用电导仪法^[18]测定叶片的相对电导率。

淹水处理结束时(8 月 20 日),分别采集不同处理下的苗木成熟叶片和嫩叶,参照唐罗忠等的方法^[8]分别测定 N、P、K、Ca、Mg 和 Na 含量。试验均设置重复 3~6 次。

1.4 数据处理方法

利用 Microsoft Excel 软件对数据进行整理,并用 DPS7.05 版软件进行差异显著性分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 淹水胁迫对生长的影响

由结果(见表 1)可以看出,与对照相比,不论是轻度、中度还是重度淹水处理,对麻栎新梢高生长均具有明显的抑制作用。经过 1 个月的试验,轻度、中度和重度淹水处理的新梢高生长量均极小。虽然淹水处理的苗木新梢粗生长与对照没有显著差异,但其生长量都小于对照处理。

表 1 不同淹水处理对苗木新梢生长及叶片含水量的影响

项目	不同淹水处理(平均值±标准差)			
	对照	轻度	中度	重度
新梢高生长/cm	13.17±8.46 a	0.35±0.41 b	0.15±0.50 b	0.17±0.29 b
新梢粗生长/mm	0.69±0.63 a	0.12±0.13 a	0.29±0.07 a	0.38±0.07 a
成熟叶含水量/%	101.0±7.7 a	77.2±4.1 b	74.7±2.6 b	77.9±5.2 b
嫩叶含水量/%	121.0±6.8 a	83.6±2.9 b	81.3±5.5 b	80.9±4.3 b

同一行数据后的不同小写字母表示不同处理之间存在显著差异($P < 0.05$)。

2.2 淹水胁迫对生理指标的影响

2.2.1 对叶片含水量的影响 由表 1 还可以看出,淹水处理后的麻栎苗木成熟叶和嫩叶含水量均明显小于对照处理;而轻度、中度和重度淹水处理之间差异不显著。所以,可以认为,在淹水处理之下,土壤

中的水分虽然很多,但都无法正常吸收并输送至叶片。

2.2.2 对叶片叶绿素含量的影响 在试验过程中,不同处理之间的麻栎成熟叶片叶绿素含量差异不显著,但是试验中,对照处理的叶绿素含量有所上升,而重度、中度和轻度淹水处理的叶绿素含量维持在40 SPAD 单位左右(见图1)。

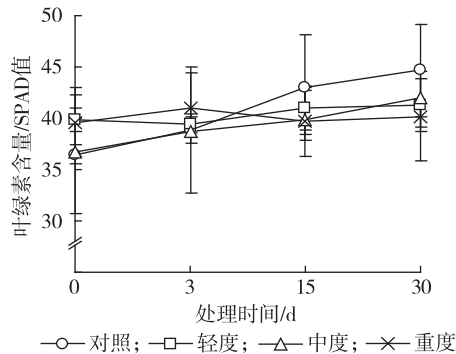
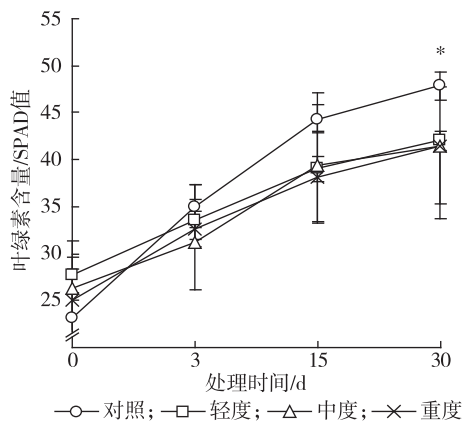


图1 不同淹水处理对苗木成熟叶叶绿素含量的影响

处理3 d之后,轻度、中度和重度淹水处理的麻栎苗木嫩叶的叶绿素含量虽然呈上升趋势,但上升较缓,与对照处理的差距逐渐增大。淹水处理30 d时,对照处理显著大于其他处理(见图2)。由此可见,淹水处理对麻栎苗木的叶绿素合成会产生不利影响,对嫩叶的影响尤为明显。

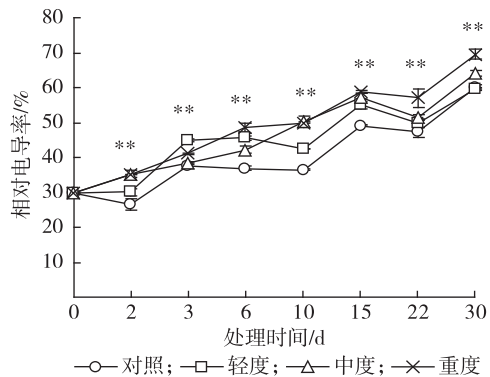


* 表示处理间存在显著性差异($P < 0.05$)

图2 不同淹水处理对苗木嫩叶叶绿素含量的影响

2.2.3 对叶片相对电导率的影响 各处理的麻栎苗木叶片相对电导率整体上是随着处理天数的增加而上升,不同处理之间的叶片相对电导率由高到低的顺序为重度>中度>轻度>对照(见图3)。随着时间的变化,对照处理的麻栎苗木成熟叶片逐渐老化,可能是导致其电导率逐步升高的原因,加之淹水

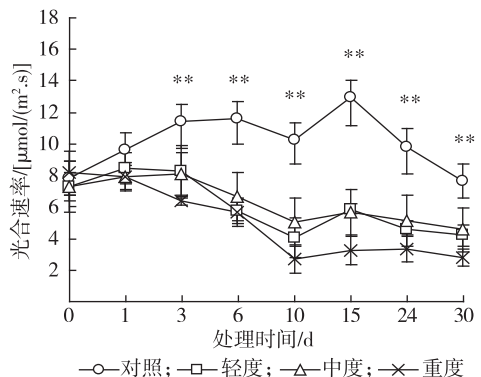
胁迫的影响,也导致淹水处理下苗木叶片电导率进一步提高。



** 表示处理之间存在极显著差异($P < 0.01$)

图3 不同淹水处理对苗木叶片相对电导率的影响

2.2.4 对叶片光合速率的影响 由图4可以看出,淹水处理1 d之后,麻栎苗木叶片光合速率就会逐渐低于对照;淹水3 d之后,不同处理之间的苗木叶片光合速率差异极显著,其中对照处理最大,重度淹水处理最小,轻度和中度淹水处理处于中间状态。由此可见,麻栎苗木叶片光合速率受淹水的影响较大,对淹水较敏感。



** 表示处理之间存在极显著差异($P < 0.01$)

图4 不同淹水处理对苗木叶片光合速率的影响

2.3 淹水胁迫对叶片养分含量的影响

麻栎经过1个月的淹水处理后,成熟叶片和嫩叶中的N含量均明显低于对照,轻度、中度和重度淹水处理之间的N含量差异不显著;P和K含量的变化趋势与N含量基本相似(见表2)。因此,淹水处理会降低麻栎叶片中的N、P、K含量,进而可能导致代谢减弱。

轻度淹水处理下,麻栎苗木成熟叶片中的Ca含量最高,其次是中度和重度淹水处理,而对照处理最低;不同处理下的嫩叶Ca含量呈现出与成熟叶片相反的趋势。麻栎苗木成熟叶片和嫩叶中的Mg

含量均是轻度淹水处理最高,其他处理相似。其变化原因尚不清楚,有待进一步研究。

表 2 不同淹水处理对苗木叶片养分含量的影响

元素含量(g/kg)	叶片	不同淹水处理(平均值±标准差)			
		对照	轻度	中度	重度
N	成熟叶	12.12±1.22 a	9.23±0.41 b	9.80±0.22 b	9.57±0.50 b
	嫩叶	16.21±1.90 a	9.14±0.76 b	10.35±0.39 b	10.32±0.53 b
P	成熟叶	0.98±0.04 a	0.95±0.12 a	0.85±0.11 a	0.62±0.09 b
	嫩叶	1.25±0.19 a	0.63±0.13 b	0.55±0.05 b	0.64±0.15 b
K	成熟叶	6.94±0.92 a	4.58±1.20 b	4.95±0.50 b	4.97±0.74 b
	嫩叶	8.45±1.07 a	6.59±1.43 b	5.23±0.20 b	5.80±0.58 b
Ca	成熟叶	11.99±0.28 c	14.79±0.57 a	13.31±0.66 b	12.78±0.28 bc
	嫩叶	9.16±0.20 a	7.04±0.55 c	8.03±0.37 b	7.78±0.35 b
Mg	成熟叶	2.25±0.08b	2.77±0.08 a	2.36±0.16 b	2.25±0.12 b
	嫩叶	1.86±0.14 b	2.19±0.20 a	2.02±0.12 ab	1.86±0.14 b
Na	成熟叶	0.05±0.03 b	0.07±0.03 b	0.10±0.02 ab	0.14±0.02 a
	嫩叶	0.06±0.01 b	0.07±0.01 b	0.09±0.01 ab	0.10±0.02 a

同一行数据后的不同小写字母表示不同处理之间存在显著差异($P<0.05$)。

与其他元素相比,麻栎苗木成熟叶片和嫩叶中的 Na 含量均较低,但是在不同的处理之间呈现出明显的规律,即对照处理 Na 含量最低,随着淹水强度的增强,叶片中的 Na 含量逐渐升高。Na 不是植物的必需元素,导致淹水处理下麻栎叶片 Na 含量升高的原因可能是(1)Na 的可溶性和移动性较强,在苗木吸收水分的同时,Na 离子容易随着水分被输送到叶部;(2)Na 与 K 的生物化学性质比较相似,在淹水胁迫下,苗木叶片 K 含量会明显降低,而 Na 含量升高可能在一定程度上有利于维持叶片水势,以利于水分的吸收和保持。

3 小结

1 个月的淹水试验没有发现麻栎苗木出现死亡现象,表明麻栎具有一定的耐水能力。但是不同处理之间仍然存在较大差异:

(1)淹水处理后的苗木新梢生长均明显小于对照处理,说明淹水会对麻栎生长产生抑制作用。

(2)淹水处理后苗木叶片含水量、叶绿素含量以及光合速率均明显低于对照处理,但是叶片相对电导率呈相反趋势。表明淹水处理后苗木叶片质膜透性增大,生理代谢受到影响。

(3)淹水后苗木叶片中的 N、P、K 含量均比对照低,而轻度、中度和重度淹水处理之间的差异较小;叶片中的 Ca 和 Mg 含量受淹水处理的影响并无规律。

(4)与对照相比,淹水后苗木叶片 Na 含量增加,且随淹水强度的增强增幅加大。

参考文献:

- [1] 潘 澜,薛 立.植物淹水胁迫的生理学机制研究进展[J].生态学杂志,2012,31(10):2662-2672.
- [2] 张恩让,任媛媛,胡华群,等.钙对淹水胁迫下辣椒幼苗根系生长和呼吸代谢的影响[J].园艺学报,2009,36(12):1749-1754.
- [3] 刘华山,孟凡庭,杨青华,等.土壤渍涝对芝麻根系生长及抗氧化酶活性的影响[J].植物生理学通讯,2005,41(1):45-47.
- [4] 支丽燕,胡松竹,余 林,等.渍涝胁迫对圆齿野鸦椿苗期生长及其叶片生理的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(3):279-282.
- [5] 王良桂,杨秀莲.淹水对 2 个桂花品种生理特性的影响[J].安徽农业大学学报,2009,36(3):382-386.
- [6] 吴 麟,张伟伟,葛晓敏,等.植物对淹水胁迫的响应机制研究进展[J].世界林业研究,2012,25(6):27-33.
- [7] 汪 天,王素平,郭世荣,等.植物低氧胁迫伤害与适应机理的研究进展[J].西北植物学报,2006,26(4):847-853.
- [8] 唐罗忠,刘志龙,虞木奎,等.2 种立地条件下麻栎人工林地上部分养分的积累和分配[J].植物生态学报,2010,34(6):661-670.
- [9] 杨 澄,党坤良,刘建军.麻栎人工林水源涵养效能研究[J].西北林学院学报,1997,12(2):15-19.
- [10] 余蔚青,王玉杰,胡海波,等.长三角丘陵区不同植被林下土壤入渗特征分析[J].土壤通报,2014,45(2):345-351.

(下转第 10 页)

TP, COD 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率 75.4%, 99.2%, 89.9%, 95.4%; 对 TP 和 COD 的处理效果好于 TN 和 $\text{NH}_3 - \text{N}$; 净化效率总体呈现出随着柳林处理级数的增加, 污水的净化效率也增加; 整个处理系统在 5 d (污水 200 t) 的处理过程中对水质的控制比较稳定。

参考文献:

- [1] 王青颖. 中国农村生活污水处理技术应用现状及研究方向[J]. 污染防治技术, 2007, 20(5): 37-41.
- [2] 杨文涛, 刘春平, 文红艳. 浅谈污水土地处理系统[J]. 土壤通报, 2007, 38(2): 394-397.
- [3] Belila A, Ghrabi A, Hassen A. Molecular analysis of the spatial distribution of sulfate-reducing bacteria in three eutrophicated wastewater stabilization ponds [J]. *Annals of Microbiology*, 2010, 61(3): 563-573.
- [4] 陈 艺, 陈 昕. 用土壤法进行生活污水的深度处理[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(6): 87-90.
- [5] 孙海如, 周虎城, 王俊玉. 村镇生活污水处理技术整合研究[J]. 给水排水, 2006, 32(7): 23-25.
- [6] 齐学斌, 钱炬炬, 樊向阳, 等. 污水灌溉国内外研究现状与进展[J]. 中国农村水利水电, 2006(1): 13-15.
- [7] 邵志鹏, 苗香雯, 崔绍荣. 利用污水灌溉树木的研究进展[J]. 世界林业研究, 2002(5): 26-32.
- [8] 白保勋, 樊 巍, 杨海青, 等. 生活污水慢渗对“中林 2001”杨树人工林生长的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(6): 1403-1408.
- [9] 徐芝生. 瑞典利用柳树进行污水治理[J]. 湿地科学与管理, 2006, 2(2): 56-57.
- [10] Brix H. Danish guidelines for small-scale constructed wetland systems for onside treatment of domestic sewage; proceedings of the 9th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Avignon, France, September 26 - 30, 2004[C].
- [11] WU S B, Austin D, Liu L, et al. Performance of integrated household constructed wetland for domestic wastewater treatment in rural areas [J]. *Ecological Engineering*, 2011, 37(6): 948-954.
- [12] 施士争. 以柳树为原料的生物质能源产业链探讨[J]. 江苏林业科技, 2007, 34(2): 46-50.
- [13] 楚伟伟. 波形潜流人工湿地处理模拟生活污水的研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2010, 17.
- [14] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法, 3 版[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [15] 国家环境保护总局. GB 3838 - 2002 中华人民共和国地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [16] 国家环境保护总局. GB 18918 - 2002 城镇生活污水处理厂污染物排放标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [17] Kadlec R H, Tanner C C, Hally V M, et al. Nitrogen spiraling in subsurface-flow constructed wetlands: Implications for treatment response [J]. *Ecological Engineering*, 2005, 25(4): 365-381.
- [18] Huett D O, Morris S G, Smith G, et al. Nitrogen and phosphorus removal from plant nursery runoff in vegetated and unvegetated subsurface flow wetlands [J]. *Water Research*, 2005, 39(14): 3259-3272.
- [19] 田宁宁, 杨丽萍, 彭应登. 土壤毛细管渗滤处理生活污水[J]. 中国给水排水, 2000, 16(5): 12-15.
- [20] 张 建, 黄 霞, 施汉昌, 等. 地下渗滤系统在污水处理中的应用研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(4): 22-25.
- [21] Vymazal J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands [J]. *Science of The Total Environment*, 2007, 380(1-3): 48-65.
- [22] 张笑一, 史 莉, 彭润芝, 等. 地沟式污水土地处理和人工湿地中植物对磷去除的效果研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 151-153.
- [23] 台培东, 宋玉芳, 李培军, 等. 地下渗滤污水土地处理系统中主要温室气体 CH_4 和 NO_2 的排放和控制研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(增): 77-80.
- [24] 李海军. 阳高县 FILTER 污水土地处理系统应用效果分析[J]. 山西水利科技, 2006(4): 17-19.
- [15] 张晓磊, 马风云, 陈益泰, 等. 水胁迫下不同种源麻栎生长与生理特性变化[J]. 西南林学院学报, 2010, 30(3): 16-19, 33.
- [16] 唐罗忠, 徐锡增, 方升佐. 土壤渍涝对杨树和柳树苗期生长及生理性状影响的研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 471-474.
- [17] 唐罗忠, 徐锡增, 程淑婉. 淹水胁迫对杨树生物量及生理性状影响的比较[J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(2): 14-18.
- [18] 邹 琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.

(上接第 4 页)

- [11] 张银龙, 王月菡, 王亚超, 等. 南京市典型森林群落枯枝落叶层的生态功能研究[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(1): 11-14.
- [12] 郁 慧, 刘中亮, 胡宏亮, 等. 干旱胁迫对 5 种植物叶绿体和线粒体超微结构的影响[J]. 植物研究, 2011, 31(2): 152-158.
- [13] 郝蓬莱, 张金平, 韩新英, 等. 干旱胁迫对麻栎无性系蒸腾作用的影响[J]. 林业科技开发, 2012, 26(3): 62-65.
- [14] 王树凤, 胡韵雪, 孙海菁, 等. 盐胁迫对 2 种栎树苗期生长和根系生长发育的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(4): 1021-1029.