

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.04.006

种子引发对盐胁迫下枸杞种子萌发的影响

詹振楠, 王文娟

(宁夏葡萄酒与防沙治沙职业技术学院, 宁夏 银川 750001)

摘要:以抗旱性、适应性强的“宁杞1号”为实验材料,用 $100\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl溶液对其种子进行引发处理。采用纸上发芽床法,以蒸馏水为对照,设置6个NaCl浓度梯度($20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $40\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $80\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $100\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)模拟盐胁迫,研究种子引发处理对盐胁迫下枸杞种子萌发过程的影响。结果表明:随着盐浓度的增加,无论种子是否被引发枸杞种子的发芽速度均明显减慢,发芽进程表现出显著性延迟,最终发芽率、发芽势和发芽指数均显著下降;在相同盐浓度胁迫下,种子引发均不同程度地提高了种子的发芽速度,加速了萌发进程,引发种子的发芽势、发芽指数与未引发种子相比均有显著性提高。由此表明,种子引发处理可以一定程度地缩短种子萌发进程,并提高种子萌发的整齐度,但对枸杞种子最终萌发率的影响不显著。

关键词:枸杞;盐胁迫;种子引发

中图分类号:S722.3⁺6

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2018)04-0026-05

Effects of Seed Priming on *Lycium barbarum* Seed Germination Under Salt Stress

ZHAN Zhen-nan WANG Wen-juan

(Ningxia Technical College of Wine and Desertification Prevention, Yinchuan 750001, China)

Abstract: *Lycium barbarum* was a kind of representative perennial shrub with drought and salinity tolerance, and it often grew in deserts of China's northwest. Seeds of NingQi No. 1 were primed with $100\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl. By petri dish techniques, the primed seeds under H_2O (control) were subjected to salt stressed of 6 NaCl concentrations ($20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $40\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $80\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $100\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). The effects of the seed priming and salt stress on seed germination were then investigated. The results showed that with or without priming, germination speed of NingQi No. 1 seeds slowed down significantly. The germination percentage, germination energy and germination index all declined obviously with increased NaCl concentration, and the germination process showed a significant delay. As compared with unprimed seeds under the same NaCl concentration, primed seeds increased germination speed and shortened the germination process in different extent. The germination energy and germination index of the primed seed were significantly higher than those of unprimed seeds. The results suggested that *L. barbarum* seed priming shortened the germination process under salt stress, improved the uniformity of seed germination, but the impact on the final germination rate was not significant.

Key words: *Lycium barbarum*, Salt stress, Seed priming

目前,世界上约有20%的灌溉土壤受到盐渍化的影响^[1],严重威胁着土地利用率和作物产量^[2]。

收稿日期:2018-05-17

基金项目:宁夏高等学校科学研究项目(NGY2017292)

作者简介:詹振楠(1985-),女,辽宁鞍山人,硕士研究生,主要从事污染生态研究。e-mail:zhennan1985@163.com。

我国盐渍土面积约占全国可利用土地面积的 4.97%^[3],主要分布在内陆干旱、半干旱和滨海地区。而且,随着生态环境的不断恶化以及人们不合理的开发利用,土壤盐渍化程度不断加深和扩大^[4]。因此,全面了解植物的耐盐机制、开发利用盐生植物资源对农业发展和生态环境建设有着重要意义。枸杞(*Lycium barbarum*)为茄科枸杞属中唯一一属盐生植物^[5],具有极高的营养价值和药用价值,是一种集经济价值、改良盐渍化土壤于一体的优良植物。随着人们对枸杞药用价值的开发,枸杞的需求量剧增,栽培面积也逐年扩大。但因耕地面积有限,不可避免地出现了枸杞种植与农作物争地现象。因此,如何提高枸杞的抗盐能力是使其能够利用盐渍化土壤首先应解决的关键性问题。近年来,对枸杞耐盐性研究已有大量报道,毛桂莲等研究表明,碱性盐胁迫能够改变枸杞叶片的功能性状,促使枸杞光合速率下降,从而影响干物质积累及株高的生长^[6];刘阳阳等^[7]研究表明,外源施加柠檬酸可帮助枸杞缓解盐碱胁迫,提高耐受能力;邹彩云^[8]研究表明在 NaCl 胁迫处理下,宁夏枸杞 LbPAL 基因表达量对枸杞耐盐性具有显著相关性。以上研究都是集中在盐胁迫对枸杞生理生态特性的影响以及枸杞耐盐的生理生化机制等方面,并未涉及种子引发对盐胁迫下枸杞种子萌发的影响。

种子引发是基于种子萌发生物学机制提出的促进萌发率、提高幼苗抗性、改善作物营养状况的一种种子处理方法^[9]。早期学者对种子引发的相关研究主要集中于粮食作物、多年生草本和牧草植物的报道,普遍认为引发种子能提高种子活力、强其苗期的耐盐能力^[10]。关于引发处理对 NaCl 胁迫下枸杞种子耐盐性的影响,国内外还未见报道。为此,本文研究种子引发对 NaCl 胁迫下枸杞种子发芽特性的影响,探索提高枸杞耐盐性的方法与措施,以期种子引发技术在盐渍化土地枸杞生产上的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

选用抗旱性、适应性强的“宁杞 1 号”,枸杞种子由宁夏中宁县国家枸杞良种基地提供。

1.2 引发处理

随机挑选均匀饱满的种子,用 100 mmol · L⁻¹ NaCl 溶液,在 25 °C 条件下引发枸杞种子 36 h 后,用

蒸馏水冲洗 4 ~ 5 次后在室温下晾干待用,以未进行引发处理的种子作为对照。

1.3 盐胁迫设计及萌发实验

采用中性盐 NaCl,根据前期预实验结果设置 6 个盐浓度(20 mmol · L⁻¹、40 mmol · L⁻¹、60 mmol · L⁻¹、80 mmol · L⁻¹、100 mmol · L⁻¹和 120 mmol · L⁻¹),以蒸馏水为对照,分别对引发和未引发枸杞种子进行胁迫处理。

在引发与未引发种子中,各选取 50 粒种子放置于铺有两层滤纸的培养皿(直径 90 mm)中,加入 10 mL 不同浓度盐溶液,之后用封口膜密封,防止水分蒸发,每处理重复 3 次。每天同一时间观察种子发芽情况并记录发芽种子数。种子在(25 ± 1) °C 恒温培养箱中避光培养,种子萌发 14 d(连续 3 d 没有新萌发的种子,发芽视为结束)。

1.4 数据处理

采用 SPSS19.0 和 Excel 2003 软件进行数据统计和单因素方差分析(One-way ANOVA),在置信水平 95%(P < 0.05)用最小差异显著法(LSD)检验各处理的组间差异显著性。采用 Origin 作图。实验数据按以下公式计算:

$$1) \text{ 萌发率 } GP(\%) = GN / SN \times 100;$$

2) 发芽指数(GI) = $\sum(G_i / D_i)$ 式中,GN 为种子萌发总数,SN 为供试种子总数, G_i 为当日的萌发数(个), D_i 为相应的萌发天数(d);

$$3) \text{ 发芽势 } GE(\%) = 4d \text{ 内发芽种子数} / SN \times 100;$$

4) 相对盐害率 Rd = (CK 发芽率 - 盐碱溶液处理的发芽率) / CK 发芽率 × 100;

$$5) \text{ 发芽速度(germination speed)} = \sum G / t \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 种子引发对盐胁迫下种子发芽速度的影响

由图 1 可知,随着盐处理浓度的增加,宁杞 1 号种子的发芽速度呈现明显下降趋势(P < 0.05),与对照相比,引发与未引发处理最大降幅分别为 86.19% 和 88.92%。同一盐浓度处理下,种子引发均不同程度地提高了种子的发芽速度,引发处理种子发芽速度分别比其未引发处理提高 7.19%(CK)、7.89%(20 mmol · L⁻¹)、7.48%(40 mmol · L⁻¹)、13.03%(60 mmol · L⁻¹)、15.26%(80 mmol · L⁻¹)、23.04%(100 mmol · L⁻¹)和 25.51%(120

$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)。以上结果表明,随着盐胁迫强度的增加,种子引发对宁杞1号种子发芽速度促进作用效果愈明显。

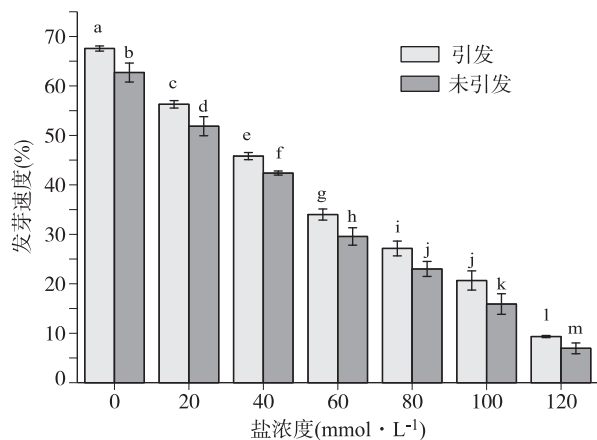


图1 种子引发对不同浓度盐胁迫下宁杞1号种子发芽速度的影响

Fig. 1 Effects of seed priming on seed germination speed of Ningqi No. 1 under different salt stress

2.2 种子引发对盐胁迫下种子萌发进程的影响

不同盐浓度处理未引发与引发枸杞种子的萌发进程如图2所示。无论种子是否引发,同一时间的种子萌发数量随着NaCl溶液浓度升高逐渐降低,种子达到最大萌发率所用时间逐渐延长;在较低的NaCl盐胁迫下($\leq 40 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)种子能在较短时间快速达到较高的萌发率;而高于 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的NaCl盐溶液中种子萌发进程缓慢,萌发数量也远低于其他NaCl浓度,未引发组与引发组分别在第11天和第10天达到萌发高峰,之后萌发种子数量减少,但后期萌发数量保持在比较稳定的水平,表明NaCl胁迫影响种子萌发进程。

同一浓度盐胁迫下,未引发组比引发组种子的萌发进程迟缓。在种子萌发初期(前5 d)未引发组的萌发进程明显低于引发组,其萌发行为除了萌发高峰推迟1d~2d外,萌发数量与引发处理组不存在明显差异,表现出了相似的萌发进程曲线。

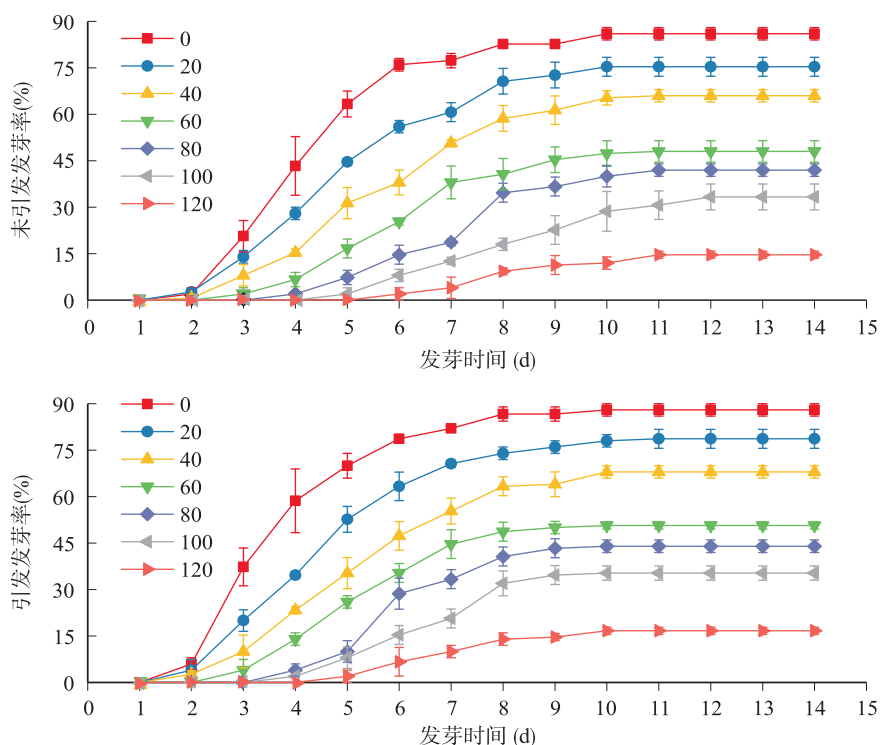


图2 不同盐浓度处理未引发与引发枸杞种子的萌发进程

Fig. 2 Effects of seed priming on germination progress of *Lycium barbarum* seeds under different salt stress

2.3 种子引发对盐胁迫下种子各萌发参数的影响

由表1可知,随盐胁迫程度的加强,各处理组种子的发芽率呈现显著降低趋势,说明盐胁迫对其发

芽率的抑制作用较明显。对于宁杞1号种子而言,在相同盐浓度胁迫下,以浓度为 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl溶液的种子引发过程在一定程度上提高了种

子的萌发率,但没有表现出显著性差异($P < 0.05$)。随着 NaCl 胁迫浓度的升高,引发和未引发种子发芽势和发芽指数均呈下降趋势,当盐浓度 $\geq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时;种子的发芽势几乎为零。在相同浓度的盐胁迫下,引发种子的发芽势和发芽指数与未引发种子相比均有显著性提高,CK 组引发种子的发芽势和

发芽指数比未引发种子分别提高了 26.24% 和 14.41%,并且盐浓度越大效果越明显,表明引发种子耐盐性优于未引发种子。由表 1 还可看出,种子的各个萌发参数中,引发处理种子的发芽势提高幅度最大,说明引发处理可以提高枸杞子种子萌发的整齐度,有利于出苗后幼苗的长势一致。

表 1 种子引发对盐胁迫下枸杞种子各萌发参数的影响

Tab. 1 Effect of seed priming on different germination parameters of *Lycium barbarum* under salt stress

NaCl 浓度 NaCl concentration ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	种子处理 Seed treatment	发芽率 Germination rate (%)	发芽势 Germination energy	发芽指数 Germination index	相对盐害率 Relative salt damage rate
0 (CK)	引发处理 Primed	88.0 + 2.0a	58.7 + 10.3a	11.8 + 0.3 a	0.0 + 0.0a
	未引发处理 Non primed	86.0 + 2.0a	43.3 + 9.5b	10.1 + 0.5 b	0.0 + 0.0a
20	引发处理 Primed	78.7 + 3.0b	34.7 + 1.2c	9.1 + 0.4 c	14.4 + 3.5b
	未引发处理 Non primed	75.3 + 3.0b	28 + 2.0d	8.1 + 0.3 d	12.4 + 3.5b
40	引发处理 Primed	68.0 + 2.0c	23.3 + 1.2e	7.1 + 0.2 e	25.0 + 2.3c
	未引发处理 Non primed	66.0 + 2.0c	15.3 + 1.2f	6.2 + 0.7 f	23.3 + 2.3c
60	引发处理 Primed	50.7 + 1.2d	14.0 + 2.0f	4.9 + 0.1 g	45.4 + 3.9d
	未引发处理 Non primed	48.0 + 3.5d	6.7 + 2.3g	4.1 + 0.1 h	44.1 + 4.0d
80	引发处理 Primed	44.0 + 2.0de	4.0 + 2.0gh	3.6 + 0.2 i	52.3 + 2.3e
	未引发处理 Non primed	42.0 + 2.0e	2.0 + 0.0gh	3.0 + 0.2 j	51.1 + 2.3e
100	引发处理 Primed	35.3 + 2.3f	2.0 + 0.0gh	2.7 + 0.3 j	62.1 + 4.7f
	未引发处理 Non primed	33.3 + 4.1f	0.0 + 0.0h	2.1 + 0.2 k	61.2 + 4.8f
120	引发处理 Primed	16.7 + 1.2g	0.0 + 0.0h	1.2 + 0.1 l	83.3 + 1.3g
	未引发处理 Non primed	14.7 + 1.2g	0.0 + 0.0h	0.9 + 0.1 l	82.9 + 1.3g

每一组中不同的字母表示在 0.05 水平上差异显著。

3 讨论

种子萌发行是植物在特定生境定殖建群的重要时期。枸杞种子在盐胁迫条件下的萌发特性是确定枸杞能否在盐渍化土壤种植的关键。研究表明,多数植物种子在萌发过程中对盐分十分敏感,盐胁迫能抑制种子萌发。刘克彪等以不同盐分胁迫黑果枸杞种子萌发,发现不同的钠盐处理均会影响黑果枸杞种子的萌发过程^[11]。本研究亦发现引发组和未引发组在盐胁迫作用下的发芽率均低于对照组,且随着盐浓度的增加,枸杞种子的发芽率降低,未出现类似盐生植物如碱蓬^[12],中低浓度 NaCl 促进种子萌发的现象,这可能是随 Na^+ 的增多,外界溶液渗透势升高,阻碍了枸杞种子的吸水萌发,也可能因为单盐离子毒害作用使细胞膜受损从而抑制种子萌发。相关研究表明,引发种子能提高作物的种子活力,在低温、干旱或盐渍等条件下能加速发芽并增强其苗期的耐盐能力^[13-15] 本研究证实种子引发提高了枸杞种子的萌发进程,但不影响种子最终的萌发数量。

作为植物重要的繁殖体,种子萌发率的高低、萌发速度的快慢和出苗整齐度与幼苗后期的生长密切相关。因此,植物种子耐盐性是耐盐植物筛选与早期鉴定的重要依据。本研究发现与对照相比,受 NaCl 胁迫的枸杞种子各萌发参数(发芽势、发芽速度、发芽指数等)均有不同程度的下降,说明盐胁迫对枸杞种子的萌发具有一定的抑制作用,这与前人研究的结果一致^{[16]-[17]}。种子引发可以提高种子对环境的适应能力,提高出苗的速度和整齐度^[18]。本研究在相同盐胁迫条件下,利用 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 引发宁杞 1 号种子,其发芽速度、发芽势、发芽指数均高于未引发种子,且引发组发芽速度和发芽指数与未引发组间呈显著性差异;中低盐浓度($\leq 60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)胁迫下,引发组与未引发组亦呈显著性差异,说明 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 引发能提高枸杞种子在盐胁迫下的萌发质量、种子活力和发芽的整齐度,可能是因盐溶液改变了种子细胞壁的渗透势使其水分丧失而萌发受抑,而通过外界的引发干扰等可以增加种子的酶活性并改变其渗透调节从而增加其抗逆性,这一定程度上为枸杞苗期耐盐奠定

了基础。

4 结论

盐胁迫对枸杞种子萌发过程有显著影响,会减缓种子的萌发速度,延迟种子发芽时间,且使枸杞种子各萌发参数(发芽势、发芽速度、发芽指数等)均有不同程度的下降;种子引发过程可以不同程度地促进盐胁迫处理下枸杞种子萌发,一定程度地缩短种子萌发进程,提高种子的萌发整齐度,但对最终萌发率的影响不显著。

参考文献:

- [1] Zhang X X, Shi Z Q, Tian Y J, et al. Salt stress increases content and size of glutenin macropolymers in wheat grain [J]. Food Chemistry, 2016, 197: 516 ~ 521.
- [2] 王俭珍, 刘倩, 高娅妮, 等. 植物对盐碱胁迫的响应机制研究进展[J]. 生态学报, 2017, 37(16): 1 ~ 13.
- [3] 张建锋, 张旭东, 周金星, 等. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 32 ~ 34.
- [4] 刘晓静, 张晓磊, 齐敏兴, 等. 混合盐碱对紫花苜蓿种子萌发及幼苗期叶绿素荧光特性的影响[J]. 草地学报, 2013, 21(3): 501 ~ 507.
- [5] 郑国琪, 许兴, 徐兆彬, 等. 盐胁迫对枸杞光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 西北植物学报, 2002, 22(6): 1355 ~ 1359.
- [6] 毛桂莲, 梁文裕, 王盛, 等. 碱性盐胁迫对宁夏枸杞生长、结构及光合参数的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(4): 237 ~ 242.
- [7] 刘阳阳, 李玉龙, 罗桂花, 等. 柠檬酸对枸杞响应盐碱胁迫的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(2): 96 ~ 101.
- [8] 邹彩云, 刘永亮, 曾少华, 等. 宁夏枸杞苯丙氨酸解氨酶基因的 cDNA 克隆及其表达分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2014(2): 155 ~ 164.
- [9] 杨小环, 王玉国, 杨文秀, 等. 种子引发对水分胁迫下大豆幼苗生理特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6): 1191 ~ 1195.
- [10] 阮松林, 薛庆中, 王清华. 种子引发对杂交水稻幼苗耐盐性的生理效应[J]. 中国农业科学, 2003, 36(4): 463 ~ 468.
- [11] 刘克彪, 张元恺, 李发明. 黑果枸杞种子萌发对水分和钠盐胁迫的响应[J]. 经济林研究, 2014, 32(4): 45 ~ 51.
- [12] 杨景宁. 水分和盐分胁迫对四种荒漠植物种子萌发的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [13] 郭春芳, 孙云. 干旱胁迫下植物的渗透调节及脯氨酸代谢研究进展[J]. 福建教育学院学报, 2015, 16(1): 114 ~ 118.
- [14] 陈勋基, 阿不来提, 郑军, 等. 玉米不同自交系抗旱性综合评价研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(2): 317 ~ 322.
- [15] 张贤秀, 郭巧生, 王艳茹. 种子引发对夏枯草种子活力影响的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(5): 493 ~ 495.
- [16] 刘景巍, 吴涛, 侯杰. 枸杞种间种子萌发期间耐盐性比较研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(22): 9233 ~ 9234.
- [17] 毛桂莲, 许兴, 郑国琦, 等. 不同浓度的混合盐胁迫对枸杞种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16): 6815 ~ 6817.
- [18] 黄淑贤. 种子引发提高植物耐盐性的研究进展[J]. 河北农业科学, 2010, 14(7): 54 ~ 55, 67.
- [17] Dixon R K, Solomon A M, Brown S, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems [J]. Science, 1994, 263(5144): 185 ~ 190.
- [18] Keith H, Mackey B G, Lindenmayer D B. Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106(28): 11635 ~ 11640.
- [19] Finér L, Mannerkoski H, Piirainen S, et al. Carbon and nitrogen pools in an old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 174(1/3): 51 ~ 63.

(上接第7页)

- [12] 曾立雄, 王鹏程, 肖文发, 等. 三峡库区主要植被生物量与生产力分配特征[J]. 林业科学, 2008, 44(8): 16 ~ 22.
- [13] 施家月, 王希华, 阎恩荣, 等. 浙江天童常见植物幼树器官的氮磷养分特征[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2006, (2): 121 ~ 129.
- [14] 黄宇, 冯宗炜, 汪思龙, 等. 杉木、火力楠纯林及其混交林生态系统 C、N 贮量[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3146 ~ 3154.
- [15] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 518 ~ 522.
- [16] 张春娜, 延晓冬, 杨剑虹. 中国森林土壤氮储量估算[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(5): 572 ~ 575.