

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12

实验条件下华北落叶松和白杆苗期 生长策略的差异比较

张芸香¹, 李海波², 郭晋平^{1,*}

(1. 山西农业大学林学院, 山西太谷 030801; 2. 潞安煤电集团林业公司, 030000)

摘要:以华北落叶松和白杆为研究对象,通过人工控制条件下的幼苗栽培实验,设置光照、基质水分和基质氮素3个环境因子的多个水平,分析了华北落叶松和白杆苗期生长对3个环境因子变化的响应,对两个树种苗期生长策略的差异进行了综合比较分析。研究表明,华北落叶松的苗期生长对光照条件的变化有显著响应,而对基质水分和氮素水平变化的响应不显著,一定程度的遮荫有利于幼苗生长,该树种虽为阳性树种,但苗期具有一定耐阴性。白杆的苗期生长与华北落叶松相比较为缓慢,对光照条件的变化不敏感,但对水分条件的变化有显著响应,阴湿环境不利于白杆幼苗的生长,一定程度的干旱反而可能促进幼苗的生长,基质氮素含量过高可能还会对幼苗生长带来抑制作用。华北落叶松和白杆苗期生长对环境条件异质性的不同响应模式,必将影响两者的种间关系及其在群落中的共存机制,影响群落的动态趋势和过程。

关键词:华北落叶松;白杆;生长策略;响应

Comparison of growth strategy for *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* seedlings under controlled conditions

ZHANG Yunxiang¹, LI Haibo², GUO Jinping^{1,*}

1 College of Forestry of Shanxi Agricultural University, Shanxi Taigu 030801, China

2 Forestry Company of Luan Coal and Electricity Group, 030000, China

Abstract: The mixed stand of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* is one of the dominate forest types in the mountain area of northern China. Many forest scientists believe that the climax vegetation community in the area was pure *Picea meyeri* stand, however, the existing mixed stands of the two species with larger proportion and long history must have interior mechanism of tree physiology and ecology. To study different growth responses of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* seedlings to light intensity, water availability and nitrogen concentrations under controlled conditions, the experiment was designed using mixed substrates (fine sands:nursery soil:cinnamon soil = 1:3:5) with treatments of four light intensity levels (100%, 45%, 25% and 5%), three soil water capacity levels (100%, 70% and 40%) and four nitrogen levels (20mmol/L, 15mmol/L, 10mmol/L and 5mmol/L). The seedling root collar diameters, height and biomass components of the two species were measured at the end of the experiment. The differences between their growth responses to light intensity, water availability and nitrogen concentrations were analyzed. The results showed that the seedling growth of *Larix principis-rupprechtii* significantly responded to different light intensities, in which the largest root collar diameter achieved under shade condition and the largest underground biomass achieved under full light (100%). It was also found that no significant responses of *Larix principis-rupprechtii* seedlings to water availability and nitrogen concentration treatments. It was concluded that the seedlings of *Larix principis-rupprechtii* required certain shade environment for their healthy growth, although the species is intolerant to shade condition in general. Comparing with *Larix principis-rupprechtii*, the seedlings of *Picea meyeri* grew slower and were not sensitive to light intensity treatment, but responded significantly to

基金项目:国家自然科学基金(30470316);山西省自然科学基金(2006011084);山西省留办基金(2008079)

收稿日期:2009-10-16; **修订日期:**2010-05-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jinpguo@126.com

water availability in which the root collar diameter, aboveground, underground and total biomass were all the largest in the treatment of 40% soil water capacity level. The seedling height of *Picea meyeri* is highest with low nitrogen level (5mmol/L). It was concluded that wet and high nitrogen conditions would not be beneficial to *Picea meyeri* seedlings, but low soil water contents and low soil nitrogen concentration would promote the seedling growth. The study showed different growth responses of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* to the conditions of light intensity, water availability and nitrogen concentrations at the seedling stage. Such differences may impact the interspecies relationship, niche differentiation and co-existence of these two species, and ultimately affect the dynamic succession of the forest community.

Key Words: *Larix principis-rupprechtii*; *Picea meyeri*; growth strategy; response; seedling

森林群落组成树种的生态对策差异与资源环境的时空异质性,两者的相互作用构成森林群落动态的基础,但是,这种相互作用如何影响森林群落的组成结构和动态,其内在机制还很不明确^[1-2],仍需要大量深入的研究,以揭示这种相互关系及其在群落演替动态中的作用^[3-6]。混交林在林分稳定性、抗御病虫害、林地生产力以及森林多功能等方面具有明显优势^[6-7],提倡经营混交林有利于保持和提高森林景观的多样性和异质性,是实现森林资源可持续经营的现实途径^[8]。对混交林树种间关系的研究是混交林生态研究的核心内容,是混交林营造的理论基础^[9-11]。对混交树种的生态位差异、种间竞争、功能特征、种群动态与空间格局等方面的研究已经取得不少成果^[7-8,12-13],这有助于阐释混交林群落结构的稳定性和资源高效利用的深层机制^[11]。混交林群落组成树种的生长对策差异表现在许多方面^[4,8,11,14-15],研究这种差异也是揭示物种共存机制和群落稳定性的重要途径^[1],而树种的苗期生长对策差异可能是树种共存或替代关系的决定因素之一。

华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)和云杉(青杆 *Picea wilsonii* 和白杆 *Picea meyeri*)的混交林在华北山地中高海拔地带有大面积分布,在山西吕梁山脉北段的管涔林区就有华北落叶松白杆混交林的自然分布。在郁闭度大于 0.7 的混交林中,白杆的林下更新幼苗数量远多于华北落叶松。因此,一般认为华北落叶松是过渡性树种,最终会被白杆或青杆等暗针叶林树种所更替。但有研究表明,在两个树种的共同适生范围内,华北落叶松和白杆混交林可能是某种长期干扰过程控制下的稳定群落,维持这种结构的动力可能是白杆和华北落叶松在繁殖、生长等功能特性方面的差异和林火、林冠干扰的共同作用^[16]。

为了证实通过揭示森林群落组成树种对环境异质性响应的差异,以阐明群落组成结构及动态形成机制的可能性。本研究以华北落叶松和白杆 3 年生苗为研究对象,进行两个树种苗期对光照、水分和氮素的生长响应的控制试验,分析两个树种苗期生长对策的差异及其对种间关系的意义,阐明种间差异的生理生态学基础,揭示华北落叶松白杆混交林群落稳定性的维持机制。

1 试验地概况和研究方法

1.1 试验地概况

试验在山西农业大学林学院苗圃进行。地理位置为 37.30°N,114°E,海拔 782m,地处晋中盆地南部,属暖温带大陆性季风气候,四季分明,春季多风,夏季雨量较集中,秋季天晴气爽,冬季少雪。年平均气温 9.8℃,年日照时数 2576h,年降水量 456.0mm,集中在 7—9 月份,年蒸发量 1740.5mm。早霜期为 10 月 6 日,晚霜期为 4 月 3 日,无霜期为 176.2d。

1.2 试验材料

试验所用苗木来源于晋中市和顺林场,苗龄均为 3a 的容器苗,经逐株挑选苗高地径和长势相对均匀一致的幼苗,华北落叶松栽植前平均地径 0.560cm,平均苗高 39.13cm;白杆平均地径 0.302cm,平均苗高 10.62cm。

1.3 研究方法

1.3.1 试验栽培基质和苗木栽植

试验从 2005 年 4 月中旬到 2005 年 10 月底。苗木栽植采用圆形硬质塑料花盆,底径 22.5cm,口径

29.5cm,高 25.0cm。培养基质为山地褐土、苗圃土和细沙的混合土,混合比例 5:3:1,田间饱和持水量 35.64%,基质理化性状见表 1。配好的基质经风干、碾碎、过筛后称重装盆,每盆 2.00kg。

表 1 盆栽土壤状况
Table 1 Soil characters in planting container

土壤 pH 值 pH	有机质含量/% Organism content	有效磷/(mg/kg) Active phosphor	速效钾/(mg/kg) Active potassium	铵态氮/(mg/kg) NH ₄ -N	硝态氮/(mg/kg) NO ₃ -N
7.96	5.27	7.48	141	18.00	55.48

1.3.2 试验设计

本研究采用随机区组设计,光照、基质水分含量和基质氮素含量 3 个因子,其中光照 4 个水平,水分 3 个水平,氮素含量 4 个水平,每个水平设 6 次重复。

(1)光照条件

光照条件设全光照、半光照、弱光照和微光照 4 个水平,采用银白色遮阳网控制遮光率,分别为无遮阳网、1 层、2 层和 3 层遮阳网。其理论遮光率分别为 0%、55%、75% 和 95%,分别用 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 表示。采用 TES-1332A 型照度计,从 6:00—18:00 以 2h 间隔,3 次重复,每个处理 5 个测点,4 个光照水平的实际光照强度测定,不同光照条件实验小区的光照强度日变化见图 1。

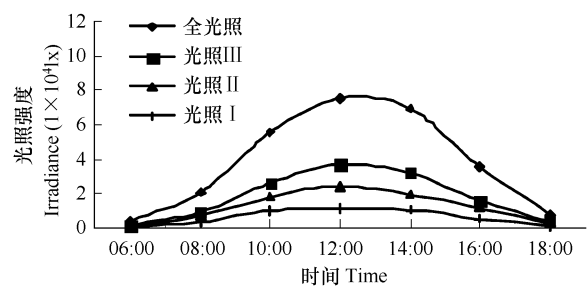


图 1 不同光照条件下实际光照强度日变化

Fig. 1 Daily change of sunlight strength in different experiment plots

(2)基质含水量

基质水分含量以基质含水率为指标,设置湿润、轻旱和中旱 3 个水平,通过间隔期和浇水量控制,基质含水量达饱和含水量 100% 为湿润、70% 为轻旱、40% 为中旱,分别用 W_1 、 W_2 和 W_3 表示。

(3)基质氮素含量

本研究设置的不同氮素浓度实验中,配置 Hoagland 氮营养液,其中的氮素浓度设高氮、中氮、低氮和微氮 4 个水平,4 个氮素水平的营养液 NH_4NO_3 浓度分别为 20、15、10、5mmol/L,分别用 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 表示,并保证其它营养元素供给条件一致,每隔 10d 分别用不同营养液 150mL 浇灌。

1.3.3 苗木生长指标测定

反映幼苗生长响应的形态指标包括:苗高、地径和生物量(枝干生物量和根生物量)。

(1)苗高和地径测定

苗木栽植前,用精度为 0.02mm 的游标卡尺和精度为 0.5mm 的钢直尺分别测量并记录每株幼苗的地径和苗高,并编号、挂签和记录。试验期间从 2005 年 4 月到 2005 年 10 月的每个月底,定期测量和记录每株幼苗的地径和苗高。

(2)生物量测定

2005 年 11 月中旬,分别取华北落叶松和白杆两个树种的幼苗样株,实验室冲洗干净后,测量样株苗高和地径,将样株自根茎处剪开,分装标记后在 80℃ 恒温下烘干至恒重,分别用精度为 0.0001g 的电子天平称重并记录,最后计算生物量指标。

1.3.4 数据处理

采用 SAS 8.2 统计分析软件进行各项形态指标差异显著性分析和比较。

2 结果与分析

2.1 华北落叶松和白杆苗期生长对光照条件变化的响应

为分析华北落叶松和白杆两个树种幼苗生长对光照条件变化的响应之间的差异,对 4 个不同光照条件下华北落叶松和白杆的苗高、地径和生物量增量进行方差分析,显著性检验结果见表 2。

表 2 不同光照条件下华北落叶松和白杆苗期生长差异显著性分析
Table 2 Different test of seedling growth of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* in different light conditions

树种 Species	统计量 Statistics	苗高/cm Height	地径/cm Diameter	生物量 biomass/g		
				地上 Aboveground	地下 Belowground	全株 Total
华北落叶松	<i>F</i>	1.08	2.85	0.96	2.80	1.41
<i>Larix principis-rupprechtii</i>	<i>p</i>	0.36	0.04	0.41	0.05	0.24
白杆 <i>Picea meyeri</i>	<i>F</i>	0.56	0.21	0.21	0.13	0.20
	<i>p</i>	0.64	0.89	0.89	0.94	0.89

分析结果显示,华北落叶松幼苗仅地径生长和地下部分生物量增量对不同光照条件的响应表现出显著差异($P < 0.05$),白杆幼苗各项生长指标响应的差异则均不明显。不同光照条件下两树种苗高、地径和生物量增量的比较分析结果见表 3。

表 3 不同光照条件对华北落叶松和白杆生长指标的影响
Table 3 Effects of light condition on growth indices of two species

光照条件 Light condition	树种 Species	苗高/cm Height	地径/cm Diameter	生物量 Biomass/g		
				地上 Aboveground	地下 Belowground	全株 Total
微光照(5%)	华北落叶松	5.009 ± 4.165a	0.137 ± 0.103a	2.344 ± 1.470a	1.298 ± 0.903a	3.647 ± 2.370a
Faint light	白杆	2.544 ± 1.693a	0.091 ± 0.048a	0.795 ± 0.413a	0.397 ± 0.329a	1.136 ± 0.591a
弱光照(25%)	华北落叶松	5.780 ± 6.803a	0.129 ± 0.103a	2.200 ± 1.730a	1.155 ± 0.925a	3.355 ± 2.636a
Weak light	白杆	2.876 ± 1.862a	0.089 ± 0.056a	0.775 ± 0.490a	0.394 ± 0.326a	1.108 ± 0.701a
半光照(45%)	华北落叶松	6.489 ± 9.273a	0.140 ± 0.100a	2.623 ± 2.496a	1.401 ± 1.235a	4.027 ± 3.711a
Half light	白杆	2.382 ± 1.416a	0.096 ± 0.043a	0.836 ± 0.377a	0.407 ± 0.284a	1.195 ± 0.539a
全光照(100%)	华北落叶松	8.550 ± 9.724a	0.074 ± 0.067b	1.696 ± 1.367a	0.753 ± 0.692b	2.438 ± 1.999a
Full light	白杆	2.434 ± 2.043a	0.087 ± 0.052a	0.759 ± 0.451a	0.361 ± 0.297a	1.085 ± 0.645a

注:不同小写字母表示同一列中不同行间的差异($P < 0.05$)

由表 3 可见,在遮荫处理后华北落叶松幼苗的地径和地下部分生物量增量均显著高出全光照条件下近 1 倍,且遮荫处理间无显著差异($P > 0.05$)。另外,华北落叶松幼苗遮荫处理后的地上部分和单株生物量在高于全光照下 30% 以上,而高生长却低于全光照下 22% 以上,响应较大,但均未达到显著水平(图 2)。各处理下白杆幼苗的各项生长指标差异均在 10% 左右,响应较小(图 2)。

2.2 华北落叶松和白杆苗期生长对基质水分条件变化的响应

为分析华北落叶松和白杆苗期生长对不同水分条件响应的差异,对本研究设置的 3 种不同水分条件下两个树种的苗高、地径和生物量增量进行差异显著性分析,结果见表 4。

表 4 不同基质水分条件下华北落叶松和白杆苗期生长差异显著性分析
Table 4 Different test of seedling growth of larch and spruce in different light conditions

树种 Species	统计量 Statistics	苗高/cm Height	地径/cm Diameter	生物量 Biomass/g		
				地上 Aboveground	地下 Belowground	全株 Total
华北落叶松 Larch	<i>F</i>	1.45	0.83	0.51	0.54	0.53
	<i>P</i>	0.24	0.44	3.65	3.33	3.66
白杆 Spruce	<i>F</i>	0.01	3.65	0.60	0.58	0.59
	<i>p</i>	0.99	0.03	0.03	0.04	0.03

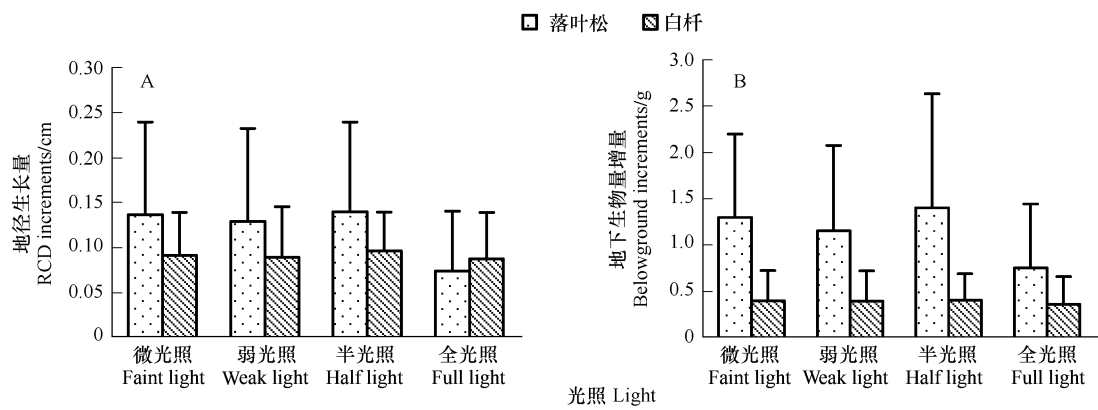


图2 华北落叶松和白杆幼苗在不同光照条件下地径生长量(A)和地下生物量增量(B)的比较

Fig. 2 Comparison of Root Diameter growth (A) and belowground biomass increments (B) of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* seedlings in different light conditions

方差分析结果表明,不同基质水分条件下华北落叶松幼苗的高生长量、地径生长量和生物量增量差异均不显著,而白杆幼苗的地径生长量和生物量增量都有显著差异($P < 0.05$)。进一步比较两树种在不同基质水分条件下幼苗生长指标的差异,结果见表5。

表5 土壤水分含量对华北落叶松和白杆生长指标的影响

Table 5 The effects of soil water contents on growth indexes of two species

水分条件 Water condition	树种 Species	苗高/cm Height	地径/cm Diameter	生物量 Biomass/g		
				地上 Aboveground	地下 Belowground	全株 Total
湿润 W1	华北落叶松	6.948 ± 10.506a	0.130 ± 0.190a	2.448 ± 3.499a	1.249 ± 1.740 a	3.695 ± 5.224a
Moist	白杆	2.577 ± 1.841a	0.091 ± 0.038a	0.793 ± 0.332a	0.326 ± 0.244 a	1.134 ± 0.475a
轻旱 W2	华北落叶松	3.817 ± 5.066a	0.099 ± 0.054a	1.687 ± 0.926a	0.884 ± 0.479 a	2.571 ± 1.386a
Light arid	白杆	2.529 ± 1.738a	0.094 ± 0.049a	0.815 ± 0.427a	0.415 ± 0.276ab	1.166 ± 0.610a
中旱 W3	华北落叶松	4.311 ± 2.699a	0.114 ± 0.064a	1.909 ± 1.079a	1.019 ± 0.569 a	2.930 ± 1.644a
Middle arid	白杆	2.557 ± 2.115a	0.124 ± 0.047b	1.078 ± 0.410b	0.540 ± 0.294 b	1.542 ± 0.586b

注:不同小写字母表示同一列中不同行间的差异($P < 0.05$)

由表5可见,华北落叶松幼苗生长对基质水分条件的变化无显著响应。白杆幼苗与之相反,在中旱条件下地径生长量比湿润和轻旱条件下显著提高33%左右,而地上、地下和单株生物量增量分别高出湿润和轻旱条件27%和24%左右(图3)。这说明华北落叶松苗期高生长对基质水分条件变化的敏感性较低,而白杆的敏感性较高。

2.3 华北落叶松和白杆苗期生长对基质氮素变化的响应

对不同基质氮素条件下华北落叶松和白杆幼苗生长指标进行方差分析,结果见表6。

表6 不同基质水分条件下华北落叶松和白杆苗期生长差异显著性分析结果

Table 6 Different test of seedling growth of larch and spruce in different light conditions

树种 Species	统计量 Statistics	苗高/cm Height	地径/cm Diameter	生物量 Biomass/g		
				地上 Aboveground	地下 Belowground	全株 Total
华北落叶松	<i>F</i>	0.14	0.27	0.37	0.28	0.32
	<i>p</i>	0.94	0.85	0.77	0.09	0.46
白杆	<i>F</i>	4.99	0.68	0.45	0.84	0.81
	<i>p</i>	0.003	0.507	0.71	0.97	0.72

基质氮素条件的变化对华北落叶松幼苗各生长指标的影响显著,对白杆幼苗高生长有显著影响

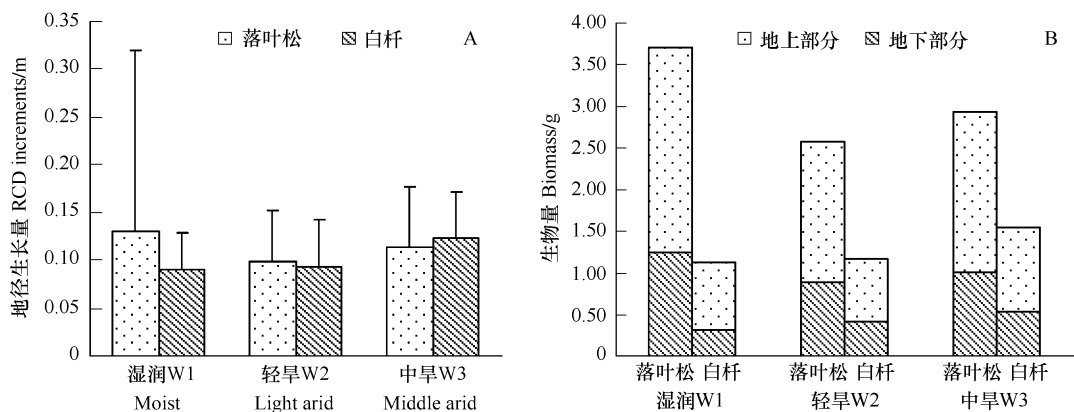


图3 华北落叶松和白杆幼苗在不同基质水分条件下地径生长和地上/地下部分生物量增量对比分析

Fig. 3 Comparison of base diameter growth and biomass increments of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* seedlings in different water conditions

($P < 0.05$),而地径和生物量增量的影响不显著。进一步对4种基质氮素条件下,华北落叶松和白杆幼苗各生长指标进行比较分析,结果见表7。

由表7可见,华北落叶松苗高、地径生长量和生物量增量对基质氮素含量的变化均无显著响应,而白杆幼苗仅苗高生长量有响应显著,基质氮素浓度降低则高生长量升高,以微氮条件下最高,见图4。

表7 华北落叶松和白杆幼苗生长对基质氮素浓度变化的响应

Table 7 Different corresponds of two species seedling growth to soil nitrogen contents

氮素浓度 Soil nitrogen	树种 Species	苗高/cm Height	地径/cm Diameter	生物量 Biomass/g		
				地上 Aboveground	地下 Belowground	全株 Total
高氮 N1 High	华北落叶松	7.88 ± 10.839 a	0.141 ± 0.083a	2.584 ± 2.013a	1.262 ± 1.005a	3.838 ± 2.979a
	白杆	1.486 ± 0.671 a	0.090 ± 0.050a	0.786 ± 0.435a	0.460 ± 0.506a	1.124 ± 0.623a
中氮 N2 Middle	华北落叶松	7.254 ± 8.060 a	0.126 ± 0.115a	2.239 ± 2.026a	1.181 ± 1.025a	3.421 ± 3.021a
	白杆	2.099 ± 1.067ab	0.079 ± 0.039a	0.683 ± 0.336a	0.305 ± 0.162a	0.977 ± 0.480a
低氮 N3 Lower	华北落叶松	7.789 ± 7.337 a	0.126 ± 0.113a	2.179 ± 1.534a	1.191 ± 1.014a	3.374 ± 2.531a
	白杆	3.046 ± 1.477bc	0.069 ± 0.052a	0.596 ± 0.449a	0.332 ± 0.290a	0.853 ± 0.642a
微氮 N4 Little	华北落叶松	7.483 ± 6.700 a	0.156 ± 0.118a	2.738 ± 1.679a	1.463 ± 1.063a	4.203 ± 2.728a
	白杆	3.258 ± 2.199cd	0.085 ± 0.053a	0.737 ± 0.464a	0.327 ± 0.290a	1.054 ± 0.663a

注:不同小写字母表示同一列中不同行间的差异($P < 0.05$)

3 讨论和结论

森林树种对环境异质性的响应在生长策略上表现为对环境资源利用方式和效率的差异,以获取更多的限制性资源^[17]。一些阳性树种的苗高生长随光照增强会有所下降^[18],在荫蔽环境下倾向于向地下部分分配更多的生物量^[19]。华北落叶松属于阳性树种,一定程度的遮荫有利于幼苗的生长^[20]。本研究中,一定程度的遮荫能显著提高华北落叶松幼苗的地径生长,而苗高生长有随光照增强而下降的趋势,对幼苗地下生物量增长有显著促进作用,因此苗期生长在一定程度遮荫条件下表现更好。白杆幼苗的各项生长指标对光照条件变化的响应都无显著差异,说明白杆幼苗生长对光照条件的变化不敏感。

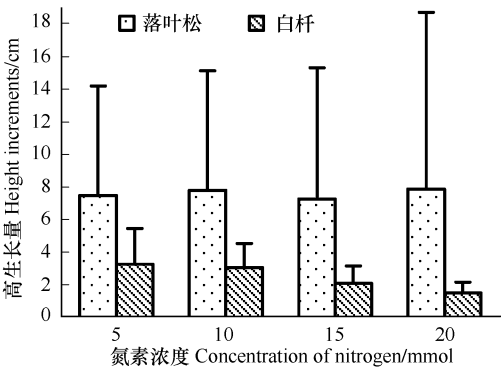


图4 华北落叶松和白杆幼苗在不同基质氮素条件下高生长增量
Fig. 4 Height growth of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* seedlings in different nitrogen conditions

两个树种的幼苗生长对基质水分条件的变化也有不同的响应。喜光树种幼苗的单株生物量增长在一定程度干旱条件下显著下降,而耐荫树种幼苗的单株生物量增长则显著升高^[21-22]。在本研究设计的变化幅度内,基质水分条件对华北落叶松幼苗各项生长指标的影响不显著;而对白杆幼苗来说,除对苗高生长的影响不显著外,其它各生长指标都在中旱条件下最高。这表明白杆幼苗对水分条件的变化比华北落叶松敏感。

华北落叶松和白杆幼苗的生长对基质氮素水平变化的响应也不同。华北落叶松幼苗的各项生长指标对基质氮素水平变化都无显著响应,而白杆幼苗的苗高生长反而随基质氮素水平的提高而有下降的趋势,其它生长指标对基质氮素水平变化的响应不显著。表明这两个树种的苗期生长对土壤氮素含量均不敏感,氮素过高可能还会对幼苗生长带来抑制作用。

华北落叶松和白杆苗期生长对环境条件异质性的不同响应模式,必将在群落种间关系中表现出来,并影响两者的共存机制,影响群落动态趋势和过程。

References:

- [1] Wang J X, Zhang Y P. A Review on within-gap micro-environmental heterogeneity and species response. *Journal of Nanjing Forestry University*, 2002,(1): 69-74.
- [2] Cao G Q, Lin S Z, Cao Z L, Cai X Z. Eco-countermeasure of Chinese fir and its main associated tree species. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2002,(2):180-183.
- [3] Deborah G, Ariel N. On the relative importance of competition on unproductive environments. *Journal of Ecology*, 1997,85:409-418.
- [4] Liang C, Lin Z F, Kong G H. Photosynthesis light response characteristics of subtropical tree species seedlings under different irradiances. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997,8(1):7-11.
- [5] Zhang J L, Cao K F. The effect of irradiance on photosynthetic capacity, heat dissipation, and antioxidants of seedlings of two tropical rain forest tree species. *Journal of Plant Ecology*, 2002,26(6):639-646.
- [6] Meng T T, Ni J, Wang G H. Plant functional traits, environments and ecosystem functioning. *Journal of Plant Ecology*, 2007,(1):150-165.
- [7] Li M L, Guo X R, Zhuang S H, Wang D. Study on diversity of mixed forest and its pest resistance for *Anoplophora glabripennis*. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005,(1):157-164.
- [8] Lin S Z, Huang S G, Hong W. The Study on the interspecific competition between Chinese fir and its main mixed species in Chinese fir and broad-leaf mixed forest. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004,(2):161-164.
- [9] Li B, Chen J K, Andrew R. Watkinson. A literature review on plant competition. *Chinese Bulletin of Botany*, 1998,15(4):18-29.
- [10] Zou C J, Xu W D. Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica*. *Journal of Plant Ecology*, 1998,22(3):269-274.
- [11] Hou J H, Ma K P. On mechanisms of species coexistence in plant communities. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002,26(z):1-8.
- [12] Cao Y H, Li S, Chen C J, Zhan B Q. The growth of *Manglietia yunnanensis* stand mixed with *Cunninghamia lanceolata* and the interspecific competition between the tree species. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005,41(5):201-206.
- [13] Guo Z L, Ma Y D, Zheng J P, Liu W D, Jin Z F. Biodiversity of tree species, their populations' spatial distribution pattern and interspecific association in mixed deciduous broadleaved forest in Changbai Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004,(11):2014-2018.
- [14] Chang J, Ge Y, Guan B H, Fu C X, Gilbert Y S. Comparative studies on the ecological strategies of an endangered species *Changium smyrnioides* and a non-endangered species *Anthriscus sylvestris*. *Acta Ecologica Sinica*, 2004,24(1):9-13.
- [15] Chen C J, Chen X F, Liu J F, Dong J W, Chen S P. Study on the niche and competition of populations in man-natural mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and broadleaf trees. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004,(1):78-83.
- [16] Guo J P, Wang S H, Kang R L, Qiu Y H, Zhang Y X. Age structure and dynamics of natural spruce (*Picea wilsonii*) forests in Guancen Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 1997,17(2):184-189.
- [17] Lin B, Liu Q. Plasticity responses of 4 tree species in subalpine-coniferous-forest to different light regimes. *Acta Ecologica Sinica*, 2008,28(10):4665-4675.
- [18] Carter R R, Klinka K. Variations in shade tolerance of Douglas-fir, western hemlock and western red cedar in coastal British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 1992,55:85-105.
- [19] Landhäusser S M, Lieffers V J. Photosynthesis and carbon allocation of six boreal tree species grown in understory and open conditions. *Tree Physiology*, 2001,1:243-250.
- [20] Guo J P, Li H B, Liu N, Zhang Y X. Comparison of responses of *Larix principis-rupprechtii* and *Picea meyeri* seedling growth to light availability and planting density under controlled environment. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009,45(2):83-59.

- [21] Coomes D A, Grubb P J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. *Trends in Ecological & Evolution*, 2003, 18:283-291.
- [22] Sánchez-Gómez D S, Zavala M A, Valladares F. Functional traits and plasticity linked to seedlings' performance under shade and drought in Mediterranean woody species. *Annals of Forest Science*, 2007, 65: 311-321.

参考文献:

- [1] 王进欣,张一平. 林窗微环境异质性及物种的响应. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2002, (1):69-74.
- [2] 曹光球,林思祖,曹子林,蔡宣尊. 杉木及其主要混交树种生态对策. *福建林学院学报*, 2002, (2):180-183.
- [4] 梁春,林植芳,孔国辉. 不同光强下生长的亚热带树苗的光合-光响应特性的比较. *应用生态学报*, 1997, 8(1):7-11.
- [5] 张教林,曹坤芳. 光照对两种热带雨林树种幼苗光合能力、热耗散和抗氧化系统的影响. *植物生态学报*, 2002, 26(6):639-646.
- [6] 孟婷婷,倪健,王国宏. 植物功能性状与环境及生态系统功能. *植物生态学报*, 2007, (1):150-165.
- [7] 李孟楼,郭新荣,庄世宏,王敦. 混交林的多样性及其对光肩星天牛的抗性研究. *林业科学*, 2005, (1):157-164.
- [8] 林思祖,黄世国,洪伟. 杉阔混交林杉木与其混交树种种间竞争研究. *林业科学*, 2004, (2):161-164.
- [9] 李博,陈家宽, A. R. 沃金森. 植物竞争研究进展. *植物学通报*, 1998, 15(4):18-29.
- [10] 邹春静,徐文铎. 沙地云杉种内、种间竞争的研究. *植物生态学报*, 1998, 22(3):269-274.
- [11] 侯继华,马克平. 植物群落物种共存机制的研究进展. *植物生态学报*, 2002, 26(增刊):1-8.
- [12] 曹永慧,李生,陈存及,詹步清. 乳源木莲杉木混交林生长及其竞争关系分析. *林业科学*, 2005, (5):201-206.
- [13] 郭忠玲,马元丹,郑金萍,刘万德,金哲峰. 长白山落叶阔叶混交林的物种多样性、种群空间分布格局及种间关联性研究. *应用生态学报*, 2004, (11):2013-2018.
- [14] 常杰,关保华,葛滢,傅承新,陈玉成. 濒危种明党参和非濒危种峨参生态策略的比较研究. *生态学报*, 2004, (1):9-13.
- [15] 陈存及,陈新芳,刘金福,董建文,陈世品. 人工-天然杉阔混交林种群生态位及竞争研究. *林业科学*, 2004, (1):78-83.
- [16] 郭晋平,王石会,康日兰,邱有红,张芸香. 管涔山青扦(*Picea wilsonii*)天然林年龄结构及其动态的研究. *生态学报*, 1997, 17(2):184-189.
- [17] 林波,刘庆. 四种亚高山针叶林树种的表型可塑性对不同光照强度的响应. *生态学报*, 2008, 28(10):4665-4675.
- [20] 郭晋平,李海波,刘宁,张芸香. 华北落叶松和白杆幼苗对光照和竞争响应的差异比较研究. *林业科学*, 2009, 45(2):83-59.

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元