

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第21期 Vol.31 No.21 **2011**

中国生态学会
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 31 卷 第 21 期

2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

基于景观格局理论和理想风水模式的藏族乡土聚落景观空间解析——以甘肃省迭部县扎尕那村落为例·····	史利莎,严力蛟,黄璐,等 (6305)
武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律·····	游巍斌,何东进,巫丽芸,等 (6317)
旅游地道路生态持续性评价——以云南省玉龙县为例·····	蒋依依 (6328)
城市空间形态紧凑度模型构建方法研究·····	赵景柱,宋瑜,石龙宇,等 (6338)
丹顶鹤多尺度生境选择机制——以黄河三角洲自然保护区为例·····	曹铭昌,刘高焕,徐海根 (6344)
西南喀斯特区域水土流失敏感性评价及其空间分异特征·····	凡非得,王克林,熊鹰,等 (6353)
流域尺度海量生态环境数据建库关键技术——以塔里木河流域为例·····	高凡,闫正龙,黄强 (6363)
雌雄异株植物鼠李的生殖分配·····	王娟,张春雨,赵秀海,等 (6371)
长白山北坡不同年龄红松年表及其对气候的响应·····	王晓明,赵秀海,高露双,等 (6378)
不同高寒退化草地阿尔泰针茅种群的小尺度点格局·····	赵成章,任珩,盛亚萍,等 (6388)
残存银杏群落的结构及种群更新特征·····	杨永川,穆建平, TANG Cindy Q, 等 (6396)
濒危植物安徽羽叶报春两种花型的繁育特性及其适应进化·····	邵剑文,张文娟,张小平 (6410)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林的乔木叶片功能性状特征·····	罗璐,申国珍,谢宗强,等 (6420)
不同植被恢复模式下煤矸石山复垦土壤性质及煤矸石风化物的变化特征·····	王丽艳,韩有志,张成梁,等 (6429)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林分的影响·····	张喜,崔迎春,朱军,等 (6442)
内蒙古高原锦鸡儿属植物的形态和生理生态适应性·····	马成仓,高玉葆,李清芳,等 (6451)
古尔班通古特沙漠西部梭梭种群退化原因的对比分析·····	司朗明,刘彤,刘斌,等 (6460)
白石砬子国家级自然保护区天然林的自然稀疏·····	周永斌,殷有,殷鸣放,等 (6469)
黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群现状及动态趋势·····	张常智,张明海 (6481)
基于 GIS 的马铃薯甲虫扩散与河流关系研究——以新疆沙湾县为例·····	李超,张智,郭文超,等 (6488)
2010 年广西兴安地区稻纵卷叶螟发生动态及迁飞轨迹分析·····	蒋春先,齐会会,孙明阳,等 (6495)
B 型烟粉虱对寄主转换的适应性·····	周福才,李传明,顾爱祥,等 (6505)
利用 PCR-DGGE 方法分析不同鸡群的盲肠微生物菌群结构变化·····	李永洙, Yongquan Cui (6513)
鸡粪改良铜尾矿对 3 种豆科植物生长及基质微生物量和酶活性的影响·····	张宏,沈章军,阳贵德,等 (6522)
铜绿微囊藻对紫外辐射的生理代谢响应·····	汪燕,李珊珊,李建宏,等 (6532)
10 种常见甲藻细胞体积与细胞碳、氮含量的关系·····	王燕,李瑞香,董双林,等 (6540)
冬季太湖表层底泥产毒蓝藻群落结构和种群丰度·····	李大命,孔繁翔,于洋,等 (6551)
城市机动车道颗粒物扩散对绿化隔离带空间结构的响应·····	蔺银鼎,武小刚,郝兴宇,等 (6561)
新疆城镇化与土地资源产出效益的空间分异及其协调性·····	杨宇,刘毅,董雯,等 (6568)
山东潍坊地下水硝酸盐污染现状及 $\delta^{15}\text{N}$ 溯源·····	徐春英,李玉中,李巧珍,等 (6579)
增温对宁夏引黄灌区春小麦生产的影响·····	肖国举,张强,张峰举,等 (6588)
一种估测小麦冠层氮含量的新高光谱指数·····	梁亮,杨敏华,邓凯东,等 (6594)
黄河上游灌区稻田 N_2O 排放特征·····	张惠,杨正礼,罗良国,等 (6606)
专论与综述	
植物源挥发性有机物对氮沉降响应研究展望·····	黄娟,莫江明,孔国辉,等 (6616)
植物种群更新限制——从种子生产到幼树建成·····	李宁,白冰,鲁长虎 (6624)
研究简报	
遮荫对两个基因型玉米叶片解剖结构及光合特性的影响·····	杜成凤,李潮海,刘天学,等 (6633)
学术信息与动态	
科学、系统与可持续性——第六届工业生态学国际大会述评·····	石海佳,梁赛,王震,等 (6641)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 340 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 37 * 2011-11	



封面图说: 鹤立——丹顶鹤是世界 15 种鹤数量极小的一种,主要栖息在沼泽、浅滩、芦苇塘等湿地,以捕食小鱼虾、昆虫、蛙蚺、软体动物为主,也吃植物的根茎、种子、嫩芽。善于奔驰飞翔,喜欢结群生活。丹顶鹤属迁徙鸟类,主要在我国的黑龙江、吉林、俄罗斯西伯利亚东部、朝鲜北部以及日本等地繁殖。在长江下游一带越冬。在中国文化中有“仙鹤”之说。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录,濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

司朗明, 刘彤, 刘斌, 李磊. 古尔班通古特沙漠西部梭梭种群退化原因的对比分析. 生态学报, 2011, 31(21): 6460-6468.

Si L M, Liu T, Liu B, Li L. A comparative study on reasons of degenerated of *Haloxylon ammodendron* population in the western part of Gurbantunggut desert. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6460-6468.

古尔班通古特沙漠西部梭梭种群退化原因的对比分析

司朗明, 刘彤*, 刘斌, 李磊

(石河子大学生命科学学院, 石河子 832003)

摘要:古尔班通古特沙漠植被的建群种梭梭在沙漠的低平地和小沙丘(高度<5 m)区域发生大面积退化死亡,而在大沙丘(高度>10 m)生境中梭梭却长势良好。对此分析了梭梭林枯死植株的空间分布、活株和死株的年龄结构,研究了地下水埋深以及对低平地、小沙丘和大沙丘3种生境土壤理化性质对梭梭生存的影响。发现梭梭死亡植株在观测的19个样点中的15个呈显著的集群分布,表明梭梭植株死亡并非是种内自疏。梭梭各年龄级植株均在死亡,说明死亡与植株年龄关系不大。退化区地下水埋深过浅或过深均对梭梭生长不利,表明地下水埋深对梭梭生长产生显著影响。低平地和小沙丘区土壤电导率高,土壤水分入渗速率慢,且0—90 cm深度范围梭梭侧根数和成活的梭梭幼苗幼株数较少,与梭梭正常生长的大沙丘区明显不同。综合分析认为梭梭退化主要是由自身的根系分布特性,以及地下水位、土壤盐分、土壤水分入渗变化等综合作用,实质是梭梭水分利用受限和种群更新不良引起的。

关键词:梭梭;年龄结构;地下水位;入渗;古尔班通古特沙漠

A comparative study on reasons of degenerated of *Haloxylon ammodendron* population in the western part of Gurbantunggut desert

SI Langming, LIU Tong*, LIU Bin, LI Lei

College of Life Science, Shihezi University, Shihezi 832003, China

Abstract: *Haloxylon ammodendron* (saxaul, a yellow-flowered shrub) is a keystone species in China's Gurbantunggut Desert. The population of the species has degenerated in low-lying areas and small dunes (height <5m), while nearby in large dunes (height >10m) the plants grow normally. In this study we investigated the spatial distribution of dead plants, the ages of living and dead plants, and the condition of the shallow lateral roots of *H. ammodendron*, as well as the depth of groundwater and the physical and chemical properties of the soil in low-lying areas, small dunes, and large dunes. Dead plants showed a highly significant cluster distribution in 15 out of the 19 observation plots. We found that intraspecific self-thinning was not the cause of the decline of *H. ammodendron*; there were dead plants in all age groups, suggesting no relationship between population age and degeneration. The relationship between the survival index of *H. ammodendron* populations and the groundwater level was significantly negative, indicating that groundwater has a profound effect on the viability of the populations; however, the relationship was reversed for shallow water levels, indicating that water tables need to be maintained within a certain appropriate range for the species to thrive. We found a significant negative relationship between the electrical conductivity of soil (at depths from 0—30cm to 90—120cm) and the numbers of *H. ammodendron* seedlings (height <40cm), with greater electrical conductivity in the low-lying areas and small dunes where the species population is degraded. Infiltration of groundwater in degraded areas was slower and there were fewer lateral roots at depths of 0—90 cm in the degenerated areas, compared with the large dunes. The numbers of lateral roots were

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助(2007BAC17B03)

收稿日期:2010-07-16; 修订日期:2011-06-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liutong_tea@sina.com

inversely correlated with soil electrical conductivity, significantly so at depths of 0—30 cm and 60—90 cm. The numbers of lateral roots were positively correlated with soil saturated hydraulic conductivity at depths of 0—30 cm and 30—60 cm. In summary, the slow infiltration of groundwater, excessive soil salinity, and the resultant reduction in the distribution of lateral roots and the depth of the groundwater, have all severely restricted the availability of water to *H. ammodendron* in the degraded area. Hence, a great number of *H. ammodendron* plants have perished in the affected areas due to water shortage. The renewal of populations is also restricted by excessive soil salinity, so that recruitment of *H. ammodendron* seedlings is also low. These factors lead to the conclusion that natural regeneration of the affected areas is unlikely.

Key Words: *Haloxylon ammodendron*; age structure; groundwater; regeneration; Gurbantunggut Desert

目前,植被退化已成为全球关注的生态问题之一。气候变化引发的干旱导致 Scots pine 和 *Pinus ponderosa* 大量死亡^[1-3],土地利用方式的改变造成南非部分区域植被退化^[4],温度变化导致珠穆朗玛峰自然保护区针叶林、针阔混交林退化^[5],河流断流、地下水位下降导致塔里木河中下游天然草地的退化^[6]。植被退化可改变区域能量平衡,引发土地沙漠化、盐碱化和土壤物理属性和碳循环的变化^[7-9],因此研究植被退化枯死的原因,采取有效措施减少、遏制和恢复植被非常重要。

梭梭(*Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge)^[10]主要分布在我国西北地区,新疆的分布面积约占我国梭梭林总面积的 68%,其中准噶尔盆地的分布面积占新疆的 94%,是古尔班通古特沙漠植被的建群种^[11],对生态环境的保护举足轻重。然而,我们近些年调查发现在该沙漠西部梭梭林出现大面积退化死亡,面积达 40 万 hm^2 左右。该区靠近克拉玛依地区,是北疆地区沙尘暴的重要策源地^[12],因此死亡原因亟待分析。目前对梭梭退化死亡的研究主要集中在内蒙古和甘肃,发现土壤水分、造林密度和人类对水资源的过度开采造成地下水位急剧下降等因素是梭梭林退化的主要原因^[13-16],但古尔班通古特沙漠梭梭退化死亡的研究少有报道。

不同生境植被特征的空间变化一定程度上反映了植被生长的时间序列,对比分析可为剖析植被生长的影响机制和过程提供重要线索^[17-18]。经调查发现古尔班通古特沙漠梭梭植株的退化死亡具有明显的地域性,死亡主要发生在沙漠小沙丘(高度<5 m)和低平地区域,而大沙丘(高度>10 m)区的梭梭却生长良好。因此,本文采用空间代替时间的方法,首先对死亡区梭梭种群特征进行分析,了解其退化现状和特点;然后对比分析不同梭梭退化程度地点的地下水埋深、土壤理化性质等特征,最终探究古尔班通古特沙漠天然梭梭林退化死亡的原因,为退化梭梭林的生态恢复提供理论参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区自然概况

研究区位于古尔班通古特沙漠哈尔扎克和白碱滩国家重点公益林管护区,地理位置为 $85^{\circ}10'—86^{\circ}45'E$, $45^{\circ}09'—45^{\circ}40'N$,属典型的温带荒漠干旱气候区,夏季酷热,冬季严寒,年均降水量 80 mm 以下,年均蒸发量 3600 mm 以上,海拔 300 m 左右^[19]。

小沙丘(高度<5 m)和低平地区域主要分布在地表径流的洼地以及古湖盆沉积区域,此地以低洼平地为主,间伴有地形起伏 2—5 m 的小沙丘。土壤主要为龟裂性盐化壤土、灰棕色荒漠土和沙壤土等,沙层及伏沙底层均含有相当多的盐分,大部分地区地表板结,有积水的痕迹。该区梭梭林内植物丰富度较低,多数样地为梭梭纯林,部分样地伴生有盐生假木贼(*Anabasis salsa* (C. A. Mey.) Benth.) 和翼果驼蹄瓣(*Zygophyllum pterocarpum* Bunge var.)。梭梭密度为 20—324 株/ hm^2 左右,盖度在 5%—20%,梭梭林中存在大量的僵立的和腐朽而散落于残桩周围的植株,幼苗幼株偏少或没有。大沙丘与低矮的小沙丘区相邻,但沙丘起伏明显不同,大沙丘地形起伏 5—25 m,该区域主要为风沙土,风蚀严重,土壤盐分含量较低。物种丰富度与低平地相比较,大沙丘区梭梭植株长势良好,幼苗幼株和老龄活株同地并存。伴生种除有上述几种外,还有硬萼软紫草(*Arnebia decumbens* (Vent.) Coss. et Kral.)、蛇麻黄(*Ephedra distachya* Linn.)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*

(L.) Moq.)、翅鹤虱(*Lepechiniella* M. Pop.)和白茎绢蒿(*Seriphidium terrae-albae* (Krasch.) Poljak.)等。

1.2 样地设置和植被调查

调查样地沿退化区的东西和南北两条路线设置,根据梭梭种群退化和分布情况,每间隔 7—10 km 设置大小为 50 m×50 m 观测样方,东西方向 12 个样地,南北方向有 7 个,共 19 个,并编号依次为 1—19,所有样地呈十字交叉分布,样地包括不同退化程度的梭梭种群。在每个样方内,采用相邻格子法将每个大样方分成 25 个 10 m×10 m 的小样方,记录和定位每个小样方中的物种、株数(死株、活株)、株高、地径、盖度,以各样地内存活指数(样地中活株与死株之比)来度量种群的生长情况。

1.3 退化区梭梭种群特征的研究

1.3.1 梭梭死亡植株的分布特征

采用方差均值比 $V/M^{[20]}$ 研究梭梭死株的分布格局,用 t 检验(t -test)进行显著性检验,分析梭梭植株死亡是否属于种内自疏。计算公式如下:

$$V = \{ \sum X^2 - (\sum X)^2 / N \} / (N - 1) \quad (1)$$

$$M = \sum X / N \quad (2)$$

式中, V 代表方差; M 代表平均值; X 是小样方中枯死梭梭的株数; $N=25$,表示每个大样方中划分的小样方个数。

1.3.2 退化区梭梭种群龄级结构分析

由于梭梭地上部分长势不规则且存在假年轮现象,难以通过年轮推断其年龄。但梭梭株高和地径有着很高的相关性($R^2=0.635, P<0.01$),故本研究采用株高来反映梭梭植株的龄级。每 40 cm 划分一个龄级,从幼龄到老龄共划分出 I—VI 6 个龄级^[21]。统计每个样地各龄级株数(活株和死株)占该样地所有株数的比例,构成龄级结构图。

1.4 退化区土壤盐分和地下水埋深对梭梭生长的影响

在上述的 19 个样地布设地下水位观测井,同时在梭梭长势良好的大沙丘丘间低地布设 3 个地下水位观测井(对照)。从 2008 年 7 月开始每月定期、连续监测地下水埋深,并采集水样,密封送检,分析 pH 值、电导率(EC)等指标。同时在每个样地随机选取 4 个土样采集点,按 0—40 cm、40—80 cm、80—120 cm 分层取土,带回实验室测得土壤含水量、pH 值和电导率。

1.5 3 种生境土壤理化性质研究

为减少小区气候差异,在约 5 km² 范围内选择了低平地、小沙丘和大沙丘 3 种生境,各设置 3 个样地(重复),共 9 个样地,对比分析 3 种生境的土壤属性及其对梭梭生长的影响。根据不同生境特点设置样地大小,平地和小沙丘生境每个样地为 50 m×50 m,大沙丘生境为 50 m×100 m。

用梭梭活株株数/样地面积得到每个样地的梭梭活株密度(株/100 m²)。在每个样地随机选择 6 个土样采集点,取样深度为 0—120 cm,按每 30 cm 一层分层取土。测量土壤有机碳(SOC)、 EC 、pH 值、 Cl^- 、土壤容重(BD)和土壤含水量(SM)等土壤理化指标,同时用环刀法测得各土层的土壤容重,每层 3 个重复。

用 Guelph Permeameter 2800K1 对上述 9 个样地 0—30 cm、30—60 cm 土层的土壤饱和导水率(K_{fs})进行测量。计算公式为:

$$K_{fs} = 0.0041X(Y)R_2 - 0.0054X(Y)R_1$$

式中, K_{fs} 是土壤饱和导水率(cm/s),其值大小表示土壤入渗率的快慢, X 和 Y 是仪器蓄水管的截面积,其中 $X=35.22$ cm², $Y=2.15$ cm²,公式中 X 或 Y 的选取是依据测量时选择的供水方式, R_1 和 R_2 由测量数据得到。

1.6 3 种生境梭梭浅层侧根分布特征研究

梭梭的浅层根系决定其对降水的利用效率,梭梭 90% 以上的吸收根分布在 0—90 cm 的土层中^[22],因此本文调查了依梭梭植株为圆心、1 m 为半径、0—90 cm 深度范围的根系分布情况和侧根(直径 1—5 mm)数。

在每个样地随机选取 6 株大小(株高和冠幅)相似的梭梭采用挖掘法调查根系,每 30 cm 一层分层统计各层侧根数。

1.7 数据统计分析

采用 One-Way ANOVA 分析 3 类生境间各土层土壤质量指标的差异,并用 Duncan 检验在 0.05 水平上进行显著性检验;根据主成分分析选取 EC (电导率)和 K_{fs} (土壤饱和导水率)与梭梭活株密度或各层侧根数进行回归分析,研究土壤理化性质对梭梭生长的影响。

2 结果与分析

2.1 退化梭梭种群特征分析

2.1.1 梭梭死亡植株的分布特征

自然状态下的梭梭种群在大尺度以均匀或随机分布为主^[23],但梭梭死亡植株在上述 19 个样地中有 15 个为显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)的集群分布。随机分布和均匀分布各 1 个,另 2 个集群分布不显著($P>0.05$)。结果表明梭梭植株的死亡并非种内自疏,而是发生了集群死亡。

2.1.2 退化梭梭种群龄级结构

图 1 的 A、E、H 和 P 中梭梭幼株数在种群中占有一定的比例,种群为增长型。其它样地梭梭幼株个体严重缺乏,表明种群更新能力较差。从图 1 还发现梭梭种群各个龄级的植株都在死亡,老株和幼株死亡数量的规律性不明显,说明梭梭退化与植株年龄关系不大。

研究发现退化区土壤(0—40 cm)电导率均值与各样地梭梭幼株株数比极显著负相关(图 2),说明土壤盐渍化严重限制了梭梭种群的更新。

2.2 退化区土壤盐分和地下水埋深对梭梭种群的影响

从表 1 可知各土层土壤电导率的平均值变化范围在 1.09 ms/cm 与 4.14 ms/cm 之间,说明退化区土壤发生了盐渍化。此外,不同深度盐分含量的均值变化明显,土壤盐分含量在垂直方向上的变异很大,且土壤表层有聚盐现象。各土层盐分含量的变异系数分别为:0.58、0.42、0.77,表明各土层盐分含量在水平方向上均呈中等变异强度,这可能与研究区局部地形、土壤和地下水埋深等因素差异有关。

表 1 土壤和地下水电导率统计特征值

Table 1 Statistical feature values of soil salinity in different soil layers and groundwater

土层深度 Depth/cm	电导率最小值 $EC_{min}/(ms/cm)$	电导率最大值 $EC_{max}/(ms/cm)$	电导率平均值 $EC_{mean}/(ms/cm)$	标准差 SD	变异系数 CV
0—40	1.35	8.53	4.14	2.41	0.58
40—80	1.32	5.21	2.41	1.02	0.42
80—120	1.01	4.4	1.09	0.84	0.77
地下水 Groundwater	1.96	52.29	8.94	11.85	1.32

调查发现退化区地下水埋深最深处达 11 m 左右,较浅处在 4 m 以内。从图 3 可知:退化区梭梭种群存活指数与地下水埋深极显著的负相关(图 3)。但水位较浅处存活指数也有降低的趋势,表明地下水位过深或过浅均对梭梭生长不利,而应该维持在某一个适宜的范围。

2.3 3 种生境土壤理化性质

2.3.1 3 种生境土壤理化性质的对比分析

从表 2 可知研究区土壤均呈碱性,其中小沙丘生境 pH 值最大,其余两种生境差异不显著;土壤容重在各生境间 0—30 cm、30—60 cm 土层差异极显著($P<0.01$);而在土层 60—90 cm、90—120 cm 差异不显著($P>0.05$);其余各指标在 3 类生境间差异都达到极显著的水平($P<0.01$)。其中土壤容重和土壤饱和导水率变化趋势一致,均表现为大沙丘生境最大,低平地和小沙丘生境较小。而土壤含水量、有机碳、电导率和 Cl^- 变化趋势相同,低平地生境最高,大沙丘生境最低。

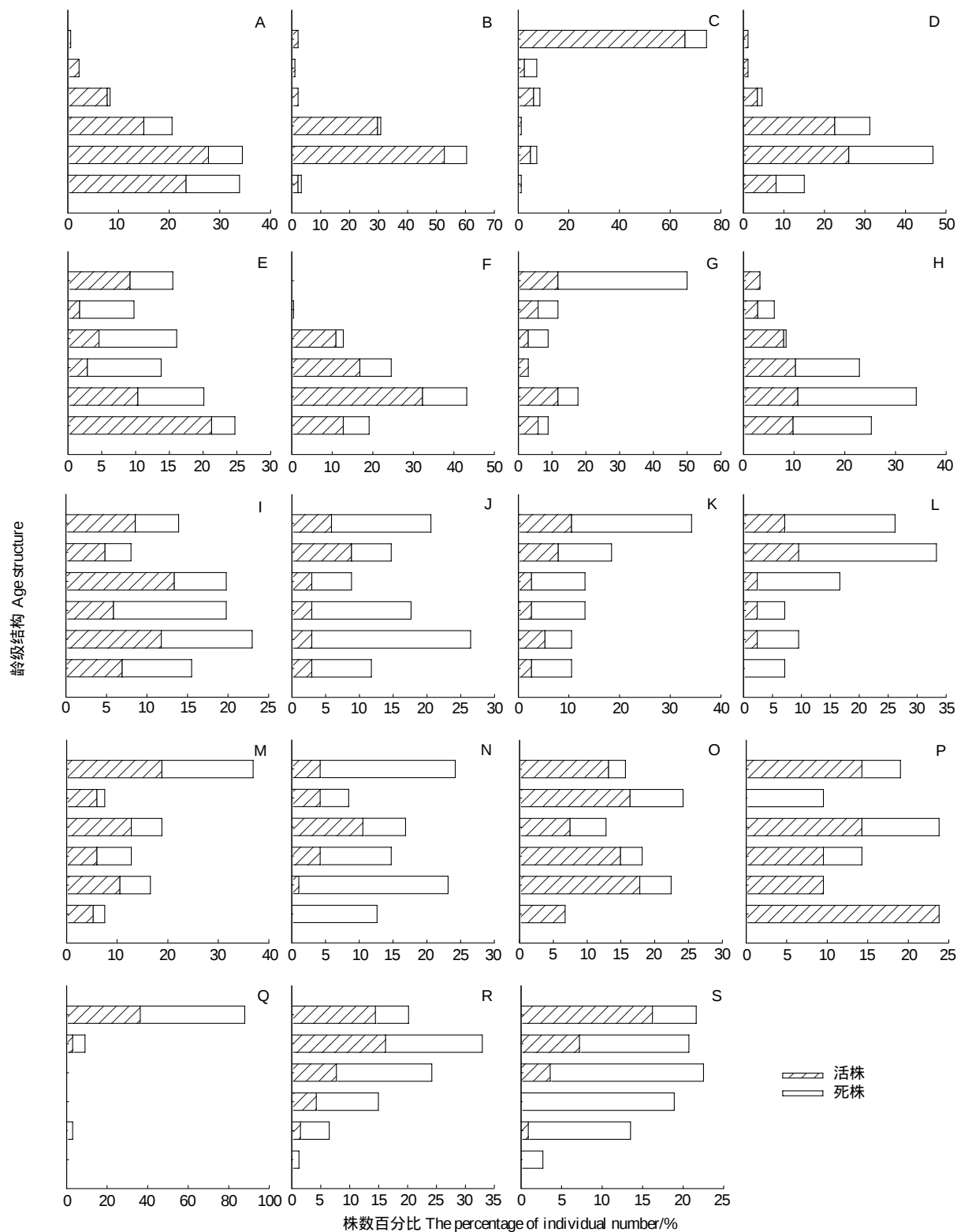


图1 梭梭种群龄级分布

Fig. 1 The age structure distribution of *H. ammodendron* population

低平地和小沙丘生境土壤电导率显著高于大沙丘生境(表2),土壤盐分含量过高势必会引起植物的生理干旱、伤害植物组织和引起细胞中毒。每个样地土层0—30 cm、30—60 cm、60—90 cm和90—120 cm的土壤电导率均值与梭梭活株密度都极显著的负相关($R^2=0.847$, $P=0.0004$; $R^2=0.859$, $P=0.0003$; $R^2=0.860$, $P=0.0003$; $R^2=0.828$, $P=0.0007$),说明退化区高的土壤盐分严重影响了梭梭植株的正常生长。

2.3.2 3 种生境梭梭浅层侧根的差异

由表 2 可知 3 类生境间梭梭浅层侧根数在 3 个土层深度差异都显著 ($P < 0.05$), 均为大沙丘生境最多, 低平地生境次之, 小沙丘生境最少。每个样地 0—30 cm 的土壤电导率均值和梭梭浅层侧根数均值极显著的负相关 ($R^2 = 0.781$; $P = 0.0016$), 在 30—60 cm 深度范围两者关系不显著 ($R^2 = 0.349$; $P = 0.0941$), 而在 60—90 cm 深度范围两者显著负相关 ($R^2 = 0.542$; $P = 0.0237$); 土壤饱和和导水率均值与梭梭浅层侧根数均值在 0—30 cm 和 30—60 cm 土层深度都显著正相关 ($R^2 = 0.500$ 和 $P = 0.034$; $R^2 = 0.451$ 和 $P = 0.0475$)。说明退化区高的土壤盐分和慢的土壤水分入渗率严重限制了梭梭浅层侧根的分布。

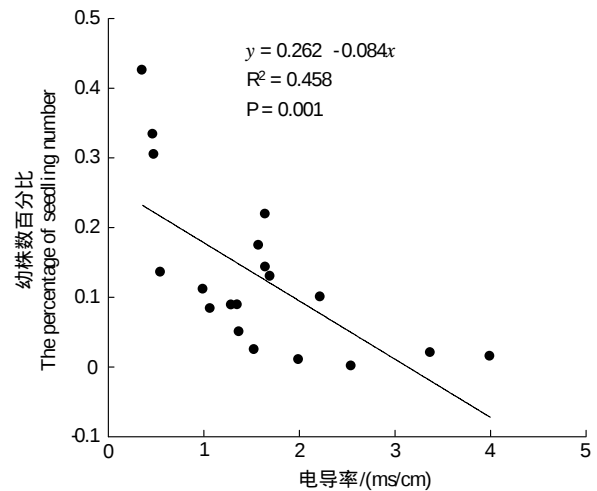


图 2 梭梭幼株株数比与表层(0—40cm)土壤电导率的关系

Fig. 2 Relationship between the percentage of *H. ammodendron* seedling number and electrical conductivity of 0—40 cm soil layer

表 2 3 种生境 0—120 cm 土层深度土壤理化指标的比较(平均值(标准误))

Table 2 Compared soil quality indicators in three types habitat of 0—120cm depth (Mean(SE))

土层深度 Depth/cm	土壤指标 Soil indicators	生境类型 Habitat type			F	P
		低平地 Low-lying land	小沙丘 Small dune	大沙丘 Big dune		
0—30	BD/(g/cm ³) ^①	1.39 (0.03) c	1.52 (0.02) b	1.67 (0.02) a	31.75	<0.01
	SM/% ^②	2.34 (0.43) a	1.67 (0.28) a	0.16 (0.05) b	14.09	<0.01
	K _{fs} /(mm/s) ^③	0.06 (0.02) b	0.13 (0.04) b	1.04 (0.08) a	100.51	<0.01
	EC/(ms/cm) ^④	2.42 (0.38) a	0.84 (0.18) b	0.04 (0.00) c	24.84	<0.01
	pH	8.64 (0.16) b	9.97 (0.08) a	8.73 (0.07) b	44.28	<0.01
	SOC/(g/kg) ^⑤	2.57 (0.46) a	1.34 (0.23) b	0.49 (0.09) b	11.90	<0.01
	Cl ⁻ /(g/kg)	0.14 (0.03)	0.06 (0.01)	0.01 (0.00)	20.06	<0.01
	Lateral root number	9.33 (1.95) b	3.83 (1.01) b	41.17 (16.28) a	4.515	<0.05
30—60	BD/(g/cm ³)	1.48 (0.03) b	1.53 (0.02) b	1.65 (0.03) a	12.66	<0.01
	SM/%	4.52 (0.54) a	2.55 (0.23) b	0.40 (0.12) c	35.61	<0.01
	K _{fs} /(mm/s)	0.01 (0.00) b	0.14 (0.04) b	1.14 (0.13) a	65.904	<0.01
	EC/(ms/cm)	2.13 (0.25) a	0.86 (0.07) b	0.04 (0.00) c	50.18	<0.01
	pH	9.02 (0.14) b	10.04 (0.05) a	8.74 (0.08) c	52.07	<0.01
	SOC/(g/kg)	1.98 (0.32) a	1.38 (0.16) a	0.34 (0.06) b	15.38	<0.01
	Cl ⁻ /(g/kg)	0.15 (0.02) a	0.07 (0.01) b	0.01 (0.00) c	36.26	<0.01
	Lateral root number	14.08 (5.49) ab	1.42 (1.08) b	18.75 (5.98) a	3.60	<0.05
60—90	BD/(g/cm ³)	1.58 (0.02) ab	1.56 (0.01) b	1.64 (0.04) a	2.82	>0.05
	SM/%	4.47 (0.50) a	2.48 (0.13) b	0.43 (0.02) c	44.96	<0.01
	EC/(ms/cm)	1.97 (0.21) a	0.66 (0.06) b	0.05 (0.00) c	62.56	<0.01
	pH	9.27 (0.06) b	10.09 (0.04) a	8.91 (0.08) c	93.98	<0.01
	SOC/(g/kg)	2.35 (0.54) a	1.08 (0.17) b	0.33 (0.07) b	9.35	<0.01
	Cl ⁻ /(g/kg)	0.17 (0.02) a	0.05 (0.00) b	0.01 (0.00) c	68.54	<0.01
	Lateral root number	0.50 (0.50) b	0.75 (0.75) b	4.42 (1.51) a	4.69	<0.05
	BD/(g/cm ³)	1.57 (0.04) a	1.56 (0.02) a	1.62 (0.03) a	1.26	>0.05
90—120	SM/%	4.56 (0.54) a	2.54 (0.13) b	0.54 (0.05) c	38.81	<0.01
	EC/(ms/cm)	1.72 (0.25) a	0.70 (0.05) b	0.07 (0.01) c	31.49	<0.01
	pH	9.45 (0.04) b	9.96 (0.05) a	8.98 (0.10) c	52.89	<0.01
	SOC/(g/kg)	1.98 (0.34) a	1.14 (0.24) b	0.30 (0.07) c	11.77	<0.01
	Cl ⁻ /(g/kg)	0.17 (0.03) a	0.06 (0.00) b	0.01 (0.00) c	27.70	<0.01

* 同一行中,具有相同字母平均数表示差异不显著($P > 0.05$);① 土壤容重;② 土壤含水量;③ 土壤饱和和导水率;④ 电导率;⑤ 土壤有机碳

3 结论与讨论

在各种生态系统中水分缺乏是影响植物生长和群落结构的主要因子,如草地生态系统^[24],热带雨林^[25],温带森林^[26]和干旱区^[27]。植物生存的水分来源包括地表径流、降水和地下水,而在干旱区由于地表径流的时空分布差异性和有限性,因此在大多数情况下,干旱区植被主要以利用降水和地下水来维持正常生长。研究发现古尔班通古特沙漠梭梭退化死亡严重的低平地和小沙丘生境梭梭种群存活指数与地下水埋深显著负相关,说明该区地下水位的变动严重限制了梭梭植株的存活。这与王继和和马全林^[14]研究的水资源的减少和地下水位的下降是造成民勤梭梭林退化的根本原因结果相似。同时还发现,生长于大沙丘的梭梭,沙垄高度超过低平地 10 m 以上,地下水位>25 m,在这种情况下梭梭利用地下水几乎不可能,并且调查发现大沙丘不同土层深度的土壤含水率均未超过 0.6%,明显小于低平地和小沙丘土壤含水量,然而梭梭却能够正常生长。徐贵青等^[28]研究指出梭梭对地下水和降水都有利用,但对降水响应显著。这就足以说明地下水位的变化并不完全是古尔班通古特沙漠梭梭林退化死亡的主要条件。此外调查的时间是 7—8 月,该期间降水较少,蒸发剧烈,梭梭在此期间有休眠现象^[29]。表明生长于不同环境的梭梭对本地生境形成了不同的适应特性。

土壤盐分和有机质的增加会增大土壤的持水能力,且土壤盐分的积累会影响梭梭的净光合速率和蒸腾速率^[30,15-16]。研究表明梭梭退化严重的低平地和小沙丘生境土壤电导率、有机质和含水量显著高于大沙丘生境。梭梭退化区宏观上并不表现为土壤含水量缺乏,但高的土壤盐分导致土壤溶液渗透压增大,土壤有效含水量降低,造成梭梭发生生理性干旱,梭梭植株大量死亡,活株密度减小。通过对退化区土壤和地下水的分析发现:19 个样点间土壤电导率和地下水电导率波动较大,且该区土壤水分蒸发强烈,表层土壤盐分不断聚集,进而影响梭梭对土壤水分的利用。

土壤水分入渗是自然界水循环中的一个重要环节,也是地面水转化为可被植物吸收利用的土壤水的主要途径^[31]。研究表明低平地和小沙丘生境土壤水分入渗速率明显比大沙丘的慢。野外观测发现梭梭退化区土壤主要为壤土,与梭梭正常生长区的沙土相比其土壤粘性较大。土壤粘性较大势必会降低土壤的入渗率^[32]。且含盐量高的土壤在水分的作用下容易产生粘粒的分散,分散的粘粒对土壤孔隙的堵塞是表层土壤水分入渗降低的一个主要因素。梭梭退化区土壤水分入渗速率慢一方面导致大量降水被拦截在土壤浅层,不能向土壤深层入渗,大量水分很快便被蒸发殆尽,不能被梭梭利用;另一方面较慢的土壤水分入渗速率和高的土壤盐分均可限制梭梭浅层侧根的分布。植物根系的地下分配格局决定了根系对地下资源的利用效果及潜力^[33]。低平地和小沙丘生境中梭梭退化区较少的浅层侧根分布势必会增加梭梭对水分的利用难度,加剧了梭梭的退化。

土壤水分入渗是自然界水循环中的一个重要环节,也是地面水转化为可被植物吸收利用的土壤水的主要途径^[31]。研究表明低平地和小沙丘生境土壤水分入渗速率明显比大沙丘的慢。野外观测发现梭梭退化区土壤主要为壤土,与梭梭正常生长区的沙土相比其土壤粘性较大。土壤粘性较大势必会降低土壤的入渗率^[32]。且含盐量高的土壤在水分的作用下容易产生粘粒的分散,分散的粘粒对土壤孔隙的堵塞是表层土壤水分入渗降低的一个主要因素。梭梭退化区土壤水分入渗速率慢一方面导致大量降水被拦截在土壤浅层,不能向土壤深层入渗,大量水分很快便被蒸发殆尽,不能被梭梭利用;另一方面较慢的土壤水分入渗速率和高的土壤盐分均可限制梭梭浅层侧根的分布。植物根系的地下分配格局决定了根系对地下资源的利用效果及潜力^[33]。低平地和小沙丘生境中梭梭退化区较少的浅层侧根分布势必会增加梭梭对水分的利用难度,加剧了梭梭的退化。

黄振英等^[34]研究指出随着盐分浓度的不断增加梭梭种子萌发率降低直至为 0。Tobe 等^[35]研究指出梭梭幼苗的出土与种子埋深、土壤类型和降雨强度等密切相关。野外调查还发现低平地、小沙丘和大沙丘 3 种生境中梭梭植株都能生产种子,但退化严重的低平地和小沙丘生境鲜有梭梭幼苗存活,而大沙丘生境中有少量幼苗存活。退化区土壤(0—40 cm)电导率与活的梭梭幼株(株高<40 cm)数显著负相关。梭梭退化区土壤板结、土壤水分入渗率慢和盐含量高,势必会影响梭梭种子的着床、萌发和幼苗存活,进而影响梭梭种群的自然更新。

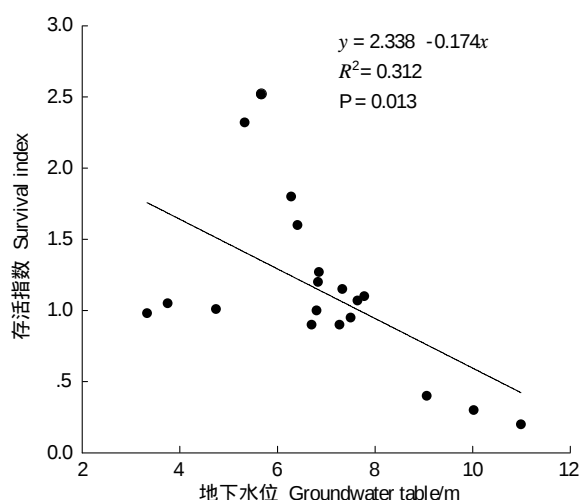


图3 地下水埋深与梭梭种群存活指数的关系

Fig. 3 Relationship between the groundwater table and the survival index of *H. ammodendron* population

因此,古尔班通古特沙漠西部低平地和小沙丘区域地下水埋深和水质影响了梭梭对地下水的利用,而高的土壤盐分、慢的土壤水分入渗速率以及较少的浅层根分布又限制了梭梭对降水的利用,且表层土壤盐分显著影响了退化梭梭种群的更新,最终导致了梭梭林的大面积退化。

致谢:感谢石河子大学生命科学学院的研究生刘忠权、徐满厚、曾晓玲、沈雪莹和孙钦明和生物科学专业 2007 级本科生董奎、胡宗亮、杨强、万娟娟和于航在试验研究过程中给予的帮助。感谢美国加利福尼亚 Mills College 的 Mark Henderson, Ph. D. 对英文摘要的润色。感谢中国科学院新疆生态与地理研究所张立运研究员对本文写作的帮助。

References:

- [1] Bigler C, Braker O U, Bugmann H, Dobbertin M, Rigling A. Drought as an inciting mortality factor in Scots Pine stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems*, 2006, 9(3): 330-343.
- [2] Reich P B, Oleksyn J. Climate warming will reduce growth and survival of Scots pine except in the far north. *Ecology Letters*, 2008, 11(6): 588-597.
- [3] McDowell N, Pockman W T, Allen C D, Breshears D D, Cobb N, Kolb T, Plaut J, Sperry J, West A, Williams D G, Yezzer E A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?. *New Phytologist*, 2008, 178: 719-739.
- [4] Kakembo V. Trends in vegetation degradation in relation to land tenure, rainfall, and population changes in peddie district, Eastern Cape, South Africa. *Environmental Management*, 2001, 28(1): 39-46.
- [5] Zhang W, Zhang Y L, Wang Z F, Ding M J, Yang X C, Lin X D, Yan Y P. Analysis of vegetation change in Mt. Qomolangma Natural Reserver. *Progress in Geography*, 2006, 25(3): 12-21.
- [6] Xu H L, Song Y D, Chen Y N. Study on grassland degradation at the middle and lower reaches of Tarim River by Monitoring land use. *Grassland of China*, 2003, 25(4): 21-24.
- [7] Hu H C, Wang G X, Liu G S, Li T B, Ren D X, Wang Y B, Cheng H Y, Wang J F. Influences of alpine ecosystem degradation on soil temperature in the freezing-thawing process on Qinghai-Tibet Plateau. *Environmental Geology*, 2009, 57(6): 1391-1397.
- [8] Xu X K, Lin Z H, Li J P, Zeng Q C. Temporal-spatial characteristics of vegetation cover and desertification of China by using remote sensing data. *Progress in Natural Science*, 2002, 12(1): 45-50.
- [9] Wang G X, Wang Y B, Li Y S, Cheng H Y. Influences of alpine ecosystem responses to climatic change on soil properties on the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Catena*, 2007, 70(3): 506-514.
- [10] Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*. Beijing: Science Press, 1979; 25(2): 140-140.
- [11] Huang P Y, Xiang B, Li Q J, Xu Z H. Relationship between *Haloxylon ammodendron* seedling dynamics and habitat before summer. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(1): 87-94.
- [12] Qian Y B, Wu Z N, Chen D M, Zhang L Y, Wang X Y, Li D M. Characteristics of grain sizes for surface sediments on source regions of sand-dust storms in Mid-south Junggar Basin. *Journal of Desert Research*, 2005, 25(6): 831-837.
- [13] Yang W B. Studies on the moisture characteristics about the withering away of *Holoxylon ammodendron* forests in wind dunes. *Arid Zone Research*, 1991, (1): 30-34.
- [14] Wang J H, Ma Q L. Study on restoration strategies, characteristics and status of degenerated artificial *Haloxylon ammodendron* communities at the edge of Minqin oasis. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(12): 2107-2112.
- [15] Han Y W, Yao Y F, Han J G, Yang Y S, Zhang R M. Study on the photosynthetic eco-physiological characteristics of degenerated *Haloxylon ammodendron* in Jilantai. *Acta Agrestia Sinica*, 2001, 9(2): 143-147.
- [16] Han Y W, Wang K, Zhang R M, Yao Y F, Fan C Y. Study on the transpiration eco-physiological characteristics of degenerated *Haloxylon ammodendron* in Jilantai. *Acta Agrestia Sinica*, 2002, 10(1): 40-44.
- [17] Benkobi L, Uresk D W, Schenbeck G, King R M. Protocol for monitoring stanging crop in grasslands using visual obstruction. *Journal of Range Management*, 2000, 53(6): 627-633.
- [18] Davidson E A, Reis de Carvalho C J, Figueira A M, Ishida F Y, Ometto J P H B, Nardoto G B, Sabá R T, Hayashi S N, Leal E C, Vieira I C G, Martinelli L A. Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. *Nature*, 2007, 447(7147): 995-998.
- [19] Yin L D. The study of *Haloxylon ammodendron* forest in Haerzhake of Xinjiang. *Journal of Desert Research*, 1993, 13(3): 58-61.
- [20] Zhang J T. *Quantitative Ecology*. Beijing: Science Press, 2004: 246-248.
- [21] Huang P Y, Li Q J, Yuan Q F. Effects of climate change on *Haloxylon ammodendron* community in southern edge of Zhunger Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 6051-6059.
- [22] Xu H, Li Y. Water-use strategy of three central Asian desert shrubs and their responses to rain pulse events. *Plant and Soil*, 2006, 285(1/2): 5-17.

- [23] Li J G, Ning H S, Liu B. Study on character structure and distribution pattern of *Haloxylon ammodendron*. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2003, 26(3): 51-54.
- [24] Clark J S, Grimm E C, Donovan J J, Fritz S C, Engstrom D R, Almendinger J E. Drought cycles and landscape responses to past aridity on prairies of the northern Great Plains, USA. Ecology, 2002, 83(3): 595-601.
- [25] Aiba S I, Kitayama K. Effects of the 1997—1998 El Nino drought on rain forests of Mount Kinabalu, Borneo. Journal of Tropical Ecology, 2002, 18: 215-230.
- [26] Ogle K, Whitham T G, Cobb N S. Tree-ring variation in pinyon predicts likelihood of death following severe drought. Ecology, 2000, 81(11): 3237-3243.
- [27] Dube O P, Pickup G. Effects of rainfall variability and communal and semi-commercial grazing on land cover in southern African rangelands. Climate Research, 2001, 17(2): 195-208.
- [28] Xu G Q, Li Y. Roots distribution of three desert shrubs and their response to precipitation under co-occurring conditions. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 130-137.
- [29] Wang W, Liang C Z, Zhu Z Y, Liu Z L, Zhang L F. Studies on the measuring method of growth rings of *Haloxylon ammodendron* and its growing dynamics. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2001, 15(2): 67-74.
- [30] Li X G, Cao J, Li F M. Influence of salinity, sodicity and organic matter on some physical properties of salt-affected soils. Chinese Journal of Soil Science, 2004, 35(1): 64-72.
- [31] Khare D, Jat M K, Ediwahyunan. Assessment of conjunctive use planning options; a case study of Sapon irrigation command area of Indonesia. Journal of Hydrology, 2006, 328(3/4): 764-777.
- [32] Xi H Y, Feng Q, Cheng Y F, Si J H, Chang Z Q, Su Y H, Guo R. Permeability characteristics of soils and their dependence on soil conditions in Ejina oasis. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(6): 976-982.
- [33] Zhang Y Q, Zhu Q K, Qi S, Zhang Y, Wang D M. Root system distribution characteristics of plants on the terrace banks and their impact on soil moisture. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(3): 500-506.
- [34] Huang Z Y, Zhang X S, Gutterman Y, Zheng G H. Influence of light, temperature and salinity on the seed germination of *Haloxylon ammodendron*. Acta Phytophysiological Sinica, 2001, 27(3): 275-280.
- [35] Tobe K, Li X M, Omasa K. Effects of irrigation on seedling emergence and seedling survival of a desert shrub *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae). Australian Journal of Botany, 2005, 53(6): 529-534.

参考文献:

- [5] 张玮, 张懿铨, 王兆锋, 丁明军, 杨续超, 蔺学东, 阎宇平. 珠穆朗玛峰自然保护区植被变化分析. 地理科学进展, 2006, 25(3): 12-21.
- [6] 徐海量, 宋郁东, 陈亚宁. 从土地覆盖变化看塔里木河中下游天然草地的退化. 中国草地, 2003, 25(4): 21-24.
- [10] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1979: 25(2): 140-140.
- [11] 黄培佑, 向斌, 李启剑, 徐泽海. 入夏前梭梭实生苗生长动态与生境的关系. 中国沙漠, 2009, 29(1): 87-94.
- [12] 钱亦兵, 吴兆宁, 陈冬梅, 张立运, 汪溪远, 李冬梅. 准噶尔中南部沙尘暴源区地表沉积物粒度特征. 中国沙漠, 2005, 25(6): 831-837.
- [13] 杨文斌. 风成沙丘上梭梭林衰亡的水分特性研究. 干旱区研究, 1991, (1): 30-34.
- [14] 王继和, 马全林. 民勤绿洲人工梭梭林退化现状、特征与恢复对策. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2107-2112.
- [15] 韩永伟, 姚云峰, 韩建国, 杨永生, 张汝民. 吉兰泰地区退化梭梭光合生态生理学特性. 草地学报, 2001, 9(2): 143-147.
- [16] 韩永伟, 王堃, 张汝民, 姚云峰, 范春燕. 吉兰泰地区退化梭梭蒸腾生态生理学特性. 草地学报, 2002, 10(1): 40-44.
- [19] 尹立东. 新疆哈尔扎克梭梭林植被的研究. 中国沙漠, 1993, 13(3): 58-61.
- [20] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004: 246-248.
- [21] 黄培佑, 李启剑, 袁勤芬. 准噶尔盆地南缘梭梭群落对气候变化的响应. 生态学报, 2008, 28(12): 6051-6059.
- [23] 李建贵, 宁虎森, 刘斌. 梭梭种群性状结构与空间分布格局的初步研究. 新疆农业大学学报, 2003, 26(3): 51-54.
- [28] 徐贵青, 李彦. 共生条件下三种荒漠灌木的根系分布特征及其对降水的响应. 生态学报, 2009, 29(1): 130-137.
- [29] 王炜, 梁存柱, 朱宗元, 刘钟龄, 张丽芳. 梭梭年轮测定方法及生长动态的研究. 干旱区资源与环境, 2001, 15(2): 67-74.
- [30] 李小刚, 曹靖, 李凤民. 盐化及钠质化对土壤物理性质的影响. 土壤通报, 2004, 35(1): 64-72.
- [32] 席海洋, 冯起, 程玉菲, 司建华, 常宗强, 苏永红, 郭瑞. 额济纳绿洲土壤入渗特征与土壤状况的关系研究. 冰川冻土, 2008, 30(6): 976-982.
- [33] 张宇清, 朱清科, 齐实, 张岩, 王冬梅. 梯田埂坎立地植物根系分布特征及其对土壤水分的影响. 生态学报, 2005, 25(3): 500-506.
- [34] 黄振英, 张新时, Gutterman Y, 郑光华. 光照、温度和盐分对梭梭种子萌发的影响. 植物生理学报, 2001, 27(3): 275-280.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 21 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Landscape spatial analysis of a traditional tibetan settlement based on landscape pattern theory and feng-shui theory; the case of Zhagana, Diebu, Gansu Province	SHI Lisha, YAN Lijiao, HUANG Lu, et al (6305)
Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District	YOU Weibin, HE Dongjin, WU Liyun, et al (6317)
Evaluation of eco-sustainability of roads in a tourism area; a case study within Yulong County	JIANG Yiyi (6328)
Study on the compactness assessment model of urban spatial form	ZHAO Jingzhu, SONG Yu, SHI Longyu, et al (6338)
A multi-scale analysis of red-crowned crane's habitat selection at the Yellow River Delta Nature Reserve, Shandong, China	CAO Mingchang, LIU Gaohuan, XU Haigen (6344)
Assessment and spatial distribution of water and soil loss in karst regions, southwest China	FAN Feide, WANG Kelin, XIONG Ying, et al (6353)
Construction of an eco-environmental database for watershed-scale data; an example from the Tarim River Basin	GAO Fan, YAN Zhenglong, HUANG Qiang (6363)
Reproductive allocation in dioecious shrub, <i>Rhamnus davurica</i>	WANG Juan, ZHANG Chunyu, ZHAO Xiuhai, et al (6371)
Age-dependent growth responses of <i>Pinus koraiensis</i> to climate in the north slope of Changbai Mountain, North-Eastern China	WANG Xiaoming, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (6378)
Fine-scale spatial point patterns of <i>Stipa krylovii</i> population in different alpine degraded grasslands	ZHAO Chengzhang, REN Heng, SHENG Yaping, et al (6388)
Community structure and population regeneration in remnant <i>Ginkgo biloba</i> stands	YANG Yongchuan, MU Jianping, TANG Cindy Q., et al (6396)
Reproductive characteristics and adaptive evolution of pin and thrum flowers in endangered species, <i>Primula merrilliana</i>	SHAO Jianwen, ZHANG Wenjuan, ZHANG Xiaoping (6410)
Leaf functional traits of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia	LUO Lu, SHEN Guozhen, XIE Zongqiang, et al (6420)
Reclaimed soil properties and weathered gangue change characteristics under various vegetation types on gangue pile	WANG Liyan, HAN Youzhi, ZHANG Chengliang, et al (6429)
Influence of fire on stands of <i>Pinus massoniana</i> in a karst mountain area of central Guizhou province	ZHANG Xi, CHUI Yingchun, ZHU Jun, et al (6442)
Morphological and physiological adaptation of <i>Caragana</i> species in the Inner Mongolia Plateau	MA Chengcang, GAO Yubao, LI Qingfang, et al (6451)
A comparative study on reasons of degenerated of <i>Haloxylon ammodendron</i> population in the western part of Gurbantunggut desert	SI Langming, LIU Tong, LIU Bin, et al (6460)
Self-thinning of natural broadleaved forests in Baishilazi Nature Reserve ...	ZHOU Yongbin, YIN You, YIN Mingfang, et al (6469)
Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in Eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province	ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai (6481)
The relationship between the occurrence of Colorado Potato Beetle, <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , and rivers based on GIS: a case study of Shawan Country	LI Chao, ZHANG Zhi, GUO Wenchao, et al (6488)
Occurrence dynamics and trajectory analysis of <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée in Xing'an Guangxi Municipality in 2010	JIANG Chunxian, QI Huihui, SUN Mingyang, et al (6495)
Adaptability of B-biotype <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) to Host Shift	ZHOU Fucui, LI Chuanming, GU Aixiang, et al (6505)
Structural change analysis of cecal bacterial flora in different poultry breeds using PCR-DGGE ...	LI Yongzhu, Yongquan Cui (6513)
Effect of chicken manure-amended copper mine tailings on growth of three leguminous species, soil microbial biomass and enzyme activities	ZHANG Hong, SHEN Zhangjun, YANG Guide, et al (6522)
Physiological response of <i>Microcystis</i> to solar UV radiation	WANG Yan, LI Shanshan, LI Jianhong, et al (6532)
Relationship between cell volume and cell carbon and cell nitrogen for ten common dinoflagellates	WANG Yan, LI Ruixiang, DONG Shuanglin, et al (6540)
The community structure and abundance of microcystin-producing cyanobacteria in surface sediment of Lake Taihu in winter	LI Daming, KONG Fanxiang, YU Yang, et al (6551)
Influence of green belt structure on the dispersion of particle pollutants in street canyons	LIN Yinding, WU Xiaogang, HAO Xingyu, et al (6561)
Spatio-temporal variation analysis of urbanization and land use benefit of oasis urban areas in Xinjiang	YANG Yu, LIU Yi, DONG Wen, et al (6568)
Nitrate contamination and source tracing from NO_3^- - $\delta^{15}\text{N}$ in groundwater in Weifang, Shandong Province	XU Chunying, LI Yuzhong, LI Qiaozhen, et al (6579)
The impact of rising temperature on spring wheat production in the Yellow River irrigation region of Ningxia	XIAO Guoju, ZHANG Qiang, ZHANG Fengju, et al (6588)
A new hyperspectral index for the estimation of nitrogen contents of wheat canopy	LIANG Liang, YANG Minhua, DENG Kaidong, et al (6594)
The feature of N_2O emission from a paddy field in irrigation area of the Yellow River	ZHANG Hui, YANG Zhengli, LUO Liangguo, et al (6606)
Review and Monograph	
Research perspective for the effects of nitrogen deposition on biogenic volatile organic compounds	HUANG Juan, MO Jiangming, KONG Guohui, et al (6616)
Recruitment limitation of plant population: from seed production to sapling establishment	LI Ning, BAI Bing, LU Changhu (6624)
Scientific Note	
Response of anatomical structure and photosynthetic characteristics to low light stress in leaves of different maize genotypes	DU Chengfeng, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (6633)

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 31 卷 第 21 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 21 2011

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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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