

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第17期 Vol.31 No.17 **2011**

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



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 17 期

2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

海洋生态资本理论框架下海洋生物资源的存量评估·····	任大川,陈 尚,夏 涛,等 (4805)
内生真菌对羽茅生长及光合特性的影响·····	贾 彤,任安芝,王 帅,等 (4811)
基于遥感图像处理技术胡杨叶气孔密度的估算及其生态意义·····	蒋圣淇,赵传燕,赵 阳,等 (4818)
水文变异下的黄河流域生态流量·····	张 强,李剑锋,陈晓宏,等 (4826)
黄河三角洲重度退化滨海湿地盐地碱蓬的生态修复效果·····	管 博,于君宝,陆兆华,等 (4835)
浙江省某 PCBs 废物储存点对其邻近滩涂生态系统的毒性风险·····	何闪英,陈昆柏 (4841)
鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征·····	胡启武,朱丽丽,幸瑞新,等 (4851)
三峡库区银鱼生长特点及资源分析·····	邵晓阳,黎道峰,谭 路,等 (4858)
低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响 ···	刘 波,王美姝,谢 骏,等 (4866)
Cd ²⁺ 对角突臂尾轮虫和曲腿龟甲轮虫的急性毒性和生命表统计学参数的影响 ·····	许丹丹,席貽龙,马 杰,等 (4874)
圈养梅花鹿 BDNF 基因多态性与日常行为性状的关联分析 ·····	吕慎金,杨 燕,魏万红 (4881)
华北平原玉米田生态系统光合作用特征及影响因素 ·····	同小娟,李 俊,刘 渡 (4889)
长期施肥对麦田大型土壤动物群落结构的影响 ·····	谷艳芳,张 莉,丁圣彦,等 (4900)
蚯蚓对湿地植物光合特性及净化污水能力的影响·····	徐德福,李映雪,王让会,等 (4907)
三种农药对红裸须摇蚊毒力和羧酸酯酶活性的影响 ·····	方国飞 (4914)
六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向·····	刘金龙,宗世祥,张金桐,等 (4919)
除草剂胁迫对空心莲子草叶甲种群的影响及应对策略·····	刘雨芳,彭梅芳,王成超,等 (4928)
荒漠植物准噶尔无叶豆结实、结籽格局及其生态适应意义 ·····	施 翔,王建成,张道远,等 (4935)
限水灌溉冬小麦冠层氮分布与转运特征及其对供氮的响应·····	蒿宝珍,姜丽娜,方保停,等 (4941)
准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征 ·····	王丽娟,孙栋元,赵成义,等 (4952)
基于地表温度-植被指数关系的地表温度降尺度方法研究 ·····	聂建亮,武建军,杨 曦,等 (4961)
岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征 ·····	汪智军,梁 轩,贺秋芳,等 (4970)
施氮量对麻疯树幼苗生长及叶片光合特性的影响 ·····	尹 丽,胡庭兴,刘永安,等 (4977)
黄土丘陵区羔沟流域典型植物叶片 C、N、P 化学计量特征季节变化 ·····	王凯博,上官周平 (4985)
克隆整合提高淹水胁迫下狗牙根根部的活性氧清除能力·····	李兆佳,喻 杰,樊大勇,等 (4992)
低覆盖度固沙林的乔木分布格局与防风效果·····	杨文斌,董慧龙,卢 琦,等 (5000)
东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价·····	莫 菲,李叙勇,贺淑霞,等 (5009)
11 种温带树种粗木质残体分解初期结构性成分和呼吸速率的变化 ·····	张利敏,王传宽,唐 艳 (5017)
连栽第 1 和第 2 代杉木人工林养分循环的比较·····	田大伦,沈 燕,康文星,等 (5025)
最优化设计连续的自然保护区·····	王宜成 (5033)
基于自然地理特征的长江口水域分区·····	刘录三,郑丙辉,孟 伟,等 (5042)
煤电一体化开发对锡林郭勒盟环境经济的影响·····	吴 迪,代方舟,严 岩,等 (5055)
专论与综述	
生态条件的多样性变化对蜜蜂生存的影响·····	侯春生,张学锋 (5061)
研究简报	
胶州湾潮间带大型底栖动物次级生产力的时空变化·····	张崇良,徐宾铎,任一平,等 (5071)
湿地公园研究体系构建·····	王立龙,陆 林 (5081)
基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例·····	杨 艳,牛建明,张 庆,等 (5096)
学术信息与动态	
恢复与重建自然与文化的和谐——2011 生态恢复学会国际会议简介 ···	彭少麟,陈蕾伊,侯玉平,等 (5105)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2011-09	



封面图说: 相当数量的降雪与低温严寒是冰川发育的主要因素,地球上的冰川除南北两极外,只有在高海拔的寒冷山地才能存在。喜马拉雅山造山运动使中国成为了世界上中低纬度冰川最为发育的国家,喜马拉雅山地区雪峰连绵、冰川四溢,共有现代冰川 17000 多条,是世界冰川发育的中心之一。

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

王丽娟, 孙栋元, 赵成义, 李菊艳, 盛钰. 准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征. 生态学报, 2011, 31 (17): 4952-4960.

Wang L J, Sun D Y, Zhao C Y, Li J Y, Sheng Y. Plant architecture characteristics of *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in Zhungar Basin. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (17): 4952-4960.

准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征

王丽娟^{1,2}, 孙栋元^{1,3,*}, 赵成义¹, 李菊艳^{1,2}, 盛钰¹

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 甘肃省水利科学研究院, 兰州 730000)

摘要: 荒漠植物构型是植物与环境相互作用、相互适应的最终产物, 其与功能的相互作用与互馈关系决定了荒漠植被的发展与演替。选择准噶尔盆地天然梭梭 (*Haloxylon ammodendron*)、天然白梭梭 (*Haloxylon persicum*) 和人工种植梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 为研究对象, 系统研究了天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭分枝率、分枝角度、分枝长度和枝径比等构型特征, 对比研究了天然生境梭梭和人工种植梭梭构型差异, 探讨了荒漠植物结构-功能特征及其对环境的响应与适应机理。结果表明: 天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的总体分枝率及逐布分枝率 ($SRB_{1,2}$ 、 $SRB_{2,3}$) 均差异显著 ($P < 0.05$), 且总体分枝率均较低, 分别为 0.35 ± 0.23 、 0.50 ± 0.42 和 0.15 ± 0.05 。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的分枝角度差异均不显著 ($P < 0.05$), 从第 1 级到第 4 级均有减小趋势, 角度均小于 90° 。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭分枝长度从第 1 级到第 4 级排序为天然白梭梭 > 天然梭梭 > 人工梭梭, 且天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭枝条伸展能力从第 1 级到第 4 级呈现相对减弱的趋势。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭枝径比平均值分别为 0.66、0.68 和 0.69。总体上, 天然生境中梭梭、白梭梭构型为不同宽窄的“V”型, 而人工梭梭呈现椭圆形构型。

关键词: 准噶尔盆地; 天然梭梭; 天然白梭梭; 人工梭梭; 植物构型

Plant architecture characteristics of *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in Zhungar Basin

WANG Lijuan^{1,2}, SUN Dongyuan^{1,3,*}, ZHAO Chengyi¹, LI Juyan^{1,2}, SHENG Yu¹

1 State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Gansu Research Institute for Water Conservancy, Lanzhou 730000, China

Abstract: Plant architecture is defined as spatial arrangement of plant body such as the branching pattern, the shape and position of leaves and flower organs. The architecture of a plant depends on the nature and relative arrangement of each of its part; it is, at any given time, the expression of equilibrium between endogenous growth processes and exogenous constraints exerted by the environment. Desert plants architecture is a final product of plant-environment interaction, mutual adaption, thus the interaction and feedback among them would determine the development and succession of desert plant. Natural *Haloxylon ammodendron* and natural *Haloxylon persicum* are native dominant species in Zhungar Basin, which also are regarded as the important wind-preventing and sand-fixing plants. Because natural *H. ammodendron* and natural *H. persicum* are the characteristic of tolerant to dry, infertile soil, and wind-erosion, both as the ideal desertification combating species have played important roles in the maintenance of stability of fragile desert ecosystem. Therefore, natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* were selected as the objects of study in Zhungar

基金项目: 青年科学基金项目 (30900180); 国家重点基金项目 (40830640); 国家 973 项目 (2009CB421302); 甘肃省水资源高效利用创新团队项目 (098TTCA006)

收稿日期: 2011-04-07; 修订日期: 2011-08-01

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

Basin. In order to understand the function and structure characteristics of desert plant and the response and adaptation mechanisms of plant-environment, the plant architecture characteristics (the bifurcation ratio, the branch angle, the branch length, the ratio of branch diameter, and so on) of natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* were studied. The results showed that the over bifurcation ratio and the stepwise bifurcation ratio ($SRB_{1:2}$ 、 $SRB_{2:3}$) were significant differences in natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* ($P<0.05$), and the over bifurcation ratio of natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* were 0.35 ± 0.23 , 0.50 ± 0.42 and 0.15 ± 0.05 , respectively. However, the branch angle of natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* gradually decreased from first class to fourth class, the angles were less than 90° , and no remarkable difference among them were found ($P<0.05$). The order of the branch length of natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* were natural *H. persicum* > natural *H. ammodendron* > artificial planting *H. ammodendron* from first class to fourth class. The average ratio of branch diameter of natural *H. ammodendron*, natural *H. persicum* and artificial planting *H. ammodendron* were 0.66, 0.68 and 0.69, respectively, and ratio of branch diameter of artificial planting *H. ammodendron* was bigger than natural habitat *H. ammodendron* and *H. persicum*. As a whole, the architecture of natural habitat *H. ammodendron* and *H. persicum* performed a different width “V” type, but artificial planting *H. ammodendron* was spheroid-ellipse. Therefore the understanding of the desert plant architecture, spatial distribution pattern and micromorphology would contribute to further recognize the ecological adaption mechanism for the desert plants, which will favor desert plant community ecology theory and provide theoretic reference for choosing optimum plant species in desertification combating.

Key Words: Zhunger Basin; natural *Haloxylon ammodendron*; natural *Haloxylon persicum*; artificial planting *Haloxylon ammodendron*; plant architecture

构型是树木的总体外貌特征,包括树形、冠形、分枝结构及树体组成部分(芽、枝、叶等)的空间分布格局、内在生物量构造组成及其配比结构和树体组成单位的数量动态变化等方面的内容,是植物内部遗传信息在一定时间内外部的形态表现^[1-2]。而植物构型就是植物各个构件,即根、茎、枝、叶、芽等在空间排列的一种表现形式。植物构型不仅是植物发育生长和适应的结果,而且一定生长阶段的植株构型也是影响其进一步发育、生长的一个限制条件。植物在长期的生长发育过程中,因遗传特性不同,不同植物的构型有明显区别,它们在适应不同的外部环境条件下会表现出不同的生态对策,特别是在外部形态特征上,受环境因素的影响明显^[3]。荒漠植物构型是植物与环境相互作用、相互适应的最终产物,其与功能的相互作用与互馈关系决定了荒漠植被的发展与演替。因此,研究荒漠植物构型特征,对深入了解荒漠植物生态适应性具有重要意义。

新疆准噶尔盆地是我国梭梭荒漠植被分布最为集中的区域,约占全国梭梭荒漠植被总面积的 68%^[4-5]。梭梭(*Haloxylon ammodendron*)和白梭梭(*Haloxylon persicum*)均作为超旱生灌木或小乔木,叶片退化成鳞片状,以同化枝进行光合作用,且其根系十分发达,分布广而深,具有较强的耐贫瘠、耐干旱、耐盐碱、抗风沙等特性,是我国西北干旱、半干旱荒漠地区防风固沙、保护草场、改善沙区气候的优良植物种,具有较高的经济和生态价值,对维护脆弱荒漠生态系统的稳定性具有重要意义^[6-9]。

多年来,有关梭梭属植物和以梭梭属植物为优势的荒漠植被的研究倍受关注,并取得了许多卓有成效的研究结果。从 20 世纪 50 年代开始,我国对梭梭林地展开广泛研究,50 年代到 70 年代,以梭梭天然林的地理分布、生物学和生态学特性为主要研究内容,80 年代以来,随着天然梭梭的严重破坏和人工梭梭林的衰亡,开始了梭梭林更新复壮技术及生理生态方面的研究^[10]。前人关于梭梭的研究主要集中在抗旱生理、种子萌发特性、群落结构与分布、梭梭幼苗、梭梭生理生态特性与环境关系等方面^[10-20],而对梭梭、白梭梭植物构型的研究较少,尤其是天然生境中梭梭、白梭梭构型的研究还尚未见报道,限制了从植物功能结构方面深入研究梭梭在其生长发育过程中,植株各构件的空间分布格局以及各构件是怎样适应干旱和高温的荒漠环境,梭梭、白

梭梭构型的形态可塑性怎么被表现出来? 因此, 本文通过对梭梭、白梭梭植物构型特征研究, 了解梭梭、白梭梭构型的形态特征和空间分布格局, 从而更进一步认识荒漠植物的生态适应性, 为荒漠群落发展与演替研究提供科学依据。

1 研究区概况

古尔班通古特沙漠地处准噶尔盆地中央, 地理范围为 $44^{\circ}11' - 46^{\circ}20'N$, $84^{\circ}31' - 90^{\circ}00'E$, 面积 4.88 万 km^2 , 为中国第二大沙漠。实验点设置在古尔班通古特沙漠南缘的阜康荒漠生态系统国家野外科学试验研究站 ($44^{\circ}22'N$, $87^{\circ}55'E$, 海拔 448 m) 和该站以北 10 km 附近的沙漠中开展。该区域受大陆性干旱气候的控制, 夏季炎热干燥, 冬季寒冷, 年均温 $6 - 10^{\circ}C$, 年均降水量 150 mm 左右, 年日照时数为 3079 h, 6—8 月日照时数超过 10 h, 年均蒸发量超过 2000 mm, 属于欧亚大陆腹地典型的温带大陆性荒漠气候。准噶尔盆地荒漠是我国温带荒漠中最典型的荒漠生态系统, 位于中亚荒漠与蒙古戈壁荒漠之间, 兼有两者的生物区系和群落, 是温带荒漠中生物多样性较为丰富的区域。植物类型相对较多, 主要由耐盐、耐碱和耐旱植物种构成, 其中梭梭、白梭梭是该区域的建群种, 还有怪柳 (*Tamarix* spp.)、白皮沙拐枣 (*Calligonum leucocladum*)、琵琶柴 (*Reaumuria soongorica*)、碱蓬 (*Suaeda acuminata*)、角果藜 (*Ceratocarpus a renarius*)、猪毛菜 (*Salsola arbuscula*) 等和一些短命植物^[21]。

2 研究方法

2.1 天然梭梭、天然白梭梭样株选择

在古尔班通古特沙漠南缘阜康站以北约 10 km, 选择人为干扰少的典型沙丘为样地区。采用样线法布设样点, 每隔 50 m 设一条样线, 样线长 200 m, 共设置 5 条; 在每条样线上隔 20 m 确定一个样点, 选择距离样点最近的天然梭梭、天然白梭梭作为观测样本。

2.2 人工梭梭植株选择

调查地点选择在阜康站内, 该样地处于农田林网中, 以样地中的人工梭梭为调查对象。

2.3 调查样木的选择

对各个调查树种分别选取标准木各 30 株, 标准木的选择参考标准如下: (1) 生长旺盛, 没有病虫害, 没有动物啃食迹象, 没有人为破坏; (2) 生长环境光照和水分充足; (3) 标准木与其它同种或不同种植物保持一定的距离, 以减少种间或种内由于对空间资源竞争而对树木构件产生的影响。

2.4 调查的主要构型指标

本文测定的主要指标包括: 天然梭梭、天然白梭梭及人工梭梭枝长、径粗、分枝角度、一级枝分枝数、二级分枝数、枝径比、分枝率等构型指标。

2.5 构型指标的观察方法

用钢卷尺 (精度 0.1 cm) 测定每个植株的高度、胸径、枝长、枝间距等参数; 用量角器测定枝条倾角; 用直尺和游标卡尺测定枝长和枝径。

2.6 植物构型指标的统计计算方法

枝序的确定方法有多种, 本研究选取由内及外, 由下到上, 下层的第 1 枝为第 1 级, 两个第 1 级相遇为第 2 级, 两个第 2 级相遇则为第 3 级, 依此类推。如有不同枝级相遇, 相遇后则取较高的作为枝级^[22]。分枝率主要依据各枝级分枝数量来计算总体分枝率和逐级分枝率, 总体分枝率和逐步分枝率的计算分别如下^[22-23]:

(1) 总体分枝率 (Overall bifurcation ratio, OBR)

$$OBR = (N_T - N_s) / (N_T - N_1)$$

式中, $N_T = \sum N_i$, 表示所有枝级中枝条总数, N_s 为最高级枝条数, N_1 为第 1 级的枝条数。

(2) 逐步分枝率 (Stepwise bifurcation ratio, SBR)

$$SBR_{i:i+1} = N_i / N_{i+1}$$

式中, N_i 和 N_{i+1} 分别是第 i 和第 $i+1$ 级的枝条总数。

(3) 枝径比 (Ratio of branch diameter, RBD) 的计算

$$RBD = D_{i+1} / D_i$$

式中, D_{i+1} 和 D_i 分别是第 $i+1$ 和第 i 级枝条的直径 (cm)。

2.7 数据分析

实验数据用 Excel 进行整理, 采用 SPSS13.0 对实验数据进行统计分析, 同时对所获得的数据进行差异性检验。

3 结果与分析

3.1 梭梭、白梭梭分枝率特征

在植物分枝式样研究中, 分枝率被作为一个重要的指标用它表示枝条的分枝能力以及各枝级间的数量配置状况。分枝率的大小和分枝角度、枝径比等参数密切相关, 是枝条和叶片分布对空间资源合理利用的适应。一般而言, 分枝率高说明植物对空间资源的利用程度高; 反之, 对资源的利用潜能低。

3.1.1 梭梭、白梭梭总体分枝率分析

总体分枝率 (OBR) 是从整体上表征植物的分枝能力, 是一个综合不同枝级枝条数量的平均值, 但忽略了不同枝级数量之间的比例关系。表 1 统计分析了天然生境中的梭梭、白梭梭和人工栽培梭梭的总体分枝率。

表 1 总体分枝率统计表

Table 1 Statistics of overall bifurcation ratio

类型 Type	N_T		N_S		N_1		OBR	
	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation
天然梭梭	104.33 b	25.40	68.89 b	19.79	3.33 b	0.87	0.35 b	0.23
天然白梭梭	56.22 c	37.57	30.00 c	22.28	3.33 b	1.12	0.50 c	0.42
人工梭梭	362.70 a	196.22	308.70 a	186.41	2.90 a	0.83	0.15 a	0.05

$N_T = \sum N_i$, 表示所有枝级中枝条总数, N_S 为最高级枝条数, N_1 为第一级的枝条数; 不同字母代表差异性显著 ($n=30, P<0.05$)

由表 1 可知, 天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的总体分枝率均较低, 不同生境下梭梭的总体分枝率差异显著, 天然梭梭为 0.35, 天然白梭梭为 0.50, 人工梭梭为 0.15。总体分枝率数值小, 说明当年新生枝的数量多。天然梭梭、天然白梭梭总体分枝率明显大于人工梭梭, 进一步说明人工梭梭同化枝数量远远大于天然生境梭梭、白梭梭。而天然生境白梭梭总体分枝率显著大于天然梭梭的总体分枝率 ($P<0.05$), 说明在同样生境下, 天然梭梭、天然白梭梭对环境的适应性及其环境对植株的影响有所不同。总体比较, 总体分枝率天然白梭梭 > 天然梭梭 > 人工梭梭, 这是因为在不同生境影响下植物植株对空间资源合理利用的一种适应策略。

3.1.2 梭梭、白梭梭逐步分枝率分析

逐步分枝率表征了不同枝级枝条的分支能力。通常, 逐步分枝率高, 说明该级别枝条的分枝能力强, 对空间资源的利用程度高; 反之, 说明该级别枝条的分枝能力弱。由表 2 可知, 天然梭梭的 $SRB_{1,2}$ 值与 $SRB_{2,3}$ 值分别为 3.42 和 2.65; 天然白梭梭的 $SRB_{1,2}$ 值和 $SRB_{2,3}$ 值分别为 2.62 和 1.92; 人工梭梭的 $SRB_{1,2}$ 值和 $SRB_{2,3}$ 值分别为 3.74 和 2.65。逐步分枝率呈现人工梭梭 > 天然梭梭 > 天然白梭梭, 与总体分枝率恰恰相反, 说明人工生境梭梭不同枝级枝条的分枝能力强, 而天然生境梭梭和白梭梭不同枝级枝条的分支能力相对弱。从分枝数来看, 人工梭梭的 2 级和 3 级分枝数高于天然梭梭和天然白梭梭, 而 1 级分枝数又低于天然梭梭和天然白梭梭, 进一步说明人工梭梭、天然梭梭和天然白梭梭在逐步分枝率之间的差异, 分析造成植物逐步分枝率上升或下降的原因是空间资源的限制作用和植物枝系间的竞争作用。

由于受植物种间差异和空间资源的限制, 使得梭梭无论在人工生境还是天然生境, 其分枝能力均高于天然白梭梭, 而人工梭梭分枝能力又略高于天然梭梭。这是因为天然生境严酷的环境迫使梭梭在生长发育初期, 尽可能的萌发出多的枝条, 以便进行光合作用促进植株生长, 但由于水分、养分的稀少, 从而限制了下一枝

级的数量。天然白梭梭与天然梭梭相比,因天然白梭梭所处生境的水分状况较天然梭梭差,造成相同枝级分枝能力弱,梭梭属两种植物同处在荒漠生境中,具有分枝能力骤减的趋势。人工梭梭和天然梭梭相比,由于生境不同,其适应策略不同,造成梭梭萌枝能力差异显著。总体来看,在当年同化枝的保存率上两者出现了很大差异,天然梭梭、天然白梭梭相对于人工梭梭枝条存留率急剧减少,说明了空间资源的多寡与物种本身的生物学特性共同决定着植株的逐步分枝率对植物构型所产生的影响。

表 2 梭梭、白梭梭在不同生境的分枝式样特征

Table 2 Branching pattern characteristics of *H. ammodendron* and *H. persicum* in different habitat

类型 Type	天然梭梭		天然白梭梭		人工梭梭	
	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation
1 级枝分枝数 First class branch number	3.60 a	1.17	3.40 b	1.07	3.36 b	1.75
2 级枝分枝数 Second class branch number	12.30 a	7.20	8.90 b	3.87	12.36 a	6.27
3 级枝分枝数 Third class branch number	25.67 a	14.85	17.10 b	12.73	32.09 c	23.66
逐步分枝率 $SRB_{1:2}$	3.42 a	1.03	2.62 b	0.79	3.74 c	1.05
逐步分枝率 $SRB_{2:3}$	2.09 a	0.94	1.92 b	0.68	2.65 c	2.11

不同字母代表差异性显著 ($n=30$, $P<0.05$)

3.2 梭梭、白梭梭分枝角度研究

树木的分枝角度是衡量植物空间分布能力的一个重要指标,其向空间扩展能力影响着枝叶对光照、温度、 CO_2 等的利用。分枝角度的大小也影响着生物量的空间分布,即枝、叶、花、果实等构件的比例,同时分枝角度也与光照有直接关系,分枝角度大,说明树木向空间的扩展能力强,对空间资源的利用率高。

从表 3 可以看出,天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭在分枝角度上差异均不显著 ($P<0.05$)。天然梭梭和天然白梭梭在遗传、变异等方面具有差异,但两者属于同一个属,且均生长在风沙较大的荒漠生境中,因此,两者生态适应性相似,分枝角度也小于 90° 。对人工梭梭而言,由于所处生境对资源竞争相对较小,所以人工梭梭分枝角度相对小于天然梭梭。总体上,天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的分枝角度从第 1 级到第 4 级均有减小的趋势。

比较发现,天然梭梭和天然白梭梭一般在越靠近植株顶端,年轻的枝和干之间的分枝角度越接近于 30° ,而在越靠近植株基部的老枝和干之间的分枝角度多接近于 60° ,说明两物种树冠结构的动态变化特征。随着枝条逐渐生长,体积和生物量也相应增加,受重力影响也增大,枝条逐渐下垂,从而分枝角度由 30° 左右向 60° 左右逐渐转变,即越靠近基部枝干间分枝角度越大,越靠顶端枝干间分枝角度越小,更进一步说明了两物种分枝表现型,既是遗传作用,又是对环境适应的结果。

表 3 梭梭、白梭梭分枝角度统计表

Table 3 Statistics of *H. ammodendron* and *H. persicum* branch angle

类型 Type	1 级分枝角度/ $(^\circ)$ First class branch angle		2 级分枝角度/ $(^\circ)$ Second class branch angle		3 级分枝角度/ $(^\circ)$ Third class branch angle		4 级分枝角度/ $(^\circ)$ Fourth class branch angle	
	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation
天然梭梭	61.97 a	17.95	38.63 a	18.89	37.50 a	11.98	38.77 a	15.03
天然白梭梭	55.30 a	17.81	44.70 a	18.22	37.52 a	11.88	31.41 a	12.95
人工梭梭	55.42 a	19.33	38.76 a	16.89	34.91 a	15.25	26.97 a	11.05

不同字母代表差异性显著 ($n=30$, $P<0.05$)

3.3 梭梭、白梭梭分枝长度、粗度特征研究

枝条的长度是衡量枝系向空间伸展能力的一个主要指标。伸展能力强的树种,对空间资源的利用范围相对较大,同时,这些树种的根系对土壤资源的利用潜能也相应较高。反之,伸展能力弱的树种对资源的利用范

围相对较窄。

从表 4 可知,天然梭梭和天然白梭梭在长期进化过程中所处的环境条件基本相似,但枝条伸展能力却存在明显差异,天然梭梭各级枝枝长均显著短于白梭梭各级分枝长度($P<0.05$),而在植株整体外观上,天然白梭梭植株较天然梭梭植株高大($P<0.05$),说明了梭梭属不同植物种对环境的适应对策存在一定差异。同样,不同生境梭梭对环境的适应也存在差异,天然梭梭各级分枝长度均大于人工梭梭各级分枝长度($P<0.05$)。整体上,天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭分枝长度从第 1 级到第 4 级排序为天然白梭梭>天然梭梭>人工梭梭,且天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭枝条伸展能力从第 1 级到第 4 级呈现相对减弱的趋势。说明对于特定荒漠植物,其向空间扩展的能力存在一个“阈值”,即随着每一级枝条向外伸展,其伸展能力呈现下降趋势,而这由每一级枝条的承载力决定。

表 4 梭梭、白梭梭分枝长度统计表

Table 4 Statistics of *H. ammodendron* and *H. persicum* branch length

类型 Type	1 级分枝长度/m First class branch length		2 级分枝长度/m Second class branch length		3 级分枝长度/m Third class branch length		4 级分枝长度/m Fourth class branch length	
	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation
天然梭梭	2.11 a	0.84	1.90 a	0.76	1.51 a	0.56	1.23 a	0.56
天然白梭梭	2.38 b	0.98	2.08 b	0.85	1.70 b	0.68	1.31 a	0.63
人工梭梭	1.64 c	0.39	1.42 c	0.39	1.14 c	0.44	0.84 b	0.35

不同字母代表差异性显著($n=30$, $P<0.05$)

3.4 梭梭、白梭梭枝径比(RBD)

枝径比(RBD)是一个表征不同级别枝条之间承载力的指标。枝径比大表明上一级枝条对下一级枝条的承载力大,即可以承担较多量的下级枝条,枝径比大的树种,其分枝率相对较大;枝径比较小的植物,不同级枝条间的承载力相对较弱。就特定植物个体,枝条的级别越低,枝径比越趋于稳定,即 $RBD_{2:1}$ 较 $RBD_{4:3}$ 稳定。因此,对天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的枝径比按照 $RBD_{2:1}$ 进行排序,如表 5 所示。

表 5 枝径比统计表

Table 5 Statistics of ratio of branch diameter

类型 Type	枝径比 $RBD_{2:1}$		枝径比 $RBD_{3:2}$		枝径比 $RBD_{4:3}$	
	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	平均值 Average	标准差 Standard Deviation
天然梭梭	0.63 a	0.19	0.71 a	0.17	0.65 a	0.19
天然白梭梭	0.63 a	0.15	0.67 b	0.20	0.73 b	0.11
人工梭梭	0.68 b	0.19	0.72 a	0.15	0.66 a	0.20

不同字母代表差异性显著($n=30$, $P<0.05$)

由表可知,天然梭梭、天然白梭梭的 $RBD_{2:1}$ 均为 0.63,人工梭梭的 $RBD_{2:1}$ 为 0.68,人工梭梭的 $RBD_{2:1}$ 显著大于天然生境梭梭和白梭梭($P<0.05$),说明从枝条直径上体现出梭梭生长生境间的差异。与天然生境相比较,人工生境中梭梭生长的水分状况较好,枝条同化作用更好,养分也相对较好,其结果在枝条上就表现为枝条直径减小速度较慢,低枝级的枝条直径与上一级枝级枝条直径间的差异较小($P>0.05$)。天然梭梭、天然白梭梭在 $RBD_{2:1}$ 种间没有体现出显著差异($P>0.05$),同种间的 $RBD_{2:1}$ 差异仅体现在生境间差异。

随着枝级的逐渐升高,天然梭梭、人工梭梭的 $RBD_{3:2}$ 分别为 0.71 和 0.72, $RBD_{4:3}$ 分别为 0.65 和 0.66,即人工梭梭的承载力略高于天然梭梭,两者在 $RBD_{3:2}$ 和 $RBD_{4:3}$ 差异不显著($P>0.05$)。不同生境下梭梭的枝径比均表现出先增大,后减小的趋势,且天然梭梭和人工梭梭随着枝级的逐渐升高,与天然白梭梭的种间差异显著($P<0.05$)。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的 $RBD_{3:2}$ 分别为 0.71、0.67 和 0.72,说明梭梭第 2、3 枝级直径间差异较白梭梭小,即梭梭的第 2、3 枝级的承载力较白梭梭大。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的 $RBD_{4:3}$ 分别

为 0.65、0.73 和 0.66,而在 3、4 枝级白梭梭的承载力又大于梭梭。总体上,天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭枝径比平均值分别为 0.66、0.68 和 0.69,说明人工梭梭枝条承载力略高于天然白梭梭和天然梭梭。

3.5 梭梭、白梭梭构型总体特征

从人工生境和天然生境选择有代表性的植株,描绘外观轮廓,可以直观地看到(图 1),天然生境中梭梭、白梭梭构型为不同宽窄的“V”型,而人工梭梭呈现椭球形构型。天然梭梭、天然白梭梭上部高枝级枝条数量最大,向下成倍数递减,形成了植株外轮廓由上向下逐步收拢的格局,与人工梭梭的椭球形构型存在显著差异。

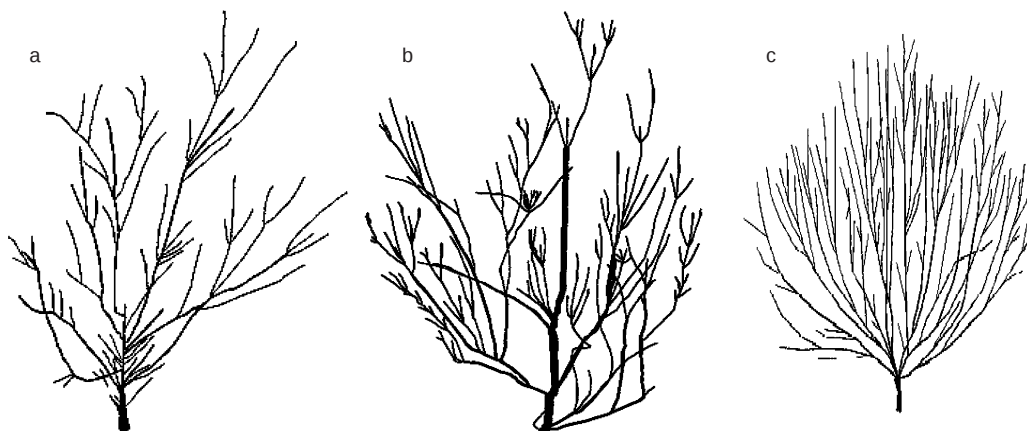


图 1 成年天然梭梭(a)、天然白梭梭(b)及人工梭梭(c)构型图

Fig. 1 Architecture picture of adult *H. ammodendron* (a), *H. persicum* (b) and artificial *H. ammodendron* (c)

在人工生境中,梭梭得到了充分生长,其冠形饱满,冠高比为 1:0.81,植株高与冠幅接近,形成了近椭球形的整体外观,说明在不受环境干扰的情况下,梭梭形态完整,这是由遗传特性所决定的。而对于生长在严酷自然环境中的天然梭梭,植株明显小于人工梭梭,且整体形态不规则,植株冠高比为 1:1.58,天然白梭梭的冠高比为 1:1.21。人工梭梭分枝稠密,总枝条数为 219,且枝条完整;天然白梭梭枝条总数为 382,植株呈钝角“V”型构型;天然梭梭枝条总数为 697,植株呈锐角“V”型构型,天然梭梭虽枝条数极多,但枝条断折、缺损十分严重,由于受沙尘、干热风等的吹蚀所造成。

4 结论与讨论

分枝率表示枝条产生分枝的能力,几乎在所有的构型研究中,分枝率都被作为一个重要指标,也是一个最具有争议的指标。一部分研究认为分枝率具有物种、个体和枝条 3 个层次上的稳定性;另一部分研究认为分枝率是个敏感的参数,在不同的立地条件,不同的演替阶段,分枝率具有很大差异,因而能很好的反映构型的可塑性变化。

本文对天然生境梭梭、白梭梭和人工梭梭分别从总体分枝率(*OBR*)和逐步分枝率(*SBR*)两个层次进行了研究,结果表明总体分枝率在一定程度上可以体现天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的差异,而逐步分枝率可以体现天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的分枝能力,且 $SRB_{2,3}$ 较 $SRB_{1,2}$ 更趋于稳定。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的总体分枝率及逐步分枝率($SRB_{1,2}$ 、 $SRB_{2,3}$)均差异显著($P < 0.05$)。天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的总体分枝率均较低,分别为 0.35 ± 0.23 、 0.50 ± 0.42 和 0.15 ± 0.05 。

天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的分枝角度差异均不显著($P < 0.05$),从第 1 级到第 4 级均有减小趋势,角度均小于 90° 。梭梭、白梭梭在越靠近植株顶端,年轻的枝和干之间的分枝角度越接近于 30° ,而在越靠近植株基部的老枝和干之间的分枝角度多接近于 60° 。

天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭的 1—4 级分枝长度存在显著差异($P < 0.05$),从第 1 级到第 4 级分枝长度均为天然白梭梭 > 天然梭梭 > 人工梭梭,且天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭枝条的伸展能力从第 1 级到

第4级呈现相对减弱的趋势。

天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭 $RBD_{2:1}$ 、 $RBD_{3:2}$ 和 $RBD_{4:3}$ 分别为 0.63、0.63、0.68、0.71、0.67、0.72 和 0.65、0.73、0.66。总体上,天然梭梭、天然白梭梭和人工梭梭枝径比平均值分别为 0.66、0.68 和 0.69。

天然梭梭、天然白梭梭构型呈现为不同宽窄“V”型,形成了植株外轮廓由上向下逐步收拢的格局,人工梭梭呈现椭球形构型,这两者之间存在显著差异,表明天然生境对梭梭构型产生较大的影响。

荒漠植物构型是植物与环境相互作用、相互适应的最终产物,受多方面因素的影响。本研究只是从分枝角度、分枝长度、分枝率、枝径比、逐步分枝率等指标对荒漠植物构型进行了初步探讨,缺少系统的荒漠植物构型的指标体系,还有待于进一步研究和补充。对于荒漠植物枝系构件的研究,主要从二维平面的角度进行研究,缺少从三维空间角度去研究枝系的空间分布和格局,在今后的研究中尚需进一步从三维空间去认识植物对资源的利用和分配。

References:

- [1] Godin C. Representing and encoding plant architecture: a review. *Annales of Forest Science*, 2000, 57(5/6): 413-438.
- [2] Sussex I M, Kerk N M. The evolution of plant architecture. *Current Opinion in Plant Biology*, 2001, 4(1): 33-37.
- [3] Yang S H, Cong Z F, Wei Y, Song Y Y. The crown architecture and branch pattern of *Haloxylon ammodendron*. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2006, 43(1): 6-10.
- [4] Wang C L, Guo Q S, Tang D Y, Shi Z M, Ma C. *Haloxylon ammodendron* community patterns in different habitats along southeastern edge of Zhunger Basin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1224-1229.
- [5] 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.
- [6] Guo Q S, Tang D Y, Liu Y J, Wang C L. Advance in studies of *Haloxylon Bunge's* mechanism of adaptation and resistance to drought. *Forest Research*, 2004, 17(6): 796-803.
- [7] Wang J H, Zhang J C, Yuan H B, Liao K T, Liu H J, Zhang G Z. Study on characteristics of *Haloxylon ammodendron* community in Kumtag Desert. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(5): 809-813.
- [8] Song Y Y, Li Y Y, Zhang W H. Analysis of spatial pattern and spatial association of *Haloxylon ammodendron* population in different developmental stages. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4317-4327.
- [9] Tian Y, Li J G, Zhao Y. Relationship between *Haloxylon ammodendron* seedling mortality and water content in soil and atmosphere. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(4): 878-884.
- [10] Jia Z Q, Lu Q. *Haloxylon Ammodendron*. Beijing: China Environmental Science Press, 2005: 1-14.
- [11] Liu X Y, Liu S. Study on ecosystem of *Haloxylon ammodendron*. *Journal of Desert Research*, 1996, 16(3): 287-291.
- [12] Liu F M, Zhang Y H, Wu Y Q, Zhang X J. Soil water regime under the shrubberies of *Haloxylon ammodendron* in the desert regions of the Heihe River watershed. *Arid Zone Research*, 2002, 19(1): 27-31.
- [13] Guo Q S, Wang C L, Guo Z H, Tan D Y, Shi Z M. Geographic distribution of existing *Haloxylon* desert vegetation and its patch character in China. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(5): 2-7.
- [14] Zhang J C, Zhao M, Zhang Y C, Xu Y S. A research between photosynthetic, transpiration characteristics and impact of irrigated vegetation of *Haloxylon ammodendron* and *Nitraria tangutorum*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2005, 25(1): 70-76.
- [15] Su P X, An L Z, Ma R J, Liu X M. Kranz anatomy and C_4 photosynthetic characteristics of two desert plants, *Haloxylon ammodendron* and *Calligonum mongolicum*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(1): 1-7.
- [16] Chang X X, Zhao W Z, Zhang Z H. Water consumption characteristic of *Haloxylon ammodendron* for sand binding in desert area. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 1826-1837.
- [17] Xie T T, Zhang X M, Liang S M, Shan L S, Yang X L, Hua Y H. Effects of different irrigations on the water physiological characteristics of *Haloxylon ammodendron* in Taklimakan Desert hinterland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(4): 711-716.
- [18] Zhang J C, Wang J H, An F B, Sun T, Liu Y J, Li Y K, Xiao B. Population characteristics of natural *Haloxylon ammodendron* in Minqin, Gansu of China. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(6): 1124-1128.
- [19] Tian Y, Li J G, Pan L P, Zhao Y. The key factors affecting *Haloxylon ammodendron* germination and survival at very early stage. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(18): 4898-4904.
- [20] Liu G J, Zhang X M, Li J G, Fan D D, Deng C Z, Hou J G, Xin R M. Effects of water supply and sand burial on seed germination and seedling

emergence of *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon Persicum*. Journal of Desert Research, 2010, 30(5): 1085-1091.

- [21] Zhang L Y, Chen C D. On the general characteristics of plant diversity of Gurbantunggut sandy desert. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [22] Guo Q S, Cong Z F, Wang C L. Ecological Studies of *Haloxylon* and *Cistanche Deserticola*. Beijing: Science Press, 2009: 50-77.
- [23] Qu Z Q, Liu L Y, Lu Y L. Psammophyte architecture and its relations with anti-wind erosion capability: a review. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(2): 357-362.

参考文献:

- [3] 杨曙辉, 丛者福, 魏岩, 宋于洋. 梭梭植冠的构筑型分析. 新疆农业科学, 2006, 43(1): 6-10.
- [4] 王春玲, 郭泉水, 谭德远, 史作民, 马超. 准噶尔盆地东南缘不同生境条件下梭梭群落结构特征研究. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1224-1229.
- [5] 黄培祐, 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.
- [6] 郭泉水, 谭德远, 刘玉军, 王春玲. 梭梭对于干旱的适应及抗旱机理研究进展. 林业科学研究, 2004, 17(6): 796-803.
- [7] 王继和, 张锦春, 袁宏波, 廖空太, 刘虎俊, 张国中. 库姆塔格沙漠梭梭群落特征研究. 中国沙漠, 2007, 27(5): 809-813.
- [8] 宋于洋, 李园园, 张文辉. 梭梭种群不同发育阶段的空间格局与关联性分析. 生态学报, 2010, 30(16): 4317-4327.
- [9] 田媛, 李建贵, 赵岩. 梭梭幼苗死亡与土壤和大气干旱的关系研究. 中国沙漠, 2010, 30(4): 878-884.
- [10] 贾志清, 卢琦. 梭梭. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 1-14.
- [11] 刘晓云, 刘速. 梭梭荒漠生态系统 I. 初级生产力及其群落结构的动态变化. 中国沙漠, 1996, 16(3): 287-291.
- [12] 刘发民, 张应华, 仵彦卿, 张小军. 黑河流域荒漠地区梭梭人工林地土壤水分动态研究. 干旱区研究, 2002, 19(1): 27-31.
- [13] 郭泉水, 王春玲, 郭志华, 谭德远, 史作民. 我国现存梭梭荒漠植被地理分布及其斑块特征. 林业科学, 2005, 41(5): 2-7.
- [14] 张锦春, 赵明, 张应昌, 徐延双. 灌溉植被梭梭、白刺光合蒸腾特性及影响因素研究. 西北植物学报, 2005, 25(1): 70-76.
- [15] 苏培玺, 安黎哲, 马瑞君, 刘新民. 荒漠植物梭梭和沙拐枣的花环结构及 C₄ 光合特征. 植物生态学报, 2005, 29(1): 1-7.
- [16] 常学向, 赵文智, 张智慧. 荒漠区固沙植物梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 耗水特征. 生态学报, 2007, 27(5): 1826-1837.
- [17] 解婷婷, 张希明, 梁少民, 单立山, 杨小林, 花永辉. 不同灌溉量对塔克拉玛干沙漠腹地梭梭水分生理特性的影响. 应用生态学报, 2008, 19(4): 711-716.
- [18] 张锦春, 王继和, 安富博, 孙涛, 刘有军, 李银科, 肖斌. 民勤天然梭梭种群特征初步研究. 中国沙漠, 2009, 29(6): 1124-1128.
- [19] 田媛, 李建贵, 潘丽萍, 赵岩. 梭梭萌生与初期存活的关键影响因素. 生态学报, 2010, 30(18): 4898-4904.
- [20] 刘国军, 张希明, 李建贵, 范冬冬, 邓潮洲, 侯建国, 信汝明. 供水量及沙埋厚度对两种梭梭出苗的影响. 中国沙漠, 2010, 30(5): 1085-1091.
- [21] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点. 生态学报, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [22] 郭泉水, 丛者福, 王春玲. 梭梭与肉苁蓉生态学研究. 北京: 科学出版社, 2009: 50-77.
- [23] 屈志强, 刘连友, 吕艳丽. 沙生植物构型及其与抗风蚀能力关系研究综述. 生态学杂志, 2011, 30(2): 357-362.

CONTENTS

Marine ecological capital: valuation of standing stock of marine living resources	REN Dachuan, CHEN Shang, XIA Tao, et al (4805)
Effect of Endophytic fungi on growth and photosynthetic characteristics of <i>Achnatherum sibiricum</i>	JIA Tong, REN Anzhi, WANG Shuai, et al (4811)
Based on image processing technology estimating leaves stomatal density of <i>Populus euphratica</i> and analysis of its ecological significance	JIAN Shengqi, ZHAO Chuanyan, ZHAO Yang, et al (4818)
Evaluation of the ecological instream flow in the Yellow River basin with hydrological alterations	ZHANG Qiang, LI Jianfeng, CHEN Xiaohong, et al (4826)
The ecological effects of <i>Suaeda salsa</i> on repairing heavily degraded coastal saline-alkaline wetlands in the Yellow River Delta	GUAN Bo, YU Junbao, LU Zhaohua, et al (4835)
Toxicity risks to the closed tidal flat ecosystem of a PCBs waste savepoint at the coast of Zhejiang	HE Shanying, CHEN Kunbai (4841)
Methane emission from a <i>Carex</i> -dominated wetland in Poyang Lake	HU Qiwu, ZHU Lili, XING Ruixin, et al (4851)
The study on Ice-fish Resources in the Three Gorges Reservoir	SHAO Xiaoyang, LI Daofeng, TAN Lu, et al (4858)
Effects of acute cold stress on serum biochemical and immune parameters and liver HSP70 gene expression in GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	LIU Bo, WANG Meiyao, XIE Jun, et al (4866)
Acute toxicity and effect of Cd ²⁺ on life table demography of <i>Brachionus angularis</i> and <i>Keratella valga</i>	XU Dandan, XI Yilong, MA Jie, et al (4874)
The association of BDNF gene polymorphisms with normal behavior traits in house-hold sika deer (<i>Cervus nippon</i>)	LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (4881)
Characteristics and controlling factors of photosynthesis in a maize ecosystem on the North China Plain	TONG Xiaojuan, LI Jun, LIU Du (4889)
The soil macrofaunal community structure under a long-term fertilization in wheat field	GU Yanfang, ZHANG Li, DING Shengyan, et al (4900)
Effect of earthworms on the photosynthetic characteristics of wetland plants and their capacity to purify wastewater	XU Defu, LI Yingxue, WANG Ranghui, et al (4907)
Toxicity of three pesticides and their effects on carboxylesterase activity of <i>Propiloscerus akamusi</i>	FANG Guofei (4914)
Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult <i>Zeuzera leuconotum</i> Butler (Lepidoptera: Cossidae)	LIU Jinlong, ZONG Shixiang, ZHANG Jintong, et al (4919)
Effects of herbicides stress on the population of alligator weed flea beetles, <i>Agasicles hygrophila</i> (Col.: Chrysomelidae) and corresponding strategies	LIU Yufang, PENG Meifang, WANG Chengchao, et al (4928)
Patterns of fruit and seed production and ecological significance in desert species <i>Eremosparton songoricum</i> (FABACEAE)	SHI Xiang, WANG Jiancheng, ZHANG Daoyuan, et al (4935)
Effect of different nitrogen supply on the temporal and spatial distribution and remobilization of canopy nitrogen in winter wheat under limited irrigation condition	HAO Baozhen, JIANG Lina, FANG Baoting, et al (4941)
Plant architecture characteristics of <i>Haloxylon ammodendron</i> and <i>Haloxylon persicum</i> in Zhungar Basin	WANG Lijuan, SUN Dongyuan, ZHAO Chengyi, et al (4952)
Downscaling land surface temperature based on relationship between surface temperature and vegetation index	NIE Jianliang, WU Jianjun, YANG Xi, et al (4961)
Differential characteristics of soil δ ¹⁵ N under varying vegetation in karst areas	WANG Zhijun, LIANG Xuan, HE Qiufang, et al (4970)
Effect of nitrogen application rate on growth and leaf photosynthetic characteristics of <i>Jatropha curcas</i> L. seedlings	YIN Li, HU Tingxing, LIU Yongan, et al (4977)
Seasonal variations in leaf C, N, and P stoichiometry of typical plants in the Yangou watershed in the loess hilly gully region	WANG Kaibo, SHANGGUAN Zhouping (4985)
Clonal integration enhances the ability to scavenge reactive oxygen species in root of <i>Cynodon dactylon</i> subjected to submergence	LI Zhaojia, YU Jie, FAN Dayong, et al (4992)
Pattern of flow-covered sand-fixing woodland and its windbreak effect	YANG Wenbin, DONG Huilong, LU Qi, et al (5000)
Evaluation of soil and water conservation capacity of different forest types in Dongling Mountain	MO Fei, LI Xuyong, HE Shuxia, et al (5009)
Changes in structural components and respiration rates of coarse woody debris at the initial decomposition stage for 11 temperate tree species	ZHANG Limin, WANG Chuankuan, TANG Yan (5009)
Characteristics of nutrient cycling in first and second rotations of Chinese fir plantations	TIAN Dalun, SHEN Yan, KANG Wenxing, et al (5025)
The optimal design of a connected nature reserve network	WANG Yicheng (5033)
Sub-areas compartmentalization of Changjiang Estuary based on the natural geographical characteristics	LIU Lusan, ZHENG Binghui, MENG Wei, et al (5042)
The environmental and economic influence of coal-electricity integration exploitation in the Xilingol League	WU Di, DAI Fangzhou, YAN Yan, et al (5055)
Review and Monograph	
The influence of diversity changes of ecological conditions on the survival of honey bees	HOU Chunsheng, ZHANG Xuefeng (5061)
Scientific Note	
The spatio-temporal change in the secondary production of macrozoobenthos in the intertidal zone of Jiaozhou Bay	ZHANG Chongliang, XU Binduo, REN Yiping, et al (5071)
The studying system construction of wetland parks	WANG Lilong, LU Lin (5081)
Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League	YANG Yan, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (5096)

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 17 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 17 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@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