

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



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 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

王娟,张春雨,赵秀海,邹璐,姜庆彪,丁胜建. 雌雄异株植物鼠李的生殖分配. 生态学报, 2011, 31(21): 6371-6377.

Wang J, Zhang C Y, Zhao X H, Zou L, Jiang Q B, Ding S J. Reproductive allocation in dioecious shrub, *Rhamnus davurica*. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6371-6377.

雌雄异株植物鼠李的生殖分配

王 娟,张春雨,赵秀海*,邹璐,姜庆彪,丁胜建

(北京林业大学森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083)

摘要:以雌雄异株树种鼠李为模式物种,分别从树枝、植株和种群水平上分析了雌雄异株树种鼠李的生殖分配过程,检验了营养生长与生殖过程之间的平衡。结果表明:树枝水平,鼠李年生殖生物量(花生物量+果生物量)投资具有显著的性别差异和个体差异($P<0.001$)。雌花生物量大于雄花生物量,雌花生物量最大值为雄花生物量最大值的 1.75 倍。雌树和雄树的叶片生物量差异不显著($P>0.05$)。植株水平上,鼠李生殖生物量(花生物量+果生物量)投资具有显著的性别差异和个体差异($P<0.001$)。雌树与雄树的花生物量和茎干径向增量差异显著($P<0.05$),叶片生物量差异不显著($P>0.05$)。鼠李胸径大小对花生物量、叶生物量和茎干径向增量影响显著($P<0.05$)。鼠李雌树的花生物量和茎干径向增量均大于雄树。种群水平上,鼠李雄树始花期略早于雌树,2010 年雌树和雄树分别于 5 月 28 日和 5 月 25 日始花。在 360 m × 660 m 研究样地内种群性比为 0.17,卡方检验表明种群性比显著偏离 1:1($P<0.001$)。雌树和雄树年平均生长量分别为 0.78 mm 和 0.83 mm。因此,在树枝水平、植株水平以及种群水平上,雌雄异株树种鼠李的营养生长和生殖生长不存在平衡关系。推断鼠李雌树能够通过光合过程获得更多生物量来满足其生殖和营养生长过程需要。

关键词:雌雄异株植物;生殖分配;性比;营养生长

Reproductive allocation in dioecious shrub, *Rhamnus davurica*

WANG Juan, ZHANG Chunyu, ZHAO Xiuhai*, ZOU Lu, JIANG Qingbiao, DING Shengjian

The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Life-history theory in plants has an important role in the development of many fields in evolutionary biology. The theory deals specifically with assumptions relating to the trade-off between reproductive and vegetative processes. Research on trade-offs has largely focused on dioecious species and the differences between sexes regarding patterns of resource allocation. In this research, the reproductive allocation was studied and specific assumptions were tested regarding the trade-off between reproductive and vegetative processes in the dioecious species *Rhamnus davurica*. Assuming autonomy of different modular levels of plant physiology, we observed the reproductive allocation at branch level, shrub level and population level, respectively. The main results are: (1) at branch level, reproductive biomass shows significant difference between males and females ($P<0.001$). The flower biomass is also significantly different between the sexes ($P<0.001$). However, there is no significant difference in foliage biomass between the sexes ($P>0.05$). The flower, foliage and reproduction biomass (the sum of flower and fruit biomass) also showed significant differences among individuals ($P<0.001$). The mean biomass value of the female flowers is 1.84 times greater than that of the male flowers. The mean biomass value of female reproduction (the sum of flower and fruit biomass) is 16 times greater than that of the male reproduction (male flower biomass). The mean biomass value of the male foliage is greater than that of the females, though this difference is not significant. (2) at shrub level, the flower biomass, reproductive biomass (including flower and fruit biomass) and the diameter increment was significantly different between sexes ($P<0.05$), but there was no significant

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助(HJ2010-19);国家林业公益性行业科研专项项目(200904022;201004002)

收稿日期:2011-01-26; **修订日期:**2011-09-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoxh@bjfu.edu.cn

difference between sexes regarding the foliage biomass ($P>0.05$). An analysis of variance shows that *DBH* size is positively correlated with flower biomass, reproductive biomass, foliage biomass and diameter increment ($P<0.05$). The average value of flower biomass of females is 1.6 times greater than that of the males. The average reproductive biomass of females (the sum of flower biomass and fruit biomass) is 1.93 times greater than that of the males and their average foliage biomass is 1.1 times greater than that of the males. The average female diameter increment is 3.04 greater than that of the males. (3) at population level, male and female trees show differences in phenology. Male trees bloom earlier than female trees. The first male blooming was observed on 25 May, the first female blooming on 28 May. Female trees began to fruit on 8 June. In our 360m×660m research plot, there were 310 female and 53 male trees and 225 non-reproductive trees in 2010. The population sex ratio of 0.17 deviated significantly from 1:1, based on a Chi-square test ($P<0.001$). The individuals in 0—2 cm, 2—4 cm, 4—6 cm and 6—8 cm *DBH* classes also exhibited female-biased sex ratios. The average annual ring widths of males and females were 0.78 mm and 0.83mm, respectively. Based on these results, we conclude that the relationship between vegetative growth and reproductive growth does not agree with trade-off theory at different levels of plant physiology (branch, shrub and population level) in *Rhamnus davurica*. It may be assumed that higher reproductive and vegetative growth of females might be due to their more effective photosynthetic rates.

Key Words: dioecious plant; reproductive allocation; sex ratio; vegetative growth

植物生活史研究具有重要的生态学和进化学意义^[1]。对于植物生活史的研究,主要着眼于植物的生殖分配过程。植物营养生长与生殖生长之间的平衡是植物生活史研究的核心内容,但支持植物营养生长与生殖生长之间存在平衡关系的研究还很少^[2-3]。不同植物生活史特征之间的平衡反映了植物繁殖与存活能力之间的关系^[4-7]。如果雌雄异株植物的营养生长与生殖生长之间存在平衡,那么雌树开花、结果繁殖后代,将导致雌树用于生殖过程的资源远远超过雄树^[3-4]。当植物从外界获得的资源受到限制时,雌树可以通过降低营养生长、开花频率、存活率以及延迟开花时间等方式来弥补雌树较高的生殖代价^[8-10]。

一般来说,植物营养生长与生殖生长之间存在的平衡关系不容易被检测到,一个重要的原因是,植物自身不同构件水平的自组织化程度不同。低水平构件上资源分配过程通常在小尺度存在平衡,例如开花或结实与枝条生长之间的平衡关系,而在较高构件水平上整合以后将会掩盖营养生长与生殖之间的平衡。如果树枝是自组织的,在较低构件水平上能检测到生殖投资。但在较高构件水平上由于植株可以通过非繁殖枝条加以补偿,从而无法检测到生殖投资的存在。相反,如果树枝是部分自组织的,并且用于生殖的资源能够在不同构件之间转移,则这种生殖投资只能在植株水平检测到。Bañuelos 和 Obeso 分别从枝条、树枝、植株和种群水平上,检验了高山鼠李(*Rhamnus alpinus*)生殖与营养生长之间的关系^[11]。Tozaw 等发现雌雄异株树种杞柳(*Salix integra*)在树枝水平和植株水平上,虽然雌树耗费更多的资源用于生殖过程,但其相应的营养生长并未减少^[12]。

本文以雌雄异株植物鼠李为模式物种,分析了雌雄异株植物鼠李在不同构件水平上的生殖分配过程;通过量化鼠李雌雄植株的生殖投资,检验了营养生长与生殖生长之间是否存在平衡。研究结果为雌雄异株植物的生活史进化理论发展提供了数据和理论支撑。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于吉林省蛟河林业试验区管理局,该区域属于受季风影响的温带大陆性山地气候。年均温为 3.8℃,最热月 7 月日均温为 21.7℃,最冷月 1 月日均温为 -18.6℃,平均年降水量为 695.9 mm。土壤类型为山地暗棕色森林土,土层厚度 20—100cm。植被类型属于典型的针阔叶混交林,树种包括:水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis*)、山荆子(*Malus baccata*)、白牛槭(*Acer mandshuricum*)、春榆(*Ulmus japonica*)、水榆(*Sorbus alnifolia*)、稠李(*Padus racemosa*)、怀槐(*Maackia amurensis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、

花楷槭(*Acer ukurunduense*)、色木槭(*Acer mono*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、裂叶榆(*Ulmus laciniata*)、枫桦(*Betula costata*)、簇毛槭(*Acer barbinerve*)、黄檗(*Phellodendron amurense*)、假色槭(*Acer pseudo-sieboldianum*)、糠椴(*Tilia mandshurica*)、青楷槭(*Acer tegmentosum*)、山杨(*Populus davidiana*)、红松(*Pinus koraiensis*)、臭松(*Abies nephrolepis*)、鼠李(*Rhamnus davurica*)等。

1.2 研究方法

2009 年建立 360 m×660 m (23.76hm²; 43°57.897'—43°58.263'N, 127°42.789'—127°43.310'E) 固定监测样地, 调查样地中所有 DBH≥1 cm 植株胸径、树高、冠幅、枝下高, 并挂牌定位。固定样地中调查到 63 种(包括 3 种藤本植物) 共计 53916 个植株。研究对象鼠李属于典型的雌雄异株植物, 为灌木或小乔木, 胸径和树高分别在 10 cm 和 8 m 以内。2010 年通过繁殖状况(开花、结果) 鉴定固定样地中鼠李性别, 鼠李雌雄植株在 360 m×660 m 样地中分布如图 1 所示。

1.2.1 生物量测定

为了监测鼠李年生殖生物量和营养生物量分配, 在固定样地中选取鼠李雌雄树, 每株标记 10 个能够代表植株平均状况的枝条。在开花峰期和果熟期统计花数、果数、叶片数, 外推整株树开花、结果、叶片数量。采集对应花、果、叶样本, 烘干称重。

树枝水平上, 以着生簇生短枝的长枝为单位, 分析雌雄树花、果、叶生物量差异。植株水平上, 以植株为单位, 根据每个植株枝条数目, 外推整个植株当年用于花、果、叶生物量。树枝水平上共调查了 57 株雌树 328 个枝条, 19 株雄树 129 个枝条; 植株水平上共调查了 39 个雌树和 13 个雄树。种群水平上, 在样地外选取不同胸径大小的鼠李雌雄植株(18 雌树, 12 雄树), 沿地面处截取树轮圆盘, 将树轮盘打磨到光、滑、亮, 年轮界限清晰为止。利用 LinTab5 系统测量每个树轮盘的年轮宽度。采用 COFECHA 软件建立雌雄植株在种群水平上的年轮生长序列^[13]。

1.2.2 物候观测

在样地中选取鼠李雌雄植株各 3 株, 从 2010 年 5 月 1 日开始观测雌雄树展叶、落叶、花蕾、始花、盛花、落花、座果、落果时间。分性别记录鼠李物候, 所有植株均展叶时记录为展叶期; 所有植株均全部落叶时记录为落叶期; 3 株中只要有 1 株形成花蕾或开花, 记为花蕾和始花期; 任一植株开花量达 80% 时记为盛花期; 任一植株落花量达 80% 记为落花期; 3 个雌株中第 1 个果实形成日期记为座果期; 3 个雌株中任一植株落果达 80% 日期记为落果期。

1.2.3 数据分析

通过卡方检验来验证种群性比偏离 1:1 的显著性。利用方差分析法分别在树枝水平上和植株水平上分析雌树和雄树的生殖生物量和营养生物量差异。为了满足方差分析数据服从正态分布假设的要求, 先将数据对数转换后再进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 树枝水平

树枝水平, 鼠李雌树和雄树的花生物量、生殖结构生物量(花+果) 和总生物量差异显著($P<0.001$), 而叶片生物量差异不显著($P>0.05$)。鼠李不同植株之间, 树枝水平上花生物量、叶片生物量、生殖结构生物量(花+果) 和总生物量差异显著($P<0.001$)。因此, 雌雄异株树种鼠李在树枝水平上, 生殖生物量投资具有显著的性别差异和个体差异; 而叶片生物量具有显著的个体差异, 性别差异不显著(表 1)。

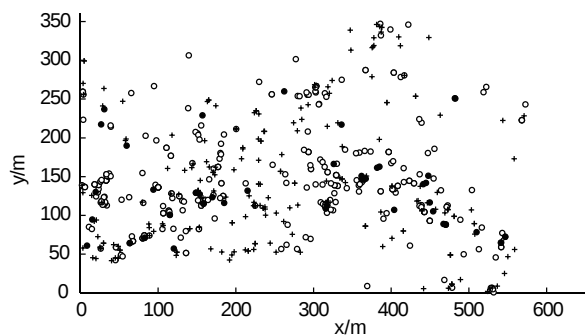


图 1 鼠李分布图

Fig. 1 Spatial distribution of *Rhamnus davurica* in a 360m×660m research plot

空心圆表示雌树(310 株); 实心圆表示雄树(53 株); 加号表示观测期未繁殖植株(225 株)

表 1 树枝水平鼠李生殖生物量和营养生物量方差分析

变异来源 Source	花生物量		叶片生物量		生殖生物量		总生物量	
	Flower biomass		Foliage biomass		Reproduction biomass		Total biomass	
	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
性别 Sex	62.556	86.107 ***	0.465	2.143	339.86	232.505 ***	1.669	7.825 ***
个体 Shrub	5.219	7.183 ***	0.597	2.755 ***	12.80	8.756 ***	0.756	3.542 ***
残差 Residuals	0.726		0.217		1.46		0.213	

树枝水平,鼠李雌花生物量平均值大于雄花,雌花生物量平均值是雄花的 1.84 倍。雌树生殖生物量平均值显著大于雄树,雌树生殖生物量平均值是雄树的 16.04 倍。雄树叶生物量平均值略高于雌树。雌树总生物量(花+果+叶)平均值大于雄树,雌树总生物量(花+果+叶)平均值是雄树枝条水平总生物量平均值的 1.1 倍(图 2)。

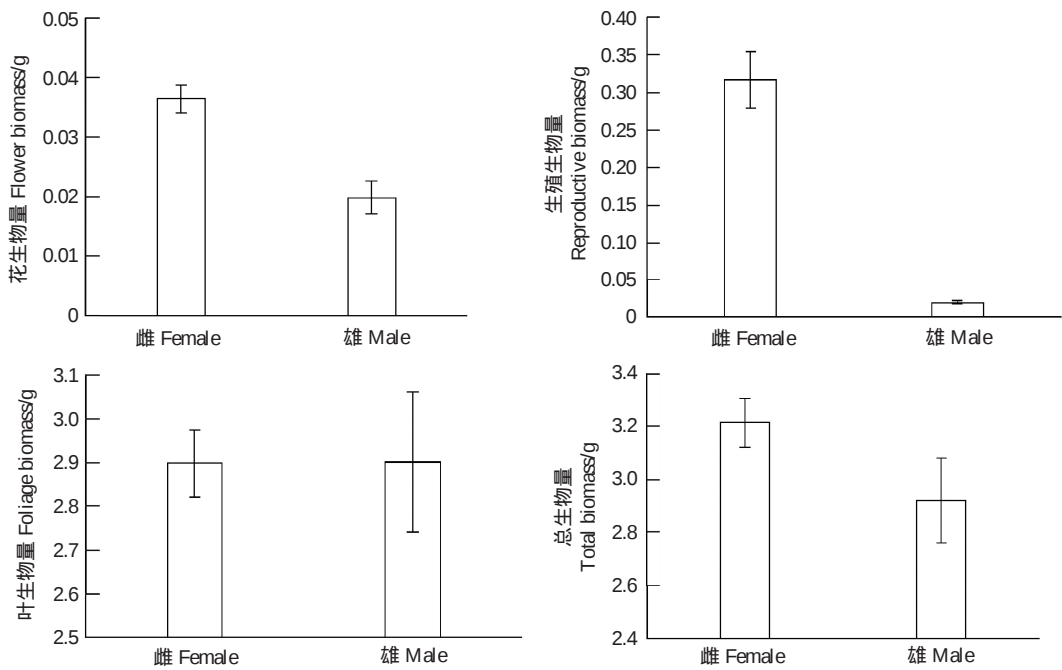


图 2 树枝水平上鼠李雌雄植株生殖生物量和营养生物量对比图

Fig. 2 Comparison of reproductive biomass and vegetative biomass between males and females in *Rhamnus davurica* at branch levels

2.2 植株水平

植株水平上,雌雄植株的花生物量、生殖结构生物量(花+果)和茎干生长(胸高断面积增量)差异显著($P<0.05$),叶片生物量差异不显著($P>0.05$)。不同大小鼠李植株花生物量、叶片生物量、生殖结构生物量(花+果)和茎干生长(胸高断面积增量)差异显著($P<0.05$)。因此,雌雄异株树种鼠李年生殖生物量投资具有显著的性别差异和个体差异,叶片生物量性别差异不显著(表 2)。

表 2 植株水平上鼠李生殖生物量和营养生物量方差分析

变异来源 Source	花生物量		叶片生物量		生殖生物量		总生物量	
	Flower biomass		Foliage biomass		Reproduction biomass		Total biomass	
	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
性别 Sex	4.302	4.081 *	0.131	0.215	62.411	26.570 ***	5.130	4.489 *
树木大小 Tree size	19.277	18.284 ***	4.780	7.834 **	16.140	6.871 *	15.518	13.580 ***
残差 Residuals	1.054		0.613		2.349		1.143	

植株水平上,鼠李雌树花生物量平均值大于雄树,雌树花生物量平均值是雄树的 1.60 倍;雌树生殖结构生物量平均值高于雄树,雌树生殖结构生物量平均值是雄树的 1.93 倍;雌树叶片生物量平均值大于雄树,雌树叶片生物量平均值是雄树的 1.1 倍;雌树胸高断面积增量平均值大于雄树,雌树胸高断面积增量平均值是雄树的 3.04 倍(图 3)。

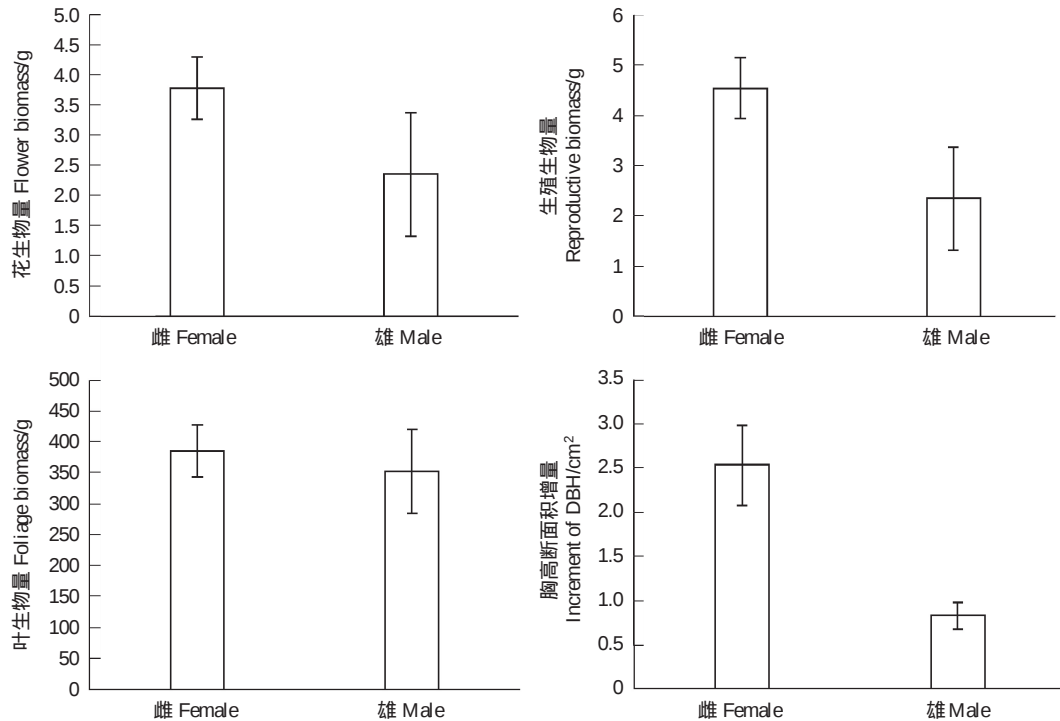


图 3 植株水平上鼠李生殖生物量和营养生物量对比图

Fig. 3 Comparison of reproductive biomass and vegetative biomass between males and females in *Rhamnus davurica* at shrub levels

2.3 种群水平

2.3.1 物候特征

鼠李雌树和雄树的繁殖过程对物候的响应不同。以 2010 年为例,鼠李雌树和雄树展叶、落叶时间一致,5 月 14 日展叶,10 月 5 日落叶。雄树开花早于雌树,雄树 5 月 25 日始花,6 月 10 日落花,雌树 5 月 28 日始花,6 月 15 日落花。雌树结实期为 6 月 8 日至 9 月 30 日(图 4)。

2.3.2 大小结构及性比分布

23.76hm²(360 m × 660 m)研究样地内共有 310 株雌树,53 株雄树,和 225 株观测期末繁殖植株(图 1)。雄树和雌树比例为 0.17,种群性比显著偏离 1:1(卡方检验, $\chi^2=181.95$, $P<0.0001$)。种群性比随径级变化如图 5 所示。0—2 cm、2—4 cm、4—6 cm、6—8 cm 径级内性比显著偏雌($P<0.0001$);8—10 cm 和 10—16 cm 径级内仅有雌树。 t 检验显示雌树胸径显著大于雄树(雌树(5.18 ± 1.95)cm;雄树(4.42 ± 1.49)cm; $t=2.691$, $df=361$, $P=0.007$)。雌树和雄树的径级结构均呈单峰分布,绝大多数植株胸径都集中在 2—6 cm。4—6 cm 径级内雌树株数最多,2—4 cm 径级内雄树株数最多,分别占总株数的 42.8% 和 43.4%。雌树最大胸径为

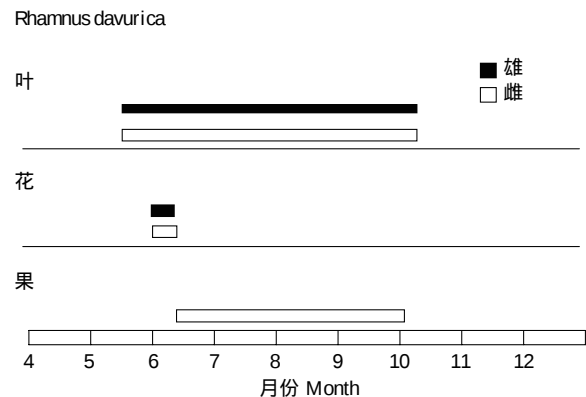


图 4 2010 年鼠李雌雄植株物候图

Fig. 4 Phenology pattern of males and females in *Rhamnus davurica* in 2010

15.4 cm,但在 363 株繁殖鼠李植株中,仅有 22 株雌树胸径超过 8 cm。

2.3.3 年轮宽度对比

种群水平上,鼠李雌雄植株年轮宽度如图 6 所示。雌树和雄树年平均生长量分别为 (0.78 ± 0.26) mm 和 (0.83 ± 0.24) mm。1966—1971 年,雄树的年轮宽度大于雌树。此后,雌树和雄树年轮宽度均随年龄增加而在一定宽度范伟内波动。其中 1975—1993 年,雌树年轮宽度均大于雄树。

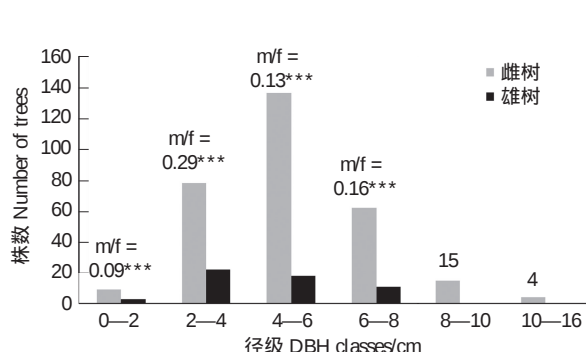


图 5 不同径级鼠李植株性比分布

Fig. 5 Sex ratio of *Rhamnus davurica* at different DBH classes

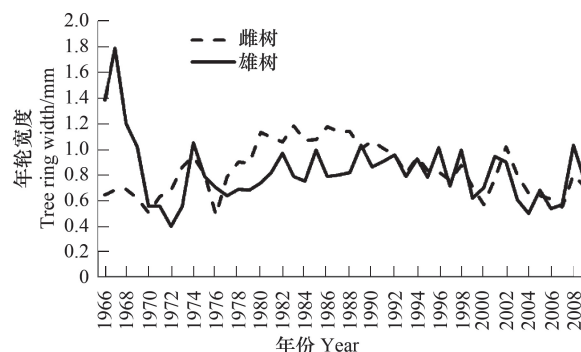


图 6 鼠李雌雄植株年轮宽度对比

Fig. 6 Annual ring width during the lifetime period for males and females of *Rhamnus davurica*

3 讨论

3.1 树枝水平

雌雄异株植物用于生殖和用于营养的生物量之间是存在平衡的,雄树用于开花的生物量高于雌树^[13-14],雌树的生殖生物量大于雄树,营养生物量是小于雄树的。但是本文的研究结果显示,树枝水平,鼠李雌雄植株的花生物量、生殖结构生物量和总生物量差异显著,并且雌树花、生殖结构生物量和总生物量平均值均大于雄树花、生殖结构生物量和总生物量平均值;而叶片生物量雌雄之间的差异是不显著的。这说明,在树枝水平上,雌树用于开花的生物量、繁殖的总生物量和总的生物量都是大于雄树的。这与一些学者的研究结果相同,雌雄植株树木用于生殖和营养的生物量之间并不存在平衡^[15-17],这可能与不同性别植株光合作用能力差异有关^[12]。树枝水平上,不同鼠李植株的花生物量、叶片生物量、生殖结构生物量和总生物量均存在显著的差异,这种个体差异可能是由林内的光照异质状况决定的。

3.2 植株水平

植株水平上,雌树和雄树的花生物量、生殖结构生物量和茎干生长差异显著,雌树花生物量、生殖结构生物量和茎干生长增量的平均值均大于雄树。虽然雌树叶片生物量平均值略高于雄树,但二者之间差异并不显著。即,雌树虽然在开花结实时消耗了大量生物量,但仍然维持了比雄树要高的茎干生长量。因此,在植株水平上,雌雄异株树种鼠李的营养生长和生殖投资并不存在平衡关系^[15-17]。由于雌树在花期需要较大的生殖投资,一些雌雄异株树种的雌树在花期来临之前通过增加营养生长,来补偿花期营养生长投入的不足^[18],雌树从而实现了同时获得较高的营养生长和生殖生长。雄树的生殖成功与否,取决于花粉活力,而雌树生殖活动主要取决于其从环境获得营养物质的能力^[19]。因此,雌树必须从外界环境中吸收更多的营养物质以供自身营养和生殖所需。

3.3 种群水平

雌树和雄树胸径分布范围分别为 0—16 cm 和 0—8 cm,鼠李种群性比以及不同径级内性比均显著偏雌性。种群性比结构主要受雌雄植株的开花频率、物候特征以及生殖投资状况影响^[14,20-23]。此外,性别空间隔离、性成熟年龄以及寿命长短差异等也会影响雌雄异株植物的种群性比^[24-26]。鼠李这种偏雌性的种群性比格局可能会影响到其次年的生殖过程^[20]。由于植物繁殖会受其自身生物因子与外界非生物因子影响^[27-28],

部分成熟鼠李植株 2010 年未开花繁殖。因此,未来需要通过多年连续观测的累计资料确定鼠李性比结构。鼠李雄树在早期年轮宽度大于雌树,可能与雄树早期用于营养生长生物量较多有关^[29]。

References:

- [1] Vandepitte K, Honnay O, De Meyer T, Jacquemyn H, Roldán-Ruiz I. Patterns of sex ratio variation and genetic diversity in the dioecious forest perennial *Mercurialis perennis*. *Plant Ecology*, 2010, 206(1): 105-114.
- [2] Lovett-Doust J, Lovett-Doust L. Modules of production and reproduction in a dioecious clonal shrub, *Rhus typhina*. *Ecology*, 1988, 69(3): 741-750.
- [3] Obeso J R. The costs of reproduction in plants. *New Phytologist*, 2002, 155(3): 321-348.
- [4] Delph L F. Sexual dimorphism in live history//Geber M A, Dawson T E, Delph L F, eds. *Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants*. Berlin: Springer- Verlag, 1999: 149-173.
- [5] Iwasa Y, Cohen D. Optimal growth schedule of a perennial plant. *The American Naturalist*, 1989, 133(4): 480-505.
- [6] Klinkhamer P G L, Kubo T, Iwasa Y. Herbivores and the evolution of the semelparous perennial life-history of plants. *Journal of Evolutionary Biology*, 1997, 10(4): 529-550.
- [7] de Jong T J, Klinkhamer P G L. *Evolutionary Ecology of Plant Reproductive Strategies*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [8] Cipollini M L, Whigham D F. Sexual dimorphism and cost of reproduction in the dioecious shrub *Lindera benzoin* (Lauraceae). *American Journal of Botany*, 1994, 81(1): 65-75.
- [9] Thomas S C, LaFrankie J V. Sex, size and interyear variation in flowering among dioecious trees of the Malayan rain forest. *Ecology*, 1993, 74(5): 1529-1537.
- [10] Allen G A, Antos J A. Sex ratio variation in the dioecious shrub *Oemleria cerasiformis*. *The American Naturalist*, 1993, 141(4): 537-553.
- [11] Bañuelos M J, Obeso J R. Resource allocation in the dioecious shrub *Rhamnus alpinus*: the hidden costs of reproduction. *Evolutionary Ecology Research*, 2004, 6: 1-17.
- [12] Tozawa M, Ueno N, Seiwa K. Compensatory mechanisms for reproductive costs in the dioecious tree *Salix integra*. *Botany*, 2009, 87(3): 315-323.
- [13] Wheelwright N T, Bruneau A. Population sex ratios and spatial distribution of *Ocotea tenera* (Lauraceae) trees in a tropical forest. *Journal of Ecology*, 1992, 80(3): 425-432.
- [14] Nicotra A B. Reproductive allocation and the long-term costs of reproduction in *Siparuna grandiflora*, a dioecious neo-tropical shrub. *Journal of Ecology*, 1999, 87(1): 138-149.
- [15] Popp J W, Reinartz J A. Sexual dimorphism in biomass allocation and clonal growth of *Xanthoxylum americanum*. *American Journal of Botany*, 1988, 75(11): 1732-1741.
- [16] Korpelainen H. Patterns of resource-allocation in male and female plants of *Rumex acetosa* and *R. acetosella*. *Oecologia*, 1992, 89(1): 133-139.
- [17] Bram M R, Quinn J A. Sex expression, sex-specific traits, and the effects of salinity on growth and reproduction of *Amaranthus cannabinus* (Amaranthaceae), a dioecious annual. *American Journal of Botany*, 2000, 87(11): 1609-1618.
- [18] Delph L F. Sex-differential resource-allocation patterns in the subdioecious shrub *Hebe subalpina*. *Ecology*, 1990, 71(4): 1342-1351.
- [19] Waelti M O, Page P A, Widmer A, Schiestl F P. How to be an attractive male: floral dimorphism and attractiveness to pollinators in a dioecious plant. *BMC Evolutionary Biology*, 2009, 9(1): 190-196.
- [20] Nicotra A B. Sex ratio variation and spatial distribution of *Siparuna grandiflora*, a tropical dioecious shrub. *Oecologia*, 1998, 115(1/2): 102-113.
- [21] Houle G, Duchesne M. The spatial pattern of a *Juniperus communis* var. *depressa* population on a continental dune in subarctic Québec, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999, 29(4): 446-450.
- [22] John P S. Sex ratio and spatial pattern of males and females in the dioecious sandhill shrub, *Ceratiola ericoides* (Empetraceae) Michx. *Plant Ecology*, 2008, 196(2): 281-288.
- [23] Mark S H, John R P. Roots, shoots and reproduction: sexual dimorphism in size and costs of reproductive allocation in an annual herb. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008, 275(1651): 2595-2602.
- [24] Allen G A, Antos J A. Sex ratio variation in the dioecious shrub *Oemleria cerasiformis*. *The American Naturalist*, 1993, 141(4): 537-553.
- [25] Kevan P G, Ambrose J D, Kemp J R. Pollination in an understorey vine, *Smilax rotundifolia*, a threatened plant of the Carolinian forests in Canada. *Canadian Journal of Botany*, 1991, 69(11): 2555-2559.
- [26] Mack A L. Spatial distribution, fruit production and seed removal of a rare, dioecious canopy tree species (*Aglaia* aff. *flavida* Merr. et Perr.) in Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*, 1997, 13(3): 305-316.
- [27] Kudo G. Flowering phenologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection//Harder L D, Barrett S C H, eds. *Ecology and Evolution of Flowers*. Oxford: Oxford University Press, 2006: 139-158.
- [28] Diggle P K. Heteroblasty and the evolution of flowering phenologies. *International Journal of Plant Science*, 1999, 160(S6): S123-S134.
- [29] Oñate M, Munné-Bosch S. Influence of plant maturity, shoot reproduction and sex on vegetative growth in the dioecious plant *Urtica dioica*. *Annals of Botany*, 2009, 104(5): 945-956.

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@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