

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

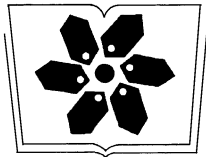
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

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 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说：高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量和生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

彩图提供：陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201204040468

刘任涛, 柴永青, 徐坤, 杨明秀, 朱凡. 荒漠草原区柠条固沙人工林地地表草本植被季节变化特征. 生态学报, 2014, 34(2): 500-508.
Liu R T, Chai Y Q, Xu K, Yang M X, Zhu F. Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial *Caragana intermedia* plantations with age in desert steppe. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 500-508.

荒漠草原区柠条固沙人工林地地表草本植被季节变化特征

刘任涛*, 柴永青, 徐坤, 杨明秀, 朱凡
(宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 银川 750021)

摘要:研究荒漠草原人工林固沙区地表草本植被季节变化特征及其和柠条林龄的关系,对于分析柠条人工林地地表草本植物的季节适应性和制订合理的人工林管理措施均具有重要的科学意义。选择 6、15、24 年生和 36 年生柠条人工林为研究对象,通过调查每个样地 5 月、8 月和 10 月地表草本植物密度、物种数、盖度和高度,分析了荒漠草原区柠条人工固沙林生长过程中地表草本植被季节变化特征及其影响因素。结果表明,地表草本植物物种数在柠条林龄 6 和 15a 时受季节改变的影响较小,在 24a 之后受到季节变化的显著影响($P<0.05$)。地表草本植物密度在柠条林龄 6a 时受季节改变的影响较小,但在 15a 之后季节变化显著影响地表草本植物个体数分布($P<0.05$),而且在 10 月具有最多的地表草本植物个体数。地表草本植被盖度和高度均受到季节变化的显著影响($P<0.05$),而受林龄的影响较小;不同年龄林地地表草本植被盖度和高度均表现为 10 月和 8 月较高,5 月较低。研究表明,荒漠草原柠条人工林固沙区,柠条林发育生长和灌木形态的改变不仅影响土壤营养条件,而且还可以调控由于季节改变而引起的土壤温湿度变化,柠条林龄和季节更替二者交互作用,共同影响地表草本植被的季节变化特征。

关键词:荒漠草原;人工林;地表植被;季节变化;林龄

Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial *Caragana intermedia* plantations with age in desert steppe

LIU Rentao*, CHAI Yongqing, XU Kun, YANG Mingxiu, ZHU Fan

Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

Abstract: It is a very valuable study on seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificially plantations and its relation to stand age in desert steppe. These results will be beneficial to understand the adaptation of ground vegetation under artificial plantations to seasonal changes, and to give rational management on these artificial plantations. An investigation on ground vegetation characteristics including herbaceous plant species richness, density, cover and height, was carried out in May, August and October, in four artificial plantations (*C. intermedia*) at age of 6, 15, 24 and 36 yeas respectively. The seasonal changes of ground vegetation under artificial plantations during stand development were discussed, together with the related affecting factors. As the results were shown, there were marked different seasonal adaptations of ground vegetation to varying artificial plantations with age. There was a significant impact of seasonal changes on herbaceous plant species richness, not at age of 6 or 15 years but at age of 24 and 36 years ($P<0.05$). When (at age of 24 and 36 years), herbaceous plant species were significantly lower in May than in October ($P<0.01$). There was also a significant impact of seasonal changes on herbaceous plant density not at age of 6 years but at age of 15, 24 and 36 years

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41101050)
收稿日期:2012-04-04; 修订日期:2013-12-16
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: nmcasnw@126.com

($P<0.05$), when there was a significantly higher herbaceous plant density in October than in May ($P<0.05$). While ground vegetation cover and height were not affected by stand age, but by seasonal changes ($P<0.05$). There was a significantly higher ground cover and height in October and August than in May ($P<0.05$), irrespective of stand age. Pearson correlation analysis implied that the main forces were shrub height and basal diameter on herbaceous plant species richness, and shrub morphological characteristics and soil moisture on herbaceous plant density. While soil moisture and temperature with seasonal changes was the main limiting factors on ground vegetation cover and height, respectively. It was suggested that the changing shrub characteristics during stand development not only facilitated soil nutrient conditions, but regulated soil moisture and temperature due to seasonal changes in these artificial plantations. The interaction between stand age and seasonal changes (soil moisture and temperature) co-affected the seasonal dynamics of ground vegetation under artificial plantation in desert steppe.

Key Words: desert steppe; artificial plantation; ground vegetation; seasonal change; stand age

豆科灌木柠条 (*Caragana intermedia*) 能够长期适应干旱的沙地环境条件,具有广泛的适应性和很强的抗逆性^[1]。它可以固沙阻尘,其根系的固氮作用给周围植物提供丰富的氮素,可以使其周围牧草生长良好,有利于流动沙地的固定和草地生态系统恢复^[2-3]。目前,在宁夏盐池县荒漠草原区沙化草地中种植有大面积柠条人工林,用于防风固沙和草地生态系统的恢复,面积已达 13 hm²之多^[4]。其中,柠条人工林地表草本植物是该半人工草地生态系统中的重要组成部分,这些地表草本植物群落结构的季节变化将直接影响半人工草地生态系统的结构与功能及其恢复过程,而且一些优良牧草对于该地区畜牧业发展更为重要^[2-3]。因此,研究该区域柠条人工林地表草本植被季节变化特征,对于准确评价荒漠草原柠条人工林种植的生态效应和保护草地植物资源以及制订合理的管理措施,均具有重要的理论与实践意义。

目前关于柠条林季节变化的研究,主要集中在柠条根系生长^[5]、柠条根系丛枝菌根真菌^[6]和柠条叶片稳定碳同位素和 N 含量的季节变化^[1]及其对气候变化的响应^[7]等方面。王孟本等^[5]应用微根管技术对林地 100 cm 土层范围的柠条细根动态进行了观测。刘永俊等^[6]采用传统染色检测与多聚酶链反应-变性梯度凝胶电泳分析技术相结合的方法,研究了柠条根系丛枝菌根真菌 (Arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 的季节性变化,并利用主成分分析 (PCA) 和典范对应分析 (CCA) 分析了土壤因子与 AMF 季节变化之间的关系。赵良菊等^[1,7]在腾格里沙漠东南缘沙坡头人工固沙区研究了不同种植方式

下油蒿和柠条叶片稳定碳同位素分辨率和 N 含量的季节变化及其关系,并探讨了不同气候因素对植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响。在宁夏荒漠草原区,仅见不同种植密度柠条人工林对土壤-植被性状影响的研究^[2,8],但是关于不同林龄柠条人工林地表草本植被季节变化特征的研究,报道较少。

鉴于此,选择 6、15、24 年生和 36 年生柠条人工林为研究样地,通过调查春季 (5 月)、夏季 (8 月) 和秋季 (10 月) 地表草本植被特征,结合土壤温度和湿度以及柠条灌木形态特征分析,探讨荒漠草原区柠条人工林生长过程中地表植被季节变化特征及其季节适应性,旨在评价柠条人工林种植对退化荒漠草原地表植被恢复的生态效应和保护草地植物资源,为采取科学合理的人工林管理和利用措施提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏盐池县境内东北部 10 km 处 (37°49'N, 107°30'E)。该区属于中温带半干旱区,年平均气温 7.7 ℃,最热月 (7 月) 平均气温 22.4 ℃,最冷月 (1 月) 平均气温 -8.7 ℃; ≥ 10 ℃ 的年积温 2751.7 ℃。年降水量为 280 mm,主要集中在 7—9 月,占全年降水量的 60% 以上,且年际变率大,年蒸发量 2 710 mm。年无霜期为 120 d。年平均风速 2.8 m/s,冬春风沙天气较多,每年 5 m/s 以上的扬沙达 323 次。2011 年降雨量和气温均表现为 8 月 > 5 月 > 10 月。

本区地带性土壤主要有黄绵土与灰钙土 (淡灰

钙土);非地带性土壤主要有风沙土、盐碱土和草甸土等,其中风沙土在中北部分布广泛。土壤质地多为轻壤土、沙壤土和沙土,结构松散,肥力较低。该区植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠植被,其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广。

研究区土壤为风沙土,植被类型为种植有大面积人工柠条林而形成的半人工草地。其中,6年生柠条平均密度为29株/100 m²,冠幅较小(0.50 m²),高度较矮(平均高度41 cm),行距6 m左右;15、24年生和36年生柠条灌木的冠幅较大,高度均在90 cm以上,平均密度介于35—45株/100 m²,行距介于6—8 m。主要草本植物包括猪毛菜(*Salsola collina* Pall.)、山苦荬(*Ixeris chinensis* (Thunb.) Nakai)、白草(*Pennisetum centrasaticum* Tzvel.)和牛枝子(*Lespedeza potaninii* Vass.)等。

1.2 取样方法与数据处理

选择6、15、24年生和36年生柠条人工林地为研究样地,每个样地有3个重复。在每个样地设置12个1 m×1 m样方,林带和林带间各6个。利用样方法记录地表草本植物种类、个体数和高度,统计地表草本植物物种丰富度、密度和植被平均高度;用目测法估计地表草本植被盖度。调查时间选择5、8月和10月的中旬,分别代表春季、夏季和秋季。

同时,在每个样方采用WET土壤水分温度测定仪测定土壤温度和湿度(土壤深度0—30 cm),每次连续测定5天数据取平均值。另外,在每个样方利用五点取样法采集混合土样带回实验室用于土壤理化性质分析(在本文只作为参照使用)。从6到24年生和36年生柠条林,土壤粗沙粒和细沙粒下降,

土壤极细沙粒和粘粉粒开始增加;土壤有机碳、全N和全P含量显著升高,土壤电导率 and 水分含量亦呈现增加趋势,而土壤pH值和温度显著下降;土壤C/N随着柠条林龄的增加呈逐渐下降趋势。

所有数据采用SPSS软件进行统计分析。采用单因素和双因素方差分析(One-way ANOVA)分析季节改变和林龄差异以及二者的交互作用对地表植被特征的影响,利用最小显著差异法(Least significant difference, LSD)和多重比较分析不同数据组间的显著差异($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 环境因子

从图1可以看出,6年生和36年生柠条林地中土壤水分无显著季节差异性($P>0.05$),但15年生和24年生柠条林地中均表现出10月土壤水分含量显著高于5月和8月($P<0.05$)。整体上看,随着柠条林龄的增加,土壤含水量呈增加趋势。

并且,不同柠条林地土壤温度均存在显著季节差异性($P<0.05$)(图1)。6年生和36年生柠条林地土壤温度均表现为8月显著高于10月($P<0.05$),两者又均显著高于5月($P<0.05$)。15年生和24年生柠条林地土壤温度均表现为8月和10月显著高于5月($P<0.05$),但8月和10月间均无显著差异性($P>0.05$)。整体上看,从6年生到24年生柠条林地土壤温度变化幅度较小,平均地温介于20.96—21.54℃之间,其后土壤温度明显降低,36a平均地温为17.63℃。

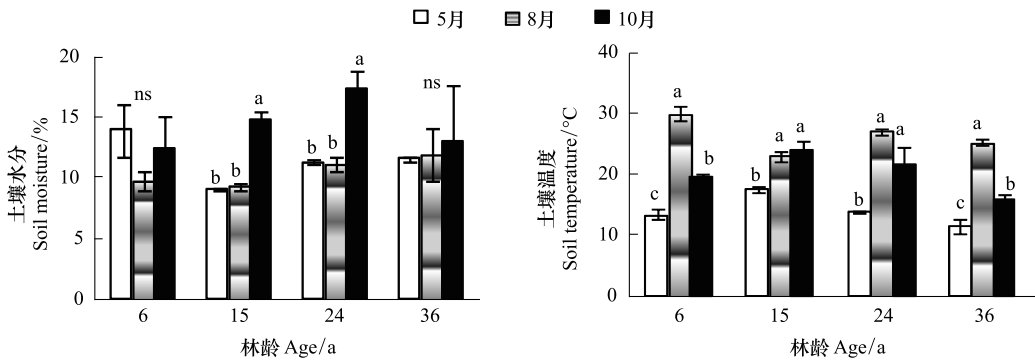


图1 土壤水分和温度季节变化

Fig.1 Seasonal changes of soil moisture and temperature

小写字母表示差异显著性($P<0.05$), ns 表示差异不显著($P>0.05$)

2.2 不同季节地表植被特征

在 6 年生柠条林地中(表 1),季节变化显著影响地表草本植被盖度和高度($P<0.01$),而对草本植物物种数和密度未产生显著影响($P>0.05$)。地表草本植被盖度表现为 10 月显著高于 8 月和 5 月($P<0.01$),5 月和 8 月间无显著差异性($P>0.05$);植被高度表现为 8 月显著高于 5 月($P<0.05$),10 月居中。

在 15 年生林地中,季节变化对地表草本植物密度、盖度和高度均产生显著影响($P<0.05$),而对地表草本植物物种数未产生显著影响($P>0.05$)。地表草本植物密度、盖度和高度均表现为 10 月显著高于 5 月($P<0.05$),5 月和 8 月无显著差异性。

在 24 和 36 年生林地中,季节改变显著影响地表草本植物物种数、密度、盖度和高度($P<0.05$),表现为 5 月地表草本植物物种数、密度、盖度和高度显著低于其他 2 个季节(8 月和 10 月)。除地表草本植物物种数和高度外,不同林龄柠条林地草本植物

密度和盖度均表现为 10 月最高,8 月居中。24 年生林地地表草本植物物种数 8 月最高,而平均高度为 10 月最高,36 年生林地则为地表草本植物物种数 10 月最高,而平均高度为 8 月最高。

从地表草本植被特征的季节性变异系数(CV)来看,地表草本植物物种数变异系数较低(CV :0.19—0.29;平均值:0.26),其次为草本植被平均高度(CV :0.35—0.68;平均值:0.51),再次为草本植被盖度(CV :0.53—0.89;平均值:0.68),草本植物密度变异系数最高(CV :0.44—1.37;平均值:1.03)。说明季节改变对柠条林地草本植物密度的影响最大,草本植被高度和盖度居中,而对草本物种数影响较小。另外,比较不同年龄林地地表草本植被特征的季节性变异系数,除地表草本植被盖度外,草本植物物种数、密度和平均高度的变异系数均随着林龄增加而变大。说明随着柠条林生长过程和林龄的增加,地表草本植物的季节性变化过程变得更为复杂。

表 1 柠条林地地表植被季节变化
Table 1 Seasonal changes of ground vegetation in artificial forests

	林龄 Age/a	月份 Month			<i>F</i>	<i>CV</i>
		5 月	8 月	10 月		
物种数 Richness	6	6.33±0.61a	7.00±0.52a	6.67±0.42a	0.41	0.19
	15	6.83±0.40a	6.67±0.95a	7.50±0.96a	0.29	0.27
	24	4.83±0.31b	8.50±0.72a	6.83±0.40a	13.09 **	0.29
	36	6.17±0.60b	7.67±0.84b	10.50±0.34a	12.21 **	0.29
密度 Density /(个体数/m ²)	6	75.67±16.73a	66.17±10.27a	53.00±4.17a	0.96	0.44
	15	63.00±14.79b	56.50±13.47b	348.17±73.15a	14.47 **	1.11
	24	56.33±15.82b	165.17±30.70ab	403.17±147.45a	4.12 *	1.20
	36	70.00±17.31b	108.17±9.10b	568.00±186.33a	6.57 **	1.37
盖度 Cover/%	6	3.77±1.38b	7.50±0.67b	18.17±2.09a	24.91 ***	0.73
	15	8.28±2.56b	10.50±2.68b	18.83±1.40a	5.91 *	0.56
	24	3.32±0.69c	8.67±1.36b	31.00±2.00a	102.24 ***	0.89
	36	6.50±2.30b	9.67±1.17b	16.33±1.43a	8.69 **	0.53
高度 Height/cm	6	5.23±0.58b	9.50±0.92a	7.48±0.94ab	6.61 **	0.35
	15	5.86±1.52b	9.00±1.13ab	11.22±0.95a	4.86 *	0.41
	24	4.22±0.80b	8.48±0.96ab	12.70±3.13a	4.75 *	0.68
	36	2.93±0.54c	10.72±1.21a	5.19±0.49b	24.29 ***	0.61

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$; 同列不同字母表示显著差异($P<0.05$); CV 变异系数

2.3 不同年龄柠条林地地表植被变化特征

在 5 月,不同年龄柠条林地间地表植被物种数存在显著差异性($P=0.05$),而地表草本植物密度、盖度和高度无显著差异性($P>0.05$)。表现为 24 年

生林地地表草本植物物种数显著低于 6 年生和 15 年生林地,36 年生林地居中;而地表草本植物密度、盖度和高度随林龄增加无显著变化。说明在春季(5 月)地表草本植物物种数随着柠条林龄增加而发生

显著改变(图2)。

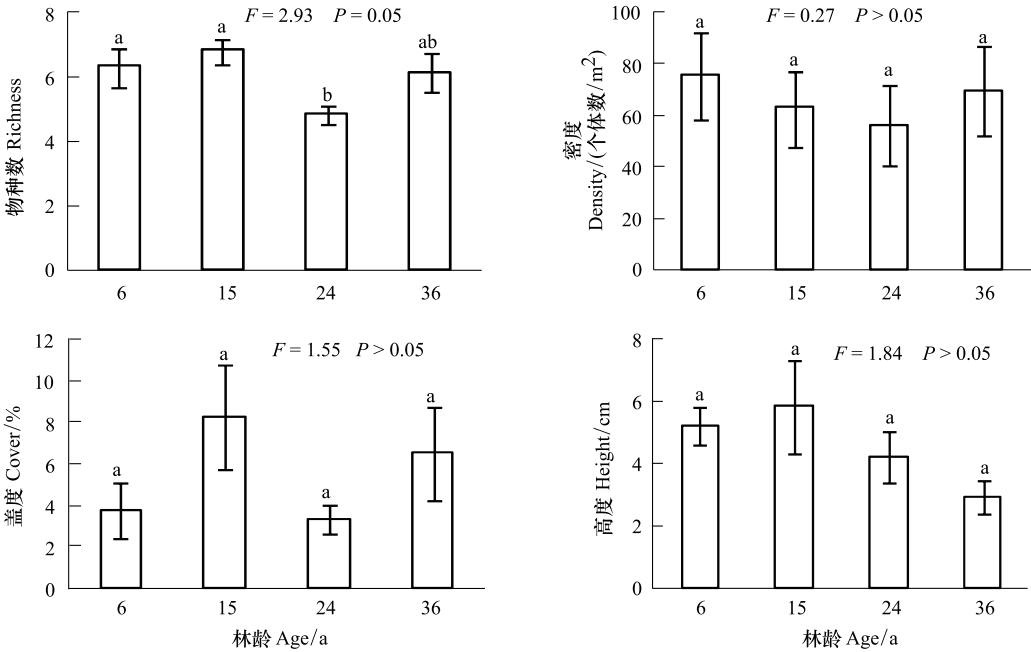


图2 5月不同年龄林地地表植被特征

Fig.2 Ground vegetation in the artificial forests with different age in May

在8月,不同年龄柠条林地间地表草本植物密度存在显著差异性($P<0.01$),而草本植物物种数、盖度和高度无显著差异性($P>0.05$),表现为24年生林地草本植物密度显著高于其他年龄林地。说明在夏

季(8月)柠条林龄只对草本植物密度有显著影响,而对草本植物物种数、盖度和高度无显著影响(图3)。

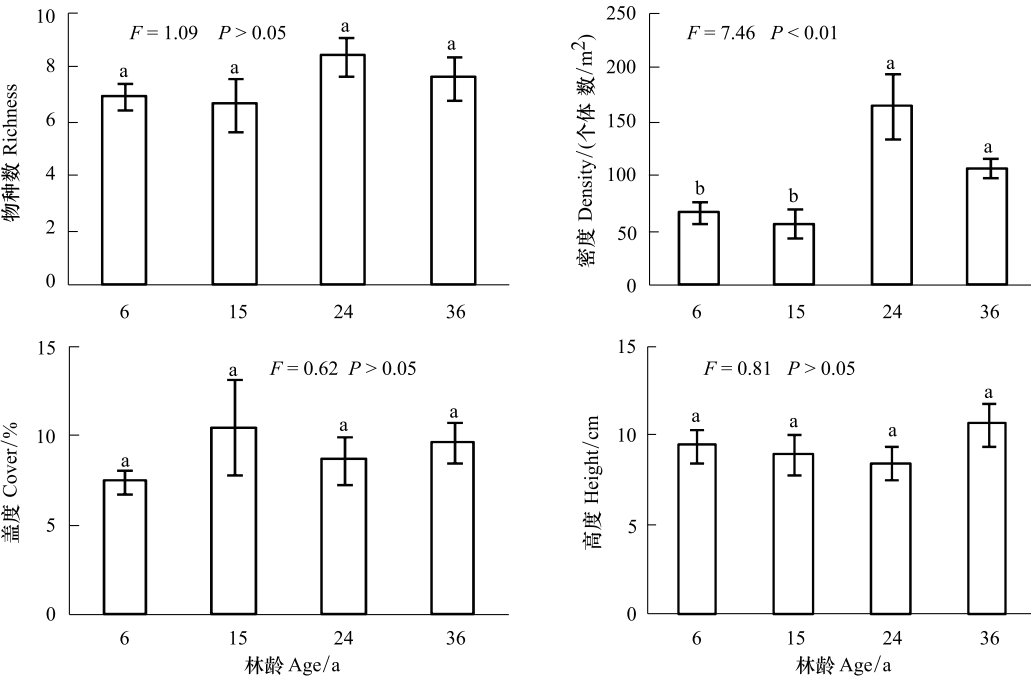


图3 8月不同年龄林地地表植被特征

Fig.3 Ground vegetation in the artificial forests with different age in August

在 10 月,不同年龄柠条林地间地表草本植物物种数($P<0.01$)、密度($P=0.05$)、盖度($P<0.01$)和高度($P<0.05$)均存在显著差异性。表现为地表草本植物物种数和密度均为 36 年生林地最高,而草本盖度和高度均为 24 年生林地最高。说明秋季(10 月)柠

条林龄对整个地表草本植被特征均产生显著影响(图 4)。

综合 5、8 月和 10 月不同林龄草地植被特征,说明季节变化和林龄共同作用,影响地表草本植被的分布,表 2 的分析结果也说明了这一点。

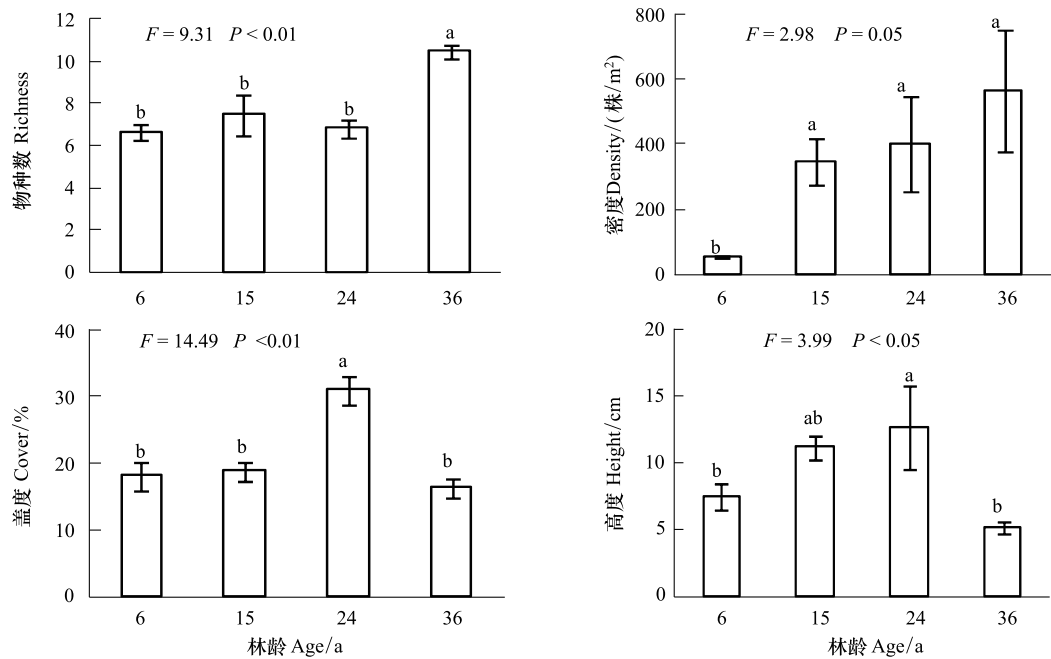


图 4 10 月不同年龄林地地表植被特征

Fig.4 Ground vegetation in the artificial forests with different age in October

表 2 季节和年龄对地表植被特征的影响

季节×林龄 Season×age	物种数 Number	密度 Density/(株/m ²)	盖度 Cover/%	高度 Height/cm
F	123.26	23.88	111.84	81.14
P	0.000	0.000	0.000	0.000

2.4 地表草本植被与土壤温湿度及柠条灌木形态间的关系

从表 3 可以看出,地表草本植物密度与土壤湿度存在正相关关系($P<0.05$),地表草本盖度与土壤湿度存在显著正相关关系($P<0.01$),而地表草本平均高度与土壤温度间存在极显著正相关关系($P<0.001$)。

另外,地表草本植被与柠条灌木形态特征间亦存在正相关关系(表 3),表现为地表草本植物物种数与柠条高度和地径存在正相关性($P<0.05$);地表草本密度与柠条冠幅和分枝数间存在正相关性($P<0.05$),而与柠条高度与地径间存在显著正相关性($P<0.01$)。

3 讨论与结论

由于研究区属于典型大陆性季风气候,降雨量和大气温度均呈现出明显的季节性变化,显著影响该研究区的土壤水分和温度条件(图 2)。本研究发现,土壤含水量和降雨量季节变化并不一致,夏季土壤含水量较低,尤其在 15 和 24 年龄林地中 8 月土壤含水量显著低于 10 月份(图 2),这表征了柠条本身在生长季节的耗水特征^[9],在 8 月份柠条蒸腾耗水量急剧增加,大量消耗土壤水分,而在研究区地下水位较深(30 m)而致使柠条根系无法利用地下水^[10-11],因此种植柠条后土壤水分含量逐渐降低,这与曹成有等^[12]的研究结果相吻合。至于在 10 月较

高的土壤含水量,则与柠条林具有保持土壤水分的功能有关^[8-10]。同时,随着大气温度升高,柠条林地土壤温度均呈现急剧上升,而随着 10 月大气温度急剧下降,虽然 6 和 36 年龄柠条林地土壤温度急剧降

低,但每个柠条林地 10 月土壤温度仍高于 5 月,反映了柠条林对大气温度下降具有缓冲作用^[13],能够维持一定的土壤温度,这有利于地表草本植被的适应性生长。

表 3 地表草本植被与土壤温湿度柠条灌木形态的相关系数
Table 3 Correlation coefficients between ground vegetation and soil moisture and temperature in addition to shrub morphological characteristics

	地表草本 Ground vegetation			
	物种数 Richness	密度 Density	盖度 Cover	高度 Height
土壤湿度 Soil moisture	0.138	0.417 *	0.567 **	0.294
土壤温度 Soil temperature	0.253	-0.045	0.235	0.718 ***
柠条冠幅 Crown	0.683	0.808 *	-0.283	-0.065
柠条高度 Height	0.841 *	0.914 **	-0.272	-0.232
柠条分支数 Branch	0.280	0.811 *	0.651	0.393
柠条地径 Basal diameter	0.837 *	0.933 **	-0.231	-0.216

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

综合 4 种林地地表植被季节变化特征,在柠条林龄 6 和 15a 时地表草本植物物种数受季节改变的影响较小,但在林龄 24a 之后受到的影响较大。已有调查发现,6 和 15a 柠条林地土壤条件较差,粗砂粒成分含量较高,营养含量较低,不利于土壤种子库的激活,只有一些固沙先锋种子萌发^[8,12],而在 24a 及其之后的柠条林地中土壤极细砂和粘粉粒含量增加,土壤营养成分含量显著增加,并且 24 和 36 年生柠条林高度和地径较大(表 3),更有利于土壤微生境的改善,进而有利于土壤库中更多种类的草本植物种子萌发和生长^[14-15]。另外,也说明了在 24a 及其之后的柠条林地中地表植被种类数能够随着季节变化而表现出季节节律性,草地生态系统能够维持一定的相对稳定性^[16]。

地表草本密度在柠条林龄 6a 时受季节改变的影响较小,但在 15a 之后,季节变化显著影响地表草本植物个体数,而且均呈现出随季节改变逐渐增加的趋势,在 10 月具有最多的植物个体数。说明 6a 柠条林地土壤条件限制植物的个体数,同时也说明在 15a 及其之后的柠条林地中地表植被个体数能够随着季节变化而表现出季节节律性^[8]。在 6a 柠条林地中,土壤条件较差,不利于地表植被的生长,地表植被个体更多的是呈现出“机会性”植物特征^[17],地表草本植被稳定性较差而不能表现季节节律性。但在柠条生长 15a 之后,其冠幅和高度的显著变大,能够提供比 6a 柠条林地更好的微气候条件^[14,18],地

表草本植被个体数呈现出相对的稳定性;特别是 10 月份土壤水分条件较好更有利于某些植物个体的存活,使得 10 月植物个体数较多。相关分析表明,地表草本植物个体数与土壤水分间存在正相关关系,地表草本植物个体数与柠条灌木形态特征亦存在正相关关系(表 3),也说明了这一点^[19]。

地表草本植被盖度和高度受柠条林龄的限制较小,而均受到季节变化的显著影响($P<0.05$)。在 6、15 年生和 24 年生柠条林地中,地表草本植被盖度和高度均表现为 10 月和 8 月高于 5 月,这与研究区季节变化引起太阳辐射和土壤温度的改变密切相关。在春季(5 月),土壤温度低,春季植物集中在较低的一个层面上,随着 8 月和 10 月土壤温度的升高,再加上光照充足和土壤水分增加,地表草本植被盖度和高度明显增加^[19]。相关性分析表明,地表草本植被盖度和土壤水分呈显著正相关,地表草本植被高度和土壤温度呈极显著正相关(表 3),反映了季节改变引起的土壤温湿度条件变化以及太阳光照的差异性影响地表草本植被高度和盖度的季节性变化。

分析 3 个季节不同林龄间地表植被特征,在 5 月 6 年生和 15 年生林地地表草本植物物种数高于 24 年生和 36 年生林地。春季土壤温度和水分较低、再加上 6 和 15 年生柠条林地较差的营养条件,只有适应性强的地表植物种存活和生长^[20],反映了这些地表植物物种对于季节变化的适应性。例如牛心朴子和沙生棘豆出现在 6 年生和 15 年生柠条林地中。

8 月太阳光照充足,降雨量丰富,草本植物个体数增加,但由于不同年龄林地土壤微生境条件的差异性,再加上柠条灌木形态特征的不同,导致不同年龄柠条林地地表草本植物密度出现显著差异性。10 月不同年龄柠条林对气温和土壤温度的响应存在差异性,24 年生和 36 年生柠条林冠幅较大,土壤温度虽有降低,但仍能保持一定的温度水平,再加上土壤水分条件,地表草本植物在秋季的定居情况出现显著差异性。在 10 月,24 年生和 36 年生林地保持较高的土壤水分和温度条件,具有较高的地表草本植物物种数、密度、盖度和高度^[17]。其中,是否选择 10 月份进行地表草本植被调查来反映出林龄差异对地表植被特征的影响,尚需要进行多年的季节性调查。

综合分析表明,不同年龄柠条林地地表草本植被具有不同的季节适应性生长情况。地表草本植被物种数在柠条林龄 6 和 15a 时受季节改变的影响较小,在 24a 之后受到季节变化的显著影响。地表草本植物密度在柠条林龄 6a 时受季节改变的影响较小,但在 15a 之后受季节变化的显著影响,而且均呈现出随季节改变逐渐增加的趋势。地表草本植被盖度和高度不受林龄的限制而均受到季节变化的显著影响($P<0.05$),在 8 和 10 月较高,而在 5 月较低。春季和夏季柠条林地地表植被特征受林龄的影响较小,只有在秋季时林龄才表现出对地表植被特征的显著影响。在荒漠草原人工林固沙区,柠条林龄增加和灌木形态特征的改变调控土壤温湿度条件的季节变化,再加上不同林龄柠条林土壤营养条件差异性,显著影响地表草本植被特征的季节性变化和沙化草地生态系统的恢复。

References:

[1] Zhao L J, Xiao H L, Liu X H, Chen K L. Seasonal variation characteristics of leaf carbon isotope discrimination (Δ) and N concentration of *C. korshinskii* and *A. ordosica*. Acta Geoscientica Sinica, 2005, 26(S1): 213-219.

[2] Chen Y Y, Pan Z B, Wang Z J, Zuo Z, Guo Y Z, Xie Y Z. Vegetation restoration in artificial *Caragana korshinskii* kom. forest belt in Ningxia arid, windy and sandy lands. Ningxia Agricultural and Forestry Science and Technology, 2004, (3): 4-8.

[3] Cao C Y, Jiang D M, Ala M S, Luo Y M, Kou Z W, Liu S Y. Ecological process of vegetation restoration in *Caragana microphylla* sand-fixing area. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11 (3): 349-354.

[4] Zuo Z, Wang J L, Zhang Y P, Niu C M, Yang R X, Wang N G. Investigates about peashrub resource utilization and its feed exploits processing at the present situation in Ningxia-Based on the Yanchi County. Pratacultural Science, 2006, 3(3): 17-22.

[5] Wang M B, Chen J W, Shi J W, Xun J J, Li J Y. The seasonal change patterns of production and mortality of fine roots in young *Caragana korshinskii* plantation. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30 (19): 5121-5130.

[6] Liu Y J, Zhen H, He L, An L Z, Feng H Y. Seasonal variation and related affecting factors of arbuscular mycorrhizal fungi in *Caragana korshinskii* roots. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(5): 1085-1091.

[7] Zhao L J, Xiao H L, Liu X H, Luo F, Li S Z, Lu M F. Seasonal variations of leaf $\delta^{13}C$ of desert plants and its response to climatic factor changes in different micro-habitats in Shapotou station. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(5): 743-750.

[8] Jiang Q, Li S B, Pan Z B, Wang Z J. Evaluations on construction of artificial *Caragana intermedia* to improved effects of degenerated sand land. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(4): 23-27.

[9] Cao C Y, Kou Z W, Jiang D M, Luo Y M, Ding X P. Sustainable management of *Caragana microphylla* community in sandy land. Journal of Desert Research, 1999, 19(3): 239-242.

[10] Zhang W J. Studies on Water Dynamic and the Regional Desertification Characteristics in Yanchi Sand Land[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2004.

[11] Guo Z S. Using depth of soil water and water consumption by littleleaf peashrub in the semiarid area of loess hilly region. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2009, 29(5): 69-72.

[12] Cao C Y, Jiang D M, Quan G J, Geng L, Cui Z B, Luo Y M. Soil physical and chemical characters changes of *Caragana microphylla* plantation for sand fixation in Keerqin sandy land. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(6): 108-111, 131-131.

[13] Shumway S W. Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. Oecologia, 2000, 124(1): 138-148.

[14] Su Y Z, Zhao H L. Soil properties and plant species in an age sequence of *Caragana microphylla* plantations in the Horqin Sandy Land, north China. Ecological Engineering, 2003, 20(3): 223-235.

[15] Zhao H L, Zhou R L, Su Y Z, Zhang H, Zhao L Y, Drake S. Shrub facilitation of desert land restoration in the Horqin Sand Land of Inner Mongolia. Ecological Engineering, 2007, 31(1): 1-8.

[16] Zhang J Y, Zhao H L. Changes in soil particles fraction and their effects on stability of soil-vegetation system in restoration processes of degraded sandy grassland. Ecology and Environment, 2009, 18 (4): 1395-1401.

[17] Zhao H L, Zhao X Y, Zhang T H, Zhou R L. Bioprocess of Desertification and Restoration Mechanism of Degraded Vegetation. Beijing: Science Press, 2007: 253-270.

[18] Cao C Y, Jiang D M, Teng X H, Jiang Y, Liang W J, Cui Z B. Soil chemical and microbiological properties along a chronosequence of *Caragana microphylla* Lam. plantations in the Horqin sandy land of Northeast China. *Applied Soil Ecology*, 2008, 40(1): 78-85.

[19] Xia F C, Zhao X H, Pan C F, Zhao X J, Wang Y H. Species diversity and seasonal dynamics of herbs in a Korean Pine Broad-Leaved forest of Changbai mountain. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2009, 31(1): 27-31, 44-44.

[20] Zhang J J, Wang L, Xu D M. Composition and plant species diversity of plant community in the process of natural restoration of desert steppe. *Pratacultural Science*, 2011, 28(6): 1091-1094.

参考文献:

[1] 赵良菊, 肖洪浪, 刘晓宏, 陈克龙. 沙坡头油蒿和柠条叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 和 N 含量的季节变化特征. *地球学报*, 2005, 26(S1): 213-219.

[2] 陈云云, 潘占兵, 王占军, 左忠, 郭永忠, 谢应忠. 宁夏干旱风沙区人工柠条林内植被恢复的研究. *宁夏农林科技*, 2004, (3): 4-8.

[3] 曹成有, 蒋德明, 阿拉木萨, 骆永明, 寇振武, 刘世岩. 小叶锦鸡儿人工固沙区植被恢复生态过程的研究. *应用生态学报*, 2000, 11(3): 349-354.

[4] 左忠, 王金莲, 张玉萍, 牛创民, 杨润霞, 王宁庚. 宁夏柠条资源利用现状及其饲料开发潜力调查——以盐池县为例. *草业科学*, 2006, 3(3): 17-22.

[5] 王孟本, 陈建文, 史建伟, 荀俊杰, 李俊英. 柠条人工幼林细

根生长和死亡的季节变化. *生态学报*, 2010, 30(19): 5121-5130.

[6] 刘永俊, 郑红, 何雷, 安黎哲, 冯虎元. 柠条根系中丛枝菌根真菌的季节性变化及影响因素. *应用生态学报*, 2009, 20(5): 1085-1091.

[7] 赵良菊, 肖洪浪, 刘晓宏, 罗芳, 李守中, 陆明峰. 沙坡头不同微生境下油蒿和柠条叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 的季节变化及其对气候因子的响应. *冰川冻土*, 2005, 27(5): 743-750.

[8] 蒋齐, 李生宝, 潘占兵, 王占军. 人工柠条灌木林营造对退化沙地改良效果的评价. *水土保持学报*, 2006, 20(4): 23-27.

[9] 曹成有, 寇振武, 蒋德明, 骆永明, 丁小平. 沙地小叶锦鸡儿人工群落持续经营的对策. *中国沙漠*, 1999, 19(3): 239-242.

[10] 张维江. 盐池沙地水分动态及区域荒漠化特征研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2004.

[11] 郭忠升. 半干旱区柠条林利用土壤水分深度和耗水量. *水土保持通报*, 2009, 29(5): 69-72.

[12] 曹成有, 蒋德明, 全贵静, 耿莉, 崔振波, 骆永明. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿人工固沙区土壤理化性质的变化. *水土保持学报*, 2004, 18(6): 108-111, 131-131.

[16] 张继义, 赵哈林. 退化沙质草地恢复过程土壤颗粒组成变化对土壤-植被系统稳定性的影响. *生态环境学报*, 2009, 18(4): 1395-1401.

[17] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 周瑞莲. 沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理. 北京: 科学出版社, 2007: 253-270.

[19] 夏富才, 赵秀海, 潘春芳, 赵晓静, 王玉红. 长白山红松阔叶林草本植物物种多样性季节动态. *吉林农业大学学报*, 2009, 31(1): 27-31, 44-44.

[20] 张晶晶, 王蕾, 许冬梅. 荒漠草原自然恢复中植物群落组成及物种多样性. *草业科学*, 2011, 28(6): 1091-1094.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin, LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu, ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu, ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang, TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei, et al (390)

Effect of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei, et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan, JIANG Chunyan, MA Jun, et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain ...	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

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

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学学会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

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

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

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

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

