

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

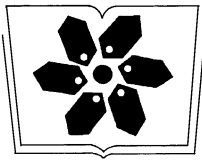
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第4期 Vol.34 No.4 **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 4 期

2014 年 2 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 富营养化湖泊溶解性有机碳生物可利用性研究进展 叶琳琳,孔繁翔,史小丽,等 (779)
- 黄河下游平原农业景观中非农生境植物多样性 卢训令,梁国付,汤 茜,等 (789)

个体与基础生态

- 锰胁迫对杠板归细胞超微结构的影响 王 钧,邬 卉,薛生国,等 (798)
- 不同渗氧能力水稻品种对砷的耐性和积累 吴 川,莫竞瑜,薛生国,等 (807)
- 弱光下水分胁迫对不同产地披针叶茴香幼苗生理特性的影响 曹永慧,周本智,陈双林 (814)
- 不同分枝数对桑树幼苗生长发育的影响 邹慧慧,胥 晓,刘 刚,等 (823)
- 斑膜合垫盲蝽若虫在国槐上的空间分布型及抽样技术 朱惠英,沈 平,吴建华,等 (832)
- 连作苹果园土壤真菌的 T-RFLP 分析 尹承苗,王功帅,李园园,等 (837)
- 棉隆对苹果连作土壤微生物及平邑甜茶幼苗生长的影响 刘恩太,李园园,胡艳丽,等 (847)
- 两株具有芪降解功能的植物内生细菌的分离筛选及其特性 孙 凯,刘 娟,李 欣,等 (853)

种群、群落和生态系统

- 温度对柑橘始叶螨实验种群生长发育繁殖的影响 李迎洁,王梓英,张国豪,等 (862)
- 高原鼠兔有效洞穴密度对青藏高原高寒草甸群落植物生态位的影响 贾婷婷,毛 亮,郭正刚 (869)
- 三工河流域琵琶柴群落特征与土壤因子的相关分析 赵学春,来利明,朱林海,等 (878)
- 岷江干旱河谷造林对土壤微生物群落结构的影响 王卫霞,罗 达,史作民,等 (890)
- 滩涂围垦和土地利用对土壤微生物群落的影响 林 黎,崔 军,陈学萍,等 (899)
- 福寿螺对稻田水生植物群落结构的影响 赵本良,章家恩,戴晓燕,等 (907)
- 4 种木本植物在潜流人工湿地环境下的适应性与去污效果 陈永华,吴晓芙,郝 君,等 (916)
- 基于静态箱式法和生物量评估海北金露梅灌丛草甸碳收支 李红琴,李英年,张法伟,等 (925)
- 初始 pH 值对碱性和酸性水稻土微生物铁还原过程的影响 吴 超,曲 东,刘 浩 (933)

景观、区域和全球生态

- 库姆塔格柽柳沙包年层稳定碳同位素与气候环境变化 张锦春,姚 拓,刘长仲,等 (943)

资源与产业生态

- 大棚甜瓜蒸腾规律及其影响因子 张大龙,常毅博,李建明,等 (953)
- 盐胁迫下荒漠共生植物红砂与珍珠的根茎叶中离子吸收与分配特征 赵 昕,杨小菊,石 勇,等 (963)
- 普通鹿蹄草品质与根际和非根际土壤的关系 耿增超,孟令军,刘建军 (973)

作物种植前后土壤有机质及养分因子的空间变异分析 方 斌,吴金凤 (983)

城乡与社会生态

城市河流健康评价指标体系构建及其应用 邓晓军,许有鹏,翟禄新,等 (993)

西藏生态足迹与承载力动态分析..... 安宝晟,程国栋 (1002)

研究简报

三峡库区岸坡消落带草地、弃耕地和耕地土壤微生物及酶活性特征 马 朋,李昌晓,雷 明,等 (1010)

盐胁迫对2种栎树苗期生长和根系生长发育的影响..... 王树凤,胡韵雪,孙海菁,等 (1021)

恒温 and 变温驯化对大蟾蜍蝌蚪热耐受性的影响 王立志 (1030)

学术信息与动态

国际生物土壤结皮研究发展态势文献计量分析..... 贺郝钰,侯春梅,迟秀丽,等 (1035)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 264 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2014-02



封面图说: 大蟾蜍蝌蚪群——大蟾蜍别名癞蛤蟆,体长达 10cm 以上,身体肥胖,四肢短,步态及齐足跳的姿势具特征性。其背部皮肤厚而干燥,通常有疣,呈黑绿色,常有褐色花斑,趾间具蹼。毒腺在背部的疣内,受惊后毒腺分泌或射出毒液。大蟾蜍早春在水中繁殖,可迁移至 1.5km 外或更远的适合繁殖的池塘,产卵量很大,产卵数天后蝌蚪即可孵出,1—3 个月后发育为蟾。大蟾蜍常作为实验动物或药用动物,其耳后腺和皮肤腺的白色分泌物可制成“蟾酥”,可治疗多种疾病。研究表明,大蟾蜍蝌蚪最高逃避温度和最高致死温度比最适温度产生的影响要大。

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

DOI: 10.5846/stxb201210071379

赵学春, 来利明, 朱林海, 王健健, 王永吉, 周继华, 姜联合, 鲁洪斌, 赵春强, 郑元润. 三工河流域琵琶柴群落特征与土壤因子的相关分析. 生态学报, 2014, 34(4): 878-889.

Zhao X C, Lai L M, Zhu L H, Wang J J, Wang Y J, Zhou J H, Jiang L H, Lu H B, Zhao C Q, Zheng Y R. Correlation between characteristics of *Reaumuria soongarica* communities and soil factors in the Sangong River basin. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(4): 878-889.

三工河流域琵琶柴群落特征与土壤因子的相关分析

赵学春^{1,2}, 来利明¹, 朱林海¹, 王健健^{1,2}, 王永吉^{1,2}, 周继华^{1,2}, 姜联合¹,
鲁洪斌³, 赵春强³, 郑元润^{1,*}

(1. 中国科学院植物研究所, 北京 100093; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 青城山-都江堰旅游景区管理局, 都江堰 611843)

摘要:琵琶柴 (*Reaumuria soongarica*) 是我国荒漠地区分布最广的地带性植被类型之一, 对维系荒漠地区生态系统的稳定性具有重要作用。以三工河流域两个琵琶柴群落为对象, 在 2010 年主要生长季节 (6—10 月), 通过群落和土壤调查, 采用土钻法、土柱法、地上收割法对两个琵琶柴群落的土壤性质、生物多样性、细根生物量、地上生物量、生物多样性与土壤性质的关系进行研究, 结果表明: 两个琵琶柴群落在冠幅、盖度、多度和物种多样性等方面均存在显著差异。在 0—100 cm 土壤层内, 两个群落土壤电导率、pH 值、容重、含水量存在显著差异。除土壤容重外, 群落 2 各个土壤因子的值均大于群落 1, 并随土壤深度的增加表现出类似的趋势。两个群落物种多样性指数、地上生物量、细根生物量存在显著差异, 从 6 月到 10 月呈现先下降再上升的趋势。由于 7、8 月群落 1 有大量夏雨型短命植物和类短命草本植物的出现, Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数急剧降低, Simpson 指数表现出相反的变化趋势。群落 2 土壤电导率和 pH 值较高, 草本植物鲜有出现, 多样性指数和均匀度指数变化均较为平缓。两个群落的 Sorensen 相似性系数较低, 群落差异明显。相关和回归分析表明土壤环境因子是导致两个琵琶柴群落特征、生物多样性和生物量不同的主要因素。较高的土壤含水量可以增加琵琶柴群落的生物多样性, 较高的土壤容重抑制琵琶柴群落细根的生长, 轻度的干旱胁迫促进地上生物量的积累, 一定浓度的土壤 pH 值和土壤盐分可以促进琵琶柴群落细根的生长。

关键词: 干旱区; 琵琶柴群落; 生物多样性; 生物量; 土壤因子

Correlation between characteristics of *Reaumuria soongarica* communities and soil factors in the Sangong River basin

ZHAO Xuechun^{1,2}, LAI Liming¹, ZHU Linhai¹, WANG Jianjian^{1,2}, WANG Yongji^{1,2}, ZHOU Jihua^{1,2}, JIANG Lianhe¹, LU Hongbing⁴, ZHAO Chunqiang⁴, ZHENG Yuanrun^{1,*}

1 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

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

3 Qingcheng Mountain-Dujiangyan Scenic Spots Authority, Dujiangyan 611843, China

Abstract: *Reaumuria soongarica* is one of the most widely distributed plant species in arid regions of China and has an important role in maintaining the stability of the desert ecosystem. On the basis of field data, including the species composition, number of species, plant height, coverage and abundance, and selected soil properties (electrical conductivity, pH, bulk density and moisture content), the fine root biomass and aboveground biomass of two *R. soongarica* communities in the Sangong River basin were investigated over the course of the main growing season (from June to

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2009CB825103)

收稿日期: 2012-10-07; **修订日期:** 2013-03-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhengyr@ibcas.ac.cn

October) of 2010. In addition, by calculation of derivative biodiversity indices comprising Pielou's evenness index, Simpson's dominance index, the Shannon-Wiener diversity index, and Sorenson's similarity index, the relationships between fine root biomass, biodiversity and soil properties of the two communities were analyzed. The results showed that the crown area, coverage, abundance, species number, Pielou's evenness index, Simpson's dominance index, Shannon-Wiener diversity index, aboveground biomass, fine root biomass, and the soil electrical conductivity, pH, bulk density and moisture content in the 0—100 cm soil layer of two *R. soongarica* communities were significantly different. Except for soil bulk density, the values of all soil properties of Community 2 were higher than those of Community 1, and showed similar trends with increment in soil depth. Except for species number and Simpson's dominance index, the other biodiversity indices decreased initially and thereafter increased from June to October, whereas the aboveground biomass and fine root biomass increased initially and thereafter decreased from June to October. Owing to the appearance of a large number of summer rain-dependent herbs in July and August in Community 1, the Shannon-Wiener diversity index and Pielou's evenness index showed sharp reductions over the growing season, whereas Simpson's dominance index showed the opposite trend. Compared with Community 1, Community 2 had higher soil electrical conductivity and soil pH, and few summer rain-dependent herbs, and therefore the Shannon-Wiener diversity index, Pielou's evenness index and Simpson's dominance index changed only moderately. In addition, Sorenson's similarity coefficient was small and the difference between the two communities was significant. Regression analysis showed that soil properties were determinants of the differences in biodiversity and biomass of the two communities. High soil moisture content increased biodiversity, high soil bulk density inhibited fine root growth, and certain soil pH and soil salt contents promoted fine root growth in *R. soongarica* communities. We concluded that soil salt content and soil pH are the main factors that restrict biodiversity, community structure, and growth of *R. soongarica* in the Sangong River basin. Differences in microenvironments, especially in soil characteristics, could induce strong differences in two communities with identical dominant species in the same climatic zone. These findings provide a scientific base for management of natural *R. soongarica* communities and rehabilitation of degraded communities, as well as for improvement of soil salinization in arid regions of China.

Key Words: arid region; *Reaumuria soongorica* community; biodiversity; biomass; soil factor

植物群落与环境因子的关系是生态学研究的重点问题^[1-2],气候、土壤及微环境条件的变化可在不同尺度上显著影响植物群落的结构和功能。即使在同一植被带内,由于环境因子的变化,也可造成类似的植物群落在结构和功能上的显著变化。关于植被大尺度格局与气候及土壤关系的研究很多,Woodward 和 Williams 研究了全球和区域水平气候和植物分布的关系^[3]。Ariza 和 Tielbörger 分析了植物-环境关系及其随环境尺度的变化^[4]。Kramer 等探讨了空间尺度对 1 年生植物分布的作用和决定机制^[5]。就荒漠地区而言,Schlesinger 等分析了荒漠地区土壤环境对植物结构和功能的影响,认为土壤条件决定植物的生长发育与分布^[6]。Ma 等认为土壤盐分和水分制约植物群落的形成和演替^[7],Sperry 和 Hacke^[8]及 Li 等^[9]研究了植物在干旱生境下生理和形态上产生的适应性反应。但在气候相同、土壤

条件类似的区域内,微环境条件变化对自然生态系统结构和功能影响的研究较少。

琵琶柴 (*Reaumuria soongorica*) 为柽柳科 (Tamaricaceae) 红砂属 (*Reaumuria*) 小灌木,广泛分布于我国西北荒漠地区,为我国荒漠地区分布最广的地带性植被类型之一,从鄂尔多斯西部、阿拉善、河西走廊、柴达木盆地、北山、噶顺戈壁到塔里木盆地和准噶尔盆地,形成面积巨大的盐柴类荒漠。琵琶柴亦是新疆阜康三工河流域的典型建群种和优势种,具有极强的抗干旱、耐盐碱特性^[10],对土壤盐碱化改良、植被恢复以及维持荒漠生态系统的稳定性具有重要意义。

琵琶柴为泌盐植物,植物群落的建成除受到植物本身各种生物学特性影响外,同时深受环境因子的影响。水分是影响荒漠地区植物生长发育的关键因子^[7],是琵琶柴群落发生、发展和演化的决定因

素^[9]。土壤含盐量亦是影响琵琶柴群落组成的重要因素^[11],影响着盐生植物群落的丰富度和多样性。

野外调查中发现,在三工河流域琵琶柴群落典型分布区内,两个相距较近,地形、地貌类似的琵琶柴群落在冠幅、盖度、密度、多度、生物量及物种多样性之间存在着很大变化,引起这种变化的原因是什么?本文旨在通过野外调查,比较分析两个琵琶柴群落的结构和功能及其相应的环境因子,探讨其结构和功能变化的机理,对深入理解琵琶柴群落与环境的关系,理解微环境变化对植物群落的影响机制具有重要意义,同时可为更加有效地管理天然琵琶柴群落,恢复退化琵琶柴群落提供科学基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地点位于新疆天山中段北坡准噶尔盆地南缘的三工河流域,地理坐标为 87°43′—88°44′E, 43°45′—45°29′N,整个流域南高北低,由东南向西北倾

斜,流域面积 1670 km²。研究区域为典型的温带荒漠气候,夏季炎热而冬季寒冷,降水少而蒸发量大。年平均气温 6.6 ℃,最高气温 42.6 ℃,最低气温 -41.6 ℃,7 月份平均气温 25.6 ℃,1 月份平均气温 -17 ℃;年均降水量 164 mm,年蒸发量 1780—2453 mm,冬季平均积雪厚度 29 cm,无霜期 174 d。

研究区域土壤成土母质以冲积物为主,土壤类型为典型荒漠盐碱土,pH 值均大于 8.5,土壤生物过程较弱,有机碳含量较低 (<4.0 g/kg)。地带性植被为荒漠植被,其中以怪柳科 (*Tamaricaceae*) 琵琶柴属 (*Reaumuria*)、怪柳属 (*Tamarix*)、藜科 (*Chenopodiaceae*) 梭梭属 (*Haloxylon*)、猪毛菜属 (*Salsola*)、碱蓬属 (*Suaeda*)、蒺藜科 (*Zygophyllaceae*) 白刺属 (*Nitraria*)、霸王属 (*Sarcocyzgium*) 为重要建群种。其中,琵琶柴荒漠植被是北疆最典型的植被类型之一。

1.2 样地设置与野外观测

在研究区选取两个分布距离较近,但外貌结构具有显著差别的琵琶柴群落,基本情况见表 1。

表 1 两个琵琶柴群落的基本情况

Table 1 Characteristics of *Reaumuria soongorica* communities

群落 Communities	海拔 Altitude/m	经纬度 Longitude & latitude	伴生种 Accompanying species	pH	土壤类型 Soil types
1	485	N44°20.147' E88°07.807'	角果藜 <i>C. arenarius</i> L., 猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall., 梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	8.73	荒漠盐碱土 Desert saline soil
2	462	N44°19.090' E87°50.337'	猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall., 小果白刺 <i>Nitraria sibirica</i> Pall.	9.32	荒漠盐碱土 Desert saline soil

于 2010 年主要生长季(6—10 月)每月月初,在两个琵琶柴群落内分别设置 3 个 25 m×25 m 的样方,记录样方内的物种数目及每个物种的个体数、冠幅、多度、高度、盖度等。在每个 25 m×25 m 的样方内设置 3 个 5 m×5 m 的样方,刈割植物地上部分,测定地上生物量。采用土柱法测定细根生物量,在每个 5 m×5 m 的样方内设置 3 个 50 cm×50 cm 的采样点,每隔 10 cm 挖取土样,直到鲜有根系为止。将土壤样品带回实验室,置于细筛之上用水冲洗,同时去除其它杂质,仅留直径小于 2 mm 的细根。在每个 25 m×25 m 的样方内,随机选取 3 个样点进行土壤样品采集,采样时去掉地表凋落物,用土钻依次钻取 0—5 cm、5—10 cm、10—20 cm、20—30 cm、30—40 cm、40—50 cm、50—100 cm 处的土壤样品各约 300 g,用于分析土壤 pH 值、电导率等指标;在每个样点

内挖掘土壤剖面,用土壤环刀每隔 10 cm 分层采集用于测定土壤容重和含水量的样品,同时用 Em50 测定土壤温度。

1.3 室内分析

用于测定土壤容重的样品在 105 ℃烘干至恒重,同时测定土壤含水量。用于测定其他指标的土壤样品,置于干燥阴凉处风干,挑去其中根系、未分解的有机质,过 100 目土壤筛。分别采用 pH 计和 DDSJ-308 型电导仪测定土壤 pH 值和电导率。将琵琶柴地上生物量和细根生物量于 65 ℃条件下烘干至恒重,测定干重。

1.4 数据分析

采用 *t* 检验法,比较两个琵琶柴群落特征及其土壤含水量、pH 值、容重、电导率、土壤温度、地上生物量和细根生物量的差异。

采用以下公式计算琵琶柴群落的物种多样性:

(1) 物种数目 s

(2) Shannon-Wiener 多样性指数

$$H = - \sum P_i \lg P_i$$

(3) Simpson 指数

$$S_d = \sum \{n_i(n_i - 1)\} / \{N(N - 1)\}$$

(i 为 1, 2, 3, ..., s)

(4) Pielou 均匀度指数

$$J = (- \sum P_{iw} \ln P_{iw}) / \ln s$$

(5) Sorenson 相似性系数

$$C_s = \frac{2j}{a + b}$$

式中, s 为物种总数, N 为全部物种个体总数; H 为香农-维纳多样性指数, P_i 为抽样个体属于某一物种的概率; S_d 为 Simpson 指数, n_i 为第 i 个物种的个体数, N 为全部物种个体总数; J 为 Pielou 均匀度指数, P_{iw} 为 n_i 的相对重要值(相对高度+相对盖度); C_s 为 Sorenson 相似性系数, j 为两群落或样地共有的种数, a 为群落 1 的物种数, b 为群落 2 的物种数。

数据分析检验均在 SPSS16.0 中完成。

2 结果

2.1 琵琶柴群落特征

两个琵琶柴群落物种数均较少, 群落 1 为 8 种, 包括琵琶柴和梭梭 2 个基本种, 全年均存在于群落之中; 猪毛菜和大花骆驼蹄瓣 (*Zygophyllum pota ninii*) 2 种夏雨型短命植物, 出现在夏雨较为集中的 6—8 月; 二色补血草 (*Limonium bicolor*)、兜藜 (*Pandertia turkestanica*)、角果藜和盐地碱蓬 (*Suaeda salsa*) 4 种类短命草本植物, 其中二色补血草、角果藜、兜藜出现在初春至 9 月, 盐地碱蓬出现于 6 月中旬至生长季结束。群落 2 物种数为 4 种, 包括琵琶柴、小果白刺、梭梭 3 种基本种, 猪毛菜 1 种夏雨型短命植物, 类短命植物未出现于群落之中。群落结构简单, 仅有灌木层和草本层。盖度较小, 群落 1 为 25%, 群落 2 为 35%。

由图 1 可见, 在主要生长季节两个琵琶柴群落的冠幅、盖度、高度随琵琶柴的生长大致呈递增趋势, 10 月份或有微量降低。两个琵琶柴群落除植株高度无明显差异外, 密度、冠幅、盖度、多度均存在显著差异。

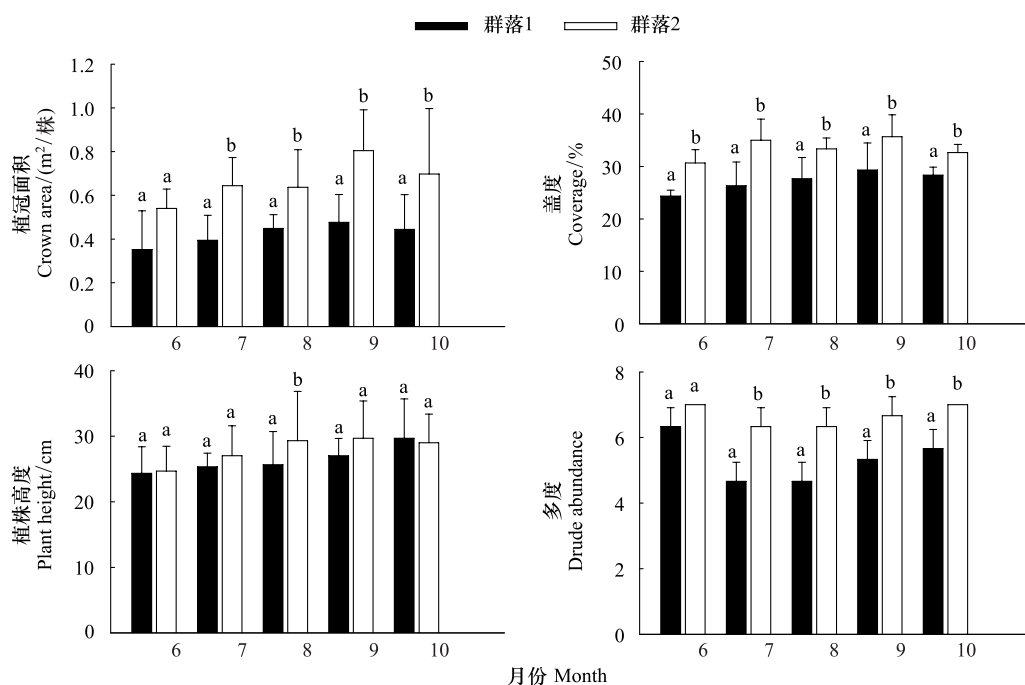


图 1 两个琵琶柴群落的植冠面积、盖度、多度、高度(平均值±标准误差)

Fig.1 Crown area, coverage, abundance and height of *Reaumuria soongorica* communities (mean ± SE)

不同字母表示在相同时间下两个群落指标存在显著差异

群落 1 和 2 平均地上生物量分别为 100.20、140.25 g/m², 平均细根生物量分别为 35.92、105.13 g/m²(图 2), 差异显著, 并表现出明显的季节变化。两个琵琶柴群落生物量变化规律相似, 6 月份最低,

随后逐渐升高, 在 9 月初达到峰值, 随后急剧下降; 群落 1 地上生物量与细根生物量变化均较群落 2 变化缓慢。

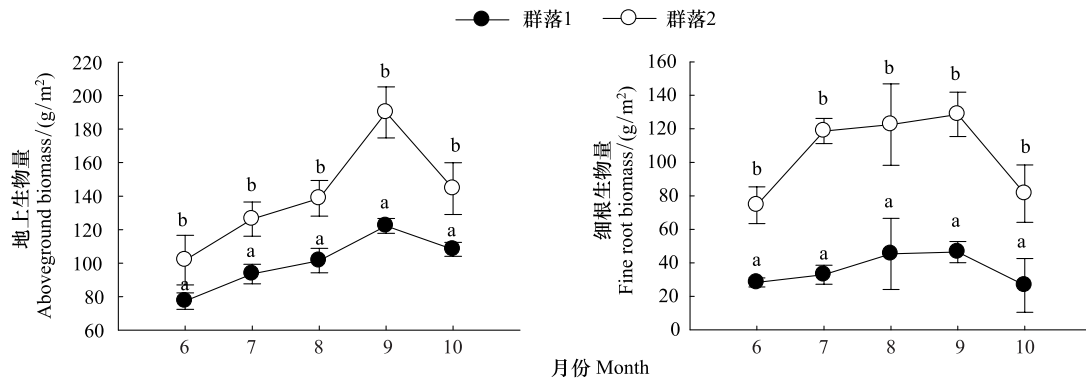


图 2 两个琵琶柴群落地上生物量、细根生物量季节变化(平均值±标准误差)

Fig.2 Seasonal variations of aboveground biomass and fine root biomass of *Reaumuria soongorica* communities (mean ± SE)

不同字母表示在相同时间下两个群落指标存在显著差异

由图 3 可见, 两个琵琶柴群落的物种数目相对较低, 群落 1 的物种数目明显大于群落 2。季节变化趋势一致, 6 月最低, 随后逐渐升高, 8 月达到最大, 之后逐渐下降。

就 Shannon-Wiener 指数而言, 群落 1 明显高于群落 2, 群落 1 的指数值由 6 月的 0.67 下降到 8 月的 0.43, 9 月后有所增加, 10 月再次下降。群落 2 指数

值从 6 月份到 10 月份变化趋势平缓。

对于 Simpson 指数, 除 6 月外, 群落 1 指数值均大于群落 2。季节变化与 Shannon-Wiener 多样性指数变化趋势相反。

两个群落 Pielou 均匀度指数季节变化趋势与 Shannon-Wiener 指数几乎一致, 不同之处是除 6 月外, 群落 1 指数值均比群落 2 低。

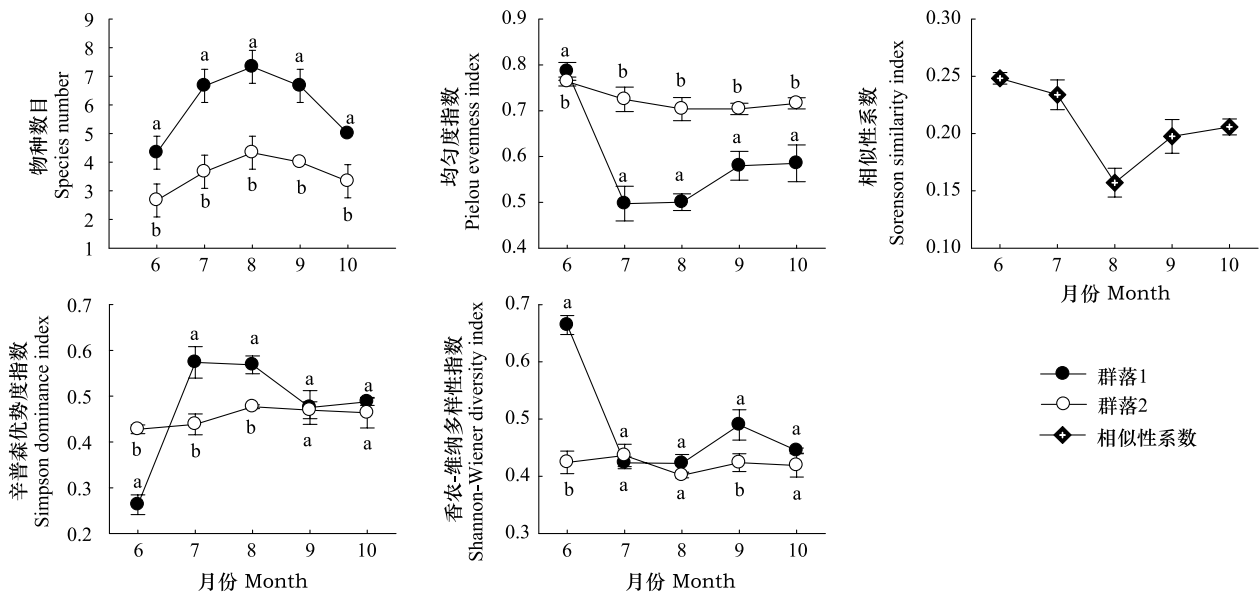


图 3 两个琵琶柴群落物种多样性季节变化(平均值±标准误差)

Fig.3 Seasonal variations of species diversity of *Reaumuria soongorica* communities (mean ± SE)

不同字母表示在相同时间下两个群落指标存在显著差异

两个琵琶柴群落的 Sorenson 相似性系数较低且季节波动大,平均值仅为 0.21,从 6 月的 0.25 降低至 8 月的 0.16,之后在 10 月增加到 0.20。

2.2 土壤理化性质

由图 4 可见,除土壤容重外,群落 1 电导率、pH 值、含水量都明显低于群落 2。两个群落浅层电导率(0—20 cm)差异较大,深层(20—100 cm)差异明显减小。在 1 m 深度内,群落 1 和群落 2 的平均电导率分别为 3.24、4.10 ms/cm,且随土壤深度的增加,表现出先增加再减小随后增加的变化过程。

两个群落 1 m 内的土壤 pH 值随深度的增加表现为先增大后减小的趋势。群落 1 的 pH 值变化范围为 8.3—9.0,平均大小为 8.73;群落 2 的 pH 值范

围变化为 9.1—9.7,平均大小为 9.32。

群落 2 土壤发生高强度盐胀反应,表层(0—10 cm)疏松,土壤容重较小,仅为 0.9 g/cm^3 ,随土壤深度增加,表现出逐渐增大的趋势。群落 1 土壤表现出一定的板结现象,表层土壤容重较大,随土壤深度的增加土壤容重先降低后逐渐增加,超过 40 cm 以后容重增加趋势变缓。

群落 1 的土壤含水量明显低于群落 2,从表层的 0.79% 增加到 1 m 处的 7.04%,表层土壤含水量较低,约为 1%,超过 20 cm 后逐渐达到 6% 以上,30 cm 以后增加不明显。群落 2 表层土壤含水量亦较低,但达到 2% 左右,深度超过 10 cm 后达到 6%,40 cm 深度时达到 12%,其后增加不明显。

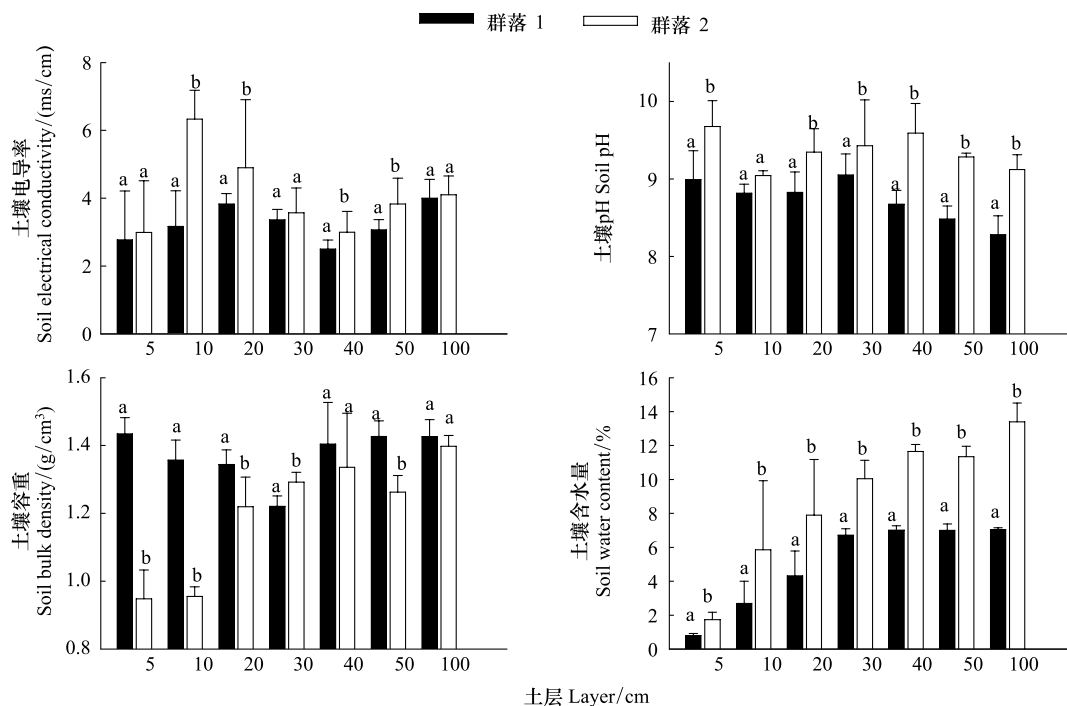


图 4 琵琶柴群落不同层次土壤电导率、pH 值、容重和含水量 (平均值±标准误差)

Fig.4 Soil electrical conductivity, pH, bulk density, soil water content of two *Reaumuria soongorica* communities (mean±SE) in different soil layers

不同字母表示在相同时间下两个群落指标存在显著差异

2.3 物种多样性与土壤因子的关系

表 2 显示了群落 1 各多样性指数与土壤因子的关系。Shannon 指数、Pielou 均匀度指数均随土壤含水量增加而增加,随土壤电导率和土壤 pH 值的增大而减小,Simpson 指数表现出相反的变化趋势。此外,仅 Shannon 指数与土壤容重的拟合达到了显著

水平,生物多样性指数与土壤温度的关系不显著。

表 3 显示了群落 2 各多样性指数与土壤因子的关系。其中仅 Pielou 均匀度指数随土壤容重、土壤电导率和土壤 pH 值的增加而减小,Simpson 指数随土壤容重和土壤电导率的增加而增大,其它多样性指数与土壤因子之间不存在显著关系。

表 2 群落 1 多样性指数与土壤含水量、容重、电导率、pH 值、容重的回归方程

Table 2 Regression equations of diversity index and soil factors of community 1

自变量 Independent variables	因变量 Dependent variables	样本数 Number of samples	回归方程 Regression equation	R^2
含水量 Water content	物种数目	15	$y = 4.7512 + 0.2020x$	0.0142
	Shannon 指数	15	$y = -0.0899 + 0.0936x$	0.5309 **
	Pielou 指数	15	$y = -0.1734 + 0.1234x$	0.6673 **
	Simpson 指数	15	$y = 1.2811 - 0.1306x$	0.6616 **
土壤容重 Soil bulk density	物种数目	15	$y = 8.9368 - 2.1853x$	0.0059
	Shannon 指数	15	$y = 2.1058 - 1.2031x$	0.3098 *
	Pielou 指数	15	$y = 2.3180 - 1.1522x$	0.2056
	Simpson 指数	15	$y = -1.2714 + 1.2985x$	0.2311
电导率 Electrical conductivity	物种数目	15	$y = 6.2360 - 0.0729x$	0.0003
	Shannon 指数	15	$y = 1.1468 - 0.2033x$	0.4477 **
	Pielou 指数	15	$y = 1.3215 - 0.2262x$	0.4011 *
	Simpson 指数	15	$y = -0.3132 + 0.2432x$	0.4102 *
土壤 pH Soil pH	物种数目	15	$y = 1.1267 - 3.8344x$	0.0174
	Shannon 指数	15	$y = 3.5136 - 0.3486x$	0.2898 *
	Pielou 指数	15	$y = 4.3639 - 0.4324x$	0.3226 *
	Simpson 指数	15	$y = -3.4295 + 0.4472x$	0.3053 *
土壤温度 Soil temperature	物种数目	15	$y = 6.6129 - 0.0261x$	0.0095
	Shannon 指数	15	$y = 0.4650 + 0.0001x$	0.0025
	Pielou 指数	15	$y = 0.669 - 0.0034x$	0.0203
	Simpson 指数	15	$y = 0.3964 + 0.0033x$	0.0167

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

表 3 群落 2 多样性指数与土壤含水量、容重、电导率、pH 值、容重的回归方程

Table 3 Regression equations of diversity index and soil factors of community 2

自变量 Independent variables	因变量 Dependent variables	样本数 Number of samples	回归方程 Regression equation	R^2
含水量 Water content	物种数目	15	$y = 3.3256 + 0.0311x$	0.0013
	Shannon 指数	15	$y = 0.4440 - 0.0026x$	0.0149
	Pielou 指数	15	$y = 0.6209 + 0.0115x$	0.1274
	Simpson 指数	15	$y = 0.4612 - 0.0007x$	0.0005
土壤容重 Soil bulk density	物种数目	15	$y = 3.5465 + 0.0442x$	0.0049
	Shannon 指数	15	$y = 0.4541 - 0.0272x$	0.0148
	Pielou 指数	15	$y = 0.9395 - 0.1791x$	0.2828 *
	Simpson 指数	15	$y = 0.2258 + 0.1892x$	0.3560 *
电导率 Electrical conductivity	物种数目	15	$y = 4.0599 - 0.1121x$	0.0013
	Shannon 指数	15	$y = 0.5018 - 0.0197x$	0.0639
	Pielou 指数	15	$y = 1.0070 - 0.0694x$	0.3504 *
	Simpson 指数	15	$y = 0.2242 + 0.0563x$	0.2903 *
土壤 pH Soil pH	物种数目	15	$y = 9.2762 - 0.6088x$	0.0232
	Shannon 指数	15	$y = 0.4180 + 0.0003x$	0.0001
	Pielou 指数	15	$y = 1.7569 - 0.1110x$	0.5438 **
	Simpson 指数	15	$y = -0.1132 + 0.0610x$	0.1851
土壤温度 Soil temperature	物种数目	15	$y = 4.5409 - 0.0405x$	0.0836
	Shannon 指数	15	$y = 0.4124 + 0.0004x$	0.0114
	Pielou 指数	15	$y = 0.7070 + 0.0007x$	0.0157
	Simpson 指数	15	$y = 0.4857 - 0.0013x$	0.0697

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

由表 4 可见,pH 值、土壤含水量进入群落 1 Shannon 指数、Pielou 指数、Simpson 指数与土壤因子的逐步回归方程中。pH 值进入群落 2 Pielou 指数与

土壤因子的逐步回归方程;电导率、土壤含水量进入 Simpson 指数与土壤因子的逐步回归方程。

表 4 多样性指数与影响因素的逐步回归分析

Table 4 Stepwise regression analysis between diversity index and effect factors

群落 Communities	多样性指数 Diversity index	逐步回归方程 Stepwise regression equation	R^2	P
1	Shannon 指数(H)	$H = 1.773 + 0.101W - 0.215pH$	0.938	<0.01
	Pielou 指数(J)	$J = 1.979 + 0.120W - 0.242pH$	0.922	<0.01
	Simpson 指数(Sd)	$Sd = -0.921 - 0.131W + 0.250pH$	0.929	<0.01
2	Pielou 指数(J)	$J = 1.909 - 0.127pH$	0.676	<0.01
	Simpson 指数(Sd)	$Sd = -0.104 + 0.104E + 0.015W$	0.758	<0.01

W:土壤含水量(%); pH: 土壤 pH; E:土壤电导率(ms/cm)

2.4 细根生物量与土壤因子的关系

由图 5 可见,群落 1 细根生物量与土壤容重关系显著。群落 2 细根生物量与土壤容重关系不显著。

群落 1 细根生物量随电导率的增加而逐渐增加,在电导率 3.6 ms/cm 处达到峰值后缓慢下降。

群落 2 表现出完全不同的规律,细根生物量随电导率增加近直线增加。

群落 1 细根生物量随 pH 值增加先增加后下降,在 pH 值为 9.10 时达到最大。群落 2 细根生物量在可见 pH 值范围内,随 pH 值的增加而增加,但增加速率逐渐变慢。

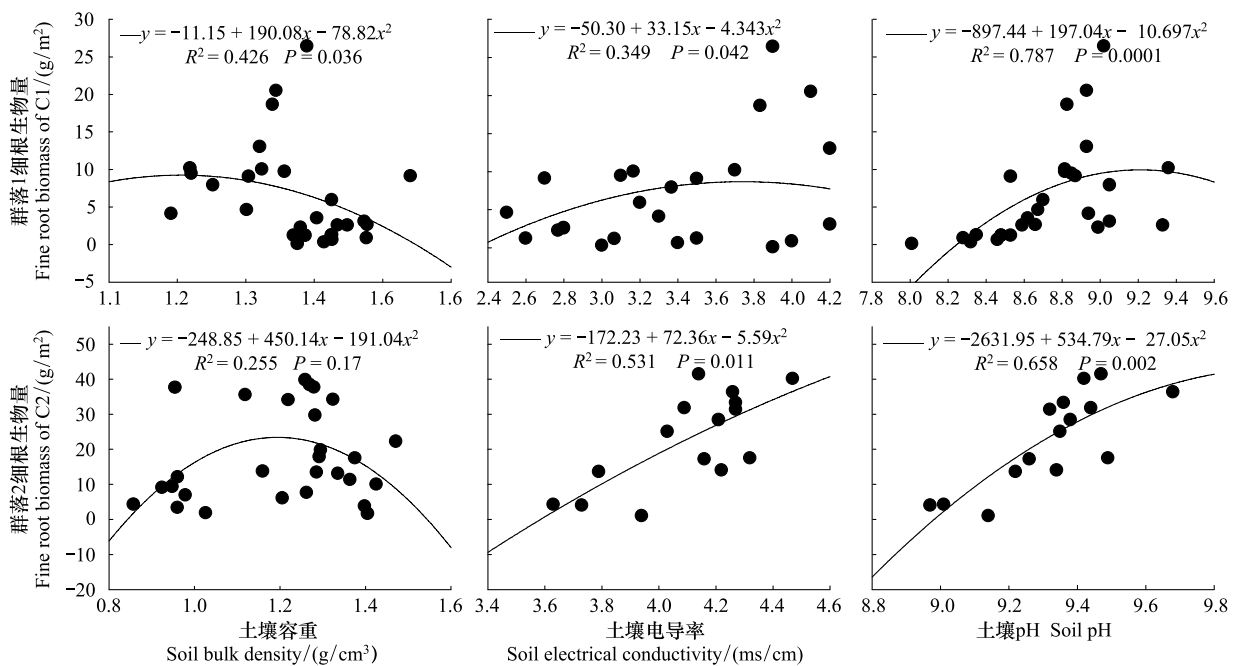


图 5 两个琵琶柴群落细根生物量与土壤容重、电导率、pH 的回归方程

Fig.5 Regression equations of fine root biomass and soil bulk density, soil electrical conductivity, soil pH

由表 5 可见,pH、电导率进入群落 1 细根生物量逐步回归方程。土壤 pH 值、土壤电导率和土壤含水量进入了与群落 2 细根生物量逐步回归方程中。

2.5 地上生物量与土壤因子的关系

由图 6 可见,群落 1 地上生物量与土壤含水量

关系显著,随土壤含水量的增加逐渐增加,在含水量为 6.09%达到最大值后地上生物量开始下降。群落 2 地上生物量与土壤含水量关系不显著。群落 1 和群落 2 地上生物量与土壤容重关系均显著,随土壤容重的增加地上生物量不断增大。群落 1 和群落 2

表 5 细根生物量与影响因素的逐步回归分析

Table 5 Stepwise regression analysis between fine root biomass and effect factors			
群落 Communities	逐步回归方程 Stepwise regression equation	R^2	P
1	$Fr = -851.205 + 102.802pH + 24.784E$	0.746	<0.01
2	$Fr = -759.034 + 83.339pH + 26.559E - 2.468W$	0.669	<0.01

Fr: 细根生物量(g/m²); W: 土壤含水量(%); pH: 土壤 pH; E: 土壤电导率(ms/cm)

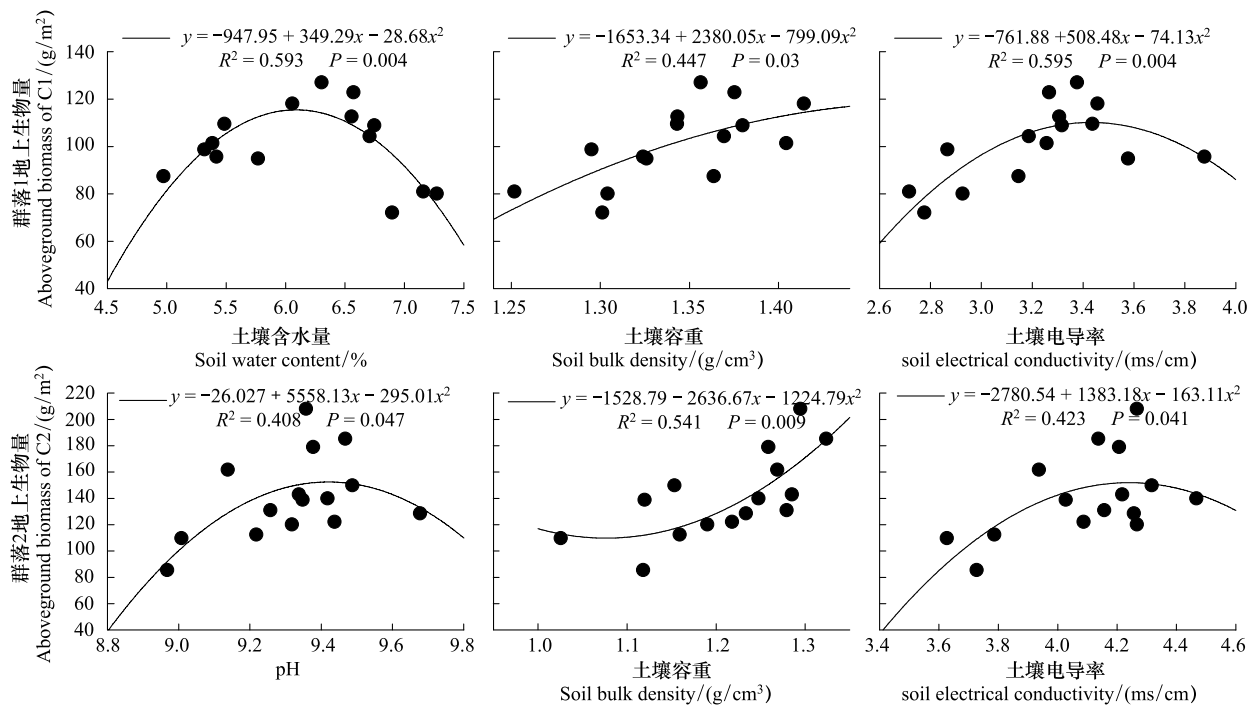


图 6 两个琵琶柴群落细根生物量与土壤含水量、土壤容重、电导率、pH 值的回归方程

Fig.6 Regression equations of fine root biomass and soil water content, soil bulk density, soil electrical conductivity, soil pH

地上生物量均随电导率的增加先增大后逐渐降低。由表 6 可见,pH 值、土壤温度和土壤含水量进入群落 1 地上生物量逐步回归方程。群落 2 仅有土壤容重进入地上生物量逐步回归方程中。

群落 1 地上生物量与土壤 pH 值关系不显著,群落 2 地上生物量随土壤 pH 值的增加逐渐增加,在 pH 值 9.42 时达到最大值后开始下降。

表 6 地上生物量与影响因素的逐步回归分析

Table 6 Stepwise regression analysis between aboveground biomass and effect factors			
群落 Communities	逐步回归方程 Stepwise regression equation	R^2	P
1	$B = -38.58 + 43.126pH - 6.254T - 13.288W$	0.865	<0.01
2	$B = -230.39 + 309.02R$	0.545	<0.01

B: 地上生物量(g/m²); W: 土壤含水量(%); pH: 土壤 pH; R: 土壤容重(g/cm³)

3 讨论

3.1 琵琶柴群落物种多样性

物种多样性是度量生态系统结构、功能的主要指标^[12],其大小影响着群落的生产力和生态系统稳

定性^[13]。气候变化、人类干扰、极端环境、环境异质性和生物间的相互作用决定着植物群落组成和多样性变化^[14]。

本研究中群落 1 与群落 2 的多样性指标在时间和空间尺度上均表现出较大的差异,主要与群落 1

7、8 月份有大量夏雨型短命草本植物出现,群落 2 此类植物鲜有出现相关。因此,猪毛菜、大花骆驼瓣、角果藜、二色补血草等夏雨型草本植物在 7、8 月的大量出现导致群落 1 的物种数目、Simpson 指数显著增加,Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数、Sorenson 相似性系数显著降低。群落 1 中 6 月和 9、10 月草本植物的种类、个体总数虽不及 7、8 月多,但均匀度较大,Shannon-Wiener 指数亦较大。Simpson 指数表现出与 Shannon-Wiener 指数相反的趋势。

群落 2 因其土壤表面蓬松和高盐高碱的影响,限制了其它植物种子的萌发,夏雨型草本植物仅有极少量猪毛菜出现,对多样性指数的影响较小。群落 2 较群落 1 组成简单且植物个体总数少,受物种数目和个体总数的共同影响,Pielou 均匀度指数在整个生长季节均较群落 1 大。受均匀度、物种数目和个体总数的共同影响,群落 2 Shannon-Wiener 指数在整个生长季呈平缓下降趋势,Simpson 指数呈平缓上升趋势。

研究区域海拔变化较小,气候条件、人类活动干扰类似,表现为土壤环境条件对更多物种生存的限制,特别是土壤水盐的空间异质性是限制本地区植物群落分布的主要原因。琵琶柴群落物种 Shannon-Wiener 多样性和 Pielou 均匀度随土壤电导率和 pH 值的增大显著降低,这与顾雪峰关于土壤盐渍化是限制阜康绿洲植物群落分布和生物多样性主要原因的结论类似^[15]。因此,可以认为由于土壤盐碱化程度较高,土壤盐分含量和土壤 pH 值限制了三工河流域琵琶柴群落生物多样性的发展,决定着种群繁衍和群落演替。

3.2 琵琶柴生物量

生物量是评价生态系统功能的重要参数之一,生物量对研究生态系统的碳循环和营养物质分配具有重要意义^[16]。一般而言,荒漠生态系统由于受极端环境的影响,植物群落物种多样性小、植被分布稀疏、盖度小、生物量较低。本文中琵琶柴群落 1 和群落 2 地上生物量的平均值分别为 100.20、140.25 g/m²,大于赵成义、刘速报道的 55.55、63.63 g/株的结果^[17-18],但小于马茂华报道的 295.6 g/m²^[19]。琵琶柴群落 1 和群落 2 细根生物量平均为 35.92、105.13 g/m²小于 Jackson 等报道的全球荒漠生态系统细根生物量(270 g/m²)^[20],这可能与本文琵琶柴

群落分布于极端干旱区有关,但本文结果与裴志琴等报道的琵琶柴群落细根生物量(54.51 g/m²)^[21]接近。

造成植物生物量不同的直接原因是降水、温度、光照、海拔高度、土壤等因素,本实验中两个植物群落除了土壤性质差异之外,其它环境因子基本一致,因此土壤因子是造成琵琶柴细根生物量不同的主要原因。细根生物量是生物量的重要组成部分^[22],对土壤因子的变化响应灵敏,其生长对整个群落生物量的影响十分明显^[23]。本文结果表明细根生物量与土壤容重、pH 值和电导率具有显著的相关性,与土壤含水量和土壤温度相关性不明显。琵琶柴群落 1 和群落 2 的平均土壤容重分别为 1.36、1.21 g/cm³,由于群落 1 具有较大的土壤容重,降低了土壤孔隙度和氧气含量,导致土壤微生物、有机质等含量减少,限制了植物根系的伸展,降低了水分和养分的利用效率。因此,导致细根生物量降低。

琵琶柴为耐盐碱植物,通过 Na⁺ 和 K⁺ 含量的增加而调节渗透势以适应土壤盐度的增加^[10]。何玉惠认为琵琶柴可以在高盐碱条件下生长良好^[24],并具有极强的抗盐、抗干旱能力^[19],耐盐能力越强的盐生植物,其根际的盐分富集程度也更大^[25]。周航宇采用 150mmol/L 的盐溶液处理琵琶柴后,地上部分干重增加 18%^[10],表明适当的盐分处理可以促进琵琶柴植株地上部分的生长。谭会娟等发现 100—150 mmol/L 的 NaCl 可以显著促进琵琶柴愈伤组织的生长^[26]。杨成龙等认为 Na⁺ 和 Cl⁻ 具有促进盐生植物的生长和地上部分器官肉质化的作用^[27]。一些学者在霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*)、细叶滨藜(*Atriplex gmelini*)和盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)等一些盐生植物中也发现了类似的现象^[7,28]。因此适当浓度的土壤盐碱可以促进琵琶柴细根的生长和生物量的增加,群落 2 因其具有较高的盐分含量和 pH 值,促进作用较群落 1 更为明显,其机理仍需进一步研究。

综上所述,干旱区琵琶柴群落受土壤环境条件的影响,物种种类少、结构简单,生物多样性低,较高的土壤含水量可以增加琵琶柴群落生物多样性,土壤盐碱化是影响植物群落和生物多样性的主要因素;土壤容重、pH 值和土壤盐分含量是造成两个琵琶柴群落生长和多样性差异的主要因素,较高的土

壤容重抑制琵琶柴群落根系的生长,轻度的干旱胁迫促进地上生物量的积累,一定浓度的土壤 pH 值和土壤盐分可以促进琵琶柴根系的生长和生物量的增加。

References:

- [1] Grime J P, Brown V K, Thompson K, Masters G J, Hillier S H, Clarke I P, Askew A P, Corker D, Kiely J P. The response of two contrasting limestone grasslands to simulated climate change. *Science*, 2000, 289(5480): 762-765.
- [2] Brooker R W. Plant-plant interactions and environmental change. *New Phytologist*, 2006, 171(2): 271-284.
- [3] Woodward E I, Williams B G. Climate and plant distribution at global and local scales. *Vegetatio*, 1987, 69(1/3): 189-197.
- [4] Ariza C, Tielbörger K. An evolutionary approach to studying the relative importance of plant-plant interactions along environmental gradients. *Functional Ecology*, 2011, 25(4): 932-942.
- [5] Kramer H A C, Montgomery D M, Eckhart V M, Geber M A. Environmental and dispersal controls of an annual plant's distribution: how similar are patterns and apparent processes at two spatial scales?. *Plant Ecology*, 2011, 212(11): 1887-1899.
- [6] Schlesinger W H, Pilmanis A M. Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochemistry*, 1998, 42(1/2): 169-187.
- [7] Ma Q, Yue L J, Zhang J L, Wu G Q, Wang S M. Sodium chloride improves photosynthesis and water status in the succulent xerophyte *Zygophyllum xanthoxylum*. *Tree Physiology*, 2011, 32(1): 4-13.
- [8] Sperry J S, Hacke U G. Desert shrub water relations with respect to soil characteristics and plant functional type. *Functional Ecology*, 2002, 16(3): 367-378.
- [9] Li Y, Cohen Y, Fuchs M, Wallach R, Cohen S, Fuchs M. On quantifying soil water deficit of a partially wetted root zone by the response of canopy or leaf conductance. *Agricultural Water Management*, 2004, 6(1): 21-38.
- [10] Zhou H Y, Bao A K, Du B Q, Wang S M. The physiological mechanisms underlying how eremophyte *Reaumuria soongorica* responses to severe NaCl stress. *Pratacultural Science*, 2012, 29(1): 71-75.
- [11] Zhang B, Meng B, Hao J X, Ding W H. Heterogeneity of soil moisture and salt Contents and its eco-environmental effects in oasis-desert belt in arid zone-Taking Zhangye oasis in the middle reaches of Heihe River as a case study. *Journal of Desert Research*, 2006, 26(1): 81-84.
- [12] Tylianakis J M, Tschamtker T, Klein A M. Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid-host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 2006, 87(12): 3047-3057.
- [13] Tilman D. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*, 2000, 405(6783): 208-211.
- [14] He J S, Chen W L. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 91-99.
- [15] Song C Y, Guo K, Liu G H. Relationships between plant community's species diversity and soil factors on Otingdag sandy land. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(1): 8-13.
- [16] Potter C S. Terrestrial biomass and the effects of deforestation on the global carbon cycle. *BioScience*, 1999, 49(10): 769-778.
- [17] Zhao C Y, Song Y D, Wang Y C, Jiang P A. Estimation of aboveground biomass of desert plants. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 49-52.
- [18] Liu S, Liu X Y. The estimating model of upper plant weight on *Reaumuria soongorica* semishrub. *Arid Zone Research*, 1996, 13(1): 36-41.
- [19] Ma M H, Kong L S. The bio-ecological characteristics of *Reaumuria soongorica* on the border of oasis at Hutubi, Xinjiang. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(3): 237-224.
- [20] Jackson R B, Mooney H A, Schulze E D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1997, 94(4): 7362-7366.
- [21] Pei Z Q, Zhou Y, Zheng Y R, Xiao C W. Contribution of fine root turnover to the soil organic carbon cycling in a *Reaumuria soongorica* community in an arid ecosystem of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2011, 35(11): 1182-1191.
- [22] Lukac M, Godbold D L. Fine root biomass and turnover in southern taiga estimated by root inclusion nets. *Plant and Soil*, 2010, 331(1/2): 505-513.
- [23] King J S, Albaugh T J, Allen H L, Buford M, Strain B R, Dougherty P. Below-ground carbon input to soil is controlled by nutrient availability and fine root dynamics in loblolly pine. *New Phytologist*, 2002, 154(2): 389-398.
- [24] He Y H, Liu X P, Xie Z K. Effects of *Reaumuria soongorica* on its underlying soil properties and herb plant characteristics. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(11): 2432-2436.
- [25] Yi L P, Ma J, Li Y. Soil salt and nutrient concentration in the rhizosphere of desert halophytes. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(9): 3565-3571.
- [26] Tan H J, Jia R L, Liu Y B, Zhao X, Li X R. Characters of ions accumulation in *Reaumuria soongorica* callus under salt stress. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(6): 1305-1310.
- [27] Yang C L, Duan R J, Li R M, Hu X W, Fu S P, Guo J C. The physiological characteristics of salt-tolerance in *Sesuvium portulacastrum* L.. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(17): 4617-4627.
- [28] Bajji M, Kinet J M, Lutts S. Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant Science*, 1998, 137(2): 137-142.

参考文献:

- [10] 周航宇, 包爱科, 杜宝强, 王锁民. 荒漠植物红砂响应高浓度 NaCl 的生理机制. 草业科学, 2012, 29(1): 71-75.
- [11] 张勃, 孟宝, 郝建秀, 丁文晖. 干旱区绿洲-荒漠带土壤水盐异质性及生态环境效应研究——以黑河中游张掖绿洲为例. 中国沙漠, 2006, 26(1): 81-84.
- [14] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.
- [15] 宋创业, 郭柯, 刘高焕. 浑善达克沙地植物群落物种多样性与土壤因子的关系. 生态学杂志, 2008, 27(1): 8-13.
- [17] 赵成义, 宋郁东, 王玉潮, 蒋平安. 几种荒漠植物地上生物量估算的初步研究. 应用生态学报, 2004, 15(1): 49-52.
- [18] 刘速, 刘晓云. 琵琶柴 (*Reaumuria soongorica*) 地上植物量的估测模型. 干旱区研究, 1996, 13(1): 36-41.
- [19] 马茂华, 孔令韶. 新疆呼图壁绿洲外缘的琵琶柴生物生态学特性研究. 植物生态学报, 1998, 22(3): 237-244.
- [21] 裴智琴, 周勇, 郑元润, 肖春旺. 干旱区琵琶柴群落细根周转对土壤有机碳循环的贡献. 植物生态学报, 2011, 35(11): 1182-1191.
- [24] 何玉惠, 刘新平, 谢忠奎. 红砂灌丛对土壤和草本植物特征的影响. 生态学杂志, 2011, 30(11): 2432-2436.
- [25] 弋良朋, 马健, 李彦. 荒漠盐生植物根际土壤盐分和养分特征. 生态学报, 2007, 27(9): 3565-3571.
- [26] 谭会娟, 贾荣亮, 刘玉冰, 赵昕, 李新荣. NaCl 胁迫下红砂愈伤组织中主要离子累积特征的研究. 中国沙漠, 2010, 30(6): 1305-1310.
- [27] 杨成龙, 段瑞军, 李瑞梅, 胡新文, 符少萍, 郭建春. 盐生植物海马齿耐盐的生理特性. 生态学报, 2010, 30(17): 4617-4627.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.4 Feb., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The bioavailability of dissolved organic carbon in the eutrophic lakes YE Linlin, KONG Fanxiang, SHI Xiaoli, et al (779)
- Plant species of the non-agricultural habitats in the lower reaches of the Yellow River plain agro-landscape
..... LU Xunling, LIANG Guofu, TANG Qian, et al (789)

Autecology & Fundamentals

- Manganese stress on the ultrastructures of a manganese tolerant plant, *Polygonum perfoliatum* L.
..... WANG Jun, WU Hui, XUE Shengguo, et al (798)
- Characteristics of arsenic (As) tolerance and accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes with different radial oxygen loss
..... WU Chuan, MO Jingyu, XUE Shengguo, et al (807)
- Effects of water stress on physiological characteristics of different *Illicium lanceolatum* ecotypes under low light intensity
..... CAO Yonghui, ZHOU Benzhi, CHEN Shuanglin (814)
- Effect of branch number on the growth and development of *Morus alba* saplings ... HUAN Huihui, XU Xiao, LIU Gang, et al (823)
- Spatial distribution pattern and sampling technique for *Orthotylus* (*O.*) *sophorae* nymphs on *Sophora japonica*
..... ZHU Huiying, SHEN Ping, WU Jianhua, et al (832)
- Assessment of fungal diversity in apple replanted orchard soils by T-RFLP analysis
..... YIN Chengmiao, WANG Gongshuai, LI Yuanyuan, et al (837)
- Effects of dazomet on edaphon and growth of *Malus hupehensis* rehd. under continuous apple cropping
..... LIU Entai, LI Yuanyuan, HU Yanli, et al (847)
- Isolation, identification, and performance of two pyrene-degrading endophytic bacteria SUN Kai, LIU Juan, LI Xin, et al (853)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of different temperatures on the growth and development of *Eotetranychus Kankitus* (Ehara)
..... LI Yingjie, WANG Ziyang, ZHANG Guohao, et al (862)
- Effect of available burrow densities of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) on plant niche of alpine meadow communities in the
Qinghai-Tibet Plateau JIA Tingting, MAO Liang, GUO Zhenggang (869)
- Correlation between characteristics of *Reaumuria soongarica* communities and soil factors in the Sangong River basin
..... ZHAO Xuechun, LAI Liming, ZHU Linhai, et al (878)
- Effects of afforestation on soil microbial community structure in the arid valley of Minjiang River
..... WANG Weixia, LUO Da, SHI Zuomin, et al (890)
- Effects of reclamation on tidal flat and land use on soil microbial community
..... LIN Li, CUI Jun, CHEN Xueping, FANG Changming (899)
- Effects of *Pomacea canaliculata* on aquatic macrophyte community structure in paddy fields
..... ZHAO Benliang, ZHANG Jiaen, DAI Xiaoyan, et al (907)
- The adaptability and decontamination effect of four kinds of woody plants in constructed wetland environment
..... CHEN Yonghua, WU Xiaofu, HAO Jun, et al (916)
- Carbon budget of alpine *Potentilla fruticosa* shrubland based on comprehensive techniques of static chamber and biomass harvesting ...
..... LI Hongqin, LI Yingnian, ZHANG Fawei, et al (925)
- Effect of initial pH value on microbial Fe (III) reduction in alkaline and acidic paddy soils ... WU Chao, QU Dong, LIU Hao (933)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Climate environmental change and stable carbon isotopes in age layers of *Tamarix* sand-hillocks in Kumtag desert
..... ZHANG Jinchun, YAO Tuo, LIU Changzhong, et al (943)

Resource and Industrial Ecology

- The critical factors of transpiration on muskmelon in plastic greenhouse ZHANG Dalong, CHANG Yibo, LI Jianming, et al (953)
- Ion absorption and distribution of symbiotic *Reaumuria soongorica* and *Salsola passerina* seedlings under NaCl stress ZHAO Xin, YANG Xiaojun, SHI Yong, et al (963)
- The relationship between selected rhizosphere and non-rhizosphere soil properties and the quality of *Pyrola decorata* GENG Zengchao, MENG Lingjun, LIU Jianjun (973)
- Spatial variation analysis of soil organic matter and nutrient factor for before and after planting crops FANG Bin, WU Jinfeng (983)

Urban, Rural and Social Ecology

- Establishment and application of the index system for urban river health assessment DENG Xiaojun, XU Youpeng, ZHAI Luxin, et al (993)
- Dynamic analysis of the ecological footprint and carrying capacity of tibet AN Baosheng, CHENG Guodong (1002)

Research Notes

- Responses of soil microorganisms and soil enzyme activities to different land use patterns in the water-level-fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir region MA Peng, LI Changxiao, LEI Ming, et al (1010)
- Effects of salt stress on growth and root development of two oak seedlings WANG Shufeng, HU Yunxue, SUN Haijing, et al (1021)
- The effects of constant and variable thermal acclimation on thermal tolerance of the common giant toad tadpoles (*Bufo gargarizans*) ... WANG Lizhi (1030)

《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

本期责任副主编 董 鸣 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 4 期 (2014 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 4 (February, 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	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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元