

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

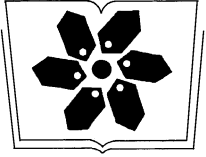
Acta Ecologica Sinica



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 and 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/stxb201306011266

李晓强, 殷秀琴, 孙立娜. 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征. 生态学报, 2014, 34(2): 442-450.
Li X Q, Yin X Q, Sun L N. Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 442-450.

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¹, 殷秀琴^{1,2,*}, 孙立娜¹
(1. 东北师范大学地理科学学院, 长春 130024; 2. 吉林省动物资源保护与利用重点实验室, 长春 130024)

摘要:大型土壤动物处于整个土壤食物网的最顶端,其各功能类群控制着其他动物所需资源的有效性,是土壤生态系统的重要组成部分。为了查明松嫩草原大型土壤动物的功能类群特征,在2006年5—10月期间,逐月对松嫩草原羊草、羊草+虎尾草、虎尾草、碱茅、碱蓬和光碱斑6个演替阶段大型土壤动物的功能类群组成、结构、多样性等特征进行研究。依据其食性将该区土壤动物划分为杂食性、植食性、捕食性和腐食性4个功能类群其中,杂食性土壤动物个体密度所占比例最多为39.16%,植食性土壤动物的类群数所占比例最多为50.00%,腐食性土壤动物个体密度和类群数所占比例均最小,分别为8.09%和12.82%。各功能类群土壤动物个体密度和类群数的相关性不显著($P>0.05$)。从水平结构来看,总体上各功能类群土壤动物在羊草群落和羊草+虎尾草群落个体密度和类群数较多,在无植被的光碱斑生境土壤动物的个体密度和类群数较少,植食性土壤动物的个体密度和类群数、杂食性土壤动物个体密度、腐食性土壤动物个体密度和类群数随着群落演替发生显著的变化($P<0.01$)。植食性和腐食性土壤动物个体密度和类群数相关性显著($P<0.05$)。垂直结构上,0—10 cm土层和20—30 cm土层除捕食性土壤动物个体密度以外,其它各功能类群土壤动物个体密度随着群落演替发生显著的变化($P<0.05$ 或 $P<0.01$);10—20 cm土层,除腐食性土壤动物个体密度以外,其它各功能类群土壤动物个体密度随着群落演替发生显著的变化($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。0—10 cm土层,植食性和杂食性土壤动物个体密度($P<0.05$)相关性显著;10—20 cm土层,植食性和腐食性土壤动物个体密度($P<0.05$)相关性显著。不同演替阶段对各功能类群土壤动物的多样性影响程度有所不同。4种功能类群土壤动物在羊草群落和光碱斑之间相似性指数较低,个体数量组成在演替初期的羊草群落和演替后期的光碱斑差异比较大。以上研究结果表明,松嫩草原不同退化演替阶段能够降低大型土壤动物功能类群组成和结构复杂性。

关键词:大型土壤动物;功能类群;演替;松嫩草原

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China

LI Xiaoqiang¹, YIN Xiuqin^{1,2,*}, SUN Lina¹
1 School of Geographical Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China
2 Jilin Key Laboratory of Animal Resource Conservation and Utilization, Changchun 130024, China

Abstract: Soil macro-fauna play an important role in soil ecosystems. They are at the top of the entire food web and regulate the availability of resources for other animals by changing biotic or abiotic materials. Knowledge of soil macro-faunal guild characteristics is crucial to understanding soil food webs. On the Songnen grassland, located on the northeastern grassland area of China, above ground succession of vegetation can markedly change with soil fauna. The effect of this degradation on the structure and diversity of the below ground soil faunal guild is unknown. In the present study, an investigation of the composition, structure and diversity of the soil macro-faunal guild was conducted in the Songnen grassland with six successional stages (*Leymus chinensis* community; *Leymus chinensis*+*Chloris virgata* community, *Chloris virgata* community,

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40871120,41171207)
收稿日期:2013-06-01; 修订日期:2013-11-04
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: yinxq773@nenu.edu.cn

Puccinellia distans community, *Suaeda glauca* community and Bare alkali-saline patch). Six observations were conducted from May to October 2005 and four samples in a 50 cm × 50 cm area were investigated in six successional stages each time. Hand collection methods were used to collect soil macro-fauna with soil macro-faunal guilds subdivided based on their feeding habits. The results showed that macro-fauna were divided into four guilds based on their feeding habits, i.e., omnivore, herbivore, predator and detritivore. Omnivore and herbivore were the predominant guilds, accounting for 39.16% and 50.00% in term of the total individual and group numbers, respectively. Detritivore occurrence was rare. The correlations between individual and group numbers were not significant ($P>0.05$). In general, the *Leymus chinensis* community and *Leymus chinensis*+*Chloris virgata* communities had the largest number of individual and group number among the four guilds, whereas the bare alkali-saline patch was rare. Significant successional stage effects were recorded in individual and group numbers of herbivore, individual numbers of omnivore and individual and group numbers of detritivore ($P<0.01$). There were positive correlations between individual and group numbers of herbivore and detritivore at different successional stages ($P<0.05$). In the 0—10 cm and 20—30 cm depth, significant successional stage effects were recorded in the individual numbers of guilds, except predator ($P<0.05$ or $P<0.01$). In the 10—20 cm depth, significant successional stage effects were recorded in individual numbers of guilds, except detritivore ($P<0.05$ or $P<0.01$), and there were positive correlations between individual numbers of herbivore and detritivore at different successional stages ($P<0.05$). In the 0—10 cm depth, there were positive correlations between individual numbers of herbivore and omnivore at different successional stages ($P<0.05$), whereas, in the 20—30 cm depth, there were negative correlations between the individual numbers of the four guilds at different successional stages ($P>0.05$). The results of the different guilds diversity analysis showed successional stages had different influences on diversity. Significant successional stage effects were recorded in the Margalef index (D) of herbivore ($P<0.01$); the Shannon-Wiener index (H') of omnivore, predator and detritivore ($P<0.01$); the Simpson index (C) of omnivore and predator ($P<0.01$ or $P<0.05$); and the Pielou index (E) of omnivore and predator ($P<0.01$ or $P<0.05$). The similarity results showed that the similarities of guilds between the *Leymus chinensis* and bare alkali-saline patch are lower than the other successional stages. These results suggest that different degenerative succession stages of Songnen grassland can significantly reduce taxonomic diversity and structural complexity within guilds of soil macro-fauna.

Key Words: soil macro-fauna; guilds; succession; Songnen grassland

松嫩草原位于我国草原区的东北部欧亚草原区的最东端,曾经是生产力较高的重要牧业区。长期以来,由于人类的多度开发利用,草原大面积退化,这里已成为我国典型的生态脆弱带^[1-2]。从生态学角度而言,草原退化是草原生态系统背离顶级的逆向演替过程^[3]。近年来,关于土壤动物群落与地上植被之间的关系研究引起国内外学者的广泛关注^[4-8]。然而,土壤动物对植被演替的影响关注较少^[9-11],植被的演替过程中,植物群落组成和结构的变化直接或间接的影响到地下土壤动物的结构和功能,对理解和联系地上、地下生态过程有重要意义。

土壤动物是草地生态系统中的重要组成部分,在分解动物残体、牲畜粪便、分解转化有机质、矿物

质以及在生态系统中的能量转化和物质循环中都起着重要的作用^[12-14]。土壤动物种类繁多,各类动物体形大小及活动能力相差悬殊,活动方式各异,但许多种类在功能上相近,形成了同种功能类群,各种功能类群土壤动物在生态系统中起着相似的生态作用^[15-22]。目前对于土壤动物功能类群的研究多集中在线虫和跳虫方面,并且对于线虫功能类群的研究较为深入^[15-20],研究区域为森林和农田生态系统^[23-27],草原演替对大型土壤动物功能类群影响的研究尚未见报道。因此,本文对松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群进行研究,旨在揭示松嫩草原土壤动物功能类群特征,为今后我国草地生态系统的恢复与重建提供土壤动物学依据。

1 研究区自然概况

研究区位于松嫩草原南部吉林省长岭县腰井子羊草草甸自然保护区内的东北师范大学松嫩草地生态研究站,地理位置为 123°6′—124°45′ E,43°59′—44°42′ N。该区属于半湿润温带大陆性季风气候,年均温 4.9 ℃,年降水量为 400—500 mm,主要集中在 6—8 月。羊草群落分布最广,面积最大,为本区的景观植物群落。代表种除羊草(*Leymus chinensis*)外,还有虎尾草(*Chloris virgata*)、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、碱茅(*Puccinellia chinampoensis*)等^[1-2]。主要土壤为碱化草甸土。近几十年来,在全球气候变化及放牧等因素的影响下,松嫩草原不断退化,出现了羊草(*Leymus chinensis*)→羊草+虎尾草(*Leymus chinensis*+*Chloris virgata*)→虎尾草(*Chloris virgata*)→碱茅(*Puccinellia distans*)→碱蓬(*Suaeda glauca*)群落直至退化为光碱斑的演替规律。

2 研究方法

2.1 样品采集与处理

于 2006 年 5—10 月期间,逐月分别选取羊草(*Leymus chinensis*)、羊草+虎尾草(*Leymus chinensis*+*Chloris virgata*)、虎尾草(*Chloris virgata*)、碱茅(*Puccinellia distans*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)群落及光碱斑 6 个不同演替阶段进行大型土壤动物取样,取样面积为 50 cm×50 cm,分别取 0—10 cm、10—20 cm 和 20—30 cm 这 3 层土壤样品,设置 4 个重复。手捡收集大型土壤动物,收集的土壤动物,一般鉴定到科。

2.2 数据处理分析

依据有关文献将收集到的土壤动物依据其食性特征划分为杂食性、植食性、捕食性和腐食性 4 个功能类群^[28-29],杂食性的划分方法是兼具两种以上食性。

土壤动物群落多样性分析计算公式如下:

(1) Shannon-Wiener 多样性指数(H')^[30]

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

式中, S 为所有的类群数, P_i 为每个生境中第 i 个类群土壤动物的个体密度占该生境土壤动物总数的比例。

(2) Pielou 均匀度指数(E)^[31]

$$E = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i / \ln S$$

式中, P_i 为第 i 类群的百分比, S 为类群数。

(3) Simpson 优势度指数(C)^[32]

$$C = \sum_{i=1}^s (n_i/N)^2$$

式中, n_i 为第 i 个物种的个体密度量, N 为土壤动物的总个体密度, S 为类群数。

(4) Margalef 丰富度指数(D)^[33]

$$D = (S - 1) / \ln N$$

式中, S 为类群数, N 为群落中所有类群的个体总数。

(5) Jaccard 指数^[33]

$$q = c / (a + b - c)$$

式中, a 、 b 分别为群落 A 和群落 B 的类群数, c 为两群落的共有类群数。当 $0 < q < 0.25$ 时,极不相似;当 $0.25 \leq q < 0.50$ 时,中等不相似;当 $0.50 \leq q < 0.75$ 时,中等相似;当 $0.75 \leq q < 1.00$ 时,极相似。

对于服从正态分布的数据,采用单因素方差分析(One-way ANOVA),对于不服从正态分布的数据,利用 $\log(X)$ 转换,如果仍不服从正态分布,则 Kruskal-Wallis Test(H) 进行非参数检验。相关分析采用 Pearson 相关分析(双尾检验)。数据的分析处理采用 Origin 8.5 软件和 SPSS 13.0 软件。

3 结果与分析

3.1 土壤动物功能类群组成

根据调查结果,松嫩草原研究区内 6 个不同演替阶段共获得大型土壤动物 9519 只,隶属于 2 门、6 纲、16 目、66 科,其中杂食性、植食性、捕食性和腐食性 4 种功能类群土壤动物的个体密度量分别占总个体密度的 39.16%、31.91%、20.84% 和 8.09%。植食性、捕食性、杂食性和腐食性 4 种功能类群土壤动物的类群数分别占总体类群的 50.00%、19.23%、17.95% 和 12.82%。杂食性土壤动物个体密度量最多,植食性土壤动物的类群数最多,各功能类群土壤动物个体密度和类群数的相关性不显著。

3.2 土壤动物功能类群结构

3.2.1 水平结构

随着演替的进行,总体上杂食性、植食性、捕食性、腐食性土壤动物在羊草群落和羊草+虎尾草群落个体密度和类群数较多,在无植被的光碱斑生境土壤动物的个体密度和类群数较少(图 1)。统计分析

结果表明,植食性($P<0.01$)、杂食性($P<0.01$)和腐食性的个体密度($P<0.01$)、植食性($P<0.01$)和腐食性土壤动物类群数($P<0.01$)随着演替阶段的进行产生显著变化。而捕食性个体密度($P>0.05$)、捕食性($P>0.05$)和杂食性土壤动物类群数($P>0.05$)随着演替阶段的进行没有产生显著变化。随着退化演替的进行,各功能类群土壤动物的个体密度和类群数

对演替阶段的反馈作用不同。相关性分析表明,不同演替阶段,植食性土壤动物个体密度和类群数($P<0.05$)相关性显著,捕食性土壤动物个体密度和类群数、杂食性土壤动物个体密度和类群数相关性不显著,腐食性土壤动物个体密度和类群数($P<0.05$)相关性显著。

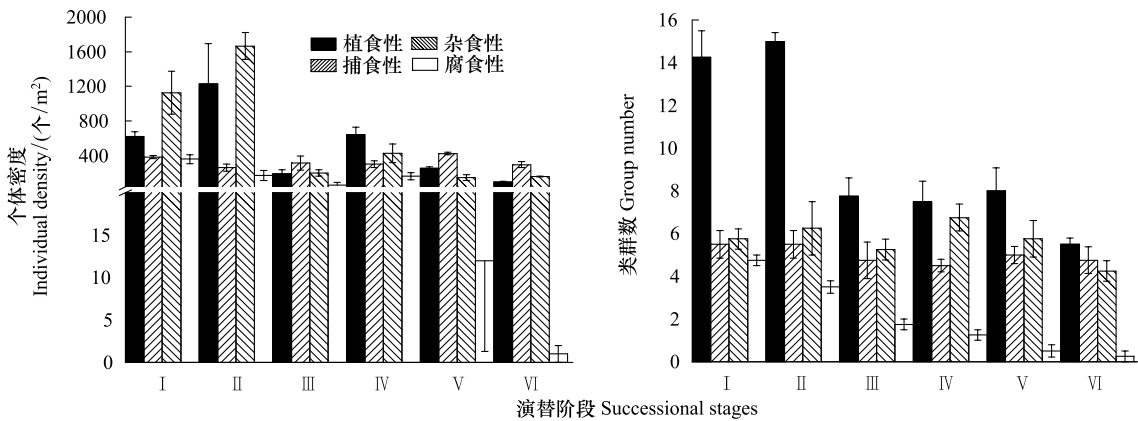


图1 不同功能类群土壤动物个体密度和类群数水平分布(平均值±标准误)

Fig.1 Horizontal distribution of individual and group number of different guilds of soil fauna (Mean±SE)

I : 羊草 *Leymus chinensis* community; II : 羊草+虎尾草 *Leymus chinensis*+*Chloris virgata* community; III : 虎尾草 *Chloris virgata* community; IV : 碱茅 *Puccinellia distans* community; V : 碱蓬 *Suaeda glauca* community; VI : 光碱斑 Bare alkali-saline patch

3.2.2 垂直结构

不同演替阶段的各功能类群土壤动物的垂直结构(图2)。各土层的不同演替阶段对4种功能类群土壤动物个体密度影响不同。在0—10 cm 土层,植食性($P<0.01$)、杂食性($P<0.01$)和腐食性土壤动物个体密度($P<0.01$)随着演替阶段的进行产生显著变化;10—20 cm 土层,植食性($P<0.01$)、捕食性($P<0.05$)和杂食性土壤动物个体密度($P<0.01$)随着演替阶段的进行产生显著变化;20—30 cm 土层,植食性($P<0.01$)、杂食性($P<0.01$)和腐食性土壤动物个体密度($P<0.05$)随着演替阶段的进行产生显著变化。相关分析表明,0—10 cm 土层,植食性和杂食性土壤动物个体密度($P<0.05$)相关性显著;10—20 cm 土层,植食性和腐食性土壤动物个体密度($P<0.05$)相关性显著;20—30 cm 土层,各功能类群土壤动物个体密度间的相关性均不显著。

3.3 土壤动物多样性特征

物种多样性是群落生物组成结构的重要指标,反映群落内物种的多少和生态系统食物网的复杂程度,从而比较各生境间的相似性及差异性。

不同演替阶段的各功能类群土壤动物的多样性

(图3)。各种多样性指数的变化对不同演替阶段各功能类群土壤动物的多样性影响程度有所不同。植食性土壤动物 Margalef 丰富度指数($P<0.01$)随着演替阶段的进行产生显著变化;捕食性土壤动物 Shannon-Wiener 多样性指数($P<0.01$)、Pielou 均匀度指数($P<0.05$)和 Simpson 优势度指数($P<0.05$)随着演替阶段的进行产生显著变化;杂食性土壤动物 Shannon-Wiener 多样性指数($P<0.01$)、Pielou 均匀度指数($P<0.01$)和 Simpson 优势度指数($P<0.01$)随着演替阶段的进行产生显著变化;腐食性土壤动物的 Shannon-Wiener 多样性指数($P<0.01$)、Margalef 丰富度指数($P<0.01$)随着演替阶段的进行产生显著变化。

3.4 土壤动物相似性特征

根据 Jaccard 指数计算了各功能类群土壤动物个体密度量组成的相似性(表1),植食性土壤动物各演替阶段相似性指数多为极不相似或中等不相似,仅是羊草群落和羊草+虎尾草群落之间是中等相似。捕食性土壤动物羊草群落和虎尾草群落相似性指数为0.80,达到了极相似的水平,而羊草群落和光碱斑相似性指数最低为0.23,极不相似。杂食性土

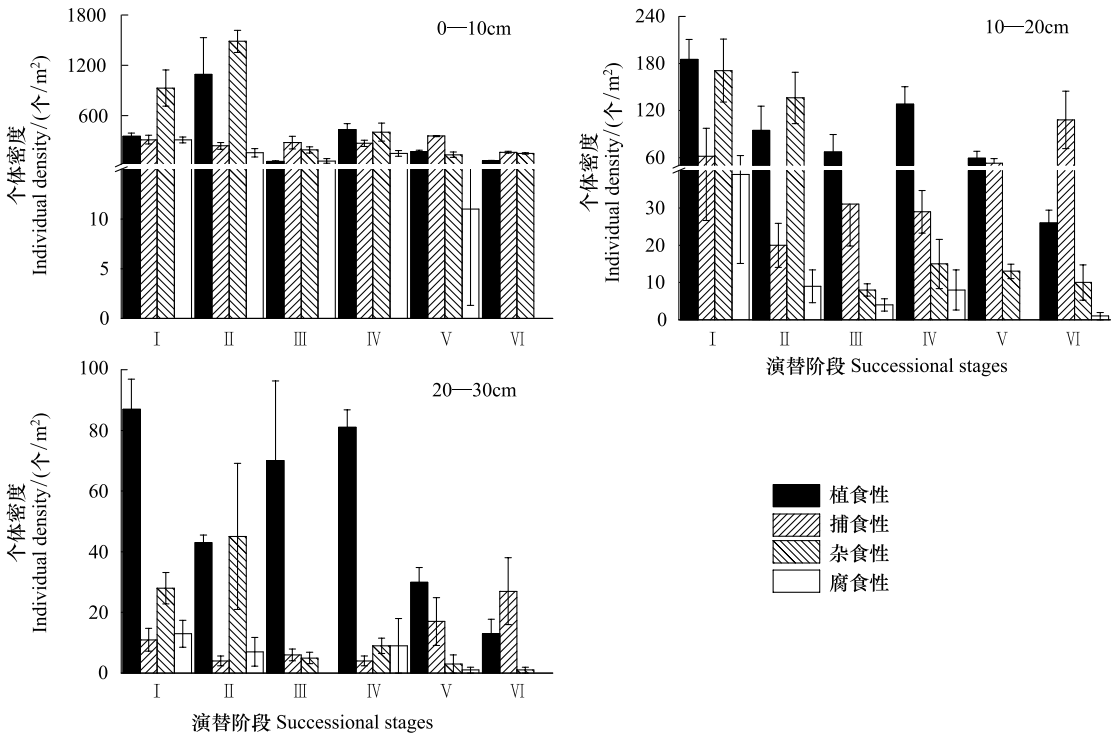


图 2 不同功能类群土壤动物个体密度垂直分布(平均值±标准误)
Fig. 2 Vertical distribution of individual number of different guilds of soil fauna (Mean±SE)
I : 羊草 *Leymus chinensis* community; II : 羊草+虎尾草 *Leymus chinensis*+*Chloris virgata* community; III : 虎尾草 *Chloris virgata* community; IV : 碱茅 *Puccinellia distans* community; V : 碱蓬 *Suaeda glauca* community; VI : 光碱斑 Bare alkali-saline patch

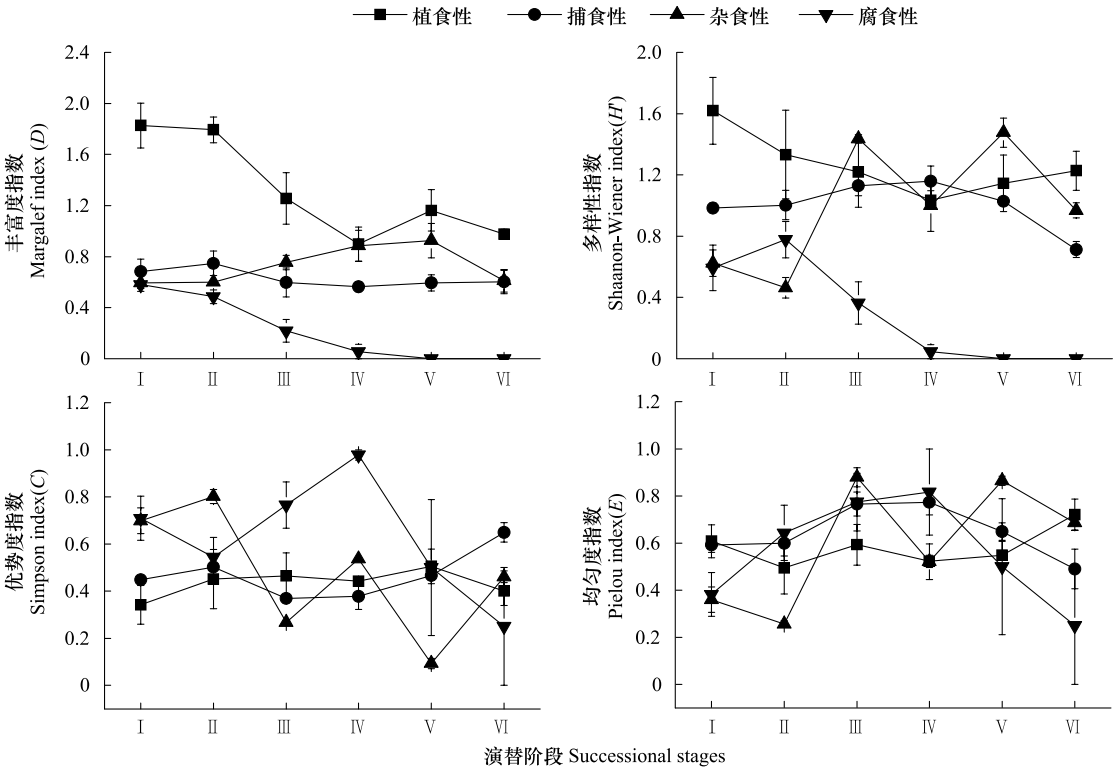


图 3 不同演替阶段丰富度指数、多样性指数、优势度指数和均匀度指数(平均值±标准误)
Fig.3 Margalef index, Shannon-Wiener index, Simpson index and Pielou index of different successional stages (Mean±SE)
I : 羊草 *Leymus chinensis* community; II : 羊草+虎尾草 *Leymus chinensis*+*Chloris virgata* community; III : 虎尾草 *Chloris virgata* community; IV : 碱茅 *Puccinellia distans* community; V : 碱蓬 *Suaeda glauca* community; VI : 光碱斑 Bare alkali-saline patch

壤动物总体上在不同演替阶段之间相似性系数高于其他功能类群的土壤动物,碱茅和碱蓬群落相似性指数达到了极相似水平,相似性指数最低的是羊草群落和光碱斑为中等不相似。相对于其他功能类群土壤动物,腐食性土壤动物各演替阶段的相似性指数比较低,各演替阶段具有很高的异质性,虎尾草群落和碱蓬群落之间和碱茅和碱蓬群落之间相似性最大值均为 0.50,达到了中等相似水平,而虎尾草群

落、碱茅群落和碱蓬群落与光碱斑之间相似性指数均是 0.00,为极不相似。4 种功能类群土壤动物在不同演替阶段的相似性略有差异,但总体上看,羊草群落和光碱斑之间相似性指数均较低,仅在杂食性土壤动物为中等不相似,在其余 3 种功能类群土壤动物相似性指数均为极不相似。这说明 4 种功能类群土壤动物个体密度量组成在演替初期的羊草群落和演替后期的光碱斑差异比较大。

表 1 松嫩草原不同功能类群土壤动物相似性

Table 1 Similarities between different guilds of soil fauna in songnen grassland

功能类群 Guilds	演替阶段 Successional stages	I	II	III	IV	V
植食性 Herbivore	II	0.54				
	III	0.50	0.48			
	IV	0.36	0.35	0.36		
	V	0.41	0.40	0.36	0.25	
	VI	0.21	0.23	0.30	0.44	0.29
捕食性 Predator	II	0.42				
	III	0.80	0.42			
	IV	0.25	0.40	0.36		
	V	0.46	0.50	0.60	0.44	
	VI	0.23	0.50	0.33	0.63	0.56
杂食性 Omnivore	II	0.73				
	III	0.56	0.55			
	IV	0.55	0.67	0.67		
	V	0.55	0.67	0.67	0.80	
	VI	0.40	0.42	0.71	0.50	0.50
腐食性 Detritivore	II	0.44				
	III	0.29	0.33			
	IV	0.13	0.14	0.33		
	V	0.14	0.17	0.50	0.50	
	VI	0.14	0.17	0.00	0.00	0.00

I : 羊草 *Leymus chinensis* community; II : 羊草+虎尾草 *Leymus chinensis*+*Chloris virgata* community; III : 虎尾草 *Chloris virgata* community; IV : 碱茅 *Puccinellia distans* community; V : 碱蓬 *Suaeda glauca* community; VI : 光碱斑 Bare alkali-saline patch

4 结论与讨论

4.1 讨论

(1)演替对大型土壤动物功能类群结构的影响
由于不同功能类群土壤动物对演替的敏感程度不同,使得各个功能群土壤动物在各演替阶段的分布存在差异,从而导致群落功能群结构明显改变^[34],从水平结构来看,在功能类群组成上没有表现出差异性,4 个功能类群土壤动物在各演替阶段均有分布,但是在各功能类群土壤动物的个体密度和

类群数上存在差异。植食性土壤动物个体密度和类群数在各演替阶段呈波动式变化,随着群落演替发生显著的变化,而捕食性土壤动物个体密度和类群数、杂食性土壤动物的类群数在各演替阶段接近相等随着群落演替没有发生显著的变化,腐食性土壤动物的个体密度和类群数随着演替的进行呈显著的逐渐减少趋势,说明,退化演替对初级消费者植食性土壤动物和分解者腐食性土壤动物的个体密度和类群数影响较大,对次级消费者捕食性土壤动物个体密度和类群数、杂食性土壤动物的类群数影响较小,

在营养级水平上演替的影响存在差异;垂直结构上功能类群组成存在差异,在 0—10 cm 土层,光碱斑生境无腐食性土壤动物分布;在 10—20 cm 土层,碱蓬群落无腐食性土壤动物分布;在 20—20 cm 土层,虎尾草群落和光碱斑生境无腐食性土壤动物分布。在各个土层植食性和杂食性土壤动物个体密度随着群落演替发生显著的变化,捕食性土壤动物个体密度仅在 10—20 cm 土层随着群落演替发生显著的变化,而腐食性土壤动物个体密度仅在 10—20 cm 土层随着群落演替没有发生显著的变化,说明,退化演替对初级消费者植食性土壤动物和杂食性土壤动物个体密度在各个土层的影响较大,在 10—20 cm 土层,对次级消费者捕食性土壤动物个体密度影响较大,对分解者腐食性土壤动物个体密度影响较小,在各个土层营养级水平上演替的影响存在差异,虽然腐食性功能类群在水平和垂直结构的各演替阶段中数量较低,但作为分解者在生态系统物质转换和能量传递中发挥着重要作用,腐食性土壤动物的消失意味着土壤系统物质循环和能量转换过程受到抑制^[35]。

(2)影响大型土壤动物功能类群组成和分布的主要因素

研究表明,影响土壤动物群落的因素很多,其中食物资源的多寡和环境条件的改变是影响其类群丰富度、多样性和个体密度量的主要因素^[36],本研究在退化演替的过程中,伴随着羊草等优势种的减少,群落内出现了大量的入侵者,如虎尾草、碱茅及碱蒿等,最终退化为无植物生长的光碱斑,随着群落组成的变化,不同类群在群落中的地位或作用也在不断变化^[37],草地的不断退化,地上植被减少,同时也不适合多数土壤动物生存,这也充分说明地上植被对土壤动物生存的重要性。本研究中,杂食性土壤动物个体密度较高,植食性土壤动物类群数最多,这与林琳等^[38]的研究是一致的。与寒温带森林大兴安岭相比^[27],森林生态系统腐食性土壤动物所占比例最大,而植食性和捕食性土壤动物只占了很小的比例,这与草原生态系统土壤动物功能类群存在较大的差异。说明生态系统之间的差异也是影响土壤动物功能类群的主要因素。李瑞峰等^[39]研究表明不同土地覆被和管理措施对营养类群组成及其数量和丰富度的调控具有重要作用,可见人为干扰对土壤

动物功能类群的影响也是不可忽视的因素。

4.2 结论

(1)松嫩草原不同演替阶段杂食性土壤动物个体密度所占比例最多为 39.16%,植食性土壤动物的类群数所占比例最多为 50.00%,腐生性土壤动物个体密度和类群数所占比例最小,分别为 8.09% 和 12.82%。各功能类群土壤动物个体密度和类群数的相关性不显著。

(2)从水平结构上来看,总体上各功能类群土壤动物在羊草群落和羊草+虎尾草群落个体密度和类群数较多,在无植被的光碱斑生境土壤动物的个体密度和类群数较少,植食性土壤动物的个体密度和类群数、杂食性土壤动物个体密度、腐食性土壤动物个体密度和类群数随着群落演替发生显著的变化。植食性和腐食性土壤动物个体密度和类群数相关性显著。垂直结构上各土层的不同演替阶段对 4 种功能类群土壤动物个体密度影响不同。0—10 cm 土层,植食性和杂食性土壤动物个体密度相关性显著;10—20 cm 土层,植食性和腐食性土壤动物个体密度相关性显著。

(3)多样性结构表明不同演替阶段对各功能类群土壤动物的多样性影响程度有所不同。相似性结构表明 4 种功能类群土壤动物在羊草群落和光碱斑之间相似性指数较低,个体数量组成在演替初期的羊草群落和演替后期的光碱斑差异比较大。

致谢:本研究得到东北师范大学植被生态科学教育部国家重点实验室,东北师范大学草地科学研究所,东北师范大学松嫩草地生态研究站的协助以及张宝田工程师的大力支持。同时参加野外及室内工作中的还有研究生付关强、刘静、郑艳苗等,特此致谢。

References:

[1] Yin X Q, Wang H X, Zhou D W. Characteristics of soil animals' communities in different agricultural ecosystem in the Songnen Grassland of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (6): 1071-1078.

[2] Yin X Q, Li J D. Diversity of soil animals community in *Leymus chinensis* grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9 (2): 186-188.

[3] Wang J M, Zhang X C. Changes of carbon storage in vegetation and soil during different successional stages of rehabilitated grassland. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(1): 1-8.

[4] Addison J A, Trofymow J A, Marshall V G. Functional role of

Collembola in successional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada. *Applied Soil Ecology*, 2003, 24(3): 247-261.

[5] Bardget R D, Wardle D A. Herbivore-mediated linkages between aboveground and belowground communities. *Ecology*, 2003, 84(9): 2258-2268.

[6] Wardle D A, Bardget R D, Klironomos J N, Setälä H, van der Putten W H, Wall D H. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 2004, 304(5677): 1629-1633.

[7] Fujii S, Takeda H. Succession of collembolan communities during decomposition of leaf and root litter: Effects of litter type and position. *Soil Biology & Biochemistry*, 2012, 54: 77-85.

[8] Zhao H L, Liu R T, Zhou R L, Qu H, Pan C C, Wang Y, Li J. Properties and mechanisms of change of soil macro-fauna communities in the desertification process of Horqin sandy grassland. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(3): 70-77.

[9] Yu G B, Yang X D. Characteristics of litter and soil arthropod communities at different successional stages of tropical forests. *Biodiversity Science*, 2007, 15(2): 188-198.

[10] Yi L, You W H, Song Y C. Soil animal communities in the litter of the evergreen broad-leaved forest at five succession stages in Tiantong. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 466-473.

[11] Dong M Y, Yin X Y, Fu G Q, Zheng Y M, Liu J. Characteristics of coleopteran communities in soils under different stages of vegetation succession of *Leymus chinensis* grassland. *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(2): 397-404.

[12] Wang X L, Yin W Y, Song B, Xin W D, Li B, Ma H B. Main species litter decomposition and function of soil fauna in *Leymus chinensis* grassland. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(6): 143-149.

[13] Xin W D, Yin X Q, Song B. Contribution of soil fauna to litter decomposition in Songnen sandy lands in northeastern China. *Journal of Arid Environments*, 2012, 77: 90-95.

[14] Yin X Q, Song B, Dong W H, Xin W D, Wang Y Q. A review on the eco-geography of soil fauna in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2010, 20(3): 333-346.

[15] Bardgett R D, Cook R. Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands. *Applied Soil Ecology*, 1998, 10(3): 263-276.

[16] Bongers T, Bongers M. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 1998, 10(3): 239-251.

[17] Brussaard L, Pulleman M M, Ouédraogo É, Mando A, Six J. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia*, 2007, 50(6): 447-462.

[18] Brussaard L. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, 1998, 9(1/3): 123-135.

[19] Ferris H, Matute M M. Structural and functional succession in the nematode fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology*, 2003, 23(2): 93-110.

[20] Chahartaghi M, Langel R, Scheu S, Ruess L. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 37(9): 1718-1725.

[21] Yin X Q, Wu D H, Han X M. Diversity of soil animals community in Xiao Hinggan Mountains. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(3): 316-322.

[22] Fu S L. A review and perspective on soil biodiversity research. *Biodiversity Science*, 2007, 15(2): 109-115.

[23] Lin Y H, Sun J B, Liu H L, Zhang F D, Sun L, Jin S. Composition of soil fauna community and its diversity analysis at Maoershan mountains of Heilongjiang province. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(4): 71-77.

[24] Lin Y H, Zhang X Y, Zhang F D, Gu Q Z, Sun B H, Ma L J. Variation of soil fauna under different fertilizer treatments in loess soil croplands, Shaanxi Province. *Biodiversity Science*, 2005, 13(3): 188-196.

[25] Zhang X P, Hou W L, Chen P. Soil animal guilds and their ecological distribution in the northeast of China. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2001, 7(4): 370-374.

[26] Liu C H, Liu S P, Wang X J, Chen Z L, Lian Z M. The soil fauna guilds and its ecological regulation of pests at jujube forest in northern region of Shaanxi. *Chinese Journal of Soil Science*, 2011, 42(2): 316-319.

[27] Huang L R, Zhang X P. Soil animal guilds and ecological distribution in forest ecosystems of the northern Da Hinggan Mountains. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39(5): 1017-1022.

[28] Yin W Y. *Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 2000.

[29] Zheng L Y, Gui H. *Insect Classification*. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 1999.

[30] Weaver W, Shannon C E. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

[31] Pielou E C. *Mathematical Ecology*. New York: John Wiley & Sons Inc, 1975.

[32] Simpson E H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, 163(4148): 688-688.

[33] Ma K P. *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994.

[34] Morris M G. Grassland management and invertebrate animals- a selective review. *The Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society, Series A*, 1978, 6: 247-257.

[35] Sowell J. *Desert Ecology*. Salt Lake City: University of Utah Press, 2001.

[36] Fan Y J, Hou X Y, Shi H X, Shi S L. Effect of carbon cycling in grassland ecosystems on climate warming. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(3): 294-302.

[37] Lu J L, Li R F, Liu Q J, Niu R X. Seasonal variation of ground dwelling arthropod communities in an arid desert of the middle Heihe River basin. *Acta Prataculturae Sinica*, 2010, 19(5): 161-169.

[38] Lin L, Wu T Y, Li J K, Zhang X P. Studies on functional groups of macro-soil animals in Daqing meadow steppe based on the new classification. *Geographical Research*, 2013, 32(1): 41-54.

[39] Li F R, Liu J L, Hua W, Niu R X, Liu Q J, Liu C A. Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(15): 4169- 4181.

参考文献:

[1] 殷秀琴,王海霞,周道玮. 松嫩草原区不同农业生态系统土壤动物群落特征. *生态学报*, 2003, 23(6): 1071-1078.

[2] 殷秀琴,李建东. 羊草草原土壤动物群落多样性的研究. *应用生态学报*, 1998, 9(2):186-188.

[3] 王俊明,张兴昌. 退耕草地演替过程中的碳储量变化. *草业学报*, 2009, 18(1): 1-8.

[8] 赵哈林,刘任涛,周瑞莲,曲浩,潘成臣,王燕,李瑾. 沙漠化对科尔沁沙质草地大型土壤动物群落的影响及其成因分析. *草业学报*, 2013, 22(3): 70-77.

[9] 余广彬,杨效东. 不同演替阶段热带森林地表凋落物和土壤节肢动物群落特征. *生物多样性*, 2007, 15(2):188-198.

[10] 易兰,由文辉,宋用昌. 天童常绿阔叶林五个演替阶段凋落物中的土壤动物群落. *生态学报*, 2005,25(3): 466-473.

[11] 董满宇,殷秀琴,付关强,郑艳苗,刘静. 羊草草原植被不同演替阶段土壤鞘翅目昆虫群落特征. *土壤学报*, 2011, 48(2): 397-404.

[12] 王星丽,殷秀琴,宋博,辛未冬,李波,马宏彬. 羊草草原主要凋落物分解及土壤动物的作用. *草业学报*, 2011, 20(6): 143-149.

[21] 殷秀琴,吴东辉,韩晓梅. 小兴安岭森林土壤动物群落多样性

的研究. *地理科学*, 2003, 23(3): 316-322.

[22] 傅声雷. 土壤生物多样性的研究概况与发展趋势. *生物多样性*, 2007, 15(2): 109-115.

[23] 林英华,孙家宝,刘海良,张夫道,孙龙,金森. 黑龙江帽儿山土壤动物群落组成与多样性分析. *林业科学*, 2006, 42(4): 71-77.

[24] 林英华,杨学云,张夫道,古巧珍,孙本华,马路军. 陕西黄土区不同施肥条件下农田土壤动物的群落组成和结构. *生物多样性*, 2005, 13(3): 188-196.

[25] 张雪萍,侯威岭,陈鹏. 东北森林土壤动物同功能种团及其生态分布. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(4): 370-374.

[26] 刘长海,刘世鹏,王晓润,陈宗礼,廉振民. 陕北枣林土壤动物功能类群及其害虫生态调控. *土壤通报*, 2011, 42(2): 316-319.

[27] 黄丽蓉,张雪萍. 大兴安岭北部森林生态系统土壤动物的功能类群及其生态分布. *土壤通报*, 2008, 39(5): 1017-1022.

[28] 尹文英. *中国土壤动物*. 北京: 科学出版社, 2000.

[29] 郑乐怡,归鸿. *昆虫分类*. 南京: 南京师范大学出版社, 1999.

[33] 马克平. *生物多样性研究的原理与方法*. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.

[36] 范月君,侯向阳,石红霄,师尚礼. 气候变暖对草地生态系统碳循环的影响. *草业学报*, 2012, 21(3):294-302.

[37] 刘继亮,李锋瑞,刘七军,牛瑞雪. 黑河中游干旱荒漠地面节肢动物群落季节变异规律. *草业学报*, 2010, 19(5): 161-169.

[38] 林琳,邬天媛,李景科,张雪萍. 大庆草甸草原区大型土壤动物功能类群. *地理研究*, 2013: 32(1): 41-54.

[39] 李锋瑞,刘继亮,化伟,牛瑞雪,刘七军,刘长安. 地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应. *生态学报*, 2011, 31(15): 4169- 4181.

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

