

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 10 期 Vol.32 No.10 **2012**

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 32 卷 第 10 期 2012 年 5 月 (半月刊)

目 次

基于系统动力学的城市住区形态变迁对城市代谢效率的影响.....	李旋旗,花利忠 (2965)
居住-就业距离对交通碳排放的影响.....	童抗抗,马克明 (2975)
经济学视角下的流域生态补偿制度——基于一个污染赔偿的算例.....	刘涛,吴钢,付晓 (2985)
旅游开发对上海滨海湿地植被的影响.....	刘世栋,高峻 (2992)
汶川地震对大熊猫主食竹——拐棍竹竹笋生长发育的影响.....	廖丽欢,徐雨,冉江洪,等 (3001)
江西省森林碳蓄积过程及碳源/汇的时空格局.....	黄麟,邵全琴,刘纪远 (3010)
伊洛河流域草本植物群落物种多样性.....	陈杰,郭屹立,卢训令,等 (3021)
新疆绿洲农田不同连作年限棉花根际土壤微生物群落多样性.....	顾美英,徐万里,茆军,等 (3031)
荒漠柠条锦鸡儿 AM 真菌多样性.....	贺学礼,陈杰,郭辉娟,等 (3041)
彰武松、樟子松光合生产与蒸腾耗水特性.....	孟鹏,李玉灵,尤国春,等 (3050)
中亚热带常绿阔叶林粗木质残体呼吸季节动态及影响因素.....	刘强,杨智杰,贺旭东,等 (3061)
盐土和沙土对新疆常见一年生盐生植物生长和体内矿质组成的影响.....	张科,田长彦,李春俭 (3069)
长白山北坡林线灌木草本植物与岳桦的动态关系.....	王晓东,刘惠清 (3077)
不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响.....	颜侃,陈宗瑜 (3087)
基于因子分析的首蓿叶片叶绿素高光谱反演研究.....	肖艳芳,官辉力,周德民 (3098)
三峡库区消落带水淹初期土壤种子库月份动态.....	王晓荣,程瑞梅,唐万鹏,等 (3107)
三种利用方式对羊草草原土壤氨氧化细菌群落结构的影响.....	邹雨坤,张静妮,陈秀蓉,等 (3118)
西洋参根残体对自身生长的双重作用.....	焦晓林,杜静,高微微 (3128)
不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物三叶鬼针草生长的影响.....	张静,闫明,李钧敏 (3136)
山东省部分水岸带土壤重金属含量及污染评价.....	张菊,陈诗越,邓焕广,等 (3144)
太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响.....	刘丽贞,秦伯强,朱广伟,等 (3154)
不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替.....	唐以杰,方展强,钟燕婷,等 (3160)
江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征.....	邵明勤,曾宾宾,尚小龙,等 (3170)
秦岭森林鼠类对华山松种子捕食及其扩散的影响.....	常罡,王开锋,王智 (3177)
内蒙古草原小毛足鼠的活动性、代谢特征和体温的昼夜节律.....	王鲁平,周顺,孙国强 (3182)
温度和紫外辐射胁迫对西藏飞蝗抗氧化系统的影响.....	李庆,吴蕾,杨刚,等 (3189)
“双季稻-鸭”共生生态系统 C 循环.....	张帆,高旺盛,隋鹏,等 (3198)
水稻籽粒灌浆过程中蛋白质表达特性及其对氮肥运筹的响应.....	张志兴,陈军,李忠,等 (3209)
专论与综述	
海水富营养化对海洋细菌影响的研究进展.....	张瑜斌,章洁香,孙省利 (3225)
海洋酸化效应对海水鱼类的综合影响评述.....	刘洪军,张振东,官曙光,等 (3233)
入侵种薇甘菊防治措施及策略评估.....	李鸣光,鲁尔贝,郭强,等 (3240)
研究简报	
渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究.....	孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞,等 (3252)
2009 年冬季东海浮游植物群集.....	郭术津,孙军,戴民汉,等 (3266)
新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物.....	付勇,庄丽,王仲科,等 (3279)
塔里木盆地塔里木沙拐枣群落特征.....	古丽努尔·沙比尔哈孜,潘伯荣,段士民 (3288)
矿区生态产业共生系统的稳定性.....	孙博,王广成 (3296)



封面图说: 哈巴雪山和金沙江——“三江并流”自然景观位于青藏高原南延部分的横断山脉纵谷地区,由怒江、澜沧江、金沙江及其流域内的山脉组成。它地处东亚、南亚和青藏高原三大地理区域的交汇处,是世界上罕见的高山地貌及其演化的代表地区,也是世界上生物物种最丰富的地区之一。哈巴雪山在金沙江左岸,与玉龙雪山隔江相望。图片反映的是金沙江的云南香格里拉段,远处为哈巴雪山。哈巴雪山主峰海拔 5396 m,而最低江面海拔仅为 1550 m,山脚与山顶的气温差达 22.8℃,巨大的海拔差异形成了明显的高山垂直性气候。

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

DOI: 10.5846/stxb201104260550

付勇, 庄丽, 王仲科, 刘鸯, 李勇冠. 新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物. 生态学报, 2012, 32(10): 3279-3287.

Fu Y, Zhuang L, Wang Z K, Liu Y, Li Y G. On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild *Ferula* in Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 3279-3287.

新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物

付 勇, 庄 丽*, 王仲科, 刘 鸯, 李勇冠

(石河子大学生命科学学院/新疆生产建设兵团绿洲生态-农业重点实验室, 石河子 832003)

摘要:对新疆准尔盆地南缘的野生多伞阿魏 (*Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov) 生境的土壤理化性质和土壤微生物进行了研究。结果表明:阿魏土壤的 pH 值范围在 8.50—10.38 之间;含水率 1.94%—4.33%;速效氮(碱解氮)含量在 7.18 到 38.01 mg/kg 之间,随土层深度的增加而迅速递减;速效磷的含量在 1.65 到 7.79 mg/kg 之间,随土层深度的增加而迅速递减;速效钾含量在 140.72 到 363.78 mg/kg 之间;有机质含量在 5.47 到 13.89 g/kg 之间。在各样地每克土中土壤微生物的平均数量分别为:细菌为 1.75×10^5 ,放线菌为 1.04×10^5 ,真菌为 2.65×10^3 。细菌主要生活在 0—10 cm 的表层,10 cm 以下数量变化不大;而放线菌和真菌则主要分布在中间两层,即 10—20 cm 和 20—30 cm。

关键词:多伞阿魏;土壤理化性质;土壤微生物;准噶尔盆地

On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild *Ferula* in Xinjiang

FU Yong, ZHUANG Li*, WANG Zhongke, LIU Yang, LI Yongguan

College of Life Science, Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Eco-agriculture, Shihezi, Xinjiang 832003, China

Abstract: Wild *Ferula*, a rare wild medicinal plant in Xinjiang, are declining sharply in recent years, with some species even on the verge of extinction. In addition to the known human causes (such as a large number of land clearing, over-excavation, etc.), we want to know whether it is relate to the natural environment. Hence in this paper, taking wild *Ferula* growing in the southern Junggar Basin as the research object, the physical, chemical and soil microbial properties of soils in its habitats were studied.

Results show that the physical environment of wild *Ferula* was very poor. The soil pH was high and varied from 8.50 to 10.38, belonging to alkaline and strongly alkaline soil, which is very unfavorable for nutrients absorption. The soil moisture contents were very low, from 1.94% to 4.33%, so that water may be a very important ecological factor limiting population distribution. The soil nutrient was very poor in wild *Ferula*'s growth habitat. Some essential elements of *Ferula* were deadly short and most of them varied significantly in different areas and soil layers. The available nitrogen contents were between 7.18 and 38.01 mg/kg, decreasing rapidly with the soil depths. The available phosphorus contents were between 1.65 and 7.79 mg/kg, also decreasing with the increase of soil depth. The topsoil ranks level 4, phosphorus deficient soil; 10—20 cm layer is more phosphorus deficient, and below 20 cm is even worse. The available K contents were from 140.7 to 363.78 mg/kg, with the top layers as a K rich layer. The Organic matter contents were between 5.47 and 13.89 g/kg, Most of the plots belong to relatively shortage range, with some below the standard of lacking. Bacteria were dominant species, about 1.5 to 2 times more than actinomycetes and 60 to 80 times more than fungi. The average numbers of microbial

基金项目:国家自然科学基金(110140101, 31060062)

收稿日期:2011-04-26; 修订日期:2011-09-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhuangliiii@163.com

organisms per gram were: bacteria 1.75×10^5 , actinomycetes 1.04×10^5 , fungi 2.65×10^3 . Most bacteria lived in surface soil layer (0—10cm). There is hardly any change below 10cm. However, most of actinomycetes and fungi lived in middle soil layer (10—20cm and 20—30cm). All of these showed that *Ferula*, a valuable and rare medicinal plant, gradually became a rare or endangered species, mainly because of its poor habitat, in addition to human factors. More research is needed to study whether it is related to the plants themselves.

Key Words: *Ferula*; soil physical and chemical properties; soil microbiology; medicinal plants; Junggar Basin

阿魏是伞形科阿魏属 *Ferula* L. 植物, 约有 150 余种, 主要分布于地中海、中亚及其邻边地区, 我国约有 26 种 1 变种, 主产于新疆。阿魏味辛、温, 有理气消肿、活血消痰、祛痰和兴奋神经的功效, 其药用历史已有一千多年。维吾尔医还用来驱虫、治疗白癜风、胃病、关节炎等^[1]。最近由于发现其中具有植物雌激素活性成分和抗癌物质而倍受人们关注^[2]。但是近年来由于大量开荒, 破坏了该类植物的生长地, 以及对资源的过度采挖, 导致新疆阿魏资源储量急剧下降, 部分阿魏品种已经濒临灭绝的边缘^[3]。因此对阿魏的研究已经迫在眉睫。然而以往对阿魏的研究主要集中在阿魏化学成分及药理作用^[4-5]、生殖生物学^[1]、营养器官的解剖学^[6-7]及分类学^[7-13]等方面的研究; 对于植物阿魏野外的生态环境(例如土壤理化性质, 土壤微生物等)的研究, 罕见报道。

土壤是植物生长发育的载体, 土壤理化性质是土壤质量的重要指标^[14-15]。土壤的理化性质可以分为土壤物理性质和土壤化学性质, 土壤物理性质包括土壤 pH 值, 含水率, 电导率等; 土壤化学性质则包括土壤中各元素的含量, 其中最主要是最常用的就是土壤中 N、P、K 这 3 大养分。土壤微生物是土壤-植被系统中比较活跃的组成成分, 是土壤中物质循环的主要动力。土壤微生物既是土壤有机质和养分转化与循环的动力, 又可作为土壤中植物有效养分的储备库^[16], 因此, 它对植物有至关重要的作用^[17]。而且, 土壤微生物对环境变化非常敏感, 是土壤环境质量的重要指标^[18], 所以微生物在一定程度上能反映土壤环境状况。然而对阿魏来说, 这些方面的报道还极其罕见, 因此本文对其原生境的土壤剖面和阿魏分布区过渡地带的理化性质进行对比研究是十分必要的, 不仅对了解该种植物的生长环境和生活习性有重要作用, 而且可以为阿魏进一步研究提供重要的数据和理论支持, 为探索阿魏种群缩小是否除了人为因素外还与其本身的生存环境的情况有关提供一定依据, 为保护我国珍稀药用植物阿魏的人工繁殖, 迁地和就地保护提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本实验样地设在新疆准噶尔盆地南缘的石河子南山的野生阿魏分布区(44°17'N, 86°01'E), 海拔高度为 443—468 m, 年均气温 7.8 °C, 年绝对温度 -33.5—38.7 °C, 年蒸发量为 1054 mm, 年降水量为 215.9 mm, 年日照时长 2884.4 h, 年均无霜 182 d, 年积温 3750 °C。新疆准噶尔盆地是中国第二大盆地, 位于新疆维吾尔自治区北部, 天山山脉、阿尔泰山脉及西部诸山间。盆地南缘与源出天山的冲积、洪积扇缘相接, 构成了天山北坡至盆地自然垂直带的基带, 是新疆野生阿魏植物主要分布区域。该区域以阿魏为主要植物种群, 其次还有少量骆驼蓬(*Peganum harmala* L.), 猪毛菜(*Salsola collina* Pall.), 角果藜(*Ceratocarpus arenarius* Linn), 球果群心菜(*Cardaria chalapensis* (L.) Hand. Mazz), 蝎尾菊(*Koelpinialinearlis* Pall.), 涩介(*Malcolmia africana* (L.) R. Br.), 虫实(*Corispermum hyssopifolium* L.), 灰蒿(*Artemisia glauca* Pall) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 野外土样的采集

2009 年 6 月, 在石河子南山的野生阿魏分布区(44°17'N, 86°01'E)的边缘过渡地带选取 3 块不一定连续的 10 m×10 m 的样地, 3 块样地连线尽量与分布区边缘垂直, 分别标记为 A(阿魏分布的密集区), B(阿魏分布的边缘线上, 即阿魏分布较少), C(分布区外没有阿魏的地方)。如果 B 区较宽则 A, B, C 就不一定连续, 如

图 1 所示的 a,b,c;如果 B 区不是很宽,尽量选取连续样地如 a1,b1,c1。本文从乡村路到山脉一次选取这样并列的 6 个样带,分别为 A1,A2,A3,A4,A5,A6,B1,B2,B3,B4,B5,B6,C1,C2,C3,C4,C5,C6。其中只有 A2,B2,C2 和 A5,B5,C5 的 2 个样带连续。在各个样地中分别采用五点采样法挖坑采土,每个样坑分 4 层取样:0—10 cm,10—20 cm,20—30 cm,30—50 cm。对应第一个样带第一个分布区内的第一个样坑土样编号为 A111,A112,A113,A114,对应第一个样带第一个分布区内的第二个样坑的土样编号为 A121,A122,A123,A124。以此类推。土样均分为 2 份,一份用装入铝盒,另一份用装入灭菌过的牛皮纸袋。

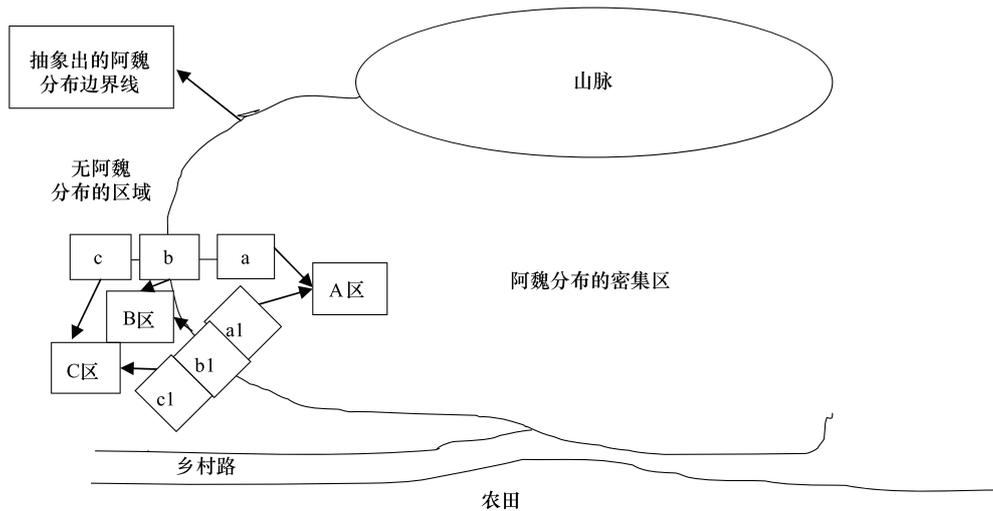


图 1 各样地示意图

Fig. 1 Schematic diagram of polts distributed

1.2.2 土样处理和分析

采集的土壤样品被立即带回实验室,每个灭菌牛皮纸袋中的样品在无菌室中经挑拣杂物和过筛后,把每个样地的 5 个样点的土壤等量混合,一部分保存于 4℃ 冰箱中,用于微生物数量的测定(在 1 周之内测完)。其余部分经风干后备土壤化学性质分析用。铝盒中的土壤样品用于土壤含水量的测定。

1.2.3 土壤微生物数量的测定

土壤微生物各类群数量的测定,采用稀释平皿涂布培养计数法^[19]。微生物的三大类群各做 3 次重复,选 3 个适合的稀释度,分别接种后置于无菌培养室培养,2—10 d 内分别对不同种类群进行计数。细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,放线菌采用改良的高氏一号培养基(每 300 mL 培养基中加 3% 重铬酸钾 1 mL,加 3% 重铬酸钾的目的是抑制非目标菌(主要是抑制细菌和霉菌)的生长的,使得目标菌(放线菌)得到选择性生长),真菌采用 PDA 培养基(每 100 mL 培养基加 1% 链霉素溶液 0.3 mL,加链霉素的目的是抑制非目标菌的生长的,使得目标菌(真菌)得到选择性生长)。

1.2.4 土壤理化性质的测定

土壤速效 N 含量用扩散法测定;土壤速效 P 含量用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效 K 含量用火焰光度计法测定^[20]。土壤含水量用烘干法测定;pH 值和电导率分别用雷磁 pHS-3C 型 pH 仪和雷磁 DDS-3307 型电导仪测定,测定的水土比为 1:1。重复 3 次。

1.3 数据处理

数据采用 Excel2003 和 SPSS13.0 软件进行系统分析。

2 实验结果

2.1 土壤含水率,pH 值,电导率的变化

由表 1 可以看出阿魏土壤含水率很低,为 1.94%—4.33% 之间,而且在各个样地之间还有较大的差异;各样地各层土壤的电导率有一定波动,无明显规律。因为土壤的电导率和土壤全盐有直接相关。所以可以说

阿魏各样地各层土壤的全盐含量有一定波动,无明显规律;阿魏土壤 pH 值在各区和各土层间没有明显的变化,土壤 pH 偏高,范围在 8.50—10.38 之间。

表 1 各样地的 pH、含水率和电导率(μS/cm)的变化

Table 1 Changes of the pH,moisture content and Electrical conductivity in different Sample plots

样地分区 Plots partition	指标 Indicator	样带 1 Transect 1	样带 2 Transect 2	样带 3 Transect 3	样带 4 Transect 4	样带 5 Transect 5	样带 6 Transect 6
A	pH	9.10±0.37	9.04±0.38	8.90±0.24	8.66±0.19	9.41±0.19	10.07±0.52
	含水率 Moisture content	3.45±1.14	3.37±2.12	2.99±1.42	1.94±0.93	3.48±1.45	3.05±1.55
	电导率 Conductivity	208.75±38.10	152.25±34.00	159.00±20.15	109.25±15.61	192.75±25.22	184.50±4.21
B	pH	8.96±0.15	9.04±0.38	8.78±0.12	8.62±0.18	9.25±0.25	9.33±0.13
	含水率 Moisture content	3.95±1.33	2.78±1.11	2.56±0.98	2.87±1.41	4.32±1.36	3.36±1.56
	电导率 Conductivity	163.00±51.33	187.25±28.11	114.25±18.03	109.25±15.61	192.75±25.22	160.50±6.56
C	pH	8.80±0.14	9.04±0.47	8.74±0.11	8.83±0.22	9.24±0.34	9.57±0.49
	含水率 Moisture content	3.58±1.44	2.46±0.89	2.54±1.32	3.09±1.16	3.21±1.32	2.98±1.18
	电导率 Conductivity	122.00±10.80	128.25±15.28	107.75±5.97	132.00±38.55	181.75±33.24	178.00±35.19

2.2 土壤养分测量结果

由图 2 可以看出阿魏土壤剖面的速效氮的含量随着土层深度的增加,含量呈递减趋势,而且上面两层即 0—10 cm 和 10—20 cm 的两层土壤差距较大,而下面两层差距较小。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行差异显著性分析表明,0—10 cm 的土层与下面 3 层都有极显著差异(注意:本文中差异极显著是指 $P < 0.01$,差异显著是指 $P < 0.05$,而 $P > 0.05$ 则是差异不显著),10—20 cm 与 20—30 cm 土层有显著差异而与 30—50 cm 有极显著差异,最后 2 层间差异不显著。从阿魏分布数量不同的区域来看,在上面 3 层没有阿魏分布的 C 区,速效氮含量明显高于有阿魏分布 A, B 区域,而且这种差距随着深度的增加而减少。而阿魏分布较多的 A 区在上面 3 层速效氮含量都与阿魏分布较少 B 区相差不大,有的要略高。但是在最下面一层, A 区的速效氮含量且低于了 B 区和 C 区。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,各层 3 个区域均没有显著性差异。

由图 3 可以看出,速效磷含量随着土层深度的增加呈现递减趋势,而且最上面一层与下面的 3 层间差距很大,而下面 3 层间的差距相对较小。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,除了 20—30 cm 和 30—50 cm 土层间差异显著外,其余各层间的差异都达到了极显著。从阿魏分布横向来看,只有 0—10 cm 的

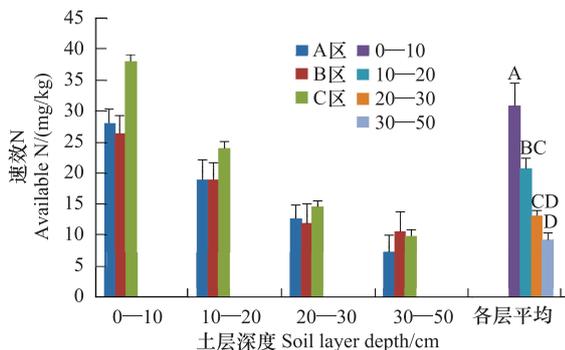


图 2 各样地的速效 N 的变化

Fig. 2 Changes of the available N in different Sample plots

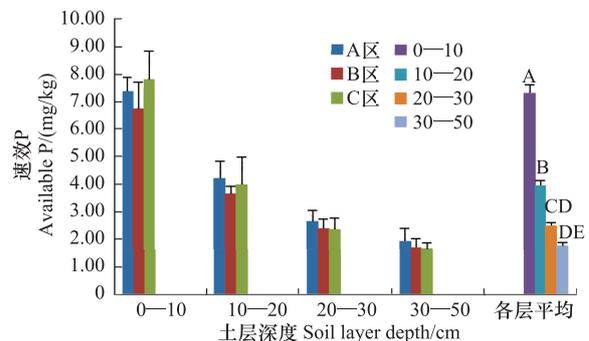


图 3 各样地的速效 P 的变化

Fig. 3 Changes of the available P in different Sample plots

C 区速效磷含量高于 A 区的,其余各层均是 A 区速效磷含量最高。而在上面两层 B 区速效磷最低,而在下面两层则是 C 区最低。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,各层 3 个区域均没有显著性差异。

由图 4 可以看出,速效钾的含量随着土层深度的增加而递减而且在 20 cm 以下减少的速度变慢。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,虽然下面几层间的差距有缩小的趋势,但是各层间的差异都达到了极显著。从阿魏分布横向来看,A、B、C 各区除了 20—30 cm 层,C 区比 B 区略高但低于 A 区外,其他各层速效钾含量均是 A 区>B 区>C 区。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,在各层 3 个区域均没有显著性差异。

由图 5 可以明显看出,阿魏各样地有机质的含量随着土层深度的增加而递减而且在表层含量明显高于下面几层。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,表层与下面各层间的差异都达到了极显著,10—20 cm 与 30—50 cm 之间差异显著,其余各层差异都不显著。从阿魏分布横向来看,除了 20—30 cm 层的有机质含量 C 区>B 区>A 区外,其他各层上有机质的含量均是 B 区>C 区>A 区。而且样带 2 各区的有机质含量非常接近。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,在 0—10 层 A 区与 B 区有显著性差异,而 C 区与 B 和 A 区都没有显著差异。其余各层 3 个区域均没有显著性差异。

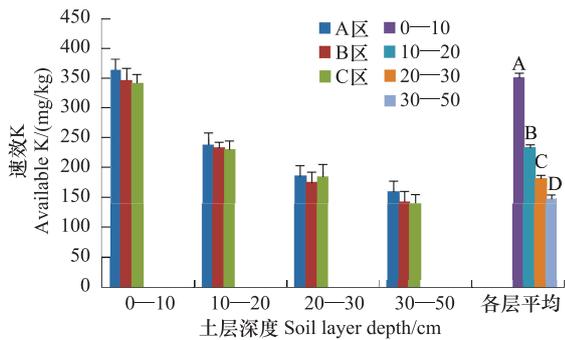


图 4 各样地的速效 K 的变化

Fig. 4 Changes of the available k in different Sample plots

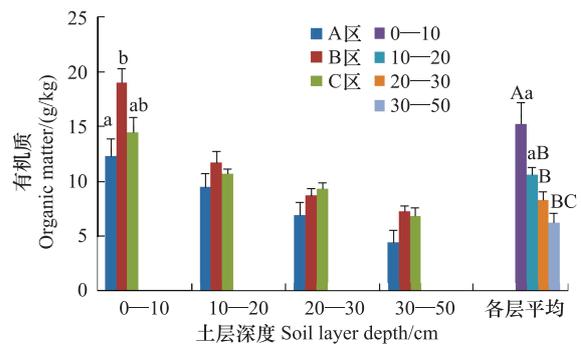


图 5 各样地的有机质的变化

Fig. 5 Changes of the organic matter in different Sample plots

2.3 土壤微生物数量测定结果和分析

由图 6 可知,阿魏各样地的细菌数量随着土层深度的增加而递减而且在表层数量明显高于下面几层,而下面几层数量比较接近。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,表层土壤细菌数量与 10—20 cm 土层差异达到了显著,而与其他各层达到了极显著,其余各层之间的差异都不显著。从阿魏分布横向来看,在表层和最底层,均表现出明显的 C 区>B 区>A 区,而中间两层 3 个区之间无明显规律且数量接近。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,虽然各层中各区有所差别但都未达到显著差异。

Aa由图7可以看出,阿魏各样地的放线菌数量随着土层深度的增加表现为中间两层多,表层和底层较

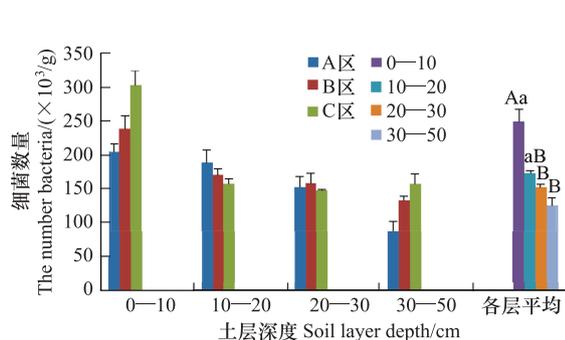


图 6 各样地的细菌数量的变化

Fig. 6 Changes of The number of bacteria in different Sample plots

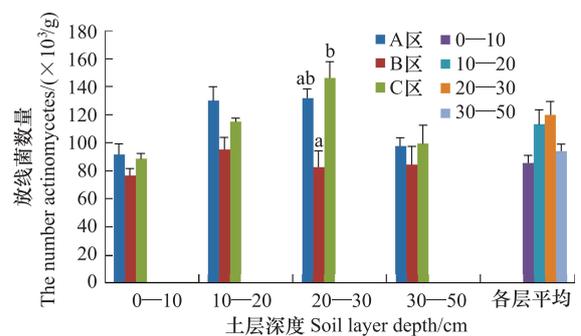


图 7 各样地的放线菌数量的变化

Fig. 7 Changes of the number of Actinomycetes in different Sample plots

少。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,虽然各层中各区有所差别但都未达到显著差异。从阿魏分布横向来看,各层均表现为 B 区最少, A 区和 C 区数量比较接近。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,只有在 20—30 cm 的土层 B 区与 C 区差异达到了显著差异,其余各层的各区之间差异均不显著。

由图 8 可以看出,阿魏土壤的真菌数量中间 2 层(10—20 cm 和 20—30 cm)的数量明显高于表层(0—10 cm)和深层(30—50 cm),而且在 20—30 cm 土层真菌数量。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明,中间两层间和表层与底层间的差异都显著,而 10—

20 cm 土层与底层达到显著差异,与底层差异则到达极显著。20—30 cm 的土层与表层和底层的数量差异都达到了极显著。从阿魏分布横向来看,真菌数量的最大值的 A 区和 B 区是在 20—30 cm 土层,而 C 区则是出现 10—20 cm 土层,并且最大值数量 A 区>B 区>C 区。通过 SPSS 的 LSD 和 S-N-K 进行显著性分析表明只有 10—20 cm 土层 C 区与 A, B 区达到了显著差异。其余各层的各区之间差异均未达到显著水平。

3 结果与讨论

3.1 由阿魏的 pH 值和含水率看以看出,阿魏生长的物理环境相当恶劣

首先来看 pH 值,阿魏土壤 pH 值在 8.50 到 10.38 之间,这意味着阿魏生长的土壤为碱性土和强碱性土^[21]。土壤的 pH 值对土壤养分的利用有直接的影响。比如有机物中氮的矿化以 pH 值 6.0—8.0 时最好,有效的供应最多^[22],在 pH 值 6.0 以下时,固氮菌的活动降低。磷在 pH 值 6.5 以下时,随着 pH 值的降低,其有效性也随之降低^[23]。土壤 pH 值过大的危害主要有两个:一是影响土壤养分的有效性,不利于土壤微生物活动,抑制土壤有效养分的形成。二是不利于植物的成活和生长发育。因此,在保护野生阿魏时是否可以适当引种一些降 pH 值的植物来降低阿魏生长环境的 pH 值从而提高阿魏幼苗的成活率和生长发育,促进阿魏土壤微生物的活动,提高阿魏对生境有效养分的形成。能够降低 pH 值的植物有醋柳、草木樨、紫穗槐等,可以尝试参考栽种。

其次,再看阿魏土壤含水率。土壤按其水分含量分级为:极干(<5%)、干(5%—10%)、潮(10%—15%)、润(10%—20%)、湿(20%—25%)。一般来讲,土壤含水率低于 10%,就会影响造林成活率和树木生长^[21]。而我们测定的阿魏含水率为 1.94%—4.33%,属于极干类型。阿魏生境土壤这种极低的水分含量,很有可能严重影响了阿魏幼苗的成活和生长发育,因此不管是保护野生阿魏还是进行阿魏的人工繁殖都应注意,在适当时候给予其适当的水分。

3.2 根据全国第二次土壤普查养分分级标准,将大量元素含量分为 6 级^[24]

氮素是各种蛋白质的组要组成成分之一,不仅是对于阿魏,对于任何生物来说的是至关重要的。而速效氮是植物可以直接吸收利用的有效氮。由图 2 可以看出,阿魏土壤的速效氮(碱解氮)含量在 7.18 到 38.01 mg/kg 之间,速效氮含量随土层深度的增加而迅速递减,而且除了表层 C 区的超过 30 mg/kg 的极缺等级外,其他各层的均远低于碱解氮的最低标准。另外,土壤磷素含量高低一定程度反应了土壤中磷素的贮量和供应能力,而土壤速效磷作为磷素养分供应水平的指标^[25]。由图 3 可以看出,阿魏土壤速效磷的含量在 1.65 到 7.79 mg/kg 之间,速效磷含量随土层深度的增加而迅速递减,表层土属于 4 级即缺磷土,10—20 cm 属于较缺磷土,而 20 cm 以下则是极缺磷的土。钾是植物重要的营养元素。同样速效钾是植物可以直接利用的有效钾,对植物生长具有重要意义。由图 4 可以看出,阿魏土壤的速效钾含量在 140.72 mg/kg 到 363.78 mg/kg 之间,除了最下面的 30—50 cm 属于中等含钾量外,上面几层都是属于较丰富或者丰富。土壤的 pH 较高也许和钾盐的含量有很大关系。

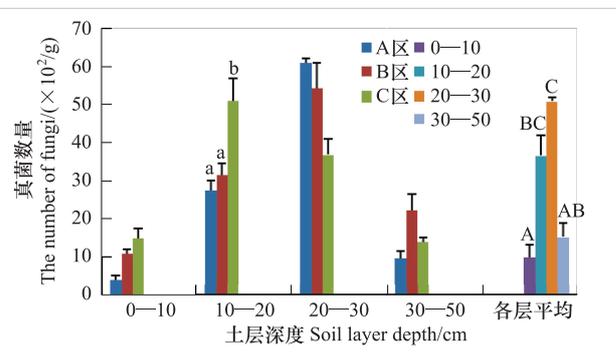


图 8 各样地的真菌数量的变化

Fig. 8 Changes of The number of Fungi in different Sample plots

土壤有机质含量多少是土壤肥力高低的一项重要指标。土壤有机质不仅使土壤具有保肥力和缓冲性,从而改善土壤的物理性质,而且土壤有机质还是土壤中各种营养元素特别是 N、P 的重要来源。由图 5 可知,阿魏土壤生境中的有机质含量在 5.47 到 13.89 g/kg 之间,大部分属于较缺的范围,甚至有样地处于极缺标准以下。而且分布不均匀,差距较大。

这也许就是为什么阿魏生长极其缓慢,要经过多年的营养生长后才能转入最后的生殖生长,使种群得以延续。当然这也许与阿魏生长的水热分布有关,但是我觉得这种特殊生活习性与阿魏生境土壤养分的贫乏有很直接的关系。如果有条件的话,让我们为阿魏提供更合理的土壤养分,阿魏是不是会缩短营养生长的周期,从而缩短阿魏的生活周期,从而更有利于阿魏种群得扩大和繁衍,更有利于阿魏的保护。比如说,现在野生阿魏在这种贫瘠的土壤要进行 4 年的营养生长才能使各个器官和组织发育成熟,那么如果我们提供适当营养元素的配比,有机质含量等适当的条件,阿魏很有可能只需要 3a 营养生长就已经足够,这样就缩短了一年的生长周期,相当于提高阿魏产生的数量和频率。从而更有有利于阿魏种群数量的扩大。

3.3 由阿魏土壤微生物的测定数据,得出阿魏土壤微生物的几个而特征

首先阿魏 3 大类微生物各区总量平均值如表 2。

表 2 3 大类微生物各区总量平均值测定结果

Table 2 Average of 3 categories of total microbial determination results in various regions

种类 Species	A 区($\times 10^3$ /g) A region	B 区($\times 10^3$ /g) B region	C 区($\times 10^3$ /g) C region	平均值($\times 10^3$ /g) Average
细菌 bacteria	158.33	175.67	192.25	175.41
放线菌 Actinomycetesin	113.34	85.16	112.85	103.78
真菌 Fungi	2.55	2.98	2.42	2.65

阿魏各区各类微生物总量平均值测定结果来看,细菌是优势种群约为放线菌的 1.5 到 2 倍,约为真菌的 60 到 80 倍。由表 2 可知,细菌数量:A 区 < B 区 < C 区,这就表明随着阿魏植株密度的增大,细菌的数量呈递减趋势。因为阿魏本来就是一种药用植物,而且在民间也用来驱蚊虫的作用,这也许说明了阿魏分泌的某种或者某几种物质对细菌的生长繁殖有抑制作用。

在看放线菌的数量,A 区 > C 区 > B 区。为什么会出现这种情况呢?我认为我们这里可以借用一个空间代替时间的概念。即在没有阿魏生长区域(C 区),放线菌适应了当地的环境,能够很好的生存繁衍。但当阿魏的出现改变了放线菌原来的生境,同时阿魏是一种药用植物,可能分泌的某种或某几种物质,使放线菌对这种环境不太适应。但随着时间的推移,阿魏种群的繁殖扩大,放线菌也渐渐的适应了这种环境的改变。

对于真菌来说,它们是 3 大类微生物中最少的。而且呈现出 B 区最多的趋势。因为阿魏有很强的特殊气味,这其中可能包含某种物质,该物质在较低浓度可能对真菌有促进作用,当达到一定浓度就会反过来抑制真菌的生长繁殖。

通过图 6—图 8,还可以看出细菌在表层分布较多,在 10 cm 以下数量趋向于稳定。而放线菌和真菌则主要分布在 10—20 cm 和 20—30 cm 的土层,表层和更深的下层分布较少。

总的来说,阿魏土壤微生物的数量偏低。比如在王长庭^[26]等人研究的青藏高原高寒草甸上细菌数量达到了 10^7 ,放线菌数量达到 10^5 ,真菌数量达到 10^4 。阿魏生境这种特殊的土壤微生物数量和比例,与阿魏这种药用植物,阿魏生境土壤的贫瘠,特别是有机质缺少,还有高 pH 值有着密切的关系。

3.4 部分阿魏品种濒临灭绝的原因和应该采取的措施

阿魏是一种重要珍稀药用植物资源,是维吾尔医常用药物之一,也是新疆早春荒漠上的重要牧草之一,但是如今部分阿魏品种已经濒临灭绝的边缘。过去人们只知道阿魏灭绝主要原因是人为原因,比如人为的过渡采挖,过渡的放牧,以及把阿魏生长地开垦为耕地等。但是通过本文可以看出,除了上述的人为原因外,阿魏恶劣物理化学环境和相对简单微生物环境有着密切的关系,而且还可能和阿魏本身遗传特性以及繁育系统与

周围环境变化有关。过去人们对阿魏的研究主要集中在了对阿魏药理药效的研究比较多,主要关注了如何去开发利用。但是本人认为现在应该更加注意阿魏的保护,更应该加强阿魏与其环境关系及阿魏本身繁殖系统的研究。开发利用做的再好,如果这种植物消失或者变得特别昂贵,那将使前者变得毫无意义。

阿魏的保护,首先要提高的人们意识,这要求政府和全社会的积极参与,尽量做到不要在阿魏生长地进行过渡放牧以及采挖,不要在阿魏生长地开垦田地等破坏其生长地的行为。其次可以建立自然保护区进行就地保护,同时尝试人工繁殖进行异地保护。最后就是积极进行相关研究,不仅要研究如何开发利用,更要研究如何保护这种濒临灭绝的珍稀资源,为前面两项措施提供理论依据和实验数据的支持。

4 结论

(1)阿魏土壤的 pH 值较高,土壤含水率极低,生长的物理环境相当恶劣。因此人们在就地保护野生阿魏或者进行人工繁殖时一定要特别关注阿魏土壤的 pH 值和土壤含水率。

(2)阿魏生长环境的土壤养分比较贫瘠,部分必需营养元素到达了极缺,各养分在各地各层分布有较大差异。因此人们在野外就地保护野生阿魏或者进行人工繁殖时一定要多注意阿魏土壤各养分的含量及其比例,注意适时适当补充相应养分。

(3)细菌是优势种群约为放线菌的 1.5 到 2 倍,约为真菌的 60 到 80 倍,而且各类微生物主要分布的土层也有较大差异。阿魏生境这种特殊的土壤微生物数量和比例,与阿魏这种药用植物,阿魏生境土壤的贫瘠,特别是有机质缺少,还有高 pH 值有着密切的关系。

(4)作为一种重要珍稀药用植物资源和新疆早春荒漠上的一种重要牧草的阿魏,如今部分品种已经濒临灭绝的边缘,除了人为原因(比如过渡采挖,过渡放牧等)外,与阿魏本身恶劣的生存环境有很大关系。

References:

- [1] He S, Tan D Y. Advances in studies of *Ferula* L. . Journal of Xinjiang Agricultural University, 2002, 25(2) : 1-7.
- [2] Song D W, Zhao W J, Wu X P, Cao Z J, Gao L. Advances in studies of chemical constituents and pharmacological activities of *Ferula* L. . Chinese Traditional Patent Medicine, 2005, 27(3) : 329-332.
- [3] Zhao W B, Tan Y, Xiang Y, Cheng Y H. Investigation on resource of resina *Ferula* in the Xinjiang Junggar Basin. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(8) : 2024-2026.
- [4] Garg S N, Misra L N, Agarwal S K. Essential oil from rhizomes of *Ferula jaeschkeana*. Phytochemistry, 1989, 28(2) : 634-636.
- [5] Tan X F, Li X J, Du C L, Zhang H. Overview and advance of medicinal plant *Ferula asafoetida* L. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2006, 78(1) : 12-14.
- [6] Yang Y. Research on anatomy of vegetative organs of early spring Ephemeral plant//Xinjiang Botanical Research Papers. Beijing: Beijing Science Press, 1991 : 203-211.
- [7] Sheng G M, Qing X M. The taxonomic studies on Xinjiang *Ferula* and its close genera. Arid Zone Research, 1990, 7(4) : 23-33.
- [8] Pemenov M G. Synopsis of Species of the section Paleonarthex genus *Ferula*. Byull Mosk O-Va Lspt Prir Otd Biol, 1979, 84(3) : 82-92.
- [9] Korovin E P. Generis *Ferula* (Tourm) L. Monographia illustrata. Academiae Scientiarum UzRSS. Tashkent, 1947.
- [10] Pemenov M G. Review of species of Euryangium Section of the genus *Ferula*. Byull Mosk O-Va Lspt Prir Otd Biol, 1979, 84(5) : 106-111.
- [11] Pemenov M G, Kirillina N A. The carpology of Soranthus, Ladyginia, Eriosynaphe and Schumannia in connection with the problem of the taxonomic limits of the genus *Ferula* (Apiaceae). Bot Zhurn, 1980, 65(12) : 1756-1766.
- [12] Hou K Z. Dictionary of Chinese Families and Genera of Seed Plants (Revision). Beijing: Science Press, 1982.
- [13] Shu P, She M L. Chinese Umbelliferae Pollen Logos. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2001.
- [14] Jiao Y M, Yang L P. The fractal characteristics of Hani terrace in Ailao Mountain. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(11) : 4583-4589.
- [15] Jiao Y M, Xiao D N, Cheng G D. Study on the coordinating development of ethnic culture and natural environment in subtropic mountain areas — a case of cultural landscape of Hani terrace in Yuanyang county. Journal of Mountain Research, 2002, 20(3) : 266-271.
- [16] Xu Y C, Shen Q R, Ran W. Effects of Zero-tillage and application of manure on soil microbial biomass C, N, and P after sixteen years of cropping. Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(1) : 89-95.
- [17] Yang H J, Xiao Q M, Liu A Y. Soil microbial diversity and its action. Journal of Nanhua University, 2005, 19(4) , 21-26.
- [18] Zak J C, Willig M R, Moorhead D L, Wildman H G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. Soil Biology and

Biochemistry, 1994, 26(9): 1101-1108.

- [19] Xu G H, Zheng H Y. Soil Microbial Analysis Method Handbook. Beijing: Agriculture Press, 1986: 49-52, 102-109, 176-182, 261-291.
- [20] Bao S D. Agricultural Chemistry Analysis of Soil. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 22-108.
- [21] Wu X H. Study of soil fertility and physicochemical properties on forest. Forestry of Shanxi, 2008, (1): 15-16.
- [22] ACSC. General Analysis Method of Soil Agricultural Chemistry. Beijing: Science Press, 1983: 55-169.
- [23] Du P, Gao Y R, Zhang E S, Cao Y Q. The impact of northern Hebei Mountainous Larch reforestation on soil fertility. Journal of Hebei forestry Science and Technology, 1999, (2): 6-8.
- [24] National Soil Survey Office. Surveying Techniques of Soil in China. Beijing: Agriculture Press, 1992.
- [25] Lu R K. Soil-Principles of Plant Nutrition. Beijing: Chemical Industry Press, 1998.
- [26] Wang C T, Long R J, Wang G X, Liu W, Wang Q L, Zhang L, Wu P F. Relationship between plant communities, characters, soil physical and chemical properties, and soil microbiology in alpine meadows. Acta Prataculturae Sinica, 2010, 19(6): 25-34.

参考文献:

- [1] 何爽, 谭敦炎. 阿魏的研究进展. 新疆农业大学学报, 2002, 25(2): 1-7.
- [2] 宋东伟, 赵文军, 吴雪萍, 曹振杰, 高林. 阿魏属植物化学成分及药理活性研究进展. 中成药, 2005, 27(3): 329-332.
- [3] 赵文彬, 谭勇, 相颖, 成玉怀. 新疆准葛尔盆地阿魏资源调查. 时珍国医国药, 2009, 20(8): 2024-2026.
- [5] 谭秀芳, 李晓瑾, 杜翠玲, 张慧. 药用植物阿魏概况及研究进展. 中国民族民间医药杂志, 2006, 78(1): 12-14.
- [6] 杨弋. 早春短命植物营养器官解剖学的研究//新疆植物学研究文集. 北京: 北京科学出版社, 1991: 203-211.
- [7] 沈观冕, 秦雪梅. 新疆阿魏属及其相近属间的分类学研究. 干旱区研究, 1990, 7(4): 23-33.
- [12] 侯宽昭. 中国种子植物科属词典(修订版). 北京: 科学出版社, 1982.
- [13] 舒璞, 余孟兰. 中国伞形科植物花粉图志. 上海: 上海科学技术出版社, 2001.
- [14] 角媛梅, 杨丽萍. 哀牢山区哈尼梯田的分形特征. 生态学报, 2007, 27(11): 4583-4589.
- [15] 角媛梅, 肖笃宁, 程国栋. 亚热带山地民族文化与自然环境和谐发展实证研究——以云南省元阳县哈尼族梯田文化景观为例. 山地学报, 2002, 20(3): 266-271.
- [16] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. 土壤学报, 2002, 39(1): 89-95.
- [17] 杨海君, 肖启明, 刘安元. 土壤微生物多样性及其作用研究进展. 南华大学学报: 自然科学版, 2005, 19(4): 21-26.
- [19] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986: 49-52, 102-109, 176-182, 261-291.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000: 22-108.
- [21] 武晓红. 林地土壤肥力及理化性质研究. 山西林业, 2008, (1): 15-16.
- [23] 杜平, 高运茹, 张恩生, 曹运强. 冀北山地华北落叶松人工林对土壤肥力的影响. 河北林业科技, 1999, (2): 6-8.
- [24] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术. 北京: 农业出版社, 1992.
- [25] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [26] 王长庭, 龙瑞军, 王根绪, 刘伟, 王启兰, 张莉, 吴鹏飞. 高寒草甸群落地表植被特征与土壤理化性状、土壤微生物之间的相关性研究. 草业学报, 2010, 19(6): 25-34.

CONTENTS

Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology	LI Xuanqi, HUA Lizhong (2965)
Significant impact of job-housing distance on carbon emissions from transport: a scenario analysis	TONG Kangkang, MA Keming (2975)
The watershed eco-compensation system from the perspective of economics: the cases of pollution compensation	LIU Tao, WU Gang, FU Xiao (2985)
The tourism development impact on Shanghai coastal wetland vegetation	LIU Shidong, GAO Jun (2992)
Effects of the Wenchuan Earthquake on shoot growth and development of the umbrella bamboo (<i>Fargesia robusta</i>), one of the giant panda's staple bamboos	LIAO Lihuan, XU Yu, RAN Jianghong, et al (3001)
Forest carbon sequestration and carbon sink/source in Jiangxi Province	HUANG Lin, SHAO Quanqin, LIU Jiyuan (3010)
Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo River Basin	CHEN Jie, GUO Yili, LU Xunling, et al (3021)
Microbial community diversity of rhizosphere soil in continuous cotton cropping system in Xinjiang	GU Meiyang, XU Wanli, MAO Jun, et al (3031)
Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. in desert zone	HE Xueli, CHEN Zheng, GUO Huijuan, et al (3041)
Characteristics of photosynthetic productivity and water-consumption for transpiration in <i>Pinus densiflora</i> var. <i>zhangwuensis</i> and <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	MENG Peng, LI Yuling, YOU Guochun, et al (3050)
Seasonal dynamic and influencing factors of coarse woody debris respiration in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest	LIU Qiang, YANG Zhijie, HE Xudong, et al (3061)
Influence of saline soil and sandy soil on growth and mineral constituents of common annual halophytes in Xinjiang	ZHANG Ke, TIAN Changyan, LI Chunjian (3069)
Dynamics change of <i>Betula ermanii</i> population related to shrub and grass on treeline of northern slope of Changbai Mountains	WANG Xiaodong, LIU Huiqing (3077)
Effects of ecological conditions on morphological and physiological characters of tobacco	YAN Kan, CHEN Zongyu (3087)
A study on the hyperspectral inversion for estimating leaf chlorophyll content of clover based on factor analysis	XIAO Yanfang, GONG Huili, ZHOU Demin (3098)
Monthly dynamic variation of soil seed bank in water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water	WANG Xiaorong, CHENG Ruimei, TANG Wanpeng, et al (3107)
Effects of three land use patterns on diversity and community structure of soil ammonia-oxidizing bacteria in <i>Leymus chinensis</i> steppe	ZOU Yukun, ZHANG Jingni, CHEN Xiurong, et al (3118)
Autotoxicity and promoting: dual effects of root litter on American ginseng growth	JIAO Xiaolin, DU Jing, GAO Weiwei (3128)
Effect of differing levels parasitism from native <i>Cuscuta australis</i> on invasive <i>Bidens pilosa</i> growth	ZHANG Jing, YAN Ming, LI Junmin (3136)
Heavy metal concentrations and pollution assessment of riparian soils in Shandong Province	ZHANG Ju, CHEN Shiyue, DENG Huanguang, et al (3144)
Effect of decomposition products of cyanobacteria on <i>Myriophyllum spicatum</i> and water quality in Lake Taihu, China	LIU Lizhen, QIN Boqiang, ZHU Guangwei, et al (3154)
Succession of macrofauna communities in wetlands of <i>Sonneratia apetala</i> artificial mangroves during different ecological restoration stages	TANG Yijie, FANG Zhanqiang, ZHONG Yanting, et al (3160)
Group characteristics of Chinese Merganser (<i>Mergus squamatus</i>) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province	SHAO Mingqin, ZENG Binbin, SHANG Xiaolong, et al (3170)
Effect of forest rodents on predation and dispersal of <i>Pinus armandii</i> seeds in Qinling Mountains	CHANG Gang, WANG Kaifeng, WANG Zhi (3177)
Circadian rhythms of activity, metabolic rate and body temperature in desert hamsters (<i>Phodopus roborovskii</i>)	WANG Luping, ZHOU Shun, SUN Guoqiang (3182)
Effects of temperature stress and ultraviolet radiation stress on antioxidant systems of <i>Locusta migratoria tibetensis</i> Chen	LI Qing, WU Lei, YANG Gang, et al (3189)
Carbon cycling from rice-duck mutual ecosystem during double cropping rice growth season	ZHANG Fan, GAO Wangsheng, SUI Peng, et al (3198)
Protein expression characteristics and their response to nitrogen application during grain-filling stage of rice (<i>Oryza Sativa</i> . L)	ZHANG Zhixing, CHENG Jun, LI Zhong, et al (3209)
Review and Monograph	
Advances in influence of seawater eutrophication on marine bacteria	ZHANG Yubin, ZHANG Jiexiang, SUN Xingli (3225)
A review of comprehensive effect of ocean acidification on marine fishes	LIU Hongjun, ZHANG Zhendong, GUAN Shuguang, et al (3233)
Evaluation of the controlling methods and strategies for <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	LI Mingguang, LU Erbei, GUO Qiang, et al (3240)
Scientific Note	
Dynamics of land use/cover changes in the Weigan and Kuqa rivers delta oasis based on Remote Sensing	SUN Qian, TASHPOLAT. Tiyip, ZHANG Fei, et al (3252)
Phytoplankton assemblages in East China Sea in winter 2009	GUO Shujin, SUN Jun, DAI Minhan, et al (3266)
On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild Ferula in Xinjiang	FU Yong, ZHUANG Li, WANG Zhongke, et al (3279)
The community characteristics of <i>Calligonum roborovskii</i> A. Los in Tarim Basin	Gulnur Sabirhazi, PAN Borong, DAUN Shimin (3288)
Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system	SUN Bo, WANG Guangcheng (3296)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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 70 元/册,全年定价 1680 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 32 卷 第 10 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 10 (May, 2012)

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 冯宗炜
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:1000717

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:1000717
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 FENG Zong-Wei
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



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元