

乌梁素海湿地过渡带土壤微生物类群数量与分布特征

武琳慧^{1,2}, 邵玉琴^{1,2}, 鲁楦银¹, 曹伟伟¹, 赵吉^{1,2*}

(1. 内蒙古大学环境与资源学院, 呼和浩特 010021; 2. 内蒙古自治区环境污染控制与废物资源化重点实验室, 呼和浩特 010021)

摘要:为探明内蒙古乌梁素海湿地土壤微生物主要类群的分布特征, 选取湿地过渡带典型植被包括芦苇、碱蓬、白刺3种不同的植物群落, 在小河口和退水处设两条平行样带, 采用平板计数法对湿地土壤中细菌、真菌和放线菌的数量、组成和分布特征进行了研究。结果表明, 不同群落下土壤微生物类群数量和分布明显不同, 而且优势类群明显。好气性细菌在小河口芦苇土壤中最, 芽孢型细菌在对照的周边农田土壤中最, 放线菌和真菌在白刺土壤中最。常年积水的芦苇群落土壤中细菌占主导, 季节性淹水的白刺群落土壤中放线菌和真菌数量明显增加, 微生物组成结构随环境因子的变化而改变。土壤芽孢型细菌、真菌和放线菌与土壤全氮含量显著相关, 说明土壤氮素是调节湿地生态系统土壤微生物代谢及物质转化的关键因子之一。

关键词:湿地土壤; 稀释平板法; 土壤微生物; 数量; 分布

中图分类号: X172 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2014)04-0759-06 doi:10.11654/jaes.2014.04.020

Soil Microbes and Their Distribution in Wuliangsuhai Wetland

WU Lin-hui^{1,2}, SHAO Yu-qin^{1,2}, LU Jia-yin¹, CAO Wei-wei¹, ZHAO Ji^{1,2*}

(1. College of Environment & Resources, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China; 2. Inner Mongolia Key Laboratory of Environmental Pollution Control & Waste Resource Reuse, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China)

Abstract: Wuliangsuhai wetland is the largest wetland on the same latitude in the world, and plays important roles in maintaining ecological functions of its surrounding area. In the present study, community structure of bacteria, fungi and actinomycetes were profiled in three types of wetland soils and a farmland soil grown with *Phragmites australis*, *Suaeda salsa*, *Nitraria tangutorum* and *Helianthus annuus*, respectively, from Wuliangsuhai wetland. Bacteria were dominant, while fungi minor in all soils. Quantities of microorganisms were different under different types of plants. The largest number of bacteria was found at *Phragmites australis* soil of Xiaohoukou site, whereas fungi and actinomycetes were the most abundant in *Nitraria tangutorum* soil. Farmland soil had the highest spore-forming bacteria. The results indicate that the distribution of microbes in soil is closely related with vegetation type and soil nutrients.

Keywords: wetland; dilution plate method; soil microorganisms; quantity; distribution

自然湿地是由陆地系统和水体系统相互作用形成的独特生态系统, 具有调节气候、蓄洪防旱、净化环境、降解污染、维持生物多样性等多种生态功能, 被誉为“地球之肾”^[1]。内蒙古乌梁素海是由黄河改道形成的河迹湖, 乌梁素海湿地是地球同一纬度最大的湿地, 2002年被国际湿地公约组织列入国际重要湿地名录, 是深受国际社会关注的湿地生物多样性保护

区。乌梁素海湿地生态系统对维护周边地区生态平衡起着相当重要的作用^[2]。

土壤微生物是陆地生态系统中最活跃的成员, 也是土壤有机质的活性部分, 土壤中有有机物的分解、腐殖质的形成、养分转化等各种生化过程, 都是在微生物的参与下完成的, 土壤微生物推动着生态系统的物质循环和能量流动, 维持着生态系统的正常运转^[3-4]。湿地土壤微生物类群的组成和数量变动作为表征湿地类型的重要指标, 反映了湿地类型的分异和演替阶段^[5], 因此研究湿地土壤中微生物分布有极其重要的意义。Melany等^[6]研究表明, 美国北部泥炭地植被类型对土壤微生物活性、功能群组成有明显影响。赵先丽等^[7]分析了盘锦湿地芦苇群落6—9月不同土层(0~10

收稿日期: 2013-08-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31160129); 内蒙古自然科学基金项目(2013MS0510, 2012MS0610); 国家科技部科技支撑计划项目(2011BAC02B03)

作者简介: 武琳慧(1982—)女, 内蒙古包头人(汉), 博士研究生, 讲师, 主要从事环境微生物研究。E-mail: imuwulinhui@163.com

* 通信作者: 赵吉 E-mail: ndzj@imu.edu.cn

cm、10~20 cm 和 20~30 cm)中微生物的动态,发现细菌和放线菌从6月的最高值逐渐减少,到8月达到最低,而后逐渐增加,真菌数量从6月开始逐渐增加,至9月达到最大值。不同土层中10~20 cm 土壤中细菌、放线菌和真菌数量最大。邵玉琴等^[8-9]对内蒙古锡林河湿地、湖泊湿地微生物数量的研究发现,微生物数量与微生物生物量、土壤有机质等存在显著正相关性。王银山等^[10]发现新疆艾比湖湿地土壤盐碱化程度对微生物数量有明显影响。徐惠风等^[11]研究发现不同季节乌拉苔草湿地土壤微生物存在动态变化。虽然国内外对各类型湿地土壤微生物做了大量研究,然而对处于严重退化的乌梁素海湿地微生物的研究报道较少^[12-13]。

本研究选择乌梁素海湿地3种典型的植被群落芦苇(*Phragmites australis*)、碱蓬(*Suaeda salsa*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)土壤作为研究对象,以湿地周边向日葵(*Helianthus annuus*)农田土壤作为对照,探讨不同植被群落土壤中微生物数量的变化特征,为揭示湿地生态系统的结构及湿地的恢复与重建提供基础数据和参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

乌梁素海湿地(108°43'~108°57'E,40°46'~41°03'N)位于内蒙古巴彦淖尔盟乌拉特前旗境内,该地区属典型的温带大陆性季风气候区,多年平均降雨量为215 mm,降雨主要集中在7—9月,其降雨量占全年降雨量的73%;多年平均气温为6.6℃。乌梁素海现水面面积约293 km²,南北长35~40 km,东西宽5~10 km,湖面平均高程为1 018.5 m,水深为0.8~1.0 m 深度的水域占总水域面积的80%。乌梁素海湿地主要依靠农田灌溉退水补水,深受农田面源污染的危害,每年排入乌梁素海的总氮为1 088.594 t,总磷为65.747 t。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集

受土壤温度、湿度、地下水和土壤性状等综合影响,乌梁素海湿地不同地貌部位植被类型差异较大。本研究于湿地小河口(108°56'40"E,40°56'52"N)和退水处(108°43'54"E,40°46'22"N)设置两条垂直湖滨带的纵向样带(由湖边向外延伸约50 m),选择具有代表性的3种植物类型芦苇、碱蓬、白刺作为研究样地,采集其表层土壤。芦苇样地常年积水,碱蓬和白刺样地季节性淹水。于2012年7月中旬植物生长旺季在上述样地以“S”型取样方法采集0~20 cm 的土样,即

各样地选3个采样区,样区内用土钻随机采5份土壤,组成1个混合样,各样地重复3次,挑去草根,混合后取1 kg 左右装入灭菌的塑料袋中,密封用保温盒加冰块保鲜,带回室内4℃保存,在1周内进行土壤微生物分离计数和土壤理化性质的测定。

1.2.2 实验测定方法

微生物数量测定采用平板计数法(Colony-forming units, CFU)^[14]。在平板计数法(CFU)中,每个菌落由一个单细胞繁殖而成,为肉眼可见的细胞群体。真菌测定采用马丁氏孟加拉红培养基,放线菌采用改良高氏1号培养基,好气性细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,芽孢型细菌采用牛肉膏蛋白胨麦芽琼脂培养基。每一类群设3次重复,3个稀释度,分别接种后,置无菌培养箱培养,接种后的培养皿倒置在培养箱内,其中细菌37℃下培养1~2 d,真菌28℃下培养4~5 d,放线菌28℃下培养6~7 d,进行计数,计算每克干土中的微生物数量。

1.2.3 土壤理化性质测定方法

将土样风干、过筛后进行土壤基本理化性质的测定^[15]。土壤有机质采用重铬酸钾滴定法-外加热法测定;全氮采用凯氏定氮法测定;全磷采用HClO₄-H₂SO₄消化法测定;土壤pH采用蒸馏水(土水质量比1.0:2.5)浸提30 min,用精密pH计测定。

1.2.4 实验数据分析

实验数据用SPSS13.0软件统计。利用单因素方差进行差异显著性检验($P<0.05$)。

2 结果与分析

由表1可知,乌梁素海湿地土壤均为强碱性土壤(pH>8.5)。除小河口芦苇群落土壤有机碳含量较高外,其余样点各理化指标差异不大。小河口采样带中芦苇样点土壤pH值最低,有机碳、全氮、全磷最高;

表1 不同植物群落生境土壤理化性质

Table 1 Basic characteristics of wetland soils with different plant community

地点	土壤类型	有机碳/g·kg ⁻¹	全氮/g·kg ⁻¹	全磷/g·kg ⁻¹	pH
小河口	芦苇湿地(粘土)	12.32	4.02	0.70	9.20
	碱蓬湿地(砂壤土)	7.79	1.88	0.43	9.30
	白刺湿地(砂壤土)	1.00	2.68	0.59	9.90
退水	芦苇湿地(粘土)	2.44	3.11	0.69	9.48
	碱蓬湿地(砂壤土)	3.78	2.84	0.69	9.78
	白刺湿地(砂壤土)	3.89	5.87	0.47	9.38
农田	向日葵(壤土)	8.81	1.61	1.08	8.80

在退水处样带中,白刺样点 pH 最低,有机碳和全氮最高;农田样点全氮含量最低,全磷含量最高。根据土壤养分分级标准^[16],除有机碳质量分数略低外,各样点全氮和全磷养分质量分数均较丰富。

土壤微生物由于受到植物根系、土壤肥力以及土壤水分、温度等影响,不同生境植被下土壤微生物数量分布差异很大(表 2)。

表 2 不同生境土壤微生物数量分布比率(%)

Table 2 Relative composition of microorganisms in different soils

地点	土壤类型	好气型细菌	芽孢杆菌	放线菌	真菌
小河口	芦苇湿地	99.989 7	0.001 2	0.009 1	0.000 0
	碱蓬湿地	99.836 5	0.012 9	0.150 6	0.000 0
	白刺湿地	99.288 9	0.054 6	0.655 9	0.000 6
退水	芦苇湿地	99.908 6	0.013 8	0.077 5	0.000 0
	碱蓬湿地	99.482 3	0.027 7	0.490 0	0.000 0
	白刺湿地	99.700 9	0.024 8	0.274 1	0.000 2
农田	向日葵	99.872 7	0.012 2	0.115 0	0.000 0

2.1 不同生境土壤细菌分布

细菌是土壤微生物中数量最多的一个类群,由图 1 可见,在土壤表层 0~20 cm,除了对照农田土壤,不同植被类型土壤中好气性细菌数量的差异不明显,同种植被不同样点却有一定差异,如芦苇群落和碱蓬群落不同采样点好气性细菌数量表现出明显差异($P<0.05$)。总体而言,芦苇湿地土壤好气性细菌种群数量最高,占细菌总数的 66%;对照农田样点居中,占 23%;而碱蓬和白刺样地细菌数量最低,分别仅占 4%和 7%。芦苇湿地土壤好气性细菌种群数量分别是碱蓬、白刺、对照农田各样地的 16 倍、10 倍和 3 倍。

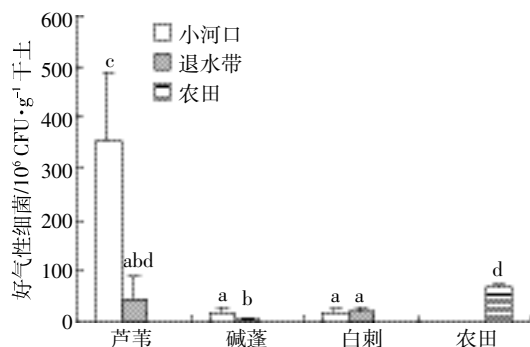


图 1 不同植被类型土壤好气性细菌数量分布

Figure 1 Population of aerobic bacteria in different soils

2.2 不同生境土壤芽孢型细菌数量分布

芽孢型细菌在土壤微生物对物质分解和转化方

面起到很重要的作用,芽孢型细菌数量的增加,加速土壤中有有机养分的转化^[17]。细菌中的芽孢型细菌(营养型细胞)数量能反映氮化细菌生命活动的强度,芽孢型细菌占好气性细菌的百分比越低,说明土壤的氮化作用越强^[17]。由图 2 可知,对照农田、白刺样地芽孢型细菌数量较多,占总数的 34%~35%;芦苇和碱蓬样地较少,分别占 22%、8%。各样地芽孢型细菌占好气型细菌的百分比均小于 0.05%,说明各样地土壤微生物活跃程度较强。不同植被类型土壤芽孢型细菌数量有显著性差异;与好气性细菌数量不同,在芦苇群落和碱蓬群落不同采样点芽孢型细菌数量无明显差异。

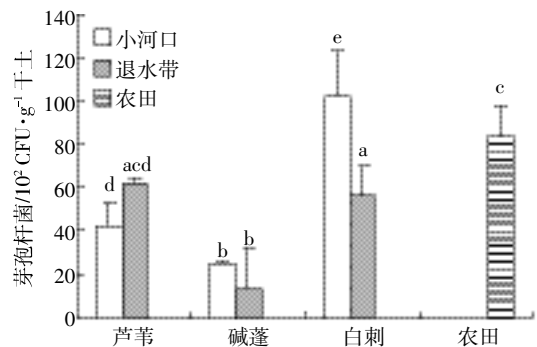


图 2 不同植被类型土壤芽孢杆菌数量分布

Figure 2 Population of Bacillus in different soils

2.3 不同生境土壤放线菌数量分布

放线菌与土壤腐殖质的含量有关,对土壤中的物质转化也具有一定的作用,多分布在有机物较丰富的碱性土壤中。由图 3 可知,不同生境、不同采样点土壤放线菌数量均无显著性差异。白刺、对照农田、芦苇和碱蓬样地放线菌菌落数量分别占放线菌总数的 40%、34%、15%和 11%。

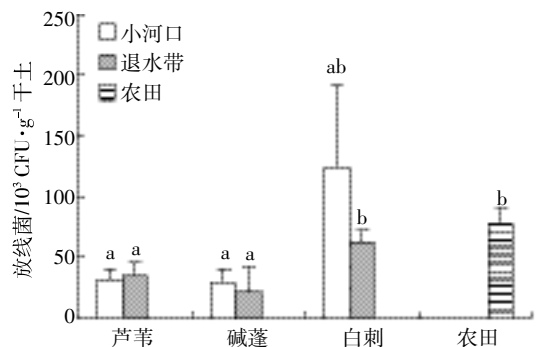


图 3 不同植被类型土壤放线菌数量分布

Figure 3 Population of actinomycetes in different soils

2.4 不同生境土壤真菌数量分布

真菌是参与土壤有机质分解过程的主要成员之一。白刺群落与其他植被生境土壤真菌数量呈显著性差异($P<0.05$)。白刺样地真菌数量最多,对照农田次之,芦苇和碱蓬样地真菌最少,与放线菌的变化规律一致,各样地真菌的分布分别为:72%、24%、3%和1%。白刺样地真菌数量分别为农田样地、芦苇样地和碱蓬样地的3倍、23倍和108倍。但整体来看,真菌数量显著偏低,尤其是在芦苇和碱蓬群落(图4)。

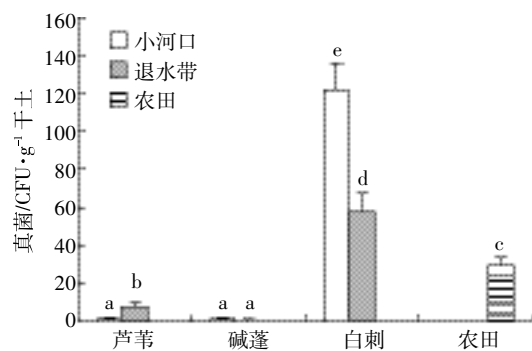


图 4 不同植被类型土壤真菌数量分布
Figure 4 Population of fungi in different soils

不同植被类型样地,土壤微生物数量与土壤理化性质的相关分析表明(表3),土壤微生物与理化性质表现出不同程度的相关性。微生物数量除了好气性细菌外,均与土壤养分全氮呈显著相关,相关系数为0.565 3~0.679 8,均达到显著性水平。微生物与其他理化性质相关性相对较低,未达到显著相关水平,表明土壤氮素对微生物的生命活动有着重要的影响。

表 3 土壤微生物数量与土壤养分的相关性

Table 3 Correlations between soil microorganisms and nutrients

项目	有机碳	全氮	全磷	pH
好气性细菌 Aerophile bacteria	-0.215 6	-0.045 9	0.203 7	-0.024 2
芽孢型细菌 Spore-forming bacteria	0.084 2	0.565 3*	0.293 4	-0.387 5
放线菌 Actinomycetes	-0.229 9	0.567 2*	0.040 2	-0.201 1
真菌 Fungi	-0.306 7	0.679 8*	-0.259 4	0.063 9

注:* 显著相关($P<0.05$)。

3 讨论

不同植被生境形成不同的生态条件,为微生物生长提供了不同的食物来源和生存条件,导致微生物种群结构多样化。可培养微生物在不同植被类型样地表

层土壤的分布数量相差较多,但几乎所有样地都有一个共同的特点是细菌数量呈现绝对优势,占相当高的比例(>99%),其次是放线菌,而真菌数量最低,比好气性细菌低6~7个数量级。表明不同植被类型土壤中优势微生物都是细菌。由于细菌占总数的绝大多数,微生物总数在不同植被生境的变化规律与细菌数量一致。各种微生物数量与其他自然湿地相比^[7,18],放线菌要低1~2个数量级,真菌要低2~3个数量级。以往研究认为细菌与放线菌适宜在中性或微碱性的土壤环境中生长,真菌在碱性环境中生长较差,而乌梁素海湿地土壤呈强碱性,且季节性积水导致的通气状况不良也抑制了真菌的生存,因此导致真菌数量偏低。自然湿地不同植被群落土壤细菌、放线菌和真菌总数差异较大:好气性细菌分布在小河口芦苇样地最多,占好气性细菌总数的66%;芽孢型细菌分布在对照农田最多,占芽孢型细菌总数的36%;放线菌和真菌则在白刺样地分布最多,分别占放线菌和真菌总数的40%和72%。不同环境(或小生境)中繁殖的微生物,必然是那些对该环境(或小生境)最适宜的类群迅速发展,构成菌属和类群,并达到一定的相对密度^[11]。芦苇样地常年积水,通气状况不良,放线菌和真菌的生长受到抑制,环境中物质的分解和转化主要依靠细菌完成;随着向陆地环境碱蓬样地、白刺样地的过渡,土壤质地由粘土转变成砂壤土,土壤环境由常年积水转向季节性淹水,故放线菌和真菌数量明显增加。一般认为,耕作、作物生长及秸秆还田,改善了农田土壤环境,使农田土壤通气、水分及温度等更适宜微生物的生长,故微生物的数量最高^[19]。但本研究的对照农田样地微生物数量未表现出显著增加。

从不同采样带来看,除芦苇样地外,微生物不同类群数量均表现为小河口样地>退水样地,说明不同地点土壤的生态条件亦不同,导致微生物种群结构多样化。整体上各样地微生物类群的组成均表现为细菌最多,放线菌次之,真菌最少,与陈为峰等^[18]、曾繁富等^[20]试验结果一致,而与郎惠卿等^[21]、徐惠凤等^[11]对苔草(*Carex tristachya*)沼泽群落的研究结果(细菌>真菌>放线菌)不同,主要原因在于大多数真菌不适合在碱性环境中生存。

土壤微生物与土壤理化性质之间有着密切的关系,土壤理化性质在很大程度上制约着土壤微生物的种类和数量,同时微生物的种类和数量又对土壤理化性质的改变产生影响^[22]。赵先丽等^[7]研究了盘锦滨海湿地芦苇群落土壤微生物特性,表明湿地土壤细菌、

放线菌和真菌主要受水分变化的影响。本文相关性分析显示芽孢型细菌、放线菌和真菌数量均与土壤全氮相关性显著,好气性细菌与土壤养分各指标间相关性不显著,陈为峰等^[18]研究黄河三角洲新生湿地结论同样证明真菌分布与土壤氮含量关系密切,说明土壤中氮素的迁移转化与微生物的类群数量有很大关系,是调节湿地生态系统土壤微生物代谢及物质转化的关键因子之一。

除土壤碳、氮、磷之外,土壤机械组成、其他理化性质、土壤酶等可能影响土壤有机质及微生物的代谢繁殖,进而对微生物数量产生重要影响。在以后的研究中,应加以分析这些因素对微生物数量分布产生的影响,进而对微生物数量分布进行更深入的研究,为揭示湿地生态系统的结构和功能,提供土壤微生物的基础数据和参考依据。

4 结论

乌梁素海湿地不同植被类型土壤微生物的数量和分布特征如下:

(1)乌梁素海湿地好气性细菌数量占绝对优势,真菌数量最少。好气性细菌数量在小河口芦苇样地最多;芽孢型细菌分布在对照农田最多;放线菌和真菌则在白刺样地分布最多。生境由常年积水向季节性淹水转变,细菌数量减少,放线菌和真菌数量增加。

(2)相关性分析显示芽孢型细菌、放线菌和真菌数量均与土壤全氮相关性显著,说明土壤中氮元素是调节湿地生态系统土壤微生物代谢及物质转化的关键因子之一。

参考文献:

- [1] 田 昆,莫剑锋,常凤来,等. 剑湖湿地保护区土壤特性及其环境影响研究[J]. 西南林学院学报, 2003, 23(4): 21-24.
TIAN Kun, MO Jian-feng, CHANG Feng-lai, et al. Environmental impacts on wetland soil characteristics in Jianhu nature reserve, west Yunnan Province[J]. *Journal of Southwest Forestry College*, 2003, 23(4): 21-24.
- [2] 段晓男,王效科,欧阳志云,等. 乌梁素海野生芦苇群落生物量及影响因子分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(2): 246-251.
DUAN Xiao-nan, WANG Xiao-ke, OUYANG Zhi-yun, et al. The biomass of *Phragmites australis* and its influencing factors in Wuliang-suhai[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(2): 246-251.
- [3] 邵玉琴,敖晓兰,宋国宝,等. 皇甫川流域退化草地和恢复草地土壤微生物生物量的研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(5): 578-580.
SHAO Yu-qin, AO Xiao-lan, SONG Guo-bao, et al. Soil microbial biomass in degenerated and recovered grasslands of Huangfuchuan watershed[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(5): 578-580.
- [4] 赵 吉,郭 婷,邵玉琴. 内蒙古典型草原土壤微生物生物量及其周转与流通量的初步研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2004, 35(6): 673-676.
ZHAO Ji, GUO Ting, SHAO Yu-qin. Preliminary studies on soil microbial biomass and its turnover in typical grasslands of Neimongol region[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2004, 35(6): 673-676.
- [5] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 国家生物多样性研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998: 105-121.
China Biodiversity Country Study Writing Group. China biodiversity country study[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1998: 105-121.
- [6] Melany C F, Kristin F R, Joseph B Y. Microbial activity and functional composition among northern peatland ecosystems[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2003, 35(4): 591-602.
- [7] 赵先丽,周广胜,周 莉,等. 盘锦芦苇湿地土壤微生物数量研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(6): 1376-1379.
ZHAO Xian-li, ZHOU Guang-sheng, ZHOU Li, et al. Characteristics of soil microbial community in Bulrush wetlands of Panjin, Northeast China[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39(6): 1376-1379.
- [8] Shao Y Q, Zhao Z L, Zhao J. The distributive characteristics of soil microorganisms at dry lake wetland on semiarid grassland[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2011, 71-78: 2882-2886.
- [9] Shao Y Q, Zhao Z L, Zhao J. Divergent characteristics of soil fungi and actinomycetes at river wetland on typical steppe[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2011, 71-78: 3114-3117.
- [10] 王银山,张 燕,谢 辉,等. 艾比湖湿地不同盐碱环境土壤微生物群落特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(5): 133-137.
WANG Yin-shan, ZHANG Yan, XIE Hui, et al. The analysis of characteristics of the soil microorganisms in different saline and alkali environment in Aibil Lake Wetland[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2009, 23(5): 133-137.
- [11] 徐惠凤,刘兴土,白军红. 长白山沟谷湿地乌拉苔草沼泽湿地土壤微生物动态及环境效应研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 115-122.
XU Hui-feng, LIU Xing-tu, BAI Jun-hong. Dynamic change and environmental effects of soil microorganism in marsh soils from *Carex Mey-eriana* wetlands in Changbai mountain[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(3): 115-122.
- [12] Wu L H, Zhao J, Zhang X J, et al. The study of soil microorganism in different vegetation at the Wuliangsu hai wetland[J]. *Advanced Materials Research*, 2012, 518-523: 5193-5197.
- [13] Wu L H, Zhao J, Hui M, et al. The quantitative characters of soil microbes under different vegetations in an eutrophic lake wetland[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, 295-298: 178-183.
- [14] 许光辉,郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274-330.
XU Guang-hui, ZHENG Hong-yuan. Microbiological methods manual [M]. Beijing: Agriculture Press, 1986: 274-330.
- [15] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 102-166.

- Soil Science Society of China Professional Committee of Agrochemistry. Soil agricultural chemical conventional analysis[M]. Beijing: Sciences Press, 1983:102-166.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:32-36.
BAO Shi-dan. Soil agricultural chemical analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000:32-36.
- [17] 邵玉琴, 赵吉, 韦记鹏, 等. 内蒙古皇甫川不同土地利用方式下土壤微生物数量的变化特征[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2008, 39(4):435-439.
SHAO Yu-qin, ZHAO Ji, WEI Ji-peng, et al. Variational characteristics in the number of soil microorganism under different land use patterns in Huangfu-chuan[J]. *Journal of Inner Mongolia University*, 2008, 39(4):435-439.
- [18] 陈为峰, 史衍玺. 黄河三角洲新生湿地不同植被类型土壤的微生物分布特征[J]. 草地学报, 2010, 18(6):859-864.
CHEN Wei-feng, SHI Yan-xi. Distribution characteristics of microbes in new-born wetlands of the Yellow River Delta[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2010, 18(6):859-864.
- [19] 范玉贞. 衡水湖湿地土壤微生物研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(25):13782-13783.
FAN Yu-zhen. Primary research on soil microorganisms in Hengshui Lake Wetland[J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2010, 38(25):13782-13783.
- [20] 曾繁富, 赵同谦, 徐华山, 等. 滨河湿地土壤微生物数量及多样性研究[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(10):13-18.
ZENG Fan-fu, ZHAO Tong-qian, XU Hua-shan, et al. Number of microbes and its biodiversity in soil of riparian wetland[J]. *Environmental Science & Technology*, 2009, 32(10):13-18.
- [21] 郎惠卿, 白艳, 李波, 等. 小兴安岭落叶松苔草沼泽土壤微生物[J]. 东北师大学报(自然科学版), 1994, (4):77-82.
LANG Hui-qing, BAI Yan, LI Bo, et al. On edaphon of larix carex swamp in the Xiaoxingan Mountains[J]. *Journal of Northeast Normal University*, 1994, (4):77-82.
- [22] 魏媛, 张金池, 俞元春, 等. 退化喀斯特植被恢复对土壤微生物数量及群落功能多样性的影响[J]. 土壤, 2010, 42(2):230-235.
WEI Yuan, ZHANG Jin-chi, YU Yuan-chun, et al. Effects of degraded karst vegetation restoration on soil microbial amount and functional diversity[J]. *Soils*, 2010, 42(2):230-235.

《保鲜与加工》杂志 2014 年征订征稿启事

《保鲜与加工》是由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)主办的农产品采后技术研究领域的科技期刊,为中国科技核心期刊和中国北方优秀期刊,本刊已被美国《化学文摘》(CA)、中国学术期刊(光盘版)杂志收录。主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息。主要设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、专题论述、技术指南、行业资讯、科普沙龙、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

本刊为双月刊,大16开本,64页,逢单月10日出版,国内外公开发行人,每期定价10元,全年60元,国内统一连续出版物号:CN12-1330/S,国际标准连续出版物号:ISSN1009-6221,邮发代号:6-146。欢迎在全国各地邮局(所)或本刊编辑部订阅,欢迎广大读者踊跃投稿,并诚邀刊登各类相关广告。

通信地址:天津市西青区津静公路17公里处,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)《保鲜与加工》编辑部

邮编:300384

电话:022-27948711

邮箱:bxyjg@163.com

投稿平台:www.bxyjg.com