

荒漠草原四种常见植物群落土壤 养分及土壤微生物特征

邵文山^{1,2}, 李国旗^{1,2}, 陈科元^{1,2}, 赵盼盼^{1,2}

(1. 宁夏大学 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021)

摘 要:以宁夏盐池县典型的荒漠草原区为例,选取了该地区 4 种常见的植物群落,分析了不同植物群落土壤养分和土壤微生物的差异性及相关性。结果表明:不同植物群落土壤养分各指标均具有差异性。苦豆子群落土壤全氮、碱解氮含量相对较高,芨芨草群落土壤有机碳含量较高,油蒿群落土壤养分普遍较为贫瘠,盐爪爪群落土壤速效磷含量相对较高。4 种植物群落土壤三大微生物数量在不同群落同一土层间、同一群落不同土层间均各具差异,但 4 种群落土壤微生物数量均表现为细菌>放线菌>真菌。4 种植物群落土壤养分与土壤微生物各指标间相关性存在差异。苦豆子群落中各指标间关系最为密切,芨芨草群落次之,油蒿、盐爪爪群落各指标间关系较为复杂。由此,根据不同植物群落土壤养分、土壤微生物的特征,可为荒漠草原恢复与治理提供一定的参考依据。

关键词:植物群落;土壤养分;微生物;荒漠草原

中图分类号:S 154.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)15-0161-06

荒漠草原是草原向荒漠过渡的一类十分脆弱的旱生化草原生态系统^[1]。在我国西北广袤的内陆地区,由于降雨量较少、土壤贫瘠等原因,荒漠草原作为一种自然景观分布广泛。但近几十年来,随着经济的发展和人口的增长,生态环境不断恶化,草原荒漠化不断加剧,原有的荒漠化草原植被缩减越来越严重,有逐渐向裸露化或沙漠化发展的趋势^[2]。

当前,为响应生态文明建设,荒漠化草原植被恢复是一项刻不容缓的任务。以往人们对荒漠化草原的治理和恢复主要集中在封育禁牧、降雨量、引灌等对植被的影响方面,有关植被与土壤内在的联系则主要强调以土壤理化特性和养分为目标并把施肥对土壤肥力和生物量的影响作为主要研究方向^[3-7],而对荒漠草原植被的研究则主要关于植被分布范围、规律或是某种植物的群落特征等^[8-10],有针对性的将植物群落和土壤养分、土壤微生物耦合关系的研究,所见报道不多。在荒漠草原地区,虽然水分是植被生长的第一限制性因子,但越来

越多的试验研究表明^[11-13],荒漠生态系统植被对所处的土壤生态系统非常敏感,有关荒漠草原土壤养分的研究相对较多,对荒漠草原土壤微生物的研究并不常见,将土壤养分、土壤微生物结合并与地上植被耦合关系的研究尚鲜见报道。该课题组前期的研究表明,在宁夏典型荒漠草原分布着不同的植物群落,各植物群落物种组成、多样性、相似性等特征不同,现为进一步揭示荒漠草原区植物群落与土壤的内在联系,选取了以苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)、盐爪爪(*Kalidium foliatum*)为优势种的 4 种常见荒漠草原植物群落,通过分析不同植物群落土壤养分、土壤微生物的差异性、相关性等特征,以期荒漠草原植被恢复与治理提供新的理论参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

宁夏草地面积约为 3 万 km²,其中荒漠草原的面积超过了近一半。该试验区位于宁夏盐池县(东经 106°30'~107°47',北纬 37°04'~38°10')沙边子(东经 107°24',北纬 37°43'),属盐池县荒漠草原典型区,是陕、甘、宁、蒙 4 省(区)的交界地带,处于毛乌素沙地西南边缘。该地区属于典型的中温带大陆性气候,年平均气温 7.7℃,年均降水量 250~350 mm,且降水多集中在 6—9

第一作者简介:邵文山(1990-),男,硕士研究生,现主要从事植物生态学和土壤生态学等研究工作。E-mail:jinhaide@163.com.

责任作者:李国旗(1965-),男,博士,研究员,现主要从事植物生态学等研究工作。E-mail:guoqilee@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31540007)。

收稿日期:2016-04-25

月,潜在年蒸发量则为 2 000 mm 左右,年均无霜期 165 d,海拔高度在 1 295~1 951 m,属鄂尔多斯台地。地形主要为缓坡丘陵,土壤类型主要为灰钙土,还有大面积的风沙土、黄绵土等,土壤质地以沙土、沙壤和粉沙壤为主。植被主要以柠条(*Caragana intermedia*)、苦豆子(*S. alopecuroides*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、芨芨草(*A. splendens*)、盐爪爪(*K. foliatum*)、冰草(*Agropyron crisatum*)、油蒿(*A. ordosica*)、牛心朴子(*Cynanchum komarovii*)等为主。

1.2 试验材料

于 2015 年 7 月下旬植物生长旺盛时期,选取以苦豆子、芨芨草、油蒿、盐爪爪为优势种的 4 种植物群落类型草地。

1.3 试验方法

在每种草地中选取地势相对平坦、环境条件较为一致的 25 m×30 m 的 4 个大样方,在每个大样方内设 5 条“之”字型样线,每条样线间距 5 m,每条样线上距 5 m 为 1 个样点,每条样线上取 6 个样点,共计 120 个样点。在每个草地类型 5 条样线上的样点处分别按 0~10、10~20、20~30 cm 取土,将同一样线上的 6 个土样混合均匀,共计 60 个土样,均匀分为 2 份带回实验室,1 份风干后过筛,进行土壤理化性质的测定;1 份鲜土保存,用于测定土壤微生物。

1.4 项目测定

土壤总有机碳测定采用重铬酸钾容量法-外加热法,全氮采用半微量凯氏定氮法,全磷采用钼锑抗比色法,碱解氮采用扩散吸收法,速效磷采用 NaHCO₃ 浸提-硫酸钼锑抗比色法^[14];土壤微生物数量测定采用平板计数法,细菌数量测定采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,放线菌数量测定采用改良高氏一号培养基,真菌数量测定

采用马丁-孟加拉红培养基^[15]。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行数据统计及部分图表制作,通过 SPSS 17.0 软件进行方差、显著性及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同植物群落土壤养分比较

由表 1 可知,不同植物群落土壤养分各指标均具有差异。苦豆子群落土壤中,表层土(0~10 cm,下同)全氮、速效磷含量显著高于其它 3 种植物群落,碱解氮含量高于芨芨草群落,显著高于油蒿、盐爪爪群落;各养分含量随土壤层的加深均逐渐降低,且各土层间除全磷、速效磷,碱解氮在 10~20 cm 和 20~30 cm 间差异不显著($P>0.05$),其它各养分指标在各土层间均表现为显著性差异($P<0.05$),其中 0~10 cm 与 10~20 cm 间差异更加明显。芨芨草群落土壤中,各土层有机碳含量明显高于苦豆子、油蒿群落,深层土(20~30 cm,下同)也显著高于盐爪爪群落;此外,其土壤速效磷含量随土壤层的加深表现出倒 V 字型趋势。油蒿群落土壤中,各土壤养分指标普遍较低,尤其在表层土中,且各土层间养分差异不大,全氮、全磷、碱解氮在各土层间差异不显著($P>0.05$),有机碳在 10~20 cm 和 20~30 cm 间差异不显著($P>0.05$),速效磷在 0~10 cm 和 10~20 cm 间同样差异不显著($P>0.05$);同时随着土壤层的加深,全氮和碱解氮含量均出现倒“V”字型变化趋势。盐爪爪群落土壤中,有机碳、全磷在表层土中含量较高,速效磷在各土层间的变化趋势明显不同于其它 3 种群落,其各土层间不仅含量相对较高而且差异不显著($P>0.05$);此外,盐爪爪群落深层土中全氮含量显著低于其它各群落同层土壤。

表 1

不同植物群落土壤养分特征

Table 1

Soil nutrient properties in different plant communities

植物群落 Community type	土层深度 Soil depth/cm	有机碳 Organic carbon/(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N/(g·kg ⁻¹)	全磷 Total P/(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Available N/(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available P/(mg·kg ⁻¹)
苦豆子群落 Community of <i>S. alopecuroides</i>	0~10	7.715±0.183 b	0.605±0.061 a	0.277±0.032 a	35.933±2.139 a	19.333±0.325 a
	10~20	6.790±0.209 c	0.327±0.023 bc	0.219±0.010 bc	21.000±1.400 b	10.594±0.359 ef
	20~30	5.617±0.137 d	0.265±0.024 d	0.210±0.017 c	18.667±2.139 bc	9.776±0.830 f
芨芨草群落 Community of <i>A. splendens</i>	0~10	9.133±0.209 a	0.360±0.032 b	0.265±0.025 a	34.533±4.041 a	14.942±1.294 bc
	10~20	7.489±0.158 bc	0.278±0.013 cd	0.219±0.012 b	12.600±1.400 d	16.148±0.779 b
	20~30	7.215±0.138 bc	0.146±0.023 f	0.202±0.008 c	12.133±2.139 d	13.005±1.076 cd
油蒿群落 Community of <i>A. ordosica</i>	0~10	5.926±0.209 d	0.208±0.018 e	0.145±0.014 d	11.200±4.850 d	13.097±0.709 cd
	10~20	5.471±0.237 e	0.224±0.015 de	0.132±0.016 d	14.933±3.523 cd	11.380±0.773 de
	20~30	5.425±0.079 e	0.198±0.016 ef	0.123±0.008 d	10.267±1.617 d	9.620±0.595 f
盐爪爪群落 Community of <i>K. foliatum</i>	0~10	8.691±0.080 a	0.368±0.023 b	0.240±0.025 ab	12.600±1.400 d	16.164±0.995 b
	10~20	7.483±0.180 bc	0.319±0.056 bc	0.245±0.004 ab	20.067±2.139 b	16.252±0.661 b
	20~30	4.369±0.402 f	0.062±0.016 g	0.216±0.014 bc	15.867±2.139 cd	16.427±0.423 b

注:字母不同表示不同植物群落间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different letters mean significant difference plant communities at 0.05 level.

2.2 不同植物群落土壤微生物比较

由表 2 可知,4 种植物群落土壤三大微生物数量在

不同群落间、同一群落不同土层间均各具差异,但 4 种群落土壤微生物数量均表现为细菌>放线菌>真菌。

不同植物群落中,苦豆子群落土壤各微生物数量明显较高,油蒿群落土壤微生物数量最低,而且除油蒿群落表层土和深层土外,其它各研究土壤中细菌数量比例均占三大微生物总量的80%以上,同时4种植物群落10~20 cm和20~30 cm土层中细菌和放线菌数量之和均达到95%以上;此外,随着土层的加深,4种植物群落三大微生物数量均呈现降低趋势。同一植物群落土壤中,放

线菌在各土层间均差异极显著($P<0.01$);除芨芨草群落土壤10~20 cm和20~30 cm间细菌数量差异不显著($P>0.01$),其它3种群落各自土层间细菌数量均差异极显著($P<0.01$);土壤真菌数量则是油蒿、盐爪爪群落10~20 cm和20~30 cm间差异不显著($P>0.01$),其它2种群落各自土层间差异极显著($P<0.01$)。

表2 不同植物群落土壤微生物的数量与组成

Table 2 Quantity and composition of soil microbial in different plant communities

植物群落 Community type	土层深度 Soil depth /cm	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycetes		总数数量 Total quantity
		数量 Quantity/($\times 10^6 \cdot g^{-1}$)	百分比 Percent/%	数量 Quantity/($\times 10^5 \cdot g^{-1}$)	百分比 Percent/%	数量 Quantity/($\times 10^5 \cdot g^{-1}$)	百分比 Percent/%	数量 Quantity/($\times 10^6 \cdot g^{-1}$)
苦豆子群落 Community of <i>S. alopecuroides</i>	0~10	6.40±0.14 Aa	84.17	3.86±0.09 Aa	5.07	8.18±0.15 Aa	10.76	7.60
	10~20	5.26±0.18 Ba	83.98	2.83±0.12 Ba	4.49	7.27±0.23 Ba	11.54	6.30
	20~30	4.79±0.14 Ca	86.81	2.05±0.11 Ca	3.70	5.27±0.22 Cb	9.49	5.55
芨芨草群落 Community of <i>A. splendens</i>	0~10	5.67±0.19 Ab	82.27	3.99±0.09 Aa	5.79	8.23±0.17 Aa	11.94	6.90
	10~20	4.14±0.12 Bc	82.52	2.45±0.12 Bb	4.88	6.32±0.11 Bc	12.60	5.02
	20~30	3.96±0.08 Bc	83.11	2.20±0.15 Ca	4.63	5.84±0.06 Ca	12.27	4.76
油蒿群落 Community of <i>A. ordosica</i>	0~10	3.71±0.06 Ac	79.61	2.60±0.17 Ac	5.77	6.59±0.13 Ac	14.62	4.51
	10~20	3.09±0.20 Bd	81.00	1.45±0.07 Bc	3.79	5.81±0.11 Bd	15.21	3.82
	20~30	2.41±0.11 Cd	79.54	1.37±0.13 Bb	4.53	4.83±0.12 Cc	15.93	3.03
盐爪爪群落 Community of <i>K. foliatum</i>	0~10	5.76±0.17 Ab	83.78	3.52±0.09 Ab	5.12	7.63±0.17 Ab	11.10	6.88
	10~20	4.83±0.13 Bb	82.98	2.47±0.11 Bb	4.43	7.01±0.12 Bb	12.59	5.57
	20~30	4.29±0.15 Cb	84.84	2.07±0.08 Ba	4.09	5.60±0.14 Ca	11.07	5.06

注:不同大写字母表示同一植物群落不同土层极显著差异,不同小写字母表示不同植物群落同一土层极显著差异($P<0.01$)。

Note: Different capital letters mean significant difference at the confidence level of $P<0.01$ in the same plant community among different soil horizon, different lowercase letters mean significant difference at the confidence level of $P<0.01$ in the same soil horizon among the different plant community.

2.3 不同植物群落土壤养分与土壤微生物相关性分析

由表3可知,4种植物群落土壤养分及土壤微生物各指标间的相关性存在差异。苦豆子群落中,土壤养分与土壤微生物各指标均呈显著或极显著正相关关系;且除放线菌、全磷与部分指标之间,其它各指标间呈极显著正相关($P<0.01$)。芨芨草群落中除速效磷外,其它各指标间均达到显著正相关($P<0.05$),且除全氮与碱解氮外可达极显著正相关($P<0.01$)。油蒿群落中,各研究指标间相关性相对较小,仅三大微生物数量间、放线菌与有机碳间及速效磷与全磷、三大微生物间呈显著或极显著正相关($P<0.05$, $P<0.01$)。盐爪爪群落中,三大微生物数量及有机碳各指标间均达到极显著正相关($P<0.01$),全氮与三大微生物数量、全磷间呈极显著或显著正相关($P<0.01$, $P<0.05$),碱解氮、速效磷与三大微生物数量、有机碳、全氮呈负相关。

3 讨论

3.1 不同植物群落土壤养分分析

土壤养分的好坏直接关系到土壤质量的好坏,与地上植被的生长及植物个体和种群分布、繁衍、群落动态乃至生态系统结构和功能具有重要意义^[16-17]。荒漠草原土壤贫瘠,该研究中4种常见荒漠草原植物群落土壤养分在不同群落同一土层及同一群落不同土层中均有差异。苦豆子群落表层土全氮、速效磷、碱解氮含量高,芨芨草群落各土层有机碳含量高,油蒿群落土壤养分普

遍较低,而盐爪爪群落表层土有机碳、全磷含量较高,且同一植物群落土壤全氮、全磷和碱解氮、速效磷含量并没有明显的正相关关系,一方面说明不同植物群落土壤质地本来存在差异,另一方面说明不同植物对不同营养元素的需求不同,不同植物根系分布不同对土壤各层的营养元素吸收不同,这也是降水基本一致的荒漠草原区植被分布不同的原因所在。此外,油蒿群落能在贫瘠土壤中生存;苦豆子、芨芨草群落土壤养分相对优于油蒿、盐爪爪群落,可能的原因一方面是其土壤本身条件相对较好,另一方面苦豆子、芨芨草为优势种的群落草本植物秸秆、叶片等枯落物成分多于灌木类的油蒿、盐爪爪,因此更有利于土壤养分的提升和良性循环。

3.2 不同植物群落土壤微生物分析

土壤微生物是土壤生态系统中的重要成分之一,在荒漠草原生态系统的物质循环和能量流动中具有重要作用^[18-19]。该研究中的4种群落土壤微生物数量均为细菌>放线菌>真菌,这与大多数的土壤微生物研究结果一致^[20-21]。4种植物群落土壤三大微生物总量及各不同微生物数量在不同植物群落土壤中存在差异,苦豆子群落土壤微生物总量明显较高,其土壤细菌数量比例也相对高于其它植物群落,油蒿群落土壤微生物数量最低而土壤放线菌数量比例却较高,主要原因可能是不同植物群落植被结构类型不同,对土壤表层的覆盖程度不同,造成了土壤温度、湿地等的差异,此外不同群落结构

表 3 不同植物群落土壤养分与土壤微生物的相关性

Table 3 Correlation between soil nutrient and soil microbial in different plant communities

植物群落 Community type	项目 Project	细菌 Bacteria	放线菌 Actinomycetes	真菌 Fungi	有机碳 Organic carbon	全氮 Total N	全磷 Total P	碱解氮 Available N	速效磷 Available P
苦豆子群落 Community of <i>S. alopecuroides</i>	细菌 Bacteria	1.000							
	放线菌 Actinomycetes	0.879 **	1.000						
	真菌 Fungi	0.945 **	0.940 **	1.000					
	有机碳 Organic carbon	0.941 **	0.965 **	0.965 **	1.000				
	全氮 Total N	0.929 **	0.822 **	0.919 **	0.872 **	1.000			
	全磷 Total P	0.797 *	0.720 *	0.796 *	0.773 *	0.899 **	1.000		
	碱解氮 Available N	0.945 **	0.776 *	0.922 **	0.884 **	0.951 **	0.867 **	1.000	
	速效磷 Available P	0.962 **	0.774 *	0.919 **	0.865 **	0.964 **	0.837 **	0.985 **	1.000
芨芨草群落 Community of <i>A. splendens</i>	细菌 Bacteria	1.000							
	放线菌 Actinomycetes	0.971 **	1.000						
	真菌 Fungi	0.977 **	0.985 **	1.000					
	有机碳 Organic carbon	0.974 **	0.978 **	0.991 **	1.000				
	全氮 Total N	0.815 **	0.859 **	0.835 **	0.825 **	1.000			
	全磷 Total P	0.843 **	0.883 **	0.858 **	0.841 **	0.882 **	1.000		
	碱解氮 Available N	0.963 **	0.967 **	0.963 **	0.979 **	0.736 *	0.806 **	1.000	
	速效磷 Available P	0.217	0.237	0.247	0.265	0.565	0.194	0.147	1.000
油蒿群落 Community of <i>A. ordosica</i>	细菌 Bacteria	1.000							
	放线菌 Actinomycetes	0.942 **	1.000						
	真菌 Fungi	0.797 *	0.815 **	1.000					
	有机碳 Organic carbon	0.637	0.712 *	0.804	1.000				
	全氮 Total N	0.148	0.345	-0.146	-0.065	1.000			
	全磷 Total P	0.722 *	0.658	0.559	0.363	0.137	1.000		
	碱解氮 Available N	0.069	0.124	-0.175	0.284	0.351	0.006	1.000	
	速效磷 Available P	0.966 **	0.934 **	0.796 *	0.603	0.216	0.857 **	0.032	1.000
盐爪爪群落 Community of <i>K. foliatum</i>	细菌 Bacteria	1.000							
	放线菌 Actinomycetes	0.828 **	1.000						
	真菌 Fungi	0.932 **	0.879 **	1.000					
	有机碳 Organic carbon	0.808 **	0.976 **	0.861 **	1.000				
	全氮 Total N	0.696 *	0.970 **	0.792 *	0.969 **	1.000			
	全磷 Total P	0.424	0.639	0.390	0.644	0.704 *	1.000		
	碱解氮 Available N	-0.643	-0.175	-0.532	-0.164	-0.012	0.292	1.000	
	速效磷 Available P	-0.076	-0.145	-0.186	-0.195	-0.088	0.401	0.130	1.000

注: ** 表示在 0.01 水平上显著相关, * 表示在 0.05 水平上显著相关。

Note: ** correlation is significant at 0.01 level, * correlation is significant at 0.05 level.

植物枯枝落叶物、植物生长发育、植物根系等各不相同,所以影响了土壤微生物的活动状况和数量^[22],而土壤微生物的活跃状况反过来又会影响土壤的肥力状况,土壤肥力则是植物生长的关键因素,从而形成相互依存关系。4种植物群落土壤微生物在各土层分布大多随土层的加深呈下降趋势,这与相关研究的结果一致^[1,21],但不同植物群落土壤微生物数量下降幅度并不一致,苦豆子群落各土层微生物差异均达到极显著($P < 0.01$),芨芨草群落 10~20 cm 和 20~30 cm 土层细菌数量差异不显著($P > 0.01$),油蒿、盐爪爪群落 10~20 cm 和 20~30 cm 土层真菌数量差异不显著($P > 0.01$),原因同样与植物群落物种有关,与土壤本身质地也有关。

3.3 不同植物群落土壤盐分与微生物相关性分析

荒漠草原土壤贫瘠,植物种类结构单一,长期以来植物已形成了自身相应的适应机制,不同植物群落物种结构不同,对土壤的要求、适应及改变也有所差异。有关土壤养分与土壤微生物各指标的相关性研究在不同

研究报道结论并不一致,时伟伟等^[23]在对亚热带地区不同林龄尾巨桉人工林土壤养分及微生物测定研究时发现,不同林龄尾巨桉人工林地土壤主要养分与微生物大部分不呈正相关或相关性不显著,但对同一林龄样地土壤主要养分和微生物之间存在着不同程度正相关关系;林超峰等^[24]在对青海三江源区植被退化对土壤养分和微生物区系影响的研究中表明,三江源高寒湿地生态系统中土壤养分与微生物数量之间存在密切的关系,且土壤全磷对微生物数量影响最大。该研究中,4种植物群落土壤养分与土壤微生物各指标间相关性存在差异,苦豆子群落中各指标间关系最为密切,均达到显著正相关($P < 0.05$);芨芨草群落中各指标间均呈正相关,除速效磷外,其它各指标也达到显著正相关($P < 0.05$);油蒿和盐爪爪群落中各指标间关系较为复杂,存在正相关与负相关,但三大微生物数量间均可达到极显著正相关($P < 0.01$)。土壤养分与土壤肥力直接相关,可直接影响植物生长,土壤微生物的活跃状态与土壤物质、能量

循环有关,可间接影响到土壤肥力。该研究中4种植物群落土壤养分指标与各指标间相关性存在差异,但土壤三大微生物数量间均呈极显著正相关($P < 0.01$),说明不同植物群落土壤养分含量不同与土壤本身质地与植物本身需求有关,土壤微生物作为一种强大的分解者在荒漠草原环境下可正常存在。

4 结论

荒漠草原区土壤相对贫瘠,环境条件恶劣,植物种类相对匮乏,但在长期的相互适应中,选择出了不同的植物群落类型,在不同土壤质地条件下生存着不同的植物种类,土壤环境在取决植物生存环境的同时也被植物本身所影响。植物通过自身结构对土壤温湿度、土壤养分、土壤微生物等产生影响,植物本身生理需求对土壤养分的利用及物质、能量循环产生影响。苦豆子群落土壤全氮、碱解氮含量相对较高;芨芨草群落土壤有机碳含量较高;油蒿群落土壤养分普遍较为贫瘠;盐爪爪群落土壤速效磷含量相对较高,是植物适应和影响土壤环境的佐证。土壤微生物作为分解者,在不同土壤条件下分布不同,在环境条件制约的同时也受到土壤分解成分的影响,这与植物种类密切相关。不同植物群落土壤养分、土壤微生物间相关性的不同同样受到植物种类的影响。由此,根据不同植物群落土壤养分、土壤微生物的特征,一方面可对荒漠草原植被演替进行预测,另一方面可作为荒漠草原恢复与治理提供一定的参考依据。

参考文献

- [1] 马文文,姚拓,靳鹏,等. 荒漠草原2种植物群落土壤微生物及土壤酶特征[J]. 中国沙漠,2014,34(1):176-183.
- [2] 吕桂芬,吴永胜,李浩,等. 荒漠草原不同退化阶段土壤微生物、土壤养分及酶活性的研究[J]. 中国沙漠,2010,30(1):104-109.
- [3] 李侠,李潮,蒋进平,等. 盐池县不同沙化草地土壤特性[J]. 草业科学,2013,30(11):1704-1709.
- [4] 黄蓉,王辉,王蕙,等. 围封年限对沙质草地土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(1):183-188,197.
- [5] 乔荣,崔向新,吕新丰,等. 围封禁牧对退化草原土壤性状的影响[J]. 水土保持通报,2014,34(5):162-165.
- [6] 张源沛,郑国保,周丽娜,等. 荒漠化草原不同机械组成土壤水分运移规律研究[J]. 水土保持研究,2013,20(1):131-133,140.
- [7] 苏洁琼,李新荣,鲍婧婷. 施氮对荒漠化草原土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(3):664-670.
- [8] 杜自强,王建,李建龙,等. 黑河中上游典型地区草地植被退化遥感动态监测[J]. 农业工程学报,2010,26(4):180-185.
- [9] 安钰,安慧. 宁夏荒漠草原优势植物生长及生物量分配对放牧干扰的响应[J]. 西北植物学报,2015,35(2):373-378.
- [10] 刘小丹,张克斌,王晓,等. 围封年限对沙化草地群落结构及物种多样性的影响[J]. 水土保持通报,2015,35(3):39-43.
- [11] 刘任涛,柴永青,徐坤,等. 荒漠草原区柠条人工固沙林生长过程中地表植被-土壤的变化[J]. 应用生态学报,2012,23(11):2955-2960.
- [12] 孙海燕,万书波,李林,等. 放牧对荒漠草原土壤养分及微生物量的影响[J]. 水土保持通报,2015,35(2):82-88,93.
- [13] 唐庄生,安慧,上官周平. 荒漠草原沙漠化对土壤养分与植被根冠比的影响[J]. 草地学报,2015,23(3):463-468.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 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.
- [16] JANSSENS F, PEETERS A, TALLOWIN J R B, et al. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity[J]. Plant and Soil, 1998, 202:69-78.
- [17] WIJESINGHE D K, JOHN E A, HUTCHINGS M J. Does pattern of soil resource heterogeneity determine plant community structure? An experimental investigation[J]. Journal of Ecology, 2005, 93(1):99-112.
- [18] CLARK F E, PAWL E A. The microflora of grassland[J]. Advances in Agronomy, 1970, 22:375-435.
- [19] DEVI N B, YADAVA P S. Seasonal dynamics in soil microbial biomass C, N and P in a mixed-oak forest ecosystem of Manipur, Northeast India[J]. Applied Soil Ecology, 2006, 31(3):220-227.
- [20] 杨宁,杨满元,雷玉兰,等. 紫色土丘陵坡地土壤微生物群落的季节变化[J]. 生态环境学报,2015,24(1):34-40.
- [21] 张文婷,来航线,王延平,等. 黄土高原不同植被坡地土壤微生物区系特征[J]. 生态学报,2008,28(9):4228-4234.
- [22] 文都日乐,李刚,张静妮,等. 呼伦贝尔不同草地类型土壤微生物量及土壤酶活性研究[J]. 草业学报,2010,19(5):94-102.
- [23] 时伟伟,彭晚霞,宋同清,等. 不同林龄尾桉人工林土壤养分与微生物的耦合关系[J]. 西北植物学报,2013,33(7):1452-1458.
- [24] 林超峰,陈占全,薛泉宏,等. 青海三江源区植被退化对土壤养分和微生物区系的影响[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(6):788-793.

Characteristics of Soil Nutrient and Soil Microorganisms Under Four Common Plant Communities in Desert Steppe

SHAO Wenshan^{1,2}, LI Guoqi^{1,2}, CHEN Keyuan^{1,2}, ZHAO Panpan^{1,2}

(1. Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in Northwest China, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Key Laboratory for Recovery and Restoration of Degraded Ecosystem in North-western China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: The typical desert steppe in Yanchi, Ningxia was taken as example, selecting 4 kinds of common plant communities in the region, diversity and correlation of soil nutrient and soil microorganisms in different plant communities were analyzed. The results showed that the soil nutrient indexes had differences among different plant communities. The soil total nitrogen and alkaline nitrogen contents of *Sophora alopecuroides* community were relatively higher, the soil organic carbon content of *Achnatherum splendens* community was higher, the soil nutrient was generally poorer in

扬黄灌区土壤颗粒组成与盐分离子的分布特征及其对应关系

曲文杰^{1,2}, 杨新国^{1,2}, 陈林^{1,2}, 宋乃平^{1,2}

(1. 宁夏大学 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021)

摘要:以扬黄灌区不同地类的土壤颗粒组成与盐分离子分布特征为分析对象,采用 RDA 方法研究了不同等级颗粒和不同盐分离子间的对应关系。结果表明:细砂粒、粉粒和粘粒系土壤颗粒的主要成分,研究区土壤质地以沙壤土为主。具有潜在沙化趋势的地块集中在沙化玉米地和 5 年玉米地表层土壤。枸杞地盐离子含量显著高于玉米地,潜在盐渍化风险较高;随种植年限的延长,各种盐离子的含量有所降低。基于冗余分析(RDA)分析,0~10 cm 和 20~40 cm 土层,粘粒和粉粒均对土壤盐离子响应有显著性解释($P=0.002$),其解释量分别占有所有土壤粒径参数解释量的 63.64%、33.77% 和 69.12%、27.94%。60~80 cm 土层,细沙粒($0.02\text{ mm} < D \leq 0.05\text{ mm}$)对盐离子响应有显著性解释($P=0.004$),其解释量占有所有土壤粒径参数解释量的 81.08%,但是这一土层的总解释量仅为 37%。研究区土地管理利用方式与利用年限的不同导致了土壤颗粒组成与盐分离子的基本分布特征的显著改变,部分地类依然存在潜在的次生退化风险。土壤颗粒组成与盐分离子组成间存在显著的对应关系,土壤粘粒和粉粒含量显著改变了表层和耕作层盐分离子的分布,而在深层土壤中细沙粒的作用可能更为突出。

关键词:扬黄灌区;颗粒组成;盐分离子;RDA 分析

中图分类号:S 606⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)15-0166-06

受干旱气候和灰钙土土质的影响,土壤次生退化是宁夏扬黄灌区土壤健康面临的主要问题,开垦强度过大和灌排管理措施不当都可能引发土壤的次生盐渍化和沙化^[1-2]。二者间也存在一定的联系,如土壤钠质化

破坏土壤团粒结构,加剧风蚀沙化等^[3];耕作熟化与灌排作用增加土壤粘粒含量^[4]的同时,也可能使土壤灌溉脱盐能力降低,总碱度居高不下^[5]。因此,深入研究灌区土壤次生沙化与盐渍化的发生条件及其相互关系,对于灌区土壤环境质量调控与土壤健康的维系具有重要的研究和实践意义。

杨新国等^[6]通过控制取样和典型取样相结合的方法,分析了灌区耕层土壤质地与盐渍化特征指标间的关系,并发现了土壤阳离子交换量对障碍性土壤的指

第一作者简介:曲文杰(1982-),女,山东龙口人,硕士,研究实习员,研究方向为草地生态与恢复重建。E-mail: wenjiequ2015@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41101301)。

收稿日期:2016-04-18

Artemisia ordosica community, the soil available phosphorus content of *Kalidium foliatum* community was relatively higher. The quantities of 3 kinds of soil microorganisms in all 4 kinds of plant communities were different from each other in the same soil layer of different communities and in the different soil layers of the same community, but the quantities of soil microorganisms in 4 kinds of plant communities were bacteria>actinomycetes>fungi. There were differences of the correlations between soil nutrient and soil microorganisms in every index among 4 kinds of plant communities. The relations of various indexes of *S. alopecuroides* community were the most close, that of *A. splendens* community took the second place, that of *A. ordosica* and *K. foliatum* community were more complicated. Thus, according to the characteristics of soil nutrient and soil microorganisms of different plant communities, and provided a certain reference basis for desert grassland restoration and management.

Keywords: plant communities; soil nutrition; microorganism; desert steppe