毛乌素沙地南缘人工恢复植被对沙地土壤理化性质的影响

关其格[1],浩必斯嘎拉图[1],杨 越[2,3],韩永娇[2],武智勇[3],宋双双[4],赵 瑞[4]　(1. 锡林浩特市蒙古中学,内蒙古锡林浩特 026000;2. 河北民族师范学院,河北承德 067000;3. 北京师范大学资源学院,北京 100875;4. 北京林业大学水土保持学院,北京 100083)

摘要　[目的]探讨人工恢复植被对沙地土壤特性的影响。[方法]选取毛乌素沙地南缘生长年限相同的5种代表性人工恢复植被(油蒿、沙柳、花棒、小叶杨和紫穗槐)样地为研究对象,以裸露沙地为对照,研究不同人工恢复植被样地的土壤理化性质。[结果]人工恢复植被能够改善沙地土壤理化特性,不同植被对土壤的作用强度不同;紫穗槐和花棒样地的土壤容重等物理性质改善明显;人工恢复植被样地的土壤粒度频率分布均呈现双峰,紫穗槐样地土壤平均粒径最小,分选性最差;人工恢复植被对沙地土壤养分改良效果不明显。[结论]人工恢复植被对沙地土壤特性具有一定的影响,沙地土壤物理性质改良效果显著,而沙地土壤化学性质改良效果不显著。

关键词　人工植被恢复;土壤理化性质;毛乌素沙地
中图分类号　S152.3~5;S153.4~6　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517-6611(2013)34-13217-04

Effects of Artificial Vegetation Restoration on Soil Physicochemical Properties in Southern Edge of Mu Us Sandy Land

GUAN Qi-ge et al　(Mongolian Middle School of Xilinhot City, Xilinhot, Inner Mongolia 026000)

Abstract　[Objective] This study aimed to investigate the artificial vegetation restoration on soil physicochemical properties in sandy land. [Method] The soil physicochemical properties in five representative lands respectively covered by Artemisia ordosica, Salix cheilophila, Hedysarum scoparium, Populus simonii and Amorpha fruticosa, all of which were planted artificially at the same year were measured in the present study, using a bare soil as the control. [Result] Artificial vegetation improved the soil physicochemical properties by different extents in the lands covered by different plants. The soil physicochemical properties such as bulk density under *A. Fruticosa* and *H. Scoparium* were improved greatly. The soil particle size distribution under artificial vegetation exhibited a bimodal curve. The average soil particle size under A. fruticosa was the smallest, and the soil was very poorly sorted. The soil nutrients in the sandy land were not significantly improved by artificial vegetation. [Conclusion] Artificial vegetation slightly changes the soil physicochemical properties in sandy land, the improvement effect of physical property of sandy land is significant, while the improvement of chemical property is not obvious .

Key words　Artificial vegetation restoration; Soil physicochemical properties; Mu Us sandy land

毛乌素沙地位于我国半干旱区的生态脆弱地带,在沙地边缘采取人工恢复植被对于遏制土地沙化和改善生态环境具有重要意义[1]。植被是生态系统中物质循环与能量流动的中枢,植被恢复过程对环境因子会产生重要影响[2];而土壤是植物生存的主要环境因子,所以植被演替与土壤环境质量是协同发展的[3]。有关植被恢复与土壤环境领域的研究开展广泛,涵盖植被恢复对土壤物理性质[4-5]、化学性质[6-7]和生物特性[8-9]等方面的影响,尤其集中在黄土丘陵区,然而植被恢复对沙地土壤特性的影响研究鲜有报道。因此,笔者选取毛乌素沙地南缘生长年限相同的5种代表性人工恢复植被(油蒿、沙柳、花棒、小叶杨、紫穗槐)样地为研究对象,以裸露沙地为对照,研究不同人工恢复植被类型的土壤理化性质,以期阐明人工恢复植被对沙地土壤特性的影响,为干旱区生态恢复与重建提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况　试验地位于毛乌素沙地南缘陕西省靖边县海则滩乡西北3 km。毛乌素沙地是我国四大沙地之一,地处37°27.5′~39°22.5′N,东经107°20′~111°30′E,地处鄂尔多斯高原向陕北黄土高原过渡地带,海拔1 200~1 600 m,由东南向西北逐渐抬升,北部为鄂尔多斯高原梁地,南部和东南部为黄土高原。区内地面起伏小,地势较为平缓,由于受早期湿润气候的水流侵蚀和近代荒漠化蔓延,梁地被削低,梁间形成平坦的湖积冲积平地,构成独特的片状流动沙丘、半固定沙丘以及河、湖滩地相间分布的地貌特征。属于中温带大陆性季风气候区,年平均气温6.0~8.5 ℃,气温日、年较差大;年降水量为260~450 mm,7~9月份降水量占全年降水量的60%~70%;年蒸发量为1 800~2 500 mm,干燥度在1.0~2.5;年日照时数2 700 h以上;平均每年大于5 m/s起沙风220~580次。土壤类型有梁地上的栗钙土和棕钙土,沙地上的风沙土,以及河湖滩地上的草甸土、盐碱土和沼泽潜育土。植被类型以沙生植被为主,还有部分梁地草原与灌丛植被以及滩地草甸、盐生与沼泽植被。

1.2　土样采集与测定　根据人工恢复植被类型,在试验地选取生长年限相同、生长状况较好、地形相近的5种代表性植被油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.)、沙柳(*Salix cheilophila*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、小叶杨(*Populus simonii Carr*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa Linn.*)样地为研究对象,并就近选取一块地形相似的裸露沙地为对照;2010年7月进行植被调查,获得不同样地的植被群落特征指标(表1)。

同时,在所选样地的对角线上按"S"形路线各挖3个土壤剖面,相邻土壤剖面的间距在5 m之内,用环刀分7层(0~5、5~10、10~20、20~40、40~60、60~80和80~100 cm)取样,封装带回实验室,放入105 ℃的烘箱中烘烤8~10 h,直至重量不发生变化,置冷称重。土壤容重的计算公式为 $R=\frac{W_1-W_2}{100}$,其中:W_1 为烘干后环刀和土样的重量,W_2 为环刀重量。

基金项目　国家"十二五"科技支撑计划(2012BAD16B0202);国家林业公益性行业科研专项(201004018)。
作者简介　关其格(1961-),男,蒙古族,内蒙古西乌珠穆沁旗人,从事自然地理教学与科研工作。*通讯作者,博士后,从事水土保持与荒漠化防治、干旱区生态恢复的研究。
收稿日期　2013-11-01

表 1 各样地植被群落特征

样地	总盖度//%	代表性植物种				其他植物
		分盖度//%	高度//cm	冠幅//cm×cm	地径//cm	
紫穗槐	30	20~25	103	179×151	4.7	黄蒿、猪毛菜等
沙柳	20	15	212	292×233	5.2	油蒿、花棒等
小叶杨	20	15	162	152×131	7.0	油蒿、沙打旺等
油蒿	30	20~25	62	78×61	0.8	沙木廖、紫菀等
花棒	23	20	62	85×69	1.5	狗尾草、油蒿等

1.3 指标测定 于 2010 年 10 月在北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室进行土壤机械组成测定。在各样地土壤剖面分 7 层(同上)采集土样,并封装带回实验室。风干处理后,称取 3~4 g 样品置于 150 ml 烧杯中,加入 10% 的双氧水 10 ml,置于加热板加热 12 h 左右,反应完全后,加入 5~10 ml 的盐酸中和双氧水,经过多次加蒸馏水洗酸、静置使其中性,前期处理后用 MALVERN 公司的 2 000 MU 型激光粒度分析仪进行测定。土壤粒度特征用以下几个参数来描述:平均值(M_Z)、标准差(S_D)即分选系数(σ_i)、偏度(S_K)和峰度(K_G),计算公式分别为:$M_Z=\frac{\phi_{16}+\phi_{50}+\phi_{84}}{3}$;$S_D=\sigma_i=\frac{\phi_{84}-\phi_{16}}{4}+\frac{\phi_{95}-\phi_5}{6.6}$;$S_K=\frac{\phi_{16}+\phi_{84}-2\phi_{50}}{2(\phi_{84}-\phi_{16})}+\frac{\phi_5+\phi_{95}-2\phi_{50}}{2(\phi_{95}-\phi_5)}$;$K_G=\frac{\phi_{95}-\phi_5}{2.44(\phi_{75}-\phi_{25})}$其中:$\phi_X$ 表示土壤粒度频率累计为 $x\%$ 所对应的土壤粒度 ϕ 值[10]。试验采用 Krumbein 对数转换法计算,公式 $\phi=-ldb$;其中:d(mm)为土壤粒径[11]。分析结果以美国制土壤粒径分级标准输出:黏粒(0~2 μm)、粉粒(2~50 μm)、极细砂(50~100 μm)、细砂(100~250 μm)、中砂(250~500 μm)、粗砂(500~1 000 μm)和极粗砂(1 000~2 000 μm)。

2010 年 10 月在北京林业大学土壤实验室进行土壤养分测定。在各样地土壤剖面分 3 层(0~5、5~10 和 10~20 cm)采集土样,每层 3 次重复,土样混合利用 4 分法取样 500 g 左右,带回实验室风干后,经过 2 mm 的筛子过滤,去除残余枯落物,放入样品袋,另取 50 g 左右经 0.5 mm 筛子过滤,装入样品袋,然后进行土壤养分测定。测定指标分别是有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷、速效钾、ph 值。土壤有机质采用重铬酸钾氧化法,全氮采用半微量凯氏定氮法,全磷采用酸溶-钼锑抗比色法,速效氮采用碱解扩散法,速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法,速效钾采用 NH_4OAc 浸提,火焰光度法,土壤 pH 值采用酸度计法[12]。

1.4 数据分析 采用 Excel2007 和 Origin8.0 软件进行基础数据整理与绘图,作图采用 Spss17.0 软件进行统计分析、方差分析等。

2 结果与分析

2.1 土壤容重 土壤容重可以反映土壤孔隙度和土壤熟化程度,是土壤的基本特征指标。由表 2 可知,各层土壤容重平均值的大小排序:裸露沙地(1.61 g/cm³)>沙柳样地(1.59 g/cm³)>油蒿样地(1.57 g/cm³)=杨树样地(1.57 g/cm³)>花棒样地(1.55 g/cm³)>紫穗槐样地(1.50 g/cm³)。不同人工恢复植被样地的土壤容重均小于裸露沙地,表明植被恢复一定时期后,能够有效改良沙地土壤,降低土壤容重。图 1 表明,裸露沙地与花棒、紫穗槐样地有显著差异($P<0.05$),其余各样地差异不显著($P>0.05$)。随着土层深度增加,人工恢复植被样地的土壤容重有递减趋势,0~5和 5~10 cm 层土壤容重与 40~60 和 60~80 cm 层差异显著($P<0.05$),其余各层土壤容重差异不显著($P>0.05$);而裸露沙地的土壤容重随土层深度增加变化幅度较小,且无规律(图 2)。不同人工植被样地的土壤容重垂直变化存在一定差异,表明不同植被对沙地土壤的作用强度不同。

表 2 不同人工植被样地的土壤容重

土壤深度	土壤容重//g/cm³					
cm	裸沙	花棒	油蒿	沙柳	杨树	紫穗槐
0~5	1.60	1.59	1.62	1.59	1.58	1.56
5~10	1.62	1.59	1.60	1.64	1.58	1.58
10~20	1.58	1.54	1.62	1.62	1.56	1.52
20~40	1.63	1.52	1.60	1.60	1.54	1.46
40~60	1.65	1.52	1.52	1.56	1.55	1.45
60~80	1.60	1.54	1.50	1.55	1.53	1.45
80~100	1.62	1.55	1.50	1.54	1.66	1.48
平均值	1.61	1.55	1.57	1.59	1.57	1.50

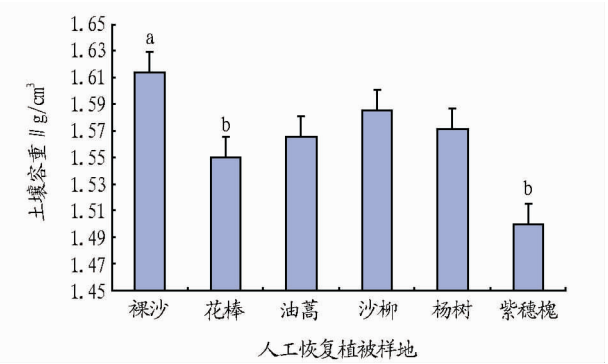

图 1 各样地土壤容重平均值及差异性分析

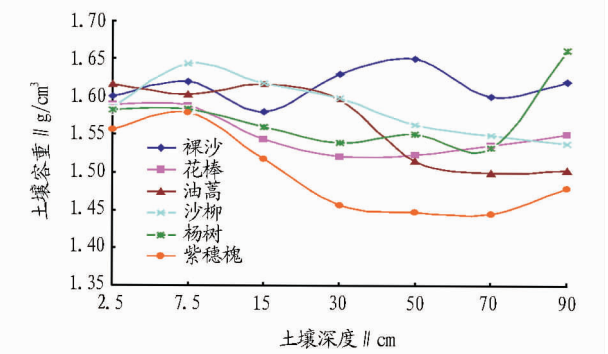

图 2 各样地不同土层深度土壤容重

2.2　土壤颗粒组成　由表 3 可知,所选样地土壤颗粒组成以细砂(100 ~ 250 μm)为主,占到 60% 左右;其次为中砂(250 ~ 500 μm)和极细砂(50 ~ 100 μm);粉粒(2 ~ 50 μm)含量很少,不超过 5%;粗砂(500 ~ 1 000 μm)含量极少,几乎为 0。除裸露沙地外,人工恢复植被样地土壤粒度频率曲线分布均出现双峰,主峰多在 50 ~ 500 μm,次峰区间集中在 8 ~ 50 μm,而 1 ~ 8 μm 的土粒很少(图 3 ~ 4)。紫穗槐样地细砂、极细砂以及粉粒含量高于其他样地,分别为 63.57%、19.20% 和 4.08%,而粗砂含量低于其他样地;裸露沙地细砂、极细砂以及粉粒含量较低,粗砂含量高于其他样地(表 3)。

表 3　各样地土壤颗粒组成与粒度参数

样地	粒径级配//%					粒度参数			
	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉粒	$M_Z(\phi)$	$S_D(\sigma_i)$	S_K	K_G
裸沙	0.012	29.821	59.386	10.042	0.739	2.31	0.57	0.42	0.60
油蒿	0.002	25.822	62.430	11.071	0.675	2.36	0.53	0.08	0.52
沙柳	0	22.386	60.258	16.729	0.627	2.45	0.57	0.09	0.60
花棒	0.002	23.436	61.509	14.509	0.544	2.41	0.55	0.07	0.56
杨树	0.011	25.704	57.988	15.173	1.124	2.40	0.59	0.12	0.64
紫穗槐	0	13.159	63.568	19.196	4.077	2.60	0.64	1.19	0.73

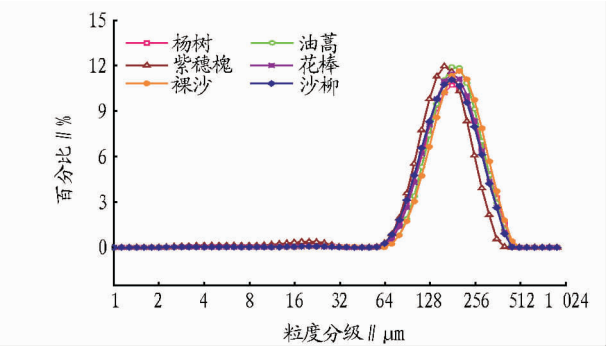

图 3　各样地平均土壤粒度频率

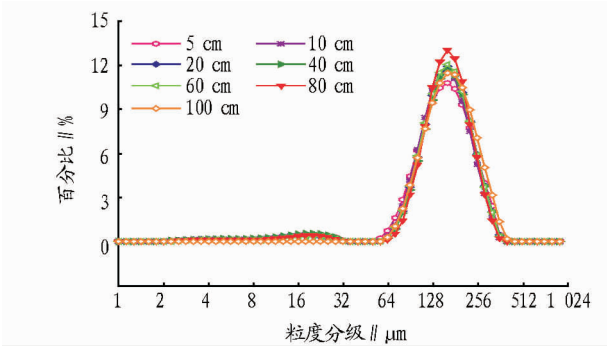

图 4　紫穗槐样地各深度土壤粒径频率曲线

土壤深度不同,土壤粒度特征也有一些变化。以紫穗槐样地为例(表 4),随着土壤深度增加,土壤平均粒径 M_Z 值由表层(0 ~ 5 cm)2.67 变到深层(80 ~ 100 cm)2.53,土壤粒径逐渐变粗,表层极细砂和粉粒含量较高,高于平均含量;分选性从表层 0.82 到深层 0.53 逐渐变好,40 cm 以上土层分选性为中等,40 cm 以下为较好;偏度和峰度值均有下降趋势。表层次峰较高,双峰现象较深层明显(图 4)。

土壤粒度参数更能反映出各样地土壤机械组成特征。

表 4　紫穗槐样地各土层机械组成及粒度参数

样地	粒径级配//%					粒度参数			
	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉粒	$M_Z(\phi)$	$S_K(\sigma_i)$	S_K	K_G
0 – 5	0	13.135	58.348	23.096	5.421	2.67	0.82	2.61	1.13
5 – 10	0	10.762	61.953	22.053	5.232	2.67	0.80	0.29	1.04
10 – 20	0	12.654	63.261	19.889	4.196	2.62	0.57	4.03	0.59
20 – 40	0	12.448	61.987	18.917	6.647	2.64	0.87	0.23	1.19
40 – 60	0	12.331	63.791	20.276	3.602	2.62	0.56	0.27	0.56
60 – 80	0	10.996	67.310	17.459	4.236	2.61	0.53	0.04	0.50
80 – 100	0	17.263	62.621	20.112	0.004	2.53	0.55	0.22	0.55

各样地平均粒径由细到粗依次为:紫穗槐、沙柳、花棒、杨树、油蒿和裸沙(表 3)。用 Spss17.0 软件分析得出,裸露沙地土壤粒度与油蒿样地差异不显著($P > 0.05$),与其他样地差异显著($P < 0.05$);紫穗槐样地与其他样地差异都显著($P < 0.05$);沙柳、花棒和杨树样地三者之间土壤粒度差异不显著($P > 0.05$)(图 5)。图 4 中紫穗槐样地的土壤粒度频率不同与其他样地,主峰偏左,表明细粒含量较多。各样地的粒度分选性均为较好,处于 0.53 ~ 0.64;油蒿样地分选性最好,为 0.53;紫穗槐样地分选性最差,为 0.64。各样地偏度介于 0.07 ~ 0.42,油蒿、沙柳、花棒样地属于对称,杨树样地为细偏,紫穗槐和裸露沙地达到了极细偏。各样地丰度值较低,除紫穗槐样地外,其他样地均属于极平坦峰态,紫穗槐为平坦峰态。研究发现土壤平均粒径与分选性有较好的正相关关系($R^2 = 0.61$),当平均粒径越小,分选性就越差(图 6)。

2.3　土壤养分　植被样地的有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷、速效钾和 pH 值都高于裸露沙地,酸性减小,表明植被恢复过程中,土壤养分得以改善,土壤肥力有所提升。由表 5 可知,各样地土壤有机质含量都低于 0.5%,土壤肥力较为贫瘠,油蒿样地有机质含量最高,其次为紫穗槐、花棒样地,沙柳和杨树样地最低。土壤全氮含量沙柳和花棒样地高于其他样地,全氮含量依次为沙柳 > 花棒 > 紫穗槐 > 油蒿 > 杨树。全磷含量从高到低依次为沙柳、杨树、紫穗槐、花棒、油

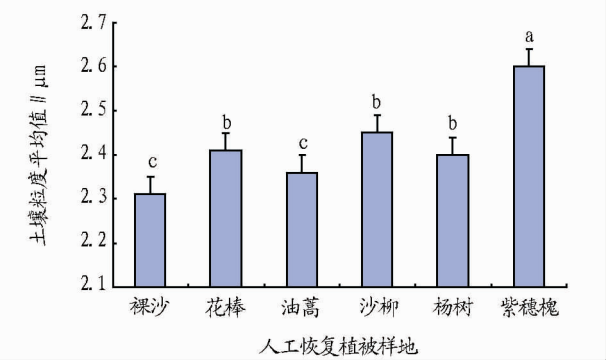

图 5 各样地土壤粒度平均值及差异分析

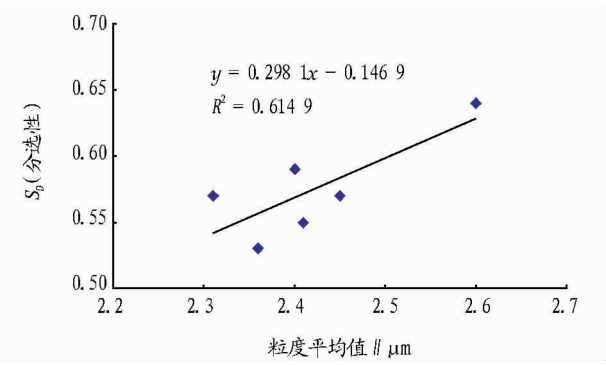

图 6 平均粒径与分选性相关关系

蒿,裸沙最低。油蒿、花棒、杨树样地的碱解氮含量大于紫穗槐,沙柳样地和裸沙相近。有效磷含量油蒿样地最高,其次为花棒,再次为杨树、沙柳、紫穗槐。速效钾含量沙柳样地最高,其次为杨树样地,其他样地与裸沙相近。各样地 pH 值相对于裸露沙地有较大改善,油蒿样地 pH 值最高。各样地土壤养分含量差异不显著($P>0.05$),有植被样地与裸露沙地差异也不显著($P>0.05$)。

3 结论与讨论

人工恢复植被能有效降低沙地土壤容重。植被生长改变了原有沙地的土壤特性,在植物根系的作用下,土质开始松软,土壤孔隙增大。不同植物对土壤的作用强度存在差异,紫穗槐和花棒样地的土壤容重改良效果明显。人工恢复植被样地土壤容重随着土壤深度的增加有不同程度的变化,这与不同植被根系分布差异有较大关系。

所选样地土壤机械组成以细砂、极细砂和中砂为主,占到 84% 以上,除裸沙外,其他样地土壤粒度频率分布都出现双峰;紫穗槐样地土壤平均粒径 M_z 最大,并且与其他样地差异显著,土壤颗粒组成最细,但分选性最差。土壤平均粒径随土壤深度增加逐渐变粗,分选性变好,二者有较好的正相关($R^2=0.61$)。这可能是因为研究区位于毛乌素沙地南缘,风沙活动较强,但以沉积作用为主,植被覆盖增大了地表粗糙度,消减过境风速,不仅可以增强沙粒沉积作用,有利于细颗粒沉积,并固定地表沙粒,防止细颗粒被风侵蚀。

表 5 各样地土壤养分含量及 pH 值

样地名称	有机质//%	全 N//%	全磷//%	碱解氮//mg/kg	有效磷//mg/kg	速效钾//mg/kg	pH(5:1)
油蒿	0.114 4	0.002 7	0.013 7	52.193	4.119 2	46.823 6	6.906 7
沙柳	0.071 3	0.005 3	0.016 0	42.704	2.816 0	67.000 0	6.870 0
花棒	0.100 4	0.005 1	0.014 2	52.193	3.269 3	42.000 0	6.803 3
杨树	0.067 2	0.001 6	0.015 9	52.193	2.986 0	54.666 7	6.783 3
紫穗槐	0.100 6	0.003 1	0.015 7	47.448	2.646 0	42.333 3	6.790 0
裸沙	0.100 3	0.001 4	0.013 1	42.704	2.249 4	43.000 0	6.403 3

人工恢复植被一定程度上提高了沙地土壤养分含量,但改善作用不明显。人工植被样地土壤养分含量与裸露沙地差异不显著,各个植被样地之间的差异也不明显,表明人工植被对沙地土壤养分的改良还需要长期积累的过程。

参考文献

[1] 杨越,哈斯,孙保平,等. 毛乌素沙地南缘不同植被恢复类型的土壤养分效应[J]. 中国农学通报,2012(10):37-42.
[2] 温仲明,焦锋,卜耀军,等. 植被恢复重建对环境影响的研究进展[J]. 西北林学院学报,2005(1):10-15.
[3] ODUM E P. The strategy of ecosystem development[J]. Science,1969,164:262-270.
[4] 伍玉容,王洁,郭建英,等. 黄土丘陵植被恢复区不同植被类型对土壤物理性质的影响[J]. 灌溉排水学报,2009(3):96-98.
[5] 李裕元,邵明安,陈洪松,等. 水蚀风蚀交错带植被恢复对土壤物理性质的影响[J]. 生态学报,2010(16):4306-4316.
[6] 姜丽娜,杨文斌,姚云峰,等. 行带式固沙林带间植被恢复及土壤养分变化研究[J]. 水土保持通报,2012(1):98-102,138.
[7] 丁文广,魏银丽,牛贺文. 西北干旱区植被恢复的土壤养分效应[J]. 生态环境学报,2010(11):2568-2573.
[8] 张笑培,杨改河,王得祥,等. 黄土高原沟壑区不同植被恢复模式对土壤生物学特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008(5):149-154,159.
[9] 成毅,安韶山,李国辉,等. 宁夏黄土丘陵区植被恢复对土壤养分和微生物生物量的影响[J]. 中国生态农业学报,2010(2):261-266.
[10] 张正偲,董治宝. 土壤风蚀对表层土壤粒度特征的影响[J]. 干旱区资源与环境,2012(12):86-89.
[11] 丁国栋. 风沙物理学[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
[12] 刘光崙. 土壤理化分析与剖面描述(中国生态系统研究网络观测与分析标准方法)[M]. 北京:中国标准出版社,1996:9-43.

(上接第 13187 页)

[32] 沈玲儿. 中药不良反应案例分析及临床意义[J]. 海峡药学,2011,23(6):268-269.
[33] 王赤兵,陈南均. 马棘煎剂过量导致锥体外系损害[J]. 实用中西医结合杂志,1998(7):637.
[34] 刘华. 马棘中毒引起帕金森氏综合征及假性球麻痹一例报告[J]. 浙江医科大学学报,1983,12(5):272.
[35] 屠娟丽,黄超群. 新优小灌木马棘的发芽试验[J]. 黑龙江农业科学,2009(2):96-97.
[36] 李维俊. 水土保持小灌木——马棘[J]. 湖北畜牧兽医,2003(3):60-61.
[37] 郭洪启,申国胜. 日本马棘的引种试验[J]. 林业科技开发,2007,21(5):68-70.
[38] 舒小丽,沈晓霞,张宁,等. 一种高黄酮含量马棘的培育方法:中国,CN201210028270.4[P]. 2012.
[39] 田丹清,梅淑芳,沈晓霞,等. 马棘的 γ 辐照射效应与彩叶突变选育[J]. 核农学报,2010,24(5):932-936.
[40] 李维俊. 矮灌木新星:马棘-0301[J]. 农家顾问,2007(1):彩页 7.