

Effects of Different Vegetations Reclamation on Soil Physical and Chemical Properties in Heidaigou Opencast Coal Mine Area

Yanming Yang¹, Jinghui Liu^{1*}, Tieyi Zhang², Haifeng Zheng², Hong Dong², Lijun Li¹

¹Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia

²Shenhua Group Zhungeer Energy CO., LTD, Ordos Inner Mongolia

Email: 68282761@qq.com, *cauljh@163.com

Received: Oct. 3rd, 2017; accepted: Oct. 19th, 2017; published: Oct. 31st, 2017

Abstract

[Objective]: Through analyzing the changes of the soil properties under different vegetations in disposal sites in Heidaigou opencast coal mine, and reached a goal to provide a scientific foundation for local region to choose appropriate vegetations for reclamation. [Methods]: Study the different type of vegetations including Leguminous plant (alfalfa), Shrubs (*Armeniaca sibirica*, *Pinus tabulaeformis* and Sea buckthorn) and mixed plantation of *Pinus tabulaeformis* and Sea buckthorn. We analyzed the changes of the soil moisture and nutrients with different vegetations to reveal the condition of soil remediation by planting different vegetations. [Results]: All different types of vegetations could improve the topsoil (0 - 20 cm) moisture. During the same year of reclamation, Shrubs had a better water-keeping effect than Leguminous plants from whole respect, mixed plantation of Shrubs batter than single. Different types of vegetations improved the soil nutrient at different degree, but as the years increased, soil organic matter, total nitrogen, available nitrogen and total phosphorus displayed a decreased tendency. Overall, all the different vegetations played a positive effect on Soil remediation, but Shrubs performed better than Leguminous plants, and with the mixed plantation of Shrubs performed best. [Conclusions]: We recommended the opencast coal mines to use the mixed plantation of Shrubs as a feasible way to improve the soil quality in mining area.

Keywords

Heidaigou Opencast Coal Mine, Vegetation Type, Soil Physical and Chemical Properties, Soil Remediation

*通讯作者。

不同植被类型复垦对黑岱沟露天煤矿土壤理化性质的影响

杨彦明¹, 刘景辉^{1*}, 张铁毅², 郑海峰², 董宏², 李立军¹

¹内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特

²神华准格尔能源有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯

Email: 68282761@qq.com, *cauljh@163.com

收稿日期: 2017年10月3日; 录用日期: 2017年10月19日; 发布日期: 2017年10月31日

摘要

[目的]: 通过分析黑岱沟露天煤矿排土场内不同植被类型下的土壤性状变化情况, 为该地区选择合理的复垦植被类型提供科学依据。[方法]: 通过分析不同的复垦植被类型: 豆科作物(苜蓿)和灌木(山杏、油松和沙棘)及油松和沙棘混交林复垦下的土壤水分和养分的变化情况, 揭示不同植被类型下对土壤理化性质的影响状况。[结果]: 不同植被类型均可提高土壤表层(0~20 cm)土壤含水量, 复垦年限相同时, 灌木的保水效果整体上要好于豆科, 灌木混交时要好于单植。不同植被类型均可不同程度的提高土壤养分含量, 但随着复垦年限的增加, 有机质、全氮、碱解氮和全磷均呈现下降的变化趋势, 而速效磷含量呈现上升趋势。不同植被类型均对排土场土壤修复起到了一定的积极作用, 但灌木的修复效果较豆科(苜蓿)要好, 而灌木混交条件下表现最好。[结论]: 利用灌木混交作为复垦植被更有利于矿区排土场土壤质量的提升。

关键词

黑岱沟露天煤矿, 植被类型, 土壤理化性质, 土壤修复

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国的煤炭资源丰富, 煤炭的大力发展为国家建设和经济发展做出了巨大的贡献, 但是, 矿产资源的开发利用同时也带来巨大的生态环境危机[1]。黑岱沟露天煤矿位于鄂尔多斯准格尔旗东部, 地处生态脆弱的北方农牧交错带, 是中国第一大露天煤矿[2]。露天煤矿的开采均采用外排土的方式, 将采矿过程中产生的剥离物集中排放到一个特定区域, 形成了排土场[3], 在开采区不断扩大的同时, 大量的剥离物也随之产生, 排土场占用的土地面积也逐年增加[4], 这不仅造成了环境污染, 而且还破坏了当地生态环境, 造成了水土流失、土壤退化和植被破坏等一系列生态环境问题[5]。因此, 排土场生态系统的修复和重建已成为近年来关注的焦点, 植被修复是矿区复垦地修复的主要环节之一, 因为任何退化生态系统的修复都是以植被修复为前提的[6], 植被修复不仅起着构建排土场初始植被的作用, 还能促进土壤结构和肥力的修复, 从而促进整个生态系统结构和功能的修复[7]。

土壤是生态系统中最活跃的生命层次[8], 是植物生长的最根本、最重要的环境因子, 其质量的变化直接的影响着植物的生长、发育及演替过程; 同样, 植被的变化也改变着土壤的特征[9], 因此, 利用植被来改善土壤质量成为研究热点。近年来, 不少学者研究了植被复垦对排土场土壤修复的影响, 但大多集中在不同植被对土壤重金属含量[10] [11]、土壤物理性状[12]、土壤养分[13] [14]等。本文在借鉴前人研究的基础上, 利用不同植被复垦, 通过监测土壤水分和养分状况, 探究和评价了在不同复垦年限下不同植被类型对土壤理化性质的影响, 从而为选择适宜的植被类型进行矿区复垦提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

试验区域位于内蒙古准格尔旗黑岱沟露天煤矿, 该矿区地处晋、陕、蒙接壤的黄土高原地区, 地理坐标东经 111°10'~111°25', 北纬 39°25'~39°59'。矿区气候属中温带半干旱大陆性气候, 雨量集中在 7~8 月, 年平均降雨量为 386.5 mm, 年平均蒸发量为 1907.3 mm, 年平均气温为 5.3℃~7.6℃。地貌为典型的黄土高原沟壑区, 地表沟壑纵横, 水土流失严重, 生态环境恶劣。土壤类型主要为黄绵土, 肥力低下。

2.2. 研究方法

黑岱沟露天煤矿 1990 年开始建设, 矿区在大力发展生产的同时, 于 1992 年开始对露天排土场进行了复垦, 本文对三个排土场(东排土场、北排土场、捣蒜狗)的不同复垦植被类型(苜蓿、油松、山杏、沙棘、沙棘和油松)和不同复垦年限(2a、5a、10a 和 15a)的土壤修复改善情况进行了研究分析, 与未复垦的裸地作比较, 具体试验设计如表 1 所示。

2006 年对不同植被复垦区的土壤质量含水量和土壤养分进行了测定。

土壤质量含水量: 采用铝盒烘干法, 用土钻钻取不同时期土壤测定, 分 5 个土层 0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~50 cm, 50~70 cm, 3 次重复。

用土钻取 0~20 cm 土层土样, 每个试验小区取 5 个点, 混合后装入无菌塑封袋中, 带回实验室, 保存在 4℃ 的冰箱中, 测定微生物数量, 然后将剩余土样在室温条件下自然风干, 研磨, 过 2 mm 筛后测定土壤有机质、全氮、碱解氮和全磷、速效磷。有机质采用重铬酸钾容量法一稀释热法, 全氮采用半微量开氏法, 碱解氮采用碱解扩散法, 全磷采用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 消煮法, 速效磷采用钼锑抗吸光光度法[15]。

2.3. 数据处理与分析

试验数据采用 SAS 9.0 进行方差分析, 利用 Microsoft Excel 2013 进行数据整理并制图。

3. 结果与分析

3.1. 不同植被类型不同复垦年限对土壤含水量的影响

复垦 2a 时, 单植油松和苜蓿在 0~70 cm 的土壤含水量均高于未复垦的裸地。除 0~10 cm 土层外, 其它土层中苜蓿含水量均高于油松, 种植油松土壤含水量呈现先升高后降低的变化趋势, 在 20~40 cm 土层达到最大。种植苜蓿的土壤含水量随着土层深度的增加而增加, 而未复垦的裸地中土壤含水量的变化趋势呈现“增大-减小-增大-减小”的变化趋势, 在 30~50 cm 土层处达到最大(图 1)。

复垦 5a 时, 未复垦的裸地、苜蓿和山杏的土壤含水量随土层深度增加的变化趋势不一致。但种植苜蓿和山杏在表层(0~20 cm)的含水量均高于未复垦的裸地, 而 20~50 cm 土层间山杏的含水量低于未复垦的裸地, 种植苜蓿的含水量与未复垦的裸地差别不大。在 50~70 cm 土层间, 种植苜蓿和山杏的土壤含水量略高于未复垦的裸地。

Table 1. Distribution of different vegetations in different reclamation land
表 1. 不同植被复垦地分布

样地编号	样地名称	复垦年限(a)	复垦植被
东排土场	1276 (m)平台	2	苜蓿
	1279 (m)平台	2	油松
	1248 (m)平台	5	苜蓿
北排土场	1243 (m)平台	5	山杏
	1217 (m)平台	10	苜蓿
	1213 (m)平台	10	沙棘
	1191 (m)平台	15	油松
捣蒜沟	1191 (m)平台	15	沙棘
	1193 (m)平台	15	油松 × 沙棘

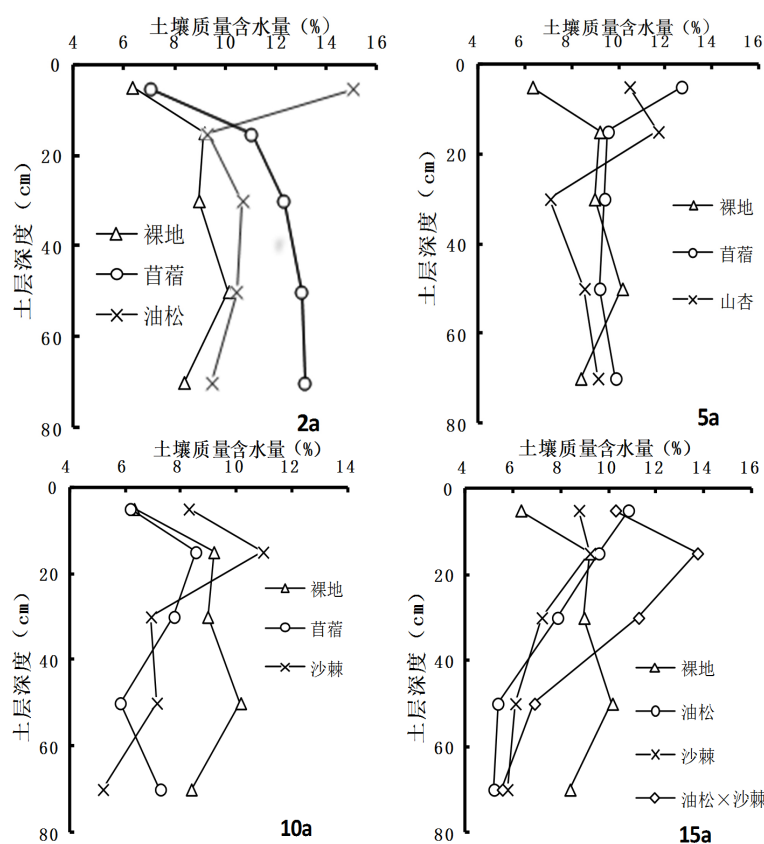


Figure 1. Soil moisture variation of different vegetations in different reclamation years

图 1. 不同植被不同复垦年限下土壤水分的垂直分布

复垦 10a 时，种植苜蓿的土壤含水量在 0~70 cm 土层中均低于未复垦的裸地，且随土层深度增加，差值在变大。种植沙棘的表层(0~20 cm)含水量高于未复垦的裸地，但 20 cm 以下土壤含水量低于未复垦的裸地。

复垦 15a 时，单植油松和沙棘在表层(0~20 cm)的土壤含水量均高于未复垦的裸地，20 cm 土层以下，

含水量均低于未复垦的裸地。而在油松和沙棘混种模式下,含水量的变化表现为先升高后降低的变化趋势,在 10~20 cm 土层间达到最大,在 0~30 cm 土层间含水量高于未复垦的裸地,30 cm 土层以下低于未复垦的裸地。油松和沙棘混种模式下,各土层的含水量高于单植处理。

3.2. 不同植被复垦对 0~50 cm 土壤养分含量的影响

耕地、苜蓿和欧李的土壤有机质含量均显著高于油松,耕地和苜蓿的有机质含量显著高于欧李,苜蓿对有机质的提升效果最好,较油松提高了 4.02 倍;苜蓿和耕地的土壤全氮含量显著高于欧李和油松,欧李和油松之间不显著,苜蓿在提高土壤全氮效果上表现最优,较最差的油松提高了 40.00%;耕地、苜蓿和欧李的土壤碱解氮含量均显著高于油松,耕地和苜蓿的碱解氮含量显著高于欧李,苜蓿对碱解氮含量的提升效果最好,较最差的油松提高了 1.83 倍;欧李和苜蓿的土壤全磷含量显著高于耕地,欧李对土壤全磷的提升效果最好,较最低的耕地提高了 47.62%;不同植物类型对土壤速效磷含量和 pH 值影响差异不显著(表 2)。

3.3. 不同植被不同复垦年限对养分含量的影响

复垦 2a 时,种植苜蓿和油松较未复垦的裸地均显著提高了土壤养分(除苜蓿和裸地的速效磷含量之间差异不显著外),种植苜蓿的土壤速效磷含量低于种植油松,其他养分指标均高于油松。种植苜蓿对土壤全氮和碱解氮含量的提升幅度最大,分别较未复垦的裸地提高了 14.33 倍和 3.1 倍。

复垦 5a 时,种植苜蓿和山杏可显著提高土壤有机质、全氮和碱解氮含量,提高幅度分别为 36.17% 和 142.02%、9.75% 和 24.89%、10 和 12.33 倍。种植苜蓿对全磷提高幅度较大,但对速效磷含量影响不大。对于种植山杏,降低了全磷和速效磷含量,降幅分别为 16.51% 和 83.87%。

复垦 10a 时,较未复垦的裸地相比,种植沙棘和苜蓿均提高了土壤的养分含量,对全氮影响最大,分别较为复垦裸耕地提高了 9.17 倍和 5.08 倍,沙棘对速效养分的提高幅度要大于苜蓿。

复垦 15a 时,与未复垦的裸地相比,油松、沙棘单植和油松与沙棘混交均不同程度提高了土壤养分含量,但均对全氮含量的影响最大,对速效磷含量影响较小。油松与沙棘混交下,有机质、全磷和速效磷的含量较单植油松和沙棘的高,分别较油松和沙棘提高了 1 倍和 1.49 倍、185.45% 和 69.72%、32.84% 和 28.91%。单植中油松效果总体表现较单植沙棘好。

苜蓿种植 10a 时,有机质全氮和全磷含量降幅较大,全氮降幅最大,达到了 60.33%,速效养分波动不大,有机质下降了 32.66% (表 3)。种植油松和沙棘的土壤养分含量也随着复垦年限增加而降低,但在复垦 15a 时,油松与沙棘混交林的养分含量最高,修复效果最好。

4. 结论与讨论

4.1. 不同植被不同复垦年限对土壤含水量的影响

试验结果表明,豆科作物(苜蓿)和灌木(山杏、油松和沙棘)及油松和沙棘混交林整体上均可不同程度的提高土壤表层(0~20 cm)含水量。复垦年限相同时,灌木整体上保水效果要好于豆科,灌木混交时要好于单植。复垦 2a 时,同时也提高了 20~70 cm 土层的土壤含水量,但复垦 5a、10a 和 15a 时,对 >20 cm 土层的土壤含水量整体表现为小于未复垦的裸地。孙建[16]等研究认为,0~20 cm 土层土壤含水量主要受降雨影响,土壤蒸发和蒸腾作用对其影响较大,20~70 cm 土层间土壤含水量主要受植物根系吸收利用的强弱影响其大小,而且随着复垦年限的增加,植物根系逐渐旺盛发达,对水分需求量也增加,对较深土层土壤水分影响较大。成文浩[17]等研究表明,油松根系具有深耕性特征,对于起吸收作用的细根主要分布在 0~60 cm 土层。崔浪军[18]等研究认为,沙棘-杨树混交林的根系分布要比杨树纯林更深、更均匀。

Table 2. Differences of soil nutrient contents in different vegetation types**表 2.** 不同植被类型的土壤养分含量差异

类型	层次	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(g/kg)	速效磷(mg/kg)	pH
苜蓿	0~50 cm	3.47 a	0.84 a	70.58 a	1.66 ab	11.58 a	7.72 a
耕地	0~50 cm	3.41 a	0.79 a	62.30 a	1.26 c	11.08 a	7.71 a
欧李	0~50 cm	2.75 b	0.73 ab	38.50 b	1.86 a	10.90 a	7.66 a
油松	0~50 cm	0.69 c	0.60 b	25.90 c	1.41 bc	11.79 a	7.89 a

注：表中小写字母代表在 0.05 水平下的差异性。

Table 3. Effect of different vegetation types on soil nutrient contents in different reclamation years**表 3.** 不同复垦年限下不同植被对土壤养分含量的影响

复垦年限(a)	植被	有机质	全氮	碱解氮	全磷	速效磷
		(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(g/kg)	(mg/kg)
2a	苜蓿	4.47b	1.84a	23.82b	6.26a	67.66e
2a	油松	3.24dc	0.75c	14.29c	3.2c	82.32d
5a	苜蓿	4.55ba	1.32b	24.89b	5.46b	68.55e
5a	山杏	2.56dfe	1.6a	9.75de	0.91f	10.9f
10a	苜蓿	3.01c	0.73dc	25.45ba	3.04c	80.22d
10a	沙棘	2.24fe	1.22b	27.88a	2.3d	138.17b
15a	油松	2.58dce	0.66dc	7fe	1.1f	118.71c
15a	沙棘	2.07fe	1.14b	12.34dc	1.85e	122.33c
15a	油松×沙棘	5.16a	0.48d	14.07c	3.14c	157.69a
未复垦	裸地	1.88f	0.12e	5.8f	1.09f	67e

注：表中小写字母代表在 0.05 水平下的差异性。

麻冬梅[19]等认为根据根系和非饱和水移动规律，根系不断向下生长，土壤深层水沿着水势梯度向根层移动，使土壤深层水分不断消耗，土壤含水量降低。对于本试验中不同植被处理的表层土壤含水量均高于未复垦的裸地，但随着复垦年限增加，更深土层的土壤含水量反而低于裸地处理，一方面可能是随着复垦年限的增加，地上植被较为旺盛，地表覆盖度增加，减少了土壤水分蒸发，所以表层土壤水分保持效果较好，含水量较高；另一方面可能是由于植被根系旺盛，对水分需求量增加，根系将深层土壤中的水分向上层提升，达到水分再分配，使得深层土壤水分减少，上层水分增加，现已发现多年生草本(如：苜蓿)和乔木(松科)具有水分再分配的现象[20]。

4.2. 不同植被不同复垦年限对土壤养分含量的影响

与未复垦的裸地比较，利用不同植被复垦，均可不同程度的提高土壤养分含量，随着复垦年限的增加，有机质、全氮、碱解氮和全磷均呈现下降的变化趋势，但速效磷含量呈现上升趋势。复垦年限相同时，豆科作物(苜蓿)的养分含量要高于灌木(山杏、油松和沙棘)，灌木混交时要好于单植。麻冬梅[20]等研究表明，长期种植苜蓿会造成土壤氮匮乏，说明植株制造并向土壤输送的碱解氮比本身从土中吸收并消耗的多。钱奎梅[21]等以黑麦草作为复垦作物，在复垦 23 个月后全氮降低了 72.05%，分析可能原因是由于植物需要从基质中吸收生长所需养分，从而导致养分含量的降低。郭玉泉[22]等的研究表明，3a 苜

藎草地土壤有机质和全氮与种植前相比显著降低。汪超[23]等研究表明,在油松林种植 28a 时,有机质、全氮和速效氮含量达到最大,之后有所降低,以 28a 为分水岭,整体呈现先升高后降低,再趋于稳定的变化趋势。余雕[24]等研究表明与 10 年生柠条林地土壤相比,20 年生柠条林地表层土壤中全磷,速效磷、数值有小幅度的降低。但是丁清坡[13]等研究认为随着复垦年限的增加,各养分指标变化规律不一致,全氮呈现先降低,后升高的变化趋势,碱解氮则表现为逐渐增加,全磷表现为先增加,后降低,再升高,最后逐渐降低,速效磷整体则表现为逐渐增加。本研究中有有机质、全氮、速效氮和全磷含量降低,可能是研究年限不够长,土壤养分还处在不断变化的过程中;也可能与环境条件、土壤结构和植被吸收利用有关,速效磷升高可能是因为土壤水热环境改善加速了全磷向速效磷的转化,但是由于磷的迁移能力差,又导致了速效磷被根系吸收利用低。

综合评价,灌木混交对排土场土壤水分保蓄和综合肥力提升方面表现最佳,建议在今后矿区排土场土壤修复工作中,优先考虑灌木混交方式。

基金项目

神华集团科技创新项目(SH-ZY-05-04)。

参考文献 (References)

- [1] 孙丽芳,李勇,张晴雯,等. 植被恢复对侵蚀坡地表层土壤性质的影响[J]. 水土保持通报, 2007, 27(3): 13-17.
- [2] 杨国敏,王力. 黑岱沟露天矿区排土场 2 种典型植物的水分来源及利用策略[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3): 477-487.
- [3] 高淑慧,贾志斌,张树礼,等. 露天煤矿排土场的复垦研究[J]. 北方环境, 2011, 23(3): 39-42.
- [4] 薛建春,白中科. 生态脆弱矿区土地复垦方案实施监测评价研究-以平朔矿区为例[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 246-249.
- [5] 马佳慧,张兴昌,邱莉萍. 黑岱沟矿区排土场不同复垦方式下土壤性质的研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 93-96.
- [6] 项元和,李国萍,于晓杰. 现代露天矿排土场生态修复与植被重建技术研究[C]//中国水土保持学会规划设计专业委员会. 中国水土保持学会规划设计专业委员会 2009 年年会暨学术研讨会论文集. 2009: 112-119.
- [7] Parrotta, J.A. (1992) The Role of Plantation Forests in Rehabilitating Degraded Ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **41**, 115-133. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90105-K](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90105-K)
- [8] 吕贻忠,李保国. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [9] 李绍良,陈有君,关世英,等. 土壤退化与草地退化关系的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(1): 92-95.
- [10] 马建军,张树礼,姚虹,等. 复垦地土壤重金属及类重金属的时间累积效应[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(12): 69-74.
- [11] 樊文华,白中科,李慧峰,等. 复垦土壤重金属污染潜在生态风险评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 348-354.
- [12] 王丽艳,韩有志,张成梁,等. 不同植被恢复模式下煤矸石山复垦土壤性质及煤矸石风化物的变化特征[J]. 生态学报, 2011, 31(21): 6429-6440.
- [13] 丁青坡,王秋兵,魏忠义,等. 抚顺矿区不同复垦年限土壤的养分及有机碳特性研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 262-267.
- [14] 任晓旭,蔡体久,王笑峰. 不同植被恢复模式对矿区废弃地土壤养分的影响[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(4): 151-154.
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 22-108.
- [16] 孙建,刘苗,李立军,等. 不同植被类型矿区复垦土壤水分变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 201-207.
- [17] 成文浩,陈林. 贺兰山油松林根系空间分布特征研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 89-93.
- [18] 崔浪军,梁宗锁,韩蕊莲,等. 沙棘-杨树混交林生物量、林地土壤特性及其根系分布特征研究[J]. 林业科学,

2003, 39(6): 1-7.

- [19] 麻冬梅, 金凤霞, 蒙静, 等. 不同种植年限苜蓿对土壤理化性质、微生物群落和苜蓿品质的影响[J]. 水土保持研究, 2013, 20(5): 29-32.
- [20] 陈亚明, 傅华, 张荣, 等. 根-土界面水分再分配研究现状与展望[J]. 生态学报, 2004, 24(5): 1040-1047.
- [21] 钱奎梅, 王丽萍, 李江. 矿区复垦土壤的微生物活性变化[J]. 生态与农村环境学报, 2011, 27(6): 59-63.
- [22] 郭玉泉, 王金芬, 高翔. 种植紫花苜蓿对土壤养份的影响[J]. 四川草原, 2000(4): 20-24.
- [23] 汪超, 王孝安, 王玲. 不同种植年代油松林植物多样性及土壤养分变化[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1182-1186.
- [24] 余雕. 黄土高原水土保持型灌木林地土壤质量特征及评价[D]: [博士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sd@hanspub.org