

Effects of Different Profile Configurations on Soil Fertility and Crop Growth Influence

Gang Li^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group, Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Land Construction Group, Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Land and Resources of China, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Construction Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: 454923994@qq.com

Received: May 15th, 2018; accepted: May 31st, 2018; published: Jun. 7th, 2018

Abstract

In order to improve the land use efficiency and soil quality of the barren mountainous land in the Qinling Mountains, and solve the problems of soil barrenness, bare gravel and soil erosion in the land project, different soil profiles were constructed through soil organic remodeling, and different materials were constructed by building models. The profile of the thickness of the soil layer and the effect of different configurations on soil fertility properties and crop growth status showed that the use of fine sand as a transition layer had a significant effect on the improvement of soil nutrients ($p < 0.05$), despite the use of clay. As a transition layer, although the use of clay as a transition layer has a good effect on leakage of soil water and fertility, corn growth is poor. Soil thickness had no significant effect on soil nutrient and corn growth status. Therefore, in the organic reconstruction of the soil, fine sand can be used as a transition layer, and the thickness of the transition layer can be 40 cm.

Keywords

Barren Hills, Soil Organic Reconstruction, Soil Nutrients, Crop Growth Status

不同剖面构型对土壤肥力性质及作物生长状况的影响

李 刚^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团, 陕西 西安

³国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 454923994@qq.com

收稿日期: 2018年5月15日; 录用日期: 2018年5月31日; 发布日期: 2018年6月7日

摘要

为了提高秦岭山区荒石山地的土地利用效率和土壤质量, 解决土地工程中土壤贫瘠、砾石裸露和水土流失的问题, 通过土体有机重构构造不同土壤剖面构型, 通过建立模型, 构建了不同材料和土层厚度的剖面构型, 研究不同构型对土壤肥力性质和作物生长状况的影响, 结果表明用细沙作为过渡层对土壤养分提高具有较显著的效果($p < 0.05$), 尽管利用粘土作为过渡层对土壤漏水漏肥效果较好, 但是玉米生长状况较差。土层厚度对于土壤养分和玉米生长状况影响不显著。因此在土地有机重构中, 可以选用细沙作为过渡层, 过渡层厚度40 cm即可。

关键词

荒石山地, 土体有机重构, 土壤养分, 作物生长状况

Copyright © 2018 by author 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

我国人口众多, 但是人均耕地少, 并且耕地资源严重不足, 因此急需提高土地利用效率, 解决人地矛盾。土地工程是解决土地问题的重要手段, 其中作为土地工程的核心基础, 土体有机重构是推进土地工程创新、从根本上提高土地质量的关键技术[1] [2] [3]。以往的土地工程主要以土地平整为主, 很少有设计土体有机重构[4] [5] [6] [7]。但是对于土石山区, 由于土地具有较多砾石, 加之其自身土壤质量低下、土层浅薄、水土流失等问题, 单一的土地平整难以解决土体熟化、营养保障以及漏水漏肥等问题, 难以快速有效的创造出可以用于作物高质量生长的土壤环境, 因此对于这些地区, 必须进行土体有机重构。然而目前对于土体有机重构的研究主要集中在矿山复垦和污损土地修复领域[8] [9] [10], 对于荒石山地的土地整治中, 较少见到土体有机重构的应用。因此本研究针对秦岭山区土壤贫瘠、砾石分布较多的问题, 模拟山地构型, 构建土体重构模型, 并进行土体有机重构, 对于提高荒石山地土地利用效率、提高土地质量、减少水土流失具有十分重要的作用。

土体构型与界面处理研究应完全符合山区土地的基本特征, 设置不同土体重构剖面以及土层界面, 分析水、肥纵向运移规律, 为山地以及层状土壤的水分、养分管理提供基本依据。

土体内的砂砾层对于覆盖土层的稳定性影响, 也是该试验需要探索的任务之一。依据土壤结构水力学稳定的基本原理, 如果上层覆盖土层的质地粘重, 结构稳定性强, 就无需考虑土层界面的颗粒逐渐过渡问题; 如果上层土壤结构稳定性差, 则需要考虑覆盖土层与砂砾层之间的逐渐过渡性措施。国外已经提出了结构稳定土壤的质量标准, 而国内现在仍缺乏同类问题的研究文献, 为此, 针对覆土层的质地性状、结构性状, 设计覆土层的厚度和界面处理措施, 是本试验需要解决的主要科学问题。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

本次试验的自制装置设置于秦岭野外监测中心站内，秦岭野外监测中心站，位于陕西省宝鸡市眉县汤峪镇上王村，地处东经 107°39′~108°00′，北纬 33°59′~34°19′。位于陕西省关中平原西部，南依秦岭，北临渭水，属黄河中游川塬沟壑区。眉县属暖温带大陆性半湿润气候，海拔高度在 442~3767 m 之间，年平均气温 12.9℃，平均降水 609.5 mm，平均日照 2015.2 h，无霜期 21 d。每年 3~5 月，回暖较快，秋季受冷空气影响，昼夜温差较为明显，是关中地区秋雨最多的区域之一。该区地形地貌复杂，大体为南北高中间低的不对称形地型，东西向延伸略长，南北向起伏较短。全县最高点为太白山次高峰，海拔 3771.2 m；最低点为位于青化与扶风交界的渭河东流出境处，海拔 442 m。依照地貌特征，全县可分为秦岭山地(海拔 700 m 以上)、黄土梁原、山前洪积平原、渭河冲积平原、渭北黄土台塬五种地貌类型。概括而言，全县呈现“七河九原一面坡，六山一水三分田”的地貌形态。

2.2. 模型设计

本模型规划总长度 18 m 左右，设计每个田块为 3 m × 2.8 m，深度 1.5 m，底部预留土壤淋溶液体的收集口，田块西边墙面留观测窗，共 6 个试验田块，2.1 m 宽观测坑道。模型设计图 1，图 2 所示。

2.3. 试验设计

如图 1 及表 1 所示，本研究选定壤质黄土作为耕作层，细沙、壤质黄土和粘土分别作为各处理的过渡层，覆土土层厚度设计为 40 cm 和 60 cm 两个水平，底部砂砾层处理严格控制石块大小，并且在底部预留土壤淋溶液体的收集口，以覆土厚度为主处理，下界面处理为副处理，各小区面积为 3 m × 2.8 m = 8.4 m²，试验小区共计 6 个，占地面积约 50.4 m²，并以原状耕地作为对照试验，小区施肥以基础肥力为主，通过人工施入试验小区，并混合均匀，种植玉米(户单四号)。此外，7 号试验田为覆土来源的原状土，作为试验对照。

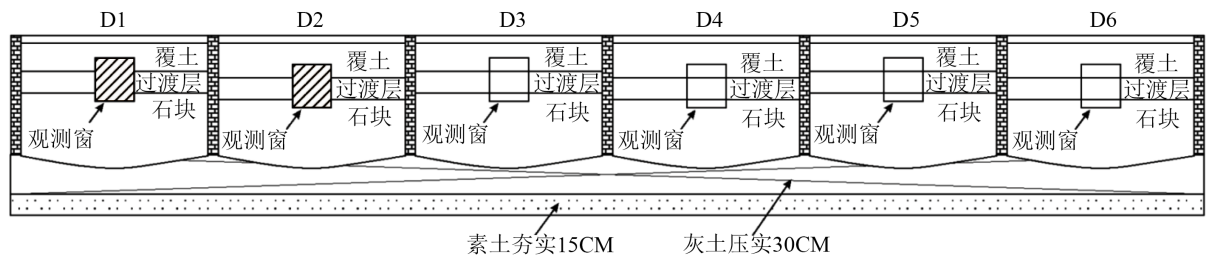


Figure 1. Longitudinal section of the model

图 1. 模型纵断面

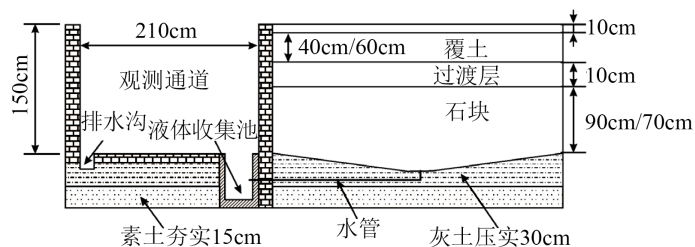


Figure 2. Side section of the model

图 2. 模型侧断面

Table 1. Design of the test
表 1. 试验设计

编号	覆土类型	覆土厚度(cm)	过渡层类型	过渡层厚度(cm)	底层
1	壤质黄土	40	细沙	70~90	
2	壤质黄土	60	细沙	70~90	
3	壤质黄土	40	壤质黄土	70~90	1. 填充直径相当的石块;
4	壤质黄土	60	壤质黄土	70~90	2. 小石砾填充石块间缝隙。
5	壤质黄土	40	粘土	70~90	
6	壤质黄土	60	粘土	70~90	
7	壤质黄土		对照		

2.4. 样品采集与检测

于 2017 年 9 月分别采集各试验小区 0~10、10~20、20~30、30~40 cm 土壤，每个小区进行多点蛇形采样，剔除石砾和植物残根等杂物，混合制样，装入自封袋风干待用。分别测定土壤质地、pH、电导率、全氮、有效磷、速效钾、有机质、铵态氮和硝态氮，其中土壤质地采用马尔文激光粒度仪测定、土壤 pH 利用 pH 计检测、土壤电导率采用电导率仪测定、土壤全氮利用凯氏定氮法测定、土壤速效钾利用火焰分光光度法测定、土壤有效磷采用 NaHCO₃ 浸提，分光光度计比色测定、硝态氮和铵态氮利用流动分析仪测定、土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定。

2.5. 数据处理与分析

数据处理采用 Excel 2003 进行分析和绘图，利用 SPSS 16 进行统计分析，其中主成分分析和特征根以及相应贡献率的计算采用 SPSS 中 Data Reduction 进行计算。

3. 结果与分析

3.1. 不同构型土体对土壤肥力的影响

图 3 为不同构型土体处理中土壤肥力状况，从重构土壤全氮含量来看，试验田 1 和试验田 2 表现出了相似的规律，随着土壤深度的增加，土壤全氮含量增加，这可能是由于灌溉过程中土壤氮随着水分流向底层，试验田 3 与试验田 4 表现出近乎相反的规律，这可能是由于施肥不均造成试验田 4 表层土壤全氮含量异常高，试验田 5 和试验田 6 则与试验田 1、2 表现出相反的规律，即随着土壤深度的增加，土壤全氮含量降低，这主要是因为粘土强于细沙的阻隔作用。不同剖面构型试验田的土壤有效磷和有机质表现出较为凌乱的规律，可能是因为在玉米生长过程中施用过一定量的磷肥和有机肥以及玉米生长状况不均造成的。不同剖面构型试验田的土壤速效钾在不同深度土壤中表现出相似的规律，并且不同深度土壤速效钾含量差异不显著，主要是因为在玉米生长前期，主要消耗土壤中的碳氮养分元素，对土壤中钾消耗较少。与原状土相比，不同构型试验田土壤中硝态氮和铵态氮含量都有所增加，并且均表现出了相似的规律，即随着土壤深度的增加，土壤硝态氮和铵态氮含量逐渐降低。试验田 1 和 2 土壤中铵态氮含量高于其他试验田，硝态氮主要分布在不同构型土壤表层土壤中，这可能与植物根系分布有关。就土壤 pH 而言，不同剖面构型之间土壤 pH 差异不显著，均表现为随着土壤深度增加而增加，说明不同剖面构型对土壤 pH 的影响暂时不显著。不同构型土壤电导率差异也不显著，但是与土壤 pH 的分布规律相反，随着土壤深度的增加而降低，土壤电导率是限制植物和微生物活性的阈值，影响到土壤养分和污染物的转化存在状态及有效性[11]，是反映土壤电化学性质和费力特性的基础指标，不同构型土壤表层土壤电导率

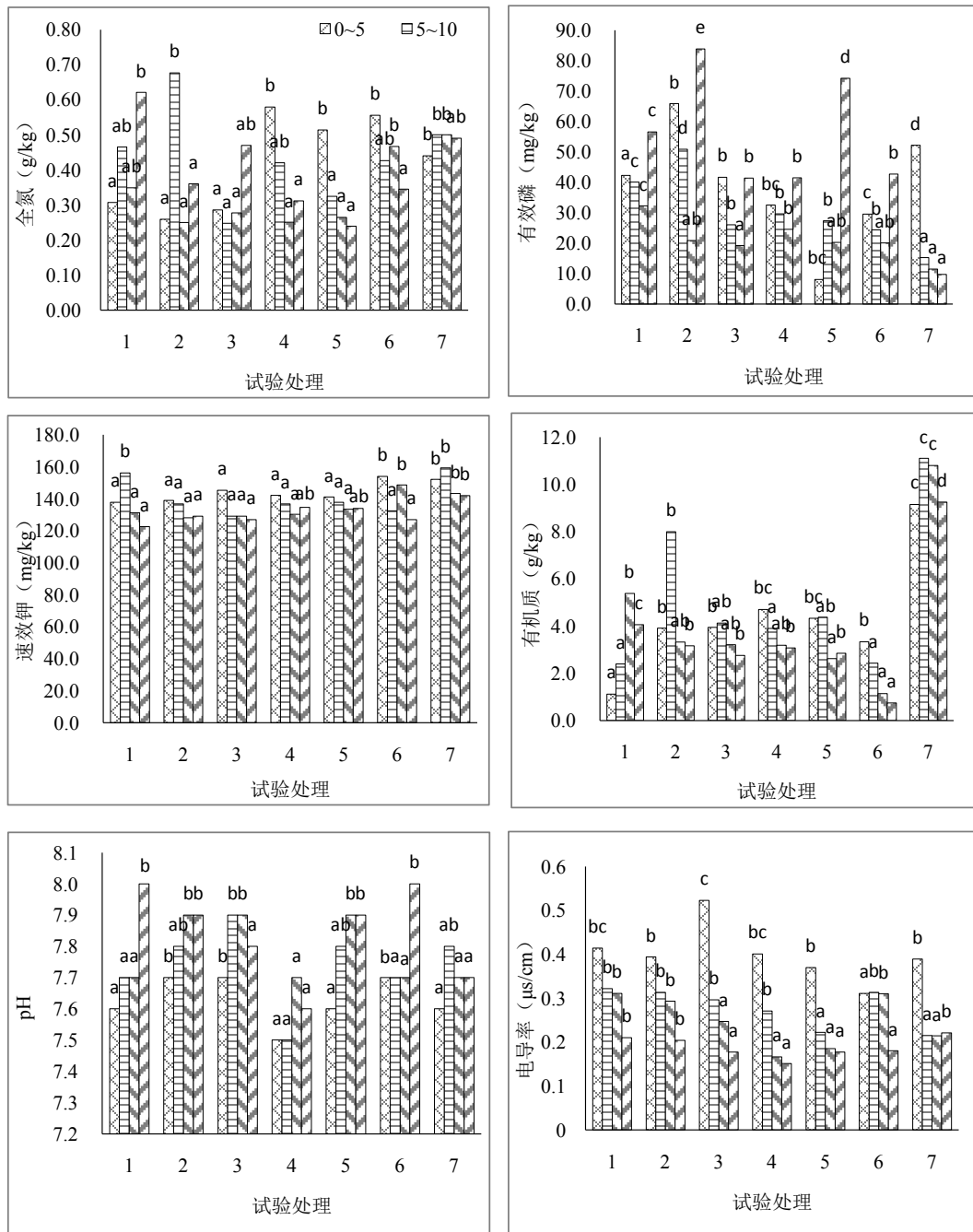


Figure 3. Effects of soils with different configurations on soil fertility
图 3. 不同构型土体对土壤肥力的影响

高于深层土壤，主要是因为施肥使得表层土壤含有较多离子造成。

以上研究表明，试验田 1 和试验田 2 对于土壤有机重构过程中土壤活性具有较好的作用，而试验田 5 和 6 则主要表现除了较好的防水和阻隔效果。

3.2. 不同构型土体对玉米生长状况的影响

通过 L-S-D 法对不同时间不同处理的玉米株高进行了方差分析，结果显示(如图 4)，5 月 18 日所测

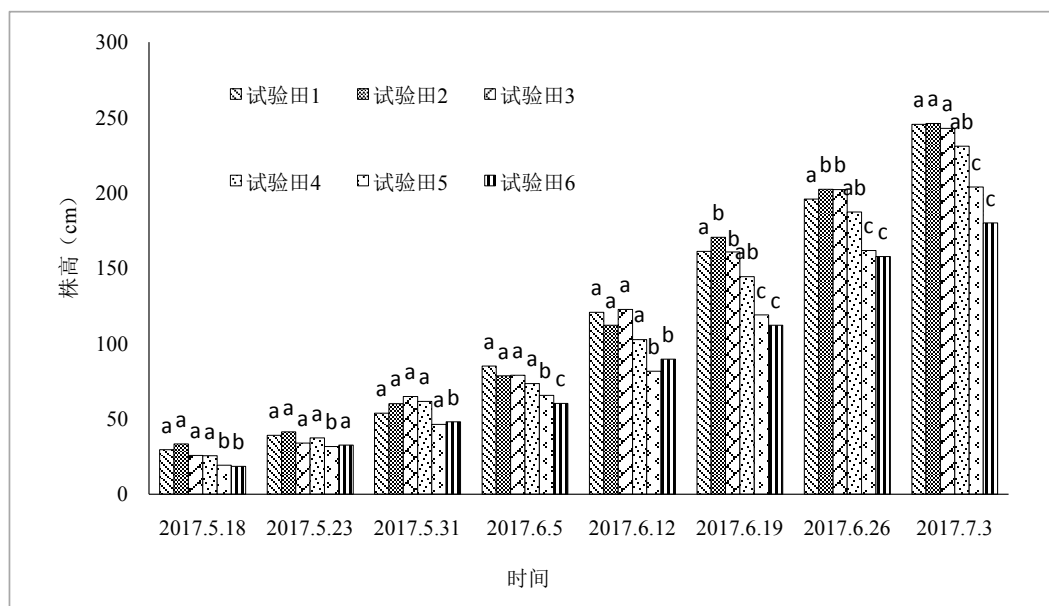


Figure 4. Effects of soils with different configurations on the growth of Maize

图 4. 不同构型土体对玉米生长状况的影响

株高中，试验田 1 与试验田 5 ($P = 0.031 < 0.05$)、试验田 6 ($P = 0.021 < 0.05$)之间玉米株高差异显著，试验田 2 与试验田 5 ($P = 0.004 < 0.05$)、试验田 6 ($P = 0.003 < 0.05$)之间玉米株高差异显著；5 月 23 日所测株高中，不同试验田之间株高差异不显著；5 月 31 日所测株高中，试验田 5 与试验田 2 ($P = 0.012 < 0.05$)、试验田 4 ($P = 0.006 < 0.05$)之间株高差异显著，与试验田 3 ($P = 0.001$)之间株高差异极显著，试验田 6 与试验田 2 ($P = 0.027 < 0.05$)、试验田 3 ($P = 0.003 < 0.05$)、试验田 4 ($P = 0.013 < 0.05$)之间玉米株高差异显著；6 月 5 日所测株高中，试验田 5 与试验田 1 ($P = 0.007 < 0.05$)之间玉米株高差异显著，试验田 6 与试验田 2 ($P = 0.011 < 0.05$)、试验田 3 ($P = 0.010 < 0.05$)之间株高差异显著，与试验田 1 ($P = 0.001$)之间株高差异极显著；6 月 12 日所测株高中，与 6 月 5 日所测株高显示出类似的规律，即试验田 5 与试验田 1 ($P = 0.001$)之间玉米株高差异极显著，试验田 6 与试验田 2 ($P = 0.013 < 0.05$)、试验田 3 ($P = 0.019 < 0.05$)之间株高差异显著，与试验田 1 ($P = 0.001$)之间株高差异极显著；7 月 3 日所测株高中，试验田 5 与试验田 1 ($P = 0.000$)、试验田 2 ($P = 0.000$)、试验田 3 ($P = 0.000$)之间差异极显著，与试验田 4 ($P = 0.005 < 0.05$)之间差异显著，试验田 6 与试验田 1 ($P = 0.000$)、试验田 2 ($P = 0.000$)、试验田 3 ($P = 0.000$)、试验田 4 ($P = 0.000$)之间株高的差异性均十分显著。结果还表明，试验田 1、2、3、4 之间玉米株高差异不显著，试验田 5、6 之间玉米株高差异不显著。

因此可知，细沙和壤土作为过渡层的试验田玉米生长状况优于粘土作为过渡层的试验田玉米生长状况，不同覆土厚度对于玉米生长状况的影响不显著，可以在工程实践中采用 40 cm 覆土，节约成本。粘土作为过渡层的试验田玉米生长状况较差，主要是由于粘土的透气性和透水性均差于细沙和壤土，直接导致玉米生长状况不佳。

3.3. 基于主成分分析评价不同土壤构型肥力特征

表 2 是不同土壤剖面构型土壤肥力特征之间的相关系数矩阵，可以发现不同指标之间相关性不高，可以用于主成分分析，不会带来共线性的问题。表 3 列举了不同指标的方差比，即按照所选标准提取相应数量的主成分后，各变量中的信息分别被提取出的比例[12]。

Table 2. Correlation coefficient matrix of soil composition fertility characteristics**表 2.** 土壤构型肥力特征之间相关系数矩阵

	覆土厚度	全氮	有机质	pH	电导率	有效磷	速效钾	铵态氮	硝态氮
覆土厚度	1.000	0.175	-0.007	-0.236	-0.066	0.086	0.067	-0.046	0.008
全氮	0.175	1.000	0.382	-0.209	0.158	-0.004	0.285	-0.062	0.243
有机质	-0.007	0.382	1.000	-0.110	0.201	0.057	-0.038	0.223	0.073
pH	-0.236	-0.209	-0.110	1.000	-0.491	0.274	-0.558	-0.116	-0.668
电导率	-0.066	0.158	0.201	-0.491	1.000	-0.132	0.542	0.551	0.888
有效磷	0.086	-0.004	0.057	0.274	-0.132	1.000	-0.161	0.426	-0.274
速效钾	0.067	0.285	-0.038	-0.558	0.542	-0.161	1.000	0.298	0.578
铵态氮	-0.046	-0.062	0.223	-0.116	0.551	0.426	0.298	1.000	0.339
硝态氮	0.008	0.243	0.073	-0.668	0.888	-0.274	0.578	0.339	1.000

Table 3. The characteristic root of each variable and the corresponding contribution rate**表 3.** 各变量的特征根及相应的贡献率

组分	初始特征值			主成分分析提取结果		
	特征根	贡献率	累计百分比	特征根	贡献率	累计百分比
覆土厚度	3.243	36.038	36.038	3.243	36.038	36.038
全氮	1.554	17.266	53.305	1.554	17.266	53.305
有机质	1.337	14.858	68.163	1.337	14.858	68.163
pH	1.081	12.011	80.174	1.081	12.011	80.174
电导率	0.693	7.705	87.879			
有效磷	0.454	5.043	92.921			
速效钾	0.389	4.323	97.244			
铵态氮	0.193	2.146	99.390			
硝态氮	0.055	0.610	100.000			

表 3 左侧为所有指标特征根及其占相应特征根总之的百分比(贡献率)和累计百分比。表中显示, 组分覆土厚度、全氮、有机质和 pH 这四个主成分的贡献率分别为 36.038%、17.266%、14.858%、12.001%, 累计贡献率达到 80.174%, 不需要再增加主成分。

表 4 给出了 4 个主成分的特征向量, 4 个主成分分别用 y_1 、 y_2 、 y_3 和 y_4 表示, 分别为: $y_1 = 0.028x_1 + 0.112x_2 + 0.073x_3 - 0.235x_4 + 0.273x_5 - 0.066x_6 + 0.235x_7 + 0.144x_8 + 0.283x_9$; $y_2 = -0.081x_1 - 0.030x_2 + 0.235x_3 + 0.197x_4 + 0.116x_5 + 0.519x_6 - 0.073x_6 + 0.500x_8 - 0.062x_9$; $y_3 = 0.395x_1 + 0.561x_2 + 0.437x_3 - 0.067x_4 - 0.165x_5 + 0.095x_6 - 0.050x_7 - 0.164x_8 - 0.123x_9$; $y_4 = 0.686x_1 - 0.173x_2 - 0.486x_3 - 0.175x_4 - 0.106x_5 + 0.324x_6 + 0.171x_7 + 0.107x_8 - 0.037x_9$ 。第一主成分表明硝态氮、速效钾、电导率和铵态氮具有较大的荷载, 第二主成分表明有机质、pH、电导率和有效磷具有较大的荷载, 第三主成分表明覆土厚度、全氮、有机质和有效磷具有较大的荷载, 第四主成分表明覆土厚度、有效磷、速效钾和铵态氮具有较大的荷载。

4. 结论

1) 细沙作为过渡层处理对于土壤有机重构过程中土壤活性具有较好的作用, 而试验田 5 和 6 则主要表现为除了较好的防水和阻隔效果。

Table 4. Load matrix of the factors
表 4. 因子负荷矩阵

	组分			
	1	2	3	4
覆土厚度	0.028	-0.081	0.395	0.686
全氮	0.112	-0.030	0.561	-0.173
有机质	0.073	0.235	0.437	-0.486
pH	-0.235	0.197	-0.067	-0.175
电导率	0.273	0.116	-0.165	-0.106
有效磷	-0.066	0.519	0.095	0.324
速效钾	0.235	-0.073	-0.050	0.171
铵态氮	0.144	0.500	-0.164	0.107
硝态氮	0.283	-0.062	-0.123	-0.037

2) 细沙和壤土作为过渡层的试验田玉米生长状况优于粘土作为过渡层的试验田玉米生长状况, 不同覆土厚度对于玉米生长状况的影响不显著, 可以在工程实践中采用 40 cm 覆土, 节约成本。粘土作为过渡层的试验田玉米生长状况较差, 主要是由于粘土的透气性和透水性均差于细沙和壤土, 直接导致玉米生长状况不佳。

3) 通过主成分分析研究, 结果表明第一主成分表明硝态氮、速效钾、电导率和铵态氮具有较大的荷载, 第二主成分表明有机质、pH、电导率和有效磷具有较大的荷载, 第三主成分表明覆土厚度、全氮、有机质和有效磷具有较大的荷载, 第四主成分表明覆土厚度、有效磷、速效钾和铵态氮具有较大的荷载。

参考文献

- [1] 韩霁昌. 土地工程概论[M]. 科学出版社, 2013.
- [2] 韩霁昌. 以土地工程夯实生态文明建设基础[N]. 人民日报, 2016, 4(15): 13.
- [3] 韩霁昌. 创新土地工程建设生态国土[N]. 中国国土资源报, 2016, 5(5): 5.
- [4] 张勇, 汪应宏, 包婷婷, 等. 土地整治研究进展综述与展望[J]. 上海国土资源, 2014(3): 15-20.
- [5] 高向军, 彭爱华, 彭志宏, 等. 农村土地综合整治存在的问题及对策[J]. 中国土地科学, 2011, 25(3): 4-8.
- [6] 许晓婷. 县级土地整治规划理论与方法研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 长安大学, 2014.
- [7] 王金满, 张萌, 白中科, 等. 黄土区露天煤矿排土场重构土壤颗粒组成的多重分形特征[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 230-238.
- [8] 胡振琪, 魏忠义, 秦萍. 矿山复垦土壤重构的概念与方法[J]. 土壤, 2005, 37(1): 8-12.
- [9] 徐良骥, 黄璨, 李青青, 等. 煤矸石粒径结构对充填复垦重构土壤理化性质及农作物生理生态性质的影响[J]. 生态环境学报, 2016(1): 141-148.
- [10] 张华, 张甘霖. 土壤质量指标和评价方法[J]. 土壤, 2001, 33(6): 326-330.
- [11] 魏欢欢, 李晓东, 许龙. 土壤冻融过程中电导率特征分析及模拟[J]. 安徽农业科学, 2015(3): 75-77.
- [12] 张力. SPSS 在生物统计中的应用[M]. 厦门大学出版社, 2008.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

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

期刊邮箱：hjas@hanspub.org