

不同覆土厚度/容重对裸岩石砾地土壤理化性质的影响

申江龙^{1,2,3,4,5}, 黎雅楠^{1,2,3,4,5}, 孙语彤^{1,2,3,4,5}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

³陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

⁵自然资源部, 土地工程技术创新中心, 陕西 西安

收稿日期: 2021年11月15日; 录用日期: 2021年12月6日; 发布日期: 2021年12月15日

摘要

荒石滩地作为我国重要的后备耕地资源, 对其开发利用对于保障粮食安全具有重要意义。针对荒石滩地区砾石裸漏、土层浅薄等问题, 通过小区模拟实验, 在下覆砾石的基础上设置了不同的覆土结构, 并监测不同覆土结构对土壤理化性质及作物产量的影响, 以得出适宜的土体结构。研究表明: 覆土厚度在60 cm时土壤中的全氮、速效磷含量达到最大; 土壤容重设置为1.5 g/cm³时, 土壤中速效磷含量达到最大。速效钾的含量随土壤容重的增长而增高。

关键词

覆土结构, 土壤理化性质, 裸岩石砾

Effects of Different Soil Thickness/Bulk Density on the Physical and Chemical Properties of Bare Rock Gravel Soil

Jianglong Shen^{1,2,3,4,5}, Ya'nan Li^{1,2,3,4,5}, Yutong Sun^{1,2,3,4,5}

¹Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group, Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

³Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group, Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

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

⁵Land Engineering Technology Innovation Center, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

Abstract

As an important reserve arable land resource in our country, barren stone beach land is of great significance to its development and utilization for ensuring food security. Aiming at the problems of bare gravel leakage and shallow soil layer in the barren rock beach area, through community simulation experiments, different soil covering structures were set up on the basis of the underlying rock gravels, and the influence of different soil covering structures on the physical and chemical properties of the soil and crop yield was monitored to get the appropriate soil structure. The results of the study showed that the total nitrogen and available phosphorus content in the soil reached the maximum when the cover soil thickness was 60 cm; when the soil bulk density was set to 1.5 g/cm³, the available phosphorus content in the soil reached the maximum. The content of available potassium increased with the increase of soil bulk density.

Keywords

Soil Covering Structure, Soil Physical and Chemical Properties, Bare Rock Gravel

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

耕地是我国最宝贵的资源,是保障国家粮食安全的命脉[1] [2] [3] [4]。现阶段我国面临土地资源短缺[5] [6],耕地质量下降的现状,荒石滩作为一种重要的耕地后备资源,客土整治石砾地能够显著增加耕地面积,具有巨大的社会和经济效益[7] [8] [9]。但是在荒石滩整治过程中,存在覆土方式粗放的问题,对于覆土厚度、覆土容重缺乏依据,如何构建耕作层才能够满足作物生长是一个迫切需要解决的问题。本文通过设计小区模拟实验,针对荒石滩土地整治中存在的土壤水分、养分渗漏严重,适宜土体结构不明确等问题,在下覆石砾的基础上设置了不同的覆土结构,并监测不同覆土结构对土壤理化性质及作物产量的影响,以得出适宜的土体机构。

2. 材料与amp;方法

2.1. 试验区概况

试验区位于陕西省渭南市富平县杜村镇。该区域属半干旱大陆性气候,地处关中平原与陕北高原的过渡地带,雨季集中在7~9月,占全年降雨量50%。干湿季节分明,春季多风少雨,蒸发量大。全年蒸发量950~1290 mm,是降雨量的2~2.5倍。无霜期225 d,年平均气温13.5℃。气候条件满足小麦、玉米等北方主要经济作物的生长需要。

2.2. 实验设计

本试验共设计12个试验小区,每个试验区域面积2 m × 4 m = 8 m²。试验小区共分两种处理方式,一种为不同覆土厚度处理,另一种为不同覆土容重处理。覆土厚度处理中,上覆土层厚度分别为30 cm、

40 cm、50 cm、60 cm、80 cm 和 100 cm 6 种处理；覆土容重处理中，覆土厚度为 50 cm，按照不同容重结构分为 6 种处理，其中对照处理为通体容重均为 1.2 g/cm^3 ，其他各处理分为上、中、下 3 层结构，上层 20 cm、中层 20 cm、下层 10 cm，上层、中层容重为 1.2 g/cm^3 、 1.3 g/cm^3 保持不变，下层按照处理方式，分别设置容重为 1.3 g/cm^3 、 1.4 g/cm^3 、 1.5 g/cm^3 、 1.6 g/cm^3 和 1.7 g/cm^3 ，具体见图 1。

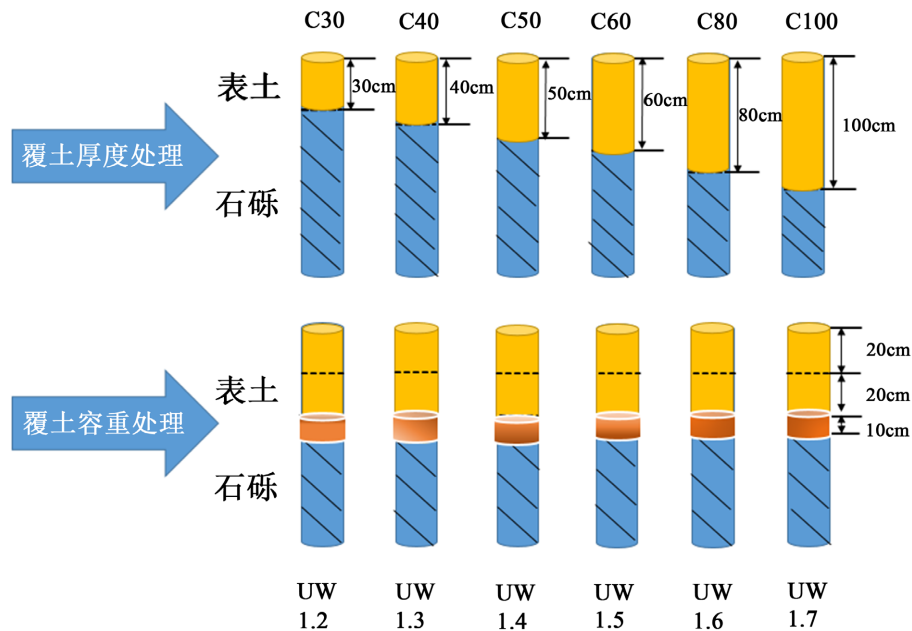


Figure 1. Test plan
图 1. 试验方案

试验中，根据地方农业厅对小麦施肥推荐方案，试验田的 N、 P_2O_5 、 K_2O 施肥量分别为 255 kg/hm^2 、 180 kg/hm^2 和 90 kg/hm^2 。当播种冬小麦时，按照小区规划施肥，通过人工翻地、深松使得地表平整，肥料充分混合。试验田均采用人工播种，其中磷肥、氮肥、钾肥分别为磷酸二铵、尿素、和氯化钾。播种采用人工种植，试验期间田间管理措施同当地大田。

2.3. 测定项目及方法

土壤指标检测为分层采样检测，对不同深度、不同覆土厚度(覆土容重)土壤，采用比重计法测定其土壤机械组成；采用凯氏定氮法测定土壤全氮；采用钼锑抗比色法测定土壤有效磷；采用火焰光度法测定土壤速效钾[10]。

2.4. 数据处理

采用 R 软件对数据进行统计分析，并用 Origin 作图。

3. 结果与分析

3.1. 不同处理土壤 pH 分析

图 2(a)展示了不同覆土厚度处理下，土壤的 pH 值。可以发现覆土厚度为 50 的处理中最高达到了 8.4。图 2(b)描述了不同容重处理下土壤的 pH 值，可以发现随着土壤容重的增加，土壤的 pH 值也在不断增长。验证了不同的覆土厚度以及不同的土壤容重会对土壤的 pH 值产生显著影响。

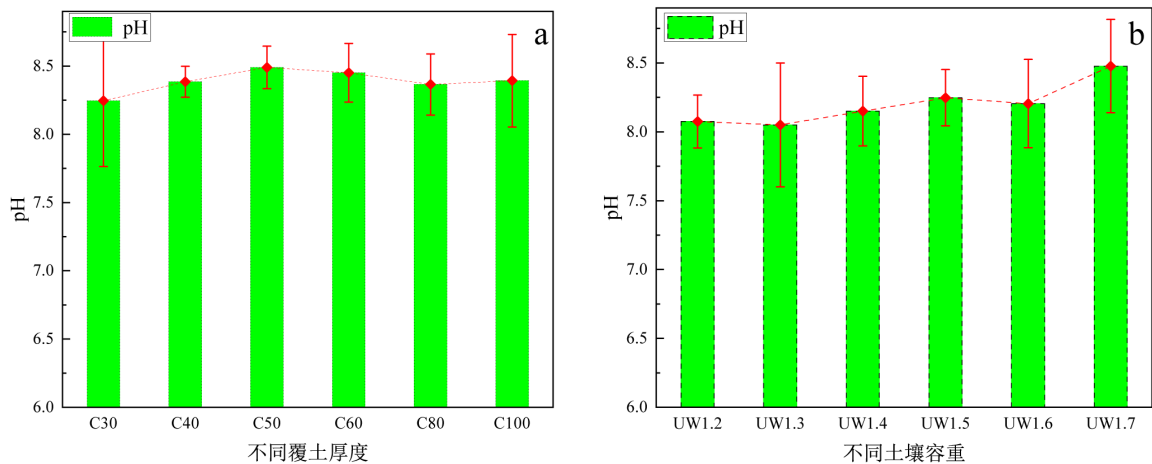


Figure 2. The difference in soil pH of different treatments
图 2. 不同处理的土壤 PH 差异

3.2. 不同处理土壤电导率分析

通过测定不同处理的电导率，结果如图 3 所示。针对不同覆土厚度处理，C40 处理的电导率最大。针对不同土壤容重的处理，容重为 1.7 g/cm³ 的处理，电导率达到了最高，容重为 1.2 g/cm³ 的处理电导率最低。

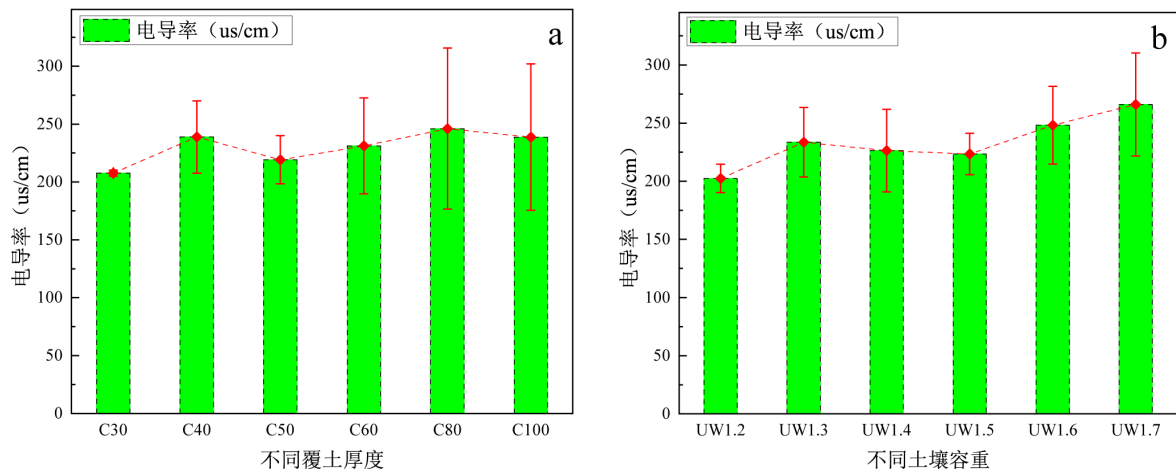


Figure 3. The difference in soil conductivity of different treatments
图 3. 不同处理的土壤电导率差异

3.3. 不同处理土壤全氮分析

不同覆土厚度处理中，速效钾含量依次表现为 C60 > C40 > C100 > C30 > C40 > C50；在不同土壤容重处理中，速效钾含量依次表现为 UW1.6 > UW1.7 > UW1.2 > UW1.3 > UW1.5 > UW1.4。表明覆土厚度 60 厘米土壤耕作层容重设置为 1.6 g/cm³ 时，最有利于土壤全氮的积累(图 4)。

3.4. 不同处理土壤速效磷分析

通过测试不同处理的速效磷含量可以发现，不同覆土厚度处理中，速效钾含量依次表现为 C60 > C80 > C100 > C30 > C50 > C40；在不同土壤容重处理中，速效钾含量依次表现为 UW1.5 > UW1.4 >

UW1.2 > UW1.7 > UW1.3。表明覆土厚度 60 厘米土壤耕作层容重设置为 1.5 g/cm^3 时，最有利于土壤速效磷的积累(图 5)。

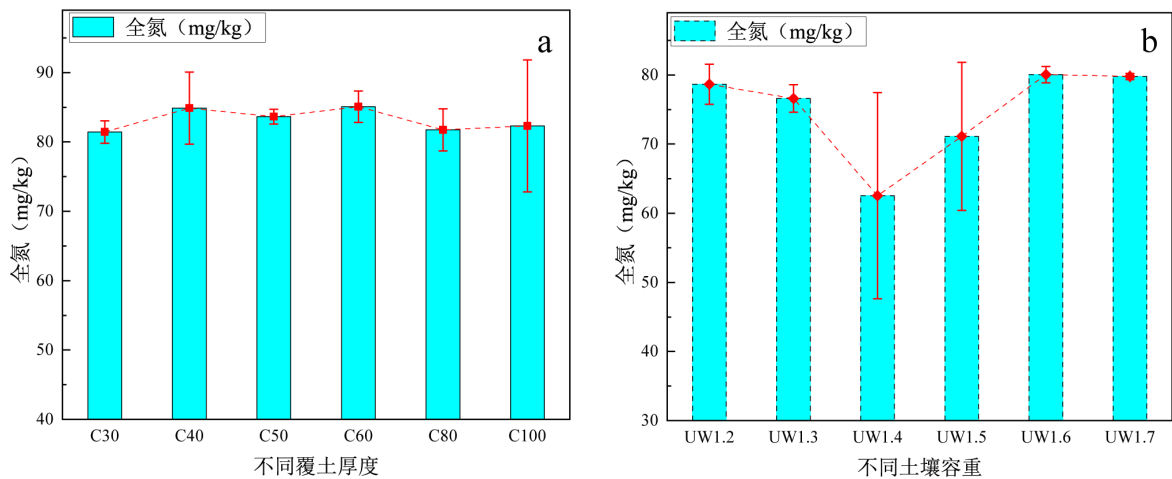


Figure 4. The difference of soil total nitrogen in different treatments

图 4. 不同处理的土壤全氮差异

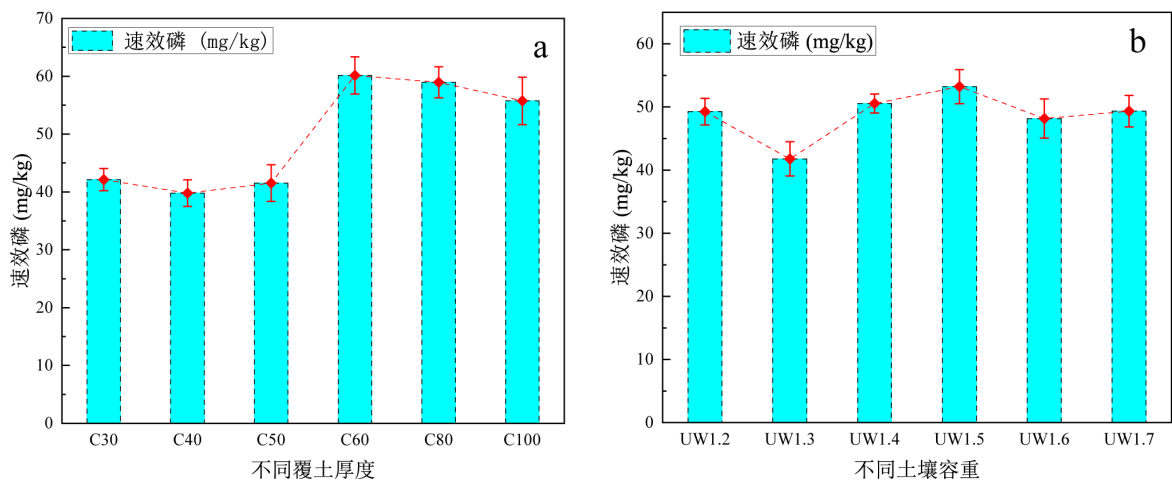


Figure 5. The difference of soil available phosphorus in different treatments

图 5. 不同处理的土壤速效磷差异

3.5. 不同处理土壤速效钾分析

通过测试不同处理的速效钾含量可以发现，不同覆土厚度处理中，速效钾含量依次表现为 $C50 > C30 > C40 > C60 > C100 > C80$ ；在不同土壤容重处理中，速效钾含量依次表现为 $UW1.7 > UW1.6 > UW1.5 > UW1.4 > UW1.3 > UW1.2$ 。表明覆土厚度 50 厘米土壤耕作层容重设置为 1.7 g/cm^3 时，最有利于土壤速效钾的积累(图 6)。

3.6. 不同处理小麦生长状况分析

图 7 描述了不同处理小麦的生长曲线。由图可以发现虽然不同处理之间小麦的生长状况会有微小的差异，但是小麦的总体生长曲线表现出了一致性，在 11 月份到三月份期间，作物长势缓慢，在三月份到五月份作物迅速增长。差异性表现在 C80 处理中冬小麦的株高达到了最高的 77.13 cm。

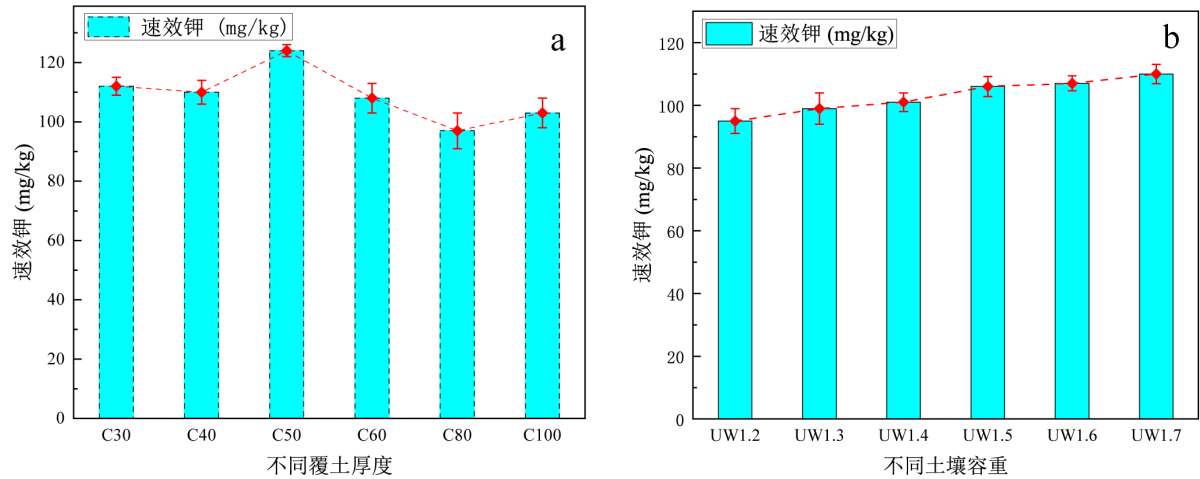


Figure 6. The difference of soil available potassium in different treatments

图 6. 不同处理的土壤速效钾差异

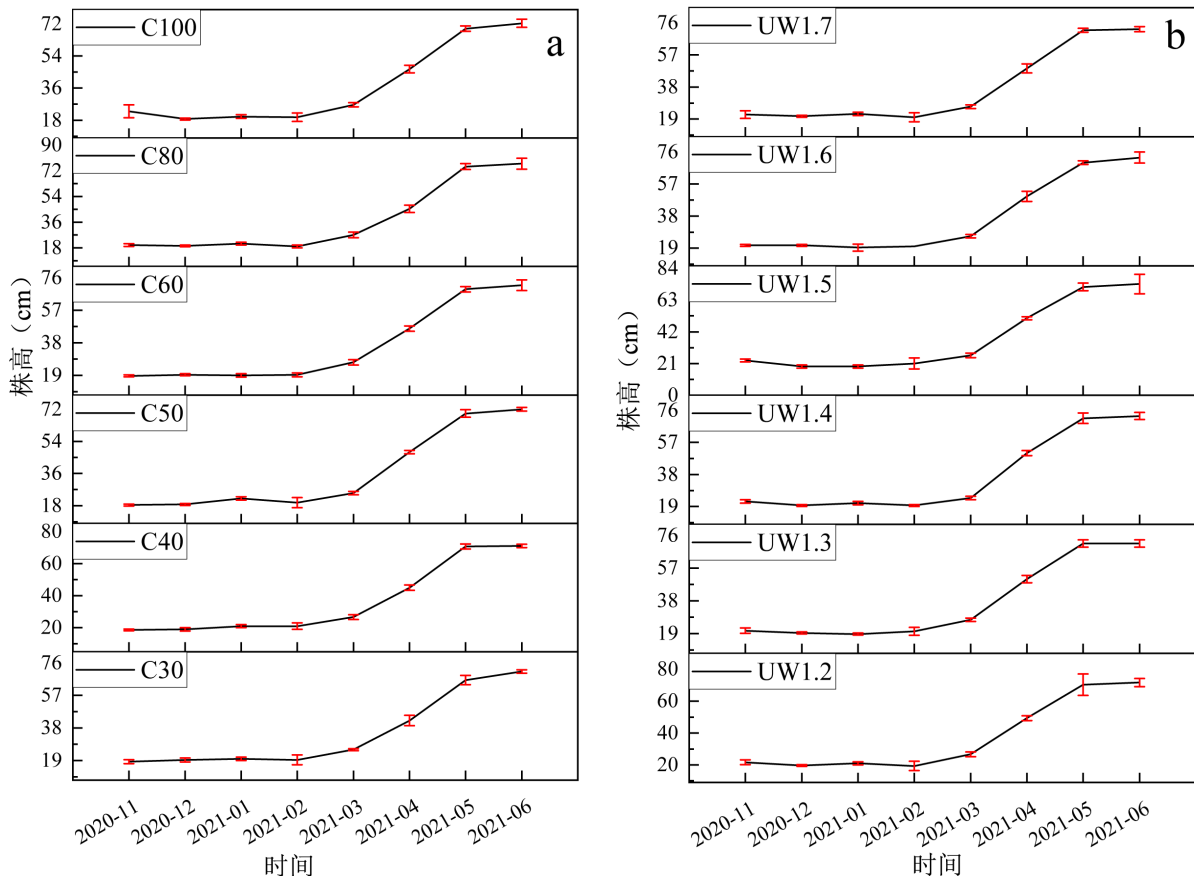


Figure 7. Wheat growth curve with different treatments

图 7. 不同处理的小麦生长曲线

3.7. 不同处理土壤相关性分析

不同覆土厚度处理中，土壤中的速效钾与电导率呈显著正相关；全氮与速效钾均与百粒重呈现显著正相关；速效磷与速效钾表现出显著的负相关。结果如表 1 所示。

Table 1. Correlation between different soil thickness and wheat yield
表 1. 不同覆土厚度土壤与小麦产量相关性

	电导率	全氮	速效磷	速效钾	株高	穗数	百粒重
电导率	1.00						
全氮	0.34	1.00					
速效磷	0.71	-0.06	1.00				
速效钾	-0.44	0.521	-0.72	1.00			
株高	-0.06	-0.05	-0.55	0.42	1.00		
穗数	0.67	-0.09	0.39	-0.19	0.51	1.00	
百粒重	-0.44	0.65	-0.66	0.89	0.05	-0.53	1.00

不同土壤容重处理中，土壤中的速效钾与全氮呈显著正相关；小麦株高与百粒重呈现显著正相关；全氮与速效钾均与小麦穗数呈现显著负相关。结果如表 2 所示。

Table 2. Correlation between soil physical and chemical properties of different bulk density and wheat yield
表 2. 不同容重的土壤理化性质与小麦产量相关性

	电导率	全氮	速效磷	速效钾	株高	穗数	百粒重
电导率	1.00						
全氮	-0.22	1.00					
速效磷	0.42	0.26	1.00				
速效钾	0.39	0.72	0.33	1.00			
株高	0.52	0.05	0.34	0.10	1.00		
穗数	-0.10	-0.84	-0.05	-0.89	0.02	1.00	
百粒重	0.47	0.02	0.59	-0.04	0.91	0.16	1.00

4. 结语

1) 不同覆土厚度对土壤的 pH 值无显著影响，不同土壤容重处理中，随着土壤容重的增加，土壤的 pH 有小幅度上升。覆土厚度为 40cm 时，土壤的电导率最大。容重为 1.7 g/cm³ 时，电导率达到了最高，容重为 1.2 g/cm³ 时，电导率最低。

2) 土壤中的全氮、速效磷、速效钾的含量并非随着覆土厚度的增加表现出简单的线性关系，当覆土厚度为 60 cm 时，土壤中的全氮和速效磷含量达到最高；当覆土厚度为 50 cm 时，土壤中的速效钾含量最高。速效钾的含量随着土壤容重的增加表现出了线性增长的趋势。

3) 不同的覆土厚度和土壤容重不会对小麦的生长趋势产生显著影响，全氮与速效钾与冬小麦的穗数呈现出负相关，但是与冬小麦株高和百粒重呈现正相关。

通过大田实验的研究结果证实，在对荒石滩地进行覆土重构的过程中，我们要意识到并非覆土厚度越深对作物的生长越有利，而是要将覆土厚度规定在 50 cm 左右，土壤容重达到 1.5 g/cm³ 时，能更好地适应作物的生长。本研究结果为荒石滩土体重构提供了借鉴。

参考文献

- [1] 李娟. 渭北旱塬玉米田轮耕下土壤质量及生产性能响应研究[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2017: 26-27.
- [2] 王媛玲, 赵庚星, 袁祥明. 基于提高农业综合生产力的区域土地整理时空配置研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 90-94.
- [3] Prach, K. and Walker, L.R. (2011) Four Opportunities for Studies of Ecological Succession. *Trends in Ecology & Evolution*, **26**, 119-123. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.12.007>
- [4] 张轩, 张强, 郜春花, 等. 覆土厚度对煤矸石山复垦土壤水分及大豆生长的影响[J]. 山西农业科学, 2015, 43(8): 968-971.
- [5] 石岩, 林琪, 位东斌. 不同土层厚度条件下旱地小麦花后根系干重及产量变化[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 61-64.
- [6] 李卓, 吴普特, 冯浩, 等. 容重对土壤水分入渗能力影响模拟试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 40-45.
- [7] 刘晚苟, 山仑, 邓西平. 不同土壤水分条件下土壤容重对玉米根系生长的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 831-838.
- [8] Xu, X., Kalhoro, S.A., Chen, W.Y., et al. (2017) The Evaluation/Application of Hydrus-2D Model for Simulating Macro-Pores Flow in Loess Soil. *International Soil and Water Conservation Research*, **5**, 196-201. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.010>
- [9] Sun, Z., Li, Z., Lu, X., et al. (2016) Modeling Soil Type Effects to Improve Rainfed Corn Yields in Northeast China. *Agronomy Journal*, **108**, 498-508. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0232>
- [10] 张扬. 荒石滩土地整治耕层构建关键技术研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2018: 27-46.