

改良材料对黄土高原沟壑区复垦耕地土壤养分的影响

张瑞庆^{1,2,3,4,5}, 胡雅^{1,2,3,4,5}

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自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

³陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 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: 2022年8月23日; 录用日期: 2022年9月22日; 发布日期: 2022年9月29日

摘要

目的: 为了提高宅基地复垦耕地的土壤养分, 寻找最佳的土壤改良模式。方法: 采用小区试验, 研究了6种改良剂(粉煤灰、有机肥、熟化剂、粉煤灰 + 有机肥、熟化剂 + 有机肥、粉煤灰 + 熟化剂)添加模式对宅基地复垦耕地根区土壤养分的提升效应。结果: 结果表明: 结果1有机肥(T2)处理对玉米根区土壤有机质的提升效果最好, 较对照平均增幅量为 $9.37\sim 15.49\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 其次为粉煤灰 + 有机肥(T5)处理; 结果2熟化剂 + 有机肥(T4)处理对有效磷在耕作层的提升效果最好, 较对照增幅量为 $11.95\sim 19.18\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 结果3粉煤灰 + 有机肥(T5)处理对耕作层土壤速效钾和全氮的提升整体效果最好, 较对照增幅量为 $31.6\sim 34.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.05\sim 0.25\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。结论: 结论有机肥 + 粉煤灰可作为山地丘陵区宅基地复垦耕地整治中最合适的改良模式, 对提升宅基地复垦土壤质量意义重大。

关键词

改良剂, 宅基地, 复垦, 土壤养分

Effects of Improved Materials on Soil Nutrients of Reclaimed Farmland in Gully Region of Loess Plateau

Ruiqing Zhang^{1,2,3,4,5}, Ya Hu^{1,2,3,4,5}

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

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

³Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

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

Abstract

Objective: In order to improve the soil nutrients of replanted soil in homestead, find the best soil improvement model. **Methods:** A plot experiment was conducted to study the effects of 6 kinds of modifiers (fly ash, Organic fertilizer, maturing agent, fly ash + Organic fertilizer, maturing agent + Organic fertilizer, maturing agent + fly ash) on soil nutrient enhancement in the root zone of reclaimed farmland in residential land. **Result:** The results show: Result 1 organic fertilizer (T2) treatment on organic matter the improvement effect is the best, the average increase is 9.37~15.49 g·kg⁻¹, followed by fly ash + organic fertilizer (T5); Result 2 the improvement agent + organic fertilizer (T4) had the best effect on the effective phosphorus in the tillage layer, which was 11.95~19.18 mg·kg⁻¹ compared with the no fertilization measures; Result 3 fly ash + organic fertilizer (T5) treatment had the best overall effect on the improvement of available potassium and total nitrogen in the tillage layer, compared with the no fertilization measures increase of 31.6~34.8 mg·kg⁻¹ and 0.05~0.25 g·kg⁻¹. **Conclusion:** Organic fertilizer and fly ash can be used as the most suitable improvement model for the replanted soil of homestead in residential land in mountainous and hilly areas, it is of great significance to improve the quality of soil for homestead reclamation.

Keywords

Amendment, Homestead, Reclamation, Soil Nutrients

Copyright © 2022 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

中国作为一个世界人口大国和农业大国,基本国情之一是后备耕地资源不足、耕地质量不高、人多地少[1]。随着经济的发展,空心村废弃宅基地的大量出现,占用了大量的耕地,造成了土地资源的浪费,尤其是在人地矛盾更加尖锐的山地丘陵区,严重阻碍了农村经济的发展[2] [3]。为了增加耕地面积,集约资源,盘活土地存量,全国各级政府积极开展空心村宅基地复垦和整治研究。

近些年来,我国空心村整治取得了显著的效果。通过农村废弃宅基地的复垦和整治活动,腾出了一定数量的宅基地用于复耕[4] [5]。然而,研究表明很多复垦方法常常使土层的顺序完全颠倒或上下土层直接相混合[6] [7],导致复垦后的土壤在短时间内很难重新形成合理的土壤物理结构,存在着土壤有机质、水分、矿物质和微生物含量极其低等问题,加之宅基地土壤自身存在板结、通气性差及掺杂大量灰土、砖杂质等不利于作物生长的因素,使得复垦后的新增耕地土壤的质量低下,进而导致农作物产量低、品质差等一系列问题。土壤养分低下是废弃宅基地复垦的限制性因素,直接决定着宅基地复垦耕地的可利用性[8]。根据宅基地土壤特性,开展复垦耕地改良,是解决作物生长肥力需求与土壤养分供给矛盾的根本途径。宅基地复垦耕地是山地丘陵区增加耕地数量的方法之一,对实现该区域社会主义新农村建设目标和粮食安全意义重大,因此宅基地复垦后新增耕地的快速培肥是需要迫切解决的一个重要问题。

土壤肥力是土地生产力的基础,也是农业生产及其可持续发展的基础,长期以来,人们早就认识到

水、肥、气是构成土壤肥力的重要因素[9],并在土壤肥力提升方面有很多学者做了较为有成效的科学研究。杨尽等对新增耕地的土壤矿物成分、化学成分、污染元素和土壤化学性质进行了分析,发现新增耕地土壤养分及有机质比较缺乏,必须进行培肥,而加入粉煤灰、磷石膏等固体废物则培肥效果良好[10]。邵慧等通过种植绿肥、施用有机肥、叶面喷施水溶肥等方式来培肥地力,发现不同的培肥措施都不同程度地培肥了土壤肥力[11]。蔡健等通过种植玉米、大豆,采用玉米间作、秸秆和薄膜覆盖、大豆裸种等不同的耕作方式,发现薄膜覆盖、秸秆覆盖和玉米间作大豆等能不同程度地改善土壤的物理结构和化学性质,为合理利用复垦宅基地为耕地提供了方法[12]。任顺荣等通过增施有机肥、无机肥、秸秆和石膏等方式来培肥复垦的宅基地,发现有机肥配合无机肥和秸秆或石膏能显著改善土壤的物理结构,并进而有利于作物的生长[13]。有学者通过对渭北黄土高原沟壑区新增耕地土壤养分现状参照黄土高原养分分级指标对比分析,新增耕地的土壤有机质含量处于中等水平,全氮含量较低,并且新增耕地土壤养分存在地区差异性,需要根据不同地区情况进行培肥处理[14]。另有学者通过对黄土高原地区新增耕地养分含量及作物产量的研究,发现深松耕作模式土壤紧实度适中,能有效增加土壤养分含量,提高作物产量,是新增耕地最理想的耕作改良方式[15]。张绪美等通过对太仓市复垦整理区土壤碱解氮的调查发现,土壤改良是一个长期的系统过程,需要采取生物、化学、物理等复垦措施,不断提高土壤肥力[16]。

本文主要针对农村宅基地复垦后土壤养分的改良情况进行研究,以期能确定最佳的土壤养分改良剂,进而为复垦耕地质量的提高提供参考。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

研究地点选择在陕西省富平县褚源村,该地区位于渭北旱塬,属典型的山地丘陵区,海拔 800~1300 m,年降水量 650 mm,主要集中在 7~9 月,年平均气温 10.5℃,无霜期 225 d。该地区属大陆性温带半干旱半湿润气候区,四季干湿冷暖分明。冬季气候寒冷,干燥少雨雪;春季温度回升快,气候日差较大,易出现大风、浮尘等寒潮降温天气,常有春旱发生;夏季气温高,雨量集中,但降水时空分布不均,常有伏旱发生;秋季较凉爽、湿润,多连阴雨,早晚温差较大。粮食生产为一年两熟的冬小麦/夏玉米轮作为主。该研究区域土壤发育于黄土母质,土层深厚,土体疏松多孔,质地为中壤。

2.2. 试验设计

试验设计将有机肥、熟化剂和粉煤灰等三种改良剂进行不同的配比实验,共设计 6 个改良处理,1 个无培肥对照处理,共 7 个处理(2 m × 2 m),每个处理三次重复,共 21 个小区。试验处理见表 1,种植前土壤的基本理化性质详见表 2。

2.3. 田间管理与试验方法

种植方式依照当地种植习惯,采取夏玉米-小麦轮作,开展了三季农作物的种植。于 2015 年 6 月 15 日播种夏玉米,2015 年 10 月 5 日收获;于 2015 年 10 月 12 日播种冬小麦,2016 年 6 月 2 日收获;2016 年 6 月 5 日播种夏玉米,2016 年 10 月 6 日收获。夏玉米是先玉 335 号品种,穴播,总播种量为 60,000 株/hm²,所有处理基肥统一配置成复合肥 150 kg/亩。小麦品种为长武 134,播种量为 225 kg·hm⁻²,播种前施复合肥 150 kg/亩。

有机质采用重铬酸钾外加热方法(油浴锅 HH8)测定;有效磷含量 0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 浸提比色法(紫外可见分光光度计 TU-1810)测定;速效钾含量采用 NH₄Ac 浸提火焰光度法(火焰光度计 FP650)测定;全氮采用凯氏定氮法(半自动凯氏定氮仪 UDK129)测定。

Table 1. Experimental treatment
表 1. 试验处理

序号	处理		施用量
1	熟化剂	T1	0.6 t·hm ⁻²
2	有机肥	T2	30 t·hm ⁻²
3	粉煤灰	T3	45 t·hm ⁻²
4	熟化剂 + 有机肥	T4	(30 + 0.6) t·hm ⁻²
5	粉煤灰 + 有机肥	T5	(22.5 + 15) t·hm ⁻²
6	熟化剂 + 粉煤灰	T6	(45 + 0.6) t·hm ⁻²
7	对照	T0	0

Table 2. Basic physical and chemical properties of soils in the study area
表 2. 研究区土壤基本理化性质

土层 cm	容重 g·cm ⁻³	粘粒 %	粉粒 %	砂粒 %	pH	有机质 g·kg ⁻¹	全氮 g·kg ⁻¹	有效磷 mg·kg ⁻¹	速效钾 mg·kg ⁻¹
0~15	1.39	10.97	10.21	80.82	8.5	4.1	0.14	1.14	61.4
15~30	1.45	10.15	77.82	12.03	8.5	4.4	0.17	3.06	79.4
30~45	1.50	11.38	82.54	6.08	8.6	6.2	0.16	2.51	69.5
45~60	1.48	9.15	76.99	13.86	8.6	5.8	0.12	1.03	77.3
60~75	1.39	12.25	78.34	9.41	8.6	5.3	0.11	0.95	69.4
75~90	1.55	12.29	78.76	8.95	8.6	5.1	0.16	1.32	55.4
90~105	1.49	10.23	80.12	9.65	8.7	4.2	0.17	0.97	55.5

*砂粒(sand) (0.05~2 mm), 粉粒(silt) (0.002~0.05 mm), 粘粒(clay) (<0.002 mm): 吸管法; 容重(bulk density); 环刀法测定原状土样; pH(土水比, 1:2.5): pH计测定; 电导率(conductivity, 土水比, 1:5): 电导率仪测定; 有机质(organic matter): 重铬酸钾法测定; 全氮(total N): 凯氏定氮法测定; 速效钾(available K): 醋酸铵浸提-火焰光度法测定。

2.4. 数据分析

本研究中涉及的数据分析均用 SPSS、Excel 软件中的相应程序进行。

3. 结果与分析

3.1. 不同改良剂对夏玉米根区土壤有机质含量的影响

经过两年作物种植, 夏玉米根区 0~15 cm 和 45~60 cm 土层土壤有机质含量受不同改良处理的显著影响($P < 0.05$) (表 3), 其他土层无显著影响。

从土壤的空间效应来看, 不同类型的改良剂的施用在短时间内均能显著增加土壤有机质含量, 而在这其中, 粉煤灰 + 有机肥(T5)处理、有机肥(T2)处理、熟化剂 + 有机肥(T4)处理因为配施有机肥的缘故, 因此耕层土壤有机质得到了显著提升, 远高于其他处理, 三个添加了有机肥处理表现为有机肥(T2) > 粉煤灰 + 有机肥(T5) > 熟化剂 + 有机肥(T4), 有机质平均含量最高为 16.8 g·kg⁻¹, 较对照增加 157%, 但

是粉煤灰 + 有机肥(T5)和有机肥(T2)无显著差异, 有机质含量接近一致。

从时间效应来看, 土壤耕作层有机质含量显著受年份的影响。2015 年较种植前相比, 增幅范围在 0.07~9.59 g·kg⁻¹, 2016 年较种植前增幅范围在 0.75~15.69 g·kg⁻¹。

土壤表层以下有机质含量受年份和处理的综合效应影响不显著。

Table 3. Contents of soil organic matter in root zone under different amendments

表 3. 不同改良剂处理下根区土壤有机质含量

年份	处理	0~15 cm	15~30 cm	30~45 cm	45~60 cm
		g·kg ⁻¹			
种植前	T0	4.11	4.43	6.20	5.82
	T0	3.66c	5.17b	6.17ab	5.32bc
2015	T3	6.51b	5.37b	6.82ab	6.38b
	T1	4.54bc	5.53b	6.74ab	8.29a
	T2	13.7a	10.6a	6.27ab	6.56b
	T6	6.62b	5.31b	6.89ab	7.43ab
	T4	12.2a	9.75a	6.32ab	6.37b
	T5	13.1a	10.2a	7.23a	6.86b
	T0	4.31d	5.23b	6.50ab	6.08b
	T3	7.42c	5.68b	7.23ab	6.23b
2016	T1	4.83d	5.65b	8.00a	9.51a
	T2	19.8a	14.6a	6.95ab	6.53b
	T6	7.26c	5.97b	7.46ab	8.00ab
	T4	17.2b	13.9a	7.49ab	6.96b
	T5	19.4a	14.5a	7.95a	6.67b
处理	0.0000	0.0510	0.0520	0.0020	
年份	0.0000	0.0000	0.0030	0.3150	
处理 × 年份	0.0000	0.2000	0.1030	0.0730	

同一列内标不同小写字母表示同一年内处理间差异显著(P = 0.05)。

3.2. 不同改良剂对夏玉米根区土壤全氮含量的影响

经过两年作物种植, 除 45~60 cm 土层外, 夏玉米根区 0~45 cm 土壤全氮含量显著受各改良处理的影响(P < 0.05) (表 4)。

从土壤空间效应来看, 土壤全氮含量在玉米根区呈先增加后降低的规律。在土壤表层, 各改良处理间差别明显, 连续两年夏玉米获后粉煤灰 + 有机肥(T5)处理均显著高于其他处理, 分别为 0.39 和 0.51 g·kg⁻¹, 较对照(T0)增幅量为 94.74%和 96.15%, 但粉煤灰(T3)处理与熟化剂(T1)处理较对照(T0)无显著差

异。在表层至耕作层范围内, 2015 年除加入有机肥的处理外, 其它土壤改良剂处理相比对照差异并不显著; 2016 年则是不同改良处理全氮含量均显著高于对照处理。在耕作层以下, 粉煤灰 + 有机肥(T5)处理显著高于对照(T0), 其他处理间差别不明显。

从时间效应来看, 连续两年改良试验与种植前供试土壤的全氮含量(0.12~0.17 g·kg⁻¹)对比分析, 结果发现不同改良剂处理下 0~60 cm 土壤全氮含量均有不同程度上的提升, 土壤耕作层全氮含量显著受改良年限影响。2015 年较种植前相比, 增幅范围在 0.05~0.27 g·kg⁻¹; 2016 年较种植前增幅范围在 0.14~0.42 mg·kg⁻¹。

夏玉米根区全氮含量受年份和处理的综合效应影响不显著。

Table 4. Total nitrogen content of root zone soil under different amendments

表 4. 不同改良剂处理下根区土壤全氮含量

年份	处理	0~15 cm	15~30 cm	30~45 cm	45~60 cm	
		g·kg ⁻¹				
种植前	T0	0.14	0.17	0.16	0.12	
	T0	0.19b	0.20ab	0.26b	0.17b	
	T3	0.23b	0.22ab	0.31ab	0.25ab	
	T1	0.21b	0.24ab	0.32ab	0.21b	
	2015	T2	0.3ab	0.26a	0.34ab	0.24ab
	T6	0.26ab	0.22ab	0.35ab	0.27ab	
	T4	0.31ab	0.27a	0.3b	0.24ab	
	T5	0.37a	0.3a	0.38a	0.29a	
2016	T0	0.26b	0.28ab	0.3c	0.24ab	
	T3	0.36ab	0.35a	0.44b	0.29ab	
	T1	0.32b	0.35a	0.38bc	0.26ab	
	T2	0.38ab	0.33a	0.41b	0.26ab	
	T6	0.36ab	0.34a	0.55a	0.29ab	
	T4	0.37ab	0.33a	0.38bc	0.27a	
	T5	0.51a	0.33a	0.58a	0.31a	
	处理	0.0000	0.0000	0.0030	0.3421	
年份	0.0000	0.0200	0.0000	0.5200		
处理 × 年份	0.0000	0.5820	0.0790	0.3890		

同一列内标不同小写字母表示同一年内处理间差异显著(P = 0.05)。

3.3. 不同改良剂对夏玉米根区土壤有效磷含量的影响

本文中, 种植前农村宅基地复垦成为耕地后其有效磷含量极低(≤3.06 mg·kg⁻¹)。然而经过 2015 和 2016

两年的作物种植后, 不同土壤改良剂处理下, 土壤有效磷含量发生显著变化。总体而言, 夏玉米根区土壤有效磷含量显著受各种改良处理的影响($P < 0.05$) (表 5), 与种植前相比, 在 0~60 cm 土层有效磷含量均得到了显著的提升。

Table 5. The content of available phosphorus in root zone soil under different amendments

表 5. 不同改良剂处理下根区土壤有效磷含量

年份	处理	0~15 cm	15~30 cm	30~45 cm	45~60 cm	
		mg·kg ⁻¹				
2015	种植前	T0	1.14	3.06	2.51	1.03
		T0	4.79c	3.44cd	3.88c	2.03b
		T3	9.68b	4.9c	7.26ab	6.19a
		T1	13.67a	8.75b	9.72a	5.95a
		T2	12.53a	9.26ab	8.87ab	6.92a
		T6	8.80b	5.84c	8.35ab	7.35a
		T4	14.98a	10.15a	8.66ab	6.77a
		T5	14.37a	8.02b	5.48b	5.35a
2016		T0	6.15d	6.09cd	5.68d	3.67b
		T3	10.38c	15.15b	8.18cd	7.65a
		T1	20.01b	12.42b	10.22c	7.03a
		T2	21.21b	13.26b	14.85b	8.26a
		T6	9.61c	7.34c	8.79cd	8.33a
		T4	25.33a	18.06a	19.09a	8.48a
	T5	18.38b	12.16b	8.85cd	8.75a	
处理		0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	
年份		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
处理 × 年份		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

同一列内标不同小写字母表示同一年内处理间差异显著($P = 0.05$)。

从土壤的空间效应来看, 在土壤表层, 连续两年熟化剂 + 有机肥(T4)处理均高于其他处理, 土壤有效磷含量分别为 14.98 和 25.33 mg·kg⁻¹, 较对照(T0)增幅量分别为 212%和 311%。2015 年熟化剂 + 有机肥(T4)处理、粉煤灰 + 有机肥(T5)处理、有机肥(T2)处理和熟化剂(T1)处理之间无显著差异; 2016 年粉煤灰 + 有机肥(T5)处理、有机肥(T2)处理和熟化剂(T1)处理之间无显著差异, 但均显著低于熟化剂 + 有机肥(T4)处理, 粉煤灰(T3)处理和熟化剂 + 粉煤灰(T6)处理更低, 但显著高于对照(T0)处理。在表层以下耕作层以上, 各处理有效磷含量整体有所降低, 但熟化剂 + 有机肥(T4)处理显著高于其他各处理, 分别为 10.15 和 18.06 mg·kg⁻¹。在 30~45 cm 土层, 连续两年各改良处理均显著高于对照(T0)处理, 有效磷最

高含量分别为熟化剂(T1)处理和熟化剂 + 有机肥(T4)处理, 含量最高为 9.72 和 19.09 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 较对照(T0)增加 150%和 236%。在 45~60 cm 土层, 各改良处理有效磷含量持续降低, 但均显著高于对照处理, 各改良处理之间无显著差异。

从时间效应来看, 夏玉米根区土壤有效磷含量显著受改良年限的影响, 在 0~60 cm 土层范围内各改良处理有效磷含量随时间呈递增规律。2015 年较种植前相比, 增幅范围在 1.84~13.84 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 2016 年较种植前相比, 增幅范围在 4.28~24.19 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 2016 年较 2015 年相比, 增幅范围在 0.44~10.43 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

综合来看, 土壤有效磷含量在耕作层受年份和改良处理的综合效应影响显著, 而深层并不显著, 熟化剂 + 有机肥(T6)处理较其他改良处理能有效增加耕层土壤有效磷含量。

3.4. 不同改良剂对夏玉米根区土壤速效钾含量的影响

经过两年作物种植, 玉米根区耕作层土壤速效钾含量显著受各种改良处理影响($P < 0.05$) (表 6)。

Table 6. Soil available potassium content in root zone under different soil amendments
表 6. 不同改良剂处理下根区土壤速效钾含量

年份	处理	0~15 cm	15~30 cm	30~45 cm	45~60 cm	
		$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$				
种植前	T0	61.4	59.4	69.5	74.3	
	T0	79.0b	81.0b	77.0b	74.3b	
	T3	107.4a	99.4ab	85.0a	77.0ab	
	T1	97.1ab	93.1ab	88.0a	89.2a	
	2015	T2	105.1a	97.1ab	93.0a	84.9a
		T6	103.0a	97.1ab	90.0a	81.0ab
		T4	117.2a	101ab	89.0a	78.9ab
		T5	109.2a	107.1a	93.0a	83.0a
2016	T0	91.4b	86.5b	82.5b	83.0ab	
	T3	118.4a	115.2ab	88.9b	63.7ab	
	T1	120.0a	112.4ab	87.1b	67.7ab	
	T2	121.2a	113.3ab	84.2b	77.0a	
	T6	118.6a	105.8ab	88.9b	68.3ab	
	T4	125.3a	112.2ab	85.7b	68.3ab	
	T5	126.2a	118.1a	99.1a	65.8ab	
处理		0.0000	0.0000	0.8970	0.0280	
年份		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
处理 × 年份		0.0000	0.0000	0.0000	0.1330	

同一列内标不同小写字母表示同一年内处理间差异显著($P = 0.05$)。

从土壤空间效应来看, 不同改良处理下土壤速效钾含量在 0~60 cm 土层内整体呈现递减的趋势。单季看, 在土壤表层, 两年各改良处理显著高于对照, 但改良处理之间无显著差异, 2015 年的速效钾含量最高处理熟化剂 + 有机肥(T4)为 $117.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 较对照增幅量为 48.35%, 2016 年粉煤灰 + 有机肥(T5)处理速效钾含量最高为 $126.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 较对照增幅量为 34.80%。在土壤表层至耕作层范围内, 连续两年粉煤灰 + 有机肥(T5)处理均显著高于其他处理, 分别为 107.1 和 $118.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 较对照(T0)增幅量分别为 36.22%和 36.53%, 其余各处理间差异不显著。在 30~45 cm 土层, 同样粉煤灰 + 有机肥(T5)处理均显著高于其他处理, 但在 2016 年除粉煤灰+有机肥(T5)处理外其他处理与对照(T0)无显著差异。在 45~60 cm 土层, 速效钾含量较上层含量整体递减, 2015 年粉煤灰(T3)处理与熟化剂(T1)处理无显著差异, 但显著高于其他处理, 粉煤灰(T3)处理含量为 $89.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 较对照(T0)增幅量为 15.84%, 2016 年粉煤灰 + 有机肥(T5)处理均显著高于其他处理。

从时间效应来看, 夏玉米根区土壤速效钾含量显著受年限的影响, 在玉米根区各改良处理下土壤速效钾含量随时间呈先增后减规律。2015 年较种植前相比, 增幅范围在 $4.60\sim 55.80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 2016 年较种植前相比耕作层含量增加, 增幅范围在 $14.70\sim 64.80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 但在深层土壤含量则减少。

夏玉米根区耕作层速效钾含量受年份和处理的综合效应影响显著, 在耕作层以下则无显著影响。

4. 结论

1) 不同改良剂对夏玉米根区表层土壤有机质含量影响明显, 且连续施用两年的效果更为显著。有机肥(T2)处理对有机质的提升效果最好, 较对照平均增幅量为 $9.37\sim 15.49 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

2) 连续两年改良结果表明不同改良剂对夏玉米根区土壤全氮含量影响显著。粉煤灰+有机肥(T5)处理在耕作层对全氮的提升整体效果最好, 较对照平均增幅量为 $0.05\sim 0.25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3) 不同改良剂对夏玉米根区土壤耕作层有效磷和速效钾影响明显, 施用第二年效果更为显著。熟化剂 + 有机肥(T4)对有效磷在耕作层的提升效果最好, 较对照增幅量为 $11.95\sim 19.18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。粉煤灰 + 有机肥(T5)处理在耕作层对速效钾的提升整体效果最好, 较对照增幅量为 $31.6\sim 34.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 其次为熟化剂 + 有机肥(T4)处理, 较对照增幅量为 $25.7\sim 33.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

基金项目

废弃物基生物炭用于苯系污染土壤修复研究(2019-JC05)。

参考文献

- [1] 田有国. 基于 GIS 的全国耕地质量评价方法及应用[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2004.
- [2] 刘韵雅. 基于满意度的成都农村宅基地产权制度改革绩效评价[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [3] 张艾蕊. “空心村”问题分析及对策探讨——陕西澄城县农村废弃宅基地调查引发的思考[J]. 理论导刊, 2008(5): 73-74
- [4] 胡智超, 彭建, 杜悦悦, 等. 基于供给侧结构性改革的空心村综合整治研究[J]. 地理学报, 2016, 71(12): 57-66.
- [5] 郑林昌, 张雷, 蔡征超. 地形条件约束下的区域发展模式选择[J]. 山地学报, 2012(2): 46-53.
- [6] 胡振琪. 煤矿山复垦土壤剖面重构的基本原理与方法[J]. 煤炭学报, 1997, 22(6): 59-64.
- [7] 隰国敏, 冯永忠, 刘学录. 胡同式与靠崖式废弃窑洞宅基地复垦后土壤理化性质比较[J]. 甘肃农业科技, 2014(1): 16-17.
- [8] 乔亮. 重庆市农村宅基地复垦耕地地力评价方法比较研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [9] 骆伯胜, 钟继洪, 陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究[J]. 土壤, 2004(1): 106-108+113.
- [10] 杨尽, 刘莉, 孙传敏, 等. 新增耕地土壤物质组分特征及其培肥研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 102-105.

- [11] 邵慧, 钱忠龙. 复垦地土壤修复与培肥地力[J]. 上海农业科技, 2005(3): 120-121.
- [12] 蔡健, 兰伟. 农村闲置废弃宅基地复垦耕种方式研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 170-173.
- [13] 任顺荣, 邵玉翠, 杨军. 宅基地复垦土壤培肥效果研究[J]. 水土保持学报, 2012, 26(3): 78-81, 86.
- [14] 魏祥, 韩霁昌, 杜宜春, 等. 渭北黄土高原沟壑区土地整治中新增耕地土壤养分现状分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(6): 906-910.
- [15] 张绪美, 郭宗祥, 左其东, 等. 太仓市复垦整理区土壤碱解氮含量及培肥建议[J]. 安徽农学通报, 2013(15): 78+120.
- [16] 马建业, 张扬, 刘哲, 等. 耕作模式对黄土高原地区新增耕地土壤紧实度, 养分含量及玉米产量的影响[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 129-135.