

网络出版时间:2015-01-05 08:59 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2015.02.021
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150105.0859.021.html

秦岭北麓“坡改梯”农田土壤养分状况研究

——以周至县余家河小流域为例

张晓佳,康婷婷,陈竹君,周建斌

(西北农林科技大学 资源环境学院/农业部西北植物营养与农业环境重点实验室,陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】测定秦岭北麓陕西周至县余家河小流域“坡改梯”农田土壤的基本养分含量,旨在为“坡改梯”农田土壤培肥及合理施肥提供依据。【方法】采集秦岭北麓 26 份“坡改梯”农田和 4 份坡耕地耕层(0~20 cm)土壤,测其 pH 以及 NO_3^- 、 NH_4^+ 、有机质、全氮、速效磷和速效钾含量,并根据陕西土壤养分含量分级标准对各指标进行评价。此外,研究了更改年限对“坡改梯”农田土壤养分含量的影响。【结果】“坡改梯”农田耕层土壤 pH 值为 7.06~8.05,呈弱碱性;土壤有机质和全氮含量分别为 7.54~16.72 和 0.48~1.10 g/kg,两者均处在较低水平;土壤矿质态氮、速效磷和速效钾含量分别为 2.90~14.79,0.38~12.98 和 92.80~158.00 mg/kg,其中土壤速效磷含量大部分处在中低及以下水平,土壤速效钾含量基本处在中等水平。耕层各土壤养分含量均表现为坡耕地>坡改梯。3 年“坡改梯”农田土壤各养分含量均高于 1 年“坡改梯”农田,其中有机质、全氮和速效钾含量随着更改年限的增加显著提高。【结论】与坡耕地相比,研究区域“坡改梯”农田初期土壤养分含量匮乏,但随着更改年限的增加,“坡改梯”农田土壤养分状况逐渐改善,建议“坡改梯”农田培肥时应施在施用有机肥的基础上重视氮肥和磷肥的施用。

【关键词】 秦岭北麓;坡耕地;坡改梯;土壤养分

【中图分类号】 S157.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)02-0166-07

Nutrients in soils of newly-built terraces in northern Qinling Mountains

——A case study in Yujia river basin, Zhouzhi County

ZHANG Xiao-jia, KANG Ting-ting, CHEN Zhu-jun, ZHOU Jian-bin

(College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University/Key Laboratory of Northwest Plant Nutrition and Agricultural Environment, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The nutrient contents in soils of newly-built terraces in Yujia river basin, Zhouzhi County in northern Qinling Mountains were determined for improving soil fertility and reasonable fertilization. 【Method】 We collected soil samples (at depth of 0—20 cm) from 26 newly-built terraces and 4 slope farmlands in northern Qinling Mountains, determined the pH and contents of NO_3^- , NH_4^+ , soil organic matter (SOM), total nitrogen (N), available phosphorus (P) and available potassium (K), and evaluated each index according to the classification standards of nutrient contents in Shaanxi. We also studied the effect of number of years on soil nutrient contents in newly-built terrace. 【Result】 The soil pH of 26 newly-built terraces ranged from 7.06 to 8.05, which was in weak alkaline. The contents of SOM and total N were 7.54—16.72 and 0.48—1.10 g/kg, and both were in low levels. The contents of mineral N, available P,

【收稿日期】 2013-10-22

【基金项目】 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD15B04);中英可持续农业创新协作网资助项目

【作者简介】 张晓佳(1987—),女,河南周口人,硕士,主要从事植物营养研究。E-mail: zhangxiaojia871230@163.com

【通信作者】 周建斌(1964—),男,陕西大荔人,教授,博士生导师,主要从事植物营养与施肥、养分循环与生态环境研究。
E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn

and available K were of 2.90—14.79, 0.38—12.98, and 92.80—158.00 mg/kg, respectively. The mineral N was extremely low, available P was mostly in low and very low levels, and available K was mainly in medium level. The soil nutrient contents in topsoil of the slope farmland were higher than those of the newly-built terraces, and the differences in SOM and total N between the slope farmlands and the newly-built terraces were significant. The soil nutrients in 3 years old terraces were higher than that in 1 year old terraces. As the increasing of cultivation years, the contents of SOM, total N and available K in soils of the newly-built terraces increased significantly. 【Conclusion】 Compared to slope farmlands, the newly-built terraces were in lack of nutrients at the initial stage, and the soil nutrient conditions gradually improved along with the increasing years of cultivation. It is suggested to pay more attention to the application of manures and nitrogen and phosphorus fertilizers to improve soil fertility and crop production.

Key words: northern Qinling Mountains; slope farmland; newly-built terrace; soil nutrient

我国现有坡耕地约 0.21 亿 hm^2 , 虽然其面积仅占全国水土流失面积的 6.7%, 但每年的土壤侵蚀量却达约 15 亿 t, 占全国土壤侵蚀总量的 28.3%^[1]。目前, 坡耕地已成为水土流失的主要策源地。在暴雨径流条件下, 坡耕地土壤受到严重侵蚀, 肥沃的表土大量丧失导致土壤退化和农业减产, 土地资源遭到严重破坏, 同时大量泥沙下泄, 淤积河道、水库, 给防洪工作带来了严峻的考验^[2-3]; 而且氮磷等物质随地表径流从农田汇入各种水体, 对地表水地下水构成巨大压力, 引起水体的富营养化等系列问题^[4-5]。因此, 加快坡耕地综合治理, 对改善山丘区居民生产生活条件, 保障国家粮食安全、生态安全和防洪安全等都具有十分重要的意义。

目前, 治理坡耕地水土流失的主要措施之一是实行“坡改梯”工程^[6]。实施“坡改梯”工程后能变跑水、跑土、跑肥的“三跑田”为保水、保土、保肥的“三保田”^[7-8], 从源头上改变山丘区农业生产条件以及生态环境。但由于目前各地普遍采用大型机械修建梯田, 很难保留表土, 下层生土被大量翻到上层, 造成表土深埋、生土外露, 土层坚硬, 养分含量低且易板结, 土壤水、肥、气、热不协调, 导致作物生长发育状况差, 产量低而不稳^[9]。因此, 查明新修梯田的土壤肥力状况, 是采取针对性培肥措施亟待解决的问题。

秦岭北麓是陕西渭河段径流的主要来源, 占全区水资源量的 2/3 以上^[10]。但这一地区地形复杂, 呈现“一沟一梁一面坡”的地貌特征, 水土流失严重。近年来, 在国家政策的支持下, 这一地区开始实施“坡改梯”工程, 如位于秦岭北麓周至县西南塬区的时家山小流域在 2012 年新增“坡改梯”农田 20 hm^2 , 占到当年治理水土流失面积的 13.3%^[11]。同样位于西南塬区的竹峪和翠峰 2 个镇在 2013 年就

新增梯田 320 hm^2 ^[12]。可见, 梯田日渐成为山丘区农民生产生活的主要农田类型。目前, 对“坡改梯”农田土壤养分状况和土壤培肥效果已有不少研究, 但多集中在陕北黄土高原和甘肃等地区^[13-16], 对秦岭北麓“坡改梯”农田土壤养分特征的研究尚少见报道。为此, 本试验对该地区“坡改梯”农田土壤养分状况进行了初步研究, 旨在为当地“坡改梯”农田土壤培肥及施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域为陕西省周至县西南塬区的余家河小流域, 流域面积 412.37 hm^2 , 涉及竹峪镇丹阳和岭梅 2 个行政村 (东经 107°39′~108°37′, 北纬 33°42′~34°14′), 约有耕地 89.07 hm^2 。流域内地势大致呈南-北走向, 南部为秦岭山区, 北部是丘陵台塬, 流域内地形复杂多变, 沟壑纵横, 沟梁相依, 川塬相望, 海拔较高的梁或塬上多种植粮食作物, 海拔较低处基本全部种植猕猴桃。年均气温 13.2℃, 年均光照时数 2 154.7 h, 年均降雨量 674.3 mm, 集中在每年的 7、8、9 月份, 无霜期 225 d, 属典型的温带大陆性季风气候。主要粮食作物为小麦、玉米, 经济作物有猕猴桃、核桃、油桃等。主要土壤类型为塬土中的立茬土, 土质较为黏重, 物理性质不良。

1.2 土样采集

于 2012-10 在周至县余家河小流域采集 30 份农田耕层 (0~20 cm) 土壤, 其中“坡改梯”农田 26 份 (更改 1 年的有 20 份, 更改 3 年的有 6 份), 坡耕地 4 份, 同时进行 GPS 定位。利用 2012-04 获得的竹峪镇的 Quickbird 遥感影像目视解译生成流域土地利用图, 输入采样点的 GPS, 得到周至县竹峪镇采样点分布格局 (图 1)。

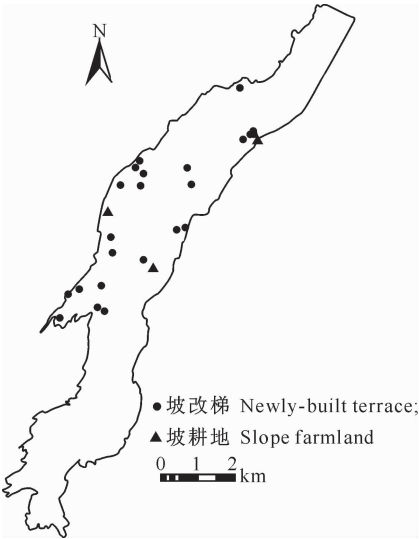


图 1 陕西省周至县余家河小流域土壤样点的分布
Fig.1 Distribution of soil sampling sites in Yujia river basin in Zhouzhi County, Shaanxi

此外,选择具有典型代表性的“坡改梯”农田和

坡耕地,采集 1 m 深度的土壤剖面样品(每 20 cm 为 1 层)。将新鲜土样带回实验室,取部分土样冷藏,用以测定硝态氮和铵态氮含量;其余土样自然风干,剔除杂质后研磨,分别过孔径 1 和 0.15 mm 筛,测定土壤 pH、有机质、全氮、速效磷和速效钾含量。

1.3 样品分析与数据处理

土壤有机质含量用重铬酸钾容量法测定;全氮含量采用半微量凯氏法测定;硝态氮和铵态氮含量采用 1 mol/L KCl 浸提,连续流动分析仪测定;速效磷含量采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用 1 mol/L NH₄OAC 浸提,火焰光度法测定;pH 采用 pH 计法^[17]测定。采用 Excel 2003 软件进行数据分析,用 SAS 8.0 统计分析软件对数据进行差异显著性检验(LSD 法),采用 SigmaPlot 12.0 软件做图。根据陕西省土壤养分含量分级标准^[18](表 1)对所采集“坡改梯”农田土壤肥力状况进行评价。

表 1 陕西省土壤养分含量的分级标准

Table 1 Grade standards of soil nutrient contents in Shaanxi

级别 Grade	酸碱性 Acidity or alkaline	pH	全氮/ (g · kg ⁻¹) Total N	速效磷/ (mg · kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg · kg ⁻¹) Available K	有机质/ (g · kg ⁻¹) SOM
1	强酸性 Highly acid	<4.5	≥2.10	≥40.0	≥200	≥40.0
2	酸性 Acidity	4.6~5.5	1.60~2.00	30.0~39.9	150~199	31.0~39.9
3	弱酸性 Faintly acid	5.6~6.5	1.26~1.50	20.0~29.9	120~149	21.0~30.9
4	中性 Neutral	6.6~7.5	1.10~1.25	15.0~19.9	100~119	16.0~20.9
5	弱碱性 Alkalescence	7.6~8.5	0.76~1.00	10.0~14.9	70~99	13.0~15.9
6	碱性 Alkaline	8.6~9.0	0.60~0.75	5.0~9.9	50~69	11.0~12.9
7	强碱性 Strong alkaline	>9.1	<0.50	3.0~4.9	30~49	8.0~10.9
8				≤2.9	20~29	6.0~7.9
9					≤19	≤5.9

2 结果与分析

2.1 “坡改梯”农田土壤养分含量状况

2.1.1 土壤 pH、有机质及全氮含量 由表 2 可知,测定的“坡改梯”农田耕层土壤的 pH 为 7.06~8.05,平均为 7.88,变异系数(CV)为 2%,表明不同田块间土壤 pH 变幅较小。依据陕西省土壤养分含量分级标准可知,测定的“坡改梯”农田土壤均呈弱碱性。

表 2 秦岭北麓“坡改梯”农田耕层土壤的全量养分特征

Table 2 Characteristics of the total nutrients in arable layers of the newly-built terraces in northern Qinling Mountains

指标 Index	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	变异系数/% CV
pH	7.06	8.05	7.88±0.19	2
有机质/(g · kg ⁻¹) SOM	7.54	16.72	10.73±2.21	21
全氮/(g · kg ⁻¹) Total N	0.48	1.10	0.69±0.15	21

表 2 显示,“坡改梯”农田土壤全氮含量为 0.48~1.10 g/kg,平均为 0.69 g/kg,依据陕西省土

壤养分含量分级标准可知,“坡改梯”农田土壤全氮主要分布在 5、6 和 7 级 3 个水平,分布频率分别为

23.1%,57.7%和 15.4%(图 2-B),可知土壤全氮含量总体上处在较低水平。

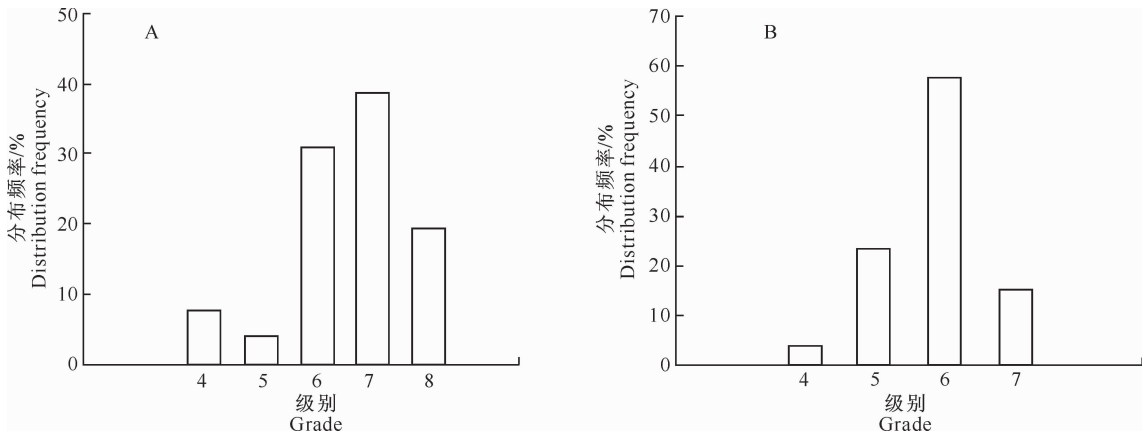


图 2 秦岭北麓“坡改梯”农田土壤有机质(A)及全氮含量(B)的分布频率

Fig. 2 Distribution frequency of SOM (A) and Total N (B) in newly-built terraces in northern Qinling Mountains

2.1.2 土壤速效养分含量 表 3 显示,土壤矿质态氮含量为 2.90 ~ 14.79 mg/kg,平均为 6.02 mg/kg,变异系数为 49%,可知各个“坡改梯”农田间土壤矿质态氮含量差异较大。

西省土壤养分含量分级标准可知,“坡改梯”农田土壤速效磷分布在 5、6、7、8 级 4 个级别,其中 69.3%的“坡改梯”农田位于 6、7 级 2 个级别,还有 15.4%的“坡改梯”农田分布在 8 级水平,即速效磷评价标准中的最低级别(图 3-A)。可知,超过 80%的“坡改梯”农田土壤速效磷处于中低及以下水平,说明新修梯田土壤速效磷特别缺乏。

表 3 还显示,土壤速效磷含量为 0.38 ~ 12.98 mg/kg,平均含量为 5.95 mg/kg,变异系数为 56%,说明不同田块间土壤速效磷含量变异很大。依据陕

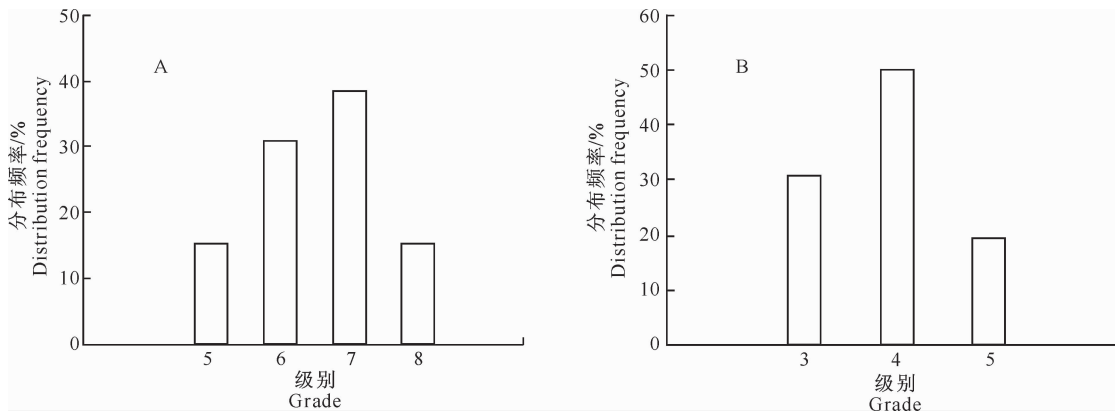


图 3 秦岭北麓“坡改梯”农田土壤速效磷(A)和速效钾含量(B)的分布频率

Fig. 3 Distribution frequency of the soil available P (A) and available K (B) in newly-built terraces in northern Qinling Mountains

由表 3 可知,土壤速效钾含量在 92.80 ~ 158.00 mg/kg,平均为 116.10 mg/kg,变异系数为 14%,说明不同田块间土壤速效钾含量差异相对较小。从图 3-B 可以看出,土壤速效钾分布在 3、4、5 级 3 个级别,分布频率分别为 30.8%,50.0%和 19.2%,位于 9 个级别里的中上部,基本处于中等水平。

和坡耕地耕层土壤均呈弱碱性,但“坡改梯”农田的 pH 略大于坡耕地。坡耕地土壤养分含量均高于“坡改梯”农田土壤,其中土壤有机质和全氮含量分别比“坡改梯”农田高 27.2%和 33.6%,且差异均达显著水平。虽然土壤矿质态氮、速效磷和速效钾含量在两者间差异未达显著水平,但坡耕地比“坡改梯”农田分别高了 37.3%,8.7%和 11.3%。

2.2 “坡改梯”农田与坡耕地土壤养分含量的比较

2.2.1 耕层土壤养分 由表 4 可知,“坡改梯”农田

表 3 秦岭北麓“坡改梯”农田耕层土壤的速效养分特征

Table 3 Characteristics of the rapidly available nutrients in arable layers of the newly-built terraces in northern Qinling Mountains				
指标 Index	最小值/(mg·kg ⁻¹) Minimum	最大值/(mg·kg ⁻¹) Maximum	平均值/(mg·kg ⁻¹) Average	变异系数/% CV
矿质态氮 Mineral N	2.90	14.79	6.02±2.94	49
速效磷 Available P	0.38	12.98	5.95±3.33	56
速效钾 Available K	92.80	158.00	116.10±16.70	14

表 4 秦岭北麓“坡改梯”农田与坡耕地耕层(0~20 cm)土壤养分含量的比较

Table 4 Comparison of soil nutrients in arable layers (0—20 cm) between newly-built terraces and slope farmlands in northern Qinling Mountains							
农田类型 Type	样本数 Sample	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹) SOM	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	矿质态氮/ (mg·kg ⁻¹) Mineral N	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K
坡耕地 Slope	4	7.82	14.75 a	1.04 a	9.60 a	6.51 a	130.9 a
坡改梯 Terrace	26	7.88	10.73 b	0.69 b	6.02 a	5.95 a	116.1 a

注:同列数据后标不同字母者表示差异显著($P<0.05$),下表同。
Note: Values followed by different letters in each column are significantly different ($P<0.05$). The same below.

2.2.2 剖面土壤养分 图 4-A 和 4-B 显示,在 1 m 深的土壤剖面中,“坡改梯”农田土壤有机质和全氮含量变化趋势一致,均随土层的加深而逐渐降低,而其中坡耕地土壤有机质和全氮含量在 0~60 cm 急剧下降。土壤有机质在各土层均表现为坡耕地>坡改梯,但全氮含量从 40~60 cm 土层开始表现为坡耕地<坡改梯。

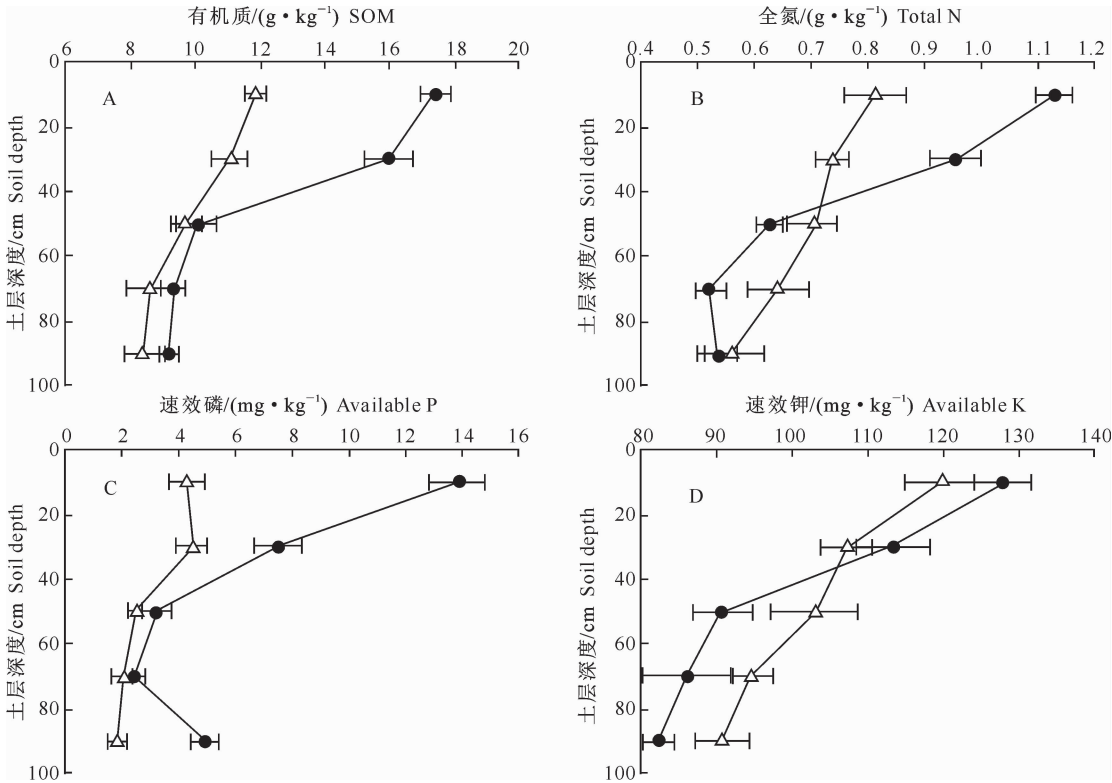


图 4 秦岭北麓“坡改梯”农田与坡耕地 0~1 m 土壤剖面养分含量的比较

—●—, 坡耕地;—△—, 坡改梯

Fig. 4 Comparison of nutrient contents in soil depth of 0—1 m between newly-built terraces and slope farmlands in northern Qinling Mountains
—●—, Slope farmland;—△—, Newly-built terrace

图 4-C 和 4-D 显示,“坡改梯”农田土壤速效磷 含量在 1 m 深土壤剖面缓慢降低,而速效钾含量在

1 m 深土壤剖面降低幅度较大;坡耕地土壤速效磷含量在 60~80 cm 土层较低,土壤速效钾含量则与有机质含量的变化趋势基本一致,即在 0~60 cm 土层急剧下降。在整个土壤剖面速效磷含量均表现为坡改梯<坡耕地,而速效钾与全氮表现一致。

2.3 “坡改梯”年限对土壤养分含量的影响

由表 5 可知,随更改年限的增加,土壤 pH 略有降低,而土壤各养分含量则呈增加趋势,更改 3 年的

“坡改梯”农田土壤有机质、全氮和速效钾含量显著高于更改 1 年的“坡改梯”农田,增加幅度分别为 29.2%,27.8%和 17.4%;土壤矿质态氮和速效磷含量在 2 个更改年限之间差异虽未达显著水平,但 3 年“坡改梯”农田土壤的矿质态氮和速效磷含量比 1 年“坡改梯”农田分别增加了 11.6%和 11.4%。

表 5 秦岭北麓不同年限“坡改梯”农田耕层(0~20 cm)土壤养分含量的比较
Table 5 Comparison of nutrients in arable layers (0—20 cm) among newly-built terraces with different ages in northern Qinling Mountains

年限/年 Year	样本数 Sample	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹) SOM	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	矿质态氮/ (mg·kg ⁻¹) Mineral N	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K
3	6	7.78 a	14.24 a	0.90 a	6.81 a	7.09 a	133.4 a
1	20	7.88 a	10.08 b	0.65 b	6.02 a	6.28 a	110.2 b

3 讨 论

实施“坡改梯”虽然能改善作物生长的光、热、水、气等环境条件,但它也存在一定缺点。“坡改梯”初期,土壤需要熟化,时间长短依据地域和管理措施而不同,一般为 3~5 年,熟化期间土壤贫瘠,生产力下降到最低程度,农作物产量不增反降。柳向阳^[9]的研究显示,新修梯田与原坡地相比,土壤有机质和全氮含量分别减少了 37%和 36%,土壤速效氮和速效磷含量分别减少了 72%和 90%;新修梯田不仅土壤理化度变劣,微生物活动遭到破坏,而且土壤肥力也大幅度降低。本研究结果显示,“坡改梯”农田土壤养分含量与坡耕地相比明显下降,这与前人研究结果一致。这与目前梯田修筑几乎全部采用机械大规模作业,将坡地(坡耕地)表层熟土埋于深层,多年来形成、聚集的土壤有机质、活性酶等适宜于农作物生长繁衍的条件被破坏有关。一些研究表明,新修梯田不保留表土处理比保留表土处理的有机质含量减少 7.7%,氮含量减少 11.8%,禾本科作物产量减少 5%~28%^[19]。因此,在利用大型机械修筑梯田时如何保留表土是值得关注的问题。

许多学者对黄土高原地区“坡改梯”农田土壤肥力状况进行了研究。董水丽等^[20]对陕西延安市新推梯田 0~20 cm 土层土壤养分含量进行了评价,结果表明,土壤有机质、碱解氮含量属于很低水平,土壤全氮、速效磷含量属于低水平,而速效钾含量为中等水平。张国艳^[21]对甘肃天水张家川县新修梯田的研究显示,0~20 cm 土层土壤有机质含量为 3.5~4.2 g/kg,氮不足,磷极其缺乏,钾稍有富余。

本研究结果表明,研究区“坡改梯”农田中分别有 88.5%和 73.1%的土壤有机质和全氮含量属中低及以下水平,超过 50%的“坡改梯”农田土壤速效磷含量处于缺乏状态,而土壤速效钾含量相对丰富,这与黄土高原地区成土母质为黄土及钾素含量丰富有关。可见,“坡改梯”农田施肥时,在施用有机肥的基础上,应重视氮肥和磷肥的施用。

本研究结果显示,3 年“坡改梯”农田土壤养分含量均高于 1 年“坡改梯”农田,且土壤有机质、全氮和速效钾含量差异均达显著水平。这与薛箴等^[14]的结论不同。他们认为,“坡改梯”农田土壤有机碳、全氮和速效钾含量在改造 1 年后即能得到显著提高,且增幅随改造年限的延长逐渐上升,坡改梯 30 年时土壤有机碳、全氮、速效磷和速效钾含量分别较坡耕地增加 146%,155%,199%和 126%。张超等^[22]研究指出,坡耕地改造梯田后,土壤碳库组分变化显著,并随改造年限的延长呈线性增加。张源润等^[16]和康玲玲等^[23]的研究均表明,土壤有机质和全氮含量与整地时间成正比。随着种植年限的增加,新修梯田土壤肥力变化状况在不同的研究中其结果存在差异,这与采取的培肥措施不同有关,总的趋势是土壤肥力不断提高。综合来看,坡耕地改造为梯田,一方面造成短期内土壤养分匮乏,导致地力下降,使得农作物在当年甚至连续几年减产;另一方面,由于梯田修建后,改变了地形,拦蓄了径流,控制了水土流失,逐步改善了土壤团粒结构和微生物的生存环境,更有利于土壤肥力的恢复和重建。因此,有必要大力推广这一技术,并配以有效的土壤培肥措施。

4 结 论

秦岭北麓“坡改梯”农田耕层土壤养分含量均低于坡耕地,其中超过 70%农田土壤有机质、全氮含量均处在中低及以下水平,超过 80%农田土壤速效磷大部处于中低及以下水平,而土壤速效钾基本处于中等水平,因此土壤培肥时应在施用有机肥的基础上重视氮肥和磷肥的施用。

[参考文献]

- [1] 鄂竟平. 中国水土流失与生态安全综合科学考察总结报告 [J]. 中国水土保持, 2008(12): 3-6.
E J P. Integrated scientific investigation of soil and water loss and ecological security in China [J]. Soil and Water Conservation in China, 2008(12): 3-6. (in Chinese)
- [2] 张 勇. 陕西坡耕地水土流失综合治理对策探讨 [J]. 中国水利, 2010(16): 36-37.
Zhang Y. Discussion on the counter measures to regulate water loss and soil erosion comprehensively in sloping land of Shaanxi Province [J]. China Water Resources, 2010(16): 36-37. (in Chinese)
- [3] 刘志刚. 坡改梯对我国经济可持续发展的影响和对策 [J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(4): 46-49.
Liu Z G. Impacts and strategies of farmland terracing on the economic sustainable development in China [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2011, 9(4): 46-49. (in Chinese)
- [4] 陈志良, 程 炯, 刘 平, 等. 暴雨径流对流域不同土地利用土壤氮磷流失的影响 [J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 30-33.
Chen Z L, Cheng J, Liu P, et al. An experiment on influence of storm on nitrogen loss and phosphorus loss under different land use in river basin [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(5): 30-33. (in Chinese)
- [5] 杨金玲, 张甘霖, 张 华, 等. 丘陵地区流域土地利用对氮素径流输出的影响 [J]. 环境科学, 2003, 24(1): 16-23.
Yang J L, Zhang G L, Zhang H, et al. The impact of land uses on watershed runoff nitrogen discharge in Hilly Regions [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2003, 24(1): 16-23. (in Chinese)
- [6] 胡腾云. 四川省坡耕地、坡改梯措施及效益分析 [J]. 水土保持应用技术, 2011(5): 41-42.
Hu T Y. Analysis of slope farmland and benefit of terrace measures in Sichuan province [J]. Technology of Soil and Water Conservation, 2011(5): 41-42. (in Chinese)
- [7] 王 军. 水土保持坡改梯工程的施工与管理 [J]. 中国水土保持, 2009(5): 54-55.
Wang J. Construction and management of transforming slope into terrace project for soil and water conservation [J]. Soil and Water Conservation in China, 2009(5): 54-55. (in Chinese)
- [8] 吴发启, 张玉斌, 宋娟丽, 等. 水平梯田环境效应的研究现状及其发展趋势 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 28-31.

- Wu F Q, Zhang Y B, Song J L, et al. Current state and development trend of research on environmental effect of level terrace [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(5): 28-31. (in Chinese)
- [9] 柳向阳. 固原市新修梯田增产措施初探 [J]. 中国水土保持, 2010(8): 45-46.
Liu X Y. Measures for production increase of newly-built terrace in Guyuan City [J]. Soil and Water Conservation in China, 2010(8): 45-46. (in Chinese)
- [10] 王文科, 王 钊, 孔金玲, 等. 关中地区水资源分布特点与合理开发利用模式 [J]. 自然资源学报, 2001, 16(6): 499-504.
Wang W K, Wang Z, Kong J L, et al. The distribution characteristics and patterns of regional exploitation/utalization of water resources in Guanzhong Region [J]. Journal of Nature Resources, 2001, 16(6): 499-504. (in Chinese)
- [11] 李蓉至. 周至县时家山小流域综合治理实施方案探析 [J]. 陕西水利, 2012(6): 159-160.
Ling R Z. Analysis on comprehensive governance implementation plan of Shijiahe drainage basin of Zhouzhi County [J]. Water Conservancy of Shaanxi Province, 2012(6): 159-160. (in Chinese)
- [12] 周至县水务局. 周至县 2012 年坡耕地水土流失综合治理试点项目建设快速推进 [EB/OL]. (2013-06-05)[2013-12-08]. http://www.zhouzhi.gov.cn/info/egovinfo/xxgk/page/01348-3160-06_C/2013-0605002.htm.
Water Authority of Zhouzhi County. Comprehensive control of pilot projects on soil and water loss of slop farmland is moving forward rapidly in zhouzhi county [EB/OL]. (2013-06-05)[2013-12-08]. http://www.zhouzhi.gov.cn/info/egovinfo/xxgk/page/013483160-06_C/2013-0605002.htm. (in Chinese)
- [13] 谢英荷, 洪坚平, 周淑琴, 等. 黄土丘陵区新造田培肥熟化高产技术措施的探讨 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 126-128.
Xie Y H, Hong J P, Zhou S Q, et al. Approach of fertility betterment and ripeness and high yield techniques on newly-built fields in Loess Hilly Region [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15(4): 126-128. (in Chinese)
- [14] 薛 箴, 刘国彬, 张 超, 等. 黄土高原丘陵区坡改梯后的土壤质量效应 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 310-316.
Xue S, Liu G B, Zhang C, et al. Effects of terracing slope cropland on soil quality in Hilly Region of Loess Plateau [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(4): 310-316. (in Chinese)
- [15] 毛永珍. 原州区张易镇水平梯田培肥措施及增产效益分析 [J]. 中国水土保持, 2009(7): 8-9.
Mao Y Z. Fertilizing measures and yield increase benefit analysis of leveled terraced in Zhangyi township of Yuanzhou District [J]. Soil and Water Conservation in China, 2009(7): 8-9. (in Chinese)

tion between agricural soils and food crops in Chongqing [D]. Chongqing: Agricultural University of Southwest, 2004. (in Chinese)

[14] Feng M, Bin D, Feng Y. Measurement and analysis of mineral and heavy metal components in grape cultivars by inductively coupled plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES) [J]. J Verbr Lebensm, 2012, 7: 137-140.

[15] 余艳华. 新疆奎屯垦区土壤-植物-水体中重金属污染现状评价 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2007.

Yu Y H. Soil-plant-water assessment of heavy metal pollution in Xinjiang Kuitun Reclamation Area [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2007. (in Chinese)

[16] Antonious G F, Kochhar T S. Mobility of heavy metals from soil into hot pepper fruits: A field study [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2009, 82: 59-63.

[17] Golia E E, Dimirkou A, Mitsio I K. Influence of some soil parameters on heavy metals accumulation by vegetables grown in agricultural soils of different soil orders [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2008, 81: 80-84.

[18] 马成玲, 王火焰, 周健民, 等. 长江三角洲典型县级市农田土壤重金属污染状况调查与评价 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(3): 751-755.

Ma C L, Wang H Y, Zhou J M, et al. Investigation and evaluation of the heavy metal pollution in farmland of a typical county in Yangtze River Delta [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2006, 25(3): 751-755. (in Chinese)

(上接第 172 页)

[16] 张源润, 蔡进军, 董立国, 等. 半干旱退化山区坡改梯地土壤养分变异特征研究: 以宁夏彭阳县为例 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(3): 121-124.

Zhang Y R, Cai J J, Dong L G, et al. Research on variation characteristics of soil nutrient after slope land changed into the terrace in semi-arid degenerated mountainous Area: Taking Ningxia Pengyang County as example [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(3): 121-124. (in Chinese)

[17] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-114.

Bao S D. Soil agricultural chemistry analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 25-114. (in Chinese)

[18] 郭兆元. 陕西土壤 [M]. 北京: 科学出版社, 1992: 363-449.

Guo Z Y. Soil of Shaanxi [M]. Beijing: Science Press, 1992: 363-449. (in Chinese)

[19] 刘海福. 干旱地区提高新修梯田土地生产力的措施 [J]. 甘肃科技, 2006, 22(1): 178-179.

Liu H F. Measures of improve the productivity of newly-built terraces in arid regions [J]. Gansu Science and Technology, 2006, 22(1): 178-179. (in Chinese)

[20] 董水丽, 刘恩斌. 绿肥培肥新修梯田的效果研究 [J]. 陕西农业科学, 2003(4): 17-19.

Dong S L, Liu E B. Fertilizing effects of green manure in new terraced fields [J]. Science of Agricultural in Shaanxi, 2003(4): 17-19. (in Chinese)

[21] 张国艳. 修梯田后的土壤培肥与增产问题 [J]. 农业科技与信息, 2011(19): 28-29.

Zhang G Y. Question of soil fertility and production increase after slope cropland changed into terrace with the machine [J]. Agricultural Technology and Message, 2011(19): 28-29. (in Chinese)

[22] 张超, 刘国彬, 薛 箴, 等. 丘陵区坡改梯田土壤碳库组分演变特征 [J]. 水土保持研究, 2010, 17(1): 20-23.

Zhang C, Liu G B, Xue S, et al. Evolution of soil carbon fraction after slope crop land changed into terrace in Loess Hilly Region [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(1): 20-23. (in Chinese)

[23] 康玲玲, 王云璋, 刘 雪, 等. 水土保持措施对土壤化学特性的影响 [J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 46-48.

Kang L L, Wang Y Z, Liu X, et al. Effect of soil and water conservation measures on soil chemical properties [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2003, 23(1): 46-48. (in Chinese)