# 黄土区梯化坡地不同土地利用方式对土壤理化性质的影响

李泽霞，董彦丽，马 涛

（甘肃省水土保持科学研究所，甘肃 兰州 730020）

**摘 要**：[目的] 研究覆膜作物、牧草地和撂荒地模式下梯化坡地不同土地利用方式对土壤理化性质的影响，为黄土区梯化坡地优化农业生产管理提供科学依据。[方法] 以黄土区甘肃省陇西县梯化坡地为研究对象，选择 5 种土地利用方式（玉米地、苜蓿地、撂荒地 2 a，撂荒地 4 a 和荒草地）按不同坡位（挖方段、中间段、填方段）进行土壤取样，对 0—40 cm 土层土壤理化性质进行研究。[结果] 在 5 种土地利用方式下，土壤含水量、容重均随土层深度增加而增大，其中玉米地土壤含水量最高，容重最小；土壤机械组成均表现为：细砂粒＞黏粒＞粉粒＞粗砂粒；土壤含水量、容重、黏粒和粉粒均表现为：挖方段＞中间段＞填方段，而粗砂粒、细砂粒、有机碳、速效钾和水解性氮则呈现相反的趋势。土壤 pH 值均值变化为苜蓿地最大，撂荒地最小，且方差分析差异不显著（$p>0.05$）。土壤有机碳、速效钾和有效磷均值均表现为玉米地最大，水解性氮均值表现为：苜蓿地＞玉米地＞撂荒地 2 a＞荒草地＞撂荒地 4 a。[结论] 覆膜玉米地表现出对土壤含水量、容重及养分的促进作用均优于其他土地利用方式，且填方段的土壤更加肥沃，耕作中应注重加强对挖方段的施肥。

**关键词**：黄土区；梯化坡地；土地利用方式；土壤性质

**文献标识码**：A **文章编号**：1000-288X(2020)03-0043-07 **中图分类号**：S152.4+5

**文献参数**：李泽霞，董彦丽，马涛. 黄土区梯化坡地不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J]. 水土保持通报，2020，40(3)：43-49. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.03.007；Li Zexia, Dong Yanli, Ma Tao. Effects of land use types on soil physical and chemical properties in terraced sloping land of loess areas [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(3): 43-49.

# Effects of Land Use Types on Soil Physical and Chemical Properties in Terraced Sloping Land of Loess Areas

Li Zexia, Dong Yanli, Ma Tao

(*Institute of Soil and Water Conservation of Gansu, Lanzhou, Gansu* 730020, *China*)

**Abstract**: [Objective] Under the patterns of mulched crops, pasture, and abandoned lands, the effects of land use type on the physical and chemical properties of soil in terraced sloping land were studied to provide support for the optimization of agricultural production management in the terraced sloping land of loess areas. [Methods] Regions of terraced sloping land in the loess area of Longxi County were selected as study sites. Soil sampling was performed for five different land use types: a cornfield, an alfalfa field, land abandoned land for two years, land abandoned for four years, and barren grassland. The sampling was undertaken according to the different slope positions (cutting section, middle section, and filling section), and the physical and chemical properties of the 0—40 cm soil layer were analyzed. [Results] Under different types of land use, the soil moisture content and bulk density increased with increased depth of the soil layer, whereby the cornfield soil had the highest moisture content and the lowest bulk density. The mechanical compositions of the soils ranked as: fine sand > clay > powder > coarse sand. The soil moisture content, bulk density, clay fraction, and powder fraction all showed a trend with slope position as: cutting section > middle section > filling section, while the coarse sand fraction, fine sand fraction, organic carbon content, available potassium

**收稿日期**：2019-10-31 **修回日期**：2020-03-31

**资助项目**：甘肃省自然科学基金项目“黄土区梯化坡地轮作休耕制度土壤碳循环研究”（18JR3RA026）；甘肃省水利重点科研计划项目（甘水科外[2018]70 号、甘水科外发[2019]8 号、甘水建管发[2020]46 号）

**第一作者**：李泽霞（1987—），女（汉族），甘肃省古浪县人，硕士，工程师，主要从事水土保持及节水灌溉等方面的研究。Email：lizx_gssbs@163.com。

**通讯作者**：马涛（1983—），男（汉族），甘肃省天水市人，正高级工程师，硕士，主要从事水土保持方面的研究。Email：27419389@qq.com。

content, and hydrolysable nitrogen content, all showed a contrasting trend. The average change of the soil pH value was largest in the alfalfa field and smallest in the abandoned land; there was no significant difference in the analysis of variance ($p>0.05$). The average changes of soil organic carbon, available potassium content, and available phosphorus content were largest in the cornfield, and the soil hydrolysable nitrogen content was ranked as follows: alfalfa field > corn field > land abandoned for two years > barren grassland > land abandoned for four years. [Conclusion] The cornfield of plastic mulch exhibited better promotional effects for the soil moisture content, bulk density, and nutrient content than the other land use types, and the soil in the filling section was more fertile. During farming, the fertilization of the cutting section should be strengthened.

**Keywords: loess area; terraced sloping land; land use types; soil properties**

坡耕地是黄土区产生水土流失的主要来源地,土壤侵蚀严重,生态环境极为脆弱。为此,中国政府开展坡改梯工程,修建了大面积以水平梯田为主体的梯化坡地[1],有效改善了农业生产条件,水土流失综合治理取得显著成效。梯化坡地在建设过程中形成了3个不同部位(挖高填低),即挖方段、中间段和填方段,由于挖方段原耕作熟化土层大部分移至填土部位,不同程度打乱了表土层,改变了挖、填部位的土壤理化性质,对作物产量产生较大的影响[2]。土壤理化性质是影响土壤肥力的内在条件,也是综合反映土壤质量的重要指标,黄土区干旱少雨,土壤贫瘠,为了改善土壤肥力,覆膜成为当地常见的农业管理措施。近年来农村大量劳动力外出务工,梯化坡地撂荒现象较为严重,导致耕地面积逐年减少,土壤肥力下降,严重制约了区域经济的可持续发展。不同的土地利用方式、覆膜管理等措施会导致土壤结构及理化性质发生剧烈变化,对土壤养分及其循环有着极为重要的影响,合理的土地利用方式能够有效地改善土壤结构,增强土壤对外界环境变化的抵抗力[3],不合理的土地利用方式会降低生物多样性和土壤质量[4]。目前,关于梯化坡地研究主要集中在土壤养分、蓄水保墒、土壤培肥[5-7]等方面,但是关于不同土地利用方式下不同部位土壤理化性质的研究并不多见。因此,我们选取黄土区梯化坡地为研究对象,开展不同土地利用方式下挖、中、填方段不同部位土壤理化性质研究,掌握其土壤肥力现状分布特征,以期对改善梯化坡地土壤养分提供指导,进一步加强对耕地资源的合理利用,改进土地利用方式,发展持续农业,防止地力衰退、恢复生态环境。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

本研究选择甘肃省定西市陇西县云田镇梯化坡地(2010年修建)为研究对象。该区地处东经107°15′—107°23′E,北纬35°21′—35°27′N,海拔高度1 028~1 374 m,相对高差346 m,属温带半湿润气候,日照充足,夏季炎热,冬季微寒。据陇西气象站1981—2010年系列数据,研究区年均气温8.2 ℃,年均降水量414.8 mm,年蒸发量1 562.8 mm,年均风速1.5 m/s,无霜期161.8 d,最大冻土深98 cm。植物资源比较丰富,区域内主要草本植物有冰草、猪毛菜、车前草等,人工种植作物主要有小麦、玉米、苜蓿、洋芋、中药材等,农业生产无灌溉措施,为典型的旱地雨养农业区,梯化坡地土壤类型为黄绵土和黑垆土。

### 1.2 测定项目及研究方法

根据实地调查及对当地居民的访问,在覆膜作物、牧草地和撂荒地模式下共选择5个样地(玉米地、苜蓿地、撂荒地2 a、撂荒地4 a和荒草地)进行取样,同时记录取样点的海拔、经纬度、主要植被类型等环境因子(见表1)。

**表1 样地概况**

| 样地编号 | 土地类型 | 海拔/m | 经纬度 | 种植年限 | 植被类型 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 玉米地 | 1 925 | 104°43′4″E;35°1′11″N | 轮作2 a(覆膜) | 玉米 |
| 2 | 苜蓿地 | 1 820 | 104°42′43″E;35°1′08″N | 连作5 a | 紫花苜蓿 |
| 3 | 荒草地 | 1 820 | 104°42′44″E;35°1′08″N | 撂荒8 a | 冰草、牛筋草等 |
| 4 | 撂荒地2 a | 1 920 | 104°43′6″E;35°1′27″N | 撂荒2 a | 冰草、牛筋草等 |
| 5 | 撂荒地4 a | 1 920 | 104°43′5″E;35°1′27″N | 撂荒4 a | 冰草、牛筋草等 |

荒草地是指撂荒8 a的梯化坡地,各样地坡向均为阳坡、坡度及土壤类型一致,玉米地生育期内施肥、覆膜等管理措施同大田作物,其余用地方式均无施肥措施。土壤样品采样时间为2018年11月(农作物刚收获后土地尚未施肥前),采用野外取样与室内分析的方法,根据地形特点,在5个试验样地的挖方段、中

间段、填方段 3 个部位分别布置 5 m×10 m 的样地,共 15 个,在样地内按"S"形随机布点挖取土壤剖面,分 4 层(0—5,5—10,10—20,20—40 cm)取样,每个样地 3 次重复。用铝盒、环刀和自封袋采集土壤样品并编号,称量土样湿重后带回实验室进行理化性质分析。

土壤理化性质指标主要有土壤水分、容重、机械组成、pH 值、有机碳、速效钾、有效磷、水解性氮等指标。其中,采用烘干法测定土壤质量含水量,环刀法测定土壤容重。机械组成采用比重计法测定,根据国际制土壤粒级划分标准将土壤颗粒级别划分为粗砂粒(0.2～2 mm)、细砂粒(0.02～0.2 mm)、粉粒(0.002～0.02 mm)和黏粒(<0.002 mm)。土壤有机碳采用重铬酸钾氧化分光光度法测定,速效钾采用乙酸铵浸提—火焰光度法测定,有效磷采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗分光光度法测定,水解性氮采用碱解扩散法测定[8]。

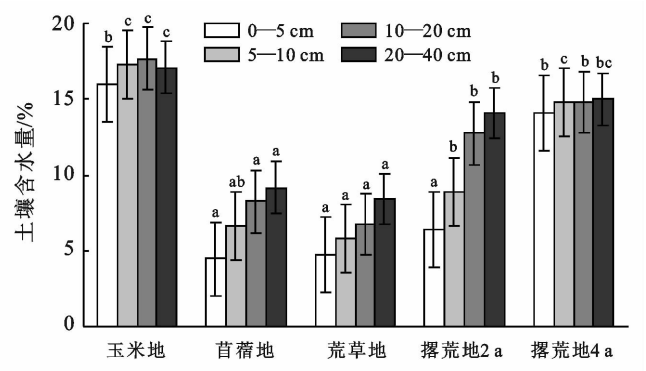
### 1.3　数据处理与统计方法

采集土样采用 Excel 2007 和 SPSS21.0 软件进行数据分析。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)中最小显著差异法(LSD)分析不同土地利用方式对土壤理化性质的影响,显著性差异水平取"$p<0.05$"。

## 2　结果与分析

### 2.1　不同土地利用方式下土壤含水量及容重变化

土壤水分是土壤重要组成物质之一,是土壤养分循环和流动的载体。黄土区气候干旱,土壤水资源十分匮乏,土壤水分是植物生长和生态恢复的主要限制因子[9],直接影响作物的生长及产量。在黄土区实施坡改梯工程,能够拦蓄天然降水,减少地表径流,提高降水利用率[10]。5 种土地利用方式土壤含水量在垂直剖面上均表现为随着土层深度增加而增大的趋势(见图 1),土壤含水量变化范围在 4.45%～17.69%之间,依次表现为:玉米地>撂荒地 4 a>撂荒地 2 a>苜蓿地>荒草地。




注:图中不同小写字母表示同一土壤深度下不同土地利用方式差异达显著水平($p<0.05$),下同。

**图 1　黄土区梯化坡地不同深度土壤含水量**

不同土地利用方式各土层土壤水分的垂直分布均存在显著差异($p<0.05$),0—40 cm 土层玉米地平均土壤含水量分别比荒草地,苜蓿地,撂荒地 2 a,撂荒地 4 a 高 165%,139%,62%,16%。玉米地土壤含水量明显高于其他 4 种土地利用方式,这是因为玉米地土壤样品采集于膜下土壤,而覆膜能够提高土壤保墒作用,减少土壤水分蒸发量,使得土壤保持较高的水分含量。除作物管理措施外,植被自身的属性也是影响土壤水分变化的重要因素,苜蓿根系大,耗水强度高,需水量也大,土壤含水量较低。因此,在条件允许的情况下,应优先考虑种植覆膜作物。从图 2 可以看出,5 种土地利用方式不同部位土壤含水量均表现为:挖方段>中间段>填方段,填方段保水性较挖方段差,说明经过数年耕作,修建时土壤机械扰动对填方区的土壤影响继续存在。

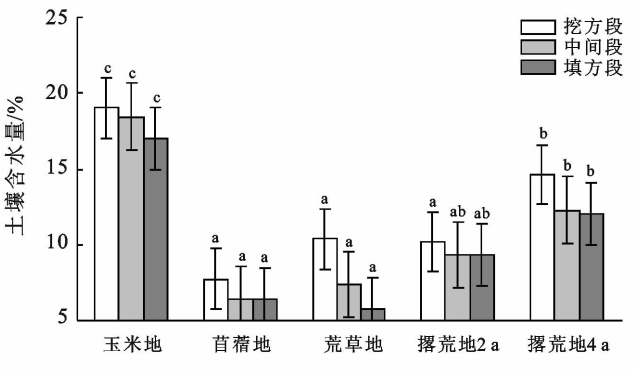



**图 2　黄土区梯化坡地不同部位土壤含水量**

土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标,能够反映土壤结构的好坏,土壤容重越小,说明土壤疏松多孔,透气性、透水性越好[11]。土壤容重测定结果表明(见图 3):5 种土地利用方式土壤容重变化总体趋势一致,均随土层深度增加而逐渐增大。0—40 cm 土层土壤容重均值表现为:玉米地(1.20 g/cm$^3$)<苜蓿地(1.22 g/cm$^3$)<荒草地(1.23 g/cm$^3$)<撂荒地 4 a(1.24 g/cm$^3$)<撂荒地 2 a(1.26 g/cm$^3$)。玉米地容重最小,这是由于玉米地管理过程中耕作和有机肥料的施用促进土壤孔隙结构的形成,土壤容重降低,改善了土壤通气状况。苜蓿根系与其他作物相比较为发达,有较强的穿透力,种植苜蓿能减缓土壤紧实,使土壤密度降低,因此苜蓿地土壤容重也较低。对荒草地和撂荒地而言,梯化坡地撂荒后,土壤扰动减少,地表的植物、凋落物和植物根系增多,增加了土壤的有机物来源,但与玉米地相比,管理粗放,没有耕作管理的输入,土壤孔隙结构形成缓慢,使土壤容重保持较高水平。

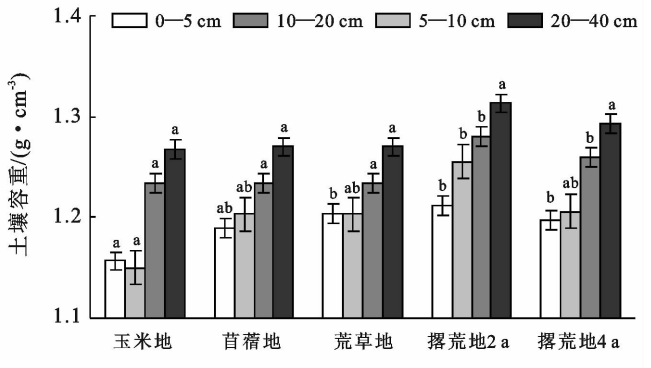



**图 3 黄土区梯化坡地不同深度土壤容重**

从图 4 可以看出,5 种土地利用方式不同部位土壤容重均表现为:挖方段>中间段>填方段,且填方段各用地方式间差异均达到显著性水平($p<0.05$)。受填土影响,填方段土壤容重小,说明填方段土壤比较疏松,孔隙多,通透性较好,潜在肥力较高。

## 2.2 不同土地利用方式下土壤机械组成变化

土壤机械组成是指土壤中矿物颗粒的大小及其组成比例,土壤各级颗粒组成比例不同对土壤养分有着明显影响,二者存在密切关系[12]。土壤黏粒的粒径微小,有助于形成较好的土壤团粒结构,促进养分转换和水分吸持,土壤养分含量丰富[13]。黄土区梯化坡地不同土地利用方式下土壤机械组成见图 5。0—40 cm 土层土壤各粒径组分中,黏粒、粉粒、粗砂粒、细砂粒组分含量范围分别为:14.0%~19.33%,1.0%~6.33%,0.33%~1.33%,73.67%~83.0%。5 种土地利用方式的土壤颗粒百分含量均表现为:细砂粒>黏粒>粉粒>粗砂粒,由此可知,梯化坡地土壤以细砂粒为主,占据了其组分的 70%以上,粗砂粒含量很少,这是由于研究区属于干旱区,降雨少,形成了较多的细砂粒。根据国际制土壤质地分级标准,将黄土区梯化坡地土壤质地进行分类,得出土壤属于砂质黏壤土,土壤通气性强,但是保水、保肥性差。

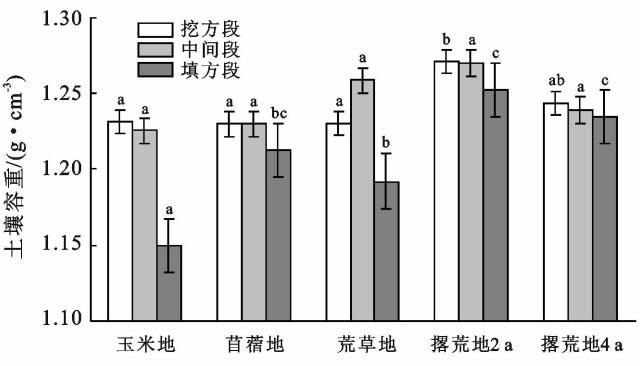



**图 4 黄土区梯化坡地不同部位土壤容重**

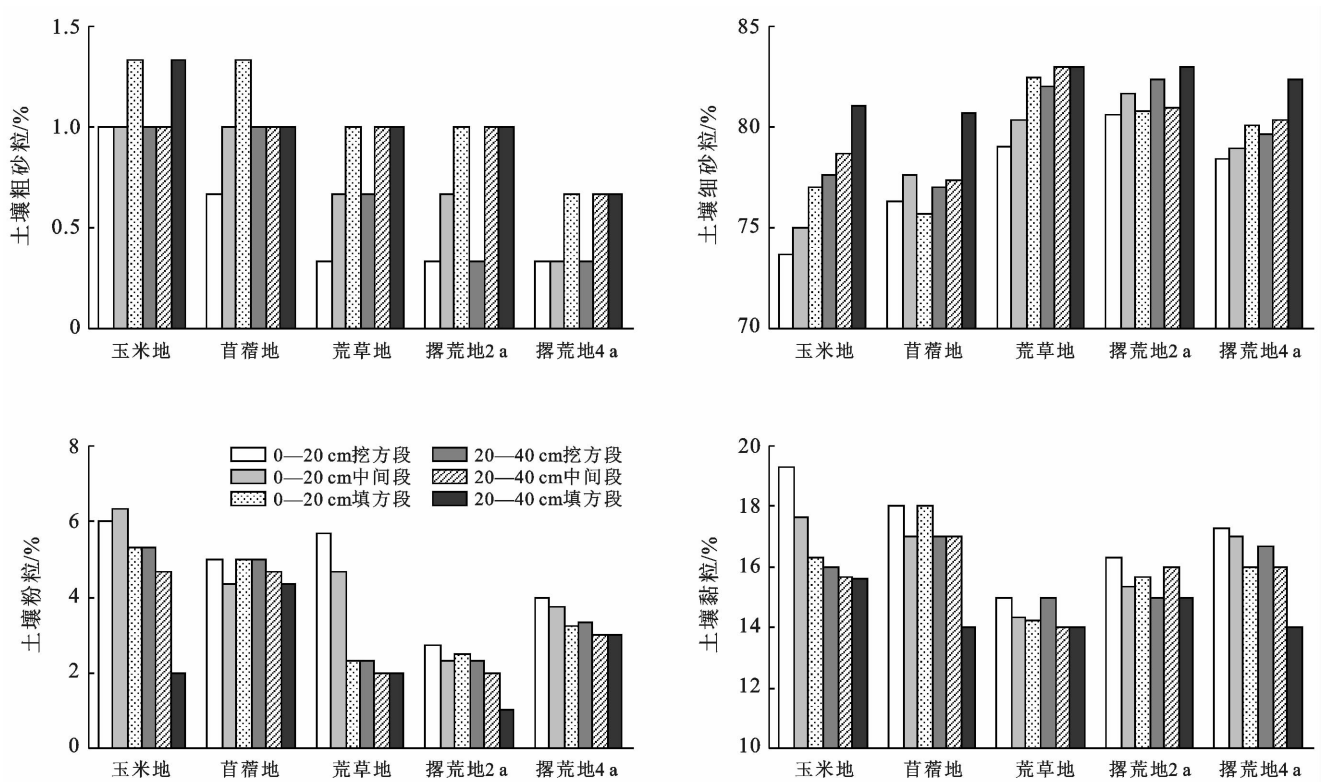



**图 5 黄土区梯化坡地不同土地利用方式土壤机械组成**

从图 5 可以看出,较其他土地利用方式,0—40 cm 土层中玉米地土壤黏粒和粉粒含量较高,细砂粒最低,这可能是因为玉米地的耕作强度和使用频率较高,土壤易受到剧烈的人为扰动因素造成的。梯化坡地不同部位土壤各粒径组分在 0—40 cm 土层没有表现出统一的规律分布,随着土层深度的增加,土壤

细砂粒含量波动增加,粉粒和黏粒含量波动下降,粗砂粒含量则比较稳定。0—20 cm 和 20—40 cm 土层土壤黏粒和粉粒均表现为填方段最低,其次是中间段,挖方段最大,而粗砂粒和细砂粒则呈现相反的变化趋势。梯化坡地不同土地利用方式下土壤机械组成受施肥、覆膜等田间管理措施的影响较小,而在坡改梯修建过程中挖高填低,造成了生土与熟土的混合,各级颗粒组成在梯化坡地不同部位之间存在变化。

### 2.3　不同土地利用方式下土壤化学性质的变化

2.3.1　土壤 pH 值　土壤 pH 值是衡量土壤肥力的重要指标,它直接影响到土壤中各种养分元素的存在形态及养分之间的转化,进而影响植物生长发育[14]。陇西县梯化坡地 5 种土地利用方式不同部位的土壤化学性质指标统计结果见表 2。从表 2 可以看出,土壤 pH 值范围在 7.68～8.52 之间变动,表明研究区土壤呈碱性水平。就 pH 值大小来看,除玉米地外,其余 4 种土地利用方式下不同位置土壤 pH 值均表现为:挖方段＞中间段＞填方段,挖方段土壤 pH 值最高,盐碱性最大。方差分析表明梯化坡地不同土地利用方式的不同部位 pH 值差异不显著($p>0.05$),说明位置对土壤 pH 值的影响不大。

**表 2　黄土区梯化坡地不同土地利用方式不同部位土壤化学性质**

| 样 地 | 位 置 | pH 值 | 有机碳/% | 速效钾/(mg·kg$^{-1}$) | 有效磷/(mg·kg$^{-1}$) | 水解性氮/(mg·kg$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 玉米地 | 挖方段 | 8.23±0.26$^{a}$ | 0.90±0.03$^{a}$ | 66.75±1.25$^{a}$ | 10.43±0.50$^{a}$ | 28.5±0.90$^{a}$ |
| | 中间段 | 8.32±0.12$^{a}$ | 0.91±0.09$^{a}$ | 67.75±1.45$^{a}$ | 8.75±0.75$^{a}$ | 28.5±2.20$^{a}$ |
| | 填方段 | 8.13±0.23$^{a}$ | 0.92±0.03$^{a}$ | 71.5±1.50$^{b}$ | 9.75±1.00$^{ab}$ | 33.25±1.75$^{b}$ |
| 苜蓿地 | 挖方段 | 8.49±0.18$^{a}$ | 0.61±0.03$^{b}$ | 59.75±1.56$^{a}$ | 8.28±0.10$^{b}$ | 32.0±3.40$^{a}$ |
| | 中间段 | 8.45±0.15$^{a}$ | 0.60±0.19$^{b}$ | 63.75±3.15$^{ab}$ | 6.85±0.85$^{a}$ | 35.3±5.05$^{ab}$ |
| | 填方段 | 8.30±0.33$^{a}$ | 0.51±0.18$^{a}$ | 66.25±1.75$^{b}$ | 6.35±0.73$^{a}$ | 42.25±3.05$^{b}$ |
| 荒草地 | 挖方段 | 8.52±0.17$^{b}$ | 0.49±0.03$^{a}$ | 61.1±1.70$^{a}$ | 6.23±0.25$^{b}$ | 20.75±2.50$^{a}$ |
| | 中间段 | 8.45±0.12$^{b}$ | 0.5±0.05$^{a}$ | 63.5±1.50$^{a}$ | 5.43±0.03$^{a}$ | 25.3±2.00$^{b}$ |
| | 填方段 | 8.22±0.09$^{a}$ | 0.6±0.04$^{b}$ | 63.5±2.50$^{a}$ | 5.45±0.35$^{a}$ | 29.75±1.43$^{c}$ |
| 撂荒地 2 a | 挖方段 | 8.31±0.16$^{a}$ | 0.71±0.02$^{ab}$ | 53.25±6.25$^{a}$ | 4.18±0.10$^{a}$ | 27.5±2.50$^{a}$ |
| | 中间段 | 8.19±0.13$^{a}$ | 0.74±0.01$^{b}$ | 55.0±0.50$^{a}$ | 7.0±1.60$^{b}$ | 26.75±4.50$^{a}$ |
| | 填方段 | 8.13±0.11$^{a}$ | 0.68±0.04$^{a}$ | 55.75±1.25$^{a}$ | 6.53±0.25$^{b}$ | 29.0±7.50$^{a}$ |
| 撂荒地 4 a | 挖方段 | 8.07±0.53$^{a}$ | 0.52±0.05$^{a}$ | 58.5±0.25$^{a}$ | 4.2±2.18$^{a}$ | 18.0±1.10$^{a}$ |
| | 中间段 | 7.7±0.28$^{a}$ | 0.56±0.02$^{a}$ | 61.0±0.51$^{ab}$ | 4.18±0.43$^{a}$ | 18.75±3.75$^{a}$ |
| | 填方段 | 7.68±0.43$^{a}$ | 0.64±0.03$^{b}$ | 62.3±2.20$^{b}$ | 4.0±0.62$^{a}$ | 19.75±1.50$^{a}$ |

注:同一列不同小写字母表示同一土地利用方式不同部位差异达显著水平($p<0.05$)。

5 种土地利用方式土壤化学指标垂直变化见表 3。从垂直分布上来看,在 0—20 cm 和 20—40 cm 土层中,5 种土地利用方式土壤 pH 值随着土层深度增加没有呈现明显的变化规律,土壤 pH 均值表现为:苜蓿地(8.42)＞荒草地(8.4)＞玉米地(8.23)＞撂荒地 2 a(8.21)＞撂荒地 4 a(7.81)。方差分析表明,除玉米地外,不同土地利用方式 0—20 cm 和 20—40 cm 土层土壤 pH 值变化均差异不显著($p>0.05$)。本研究中撂荒地 4 a 土壤 pH 值最小,明显低于撂荒地 2 a,但随着撂荒年限的增加,土壤 pH 值呈先下降后增加的趋势,表明适度撂荒对土壤 pH 值有一定的改善效果。研究区碱性土壤特征对土地利用方式方面有指导意义,选择种植作物时应考虑作物的耐碱性。

2.3.2　土壤有机碳　土壤有机碳库是地球陆地生态系统最大的碳库,主要来源于地上凋落物元素归还和地下植物根系代谢[15]。梯化坡地不同土地利用方式土壤有机碳变化范围在 0.49%～0.92%之间(见表 2),5 种土地利用方式在不同水平位置土壤有机碳变化规律不一致,玉米地、荒草地、撂荒地 4 a 表现为:挖方段＜中间段＜填方段,其余 2 种利用方式无明显规律。

由表 3 可知,0—40 cm 土层有机碳随土层深度的增加呈现降低的趋势,与郭洋等[16]的研究结果相同,在 0—5 cm 的含量最高,主要是因为微生物在土壤表层活动强烈,易分解有机质,有利于有机碳的累积,而土层越深,微生物的活动越少,不利于有机碳的累积。从土壤有机碳含量来看,5 种不同土地利用方式土壤有机碳均值变化特征为:玉米地(0.91%)＞撂荒地 2 a(0.71%)＞撂荒地 4 a(0.57%)＝苜蓿地(0.57%)＞荒草地(0.53%)。方差分析结果显示,5 种样地土壤有机碳含量不同土层间表现出差异显著。玉米地土壤有机碳含量最高,分别比撂荒地 2 a,撂荒地 4 a,

苜蓿地，荒草地高28%，60%，60%，72%，主要原因是施肥使玉米地植株生物量增加，从而增加了土壤有机碳来源。撂荒地和荒草地土壤中有机碳含量均处于较低的水平，表明梯化坡地撂荒后土壤有机碳降低。

**表3 黄土区梯化坡地不同土地利用方式不同深度土壤化学性质**

| 样 地 | 土层/cm | pH值 | 有机碳/% | 速效钾/(mg·kg$^{-1}$) | 有效磷/(mg·kg$^{-1}$) | 水解性氮/(mg·kg$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 玉米地 | 0—5 | 8.14±0.17$^{a}$ | 0.97±0.12$^{a}$ | 113.67±10.02$^{c}$ | 15.2±2.39$^{c}$ | 26.67±3.21$^{ab}$ |
| | 5—10 | 8.18±0.10$^{a}$ | 0.91±0.14$^{a}$ | 74.33±1.53$^{b}$ | 11.57±0.42$^{b}$ | 34.67±6.11$^{bc}$ |
| | 10—20 | 8.18±0.27$^{a}$ | 0.89±0.09$^{a}$ | 45.33±0.58$^{a}$ | 9.47±0.72$^{b}$ | 21.67±1.53$^{a}$ |
| | 20—40 | 8.41±0.10$^{b}$ | 0.84±0.09$^{a}$ | 41.33±1.53$^{a}$ | 2.33±0.76$^{a}$ | 37.33±6.35$^{c}$ |
| | 平均值 | 8.23 | 0.91 | 68.67 | 9.64 | 30.08 |
| 苜蓿地 | 0—5 | 8.33±0.02$^{a}$ | 0.81±0.16$^{c}$ | 93.00±1.73$^{d}$ | 11.7±1.45$^{b}$ | 40.70±3.06$^{a}$ |
| | 5—10 | 8.46±0.16$^{a}$ | 0.59±0.04$^{b}$ | 69.00±2.65$^{c}$ | 9.70±1.39$^{b}$ | 37.30±6.43$^{a}$ |
| | 10—20 | 8.50±0.09$^{a}$ | 0.46±0.02$^{ab}$ | 51.00±6.25$^{b}$ | 4.57±1.69$^{a}$ | 34.67±10.79$^{a}$ |
| | 20—40 | 8.39±0.21$^{a}$ | 0.41±0.01$^{a}$ | 40.00±3.00$^{a}$ | 2.70±1.57$^{a}$ | 33.30±4.16$^{a}$ |
| | 平均值 | 8.42 | 0.57 | 63.25 | 7.16 | 36.50 |
| 荒草地 | 0—5 | 8.31±0.13$^{a}$ | 0.74±0.05$^{b}$ | 103.67±4.04$^{c}$ | 10.57±2.05$^{c}$ | 29.00±8.71$^{a}$ |
| | 5—10 | 8.25±0.17$^{a}$ | 0.51±0.17$^{a}$ | 70.33±4.51$^{b}$ | 5.13±0.80$^{b}$ | 28.33±2.08$^{a}$ |
| | 10—20 | 8.46±0.17$^{a}$ | 0.43±0.03$^{a}$ | 40.67±2.08$^{a}$ | 4.90±0.98$^{b}$ | 23.30±8.14$^{a}$ |
| | 20—40 | 8.57±0.33$^{a}$ | 0.43±0.06$^{a}$ | 36.00±0.01$^{a}$ | 2.20±1.15$^{a}$ | 20.30±5.52$^{a}$ |
| | 平均值 | 8.40 | 0.53 | 62.67 | 5.70 | 25.25 |
| 撂荒地2 a | 0—5 | 8.24±0.19$^{a}$ | 0.81±0.04$^{b}$ | 100.67$^{d}$ | 11.6±5.63$^{b}$ | 32.00±3.46$^{b}$ |
| | 5—10 | 8.28±0.16$^{a}$ | 0.80±0.01$^{b}$ | 56.67±5.77$^{c}$ | 5.93±0.84$^{a}$ | 31.70±2.08$^{b}$ |
| | 10—20 | 8.16±0.16$^{a}$ | 0.71±0.02$^{b}$ | 45.00±2.0$^{b}$ | 3.63±0.12$^{a}$ | 28.66±6.50$^{b}$ |
| | 20—40 | 8.15±0.01$^{a}$ | 0.50±0.11$^{a}$ | 38.33±2.08$^{a}$ | 2.43±0.31$^{a}$ | 18.70±3.21$^{a}$ |
| | 平均值 | 8.21 | 0.71 | 60.16 | 5.90 | 27.75 |
| 撂荒地4 a | 0—5 | 7.94±0.12$^{a}$ | 0.70±0.04$^{c}$ | 94.33±4.04$^{c}$ | 6.93±2.11$^{b}$ | 26.30±4.04$^{b}$ |
| | 5—10 | 7.98±0.12$^{a}$ | 0.64±0.16$^{bc}$ | 46.00±1.0$^{b}$ | 6.03±0.51$^{b}$ | 25.33±3.79$^{b}$ |
| | 10—20 | 7.70±0.29$^{a}$ | 0.50±0.09$^{ab}$ | 44.33±1.15$^{b}$ | 2.73±1.72$^{a}$ | 13.70±3.06$^{a}$ |
| | 20—40 | 7.57±0.43$^{a}$ | 0.43±0.07$^{a}$ | 34.00±1.73$^{a}$ | 0.80±0.17$^{a}$ | 10.00±3.46$^{a}$ |
| | 平均值 | 7.81 | 0.57 | 54.67 | 4.13 | 18.83 |

注：表中同一列不同字母表示同一土地利用方式不同土层的指标差异性显著($p<0.05$)。

2.3.3 土壤速效养分 氮、磷、钾3种元素是植物生长所必需的3大营养元素，也是构成植物生命体的重要元素，在植物生长过程中占有重要地位[17]，速效养分为可以直接被作物吸收利用的部分，是反映肥效高低的主要指标。从表2可以看出，土壤速效钾、有效磷、水解性氮含量分别为53.25～71.5，4.0～10.43，18～42.25 mg/kg，三者含量变化范围均较大。5种土地利用方式土壤速效钾和水解性氮均表现为填方段最大，其次是中间段，挖方段最小，除撂荒地2 a外，有效磷均是挖方段最大。从表3可以看出，5种土地利用方式下的土壤速效钾、有效磷含量均基本表现出随土层深度增加而减少的趋势，土壤水解性氮变化无明显规律。方差分析结果表明，不同土地利用方式下土壤速效钾、有效磷、水解性氮含量均差异显著($p<0.05$)，说明土壤速效钾、有效磷、水解性氮含量受土地利用方式的影响明显。土壤养分与土壤质地、耕作方式、施肥方式及管理措施等因素有关，可能造成土壤养分之间的差异。不同土地利用方式下土壤速效钾、有效磷平均含量均为覆膜玉米地最大，其次是苜蓿地、荒草地，撂荒地2 a和4 a最小，土壤水解性氮平均含量从大到小为：苜蓿地＞覆膜玉米地＞撂荒地2 a＞荒草地＞撂荒地4 a。

本研究梯化坡地停止耕作撂荒后，土壤有机碳随撂荒时间增加呈降低的趋势，这与王月玲等[18]人研究结果存在不同，有机碳没有表现出随着撂荒年限增加呈先降低后升高的趋势，即短期的撂荒会导致土壤养分的降低，长期的撂荒和自然演替可以改善土壤性质，这可能是由于本研究区气候条件干旱，撂荒地和荒草地仅有冰草等少量杂草生长，植被稀疏，枯落物较少，微生物对植物的降解能力有限，土壤表层养分积累有限，而杂草的生长会消耗土壤养分，同时受牲畜采食践踏的影响，使植被覆盖度、地上生物量减少，且无肥料投入，土壤速效养分明显偏低。由于玉米地利用过程中受人为耕作和施肥等的影响，及时补充作

物所需养分,土壤速效养分会高于荒草地和撂荒地,表明可以通过改善土壤环境来提高土壤生产力。另外,梯田的覆膜管理措施对土壤培肥效果较好[19],有利于玉米地土壤养分的增加,在生产中需要注意的是,地膜覆盖的玉米生育加快,吸收养分增加,造成前期土壤养分的消耗增多,使后期养分供应不足,应注意作物后期的施肥状况。

## 3　结 论

(1) 5 种土地利用方式的土壤含水量、容重均随土层深度增加而呈现增大的变化趋势,不同部位均表现为:挖方段>中间段>填方段,其中玉米地土壤含水量最高,容重最小,表明玉米地的覆膜措施提高了土壤的持水、贮水能力及土壤疏松程度,从而改良了土壤物理性质。5 种土地利用方式的土壤机械组成均表现为:细砂粒>黏粒>粉粒>粗砂粒,属砂质黏壤土。0—40 cm 土层各级颗粒组成中黏粒和粉粒均为填方段最低,其次是中间段,挖方段最大,而粗砂粒和细砂粒呈现相反趋势。

(2) 土壤 pH 值变化范围是 7.68～8.52,属碱性土壤,5 种土地利用方式下不同部位 pH 值均表现为:挖方段>中间段>填方段,pH 均值表现为苜蓿地(8.42)>荒草地(8.4)>玉米地(8.23)>撂荒地 2 a(8.21)>撂荒地 4 a(7.81),方差分析结果是无显著差异。有机碳均值变化特征为:玉米地(0.91%)>撂荒地 2 a(0.71%)>撂荒地 4 a(0.57%)=苜蓿地(0.57%)>荒草地(0.53%)。土壤速效钾、有效磷均值均表现为玉米地最大,其次为苜蓿地和荒草地,而撂荒地 2 a 和撂荒地 4 a 含量最小。土壤水解性氮均值表现为:苜蓿地>覆膜玉米地>撂荒地 2 a>荒草地>撂荒地 4 a。5 种土地利用方式土壤有机碳、速效钾、水解性氮均表现为:填方段>中间段>挖方段,除撂荒地 2 a 外,有效磷均是挖方段最大。

总体来看,黄土区梯化坡地挖方段土壤物理性质较差,是由于修建坡改梯时挖方段土壤生土较多,建议今后梯化坡地在进行耕作播种等活动时,根据 3 个部位的差异采取措施,偏施肥料,重点在挖土部位多施肥,充分发挥梯化坡地的经济和生态效益。玉米地覆膜对梯化坡地土壤改良具有十分明显的效果,是改善土壤养分状况和提高经济效益的重要农艺措施,苜蓿地需要倒茬种植其他作物。

[ 参 考 文 献 ]


[1] 马春霞.甘肃省坡耕地水土流失综合治理工程建设的成效与做法[J].农业科技与信息,2019(17):37-38.

[2] 刘绪军,刘丙友,景国臣,等.新修梯田对土壤理化性质及作物产量的影响[J].水土保持研究,2007,14(1):276-277.

[3] 刘艳丽,李成亮,高明秀,等.不同土地利用方式对黄河三角洲土壤物理特性的影响[J].生态学报,2015,35(15):5183-5190.

[4] 王莉,张强,牛西午,等.黄土高原丘陵区不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(4):53-56.

[5] 郝丽婷,吴发启.黄土丘陵沟壑区坝地和梯田土壤养分特征与演变[J].水土保持通报,2019,39(5):16-22.

[6] 姜小凤,郭天文,郭贤仕,等.培肥措施对新修梯田土壤理化性质的影响[J].甘肃农业科技,2017(11):63-66.

[7] 岳自慧,刘平,翟汝伟,等.宁南山区不同建设年限梯田土壤肥力变化规律研究[J].中国水土保持,2019(2):50-53.

[8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.

[9] Wang Guoliang, Liu Guobin, Xu Mingxiang. Above- and belowground dynamics of plant community succession following abandonment of farmland on the Loess Plateau, China [J]. Plant and Soil, 2009,316(1/2):227-239.

[10] 唐敏,赵西宁,高晓东,等.黄土丘陵区不同土地利用类型土壤水分变化特征[J].应用生态学报,2018,29(3):765-774.

[11] 张晓艳,李琴书.不同土地利用方式对土壤侵蚀及养分流失的影响[J].水土保持研究,2018,25(5):12-17.

[12] 王新中,刘国顺,张正杨,等.土壤粒级空间分布及其与土壤养分的关系[J].中国烟草科学,2011,32(5):47-51.

[13] 侯丽,马义娟,王国玲,等.汾河上游流域弃耕地土壤养分及其与机械组成的关系[J].山西农业科学,2019,47(8):1422-1427.

[14] 唐琨,朱伟文,周文新,等.土壤 pH 对植物生长发育影响的研究进展[J].作物研究,2013,27(2):207-212.

[15] 安申群,贡璐,李杨梅,等.塔里木盆地北缘绿洲 4 种土地利用方式土壤有机碳组分分布特征及其与土壤环境因子的关系[J].环境科学,2018,39(7):3382-3390.

[16] 郭洋,李香兰,王秀君,等.干旱半干旱区农田土壤碳垂直剖面分布特征研究[J].土壤学报,2016,53(6):1433-1443.

[17] 杜昕.长沙市不同土地利用类型对土壤理化性质及生态服务功能的影响[D].长沙:中南林业科技大学,2015.

[18] 王月玲,马璠,许浩,等.宁南山区不同年限撂荒梯田土壤碳氮磷化学计量特征[J].水土保持研究,2019,26(6):25-31.

[19] 岳自慧,张煜明,刘平,等.宁南山区新修梯田不同种植方式培肥效果研究[J].人民黄河,2016,38(2):87-89.