

不同配方土壤熟化调理剂对新修梯田 土壤改良效果的影响

柳燕兰, 郭贤仕, 姜小风, 董 博, 郭天文

(甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 针对西北黄土高原半干旱区新修梯田土壤瘠薄、保水保肥能力差的特点, 通过 3 年的田间定位试验, 在氮磷肥平衡施用基础上, 研究添施不同配方土壤熟化剂对新修梯田土壤理化性状、养分状况与作物产量等方面的影响。结果表明: (1) 施用不同配方土壤熟化剂可降低新修梯田土壤容重, 增大毛管孔隙度和田间持水量, 增加土壤有机质、全氮、速效磷和速效钾含量; 且表层(0~10 cm)熟化效果好于底层(10~20 cm)。与试验前相比, 表层土壤容重降低 5.14%~18.49%, 孔隙度和田间持水量分别增加 9.14%~18.86% 和 10.96%~17.19%; 土壤有机质、全氮、速效磷和速效钾分别增加 56.11%~114.19%、9.84%~78.69%、48.52%~268.50%、70.10%~427.53%; (2) 与 CK 相比, A 处理的培肥效果最显著, 容重年均降低 0.06 g·cm⁻³, 孔隙度和田间持水量年均分别增加 3.15%、0.45%; 土壤有机质、全氮、速效磷和速效钾的年增加速率分别提高 2.48 g·kg⁻¹、0.2 g·kg⁻¹、7.82 mg·kg⁻¹、129.23 mg·kg⁻¹; 其余培肥处理的效果为 B>C、D、E>CK; (3) 施用土壤熟化剂提高了作物产量和水分利用效率, 以 A 配方的效果最好, 2012、2013 年马铃薯产量较 CK 分别提高 37.69%、50.93%, 2014 年小麦产量较 CK 提高 94.41%; 3 年 A 配方的水分利用效率较 CK 分别提高 43.09%、48.71%、102.31%, 且差异显著。综合可知, A 配方(黑矾、腐植酸、氯化钾、微肥、DA-6 用量分别为 375、600、150、45、150×10⁻³ kg·hm⁻²)对于改善土壤理化性状、提高土壤养分、水分利用效率和作物增产效应最佳, 为西北黄土高原半干旱区新修梯田快速培肥较适宜的措施。

关键词: 土壤熟化调理剂; 土壤理化性质; 土壤养分; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S156.2 文献标志码: A

Effect of different formula of modifiers on soil improvement of newly built terrace

LIU Yan-lan, GUO Xian-shi, JIANG Xiao-feng, DONG Bo, GUO Tian-wen

(Institute of Dryland Farming, Gansu Academy of Agricultural Sciences;

Key Laboratory of High Water Utilization on Dryland of Gansu Province)

Abstract: To study the effect of different formula of modifiers on soil physical and chemical properties, nutrient status of the new terrace and the yield of the crops, a 3-year field experimental trial was carried out. The results showed that application of different modifiers formula reduced soil bulk density, increased soil porosity and field water capacity, increased soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus and available potassium content. The effect of the surface layer (0 to 10 cm) was better than that of the bottom layer (10 cm to 20 cm). The soil bulk density of the surface layer was decreased by 5.14%~18.49%, soil porosity and field capacity by 9.14%~18.86% and 10.96%~17.19%, respectively. Soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus and available potassium were increased by 56.11%~114.19%, 9.84%~78.69%, 48.52%~268.50%, 70.10%~427.53% respectively. (2) Compared with CK, the effect of A treatment was the largest, with an average annual decrease in the soil bulk density of 0.06 g·cm⁻³, an average annual increase in soil porosity and field capacity of 3.15% and 0.45%. And the average annual increase rate of soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus and available potassium were 2.48 g·kg⁻¹, 0.2 g·kg⁻¹, 7.82 mg·kg⁻¹, 129.23 mg·kg⁻¹, respectively. The effects of other treatments showed an order of B>C, D,

收稿日期: 2015-09-20

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAD05B03); 公益性行业(农业)科研专项(201503124)

作者简介: 柳燕兰(1981—), 女, 甘肃民勤人, 助理研究员, 主要从事生态系统养分循环与肥力研究。E-mail: 1067261675@qq.com。

通信作者: 郭天文(1963—), 男, 甘肃白银人, 研究员, 主要从事土壤养分管理及节水农业。E-mail: guotw101@163.com。

E > CK. (3) The application of modifiers could improve the crop yield and water use efficiency. Take A formula as an example, the potato yield was increased by 37.69% and 50.93% in 2012 and 2013, respectively, and wheat production by 94.41% in 2014 compared with CK. The water use efficiency of A treatment significantly was increased by 43.09%, 48.71% and 48.71% in the year of 2012, 2013 and 2014, respectively. Taken together, we proposed a formula for new terrace on semiarid region of the Loess Plateau.

Keywords: soil modifier; soil physical and chemical property; soil nutrient; yield; water use efficiency

旱坡地改梯田可以起到拦蓄降水、减少水土流失、改善生态环境的目的,也是提高作物生产力、发展农业生产的重要途径之一。但新修梯田往往生土裸露、土壤养分含量极低且易板结,土壤水、肥、气、热环境不协调,导致作物生长发育状况差,产量低而不稳定,干旱年份甚至出现当年绝收,如何培肥新修梯田土壤、提高作物产量是该区农业生产面临的重要问题。

土壤改良剂的出现无疑为上述问题的解决提供了一个有效的途径,其可改善土壤结构,提高肥力,增加其保水、保肥性能。侯云鹏等^[1]认为土壤施入生物改良剂可以使土壤容重变小,孔隙度增大,易于截留吸附渗入土壤中的水分和释放出的营养元素离子,使有效养分元素不易被固定。陈乃政等^[2]研究发现新修梯田增施黑矾后能改善土壤物理性能,增加土壤水稳性团聚体,从而加速形成良好的土壤结构,疏松土壤,促进微生物对养分的转化和释放。王方等^[3]在新垦灌区土壤上施用土壤熟化剂均可使小麦、玉米、油菜、豌豆、胡麻增产。然而,目前市面上土壤改良剂种类繁多,不同土壤调理剂主要成分不同,其作用机理和效果都有差异^[4],且专门针对西北半干旱区新修梯田土壤熟化培肥的产品相对甚少,尤其对于多种改良剂组合的培肥产品对新修梯田改良效果的研究还少见报道。为此,本课题组将腐植酸、黑矾、氯化钾、微肥、DA-6 生长调节剂及保水剂等原料按照不同的比例配制成 5 种不同配方熟化剂在新修梯田进行田间试验研究,目的是评价与筛选出适宜西北黄土高原半干旱区新修梯田快速培肥的土壤熟化调理剂,以期为该地区新修梯田土壤快速培肥改良及农业持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2012—2014 年在甘肃省定西市团结镇万家岔新修梯田进行。该区海拔 1 970 m,年均气温 6.2℃,年辐射总量 5 898 MJ·m⁻²,年日照时数 2 500 h,≥10℃积温 2 075.1℃,无霜期 140 d,年均降水量为 415 mm,季节分布不均,多集中在 6—9 月份,占

全年降水量的 68%,属于中温带半干旱区,作物一年一熟,无灌溉,为典型的旱地雨养农业区。试验区土壤为黄绵土,其原来是旱坡地,水土流失严重,植被稀疏,土壤贫瘠,2012 年 3 月大型机械推修为梯田。4 月布置了熟化剂试验,种植了马铃薯。

1.2 参试土壤熟化剂

试验选择了 6 种土壤熟化调理的原材料,包括黑矾(FeSO₄)、腐植酸、氯化钾(KCl)、微肥、DA-6 生长调节剂、保水剂(PAM),将 6 种原材料按不同比例配制成 5 种不同配方的土壤熟化调理剂(具体配比见表 1)进行田间试验。施用方法:定位试验每年播种前将土壤熟化调理剂按表 1 的量均匀地撒在土壤表层,人工深翻 30 cm,与土壤混匀。

1.3 试验方法

采用 3 年定位大田试验,2012、2013 年以马铃薯为研究材料,品种为“新大坪”,2014 年以小麦为研究材料,品种为“西早 2 号”。共设置 6 个处理(表 1),每个处理 4 次重复,每个处理在挖方的一面设置 2 个重复,在填方的一面设置 2 个重复,采用随机区组排列,小区面积 45 m²(5 m×9 m)。所有处理的化肥施用水平相同,N 为 12 kg·667m⁻²;P₂O₅ 为 8 kg·667m⁻²,均作为基肥一次性施入。马铃薯 2012 年 4 月 24 日播种,10 月 8 日收获;2013 年 4 月 23 日播种,10 月 10 日收获;小麦 2014 年 3 月 21 日播种,8 月 9 日收获,其他管理同大田。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤物理性状测定 于 2012 年试验开始及定位试验 3 年间每年作物收获时挖剖面,采集 0~10、10~20 cm 土层的原状土样用于土壤基本物理性状测定。其中,容重采用环刀法测定^[5];孔隙度和田间持水量采用常规分析方法测定^[6]。2012、2013、2014 年播前、收获时采集 0~200 cm 土层土样,每 20 cm 取一样本,采用烘干法测定土壤含水量。

1.4.2 土壤化学性状测定 于 2012 年试验开始及定位试验 3 年间作物收获时采集 0~10 cm、10~20 cm 土层土样用于土壤基本化学性状测定。其中,有机质采用油浴加热-重铬酸钾容量法,全氮采用半微量开氏法,速效磷采用 0.5 mol·L⁻¹ Na₂CO₃ 浸铝

锑抗比色法,速效钾采用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸铵浸提火焰光度法^[7]。

表1 不同土壤熟化调理剂配方的肥料种类及用量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
Table 1 Fertilizer species and rates of different formula of soil modifier

处理 Treatments	黑矾 Black alum	腐植酸 Humic acid	氯化钾 KCl	微肥 Micro fertilizer	生长调节剂 Growth regulator	保水剂 Aquasorb
CK	—	—	—	—	—	—
A	375	600	150	45	150×10^{-3}	—
B	375	600	150	45	—	—
C	375	600	—	45	—	—
D	360	300	75	15	150×10^{-3}	—
E	270	300	75	15	150×10^{-3}	90

注:不同处理的化肥施用量为 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 纯 N、 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ P_2O_5 。

Note: The rates of different fertilizer treatments were $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of N and $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of P_2O_5 .

1.4.3 产量的测定 马铃薯收获后除去块茎上的泥土,分小区称重,作为鲜重产量;小麦按小区单收单打测产。

2 结果与分析

2.1 不同配方土壤熟化调理剂对新修梯田土壤物理性状的影响

新修梯田土壤经过3年熟化后,表层(0~10 cm)土壤容重呈稳定降低趋势,从熟化前的 1.22

$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 降低到熟化第3年的 $0.99 \sim 1.16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,降低幅度为 $5.14\% \sim 18.49\%$ 。底层(10~20 cm)土壤容重降低趋势较平缓,从熟化前的 $1.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 降低到熟化第3年的 $1.12 \sim 1.19 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,降低幅度为 $8.46\% \sim 13.85\%$,熟化效果次于表层。其中,A处理熟化效果最明显(图1)。不同熟化措施下土壤容重的减量和降低速率均表现为:A>B>C、D、E>CK,表层A处理土壤容重年降低速率比CK快 $0.06 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,较其他处理快 $0.04 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 左右(图1、表2)。

表2 3年施用不同配方土壤熟化剂新修梯田表层(0~10 cm)土壤物理性状的变化

Table 2 Changes of soil physical properties at 0~10 cm soil layer of newly built terrace during 3 years with different formula soil modifiers

处理 Treatments	土壤容重 Soil bulk density $/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	年降低速率 Decreasing rate $/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	孔隙度 Soil porosity /%	年增加速率 Increasing rate /%	田间持水量 Field capacity /%	年增加速率 Increasing rate /%
CK	1.19	0.02	53.14	1.53	23.69	0.82
A	1.10	0.08	58.06	3.15	25.49	1.28
B	1.15	0.04	57.21	2.89	25.05	1.26
C	1.16	0.03	54.45	1.77	24.14	0.76
D	1.17	0.03	53.99	1.64	23.95	0.82
E	1.17	0.03	55.39	2.34	24.91	1.09

经过3年培肥,新修梯田土壤孔隙度呈增加趋势(图1)。表层(0~10 cm)土壤孔隙度从熟化前的 50.06% 上升到第3年的 $54.64\% \sim 59.50\%$,上升幅度达 $4.58 \sim 9.44$ 个百分点。底层(10~20 cm)土壤孔隙度从熟化前 51.51% 上升到第3年 $54.7\% \sim 58.94\%$,上升幅度达 $3.19 \sim 7.43$ 个百分点,表层熟化程度好于底层。A处理的土壤平均孔隙度最高达 58.06% ,较CK提高 4.93 个百分点;其次是B处理,为 57.21% ,较CK提高 4.07 个百分点,C、D、E的平均孔隙度较低,分别为 54.45% 、 53.99% 、 55.39% ,较CK提高 $0.85 \sim 2.25$ 个百分点。在年增加速率

上,以A、B处理最快,较CK年均分别增加 3.15% 、 2.89% ,差异不显著($P > 0.05$),其他处理孔隙度增加速率为 $1.64\% \sim 2.34\%$ (表2)。

不同配方土壤熟化调理剂对新修梯田土壤田间持水量的影响呈增加趋势。表层(0~10 cm)土壤田间持水量从熟化前的 22.42% 上升到第3年的 $24.70\% \sim 26.27\%$,增幅达 $2.28 \sim 3.85$ 个百分点。底层(10~20 cm)土壤田间持水量从熟化前的 22.32% 上升到第3年 $24.46\% \sim 26.80\%$,增幅达 $2.14 \sim 4.48$ 个百分点,不同处理熟化效果表现为:A>B>C、D、E>CK(图1),表明不同配方土壤熟化剂

都能改善土壤的保水性能。表层 A 处理土壤平均田间持水量最高,达 25.49%,较 CK 提高 1.80 个百分点,与其他处理的平均含量差异显著。B 处理的次之,较 CK 提高 1.35 个百分点,与 A 处理无显著差异,与其他处理差异显著,C、D、E 处理较 CK 提高

0.26~1.22 个百分点。在年增加速率上,以 A、B 处理最快,年均增加 0.45% 左右,E 处理年均增加 0.27%,D 处理与 CK 相当,C 处理略低于 CK(图 1、表 3)。

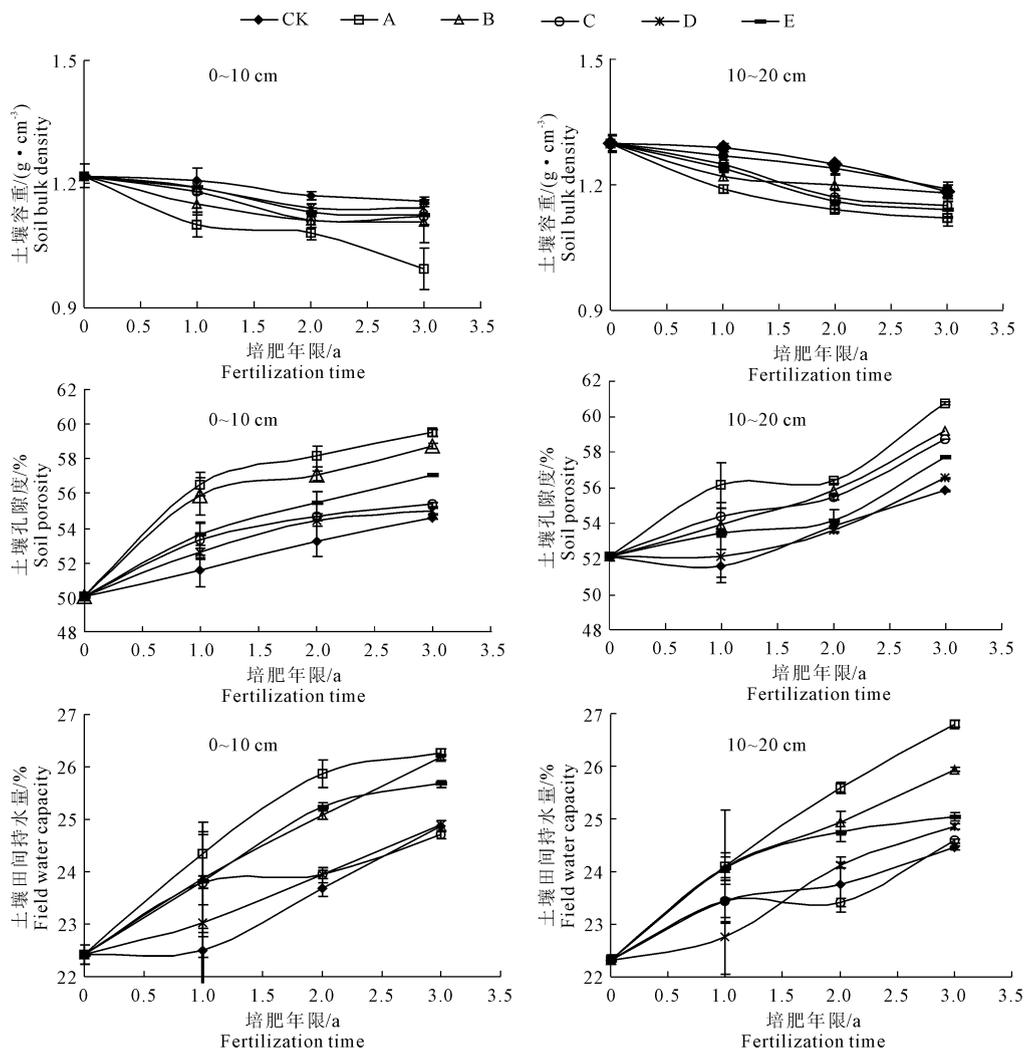


图 1 不同配方熟化剂对梯田土壤物理性状的影响

Fig.1 The effect of soil physical properties of the terrace field under different formula of soil modifiers

2.2 不同配方土壤熟化调理剂对新修梯田土壤养分含量的影响

经过 3 年培肥,新修梯田土壤养分含量均表现不同变化趋势(图 2)。熟化 2 年后新修梯田表层(0~10 cm)土壤有机质、全氮、速效磷及速效钾含量分别较熟化前增加 56.11%~114.19%、9.84%~78.69%、48.52%~268.50%、70.10%~427.53%。底层(10~20 cm)土壤有机质、全氮、速效磷及速效钾含量分别较熟化前增加 74.75%~104.46%、10.34%~31.03%、143.86%~487.28%、31.89%~225.88%,除表层土壤速效磷含量低于底层外,其余养分含量好于底层,这主要是施用土壤熟化剂后,土

壤保水性能好,磷在土壤中发生淋溶所致。

不同配方熟化调理剂对土壤养分含量影响不同(图 2、表 3)。A、B 处理的土壤有机质、速效磷、速效钾平均值均达最高。与 CK 相比,有机质均值含量分别提高 25.79%、26.37%,速效磷分别提高 73.20%、50.12%,速效钾分别提高 101.45%、108.37%,两处理间差异不显著,与 CK 及其它处理间均达显著水平。B、D 处理的全氮含量均值较高,较 CK 分别提高 26.98%、33.33%。在年增加速率上,A 处理的有机质、全氮、速效磷较高,较 CK 分别提高 2.48 g·kg⁻¹、0.2 g·kg⁻¹、7.82 mg·kg⁻¹。A、B 处理的速效钾增加速率较高,分别较 CK 提高

129.23、137.83 mg·kg⁻¹。因此,采取施肥措施,特别是施用合适配方的土壤熟化调理剂,是快速提高新

修梯田土壤肥力的有效途径,也是旱作农田获得稳产、高产的基本保证。

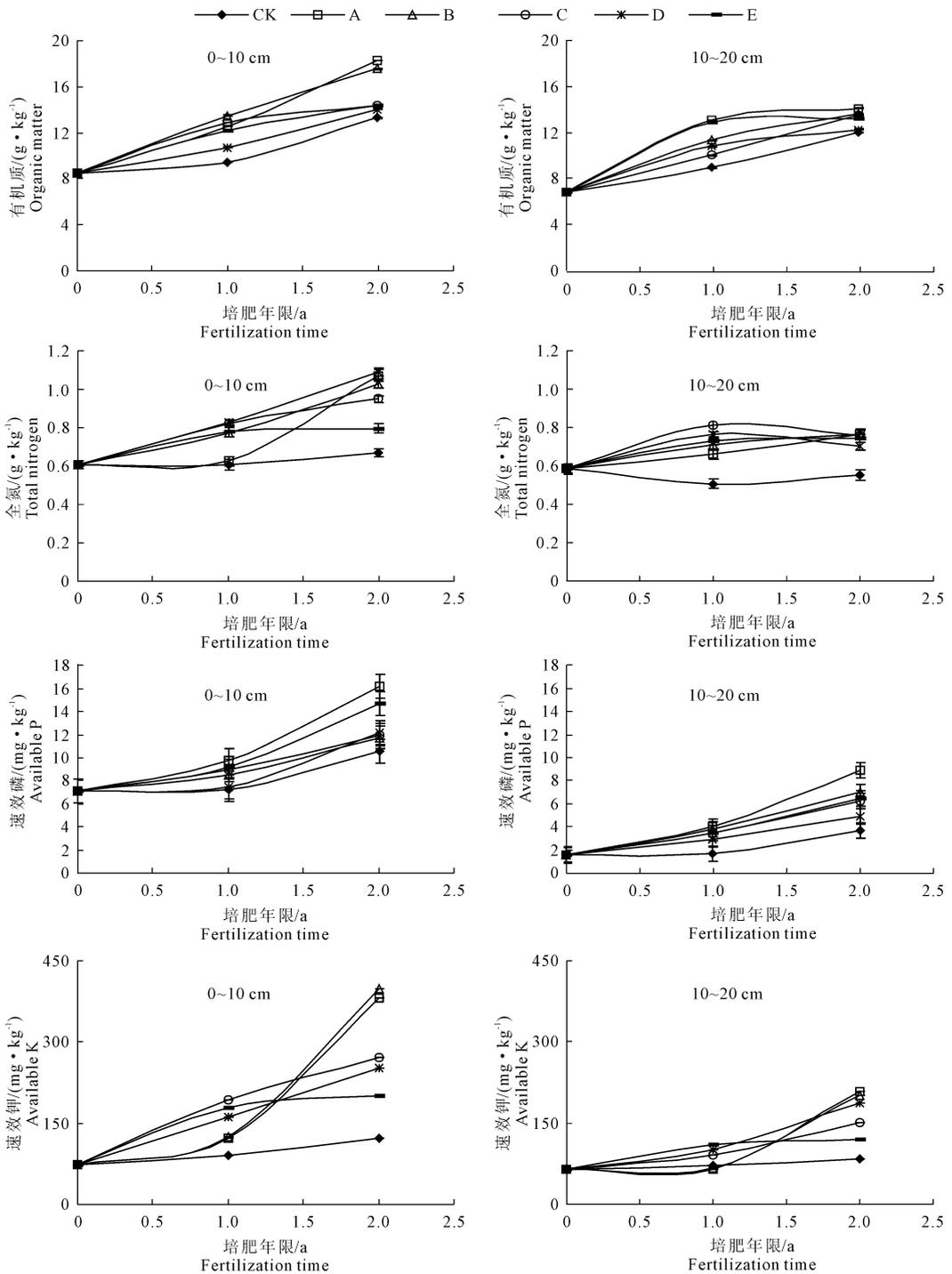


图 2 不同配方熟化剂对梯田土壤养分含量的影响

Fig.2 The effect of different formula of soil modifiers on soil nutrients of terrace field

2.3 不同配方土壤熟化调理剂对马铃薯产量及水分利用效率的影响

施用不同配方土壤熟化调理剂对作物产量的影响不同(图3)。经过3年培肥,A处理产量都显著高于CK和其他熟化调理剂配方处理(2014年小麦产

量除外),其中2012、2013年马铃薯产量较CK分别显著提高37.69%、50.93%;较其他熟化调理剂配方分别提高1.80%~6.34%、6.47%~12.40%,但不同熟化调理剂处理间差异不显著。2013年提高的幅度明显高于2012年,说明随着培肥时间的延长,

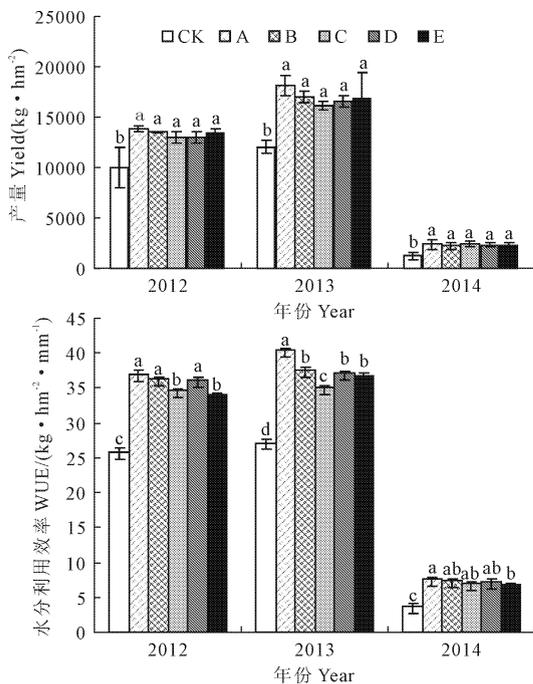
土壤熟化调理剂快速培肥效果更明显。2014 年 C 处理小麦产量最高,较 CK 显著提高 100.07%,其次是 A 处理,较 CK 显著提高 94.41%,E 处理最低,较

CK 提高 85.28%,但不同熟化调理剂配方间差异不显著。

表 3 2 年施用不同配方土壤熟化剂新修梯田表层(0~10 cm)土壤基本化学性状的变化

Table 3 Changes of chemical properties at 0~10 cm soil layer of newly built terrace under different formula of soil modifiers for 2 years

处理 Treatment	有机质 Organic /(g·kg ⁻¹)	年增加速率 Increasing rate /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen /(g·kg ⁻¹)	年增加速率 Increasing rate /(g·kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus /(mg·kg ⁻¹)	年增加速率 Increasing rate /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg·kg ⁻¹)	年增加速率 Increasing rate /(mg·kg ⁻¹)
CK	10.43f	2.39	0.63d	0.03	8.30f	1.73	95.32f	25.35
A	13.12b	4.87	0.77bc	0.23	14.37a	9.55	192.03b	154.58
B	13.18a	4.50	0.80ab	0.21	12.46b	7.34	198.62a	163.18
C	11.91c	2.91	0.79b	0.17	9.35d	2.45	179.19c	100.13
D	11.11e	2.77	0.84a	0.24	8.92e	2.54	161.95d	90.22
E	11.69d	2.93	0.73c	0.09	10.32c	3.80	150.43e	64.53



注:2012、2013 年为马铃薯;2014 年为小麦。

Note: 2012 and 2013, potato; 2014, wheat.

图 3 不同配方熟化剂对作物产量和水分利用效率的影响

Fig.3 The effect of different formula of soil modifiers on crop yield and water use efficiency

3 年培肥作物水分利用效率均以 A 处理最高,与 CK 相比,2012 年提高 43.09%,2013 年提高 48.71%,2014 年提高 102.31%,且差异显著。其次是 B、D 处理,3 年水分利用效率分别提高 38.17%~96.52%、36.62%~93.32%,且 B 和 D 处理间无显著差异,与 CK、A 处理间差异显著。C、E 处理的水分利用效率较差,3 年分别提高 29.11%~85.56%、31.82%~82.35%,且 2012 年 C、E 间无显著差异,

与其他处理差异显著;2013 年 C 与其他处理间差异显著,E 与 B、D 处理无显著差异,与其余处理差异显著;2014 年 C 与 CK 差异显著,与其他处理无显著差异,E 与 CK、A 处理差异显著,与其他处理无显著差异。

3 结论与讨论

西北黄土高原半干旱区新修梯田普遍存在土壤瘠薄、养分含量低、保水保肥性能差,加剧人地、人粮矛盾,制约经济发展。目前,主要采用无机换有机、有机肥施用熟土、先锋作物轮作等措施进行新修梯田培肥。近年来,施用土壤调理剂是在现代化工的基础上发展起来的有别于传统土壤改良的新方法。土壤快速熟化剂是一系列无机胶体并含有作物所需的各种微量元素,无毒、无污染,对生土、瘠薄、板结土壤有较强的熟化、改良作用^[10]。施用土壤熟化剂可通过直接和间接效应,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,疏松土壤,增加土壤养分,改善土壤结构和土壤水分环境^[11-15]。本研究 3 年试验结果表明,新修梯田施用不同配方土壤熟化调理剂能降低土壤容重,增加孔隙度和田间持水量,改良土壤结构。其中表层(0~10 cm)土壤容重较熟化前降低 5.14%~18.49%,孔隙度和田间持水量分别增加 9.14%~18.86%和 10.96%~17.19%。底层(10~20 cm)土壤容重降低趋势较平缓,较熟化前降幅 8.46%~13.85%,孔隙度和田间持水量增加 6.20%~14.44%和 9.59%~20.06%,表层熟化程度好于底层(图 1)。因为土壤熟化剂配方中的腐植酸富含形成土壤腐殖质的胡敏酸和富里酸等组分,其直接影响土壤保肥性、保水性,可改善土壤物理性质^[16]。

此外,黑矾施入后可促使土壤膨胀发暄,孔隙度增加;另一方面保水剂(聚丙烯酰胺)提高了土壤结构稳定性、增强水肥蓄能力^[17],这与李道林、范冬根等研究结果相似^[18]。不同配方熟化调理剂主要物理性状的熟化速率表现为 A > B > C、D、E > CK, A 处理表现出最好的熟化效果。

土壤养分是土壤肥力和土壤生产力的基础,土壤养分的供应状况主要体现在有机质和速效养分上。施用土壤熟化调理剂改善了土壤物理性状,加速了有机质和养分的释放^[12]。本研究中新修梯田上施用熟化剂 2 年,表层(0~10 cm)土壤有机质、全氮、速效磷及速效钾含量分别较熟化前增加 56.11%~114.19%、9.84%~78.69%、48.52%~268.50%、70.10%~427.53%。底层(10~20 cm)土壤有机质、全氮、速效磷及速效钾含量分别较熟化前增加 74.75%~104.46%、10.34%~31.03%、143.86%~487.28%、31.89%~225.88%(图 2),这主要是本研究中所用熟化剂都含有不同比例的腐植酸,其可增加土壤有机质^[16]。此外腐植酸本身可以活化土壤养分,提高土壤养分的生物有效性,同时腐植酸施入土壤后通过螯(络)合物作用,增加土壤中无机和有机养分含量,防止养分流失,提高肥料利用效率^[19]。不同配方间 A 处理表现出最佳的效果,在年增加速率上,其有机质、全氮、速效磷及速效钾较 CK 分别提高 2.48 g·kg⁻¹、0.2 g·kg⁻¹、7.82 mg·kg⁻¹、129.23 mg·kg⁻¹、137.83 mg·kg⁻¹。

改良剂中含有丰富的植物必需或有益的矿质营养,不仅改变土壤理化性质还为作物提供生长所需的营养元素,能够刺激或促进作物生长^[20-21],其培肥结果最终体现在作物产量上。本研究中不同配方土壤熟化调理剂均增加了作物产量,其中 A 处理的效果最好,2012、2013 年马铃薯产量较 CK 分别提高 37.69%、50.93%;较其他熟化剂配方提高 1.80%~6.34%、6.47%~12.40%;2014 年小麦产量较 CK 提高 94.41%,较除 C 处理外的其他熟化调理剂配方提高 1.04%~4.93%(图 3)。A 处理对提高作物水分利用效率的效果也最好,2012 年提高 43.09%,2013 年提高 48.71%,2014 年提高 102.31%,A 配方大幅度降低了土壤容重,提高了孔隙度和田间持水量(图 1),改善了土壤的通透性,有利于养分的转化,同时为作物根系提供了呼吸条件和水分吸收,促进作物生长进而提高了产量。

综上所述,西北黄土高原半干旱区新修梯田施用土壤熟化调理剂明显改善土壤的基本理化性能,

从而加速形成良好的土壤结构,疏松土壤,促进微生物对养分的转化和释放,进而提高作物产量和水分利用效率。其中,以 A 配方效果最佳,且 3 年试验的同时对 A 配方的产品进行大面积的示范推广,其马铃薯增产 10%~30%,小麦增幅达 15%~30%,为此,本课题以 A 处理的配方申请专利并已进入实审阶段,此产品的成功研究为该区新修梯田快速培肥及农业持续发展奠定基础。

参考文献:

- [1] 侯云鹏,秦裕波,尹彩侠,等.生物有机肥在农业生产中的作用及发展趋势[J].吉林农业科学,2009,34(3):28-29,64.
- [2] 陈乃政,曲继宗,王征兰,等.新修梯田施黑矾改土增产机理探讨[J].中国水土保持,1990,7:24-27.
- [3] 王方,李元寿,杨思存,等.土壤熟化剂在新垦灌区的应用效果研究[J].中国农学通报,2004,20(5):151-153.
- [4] 王小彬,蔡典雄.土壤调理剂 PAM 的农用研究和应用[J].植物营养与肥料学报,2000,6(4):457-460.
- [5] Department of Soil Physics, Institute of Soil Science Chinese Academy Sciences. Determination of Soil Physical Properties[M]. Beijing: Science Press, 1978:11-86.
- [6] 中国土壤学会.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [7] Bao S D. Soil and Agricultural Chemistry Analysis[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.
- [8] 孙蓓蓓,王旭.土壤调理剂的研究和应用进展[J].中国土壤与肥料,2013,(1):1-7.
- [9] Ussiri D A N, Lal R. Carbon sequestration in reclaimed mine soils[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2005,24(3):151-165.
- [10] 杨振超,陈双臣,邹志荣.土壤调理剂对温室西葫芦产量和品质的影响[J].中国农学通报,2005,(2):164-166.
- [11] 姜晶晶,李俊良,刘新明,等.生物菌剂型土壤调理剂对温室番茄生长及土壤理化性状的影响[J].安徽农业科学,2009,37(14):6564-6566.
- [12] 陈秋金.不同调理剂对茶园土壤理化性状及茶叶产量、品质的影响[J].福建农业学报,2014,29(10):1015-1020.
- [13] 李道林,何传龙,闫晓明.不同土壤调理剂在砂浆黑土上的应用效果研究[J].土壤,2000,(4):210-214.
- [14] 邹德乙.腐植酸是土壤的优质改良剂[J].腐植酸,2008,(2):44-45.
- [15] Lepore B J, Thompson A M, Petersen A. Impact of polyacrylamide delivery method with lime or gypsum for soil and nutrient stabilization[J]. Soil and Water Conservation, 2009,64(3):223-231.
- [16] 范冬根,袁子鸿,宋志强.免深耕土壤调理剂在旱地果园上的应用初报[J].江西园艺,2004,(5):12-13.
- [17] 赵洪亮,邹德乙.腐植酸对风沙土的改良作用[J].腐植酸,2008,(3):45-46.
- [18] 陈义群,董元华.土壤改良剂的研究与应用进展[J].生态环境,2008,17(3):1282-1289.
- [19] 郭丽.重度盐碱土改良剂配方及改良效果的研究[D].长春:吉林农业大学,2007:18.