

# 以生物有机肥为主的综合技术对云南黄红壤团聚体·酶及玉米生物学性状的影响

辛美燕, 李永梅, 字春光, 常换换, 张紫妍, 苏友波\* (云南农业大学水利学院, 云南昆明 650201)

**摘要** [目的]研究不同综合处理模式对工程扰动地玉米产量及其根际土壤理化性质的影响。[方法]以马龙县工程扰动1年土壤和玉米为研究对象和材料,研究不同处理对工程扰动土壤养分、酶及其玉米生物学性状的影响。[结果]与处理①(牛粪+全量化肥)相比,处理②(玉米秸秆还田+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖+80%化肥)和处理③(绿肥还田+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖+80%化肥)可使土壤的团聚结构和稳定性显著增强,有机质含量和CEC显著提高,脲酶活性、过氧化氢酶活性显著增强。[结论]不同有机肥配合石灰粉、地膜覆盖措施、绿肥还田等综合技术可以明显改善云南黄红壤供肥性能。

**关键词** 黄红壤;生物有机肥;耕地质量;综合技术;酶;生物学性状

中图分类号 S181 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)03-0149-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.03.044

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effects of Integrated Techniques Based on Bio-organic Fertilizer on Aggregates, Enzymes and Biological Characters of Yunnan Yellow Red Soil

XIN Mei-yan, LI Yong-mei, ZI Chun-guang et al (College of Water Conservancy, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study the effects of different integrated treatment models on the yield of maize in the engineering disturbed soil and the physical and chemical properties of rhizosphere soil. [Method] The Malong County engineering disturbed soil and corn for 1 year as research objects and materials, the effects of different treatments on the soil nutrients, enzymes and biological characteristics of the engineering disturbed soil were studied. [Result] Compared with treatment 1 (cattle manure + full quantitative fertilizer), treatment 2 (corn straw returning + bio-organic fertilizer + lime powder + film cover + 80% fertilizer) and treatment 3 (green manure returning + bio-organic fertilizer + lime powder + film cover + 80% fertilizer) could significantly enhance the aggregation structure and stability of soil, organic matter content and CEC, urease activity and catalase activity. [Conclusion] Different organic fertilizers combined with lime powder, plastic film mulching and green manure returning can significantly improve the fertilizer supply performance of Yunnan yellow red soil.

**Key words** Yellow red soil; Biological organic fertilizer; Cultivated land quality; Comprehensive technology; Enzyme; Biological traits

耕地作为土地最重要的部分之一,它时刻关系着粮食安全<sup>[1-2]</sup>。耕地安全问题已经成为了制约中华民族生存和可持续发展的基本问题,耕地质量的提升是近年来研究的热点问题<sup>[3-4]</sup>。生物有机肥作为提升耕地质量的新兴手段具有重要的研究价值<sup>[5]</sup>,生物有机肥富含大量有益物质,不仅能为农作物提供全面营养,而且肥效长,可增加和更新土壤有机质,促进微生物繁殖,改善土壤理化性质和生物活性<sup>[6]</sup>。早在2010年时在农业部获得产品登记证的生物有机肥生产企业达120多家,年产量约200多万t,就已具备一定的生产规模<sup>[7-8]</sup>。

云南境内乌蒙山地区进行了大面积的土地整治,许多零散的耕地被机械合并,这就使得耕地虽然集约化了,但原有的耕作层被机械破坏。笔者以乌蒙山区域马龙县旧县工程扰动了1年的土壤和玉米为研究对象和材料,开展不同综合措施处理试验,通过微生物与其他途径相结合的综合方法来研究不同综合处理模式对工程扰动地玉米产量及其根际土壤理化性质的影响,以期合理施肥、土壤快速培肥、提高作物产品质量等提供科学依据和实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验地在云南马龙县,位于云南省昆明

市和曲靖市之间,在其东部和东北方位与所谓的麒麟区以及沾益区相互接壤,南边则主要与陆良和宜良县相接,而西边和西北边则主要与嵩明和昆明寻甸等地相互交界。气候类型属于低纬高原季风型气候,冬春干旱,夏秋湿润,季节干湿分明。此地主要粮食作物有玉米、马铃薯等。选择比重较大的玉米作为试验对象。试验地确切坐标为103°25'40.41"E, 25°22'38.90"N。试验地前作为辣椒,土壤类型为云南黄红壤, pH为5.12,有机质含量为14.32 g/kg,碱解氮含量为37.1 mg/kg,速效磷含量为6.15 mg/kg,速效钾含量为54.1 mg/kg。

**1.2 试验材料** 此试验的供试作物是玉米,玉米品种是林新4号。施用的肥料是尿素(氮含量≥46.4%)、过磷酸钙( $P_2O_5$ ≥14%)、农业用硫酸钾( $K_2O$ ≥51%)。试验中腐熟牛粪理化性质为pH 8.38、碱解氮68.4 mg/kg、速效磷21.54 mg/kg、速效钾87.3 mg/kg、有机质含量41.86 g/kg;精制有机肥由曲靖康庄肥业有限公司生产的,主要成分为羊粪、油枯、烟末、米糠等, pH为7.5左右,有机质含量44.38 g/kg,总养分含量200 g/kg。

供试微生物菌剂组详情为:固氮菌1号,有效活菌数≥30亿/mL,接种量为每株0.5 mL;解磷菌X66,有效活菌数≥1亿/mL,接种量为每株5 mL;解钾菌BK38,有效活菌数≥33.8亿/mL,接种量为每株0.5 mL。石灰粉:pH为8.7,主要用来调节试验地酸性土壤pH,同时用于一定程度上防止病虫害。

**作者简介** 辛美燕(1993—),女,云南大理人,硕士研究生,研究方向:土壤团聚体、土壤微生物。\*通信作者,副教授,博士,从事土壤团聚体、土壤微生物方面的研究。

**收稿日期** 2019-03-21; **修回日期** 2019-08-27

**1.3 试验设计** 此试验开始于 2018 年 5 月,在 5—10 月进行,试验地的处理模式采用随机区组设计的方式。此试验总共设置了 3 个综合模式处理:①牛粪+全量化肥;②玉米秸秆还田+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖+80%化肥;③绿肥还田+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖+80%化肥。每个处理 3 个重复,总共 9 个小区,每个小区面积是 50 m<sup>2</sup>,在这 9 个小区外面种植保护行,对小区的玉米进行生物保护。

施用化肥情况为:尿素约为 458 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 208 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 为 187 kg/hm<sup>2</sup>。尿素则是分期施下,而普钙和硫酸钾播种当天作为底肥全部一次性施下。尿素分别是在 3~4 叶期、10~12 叶期以及抽雄期分 3 次施用,3 次所施用的纯氮养分比例为 3:3:4。腐熟牛粪和有机肥作底肥施用,用量均为 1 800 kg/hm<sup>2</sup>。在玉米出苗之后的 7 d 进行第一次微生物菌剂的施加,施加方法是将培养好的菌液与特定比例的水进行混合后浇灌,石灰粉用量为 1 500 kg/hm<sup>2</sup>。

在玉米播种前进行土地平整,播种玉米行株距 30 cm×30 cm。每个小区种植 110 株玉米,播种密度是按照 55 500 株/hm<sup>2</sup> 来计算。首先将化肥和有机肥共同施入塘内,每塘内播种完好的玉米种子 2 粒,然后进行浇水,最后再进行地膜覆盖。播种时间是 2018 年 5 月 1 日。

**1.4 测定方法** 于玉米成熟期,采集作物根际土壤样品,土壤样品分为两部分,一部分放置于 4 ℃ 冰箱内用于测定土壤酶活性,另一部分置于阴凉处自然风干,用于测定土壤团聚体。用环刀法测定土壤容重。脲酶采用苯酚钠-次氯酸钠比色法,过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法。玉米株高用卷尺测量、玉米茎围用皮尺测量(测量位置在玉米果实根部往下 4 cm 距离);根际土壤含水量测量采用 TZS710 型号土壤含水量快速测定仪测量。

**1.5 数据处理** 采用 EXCEL 2003、SPSS 17.0 等软件对数据进行处理,采用 Duncan 法进行差异显著性检验(α=0.05)。

2 结果与分析

**2.1 不同处理模式对玉米生物学性状的影响** 从表 1 可以看出,3 种处理模式下株高均显示出明显的差异性;对于茎围,处理①和处理②模式之间无显著差异,相比前 2 个处理,处理③的茎围显示出明显的差异性;对于含水量,3 种模式下均呈现出显著差异水平,处理③最高、处理②次之、处理①最低。

表 1 不同模式对玉米生物学性状的影响

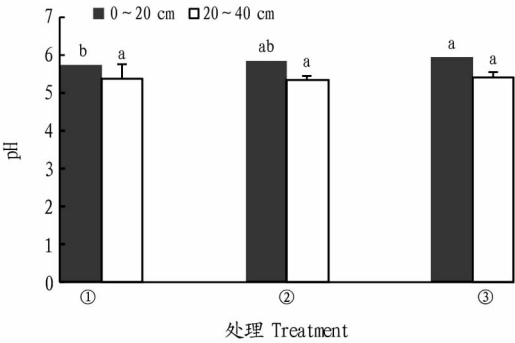
| 处理<br>Treatment | 株高<br>Plant height<br>m | 茎围<br>Stem girth<br>cm | 含水量<br>Water content<br>% |
|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| ①               | 1.84±0.18 c             | 7.38±0.70 b            | 23.62±1.00 c              |
| ②               | 2.01±0.20 b             | 7.57±0.54 b            | 25.55±1.43 b              |
| ③               | 2.34±0.08 a             | 10.21±0.65 a           | 28.62±2.06 a              |

注:同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)  
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences (P<0.05)

2.2 不同处理模式对土壤 pH、有机质、CEC 和团聚体的影响

**2.2.1 不同处理模式对土壤 pH 的影响。**从图 1 可看出,试

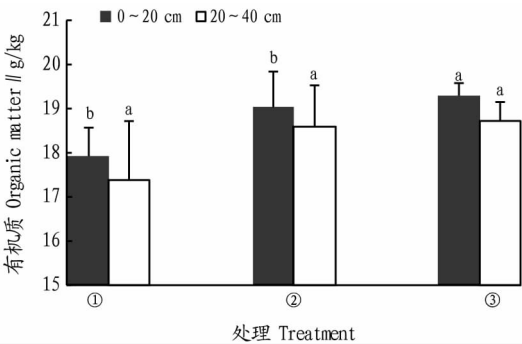
验田不同处理 0~20 cm 土层土壤 pH 介于 5.73~5.93, 20~40 cm 土层土壤 pH 介于 5.36~5.42,不同处理之间均无显著差异。处理②和处理③处理与处理①相比土壤 pH 出现明显升高趋势,处理③相比处理②的 pH 略高。



注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)  
Note: Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05)

图 1 不同处理模式对土壤 pH 的影响  
Fig. 1 Effect of different treatment modes on soil pH

**2.2.2 不同处理模式对土壤有机质的影响。**从图 2 可以看出,在试验田上,与当地农民传统处理模式(处理①)相比,处理②和处理③对不同土层土壤有机质含量均出现升高趋势,但处理②未达到显著性差异。在 0~20 cm 土层,与处理①相比,处理③显著促进了土壤有机质的累积,处理③较处理②有机质含量显著升高;而 20~40 cm 土层 3 种处理模式下有机质含量无显著差异,处理③有机质含量略高。

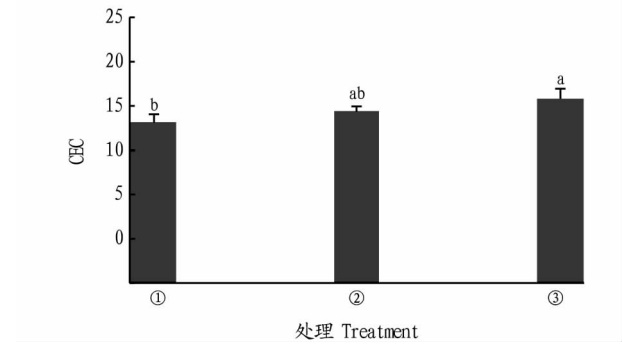


注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)  
Note: Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05)

图 2 不同处理模式对土壤有机质的影响  
Fig. 2 Effect of different treatment modes on soil organic matter

**2.2.3 不同处理模式对土壤 CEC 的影响。**CEC 是指土壤胶体所能吸附各种阳离子的总量,阳离子交换量的大小可作为评价土壤保肥能力的指标。阳离子交换量是土壤缓冲性能的主要来源,是改良土壤和合理施肥的重要依据。从图 3 可以看出,与处理①相比,处理②和处理③的阳离子交换量显著增加。其中处理③的 CEC 变化率最大,处理②的阳离子交换量增加效果略低于处理③。试验说明施用生物有机肥能增加土壤阳离子交换量,有利于土壤肥力提升。

**2.2.4 不同处理模式对土壤团聚体的影响。**从表 2 可看



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences ( $P<0.05$ )

图 3 不同处理模式对土壤 CEC 的影响

Fig. 3 Effect of different treatment modes on soil CEC

出,与对照(处理①)相比,处理②和处理③的土壤团聚体分形维数均降低,说明处理②和处理③的合理施用均可以改善

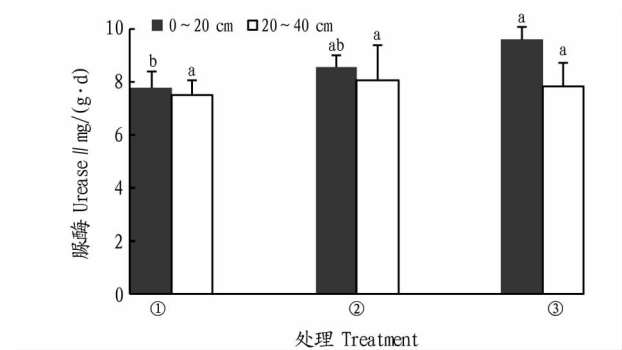
表 2 不同综合模式对土壤团聚体分布特征的影响

Table 2 Effect of different comprehensive models on the distribution characteristics of soil aggregates

| 处理<br>Treatment | 不同粒径土壤团聚体百分比 Percentage of soil aggregates with different particle sizes/% |         |         |         |         |          |             |          | 分形维数<br>Fractal dimension |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|----------|---------------------------|
|                 | 7~10 mm                                                                    | 5~7 mm  | 3~5 mm  | 2~3 mm  | 1~2 mm  | 0.5~1 mm | 0.25~0.5 mm | <0.25 mm |                           |
| ①               | 9.79 a                                                                     | 11.29 a | 15.28 a | 16.42 b | 19.08 a | 13.74 a  | 9.27 a      | 5.05 a   | 2.60 a                    |
| ②               | 9.93 a                                                                     | 13.43 a | 15.33 a | 17.10 b | 19.33 a | 11.52 b  | 8.22 a      | 4.38 a   | 2.56 ab                   |
| ③               | 11.20 a                                                                    | 13.44 a | 15.84 a | 18.50 a | 19.53 a | 9.18 c   | 5.70 b      | 3.70 a   | 2.53 b                    |

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ( $P<0.05$ )



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences ( $P<0.05$ )

图 4 不同处理模式对土壤脲酶的影响

Fig. 4 Effect of different treatment modes on soil urease

2.3.2 不同处理模式对土壤过氧化氢酶活性的影响。过氧化氢酶可促进土壤中多种化合物的氧化,防止过氧化氢积累对生物体造成毒害。从图 5 可看出,与当地农民传统处理模式相比,处理②和处理③的脲酶活性在 0~20 和 20~40 cm 土层都显著提高,都对土壤脲酶活性有增强作用,其中处理③的效果要优于处理②。

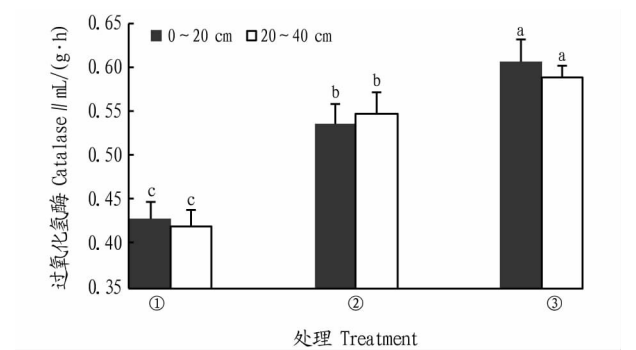
3 结论与讨论

结合乌蒙山区耕地实际情况,针对土地整治后期土壤培肥问题,通过试验探究与现有技术的集成,提出“秸秆还田+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖”和“绿肥还田+生物有机肥

土壤团聚结构,即“秸秆还田+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖”和“种植绿肥+生物有机肥+石灰粉+地膜覆盖”2 种模式对于团聚体分形特征都有影响;处理②和处理③相比无显著差异。从不同粒径团聚体的分布特征来看,处理②和处理③主要促进了 1~2 mm 粒径团聚体的形成,3 种模式之间此粒级虽未达到显著差异,但可看出处理②和处理③与处理①对比有增加趋势。

2.3 不同处理模式对土壤酶活性的影响

2.3.1 不同处理模式对土壤脲酶活性的影响。脲酶与土壤供氮能力密切关系,能够表征土壤氮素的供应能力。土壤中脲酶活性的提高有利于土壤中稳定性较高的有机氮向有效氮的转化,从而改善土壤氮素的供应状况。从图 4 可看出,与当地农民传统处理模式相比,处理②和处理③的脲酶活性在 0~20 和 20~40 cm 土层均有所提高,都对土壤脲酶活性有增强作用,其中处理③的效果要略优于处理②。



注:不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences ( $P<0.05$ )

图 5 不同处理模式对土壤过氧化氢酶的影响

Fig. 5 Effect of different treatment modes on soil catalase

+石灰粉+地膜覆盖”2 种综合技术模式,在试验过程中与当地常规农家处理模式进行对比分析,通过对玉米株高、茎围等生物学性状及其根际土壤含水量、脲酶、过氧化氢酶、pH、有机质、CEC 等指标进行测量分析对比,比较出 3 种模式处理的优劣性。

试验结果表明,不同有机肥配合石灰粉、地膜覆盖措施及其不同的还田措施可以使土壤的团聚结构和稳定性显著增强,有机质含量和 CEC 显著提高,脲酶活性、过氧化氢酶活性显著增强,改善土壤供肥性能,从而使玉米产量显著提

(下转第 181 页)

表 8 灵芝番茄胶囊对小鼠 NK 细胞活性的影响( $\bar{x}\pm S$ )

Table 8 Effect of Lingzhifanqie capsule on the activity of mouse NK cells( $\bar{x}\pm S$ )

| 组别<br>Group                  | 剂量<br>Dosage//g/kg | 动物数<br>Number of<br>animals//只 | 细胞活性<br>Cell activity<br>% | 阴性对照 P 值<br>Negative<br>control P value |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| 阴性对照组 Negative control group | 0. 00              | 10                             | 24. 31±4. 11               | —                                       |
| 低剂量组 Low dose group          | 0. 27              | 10                             | 27. 51±4. 15               | 0. 251                                  |
| 中剂量组 Medium dose group       | 0. 53              | 10                             | 27. 37±4. 14               | 0. 294                                  |
| 高剂量组 High dose group         | 0. 80              | 10                             | 25. 86±4. 21               | 0. 793                                  |

灵芝提取物、番茄提取物、牛磺酸、维生素 E 可以经混合后直接填充胶囊,最佳混合时间为 30 min,选用 0#胶囊作为胶囊规格,物料混合及生产过程中湿度应小于 65%,制剂过程应控制在 8 h 以内。

从灵芝番茄胶囊的功能性试验结果可以看出,高剂量组能显著增强小鼠 Con A 诱导的脾淋巴细胞增殖能力和小鼠对 DNFB 诱发的 DTH 反应;中剂量组能显著提高小鼠抗体生成细胞的数量;中剂量组能显著升高小鼠血清溶血素含量;低、高剂量组能显著提高小鼠碳廓清吞噬指数;低剂量组能显著提高小鼠吞噬百分率和小鼠吞噬指数;各剂量组均不能显著性增强小鼠 NK 细胞活性。综上所述,该胶囊具有增强免疫力的保健功能。以中医理论为基础,结合现代药理研究,制备的灵芝番茄胶囊具有制备工艺简单、增强免疫力保健功能确切的优点,具有广泛的应用前景。

参考文献

[1] 程丽佳,谢欣蓉,杨明,等. 灵芝提取物对提高小鼠机体免疫力作用研

究[J]. 成都大学学报(自然科学版),2017,36(4):361-363.

[2] 赵明明,余强,王辉,等. 黑灵芝多糖对免疫抑制小鼠肠道黏膜形态及肠道黏膜免疫的影响[J]. 食品科学,2019,40(1):137-142.

[3] 李倩,张静,张大龙,等. 番茄红素对乙醇氧化损伤模型小鼠抗氧化功能的影响[J]. 毒理学杂志,2018,32(6):461-463.

[4] 陈焱,卢连华,吕志敏,等. 番茄红素增强免疫力和抗氧化作用的研究[J]. 预防医学论坛,2018,24(5):393-396.

[5] 徐玲,王庆争,杜孝贵,等. 牛磺酸消炎抗氧化机理及其在幼龄动物中的应用[J]. 动物营养学报,2015,27(12):3683-3688.

[6] 刘海艳,吴军,孙洋,等. 牛磺酸联合瑞芬太尼抑制大鼠神经病理性疼痛的研究[J]. 现代中西医结合杂志,2017,26(32):3535-3537,3554.

[7] 郝中禹,杨加明,肖克权,等. 牛磺酸的生理功能及其在猪生产中的应用[J]. 动物营养学报,2018,30(6):2050-2056.

[8] 牛华星,李淑花,张传津. 盐酸左旋咪唑-维生素 E 可溶性粉对鸡免疫功能增强作用研究[J]. 山东畜牧兽医,2009,30(8):3-5.

[9] 于波. 维生素 E 对机体免疫功能的影响[J]. 赤峰学院学报(自然科学版),2015,31(2):195-196.

[10] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999.

[11] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京:中国医药科技出版社,2015.

(上接第 151 页)

高。毛凯伦等<sup>[9]</sup>研究蚯蚓粪和腐殖酸混施对植烟土壤养分与酶活性有显著性提高。Sharma 等<sup>[10]</sup>施加蚯蚓粪后土壤中的微生物数量增加,酶活性增强,土壤团聚体稳定性增强。刘艳霞等<sup>[11]</sup>研究发现施用有机肥后脲酶活性、过氧化氢酶活性、多酚氧化酶活性均显著提高。高飞等<sup>[12]</sup>研究发现有机肥不同施用量对土壤团聚体有改善土壤团聚结构、增强土壤团聚体稳定性的作用,对土壤结构的改善效果可能会受到作物根系的影响,蚯蚓粪配施菌剂的效果可能会受到土壤原微生物群落结构的影响。

许多学者针对生物有机肥的培肥效果进行了各种形式的研究,但对不同种类有机肥与菌剂的组合效果研究较少。该研究显示,有机肥与菌剂配施再加以石灰粉、地膜覆盖、秸秆还田等措施会产生不同的效果。这类综合措施在云南境内的乌蒙山区具有很大的应用前景,对于乌蒙山区耕地质量的提升及其玉米产量的提高很有帮助,对乌蒙山区域的粮食安全保障具有很大的推广价值。

参考文献

[1] 张瑞福,颜春荣,张楠,等. 微生物肥料研究及其在耕地质量提升中的应用前景[J]. 中国农业科技导报,2013,15(5):8-16.

[2] 张蚌蚌,孔祥斌,郇文聚,等. 我国耕地质量与监控研究综述[J]. 中国农业大学学报,2015,20(2):216-222.

[3] 徐明岗,卢昌艾,张文菊,等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(7):8-14.

[4] 马建辉. 耕地质量等别监测成果应用方法研究[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(10):55-60.

[5] 王立刚,李维炯,邱建军,等. 生物有机肥对作物生长、土壤肥力及产量的效应研究[J]. 土壤肥料,2004(5):12-16.

[6] 李维维,祁国平,牛永健,等. 生物有机肥对土壤微生物活性的影响管窥[J]. 资源节约与环保,2016(6):268,271.

[7] 周陈,李许滨,徐德彬,等. 生物有机肥对土壤微生物及冬小麦产量效应研究[J]. 耕作与栽培,2008(1):12-14.

[8] 周陈,李许滨,徐德彬,等. 土壤肥力及冬小麦产量与生物有机肥的效应研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(3):1130-1132.

[9] 毛凯伦,李司童,李晓娜,等. 蚯蚓粪与腐殖酸混施对植烟土壤质量及烟叶品质的影响[J]. 土壤通报,2018,49(4):911-918.

[10] SHARMA S,PRADHAN K,SATYA S,et al. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses:A review[J]. Journal of American science,2005,1(1):4-16.

[11] 刘艳霞,李想,蔡刘体,等. 生物有机肥对烟株和土壤酶活性以及烟草超微结构的影响[J]. 中国烟草学报,2013,19(6):78-85.

[12] 高飞,贾志宽,韩清芳,等. 有机肥不同施用量对宁南土壤团聚体粒级分布和稳定性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(3):100-106.