

菌渣有机肥替代部分化肥对土壤肥力及玉米产量的影响

李奇, 陈礼鹏*, 郭正厅 (毕节市农田建设服务中心, 贵州毕节 551700)

摘要 用等养分含量的菌渣有机肥代替复合肥对玉米进行施用, 研究土壤养分和玉米产量变化, 明确最佳替代率。结果表明, 增施有机肥能防止土壤酸化、提高土壤有机质含量、缓解磷的富集, 从而改善土壤性状, 有效促进作物生长发育和增产, 菌渣有机肥代替复合肥的比例在 45%~60% 时获得最高产量为 9 124.95 kg/hm², 为菌渣有机肥的适宜替代比例。

关键词 有机质; 土壤性状; 有机肥; 菌渣; 化肥替代

中图分类号 S 513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)01-0168-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.01.045

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Effects of Bacterial Residue Organic Fertilizer Replacing Part of Chemical Fertilizer on Soil Fertility and Maize Yield

LI Qi, CHEN Li-peng, GUO Zheng-ting (Bijie Municipal Service Centre for Farmland Construction, Bijie, Guizhou 551700)

Abstract Using the same nutrient content of bacterial residue organic fertilizer instead of compound fertilizer to apply to corn, the changes of soil nutrients and maize yield were studied in order to clarify the best replacement rate. The test results showed that increasing the application of organic fertilizer could prevent soil acidification, increase soil organic matter content, and alleviate phosphorus accumulation, thereby improving soil properties, effectively promoting crop growth and production. The highest yield was 9 124.95 kg/hm² when the ratio of bacterial residue organic fertilizer instead of compound fertilizer was 45%-60%, which was suitable replacement ratio for bacterial residue organic fertilizer.

Key words Organic matter; Soil properties; Organic fertilizer; Bacterial residue; Replacement of chemical fertilizer

玉米是我国主要的粮、经、饲兼用作物, 需肥量较大, 过去十几年, 玉米对我国化肥增量的贡献达 31.8%^[1-3], 因此, 在玉米生产中减少化肥用量将更有利于“化肥零增长”的实现。有机肥和化肥配施能够增加土壤肥力, 协调土壤养分供应和作物吸收, 提高养分利用率和作物产量, 并可减少化肥用量, 对化肥减施、环境保护及农业可持续发展具有重要意义^[4-5]。近年来, 为了加快有机肥替代技术在农业中的应用, 关于不同作物有机肥替代部分化肥的相关研究日益增加, 有机肥替代化肥施用技术在玉米上的应用日益广泛和成熟^[6-10]。贵州毕节灵丰复合肥公司生产的新型菌渣有机肥, 是使用作物秸秆生产草腐食用菌, 再以食用菌生产后的废弃菌渣为主要原料, 添加适量牛粪、酒糟、石灰、发酵菌剂, 堆制、发酵而成的优质草腐菌渣有机肥^[11]。大力推广本品新型菌渣有机肥, 有利于提高农业废弃物综合利用效率, 缓解林木资源枯竭的窘态, 实现资源集约和环境友好的可持续农业发展^[12-15]。因此, 笔者通过田间小区试验, 研究等养分条件下不同菌渣有机肥替代率对土壤肥力及玉米生长、产量的影响, 探索最佳的有机肥替代率, 以期为毕节及类似生态区推广新型菌渣有机肥, 合理利用养分资源、减少化肥投入提供可行性依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试玉米品种为盛农 3 号; 菌渣有机肥由贵州毕节灵丰复合肥公司生产; 玉米专用复合肥(15-15-15)由金正大公司生产。

1.2 试验方法 试验安排在大方县东关乡龙泉村丁希祥的

承包地里实施, 土壤为黄壤, 肥力中下等, 地块面积 0.093 hm², 海拔高度 1 452 m。土壤 pH 5.49, 有机质 33.45 g/kg, 全氮 1.89 g/kg, 碱解氮 179.85 mg/kg, 有效磷 10.12 mg/kg, 速效钾 90 mg/kg。采用随机区组设计, 共设 5 个处理, 3 次重复。总养分含量 408 kg/hm², 用等养分含量的 N-P-K>5% 菌渣有机肥代替 15%、30%、45% 和 60% 的化肥用量, 各处理肥料施用量见表 1。四周设置保护区。在整好小区后根据 1 hm² 用肥量计算小区施肥量并称取肥料, 放到对应小区, 检查无误后再作为底肥一次性穴施, 保证种肥隔离。玉米采用直播(或移栽)方式, 宽窄行种植, 宽行 100 cm, 窄行 60 cm, 每小区种植 4 行, 窝距 25 cm, 单株种植, 密度为 49 995 株/hm²。移栽后及时查苗补缺, 管理措施按常规进行管理, 在执行各项管理措施时除试验设计所规定的处理差异外, 其他管理措施应力求质量一致。详细记载整个试验过程中的农事操作的日期、数量、方法以及玉米生育动态等。

1.3 测定指标与方法 土壤: 测定指标为有机质、pH、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾, 在试验开始前采集基础土样进行测定, 在玉米收获后对各处理相应的指标进行测定。生育期记载: 播种期、出苗期、大喇叭口期、抽雄期、吐丝期、成熟期、收获期。以小区内 75% 的植株达到该生育期为记载标准。农艺性状: 收获前测定株高、穗位高、倒伏(折)率等农艺性状。产量及产量构成性状: 小区实收计产, 测定各处理的产量。并按照平均穗重法选取 10 个玉米果穗测定产量性状, 包括穗长、穗粗、秃尖、穗行数和行粒数。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 及养分变化 与试验开始时相比, 玉米收获时, 各处理土壤 pH 均有所提高, 呈随着菌渣有机肥替代复合肥比例的提高而先提升后降低, 说明增施适宜比例菌渣有机肥对酸性土有一定的改良作用。除施用复合肥处理外, 不同替代比例的菌渣有机肥施用处理土壤有机质含量均高于试

基金项目 贵州省科技支撑计划项目“草腐菌菌渣绿色生态循环利用关键技术与示范”(黔科合支撑[2017]2512)。

作者简介 李奇(1984—), 男, 贵州遵义人, 高级农艺师, 硕士, 从事耕地质量保护与提升研究。*通信作者, 工程师, 硕士, 从事耕地质量保护与提升研究。

收稿日期 2021-05-05

验开始前,且随着有机肥替代化肥比例的增加总体呈递增趋势。不同处理土壤全氮含量均高于试验开始前,碱解氮含量均低于试验开始前;不同处理有效磷含量有的高于试验开始

前,也有的低于试验开始前,但呈随着有机肥施用比例的提高,有效磷含量呈逐步降低的趋势;各处理速效钾含量均低于试验开始前,但变化规律性不强(表2)。

表 1 草腐菌菌渣有机肥替代化肥各处理施肥量

Table 1 Fertilizer amount of each treatment under grass rot fungus residue organic fertilizer instead of chemical fertilizer

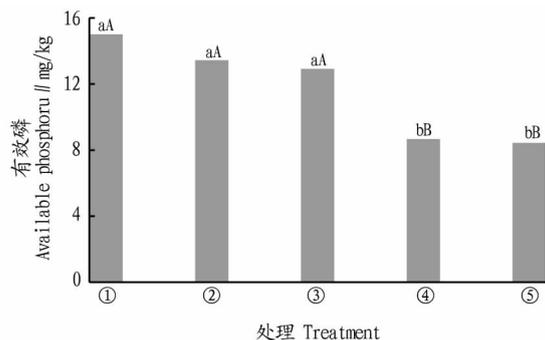
处理 Treatment	替代比例 Substitution ratio//%	复合肥施用量 Application amount of compound fertilizer//kg/hm ²		菌渣有机肥施用量 Application amount of bacterial residue organic fertilizer//kg/hm ²		总养分量 Total nutrient content kg/hm ²
		实物量 Actual quantity	折合养分 Equivalent nutrients	实物量 Actual quantity	折合养分 Equivalent nutrients	
②	15	1 020	346.5	1 230	61.5	408
③	30	840	285.0	2 445	123.0	408
④	45	660	225.0	3 675	183.0	408
⑤	60	480	163.5	4 890	244.5	408

表 2 玉米收获时土壤 pH 及养分较试验开始时的增减变化

Table 2 Increase and decrease of soil pH and nutrients during corn harvest compared with the beginning of the experiment

处理 Treatment	肥料 Fertilizer	pH	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen//mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
①	0%有机肥+100%复合肥	0.003	-0.356	0.133	-62.18	4.89	-0.33
②	15%有机肥+85%复合肥	0.143	0.018	0.003	-52.47	3.32	-1.00
③	30%有机肥+70%复合肥	0.300	1.000	0.056	-53.10	2.80	-4.67
④	45%有机肥+55%复合肥	0.427	0.362	0.162	-50.23	-1.45	-2.67
⑤	60%有机肥+40%复合肥	0.350	1.297	0.161	-49.27	-1.68	-3.00

差异显著性检验表明,不同施肥处理间仅有效磷含量达极显著水平,pH、有机质、全氮、碱解氮、速效钾 5 个指标差异均不显著,对差异达极显著水平的有效磷含量进行处理间的多重比较,其结果见图 1。由图 1 可知,施用复合肥处理有效磷含量最高,与 15%有机肥替代和 30%有机肥替代处理间差异不显著,但与 45%有机肥替代和 60%有机肥替代处理间差异极显著。15%有机肥替代与 30%有机肥替代处理间差异不显著,但两者与 45%有机肥替代和 60%有机肥替代处理间差异均达显著水平。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示不同处理间差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated significant difference at 0.01 level

图 1 不同施肥处理土壤有效磷含量

Fig. 1 Soil available phosphorus content under different fertilization treatments

2.2 株高和穗位高 施用复合肥处理株高最低,为 270.0 cm,随着有机肥替代比例的提高,株高逐步提高,到处

理④,即 45%有机肥替代复合肥时达到最高,为 283.7 cm,之后随着有机肥替代比例提高,株高有所降低,60%有机肥替代复合肥处理的株高略低于 45%有机肥替代复合肥处理(表 3)。穗位高的变化规律与株高大体相似,但 60%有机肥替代复合肥处理的株高小于 45%和 30%有机肥替代复合肥处理。说明与单独施用复合肥相比,一定比例的菌渣有机肥替代可能有助于玉米生产发育,当有机肥替代比例达到一定程度时,可能由于营养不足而又影响玉米生产发育。差异显著性检验结果表明,各处理株高和穗位高的差异均未达显著水平。

表 3 不同施肥处理玉米株高和穗位高

Table 3 Plant height and ear height of maize under different fertilization treatments

处理 Treatment	肥料 Fertilizer	株高 Plant height cm	穗位高 Spike height cm
①	0%有机肥+100%复合肥	270.0	112.3
②	15%有机肥+85%复合肥	277.3	116.7
③	30%有机肥+70%复合肥	281.1	118.3
④	45%有机肥+55%复合肥	283.7	119.0
⑤	60%有机肥+40%复合肥	282.9	117.3

2.3 产量及产量性状 不同菌渣有机肥替代化肥处理玉米产量及产量构成性状结果见表 4。由表 4 可知,施用 45%有机肥+55%复合肥处理穗长 19.95 cm,为各处理最高,单施复合肥处理穗长 17.25 cm,为各处理最低。施用 45%有机肥+55%复合肥处理穗粗 5.05 cm,为各处理最高,单施复合肥处理穗粗 4.74 cm,为各处理最低。施用 45%有机肥+55%复合肥处理穗行数 14.43 行,为各处理最高,单施复合肥处理穗行数 14.30 行,为各处理最低。施用 45%有机肥+55%复合

肥处理行粒数 33.83 粒,为各处理最高,单施复合肥处理行粒数 29.33 粒,为各处理最低。施用 60%有机肥+40%复合肥处理百粒重 33.61 g,为各处理最高,单施复合肥处理百粒

重 31.35 g,为各处理最低。施用 45%有机肥+55%复合肥处理产量 9 124.95 kg/hm²,为各处理最高,单施复合肥处理产量 8 431.80 kg/hm²,为各处理最低。

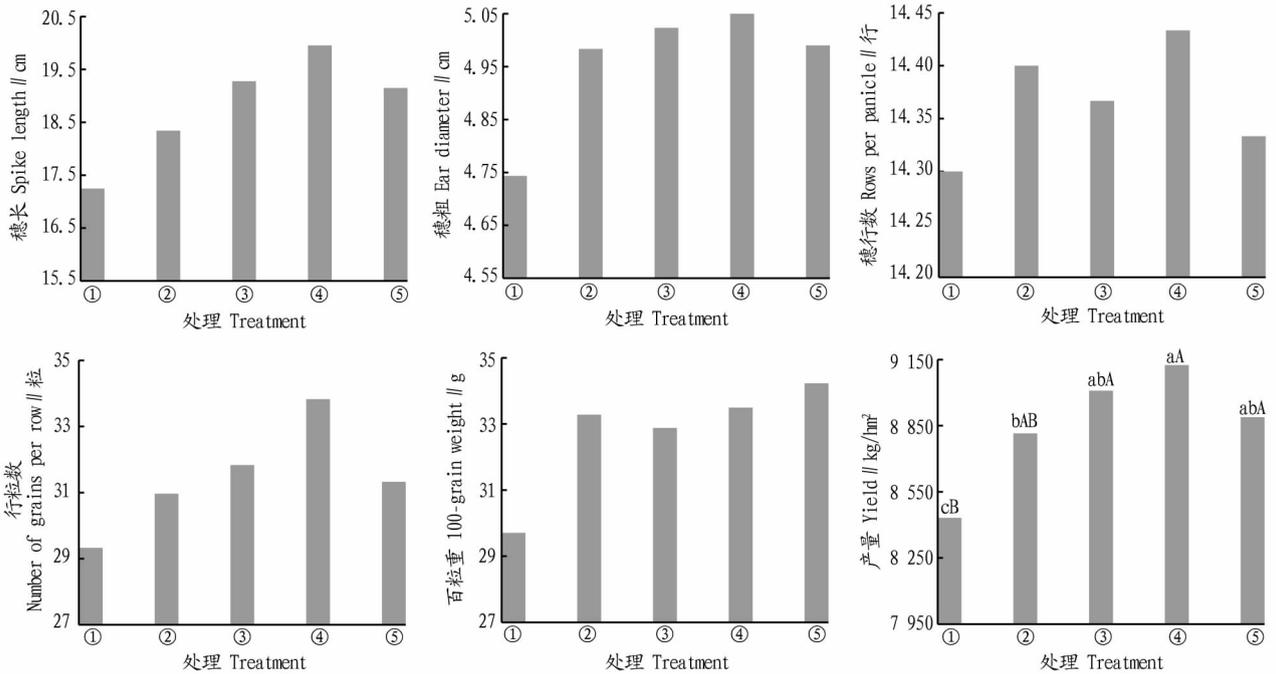
表 4 不同施肥处理玉米产量及产量构成性状

Table 4 Maize yield and yield components under different fertilization treatments

处理 Treatment	肥料 Fertilizer	穗长 Spike length cm	穗粗 Ear diameter cm	穗行数 Rows per panicle//行	行粒数 Number of grains per row//粒	百粒重 100-grain weight//g	产量 Yield kg/hm ²
①	0%有机肥+100%复合肥	17.25	4.74	14.30	29.33	31.35	8 431.80
②	15%有机肥+85%复合肥	18.34	4.98	14.40	30.97	33.14	8 814.90
③	30%有机肥+70%复合肥	19.28	5.02	14.37	31.83	32.94	9 009.15
④	45%有机肥+55%复合肥	19.95	5.05	14.43	33.83	33.25	9 124.95
⑤	60%有机肥+40%复合肥	19.15	4.99	14.33	31.32	33.61	8 888.70

总体来看,除百粒重外,穗长、穗粗、穗行数、行粒数以及产量均随着菌渣有机肥替代比例的提高而呈先增后降的趋势,在处理④,即施用 45%有机肥+55%复合肥时达到最高,

然后开始下降(图 2),说明一定比例的菌渣有机肥替代可能有助于玉米产量的形成,但超过一定比例可能会造成产量下降。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示不同处理间差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated significant difference at 0.01 level

图 2 各处理产量及产量构成性状

Fig. 2 Yield and yield components of each treatment

差异显著性检验表明,不同施肥处理间穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重 5 个指标差异不显著,产量差异达极显著水平。对差异达极显著水平的产量进行处理间的多重比较,结果表明,施用一定比例菌渣有机肥的处理产量均高于单施复合肥处理,以 45%有机肥+55%复合肥处理产量最高,其次分别是 30%有机肥+70%复合肥处理、60%有机肥+40%复合肥处理,3 个处理与单施复合肥处理间的差异都达极显著水平;施用一定比例的有机肥处理除 45%有机肥+55%复合肥和 15%有机肥+85%复合肥间差异显著外,其余两两之间差异均不显著。

3 结论与讨论

土壤 pH、有机质含量 2 个指标随着菌渣有机肥施用比例的提高呈递增趋势,相比之下,有效磷含量则呈递减趋势,尽管土壤 pH、有机质含量 2 个指标在各处理间差异不显著,仅有效磷含量差异显著,但 3 个指标均表现较强的规律性,说明增施有机肥可防止土壤酸化、提高有机质含量、缓解磷的富集,从而改善土壤性状。玉米株高、穗位高、产量及产量构成性状均随着有机肥比例的提高呈先增加后下降的趋势,说明一定水平的总养分条件下,有机肥料和复合肥比例适

(下转第 254 页)

善,其与其他规划之间的协调关系将有待于进一步的研究。

(4) 国土空间规划涉及到的生态文明问题。关键词生态文明、生态保护红线、生态空间、生态修复等处于第四象限,在一定程度上说明这一主题在国土空间规划研究中处于边缘地位。这表明我国国土空间规划处于摸索阶段,学者们更多地从宏观角度关注到了体系的构建问题,仅有少部分学者关注到了规划背景下的生态文明建设问题^[20-22]。但是,生态文明是我国新时代的重要发展目标之一,国土空间规划在生态文明改革总体方案中作为一项重要的建设内容已经予以明确^[23],如何实现符合生态文明建设要求的国土空间规划应该得到学者们的广泛重视。

3 结论

该研究以 CNKI 数据库的文献作为研究对象,利用共词分析方法,对国土空间规划领域的研究进展进行了分析,得到以下几点结论:

(1) 我国国土空间规划领域相关研究处于快速发展阶段。自 2019 年以来,学者们对国土空间规划的关注程度急剧提升,开始广泛开展研究,虽然相关研究文献的数量较少,但质量较高,主要研究机构为高等院校,但是目前还未形成核心研究团队。

(2) 国土空间规划、空间规划体系、多规合一、适宜性评价、主体功能区等关键词在国土空间规划领域文献中出现频率较高,但其余关键词出现频次较低,且差异较大,研究的整体性有待进一步提升。

(3) 运用多维尺度分析,完成知识图谱绘制,将我国国土空间规划领域的研究主体概括为四大类:国土空间规划体系构建的探索、国土资源“双评价”、国土空间规划与其他规划的协调问题、国土空间规划涉及到的生态文明问题。其中,国土空间规划体系构建的探索研究成为目前研究的核心热点问题,而国土空间规划涉及到的生态文明问题在整体研究中处于边缘地位。

尽管该研究存在一些不足,但仍然为从某个角度了解国土空间规划领域的研究进展提供了思路,对国土空间领域的探索起到了一定的启示作用。

(上接第 170 页)

当,可有效促进作物生长发育和产量的形成,这可能是由于有机无机肥料配施能改善土壤养分供应过程,养分释放稳定,可为作物的生长持续供应养分。在总养分一定的情况下,菌渣有机肥替代复合肥的适宜比例为 45%~60%。

参考文献

- [1] 何浩,张宇彤,危常州,等. 等养分条件下不同有机肥替代率对玉米生长及土壤肥力的影响[J]. 核农学报, 2021, 35(2): 454-461.
- [2] 孟超然,白如霄,侯建伟,等. 有机肥替代部分化肥对干旱区滴灌玉米养分吸收及产量影响[J]. 土壤, 2020, 52(4): 750-757.
- [3] 何浩,危常州,李俊华,等. 商品有机肥替代部分化肥对玉米生长、产量及土壤肥力的影响[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(2): 325-332.
- [4] 杨涵,靳芙蓉,关统伟,等. 有机肥替代部分化肥对温室土壤肥力和真菌群落的短期影响[J]. 西北农业学报, 2021, 30(3): 422-430.
- [5] 江波,薛贞明,王静,等. 有机氮不同替代量对辣椒产量·品质及土壤矿质态氮的影响[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(5): 162-164, 168.
- [6] 李晓亮,余小兰,戚志强,等. 海南有机肥替代氮肥对辣椒生长和品质

参考文献

- [1] 林坚,吴宇翔,吴佳雨,等. 论空间规划体系的构建——兼析空间规划、国土空间用途管制与自然资源监管的关系[J]. 城市规划, 2018, 42(5): 9-17.
- [2] 刘丽. 公共图书馆研究热点领域知识图谱: 共词分析视角[J]. 图书馆理论与实践, 2012(7): 62-65.
- [3] 潘书坤,蔡玉梅. 日韩国土规划新进展及对我国国土规划的启示[J]. 中国国土资源经济, 2007, 20(10): 33-35.
- [4] 贾利军,管静娟,杨娅蓓. 我国就业能力的研究热点及其解析[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2013, 45(5): 24-31, 152.
- [5] 刘秀娟. 基于共词聚类分析的农村土地法律问题热点研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(16): 288-293.
- [6] 唐云锋,解晓燕,徐小溪. 基于共词分析的我国征地拆迁研究热点及其趋势[J]. 上海国土资源, 2016, 37(2): 25-29.
- [7] 董祥继. 从土地利用规划到国土空间规划——科学理性规划的视角[J]. 中国土地科学, 2020, 34(5): 1-7.
- [8] 王宁,曾坚,丁懿溪. 空间治理背景下海绵城市规划体系和实施研究[J]. 城市规划, 2020, 44(11): 30-37.
- [9] 张衍毓,陈美景. 国土空间系统认知与规划改革构想[J]. 中国土地科学, 2016, 30(2): 11-21.
- [10] 杨帆,宗立,沈珏琳,等. 科学理性与决策机制: “双评价”与国土空间规划的思考[J]. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2311-2324.
- [11] 李龙,吴大放,刘艳艳,等. 生态文明视角下喀斯特地区“双评价”研究: 以生态敏感区宁远县为例[J]. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2385-2400.
- [12] 夏皓轩,岳文泽,王田雨,等. 省级“双评价”的理论思考与实践方案: 以浙江省为例[J]. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2325-2338.
- [13] 岳文泽,吴桐,王田雨,等. 面向国土空间规划的“双评价”: 挑战与应对[J]. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2299-2310.
- [14] 严金明,陈昊,夏方舟. “多规合一”与空间规划: 认知、导向与路径[J]. 中国土地科学, 2017, 31(1): 21-27, 87.
- [15] 刘彦随,王介勇. 转型发展期“多规合一”理论认知与技术方法[J]. 地理科学进展, 2016, 35(5): 529-536.
- [16] 黄征学,王丽. 加快构建空间规划体系的基本思路[J]. 宏观经济研究, 2016(11): 3-12, 41.
- [17] 陶岸君,王兴平. 市县空间规划“多规合一”中的国土空间功能分区实践研究: 以江苏省如东县为例[J]. 现代城市研究, 2016, 31(9): 17-25.
- [18] 林坚,乔治洋,吴宇翔. 市县“多规合一”之“一张蓝图”探析: 以山东省桓台县“多规合一”试点为例[J]. 城市发展研究, 2017, 24(6): 47-52.
- [19] 张京祥,张尚武,段德罡,等. 多规合一的实用性村庄规划[J]. 城市规划, 2020, 44(3): 74-83.
- [20] 陈阳,岳文泽,张亮,等. 国土空间规划视角下生态空间管制分区的理论思考[J]. 中国土地科学, 2020, 34(8): 1-9.
- [21] 张雪飞,王传胜,李萌. 国土空间规划中生态空间和生态保护红线的划定[J]. 地理研究, 2019, 38(10): 2430-2446.
- [22] 甘宁,沈彦. 人本需求和生态文化建设视角下的“多规”城乡空间优化调控研究: 以国家级新区湘江新区为例[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(10): 252-255.
- [23] 余云州,王朝宇,陈川. 新时代省级国土空间规划的特性与构建: 基于广东省的实践探索[J]. 城市规划, 2020, 44(11): 23-29, 37.

的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(1): 151-155.

- [7] 陈翔,张乐乐,吴宇,等. 秸秆还田对小麦出苗质量的影响及对策[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(2): 27-29, 50.
- [8] 刘剑钊,袁静超,梁尧,等. 玉米秸秆全量深翻还田地力提升技术模式实证及效益分析[J]. 作物杂志, 2021(2): 135-139.
- [9] 申逸骋,李洋,张伟. 城市餐厨垃圾/农业废弃物综合利用分析研究[J]. 环境科技, 2020, 33(5): 18-23.
- [10] 石琴. 促进农业可持续发展的对策与建议: 以甘州区为例[J]. 甘肃农业, 2020(3): 43-44.
- [11] 李奇,陈礼鹏,郭正厅,等. 菌渣有机肥堆制试验方法研究[J]. 现代农业装备, 2021, 42(1): 65-69.
- [12] 刘国庆. 蔬菜基地农业废弃物综合利用生态循环技术[J]. 农业与技术, 2020, 40(2): 33-34.
- [13] 于新芹. 安阳市农业面源污染防治现状及对策探讨[J]. 中国农业文摘-农业工程, 2021, 33(2): 16-19.
- [14] 张福锁. 加强农业面源污染防治 推进农业绿色发展[N]. 中国环境报, 2021-03-31(003).
- [15] 汪景宽,徐香菇,裴久渤,等. 东北黑土地区耕地质量现状与面临的机遇和挑战[J]. 土壤通报, 2021, 52(3): 695-701.