

增施猪粪有机肥以及不同比例替代化肥对冬小麦生长及土壤养分的影响

杜鑫宇, 张哲栋, 闫之春, 薛林杰, 闫淋淋, 张笑笑, 梁晓飞*

(山东新希望六和集团有限公司, 山东 青岛 266100)

摘要: 猪粪有机肥作为一种有机资源,其养分含量丰富,施用后可培肥地力,提高作物产量,是实现农业资源循环可持续的途经之一。以冬小麦为研究对象,研究等氮量情况下有机肥替代化肥对冬小麦整个生育期农艺形状、品质及土壤养分含量变化的影响。研究结果表明:100% 氮素有机肥 + 100% 氮素化肥混合处理(T2)下的冬小麦产量与品质最高,产量较 CK 增加 177.53%,粗蛋白含量较 T1 增加 8.1%,粗脂肪含量最高较 CK 增加 9.7%,T2 处理下冬小麦湿面筋含量最高为 25.7%;施肥处理后土壤有机质含量主要表现为 T2 > T3 > T4 > T5 > T1 > CK;与单施化肥相比,有机 + 无机结合的方式更有利于增加土壤 N、P、K 元素的累积。

关键词: 有机肥; 冬小麦; 土壤养分; 替代化肥

中图分类号: S216.4; X713 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2023)04-0053-06

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2023040053

Effects of Increasing the Application of Organic Pig Manure and Replacing Chemical Fertilizers at Different Rates on the Growth and Soil Nutrients of Winter Wheat / DU Xinyu, ZHANG Zhedong, YAN Zhichun, XUE Linjie, YAN Linlin, ZHANG Xiaoxiao, LIANG Xiaofei* / (Shandong new hope Liuhe Group Co Ltd, Qingdao 266100, China)

Abstract: As an organic resource, pig manure organic fertilizer is rich in nutrients, and its application can fertilize the ground and improve crop yield, which is one of the ways to realize sustainable agricultural resource cycle. In this paper, the effect of replacing chemical fertilizer with organic fertilizer on the change of agronomic shape, quality and soil nutrient content of winter wheat throughout the fertility period was studied with winter wheat as the research object. The results showed that the yield and quality of winter wheat under 100% nitrogen organic fertilizer + 100% nitrogen chemical fertilizer mixed treatment (T1) were the highest, with yield increasing 177.53% compared to CK, crude protein content increasing 8.1% compared to T2, crude fat content increasing 9.7% compared to CK, and wet gluten content of winter wheat under T1 treatment was the highest at 25.7%. Soil organic matter content after fertilization treatment was mainly T1 > T3 > T4 > T5 > T2 > CK. Compared with chemical fertilizer alone, the combination of organic + inorganic is more beneficial to increase the accumulation of soil N, P and K elements.

Key words: organic fertilizer; winter wheat; soil nutrients; alternative fertilizer

在规模化生猪养殖过程中会排放大量的粪尿,由于生猪对日粮中的氮、磷等养分利用效率不高,使生猪粪尿中含有超过 50% 的营养物质^[1]。生猪粪中的营养物质经过处理后制成的猪粪有机肥,在管理得当的情况下,施于农田是改善土壤健康、提高农业经济效益和实现农业生态系统多样化的可持续选择^[2]。施用有机肥不仅能为作物生长提供养分,还能改善土壤理化性质,提高土壤肥力^[3]。PlazaC^[4]等研究结果表明,施用有机肥有利于提高土壤养分和酶活性。另一方面,增施有机肥可以提高冬小麦

的光合作用能力,增加光合作用产物,促进小麦生长,提高产量^[5]。马凡凡^[6]等研究表明,通过猪粪肥替代化肥后的土壤中有有机质、NPK 等养分显著高于其他处理,并降低土壤氮素径流流失。曾庆庆^[7]等通过不同年限施加猪粪肥结果表明,土壤肥力显著提升,土壤中营养物质含量明显增加,并且随着施用时间不断提高。Qaswar^[8]和 Kang^[9]通过长期田间试验表明,长期施用猪粪有机肥能提高土壤养分含量以及土壤中微生物含量。有研究发现,在水稻和小麦不减产的前提下,有机肥的施用可以替代

收稿日期: 2022-10-26 修回日期: 2022-12-28

作者简介: 杜鑫宇(1995-),男,吉林辽源人,硕士,主要从事资源利用研究等工作, E-mail: 478276181@qq.com

通信作者: 梁晓飞, E-mail: 441610389@qq.com

25% 化肥^[10]。Guo^[11]等研究发现,25% 有机肥 + 75% 化肥处理的产量与 100% NPK 的并无显著差异。早在 2000 年,牟善积^[12]等提出有机肥和化肥配施的重要性,两者配施有利于全面调节土壤养分平衡,解决供需矛盾,实现用地和养地相结合,培肥地力。本研究通过设置不同梯度猪粪有机肥替代化肥以及单施有机肥来探究对冬小麦农艺生长形状、产量、品质以及土壤养分变化的影响,确定猪粪有机肥替代化肥的最佳比例,以期探索适合小麦稳产增产和土壤增肥的最佳有机无机配施比例。

表 1 供试土壤 0~20 cm 理化性质

pH 值	全氮 TN (mg·kg ⁻¹)	碱解氮 AN (mg·kg ⁻¹)	全磷 TP (g·kg ⁻¹)	速效磷 AP (mg·kg ⁻¹)	全钾 TK (g·kg ⁻¹)	速效钾 AK (mg·kg ⁻¹)	有机质 SOM (g·kg ⁻¹)
7.16	0.092	200.00	0.38	44	19.7	79	12.8

1.2 试验设计

试验于 2021 年 10 月下旬开始,试验共设置 7 个施肥处理,每个施肥处理 3 个重复,采用完全随机区组设置,共 21 个小区,各小区 5 m×10 m;各处理在冬小麦播种前将氮、磷、钾肥全部施入,施氮量参考国家标准为 250 kg·hm⁻²;有机肥为集约化猪场发酵产生的猪粪有机肥,其中有机质含量≥60%,全氮含量占 2.42%,有机肥具体用量以全氮含量为标准进行折算,各试验区冬小麦播种量均为 20 kg·667 m⁻²,其他管理措施与当地大田一致。

具体试验处理分别为: 1) CK: 对照,不施肥; 2) T1:100% 化肥氮素; 3) T2:100% 氮素有机肥 + 100% 氮素化肥混合; 4) T3:120% 氮素有机肥 + 80% 氮素化肥混合(有机肥替代化肥氮素 20%); 5) T4:160% 氮素有机肥 + 40% 氮素化肥混合(有机肥替代化肥氮素 60%); 6) T5:200% 氮素有机肥(有机肥替代化肥氮素 100%)。

1.3 测定项目与方法

小麦成熟期时采集各小区中间划定的 2 m×3 m 收获区,分别测定株高、穗粒数、千粒重、穗长、亩均

1 材料与方法

1.1 试验地点及基本情况

试验地点位于安徽省五河县霍庄村。该地区属于暖温带过渡型季风气候,根据气象数据统计,该地区年平均气温为 14.7℃,年降雨量平均为 896.3 mm。该地区实行冬小麦-大豆两茬制,于 10 月下旬大豆收获后旋地整地,之后种植冬小麦。

供试土壤 0~20 cm 土层的基础理化性质见表 1。

成穗数、粗蛋白、湿面筋,产量为每小区实收产量;收割后对每小区进行 0~20 cm 土壤取样,测定土壤 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、碱解氮、速效钾。

1.4 数据分析

采用 Excel 2019 进行数据统计与处理,运用 Origin 2018 软件绘图,运用 IBM SPSS Statistics 21 软件进行单因素显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥比例对冬小麦农艺性状、产量结构的影响

由表 2 可知,各施肥处理之前的小麦株高、穗粒数、有效穗数均显著高于 CK,T2 处理各指标均为最高,且各指标均显著高于 T4、T5 处理。T2 处理实际产量显著高于 T3 处理,但株高、穗粒数、千粒重、有效穗上变化无显著性差异,产量结构上随着有机肥替代量的增加,实际产量逐渐下降,不同施肥处理之间均有显著性差异,实际产量 T2 处理较 T1 增幅 7.07%,较 T3 增幅 9.97%,较 T4 增幅 86.41%,较 T5 增幅 113.07%。

表 2 不同施肥比例冬小麦农艺形状、产量结构变化

处理组	株高/cm	穗粒数/粒	千粒重/g	有效穗数/(万·亩 ⁻¹)	实际产量/(kg·亩 ⁻¹)
CK	52.9±4.87c	29.1±4.95c	33.82±0.72d	17.3±1.44c	144.92±12.12e
T1	74.4±5.12ab	41.7±4.94a	38.17±0.54b	27.2±0.93a	375.63±9.12b
T2	75.2±5.72a	42.3±2.65a	39.58±0.21a	28.3±0.90a	402.20±12.94a
T3	74.1±7.01ab	40.9±3.10a	38.28±0.37b	27.0±0.93a	365.75±5.31c
T4	70.1±2.21ab	33.1±4.96b	35.75±0.44c	21.5±0.83b	215.75±10.64d
T5	69.7±4.36b	32.8±4.92b	33.61±0.15d	20.1±1.23b	188.76±11.64e

2.2 不同施肥比例对冬小麦粗蛋白、粗脂肪、湿面筋含量的影响

蛋白质含量是小麦品质的标志,不同施肥比例对冬小麦粗蛋白含量的影响发现,不同处理冬小麦粗蛋白含量存在显著性差异,由图 1 可知,施肥处理的粗蛋白含量均显著高于 CK, T2 处理粗蛋白含量显著高于其它处理,较 T1 增加 8.1%、较 T3 增加 4.7%、较 T4 增加 10.7%、较 T5 增加 18.6%、较 CK 增加 28.8%; T3 处理的粗蛋白含量较 T1 显著增加 3.47%,说明增施有机肥有利于提高小麦粗蛋白含量,但过量替代化肥施用,则会降低小麦粗蛋白含量。

脂类是作物营养的三大成分之一,是影响小麦品质的重要因素^[13],如图 2 所示,随着有机肥替代量的增加,化肥用量的减少,粗脂肪含量呈逐渐下降的趋势, T1、T2、T3、T4 处理之间的粗脂肪含量无显著性差异,但均显著高于 CK 与 T5 处理, T1、T2 处理粗脂肪含量较 T5 增幅 6.96%, T3 处理较 T5 增幅 7.55%, T4 处理较 T5 增幅 5.06%。

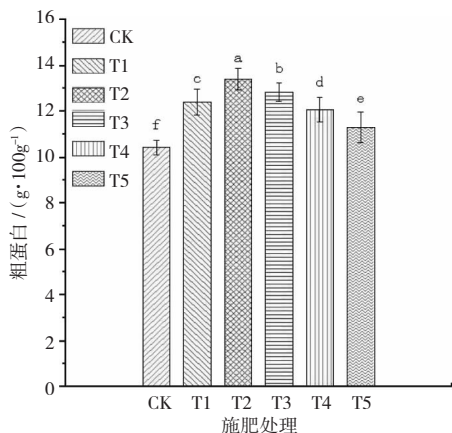


图 1 不同施肥比例冬小麦粗蛋白含量变化

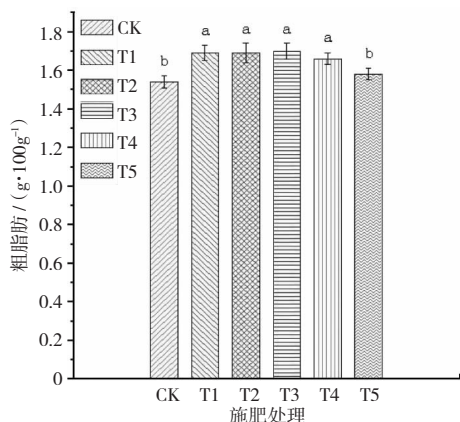


图 2 不同施肥比例冬小麦粗脂肪含量变化

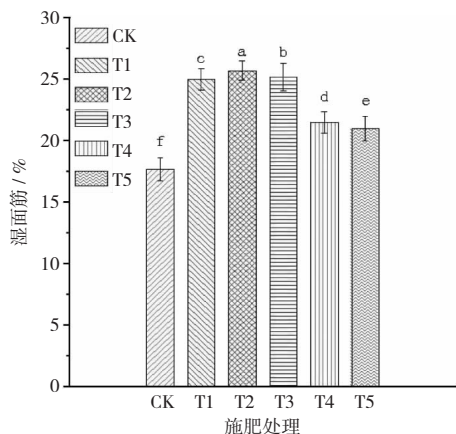


图 3 不同施肥比例冬小麦湿面筋含量变化

面筋含量和质量是评价小麦品质的重要指标,面筋含量的多少直接影响到小麦品质的优劣^[14]。图 3 表明不同施肥处理之间冬小麦湿面筋含量存在差异性变化, T1、T2、T3 处理湿面筋含量显著其他处理, T2 处理湿面筋含量最高, 为 25.7%、其次是 T3 处理, 为 25.2%。T4、T5 处理的湿面筋含量较 T2 处理分别下降 16.3%、18.3%。

根据冬小麦品质指标的变化情况说明,随着有机肥替代化肥施用量的增加冬小麦的品质逐渐降低,但 20% 替代量并不会影响冬小麦的生长质量。

2.3 不同施肥比例对土壤有机质和 N、P、K 的影响

2.3.1 不同施肥比例对土壤有机质含量的影响

土壤有机质含量是衡量土壤肥力高低的重要指标,它能改善土壤中的理化、生物环境^[15],在种植前对冬小麦种植土壤进行化验得到基础有机质含量,由图 4 试验结果表明,土壤有机质含量 T2 > T3 > T4 > T5 > T1 > CK, T2、T3、T4、T5 处理土壤有机质含量较基础土壤分别增加 27.23%、12.98%、17.18%、19.32%。T2 处理较基础土壤、CK 相比变化不显著。土壤表层中有机质含量越高则越有利于内部形

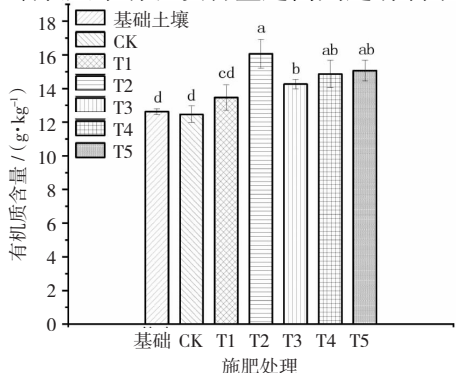


图 4 不同施肥比例冬小麦种植土壤有机质含量变化

成良好的团聚体结构,说明有机肥对于提高土壤肥力有显著作用。

2.3.2 不同施肥比例对土壤全氮、碱解氮含量的影响

增施有机肥后土壤全氮、碱解氮含量有明显变化。如图 5 所示,与基础土壤相比,T1、T2 处理显著提高了土壤全氮的含量。T2 处理增幅最高(27.89%),除 T2 外,各施肥处理间土壤全氮的含量无显著差异,但均显著高于 CK 处理。

由图 6 所示,施肥对土壤碱解氮含量也有显著增加的作用,T1、T2、T3 处理的土壤碱解氮含量均高于其他处理,与基础土壤碱解氮含量相比 T2 增幅最大(6.21%),而 CK 处理出现明显降幅,说明与单施化肥相比,有机 + 无机结合的方式更有利于增加土壤氮素的累积。

2.3.3 不同施肥比例对土壤全磷、速效磷含量的影响

土壤磷素中的全磷和有效磷分别反应土壤磷库的大小和可供当季作物吸收利用的磷素水平^[16],全

磷和有效磷的含量也是评价土壤供磷能的重要指标^[17]。如图 7 所示,施肥处理中,T2 处理的土壤全磷和速效磷含量增幅最高,全磷含量变化中,只有 T2 处理与 CK 处理相比变化显著,但施肥处理间的土壤全磷含量差异不显著,全磷含量比较上:T2 > T3 > T1 > T5 > T4 > CK。

由图 8 可知,速效磷变化上除 T2 处理外,其余

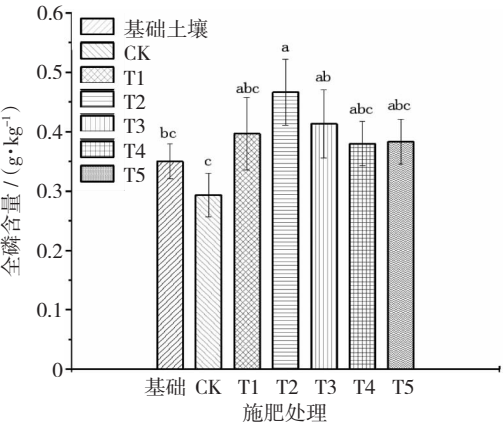


图 7 不同施肥比例冬小麦种植土壤全磷含量变化

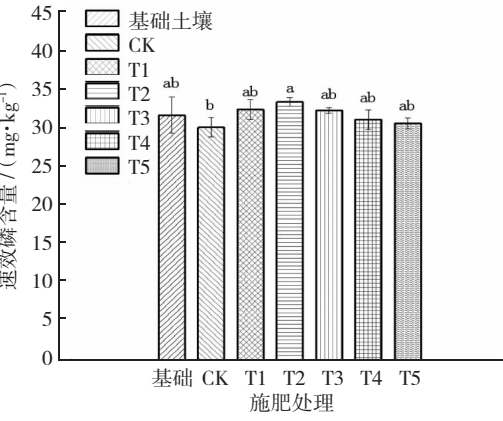


图 8 不同施肥比例冬小麦种植土壤速效磷含量变化

处理间均无显著性差异,速效磷含量高低比较上:T2 > T1 > T3 > T4 > T5 > CK。通过对土壤磷素的变化观察发现,100% 氮素有机肥 + 100% 氮素化肥混合处理的土壤磷素增加最明显。

2.3.4 不同施肥比例对土壤全钾、速效钾含量的影响

钾是植物的必须营养元素之一,钾元素的丰富程度可以做为衡量土壤肥力的重要指标之一。通过观察图 9、图 10 可知,不施肥 CK 处理的全钾、速效钾含量较种植前的养分情况有所下降,降幅分别为 8.32%、9.91%,与常规化肥处理相比(T1),增加有机肥处理(T2)更明显地增加了冬小麦种植土壤的

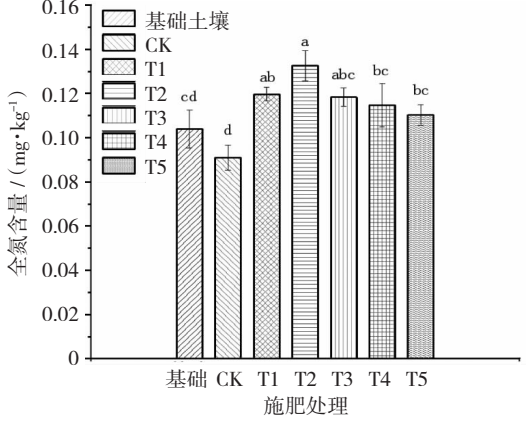


图 5 不同施肥比例冬小麦种植土壤全氮含量变化

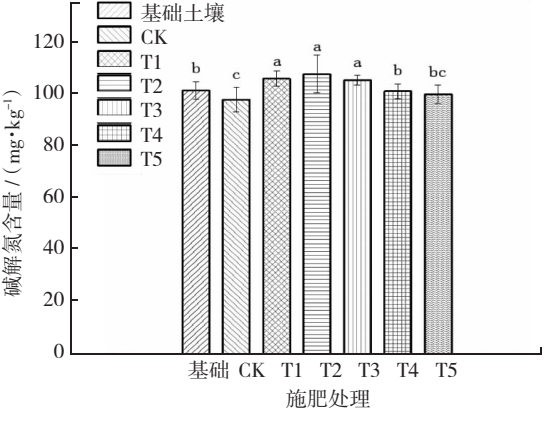


图 6 不同施肥比例冬小麦种植土壤碱解氮含量变化

全钾与速效钾含量,有机肥替代 20% 化肥处理 (T3) 的全钾与速效钾含量也略高于 T1 处理,但差异性不显著。土壤全钾与速效钾含量高低顺序均为 T2 > T3 > T1 > T4 > T5。速效钾含量变化上,各施肥处理速效钾含量与基础土壤相比均有不同程度增加,但增幅无显著差异。全钾含量变化上,仅 T2 处理显著高于基础土壤,增幅为 23.74%。

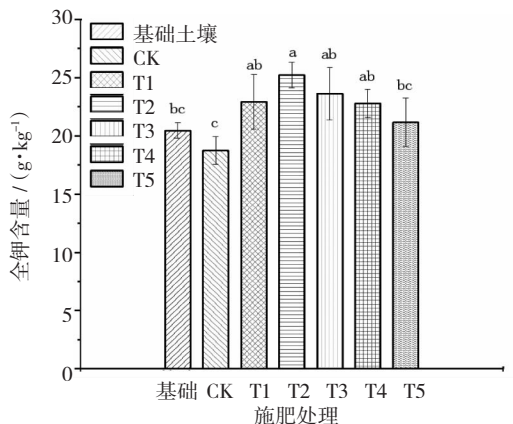


图9 不同施肥比例冬小麦种植土壤全钾含量变化

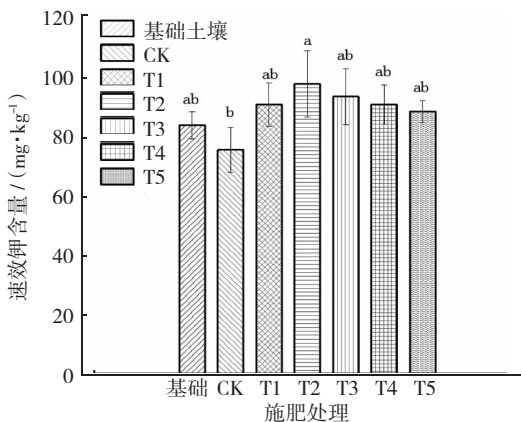


图10 不同施肥比例冬小麦种植土壤速效钾含量变化

3 讨论与结论

许多研究表明,有机肥添加后可以提高作物产量和土壤肥力。有研究数据表明,生物有机肥替代 25% 的化肥时,可以提高小麦和玉米单产^[18]。本实验中通过不同配比施肥以及替代化肥施肥,冬小麦的农艺形状以及产量产生了明显的不同变化趋势,在不减少化肥施用的条件下,增加等氮量的有机肥可以有效提高冬小麦在生长期间的单产,产量上 T2 处理较常规化肥施用处理 (T1) 提高 26.57 kg·亩⁻¹,但有机肥替代 20% 化肥处理 (T3) 产量较 T1 处理有所降低。

李春明^[19]等研究表明不同有机肥和无机肥配比能够提高籽粒蛋白质含量增加 2.18% ~ 2.75%, 本试验中与纯施化肥 (T1) 处理相比, T2 处理与有机肥替代 20% 化肥均能提高小麦蛋白质含量。与对照相比所有冬小麦施肥处理的湿面筋含量均显著增高。

目前国内学者研究生物有机肥结合化肥后在农业生产中的应用发现,有机无机配施可增加土壤有机质,改善土壤生态条件,从而提高农作物的产量^[20]。本研究中 100% 氮素有机肥 + 100% 氮素化肥混合处理的土壤的有机质、NPK 含量较基础土壤增幅均最高, 20% 替代化肥 (T3) 处理下的土壤养分含量也较纯化肥 (T2) 处理增幅效果明显。

研究表明, 100% 氮素有机肥 + 100% 氮素化肥混合施用可以最高效地提高土壤养分含量与小麦品质,有机肥替代 20% 化肥施用对于增加小麦品质与土壤养分含量也有一定提高作用,但过量替代化肥不仅会造成肥力供应不足,还会降低当季冬小麦品质。

参考文献:

- [1] 冯定远. 降低养猪生产所造成环境污染的营养措施[J]. 饲料广角, 2001(20): 1-3.
- [2] 康佳龙. 猪粪源有机肥对玉米产量及其植株铜累积的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2021.
- [3] 田欣. 有机肥氮替代化肥氮对冬小麦产量及养分高效利用的影响[D]. 太原: 山西农业大学, 2020.
- [4] Plaza C, Hernández D, García Gil J C, et al. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36(10).
- [5] Iqbal M, Idowu O J, Hassan A, et al. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions[J]. Journal of plant nutrition, 2014, 37(4): 562-574.
- [6] 马凡凡, 邢素林, 甘曼琴, 等. 有机肥替代化肥对水稻产量、土壤肥力及农田氮磷流失的影响[J]. 作物杂志, 2019(05): 89-96.
- [7] 曾庆庆, 何腾兵, 黄会前, 等. 猪粪肥施用年限对耕地质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(02): 27-31.
- [8] Qaswar M, Yiren L, Jing H, et al. Soil nutrients and heavy metal availability under long-term combined application of swine manure and synthetic fertilizers in acidic paddy soil[J]. Journal of Soils and Sediments, 2020, 20(4).
- [9] Kang S W, Seo D C, Kim S Y, et al. Utilization of liq-

- uid pig manure for resource cycling agriculture in rice-green manure crop rotation in South Korea[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2020, 192(5).
- [10] 欧杨虹. 有机肥氮部分替代化肥氮对稻麦产量及土壤供氮特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [11] B, Liyue Guo A, et al. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat-maize rotation system in Eastern China[J]. *Soil and Tillage Research*, 2016, 156: 140 – 147.
- [12] 牟善积, 何明华, 卢树昌, 等. 重谈有机肥与化肥并重[J]. *天津农学院学报*, 2000(03): 30 – 34.
- [13] 马甲良, 李 春, 田纪春. 基因型与环境对小麦粗脂肪含量的影响及其稳定性分析[J]. *山东农业科学*, 2008(02): 1 – 4.
- [14] 刘建军, 赵振东, 董进英, 等. 冬小麦亲本沉淀值和湿面筋含量分析[J]. *作物品种资源*, 1990(03): 24 – 25.
- [15] 王振津. 生物有机肥替代化肥对土壤性状及冬小麦生长发育的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.
- [16] 郭玉冰, 刘建玲, 郭巨秋, 等. 长期施用磷肥和有机肥对菜地土壤磷素有效性的影响[J]. *河北农业大学学报*, 2020, 43(04): 76 – 82.
- [17] 马星竹, 周宝库, 郝小雨, 等. 小麦-大豆-玉米轮作体系长期不同施肥黑土磷素平衡及有效性[J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24(06): 1672 – 1678.
- [18] 吕凤莲, 侯苗苗, 张弘弢, 等. 壤土冬小麦-夏玉米轮作体系有机肥替代化肥比例研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24(01): 22 – 32.
- [19] 李春明, 熊淑萍, 赵巧梅, 等. 有机无机肥配施对小麦冠层结构、产量和蛋白质含量的影响[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(12): 4287 – 4293.
- [20] 王东歧, 杨柳, 耿妍, 等. 生物菌肥与化肥组合施用可有效提升白菜品质[J]. *农业与技术*, 2020, 40(20): 4 – 7.