

堆肥与化肥减量配施对春玉米产量及品质的影响

刘春光, 岳玉兰, 马襄鸿, 武俊男, 王立春*, 程正海*

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 本研究以猪粪与玉米秸秆为原材料进行好氧堆肥, 探究堆肥与化肥减量配施对春玉米产量及品质的影响。在田间采用裂区试验设计, 设置两个堆肥施用量处理, 分别为 12 500 kg/hm² 和 25 000 kg/hm²。设置四个化肥减量处理, 减施比例分别为 0%、10%、20%、30%。在玉米完熟期考察玉米产量及穗粒数、千粒重等指标, 并测定玉米籽粒的淀粉含量、蛋白质含量、粗脂肪含量。结果表明, 堆肥与化肥配施可以显著提高玉米的产量及籽粒品质。其中, 堆肥用量 12 500 kg/hm², 化肥减量 20% 时, 玉米产量最高, 各项品质指标最优, 玉米穗粒数、千粒重、产量、淀粉含量、蛋白质含量、粗脂肪含量分别较农户常规施肥处理提高了 3.86%、11.16%、14.62%、18.02%、16.04%、12.91%。

关键词: 春玉米; 堆肥; 减施化肥; 产量; 品质

中图分类号: S141.4; S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)03-0025-05

Effects of Compost and Chemical Fertilizer Reduction on Yield and Quality of Spring Maize

LIU Chunguang, YUE Yulan, MA Xianghong, WU Junnan, WANG Lichun*, CHENG Zhenghai*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: To explore the effects of aerobic composting and reduced fertilizer application using pig manure and corn stover as raw materials on the yield and quality of spring corn. Using pig manure and corn stover as raw materials for aerobic composting, using pig manure stover compost instead of chemical fertilizer input, exploring the effect of reduced application of compost and chemical fertilizer on the yield and quality of spring corn. A split plot experimental design was adopted in the field, with two compost application rates set at 12,500 kg/ha and 25,000 kg/ha, and four fertilizer reduction ratios set at 0%, 10%, 20%, and 30%, respectively. During the ripening period of corn, investigate the yield and yield components of corn, and collect samples to determine the starch, protein, and fat content of corn grains. The results showed that under different compost dosage conditions, the combination of compost and chemical fertilizer can significantly improve the yield and grain quality of corn. Within a certain range, as the proportion of fertilizer reduction increases, the yield and quality of corn also increase. Among them, when the amount of compost is 12,500 kg/ha and the amount of fertilizer is reduced by 20%, the corn yield and various quality indicators are the highest. The number of corn ears, thousand grain weight, yield, starch, protein, and fat are increased by 3.86%, 11.16%, 14.62%, 18.02%, 16.04%, and 12.91%, respectively compared to the conventional fertilization treatment of farmers. Under the conditions of this experiment, the combination of pig manure straw compost and reduced fertilizer application significantly improved the yield and quality of spring corn. Moreover, when the compost amount was 12,500 kg/ha and the traditional fertilizer input was reduced by 20%, the yield and quality of corn were improved the best.

Key word: Spring maize; Compost; Reduce fertilizer application; Yield; Quality

收稿日期: 2023-10-18

基金项目: 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2021ZY117); 吉林省科技发展计划项目(20230203179SF)

作者简介: 刘春光(1974-), 女, 副研究员, 主要从事农业微生物、农业废弃物资源化利用研究。

通信作者: 王立春, 男, 博士, 研究员, E-mail: wlc1960@163.com

程正海, 男, 硕士, 研究员, E-mail: 18643316631@163.com

近年来,随着我国种植业和养殖业的迅速发展,产生的作物秸秆和畜禽粪便也越来越多。据统计,我国年均秸秆产量为65 386.6万t^[1],占全球秸秆资源量的20%~30%^[2],每年产生畜禽粪便约38亿t^[3],畜禽粪便与秸秆带来的环境问题日益突出。因此,将秸秆与畜禽粪便资源化利用不仅可以降低农业生产成本,还可以减少农田化肥施用量,培肥地力,改善土壤环境。

玉米作为我国重要的粮食、饲料及工业原料^[4],对于保障我国粮食安全具有重要意义^[5]。东北地区是我国春玉米的主产区,其玉米产量占全国的30%以上^[6]。化肥对于玉米的增产增收具有举足轻重的作用,然而近年来由于化肥的不合理施用,导致土壤肥力下降、肥料利用率低及环境污染等一系列问题^[7]。研究表明,好氧堆肥技术是处理畜禽粪便的重要方式^[8],使用猪粪与秸秆堆肥可以加快秸秆腐解,秸秆可以作为膨松剂调节有机物料好氧堆肥过程中氧气与物料的接触,还可以作为有机调理剂调节堆肥的C/N,使堆肥的环境更加适宜微生物的生长代谢,可显著提高堆肥产品的稳定性和腐熟程度^[9-10]。畜禽粪便与秸秆堆肥是一种有效的生物氧化过程,不但有利于植株的生长^[11],提高作物对养分的吸收^[12],还是最好的土壤改良剂^[13],可以增强土壤保水、保肥能力^[14],提高作物产量,改善作物品质,长期施用可以增加土壤微生物数量,提高土壤养分有效性^[15]。由此可见,堆肥不仅可以为农业生产提供优质肥料,同时实现了农业废弃物资源化利用,助推农业绿色发展。此前,张玉平等^[16]研究证实猪粪堆肥与化肥配施可以保障玉米稳产,范铭等^[17]研究表明,使用羊粪与秸秆堆肥可以替代30%化肥。前人研究多集中在猪粪堆肥或是其他有机物料堆肥对玉米产质量的影响,但对于猪粪秸秆混合堆肥对玉米产质量的影响研究较少。

纳米膜具有耐水透气的优点,既能阻隔外界环境使堆体不受雨雪天气影响,又能减少臭气的挥发。因此,本研究采用纳米膜好氧发酵技术,以猪粪和秸秆为堆肥原料,通过研究堆肥替代不同比例化肥对东北春玉米产量及品质的影响,确定堆肥替代化肥的最佳比例,实现猪粪与秸秆的资源化利用,旨在为吉林省西部地区绿色农业发展提供理论指导与技术支持。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况

试验地位于吉林省松原市宁江区大洼镇,属

于温带半干旱半湿润气候区,是典型的大陆性季风气候,光温资源丰富,年平均气温4.5℃,年平均日照时数2 900 h,年均降雨量350~500 mm,年均蒸发量1 500~1 900 mm,无霜期135~140 d。试验区土壤类型为黑钙土,土壤质地为沙壤,0~20 cm土层土壤全氮、全磷、全钾和有机质含量分别为1.13 g/kg、0.47 g/kg、24.03 g/kg和17.55 g/kg。

1.2 试验方法

堆肥方法:将粉碎后的玉米秸秆(≤15 cm)与猪粪按质量比1:2的比例充分混拌,在混拌过程中加入稀释后的菌剂并均匀喷水,使含水率保持在50%~55%,制成宽6 m、长40 m、高2.5 m的堆体,建堆完成后使用高分子纳米膜覆盖堆体进行好氧发酵。堆置30~35 d,堆肥充分腐熟、陈化后进行施用。经检测堆肥充分腐熟后,其有机质含量达455 g/kg,全氮、全磷、全钾含量分别达3.11 g/kg、1.69 g/kg、1.03 g/kg,pH值8.0。

1.3 试验设计

试验于2021年在吉林省松原市宁江区大洼镇进行,供试玉米品种为富民985,播种密度7万株/hm²,株距21.98 cm。田间具体试验设计详见表1。试验采用裂区试验设计,主区设置2个堆肥用量(C₁、C₂),分别为12 500 kg/hm²、25 000 kg/hm²,副区设置4个化肥减量梯度(F₀、F₁、F₂、F₃):0、10%、20%、30%,另设置一处理为农户常规化肥用量(FA),以不施用任何肥料为对照(CK),每个处理重复3次,小区面积247.26 m²,垄距0.65 m,垄长31.7 m,共12垄。

表1 试验处理

处理	肥料用量/kg·hm ⁻²			
	堆肥用量	K ₂ O	P ₂ O ₅	N
CK	0	0	0	0
FA	0	80	80	180
C ₁ F ₀ (-0%)	12 500	80	80	180
C ₁ F ₁ (-10%)	12 500	72	72	162
C ₁ F ₂ (-20%)	12 500	64	64	144
C ₁ F ₃ (-30%)	12 500	56	56	126
C ₂ F ₀ (-0%)	25 000	80	80	180
C ₂ F ₁ (-10%)	25 000	72	72	162
C ₂ F ₂ (-20%)	25 000	64	64	144
C ₂ F ₃ (-30%)	25 000	56	56	126

1.4 样品的采集与测定

玉米产量的测定:完熟期采集20穗玉米鲜穗为样本,用以考察千粒重、穗粒数和产量。产量

根据各小区所采集的20穗样本的籽粒风干重量,按含水量14%计算得出。

玉米品质的测定:完熟期分别选取长势均匀的3株玉米,取果穗中上部籽粒测定玉米籽粒的蛋白质含量、粗脂肪含量、淀粉含量。蛋白质含量采用凯氏定氮法进行测定,粗脂肪含量采用油重法进行测定^[17],淀粉含量采用蒽酮比色法进行测定^[18]。

1.5 数据处理及分析

采用Microsoft Excel 2016进行数据统计及作图,采用SPSS 22.0进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 猪粪秸秆堆肥替代不同比例化肥对春玉米产量的影响

由表2可知,施用堆肥处理对玉米产量以及产量构成因素均有不同程度的影响,农户常规处理(FA)的产量显著高于对照组(CK),但低于堆肥与化肥减量配施处理;在施用堆肥12 500 kg/hm²条

件下,化肥减施20%处理(C₁F₂),玉米产量最高,较农户常规化肥用量处理(FA)增加了14.67%;在施用堆肥25 000 kg/hm²条件下,化肥减施30%处理(C₂F₃),玉米产量最高,较农户常规化肥用量处理(FA)增加了11.68%。

穗粒数的多少对于春玉米产量具有显著影响。施用堆肥12 500 kg/hm²条件下,化肥减施20%处理(C₁F₂)玉米穗粒数最高,较农户常规施肥处理增加了3.86%,较CK处理增加了19.11%;施用堆肥25 000 kg/hm²条件下,化肥减施30%处理(C₂F₃)玉米穗粒数最高,较农户常规施肥处理增加了2.44%,较CK处理增加了17.49%。

千粒重是体现玉米籽粒饱满程度的重要指标。堆肥与化肥减量配施增加了玉米千粒重,施用堆肥12 500 kg/hm²、化肥减量20%处理(C₁F₂),玉米千粒重最高,显著高于CK、FA处理,分别提高15.87%、11.16%。在施用堆肥25 000 kg/hm²条件下,当化肥减施30%(C₂F₃)处理,玉米千粒重最高,较CK、FA处理分别提高12.89%、8.30%。

表2 堆肥与化肥减量配施对春玉米产量及产量构成因素的影响

处理	穗粒数/粒·穗 ⁻¹	千粒重/g	产量/t·hm ⁻²
CK	481.28±6.39e	271.13±3.49g	8.56±0.89c
FA	551.95±13.50bc	282.62±2.45f	10.02±0.12b
C ₁ F ₀ (-0%)	531.28±5.47d	293.07±9.08e	10.11±0.78b
C ₁ F ₁ (-10%)	541.12±3.28cd	297.72±2.06de	10.22±0.57b
C ₁ F ₂ (-20%)	573.24±5.23a	314.16±2.79a	11.49±0.63a
C ₁ F ₃ (-30%)	570.96±6.92a	311.37±3.56ab	11.19±0.36a
C ₂ F ₀ (-0%)	546.45±2.12c	284.95±4.10f	10.08±0.77b
C ₂ F ₁ (-10%)	538.30±8.88cd	296.20±4.03de	10.19±0.57b
C ₂ F ₂ (-20%)	562.13±7.85ab	301.15±1.75cd	10.79±0.45ab
C ₂ F ₃ (-30%)	565.44±10.99ab	306.07±5.12bc	11.19±0.34a

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

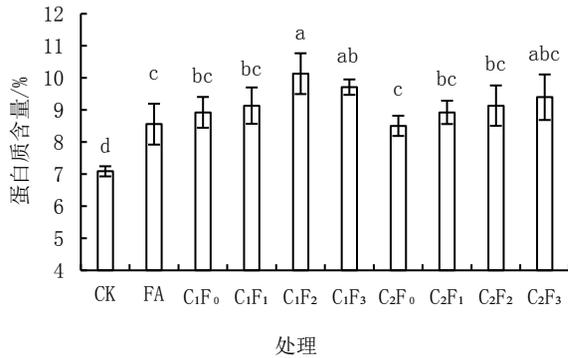
2.2 猪粪秸秆堆肥替代不同比例化肥对春玉米品质的影响

由图1可知,堆肥与化肥减量配施可以提高春玉米蛋白质含量,显著高于不施肥的CK处理,在不同堆肥用量条件下,施用堆肥处理均高于农户常规施肥处理。

由图2可知,玉米淀粉含量随着化肥减施比

例增加而增加,在施用堆肥12 500 kg/hm²条件下,减施化肥20%处理(C₁F₂),玉米淀粉含量最高,较农户常规化肥用量处理(FA)增加了18.02%。

由图3可知,在施用堆肥12 500 kg/hm²条件下,化肥减施20%处理(C₁F₂),粗脂肪含量最高,显著高于农户常规化肥用量处理(FA),提高了12.91%。



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同

图1 堆肥与化肥减量配施对春玉米籽粒蛋白质含量的影响

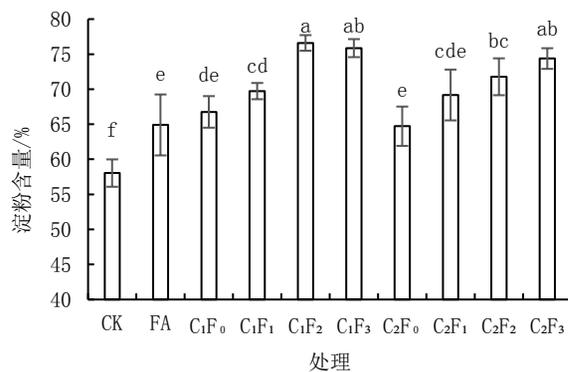


图2 堆肥与化肥减量配施对春玉米籽粒淀粉含量的影响

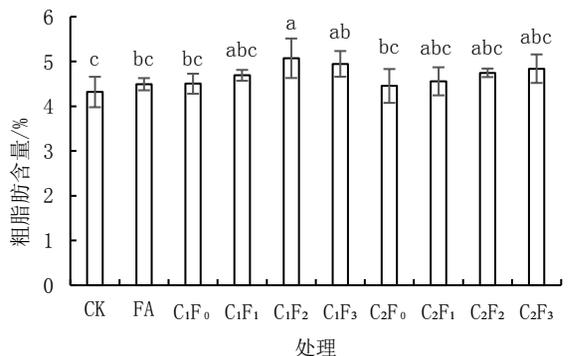


图3 堆肥与化肥减量配施对春玉米籽粒粗脂肪含量的影响

3 讨论

作物产量是体现农业生产实践成果最基本的指标,可以直观地反映出农业生产技术的优劣。以畜禽粪便与秸秆为原材料进行好氧堆肥可以将堆制的畜禽粪便与秸秆进行肥料化利用^[19-20],有利于进一步推动我国农业的绿色发展。研究表明,有机类肥料可以显著提高生菜和马铃薯的产量^[21-22]。本研究发现,施用堆肥处理可以提高春玉米的产量,这是由于堆肥中含有大量的有机质,氮磷钾养分全面,可以改良土壤理化性质、维

持土壤养分平衡、提高土壤生物和生物化学特性^[23],但是当堆肥与化肥减量配施时,并不是化肥投入越少,玉米籽粒产量及产量构成因素越有优势,因为堆肥中的速效养分不充足,玉米籽粒形成过程中需要化肥为其生长发育提供必要的速效养分。

随着人民生活水平的提高,在保障作物高产的同时也应该关注作物的品质,研究表明,生物有机肥配施化肥可以在保产或增产的同时提高作物品质^[24],施用牛粪秸秆堆肥替代20%化肥,可以显著提高小麦籽粒的蛋白质含量和湿面筋含量^[25],本研究中发现,随着堆肥替代化肥比例增加,玉米的籽粒品质逐渐提高,这是由于堆肥中有机质含量较高,相比常规施肥处理,堆肥与化肥减量配施增加了外源有机质含量,进而改善了土壤理化和生物性质,促进了养分在土壤中的转化和转运,提高了植株的吸收效率,最终提高了春玉米的品质。但在施用堆肥并进行常规施肥时,玉米籽粒品质反而会有所下降,这可能是由于养分过量供应,对作物品质形成产生了抑制作用。在本试验条件下,使用堆肥减量20%化肥时效果最佳,可能是由于有机肥料与无机肥料配施的比例适宜,由化肥提供大量的速效养分,堆肥提供一部分速效养分以及微量元素,促进了玉米籽粒的形成。堆肥与化肥相互配合施用,为作物生长发育提供了充足的速效养分,保障了作物生长发育关键时期养分的供给,同时堆肥中大量的有机质改善了土壤理化性质,提高了作物对养分的吸收利用效率,进一步保障了作物的优质高产。

4 结论

本研究探讨了猪粪秸秆堆肥与化肥减量配施对春玉米产量和品质的影响,旨在明确堆肥与化肥减量配施的比例。在本试验条件下,堆肥与化肥减量配施会显著提高春玉米产量及品质;当堆肥用量为12 500 kg/hm²、化肥减量20%时,春玉米的产量和品质提升到最佳效果。

参考文献:

- [1] 李廷亮,王宇峰,王嘉豪,等.我国主要粮食作物秸秆还田养分资源量及其对小麦化肥减施的启示[J].中国农业科学,2020,53(23):4835-4854.
- [2] 李文龙,马孝博,张金波,等.农作物秸秆综合处理及有效利用[J].中国科技信息,2021(16):41-42.
- [3] 李庆,秦文杰,曹秀芳,等.基于黑水虻转化的畜禽粪便资

- 源化利用研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(6): 169-175.
- [4] 陈绪昊, 高强, 陈新平, 等. 东北三省玉米生产资源投入和环境效应的时空特征[J]. 中国农业科学, 2022, 55(16): 3170-3184.
- [5] 吴良泉, 武良, 崔振岭, 等. 中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 802-817.
- [6] 李娥, 赵锦, 叶清, 等. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 XIII. 东北三省春玉米熟型调整的降水限制及其对产量的可能影响[J]. 中国农业科学, 2021, 54(18): 3847-3859.
- [7] 闫湘, 金继运, 梁鸣早. 我国主要粮食作物化肥增产效应与肥料利用效率[J]. 土壤, 2017, 49(6): 1067-1077.
- [8] 杨丽楠, 李昂, 袁春燕, 等. 半透膜覆盖好氧堆肥技术应用现状综述[J]. 环境科学学报, 2020, 40(10): 3559-3564.
- [9] 尹子铭, 杨燕, 唐若兰, 等. 秸秆对猪粪静态兼性堆肥无害化和腐熟度的影响[J]. 农业工程学报, 2023, 39(7): 218-226.
- [10] 王丽丽, 孙东升, 许雷, 等. 秸秆过滤猪场废水及滤料与猪粪好氧堆肥研究[J]. 农业工程学报, 2022, 38(19): 180-189.
- [11] Cai G J, Li J J, Zhou M D, et al. Compost-derived indole-3-acetic-acid-producing bacteria and their effects on enhancing the secondary fermentation of a swine manure-corn stalk composting.[J]. Chemosphere, 2022, 291: 132750.
- [12] İbrahim E, Kamil E. Effects of composts and vermicomposts obtained from forced aerated and mechanically turned composting method on growth, mineral nutrition and nutrient uptake of wheat[J]. Journal of Plant Nutrition, 2020, 43(9): 1343-1355.
- [13] 胡梦娜, 惠雪松, 王港, 等. 9-羟基雄烯二酮药物菌渣好氧堆肥无害化及安全利用[J]. 农业环境科学学报, 2023, 42(9): 2096-2107.
- [14] Miron J, Yosef E, Nikbachat M, et al. Fresh dairy manure as a substitute for chemical fertilization in growing wheat forage; effects on soil properties, forage yield and composition, weed contamination, and hay intake and digestibility by sheep[J]. Animal Feed Science and Technology, 2011, 168(3-4): 179-187.
- [15] Chaoui I H, Zibilske M L, Ohno T. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35(2): 259-302.
- [16] 张玉平, 荣湘民, 刘强, 等. 猪粪与化肥配施对春玉米碳氮代谢及产量与品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38(3): 319-324.
- [17] 范铭, 李强, 张丹, 等. 堆肥替代化肥对玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(2): 143-146.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 284-289.
- [19] 张治安. 植物生理学实验技术[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2008: 107-108.
- [20] 李文兵. 牛粪好氧堆肥发酵及其肥料化利用研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2021.
- [21] 张庆, 胡春胜, 刘彬彬, 等. 生物有机肥配施化肥对生菜生长和土壤环境的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(5): 725-741.
- [22] 胡月华. 化肥减量与生物有机肥配施对土壤质量变化及马铃薯产量与品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(19): 204-210.
- [23] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 175-181.
- [24] Feng N, Liang Q, Feng Y, et al. Improving yield and quality of vegetable grown in PAEs-contaminated soils by using novel bio-organic fertilizer[J]. Science of the Total Environment, 2020, 739: 139883.
- [25] 聂胜委, 张巧萍, 潘秀燕, 等. 牛粪秸秆堆肥替代20%全量化肥对小麦产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2022, 50(10): 1408-1413.

(责任编辑:范杰英)