

# 鹅粪沼液施肥对土壤理化性状及青贮玉米产量品质的影响

李尚民, 赵华轩, 蒲俊华, 窦新红\*, 王洪志  
(中国农业科学院家禽研究所, 江苏 扬州 225125)

**摘要:** 以玉米品种冠玉 598 为试验材料, 通过设置不同的沼液与化肥施肥配比, 研究鹅粪沼液与化肥配施对土壤理化性状及青贮玉米生长、品质的影响。试验结果表明, 施用沼液能够显著提高土壤有机质含量, 且具有提高土壤硝态氮、速效磷、速效钾含量的趋势。施用沼液不会影响青贮玉米的出苗率, 且能够显著降低幼苗虫害率。成熟期玉米鲜重以处理 D: 30% ZY + 70% HF 最高, 分别比 CK 和处理 A、B、C 增加 21.22%、14.30%、2.57% 和 14.30%。施用沼液能够显著降低玉米植株的粗灰分含量, 显著提高其粗蛋白和粗脂肪含量; 且能够显著提高玉米籽粒中淀粉含量。综合分析认为, 按照 30% 沼液 + 70% 化肥配施较适合青贮玉米的养分需求, 产量最高, 品质较优。

**关键词:** 鹅粪; 沼液; 青贮玉米; 生长; 品质; 土壤养分

中图分类号: S216.4; X713 文献标志码: A 文章编号: 1000-1166(2022)06-0057-04

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2022060057

**Effects of Goose Manure Biogas Slurry Fertilization on Soil Physicochemical Properties Yield and Quality of Silage Maize / LI Shangmin, ZHAO Huaxuan, PU Junhua, DOU Xinhong\*, WANG Hongzhi / (Poultry Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Yangzhou 225125, China)**

**Abstract:** Using corn variety Guanyu 598 as experimental material, the effects of combined application of goose manure biogas slurry and chemical fertilizer on soil physicochemical properties, growth and quality of silage maize were studied by setting different ratio of biogas slurry and chemical fertilizer. The test results showed that the application of biogas slurry could significantly increase the content of soil organic matter, and had a tendency to increase the content of soil nitrate nitrogen, available phosphorus and available potassium. The application of biogas slurry did not affect the emergence rate of silage maize, and could significantly reduce the pest rate of seedlings. The fresh weight of maize in mature stage was the highest in treatment D: 30% ZY + 70% HF, which increased by 21.22%, 14.30%, 2.57% and 14.30% compared with CK and treatments A, B and C, respectively. The application of biogas slurry could significantly reduce the ash content and increase the crude protein and ether extract content of maize plants. It could significantly increase the starch content in corn grains. According to the comprehensive analysis, the combined application of 30% biogas slurry and 70% chemical fertilizer is more suitable for the nutrient demand of silage maize, and the yield is the highest and the quality is better.

**Key words:** goose manure; biogas slurry; silage maize; growth; quality; soil nutrient

近年来, 随着畜牧业现代化进程不断加快, 我国对畜禽粪污资源化利用和农业绿色发展的要求越来越高。畜禽粪污经厌氧发酵产生的沼液作为有机肥施用于农田是畜禽粪污资源化利用的主要途径<sup>[1]</sup>。沼液含有作物生长所需的丰富有机质、氮、磷、钾等常规营养元素, 同时还含有能够促进作物生长的腐殖酸、氨基酸、赤霉素等活性物质。沼液还田利用不仅能够满足作物的生长需求, 还能起到持续改良土

壤的作用, 有助于实现化肥减量和农业可持续发展。青贮玉米具有较高的营养价值和生物学产量, 是鹅重要的粗饲料来源。利用鹅粪厌氧发酵产生的沼液种植青贮玉米, 青贮玉米再用作鹅饲料, 从而打造种养循环绿色发展模式有助于降低养殖业对环境的污染, 提高种养经济效益。目前, 针对猪场、奶牛场沼液应用于蔬菜种植方面的研究较多<sup>[2-4]</sup>, 尚未发现鹅粪沼液应用于玉米种植的研究。本研究以青贮

收稿日期: 2022-09-01 修回日期: 2022-09-09

项目来源: 江苏省重点研发计划(现代农业)项目(BE2019347)

作者简介: 李尚民(1982-)男, 汉族, 山东莱芜人, 副研究员, 主要从事家禽养殖环境方面的研究等工作, E-mail: 372317312@qq.com

通信作者: 窦新红, E-mail: 529905572@qq.com

玉米为研究对象,通过设置不同的沼液与化肥配施组合进行田间种植试验,研究沼液与化肥配施在青贮玉米上的施肥效果,为鹅粪沼液的资源化利用提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验于2021年6月4日至9月3日进行,试验地点为东海县志远养鹅专业合作社农田,地形平整,土壤类型为棕壤土,质地均匀。土壤的基本理化性质为:有机质  $13.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮  $49.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷  $0.37 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全钾  $1.92 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、铵态氮  $22.49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、硝态氮  $20.53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷  $9.06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾  $87.05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。试验材料为冠玉598玉米。试验所用沼液来自鹅场自有沼气池,主要养分指标为:全氮(N)  $409 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、总磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )  $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、总钾( $\text{K}_2\text{O}$ )  $120.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

### 1.2 施肥量和施肥方式

根据当地种植模式,沼液施用量按照沼液氮素供给和玉米氮素需求基准平衡进行换算,确定玉米的肥料总施入量为  $\text{N} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{K}_2\text{O} = 225 - 75 - 75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。根据沼液中氮素含量,以满足玉米氮素需求为原则,计算沼液用量,确保各处理组中施入的氮素相同。所缺少的磷素、钾素以化肥补齐。沼液和化肥都作为基肥施用,其中沼液在农田旋耕前以浇灌方式施入;化肥于玉米播种后,在玉米种穴旁施入,然后用泥土覆盖。

### 1.3 试验设计

试验设5个处理,其中对照组CK:不施用任何肥料;处理A(100% HF):全化肥施用;处理B(100% ZY):全沼液施用;处理C(70% ZY + 30%

HF):70%沼液与30%化肥配合施用;处理D(30% ZY + 70% HF):30%沼液与70%化肥配合施用。每个处理设3个重复,共15个种植小区,每个小区长3.3 m,宽3 m,面积为  $9.9 \text{ m}^2$ 。每个处理间隔80 cm,各重复间隔50 cm。玉米株距33 cm、行距60 cm,每个小区种植玉米66株。

### 1.4 样品采集

#### 1.4.1 土壤样品采集

在每个小区施肥前、玉米收获后分别随机多点取0~20 cm表层土壤样品,充分混合后采用四分法取样1 kg左右带回实验室风干备用。

#### 1.4.2 玉米样品采集

收获期分别收获各小区玉米并计算产量。每个小区随机选择10株玉米进行粉碎,选取500 g植株和籽粒鲜样放入  $105^\circ\text{C}$ 烘箱杀青15分钟,然后调至  $65^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,粉碎备用。

### 1.5 指标测定

土壤理化性状按照鲍士旦《土壤农化分析》<sup>[5]</sup>方法测定。沼液养分指标按照《水和废水监测分析方法》<sup>[6]</sup>取样分析。玉米植株和籽粒测定粗水分、粗蛋白、粗灰分、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维等指标,分别采用直接干燥法、凯氏定氮法、直接灰化法、GB/T 6433—2006、GB/T 20806—2006、NY/T 1459—2007;籽粒淀粉含量采用3,5-二硝基水杨酸法。

### 1.6 数据处理

用Excel 2010处理试验数据,并利用SPSS 26.0软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 沼液和化肥配施对土壤养分的影响

表1 沼液和化肥配施对土壤养分的影响

(%)

处理	有机质	铵态氮	硝态氮	速效磷	速效钾
CK	$0.97 \pm 0.07\text{b}$	$18.15 \pm 4.77$	$7.74 \pm 3.15\text{b}$	$7.16 \pm 1.53\text{b}$	$85.58 \pm 1.23\text{b}$
A	$1.26 \pm 0.08\text{a}$	$18.66 \pm 8.22$	$18.76 \pm 6.06\text{a}$	$28.50 \pm 1.44\text{a}$	$181.56 \pm 29.53\text{a}$
B	$1.18 \pm 0.04\text{a}$	$19.72 \pm 4.14$	$9.50 \pm 5.04\text{b}$	$13.33 \pm 2.05\text{ab}$	$82.92 \pm 8.76\text{b}$
C	$1.17 \pm 0.03\text{a}$	$20.54 \pm 3.67$	$9.04 \pm 2.78\text{b}$	$13.46 \pm 3.47\text{ab}$	$86.46 \pm 2.70\text{b}$
D	$1.19 \pm 0.01\text{a}$	$20.91 \pm 5.12$	$10.59 \pm 1.12\text{b}$	$23.04 \pm 1.31\text{ab}$	$109.81 \pm 18.72\text{b}$

注:同列不同小写字母表示在  $p < 0.05$  水平上有显著差异。下同。

沼液和化肥配施对土壤养分的影响见表1。由表1可知,与CK相比,沼液和化肥配施均能够显著提高土壤有机质含量( $p < 0.05$ )。处理A能够显著提高土壤硝态氮、速效磷、速效钾含量,其他处理

均有小幅上升趋势,但差异不显著。配施沼液和化肥对土壤铵态氮含量的影响不显著。

### 2.2 沼液和化肥配施对玉米生长性状的影响

沼液和化肥配施对玉米生长性状的影响见表

2. 由表 2 可知,不同施肥处理玉米的出苗率均较高,且不同处理间无显著差异。与玉米出苗率不同,配施化肥的处理 A、C、D 的玉米幼苗虫害率要显著高于全沼液施用的处理 B( $p < 0.05$ ),且随着化肥比例的升高,玉米幼苗虫害率不断升高。与 CK 相比,处理 D 的玉米平均鲜重最高,分别比 CK 和处理 A、B、C 增加了 21.22%、14.30%、2.57% 和 14.30%。

表 2 沼液和化肥配施对玉米生长性状的影响

处理	出苗率/%	幼苗虫害率/%	平均鲜重/kg
CK	90.91 ± 2.62	9.42 ± 1.49cd	55.00 ± 5.00b
A	92.42 ± 2.28	28.59 ± 1.99a	58.33 ± 2.89b
B	91.92 ± 1.91	5.49 ± 2.92d	65.00 ± 0.00a
C	90.65 ± 1.58	13.05 ± 4.00c	64.73 ± 2.89a
D	93.94 ± 3.93	20.39 ± 4.84b	66.67 ± 2.89a

表 3 沼液和化肥配施对玉米植株理化性状的影响

(%)

处理	粗水分	粗灰分	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维	粗蛋白	粗脂肪
CK	0.7431 ± 0.0077b	8.23 ± 0.30a	48.17 ± 0.74	22.43 ± 0.69	6.86 ± 0.91b	1.43 ± 0.04b
A	0.7702 ± 0.0119a	6.58 ± 0.23b	48.69 ± 2.56	21.10 ± 3.01	8.73 ± 0.91a	2.55 ± 0.19a
B	0.7600 ± 0.0226ab	6.25 ± 0.54b	48.34 ± 1.60	19.97 ± 3.33	8.28 ± 1.46ab	2.50 ± 0.09a
C	0.7379 ± 0.0115b	6.22 ± 0.90b	47.26 ± 3.67	22.07 ± 4.04	7.98 ± 0.66ab	2.44 ± 0.09a
D	0.7604 ± 0.0092ab	7.18 ± 1.16ab	48.48 ± 2.93	22.95 ± 1.32	8.91 ± 0.67a	2.39 ± 0.05a

#### 2.4 沼液和化肥配施对玉米籽粒理化性状的影响

沼液和化肥配施对玉米籽粒理化性状的影响见表 4。由表 4 可知,配施化肥和沼液对玉米籽粒粗水分和粗灰分含量无影响。处理 A 的粗蛋白含量显著高于其他处理组和对照组( $p < 0.05$ )。各处理

表 4 沼液和化肥配施对玉米籽粒理化性状的影响

(%)

处理	粗水分	粗灰分	粗蛋白	粗脂肪	淀粉
CK	0.0910 ± 0.0017	2.14 ± 0.29	8.26 ± 0.45b	3.23 ± 0.13ab	65.79 ± 2.61c
A	0.1318 ± 0.0397	1.78 ± 0.29	9.13 ± 0.57a	3.39 ± 0.15b	71.19 ± 0.91ab
B	0.1043 ± 0.0225	2.19 ± 0.50	8.35 ± 0.22b	2.91 ± 0.15c	69.27 ± 1.71b
C	0.0905 ± 0.0018	2.12 ± 0.12	8.34 ± 0.05b	3.30 ± 0.33b	70.81 ± 1.24ab
D	0.1286 ± 0.0513	1.98 ± 0.07	8.53 ± 0.15b	3.82 ± 0.24a	73.42 ± 0.81a

### 3 讨论

#### 3.1 施用沼液能够改善土壤的理化性状

沼液是优质的液态有机肥,含有丰富的氮磷钾等营养元素。本试验中,所有配施沼液的试验组土壤中的有机质、铵态氮、速效磷和速效钾含量均高于对照组,说明鹅粪沼液施用于农田能够不同程度提高土壤有机质、速效钾等指标,显著改善土壤的理化

#### 2.3 沼液和化肥配施对玉米植株理化性状的影响

沼液和化肥配施对玉米植株理化性状的影响见表 3。由表 3 可知,与 CK 相比,配施化肥和沼液均能够提高玉米植株的水分含量,且处理 A 显著高于 CK 和处理 C( $p < 0.05$ ),其余处理间差异不显著;配施化肥和沼液均能够降低玉米植株粗灰分含量,且处理 A、B、C 显著高于 CK( $p < 0.05$ ),各处理之间差异不显著;配施化肥和沼液均能够提高玉米植株的粗蛋白和粗脂肪含量,其中,处理 A、D 的粗蛋白含量显著高于 CK( $p < 0.05$ ),处理 A、B、C、D 的粗脂肪含量均显著高于 CK( $p < 0.05$ ),且各处理之间差异不显著。配施化肥和沼液对玉米植株的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量无影响。

组的淀粉含量均显著高于对照组( $p < 0.05$ ),且处理 D 显著高于处理 B( $p < 0.05$ )。施用化肥和沼液对玉米籽粒中粗脂肪含量具有显著影响,其中处理 D 显著高于其他处理组( $p < 0.05$ ),处理 B 显著低于 CK 和所有处理组( $p < 0.05$ )。

性状<sup>[7]</sup>。但是所有配施沼液的试验组有机质、铵态氮、速效磷和速效钾含量均低于全化肥组,且随着配施沼液比例的提高,均具有下降趋势。这与刘芳、吴华山<sup>[8-9]</sup>等研究一致,这是由于沼液中的氮磷钾等养分主要以有机形态存在,需要经过较长时间的矿化作用转化为速效养分,才能发挥对作物的营养作用<sup>[10]</sup>。

#### 3.2 施用沼液能够改善玉米的生长性状

有研究认为高浓度沼液具有较强的植物毒

性<sup>[11]</sup>,直接灌溉还田容易导致种子不萌发、烧苗或减产。鹅普遍实行地面散养,粪便主要采用人工清扫和水冲相结合方式清理,因此沼液浓度较低,施用鹅粪沼液不会对玉米种子萌发造成不利影响。沼液除含有有机质、氮磷钾等常规养分外,还含有有机酸、抗菌素、激素等多种可溶性小分子物质,可被种子直接吸收<sup>[12-13]</sup>。一方面为玉米种子发芽提供营养元素,另一方面具有驱虫杀菌的效果,能够提高玉米的抗逆性,减少害虫对玉米的危害,促进玉米生长,提高玉米产量<sup>[14-15]</sup>。

### 3.3 施用沼液能够改善玉米的理化性状

粗蛋白、氨基酸、淀粉等是衡量畜禽日粮饲用价值的重要指标,也是饲料中重要的营养物质,能否充足供应直接影响畜禽的生长性能。本试验中,施用沼液能够显著提高玉米植株的粗蛋白、氨基酸含量,显著降低粗灰分含量;且能够显著提高籽粒中淀粉含量,具有降低氨基酸含量的趋势。张博琦<sup>[16]</sup>等研究表明,施用微生物菌肥可以显著提高玉米籽粒粗蛋白、粗脂肪、淀粉含量,显著降低玉米秸秆中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量。王吉平、黄荣<sup>[17-18]</sup>等研究表明,施用有机肥代替部分化肥能更好地促进玉米植株生长,能够显著提高青贮玉米粗蛋白和中性洗涤纤维含量。吕淑敏<sup>[19]</sup>等研究表明,施用沼液促进了玉米植株叶面积发展,提高了玉米叶面的光合效率,能够促进玉米籽粒干物质积累,显著提高玉米产量和粗蛋白淀粉含量。这些研究结果基本与本试验结果一致,部分指标略有差异,可能是由于试验农田养分本底值、肥料来源、气候等差异所致。

## 4 结论

鹅粪沼液含有丰富的有机质、氮磷钾等养分物质,可作为优质有机肥用于作物种植。综合分析认为,按照 30% ZY + 70% HF 配施较适合青贮玉米养分需求,有助于改善土壤环境质量,提高玉米的产量和品质,在利用沼液部分替代化肥方面更具有优势。

### 参考文献:

[1] 邹梦圆,董红敏,朱志平,等. 畜禽场沼液处理及资源化利用的研究进展与展望[J]. 中国家禽, 2020, 42(9): 103-109.

[2] 张建新,赵秋,宁晓光. 施用沼液肥对盆栽黄瓜生长、产量及品质的影响[J]. 天津农业科学, 2020, 26(5): 5-8.

[3] 焦翔翔,朱教宁,李永平,等. 不同浓度沼液滴灌对设施蔬菜番茄生长发育的影响[J]. 山西农业科学,

2018, 46(11): 1834-1837.

[4] 胡康赢,李丹,冯敏芳,等. 沼液喷施浓度对青菜产量与品质的影响初探[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(5): 751-753.

[5] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[6] 国家环境保护总局,水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[7] 崔宇星, Muhammad Azeem, 孙吉翠,等. 沼液和化肥配施对耕层土壤化学性状及玉米产量品质的影响[J]. 山东农业科学, 2020, 52(5): 77-81.

[8] 刘芳,李泽碧,李清荣,等. 沼液肥与化肥配施对甜玉米产量和品质的影响[J]. 山土壤通报, 2009, 40(6): 1333-1336.

[9] 吴华山,郭德杰,马艳,等. 猪粪沼液施用对土壤氮挥发及玉米产量和品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(2): 163-168.

[10] 张夫道. 长期施肥条件下土壤养分的动态和平衡-II. 对土壤氮的有效性和腐殖质氮组成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(1): 39-48.

[11] Lencioni G, Imperiale D, Cavirani N, et al. Environmental application and phytotoxicity of anaerobic digestate from pig farming by in vitro and in vivo trials[J]. International Journal of Environmental Science & Technology, 2016, 13(11): 2549-2560.

[12] 宋以玲,于建,陈士更,等. 化肥减量配施生物有机肥对油菜生长及土壤微生物和酶活性影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(1): 352-360.

[13] 曹云,马艳,吴华山,等. 沼液处理对土壤微生物性状及西瓜枯萎病发生的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016, 20(1): 34-41.

[14] 武钧,王静雯,张璘玮,等. 沼液对玉米产量及品质的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(5): 0905-0911.

[15] 王秀丽,王绍林,张学艳. 沼液施用量对春玉米产量及土壤重金属的影响[J]. 农业科技通讯, 2020, 9: 60-63.

[16] 王博琦,金锡九. 微生物菌肥对饲料玉米生长及营养成分的影响[J]. 饲料研究, 2020, 11: 88-91.

[17] 王吉平,何铁光,张雨,等. 有机肥替代部分化肥对桂甜糯 525 产量品质和土壤环境的影响[J]. 热带作物学报, 2021, 42(9): 2594-2600.

[18] 黄荣才,郭子泰,高胜涛,等. 不同种类有机肥对全株玉米青贮营养品质的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(8): 2112-2117.

[19] 吕淑敏,刘铁干,赵会杰. 不同沼液用量对夏玉米产量的影响[J]. 中国沼气, 2015, 33(4): 77-81.