

沼渣与化肥配施对甘蓝品质产量及土壤质量的影响

牛慧婷, 冯炜弘, 尹燕, 杨道兰, 李爱兵, 何潇, 王璐

(兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 采用田间试验, 研究不同量蔬菜废弃物沼渣与化肥配合基施对甘蓝产量和品质及土壤肥力的影响。结果表明, 与常规化肥处理相比, 适量的沼渣配施化肥可提高甘蓝产量, 增加Vc和可溶性糖含量, 降低硝酸盐含量, 能活化土壤养分, 提升土壤肥力。综合各方面因素, 基施80%常规化肥(磷酸二铵480 kg/hm²+硫酸钾复合肥300 kg/hm²)+3 000 kg/hm²沼渣处理最为理想, 甘蓝增产14.04%, 且明显改善甘蓝品质及土壤肥力。

关键词: 沼渣; 化肥; 甘蓝; 产量; 品质; 土壤质量

中图分类号: S635; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)02-0049-06

[doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.02.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.02.012)

Effects of Biogas Residue and Chemical Fertilizer on Yield, Quality and Soil Quality of Cabbage

NIU Huiting, FENG Weihong, YIN Yan, YANG Daolan, LI Aibing, HE Xiao, WANG Lu
(Lanzhou Agricultural Science and Technology Research Extension Center, Lanzhou Gansu730000, China)

Abstract: Field experiments were conducted to research the effects of different amounts of biogas residue produced by anaerobic fermentation of vegetable wastes with chemical fertilizer on yield, quality and soil fertility of Cabbage. The results showed that compared with conventional chemical fertilizer treatment, appropriate amount of biogas residue combined with chemical fertilizer could increase the yield of Cabbage, increase the content of Vitamin C (Vc), soluble sugar and reduce the content of nitrate, activate soil nutrients and improve soil fertility. Considering all the factors, it was the most ideal treatment which the basal application of 80% conventional fertilizer (diammonium phosphate 480 kg/hm²+potassium sulfate 300 kg/hm²)+3 000 kg/hm² biogas residue, the yield of cabbage increased by 14.04%, and the quality and soil fertility of cabbage were significantly improved.

Key words: Biogas residue; Chemical fertilizer; Cabbage; Yield and quality; Soil quality

能源和环保是近年来人们关注的两大热门话题^[1]。沼气工程因不仅能够处理废弃农业废弃物, 还能产生可再生的生物能源而备受关注, 但同时产生了数量巨大的发酵残余物, 无法被及时且高效地消纳, 从而对环境造成了二次污染^[1-3]。因此, 对沼气发酵残余物的综合利用的研究迫在眉睫。

沼渣是人畜粪便、秸秆等多种农业废弃物经过厌氧发酵产生沼气后剩余的固体物质^[4], 其中含有丰富的有机质、微量元素、腐殖酸及氮、磷、钾等元素^[5], 能有效提高作物的产量、品质和改善土壤质量, 具有速缓兼备的功能, 是优质的有机肥^[6]。近年来, 一些学者已经对以动物粪便为原料的沼

收稿日期: 2020-10-16

基金项目: 甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2019GAAS53-53)。

作者简介: 牛慧婷(1991—), 女, 甘肃永登人, 助理农艺师, 主要研究方向为蔬菜废弃物利用。

Email: 1017943093@qq.com。

通信作者: 冯炜弘(1969—), 男, 甘肃临夏人, 高级农艺师, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

Email: 544895391@qq.com。

渣配施化肥对蔬菜品质的影响进行了研究。如李泽碧等^[6]研究了沼渣与化肥配施对莴笋产量和品质的影响；邱桃玉等^[7]研究了沼渣与化肥配施对豆角、白菜产量和品质及土壤质量的影响，发现沼渣配施化肥能显著提高蔬菜的产量和品质，同时又能起到改良土壤的作用。我们研究了以蔬菜废弃物为原料厌氧发酵产生的沼渣对甘蓝产量和品质及土壤质量的影响，以期为农业生产中施用沼渣提高蔬菜品质和土壤质量方面提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验于 2019 年 1 月 20 日至 5 月 20 日在兰州市榆中吉江牧业公司试验地进行，试验地土壤质地为砂质壤土。土壤耕层含有机质 15.03 g/kg、全氮 0.85 g/kg、速效磷 56.0 mg/kg、速效钾 174.0 mg/kg、碱解氮 82.3 mg/kg，pH 8.03。

1.2 供试材料

指示甘蓝品种为中甘 21 号，由中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供。供试沼渣取自兰州市榆中吉江牧业公司 150 m³ 沼气系统正常发酵的发酵残余物，发酵原料为花椰菜废弃物与牛粪按体积比为 2 : 1 的比例混合^[8]，花椰菜废弃物采自兰州市榆中县蒋家营村的农田，牛粪采自兰州市榆中县庄园奶牛场。供试沼渣含有机质 23.69 g/kg、全氮 10.65 g/kg、全磷 8.42 g/kg、全钾 6.73 g/kg、速效磷 885.1 mg/kg、速效钾 1 543.3 mg/kg、碱解氮 82.3 mg/kg，pH 7.43。供试的化学肥料为磷酸二铵(N 18%，P₂O₅ 46%)、硫酸钾复合肥(N : P : K=16 : 16 : 16)、尿素(N 46%)、纯硫酸钾(K₂O 52%)。

1.3 试验方法

试验共设 6 个基肥处理，分别为 CK(常规化肥)、T1(80%常规化肥 +1 800 kg/hm² 沼渣)、T2(80%常规化肥 +2 400 kg/hm² 沼渣)、

T3(80%常规化肥 +3 000 kg/hm² 沼渣)、T4(80%常规化肥 +3 600 kg/hm² 沼渣)、T5(80%常规化肥 +4 200 kg/hm² 沼渣)。即 CK 施磷酸二铵 600 kg/hm²、硫酸钾复合肥 375 kg/hm²，T1 施磷酸二铵 480 kg/hm²、硫酸钾复合肥 300 kg/hm²、沼渣 1 800 kg/hm²，T2 施磷酸二铵 480 kg/hm²、硫酸钾复合肥 300 kg/hm²、沼渣 2 400 kg/hm²，T3 施磷酸二铵 480 kg/hm²、硫酸钾复合肥 300 kg/hm²、沼渣 3 000 kg/hm²，T4 施磷酸二铵 480 kg/hm²、硫酸钾复合肥 300 kg/hm²、沼渣 3 600 kg/hm²，T5 施磷酸二铵 480 kg/hm²、硫酸钾复合肥 300 kg/hm²、沼渣 4 200 kg/hm²。采用完全随机区组设计，重复 3 次，试验面积 667 m²。每小区定植 6 000 株，目标产量 55 500 kg/hm²。按照日常的田间管理模式，供应充足的水肥。沼渣、磷酸二铵和硫酸钾复合肥全部做基肥在定植前 7 d 一次施入，氮肥(尿素)和纯硫酸钾移栽后作为追肥分 3 次施入。所有处理追肥施用方法相同，追肥施用量具体见表 1。于 2019 年 3 月 20 日定植苗龄为 60 d 的甘蓝苗，株距 25 cm，行距 45 cm。于 5 月 20 日采收。

表 1 不同试验处理所用追肥量

追肥时间	尿素 /(kg/hm ²)	硫酸钾 /(kg/hm ²)
第1次(提苗期)	150	0
第2次(莲座期)	150	150
第3次(结球期)	0	150

1.4 测试项目与方法

1.4.1 品质分析测定 采用 2, 6-二氯靛酚滴定法(GB5009.86—2016)测定维生素 C 含量^[9]；采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法(GB6194-86)测定可溶性糖含量；采用磺基水杨酸比色法测定硝酸盐^[10]。

1.4.2 土壤理化性质测定 有机质、碱解氮、速效钾、速效磷、pH 测定均参照白宝璋等^[10]的方法。

1.5 数据分析方法

数据采用 WPS Office 和 SPSS 19.0 软件进行数据处理和方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对甘蓝产量的影响

从表 2 可知, 除处理 T1 产量较对照略降低外, 其余处理均表现为较对照增产。其中处理 T5 增产最高, 比常规化肥(CK)增产 16.45%, 表明沼肥施用量越高, 产量越高; 处理 T5 与处理 T4 差异不显著, 与其余处理均差异显著。处理 T1、处理 T2、处理 T3、处理 T4 与 CK 均差异显著。考虑到成本因素, 处理 T3 更符合要求。

表 2 不同施肥处理的甘蓝产量

处理	折合产量 /(kg/hm ²)	比CK增加 /%	位次
CK	52 875±777.45 b		5
T1	51 240±554.55 a	-3.09	6
T2	55 035±1 017.15 c	4.09	4
T3	60 300±920.55 d	14.04	3
T4	61 245±1 510.50 de	15.83	2
T5	61 575±1 110.75 e	16.45	1

2.2 不同施肥处理对甘蓝品质的影响

由表 3 可知, 沼渣配施化肥的所有处理(处理 T1~T5)Vc 含量均有所增加, 增幅为 1.43%~11.60%, 均与 CK 差异显著。其中处理 T3 的 Vc 含量最高, 与其他处理相比均有明显增加; 其次是处理 T2、处理 T1; 处理 T4、处理 T5 较低, 但均高于 CK。这与李泽碧等^[6]在研究沼液、沼渣与化肥配施对莴笋产量和品质的影响时的结论相似, 表明

适量沼渣配施化肥可以提高甘蓝中的 Vc 含量, 但沼渣用量不宜过多。一般来说, 经发酵后的尾菜沼渣富含钾元素及微量元素, 不仅可以促进作物的吸收, 而且可以有效地提高果实的品质^[6]。

配施沼渣处理的甘蓝可溶性糖含量均比对照显著增加, 其中处理 T5 最高, 其次是处理 T4、处理 T3, 处理 T1 最低。说明施用沼渣可以有效地提高可溶性糖含量, 处理 T5 与处理 T4 差异不显著, 与其余处理差异显著; 处理 T3 与处理 T4 差异不显著, 但均与处理 T1、处理 T2、CK 差异显著。考虑到充分利用沼渣、节约成本的因素, 处理 T3 更符合要求。

不同的沼渣施用量均可以降低硝酸盐含量, 与对照相比差异均达显著水平。处理 T3 硝酸盐含量减少效果最明显, 比常规施肥的对照处理减少 19.59%; 其次是处理 T4、处理 T5, 分别减少 15.93%、11.98%。配施沼渣能明显减少甘蓝中的硝酸盐含量, 但随着沼渣量的增加, 硝酸盐含量降低率反而呈下降趋势, 这与李泽碧等人^[6]的结果一致, 说明适量沼渣与化肥配施可以有效减少蔬菜中硝酸盐的含量^[11], 沼渣施用量过大会增加蔬菜中的硝酸盐含量^[12]。

2.3 不同施肥处理对土壤养分含量的影响

由表 4 可知, 甘蓝收获后, 所有处理的土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量均高于施肥前的本底值。施用沼渣的所有处理土壤碱

表 3 不同施肥处理的甘蓝品质

处理	Vc		可溶性糖		硝酸盐	
	含量 /(mg/kg)	比本底值增加 /%	含量 /(mg/kg)	比本底值增加 /%	含量 /(mg/kg)	比本底值增加 /%
CK	60.09±0.03a		0.21±0.007a		67.03±0.04a	
T1	65.67±0.07d	9.29	0.214±0.003b	1.90	63.76±0.03b	4.88
T2	66.43±0.09e	10.55	0.223±0.003c	6.19	61.06±0.05c	8.91
T3	67.06±0.04f	11.60	0.236±0.003d	11.02	53.90±0.05f	19.59
T4	61.73±0.06c	2.73	0.238±0.002de	13.33	56.35±0.04e	15.93
T5	60.95±0.06b	1.43	0.241±0.004e	14.76	59.12±0.02d	11.98

表 4 沼渣及化肥配施处理的甘蓝土壤速效养分含量

处理	碱解氮		速效磷		速效钾	
	含量 /(mg/kg)	比CK增加 /%	含量 /(mg/kg)	比CK增加 /%	含量 /(mg/kg)	比CK减少 /%
CK	82.91±0.22a	0.74	61.37±0.10c	9.59	180.67±0.50a	3.83
T1	83.20±0.42a	1.09	58.90±0.09a	5.18	186.09±0.20b	6.95
T2	83.87±0.21b	1.91	60.99±0.08b	8.91	187.89±0.46c	7.98
T3	87.73±0.26e	6.60	61.98±0.11d	10.68	188.94±0.58d	8.59
T4	84.66±0.34d	2.87	62.07±0.05e	10.84	189.03±0.46d	8.64
T5	84.32±0.35c	2.45	62.48±0.09f	11.57	190.76±0.47e	9.63

解氮含量均高于对照，其中处理 T3 土壤碱解氮增加效果最明显，比本底值高 6.60%，均与其余处理差异显著。这与闫兆鹏等^[13]在小麦上的研究结果相似，说明沼渣与化肥配施有利于增加土壤中的碱解氮含量。

施用沼渣的所有处理速效磷均显著增加，且沼渣量越大，土壤速效磷的含量增加越明显。其中处理 T5 的速效磷含量最高，比土壤本底值增加 11.57%，分别是处理 T1、处理 T2、处理 T3、处理 T4 的 1.06 倍、1.02 倍、1.01 倍、1.01 倍，与其余处理均差异显著，这与闫兆鹏等^[13]的试验结果相似，表明沼渣大量配施化肥有效促进了土壤中速效磷含量的提高。

与 CK 相比，其余处理均能使土壤中的速效钾含量显著增加，且沼渣量越大，速效钾含量会越高。其中处理 T5 使土壤中速效钾的含量增加最明显，比土壤本底值增加 13.46%，与其余处理差异均显著；其次是处理 T3、处理 T4，二者差异不显著，但与其余处理差异均显著。可见沼渣与化肥配施对土壤中速效钾的影响与速效磷的变化趋势相似，这可能是由于沼渣与化肥配施能增加土壤速效钾的缓效时间，从而保证植株生长的吸收利用^[14]。

2.4 不同施肥处理对土壤有机质的影响

如图 1 所示，沼渣配施化肥的所有处理（处理 T1~T5）与施常规化肥（CK）相比较，均显著地提高了土壤的有机质含量。其中处理 T5 含量最高，比对照增加 12.56%；其次是

处理 T3、处理 T4。这可能是由于沼渣中的有机质转化快，能够迅速地促进土壤中有机质含量的增加^[15-16]。考虑成本因素，处理 T3 更适用于生产。

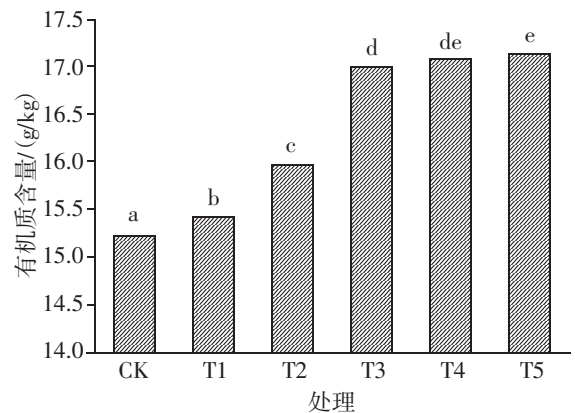


图 1 不同施肥处理对土壤有机质的影响

2.5 不同施肥处理对土壤 pH 的影响

不同施肥处理对土壤 pH 变化的影响如图 2 所示。不同量的沼渣施肥处理都能显著降低土壤的 pH，其中处理 T3 降低土壤碱性的效果最明显，这与王远远^[14]的结论相似，说明施沼渣对土壤的酸碱度有一定的缓冲作用，可降低土壤的碱性，使其接近中性。

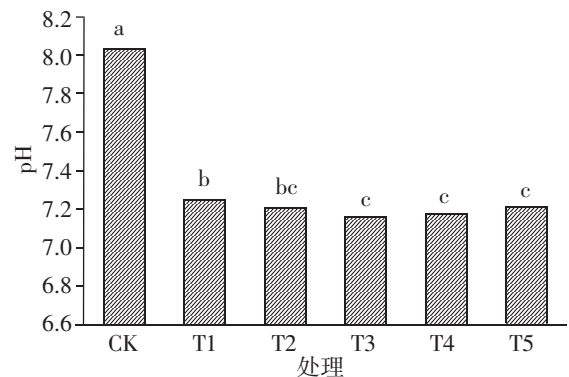


图 2 不同施肥处理对土壤 pH 的影响

3 结论

试验表明,以蔬菜废弃物为原料厌氧发酵产生的沼渣配合化肥作基肥均可提高甘蓝的产量,增加可溶性糖含量及土壤中有机质含量。其中磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 4 200 kg/hm² 处理效果最明显,磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 3 000 kg/hm² 处理、磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 3 600 kg/hm² 处理、磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 4 200 kg/hm² 处理间差异均不显著。沼渣配合化肥作基肥均能增加土壤中速效磷与速效钾的含量,其中磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 4 200 kg/hm² 处理的含量最高。沼渣配合化肥作基肥均可增加甘蓝中维生素 C 含量和降低硝酸盐含量,且能增加土壤中碱解氮的含量以及调节土壤 pH,其中磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 3 000 kg/hm² 处理效果最佳。

从整体上来看,在 6 个施肥处理中,磷酸二铵 480 kg/hm²+ 硫酸钾复合肥 300 kg/hm²+ 沼渣 3 000 kg/hm² 处理最为理想,能够有效地提高甘蓝产量、改善品质及土壤肥力,更适合在实际生产中应用。

参考文献:

[1] 姜灵伟,陈锐.沼肥种类及不同施氮量对芹菜品质影响研究[J].中国沼气,2020,38(1):80-84.

[2] ARIF SANIA, LIAQUAT RABIA, ADIL MANAL. Applications of materials as additives in anaerobic digestion technology[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 97: 354-366.

[3] ZIDANŠEK ALEKSANDER, BLINC ROBERT, JEGLIČ ANTON, et al. Climate changes, biofuels and the sustainable future[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2009, 34

(16): 6980-6983.

[4] 丁跃林.沼肥综合利用技术[J].生态环境,2001(2):17-18.

[5] 中国农学会.美丽乡村 100 问[M].北京:中国农业出版社,2014.

[6] 李泽碧,王正银.沼液、沼渣与化肥配施对莴笋产量和品质的影响[J].中国沼气,2006,24(1):27-30.

[7] 邱桃玉,刘德江.施用沼肥对蔬菜产量、品质及土壤性状的影响[J].中国沼气,2010,28(6):44-47.

[8] 尹燕,王兴田,杨道兰,等.牛粪与花椰菜废弃物混合比例对厌氧发酵产沼气的影响[J].中国农机化学报,2017,38(1):116-119;123.

[9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.

[10] 白宝璋,王景安,孙玉霞,等.植物生理学测试技术[M].北京:中国科学技术出版社,1993.

[11] 徐卫红,王正银,权月梅,等.沼液对莴笋和生菜硝酸盐含量及营养品质的影响[J].农村生态环境,2003,19(2):34-37.

[12] 齐英,陈慧民,刘慧.沼肥对减少蔬菜硝酸盐积累的量化研究[J].可再生能源,2003(5):35-36.

[13] 闫兆鹏,孙嘉洵,杨守军,等.沼肥施用对小麦产量及土壤理化性质的影响[J].海峡科技与产业,2019(1):170-172.

[14] 王远远.蔬菜废弃物沼气发酵工艺条件及沼气发酵残余物综合利用技术的研究[D].上海:上海交通大学.2008:99-107.

[15] 樊文华,刘晋峰,王志伟,等.施用沼肥对温室土壤养分和重金属含量的影响[J].山西农业大学学报,2011(1):1-4.

[15] 张志刚,杨金梅,杨权社.沼渣栽培平菇配方筛选试验[J].甘肃农业科技,2011(2):25-26.

(本文责编:杨杰)