

等氮量替代原则下沼液部分替代化肥技术方案

张昌爱^{1,2}, 刘银秀³, 单胜道¹, 姚利^{2,4}, 辛淑荣^{2,4}, 张柏松^{2,4}

(1. 浙江科技学院, 杭州 310023; 2. 农业农村部废弃物基质化利用重点实验室, 济南 250100; 3. 浙江省农业生态与能源办公室, 杭州 310020; 4. 山东省农业科学院 农业资源与环境研究所, 济南 250100)

摘要: 在土壤基肥施用翻耕前, 采用沼液漫灌对于矫治土壤连作障碍、提高土壤肥力具有显著作用。结合这种沼液的施用方式, 拟定沼液替代化肥的技术方案可为沼液的资源化利用及化肥使用的减量化提供一种可行的技术措施, 从而有效缓解沼液的消纳困境, 间接促进畜禽粪便的资源化利用。文章提出了等氮量部分替代原则下沼液替代化肥的技术方案, 并举例说明了沼液用量、化肥减量等参数的计算方法, 拟定出沼液替代后化肥的施用方案, 依次试验分析了技术方案实施的应用效果。结果表明: 技术方案实施后, 每亩蔬菜可减少尿素、重钙及硫酸钾用量依次为 9.65 kg、22.72 kg 和 10.92 kg; 蔬菜品质有明显提升, 蔬菜增产 7.92%, 每亩蔬菜可增加收入 5830.6 元。

关键词: 沼液; 沼液漫灌; 沼液替代化肥; 技术方案

中图分类号: S216.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2019)01-0094-04

Technical Scheme of Biogas Slurry Partially Replacing Chemical Fertilizer with the Principle of Equal Amount of Nitrogen Substitution / ZHANG Chang-ai^{1,2}, LIU Yin-xiu³, SHAN Sheng-dao¹, YAO Li^{2,4}, XIN Shu-rong^{2,4}, ZHANG Bo-song^{2,4} / (1. Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China; 2. Key Laboratory of Wastes Matrix Utilization, Ministry of Agriculture, Jinan 250100, China; 3. Zhejiang Agricultural Ecology and Energy Station Hangzhou 310020, China; 4. Agricultural Resources and Environment Institute of Shandong Agriculture Science Academy, Jinan 250100, China)

Abstract: The technical scheme of biogas slurry partially replacing chemical fertilizer under the principle of equal amount of nitrogen substitution was put forward in this paper. The calculation method of biogas slurry consumption and chemical fertilizer reduction was illustrated with examples. The application scheme of biogas slurry as a substitute for chemical fertilizer was worked out, and the application effect of the technical scheme was analyzed. The results showed that: after the implementation of the technical scheme, the dosage of urea, heavy calcium and potassium sulfate per mu of vegetables could be reduced by 9.65 kg, 22.72 kg and 10.92 kg respectively. Vegetable quality significantly improved, the yield increased by 7.92%, and per mu of vegetable could increase income 5830.6 yuan.

Key words: biogas slurry; diffuse irrigation; replacement of chemical fertilizer by biogas slurry; technical scheme

近年来我国的畜牧业持续高速发展, 在经济效益提升的同时, 畜禽粪便的有效利用及污染问题日渐突出, 已成为制约我国畜禽养殖业可持续绿色发展的重要因素^[1]。针对畜禽粪污资源化利用问题, 2017 年国务院出台了“关于加强推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见”, 指出畜禽粪便的资源化利用应符合“一减两控三基本”的要求, 从技术和机制层面上进行创新, 切实推进畜禽粪便资源化的绿色发展^[2]。在农业生产实际中长期化肥的过量使用, 不但增加了生产成本, 还引起土壤理化性状劣化、土

壤质量下降等问题^[3], 因此农业生产中开展有机肥替代化肥行动紧迫而重要。

沼气工程是处理畜禽粪便的重要方式之一^[4], 而沼液是沼气工程产生的废弃物。沼液的无害化消纳是沼气工程连续运转的基础^[5]。由于沼液中富含氮、磷、钾和作物生长所需的微量元素, 同时含有丰富的氨基酸、B 族维生素、各种水解酶、生长素等^[6-7], 所以沼液肥用是目前比较可行的资源化利用方式^[8]。大量试验研究证明, 施用沼肥不仅能有效改善作物的品质和产量, 在改善土壤环境和提高

收稿日期: 2018-11-23

项目来源: 浙江省科技重点研发计划项目(2019C02053); 山东省农业重大应用技术创新课题(2017)

作者简介: 张昌爱(1971-)男, 教授, 主要从事农业资源与环境方面的科研工作, E-mail: zca2006@sina.com

通信作者: 张柏松, E-mail: bosongz@vip.sina.com

土壤肥力方面也具有良好的效果^[9-10],同时利用沼液在休闲期漫灌还能有效抑制大棚土壤连作障碍的发生,新鲜的沼液对土壤线虫病害有比较明确的抑制效果^[11]。因此在土壤基肥施用翻耕前,采用沼液漫灌对于土壤质量的提高具有积极意义。

结合这种沼液的施用方式,拟定沼液替代化肥的技术方案可为沼液的资源化利用及化肥使用的减量化提供一种可行的技术,从而有效缓解沼液的消纳困境^[12]、间接促进畜禽粪便的资源化利用。

1 沼液替代化肥技术方案拟定的方法阐述

化肥具备便于工业化生产、有效成分含量高、供肥时间短、见效快、运输施用方便等优点,极大地促进了农业的增产和持续发展,因而在现代农业中,尤其规模化生产的农业中占据了极大的优势,因此有机肥完全替代化肥是不现实的。当前化肥替代方面的研究多是围绕氮素这种营养元素来考虑的,主要分为全氮量替代、等氮量部分替代、减氮条件下部分替代和增氮条件下部分替代这4种方式。“等氮量条件下的部分替代”是目前采用较多的有机肥替代方式之一,该方式是在有机肥替代化肥技术中,保持向土壤中提供的氮素总量不变的条件下,使得一部分化肥氮被有机肥氮所替代。

利用新鲜沼液在施用基肥之前漫灌,由于沼液带入了部分氮磷钾,因此在化肥施用时可以减去相应的量,这是沼液替代化肥技术方案拟定的基础。所以,化肥的替代量计算进行之前,首先需要明确当地种植户常规使用肥料情况,根据专家意见或实际情况拟定化肥的替代比例;其次需要明确所用的沼液中单质养分的含量,尤其氮素的含量。根据需要进行替代的氮素量算出需要沼液的施用量。

沼液中的氮素包含有机氮和速效氮,而沼液在漫灌时,其中的速效氮(主要是铵态氮)大部分会散

失,最终只有约30%被利用,而有机氮在计算时还应考虑其当年的矿化率,计算时应注意这两点。之后依据沼液的添加量计算出磷素及钾素的带入量。由沼液带入的氮、磷、钾量即为化肥替代量。具体的化肥替代量计算方法如下:

(1) 确定所用沼液中全氮、有效磷、有效钾含量,测定方法参照《农化分析》提供的常规方法;将其有效氮、有效磷、有效钾含量分别标记为 $\&_N$ 、 $\&_P$ 、 $\&_K$,单位均为%。

(2) 了解当地施肥习惯,提出化肥施用的优化方案,明确当前方案中每亩土地的各类有机肥以及氮肥、磷肥、钾肥的施用量。其中由化肥带入的纯氮、纯磷、纯钾分别用 G_N 、 G_P 、 G_K 表示。

(3) 拟定化肥中氮肥的替代比例,用 ω_N 表示,单位为%。

(4) 计算沼液的施用量,计算公式为下。

$$W_{OM} = \frac{G_N \times \omega_N}{\&_N}$$

式中: W_{OM} 、 G_N 、 ω_N 、 $\&_N$ 分别为沼液施用量、原纯氮施用量、氮肥替代比例和沼液中的有效氮含量。

(5) 由沼液带入的纯氮、纯磷、纯钾的量分别为:

$$T_N = G_N \times \omega_N = W_{OM} \times \&_N$$

$$T_P = W_{OM} \times \&_P, T_K = W_{OM} \times \&_K$$

则还需补充氮磷钾分别为 $G_N - T_N$ 、 $G_P - T_P$ 、 $G_K - T_K$,根据所选化肥计算出各种化肥的用量。

2 应用实例

以山东省肥城市某蔬菜基地为例,对沼液替代化肥方案进行详细说明。表1为该蔬菜基地每亩地的现行施肥现状,根据专家意见,计划该蔬菜基地化肥中氮素用量的40%由沼液中的氮来替代。所选沼液来自肥城市天蓬府猪业有限责任公司旗下养猪场产生的沼液,其中沼液的营养成分含量见表2。

表1 蔬菜基地肥施用现状

施肥种类	品种	亩用量/kg	养分含量(参考值)
有机肥	干鸡粪	5000	含氮1.63%~2.34%,磷1.54%~2.32%,钾0.78%~0.90%。
	稻壳	2000	含氮0.48%,含磷0.32%,含钾0.27%。
	饼肥	100	氮0.63%~0.7%,磷0.25%~0.84%,钾0.63%~1.04%。
	微生物肥料	50	酵素菌剂,含氮2.04%,磷1.35%,钾2.33%。
化肥	复合肥	50	15-15-15的复合肥。
	磷酸二铵	20	18-46-0
	中微量元素	25	硅钙镁锌硼钼,混合型中微量元素肥。

表2 沼液的营养成分含量

有机质	全氮	铵态氮	有效磷	有效钾
(g·kg ⁻¹)	%	%	%	%
32.13	1.10	0.90	0.36	0.48

具体的计算过程如下:

2.1 当前施肥化肥带入的纯氮量

当前施肥中由化肥所带入的纯氮用量为:

$$G_N = 50 \times 15\% + 20 \times 18\% = 11.1 \text{ kg}$$

2.2 沼液用量

替代比例 $\omega_N = 40\%$ 则需要替代的纯氮肥量为:

$$11.1 \times 40\% = 4.44 \text{ kg}$$

沼液中铵态氮的有效率按 30% 计算,有机氮的有效率按 60% 的当年矿化率进行估算,则沼液中有有效氮的含量为:

$$(1.1 - 0.9) \times 60\% + 0.9 \times 30\% = 0.39\%$$

因而,沼液的用量为:

$$W_{OM} = 4.44 \text{ kg} \div 0.39\% = 1138 \text{ kg}$$

2.3 沼液带入的磷肥和钾肥量

由沼液带入的纯磷和纯钾分别为:

$$G_P = W_{OM} \times \&_P = 1138 \times 0.36\% = 4.09 \text{ kg}$$

$$G_K = W_{OM} \times \&_K = 1138 \times 0.48\% = 5.46 \text{ kg}$$

即施用 1138 kg 沼液可替代氮肥、磷肥、钾肥分别为 4.44 kg 4.09 kg 5.46 kg。

2.4 新的施肥方案中化肥中所需氮、磷、钾的量

从原来化肥氮、磷、钾总量中将沼液带入的氮、

磷、钾含量去除,即为新的施肥方案中化肥中所需氮、磷、钾的量。因而,

$$\text{氮量: } W_N = G_N \times (1 - 40\%) = 11.1 \times 0.6 = 6.66 \text{ kg}$$

$$\text{磷量: } W_P = G_P - T_P = 50 \times 15\% + 20 \times 46\% - 4.09 = 12.61 \text{ kg}$$

$$\text{钾量: } W_K = G_K - T_K = 50 \times 15\% - 5.46 = 2.04 \text{ kg}$$

2.5 新施肥方案的拟定

根据以上的计算可知,采用沼液替代化肥后,在等氮替代的原则下,还需补充纯氮 6.66 kg 磷 12.61 kg 钾 2.04 kg。在化肥的选择时,推荐肥料以硫酸钾、尿素和磷酸二铵为主,则各肥料的用量如下:

$$\text{硫酸钾用量}(50\%) = 2.04 \div 50\% = 4.08 \text{ kg}$$

$$\text{磷酸二铵用量}(46\%) = 12.61 \div 0.46 = 27.41 \text{ kg}$$

$$\text{尿素用量}(46\%) = (6.66 - 27.41 \times 18\%) \div 0.46 = 3.76 \text{ kg}$$

故沼液施用后的施肥方案见表 3。

表 3 替代后蔬菜基地肥施用情况状

施肥种类	品种	亩用量 / kg	养分含量(参考值)
有机肥	干鸡粪	5000	含氮 1.63% ~ 2.34% ,磷 1.54% ~ 2.32% ,钾 0.78% ~ 0.90% 。
	稻壳	2000	含氮 0.48% ,含磷 0.32% ,含钾 0.27% 。
	饼肥	100	氮 0.63% ~ 0.7% ,磷 0.25% ~ 0.84% ,钾 0.63% ~ 1.04% 。
	微生物肥料	50	酵素菌剂,含氮 2.04% ,磷 1.35% ,钾 2.33% 。
	沼液	1138	含氮 1.1% (铵态氮 0.9%) ,磷 0.36% ,钾 0.48% 。
化 肥	硫酸钾	4.08	钾含量 50% 。
	磷酸二铵	27.41	18-46-0
	尿素	3.76	氮含量 46
	中微量元素	25	硅钙镁锌硼钼,混合型中微量元素肥。

3 应用效果分析

3.1 化肥替代效果

通过沼液替代化肥技术方案的实施,单位面积(每亩)化肥氮、化肥磷及化肥钾的替代量分别为 4.44 kg 4.09 kg 5.46 kg,若分别以尿素、重钙和硫酸钾来计量,则每亩蔬菜尿素、重钙和硫酸钾的用量可以依次减少 9.65 kg 22.72 kg 10.92 kg。若依推

广 1 万亩计算,则可减少尿素用量 96.5 t,减少重钙用量 227.2 t,减少硫酸钾用量 109.2 t。

3.2 蔬菜产量

为对比技术方案的增产效果,将大棚划分为两块,一块常规处理(对照组),一块使用本技术方案的方法处理(应用组)。种植栽培中其他施肥、浇水等管理措施严格一致,按照标准方法测定所需要的指标。应用技术方案后蔬菜增产情况如表 4 所示。

表 4 黄瓜生长状况

处 理	产 量 (kg·亩 ⁻¹)	增产率 %	植株发病率 %	增减 ± %	根系活力 (Ug·h ⁻¹ g ⁻¹)	增减 ± %	植株生物量 (g·株 ⁻¹)	增减 ± %
对照组	25339.3	—	12.6	—	139.7	—	0.59	—
应用组	27346.5	7.92	7.1	43.65	172.1	23.19	0.67	13.56

由表 4 看出,本技术实施后与现有的施肥措施相比可增加产量 7.92%,黄瓜植株的发病率骤减 43.65%,且植株生长旺盛,表现为黄瓜的根系活力

增加了 23.19%,黄瓜的平均单株生物量增加了 13.51%。因此,本技术对于黄瓜收获期的产量及植株长势具有显著作用。

3.3 对蔬菜品质的影响

技术实施后,黄瓜的品质也有了显著提高:采摘后黄瓜的感官指数提高了 44.07%,维生素 C 含量

增加了 20%,硝酸盐含量下降了 9.33%,而总糖含量提高了 26.27%,黄瓜的商品性及口感都有显著提升。

表 5 黄瓜品质状况

处 理	感官指数	增加 %	维生素 C (mg·100 g ⁻¹)	增 减 ± %	硝酸盐 (mg·kg ⁻¹)	增 减 ± %	总 糖 %	增 减 ± %
对照组	59	—	0.035	—	549.21	—	1.18	—
应用组	85	44.07	0.042	20.00	502.36	-9.33	1.49	26.27

3.4 经济效益

通过对本技术的经济分析看出(见表 6),单季

种植效益的增加 0.6 万元,而沼液冲施对土壤的保护作用更优于单纯冲施化肥,经济效益极为可观

表 6 不同处理组亩产经济效益分析

处 理	产 量 kg	增产率 %	销售收入 元	增加额 元	本技术投资额 元	收入增加额 元
对照组	25339.3	—	76008.9	—	6200	0
应用组	27346.5	7.92	82039.5	400	6600	5830.6

注:黄瓜的销售单价按为每 kg 3 元计算,不考虑品质提升带来的潜在利润。

4 小结与展望

该方案阐述了蔬菜栽培中沼液漫灌替代化肥技术的实施方法,各地区应根据自己的当地实际灵活掌握,其替代比例以及有机氮的矿化率的选择应根据当地实际情况及专家意见进行选取;拟定沼液漫灌替代化肥的施肥方案时应根据专家建议及种植户的意愿双向选择,以不造成农户减产减收、农户反对为原则;沼液应尽量选用新鲜沼液,如储备后施用可考虑采用密封设施以防其与空气接触,这是因为沼液在较低氧化还原电位时具备生理夺氧、运动去脂的作用,会更有利于抑制土壤的连作障碍。

本文从沼液的利用和化肥用过量等问题为切入点,制定了该化肥替代技术方案,不仅为沼液的有效消纳提供了可行的方向,同时也实现了化肥的减量化使用。之前提到,沼液的有效消纳问题已成为沼气工程发展的瓶颈,沼液得到有效消纳,便解决了沼气工程的连续运转及继续发展问题,而沼气工程是当前处理畜禽粪便的主要方式,这也间接地实现了畜禽粪便的资源化利用。同时,文章所制定的化肥替代方法思路,也可应用于其他有机肥替代化肥的方案制定中。我国有机肥资源较为丰富,而实际利用率却不足 40%,因此该方案的可开发利用潜力较为巨大。通过方案的实施与优化,逐步实现“一减两提三带动”目标,消除养殖废弃物的环境威胁,促进种养循环的良性发展。

参考文献:

[1] 农业部,国家发展和改革委员会,财政部,等.关于印

- 发《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》的通知[J].再生资源与循环经济,2016,9(10):3-4,7.
- [2] 国务院办公厅.国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见[J].再生资源与循环经济,2017,10(06):1-2.
- [3] 朱兆良,金继运.保障我国粮食安全的肥料问题[J].植物营养与肥料学报,2013,19(2):259-273.
- [4] 李宝玉,毕于运,高春雨,等.我国农业大中型沼气工程发展现状、存在问题与对策措施[J].中国农业资源与区划,2010,31(02):57-61.
- [5] 张昌爱,刘英,曹曼,等.沼液的定价方法及其应用效果[J].生态学报,2011,31(6):1735-1741.
- [6] 靳红梅,常志州,叶小梅,等.江苏省大型沼气工程沼液理化特性分析[J].农业工程学报,2011,27(1):291-296.
- [7] 沈其林,单胜道,周健驹,等.猪粪发酵沼液成分测定与分析[J].中国沼气,2014,32(3):83-86.
- [8] 曹汝坤,陈灏,赵玉柱.沼液资源化利用现状与新技术展望[J].中国沼气,2015,33(02):42-50.
- [9] 李丙智,王桂芳,秦晓飞,等.沼液配施钾肥对果园土壤理化特性和微生物及果品品质影响[J].中国农业科学,2010,43(22):4671-4677.
- [10] 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.
- [11] 张昌爱,张玉凤,林海涛,等.沼液漫灌对设施土壤连作障碍因子的影响[J].灌溉排水学报,2014,33(02):117-120.
- [12] 张昌爱,李国生,姚利,等.一种利用沼液矫治大棚土壤连作障碍的方法[P].中国专利:CN102498777A,2012-06-20.