

## 沼液农用综合利用研究进展

尹冬雪<sup>1</sup> 刘伟<sup>2</sup> 周罕觅<sup>1</sup> 赵娜<sup>1</sup> 王升升<sup>1</sup>

(1. 河南科技大学农业装备工程学院, 河南洛阳 471000; 2. 河南科技大学农学院, 河南洛阳 471000)

**摘要** 在查阅、收集沼液农用文献的基础上, 归类综述了近年沼液农用综合利用的主要途径。从沼液作为肥料、用于养殖与栽培、用于浸种及预防病虫害几方面阐述了沼液农用的研究进展, 旨在为推广沼液农用的可持续发展提供理论参考。

**关键词** 沼液; 综合利用; 肥料; 养殖; 浸种

中图分类号 S216.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)03-0015-03

### Research Progress of Biogas Slurry for Agricultural Comprehensive Utilization

YIN Dong-xue<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>2</sup>, ZHOU Han-mi<sup>1</sup> et al (1. College of Agricultural Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000; 2. Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000)

**Abstract** On the basis of consulting and collecting literature of biogas slurry used in agriculture, the main ways of comprehensive utilization of agricultural biogas slurry in recent years were classified and summarized. The research progress of biogas slurry used in farming were expounded from several aspects: biogas slurry as fertilizer, used for breeding and cultivation, for soaking seeds and preventing diseases and pests. The purpose of the paper was to provide a theoretical reference for promoting the sustainable development of biogas slurry for agricultural comprehensive utilization.

**Key words** Biogas slurry; Comprehensive utilization; Fertilizer; Breeding; Soaking seeds

沼液是沼气厌氧发酵后的产物, 因沼气发酵过程中大量的氮、磷、钾、氨基酸、B 族维生素和生长素被保留下来, 其速效养分含量高, 作物可快速吸收利用沼液中的养分, 不但能提高作物的产量与品质, 还具有一定的防病抗逆作用, 是优质的有机肥料<sup>[1]</sup>。但是大量农业生产实践证明, 未被合理利用而被随意排放废弃的沼液将会威胁农村的生态环境, 因此, 在新农村建设过程中, 沼液的农用综合利用是高效消纳沼液的有效途径之一<sup>[2]</sup>。国内外关于沼液农用的研究较多, 但具体分类、系统全面阐述的研究相对较少。基于此, 笔者将沼液农用的研究进展进行系统概述, 以期对沼液农用相关研究提供参考。

### 1 沼液农用综合利用途径

#### 1.1 肥料

**1.1.1 叶面喷肥。**沼液含有作物生长所需的水溶性营养成分, 作为速效水肥适宜用作根外施肥, 且作物的喷施效果明显<sup>[3-4]</sup>。在农业生产中, 沼液既可单独用于叶面喷施, 又可与农药、化肥、生长剂等混合进行叶面喷施<sup>[5]</sup>。常健<sup>[5]</sup>研究表明, 沼液在喷施前应进行澄清、过滤处理, 施用浓度应根据作物品种、时节、长势和气温而定, 一般为 600~1 500 kg/hm<sup>2</sup>。研究显示, 叶面喷施沼液后可显著增加叶片厚度, 提高作物叶面叶绿素含量, 从而增强作物光合作用, 提高产量<sup>[2]</sup>。此外, 沼液因能满足作物各生育期所需营养, 喷施沼液有促进作物生长平衡, 调节作物生长代谢的效果。在果树栽培中, 喷施沼液可促进果树花芽分化、保花保果、果实增重, 使果品光泽度更好, 提高其商品果率<sup>[6]</sup>。

**1.1.2 灌溉为主的根部追肥。**沼液适用于作物根部追肥, 为避免烧坏秧苗, 通常沼液与水适当比例混合进行农业灌

溉。目前, 沼液灌溉的方式主要分为漫灌和沟槽灌溉, 随着沼液过滤技术和节水灌溉技术的发展, 沼液滴灌易堵的问题得以解决, 因此, 沼液滴灌可有效促进水肥一体化, 提高沼液施肥的精准性<sup>[5]</sup>。廖诚<sup>[7]</sup>研究表明, 对白菜施加沼液进行根部追肥, 白菜产量可达 51 850.95 kg/hm<sup>2</sup>, 增产 18.5%, 增加净产值 9 310.50 元/hm<sup>2</sup>。此外, 沼液具有促进白菜生长、提早成熟、结球紧实、品质改善及提高商品率的效果。研究表明, 设施蔬菜更适用于沼液根部追肥, 合理配施可提高有机蔬菜品质、产量及环境效益<sup>[5]</sup>。

**1.1.3 有机肥直接还田。**研究显示, 沼液可提高作物品质与产量, 改善土壤酶的活性<sup>[8]</sup>, 因此, 沼液可制成固态肥或液态肥直接还田施用。研究表明, 沼液中配以适当比例的氨基酸、腐殖酸、黄腐酸及多种生物复合菌体制成的固态有机肥, 能够促进作物成熟期, 提高作物抗寒、抗盐碱, 预防病虫害的能力, 提高农作物的综合品质; 此外, 施用该固态有机肥可使叶菜类蔬菜作物增产 20%~30%, 油、粮、棉作物增产 10%~20%, 食用菌增产 15%~20%, 根块类作物增产 15%~25%。液体有机沼肥集沼液和腐殖酸功效于一体, 富含营养成分, 施用液体沼肥有助于土壤中难溶性氮、磷、钾元素的溶解, 从而增强土壤中有机肥的速效性和长久性<sup>[5]</sup>。

**1.1.4 改良土壤。**研究表明, 沼液作为肥料, 可增加土壤微生物数量, 提高土壤酶活性。冯丹妮等<sup>[9]</sup>在水旱轮作地施用沼液的试验表明, 沼液可以改善农田土壤结构, 增加微生物数量, 促进土壤微生物的均衡生长, 并提高土壤酶活性, 增加土壤有机质的含量, 降低土壤细菌/真菌值<sup>[10]</sup>。李轶等<sup>[11]</sup>研究发现, 沼液追施有利于土壤中微生物种群的均匀分布和均衡生长, 同时有利于提高土壤磷酸酶的活性, 提高土壤呼吸强度。叶旭君等<sup>[12]</sup>研究表明, 连续施用沼液的农田中土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷和速效钾的含量比施用化肥的土壤高, 土壤密度下降, 孔隙度提高。常健<sup>[5]</sup>研究表明, 施用沼液可显著增加土壤有机质、速效钾、速效磷、氨态氮的含

基金项目 河南省高等学校重点科研项目(17A416004)。

作者简介 尹冬雪(1984—), 女, 黑龙江讷河人, 讲师, 博士, 从事农村生物质能源研究。

收稿日期 2017-11-15

量,且有利于调节土壤 pH。由此可见,沼液有利于土壤酶活性的提高和微生物的生长<sup>[8]</sup>。

## 1.2 养殖与栽培

### 1.2.1 有机饲料

沼液中含有促进畜禽生长的氨基酸、铜、锌、铁等微量元素,可以作为畜禽养殖和淡水养殖的饵料。研究表明,饲料中拌入沼液喂食生猪,可缩短生猪育肥期,促进生猪生长,降低料肉比。喂沼液比喂清水的猪育肥期缩短 32 d,日均增重 35~129 g/头,料肉比下降 12.9%<sup>[13]</sup>;沼液投入鱼塘,可以提高鱼塘叶绿素含量和浮游生物量,减少溶解氧的消耗,改善水质,提高鱼苗成活率、成鱼品质及单产量<sup>[14-15]</sup>。研究显示,施用适当沼液的鱼塘,浮游生物数量增长 12.1%,含氧量比普通鱼塘高 13.8%,水解氮量提高 15.5%,铵盐含量提高 52.9%,磷酸盐含量增加 11.8%,鱼质量增长 41.3%<sup>[16]</sup>。此外,将沼液拌在鸡饲料中喂鸡,可以明显改善鸡的营养发育,增加鸡的体重,提前产蛋期,提高产蛋量,并对粪便有显著的除臭作用。沼液配以精饲料喂兔,可增加兔毛产量。沼液配以饲料喂牛,可促进奶牛产奶量。此外,沼液可以用来饲养蚯蚓,蚯蚓因含高蛋白质和高营养物质可以用作畜禽的饲料添加剂<sup>[17]</sup>。

### 1.2.2 作为培养基,制备微生物絮凝剂

微生物絮凝剂是微生物代谢的具有絮凝活性的产物,因其无毒、高效、无二次污染的特点而备受人们关注<sup>[18]</sup>。然而,微生物絮凝剂产生菌的培养基通常以蛋白胨、尿素、酵母膏等作为氮源,以葡萄糖/蔗糖作为碳源,其生产成本较高,一定程度上影响了微生物絮凝剂的推广<sup>[19]</sup>。沼液因营养丰富,含有大量小分子有机物,具有较高的利用价值。裴瑞林<sup>[20]</sup>利用养猪废水作为产絮凝菌 B-737 的廉价替代培养基,使培养基成本降低了 90% 左右;马放等<sup>[19]</sup>利用秸秆制备并获得了微生物絮凝剂,并以牛粪沼液发酵的沼液为底物,制取的微生物絮凝剂产率达到 4.2 g/L;Zhao 等<sup>[21]</sup>研究表明,利用沼液与传统培养基 5:1 进行配比可以获得理想的絮凝率。裴瑞林<sup>[20]</sup>研究表明,产絮凝微生物可以有效利用沼液中丰富的碳源、氮源、磷源及其他营养成分进行细胞生长和微生物絮凝剂的合成,这说明以沼液作为产絮凝微生物的廉价培养基,对于提高微生物絮凝剂产量、絮凝活性及降低其生产成本具有现实意义。

### 1.2.3 无土栽培营养液

无土栽培是用人工化学合成液作营养液替代土壤环境,但营养液制作成本偏高,存在一定的技术难度且不易推广。利用沼液含有的营养成分及微量元素制成无土栽培营养液栽培蔬菜,同样可满足蔬菜作物的营养需求,达到增产效果。同时,沼液用于无土栽培的技术制作流程简单、成本低,更易推广<sup>[5]</sup>。目前沼液多应用于水培油菜、小白菜和生菜。乔一飞等<sup>[22]</sup>利用不同浓度沼液,对水培油菜产量及品质的影响研究表明,沼液能够有效提高油菜的品质和产量。吴冬青等<sup>[23]</sup>研究表明,沼液可以提高快菜的产量,并提高 V<sub>C</sub>、粗纤维和可溶性糖的含量。薛延丰等<sup>[24]</sup>研究发现,蓝藻沼液作为培养液可明显提高青椒、番茄、黄瓜 3 种蔬菜的产量。庞天德等<sup>[25]</sup>利用牛粪发酵液作为蔬菜栽培的营养液,结果表明,沼液的施用不仅可以提高蔬菜产量,还

能降低蔬菜发病率,改善蔬菜品质,节约成本<sup>[26-27]</sup>。

### 1.3 沼液浸种

研究显示,沼气微生物的代谢物主要包含 3 类:主要营养元素氮、磷、钾等,浸种时为种子发芽及幼苗生长提供营养;微量元素钙、铜、铁、锰、锌、钼等,浸种时可渗透到种子细胞内,刺激种子发芽及生长;生物活性物质水解酶、氨基酸、生长素、单糖、赤霉素、腐殖酸、B 族维生素以及抗生素等,对作物生长发育具有重要的调控作用。通过浸种,这些物质可激活种子内部的酶,刺激胚细胞分裂,促进细胞生长,缩短种子发芽时间,使种子苗齐苗壮<sup>[28]</sup>。李保英等<sup>[29]</sup>研究表明,沼液浸种较清水浸种发芽率提高 5%~10%,秧苗叶色深绿、长势好、发病轻、抗逆性强。在同等栽培条件下,经过沼液浸种后的植株病株率减少 5%~10%,移栽后植株返青快,分蘖早,生长旺盛,产量可提高 5%~8%。董保成等<sup>[6]</sup>研究表明,沼液浸种可使棉花增产 9%~20%,小麦增产 5%~7%,水稻增产 5%~10%,玉米增产 5%~10%。此外,沼液浸种可提高作物抗逆性,避免低温伤害。种子浸泡吸水后进入萌动状态,外界的温度过低将抑制种子正常的生命活动。然而沼液的温度比清水高,种子处在适温的环境条件下,新陈代谢更加活跃,有利于种子萌芽,提高种子发芽率<sup>[16]</sup>。综上所述,沼液浸种具有抗寒、抗病、抗逆的作用<sup>[30]</sup>。

### 1.4 药用防治病虫害

张无敌等<sup>[31]</sup>研究发现,沼液对粮食、水果、蔬菜等作物的病虫害有明显防治作用,其中对 20 多种病害、19 种虫害和 17 种农作物病原菌的防治、抑制效果显著。沼液抗病防虫作用机理主要包含 3 个方面:厌氧发酵液中赤霉素、吡啶乙酸、乙酸、丙酸、丁酸、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 等具有抑制病虫害的作用,是抗病防虫的主要因子;沼液中的营养物质维生素、氨基酸等具有增强作物抗病防虫的能力;沼液可在作物周围发酵产生少量甲烷、乙烯等气体,对病菌和害虫生理夺氧,从而形成厌氧保护圈,达到抗病防虫目的<sup>[32]</sup>。

研究显示,沼液可以防治水稻纹枯病、西瓜枯萎病、玉米螟、蚜虫、小麦赤霉病、水稻白叶枯病。用沼液或添加少量农药的沼液喷施苹果和柑橘,可防治蚜虫、红蜘蛛、螨等虫害<sup>[33]</sup>。夏春龙等<sup>[34]</sup>研究表明,喷施沼液虫害率比清水处理降低了 41.0%。尚斌等<sup>[35]</sup>研究发现,牛场沼液可显著抑制辣椒和番茄的疫病病菌。刘丰玲等<sup>[36]</sup>研究结果显示,喷施沼液可有效减轻冬小麦蚜虫和锈病的发病率。曹云等<sup>[37]</sup>通过提高沼液氮浓度,达到增强土壤疫霉菌的抑制效能。由此可见,沼液对作物的病虫害有较强的防治作用。

## 2 结语

沼液因营养价值丰富,用途广泛,被广泛应用于农业生产中,但过量、盲目、不当使用沼液,也可能带来一些负面影响。如何处理好沼液安全、高效、再利用与农业环境、农产品品质产量、农民收入之间的关系,成为今后的研究方向。首先,应建立完善的沼液产品施用标准,加强对沼肥的质量监控与管理,尤其要严格控制和管理沼肥的卫生标准,防止抗生素、重金属污染物超标,减少有毒、有害物质的排放,保护农业环境不受破坏;其次,应探索沼液处理的新技术和沼液综合应用的新领域,开发更环保的有机肥料、水培营养液等

商品化沼液复合肥,并尽量降低沼液有机肥料成本,使农民有能力、有意愿地使用绿色环保的沼液肥料;再次,将沼液的安全利用纳入农业综合开发建设,使其发展有更多的政策和资金保障,在确保种养均衡发展的前提下,大力推进循环农业的发展,促进生态效益、社会效益和经济效益的和谐发展,推动我国社会主义新农村建设。

### 参考文献

- [1] 谢斌. 沼渣沼液在农业生产中的综合利用[J]. 农民致富之友, 2017(10): 77.
- [2] 王远远, 刘荣厚. 沼液综合利用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(4): 1089-1091.
- [3] HARADA Y. Treatment and utilization of animal wastes in Japan [C]//FFTC. Proceedings of food and fertilizer technology center for the Asian and Pacific region. Taipei: FFTC, 1995: 1-18.
- [4] HAGA K. Anima waste problems and their solutions from the technological point of view in Japan [J]. Japan agricultural research quarterly, 1998: 32(3): 203-210.
- [5] 常健. 沼液在农业种植中的综合利用[J]. 农业科技与装备, 2017(3): 62-63.
- [6] 董保成, 路旭, 马庆华. 猪场沼气工程沼渣、沼液的利用[J]. 中国沼气, 2005, 23(S1): 263-265.
- [7] 廖诚. 夏秋反季节大白菜沼肥施用方式试验[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(S1): 72-73.
- [8] 安龙, 王晓丽, 张新建. 沼液利用技术及风险分析[J]. 天津农业科学, 2016, 22(8): 48-50.
- [9] 冯丹妮, 伍钧, 杨刚, 等. 连续定位施用沼液对水旱轮作耕层土壤微生物区系及酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(8): 1644-1651.
- [10] 徐远东, 范彦, 何玮. 沼液沼渣在养殖业的综合利用[J]. 畜禽业, 2011(8): 14-16.
- [11] 李轶, 张振. 沼液对番茄果实品质的影响[J]. 中国沼气, 2001, 19(1): 37-39.
- [12] 叶旭君, 王兆骞, 李全胜. 以沼气工程为纽带的生态农业工程模式及其效益分析[J]. 农业工程学报, 2000, 16(2): 93-96.
- [13] 周孟津. 沼气生产利用技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999.
- [14] 李正华. 厌氧发酵液的抗病防虫机理及其应用技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学机电工程学院, 2002.
- [15] MIJINYAWA Y, DLAMINI B J. Livestock and poultry wastes management in Swaziland [J]. Livestock research for rural development, 2006(6): 88.
- [16] 唐春福. 新农村生态家园建设 500 问[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

(上接第 9 页)

管理、整体统一显示。动态投影技术可以实现全省乃至全国数据的统一管理,在数据库系统中几乎看不出采用了几个中央子午线,因此不会对建库及土地管理产生混乱。

### 3 结论

在对城镇地籍调查的坐标系选择时,兼顾了城市建设的需求,侧重于整个城市的整体精度,因此对投影变形值有严格要求,这是正确的。农村地籍调查与城镇地籍调查有所不同,在成图比例尺、整体精度要求上有所宽松,在注重单宗地测量精度的情况下,应注重全县域的整体性、统一性。因此可以认为,在全县域选择抵偿高程面是不明智的选择,这样增加了数据处理难度,也给数据的应用设置了障碍。应该选择任意带坐标系,这样有利于数据处理,更有利于数据应用。在实际工作中,可以先用国家大地坐标系施测(如先用 CORS 系统开展全县域的测量),在最终数据处理时再测算投影变形值是否超限,如果超限,则可以通过重新选择中央子午线换带的方法进行解决。这种先作业后选择坐标系的方法,可以大大提高野外作业效率。

- [17] 李秀萍. 沼液沼渣在养殖业中的应用[J]. 现代农业科技, 2009(20): 314.
- [18] 马放, 李淑更, 金文标. 微生物絮凝剂的研究现状及发展趋势[J]. 工业用水与废水, 2002, 33(1): 7-9.
- [19] 马放, 刘俊良, 李淑更, 等. 复合型微生物絮凝剂的开发[J]. 中国给水排水, 2003, 19(4): 1-4.
- [20] 裴瑞林. 养猪废水制备复合型微生物絮凝剂及其应用[D]. 成都: 成都信息工程学院, 2013.
- [21] ZHAO G, MA F, WEI L, et al. Using rice straw fermentation liquor to produce biofloculants during an anaerobic dry fermentation process [J]. Bioresource technology, 2012, 113(4): 83-88.
- [22] 乔一飞, 洪坚平. 沼液配施对水培油菜产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2008, 36(6): 53-55.
- [23] 吴冬青, 刘明池, 李明, 等. 沼液营养液对快菜生长和生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2012(8): 27-29.
- [24] 薛延丰, 李慧明, 石志琦. 蓝藻发酵沼液对青菜生物学特性和品质影响初探[J]. 江西农业学报, 2009, 21(10): 59-62.
- [25] 庞天德, 李铭, 姚娜, 等. 牛粪发酵生物有机肥对 3 种蔬菜生长及品质的影响[J]. 热带农业科学, 2016, 36(7): 9-12.
- [26] 刘文科, 杨其长, 王顺清. 沼液在蔬菜上的应用及其土壤质量效应[J]. 中国沼气, 2009, 27(1): 43-46.
- [27] 史雅娟, 刘敏超, 吴成. 施用沼肥对油菜硝酸盐含量及土壤速效氮的影响[J]. 农业现代化研究, 2001, 22(4): 242-244.
- [28] 袁炳富, 汪立龙, 洪长才. 沼液浸种增产的原因及浸种方法[J]. 农村能源, 1999(1): 20-21.
- [29] 李保英, 刘鹏云, 马志芹, 等. 沼液浸种技术要点[J]. 中国棉花, 2004, 31(10): 44.
- [30] 朱本怀. 沼液浸种技术[J]. 安徽农业科学, 2004(9): 40.
- [31] 张无敌, 宋洪川, 丁琪, 等. 沼气发酵残留物防治农作物病虫害的效果分析[J]. 农业现代化研究, 2001, 22(3): 167-170.
- [32] 姚燕. 利用畜禽粪便为原料生产优质厌氧发酵液工艺条件的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2003.
- [33] 张晓辉. 沼肥在防治农作物病虫害方面的应用[J]. 农村能源, 1994(6): 23-24.
- [34] 夏春龙, 张洲, 张雨, 等. 喷施沼液对芸豆产量和重金属含量的影响[J]. 环境科学与技术, 2014, 37(1): 7-12.
- [35] 尚斌, 陶秀萍, 陈永杏. 牛场沼液对几种蔬菜病原菌抑制作用的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(4): 753-760.
- [36] 刘丰玲, 马东辉, 刘天宏. 喷施沼液对小麦产量、品质和病虫害防治的影响[J]. 中国沼气, 2009, 27(6): 39-41.
- [37] 曹云, 常志州, 马艳, 等. 沼液处理对土壤辣椒疫霉菌抑制效果及土壤性状的影响[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(6): 539-546.

在高原地区、海拔较高的山区等区域开展农村地籍调查时,建议放宽对投影变形的限制,可根据成图比例尺放宽 2~3 倍。放宽投影变形限差的目的是为了在一个县级行政区域内,减少中央子午线的选择数量。

### 参考文献

- [1] 韩博, 周群, 袁遁甲. 独立坐标系在农村集体建设用地确权中的应用[J]. 北京测绘, 2015(6): 129-132.
- [2] 范一中, 赵丽华. 任意带高斯正形投影直角坐标系的最佳选取问题[J]. 测绘通报, 2000(8): 7-8.
- [3] 谭文专, 熊忠招, 贾化民, 等. 农村地籍调查中长度投影变形超限研究[J]. 地理空间信息, 2014(5): 68-69, 81-10.
- [4] 李征航, 黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [5] 国土资源部地籍管理司. 地籍调查规程: TDT 1001—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [6] 北京市测绘设计研究院. 城市测量规范: CJJ/T 8—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [7] 王玉珍. 高斯投影面积变形随纬度变化的研究[J]. 黑龙江科技信息, 2013(23): 53-55.
- [8] 何有生. 高斯投影误差的研究[J]. 硅谷, 2012(16): 73-74, 95.
- [9] 尹玉廷, 陈莉莉, 康明, 等. 对高斯投影长度变形问题的简单探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 35(5): 211-212.
- [10] 赵俊生, 刘雁春, 王克平, 等. 关于高斯投影长度变形的探讨[J]. 海洋测绘, 2007, 27(3): 9-11.