

不同浓度猪场沼液对甜高粱产量及重金属沉积的影响

吴义景¹, 傅延如², 张学道³, 苏世广¹, 许娟¹, 李庆岗^{1*} (1.安徽省农业科学院畜牧兽医研究所/畜禽产品安全工程安徽省重点实验室, 安徽合肥 230031; 2.安徽省滁州市定远县畜牧兽医局, 安徽滁州 233200; 3.安徽省定远县安康农牧有限公司, 安徽滁州 233200)

摘要 为研究不同猪场沼液浓度对甜高粱鲜草产量、水分、pH及重金属沉积的影响, 试验分6组, 分别用含沼液0(全水)、20%、40%、60%、80%、100%的溶液对甜高粱进行浇灌, 每4d浇灌1次, 连续浇灌12次后, 当株高3.5m左右时进行甜高粱收割测产, 并分析甜高粱全株鲜草的水分含量、pH、重金属含量。结果表明, 自播种至收割生长期75d, 浇灌量为5994t/hm²; 甜高粱鲜草产量最高的是100%沼液组, 为106.54t/hm², 极显著高于其他组($P < 0.01$), 且产量随着沼液浓度的增加而增加; 各组间鲜草水分含量和pH差异均不显著($P > 0.05$); 沼液浇灌增加了甜高粱鲜草中汞的含量, 但未增加铅、铬、镉和砷的含量, 5种重金属(铅、汞、铬、镉、砷)在鲜草中的沉积量均低于国家标准限量值。因此, 猪场沼液可作为甜高粱牧草的液体肥料进行浇灌, 试验用沼液的浇灌量应控制在6000t/hm²左右, 甜高粱生长至株高3.5m时的产量为102.0~106.5t/hm², 其重金属沉积均低于国标限量值, 可作为畜禽饲养的青绿饲料, 为甜高粱吸纳沼液能力及鲜草用于青绿饲料的重金属安全性研究提供基础数据。

关键词 猪; 沼液; 甜高粱; 牧草; 重金属

中图分类号 X713 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)16-0115-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.16.030



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Concentrations of Swine Biogas Slurry on the Yield and Heavy Metal Deposition of Sweet Sorghum

WU Yi-jing¹, FU Yan-ru², ZHANG Xue-dao³ et al (1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Anhui Academy of Agricultural Sciences/Anhui Key Laboratory of Livestock and Poultry Product Safety Engineering, Hefei, Anhui 230031; 2. Animal Husbandry and Veterinary Bureau in Dingyuan County, Chuzhou City of Anhui Province, Chuzhou, Anhui 233200; 3. Ankang Agriculture and Animal Husbandry Co., Ltd. in Dingyuan County, Chuzhou, Anhui 233200)

Abstract In order to study the effects of different concentrations of biogas slurry in pig farms on the yield, moisture content, pH and heavy metal deposition of sweet sorghum, 6 groups were designed, sweet sorghum was irrigated with the solution containing with 0 (full water), 20%, 40%, 60%, 80%, 100% biogas slurry respectively. Sweet sorghum was irrigated once every 4 days. After 12 consecutive irrigation, sweet sorghum was harvested when the plant height was about 3.5 m. The yield of sweet sorghum was measured, and the moisture content, pH, and heavy metal content of the fresh grass were measured. The results showed that during the 75 days from planting to harvesting, the irrigation amount was 5994 t/hm². The average yield of sweet sorghum fresh grass in 100% biogas slurry group was the highest (106.54 t/hm²), which was extremely significantly higher than other groups ($P < 0.01$), and the yield of sweet sorghum increased with the increase of biogas slurry concentration. The moisture content and pH of fresh grass in each group had no significant difference ($P > 0.05$). The biogas slurry irrigation increased the content of mercury in the fresh grass of sweet sorghum, but it did not increase the content of lead, chromium, cadmium and arsenic, and the amount of 5 kinds of heavy metals (lead, mercury, chromium, cadmium, arsenic) deposited in the fresh grass was lower than the national standard limit values. Therefore, biogas slurry of pig farm could be used as liquid fertilizer for sweet sorghum forage. The amount of biogas slurry used in this experiment should be controlled at about 6000 t/hm², and the yield of sweet sorghum was 102.0-106.5 t/hm² when the plant height reached 3.5 m, the deposited amount of heavy metals were lower than the national standard limit values. Sweet sorghum could be used as green forage for livestock and poultry feeding, and the research results could provide basic data for studying the ability of sweet sorghum to absorb biogas slurry and the safety of heavy metals used by fresh grass in green feed.

Key words Pig; Biogas slurry; Sweet sorghum; Forage; Heavy metals

沼液是畜禽粪尿经厌氧发酵后所产生的液体, 直接的排放会给生态环境造成极大危害, 而沼液无害化处理和利用已经成为制约我国养殖场可持续发展的一个重要因素。从养殖场循环经济角度考虑, 将沼液作为液体有机肥料还田是最直接和有效方式^[1]。然而, 不同养殖场的沼液性质不同, 作为农作物或牧草的液体肥料需要考虑其安全性, 尤其是重金属的沉积问题。甜高粱作为禾本科植物, 具有生物学产量高、茎秆多糖多汁、抗逆性强、适应性广等优点, 是近年来国内外一种新型的糖料作物、能源作物和优良的饲料作物。甜高粱不仅可作为畜禽养殖过程的青绿饲料, 而且其生长过程中还可吸纳大量沼液, 减少养殖的粪污排放^[2]。为了探讨甜

高粱生长过程中对不同浓度的猪场沼液吸纳能力, 沼液对甜高粱鲜草中的水分含量、pH及重金属含量的影响, 笔者在种植甜高粱过程中进行了不同浓度梯度的猪场沼液浇灌试验, 旨在研究不同沼液浓度对甜高粱鲜草产量、水分、pH及重金属沉积的影响, 对甜高粱吸纳沼液能力及鲜草用于青绿饲料的安全性提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 甜高粱为进口种子; 沼液为合肥市巢湖栏杆集镇某猪场, 该猪场正常存栏800头母猪, 自繁自养, 常年存栏8000~9000头, 年出栏量在16000头左右。污水采用厌氧发酵罐, 沼气发电, 沼液收集于黑膜上下覆盖的塘中。

1.2 试验方法

1.2.1 甜高粱种植 在安徽省农业科学院畜牧兽医研究所东山试验基地(117.2°E, 31.9°N)选择良田667m², 经过深耕40cm, 于2019年6月16日播种甜高粱, 播种方法为穴播, 株距25cm, 行距30cm, 每穴播种3~4粒。该田地未施任何基

基金项目 安徽省生猪产业技术体系项目(AHCYTX-05-03); 安徽省科技重大专项(17030701005)。

作者简介 吴义景(1968—), 女, 安徽萧县人, 助理研究员, 从事猪健康养殖研究。*通信作者, 副研究员, 博士, 从事生猪健康养殖研究。

收稿日期 2021-05-24

肥和化肥,于2019年8月30日收割测产,自播种至收割全期共75 d。

1.2.2 沼液浇灌。试验分为6组,每组3个重复,每个重复3行甜高粱,每个重复面积约 10 m^2 ($1.25\text{ m}\times 8\text{ m}$)的地垄。出苗后除杂草1次,待幼苗生长至40 cm高时,开始浇灌不同浓度的沼液,2次浇灌沼液时间间隔4 d,每组沼液用容器按比例配好后进行浇灌,每次各组浇灌的总量相同,均为900 kg。

1.2.3 测定项目与方法。沼液原液的化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、总磷和总氮含量由北京中科光析化工技术研究所测定,沼液原液pH使用Testo 205型便携式pH计进行测定。当甜高粱生长至第一叶片开始变黄时进行收割测产,对收割的新鲜甜高粱进行水分、pH和重金属的测定。采用德国MA150C型卤素水分测定仪测定甜高粱水分,将粉碎的甜高粱3~5 g放入水分测定仪烘干托盘中,105℃烘干至恒重,读取水分含量;采用Testo 205型便携式pH计测定甜高粱pH,将新鲜甜高粱汁液挤压至试管中,将pH电极放入试管中进行测试,分别测定铅、汞、镉、铬、砷的含量,其中铅、汞、铬、镉分别采用国家标准GB/T 13080—2018^[3]、GB/T 13081—2006^[4]、GB/T 13082—1991^[5]、GB/T 13088—2006^[6]、GB/T 13079—2006^[7]规定的方法进行测定,砷含量采用原子荧光光度法进行测定。

1.3 数据统计与分析 平均产量、水分含量、pH及重金属含量采用SPSS Statistics 21.0软件进行统计,并分析浇灌不同浓度沼液的组间差异性。

2 结果与分析

2.1 沼液性质及用量 经测定,试验用于浇灌甜高粱试验的猪场沼液COD含量为661.3 mg/L,BOD含量为384.5 mg/L,总磷含量为121.6 mg/L,总氮含量为366.8 mg/L,pH为7.6。

甜高粱自播种15 d后,每隔4 d浇灌1次,全期共浇灌12次,浇灌时在同一天上午进行,浇灌量每组每个重复均为500 kg,全期每个重复全期共浇灌6 000 kg。各组每个重复平均沼液量分别为0、1 200、2 400、3 600、4 800和6 000 kg(表1)。

2.2 产量 根据每组每个重复的实际面积和甜高粱产量计算平均产量,再分析各组间的差异显著性。由表2可知,随着沼液浓度的不断增加,其甜高粱的产量也随之增加。全水组、20%沼液组和40%沼液组间甜高粱产量差异不显著($P>0.05$);40%沼液组与60%沼液组甜高粱产量差异不显著($P>0.05$),与80%沼液组差异显著($P<0.05$),与100%沼液组差异极显著($P<0.01$);60%沼液组甜高粱产量显著高于全水组和20%沼液组($P<0.05$),与80%沼液组差异不显著($P>0.05$),极显著低于100%沼液组($P<0.01$);80%沼液组甜高粱产量极显著高于全水组和20%沼液组($P<0.01$),显著高于40%沼液组($P<0.05$),与60%沼液组差异不显著($P>0.05$),极显著低于100%沼液组($P<0.01$);100%沼液组甜高粱产量极显著高于其他组($P<0.01$),说明沼液浇灌可以提高甜高粱的产量。

2.3 水分含量和pH 牧草收割测产时将牧草粉碎后取样,使用德国MA150C型水分测定仪105℃烘干至恒重时的水

分含量,将粉碎的甜高粱用纱布包好挤压汁液至烧杯中,用Testo 205型便携式pH计测定pH。由表3可知,各组水分含量均为85%~87%,组间差异不显著($P>0.05$);各组pH均为5.27~5.29,组间差异不显著($P>0.05$),说明浇灌不同浓度沼液对甜高粱全株水分含量和pH均无显著影响。

表1 各组浇灌次数及浇灌量比较

Table 1 Comparison of irrigation frequency and irrigation amount of each group

组别 Group	浇灌次数 Irrigation frequency	浇灌量 Irrigation amount kg	总浇灌量 Total irrigation amount kg	平均沼液量 Average amount of biogas slurry//kg
全水组 100% water group	12	500	6 000	0
20%沼液组 20% biogas slurry group	12	500	6 000	1 200
40%沼液组 40% biogas slurry group	12	500	6 000	2 400
60%沼液组 60% biogas slurry group	12	500	6 000	3 600
80%沼液组 80% biogas slurry group	12	500	6 000	4 800
100%沼液 100% biogas slurry group	12	500	6 000	6 000

表2 各组甜高粱产量统计

Table 2 The yield statistics of sweet sorghum in each group

组别 Group	地块面积 Plot area m^2	实际产量 Actual yield//kg	平均产量 Average yield// t/hm^2
全水组 100% water group	10.21±0.06	104.71±1.23	102.48±0.57 dD
20%沼液组 20% biogas slurry group	10.13±0.05	104.10±0.10	102.64±0.62 dD
40%沼液组 40% biogas slurry group	10.21±0.04	105.30±0.06	102.97±0.31 cdCD
60%沼液组 60% biogas slurry group	10.17±0.10	105.88±1.64	104.00±0.59 bcCD
80%沼液组 80% biogas slurry group	10.15±0.02	106.12±0.58	104.10±0.31 bBC
100%沼液组 100% biogas slurry group	10.15±0.06	108.18±0.40	106.54±0.28 aA

注:同列不同小写字母表示差异显著($P>0.05$);同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ($P<0.05$); different uppercase letters in the same column indicated extremely significant differences ($P<0.01$)

2.4 重金属含量 各组甜高粱的铅、汞、铬、镉、砷含量见表4。由表4可知,甜高粱5种重金属中铬的含量最高,汞的含量最低,均低于国家标准《饲料卫生标准》(GB 13078—2017)规定的限量值。铅的含量以全水组的最高,且随着沼液浓度的增加而降低;全水组均极显著高于其他组($P<0.01$);20%沼液组极显著高于40%沼液组、60%沼液组、80%沼液组和全沼液组($P<0.01$);40%沼液组显著高于60%沼液组和80%沼液组($P<0.05$),极显著高于全沼液组($P<0.01$);60%沼液组

表 3 浇灌不同浓度沼液甜高粱全株水分含量和 pH 比较

Table 3 Comparison of moisture content and pH in the whole plant of sweet sorghum irrigated with different concentrations of bio-gas slurry

组别 Group	水分含量 Moisture content//%	pH
全水组 100% water group	85.30±0.09	5.28±0.02
20%沼液组 20% biogas slurry group	85.08±0.12	5.27±0.03
40%沼液组 40% biogas slurry group	85.74±0.08	5.28±0.01
60%沼液组 60% biogas slurry group	86.14±0.11	5.29±0.02
80%沼液组 80% biogas slurry group	86.79±0.19	5.27±0.03
100%沼液组 100% biogas slurry group	85.68±0.12	5.27±0.05

与 80%沼液组间差异不显著 ($P>0.05$), 显著高于全沼液组 ($P<0.05$); 80%沼液组显著高于全沼液组 ($P<0.05$)。铬含量以全水组最高, 为 3.992 8 mg/kg, 随着沼液浓度的增加而降低; 全水组与 20%沼液组、40%沼液组间差异不显著 ($P>0.05$), 显著高于 60%沼液组, 极显著高于 80%沼液组和全沼液组 ($P<0.01$); 20%沼液组与全水组、40%沼液组差异不显著 ($P>0.05$), 极显著高于 60%沼液组、80%沼液组和全沼液组 ($P<0.01$); 40%沼液组与 60%沼液组间差异不显著 ($P>0.05$), 显著高于 80%沼液组 ($P<0.05$), 极显著高于全沼液组

($P<0.01$); 60%沼液组与 80%沼液组间差异不显著 ($P>0.05$), 显著高于全沼液组 ($P<0.05$); 80%沼液组与全沼液组差异不显著 ($P>0.05$)。汞含量以全沼液组最高 (0.041 3 mg/kg), 全水组汞含量最低 (0.018 1 mg/kg), 随着沼液浓度的增加而呈升高趋势; 全水组显著低于 20%沼液组 ($P<0.05$), 极显著低于 40%沼液组、60%沼液组、80%沼液组和全沼液组 ($P<0.01$); 20%沼液组极显著低于 40%沼液组、60%沼液组、80%沼液组和全沼液组 ($P<0.01$); 40%沼液组与 60%沼液组差异不显著 ($P>0.05$), 极显著低于 80%沼液组和全沼液组 ($P<0.01$); 60%沼液组显著低于 80%沼液组和全沼液组 ($P<0.05$); 80%沼液组与全沼液组间差异不显著 ($P>0.05$)。镉含量以全水组最高 (0.070 2 mg/kg), 60%沼液组镉含量最低 (0.020 5 mg/kg), 含不同浓度沼液的试验组均低于全水组, 除 60%沼液组外, 镉含量随着沼液浓度的增加而降低; 除 80%沼液组与 40%沼液组、全沼液组间差异不显著 ($P>0.05$) 外, 其他组间均存在极显著差异 ($P<0.01$)。砷含量以全水组最高 (1.006 0 mg/kg), 全沼液组最低 (0.826 7 mg/kg), 砷含量随着沼液浓度的增加而呈下降趋势; 全水组显著高于 20%沼液组 ($P<0.05$), 极显著高于 40%沼液组、60%沼液组、80%沼液组和全沼液组 ($P<0.01$); 20%沼液组与 40%沼液组间差异不显著 ($P>0.05$), 与 60%沼液组、80%沼液组和全沼液组差异极显著 ($P<0.01$); 40%沼液组与 60%沼液组、80%沼液组差异不显著 ($P>0.05$), 极显著高于全沼液组 ($P<0.01$); 60%沼液组与 80%沼液组间差异不显著 ($P>0.05$), 显著高于全沼液组 ($P<0.05$); 80%沼液组与全沼液组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 各组甜高粱重金属含量比较

Table 4 Comparison of heavy metal content in sweet sorghum in each group

组别 Group	铅 Lead	铬 Chromium	汞 Mercury	镉 Cadmium	砷 Arsenic
全水组 100% water group	3.281 7±0.091 6	3.992 8±0.119 1	0.018 1±0.001 0	0.070 2±0.002 4	1.006 0±0.065 2
20%沼液组 20% biogas slurry group	2.659 6±0.053 1	3.958 1±0.124 0	0.022 3±0.002 3	0.060 8±0.002 0	0.946 4±0.012 8
40%沼液组 40% biogas slurry group	2.157 2±0.094 5	3.821 2±0.119 4	0.033 7±0.002 2	0.041 6±0.002 2	0.897 1±0.016 1
60%沼液组 60% biogas slurry group	1.975 5±0.070 8	3.510 1±0.109 9	0.037 1±0.002 2	0.020 5±0.001 3	0.879 9±0.016 7
80%沼液组 80% biogas slurry group	1.957 7±0.110 5	3.405 1±0.115 1	0.041 0±0.002 8	0.040 1±0.001 7	0.846 2±0.012 3
100%沼液组 100% biogas slurry group	1.788 1±0.108 6	3.219 3±0.183 2	0.041 3±0.001 9	0.036 8±0.002 0	0.826 7±0.012 6

3 讨论与结论

3.1 讨论 该试验中每组甜高粱均以定量的形式进行浇灌, 全期共 12 次, 总吸纳量 6 000 kg, 吸纳量为 5 994 t/hm²。笔者在定量浇灌过程中发现, 甜高粱地仍有潜力吸纳更多的沼液或污水, 因此在甜高粱生长期内吸纳沼液或污水量在 400 t 以上, 按照此浇灌量, 各组甜高粱在生长期内未发现烧苗现象, 而且长势更好, 说明甜高粱具有强大的沼液吸纳能力。

猪沼液中富含大量的有机质、氮、磷等物质, 可作为优质有机肥, 用于蔬菜、粮食作物和经济作物种植^[8-11]。对于沼液的施用量对植物的产量的影响方面, 研究结果不尽相同。

谢善松等^[10]研究表明牧草浇灌沼液存在上限值, 当浇灌量达到限量值以上时, 产量反而下降。伍钧等^[11]研究发现, 玉米产量随着沼液施用量的增加而增加。该试验将不同浓度的猪沼液用于牧草甜高粱的生长过程, 结果表明甜高粱植株鲜草产量随着沼液浓度的增加而显著增加, 以原沼液浇灌组产量最高。

牧草的水分含量和 pH 直接影响其作为青绿饲料的营养水平和适口性, 因此该试验测定了新鲜甜高粱的水分和 pH, 结果表明不同浓度沼液浇灌对甜高粱鲜草的水分和 pH 无明显

树种为主,以香樟(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)、黄葛榕(*Ficus virens* Aiton)为基础,在游园的主要功能活动区配置有观花类乔木二乔玉兰(*Magnolia × soulangeana* Soul. - Bod.)、观叶类乔木银杏(*Ginkgo biloba* L.)等。灌木以花灌及色叶为主,烘托游园气氛,增加景观层次。草本植物中大多以观花类的草本花卉为主,以图案式种植位于视觉中央,或植于水边弱化驳岸的硬质边界。部分游园中经人工整形、修剪的造型小乔木或灌木,丰富的外貌形态极大增强了游园中植物景观的观赏价值,弥补了常绿植物单调的观赏性以及季节更替间植物景观的空白。此外,渝中半岛游园的观赏植物应用具有本地特色,如黄葛榕(*Ficus virens* Aiton)一类植物在重庆种植面积广,长势良好,适应力强,树形高大优美,枝叶开展浓密,盘根错节的根系依附崖壁,形成具有重庆特色的植物景观。

此外,渝中半岛游园植物配置中仍存在一些不足,主要表现在以下几方面。①丰富类型:对观赏乔木的季相变化欠缺考虑,类型单一。以常绿为主的观赏乔木,可增加秋色叶品种赋予植物景观时序感。②平衡规模:可提高落叶乔木比重,平衡常绿、落叶比例。现状观赏植物调研结果显示,游园中常绿类乔木占比较多,过多的常绿乔木覆盖减少太阳光照射,使得游园空间阴冷潮湿,难以满足人们对阳光的需求,而落叶类观赏乔木除了具有观赏价值外,其自身的物候变化也满足了人们夏季纳凉和冬季追求阳光的需要,并塑造出多样的游园空间。③应用多样:从植物的观赏特性看,观果类植物的应用不足,观花类植物以草本为主,其不耐久的特性使

得养护成本较高,多季观赏性不强。此外,游园中藤本植物应用较匮乏,对临近崖壁、陡坎的游园,可利用藤本植物美化崖壁景观,减少人工附加构筑美化垂直界面的支出,收获经济效益。④空间变化:植物景观种植形式单调,营造的空间层次较为单一,可通过不同的种植形式营造不同感受的游园空间。如孤植形成向心空间,适宜于活动空间引导聚集;群植形成边界围合,为安静冥想构造安全角落;对植形成空间秩序,装点入口门面等。⑤创新管理:顺应大数据时代趋势,可通过对植物编制二维码信息面向游园使用者进行科普、引导公众参与,监督反馈游园绿化的管护。

参考文献

- [1] 中国农业百科全书总编辑委员会观赏园艺卷编辑委员会,中国农业百科全书编辑部.中国农业百科全书:观赏园艺卷[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [2] 孙樱毫,刘磊.西南大学校园观赏植物资源调查与应用研究[J].林业调查规划,2019,44(6):213-217.
- [3] 何会流,陈锋.重庆武隆白马山自然保护区观赏植物资源及区系分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2013,38(4):58-62.
- [4] 中国国家人文地理编委会.中国国家人文地理丛书——重庆[M].北京:中国旅游出版社,2016:252-253.
- [5] 邱强.景观生态视角的山地城市竖向轮廓塑造研究:以重庆渝中半岛为例[C]//中国城市规划年会.生态文明视角下的城乡规划——2008中国城市规划年会论文集.大连:大连出版社,2008.
- [6] 仝昕.山地城市高密度发展下土地利用优化研究:以重庆市渝中半岛为例[D].重庆:重庆大学,2015.
- [7] 李先源.观赏植物学[M].重庆:西南师范大学出版社,2007.
- [8] 冯志坚.园林植物学(南方版)[M].重庆:重庆大学出版社,2013.
- [9] 覃思,覃德文,龚本海.广西凤凰湖公园观赏植物资源调查与分析[J].福建林业科技,2018,45(3):97-101.
- [10] 潘香香,熊忱忱,凌源媛,等.重庆市主城区花境植物应用调查与分析[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(1):35-42.

(上接第 117 页)

显影响,各组间均差异不显著。

牧草的重金属含量直接影响着作为青绿饲料饲喂畜禽等动物的安全性。该试验结果表明,在连续浇灌 12 次不同浓度沼液后,各组甜高粱全株鲜草中 5 种重金属的含量远低于国家标准规定的限量值,因此沼液浇灌牧草后的牧草不存在饲用超标问题,可用于畜禽的青绿饲料,从而节约饲料成本。

3.2 结论 通过不同浓度沼液浇灌甜高粱牧草地发现,随着沼液浓度的增加,甜高粱鲜草产量越高,各组鲜草水分和 pH 无显著差异,沼液浇灌增加了甜高粱鲜草中汞的含量,但未增加铅、铬、镉和砷的含量,5 种重金属(铅、汞、铬、镉、砷)在鲜草中的沉积量均低于国家标准限量值,可作为畜禽饲养的青绿饲料。

参考文献

- [1] 唐微,武金钧,孙百晔,等.沼液不同施用量对水稻产量及稻米品质的影

响[J].农业环境科学学报,2010,29(12):2268-2273.

- [2] 姜慧,胡瑞芳,邹剑秋,等.生物质能源甜高粱的研究进展[J].黑龙江农业科学,2012(2):139-141.
- [3] 李云,曾晓芳,孟凡翠,等.中华人民共和国国家标准 饲料中铅的测定原子吸收光谱法:GB/T 13080—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [4] 何一帆,邹三元,刘小敏,等.中华人民共和国国家标准 饲料中汞的测定:GB/T 13081—2006[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [5] 袁俊华,夏涛.中华人民共和国国家标准 饲料中镉的测定方法:GB/T 13082—1991[S].北京:中国标准出版社,1991.
- [6] 顾宪红,李文英,张萍.中华人民共和国国家标准 饲料中铬的测定:GB/T 13088—2006[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [7] 王彤,田静,高生,等.中华人民共和国国家标准 饲料中总砷的测定:GB/T 13079—2006[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [8] 翟逸,李平,韦秀丽,等.不同作物、土壤类型和灌溉方式对沼液消纳能力的影响[J].西南农业学报,2014,27(6):2485-2488.
- [9] 吴定志,陈琴.沼液不同施用浓度对高粱产量的影响试验初报[J].南方农业,2019,13(14):190-191.
- [10] 谢善松,黄水珍,林升平,等.猪沼液浇灌量对牧草产量与性状的影响[J].养殖与饲料,2011(1):58-59.
- [11] 伍钧,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(5):905-911.