

盐碱地芒荻品种筛选及产沼气发酵研究

于萌萌¹ 肖徐军² 李凯¹ 丁清华¹ 杨强强² 张元成^{1*}

(¹山东宝力生物质能源股份有限公司,山东东营 257000; ²东营长安农业科学技术研究院)

摘要 芒荻作为能源作物的一种,因其适应性强备受关注。东营地处黄河入海口,土壤多为盐碱地和滩涂,种植经济作物效果较差。本试验结合芒荻的生长习性,对不同品种的芒荻进行种植,筛选出较适宜的品种进行产沼气发酵试验,研究其产气特性。结果表明,在7个芒荻品种中,S1、S2、A1 3个品种成活率较高、丛重较高,比较适宜当地种植。对其进行产气发酵试验发现,S1和A1品种单位TS产气量较高,均能达到380 mL/g,其中S1品种单位TS产气量最高,达到389 mL/g;S1和A1 2个芒荻品种甲烷含量基本在55%以上,较适宜产沼气发酵,其中A1品种的甲烷含量要略高于S1品种,并且A1品种在产气前期的产气速率也明显快于S1品种。

关键词 盐碱地;芒荻种植;沼气发酵;品种筛选

中图分类号 S216.4 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2019)06-0131-03

Research of *Miscanthus* Varieties in Saline-alkali Soil and Biogas Fermentation Production

YU Meng-meng¹ XIAO Xu-jun² LI Kai¹ DING Qing-hua¹ YANG Qiang-qiang² ZHANG Yuan-cheng^{1*}

(¹ Shandong Bori Bioenergy Co., Ltd., Dongying Shangdong 257000; ² Dongying Chang'an Institute of Agricultural Science and Technology)

Abstract As a kind of energy crop, *Miscanthus* has attracted much attention due to its strong adaptability. Dongying is located at Yellow River estuary, and the soil is mostly saline-alkali land and tidal flat. The effect of planting economic crops is poor. Therefore, this experiment combined the growth habits of *Miscanthus*, and carried out planting tests on different varieties of *Miscanthus* to screen out suitable varieties for production. Biogas fermentation test was carried out to study its gas-producing characteristics. The results showed that among the seven cultivars, S1, S2 and A1 had higher survival rate and higher plexus weight, which was more suitable for local planting. The gas-producing fermentation test showed that the gas yields of S1 and A1 cultivars were up to 380 mL/g, and the highest gas production of S1 cultivars was 389 mL/g. The methane content of S1 and A1 cultivars was more than 55%, which was more suitable for biogas fermentation. The methane content of A1 was slightly higher than that of S1, and the gas production rate of A1 was also faster than that of S1.

Key words saline-alkali land; *Miscanthus* planting; biogas fermentation; variety screening

现今人类使用的能源大多以煤炭、石油、天然气等化石能源为主,主要为不可再生能源,而风能、太阳能、地热能、生物质能等可再生能源使用量较少^[1-4]。因此,能源危机出现愈来愈频繁,可再生能源的研究越来越广泛。生物质能源作为可再生能源的一种,是公认的可再生清洁能源,通过微生物发酵、高温裂解等方式将植物通过光合作用储存在体内的能量释放出来^[5-7],其现阶段所用原料主要为农作物秸秆、农业生产废弃物及能源作物等^[8]。随着可再生能源需求量的增加,以农作物秸秆及农业废弃物为主要原料的生物质能源远远不能满足需求,因而能源作物的研究日益增加^[9-10]。

芒荻作为能源作物的一种,因灰分低、热值高、生物质品质高、元素含量配比优、生物质产量高、环境适应能力强等优点,成为当前能源作物研究的重点^[11-13]。芒荻强大的环境适应能力主要体现在其耐旱、耐盐碱、耐重金属、耐热、耐寒等特性,在恶劣环境下仍然能长势良好,从低海拔的滩涂到贫瘠的山地再到盐碱严重的人海口均是其种植之地^[14-17],在利用土地资源保护环境的同时,还能够提供高品质的生物质资源^[18]。由于东营大部分土地盐碱严重^[19-20],种植其他作物长势差,而作物生物质能源公司对生物质材料需求多。在众多的生物质能源生产方式中,选择沼气发酵主要是因为沼气发酵是能源回收率最高、最清洁、成本最低的生产方式^[21]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

芒荻品种是从湖南农业大学芒荻能源植物(以下简称

基金项目 2017年山东省重点研发计划项目(2017CXGC0305)。

作者简介 于萌萌(1986-),女,山东东营人,中级工程师。研究方向:沼气发酵。

* 通信作者

收稿日期 2018-12-04

芒荻)种质资源圃中选取不同生态型和基因型的优良种质进行杂交育种,并扩繁;在湖南农业大学滨州基地进行抗盐初步筛选;将初步筛选出的优良株系进行无性扩繁,并移栽至东营地区的盐碱地进行复筛,从中选出适合黄河三角洲盐碱地环境的新品系,具体种植的试验品种分别为S1、S2、S3、S4、S5、A1、A2,共7个。接种物来自山东宝力生物质能源股份有限公司沼气发酵罐的沼液。

1.2 试验方法

1.2.1 芒荻种植。选用7个品种,设计7组试验,分别为S1、S2、S3、S4、S5、A1、A2共7组,每组种植面积0.093 hm²,共0.67 hm²试验田。试验田位于东营市东营区北二路与东八路交汇处,海拔3.5 m左右,属黄河冲击平原,盐碱地,地面比较平整,符合田间试验条件。各组种植条件保持一致。种植前灭荒,用百草枯等除草,具体用量根据田况而定。待杂草枯死后,用旋耕机将土地翻松,确保翻松深度超过20 cm。种植前使用开口机,开出宽30 cm、深30 cm、贯通土地南北的长沟,将芒荻杆平铺在沟中,覆土10 cm左右,覆土后踩实,淡水灌溉。定期观察生育情况,通过对7个品种的相关数据进行分析,筛选出优势品种进行产气发酵试验。

1.2.2 芒荻发酵。试验采用批式发酵的方式,试验分为S1、S2、A1 3组,每组2个平行,厌氧消化温度采用38℃中温发酵,设计有效反应体积1500 mL,原料添加量为50 g TS/L,用15 g TS/L沼液启动试验。具体的原料性质以及添加量如表1所示,按照表1添加完成后用清水补充液位至1500 mL。试验前测定3种芒荻的TS、有机质、碳氮比及进行发酵封瓶前各组的pH值,发酵进行时每天测定气体产量。

1.3 测定方法

日产气量与累计产气量通过排水集气法并扣除空白试

表1 原材料性质以及添加量

组别	TS/%	VS/%	C/N	芒荻添加量/g	尿素添加量/g	沼液添加量/g	pH值
S1	96.73	89.20	40.30	76.44	1.06	312.5	7.44
S2	95.76	89.91	42.26	77.11	1.16	312.5	7.57
A1	95.71	90.52	65.45	76.63	1.75	312.5	7.44

验数据之后得到;每日的气体成分通过气相色谱(GC1120)测量;干物质(TS)含量采用烘干法测定;总碳含量采用重铬酸钾法测定;总氮含量采用凯氏定氮法进行测定;产气周期以达达到累计产气量95%的天数计算;pH值用精密pH计进行测定^[22-23]。

2 结果与分析

2.1 芒荻种植数据分析

从表2可以看出,在7个品种中,S1、S2、A1、A2 4个品种的各项指标较好,明显优于其他几组。在S1、S2、A1、A2 4个品种中,S1品种成活率较高,达到87.5%,明显高于其他3个品种,S2、A1、A2 3个品种的成活率均在80%以上,相差不大。另一个重要指标就是从重,因为从重高低关系产量高低,在S1、S2、A1、A2 4个品种中,S1从重最大,达到178g;S2、A1均在160~170g之间,相差不大;A2的从重较小,只有137.3g,与其他处理组相差较大。因此,综合其他指标数据,在发酵产气试验过程中主要对S1、S2、A1 3个品种进行产气试验。

表2 芒荻种植数据分析

品种	成活率 %	从重 g	株高 cm	茎粗 mm	分蘖	冠幅 cm	枯黄指数
S1	87.5	178.0	155.8	6.8	12.4	69.0	1
S2	80.8	162.0	136.8	6.1	11.4	45.2	1
S3	46.8	86.0	131.4	6.2	5.4	55.0	1
S4	52.7	98.0	122.4	5.4	8.2	56.4	1
S5	58.9	93.3	120.0	6.6	6.7	59.0	1
A1	85.7	168.7	152.3	6.5	11.0	57.3	1
A2	81.1	137.3	130.5	6.6	8.8	57.5	1

2.2 产气数据分析

从图1可以看出,S1、S2、A1产气趋势基本相同,均有3个产气高峰。其中,S1在产气第12天达到峰值,S2在产气第13天达到峰值,A1在产气第10天达到峰值,并且A1达到峰值时的日产气量高于其他2组,但是其每日产气量波动较大,这不利于实际生产。3个处理组相比较,S1每日产气量曲线较平稳,波动较小,这有利于发酵生产的稳定运行^[24]。

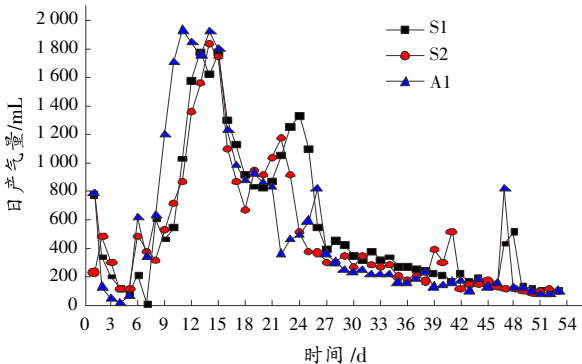


图1 各处理组日产气量变化

从图2可以看出,在相同的有机负荷条件下,S1的累积

产气量最高,其次是A1,S2累积产气量最少。其中,在产气前期,A1累积产气量升高较快,明显高于S1和S2;到产气中后期时,S1超越A1,累积产气量达到3组中最高。说明A1品种发酵产气较快,比较适宜连续发酵工程;而S1品种产气较慢,但产气量高,较适宜批式发酵工程^[25]。

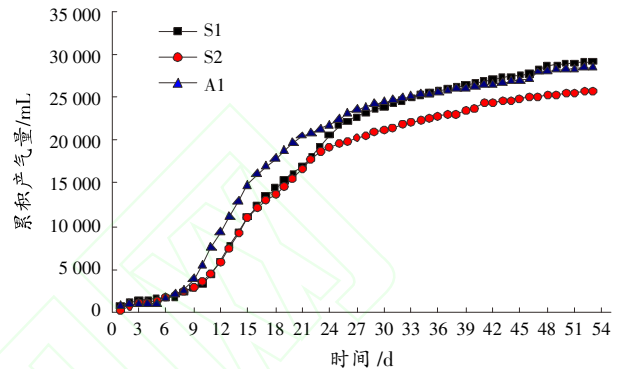


图2 各处理组累积产气量

从图3可以看出,S1、S2、A1甲烷含量都是先升高,到产气第9天时开始进入平稳期,进入平稳期的甲烷含量基本维持在55%以上,其中A1在前期甲烷含量明显高于S1、S2,这与上文累积产气量图是相呼应的,也充分说明A1启动较快、前期产气效果较好,并且A1在甲烷稳定期时,气体中甲烷含量较S1、S2也相对稳定,无大幅波动,这对实际沼工程的稳定运行非常有意义。

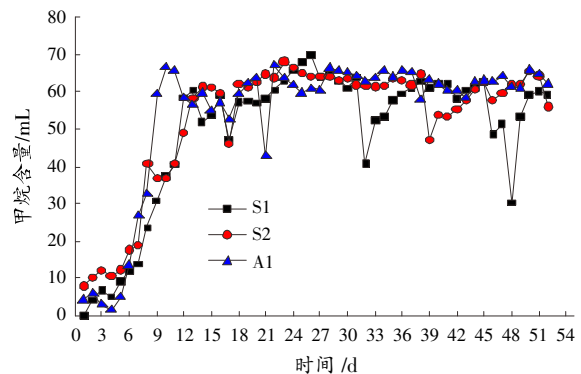


图3 各处理组甲烷含量

TS产气量是表征一个原料产气潜力大小的重要指标^[26-27]。从图4可以看出,3个芒荻品种中,S1品种单位TS产气量最高,可以达到389 mL/g;A1品种的单位TS产气量与其相差不大,其TS产气量为380 mL/g,二者产气效果均较好;S2品种单位TS产气量明显低于其他2个品种,产气效果稍差。

3 结论

采用7个芒荻品种进行种植试验,对其成活率、从重、株高等数据进行监测和分析,筛选出适合盐碱地生长的3个品种,分别为S1、S2及A1,对这3个芒荻品种进行产沼气发

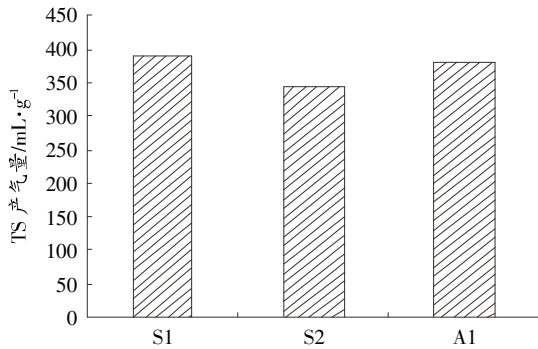


图4 各处理组 TS 产气量

酵试验,发现 S1 和 A1 产气效果较好,单位 TS 产气量均能达到 380 mL/g,其中 S1 单位 TS 产气量最高,达到 389 mL/g; S1、A1 2 个品种的气体成分中,甲烷含量也较稳定,均能达到 55%以上,但是 A1 品种的甲烷含量要略高于 S1 品种,并且 A1 品种在产气前期产气速率也明显快于 S1 品种,这说明其发酵启动快,有利于产沼气工程的快速启动^[28]。

4 参考文献

- [1] 于延冲,易自力,周功克.能源植物芒草研究进展与综合利用现状[J].生命科学,2014,26(5):474-480.
- [2] 牛得草,董晓玉,傅华.长芒草不同季节碳氮磷生态化学计量特征[J].草业科学,2011,28(6):915-920.
- [3] 朱洪光,陈小华,王彪.发酵液循环对互花米草沼气发酵的影响[J].中国沼气,2007,25(3):19-22.
- [4] 侯新村,范希峰,武菊英,等.京郊边际土地纤维素类能源草规模化种植与管理技术[J].作物杂志,2011,(4):98-101.
- [5] 侯新村,范希峰,朱毅,等.能源草沼气发酵应用潜力及应用前景[J].应用基础与工程科学学报,2014,22(3):426-434.
- [6] 叶文虎,魏斌,仝川.城市生态补偿能力衡量和应用[J].中国环境科学,1998,18(4):298-301.
- [7] 杨海龙,吕耀,封志明,等.生物液体燃料发展的环境影响研究进展[J].自然资源学报,2012,27(2):344-352.
- [8] SWAMINATHAN K, ALABADY M S, VARALA K, et al. Genomic and small RNA sequencing of *Miscanthus × giganteus* shows the utility of sorghum as a reference genome sequence for *Andropogoneae* grasses[J]. (上接第 130 页)

3.3 发展怀洪新河灌区是完善平原洼地治理、促进农民脱贫致富的重要举措

灌区内地势低洼平坦,适合种植水稻以抵御涝灾,但因缺少灌溉设施,发展水稻又不能得到灌溉,群众被迫改种耐旱不耐涝的旱作,导致农田旱涝灾害并发,农作物单产长期较低。适当发展水稻是变对抗性农业为适应性农业的重要举措,但灌溉设施必须同步跟进,以有效减轻平原洼地涝灾和旱灾。灌区所在地蚌埠市是安徽省经济洼地,农村居民人均可支配收入均位于全省中下游水平。因此,发展灌溉可以改善种植结构,提高当地农业产量,增长农民收入,脱贫致富潜力大。灌区的建设一方面完善了平原洼地治理工程,另一方面又促进了农民脱贫致富^[4]。

3.4 发展怀洪新河灌区是修复河湖水系连通、改善农村生态环境的重要方式

通过怀洪新河灌区建设,河湖水源与干支渠道畅通,面上沟渠塘坝连通,形成蓄、引、提相结合的“长藤结瓜式”灌区水系网络,一方面为灌区提供可靠的灌溉水源,另一方面也能促使河渠水体流动和补充河渠沿线地下水,有利于推动

Genome Biol, 2010, 11(2):12.

- [9] 曾宪录,廖富林,温冠儒,等.梅州地区主要能源草分布及生长情况调查[J].广东农业科学,2008,(7):25-8.
 - [10] LEWANDOWSKI I, KICHERER A, VONIER P. CO₂-balance for the cultivation and combustion of *Miscanthus*[J]. Biomass Bioenergy, 1995, 8(2):81-90.
 - [11] 桑涛.能源植物新秀:芒草[J].生命世界,2011,255(1):38-43.
 - [12] 蒋剑春.生物质能源转化技术与应用(1)[J].生物质化学工程,2007,41(3):59-65.
 - [13] 刘荣厚.生物质能工程[M].北京:化学工业出版社,2009:244-270.
 - [14] CHRISTIAN D G, RICHA A B, YATES N E. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests[J]. Ind Crop Prod, 2008, 28(3):320-327.
 - [15] HODKINSON T R, CHASE M W, RENVOIZE S A. Characterization of a genetic resource collection for *Miscanthus* (*Saccharinae*, *Andropogoneae*, *Poaceae*) using AFLP and ISSR PCR[J]. Ann Bot, 2002, 89(5):627-636.
 - [16] ATIENZA S, SATOVIC Z, PETERSEN K, et al. Preliminary genetic linkage map of *Miscanthus sinensis* with RAPD markers[J]. Theor Appl Genet, 2002, 105(6-7):946-952.
 - [17] 刘王锁,谢应忠,代红军,等.荒漠草原不同放牧强度下长芒草种群补偿性生长的研究[J].农业科学研究,2008,29(2):50-53.
 - [18] 张全国.沼气技术及其应用[M].北京:化学工业出版社,2005.
 - [19] 刘丹.餐厨废弃物厌氧发酵特性研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.
 - [20] 邢杰,尹冬雪,翟宁宁,等.羊粪与麦秆不同配比中温厌氧发酵特性[J].农业环境科学学报,2014,33(3):593-599.
 - [21] 余一,郑平,陈小光,等.三种生物质的发酵利用模式[J].科技通报,2009,25(6):854-859.
 - [22] 李文哲.生物质能源工程[M].北京:中国农业出版社,2013.
 - [23] 李东,叶景清,甄峰,等.稻草与鸡粪配比对混合厌氧消化产气率的影响[J].农业工程学报,2013,29(2):232-238.
 - [24] 李文哲,丁清华,魏东辉,等.稻秸好氧厌氧两相发酵工艺与产气特性研究[J].农业机械学报,2016,47(3):164-172.
 - [25] 齐本坤.生物转化废弃纤维原料产乳酸研究[D].合肥:合肥工业大学,2007.
 - [26] 崔美.木质纤维素预处理与高固含量分批补料酶解糖化研究[D].天津:天津大学,2012.
 - [27] 马静,马建锋,张逊,等.拉曼光谱在植物细胞壁研究中的进展[J].光谱学与光谱分析,2013,5(15):58-67.
 - [28] 刘俊新.厌氧+好氧耦合工艺深度处理城镇污水处理厂二级出水的试验研究[D].兰州:兰州交通大学,2014.
- 农村水环境改善,促进灌区生态系统修复^[5-6]。

4 结语

综上所述,怀洪新河灌区工程在加快沿淮地区脱贫致富、改善农民生产生活条件、维护国家粮食油料安全、修复河湖水系生态环境、支撑农业乡村经济振兴、建设人水和谐优美家园等方面发挥着重要作用。因此,依托怀洪新河水系下游地区较为完善的水利工程体系和较为优越的水土资源条件,通过灌排设施配套建设和高效农业节水灌溉,挖掘区内丰富的水土资源潜力,实现以灌为主、结合排涝和水生态环境改善为目标的怀洪新河灌区工程建设非常必要。

5 参考文献

- [1] 储正气.怀洪新河灌区建设规模及效益探讨[J].江淮水利科技,2018(2):8-9.
- [2] 怀洪新河灌区规划报告[R].合肥:安徽省水利水电勘测设计院,2013.
- [3] 谢振婷.卡中灌区续建配套与节水改造探讨[J].吉林水利,2018(11):54-56.
- [4] 孙清平.灌区节水改造技术措施探析[J].黑龙江水利科技,2018,46(4):154-155.
- [5] 吴永鹏.灌区续建配套与节水改造项目的建设管理[J].河南水利与南北水北调,2017,46(9):69.
- [6] 薛雨.全国大中型灌区续建配套节水改造工作探讨[J].河北水利,2017(7):43.