

## 沼液灌施减肥对直播水稻生长及产量构成的影响

李云飞 (光明食品集团上海农场有限公司, 江苏大丰 224151)

**摘要** 通过田间试验,研究灌施沼液条件下,减施化肥氮对直播水稻生长及产量构成的影响,探索水稻化肥减量的可行性。结果表明,灌施沼液减施化肥氮不会降低水稻茎蘖数和最终成穗数,对水稻产量构成没有影响,减施 25% 化肥氮可增加水稻产量 9.5%,增加种植效益 12% 以上。灌施沼液可以减少化肥氮 25%~50%,直播稻田灌施沼液减施 25% 化肥氮产值效益最高。

**关键词** 沼液灌施;减肥;直播水稻;产量

中图分类号 S511 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)11-0139-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.11.036

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Biogas Slurry Irrigation on the Growth and Yield Components of Direct Seeding Rice

LI Yun-fei (Guangming Food Group Shanghai Farm Co., Ltd., Dafeng, Jiangsu 224151)

**Abstract** Field experiments were conducted to study the effect of reducing fertilizer nitrogen on the growth and yield components of direct-seeded rice under the conditions of irrigating biogas slurry, and to explore the feasibility of reducing the amount of chemical fertilizers in rice. The results showed that reducing the application of fertilizer nitrogen from the biogas slurry would not reduce the number of rice tillers and the final number of panicles, and did not significantly reduce the composition of rice yield. Reducing the application of 25% fertilizer nitrogen can increase rice yield by 9.5% and increase planting benefits 12% above. Irrigation of biogas slurry can reduce fertilizer nitrogen by 25%~50%, and irrigating rice field with biogas slurry can reduce the output value of fertilizer by 25%.

**Key words** Irrigating biogas slurry; Reducing fertilizer; Direct-seeded rice; Yield

沼液作为一种肥料资源灌施于稻田,可以提供大量的 N、P、K 元素供作物吸收利用,不仅可以抑制土壤酸化板结,增加土壤肥力,还能够减少沼液排放带来的环境污染风险<sup>[1-3]</sup>。研究表明,稻田合理灌施沼液能够促进水稻生长,作为替代或减少化肥使用,能够有效地增加成穗数,提高成穗率和千粒重,进而增加产量<sup>[4-6]</sup>。但也有研究认为,仅用等氮量的沼液替代化肥不能满足水稻生长对氮肥的需求,与施用化学肥料相比,施用等氮量沼液会导致水稻结实率、穗粒数和千粒重降低,增加水稻减产风险,但收获产量没有明显减产<sup>[7-8]</sup>。这 2 种不同的研究结果,可能与试验条件、沼液施用方法和施用量有关,虽然在水稻产量性状上存在差异,但在产量上研究结论一致,说明施用沼液对水稻产量有一定的增产作用。因此,稻田灌施沼液实施减肥具有一定可行性。笔者结合大田生产操作实际,在常规施肥的基础上,进一步研究灌施沼液条件下,减施化肥氮对直播水稻生长及产量构成的影响,旨在为直播稻田灌施沼液实施减肥提供参考。

#### 1 材料与与方法

**1.1 试验材料与地点** 试验于 2018 年在上海市川东农场 2 作业区进行。供试地块肥力中等,土壤为砂壤土,前茬作物为小麦,土壤基本理化性状:pH 7.49,有机质 21.2 g/kg,盐分 1.31 g/kg,全 N 0.96 g/kg,有效磷 66 mg/kg,速效钾 114 mg/kg。供试猪粪水沼液由川东畜牧养殖公司一分场提供,取自同一厌氧消化池,由管道输送至试验田。猪粪水沼液 pH 8.08,有机质 2.7 g/kg, TN 1 300 mg/L, TP (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 930 mg/L, TK (K<sub>2</sub>O) 30 mg/L,有效氮 100 mg/L,盐分

436 mg/L。供试肥料:普通复合肥(15-15-15),由江苏中农化肥股份有限公司生产;普通颗粒尿素(46%),由山西天泽煤化工集团股份公司生产。沼液氮含量以 TN 1 300 mg/L 计。供试作物为水稻,品种为淮稻 5 号,栽种方式为机穴播,行距 27.1 cm,株距 11.0 cm,6 月 11 日播种。

**1.2 试验设计** 结合生产实际,采取大区试验,设 3 个处理,不设重复,随机排列。试验处理分别为常规施肥对照处理(CF):基肥施用复合肥 225 kg/hm<sup>2</sup>+尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,返青肥施用尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,分蘖肥施用尿素 150 kg/hm<sup>2</sup>,促花肥施用复合肥 225 kg/hm<sup>2</sup>,保花肥施用尿素 90 kg/hm<sup>2</sup>;减 N 25% 处理(F1):基肥施用复合肥 225 kg/hm<sup>2</sup>+尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,返青肥施用尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,促花肥施用复合肥 225 kg/hm<sup>2</sup>,保花肥施用尿素 90 kg/hm<sup>2</sup>;减 N 50% 处理(F2):返青肥施用尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,促花肥施用复合肥 225 kg/hm<sup>2</sup>,保花肥施用尿素 90 kg/hm<sup>2</sup>。F1 处理分蘖肥和 F2 处理基肥、分蘖肥均以沼液替代,施用促花肥前除常规施肥处理均灌施一次沼液。沼液施用采取与灌溉水混合滴灌,施入量单独计量。各试验区独立排灌,试验操作参照大田生产,病虫害防治等其他措施相同。各试验处理施用化肥氮沼液氮情况见表 1。

**1.3 采样与测定** 播种结束 20 d 后调查基本苗。播后 30 d 开始定点对水稻生长情况进行观测记录,记录叶龄、绿叶数、茎蘖数、株高等;收获前各处理随机选取 3 处样段,每个样段连续取 10 穴,调查穗数、穗粒数、结实率、千粒重,并选取代表性 20 株进行株高、茎长、稻穗性状测量;收获时分别进行小区(20 m×50 m)割方测产,测量水分,3 次重复;各大区水稻独立收获烘干计算产量。

**1.4 数据分析** 试验数据采用 Microsoft excel 2016 和 SPSS19.0 软件进行统计分析,多重比较采用 LSD 法检验。

**基金项目** 江苏省农业科技自主创新资金项目(cx(16)1003)。

**作者简介** 李云飞(1986—),男,吉林东辽人,农艺师,农业推广硕士,从事农业生态与农业资源利用研究。

**收稿日期** 2022-01-11

表 1 各处理施用化肥氮沼液氮情况

Table 1 Application of chemical fertilizer nitrogen and biogas liquid nitrogen in each treatment

kg/hm<sup>2</sup>

处理编号 Treatment No.	处理 Treatment	化肥氮+沼液氮 Fertilizer nitrogen + biogas slurry nitrogen					总施氮量 Total N application
		基肥 Base fertilizer	返青肥 Green returning fertilizer	分蘖肥 Tillering fertilizer	促花肥 Flower promoting fertilizer	保花肥 Flower preserving fertilizer	
CF	常规施肥	85.5+0	51.75+0	69.0+0	33.75+0	41.4	281.4+0
F1	减 N 25%	85.5+0	51.75+0	0+133.5	33.75+133.50	41.4	212.4+267.0
F2	减 N 50%	0+106.5	51.75+0	0+133.5	33.75+133.50	41.4	126.9+373.5

## 2 结果与分析

**2.1 沼液灌施减肥对水稻各生长期茎蘖数的影响** 由表 2 可知,在水稻生长前期,灌施沼液减施化肥对水稻单株分蘖没有促进作用,单株茎蘖数均低于水稻常规施肥,但对水稻后期分蘖数及分蘖成穗有明显促进作用,能够增加水稻分蘖成穗 0.16~0.22 个。

**2.2 沼液灌施减肥对水稻株高节间形态的影响** 由表 3 可知,灌施沼液减施化肥对水稻株高影响不大,没有明显增加,相反略低于常规施肥,节间数有增有减,基部第二节间长、穗下节间长、穗长均低于常规施肥,F1 处理穗长明显短于其他

处理,与常规施肥间差异达显著水平。

表 2 沼液灌施减肥对水稻各生长期单株茎蘖数的影响

Table 2 Effect of biogas slurry irrigation on the number of tillers per plant in each growth period of rice

处理 Treatment	移栽期 Transplanting period	分蘖期 Tillering period	拔节期 Jointing period	破口期 Rupturing stage	齐穗期 Heading stage
CF	1.00	2.95	3.35	1.52	1.40
F1	1.00	2.30	3.82	1.59	1.56
F2	1.00	2.90	3.45	1.75	1.62

表 3 沼液灌施减肥对水稻株高和节间形态的影响

Table 3 Effects of biogas slurry irrigation on plant height and internode morphology of rice

处理 Treatment	株高 Plant height cm	节间数 Number of internodes	基部第一节间长 Length of the first internode at the base//cm	基部第二节间长 Length of the second internode at the base//cm	穗下节间长 Internode length under spike//cm	穗长 Spike length cm
CF	87.20 a	5.40 ab	3.80 ab	10.50 a	24.50 a	14.70 a
F1	87.00 a	5.20 a	4.30 a	8.90 b	24.30 ab	13.70 b
F2	86.70 a	5.60 b	3.20 b	8.90 b	23.40 b	14.30 ab

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

**2.3 沼液灌施减肥对水稻产量及产量构成的影响** 由表 4 可知,沼液灌施减肥没有导致水稻成穗群体下降,相反增加了水稻成穗数,且 F2 处理与常规施肥间差异达显著水平;F2 处理与 CF 处理穗粒数、结实率相当,差异不显著,F1 处理穗

粒数最高、结实率最低;F1 和 F2 处理千粒重均有所降低,理论产量均高于常规施肥,但实际产量有增有减,F1 处理实际产量最高,从割方产量看,F2 处理产量低于常规施肥,F1 处理略高于常规施肥,差异不显著。

表 4 沼液灌施减肥对水稻产量及产量构成的影响

Table 4 Effects of biogas slurry irrigation on yield and yield composition of rice

处理 Treatment	产量构成 Yield composition						
	成穗数 Panicle number 万穗/hm <sup>2</sup>	穗粒数 Number of grain per panicle//粒	结实率 Seed setting rate//%	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield kg/hm <sup>2</sup>	实际产量 Actual output kg/hm <sup>2</sup>	割方产量 Cut yield kg/hm <sup>2</sup>
CF	403.5 b	92.40 a	93.40 a	25.80 a	8 983.5 a	8 661.00	9 165.0 a
F1	411.0 b	104.70 a	87.90 b	25.00 b	9 696.0 a	9 483.75	9 208.5 a
F2	462.0 a	92.40 a	93.70 a	24.63 b	9 855.0 a	8 362.50	8 979.0 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

**2.4 沼液灌施减肥下水稻经济效益分析** 由表 5 可知,F1 处理实际产值达 28 071.9 元/hm<sup>2</sup>,单一考虑肥料及施肥成本,净收入较常规施肥增加 2 807.4 元/hm<sup>2</sup>,F2 处理实际产值低于常规施肥,因其肥料及施肥成本节约明显,净收入与常规施肥相差不大。

## 3 结论与讨论

水稻施用沼液可以有效增加水稻分蘖数、穗粒数,进而

增加水稻产量,减少化肥使用量,降低肥料成本<sup>[9-10]</sup>。李艾芬等<sup>[11]</sup>研究认为适当施用沼液可以促进水稻分蘖、增加有效穗和每穗粒数,过量施用沼液会影响稻米品质,但也有研究表明沼液替代 100% 化肥氮会导致水稻各生长指标均有下降趋势,有贪青倒伏减产风险<sup>[12-14]</sup>。该试验结果表明,灌施沼液减施化肥氮没有降低水稻成穗群体,对水稻分蘖有一定的促进作用,能够增加水稻茎蘖数和最终成穗数,随着减施

化肥氮量的增加,株高、基部一二节间长度也呈递减趋势,理论上倒伏风险会降低,但减施 50% 化肥氮田间出现了倒伏。减施化肥氮穗下节间、穗长会变短,但不影响穗粒结构,减施 25% 化肥氮明显增加了水稻穗粒数,但降低了水稻结实率,而减少 50% 化肥氮水稻穗粒数又有减少,结实率有所提高;理论水稻产量均有明显增加,但实际收获产量相差较大,减施 50% 化肥氮田块发生倒伏,水稻产量明显低于减施 25% 化肥氮,也低于常规施肥,这与王桂良等<sup>[12]</sup> 研究认为当沼液替代化肥氮比例达 50% 以上,由于贪青晚熟可能导致倒伏、减产结论相一致;从割方产量看,减施化肥氮没有对水稻产量构成造成明显影响,随着化肥氮减少,水稻产量会有略微降低。单一考虑肥料及施肥成本的情况下,灌施沼液减施化肥氮不会降低水稻种植效益,减化肥氮 25% 可以增加种植效益 2 807.4 元/hm<sup>2</sup>。

表 5 沼液灌溉减肥下水稻经济效益分析

Table 5 Economic benefit analysis of rice under biogas slurry irrigation 元/hm<sup>2</sup>

处理 Treatment	实际产值 Actual output value	肥料成本 Fertilizer cost	施肥成本 Fertilization cost	净收入 Net income	比常规施肥增收 Increase income than conventional fertilization
CF	25 636.5	2 002.2	300	23 334.3	—
F1	28 071.9	1 690.2	240	26 141.7	2 807.4
F2	24 753.0	938.7	180	23 634.3	300.0

因此,灌施沼液减施化肥氮在不影响产量结构的前提

(上接第 136 页)

虫害,受试株长势旺盛。而脞啉类农药具有高含量、高活性,含特殊制剂,在作物表面黏附力强,药液可被植物迅速吸收、传导,并快速在植物表面形成保护膜,有效阻止病原菌侵入与传导<sup>[5]</sup>。同时持效期长,对作物安全,是八角炭疽病防治的最佳药剂。

发病前对八角林木进行喷药的防治效果比刚发病时效果明显,因此应抓住时间,在八角炭疽病高发前,提前进行大面积喷药防治,这与其他研究结果相一致<sup>[6-7]</sup>。喷药时间应选择晴天上午进行,在大风或下雨天气不宜施药。对八角林地应加强抚育管理,促进植株生长旺盛可有效控制八角炭疽病的发生<sup>[3,8]</sup>。防治八角炭疽病,应贯彻“防重于治”的方针,积极开展选育抗病良种工作,对于现有的八角林,应以营林措施为基础,辅之以化学防治,采用综合治理的方针<sup>[9-11]</sup>。

下,可以减少化肥氮 25%~50%,减化肥氮 25% 可以获得比常规施肥较高的产量,增加产量 9.5%,增加种植效益 12% 以上。该试验从大田生产应用效果出发,对农场水稻实施化肥减量具有实际的参考意义。

### 参考文献

- [1] 孙国峰,郑建初,陈留根,等. 猪粪沼液施用后土壤理化性状及水稻产量初步研究[J]. 中国稻米, 2013, 19(4): 74-76, 79.
- [2] 张进,张妙仙,单胜道,等. 沼液对水稻生长产量及其重金属含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10): 2005-2009.
- [3] 李萍,蒋滔,陈云跃,等. 沼液灌溉对作物生长·土壤质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(4): 1501-1503.
- [4] 陆新苗,王卫平,魏章焕,等. 沼液不同施用量对水稻产量及土壤环境的影响[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(17): 76-77.
- [5] 姜丽娜,王强,陈丁江,等. 沼液稻田消解对水稻生产、土壤与环境安全影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(7): 1328-1336.
- [6] 黄继川,彭智平,徐培智,等. 沼液稻田消解对水稻生产、土壤肥力及环境安全的影响[J]. 广东农业科学, 2016, 43(10): 69-76.
- [7] 邓欧平,姜丽娜,陈丁江,等. 大量沼液施灌稻田的氨挥发特征[J]. 水土保持学报, 2011, 25(6): 233-236.
- [8] 邵文奇,纪力,孙春梅,等. 不同沼液施用量对水稻生长、产量及重金属含量的影响[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(12): 1963-1969.
- [9] 董晶晶,应晓成,徐军,等. 沼液替代化肥对水稻生长的影响[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(4): 39-41, 44.
- [10] 唐微,伍钧,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.
- [11] 李艾芬,李瑾,张晓伟,等. 机插秧单季晚稻中沼液的施用技术研究[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(2): 382-387.
- [12] 王桂良,寇祥明,张家宏,等. 沼液替代化肥氮对水稻生长发育及稻米品质的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(9): 2672-2679.
- [13] 毛晓月,伍钧,孟晓霞,等. 连续 3 年定位施用沼液对水稻产量和品质的影响[J]. 华北农学报, 2016, 31(3): 218-224.
- [14] 黄红英,曹金留,常志州,等. 猪粪沼液施用对稻、麦产量和氮磷吸收的影响[J]. 土壤, 2013, 45(3): 412-418.

### 参考文献

- [1] 黄珠道. 加入 WTO 对广西八角产业的影响及对策[J]. 广西林业, 2003(1): 20-22.
- [2] 覃认贤. 广西八角产业发展现状及对策[J]. 南方农业, 2014, 8(18): 142-143.
- [3] 李柏秀. 藤县八角主要病虫害及防治措施研究[J]. 大众科技, 2013, 15(3): 95-96.
- [4] 俊卿,何水秋,封春荣. 八角主要病虫害及其防治对策[J]. 广西林业, 2002(2): 29-30.
- [5] 周丽强. 两种高效杀菌剂[J]. 农业知识, 2012(10): 44.
- [6] 林达进. 八角炭疽病的综合防治[J]. 农家之友, 2008(4): 37-38.
- [7] 罗翔. 八角炭疽病发病原因及防治措施探索[J]. 中国林业产业, 2006(6): 27-29.
- [8] 何维佳. 八角主要病虫害及科学防治对策[J]. 农业与技术, 2014, 34(1): 79-80.
- [9] 刘瑞新,黄乃秀,蒋晓萍,等. 六种杀菌剂对八角炭疽病林间药效试验[J]. 广西农学报, 2015, 30(5): 28-30.
- [10] 廖明. 八角炭疽病菌生物学特性及防治药剂筛选的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2004.
- [11] 邓鑫州,黄连桂,邓荫伟. 5 种药剂对油茶炭疽病的防治效果研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(16): 9653-9654.