

# 木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜生长发育、产量及果实品质的影响

邓英毅<sup>1</sup> 韦民政<sup>2</sup> 叶亦心<sup>1</sup> 郑 虚<sup>2\*</sup> 张艺超<sup>3</sup> 莫干辉<sup>1</sup> 李韦柳<sup>2</sup>  
张新宇<sup>1</sup> 王向导<sup>1</sup> 陈 群<sup>1</sup> 黄影花<sup>1</sup> 雷雪娇<sup>1</sup> 禰为翔<sup>1</sup> 韦仕飞<sup>1</sup> 韦思羽<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>广西大学农学院, 广西南宁 530004; <sup>2</sup>广西农业科学院经济作物研究所, 广西南宁 530007; <sup>3</sup>广西南宁市隆安县环保局, 广西南宁 532700)

**摘 要:** 为了探明木薯淀粉废液的环保资源化利用新路子, 以蜜本南瓜为试验材料, 开展了木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜生长发育、产量和果实品质的影响研究。结果表明, 施用木薯淀粉厌氧发酵液能显著促进南瓜植株的营养生长和生殖生长, 提高产量并改善果实的品质。施用木薯淀粉厌氧发酵液能显著促进植株主蔓和叶片的生长, 增加叶片叶绿素含量, 单株结瓜数、单瓜质量和产量均比常规施肥对照提高 50% 以上, 其果实大小、果形指数、可溶性固形物、可溶性糖、可溶性蛋白、淀粉含量和 VC 含量也比对照显著或极显著提高。木薯淀粉厌氧发酵液可作为追肥在南瓜生产中应用, 达到变废为宝、提高南瓜产量和品质的双重目的。

**关键词:** 木薯淀粉厌氧发酵液; 南瓜; 生长发育; 产量; 果实品质

南瓜 [*Cucurbita moschata* (Duch.) Poir.] 在世界各地栽培广泛(赵一鹏等, 2004)。近年来, 我国南瓜栽培面积逐年扩大, 产量不断提高, 广西是种植南瓜最适宜的区域之一, 尤其是在木薯种植加工区内南瓜种植面积不断扩大。木薯淀粉加工企业产生大量的木薯淀粉厌氧发酵液(CSAFL), 若要达到国家对外排放标准需要投入巨大的环保治理费用。木薯淀粉厌氧发酵液含有丰富的植物生长所必需的营养物质, 如氮、钾、磷、钙、镁、硫、铁、锰、铜和锌等多种元素, 若能直接应用于当地南瓜种植, 不仅可以减少企业治污投入, 还可降低种植成本, 增加农民收入。目前, 国内的研究中木薯淀粉

粉废液作为液体有机肥应用于农作物生产的报道仅应用于香蕉(邓英毅等, 2011, 2013), 应用于食用菌栽培的研究也仅限于香菇和金针菇(李宗义等, 1998; 朱辉和何国庆, 1999; 李培睿等, 2003)。因此, 为了探明木薯淀粉生产中废液的环保资源化利用新路子, 笔者开展了追施木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜生长发育、产量及果实品质的影响研究, 旨在为木薯淀粉厌氧发酵液作为肥源替代化肥应用于南瓜生产的可能性提供理论依据, 也为木薯淀粉生产企业资源化利用废液提供一条新的途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

田间试验于 2010 年 11 月至 2011 年 5 月在广西南宁市隆安县那桐镇四达屯方村进行, 供试南瓜品种为汕头市金韩种业有限公司的蜜本南瓜。2010 年 11 月 18 日进行育苗钵育苗, 12 月 2 日定植。栽植方式为单行种植, 株距 1.1 m, 行距 3.3 m, 每 667 m<sup>2</sup> 种植 184 株。试验地土壤基本状况为: 黄色砂壤土, 旱地, 地势平坦, 土质疏松, 土壤 pH 6.5, 有机质含量 261 mg · kg<sup>-1</sup>, 速效氮 141.7 mg · kg<sup>-1</sup>,

邓英毅, 女, 博士, 副教授, 主要从事园艺植物栽培与育种的教学和科研工作, 电话: 0771-3235612, E-mail: yingyideng@163.com

\* 通讯作者 (Corresponding author): 郑虚, 男, 博士, 研究员, 主要从事经济作物育种和有机剩余物环保资源化综合利用研究, E-mail: zhengxu@gxaas.net

收稿日期: 2015-10-21; 接受日期: 2016-03-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31260461), 2013 年生态广西建设引导资金项目, 广西科学研究与技术开发计划项目 (桂科合 1346011-19), 广西大学“大学生实验技能和科技创新能力训练基金”项目 (SYJN20131513)

速效磷 ( $P_2O_5$ )  $18.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾 ( $K_2O$ )  $170.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 土壤肥力中等。

木薯淀粉厌氧发酵液 pH 值为 7.6~7.8, 化学耗氧量、氮、磷、钾、锌、铁和锰含量分别为 800~1 000、220、19.68、335、0.538、57.22  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $3.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (按 TB/T8538—95 检测)。试验所用肥料为国产沃夫特氯化钾型复合肥 (N-P-K 为 12-11-18)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 试验共设 2 个追肥处理: T, 南瓜生长发育期间淋施木薯淀粉厌氧发酵液, 总量为  $20.2 \text{ t} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ , 每株 110 kg, 分别于定植后 35、60、90 d 分 3 次淋施, 分别施用总量的 1/5、2/5、2/5。对照为常规施肥, 不施用木薯淀粉厌氧发酵液, 南瓜生长发育期间施用复合肥 (N-P-K 为 12-11-18)  $50 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ , 分别于定植后 35、60、90 d 分 3 次结合中耕灌水施入, 每株灌水总量为 110 kg, 每次施肥量和灌水量分别为总量的 1/5、2/5、2/5。

两处理的基肥施用量均为农家肥  $50 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ 。不同追肥处理的全生育期主要养分用量及比例如表 1 所示。随机区组设计, 小区面积约为  $165 \text{ m}^2$  (45 株), 3 次重复。

表 1 不同追肥处理全生育期主要养分用量及比例

处理	养分用量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$			养分比例		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
T	66.66	5.96	101.50	1.00	0.09	1.52
CK	90.00	82.50	135.00	1.00	0.92	1.50

1.2.2 测定项目及方法 在开花坐果期 (4 月 26 日) 调查南瓜植株的生长发育状况, 每小区随机调查 10 株, 包括主蔓长度、主蔓粗度、主蔓节数、主蔓节间长度、叶片长度、叶片宽度、侧蔓数等, 其中叶片长度和宽度以主茎顶端第 1 张完全展开叶

表 2 木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜生长发育的影响

处理	主蔓长度/cm	主蔓粗度/cm	主蔓节数	主蔓平均节间长度/cm	叶片长度/cm	叶片宽度/cm	侧蔓数
T	$865.1 \pm 18.6^{**}$	$1.51 \pm 0.02^{**}$	$63.7 \pm 0.3^{**}$	$13.6 \pm 0.4^*$	$23.9 \pm 0.4^*$	$31.7 \pm 1.4^*$	$5.0 \pm 0.6$
CK	$537.5 \pm 30.4$	$1.17 \pm 0.03$	$48.0 \pm 1.5$	$11.1 \pm 0.4$	$21.3 \pm 0.7$	$26.7 \pm 0.7$	$5.7 \pm 0.3$

注: \* 和 \*\* 分别表示与对照差异达显著 ( $P \leq 0.05$ ) 和极显著 ( $P \leq 0.01$ ) 水平, 下同。

### 2.2 施用木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜叶片叶绿素含量的影响

施用木薯淀粉厌氧发酵液能显著提高叶片的叶

数起的第 10 片叶为调查对象。

叶绿素含量测定也选第 10 片叶, 每小区取 5 片叶, 用黑色塑料袋包好避光, 放入冰瓶带回实验室后立即进行清洗, 并用吸水纸吸干水分, 再将每个处理的叶片叠放到一起, 用打孔器取叶片, 提取叶绿素, 尽量避开叶脉。叶绿素含量的提取与测定参照曹建康等 (2007) 的方法。

果实成熟后分批采收, 5 月 15 日采收第 1 批瓜, 选择成熟度相同的果实测定果实外观性状和内在品质。采用电子秤测定单果质量, 利用软尺测量果实纵横径 (以果实横侧面最大部位的横径为果实横径), 果形指数为果实纵径 / 果实横径, 用软尺绕果实纵侧面一圈测量纵径周长; 果实硬度采用 GY-1 型果实硬度计 (牡丹江市机械研究所) 测定; 可溶性固形物采用 WYT (0~32%) 手持糖量计测定; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法 (曹建康等, 2007) 测定; 可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法 (李玲, 2009) 测定; VC 含量采用 2, 6-二氯酚靛酚法 (陈建勋和王晓峰, 2002) 测定, 可滴定酸采用氢氧化钠滴定法 (曹建康等, 2007) 测定。

在果实分批采收时统计各个小区的产量。

### 1.3 数据统计分析

数据采用 SPSS 18.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜生长发育的影响

施用木薯淀粉厌氧发酵液能显著提高南瓜的主蔓长度、主蔓粗度、主蔓节数、主蔓节间长度、叶片长度和叶片宽度, 分别比对照 (常规施肥) 提高 60.9%、29.1%、32.7%、22.5%、12.2%、18.7%, 但侧蔓数两者间差异不显著 (表 2)。

绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量, 分别比对照提高 44.8%、51.4% 和 46.7%, 其叶色比常规施肥要浓绿, 但叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值与对照没有显

著差异 (表 3)。

表 3 木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜叶绿素含量的影响

处理	叶绿素 a mg · g <sup>-1</sup> (FW)	叶绿素 b mg · g <sup>-1</sup> (FW)	总叶绿素 mg · g <sup>-1</sup> (FW)	叶绿素 a/b
T	2.91 ± 0.25 <sup>*</sup>	1.09 ± 0.11 <sup>*</sup>	3.99 ± 0.36 <sup>*</sup>	2.66 ± 0.03
CK	2.01 ± 0.13	0.72 ± 0.12	2.72 ± 0.25	2.79 ± 0.05

### 2.3 施用木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜产量及果实外观性状的影响

施用木薯淀粉厌氧发酵液的南瓜单株果数、单果质量和产量显著或极显著提高, 分别比常规施肥的对照提高 59.3%、93.5% 和 132.9%。施用木薯

表 4 木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜结果性状和产量的影响

处理	单株果数	单果质量/kg	产量/kg · (667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	纵径/cm	横径/cm	果形指数	纵径周长/cm
T	4.3 ± 0.3 <sup>*</sup>	7.45 ± 0.10 <sup>**</sup>	3 618.3 ± 68.1 <sup>**</sup>	48.1 ± 1.2 <sup>**</sup>	20.6 ± 0.7 <sup>*</sup>	2.34 ± 0.09 <sup>*</sup>	121.4 ± 4.5 <sup>**</sup>
CK	2.7 ± 0.3	3.85 ± 0.16	1 553.3 ± 34.3	35.9 ± 1.0	18.1 ± 0.3	1.98 ± 0.03	83.2 ± 3.4

表 5 木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜果实品质的影响

处理	硬度 kg · m <sup>-3</sup>	可溶性固形物 %	可溶性糖 %	可溶性蛋白 mg · kg <sup>-1</sup> (FW)	VC mg · kg <sup>-1</sup> (FW)	淀粉 mg · g <sup>-1</sup> (FW)	可滴定酸 mg · kg <sup>-1</sup> (FW)
T	4.61 ± 0.13	11.5 ± 0.6 <sup>*</sup>	10.21 ± 0.22 <sup>*</sup>	45.0 ± 1.6 <sup>*</sup>	97.7 ± 4.7 <sup>**</sup>	6.50 ± 0.37 <sup>*</sup>	1.6 ± 0.1 <sup>**</sup>
CK	4.58 ± 0.26	9.0 ± 0.8	8.56 ± 0.02	35.7 ± 2.2	68.7 ± 2.8	5.08 ± 0.43	3.9 ± 0.1

## 3 结论与讨论

由于木薯淀粉厌氧发酵液除了含有氮、磷、钾大量营养元素外, 还含有一些中、微量营养元素和一些活性物质, 因此, 施用木薯淀粉厌氧发酵液能显著提高南瓜的主蔓长度、主蔓粗度、主蔓节数、主蔓节间长度, 能保持有较多的绿叶来维持植株的生长发育和果实生长。同时, 也显著提高了叶片长度、叶片宽度、叶片的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和总叶绿素含量, 从而提高了南瓜植株光合面积和光合作用能力, 因此植株具有充足的养分储备支持南瓜果实的膨大, 单株果实数和单果质量显著或极显著提高, 对南瓜增产有重要的促进作用。施用木薯淀粉厌氧发酵液的南瓜果实外观及品质也得到了明显改善, 果实纵径、横径、果形指数、纵径周长、果实可溶性固形物、可溶性糖、可溶性蛋白、VC 含量和淀粉含量均显著或极显著提高, 可滴定酸含量极显著降低。这与木薯淀粉厌氧发酵液施用后能促进香蕉的生长发育, 提高产量和品质的研究结果是一致的 (邓英毅等, 2011, 2013)。木薯淀粉厌氧发酵液不仅能提高肥料的利用率 (韦民政等, 2013), 而且其成分中的有机质、微量元素和活性

淀粉厌氧发酵液能显著或极显著提高南瓜果实的纵径、横径、果形指数和纵径周长, 分别比对照提高 34.0%、13.8%、18.2% 和 45.9% (表 4)。

### 2.4 施用木薯淀粉厌氧发酵液对南瓜果实品质的影响

施用木薯淀粉厌氧发酵液还可以显著或极显著提高南瓜果实的可溶性固形物、可溶性糖、可溶性蛋白、VC 和淀粉含量, 分别比对照提高 27.8%、19.3%、26.1%、42.2% 和 28.0%; 可滴定酸比对照极显著降低 59.0%; 但果实硬度没有显著变化 (表 5)。

物质等, 也能够促进南瓜植株的生长。

综上所述, 木薯淀粉厌氧发酵液作为追肥在南瓜生产中应用是一项有效的增产增收和环境友好型措施, 可以达到变废为宝、降低南瓜生产成本的双重目的, 应用前景广阔。

致谢: 本试验得到广西南宁市隆安县那桐镇四达屯方村富达淀粉厂和村民方德英、方德富等的无私帮助, 试验调查和品质分析得到了刘淇、廖国稳、秦尉家、吴静妮、崔忠吉和吕峰等的帮助, 在此一并深表谢意!

### 参考文献

- 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 2007. 果蔬采后生理生化实验指导. 北京: 中国轻工业出版社.
- 陈建勋, 王晓峰. 2002. 植物生理学实验指导. 广州: 华南理工大学出版社.
- 邓英毅, 韦民政, 张艺超, 潘介春, 黄桂香, 熊军, 覃维治, 郑虚, 韦兰刚, 廖国稳, 秦尉家, 吴静妮, 崔忠吉, 邓家庭. 2011. 木薯淀粉厌氧发酵液对香蕉生长和产量效益的影响. 中国南方果树, 40 (4): 64-66.
- 邓英毅, 潘介春, 郑虚, 韦民政, 张艺超, 黄桂香, 覃海平, 熊峥, 高群斌, 黄克端, 廖玲, 廖国稳, 唐秀桦, 熊军, 覃维治. 2013. 施用木薯淀粉厌氧液对香蕉果实性状和品质的影响. 中国南方果树, 42 (3): 62-64.

- 李玲. 2009. 植物生理学模块实验指导. 北京: 科学出版社: 54-55.
- 李培睿, 李宗义, 张昊, 王鸿磊, 王振宁. 2003. 淀粉废液培养香菇菌丝体营养成分分析. 食用菌, 25 (2): 19-20.
- 李宗义, 王爱玲, 李亚卿. 1998. 淀粉废液发酵香菇菌丝体. 中国食用菌, (1): 17-19.
- 韦民政, 郑虚, 李韦柳, 熊军, 黄卫华, 欧厚荣, 何莉, 周云新, 唐秀桦, 邓英毅, 覃维治, 闫海锋, 许娟, 唐花蕾. 2013. 施用木薯酒精厌氧发酵液对香蕉生长发育及土壤肥力的影响. 热带作物学报, 34 (11): 2112-2116.
- 赵一鹏, 李新峥, 周俊国. 2004. 世界南瓜生产现状及其种群多样性特征. 内蒙古农业大学学报, 25 (3): 112-115.
- 朱辉, 何国庆. 1999. 金针菇在淀粉废水中发酵的营养条件研究. 生物工程学报, 5 (4): 512-516.

## Effect of Cassava Starch Anaerobic Fermentation Liquid on Pumpkin Growth, Yield and Fruit Quality

DENG Ying-yi<sup>1</sup>, WEI Min-zheng<sup>2</sup>, YE Yi-xin<sup>1</sup>, ZHENG Xu<sup>2\*</sup>, ZHANG Yi-chao<sup>3</sup>, MO Gan-hui<sup>1</sup>, LI Wei-liu<sup>2</sup>, ZHANG Xin-yu<sup>1</sup>, WANG Xiang-dao<sup>1</sup>, CHEN Qun<sup>1</sup>, HUANG Ying-hua<sup>1</sup>, LEI Xue-jiao<sup>1</sup>, XUAN Wei-xiang<sup>1</sup>, WEI Shi-fei<sup>1</sup>, WEI Si-yu<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>College of Agronomy, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China; <sup>2</sup>Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China; <sup>3</sup>Longan County Environmental Protection Bureau, Nanning 532700, Guangxi, China)

**Abstract:** In order to ascertain the new resource utilizing way of cassava starch waste for environmental protection, this paper studied the effect of cassava starch anaerobic fermentation liquid (CSAFL) on pumpkin growth, yield and fruit quality, taking ‘Mibennangua’ as experimental material. The results showed that applying CSAFL could significantly promote the vegetative and reproductive growth, increase pumpkin yield and improve its fruit quality. Using CSAFL could also remarkably promote the growth of pumpkin main stem and leaves, increase leaf chlorophyll content. Besides, its fruit setting number per single plant, single fruit weight and yield were higher than that of the contrast by over 50%. Its fruit size, fruit shape index, contents of soluble solid, soluble sugar, soluble protein, starch and VC were significantly or very significantly increased than that of the contrast. Therefore, CSAFL can be used as additional fertilizer in pumpkin production, so as to realize the dual purposes of turning waste into wealth, and improving pumpkin yield and quality.

**Key words:** Cassava starch anaerobic fermentation liquid (CSAFL); Pumpkin; Growth and development; Yield; Fruit quality

· 信息 ·

## 2016年中国园艺学会茄子分会暨新品种展示会预备通知

为推动茄子科学研究和茄子产业创新发展, 中国园艺学会茄子分会定于2016年11月16~18日在广西壮族自治区南宁市召开“2016年中国园艺学会茄子分会暨新品种展示会”(具体信息另行通知), 本次会议由中国园艺学会茄子分会主办, 广西农业科学院蔬菜研究所承办。会议期间将举行茄子新品种(新品系、新组合)展示, 特向全国同行征集展示品种。现将有关事项通知如下:

1. 每个单位提供的品种不超过10个, 同类型品种不超过2个, 每个品种提供种子5g。请填写参展品种信息表并请与会务组联系。

2. 请务必于2016年5月30日前将种子和参展品种信息表按照会务联系方式进行邮寄, 并注明“园艺学会品种展示”字样, 过期恕不安排展示。

会务联系人: 王益奎 13481070619 甘桂云 13707719697 李文嘉 13907714662

地址: 广西南宁市西乡塘区大学东路174号广西农科院蔬菜所

电话: 0771-3276233 传真: 0771-3278808 E-mail: eggplant2016@163.com

中国园艺学会茄子分会