

doi:10.11937/bfyy.20173096

## 沼液营养液对设施西瓜生长的影响

周 静, 史向远, 王保平, 李素娟

(山西省农业科学院 现代农业研究中心, 山西 太原 030031)

**摘 要:**以西瓜为材料,通过水培试验,在 EC 值相同条件下,研究了沼液与营养液配施对西瓜生长特性、根系活力、产量以及可溶性固形物、可溶性蛋白质、维生素 C 含量及硝酸盐含量的影响。结果表明:合理配施沼液,能有效改善西瓜品质,提高产量。与单独施用营养液相比,配施稀释 16 倍沼液处理下西瓜产量显著提高了 9.26%,可溶性固形物含量显著增加了 1.65%,维生素 C 含量是对照的 1.77 倍,增幅显著,硝酸盐含量较对照降低了 8.96 mg·g<sup>-1</sup>。配施稀释 16 倍沼液的有机营养液,可以有效促进设施西瓜生长,增加株高,促进根系生长,提高设施西瓜产量,改善果实品质。

**关键词:**沼液;生长性状;产量;品质

**中图分类号:**S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)03-0078-05

西瓜(*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai)是一种经济价值较高的园艺作物,在园艺作物生产中占据着重要地位。但由于连作障碍、化肥施用过量等问题,造成了土壤质量不断下降,土传病害不断加剧,严重制约了设施西瓜产业的发展<sup>[1-2]</sup>。沼液是沼气厌氧发酵后的液态残留物,含有一定量的植物生长和发育必需的氮、磷、钾、钙等营养元素,以及比较丰富的氨基酸等营养物质和对病虫害有抑制作用的物质<sup>[3-5]</sup>,是一种优质的有机肥原料。已有研究表明沼液对改良土壤、培肥地力、提高农产品品质和产量,改善连作土壤微生物区系,优化土壤微生物群落结构都有重要作用<sup>[6-11]</sup>。目前沼液的利用方式仍然以农田直接消纳为主,此方法利用率及附加值较低,既造

成了沼液的浪费,又对农田健康造成了潜在威胁,而且难以形成商业化产品。如何高值利用沼液,是当前研究的重要方向。由于沼液中的氮含量较高、磷、钾含量相对较低,在实际生产中单施沼液对提高作物生长的效果不明显<sup>[12]</sup>,将沼液与化肥配合施用,对提高作物产量和改善其营养品质等方面具有良好的作用<sup>[13-16]</sup>。在所查阅的文献中多以单一氮素含量或者氮磷钾总量为前提,在实际指导生产中从时间上讲具有滞后性,若以 EC 值作为营养液研究的前提条件,在生产上对沼液进行方便快捷的检测,对指导生产具有实际意义。因此,该试验基于设施西瓜的生产,在 EC 值相同的条件下,通过沼液和其它营养元素的合理配制,研究其对设施西瓜生长及品质的影响。旨在找到适宜设施西瓜生长的合理沼液浓度,配制合理的沼液营养液配方,为水肥一体化的开展提供可行的水肥方案及技术支持。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 试验材料

供试西瓜品种为“早春红玉”,种子购买于当地农资市场,由安徽省安生种子有限公司生产。

**第一作者简介:**周静(1982-),女,甘肃酒泉人,硕士,助理研究员,现主要从事作物营养和设施栽培等研究工作。E-mail:zhoujingdey1919@163.com.

**责任作者:**史向远(1975-),男,山西山阴人,硕士,副研究员,现主要从事设施栽培与耕作等研究工作。E-mail:66289570@qq.com.

**基金项目:**山西省农业科学院院攻关资助项目(YGG1616);山西省农业科学院院博士基金资助项目(YBSJJ1613)。

**收稿日期:**2017-10-12

供试沼液来源于山西省农业科学院现代农业研究中心东阳试验基地正常产气 3 个月以上的厌氧发酵池,发酵原料为牛粪,pH 7.84,EC

值  $3.45 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,主要营养元素含量见表 1。供试营养液采用山东大学西瓜营养液配方<sup>[17]</sup>,微量元素采用阿农配方<sup>[17]</sup>。

表 1 沼液主要元素含量  
Table 1 Biogas slurry main elements

全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	碱解氮 Alkaline hydrolysis N	有效磷 Effective P	速效钾 Available K	钙 Ca	镁 Mg	铁 Fe	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn	硼 B
510	10	940	209	5.76	400.535	141.46	78.65	2.23	0.31	0.04	0.39	11.62

### 1.2 试验方法

试验于 2017 年 2 月 23 日至 6 月 27 日在山西省农业科学院现代农业研究中心榆次东阳试验基地温室进行。采用水培方法,水培桶容积为 10 L,每桶定植 2 株,株距保持在 50 cm。设 3 个处理,以不加沼液处理为对照(CK),每处理重复 4 次。具体试验设置见表 2。于 2 月 23 日育苗,三叶一心期定植,单蔓整枝,吊蔓,每株 1 瓜。整个生育期营养液 EC 值保持一致,刚定植西瓜幼苗 EC 值调至  $1.8 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,西瓜开花后 EC 值调至  $2.0 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,西瓜开花授粉后 EC 值调至  $2.5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,西瓜坐果后,EC 值调至  $2.8 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,同时利用充气泵每隔 6 h,通气 30 min,对液体溶氧量进行补充。其它管理与常规管理相同。

表 2 试验设置  
Table 2 Experimental settings

处理 Treatment	沼液稀释倍数 Biogas dilution level/倍	沼液 Biogas slurry /mL	营养液 Nutrient solution /mL
T1	32	250	5 750
T2	16	500	5 500
T3	8	1 000	5 000
CK	0	0	6 000

### 1.3 项目测定

在西瓜定植缓苗后,每隔 10 d(5 月 8、18 日),记录西瓜的蔓长、根长、叶片数;西瓜采收后测定西瓜产量以及西瓜根、蔓的鲜质量和干质量;西瓜根系活力采用 TTC 法测定;可溶性固形物含量采用 ATAGO 的 PAL-3 型折光仪测定,可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测

定,维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚钠法测定,硝酸盐含量采用比色法测定<sup>[18]</sup>。

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 进行试验数据处理,采用 DPS 7.05 统计软件进行试验数据的方差分析、相关性分析和相似度分析,多重比较采用 Duncan 新复极差法。

## 2 结果与分析

### 2.1 沼液营养液对西瓜生长指标的影响

生长形态指标能有效表征作物的生长。由表 3 可知,配施沼液的量不同,设施西瓜的长势不同。生长前期(5 月 8 日)设施西瓜蔓长、叶片数、根长的生长量均小于 CK,随着设施西瓜生育期的推进,5 月 18 日配施沼液处理的设施西瓜的蔓长、根长生长量显著高于 CK,或与 CK 持平。与 CK 相比,5 月 18 日 T2 处理的蔓长、叶片数、根长生长量显著高于 CK,增幅分别为 65.62%、18.18%、29.03%。从总的趋势来看,各处理对设施西瓜的蔓长、叶片数、根长生长量影响的顺序依次为  $T2 > T1 > T3 > CK$ 。

### 2.2 沼液营养液对西瓜产量的影响

由图 1 可知,设施西瓜产量随着沼液稀释倍数的增加而增加,产量顺序依次为  $T1 > T2 > CK > T3$ ,各处理间差异显著。T1 处理  $667 \text{ m}^2$  产量为 688.06 kg,显著高于其它处理;T2 处理  $667 \text{ m}^2$  产量为 619.11 kg,与 CK 相比,增产了 9.24%,但 T2 处理与 CK 间差异不显著;T3 处理  $667 \text{ m}^2$  产量为 467.50 kg,产量显著低于其它处理,与 CK 相比,产量减少了 17.51%,与 T2 处理相比,产量减少了 24.49%。说明适宜的沼液浓

表3 西瓜蔓长、叶片数、根长增长量的变化

Table 3 Changes of growth of vine length, leaf number, root length of watermelon

处理 Treatment	蔓长 Vine length/cm		叶片数 Leaf number		根长 Root length/cm	
	05-08	05-18	05-08	05-18	05-08	05-18
T1	68.87±3.70b	58.33±5.36bc	8.00±0.00a	8.67±0.00b	11.67±0.33b	7.33±3.63a
T2	58.00±1.50c	70.67±1.86b	7.67±0.33a	13.00±1.73a	6.53±1.13c	8.00±2.00a
T3	33.33±2.32d	117.00±6.66a	9.33±1.33a	10.33±1.73ab	9.17±0.83bc	9.60±2.42a
CK	104.37±4.39a	42.67±6.49c	9.67±0.88b	11.00±1.15ab	15.53±1.35a	6.20±2.33a

注:不同小写字母表示0.05水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

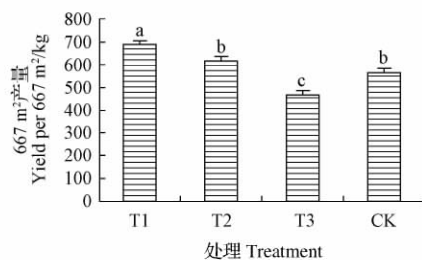


图1 沼液营养液对西瓜产量的影响

Fig. 1 Effect of biogas nutrient solution on watermelon yield

度有利于设施西瓜的生长。

### 2.3 沼液营养液对西瓜根系活力的影响

根系是植物吸收水分、矿质元素的主要器官,根的生长情况和活力水平直接影响地上部的营养状况及产量水平。由图2可知,设施西瓜根系活力随着沼液施用量的不同而不同,T2处理下设施西瓜根系活力最高,为 $72.89 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,显著高于其它处理,与CK相比,增幅25.91%;T2处理与T1、T3处理相比,设施西瓜根系活力增幅分别为29.64%和34.98%。不同处理下,设施西瓜根系活力的顺序依次为 $\text{T2} > \text{CK} > \text{T3} > \text{T1}$ ,

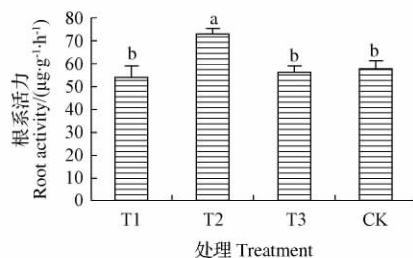


图2 沼液营养液对西瓜根系活力的影响

Fig. 2 Effect of biogas nutrient solution on root activity of watermelon

T1、T3处理和CK间差异不显著。

### 2.4 沼液营养液对西瓜品质的影响

由表4可知,施用沼液后设施西瓜的可溶性固形物含量与CK相比均显著提高。T2处理可溶性固形物含量最高,但T1、T2、T3处理三者间差异不显著;不同沼液施用量下,T1、T2、T3处理可溶性蛋白质含量三者间差异不显著;与标准营养液相比,T2处理维生素C含量最高,为 $135.78 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,且显著高于CK,T3处理维生素C含量与CK差异不显著;所有处理硝酸盐含量均低于国家可生食标准( $\leq 432 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ FW}^{[19]}$ ),T2处理硝酸盐含量最低,T1、T3处理含量居中,CK含量最高,各处理间差异不显著。

### 2.5 沼液施用量与西瓜生长指标及品质指标的关联度分析

由表5可知,沼液施用量与生长指标的关系依次为根长 $>$ 单果质量 $>$ 根系活力 $>$ 叶片数 $>$ 蔓长,根长与沼液施用量关联度较高,关联系数为0.5131;其次为单果质量、根系活力,关联系数分别为0.5011、0.3406,叶片数和蔓长与沼液施用量相对关联度较低;设施西瓜维生素C含量与沼液施用量关联度较高,其次为可溶性固形物含量,硝酸盐含量、可溶性蛋白质含量与沼液施用量关联度较低。综合分析,施用沼液后对在设施西瓜生长过程中,根长、单果质量以及维生素C含量、可溶性固形物含量等品质指标影响较明显。

## 3 结论与讨论

该试验表明,配施适宜浓度的沼液,可以促进设施西瓜的生长,当沼液配施倍数为16倍时,设施西瓜的蔓长、叶片数、根长相对于CK,生长量

表 4 沼液营养液对西瓜品质的影响

Table 4 Effect of biogas nutrient solution on the quality of watermelon

处理 Treatment	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/(mg · g <sup>-1</sup> )	维生素 C 含量 Vitamin C content/(mg · g <sup>-1</sup> )	硝酸盐含量 Nitrate content/(mg · g <sup>-1</sup> )
T1	11.93±0.57a	2.05±0.11b	106.65±2.44ab	286.47±4.43a
T2	12.13±0.64a	1.96±0.24b	135.78±17.41a	279.98±7.75a
T3	12.13±0.23a	2.48±0.16ab	60.40±2.69c	286.35±3.14a
CK	10.48±0.10b	2.96±0.26a	76.90±6.35bc	288.94±15.98a

表 5 沼液施用量与设施西瓜生长与品质指标的灰色关联度分析

Table 5 Gray correlation analysis of biogas slurry application and watermelon growth and quality indicators

生长因子 Growth factor	蔓长 Vine length	根长 Root length	叶片数 Leaf number	根系活力 Root activity	单果质量 Single fruit weight
关联系数 Correlation coefficient	0.142 7	0.513 1	0.228 1	0.340 6	0.501 1
关联顺序 Relational order	5	1	4	3	2
品质因子 Quality factor	可溶性固形物 Soluble solids	可溶性蛋白质 Soluble protein	维生素 C Vitamin C	硝酸盐 Nitrate	
关联系数 Correlation coefficient	0.217 9	0.183 3	0.279 6	0.195 5	
关联顺序 Relational order	2	4	1	3	

显著提高了 65.62%、18.18%、29.03%。说明合理配施沼液,能有效促进设施西瓜生长,增加株高,促进根系生长,试验结果表明,沼液施用量与作物根长关系密切,根系越发达,根系活力越高,设施西瓜的吸水、吸肥能力越高,试验结果与赵金华等<sup>[13]</sup>、姜新文等<sup>[20]</sup>的研究结果基本一致,生长前期设施西瓜配施沼液处理的生长态势不如标准营养液栽培条件的原因可能是生长初期营养需求量少,水培条件下加入沼液,作物根系需要适应新的营养环境,因此生长前期施用沼液处理的生长量小于传统营养液处理。

设施西瓜产量与沼液配施量关联系数为 0.501 1,关联度较高。设施西瓜产量并不是随着沼液配施量的增大而增大,相反,沼液稀释倍数越大,设施西瓜产量越高,试验结果与赵金华等<sup>[13]</sup>、张利等<sup>[21]</sup>、田福发等<sup>[22]</sup>的研究结果一致。沼液中主要成分是速效氮,沼液过多,会造成氮素供应过量,从而加速了营养生长,削弱生殖生长,影响作物生长后期干物质向果实的分配。该试验结果表明,在传统营养液中配施稀释 16 倍沼液,与传统营养液栽培方式相比,产量增加了 9.24%。

沼液配施量与果实维生素 C 含量、可溶性固

形物含量关联度较高,与传统营养液种植相比,配施稀释 16 倍的沼液,可溶性固形物含量显著增加了 1.65%,维生素 C 含量是 CK 的 1.77 倍,增幅显著,硝酸盐含量较 CK 降低了 8.96 mg · g<sup>-1</sup>,这与田福发等<sup>[22]</sup>、赵京奇等<sup>[23]</sup>、在黄瓜、哈密瓜上的试验结果一致,但与周杰良等<sup>[24]</sup>在青椒上的试验结果不同,究其原因,一方面可能与作物种类不同有关,从而对其果实品质产生了影响;另一方面可能与产生沼液的进料物性质有关,对沼液的营养成分以及稳定性有影响,进而影响了果实对其吸收。

综上所述,在设施西瓜水培试验中,配施稀释 16 倍沼液,可以有效促进设施西瓜生长,提高设施西瓜产量,改善其品质。

#### 参考文献

- [1] 喻景权,杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报,2000(1):124-126.
- [2] 柏彦超,周雄飞,赵学辉,等. 蚓粪基质克服西瓜连作障碍的应用效果研究[J]. 中国农学通报,2011(8):212-216.
- [3] 宋成芳,单胜道,张妙仙,等. 畜禽养殖废弃物沼液的浓缩及其成分[J]. 农业工程学报,2011,27(12):256-259.
- [4] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. 畜禽养殖

- 业污染物排放标准:GB 18596—2001[S].北京:中国标准出版社,2001.
- [5] 韩敏,刘克锋,王顺利,等.沼液的概念、成分和再利用途径及风险[J].农学学报,2014,4(10):54-57.
- [6] 虞方伯,管晓进,赵子如,等.沼气发酵残余物应用于金丝小枣栽培的初步研究[J].应用生态学报,2006,17(2):345-347.
- [7] 郝鲜俊,洪坚平,乔志伟.沼液对甘蓝连作土壤生物学性质的影响[J].应用与环境生物学报,2011,7(3):384-387.
- [8] 耿晨光,段婧婧,李汛,等.沼液的园林地消解处理利用及其对土壤微生物碳、氮与酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2012,31(10):1965-1971.
- [9] 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.
- [10] 王卫平,陆新苗,魏章焕,等.施用沼液对柑桔产量和品质以及土壤环境的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(11):2300-2305.
- [11] 李轶,张玉龙,敖永华,等.施肥对保护地番茄果实品质及其产量的影响[J].北方园艺,2007(4):1-4.
- [12] SVENSSON K, ODLARE M, PELL M. The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste[J]. Journal of Agricultural Science, 2004, 142: 461-467.
- [13] 赵金华,蒋卫杰,余宏军.沼液、化肥配施对西瓜产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2010(4):53-55.
- [14] 张亚莉,刘玉青,董仁杰.沼肥与化肥配合施用对黄瓜生长发育的影响[J].北方园艺,2008(1):47-48.
- [15] 沈明星,刘凤军,余旭东,等.蓝藻沼液对蔬菜产量、品质的影响及替代化肥作用研究[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2012,33(1):72-76.
- [16] 刘芳,李泽碧,苏胜齐,等.沼液与化肥配施对葡萄产量和品质的影响[J].中国沼气,2009,27(2):21-23.
- [17] 申建波,毛达如.植物营养研究方法[M].北京:中国农业大学出版社,2011.
- [18] 邹琦.植物生理学试验指导[M].北京:中国农业大学出版社,2000.
- [19] 吴敬才,郑回勇,林琼,等.智能温室基质栽培不同品种番茄和草莓硝酸盐残留的分析[J].福建农业学报,2016,31(3):260-264.
- [20] 姜新文,陈定松,强建萍.沼渣、沼液在西瓜生产上的应用效果[J].中国沼气,2009,27(1):47-48.
- [21] 张利,李立军,冯志国,等.施用沼肥对西瓜品质和产量的影响[J].中国沼气,2012,30(3):41-44.
- [22] 田福发,余翔,周玲玲,等.冲施不同浓度沼液肥对温室黄瓜产量和品质的影响[J].江苏农业科学,2014,42(2):122-123.
- [23] 赵京奇,贾亮亮,杨晨璐,等.施用沼肥对哈密瓜产量、品质及土壤养分的影响[J].西北农业学报,2016,25(8):1211-1217.
- [24] 周杰良,王建湘,李树战,等.沼液对有机基质栽培青椒果实产量及品质的影响[J].农业现代化研究,2007,28(2):254-256.

## Effect of Biogas Slurry Nutrient Solution on Growth of Watermelon

ZHOU Jing, SHI Xiangyuan, WANG Baoping, LI Sujuan

(Modern Agricultural Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031)

**Abstract:** Watermelon was taken as material, through hydroponic experiment, under the same conditions EC value, the biogas slurry and nutrient solution with yield of watermelon, growth characteristics, root activity, and the contents of soluble protein, soluble solids, vitamin C, and the influence of nitrate content were analyzed. The results showed that the nutrient solution suitable for the application of biogas slurry, which could effectively improve the fruit quality of watermelon and increase the yield. Compared with the application of nutrient solution alone, the yield was significantly increased by 9.26%, the content of soluble solids increased by 1.65%, the content of vitamin C significantly increased by 1.77 times under organic nutrient solution with 16 times biogas slurry treatment. Compared to control, the content of nitrate decreased by 896 mg · g<sup>-1</sup>. The organic nutrient solution with 16 times biogas slurry could effectively increase the growth of watermelon, increase plant height, promote root growth, increase watermelon yield and improve fruit quality.

**Keywords:** biogas slurry; growth traits; yield; quality