

# 沼液与钾钙耦合对黄瓜叶绿素荧光参数、产量及品质的影响

李胜利, 夏亚真, 刘 金, 孙治强

(河南农业大学 园艺学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为了给黄瓜无土栽培提供简单、可行的沼液营养液配方, 采用温室盆栽试验方法, 研究了不同浓度沼液与钾钙肥耦合对菇渣复合基质栽培黄瓜的产量、品质、植株生长特性和叶片叶绿素荧光参数的影响。结果表明, 在同一钾肥和钙肥用量条件下, 沼液与水体积比 1:3 的处理比沼液与水体积比 1:2 的处理有较高的产量、品质和表观光合电子传递速率(ETR), 而在同一沼液施用浓度处理条件下, 随钾肥和钙肥施用量增加黄瓜果实中维生素 C(Vc)和可溶性蛋白含量呈增加趋势, 其中在原沼液中添加  $K_2SO_4$  0.62 g/L 和  $Ca(H_2PO_4)_2$  4.22 g/L、沼液与水体积比 1:3 的追肥处理为最佳沼液营养液组合, 其产量、Vc、可溶性糖含量和 ETR 分别比 CK(山崎黄瓜营养液)高出 32.41%、92.08%、6.40% 和 6.02%, 硝态氮含量和叶片初始荧光( $F_o$ )分别比 CK 低了 22.76%、8.40%。因此, 在菇渣复合基质栽培中, 追施沼液与水体积比 1:3 的沼液耦合  $K_2SO_4$  0.62 g/L 和  $Ca(H_2PO_4)_2$  4.22 g/L 能够提高黄瓜的产量, 改善果实品质。

**关键词:** 沼液; 钾钙肥; 黄瓜; 叶绿素荧光参数; 产量; 品质

**中图分类号:** S642.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2013)11-0106-05

## Effects of Coupling of Biogas Slurry, Potash and Calcium Fertilizer on Chlorophyll Fluorescence Parameters, Yield and Quality of Cucumber

LI Sheng-li, XIA Ya-zhen, LIU Jin, SUN Zhi-qiang

(College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Different concentration of biogas slurry and potash fertilizer and calcium fertilizer was designed to study their coupling effects on yield, quality, the growth and chlorophyll fluorescence parameters of potted cucumber (*Cucumis sativus* L.) under mushroom compost dregs cultivation in greenhouse. The results showed that compared with the treatment of the volumetric ratio of biogas slurry and water of 1:2, the yield, quality and ETR increased with the treatment of the volumetric ratio of biogas slurry and water of 1:3 in the same dosage of potash fertilizer and calcium fertilizer. However, under the same concentration of biogas slurry, the Vc and protein of fruit were positively correlated with the dosage of potash fertilizer and calcium fertilizer. Summarily, the optimal combination was solution of 0.62 g  $K_2SO_4$  and 4.22 g  $Ca(H_2PO_4)_2$  in one liter of primeval biogas slurry and the mixture of the volumetric ratio of biogas slurry and water of 1:3, compared with CK (Yamazaki cucumber nutrient solution). This treatment improved the content of yield, Vc, soluble sugar of fruit by 32.41%, 92.08%, and 6.40% respectively, the nitrate content of fruit decreased by 22.76%, the ETR of leaves increased by 6.02%, and the  $F_o$  of leaves de-

收稿日期: 2013-04-20

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系专项(CARS-25-C06); 河南省蔬菜产业技术体系项目(S2010-03)

作者简介: 李胜利(1975-), 男, 河南洛阳人, 副教授, 博士, 主要从事设施园艺及无土栽培研究。E-mail: lslhc@yeah.net

creased by 8.40%. These findings suggested that solution of 0.62 g  $K_2SO_4$  and 4.22 g  $Ca(H_2PO_4)_2$  in one liter of volumetric ratio of biogas slurry and water with 1:3 could have a positive role on cucumber yield and the nutritional quality in mushroom compost dregs cultivation.

**Key words:** biogas slurry; potash and calcium fertilizer; cucumber; chlorophyll fluorescence parameters; yield; quality

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是人们生活中常用的一种鲜食蔬菜,随着人们生活水平的提高,对黄瓜安全无害和营养品质的要求也越来越高<sup>[1]</sup>。肥源和施肥量对无土栽培黄瓜的产量和品质影响显著,沼液作为沼气池发酵产生的副产物,是一种良好的有机液肥,许多研究<sup>[2-5]</sup>表明,沼液中不仅含有丰富的氮、磷、钾而且还含有多种氨基酸、维生素、蛋白质、生长素、糖类、核酸、赤霉素以及抗生素等,能被作物迅速吸收利用。冬春茬温室黄瓜对氮、钾、钙需求量较大<sup>[6]</sup>,单一的追施沼液不能够满足黄瓜整个生育期对矿质营养的需求。大量研究<sup>[7-11]</sup>表明,在蔬菜栽培中将沼液和化肥配合施用对提高蔬菜产量、改善品质、降低硝酸盐含量等方面具有良好的作用。但不同的栽培环境对作物养分吸收影响差异较大,前人的研究多限于沼液在土壤栽培中的应用而对基质栽培研究较少。鉴于此,以黄瓜为供试材料,研究了菇渣复合基质栽培条件下沼液与钾钙肥配合施用对黄瓜的生长、品质和产量以及叶绿素荧光参数的影响,旨在为黄瓜无土栽培提供简单、可行的沼液营养液配方,也为沼液和菇渣这 2 种二次农业废弃物配套使用提供技术支持。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种为豫艺绿如意。以  $V_{\text{菇渣}}:V_{\text{草炭}}=1:1$  复合基质作为栽培基质进行盆栽,花盆规格为 28 cm×23 cm,每盆装 5 L 复合基质。供试的硫酸钾和过磷酸钙分别为山东海华股份有限公司硫酸钾厂和云南云天化工股份有限公司生产,山崎黄瓜营养液配方的元素皆为分析纯,烘干鸡粪为河南省卫辉和协有机肥业生产,沼液来自郑州古荥镇沼气池,正常产气 2 个月的沼液过滤后使用。基质和有机肥基本性状见表 1。

表 1 供试基质和有机肥基本性状

材料	全氮/ %	全磷/ %	全钾/ %	钙/%	EC/ (mS/c)	pH
复合基质	0.62	0.16	0.76	0.000 439	1.42	6.39
鸡粪	2.31	1.62	1.97	0.000 356	1.94	7.56
沼液	0.42	0.27	0.39	0.000 766	2.60	7.36

### 1.2 试验设计

试验设 2 个沼液浓度处理:沼液与水体积比 1:2 (Z1)、1:3 (Z2),每种沼液浓度处理下又设 3 个添加钾钙水平,分别在原沼液中添加  $K_2SO_4$  0.50 g/L +  $Ca(H_2PO_4)_2$  3.38 g/L (F1)、 $K_2SO_4$  0.62 g/L +  $Ca(H_2PO_4)_2$  4.22 g/L (F2)、 $K_2SO_4$  0.74 g/L +  $Ca(H_2PO_4)_2$  5.06 g/L (F3),对照 (CK) 为山崎黄瓜营养液配方,共设 7 个处理 (表 2),每个处理 30 株,株行距 30 cm×60 cm,重复 3 次,随机区组排列。

表 2 沼液与钾钙耦合处理设置

处理 编号	沼液与水 体积比	$K_2SO_4$ / (g/L)	$Ca(H_2PO_4)_2$ / (g/L)
Z1F1	1:2	0.50	3.38
Z1F2	1:2	0.62	4.22
Z1F3	1:2	0.74	5.06
Z2F1	1:3	0.50	3.38
Z2F2	1:3	0.62	4.22
Z2F3	1:3	0.74	5.06
CK	山崎黄瓜营养液配方		

试验在河南农业大学园艺学院日光温室内进行。于 2012 年 3 月 22 日挑选生长一致的黄瓜苗定植,各个处理以 15 kg/m<sup>3</sup> 的鸡粪作为混合基质的底肥,根据氮肥的追施量每株黄瓜整个生育期施用 9 L 沼液原液,将化肥溶解于原沼液中,按照黄瓜不同生育期需水肥规律追施沼液营养液,每次追施量为 0.7 L/株,通过改变追施沼液的时间间隔来实现高浓度与低浓度沼液用量的一致,其中沼液与水体积比 1:2 (Z1) 的处理在营养生长期 (定植后第 10~20 天) 每隔 2 d 施 1 次、初瓜期 (第 21~40 天) 每隔 1 d 施用 1 次、盛瓜期和末瓜期 (第 41~75 天) 连续施肥 2 d 间隔 1 d 不施肥,共追施 39 次;沼液与水体积比 1:3 (Z2) 的处理在营养生长期 (定植后第 10~20 天) 和初瓜期 (第 21~40 天) 每隔 1 d 施用 1 次、盛瓜期和末瓜期 (第 41~75 天) 每天追施 1 次,共追施 52 次;CK 处理为每次浇灌 0.7 L/株的山崎营养液。在施肥处理灌溉量一致条件下,浇灌时间根据天气和基质的干湿状况确定,6 月 10 日拉秧,其他同一般生产。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 生长指标 每个处理选 6 株分别在定植后第 8、18、26、36、77 天(拉秧时),分别统计叶片数、节间数、株高、节间长度、茎粗。

1.3.2 叶绿素荧光参数 在黄瓜结瓜期(定植后第 44 天)采用 FMS-2 型荧光仪(Hansatech, 英国)测定叶片荧光参数,测定时间为 8:00、10:00、14:00、16:00 和 18:00,最后取平均值。测定时选取节位相同且受光方向相同的功能叶,暗适应 20 min 后进行暗适应测定,然后再进行光适应测定,测定参数包括初始荧光( $F_0$ )、最大荧光( $F_m$ )、可变荧光( $F_v$ )和表观光合电子传递速率(ETR)。

1.3.3 产量和品质 在果实成熟后,分期采收,记录单株产量,最后估测总产量。黄瓜品质指标在盛瓜期(定植后第 48 天和第 75 天)分别取样,测定果实可溶性糖含量(蒽酮法)、维生素 C(Vc)含量(2,6-二氯酚靛酚滴定法)、硝态氮含量(水杨酸法)和可溶性蛋白含量(考马斯亮蓝法)<sup>[12]</sup>,最后取平均值。

### 1.4 数据统计分析

采用 DPS 7.05 和 Excel 2003 进行数据处理和

图表制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对黄瓜生长指标的影响

黄瓜株高、节间长度、叶片数、茎粗是形成产量的基础,其变化反映了积累干物质的大小<sup>[13]</sup>。由图 1 可以看出,不同追肥条件下,黄瓜各生长特性指标随生育期的延长而增加,其中株高、节间长度和叶片数在定植后第 36 天之前增长速度缓慢,之后增长较快,但第 36 天的茎粗与第 77 天的茎粗差别不大。在 2 种沼液浓度条件下,分别以处理 Z1F2 与 Z2F2 的生长特性最好,在定植后第 77 天,处理 Z2F2 的株高达到最高,为 273.67 cm,比 CK 增加 4.39%,比 Z1F2 增加 6.00%;处理 Z1F2 与 Z2F2 的平均节间长度分别比 CK 降低 5.80%、1.88%,而叶片数分别比 CK 增加了 0.60%、5.95%。在定植后第 77 天,在同等沼液施用浓度情况下,茎粗随钾肥和钙肥施用量的增加而增大,同等施用钾肥和钙肥量的条件下,较低浓度沼液的处理(Z2)茎粗均大于较高浓度沼液的处理(Z1),其中处理 Z2F3 和 Z2F2 的茎粗达到最大,分别比 CK 增加 21.11%、17.90%。

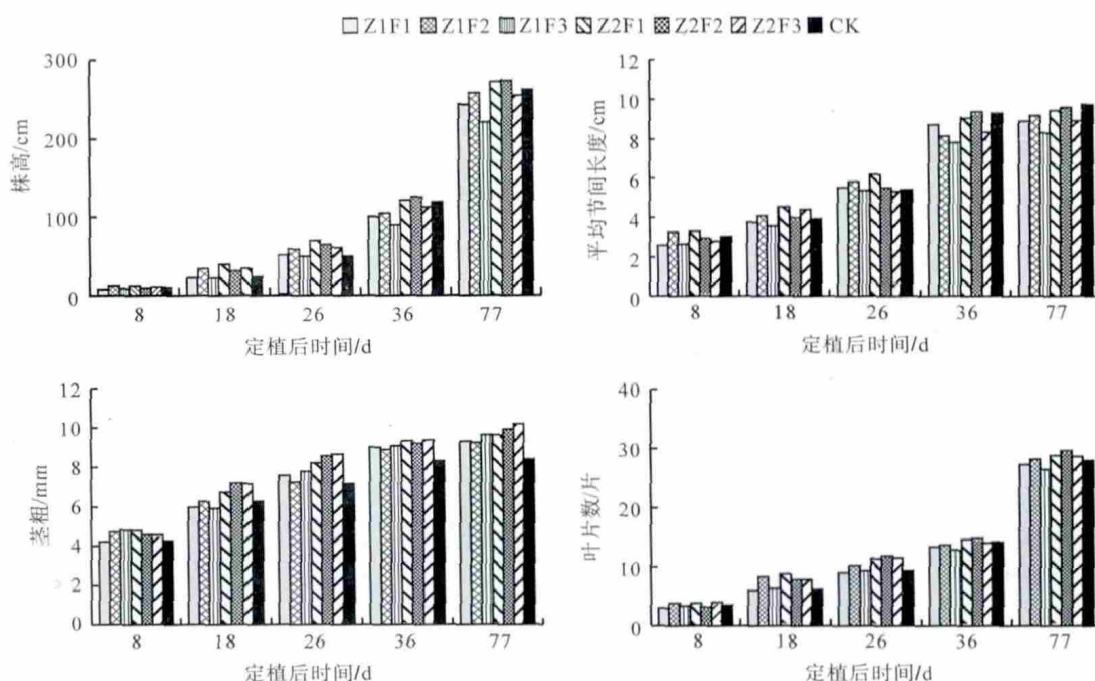


图 1 不同施肥处理对黄瓜生长特性的影响

### 2.2 不同处理对黄瓜叶片叶绿素荧光参数的影响

$F_0$  表示 PS II 反应中心完全开放时的最小荧光产量,PS II 反应中心的破坏或不可逆失活会引起  $F_0$  的增加; $F_v/F_m$  是 PS II 的最大光化学量子产量或潜在最大量子产量等,它反映的是 PS II 反应中心均

处于开放状态时的量子产量;ETR 代表的是表观光合电子传递速率或相对光合电子传递速率<sup>[14]</sup>。由表 3 可以看出,在 2 种沼液浓度条件下, $F_0$  和 ETR 均随着钾肥和钙肥施用量增加先升高再降低,其中处理 Z1F1 的  $F_0$  达到最低,分别比 CK 和 Z2F1 降

低了 17.69%和 8.23%,而在同等钾肥和钙肥施用条件下,较低浓度沼液的处理(Z2)的 ETR 均大于较高浓度沼液的处理(Z1),处理 Z2F2 的 ETR 达到最高,分别比 CK 和 Z1F2 增长了 6.02%、6.02%。施用沼液化肥处理的 Fv/Fm 均大于 CK,其中处理 Z2F2 的 Fv/Fm 达到最高,但与 CK 差异不显著。

表 3 不同施肥处理对黄瓜叶片叶绿素荧光参数的影响

处理编号	Fo	Fv/Fm	ETR
Z1F1	107.83±5.86c	0.851±0.011 8a	2.10±0.18ab
Z1F2	121.83±2.68ab	0.847±0.009 4a	2.16±0.21b
Z1F3	114.00±6.90bc	0.852±0.008 4a	2.12±0.12ab
Z2F1	117.50±5.40abc	0.848±0.007 9a	2.26±0.13a
Z2F2	120.00±5.44abc	0.853±0.011 4a	2.29±0.13a
Z2F3	115.00±5.54bc	0.845±0.008 8a	2.22±0.12ab
CK	131.00±4.38a	0.841±0.007 8a	2.16±0.14b

注:同列中不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平,下同。

2.3 不同处理对黄瓜品质和产量的影响

Vc、可溶性糖和蛋白质含量是评价黄瓜风味品质优劣的重要指标,而硝态氮含量是评价蔬菜卫生安全品质的重要标准<sup>[15]</sup>。由表 4 可以看出,Vc 含量随钾肥和钙肥施用量的增加而增加,这与前人的研究结果<sup>[16-19]</sup>一致,其中 Z2F3、Z1F3 和 Z2F2 的 Vc 含量较高,分别比 CK 增长 174.15%、157.56%、92.08%;较低沼液浓度处理(Z2)的可溶性糖含量均高于较高浓度的处

理(Z1),其中 Z2F2 的可溶性糖含量最高,分别比 CK 和 Z1F2 增加了 6.40%、22.00%。可溶性蛋白含量的变化是随钾肥和钙肥添加量的增加先升高再降低,其中 Z2F2 可溶性蛋白含量最高,比 CK 增加了 58.26%,而处理 Z1F3 和 Z2F3 则与 CK 差异不显著。较高沼液浓度的处理(Z1)的硝态氮含量均高于较低沼液浓度的处理(Z2),其中处理 Z2F2 的硝态氮含量最低,比 CK 降低了 22.76%,但差异不显著。

表 4 不同施肥处理对黄瓜品质和产量的影响

处理	Vc 含量/(mg/kg)	可溶性糖含量/%	可溶性蛋白含量/(g/kg)	硝态氮含量/(mg/kg)	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )
Z1F1	79.50±2.82c	1.66±0.17ab	3.43±0.21ab	148.92±43.15a	85 598.33±5 276.76bc
Z1F2	83.31±2.03c	1.50±0.26b	3.61±0.75ab	146.41±37.61a	102 273.33±2 212.75a
Z1F3	178.23±2.25a	1.65±0.08ab	3.09±0.36bc	110.56±3.50a	93 935.83±4 413.95ab
Z2F1	64.10±1.16c	1.66±0.03ab	3.54±0.21ab	113.08±17.56a	99 494.17±1 982.17ab
Z2F2	132.92±3.28b	1.83±0.21a	3.83±0.63a	90.86±17.76a	106 720.00±2 415.88a
Z2F3	189.71±1.59a	1.74±0.14ab	3.07±0.41bc	110.05±81.18a	101 161.67±1 624.25ab
CK	69.20±1.38c	1.72±0.13ab	2.42±0.38c	117.63±9.26a	80 595.83±1 861.87c

由表 4 可以看出,在相同沼液浓度下,处理 Z1F2 和 Z2F2 的产量最高,分别为 102 273.33 kg/hm<sup>2</sup> 和 106 720.00 kg/hm<sup>2</sup>,分别比 CK 增加 26.90%和 32.41%。在 Z1 处理条件下,处理 Z1F1 与 Z1F2 之间产量差异显著,其中 Z1F2 比 Z1F1 高 19.48%。而在 Z2 处理条件下,3 种钾肥和钙肥处理对黄瓜产量影响差异不显著,但在同等添加钾肥和钙肥量情况下,Z2 各处理的产量均高于 Z1 处理,其中 Z2F1、Z2F2、Z2F3 的产量分别比 Z1F1、Z1F2、Z1F3 增加 16.23%、4.35%和 7.69%。由此可以看出,Z2 为较适宜的沼液浓度,并且在 Z2 处理中,3 种钾肥和

钙肥水平处理间对产量的影响差异不大。

3 结论与讨论

叶绿素荧光是光合作用的探针,任何逆境对光合作用各过程产生的影响都可以通过体内叶绿素荧光动力学反应变化反映出来。沼液化肥耦合处理的黄瓜叶片的 Fo 均比 CK 降低,而 Fm/Fv 比 CK 升高,Fo 的大小可能与叶绿素含量有关,Fm/Fv 的高低与作物潜在光合速率有关<sup>[14]</sup>,说明施用沼液化肥各处理与 CK 相比更有利于黄瓜叶绿素含量的提高,进而提高黄瓜叶片的光合效率。Z2 处理的

ERT 均大于 Z1 处理且处理 Z2F2 的 ERT 值最高, 这可能是因为较高浓度的沼液虽然能够提高叶片叶绿素含量, 但不一定能够提高光合电子传递速率, 而且理想的钾钙肥施用量的处理比增施和减施 20% 的处理有更高的光合电子传递速率。

在同等钙钾肥添加量条件下, 在黄瓜生长前期, 沼液与水体积比 1:3 处理(Z2)的株高、茎粗、叶片数、平均节间长度、产量、Vc 含量、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量均高于沼液与水体积比 1:2 处理(Z1), 而在沼液与水体积比 1:3 处理(Z2)条件下, 虽然减施 20% 钾肥和钙肥的处理与增施 20% 钾肥和钙肥的处理对产量的影响不大, 但对黄瓜果实中的 Vc 和可溶性蛋白含量的影响较大。这表明高浓度的沼液不适合黄瓜生长, 而只有适当浓度沼液与适量的钾肥和钙肥的耦合才更有利于黄瓜对各种养分的协同吸收, 提高产量, 改善黄瓜的品质, 这与赵金华等<sup>[20]</sup>的研究一致。因此, 合理的沼液追施浓度与钾钙肥添加量是黄瓜无土栽培优质高产生产的关键。

综合考虑产量和品质这两方面, 处理 Z2F2 的产量、可溶性糖含量、Vc 和可溶性蛋白含量均比较高, 而且硝态氮含量最低。因此, 在菇渣基质栽培黄瓜生产中, 追施在原沼液中添加  $K_2SO_4$  0.62 g/L 和  $Ca(H_2PO_4)_2$  4.22 g/L、沼液与水体积比 1:3 的组合(Z<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)能够获得较高的产量和较好的品质。

在试验过程中还发现黄瓜生长的前期阶段适合用较低浓度的沼液, 在结果后期施用较高浓度的沼液则更有利于黄瓜的生长, 至于根据黄瓜不同生育期施用不同浓度的沼液有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 王丽英, 张彦才, 翟彩霞, 等. 平衡施肥对连作日光温室黄瓜产量、品质及土壤理化性状的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 1375-1382.
- [2] 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.
- [3] GAO Tongguo, CHEN Nan, LI Weiqun. Effect of highly efficient nutrient solution of biogas slurry on yield and quality of vegetables[J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 12(4): 567-570.
- [4] Liu W K, Yan Q, Du L. Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China: Feasibility and benefit analysis[J]. Renewable Agriculture and Food Systems, 2009, 24(4): 300-307.
- [5] 董晓涛. 沼液对果菜类蔬菜生长发育调控机制研究[D]. 吉林: 吉林农业大学, 2004.
- [6] 魏述英, 吴震, 裴孝伯, 等. 现代温室冬春茬黄瓜矿质元素吸收与分配特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 651-657.
- [7] 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.
- [8] 李泽碧, 王正银, 李清荣, 等. 沼液、沼渣与化肥配施对莴笋产量和品质的影响[J]. 中国沼气, 2006, 24(1): 27-30.
- [9] 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.
- [10] 杨旭. 黄瓜无土栽培结果期营养液配方的研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2003.
- [11] 李建勇, 王正银, 李泽碧, 等. 沼液与化肥配施对茎瘤芥产量和品质的效应[J]. 中国沼气, 2007, 25(6): 31-33.
- [12] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [13] 李银坤, 武雪萍, 武其甫, 等. 不同水氮处理对温室黄瓜产量、品质及水分利用效率的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2010(3): 21-24.
- [14] 周秀杰, 赵洪波, 马成仓. 硅对严重干旱胁迫下黄瓜幼苗叶绿素荧光参数的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 79-81.
- [15] 王柳, 张福墁, 魏秀菊. 不同氮肥水平对日光温室黄瓜品质和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 225-229.
- [16] 王凤婷, 艾希珍, 刘金亮, 等. 钾对日光温室黄瓜糖、维生素 C、硝酸盐及其相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5): 682-687.
- [17] 许前欣, 赵振达, 李秀文, 等. 钾肥对蔬菜产量品质效应的影响[J]. 土壤肥料, 1999(2): 23-25.
- [18] 詹长庚, 姜丽娜. 配施钾肥对改善番茄西瓜、榨菜和红麻产品品质的影响[J]. 浙江农业科学, 1990(2): 86-88.
- [19] 郭亚芬, 张忠学, 栾非时. 氯化钾和硫酸钾对蔬菜产量品质的效应[J]. 北方园艺, 1999(1): 21-23.
- [20] 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): 53-56.