

不同流出率对黄瓜椰糠栽培的影响

钟 泽^{1,2}, 许光利², 程 果², 陈秀楠², 杨云云², 李文虎²

(1. 中国农业科学院郑州果树研究所 郑州 450009; 2. 江苏绿港现代农业发展股份有限公司 江苏宿迁 223800)

摘要: 为探索玻璃温室椰糠基质栽培条件下灌溉量对黄瓜生长和产量的影响, 设置了 15%(T1)、20%(T2)、25%(T3) 和 30%(T4) 4 个流出率进行试验。结果显示, 随着流出率的增加, 流出液的 EC、pH 更接近灌溉液的 EC、pH, 大量元素和中量元素的含量没有规律性的变化, 但钠和氯的含量呈递减趋势; 流出率从 T1 增至 T3 时, 蔓长和叶片数随之增加, 其中 T3 与 T1 相比分别增加 0.45 m 和 3.0 片叶, 达 5% 显著差异水平。超过 T3 后, T4 的蔓长和叶数反而减少; 尽管 T1 的单株产量 3.39 kg·株⁻¹ 最高, 比最低 T2 和 T4 的 3.16 kg·株⁻¹ 高出 0.23 kg·株⁻¹, 但没有达到显著差异水平; 肥料生产力与流出率呈负相关, T1 最高 31.47 kg·kg⁻¹, 比最低 T4 的 21.29 kg·kg⁻¹ 显著高 10.18 kg·kg⁻¹, 超出 47.82%。综上所述, 当灌溉水中钠离子含量(ρ) 不超过 60 mg·L⁻¹ 时, 15% 流出率可作为黄瓜椰糠栽培的适宜灌溉量指标。

关键词: 黄瓜; 温室; 椰糠栽培; 流出率; 灌溉量; 肥料生产力

中图分类号: S642.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-2871(2022)04-070-05

Effect of different effluent flow on cucumber growth with coconut-coir cultivation

ZHONG Ze^{1,2}, XU Guangli², CHENG Guo², CHEN Xiunan², YANG Yunyun², LI Wenhui²

(1. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Science, Zhengzhou 450009, Henan, China; 2. Jiangsu Greenport Modern Agricultural Development Co., Ltd., Suqian 223800, Jiangsu, China)

Abstract: To evaluate the effect of irrigation amount on cucumber growth and yield under coconut-coir cultivation in greenhouse, 15% (T1), 20% (T2), 25% (T3) and 30% (T4) effluent flow were tested in this experiment. The results showed that EC and pH of effluent was approached to irrigation water with the increasing effluent flow, however, no obvious pattern of macro-element and medium-element were observed. The content of Na⁺ and Cl⁻ decreased followed by increased effluent flow, the Na⁺ content of T1 (181.96 mg·L⁻¹) was 27.89% and 207.73% higher than that of T4 (142.28 mg·L⁻¹) and irrigation water (59.13 mg·L⁻¹). The Cl⁻ content of T1 (29.13 mg·L⁻¹) was 72.26% and 190.43% higher than that of T4 (16.91 mg·L⁻¹) and irrigation water (10.03 mg·L⁻¹). The length of vine and number of leaves were significantly increased when effluent flow increased from T1 to T3, the vine length of T3 was 0.45m long and leaves were 3.0 more. To the contrary, the length of vine and number of leaves were decreased when effluent flow exceeded T3. The remarkable effect of effluent flow on yield was not observed, though T1 produced the highest yield (3.39 kg·plant⁻¹) which was only 0.23kg·plant⁻¹ higher than those of T2 and T4. The fertilizer productivity showed negative relationship with effluent flow rate, where the highest of T1 31.47 kg·kg⁻¹ was 47.82% higher than that of T4. In summary, when the content of sodium ion in irrigation water does not exceed 60 mg·L⁻¹, 15% of effluent flow rate could be the optimum irrigation index for cucumber growth with coconut-coir cultivation.

Key words: Cucumber; Greenhouse; Coconut-coir cultivation; Effluent flow; Irrigation volume; Fertilizer productivity

现代温室无土栽培中, 营养液的管理受到普遍重视^[1-2]。黄瓜是无土栽培的主要作物之一^[3], 针对黄瓜灌溉营养液配方^[4-9]、营养液浓度^[10-14]和灌溉量^[15-19]的试验都有较多报道。灌溉是种植的重要环节, 合理的灌溉才能体现无土栽培的产量和品质优

势。曹云娥等^[15]的研究发现, 黄瓜种植过程中, 不同生育期要采用不同的灌溉量。王铁臣等^[16]利用不同灌溉量对春大棚黄瓜的研究表明, 随着灌水量的增加, 产量、效益也呈现增加趋势。方栋平等^[17]的研究同样证实, 滴灌施肥比例和水分与黄瓜的株高、叶

收稿日期: 2021-08-03; 修回日期: 2021-11-09

基金项目: 江苏省科技成果转化专项(BA2014147)

作者简介: 钟 泽, 男, 副研究员, 主要从事植物营养、土壤和肥料等研究。E-mail: xiuxin-zhz@qq.com

通信作者: 李文虎, 男, 讲师, 主要从事蔬菜育种与栽培等研究。E-mail: rzchina@126.com

面积、干物质量、产量和品质均呈正相关关系。但是,一味地提高灌溉量并不能同步提升经济效益。赵青松等^[18]利用醋糟基质进行的试验表明,随着灌水量的增加,黄瓜产量增加但水分利用效率下降。吴兴彪^[19]的研究也发现,日光温室越冬茬黄瓜的滴灌量普遍偏高。智能玻璃温室无土栽培多采用高架、基质袋和少量多次的灌溉方式^[20-22],该模式下的试验报道尚不多。目前,这类园区流出液的再利用效率也不高^[22],原因是流出液的净化、杀菌不仅需要设备投入和大量的运行成本,同时还面临杀菌不彻底带来的病害传播风险。对于开放式无土栽培系统,流出液的排放就是肥水的损失。所以,灌溉量的多少对提高肥水利用率具有重要的意义。高架无土栽培中,流出率常作为灌溉量的控制指标。资料显示,黄瓜高架无土栽培流出率一般控制在10%~35%之间^[23-24]。由于这个区间较宽,种植者面临如何选择的难题。因此笔者在玻璃温室椰糠栽培中,设置不同的流出率指标,观察灌溉量对黄瓜生长和产量的影响,为水肥管理提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验在江苏省宿迁市南蔡乡江苏绿港科技园2号玻璃温室西区进行,总面积1680 m²,种植面积1440 m²,6个种植区。试验在其中的4个种植区进行,每个区安装氟碳基质槽栽培架4行,长24 m,行间距1.4 m。开放式灌溉系统,由1台施肥机、1个配液罐和相互独立的4套储液罐、施肥泵、水表、管道和滴箭等组成,按4×4拉丁方布局,满足4个处理、4次重复的田间试验要求。

椰糠种植条长1 m,宽18 cm,吸水膨胀后高约8 cm,平放在栽培架上,每行放置22条。定植前,用灌溉水饱和基质,浸泡24 h后,在底部与侧面交接处,两边各开6个流液口,让游离水自由排出,随后用灌溉水继续冲洗基质至流出液EC值低于2.0 mS·cm⁻¹。每个椰糠条定植4株,株距0.25 m,每行种植88株。

灌溉水为深度100 m的井水,主要指标见表1。

表1 灌溉水主要指标

项目	EC/(mS·cm ⁻¹)	pH	$\rho(\text{HCO}_3^-)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Ca}^{2+})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Mg}^{2+})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Na}^+)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Cl}^-)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
检测值	0.73	7.82	411.76	69.65	21.18	59.13	10.03

试验品种为江苏绿港现代农业发展股份有限公司(简称江苏绿港)选育的小果型水果黄瓜绿美1号^[25],72孔穴盘育苗,2叶1心时定植。试验肥料为江苏绿港研发的黄瓜椰糠种植专用肥,分A、B两种,分别包装。使用时先配制成10%的母液A和母液B,另配制5%的硝酸母液C。施肥机根据设定的EC和pH值,自动吸取A、B和C配制灌溉液,输送到各处理的储液罐中。

试验于2019年10月17日定植,2020年3月2日结束,共进行137 d。

1.2 试验设计

按流出率不同,试验设置T1=15%、T2=20%、T3=25%和T4=30%共4个处理。试验期间,选择一个区组测定各处理的流出率,根据当日流出率与设定值的差异,调节第2天的灌溉量。每天的灌溉量由灌溉次数和每次灌溉时长来确定,处理间的差异通过每次灌溉时长来调节,即各处理每天的灌溉次数相同,每次灌溉的起始时间相同,但结束时间不一样。灌溉由施肥机上设置的太阳辐射累积值来触发,当辐射累积达到设定值时灌溉1次,这样,当天的灌溉次数就与光照度相关,实现灌溉量与天气

状况相结合。田间排列按随机区组法。

1.3 测试项目与方法

1.3.1 流出率 各处理固定一行,用水桶收集当天的流出液,第2天早上测定体积算出总流出量,同时根据水表算出总灌溉量。流出率/%=流出量÷灌溉量×100。

1.3.2 流出液EC和pH值 记录流出液体积后取样,用上海雷磁DZB-712多参数分析仪测定。

1.3.3 灌溉液EC和pH值 每天17:00,从各处理的储液罐中取样测定,仪器同上。

1.3.4 流出液中元素含量 每隔1~2周,从收集的流出液中取样测定。整个生育期共取样16次。NH₄⁺-N采用靛酚蓝比色法;NO₃⁻-N采用紫外光度法;磷采用钒钼黄比色法;钾、钙、镁、钠采用原子吸收光度计法^[26],氯离子采用离子浓度计法。主要仪器有普析T6新世纪分光光度计,普析TAS-990F原子吸收分光光度计和MP523-05氯离子浓度计。

1.3.5 产量 每次采收时,按小区记录采收的量,最后汇总。

1.3.6 蔓长 试验结束时,各小区取3株,用卷尺测定。

- 1.3.7 叶数 测定蔓长后,通过叶痕计算叶数。
- 1.3.8 肥料用量 按实际肥料总用量和各处理的灌溉量来计算各处理的肥料用量。
- 1.3.9 肥料生产力 肥料生产力=产量÷肥料用量。
- 1.3.10 数据处理 试验数据用 Excel 2007 软件进行处理。差异显著性按《农业试验统计方法》^[27],用 Excel 2007 函数和计算功能进行检验。

2 结果与分析

2.1 各处理灌溉液的EC、pH值的比较

灌溉液由施肥机自动配制,设置 EC=2.0 mS·cm⁻¹, pH=6.0,精度为±0.2,即当营养液同时达到 EC 1.8~2.2 mS·cm⁻¹ 和 pH 5.8~6.2 时,结束配液并输送到对应的储液罐中。为了防止灌溉液出现异常波动,每天下午从各处理的储液罐中取样进行检测,结果见表 2。

表 2 各处理灌溉液 EC、pH 平均值的比较

处理	EC/(mS·cm ⁻¹)	pH
T1	2.09 a	6.02 a
T2	2.06 a	5.98 a
T3	2.07 a	5.99 a
T4	2.06 a	5.98 a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

从表 2 可以看到,T1 的 EC 和 pH 最高,T2 和 T4 最低。EC 最高 2.09 mS·cm⁻¹,较最低 2.06 mS·cm⁻¹ 仅高出 0.03 mS·cm⁻¹;pH 最高 6.02,较最低 5.98 高出 0.04,方差分析差异都不显著。检测值与设定值的最大差异 EC 为 0.09 mS·cm⁻¹,pH 为 0.02,都小于配肥精度±0.2。可以认为,试验期间,各处理灌溉液保持了良好的一致性。

2.2 各处理灌溉量和流出率的比较

从表 3 流出率数据看,各处理实测值分别是 14.72%、18.77%、24.02%和 28.41%,都比设定的值稍低。差异最小的处理 1 比设定值低 0.28%,最大的处理 4 比设定值低 1.59%。由于气候环境和作物生长的不确定性,实际流出率与设定值完全吻合是

表 3 各处理灌溉量、流出率的统计比较

处理	总灌溉/t	总流出量/t	流出率/%	与设定值的差/%	株灌溉量/L
T1	31.241	4.598	14.72 D	-0.28	88.75
T2	35.006	6.571	18.77 C	-1.23	99.45
T3	38.992	9.367	24.02 B	-0.98	110.77
T4	43.102	12.244	28.41 A	-1.59	122.45

注:同列数据后不同大写字母不同表示在 0.01 水平差异显著。下同。

很难做到的。从总体看,处理间流出率体现了阶梯变化,T2 比 T1 高 4.05 个百分点,T3 比 T2 高 5.25 个百分点,T4 比 T3 高 4.39 个百分点,统计分析都达到极显著差异水平,每株的灌溉量也呈现了逐级增加的趋势。所以,试验过程中,流出率的实际结果体现了处理间的差异。

2.3 各处理流出液 EC、pH 的比较

从表 4 可知,处理间 EC 和 pH 的方差分析都未达到显著差异水平。尽管处理 3 的 EC 比处理 2 高出 0.01 mS·cm⁻¹,但总体趋势是随着流出率的增加,EC 和 pH 呈递减的趋势。由于流出液的 EC、pH 都高于灌溉液,所以,随着流出率的增加,流出液的 EC 和 pH 更接近于灌溉液的 EC 和 pH。

表 4 各处理流出液 EC、pH 平均值的比较

处理	EC/(mS·cm ⁻¹)	pH
T1	2.38 a	7.22 a
T2	2.32 a	7.17 a
T3	2.33 a	7.11 a
T4	2.11 a	7.02 a

2.4 各处理流出液中主要营养元素和钠、氯含量的比较

从表 5 可以看到,由于样品取自不同生育期,测定值波动较大,方差分析没有显著性差异。流出液中大量元素和中量元素的含量与流出率也没有正相关或负相关的关系,说明流出率在 15%~30% 之间时,对营养元素的含量没有产生明显影响。钠和氯离子是土壤和基质栽培主要监测的盐渍化离子,特别是钠离子,它不是植物必须营养元素,地下水中含量又较高。从数据看,除 T2 中氯离子含量(ρ,后同)比 T1 略高 1.19 mg·L⁻¹ 外,钠、氯两种离子的含量都随流出率的增加呈递减的趋势,说明灌溉量的增加减轻了该类离子的积累。灌溉水中,钠离子含量是 59.13 mg·L⁻¹,氯离子含量是 10.03 mg·L⁻¹。流出液 T4 中钠含量最低(142.28 mg·L⁻¹),比灌溉水高 83.15 mg·L⁻¹,高出 140.62%。T1 最高(181.96 mg·L⁻¹),比灌溉水高 122.83 mg·L⁻¹,高出 207.73%;氯离子含量 T4 最低(16.91 mg·L⁻¹),比灌溉水高 6.88 mg·L⁻¹,高出 68.59%。T2 最高(30.32 mg·L⁻¹),比灌溉水高

表 5 各处理流出液中主要营养元素和钠、氯含量平均值的比较 (mg·L⁻¹)

处理	ρ(N)	ρ(P ₂ O ₅)	ρ(K ₂ O)	ρ(Ca)	ρ(Mg)	ρ(Na)	ρ(Cl)
T1	251.67 a	93.69 a	284.42 a	101.83 a	62.28 a	181.96 a	29.13 a
T2	216.21 a	88.82 a	274.02 a	112.04 a	61.50 a	170.89 a	30.32 a
T3	225.94 a	86.87 a	292.45 a	118.52 a	62.52 a	157.53 a	24.25 a
T4	211.04 a	87.79 a	267.29 a	114.09 a	56.21 a	142.28 a	16.91 a

20.29 mg·L⁻¹,高出 202.29%。由此可见,2种离子的积累都比较明显。

2.5 各处理间单株产量、蔓长和叶片数的比较

从表6可以看出,T1产量最高(每株3.39 kg),比最低的T2和T4(每株3.16 kg)高出0.23 kg,但统计分析没有显著性差异,也没有趋势性的变化。所以,流出率对产量没有产生实质性影响。从蔓长和叶片数来看,随着流出率的增加,有先增后降的趋势。T3比T1的蔓长多0.45 m,叶数多3.0片,方差分析也达到了5%显著差异水平。但流出率最高的T4,蔓长和叶数都较T3低。蔓长和叶数增加但产量不增加,说明在对营养生长促进的同时,抑制了生殖生长,导致坐瓜率降低。流出率过高时,对营养生长同样有不利的影响。

表6 各处理间单株产量、蔓长和叶片数的比较

处理	单株产量/kg	蔓长/m	叶片数
T1	3.39 a	6.50 b	69.2 b
T2	3.16 a	6.77 ab	70.0 ab
T3	3.23 a	6.95 a	72.2 a
T4	3.16 a	6.81 ab	69.8 ab

2.6 处理间肥料生产力的比较

从表7看,随着流出率的增加,用肥量逐级增加。T4分别比T3、T2和T1多用肥4.99、9.82、14.39 kg,多出10.55%、23.12%和37.96%。相反,T1的肥料生产力比T2、T3和T4分别高5.28、7.42、10.18 kg·kg⁻¹,达到20.16%、30.85%和47.82%,T1与T3相比达到了显著差异水平,与T4相比达到了极显著差异水平。

表7 各处理间肥料生产力的比较

处理	总灌溉量/t	总用肥/kg	总产量/kg	肥料生产力/(kg·kg ⁻¹)
T1	31.241	37.91	1 193.16	31.47 A a
T2	35.006	42.48	1 112.73	26.19 AB ab
T3	38.992	47.31	1 137.92	24.05 AB b
T4	43.102	52.30	1 113.32	21.29 B b

3 讨论与结论

椰糠具有良好的理化性质,已逐步代替泥炭、岩棉成为最广泛的栽培基质^[28-29]。因为多余的水可以及时流出椰糠,再大的灌溉量也不会对作物产生涝害,所以生产中灌溉量普遍偏高。然而资料显示,灌溉量达到某一适宜值时,作物对营养液的吸收和利用最佳,过高或过低均会影响作物对营养元素的利用效果^[1]。试验中,蔓长和叶片数呈现先增加后减少的现象,验证了这一结论。从产量方面看,流出率从15%增加到30%时,没有出现趋势性

的变化,没有显著性差异,也部分验证了黄瓜无土栽培流出率应控制在10%~35%之间^[23-24]的可行性。

无土栽培中,实现设定的流出率指标并不是一件容易的事。因为气候的变化是不确定的,作物对水肥的需求是品种、光照、温度、湿度等多种因素综合影响的结果。目前,还没有好的量化工具和实用的预测模型。生产上,当日的流出率,要等灌溉结束后才能计算。对次日灌溉参数的调整,是基于当日的气候特点进行的,很容易出现偏差。利用太阳辐射能积累的方式来控制灌溉,使灌溉次数随光照度变化自动增减,大幅度降低了偏差。在连续晴天或连续阴雨天时,流出率实测值与设定值容易一致;但从晴天变阴雨天时,流出率往往偏大;从阴雨天变晴天时,流出率容易偏小。

适宜的流出率需要有好的灌溉方式来实现。无土栽培时,不是每次灌溉都会有流出液产生,更不是每次灌溉的流出率都相同。一般情况下,灌溉是在日出后1h和日落前1h之间进行,夜间不灌溉。流出液是在灌溉3~4次后产生,随后逐渐增多。所以,要得到相应的流出率,不仅要合理设置施肥机的辐射积累值来调节1d的总灌溉次数,还要精细调整每次的灌溉时长,同时,在每天灌溉结束前,要根据流出情况决定是否增加或减少一次灌溉,这样才能使实际流出率与目标流出率接近一致。

通过此次黄瓜椰糠栽培试验,可以得出流出液EC、pH随流出率提高而更加接近灌溉液EC、pH,但营养元素含量没有发生规律性的变化,对流出液的化学性质没有产生实质性影响。流出率的提高,对基质中Na、Cl离子有更强的冲洗作用,更能防止基质次生盐渍化的产生。所以,流出率的设定要依据灌溉水中Na、Cl及其他元素含量来综合确定,防止非营养元素积累产生危害。对于黄瓜等果菜来说,过旺的营养生长会降低坐果率或抑制果实膨大。当出现旺长时,降低灌溉量是一个有效的途径。适宜的灌溉量不仅能平衡营养生长和生殖生长的关系,更能有效地提高肥料生产力。综合试验数据得出,当灌溉水中钠离子含量不超过60 mg·L⁻¹时,15%流出率可以作为黄瓜椰糠栽培适宜的灌溉量指标,这对相同地下水质的黄河故道等地区有较好的借鉴作用。

参考文献

- [1] 郭爱珍,陈斌,林禄.国内外温室作物水肥管理研究进展[J].现代园艺,2016(6):29-33.

- [2] 陈杰,赵世静,我国无土栽培营养液浓度管理方式现状及发展趋势[J]. 现代农业科技,2015(24):192-193.
- [3] 刘志雄,陈磊夫,戴照义,等. 大棚黄瓜有机生态型无土栽培技术[J]. 中国瓜菜,2019,32(11):97-98.
- [4] 隋明浩,张天柱,规模化黄瓜无土栽培结果期椰糠营养液配方的优化[J]. 北方园艺,2015(18):63-66.
- [5] 赵鹏雪,钱永强,孙振元,等. 基于北方地下水的营养液配方对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 农业工程技术,2017,37(22):82-85.
- [6] 许雪,季延海,张广华,等. 不同营养液配方对黄瓜营养液育苗效果的影响[J]. 北方园艺,2015(11):44-48.
- [7] 宋夏夏,束胜,郭世荣,等. 黄瓜基质栽培营养液配方的优化[J]. 南京农业大学学报,2015,38(2):197-204.
- [8] 褚丽敏. 雾培黄瓜营养液配方研究[J]. 现代化农业,2018(10):39-40.
- [9] 冯静,刘瑞平,骆洪义. 钙素水平对基质栽培黄瓜生长、产量与品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(2):104-108.
- [10] 蒋静静,屈锋,苏春杰,等. 不同肥水耦合对黄瓜产量品质及肥料偏生产力的影响[J]. 中国农业科学,2019,52(1):86-97.
- [11] 钟泽,杨云云,许飞飞,等. 黄瓜椰糠栽培营养液的适宜浓度探索[J]. 中国瓜菜,2020,33(1):18-23.
- [12] 姚发展,马万敏,圣冬冬,等. 不同浓度营养液对温室黄瓜生长发育的影响[J]. 安徽农业科学,2014,42(19):6181-6183.
- [13] 李邵,薛绪掌,齐飞,等. 不同营养液浓度对温室盆栽黄瓜产量与品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(6):1409-1416.
- [14] 马万征,戴珊珊,肖新,等. 不同浓度营养液对黄瓜营养元素含量的影响研究[J]. 大庆师范学院学报,2018,38(6):107-110.
- [15] 曹云娥,张燕,高艳明,等. 不同营养液滴灌量对设施黄瓜生长、产量及品质的影响[J]. 西南农业学报,2018,31(12):2638-2645.
- [16] 王铁臣,孙奂明,纪淑珍,等. 不同灌溉量对春大棚黄瓜产量及生长发育影响试验初报[J]. 北京农业,2009(3):10-13.
- [17] 方栋平,张富仓,李静,等. 灌水量和滴灌施肥方式对温室黄瓜产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(6):1735-1742.
- [18] 赵青松,李萍萍,郑洪倩,等. 灌水量对有机基质栽培黄瓜生长及氮素利用的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(12):117-121.
- [19] 吴兴彪. 高产条件下日光温室越冬茬黄瓜适宜滴灌量研究[J]. 蔬菜,2021(7):71-74.
- [20] 肖灿荣. 大棚黄瓜袋式无土栽培技术[J]. 农业与技术,2018,38(23):88-89.
- [21] 侯苗苗,郭玲娟,刘鲁江,等. 黄瓜岩棉椰糠复合基质长季节栽培技术[J]. 长江蔬菜,2017(9):42-44.
- [22] 刘勋志,苏华,王志豪,等. 黄瓜岩棉椰糠条水培技术[J]. 长江蔬菜,2019(5):8-9.
- [23] 陈玉良,冯恭衍,李益. 灌溉液的 pH、EC 值及灌溉量对温室黄瓜无土栽培的影响初探[J]. 上海蔬菜,1998(4):39-40.
- [24] 周海霞,吴小波,李芳霞. 设施黄瓜水肥一体化椰糠无土栽培技术[J]. 北方园艺,2019(1):202-205.
- [25] 孙秋月,夏迎春,张文婷,等. 水果黄瓜新品种绿美 1 号[J]. 长江蔬菜,2019(15):22-23.
- [26] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000:125-139.
- [27] 范濂. 农业试验统计方法[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1983:120-151,248-252.
- [28] 赵健,罗学刚,汪飞. 棕榈/椰糠无土栽培基质理化性质比较及调节[J]. 中国农学通报,2016,32(12):71-76.
- [29] 孙程旭,冯美利,刘立云,等. 海南椰衣(椰糠)栽培介质主要理化特性分析[J]. 热带作物学报,2011,32(3):407-411.