

化肥施用量对有机基质栽培番茄养分吸收利用的影响^{*}

李建勇¹ 高俊杰³ 徐守国⁴ 史修柱⁴ 于贤昌^{2**}

(1. 济南出入境检验检疫局 济南 250014; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081;
3. 山东省泰安市农业局 泰安 271000; 4. 泰山职业技术学院 泰安 271000)

摘 要 以番茄为试验材料,以蛭石:羊粪=2:1 为基质配方,研究了有机基质栽培条件下不同化肥施用量对番茄氮、磷和钾吸收利用规律的影响。结果表明:适量施用化肥可提高番茄产量,促进番茄对氮、磷、钾养分的吸收;氮、磷、钾的吸收量均随施肥量的增加而增加;基质中氮、钾的利用率均随施肥量的增加而降低,而磷的利用率则随化肥施用量的增加而增加;适量施用化肥还可明显促进基质迟效养分转化为速效养分。每形成 1 000 kg 番茄果实,植株需吸收氮 2.540 kg、磷 0.751 kg、钾 4.347 kg。确定了在有机基质栽培下番茄较佳化肥施用量计算方法为:化肥施用量=(1.5 倍番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分量)/化肥中养分吸收率。

关键词 番茄 无土栽培 有机基质 氮磷钾 吸收规律 速效养分 迟效养分

中图分类号: S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2011)03-0602-05

Effect of chemical fertilizer dose on nutrient absorption and utilization of tomato cultured in organic substrate

LI Jian-Yong¹, GAO Jun-Jie³, XU Shou-Guo⁴, SHI Xiu-Zhu⁴, YU Xian-Chang²

(1. Jinan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Jinan 250014, China; 2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Tai'an Municipal Bureau of Agriculture, Tai'an 271000, China; 4. Taishan Vocational Technology Institute, Tai'an 271000, China)

Abstract Tomato was cultured in an organic substrate with two parts vermiculite and one part sheep manure. The effects of different chemical fertilizer application doses on N, P and K absorption and utilization of tomato were investigated under solar greenhouse conditions. Based on the results, N, P and K absorption and yield of tomato were enhanced by proper fertilizer application. The amount of N, P and K absorbed increased with the increasing chemical fertilizer dose. Also the utilization rate of N and K in organic substrate decreased with increasing fertilizer dose. However, the utilization rate of P increased with increasing of fertilizer dose. Furthermore, transformation of slow-releasing nutrients to available nutrient improved by proper fertilizer application. Under the organic cultivation, producing 1 000 kg tomato required 2.540 kg N, 0.751 kg P, 4.347 kg K. The calculation method of optimal chemical fertilizer dose under organic substrate culture was advanced in the study. The calculation formula was: chemical fertilizer dose = (1.5 times fertilizer dose needed for target yield – available nutrient content in organic substrate)/chemical fertilizer nutrient uptake ratio.

Key words Tomato, Soilless culture, Organic substrate, NPK, Absorption dynamics, Available nutrient, Slow-release nutrient

(Received Aug. 3, 2010; accepted Dec. 10, 2010)

蔬菜有机基质栽培是指采用有机物如农作物秸秆、菇渣、畜禽粪便等经发酵或高温处理,使有机废弃物成为较好的有机栽培基质,形成一个稳定并具有缓冲作用的农业生态系统,具有一般无土栽培的特点。该形式大大简化了操作管理过程,克服了

营养液型无土栽培中营养液配制及其管理的难点,改善产品品质^[1-3]。然而,目前该项技术的栽培形式还存在基质用量过大和成本过高的问题,难以在生产上大规模应用。笔者研制出一种基质用量小(约 35 m³·667m⁻²),并结合施用适量化肥栽培的新形

^{*} 现代农业产业技术体系建设专项资金(Nycytx-35-gw21)、“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD12B03)和农业部园艺作物遗传改良重点开放实验室项目资助

^{**} 通讯作者: 于贤昌(1962~),男,教授,研究方向为设施蔬菜栽培生理与分子生物学。E-mail: xcyu1962@163.com

李建勇(1970~),男,研究生,高级农艺师,研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail: lijianyong_2010@163.com

收稿日期: 2010-08-03 接受日期: 2010-12-10

式,在不降低品质前提下提高了蔬菜产量,明显降低了生产成本^[4]。有关有机基质栽培养分吸收规律的研究在黄瓜、厚皮甜瓜上已有报道^[5-6],而在日光温室主要栽培蔬菜番茄上尚缺乏研究。本试验研究了有机基质栽培新形式下,无机化肥施用量对日光温室有机基质栽培番茄养分利用状况的影响,以探索在新型有机基质栽培方式下番茄化肥施用量及其施用技术,为番茄及其他蔬菜有机基质栽培的优质高产提供理论依据和技术指标。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在山东省泰安职业技术学院农场日光温室进行,采用自行研制的有机基质栽培形式。采用自制简易有机基质栽培土槽栽培,槽的纵切面为等腰梯形,上口宽35 cm,下口宽25 cm,高25 cm,长5.6 m,槽间距1.4 m。供试基质配方为羊粪:蛭石=1:2(以体积比计算),其全氮、全磷和全钾含量分别为 $2.10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $8.11\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $4.80\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮、速效磷和速效钾含量分别为 $0.96\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $0.87\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.97\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。供试番茄品种为“秀丽”,2007年8月5日播种育苗,9月3日定植,次年6月23日拉秧。

试验设4个处理:T1,化肥施用量=(番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分含量)/化肥中养分吸收率;T2,化肥施用量=(1.5倍番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分含量)/化肥中养分吸收率;T3,化肥施用量=(2倍番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分含量)/化肥中养分吸收率;T4,不追施无机肥。

根据每生产1000 kg番茄需N 4.0 kg, P_2O_5 1.8 kg, K_2O 4.8 kg^[7],按每667 m²目标产量7500 kg番茄,计算出氮、磷、钾的需要量。参考前人研究数据(化肥中氮吸收率为60%,磷吸收率为30%,钾吸收率为70%)^[8],计算出各处理化肥施用量为(每667 m²的用量):T1:41.25 kg 尿素、41.36 kg 硫酸钾;T2:95.65 kg 尿素、96.92 kg 硫酸钾;T3:150 kg 尿素、152.47 kg 硫酸钾。由于4个试验处理基质配方中磷的含量均能满足,无需追施磷肥。

化肥分定植前、座果后和盛果期分别以基施、冲施和冲施的形式分3次等量施入。每槽为1个小区,小区面积7.84 m²,3次重复,小区随机排列。每小区定植28株,滴灌浇水,田间管理均按常规进行。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 矿质养分含量测定

于拉秧时每小区分别取样5株番茄,叶、根、茎进行分样(叶包括2次落蔓清除的老叶);栽培过程中统计每次收获的果实产量,于4月10日结果盛期

取果实样品,烘干、混合。鲜样用自来水冲洗2~3遍后,于鼓风干燥箱内105℃杀青10~15 min,70~80℃烘干至恒重。

番茄幼苗定植前与番茄拉秧后,分别取基质样品,于70~80℃烘干至恒重,用凯氏定氮法、钼锑抗比色法和火焰光度法分别测定全氮、全磷和全钾含量^[9],以同样方法测植物样品中的全氮、全磷和全钾含量。以碱解扩散法、钼锑抗比色法和火焰光度法分别测定基质中速效氮、速效磷和速效钾含量^[10]。

1.2.2 养分利用率计算方法

不追施化肥的对照处理(T4)基质中全氮、全磷、全钾的利用率计算方法:全养分(氮、磷或钾)利用率=植株吸收的全养分(氮、磷或钾)量/基质原有该养分量 $\times 100\%$ 。

基质中所有速效氮、磷、钾(含施入的化肥中的养分)的利用率计算方法:速效养分(氮、磷或钾)利用率=植株吸收该养分/(基质原有速效该养分量+化肥中的该养分量) $\times 100\%$ 。

化肥中氮、磷、钾养分的利用率计算方法:化肥中养分(氮、磷或钾)的利用率=(植株吸收的该养分量-对照处理植株吸收的该养分量)/施入化肥的该养分量 $\times 100\%$ 。

总养分利用率的计算方法:总养分(氮、磷或钾)利用率=植株吸收该养分总量/(基质中该养分总量+施入化肥中该养分量) $\times 100\%$ 。

1.2.3 基质迟效养分转化释放为速效养分的计算

基质迟效养分(氮、磷或钾)含量=基质中该养分总含量-基质中该养分的速效形式含量。养分(氮、磷或钾)释放量=定植前基质中迟效养分量-栽培后基质中迟效养分量。基质养分(氮、磷或钾)释放率=基质养分(氮、磷或钾)释放量/栽培前基质速效养分量。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理的番茄产量和植株氮、磷、钾含量

由表1可知,番茄产量基本随化肥施用量增加而增加,T2和T3处理产量最高,均极显著高于其他2个处理;且T2高于T3处理,但差异不显著。可见合理施用化肥能明显提高番茄产量,以T2处理施用量较为适宜且经济。番茄根、茎、叶中氮、磷和钾的含量也随化肥施用量增加呈现不同程度的增加趋势,说明合理施用化肥,可以改善番茄植株的营养条件,为其高产优质提供养分保证。

2.2 形成单位产量番茄果实的养分吸收量及吸收比率

2.2.1 养分吸收量

由表2可以看出,每形成1000 kg番茄果实,植

表 1 不同化肥施用量对有机基质栽培番茄产量和叶、果、根部氮、磷、钾含量的影响
Table 1 Effects of different fertilizer application doses on fruit yield and N, P and K contents in leaves, fruits, stems and roots of tomato cultured in organic substrate

处理 Treatment	叶 Leaf [g·kg ⁻¹ (DW)]			果 Fruit [g·kg ⁻¹ (DW)]			根 Root [g·kg ⁻¹ (DW)]			茎 Stem [g·kg ⁻¹ (DW)]			果实产量 Fruit yield (kg·667m ⁻²)
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	
T1	1.28bAB	0.50bB	1.85bcA	2.29bB	0.56abAB	3.42cB	8.71bcB	3.20bB	11.16aAB	7.56bA	2.75bB	26.50abA	7 715.3bBc
T2	1.30bAB	0.51bB	2.05abA	2.97aA	0.58aA	3.56bAB	9.17bAB	4.28aA	11.50aA	8.90aA	3.64aA	27.50aA	8 853.9aA
T3	1.38aA	0.69aA	2.14aA	2.51aA	0.57aAB	3.72Aa	10.41aA	4.55aA	11.00aAB	9.05aA	3.29aAB	27.50abA	8 630.0aA
T4	1.22bB	0.45bB	1.76cA	2.06bB	0.54bB	3.42cB	8.06cB	2.68cC	9.85bB	7.50bA	2.54bB	25.00bA	7 053.1cC

T1: 化肥施用量=(番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分含量)/化肥中养分吸收率; T2: 化肥施用量=(1.5 倍番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分含量)/化肥中养分吸收率; T3: 化肥施用量=(2 倍番茄目标产量需肥量-有机基质中速效养分含量)/化肥中养分吸收率; T4: 不追施无机肥。同列不同大、小写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)和显著($P<0.05$), 下同。T1: Chemical fertilizer dose = (fertilizer dose needed for target yield – available nutrient content in organic substrate)/chemical fertilizer nutrient uptake ratio. T2: Chemical fertilizer dose=(1.5 times fertilizer dose needed for target yield – available nutrient content in organic substrate)/chemical fertilizer nutrient uptake ratio. T3: Chemical fertilizer dose=(2 times fertilizer dose needed for target yield – available nutrient content in organic substrate)/chemical fertilizer nutrient uptake ratio. T4: No inorganic fertilizer. Different capital and small letters in the same column indicated significant difference at 0.01 and 0.05 levels. The same below.

表 2 不同化肥施用量对形成单位产量番茄果实养分吸收量及吸收比率的影响
Table 2 Effects of different fertilizer application doses on nutrition uptake amount per unit yield and nutrition uptake ratio of tomato fruit

处理 Treatment	果实吸收养分量 Nutrient uptake amount [g·kg ⁻¹ (fruit)]			氮、磷、钾吸收比率 Nutrient uptake ratio (N : P : K)
	N	P	K	
T1	2.317cC	0.679cC	4.025cC	1 : 0.293 : 1.737
T2	2.540bB	0.751bB	4.347bB	1 : 0.296 : 1.712
T3	2.706aA	0.846aA	4.621aA	1 : 0.313 : 1.708

株需从基质中吸收氮、磷、钾养分量均随施肥量的增加而增大, 处理间差异达极显著水平。化肥施用量最多的 T3 处理养分吸收量最大, 说明在养分供应充足条件下, 施肥越多养分转移到营养器官中越多。产量较高的 T2 处理, 每形成 1 000 kg 番茄果实, 植株需从基质中吸收营养元素的量为: 氮 2.54 kg, 磷 0.75 kg(折 P₂O₅ 1.72 kg), 钾 4.35 kg(折 K₂O 5.24 kg)。

2.2.2 养分吸收比率

由表 2 还可看出, 不同化肥施用量情况下, 番茄对氮、磷、钾吸收比率差异明显, 随着氮、钾肥施用量的增加, 钾的吸收比例逐渐降低, 而磷的吸收比例逐渐增加。在产量较高的 T2 中, 氮、磷、钾的吸收比率为 1 : 0.296 : 1.712 (N : P₂O₅ : K₂O=1 : 0.677 : 2.063)。

2.3 不同施肥处理对养分利用率的影响

2.3.1 对照基质中全氮、全磷、全钾及速效氮、速效磷、速效钾的利用率

T4 为对照处理, 其植株吸收的养分量可以衡量

出其他 3 个处理中基质本身全氮、全磷和全钾及速效氮、速效磷和速效钾养分的供应及利用情况。由表 3 可知番茄拉秧后对照基质中各养分的含量均较基质中原有养分含量明显降低, 基质中全氮、全磷和全钾的利用率分别为 37.43%、2.71%、30.54%, 速效氮、速效磷和速效钾的养分利用率分别为 82.09%、21.32%、140.90%。番茄由基质中吸收的氮和磷低于基质中原有速效养分含量, 而钾的吸收量则高于基质中原有速效养分量(表 3)。一方面说明在番茄生长过程中, 基质的缓效钾可以大量转化为速效钾, 另一方面也说明追施钾肥的重要性。

2.3.2 不同施肥处理对总养分利用率的影响

不同施肥处理对有机基质栽培番茄氮、磷和钾总养分利用率有明显影响。试验结果表明(表 4), 随化肥施用量的增加, 除对照处理外, 氮和钾的总养分利用率均显著降低, 而磷的总养分利用率随化肥施用量的增加而增大。说明追施氮和钾肥促进了植株对磷的吸收, 而在基质中氮和钾水平较高的条

表 3 对照处理(T4)中有机基质养分含量在栽培前后的变化
Table 3 Changes of nutrient contents between pre- and post-cultivation in CK (T4) treatment

项目 Item	N	P	K	速效氮	速效磷	速效钾
				Available N	Available P	Available K
栽培前基质养分含量 Nutrient content in substrate before cultivation (g·kg ⁻¹)	2.10aA	8.11aA	4.80aA	0.96aA	0.87aA	0.97aA
栽培后基质养分含量 Nutrient content in substrate after cultivation (g·kg ⁻¹)	1.48bB	6.94bB	2.10	0.76bB	0.48bB	0.54bB
养分利用率 Nutrient utilization rate (%)	37.43	2.71	30.54	82.09	21.32	140.90

表 4 不同化肥施用量对有机基质和化肥中养分利用率的影响

Table 4 Effects of different fertilizer application doses on utilization rates of nutrition in organic substrate and chemical fertilizer %

处理 Treatment	有机基质 Organic substrate			化肥 Chemical fertilizer	
	N	P	K	N	K
T1	28.90bB	3.32cA	43.76bB	13.72bB	24.76bAB
T2	26.53cB	4.22bA	40.16bB	16.42aA	27.69aA
T3	21.27dC	4.63aA	33.03cC	11.81cC	19.58cB
T4	37.43aA	2.71dB	50.48aA	—	—

件下，追施氮和钾肥，反而降低了氮和钾的养分利用率。

2.3.3 不同施肥处理对化肥养分利用率的影响

施肥处理番茄产量明显高于不施肥对照(T4)，其增产效应由化肥引起，据此可以计算出化肥中养分的利用情况(表 4)。由表 4 可知，化肥养分利用率均以 T2 处理最高，T3 处理最低，处理间差异显著。可见适量追施化肥可以提高肥料中的养分利用率，过量施肥则降低肥料养分利用率。

2.4 不同施肥处理对基质养分变化的影响

2.4.1 栽培前后基质残留速效养分含量的变化

由表 5 可以看出，栽培后有机基质中残留的速效养分(氮、磷、钾)含量均较栽培前原有的速效养分(氮、磷、钾)含量(含施入的化肥养分)明显降低。但栽培后有机基质中残留的速效养分含量基本随化肥施用量增加而增大。钾以 T3 处理含量为最高，氮和磷以 T2 最高，但 T2 与 T3 处理之间无显著差异。另

表 5 不同化肥施用量对栽培前后有机基质速效养分含量的影响

Table 5 Effects of different fertilizer application doses on available nutrition contents in organic substrate before and after cultivation g·kg⁻¹(DW)

处理 Treatment	栽培后 After cultivation			栽培前 Before cultivation		
	N	P	K	N	P	K
T1	1.50bB	0.81bA	0.69bB	2.19	1.16	2.17
T2	1.93aA	0.86aA	0.77aA	3.64	1.16	3.62
T3	1.89aA	0.85abA	0.80aA	5.10	1.16	4.79
T4	0.71cC	0.54cB	0.62bC	1.08	1.16	1.09

表 6 不同化肥施用量对基质中迟效养分向速效养分转化释放量的影响

Table 6 Effects of different fertilizer application doses on transformation from slow-releasing nutrients to available nutrient in substrates

处理 Treatment	基质氮、磷、钾释放量			基质氮、磷、钾释放率		
	Releasing amount of N, P, K in substrates [g·kg ⁻¹ (DW)]			Releasing ratio of N, P, K in substrate		
	N	P	K	N	P	K
T1	0.85aA	0.78aA	0.27aA	0.79aA	0.68aA	0.54aA
T2	1.12bB	1.21bB	0.35bB	1.04bB	1.04bB	0.92bB
T3	1.08bB	1.20bB	0.32aA	1.00bB	1.03bB	0.63aA
T4	0.62cC	0.47cC	0.23cC	0.57cC	0.40cC	0.45cC

外，栽培后 T2 与 T3 处理有机基质中残留的速效氮含量明显高于对照(T4)栽培前有机基质的含氮量，且残留的速效磷和速效钾含量也较高。说明栽培后的有机基质具有进一步利用的价值。

2.4.2 基质迟效养分向速效养分的转化释放量

在番茄栽培过程中，基质中的迟效养分能不断转化为速效养分。由表 6 可知，施用化肥可明显促进基质中迟效养分向速效养分的转化和释放，并且氮、磷和钾的释放量随化肥施用量的增加而明显增加，以不施化肥的对照(T4)处理释放量最低，但化肥施用量增加到一定程度，氮、磷和钾的释放量不再增加，以 T2 处理的化肥施用量对基质迟效养分转化为速效养分的促进作用最为明显。

3 讨论

大幅度减少蔬菜有机基质栽培的基质用量，结合施用适量化肥，降低生产成本，既维持了有机基质栽培产品品质好的优势，又能够提高产量和效益^[11-13]。这一技术完全克服了基质用量大、生产成本高的缺点，具有较大的应用和推广价值^[5]。确定适宜的化肥用量是该项技术成功应用的关键，化肥用量过小，则达不到预期产量；反之，则增加生产成本并影响环境和产品质量。本试验中，T2 和 T3 处理的番茄产量均超过了预期设计的目标产量(7 500 kg)，且两者之间无显著差异。由此可见，T2 处理的化肥用量是本项技术推荐的化肥施用量，其具体计算方法为：(1.5 倍番茄目标产量养分吸收量 - 基质速效养分含量)/化肥养分吸收率，在此施用量条件下能够维持番茄生长和发育所需要的良好营养条件，有利于获得高产和优质产品。

施用适量化肥可以促进基质中的迟效养分转化释放为速效养分^[6]。本试验的 T2 处理，由基质转化释放的速效氮、速效磷和速效钾分别是基质原有速效养分的 1.04 倍、1.04 倍和 0.92 倍，而不施化肥的对照处理(T4)仅是有机基质原有速效养分的 0.57 倍、0.40 倍和 0.45 倍。这一方面说明有机基质在番

茄栽培过程中基质养分供应的重要性; 另一方面也说明合理施用化肥不仅可直接提供番茄生长所需要的养分, 而且还诱导或促进了基质迟效养分向速效养分的转化和释放。

上述推荐的化肥施用量计算方法中, 其化肥利用率和番茄单位产量的养分吸收量等参数的合理确定是非常重要的。本试验的 T2 处理中, 施入的氮、钾化肥的养分利用率仅分别为 16.42% 和 27.68%, 远低于试验设计预期的 60%, 出现差异的主要原因是试验设计中未考虑基质迟效养分向速效养分的转化和释放这一因素。在不同栽培条件下(如水分、温度、作物等), 有机基质养分的转化和释放是一个相当复杂的问题, 其释放量是一个变数且不易直接测得^[14]。如果考虑基质养分的转化因素而降低化肥用量, 就会因化肥用量过小而不能充分发挥化肥诱导有机基质迟效养分向速效养分的转化和释放作用, 因此, 上述计算化肥施用量的方法中, 化肥养分吸收率还应按预先设计的 60% 计算。但是, 番茄目标产量的养分吸收量应有所调整, 本试验番茄产量最高的 T2 处理, 每生产 1 000 kg 番茄果实需要吸收 N 2.54 kg、P₂O₅ 1.72 kg 和 K₂O 5.24 kg 的结果, 与高贤彪等^[7]研究结果的 N 4.0 kg、P₂O₅ 1.8 kg 和 K₂O 4.8 kg 有一定差异, 后者的 N:K₂O 吸收比例明显过高, 因此本研究结果中的数据较适宜。

番茄栽培完毕后, 有机基质中还残留有较高含量的速效氮、速效磷和速效钾。对其进行消毒和配方的调整, 还能够实现残留有机基质再利用, 进一

步降低番茄有机基质栽培的成本。

参考文献

- [1] 李式军. 设施园艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 294
- [2] 蒋卫杰, 郑光华, 汪浩, 等. 有机生态型无土栽培技术及其营养生理基础[J]. 园艺学报, 1996, 23(2): 139-144
- [3] 白纲义. 有机生态型无土栽培营养特点及其生态意义[J]. 中国蔬菜, 2000(增刊): 40-45
- [4] 段崇香, 于贤昌. 有机基质栽培黄瓜化肥施用技术的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 238-241
- [5] 段崇香, 于贤昌. 日光温室基质栽培黄瓜化肥吸收利用规律的研究[J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 110-113
- [6] 高俊杰, 于贤昌, 焦自高, 等. 日光温室有机基质型无土栽培甜瓜养分利用率的研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(5): 84-86
- [7] 高贤彪, 卢丽萍, 丛惠芳. 设施番茄高产营养需求规律[M]. 设施农业相关技术. 1999: 105-107
- [8] 中国农业科学院郑州果树研究所. 中国西瓜甜瓜[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 457-458
- [9] 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1988
- [10] 劳家桢. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1988
- [11] 高俊杰, 于贤昌, 焦自高, 等. 施肥对温室基质栽培甜瓜各器官养分吸收及分配的影响[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2006, 37(3): 402-404
- [12] 胡学玉, 刘寒迁, 张继铭. 菠菜有机生态型基质栽培施肥技术研究[J]. 长江蔬菜, 2003(2): 34-35
- [13] 高俊杰, 焦自高, 于贤昌, 等. 施肥量对温室基质栽培甜瓜生理特性和产量品质的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(5): 92-96
- [14] Hsieh S C. Concept and practice of natural farming in the subtropics[C]. International Seminar on Natural Farming. 1992: 4