

# 日光温室土壤养分变化状况及累积特征的研究

曹齐卫<sup>1</sup>, 姜惠玲<sup>2</sup>, 张卫华<sup>1</sup>, 冯连杰<sup>2</sup>, 王志峰<sup>1</sup>, 孙小镭<sup>1</sup>

(1. 山东省农业科学院 蔬菜研究所, 山东 济南 250100; 2. 济南市蔬菜技术推广服务中心, 山东 济南 250100)

**摘要:**采集山东济南日光温室蔬菜地表层土壤(0~20 cm)和棚外露地表层土壤,测定有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、pH、电导率等土壤养分含量,通过分析结果表明,日光温室蔬菜土壤有机质含量平均值21.6 g/kg,碱解氮含量平均值为115.4 mg/kg,土壤速效磷含量平均值为122.4 mg/kg,速效钾含量平均值为455.5 mg/kg, pH平均值为7.90,电导率平均值为0.457 ms/cm,其中有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、电导率显著高于露地土壤,增幅分别为77.0%, 66.7%, 472.0%, 173.4%, 60.9%;而pH低于露地土壤0.23。日光温室土壤有机质、碱解氮的积累规律不明显;速效磷、速效钾、电导率、pH与棚龄间有明显的累积规律,其相关系数分别为0.736 8, 0.60, 0.654 7, -0.720 6。日光温室土壤有明显的酸化和盐渍化现象,各种养分大量累积。

**关键词:**日光温室;土壤;累积特征

中图分类号:S14 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2008)增刊-0340-05

## Study on the Changes and Characteristics of Accumulation of Soil Nutrition in Solar Greenhouse

CAO Qi-wei<sup>1</sup>, JIANG Hui-ling<sup>2</sup>, ZHANG Wei-hua<sup>1</sup>, FENG Lian-jie<sup>2</sup>,  
WANG Zhi-feng<sup>1</sup>, SUN Xiao-lei<sup>1</sup>

(1. Vegetable Institute of Shandong Academy of Agriculture Science, Jinan 250100, China;

2. Jinan Development and Service Center for Vegetable Technology, Jinan 250100, China)

**Abstract:**The vegetable fields topsoil(0-20 cm) of solar greenhouse and the outdoor open field topsoil were collected in Jinan, Shandong province to measure the content of the organic C, alkali-N, available P, available K, pH, electric conductivity rate etc. The result showed that: the averaged content of organic C in the vegetable field soil of solar greenhouse was 21.6 g/kg, higher than that in the open field soil by 77%. The soil alkali-N content, the available P content, the available K content in the greenhouse were 115.4, 122.4, 455.5 mg/kg respectively, and the increased percentage were 66.7%, 472.0% and 173.4% respectively compared with the open field soil. The soil alkali-N accumulation and the greenhouse age have no obvious relation, The solar greenhouse soil available P content and the solar available K content were positive with the greenhouse age. The solar greenhouse soil pH averaged 7.90, lower than that of the open field soil by 0.23. The electric conductivity of the soil was 0.457 ms/cm, the soil electric conductivity rate was consumedly higher than that in the open field soil, increased by 60.9% than that of open field soil. The vegetable soil of the solar greenhouse were acidify and salted and the nutrient greatly accumulated.

**Key words:** Solar greenhouse; Soil; Nutrient accumulation

近年来,山东济南济阳、商河两县日光温室蔬菜栽培面积不断扩大,逐渐形成以商河展家和济阳曲堤为主的蔬菜产区。因日光温室种植蔬菜可以进行长季节栽培,一般从当年的9月份扣棚育苗到次年

的5-6月拉秧,整个日光温室栽培蔬菜在一个生长周期覆膜长达9~10个月,从而形成了独特的水肥气热环境。菜农在经济利益的驱动下,大量施用基肥和冲施肥。已有研究表明,在这种特殊的栽培环

收稿日期:2008-09-30

基金项目:济南市科技攻关项目(061098)

作者简介:曹齐卫(1979-),男,山东蓬莱人,助理研究员,在职研究生,主要从事黄瓜育种和栽培生理的研究。

通讯作者:孙小镭(1956-),女,山东沂水人,研究员,硕士生导师,主要从事黄瓜育种和栽培生理的研究。

境和盲目的施肥情况下,形成了肥料利用率低,土壤养分富集和次生盐渍化等现象,从而引起了蔬菜产量和品质下降等问题已成为制约日光温室蔬菜可持续发展主要因子<sup>[1-3]</sup>。

有关日光温室蔬菜土壤养分大量积累、土壤盐渍、土壤酸化、连作障碍等问题已有不少报道<sup>[4-25]</sup>。但土壤养分的变化规律与地区间土壤性质、施肥状况和生产水平等因素有关,各地的日光温室蔬菜土壤的肥力状况并不一样,因此了解一个地区日光温室土壤养分的变化规律是指导合理施肥的基础。本试验通过测定山东济南蔬菜产区日光温室土壤养分的变化特征,为指导生产合理施肥和日光温室可持续发展提供依据。

1 材料和方法

1.1 土壤样品的采集

土壤样品主要采自山东济南商河展家和济阳曲堤日光温室蔬菜产区,采样的时间为2007年5月15日至5月22日,采样深度为0~20 cm的表层土,同时采用露地土壤作为对照。各采样点均按照S型布点采集,经混合均匀后,用四分法处理,剩余约1 kg的样品带回实验室风干处理后备用。

1.2 土壤养分的测定方法

土壤有机质的测定采用重铬酸钾容量法-外加热法;碱解氮的测定采用碱解扩散法;速效磷的测定采用0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;速

效钾的测定采用1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰光度计法;土壤pH值采用1:5水土比悬浊液电位测定法;土壤盐分含量的测定采用1:1土壤悬浊电导率测定法。

1.3 数据分析

采用Excel2000进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 日光温室土壤养分状况

2.1.1 土壤有机质 由表1可知,日光温室土壤有机质含量为11.8~26.9 g/kg,平均值为21.6 g/kg,变异系数为20.8%,变异程度较小,95%置信区间有机质的含量为19.3~23.9 g/kg。由表1,2可知,日光温室土壤有机质含量高于露地土壤,增幅为77.0%,这与当地日光温室栽培中普遍重视施用有机肥有关,有机肥含有大量有机质和作物生长所需要的营养元素,是培肥土壤的主要渠道,增施有机肥不仅可以增加土壤蓄水保肥能力,而且可以减少硝态氮对蔬菜品质的影响。有研究学者提出理想菜地土壤有机质的含量在30.0 g/kg以上<sup>[8]</sup>,根据这个标准,山东济南日光温室土壤有机质含量水平还较低,应继续提倡有机肥的施用。但从日光温室施肥种类调查发现,山东济南日光温室有机肥主要为鸡粪,因鸡粪在土壤中分解较快,不利于土壤有机质的积累,因此应考虑提高廐肥的比例。

表1 日光温室土壤养分的变异情况

Tab.1 Status of the change of soil nutrition in solar greenhouse

项目 Item	样本数 Sample number	变幅 Range	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数/% Coefficient of variation	95% 置信区间 95% confidence interval for mean
有机质/(g/kg) OM	72	11.8~ 26.9	21.60	4.50	20.8	19.3~ 23.9
碱解氮/(mg/kg) Available N	72	17.6~ 323.5	115.40	51.00	44.2	98.1~ 132.7
速效磷/(mg/kg) Olsen-P	72	14.8~ 380.7	122.40	72.10	58.9	98.0~ 146.8
速效钾/(mg/kg) Available K	72	110.3~ 888.3	455.50	160.90	35.2	401.1~ 509.9
pH	72	7.28~ 8.36	7.90	0.24	3.0	7.82~ 7.98
电导率/(ms/cm) EC	72	0.200~ 1.101	0.457	0.20	43.8	0.388~ 0.526

表2 露地土壤养分的变异情况

Tab.2 Status of the change of soil nutrition in open field

项目 Item	样本数 Sample number	变幅 Range	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数/% Coefficient of variation	95% 置信区间 95% confidence interval for mean
有机质/(g/kg) OM	40	4.70~ 22.1	12.20	3.20	26.3	10.2~ 14.2
碱解氮/(mg/kg) Alkaline-N	40	19.5~ 116.6	69.20	22.10	31.9	62.1~ 76.3
速效磷/(mg/kg) Olsen-P	40	2.6~ 83.6	21.40	20.10	93.9	15.0~ 27.8
速效钾/(mg/kg) Available K	40	48.3~ 356.8	166.60	85.40	51.3	139.0~ 194.2
pH	40	7.46~ 8.86	8.13	0.22	2.7	8.06~ 8.20
电导率/(ms/cm) EC	40	0.154~ 0.777	0.284	0.14	49.3	0.239~ 0.329

2.1.2 土壤碱解氮 由表1可知,日光温室土壤碱解氮含量为17.6~323.5 mg/kg,平均值为115.4 mg/kg,变异系数为44.2%,变异程度较大,95%置信区间碱解氮的含量为98.1~132.7 mg/kg。由表1,2

可知,日光温室土壤碱解氮含量高于露地土壤,增幅为 66.7%。辽宁<sup>[10]</sup>、山东寿光<sup>[11]</sup>设施蔬菜的土壤碱解氮也有大量积累的现象。这主要与菜农基肥大量施用氮肥和冲施肥中大量施用氮肥有关,造成土壤碱解氮较露地土壤高的多。根据高弼模等<sup>[9]</sup>对山东大棚土壤碱解氮养分分级标准(小于 60 mg/kg 的为低水平,61~125 mg/kg 的为适中,高于 125 mg/kg 的为偏高),本试验所调查的土壤碱解氮含量在低水平日光温室占 5.6%,含量在适中水平的占 58.3%,偏高的占 36.1%。以上结果表明,有 1/3 的调查样本土壤中的碱解氮超标和积累严重。刘兆辉等<sup>[7]</sup>研究表明,日光温室土壤中的碱解氮以硝态氮为主,土壤中大量的硝酸盐的积累,易造成土壤盐渍化,降低蔬菜品质,易造成地下水的污染。因此在生产上应引起足够的重视,对于重施偏施氮肥的日光温室应减少氮肥作为基肥的施用量,减少分期追肥的次数和控制施用量,以免硝态氮的大量积累造成蔬菜和环境的污染。

2.1.3 土壤速效磷 由表 1 可知,日光温室土壤速效磷含量为 14.8~380.7 mg/kg,平均值为 122.4 mg/kg,变异系数为 58.9%,变异程度最大,95%置信区间速效磷的含量为 98.0~146.8 mg/kg。由表 1,2 可知,日光温室土壤速效磷含量大大高于露地土壤,增幅为 472.0%。大量施用磷肥作为基肥是造成土壤有效磷大量积累的主要原因,其次由于土壤的 pH 低、土壤有机质和土壤的磷酸根离子的浓度较高,当磷肥用量过大时,土壤吸附固定位点处于饱和状态,土壤的固磷能力减弱,易造成土壤速效磷的含量迅速增加。肖千明等<sup>[10]</sup>测定辽宁不同地区的设施土壤表明,不同地区不同年限土壤速效磷的含量为 130 mg/kg,刘兆辉等<sup>[13]</sup>测定山东寿光的设施蔬菜的土壤速效磷平均含量为 225.2 mg/kg。根据高弼模等<sup>[9]</sup>对山东大棚土壤速效磷养分分级标准(小于 65 mg/kg 的为低水平,66~105 mg/kg 的为适中,高于 105 mg/kg 的为偏高),本试验所调查的土壤有效磷含量在低水平日光温室占 11.2%,含量在适中水平的占 19.4%,偏高的占 69.4%。

2.1.4 土壤速效钾 由表 1 可知,日光温室土壤速效钾含量为 110.3~888.3 mg/kg,平均值为 455.5 mg/kg,变异系数为 35.2%,变异程度中等,95%置信区间速效钾的含量为 401.1~509.9 mg/kg。由表 1,2 可知,日光温室土壤速效钾含量高于露地土壤,增幅为 173.4%。根据高弼模等<sup>[9]</sup>对山东大棚土壤速效钾养分分级标准(小于 150 mg/kg 的为低水平,151~250 mg/kg 的为适中,高于 250 mg/kg 的为偏

高),本试验所调查的土壤有效钾含量在低水平日光温室占 2.8%,含量在适中水平的占 11.1%,偏高的占 82.1%。以上结果表明,生产上日光温室蔬菜表层土壤速效钾含量大大超标,这与生产中盲目施用钾肥作为冲施肥有关。

2.1.5 土壤 pH 由表 1 可知,日光温室土壤 pH 变幅 7.28~8.36,平均值为 7.90,变异系数为 3.0%,变异程度很小,95%置信区间 pH 值 7.82~7.98。由表 1,2 可知,日光温室土壤 pH 低于露地土壤 0.23,降低幅度较大,这表明日光温室土壤有酸化的趋势。pH 降低的主要原因是大量施用氮肥,使土壤中的氮素含量始终保持相对较高的水平,铵态氮肥由于硝化作用或植物吸收导致土壤中  $H^+$  增加;其次为大量施用有机肥,有机肥的腐解和微生物代谢产生大量的有机酸。

2.1.6 土壤电导率 由表 1 可知,日光温室土壤电导率变幅 0.200~1.101 ms/cm,平均值为 0.457 ms/cm,变异系数为 43.8%,变异程度较大,95%置信区间电导率值 0.388~0.526 ms/cm。由表 1,2 可知,日光温室土壤电导率大大高于露地土壤,增幅为 60.9%。造成日光温室土壤盐分累积的主要原因:一是化肥施用量大,通过本次对蔬菜产区施肥量的调查表明,日光温室土壤平均施肥量为氮肥(N) 1 829 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 2 591 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥(K<sub>2</sub>O) 2 033 kg/hm<sup>2</sup>,该使用量远远超过了蔬菜的吸肥量,化肥的副成分残留及转化物造成可溶性盐含量增加;二是缺少雨水淋溶,由于降雨对日光温室土壤的自然淋溶作用显著降低,而土壤水分蒸发比露地明显增强,大部分时间土壤水分运动方向与露地相反,水分自下而上运动,随着水分运动土壤盐分逐渐向土表聚集,盐分含量增加。

## 2.2 日光温室土壤养分的累积特征

从图 1~4 可知,日光温室土壤速效磷、速效钾、pH、电导率具有明显的累积效应,棚龄与土壤速效磷、速效钾、电导率呈极显著的正相关,相关系数分别为 0.763 8,0.60,0.645 7;棚龄与土壤 pH 呈极显著的负相关,相关系数为-0.720 6。

## 3 讨论

从本试验调查有机肥的使用种类来看,日光温室主要以鸡粪为主,鸡粪在土壤中分解较快,不利于有机质的积累,土壤中有机质含量不高,低于高产菜地的标准。曾希柏等<sup>[18]</sup>研究表明鸡粪的大量使用是导致设施菜地中土壤砷积累的重要原因,使用豆肥则能大大降低土壤砷的含量。因此从长远讲,应

大力提倡使用豆肥作为有机肥或采用秸秆发酵进行槽式栽培的方式进行。

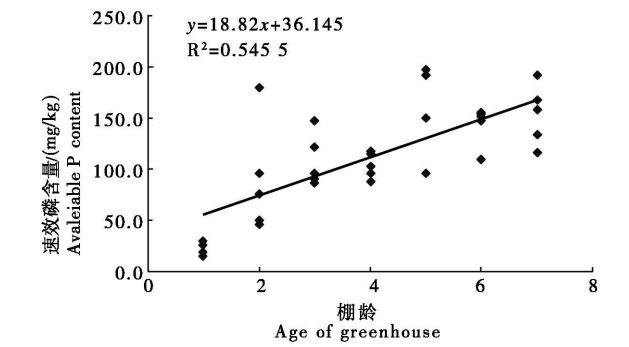


图 1 棚龄与土壤速效磷含量的关系

Fig. 1 Relationship of solar greenhouse age with soil available P

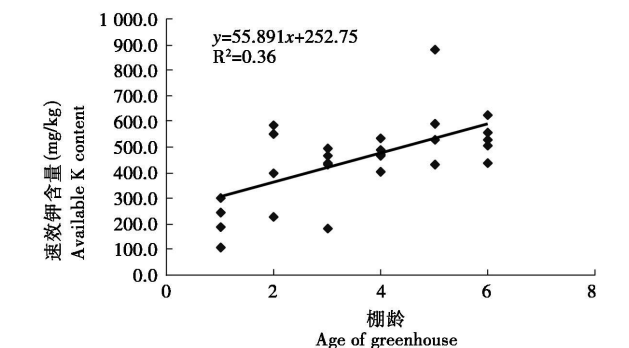


图 2 棚龄与土壤速效钾含量的关系

Fig. 2 Relationship of solar greenhouse age with soil available K

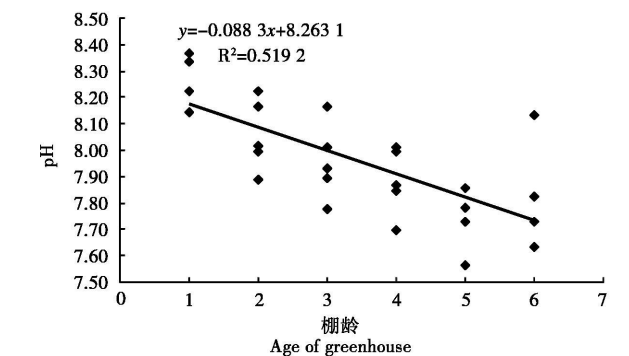


图 3 棚龄与土壤 pH 的关系

Fig. 3 Relationship of solar greenhouse age with soil pH

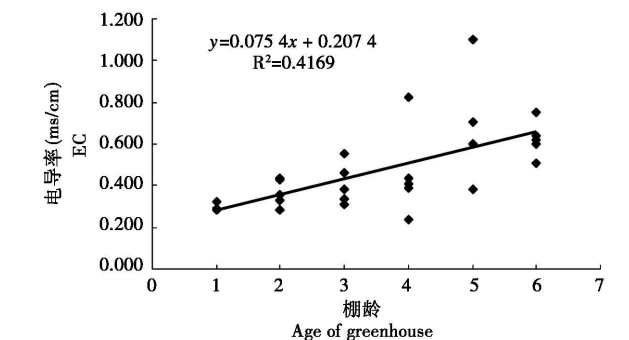


图 4 棚龄与土壤电导率的关系

Fig. 4 Relationship of solar greenhouse age with soil EC

经调查山东济南日光温室氮、磷、钾化肥, 平均施肥量氮肥 (N) 1 829 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 2 591 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥 (K<sub>2</sub>O) 2 033 kg/hm<sup>2</sup>, 该施肥量大大超过蔬菜的需求量, 刘兆辉等<sup>[26]</sup>研究表明, 设施蔬菜在大量施肥的情况下, 肥料的利用率很低, 氮肥、磷肥、钾肥的表观利用率分别为 21.33%, 2.82%, 61.34%。因此大量的养分投入和较低的养分利用率是造成日光温室蔬菜土壤氮、磷、钾养分大量积累的主要原因。土壤速效磷的大量积累, 导致有效钙的有效性降低, 同时土壤中速效钾过高, 也导致蔬菜对钙、镁的吸收降低, 大量施用氮肥也抑制蔬菜对钙钾的吸收, 从而加重蔬菜生理病害的发生。近年来日光温室黄瓜表现出生长点叶片叶缘枯死, 甚至生长点枯死等严重缺钙的生理病害, 定植初期经常发生与缺镁有关的虎斑叶, 都是由于大量施用氮磷钾肥料所致。目前生产上因过量施肥引起减产的现象普遍发生。因此解决日光温室蔬菜土壤养分含量高和土壤生产力水平低的矛盾, 提高土壤质量和提高肥料的产量效应和品质效应是引导日光温室蔬菜可持续发展的关键所在。有关这方面的问题, 还有待进一步的试验研究。

#### 参考文献:

- [1] 贾继文. 山东蔬菜大棚土壤养分状况与施肥现状的调查研究[C]// 谢建昌. 菜田土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 10: 76-73.
- [2] 成升魁, 张秀刚. 我国保护地农业及其若干问题的研究[J]. 自然资源, 1991(2): 27-32.
- [3] 梁成华. 保护地蔬菜生理病害诊断与防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 28-35.
- [4] 吕福堂, 司东霞. 日光温室土壤盐分积累及离子组成变化的研究[J]. 土壤, 2004, 36(2): 208-210.
- [5] 孟鸿光, 李中, 刘工俭, 等. 沈阳城郊温室土壤硝酸盐积累及其调控措施的研究进展[J]. 土壤通报, 2000, 31(2): 70-73.
- [6] 杨丽娟, 张玉龙. 保护地菜田土壤硝酸盐积累及其调控措施的研究进展[J]. 土壤通报, 2001, 32(2): 66-69.
- [7] 周博, 陈竹君, 周建斌. 水肥调控对日光温室番茄产量、品质及土壤养分含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(4): 58-62.
- [8] 王新民, 候彦林. 日光温室磷素形态及其空间分布特性研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 73-75.
- [9] 高弼模, 于淑芳, 高贤彪, 等. 山东省大棚土壤养分调查[C]// 李晓林, 张福锁, 米国华. 平衡施肥与可持续优质蔬菜生产. 北京: 中国农业大学出版社, 2000: 48-51.
- [10] 肖千明, 高秀兰, 姜春荣, 等. 辽宁省保护地土壤肥力现状分析[C]// 谢建昌, 陈际型. 菜园土壤肥力与蔬菜

- 合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997: 52- 56.
- [ 11] 陈永智, 丁光国, 胡永军, 等. 寿光大棚蔬菜土壤养分调查[C]// 李晓林, 张福锁, 米国华. 平衡施肥与可持续优质蔬菜生产. 北京: 中国农业大学出版社, 2000: 52 - 58.
- [ 12] 王 辉, 董元华, 罗 琼, 等. 高度集约化利用下蔬菜地土壤养分累积状况[J]. 土壤, 2006, 38( 1) : 61- 65.
- [ 13] 刘兆辉, 聂 燕, 刘雅俐, 等. 山东省保护地土壤养分状况及施肥问题, 设施农业相关技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [ 14] 李俊良, 崔得杰, 孟祥霞, 等. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究[J]. 土壤通报, 2002, 33( 2) : 126 - 128.
- [ 15] 项玉英, 杨祥田, 张光华. 设施栽培土壤次生盐渍化的调查及防治对策[J]. 浙江农业科学, 2006( 1) : 17- 19.
- [ 16] 刘兆辉, 李晓林, 祝洪林, 等. 保护地土壤养分特点[J]. 土壤通报, 2001, 32( 5) : 207- 209.
- [ 17] 周建炳, 翟丙年, 陈竹军, 等. 设施栽培菜地土壤养分的空间积累及潜在的环境效应[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23( 2) : 33- 35.
- [ 18] 曾希柏, 李莲芳, 白玲玉, 等. 山东寿光农业利用方式对土壤砷累积的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18( 2) : 310- 316.
- [ 19] 张凤华, 贾可, 刘建玲, 等. 土壤磷的动态积累及土壤有效磷的产量效应[J]. 华北农学报, 2008, 23( 1) : 168 - 172.
- [ 20] 李 熹, 王丽英, 张彦才, 等. 低温胁迫下磷肥对日光温室番茄苗期生长及生理活性的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22( 5) : 142- 146.
- [ 21] 贺超兴, 陈双臣, 张志斌. 温室番茄越夏栽培肥水精确量化指标的研究[J]. 华北农学报, 2006, 21( 3) : 31- 36.
- [ 22] 王新军, 廖文华, 刘建玲. 菜地土壤磷素淋失及其影响因素[J]. 华北农学报, 2006, 21( 4) : 67- 70.
- [ 23] 李冬梅, 魏 珉, 张海森, 等. 氮磷钾养分配比对温室土培黄瓜产量及品质的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20( 3) : 87- 89.
- [ 24] 杨合法, 范秀芳, 解永丽, 等. 不同生产模式施肥对保护地土壤肥力及作物产量的影响[J]. 河南农业科学, 2006( 12) : 61- 65.
- [ 25] 孟艳玲, 刘子英, 李 秀. 菜粮轮作对温室土壤盐分和硝态氮含量的影响[J]. 河南农业科学, 2006( 10) : 81- 84, 87.
- [ 26] 刘兆辉, 江丽华, 张文君, 等. 山东省设施蔬菜施肥量演变及土壤养分变化规律[J]. 土壤学报, 2008, 45( 2) : 296- 303.