

设施和露地白菜生产中肥料的偏生产力分析

孙书棋, 范茂攀, 汤 利, 郑 毅*

(云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 在对云南省滇中地区 3 个州(市)4 个县(市)共 41 个白菜种植农户进行的田间实地访问和问卷调查基础上,探讨了设施和露地白菜生产中肥料施用量与肥料偏生产力的关系,并对农户施肥合理性进行了评价。结果表明,云南省露地白菜的肥料偏生产力为 67.3 kg/kg,其中氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)肥的肥料偏生产力分别为 123.0、425.5、228.5 kg/kg。设施白菜化肥的肥料偏生产力为 84.7 kg/kg,其中氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)肥的肥料偏生产力分别为 190.3、362.1、263.5 kg/kg。露地与设施白菜化肥的肥料偏生产力均随着施肥量增加而下降,但不是简单的直线下降,而是随着施肥量的增加呈负指数幂的趋势降低,这也说明施肥量是影响肥料偏生产力的因素之一,但不是唯一的因素,其还与作物产量以及影响作物产量的因素有关。对于肥料偏生产力来说,氮、磷、钾肥都表现出同一规律,即与较高施肥阶段的肥料偏生产力相比,较低施肥阶段的肥料偏生产力提高至少 1 倍。

关键词: 白菜; 施肥量; 肥料偏生产力

中图分类号: S634 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0062-05

Studies on Partial Factor Productivity(PFP) of Chinese Cabbage Fertilization in Protected and Open Land

SUN Shu-qi, FAN Mao-pan, TANG Li, ZHENG Yi*

(College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Partial factor productivity (PFP) reflects the overall status of soil fertility and fertilizer use. Fertilizer amount application can affect the fertilizer PFP. In this study, 41 Chinese cabbage cultivating farmers distributed in 4 counties, 3 prefectures in central district of Yunnan province were visited through questionnaire, and the relationship between fertilization rates and fertilizer PFP was discussed, and the reasonable fertilizer was evaluated. Results indicated that the total fertilizer PFP in Chinese cabbage of open land was 67.3 kg/kg, and PFP for N, P and K fertilizers were 123.0 kg/kg, 425.5 kg/kg and 228.5 kg/kg respectively. Results indicated that the total fertilizer PFP in Chinese cabbage of protected land was 84.7 kg/kg, and PFP for N, P and K fertilizers were 190.3 kg/kg, 362.1 kg/kg and 263.5 kg/kg respectively. Nitrogen application and nitrogenous fertilizer PFP, Phosphorus application and Phosphate fertilizer PFP, Potassium application and Potash fertilizer PFP, total Nutrient rate and total fertilizer PFP were all of negative exponential power relationship.

Key words: Chinese cabbage; fertilization rates; partial factor productivity

收稿日期: 2012-06-12

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103030)

作者简介: 孙书棋(1986-), 女, 湖南株洲人, 在读硕士研究生, 研究方向: 养分管理。E-mail: 632905604@qq.com

* 通讯作者: 郑 毅(1964-), 男, 广东梅州人, 教授, 博士生导师, 主要从事养分管理的教学与研究工作。

E-mail: yzheng@ynau.edu.cn

蔬菜是人们日常生活中必不可少的副食品,也是我国目前农业生产中最具活力的经济作物^[1]。云南省蔬菜种植十分普遍,每年的蔬菜种植面积都在快速增长^[2],2002 年全省播种面积 37.3 万 hm^2 ,产量 798.6 万 t 左右,产值 7.0 亿元;2003 年播种面积达 50.3 万 hm^2 ,绝对产量 839 万 t,创汇 27.13 亿元;2004 年,播种面积 52 万 hm^2 ,产量 950 万 t,产值 95 亿元。根据 2010 年云南省统计年鉴资料^[3],2009 年云南省主要蔬菜产品的产量为 1 238.24 万 t,其中叶菜类 531.31 万 t,瓜菜类 82.85 万 t,块根块茎类 235.08 万 t,茄果菜类 133.92 万 t,葱蒜类 98.34 万 t。可见叶菜类所占比重较大,其中白菜的种植更为普遍。虽然云南省的白菜种植比较普遍,但是分布较为分散,单一农户的种植面积较小,所以种植条件、施肥方法都会受到限制,而且农户间及地区间也存在很大差异。另外,云南省是典型的喀斯特高原区,地表缺水、农业灌溉条件差、山地多平地少、自然资源组合状况较差、生态环境脆弱,各地土壤肥力、气候状况、地理条件、地形地貌、作物种类等相差很大^[4]。

近年来云南省的设施农业发展迅速,据不完全统计,云南省设施农业主要以设施栽培为主,主要在蔬菜、花卉植物上实施,目前共建有各类大棚 4 533.3 hm^2 。其中,先后引进以色列、法国等现代温室约 300 hm^2 ,建设国产全自动钢架大棚约 40 hm^2 ,半自动钢架大棚近 300 hm^2 ,简易大棚 4 000 hm^2 ^[5]。受市场经济的冲击,粮食价格下跌,粮食面积逐年减少,瓜果蔬菜等经济作物的种植面积逐年增长。滇中地区集中了云南全省近一半的山间平地,是云南省重要的蔬菜生产基地,但在蔬菜的生产中存在许多问题,其中之一就是盲目增大化肥投入量,不但限制了产量的提高,增大农民生产成本的投入,同时也影响了产品的品质并造成环境污染。特别是大量投入氮肥,导致土壤中累积大量的硝酸盐^[8-11],致使蔬菜中硝酸盐大量累积,影响食品安全。

鉴于此,对农户在白菜生产过程中的施肥现状进行了调查研究,对肥料偏生产力(PFP)及其与肥料施用量之间的关系进行了分析和探讨,旨在为白菜高产、高效和环境友好的最佳养分管理技术提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 调查地点及样点分布

调查地点包括云南省昆明、玉溪和楚雄 3 个州(市)的 4 个县,共 41 个白菜种植户,具体调查样点分布如表 1 所示。

表 1 调查样点(农户)的分布

样点分布州(市)	样点分布县	样点数/个
昆明	呈贡	11
	晋宁	10
楚雄	元谋	10
玉溪	通海	10

1.2 调查方法

采用农户抽样调查的方法进行施肥现状调查。按照农业部公益性行业计划(农业)科研专项所制定的调查规范要求,白菜的调查点根据种植面积及经济收入等通过随机抽样和等距抽样来确定。根据云南省统计年鉴和有关资料,选取白菜种植面积较大的州(市),并将隶属于这些州(市)的县根据经济收入和种植面积按照等距抽样的方式各抽取 1 个县作为调查地点。再根据当地的种植情况选取种植面积比较大的 2 个乡镇,最后每个乡镇随机抽取 5~10 户有代表性的白菜种植户进行实地调查。

1.3 调查具体内容

农户生产状况调查:农户家庭基本情况、承包土地数量;施肥情况调查:农户白菜种植面积、产量、肥料品种、施肥量、施肥时间、施肥方法、施肥技术、其他养分管理技术状况等。设施蔬菜调查内容还包括大棚的棚龄、造价、劳动力和物资成本等。

1.4 肥料偏生产力(PFP)的计算

肥料偏生产力的计算公式为: $\text{PFP} = \text{施肥后所获得的作物产量} / \text{化肥纯养分的投入量}$ 。本研究施肥现状指标主要包括氮、磷、钾的施用量和施用比例、总养分投入量、有机肥和化肥的投入量和投入比例、肥料品种、施肥时期的基追肥比例以及施肥合理性分析。本研究中的平均总养分投入是指氮、磷、钾纯养分投入之和,氮、磷、钾平均投入量均为农户单位面积投入量的算术平均值,各白菜平均单产是指农户平均单产的算术平均值,各白菜肥料平均偏生产力为农户化肥投入量的肥料偏生产力的算术平均值。所有数据处理和分析均采用 Excel 软件完成。

2 结果与分析

2.1 设施和露地白菜生产中的养分投入

2.1.1 露地白菜 从表 2 可以看出,露地白菜生产中养分总投入量是 900.6 kg/hm^2 。其中氮、磷、钾的投入量分别为 491.7、143.0、265.9 kg/hm^2 ,整个调查样本的氮、磷、钾变化幅度分别为 288.0~2 382.0、45.0~1 167.0、120.0~1 282.5 kg/hm^2 。露地白菜

氮、磷、钾肥和总养分施用量的变异系数分别为 61.6%、92.4%、59.7% 和 50.6%。从表 2 还可以看出,化肥的施用量占很大比例,其总投入量为 885.5 kg/hm²,占养分总投入量的 98.3%。其中,氮、磷、钾的投入量分别为 484.6、140.1、260.8 kg/hm²,分别占其总投入量的 98.6%、98.0%、98.1%。有

机肥的投入量相对少了很多,氮、磷、钾的投入量分别为 7.1、2.9、5.1 kg/hm²,分别占其总投入量的 1.4%、2.0% 和 1.9%。变异系数都很大,表明了不同农户的施肥习惯和方式、有机肥的投入、化肥品种的选择、自身收入状况不同对白菜生产的重视程度亦不同。

表 2 露地白菜生产中肥料投入情况($n=27$)

项目	N		P		K		总养分	
	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%
化肥	484.6	98.6	140.1	98.0	260.8	98.1	885.5	98.3
有机肥	7.1	1.4	2.9	2.0	5.1	1.9	15.1	1.7
合计	491.7		143.0		265.9		900.6	
变异系数/%	61.6		92.4		59.7		50.6	

2.1.2 设施白菜 从表 3 可以看出,云南省设施白菜生产中养分总投入量为 876.5 kg/hm²,其中氮、磷、钾的投入量分别为 393.4、199.3、283.8 kg/hm²。整个样本的氮、磷、钾变化幅度在 180.0~1 431.0、45.0~1 080.0、96.0~1 404.0 kg/hm²。设施白菜氮、磷、钾肥和总养分施用量的变异系数分

别为 47.1%、79.1%、76.5%、50.8%。化肥的总投入量为 786.0 kg/hm²,占养分总投入量的 89.7%。化肥氮、磷、钾分别占其总投入量的 88.9%、92.2%、89.0%。有机肥的投入量相对很少,氮、磷、钾的投入量分别为 43.7、15.5、31.3 kg/hm²,分别占其总投入量的 11.1%、7.8% 和 11.0%。

表 3 设施白菜生产中肥料的投入情况($n=14$)

肥料	N		P		K		总养分	
	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%	投入量/ (kg/hm ²)	占总量 比例/%
化肥	349.7	88.9	183.8	92.2	252.5	89.0	786.0	89.7
有机肥	43.7	11.1	15.5	7.8	31.3	11.0	90.5	10.3
合计	393.4		199.3		283.8		876.5	
变异系数/%	47.1		79.1		76.5		50.8	

从表 2 和表 3 可以看出,露地白菜的总养分为 900.6 kg/hm²,而设施白菜的总养分为 876.5 kg/hm²。与露地相比,设施白菜总养分投入量降低 2.7%,其中氮肥降低 20.0%,磷肥和钾肥分别增加 39.4% 和 6.7%。

2.2 设施和露地白菜施肥量与偏生产力的关系

2.2.1 露地白菜 由表 4 可以看出,在目前施肥水平下,露地白菜氮、磷、钾的化肥 PFP 分别为 123.0、425.5、228.5 kg/kg,而总肥料 PFP 仅为 67.3 kg/kg。另外,露地白菜氮、磷、钾肥和总肥料 PFP 的变异系数分别为 98.2%、114.6%、80.0% 和 75.5%。

对露地白菜施肥量和化肥 PFP 之间的关系作图分析(图 1)可知,氮、磷、钾和总施肥量与肥料 PFP 之间并不是简单的线性关系,而是幂函数的关系。随着施肥量的增加,肥料 PFP 均呈负指数幂的

趋势降低。就氮肥而言,施氮量在 216 kg/hm² 时,氮肥 PFP 最高,随着施氮的增加氮肥 PFP 下降很快。就磷肥而言,施磷量在 31.5 kg/hm² 时,磷肥 PFP 最高,随着施磷的增加磷肥 PFP 下降很快。就钾肥而言,施钾量在 60 kg/hm² 时,钾肥 PFP 最高,随着施钾的增加钾肥 PFP 下降很快。就总施肥量而言,施肥量在 462 kg/hm² 时,总肥料 PFP 最高,随着施肥量的增加总肥料 PFP 下降很快。

表 4 露地白菜生产中平均总养分施用量和化肥的平均 PFP($n=27$)

肥料	化肥平均施肥量/(kg/hm ²)	平均 PFP/(kg/kg)	变异系数/%	平均产量/(kg/hm ²)
N	484.6	123.0	98.2	59 611.1
P	140.1	425.5	114.6	
K	260.8	228.5	80.0	
N+P+K	885.5	67.3	75.5	

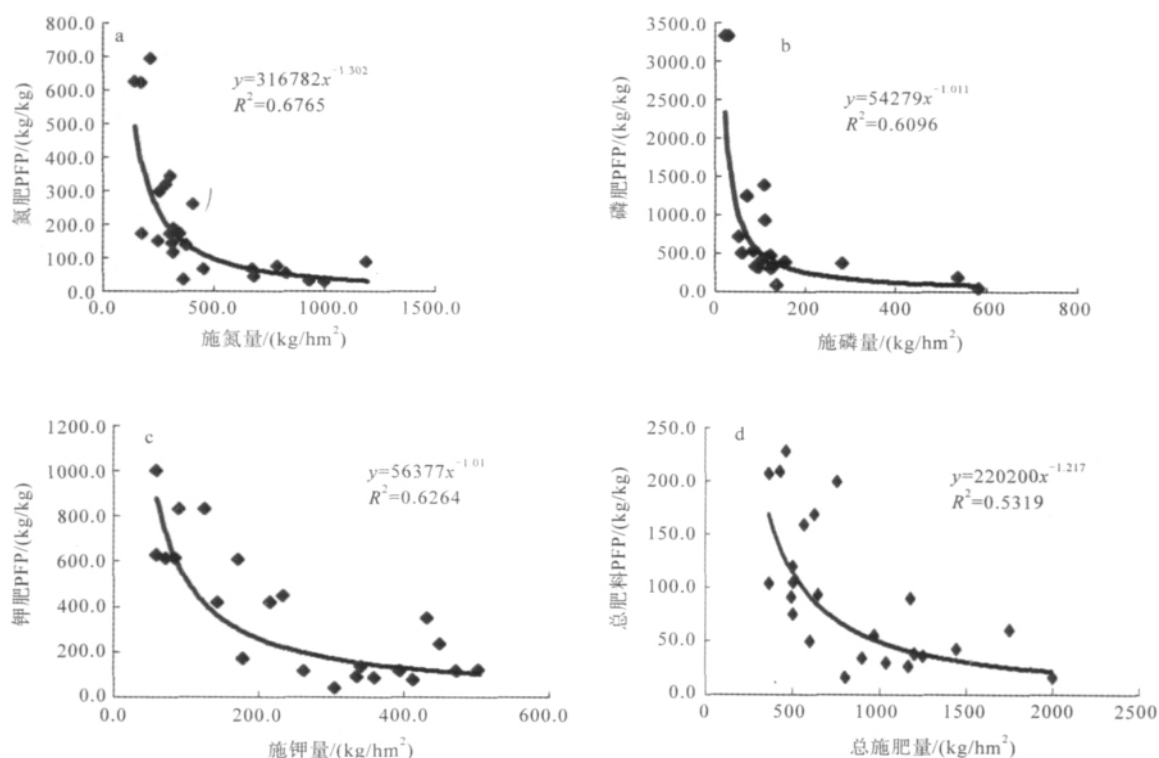


图1 露地白菜化肥施用量与 PFP 的关系

2.2.2 设施白菜 由表5可以看出,在目前平均施肥水平下,设施白菜氮、磷、钾的化肥 PFP 分别为 190.3、362.1、263.5 kg/kg,而总养分 PFP 仅为 84.7 kg/kg。另外,设施白菜氮、磷、钾肥和总肥料 PFP 的变异系数分别为 63.4%、69.6%、77.3%、73.1%。

表5 设施白菜生产中平均总养分施用量和化肥平均 PFP ($n=14$)

肥料	化肥平均施用量/(kg/hm ²)	平均 PFP/(kg/kg)	变异系数/%	平均产量/(kg/hm ²)
N	349.7	190.3	63.4	66 535.7
P	183.8	362.1	69.6	
K	252.5	263.5	77.3	
N+P+K	78.6	84.7	73.1	

对设施白菜施肥量和化肥 PFP 之间的关系作图分析(图2)可知,氮、磷、钾和总施肥量与 PFP 之间并不是简单的线性关系,而是幂函数的关系。随着施肥量的增加,PFP 均呈负指数幂的趋势降低。就氮肥而言,施氮量在 13 kg/hm² 时,氮肥 PFP 最高,随着施氮的增加氮肥 PFP 下降很快。就磷肥而言,施磷量在 5 kg/hm² 时,磷肥 PFP 最高,随着施磷的增加磷肥 PFP 下降很快。就钾肥而言,施钾量在 7 kg/hm² 时,钾肥 PFP 最高,随着施钾的增加钾肥 PFP 下降很快。就总施肥量而言,施肥量在 18 kg/hm² 时,总肥料 PFP 最高,随着施肥量的增加总

肥料 PFP 下降很快。

从表4和表5可以看出,露地白菜平均氮、磷、钾的化肥 PFP 分别为 123.0、425.5、228.5 kg/kg,而总肥料 PFP 仅为 67.3 kg/kg。与露地白菜相比,设施白菜总肥料 PFP 增加 25.9%,氮肥和钾肥分别增加 54.7%和 15.3%,磷肥降低 14.9%。

3 结论与讨论

3.1 白菜施肥状况

唐芳^[12]研究表明,2003—2004 年露地白菜氮、磷、钾肥料施用量分别为 580.44、148.73、160.57 kg/hm²,总养分为 889.74 kg/hm²。相比而言,本研究中露地白菜的平均施肥量为 900.6 kg/hm²,氮、磷、钾平均施用量分别为 491.7、143.0、265.9 kg/hm²,总养分比之前增加了 1.2%,氮肥和磷肥施用量分别减少了 15.3%和 3.8%,钾肥增加了 65.6%。设施白菜氮、磷、钾化肥施用量分别为 280.5、152.88、74.5 kg/hm²,总养分为 507.88 kg/hm²^[12]。相比而言,本研究中设施白菜的平均施肥量为 876.5 kg/hm²,氮、磷、钾平均施用量分别为 393.4、199.3、283.8 kg/hm²,总养分比之前增加了 72.6%,氮肥、磷肥和钾肥分别增加了 40.2%、30.4%、281%。可以看出,不管是总养分含量还是氮、磷、钾肥的施用量较之前均大幅度增加,特别是钾肥的施用量增幅达到了 281%。

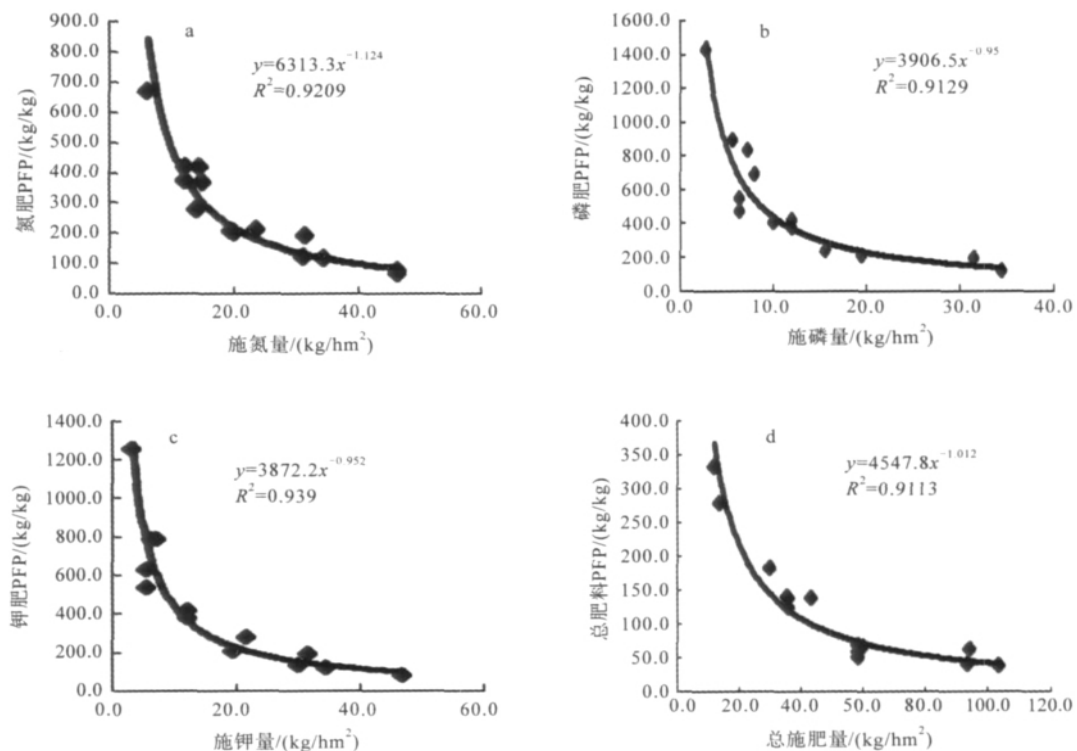


图 2 设施白菜化肥施用量与 PFP 的关系

3.2 肥料施用量对肥料偏生产力的影响

本试验结果表明,露地白菜总化肥的肥料偏生产力为 67.3 kg/kg,氮、磷、钾肥肥料偏生产力分别为 123.0、425.5、228.5 kg/kg,白菜平均产量为 59 611.1 kg/hm²。设施白菜总化肥的肥料偏生产力为 84.7 kg/kg,氮、磷、钾肥肥料偏生产力分别为 190.3、362.1、263.5 kg/kg,平均产量为 66 535.7 kg/hm²。可以看出,露地白菜总化肥的肥料偏生产力低于设施白菜,氮肥和钾肥肥料偏生产力低于设施白菜,但是磷肥肥料偏生产力高于设施白菜,所以在露地白菜施肥中氮肥和钾肥适量少施,适当增加磷肥的施用量。

研究表明,露地与设施白菜均随着施肥量增加化肥的肥料偏生产力下降,但不是简单的直线下降,而是随着施肥量的增加肥料偏生产力呈负指数幂的趋势降低,这也说明施肥量是影响肥料 PFP 的因素之一,但不是唯一的因素,其还与作物产量以及影响作物产量的因素有关。对于肥料偏生产力来说,氮肥、磷肥和钾肥都表现出同一规律,即与较高施肥阶段的肥料偏生产力相比,较低施肥阶段的肥料偏生产力提高至少 1 倍。

参考文献:

[1] 方智远,尚庆茂.我国蔬菜产业和科学技术的发展与展

望[J].作物杂志,2001(1):101-102.

- [2] 龙荣华.云南省蔬菜资源开发利用与展望[J].北方园艺,2006(2):2-4.
- [3] 云南统计局.云南统计年鉴 2009[M].北京:中国统计出版社,2010:117.
- [4] 林郁,李学林,江惠琼,等.云南省主要农作物生产比较优势与布局探讨[J].经济问题探索,2005(5):142-144.
- [5] 彭靖里,安华轩,马敏象,等.国内外设施农业栽培技术发展及云南省的差距[J].农业系统科学与综合研究,2007,17(3):236-240.
- [6] 李文庆,张民,李海峰,等.大棚土壤硝酸盐状况研究[J].土壤学报,2002,39(2):283-287.
- [7] 王朝辉,守志强,李生秀,等.蔬菜的硝酸盐累积及土壤的土壤硝态氮残留[J].环境科学,2002,23(3):79-83.
- [8] 袁新民,同延安,杨学云,等.有机肥对土壤硝态氮累积的影响[J].土壤与环境,2009,9(3):197-200.
- [9] 黄邵敏,张鸿程,安德俊,等.施肥对土壤硝酸盐含量及分布的影响及合理施肥研究[J].土壤与环境,2009,9(3):201-103.
- [10] 张全盛,任顺荣,赵振达.蔬菜保护地土壤硝酸盐累积及盐分变化[J].天津农业科学,1998,4(4):36-39.
- [11] 薛继澄.设施栽培土壤氮肥施用问题的研究[J].中国施肥,1994(5):22-25.
- [12] 唐芳.滇中地区主要粮食作物施肥状况及其经济效益分析[D].昆明:云南农业大学,2004.