

豫东潮土长期定位施肥 对设施番茄肥料利用率的影响

刘新社¹, 黄绍敏^{2*}

(1. 商丘职业技术学院, 河南 商丘 476000; 2. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 通过 8 年 9 个不同施肥方式处理的定位试验, 研究了大棚番茄对氮磷钾肥的当季和累积利用率。结果表明: 在施氮量相同的情况下, 常量施用有机肥配合化肥的处理(MNPK)番茄肥料利用率最高, N, P, K 利用率分别为 60.0%, 29.8%, 50.3%。氮肥利用率大小顺序为: MNPK(有机无机肥配合) > NPK(氮磷钾化肥) > NP(氮磷配合, 不施钾肥) > 1.5MNPK(高量有机无机肥配合) > NK(氮钾肥配合, 不施磷肥) > N(单施氮肥, 不施磷钾肥)。养分不均衡处理 N, NK, PK(磷钾配合, 不施氮肥)对肥料的利用率最低。磷肥的当季利用率要小于氮肥利用率, 8 年中有一定的累加效应。磷肥利用率大小顺序为 MNPK > NPK > NP > 1.5MNPK > PK。钾肥利用率大小顺序为 MNPK > 1.5MNPK > NPK > NK > PK。肥料用量愈大, 肥料利用率愈低, MNPK 处理的肥料使用量是 1.5MNPK 处理的 67%, 而该处理的 N, P, K 的平均当季利用率分别是 1.5MNPK 处理的 1.5 倍、1.6 倍、1.2 倍。

关键词: 设施番茄; 长期定位施肥; 肥料利用率; 潮土

中图分类号: S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2008)12-0097-06

Long-term Effect of Location Fertilization on Fertilizer Utilization Efficiency of Protected Tomato in Fluor Aquic Soil in the East of Henan Province

LIU Xin-she¹, HUANG Shao-min^{2*}

(1. Shangqiu Vocational and Technical College, Shangqiu 476000 China; 2. Plant Nutrition and Resources
and Environment Institute of Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Nine different kinds of fertilization methods in fluor aquic soil were carried out to research the N/P/K's utility in the right season and the following seasons by protected tomato in the east of Henan province for 8 years. The results showed that at the same nitrogen concentration, the utility of the fertilizer with manure was the highest, the N/P/K's utility were 60.0%, 29.8% and 50.3%, respectively. The fertilizer utilization efficiency (FUE) of different treatments ordered: MNPK (fertilizers with manure) > NPK (nitrogen, phosphate and potash fertilizes together) > NP (nitrogen and phosphate fertilizes, without potash fertilizer) > 1.5MNPK (high rate of fertilizers with manure) > NK (nitrogen and potash fertilizes, without phosphate fertilizer) > N (nitrogen fertilizer alone). In nutrient unbalanced fertilization treatments (N, NK, PK), the FUE

收稿日期: 2008-05-20

基金项目: “十一五”科技支撑计划(2006BAD25B06); 农业部野外试验台站平台项目(SF2005-5); 河南省重大公益性科研项目(081100911500); 商丘市人民政府科技研究项目(200-14B-0211)

作者简介: 刘新社(1970-), 男, 河南商丘人, 副教授, 硕士, 主要从事果蔬专业教学和设施农业研究。

通讯作者: 黄绍敏(1967-), 女, 河南夏邑人, 副研究员, 博士, 主要从事长期定位监测土壤肥力演变规律研究。

were the lowest. The PFUE was less than that NFUE in the right season, and there were accumulation effects during the 8 years. The PFUE of different treatments ordered $MNPK > NPK > NP > 1.5MNPK > PK$ (phosphate and potash fertilizers, without nitrogen fertilizer). The KFUE ordered $MNPK > 1.5MNPK > NPK > NK > PK$. With the increase of the amount of manure and fertilizer applied, the FUE decreased. The NFUE, PFUE and KFUE in 1.5MNPK treatment were 1.5, 1.6 and 1.2 times of that in MNPK treatment, but the amount of fertilizer were only 67% of that in the treatment of 1.5MNPK.

Key words: Protected tomato (Green house tomato); Long-term fertilization experiment; Fertilizer utilization efficiency; Fluvor aquic soil

近 10 年来,我国设施蔬菜生产飞速发展,为人民生活水平的提高和社会经济的发展做出了很大的贡献。随着我国农业产业结构的调整,设施蔬菜将会作为现代农业的龙头产业率先发展。设施蔬菜生产是高度集约化的种植业生产。因其产量高和复种指数高,每年都要从土壤中吸收大量的养分,这就要求均衡的养分投入和合理的供肥强度。但在大多数农田中,土壤自然供给的养分不能满足设施栽培下作物高产优质的需要,必须通过施肥才能保证作物优质高产,当前化肥、有机肥仍是 N、P、K 养分的主要来源。肥料利用率的高低受多种因素的影响。肥料中养分在土壤中的转化、运移、固定、释放的因素均影响氮肥的利用效果。虽然无机氮容易被作物吸收,但易被固定和蒸发损失,造成氮素的利用率普遍偏低^[1]。设施条件中的土壤温度偏高,光照不足、土壤湿度大等因素都直接或间接地影响作物对磷的吸收^[2]。土壤的通气状况,影响着对钾的吸收^[2],对外源钾素的固定降低了钾肥的利用率^[3]。肥料利用率不仅存在当季利用和后季利用问题。而且因受气候因素、土壤条件、作物品种等的影响,在短时间内评价肥料,特别是磷肥的累积效应和残效^[4,5]上得出的结论与长期试验的结果有差异^[6,7],因而提高肥料利用率一直是土壤肥料工作者研究的重点和难点。研究肥料利用率主要集中在大田作物上,在我国大田作物中,肥料利用率引用和参照最多的是朱兆良^[1]、陈伦寿^[8]和鲁如坤^[9]的结果,这些结果是在全国多点短期试验中得到的,受地域和气候、栽培制度和土壤条件等因素影响较大。设施农业所占的比重逐年增加,如何科学评价设施农业的肥料利用率,是采取合理管理措施的基础。目前,在国内外很少见设施蔬菜长期施肥的研究,但其他作物的长期施肥试验以及类似研究可以作为本项研究的参考^[10]。长期定位试验可以减少试验误差,能较准确地评估肥料利用状况^[11,12]。本试验目的是利用科学合理

的试验方法,得到准确的肥料利用率,为设施栽培中肥料的合理施用、节约资源、降低生产成本提供更为可靠的理论指导。

1 材料和方法

1.1 试验设计

1999 年河南省农科院植物营养与资源环境研究所(原土壤肥料研究所)为扩大“土壤肥力和肥料效益长期定位监测试验网”的监测范围,在河南几个主要设施蔬菜栽培区布置了不同施肥方式下的设施作物产量与肥料效益定位监测试验。豫东地区试验分别设在商丘市夏邑县刘店集乡吴楼村、宁陵县孔集乡代庄村和开封市兰考县张君墓镇张楼村。供试土壤为潮土,母质为黄河冲积物,土壤质地为壤质。

耕层土壤养分平均为:有机质 10.2 g/kg,全氮 0.72 g/kg,碱解氮 48.6 mg/kg,有效磷(P_2O_5) 11.7 mg/kg,有效钾(K_2O)含量 103.5 mg/kg, pH 6.9。试验在塑料大棚秋延后番茄地中进行,设 9 个处理:(1)空白(不种植,不施肥);(2)CK(种植,不施肥);(3)N(单施氮肥);(4)NP(施氮磷肥,不施钾肥);(5)NK(施氮钾肥,不施磷肥);(6)PK(施磷钾肥,不施氮肥);(7)NPK(氮磷钾化肥配合);(8)MNPK(M 指有机肥,有机肥+N、P、K 化肥);(9)1.5MNPK(处理 8 的 1.5 倍);各处理在等氮量情况下有机氮与无机氮之比为 7:3, $N:P_2O_5:K_2O=1:0.5:1$ 。

3 个试验点各处理设 3 次重复,小区面积为 $18 m^2$ ($3 m \times 6 m$)。产量为各试验点的平均值。施肥量和各处理 8 年平均产量见表 1。

1.2 试验材料

氮肥为尿素,含 N 45%;磷肥为过磷酸钙,含 P_2O_5 12.5%,开封磷肥厂生产;钾肥为硫酸钾,含 K_2O 50%。有机肥为牛粪,养分含量为有机质 14.5%,N 0.32%, P_2O_5 0.25%, K_2O 0.15%。

表 1 长期定位试验大棚番茄施肥量和产量

处理	N (kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)
CK	0	0	0	1840
N	480	0	0	31260
NP	480	240	0	48550
NK	480	0	480	42320
PK	0	240	480	23890
NPK	480	240	480	68760
MNPK	480	240	480	82370
1.5MNPK	720	360	720	67630

大棚种植方式为早春黄瓜(2月下旬—6月下旬)—秋延后番茄(9月中旬—翌年1月下旬),7—8月休茬。番茄品种:前5年为强丰,后3年为佳粉10号。第2年起,每年7月高温闷棚一次,2000—2006年用40%甲醛1000倍液处理土壤。

1.3 分析与计算方法

每年番茄收获期间,收获的果实全部称重。按照常规分析方法^[3],在收获前中后期分3次抽样测定果实中N,P,K含量,全部收获后对番茄秸秆取样测定N,P,K含量,求平均值。

来自有机肥N,P,K的养分(kg/hm²)=有机肥用量(kg/hm²)×有机肥N,P,K含量(%)

当季利用率=[施肥处理番茄当季吸收N,P,K养分量(kg/hm²)-不施肥处理番茄当季吸收的N,P,K养分量(kg/hm²)]×100%/番茄施用N,P,K量(kg/hm²)

累积利用率=[在一定时间内施肥处理番茄累积吸收N,P,K养分量(kg/hm²)-在一定时间内不施肥处理番茄累积吸收N,P,K养分量(kg/hm²)]×100%/该时期内N,P,K养分在番茄上的累积施肥量(kg/hm²)

不施氮肥处理番茄吸氮量指CK,PK的平均值;不施磷肥处理番茄吸磷量指CK,N,NK的平均

值;不施钾肥处理番茄吸钾量指CK,N,NP处理的平均值。

2 结果与分析

2.1 长期施肥对氮肥当季利用率和累积利用率的影响

从表2可以看出,在6个施氮处理中氮肥当季利用率差异较大,其中MNPK,NPK处理最高,8年平均为60.0%和54.8%;其次为NP和1.5MNPK处理,分别为41.8%和40.8%,二者基本相当。这4个处理年际间差异较小,变异系数分别为18.6%,17.5%,22.7%和15.2%。单施氮肥的利用率最低,平均为21.3%,只有MNPK处理的1/3;其次是NK处理,平均为29.1%。N和NK处理的年际间差异较大,变异系数达到76.0%和46.4%。由此可见,单施氮肥或氮钾肥配合施用大棚番茄的氮肥利用率低而不稳,受外界因素影响最大,而有机无机肥结合(MNPK)和氮磷钾肥配合(NPK),氮肥的利用率高而稳定,受栽培因子的影响较小,这与产量的结果是一致的。

由表3可知,在设施连作蔬菜栽培中,MNPK的累积利用率比较稳定,N,NK处理的氮肥累积利用率是由高到低;而NP,NPK,1.5MNPK都有从低到高再到低的变化趋势。NP处理从43.2%增加到51.6%,又下降到31.9%;NPK处理从第1年的50.7%增加到第4年的65.4%,到第8年的47.0%。与大田作物不同^[11,12],设施番茄的氮肥利用率有先增后减的趋势,因为蔬菜重茬导致土壤中病原菌增加,影响根系对肥料的吸收^[14]。各施肥处理氮肥8年的累积利用率大小顺序为:MNPK>NPK>1.5MNPK>NP>NK>N。影响番茄产量的因素都影响氮肥的利用率,产量高的年份当季利用率高。

表 2 长期施肥对氮肥当季利用率的影响 (%)

处理	年份									CV
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均	
N	39.8	45.1	32.3	16.8	5.9	10.5	12.1	7.8	21.3	76.0
NP	43.2	48.3	55.7	50.8	40.2	35.2	28.5	32.2	41.8	22.7
NK	48.5	40.7	42.1	30.3	20.4	9.8	18.5	22.8	29.1	46.4
NPK	50.7	60.9	70.2	65.2	50.2	53.1	45.3	42.8	54.8	17.5
MNPK	46.2	60.2	58.1	72.7	68.4	75.3	52.5	47.2	60.0	18.6
1.5MNPK	37.3	46.5	37.8	53.7	36.6	40.5	38.4	35.6	40.8	15.2
CV	10.3	16.6	29.1	43.8	59.4	67.4	48.1	45.7		

表 3 长期施肥对氮肥累积利用率的影响 (%)

处理	累积年数(年)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
N	39.8	42.4	39.3	31.4	18.3	11.0	9.5	10.1
NP	43.2	45.7	49.0	51.6	48.9	42.0	34.6	31.9
NK	48.5	44.6	43.8	37.7	30.9	20.1	16.2	17.0
NPK	50.7	55.8	60.6	65.4	61.8	56.1	49.5	47.0
M NPK	46.2	53.2	54.8	63.6	66.4	72.1	65.4	58.3
1.5M NPK	37.3	41.9	40.5	46.0	42.7	43.6	38.5	38.1

2.2 长期施肥对磷肥当季利用率和累积利用率的影响

由表 4 可以看出,定位试验 8 年中,磷肥在大棚番茄上的当季利用率各处理间的变异系数在 31.1%~70.9%,5 种施磷肥处理年际间变异系数在 20.9%~74.0%,其中 MNPK 的当季利用率最高,平均为 29.8%,其次是 NPK 处理,为 25.1%,这 2 个处理年际间变异较低,变异系数分别为 26.1%,33.2%。NP 和 1.5 MNPK 的磷肥平均当季利用率均为 19.7%,18.4%,变异系数分别为 20.9%,59.2%。NP 处理的变异系数比 MNPK,NPK 处理都低,当季利用率差异较小,可能是设施蔬菜栽培中氮素对磷素的吸收影响更大,这还需要继续长期试验来证明。PK 处理磷肥利用率平均为 5.2%,

年际间变异系数高达 74.0%,低而不稳。可能是由于氮素的存在有利于磷素的吸收,缺氮易造成磷素的淋失和固定^[5]。施肥量增加,磷肥利用率反而降低,1.5 MNPK 仅为 18.4%,比 MNPK 下降了 11.4 个百分点。出现了超量施磷肥的报酬减少现象^[2]。

从表 5 可以看出,磷肥累积利用率从开始阶段到第 3~5 年间有增加趋势,然后在稍低的水平上稳定。如 MNPK 处理从第 1 年的 15.6%,到第 4,5 年的分别为 34.5%,再到第 8 年的 28.8%。这说明设施栽培中磷肥具有后效,施肥时间愈长,后效愈不明显^[3]。同时蔬菜重茬可能也影响磷肥的利用。所有施肥处理中磷肥 8 年累积利用率大小顺序为 MNPK>NPK>NP>1.5 MNPK>PK。

表 4 长期施肥对磷肥当季利用率的影响 (%)

处理	年份								CV
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均
NP	14.5	16.3	20.1	15.8	23.6	20.5	26.7	20.5	19.7
PK	2.5	1.8	5.6	4.3	-2.7	10.5	1.2	10.2	5.2
NPK	17.9	23.8	28.1	40.9	17.4	17.2	23.7	32.2	25.1
M NPK	15.6	32.2	40.7	30.8	32.1	23.8	36.4	26.5	29.8
1.5M NPK	10.2	35.4	21.6	28.7	6.8	26.2	10.2	8.5	18.4
CV	50.0	61.6	54.7	58.9	66.2	31.1	70.9	52.0	

表 5 长期施肥对磷肥累积利用率的影响 (%)

处理	累积年数(年)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	14.5	15.4	16.9	17.4	19.9	19.9	23.6	22.5
PK	2.5	2.2	3.3	3.9	3.3	4.9	3.9	7.3
NPK	17.9	20.8	23.3	30.9	28.8	25.1	19.4	24.4
M NPK	15.6	23.9	29.5	34.5	34.5	28.9	30.7	28.8
1.5M NPK	10.2	22.8	22.4	28.5	19.0	20.5	14.4	14.9

2.3 长期施肥对钾肥当季利用率和累积利用率的影响

由表 6 可知,钾肥的当季利用率变异最大,年际间变异系数在 37.4%~295.3%,各处理间变异系数在 35.7%~104.5%。MNPK 的钾肥利用率在 28.7%~95.0%,平均利用率 50.3%,说明番茄吸收的钾素比较多。PK,NK 处理与 NPK 处理施用

钾肥量相同,PK 处理的利用率出现负值,平均为 3.0%,说明施用钾肥效果很小。原因是氮肥的缺乏影响番茄的根系生长,从而降低了钾的吸收。MNPK 最高,其次为 1.5 MNPK 处理,所有施肥处理中钾肥当季利用率大小顺序为:MNPK>1.5 MNPK>NPK>NK>PK。

由表 7 可以看出,不同施肥处理,钾肥的累积利

用率变化趋势不同。NK, PK, NPK 3 个只施用无机肥的处理累积利用率呈逐渐降低趋势, NK, NPK 处理降低较慢, PK 处理快速降低, 从累积 1 年的 15.6%降低到 8 年的-3.6%。MNPK 和1.5MNPK

处理相反, 有逐渐增加的趋势。这与有机肥中钾肥逐渐矿物质化和缺乏有机肥的设施土壤容易引起次生盐渍化有关系^[2, 16]。

表 6 长期施肥对钾肥当季利用率的影响 (%)

处理	年份									CV
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均	
NK	21.2	29.3	30.5	-3.8	12.4	17.1	18.6	12.7	17.2	64.1
PK	15.6	12.2	7.8	5.1	-5.3	-2.1	1.7	-10.5	3.0	295.3
NPK	48.2	38.1	78.6	15.4	45.7	30.1	34.3	20.8	38.9	50.3
MNPK	30.2	37.9	28.7	38.8	50.8	41.1	95.0	79.7	50.3	48.1
1.5MNPK	27.5	36.6	27.4	43.6	35.8	38.5	75.7	52.6	42.2	37.4
CV	43.1	35.7	75.7	104.5	58.8	41.6	86.9	92.7		

表 7 长期施肥对钾肥累积利用率的影响 (%)

处理	累积年数(年)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
NK	21.2	25.2	26.8	18.6	13.0	8.5	16.0	16.1
PK	15.6	13.9	11.8	8.3	2.5	-0.7	-1.9	-3.6
NPK	48.2	43.5	54.9	44.0	46.5	30.4	36.7	28.4
MNPK	30.2	34.0	32.2	35.1	39.4	43.6	62.3	71.9
1.5MNPK	27.5	32.1	30.5	35.8	35.6	39.3	50.0	55.6

3 结论与讨论

据孙文涛^[17]报道, 温室散叶生菜对 N, P, K 的平均利用率分别为 10.1%, 4.5%, 17.3%, 是在东北地区肥沃的黑土上 2 年试验得到的结果, 且生菜根系不发达。据朱兆良等^[1]报道, 全国平均氮素利用率在 30%~41%。钦绳武等^[18]在潮土上的 5 年定位试验结果是 NPK 处理氮素的累积利用率为 55.8%, 大于 42.1%的当季利用率, 并认为氮素存在累积效应。本试验中, MNPK, NPK 处理氮素当季累积利用率分别为 60.0%和 54.8%, 也说明氮素利用率存在累积效应。化肥处理 N, NK 的累积利用率 21.3%和 29.1%, 分别为 NPK 和 MNPK 处理的 50%, 且有降低趋势, 说明氮肥在番茄上连续单施肥效下降, 磷肥在发挥和提高氮肥利用率起着重要作用。

磷肥的当季利用率比较低, 一般认为只有 15%~25%。朱兆良等总结全国旱田的磷肥利用率在 15%~20%^[1], 鲁如坤等^[9]认为是 15%~25%; 本试验表明, 磷肥的当季利用率低于氮肥, 在所有磷肥处理中, MNPK, NPK 磷肥利用率最高, 8 年平均为 29.8%和 25.1%。不施氮肥, 磷肥几乎无效。在设施条件下磷肥的累积效果缓慢增加且大于大田作物。这可能是由于设施条件下土壤湿度大, 温度高,

有利于磷肥的吸收。

陈伦寿^[8]总结全国的资料认为, 钾肥的利用率平均在 35%~50%; 孙文涛^[17]研究认为, 温室中生菜钾肥利用率为 17.3%。这些结果要么是短期多点试验得到, 受地域和气候、土壤等因素影响较大, 要么是 1~2 年的示踪精确计算。二者的结果都有局限性, 用示踪法计算虽然准确, 但时间短, 代表性差, 而大田多点试验, 代表性强但太粗略。本试验中, 在氮磷钾肥料中, 钾肥的利用率数值略大, 年际和施肥处理间的变异大。MNPK 处理番茄对钾肥的平均利用率最高达 50.3%, 是因为番茄喜钾, 且大棚土壤透气性好有利于钾的吸收^[19]。不配合施用氮或磷肥, 施钾肥效果很差。蔬菜的多年重茬影响肥料的利用, 特别是氮、磷的利用。

所以, 要想提高蔬菜设施栽培中的肥料利用率, 一是要科学合理的施肥: 采取测土施肥、配方施肥、平衡施肥的新方法。根据土壤供肥能力, 作物目标需肥量而计算出需要 N, P, K 的施用量, 严格控制化肥的用量尤其要减少氮素化肥的用量, 杜绝偏施氮肥现象, 氮、磷、钾、有机肥混合使用, 注意微量元素肥料的使用。二是进行土壤消毒。利用药剂、高温和淹水等处理方法, 直接杀死或减少土壤病原微生物和害虫, 消除蔬菜连作障碍。三是合理的轮作和间作制度既能吸收土壤中不同的养分, 又可减轻

玫瑰花提取液对氧自由基的清除效应研究

赵慧芬¹, 朱大恒², 韩锦峰¹, 刘华山^{1*}

(1. 河南农业大学, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学 生物系, 河南 郑州 450001)

摘要: 研究了玫瑰花水提取液对氧自由基的清除效应。将玫瑰花水提取液加入到 O_2^- (超氧阴离子) 和 $^{\circ}OH$ (羟基自由基) 的产生和检测溶液中, 显示出玫瑰花水提取液有较强的清除 O_2^- 和 $^{\circ}OH$ 的作用。并且, 对 O_2^- 的清除作用大于对 $^{\circ}OH$ 的清除作用。

关键词: 玫瑰花水提取液; 清除作用; 超氧阴离子; 羟基自由基

中图分类号: S658.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2008)12-0102-02

玫瑰(*Rosa rugosa* Thumb.) 既是名贵花卉, 具有较高的观赏价值, 更具有较高的食用、药用和美容的价值^[1]。自由基是生物细胞代谢过程中产生的含有未配对电子的原子、分子或离子, 如 O_2^- , $^{\circ}OH$ 等, 它们对许多生物功能分子有破坏作用, 在正常情

况下, 细胞内自由基的产生与清除处于动态平衡状态, 但是, 在生物有机体受到伤害、疾病、衰老时, 这种平衡就会被打破, 产生的大量自由基对重要的具有生物功能的分子, 如蛋白质、脂类、多醣和核酸等起破坏作用^[2]。因此, 给生物有机体适当补充外源

收稿日期: 2008-07-01

作者简介: 赵慧芬(1965-), 女, 河南襄城人, 副教授, 主要从事作物经济、会计管理等研究。

通讯作者: 刘华山(1951-), 女, 辽宁盖州人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物生理、生化研究。

土壤传播病害的发生, 提高产量和经济效益。

参考文献:

[1] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学出版社, 1992: 213—249.

[2] 金为民. 土壤肥料[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 103—105.

[3] 黄绍文, 金继运. 我国北方一些土壤对外源钾的固定[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(2): 131—138.

[4] 田孝忠, 曹季红. 磷肥残效研究[J]. 土壤, 1997, 28(5): 251—253.

[5] 林继雄, 林葆, 艾卫. 磷肥后效及利用率的定位试验[J]. 土壤肥料, 1995(6): 1—5.

[6] 沈善敏. 长期土壤肥力试验的科学价值[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(1): 1—7.

[7] Todd M Nisson, Michelle M Wander. Management and soil-quality effects on fertilizer-use efficiency and leaching[J]. Soil Science Society of America, 2003, 67(5): 1524—1532.

[8] 陈伦寿. 应正确看待化肥利用率[J]. 磷肥与复肥, 1996(4): 4—7.

[9] 鲁如坤, 时正元, 顾益初. 土壤积累态磷研究 II. 磷肥的表现积累利用率[J]. 土壤, 1996, 27(6): 286—289.

[10] 葛晓光, 张恩平, 张昕, 等. 长期施肥条件下菜田—蔬

菜生态系统变化的研究(I) 土壤有机质的变化[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 34—38.

[11] 黄绍敏, 宝德俊, 皇甫湘荣, 等. 长期定位施肥小麦的肥料利用率研究[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(2): 121—126.

[12] 黄绍敏, 宝德俊, 皇甫湘荣, 等. 长期定位施肥对玉米肥料利用率影响的研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(4): 129—133.

[13] 李茜开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 中国科学出版社, 1984.

[14] 孙光闻, 陈日远, 刘厚诚. 设施蔬菜连作障碍原因及防治措施[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊): 184—188.

[15] 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.

[16] 陈德明, 杨劲松. 土壤盐渍环境与养分管理[J]. 土壤学进展, 1995, 23(5): 7—14.

[17] 孙文涛. 温室栽培散叶生菜养分吸收和利用的研究[J]. 辽宁农业科学, 2005(3): 65—66.

[18] 钦绳武, 顾益初, 朱兆良. 潮土肥力演变与施肥作用的长期定位试验初报[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 357—375.

[19] 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.