

# 菜粮轮作对温室土壤盐分和硝态氮含量的影响

孟艳玲<sup>1</sup>, 刘子英<sup>1</sup>, 李季<sup>2\*</sup>

(1. 河北工程大学农学院, 河北邯郸 056001; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

**摘要:** 采取调查取样的方法对河北永年县小龙马乡蔬菜种植区蔬菜连作和菜粮轮作2种管理模式的温室土壤的盐分和硝态氮进行了比较分析, 结果表明: 与蔬菜连作相比, 蔬菜、玉米轮作可使0~20cm耕层全盐量、电导率比连作降低43%, 36%; 0~60cm土壤硝态氮比连作降低32%。说明蔬菜和玉米轮作可大大降低温室土壤盐分和硝态氮积累, 对于延长保护地使用期限具有重要意义。

**关键词:** 菜粮轮作; 蔬菜连作; 温室土壤; 盐分; 硝态氮

**中图分类号:** S156 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2006)10-0081-05

## Effects of Vegetable-grain Rotation on Salt and Nitric Nitrogen Contents in Greenhouse Soil

MENG Yan-ling<sup>1</sup>, LIU Zi-ying<sup>1</sup>, Li Ji<sup>2\*</sup>

(1. Department of Agriculture, Hebei University of Engineering, Handan 056001, China;

2. Department of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The contents of salt and nitric nitrogen in greenhouse soils with vegetable continuous cropping or vegetable-maize rotation were studied in the vegetable cultivation areas of Xiao-long-ma in Yongnian county of Hebei province. The results showed that, compared with continuous cropping, the total salt and electric conductivity in the 0—20cm soil profile of vegetable-maize rotation field decreased by 43% and 36%, respectively and the nitric nitrogen in the 0—60cm soil profile decreased by 32%.

**Key words:** Vegetable-grain rotation; Vegetable continuous cropping; Greenhouse soil; Salt; Nitric nitrogen

设施栽培已成为我国农业的重要组成部分, 不仅丰富了居民的菜篮子, 而且在许多地区已成为支柱产业, 极大的增加了农民的收入。但是近年来, 由于连作以及盲目不合理施肥, 使土壤的理化性状产生很大变化, 尤其是土壤盐分表聚现象明显, 土壤的次生盐渍化成了保护地蔬菜生产的主要土壤障碍因子。早在20世纪70年代, 日本蔬菜保护地就已发生较严重的盐分积累问题, 适宜蔬菜生长的保护地土壤面积仅占设施蔬菜栽培面积的20%~30%<sup>[1]</sup>, 我国对日光温室、塑料大棚积盐现象报道也很多, 具有一定的普遍性, 而且有的地区非常严重, 采取措施减少土壤盐分的积累, 抑制土壤发生次生盐渍化, 是

目前需要解决的问题。防止土壤次生盐渍化的措施主要有合理施肥、施用稻草、灌水洗盐、生物除盐、地膜覆盖、夏季揭膜利用自然降水淋洗、使用硝化抑制剂等, 其中, 生物除盐主要是指选择耐盐品种或在夏季休闲期种植吸肥力强的苏丹草、玉米等作物除去土壤中多余的盐分。据冯永军等报道<sup>[2]</sup>, 在3个连作4年的大棚土壤休闲时种植玉米可使大棚耕作层土壤的电导率降低64%; 王学军报道<sup>[3]</sup>, 夏季栽培玉米55d, 可使土壤电导率由2.5 ms/cm降到1.0 ms/cm; 张春兰<sup>[4]</sup>、杜连凤<sup>[5]</sup>也分别报道了经过夏季一茬玉米的种植可有效降低土壤盐分含量。笔者选择河北省永年县小龙马乡蔬菜种植区蔬菜连作和菜

收稿日期: 2006-05-10

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2001BA5008B01)

作者简介: 孟艳玲(1969—), 女, 河北邯郸人, 讲师, 在读硕士研究生, 主要从事农业生态学和农业气象学的研究工作。

通讯作者: 李季(1965—), 男, 山西静乐人, 教授, 主要从事生态农业与区域发展的研究。

粮轮作 2 个栽培 16 年温室进行全年动态监测、比较, 探讨在夏季休闲期间种植一茬玉米对温室土壤的盐分和硝态氮含量的影响, 旨在为保护地持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试点概况

试点永年小龙马乡土壤类型为褐土, 水利条件较好, 选取 2 栋 16 年温室, 其中 1 个周年种菜, 主要是番茄、黄瓜, 夏季揭膜休闲。另一个也是主要种番茄、黄瓜, 只是在夏季种植 1 茬玉米, 已种植 3 年。

1.2 研究方法

从 2004 年 9 月~2005 年 9 月分 7 次分别在两温室取土样测定全盐量和电导率(表 1), 从 2005 年 3 月 26 日开始, 分 4 次取土样测定硝态氮含量(表

2), 同时取相邻露地粮田土样进行比较。土样按 S 形取多点混合, 分别取 0~20cm、20~40cm、40~60cm 3 个层次进行分析。

1.3 分析方法

全盐量和电导率测定采用过 1mm 筛风干土样, 采用土壤农业化学常规分析方法; 硝态氮测定采用新鲜土样, 酚二磺酸比色法测定。

2 结果与分析

2.1 菜粮轮作对温室土壤全盐量的影响

2.1.1 耕层全盐量的变化 0~20cm 耕层土壤盐分含量测定结果如表 1 所示。从中可以看出, 温室栽培的土壤盐分全年有明显的消积过程, 总的来看, 与粮田相比有明显的积累。大田全年平均含盐量 0.851g/kg, 年变化很小。一般土壤可溶性盐含量

表 1 3 种土地利用方式 0~20 cm 土壤全盐量的变化 (g/kg)

土地利用类型	时间(年—月—日)							均值
	04—09—28	04—12—05	05—03—04	05—03—26	05—04—28	05—07—04	05—09—24	
菜粮轮作	0.971	1.861	1.695	1.754	1.921	1.022	0.817	1.434
蔬菜连作	2.546	4.772	2.346	1.888	2.830	2.091	1.173	2.521
粮田	0.923	0.927	0.971	0.984	1.058	0.590	0.505	0.851

高于 2.0 g/kg, 即为盐渍化土壤<sup>[6]</sup>。蔬菜连作温室全盐量年变化较大, 全盐量最大达到 4.772g/kg, 年平均值 2.521g/kg, 是粮田的 2.96 倍, 已达到次生盐渍化程度; 而菜粮轮作的温室土壤全盐量最大值 1.921g/kg, 年平均 1.434g/kg, 是粮田的 1.69 倍, 是蔬菜连作温室的 56.8%, 虽也有一定程度的积累, 但均未达到次生盐渍化程度。经测验, 菜粮轮作温室与蔬菜连作温室间差异达到显著水平, 说明从全年来看, 夏季休闲期种植玉米的温室土壤全盐量显著降低。在 2004 年 9 月收获玉米后, 菜粮轮作温室土壤盐分含量与粮田接近, 但蔬菜连作温室经夏季雨水淋融作用盐分含量仍然很高, 到 2004 年 12 月 5 日, 蔬菜连作温室盐含量达 4.772g/kg, 而菜粮轮作温室盐分虽也有所升高, 为 1.861g/kg, 但只有单一种菜温室的 39%。在 2005 年 9 月, 3 种土地利用方式的全盐量都较 2004 年 9 月低, 主要是由于取样前刚下过雨, 在雨水的淋洗作用下表层全盐量降低, 但还是可以看出, 菜粮轮作温室土壤全盐量显著低于蔬菜连作。这主要是由于玉米根系发达、植株高大、生长迅速、吸肥能力较强而且覆盖度较大, 蒸发量小, 生长过程中吸收大量多余盐分离子, 降低土壤盐分效果较好, 为下茬蔬菜的生长创造一个适宜的土壤生态环境。而蔬菜连作夏季休闲期土壤虽受降水

淋洗作用有所降低, 但由于覆盖度小, 蒸发量大, 土壤脱盐效果差。

2.1.2 全盐量的剖面变化 图 1 是 2004 年 9 月 28 日 3 种土地利用类型土壤全盐量的剖面分布。粮田的盐分含量在剖面上差异不大。虽然经过夏季降水的淋洗作用, 但蔬菜连作温室耕层含盐量仍较高, 20~40cm 层次已下降到 2.0g/kg 以下, 但还是较粮田高, 是粮田相同深度含盐量的 1.96 倍; 随深度加深全盐量降低, 至 40~60cm 深度, 盐分下降至略高于粮田。而菜粮轮作温室经过一茬玉米的种植, 0~20cm 层次和 40~60cm 层次含盐量略高于粮田, 但 20~40cm 层次含盐量低于粮田, 这是由于玉米根系较深, 对 20~40cm 层次盐分离子大量吸收的结果, 说明蔬菜温室夏季休闲期种植玉米不仅可大大降低耕层盐分, 而且可降低深层盐分含量。

图 2 是 3 种土地利用类型全盐量年平均值的剖面分布。从全年平均情况看, 粮田的含盐量垂直变化不大, 甚至由于雨水的淋洗作用, 深层含盐量还略高于上层。蔬菜连作温室含盐量垂直方向变化较大, 0~20cm 层次含盐量是粮田的 2.96 倍, 20~40cm 是粮田的 1.97 倍, 40~60cm 是粮田 1.21 倍, 因此, 连作温室土壤盐分积累是全面性的, 并且耕层积累幅度最大。菜粮轮作温室土壤含盐量整个剖

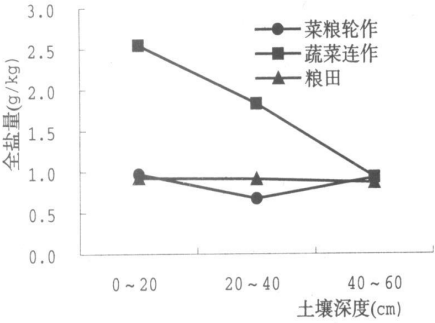


图1 2004年9月28日3种土地利用类型土壤全盐量的剖面分布

面都低于蔬菜连作温室, 0~20cm 含盐量是连作温室的 56.9%, 是粮田的 168.5%; 20~40cm 层次含盐量是连作温室的 63.4%, 是粮田的 124.9%; 40~60cm 层次含盐量是连作温室的 79.2%, 与大田接近。并且全年土壤没有达到次生盐渍化指标。说明蔬菜温室夏季休闲期轮作玉米只能吸收一部分的盐分, 还是会造成盐分的积累, 但积累的速度会大大减慢, 生产中可以结合其他抑盐措施, 延长保护地使用年限。

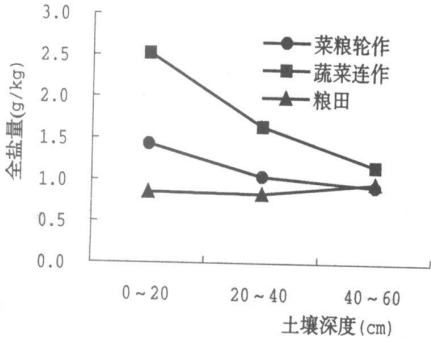


图2 3种土地利用类型土壤全盐量年平均值的剖面分布

2.2 菜粮轮作对温室土壤电导率的影响

日本汤村义南认为, 保护地土壤的电导率小于 0.5ms/cm 时, 其值越高蔬菜生长越好, 但超过该值, 吸收水分、养分开始受阻<sup>[7]</sup>。耕层(0~20cm)土壤电导率的年变化如图 3 所示, 从全年的变化来看, 粮田的电导率变化幅度比较小, 而温室电导率变化幅度较大。蔬菜温室夏季休闲期种植玉米可有效降低土壤电导率, 2004 年 9 月, 刚收玉米电导率为 0.364 ms/cm, 略高于粮田的 0.312ms/cm, 而蔬菜连作温室却为 0.813ms/cm, 超过 0.5ms/cm 的临界指标, 是粮田的 2.6 倍, 已经对蔬菜生长产生不利影响。覆膜种上蔬菜后, 温室土壤电导率都有所升高, 整个蔬

菜生长期(2004 年 12 月~2005 年 4 月)都高于 0.5ms/cm, 但夏季休闲期种植玉米, 温室电导率还是低于蔬菜连作温室。2004 年 12 月~2005 年 4 月蔬菜连作温室平均电导率是 0.892 ms/cm, 菜粮轮作温室是 0.649ms/cm, 是单一种菜温室的 72.8%。至揭膜后的 2005 年 7~9 月, 3 种类型土壤电导率都下降, 夏季休闲期种植玉米温室下降幅度最大, 玉米种植前后(2005 年 4 月 28 日种植前, 2005 年 9 月 24 日收获后比较)电导率下降 63%, 蔬菜连作温室同期电导率下降 47%, 粮田同期电导率下降 39%。

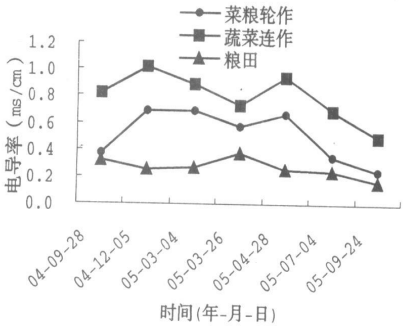


图3 3种土地利用方式耕层电导率的年变化

图 4 是 3 种土地利用类型电导率年平均值的剖面分布, 粮田剖面间差异较小, 温室电导率随深度加深而下降。整个剖面方向上, 菜粮轮作温室电导率都介于粮田和蔬菜连作温室之间。耕层: 蔬菜连作土壤电导率为 0.794ms/cm, 是粮田的 3.02 倍, 对蔬菜生长已经不利; 而菜粮轮作土壤电导率为 0.506 ms/cm, 是连作温室 64%, 是粮田的 1.92 倍, 处于对蔬菜生长不利的电导率临界水平, 所以比蔬菜连作土壤更适于蔬菜生长, 起到了除盐效果, 但还是有一定盐分积累。20~40cm 土层, 两温室电导率都下降, 且下降幅度基本一致, 这时蔬菜连作温室电导率 0.568ms/cm, 是粮田的 2.37 倍, 仍然超标; 而菜粮轮作温室为 0.338ms/cm, 是连作温室的 60%, 是粮田的 1.37 倍, 已下降至临界值以下。40~60cm 层次, 蔬菜连作土壤电导率也下降至临界值以下, 但还是粮田的 1.75 倍; 而菜粮轮作温室电导率为连作温室的 68%, 为粮田的 1.19 倍, 相差不大。因此, 温室盐分积累主要是表层幅度最大, 深度越深, 积累幅度越小, 蔬菜连作温室在 0~40cm 电导率都超过 0.5ms/cm 界限, 而菜粮轮作温室只有耕层略高于临界值, 下层都降为临界值以下, 所以菜粮轮作可大大降低温室土壤整个剖面的电导率。

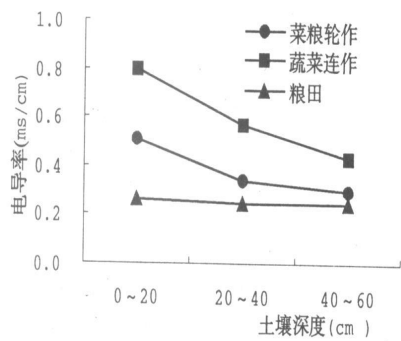


图 4 3 种土地利用类型电导率年平均值的剖面分布

2.3 菜粮轮作对土壤硝态氮的影响

据童有为研究,设施栽培条件下土壤次生盐渍化的主要特点之一是硝态氮积累,盐分高的土壤一般硝态氮也高<sup>[8]</sup>。施入土壤的氮肥可以转化成多种形态,蔬菜是喜硝态氮作物,硝态氮是其利用氮素的主要形态。温室栽培施肥量较大,据调查,温室栽培通常年施入氮 1 050 ~ 1 350kg /hm<sup>2</sup>,比大田多 3 ~ 7 倍,有些甚至更多,加上室内温度较高,据国内外学者研究,硝化作用最适宜温度 30 ~ 35℃<sup>[9]</sup>,硝化过程速度较快,但硝态氮不易被土壤胶体吸附,这样除去植物生长所需之外,大量过剩的硝态氮就会在表层富集或随水淋失到土壤深层,对深层土壤和地下水形成潜在威胁。

3 种土地利用形式土壤硝态氮含量如表 2 所示,蔬菜连作温室硝态氮积累很显著,而且是全剖面性的。最大值出现在 2005 年 4 月 28 日,为 83.277 mg/kg,是同期相邻粮田的 5.26 倍,其他 3 个时期 3 月 26 日、7 月 4 日、9 月 24 日含量分别为同期粮田的 2.46 倍、2.17 倍和 1.78 倍,如果以 60mg/kg 为标准来判断<sup>[10]</sup>,2005 年 4 月 28 日和 7 月 4 日硝酸盐超标。9 月 24 日取样前刚下过雨,因此硝态氮有较多向下淋失,深层含量较高,20 ~ 40cm 层次含量是粮田的 2.13 倍,已经超标,40 ~ 60cm 层次是粮田的 1.77 倍,由此可见,在夏季自然降水的作用下,耕层多余的硝态氮淋洗到深层,造成地下水硝酸盐含量增加,当覆膜后,该层大量的硝态氮还会随水分蒸发向上的力移到耕层,但农户还是投入过量的肥料,因此造成表聚。夏季种植玉米的温室,在整个剖面的硝态氮含量大大减少,均未超标。虽然耕层含量比粮田高,3 月 26 日为 2.01 倍,4 月 28 日为 3.41 倍,7 月 4 日为 2.05 倍,9 月 24 日为 2.56 倍,说明在耕层还是有一定程度的硝酸盐积累,但积累程度大大减轻。另外,夏季种植玉米一个显著的效果就

是降低了深层硝态氮含量,玉米相对蔬菜来说,根系分布较深,生长期可吸收利用较多的游离的淋洗到深层的硝态氮,从而大大降低深层的含量,在 40 ~ 60cm 层次,从 7 月 4 日到 9 月 24 日,经过一茬玉米的生长和吸收,轮作温室硝态氮含量降低 10.6%,而连作温室硝态氮含量升高 109.1%。研究期间内,0 ~ 60cm 垂直剖面上,轮作温室硝态氮含量平均比蔬菜连作温室低 32%。所以轮作玉米可有效降低土壤整个剖面硝态氮含量,有利于防止地下水和更深层土壤的硝态氮污染,也为下茬蔬菜生长消除了易引起积盐浓度危害的因子。

表 2 土壤硝态氮的变化 (mg/kg)

土地利用类型	土层深度 (cm)	时间(月—日)			
		03—26	04—28	07—04	09—24
菜粮轮作	0~20	45.415	53.896	59.411	39.228
	20~40	26.998	42.916	25.978	28.512
	40~60	20.634	34.709	22.300	19.936
蔬菜连作	0~20	55.663	83.277	62.683	27.320
	20~40	56.581	54.212	37.070	60.273
	40~60	48.727	47.866	27.796	58.125
粮田	0~20	22.588	15.822	28.918	15.348
	20~40	26.163	14.504	21.803	28.293
	40~60	43.856	12.083	30.834	32.994

3 结论

1) 蔬菜保护地利用夏季休闲期种植吸肥能力较强的玉米可显著降低土壤全盐含量。从 0 ~ 20 cm 耕层看,连续 3 年在夏季种玉米的温室全盐量一年中变化于 0.817 ~ 1.921g/kg 之间,年平均 1.434 g/kg,只有蔬菜连作温室的 56.8%,虽与粮田相比有一定积累,但没有达到次生盐渍化程度。而蔬菜连作温室全盐量一年中分布于 1.173 ~ 4.772 g/kg 之间,平均为 2.521g/kg,已达到次生盐渍化。20 ~ 40cm 土层、40 ~ 60cm 土层,种植玉米温室年平均全盐量分别为 1.044g/kg 和 0.927g/kg,是单一种菜温室的 63.4%和 79.2%,且 40 ~ 60cm 层次全盐量和粮田相差很小。

2) 耕层菜粮轮作和蔬菜连作温室电导率在覆膜后整个蔬菜生长期都大于 0.5ms/cm 的临界值,但菜粮轮作温室电导率值在该时期只是连作温室的 72.8%。耕层土壤电导率玉米种植前后电导率下降 63%,蔬菜连作处理同期电导率下降 47%。从整个剖面的年平均情况看,菜粮轮作温室在 0 ~ 20cm、20 ~ 40cm、40 ~ 60cm 层次电导率分别为蔬菜连作温室的 64%,60%,68%。(下转第 87 页)

和香蕉泥对大花蕙兰的生根均有明显的促进作用,且对幼苗的生长也有一定的促进作用。添加 GA<sub>3</sub> 的培养基上苗根较长,苗较高,而添加香蕉泥的培养基上根和茎明显粗壮。由此可见,GA<sub>3</sub> 有利于根茎纵向伸长,香蕉泥更有利于根茎横向生长,两者合理组配才能促进大花蕙兰长出健壮、优质的瓶苗。

表 4 香蕉泥和 GA<sub>3</sub> 对大花蕙兰生根壮苗的影响

序号	培养基	NAA (mg/L)	GA <sub>3</sub> (mg/L)	香蕉泥 (g/L)	根数 (个)	根长 (cm)	根粗 (cm)	苗高 (cm)	茎粗 (cm)
1	1/2MS	1.0	1.0	150	4.7	2.5	0.23	4.7	0.23
2	1/2MS	1.0	1.0	0	4.1	2.8	0.16	5.4	0.18
3	1/2MS	1.0	0.0	150	3.8	0.8	0.26	4.2	0.25
4	1/2MS	1.0	0.0	0	2.3	0.5	0.15	3.8	0.20

3 小结与讨论

从试验结果可以看出,在大花蕙兰高频再生体系建立的过程中,侧芽是最容易启动的外植体,细胞分裂素 6-BA、生长素 NAA 和基本培养基均可促进类原球茎的诱导和增殖,且 6-BA 对幼苗分化有极显著影响。三者的适宜组配,就成为大花蕙兰类原球茎诱导和增殖及幼苗分化的最适培养基,即 MS+6-BA 1.0mg/L+NAA 0.1mg/L+AC 0.1g/L; 1/2MS+6-BA 1.0mg/L+NAA 0.1mg/L。GA<sub>3</sub> 和香蕉泥可明显促进大花蕙兰瓶苗生根壮苗,从而确定生根壮苗培养基为:1/2MS+NAA 1.0mg/L+GA<sub>3</sub> 1.0mg/L+香蕉泥150g/L。

北京林业大学园林学院杨玉珍等人对大花蕙兰适合类原球茎增殖分化的培养基、培养方式进行了系统的研究,结果增殖倍数为 4.1<sup>[7]</sup>。黔西南民族师范高等专科学校周丽等人采用 5 个处理,对大花蕙兰的类原球茎增殖情况进行研究,结果表明,40 d

后类原球茎的增殖系数最高达 5.70<sup>[8]</sup>。浙江宁波市农业科学研究院林业研究所徐志豪<sup>[9]</sup>、沈阳北陵兰花公司徐大成<sup>[10]</sup>、河北师范大学生命科学学院秘彩莉<sup>[11]</sup>等人也开展了大花蕙兰类原球茎增殖的相关研究,但未见与本研究相同的最高增殖率在 40 d 时可达 11.7 的报道。

参考文献:

[1] 谭文澄,戴策刚. 观赏植物组织培养技术[M]. 北京:中国林业出版社,1997. 237—239.

[2] Sagawa Y, Sengal O P. Aseptic stem propation of vanda miss Juaqum [J]. Indleyana, 1988(3): 27—29.

[3] Winder D D. Clonal multiplication of cymbidium throuh tissue culture of the shoot meristem [J]. Am Orchid Soc Bull, 1963, 32: 105—107

[4] 曹孜义,刘国民. 实用植物组织培养技术教程[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1996. 170—177.

[5] 徐宏英,赵玉明,谢海军,等. 大花蕙兰组培快繁影响因素分析[J]. 园艺学报,2002,29(2): 183—185.

[6] 宋仪农,杜启兰,陈景秀,等. 植物激素和大量元素对大花蕙兰组织培养的影响[J]. 山东林业科技,2001(5): 13—15.

[7] 杨玉珍,孙天洲.,孙廷,等. 大花蕙兰组织培养和快速繁殖技术研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(2): 86—88.

[8] 周丽,胡春根. 大花蕙兰原球茎增殖研究[J]. 黔西南民族师范高等专科学校学报,2002,12(4): 89—91.

[9] 徐志豪,翁学,俞伟国,等. 大花蕙兰催花栽培试验[J]. 浙江林业科技,2003,23(6): 23—25.

[10] 徐大成,刘晓砚,曹伟,等. 几种植物生长调节物质对大花蕙兰组培原球茎增殖的影响[J]. 植物研究,2004,24(1): 76—79.

[11] 秘彩莉,霍晨敏,冯全义,等. 大花蕙兰快速繁殖技术初报[J]. 河北师范大学学报(自然科学版),2002,26(2): 26—28.

(上接第 84 页)

3) 蔬菜连作和菜粮轮作温室硝态氮在耕层都有积累,但菜粮轮作积累幅度小,没有超标,而蔬菜连作温室在调查期间的 4 月和 7 月超标。在垂直剖面上,菜粮轮作在深层与粮田相比没有积累,而蔬菜连作温室土壤硝态氮积累是全剖面性的,从 2005 年 9 月的结果看,由于降水的淋洗作用,深层硝态氮含量高于表层,且 20~40cm 层次超标,降水使硝态氮向下迁移造成深层的富集,对深层土壤和地下水形成潜在威胁。

参考文献:

[1] 内海修一(日). 保护地园艺 环境与作物生理[M]. 北京:农业出版社,1984.

[2] 冯永军,陈为峰,张蕾娜,等. 设施园艺土壤的盐化和治理对策[J]. 农业工程学报,2001,17(2): 111—114.

[3] 王学军. 日光温室土壤次生盐渍化分析[J]. 北方园艺,

1998(Z1): 15—16.

[4] 张春兰,张耀栋,周权锁. 不同作物茬口对减轻蔬菜保护地土壤盐害及连作障害的作用[J]. 土壤通报,1995,26(6): 257—259.

[5] 杜连凤,刘文科,刘建玲. 河北省蔬菜大棚土壤盐分状况及其影响因素[J]. 土壤肥料,2005(3): 17—19.

[6] 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.

[7] 李先珍,王耀林,张志斌,等. 保护地蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究初报[J]. 中国蔬菜,1993(4): 15—17.

[8] 童有为,陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J]. 园艺学报,1991,18(2): 159—162.

[9] 姚春霞,陈振楼,陆利民,等. 上海市蔬菜的土壤硝态氮状况研究[J]. 生态环境,2005,14(2): 220—223.

[10] 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(2): 66—69.