

不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤氮磷生物转化特征

申卫收^{1, 2, 3}, 林先贵^{1, 2*}, 张华勇^{1, 2}, 尹睿^{1, 2}, 段增强¹, 施卫明¹

(1. 中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京 210008;

2. 中国科学院南京土壤研究所—香港浸会大学土壤与环境联合开放实验室, 南京 210008;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 为了从土壤生物学角度评价太湖地区不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤肥力与质量, 该研究调查了江苏省宜兴市不同蔬菜品种、不同栽培年限、不同栽培方式及不同土壤深度的蔬菜塑料大棚土壤氮磷生物学特性。结果显示, 土壤脲酶活性受不同蔬菜品种影响, 栽种黄瓜的土壤脲酶活性显著小于栽种茄子的土壤。随着栽培年限的增加, 土壤脲酶活性与氨氧化细菌数量明显增加。在种植同一种蔬菜(黄瓜)条件下, 基质槽培下理化性状与部分生物学指标优于土壤栽培。蔬菜塑料大棚土壤脲酶活性与氨氧化细菌数量随着土壤深度的增加总体呈缓慢降低的趋势, 中性磷酸酶活性随土壤深度增加先升高而后降低; 与相同土层的露地土壤相比, 蔬菜塑料大棚土壤理化性状逐渐恶化, 土壤脲酶活性和氨氧化细菌数量相对较高。这些结果可以为该地区蔬菜塑料大棚土壤的可持续利用提供初步的土壤生物学依据。

关键词: 蔬菜塑料大棚; 连作; 基质槽培; 土壤脲酶活性; 土壤中中性磷酸酶活性; 氨氧化细菌; 反硝化细菌

中图分类号: S154

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-2-0199-06

申卫收, 林先贵, 张华勇, 等. 不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤氮磷生物转化特征[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 199—204.

Shen Weishou, Lin Xiangui, Zhang Huayong, et al. Biological transformation characteristics of N and P in different polytunnel greenhouse vegetable soils[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(2): 199—204. (in Chinese with English abstract)

0 引言

江苏省宜兴市地处太湖流域, 属亚热带季风气候, 年平均气温15.7℃, 无霜期240多d, 生长期可达250 d左右, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温5418℃, 多年平均降水量1177 mm。随着城镇化水平提高及农业产业结构的调整, 蔬菜塑料大棚面积逐年扩大, 土地利用强度增加, 化学肥料投入量加大, 出现了土壤次生盐渍化、酸化及土传病害严重等一系列连作障碍, 有些地方甚至造成地表水与地下水的污染。土壤生物学指标能敏感地反映土壤质量的变化, 是土壤质量评价指标体系的重要组成部分^[1]。土壤酶活性可以反映土壤养分转化能力的强弱, 是评价土壤肥力的重要指标之一^[2, 3]。土壤酶活性与土壤理化性状之间存在着密切的相关性^[4]。土壤酶活性受土地利用方式、作物、水肥管理及耕作制度等因素的影响^[5-9]。土壤氨氧化细菌与

反硝化细菌的存在与活动对土壤肥力及生态环境有重要意义。土壤氨氧化细菌与反硝化细菌数量受土壤类型、水氮供应及肥料类型等因素的影响^[10, 11]。

本文以江苏省宜兴市的蔬菜塑料大棚土壤为研究对象, 调查了不同蔬菜种类、不同栽培年限、不同栽培方式及不同深度的土壤脲酶活性、中性磷酸酶活性、氨氧化细菌及反硝化细菌数量的变化, 为蔬菜塑料大棚土壤的可持续利用提供土壤生物学依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集与处理

本试验在江苏省宜兴观光农业科技示范园塑料大棚中进行, 示范园内土壤类型、种植制度及水肥管理比较一致。塑料大棚为钢架结构, 尺寸为36 m×6 m, 每个塑料大棚作为一个小区, 面积约为160 m², 每种处理随机选取3个不同的塑料大棚作为重复。塑料大棚内基肥施用商品有机肥(烘干鸡粪, 约300 kg/667 m²), 追肥施用尿素(约150 kg/667 m²)、过磷酸钙(约75 kg/667 m²)及硫酸钾(约75 kg/667 m²)。供试土壤于2005年12月采自示范园内塑料大棚, 土壤样品分别为: ①种植不同蔬菜种类(茄子、黄瓜、芹菜, 塑料大棚种植年限为4 a, 采样时处于收获后期。茄子在9月份定植, 12月份拉秧; 黄瓜在9月份定植, 12月份或第2年1月份拉秧; 芹菜

收稿日期: 2007-01-16 修订日期: 2007-08-29

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“温室土壤养分循环特征及生物与环境效应”(Kzcx3-sw-439)

作者简介: 申卫收(1979—), 男, 陕西杨凌人, 博士生, 主要研究方向为环境与土壤微生物学。南京 中国科学院南京土壤研究所, 210008。

Email: wsshenn@mail.issas.ac.cn

※通讯作者: 林先贵(1955—), 男, 研究员, 广东汕头人, 博士生导师, 主要研究方向为土壤微生物多样性及其生态功能、环境微生物及其应用。南京 中国科学院南京土壤研究所, 210008。Email: xglin@mail.issas.ac.cn

撒播, 终年种植); ②不同栽培年限 (4a、1a 蔬菜塑料大棚。每年栽培两季: 第一季种植黄瓜或番茄, 第二季种植黄瓜或茄子, 芹菜终年种植); ③不同栽培方式 (土壤栽培、基质槽培, 栽培蔬菜均为黄瓜, 连作 4 a。无土栽培基质是由泥炭 (50%, v/v)、河沙 (40%, v/v)、炉渣灰 (5%, v/v)、稻壳灰 (5%, v/v) 混合, 并经福尔马林消毒后制成。基质槽培使用的营养液为 Hoagland 营养液, pH 值为 6.2~6.5, EC 值为 2.0。黄瓜先进行育苗, 出现两叶一心后定植); ④不同深度土壤 (0~20、20~30、30~40 和 40~50 cm, 连作 4 a, 采样时黄瓜已拉秧)。塑料大棚内“S”形多点采集各类土壤样品, 每样取土量约 3 kg, 新鲜土样去掉石子、植物根系等杂物后混匀, 然后保存在 4℃ 冰箱中待分析。另外取出部分土样风干, 过 2 mm 筛孔, 测定土壤总盐分含量及 pH 值^[12]。

1.2 测试项目与方法

1.2.1 土壤酶活性

取过 1 mm 筛的新鲜土样测定土壤酶活性。土壤脲酶活性采用苯酚-次氯酸钠比色法测定; 土壤中性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定^[13]。

1.2.2 土壤微生物

土壤氨氧化细菌与反硝化细菌数量采用最大可能数法 (MPN 法) 测定, 每个土样 4 次重复。

1.3 数据统计分析

数据统计分析利用 SPSS 13.0 和 Microsoft Excel 2003 完成。

2 结果与分析

2.1 不同蔬菜种类土壤氮磷生物学特性

土壤脲酶直接参与土壤中含 N 有机化合物的转化。脲酶的作用是极为专性的, 它仅能水解尿素生成氨^[14]。土壤中酰胺态氮的降解与脲酶活性相关。土壤脲酶活性反映了土壤对酰胺态氮的转化能力和土壤无机氮的供应能力, 尤其是施用尿素的土壤。土壤脲酶活性受不同植被影响。有研究发现, 土壤脲酶活性受不同树种影响^[15]。从表 1 可以看出, 土壤脲酶活性也受不同蔬菜品种影响, 栽种黄瓜的土壤脲酶活性显著低于栽种茄子的土壤, 略低于栽种芹菜的土壤。可能是黄瓜根系分泌的有毒物质影响土壤脲酶活性, 有研究发现, 日光温室黄瓜连作土壤中酚酸类物质(对羟基苯甲酸、阿魏酸、苯甲酸) 明显积累, 酚酸类物质在土壤中过量积累则会抑制脲酶活性, 导致土壤供氮能力减弱^[16]。另外, 栽种黄瓜的土壤中尖孢镰刀菌数量达 1.6×10^4 cfu · g⁻¹ 干土, 显著大于栽种芹菜和茄子的土壤^[17]。由于该园区塑料大棚内主要种植黄瓜和番茄, 长期连作可能造成土壤养分失衡与病害真菌数量的增加, 不利于塑料大棚蔬菜土壤的可持续利用。

土壤中性磷酸酶能促进土壤有机磷化合物的水解。有机磷是土壤总磷的重要组成部分 (占总磷的 20% ~

80%)。在土壤磷酸酶的作用下, 有机磷才能转化为植物可吸收的无机磷。土壤磷酸酶活性反映了土壤向作物供应有效磷的潜在能力。从表 1 可以看出, 栽种茄子、黄瓜和芹菜的土壤中性磷酸酶活性没有显著性差异。说明栽种不同蔬菜品种对土壤中性磷酸酶活性影响较小。

土壤氨氧化细菌参与土壤硝化反应的第一步, 将氨氧化为亚硝酸盐, 是硝化作用的限速步骤。土壤反硝化细菌在通气不良的土壤中将硝酸盐还原为氮气, 并伴有中间产物氧化亚氮的产生和排放。从表 1 可以看出, 不同蔬菜品种对土壤氨氧化细菌数量与反硝化细菌数量没有显著影响。

表 1 栽种 4 a 不同蔬菜品种土壤氮磷生物转化特征

Table 1 Biological transformation characteristics of N and P in soils cultivated with different species of vegetable for four years

蔬菜品种	脲酶活性 /NH ₃ -N mg · g ⁻¹ DW	中性磷酸酶 活性/HB mg · g ⁻¹ DW	氨氧化细菌 数量/Log MPN · g ⁻¹ DW	反硝化细菌 数量/Log MPN · g ⁻¹ DW
茄子	0.286±0.074 a	3.241±0.704 a	3.05±0.10 a	5.31±0.33 a
黄瓜	0.126±0.032 b	3.575±0.262 a	3.00±0.41 a	6.24±0.74 a
芹菜	0.141±0.085 b	3.469±0.880 a	2.64±0.10 a	5.84±0.11 a

注: 同一列中不同字母表示在 0.05 水平差异显著; DW: 土壤干质量;

HB: 酚; 培养条件: 37℃, 24h

2.2 不同栽培年限土壤氮磷生物学特性

从表 2 可以看出, 栽种 4a 土壤脲酶活性显著大于栽种 1a 土壤。有报道指出, 日光温室土壤脲酶活性随土壤使用年限的增加而呈增大的趋势^[18]。吴凤芝等研究发现, 连作 18 a 的塑料大棚黄瓜根际土壤脲酶活性比连作 3 a 土壤略有增高, 但未达显著水平^[19]; 大棚番茄不同连作年限的土壤脲酶活性 8 a > 4 a > 2 a^[20]。但也有研究认为, 连作年限对脲酶活性的影响无明显规律^[21]。

在 pH 值中性或接近中性的土壤, 中性磷酸酶活性一般随土壤使用年限的增加呈现出增大的趋势^[18, 20]。而表 2 显示, 栽种 4 a 土壤中性磷酸酶活性略低于栽种 1 a 土壤 (统计差异不显著)。随土壤使用年限的增加, 太湖地区蔬菜塑料大棚土壤呈现出次生盐渍化与酸化并存的现象^[22]。有些土壤酶活性受土壤盐分总含量影响, 随土壤中盐分浓度的提高而下降^[23], 土壤中性磷酸酶活性也可能有类似的变化规律。同时, 土壤中性磷酸酶活性也受 pH 值影响, 与 pH 值极显著相关 (0.805)^[5]。

土壤氨氧化细菌数量随土壤使用年限的增加也呈现出增多的趋势。如表 2 所示, 栽种 4 a 土壤氨氧化细菌数量显著大于栽种 1 a 土壤, 但反硝化细菌数量与栽种 1 a 土壤差异不显著。硝化作用可能随土壤使用年限的增加而增强, 这与土壤中氮素大量累积从而为微生物提供了丰富的氮源有密切关系; 同时由于硝态氮容易向下迁移, 也存在污染地下水的生态风险。调查发现, 江苏省宜兴市老塑料大棚生产区地下水中硝酸盐含量明显高于新塑

料大棚生产区^[22]。随着栽培年限的增加，塑料大棚土壤中尖孢镰刀菌数量随之增加^[17]，也不利于塑料大棚蔬菜土壤的可持续利用。科学合理的轮作与施肥在一定程度上可以减轻连作障碍，从而有利于蔬菜塑料大棚土壤的可持续利用。

表2 不同栽培年限土壤氮磷生物转化特征

Table 2 Biological transformation of N and P in soils with different cultivation histories

年限/a	脲酶活性/ /NH ₃ -N mg·g ⁻¹ DW	中性磷酸酶 活性/HB mg·g ⁻¹ DW	氨氧化细菌 数量/Log MPN·g ⁻¹ DW	反硝化细菌 数量/Log MPN·g ⁻¹ DW
4	0.286±0.074 a	3.241±0.704 a	3.05±0.10 a	5.31±0.33 a
1	0.189±0.013 b	4.111±1.046 a	2.77±0.01 b	5.45±0.23 a

注：同一列中不同字母表示在0.05水平差异显著；DW：土壤干质量；HB：酚；培养条件：37℃，24 h。

2.3 不同栽培方式土壤氮磷生物学特性

无土栽培不会造成蔬菜塑料大棚土壤次生盐渍化、酸化及土传病害等问题。无土栽培目前主要以基质栽培方式进行^[24]。从表3可以看出，在种植同一种蔬菜（黄瓜）条件下，基质槽培下脲酶活性大于土壤栽培，但中性磷酸酶活性略小于土壤栽培，统计差异不显著。

基质中存活的微生物可以作为构成基质肥力的重要因素。从表 3 可以看出，土壤栽培氨氧化细菌与反硝化细菌数量大于基质槽培，但统计差异不显著。另外，太湖地区土壤栽培下盐分总含量显著大于基质槽培，其 pH

值显著小于基质槽培，基质槽培下理化性状要优于土壤栽培，其中的尖孢镰刀菌数量也比较少，仅 1.1×10^4 cfu g⁻¹ 干土^[17]。基质槽培为代表的简易无土栽培可能是太湖地区乃至长江三角洲地区蔬菜塑料大棚的发展方向之一。

表 3 黄瓜不同栽培方式土壤氮磷生物转化特征

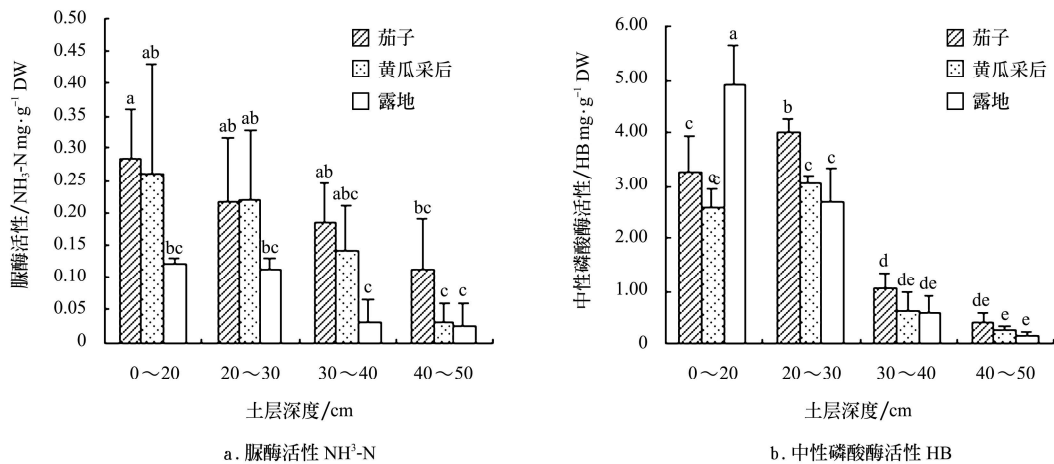
Table 3 Biological transformation characteristics of N and P in different culture media for cucumber

基质类型	脲酶活性/ /NH ₃ -N mg·g ⁻¹ DW	中性磷酸酶 活性/HB mg·g ⁻¹ DW	氨氧化细菌数 量/Log MPN·g ⁻¹ DW	反硝化细菌 数量/Log MPN·g ⁻¹ DW
土壤栽培	0.126±0.032a	3.575±0.262a	3.00±0.41 a	6.24±0.74 a
基质槽培	0.189±0.029a	2.821±0.650a	2.56±0.00 a	5.26±0.17 a

注：同一列中不同字母表示在0.05水平差异显著；DW：土壤干质量；HB：酚；培养条件：37℃，24h

2.4 不同深度土壤氮磷生物学特性

设施栽培与露地栽培对表层土壤酶活性有显著影响^[18]，但对深层土壤酶活性的影响报道较少。从图 1 可以看出，塑料大棚茄子土壤及黄瓜采后土壤脲酶活性随深度呈缓慢降低的趋势，仅 0~20 cm 土壤显著大于 40~50 cm 土壤。露地土壤脲酶活性也随土层深度增加缓慢降低。并且，露地各层土壤的脲酶活性都低于大棚各层土壤的脲酶活性，以 0~20 cm 与 30~40 cm 塑料大棚茄子土壤最为显著。由于蔬菜塑料大棚土壤过量施用氮肥的现象比较普遍，从而蔬菜塑料大棚土壤脲酶活性大于露地土壤。



注：不同字母表示在 0.05 水平差异显著

图 1 不同深度土壤脲酶活性与中性磷酸酶活性

Fig. 1 Soil urease activity and neutral phosphatase activity in different depths of soils

如图 1 所示，蔬菜塑料大棚土壤中性磷酸酶活性随土壤深度增加出现先升高而后降低的趋势，露地土壤则保持明显降低的趋势。栽种茄子的 20~30 cm 土壤中磷酸酶活性显著大于其他土层；黄瓜采后的 20~30 cm 土壤中磷酸酶活性也大于其他土层。从表 4 可知，塑料大棚茄子 0~20 cm 土壤盐分总含量和 pH 值与 20~

30 cm 土壤均无显著差异；黄瓜采后 0~20 cm 土壤盐分总含量显著大于 20~30 cm 土壤，其 pH 值与 20~30 cm 土壤差异不显著。土壤盐分增加及 pH 值降低均可能抑制土壤中磷酸酶活性。塑料大棚土壤也存在过量施用磷肥的现象，而磷很少向下层土壤迁移，大多累积在表层，这些可能使塑料大棚茄子及黄瓜采后的 20~30 cm 土壤

中性磷酸酶活性大于其他土层。

表4 不同深度土壤盐分总含量及 pH 值

Table 4 Total salt contents and pH values in different depths of soils

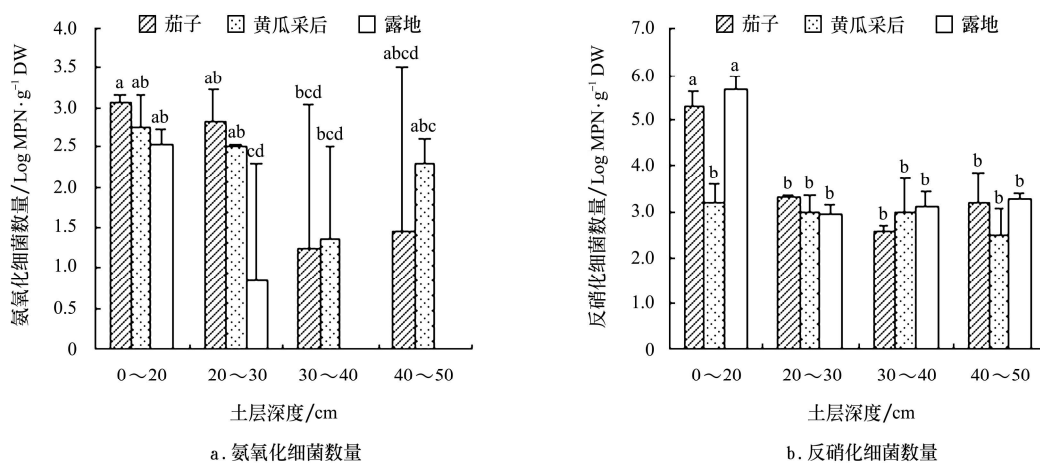
土层深度/cm	茄子		黄瓜采后		露地	
	土壤盐分总含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	pH 值/ H_2O	土壤盐分总含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	pH 值/ H_2O	土壤盐分总含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	pH 值/ H_2O
0~20	3.31±1.31 a	5.06±0.32 a	4.14±1.02 a	5.37±0.49 a	0.68±0.18 a	5.58±0.26 a
20~30	1.98±0.46 a	5.32±0.51 a	1.72±0.41 b	5.75±0.25 a	0.47±0.12 a	6.18±0.42 a

注：同一列中不同字母表示在 0.05 水平差异显著

如图 2a 所示，在 0~40 cm 土层中，蔬菜塑料大棚土壤氨氧化细菌数量呈缓慢降低趋势，然而露地土壤氨氧化细菌数量则明显降低，并且蔬菜塑料大棚土壤氨氧化细菌数量高于露地土壤的相应土层。栽种茄子的 0~20 cm 土壤氨氧化细菌数量高于以下各层土壤，且显著高于 30~40 cm 土壤，但与 20~30 cm 土壤氨氧化细菌数量差异不显著，并且 0~20 cm 以下各层土壤氨氧化细菌数量差异都不显著。黄瓜采收后的 0~20 cm 土壤氨氧化细菌数量高于以下各层土壤，但统计差异不显著，并且 0~20 cm 以下各层土壤氨氧化细菌数量差异也都不显著。而露地 0~20 cm 土壤氨氧化细菌数量显著高于以下各层土壤，并且 30~40 cm 及 40~50 cm 土壤几乎没有氨氧化细菌 (MPN 数值为零)。这可能与太湖地区蔬菜塑料大棚夏天揭膜，过量施用氮肥以及氮素向下层土壤淋溶有关。

种植茄子的塑料大棚与露地表层土壤反硝化细菌数量都显著高于以下各层土壤，并且表层以下土壤反硝化细菌数量随着深度的增加不再降低；但黄瓜采后的塑料大棚土壤反硝化细菌数量随土层深度增加没有明显变化 (见图 2b)。

由于太湖地区河网密布，地下水位较浅，合理施用氮肥及提高氮肥利用率，防止土壤硝态氮淋溶甚至污染地下水是今后太湖地区塑料大棚蔬菜土壤可持续利用值得重视的问题；合理施用磷肥与提高磷肥利用率，防止磷素随地表径流进入太湖水体，造成水体富营养化。正因为如此，在江苏省宜兴观光农业科技示范园塑料大棚布置了氮肥、磷钾肥及测土配方施肥小区试验，以进一步优化肥料用量，提高肥料利用率，保护土壤与地下水，为该地区蔬菜塑料大棚土壤的可持续利用提供依据。



注：不同字母表示在 0.05 水平差异显著

图2 不同深度土壤氨氧化细菌数量与反硝化细菌数量

Fig. 2 Numbers of ammonia-oxidizing bacteria and denitrifying bacteria in different depths of soils

3 结论与建议

3.1 结论

对江苏省宜兴市蔬菜塑料大棚土壤氮磷生物学特性的调查表明，栽种黄瓜的土壤脲酶活性有降低的趋势；随着连作年限的增加，蔬菜塑料大棚土壤脲酶活性和氨氧化细菌数量明显增加，可能增加地下水与地表水硝酸

盐含量超标的生态风险；基质槽培下理化性状与部分生物学指标相对优于土壤栽培；随着土层深度的增加，蔬菜塑料大棚土壤脲酶活性和氨氧化细菌数量降低缓慢，中性磷酸酶活性甚至有所增加；与相同土层的露地土壤相比，蔬菜塑料大棚土壤理化性状逐渐恶化，土壤脲酶活性和氨氧化细菌数量相对较高，有增加水体硝酸盐含量超标的生态风险。

3.2 建议

科学合理的轮作与施肥可以减轻连作障碍, 有利于蔬菜塑料大棚土壤的可持续利用。无土栽培有利于蔬菜塑料大棚土壤的可持续利用, 可能是该地区蔬菜塑料大棚发展的方向之一。合理施用肥料与提高肥料利用率, 防止污染地下水以及造成水体富营养化是今后该地区蔬菜塑料大棚土壤可持续利用值得重视的环境问题。

[参 考 文 献]

- [1] 孙波, 赵其国, 张桃林, 等. 土壤质量与持续环境. III. 土壤质量评价的生物学指标[J]. 土壤, 1997, 29 (5): 225—234.
- [2] 樊军, 郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究. II. 土壤酶活性与土壤肥力[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (2): 146—150.
- [3] 邱莉萍, 刘军, 王益权, 等. 土壤酶活性与土壤肥力的关系研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (3): 277—280.
- [4] 贾继文, 聂俊华, 李絮花, 等. 蔬菜大棚土壤理化性状与土壤酶活性关系的研究[J]. 山东农业大学学报, 2001, 32 (4): 427—432.
- [5] 张华勇, 尹睿, 黄锦法, 等. 稻麦轮作田改为菜地后生化指标的变化[J]. 土壤, 2005, 37 (2): 182—186.
- [6] 米国全, 袁丽萍, 龚元石, 等. 不同水氮供应对日光温室番茄土壤酶活性及生物环境影响的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21 (7): 124—127.
- [7] 尤彩霞, 陈清, 任华中, 等. 不同有机肥及有机无机配施对日光温室黄瓜土壤酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2006, 43 (3): 521—523.
- [8] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (4): 406—410.
- [9] 王聪翔, 闻杰, 孙文涛. 不同保护性耕作方式土壤酶动态变化的研究初报[J]. 辽宁农业科学, 2005 (6): 16—18.
- [10] 袁飞, 冉伟, 胡江, 等. 变性梯度凝胶电泳法研究我国不同土壤氨氧化细菌群落组成及其活性[J]. 生态学报, 2002, 8 (2): 239—243.
- [11] 张光亚, 陈美慈, 闵航, 等. 设施栽培土壤氧化亚氮释放及硝化、反硝化细菌数量的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 25 (6): 1318—1324.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [13] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [14] 周礼恺, 张志明. 土壤酶活性的测定方法[J]. 土壤通报, 1980, 1 (5): 154—155.
- [15] 白翠霞, 耿玉清, 梁伟. 八达岭地区主要森林类型土壤脲酶活性研究[J]. 四川农业大学学报, 2005, 23 (4): 424—427.
- [16] 马云华, 王秀峰, 魏珉, 等. 黄瓜连作土壤酚酸类物质积累对土壤微生物和酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16 (11): 2149—2153.
- [17] 申卫收, 林先贵, 张华勇, 等. 不同栽培条件下温室大棚蔬菜土壤尖孢镰刀菌数量的变化[J]. 土壤学报, 2008, 45 (1): 129—134.
- [18] 唐咏, 梁成华, 刘志恒, 等. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30 (1): 16—19.
- [19] 吴凤芝, 赵凤艳, 谷思玉. 保护地黄瓜连作对土壤生物化学性质的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18 (1): 20—22.
- [20] 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜, 1998, 4: 5—8.
- [21] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J]. 应用生态学报, 2004, 15 (6): 1005—1008.
- [22] Shi W M, Yao J, Yan F. The seasonal variation of greenhouse soil nutrients content and its impact on soil EC and groundwater in Eastern China[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science (submitted).
- [23] 张建锋, 张旭东, 周金星, 等. 盐分胁迫对杨树苗期生长和土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16 (3): 426—430.
- [24] 刘伟, 余宏军, 蒋卫杰. 我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14 (3): 4—7.

Biological transformation characteristics of N and P in different polytunnel greenhouse vegetable soils

Shen Weishou^{1, 2, 3}, Lin Xiangui^{1, 2*}, Zhang Huayong^{1, 2}, Yin Rui^{1, 2}, Duan Zengqiang¹, Shi Weiming¹

(1. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. Joint Open Laboratory of Soil and Environment, Institute of Soil Science and Hong Kong Baptist University, Nanjing 210008, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In order to evaluate the soil fertility and quality in different polytunnel greenhouse vegetable soils in Taihu

Lake regions from the soil biology point of view, the authors investigated the variation of soil biological indicators, such as urease activity, neutral phosphatase activity, numbers of ammonium oxidizing bacteria and denitrifying bacteria in soils under polytunnel greenhouse cultivation, which is different in vegetable species, different in cultivation history, different in culture systems and different in depth. Results show that the soil urease activity was affected by different vegetable species. The urease activity in polytunnel greenhouse cucumber soil was significantly less than that in polytunnel greenhouse eggplant soil. The soil urease activity and the number of ammonia-oxidizing bacteria tended to increase with the years of cultivation. Some physi-chemical and biological properties in polytunnel greenhouse aggregate were superior to those in polytunnel greenhouse soil. The urease activity and the number of ammonia-oxidizing bacteria decreased slowly with the increase in soil depth in polytunnel greenhouse vegetable soils. The neutral phosphatase activity increased at first, and then decreased with the increase in soil depth. Some physi-chemical properties run down in polytunnel greenhouse soils, and the urease activity and the number of ammonia-oxidizing bacteria were relatively higher when compared with open field soil. These results may provide primary soil biological reasons for the sustainable use of polytunnel greenhouse vegetable soils in Taihu Lake regions.

Key words: polytunnel greenhouse vegetable soil; continuous cropping; aggregate culture in troughs; soil urease activity ; soil neutral phosphatase activity; ammonium oxidizing bacteria; denitrifying bacteria.