

山西设施栽培条件下土壤理化性质的变化规律^{*}

吴忠红^{1,2}, 周建斌¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 山西师范大学 生命科学院, 山西 临汾 041000)

[摘 要] 测定了山西设施栽培条件下不同种植年限耕层土壤的理化性质。结果表明, 设施栽培条件下土壤有机质、电导率、全量养分(全氮、全磷和全钾)和速效养分(碱解氮、速效磷和速效钾)含量与种植年限均呈二次多项式关系, 且相关关系达显著或极显著水平。土壤有机质含量较低, 生产中应增加有机肥的施用量; 全氮、全磷盈余, 全钾耗亏, 全量养分关系失衡成为土壤肥力提高的障碍因子; 速效养分累积明显; 土壤 pH 值明显低于大田土壤, 有酸化趋势; 土壤电导率较高, 但未达到严重影响作物生长发育的水平。表明设施土壤理化性状和各种形态养分的动态变化可能会导致土壤功能发生转变。

[关键词] 设施土壤; 全量养分; 速效养分; 电导率; pH; 山西

[中图分类号] S158.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)05-0136-05

Changes of soil physical and chemical characters under greenhouses cultivation in Shanxi Province

WU Zhong-hong^{1,2}, ZHOU Jian-bin¹

(1 College of Resource & Environmental Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041004, China)

Abstract : The physical and chemical characters and the nutrient contents in top soils greenhouses in different parts of Shanxi Province were determined to evaluate the changes of the soil fertility. The results showed that there were significantly quadratic relationships between the cultivating years and organic matter, total nutrients (total N, P and K) and available nutrients (available N, P and k) content, and electric conductivity. The total N, and P in greenhouse soils increased, but the total K decreased, which indicated new challenge of soil fertility under greenhouse cultivation. The available nutrients in greenhouse soil were higher than that of open-land. The organic matter in greenhouse soils was still low compared with the high productivity greenhouse soil, and the soil pH was lower than that of open-land, indicating the acidification of the soils under greenhouse condition. The electric conductivity in greenhouse soil increased significantly, but it didn't reach the harmful level to the plant growth and development. Therefore, more attention should be paid to the application of organic fertilizers. It is suggested that the dynamic transformation of soil physical and chemical properties and nutrients may lead to the transformation of soil function.

Key words : greenhouse soil; total nutrient; available nutrient; EC; pH; Shanxi Province

* [收稿日期] 2006-11-27

[基金项目] 国家科技部“十五”攻关项目(2004BA516A09); 西安市农业科技攻关项目(GG04094); 西北农林科技大学拔尖人才支持计划项目(2006)。

[作者简介] 吴忠红(1963-), 男, 山西襄汾人, 在读硕士, 主要从事植物营养研究。E-mail: wuzhonghong501@sina.com

[通讯作者] 周建斌(1964-), 男, 陕西大荔人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养与旱地水肥调控研究。

E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn

近年来,以高技术、高投入、高产出为特征的高度集约设施农业在我国得到迅猛发展,全国设施农业面积已突破 210 万 hm^2 ^[1]。但由于土壤管理、施肥技术水平的差异和种植年限的不同,再加上设施农业中特殊的环境条件,如半封闭性结构、高复种指数、高温高湿、自然光入射少和缺乏雨水淋洗等,使设施土壤产生了土壤养分失调、硝酸盐大量积聚、土壤次生盐渍化、土壤微生物种群受损、作物连作障碍等一系列问题,这些已对设施作物的生长发育造成了不同程度的危害^[2-3],这也是一些地方设施农业发展处于徘徊局面的原因之一。以山西省为例,1997 年大棚蔬菜面积 1.03 万 hm^2 ,1998 年发展到 1.80 万 hm^2 ,2003 年种植面积为 1.89 万 hm^2 ,与 1998 年保持相当水平^[3]。据笔者调查,南北方设施农业生产中,日光温室或大棚在使用若干年后,农民往往采取施用大量化肥的方法来维持一定的产量,如在云南滇池西芹生产中,尿素施用量竟达到 6 000 kg/hm^2 。

山西省目前对设施土壤方面的研究资料较少,且大都是局限于小范围的调查研究,未能解决设施农业中出现的各种问题^[4-5]。进行实地调查,研究日光温室土壤养分特征,对合理施肥以保持温室土壤

环境优化、农产品优质高产及设施农业可持续发展非常必要。本研究对山西省主要设施农业区土壤养分情况进行了随机调查,并取样分析土壤养分累积状况,对设施农业生产条件下的土壤养分动态特征进行了系统分析,旨在为山西设施农业的可持续发展提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 土样采集

2004-11~2005-01,在日光温室扣棚后和作物定植生长期间,对山西省太原市以南主要设施农业区的生产情况进行了随机调查,包括 18 个县(区),共调查了 31 个日光温室,主要栽培作物有番茄、西葫芦、辣椒、生菜、芹菜,还有油桃、杏等果树品种,各种作物分别处于不同的生长期。土壤类型为黄土母质上发育的山西地带性土壤褐土。调查的同时,采用“S”形布点法于棚室内取耕层 0~20 cm 农化混合土样,采集土样 31 个。设施类型以节能日光温室为主,有个别栽培时间较长的拱棚也被列入了调查范围,以便能够更清楚地反映设施土壤养分的动态变化。

表 1 山西主要设施农业区基本情况的调查结果

Table 1 Table of investigation on cultivating under greenhouse in Shanxi Province					
调查地点 Site	温室数 Number	种植年限/a Cultivating years	主要种植作物 Main crop	基本施肥状况/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) State of applied fertilizer	
				有机肥 Organic fertilizer	化肥 Chemical fertilizer
晋中市 Jinzhong city	5	4~15	番茄 Tomato	75 000	2 500
长治市 Changzhi city	4	4~5	西葫芦 Pumpkin	20 000	6 000
晋城市 Jincheng city	4	4~5	黄瓜、西葫芦 Cucumber ,pumpkin	45 000	7 000
临汾市 Linfen city	8	1~7	生菜、芹菜、菠菜、芦荟 Romaine lettuce ,celery ,spinach ,aloe	15 000	4 500
运城市 Yuncheng city	10	2~15	辣椒、西葫芦、番茄、油桃 Hot pepper ,pumpkin ,tomato ,oil peach	25 000	6 000

1.2 测定项目与方法

采用土壤农化常规分析方法测定土壤 pH 值、EC 值及有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量^[6]。数据采用 Excel 软件处理。

2 结果与分析

2.1 设施栽培条件下土壤有机质含量现状及分析

土壤有机质含量是土壤肥力的一项重要指标。据笔者调查,山西省设施农业栽培中有机肥施用量

较少,一般为 22 500 kg/hm^2 。与高产优质菜地对土壤肥力的要求相比,土壤有机质含量均处于较低水平^[4-5],这可能是影响设施栽培效益的一个重要因素,故生产中应提高有机肥的施用量。

从图 1 可以看出,土壤有机质含量与种植年限关系呈抛物线形曲线,回归方程为:

$$y = - 0.091\ 4x^2 + 1.748\ 7x + 8.481\ 3,$$
$$R^2 = 0.415。$$

(1)

经方差分析可知,式(1)相关性达显著水平。有

研究表明,设施土壤有机质含量随种植年限的延长呈缓慢增加趋势^[4,7-8],这与本研究的结果略有差异。根据拟合方程(1)计算可知,土壤有机质含量在种植年限为 9~10 年时达最高,而实际调查的出现在种植 5~8 年。

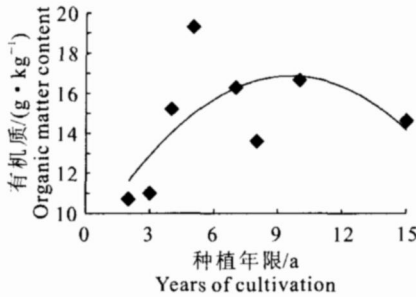


图 1 种植年限与土壤有机质含量的关系

Fig. 1 Relationship between the years of cultivation and content of organic matter

2.2 设施栽培条件下土壤养分全量现状及分析

设施农业土壤生态系统生物归还量远不能满足作物的消耗量,多以化肥替代生物归还量,从而导致 N、P、K 三大元素盈亏参差的局面,成为土壤肥力建设的障碍因子^[9]。作者调查发现,一些日光温室的全磷含量可达 3.58 g/kg,为露地土壤(全磷含量为 (0.64 ±0.31) g/kg)的 4~10 倍;个别温室(高平市

店上村,5 年)全氮含量亦高达 3.50 g/kg;除个别温室外,全钾含量与露地相当,有的甚至只有露地的 1/2^[10]。由此可知,设施土壤养分库中,全氮、全磷含量盈余,全钾含量耗亏,全量养分关系失衡成为土壤肥力提高的限制因子。本研究中由测定数据分析可知,土壤全氮、全磷、全钾含量与种植年限回归方程分别为:

全氮: $y = -0.0056x^2 + 0.1102x + 0.8153$, $R^2 = 0.585$; (2)

全磷: $y = -0.0060x^2 + 20.2419x + 0.5848$, $R^2 = 0.952$; (3)

全钾: $y = 0.0033x^2 - 0.0999x + 2.2139$, $R^2 = 0.571$ 。 (4)

经方差分析可知,以上 3 个方程相关性均达极显著水平。由图 2 可知,土壤全氮、全磷和全钾含量与种植年限均呈二次多项式关系,即随着种植年限的增加,全氮含量呈先增加而降低的趋势;全磷含量呈逐渐增大的趋势;而全钾含量则呈降低的趋势。

根据式(2)~(4)可知,最高土壤全氮含量出现在种植 9~10 年,而实际调查发现,在设施栽培条件下种植 4~8 年土壤全氮含量最高;全钾含量随种植年限呈现降低趋势,种植 15 年后最低;土壤含磷量随种植年限呈明显累积趋势。

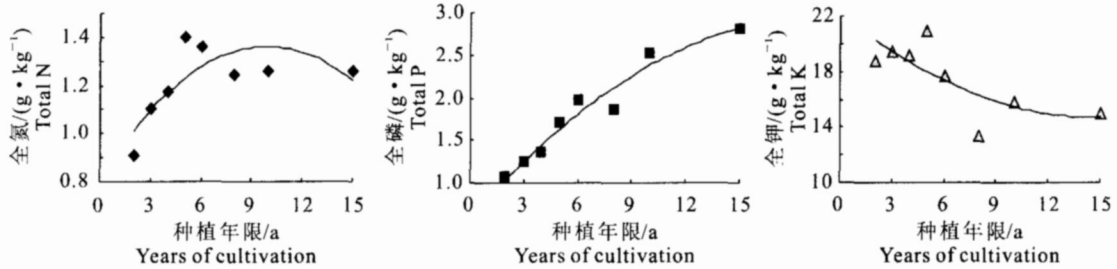


图 2 种植年限与土壤全氮、全磷、全钾的关系

Fig. 2 Relationship between the years of cultivation and the contents of total nutrients in soils

2.3 设施栽培条件下土壤速效养分含量现状及分析

山西设施农业区土壤速效养分含量显著高于大田土壤^[11],这与设施农业化肥施用量高有关。据笔者调查,种植年限为 4~5 年的日光温室化肥施用总量平均 6 800 kg/km²,为大田化肥施用量的 4~5 倍。连续种植数年后,导致土壤速效养分大量累积;同时,由于诸如土壤养分失调、连作障碍等一系列问题的出现^[3,5],日光温室生产经济效益逐年降低,反过来又影响了农民对日光温室的投入。设施栽培条件下土壤速效养分含量的变化趋势(图 3),就是这

一现象较好的佐证。

土壤速效养分含量与种植年限的关系表现均一致,其回归方程分别如下:

碱解氮: $y = -1.0626x^2 + 19.743x + 21.312$, $R^2 = 0.802$; (5)

速效磷: $y = -1.8215x^2 + 31.416x + 15.469$, $R^2 = 0.670$; (6)

速效钾: $y = -7.4835x^2 + 131.08x + 67.376$, $R^2 = 0.655$ 。 (7)

经方差分析可知,以上 3 个回归方程的相关性均达极显著水平。

由式(5)和(6)计算可知,土壤碱解氮和速效磷最高含量分别出现在 9~10 年和 8~9 年,实际调查分别为 5~10 年和 6~15 年。拟合方程(7)计算土壤最高速效钾含量出现在种植 8~9 年,实际调查为 6~10 年。

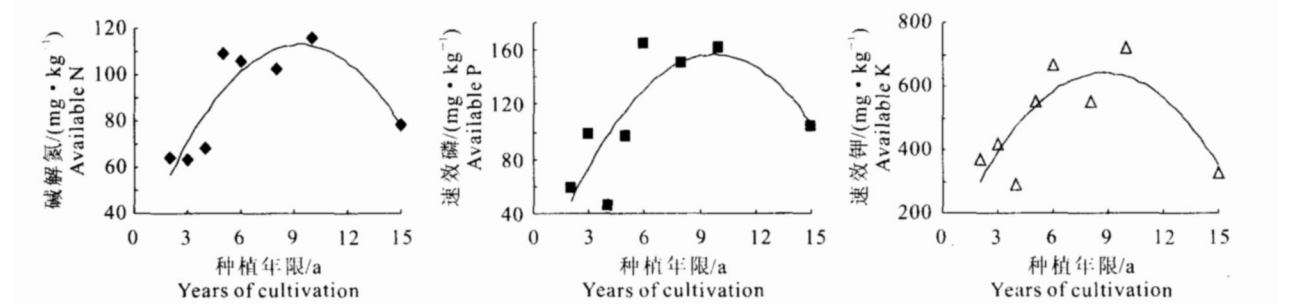


图 3 种植年限与土壤速效养分的关系

Fig.3 Relationship between the years of cultivation and the contents of available nutrients

2.4 设施栽培条件下土壤 pH 值现状及分析

表 2 表明,设施栽培条件下土壤 pH 值的变化与种植年限之间并无明显的规律性,这与王柳等^[8]和吕福堂等^[11]研究结果不一致。表 2 还显示,土壤一旦进行设施生产,其 pH 值会降低,甚至降低到 7.0 以下,表明设施土壤存在着酸化趋势。

表 2 种植年限对设施栽培条件下土壤 pH 值的影响

Table 2 Effect of the cultivation years on pH of soils under greenhouses cultivation

种植年限/a Planting years	pH	种植年限/a Planting years	pH
0 *	8.05 ±0.37	5	7.30 ±0.24
1	7.20 ±0.26	6	7.15 ±0.26
2	7.15 ±0.21	8	6.80 ±0.00
3	7.23 ±0.21	10	6.80 ±0.17
4	7.15 ±0.17	15	7.05

注:0 *年为大田土壤。
Note :0 *represents the soil of arable land.

2.5 设施栽培条件下土壤电导率(EC)现状及分析

由图 4 可知,设施土壤 EC 值显著高于大田土壤(0.23 mS/cm)。吕福堂等^[11]报道,日光温室土壤 EC 值大于次生盐渍化土壤(EC 值为 1.80 mS/cm),盐耐受性较差黄瓜的生育障碍临界点 EC 值为 1.2 mS/cm。胡新元等^[12]研究表明,日光温室土壤盐含量应小于 4.0 g/kg (EC < 1.5 mS/cm)。本研究结果表明,种植 1~15 年,土壤 EC 值为 0.44~1.55 mS/cm,基本处于正常范围,未达到对作物的生长发育产生明显不良影响的水平。

设施栽培条件下土壤电导率与种植年限之间呈二次多项式关系,其回归方程为:

$$y = - 0.009\ 6x^2 + 0.187\ 8x + 0.145\ 4,$$
$$R^2 = 0.340.$$
(8)

经方差分析可知,式(8)相关性达显著水平。由拟合方程(8)计算设施土壤最高电导率出现在种植 9~10 年,实际调查为 8~10 年。

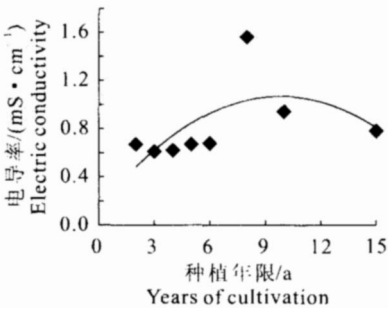


图 4 种植年限与土壤电导率的关系

Fig.4 Relationship between the years of cultivation and electric conductivity

3 结 论

(1)土壤理化性状与种植年限关系密切,其中土壤有机质含量、电导率、养分全量和速效养分含量与种植年限均呈二次多项式关系,相关关系达显著或极显著成绩水平。除全磷、全钾外,其他土壤养分含量多是在种植年限约为 10 年时达最高,之后出现下降趋势。由此可知,最佳生产效益阶段可能为棚室建成后 10 年内。

(2)山西设施农业区棚室土壤有机质含量较低,设施栽培生产中应增加有机肥的施用量。随种植年限的增加,土壤全氮和全磷含量盈余,而全钾含量则出现耗亏。土壤速效养分含量均显著高于大田土壤,速效养分过量累积的问题应引起足够的重视。

(3)设施栽培条件下土壤 pH 值明显降低,土壤呈酸化趋势。由于研究区土壤属石灰性土壤,土壤

酸化对作物的生长发育是否会产生不良影响,尚有待进一步的研究。土壤电导率虽较高,但尚未达到对作物生长发育产生明显不良影响的水平。

[参考文献]

- [1] 叶全宝,李 华,霍中洋,等.我国设施农业的发展战略[J].农机化研究,2004(5):36-38.
- [2] 周建斌,翟丙年,陈竹君,等.设施栽培菜地土壤养分的空间累积及其潜在的环境[J].农业环境科学学报,2004,23(2):33-335.
- [3] 马蓉丽,焦彦生,赵美华.山西设施蔬菜生产现状及可持续发展对策[J].山西农业科学,2004,32(4):41-45.
- [4] 吴忠红,张乃明,邓玉龙.北方日光温室土壤有机质累积特征研究[J].中国农学通报,2005,121(10):226-228.
- [5] 王高民,焦小燕.山西大棚蔬菜养分供给问题及对策[J].山西

农业,2006(7):22-23.

- [6] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1999:20-180.
- [7] 劳秀荣,张淑茗.保护地蔬菜新技术[M].北京:中国农业出版社[M].1999:23-35.
- [8] 王 柳,张福墁,高丽红.京郊日光温室土壤养分特征研究[J].中国农业大学学报,2003,8(1):62-66.
- [9] 杨林章,徐 琪.土壤生态系统[M].北京:科学出版社,2005:10.
- [10] 史崇文,赵灵芝,郭新波,等.山西土壤背景值的分布规律及其影响因素[J].农业环境保护,1996,15(1):24-28.
- [11] 吕福堂,司冬霞.温室土壤盐分累积及离子组成研究[J].土壤,2004,36(2):208-210.
- [12] 胡新元,杨生茂,郭天文.新建日光温室土壤特点及施肥措施[J].甘肃农业科技,2001(1):32-34.

(上接第 135 页)

段,所以其物种丰富度与植物种类多样性也介于山杨纯林和辽东栎纯林之间,即山杨纯林 > 山杨-辽东栎混交林 > 辽东栎纯林。山杨纯林、山杨-辽东栎混交林和辽东栎纯林的群落物种丰富度指数(Gleason 指数与 Margalef 指数)与植物物种多样性指数(Shannon-Wiener 指数)由草本层、灌木层向乔木层呈下降趋势,即:草本层 > 灌木层 > 乔木层, Pielou 均匀度指数在草本层、灌木层和乔木层差异不大。

对 3 种林型植物多样性与群落的稳定性分析发现,两者存在着复杂的关系,群落的稳定性既不完全随着物种多样性的增加而线性增加,也不完全随着物种多样性的增加而线性减少,而是会存在一个最优点,使森林群落的这种稳定性达到最高。因此,植物种类的多样性并不能完全代表群落的稳定性,但却是森林群落稳定性的必要条件。

[参考文献]

- [1] 雷加富.西部地区林业生态建设与治理模式[M].北京:中国林业出版社,2000.
- [2] 黄 枢,沈国舫.中国造林技术[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [3] 潘成忠,上官周平.黄土区次降雨条件下林地坡面径流产沙形成机制——以人工油松林和次生山杨林为例[J].应用生态学报,2005,16(9):1597-1602.
- [4] 程积民,万惠娥.中国黄土高原植被建设与水土保持[M].北

京:中国林业出版社,2002.

- [5] 陈云明,梁一民,程积民.黄土高原林草植被建设的地带性特征[J].植物生态学报,2002,26(3):339-345.
- [6] 张希彪,上官周平.黄土高原子午岭种子植物区系特征研究[J].生态学报,2005,25(8):872-877.
- [7] 陈昌笃.陕甘边境子午岭梢林区的植被及其在水土保持上的作用[J].植物生态学与地植物学资料丛刊,1958(2):152-223.
- [8] 张希彪,上官周平.黄土丘陵区主要林分生物量及营养元素生物循环特征[J].生态学报,2005,25(3):527-537.
- [9] 张希彪,上官周平.黄土丘陵区油松人工林与天然林养分分布和生物循环比较[J].生态学报,2006,26(2):373-382.
- [10] 刘立品.子午岭木本植物志[M].兰州:兰州大学出版社,1998:2-4.
- [11] 董 鸣.陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1997:3-23.
- [12] 张金屯.植被数量生态学方法[M].北京:中国科学技术出版社,1995:58-67.
- [13] Tilman D,Doering J A.Biodiversity and stability in grasslands[J].Nature,1994(367):363-365.
- [14] Baskin Y. Ecosystem function of biodiversity[J]. Biological Science,1995(44):657-660.
- [15] Lehman C L, Tilman D. Biodiversity, stability, and productivity in competitive communities[J]. The American Naturalist, 2000(156):534-532.
- [16] 蒋有绪,王伯荪,藏润国,等.海南热带林生物多样性及其形成机制[M].北京:科学出版社,2002.
- [17] 王国宏.再论生物多样性与生态系统的稳定性[J].生物多样性,2002,10(1):126-136.