

山西南部日光节能温室土壤化学特征及其相关性的研究

王立革,王劲松,焦晓燕,董二伟,韩 雄

(山西省农业科学院 农业环境与资源研究所 山西 太原 030006)

摘要: 为了明确山西南部碳酸盐褐土日光节能温室土壤肥力变化特征和指导菜农科学地进行日光节能温室养分资源管理,系统地研究了栽培0~10年日光节能温室土壤的pH、EC值、OM、全N、有效P、硝态N、速效K、交换性Ca和交换性Mg的变化趋势。结果表明,栽培年限与土壤EC值、OM、全N、有效P、硝态N、交换性Mg呈显著正相关,其中OM、全N的相关系数最高,速效K增加相关系数最低;随栽培年限增加,土壤pH和交换性Ca下降,栽培年限与二者的相关系数分别为-0.584和-0.281。对土壤化学特征的相关性分析表明,栽培年限增加引起的土壤养分元素变化不协调。

关键词: 日光节能温室; 土壤; 化学特征; 相关性

中图分类号: S14; S153 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)05-0218-04

The Change of Carbonate Soil Chemical Characteristics and Them Correlation under Conditions of Solar Greenhouse in Southern of Shanxi

WANG Li-ge, WANG Jin-song, JIAO Xiao-yan, DONG Er-wei, HAN Xiong

(Institute of Agricultural Environment and Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The changes of carbonate soil chemical characteristics, which include pH, EC, Organic matter, TN, Olsen-P, NO_3^- -N, exchangeable Ca and exchangeable Mg, under conditions of solar greenhouse were analyzed in order to offer guideline about nutrient resource management. The results demonstrated that EC, organic matter, TN, Olsen-P, NO_3^- -N, exchangeable Ca and exchangeable Mg were enhanced with the increase of planting years. Among them, the correlations(r) between planting years and organic matter, TN were 0.787 and 0.778, respectively. Soil pH and concentration of exchangeable Mg were decline with planting years. The analysis of correlation between every two items of soil chemical characteristics, it was found that the changes of soil chemical factors were not coordinate.

Key words: Solar greenhouse; Soil; Chemical characteristics; Correlation

发展设施农业是提高水肥资源高效利用的重要途径之一,也是解决农民增收和农业增效,满足人们对蔬菜多样化、新鲜化需求的重要措施;由于日光温室高产高效、生态条件和施肥投入的特殊性,土壤肥力变化特征已引起了人们的广泛重视。刘艳军等^[1]研究了辽宁省黄壤质草甸土温室土壤有机碳、全N、硝态N和铵态氮的变化特征,史春余等^[2]研究了山东寿光棕壤类型上设施土壤养分变化状况。

有研究表明,关中地区设施条件下土壤速效钾的富集最为明显^[3],而河北保护地表现出有效P的累积最为明显^[4];与长期单独使用尿素氮比较,有机和有机无机结合不仅可提高土壤养分含量和酶活性而且会抑制土壤酸化^[5]。尽管设施土壤养分变化特征有一定的共性,但由于气候条件、栽培习惯和土壤条件的差异,也会导致土壤养分累积状况有一定的区别。通过对山西省包括曲沃县日光节能温室施肥

收稿日期:2011-05-25

基金项目:山西省青年科技研究基金项目(2008021036-3);山西省农业科学院重点项目(YZD0907)

作者简介:王立革(1978-),男,山西永济人,助理研究员,硕士,主要从事土壤与植物营养研究工作。

通讯作者:焦晓燕(1964-),女,山西临猗人,研究员,博士,主要从事土壤与植物营养研究工作。

现状调查表明,该区域 N、P、K 的施用量非常高且其比例与蔬菜对各种养分的需求比例不符^[6,7],这势必会导致土壤养分的不均衡累积。

本研究以山西省临汾市曲沃县日光节能温室土壤为代表,研究和分析日光节能温室土壤养分累积特征,以期对日光节能温室蔬菜施肥管理和优质高效生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

曲沃县位于山西省临汾市,地理位置为东经 $111^{\circ}24' \sim 111^{\circ}37'$,北纬 $35^{\circ}33' \sim 35^{\circ}51'$,土壤类型为碳酸盐褐土。于 1999—2000 年开始兴建日光节能温室,多分布在丘陵和二级阶地。

1.2 材料

研究区域对照粮田的土壤化学特征为: pH 8.16; EC $200 \mu\text{S}/\text{cm}$; 全 N $0.65 \text{ g}/\text{kg}$; 速效 P $15 \text{ mg}/\text{kg}$; 速效 K $180 \text{ mg}/\text{kg}$ 。温室的栽培年限最短 1 年,最长 10 年;大多温室种植黄瓜/苦瓜间套作,通常于 2010 年 7 月中下旬温室蔬菜拉秧清理之后尚未清理棚膜之前进行土壤样品采集。

1.3 样品采集及分析方法

采用“S”型多点取样法采集土壤样品,采样深度为 $0 \sim 30 \text{ cm}$,分析其土壤的 pH、EC 值、全 N (TN)、有机质(OM)、硝态 N ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)、有效 P (Olsen-P) 和速效 K (Available K) 含量;并在不同栽培年限的温室中分别选取 5 个温室采集 $0 \sim 200 \text{ cm}$ 土壤剖面,每 20 cm 为一层,测定硝态 N ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) 含量。

土壤 pH 和 EC 值分别采用酸度计和电导仪测

定;有机质(OM)采用重铬酸钾容量法—外加热法测定;土壤全 N (TN) 采用全自动凯氏定氮仪测定;土壤硝态 N ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) 采用 $2 \text{ mol}/\text{L}$ KCl 浸提、三通道流动比色仪测定;土壤有效 P (Olsen-P) 采用 $0.5 \text{ mol}/\text{L}$ NaHCO_3 浸提、钼锑抗比色法测定;速效 K (Available K) 采用 $1 \text{ mol}/\text{L}$ NH_4Ac 浸提、火焰光度法测定。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 和 EC 值的变化趋势

不同栽培年限日光温室土壤 pH 和 EC 值的变化趋势如图 1 所示。从图 1 可以看出,曲沃县粮田土壤 pH 值为 $8.08 \sim 8.21$,平均值为 8.16 ; EC 值为 $176.2 \sim 227.0 \mu\text{S}/\text{cm}$,平均值为 $203.3 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。栽培 1 年后,土壤 pH 为 $7.90 \sim 8.21$,平均值为 8.02 ,其中 50% 的温室土壤 pH 低于 8;土壤 EC 值上升为 $303.3 \mu\text{S}/\text{cm}$,且所有测试土壤的 EC 值均高于粮田。栽培 5~6 年后,土壤 pH 值为 $7.76 \sim 8.18$,平均值为 7.96 ,其中 60% 的温室土壤 pH 值低于 8;土壤 EC 值上升为 $378.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。栽培 9~10 年后,温室土壤 pH 值为 $7.49 \sim 8.04$,平均值为 7.83 ,其中 95% 的温室土壤 pH 值低于 8;土壤 EC 值上升为 $423.1 \mu\text{S}/\text{cm}$,个别温室的 EC 值高达 $732 \sim 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。这说明在目前的水肥管理条件下,栽培 1 年,土壤 pH 值和 EC 值就已发生了较大的变化,随栽培年限的增加土壤酸化和盐化的问题更为严重,土壤 pH 与栽培年限呈显著负相关 ($r = -0.584$, $P = 0.000$),EC 值与栽培年限呈显著正相关 ($r = 0.466$, $P < 0.005$)。

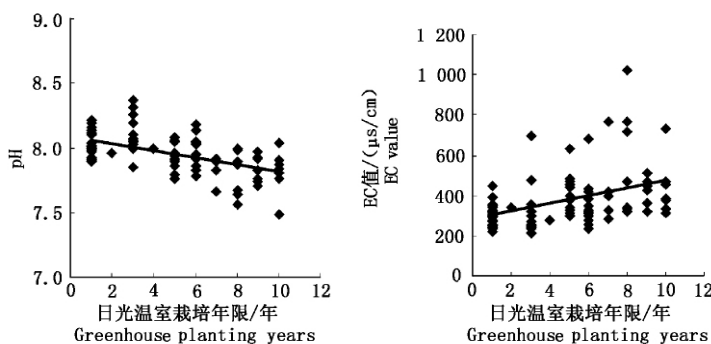


图 1 日光温室栽培年限对土壤 pH 值和 EC 值的影响

Fig.1 Effects of planting years on soil pH and EC

2.2 土壤 OM 和全 N 含量的变化趋势

从图 2 可以看出,土壤的 OM 和全 N 含量与种植年限之间均呈极显著正相关, r 值分别为 0.787 ($P = 0.000$) 和 0.778 ($P = 0.000$)。对照粮田土壤有机含量为 $4.5 \sim 10.1 \text{ g}/\text{kg}$,平均为 $6.01 \text{ g}/\text{kg}$ ($n = 6$);种植 1 年后,土壤有机质含量提高为 $7.1 \sim 16.5$

g/kg ,平均为 $10.70 \text{ g}/\text{kg}$ ($n = 25$);5~6 年土壤有机质增为 $12.5 \sim 25.7 \text{ g}/\text{kg}$,平均为 $17.22 \text{ g}/\text{kg}$ ($n = 26$);种植 9~10 年土壤有机质含量高达 $16 \sim 29.5 \text{ g}/\text{kg}$,平均为 $21.46 \text{ g}/\text{kg}$ ($n = 14$);与对照粮田比较,种植 1,5,10 年的土壤有机质含量分别提高了 78%,186%,257%。粮田土壤全 N 平均为 0.65

g/kg 种植 1 5 ~ 6 9 ~ 10 年后,土壤全 N 含量分别为 0.62 ~ 1.13, 1.00 ~ 2.09, 1.19 ~ 2.64 g/kg, 与种

植前比较分别提高了 43%, 110%, 165%。

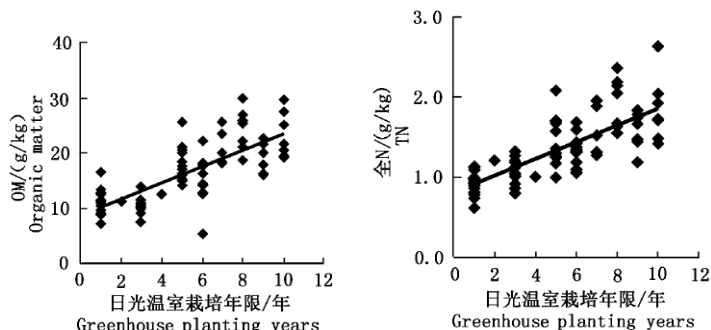


图2 日光温室栽培年限对土壤 OM 和全 N 的影响

Fig.2 Effects of planting years on soil organic matter and total N content

2.3 土壤硝态 N、有效 P 及速效 K 含量变化趋势

从图 3 可以看出,随栽培年限增加,土壤硝态 N、有效 P 和速效 K 含量变化表现出增加趋势,相关系数分别为 0.428 ($P=0.000$)、0.559 ($P=0.000$) 和 0.354 ($P=0.001$)。对照粮田的硝态 N 含量为 3.1 ~ 12.8 mg/kg, 种植 1 年后变为 12.5 ~ 143.7 mg/kg, 平均为 44.9 mg/kg; 种植 5 ~ 6 年后增为 24.3 ~ 167.7 mg/kg, 平均为 65.0 mg/kg; 种植 9 ~ 10 年后为 67.2 ~ 228.6 mg/kg, 平均为 107.9

mg/kg。就土壤有效 P 含量而言,对照粮田的为 6.4 ~ 40.4 mg/kg, 种植 1 年后变为 23.5 ~ 122.8 mg/kg, 平均为 55.87 mg/kg; 种植 5 ~ 6 年后增为 53.6 ~ 135.8 mg/kg, 平均为 89.3 mg/kg。种植 9 ~ 10 年后为 59.2 ~ 159.7 mg/kg, 平均为 101.3 mg/kg。种植 1 年,温室土壤速效 K 含量为 175 ~ 761 mg/kg, 平均为 335.8 mg/kg, 种植 5 ~ 6 年则为 262 ~ 761 mg/kg, 平均为 411.8 mg/kg; 种植 9 ~ 10 年为 313 ~ 689 mg/kg, 平均为 495.3 mg/kg。

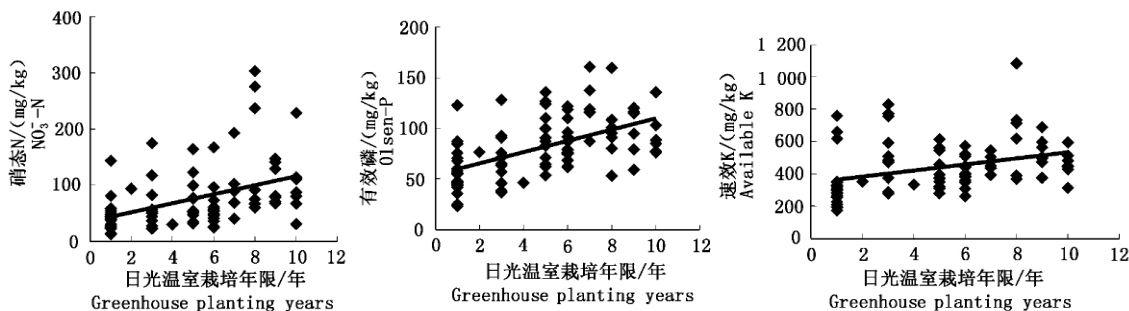


图3 日光温室栽培年限对土壤硝态 N、有效 P 和速效 K 含量的影响

Fig.3 Effects of planting years on soil Nitrate-N, Olsen-P and available K contents

2.4 土壤交换性 Ca 和交换性 Mg 含量变化趋势

氮、钾和钙是蔬菜累最多的 3 种元素^[8,9], 形成 1 t 的黄瓜需要纯钙 3 ~ 4 kg^[7]。在目前产量 (200 t/hm²) 水平下,每季蔬菜要带走纯钙 600 ~ 800

kg/hm²。从图 4 可以看出,随着日光节能温室栽培年限的增加,土壤交换性钙呈现出下降的趋势 ($r = -0.281$, $P = 0.007$),而交换性镁含量则随栽培年限出现增加的趋势 ($r = 0.510$, $P = 0.00$)。

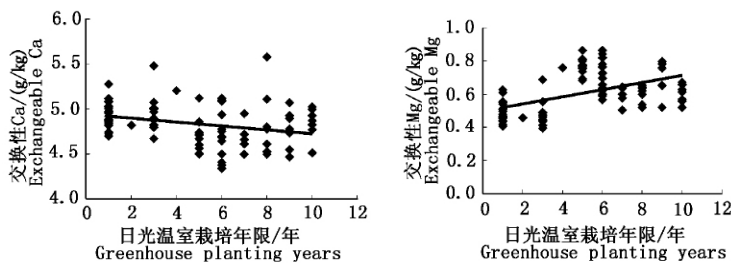


图4 日光温室栽培年限对土壤交换性 Ca 和交换性 Mg 含量的影响

Fig.4 Effects of planting years on soil exchangeable Ca and exchangeable Mg contents

2.5 土壤化学特征的相关性

土壤化学指标相关性分析结果(表 1)表明,土

壤 pH 与 EC 值、OM、全 N、有效 P、速效 K、交换性 Mg 含量之间均呈显著的负相关,但与交换性 Ca 含

量负相关关系不显著; 交换性 Ca 与 OM、全 N、有效 P 之间呈显著负相关; EC 值与 OM、全 N、有效 P、速效 K 间均呈显著正相关, 但与交换性 Ca 和 Mg 含量之间正相关不显著; OM 含量与全 N、有效 P、速效 K

和交换性 Mg 呈显著正相关; 有效 P 与速效 K、交换性 Mg 含量呈显著正相关, 表现出温室土壤化学特征变化的不协调性。如何协调各化学特性的变化可能是控制设施土壤连作障碍的措施之一。

表 1 土壤化学指标的相关性分析 (n=92)

Tab. 1 Correlation analysis of soil chemical indicators

	pH	EC	OM	全 N	有效 P	速效 K	交换性 Ca	交换性 Mg
pH	1							
EC	-0.757**	1						
OM	-0.656**	0.595**	1					
全 N	-0.635**	0.612**	0.907**	1				
有效 P	-0.459**	0.428**	0.733**	0.733**	1			
速效 K	-0.349**	0.533**	0.455**	0.455**	0.513**	1		
交换性 Ca	-0.038	0.067	-0.229*	-0.229*	-0.365**	-0.044	1	
交换性 Mg	-0.302**	0.168	0.374**	0.374**	0.381**	0.097	-0.504**	1

注: *, ** 分别代表相关性达到 5% 和 1% 的显著水平。

Note: *, **. Indicated significant at 5% and 1% level.

3 结果与讨论

因本区域土壤为石灰性褐土, 对照粮田 pH 为 8.2 随着栽培年限的增加, 设施土壤出现明显的酸化, 栽培 10 年的 pH 下降了 0.3 个单位, 这与其他研究结果一致^[10, 11], 但 pH 仍未低于 7.5。pH 下降不一定会对作物的生长产生不良因素, 但 pH 变化与土壤微生物环境的相关关系尚需进一步研究和确定。

栽培年限与土壤全 N 和 OM 的相关关系最高, 相关系数分别为 0.787 和 0.778, 全 N 与 OM 之间的相关系数为 0.907, 这表明该区域日光温室 N 与 C 的投入比例基本平衡。

就速效养分而言, 随栽培年限增加, 有效 P 累积的相关系数最高, 这与当地施磷水平远远高于蔬菜需磷有关, 由于在石灰性土壤中磷极易被固定, 有必要进一步研究日光节能温室栽培年限与其他磷组分之间的关系; 由于土壤硝态氮受灌溉等管理措施影响较大, 空间和时间变异性复杂, 相关系数较低; 该区域土壤富钾, 故速效 K 的累积相关系数较低。

土壤交换性 Ca 随栽培年限增加表现出下降趋势, 这与姜勇等^[12]的研究结果相符。酸性土壤条件下, 降低 pH 值会促进交换性 Ca 的淋失^[13], 土壤 pH 小于 7 时, 交换性 Ca 含量与 pH 呈显著正相关^[12, 13], 而本研究 pH 值与交换性 Ca 含量之间的关系并非如此, 这可能是由于在研究区域内, 即使栽培 10 年后的日光节能温室, 其土壤 pH 仍然高于 7.5 的缘故, 也有可能是由于蔬菜大量吸收钙, 导致土壤中钙离子的饱和度下降, 从而引起 pH 的降低。

土壤酸化虽会导致镁的淋失而降低交换性 Mg 的含量^[13], 但土壤 pH 为 7~8 土壤镁的有效性最高; 如前所述, 连作 10 年的温室土壤 pH 仍然较高,

加之大量使用有机肥补充镁元素^[15], 土壤中交换性镁含量随栽培年限增加而增加, 土壤有机质提升与交换性镁含量间的正相关关系也说明这一点。

参考文献:

- [1] 刘艳军, 姜勇, 梁文举, 等. 蔬菜温室土壤某些化学特性的演变特征 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2218-2220.
- [2] 史春余, 张夫道, 张俊清, 等. 长期施肥条件下设施蔬菜土壤养分变化研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 437-441.
- [3] 郭文龙, 党菊香, 吕家珑, 等. 不同年限蔬菜大棚土壤性质演变与施肥问题的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 85-89.
- [4] 刘建玲, 廖文华, 高志岭, 等. 河北省蔬菜保护地土壤养分的累计状况及影响因素 [J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(1): 19-24.
- [5] 马宁宁, 李天来, 武春成, 等. 长期施肥对设施菜田土壤酶活性及土壤理化性状的影响 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(7): 1766-1771.
- [6] 焦晓燕, 王立革, 张东玲, 等. 山西省日光节能温室蔬菜施肥现状、存在问题及建议 [J]. 山西农业科学, 2010, 38(4): 37-41.
- [7] 丛黎明, 焦晓燕, 王立革, 等. 临汾曲沃日光节能温室蔬菜施肥现状及建议 [J]. 山西农业科学, 2011, 39(4): 342-344.
- [8] 焦晓燕, 池宝亮, 程季珍. 保护地黄瓜养分积累特点及氮钾营养对其生长的影响 [J]. 山西农业科学, 1997, 25(3): 60-64.
- [9] 黄瑞虹. 大棚黄瓜养分积累特点研究 [J]. 河北农业大学学报, 2008, 31(4): 47-50.
- [10] 杜永民, 吴忠红, 张永清, 等. 不同种植年限日光温室土壤盐分和养分的变化 [J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 78-80.
- [11] 曾路生, 高岩, 李俊良, 等. 寿光大棚菜地酸化与土壤养分变化关系研究 [J]. 水土保持学报, 2010, 24(4): 157-160.
- [12] 姜勇, 张玉革, 梁文举. 沈阳市郊区蔬菜保护地土壤交换性钙镁含量及钙镁比值的比例关系 [J]. 农业生态环境, 2004, 20(3): 24-27.
- [13] 张俊平, 张新明, 王长委, 等. 模拟酸雨对果园土壤交换性阳离子迁移及其对土壤酸化的影响 [J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 14-17.
- [14] 范庆锋, 张玉龙, 陈重, 等. 保护地土壤酸化特征及酸化机制研究 [J]. 土壤学报, 2009, 46(3): 466-471.
- [15] 林葆, 周卫, 李书田, 等. 长期施肥对潮土硫、钙和镁组分与平衡的影响 [J]. 土壤通报, 2001, 32(3): 126-128, 145.