

大棚设施土壤养分和重金属状况研究^①

李见云^{1,2} 侯彦林³ 化全县⁴ 董县中⁵

(1 中国科学院生态环境研究中心 北京 100085; 2 郑州航空工业管理学院工业工程系 郑州 450015;

3 中国科学院研究生院 北京 100049; 4 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院

南京土壤研究所) 南京 210008; 5 河南省南召县农业技术推广中心 河南南召 474650)

摘要 对山东寿光不同棚龄大棚土壤速效 N、P、K 及重金属 Cu、Zn、Cd、Pb 含量调查表明: 随大棚棚龄的增加, 速效 N、P 含量有显著的增加, 其增加量与棚龄呈极显著正相关, 速效 K 含量增加幅度不大, 即 N、P、K 施用不均衡; 重金属 Cu、Zn、Pb 含量随大棚棚龄的增加有一定的增加, Cd 含量没有明显的规律性, 但这几项重金属含量均比农田含量要高, 表明在大棚高强度施肥及人为活动影响下, 引入了重金属; 农田及大棚重金属含量均较土壤背景值有一定程度的增加, 但未超出国家环境质量标准。

关键词 寿光; 大棚; 速效养分; 重金属

中图分类号 S14; X53

大棚种植具有很好的经济效益和社会效益^[1]。山东寿光是全国蔬菜生产基地, 有“中国蔬菜之乡”之称。近年来, 山东蔬菜生产发展迅速, 为了获得更高的产量, 肥料的投入量往往是蔬菜生产理论需肥量的数倍^[2-4], 且由于缺乏科学合理的施肥指导, 施入的肥料品种单一, 这不仅造成肥料的浪费, 还会引起土壤的酸化、次生盐碱化等^[5,6]。过量的养分投入, 造成养分在土体中的积累和养分的损失, 肥料利用率的降低, 产投比下降, 对蔬菜产量和品质以及环境带来不良影响^[7]。大棚大多集中分布在大、中城市郊区, 工业“三废”的排放及城市生活垃圾、污泥和含重金属的农药、化肥的施用, 导致大棚土壤中某些重金属如 Pb、Hg、Cd、As 等超标, 污染了环境, 同时也影响了大棚蔬菜的品质和安全性^[8-10]。研究大棚土壤养分及重金属含量特点, 可以指导菜农合理施肥, 减少环境污染来源, 提高蔬菜品质。

1 材料和方法

1.1 采样和分析项目

于2002年8月在山东寿光蔬菜生产基地分别取有代表性的3、5、10和12年棚龄土壤剖面土样(0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm), 每个棚龄取3户, 测定土壤碱解N、速效P、速效K及Cu、Zn、Cd、Pb含量。同时取大棚附近农田剖面土样(0~20、20~40 cm), 测定上述指标及土壤pH、有机质。

1.2 分析方法

土壤有机质测定采用外加热-重铬酸钾容量法; 土壤速效N采用碱解扩散法; 速效P采用Olsen法; 速效K采用1 mol/L中性醋酸铵(pH7)浸提, 火焰光度计法; 土壤Cu、Zn、Cd、Pb采用氢氟酸-高氯酸-硝酸消化-原子吸收分光光度法。

表1 邻近农田土壤养分及重金属含量

Table 1 Soil nutrients and heavy metals in cropfields nearby

层次 (cm)	有机质 (g/kg)	pH	速效N (mg/kg)	速效P (mg/kg)	速效K (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
0~20	13.0	7.86	70.94	32.23	106.79	21.34	76.97	0.09	25.99
20~40	6.6	8.11	41.16	18.32	88.66	20.37	74.33	0.08	24.09

①国家自然科学基金(项目编号: 40071053) 资助项目。

2 结果与讨论

2.1 土壤速效 N、P、K 含量随棚龄变化趋势

大棚设施土壤碱解 N 同露地农田土壤相比有显著的增加 (图 1), 3 年棚龄的土壤碱解 N 是农田的 1.27 倍; 且随着棚龄的增加, 碱解 N 量在逐年递增, 由 3 年棚龄的 90.06 mg/kg, 增加到 12 年棚龄的 210.81 mg/kg, 增加了 2.3 倍。大棚耕层 (0~20 cm) 土壤碱解 N 含量与棚龄极显著正相关 ($r = 0.9668^{**}$, $n = 4$), 且棚龄为 3 年的大棚其剖面碱解 N 含量变化较大, 随棚龄的增加, 其剖面碱解 N 含量变化逐渐平缓。棚龄越长, 其底层碱解 N 含量越高, 表明随棚龄的增加, 碱解 N 在土壤剖面中已经形成了积累, 有对地下水造成污染的趋势。

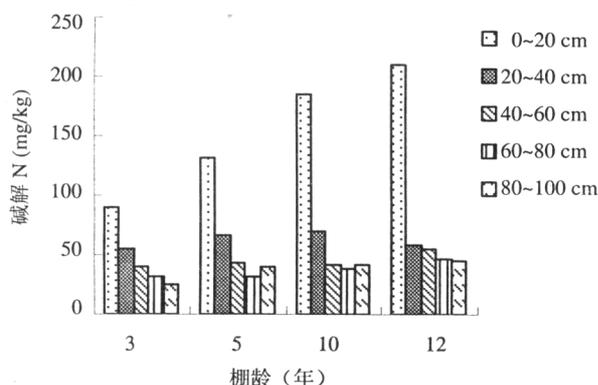


图 1 不同种植年限大棚设施土壤碱解 N 含量变化

Fig. 1 Available nitrogen concentrations of greenhouse soils different in age

土壤速效 P 含量随着大棚种植年限的增加而增加 (图 2), 棚龄为 3 年的土壤速效 P 是农田的 2.5 倍, 棚龄为 12 年的大棚其速效 P 比农田增加了 3 倍。耕层土壤速效 P 与棚龄的相关系数达 0.9697^{**} ($n = 4$), 呈极显著正相关。其剖面变化趋势与碱解 N 相似, 随棚龄的增加, 0~100 cm 土体剖面速效 P 有明显的积累, 棚龄越长, 对应各层次速效 P 含量越高; 80~100 cm 土体的速效 P 含量要大于 60~80 cm, 是因蔬菜根系主要集中在 0~80 cm 土层内, 从而使 80~100 cm 土体内形成相对积累所致。鲁如坤^[11]指出蔬菜的需 P 量一般在 60~90 mg/kg, 而山东寿光大棚土壤速效 P 含量均远远超出蔬菜的需求量。Heckrath 等^[12]认为虽然 P 在土壤剖面移动性很小, 但当耕层土壤中速效 P 含量高于 60 mg/kg 时,

就可能污染环境。当施入大量有机肥料时就可能引起 P 在土壤剖面向下迁移, 进而对地下水造成潜在污染^[13]。

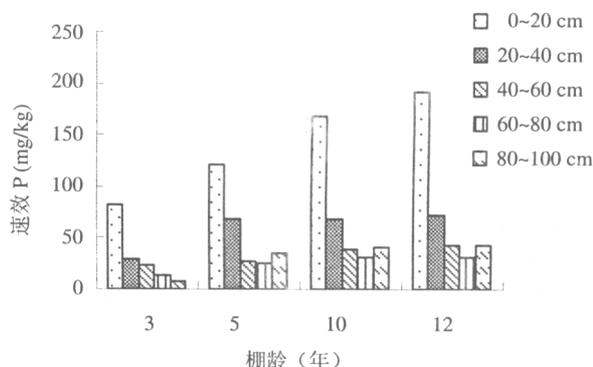


图 2 不同种植年限大棚设施土壤速效 P 含量变化

Fig. 2 Available phosphorus concentrations of greenhouse soils different in age

低龄大棚土壤速效 K 含量与露地农田含量相, 随棚龄的增加, 速效 K 含量有所增加 (图 3), 增加量有限, 表明寿光蔬菜基地施肥不平衡, N、P 肥投入量过大, K 肥投入量少。蔬菜需 N、P、的比例一般是 $N:P_2O_5:K_2O = 1:0.5:1.25$, 而调查得的当地实际施肥比例为 1:0.89:0.29。因此, 大棚壤应重视 K 肥的合理施用, 达到以 K 促 N 增 P 的效果。

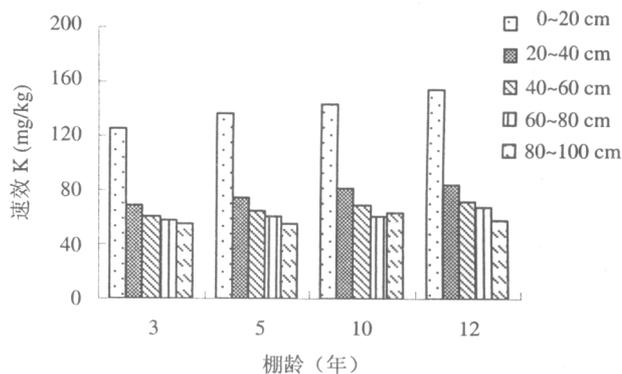


图 3 不同种植年限大棚设施土壤速效 K 含量变化

Fig. 3 Available potassium concentrations of greenhouse soils different in age

2.2 土壤 Cu、Zn、Cd、Pb 含量随棚龄变化趋势

不同棚龄大棚土壤 Cu、Zn、Cd、Pb 含量变化见表 2。土壤 Cu、Zn、Pb 含量随棚龄的增加呈明显的增加趋势。Cu 含量与棚龄的相关性达 0.9988^{**}

表 2 不同棚龄土壤重金属元素含量 (mg/kg)

Table 3 Heavy metal concentrations in greenhouse soils different in age

种植年限 (年)	Cu	Zn	Cd	Pb
3	21.31 ± 0.19	72.59 ± 1.15	0.205 ± 0.025	27.21 ± 1.73
5	24.62 ± 1.25	103.02 ± 7.57	0.208 ± 0.019	29.68 ± 0.85
10	30.01 ± 4.39	113.04 ± 5.56	0.204 ± 0.057	30.26 ± 1.79
12	38.31 ± 1.23	121.23 ± 4.25	0.207 ± 0.012	35.82 ± 1.19

($n = 4$), 呈极显著正相关, 且由 3 年棚龄的 21.31 mg/kg 增加到 12 年棚龄的 38.31 mg/kg, 以 1.7 mg/(kg·a) 的速度递增; 土壤 Zn 含量与棚龄之间的相关系数为 0.9947** ($n = 4$), 12 年棚龄土壤 Zn 含量比 3 年的增加了 67.01%, 增加速率达到了 4.86 mg/(kg·a); Pb 含量与棚龄之间呈极显著正相关 ($R^2 = 0.9641$ ** $, n = 4$), 3 年棚龄的 Pb 含量是 27.21 mg/kg, 棚龄 12 年的土壤 Pb 含量增加到了 35.82 mg/kg, 平均以每年 0.86 mg/kg 的速度递增。但土壤 Cd 含量与棚龄的相关系数只有 0.1398 ($n = 4$), 差异不显著。Cu、Zn、Pb 增加的主要原因与施用、灌溉混入含重金属物质的各类肥料诸如 P 肥、鸡粪等农畜肥有关^[2]。且在现代化饲养业中, Cu 常用作复合饲料的添加剂 (含 Cu 150~250 mg/kg) 以改善食物的转化率和促进畜禽生长, 因此畜禽粪便中 Cu 也成为农业土壤中 Cu 污染的一个重要来源^[14,15]。长期使用含有重金属元素的污染物来灌溉或施入农田及保护地, 且重金属元素不易迁移、难降解, 势必造成重金属元素的积累, 当累积到阈值时, 就会污染土壤环境及作物。

2.3 土壤环境背景值及环境质量标准

黄河下游褐土化潮土 Cu、Zn、Cd 和 Pb 元素背景值分别是 20.8、72.3、0.091 和 14.3 mg/kg^[16]; 在我国, 4 种元素相应的土壤环境标准值 (自然背景) 依次是 35、100、0.2、35 mg/kg。大棚土壤 Cu、Zn、Cd、Pb 含量比土壤相应背景值和环境背景值均有增加, Cu 含量是其背景值的 1.02~1.52 倍; Zn 含量是背景值的 1.00~1.7 倍; 而 Pb 含量增加幅度较大, 在 1.9~2.5 倍之间; Cd 的含量也增加了 2 倍左右。但这些重金属元素含量均在国家环境质量标准以内, 未形成污染。

3 结论

大棚设施土壤速效 N、P 含量随棚龄的增加有极显著的增加, 速效 K 含量也有一定程度的增加,

但增加幅度不大, 这与当地的施肥状况相一致。菜农普遍重施 N、P 肥, 使土壤中 N、P、K 比例严重失调, 严重影响了 N、P 的肥效, 这不仅引起肥料的大量浪费, 还将导致环境的次生污染, 导致蔬菜品质下降, 硝酸盐含量增加。

设施土壤 Cu、Zn、Pb 含量随棚龄的增加而增加, 且 Cu、Zn、Pb 含量与棚龄呈极显著的正相关, Cd 含量随棚龄的变化较小。土壤重金属含量与土壤环境背景值相比较, 均未超过国家环境质量标准, 土壤未被污染。

参考文献

- 李文庆. 大棚生态系统物流能流分析及效益评价. 生态农业研究, 1996, 3: 53~55
- Zhao GX, Li J, Li T, Yue YD, Warner T. Utilizing landsat TM imagery to map greenhouses in Qingzhou, Shandong province, China. *Pedosphere*, 2004, 14 (3): 363~369
- 谢建昌. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 17~21
- 李俊良. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究. *土壤通报*, 2002, 33 (2): 126~129
- 李文庆. 大棚土壤硝酸盐状况研究. *土壤学报*, 2002, 39 (2): 283~287
- 张维理, 田哲旭, 张宁, 李晓齐. 我国北方农用 N 肥造成地下水硝酸盐污染的调查. *植物营养与肥料学报*, 1995, 1 (2): 80~87
- Wang XM, Hou YL. Effect of continuous vegetable cultivation on phosphorus levels of fluvo-aquic soils. *Pedosphere*, 2004, 14 (2): 171~176
- 李仁英, 张民, 杨浩. 山东省果园土壤中 Cu、Zn 的形态、含量及分布. *农村生态环境*, 2002, 18 (4): 41~44
- 陈晶中, 陈杰, 谢学俭, 张学雷. 土壤污染及其环境效应. *土壤*, 2003, 35 (4): 298~303
- Zhang MK, Ke ZX. Heavy metals, phosphorus and some other elements in urban soils of Hangzhou City, China.

- Pedosphere, 2004, 14 (2): 177 ~ 185
- 11 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理与施肥. 北京:化学工业出版社, 1998, 412 ~ 422
- 12 Heckrath G, Brookes PC, Poulton PR, Goulding KWT. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk Experiment. *J. Environ. Qual.*, 1995, 24: 904 ~ 910
- 13 Chardon WJ, Oenema O, Castilho P. Organic phosphorus in solutions and leachates from soils treated with animal slurries. *J. Environ. Qual.*, 1997, 26: 372 ~ 378
- 14 傅柳松. 农业环境学. 北京: 中国林业出版社, 2000, 29 ~ 32
- 15 沈玉英. 畜禽粪便污染及加快资源化利用探讨. *土壤*, 2004, 36 (2): 164 ~ 167
- 16 曲格平. 中国环境科学研究. 上海:上海科学技术出版社, 1988, 990 ~ 995

VARIATION OF SOIL NUTRIENT AND HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN GREENHOUSE SOILS

LI Jian-yun^{1,2} HOU Yan-lin³ HUA Quan-xian⁴ DONG Xian-zhong⁵

(1 *Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;*

2 *Department of Industrial Engineering, Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015;*

3 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;*

4 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008;*

5 *Agricultural Technology Popularization Center of Nanzhao County in Henan Province, Nanzhao, Henan, 474650)*

Abstract Investigation of soil available N, P, K and heavy metal concentrations in greenhouse soils was conducted in Shouguang, Shandong Province. Results showed that with age of the facilities, soil available N and P increased significantly in content and soil available K also did, but not so significantly, indicating imbalance of NPK ratio in fertilization. Heavy metals, such as Cu, Zn, Cd and Pb, were higher in greenhouse soil than in the open field, and increased with age of the greenhouse, except for Cd, which did not show a regular rising trend. Their concentrations, however, were still within the national criteria for quality of soil environment.

Key words Shouguang, Greenhouse soil, Available nutrients, Heavy metal