

蔬菜日光温室栽培条件下土壤养分累积特性研究^{*}

唐莉莉, 陈竹君, 周建斌^{*}

(西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 测定了陕西杨凌示范区不同日光温室栽培土壤剖面的养分含量及变化。结果表明, 日光温室土壤有机质、硝态氮、有效磷和速效钾含量呈现显著累积趋势, 其中以0~20 cm 土层有机质、0~40 cm 土层有效磷和速效钾以及0~200 cm 土层硝态氮累积量尤为突出。蔬菜生长过程中温室土壤剖面中铵态氮含量的变化相对较小, 而硝态氮含量呈逐渐降低趋势。蔬菜收获后土壤剖面(0~200 cm)硝态氮残留量在707~1 161 kg/hm²之间, 平均达954 kg/hm², 明显高于农田土壤。温室栽培条件下土壤电导率明显高于农田土壤, 以土壤表层尤为突出。土壤硝态氮、有效磷和速效钾与土壤电导率之间的关系均达显著水平, 其中硝态氮含量与土壤电导率间的关系最为密切, 说明过量施用肥料特别是氮肥, 是引起土壤盐分累积的主要原因。

关键词: 日光温室; 土壤剖面; 养分累积; 土壤盐分

中图分类号: S151.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0070-05

近年来, 设施农业作为一项提高蔬菜和其他作物产量的有效途径在我国发展迅速。到2000年, 我国以蔬菜栽培为主体的设施面积已达210万hm²^[1]。其中日光温室是北方地区常见的设施栽培方式, 已成为不少地方农民经济收入的主要来源。

重视肥料的施用是蔬菜栽培的传统, 蔬菜温室栽培尤为如此。施肥对提高蔬菜产量和品质起到了不可忽视的作用, 但由于过量施肥引起了土壤养分比例失调和次生盐渍化现象, 从而引起的蔬菜产量降低等问题在我国不少保护地栽培中已相当普遍, 成为制约温室蔬菜栽培持续发展的主要因子之一。前人在这一领域已开展了不少研究^[2~5]。但应该看到, 目前对蔬菜生长过程中土壤剖面养分特别是氮素含量动态变化的研究相对较少。另外, 土壤养分的累积与土壤性质、施肥状况和生产水平等因素有关, 了解一个地区温室栽培土壤养分累积特性是指导合理施肥的基础, 也是评价过量施肥可能带来环境问题的重要方面。因此, 本试验测定了日光温室栽培下养分在土壤剖面的含量变化, 旨在评价土壤养分累积程度及可能带来的环境效应, 为确定合理的养分调控措施, 保证设施栽培的持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

在陕西省杨凌示范区胡家底蔬菜设施栽培基地

选择8个温室为测定对象, 这些温室的建棚时间在1998~2000年之间, 其中8号温室建于2000年, 其余建棚时间均为1998年, 种植蔬菜种类均为番茄。另选取邻近的一块种植小麦的农田作为对照。温室种植制度为一年一茬, 施肥状况为: 基肥主要为鸡粪和过磷酸钙, 追肥为尿素、过磷酸钙和硫酸钾等; 农田为小麦—夏玉米一年二熟轮作制, 施肥习惯主要是撒施农家肥与尿素、过磷酸钙等化肥。在番茄生长期和收获后分别采集土壤样品, 采样深度为0~200 cm, 按每20 cm为一土层分开。每个大棚采2点, 同一层次土样组成混合样品。

土壤有机质(0~60 cm)测定采用重铬酸钾容量法—外加热法; 有效磷(0~60 cm)采用0.5 mol/L NaHCO₃浸提(20:1)钼蓝比色法测定; 速效钾(0~60 cm)采用1 mol/L NH₄OAc溶液浸提火焰光度法测定^[6]。电导率(0~100 cm)采用DDS-11A型电导率仪测定, 水土比为5:1; 硝态氮(0~200 cm)和铵态氮(0~200 cm)采用1 mol/L KCl浸提(水土比10:1), 连续流动分析仪(BRAN + LUEBBE)分别测定。

2 结果与讨论

2.1 土壤有机质的变化

从测定结果(表1)看, 温室土壤有机质含量0~

^{*} 收稿日期: 2005-10-11

基金项目: 科技部“十五”攻关项目(2004BA516A09); 西安市农业科技攻关项目(GG04094); 西北农林科技大学科研专项(04ZM097)

作者简介: 唐莉莉(1989-), 女, 辽宁抚顺人, 硕士, 主要从事植物营养调控研究。

通讯作者: 周建斌, 教授, 长期从事植物营养与旱地水肥调控研究。E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn

20 cm 土层平均为 19.16 g/kg,明显高于当地农田,增幅约为 76.1%;20~40 cm 土层平均为 9.40 g/kg,略高于农田,增幅为 12.6%,这与当地日光温室栽培中普遍重视有机肥的施用有关。有机肥含有大量有机质和作物生长所需的营养元素,是培肥土壤的主要渠道,增施有机肥不仅可以增加土壤蓄水

保肥能力,而且还可以减少硝态氮对蔬菜产品的污染。有研究者提出理想菜地的土壤有机质含量应达 3%以上^[7]。由此认为,测定地区土壤有机质含量尚属较低水平,为保证蔬菜优质高产,生产中应继续提倡有机肥的施用。

表 1 不同栽培方式下土壤有机质、有效磷和速效钾的含量

Table 1 Contents of organic matter, available phosphorus and potassium in soils of greenhouses and crop field

项 目 Item	层 次 Layer (cm)	温 室 Greenhouse								农 田 Crop field	
		1	2	3	4	6	7	8	平均值 Mean		标准差 SD
有 机 质 O·M (g/kg)	0~20	23.8	22.7	24.4	24.7	22.7	22.6	12.4	19.2	4.1	10.9
	20~40	12.0	9.2	11.7	11.3	8.8	14.7	7.6	9.4	2.3	8.4
	40~60	11.3	10.2	8.7	8.9	13.0	12.0	7.7	9.0	1.8	9.9
有 效 磷 Available P (mg/kg)	0~20	275.6	333.9	350.5	327.1	199.7	207.5	90.8	223.1	87.9	8.4
	20~40	38.6	19.1	58.6	43.1	6.9	78.8	5.9	31.4	25.2	3.3
	40~60	30.8	7.5	17.3	10.3	42.7	29.4	3.4	17.7	13.4	7.4
速 效 钾 Available K (mg/kg)	0~20	742.4	978.7	919.6	890.1	387.9	550.3	210.6	584.9	273.2	139.2
	20~40	240.2	299.3	299.3	358.3	136.8	314.0	48.2	212.0	103.3	118.6
	40~60	241.1	106.7	192.4	182.1	192.4	245.6	105.3	158.2	53.1	120.0

2.2 土壤有效磷的变化

温室土壤有效磷的含量出现明显的累积(表1),0~20 cm 平均含量高达 223.1 g/kg,20~40 cm 土层为 31.38 mg/kg,40~60 cm 土层为 17.67 mg/kg。一些研究者提出的菜地土壤有效磷含量的丰缺指标为:小于 33 mg/kg 为严重缺乏,33~60 mg/kg 为缺乏,60~90 mg/kg 为适宜,大于 90 mg/kg 为偏高^[8]。按这一标准衡量,所测定的温室土壤中有有效磷含量普遍偏高。这与日光温室蔬菜大量施用磷肥(特别是普遍施用富含磷素的磷酸二铵)有关。

从土壤有效磷在土壤剖面的分布看,磷素在土壤剖面上层累积尤为明显,在 0~20 cm 土层的平均含量为 20~40 cm 土层的 7 倍,为 40~60 cm 土层的 12 倍,这与磷素在土壤中的移动性较差有关。但值得注意的是,40~60 cm 土层土壤有效磷的平均含量高于农田,一些温室 40~60 cm 土层土壤有效磷的含量达 30 mg/kg 左右,反映了累积磷素在土壤剖面的迁移。其他学者研究表明,土壤中有有效磷含量的增加与大棚种植时间有关,种植时间越长,土壤有效磷的累积量越高^[9]。磷素在土壤剖面长期大量的积累及其迁移,可能会导致磷素的淋失或发生地表径流,进入水体,引起富营养化等^[9,10],这样无疑会对环境造成不良影响。

2.3 土壤速效钾的变化

日光温室土壤速效钾的含量明显高于农田土壤

(表1),耕层土壤尤为明显。0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 土层土壤有效钾的含量分别为 584.9 mg/kg、212.0 mg/kg 和 158.2 mg/kg,分别为相应农田土壤含量的 4.2、1.7 和 1.3 倍。国内外一般认为,对于菜地土壤,速效钾含量在 150~250 mg/kg 之间为适宜范围^[11],大于 350 mg/kg 为过量。除建室相对较晚的第 8 户温室外,其他温室土壤中速效钾含量均高于 350 mg/kg,最高超过 900 mg/kg。说明当地土壤钾素供应多处于丰富水平。

研究温室土壤的钾素含量丰富,一方面与黄土母质钾素含量丰富有关;另一方面,与当地温室蔬菜普遍施用钾肥和有机肥有关。据调查研究温室钾肥的施用量在 171~1 125 kg/hm 之间,平均为 675 kg/hm。若考虑有机肥,每年施入土壤的钾素更多。钾素在土壤中的过量累积,无疑会增加生产成本,并造成有限钾肥资源的浪费。因此,在当地蔬菜温室栽培中如何合理施用钾肥,仍是一个值得研究的问题。

2.4 土壤硝态氮和铵态氮的变化

与农田土壤相比,温室土壤 0~200 cm 土壤剖面硝态氮含量显著增加(图 1),增加幅度在 7~256 倍之间,表明温室栽培条件下硝态氮在土壤中出现显著的积累,以及硝态氮在土壤剖面上发生了明显的淋溶作用。李文庆等在山东的研究也发现了类似结果^[2]。

由图 1 同时可以看出,从种植期(11 月份) 到收获期(次年 5 月份) 随着种植季节的推移,土壤剖面硝态氮含量逐渐降低,土壤表层(0~40 cm) 的降低幅度尤为显著,这与作物生长期间根系对氮素的吸收有关。在同一时期内,土壤硝态氮主要集中在土壤表层(0~40 cm) 。原因可能有二:一是由于长期大量施肥造成硝态氮的累积,二是温室温度处于较高水平,土壤水分的蒸发将硝态氮通过毛细管形式由土壤下层运输到土壤上层。

番茄收获后温室土壤剖面(0~200 cm) 残留硝态氮的数量(表 2) 明显高于相应的农田土壤,其中 0~100 cm 土层的残留量是农田土壤的 26. 3 倍,100~200cm 土层的硝态氮残留量是农田土壤的 50. 5 倍。土壤中残留的硝态氮一方面可能被下茬作物所吸收,对蔬菜生长有利;另一方面,由于硝态氮不易被土壤胶体吸附,易随水分的迁移而发生淋溶损失,引起环境污染。因此,不论从作物营养还是从环境保护角度考虑,都应十分关注土壤剖面中残留硝态氮的含量及其动态变化。

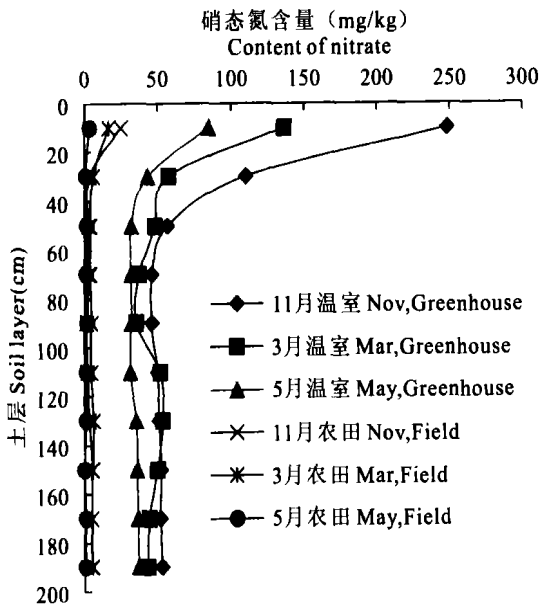


图 1 不同栽培方式下土壤硝态氮的变化
Fig. 1 Changes of nitrate content in soil of greenhouses and crop field

表 2 不同栽培模式下土壤硝态氮的残留量(kg/hm)

Table 2 Residual nitrate in the different layers of soil profiles of greenhouses and crop field

层 次 Layer(cm)	温 室 Greenhouse							农 田 Crop field
	1	2	4	6	7	8	平 均 Mean	
0~100	507.2	584.3	489.2	599.3	517.5	488.7	531.0	20.2
100~200	450.1	416.9	671.2	378.4	189.1	433.0	423.1	8.4
0~200	957.3	1001.1	1160.5	977.6	706.6	921.6	954.1	28.6

表 3 不同栽培方式下土壤铵态氮比较(mg/kg)

Table 3 Comparisons of ammonium contents in soils of greenhouses and crop field

层次 Layer(cm)	11 月 Nov.		3 月 Mar.		5 月 May	
	温 室	农 田	温 室	农 田	温 室	农 田
	Greenhouse	Crop field	Greenhouse	Crop field	Greenhouse	Crop field
0~20	4.63	6.54	9.39	26.28	4.59	3.34
20~40	4.49	3.53	12.69	25.6	4.65	3.49
40~60	5.68	3.63	8.37	12.73	4.44	3.57
60~80	4.81	3.71	11.31	23.51	4.93	3.87
80~100	4.63	4.03	8.88	21.74	4.52	4.31
100~120	5.93	5.33	9.98	18.11	4.71	3.57
120~140	5.75	3.99	8.61	16.55	4.84	4.17
140~160	6.05	5.31	7.55	14.45	5.35	4.05
160~180	5.08	3.48	9.22	22.29	4.62	3.95
180~200	5.43	4.14	8.52	21.89	4.45	3.79

温室栽培条件下土壤中铵态氮含量随季节的变化相对较小(表3), 铵态氮含量在土壤剖面不同层次中变化也不明显。这是因为施入土壤中的铵态氮可以经过硝化作用较快地转化为硝态氮,同时铵态氮又被土壤吸附不易发生淋溶。3 月份农田土壤中铵态氮含量明显高于其他月份的农田土壤以及温室土

壤,这可能因为 3 月份农田土壤温度较低,影响了土壤中的铵态氮硝化作用的发生。

2.5 土壤电导率的变化

土壤电导率反映了土壤盐分的累积状况。由表 4 可以看出,温室栽培条件下土壤电导率明显高于农田土壤,且表层尤为突出。原因一是因为施肥量

大;二是温室内温度高,土壤水分上升,使盐分表聚。盐分的过量累积不仅会造成作物的生理性干旱,而且会破坏土壤结构,影响温室土壤的持续生产能力。另外,随种植季节的推移,温室土壤电导率的变化趋势与农田土壤存在差异,农田土壤的逐渐增大,而温室土壤0~20 cm 土层呈现“两头高中间低”的趋势,其他土层的电导率呈逐渐增加趋势。反映了不同栽

培方式下施肥特性及作物生长期间水分的动态情况。

由图2可以看出,土壤硝态氮、有效磷和速效钾的含量与土壤电导率之间的关系均达显著水平,其中硝态氮含量与电导率间的关系较为密切。可见,过量施肥所引起的土壤硝态氮的累积是造成土壤盐分累积的主要原因。

表4 温室及农田土壤的电导率的比较(mS/cm)

Table 4 Comparisons of electric conductivities in soils of greenhouses and crop field

层 次 Layer(cm)	11 月 Nov.		3 月 Mar.		5 月 May	
	温 室	农 田	温 室	农 田	温 室	农 田
	Greenhouse	Crop field	Greenhouse	Crop field	Greenhouse	Crop field
0~20	0.420	0.097	0.378	0.165	0.491	0.221
20~40	0.223	0.083	0.239	0.133	0.293	0.190
40~60	0.164	0.068	0.195	0.120	0.246	0.173
60~80	0.121	0.059	0.196	0.133	0.243	0.177
80~100	0.111	0.064	0.180	0.140	0.243	0.183

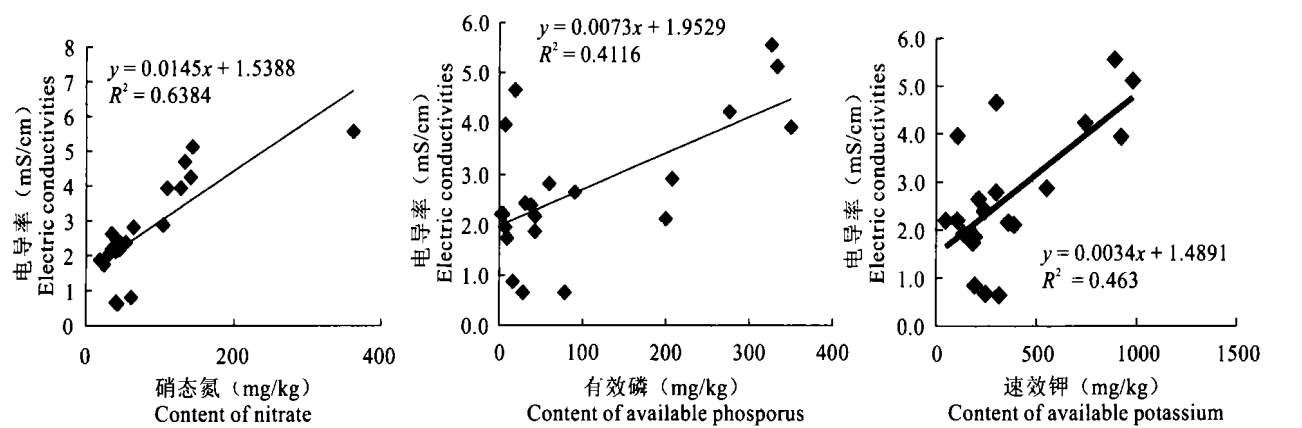


图2 土壤硝态氮、有效磷和速效钾与土壤电导率间的关系

Fig. 2 The relationships between soil electric conductivities and contents of nitrate, available phosphorus and potassium

3 结 论

1) 日光温室土壤有机质、硝态氮、有效磷和速效钾含量呈现显著累积趋势,其中以0~20 cm 土壤有机质、0~40 土层有效磷和速效钾以及0~200 cm 土层硝态氮累积量尤为突出。

2) 蔬菜生长过程中温室土壤剖面中铵态氮含量的变化相对较小,而硝态氮含量呈逐渐降低趋势,其中以土壤0~40 cm 土层的降低幅度尤为显著,但其含量仍高于其他土层。蔬菜收获后土壤剖面(0~200 cm)硝态氮残留量平均达954 kg/hm,明显高于农田土壤,由此带来的生态环境问题值得关注。

3) 温室栽培条件下土壤电导率明显高于农田土壤,以土壤表层尤为突出。土壤硝态氮、有效磷和速效钾与土壤电导率之间的关系均达显著水平,其中

硝态氮含量与土壤电导率间的关系最为密切。说明过量施用肥料特别是氮肥,是引起土壤盐分累积的主要原因。

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] 贾继文. 山东蔬菜大棚土壤养分状况与施肥现状的调查研究[A]. 谢建昌. 菜田土壤肥力与蔬菜合理施肥[C]. 江苏:河海大学出版社,1997.10:76~73.

[3] 成升魁,张秀刚. 我国保护地农业及其若干问题的研究[J]. 自然资源,1994,(2):27~32.

[4] 梁成华. 保护地蔬菜生理病害诊断及防治[M]. 北京:中国农业出版社,1996.2~5.

[5] 吴志行,石海仙. 大棚蔬菜连作障碍及土壤次生盐渍原因可防止[J]. 长江蔬菜,1994,(5):21~23.

[6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 1999.

[7] 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效应[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2):33~335.

[8] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京:化学工业出版社, 1998.

[9] Leinweber L, Meissner R, Eckhardt KU, et tl. Management effects on forms of phosphorus in soil and leaching losses[J]. European Journal of Soil Science, 1999, 50:413~424.

[10] Sharpley AN, Rekolainen. Phosphorus in agriculture and its environmental implications [A]. Tunney, H. Phosphorus Loss from Soil to Water[C]. Wallingford: CAB International 1997. 1-53.

[11] 胡田田, 李生秀. 土壤供氮能力测试方法的研究IV. 土壤剖面中的起始 NO_3^- -N 可靠的土壤氮素有效性指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11(3):74~82.

Characteristics of soil nutrient accumulations under solar greenhouse cultivation condition

TANG Li-li, CHEN Zhu-jun, ZHOU Jian-bin

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

Abstract: Nutrient accumulations in soil under the vegetable cultivation in solar greenhouses have been investigated in Yangling, Shaanxi. It was found that the contents of organic matter in 0~20cm layer, available phosphorus and potassium in 0~40cm layer, and NO_3^- -N in 0~200 cm of soil profiles were significantly increased. The contents of NH_4^+ -N in soil profiles remained stable during the growth of vegetable crops; however, the contents of NO_3^- -N in 0~200 cm soil profiles were significantly decreased due to the uptake of NO_3^- -N by vegetables. After the harvesting, the residual NO_3^- -N in 0~200 cm soil profiles was in the range of 707~1 161 kgN/hm², with an average of 954 kgN/hm², being notably higher than that in the crop field. The soil electric conductivities of greenhouses were higher than that of crop field, especially in the surface layer. There were close relationships between the soil electric conductivities and the contents of NO_3^- -N, available phosphorus and potassium, and the correlation coefficient between NO_3^- -N contents and soil electric conductivities was the highest, indicating that the excessive application of nitrogen fertilizer was the main reason to increase soil electric conductivities in greenhouses.

Key words: solar greenhouse; soil profile; nutrient accumulation; soil salts