

西安地区日光温室土壤养分与盐分累积状况研究

许安民, 张英利, 李紫燕, 周建斌, 陈竹君

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 选择西安市灞桥区新合镇的三个村的24个日光温室,对0~100 cm剖面土壤及相邻的农田土壤养分、pH和电导率进行了分析研究。结果表明:日光温室土壤有机质含量明显增加,表层(0~20 cm)平均为22.5 g/kg,比农田高出9.0 g/kg;有效磷、速效钾含量出现明显的累积,表层平均分别为261 mg/kg和412 mg/kg,比露地增加569%和194%;0~40 cm剖面土壤pH与露地比较有变酸趋势,平均降低0.17个pH单位。24个日光温室0~100 cm土壤剖面硝态氮含量虽有差异,但其平均值均较露地显著增加,增加量为23.1~89.7 mg/kg;铵态氮与露地差异很小,说明施肥对日光温室土壤中铵态氮影响较小。日光温室土壤表层积盐明显,其电导率平均值高出露地1倍,但大部分尚未达到阻碍作物生长的指标。

关键词: 日光温室栽培;土壤养分;盐分累积

中图分类号: S606+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0193-04

日光温室栽培是一种改变了自然状态下的水热平衡、具有强烈人为作用的土地利用方式。在此过程中,菜农为了追求高产,对日光温室栽培蔬菜的施肥量高出大田的4~10倍,几乎是蔬菜实际需要量的6~8倍^[1],致使养分过度累积以及营养元素比例失调,温室内土壤盐分离子严重累积^[2~4],最终导致土壤次生盐渍化的产生,严重影响蔬菜的产量和品质,造成资源浪费,阻碍蔬菜生产的可持续发展。

西安市郊区是传统的蔬菜生产基地,近年来设施蔬菜栽培的发展相当迅速。该地区日光温室大棚大部分建在由河流冲积物发育的土壤上,因此,地下水位较浅,土壤类型主要是潮土、泥沙土,质地相对较粗。栽培的蔬菜多以番茄为主。目前,虽然日光温室栽培条件下蔬菜不合理施肥引起的土壤养分及盐分累积引起了人们的普遍关注,但针对这一地区的相关研究报道还较少。本试验于2005年对西安市灞桥区新合镇的陶家、余家和东唐等三个村的部分日光温室进行了调查研究,旨在为当地设施栽培的生产和可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

2005年6~7月在西安市灞桥区新合镇的陶家、余家和东唐等三个村选择24个日光温室,调查了以往的施肥情况。施用的有机肥品种主要为鸡粪,其次为猪粪、人粪尿等,施用量在20~240 t/hm²之间,平均为130 t/hm²;化肥用量变异较大,

其中氮肥用量在N 100~1 850 kg/hm²之间,平均为N 600 kg/hm²;磷肥在P₂O₅ 0~2 250 kg/hm²之间,平均P₂O₅ 620 kg/hm²;钾肥在K₂O 0~3 850 kg/hm²之间,平均K₂O 490 kg/hm²。

采集土壤0~100 cm剖面样品,每20 cm为一层,每个棚采集3个点,组成一个混合样。同时选择相邻的5个农田土壤作为对照。该地区日光温室的建棚时间在1994年至2003年之间,其中多数日光温室建于2000年左右,温室面积多在630 m²左右,番茄产量多在100~180 t/hm²之间。

测定项目有土壤有机质、有效氮(硝态氮、铵态氮)、有效磷、速效钾、pH、电导率等。其中,有效氮、电导率测定的土壤层次深度为0~100 cm(按每20 cm分开),其余项目均为0~40 cm土层。土壤有机质、有效磷和速效钾的测定均采用常规方法^[5],电导率采用DDS-11A型电导仪测定(水、土比为5:1),硝态氮测定用1 mol/L的KCl浸提(水、土比为10:1),AA³型连续流动分析仪测定。

2 结果与讨论

2.1 日光温室土壤的养分累积

24个大棚0~20 cm、20~40 cm剖面土壤有机质、有效磷和速效钾测定结果见表1。由表1看出,0~20 cm大棚土壤有机质含量平均为22.5 g/kg,比露地高出9.0 g/kg,增幅为67%;20~40 cm平均为13.5 g/kg,较露地增加18.4%。这一结果与当

收稿日期:2007-04-24

基金项目: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:许安民(1957-),男,陕西杨凌人,实验师,从事土壤与植物营养研究。

地普遍重视施用有机肥有关。日光温室栽培条件下,土壤有机质不仅可以稳定、均衡和调节土壤肥力状况,而且利用矿化过程中产生的二氧化碳还可作为作物的二氧化碳肥源。有研究者提出,理想菜地

有机质含量应在 30 g/kg 以上^[3],据此衡量当地设施菜地土壤有机质含量尚属较低水平,生产中应继续提倡使用有机肥。

表 1 日光温室及农田土壤养分含量比较

Table 1 Nutrients and pH of soils under the sun-light greenhouses and fields

类型 Type	土层 Soil layers (cm)	有机质 Organic matter (g/kg)	有效磷 Olsen-P (mg/kg)	速效钾 NH ₄ Ac-K (mg/kg)	pH
温室 (n=24) Greenhouses	0~20	22.5 (14.6~27.8)	261 (161~390)	411 (120~747)	7.69 (7.51~7.91)
	20~40	13.5 (6.6~22.6)	156 (54~383)	259 (98~419)	7.99 (7.53~8.14)
露地 (n=4) Fields	0~20	13.5 (9.8~15.9)	39 (18~69)	140 (109.8~217)	7.87 (7.61~8.04)
	20~40	11.4 (10.3~12.6)	32 (4~83)	91 (71~123)	8.14 (8.06~8.26)

注:括号内数据为变异范围。 Note: The data in the parenthesis is the range of each item.

日光温室土壤有效磷含量出现明显的累积,尤其是 0~20 cm 土层,平均为 261 mg/kg,变幅为 161~390 mg/kg;20~40 cm 平均也达 156 mg/kg。而露地相应层次平均分别为 39、32 mg/kg。说明日光温室土壤磷肥使用过量的问题比较突出。从上述施肥情况也可看出,磷肥的比例明显偏高。按照一些研究者提出的菜地土壤有效磷大于 90 mg/kg 为偏高的指标衡量^[6],当地土壤有效磷含量已处于较高水平。

日光温室土壤速效钾也明显高于露地,0~20 cm 和 20~40 cm 平均为 411 mg/kg 和 259 mg/kg,而露地相应层次分别为 140、91 mg/kg。已有资料报道,对于菜地土壤,有效钾含量在 150~250 mg/kg 为适宜范围,大于 350 mg/kg 为过量^[7],由此可见,测定地区的部分大棚土壤钾素供应已处于丰富水平。但所测土壤速效钾的变异范围很大,0~20 cm 的变幅为 120~747 mg/kg,这种情况一方面是因为温室棚龄长短不一致,另一方面是因生产中钾肥使用很不平衡,施 K₂O 在 0~3 850 kg/hm² 之间。因此,在当地蔬菜设施栽培中应针对具体土壤的钾素含量,合理使用钾肥,以避免因盲目使用而造成有限钾肥资源的浪费和生产成本的增加。

由 pH 测定结果看出,日光温室土壤 0~40 cm 剖面有酸化趋势,其中 0~20 cm pH 平均为 7.69,比露地降低 0.18 个 pH 单位,20~40 cm 也比露地下降了 0.15 个 pH 个单位。其他学者的研究发现类似现象^[2,3]。究其原因主要是因长期大量使用化肥,尤其是氮肥和生理酸性肥料,如过磷酸钙、磷酸二铵等,强酸性阴离子如 SO₄²⁻ 和 NO₃⁻ 累积使 pH 值下降。其次是因为使用了较多的有机肥,在其矿化分解过程产生了大量的有机酸。pH 值下降幅度

虽然不致影响作物生长和土壤微生物活动,但土壤 pH 值降低,会使 Ca²⁺、Mg²⁺ 等元素的可溶性提高,加速土壤盐渍化。蔬菜出现生理障碍的 pH 值为 5.52^[8]。因此,日光温室土壤持续酸化的现象也应引起重视。

2.2 日光温室土壤硝态氮变化

氮素在土壤盐分浓度提高过程中所起的作用最大^[9,10]。在日光温室蔬菜的生产中,由于施入了大量的化学氮肥及有机肥,而日光温室土壤良好的通气条件使无机氮素主要以硝态氮形态存在。硝态氮既是蔬菜作物喜好的氮素形态,又是设施栽培土壤盐渍化的主要原因。据报道,设施栽培土壤的各盐分离子中,NO₃⁻ 增加幅度最大,占阴离子总量 67%~76%^[8]。有研究者提出,温室土壤硝态氮含量大于 280 mg/kg 即为过量^[11]。所测定的 24 个日光温室 0~100 cm 土层的 NO₃⁻-N 测定结果见表 2。

表 2 日光温室及露地土壤硝态氮含量的比较(mg/kg)

Table 2 Content of NO₃⁻-N in the soils under the sun-light greenhouses and open fields

层次 Soil layers (cm)	日光温室 (n=24) Greenhouses		露地 (n=4) Fields	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
	0~20	108.5	5.0~553.4	18.8
20~40	60.0	7.6~312.6	17.5	9.6~33.3
40~60	34.5	7.0~117.7	9.2	6.4~10.4
60~80	39.5	4.2~154.0	10.7	6.4~20.7
80~100	34.7	9.2~95.6	11.6	5.6~24.3

表 2 表明,24 个日光温室 0~20 cm 土壤硝态氮平均为 108.5 mg/kg,与露地比较增加了 89.7 mg/kg,其余 4 个层次的平均含量也增加 20 mg/kg

以上。说明硝态氮不仅在日光温室土壤表层出现显著累积,同时也因其不易被土壤胶体吸附而在剖面向下层迁移。这与有机肥、化学氮肥使用量偏大,灌溉和雨季淋溶有密切关系。硝态氮在土壤剖面的累积与淋溶会污染地下水,同时导致氮素损失。因此,使用氮肥时,应根据前茬残留的硝态氮确定氮肥用量,并合理配施磷钾肥,深耕促进根系下扎,提高对深层硝态氮的利用率,这可能是预防、减轻盐渍化程度和氮素深层损失的重要途径。

从表2还看出,0~20 cm 硝态氮的变化范围很大,为5.0~553.4 mg/kg,这除了温室棚龄差异外,还与当地土壤质地较粗引起的淋溶损失有很大关系。

表3表明,日光温室与露地土壤比较,0~100 cm 各层次铵态氮平均含量差异较小,未超过3 mg/kg。日光温室土壤剖面铵态氮在7.3~11.2 mg/kg之间,变化也较小。说明施肥累积的氮素在土壤中基本被转化为硝态氮。这一结果再次表明硝态氮是土壤氮素的有效性指标,也是日光温室栽培土壤盐分组成中的主要阴离子。

表3 日光温室及露地土壤铵态氮含量的比较(mg/kg)

Table 3 Content of NH_4^+-N in the soils under the sun-light greenhouses and open fields

层次 Soil layers (cm)	日光温室($n=16$) Greenhouses		露地($n=3$) Fields	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
	0~20	10.1	0.9~17.5	8.8
20~40	9.2	0.7~29.8	11.1	6.1~16.1
40~60	7.3	0.0~15.3	7.1	4.9~10.4
60~80	11.2	3.5~30.4	8.5	6.3~10.4
80~100	8.2	0.0~30.5	6.1	2.2~10.9

2.3 日光温室土壤电导率(EC)变化

众多的研究表明,土壤电导率反映了土壤盐分的累积状况。由表3测定结果看出,日光温室土壤电导率明显高于相邻的露地土壤,0~20 cm 平均为0.38 mS/cm,是露地的2倍,最大值达0.96 mS/cm,是露地最大值的3.84倍;其余4个层次的平均值也是露地同层次的1.32~1.84倍。盐分的过量累积无疑会破坏土壤结构,影响土壤的持续生产能力。由表3还看出,日光温室土壤EC平均值在0~100 cm 土层自上而下依次降低了0.12 mS/cm,占表层平均值的31.5%,而露地仅降低了0.04,占表层的22.3%。所以,日光温室土壤剖面积盐有倒锥型状趋势。出现这种结果原因可能有:

① 施用大量化肥使养分富积在表层而成为水溶性盐基离子;② 日光温室温度、湿度高于棚外,土表蒸发强烈,使土壤表层水分汽化,带动地下水和土层水分不断上升,产生连续性的上升水流,带动其中的盐分离子也上升到表层而聚集;③ 在番茄生长期间,日光温室土壤得不到天然降水的淋洗,加之作物生长旺盛,蒸腾作用强烈,也加速了表土积盐。

据报道,当设施土壤EC大于0.5 mS/cm时,标志着土壤盐分开始超标,不耐盐蔬菜吸收水分养分受阻,需要控制肥料(盐分)的投入;当土壤EC达到1.0 mS/cm时,说明土壤已经盐渍化,作物出现生理障碍,产量显著降低,需要采取措施改良土壤^[12]。表4的EC值除个别大棚表层土壤高于0.5 mS/cm外,其余均在0.5 mS/cm以下,说明当地设施土壤的盐分浓度至测定时尚在作物生长的安全限以内。这可能一方面与该地土壤质地较粗、盐分的淋溶作用较强有关;另一方面可能因为这些日光温室每年6月下旬至10月期间为揭棚期,这段时间正好是雨季,较充足的雨水可将盐分离子淋溶到深层。

表4 日光温室及露地土壤电导率的比较(mS/cm)

Table 4 Electric conductivity of the soils under the sun-light greenhouses and open fields

层次 Soil layers (cm)	日光温室($n=24$) Greenhouses		露地($n=5$) Fields	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
	0~20	0.38	0.16~0.96	0.19
20~40	0.25	0.12~0.48	0.19	0.08~0.25
40~60	0.35	0.10~1.20	0.19	0.10~0.28
60~80	0.26	0.08~0.81	0.17	0.10~0.23
80~100	0.26	0.08~0.74	0.15	0.10~0.20

3 结 论

1) 日光温室栽培下菜地土壤有机质较露地明显增加,这与当地日光温室栽培中普遍重视使用有机肥有关。但与良好的菜地土壤有机质含量应在30 g/kg以上的指标比较,仍属较低水平。因此,生产中应继续提倡使用有机肥;有效磷基本上已处于较高水平,有效钾供应多处于丰富水平。因此在当地蔬菜设施栽培中应针对具体土壤的磷、钾素含量,合理使用磷肥和钾肥,避免因盲目使用而造成资源浪费、生产成本的增加以及加速土壤次生盐渍化。

2) 日光温室栽培菜地土壤0~100 cm 剖面硝态氮平均含量均较露地显著增加,0~20 cm 增加了89.7 mg/kg,其余层次也增加20 mg/kg以上,说明

多数日光温室土壤硝态氮累积突出,硝态氮在土壤剖面淋溶带来的环境问题值得关注。日光温室与露地土壤铵态氮含量差异很小,说明施肥对日光温室土壤铵态氮的影响较小。

3) 与露地比较,日光温室土壤因长期使用大量化肥而有酸化趋势,0~40 cm 比露地降低 0.17 个 pH 单位。虽然日光温室土壤积盐明显,但其电导率尚未达到盐分超标的程度,这与土壤质地较粗及夏季揭棚期间土壤能间歇受到自然降雨淋溶有关。

致谢:西北农林科技大学资源环境学院 2002 级土化方向的学生参加了本项目的调查及分析工作。野外调查阶段得到了西安市灞桥园艺站的大力支持。

参考文献:

- [1] 董元华,张桃林.基于农产品质量安全的土壤资源管理与可持续利用[J].土壤,2003,35(3):184.
- [2] 党菊香,郭文龙,郭俊伟,等.不同种植年限蔬菜大棚土壤养分累积及硝态氮迁移规律[J].中国农学通报,2004,20(6):189—

191.

- [3] 周建斌,翟丙年,陈竹君,等.西安市郊区日光温室大棚番茄施肥现状及养分累积特性[J].土壤通报,2006,37(2):287—290.
- [4] 杜连风,刘文科,刘建玲.河北省蔬菜大棚土壤盐分状况及其影响因素[J].土壤肥料,2005(3):17—19.
- [5] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:北京科学出版社,1983.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 房云波,孟春玲.保护地内土壤次生盐渍化土壤形状的影响及对策[J].辽宁农业科学,2006,(6):40—41.
- [9] 朱国鹏,王玉彦,刘士哲,等.蔬菜设施栽培土壤的盐分累积极值调控[J].热带农业科学,2002,22(3):52—61.
- [10] 夏立忠,李忠佩,扬林章.大棚番茄不同施肥条件下土壤养分和盐分组成与含量的变化[J].土壤,2005,37(6):620—625.
- [11] Miller RW, Donahue RL. Soil in Our Environment [M]. 7th. Prentice Hall, 1995.
- [12] 邹长明,张多姝,张晓红,等.蚌埠地区设施土壤酸化与檐子盐渍化状况测定与评价[J].安徽农学通报,2006,12(9):54—55.

Nutrient accumulation in the soils under sun-light greenhouses of Xi'an area

XU An-min, ZHANG Ying-li, LI Zi-yan, ZHOU Jian-bin, CHEN Zhu-jun

(College of Resources & Environmental Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The contents of different nutrients in 0~100 cm soil profiles of 24 sun-light greenhouses at the suburbs of Xian were determined to evaluate the accumulation of nutrients and salts in the soils under sun-light greenhouses. The results showed that the average content of organic matter in 0~20 cm soil layer of greenhouse was 22.5 g/kg, which was significantly higher than that in the open fields. The contents of available phosphorus and available potassium in the layer of 0~20 cm of greenhouses were 261 mg/kg and 412 mg/kg, respectively, which were about 569% and 194% higher than that in the open fields, respectively. The pH in 0~40 cm soil layer of the greenhouses was 0.17 pH unit lower than that in the open fields, indicating the acidity of the soils under sun-light greenhouse. There were no significant differences in the content of NO_3^- -N among the 24 greenhouse soils; however, the NO_3^- -N in 24 greenhouse soils was significant higher than that in the open field, the increases in NO_3^- -N in greenhouses compared to open fields was in range of 23.1~89.7 mg/kg. There were no significant differences in the content of NH_4^+ -N in greenhouse and open fields, indicating the stable of NH_4^+ -N in upland soils. The electric conductivity (EC) in greenhouses was about two times as high as that in the open fields; however, the soil EC of the greenhouse was not reached the harmful level to crop in the study region.

Keywords: sunlight greenhouse; soil nutrient; salt accumulation