

云南设施土壤盐分累积特征研究^①

史 静, 邓玉龙, 张乃明*, 苏友波

(云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

摘要: 研究了云南不同区域、不同种植年限的大棚设施土壤的盐分累积特征。结果表明: 云南设施土壤耕层盐分含量为 0.50 ~ 4.22 g/kg, 平均为 1.76 g/kg; 大棚种植年限长的地区, 土壤表层盐分含量累积明显; 随着大棚种植年限的延长, 盐分含量、EC 值呈上升趋势; 随着土壤层次的加深, 盐分含量、EC 值逐渐降低; Na 离子(交换性 Na 和可溶性 Na)不是导致设施土壤盐害的决定性因素。

关键词: 设施土壤; 盐分; 累积

中图分类号: S158.2

土壤盐分是衡量土壤环境质量的重要指标, 其变化将影响到土壤环境及农业生产。设施土壤由于长期处在“高温、高湿、高复种指数、高施肥量、少甚至无降水淋洗”等特殊的生产环境条件下, 致使大量盐分表聚化, 导致设施土壤出现次生盐渍化现象^[1-2], 这已成为设施土壤质量研究中最为关注的问题^[3]。云南省是我国重要的花卉、蔬菜基地, 其设施栽培面积已达 1.73 万 hm^2 , 云南鲜切花占据国内 50% 以上的市场份额, 在国际市场也享有声誉。目前设施土壤盐分累积的障碍问题已严重影响了云南设施农业的发展, 因此, 研究设施土壤的盐分累积特征显得十分迫切。尽管目前国内关于设施大棚土壤盐渍化已有诸多的报道^[4-7], 但多基于小区域的分析研究, 对于大范围地区设施土壤中的盐分累积状况及迁移特征则鲜见报道。针对这一问题, 本文对云南省设施土壤盐分的累积特征进行了较为系统的研究, 以期为更好解决设施土壤出现的障碍问题提供指导。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

云南省设施栽培蔬菜花卉的面积为 1.73 万 hm^2 , 在昆明、玉溪、曲靖、保山和红河等地区均有较大分布, 但以昆明和玉溪为主, 占全省设施栽培面积的 80% 以上。主栽的花卉品种为玫瑰、康乃馨、百合、非洲菊、满天星等, 蔬菜品种有西芹、生菜、甜椒等。在

设施栽培过程中, N、P 化肥和畜禽粪便以及复合肥施用量大, 生产成本高。

1.2 土样采集

2004 年分别在昆明、玉溪、保山、红河、曲靖等 5 个设施栽培最为集中的地区进行调查采样。分层 (0 ~ 20、20 ~ 40 cm) 采集建棚年限为 1 ~ 3、3 ~ 8、8 ~ 15 年的设施土壤, 同时采集对应的露地土壤作为对照。共采集土壤样品 102 个, 土样采集应用随机多点混合法。土壤样品自然风干后分过 60 目和 100 目筛备分析用。

1.3 分析方法

土壤电导率 (EC) 用 HANNA HI993310 型电导仪测定 (土: 水 = 1: 5); 全盐采用残渣烘干-质量法测定^[8]。

1.4 数据处理

全部试验数据用 SPASS11.5 统计软件和 EXCEL 2000 软件处理。

2 结果与分析

2.1 不同区域设施土壤全盐含量变化特征

土壤次生盐渍化是设施土壤的主要障碍问题之一, 设施土壤的全盐和 EC 值是衡量设施土壤盐渍化严重程度的重要指标, 分析云南省设施土壤的全盐和 EC 值可以系统地了解该省设施土壤的盐渍化状况, 并为其防治提供理论依据。云南省设施土壤的盐分含量现状为: 0 ~ 20 cm 土层盐分变化范围是 0.50 ~ 4.22 g/kg,

①基金项目: 教育部重点项目 (3124)、云南省自然科学基金重点项目 (2003C0006Z) 和教育部“春晖计划”项目 (Z2005-2-65005) 资助。

* 通讯作者 (zhangnaiming@sina.com)

作者简介: 史静 (1980—), 女, 山西临汾人, 博士, 讲师, 主要从事设施土壤质量演变方面的研究。E-mail: shjing1980@yahoo.com.cn

平均为 1.76 g/kg; 20 ~ 40 cm 土层盐分变化范围是 0.41 ~ 2.99 g/kg, 平均为 1.09 g/kg; 全盐以昆明最高 (2.10 g/kg), 保山次之 (1.96 g/kg), 然后是曲靖 (1.65 g/kg), 玉溪 (1.33 g/kg), 红河最低 (1.28 g/kg)。

表 1 云南不同区域设施土壤全盐含量 (g/kg)

Table 1 Contents of soil total salt in greenhouses in Yunnan

层次 (cm)	项目	昆明 (n = 20)	玉溪 (n = 8)	曲靖 (n = 6)	红河 (n = 8)	保山 (n = 8)
0 ~ 20	范围	0.50 ~ 4.22	0.97 ~ 1.94	0.96 ~ 2.14	0.86 ~ 1.94	1.56 ~ 2.35
	平均值	2.10	1.33	1.65	1.28	1.96
	标准差	0.98	0.34	0.48	0.49	0.56
20 ~ 40	范围	0.58 ~ 2.99	0.72 ~ 1.47	1.12 ~ 2.06	0.56 ~ 1.61	0.41 ~ 1.23
	平均值	1.58	1.07	1.59	0.91	0.76
	标准差	0.62	0.30	0.47	0.42	0.27

2.2 不同栽培年限设施土壤全盐含量、EC 值变化特征

设施土壤的盐分随着设施大棚种植年限的增长而增加, 0 ~ 20 cm 土层, 各地区种植 1 ~ 3 年大棚土壤盐分较相应露地土壤增加了 1 ~ 2 倍, 种植 3 ~ 8 年的

大棚土壤的盐分变化不太一致, 昆明、曲靖地区有所降低, 玉溪地区盐分上升至露地土壤的 2.5 倍, 红河、保山盐分呈缓慢上升趋势; 20 ~ 40 cm 土层盐分的变化趋势与 0 ~ 20 cm 土层基本一致 (图 1)。

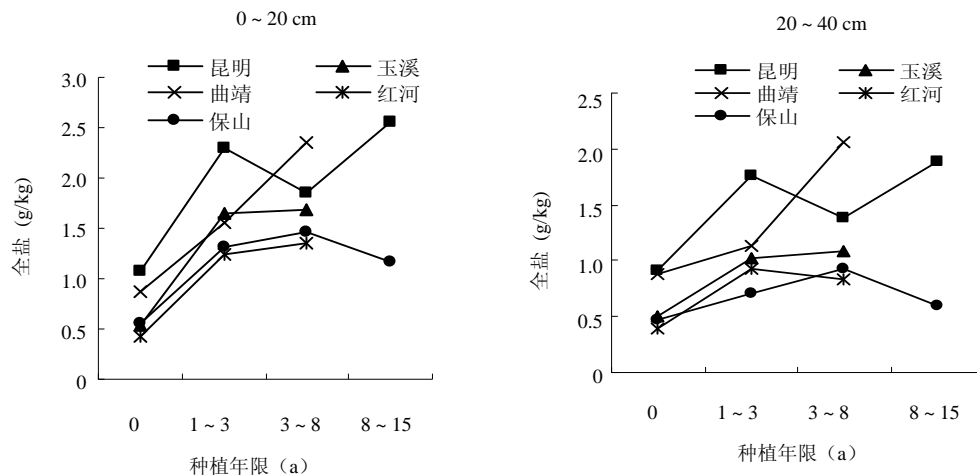


图 1 不同年限设施土壤全盐含量变化特征

Fig. 1 Changes of soil total salt in greenhouses of different years

设施土壤的 EC 值也随着设施大棚种植年限的增长而增加, 0 ~ 20 cm 土层, 各地区种植 1 ~ 3 年大棚土壤的 EC 值较相应露地土壤增加了 1 ~ 5 倍, 种植 3 ~ 8 年的大棚土壤的 EC 值变化不太一致, 昆明、曲靖地区有所降低, 玉溪地区 EC 值上升至露地土壤的 10 倍, 红河、保山地区 EC 值呈缓慢上升趋势; 20 ~ 40 cm 土层 EC 值的变化趋势也与 0 ~ 20 cm 土层基本一致 (图 2)。

2.3 设施土壤钠离子含量

土壤次生盐渍化是设施土壤的主要障碍问题之

一, 已有研究表明^[4,6], Na 离子是造成设施土壤盐渍化的主要因素, 本文选取设施栽培年限最长, 盐渍化程度最重的呈贡县的不同年限的设施表层 (0 ~ 20 cm) 土壤, 分析其交换性 Na、可溶性 Na 和 CEC, 并结合其 pH、EC、全盐等指标进行综合分析 (表 2), 结果表明呈贡县设施土壤的 CEC 范围值为 31.89 ~ 64.76 cmol/kg, 与红壤比较, 呈贡县的设施土壤属于高 CEC 土壤, 根据美国农业部盐碱土研究室以土壤的 pH、EC 值与交换性 Na 对土壤进行分类, 呈贡县设施土壤均属于盐土或盐碱土, 其 EC 值均 > 4 dS/m, pH 值均 < 8.5,

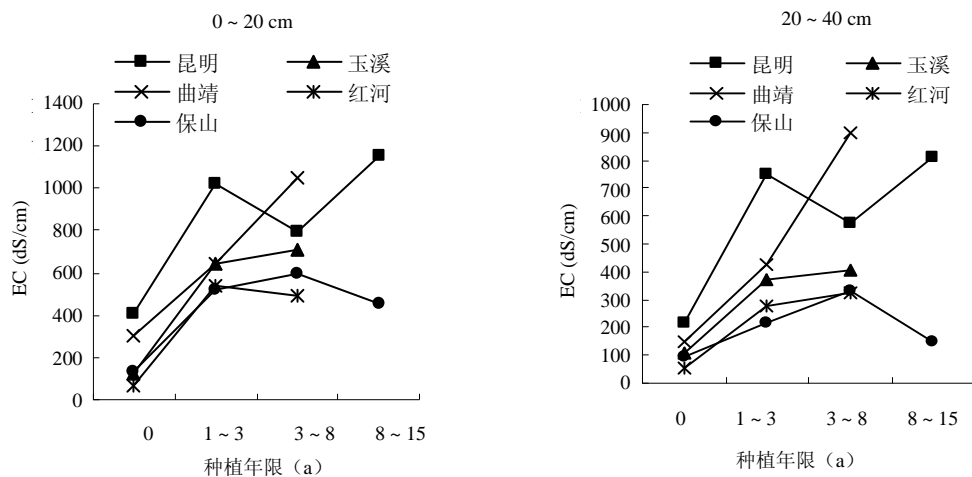


图 2 不同年限设施土壤 EC 值变化特征

Fig. 2 Change of soil EC in greenhouses of different years

表 2 不同年限设施土壤 Na⁺ 状况

Table 2 Changes of soil sodium ion in greenhouses of different years

年限 (年)	pH	电导率 (dS/cm)	可溶性总盐 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	交换性 Na ⁺ (cmol/kg)	交换性 Na 占 CEC 百分比 (%)	Na ⁺ 占阳离子的 百分比 (%)
0	7.6	380 d	1.04 c	46.85 b	0.32 c	0.68	6.53
3	7.2	1150 a	2.60 a	51.68 a	0.35 c	0.68	4.01
6	6.3	590 c	1.45 b	40.37 c	0.52 b	1.29	1.76
12	7.2	910 b	2.56 a	46.94 b	0.80 a	1.70	2.41

交换性 Na 占 CEC 的百分数也都 < 15%。随着设施栽培年限的增加，设施土壤的交换性 Na 在增加，但增加的速度并不快，12 年以后设施土壤的交换性 Na 仅为露地土壤的 2.5 倍，且交换性 Na 占 CEC 的百分比也只从 0.68% 增加到 1.70%。可溶性 Na 占阳离子的百分比也均 < 10%，可以看出，即使是盐害程度最为严重的昆明地区，Na 离子（交换性 Na 和可溶性 Na）并不是导致设施土壤盐害的决定性因素。

2.4 设施土壤全盐含量的纵向分布特征

设施土壤在灌溉条件下，因水体动力的作用，常引起盐分在土壤剖面中纵向迁移，盐分能通过不同性质的水分运动而渗入地下，从而城市饮用水源受污染，同时也因高温的设施栽培条件使土壤表面水分蒸发强度增大，致使大量盐分表聚化，导致设施土壤出现次生盐渍化现象。设施土壤主要集中在交通便利，人口相对集中的城市近郊，栽培年限长，集约化的设施农业发展将会如何影响设施土壤盐分含量的纵向分布，且昆明、玉溪地区的设施栽培业主要是在滇池、星云湖等高原湖泊周围发展，其设施土壤盐分含量的纵向分布特征又会否影响到周围水体水质特征，现以云南

省设施种植年限最长的 3 个地区的剖面土样分析其土壤盐分含量纵向变化特征，为了解设施土壤的纵向迁移规律提供理论依据。从图 3 可以看出：设施土壤的

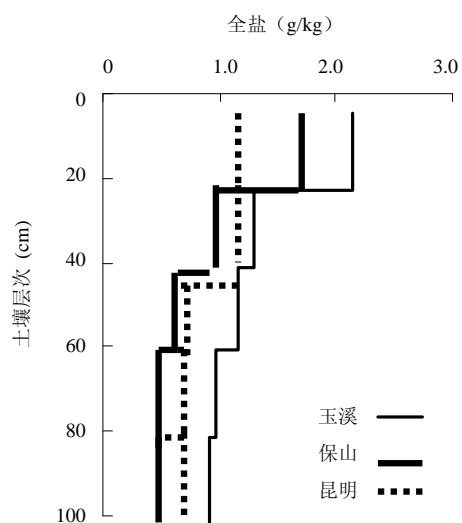


图 3 不同地区设施土壤全盐含量纵向迁移特征

Fig. 3 Changes of total salt in greenhouse soil profiles

全盐含量随着土壤层次的加深而降低, 0~40 cm 土层为作物根系生长的主要层次, 设施土壤盐分积累较为严重, 且 3 个区域的 0~40 cm 土层的盐分均 >1.0 g/kg, 按盐渍化土壤分类标准, 已达到轻度盐渍化, 会影响到作物的产量。

3 讨论

许多研究表明, 设施土壤耕层的盐分高于相应的露地土壤 1~13 倍, 且随着设施栽培年限的增长而增加^[7,9-11]。超量使用化肥和偏施 N 肥是引起土壤次生盐渍化的直接原因^[2,4,12]。

本研究表明, 云南全省设施土壤耕层全盐含量范围为 0.50~4.22 g/kg, 平均为 1.76 g/kg; 根据我国滨海盐土的分级标准分析云南省设施土壤盐分含量状况, 已有 2% 的土壤以达到强度盐渍化, 28%、54% 分别达到了中度盐渍化和轻度盐渍化, 只有 16% 的土壤为非盐渍化土。且随着设施栽培年限的加长, 均有盐分累积的趋势。本课题组研究表明^[13]设施土壤 pH 值的降低有利于设施土壤盐分的积累; K 含量高的设施土壤, 可能 K⁺ 与 NH₄⁺ 产生拮抗作用, 减少了 NH₄⁺ 对土壤的影响; 化学肥料的过量施入与设施土壤的次生盐渍化有密切的关系。控制设施土壤的化学肥料投入量, 进行配方施肥, 合理搭配速效养分间的比例, 对降低设施土壤中的盐分含量有作用。

已有研究表明^[14]: 盐渍化土壤中 Na⁺ 是主要的毒害离子, 细胞许多代谢活动对 Na⁺ 的积累非常敏感。Na⁺ 浓度的升高会引起其他离子吸收的抑制效应, 且对细胞代谢活动有直接伤害。一般认为, 每千克土的 CEC 在 20 cmol 以上为保肥力强的土壤, 10~20 cmol 为保肥力中等, <10 cmol 为保肥力弱的土壤。由此可知, 该地土壤的 CEC 均 >40 cmol/kg, 属于保肥力强的土壤, 交换性阳离子的总量也较多。从结果可以看出, 此类土壤的交换性 Na 随着设施栽培年限的增长而增加, 交换性 Na 占 CEC 的百分比最高的不超过 2%, 并不是占主导地位的交换性阳离子; 可溶性盐中的 Na⁺ 占阳离子总量的百分比也没有超过 10%。综合分析, 设施土壤 Na⁺ 的数量并没有占主导地位, 还应对设施土壤的其它交换性阳离子进行分析, 以便找出盐渍化的主导因素。

4 结论

(1) 云南省设施土壤耕层盐分累积现状为 0.50~4.22 g/kg, 平均值为 1.76 g/kg; 已有 2% 的土壤已达到强度盐渍化, 28%、54% 分别达到了中度盐渍化和

轻度盐渍化, 只有 16% 的土壤为非盐渍化土, 且设施土壤中盐分含量、EC 值随着设施大棚的种植年限的增长而增加, 随着土壤层次的加深而逐渐降低。

(2) 云南省设施土壤的交换性 Na 随着设施栽培年限的增长而增加, 设施栽培 12 年左右土壤的交换性 Na 仅为露地土壤的 2.5 倍, 且交换性 Na 占 CEC 的百分比最高的不超过 2%, 并不是占主导地位的交换性阳离子; 可溶性盐中的 Na⁺ 占阳离子总量的百分比也均 <10%。Na⁺ (交换性 Na 和可溶性 Na) 并不是导致云南设施土壤盐害的决定性因素。

参考文献:

- [1] 党菊香, 郭文龙, 郭俊炜, 吕家琰, 王军利. 不同种植年限蔬菜大棚土壤盐分累积及硝态氮迁移规律. 中国农学通报, 2004, 20(6): 189-191
- [2] 焦坤, 李德成. 蔬菜大棚条件下土壤性质及环境条件的变化. 土壤, 2003, 35(2): 94-97
- [3] Moroko TS, Lungu C. Use of Broadleaf P4 (polymer) to improve soil physical properties. Land degradation: a challenge to agricultural production. Proceedings 5th Annual Scientific Conference, SADC-land and water management research programme, Harare, Zimbabwe, 10-14 October, 1994. 1996: 74-77
- [4] 李文庆. 大棚蔬菜种植对土壤理化及生物性状影响规律的研究. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 10: 76-79
- [5] 刘广明. 地下水作用条件下土壤水盐运移规律及其机制研究 (硕士学位论文). 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2000
- [6] 童有为, 陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究. 园艺学报, 1991, 18(2): 159-162
- [7] 李刚, 张乃明, 毛昆明, 史静, 余丽娜. 大棚土壤盐分累积特征与调控措施研究. 农业工程学报, 2004, 20(3): 44-47
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 科学出版社, 2000: 205-226
- [9] 余海英, 李廷轩, 周健民. 设施土壤次生盐渍化及其对土壤性质的影响. 土壤, 2005, 37(6): 581-586
- [10] 刘德, 吴凤芝. 哈尔滨市郊蔬菜大棚土壤盐分状况及其影响. 北方园艺, 1998(6): 1-3
- [11] 李文庆, 刘加芬. 大棚栽培后土壤盐分的变化. 土壤, 1995, 27(4): 203-205
- [12] 李文庆, 张民, 李海峰. 大棚土壤硝酸盐状况分析. 土壤学报, 2002, 39(2): 283-287
- [13] 邓玉龙. 云南省主要性状演变特征与质量评价 (硕士学位论文). 昆明: 云南农业大学, 2006
- [14] 王学征. 设施环境盐分胁迫对番茄生长发育及膜系统影响的研究 (硕士学位论文). 哈尔滨: 东北农业大学, 2004

Characteristics of Soil Salt Accumulation in Greenhouse in Yunnan Province, China

SHI Jing, DENG Yu-long, ZHANG Nai-ming, SU You-bo

(College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Greenhouse cultivation has become one of the important cropping systems in Yunnan Province. The accumulation of salt caused by different fertilization may affect soil ecosystem in Greenhouse. This paper investigated salt contents in surface soil horizon in greenhouses from six major areas in Yunnan Province. The results showed that: the mean content of soil salt was 1.76 mg/kg, varied in a range of 0.50–4.22 mg/kg. Soil salt content and EC value changed obviously in different areas. With the increase of the greenhouse age, salt content and EC values of soil increased. Soil salt accumulated mainly in the top horizon, and decreased gradually with soil depth. Na^+ is not the decisive factor for soil salinization.

Key words: Greenhouse soils, Salt contents, Accumulation