

# 大棚土壤盐分累积特征与调控措施研究

李 刚<sup>1</sup>, 张乃明<sup>1</sup>, 毛昆明<sup>1</sup>, 史 静<sup>1</sup>, 余丽娜<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201; 2 华南农业大学资源与环境学院, 广州 510642)

**摘 要:** 通过对昆明地区不同年限的大棚土壤的管理现状调查分析及采集次生盐渍化严重的土壤做调控盐分的盆栽模拟试验, 研究了保护地大棚土壤次生盐渍化的形成特征以及土壤调理剂对大棚土壤盐分的调控效果, 结果表明: 随着大棚年限的增长, 耕层土壤的盐分在增加, 盐分组成以  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NO}_3^-$  为主, 0~ 60 cm 土层的盐分剖面由露地的直筒型向倒锥形发展, 由泥炭、沸石、锯末等改良材料组合成的土壤调理剂控盐效果显著, 耕层土壤全盐含量降幅在 19% ~ 32% 之间。

**关键词:** 大棚; 土壤; 盐分; 累积特征; 土壤调理剂

中图分类号: S156.4<sup>+</sup>9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)03-0044-04

## 0 引 言

近年来设施生产花卉、蔬菜在我国迅速发展, 以日光温室和塑料大棚为主的设施栽培面积已超过 100 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。设施农业在农村产业结构调整 and 增加农民收入方面发挥着十分重要的作用。但是随着设施花卉、蔬菜栽培面积的迅速扩张及栽培年限的增长, 加之不合理的水肥管理等原因, 使大棚设施土壤产生一系列障碍问题, 包括土壤次生盐渍化<sup>[2-6]</sup>、土壤养分失调<sup>[7]</sup>、作物连作生理障碍<sup>[7,8]</sup>、土壤理化性状恶化<sup>[8-12]</sup>、土壤微生物区系的改变<sup>[13-17]</sup>等。其中土壤次生盐渍化是设施土壤最主要的问题之一, 也是国内外设施栽培中普遍存在的技术难点。地处西南边陲的云南省, 因其独特的高原光热气候资源而成为全球最适宜设施花卉、蔬菜栽培的地区之一, 其鲜切花更是占据国内 50% 以上的市场份额, 在国际市场也享有盛誉。但是云南的设施栽培同样存在上述问题, 土壤次生盐渍化问题相当严重, 已造成大面积的减产、病虫害、产品品质降低、大棚废弃等生产问题, 严重威胁设施生产的可持续发展。针对设施生产中存在的问题, 我们对云南花卉、蔬菜主产区呈贡县斗南镇(亚洲最大的鲜切花拍卖中心所在地)的大棚土壤次生盐渍化的盐分累积特征和调控进行了系统调查和研究。

## 1 材料与方 法

### 1.1 调查采样

选择具有代表性的大棚花卉、蔬菜主产区: 呈贡县斗南镇的斗南村、梅子村、江尾村、可乐村为试验采样点, 采取面上调查和定点观测相结合的方法, 分别对露地土壤(0 年)和种植时间为 3、6、10 年的大棚土壤 0~ 20 cm、20~ 40 cm、40~ 60 cm, 分层定点取土分析, 布采样点 60 个, 其中露地(0 年)9 个, 3 年大棚 20 个, 6 年大棚 18 个, 10 年大棚 13 个。

### 1.2 盆栽试验

从研究区采集连作障碍严重的 15 年大棚土壤(0~ 10 cm)作室内盆栽试验 I: 土样风干, 过 3 mm 筛, 每盆称取土 1 kg, 按照  $L_9(3^4)$  正交方案表(表 1), 拌入 4 种不同量的改良材料: 沸石粉、泥炭、锯末、秸秆混匀装盆, 重复两次; 盆栽试验 II: 每盆称取土 1 kg, 分别拌入土壤调理剂 0 g(对照)、5 g、10 g、15 g、20 g 混匀装盆, 每处理重复 3 次。两盆栽试验均栽种西芹 (*Apium graveolens* L.), 品种为文图拉, 在西芹移栽第 7 周一次性采土样分析。供试土壤的基本性状见表 2。

表 1 正交试验因素水平表

Fig 1 Factors and levels of orthogonal experiment  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

水平编号	沸石	泥炭	锯末	秸秆
1	3	5	2	4
2	6	10	4	6
3	9	15	6	10

表 2 供试土壤的基本理化性状

Table 2 Basic properties of soils used in experiments

有机质 /%	全氮 /%	全磷 /%	全钾 /%	速效钾 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	有效磷 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	碱解氮 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	pH	电导 / $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	全盐 /%
3.74	0.2724	0.2562	0.5162	875.35	111.94	430.94	5	2.38	0.48

收稿日期: 2003-08-06 修订日期: 2004-04-05

基金项目: 云南省“十五”科技攻关项目(NG035)

作者简介: 李 刚(1974-), 男, 硕士生, 主要进行设施土壤环境和土地整理方面的研究。昆明 云南农业大学资源与环境学院, 650201

通讯作者: 张乃明(1963-), 男, 教授, 主要从事土壤环境质量演变、设施农业技术方面的研究。云南省昆明市黑龙潭 云南农业大学资源与环境学院, 650201

### 1.3 测试项目及方法

EC 值: 由 HANNA HI993310 型电导仪测定(土水= 1:5); 全盐: 残渣烘干—质量法;  $\text{NO}_3^-$ : 酚二磺酸比色法;  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ : 原子吸收分光光度法;  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ : 火焰光度法;  $\text{SO}_4^{2-}$ : EDTA 间接络和滴定法,  $\text{HCO}_3^-$ : 中和滴定法,  $\text{Cl}^-$ : 硝酸银滴定法; 土壤理化性状: 土壤常

规农化分析法<sup>[18, 19]</sup>。数据用 SPSS 统计分析软件处理<sup>[20]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 大棚土壤盐分累积特征

#### 2.1.1 不同年限大棚土壤盐分纵向累积特征

随着大棚使用年限的延长, 耕层(0~ 20 cm)土壤的全盐含量在不断增加, 表层累积趋势明显; 同露地土壤(0 年)相比: 0~ 60 cm 土层的盐剖面从露地的直筒型逐步向表层积盐的倒锥型发展, 见图 1。大棚年限越长, 表土聚盐量越多(10 年大棚土, 曾有改进措施, 表土积

盐呈现比 6 年大棚土减少现象), 其土壤盐剖面的倒锥状越明显。

大棚内表土累积盐分的原因有几种: 1) 大棚内温度高于棚外, 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, 而溶于水中的盐离子就被带到土壤表层而聚积; 2) 追肥时水溶表施使养分积于表层; 3) 地下水位高, 排水不畅, 地下水易于上升, 使表土积盐; 4) 大棚土壤得不到天然降水淋洗, 也加剧了表土积盐。

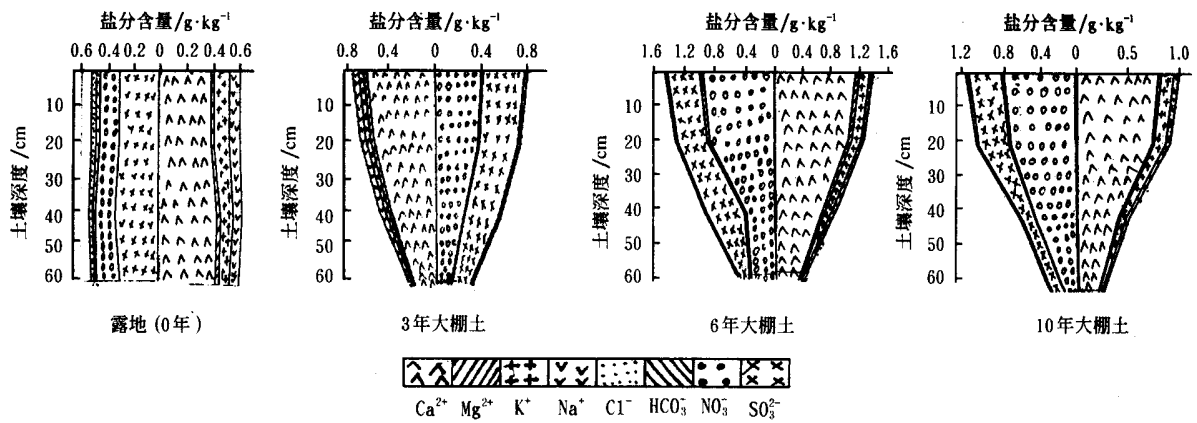


图 1 不同年限大棚土壤的含盐量剖面

Fig. 1 Profile of salt content of soils in plastic greenhouse of different ages

#### 2.1.2 不同年限大棚耕层土壤的盐分组成特征

不同棚龄大棚 0~ 20 cm 土层的可溶性盐分离子的含量(8 种离子之和), 露地(10 年老菜地)、3 及 10 年大棚分别为 1.04、2.27、2.67、3.32 g/kg, 这表明经 3 年左右时间, 耕层土壤的全盐量可增加一倍, 随着使用年限的增长, 高的甚至达到三倍以上。同时, 盐分组成也有明显的变化, 露天老菜地的土壤 8 种主要盐分离子在研究的土壤深度内没有明显变化, 阳离子以  $Ca^{2+}$  为主, 阴离子以  $SO_4^{2-}$  和  $NO_3^-$  为主。随着年限的延长, 盐分开始向表层土壤积聚, 在 0~ 20 cm 土层的  $Ca^{2+}$  占同层全盐量的比例, 由露地的 32%, 上升为 10 年棚的 40%;  $NO_3^-$  则由 14% 上升到 10 年棚的 33%, 而  $SO_4^{2-}$  由 29% 下降为 15%, 其它离子的变化则不明显。这些变化同当地农户大量施用有机肥(未腐熟)、过磷酸钙和尿素肥料

的趋势相吻合。  $NO_3^-$  引起的盐分浓度障碍是造成作物盐害的主要因子(表 3)。

表 3 不同年限大棚土壤的盐分组成

Table 3 Constituent of salt in soils in plastic greenhouse of different ages

棚龄	土层/cm	阳离子占同层全盐量的比例/%				阴离子占同层全盐量的比例/%			
		$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	$Cl^-$	$HCO_3^-$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$
露地	0~ 20	32.35	1.94	6.53	9.19	4.03	2.12	14.20	29.14
	20~ 40	34.99	2.38	5.51	7.11	3.22	1.56	13.99	30.78
	40~ 60	35.04	2.82	6.45	5.69	2.79	2.16	17.27	28.45
3 年	0~ 20	40.78	2.38	4.01	2.82	1.83	0.98	24.81	22.61
	20~ 40	39.22	2.50	5.08	3.21	2.16	0.99	20.65	26.46
	40~ 60	39.57	2.64	4.80	2.99	4.48	2.71	18.35	25.14
6 年	0~ 20	41.05	2.12	1.76	5.07	1.55	1.22	32.66	14.56
	20~ 40	38.86	2.40	3.33	5.41	1.84	1.49	20.26	26.41
	40~ 60	40.37	3.03	4.25	2.35	3.08	3.42	34.74	8.76
10 年	0~ 20	39.98	1.59	2.41	6.02	1.59	0.97	32.67	14.77
	20~ 40	39.06	2.17	3.87	4.90	2.06	1.15	35.42	11.37
	40~ 60	40.25	2.22	5.07	2.47	3.91	2.13	21.79	22.16

### 2.2 改良材料的配比与减轻盐渍化的效果

采用沸石粉、泥炭、锯末、秸秆所做的正交盆栽试验结果表明: 改良材料在不同施用水平上降低土壤 EC 值

和全盐量的效果差异较大, 试验结果见表 4。从直观上看(+ 表示升高, - 表示降低), 1、7、8、9 组合的 EC 值和全盐量均比供试土壤升高, 2、3、4、5、6 组合则降低,

表明这几种材料的用量必需适宜,少用或多用会使 EC 值和全盐含量升高,加重盐害;2、6 组合降低 EC 和全盐的效果最明显,分别降低 0.68 mS/cm 和 0.17%。但是最优的处理组合须进行方差分析和多重比较得出结果<sup>[13]</sup>,由于本试验土壤电导率与全盐含量呈显著相关( $r = 0.929$ ),所以只对电导率 EC 的结果作方差分析。

表 4 沸石粉、泥炭、锯末、秸秆对控盐效果影响的正交试验结果

Table 4 Effects of applied quantity of zeolite, peat, saw dust and straw on controlling salt and result of orthogonality experiment

处理 编号	A 沸石粉	B 泥炭	C 锯末	D 秸秆	电导率均值 /mS·cm <sup>-1</sup>	全盐均 值/%	EC 增 减率/%	全盐增 减率/%
1	1	1	1	1	3.16	0.68	+32.8	+41.7
2	1	2	2	2	1.70	0.31	-28.6	-35.4
3	1	3	3	3	2.06	0.40	-13.4	-16.7
4	2	1	2	3	2.20	0.44	-7.56	-8.3
5	2	2	3	1	2.06	0.40	-13.4	-16.7
6	2	3	1	2	1.70	0.31	-28.6	-35.4
7	3	1	3	2	2.83	0.60	+18.9	+25.0
8	3	2	1	3	3.20	0.69	+34.45	+43.8
9	3	3	2	1	4.16	0.94	+74.8	+95.8

表 5 四种材料对控盐效果影响的正交试验结果方差分析

Table 5 Effects of applied quantity of four materials on controlling salt and result of ANOVA

变异来源	平方和	自由度	均方	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
区组	0	1	0	0.02		
A	6.51	2	3.25	622.96**	4.46	8.65
B	0.56	2	0.28	53.25**	4.46	8.65
C	0.55	2	0.28	52.64**	4.46	8.65
D	3.36	2	1.68	321.65**	4.46	8.65
试验误差	0.04	8	0.01			

从表 5 看出 4 种改良材料区组间差异均达极显著水平,再作多重比较确定能降低 EC 值的最优水平组合。图 2 是 4 种材料的不同水平的电导率平均值间的多重比较(SSR)。其中沸石粉、泥炭、秸秆材料的 3 水平之间差异显著( $\alpha = 0.05$ ),锯末的 1(2 g/kg)、2(4 g/kg)水平没有差异,与 3 水平(6 g/kg)间差异明显。这里比较的 EC 平均数的含义是:分别代表表 4 中 A、B、C、D 4 列同一水平的两次重复的平均值,如 A 列(表 4)对应于“1”水平的 EC 和的两次重复的平均值。由于本试验的目的是寻求降低 EC 值的最佳水平组合,那些 EC 平均值大的水平组合如图 2 中差异最显著的水平 A<sub>3</sub>、B<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、D<sub>1</sub> 不是试验需要的,即 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub> 和 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub> 组合。因此从图 2 看出,在供试验的土壤次生盐渍水平上控制盐害的最佳改良材料水平组合是 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>2</sub>,即采用沸石粉 6 g/kg、泥炭 10 g/kg、锯末 6 g/kg、秸秆 6 g/kg 的组合能显著降低大棚土壤 EC 值和盐分含量,达到控制次生盐渍化水平的目的。

2.3 土壤调理剂用量与控制盐渍化的效果

在综合上述改良材料的基础上配制出一种大棚土壤连作障碍控制的土壤调理剂,该土壤调理剂由沸石粉、泥炭、锯末等组成。用这种调理剂所做的盆栽试验表明:施用调理剂后,各处理降低土壤 EC 值(0~5 cm)的

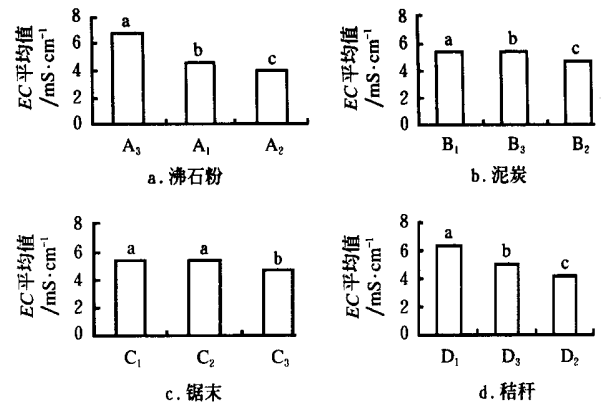


图 2 四种改良材料不同水平处理电导率平均值间的多重比较

Fig. 2 Multivariate comparison of mean of EC at different level of four materials

程度有所不同,处理间差异达极显著水平(表 6)。每 kg 土施用 15、20 g 调理剂的效果与对照差异不显著,施用量为 5 g 和 10 g 则与对照差异显著,而这两组的处理间也无显著差异(表 7);与对照相比,施用 10 g 调理剂后使电导率降低 1.64 mS/cm,降幅达 41.4%,是最佳用量。虽然 5 g 用量也有降低 EC 值 40% 左右的效果,考虑到研究区土壤的次生盐渍化的程度不同以及前瞻性,选择 10 g/kg 为推广施用量,即每公顷施用 11.25 t。各处理间西芹的苗期生长情况差异很大。移栽后两周对照西芹出现枯萎,接着枯死;调理剂用量 15 和 20 g 处理西芹在第四周开始枯死;5 和 10 g 处理西芹在采样前没有枯死现象,但长得弱小。西芹的这种长势反映了盐害的程度,与最后土样的 EC 值分析结果是一致的。

表 6 各处理的方差分析

Table 6 Variance analysis of different treatments

EC	平方和	自由度	均方	F	Sig
组间	6.913	4	1.728	18.014	0.000
组内	0.959	10	9.593E-02		
总计	7.872	14			

表 7 各处理的多重比较(Duncan)

Table 7 Multivariate comparison of different treatments(Duncan)

处理	n	EC/mS·cm <sup>-1</sup>
CK	3	3.9600 a
20 g 调理剂	3	3.5600 a
15 g 调理剂	3	3.5183 a
10 g 调理剂	3	2.3250 b
5 g 调理剂	3	2.3350 b

2.4 土壤调理剂在田间的应用效果

施用土壤调理剂在盆栽试验取得比较理想的调控效果后,在昆明市蔬菜花卉的主产区呈贡县的斗南、梅子、江尾和可乐四个村盐害较重的塑料大棚内进行调理剂的示范试验(0.4 hm<sup>2</sup>)。试验分施用和对照两个处理,按照每 m<sup>2</sup> 土壤(表层 10 cm)施用 1 kg 土壤调理剂用量,分别用于连作西芹和康乃馨大棚,试验结果表明:在四个村施用土壤调理剂后西芹的产量与对照相比增产

幅度达到 11.2%~16.8%, 西芹在生育期内的长势整齐, 空心病(烧心病)的发病率降低 46.7%; 康乃馨的花枝长度(1000 枝平均值)比对照增长 21.2%, 分枝数(1000 苗平均值)比对照多 6.5%; 在西芹栽培条件下, 施用土壤调理剂的表层土壤的全盐含量比对照降低 31.2%; 在康乃馨栽培条件下, 施用土壤调理剂的表层土壤的全盐累积量比对照降低 19.8%。综上所述, 在大棚田间条件下, 施用土壤调理剂比不施用有显著的增产(高)、降低生理病害发病率、降低表层土壤盐分含量减轻盐害的作用。

### 3 结论

1) 随着大棚使用年限的延长, 耕层土壤的全盐含量在不断增加, 盐分表聚的趋势明显; 不同年限大棚土壤盐分纵向累积特征为: 0~60 cm 土层的盐分剖面由露地的直筒型逐步向倒锥型发展; 其盐分组成以  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NO}_3^-$  为主,  $\text{NO}_3^-$  浓度过高引起的盐分障碍是造成作物盐害的主要因子。

2) 不同改良材料的正交试验表明控制盐害的最佳改良材料水平组合是每 kg 土施用沸石粉 6 g、炭泥 10 g、锯末 6 g、秸秆 6 g, 应用这一组合能显著降低设施土壤 EC 值和盐分含量, 达到控制大棚土壤次生盐渍化的目的。

3) 盆栽试验结果表明对于盐渍化严重的大棚土壤, 每 kg 土施用土壤调理剂 10 g, 能显著降低土壤 EC 值和盐分含量, 同时改善土壤理化性质与根际环境, 减轻土壤盐害。

#### [参 考 文 献]

[1] 喻景权, 杜莼舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124-126

[2] 宋述尧. 玉米秸秆还田对塑料大棚蔬菜连作土壤改良效果研究(初报)[J]. 农业工程学报, 1997, 13(1): 135-139

[3] 吴凤芝, 赵凤艳, 刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析与防治措施[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(3): 241-247

[4] 吴志行, 石海仙, 董明光等. 大棚蔬菜连作障碍及土壤次生盐渍原因与防止[J]. 长江蔬菜, 1994(5): 21-23

[5] 刘长庆, 王德科, 王文香, 等. 不同棚龄大棚土壤养分年度变化特征研究[J]. 中国农业科技通报, 2001, 17(6): 38-41

[6] 王学军. 日光温室土次生盐渍化分析[J]. 北方园艺, 1998, (3,4): 12-13

[7] 薛继澄, 毕德义, 李家金, 等. 保护地栽培蔬菜生理障碍的土壤因子与对策[J]. 土壤肥料, 1994, (1): 4-9

[8] 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜, 1998, (4): 5-9

[9] 刘德, 吴凤芝. 哈尔滨市郊蔬菜大棚土壤盐分状况及其影响[J]. 北方园艺, 1998, (6): 1-3

[10] 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[A]. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[C]. 南京: 河海大学出版社, 1997, 76-79

[11] 赵凤艳, 吴凤芝, 刘德, 等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料, 2002, (2): 11-13

[12] Lal R. Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons of an alfisol in Western Nigeria [J]. Land Degrad Develop, 1998, 9(3): 259-274

[13] 范君华, 刘明, 洪远新, 等. 不同利用方式对土壤微生物区系和活性的影响[J]. 塔里木农垦大学学报, 2002, 14(1): 15-17

[14] 唐咏, 梁成华, 刘志恒. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(1): 16-19

[15] Xiao Huilin, Zhen Xijian. Effects of soil waming on soil microbial activity [J]. Soil and Environmental Sciences, 2001, (2): 138-142

[16] 罗安程. 有机质对根际土壤中微生物和酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 6(1): 113-116

[17] 贾继文, 聂俊华, 李絮花, 等. 蔬菜大棚土壤理化性状与土壤酶活性关系的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, 37(4): 427-432

[18] 鲍士旦. 土壤农业化学(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998

[19] 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1984

[20] 张全德, 胡秉民. 农业试验统计模型和 BASIC 程序[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1985

## Characteristics of soil salt accumulation in plastic greenhouse and its control measures

Li Gang<sup>1</sup>, Zhang Na in g<sup>1</sup>, Mao Kumm ing<sup>1</sup>, Shi J ing<sup>1</sup>, She L ina<sup>2</sup>

(1. College of Resource and Enviroment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. College of Resource and Enviroment, H uanan Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract** According to investigation and analysis of the present soil management in plastic greenhouse of different ages in Kunming suburban, and pot experiment of salt controlling on the serious salt affected soil, the formation of soil salinization under protected condition and regulation effect of regulator on soil salt were studied. The results indicate that with the increasing of the greenhouse ages, the soil salt content of plough layer increases, the component of salt most are  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , and the salt profile model in soil profile of 0~60 cm was from straight canister to inverse triangle. The soil regulator which is made up of zeolite, peat, saw dust and straw can reduce salt content significantly, and the decrease of total salt content in plough layer is between 19%~32%.

**Key words** plastic greenhouse; soil salt; accumulation characteristic; soil regulator