

玉溪市设施栽培与露地栽培的土壤化学性状对比分析

杨绍聪¹ 吕艳玲¹ 段永华¹ 饶敏¹ 李竹英²

(1 云南省玉溪市农科所 云南玉溪 653100; 2 云南省玉溪农业职业技术学院 云南玉溪 653100)

摘要 针对玉溪市设施栽培中存在的土壤盐分富集及养分不平衡问题,采用对比分析方法,将设施栽培土壤与露地栽培土壤配对,采集剖面土样和耕作层混合土样进行化学性状测试分析研究。结果表明,玉溪市设施栽培土壤 pH 值显著降低,盐分浓度、有机质、有效态 N、P、K、S、Cu、Zn、Fe 及交换态 Mg 显著提高,而交换 Ca 和有效 Mn 提高不明显;设施栽培土壤养分富集主要在 0~10 cm 土层,且集中在 0~2 cm 的表土层,其中以 EC 值、有效 S、有效 K 及有效 Mn 在 0~2 cm 表土层的相对富集量最多。

关键词 玉溪市;设施栽培;露地栽培;土壤化学性状

中图分类号 S151.9⁺3; S316

塑料大棚的设施栽培在玉溪市农业生产上的应用已有 8 年多的历史,截止 2002 年底已有各种类型的塑料大棚面积 1056.3 hm²,对农业经济的发展起到了一定的促进作用。设施栽培受自然因素的干扰较少,特别是基本上不受雨水的影响,但受棚内温度的影响较大,因此设施栽培的环境与露地栽培的环境截然不同,尤其是设施栽培的土壤环境。由于长期不受雨水的冲刷而受滴灌或浇灌的影响,再加上设施栽培棚内高温的作用,土壤水基本上作上下运动而很少作水平移动,导致土壤经常处于高温、高湿、高蒸发、无雨水淋溶的环境中^[1],使养分在耕作层大量富集,形成盐分浓度过高,植物根系周围的渗透压升高,严重影响植物对水分和养分的吸收,使根系坏死,并引起土壤养分失调和植株生理性障碍^[2],从而影响作物的正常生长。生产上采取淹水泡土的措施虽然在一定程度上可缓解盐分浓度过高所造成的危害,但不能调节平衡土壤养分,更为严重的是泡过土的水(营养液)又污染了水体,特别是沿湖的设施栽培田块对“三湖”(抚仙湖、星云湖及杞麓湖)又形成了新的农业面源污染。针对这些问题,我们于 2003 年 5~12 月开展了玉溪市设施栽培土壤化学性状调查与分析研究,主要目的在于为设施作物栽培平衡配方施肥提供科学依据。

1 材料与方法

采用对比分析方法,将设施栽培土壤与露地栽培土壤的化学性状作配比分析研究,并考虑不同土

壤层次对设施栽培土壤化学性状的影响。

1.1 调查范围

主要选择塑料大棚设施栽培较集中的红塔区、江川及通海等县(区),涉及花卉、蔬菜种植的企业及部分农户。

1.2 采样方法

采集剖面样品(单点样品)和耕作层混合样品。剖面样品按 0~10、10~20、20~30 及 30~40 cm 4 个层次进行采集。耕作层混合样品的采取以“S”形布点,采取 20 个样点(深度为 0~20 cm,垄栽为 0~30 cm)混合为一个土样。露地栽培土壤样品采自设施栽培相邻(近)田块。共采集 286 个土样。

1.3 样品测试方法^[3]

土样 pH 值测定采用水浸提(2.5:1)电位法,有机质测定采用油浴加热重铬酸钾容量法,有效 N 测定采用碱解扩散法;有效 P 测定采用碳酸氢钠提取-钼锑抗比色法;有效 K 测定采用乙酸铵提取-原子吸收法;交换 Ca、Mg 测定采用醋酸铵交换-原子吸收法;有效 S 测定采用磷酸盐-醋酸提取-硫酸钡比浊法;有效 B 测定采用沸水提取-姜黄素比色法,有效 Zn、Cu、Mn、Fe 测定采用 DTPA 提取-原子吸收法;EC 值测定采用电导法。测试单位为省级计量认证合格的玉溪市农科所农业分析测试中心。

2 结果与分析

2.1 设施栽培与露地栽培的土壤化学性状比较

2.1.1 设施栽培土壤 pH 值显著降低,而盐分浓度、

有机质及有效 S 显著提高 125 组土样测试分析结果表明, 设施栽培土壤 pH 值平均为 6.70, 比露地栽培土壤 pH 值平均 7.15 降低 0.45, 达极显著水平差异(表 1)。设施栽培土壤 pH 值最高的为 9.48, 比露地栽培土壤最高 pH 值 8.41, 增 1.07, 但二者不是同一组。前者采自江川金地花卉公司, pH 值较高的主要原因是在 0 ~ 10、10 ~ 20 cm 的土层中碱土金属 K 有效量很高, 分别达 2066.0、2549.5 mg/kg。

设施栽培土壤 EC 值平均为 309.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 比露地栽培土壤 EC 值平均 124.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 提高 185.1

$\mu\text{S}/\text{cm}$ (增幅 149.27 %), 达极显著水平差异。EC 值的提高主要是由于 SO_4^{2-} 及 K^+ 显著增加所致。设施栽培土壤 EC 值最高为 1600.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 是露地栽培土壤最高 EC 值 354.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 的 4.5 倍之多。设施栽培土壤有机质平均为 29.8 g/kg, 比露地栽培土壤有机质平均 23.7 g/kg, 提高 6.1 g/kg, 达极显著水平差异。设施栽培土壤有效 S 平均为 188.6 mg/kg, 比露地栽培土壤有效 S 平均 67.5 mg/kg, 提高 121.1 mg/kg (增幅 179.37 %), 达极显著水平差异。设施栽培土壤有效 S 最高为 1357.3 mg/kg, 是露地栽培土壤最高有效 S 251.2 mg/kg 的 5.4 倍之多(表 1)。

表 1 设施栽培与露地栽培的土壤化学性状比较 (n=125)

Table 1 Chemical properties of the soils of the protected and open fields (n=125)

项 目	设施栽培土壤			露地栽培土壤			设施比露地		t 值
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	增减	%	
pH 值	9.48	4.49	6.70	8.41	4.46	7.15	-0.45	-6.29	5.734
EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1600.0	42.4	309.1	354.2	49	124.0	185.1	149.27	8.127
有机质 (g/kg)	71.8	7.3	29.8	53.4	4.5	23.7	6.1	25.74	7.517
有效 S (mg/kg)	1357.3	33.1	188.6	251.2	31.2	67.5	121.1	179.37	5.658
有效 N (mg/kg)	387.8	40.6	134.8	173.6	32.9	96.8	38.0	39.26	10.571
有效 P (mg/kg)	618.4	3.4	91.6	119.0	0.0	36.1	55.5	153.74	7.052
有效 K (mg/kg)	2549.5	36.8	385.4	579.2	35.5	142.2	243.2	171.03	7.338
交换 Ca (g/kg)	24.81	0.30	4.31	21.74	0.37	4.12	0.019	4.61	1.113
交换 Mg (mg/kg)	1665	50	494	1500	35	419	75	17.9	4.616
有效 Cu (mg/kg)	8.70	0.75	3.33	5.85	0.42	2.69	0.64	23.79	5.379
有效 Zn (mg/kg)	22.00	0.29	3.96	6.50	0.20	2.33	1.63	69.96	5.601
有效 Mn (mg/kg)	55.00	1.00	10.08	44.00	1.50	8.89	1.26	14.17	1.455
有效 Fe (mg/kg)	435.88	12.25	87.76	310.00	9.25	63.05	24.71	39.19	3.230

注: $t_{0.05, 124} = 1.980$; $t_{0.01, 124} = 2.617$ 。

2.1.2 设施栽培土壤有效态 N、P、K 含量显著提高 125 组样品测试分析结果表明, 设施栽培土壤有效 N 平均为 134.8 mg/kg, 比露地栽培土壤有效 N 平均 96.8 mg/kg, 提高 38.0 mg/kg (增幅 39.26 %), 达极显著水平差异。设施栽培土壤有效 N 最高为 387.8 mg/kg, 是露地栽培土壤最高有效 N 173.6 mg/kg 的 2.2 倍之多。设施栽培土壤有效 P 平均为 91.6 mg/kg, 比露地栽培土壤有效 P 平均 36.1 mg/kg, 提高 55.5 mg/kg (增幅 153.74 %), 达极显著水平差异。设施栽培土壤有效 P 最高为 618.4 mg/kg, 是露地栽培土壤最高有效 P 119.0 mg/kg 的 5.2 倍之多。设施栽培土壤有效 K 平均为 385.4 mg/kg, 比露地栽培土壤有效 K 平均 142.2 mg/kg, 提高 243.2 mg/kg (增幅 171.03 %), 达极显著水平差异。设施栽培土

壤有效 K 最高为 2549.5 mg/kg, 是露地栽培土壤最高有效 K 119.0 mg/kg 的 4.4 倍之多(表 1)。设施栽培, 主要种植花卉和蔬菜, 产出较高, 因此需要施用大量化肥及有机肥, 从而导致土壤中有效 N、P、K、S 等养分的积聚。

2.1.3 设施栽培土壤交换态 Mg 含量明显提高, 而交换态 Ca 提高不明显 125 组样品测试分析结果表明, 设施栽培土壤交换 Mg 平均为 494 mg/kg, 比露地栽培土壤交换 Mg 平均 419 mg/kg, 提高 75 mg/kg (增幅 17.9%), 达极显著水平差异。设施栽培土壤交换 Ca 平均为 4.31 g/kg, 比露地栽培土壤交换 Ca 平均 4.12 g/kg, 仅提高 0.19 g/kg (增幅 4.61 %), 差异不明显(表 1)。

2.1.4 设施栽培土壤有效态 Cu、Zn 及 Fe 含量显

著提高,而有效态 Mn 提高不明显 125 组样品测试分析结果表明,设施栽培土壤有效 Cu 平均为 3.33 mg/kg,比露地栽培土壤有效 Cu 平均 2.69 mg/kg,提高 0.64 mg/kg (增幅 23.79 %),达极显著水平差异。设施栽培土壤有效 Zn 平均为 3.96 mg/kg,比露地栽培土壤有效 Zn 平均 2.33 mg/kg,提高 1.63 mg/kg (增幅 69.96 %),达极显著水平差异,设施栽培土壤有效 Zn 最高为 22.00 mg/kg,是露地栽培土壤最高有效 Zn 6.50 mg/kg 的 3.4 倍之多。设施栽培土壤有效 Fe 平均为 87.76 mg/kg,比露地栽培土壤有效 Fe 平均 63.05 mg/kg,提高 24.71 mg/kg (增幅 39.19 %),达极显著水平差异。而土壤有效 Mn,设施栽培平均为 10.08 mg/kg,露地栽培平均为 8.89 mg/kg,仅提高 1.26 mg/kg,差异不明显(表 1)。

另外,对 51 个设施栽培耕作层土样有效 B 测试结果表明,最大值为 6.28 mg/kg,最小值为 0.28 mg/kg,平均为 1.83 mg/kg,已达到高水平。其中,<0.50 mg/kg (临界指标)样品数仅有 3 个,占 5.9 %; 0.51 ~ 1.00 mg/kg (中等指标)的样品数有 10 个,占 19.6 %; 1.01 ~ 2.00 mg/kg (高指标)的样品数有 20 个,占 39.2 %; 2.01 ~ 3.00 mg/kg (很高指标)的样品数有 13 个,占 25.5 %; >3.01 mg/kg 的样品数有 6 个,占 11.8 %,这些田块已存在着潜在的 B 中毒问题。

2.2 不同土层的土壤化学性状

2.2.1 设施栽培与露地栽培的不同层次土壤 pH 值、有机质及有效 N、P、K 含量比较 从剖面土壤的调查结果可以看出,不同层次的土壤 pH 值,相应地设施栽培均比露地栽培低,其中,0 ~ 10、20 ~ 30、30 ~ 40 cm 3 个土层分别降低 0.50、0.39、0.42 (表 2),差异达显著水平;同时耕作层混合土壤 pH 值降低最大,为 0.69 (表 3)。设施栽培表层及耕作层土壤 pH 值下降的原因是由于化肥的大量施用,如 N 素化肥的大量施用,形成 NO_3^- ,其只能部分被吸收,其余残存于土壤中,且不被雨水淋洗而积聚;再是大量酸性肥料和生理酸性肥料的施用以及化肥副成分及其转化,如 SO_4^{2-} 的残留等使 pH 值降低^[4]。设施栽培的土壤 pH 值以 0 ~ 10 cm 层的最低,为 6.54,比 10 ~ 20 cm 层 6.80 降低 0.26。而露地栽培的土壤 pH 值 0 ~ 10 cm 层比 10 ~ 20 cm 层仅降低 0.06 (表 2)。

不同层次的土壤有机质,设施栽培均相应地比露地栽培高,其中,0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm 3 个土层分别提高 6.6、7.5 和 7.3 g/kg (表 2),差异达极显著水平;同时以耕作层混合土壤有机质提高最大,为 8.8 g/kg (表 3)。设施栽培的土壤有机质以 0 ~ 10 cm 层最高,为 33.9 g/kg,比 10 ~ 20 cm 层 32.7 g/kg 仅提高 1.2 g/kg,但比 20 ~ 30 cm 层 27.3 g/kg 提高 6.6 g/kg。露地栽培的土壤有机质表现趋势与之相一致(表 2)。

表 2 设施栽培与露地栽培的不同层次土壤化学性状比较 (n = 25)

Table 2 Chemical properties of the soils at different depths of the protected and open fields (n = 25)

项 目	0 ~ 10 cm			10 ~ 20 cm			20 ~ 30 cm			30 ~ 40 cm		
	设施	露地	t 值	设施	露地	t 值	设施	露地	t 值	设施	露地	t 值
pH 值	6.54	7.03	2.250	6.80	7.09	1.367	6.80	7.19	2.562	6.93	7.35	2.916
EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	504.4	146.9	4.665	270.7	116.2	5.041	198.0	109.3	4.433	149.9	100.6	3.161
有机质 (g/kg)	33.9	27.3	3.637	32.7	25.2	4.547	27.3	22.0	3.045	19.7	17.6	1.022
有效 S (mg/kg)	344.94	80.36	3.321	161.82	64.92	2.688	93.94	54.24	2.254	72.91	58.44	1.225
有效 N (mg/kg)	161.1	114.6	6.692	141.7	98.9	6.988	119.2	84.4	6.602	89.9	75.7	1.813
有效 P (mg/kg)	111.9	51.7	3.709	113.8	36.5	4.181	56.5	29.5	3.475	33.2	22.0	1.062
有效 K (mg/kg)	496.0	191.6	3.741	454.3	136.3	3.168	267.8	114.4	3.821	202.3	95.6	3.187
交换 Ca (g/kg)	4.50	4.12	0.935	4.16	3.82	1.240	4.25	3.96	0.956	4.15	4.28	0.282
交换 Mg (mg/kg)	578	412	3.373	460	417	1.164	458	411	1.628	428	438	0.386
有效 Cu (mg/kg)	3.21	2.98	0.875	3.57	2.86	3.028	3.52	2.57	3.717	2.67	2.21	1.803
有效 Zn (mg/kg)	5.37	3.18	2.457	4.34	2.61	2.732	2.82	1.61	3.396	1.29	1.08	1.081
有效 Mn (mg/kg)	12.64	7.95	2.799	8.54	7.57	0.666	7.37	9.66	0.634	7.81	12.05	2.460
有效 Fe (mg/kg)	85.40	73.59	0.614	108.79	66.54	1.892	98.18	65.03	0.546	63.91	39.39	1.927

注: $t_{0.05,24} = 2.064$; $t_{0.01,24} = 2.797$ 。

不同层次的土壤有效 N, 也是设施栽培均相对地比露地栽培高, 其中, 0~10、10~20、20~30 cm 3 个土层分别提高 46.5、48.8、34.8 mg/kg, 差异达极显著水平。设施栽培的土壤有效 N 以 0~10 cm

层最高, 为 161.1 mg/kg, 比 10~20 cm 层 141.7 mg/kg 提高 19.4 mg/kg, 比 20~30 cm 层 119.2 mg/kg 提高 41.9 mg/kg。露地栽培的土壤有效 N 表现趋势与之相同 (表 2)。

表 3 设施栽培与露地栽培的耕作层土壤化学性状比较 (n = 25)

Table 3 Chemical properties of the soils in the plough layers of the protected and open fields (n = 25)

项目	pH 值	EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	有机质 (g/kg)	有效 S (mg/kg)	有效 N (mg/kg)	有效 P (mg/kg)	有效 K (mg/kg)	交换 Ca (g/kg)	交换 Mg (mg/kg)	有效 Cu (mg/kg)	有效 Zn (mg/kg)	有效 Mn (mg/kg)	有效 Fe (mg/kg)
设施	6.41	422.4	35.3	269.17	162.1	134.6	506.7	4.52	544	3.65	6.00	13.91	82.51
露地	7.10	147.0	26.5	79.50	110.3	46.3	173.3	4.41	416	2.82	3.19	7.22	70.71
差值	-0.69	275.4	8.8	189.67	51.8	88.3	333.4	0.11	128	0.83	2.81	6.69	11.8
t 值	4.750	4.886	5.408	4.323	4.994	3.314	3.953	0.259	5.015	2.655	3.494	2.825	1.039

注: $t_{0.05,24} = 2.064$; $t_{0.01,24} = 2.797$ 。

不同层次的土壤有效 P, 设施栽培均相应地比露地栽培高, 其中, 0~10、10~20、20~30 cm 3 个土层分别提高 60.2、77.3、27.0 mg/kg (表 2), 差异达极显著水平, 同时以耕作层混合土壤有效 P 提高量最大, 为 88.3 mg/kg (表 3)。设施栽培的土壤有效 P 以 10~20 cm 层最高, 为 113.8 mg/kg, 与 0~10 cm 层 111.9 mg/kg 基本接近, 但 0~10 cm 层的土壤有效 P 比 20~30 cm 层的 56.5 mg/kg 提高 55.4 mg/kg (增幅 98.1%)。而露地栽培的土壤有效 P, 0~10 cm 层比 10~20 cm 层提高 15.2 mg/kg (增幅 41.6%), 比 20~30 cm 层提高 22.2 mg/kg (增幅 75.3%) (表 2)。说明在 0~20 cm 耕作层中土壤有效 P 富集, 设施栽培比露地栽培多。

不同层次的土壤有效 K, 同样为设施栽培均相应地比露地栽培高, 4 个土层提高的差异均达极显著水平, 同时以耕作层混合土壤有效 K 提高量最大 (表 3)。设施栽培的土壤有效 K 以 0~10 cm 层最高, 为 496.0 mg/kg, 比 10~20 cm 层提高 41.7 mg/kg (增幅 9.2%), 但比 20~30 cm 层的 267.8 mg/kg 提高 228.2 mg/kg (增幅 85.2%)。而露地栽培的土壤有效 K, 0~10 cm 层为 191.6 mg/kg, 比 10~20 cm 层的 136.3 mg/kg 提高 55.3 mg/kg (增幅 40.6%), 比 20~30 cm 层的土壤有效 K 提高 77.2% (表 2)。说明在 0~20 cm 耕作层土壤中有有效 K 富集, 设施栽培比露地栽培较多。

2.2.2 设施栽培与露地栽培的不同层次土壤交换 Ca、Mg 及有效 S、EC 值比较 从剖面土壤的调查结果可以看出, 上面 3 个土层的土壤交换 Ca, 设

施栽培比露地栽培略有增加, 其差异未达显著水平, 最下面一层有略减的趋势。设施栽培的土壤交换 Ca, 不同层次间相差不大 (表 2)。

上面 3 个土层的土壤交换 Mg, 设施栽培比露地栽培均有增加, 但只有最上面一层的差异达极显著水平, 最下面一层有略减的趋势 (表 2)。设施栽培的土壤交换 Mg 以 0~10 cm 层最高, 为 578 mg/kg, 比 10~20 cm 层提高 118 mg/kg (增幅 25.7%), 比 20~30 cm 层的 458 mg/kg 提高 120 mg/kg (增幅 26.2%)。而露地栽培的土壤交换 Mg 不同层次间基本接近 (表 2)。说明在 0~10 cm 耕作层土壤中交换 Mg 富集, 设施栽培比露地栽培多。

不同层次的土壤有效 S, 设施栽培均相应地比露地栽培高, 0~10、10~20、20~30 cm 3 个土层分别提高 267.91、96.90、39.70 mg/kg, 提高的差异均达显著水平 (表 2)。设施栽培的土壤有效 S 以 0~10 cm 层最高, 为 344.94 mg/kg, 比 10~20 cm 层提高 183.12 mg/kg (增幅 113.2%), 比 20~30 cm 层的 93.94 mg/kg 提高 251.00 mg/kg (增幅 267.2%)。而露地栽培的土壤有效 S, 0~10 cm 层为 80.36 mg/kg, 比 10~20 cm 层的 64.92 mg/kg 提高 15.44 mg/kg (增幅 23.8%) (表 2)。说明在 0~10 cm 耕作层土壤中有有效 S 富集, 设施栽培比露地栽培多。

不同层次的土壤 EC 值, 设施栽培均相应地比露地栽培高, 4 个土层提高的差异均达极显著水平 (表 2)。设施栽培的土壤 EC 值以 0~10 cm 层最高, 为 504.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 比 10~20 cm 层提高 233.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (增幅 86.3%), 比 20~30 cm 层的 198.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 提

高 306.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (增幅 154.7 %)。而露地栽培的土壤 EC 值, 0~10 cm 层为 146.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 比 10~20 cm 层的 116.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 提高 30.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (增幅 26.4 %) (表 2)。说明在 0~10 cm 层的耕作层土壤中盐分 (EC 值) 富集, 设施栽培比露地栽培多。

2.2.3 设施栽培与露地栽培的不同层次土壤有效 Cu、Zn、Mn、Fe 含量比较 从剖面土壤的调查结果可以看出, 不同层次的土壤有效 Cu、Zn、Fe 含量, 相应地设施栽培均比露地栽培有不同程度的提高。其中 10~20、20~30 cm 层的土壤有效 Cu、Zn 及 0~10 cm 层的土壤有效 Zn 提高的差异均达显著水平。0~10 cm 层的土壤有效 Mn, 设施栽培比露地栽培提高 4.69 mg/kg (增幅 59.0 %), 其差异达极显著水平; 而 30~40 cm 层的土壤有效 Mn, 设施栽培较露地栽培降低 4.24 mg/kg (降低率 35.2 %), 其差异也达显著水平。设施栽培 0~10 cm 层的土壤有效 Mn 含量之所以大量增加, 与下层土壤有效 Mn 随着水分向上蒸发而移动到上层有关 (表 2), 另外该层土壤 pH 的降低也可能使土壤有效 Mn 含量提高^[5]。设施栽培的土壤有效 Mn, 以 0~10 cm 层最高, 为 12.64 mg/kg, 比 10~20 cm 层的 8.54 mg/kg 提高 4.10 mg/kg (增幅 48.0 %)。而露地栽培的土壤有效 Mn, 0~10 cm 层为 7.95 mg/kg, 仅比 10~20 cm 层的 7.57 mg/kg 提高 0.38 mg/kg。说明在 0~10 cm 耕作层土壤中有有效 Mn、Zn 富集, 为

设施栽培较露地栽培多。设施栽培的土壤有效 Cu、Fe 含量在不同土层的分布, 与露地栽培的较接近, 均以 10~30 cm 层含量较高 (表 2)。

2.3 设施栽培表土层土壤化学性状

在调查中采取了表土层 (0~2 cm) 盐分富集明显的 10 个设施栽培土样, 并进行了土壤化学性状分析。结果表明, 设施栽培 0~2 cm 的表土层, 土壤 pH 值比 0~10 cm 层低 0.47; 土壤有效 N、有效 K、有效 S、EC 值、交换 Ca、交换 Mg、有效 Zn、有效 Mn 及有效 Fe 的含量均比 0~10 cm 层高得多 (表 2、表 4)。其中, 大量元素提高量最多的是有效 K, 为 573.3 mg/kg, 提高率为 115.6 %; 其次是有效 N, 提高 49.3 mg/kg, 提高率为 30.6 %。中量元素提高量最多的是有效 S, 为 685.63 mg/kg, 提高率为 198.8 %; 其次是交换 Ca, 提高 2.49 g/kg, 提高率为 55.3 %; 再次是交换 Mg, 提高 228 mg/kg, 提高率为 39.4 %。而 EC 值提高量达 1124.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 提高率为 223.0 %。微量元素提高量最多的是有效 Mn, 提高 40.64 mg/kg, 提高率为 321.5 %; 其次是有效 Zn, 提高 10.01 mg/kg, 提高率为 186.4 %; 再次是有效 Fe, 提高 8.82 mg/kg, 提高率为 10.3 %。但表土层有效 P、有机质、有效 Cu 及有效 B 比 0~10 cm 层降低。说明设施栽培土壤养分富集主要在 0~10 cm 层, 而又以 0~2 cm 表土层富集最多。

表 4 设施栽培表土层 (0~2 cm) 土壤养分含量 (n=10)

Table 4 Nutrient contents of the top soils (0~2 cm deep) of the protected fields (n=10)

项目	pH 值	EC 值 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	有机质 (g/kg)	有效 S (mg/kg)	有效 N (mg/kg)	有效 P (mg/kg)	有效 K (mg/kg)	交换 Ca (g/kg)	交换 Mg (mg/kg)	有效 Cu (mg/kg)	有效 Zn (mg/kg)	有效 Mn (mg/kg)	有效 Fe (mg/kg)	有效 B (mg/kg)
平均值	6.07	1629.1	28.9	1030.57	210.4	92.6	1069.3	6.99	806	2.28	15.38	53.28	94.22	0.68
最大值	7.29	2410.0	41.3	1788.12	357	135.4	1630.5	17.73	1250	2.80	24.50	112.75	287.75	0.90
最小值	3.43	1006.5	22.4	292.4	154.7	46.5	358	1.54	590	1.75	2.50	9.50	14.88	0.37
标准差	1.82	581.6	0.85	610.95	97.9	39.5	603.8	0.732	301	0.53	9.24	45.57	129.91	0.24

3 结论与讨论

(1) 设施栽培土壤 pH 值显著降低, 而盐分浓度、有机质、有效 N、P、K、S、Cu、Zn、Fe 及交换 Mg 显著提高, 而交换 Ca 和有效 Mn 提高不明显。

(2) 设施栽培土壤养分富集主要在 0~10 cm 土层, 尤其是在 0~2 cm 表土层中富集最多, 其中以 EC 值、有效 S、有效 K 及有效 Mn 在 0~2 cm 表土层的相对富集量最大。

(3) 为进一步促进玉溪市设施农业的健康发展, 保持农业可持续发展, 保护好有限的土地资源, 减少农业面源对“三湖”的污染, 针对玉溪市设施栽培中存在的土壤养分 (或盐分) 富集及养分不平衡的实际问题, 应开展以下两方面工作: ①加强对玉溪市设施栽培土壤养分及盐分动态监测的力度; ②开展玉溪市设施农业作物测土平衡配方施肥技术的研究。

参考文献

- 1 何文寿. 设施农业中存在的土壤障碍及其对策研究进展. 土壤, 2004, 36 (3): 235
- 2 李廷轩, 张锡洲, 王昌全, 何艳. 保护地次生盐渍化的研究进展. 西南农业学报, 2001, 14 (增刊): 103 ~ 107
- 3 农业部全国土壤肥料总站. 土壤分析技术规范. 北京: 农业出版社, 1993, 34 ~ 141
- 4 吕福堂, 司东霞. 日光温室土壤盐分积累及离子组成变化的研究. 土壤, 2004, 36 (2): 208 ~ 210, 214
- 5 袁可能编著. 植物营养元素的土壤化学. 北京: 科学出版社, 1983, 537

COMPARISON IN CHEMICAL PROPERTIES BETWEEN SOILS OF PROTECTED AND OPEN FIELDS IN YUXI CITY

YANG Shao-cong¹ LV Yan-ling¹ DUAN Yong-hua¹ RAO Min¹ LI Zhu-ying²

(1 Yuxi Institute of Agricultural Sciences, Yuxi, Yunnan 653100;

2 Yuxi Vocational and Technical College of Agriculture, Yuxi, Yunnan 653100)

Abstract Salt accumulation and nutrient unbalance exist in soils under protected cultivation in Yuxi City, Yunnan Province. Chemical properties were compared between the soils of protected and open fields by testing samples collected from paired soil profiles in the protected and open fields. Results showed that the pH value in the protected field was lower than in the open field, but and the salt concentration, organic matter, available N, P, K, S, Cu, Zn and Fe, and exchangeable Mg were higher, and exchangeable Ca and available Mn did not differ much between the pairs. Enriched nutrients were distributed mainly in the 0~10 cm layer and concentrated in 0~2 cm top surface, especially for EC value, available S, K and Mn.

Key words Yuxi City, Protected cultivation, Open cultivation, Chemical properties of soil