

王海候,黄俏丽,陆长婴,等. 苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):332-334.

苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征

王海候¹,黄俏丽²,陆长婴¹,沈明星¹,施林林¹,吴彤东¹

(1. 江苏太湖地区农业科学研究所/农业部苏州水稻土生态环境重点野外科学观测试验站,江苏苏州 215155;

2. 苏州农业职业技术学院,江苏苏州 215008)

摘要:采集苏州市蔬菜地 0~20 cm 耕层土壤,测定其全盐含量及盐分离子组成,研究蔬菜地土壤盐分积累及离子组成对土壤利用方式及种植年限的响应关系,为制定合理的施肥和管理措施提供科学依据。结果表明:苏州市大棚蔬菜地土壤的全盐含量平均值为 1.528 g/kg,已处于轻度盐渍化水平,其中,大棚蔬菜地土壤有 7.69% 为强度盐渍化,23.08% 为中度盐渍化,46.15% 为轻度盐渍化;露天蔬菜地土壤的全盐含量平均值为 0.351 g/kg,均处于安全水平之内;大棚蔬菜种植方式可显著提高土壤盐分离子的含量,其中阳离子以 Ca^{2+} 平均含量最大,其次为 Na^+ ,阴离子以 NO_3^- 平均含量最大,其次为 SO_4^{2-} ;但与稻麦农田土壤相比,大棚蔬菜地土壤阳离子以 K^+ 提高幅度最大,其次为 Ca^{2+} ,阴离子以 NO_3^- 提高幅度最大,其次为 Cl^- 。蔬菜地土壤盐分积累量随着种植年限的增加,呈上升趋势,种植年限 1~5 年及大于 5 年的蔬菜地土壤平均全盐含量分别为 1.130、1.500 g/kg,均达到了轻度盐渍化的水平;另外,种植 1~5 年的蔬菜地土壤全盐含量达中度盐渍化水平的占 12.5%,而 5 年以上的蔬菜地土壤盐渍化达中度以上的占 30%;蔬菜地种植 5 年以上的土壤 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 略低于种植 1~5 年的土壤,而 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 含量均大于种植 1~5 年的土壤,但差异未达显著水平;以稻麦农田为对照,种植 5 年以上的蔬菜地土壤离子阳离子以 K^+ 提高幅度最大,其次为 Ca^{2+} ,阴离子以 Cl^- 提高幅度最大,其次为 NO_3^- 。

关键词:蔬菜地土壤;盐分;积累;离子组成

中图分类号: S606⁺.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2013)05-0332-03

苏州地处我国长江三角洲,为著名的鱼米蚕丝之乡。近年来,随着农业结构调整的不断深化和农业产业化的加快发展,苏州市的旱田作物生产布局发生了巨大变化,稻、麦、油等大宗作物种植面积大幅减小,蔬菜产业迅速崛起,并显现出了具有区域特色的基地型、规模型蔬菜产销新格局,使蔬菜生产成为其旱作区的主导产业。至 2008 年,苏州市蔬菜常年种植面积 2.57 万 hm^2 ,其中蔬菜地面积 1.532 万 hm^2 ;全年蔬菜播种面积 10.65 万 hm^2 ,总产量 299.88 万 t。虽然蔬菜生产丰富了城乡居民的菜篮子,极大地提高了农民收入,但是蔬菜生产集约栽培、复种指数高、肥料利用量大,加上缺少雨水淋洗和蔬菜地室内空气温度高、湿度大、通气状况差及过量灌水等

特殊条件^[1],容易导致土壤产生次生盐渍化、养分不平衡等诸多生产问题^[2]。汪羞德等研究表明,蔬菜地土壤若无防治措施,使用 1 年后就会出现土壤次生盐渍化现象,2~3 年后土壤全盐含量比普通农田高 5~6 倍^[3]。因此,土壤次生盐渍化已是蔬菜地土壤退化的重要因素之一^[4-5],是国内外设施蔬菜栽培中普遍存在的技术难题,但目前应对策略还不多,不仅影响了蔬菜生产可持续发展,也对农产品安全及生态环境造成了不利影响。

本研究在 2008 年对苏州市蔬菜生产状况进行调查的基础上,通过测定蔬菜地土壤样品全盐含量及盐分离子组成,分析了土壤盐分积累及离子组成与土壤利用方式及种植年限的响应关系,目的在于探明苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征,为苏州市蔬菜地蔬菜栽培合理进行水肥管理、抑制和治理蔬菜地土壤退化提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集

采样时间为 2008 年 3—4 月,采样点分布于苏州全市范

生资源调查[J]. 西北植物学报,2005,25(8):1618-1622.

[7] 贺学礼,韦革宏,赵雨莉. 陕西豆科固氮植物资源调查及生态分布[J]. 陕西农业科学,1996(1):35-37.

[8] 娄淑芳,张新环,谢春,等. 商丘市蔬菜重金属污染状况与质量评价[J]. 中国食物与营养,2010(12):18-20.

[9] 曹莹,马宁,常佳丽,等. 西北部分矿区豆科植物根瘤菌重金属抗性 & 16S rRNA RFLP 分析[J]. 农业环境科学学报,2010,29(6):1156-1163.

[10] 陈文新,汪恩涛,陈文峰. 根瘤菌-豆科植物共生多样性与地理

环境的关系[J]. 中国农业科学,2004,37(1):81-86.

[11] 何庆元,胡艳,王永雄. 生态环境对根瘤菌竞争结瘤影响的研究进展[J]. 大豆科学,2004,23(1):66-70.

[12] 陈卫民,张执欣,张宏昌,等. 甘肃中西部豆科植物根瘤菌多样性调查研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(1):183-186.

[13] 慈恩,高明. 环境因子对豆科共生固氮影响的研究进展[J]. 西北植物学报,2005,25(6):1269-1274.

[14] 李友国,周俊初. 影响根瘤菌共生固氮效率的主要因素及遗传改造[J]. 微生物学通报,2002,29(6):86-89.

收稿日期:2012-10-08

基金项目:江苏省苏州市社会发展项目(编号:SS201025);江苏太湖地区农科学研究所基金(编号:0713)。

作者简介:王海候(1979—),男,江苏启东人,硕士,助理研究员,主要从事农业资源与环境方向研究。Tel:(0512)65386740;E-mail:wanghaihou@126.com。

围具有典型代表性的蔬菜生产基地,其中常熟4个、太仓3个、昆山4个、吴江1个、吴中区1个、相城区1个,共计14个。采集前季蔬菜已收获、下季蔬菜尚未种植的土壤,共采回有效蔬菜地土壤样品25个(大棚蔬菜地17个、露天蔬菜地8个),并在部分蔬菜基地附近稻麦或稻油农田采集对照土壤样品8个,合计33个土壤样品。在每个样点的覆盖面积上,采样时按“S”形布点,多点(6~10点)采集耕层(0~20 cm)土壤混合,混匀的鲜土用四分法留取1 kg左右,装入聚乙烯塑料袋,标记并密封,带回实验室。部分土样放入冰箱,在0~4℃保存用于测定土壤的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$,其他土样风干、研磨、过筛、保存、待测。

1.2 测定项目及方法

电导率(EC值)采用电导仪测定法(水土比为5:1)测定;土壤全盐用去离子水(水土比为5:1)浸提,烘干法测定; CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 采用双指示剂中和法测定; Cl^- 采用硝酸银滴定法测定; SO_4^{2-} 采用EDTA间接滴定法测定, NO_3^- 以0.01 mol/L CaCl_2 提取,用连续流动分析仪(瑞士SKALAR公司)测定; Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 采用EDTA络合滴定法测定; Na^+ 、 K^+ 采用火焰光度法测定^[6]。

1.3 数据分析方法

数据采用SPSS 13.0进行统计分析,Excel进行画图。

2 结果与分析

2.1 不同利用方式下土壤盐分积累及离子组成的差异

由表1可知,大棚蔬菜地的全盐含量平均值最高,为1.528 g/kg,变幅为0.503~4.702 g/kg;稻麦农田土壤全盐含量的平均值其次,为0.514 g/kg,变幅为0.200~0.823 g/kg;露天蔬菜地土壤全盐含量平均值为0.351 g/kg,变幅为0.217~0.650 g/kg。其中,大棚蔬菜地土壤平均全盐含量分别是露

天蔬菜地、稻麦农田土壤的4.35、2.97倍,差异显著($F=5.816, P=0.006$);露天蔬菜地与稻麦农田土壤平均全盐含量无显著差异由表1还可以看出,土壤EC值的变化趋势与全盐含量一致。

表1 不同利用方式下土壤全盐含量和电导率变化

利用方式	全盐含量(g/kg)		EC值 (mS/cm)
	变幅	平均值	
稻麦农田	0.200~0.823	0.514	0.170
露天蔬菜地	0.217~0.650	0.351	0.164
大棚蔬菜地	0.503~4.702	1.528	0.792

不同利用方式下蔬菜地土壤盐分离子组成的统计分析结果见表2,稻麦农田土壤的阳离子含量由多到少为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$,阴离子为 $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$;露天种植蔬菜地土壤的阳离子含量由多到少为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$,阴离子为 $\text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$;大棚蔬菜地土壤阳离子含量由多到少为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$,阴离子为 $\text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ 。由表2还可知,农田土壤进行大棚种植后,土壤中的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 等7种盐分离子含量比露天蔬菜地及稻田农田土壤明显增加,其中阳离子 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 平均含量分别是稻麦农田土壤的8.564、6.168、3.639、2.929倍,阴离子 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 平均含量分别是稻麦农田土壤的5.147、1.356、5.103倍;而 HCO_3^- 区别于7种盐分含量离子,表现为蔬菜地土壤小于稻麦农田,并且大棚蔬菜地土壤略低于露天蔬菜地土壤。可见,蔬菜地土壤的不同种植方式对土壤盐分离子的积累具有明显的影响,与稻麦农田及露天种植方式相比,大棚蔬菜种植方式显著提高了土壤 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 、 Cl^- 含量。

表2 不同利用方式下土壤8种离子含量 mmol/kg

利用方式	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
稻麦农田	0.421a	0.164b	0.712ab	0.679b	2.394b	2.251b	0.264b	1.846b
露天蔬菜地	0.277b	0.198b	0.400b	0.725b	2.502b	1.697b	0.325ab	1.621b
大棚蔬菜地	0.253b	0.837a	0.966a	3.495a	14.767a	6.594a	2.261a	6.718a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

2.2 不同种植年限下土壤盐分积累及离子组成的差异

不同种植年限的蔬菜地土壤全盐含量平均值分析结果见表3。由表3可知,种植年限大于5年的蔬菜地土壤平均全盐含量为1.500 g/kg,变幅为0.513~4.702 g/kg,种植年限为1~5年的蔬菜地土壤全盐平均含量为1.130 g/kg,变幅为0.270~2.468 g/kg,且均显著大于稻麦农田土壤($F=2.52, P=0.043$);种植年限为1~5年与5年以上的蔬菜地土壤平均全盐含量差异不显著。可见,农田转变为蔬菜种植,显著增加了土壤的盐分积累量,且随着种植年限的增加,盐分积累呈

表3 不同种植年限蔬菜地土壤全盐含量和电导率变化

种植年限	全盐含量(g/kg)		EC值 (mS/cm)
	变幅	平均值	
稻麦农田	0.200~0.823	0.514	0.17
1~5年蔬菜地	0.270~2.468	1.130	0.60
大于5年蔬菜地	0.513~4.702	1.500	0.76

上升的趋势。由表3还可以看出,不同种植年限的土壤电导率变化趋势与全盐含量一致。

从盐分离子含量的组成来看(表4),蔬菜地土壤的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NO_3^- 、 K^+ 、 Na^+ 等7种离子含量明显增加,而 HCO_3^- 含量下降;不同种植年限之间,蔬菜种植5年以上的土壤 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 含量略低于种植1~5年的土壤,而 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 含量均大于种植1~5年的土壤,但差异未达显著水平。蔬菜种植5年以上的土壤阳离子 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 平均含量分别是稻麦农田土壤的6.432、5.666、3.176、3.075倍;阴离子 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 平均含量分别是稻麦农田土壤的3.698、1.210、4.542倍,而 HCO_3^- 区别于7种盐分含量离子,表现为蔬菜地土壤小于稻麦农田。可见,不同种植年限对蔬菜地土壤盐分离子的积累具有明显的影响,与稻麦农田土壤相比,种植5年以上的蔬菜地显著提高了土壤 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 、 Cl^- 含量。

表 4 不同种植年限蔬菜地土壤 8 种离子含量

种植年限	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	mmol/kg Na ⁺
稻麦农田对照	0.421a	0.164b	0.712a	0.679b	2.394b	2.251b	0.264a	1.846b
1~5 年蔬菜地	0.260b	0.712a	0.883a	3.685a	11.670ab	4.349ab	1.698a	5.863a
大于 5 年蔬菜地	0.254b	0.745a	0.862a	2.511ab	13.565a	6.921a	2.132a	5.873a

3 小结与讨论

3.1 不同利用方式对蔬菜地土壤盐分积累及离子组成的影响

苏州市露天蔬菜地土壤的全盐含量介于 0.217 ~ 0.650 g/kg 之间,全盐含量平均值为 0.351 g/kg,大棚蔬菜地土壤的全盐含量介于 0.503 ~ 4.702 g/kg 之间全盐含量平均值为 1.528 g/kg。与文献报道的其他地区大棚蔬菜地土壤全盐含量相比,苏州市设施大棚土壤全盐含量低于山东寿光(0.72 ~ 12.02 g/kg,均值 4.70 g/kg)^[7]、黑龙江哈尔滨(1.03 ~ 4.68 g/kg,均值 2.49 g/kg)^[8]、浙江嘉兴(0.97 ~ 6.12 g/kg,均值 2.97 g/kg)^[9],与南京市郊^[10](0.58 ~ 4.88 g/kg,均值 2.27 g/kg)的盐分累积情况相近。根据滨海盐土的定义^[11],土壤表层含盐量 4 ~ 6 g/kg 为强度盐化土,2 ~ 4 g/kg 为中度盐化土,1 ~ 2 g/kg 为轻度盐化土。按此标准,苏州市大棚土壤平均全盐含量已处于轻度盐渍化水平,其中 7.69% 为强度盐渍化,23.08% 为中度盐渍化,46.15% 为轻度盐渍化;而露天蔬菜地土壤均处于安全水平之内。

进一步分析不同利用方式下的蔬菜地土壤盐分离子组成,农田土壤进行大棚种植后,除 HCO₃⁻ 外,土壤中的 Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺ 等 7 种盐分离子含量比露天蔬菜地及稻田农田土壤明显增加,其中阳离子以 Ca²⁺ 平均含量最大、其次为 Na⁺,阴离子以 NO₃⁻ 平均含量最大、其次为 SO₄²⁻;但从土壤离子含量增加幅度的角度分析,阳离子以 K⁺ 提高幅度最大、其次为 Ca²⁺,阴离子以 NO₃⁻ 提高幅度最大、其次为 Cl⁻。这与童有为等的报道一致^[12-14],主要原因可能是露天状态下接受雨水淋洗的土壤很难积盐,而大棚栽培是一种受人为因素作用十分强烈的利用方式,大棚薄膜的覆盖不仅阻挡了降水对土壤盐分的自然淋洗,而且提高了棚内和土壤的温度,增加了土壤水分的蒸发,使土壤盐分在表层累积。

3.2 不同种植年限对蔬菜地土壤盐分积累及离子组成的影响

蔬菜种植显著增加了土壤的盐分积累量,且随着种植年限的增加,盐分积累呈上升的趋势。种植年限 1 ~ 5 年及大于 5 年的蔬菜地土壤平均全盐含量分别为 1.130、1.500 g/kg,均达到了轻度盐渍化的水平。另外,5 年以下的蔬菜地土壤全盐含量达中度盐渍化水平的占比为 12.5%,而 5 年以上的蔬菜地土壤盐渍化达中度以上的土壤占比为 30%。

从盐分离子含量的组成来看,蔬菜种植 5 年以上的土壤 SO₄²⁻、NO₃⁻ 略低于种植 1 ~ 5 年的土壤,而 Cl⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺ 含量均大于种植 1 ~ 5 年的土壤,但差异未达显著水平,从土壤离子含量增加幅度的角度分析,阳离子以 K⁺ 提高幅度最大,其次为 Ca²⁺;阴离子以 Cl⁻ 提高幅度最大,其次为

NO₃⁻。夏立忠等对苏州市某园艺场设施大棚的施肥量调查结果表明:蔬菜地开始时施用 50 t/hm² 鸡猪粪等有机物料用于改良土壤,以后则每年每茬施用 2 000 kg/hm² 复合肥和 2 000 kg/hm² 过磷酸钙作为基肥,并适当追施 150 ~ 300 kg/hm² 尿素^[15];王辉等在南京市郊区的调查结果表明,露天蔬菜地每年施用有机肥 2 000 ~ 5 000 kg/hm²,每茬施用复合肥 750 ~ 1 500 kg/hm²,大棚施肥量更高^[10]。上述施入的 N、P 量分别超过蔬菜作物吸收量的 1 ~ 2 倍和 4 ~ 6 倍。由于长期过量施用有机肥和化肥以及人为调控下的耕作管理措施,可能是导致大棚蔬菜地土壤盐分累积随种植年限延长而增加的主要原因。

参考文献:

[1] Li W Q, Zhang M, Van D Z, et al. Salt contents in soils under plastic greenhouse gardening in China[J]. Pedosphere, 2001, 11(4): 359 - 367.

[2] 李文庆, 李光德, 骆洪义. 大棚栽培对土壤盐分状况影响的研究[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26(2): 165 - 169.

[3] 汪鑫德, 乔红霞, 朱爱凤, 等. 连栋大棚土壤次生盐渍化特点及防治[J]. 农业工程学报, 2003(增刊1): 119 - 122.

[4] 王 辉, 董元华, 李德成, 等. 不同种植年限大棚菜地土壤养分状况研究[J]. 土壤, 2005, 37(4): 460 - 464.

[5] 杜连凤, 张维理, 武淑霞, 等. 长江三角洲地区不同种植年限保护菜地土壤质量初探[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(1): 133 - 137.

[6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 156 - 157.

[7] 李文庆, 骆洪义, 丁方军, 等. 大棚栽培后土壤盐分的变化[J]. 土壤, 1995, 27(4): 203 - 205.

[8] 刘 德, 吴风芝. 哈尔滨市郊蔬菜大棚土壤盐分状况及影响[J]. 北方园艺, 1998(2): 1 - 2.

[9] 黄锦法, 曹志洪, 李艾芬, 等. 稻麦轮作田改为保护地菜田土壤肥力质量的演变[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(1): 19 - 25.

[10] 王 辉, 董元华, 安 琼, 等. 高度集约化利用下蔬菜地土壤酸化及次生盐渍化研究[J]. 土壤, 2005, 37(5): 530 - 533.

[11] 熊 毅, 李庆逵. 中国土壤[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 1990: 242 - 243.

[12] 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[J]. 园艺学报, 1991, 18(2): 159 - 162.

[13] 李先珍. 京郊蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究初报[J]. 中国蔬菜, 1993(4): 15 - 17.

[14] 施秀珠, 奚振邦, 朱建萍. 上海郊区蔬菜塑料大棚的土壤障碍问题[J]. 上海农业科技, 1991(2): 28 - 30.

[15] 夏立忠, 杨林章, 王德建. 苏南设施栽培早作为土养分与盐分状况的研究[J]. 江苏农业科学, 2001(6): 43 - 46, 69.