

茶渣生物有机肥对温室盐碱土改良的效果

程万莉¹, 王淑英¹, 赵刚¹, 樊廷录²

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃兰州 730070)

摘要: 以兰州新区典型温室盐碱化土壤为研究对象, 系统深入的研究了施用茶渣生物有机肥对温室盐碱土壤的影响。结果表明: 与单施化肥相比, 施用有机肥处理的土壤 pH 均有所下降, 其中全量施用有机肥处理下降最大, 下降幅度由大到小依次为全量施用有机肥、半量施用有机肥和有机无机肥配施处理, 降幅在 1.68%~7.14%。与单施化肥相比, 施用茶渣有机肥降低了土壤的碱化度, 全量施有机肥由中度碱化土变为轻度碱化土。有机无机肥配施、全量施用有机肥和半量施用有机肥处理不同土层平均盐分含量分别为 2.26、2.13、2.32 g/kg, 均低于单施化肥处理的 2.61 g/kg, 表明施用有机肥可降低土壤盐分含量, 其中全量施用有机肥处理降盐效果最佳。在 0~40 cm 土层, 阴离子以 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 为主, 其中全量施用有机肥处理含量最低; 阳离子以 Ca^{2+} 和 Na^+ 为主, 有机无机肥配施处理含量最低。综上所述, 茶渣生物有机肥对盐碱化土壤有良好的改良作用。

关键词: 茶渣生物有机肥; 温室; 盐碱土; 土壤改良

中图分类号: S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)02-0049-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.02.011

Effect of Tea Residue Bio-organic Fertilizer on Saline-alkali Soil Improvement in Greenhouse

CHENG Wanli¹, WANG Shuying¹, ZHAO Gang¹, FAN Tinglu²

(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In this study, the typical salinization greenhouse in Lanzhou new area was taken as the research object, and the influence of application of bioorganic fertilizer of tea residue on salinization soil in Lanzhou new area was studied systematically and deeply. The results showed that compared with the single application chemical fertilizer treatment (CF), the pH value of full apply organic fertilizer treatment (OF) soil treated with organic fertilizer decreased, among which the total application OF treatment decreased the most. The decrease range is from large to small was OF treatment, apply half as much organic fertilizer treatment (HF) and Combined application of organic and inorganic fertilizer treatment (MF), which was 1.68%~7.14%. Compared with CF treatment, the application of tea residue organic fertilizer reduced the degree of alkalization of soil, and OF treatment changed from moderate alkalized soil to mild alkalized soil. The average salt content in different soil layers treated with MF treatment, OF treatment and HF treatment was 2.26 g/kg, 2.13 g/kg and 2.32 g/kg, respectively, lower than 2.61 g/kg treated with CF treatment, indicating that the application of organic fertilizer could reduce the soil salt content, among which OF treatment had the best effect of reducing

收稿日期: 2019-10-30

基金项目: 兰州市科技计划项目(2018-1-94); 中央引导地方科技发展专项(兰州盐碱地生物有机肥改良与高效利用)。

作者简介: 程万莉(1989—), 女, 甘肃靖远人, 助理研究员, 硕士, 主要从事土壤培肥与植物营养研究工作。Email: chwlr@163.com。

salt. The anions are mainly NO_3^- and SO_4^{2-} , among which the content of OF treatment is the lowest in the 0~40 cm soil layer. The cations were mainly Ca^{2+} and Na^+ , and the content of MF treatment was the lowest. In conclusion, the bioorganic fertilizer of tea residue has a good effect on the improvement of salinized soil.

Key words: Tea residue biological organic fertilizer; Greenhouse; Saline-alkali soils; Soil improvement

盐碱土是指阴阳离子含量失衡的土壤。灌溉后土壤水分蒸发增强,盐随水动,使作物根层抑制的部分盐分离子重新积累于土壤表层,加剧盐碱程度^[1-4]。兰州新区规划现代农业和生态建设示范 220 km²,然而,该区干旱缺水,建设过程中依靠引大入秦工程引水漫灌,加之特殊的地形地貌和成土母质导致土壤在沉积过程中积累了大量的可溶性无机盐,导致土壤盐碱化^[5-7]。近年该区次生盐碱化耕地已超过 200 km²,严重的区域甚至出现耕地弃种弃用现象。温室土壤盐碱化严重制约着兰州新区现代生态农业建设,是新区农业产业发展亟待解决的关键问题。

国内外盐碱化土壤改良的主要办法是排灌洗盐和筛选抗盐碱化植物。但是洗盐工程量大,抗盐碱作物品种选育周期长,难以及时解决兰州新区土壤盐碱化的问题^[8-9],亟需科学有效低成本的盐碱化土壤治理和改良技术。而茶渣生物有机肥因其发酵原料的特殊性,能中和碱化土壤中的盐分,调解土壤酸碱度,肥料中的有益菌种可改善盐碱土壤作物根际微环境,从根本上降低盐碱土壤的盐分含量,实现盐碱土的彻底改良^[10]。我们通过在兰州新区典型盐碱化土壤施用茶渣生物有机肥,研究温室耕层土壤盐碱化程度、盐分含量及组成,以期为兰州新区盐碱化土壤改良和温室产业的可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在兰州新区中川镇兔墩村(36° 31' N, 103° 37' E),属引大入秦灌区腹地,典型的温带半干旱大陆性气候,海拔 1 910 m,年降水量 300~350 mm,地下水埋深 70

m,含碱量高,土质为黄绵土。

1.2 试验材料

试验用有机肥为甘肃鸿远生物科技有限公司生产的高效功能型生物肥料,利用康师傅茶饮生产企业产生的废弃茶渣与高原天然绿色牧场的羊粪,添加一定量微生物菌剂,按一定比例高温发酵而成。成品肥料中活性微生物数量超过 3.2 亿个/g,生物菌群存活时间超过 720 d。指示作物为草莓,品种红颜。

1.3 试验方法

试验在设施温室中进行,设 4 个处理。处理 CF 单施化肥,底肥施用量为硫酸钾 90 kg/hm²,普通过磷酸钙 180 kg/hm²,每隔 15 d 喷施 3 g/kg 磷酸二氢钾 1 次。处理 OF 全施用有机肥,施用量为 45 000 kg/hm²。处理 HF 施肥量为 1/2 OF,即有机肥施用量为 22 500 kg/hm²。处理 MF 施肥量为 1/3 OF+1/2CF,即施用有机肥 15 000 kg/hm²+施用化肥(硫酸钾 45 kg/hm²、普通过磷酸钙 90 kg/hm²,每隔 15 d 喷施 3 g/kg 磷酸二氢钾 1 次)。

2018 年 6 月下旬草莓收获后,每个处理按照“S”形布点,采用 5 点采样法采集 0~10 cm、10~20 cm 和 20~40 cm 土壤(试验区 40 cm 以下为沙砾层,所以土层剖面取到 40 cm),将同一土层的土样充分混匀后四分法收集带回实验室自然风干,研磨、过筛后装瓶待测。

1.4 测定项目与方法

土壤 pH 采用水土质量比 1:1 用 pH 酸度计测定。盐分离子测定中土壤浸提液采用去离子水制备,按水土质量比 5:1 混合,震荡 3 min,立即离心过滤后待测。 HCO_3^- 用双指示剂盐酸滴定法, Cl^- 用硝酸银滴定法, SO_4^{2-} 用 EDTA 间接络合滴定法, NO_3^-

用 CaCl_2 浸提, 连续流动注射分析仪测定 (AA3), Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 用原子吸收分光光度法测定, K^+ 、 Na^+ 用火焰光度计法测定。土壤碱化度 (ESP , Exchange Sodium Percentage) 的计算参照 LY-T 1249-1999 进行, 用土壤中交换性钠与阳离子交换总量来表示, 即:

$$ESP = (\text{交换性钠} / \text{阳离子交换量}) \times 100\%$$

1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 软件进行所有原始数据处理及作图。

2 结果与分析

2.1 耕层土壤 pH 下降幅度

由图 1 可知, 与单施化肥处理相比, 施用有机肥处理的土壤 pH 均有所下降, 其中全量施用有机肥处理下降幅度最大, 各处理下降幅度由大到小依次为 OF、HF、MF, 降幅在 1.68% ~ 7.14%。不同处理不同土层降低幅度不同。OF 处理 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 40 cm 的 pH 分别由 CF 处理的 8.68、8.74、8.94 降至 8.06、8.17、8.32, 表明该生物有机肥对降低温室耕层土壤 pH 效果明显。可能主要是因为试验用生物有机肥是以酸性的茶渣和羊粪发酵而成的微酸性肥料, 可中和部分碱性离子; 生物有机肥会增加土壤有机质, 促进作物生长, 增加作物根系分泌物, 以及微生物本身代谢产生大量氨基酸, 其均具有缓冲中和土壤碱性物质的作用。

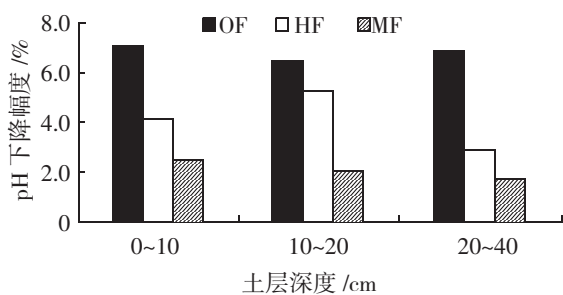


图 1 施用有机肥后温室耕层土壤 pH 下降幅度

2.2 耕层土壤碱化度

土壤碱化度 (ESP) 可定量描述土壤的碱化程度, 用于盐碱土改良效果评价。碱化度

用土壤胶体上吸附的可交换性 Na^+ 的饱和度来表示, 其值可作为盐碱土分类的标准, 将 $ESP > 20\%$ 的土壤定义为碱土, $5\% < ESP < 20\%$ 的土壤定义为碱化土, 其中 $5\% < ESP < 10\%$ 的为轻度碱化土, $10\% < ESP < 15\%$ 的为中度碱化土, $15\% < ESP < 20\%$ 为强碱化土。

从图 2 可知, 除 OF 为轻度碱化土外, 其它施肥处理温室耕层均为中度碱化土壤, 表明生物有机肥可显著降低土壤的碱化度。这可能是因为微酸性生物有机肥可缓冲土壤碱度, 促进碱化土壤中 Na^+ 的脱除, 降低 Na^+ 与 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的比值, 促进土壤胶体上可交换性阳离子与 Na^+ 的交换, 降低土壤碱化度。不同土层施用有机肥处理碱化度较单施化肥处理均有不同幅度下降, 其中 20 ~ 40 cm 土层下降幅度最大, 为 12.71% ~ 35.57%; 0 ~ 10 cm 土层下降幅度最小, 为 12.18% ~ 21.94%。这可能是因为温室内部是一个相对密闭独立的环境, 温度较高, 土壤蒸发和植物蒸腾量大, 盐分离子会随水向上迁移, 同时温室内部滴灌系统淋溶低, 使得盐分离子在表层 (0 ~ 20 cm) 土壤大量积聚导致的。

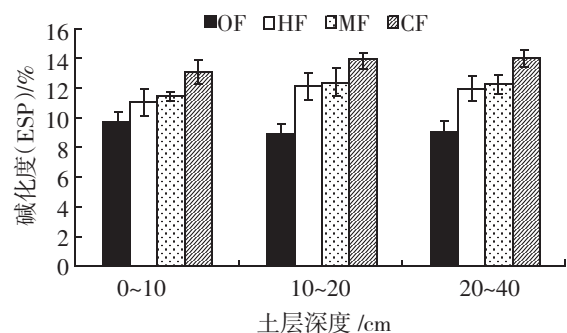


图 2 不同施肥处理对温室耕层土壤碱化度的影响

2.3 耕层土壤盐分含量

从图 3 可知, 施用有机肥和化肥量有差异, 导致不同施肥处理含盐量不同, 在 0 ~ 20 cm 表现的更为明显。OF 处理土壤 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 40 cm 土层盐分含量分别为 2.207、2.178、2.017 g/kg, 不同土层平均含量为 2.13 g/kg, 差异较小。MF、OF、HF

和 CF 处理不同土层平均含量均较高, 依次为 2.26、2.13、2.32 和 2.61 g/kg。4 个施肥处理温室耕层土壤盐分的分布明显受肥料种类的影响, 在 0~20 和 20~40 cm 土层均有返盐现象出现, 但施用有机肥的处理盐分含量明显低于单施化肥处理, 20~40 cm 土层含盐量均低于 0~20 cm 土层。这可能是由于该区土壤 40 cm 以下为沙砾层, 没有犁底层的阻碍, 土壤中的盐分离子随入渗水分被淋洗出耕层土壤了。

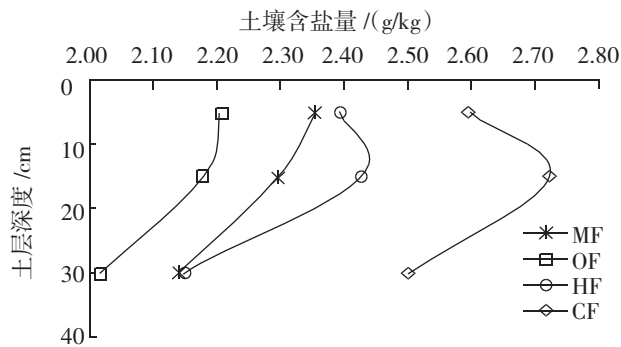


图3 不同施肥处理温室耕层土壤盐分含量的变化

2.4 土壤阴离子含量及其变化特点

从表1可以看出, 同一土层不同施肥处理对温室盐分离子含量影响很大。在 0~10 cm 和 10~20 cm 土层, 施用有机肥的处理以 NO_3^- 为主, 分别占阴离子总量的 30.35%~32.89%、30.35%~33.42%, 其次是 SO_4^{2-} ,

分别占 29.57%~31.30%、29.76%~31.10%, NO_3^- 和 SO_4^{2-} 成为 0~20 cm 土层主导盐分含量高低的决定性离子。施用化肥处理, 主导盐分离子与施用有机肥处理相反但种类相同, 以 SO_4^{2-} 为主, 其次为 NO_3^- , 这是因为 CF 处理底肥中施用了硫酸钾。在 20~40 cm 土层, 所有施肥处理都以 SO_4^{2-} 为主, 占阴离子总量的 31.10%~34.21%, 其次是 NO_3^- , 占 24.56%~32.18%。这表明硫酸盐和硝酸盐是导致温室耕层土壤盐碱化的关键盐。

2.5 阳离子含量及其变化特点

从表2可知, 不同施肥处理阳离子含量均呈现为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$, 其中 Ca^{2+} 含量均超过阳离子总量的 40%, Na^+ 含量占阳离子总量的 22.20%~32.19%, Mg^{2+} 在阳离子组成中所占的比例最低, 为 10%左右。与单施化肥(CF)处理相比, 在 0~10 cm 土层, 施用有机肥处理 MF、OF 的 Ca^{2+} 含量分别降低了 11.48%、0.539%, 处理 HF 与处理 CF 持平, MF、OF、HF 的 Na^+ 分别降低了 33.86%、8.78%、8.15%; 在 10~20 cm 土层, Ca^{2+} 含量分别降低了 27.73%、5.67%、7.14%, Na^+ 分别降低了 44.24%、7.88% 和 13.03%; 20~40 cm 土层, Ca^{2+} 含量分别降低了 16.45%、20.73%、3.00%, Na^+ 分别降

表1 不同施肥处理温室土壤 0~40 cm 阳离子含量及其组成变化

处理	土层/cm	阴离子含量/(g/kg)				占阴离子总量的比例/%			
		SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-
MF	0~10	0.471	0.250	0.476	0.307	31.30	16.63	31.64	20.43
	10~20	0.457	0.213	0.491	0.308	31.10	14.53	33.42	20.94
	20~40	0.461	0.211	0.367	0.308	34.21	15.70	27.25	22.84
OF	0~10	0.362	0.179	0.369	0.306	29.76	14.68	30.35	25.20
	10~20	0.355	0.166	0.362	0.305	29.86	13.99	30.47	25.68
	20~40	0.375	0.206	0.289	0.307	31.87	17.53	24.56	26.05
HF	0~10	0.406	0.209	0.452	0.307	29.57	15.18	32.89	22.36
	10~20	0.410	0.210	0.446	0.308	29.87	15.28	32.45	22.41
	20~40	0.365	0.208	0.295	0.307	31.10	17.72	25.10	26.08
CF	0~10	0.589	0.214	0.489	0.314	36.68	13.35	30.44	19.54
	10~20	0.598	0.225	0.494	0.309	36.77	13.85	30.38	19.00
	20~40	0.497	0.209	0.482	0.310	33.21	13.92	32.18	20.69

表2 不同施肥处理温室土壤 0~40 cm 阳离子含量及其组成变化

处理	土层/cm	阳离子含量/(g/kg)				占阳离子总量的比例/%			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
MF	0~10	0.211	0.157	0.378	0.104	24.82	18.47	44.47	12.23
	10~20	0.184	0.197	0.344	0.104	22.20	23.76	41.50	12.55
	20~40	0.179	0.117	0.391	0.105	22.60	14.77	49.37	13.26
OF	0~10	0.291	0.194	0.404	0.102	29.36	19.58	40.77	10.29
	10~20	0.304	0.133	0.449	0.104	30.71	13.43	45.35	10.51
	20~40	0.262	0.103	0.371	0.104	31.19	12.26	44.17	12.38
HF	0~10	0.293	0.191	0.427	0.108	28.75	18.74	41.90	10.60
	10~20	0.330	0.172	0.442	0.110	31.31	16.32	41.94	10.44
	20~40	0.287	0.127	0.454	0.104	29.53	13.07	46.71	10.70
CF	0~10	0.319	0.139	0.427	0.106	32.19	14.03	43.09	10.70
	10~20	0.330	0.183	0.476	0.109	30.05	16.67	43.35	9.93
	20~40	0.301	0.125	0.468	0.109	30.01	12.46	46.66	10.87

低了 4.65%、12.96%、40.53%。K⁺ 和 Mg²⁺ 的含量变幅相对较小, 这表明试验施肥方式对 K⁺ 和 Mg²⁺ 的含量基本没影响。

3 结论与讨论

与单施化肥相比, 施用有机肥处理土壤 pH 均有所下降, 其中全量施用有机肥处理下降最大, 下降幅度由大到小依次为全量施用有机肥、半量施用有机肥和有机无机肥配施处理, 降幅在 1.68%~7.14%。与单施化肥相比, 施用茶渣有机肥降低了土壤的碱化度, 全量施有机肥由中度碱化土变为轻度碱化土。有机无机肥配施、全量施用有机肥和半量施用有机肥处理不同土层平均盐分含量为 2.26、2.13、2.32 g/kg, 均低于单施化肥处理的 2.61 g/kg, 表明施用有机肥可降低土壤盐分含量, 其中全量施用有机肥处理降盐效果最佳。在 0~40 cm 土层阴离子以 NO₃⁻ 和 SO₄²⁻ 为主, 其中全量施用有机肥处理含量最低; 阳离子以 Ca²⁺ 和 Na⁺ 为主, 有机无机肥配施处理含量最低。

温室土壤盐分累积导致土壤盐碱化是影响兰州新区设施农业可持续发展的最主要限制性因素。已有研究发现, 施肥方式直接影响到土壤盐分的含量, 施用有机肥可以显著改善土壤的物理性状, 进而通过调节土壤蒸发速率而减少上层土壤的盐分累积, 不仅能

使作物高产, 还能明显降低土壤和作物体内硝酸盐的累积^[11-13]。本研究结果表明, 较单施化肥相比, 单独施用有机肥和有机无机配施都能降低土壤 pH, 降幅在 1.68%~7.14%, 促进土壤脱 Na⁺, 0~20 cm 平均降幅为 17.06%, 20~40 cm 平均降幅达到 24.14%, 明显缓解土壤碱化度。

作物根区土壤盐分累积量会导致土壤溶液渗透势下降, 造成作物生理性干旱, 严重失衡会使作物对水、肥的吸收受阻, 致使作物生长不良, 土壤盐分累积量达到 2 g/kg 时, 作物根系吸收能力变差^[14]。本研究中施用有机肥处理 0~40 cm 土壤平均含盐量为 2.13~2.26 g/kg, 较单施化肥(2.61 g/kg) 下降了 13.40%~18.39%, 明显降低了作物因生理干旱死亡的风险。

土壤阴阳盐离子含量失衡是土壤盐碱化的直接表现。不同施肥方式对土壤盐离子有明显的影 响。在 0~40 cm 土层阴离子以 NO₃⁻ 和 SO₄²⁻ 为主, 除全施有机肥处理外, 其他处理阴离子含量均高于 0.4 g/kg, 占阴离子总量的 60%以上。阴离子的不平衡积累导致土壤养分供应失衡, 造成盐毒害, 对温室作物的正常生长产生抑制作用。试验施肥处理中, Cl⁻ 占阴离子总量的比例均低于 18%, 但除全施有机肥外, 其他处理 0~40

cm 平均含量均超过 0.2 g/kg, 会对作物生长产生毒害作用^[15]。就本研究而言, 这表明单施茶渣生物有机肥对于缓解 NO₃⁻ 和 SO₄²⁻ 失衡导致的土壤盐碱化有明显作用, 这与 Tu 等^[16]的研究结果一致。

不同施肥处理阳离子总量从小到大依次为有机无机肥配施、全量施有机肥、半量施有机肥、单施化肥, 以 Ca²⁺ 和 Na⁺ 为主, 其次为 K⁺。而唐冬等^[17]在上海市郊温室中调查研究的结果是 Ca²⁺ 和 Na⁺ 为主, 其次为 Mg²⁺, 这可能与两个地域成土母质不同有关。在 0~20 cm 土层, 施用有机肥处理较单施化肥处理 Ca²⁺ 和 Na⁺ 含量平均下降幅度为 13.51% 和 21.72%, 20~40 cm 土层, 下降幅度为 13.39% 和 19.38%, 即表层 Ca²⁺ 和 Na⁺ 含量降低更多, 这与实际田间管理中肥料先撒施于表层再翻耕导致的不均匀有关。0~40 cm 土层处理 MF 和处理 OF 的阳离子总量下降幅度最大, 分别为 18.82%、10.72%, 有机肥与无机配施高于单施有机肥。这是因为施用有机肥后, 有机物质增强了土壤保肥保水能力, 调控土壤水盐平衡有关^[18], 同时无机速效养分促进了作物生长, 根系分泌物增加中和了部分阳离子。

参考文献:

- [1] 李宝富, 熊黑钢, 张建兵, 等. 干旱区农田灌溉前后土壤水盐时空变异性研究[J]. 中国生态农业学报, 2011(3): 491-499.
- [2] 乔玉辉, 宁振荣. 灌溉对土壤盐分的影响及微咸水利用的模拟研究[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 50-52.
- [3] 高瑾, 刘延锋, 周金龙, 等. 干旱区灌排条件下田间土壤盐分动态分析[J]. 中国农村水利水电, 2004(11): 14-16.
- [4] 徐存东, 冯起, 翟禄新, 等. 干旱区扬水灌溉对灌区地下水盐演化的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2010, 45(4): 119-124.
- [5] 娄会品, 高甲荣. 土壤生物工程在北京山区公路绿化中的应用[J]. 中国水土保持, 2010(3): 15-17.
- [6] 高甲荣, 刘英, Hanspeterrauch. 土壤生物工程在北京河流生态恢复中的应用研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(3): 152-157.
- [7] 李明杰, 刘素芳, 张发. 大果无刺沙棘扦插鱼苗技术实验研究[J]. 水土保持研究, 1998, 5(3): 139-142.
- [8] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-845.
- [9] 龙小燕. 矿物质有机肥在日光温室黄瓜上的应用效果初报[J]. 甘肃农业科技, 2014(5): 41-42.
- [10] 张金柱, 张兴, 郭春景, 等. 生物有机肥对轻度盐碱土理化性质影响的研究[J]. 生物技术, 2007, 17(6): 73-75.
- [11] 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): 5-8.
- [12] 许健, 牛文全, 张明智, 等. 生物炭对土壤水分蒸发的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(11): 3505-3513.
- [13] 黄东风, 王果, 李卫华, 等. 菜地土壤氮磷面源污染现状、机制及控制技术[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 991-1001.
- [14] 杨月红, 孙庆艳, 沈浩. 植物的盐害和抗盐性[J]. 生物学教学, 2002, 27(11): 1-2.
- [15] 谢建昌, 陈际型. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[M]. 南京: 河海大学出版社, 1997: 43-46.
- [16] TU C, LOUWS F J, CREAMER N G, et al. Responses of soil microbial biomass and N availability to transition strategies from conventional to organic farming systems[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006, 113(1-4): 206-215.
- [17] 唐冬, 毛亮, 支月娥, 等. 上海市郊设施大棚次生盐渍化土壤盐分含量调查及典型应对分析[J]. 环境科学, 2014, 35(12): 4705-4711.
- [18] 李国辉, 宋付朋, 骆洪义, 等. 不同有机肥用量对滨海盐渍土盐分表聚性及物理性状的影响[J]. 2019, 51(5): 83-88.

(本文责编: 陈珩)