

doi: 10.11838/sfsc.20160517

棉秆不同处理方式对滨海盐碱土理化性质和棉花产量的影响

吴从稳^{1,2}, 陈小兵^{1*}, 单晶晶^{1,3}, 尹春艳^{1,3}, 袁玲⁴, 张立宾⁴

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所海岸带环境过程重点实验室, 山东 烟台 264003;
2. 青岛海利尔药业集团有限公司, 山东 青岛 266109; 3. 中国科学院大学,
北京 100049; 4. 东营市科技情报研究所, 山东 东营 257091)

摘要: 为了探讨棉秆不同处理方式对黄河三角洲滨海盐碱土改良效果的影响, 本试验对比棉秆直接粉碎还田(FC)和堆腐还田(FS)两种处理, 分别设定不同还田量进行试验, 并根据棉花不同生长期对棉田土壤物理、化学指标进行对比分析。结果表明: FS、FC两种还田处理均能有效增加0~10 cm土层土壤孔隙度, 降低土壤容重, 且与还田量分别呈正相关和负相关; 当还田量为9 t/hm²时能有效增大土层粒度中黏粒和粉粒所占比重。FS比FC对棉花吐絮期表层(0~10 cm) pH值的降低效果更明显。两种还田处理的降盐效果显著, 并随着还田量增大而不断加强。两种还田处理可以有效降低0~20 cm土层土壤中Na⁺和Cl⁻含量, 而当还田量为9 t/hm²时对降低0~10 cm土层中SO₄²⁻含量及增加K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺含量的效果最为明显。两种还田模式均能显著增加土壤有机质含量, 但差异性不大, FS较FC在增加全氮和速效钾含量方面效果显著, 而在增加有效磷含量方面表现刚好相反。两种还田处理都可以有效增加棉花产量, 且FS比FC的增产效果更好。棉秆还田利用不仅可以改善土壤的理化性质, 也可以减少资源的浪费。

关键词: 棉秆; 滨海盐碱土; 理化性质; 黄河三角洲; 秸秆还田

中图分类号: S141.4; S155.2⁺93

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2016)05-0096-09

黄河三角洲是我国重要的农业后备资源区, 为典型的滨海盐碱地区, 是海陆交互作用形成的退海之地, 土壤肥力低, 土地盐渍化严重, 其中黄河三角洲地区滨海盐碱地面积达23.6万hm², 盐土和盐碱化土高达70%以上^[1-2]。棉花因具一定的耐盐能力, 成为当地广泛种植的一种经济作物, 为当地农业生产带来了较高经济效益的同时, 也产生了大量的棉花秸秆。由于受到长期施用化学肥料和灌水压盐等农业生产措施的影响, 致使土壤孔隙度降低, 容重增大, 肥力下降, 返盐现象不断恶化^[3]。因此, 棉秆还田技术的研究和推广既能够提高土壤肥力, 改善土壤结构, 又能够有效提高棉秆资源的综合利用效率, 减少其因遗弃所造成的环境污染^[4]。

然而, 棉花秸秆还田技术的应用多集中在新疆棉区, 在东部滨海盐碱地区却鲜有研究^[5]。

因此, 本研究以黄河三角洲地区滨海盐碱土为主要试验对象, 将棉秆经过不同处理后施入土壤, 并根据棉花的不同生长期对棉田土壤物理、化学性状进行比较分析, 探究棉秆经过不同方式处理后对滨海盐碱土改良效果的影响, 以为黄河三角洲地区高效循环农业的发展及滨海盐碱地改良工作提供理论参考和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于中国科学院黄河三角洲滨海湿地生态试验站(118°58'40.1"E, 37°45'58.7"N), 属暖温带大陆性季风气候, 年均降水量551.6 mm, 年均蒸发量为1962 mm, 年均气温为12.8℃, 年均日照时数为2590~2830 h, 无霜期长达206 d, ≥10℃的积温约4300℃。试验区土壤为中度盐碱土, 平均含盐量为3.321~3.970 g/kg, 盐基离子主要以氯化钠和硫酸盐的形式存在, 是由冲积性的黄土母质在海浸母质上沉积所形成。试验区耕层土壤初始理化性

收稿日期: 2015-06-27; 最后修订日期: 2016-08-15

基金项目: 中国科学院海岸带研究所部署项目“黄河三角洲陆海界面过程、生态演变与修复技术”(Y254021031); 国家重点研发计划项目(2016YFD0200300-03); 公益性行业(海洋)科研专项经费项目(201105020); 中国科学院大学研究生社会调查资助专项(11910220008)。

作者简介: 吴从稳(1987-), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 主要从事高效农业及农副产品安全研究。E-mail: wucongwen@163.com。

通讯作者: 陈小兵, E-mail: xbchen@yic.ac.cn。

质为 pH 值 8.16, 土壤有机质含量为 12.10 g/kg, 全氮含量为 0.75 g/kg, 有效磷 (P) 含量为 5.54 mg/kg, 速效钾 (K) 含量为 90.93 mg/kg。

1.2 试验材料

种植作物: 棉花 (鲁研棉 28 号)。供试棉秆: 收集于 2012 年 10 月试验站棉田棉花采集后。肥料: 复合肥 (17-17-17) 和尿素 (N 46.4%)。EM 菌原液: 包含双歧菌、酵母菌、放线菌、芽孢杆菌、光合细菌、乳酸菌等, 有益菌数 ≥ 10 亿个/mL。秸秆腐熟剂: 由能够强烈分解纤维素、半纤维素、木质素的嗜热、耐热细菌, 真菌, 放线菌和生物酶组成。

1.3 试验设计

设计试验小区规格为 2 m \times 3 m, 共计 21 个小区, 各小区按照区组随机排列。

供试棉秆经机械粉碎后过 3 cm 网筛, 试验时将棉秆分 3 层堆放在塑料布上, 并且在每层的层底、层间、层顶均匀添加秸秆腐熟剂, 然后喷洒尿素 (调节碳氮比) 和菌液的稀释水溶液 (25:1 碳氮比、60% 含水量、200 mL/t EM 菌原液和 0.4% 秸秆腐熟剂) 对棉花秸秆进行堆腐处理。堆体长 1 m, 宽 1 m, 高 0.5 m, 棉秆总干重 50 kg。试验开始后在第 4、8、12、16、20 d 进行翻堆, 在第 1、3、7、14、28、56 d 的 14:00 进行堆体的上、中、下部混合采样, 风干磨碎过 0.25 mm 筛, 冷冻保存备测。

棉花在 2014 年 5 月种植, 试验设 3 类施肥方式: CK (常规施肥)、FC (常规施肥 + 棉秆直接粉碎还田)、FS (常规施肥 + 棉秆堆腐还田), 其中 FC 和 FS 分别设还田量 (3、6、9 t/hm²) 3 个梯度, 共 7 个处理 (表 1), 每个处理 3 次重复。常规施肥参照当地施肥, 即施入复合肥 750 kg/hm², 尿素做基肥施 225 kg/hm², 蕾铃期追施复合肥 375 kg/hm², 尿素 150 kg/hm²。土壤样品按照棉花生长周期, 选取播种期、苗期、蕾铃期、吐絮期对土壤 0~10、10~20、20~40 cm 土层进行分别采集。

表 1 秸秆还田试验设计

编号	处理方式	还田量 (t/hm ²)
CK	空白对照	—
FC1	直接粉碎还田	3
FC2	直接粉碎还田	6
FC3	直接粉碎还田	9
FS1	堆腐还田	3
FS2	堆腐还田	6
FS3	堆腐还田	9

1.4 测定及分析方法

土壤物理指标^[6]: 土壤容重和孔隙度采用环刀法; 土壤含水量采用烘干法; 土壤粒度采用激光粒度仪 (MarlvernMastersizer 2007F) 进行测定。土壤化学指标^[7]: 土壤 pH 值采用 pH 计测定, 水土比为 2.5:1; 土壤电导率采用电导率仪 (DDSJ-308A 型电导率仪) 测定, 水土比为 5:1; 土壤盐基离子采用离子色谱仪 (Dionex ICS 3000) 测定; 土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法; 土壤全氮含量采用重铬酸钾-硫酸硝化法; 土壤有效磷采用碳酸氢钠法; 土壤速效钾采用火焰光度计 (FP6410) 进行测定。

2 结果与分析

2.1 棉秆粉碎还田和堆腐还田对土壤物理性质的影响

2.1.1 对土壤容重和孔隙度的影响

棉花的蕾铃期是棉花生长的关键时期, 也是产量形成的重要时期, 此时期棉花生长对水肥及土壤质量比较敏感。对棉花蕾铃期试验小区 0~10 cm 土层的土壤容重与孔隙度分析 (表 2) 得出, 相对于空白对照 (CK), 其他 6 组不同处理土壤含水量均有所增大, 土壤容重相对减小, 土壤孔隙度增大。就不同还田量来看, 直接还田和堆腐还田均呈现为随着还田量增大, 土壤容重逐渐减小, 孔隙度逐渐增大, 同时表现为水分含量不断升高。这是由于秸秆颗粒大小适当, 对土壤结构具有支撑作用, 增加土壤孔隙率, 同时由于秸秆结构特点对土壤中水分具有吸附作用, 增强了土壤的保水性。对比两种还田方式, 其差异性并不显著, 其中当棉秆粉碎后直接还田量为 9 t/hm², 土壤容重下降幅度最大, 下降了 7.76%, 同时孔隙度增大 7.28%。堆腐还田时不同处理相对于空白对照 (CK), 对土壤物理性质也有显著性影响。

表 2 不同试验处理的土壤容重与孔隙度

处理	含水率 (%)	容重 (g/cm ³)	孔隙度 (%)
CK	28.77a	1.378a	48.48a
FC1	29.24a	1.337b	49.83b
FC2	28.88ab	1.311c	50.69c
FC3	31.29b	1.271d	52.01d
FS1	29.96a	1.345b	49.57b
FS2	30.68ac	1.299cd	51.09cd
FS3	30.91c	1.283d	51.61d

注: 同列数据小写字母表示差异性显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.1.2 对土壤结构组成的影响

国际制的土壤粒度等级划分标准为粒径 < 0.002 mm 为粘粒, 粒径在 0.002 ~ 0.02 mm 之间为粉粒, 粒径在 0.02 ~ 2 mm 之间为砂粒, 粒径 > 2 mm 为石砾。在棉花蕾铃期对比两种还田处理对试验棉田不同土层土壤粒度组成的影响 (表 3), 选取还田量为 9 t/hm² 为例。滨海盐渍土主要有粘粒、粉粒和砂粒构成。0 ~ 10 cm 土层, FC3 和 FS3 相对 CK 土壤中砂粒所占比例均有所减少, 粘粒所占比重增加, 并表现为差异性显著 ($P < 0.05$); 粉粒所占比例也有所增加, 只有 FS3 表现为显著。10 ~ 20 cm 土层, FC3 和 FS3 处理下土壤相对于 CK 具有显著影响, 粘粒和粉粒所占比重均有显著增加。20 ~ 40 cm 土层, 只有 FS3 处理下土壤中粉粒所占比例显著增加。综上, 直接还田和堆腐还田对土壤耕作层粒度组成具有显著影响, 这可能是由于经过粉碎或腐解的棉秆中有机物被分解的过程中加速了土壤熟化进程, 使得土壤的颗粒直径变小。

表 3 不同秸秆还田模式对土壤粒度组成的影响 (%)

土层 (cm)	处理	粘粒	粉粒	砂粒
0 ~ 10	CK	7.55a	26.50a	65.95a
	FC3	8.38b	26.78a	64.84b
	FS3	8.16b	31.81b	60.03b
10 ~ 20	CK	6.00a	18.31a	75.69a
	FC3	9.38b	33.59b	57.03b
	FS3	11.13c	38.94c	49.94c
20 ~ 40	CK	4.74a	15.41a	79.85a
	FC3	4.87a	16.16a	78.97a
	FS3	4.88a	24.89b	70.24c

2.2 棉秆粉碎还田和堆腐还田对土壤化学性质的影响

2.2.1 对土壤 pH 值和电导率的影响

本研究根据棉花生长周期不同, 选择不同时期 (播种期、苗期、蕾铃期、吐絮期) 棉田小区不同土层 pH 值进行比较, 如图 1 所示。总体来看土壤 pH 值在棉花生长期变化并不明显, 基本保持在 8.0 ~ 8.5 之间, 苗期 > 播种前 > 蕾铃期 > 吐絮期。苗期 (图 1 B), 0 ~ 10 cm 土层, 经直接还田 FC 处理的土壤 pH 值低于 CK, 经堆腐还田 FS 处理的略高于 CK。10 ~ 20 cm 土层, FC3、FS1 处理与 CK

均有所增加, FS3 上升不明显, 表现出对 pH 值升高较好的抑制作用。这是由于有机物料中大量含碳化合物在被厌氧微生物分解过程中产生有机酸等物质, 从而抑制 pH 值的上升。20 ~ 40 cm 土层, FS3 明显低于其他处理, 其他处理间差异性不显著。蕾铃期 (图 1 C), 0 ~ 10 cm 土层, 各处理的 pH 值差异性较大, 除 FS1 外各处理均低于 CK。10 ~ 20 cm 土层, FS2 最低, FC3 和 FS1 较高。吐絮期 (图 1 D), 0 ~ 10 cm 土层, 各处理差异性显著 ($P < 0.05$), 表现为 FS 类低于 FC 类, 总体低于 CK。10 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 各处理趋向于平衡。

本研究于不同生长期在棉田小区土壤分层采样, 对土壤电导率进行统计分析, 见表 4。总体来看, 不同处理均表现为 0 ~ 10 cm > 10 ~ 20 cm > 20 ~ 40 cm, 蕾铃期 > 苗期 > 吐絮期。苗期时, 0 ~ 10 cm, 不同处理的 EC 均比 CK 数值小且与还田量呈负相关, 其中 FS3 处理的数值最小, 降盐效果最为明显。10 ~ 20 cm, FC3 表现为最佳降盐处理。这是因为秸秆具有保水保墒的效果, 从而抑制水分蒸发随带来的盐分上移。蕾铃期时, 0 ~ 10 cm 与苗期表现为相似规律, 但 10 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 各处理波动性较大, 规律性不明显。吐絮期时, 在 0 ~ 10 cm 土层除 FC1 处理外均小于 CK 数值。10 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 时各处理对盐分均有较好的抑制作用。综合考虑, FS 比 FC 处理具有更为明显的盐分抑制作用, 尤其是表现在 0 ~ 10 cm 土层。

2.2.2 对土壤可溶性盐基离子的影响

土壤中可溶性盐离子对土壤理化特性和植物生长都具有重要影响, 有试验表明, 其作用在棉花苗期尤为突出^[8]。故此, 本文以棉花苗期为例, 对比不同还田处理对土壤可溶性盐离子的影响。

如图 2 所示, 就不同土层来看, Na⁺ 含量总体表现为 0 ~ 10 cm > 10 ~ 20 cm > 20 ~ 40 cm, 这是受到土壤返盐作用的影响, 溶解在水中的 Na⁺ 随着毛管水的上升逐渐向表层运移。0 ~ 10 cm 时, 还田处理均低于 CK, 且随着还田量的增加降低幅度不断加大, 其中 FC2、FC3、FS2、FS3 与 CK 的差异显著 ($P < 0.05$), FC 类与 FS 类两种还田模式差异不显著。10 ~ 20 cm 时, FC3、FS2、FS3 对 Na⁺ 含量有显著抑制作用。20 ~ 40 cm 时, FC 类和 FS1 比 CK 要高, FS2 和 FS3 与 CK 基本相同。总体表现为当还田量为 6 和 9 t/hm² 时, 对土壤中 0 ~ 10 和 10 ~ 20 cm 土层抑 Na⁺ 效果显著。

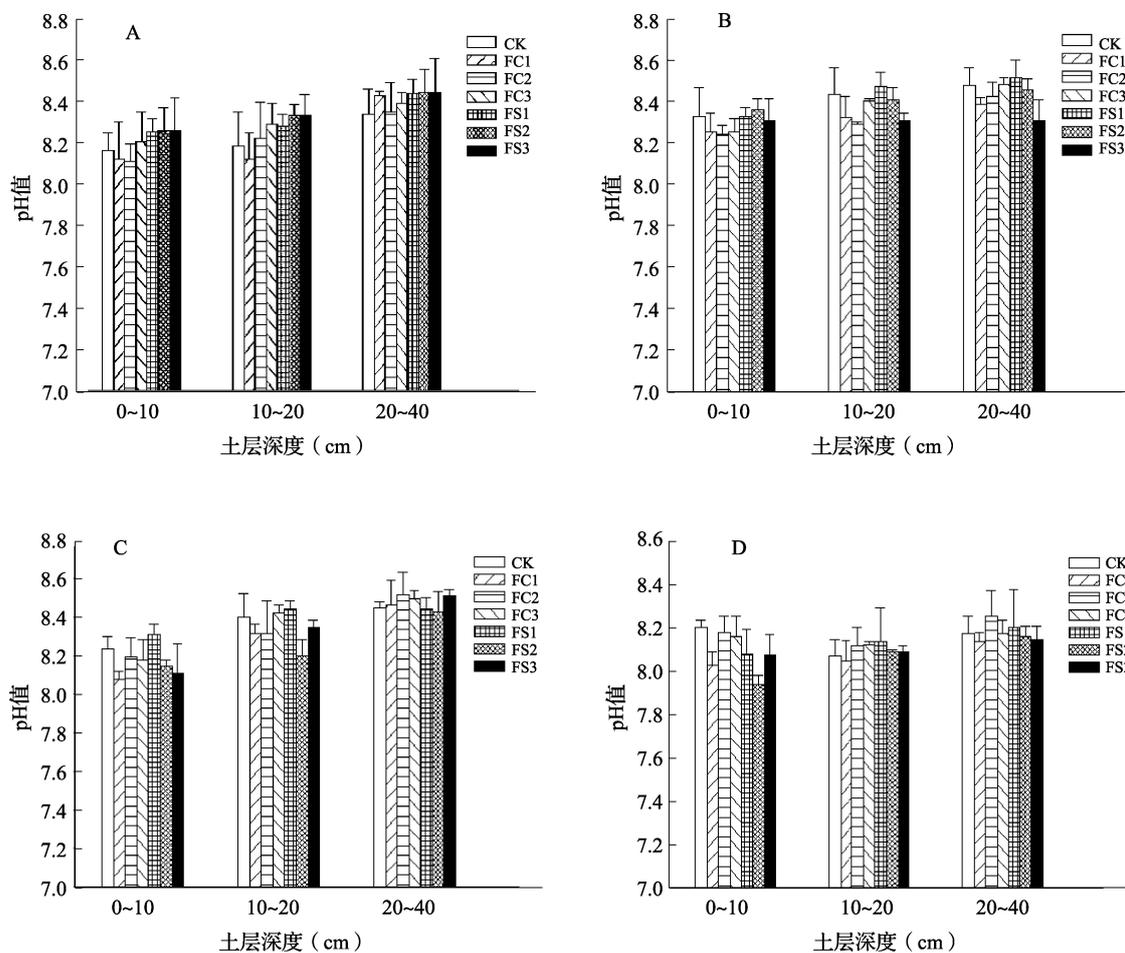


图 1 不同处理对土壤 pH 值的影响

注：A、B、C、D 分别代表棉花生长的播种期、苗期、蕾铃期、吐絮期。

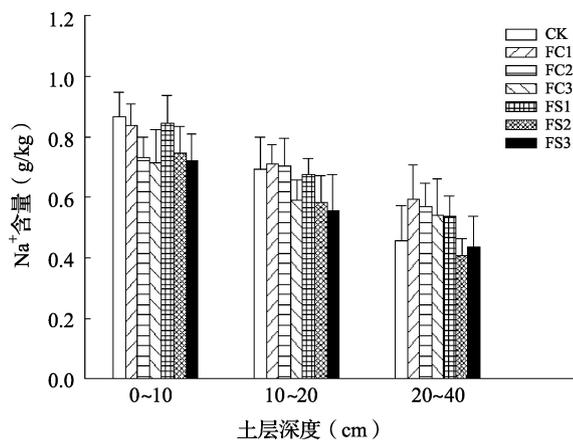
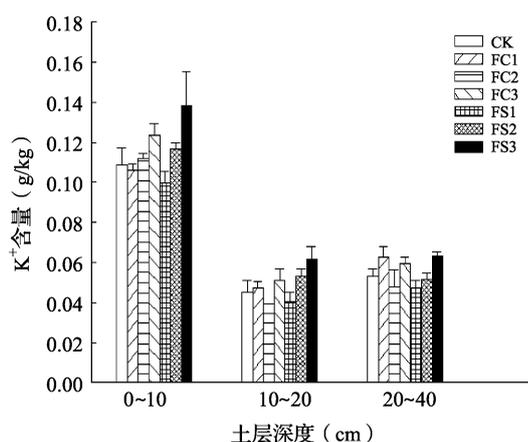
表 4 不同处理对土壤电导率的影响

(dS/m)

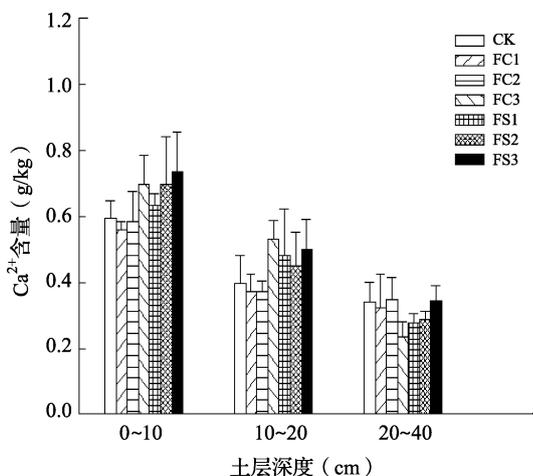
生长期	土层 (cm)	处理						
		CK	FC1	FC2	FC3	FS1	FS2	FS3
苗期	0~10	2.35a	2.19ab	2.16ab	1.96b	2.13ac	2.09b	1.86c
	10~20	2.24a	1.61b	2.08ab	1.40c	1.69ab	1.55b	1.58c
	20~40	1.53a	1.56a	1.61a	1.68b	1.46a	1.50ab	1.47ab
蕾铃期	0~10	2.40a	2.23ab	2.25b	2.19b	2.20ab	1.86bc	1.77c
	10~20	1.34a	1.49b	2.11b	1.36b	1.59ab	1.39bc	1.29c
	20~40	1.10a	1.15a	1.32a	1.06ab	1.20a	1.05ab	0.87b
吐絮期	0~10	2.03a	2.07a	1.81b	1.77c	1.88b	1.84bc	1.71c
	10~20	1.86a	1.77ab	1.68b	1.49c	1.38bd	1.78abd	1.62d
	20~40	1.75a	1.61ab	1.52b	1.60ab	1.48b	1.42b	1.65ab

由图 3 可知, 0~10 cm 时, FC3、FS2、FS3 的 K⁺ 含量高于 CK, FC3 和 FS3 与 CK 有显著性差异 (P<0.05), 其中 FS3 增幅最大, 为 27.4%。在增钾效果方面, 不同处理相对 CK 均表现显著性差异,

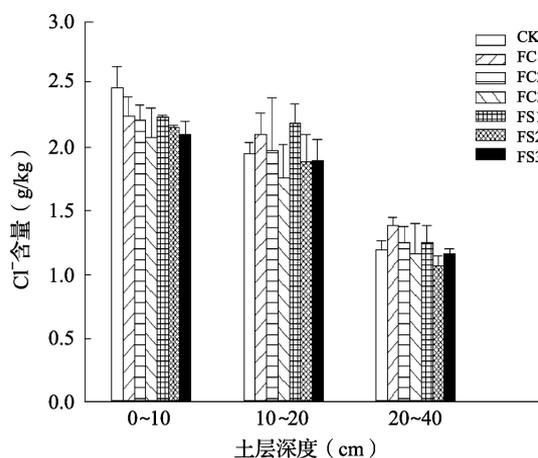
这是由于棉秆中游离的钾元素随着灌溉和降雨流入土壤^[9]。10~20 cm 时, 仅有 FS3 与 CK 差异性明显。20~40 cm 时, 各处理间浮动较大, 规律性不明显。

图2 不同处理对土壤 Na⁺ 含量的影响图3 不同处理对土壤 K⁺ 含量的影响

由图4可知, 0~10 cm时, Ca²⁺与K⁺表现出相似规律, 且FS处理还田模式在增Ca²⁺效果上要优于FC处理。10~20 cm时, 除了FC1、FC2外其他处理均高于CK, FC3的增幅最大, 为0.13 g/kg。20~40 cm时, FC3、FS1、FS2显著低于CK, 其他处理与CK基本相等。

图4 不同处理对土壤 Ca²⁺ 含量的影响

由图5可知, 0~10和10~20 cm土层中Cl⁻含量基本相等, 显著高于20~40 cm。随着还田量的增加各土层Cl⁻含量基本呈现逐渐减小的趋势, 其中各处理对0~10 cm的抑Cl⁻效果最为显著, 这是由于随着秸秆还田量增加土壤孔隙度也逐渐增加, 从而阻断土壤盐分的上移作用。

图5 不同处理对土壤 Cl⁻ 含量的影响

2.3 棉秆粉碎还田和堆腐还田对土壤有机质及养分含量的影响

2.3.1 对土壤有机质含量的影响

从总体来看, 在棉花的不同生长期, 土壤有机质呈现先上升后下降的趋势, 而不同土层之间表现为0~10 cm > 10~20 cm > 20~40 cm (图6)。0~10 cm土层(图6 A), 播种期时, 经过不同处理的棉田小区总体差异不大; 苗期时, 除FS3处理外, 基本呈现随着秸秆施入量的增加, 有机质含量呈现总体上升趋势, 其中FS2处理棉田小区有机质含量最大; 蕾铃期时, 呈现随秸秆施入量增加, 土壤有机质含量明显增大的趋势, 各试验处理间差异性显著 ($P < 0.05$), 其中FC3较CK差异性最大, 提高26.3%; 吐絮期时, 总体表现为FS类具有更好的增幅效果。10~20 cm土层(图6 B), 苗期和吐絮期时各处理差异性不显著, 蕾铃期时FS2和FS3处理具有较好的增幅效果。20~40 cm土层(图6 C), 各处理差异性不大, 土壤有机质含量基本保持稳定, 苗期为8.30~9.31 g/kg, 蕾铃期为15.57~16.36 g/kg; 吐絮期各处理差异较大, 但规律性不明显。从不同还田方式来看, 直接粉碎还田(FC)与堆腐还田(FS)总体差异不显著。

2.3.2 对土壤全氮含量的影响

总体来看, 土壤全氮含量表现为, 0~10 cm略大于10~20 cm大于20~40 cm (图7)。从图7A

可以看出,棉花各个生长期内,0~10 cm 土层全氮含量基本保持稳定状态,蕾铃期时稍微偏低。苗期时,FS3 和 FC3 的增加幅度明显大于其他处理,全氮含量分别较播种期增大 14.38% 和 25.79%;蕾铃期和吐絮期时,随着秸秆还田量不断增加,土壤全氮含量总体呈上升趋势,这是由于有机物料不断分解,氮素缓慢释放所引起的。从图 7 B 可以看出,随着棉花不同生长期土壤全氮含量呈现先下降后升高的趋势,当秸秆施入量

较低时对土壤全氮含量增加效果不显著。整个棉花生长周期中 FS2 和 FS3 处理对棉田土壤全氮含量有较好的增加作用。对比不同还田模式,堆腐还田(FS)比直接还田(FC)效果更好,且持续性更好。从图 7 C 可以看出,在苗期时,FS3 处理土壤含氮量最大,增氮效果更显著。其他棉花生长期期间,各处理规律性不明显,随机浮动性较大。综合以上,FS3 较其他处理对棉田耕层土壤含氮量有较好增加作用。

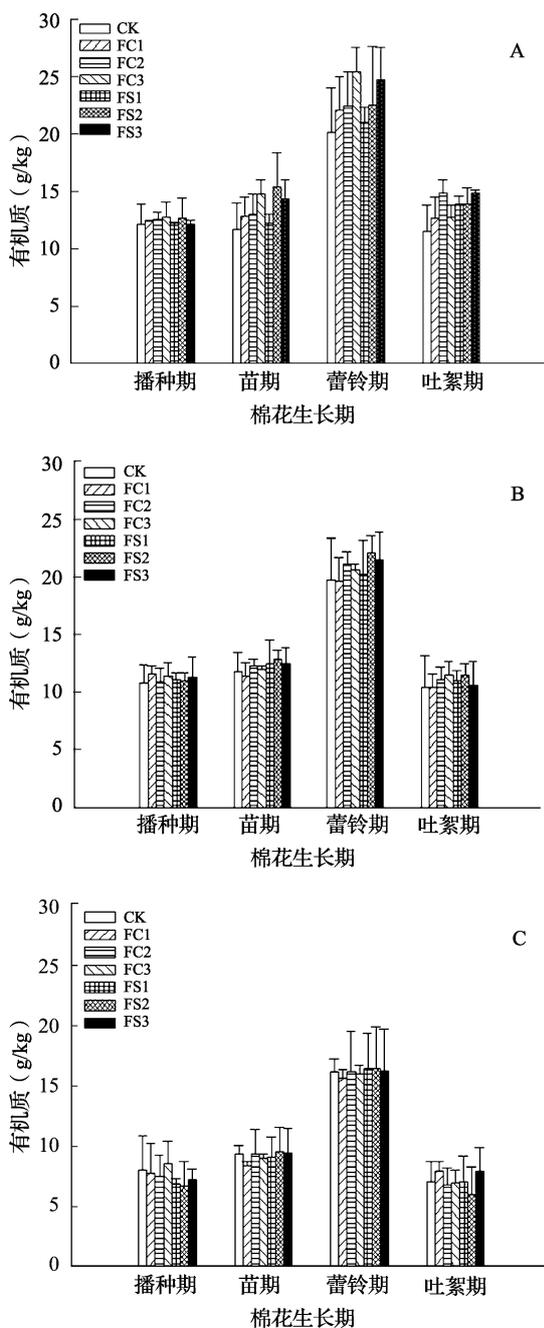


图 6 不同处理对土壤有机质含量的影响

注: A、B、C 分别代表 0~10、10~20、20~40 cm 土层。

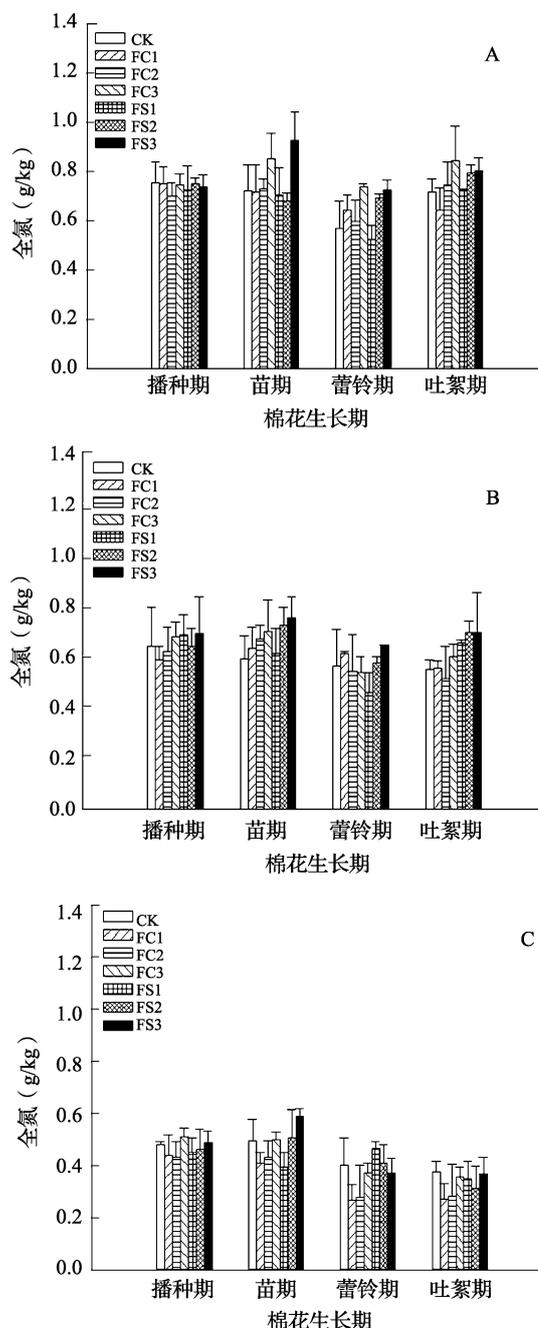


图 7 不同处理对土壤全氮含量的影响

注: A、B、C 分别代表 0~10、10~20、20~40 cm 土层。

2.3.3 对土壤有效磷含量的影响

通过不同还田处理试验 (图 8) 得出, 对比棉田小区不同土层, 随着棉花生长周期变换土壤有效磷含量均呈现先升后降, 在播种期和吐絮期总体含量变化不明显, 而苗期和蕾铃期时 0~10 cm 土层明显高于 10~20 和 20~40 cm, 其中 FS3 处理均为最大值, 分别是 8.84 和 8.91 mg/kg。图 8A 得出, 0~10 cm 土层, 土壤有效磷随着秸秆施入量增加呈不断上升趋势, FS 比 FC 处理具有更大增幅, 能够显著增大各个时期土壤有效磷含量, 保障了作物对

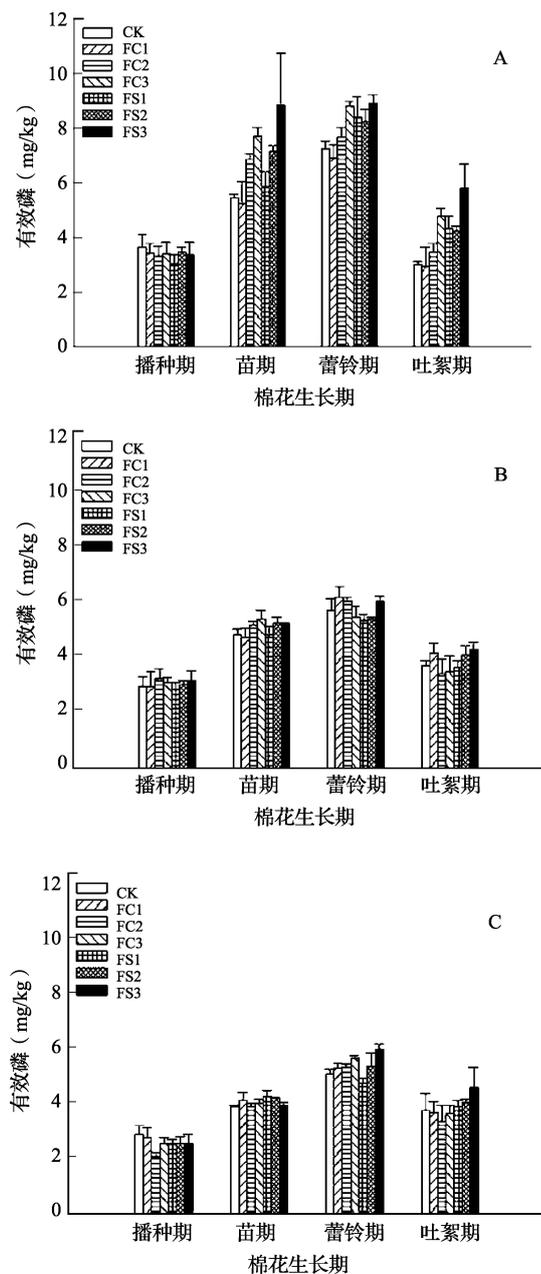


图 8 不同处理对土壤有效磷含量的影响

注: A、B、C 分别代表 0~10、10~20、20~40 cm 土层。

磷元素的需求。尤其是在吐絮期, FS3 较 CK 提高了 93.4%, 有力保障了棉花吐絮过程中对磷元素的需求。图 8B 得出, 10~20 cm 土层, 不同还田处理对土壤有效磷含量的影响不显著, 当还田量较大 (9 t/hm²) 时对蕾铃期有一定程度的影响。图 8C 得出, 20~40 cm 土层各处理差异性不明显, 在蕾铃期和吐絮期时 FS3 比其他处理数值较高。

2.3.4 对土壤速效钾含量的影响

通过棉田小区试验分析 (图 9) 得出, 播种期 0~10、10~20 和 20~40 cm 不同土层土壤速效钾

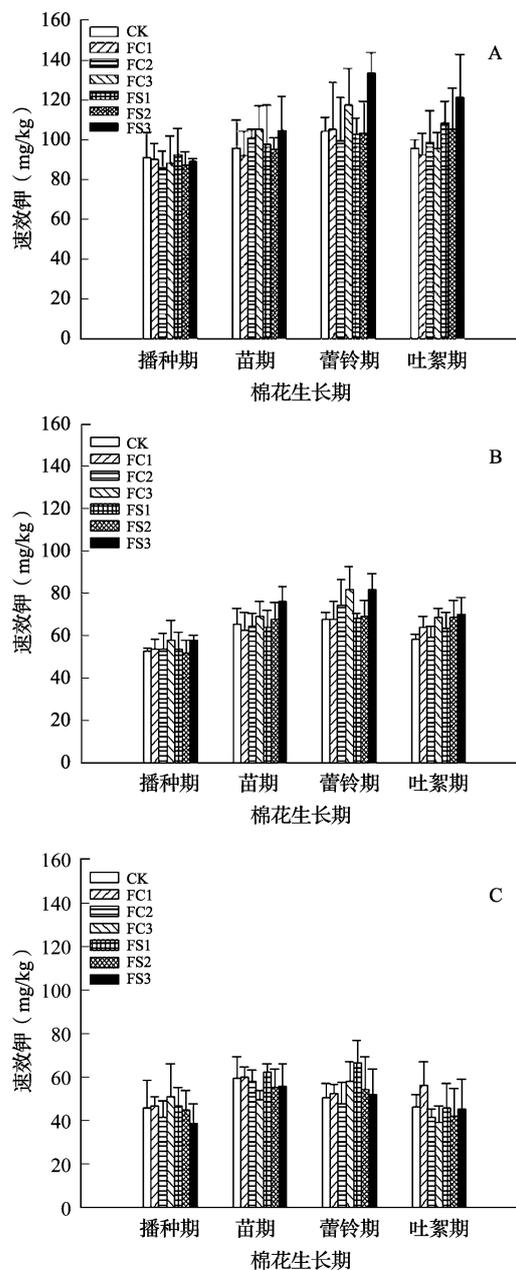


图 9 不同处理对土壤速效钾含量的影响

注: A、B、C 分别代表 0~10、10~20、20~40 cm 土层。

含量平均值分别为 90.05、54.51、44.90 mg/kg。0~10 cm 土层 (图 9A), 苗期时 FC3 和 FS3 较空白对照 (CK) 有显著性差异 ($P < 0.05$), 分别提高 9.72% 和 9.42%; 蕾铃期和吐絮期 FS3 均表现为最大增幅, 分别比 CK 提高了 29.41 和 29.67 mg/kg。10~20 cm 土层 (图 9B), 苗期和蕾铃期时 FC3 和 FS3 与 CK 都有明显差异, 对增加速效钾含量具有显著促进作用; 吐絮期时, 整体呈现随施入量增大其含量增大的趋势。这与李军营等^[10]的研究结果一致, 施用秸秆能增加土壤速效钾的含量。20~40 cm 土层 (图 9C), 速效钾含量相对比较稳定, 基本保持在 45.62~62.57 mg/kg 之间, 各处理规律性不明显, 随机性较大。

2.4 棉秆粉碎还田和堆腐还田对棉花产量的影响

根据棉花不同成熟阶段对棉田小区分别进行前后两次采集籽棉并将产量累加。如图 10 所示, 除 FC1 外其他还田处理的棉花产量均高于 CK, 并随着还田量增加增产效果呈逐渐提升趋势。其中, FC3、FS3 处理与 CK 相比增产效果更明显, 产量分别提高了 219.5 和 351.4 kg/hm², 分别占 CK 产量的 7.1% 和 11.3%。最终, 堆腐还田 (FS) 比直接粉碎还田 (FC) 具有更好的增产效果。

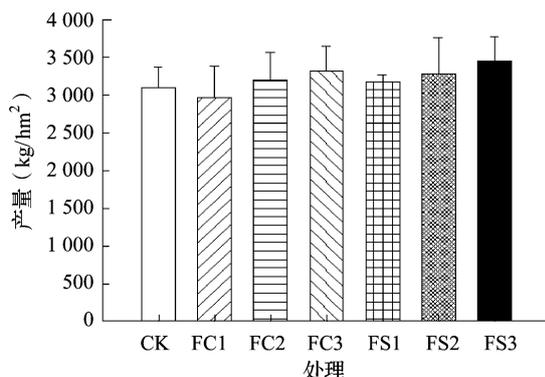


图 10 不同处理对棉花产量 (籽棉) 的影响

3 结论

(1) 棉秆还田有助于提高表层土壤的孔隙度, 增强其保水性。棉秆直接还田 (FC) 和堆腐还田 (FS) 都可以提高粘粒含量, 其中 FS3 对不同土层粒度组成具有显著影响。

(2) 在棉花不同生长期时土壤 pH 值基本保持在 8.0~8.5 之间。棉秆还田对土壤表层 pH 值的抑制明显, 且堆腐还田 (FS) 比直接碎粉还田 (FC) 的抑制效果显著。FS 比 FC 处理还具有更为明显的盐分抑制作用, 尤其是表现在 0~10 cm 土层, 并

随着还田量增大降盐效果不断加强。

(3) 棉秆还田处理能够有效降低 0~20 cm 土层中 Na⁺ 和 Cl⁻ 含量, 但两种不同的还田处理对降低 Na⁺、Cl⁻ 含量的差异性不大; 但在增加 K⁺、Ca²⁺ 含量方面 FS 的影响大于 FC。

(4) 棉秆还田处理能够显著增加土壤有机质含量, 并随着施入量增加呈上升趋势, 但不同还田处理差异性不大; 棉秆还田量为 9 t/hm² 时对苗期和蕾铃期土壤全氮增加效果显著; FS 较 FC 处理的土壤有效磷增幅效果明显, 其中苗期和蕾铃期时 FS3 相对于 CK 均达最大增幅; 0~10 cm 土层土壤速效钾含量明显高于其他土层, 并随着施入量增加呈逐渐上升趋势, 其中 FC3 和 FS3 对苗期和蕾铃期土壤速效钾含量具有较大增幅。蕾铃期土壤有机质、有效磷、速效钾含量高于其他时期, 而土壤全氮含量在棉花的不同生长期内基本保持平衡。

(5) 棉秆堆腐还田 (FS) 比直接还田 (FC) 对棉花增产具有更好的效果, 同时随着秸秆施入量的不断增加效果越明显。

棉花秸秆的还田利用可以有效地改善滨海盐渍土的理化性质, 特别是表层土壤的容重和粘粒含量, 增加土壤的保水性, 同时也可以调节土壤的 pH 值, 抑制 pH 值和盐分的上升等。棉花秸秆作为一种肥料资源进行还田利用在改善土壤的同时也使得养分得以循环利用。

参考文献:

- [1] 马丙尧, 杜振宇, 刘方春, 等. 黄河三角洲盐碱地主要造林树种的动态生长与生态效应 [J]. 林业科技, 2014, (1): 50-53.
- [2] 孙凯宇, 于君宝, 宁凯, 等. 棉秆还田和有机无机复混型肥料对蕾期棉花生长及氮肥利用率的影响 [J]. 中国农学通报, 2013, 15: 50-55.
- [3] 胡景田, 杨聚才, 崔德杰, 等. 棉田废弃物还田对滨海盐碱地土壤质量的影响 [J]. 中国农学通报, 2014, 15: 126-130.
- [4] 姜益娟, 郑德明, 吕双庆, 等. 连续施用棉籽饼和棉秆还田及化肥配施的培肥效应 [J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17 (4): 16-21.
- [5] 郑重, 赖先齐, 邓湘娣, 等. 试论新疆棉区的秸秆还田技术 [J]. 耕作与栽培, 2000, (2): 51-52.
- [6] 吕盼忠, 李保国. 土壤学实验 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [7] 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, 2000.
- [8] 孙凯宇. 滨海盐碱地棉花秸秆培肥技术及改良效果 [D]. 烟台: 中国科学院研究生院 (烟台海岸带研究所), 中国

- 科学院大学, 2013.
- [9] 刘荣乐, 金继运, 吴荣贵, 等. 我国北方土壤作物系统内钾素循环特征及秸秆还田与施钾肥的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, (2): 123-132.
- [10] 李军营, 邓小鹏, 杨坤, 等. 施用有机肥对植物土壤理化性质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2012, (3): 12-16.

Effect of cotton straw returning after treatments on the physicochemical properties of coastal saline soil and the cotton yield

WU Cong-wen^{1,2}, CHEN Xiao-bing^{1*}, SHAN Jing-jing^{1,3}, YIN Chun-yan^{1,3}, YUAN Ling⁴, ZHANG Li-bin⁴ (1. Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong, 264003; 2. Hailir Pesticides and Chemicals Group, Qingdao Shandong 266109; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 4. Dongying Institute of Science and Technology Information, Dongying Shandong 257091)

Abstract: In order to investigate the effect of cotton straw returning after, different amount of field trials, and cotton field soil physics, chemistry indicators were analyzed according to the different cotton growth periods. The results showed that both kinds of processing 0 ~ 10 cm soil layer increase and reduce the same time they were respectively presented positively and negative correlation with the amount of returned straw. When the amount of farmland 9 t/hm², the proportion of clay and silt increased. pH of topsoil (0 ~ 10 cm) in cotton boll opening period. treatment were significantly reduced, and with increasing the quantity of returning. Returning process effectively reduce the in the soil. The effects of reducing SO₄²⁻ content and increasing the content of K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ in 0 ~ 10 cm soil layer were the most obvious when the amount of 9 t/hm². treatments significantly increase soil organic matter content. increasing soil total nitrogen and available potassium content, but the effect on available phosphorus opposite. The two treatments effectively increase cotton production, and the FS better than the FC. Cotton straw returning not only improve soil physical and chemical properties but also reduce the waste of resources.

Key words: cotton straw; coastal saline soil; physicochemical properties; the Yellow River delta; straw returning

《中国土壤与肥料》投稿及订阅

《中国土壤与肥料》1964年创刊,是农业部主管、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所和中国植物营养与肥料学会主办的全国性专业科技期刊。为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊。被中国科学引文数据库(CSCD)、中国学术期刊综合评价数据库、中国学术期刊文摘、美国化学文摘(CA)、日本科学技术文献速报(CBST)、英国农业与生物科学研究中心文摘(CAB)等收录。以促进土壤学科的发展为宗旨,加快成果转化、推动技术进步为目标。面向科研、教学和生产实践。主要刊登土壤资源与利用、植物营养与施肥、农业水资源利用、农业微生物、分析测试、环境保护、生态农业等方面的新理论、新技术、新产品的试验研究成果与动态。辟有专家论坛、专题综述、研究报告、分析方法、研究简报等栏目。读者对象为农业科研、教学、推广、环保及肥料生产、经营部门的科技、管理人员及农民技术员。

来稿要求和注意事项:

1. 文稿请按“科技论文编写格式”撰写。要求论点明确、层次分明、数据可靠、图表清晰、文字精炼、标点准确,有关数据进行统计分析。
 2. 研究论文要有中、英文摘要和关键词。论文在6000字以内,摘要在300字以内,关键词3~5个。摘要中要含有论文的重要数据。
 3. 量和单位及符号采用国家法定计量单位,符合国标对科技期刊的要求,不再使用N、M、ppm、rpm、亩、目等。土壤的磷、钾养分含量需用P、K计算并标注,肥料的磷、钾养分含量用P₂O₅、K₂O计算并标注。
 4. 图、表要有自明性,不要求英文标注,宽度半栏小于8cm、通栏小于16.5cm。表格采用三线表格式,图一律为黑白图,不要边框、背景和网格线。
 5. 参考文献只列出直接引用并已公开发表的文章、著作等。按正文中出现的先后排序(顺序编码制)。文献序号加方括号,在引用处以上标方式标注。中文文献不要求列英文注释。文献作者只写前3人姓名,超过3人后面加“等”,3人之内全部列出。英文文献作者姓名姓前、名后,姓第1个字母大写,名用大写字母缩写(大写字母后不加点)。
 6. 在首页脚注位置,标注基金项目、第一作者简介以及通讯作者姓名和信箱。
- 作者简介:** 姓名(出生年-),性别,民族(汉族可省略),籍贯,职称,学位,研究方向。E-mail。
7. 以word格式、A4纸型排版,通过本刊网站远程稿件处理系统在线投稿,并可查看稿件处理进程及录用情况。
 8. 文稿著作权属于作者。文责作者自负,本编辑部为保证文稿的规范和精练,可对内容进行必要的修改、删节。作者如有不同意见可在来稿中注明。
 9. 文稿请勿一稿多投。论文经初审通过后收取审稿费并送专家评审。论文一经录用,确定刊期后收取稿件处理费;刊出后付给作者稿酬,并赠送2本当期期刊。论文刊出后同时以网络方式发布。

双月刊,大16开本,双月10日出版,国内标准刊号CN11-5498/S,国际标准刊号ISSN1673-6257。每期15元,全年90元,邮发代号2-559,全国各地邮局均可订阅,漏订者可与本编辑部联系。

地址:北京市中关村南大街12号(100081)中国农科院资源区划所《中国土壤与肥料》编辑部

电话:010-82108656 传真:010-82106225 网址: <http://chinatrfl.alljournal.net.cn> E-mail: TRFL@caas.cn