中国农学通报 2015,31(15):91-96
Chinese Agricultural Science Bulletin

不同肥料类型对滨海盐碱地棉花生长及肥料利用率的影响

孙凯宁[1],于君宝[2],王克安[1],杨 宁[1],吕晓惠[1],孙建磊[1]
([1]山东省农业科学院蔬菜花卉研究所/山东省设施蔬菜生物学重点实验室,济南 250100;
[2]中国科学院海岸带环境过程重点实验室(烟台海岸带研究所)/
山东省海岸带环境过程重点实验室/中国科学院烟台海岸带研究所滨海湿地研究室,山东烟台 264003)

摘 要:为探索不同肥料类型在滨海盐碱地地区的应用效果,指导该地合理植棉施肥,选取了5种肥料类型:市售复合肥、市售有机无机复混肥、自制有机无机复混型肥(大、小2种)和双包膜球形肥(DSCF),在等N、P、K施入量条件下,采用田间随机区组设计,比较不同肥料类型对棉花生长及肥料利用率的影响。结果表明,在等N、P、K施入量条件下,双包膜球形肥和小颗粒自制复混肥表现出较好的效果。二者增加了棉株营养器官和生殖器官中N、P、K的积累量;氮肥表观利用率较市售复混肥分别提高了7.9和4.2个百分点;磷肥表观利用率分别提高了2.2和1.6个百分点;钾肥表观利用率分别提高了3.3和0.5个百分点;其中该2种自制肥的磷肥表观利用率与市售复混肥差异极显著($P<0.01$),双包膜球形肥的氮肥表观利用率与市售复混肥差异显著($P<0.05$);与市售复混肥相比,二者分别增加籽棉产量11.98%和7.39%;分别增加皮棉产量11.83%和7.29%。

关键词:有机无机复混型肥;肥料表观利用率;棉花;滨海盐碱地
中图分类号:S145.4 **文献标志码**:A **论文编号**:casb14120073

Effect of Different Fertilizer Types on Cotton Growth and Fertilizer Utilization in Coastal Saline Soil

Sun Kaining[1], Yu Junbao[2], Wang Kean[1], Yang Ning[1], Lv Xiaohui[1], Sun Jianlei[1]
([1]*Vegetable Institute of Shandong Academy of Agricultural Sciences/Shandong Key Laboratory for Biology of Greenhouse Vegetables*, Jinan 250100;
[2]*Coastal Zone Environmental Process Key Laboratory Chinese Academy of Sciences (Yantai Coastal Zone Research Institute)/ Coastal Zone Environmental Process Key Laboratory of Shandong Province/Coastal Wetlands Research Office of Yantai Institute Chinese Academy of Sciences*, Yantai Shandong 264003)

Abstract: The study aims to guide the reasonable cotton fertilization and evaluate the effect of different fertilization types on the cotton growth and fertilizer utilization in the Yellow River Delta coastal saline area. Five fertilizer types, which were ordinary compound fertilizer, ordinary organic-inorganic mixed fertilizer, homemade organic-inorganic mixed fertilizer (large and small) and the double-coated slow-release organic-inorganic compound fertilizer (DSCF), were selected to test the above mentioned effect under the same N, P, K amount. DSCF and small particles homemade fertilizer showed better results. Compared with ordinary organic-

基金项目:山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队项目蔬菜栽培与土壤肥料岗位(SDAIT-02-022);山东省自然科学杰出基金项目"湿地生物地球化学与生态修复"(JQ201114)。

第一作者简介:孙凯宁,男,1985年出生,山东淄博人,助理研究员,博士,研究方向为植物营养、土壤改良及重金属污染。通信地址:250100 山东省济南市工业北路202号 山东省农业科学院蔬菜花卉研究所,Tel:0531-83179230,E-mail:sunkaining-123@163.com。

通讯作者:于君宝,男,1970年出生,吉林长春人,研究员,博士,研究方向为元素的生物地球化学循环、生态修复、同位素、遥感等。通信地址:264003 山东省烟台市莱山区春晖路17号 中国科学院烟台海岸带研究所,Tel:0535-2109113/020,E-mail:junbaoyu@gmail.com;jbyu@yic.ac.cn。王克安,男,1963年出生,山东桓台人,研究员,硕士,研究方向为蔬菜栽培、设施工程与环境调控技术方面的研究。通信地址:250100济南市历城区工业北路202号,Tel:0531-83179230,E-mail:wka6302@126.com。

收稿日期:2014-12-10,**修回日期**:2015-01-19。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

inorganic mixed fertilizer, the two treatments increased N, P, K apparent efficiency by 7.9 and 4.2, 2.2 and 1.6, 3.3 and 0.5 percentage points, respectively, and also increased N, P, K accumulation of cotton vegetative organs and genitals. Under the two treatments, the seed cotton yield increased by 11.98% and 7.39%, respectively; and the lint yield increased by 11.83% and 7.29%, respectively.

Key words: organic-inorganic mixed fertilizer; fertilizer apparent efficiency; cotton; coastal saline area

0 引言

黄河三角洲地区是山东省发展棉花生产的重要基地[1]，但该地区肥力状况整体呈现有机质含量低，缺氮、贫磷、富钾的特点[2]。该地区养分缺乏且不平衡，同时土壤含盐量多，盐渍化较重，严重影响了棉花的养分吸收和生长发育[3-5]。科学施肥是农作物增产的有效途径[6]，棉花产量与吸收利用养分的多少和效率密切相关，总体上棉花的生物产量和皮棉产量随着养分吸收量的增多而增加[7-8]。合理的施肥不仅利于棉花的增产和增质，同时对改善土壤环境也能起到重要作用[9-10]。有机、无机肥料结合使用，可以有效改善土壤物理性状，降低土壤容重，改变土壤腐殖质组成结构[11-12]。前人的研究多集中于普通肥料[13-14,19]，而关于不同肥料类型，如有机无机复混肥和缓释肥，特别是以棉秆腐熟物为有机物源的有机无机复混肥和缓释肥对棉花生长状况的影响尚未见报道。本试验选取市售常规肥料和自制棉秆类肥料（有机无机复混型肥和双包膜球形肥），对比不同肥料类型在棉花生产上的效果差异，旨在掌握不同肥料类型在该地区棉花种植上的应用效果，为盐渍土棉花种植提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试肥料

（1）复合肥（市售，N-P_2O_5-K_2O 质量比：17-17-17）、有机无机复混肥（市售，N-P_2O_5-K_2O 质量比：15-5-10）。

（2）有机无机复混型肥（大）：自制，主要由棉秆腐熟物、石膏、腐植酸、滑石粉、淀粉粘结剂组成，肥料直径为28~30 mm。

（3）有机无机复混型肥（小）：自制，主要由棉秆腐熟物、石膏、腐植酸、滑石粉、淀粉粘结剂组成，肥料直径为3~4 mm。

（4）双包膜球形肥（自制，结构及成分见表1）。

表1 双包膜球形肥的基本结构和原料组成

基本结构	主要原料组成
外包膜	棉秆腐熟物、石膏、高吸水性聚合物等
内包膜	腐植酸、粘结剂、石膏等
肥芯	复合肥（N:P:K为16:16:16）

1.1.2 试验所用棉花品种

本研究所用的棉花品种是‘鲁棉研28号’。

1.2 试验方法

试验布置于中国科学院黄河三角洲滨海湿地生态试验站，该站地处山东省东营市垦利县，属暖温带季风气候区，具有明显的大陆性季风气候特点，年均气温12.1℃，年均蒸发量1962 mm，年均降水量为551.6 mm。土壤为冲击性的黄土母质在海浸母质上沉积而成，为中度盐碱地，机械组成以粉沙为主。试验田的耕层土壤有机质含量1.34%，pH 8.18，全氮含量0.43 g/kg，速效磷含量7.84 mg/kg，速效钾含量231.6 mg/kg。

试验共设6个处理（表2），每个处理重复3次，共18个小区，各小区间留有隔离带，各区组随机排列。试验于2012年4月—10月在中国科学院黄河三角洲滨海湿地生态试验站进行。等氮磷钾量施入，小区面积为16 m^2；棉花等行距种植，行距100 cm，株距22.2 cm，密度45000株/hm^2；基肥每公顷102 kg N、102 kg P_2O_5、102 kg K_2O，追肥每公顷48 kg N；于2012年4月中下旬播种，分别在棉花的不同生长期进行棉株和土壤的取样；所施N、P、K肥为当地常规施入量；在棉花的蕾期、花铃期、吐絮期等分别取植物样品，并采集各处理土样(0~10、10~20、20~30 cm)测定相关指标。

表2 试验设计

代号	处理	养分含量（以N-P_2O_5-K_2O计）
CK0	无肥对照	—
CK1	复合肥（市售）	17-17-17
CK2	有机无机复混肥（市售）	15-5-10
CFD	有机无机复混型肥（大）	12-10-10
CFX	有机无机复混型肥（小）	12-10-10
DSCF	双包膜肥球形肥	4.9-4.4-4.6

1.3 测定方法与数据分析

1.3.1 棉花农艺状况

在棉花相应的生长期采集棉花植株样品，每小区随机选取有代表性的棉株10株，测定并记录株高、茎粗等农艺指标。棉花株高的测定：从地表到植株顶端的高度。棉花茎粗的测定：地表10 cm处主茎直径。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.3.2 棉花植株全氮、全磷、全钾含量的测定 将棉花鲜重置于烘箱中,105℃杀青20 min后,60℃恒温烘干。将植株磨碎过筛,植株N、P、K用浓硫酸-双氧水联合消煮,同一待测液可测定N、P、K,N用凯氏定氮法、P用钒钼黄比色法、K用火焰光度计法。

1.3.3 肥料的表观利用率计算

氮肥表观利用率(N apparent efficiency,NAE)=(施氮区棉株总氮量-空白区棉株总氮量)/施氮量×100%

磷肥表观利用率(P apparent efficiency,PAE)=(施磷区棉株总磷量-空白区棉株总磷量)/施磷量×100%

钾肥表观利用率(K apparent efficiency,KAE)=(施钾区棉株总钾量-空白区棉株总钾量)/施钾量×100%

1.3.4 棉花产量及其构成因素 每小区选取有代表性的15棵棉株,在相应生长期对桃数进行计数,测定单铃重及衣分含量,计算单株籽棉和皮棉的产量。

1.3.5 数据分析 采用SPSS 13.0软件对数据进行统计分析,使用Excel软件对测定数据进行分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 不同肥料类型对棉花生长状况的影响

2.1.1 不同肥料类型对棉花株高的影响 从图1可知,苗期时各处理均高于CK(不施肥)且差异显著($P<0.05$),但各施肥处理之间差异并不显著。蕾期时各处理间表现出一定的差异性,复混肥处理(CFX和CFD)表现出较好的效果,其次为DSCF,三者均与市售肥料(CK1和CK2)差异显著($P<0.05$)。花铃期时各施肥处理之间差异不显著。吐絮期时以CFX最高,其次为DSCF。

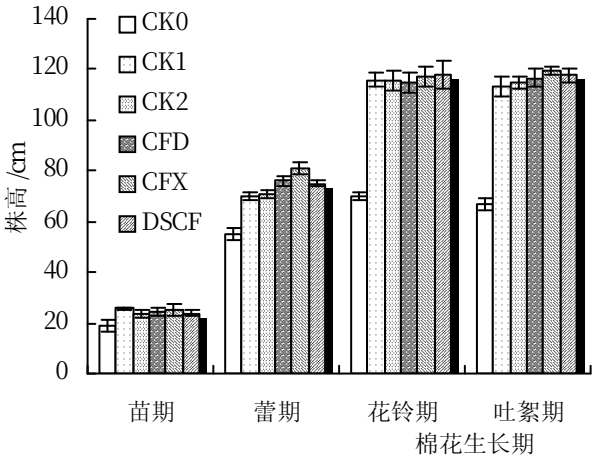

图1 各处理对棉花株高的影响

2.1.2 不同肥料类型对棉花茎粗的影响 从图2可知,苗期时各施肥处理间棉花茎粗的变幅主要介于0.60~0.63 cm之间,差异性不显著。而蕾期时,各处理间表现出明显的差异性,CFD、DSCF和CFX分别达到1.31、1.22、1.12 cm,均高于CK1的0.9 cm和CK2的1.02 cm。花铃期时自制肥料(DSCF、CFD和CFX,下同)与市售肥料(CK1和CK2,下同)的差距变小,但仍以自制肥料效果较好。吐絮期时自制肥料均高于市售肥料,且差异显著($P<0.05$),其中以DSCF效果最为明显,茎粗达1.54 cm,其次为CFX的1.53 cm,3种自制肥料间无明显差异。

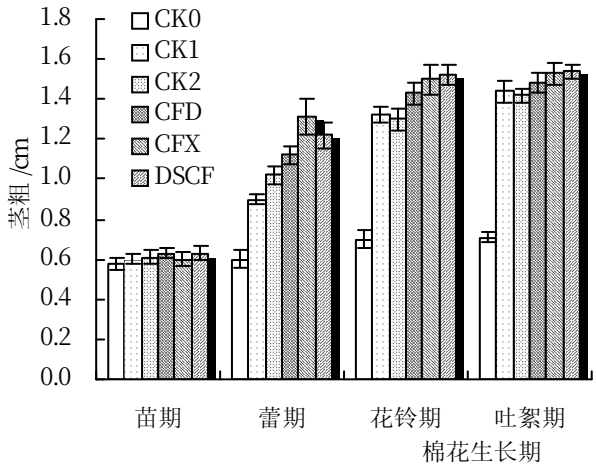

图2 各处理对棉花茎粗的影响

2.2 不同肥料类型对棉花桃数的影响

图3为各处理在棉花花铃期时的棉桃数,此时棉花的生殖生长达到高峰,棉桃数基本稳定。各施肥处理均明显高于不施肥处理,DCSF高于其他施肥处理,表现出较好的效果,这可能是由于DSCF在棉花的生长后期依然可以释放养分,为棉花的生殖生长提供比普通肥料更充足的养料供给,从而增加了棉桃数。CFX和CFD也表现出了一定的增桃效果,二者均较CK1和CK2有所增加。

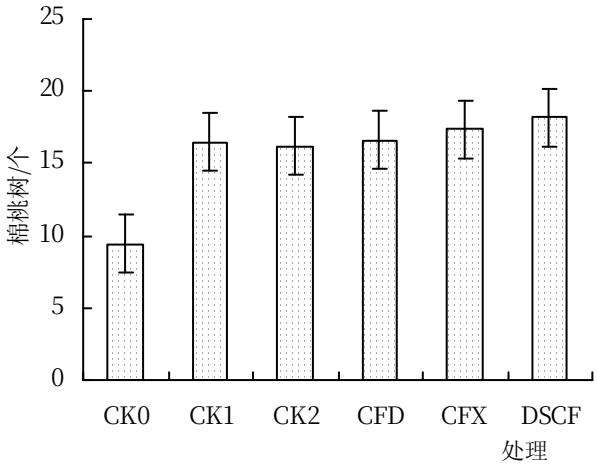

图3 各处理对棉花桃数的影响

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3 不同肥料类型对棉花养分吸收状况和肥料利用效率的影响

2.3.1 不同肥料类型对棉株养分吸收状况的影响 各处理生殖器官的氮磷钾含量均高于营养器官，就整株累积量来看，以氮最多，钾其次，磷最少（表3）。DSCF和CFX的N、P、K积累量在营养器官、生殖器官和整株上均高于对照处理，表现出较好的养分累积性能。就自制肥料而言，DSCF处理棉花营养器官中氮素的累积量以及营养器官、生殖器官和整株中磷的累积量均与对照差异达显著水平($P<0.05$)；与对照相比，DSCF增加了棉花营养器官、生殖器官和整株中钾的累积量，但差异未达到显著水平。

2.3.2 不同肥料类型对棉株养分利用效率的影响 就氮肥表观利用率来看（表4），从大到小为：DSCF＞CFX＞CK1＞CFD＞CK2，DSCF、CFX、CK1 均与CFD、CK2差异达显著水平($P<0.05$)，2种自制肥料DSCF和CFX分别比CK1提高了5.66和2.04个百分点。各处理磷肥表观利用率的大小顺序为：DSCF＞CFX＞CFD＞CK1＞CK2，DSCF和CFX也表现出了较好的效果，二者均与CK1和CK2差异显著($P<0.05$)。各处理的钾肥表观利用率差异未达到显著水平，但DSCF和CFX均比CK1和CK2有所增加。

2.4 不同肥料类型对棉花产量的影响

各施肥处理的单铃重和衣分均显著高于不施肥处理，说明施肥可以明显增加单铃重和衣分含量（表5）。从籽棉产量来看，各自制肥料处理均比市售肥料

表3 不同处理收获期时棉株的N、P、K积累量 mg/株

处理	氮			磷			钾		
	营养器官	生殖器官	整株	营养器官	生殖器官	整株	营养器官	生殖器官	整株
CK	326.6d	896.2c	1222.8c	21.2d	116.9d	164.1d	189.7c	935.8b	1125.5b
CK1	625.2bc	1962.9ab	2488.1ab	58.7bc	308.4bc	367.1bc	675.1ab	1356.8a	2031.9a
CK2	608.2c	1948.4b	2416.6b	53.9c	286.7c	340.6c	687.6ab	1397.4a	2085a
CFD	618.9bc	1932.8ab	2446.7b	55.8bc	314.6abc	370.4bc	647.2b	1381.3a	2028.5a
CFX	648.6ab	1998.7ab	2557.3ab	63.8ab	328.7ab	392.5ab	698.9ab	1402.6a	2101.5a
DSCF	689.7a	2038.4a	2678.1a	68.9a	345.8a	414.7a	725.1a	1469.1a	2194.2a

注：同列数据不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)，下同。

表4 不同肥料类型对棉花肥料利用效率的影响

处理	氮肥表观利用率/%	磷肥表观利用率/%	钾肥表观利用率/%
CK	—	—	—
CK1	38.0Aab	6.1BCbc	27.2Aa
CK2	35.8Ab	5.3Cc	28.8Aa
CFD	36.7Ab	6.2BCbc	27.1Aa
CFX	40.0Aab	6.9ABab	29.3Aa
DSCF	43.7Aa	7.5Aa	32.1Aa

注：同列数据不同小写字母表示在0.05水平上差异显著；大写字母表示在0.01水平上差异极显著。

表5 不同肥料类型对棉花产量及其构成的影响

处理	单铃重/g	衣分/%	籽棉			皮棉		
			产量/(g/株)	比CK1增加/%	比CK2增加/%	产量/(g/株)	比CK1增加/%	比CK2增加/%
CK	2.35b	39.85b	22.09c	-59.32	-58.32	8.80c	-61.67	-60.78
CK1	3.29a	42.29a	54.29ab	0.00	2.46	22.96ab	0.00	2.32
CK2	3.27a	42.34a	52.99b	-2.40	0.00	22.44b	-2.29	0.00
CFD	3.29a	42.26a	54.63ab	0.62	3.09	23.08ab	0.54	2.87
CFX	3.27a	42.31a	56.90ab	4.82	7.39	24.08ab	4.86	7.29
DSCF	3.26a	42.29a	59.34a	9.30	11.98	25.09a	9.30	11.83

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

处理有所增加,以DSCF效果最为明显,达到单株59.34 g。DSCF、CFX和CFD分别比CK1增加9.30%、4.82%和0.62%,比CK2增加11.98%、7.39%和3.09%。各处理皮棉与籽棉的趋势近似,以DSCF效果最好,分别较CK1和CK2增加11.83%和9.30%;这可能是因为CK1和CK2是速溶性肥料,施入土壤后,会被土壤水分较快溶解,除一部分被土壤吸附外,其余部分极易被淋溶至土层深处或者地下水中,从而造成了养分的无效利用,DSCF的养分缓释作用减少了养分流失,提高了肥料利用率。

3 讨论

3.1 不同肥料类型对棉花生长发育的影响

棉花株高可以作为棉花群体和个体株型是否合理的关键指标之一,同时茎粗也与株型有着十分密切的关系[14]。本研究表明,与市售肥料(CK1和CK2)相比,自制肥料(CFD、CFX和DSCF)显著增加了棉花蕾期时的株高和茎粗;但在花铃期时各施肥处理之间差异不显著,这可能因为棉花到花铃期后主要将吸收的养分转移到生殖器官中,而营养生长相对减弱;到吐絮期时两种市售肥料处理的棉花株高和茎粗显著低于3种自制肥料。

3.2 不同肥料类型对棉花养分分配的影响

肥料具有缓释性能,对于提高肥料利用率、减少肥料损失、降低施肥对环境的污染都具有重要的意义。本试验所用的缓释肥由于其特殊的缓释结构,可以减缓养分的释放,从而可以使作物在更长的时间内吸收利用逐步释放的养分,DSCF养分的缓释特性已在先前的论文中得到验证[15]。有研究表明,棉花在苗期生长缓慢,只占一生吸收氮素总量的3%左右[16]。普通肥料多为水溶性,施入土壤后极易通过淋溶等途径损失掉,因此缓释肥的开发利用成为提高肥料利用效率的重要途径。本试验结果表明,与等养分投入的常规肥相比,DSCF处理增加了棉株对于氮、磷、钾的吸收,显著提高了其氮、磷、钾的产投比,通过比较各处理养分累积吸收量可知,棉株对于氮素的吸收最高,钾素次之,磷素最低。而本试验自制缓释肥中磷肥的含量较高,会造成磷肥较多的无效利用,针对此种情况,需要在以后的试验中进一步优化养分的合理配比,以适应的作物的养分需求特征。

何腾兵等[17]研究表明长期施用垃圾复混肥还可以补充和增加土壤有机质和养分,改善土壤理化性状,提高土壤肥力。就自制复混肥来看,小颗粒型肥的肥效优于大颗粒型肥,这可能是因为小颗粒比大颗粒有更大的比表面积,小颗粒型肥中的有机肥源可以更加充分的接触土壤微生物,有机肥可直接为土壤微生物提供碳源,这会对土壤微生物的生长和繁殖产生显著正影响[18],从而提高了小颗粒肥中养分转化和运移,进一步提高了肥料利用率。

3.3 不同肥料类型对棉花产量构成及产量的影响

毛树春等[19]研究表明,棉花施用有机肥可增加单株成铃数和铃重。本研究表明,CFX和DSCF可以明显增加棉花蕾期的果枝数,CFX在花铃期时的果枝数显著高于CK1和CK2。棉花花铃期时的棉桃数已基本稳定,此时CFX和CFD均较CK1和CK2有所增加。棉花产量的高低受土壤原有肥力水平的影响,不论肥力高低,有机肥作用都表现明显,且有机肥肥效稳定,有培肥土壤的作用[20]。DSCF和CFX两种肥料均添加了有机肥,增产效果明显。其中DSCF效果最为显著,分别较CK1和CK2增加了11.83%和9.30%;其次,CFX比CK1和CK2增加4.86%和7.29%。普通复合肥在施入土壤后可以较快溶解土壤水中,极易被淋溶至土层深处或者地下水中,另外普通肥料溶解于土壤水中养分的浓度远大于缓释肥料,这就造成了棉花在短期内营养生长过于旺盛,后期养分供应不足,导致生殖生长乏力,从而影响产量。

4 结论

(1)在等N、P、K施入量条件下,自制肥料(CFD、CFX和DSCF)较市售肥料(CK1和CK2)显著增加了棉花蕾期时的株高和茎粗;在花铃期时各施肥处理之间差别不大;吐絮期时,3种自制肥料的棉花茎粗均高于市售肥料处理,且差异显著($P<0.05$),但3种自制肥料间无明显差异。

(2)在等N、P、K施入量条件下,与对照相比,DSCF和CFX增加了营养器官、生殖器官和整株棉花N、P、K的积累量;比较各处理整株养分累积吸收量发现,棉株吸收氮素最多,钾素次之,磷素最少。

(3)在等N、P、K施入量条件下,DSCF和CFX分别比CK1的氮肥表观利用率提高了5.66和2.04个百分点;磷肥表观利用率分别提高了1.43和0.76个百分点;钾肥表观利用率分别提高了4.87和2.09个百分点。

(4)在等N、P、K施入量条件下,自制肥料提高了棉花籽棉和皮棉的产量,DSCF、CFX和CFD的籽棉产量分别比CK1增加9.30%、4.82%和0.62%。DSCF和CFX较CK1的皮棉产量分别增加了11.83%和4.86%。

参考文献

[1] 关元秀,刘高焕,刘庆生,等.黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J].遥感学报,2001,5(1):46-52.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[2] 辛承松,董合忠,罗振,等.黄河三角洲盐渍土棉花施用氮、磷、钾肥的效应研究[J].作物学报,2010,36(10):1698-1706.

[3] 辛承松,董合忠,唐薇,等.滨海盐渍土抗虫棉养分吸收和干物质积累特点[J].作物学报,2008,11:2033-2040.

[4] 辛承松,董合忠,唐薇,等.棉花盐害与耐盐性的生理和分子机理研究进展[J].棉花学报,2005,05:309-313.

[5] 杨莉琳,李金海.我国盐渍化土壤的营养与施肥效应研究进展[J].中国生态农业学报,2001,02:83-85.

[6] 冀宏杰,张怀志,张维理,等.我国农田磷养分平衡研究进展[J].中国生态农业学报,2015,01:1-8.

[7] 邢雪荣,韩兴国,陈灵芝.植物养分利用效率研究综述[J].应用生态学报,2000,11(5):785-790.

[8] 王希华,黄建军,闫恩荣.天童国家森林公园若干树种叶水平上养分利用效率的研究[J].生态学杂志,2004,23(4):13-16.

[9] 王庆仁,李继云.论合理施肥与土壤环境的可持续性发展[J].环境科学进展,1999,02:117-125.

[10] Fandika I, Kadyampakeni D, Bottomani C, et al. Comparative response of varied irrigated maize to organic and inorganic fertilizer application [J]. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2007,32(15-18):1107-1116.

[11] Paul K I, Black A S, Conyers M K. Effect of plant residue return on the development of surface soil pH gradients [J]. Biology and Fertility of Soils, 2001, 33(1):75-82.

[12] Dolan M S, Clapp C E, Allmaras R R, et al. Soil organic carbon and nitrogen in a Minnesota soil as related to tillage, residue and nitrogen management [J]. Soil and Tillage Research, 2006,89(2): 221-231.

[13] 辛承松,董合忠.滨海盐碱地棉花施肥的原理与技术[J].中国棉花,2012,39(2):6-11.

[14] 张寄阳,段爱旺,孟兆江,等.不同水分状况下棉花茎直径变化规律研究[J].农业工程学报,2005,21(5):7-11.

[15] Yu J B, Sun K N, Zheng L, et al. Preparation methods and properties of the double- coated slow- release organic- inorganic compound fertilizer for saline soil modification[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2013, 11(3&4): 2870-2875.

[16] 张美良,彭齐东,嵇素霞,等.有机无机肥配合施用在棉花生产上的研究进展[J].江西棉花,2008,30(6):5-8.

[17] 何腾兵,黄莺,张凤海,等.垃圾复混肥对玉米生产和土壤性状的影响[J].农业环境科学学报,2003,22(2):203-206.

[18] 李桂花.不同施肥对土壤微生物活性、群落结构和生物量的影响[J].中国农学通报,2010,26(14):204-208.

[19] 毛树春,薛中立,杨汝献,等.麦棉两熟平衡施肥效应研究[J].棉花学报,1994(6):46-51.

[20] 邢宏宜,王增信.地膜覆盖棉花氮磷有机肥合理施用研究[J].江西棉花,1994(3):29-30.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net