

滨海盐碱地控释掺混肥配施调理剂对玉米生长的影响

朱家辉¹, 诸葛玉平¹, 陈宝成^{1*}, 王晓琪¹, 周华敏¹, 梁海¹, 刘之广¹, 陈剑秋²

1. 土壤资源高效利用国家工程实验室, 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018

2. 养分资源高效开发与综合利用国家重点实验室, 金正大生态工程集团股份有限公司, 山东 临沂 276000

摘要: 为了研究控释掺混肥与土壤调理剂配施在滨海盐碱地上施用对作物生长及盐碱土化学性质的影响, 本试验利用渤海盐碱地大田试验, 与农民习惯施肥进行对比, 根据当地土壤养分含量情况, 研究了控释掺混肥配施腐植酸调理剂和生物有机肥对轻度盐化滨海盐碱土夏玉米栽培上的土壤性质作物产量及经济效益等方面的影响。结果表明, 控释掺混肥、腐植酸缓控释肥、控释掺混肥配施腐植酸调理剂配施、控释掺混肥配施微生物有机肥相比农民习惯施肥不同程度降低滨海盐碱地土壤 pH 值; 各处理比农民习惯施肥处理土壤含盐量有所增加, 但大多差异不显著; 控释掺混肥比农民习惯施肥处理在玉米生育期大部分提高了土壤硝态氮(NO_3^-)与铵态氮(NH_4^+)含量, 最高增幅分别为 14.5%和 16.1%; 控释掺混肥配施腐植酸调理剂处理玉米千粒重最高, 为 353.2 g, 与农民习惯施肥处理差异达显著水平; 玉米产量和纯收入以控释掺混肥处理最高, 产量达 8832 kg/hm², 比农民习惯施肥处理增产 15.23%, 纯收入增加 2578 元/hm², 均达显著水平。综合考虑, 在低含盐量滨海盐碱土种植玉米, 建议施用控释掺混肥。

关键词: 夏玉米; 滨海盐碱地; 控释掺混肥; 土壤化学性质; 产量

中图分类号: S146

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2017)01-0007-06

Effects of Controlled-release Blended Fertilizer with Conditioner on Maize in Coastal Saline Area

ZHU Jia-hui¹, ZHUGE Yu-ping¹, CHEN Bao-cheng^{1*}, WANG Xiao-qi¹, ZHOU Hua-min¹, LIANG Hai¹, LIU Zhi-guang¹, CHEN Jian-qiu²

1. National Engineering Laboratory for efficient utilization of soil and fertilizer, College of Resource and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

2. State Key Laboratory of Nutrition Resources Integrated Utilization, Shandong Kingenta Ecological Engineering Co., Ltd. Lin'shu 276000, China

Abstract: In order to research the effect of controlled release blended fertilizer with soil conditioner on the growth of crops in coastal saline area, the experiment was conducted in the field experiment of saline land in Bohai Sea was compared with farmer conventional fertilization, according to the local soil nutrient content, to research the effects of controlled-release blended fertilizer, humic acid conditioner and bioorganic fertilizer on the soil pH, soil properties, crop yield and economic benefit. The results showed that controlled-release blended fertilizer, humic acid slow-release fertilizer, controlled-release blended fertilizer with humic acid conditioner, and controlled-release blended fertilizer with microbial organic fertilizer compared with conventional fertilization reduce the soil pH of saline soil in coastal area; other four treatments compared with the farmer conventional fertilization, the soil salinity was increased, but most of the differences were insignificant; compared with the conventional fertilization treatment, controlled release blended fertilizer increased the content of soil nitrate nitrogen and ammonium nitrogen, the highest increase was 14.5% and 16.1%; the highest 1000-grain weight value among the treatments was controlled-release blended fertilizer with humic acid conditioner, which was 353.2g, which was significantly different from the conventional fertilization treatment; among all of the treatments, the highest yield of maize and net income were the controlled release blended fertilizer treatment, which were 8832 kg·hm⁻² and 2578 yuan per hectare, all reached the significant level; compared with the farmer conventional fertilization, the yield increased 15.32%. Taking into account, in the low salinity coastal saline soil planting corn, it is recommended to use controlled-release blended fertilizer.

Keywords: Summer maize; coastal saline area; controlled-release blended fertilizer; soil chemical properties; yield

我国人均耕地 1.5 亩左右, 只处于世界中等水平, 滨海盐碱土在我国分布量比较大, 总面积约为 99×10⁶ hm²[1]。山东省的滨海盐碱地主要集中分布在黄河三角洲地区, 根据观测, 其轻度盐碱地面

收稿日期: 2016-12-22

修回日期: 2017-01-11

基金项目: 黄河三角洲盐碱地快速改良技术研发集成与示范; 山东省自主创新及成果转化专项(2014ZZCX07402);

山东农业大学盐碱地改良利用基金项目; 史丹利功能性生物肥料基金(380076)

作者简介: 朱家辉(1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事土壤化学及环境效应研究. E-mail: zhujiahui319@126.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail: bcch108205@163.com

积有增长趋势,而重度盐碱地面积有减少的趋势^[2]。目前,国家和山东省正在渤海盐碱地开展滨海粮仓建设,玉米、小麦、水稻等是其主要开展的粮食栽培作物,但由于受含盐量高的影响,滨海盐碱地作为土壤资源在农业生产中的利用受到限制,如何合理利用盐碱地是多年来研究的内容之一。

目前,改良盐碱地的方法有铺设暗管排水、铺沙、覆盖、建立膜下温室等物理措施^[3,4],施用脱硫石膏、牛粪、天然矿物等化学措施^[5-10],施用生物有机肥等微生物措施^[11]。合理施肥和施用土壤调理剂也是控制盐分的一项重要措施。

玉米在我国种植历史悠久,是我国重要的粮食作物,其种植面积已经位于全国第一,总产量位居全国第二位^[12]。玉米为中度盐分敏感粮食作物^[13],相对较适宜作为滨海盐碱地地区的主要粮食作物普遍种植。控释肥在一般非盐碱地上对于玉米增产有显著的效果^[14-16],而其氮肥的利用率也显著高于普通肥料^[17],施用缓控释肥能够改善玉米的产量性状,显著提高千粒重^[18],还可以增加玉米根系密度,减少氮素淋失风险^[19],减缓氨挥发^[20],提高土壤全氮含量^[21],增加了植株茎和叶片的可溶性糖含量^[22],施用量减少也不影响效果^[23],减少肥料成本^[24],是夏玉米比较理想的施肥选择。

控释肥养分释放缓慢,有利于控制养分释速率与释放周期,减缓养分释放对土壤盐分的影响,另外腐植酸、有机微生物菌剂等土壤调理剂也对盐碱地性质改良有一定的改良作用^[25]。目前缓控释肥以及缓控释肥与腐植酸及有机微生物肥等配施在盐碱地上的应用效果研究相对较少。

黄河三角洲盐碱土速效钾含量较高,有效磷含量较低,农民在施肥中施用磷肥较少,而磷肥偏酸性,对降低滨海盐碱地碱性有一定作用。为了合理施肥、调节盐碱土性质以及增加玉米产量,本文研究在轻度盐化滨海盐碱地施用缓控释玉米专用肥,结合腐植酸及有机微生物肥等土壤调理剂,并与农民习惯施肥进行对比,研究其对滨海盐碱地条件下玉米生长、土壤养分及化学性质的影响,以期获得适合该区域的玉米施肥配方,为滨海盐碱地夏玉米种植提供科学建议。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2014 年 7 月 1 日年在山东省滨州市无棣县“渤海粮仓”项目示范区进行。该地区属于暖温带半湿润大陆性季风气候,7~10 月降雨量为 240.8 mm。土壤为轻度盐化土,土壤基本理化性状如下:pH 8.5(水土比 2.5:1),含盐量 0.15%,全氮含量 1.06 g/kg,有效磷含量 10.2 mg/kg,速效钾含量 158.21 mg/kg,有机质含量 15.19 g/kg。供试玉米品种为郑单 958,生育期 103 d。供试肥料为控释期 3 个月的硫加树脂包膜尿素(含 N35%)、普通尿素(含 N46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 18%)、硫酸钾(含 K₂O 50%)、复合肥(N-P₂O₅-K₂O=16-16-16)、腐植酸缓释肥(N-P₂O₅-K₂O=28-6-8)、腐植酸土壤调理剂、生物有机肥(嗜盐微生物+麦麸等)。

1.2 试验设计

试验采用田间小区试验,6 个处理,每个处理设置 3 个重复,施肥试验设计如表 1 所示。每个小区面积为 6×5=30 m²,小区之间设置 1 m 宽隔离带。玉米行距 60 cm,株距 25 cm,每小区种植 7 行,每行种植 24 株。先开沟施肥,沟深 13~15 cm,水平距离施肥沟 10 cm 种植玉米。

表 1 试验处理及具体施肥量

Table 1 Trial processing and specific fertilizer amount

处理代号 Code	处理 Treatment	肥料用量 (kg·hm ⁻²) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O amount	每小区施肥量 Every plot Fertilization amount	施用方法 Application method
CK	空白	0-0-0	0	—
CCF	农民习惯施肥	225-75-75	1.35 kg 复合肥, 苗期追尿素 0.50 kg 抽雄追尿素 0.50 kg	施复合肥底肥, 苗期抽雄起追施尿素, 沟施。
CRF	控释掺混肥	225-150-75	硫加树脂尿素 1.15 kg, 尿素 0.60 kg; 过磷酸钙 2.50 kg; 硫酸钾 0.45 kg	开沟做基肥一次施入
HCRF	腐植酸缓释肥	225-150-75	腐植酸缓释肥 2.41 kg, 过磷酸钙 1.70 kg	开沟做基肥一次施入
ACRF	控释掺混肥+腐植酸调理剂	225-150-75+4500	硫加树脂尿素 1.15 kg, 尿素 0.60 kg, 过磷酸钙 2.50 kg, 硫酸钾 0.45 kg 腐植酸调理剂 13.5 kg	开沟做基肥一次施入
OCRF	控释掺混肥+生物有机肥	225-150-75+12000	硫加树脂尿素 1.15 kg, 尿素 0.60 kg, 过磷酸钙 2.50 kg, 硫酸钾 0.45 kg, 生物有机肥 36.00 kg	开沟做基肥一次施入

1.3 样品采集及测定

玉米播种前采集试验区的基础土样。在玉米拔节期（7月23日）、大喇叭口期（8月13日）、灌浆期（9月13日）和完熟期（10月13日）共4个时期采集0~20 cm土壤样品（三点取样），和植株样品（五点取样法），于11月~12月对土壤各项指标进行分析化验。

土壤理化性质按照土壤农业化学标准分析方法测定：土壤pH值：水土比为2.5:1，采用pH计测定；采用电导率法测定；土壤硝态氮和铵态氮：采用0.01 mol/L CaCl₂浸提，AA3—A001—02E, BRAN+LUEBBE流动注射分析仪测定；土壤有机质：采用重铬酸钾—硫酸加热氧化法；土壤有效磷：采用0.5 mol/L NaHCO₃浸提后，用Smartchem 200流动注射分析仪测定；土壤速效钾：采用1 mol/L NH₄Ac(pH 7.0)浸提—火焰光度法测定；植株全氮、全磷、全钾：采用H₂SO₄-H₂O₂联合消煮测定；植株叶片SPAD值采用日本Minolta公司生产的SPAD-502叶绿素仪测定；株高：直尺测量；产量：采用实打实收测定玉米产量。

1.4 数据分析

相关数据处理采用Excel 2010和SAS 8.0软件进行处理和统计分析，采用ANOVA进行方差分析，不同处理间采用Duncan's Multiple Range Test方法检验各处理在 $P<0.05$ 水平的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤pH的影响

测定不同时期各处理土壤pH值。结果表明（表2），不同施肥处理在不同生育期土壤pH有所不同。拔节期控释肥处理比空白处理和农民习惯处理土壤pH值有下降趋势，且达显著水平，其中以ACRF处理和OCRf处理的最为明显；HCRF与CRF、ACRF与OCRf土壤pH值差异不显著；在大喇叭口期，由于盐分在土壤表层积累，各处理土壤pH值有所升高的，但ACRF与OCRf仍保持在所有处理的较低水平。乳熟期OCRf的pH值最低，与其它处理差异显著。完熟期CRF处理土壤pH值与其它处理差异显著，其它各个处理间差异相对较不明显。总体来看，ACRF与OCRf在玉米整个生长期对降低土壤pH有相对较好的效果。

表 2 玉米不同时期各处理土壤 pH
Table 2 The soil pH of summer maize in different periods

处理 Treatment	pH			
	拔节期 Elongation stage	大喇叭口期 Flare opening stage	乳熟期 Milky stage	完熟期 Full ripe stage
CK	8.53 a	8.62 a	8.36 bc	8.34 ab
CCF	8.46 a	8.66 a	8.40 ab	8.31 ab
CRF	8.37 b	8.44 b	8.44 a	8.25 b
HCRF	8.35 b	8.59 a	8.41 ab	8.40 a
ACRF	8.24 c	8.40 b	8.40 ab	8.30 ab
OCRf	8.17 c	8.41 b	8.32 c	8.35 a

注：在同列中平均值尾部标有相同小写字母表示不同处理之间差异不显著（ $P<0.05$ ），下同。

Note: The different little letters between treatments in the same column showed a no-significance ($P<0.05$), the same as follows.

2.2 不同处理对土壤全盐量的影响

土壤全盐量一部分来自于土壤本身，一部分与施入的肥料有关。测定不同处理玉米各生育期土壤全盐量变化。结果显示（图1），拔节期开始，OCRf、ACRF与HCRF全盐量最高，较其它三个处理差异显著，CK、CCF与CRF处理相较于其它三个处理水平较低。整体来看，随着时间推移，各处理的含盐量都逐渐减少。ACRF中的腐植酸调理剂和OCRf中的生物有机肥施用量大，其中的有机物质中的氮元素被土壤中的微生物利用代谢，最后增加了土壤中的硝酸盐的含量，可能是导致其含盐量增加的一个重要原因。CRF处理在由于其控释作用，可有效控释玉米苗期土壤盐含量的增加，使幼苗减轻盐害影响。

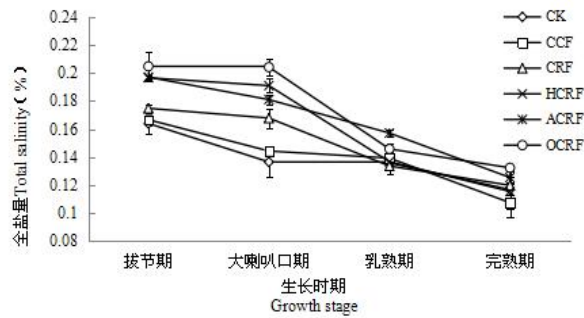


图 1 各处理不同生育期玉米土壤全盐量的变化
Fig.1 Changes of total salinity of Maize in different growth stages

2.3 不同处理对土壤硝态氮、铵态氮含量的影响

测定不同生育期玉米土壤硝态氮的含量。结果显示 (表3), 在玉米拔节期, CRF处理土壤硝态氮含量显著高于CCF处理, 从大喇叭口期, CRF、HCRF、ACRF、OCRf处理硝态氮含量相较于CCF处理有相对较明显的增长, 差异大都达显著水平。CRF处理的硝态氮含量在整个生育过程中保持了较高的水平, 为玉米提供了较为充足的硝态氮供应, 满足了玉米的生长。HCRF缓释肥拔节期释放量相对较少, 但是由于其缓释作用, 在之后的三个生育期都保持了较高度释放量。ACRF与OCRf前期释放量也比较高, 但是在大喇叭口期降低幅度较大, 之后趋于平稳, 这可能是由于施用的腐植酸调理剂和生物有机肥在中的大量有机物质对于土壤的养分离子有一定的吸附作用, 吸附与解吸过程中逐步保持平衡。

表 3 玉米不同时期各处理土壤硝态氮含量
Table 3 Nitrate content in different treatments of Maize at different stages

处理 Treatment	硝态氮 Nitrate nitrogen (mg/kg)			
	拔节期 Elongation stage	大喇叭口期 Flare opening stage	乳熟期 Milky stage	完熟期 Full ripe stage
CK	30.39 d	30.60 c	11.61 c	10.29 d
CCF	45.91 b	30.30 c	12.42 bc	11.42 cd
CRF	49.82 a	34.37 b	14.22 b	15.71 a
HCRF	41.50 c	36.61 a	13.15 bc	15.33 ab
ACRF	45.09 b	26.40 d	16.84 a	12.64 bcd
OCRf	43.97 b	24.77 d	17.90 a	13.97 abc

测定不同生育期玉米土壤铵态氮的含量。结果表明 (表4), 所有处理铵态氮变化趋势均为先小幅升高再降低, 这是肥料养分释放和玉米生长吸收养分的过程共同作用的结果。其中CCF处理在大喇叭口期土壤的铵态氮含量相对较高, 是由于普通肥中的速效养分通过脲酶水解, 硝化作用在大喇叭口期迎来养分含量高峰, 而CRF处理在玉米快速生长的中后期仍可保持铵态氮含量在较高水平, 满足了玉米生物量增加、养分积累的需求, 保证了玉米对铵态氮的需求, 进而提高产量。

表 4 玉米不同时期各处理土壤铵态氮含量
Table 4 Ammonium nitrogen in different treatments of Maize at different stages

处理 Treatment	铵态氮 Ammonium nitrogen (mg/kg)			
	拔节期 Elongation stage	大喇叭口期 Flare opening stage	乳熟期 Milky stage	完熟期 Full ripe stage
CK	17.38 b	19.23 d	16.61 b	8.48b
CCF	19.89 a	25.53 a	16.92 b	11.04 ab
CRF	18.17 b	26.17 a	17.08 b	12.82 a
HCRF	18.40 ab	21.56 bc	20.21 a	9.63 ab
ACRF	19.74 a	20.83 cd	16.08 b	10.53 ab
OCRf	18.44 ab	23.40 b	21.37 a	9.09 bc

2.4 不同处理对土壤有效磷含量的影响

测定不同生育期玉米土壤有效磷的含量。由于试验地土壤有效磷含量较低, 控释肥处理增加了磷肥施用量, 所以结果显示 (表5), 拔节期、大喇叭口期、完熟期CRF、HCRF、ACRF、OCRf控

释肥处理土壤有效磷含量整体高于农民习惯施肥处理, 相对较好的满足玉米对磷素的需求。大喇叭口期土壤有效磷含量总体较高, 原因可能是过磷酸钙有效化过程缓慢, 此时玉米吸收量减少而温度升高过磷酸钙中非有效态磷开始活化, 从而增加了土壤中有效磷含量。完熟期单独施用CRF仍可以保持较高的有效磷水平, 为玉米籽粒积累干物质创造了良好的养分条件。

表 5 玉米不同时期各处理土壤有效磷含量

Table 5 Available phosphorus in different treatments of Maize at different stages

处理 Treatment	有效磷 Available phosphorus (mg/kg)			
	拔节期 Elongation stage	大喇叭口期 Flare opening stage	乳熟期 Milky stage	完熟期 Full ripe stage
CK	8.77 c	13.42 d	16.32 d	13.96 d
CCF	12.98 b	21.27 c	23.27 ab	12.22 e
CRF	14.11 b	23.24 b	22.72 b	22.49 a
HCRF	16.53 a	24.86 b	20.14 c	17.01 c
ACRF	12.84 b	23.34 b	22.63 b	18.57 b
OCRf	14.41 b	27.80 a	24.30 a	17.11 c

2.5 不同处理对土壤速效钾含量的影响

测定不同生育期不同处理土壤速效钾含量。结果表明(表6), 该地区土壤速效钾含量处在较高水平, 玉米拔节期不同处理土壤速效钾含量在159.84~173.11 mg/kg之间, 各处理中以OCRf处理最高、HCRF最低, 两者差异达显著水平, 其它处理差异不显著; 大喇叭口期土壤速效钾含量相对较高, 在181.50~189.86 mg/kg之间, 但不同处理间差异大都不显著; 玉米乳熟期和完熟期各处理土壤速效钾含量差异较小, 大都差异不显著。由于试验土壤含钾较高和各施肥处理施钾量相同, 各处理土壤速效钾含量总体在玉米整个生长期处于较高水平, 不同处理对土壤本身的速效钾含量影响相对较小。

表 6 玉米不同时期各处理土壤速效钾含量

Table 6 Available potassium in different treatments of Maize at different stages

处理 Treatment	速效钾 Available potassium (mg/kg)			
	拔节期 Elongation stage	大喇叭口期 Flare opening stage	乳熟期 Milky stage	完熟期 Full ripe stage
CK	166.30 ab	181.50 b	167.42 ab	158.49 bc
CCF	164.96 ab	185.62 ab	168.04 ab	161.94 abc
CRF	164.81 ab	189.86 a	167.71 ab	162.28 abc
HCRF	159.84 b	188.74 ab	160.81 b	167.28 a
ACRF	162.72 ab	182.75 ab	173.21 a	165.62 ab
OCRf	173.11 a	186.76 ab	161.80 b	154.94 c

2.6 不同施肥处理对土壤有机质含量的影响

测定不同生育期各处理土壤有机质含量。结果表明(表7), 整体上施用腐植酸缓释肥、腐植酸调理剂以及生物有机肥对土壤有机质的提高有明显效果。其中施用腐植酸调理剂处理ACRF最优, 土壤有机质含量在19.45~22.83 g/kg之间, 而CK、CCF和CRF处理对有机质的影响不显著, 原因是腐植酸调理剂内带有部分有机物料, 对增加玉米当季的有机质含量有明显的效果; 生物有机肥本身含有的细菌可以促进植株根系养分吸收, 分解物质, 其配合的麦麸等物质同时增加有机质含量; 腐植酸缓释肥由于内含有有机物质, 也增加了土壤的有机质含量, 有利于改良土壤性质。

表 7 玉米不同时期各处理有机质含量

Table 7 Organic matter in different treatments of Maize at different stages

处理 Treatment	有机质 Organic matter (g/kg)			
	拔节期 Elongation stage	大喇叭口期 Flare opening stage	乳熟期 Milky stage	完熟期 Full ripe stage
CK	17.68 c	18.57 b	17.27 c	17.81 c
CCF	17.45 c	18.37 b	17.48 bc	18.78 bc
CRF	18.83 bc	18.89 b	16.66 c	18.43 c
HCRF	20.51 b	20.37 ab	21.66 a	18.78 ab
ACRF	22.83 a	21.60 a	19.45 b	21.13 a
OCRf	20.25 b	20.41 ab	19.38 b	21.19 a

2.7 不同施肥处理对玉米不同生育期株高的影响

测量不同生育期玉米植株高度的结果表明(图2):在拔节期所有施肥处理较CK差异显著,而施肥间差异不显著。在大喇叭口期,CCF处理高度为156.8 cm较其它处理差异显著,在于CCF普通肥释放快且由于追肥效果致生长迅速。乳熟期CRF、HCRF高度分别为236.3 cm和236.8 cm,较其它处理差异显著,在于控释肥与缓释肥效果使得氮素释放平缓;在后两个时期,ACRF与OCRf高度相对较低可能是因为施用腐植酸调理剂和微生物肥料量较大,土壤含盐量过高过量导致植株高度相对较低。

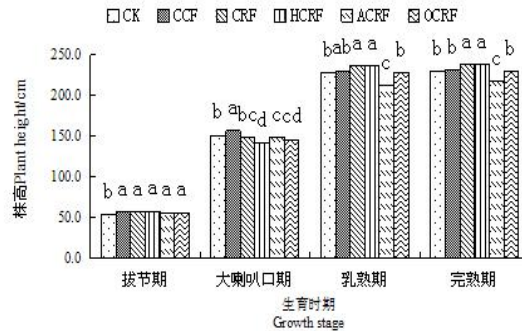


图 2 不同时期不同处理玉米株高

Fig.2 Different treatments of maize plant height at different times

2.8 不同处理对玉米产量及经济效益的影响

收获测定不同处理的玉米的产量并计算经济效益。结果表明(表8),不同处理玉米籽粒千粒重不同,处理ACRF千粒重最高,为353.2 g,处理OCRf千粒重最低,为326.6 g,都与CCF处理差异达显著水平;各处理玉米产量不同,其中以处理CRF和HCRF产量较高,分别达8832 kg·hm⁻²和8125 kg·hm⁻²,比农民习惯施肥处理CCF增产15.23%和6.01%,差异均达显著水平,每公顷纯收入也分别增加2578元、223元,说明处理CRF和HCRF对玉米盐碱地整体改良效果较好。相对于CCF处理,处理ACRF和OCRf产量有所下降,但差异不显著,每公顷纯收入减少了9258元和7278元,差异显著,主要原因是处理ACRF和OCRf肥料成本过高造成的。从施肥方便性、玉米产量和农民纯收入考虑,处理CRF是最优推荐施肥措施。

表 8 不同处理玉米产量及经济效益

Table 8 Yield and economic benefit of different treatments of Maize

处理 Treatment	千粒重(g) Thousand seed weight	产量 Yield (kg·hm ⁻²)	比 CCF 增产 Yield increase than CCF(%)	肥料成本 Fertilizer cost (元·hm ⁻²)	其它 Other costs (元·hm ⁻²)	纯收入 Net income (元·hm ⁻²)	比农民增收 Income than the farmers(元·hm ⁻²)
CK	338.1 bc	7643.1 c	-0.28	--	--	--	--
CCF	343.4 bc	7665.1 c	--	1563	4200	16948	--
CRF	346.2 ab	8832.4 a	15.23	2445	4200	19526	2578
HCRF	335.3 c	8125.3 b	6.01	2703	4200	17171	223
ACRF	353.2 a	7571.1 c	-1.22	10545	4200	7690	-9258
OCRf	326.6 d	7534.2 c	-1.71	9645	4200	9670	-7278

3 结论

控释掺混肥、腐植酸缓控释肥、控释掺混肥与腐植酸、有机微生物肥配施比农民习惯施肥有不同程度降低滨海盐碱地土壤 pH 值的趋势,其他施肥处理较农民习惯施肥处理土壤含盐量有所增加,但大多差异不显著。

控释掺混肥、腐植酸缓控释肥、控释掺混肥与腐植酸、有机微生物肥配施比农民习惯施肥有增加土壤有机质和氮磷含量的趋势,尤其是控释掺混肥处理,为玉米生长和产量提高创造了好的条件。

控释掺混肥加腐植酸调理剂处理玉米千粒重最高,为 353.2 g,控释掺混肥加有机微生物肥处理千粒重最低,为 326.6 g,都与农民习惯施肥处理差异达显著水平;玉米产量以控释掺混肥处理 CRF 最高,达 8832 kg·hm⁻²,比农民习惯施肥处理增产 15.23%,达显著水平;控释掺混肥处理比农民习