

固体活性有机肥对河西内陆灌区玉米田 理化性质和经济效益的影响

秦嘉海¹,王爱勤²,闫治斌³,肖占文¹,赵芸晨¹,
张红菊¹,张春梅¹,程红玉¹,帖丹丹¹

(1.河西学院农业与生物技术学院,甘肃 张掖 734000; 2.中国科学院兰州化学物理研究所,甘肃 兰州 731000;
3.甘肃敦煌种业股份有限公司,甘肃 酒泉 735000)

摘 要:在甘肃河西内陆灌区连作8 a的玉米制种田上,采用田间试验方法,研究了固体活性有机肥施用量与玉米制种田理化性质和玉米经济性状及效益的关系。结果表明:固体活性有机肥最佳组合是:糠醛渣 45 t/hm²、牛粪 67.50 t/hm²、生物菌肥 0.06 t/hm²、聚乙烯醇 0.03 t/hm²、保水剂 0.06 t/hm²;固体活性有机肥施用量与玉米制种田孔隙度、团粒结构、蓄水量、有机质、速效氮磷钾、EC呈正相关,与容重、pH呈负相关;随着固体活性有机肥施用量的增加,制种玉米产量在增加,但单位质量固体活性有机肥的增产率则随着固体活性有机肥施用量的增加而递减,出现报酬递减律;固体活性有机肥施用量在 112 t/hm²的基础上,再增加 28.00 t/hm²,边际利润出现负值;经回归统计分析,固体活性有机肥最佳施用量为 111.40 t/hm²时,制种玉米的理论产量为 7.28 t/hm²。

关键词:固体活性有机肥;玉米制种田;理化性质;玉米;经济效益

中图分类号: S143.7⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0130-06

甘肃河西内陆灌区拥有得天独厚的自然条件和区位优势,吸引了美国杜邦先锋、美国孟山都、登海先锋种业、中国种业、辽宁东亚、北京德农、奥瑞金、敦煌等 90 多家国内外种业集团,建立了玉米制种基地 10 万 hm²^[1],玉米制种产业已发展成为河西内陆灌区农民增收,农业增效的重要支柱产业之一。目前存在的主要问题是:制种玉米种植面积大,连作年限长,土壤养分比例失衡,缺素的生理性病害经常发生;有机肥投入量不足,化肥超量施用,土壤板结,有机质含量下降,贮水功能削弱,施肥成本增加;市场上流通的复混肥有效成分和比例不符合本区灌漠土养分现状和玉米对养分的吸收比例,且不具备保水、改土功效,导致制种玉米品质和产量下降,影响了本区制种玉米产业的可持续发展。本试验针对上述存在的问题,采用作物营养平衡施肥理论和改土培肥理论,将土壤结构改良剂——聚乙稀醇^[2-9],与糠醛渣^[10,11]、牛粪、生物菌肥、保水剂按比例组配成固体活性有机肥,将糠醛渣、牛粪的长效,生物菌肥的增效、保水剂的保水、聚乙烯醇的改土作用融为一体,达到协调土壤养分平衡,提高土壤贮水功能,改

善土壤理化性质的目的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2009—2010 年在甘肃省张掖市临泽县沙河镇兰家堡村八社连作 8 a 的制种玉米田上进行,年降水量 118.4 mm,年蒸发量 1 830.5 mm,年均气温 7.70℃,全年日照时数 3 053 h,海拔高度 1 430 m,土壤类型是灰灌漠土^[12],0~20 cm 土层含有机质 15.85 g/kg,碱解 N 72.32 mg/kg,速效 P 8.08 mg/kg,速效 K 141.54 mg/kg,pH 值 8.36,容重 1.37 g/cm³,总孔隙度 48.30%。参试材料:糠醛渣,含有机质 76.36%,全 N 0.55%,全 P 0.43%,全 K 1.18%,pH 值 2.1,粒径 2~3 mm;牛粪,含有机质 14.50%,全 N 0.33%,全 P 0.25%,全 K 0.16%,粒径 2~20 mm;生物菌肥,有效活菌数≥0.2 亿个/g;聚乙稀醇,分子质量 5 500~7 500,粘度 12~16,粒径 0.05 mm;保水剂,吸水倍率 645 g/g,粒径 1~2 mm。固体活性有机肥:含有机质 54.45%,N 0.56%,P₂O₅ 0.40%,K₂O 0.67%,价格 90 元/t。参

收稿日期:2011-12-12

基金项目:国家科技部项目“西北百万亩玉米制种产业化关键技术研究与示范推广”(NC2010BA0124),甘肃科技支甘项目“甘肃河西灌区制种玉米多功能专用肥产品合成与示范”(1011JKCF180);甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室项目“制种玉米环保型多功能专用肥产品合成”(XZ1002);甘肃省高等学校 2010 年研究生导师科研项目“河西走廊制种玉米多功能专用肥产品开发与示范”(1009B-05)

作者简介:秦嘉海(1954—),男,教授,主要从事土壤培肥与改良研究。E-mail:qinjianhai123@163.com。

试玉米品种为丰玉 4 号。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 试验Ⅰ, 固体活性有机肥配方比例的确定: 选择糠醛渣、牛粪、生物菌肥、聚乙烯醇、保水剂 5 个因素, 每个因素设计 3 个水平, 按正交表

$L_9(3^5)$ 设计 9 个处理(表 1), 按表 1 因子与水平编码括号中的数量称取各种材料混合发酵 120 d 后, 在玉米播种前做底肥施入 20 cm 土层, 每个试验小区单独收获, 将小区产量折合成公顷产量, 计算出各因素的最佳组合, 组成固体活性有机肥配方。

表 1 $L_9(3^5)$ 正交试验设计表
Table 1 $L_9(3^5)$ orthogonal design

试验处理 Treatment	A 糠醛渣 Furfural residue	B 牛粪 Dung	C 生物菌肥 Bio-fertilizer	D 聚乙烯醇 PVA	E 保水剂 Water-retaining agent
1 = $A_1B_1C_3D_2E_1$	1(15.00)	1(33.75)	3(0.06)	2(0.06)	1(0.03)
2 = $A_2B_3C_1D_1E_1$	2(30.00)	3(101.25)	1(0.02)	1(0.03)	1(0.03)
3 = $A_3B_2C_2D_3E_1$	3(45.00)	2(67.50)	2(0.04)	3(0.09)	1(0.03)
4 = $A_1B_2C_2D_1E_2$	1(15.00)	2(67.50)	2(0.04)	1(0.03)	2(0.06)
5 = $A_2B_3C_3D_3E_2$	2(30.00)	3(101.25)	3(0.06)	3(0.09)	2(0.06)
6 = $A_3B_1C_1D_2E_2$	3(45.00)	1(33.75)	1(0.02)	2(0.06)	2(0.06)
7 = $A_1B_3C_1D_3E_3$	1(15.00)	3(101.25)	1(0.02)	3(0.09)	3(0.09)
8 = $A_2B_1C_2D_2E_3$	2(30.00)	1(33.75)	2(0.04)	2(0.06)	3(0.09)
9 = $A_3B_2C_3D_1E_3$	3(45.00)	2(67.50)	3(0.06)	1(0.03)	3(0.09)

注: 括号内数据为试验数据(t/hm^2)。
Note: The figures in brackets are the experimental data (t/hm^2)

试验Ⅱ, 固体活性有机肥经济效益最佳施用量的确定: 将风干的糠醛渣、牛粪、生物菌肥、聚乙烯醇、保水剂重量比按 45:67.50:0.06:0.03:0.06 t 混合堆置发酵 120 d 后, 施用量设计为 0.00, 28.00, 56.00, 84.00, 112.00, 140.00 t/hm^2 6 个处理, 以处理 1 为 CK(对照), 每个试验重复 3 次, 随机区组排列。

1.2.2 固体活性有机肥合成方法 根据田间小区试验筛选的配方, 将风干的糠醛渣、牛粪、生物菌肥、聚乙烯醇、保水剂重量比按 45:67.50:0.06:0.03:0.06 t 混合, 将其倒入预先挖好的坑内, 每立方加入尿素 2 kg, 调节 C/N 为 20~25:1, 加水使其含水量调到用手握有水滴漏出, 堆高 1.5 m, 用泥巴土封严, 堆置发酵 120 d 后, 每立方米加入 75% 的多菌灵 100 g 消毒处理后备用。

1.2.3 田间种植方法 试验小区面积为 24 m^2 (6 m × 4 m), 每个小区四周筑埂, 埂宽 40 cm, 埂高 30 cm, 播种时间 2008~2010 年 4 月 22 日, 母本定植株距 25 cm, 行距 50 cm, 父本以满天星配置, 株距 50 cm。固体活性有机肥 1/3 在玉米播种前作底肥施入 0~20 cm 土层, 剩余 2/3 分别在玉米大喇叭口期和抽穗期做追肥穴施。在玉米拔节期、孕穗期、抽穗期、灌浆期、乳熟期各灌水 1 次, 每个小区灌水量相等, 每次灌水 900 m^3/hm^2 。

1.2.4 测定项目与方法 连续 3 a 定点试验后, 于

2010 年 9 月 28 日玉米收获时分别在试验小区内按 S 形布点, 采集耕层(0~20 cm)土样 4 kg, 用四分法带回 1 kg 混合土样室内风干化验分析(土壤容重、团粒结构用环刀取原状土)。土壤容重采用环刀法; 总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度采用计算法; 团粒结构采用干筛法; 自然含水量采用烘干法; 饱和蓄水量按公式(面积 × 总孔隙度 × 土层深度)求得; 毛管蓄水量按公式(面积 × 毛管孔隙度 × 土层深度)求得; 非毛管蓄水量按公式(面积 × 非毛管孔隙度 × 土层深度)求得; 有机质采用重铬酸钾法; 碱解 N 采用扩散法; 速效 P 采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法; 速效 K 采用火焰光度计法; pH 采用 5:1 水土比浸提, 用 pH-2F 数字 pH 计测定; EC(电导率)采用电导法, DDS-11 型电导仪测定^[13-14]。玉米收获时每个小区随机采 30 个果穗室内测定穗粒数、穗粒重、百粒重。每个试验小区单独收获, 将小区产量折合成公顷产量进行统计分析。采用经济学原理计算边际产量、边际产值、边际成本、边际利润^[15]。

1.2.5 数据统计方法 经济性状和产量采用多重比较, LSR 检验。依据最佳施用量计算公式 $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ 求得固体活性有机肥最佳施用量(x_0), 依据肥料效应回归方程式 $y = a + bx - cx^2$, 求得固体活性有机肥最佳施用量时的玉米理论产量(y)。

2 结果分析

2.1 固体活性有机肥配方确定

据表 2 计算结果可以看出,因素间的效应(R)是 $B > A > D > C > E$,说明影响玉米产量因素依次是牛粪>糠醛渣>聚乙烯醇>生物菌肥>保水剂。比较各因素不同水平的 T 值,可以看出, $T_{A3} > T_{A2} > T_{A1}$, $T_{C3} > T_{C2} > T_{C1}$ 说明随糠醛渣和生物菌肥用量的增加,制种玉米产量在增加。 $T_{D1} > T_{D3}$, $T_{D2} < T_{D3}$,说

明聚乙烯醇适宜用量不要超过 0.03 t/hm^2 。 $T_{B2} > T_{B3}$ 和 T_{B1} , $T_{E2} > T_{E3}$ 和 T_{E1} ,说明制种玉米产量随牛粪、保水剂施用量的增大而增加,但牛粪和保水剂施用量超过 67.50 t/hm^2 和 0.06 t/hm^2 后,制种玉米产量又随牛粪和保水剂施用量的增大而降低。从各因素的 T 值可以看出,因素间最佳组合是: $A_3B_2C_3D_1E_2$ (即糠醛渣、牛粪、生物菌肥、聚乙烯醇、保水剂组合比例分别为 $45:67.50:0.06:0.03:0.06\text{ t/hm}^2$) (表 2)。

表 2 $L_9(3^5)$ 正交试验分析
Table 2 $L_9(3^5)$ orthogonal experiment

试验处理 Treatment	A 糠醛渣 Furfural residue	B 牛粪 Dung	C 生物菌肥 Bio-fertilizer	D 聚乙烯醇 PVA	E 保水剂 Water-retaining agent	玉米产量 Corn yield (t/hm^2)
1 = $A_1B_1C_1D_2E_1$	1	1	3	2	1	0.83
2 = $A_2B_1C_1D_1E_1$	2	3	1	1	1	4.66
3 = $A_3B_2C_2D_3E_1$	3	2	2	3	1	4.97
4 = $A_1B_2C_2D_1E_2$	1	2	2	1	2	4.68
5 = $A_2B_3C_3D_3E_2$	2	3	3	3	2	4.77
6 = $A_3B_1C_1D_2E_2$	3	1	1	2	2	2.67
7 = $A_1B_3C_1D_3E_3$	1	3	1	3	3	0.20
8 = $A_2B_1C_2D_2E_3$	2	1	2	2	3	3.20
9 = $A_3B_2C_3D_1E_3$	3	2	3	1	3	7.44
T_1	5.71	6.70	7.53	16.78	10.46	33.42(T)
T_2	12.63	17.09	12.85	6.78	15.12	
T_3	15.08	9.63	13.04	9.94	10.84	
R	9.37	10.39	5.51	6.84	4.66	

2.2 固体活性有机肥对玉米田物理性质的影响

连续 3 a 定点试验后,于 2010 年 9 月 28 日玉米收获时分别在试验小区内用环刀取原状土测定玉米田物理性质,从表 3 测定数据可以看出,固体活性有机肥施用量与玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团粒结构呈正相关关系,与容重呈负相关,其直线回归方程分别为 $y = 48.3157 + 0.0393x$ 、 $y = 21.8266 + 0.0151x$ 、 $y = 26.4890 + 0.0242x$ 、 $y = 33.0890 + 0.0858x$ 、 $y = 1.3695 - 0.0010x$,相关系数(r)分别为 0.9976、0.9922、0.9928、0.9772、-0.9976。固体活性有机肥施用量 140 t/hm^2 时,玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团粒结构比 CK 分别增加 5.66、2.12、3.54、12.94 个百分点,而容重比 CK 降低 0.15 g/cm^3 。分析这一结果产生的原因一是固体活性有机肥中的糠醛渣和牛粪使土壤疏松,增大了土壤孔隙度,降低了土壤容重。二是固体活性有机肥中的聚乙烯醇是一种胶结物质^[16],可以把小土粒粘在一起,形成较稳定的团粒

结构。三是固体活性有机肥中的牛粪在土壤微生物的作用下合成了土壤腐殖质,腐殖质中的酚羟基、羧基、甲氧基、羰基、羟基、酰胺基等功能团解离后带负电荷^[17],吸附了河西石灰性土壤中的 Ca^{2+} , Ca^{2+} 是一种胶结物质,有利于土壤团粒结构的形成。处理间的差异显著性,经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 3)。

2.3 固体活性有机肥对玉米田蓄水量的影响

连续 3 年定点试验后,于 2010 年 9 月 28 日玉米收获时分别在试验小区内采集耕层($0\sim 20\text{ cm}$)土样测定玉米田蓄水量(表 4),从表 4 测定结果可以看出,固体活性有机肥施用量与玉米田自然含水量、饱和蓄水量、毛管蓄水量、非毛管蓄水量呈正相关,其直线回归方程分别为 $y = 158.8400 + 0.2586x$ 、 $y = 966.3143 + 0.7555x$ 、 $y = 436.5333 + 0.3014x$ 、 $y = 529.7809 + 0.4841x$,相关系数(r)分别为 0.9974、0.9977、0.9922、0.9928。固体活性有机肥用量 140 t/hm^2 时,玉米田自然含水量、饱和蓄水量、毛管蓄

水量、非毛管蓄水量比 CK 分别增加 36.94 g/kg、113.20 t/hm²、42.40 t/hm² 和 70.80 t/hm²。分析这一结果产生的原因是固体活性有机肥中的保水剂是一种亲水胶体^[18],吸水率很大,在提高土壤持水性方面具有重要的作用。处理间的差异显著性,经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 4)。

表 3 固体活性有机肥对玉米田物理性质的影响

Table 3 Effect of solid active organic fertilizers on physical properties of corn field

活性有机肥用量 Active organic fertilizer(t/hm ²)	容重 Bulk density (g/cm ³)	总孔隙度 Total porosity (%)	毛管孔隙度 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙度 Non-capillary porosity (%)	> 0.25mm 团粒结构 > 0.25 mm Granular structure(%)
0.00	1.37aA	48.30fA	21.73fEF	26.57fEF	31.62fF
28.00	1.34bAB	49.43eA	22.24deDE	27.19deDE	36.83eE
56.00	1.31cBC	50.56dA	22.76cdCD	27.80dD	38.60dD
84.00	1.29dCD	51.69cA	23.24bcBC	28.45bcBC	40.231cC
112.00	1.26eDE	52.45bA	23.47abAB	28.98bB	42.77bB
140.00	1.22fEF	53.96aA	23.85aA	30.11aA	44.56aA

表 4 固体活性有机肥对玉米田蓄水量的影响

Table 4 Effect of solid active organic fertilizers on water storage capacity of corn field

活性有机肥用量 Active organic fertilizer (t/hm ²)	自然含水量 Natural moisture content (g/kg)	饱和蓄水量 Saturated water storage (t/hm ²)	毛管蓄水量 Capillary water storage (t/hm ²)	非毛管蓄水量 Non - capillary water storage (t/hm ²)
0.00	158.59fF	966.00fEF	434.60fEF	531.40fF
28.00	165.97eE	988.60eDE	444.80eDE	543.80eE
56.00	173.74dD	1011.20dCD	455.20dCD	556.00dD
84.00	181.56cBC	1033.80cBC	464.80bcBC	569.00cC
112.00	186.29bB	1049.00bAB	469.40bAB	579.60bB
140.00	195.53aA	1079.20aA	477.00aA	602.20aA

2.4 固体活性有机肥对玉米田化学性质和速效养分的影响

据表 5 资料可以看出,固体活性有机肥施用量与玉米田有机质、碱解 N、速效 P、速效 K 和 EC 呈正相关,其直线回归方程分别为 $y = 15.7876 + 0.0424x$ 、 $y = 73.2457 + 0.1187x$ 、 $y = 8.4919 + 0.0225x$ 、 $y = 142.6652 + 0.1018x$ 、 $y = 4.1947 + 0.9305x$,相关系数(r)分别为 0.9780、0.9905、0.9646、0.9818、0.9328。固体活性有机肥用量 140 t/hm² 时,土壤有机质、碱解 N、速效 P、速效 K、EC 比 CK 分别增加 5.71 g/kg、16.40 mg/kg、3.26 mg/kg、6.91 mg/kg 和

1.97 mS/cm。分析这一结果产生的原因是固体活性有机肥含有丰富的有机质和氮、磷、钾,施用固体活性有机肥可以增加玉米田有机质和速效养分的含量。固体活性有机肥施用量与玉米田 pH 呈负相关,其直线回归方程为 $y = 8.3328 - 0.0013x$,相关系数(r)为 -0.9673。固体活性有机肥施用量为 140 t/hm² 时,玉米制种田 pH 比 CK 降低了 0.20 个单位。其原因是固体活性有机肥中的糠醛渣是一种极强酸性物质,因而降低了玉米制种田的酸碱度。处理间的差异显著性,经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 5)。

表 5 固体活性有机肥对玉米田化学性质、有机质和速效养分的影响

Table 5 Effect of solid active organic fertilizers on chemical properties, organic matter and available nutrients of corn field

活性有机肥用址 Active organic fertilizer (t/hm ²)	pH	EC (mS/cm)	有机质 Organic matter (g/kg)	碱解 N Alkali - soluble N (mg/kg)	速效 P Available P (mg/kg)	速效 K Available K (mg/kg)
0.00	8.36aA	3.81fF	15.85fEF	72.32fEF	8.08fF	144.54fEF
28.00	8.27bB	4.75eDE	16.30eDE	76.90eDE	9.50deDE	146.95eDE
56.00	8.25bcBC	5.22dCD	18.72dCD	80.12dCD	9.70dD	148.73dCD
84.00	8.22dCD	5.43cBC	19.85cBC	84.33cBC	10.71cC	150.23cBC
112.00	8.18eDE	5.66bAB	20.27bAB	86.94bAB	11.11abAB	154.88bAB
140.00	8.16fEF	5.78aA	21.56aA	88.72aA	11.34aA	156.45aA

2.5 固体活性有机肥对制种玉米经济性状和产量的影响

从 2009—2010 年玉米收获后测定结果可以看出,随着固体活性有机肥施用量的增加,制种玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量、增产量在增加,但单位

质量(1 kg)固体活性有机肥的增产量则随着固体活性有机肥施肥量的增加而递减,出现报酬递减律。处理间的差异显著性,经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 6)。

表 6 固体活性有机肥对制种玉米经济性状和产量的影响
Table 6 Effect of solid active organic fertilizers on economic traits and yield of corn

活性有机肥用量 Active organic fertilizer (t/hm ²)	穗粒数 Grain number per spike (粒)	穗粒重 Grain weight per spike (g)	百粒重 100-grain weight (g)	产量 Yield (t/hm ²)	增产量 Yield increase (t/hm ²)	单位质量活性 有机肥增产量 Yield increased by organic fertilizer per kilogram (kg/kg)
0.00	277.75fF	87.91fF	28.76dD	4.34fF	—	—
28.00	347.18eDE	109.88eE	32.20cC	5.27eE	0.93	0.033
56.00	354.27dCD	114.46cdCD	34.26bB	6.07dD	1.73	0.031
84.00	357.86cBC	118.69cC	34.96bB	6.75cC	2.41	0.028
112.00	368.92bAB	120.41abAB	36.04aA	7.31abAB	2.97	0.027
140.00	376.45aA	121.63aA	36.78aA	7.67aA	3.33	0.023

2.6 固体活性有机肥对制种玉米增产效应和经济效益的影响

采用经济学原理进行分析可以看出^[19],随着固体活性有机肥施用量的增加,边际产量由最初的 0.93 t/hm²,递减到 0.36 t/hm²,符合报酬递减律。从经济效益变化来看,边际利润由 1 665.00 元/hm²,递减到 -900.00 元/hm²,固体活性有机肥施用量在 112 t/hm² 的基础上,再增加 28.00 t/hm²,收益出现负值。由此可见,固体活性有机肥施用量 112 t/hm² 时,制种玉米增产效应和经济效益较好(表 7)。

2.7 固体活性有机肥经济效益最佳施用量

将固体活性有机肥施用量与制种玉米产量间的

关系应用肥料效应回归方程 $y = a + bx - cx^2$ 拟合^[20],得到的回归方程是 $y = 4.34 + 0.0243x - 0.0000193x^2$,对回归方程进行显著性测验, $F = 23.70^{**} > F_{0.01}(20.95)$, $r = 0.9796^{**}$,说明回归方程拟合良好。固体活性有机肥价格(P_x)为 90 元/t,制种玉米价格(P_y)为 4 500 元/t,将 P_x 、 P_y 、回归方程的 b 和 c ,代入最佳施用量计算公式 $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ ^[21],求得固体活性有机肥最佳施用量(x_0)为 111.40 t/hm²,将 x_0 代入回归方程 $y = 4.34 + 0.0243x - 0.0000193x^2$,求得制种玉米的理论产量(y)为 7.28 t/hm²,计算结果与田间试验处理 5 基本吻合(表 7)。

表 7 固体活性有机肥对制种玉米增产效应和经济效益的影响
Table 7 Effect of solid active organic fertilizers on corn output increase and economic benefits

活性有机肥用量 Active organic fertilizer(t/hm ²)	产量 Output (t/hm ²)	增产量 Output increase (t/hm ²)	边际产量 Marginal output (t/hm ²)	边际产值 Marginal output value (元/hm ²)	边际成本 Marginal cost (元/hm ²)	边际利润 Marginal profit (元/hm ²)
0.00	4.34fF	—	—	—	—	—
28.00	5.27eE	0.93	0.93	4185.00	2520.00	1665.00
56.00	6.07dD	1.73	0.80	3600.00	2520.00	1080.00
84.00	6.75cC	2.41	0.68	3060.00	2520.00	540.00
112.00	7.31abAB	2.97	0.56	2520.00	2520.00	0.00
140.00	7.67aA	3.33	0.36	1620.00	2520.00	-900.00

3 结 论

1) 随着固体活性有机肥施用量的增加,玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团粒结构、含

水量在增大,而容重在降低。

2) 固体活性有机肥施用量与玉米田有机质、碱解 N、速效 P、速效 K 和 EC 呈正相关;固体活性有机肥用量 140 t/hm² 时,土壤有机质、碱解 N、速效 P、速

效 K、EC 比 CK 分别增加 5.71 g/kg、16.40 mg/kg、3.26 mg/kg、6.91 mg/kg 和 1.97 mS/cm。

3) 随着固体活性有机肥施用量的增加,制种玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量、增产量在增加,但单位质量(1 kg)固体活性有机肥的增产量则随着固体活性有机肥施肥量的增加而递减。

4) 随着固体活性有机肥施用量的增加,边际产量、边际利润在递减,固体活性有机肥施用量在 112 t/hm²的基础上,再增加 28.00 t/hm²,收益出现负值。

5) 经回归统计分析,固体活性有机肥最佳施用量为 111.40 t/hm²时,制种玉米的理论产量为 7.28 t/hm²,计算结果与田间试验处理 5 基本吻合。

参考文献:

- [1] 佟屏亚.河西地区玉米制种基地考察报告[J].种子世界,2005(5):4-8.
- [2] 龙明杰,张宏伟,曾繁森.高聚物土壤结构改良剂的研究[J].土壤学报,2001,38(4):584-589.
- [3] 龙明杰,曾繁森.高聚物土壤改良剂研究进展[J].土壤通报,2000,31(5):199-202.
- [4] 巫东堂,王久志.土壤结构改良剂及其应用[J].土壤通报,1990,21(3):140-143.
- [5] 吴增芳.土壤结构改良剂[M].北京:科学出版社,1976:24-36.
- [6] W apace A, Nelson S D. 目前土壤结构改良剂研究的一些动向[J].土壤学进展,1987,15(5):63-64.
- [7] 孙文秀.土壤结构改良剂的改土效果及其使用的研究[J].干旱区研究,1988,(3):51-52.
- [8] 徐金印.几种土壤结构改良剂的制备及其效用[J].土壤学报,1984,21(3):320-322.
- [9] 王永志.土壤结构改良剂覆盖改土作用的研究[J].干旱区研究,1991,(2):48-56.
- [10] 秦嘉海,陈广全.糠醛渣混合基质在番茄无土栽培中的应用[J].中国蔬菜,1997,(4):13-15.
- [11] 秦嘉海,金自学,刘金荣.含钾有机废弃物糠醛渣改土培肥效应研究[J].土壤通报,2007,38(4):705-708.
- [12] 秦嘉海,吕彪.河西土壤与合理施肥[M].兰州:兰州大学出版社,2001:150-155.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:科学技术出版社,1978:110-218.
- [14] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析法[M].北京:科学出版社,1983:106-208.
- [15] 浙江农业大学.植物营养与肥料[M].北京:中国农业出版社,1988:268-269.
- [16] 龙明杰,张宏伟,曾繁森.高聚物土壤结构改良剂的研究[J].土壤学报,2001,38(4):584-589.
- [17] 秦嘉海,张春年.糠醛渣的改土增产效应[J].土壤通报,1994,25(5):237-238.
- [18] 汪德水.土壤结构改良剂的改土、保水、增产效果研究[J].土壤肥料,1990,(5):9-13.
- [19] 陈伦寿,李仁岗.农田施肥原理与实践[M].北京:中国农业出版社,1983:185-186.
- [20] 于秀林,任雪松.多元统计分析[M].北京:中国统计出版社,1999:166-170.
- [21] 陕西省农林学校.土壤肥科学[M].北京:中国农业出版社,1987:227-228.

Effect of solid active organic fertilizers on physicochemical properties and economic benefits of corn field in Hexi inland irrigation district

QIN Jia-hai¹, WANG Ai-qin², YAN Zhi-bin³, XIAO Zhan-wen¹, ZHAO Yun-chen¹,
ZHANG Hong-ju¹, ZHANG Chun-mei¹, CHENG Hong-yu¹, TIE Dan-dan¹

(1. Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China; 2. Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 731000, China; 3. Dunhuang Seed Company, Jiuquan, Gansu 735000, China)

Abstract: An experiment was conducted in the field with eight-year continuous corn planting in Xexi inland irrigation district of Gansu to study the relationship between the amount solid active organic fertilizer and physicochemical properties of corn field and economic benefits of corn production. The results show that: the best combination of solid active organic fertilizer is furfural residue: 45 t/hm², cow dung: 67.50 t/hm², bio-fertilizer: 0.06 t/hm², polyvinyl alcohol: 0.03 t/hm², water retention agent: 0.06 t/hm²; The amount solid active organic fertilizer was positively correlated with soil porosity, aggregate structure, water storage, content of organic matter, available phosphorus and potassium and EC, while it was negatively correlated with soil bulk density and pH; With the increase of solid active organic fertilizer, the corn yield increases, but the increasing amount resulting from per unit (1 kg) solid active organic fertilizer, declines along with the increase of the fertilizer, presenting the law of diminishing returns; On the basis of the amount of 112 t/hm² solid active organic fertilizer, additional 28.00 t/hm² fertilizer brings about negative profit margin; Through regression analysis, it is found that the best application rate of solid active organic fertilizer is 111.40 t/hm², when the theoretical corn yield is 7.28 t/hm².

Keywords: solid active organic fertilizer; corn field; physicochemical properties; corn; economic benefits