多功能改土剂配方筛选及对河西内陆灌区制种玉米田的改土培肥效应

李 栋[1,2], 闫治斌[3], 王 学[3], 马世军[3], 闫富海[3], 秦嘉海[3], 肖占文[1]

(1. 河西学院 农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000;
2. 金塔县农业技术推广中心, 甘肃 酒泉 735000; 3. 甘肃敦煌种业股份有限公司, 甘肃 酒泉 735000)

摘 要: [目的] 研究甘肃省河西内陆灌区多功能改土剂配方筛选及对制种玉米田改土培肥效应的影响, 为该区制种玉米产业可持续发展提供技术支撑。[方法] 选择甘肃省酒泉市连续种植制种玉米 15 a 基地, 采用田间试验方法, 开展了多功能改土剂配方筛选及对河西内陆灌区制种玉米田改土培肥效应的研究。[结果] 多功能改土剂最佳配方组合: 玉米专用肥、聚乙稀醇、有机废弃物组合肥、保水剂重量配比为 0.032 2∶0.001 4∶0.965 5∶0.000 9。不同剂量多功能改土剂施用量与制种玉米田孔隙度、团聚体、持水量、有机质和速效氮磷钾呈显著的正相关关系; 与容重、pH 值呈显著的负相关关系。施用多功能改土剂与传统化肥比较, 制种玉米田容重和 pH 值分别降低 6.88%和 5.10%; 总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度和团聚体分别增加 10.46%, 10.49%, 10.48%和 11.75%; 饱和持水量、毛管持水量和非毛管持水量分别增加 10.47%, 10.46%和 10.48%; 有机质、碱解氮、速效磷、速效钾和阳离子交换量(CEC)分别增加 9.03%, 1.11%, 4.12%, 3.82%和 32.03%; 真菌、细菌、放线菌和菌体总量分别增加 121.19%, 34.95%, 20.25%和 28.57%; 蔗糖酶、脲酶、磷酸酶和多酚氧化酶分别增加 44.74%, 44.73%, 38.46%和 62.50%。[结论] 施用多功能改土剂, 改善了制种玉米田理化性质和生物学性质, 提高了酶活性及持水量和制种玉米产量。

关键词: 多功能改土剂; 制种玉米田; 改土培肥

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2017)02-0089-07 **中图分类号**: S143.6

文献参数: 李栋, 闫治斌, 王学, 等. 多功能改土剂配方筛选及对河西内陆灌区制种玉米田的改土培肥效应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 89-95. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.012; Li Dong, Yan ZHibin, Wang Xue, et al. Determinations of Multi-functional Soil Ameliorant Formula and Agent Content, and the Effects of Fertility Improvement on Seed Corn Field in the Irrigated Area of Hexi Inland [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 89-95. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.012

Determinations of Multi-functional Soil Ameliorant Formula and Agent Content, and Effects of Fertility Improvement on Seed Corn Field in Irrigated Area of Hexi Inland

LI Dong, YAN Zhibin, WANG Xue, MA Shijum, YAN Fuhai, QIN Jiahai, XIAO Zhanwen

(1. *The Hexi Institute College of Agriculture and Biotechnology, Zhangye, Gansu* 734000, *China*; 2. *Jinta County Agricultural Technology Promotion Center, Jiuquan, Gansu* 735000, *China*; 3. *Gansu Dunhuang Seed Industry Co Ltd, Jiuquan, Gansu* 735000, *China*)

Abstract: [Objective] The selection of soil ameliorant formula and the effect on soil fertility of maize field in Hexi irrigated area in Gansu Province were studied to provide technical support for the sustainable development of corn industry in this area. [Methods] A field experiment was conducted in a field base that had been used successively for maize seed production in the past 15 years, to select multi-functional ameliorant formula and to determine the corresponding agent content that have good effects on soil fertility improvement. The field is located in Hexi inland irrigated area of Jiuquan City, Gansu Province. [Results] The multi-functional

收稿日期: 2016-07-11 **修回日期**: 2016-07-20

资助项目: 国家星火计划项目"敦玉系列玉米新品种制种及高效生产技术示范应用"(2015GA860001); 甘肃省重大科技专项计划项目(1602ZKDF021)

第一作者: 李栋(1964—), 男(汉族), 甘肃省金塔县人, 学士, 农艺师, 主要从事植物营养与施肥方面的研究。E-mail: qinjiahai123@163.com。

通讯作者: 肖占文(1966—), 男(汉族), 甘肃省金塔县人, 学士, 教授, 主要从事植物营养与施肥方面的研究。E-mail: qinjiahai123@163.com。

content of agent formula had the following best combination: corn fertilizer, poval, organic waste group and aquasorb weight ratio is 0.032 2∶0.001 4∶0.965 5∶0.000 9. Doses of the multi-function ameliorant and variables as seed corn field applying content of agent content, porosity, aggregate, water holding capacity, organic matter and available NPK, were significantly and positively correlated. It had significant and negative correlations with bulk density, pH value. As compared with traditional chemical fertilizer, application of multifunctional content of agent, seed corn field bulk density and pH value reduced 6.88% and 5.10% respectively; total porosity, capillary porosity, non-capillary porosity and aggregate increased by 10.46%, 10.49%, 10.48% and 11.75%; saturated water holding capacity, capillary water holding capacity and capillary moisture capacity respectively increased by 10.47%, 10.46% and 10.48%; organic matter, alkali-hydro nitrogen, available phosphorus and available potassium and cation exchange capacity(CEC) increased by 9.03%, 1.11%, 4.12%, 3.82% and 32.03%; fungi, bacteria, actinomyces and bacteria amount respectively increased by 121.19%, 34.95%, 20.25% and 28.57%; Sucrase, urease, phosphatase, and polyphenol oxidase respectively increased by 44.74%, 44.73%, 38.46% and 62.50%. [Conclusion] Application of multi-functional content of agent can improve seed corn field profiting from the improved physio-chemical and biological properties, and from the enhancement of soil enzyme activity and water holding capacity.

Keywords: multi-function content of agent; seed corn fields; content of fertilizer

甘肃省河西内陆灌区海拔1 400～1 650 m是杂交玉米制种的最佳区域。近年来,受经济利润的驱动,国内外玉米制种公司在河西内陆灌区建立了杂交玉米制种基地6.67×10^4～1.00×10^5 hm^2[1],制种玉米产业在农业增收,企业增效方面起到了积极的推动作用。经社会实践调查,在制种玉米产业发展过程中存在的突出问题是:由于制种玉米经济效益好,种植面积大,有机肥资源量匮乏,制种玉米产量的提高主要依赖于化肥的施用,长期施用化肥,团粒结构遭到破坏,导致土壤板结,通透性能差,贮水能力弱,制种玉米产量低而不稳[2]。因此,研究和开发集有机、营养、改土、保水为一体的多功能改土剂成为改土剂研发的关键所在。近年来,有关改土剂研究受到了广泛关注,20世纪美国首先开发了商品名为Kriluim的高分子土壤结构改良剂,之后人们对水解聚丙烯睛、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、沥青乳剂及多种共聚物进行了较为深入的研究,其中聚乙烯醇是目前应用较多的土壤结构改良剂之一[3]。80年代人工合成高聚物土壤改良剂达到研究和应用高潮,技术领先国家包括美国、前苏联、比利时等,其中以比利时的TC改良剂[4]和印度的Agri-CS改良剂最为成功。1982年,中国农牧渔业部从比利时引进聚丙烯酰胺和沥青乳剂,应用于渠道防渗、盐渍土改良、造林、种草、防止水土流失、旱地增温、保墒等方面[5]。近年来商品化土壤改良剂在中国的种类和数量均呈增加趋势,获得国家行政审批的土壤改良剂产品达到40多个,这些土壤改良剂产品的主要功能包括改良土壤结构、降低土壤盐碱危害、调节土壤酸碱度、改善土壤水分状况或修复污染土壤等。本文针对甘肃省河西内陆灌区制种玉米田存在的上述问题,选择玉米专用肥、聚乙稀醇、有机废弃物组合肥、保水剂为原料[6-7],采用正交试验方法确定原料最佳配合比例,合成多功能改土剂,为河西内陆灌区制种玉米产业可持续发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验地概况 试验于2011—2015年在甘肃省酒泉市东洞乡旧沟村三社连续种植制种玉米15 a的基地上进行,试验地海拔高度为1 605 m,99°38′63″E,38°29′33″N,年均温7.0 ℃,年均降水量81 mm,年均蒸发量2 400 mm,无霜期150 d,土壤类型是耕种棕漠土[8],0—20 cm耕作层含有机质含量13.43 g/kg,碱解氮34.27 mg/kg,速效磷6.14 mg/kg,速效钾126.57 mg/kg,pH值8.43,全盐1.83 g/kg,土壤质地为轻壤质土,前茬作物是制种玉米。

1.1.2 试验材料 尿素,含N 46%,兰州刘家峡化工有限公司;磷酸二铵,含N 18%,P_2O_5 46%,北京利奇世纪化工商贸有限公司产品;硫酸钾,含K_2O 50%,兰州刘家峡化工有限公司;硫酸锌,含Zn 23%,新疆先科农资有限公司产品;糠醛渣,含有机质650～700 g/kg,腐殖酸11.63%,全氮0.61%,全磷0.36%,全钾1.18%,pH值为2.1,粒径1～2 mm,甘肃共享化工有限公司产品;腐熟牛粪,含有机质140～160 g/kg,全氮0.32%,全磷0.25%,全钾0.16%,粒径1～2 mm,张掖市甘州区长安乡前进二社奶牛养殖场产品;生物菌肥有效活菌数≥2.0×10^9个/g,山东大地生物科技有限公司产品;聚乙稀醇,粒径0.05～2 mm,甘肃兰维新材料有限公司产品;保

水剂,吸水倍率 645 g/g,粒径 1～2 mm,甘肃民乐福民精细化工有限公司生产;玉米专用肥(自主研发),将尿素、磷酸二铵、硫酸锌重量比按 0.640 0∶0.320 0∶0.040 0 混合,含 N 35.20%,含 P_2O_5 14.72%,Zn 0.92%;有机废弃物组合肥(自主研发),将糠醛渣、腐熟牛粪、生物菌肥重量比按 0.60∶0.38∶0.02 混合,含有机质 49.80%,N 0.46%,P_2O_5 0.29%,K_2O 0.76%;玉米专用肥(自主研发),将玉米专用肥、聚乙稀醇、有机废弃物组合肥、保水剂重量比按 0.032 2∶0.001 4∶0.965 5∶0.000 9 混合,含有机质 48.09%,N 1.57%,含 P_2O_5 0.75%,Zn 0.03%;玉米品系为敦玉 328,由甘肃省敦煌种业股份有限公司选育。

1.2　试验方法

1.2.1　*糠醛渣改性*　在 1 000 kg 糠醛渣中,分别加入尿素 5.4 kg,石灰粉 35 kg,加水使其含水量达到 60%～65%,将糠醛渣 C/N 调整为 25∶1,pH 值调整为 6.50～6.80,堆置并覆盖塑料棚膜,每平方米塑料棚膜开直径 3～5 cm 的小孔 2～3 个,堆置发酵 60 d 后,在阴凉干燥处风干 15 d,含水量小于 5%时,全部过 5 mm 筛,经室内测定,改性后的糠醛渣含有机碳 14.14%～15.23%,全氮 0.57%～0.61%。

1.2.2　*试验处理*

(1) 试验 1。多功能改土剂配方筛选。2011 年 4 月 26 日选择玉米专用肥、聚乙稀醇、有机废弃物组合肥、保水剂为 4 种原料,每种原料设计 3 个梯度施用量,按正交表 $L_9(3^4)$ 设计 9 个处理[9],采用表 1 中括号内的用量制成 9 种多功能改土剂。每个试验小区单独收获,将田间试验小区产量折合为 hm^2 产量,采用正交试验分析方法,计算出各因素不同梯度施用量的 T 值和原料间效应值(R),确定原料间最佳组合,组成多功能改土剂配方。

表 1　$L_9(3^4)$正交试验设计

试验处理	玉米专用肥 A	聚乙稀醇 B	有机废弃物组合肥 C	保水剂 D
1=$A_1B_1C_1D_3$	(0.75)1	(0.05)1	(22.50)1	(0.09)3
2=$A_1B_2C_2D_2$	(0.75)1	(0.10)2	(45.00)2	(0.06)2
3=$A_1B_3C_3D_1$	(0.75)1	(0.15)3	(67.50)3	(0.03)1
4=$A_2B_1C_2D_3$	(1.50)2	(0.05)1	(45.00)2	(0.09)3
5=$A_2B_2C_3D_2$	(1.50)2	(0.10)2	(67.50)3	(0.06)2
6=$A_2B_3C_1D_1$	(1.50)2	(0.15)3	(22.50)1	(0.03)1
7=$A_3B_1C_3D_3$	(2.25)3	(0.05)1	(67.50)3	(0.09)3
8=$A_3B_2C_1D_2$	(2.25)3	(0.10)2	(22.50)1	(0.06)2
9=$A_3B_3C_2D_1$	(2.25)3	(0.15)3	(45.00)2	(0.03)1

注:括号内数据为试验数据(t/hm^2);括号外数据为正交试验编码值。下同。

(2) 试验 2。不同剂量多功能改土剂对制种玉米田理化性质影响的研究。2012 年 4 月 26 日至 2013 年 4 月 26 日,按照试验一筛选的多功能改土剂配方比例,将玉米专用肥、聚乙稀醇、有机废弃物组合肥、保水剂风干重量比按 0.032 2∶0.001 4∶0.965 5∶0.000 9 混合,得到多功能改土剂产品,经室内化验分析,含有机质 48.09%,N 1.57%,P_2O_5 0.75%,Zn 0.03%。将合成的多功能改土剂施用量梯度设计为 0.00(CK),14,28,42,56,70,84 t/hm^2 共 7 个处理,以处理 1 为 CK,每个处理重复 3 次,随机区组排列。

(3) 试验 3。多功能改土剂与传统化肥对制种玉米田理化性质影响的研究。2014 年 4 月 26 日至 2015 年 4 月 26 日,在纯 N 和 P_2O_5 投入量相等的条件下(纯 N 0.44 t/hm^2+P_2O_5 为 0.21 t/hm^2),试验共设计 3 个处理,处理 1,对照(不施任何肥料);处理 2,传统化肥,尿素施用量 0.78 t/hm^2+磷酸二铵施用量 0.46 t/hm^2;处理 3,多功能改土剂施用量 28 t/hm^2。每个处理重复 3 次,随机区组排列。

1.2.3　*种植方法*　试验小区面积 40 m^2,(10 m×4 m),播种时间为 2011—2015 年每年的 4 月 26 日,播种深度 4～5 cm,母本株距 22 cm,父母本行距 50 cm,父母本行比 1∶6,磷酸二铵、多功能改土剂在播种前施入 0—20 cm 耕作层做肥底,尿素分别在玉米拔节期、大喇叭口期和开花期结合灌水追施,追肥方法为穴施,在玉米拔节期、大喇叭口期、开花期、灌浆期、乳熟期各灌水 1 次,每个小区灌水量相等,其它与常规制种方法相同。

1.2.4　*测定指标与方法*　每个试验小区单独收获,将小区产量折合成 hm^2 产量进行统计分析。玉米收获后,分别在试验小区内按对角线布置 5 个采样点,采集 0—20 cm 耕作层土样 5 kg,用四分法带回 1 kg 混合土样,风干后过1 mm筛供室内化验分析,其中土壤容重、土壤团聚体用环刀采集原状土,未进行风干。土壤容重采用环刀法测定;土壤总孔隙度采用计算法求得;>0.25 mm 团聚体采用干筛法测定;有机质采用重铬酸钾氧化—外加热法测定;碱解氮采用扩散法测定;速效磷采用 $NaHCO_3$ 浸提—钼锑抗比色法测定;速效钾采用 NH_4OAc_3 浸提—火焰光度法测定;pH 采用 5∶1 水土比浸提,用 pH-2 F 数字 pH 计测定[10]。微生物数量采用稀释平板法测定;脲酶测定采用靛酚比色法测定;蔗糖酶测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定;磷酸酶测定采用磷酸苯二钠比色法测定;多酚氧化酶测定采用碘量滴定法测定[11];饱和持水量按公式(饱和持水量=面积×总孔隙度×土层深度)求得。

1.2.5 数据处理方法 测试数据采用DPSS 10.0统计软件分析，差异显著性采用多重比较，LSR检验法。

2 结果与分析

2.1 多功能改土剂配方筛选

2011年9月26日玉米收获后测定数据可以看出，不同原料间的效应(R)表现为：A>B>D>C，说明影响玉米产量的原料依次为：玉米专用肥(R=3.62)>聚乙稀醇(R=3.55)>保水剂(R=2.55)>有机废弃物组合肥(R=1.01)。比较各原料不同梯度施用量的T值表现为：$T_{A3}>T_{A2}>T_{A1}$，说明随着玉米专用肥施用量梯度的增加，玉米产量在增加，玉米专用肥适宜用量一般为2.25 t/hm^2；$T_{B2}>T_{B3}>T_{B1}$，说明玉米产量随着聚乙稀醇施用量梯度的增大而增加，当聚乙稀醇施用量超过0.10 t/hm^2，玉米产量又随聚乙稀醇施用量的增大而降低；$T_{C3}>T_{C1}$和T_{C2}，说明随着有机废弃物组合肥施用量梯度的增加，玉米产量在增加，有机废弃物组合肥适宜用量一般为67.50 t/hm^2；$T_{D2}>T_{D1}$和T_{D3}，说明玉米产量随保水剂施用量梯度的增大而增加，当保水剂施用量超过0.06 t/hm^2，玉米产量又随保水剂施用量梯度的增大而降低。

从各因素的T值可以看出，多功能改土剂因素间最佳组合比例为：A_3(玉米专用肥2.25 t/hm^2)：B_2(聚乙稀醇0.10 t/hm^2)：C_3(有机废弃物组合肥67.50 t/hm^2)：D_2(保水剂0.06 t/hm^2)。将玉米专用肥、聚乙稀醇、有机废弃物组合肥、保水剂重量比按0.032 2∶0.001 4∶0.965 5∶0.000 9混合，得到多功能改土剂产品(表2)。

表2 $L_9(3^4)$正交试验分析结果

试验处理	玉米专用肥A	聚乙稀醇B	有机废弃物组合肥C	保水剂D	产量(t/hm^2)
1=$A_1B_1C_1D_3$	(0.75)1	(0.05)1	(22.50)1	(0.09)3	4.55^{dC}
2=$A_1B_2C_2D_2$	(0.75)1	(0.10)2	(45.00)2	(0.06)2	5.82^{bB}
3=$A_1B_3C_3D_1$	(0.75)1	(0.15)3	(67.50)3	(0.03)1	4.93^{c}
4=$A_2B_1C_2D_3$	(1.50)2	(0.05)1	(45.00)2	(0.09)3	5.46^{bB}
5=$A_2B_2C_3D_2$	(1.50)2	(0.10)2	(67.50)3	(0.06)2	6.72^{aA}
6=$A_2B_3C_1D_1$	(1.50)2	(0.15)3	(22.50)1	(0.03)1	6.37^{aA}
7=$A_3B_1C_3D_3$	(2.25)3	(0.05)1	(67.50)3	(0.09)3	6.51^{aA}
8=$A_3B_2C_1D_2$	(2.25)3	(0.10)2	(22.50)1	(0.06)2	6.53^{aA}
9=$A_3B_3C_2D_1$	(2.25)3	(0.15)3	(45.00)2	(0.03)1	5.87^{bB}
T_1	15.30	15.52	17.45	17.17	52.76
T_2	18.55	19.07	17.15	19.07	
T_3	18.92	17.17	18.16	16.52	
R	3.62	3.55	1.01	2.55	

注：同列不同大写字母为$LSR_{0.01}$显著差异水平；不同小写字母为$LSR_{0.05}$显著差异水平。下同。

2.2 不同剂量多功能改土剂对制种玉米田物理性质及持水量的影响

2.2.1 对容重的影响 连续定点试验2 a后，于2013年9月26日玉米收获后测定数据可知，随着多功能改土剂施用量梯度的增加，制种玉米田容重下降。多功能改土剂施用量84 t /hm^{2}容重最小，平均为1.42 g/cm^3，CK容重最大，平均为1.51 g/cm^3，多功能改土剂施用量84 t/hm^2，与CK比较，容重降低5.96%，差异极显著($p<0.01$)。经相关分析可知，多功能改土剂与制种玉米田容重之间呈显著的负相关关系，相关系数(R)为−0.987 7(表3)。

2.2.2 对孔隙度的影响 由表3可知，多功能改土剂施用量与制种玉米田总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度之间呈显著的正相关关系，相关系数(R)分别为0.987 3、9 712和0.986 9。多功能改土剂施用量84/hm^2，与CK比较，总孔隙度和毛管孔隙度分别增加7.88%和10.19%，差异极显著($p<0.01$)；非毛管孔隙度增加5.60%，差异显著($p<0.05$)(表3)。

2.2.3 对团聚体的影响 由表3可知，多功能改土剂施用量与团聚体之间呈显著的正相关关系，相关系数(R)为0.932 6。多功能改土剂施用量84 t/hm^{2}团聚体最大，平均为39.98%，与CK比较，团聚体增加10.17%，差异极显著($p<0.01$)(表3)。

2.2.4 对持水量的影响 由表3可知，多功能改土剂施用量与制种玉米田饱和持水量、毛管持水量和非毛管持水量之间呈显著的正相关关系，相关系数(R)分别为0.985 7，0.971 2，0.986 9。多功能改土剂施用量84 t/hm^2，与CK比较，饱和持水量和毛管持水量分别增加7.88%和10.19%，差异极显著($p<0.01$)；非毛管持水量增加5.60%，差异显著($p<0.05$)(表3)。

表 3　不同剂量多功能改土剂对制种玉米田物理性质和持水量的影响

施用量/(t·hm^{-2})	容重/(g·cm^{-3})	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	>0.25 mm团聚体/%	饱和持水量/(t·hm^{-2})	毛管持水量/(t·hm^{-2})	非毛管持水量/(t·hm^{-2})
0	1.51^{aA}	43.02^{fD}	21.59^{eC}	21.43^{bA}	36.29^{dB}	860.40^{fD}	431.80^{eC}	428.60^{bA}
14	1.49^{bB}	43.78^{fD}	22.13^{bB}	21.65^{bA}	37.12^{cB}	875.60^{fD}	442.60^{bB}	433.00^{bA}
28	1.48^{bB}	44.15^{eC}	22.35^{bB}	21.80^{bA}	38.34^{bB}	883.00^{eC}	447.00^{bB}	436.00^{bA}
42	1.46^{cC}	44.91^{eC}	22.99^{bB}	21.92^{bA}	38.42^{bB}	898.20^{eC}	459.80^{bB}	438.40^{bA}
56	1.44^{dD}	45.66^{bB}	23.40^{aA}	22.26^{aA}	38.49^{aB}	913.20^{bB}	468.00^{aA}	445.20^{aA}
70	1.43^{dE}	46.04^{aA}	23.67^{aA}	22.37^{aA}	39.76^{aA}	920.80^{aA}	473.40^{aA}	447.40^{aA}
84	1.42^{dE}	46.41^{aA}	23.79^{aA}	22.63^{aA}	39.98^{aA}	928.20^{aA}	475.80^{aA}	452.60^{aA}

2.3　不同剂量多功能改土剂对制种玉米田化学性质及有机质和速效氮磷钾的影响

2.3.1　*对 pH 值的影响*　由表 4 可知,随着多功能改土剂施用量梯度的增加,制种玉米田 pH 值在降低,多功能改土剂施用量 84 t/hm^2 pH 值最小,平均为 8.31;CK 的 pH 值最大,平均为 8.43,多功能改土剂施用量 84 t/hm^2,与 CK 比较,pH 值降低 1.42%,差异显著($p<0.05$)。经相关分析可知,多功能改土剂与制种玉米田 pH 值之间呈显著的负相关关系,相关系数(R)为−0.993 2(表 4)。

表 4　不同剂量多功能改土剂对制种玉米田 pH 及有机质和速效养分的影响

施用量/(t·hm^{-2})	pH 值	有机质/(g·kg^{-1})	碱解氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})
0(CK)	8.43^{aA}	13.45^{dB}	34.27^{eC}	6.14^{gB}	126.57^{fC}
14	8.40^{aA}	14.03^{cA}	36.85^{dB}	6.45^{fB}	132.21^{eB}
28	8.39^{bA}	14.29^{cA}	38.39^{cA}	6.67^{eB}	133.56^{eB}
42	8.37^{cA}	14.44^{cA}	39.58^{cA}	6.95^{dB}	136.29^{dB}
56	8.35^{dA}	14.73^{bA}	40.79^{cA}	7.19^{cA}	139.07^{cB}
70	8.33^{eA}	14.75^{bA}	42.49^{bA}	7.38^{bA}	140.48^{bA}
84	8.31^{fA}	14.93^{aA}	44.27^{aA}	7.61^{aA}	142.58^{aA}

2.3.2　*对有机质的影响*　由表 4 可知,随着多功能改土剂施用量梯度的增加,制种玉米田有机质在增加,多功能改土剂施用量 84 t/hm^2 时,有机质含量最大,平均为 14.93 g/kg,CK 有机质含量最小,平均为 13.45 g/kg,多功能改土剂施用量 84 t /hm^2,与 CK 比较,有机质增加 11.00%,差异极显著($p<0.01$)。经相关分析看出,多功能改土剂施用量与有机质之间呈显著的正相关关系,相关系数(R)为 0.914 0(表 4)。

2.3.3　*对速效氮磷钾的影响*　由表 4 可知,多功能改土剂施用量与制种玉米田碱解氮、速效磷和速效钾之间呈显著的正相关关系,相关系数(R)分别为 0.988 0,0.996 1 和 0.964 3。多功能改土剂施用量 84 t/hm^2,与 CK 比较,碱解氮、速效磷和速效钾分别增加29.18%、23.93%和 12.65%,差异极显著($p<0.01$)(表 4)。

2.4　多功能改土剂与传统化肥对制种玉米田物理性质和持水量的影响

连续定点试验 2 a 后,于 2015 年 9 月 26 日玉米收获后采集耕作层 0—20 cm 土样测定结果可知,不同处理制种玉米田容重由大到小的变化顺序依次为:对照>传统化肥>多功能改土剂。施用多功能改土剂与传统化肥和对照比较,容重分别降低 6.88%和 7.45%,差异极显著($p<0.01$);施用传统化肥与对照比较,容重降低 0.62%,差异不显著($p>0.05$)(表 5)。不同处理制种玉米田孔隙度、团聚体和持水量由大到小的变化顺序依次为:多功能改土剂>传统化肥>对照。施用多功能改土剂与传统化肥和对照比较,总孔隙度分别增加 10.46%和 11.49%,毛管孔隙度分别增加 10.49%和 11.49%,非毛管孔隙度分别增加 10.48%和 11.55%;团聚体分别增加 11.75%和 12.03%;饱和持水量分别增加10.47%和 11.52%,毛管持水量分别增加 10.46%和 11.49%,非毛管持水量分别增加了 10.48%和11.55%,差异极显著($p<0.01$)。施用传统化肥与对照比较,总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度分别增加 0.93%,0.93%和 0.96%;团聚体、饱和持水量、毛管持水量和非毛管持水量分别增加 0.24%,0.94%,0.93%和 0.96%,差异不显著($p>0.05$)(表 5)。

表 5　多功能改土剂与传统化肥对制种玉米田物理性质和持水量的影响

试验处理	容重/(g·cm^{-3})	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	>0.25 mm团聚体/%	饱和持水量/(t·hm^{-2})	毛管持水量/(t·hm^{-2})	非毛管持水量/(t·hm^{-2})
对照 CK	1.61^{aA}	39.25^{bB}	21.59^{bB}	17.66^{bB}	33.27^{bB}	785.00^{bB}	431.80^{bB}	353.20^{bB}
传统化肥	1.60^{aA}	39.62^{bB}	21.79^{bB}	17.83^{bB}	33.35^{bB}	792.40^{bB}	435.80^{bB}	356.60^{bB}
多功能改土剂	1.49^{bB}	43.77^{aA}	24.07^{aA}	19.70^{aA}	37.27^{aA}	875.40^{aA}	481.40^{aA}	394.00^{aA}

2.5 多功能改土剂与传统化肥对制种玉米田化学性质及有机质和速效氮磷钾的影响

由表6可知,不同处理制种玉米田pH值由大到小的变化顺序依次为:对照>传统化肥>多功能改土剂。施用多功能改土剂与传统化肥和对照比较,pH值分别降低5.10%和5.22%,差异显著($p<0.05$);传统化肥与对照比较,pH值降低0.21%,差异不显著($p>0.05$)。不同处理制种玉米田有机质、速效氮磷钾和土壤阳离子交换量(CEC)由大到小的变化顺序依次为:多功能改土剂>传统化肥>对照。施用多功能改土剂与传统化肥和对照比较,有机质分别增加9.03%和9.20%,差异极显著($p<0.01$);施用传统化肥与对照比较,有机质增加0.15%,差异不显著($p>0.05$)。施用多功能改土剂与传统化肥比较,碱解氮增加1.11%,差异不显著($p>0.05$),施用多功能改土剂和施用传统化肥与对照比较,碱解氮分别增加32.28%和30.83%,差异极显著($p<0.01$)。施用多功能改土剂与传统化肥比较,速效磷增加4.12%,差异显著($p<0.05$),施用多功能改土剂和施用传统化肥与对照比较,速效磷分别增加15.22%和10.65%,差异极显著($p<0.01$)。施用多功能改土剂与传统化肥和对照比较,速效钾分别增加3.82%和4.05%,差异显著($p<0.05$),施用传统化肥与对照比较,速效钾增加0.12%,差异不显著($p>0.05$)。施用多功能改土剂与传统化肥和对照比较,CEC分别增加32.21%和32.36%,差异极显著($p<0.01$);.施用传统化肥与对照比较,CEC增加0.11%,差异不显著($p>0.05$)(表6)。

表6 多功能改土剂与传统化肥对对制种玉米田化学性质及有机质和速效氮磷钾的影响

试验处理	有机质/(g·kg^{-1})	碱解氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})	pH值	CEC/(cmol·kg^{-1})
对照(CK)	13.59^{bB}	30.17^{bB}	5.91^{bB}	128.74^{bA}	8.24^{aA}	18.39^{bB}
传统化肥	13.61^{bB}	39.47^{aA}	6.54^{bA}	129.02^{bA}	8.23^{aA}	18.41^{bB}
多功能改土剂	14.84^{aA}	39.91^{aA}	6.81^{aA}	133.95^{aA}	7.81^{bA}	24.34^{aA}

2.6 多功能改土剂与传统化肥对土壤微生物和酶活性的影响

由表7可知,不同处理制种玉米田微生物和酶活性由大到小的变化顺序依次为:多功能改土剂>传统化肥>对照。施用多功能改土剂与传统化肥比较,真菌、细菌、放线菌和菌体总量分别增加121.19%,34.95%,20.25%和28.57%,差异极显著($p<0.01$);施用多功能改土剂与对照比较,真菌、细菌、放线菌和菌体总量分别增加125.00%,36.27%,23.38%和30.72%,差异极显著($p<0.01$)。施用传统化肥与对照比较,真菌、细菌、放线菌和菌体总量分别增加1.72%,0.98%,2.60%和1.670%,差异不显著($p>0.05$)(表7)。施用多功能改土剂与传统化肥比较,蔗糖酶、脲酶、磷酸酶和多酚氧化酶分别增加44.74%,44.73%,38.46%和62.50%,差异极显著($p<0.01$);施用多功能改土剂与对照比较,蔗糖酶、脲酶、磷酸酶和多酚氧化酶分别增加63.08%,70.10%,71.43%和67.14%,差异极显著($p<0.01$)。施用传统化肥与对照比较,脲酶和磷酸酶分别增加17.53%和23.81%,差异显著($p<0.05$);蔗糖酶和多酚氧化酶分别增加0.72%和2.85%,差异不显著($p>0.05$)(表7)。

表7 多功能改土剂与传统化肥对制种玉米田微生物和酶活性的影响

试验处理	真菌量/(10^4·g^{-1})	细菌量/(10^7·g^{-1})	放线菌量/(10^7·g^{-1})	菌体总量量/(10^7·g^{-1})	蔗糖酶量/(mg·g^{-1}·d^{-1})	脲酶量/(mg·kg^{-1}·h^{-1})	磷酸酶量/(g·kg^{-1}·d^{-1})	多酚氧化酶量/(ml·g^{-1})
对照(CK)	1.16^{bB}	1.02^{bB}	0.77^{bB}	1.79^{bB}	2.79^{bB}	0.97^{cC}	0.21^{cC}	0.70^{bB}
传统化肥	1.18^{bB}	1.03^{bB}	0.79^{bB}	1.82^{bB}	2.81^{bB}	1.14^{bB}	0.26^{bB}	0.72^{bB}
多功能改土剂	2.61^{aA}	1.39^{aA}	0.95^{aA}	2.34^{aA}	4.55^{aA}	1.65^{aA}	0.36^{aA}	1.17^{aA}

3 讨论与结论

3.1 讨 论

随着多功能改土剂施用量梯度的增加,土壤容重降低,总孔隙度增大,究其原因是多功能改土剂中的糠醛渣和腐熟牛粪含有丰富的有机质,施用多功能改土剂后使板结的土壤疏松了,因而增大了孔隙度,降低了容重。制种玉米田施用多功能改土剂后团聚体在增加,究其原因是多功能改土剂中的聚乙烯醇是一种高分子聚合物,具有良好的黏结作用,与土粒黏合后可以形成团聚体[12-17]。随着多功能改土剂施用量梯度的增加,土壤持水量在增加,分析这一结果产生

的原因是多功能改土剂中的保水剂是一类高分子保水剂,这类物质分子结构交联成网络,本身不溶于水,却能在 10 min 内吸附超过自身重量 100～1 400 倍的水分,体积大幅度膨胀后形成饱和吸附水球,吸水倍率很大,在提高土壤持水性能方面具有重要的作用[18]。随着多功能改土剂施用量梯度的增加,制种玉米田有机质在增加,究其原因是多功能改土剂中的糠醛渣和腐熟牛粪含有丰富的有机质,因而提高了土壤有机质含量。随着多功能改土剂施用量梯度的增加,制种玉米田碱解氮、速效磷、速效钾在增加,究其原因是多功能改土剂含有氮磷钾,因而提高了土壤速效养分含量。随着多功能改土剂施用量梯度的增加,土壤 pH 值在下降,其原因是多功能改土剂中的糠醛渣是一种酸性废弃物,因而降低了土壤酸碱度。

3.2　结 论

多功能改土剂施用量与制种玉米田孔隙度、团聚体、持水量、有机质和速效氮磷钾呈显著的正相关关系,与容重、pH 值呈显著的负相关关系。施用多功能改土剂与传统化肥比较,玉米制种田容重和 pH 值分别降低 6.88%和 5.10%;总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度和团聚体分别增加 10.46%,10.49%,10.48%和 11.75%;饱和持水量、毛管持水量和非毛管持水量分别增加 10.47%,10.46%和10.48%;有机质、碱解氮、速效磷、速效钾和 CEC 分别增加 9.03%,1.11%,4.12%,3.82%和 32.03%;真菌、细菌、放线菌和菌体总量分别增加 121.19%,34.95%,20.25%和 28.57%;蔗糖酶、脲酶、磷酸酶和多酚氧化酶分别增加 44.74%,44.73%,38.46%和62.50%。在甘肃省河西内陆灌区的制种玉米田上施用多功能改土剂,改善了土壤理化性质和生物学性质,提高了土壤酶活性和持水量。

[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] 侯格平,吴子孝,索东让.张掖市玉米制种连作种植的不利影响与措施[J].中国种业,2012(1):31-32.

[3] 韩小霞.土壤结构改良剂研究综述[J].安徽农学通报,2009,15(19):110-112.

[4] 蔡典雄,张志田,张镜清,等.土壤改良剂在北方旱地上的使用效果初报[J].土壤肥料,1996(4):34-36.

[5] 孙蓟锋,王旭.土壤改良剂的研究和应用进展[J].中国土壤肥料,2013(1):1-7.

[6] 黄占斌,万惠娥,邓西平,等.保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):52-55.

[7] 黄占斌,辛小桂,宁荣昌,等.保水剂在农业生产中的应用与发展趋势研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):11-14.

[8] 秦嘉海,吕彪.河西土壤与合理施肥[M].甘肃 兰州:兰州大学出版社,2001:150-155.

[9] 明道绪.田间试验与统计分析[M].北京:科学出版社,2014:185-188.

[10] 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.

[11] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.

[12] 周虎,吕贻忠,杨志臣,等.保护性耕作对华北平原土壤团聚体特征的影响[J].中国农业科学,2007,40(9):1973-1979.

[13] 张琪,方海兰,史志华,等.侵蚀条件下土壤性质对团聚体稳定性影响的研究进展[J].林业科学,2007,43(10):77-82.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 吴增芳.土壤结构改良剂[M].北京:科学出版社,1976:24-36.

[17] 孙云秀,张奇珠.土壤结构改良剂的改土效果及其使用的研究[J].干旱地区研究,1988(3):51-52.

[18] 谢伯承,薛绪掌,王纪华,等.保水剂对土壤持水性状的影响[J].水土保持通报,2003,23(6):44-46.