

功能性肥料对制种玉米田物理性质和微生物数量的影响及最佳施肥量的研究^①

马世军^{1,2}, 闫治斌^{1,2}, 秦嘉海^{1,4*}, 王爱勤³, 肖占文^{1,4}, 赵芸晨^{1,4}

(1 河西学院农业与生物技术学院, 甘肃张掖 734000; 2 甘肃省敦煌种业股份有限公司, 甘肃酒泉 735000; 3 中国科学院兰州化学物理研究所, 兰州 731000; 4 甘肃高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室, 甘肃张掖 734000)

摘要:在甘肃河西内陆灌区的灌漠土上, 采用田间试验方法, 研究了功能性肥料对制种玉米田物理性质、微生物数量的影响及最佳施肥量。结果表明: 影响玉米产量的因素由大到小依次为: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 > (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 >$ 抗重茬剂和聚乙烯醇。因素间最佳组合是: $\text{A}_3\text{B}_2\text{C}_1\text{D}_1$ (即抗重茬剂 $30 \text{ kg}/\text{hm}^2$, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ $350 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 聚乙烯醇 $30 \text{ kg}/\text{hm}^2$)。功能性肥料施用量与制种玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体、微生物数量呈线性正相关关系, 与制种玉米田体积质量呈线性负相关关系。随着功能性肥料施用量梯度的增加, 玉米边际产量、边际利润在递减, 功能性肥料施用量在 $1350 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 的基础上, 再增加 $337.50 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 收益出现负值。经回归统计分析, 功能性肥料施用量与玉米产量间的肥料效应回归方程是: $y = 3782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$, 功能性肥料经济效益最佳施肥量(x_0)为 $1350.01 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 玉米理论产量(y)为 $6700.99 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 计算结果与最佳施用量试验处理 5 相吻合。

关键词:功能性肥料; 配方筛选; 灌漠土; 最佳施肥量

中图分类号: S143.6

甘肃河西内陆灌区光照时间长, 气候干燥, 天然隔离条件好, 是国内杂交玉米种子制种和储藏的理想场所, 近 10 年来, 建立了玉米制种生产基地 10 万 hm^2 ^[1]。目前存在的主要问题是: 市场上流通的复合肥有效成分和比例不符合本区制种玉米田养分现状和玉米对养分的吸收比例, 且不具备改土、抗重茬功效, 导致土壤板结, 制种玉米品质和产量下降。因此, 研究和开发集营养、改土、抗重茬为一体的功能性肥料成为复合肥研发的关键所在。针对上述存在的问题, 应用作物营养平衡施肥理论和改土培肥理论, 以土壤结构改良剂——聚乙烯醇^[2-4]、抗重茬剂、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 为 4 种原料, 采用正交试验方法确定功能性肥料原料最佳比例, 并进行田间验证试验, 以便对功能性肥料的合理施用做出科学的评价。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验地概况 试验于 2008—2011 年在甘肃

省张掖市甘州区甘俊镇高家庄村四社连作 8 年的制种玉米田上进行, 海拔高度 1495 m , 年均温度 6.80°C , 年均降水量 116 mm , 年均蒸发量 1900 mm , 无霜期 160 天。土壤类型是灌漠土^[5], $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层含有机质 $12.35 \text{ g}/\text{kg}$, 碱解氮 $96.43 \text{ mg}/\text{kg}$, 速效磷 $12.65 \text{ mg}/\text{kg}$, 速效钾 $165.54 \text{ mg}/\text{kg}$, pH 7.73。

1.1.2 试验材料 聚乙烯醇, 分子质量 $5500 \sim 7500$, pH $6.0 \sim 8.0$, 黏度 $12 \sim 16$, 粒径 0.05 mm , 系甘肃兰维新材料有限公司产品; 抗重茬剂, 有效活菌数 ≥ 20 亿个/g, 系华远丰农生物科技有限公司产品; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 含 N $460 \text{ g}/\text{kg}$; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 含 N $180 \text{ g}/\text{kg}$, P_2O_5 $460 \text{ g}/\text{kg}$ 。参试作物为玉米, 品系为郑单 958(郑 58×昌 7-2)。

1.2 方法

1.2.1 试验处理 试验一: 功能性肥料配方比例的确定。2008 年 4 月 22 日, 选择抗重茬剂、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 、聚乙烯醇为 4 个因素, 每个因素设计 3 个水平, 按正交表 $L_9(3^4)$ 设计 9 个处理(表 1), 按表 1

基金项目: 科技部国家“十二五”支撑计划项目(2011BAD35B10), 甘肃科技支甘项目(1011JKCF180)和甘肃高等学校 2010 年研究生导师科研项目(1009B-05)资助。

* 通讯作者(qinjahai123@163.com)

作者简介: 马世军(1973—), 男, 甘肃酒泉人, 农艺师, 主要从事新型肥料合成与开发研究。E-mail: qinjahai123@163.com

表 1 $L_9(3^4)$ 正交试验设计表
Table 1 $L_9(3^4)$ orthogonal design table

试验处理	A (抗重茬剂)	B ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	C ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)	D (聚乙烯醇)
$A_1B_1C_2D_3$	1(10)	1(300)	2(700)	3(90)
$A_2B_3C_1D_2$	2(20)	3(900)	1(350)	2(60)
$A_3B_2C_3D_1$	3(30)	2(600)	3(1050)	1(30)
$A_1B_2C_1D_3$	1(10)	2(600)	1(350)	3(90)
$A_2B_3C_3D_2$	2(20)	3(900)	3(1050)	2(60)
$A_3B_1C_2D_1$	3(30)	1(300)	2(700)	1(30)
$A_1B_3C_3D_3$	1(10)	3(900)	3(1050)	3(90)
$A_2B_1C_2D_2$	2(20)	1(300)	2(700)	2(60)
$A_3B_2C_1D_1$	3(30)	2(600)	1(350)	1(30)

注：括号内数据为试验处理数据(kg/hm^2)。

因子与水平编码括号中的数量称取各种原料混合均匀后组成 9 个试验处理。每个试验小区单独收获，将小区产量折合成公顷产量，计算出因素间效应值(R)和各因素不同水平的 T 值，确定因素间最佳组合，组成功能性肥料配方。

试验二：功能性肥料最佳施用量的确定。根据试验一筛选的最佳比例，将抗重茬剂、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 、聚乙烯醇风干重量比按 0.03 : 0.60 : 0.34 : 0.03 混合，搅拌均匀制成功能性肥料。室内测定其含 N 337.2 g/kg， P_2O_5 156.4 g/kg，pH 6.50 ~ 7.50。2009—2011 年 4 月 22 日将功能性肥料施用量梯度设计为 0(CK)、337.50、675.00、1 012.50、1 350.00、1 687.50 kg/hm^2 6 个处理。每个试验重复 3 次，随机区组排列。

1.2.2 田间种植方法 田间试验小区面积为 24 m^2 (6 m × 4 m)，每个小区四周筑埂，埂宽 40 cm，埂高 30 cm，母本株距 25 cm，行距 50 cm，父本以满天星配置，株距 50 cm。功能性肥料 1/3 在玉米播种前做底肥施入 0 ~ 20 cm 土层，剩余 2/3 分别在玉米大喇叭口期结合灌水做追肥穴施。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 。

1.2.3 测定项目与方法 连续 3 年定点试验后，分别在试验小区内按 S 形路线布点，用环刀采集耕层(0 ~ 20 cm)原状土测定土壤物理性质。土壤微生物数量采用稀释平板法；土壤体积质量采用环刀法；总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度采用计算法；团聚体采用干筛法^[6]。玉米收获时每个试验小区随机采 30 株，测定植物学性状和经济性状，玉米秸秆茎粗采用游标卡尺法，地上部分干重采用 105℃烘箱杀青 30 min，80℃烘干至恒重。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。

1.2.4 数据处理方法 植物学性状、经济性状采用

DPS V13.0 软件分析，差异显著性采用多重比较 LSR 检验。边际产量按公式(后一个处理产量-前一个处理产量)求得；边际产值按公式(边际产量×产品价格)求得；边际施用量按公式(后一个处理施用量-前一个处理施用量)求得；边际成本按公式(边际施用量×肥料价格)求得；边际利润按公式(边际产值-边际成本)求得^[7]。依据 $x_0 = [(Px/Py)-b]/2c$ 公式，求得功能性肥料经济效益最佳施用量(x_0)；依据 $y = a + bx - cx^2$ 回归方程式，求得功能性肥料经济效益最佳施用量时的玉米理论产量(y)。

2 结果分析

2.1 功能性肥料原料最佳比例确定

经田间正交试验结果统计分析可以看出，因素间的效应(R)是 $B > C > A$ 和 D ，说明影响制种玉米产量的因素依次是： $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 > (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 > \text{抗重茬剂}$ 和 聚乙烯醇。比较各因素不同水平的 T 值，可以看出， $T_{A3} > T_{A2} > T_{A1}$ ，说明随着抗重茬剂施用量的增加，制种玉米产量在增加。 $T_{B2} > T_{B3}$ ， $T_{B3} < T_{B1}$ ，说明制种玉米产量随 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 施用量的增大而增加，但 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 施用量超过 600 kg/hm^2 后，制种玉米产量又随 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 施用量的增大而降低。 $T_{C1} > T_{C3}$ 和 T_{C2} ， $T_{D1} > T_{D2}$ 和 T_{D3} ，说明 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 和聚乙烯醇适宜用量一般为 350 kg/hm^2 和 30 kg/hm^2 。从各因素的 T 值可以看出，因素间最佳组合是： $A_3B_2C_1D_1$ ，即抗重茬剂 30 kg/hm^2 ， $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 600 kg/hm^2 ， $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 350 kg/hm^2 ，聚乙烯醇 30 kg/hm^2 ，该组合比例为 0.03 : 0.60 : 0.34 : 0.03 (表 2)。

2.2 功能性肥料对制种玉米田土壤物理性质的影响

连续 3 年定点试验后，于 2011 年 9 月 26 日玉米收获时分别在试验小区内用环刀取原状土测定制种玉米田土壤物理性质(表 3)，从表 3 测定数据可以看

表 2 $L_9(3^4)$ 正交试验分析
Table 2 $L_9(3^4)$ orthogonal experiment

试验处理	A (抗重茬剂)	B ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	C ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)	D (聚乙烯醇)	玉米产量 (t/hm^2)
$A_1B_1C_2D_3$	1	1	2	3	2.61
$A_2B_3C_1D_2$	2	3	1	2	5.11
$A_3B_2C_3D_1$	3	2	3	1	5.31
$A_1B_2C_1D_3$	1	2	1	3	5.12
$A_2B_3C_3D_2$	2	3	3	2	5.19
$A_3B_1C_2D_1$	3	1	2	1	3.82
$A_1B_3C_3D_3$	1	3	3	3	2.21
$A_2B_1C_2D_2$	2	1	2	2	4.16
$A_3B_2C_1D_1$	3	2	1	1	6.93
T_1	9.94	10.59	17.16	16.06	40.46(T)
T_2	14.46	17.36	10.59	14.46	
T_3	16.06	12.51	12.71	9.94	
R	6.12	6.77	6.57	6.12	

表 3 功能性肥料对制种玉米土壤物理性质的影响
Table 3 Effects of functional fertilizer on soil physical properties of seed-production corn

功能性肥料用量 (kg/hm^2)	体积质量 (g/cm^3)	总孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	非毛管孔隙度 (%)	>0.25 mm 团聚体 (%)
0(CK)	1.46 aA	44.91 efA	20.21 efA	24.70 efA	28.44 fB
337.50	1.45 abA	45.28 deA	20.34 deA	24.91 eA	30.04 eA
675.00	1.43 cB	46.03 cdA	20.71 cdA	25.32 cdA	31.28 cdA
1 012.50	1.40 cdB	47.16 cA	21.22 bcA	25.94 cA	31.70 bcA
1 350.00	1.33 dC	49.81 abA	22.42 abA	27.39 abA	31.78 bA
1 687.50	1.31 deC	50.56 aA	22.75 aA	27.81 aA	32.21 aA

注：同列不同大写字母表示不同处理在 $P < 0.01$ 水平差异显著，不同小写字母表示不同处理在 $P < 0.05$ 水平差异显著；下同。

出，功能性肥料施用量与制种玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体呈线性正相关关系，与制种玉米田体积质量呈线性负相关关系，相关系数(r)分别为 0.964 5、0.963 8、0.964 9、0.922 6、-0.965 0。功能性肥料施用量为 1 687.50 kg/hm^2 时，玉米制种田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体比 CK 处理分别增加 5.65、2.54、3.11、3.77 个百分点，而体积质量比 CK 处理降低 0.15 g/cm^3 。究其原因功能性肥料中的聚乙烯醇是一种胶结物质，可以把小土粒黏在一起，形成较稳定的团聚体，使土壤疏松，体积质量降低，孔隙度增大^[8-10]。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 功能性肥料对土壤微生物数量的影响

据 2011 年 9 月 26 日玉米收获后测定结果可以看出，功能性肥料施用量与制种玉米田真菌、细菌、放线菌、菌体总量呈线性正相关关系，相关系数(r)分别为：0.971 7、0.988 3、0.996 8、0.995 1。功能性肥料施用量为 1 687.50 kg/hm^2 时，与 CK 处理比较，制种玉米田真菌、细菌、放线菌、菌体总量分别增加了 124.08%、36.36%、28.74%、33.17%。分析这一结果产生的原因是功能性肥料中抗重茬剂的有效活菌数增加了制种玉米田微生物的数量。处理间的差异显著性，经 LSR 检验达到显著水平(表 4)。

表 4 功能性肥料对制种玉米田微生物数量的影响
Table 4 Effects of functional fertilizer on to soil microorganism amount of seed-production corn

功能性肥料用量(kg/hm^2)	真菌($\times 10^4$ cfu/g)	细菌($\times 10^7$ cfu/g)	放线菌($\times 10^7$ cfu/g)	总量($\times 10^7$ cfu/g)
0(CK)	1.37 f	1.21ef	0.87 f	2.08 f
337.50	1.48 e	1.26 e	0.94 e	2.20 e
675.00	2.21d	1.35 d	0.98 d	2.33 d
1 012.50	2.32 c	1.49 c	1.03 c	2.52 c
1 350.00	3.04 ab	1.61 ab	1.08 ab	2.69 b
1 687.50	3.07 a	1.65 a	1.12 a	2.77 a

2.4 功能性肥料对玉米植物学性状的影响

从 2009—2011 年玉米收获后测定结果可以看出,功能性肥料施用量与玉米株高、茎粗、生长速度、地上部分干重呈线性正相关关系,相关系数(r)分别为 0.867 4、0.841 5、0.870 0、0.966 4。功能性肥料施用量为 1 687.50 kg/hm²时,玉米株高、茎粗、生长速度、地上部分干重比 CK 处理分别增加了 57.48 cm、7.24 mm、3.60 mm/d、199.77 g/株。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)。

2.5 功能性肥料对玉米经济性状和产量的影响

据 2009—2011 年玉米收获后测定结果可以看出,功能性肥料施用量与玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量呈线性正相关关系,相关系数(r)分别为 0.917 3、0.935 7、0.926 7、0.935 7。功能性肥料施用量为

1 687.50 kg/hm²时,玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量比 CK 处理分别增加了 85.04 粒、38.43 g、6.40 g、3 055.18 kg/hm²。但单位(1 kg)功能性肥料的增产量则随着功能性肥料施肥量的增加而递减。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)。

2.6 功能性肥料的增产效应及最佳施用量的确定

采用经济学原理进行分析可以看出^[11],随着功能性肥料施用量梯度的增加,玉米边际产量由最初的 1 343.55 kg/hm²,递减到 136.74 kg/hm²。从经济效益变化来看,边际利润由 5 658.00 元/hm²,递减到 -376.05 元/hm²,功能性肥料施用量在 1 350.00 kg/hm²的基础上再增加 337.50 kg/hm²,边际利润出现负值,由此可见,功能性肥料施用量 1 350.00 kg/hm²时,玉米增产效应和经济效益较好(表 7)。

表 5 功能性肥料对玉米植物学性状的影响

Table 5 Effects of functional fertilizer on corn botanic characteristics

功能性肥料用量 (kg/hm ²)	株高 (cm)	茎粗 (mm)	生长速度 (mm/d)	地上部干重 (g/株)
0(CK)	125.58 fD	28.97 fD	7.84 fC	404.91 fA
337.50	162.44 eC	34.08 deC	10.15 deB	476.36 eB
675.00	170.99 dB	34.78 dC	10.68 dB	529.29 dB
1 012.50	176.28 bcB	35.13 bcB	11.01 bcA	563.07 cA
1 350.00	179.88 bB	35.84 bB	11.24 abA	580.49 bA
1 687.50	183.06 aA	36.21 aA	11.44 aA	604.68 aA

表 6 功能性肥料对玉米经济性状和产量的影响

Table 6 Effects of functional fertilizer on corn economic characteristics and yield

功能性肥料用量 (kg/hm ²)	穗粒数 (粒)	穗粒重 (g)	百粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	增产量 (kg/hm ²)	单位专用肥增产量 (kg/kg)
0(CK)	201.28 fR	47.58 fE	23.64 fE	3 782.61 fF	-	-
337.50	245.47 eE	64.48 eD	26.27 eD	5 126.16 eE	1 343.55	3.98
675.00	263.94 dCD	75.38 dC	28.56 dC	5 992.71 dD	2 210.10	3.27
1 012.50	274.94 cC	80.12 cB	29.14 bcB	6 369.54 cC	2 586.93	2.55
1 350.00	283.45 abAB	84.29 bA	29.74 bB	6 701.05 bAB	2 918.44	2.16
1 687.50	286.32 aA	86.01 aA	30.04 aA	6 837.79 aA	3 055.18	1.81

表 7 功能性肥料对玉米增产效应及经济效益分析

Table 7 Effects of functional fertilizer on corn yield and economic benefit

功能性肥料用量 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	增产量 (kg/hm ²)	边际产量 (kg/hm ²)	边际产值 (元/hm ²)	边际成本 (元/hm ²)	边际利润 (元/hm ²)
0(CK)	3 782.61 fF	-	-	-	-	-
337.50	5 126.16 eE	1 343.55	1 343.55	6 717.75	1 059.75	5 658.00
675.00	5 992.71 dD	2 210.10	866.55	4 332.75	1 059.75	3 273.00
1 012.50	6 369.54 cC	2 586.93	376.83	1 884.15	1 059.75	824.40
1 350.00	6 701.05 bAB	2 918.44	331.51	1 657.55	1 059.75	597.80
1 687.50	6 837.79 aA	3 055.18	136.74	683.70	1 059.75	-376.05

注：功能性肥料 3.14 元/kg, 制种玉米 5.00 元/kg。

将功能性肥料不同施用量与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^[12], 得到的回归方程为: $y = 3782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$, 对回归方程进行显著性测验的结果表明回归方程拟合良好。功能性肥料价格(P_x)为 3.14 元/kg, 玉米价格(P_y)为 5.00 元/kg, 将(P_x)、(P_y)、回归方程的参数 b 和 c , 代入经济效益最佳施用量计算公式 $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ ^[13], 求得功能性肥料经济效益最佳施用量(x_0)为 1350.01 kg/hm², 将 x_0 代入(1)式, 求得玉米的理论产量(y)为 6700.99 kg/hm², 计算结果与最佳施用量试验处理 5 相吻合(表 7)。

3 讨论与结论

将抗重茬剂、CO(NH₂)₂、(NH₄)₂HPO₄、聚乙烯醇按比例合成集营养、改土、抗重茬为一体的功能性肥料, 有效地改善了土壤的物理性质和生物学性质, 提高了制种玉米的施肥利润和产量。本研究结果表明: 功能性肥料施用量与制种玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体、微生物数量呈线性正相关关系, 与制种玉米田体积质量呈线性负相关关系。随着功能性肥料施用量梯度的增加, 玉米边际产量、边际利润在递减, 功能性肥料施用量在 1350 kg/hm² 的基础上再增加施肥量, 收益出现负值。经回归统计分析, 功能性肥料与玉米产量间的肥料效应回归方程为: $y = 3782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$, 功

能性肥料经济效益最佳施肥量(x_0)为 1350.01 kg/hm², 玉米的理论产量(y)为 6700.99 kg/hm²。

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. 高聚合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] 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
- [6] 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
- [7] 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
- [8] 吴增芳. 土壤结构改良剂[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 24-36
- [9] Wapace A, Nelson SD. 日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
- [10] 孙云秀. 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 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

Effects of Functional Fertilizer on Physical Properties, Microorganism Amount and Optimal Fertilization of Seed-production Corn Field

MA Shi-jun^{1,2}, YAN Zhi-bin^{1,2}, QIN Jia-hai^{1,4*}, WANG Ai-qin³, XIAO Zhan-wen^{1,4}, ZHAO Yun-chen^{1,4}
(1 Department of Agriculture and Biologic Technology of Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China; 2 Gansu Dunhuang Seed Company, Jiuquan, Gansu 735000, China; 3 Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 731000, China; 4 The Provincial Key Laboratory of Characteristics Resources Utilization in Hexi Corridor, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: In the irrigation desert soil of Gansu Hexi inland irrigation area, the field experiment method was conducted to study the effects of functional fertilizer on soil physical properties, microorganism amount and optimal fertilization of seed-production corn field. The results showed that the influence factors of maize yield was in the order of $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 > (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 >$ resistance to continuous cropping agent and polyvinyl alcohol. The optimal combination was $\text{A}_3\text{B}_2\text{C}_1\text{D}_1$ (resistance to continuous cropping agent 30 kg/hm², $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 600 kg/hm², and $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 350 kg/hm², polyvinyl alcohol 30 kg/hm²). The application amount of functional fertilizer had linear positive correlation with total porosity, capillary porosity, noncapillary porosity, aggregate and microbial quantity while had linear negative correlation with soil bulk density. With the increase of functional fertilizer application gradient, corn marginal output and profit margins decreased. Earnings appeared negative value when the application amount of functional fertilizer increased by 337.50 kg/hm² on the basis of 1350 kg/hm². The regression equation of fertilizer response between application amount of functional fertilizer and corn yield was: $y = 3782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$, the optimal application amount of functional fertilizer (x_0) was 1350.01 kg/hm² with corn theoretical yield (y) of 6700.99 kg/hm². The calculation results coincided with best surveyed test treatment 5.

Key words: Functional fertilizer, Formula screening, Irrigation desert soil, Optimal fertilizer rates