

改土型专用肥对玉米田物理性质和 玉米经济性状及效益的影响

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

(1. 河西学院 农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃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, 甘肃 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: 在甘肃省河西地区内陆灌区连作 8 a 的制种玉米田上, 采用田间试验方法, 研究了改土型专用肥与制种玉米田物理性质和玉米经济性状及效益间的关系。结果表明, 影响玉米产量的因素依次是: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 > (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 > \text{PVA}$ 和 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 因素间最佳组合是: PVA 30 kg/hm², $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 2 736 kg/hm², $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 420 kg/hm², $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 52 kg/hm²。随着改土型专用肥施用量的增加, 玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体在增大, 而容重在降低。改土型专用肥施用量增加后, 玉米植物学性状、经济性状、产量在增加, 但单位(1 kg)改土型专用肥的增产产量则随着改土型专用肥施用量的增加而递减, 出现报酬递减律。随着改土型专用肥施用量的增加, 玉米边际产量、边际利润在递减, 改土型专用肥施用量在 1 350 kg/hm² 的基础上, 再增加 337.50 kg/hm², 收益出现负值。经济效益最佳施肥量为 1 350.01 kg/hm², 玉米理论产量为 6 700.99 kg/hm²。

关键词: 改土型专用肥; 物理性质; 玉米; 经济性状

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0281-05

中图分类号: S143.6

Effects of Soil Improved Special Fertilizer on Physical Properties of Cornfield and Corn Economic Traits and Benefits

YAN Zhi-bin^{1,2}, QIN Jia-hai^{1,4}, WANG Ai-qin³, XIAO Zhan-wen⁴, ZHAO Yun-chen⁴, ZHAO Jing¹

(1. Institute of Agriculture and Biotechnology, Hexi College, Zhangye, Gansu 734000, China;

2. Gansu Dunhuang Seed Industry Co., Ltd., Jiuquan, Gansu 735000, China; 3. Lanzhou

Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 731000, China; 4. Gansu

University Provincial Hexi Corridor Key Laboratory of Special Resources Use, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: In Hexi irrigation area of Gansu Province managed for eight year corn seed production, field test method was used to study the relationships among soil improved special fertilizer, physical properties of seed production cornfield and corn economic traits and benefits. Results showed that the factors affecting corn production followed the order of $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 > (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 > \text{PVA}$ and $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Best combination for the factors is 30 kg/hm² PVA, 736 kg/hm² $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 420 kg/hm² $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and 52 kg/hm² $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. With the increases of soil improved specific fertilizer, corn field total porosity, capillary porosity, non-capillary porosity and aggregates increased, but bulk density decreased. When soil improved special fertilizer application increased, corn botanical traits, economic traits and yield increased, but yield increment by unit (1 kg) amount of soil improved special fertilizer decreased gradually with the increase of soil improved special fertilizer, showing the law of diminishing return. With the increased amount of soil improved special fertilizer, marginal corn yield and profit in the reduced profit margins. The additional 337.50 kg/hm² application rate over the 1 350 kg/hm² soil improved special fertilizer made revenue to be negative. The optimum economic fertilization capacity was 1 350.01 kg/hm² and theoretical corn yield was 6 700.99 kg/hm².

Keywords: soil improved special fertilizer; physical property; corn; economic trait

收稿日期: 2011-09-13

修回日期: 2011-11-25

资助项目: 科技部国家星火项目“甘肃河西走廊百万亩现代化制种及加工装备技术示范推广”(S2011G0031); 甘肃科技支甘项目“甘肃河西灌区制种玉米多功能复混肥生产与示范”(1011JKCF180); 甘肃高等学校 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); 甘肃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)

作者简介: 闫治斌(1965—), 男(汉族), 甘肃省酒泉市人, 高级农艺师, 主要从事新型肥料合成与开发。E-mail: qinjiahai123@163.com。

甘肃省河西内陆灌区水资源丰富,光照时间长,昼夜温差大,气候干燥,天然隔离条件好,是玉米种子制种和贮藏的理想场所,近 10 a 来,建立了制种玉米生产基地 $1.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 产种量达 $6.5 \times 10^8 \text{ kg}^{[1]}$ 。制种玉米产业目前存在的主要问题是:制种玉米种植面积大,连作年限长,化学肥料氮磷投入量与有机肥料氮磷投入量比例为 1:0.28,制种玉米产量的提高主要依赖于化学肥料的施用,长期大量施用化学肥料,土壤胶体上吸附的钙离子被铵离子置换,土壤团粒结构遭到破坏,导致土壤板结,市场上流通的复合肥有效成分和比例不符合本区玉米制种田养分现状和玉米对养分的吸收比例,且不具备改土功效,导致制种玉米品质和产量下降。因此,研究和开发集营养、改土为一体的制种玉米专用肥成为复合肥研发的关键所在。近年来,有关复合肥研究受到了广泛关注,有关制种玉米改土型专用肥还未见报道。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,以高聚合物——土壤结构改良剂聚乙稀醇^[2-7]、尿素、磷酸二铵、硫酸锌为原料,采用正交试验方法确定原料最佳组合,合成改土型专用肥,并进行验证试验,达到协调土壤养分平衡,改善土壤物理性质的目的。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

1.1.1 试验地概况 试验于 2008—2010 年在甘肃省张掖市甘州区甘俊镇高家庄村四社连作 8 a 的制种玉米田上进行,海拔高度 1 495 m,年均温度 6.80 °C,年均降水量 116 mm,年均蒸发量 1 900 mm,无霜期 160 d。土壤类型是灌漠土^[8],0—20 cm 土层含有有机质 12.35 g/kg,碱解氮 96.43 mg/kg,速效磷 12.65 mg/kg,速效钾 165.54 mg/kg,pH 值 7.73,有效锌 0.38 $\mu\text{g/g}$ 。

1.1.2 试验材料 PVA(聚乙稀醇),分子质量 5 500~7 500,pH 值 6.0~8.0,黏度 12~16,粒径 0.05 mm; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (尿素),含 N 量为 46%; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (磷酸二铵),含 N 18%, P_2O_5 46%; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (硫酸锌),含 Zn 23%。参试作物是玉米,品种为郑单 958(郑 58×昌 7—2)。

1.2 试验处理

1.2.1 原料最佳组合确定 选择 PVA, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 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 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,将小区产量折合成每 1 hm^2 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,组成改土型专用肥配方。

1.2.2 改土型专用肥经济效益最佳施用量确定 改土型专用肥施用量设计为 0,337.5,675.0,1 012.5,1 350.0,1 687.5 kg/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。

1.3 试验方法

1.3.1 改土型专用肥合成 根据试验处理中试验筛选的最佳组合,将 PVA, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 分别按 0.024:0.60:0.34:0.036 的比例组合成改土型专用肥,搅拌均匀以后过 5 mm 筛备用。

1.3.2 改土型专用肥有效成分 改土型专用肥含 N 33.72%,含 P_2O_5 15.64%,含 Zn 0.83%,pH 值为 6.50~7.50。

1.3.3 田间种植方法 田间试验小区面积为 24 m^2 ($6 \text{ m} \times 4 \text{ m}$),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。改土型专用肥 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和抽雄期做追肥穴施。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 $900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

1.4 测定项目与方法

连续 3 a 定点试验后,于 2010 年 9 月 26 日玉米收获后,分别在试验小区内用环刀采集耕层(0—20 cm)原状土测定土壤物理性质。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; $>0.25 \text{ mm}$ 团聚体采用湿筛法。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 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱杀青 30 min, $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 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。

1.5 数据统计方法

植物学性状、经济性状采用 DPS V 13.0 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;边际施肥量按公式:后一个处理施肥量—前一个处理施肥量,求得;边际成本按公式:边际施肥量×肥料价格,求得;边际利润按公式:边际产值—边际成本,求得^[9]。依据经济效益最佳施用量计算公式: $x_0 = [(P_x/P_y)$

$-b)/2c$, 求得改土型专用肥经济效益最佳施用量 (x_0); 依据肥料效应回归方程式: $y=a+bx-cx^2$, 求得改土型专用肥经济效益最佳施用量时的玉米理论产量 (y)。

2 结果与讨论

2.1 原料最佳组合确定

经田间正交试验资料统计分析可以看出, 因素间的效应 (R) 是 $B>C>AD$, 说明影响制种玉米产量的因素依次是: $CO(NH_2)_2 > (NH_4)_2HPO_4 > PVA$ 和 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 。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 PVA 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 $CO(NH_2)_2$ 施用量的增大而增加, 但 $CO(NH_2)_2$ 施用量超过 736 kg/hm^2 后, 制种玉米产量又随 $CO(NH_2)_2$ 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 $(NH_4)_2HPO_4$ 和 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 适宜用量一般为 420 kg/hm^2 和 52 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 PVA $30 \text{ kg/hm}^2, CO(NH_2)_2 736 \text{ kg/hm}^2, (NH_4)_2HPO_4 420 \text{ kg/hm}^2, ZnSO_4 \cdot 7H_2O 52 \text{ kg/hm}^2$; PVA, $CO(NH_2)_2, (NH_4)_2HPO_4, ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 组合比例是: $0.024 : 0.60 : 0.034 : 0.036$ (表 1)。

表 1 $L_9(3^4)$ 正交试验设计与分析

试验处理	A (PVA)	B [$CO(NH_2)_2$]	C [$(NH_4)_2HPO_4$]	D [$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$]	玉米产量/($t \cdot \text{hm}^{-2}$)
$A_1B_1C_2D_3$	1 (10)	1(368)	2(840)	3(156)	2.61
$A_2B_3C_1D_2$	2 (20)	3(1 104)	1(420)	2 (104)	5.11
$A_3B_2C_3D_1$	3 (30)	2(736)	3(1 260)	1 (52)	5.31
$A_1B_2C_1D_3$	1 (10)	2(736)	1(420)	3(156)	5.12
$A_2B_3C_3D_2$	2 (20)	3(1 104)	3(1 260)	2(104)	5.19
$A_3B_1C_2D_1$	3 (30)	1(368)	2(840)	1 (52)	3.82
$A_1B_3C_3D_3$	1 (10)	3(1 104)	3(1 260)	3(156)	2.21
$A_2B_1C_2D_2$	2 (20)	1(368)	2(840)	2(104)	4.16
$A_3B_2C_1D_1$	3 (30)	2(736)	1(420)	1 (52)	6.93
T_1	9.94	10.59	17.16	16.06	
T_2	14.46	17.36	10.59	14.46	40.46
T_3	16.06	12.51	12.71	9.94	
R	6.12	6.77	6.57	6.12	

注: 括号内数据为试验数据 (kg/hm^2)。

2.2 改土型专用肥对制种玉米田物理性质的影响

连续 3 a 定点试验后, 与 2010 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玉米田物理性质 (表 2)。从表 2 测定数据可以看出, 改土型专用肥施用量与玉米制种田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体呈正相关, 与容重呈负相关, 其直线回归方程分别为 $y=44.2223+0.0036x$, $y=19.8857+0.0016x$, $y=24.3252+0.0020x$, $y=29.1591+0.0021x$, $y=1.4780-9.6507x$, 相关系数 (r) 分别为 $0.9645, 0.9638, 0.9649, 0.9226, -0.9650$ 。改土型专用肥施用量 1687.50 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 分别增加 $5.65, 2.54, 3.11, 3.77$ 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是改土型专用肥中的 PVA 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, 容重降低, 孔隙度增大。处理间的差异显著性, 经 LSR 检验达到显著和极显著水平 (表 2)。

2.3 改土型专用肥对玉米植物学性状的影响

从 2008—2010 年玉米收获后测定结果可以看出, 改土型专用肥施用量与玉米株高、茎粗、地上部分干重呈正相关, 其直线回归方程分别为 $y=141.7281+0.0292x$, $y=31.1805+0.0035x$, $y=430.3938+0.1138x$, 相关系数 (r) 分别为 $0.8674, 0.8415, 0.9664$ 。

改土型专用肥施用量 1687.50 kg/hm^2 时, 玉米株高、茎粗、地上部分干重比 CK 分别增加 $57.48 \text{ cm}, 7.24 \text{ mm}, 199.77 \text{ g/株}$ 。分析这一结果产生的原因是改土型专用肥含有丰富的氮、磷和锌元素, 从而促进了玉米的生长发育。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)。

表 2 改土型专用肥对制种玉米田物理性质的影响

专用肥施用量/ (kg·hm ⁻²)	容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙度/ %	毛管孔隙度/ %	非毛管孔隙度/ %	>0.25mm 团 聚体/%
0(CK)	1.46aA	44.9efA	20.21efA	24.70efA	28.44fB
337.50	1.45abA	45.28deA	20.34deA	24.91eA	30.04eA
675.00	1.43cB	46.03cdA	20.71cdA	25.32cdA	31.2cdA
1 012.50	1.40cdB	47.16cA	21.22bcA	25.94cA	31.70bcA
1 350.00	1.33dC	49.81abA	22.42abA	27.39abA	31.78bA
1 687.50	1.31deC	50.56aA	22.75aA	27.81aA	32.21aA

注:同列数据大写字母不同表示 LSR0.01,小写字母不同表示 LSR0.05 差异显著水平。下同。

表 3 改土型专用肥对玉米植物学性状及经济性状和产量的影响

专用肥施用量/ (kg·hm ⁻²)	株高/ cm	茎粗/ mm	地上部干重 (g/株)	穗粒数/ 粒	穗粒重/ g	百粒重/ g	产量/ (kg·hm ⁻²)	千克专用 肥增产/kg
0(CK)	125.58fD	28.97fD	404.91fA	201.28fR	47.58fE	23.64fE	3 782.61fF	—
337.50	162.44eC	34.08deC	476.36eB	245.47eE	64.48eD	26.27eD	5 126.16eE	3.98
675.00	170.99dB	34.78dC	529.29dB	263.94dCD	75.38dC	28.56dC	5 992.71dD	3.27
1 012.50	176.28bcB	35.13bcB	563.07cA	274.94cC	80.12cB	29.14bcB	6 369.54cC	2.55
1 350.00	179.88bB	35.84bB	580.49bA	283.45abAB	84.29bA	29.74bB	6 701.05bAB	2.16
1 687.50	183.06aA	36.21aA	604.68aA	286.32aA	86.01aA	30.04aA	6 837.79aA	1.81

2.4 改土型专用肥对玉米经济性状和产量的影响

据 2008—2010 年玉米收获后测定结果可以看出,改土型专用肥施用量与玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量呈正相关,其直线回归方程分别为 $y = 219.9485 + 0.0456x$, $y = 54.6745 + 0.02169x$, $y = 24.8284 + 0.0036x$, $y = 4346.4852 + 1.7248x$, 相关系数(r)分别为 0.9173, 0.9357, 0.9267, 0.9357。改土型专用肥施用量 1 687.50 kg/hm² 时,玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量比 CK 分别增加 85.04 粒, 38.43 g, 6.40 g, 3 055.18 kg/hm²。

单位(1 kg)改土型专用肥的增产量则随着改土型专用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 3)。

2.5 改土型专用肥对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^[10],随着改土型专用肥施用量的增加,玉米边际产量由最初的 1 343.55 kg/hm²,递减到 136.74 kg/hm²,符合报酬递减律。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,改土型专用肥施用量在 1 350.00 kg/hm² 的基础上,再增加 337.50 kg/hm²,收益出现负值。由此可见,改土型专用肥施用量 1 350.00 kg/hm² 时,玉米增产效应和经济效益较好(表 4)。

表 4 改土型专用肥对玉米增产效应及经济效益分析

专用肥施用量/ (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)	3 782.61fF	—	—	—	—	—
337.50	5 126.16eE	1 343.55	1 343.55	6 717.75	1 059.75	5 658.00
675.00	5 992.71dD	2 210.10	866.55	4 332.75	1 059.75	3 273.00
1 012.50	6 369.54cC	2 586.93	376.83	1 884.15	1 059.75	824.40
1 350.00	6 701.05bAB	2 918.44	331.51	1 657.55	1 059.75	597.80
1 687.50	6 837.79aA	3 055.18	136.74	683.70	1 059.75	-376.05

注:改土型专用肥价格为 3.14 元/kg; 制种玉米价格为 5.00 元/kg。

2.6 改土型专用肥经济效益最佳施用量与玉米的理论产量

将改土型专用肥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^[11],得

到的回归方程是 $y = 3 782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$,对回归方程进行显著性测验, $F = 24.46^{**}$, $> F_{0.01} = 20.78$, $r = 0.9440^{**}$,说明回归方程拟合良好。改土型专用肥价格(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 b 和 c ,代入经济效益最佳施肥量计算公式 $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ [12],求得改土型专用肥经济效益最佳施肥量(x_0)为1350.01 kg/hm²,将 x_0 代入回归方程 $y = 3782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$,求得玉米的理论产量(y)为6700.99 kg/hm²,计算结果与田间试验处理5相吻合(表4)。

3 结论

(1) 将聚乙稀醇、尿素、磷酸二铵、硫酸锌按一定比例合成改土型专用肥,进行田间试验,结果表明,影响玉米产量的因素依次是:CO(NH₂)₂ > (NH₄)₂HPO₄ > PVA 和 ZnSO₄ · 7H₂O。因素间最佳组合是:PVA 30 kg/hm², CO(NH₂)₂ 736 kg/hm², (NH₄)₂HPO₄ 420 kg/hm², ZnSO₄ · 7H₂O 52 kg/hm²。

(2) 制种玉米田施用改土型专用肥后,物理性质发生了明显的变化,随着改土型专用肥施用量的增加,玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体在增大,而容重在降低。

(3) 改土型专用肥施用量增加后,玉米植物学性状、经济性状、产量在增加,但单位(1 kg)改土型专用肥的增产量则随着改土型专用肥施肥量的增加而递减,出现报酬递减律。

(4) 随着改土型专用肥施用量的增加,玉米边际产量、边际利润在递减,改土型专用肥施用量在1350 kg/hm²的基础上,再增加337.50 kg/hm²,收益出现负值。

(5) 改土型专用肥与玉米产量间肥料效应回归方

程是: $y = 3782.61 + 1.6505x - 0.0003787x^2$,改土型专用肥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,统计分析结果与田间试验处理5相吻合。

[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] Wapace 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.
 - [8] 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.
 - [9] 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.
 - [10] 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.
 - [11] 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.
 - [12] 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.
-
- (上接第269页)
- [参 考 文 献]
- [1] Sauls H B, Sauls M, Fischer T. Justifying your textile or apparel digital asset management (dam) system investment[J]. AATCC Review, 2003,3(5):39-42.
 - [2] Charles G, Kurt S, Leonard S. The role of ecosystem valuation in environmental decisionmaking: Hydropower relicensing and dam removal on the Elwha River[J]. Ecological Economics, 2006,56(4):508-523.
 - [3] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 水电开发的生态环境影响经济损益分析[J]. 生态学报,2006,26(9):2979-2988.
 - [4] 王超. 水利建设项目环境影响经济损益分析[J]. 水利经济,1994(1):29-33.
 - [5] 邹治平,马晓茜,赵增立,等. 水力发电工程的生命周期分析[J]. 水力发电,2004,30(4):53-55.
 - [6] 罗天详,李文华. 青藏高原只要植被类型生物生产量的比较研究[J]. 1999(6):824-831.
 - [7] 郑毅. 城市规划设计手册[Z]. 北京:中国建筑工业出版社,2000:572-598.
 - [8] Asia Development Bank (ADB). Economic evaluation of environmental impact: A work book[Z]. Manila. ADB, 1996.
 - [9] Angela T B, David D H. Modifying dam operations to restore rivers: Ecological responses to Tennessee River dam mitigation[J]. Ecological Applications, 2005, 15(3): 997-1008.
 - [10] Poff N L, Allan J D, Palmer M A, et al. River flows and water wars: Emerging science for environmental decisionmaking [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2003(1):298-306.