

文章编号: 1003-8701(2001)03-0040-04

有机肥与化肥配施对水稻土 B 层速效磷积累量的影响

梁运江, 许广波, 魏铁铮, 刘文利, 付明杰

(延边大学农学院, 吉林 龙井 133400)

摘要: 采用二次饱和 D-1 最优设计, 研究了有机肥与化肥配施对水稻土 B 层速效磷积累量的影响, 并建立了数学模型, 同时解析了各因素对水稻土 B 层速效磷积累量的影响, 提出了减少 B 层速效磷积累量的施肥方案。

关键词: 水稻土; 有机肥; 无机肥; 速效磷; 数学模型

中图分类号: S157.41

文献标识码: A

在水稻根系中, 越是上位的根, 向上伸展的角度愈大, 根系活力愈强, 且水稻根系大部分集中在土壤的 A 层, 而 B 层土中的根系少且吸收能力弱, 因而在 A 层中的水稻根系对肥料的利用率较高。磷素是水稻生长中必不可少的元素, 但由于稻田长期被水淹浸, 造成了水稻田土壤中速效磷的特殊分布。前人的研究多认为由于磷的移动能力弱, 所以水田 A 层中的速效磷远高于 B 层中的含量。但据许广波等研究, 延边地区草甸型水稻土速效磷含量 B 层高于 A 层, 平均高 2 倍以上, 笔者对试验地测试结果亦如此。造成这种情况的原因可能有两个: 一是不同作物的吸收情况, 二是水田的长期淹水, 这可能是主要的原因。

如果速效磷大量积累到土壤 B 层, 将会降低磷的利用率, 影响水稻对磷的吸收, 进而影响水稻的生长发育。为了减少速效磷在土壤 B 层的积累, 提高磷肥的利用率, 本文从施肥措施入手, 采用二次饱和 D-1 最优设计, 定量地研究了有机肥与化肥配施对水稻土 B 层速效磷积累量的影响, 找出最佳施肥方案。

1 材料和方法

试验于 1998 年在吉林省延边大学农学院试验农场进行, 试验地为草甸型水稻土。A 层土壤养分含量为: 有机质 18.1 g/kg、全氮 1.7 g/kg、全磷 0.17 g/kg、全钾 27 g/kg、速效磷 8.18 mg/kg, pH 5.32; B 层速效磷为 15.92 mg/kg。

水稻供试品种为通 88-7, 5 月 19 日移栽, 插秧密度为 30 cm × 27 cm。有机肥为牛粪(含水量 44.5%, 有机质 198.3 g/kg, 含氮 8.3 g/kg, 含 P₂O₅ 8.0 g/kg, 含 K₂O 10.4 g/kg); 氮肥施用尿素和硝酸铵, 按照底肥、分蘖肥、补肥、穗肥和粒肥不同形式(比例为 4:1:2:2:1)分期施

收稿日期: 2000-10-17

基金项目: 吉林省教委资助项目(吉教合字 97 第 72 号)

作者简介: 梁运江(1972-), 男, 硕士, 主要从事土壤肥料方面研究。

入,磷肥(磷酸二铵)和钾肥(硫酸钾)以基肥形式一次施入。

试验设计采用二次近饱和和D-最优设计,设置两次重复。小区面积 10 m^2 ,设置为单灌单排。设4个因素:有机肥、N、 P_2O_5 、 K_2O 。因素水平及编码值见表1。

表1 因素水平与编码值

| 编 码 值 | | | | 实际值(kg/hm^2) | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------------------------------|---------|------------------------|----------------------|
| X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | 牛粪 | N | P_2O_5 | K_2O |
| 1.685 | 1.685 | 1.685 | 1.784 | 35 000.0 | 200.000 | 120.000 | 250.000 |
| 1 | 1 | 1 | 0.644 | 27 885.8 | 174.592 | 95.609 | 163.056 |
| 0 | 0 | 0 | -0.908 | 17 500.0 | 137.500 | 60.000 | 44.692 |
| -1 | -1 | -1 | -1.494 | 7 114.2 | 100.406 | 24.392 | 0 |
| -1.685 | -1.685 | -1.685 | | 0 | 75 | 0 | |

注:表中牛粪施用量为风干重。

2 结果与分析

2.1 模型的建立与检验

水稻收割后B层土壤速效磷含量列于表2。

表2 结构矩阵与测定结果

| 处理号 | 牛粪 (X_1) | N (X_2) | P_2O_5 (X_3) | K_2O (X_4) | B层速效磷含量 | | 速效磷积累量 | |
|-----|-----------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------|-------|--------|-------|
| | | | | | I | II | I | II |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1.784 | 13.05 | 13.10 | -2.88 | -2.83 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | -1.494 | 13.15 | 12.72 | -2.78 | -3.21 |
| 3 | -1 | -1 | -1 | 0.644 | 18.00 | 19.38 | 2.07 | 3.45 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | 0.644 | 15.69 | 16.62 | 0.24 | 0.69 |
| 5 | -1 | 1 | -1 | 0.644 | 19.38 | 19.93 | 3.45 | 4.00 |
| 6 | 1 | 1 | -1 | 0.644 | 16.00 | 16.46 | 0.07 | 0.53 |
| 7 | -1 | -1 | 1 | 0.644 | 16.54 | 16.69 | 0.61 | 0.76 |
| 8 | 1 | -1 | 1 | 0.644 | 16.06 | 16.32 | 0.13 | 0.39 |
| 9 | -1 | 1 | 1 | 0.644 | 13.55 | 13.23 | -2.38 | -2.70 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0.644 | 15.23 | 16.34 | -0.70 | 0.41 |
| 11 | 1.685 | 0 | 0 | -0.908 | 16.96 | 16.27 | 1.03 | 0.34 |
| 12 | -1.685 | 0 | 0 | -0.908 | 15.13 | 15.52 | 0.80 | 0.41 |
| 13 | 0 | 1.685 | 0 | -0.908 | 15.55 | 15.92 | -0.38 | -0.01 |
| 14 | 0 | -1.685 | 0 | -0.908 | 18.23 | 17.49 | 2.30 | 1.56 |
| 15 | 0 | 0 | 1.685 | -0.908 | 16.31 | 15.54 | 0.38 | 0.39 |
| 16 | 0 | 0 | -1.685 | -0.908 | 19.67 | 19.84 | 3.74 | 3.90 |

从表2看出,运用最优设计计算程序,获得土壤B层速效磷含量(Y)对4项农艺措施(施有机肥、施N、施 P_2O_5 、施 K_2O)的回归模型: $Y = -4.8932 - 0.1330X_1 - 0.4511X_2 - 1.1109X_3 - 0.1708X_4 + 0.2413X_1X_2 + 0.9913X_1X_3 - 0.5680X_1X_4 - 0.5838X_2X_3 + 0.1970X_2X_4 + 1.4691X_1^2 + 1.7606X_2^2 + 2.1269X_3^2 + 0.7361X_4^2$ (1)

经F检验得,方程(1) $F_{(14,16)} = 41.28 (F_{0.05} = 2.37, F_{0.01} = 3.45)$,达到极显著水平,说明模型的预测值和实际值吻合较好,模型是成立的。对回归方程(1)的偏回归系数进行显著性检验,结果表明 X_3X_4 不显著(已剔除), X_1 、 X_1X_2 、 X_2X_4 、 X_4^2 、 X_4 都在0.2以上水平显著,其它都达到极显著水平。

2.1 模型解析

2.1.1 因子主效应分析

对于多元二次非线性模型,分析因素重要性必须将一个因素的一次项和二次项综合考

虑,不能只从线性化方程的某一项孤立评价各因素的相对重要性。在这方面贡献率分析是一较为适用的方法,它可以将各试验因素按贡献率大小排序,从而帮助确定产量限制因素。具体方法如下:

首先,求出回归模型的各项回归系数方差比 F_j, F_{jj}, F_{ij} , 并按下式计算因素贡献 δ

$$\delta = \begin{cases} 0 & (F \leq 1 \text{ 时}) \\ 1 - \frac{1}{F} & (F > 1 \text{ 时}) \end{cases}$$

然后求第 j 个因素的贡献率 Δ_j : $\Delta_j = \delta_j + \delta_{jj} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \delta_{ij}$

方程(1)的回归系数、 F 值及因素贡献 δ 值列于表 3。

表 3 偏回归系数、 F 值和 δ 值

| 变异来源 | 回归系数 | F 值 | δ 值 | 变异来源 | 回归系数 | F 值 | δ 值 |
|---------|----------|--------|------------|----------|----------|-------|------------|
| X_1 | -0.133 0 | 2.27 | 0.559 | X_4^2 | 0.736 1 | 3.79 | 0.736 |
| X_2 | 0.451 1 | 26.09 | 0.962 | X_1X_2 | 0.241 3 | 4.37 | 0.771 |
| X_3 | -1.110 9 | 158.25 | 0.994 | X_1X_3 | 0.991 3 | 73.69 | 0.986 |
| X_4 | -0.170 8 | 3.74 | 0.733 | X_1X_4 | -0.568 0 | 24.20 | 0.959 |
| X_1^2 | 1.469 1 | 24.44 | 0.960 | X_2X_3 | -0.583 8 | 25.56 | 0.961 |
| X_2^2 | 1.760 6 | 35.10 | 0.972 | X_2X_4 | 0.197 7 | 2.93 | 0.659 |
| X_3^2 | 2.126 9 | 51.22 | 0.980 | | | | |

由表 3 可得每个因素的贡献率为: $\Delta_1=2.876, \Delta_2=3.128, \Delta_3=2.948, \Delta_4=2.277$ 。可见氮肥对土壤 B 层速效磷积累量影响最大,有机肥和磷肥对土壤 B 层速效磷积累量影响大小相近,钾肥影响相对较小。

2.1.2 单因子效应分析

为了找出各因素(X_j)对土壤 B 层速效磷积累量 Y 的影响,采用降维分析,将 4 个因素中的 3 个因素固定在一、0、-1 这 3 个不同的水平,分别得到关于 X_1, X_2, X_3, X_4 的四组 12 个一元二次方程,按方程做出图形(图 1)。

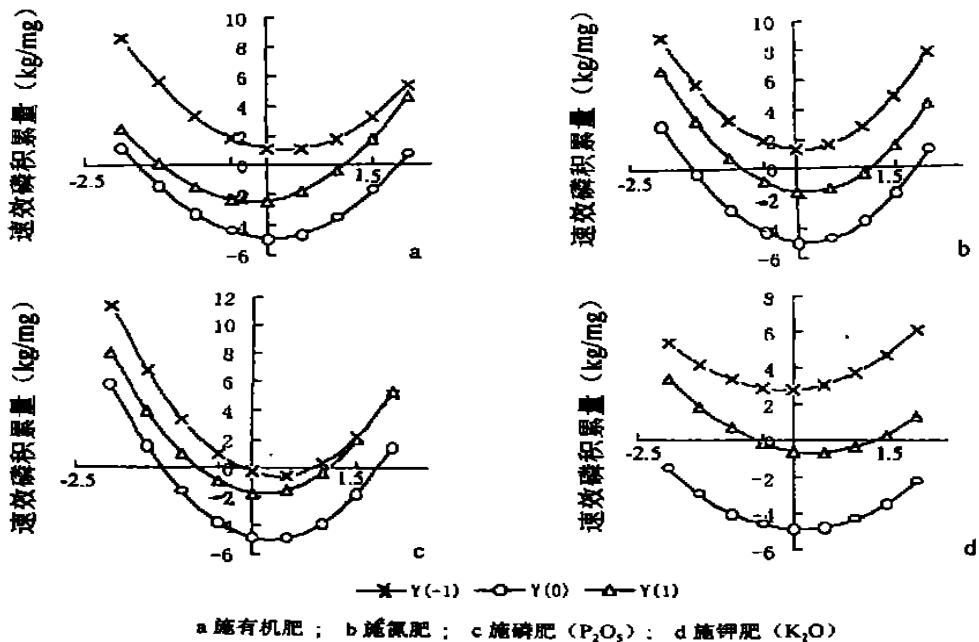


图 1 各因素在不同水平下对土壤 B 层速效磷积累量的影响

从图 1-a 看出,有机肥对土壤 B 层速效磷积累量的效应呈开口向上的抛物线状。随着

有机肥用量的增加,土壤 B 层速效磷积累量逐渐下降,到最低点若继续加大有机肥用量,土壤 B 层速效磷积累量反而增加,这说明只有适量的有机肥配施化肥对减少土壤 B 层速效磷积累量有较好的效果。比较 3 条曲线,可看出中量化肥配施有机肥对减少土壤 B 层速效磷积累量效果最好。

2.1.3 模型优化农艺措施组合

将码值 X_1, X_2, X_3, X_4 在试验设计范围内等分 11 个水平,构成 $11^4=14\ 641$ 个生产因素组合,土壤 B 层速效磷积累量 $-0.5 \leq Y \leq 0.5 \text{ mg/kg}$ 的组合有 1 557 个,占组合方案总数的 10.6%。通过计算得出土壤 B 层速效磷积累量 $-0.5 \leq Y \leq 0.5 \text{ mg/kg}$ 的农艺措施为:施有机肥 $17\ 123.9 \sim 18\ 172.9 \text{ kg/hm}^2$,施 N $141.5 \sim 145.1 \text{ kg/hm}^2$,施 P_2O_5 $68.4 \sim 71.5 \text{ kg/hm}^2$,施 K_2O $121.9 \sim 129.6 \text{ kg/hm}^2$ 。

3 结 语

通过采用二次饱和 D—最优设计,建立了有机肥、氮肥、磷肥和钾肥配合施用对土壤 B 层速效磷积累量的数学模型,该模型通过检验达到极显著水平,模型是成立的。

通过对数学模型的分析,有机肥施用量的过多或过少均使土壤 B 层速效磷积累量增加,化肥的施用也有相似的影响。

对数学模型进行频率分析表明,使土壤 B 层速效磷积累量较低的农艺措施组合方案为:施有机肥 $17\ 123.9 \sim 18\ 172.9 \text{ kg/hm}^2$,施 N $141.5 \sim 145.1 \text{ kg/hm}^2$,施 P_2O_5 $68.4 \sim 71.5 \text{ kg/hm}^2$,施 K_2O $121.9 \sim 129.6 \text{ kg/hm}^2$ 。

参考文献:

- [1] 许广波,等.不同耕种方式对草甸型土熟化的影响[J].延边大学农学报,1997,19(3):22—27.
- [2] 王兴仁,等.现代化肥料试验设计[M].北京:中国农业出版社,1996.164—190.
- [3] 徐中儒.农业试验最优回归设计[M].哈尔滨:黑龙江出版社,1998.216—238.
- [4] 梁运江,等.有机肥与化肥配施对水稻产量的影响初探[J].吉林农业大学学报,1999,21(3):71—76.

Effect of Mixed Application of Organic and Inorganic Fertilizers on Content of Available Phosphorus in B Horizon of Paddy Soil

LIANG Yun-jiang, XU Guang-bo, WEI Tie-zheng, et al.

(Agriculture College of Yanbian University, Jilin Longjing 133400, China)

Abstract: The paper studied the effect of mixed application of organic and inorganic fertilizers on content of available phosphorus in B horizon of paddy soil with saturated D-optimal design for quadratic regression, established mathematical model, analyzed effects of all kinds of factors on content of available phosphorus in B horizon of paddy soil, and offered a fertilizer applying plan to reduce content of available phosphorus in B horizon of paddy soil.

Key words: Paddy soil; Organic fertilizer; Inorganic fertilizer; Rapidly available phosphorus; Mathematical model