

优质晚稻平衡施肥数学模型研究

夏海鳌¹⁾ 杨琳¹⁾ 肖小平²⁾ 刘国平²⁾ 王京平³⁾

(¹⁾湖南省土壤肥料工作站, 湖南长沙 410005; ²⁾湖南省宁乡县土壤肥料工作站; ³⁾湖南省农产品质量检验检测中心)

摘要 应用联合国粮农组织(FAO)提出的氮、磷、钾 3 因素 4 水平 14 个处理的田间试验设计(即 3414 设计), 研究了氮、磷、钾肥用量和配比对优质晚稻产量的影响, 并获得了相应的数学模型。通过对模型的优化和解析, 得出了优质晚稻获得最佳产量时的肥料用量是: N 202.5 kg/hm², P₂O₅ 0.0 kg/hm², K₂O 303.0 kg/hm², 此时稻谷的产量为 5 491.5 kg/hm²。

关键词 优质晚稻; 平衡施肥; 数学模型

中图分类号 S511.3⁺3; S14 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2004)01-0074-02

Study on Mathematics Model of Balanced Fertilization for High Quality Late Rice

Xia Hiao et al (The Soil and Fertilizer Station of Hunan Province, Changsha, Hunan 410005)

Abstract The effects of the amount and ration of N, P and K on the yield of high quality late rice were studied by use of 3414 field experiments suggested by FAO, i. e. three factors, four levels and fourteen treatments. Furthermore, the mathematics model was also obtained. The amount of fertilizers used to obtain the optimal production through the optimization and analysis of model was 202.5 kg/hm² for N; 0.0 kg/hm² for P₂O₅ and 303.0 kg/hm² for K₂O, and the yield for late rice with high quality was 5 491.5 kg/hm².

Key words High quality late rice, Balanced fertilization, Mathematics model

合理施肥是促进农业持续发展的一项极其重要的技术措施。然而, 由于湖南省稻农长期受传统施肥经验的影响, 在水稻生产过程中普遍存在偏施氮肥的现象, 偏施、滥施化肥或过量施用化肥, 不仅降低了肥料的利用率和施肥效益, 而且还将带来严重的环境污染问题, 同时过量施用氮肥还将危及农产品质量安全。该研究通过应用联合国粮农组织(FAO)提出的氮、磷、钾 3 因素 4 水平 14 个处理的田间试验设计(即 3414 设计), 在田间小区试验条件下, 建立数学模型, 并得出了试验地区优质晚稻施用氮、磷、钾肥的综合效应方程, 据此推算出了优质晚稻获得最佳产量时的氮、磷、钾肥料用量, 以期为南方优质稻区平衡施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤 田间试验安排在湖南省宁乡县双江口镇白玉村肉铺组。供试土壤为河流冲积物发育而成的河沙泥, 土壤的基本农化性状为: pH 值 6.4, 有机质 27.5 g/kg, 全氮 1.51 g/kg, 碱解氮 152.1 mg/kg, 有效磷 9.2 mg/kg, 速效钾 40.9 mg/kg。

1.2 试验设计 试验采用联合国粮农组织(FAO)提出的氮、磷、钾 3 因素 4 水平 14 个处理的田间试验设计(即 3414 设计), 不设重复, 每个小区面积 24.0 m²。各因素水平及各处理组合设计见表 1、2。

注: 中国科学院知识创新工作重要方向项目(KZCX2-SW-415, KZCX3-SW-426); 农业部“南方优质稻节肥试验研究”总结(农办农[2003]24号)。

作者简介: 夏海鳌(1964-), 男, 湖南省南县人, 高级农艺师, 主要从事肥料管理、施肥技术研究与推广工作。

收稿日期: 2003-11-27

1.3 试验安排 供试水稻品种为优质稻 84-17, 2003 年 6 月 18 日播种, 7 月 19 日移栽, 10 月 20 日收获。除肥料用量外, 各小区的田间管理均与大田生产一致。

供试肥料与施用方法: 氮肥为尿素(含 N 46%), 60% 作基肥, 40% 作分蘖肥 1 次施用; 磷肥为钙镁磷肥(含 P₂O₅ 12%) 作基肥 1 次施用; 钾肥为氯化钾(含 K₂O 60%) 作基肥 1 次施用; 所有小区均不施用有机肥料。基肥于 7 月 18 日施用, 追肥于 7 月 24 日施用。

因子	水平			
	0	1	2	3
N	0.0	82.5	165.0	247.5
P ₂ O ₅	0.0	30.0	60.0	90.0
K ₂ O	0.0	60.0	120.0	180.0

处理代号	施肥水平 kg/hm ²			小区肥料用量 kg		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	尿素	钙镁磷肥	氯化钾
000	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
022	0.0	60.0	120.0	0.00	1.20	0.48
122	82.5	60.0	120.0	0.43	1.20	0.48
202	165.0	0.0	120.0	0.86	0.00	0.48
212	165.0	30.0	120.0	0.86	0.60	0.48
222	165.0	60.0	120.0	0.86	1.20	0.48
232	165.0	90.0	120.0	0.86	1.80	0.48
220	165.0	60.0	0.0	0.86	1.20	0.00
221	165.0	60.0	60.0	0.86	1.20	0.24
223	165.0	60.0	180.0	0.86	1.20	0.72
⑪	322	247.5	60.0	1.29	1.20	0.48
⑫	112	82.5	30.0	0.43	0.60	0.48
⑬	121	82.5	60.0	0.43	1.20	0.24
⑭	211	165.0	30.0	0.86	0.60	0.24

观察记载水稻全生育期生长情况, 收获时按小区单

打单收计产,并分小区进行室内考种。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对水稻长势长相的影响 每小区选择有代表性的 10 蔸禾苗进行定点调查。8 月 21 日的观察结果(表 3)表明,高氮处理^⑪(N_{247.5})的水稻长势长相最好。该处理的水稻苗数为 540.0 万/hm²,平均株高 59.2 cm,比不施氮肥的 2 个处理(N_{0.0})平均增加 192.0 万/hm²与 12.4 cm;施氮量中等(N_{165.0})的 8 个处理水稻长势长相次之,水稻苗数平均 532.7 万/hm²,株高平均 58.2 cm,比高氮处理^⑪(N_{247.5})分别低 7.3 万/hm²与 1.0 cm;施氮量低等(N_{82.5})的 3 个处理水稻长势长相相对较差,水稻苗数平均 517.5 万/hm²,株高平均 56.3 cm,比高氮处理^⑪(N_{247.5})分别低 22.5 万/hm²与 2.9 cm。可见,增加氮肥用量对促进水稻分蘖和生长有明显的促进作用。

表 3 不同施肥处理对水稻长势长相的影响

处理	代号	苗数 万/hm ²	分蘖率 %	株高 cm
	000	336.0	4.7	45.4
	022	360.0	12.1	48.2
	122	519.0	61.7	55.4
	202	531.0	65.4	58.0
	212	537.0	67.3	58.1
	222	537.0	67.3	58.2
	232	532.5	65.9	58.0
	220	531.0	65.4	58.5
	221	528.0	64.5	58.0
	223	531.0	65.4	58.2
⑪	322	540.0	68.2	59.2
⑫	112	522.0	62.6	55.6
⑬	121	513.0	59.8	58.0
⑭	211	534.0	66.4	58.6

2.2 不同施肥处理对水稻经济性状的影响 考种结果(表 4)表明,处理^⑩(N_{165.0}P_{60.0}K_{180.0})由于氮、磷、钾配比合理,其水稻经济性状与理论产量最好,该处理水稻有效穗 366.0 万/hm²,每穗实粒数 72.3 粒,千粒重 24.4 g,理论产量 6456.0 kg/hm²,比无肥区处理(N₀P₀K₀)分别增加 99.0

表 4 不同施肥处理对水稻经济性状的影响

处理	代号	有效穗 万/hm ²	穗粒数 粒	实粒数 粒	结实率 %	千粒重 g	理论产量 kg/hm ²	实际产量 kg/hm ²
	000	267.0	76.7	63.2	82.4	23.4	3948.0	3337.5
	022	276.0	78.4	65.0	83.5	23.4	4230.0	3544.5
	122	331.5	79.6	68.9	86.6	23.4	5344.5	4668.0
	202	357.0	82.1	70.1	85.4	24.4	6106.5	5146.5
	212	360.0	81.4	70.3	86.4	24.3	6150.0	5175.0
	222	361.5	84.2	72.3	85.9	23.9	6246.0	5245.5
	232	367.5	82.7	71.1	86.0	24.1	6297.0	5361.0
	220	360.0	77.3	67.0	86.7	23.9	5764.5	4864.5
	221	361.5	79.1	67.7	85.6	24.0	5874.0	4996.5
	223	366.0	84.3	72.3	86.2	24.4	6456.0	5464.5
⑪	322	402.0	78.7	65.8	83.6	23.8	6295.5	5239.5
⑫	112	336.0	77.2	66.7	86.4	23.7	5311.5	4410.0
⑬	121	331.5	77.1	65.0	84.3	23.8	5128.5	4288.5
⑭	211	357.0	81.2	69.3	85.3	23.6	5838.0	4945.5

万/hm²、9.1 粒、1.0 g、2 508.0 kg/hm²。处理^⑩(N_{247.5}P_{60.0}K_{120.0})由于配施高氮而钾相对偏低,加之土壤严重缺钾(速效钾仅 40.9 mg/kg),该处理与处理^⑩相比,有效穗虽然增加 36.0 万/hm²,但每穗实粒数减少 6.5 粒,千粒重减少 0.6 g,理论产量降低 160.5 kg/hm²。施氮量中等(N_{165.0})的其他 7 个处理水稻经济性状和理论产量较好,有效穗、每穗实粒数、千粒重、理论产量平均分别为 360.0 万/hm²、69.7 粒、24.0 g、6 039.0 kg/hm²。施氮量低等(N_{82.5})的 3 个处理水稻经济性状和理论产量较差,有效穗、每穗实粒数、千粒重、理论产量平均分别为 333.0 万/hm²、66.9 粒、23.6 g、5 262.0 kg/hm²。不施氮肥的 2 个处理水稻经济性状与理论产量最差,有效穗、每穗实粒数、千粒重、理论产量平均分别为 271.5 万/hm²、64.4 粒、23.4 g、4 089.0 kg/hm²。

2.3 水稻产量数学模型的建立与应用 按照 3414 设计方案的统计分析方法,根据田间试验结果,经计算机分析运算,求得氮、磷、钾与水稻产量(Y)的数学模型为:

$$Y = 3321.056 + 18.052N - 8.315P - 1.889K - 0.0208NP - 0.00713NK + 0.0698PK - 0.0362N^2 + 0.0667P^2 + 0.0138K^2$$

式中,N 为纯氮数量,P 为 P₂O₅ 数量,K 为 K₂O 数量。肥料效应方程经方差分析和 F 值检验(F = 82.999^{*}, F_{0.01} = 14.659),该方程已达极显著水平,可作为指导南方优质晚稻推荐施肥。

应用水稻产量数学模型,并按 N 3.04 元/kg, P₂O₅ 3.33 元/kg, K₂O 2.5 元/kg, 稻谷 1.40 元/kg 价格计算,经计算机分析处理可得出优质晚稻最大施肥量 N 为 240.0 kg/hm², K₂O 为 379.5 kg/hm²,此时晚稻产量为 5 538.0 kg/hm²;最佳施肥量 N 为 202.5 kg/hm², K₂O 为 303.0 kg/hm²,此时稻谷产量为 5 491.5 kg/hm²。由于磷肥在该试验条件下施用效果不明显,可考虑不施用磷肥。

(下转第 77 页)

2.3 速效磷的变化趋势(图3) 2002年与1984年相比,除沙泥土田有所下降外,其余3种土壤中的速效磷都大幅度的上升。其中黄白土田与黑粒土田从1984年以来一直保持增长趋势,其绝对量与1984年相比分别增加了15和12 mg/kg,年增加0.83和0.67 mg/kg,年递增率为13.8%和11.1%。马肝土田的速效磷波动较大,从土壤普查时的3 mg/kg上升到1993年的10 mg/kg,此期,磷已不再是限制作物生长的主要因素;2002年与1984年相比,绝对量增加了13 mg/kg,年均上升0.72 mg/kg,年上升率为24%。沙泥土田从普查以来一直持续下滑,1993年后磷已经成为作物生长的主要限制因子,1999年虽有所增长,但土壤仍处在缺磷状态。这种情况主要与沙泥土田理化性质有关,因沙泥土田漏水漏肥现象比较严重;还与农民施肥习惯,如重氮肥,轻磷、钾肥有关。

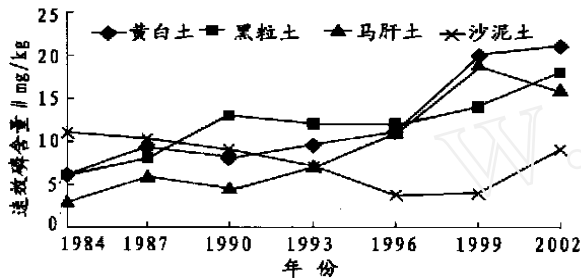


图3 速效磷变化情况

2.4 速效钾的变化趋势(图4) 现阶段,4种土壤的速效钾含量均较低,钾素已成为作物生长的限制因素。此外图4还显示,黄白土田与沙泥土田曲线变化较平缓,黑粒土田与马肝土田曲线变化较大,但总体上4种土壤的速效钾变化趋势基本相似。从1984年到1993年一直保持下降趋势,其后稍有所增加,1996年后又有所下降,到

1999年4种土壤的速效钾均达到有史以来最低水平,土壤严重缺钾。1999年后土壤的速效钾含量又稍有所增加。2002年与1984年相比,黄白土田、黑粒土田、马肝土田、沙泥土田的绝对量分别下降了66、61、55和34 mg/kg,年下降3.6、3.5、3.4和1.9 mg/kg,年递减率为3.1%、2.9%、2.5%和1.1%。

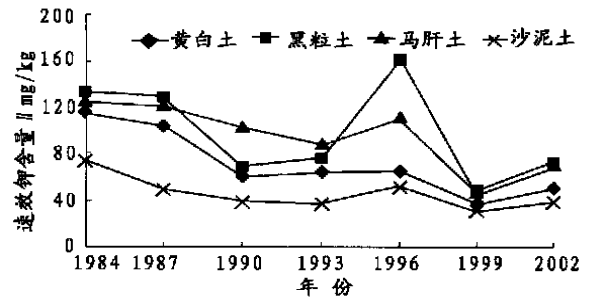


图4 速效钾变化情况

3 小结

寿县主要水稻土的有机质、全氮、速效磷近几年有了明显的提高,钾则显示严重不足,而磷在部分土壤中则明显不足,究其原因,与当地农民的施肥习惯有很大关系。近年来,由于大力宣传广积农家肥,土壤养分状态有了明显的改善,但农民在施肥时,N:P₂O₅:K₂O(1:0.37:0.11)比例严重失调,与第2次土壤普查时情况相比,并未从根本上得到改善。因此土壤缺磷、钾将是制约寿县作物产量与品质的主要原因之一。

4 参考文献

- 1 安徽省寿县土壤普查办公室. 寿县土壤[Z]. 1985.
- 2 寿县土肥站. 寿县耕地质量调查报告[Z]. 1998.

(责任编辑:孙红忠 责任校对:孙红忠)

(上接第75页)

3 小结

(1) 增加氮肥用量,虽然对水稻分蘖与生长有一定的促进作用,但只有在合理配施一定量钾肥的条件下,才能实现水稻增产增收。

(2) 在试验条件下,建立了优质晚稻产量与氮、磷、钾肥料用量之间的数学模型。在一定的用量范围内,施用氮、钾肥均能提高优质晚稻的产量,但过量施用氮肥,会造成优质晚稻减产。由于供试稻田前作早稻施用磷肥,磷肥对晚稻有一定的后效,加之供试稻田土壤的有效磷比较丰富(有效磷9.2 mg/kg),磷肥施用效果不明显。因此,南方双季稻区磷肥应优先用在早稻上,有效磷高的稻田,晚稻可少用

或不用磷肥。

(3) 通过计算机对水稻产量数学模型的优化和解析,得出了优质晚稻获得最佳产量时的肥料用量为:N 202.5 kg/hm²,P₂O₅ 0.0 kg/hm²,K₂O 303.0 kg/hm²,此时稻谷产量为5491.5 kg/hm²。采用秸秆还田和施用其他有机肥料的稻田可适当调减氮、钾肥的用量。

4 参考文献

- 1 陈伦寿. 农田施肥原理与实践[M]. 北京:农业出版社,1984.
- 2 金耀中,张中原. 配方施肥方法及其应用[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1993.
- 3 王兴仁,张福锁. 现代肥料试验设计[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- 4 徐中儒. 回归分析与试验设计[M]. 北京:中国农业出版社,1997.

(责任编辑:孙红忠 责任校对:孙红忠)