

寿县水稻“3414”完全肥料效应田间试验

戚士胜¹, 胡凤桂², 李应生³, 黄德尧⁴, 张晓明² (1. 安徽省寿县农技推广中心, 安徽寿县 232200; 2. 安徽省寿县土壤肥料站, 安徽寿县 232200; 3. 安徽省寿县三觉镇农技站, 安徽寿县 232200; 4. 安徽省寿县众兴镇农技站, 安徽寿县 232200)

摘要 [目的]获得水稻主产区水稻生产中的土壤供肥力、最佳配方施肥量。[方法]以杂交中粳深两优 5814 为水稻供试品种,在安徽寿县三觉镇陈岗村进行了“3414”试验,共设 14 个处理,研究氮、磷、钾肥对水稻产量及经济性状的影响,并通过肥料效应函数分析了氮、磷、钾肥施用量与水稻产量之间的关系。[结果]氮肥 180 kg/hm²、磷肥 60 kg/hm²、钾肥 120 kg/hm² 处理的产量最高,达 11 455.5 kg/hm²,该处理的纯收入也最高,达 23 324.10 元/hm²,其次为氮肥 180 kg/hm²、磷肥 60 kg/hm²、钾肥 0 kg/hm² 处理,纯收入为 20 837.85 元/hm²。获得肥料效应函数方程 $Y = 338.401 + 15.085X_1 + 108.066X_2 - 8.747X_3 + 0.182X_1^2 + 2.100X_2^2 - 6.420X_3^2 - 1.00X_1X_2 - 11.402X_1X_3 - 0.779X_2X_3$, 由该数学模型得出理论氮、磷、钾最佳施肥量分别为 154.50、51.00、34.50 kg/hm²。[结论]各处理中以氮肥 180 kg/hm²、磷肥 60 kg/hm²、钾肥 120 kg/hm² 处理的产量和纯收入最高,结合生产实际,推荐氮、磷、钾施用量分别为 172.50、75.00、135.00 kg/hm²。
关键词 水稻;“3414”肥效试验;施肥模型;推荐施肥量
中图分类号 S506.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)16-131-03

Rice “3414” Complete Fertilizer Effect Field Experiment in Shouxian County
QI Shi-sheng¹, HU Feng-gui², LI Ying-sheng³ et al (1. Shouxian County Agricultural Technology Promotion Center in Anhui Province, Shouxian, Anhui 232200; 2. Shouxian County Soil Fertilizer Station in Anhui Province, Shouxian, Anhui 232200; 3. Sanjue Town Agrotechnical Station in Shouxian County, Shouxian, Anhui 232200)
Abstract [Objective] The aim was to obtain soil nutrient supplying capacity, the optimal formula fertilization amount in rice production. [Method] With hybrid rice Shenliangyou 5814 as test varieties, “3414” experiment was conducted in Chengang Village, Sanjue Town, Shouxian County, Anhui Province. Setting 14 treatments, effects of N, P, K fertilizer on rice yield and economic traits were studied. Through fertilizer effect function, the relationship between N, P, K application amount and rice yield was analyzed. [Result] The yield and net income of N 180 kg/hm², P 60 kg/hm², K 120 kg/hm² was highest, up to 11 455.5 kg/hm² and 23 324.10 yuan/hm². The net income of N 180 kg/hm², P 60 kg/hm², K 0 kg/hm² took the second place, up to 20 837.85 yuan/hm². The fertilizer effect function equation $Y = 338.401 + 15.085X_1 + 108.066X_2 - 8.747X_3 + 0.182X_1^2 + 2.100X_2^2 - 6.420X_3^2 - 1.00X_1X_2 - 11.402X_1X_3 - 0.779X_2X_3$ was obtained, the theoretical optimal fertilization amount of N, P, K was 154.50, 51.00, 34.50 kg/hm². [Conclusion] The yield and net income of N 180 kg/hm², P 60 kg/hm², K 120 kg/hm² is highest, combining with practical production, the dosage of N, P, K fertilizer is recommend as 172.50, 75.00, 135.00 kg/hm².
Key words Rice; “3414” fertilizer experiment; Fertilization model; Recommended fertilization amount

近年来,随着水稻产量逐年提高,化肥施用量也随之增大,施肥成为提高水稻产量的重要手段^[1]。寿县是沿淮农业大县,粮食产量一直位居全国和安徽省前列,被确定为水稻、小麦优势产区。“3414”肥效完全试验吸收了回归最优设计处理少、效率高的优点,是目前国内外应用较为广泛的肥料效应田间试验方案,是全国农技中心推荐使用的标准肥料用量试验方案^[2-4]。按照农业部“测土配方施肥技术规范”和“安徽省‘3414’肥效田间试验总体方案”要求,笔者在寿县三觉镇进行了水稻“3414”肥效试验,研究在寿县“稻-麦”两熟典型耕作制度下,水稻最佳施肥量,旨在为提高肥料利用率、增加经济效益及合理指导科学施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2015 年 4~10 月在安徽寿县三觉镇陈岗村进行。试验田长 68 m,宽 42 m,面积 2 856 m²,土种为黄白土田,耕层厚度 20 cm,通常地下水位 1.2 m,耕作类型为水稻-小麦两熟制,土壤肥力中等偏上。土壤基本理化性质:pH 6.3,有机质 18.3 g/kg,全氮 1.06 g/kg,碱解氮 95.00 mg/kg,有效磷 16.90 mg/kg,缓效钾 245.00 mg/kg,速效钾 127.00 mg/kg。

1.2 试验材料 供试肥料:氮肥品种为尿素,含纯氮量(N)

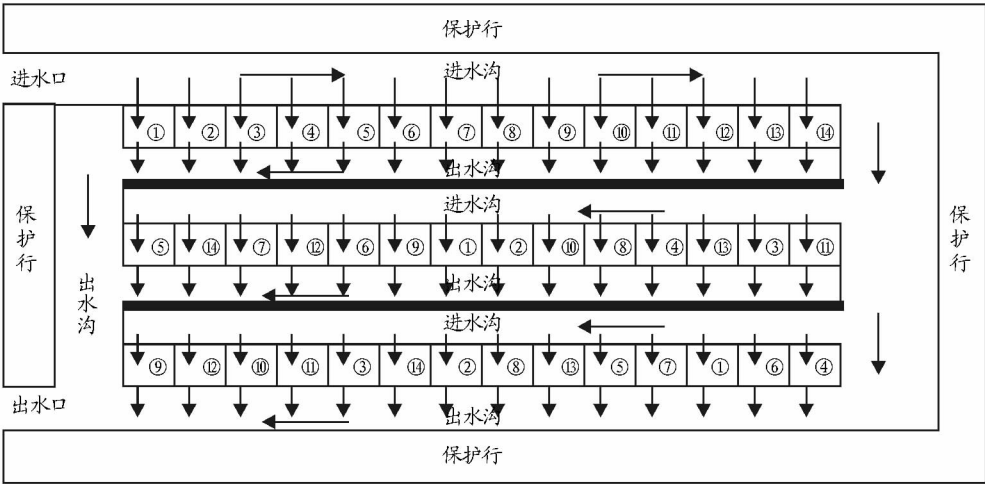
46%,产地安庆;磷肥品种为过磷酸钙,含纯磷量(P₂O₅)12%,产地铜陵;钾肥品种为氯化钾,含纯钾量(K₂O)60%,产地俄罗斯。供试水稻品种:杂交中粳深两优 5814,常年产量 9 000 kg/hm²。

表 1 “3414”试验各处理施肥量
Table 1 Fertilizer dosage in each treatment in “3414” experiment

处理 Treatment	组合 Combination	施肥量 Fertilizer application amount//kg/hm ²		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
①	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
②	N ₀ P ₂ K ₂	0	60	120
③	N ₁ P ₂ K ₂	90	60	120
④	N ₂ P ₀ K ₂	180	0	120
⑤	N ₂ P ₁ K ₂	180	30	120
⑥	N ₂ P ₂ K ₂	180	60	120
⑦	N ₂ P ₃ K ₂	180	90	120
⑧	N ₂ P ₂ K ₀	180	60	0
⑨	N ₂ P ₂ K ₁	90	60	60
⑩	N ₂ P ₂ K ₃	90	60	180
⑪	N ₃ P ₂ K ₂	270	90	120
⑫	N ₁ P ₁ K ₂	90	30	120
⑬	N ₁ P ₂ K ₁	90	60	60
⑭	N ₂ P ₁ K ₁	180	30	60

1.3 试验方案 采用“3414”最优回归设计,试验因素为氮、

磷、钾 3 元素,各因素设 0、1、2、3 各 4 个水平,各水平肥料用量:氮(N)为 0、90、180、270 kg/hm²,磷(P₂O₅)为 0、30、60、90 kg/hm²,钾(K₂O)为 0、60、120、180 kg/hm²,共 14 个处理(表 1),每处理 3 次重复。小区面积 40 m² (10 m×4 m),四周设置 2 m 保护行。小区间做埂宽、高均为 30 cm,独立灌排。小区排列见图 1。



注:①~⑭表示处理号。
Note: ①-⑭ stands for treatment No.

图 1 “3414”水稻试验地小区设计示意
Fig.1 Design of “3414” rice experiment plot

1.4 肥料施用 氮肥的基肥占 50%,分蘖肥占 30%,穗肥占 20%;磷肥全部作基肥施用;钾肥的基肥占 70%,穗肥占 30%。施用方法为撒施。

1.5 田间管理 2015 年 5 月 24 日播种育苗,6 月 15 日移栽,移栽密度 22.2 万穴/hm²。6 月 27 日追分蘖氮肥并结合化学除草;8 月 17 日追孕穗氮、钾肥。7 月 27 日和 8 月 5 日,开展 2 次病虫害防治,综合防治二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、稻曲病、稻瘟病等穗期病虫害。2015 年 10 月 15 日收获,

分小区单收单打,计算实产。全部生育期为 142 d。

2 结果与分析

2.1 产量与经济效益 由表 2 可知,处理⑥的产量最高,达 11 455.5 kg/hm²。经方差分析,各施肥处理间产量与不施肥处理差异极显著,说明施肥的增产效果显著。由表 2 可知,处理⑥纯收入最高,达 23 324.10 元/hm²,其次为处理⑧,为 20 837.85 元/hm²。产投比处理⑬ 最高,达 17.86,处理⑪最低,仅 8.31。

表 2 “3414”肥效试验水稻产量与经济效益
Table 2 Rice yield and economic benefit of “3414” fertilizer experiment

处理号 Treatment No.	处理编码 Treatment code	产量 Yield//kg/hm ²	产值 Output value//元/hm ²	肥料投入 Fertilizer input//元/hm ²				纯收入 Net income 元/hm ²	产投比 Ratio of yield and input
				N	P	K	合计 Total		
①	N ₀ P ₀ K ₀	5 094.0dC	11 206.80				0	11 206.80	—
②	N ₀ P ₂ K ₂	5 107.1dC	11 235.60		312	756	1 068	10 167.60	9.52
③	N ₁ P ₂ K ₂	7 947.0cB	17 483.40	405	312	756	1 473	16 010.40	10.87
④	N ₂ P ₀ K ₂	9 822.9abAB	21 610.20	810	0	756	1 566	20 044.20	12.80
⑤	N ₂ P ₁ K ₂	9 614.3bcAB	21 151.35	810	156	756	1 722	19 429.35	11.28
⑥	N ₂ P ₂ K ₂	11 455.5aA	25 202.10	810	312	756	1 878	23 324.10	12.42
⑦	N ₂ P ₃ K ₂	8 263.7bcB	18 179.85	810	312	756	1 878	16 301.85	8.68
⑧	N ₂ P ₂ K ₀	9 981.8abAB	21 959.85	810	312	0	1 122	20 837.85	18.57
⑨	N ₂ P ₂ K ₁	8 538.8bcB	18 785.25	945	312	378	1 635	17 150.25	10.49
⑩	N ₂ P ₂ K ₃	9 647.4bcAB	21 224.10	810	312	1 134	2 256	18 968.10	8.41
⑪	N ₃ P ₂ K ₂	9 664.5bcAB	21 261.90	1 215	312	756	2 283	18 978.90	8.31
⑫	N ₁ P ₁ K ₂	8 755.5bcB	19 262.10	405	156	756	1 317	17 945.10	13.63
⑬	N ₁ P ₂ K ₁	9 389.3bcAB	20 656.35	405	312	378	1 095	19 561.35	17.86
⑭	N ₂ P ₁ K ₁	8 913.9bcAB	19 610.40	810	156	378	1 344	18 266.40	13.59

注:同列不同大、小写字母分别表示差异在 0.01、0.05 水平差异显著。计算价格:水稻 2.52 元/kg,氮肥 4.50 元/kg,纯磷 5.20 元/kg,纯钾 6.30 元/kg。效益分析仅针对肥料投入 1 项,正常农业生产所需的整地、稻种、育秧、栽插、病虫害防治、灌溉、收获等各环节必需的投入未列入计算。
Note: Different capital letters and lowercases in the same column stand for significant difference at 0.01 and 0.05 level. The prices of rice, N fertilizer, pure P, pure K are 2.52, 4.50, 5.20, 6.30 yuan/kg, respectively. Benefit analysis is for fertilizer input, the necessary inputs in each link of normal agriculture production are not included in the calculation, including soil preparation, sowing, sprout cultivation, planting, pest and weed control, irrigation and harvest.

2.2 肥料效应函数

2.2.1 单因子分析。

2.2.1.1 施氮效果。将处理③、⑥、⑪的施用量和产量与处理②进行比较,结果表明:在施氮肥不同而其他肥料施肥量相同的情况下,产量相差较大,处理③、⑥、⑪分别增产 55.64%、124.30%、89.23% (表 3),说明氮肥增产效果明显;

随着氮肥施用量的增加,产量在出现最大值后下降,说明过量施氮反而会造成减产。通过建立一元二次回归方程可以看出(图2),氮肥施用量与水稻的产量呈开口向下的二次函数(抛物线)关系,当施氮肥 202.5 kg/hm² 时,产量达最大值,为 10 627.5 kg/hm²。如果氮肥和水稻以上述价格计算,则最佳施氮量为 193.5 kg/hm²,最佳产量为10 617.0 kg/hm²。

表3 施氮增产效果调查结果

Table 3 Investigation results of yield increasing by applying N fertilizer

处理号 Treatment No.	施氮量 Dosage of N fertilizer kg/hm ²	产量 Yield kg/hm ²	比处理②相比 Compared with treatment ②	
			增产 Yield increasing kg/hm ²	增产率 Increasing rate//%
②	0	5 107.2	—	—
③	90	7 949.0	2 841.8	55.64
⑥	180	11 455.5	6 348.3	124.30
⑪	270	9 664.6	4 557.4	89.23

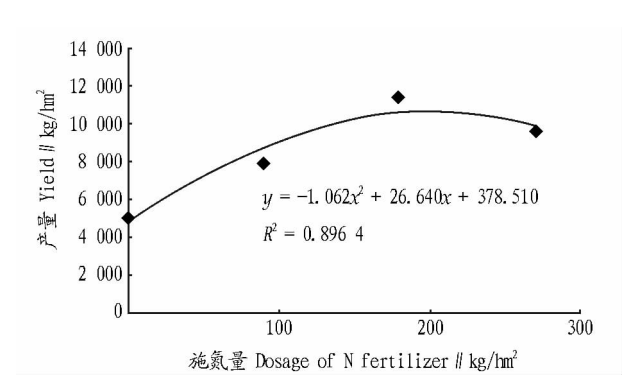


图2 氮肥施用量与水稻产量的关系

Fig.2 The relationship between rice yield and N fertilizer application amount

2.2.1.2 施磷效果。将处理⑤、⑥、⑦的施肥量和产量与处理④进行比较,结果表明:在施磷肥不同而其他肥料施用量相同的情况下,产量结果相差不大,处理⑤、⑦分别减产 2.12% 和 1.60%,处理⑦增产 18.65% (表4),说明磷肥增产效果不明显。通过建立一元二次回归方程可以看出(图3),磷肥施用量与水稻的产量呈开口向下的二次函数(抛物线)关系,当施磷肥 39.0 kg/hm² 时,产量达到最大值 10 749.0 kg/hm²。如果磷肥和水稻以上述价格计算,则最佳施磷量为 37.5 kg/hm²,最佳产量为 10 747.5 kg/hm²。

2.2.1.3 施钾效果。将处理⑨、⑥、⑩的施肥量和产量与处理⑧进行比较,结果表明:在施钾肥不同而其他肥料施用量相同的情况下,产量结果相差不大,处理⑨、⑩分别减产 14.50%、3.35%,处理⑥增产 14.76%,说明施钾肥增产效果不明显;但随着施用量的增加,产量在出现最大值后下降(表5),说明钾肥施用量过大反而会造成减产。通过建立一元二次回归方程可以看出(图4),钾肥施用量与水稻的产量呈开口向下的二次函数(抛物线)关系,当施钾量为 153.0 kg/hm² 时,产量达到最大值 10 120.5 kg/hm²。如果钾肥和水稻以上

述价格计算,则最佳施钾量为 103.5 kg/hm²,最佳产量为 10 059.0 kg/hm²。

表4 施磷增产效果调查结果

Table 4 Investigation results of yield increasing by applying P fertilizer

处理号 Treatment No.	施磷量 Dosage of N fertilizer kg/hm ²	产量 Yield kg/hm ²	比处理④相比 Compared with treatment ④	
			增产 Yield increasing kg/hm ²	增产率 Increasing rate//%
④	0	9 822.8	—	—
⑤	30	9 614.3	-208.5	-2.12
⑥	60	11 655.0	1 832.2	18.65
⑦	90	8 263.7	-1 559.1	-1.60

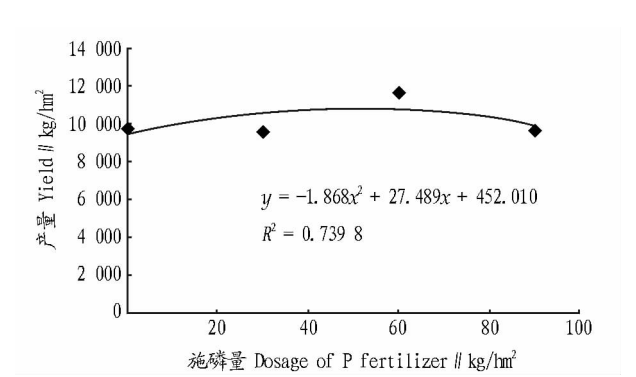


图3 磷肥施用量与水稻产量的关系

Fig.3 The relationship between rice yield and P fertilizer application amount

表5 施钾增产效果调查结果

Table 5 Investigation results of yield increasing by applying K fertilizer

处理号 Treatment No.	施钾量 Dosage of N fertilizer kg/hm ²	产量 Yield kg/hm ²	比处理⑧相比 Compared with treatment ⑧	
			增产 Yield increasing kg/hm ²	增产率 Increasing rate//%
⑧	0	9 981.8	—	—
⑨	60	8 538.8	-1 443.0	-14.50
⑥	120	11 455.5	1 473.7	14.76
⑩	180	9 647.3	-334.5	-3.35

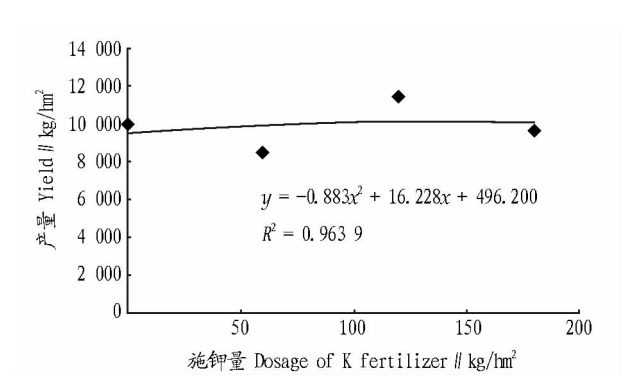


图4 钾肥施用量与水稻产量的关系

Fig.4 The relationship between K fertilizer application amount and rice yield

表 3 不同菌剂处理对大豆产量构成因子的影响

Table 3 Effects of rhizobia inoculants on the component factors of soybean yields

处理 Treatment	株高 Plant height //cm	荚数 Pod number //个	单株粒数 Grain number //g	百粒重 100-grain weight //g	产量 Yield //kg/m ²	较 CK 增产 Yield increase compared with CK //%
①	90.68 ± 0.75a	27.27 ± 1.71a	62.21 ± 4.72a	22.21 ± 0.62a	0.395 ± 0.019b	-2.47
②	86.49 ± 3.09ab	31.66 ± 1.94a	72.13 ± 4.26a	23.65 ± 1.16a	0.463 ± 0.009a	14.32
③	92.50 ± 1.73a	27.81 ± 1.63a	65.63 ± 3.90a	22.98 ± 0.38a	0.390 ± 0.015b	-3.70
④	81.93 ± 3.49b	31.17 ± 2.33a	72.07 ± 6.10a	23.69 ± 0.88a	0.498 ± 0.022a	22.96
⑤(CK)	87.87 ± 2.51ab	29.02 ± 1.53a	68.06 ± 3.61a	22.44 ± 0.18a	0.405 ± 0.006b	-

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。
Note:Different lowercases in the same row indicated significant differences at 0.05 level.

3 结论与讨论

(1)该研究表明,阿根廷利索公司生产的根瘤菌质量优良,Rizoliq Top、Signum 和 LLI 3 种菌剂的数量可达国家标准的 4.6~5.2 倍,且均未检出霉菌。经测定,不同菌剂包衣后种子带菌量,以 Rizoliq Top 最高,达 5.48×10^4 CFU/mL,Signum + Premax - Signum 最低,仅 4.10×10^4 CFU/mL。各处理间的株高、主根根瘤数、主根根瘤干重、侧根根瘤干重及根瘤总干重均与对照差异不显著;对照组未施用根瘤菌的侧根根瘤数和根瘤总数显著高于处理①、②、④;各处理间的植株干重与对照无显著差异,处理①与处理②差异显著。不同根瘤菌剂处理对大豆产量构成的影响与株高无关,与荚数、粒数、百粒重有关。处理②和处理④在产量方面显著高于 CK,其他各因素均高于对照但不显著;与对照相比,处理②、④分别增产 14.32% 和 22.96%。

(2)综上,大豆根瘤菌 Rizoliq Top + Premax 和 LLI + Premax - LLI 与黑河 43 号适配性好,增产效果显著。Tomar 等^[11]研究表明,不同的大豆类型和品种间由于根系分泌物不同,造成根瘤菌对刺激大豆形成根瘤也存在显著差异,根瘤菌对宿主的专一性与品种的差异性有关^[11]。因此,大豆根瘤菌 Rizoliq Top 和 Signum + Premax - Signum 增产效果不理想可能是由于其与黑河 43 号品种适配性差或不适应黑河环境等^[12]。为更好地推广大豆根瘤菌剂在黑龙江省的应

用,寻找与该省主流大豆品种相匹配的广谱高效的大豆根瘤菌剂迫在眉睫^[13-14]。

参考文献

[1] 韩德志. 黑河 43 号遗传背景分析[J]. 中国种业,2014(9):60-61.
[2] 梁吉利,朱海芳,闫洪睿,等. 黑河 43 号大豆品种大面积推广原因分析[J]. 中国种业,2015(2):59-60.
[3] 时全义,刘婵婵. 接种根瘤菌菌剂生产新方法[J]. 化工中间体,2009(7):43-50.
[4] 管凤贞,邱宏端,陈济琛,等. 根瘤菌菌剂的研究与开发现状[J]. 生态学杂志,2012(3):755-759.
[5] 刘保平,周俊初. 根瘤菌菌剂研究[J]. 湖北农业科学,2006(1):57-61.
[6] 张景岚,冯丽华,葛诚,等. 快生型大豆根瘤菌田间共生效应试验报告[J]. 大豆科学,1988(1):45-51.
[7] 李新民,谷思玉,窦新田,等. 不同土壤大豆接种根瘤菌剂反应的研究[J]. 黑龙江农业科学,1998(4):2-6.
[8] 杨微. 大豆应用根瘤菌剂试验[J]. 大豆通报,2004(6):5-6.
[9] 吴云汉,姚占芳,贾新成,等. 大豆根瘤菌许 2-4 的筛选与田间试验效果[J]. 河南农业大学学报,1985(3):278-286.
[10] 房春红. 根瘤菌与大豆、土壤间相互适应性研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2007.
[11] TOMAR A,KUMAR N. Synergism among VA mycorrhiza,Phosphate solubilizing bacteria and rhizobium for symbiosis with blackgram (Vigna mungo L.) under field conditions [J]. Pedosphere, 2001, 11 (4): 327-332.
[12] 周金玲. 大豆根瘤菌剂作用功效[J]. 科技致富向导,2012(8):307.
[13] 张凤彬. 提高大豆根瘤菌剂使用效果的技术措施[J]. 大豆科技,2011(6):53-55.
[14] 卢林纲. 黑龙江大豆根瘤菌复合颗粒肥的研制及其应用技术研究[D]. 北京:中国农业大学,2005.

(上接第 133 页)

2.2.2 多因子综合分析. 各处理中以处理⑥的产量最高,为 11 455.5 kg/hm²,较处理①增产 6 361.5 kg/hm²,说明施肥增产效果明显;氮、磷、钾的施肥量与水稻的产量均呈开口向下的二次函数(抛物线)关系。这说明过量施肥,不仅造成了肥料浪费,还会造成水稻减产。因此,施肥要根据作物需肥规律,进行科学施肥。根据该点试验结果,对氮、磷、钾的施肥量进行回归综合分析,建立了三元二次综合效应方程,方程为 $Y = 338.401 + 15.085X_1 + 108.066X_2 - 8.747X_3 + 0.182X_1^2 + 2.100X_2^2 - 6.420X_3^2 - 1.00X_1X_2 - 11.402X_1X_3 - 0.779X_2X_3$ 。综合分析,当氮、磷、钾施用量分别为 165.0、54.0、58.5 kg/hm² 时,产量最高,为 9 807.0 kg/hm²。如果氮、磷、钾肥和水稻以上述价格计算,则氮、磷、钾施用量分别为 154.5、51.0、34.5 kg/hm²,达到经济最佳产量,最佳产量为 9 775.5 kg/hm²。

3 小结

该研究结果表明,各处理中以处理⑥的产量最高,达

11 455.5 kg/hm²,施肥水平为 N₂P₂K₂。处理⑥纯收最高,为 23 324.10元/hm²。通过水稻“3414”回归最优设计原理,获得肥料效应函数方程是 $Y = 338.401 + 15.085X_1 + 108.066X_2 - 8.747X_3 + 0.182X_1^2 + 2.100X_2^2 - 6.420X_3^2 - 1.00X_1X_2 - 11.402X_1X_3 - 0.779X_2X_3$,最佳产量是 9 775.5 kg/hm²,氮、磷、钾施用量分别为 154.5、51.0、34.5 kg/hm²。综合分析,在生产实际中,氮、磷、钾肥的推荐施用量分别为 172.5、75.0、135.0 kg/hm²。

参考文献

[1] 袁隆平,唐传道. 杂交水稻选育的回顾、现状与展望[J]. 中国稻米,1999(4):3-6.
[2] 廖佳丽. 测土配方施肥水稻 3414 肥料效应的研究[J]. 中国农学通报,2010, 26(13):213-218.
[3] 毛新华,王华,肖丽霞. 水稻“3414”完全肥效试验研究[J]. 现代农业科技,2011(20):58.
[4] 宋朝玉,宫明波,李振清,等. “3414”肥料试验结果统计方法的讨论与分析[J]. 天津农业科学,2012, 18(6):38-42.