

施肥对谷子肥效、产量及经济效益的影响

王 瑞¹, 郭二虎^{1*}, 张艾英¹, 米鹏伟², 李齐霞¹, 李中青¹, 祁丽婷¹, 王 敏¹

(1. 山西农业大学谷子研究所, 山西 长治 046011; 2. 山西省太岳山管理局东寺头林场, 山西 平顺 047400)

摘 要: 在山西长治, 连续两年在同一试验田采用“3414”肥效试验方案。探讨了不同氮、磷、钾肥施用量对谷子肥效、产量及经济效益的影响。结果表明, 该试验的三元二次、一元二次施肥模型拟合均不成功; 磷肥在 2 水平 (60 kg/hm²) 时不利于谷子产量的增加; 处理 N₃P₂K₂ (N 120 kg/hm²、P₂O₅ 60 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²) 的投入最多, 经济收益却比对照减少 2 194.19 元/hm², 处理 N₂P₁K₁ (N 90 kg/hm²、P₂O₅ 30 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²) 最有利于谷子增产增收。造成“3414”试验施肥模型拟合不成功的因素可能为施肥不合理, 其中磷肥在 2 水平施用过量, 氮、钾肥的合理施用量有待进一步研究。在谷子种植过程中要把肥料的施用量控制在合理的范围内, 在追求高产的过程中, 投入适宜的劳动力和物资, 使经济效益达到最优。

关键词: 谷子; “3414”方案; 肥料效应; 产量; 经济效益

中图分类号: S515

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0027-05

Effect of Fertilizer Response Function, Yield and Economic Benefit of Millet

WANG Rui¹, GUO Erhu^{1*}, ZHANG Aiyi¹, MI Pengwei², LI Qixia¹, LI Zhongqing¹, QI Liting¹, WANG Min¹

(1. Institute of Millet, Shanxi Agricultural University, Changzhi 046011; 2. Dongsitou Tree Farm, Shanxi State Forestry Administration of Taiyue Mountain, Pingshun 047400, China)

Abstract: The experiment was conducted in the same field in Changzhi, Shanxi for two consecutive years, the experimental design adopted the "3414" scheme in the quadratic regression d-optimum design, under exploring the effects of different nitrogen(N), phosphorus(P) and potassium(K) application amount on the fertilizer efficiency, yield and economic benefit of millet. The results showed that, both the ternary quadratic and unitary quadratic models for fertilizer application in this experiment were unsuccessful. The application of P fertilizer at Level 2 (60 kg/ha) was found to be unfavorable for increasing millet yield. The treatment on N₃P₂K₂ (N 120 kg/ha, P₂O₅ 60 kg/ha, K₂O 90 kg/ha) cost the most, however, it's economic income decreased by 2,194.19 yuan/ha compared with the control. The treatment on N₂P₁K₁ (N 90 kg/ha, P₂O₅ 30 kg/ha, K₂O 45 kg/ha) was the most beneficial to increase yield and income of millet. The potential factors contributing to the unsuccessful fit of the "3414" fertilizer application model could be attributed to unreasonable fertilizer application, including the excessive application of P fertilizer at Level 2, while the appropriate application rates of N and K fertilizers require further investigation. Therefore, it is recommended to control the amount of fertilizer applied within a reasonable range during millet cultivation, and to avoid blindly investing excessive labor and resources in the pursuit of high yields. It is essential to be realistic and achieve optimal benefits by considering practical factors.

Key words: Millet; "3414" fertilizer experiment; Fertilizer response function; Yield; Economic benefit

谷子起源于中国, 迄今为止已经有 8 700 多年

的栽培历史, 是世界上最古老的栽培作物之一^[1], 具有耐旱、耐贫瘠, 籽粒营养丰富、谷草品质优良的特点, 在农业可持续发展中具有不可替代的作用^[2]。施肥可以提高农作物的产量, 但在使用肥料的量上并非越多越好^[3]。肥料的不合理使用会造成肥料浪费(增肥不增产或增产不增收)、土地污染, 给农业的持续稳定发展带来极大的威胁。

长期以来, 国内外在施肥对谷子生长发育、产

收稿日期: 2020-08-05

基金项目: 山西省农业科学院攻关项目(YGG1644); 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-06-13.5-A10); 山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YYS1703)

作者简介: 王 瑞(1986-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事谷子育种及栽培技术研究。

通讯作者: 郭二虎, 男, 硕士, 研究员, E-mail: guoerhu2003@163.com

com

量、品质的影响方面进行了大量研究。其中,有关氮肥方面的研究相对较多,如代小冬等^[4]、张晓娟等^[5]、邢静熠^[6]就不同氮肥的施用对谷子生长发育、产量、品质的影响进行了探讨,筛选出了利于谷子生长、产量提高、营养品质好的施肥方式;磷肥和钾肥方面的研究较少,李永虎^[7]指出磷素的作用是促进植物体细胞分裂和生长,促进光合作用和呼吸作用,加强植物体内糖分、脂肪、蛋白质的代谢、转化、积累。但当磷肥过量时,增产效果不显著,同时施用磷肥不但可以提供作物生长所需要的磷素,而且还可以提高土壤含水量,增强作物抗旱性。范静波等^[8]在山西长治市多点开展的谷子钾肥效试验结果表明,作物补钾后能协调土壤养分和作物营养供需平衡,满足作物生长发育对多种养分的适时需求,促进植物生理代谢,有利于改善品质,提高产量;钾肥的直接作用较小,主要通过氮、磷肥的间接增产作用来显示肥力效应。宋淑贤等^[9]的研究结果表明,合理施用钾肥能促进谷子的生长,增加施钾量有助于谷子上部干物质积累,为增产奠定基础,但从对经济产量的影响上看,并不是施钾越多越好。关于氮磷钾肥对谷子的生长、产量及品质的影响进行了一些研究^[10-12],关于氮磷钾肥配比的施肥效应及经济效应的分析较少;近几年试验田存在施肥后谷子增产效果不显著的现象。鉴于此,笔者通过施用不同配比的氮、磷、钾肥来改变土壤环境,展开对不同施肥条件下谷子的施肥效应及经济效益分析,期望在现有品种水平的基础上,通过栽培管理措施发挥出谷子的生产潜力,对谷子农业生产提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2017~2018年在山西省农业科学院谷子研究所同一试验田进行。试验地土壤为壤土,前茬为玉米,2017年谷子播种前对土壤养分进行测定,pH值7.75,有效氮含量69.97 mg/kg,有效磷含量59.18 mg/kg,有效钾含量180.93 mg/kg,有机质含量38.49 g/kg,全氮含量1.70 g/kg,全磷含量0.81 g/kg,全钾含量15.42 g/kg;2018年谷子播种前对土壤养分进行测定,pH值8.12,碱解氮含量107.17 mg/kg,有效磷含量25.99 mg/kg,速效钾含量122.10 mg/kg,有机质含量44.52 g/kg,全氮含量1.57 g/kg,全磷含量0.67 g/kg,全钾含量28.95 g/kg。

1.2 试验材料

供试谷子品种为“长农41号”,该品种系山西省农科院谷子研究所晋谷21号作母本、2002F8-64作父本经有性杂交与多代选育而成。

1.3 试验设计

本试验采用二次回归D-最优设计中的“3414”方案^[13-14],设氮、磷、钾3个因素,各因素设4个水平(0水平不施肥,2水平施肥量为N 90 kg/hm²、P₂O₅ 60 kg/hm²、K₂O 90 kg/hm²,1水平=2水平×0.5,3水平=2水平×1.5),共14个处理(见表1)。氮肥用尿素(N≥46%)、磷肥用过磷酸钙(P₂O₅≥14%)、钾肥用硫酸钾(K₂O≥50%),将这些肥料作为基肥混合施入试验小区,以不施肥为对照。小区面积3 m×2.56 m=7.68 m²,行距42 cm,留苗密度30万株/hm²,2次重复,不完全随机区组设计。田间管理按常规栽

表1 谷子“3414”试验方案

序号	处理	水平			肥料用量(kg/hm ²)		
		N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	2	2	0	60	90
3	N ₁ P ₂ K ₂	1	2	2	45	60	90
4	N ₂ P ₀ K ₂	2	0	2	90	0	90
5	N ₂ P ₁ K ₂	2	1	2	90	30	90
6	N ₂ P ₂ K ₂	2	2	2	90	60	90
7	N ₂ P ₃ K ₂	2	3	2	90	90	90
8	N ₂ P ₂ K ₀	2	2	0	90	60	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	2	2	1	90	60	45
10	N ₂ P ₂ K ₃	2	2	3	90	60	135
11	N ₃ P ₂ K ₂	3	2	2	135	60	90
12	N ₁ P ₁ K ₂	1	1	2	45	30	90
13	N ₁ P ₂ K ₁	1	2	1	45	60	45
14	N ₂ P ₁ K ₁	2	1	1	90	30	45

培技术进行。成熟期取小区中间两行实收测产。

1.4 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2007、SPSS 18 进行数据统计和分析^[15]。

2 结果与分析

2.1 肥料效应函数拟合及施肥量分析

2.1.1 三元二次肥料效应分析

对各处理的谷子产量进行回归统计分析,获得产量 Y 与 N 、 P 、 K 养分因子施用量的三元二次效应方程为:

$$Y=5451.9158+16.3632N+15.5511P-9.4074K-0.1294N^2-0.1489P^2-0.1174K^2-0.3160NP+0.2113NK+0.1703PK$$

岳素清等^[16]指出肥料效应函数二次式成功率是指对既符合 $P<0.05$, 又符合报酬递减规律的典型效应方程进行二次成功率的统计分析;张美俊等^[17]指出,三元二次方程拟合成功的条件是二次项前系数为负值,一次项前系数为正值,即为典型施肥模型,且 F 值检验显著。从该方程的系数可以看出此模型为非典型施肥模型,所以本试验结果数据建立的三元二次方程拟合不成功。

2.1.2 一元二次肥料效应分析

王圣瑞等^[13]报道的“3414”试验的三元二次施肥模型拟合成功率为 56%,张美俊等^[17]研究的三元二次施肥模型拟合的成功率只有 9%。本试验三元二次肥料效应模型拟合不成功,现选用一元二次肥料效应模型进行拟合^[18]。

选用处理 2、3、6、11 分析 N 肥的单因素效应,得到 P_2 、 K_2 水平下 N 的肥料效应方程为:

$$Y=-0.0554N^2+6.8282N+4972.6$$

通过 F 检验来判断该模型的回归效果, $F=1.0687$, 大于 $F_{0.05}=0.5645652$, 说明产量与施 N 量之间具有显著回归(但由于 $F_{0.05}=0.1911>0.05$, 用该方程描述此氮肥效应不太恰当)。

选用处理 4、5、6、7 分析 P 肥的单因素效应,得到 N_2 、 K_2 水平下 P 的肥料效应方程为:

$$Y=-0.0839P^2-1.6011P+5737.6$$

通过 F 检验判断模型的回归效果, $F=0.94708$, 大于 $F_{0.05}=0.58781$, 说明产量与施 P 量之间具有显著回归关系(但由于 $F_{0.05}=0.58781>0.05$, 用该方程描述此磷肥效应不太恰当)。

选用处理 6、8、9、10 分析 K 肥的单因素效应,得到 N_2 、 P_2 水平下 K 的肥料效应方程为:

$$Y=-0.0126K^2+5.528K+4606.2$$

通过 F 检验来判断该模型的回归效果, $F=38.28978$, 大于 $F_{0.01}=0.11353$, 说明产量与施 K 量之间具有极显著回归关系(但是由于 $F_{0.01}=0.11353>0.05$, 用该方程描述此钾肥效应也不恰当)。

2.2 氮、磷、钾肥的互作效应分析

2.2.1 不同磷、钾肥用量对氮肥肥效的影响

根据试验结果,对氮磷、氮钾、磷钾两因素间的交互作用进行了分析。由图 1 可知,磷肥在 2 水平(60 kg/hm²)时,低钾(K_1)和中钾(K_2)处理谷子产量均随氮肥施用量的增加而降低, N_2 水平产量较 N_1 水平分别减少 1118.62 kg/hm² 和 243.90 kg/hm², 减产率分别为 18.90% 和 4.62%, 表明低钾水平不利于氮肥的肥效发挥。钾肥在 2 水平(90 kg/hm²)时,低磷(P_1)和中磷(P_2)处理谷子产量随氮肥施用量的增加先增加后降低, N_2 水平产量较 N_1 水平分别增加 350.51 kg/hm²、减少 243.90 kg/hm², 增产率和减产率分别为 6.29% 和 4.62%, 低磷(P_1)和中磷(P_2)处理随氮肥施用量的增加谷子产量表现趋势不一致,考虑施肥不合理所致。

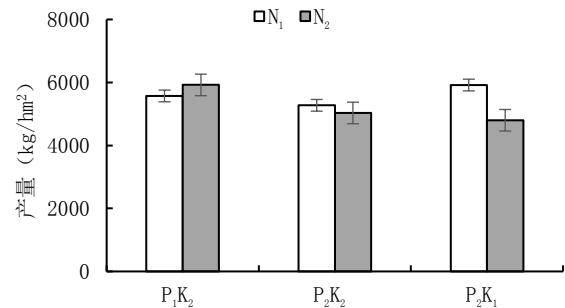


图 1 施肥水平

2.2.2 不同氮、钾肥用量对磷肥肥效的影响

由图 2 可知,磷肥的增产效果受氮、钾肥用量的影响。钾肥在 2 水平(90 kg/hm²)时,低氮(N_1)和中氮(N_2)处理的谷子产量均随磷肥施用量的增加而降低, P_2 水平产量分别较 P_1 水平减少 296.88 kg/hm² 和 891.28 kg/hm², 减产率分别为 5.32% 和 15.05%, 说明高氮水平不利于磷肥肥效的发挥。氮肥在 2 水平(90 kg/hm²)时,低钾和中钾处理的

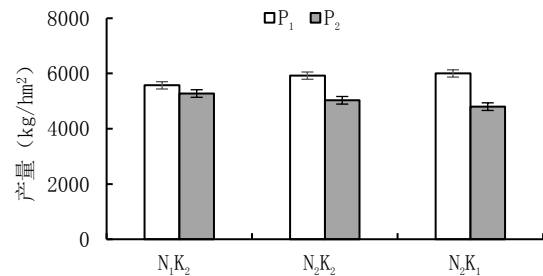


图 2 施肥水平

谷子产量均随磷肥施用量的增加而降低, P_2 水平产量分别较 P_1 水平减少 1 202.43 kg/hm²和 891.28 kg/hm², 减产率为 20.03% 和 15.05%, 说明低钾水平不利于磷肥肥效的发挥。

2.2.3 不同氮、磷肥用量对钾肥肥效的影响

由图 3 可知, 磷肥在 2 水平 (60 kg/hm²) 时, 低氮 (N_1) 和中氮 (N_2) 处理的谷子产量随钾肥施用量的增加先降低后增加, K_2 水平产量较 K_1 水平分别降低 643.35 kg/hm²、增加 231.38 kg/hm², 减产率和增产率分别为 10.87%、4.82%, 低氮和中氮处理随钾肥施用量的增加谷子产量表现趋势不一致, 考虑施肥不合理所致。氮肥在 2 水平 (90 kg/hm²) 时, 低磷和中磷处理的谷子产量随钾肥施用量的增加

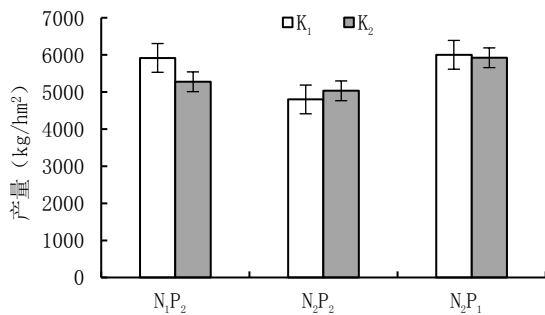


图 3 施肥水平

先降低后增加, K_2 水平产量分别较 K_1 水平降低 79.77 kg/hm²、增加 231.38 kg/hm², 减产率和增产率分别为 1.33%、4.82%, 低磷 (P_1) 和中磷 (P_2) 处理随钾肥施用量的增加谷子产量表现趋势不一致, 考虑施肥不合理所致。

2.3 不同氮磷钾肥用量对谷子产量和经济效益的影响

作物经济效益是收入 (产量×价格) 减去成本 (本文主要指肥料费用) 所剩的余额^[9]。由表 2 可知, 与对照相比, 增产的处理有 $N_2P_1K_1$ 、 $N_2P_1K_2$ 、 $N_1P_2K_1$ 、 $N_2P_0K_2$ 、 $N_1P_1K_2$, 增产率分别为 11.22%、9.74%、9.67%、4.42%、3.25%; 减产的处理有 $N_2P_2K_0$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_3P_2K_2$ 、 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 、 $N_2P_2K_2$ 、 $N_2P_2K_3$ 、 $N_1P_2K_2$, 减产率分别为 14.46%、11.06%、8.83%、8.52%、7.05%、6.77%、5.27%、2.25%; 14 个处理中相对于对照 $N_0P_0K_0$, 产值有所增加的处理为 $N_2P_1K_2$ 、 $N_1P_2K_1$ 、 $N_2P_1K_1$ 、 $N_2P_0K_2$ 、 $N_1P_1K_2$ 。 $N_2P_0K_2$ 处理产投比最高, 为 521.40; $N_2P_1K_1$ 处理产投比处于第 2 位, 为 478.29; 其次依次为 $N_1P_1K_2$ 处理 (441.76)、 $N_1P_2K_1$ 处理 (412.27)。纯收入居前 5 位的处理依次为 $N_2P_1K_1$ 、 $N_2P_1K_2$ 、 $N_1P_2K_1$ 、 $N_2P_0K_2$ 、 $N_2P_1K_2$, 14 个处理中, $N_2P_3K_2$ 的投入最多, 但其每公顷的经济效益却比对照减少 1 779.71 元, $N_2P_1K_1$ 最有利于谷子增产增收。

表 2 不同处理对谷子产量和经济效益的影响

处理	增产量 (%)	产量 (kg/hm ²)	产值 (元/hm ²)	肥料成本 (元/hm ²)	纯收入 (元/hm ²)	产投比	纯收入位次
$N_0P_0K_0$	0	5 396.60	23 745.05	0.00	23 745.05		6
$N_0P_2K_2$	-8.52	4 936.81	21 721.96	63.28	21 658.68	342.27	11
$N_1P_2K_2$	-2.25	5 274.91	23 209.60	75.01	23 134.59	308.42	7
$N_2P_0K_2$	4.42	5 634.81	24 793.18	47.46	24 745.72	521.40	4
$N_2P_1K_2$	9.74	5 922.30	26 058.11	67.10	25 991.01	387.35	2
$N_2P_2K_2$	-6.77	5 031.01	22 136.46	86.74	22 049.72	254.20	9
$N_2P_3K_2$	-7.05	5 016.30	22 071.72	106.38	21 965.34	206.48	10
$N_2P_2K_0$	-14.46	4 616.13	20 310.95	62.74	20 248.21	322.73	14
$N_2P_2K_1$	-11.06	4 799.63	21 118.38	74.74	21 043.64	281.56	13
$N_2P_2K_3$	-5.27	5 112.07	22 493.12	98.74	22 394.38	226.80	8
$N_3P_2K_2$	-8.83	4 920.30	21 649.33	98.47	21 550.86	218.86	12
$N_1P_1K_2$	3.25	5 571.79	24 515.86	55.37	24 460.49	441.76	5
$N_1P_2K_1$	9.67	5 918.26	26 040.32	63.01	25 977.31	412.27	3
$N_2P_1K_1$	11.22	6 002.06	26 409.08	55.10	26 353.98	478.29	1

注: 纯氮 3.91 元/kg, 五氧化二磷 9.82 元/kg, 硫酸钾 4.00 元/kg, 谷子 4.40 元/kg

3 讨论与结论

本研究结果表明, 该试验的三元二次施肥模型、一元二次施肥模型的拟合均不成功。王圣瑞等^[13]报道的“3414”试验的三元二次施肥模型拟合

成功率 56%、一元二次模型拟合成功率 100%, 张美俊等^[17]研究的三元二次施肥模型拟合的成功率只有 9%, 一元二次模型拟合成功率为 30% 以上。蒋虹荣^[20]的研究指出, 在保证产量的前提下, 减少了肥料的用量。该方法一元二次模型拟合成功率

最高(43.5%~74.5%),其次是二次加平台模型(33.3%~59.0%),三元二次模型拟合成功率均较低。

造成“3414”试验施肥模型拟合不成功的因素包括地力不均、地势不同、管理不严、试验田块土壤有效养分较高,在一元肥料效应函数拟合不成功的试验中,有相当一部分是由于施肥不增产,也有一部分可能与试验设计或管理有关^[21]。宋朝玉等^[22]指出,全国各地的测土配方施肥项目,根据项目要求,在不同作物、不同土壤类型、不同区域布置了大量的“3414”试验。但是“3414”试验成功率偏低,一般在50%左右,如果对拟合出非典型函数的试验数据放弃,实际上是放弃了大量的劳动成果和有价值的试验信息。

根据试验结果,对氮磷、氮钾、磷钾两两因素间的交互作用进行了分析。结果表明低钾水平均不利于氮肥和磷肥的肥效发挥,高氮水平不利于磷肥肥效的发挥。钾肥在2水平(90 kg/hm²)时,低磷(P₁)和中磷(P₂)处理谷子产量随氮肥施用量的先增加后降低,低磷和中磷处理随氮肥施用量的增加谷子产量表现趋势不一致;氮肥在2水平(90 kg/hm²)时,低磷和中磷处理的谷子产量随钾肥施用量的增加先降低后增加,低磷和中磷处理随钾肥施用量的增加谷子产量表现趋势不一致,考虑传统磷肥60 kg/hm²的施用过量,氮、钾肥的合理施用量有待进一步研究。

通过分析氮磷钾肥用量对谷子产量和经济效益的影响可知,在14个处理中,N₂P₀K₂处理产投比最高,纯收入位居第四;N₂P₁K₁处理产投比处于第2位,纯收入第一;N₂P₃K₂的投入最多,经济效益却比对照减少1 779.71元/hm²。在本试验中处理N₂P₁K₁(N 90 kg/hm²、P₂O₅ 30 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²)最有利于谷子增产增收。所以,在谷子种植过程中要把肥料的施用量控制在合理的范围内,不要因为施肥过多而影响谷子的生长发育,进而导致减产;在追求高产的过程中不要盲目投入过多的劳动力和物资,要切合实际,让经济效益达到最优。

参考文献:

[1] 代小冬,徐心志,朱灿灿,等.谷子氮、磷、钾肥的效应研究[J].作物杂志,2016(5):147-151.
[2] 朱志华,李为喜,刘 方,等.谷子种质资源品质性状的鉴

定与评价[J].杂粮作物,2004,24(6):329-331.

- [3] 张丽妍,孟繁盛,李艳国,等.不同肥料、施肥水平及施用方法对玉米产量及经济效益的影响[J].吉林农业科学,2014,39(3):27-30.
[4] 代小冬,常世豪,杨育峰,等.不同氮肥组合和施肥方式对谷子生长和产量的影响[J].河南农业科学,2014,43(11):13-16.
[5] 张晓娟,王晓军,杨军学,等.氮肥不同施用方式对谷子生长和产量的影响[J].农业科学研究,2015,36(3):25-28.
[6] 邢静熠.氮肥对谷子幼穗分化及产量和品质的影响[D].晋中:山西农业大学,2016.
[7] 李永虎.杂交谷子高产高效施肥技术优化研究[D].晋中:山西农业大学,2020.
[8] 范静波,杨璐芳,杨鹏辉.施用钾肥对谷子生长发育及产量的影响[J].山西农业科学,2003,31(2):41-43.
[9] 宋淑贤,田伯红,王建广,等.不同施钾量对谷子生长及产量的影响[J].辽宁农业科学,2015(6):6-8.
[10] 陈二影,秦 岭,程炳文,等.夏谷氮、磷、钾肥的效应研究[J].山东农业科学,2015,47(1):61-65.
[11] 李志军,贺丽瑜,梁鸡保,等.不同氮磷钾配比对黄土丘陵沟壑区谷子产量及肥料利用率的影响[J].陕西农业科学,2013(5):107-109.
[12] 冯守疆,赵连芝,刘占鑫,等.氮磷钾与有机肥配施对谷子产量和品质的影响[J].甘肃农业科技,2019(12):28-30.
[13] 王圣瑞,陈新平,高祥照,等.“3414”肥料试验模型拟合的探讨[J].植物营养与肥料学报,2002,8(4):409-413.
[14] 吴炳孙,韦家少,何 鹏,等.利用“3414”试验确定龙江农场热垦525最佳施肥量的探讨[J].热带作物学报,2013,34(2):244-248.
[15] 郭春华,施晓丽,张红萍,等.常用统计软件在生命科学中的应用[M].北京:科学出版社,2011:52-58,74-91.
[16] 岳素清,金喜强.玉米肥料效应函数建立与应用的研究[J].内蒙古农业科技,2008(6):20-21.
[17] 张美俊,乔治军,杨武德,等.糜子氮、磷、钾肥的效应及优化研究[J].植物营养与肥料学报,2013,19(2):347-353.
[18] 向达兵,杨玲玲,李 静,等.施肥对苦荞麦产量、经济效益及肥效的影响[J].河南农业科学,2015,44(4):83-87.
[19] 伍舒悦,吕小飞,李文莹,等.氮磷钾肥料配施对松玉419产量及其构成因素的影响[J].东北农业科学,2016,41(6):31-35.
[20] 蒋虹荣.基于肥效试验四川盆地低山丘陵区玉米施肥指标体系构建[D].成都:四川农业大学,2014.
[21] 孙义祥,郭跃升,于舜章,等.应用“3414”试验建立冬小麦测土配方施肥指标体系[J].植物营养与肥料学报,2005,15(1):197-203.
[22] 宋朝玉,高峻岭,张清霞,等.“3414”肥料试验结果统计分析方法的探讨[J].山东农业科学,2009,41(9):93-96.

(责任编辑:刘洪霞)