

施肥对苦荞麦产量、经济效益及肥效的影响

向达兵<sup>1</sup>,杨玲玲<sup>1</sup>,李 静<sup>1</sup>,刘亚男<sup>1</sup>,高全利<sup>1</sup>,任友坤<sup>1</sup>,刘学仪<sup>2</sup>,  
赵 钢<sup>1\*</sup>,周 勇<sup>1</sup>,黄海霞<sup>1</sup>,张 莹<sup>1</sup>,贾晓凤<sup>1</sup>  
(1. 成都大学 生物产业学院,四川 成都 610106; 2. 美姑县农业和科学技术局,四川 美姑 616450)

**摘要:**在成都金堂县,采用“3414”肥效试验方案探讨了不同氮、磷、钾肥施用量对苦荞麦产量、经济效益及肥效的影响。结果表明,施肥处理苦荞麦产量显著高于不施肥处理,苦荞麦产量分别随着氮、磷、钾肥施用量的增加先增加后降低。纯收入分别随氮、磷、钾肥施用量的增加先增加后降低;产投比随磷肥施肥量的增加而降低,随着氮、钾肥施肥量的增加先增加后降低,即适量减少磷肥的施用量,增加氮肥和钾肥的施用量,可获得较好的经济效益。在低氮、低磷、低钾水平下,两两组合有利于另一肥料肥效的发挥。氮、磷、钾三元二次肥效函数为非典型式,应用产量频率分析法得出每公顷施 N 39.8 ~ 86.0 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 74.6 ~ 161.2 kg、K<sub>2</sub>O 29.8 ~ 64.4 kg 时,产量达 2 000 ~ 3 500 kg/hm<sup>2</sup> 的概率为 95%,值得推广应用。

**关键词:** 施肥量;苦荞麦;产量;经济效益

**中图分类号:** S517;S143      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004 - 3268(2015)04 - 0083 - 05

Effect of Fertilization Application on Yield,Economic Benefit and  
Fertilizer Efficiency of Tartary Buckwheat

XIANG Dabing<sup>1</sup>,YANG Lingling<sup>1</sup>,LI Jing<sup>1</sup>,LIU Ya'nan<sup>1</sup>,GAO Quanli<sup>1</sup>,REN Youkun<sup>1</sup>,LIU Xueyi<sup>2</sup>,  
ZHAO Gang<sup>1\*</sup>,ZHOU Yong<sup>1</sup>,HUANG Haixia<sup>1</sup>,ZHANG Ying<sup>1</sup>,JIA Xiaofeng<sup>1</sup>  
(1. Faculty of Biotechnology Industry,Chengdu University,Chengdu 610106,China;  
2. Agricultural Science and Technology Bureau of Meigu,Meigu 616450,China)

**Abstract:** A “3414” design experiment was carried out to investigate the effect of nitrogen(N),phosphorus(P) and potassium(K) application amount on the yield,economic benefit and fertilizer efficiency of tartary buckwheat in Jintang county of Chengdu. The results indicated that the yield of tartary buckwheat of the treatment with fertilizer was significantly higher than that of the treatment without fertilizer, the yield of tartary buckwheat and the net income increased first and then decreased with the increase of N,P and K application amount. The input and output ratio decreased with the increase of P application amount,and increased first and then decreased with the increase of N and K application amount,indicating that appropriate reduction of the P application amount and increase of N and K fertilizer application amount could attain higher economy benefit. The combination of any two of N,P and K was beneficial to improve the fertilizer efficiency for another fertilizer at a low level. Above all,the application of 39.8—86.0 kg/ha N,74.6—161.2 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 29.8—64.4 kg/ha K could obtain 2 000—3 500 kg/ha tartary buckwheat at 95 percent probability,and which was worth generalizing and applying.

**Key words:** fertilizer application amount;tatary buckwheat; yield; economic benefit

收稿日期:2014 - 10 - 18  
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS - 08 - 03B);“十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAD07B04);四川省科技富民强县专项行动计划项目  
作者简介:向达兵(1984 - ),男,贵州遵义人,讲师,博士,主要从事荞麦育种、栽培及生理研究。  
E - mail:dabing. xiang@ 163. com  
\* 通讯作者:赵 钢(1960 - ),男,四川凉山山人,教授,主要从事作物遗传育种及栽培生理研究。  
E - mail:zhaogang@ edu. edu. cn

荞麦被誉为五谷之王、三降食品,是一种独特的食药兼用作物,具有很高的营养价值和保健功能<sup>[1]</sup>。苦荞麦(*Fagopyrum tataricum*)是荞麦栽培种之一,是荞麦产品加工的重要原料。近年来,荞麦的市场需求量不断增加,因此,提高荞麦产量具有重要的现实意义。氮、磷、钾的合理施用是提高作物产量的重要措施之一,也是保持土壤养分可持续供给的主要方法<sup>[2]</sup>。施肥对荞麦生产具有重要的意义,特别是缺磷严重的地区应提倡氮、磷、钾肥复合使用<sup>[3]</sup>,肥料单施不利于荞麦产量的增加<sup>[4]</sup>。刘纲等<sup>[5]</sup>研究发现,施氮能推迟现蕾开花、减弱抗倒伏性;施磷、钾肥可提早现蕾开花、增加荞麦主茎分枝数,有利于增产。

“3414”肥效试验方案是农业部《测土配方施肥技术规范(试行)修订稿》中推荐采用的设计方案<sup>[6]</sup>,吸收了回归最优设计处理少、效率高的优点,是目前应用较为广泛的田间肥效试验方案,并且在水稻<sup>[7]</sup>、小麦<sup>[8]</sup>和花生<sup>[9]</sup>等作物的测土配方施肥中取得了显著的应用效果,然而在荞麦上的研究和应用较少,其施肥效果亦少见报道。为此,采用“3414”最优设计方案,研究不同氮、磷、钾肥用量对苦荞麦产量和经济效益的影响,建立肥效模型,确定推荐施肥量,以期为苦荞麦的种植和高产栽培提供理论依据和技术支持。

1 材料和方法

1.1 供试土壤和材料

试验于 2012 年 8—12 月在四川省成都市金堂县进行。土壤基本化学性质为:全氮 1.29 g/kg、全磷 0.87 g/kg、全钾 14.80 g/kg、有机质 22.2 g/kg、碱解氮 128.0 mg/kg、有效磷 23.7 mg/kg、有效钾 116.0 mg/kg,pH 值 6.59。供试苦荞麦为高产苦荞麦品种川荞 1 号。供试氮肥为尿素(含 N 46%),磷肥为过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%),钾肥为硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 50%)。

1.2 试验设计

试验采用“3414”最优回归设计<sup>[10]</sup>,设氮、磷、钾 3 个因素,4 个水平,0 水平指不施肥,2 水平指

当地最佳施肥量,1 水平 = 2 水平 × 0.5,3 水平 = 2 水平 × 1.5(该水平为过量施肥水平),试验因素水平编码见表 1。采用随机区组设计,共 14 个处理,分别为: N0P0K0、N2P0K2、N2P3K2、N2P2K3、N2P1K1、N0P2K2、N2P1K2、N2P2K0、N3P2K2、N1P1K2、N1P2K2、N2P2K2、N2P2K1、N1P2K1,重复 3 次,共 42 个小区。小区面积 6 m<sup>2</sup>(2 m × 3 m),每个小区 12 行,行距 25 cm、行长 2 m,每行留苗 60 ~ 100 株。

表 1 试验因素水平编码

因素	水平/(kg/hm <sup>2</sup> )			
	0	1	2	3
N	0	40	80	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	75	150	225
K <sub>2</sub> O	0	30	60	90

1.3 数据分析、肥效模型建立及施肥量计算

采用 SPSS 17.0 统计软件和 Duncan’s 新复极差法进行显著性分析<sup>[11-13]</sup>。利用 Excel 软件设定苦荞麦产量为 Y,N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 施用量分别为 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>,建立三元二次、二元二次和一元二次肥效模型,并分析三元肥效模型的类型。其中,对于典型三元肥效模型,根据边际效益等于边际成本的原则,用导数法计算最佳施肥量和最高施肥量;对于非典型三元肥效模型,则采用产量频率分析法来计算最佳施肥量和最高施肥量。

2 结果与分析

2.1 施肥对苦荞麦产量的影响

由表 2 可以看出,不施肥处理(N0P0K0)产量最低,为 1 594.70 kg/hm<sup>2</sup>,施用氮、磷、钾肥后产量均有不同程度的增长;N2P2K2 处理产量最高,为 2 122.59 kg/hm<sup>2</sup>,较 N0P0K0 处理极显著增产 33.10%。在 P2K2、N2K2、N2P2 水平下,苦荞麦产量分别随氮、磷、钾肥施肥量的增加先增加后降低,其中氮、磷、钾肥均在 2 水平下产量最高,说明过多的施肥会降低产量。不同因素间,以磷肥施用量使苦荞麦的平均增产率最大,为 20.60%;其次为钾肥,为 18.66%;氮肥最小,为 15.75%。

表 2 施肥对苦荞麦产量和经济效益的影响

处理	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	产值/(元/hm <sup>2</sup> )	肥料成本/(元/hm <sup>2</sup> )	纯收入/(元/hm <sup>2</sup> )	产投比	纯收入位次
N0P0K0	1 594.70dD	6 378.81	0	6 378.81		8
N2P0K2	1 699.99dBCD	6 799.96	784.00	6 015.96	7.67	9
N2P3K2	1 947.67abcABC	7 790.68	2 190.25	5 600.43	2.56	12
N2P2K3	1 841.22bcdABCD	7 364.87	1 913.50	5 451.37	2.85	13
N2P1K1	1 960.07abcABC	7 840.26	1 060.75	6 779.51	6.39	3
N0P2K2	1 770.76cdABCD	7 083.02	1 321.50	5 761.52	4.36	11
N2P1K2	2 080.51abA	8 322.05	1 252.75	7 069.30	5.64	1
N2P2K0	1 690.64dCD	6 762.57	1 337.50	5 425.07	4.06	14

续表 2 施肥对苦荞麦产量和经济效益的影响

处理	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	产值/ (元/hm <sup>2</sup> )	肥料成本/ (元/hm <sup>2</sup> )	纯收入/ (元/hm <sup>2</sup> )	产投比	纯收入 位次
N3P2K2	1 967.31abcABC	7 869.25	1 921.50	5 947.75	3.10	10
N1P1K2	2 010.21abcABC	8 040.83	1 052.75	6 988.08	6.64	2
N1P2K2	2 058.88abA	8 235.50	1 521.50	6 714.00	4.41	5
N2P2K2	2 122.59aA	8 490.35	1 721.50	6 768.85	3.93	4
N2P2K1	2 054.42abAB	8 217.69	1 529.50	6 688.19	4.37	6
N1P2K1	1 953.71abcABC	7 814.82	1 329.50	6 485.32	4.88	7

注:表中同列不同大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。

2.2 施肥对苦荞麦经济效益的影响

由表 2 可以看出,N2P2K0 处理纯收入最低,为 5 425.07 元/hm<sup>2</sup>;N2P1K2 处理纯收入最高,为 7 069.30元/hm<sup>2</sup>,与产量最高的 N2P2K2 处理相比,产量差异不显著,但纯收入相差 300.45 元/hm<sup>2</sup>。所以,从经济效益方面分析得出,可以在氮、钾肥为 2 水平时,适量少施磷肥,保证产量,增加收入。在 P2K2、N2K2、N2P2 水平下,纯收入分别随氮、磷、钾肥施用量的增加先增加后降低,分别在 N2P2K2、N2P1K2 和 N2P2K2 处理时最高,分别为 6 768.85 元/hm<sup>2</sup>、7 069.30 元/hm<sup>2</sup> 和 6 768.85 元/hm<sup>2</sup>。

由表 2 可以看出,N2P0K2 处理产投比最高,为 7.67;N2P3K2 处理产投比最低,为 2.56。在 N2K2 水平下,产投比随磷肥施肥量的增加而降低;在 P2K2、N2P2 水平下,产投比分别随着氮、钾肥施肥量的增加先增加后降低。说明施肥过程中,可适量减少磷肥的施用量,适量增加氮肥和钾肥的施用量。N1P1K2 处理产投比处于第 2 位,为 6.64,其次依次为 N2P1K1 处理(6.39)、N2P1K2 处理(5.64)。纯收入居前 4 位的处理依次为 N2P1K2、N1P1K2、N2P1K1、N2P2K2。说明类似该试验点农业生态条件的地区,选用 N2P1K2、N1P1K2、N2P1K1 处理均可获得较好的经济效益。

2.3 氮、磷、钾肥的互作效应分析

2.3.1 不同磷、钾肥用量对氮肥肥效的影响 由图 1 可知,氮肥的施用效果受磷、钾肥用量的影响。钾肥在 2 水平(60 kg/hm<sup>2</sup>)时,低磷(P1)和中磷(P2)处理苦荞麦产量均随氮肥施用量的增加而增加,N2 水平产量分别较 N1 水平增加 70.31 kg/hm<sup>2</sup> 和 63.71 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为 3.50% 和 3.09%,表明低磷水平有利于氮肥的肥效发挥。磷肥在 2 水平(150 kg/hm<sup>2</sup>)时,低钾(N1)和中钾(N2)处理苦荞麦产量均随氮肥施用量的增加而增加,N2 水平产量分别较 N1 水平增加 100.72 kg/hm<sup>2</sup> 和 63.71 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为 5.16% 和 3.09%,表明低钾水平有利于氮肥的肥效发挥。

2.3.2 不同氮、钾肥用量对磷肥肥效的影响 从图 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(60 kg/hm<sup>2</sup>)时,低氮(N1)和中氮(N2)

处理的苦荞麦产量均随磷肥施用量的增加而增加,P2 水平产量分别较 P1 水平增加 48.67 kg/hm<sup>2</sup> 和 42.08 kg/hm<sup>2</sup>,增产率为 2.42% 和 2.02%,说明低氮水平有利于磷肥肥效的发挥。氮肥在 2 水平(80 kg/hm<sup>2</sup>)时,低钾和中钾处理的苦荞麦产量均随磷肥施用量的增加而增加,P2 水平产量分别较 P1 水平增加 94.36 kg/hm<sup>2</sup> 和 42.08 kg/hm<sup>2</sup>,增产率为4.81% 和 2.02%,说明低钾水平有利于磷肥肥效的发挥。

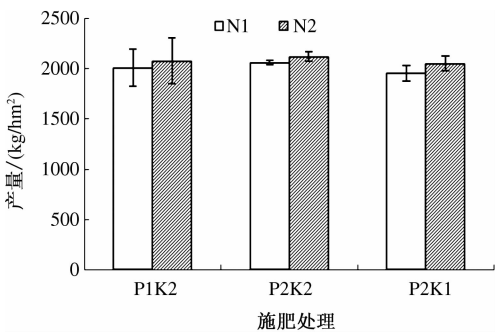


图 1 不同磷、钾肥用量对氮肥肥效的影响

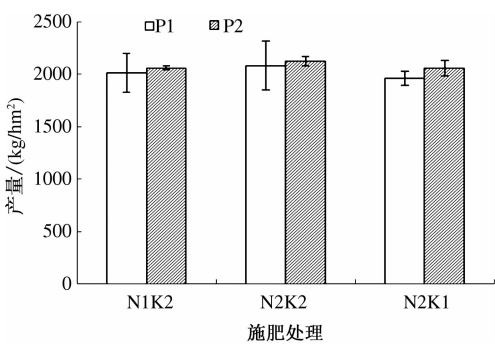


图 2 不同氮、钾肥用量对磷肥肥效的影响

2.3.3 不同氮、磷肥用量对钾肥肥效的影响 由图 3 可知,磷肥的增产效果受氮、钾肥用量的影响。磷肥在 2 水平(150 kg/hm<sup>2</sup>)时,低氮和中氮处理的苦荞麦产量均随钾肥施用量的增加而增加,K2 水平产量分别较 K1 水平增加 105.17 kg/hm<sup>2</sup> 和 68.17 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为 5.38% 和 3.32%,说明低氮水平有利于钾肥肥效的发挥。氮肥在 2 水平(80 kg/hm<sup>2</sup>)时,低磷和中磷处理的苦荞麦产量均随钾肥施用量的增加而增加,K2 水平产量分别较 K1 水平增加 120.45 kg/hm<sup>2</sup> 和 68.17 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为 6.15% 和 3.32%,说明低磷水平有利于钾

肥效的发挥。

2.4 肥效函数分析

2.4.1 肥效函数的方差分析 由表 3 可知,7 种肥效函数中 NPK 三元二次肥效函数、NK 二元二次肥效函数和 N 一元二次肥效函数拟合均达极显著水平, NP 二元二次肥效函数、PK 二元二次肥效函数和 K 一元二次肥效函数拟合达显著水平,而 P 一元二次肥效函数未通过显著性检验,表明除此 P 一元二次肥效函数拟合失真外,其余肥效函数都可以进行产量与肥料施用量之间效应关系的拟合。

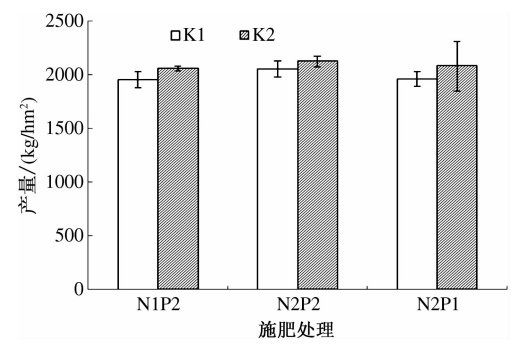


图 3 不同氮、磷肥用量对钾肥肥效的影响

表 3 多种肥效函数的方差分析

函数类型	肥效函数	P
NPK	$Y = 1\,585.61 + 2.911\,9X_1 + 2.054\,0X_1^2 + 13.064\,9X_2 - 0.059\,8X_2^2 - 0.020\,6X_3 - 0.166\,8X_3^2 + 0.033\,2X_1X_2 + 0.017\,9X_1X_3 + 0.016\,8X_2X_3$	0.009
NP	$Y = 1\,418.04 + 9.440\,0X_1 + 5.972\,1X_2 - 0.072\,8X_1^2 - 0.024\,3X_2^2 + 0.006\,6X_1X_2$	0.014
NK	$Y = 1\,154.00 + 12.073\,3X_1 + 21.156\,0X_3 - 0.067\,6X_1^2 - 0.180\,8X_3^2 - 0.039\,2X_1X_3$	0.003
PK	$Y = 1\,110.15 + 7.391\,4X_2 + 21.192\,3X_3 - 0.023\,8X_2^2 - 0.186\,8X_3^2 - 0.017\,0X_2X_3$	0.019
N	$Y = 1\,771.03 + 9.947\,1X_1 - 0.069\,3X_1^2$	0.004
P	$Y = 1\,706.06 + 6.601\,2X_2 - 0.024\,7X_2^2$	0.082
K	$Y = 1\,687.95 + 17.861\,8X_3 - 0.179\,2X_3^2$	0.035

2.4.2 肥效函数的施肥决策 吴平等<sup>[13]</sup>指出,某些通过显著性检验的三元肥效模型由于预测性能不良会导致推荐施肥失真,并建议对模型作全因子模拟检验。章明清等<sup>[12]</sup>研究表明,有相当多的肥效模型出现最高产量不高,最佳产量不佳或施肥量为负数等异常情况。实践证明,通常用于求最佳施肥量

的导数法,仅适用于三元典型式肥效模型,而大量存在的非典型式肥效模型应使用产量频率分析法,该法能使定量技术达到优化水平。经检验可知,除 NPK 三元二次肥效函数不典型外,其余肥效函数均为典型式,即可利用导数法求得多种肥效函数的推荐施肥量及其对应的施肥方案,详见表 4。

表 4 多种肥效函数的施肥决策

项目	处理	N/ (kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / (kg/hm <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O/ (kg/hm <sup>2</sup> )	预测产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	产值/ (kg/hm <sup>2</sup> )	肥料成本/ (元/hm <sup>2</sup> )
最高产量	NP	70.6	133.3	60.0	2 148.1	8 592.3	1 570.1
	NK	75.4	150.0	50.6	2 138.1	8 552.2	1 638.3
	PK	80.0	136.1	50.5	2 152.2	8 608.9	1 573.8
	N	71.8	150.0	60.0	2 128.0	8 511.8	1 680.5
	K	80.0	150.0	49.9	2 133.1	8 532.2	1 656.9
最佳产量	NP	66.7	132.7	60.0	2 146.8	8 587.2	1 546.9
	NK	71.6	150.0	48.8	2 135.8	8 543.0	1 607.8
	PK	80.0	132.9	48.5	2 151.2	8 603.0	1 541.0
	N	67.6	150.0	60.0	2 126.9	8 508.0	1 659.5
	K	80.0	150.0	47.7	2 132.1	8 529.8	1 642.8

对非典型式三元二次肥效函数运用频率分析法,选取理论产量 2 000 ~ 3 500 kg/hm<sup>2</sup> 条件下的各个三要素组合,计算各个不同用量水平的平均值和

标准差。表 5 表明,每公顷施 N 39.8 ~ 86.0 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 74.6 ~ 161.2 kg、K<sub>2</sub>O 29.8 ~ 64.4 kg 时,产量达 2 000 ~ 3 500 kg/hm<sup>2</sup> 的概率为 95%。

表 5 三元二次方程在产量 2 000 ~ 3 500 kg/hm<sup>2</sup> 条件下的施肥方案频率分析

N			P			K		
水平	次数	频率	水平	次数	频率	水平	次数	频率
0	2	0.142 9	0	2	0.142 9	0	2	0.142 9
40	3	0.214 3	75	3	0.214 3	30	3	0.214 3
80	8	0.571 4	150	8	0.571 4	60	8	0.571 4
120	1	0.071 4	225	1	0.071 4	90	1	0.071 4
Σ	14	1	Σ	14	1	Σ	14	1
$X_N = 62.9\ S_N = 23.1$			$X_P = 117.9\ S_P = 43.3$			$X_K = 47.1\ S_K = 17.3$		

注:  $X_N$ 、 $X_P$ 、 $X_K$  分别为 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 施用量的平均值,  $S_N$ 、 $S_P$ 、 $S_K$  分别为 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 施用量的标准差。

### 3 结论与讨论

前人研究发现,适当比例的氮、磷、钾肥配合施用可以显著增加木薯植株的氮、磷、钾含量和产量<sup>[14]</sup>,而过量施氮会造成植株徒长,降低鲜薯产量<sup>[15]</sup>。本试验结果表明,随着施肥量增加苦荞麦产量先增加后降低,当施肥量超过一定范围后,苦荞麦产量和经济效益不能提高,反而呈下降趋势,符合肥料的报酬递减规律<sup>[16]</sup>,与朱桂玉等<sup>[17]</sup>、翟国栋等<sup>[18]</sup>、孙铁军等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。结合经济效益分析可知,类似该试验点农业生态条件的地区,可适量减少磷肥的施用,适量增加氮肥和钾肥的施用量,选用 N2P1K2、N1P1K2 和 N2P1K1 处理,均能获得较好的经济效益。

氮、磷、钾三元素间存在互作效应,钾肥的施用可促进氮的吸收,增加苦荞麦产量,但是由于试验地本身含钾量较高、含磷量较低,随着钾肥施用量继续增加,土壤中钾素水平过高,影响苦荞麦对其他元素的吸收<sup>[20]</sup>,造成养分失衡,从而导致苦荞麦产量下降。本研究结果表明,低氮、低磷、低钾水平下,两两组合有利于另一肥料肥效的发挥,与杨计贵<sup>[21]</sup>的研究结果一致。结合当地情况并依据此结果,调节施肥配方,不仅可以合理施用氮、磷、钾肥,提高其利用率,还能提高苦荞麦产量,增加经济效益。

本研究所得的三元二次肥效函数为非典型式,应用产量频率分析法得出每公顷施 N 39.8 ~ 86.0 kg、 $P_2O_5$  74.6 ~ 161.2 kg、 $K_2O$  29.8 ~ 64.4 kg 时,产量达 2 000 ~ 3 500 kg/hm<sup>2</sup> 的概率为 95%。因此,在苦荞麦生产中,每公顷施 39.8 kg N、74.6 kg  $P_2O_5$ 、29.8 kg  $K_2O$  时,产量最低为 2 000 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献:

[1] 赵钢,唐宇,王安虎. 苦荞的成分功能研究与开发应用[J]. 四川农业大学学报,2001,19(4):355-358.

[2] 林洪鑫,袁展汽,刘仁根,等. 不同氮磷钾处理对木薯产量、养分积累、利用及经济效益的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(6):1457-1465.

[3] 杜英. 不同播种量和施肥水平对美姑县秋荞麦产量的影响[J]. 现代农业科技,2008(24):171-172.

[4] 李桂强,何平,张春平,等. 药用金荞麦“3414”施肥效应研究[J]. 中药,2011,32(2):171-175.

[5] 刘纲,熊仿秋,钟林,等. 苦荞麦氮磷钾“3414”肥料效应试验初报[J]. 农业科技通讯,2012(5):94-97.

[6] 高祥照,马常宝,杜森. 测土配方施肥技术[M]. 北京:

中国农业出版社,2005.

[7] 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.

[8] 慕芳,殷振江,段长林,等. 长武小麦对氮磷钾肥的利用效果及推荐施肥量的研究[J]. 陕西农业科学,2010(6):6-9.

[9] 祁大成,冯旭东,董红梅,等. 花生“3414”肥料效应试验及推荐施肥分析[J]. 湖北农业科学,2011,50(14):2831-2834.

[10] 陈新平,张福锁. 通过“3414”试验建立测土配方施肥技术指标体系[J]. 中国农技推广,2006,22(4):36-39.

[11] 吴志勇,闫静,施维新,等. “3414”肥料效应试验的设计与统计分析[J]. 新疆农业科学,2008,45(1):135-141.

[12] 章明清,林仁坝,林代炎,等. 极值判别分析在三元肥效模型推荐施肥中的作用[J]. 福建农业学报,1995,10(2):54-59.

[13] 吴平,陶勤南. 氮磷钾肥效模型的研究及其应用[J]. 浙江农业大学学报,1989,15(4):383-388.

[14] Nguyen H, Schoenau J J, Nguyen D, et al. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in north Vietnam[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(3):425-442.

[15] Byju G, Anand M H. Differential response of short-and long-duration cassava cultivars to applied mineral nitrogen[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2009,172(4):572-576.

[16] 董素钦. 应用“3414”设计研究氮磷钾肥料不同配比对水稻产量的效应[J]. 中国农村小康科技,2006(12):60-62.

[17] 朱桂玉,区惠平,何佳. 免耕水稻在“3414”试验方案中氮磷钾配施的肥料效应研究[J]. 中国土壤与肥料,2011(5):48-52.

[18] 翟国栋,汪航,刘晓伟,等. 鄂东南晚稻“3414”试验施肥效果及推荐施肥量研究[J]. 河北农业科学,2009,13(10):29-31,34.

[19] 孙铁军,韩建国,赵守强,等. 施肥对扁穗冰草种子产量及其组成因素的影响[J]. 中国农业大学学报,2005,10(3):15-20.

[20] 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理和施肥[M]. 北京:化学工业出版社,1998.

[21] 杨计贵. 旱平地玉米配方施肥效应研究[J]. 农业科技通讯,2011(11):66-68.