

文章编号: 1003-8701(2015)04-0043-05

基于“3414”模型对西辽河平原春玉米 氮磷钾效应及经济效益的研究

张 杰, 郑根昌, 张瑞富, 郑 毅

(内蒙古民族大学农学院, 内蒙古 通辽 028042)

摘 要:采用“3414”试验设计方法,研究了氮磷钾肥配施对春玉米郑单 958 产量的影响,并进行效益分析,结果表明:氮磷钾肥配施可有效提高产量,产量排在前三位的处理是 $N_3P_2K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 、 $N_2P_2K_2$, 分别为 15 347.0 kg/hm²、15 038.0 kg/hm²、14 935.0 kg/hm²; 三种肥料的增产作用大小为氮肥>磷肥>钾肥;效益排在前三位的处理是 $N_2P_2K_2$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_3K_2$, 分别为 27 102.51 元/hm²、26 983.37 元/hm²、26 070.25 元/hm²; $N_2P_2K_2$ (N: 260 kg/hm²; P_2O_5 : 130 kg/hm²; K_2O : 130 kg/hm²) 处理效益最高且具有较高产量,理论上是试验地区适宜的施肥组合;对三元二次肥料效应方程进行求导,得纯 N、P(P_2O_5)、K(K_2O) 最大施肥量分别为 361.61 kg/hm²、185.26 kg/hm²、133.09 kg/hm²;对此肥料效应方程进行解析,得实际最佳施肥量为纯 N=290.15 kg/hm²、P(P_2O_5)=149.62 kg/hm²、K(K_2O)=100.15 kg/hm²;因解析得到的实际最佳施肥量与理论最佳施肥量接近,且低于最大施肥量,故建议采用其作为本地春玉米最佳施肥用量。

关键词: 春玉米;氮磷钾肥用量;产量;肥料效应;效益

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Studies on Effects and Economic Benefit of ‘3414’ Model of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Application to Spring Maize in West Liaohe River Plain

ZHANG Jie, ZHENG Gen-chang, ZHANG Rui-fu, ZHENG Yi

(College of Agronomy, Inner Mongolia University of Nationalities, Tongliao 028042, China)

Abstract: The “3414” experiment design was employed to investigate the effects of N, P and K combination on yield of spring maize Zhengdan 958, and analyze the benefits. The results showed that the N, P and K combinations improved yield effectively, and the top three treatments were $N_3P_2K_2$, $N_2P_3K_2$ and $N_2P_2K_2$ treatment. The yields were 15 347.0 kg/hm², 15 038.0 kg/hm² and 14 935.0 kg/hm², respectively. The yield-increasing effect of N, P and K fertilizer was followed as N>P>K fertilizer. Three treatments of the most benefits were $N_2P_2K_2$, $N_2P_2K_1$ and $N_2P_3K_2$, with 27 012.51 yuan/hm², 26 983.37 yuan/hm² and 26 070.25 yuan/hm², respectively. In theory, the $N_2P_2K_2$ treatment (N: 260 kg/hm², P_2O_5 : 130 kg/hm², K_2O : 130 kg/hm²) was appropriate fertilizer combination in the experimental fields with the highest benefits and better yield. Calculating the derivative of ternary quadratic fertilizer response equation, the results indicated that the maximum amount of fertilizer of pure N, P_2O_5 and K_2O were 361.61 kg/hm², 185.26 kg/hm² and 133.09 kg/hm², respectively. Analyzing this ternary quadratic fertilizer response equation, the results showed that the practical and optimal amount of fertilizer of pure N, P_2O_5 and K_2O were 290.15 kg/hm², 149.62 kg/hm² and 100.15 kg/hm². This analytic result can be recommended as the optimal amount of fertilizer on local spring maize, because the practical and optimal amount of fertilizer was not only close to theoretical and optimal amount, but also lower than the maximum amount of fertilizer.

Keywords: Spring maize; Dosage of N, P and K fertilizer; Yield; Fertilizer effect; Benefit

收稿日期: 2015-01-06

基金项目: 内蒙古自治区教育厅项目 (NJZC13185)

作者简介: 张 杰 (1988-), 男, 在读硕士, 研究方向: 作物高产高效栽培理论与实践。

玉米是我国重要的粮食、饲料和工业原料作物,对我国粮食安全的作用举足轻重^[1-5]。随着玉米需求量的增加,供需矛盾依然突出。在我国耕地资源有限的前提下,提高单位面积产量是解决

这一矛盾的有效措施。氮磷钾素是影响玉米产量的主要因素,不断向土壤添加外源氮磷钾肥料,保障土壤氮磷钾素充足、合理的供应是进一步提高玉米单产的关键所在。近年来,相关专家学者围绕高产目标的实现,在氮、磷、钾肥用量^[6-7],施用时期^[8]等方面进行了大量的研究,并得出了一批有价值的学术成果,对玉米单产的提高起到了重要作用。但前人有关施肥对玉米产量的研究多数针对的是氮、磷、钾肥中的单一肥料,氮、磷、钾肥配施的研究相对较少,特别是产量和效益相结合的研究报道鲜见。

西辽河平原位于东北春玉米生态区,是世界黄金玉米带之一,玉米种植面积多年一直稳定在60万hm²上下,平均单位产量为7.5 t/hm²,比全国平均单位产量高四成左右,总产量约为内蒙古自治区玉米总产量的30%左右^[3,9]。该地区具有较大的增产潜力。

本研究以当地主栽玉米品种郑单958为试材,研究氮、磷、钾肥用量对其产量及其经济效益的影响,寻求合理的氮、磷、钾肥配比,以为当地玉米的高产、高效栽培提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2013年5~9月在内蒙古民族大学试验农场(N43°36',E122°22',海拔178 m)进行。试

验区为典型大陆性季风气候,年均气温6.8℃,降水量399.1 mm,无霜冻期150 d,≥10℃活动积温3200℃·d。试验地土壤类型为灰色草甸土,有机质含量24.6 g/kg、全氮0.96 mg/kg、碱解氮58.78 mg/kg、速效磷10.81 mg/kg、速效钾79.92 mg/kg,土壤pH8.3。

1.2 试验设计

供试品种为郑单958,由通辽市厚德种业公司提供。供试肥料为尿素(含N 46%)、过磷酸钙(含P₂O₅ 14%)、氯化钾(含K₂O 50%)。采用“3414”试验设计,此设计为3因素、4水平、14个处理优化的不完全实施正交试验方案。试验田南北走向,14个小区随机排列,重复3次。试验中的4个施肥处理水平分别为:0水平:不施肥,2水平:当地推荐施肥量,1水平=2水平×0.5,3水平=2水平×1.5。

1.3 数据处理与统计分析

运用Excel 2010版进行试验数据整理及表格绘制,DPSv14.10版数据处理软件进行相关数据的统计分析^[10-14]。

2 结果与分 析

2.1 缺肥对玉米产量的影响

“3414”试验组合编码及肥料用量与郑单958产量的测定结果见表1。

表 1 不同施肥处理玉米的产量表现								kg/hm ²
序号	处理	因素水平编码值			肥料用量			产量
		x ₁	x ₂	x ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0	7519.0hF
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	2	2	0	130	130	8446.0ghEF
3	N ₁ P ₂ K ₂	1	2	2	130	130	130	14 008.0cB
4	N ₂ P ₀ K ₂	2	0	2	260	0	130	10 197.0gE
5	N ₂ P ₁ K ₂	2	1	2	260	65	130	13 338.5eD
6	N ₂ P ₂ K ₂	2	2	2	260	130	130	14 935.0abAB
7	N ₂ P ₃ K ₂	2	3	2	260	195	130	15 038.0abA
8	N ₂ P ₂ K ₀	2	2	0	260	130	0	13 956.3dC
9	N ₂ P ₂ K ₁	2	2	1	260	130	65	14 729.0bcAB
10	N ₂ P ₂ K ₃	2	2	3	260	130	195	14 883.7abAB
11	N ₃ P ₂ K ₂	3	2	2	390	130	130	15 347.0aA
12	N ₁ P ₁ K ₂	1	1	2	130	65	130	12 875.0efD
13	N ₁ P ₂ K ₁	1	2	1	130	130	65	13 081.0efD
14	N ₂ P ₁ K ₁	2	1	1	260	65	65	13 596.0eD

注:x₁、x₂、x₃分别表示氮、磷、钾肥的编码值。产量为重复3次的平均值

处理1、2、4、6、8分别为无肥区、缺氮区、缺磷区、全肥区、缺钾区。由表1可知,N₀P₀K₀、N₀P₂K₂、

N₂P₀K₂和N₂P₂K₀4个处理产量与其他处理的产量差异均达到极显著水平,说明不同水平氮、磷、钾

肥配施均可有效提高产量。相同氮、磷肥处理间,相同氮、钾肥处理间和相同磷、钾肥处理间分别比较氮、磷、钾肥的增产作用,以氮肥最大,磷肥次之,钾肥相对低效。可见,氮、磷肥对当地春玉米增产十分重要,实际生产中要重视氮、磷肥的施用,也要防止过量。虽然试验条件下钾肥的增产效果相对较低,但作用亦不可忽视。分析钾肥增产作用小的原因,考虑当地长期大量使用钾肥,土壤中钾元素含量较高,因此施用钾肥对春玉米增产作用不明显。从试验地土壤测试结果可以看出,当地土壤中速效钾含量达 79.92 mg/kg,也说明本地区土壤含钾量偏高。

相对产量=(缺肥区产量/全肥区产量)×100%, $N_0P_0K_0$ 处理的相对产量为 50.34%, $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_0K_2$ 和 $N_2P_2K_0$ 处理的相对产量分别为 56.55%、68.28% 和 93.45%,表明本试验地土壤速效 N、速效 P 的含量

较低,速效 K 含量处于高水平^[15-16]。同时说明该地块种植玉米,氮素缺失的影响大于磷素缺失大于钾素缺失。以地力产量评价土壤肥力,该土壤供应氮、磷水平低,供钾水平较高,说明该类土壤对施用氮、磷肥较敏感,对施用钾肥则相对低效,肥料效应与土壤肥力有关。 $N_2P_2K_2$ 处理产量比 $N_0P_0K_0$ 处理增加 98.63%,比 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_0K_2$ 和 $N_2P_2K_0$ 处理的产量分别增加 76.83%、46.47% 和 7.01%,说明氮、磷、钾肥配合施用能有效提高产量,不同施肥量处理对产量的影响效果显著。其中,氮肥的作用最大,其次是磷肥,钾肥的增产作用相对较小。

2.2 肥料效应模型的建立

不同用量氮、磷、钾肥配施与春玉米产量的函数关系,建立施肥量与产量之间的回归方程,拟合方程见表 2。

表 2 氮磷钾肥配施的肥料效应方程

肥料	肥料效应方程	R ²
N	$\hat{y} = 8652 + 6025.5x_1 - 1287.5x_1^2$	0.9175
P	$\hat{y} = 10199.575 + 3890.825x_2 - 759.625x_2^2$	0.9998
K	$\hat{y} = 13971.77 + 916.82x_3 - 206x_3^2$	0.9769
NP	$\hat{y} = 8726.5862 + 3084.1881x_1 + 1892.6654x_2 - 1202.7429x_1^2 - 952.2657x_2^2 + 1326.5690x_1x_2$	0.9146
NK	$\hat{y} = 7943.5645 + 5387.7025x_1 + 1162.3889x_3 - 1214.8699x_1^2 - 393.1835x_3^2 + 195.4276x_1x_3$	0.8997
PK	$\hat{y} = 11346.0862 + 2860.2472x_2 - 173.5437x_3 - 773.0839x_2^2 - 201.8748x_3^2 + 538.169x_2x_3$	0.9989
NPK	$\hat{y} = 7542.9562 + 3258.4597x_1 + 1917.1188x_2 + 1111.6552x_3 - 1213.4099x_1^2 - 962.93266x_2^2 - 391.7235x_3^2 + 1177.4806x_1x_2 + 63.3170x_1x_3 + 138.226x_2x_3$	0.9527

2.2.1 单因子效应分析

对氮、磷、钾肥单施拟合的 3 个一元二次函数方程进行相关系数测验,差异显著性均达到显著水平,说明玉米产量与氮、磷、钾肥施用量间存在回归关系。

由氮、磷、钾三因素拟合的 3 个一元二次方程可看出,产量与 3 种肥料施肥量的关系均符合报酬递减律,即随着施肥量增加,产量先增加后减少。对各方程的一次项系数进行比较可知,施用 3 种肥料均能够有效提高玉米产量,3 种肥料的增产效应为氮肥>磷肥>钾肥。

2.2.2 多因子效应分析

氮、磷、钾肥两两互作拟合的 3 个二元二次函数方程经相关系数测验,差异均达到显著水平,表明玉米产量与氮、磷、钾肥互作施用量之间存在回归关系,肥料配施对玉米增产作用明显。由 3 个二元二次方程可知,氮、磷、钾 3 种肥料间的交

互作用均为正向互作,即氮、磷配施,氮、钾配施,磷、钾配施均可以有效增加产量。

以全部 14 个处理拟合氮、磷、钾肥三元二次效应方程进行相关系数测验,可知氮、磷、钾肥的三元二次肥效方程的差异达显著水平,表明玉米产量与氮、磷、钾肥用量间存在回归关系,肥料科学配施对提高玉米产量有着重要作用。还可看出,影响玉米产量的主要效应、互作效应关系均符合肥料报酬递减律。

2.3 不同处理对增产增收的影响

通过三元二次方程对氮、磷、钾肥配施效应进行优化与解析,得最高玉米产量与最佳种植效益的氮、磷、钾肥配合比率(表 3)。

结合三元二次肥效方程可知,在氮、磷、钾肥料效应模型中(表 2),当氮、磷、钾都为 0 水平时,施肥模型常数项为 7542.96 kg/hm²(空白区理论产量)与实际产量 7519 kg/hm²相近,说明该肥效方

程的拟合性比较符合生产实际,能够客观反映出各肥料配合施用时对产量的影响及肥料的效应情况。对三元二次肥效方程进行求导,得纯 N、P (P_2O_5)、K (K_2O)最大施肥量分别为 361.61 kg/hm²、185.26 kg/hm² 和 133.09 kg/hm²,玉米最高产量 16000.06 kg/hm²;在纯 N 价格为 5.0 元/kg, P_2O_5 价格

为 5.0 元/kg, K_2O 价格为 5.6 元/kg, 玉米价格为 2.0 元/kg 的条件下,通过模型分析,得实际最佳施肥量: N=290.15 kg/hm²、P (P_2O_5) =149.62 kg/hm²、K (K_2O)=100.15 kg/hm²,最佳效益 25 724.67 元/hm²。

利用肥料效应方程,氮、磷、钾肥价格以及玉米价格对种植链的经济效益进行比较(表 4)。

表 3 玉米产量与经济效益的优化结果

优化项目与结果		因素水平编码值			肥料配合比率		
		x_1	x_2	x_3	N	P_2O_5	K_2O
最高产量(kg/hm ²)	16000.06	2.7816	2.8502	2.1466	361.61	185.26	133.09
最佳效益(元/hm ²)	25724.67	2.2319	2.3019	1.5408	2901.47	1496.24	1121.70

注:纯 N 价格为 5.0 元/kg, P_2O_5 价格为 5.0 元/kg, K_2O 价格为 5.6 元/kg, 玉米价格为 2.0 元/kg

表 4 不同水平氮、磷、钾肥配施玉米的经济效益比较

元/hm²

序号	处理	效益、产投比				序号	处理	效益、产投比			
		产值	投资	效益	产投比			产值	投资	效益	产投比
1	$N_0P_0K_0$	15 085.91	—	15 085.91	—	8	$N_2P_2K_0$	27 797.33	2500	25 297.33	11.12
2	$N_0P_2K_2$	17 469.57	2120	15 349.57	8.24	9	$N_2P_2K_1$	30 043.37	3060	26 983.37	9.82
3	$N_1P_2K_2$	26 522.86	2870	23 652.86	9.24	10	$N_2P_2K_3$	29 834.76	4180	25 654.76	7.14
4	$N_2P_0K_2$	20 231.84	2620	17 611.84	7.72	11	$N_3P_2K_2$	30 068.52	4370	25 698.52	6.88
5	$N_2P_1K_2$	27 403.04	3120	24 283.04	8.78	12	$N_1P_1K_2$	25 558.35	2370	23 188.35	10.78
6	$N_2P_2K_2$	30 722.51	3620	27 102.51	8.49	13	$N_1P_2K_1$	25 970.35	2310	23 660.35	11.24
7	$N_2P_3K_2$	30 190.25	4120	26 070.25	7.33	14	$N_2P_1K_1$	27 000.35	2560	24 440.35	10.55

注:价格同上,因各处理管理成本基本一致,故未计入成本

由表 4 可知, $N_2P_2K_2$ 处理效益最高,达 27 102.51 元/hm²;其次是 $N_2P_2K_1$ 处理和 $N_2P_3K_2$ 处理,分别为 26 983.37 元/hm²、26 070.25 元/hm²。排在后三位的分别是 $N_2P_0K_2$ 、 $N_0P_2K_0$ 和 $N_0P_0K_0$ 处理,分别为 17 611.84 元/hm²、15 349.57 元/hm² 和 15 085.91 元/hm²。这表明,在本试验中,氮、磷肥对玉米经济效益影响较大,钾肥的影响相对较小。

$N_1P_2K_1$ 处理产投比最高为 11.24;其次是 $N_2P_2K_0$ 处理和 $N_1P_1K_2$ 处理,分别为 11.12 和 10.78。排在后三位的分别是 $N_2P_3K_2$ 、 $N_2P_2K_3$ 和 $N_3P_2K_2$ 处理,分别为 7.33、7.14 和 6.88。说明氮、磷、钾肥高水平组合的成本较高而产投比偏低,相对较低的氮、磷、钾肥组合产投比较高。

3 结论与讨论

氮、磷、钾肥配合施用可有效提高玉米产量。其中,氮肥的作用最大,磷肥次之,而钾肥的增产作用相对较低,这与黄长江,刘淑军,宋朝玉^[17-19]等人得出的结论一致。周建新,金凤霞,谢佳贵等人研究认为,对于玉米增产作用,3 种肥料的增

产效应大小为氮肥高于钾肥高于磷肥^[20-22],与本试验结论略有差异,分析原因,作者展开试验的试验地处于高钾低氮磷地段,而周建新,金凤霞,谢佳贵等人于高磷钾中氮水平试验地、中等肥力黑土地展开试验;作者选用郑单 958 品种玉米为试验材料,而谢佳贵等人的研究选用高油、高蛋白、高淀粉品种玉米,以上原因会导致试验结论不一致。另外,试验地位置、气候、环境不同等原因亦会导致试验结论出现差异。

不同施肥量对产量的影响效果显著。产量与 3 种肥料施用量的关系均符合报酬递减律,即随着施肥量增加,其产量呈先增加后减少的趋势,这一结论与战秀梅,胡建军^[23-24]等人的试验结论一致。氮、磷、钾肥料间的交互作用均为正向互作,即氮、磷肥配施,氮、钾肥配施,磷、钾肥配施均能够有效提高产量。

氮、磷肥对玉米经济效益影响较大,钾肥的影响相对较小。氮、磷、钾肥高水平组合的成本较高而产投比偏低,相对较低的氮磷钾肥组合产投比较高。纯 N、P (P_2O_5)、K (K_2O)最大施肥量分别

为 361.61 kg/hm^2 、 185.26 kg/hm^2 和 133.09 kg/hm^2 , 理论上可获得最高产量 $16\ 000.06 \text{ kg/hm}^2$; 最佳施肥量为纯 $\text{N}=290.15 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}(\text{P}_2\text{O}_5)=149.62 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{K}(\text{K}_2\text{O})=100.15 \text{ kg/hm}^2$, 可获得最佳效益 $25\ 724.67 \text{ 元/hm}^2$, 此种施肥方式与理论最佳施肥处理 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ ($\text{N}=260 \text{ kg/hm}^2$; $\text{P}_2\text{O}_5=130 \text{ kg/hm}^2$; $\text{K}_2\text{O}=130 \text{ kg/hm}^2$) 最接近, 且低于最大施肥量, 因此推荐为本地春玉米最佳施用量。

参考文献:

- [1] Bruulsema T W, Tollenaar M, Heckman J R. Boosting crop yields in the next century[J]. Better Crops, 2000, 84(1): 9-11, 13.
- [2] 王志敏, 王树安. 集约多熟超高产-21世纪我国粮食生产发展的重要途径[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(4): 193-196.
- [3] 赵久然, 王荣焕, 史洁慧, 等. 国内外玉米动态及展望[J]. 作物杂志, 2008(5): 5-9.
- [4] 杨恒山, 高聚林, 张玉芹, 等. 超高产春玉米氮磷钾养分吸收与利用的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 15-20.
- [5] 范秀艳, 杨恒山, 高聚林, 等. 超高产栽培下磷肥运筹对春玉米根系特征的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 562-570.
- [6] 周春军, 李首成, 孙园园, 等. 磷钾肥对稻草覆盖免耕秋马铃薯产量及主要农艺性状的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 212-215.
- [7] 张文君, 鲁剑巍, 蒋志平, 等. 盆栽矮牵牛氮、磷、钾肥效应及推荐用量研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1147-1153.
- [8] 徐大勇, 金 军, 胡曙望, 等. 氮磷钾肥运筹对稻米直链淀粉含量和淀粉粘滞谱特征参数的影响[J]. 作物学报, 2005, 31(7): 921-925.
- [9] 田立双, 李国红, 杨恒山, 等. 不同栽培模式对玉米干物质积累及转运的影响[J]. 作物杂志, 2014(1): 89-93.
- [10] 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(9): 93-96.
- [11] 吴艳秋, 罗家传. “3414”肥料试验分析方法探讨[J]. 山东农业科学, 2010(8): 90-94.
- [12] 李瑞平, 刘武仁, 郑金玉, 等. 种植方式对玉米单株叶片光合性能及产量的影响[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(3): 9-11.
- [13] 王成瑗, 张文秀, 赵 磊, 等. 氮磷钾肥料用量对水稻产量及品质的影响[J]. 吉林农业科学, 2010, 35(1): 28-33.
- [14] 杨 金, 陈志权, 刘义萍, 等. 玉米“3414”肥效试验[J]. 热带农业工程, 2012, 36(4): 24-26.
- [15] 王宜伦, 韩燕来, 张 许, 等. 氮磷钾配比对高产夏玉米产量、养分吸收积累的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(6): 88-92.
- [16] 万述伟, 张守才, 赵 明, 等. 设施栽培黄瓜的氮磷钾肥料效应研究[J]. 中国土壤与肥料, 2012(5): 44-49.
- [17] 黄长江. 玉米氮磷钾不同配施水平的肥料效应[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(11): 58-62.
- [18] 刘淑军, 黄 晶, 梁海军, 等. 玉米“3414”肥料试验的产量及产值效益分析[J]. 湖南农业科学, 2012(17): 51-53, 57.
- [19] 宋朝玉, 张继余, 王振化, 等. 氮磷钾、小麦秸秆还田及播种量对小麦产量及其构成因素的影响[J]. 山东农业科学, 2008(8): 44-47.
- [20] 周建新, 罗 敏. 玉米氮、磷、钾肥最佳施用量探讨[J]. 贵州农业科学, 2001, 29(6): 26-27.
- [21] 金凤霞, 颜秀娟, 林艳波, 等. 玉米氮、磷、钾肥料效应的研究[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(6): 48-50.
- [22] 谢佳贵, 王立春, 尹彩霞, 等. 优质玉米喜肥特性与施肥效益研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(6): 131-133.
- [23] 战秀梅, 韩晓日, 王 帅, 等. 应用“3414”肥料试验模型求解春玉米施肥参数的研究[J]. 河南农业科学, 2009(1): 51-54.
- [24] 胡建军, 张月琴, 温学飞, 等. 基于“3414”模型研究宁夏盐池县玉米氮磷钾施肥效应[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 268-272.

(责任编辑:姜晓莉)