

不同氮磷钾施肥配比和施肥用量对玉米产量的影响

梁改梅¹, 池宝亮¹, 李娜娜¹, 陈稳良², 韩彦龙¹

(1. 山西省农业科学院旱地农业研究中心, 山西太原 030006; 2. 山西省农业科学院作物科学研究所, 山西太原 030031)

摘要 [目的] 为探讨不同氮磷钾施肥配比及用量对玉米产量的影响。[方法] 研究运用“3414”回归最优设计原理, 在晋中榆次区东阳试验基地设置玉米肥效试验。[结果] 所有处理中处理⑥(N₂P₂K₂)产量最高达 15 990 kg/hm², 处理①(N₀P₀K₀)不施肥时产量最低为 10 973 kg/hm², 产量差异显著; 比较不同氮、磷、钾肥用量下的玉米产量, 发现在其他种肥料不变的条件下一提高另一种肥料的施用量, 玉米的产量随肥料用量的提高先上升后下降; 对比各缺素处理, 发现对玉米产量影响次序为氮肥 > 钾肥 > 磷肥。[结论] 氮肥是影响该区玉米产量的主要因素。在生产上, 施肥时应重点考虑氮肥的投入及氮肥的基追比例。

关键词 3414 田间试验; 玉米; 配方施肥; 产量

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)25-08573-02

Effects of Different NPK Fertilizer Ratio and Fertilizer Amount on Corn Yield

LIANG Gai-mei et al (Dryland Agriculture Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030006)

Abstract [Objective] The research aimed to investigate the effects of different NPK fertilizer ratio and fertilizer amount on corn yield. [Method] “3414” design theory was applied to set corn fertilizer efficiency test in Dongyang experiment fields of JinZhong basin. [Result] The yield of treatment ⑥ (N₂P₂K₂) was the highest, reaching 15 990 kg/hm², when that of no fertilizer (N₀P₀K₀) treatment reached a minimum value of 10 973 kg/hm². The difference of yield was significant. Compared with the different dosage of nitrogen and phosphorus and potassium, it found that while the other two fertilizers kept unchanged only increased a single use of another fertilizer, the corn yields increased with the fertilizer at first and then decreased when continued to improve the amount of the fertilizer. Contrasted with the nutrients deficiency treatments, the results showed that the treatment without nitrogen had a notable effect on corn yield. No phosphorus treatment had less effect on corn yield and no potassium treatment had minimal effect on corn yield. [Conclusion] Nitrogen fertilizer was the key factors. It should be a first consideration of the application of nitrogen fertilizer in fields, and should consider fertilizer topdressing proportion at the same time.

Key words “3414” field experiments; Corn; fertilization; Yield

从栽培面积和总产量来看, 玉米仅次于小麦和水稻。随着玉米产量的不断升高, 化肥用量也不断加大, 化肥利用率低、污染严重等现象普遍存在。近年, 随着测土配方施肥项目的推进, 不同农业生态区、不同作物体系积累了大量的“3414”田间肥效试验数据^[1-5]。山西是我国玉米的种植大省。笔者主要研究了不同氮磷钾配肥技术在山西中部玉米产区的应用, 有效解决该区玉米施肥与土壤供肥、玉米需肥三者之间的矛盾, 以达到试验区玉米最高产量和最佳经济效益, 从而减少生产上肥料浪费、减少农民投入、保护生态环境。该研究也为进一步实施试验区养分综合调控提供理论依据。

1 材料与方

1.1 试验田块 试验于 2013 年在晋中榆次区东阳基地 (N37°32'44.28", E112°37'26.78") 进行。试验地年平均气温 9.3 ℃, 年降水量 430 mm, 无霜期 154 d, 土壤类型为潮土, 表层土壤质地为中壤土。供试土壤基本情况为有机质 12.2 g/kg, 全氮 0.07 g/kg, 碱解氮 42.3 g/kg, 有效磷 3.9 mg/kg, 速效钾 109 mg/kg, pH 8.1。

1.2 供试材料 试验肥料为尿素 (N 46%)、过磷酸钙 (P₂O₅ 18%)、氧化钾 (K₂O 50%)。供试玉米品种为大丰 30。

1.3 试验设计 选择地势平坦、整齐、均匀且具有代表性的地块, 小区面积为 7 m × 5 m。设 14 个处理, 随机区组设计, 3

次重复, 区组内土壤、地形条件等相对一致, 区组间允许有误差。试验于 4 月 23 日施入底肥, 翻耕, 次日播种。试验于 10 月 1 日收获。根据玉米栽培经验和需肥规律, N 肥总量的 50% 做基肥, 另外 50% 喇叭口追肥; P 肥、K 肥全部用作基肥, 不施农家肥。

1.4 收获及室内考种 收获时, 任选一区组各小区, 连续随机选取 20 株玉米穗作为考种样本, 风干后测定穗长、穗粗、穗行数、穗粒数、百粒重、干物重等产量性状指标, 计算小区产量, 其余区组全部收获, 田间实际测产, 比较各施肥处理产量与无肥区 (处理①) 的比值。

2 结果与分析

2.1 不同配肥处理对玉米产量的影响 从表 1 可以看出, 施用不同配比的氮、磷、钾肥和不同肥料用量对玉米产量均有很大影响, 各处理增产次序为处理⑥ > 处理④ > 处理⑭ > 处理⑦ > 处理⑩ > 处理⑪ > 处理③ > 处理⑤ > 处理⑨ > 处理⑫ > 处理⑧ > 处理⑬ > 处理②。其中, 处理⑥产量最大, 增产 45.83%。这说明 NPK 合理配施有利于促进玉米个体的发育, 提高玉米的产量; 同一配肥但不同施肥量对玉米产量的影响也不同。处理②不施氮肥增产幅度较小, 说明在 N、P、K 3 个因素中, 对玉米产量影响因素主要是氮肥。处理④次之, 增产幅度为 37.37%。产量最低的为无肥区 (处理①) 和缺氮区 (处理②), 处理⑧不施钾肥区产量也较其他处理低。这说明氮肥和钾肥对产量的影响最大, 磷肥对产量无显著影响。通过对各处理小区产量与施肥量进行回归分析, 建立回归方程, 得到三元二次方程如下:

$$Y = 727.788 1 + 31.550 6N - 28.317 3P + 12.027 7K -$$

基金项目 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303104); 山西省科技攻关项目 (20140311002-4); 山西省农科院博士基金项目 (YBSJJ1302)。

作者简介 梁改梅 (1979-), 女, 山西定襄人, 助理研究员, 博士, 从事旱作栽培及节水方面的研究。

收稿日期 2014-07-21

$$0.413\ 3NP - 0.722\ 6NK + 3.959\ 2PK - 0.649N^2 + 0.466\ 7P^2 - 1.544\ 2K^2$$

其中,施肥量与产量的相关系数 $R_{0.05} = 0.919$,表明二者之间高度相关。通过上述肥料效应模型,计算得最高产量施肥量为 $Y = 14\ 577.15\ \text{kg}/\text{hm}^2$,其中 $N = 252\ \text{kg}/\text{hm}^2$, $P = 102.15\ \text{kg}/\text{hm}^2$, $K = 117.75\ \text{kg}/\text{hm}^2$;最佳产量施肥量为 $Y = 14\ 573.85\ \text{kg}/\text{hm}^2$,其中 $N = 271.65\ \text{kg}/\text{hm}^2$, $P = 92.7\ \text{kg}/\text{hm}^2$, $K = 113.7\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表1 不同处理施肥水平及相应产量

编号	处理	施肥量// kg/hm^2			产量 kg/hm^2	比对照 增产//%
		N	P_2O_5	K_2O		
①	$N_0P_0K_0$	0	0	0	10 972.95	0
②	$N_0P_2K_2$	0	108	112.50	11 434.05	4.20
③	$N_1P_2K_2$	120	108	112.50	14 048.70	28.03
④	$N_2P_0K_2$	240	0	112.50	15 073.80	37.37
⑤	$N_2P_1K_2$	240	54	112.50	13 852.05	26.24
⑥	$N_2P_2K_2$	240	108	112.50	16 001.40	45.83
⑦	$N_2P_3K_2$	240	162	112.50	14 330.85	30.60
⑧	$N_2P_2K_0$	240	108	0	12 808.80	16.73
⑨	$N_2P_2K_1$	240	108	56.25	13 506.90	23.09
⑩	$N_2P_2K_3$	240	108	168.75	14 266.95	30.02
⑪	$N_3P_2P_2$	360	108	112.50	14 195.40	29.37
⑫	$N_1P_1K_2$	120	54	112.50	13 241.70	20.68
⑬	$N_1P_2K_1$	120	108	56.25	12 432.00	13.30
⑭	$N_2P_1K_1$	240	54	56.25	14 478.90	31.95

2.2 不同施氮、施钾水平对玉米产量的影响 由于磷肥对产量无显著影响,下面只重点分析不同施氮、施钾水平对产量的影响。在磷、钾两种养分处于当地最佳水平(2水平)时,仅对氮进行肥效分析。选用处理②、处理③、处理⑥和处理⑩做玉米在最佳PK施用量的氮肥效应。在氮、磷2种养分处于当地最佳水平(2水平)时,仅对钾进行肥效分析。选用处理③、处理⑨、处理⑥和处理⑩做玉米在最佳NP施用量的钾肥效应。由图1、2可知,玉米产量随着施氮量(施钾量)的增加呈先上升而后下降,即当氮肥(钾肥)施用量低于一定水平时,随着施氮量(施钾量)的提高,玉米的产量不断增加,但随后再继续增加氮肥(钾肥)的施用量,产量反而出现一定的下降。这说明在土壤肥力一定的情况下,只是一味地提高氮肥(钾肥)的施用量并不会继续增加玉米的产量,相反还会出现减产的现象。因此,在田间施肥时,一定要注意肥料合理的施用范围,以免出现增加成本反而减产,并且造成农田环境污染的现象。

2.3 缺素处理对玉米产量的影响 由图3可知,不施肥(处理①)的产量与处理⑥产量相比,基础土壤肥力产量占施肥区产量的68.57%,说明在当地中等肥力水平下,肥料对产量的贡献率只有31.43%;缺氮(处理②)的相对产量为71.46%,说明在当地中等肥力水平下,氮肥对产量的贡献率达28.54%;缺磷(处理④)的相对产量为94.2%,说明在当地中等肥力水平下,磷肥对产量的贡献率达5.8%;缺钾(处理⑧)的相对产量为80.05%,说明在当地中等肥力水平下,钾肥对产量的贡献率达19.95%。由此可知,缺P的相对产

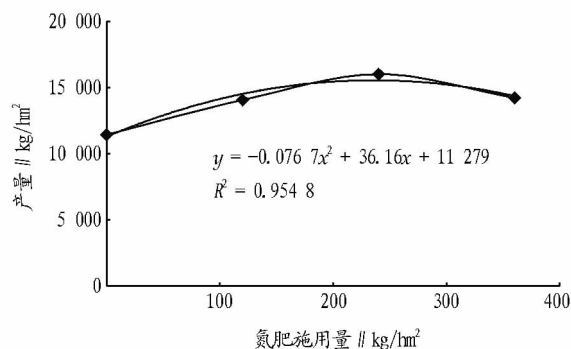


图1 施氮量与玉米产量的关系

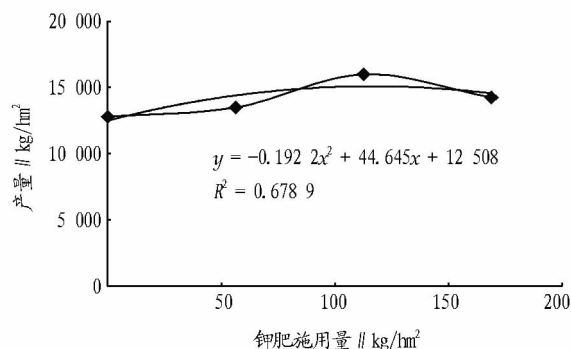


图2 施钾量与玉米产量的关系

量 > 缺K的相对产量 > 缺N的相对产量。这说明在该试验条件下,氮磷钾三要素中氮的增产效果最明显,钾的增产效果次之,磷的增产效果极不显著。氮肥是决定当地玉米产量的关键肥料因素。施肥时,应重点考虑氮肥的投入。

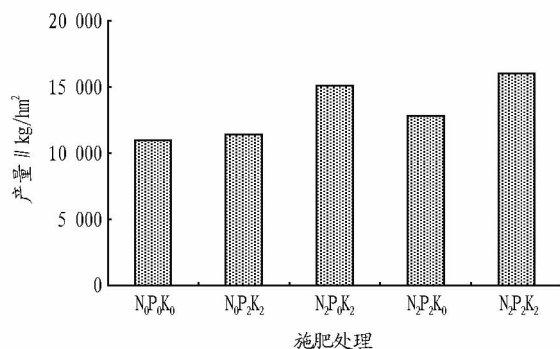


图3 缺素处理对玉米产量的影响

3 小结

田间试验结果表明,N、P、K施肥配比及施肥用量对玉米产量有着直接影响,特别是氮肥使用量对该区玉米产量的影响最大。通过肥料效应模型,可得到该区玉米最大产量施肥量和最佳产量施肥量,为进行试验区养分综合调控提供依据。

研究表明,试验地土壤基础肥力贡献率为68.57%,说明玉米产量对土壤基础肥力依赖度较大,而施肥对产量的贡献率仅分别为21.43%。在当地中等肥力水平下,氮肥、磷肥、钾肥对产量的贡献率分别为28.54%、5.80%、19.95%。由此可知,在此地力水平下,氮肥是决定玉米产量的关键因素,对玉米产量起决定性作用。试验地土壤供磷能力较高。

(下转第8577页)

表 2 试验方法与农业部标准方法比对结果

mg/g

样品 编号	K		Fe		Cu		Mn		Zn		P	
	ICP	NY 525	ICP	NY/T 305.3	ICP	NY/T 305.1	ICP	NY/T 305.4	ICP	NY/T 305.2	ICP	NY 525
1#	59.44	60.26	7.48	7.35	0.173	0.242	3.57	3.66	0.109	0.103	19.35	20.26
2#	14.14	13.60	4.42	3.53	0.140	0.155	1.87	1.97	0.071	0.119	9.40	10.19
3#	109.36	115.34	6.20	6.16	0.131	0.168	2.32	2.62	0.112	0.124	13.23	14.33
4#	51.95	52.82	9.01	9.15	0.087	0.095	2.00	2.10	0.098	0.112	13.38	14.74
5#	17.14	16.61	28.03	29.43	2.721	2.924	5.32	5.62	0.406	0.357	9.89	10.83
6#	62.92	66.76	6.88	8.62	0.175	0.209	4.66	4.73	0.100	0.142	3.90	4.34
7#	11.80	10.75	1.93	1.67	0.071	0.042	1.65	1.42	0.087	0.086	8.08	6.13
8#	22.46	21.10	6.23	6.38	0.186	0.182	2.33	2.33	0.113	0.125	11.44	12.44
9#	16.78	15.45	27.33	25.63	2.728	2.891	5.25	5.42	0.088	0.079	10.21	10.01
<i>t</i>	0.874 0		0.130 5		2.115 2		1.875 0		0.729 5		1.437 5	

表 3 微波消解法与标准物质参考值比较 ($n=3$)

项目	GBW07311		GBW07312		GBW07404		GBW07407	
	平均值	标准值	平均值	标准值	平均值	标准值	平均值	标准值
P	218.00	255.00 ± 42.00	205.00	235.00 ± 34.00	688.00	695.00 ± 43.00	1 125.00	1 150.00 ± 61.00
K ₂ O	3.23	3.28 ± 0.10	2.84	2.91 ± 0.06	1.00	1.03 ± 0.09	0.18	0.20 ± 0.03
CaO	0.45	0.47 ± 0.04	1.16	1.16 ± 0.07	0.26	0.26 ± 0.05	0.16	0.16 ± 0.05
MgO	0.63	0.62 ± 0.10	0.45	0.47 ± 0.12	0.48	0.49 ± 0.07	0.23	0.26 ± 0.06
TFe ₂ O ₃	4.32	4.39 ± 0.11	5.02	4.88 ± 0.13	10.38	10.30 ± 0.16	18.99	18.76 ± 0.51
Cu	81.00	79.00 ± 4.00	1 208.00	1 230.00 ± 51.00	44.00	40.00 ± 4.00	100.00	97.00 ± 9.00
Mn	2 504.00	2 490.00 ± 130.00	1 457.00	1 400.00 ± 73.00	1 457.00	1 420.00 ± 117.00	1 949.00	1 780.00 ± 176.00
Zn	387.00	373.00 ± 21.00	511.00	498.00 ± 27.00	212.00	210.00 ± 19.00	144.00	142.00 ± 17.00
B	61.00	68.00 ± 7.00	27.00	24.00 ± 3.00	101.00	97.00 ± 13.00		

注: P、Cu、Mn、Zn、B 的单位 mg/kg, K₂O、CaO、MgO、TFe₂O₃ 的单位为%。

3 结论与讨论

该研究探究了灰化法、飞硅法、王水湿法消解和微波消解 4 种样品处理方法,从方法检出限、重复性、加标回收率、与标准方法及标准物质比较等方法准确性和可行性进行全面评价。结果表明,微波消解电感耦合等离子体发射光谱法能够快速、准确地分析有机肥料中磷、钾、钙、镁、铁、铜、锰、锌、硼等 9 种营养元素,应用于生产,监测有机肥中上述元素的含量,对有机肥生产过程中产品质量监控、技术研发、有机肥料原料选用等提供方法依据和保障,同时对作物栽培中平衡施肥和因地制宜的选用有机肥具有现实的指导意义。

参考文献

- [1] 张世贤. 我国有机肥料的资源、利用、问题和对策[J]. 磷肥与氮肥, 2001, 16(1): 8-11.
- [2] LI W, SIMMONS P, SHRADER D, et al. Microwave plasma-atomic emission spectroscopy as a tool for the determination of copper, iron, manganese and zinc in animal feed and fertilizer[J]. Talanta, 2013, 112: 43-48.
- [3] 倪伟红, 陈美春, 贾彦博. 微波消解-ICP-OES 法同时测定化妆品中 Pb、

As、Hg[J]. 分析试验室, 2008, 27(S2): 326-328.

- [4] 高善民, 朱恩, 王宏光, 等. 微波消解-ICP-OES 法快速测定有机肥料中铜、锌、铅、镉、铬和镍[J]. 上海农业学报, 2008, 24(2): 75-77.
- [5] SAKAN S, DRDEVIĆ D, DEVIĆ G, et al. A study of trace element contamination in river sediments in Serbia using microwave-assisted aqua regia digestion and multivariate statistical analysis[J]. Microchemical Journal, 2011, 99(2): 492-502.
- [6] BAKIRCIÖGLU D, KURTULUS Y B, UCAR G. Determination of some traces metal levels in cheese samples packaged in plastic and tin containers by ICP-OES after dry, wet and microwave digestion[J]. Food and Chemical Toxicology, 2011, 49(1): 202-207.
- [7] AYDIN I. Comparison of dry, wet and microwave digestion procedures for the determination of chemical elements in wool samples in Turkey using ICP-OES technique[J]. Microchemical Journal, 2008, 90(1): 82-87.
- [8] 田野, 刘善江, 马良, 等. 有机肥料中重金属测定综述[J]. 中国农学通报, 2011, 27(7): 16-21.
- [9] LIMA ÉC, BARBOSA F, KRUG F J, et al. Comparison of ultrasound-assisted extraction, slurry sampling and microwave-assisted digestion for cadmium, copper and lead determination in biological and sediment samples by electrothermal atomic absorption spectrometry[J]. J Anal At Spectrom, 2000, 15(8): 995-1000.

(上接第 8574 页)

缺素对玉米产量影响次序为氮 > 钾 > 磷。在氮磷钾 3 种肥料中的 2 种肥料保持不变的前提下单一提高另一种肥料的施用量, 玉米产量随着肥料用量的逐渐提高而出现先提高后下降的情况。如果再继续增加肥料的用量, 那么反而会出现成本增加而减产的双重损失, 因此生产上应合理施用肥料, 提高农民的经济收益。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 王兴仁. 施肥模型在我国推荐施肥中的应用[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 67-74.
- [3] 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.
- [4] 韩振锋. 玉米“3414”肥料试验结果与分析[J]. 山西科技, 2011, 26(3): 140-141.
- [5] 刘志雄, 冯勇, 胡达古拉, 等. 土壤养分供应水平及不同施肥量对玉米产量的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2009(2): 31-34.