

新饲玉 11 号氮磷钾最佳施肥量 及肥效模型拟合研究

段震宇^{1,2}, 桑志勤^{1,2}, 王 婷^{1,2}, 王友德^{1,2}, 陈树宾^{1,2}, 郭 斌^{1,2}, 李玉梅^{1,2}

(1. 新疆农垦科学院作物研究所, 新疆 石河子 832000; 2. 谷物品质与遗传改良兵团重点实验室, 新疆 石河子 832000)

摘 要: 为了解决新疆地区青贮玉米高产施肥配比问题, 本试验以青贮玉米品种“新饲玉 11 号”为材料, 采用 3414 试验方法, 设计了不同的氮磷钾配比, 在新疆农垦科学院试验地田间试验研究玉米的氮、磷、钾肥料效应并配置相应的肥效函数, 以筛选出适合当地青贮玉米高产的最佳氮磷钾配比。结果表明: 供试土壤中有效养分含量丰缺程度为 N 含量为低水平, K_2O 、 P_2O_5 含量为中水平。14 个处理中以 $N_2P_2K_2$ 处理的产量最高, 产量为 $8066.79\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^{-2}$; 用二次回归分析, 得出氮磷钾的肥料效应函数方程为: $Y = 4659.93 + 79.56N - 5.06N^2 + 101.7P - 33.81P^2 + 286.4K - 10.28K^2 + 24.87NP + 2.66NK - 12.97PK$; 通过模型寻优得出“新饲玉 11 号”的最佳施肥量为 667 m^2 施 N 21 kg, P_2O_5 5 kg, K_2O 22 kg, 在此配方组合下能够获得最佳产量 $7692.96\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 。

关键词: 新饲玉 11 号; 回归模拟; 产量; 最佳氮磷钾配比

中图分类号: S147.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)02-0038-04

Model simulation of optimal application rate of N, P and K fertilizers for “Xinsiyu 11” silage maize

DUAN Zhen-yu^{1,2}, SANG Zhi-qin^{1,2}, WANG Ting^{1,2}, WANG You-de^{1,2},
CHEN Shu-bin^{1,2}, GUO Bin^{1,2}, LI Yu-mei^{1,2}

(1. Research Institute of Crop Science, Xinjiang Academy of Agro-reclamation Sciences, Shihezi, Xinjiang 832000, China;

2. Key Lab of Xinjiang Production and Construction Corps for Cereal Quality Research and Genetic Improvement, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: By using Xinsiyu 11 as material, and adopting 3414 method with different ratios of N - P - K, the experiment was conducted in the experimental field of Xinjiang Academy of Agro-reclamation Sciences to investigate the effects of N, P and K fertilizers on silage maize, and to screen the optimal application ratio of N - P - K for high yield of silage maize in Xinjiang. The results showed that the content of available N was low, while the content of K_2O and P_2O_5 was moderate in the tested soil. The yield of $N_2P_2K_2$ was the highest ($8066.79\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^{-2}$) among the 14 treatments. According to the analysis of quadratic regression, the fertilizer effect equation was $Y = 4659.93 + 79.56N - 5.06N^2 + 101.7P - 33.81P^2 + 286.4K - 10.28K^2 + 24.87NP + 2.66NK - 12.97PK$. Through the optimization of the model, it was found that the optimum fertilization rate for Xinsiyu 11 was 21 kg N, 5 kg P_2O_5 and 22 kg K_2O for every 667 m^2 , under which the theoretical yield was $7692.96\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^{-2}$.

Keywords: Xinsiyu 11; regression modeling; yield; optimal fertilization ratio

新疆石河子垦区是典型的大陆性气候, 属于半干旱生态环境, 玉米是当地主要粮食作物之一^[1-2]。近年来, 随着新疆奶牛业的快速发展, 对于优质饲草料的需求越来越多, “新饲玉 11 号”是 2007 年新疆维吾尔自治区新审定的专用青贮玉米品种, 具有生

物产量高, 品质好等特性, 在栽培方面需对其进行综合性状比较, 准确掌握新品种的特征、特性、产量等指标。除施氮肥外, 饲用玉米施磷显著促进了玉米植株磷素和氮素的吸收, 可以提高生物产量 10.5% ~ 25.15%; 施磷的青贮玉米比不施磷青饲玉米的水

收稿日期: 2012-10-06

基金项目: 新疆生产建设兵团农业科技攻关项目“高产、优质、专用玉米新品种选育”(2009GG07)

作者简介: 段震宇(1979—), 男, 河南人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为玉米遗传育种与高产栽培。E-mail: duanzhenyunk@ sina.com。

通信作者: 桑志勤(1982—), 男, 陕西人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为玉米遗传育种与高产栽培。E-mail: sangzhiqin@ 126.com。

分利用效率高,相当于多供水 27.51 ~ 47.36mm^[3]。玉米的生物产量因施用钾肥增产 7.96% ~ 17.60%;显著提高了植株氮、磷的吸收;施钾量增加,植株粗脂肪、粗蛋白的含量也在增加,粗脂肪和粗蛋白产量增幅分别为 8.90% ~ 38.12%和 9.40% ~ 21.5%;试验结果还表明,饲用玉米叶面积指数、叶绿素相对含量、株高和茎粗随钾肥用量的增加均有所提高^[4]。施用磷、钾肥,有助于提高青贮玉米钙和干物质的含量^[5]。本试验在对青贮玉米优化配方施肥进行系统研究的基础上,通过小区试验研究不同氮磷钾配比对高产青贮玉米产量的影响,希望试验筛选出青贮玉米高产施肥配比,为新疆地区大面积提高青贮玉米单产提供科学依据,为合理施肥提供技术参数。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验材料:供试青贮玉米品种新饲玉米 11 号,由新疆农垦科学院作物研究所提供,该品种具有生物产量高,品质好,抗倒伏能力强等特点,目前是新疆兵团的主推青贮玉米品种之一。

供试肥料:尿素(含 N:46%),重过磷酸钙(P₂O₅:46%),硫酸钾(K₂O:33%)。

1.2 试验地概况

试验区位于新疆石河子市,地处石河子西部(E85°99',N44°03',海拔 442 m),属温带大陆性气候

区,年平均日照 2 721 ~ 2 818 h,年平均日照最多月份为 7 月,光热资源充足。试验地为灰色壤土,前茬为玉米。

试验地点土壤肥力指标:全氮 1.22 g·kg⁻¹,速效磷 36 mg·kg⁻¹,速效钾 307 mg·kg⁻¹,碱解氮113.5 mg·kg⁻¹,有机质 24.2 g·kg⁻¹,pH 8.08。

1.3 方 法

试验采用“3414”肥料试验设计,即 3 因素(N,P,K 因素)、4 水平(0,1,2,3 水平)、14 个处理进行设计,重复 3 次。其中 0 水平为不施肥、2 水平为当地常规施肥量、1 水平为 2 水平×0.5,3 水平为 2 水平×1.5。其中 N₂ 为当地 N 肥施用量,22.31 kg·667m⁻²,P₂ 为当地 P₂O₅ 的施用量,4.19 kg·667m⁻²,K₂ 为当地 K₂O 的施用量,18 kg·667m⁻²,试验设计处理见表 1。

试验于 2010 年在新疆农垦科学院试验地进行,按试验要求进行整地,4 周设置保护行,进行试验田区划,每个处理面积 18 m²(3.6 m×5 m),小区实行单排单灌。2010 年 4 月 23 日播种,密度 5500 株·667m⁻²,定期除草,防治病虫害,按要求排水、灌水、施肥,相同田间操作由专人在同一天内完成。8 月 25 日收获,各小区单收记产。氮肥按 30%作基肥,30%作拔节肥,40%作攻穗肥;磷、钾肥全部作基肥一次性施入。

表 1 小区土壤施肥量/(kg·18m⁻²)
Table 1 Fertilization rate in different test plots

处理 Treatment		尿素 Urea				重过磷酸钙 Triple superphosphate		硫酸钾 Potassium sulfate	
序号 Number	代码 Code	总量 Total	基肥 Basal fertilizer	拔节肥 Jointing fertilizer	攻穗肥 Spike fertilizer	总量 Total	基肥 Basal fertilizer	总量 Total	基肥 Basal fertilizer
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	0	0	0	0.246	0.246	1.472	1.472
3	N ₁ P ₂ K ₂	0.654	0.196	0.196	0.262	0.246	0.246	1.472	1.472
4	N ₂ P ₀ K ₂	1.309	0.393	0.393	0.524	0	0	1.472	1.472
5	N ₂ P ₁ K ₂	1.309	0.393	0.393	0.524	0.123	0.123	1.472	1.472
6	N ₂ P ₂ K ₂	1.309	0.393	0.393	0.524	0.246	0.246	1.472	1.472
7	N ₂ P ₃ K ₂	1.309	0.393	0.393	0.524	0.37	0.37	1.472	1.472
8	N ₂ P ₂ K ₀	1.309	0.393	0.393	0.524	0.246	0.246	0	0
9	N ₂ P ₂ K ₃	1.309	0.393	0.393	0.524	0.246	0.246	2.209	2.209
10	N ₂ P ₂ K ₁	1.309	0.393	0.393	0.524	0.246	0.246	0.736	0.736
11	N ₃ P ₂ K ₂	1.963	0.589	0.589	0.785	0.246	0.246	1.472	1.472
12	N ₁ P ₁ K ₂	0.654	0.196	0.196	0.262	0.123	0.123	1.472	1.472
13	N ₁ P ₂ K ₁	0.654	0.196	0.196	0.262	0.246	0.246	0.736	0.736
14	N ₂ P ₁ K ₁	1.309	0.393	0.393	0.524	0.123	0.123	0.736	0.736

1.4 统计方法

应用 Excell 软件进行试验数据的整理及方程拟合分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对新饲玉 11 号产量及经济效益的影响

各处理的产量结果(表 2)显示,不施肥处理的鲜生物产量最低,每 667m² 产量为 4655 kg;而其余 13 个施肥处理每 667m² 产量在 5217.94 ~ 8066.79 kg 之间,其中处理 6(N₂P₂K₂) 在 13 个施肥处理中鲜生物产量最高,每 667m² 产量为 8066.79 kg,获得产值最高的也是处理 6(N₂P₂K₂)(1613.36 元·667m⁻²);其次是处理 7(N₂P₃K₂)(1611.57 元·667m⁻²)。获得纯收入最大的是处理 6(N₂P₂K₂)(468.13 元·667m⁻²);其次是处理 7(N₂P₃K₂)(455.59 元·667m⁻²)。投产比居第一位的是处理 13(N₁P₂K₁)(1:

3.76);其次是处理 12(N₁P₁K₂)(1:2.61)。从鲜生物产量、纯收入、投产比综合考虑,处理 6(N₂P₂K₂) 的经济效益较好。

2.2 不同施肥处理下新饲玉 11 号产量及多重分析

从表 2 可见,氮磷钾配施的处理较不施肥处理显著增产,各处理中,以不施肥处理产量最低,处理 6 产量最高,其次是处理 7;缺素处理 2、4、8 产量较低。方差分析表明,试验重复间差异不显著,处理间差异达极显著水平。处理 6 与处理 14、5、3、4 间产量差异显著,与处理 8、2、1 间差异极显著。表明,本试验最佳施肥组合是处理 6(N₂P₂K₂),即 667 m² 施 N 22.31 kg、P₂O₅ 4.19 kg、K₂O 18 kg。而且各氮磷钾处理的产量随着施肥量的增加而提高,但过量施肥的 N₃、P₃、K₃ 处理下降。由此可见,施肥效应显著,适宜的肥料用量有利于高产的形成,缺乏或过量的养分供应均会造成减产^[6-7]。

表 2 不同处理对青贮玉米产量及经济效益的影响

Table 2 Effect of different treatments on yield and economic benefit of silage maize

处理 Treatment	鲜生物产量 Fresh biomass yield /kg	产值 Output value /(元·667m ⁻²)	增加产值 Increase of output value /(元·667m ⁻²)	肥料投入 Fertilizer inputs /(元·667m ⁻²)	纯收入 Net income /(元·667m ⁻²)	投产比 Input-output ratio
1(N ₀ P ₀ K ₀)	4655.00eD	931.00	—	—	—	—
2(N ₀ P ₂ K ₂)	5217.94eD	1043.59	112.59	117.18	-4.59	1:-0.04
3(N ₁ P ₂ K ₂)	7637.53bcABC	1527.51	596.51	165.69	430.82	1:2.60
4(N ₂ P ₀ K ₂)	6894.87cdBCD	1378.97	447.97	192.99	254.98	1:1.32
5(N ₂ P ₁ K ₂)	7276.59bcABC	1455.32	524.32	203.64	320.68	1:1.57
6(N ₂ P ₂ K ₂)	8066.79aA	1613.36	682.36	214.23	468.13	1:2.19
7(N ₂ P ₃ K ₂)	8057.87abAB	1611.57	680.57	224.98	455.59	1:2.03
8(N ₂ P ₂ K ₀)	6137.35deCD	1227.47	296.47	118.29	178.18	1:1.51
9(N ₂ P ₂ K ₃)	7652.38 abcABC	1530.48	599.48	262.26	337.22	1:1.29
10(N ₂ P ₂ K ₁)	6394.31 abcABC	1278.86	347.86	166.26	181.60	1:1.09
11(N ₃ P ₂ K ₂)	7555.83 abcAB	1511.17	580.17	262.73	317.44	1:1.21
12(N ₁ P ₁ K ₂)	7454.83 abcAB	1490.97	559.97	155.09	404.88	1:2.61
13(N ₁ P ₂ K ₁)	7456.32 abcABC	1491.26	560.26	117.72	442.54	1:3.76
14(N ₂ P ₁ K ₁)	7199.36 bcABC	1439.87	508.87	155.67	353.20	1:2.27

注:青贮按 0.2 元·kg⁻¹, N 按 4.35 元·kg⁻¹, P₂O₅ 按 5.07 元·kg⁻¹, K₂O 按 5.33 元·kg⁻¹ 计价。数据后不同大、小写字母分别表示差异达 0.01、0.05 显著水平。

Note: The price of silage maize: 0.2 yuan·kg⁻¹, N: 0.2 yuan·kg⁻¹, P₂O₅: 5.07 yuan·kg⁻¹, K₂O: 5.33 yuan·kg⁻¹. Different capital letters and small letters denote significant difference at P = 0.05 and P = 0.01 respectively.

2.3 土壤养分丰缺指标对玉米产量的影响

根据战秀梅等^[8]应用“3414”肥料试验模型的方法,对本试验中缺素区处理 2、4、8 的产量与全肥区处理 6 的产量进行比较,以缺素区产量占全肥区产量的百分数即相对产量的高低反映土壤 N、P、K 养

分的丰缺。由表 2 可知,氮、磷、钾缺素区与全肥区处理 6 的产量进行比较,相对产量分别为 64.68%、85.47%、76.08%。以相对产量评价供试土壤的肥力,相对产量低于 50% 土壤养分为极低水平,50% ~ 75% 为低水平,75% ~ 95% 为中水平,大于 95% 的

为高水平^[9]。因此试验区土壤 N、处于低等含量水平,P、K 处于中等含量水平。

不同施肥水平下,青贮玉米的鲜生物产量各不相同,在本试验 14 个施肥处理中,在当地常规施肥量即氮、磷、钾的 2 水平(处理 6,N₂K₂P₂)鲜生物产量最高,氮、磷、钾缺素区的处理(处理 2、4、8)产量处于较低水平,因此,适宜的氮、磷、钾配比有利于产量的提高。

从表 2 还可以看到,处理 2 不施氮肥的鲜生物产量较处理 4、8 不施磷、钾肥的产量分别低 1676.93 kg·667m⁻²和 919.41 kg·667m⁻²。由此说明,在本试验条件下促进玉米生长发育的氮、磷、钾三要素中氮肥对玉米产量的影响最大,其次是磷肥、钾肥,施氮能提高玉米产量。但氮肥的施用量超过一定水平后,产量不但不能提高,反而下降,如处理 11,这种现象反映了客观存在的肥料经济效益问题。因此,在生产中要应用这一经济规律指导施肥,发挥肥料最大的经济效益,而不是盲目施肥。

2.4 氮磷钾三因素肥料效应回归方程

利用 SG-2.3“3414”分析器分析,得出氮磷钾三因素肥料效应三元二次回归方程:

$$Y = 4659.93 + 79.56N - 5.06N^2 + 101.7P - 33.81P^2 + 286.4K - 10.28K^2 + 24.87NP + 2.66NK - 12.97PK$$

通过回归方程显著性检验分析,相关系数为显著相关,*F* 检验达显著水平,试验建立的三元二次肥料效应方程能够反映实际情况,氮磷钾肥与产量之间存在着显著的相关关系。

2.5 施肥模型建立与肥料最佳施用量分析

经回归分析和方差分析,建立一元二次肥料效应方程,由方程求解极值(边际效应)得出 N、P、K 的最佳施用量^[10-16]。

根据表 2,磷钾肥用量一定时,以处理 2、3、6、11 进行子函数拟合,得氮素肥料效应函数方程: $y = -5.8878x^2 + 263.76x + 5270.4$ ($R^2 = 0.9889$) (见图 1)玉米产量随氮肥施用量增加呈明显的上抛物线,到达最高点后随氮肥施用量增加,产量下降。因此,氮肥用量应控制在最高产量施肥量 22.40 kg·667m⁻²(纯 N)以内较宜。

根据表 2,氮钾肥用量一定时,以处理 4、5、6、7,进行子函数拟合,得磷素肥料效应函数方程: $y = -22.251x^2 + 344.11x + 6834.5$ ($R^2 = 0.929$) (见图 2),玉米产量随施磷肥用量增加呈明显的上抛物线,图 2 曲线点并未到达最大值,根据抛物线最大值计

算方法等于 $-b/2a$,得出磷肥施用量应控制在最高产量施肥量 7.73 kg·667m⁻²(纯 P₂O₅)以内较宜。

根据表 2,氮磷肥用量一定时,以处理 6、8、9、10 进行子函数拟合,得钾素肥料效应函数方程: $y = -9.838x^2 + 278.8x + 6088$ ($R^2 = 0.9817$) (见图 3)玉米产量随钾肥施用量增加呈明显的上抛物线,到达最高点后随钾肥施用量增加,产量下降。因此,钾肥用量应控制在最高产量施肥量 14.17 kg·667m⁻²(纯 K₂O)以内较宜。

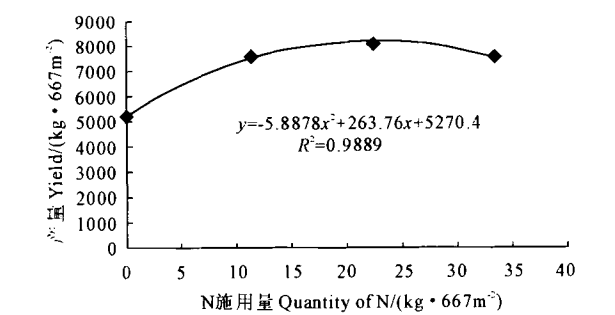


图 1 N 施用水平与产量效应
Fig.1 Relationship between N rate and yield

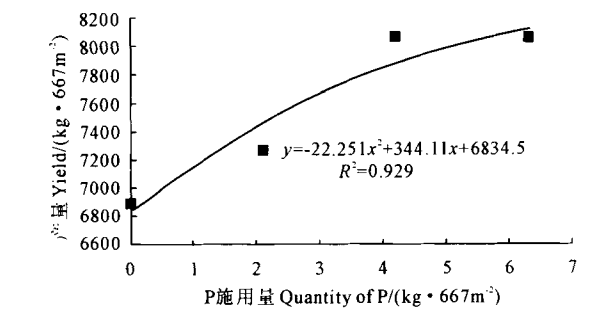


图 2 P 施用水平与产量效应
Fig.2 Relationship between P rate and yield

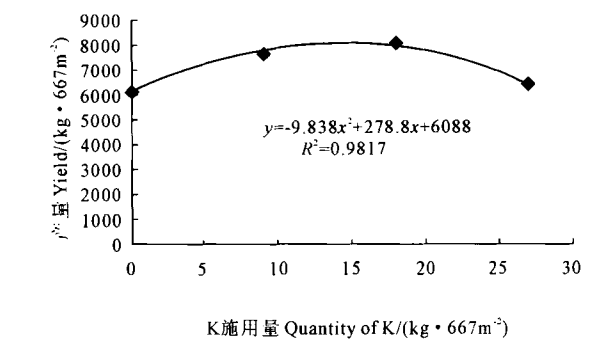


图 3 K 施用水平与产量效应
Fig.3 Relationship between K rate and yield

3 结 论

施用不同的氮磷钾比对青贮玉米新饲玉 11 号生物产量均产生明显影响。

减少导致马铃薯生育脆弱性也随海拔增高而降低。马铃薯对日照时数变化的敏感性和日照时数减少导致马铃薯生育脆弱性均随海拔增高而增加。

4) 在气候变暖的背景下,气象条件对马铃薯生长发育和产量形成影响的不确定性增加,影响增大。马铃薯对气候变化的敏感性和马铃薯生育脆弱性均增加。

参 考 文 献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [3] IPCC: Summary for Policymakers. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation[C]//A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012:1-19.
- [4] 张 强,邓振镛,赵映东,等.全球气候变化对我国西北地区农

业的影响[J].生态学报,2008,28(3):1210-1218.

- [5] 邓振镛,张 强,蒲金涌,等.气候变暖对中国西北地区农作物种植的影响[J].生态学报,2008,28(8):3760-3768.
- [6] 姚玉璧,王润元,邓振镛,等.黄土高原半干旱区气候变化及其对马铃薯生长发育的影响[J].应用生态学报,2010,21(2):287-295.
- [7] 李壁成,安 韶.黄土高原马铃薯产业化开发的潜力、市场与对策[J].水土保持研究,2005,12(3):150-153.
- [8] 姚玉璧,张秀云,王润元,等.西北温凉半湿润区气候变化对马铃薯生长发育的影响——以甘肃岷县为例[J].生态学报,2010,30(1):101-108.
- [9] Watson R T, Zinyowera M C, Moss R H. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability[M]. UK: Cambridge University Press, 1997:1-18.
- [10] 姚玉璧,董安祥,王润元,等.西北半干旱区气候变化对马铃薯生长脆弱性的影响[J].地球科学进展,2007,22(Suppl.):48-54.
- [11] 姚玉璧,邓振镛,王润元,等.气候暖干化对甘肃马铃薯生产的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):16-20.
- [12] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:175-181.
- [13] 冯定原.农业气象预报和情报方法[M].北京:气象出版社,1988:101-120.

(上接第 41 页)

本试验采用“3414”试验方案,进行了氮、磷、钾肥料效应研究,试验表明:14 个处理中以 $N_2P_2K_2$ 处理的产量最高,产量为 $8066.79 \text{ kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$;用二次回归分析,得出氮磷钾的肥料效应函数方程为: $Y = 4659.93 + 79.56N - 5.06N^2 + 101.7P - 33.81P^2 + 286.4K - 10.28K^2 + 24.87NP + 2.66NK - 12.97PK$;通过模型寻优得出“新饲玉 11 号”的最佳施肥量为 667m^2 施 N 21 kg, P_2O_5 5 kg, K_2O 22 kg,在此配方组合下能够获得最佳产量 $7692.96 \text{ kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$ 。因此,在高肥料投入时,要想获得高产优质的青贮玉米,必须做到科学合理的施用肥料,只有合理搭配氮、磷、钾的比例,才能获得玉米的高产。

参 考 文 献:

- [1] 许启凤.优质、高产玉米新品种农大 108 的选育与推广[J].中国农业大学学报,2003,8(1):25-26.
- [2] 梁晓玲.特早熟优质蛋白玉米杂交种新玉 10[J].新疆农业科学,1999,(2):82-83.
- [3] 杜 雄,边秀举,刘梦星,等.磷素营养对青饲玉米产量品质形成与肥水利用效果的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(3):484-489.
- [4] 杜 雄,张立峰,李会彬,等.钾素营养对饲用玉米养分吸收动态及产量品质形成的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13

(3):393-397.

- [5] 迟凤琴,苏 俊.高中超等氮磷钾配施对青贮玉米生物产量和营养品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007,(6):42-43.
- [6] 陆裕珍,罗大贤,唐正平,等.玉米氮磷钾最佳施用量及肥料利用率研究[J].农技服务,2011,28(8):1141-1142.
- [7] 战秀梅,邹殿博,韩晓日,等.不同施肥处理对春玉米氮素累积特性的影响[J].沈阳农业大学学报,2010,41(5):545-549.
- [8] 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,2009,12(1):51-54.
- [9] 农业部种植业管理司,全国农业技术推广服务中心.测土配方施肥技术问答[M].北京:中国农业出版社,2005:39-41.
- [10] 王兴仁,陈新平,张福锁,等.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.
- [11] Cerrato M E, Blackmer A M. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer[J]. Agron J, 1990, 82(1): 138-143.
- [12] 陈新平.小麦-玉米轮作制中氮肥效应模型的选择——经济和环境效益分析[J].土壤学报,2000,37(3):346-353.
- [13] 季彪俊.影响水稻产量因子的研究[J].西南农业大学学报,2005,27(5):579-583.
- [14] 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):409-412.
- [15] 李会合,王正银.不同施肥对酸性菜园土壤莴笋产量和叶片氮代谢的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2008,30(11):98-103.
- [16] 腾树川.玉米施用氮磷钾肥与产量形成的关系经验浅析[J].耕作与栽培,2002,(2):40-41.