

栽培措施对青贮玉米粗蛋白质含量及产量的影响

朱建国¹, 刘景辉², 高占魁¹, 李立军², 张永平², 焦立新²

(1. 呼和浩特市农牧业局, 内蒙古 呼和浩特 010020; 2 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要:通过三因素最优饱和设计, 建立了氮肥、磷肥与种植密度三因素与不同收获时期青贮玉米粗蛋白质含量、产量的回归模型, 各因素效应分析结果表明: 随着收获期延迟, P 对粗蛋白质含量的作用逐渐增强, 氮和密度的作用逐渐减弱。不同收获期三因子对粗蛋白质产量的作用均表现为: $N(X_1) > \text{密度}(X_3) > P(X_2)$; 总体来看, 随氮、磷用量的增加, 粗蛋白质的含量、产量均呈“单峰”曲线变化, 随密度的增大则呈“U”型曲线变化。在散粉、灌浆、乳熟期 3 个不同时期收获, 氮、磷对粗蛋白质均有显著的增产作用。呼和浩特地区青贮玉米生产中, 获得较高粗蛋白质及产量的适宜施氮量为 270~ 350 kg/hm², 施磷量为 100~ 140 kg/hm², 此结果可作为呼和浩特地区青贮玉米生产的施肥标准。

关键词: 青贮玉米; 栽培措施; 粗蛋白质含量; 粗蛋白质产量

中图分类号: S513 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2007)03- 0151- 05

Effects of Different Cultivation Measures on Crude Protein Content and Yield of Silage Maize

ZHU Jian-guo¹, LIU Jing-hui², GAO Zhan-kui¹, LI Li-jun², ZHANG Yong-ping², JIAO Li-xin²

(1. Agriculture and Animal Husbandry Bureau of Hohhot, Hohhot 010020, China;

2. Agronomy College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

Abstract: In this article, effects of N fertilizer amount, P fertilizer amount and plant density to crude protein content and yield of different silage maize in different harvest periods were studied, applying 3 factors optimum saturation designing and regression equations. It showed the effects of P amount to crude protein content and yield increased, and the effects of N amount and density decreased with the postponing of growth stage. The effects of three factors are $N > \text{Density} > P$ in different harvest periods. In general, crude protein content and yield of maize showed single-peaked curve with the increasing of N and P amounts, showed U-curve with the increasing of density. When harvest in pollen-scattering stage, grain-filling stage and milk stage, the crude protein yield increased with increasing of N and P amounts. The suitable N and P amounts were 270- 350 kg/ha and 100- 140 kg/ha to gain the higher crude protein yield in Hohhot.

Key words: Silage maize; Cultivation measures; Crude protein content; Crude protein yield

粗蛋白质含量是评价青贮玉米品种营养品质的主要指标之一。栽培措施是提高产量、改善品质的非遗传因素。国内外研究了施氮量对玉米籽粒产量和籽粒蛋白质的影响, 结果均发现施氮一般能够提高籽粒蛋白质含量和籽粒产量^[1- 3]。籽粒蛋白质产量在品种间差异显著^[4]。王鹏文等^[5]认为玉米不同种植密度直接影响籽粒产量和品质。在一定密度范围内, 玉米籽粒蛋白质、脂肪、淀粉的含量在不同成熟阶段收获时均呈下降的趋势, 而超出这一范围, 这

些物质的含量有所提高。前人通过多年研究基本阐明了栽培措施对产量的影响机理, 但对青贮玉米栽培措施与品质关系的研究尚不深入, 其机理尚不清楚。

本试验旨在前人研究的基础上, 采用三因素最优饱和设计, 研究氮、磷与种植密度三因素及不同收获时期对青贮玉米品质的影响, 并通过回归分析三因子对青贮玉米粗蛋白质含量及其产量的效应, 期为实现青贮玉米高产优质栽培提供理论依据。

收稿日期: 2006- 03- 04

基金项目: 内蒙古自治区呼和浩特市科技攻关计划项目资助(2003- 1- 农社)

作者简介: 朱建国(1961-), 男, 内蒙古托克托人, 主要从事农业科研、技术推广和农业管理工作

通讯作者: 刘景辉(1965-), 男, 内蒙古奈曼旗人, 博士, 教授, 主要从事耕作制度与农业生态系统研究工作。

1 材料和方法

1.1 试验地基本情况

试验于 2005 年在呼和浩特市园艺科技试验中心进行,土壤为偏砂壤土,土层深厚。基础肥力情况为:有机质 1.34%,碱解氮 31.25 mg/kg,有效磷 16.13 mg/kg,有效钾 146.25 mg/kg。田间最大持水量 22.5%,pH 7.7。

1.2 试验材料与设计

供试品种为青贮玉米品种金坤 9 号。试验设施氮量(纯 N)、施磷量(P₂O₅)、种植密度(D) 3 个因素、5 个水平,采用 311-A 饱和设计,12 个处理组合(表 1,2),重复 3 次,共 36 个试验小区,每小区面积为 15 m²,行距 50cm。播种期为 4 月 27 日,播种前施有机肥 22 500 kg/hm²,三料磷肥按处理水平作为底肥随播种一次性施入,尿素分别在小喇叭口期和大喇叭口期按施肥总量的 30%和 70%追施,生育期间结合追肥灌水 3 次,其他管理措施同普通玉米大田。

1.3 取样及测定方法

取样方法:分别在 8 月 11 日、8 月 26 日与 9 月 12 日,在各处理小区中选取有代表性样点 2 m²,收割全部植株,测定其果穗、秸秆及全株鲜重,并分器官留取小样,之后将样品在 105℃下杀青 30 min,然后在 80℃下烘干至恒重称量,留取小样供营养分析测定。

测定方法:粗蛋白质用 H₂SO₄-H₂O₂消化~ 奈氏比色法。

数据分析:所有试验数据均采用 SPSS(11.0) 统计分析软件进行分析。

表 1 三因素五水平最优设计

Tab 1 Saturation design of three factors and five levels			
编码值 Encode titer	水平值 Level titer		
	纯 N	P ₂ O ₅	密度 Density
- 2	0	0	3 750
- 1.414	65.925	35.16	-
- 1	-	-	4 500
0	225	120	5 250
1	-	-	6 000
1.414	384.075	204.84	-
2	450	240	6 750

表 2 三因素五水平最优设计“311-A”饱和设计

Tab. 2 Saturation design on 311-A						
编号 No.	设计矩阵 Design matrix			试验方案 Trial plan		
	N	P	D	N/(kg/hm ²)	P ₂ O ₅ /(kg/hm ²)	D/(株/hm ²)
N ₃ P ₃ D ₅	0	0	2	225	120	101 250
N ₃ P ₃ D ₁	0	0	- 2	225	120	56 250
N ₂ P ₄ D ₄	- 1.414	1.414	1	65.925	204.84	90 000
N ₄ P ₂ D ₄	1.414	- 1.414	1	384.075	35.16	90 000
N ₂ P ₂ D ₄	- 1.414	- 1.414	1	65.925	35.16	90 000
N ₄ P ₄ D ₄	1.414	1.414	1	384.075	204.84	90 000
N ₅ P ₃ D ₂	2	0	- 1	450	120	67 500
N ₁ P ₃ D ₂	- 2	0	- 1	0	120	67 500
N ₃ P ₅ D ₂	0	2	- 1	225	240	67 500
N ₃ P ₁ D ₂	0	- 2	- 1	225	0	67 500
N ₃ P ₃ D ₂	0	0	- 1	225	120	67 500
N ₁ P ₁ D ₃	- 2	- 2	0	0	0	78 750

2 结果与分析

2.1 栽培措施与粗蛋白质含量的关系

对不同收获期整株粗蛋白质含量结果进行二次回归拟合,结果表明:8 月 11 日、8 月 26 和 9 月 12 日 3 个收获日期,粗蛋白质含量与氮、磷及种植密度三因子有显著相关性。其二次回归方程分别为:

$$Y_1 = 9.98 + 1.17X_1 - 0.49X_2 - 0.67X_3 - 0.66X_{12} + 0.32X_{22} + 0.47X_{32} + 0.15X_1X_2 + 0.14X_1X_3 - 0.08X_2X_3$$

$$Y_2 = 5.84 + 0.93X_1 - 0.01X_2 - 0.11X_3 - 0.00X_{12} + 0.60X_{22} + 0.79X_{32} + 0.17X_1X_2 + 0.18X_1X_3 +$$

$$0.16X_2X_3$$

$$Y_3 = 6.42 + 0.65X_1 - 0.65X_2 + 0.54X_3 - 0.30X_{12} - 0.15X_{22} + 0.37X_{32} + 0.52X_1X_2 - 0.47X_1X_3 + 0.64X_2X_3$$

由一次项和二次项的偏回归系数和 t 值(表 3 和表 4)可知,影响粗蛋白质含量的单因子关系,在 8 月 11 日与 8 月 26 日收获为: N(X₁) > 密度(X₃) > P(X₂); 9 月 12 日收获为: P(X₂) > N(X₁) > 密度(X₃);

两因素交互效应,在 8 月 11 日与 8 月 26 日收获为: NP> N 密度> P 密度, 9 月 12 日收获为: P 密度> N 密度> NP。

表 3 回归方程显著性检验值

Tab 3 Test of significance on regression equation

处理 Treatments	相关系数 Related coefficients	F 值 F-test	显著水平 Significant level	剩余标准差 Surplus standard deviation	调整后的相关系数 Related coefficients adjust
方程(1) Equation 1st	0.986 3	7.936 6	0.116 9	0.933 0	0.922 0
方程(2) Equation 2nd	0.989 6	10.560 4	0.089 5	0.521 5	0.941 6
方程(3) Equation 3rd	0.939 6	1.675 8	0.429 0	1.619 6	0.596 7

表 4 回归系数显著性检验值

Tab.4 Test of significance on regression coefficients

处理 Treatment	回归方程(1) Regression equation 1st			回归方程(2) Regression equation 2nd			回归方程(3) Regression equation 3rd		
回归 系数 Regression Coefficients	偏相关系数 Partial related coefficients	t 值 t value	显著 水平 Significant level	偏相关系数 Partial related coefficients	t 值 t value	显著 水平 Significant level	偏相关系数 Partial related coefficients	t 值 t value	显著 水平 Significant level
r(Y, 1)	0.704 49	6.396 18	0.007 74	0.859 11	9.101 86	0.002 80	0.357 24	2.044 02	0.133 53
r(Y, 2)	-0.381 73	2.661 23	0.076 26	-0.024 97	0.135 46	0.900 83	-0.358 03	2.049 19	0.132 87
r(Y, 3)	-0.478 19	3.508 41	0.039 24	-0.194 48	1.075 01	0.361 13	0.294 04	1.644 07	0.198 71
r(Y, 4)	-0.443 73	3.190 51	0.049 69	-0.006 47	0.035 11	0.974 20	-0.152 49	0.824 58	0.470 06
r(Y, 5)	0.235 03	1.558 11	0.217 09	0.690 85	5.181 03	0.013 96	-0.079 06	0.423 84	0.700 24
r(Y, 6)	0.229 59	1.520 02	0.225 83	0.644 24	4.567 34	0.019 69	0.128 82	0.694 22	0.537 47
r(Y, 7)	0.146 73	0.955 84	0.409 67	0.331 87	1.907 59	0.152 49	0.328 46	1.858 48	0.160 07
r(Y, 8)	0.114 00	0.755 16	0.505 03	0.304 30	1.732 08	0.181 68	-0.255 37	1.411 51	0.252 93
r(Y, 9)	-0.066 30	0.428 16	0.697 42	0.261 55	1.469 30	0.238 08	0.338 80	1.924 42	0.149 99

由图 1 可见, 散粉期与乳熟期收获, 随施氮量的增加, 粗蛋白质含量的呈“单峰”曲线变化。峰值为粗蛋白质含量最高值, 分别为 10.50% 和 6.78%, 对应最佳施 N 量为 330 和 345 kg/hm²。灌浆期收获, 粗蛋白质含量与施氮量呈近似直线相关, 随施氮量的增加, 粗蛋白质含量升高显著。在散粉期与灌浆期收获, 随着施磷量的增加, 粗蛋白质含量呈“U”型曲线变化。乳熟期收获, 粗蛋白质含量随着施磷

量的增加呈递减趋势, 且施磷量越大, 递减幅度越显著。

在 3 个不同收获期收获, 粗蛋白质含量随密度增加均呈“U”型曲线变化。在散粉期收获, 粗蛋白质含量随密度增加有下降趋势, 且下降幅度渐缓。乳熟期收获, 粗蛋白质含量随密度增大呈上升趋势, 密度越大, 上升幅度越明显。

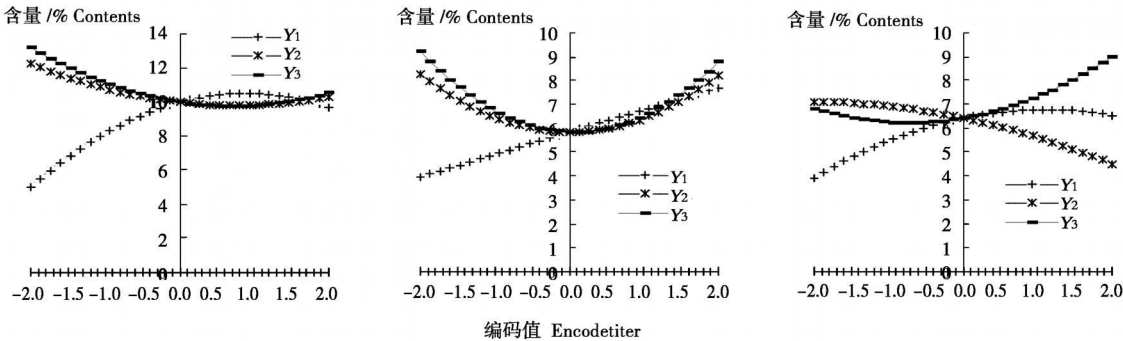


图 1 N、P 与密度单因子对粗蛋白质含量的效应

Fig 1 Effect of single of nitrogen, phosphorus and density on crude protein content of silage maize

表 5 不同收获期整株粗蛋白质产量二次回归拟合方程

Tab 5 Regression equation of crude protein yield of silage maize plant in different harvesting dates

处理 Treatments	二次回归拟合方程 Second regression fitting equation
方程(1) Equation 1st	$Y_1 = 1\,074.99 + 53.47 X_1 + 26.04 X_2 - 28.10 X_3 - 73.19 X_{12} - 61.91 X_{22} + 72.92 X_{32} + 97.23 X_1 X_2 - 10.19 X_1 X_3 - 32.91 X_2 X_3$
方程(2) Equation 2nd	$Y_2 = 858.43 + 57.26 X_1 - 8.15 X_2 + 21.42 X_3 - 26.52 X_{12} + 23.51 X_{22} + 58.74 X_{32} + 55.38 X_1 X_2 - 0.01 X_1 X_3 - 18.20 X_2 X_3$
方程(3) Equation 3rd	$Y_3 = 1\,662.01 + 191.17 X_1 - 77.76 X_2 + 104.26 X_3 - 99.56 X_{12} - 118.29 X_{22} - 35.11 X_{32} + 123.15 X_1 X_2 - 105.18 X_1 X_3 + 114.37 X_2 X_3$

表 6 回归方程显著性检验值

Tab. 6 Test of significance on regression equation

处理 Treatments	相关系数 Related coefficients	F 值 F-test	显著水平 Significant level	剩余标准差 Surplus standard deviation	调整后的相关系数 Related coefficients adjust
方程(1) Equation 1st	0. 842 3	0. 542 8	0. 786 538	0. 86	0
方程(2) Equation 2nd	0. 853 1	0. 594 5	0. 760 519	8. 81	0
方程(3) Equation 3rd	0. 899 8	0. 945 5	0. 613 245	6. 71	0

2.2 栽培措施与粗蛋白质产量的关系

对不同收获期植株粗蛋白质产量结果进行二次回归拟合(表 5,6)结果表明,8 月 11 日与 8 月 26 日收获粗蛋白质产量相关系数部分检验值未达到显著水平,氮、磷与密度单因子中个别因子与粗蛋白质产量

相关不显著。9 月 12 日收获相关系数检验值达到显著水平,表明粗蛋白质产量和氮、磷与密度单因子之间显著相关。由回归系数 t 检验值可知,8 月 11 日与 8 月 26 日收获,磷、密度单因子以及氮、密度互作,磷、密度互作与粗蛋白质产量相关均不显著。

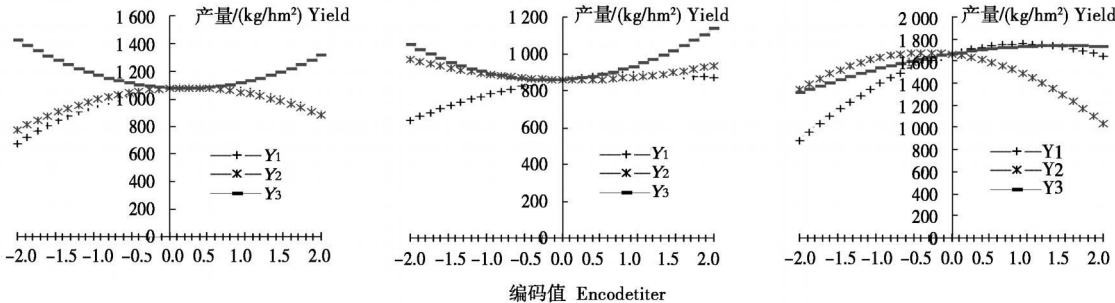


图 2 N、P 与密度单因子对粗蛋白产量的效应

Fig. 2 Effect of single of trogen, phosphorus and debsuttib cryde protein yield of silage maize

由一次项和二次项的偏回归系数和 t 值(表 7)可知,在 3 个不同时期收获,影响粗蛋白质产量的单因子关系均为: N(X₁) > 密度(X₃) > P(X₂); 两因子交互效应均为: NP > P 密度> N 密度。表明粗蛋白质产量受 N 的作用较大,其次是密度, P 的作用最小。

由图 2 可见,在 3 个不同时期收获, N 对粗蛋白质均有显著的增产作用,且随着施 N 量的增加,粗蛋白质产量呈“单峰”曲线变化。峰值为 1 084 ,889

和 1 754 kg/hm², 对应 N 的最佳施用量为 270 ,345 和 330 kg/hm²。在散粉期与乳熟期收获,随着施 P 量的增加,粗蛋白质产量呈“单峰”曲线变化。峰值为 1 078 和 1 674 kg/hm², 对应 P 的最佳投入量分别为 136 和 104 kg/hm²。在灌浆期收获,随着施 P 量的增加,粗蛋白质产量呈“U”型曲线变化。

密度对粗蛋白质产量的影响,在散粉和灌浆期收获呈“U”型曲线变化,乳熟期收获随密度加大,粗蛋白质产量递增趋势,递增幅度渐缓。

表 7 回归系数显著性检验值

Tab. 7 Test of significance on regression coefficient

处理 Treatment	回归方程(1) Regression equation 1st			回归方程(2) Regression equation 2nd			回归方程(3) Regression equation 3rd		
回归系数 Regressi on coefficients	偏相关系数 Partial related coefficients	t 值 t value	显著 水平 Significant level	偏相关系数 Partial related coefficients	t 值 t value	显著 水平 Significant level	偏相关系数 Partial related coefficients	t 值 t value	显著 水平 Significant level
r(Y, 1)	0. 010 02	0. 713 46	0. 527 05	0. 024 55	1. 463 56	0. 239 52	0. 028 69	2. 127 16	0. 123 34
r(Y, 2)	0. 004 88	0. 347 46	0. 751 19	- 0. 003 49	0. 208 22	0. 848 39	- 0. 011 67	0. 865 31	0. 450 52
r(Y, 3)	- 0. 005 09	0. 362 89	0. 740 75	0. 008 89	0. 529 94	0. 632 87	0. 015 15	1. 122 87	0. 343 25
r(Y, 4)	- 0. 012 18	0. 867 62	0. 449 43	- 0. 010 10	0. 602 25	0. 589 48	- 0. 013 28	0. 984 27	0. 397 56
r(Y, 5)	- 0. 010 30	0. 733 94	0. 516 14	0. 008 96	0. 534 02	0. 630 36	- 0. 015 78	1. 169 47	0. 326 68
r(Y, 6)	0. 008 12	0. 578 43	0. 603 54	0. 014 97	0. 892 64	0. 437 82	- 0. 003 13	0. 232 28	0. 831 27
r(Y, 7)	0. 020 73	1. 477 14	0. 236 14	0. 027 03	1. 611 58	0. 205 44	0. 021 04	1. 560 14	0. 216 63
r(Y, 8)	- 0. 001 84	0. 131 09	0. 904 00	0	0. 000 15	0. 999 89	- 0. 015 22	1. 128 16	0. 341 32
r(Y, 9)	- 0. 005 94	0. 423 34	0. 700 56	- 0. 007 52	0. 448 52	0. 684 20	0. 016 55	1. 226 73	0. 307 42

3 结论与讨论

单位面积上玉米子实和秸秆粗蛋白质的最大产量, 是确定玉米最适宜收获时期的关键因素^[7]。虽然玉米在成熟早期, 其整株的蛋白质含量并不高, 但干物质基础的蛋白质含量却较乳熟期为高, 收割期提前在一定程度上可以提高青贮玉米粗蛋白质的水平。研究表明, 青贮玉米的最适收获期在乳熟期和蜡熟期之间, 此期秸秆和籽粒的营养质量高, 木质素含量低, 适口性好, 家畜消化吸收好, 而且此时秸秆含水量在 60% ~ 70% (即干物质含量在 30% ~ 40%) 是青贮的最佳时期, 一般认为随着收获期的延长营养品质下降^[9]。

施肥可以明显的改变植株的蛋白质含量, 在高产条件下拔节期施氮肥可显著提高青贮玉米的产量和饲用品质, 而施磷肥的效果不明显, 拔节期施氮, 青贮玉米达到最高产量, 再增施氮肥仅提高其品质, 大喇叭口期施氮肥可明显提高其饲用品质^[8]。

本试验研究结果表明, N、P 与密度是影响粗蛋白质含量与产量的重要栽培措施。随着收获期延迟, P 对粗蛋白质含量的作用逐渐增强, N 和密度的作用逐渐减弱。不同收获期三因子对粗蛋白质产量的作用均表现为: $N(X_1) > \text{密度}(X_3) > P(X_2)$; 除个别收获期外, 随 N、P 用量的增加, 粗蛋白质的含量、产量均呈“单峰”曲线变化, 随密度的增大则呈“U”型曲线变化。在散粉、灌浆、乳熟期 3 个不同时期收获, N、P 对粗蛋白质均有显著的增产作用。根据本试验结果得出, 在呼和浩特地区青贮玉米生产

中, 获得较高粗蛋白质产量的适宜施氮量为 270~350 kg/hm², 施磷量为 100~140 kg/hm²。

参考文献:

- [1] Mouhova K. Productivity and quality of maize in different patterns of companion cropping and rates of nitrogen fertilization [J]. Pochvoznanie Agrokhimiya-Ekologiya, 1997, 32(6): 53-54.
- [2] Pernollet J C, Huet J C, *et al.* Relationship between photosynthesis and protein synthesis in maize II Interco versions of the photo assimilated carbon in the ear leaf and in the intermediary maize organs storage proteins and starch [J]. Plant Physiology, 1986, 80(1): 216-222.
- [3] 索全义, 赵利梅, 迟玉亭, 等. 氮肥对春玉米籽粒建成及品质形成的影响 [J], 内蒙古农业大学学报, 2000, 21(1): 26-29.
- [4] Oikeh S O, Kling J G, Okoruwa A E. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the west african moist savanna [J]. Crop Science, 1998, 38(4): 1056-1061.
- [5] 王鹏文, 戴俊英, 赵桂坤. 玉米种植密度对产量和品质的影响 [J]. 玉米科学, 1996, 4(4): 44.
- [6] 张吉旺, 王空军, 胡昌浩, 等. 种植密度对玉米饲用营养价值的影响. 杂粮作物, 2000, 20(5): 29-31.
- [7] 周青平. 青海湟水谷地玉米最适收获期及秸秆的调制利用 [J]. 草业科学, 1997, 14(1): 53-56.
- [8] 蔡晓妍, 章建新, 崔淑华, 等. 氮磷肥对复播青贮玉米产量和饲用营养品质的影响 [J]. 新疆农业大学报, 2004, 27(2): 33-35.
- [9] 潘金豹, 张秋芝, 郝玉兰, 等. 青贮玉米的类型与评价标准 [J]. 北京农业, 2002(1): 27-28.