

文章编号: 1005-0906(2010)03-0016-04

玉米不同遗传背景子粒和秸秆粗蛋白含量及杂种优势分析

刘宗华, 李浩川, 刘义宝, 程荣霞, 胡彦民, 汤继华

(河南农业大学农学院, 郑州 450002)

摘要: 利用 5 大杂种优势群的 10 个优良玉米自交系, 按 Griffing 双列杂交设计配成正反交 90 个杂交组合, 分别在河南省的南阳、郑州和浚县 3 个地点随机区组试验, 用 MARX-I 型近红外品质分析仪测定子粒和秸秆蛋白质含量并进行统计分析。结果表明: 各组合子粒、秸秆蛋白质含量的高低不仅取决于遗传背景, 同时受环境条件的显著影响。子粒蛋白存在基因型与环境的显著互作效应, 地点间子粒蛋白含量表现北高南低趋势(浚县 > 郑州 > 南阳), 秸秆蛋白与其相反(南阳 > 郑州 > 浚县)。子粒、秸秆蛋白质含量分别排在前 5 位的组合中, 80% 来源于不同优势类群自交系间杂交, 自交系 E28 和 8085 是可利用的高蛋白质种质资源。子粒、秸秆的蛋白质含量分别表现负向和正向杂种优势, 平均优势率分别为 -1.76% 和 27.03%, 但两者变异性均较大, 组合间变幅分别为 -18.56% ~ 21.24% 和 -12.78% ~ 95.30%。相关分析表明, 子粒与秸秆蛋白质含量相关不显著($r=0.022\ 4$)。因此, 通过基因重组, 在广泛遗传变异中选择子粒和秸秆蛋白含量较高的组合是可能的。

关键词: 玉米; 子粒; 秸秆; 蛋白质含量; 杂种优势**中图分类号:** S513.03**文献标识码:** A

Heterosis and Crude Protein Content in Maize Kernel and Stalk with Different Genotypes over Environment

LIU Zong-hua, LI Hao-chuan, LIU Yi-bao, CHENG Rong-xia, HU Yan-min, TANG Ji-hua

(College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Ninety reciprocal crosses were composed according to Griffing design using 10 inbreds from different heterotic groups, and trialed under randomized block design at three locations in Henan province, the crude protein content in maize kernel and stalk was tested by using MARX-I type NIRS and the data were analyzed by statistics. The results showed that the protein content in kernel and stalk noticeably depended on genotypes and environment especially the kernel protein content was significantly effected by location $\times$ genotype interaction. The protein content in kernel performed higher in North than in South(Xunxian > Zhengzhou > Nanyang). On the contrary, the protein content in stalk performed lower in North than in South(Nanyang > Zhengzhou > Xunxian). Eighty percent of the first 5 crosses with high protein content in kernel or stalk were the crosses between inbreds from different heterotic groups, E28 and 8085 were two inbreds worth use resources with high protein content. The protein content in kernel and stalk performed negative (-1.76% in mean) and positive (27.03% in mean) heterosis respectively, but both with large variance ranged from -18.56% - 21.24% and -12.78% - 95.30%, and based on the correlation analysis, no significant relationship in protein content existed between kernel and stalk($r=0.022\ 4$). So, it is possible to select the cross with high protein content in kernel and stalk from materials with wide variance through gene recombination.

Key words: Maize; Kernel; Stalk; Protein content; Heterosis**收稿日期:** 2009-02-06**基金项目:** 国家自然科学基金(30871537)、国家“863”计划(2006AA100103)、河南省重点科技攻关项目(082102140021)**作者简介:** 刘宗华(1960-), 男, 河南三门峡人, 博士, 教授, 长期从事玉米遗传育种研究工作。E-mail: zhliu4000@sohu.com

玉米杂种优势的利用一直是人们关注的焦点, 尤其在产量性状上研究相当深入^[1~6], 而对品质性状研究相对薄弱^[7~9]。随着畜牧业的发展和人们膳食结构的改变, 玉米的饲用比例在不断扩大^[10], 品质问题越来越受重视。玉米的子粒和秸秆是家禽和家畜重

要的饲料来源,玉米作为饲料作物已广泛用于动物饲养。目前,多数商业玉米杂交种并没有针对饲料品质进行选育和改良。生产上大面积推广的品种其子粒蛋白含量一般在 10%左右,不能满足畜禽饲料对高蛋白质含量(20%)的需求。普通玉米的秸秆通过反刍动物过腹转化,不仅可以解决饲料短缺问题,而且可以避免秸秆焚烧带来的环境污染。但由于普通玉米秸秆纤维素含量过高,蛋白质含量偏低,不易消化,同样存在品质低劣的问题^[11]。Bertoia^[12]研究发现,不同遗传背景材料的果穗、秸秆和整株的产量、收获指数、整株消化率、生长天数等性状均存在显著差异。因此,通过遗传改良提高玉米总干物质含量和营养价值将有助于为家禽及反刍动物提供更好的营养,降低配合饲料的成本。我国东北、华北及黄淮地区是家禽和畜牧业重点快速发展的区域,玉米又是家畜重要的饲料来源,但迄今对玉米营养品质的研究远不及产量,尤其缺乏对子粒和秸秆蛋白质方

面的深入研究^[13,14]。本研究以来自 5 大杂种优势类群中的 10 个典型自交系为供试材料,按完全双列杂交组配成正反交 90 个杂交组合,经田间试验和室内品质测定,对其子粒和秸秆蛋白质含量进行杂种优势分析,为玉米品质育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及设计

以 5 个不同杂种优势类群的 10 个代表性自交系为亲本(表 1),2005 年冬在海南按 Griffing 完全双列杂交设计组配成正反交共 90 个杂交组合;2006 年夏分别在河南省的南阳、郑州和浚县 3 个地点随机区组试验,各 2 次重复,单行区,每行 15 株。每行选株自交 3~5 穗,收获后,自然风干后混合脱粒,同时田间选收 5 株茎秆风干粉碎,过 60 目孔筛子,以备品质测定。

表 1 亲本来源及子粒和秸秆蛋白质含量

Table 1 Source of parents and protein content in kernel and stalk %

编 号	自交系	类 群	子粒蛋白含量	秸秆蛋白含量
No.	Inbred line	Heterotic group	Protein content in kernel	Protein content in stalk
1	478	瑞 德	9.49	5.50
2	郑 58	瑞 德	8.45	5.44
3	E28	旅大红骨	13.73	6.40
4	丹 340	旅大红骨	9.55	5.43
5	8085	热带种质	13.41	8.46
6	许 178	热带种质	10.22	6.29
7	Mo17	兰卡斯特	13.10	2.22
8	自 330	兰卡斯特	11.76	4.74
9	K12	塘四平头	11.39	7.42
10	昌 7-2	塘四平头	10.66	6.42

1.2 品质测定与数据处理

利用 BRUKER 公司生产的 MATRIX-I 型近红外光谱分析仪测定子粒蛋白质含量,利用白淇林等建立的近红外反射光谱分析(NIRS)模型测定秸秆粗蛋白含量^[15]。每个处理混合取样 5 次,每份样品测定 3 次,取平均数。利用 DPS 软件进行联合方差分析,用 Excel 2003 软件进行常规数据处理。

2 结果与分析

2.1 杂交种子粒和秸秆粗蛋白含量的联合方差分析

联合方差分析结果表明(表 2),子粒蛋白质含量在不同地点、基因型、地点×基因型互作效应差异分

别达极显著水平,而秸秆蛋白质含量在不同地点、基因型间差异分别达极显著或显著水平。

多重比较结果发现(表 3),子粒蛋白质含量以浚县最高,郑州次之,南阳最低,其间差异分别达极显著水平;而秸秆的粗蛋白含量则以南阳点最高,郑州次之,浚县最低,南阳和郑州两点差异不显著,但均极显著高于浚县点。说明子粒和秸秆的粗蛋白含量受环境条件影响较大,这可能与当地的生态条件、土壤肥力等因素有关。

3 个地点不同基因型正反交组合子粒和秸秆粗蛋白含量的平均结果见表 4。从表 2、表 4 可以看出,不同组合间蛋白质含量存在极显著或显著差异。子粒粗蛋白含量排在前 5 位的组合有 3×7、3×5、5×

9、3×9、3×4 等,其中最高的是 3×7,含量达 12%。在这些高蛋白含量组合中,除 3×4 为旅大红骨类群内自交系间杂交外,其他均由不同优势类群自交系

之间的杂交(占 80%),且涉及 E28、8085 和 K12 自交系的组合分别有 4、2、2 个,表明这 3 个自交系尤其是 E28 在子粒高蛋白含量遗传中发挥了重要作用。

表 2 子粒和秸秆粗蛋白含量方差分析

Table 2 Variance analysis on protein content in maize kernel and stalk

变异来源 Variation source	自由度 DF	F 值 F value		F _{0.05}	F _{0.01}
		子粒 Kernel	秸秆 Stalk		
地 点	2	73.424**	10.277**	3.029	4.685
基因型	89	10.129**	1.477*	1.315	1.471
地点×基因型	178	3.076**	0.908	1.249	1.369
误 差	270				

注:*,** 差异分别达 0.05 和 0.01 显著水平。下表同。

Note:*,** indicate significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. The same as the following tables.

表 3 不同地点间子粒和秸秆蛋白平均含量的多重比较

Table 3 Multiple comparisons for protein content in kernel and stalk among locations %

地 点 Location	子粒蛋白均值 Mean of protein content in kernel	地 点 Location	秸秆蛋白均值 Mean of protein content in stalk
浚 县	11.195 2 A	南 阳	7.452 3 A
郑 州	11.001 8 B	郑 州	7.308 6 A
南 阳	10.594 8 C	浚 县	6.788 1 B

表 4 不同基因型组合子粒和秸秆平均蛋白质含量

Table 4 Average protein content of crosses in kernel and stalk %

组 合 Cross	子 粒 Kernel	秸 秆 Stalk	组 合 Cross	子 粒 Kernel	秸 秆 Stalk	组 合 Cross	子 粒 Kernel	秸 秆 Stalk
1×2	10.88	8.22	2×9	9.92	6.60	5×6	10.85	6.99
1×3	11.26	7.38	2×10	9.53	7.29	5×7	10.80	6.09
1×4	11.16	7.66	3×4	11.58	7.72	5×8	10.98	8.26
1×5	10.94	7.30	3×5	11.85	7.02	5×9	11.69	6.93
1×6	10.80	7.69	3×6	10.40	7.78	5×10	11.58	7.73
1×7	10.92	6.98	3×7	12.00	7.30	6×7	10.16	6.91
1×8	11.47	7.42	3×8	11.55	7.03	6×8	10.05	7.35
1×9	10.72	7.43	3×9	11.61	7.32	6×9	10.58	7.89
1×10	10.84	7.11	3×10	10.93	6.76	6×10	10.34	7.20
2×3	11.17	7.94	4×5	10.92	6.72	7×8	11.26	5.95
2×4	10.87	7.65	4×6	10.05	7.88	7×9	11.15	6.33
2×5	10.71	7.51	4×7	10.81	6.57	7×10	10.84	5.64
2×6	9.56	7.32	4×8	11.29	7.27	8×9	11.22	7.17
2×7	11.01	7.48	4×9	10.85	6.77	8×10	10.87	7.00
2×8	10.95	6.48	4×10	10.39	6.29	9×10	11.04	8.01

秸秆粗蛋白含量排在前 5 位的组合有 5×8、1×2、9×10、2×3 和 6×9 等,其中,5×8 最高(8.26%)。在这些高含量组合中,同样以不同优势类群自交系之间的杂交为主。显然,无论类群间或类群内自交系间杂交,都有高蛋白含量组合出现,且以不

同类群间组合居多。结合表 1 可知,8085 和 E28 两自交系不仅子粒蛋白含量较高(13%以上),秸秆蛋白含量也较高(6%以上)。

2.2 子粒和秸秆粗蛋白含量的杂种优势分析

从正反交全部组合的平均结果看出(表 5),子粒

的平均蛋白含量为 10.89%, 虽然介于双亲之间,但低于中亲值(11.18%),表现负向杂种优势,平均优势率为 -1.76%。显然,整体而言,子粒蛋白质含量缺乏优势。然而,从变异幅度看,尽管组合蛋白的变幅(9.53% ~ 12.00%)小于亲本(8.45% ~ 13.73%),变异系

数也明显低于亲本,但不同遗传背景组合之间的优势率差异很大,变异系数远高于亲本,平均优势和超亲优势变幅的上限分别达 21.24%和 16.86%。表明通过不同蛋白含量的亲本杂交,选择子粒蛋白含量较高的组合是可能的。

表 5 子粒和秸秆的平均蛋白质含量及其杂种优势
Table 5 Mean of protein contents in kernel and stalk and its heterosis %

项 目	统计参数	亲本 1	亲本 2	中亲值	组 合	平均优势	超亲优势
Item	Statistical index	(P1)	(P2)	(Pm)	Cross	Mean heterosis	Over parent heterosis
子 粒	平均值	10.860	11.500	11.180	10.890	-1.760	-10.220
	标准差	2.012	1.296	1.513	0.548	32.520	9.642
	变异系数	18.530	11.270	13.530	5.030	-1 847.730	-94.340
	变 幅	8.45 ~ 13.73	8.45 ~ 13.73	8.97 ~ 13.57	9.53 ~ 12.00	-18.56 ~ 21.24	-24.25 ~ 16.86
秸 秆	平均值	5.810	5.850	5.830	7.180	27.030	8.820
	标准差	1.375	1.764	1.054	0.583	23.825	18.599
	变异系数	23.670	30.150	18.080	8.120	88.140	210.840
	变 幅	2.22 ~ 8.46	2.22 ~ 8.46	3.48 ~ 7.94	5.64 ~ 8.26	-12.78 ~ 95.30	-28.01 ~ 49.36

秸秆蛋白质含量具有一定的正向杂种优势,全试验组合的平均优势和超亲优势分别达 27.03%和 8.82%, 变异系数也较大, 尤其超亲优势的高达 210.84%。表明选择秸秆蛋白含量高的组合可能性也较大。

2.3 子粒和秸秆粗蛋白含量的关系

对子粒和秸秆两者蛋白质含量进行相关分析,结果正交组合两者间相关系数 $r=-0.072\ 5$, 反交组合 $r=0.077\ 9$, 平均 $r=0.022\ 4(r_{0.05}=0.288, r_{0.01}=0.372)$, 均未达显著水平,表明子粒中蛋白质含量的高低与秸秆的含量高低无关。因此,从广泛的遗传变异中,同时选子粒和秸秆两者蛋白含量均较高的组合是可能的。

3 结论与讨论

杂种优势是生物界普遍存在的一种遗传现象,且有正向优势或负向优势两种情况。人们常常依据自己的需求,选择正向杂种优势,如产量、品质、生活力、抗病性等^[19]。然而,就蛋白质含量来说,本研究结果子粒蛋白含量为负向优势(-1.76%),与王振华等的研究结果基本一致^[20],显然,与其他正向优势的性状相比,选择具有高蛋白含量品种的难度更大。但子粒蛋白的负向优势是多个组合平均的结果,而在不同遗传背景组合之间仍存在较大的遗传差异,如本研究中,正、反交组合中各有 18 个(分别占 40%)表现正向优势,正、反交两者平均有 16 个组合(占 35.56%)表现正向优势。说明从广泛的遗传变异中选

择子粒蛋白含量高的组合是可能的。秸秆蛋白质含量表现正向杂种优势,正向优势组合数在 80%以上,相对易于选择。

统计分析结果表明,无论子粒或秸秆,正反交组合之间蛋白质含量差异不显著。这是因为同一组合无论正交或反交, F_1 杂交种胚的基因型相同,尤其长出的 F_1 秸秆以及 F_2 子粒具有彼此相同的核遗传背景。因此,杂交种的 F_1 秸秆和 F_2 子粒的蛋白质含量不受正反交效应的影响。

本研究结果表明,子粒和秸秆粗蛋白含量不仅在基因型之间存在显著或极显著差异,地点之间差异也达极显著水平。尤其是子粒蛋白,基因型与地点之间的互作效应也达到极显著水平,表明玉米子粒和秸秆中粗蛋白含量的高低不仅取决于其遗传背景,而且在很大程度上受生态环境条件的影响,特别是子粒粗蛋白含量会随着种植地点的变化而产生明显的差异。因此,高蛋白含量品种在适合区域种植更能发挥其优势潜力。

参考文献:

[1] Harsh M, Sarkar K R. Heterosis for leaf photosynthesis, grain yield and yield components in maize[J]. Euphytica, 1992, 61: 161-168.
[2] Robert M, Kang M S. Genotype selection via a new yield-stability statistic in maize yield trials[J]. Euphytica, 1993, 70: 105-111.
[3] Yan J B, Tang H, Huang Y Q, et al. Quantitative trait loci mapping and epistatic analysis for grain yield and yield components using molecular markers with an elite maize hybrid[J]. Euphytica, 2006, 149: 121-131.
[4] Ju C L, Zhang F, Gao Y F, et al. Cloning, chromosome mapping and expression analysis of an R2R3-MYB gene under-expressed in maize hybrid[J]. Mol. Biol. Rep., 2006, 33: 103-110. (下转第 24 页)