

玉米籽粒含油量的遗传分析

高树仁¹, 刘文研², 杨克军¹, 赵 伟¹

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省讷河市农产品质量安全办公室, 黑龙江 讷河 161300)

摘要:为促进高油玉米品种的选育,以高油玉米自交系 GY237 和普通玉米自交系 OH43 杂交组合的 6 世代 $P_1, P_2, F_1, B_1, B_2, F_2$ 为试验材料,采用主基因+多基因遗传模型分析方法,对玉米籽粒含油量的遗传特性进行研究。结果表明:玉米籽粒含油量的遗传符合一对加性+显性主基因+加性-显性-上位性多基因遗传模型(D-0), B_1, B_2, F_2 的主基因遗传率分别为 57.665 8%、0.763 4% 和 42.742 4%,多基因遗传率分别为 25.556 2%、77.373 7% 和 42.742 4%,说明主基因和多基因在同一组合不同世代间有较大的差异。

关键词:玉米;籽粒含油量;遗传分析

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)10-0005-04

高油玉米是人工创制的一种高附加值玉米(VEC)新类型,籽粒中含油量比普通玉米高 50% 以上,普通玉米的含油量为 4%~5%,高油玉米籽粒含油量超过 6%^[1]。玉米籽粒油分含量受微效多基因控制^[2-6],遗传主要以加性效应为主,显性基因作用较小,遗传率较高。赵刚等以 4 个微胚乳超高油玉米自交系组配的 2 个组合为试验材料,结果表明 2 个组合籽粒含油率的遗传均符合 2 对主基因+多基因遗传模型^[7]。刘仁东等分析 2 个高油自交系和 9 个普通玉米自交系后得出结论,含油量的加性方差比显性方差重要的多,加性方差占 98.5%,而显性方差只占 1.5%,含油量的遗传力高达 0.98^[8];陈绍江发现 N1680 高油系的杂交当代籽粒和 F_2 籽粒(F_1 所结的种子)油分含量接近于高油亲本,表现出显性基因的遗传特征;同时, F_2 籽粒油分还存在明显的超高亲优势,因此推测该系可能存在显性高油基因,并与其它基因存在互作效应^[9];曹永国等采用三重测交,以 BHO 的 C_0, C_3 群体进行了上位性检测,发现在 C_0 群体含油量表现极显著的上位性,而在 C_3 群体则无显著的上位性存在^[10]。以往研究结果表明,玉米籽粒含油量为主效多基因控制的数量性状,主基因+多基因遗传模型分析的提出能使数量性状的表型特征得到较全面的描述并指导育种应用^[11]。该研究利用高油玉米自交系和普通

自交系杂交,获得 P_1, P_2, F_1, B_1, B_2 和 F_2 世代材料,利用主基因-多基因遗传模型,研究玉米籽粒含油量的遗传特点,为玉米籽粒含油量的遗传改良提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为高油玉米自交系 P_1 (GY237, 油分含量 13.360%) 和普通玉米自交系 P_2 (OH43, 油分含量 4.076%) 以及两者杂交后的 F_1, F_2, B_1, B_2 。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 以高油玉米自交系 GY237 为母本与普通玉米自交系 OH43 杂交,得到 F_1 世代,将 F_1 自交获得 F_2 ,同时分别和父母本杂交获得 B_1 和 B_2 世代。2011 年将获得的 6 个世代种植于黑龙江省密山市黑龙江八一农垦大学科学研究所试验基地,采用完全随机区组设计,行长 5 m,行距 70 cm,株距 25 cm,3 次重复。 P_1, P_2 和 F_1 为 2 行区, B_1 和 B_2 为 6 行区, F_2 为 10 行区;在散粉前每株雌穗套袋并逐株自交,成熟后以单株为单位进行单株收获、脱粒保存,并以单株为单位进行籽粒油分测定。

1.2.2 分析方法 数据分析采用盖钧镒等^[12-14]提出的主基因+多基因混合遗传模型的多世代联合分析的方法,即 $P_1, P_2, F_1, B_1, B_2, F_2$ 群体的 6 世代联合分析的方法,首先对世代联合似然函数和成分分布参数极大似然值进行估计,采用 IECM 算法分别估计出 5 类 24 种模型的成分分布参数(包括成分分布的平均数、方差及该成分分布所占的比例等)以及相应的似然函数值(AIC),从中判定最佳遗传模型,并由此估计出相应的主

收稿日期:2014-06-14

基金项目:黑龙江八一农垦大学博士科研启动基金资助项目(校启 B2005-05);黑龙江省农垦总局科技计划资助项目(HNK10A-01-02-03)

第一作者简介:高树仁(1965-),山东省郓城县人,博士,教授,从事玉米遗传育种研究。E-mail:gaoshur107@126.com。

基因与多基因效应值、方差及遗传率有关遗传参数。

2 结果与分析

2.1 均数与方差分析

由表 1 可知,亲本和 F_1 世代群体的方差均非常小, B_1 、 B_2 和 F_2 是分离世代,因此方差和不分离

世代比相差很大。从群体油分的均数来看, F_1 世代油分含量介于高油和普通亲本之间,但小于双亲的平均值;与高油亲本回交的世代油分含量更倾向于高油亲本,与普通玉米回交的世代油分含量更接近于普通玉米亲本,但比普通玉米油分高, F_2 世代油分含量与 F_1 世代接近。

表 1 方差分析

Table 1 Analysis of significance on variance

变异来源 Source of variation	P_1	P_2	F_1	B_1	B_2	F_2
均数 Mean	13.360	4.076	7.978	9.804	6.406	7.780
方差 Variance	0.093	0.062	0.201	0.819	0.592	0.891

2.2 分离世代含油量正态检验和次数分布分析

对 B_1 、 B_2 和 F_2 世代油分含量理论次数分布特征进行分析(见图 1~图 3),同时进行正态性检验(见表 2)对性状的遗传做出初步的判断。 B_1 世代正态性检验 $\chi^2 = 15.1927$, $df = 7$, $P = 0.03301$,表明 B_1 世代油分含量不符合正态分布; B_2 世代正态性检验 $\chi^2 = 6.5272$, $df = 7$, $P = 0.47970$,表明 B_2 世代油分含量符合正态分布; F_2 世代正态性检验卡方值为 15.3267, $df = 9$, $P = 0.08234$,表明 F_2 世代油分含量符合正态分布。 B_1 世代理论次数分布不符合正态分布,通过对该分布的大体态势分析可以看出, B_1 世代具有多峰的分布特征,说明 B_1 世代可能有主基因效应的存在。

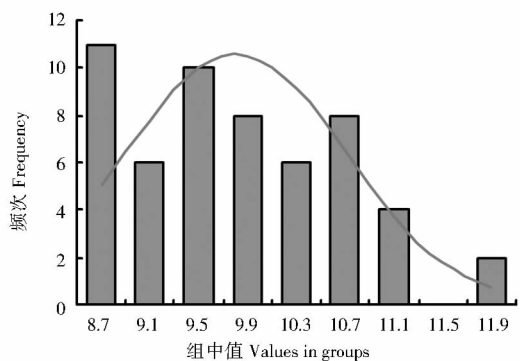


图 1 B_1 世代油分含量次数分布

Fig. 1 Distribution of oil content of B_1 generation

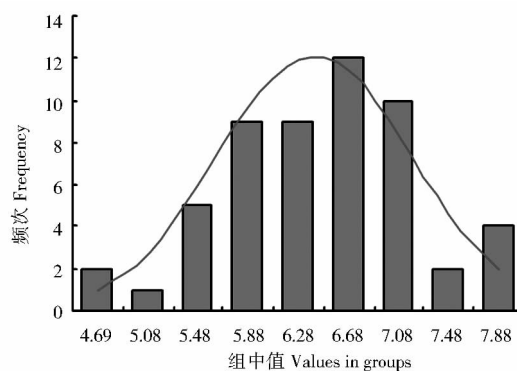


图 2 B_2 世代油分含量次数分布

Fig. 2 Distribution of oil content of B_2 generation

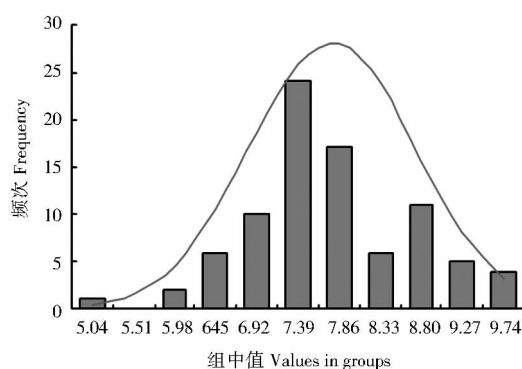


图 3 F_2 世代油分含量次数分布

Fig. 3 Distribution of oil content of F_2 generation

表 2 正态性分布卡方检验

Table 2 Normal distribution of Chi-square test

世代 Generation	样本容量 Sample capacity	自由度 Degrees of freedom	标准差 Standard deviation	卡方值 Chi-square value	P 值 P value
B_1	55	7	0.9049	15.1927	0.03301
B_2	54	7	0.7693	6.5272	0.47970
F_2	86	9	0.9437	15.3267	0.08234

2.3 极大似然函数值的估算

对各世代含油量进行 AIC 估算,根据 AIC 最小准则确定遗传模型为:一对主基因+多基因混合遗传模型中的 D-0 模型(一对加性+显性主基因+加性-显性-上位性多基因遗传模型)。根据所建立的模型,计算得出 D-0 模型下的成分分布参数的极大似然估计值(见表 3)。 μ_1 、 μ_2 和 μ_3 分别为 P_1 、 P_2 和 F_1 3 个世代的平均值,可以看出, F_1 介于高油和低油亲本之间,接近于双亲均值。 μ_{41} 和 μ_{42} 为 F_1 和高油亲本杂交所得回交后代 AA 和 Aa 基因型群体的平均值,分别为 10.53 和 9.16。 μ_{51} 和 μ_{52} 为 F_1 和低油亲本杂交所得回交后代 Aa 和 aa 基因型群体的平均值,分别为 6.47 和 6.34。 μ_{61} 、 μ_{62} 和 μ_{63} 为 F_2 3 种基因型 AA、Aa 和 aa 群体的平均值,分别为 8.85、7.48 和 7.34。可以看出 AA、Aa 和 aa 3 种基因

表 3 D-0 模型成分分布参数的极大似然估计值

Table 3 Maximum likelihood estimation of the D-0 model component distribution parameters

参数	估计值	参数	估计值
Parameters	Estimation value	Parameters	Estimation value
μ_1	13.36	μ_{61}	8.85
μ_2	7.98	μ_{62}	7.48
μ_3	4.08	μ_{63}	7.34
μ_{41}	10.53	σ_{40}^2	0.21
μ_{42}	9.16	σ_{50}^2	0.46
μ_{51}	6.47	σ_{60}^2	0.39
μ_{52}	6.34	σ^2	0.12

型群体平均值在不同世代遗传背景下差异较大。 σ_{40}^2 、 σ_{50}^2 和 σ_{60}^2 为 B_1 、 B_2 和 F_2 群体成分分布方差的多基因方差组分,分别为 0.21、0.46 和 0.39,误差方差 σ^2 为 0.12。

2.4 各阶遗传参数的估算

根据算得的各成分分布的极大似然估计值,估算出该模型下的一阶遗传参数,通过一阶遗传参数进一步估算出二阶遗传参数,最后计算出遗传力,计算结果见表 4,亲本 GY237 和 OH43 所组配的 6 个联合世代其主基因的加性效应为 0.754 392,显性效应为-0.619 96, $m_1 \sim m_6$ 分别为 P_1 、 F_1 、 P_2 、 B_1 、 B_2 和 F_2 群体的平均数; B_1 世代中,主基因遗传率大于多基因的遗传率,但多基因遗传率也达到 25.556 2%,说明 B_1 世代在油分的遗传中主基因和多基因共同起作用,主基因的影响较大,由于 B_1 世代是 F_1 和高油亲本回交的世代,和杂交一代相比油分的增加是由于高油亲本中有主基因的效应存在,主基因中加性效应对油分的遗传起决定作用,而控制油分的微效基因数量较多,作用较小; B_2 世代中,多基因遗传率为 77.373 7%,而主基因仅为 0.763 4%,说明 B_2 回交世代油分主要受微效多基因控制,主基因在其中起的作用非常小, B_2 世代是 F_1 与普通亲本回交组配的世代,油分由普通玉米亲本中微效多基因控制,由于微效多基因作用小,所以油分和 F_1 世代比下降;在 F_2 世代的分离群体中主基因和多基因的遗传率均为 42.742 4%,说明主基因和微效多基因共同多油分的遗传起作用,且效应相等。

表 4 各阶段遗传参数的估算

Table 4 Estimation of genetic parameters

一阶参数	估计值	二阶参数	估计值 Estimation value		
The order	Estimation	Second			
parameter	value	order parameter	B_1	B_2	F_2
m_1	12.60561	σ_p^2	0.818875	0.591855	0.890546
m_2	8.598087	σ_{mg}^2	0.472211	0.004518	0.380641
m_3	4.830254	σ_{pg}^2	0.209273	0.457940	0.391868
m_4	9.777259	σ^2	0.118461	0.118461	0.118461
m_5	7.09273	$h_{mg}^2/\%$	57.6658	0.7634	42.7424
m_6	8.097341	$h_{pg}^2/\%$	25.5562	77.3737	42.7424
d	0.754392				
h	-0.61996				

注: σ_p^2 为表形方差, σ_{mg}^2 主基因遗传方差, σ_{pg}^2 多基因遗传方差, σ^2 环境方差, h_{mg}^2 主基因遗传率, h_{pg}^2 多基因遗传率。

Note: σ_p^2 is morphologic variance, σ_{mg}^2 is main genetic variance, σ_{pg}^2 is multi genetic variance, σ^2 is environmental variance, h_{mg}^2 is main genetic rate, h_{pg}^2 is multi genetic rate.

3 结论与讨论

玉米籽粒含油量是玉米重要的品质性状,研究玉米籽粒含油量的遗传特点对玉米含油量的遗传改良具有重要的指导作用。按照数量遗传学和育种学的基本理论^[15],由主基因+多基因混合遗传模型将目标数量性状的基因效应剖分为主基因的加性效应、显性效应和互作效应以及多基因的加性效应、显性效应和上位性效应。该试验对 6 世代均数和遗传方差进行分析,结果表明油分性状的显性效应均大于加性效应,并表现为超显性遗传;最适模型中均无上位性效应的存在,并在联合世代中检测到一对主效基因的存在,且主效基因的加性效应为增效,显性效应为减效,且加性效应略大于显性效应。

遗传率是反映亲代将目标性状传递给子代的能力,遗传率较高,表明目标性状在子代重现亲代的可能性较大,反之较小。就基因遗传率而言,对于检测到主效基因的联合世代中,主基因遗传率在不同组合的不同世代中存在明显差异,最高者可达 77.373 7%,低者仅为 0.763 4%;而多基因遗传率在不同组合的不同世代中同样存在明显差异。通过估算遗传率对确定合适的选择世代和选择方法以及亲本间的组配方式,有一定的指导意义。试验表明籽粒油分性状既遵循一定的遗传规律,又表现出基因型间的差异,还可能存在未检测到的其它遗传效应。因此,在对籽粒油分性状的遗传机制初探的基础上,还需作进一步的研究。一方面可以采用不同的遗传交配设计和试验方法,探索不同交配方式下油分性状的遗传机制。另一方面,由于该试验已经证明有主基因效应的存在,下一步可利用分子标记对油分基因进行 QTL 定位,对遗传试验结果作进一步的解释和验证。

该试验仅用一个杂交组合进行了玉米籽粒含油量的主基因+多基因遗传模式分析。一般不同组合遗传背景不同,所获得的遗传模式也会有所不同。今后应该选择更多不同遗传背景的近交系

进行杂交组配,对籽粒含油量做进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] 宋同明,苏胜宝,陈绍江,等.高油玉米前途光明[J].玉米科学,1997,5(3):73-77.
- [2] Dudley J W, Lambert R J, Roche I A. Genetic analysis of crosses among corn strains divergently selected for percent oil and protein[J]. Crop Sci., 1977, 17: 111-117.
- [3] Elrouby M M, Penny L H. Variation and covariation in a high oil population of corn (*Zea mays* L.) and their implications in selections in selection [J]. Crop Sci., 1967, 7: 216-219.
- [4] Frey K J. The inheritance of protein and certain of its components in maize[J]. Agron. J., 1949, 41: 113-117.
- [5] Miller R L, Dudley J W, Alexander D E. High intensity selection for percent oil in corn [J]. Crop Sci., 1981, 21: 433-437.
- [6] Pamin K W A, Compton C E, Walker, et al. Genetic variation and selection response for oil composition in corn[J]. Crop Sci., 1986, 26(2): 279-282.
- [7] 赵刚, 昂沃, 郝小琴, 等. 微胚乳超高油玉米籽粒含油率的主基因+多基因遗传分析[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(1): 53-56.
- [8] 刘仁东, 石德权, 徐家舜. 玉米籽粒含油量的配合力、方差成分和遗传力及其应用的研究[J]. 中国农业科学, 1992, 25(6): 52-57.
- [9] 陈绍江. 我国高油玉米育种的发展策略[J]. 科技导报, 2004(2): 52-55.
- [10] 曹永国, 孔繁玲, 宋同明. 高油玉米基础群体选择效果的评价及选择方法[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(1): 83-89.
- [11] 孔繁玲. 植物数量遗传学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.
- [12] 盖钧镒, 章元明, 王健康. QTL 混合遗传模型扩展至 2 对主基因+多基因时的多世代联合分析[J]. 作物学报, 2000, 26(4): 385-391.
- [13] 盖钧镒. 植物数量性状遗传体系的分离分析方法研究[J]. 遗传, 2005, 27(1): 130-136.
- [14] Gai J Y, Wang J K. Identification and estimation of QTL model and effects [J]. Theor. Appl. Genet., 1998, 97: 1162-1168.
- [15] 宋同明, 吴宏平, 吴秀琴, 等. 玉米含油量基因对高油与低油玉米互交当代籽粒的遗传效应[J]. 北京农业大学学报, 1991, 17(1): 16-22.