

16份美国玉米种质扩增计划材料的利用潜力分析

曾艳华¹, 程伟东¹, 谢小东¹, 周海宇², 覃兰秋¹, 周锦国¹,
谭贤杰¹, 江禹奉¹, 谢和霞¹

(1. 广西农业科学院玉米研究所, 南宁 530007; 2. 广西玉林农业科学院, 广西 玉林 537000)

摘要: 对引进的16份美国玉米种质扩增计划(GEM)玉米材料和5份自育自交系采用NC-II设计, 配制80个组合进行配合力分析, 划分杂种优势群, 评价其利用潜力。结果表明, 两组亲本8个性状的一般配合力方差大多数达到显著或极显著水平; 两组亲本组配的杂交组合的特殊配合力方差, 除秃尖长不显著外, 其余均达到极显著水平, 其中, GH358各性状综合GCA效应值最高, GR9、GR15和GH291、GH302综合GCA效应值较高; 组合GH281×GR15的产量SCA效应值和总配合力TCA均最高。聚类分析结果, 16份供试美国GEM玉米材料被划分为两大杂种优势群, 进而划分为5个亚群。GH358是最为理想的亲本材料, GR9、GR15和GH291、GH302是具有利用价值的玉米材料, 用它们作亲本组配出高产组合的机率较大。GH281×GR15是本研究筛选出的强优势组合; GH230×GR2、GH358×GR22和GH266×GR9可以作为优势组合进一步筛选鉴定; GH219×GR10、GH266×GR2、GH283×GR10产量配合力表现较好, 应着重进行改良和利用。

关键词: 玉米; GEM种质; 杂交组合; 配合力; 杂种优势群

中图分类号: S513.024

文献标识码: A

Analysis on the Utilization Potentiality of 16 American Materials from Germplasm Enhancement of Maize

ZENG Yan-hua¹, CHENG Wei-dong¹, XIE Xiao-dong¹, ZHOU Hai-yu², QIN Lan-qiu¹, ZHOU Jin-guo¹,
TAN Xian-jie¹, JIANG Yu-feng¹, XIE He-xia¹

(1. Maize Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007;
2. Yulin Academy of Agricultural Sciences, Yulin 537000, China)

Abstract: Combining ability of 16 GEM maize materials from CIMMYT and 5 self-bred inbred lines was analyzed. Eighty hybrids in NC-II mating design were evaluated in field using randomized block design in triplicate, the heterotic groups were clarified and their utilization potentiality was analyzed. The results indicated that significant or highly significant differences were observed in GCA for most 8 parental characters. Highly significant differences were observed in SCA except bald top length. Among them, the integrated GCA in each trait of GH358 was the highest, and higher in GR9, GR15 and GH291, GH302, both the yield SCA and TCA were the highest in cross GH281×GR15. Clustering diagram indicated that 16 American GEM maize materials were divided into II heterotic groups and 5 sub-groups. GH358 was the most ideal parent material GR9, GR15 and GH291, GH302 proved to be valuable maize materials, the probability of high yield combination is greater using them as parents. GH281×GR15 was the strong heterosis combination selected, GH230×GR2, GH358×GR22 and GH266×GR9 could be used as a combination of superiority for further screening and identification, yield combining ability in GH219×GR10, GH266×GR2, GH283×GR10 were better and should focus on the improvement and utilization.

Key words: Maize; GEM germplasm; Cross combination; Combining ability; Heterotic group

收稿日期: 2015-04-29

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目(2013BAD01B02-20)、广西自然科学基金项目(2014GXNSFAA118109)、广西农业科学院科技发展基金重点项目(桂农科2014JZ12)、广西农业科学院基本科研业务专项(2015YM28, 2015YT23)

作者简介: 曾艳华(1979-), 女, 湖南蓝山人, 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米种质资源鉴定与改良研究。E-mail: zengyanhua_12@163.com

程伟东为本文通讯作者。E-mail: chengweidongym@gxaas.net

致谢: 中国农业科学院作物科学研究所王天宇老师提供美国玉米种质扩增计划材料。

玉米是广西的主要粮饲作物之一,随着玉米杂交种的普及和优良杂交种大范围推广,丰富的玉米地方种质日趋减少,新种质的普遍缺乏和遗传基础狭窄,已经成为玉米育种者所面临的难题。针对玉米种质遗传基础狭窄而开展的美国GEM计划(Germ plasm Enhancement of Maize),汇集了许多国家的热带、亚热带和温带最优良的玉米基因资源,其种质材料具备优良的基因资源、丰富的遗传基础及完善的附加值性状评价,具有独特的育种利用价值^[1]。因此,引进美国GEM玉米种质,开展育种潜力评估,对广西玉米种质扩增、育种潜力挖掘及加速引进材料应用有重要的意义。贺字典等^[2]对57份美国GEM种质资源进行了褐斑病的抗性鉴定。宁丽华^[3]针对美国GEM引进的高直链淀粉玉米种质开展了分子

标记研究,获得了GEMS-0067的sbeI等位基因共显性分子标记。美国GEM玉米种质的配合力分析国内未见报道。本研究对引进的16份美国GEM种质进行配合力分析,对供试材料进行遗传分析和划分杂种优势群,以有效评估GEM种质的育种潜力,利用其快速选育优良的自交系和杂交新组合,为广西玉米种质的改良和创新利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5份自选玉米自交系作为父本材料,来源和系谱信息见表1。从CIMMYT引进的16份GEM玉米自交系作母本,来源于美国GEM计划材料自交选育的后代材料,基本信息见表2。

表1 供试父本玉米材料系谱或来源

Table 1 Pedigree or origin of male

编号 Entry	自交系名称 Inbred line	来源或系谱 Origin
GR2	MDH3-202	从登海3号父本杂株中选择优势株连续自交选育的自交系,属于B群
GR9	QR273	从贵州农科院旱粮所引进,是苏湾1号群体选育的一环系,属于B群
GR10	D001	利用单倍体诱导技术从南校968自交3代后选育的双单倍体纯系,属于A群
GR15	HD11	利用单倍体诱导技术从TakFa1导先玉335杂交后代中选育的双单倍体纯系
GR22	HD25-4	利用单倍体诱导技术从先达902倍体诱导技术从先杂后代中选育的双单倍体纯系

表2 供试16份GEM玉米材料名称及来源

Table 2 Message of 16 GEM materials

编号 Entry	自交系名称 Inbred line	原始来源号 Origin number	编号 Entry	自交系名称 Inbred line	原始来源号 Origin number
GH201	K009-1	08GEM80097	GH283	K054-3	09GEM80118
GH218	K017-3	08GEM80104	GH286	K055-3	09GEM80127
GH219	K018-1	08GEM80104	GH291	K060-1	10GEM80001
GH230	K022-2	08GEM80106	GH300	K067-2	10GEM80110
GH237	K026-1	08GEM80115	GH301	K067-3	10GEM80110
GH265	K041-1	09GEM80057	GH302	K067-4	10GEM80110
GH266	K041-2	09GEM80057	GH358	K121-1	10GEM06840
GH281	K054-1	09GEM80118	GH359	K121-2	10GEM06840

1.2 试验方法

供试材料于2013年秋季按16×5不完全双列杂交设计,配制80个组合。2014年春季于广西农科院玉米研究所试验基地进行组合田间鉴定,随机区组设计,单行区播种,3次重复。行长5 m,行距70 cm,种植密度57 150株/hm²,田间管理同一般大田常规管理。抽雄后测株高、穗位高,成熟后选取每小区中间5株进行性状记载和考种,测小区产量。按高之仁等^[4]数量遗传学计算方法,结合DPS软件进行数

据分析。

2 结果与分析

2.1 亲本各性状配合力方差分析

如表3所示,各性状区组间差异大多数未达到显著水平,说明试验结果受环境影响程度较小。组合间各性状的差异均达极显著水平,说明组合间性状的基因型之间存在着真实的遗传差异。两组亲本8个性状的一般配合力方差大多数达到显著或极显

著水平, P1的株高、穗位高、穗粗、穗长、穗行数和秃尖长均达到差异显著或极显著水平, 表明这些性状的GCA在P1组亲本间存在显著或极显著差异; P2亲本除了穗长, 其余性状CGA差异也都达到了显著

或极显著水平。两组亲本组配的杂交组合的特殊配合力方差, 除秃尖长不显著外, 其余均达到极显著水平, 表明这些性状SCA在各组合间存在极显著差异。

表3 亲本配合力方差分析结果(F值)

Table 3 Variance analysis of combining ability in the parental materials

变异来源 Source	株高 PH	穗位高 EH	穗粗 ED	穗长 EL	穗行数 R/E	行粒数 K/R	秃尖长 BL	产量 Yield
区组	1.912 3	2.036 2	3.110 1*	3.952 4*	1.073 5	6.680 9**	1.579 9	1.412 6
组合	3.590 6**	5.045 4**	7.817 7**	2.973 0**	10.612 0**	2.648 6**	2.811 3**	3.670 4**
P1	2.948 4*	6.261 4**	14.405 5**	7.931 5**	28.324 7**	2.323 4	27.425 4**	0.987 6
P2	2.127 9*	3.221 1**	3.721 2**	1.629 8	6.399 7**	1.976 8*	2.502 9**	2.020 0*
P1×P2	2.735 0**	2.988 7**	3.560 9**	2.021 7**	3.113 1**	2.114 7**	1.071 7	3.076 5**

注: *表示0.05水平差异显著, **表示0.01水平差异显著。下表同。

Note: * and ** indicated significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same below.

2.2 产量的一般配合力效应分析

一般配合力是由加性基因效应提供的度量值, 可用于衡量育种材料的利用价值, 一般配合力高的材料往往其利用价值大。通过测定某品系的GCA, 可以明确其本身的利用价值和应用潜力, 也可预测杂交种后代的表现。21个亲本的产量一般配合力效应值, 5个父本的产量GCA相对效应值两正三负, 从大到小依次为GR9>GR15>GR22>GR2>GR10。GR9和GR15的产量GCA为极显著正值, 以它们作

亲本一般可以增加杂交组合的产量, 穗长和行粒数也都为正值, 对选育长穗、增加杂交组合的穗行数有促进作用; GR2、GR10、GR22穗粗和穗行数GCA为正值, 组配的杂交组合可以增加穗粗和穗行数; GR2和GR10的秃尖长GCA相对效应值都是负值很大, 可以用于改良秃尖长。综合各性状GCA效应值评定, GR9和GR15组合出高产组合的机率较大, 是较有潜力的亲本自交系。

表4 材料各性状一般配合力相对效应值

Table 4 GCA relative value of every parent traits

编号 Entry	株高 PH	穗位高 EH	穗粗 ED	穗长 EL	穗行数 R/E	行粒数 K/R	秃尖长 BL	产量 Yield
GR2	-0.172 9	4.772 9	3.695 4	-1.712 0	5.001 8	-1.053 9	-42.263 4	-2.625 2
GR9	-0.723 8	-3.850 9	-2.503 6	5.306 6	-1.324 3	2.613 8	51.460 7	4.332 4**
GR10	-0.877 2	-2.262 6	2.577 5	-5.635 1	9.258 6	-1.901 2	-20.099 5	-3.207 0
GR15	3.492 1	6.976 5	-4.632 5	2.335 1	-4.989 9	2.915 6	20.173 3	3.623 1**
GR22	-1.718 2	-5.635 8	0.863 2	-0.294 6	-7.946 1	-2.574 3	-9.271 0	-2.123 1
GH201	0.304 9	1.401 6	4.676 4	-0.856 0	9.542 4	-5.438 8	24.007 0	3.160 8*
GH218	-0.782 6	-10.663 4	-0.905 6	3.744 4	-3.322 7	5.034 9	-6.810 4	-2.424 4
GH219	0.294 8	-9.116 0	-3.126 3	0.885 4	4.812 6	-2.244 7	5.133 2	-12.064 7
GH230	4.255 6	6.924 6	-1.415 7	6.457 7	-4.647 0	3.289 3	-7.400 2	9.562 1*
GH237	-1.298 6	-4.448 5	-3.816 6	0.099 7	-9.566 0	2.397 9	3.068 8	-13.110 3
GH265	-4.915 4	-4.662 4	-4.086 7	-2.200 5	-2.187 5	-9.115 8	18.108 9	-5.535 8
GH266	0.623 6	10.447 2	5.516 7	-5.974 8	5.569 4	-2.690 4	4.690 8	4.461 5*
GH281	-3.660 9	-6.058 9	-2.226 0	-3.869 0	-3.890 3	-1.204 8	2.036 7	1.171 6**
GH283	-1.571 8	-1.001 4	0.204 8	-1.536 3	-5.403 8	-1.427 6	-4.008 8	-2.398 9
GH286	-6.875 6	-6.492 9	-1.115 6	-4.654 6	-1.998 3	-0.907 6	-34.531 4	-18.568 0
GH291	2.318 2	7.541 0	2.719 7	1.355 1	4.055 8	3.140 7	7.934 8	10.046 7**
GH300	2.475 0	13.479 2	-1.265 7	3.088 4	-3.322 7	3.512 2	-10.201 8	4.436 0*
GH301	1.655 6	-2.146 2	-2.976 3	2.910 2	-4.457 8	2.695 0	25.923 9	-0.307 6
GH302	2.672 3	5.628 7	0.895 1	2.659 1	-2.187 5	3.957 8	28.725 5	10.531 3**
GH358	3.441 2	-2.397 8	5.216 6	0.107 8	12.001 9	4.774 9	-16.247 4	15.402 4**
GH359	1.063 7	1.565 1	1.705 3	-2.216 7	5.001 8	-5.773 1	-40.429 5	-4.362 7

16个美国GEM计划材料自交系中,产量GCA正值由大到小的顺序依次为GH358>GH302>GH291>GH230>GH266>GH300>GH201>GH281,这8个材料做亲本容易获得增产,其中GH358除了穗位高和秃尖长GCA效应值为负,其余全部为正值,8个性状GCA大多为有利效应。GH358的产量GCA相对效应值排在第1位,穗行数和穗粗的GCA分别排第1和第2位,综合性状最为突出;GH291的8个性状GCA都是正值;GH302除了穗行数GCA为负值,几个主要的产量性状GCA均为正值;GH218、GH237、GH265、GH281、GH283、GH286的株高、穗位高GCA为负效应值,利于组配出株高、穗位高较组合,改善植株的抗倒能力;GH286的8个性状

GCA效应值全为负,产量GCA为极显著负值,组配出高产组合的可能性不大,但可用于改良株高、穗位高和秃尖长等性状。

2.3 杂交组合的特殊配合力效应分析

对杂交组合的特殊配合力效应值进行分析,将各性状正、负效应值归类(表5)。各性状SCA正负效应值的组合数差距最大的是小区产量,正效应值组合数占58%;各性状SCA效应值的变幅都比较大。小区产量SCA相对效应值最高的组合是GH281×GR15,最低的是GH359×GR9;正向效应值最大的组合中出现次数最多的亲本是GH218、GR22和GR15,组合GH265×GR2除了穗行数、秃尖长和小区产量,其余性状SCA负向效应值均为最大(表6)。

表5 组合各性状SCA效应值变幅及正、负向效应值最大的组合

Table 5 SCA range, max positive SCA and max negative SCA of every combination traits

组合性状 Character	正效应组合数 Positive SCA	负效应组合数 Negative SCA	效应值变幅 SCA range	正向效应值最大组合 Max positive SCA	负向效应值最大组合 Max negative SCA
株高	41	39	-16.884 3-7.363 4	GH201×GR22	GH265×GR2
穗位高	39	41	-23.178 6-17.071 8	GH218×GR22	GH265×GR2
穗粗	39	41	-16.479 9-7.753 6	GH265×GR15	GH265×GR2
穗长	44	36	-18.738 8-11.884 8	GH230×GR22	GH265×GR2
穗行数	43	37	-13.988 4-12.876 9	GH266×GR10	GH291×GR10
行粒数	44	36	-27.247 6-10.274 1	GH218×GR9	GH265×GR2
秃尖长	35	45	-54.529 5-50.576 0	GH219×GR9	GH219×GR15
小区产量	46	34	-35.956 5-28.587 6	GH281×GR15	GH359×GR9

2.4 杂种优势群和产量杂种优势分析

表6 小区产量的特殊配合力相对效应值

Table 6 Yield SCA effect of cross combination

亲本 Parent	GR2	GR9	GR10	GR15	GR22
GH201	6.960 8	-6.755 2	-7.121 8	12.699 0	-5.782 9
GH218	10.250 7	0.105 2	-2.556 7	-19.333 1	11.533 9
GH219	-11.860 6	-11.549 8	18.687 5	6.884 3	-2.161 4
GH230	22.109 8	-11.881 3	-10.590 2	-12.192 2	12.554 0
GH237	-24.331 7	11.811 2	10.169 4	-0.103 6	2.454 7
GH265	-31.651 2	11.122 6	1.829 9	15.274 9	3.423 8
GH266	18.156 7	18.212 5	-2.301 7	-25.708 9	-8.358 7
GH281	4.487 0	-20.960 5	1.370 8	28.587 6	-13.484 9
GH283	10.480 3	3.650 2	15.142 6	-26.882 1	-2.390 9
GH286	8.924 6	6.812 6	-19.822 4	4.078 9	0.006 4
GH291	7.088 3	11.352 2	-2.148 7	1.860 1	-18.152 0
GH300	3.007 8	-2.419 6	-3.168 8	-1.200 2	3.780 9
GH301	-15.711 6	11.887 7	6.548 0	-9.845 9	7.121 8
GH302	-9.463 3	11.632 7	1.319 8	3.925 9	-7.415 1
GH358	-8.723 7	2.936 1	-13.370 1	5.048 1	14.109 7
GH359	10.276 2	-35.956 5	6.012 4	16.907 1	2.760 7

根据系谱关系和产量SCA对供试材料进行杂种优势群分析,SCA效应值低的归为同一杂种优势群,SCA效应值高的属于不同的杂种优势群。用DPS软件计算欧氏距离,通过最小距离法将16个材料进行聚类,如图1所示,这些材料大致可以分为两大杂种优势群。I群包括GH201、GH265、GH281、GH359、GH291、GH302,其他材料归为II群。I群又分为两个亚群,第一亚群包括GH201、GH265、GH281、GH359,与GR10和GR15的组合SCA最高,

与GR9和GR22的SCA最低;第二亚群包括GH291和GH302,与GR10和GR15的SCA效应值最低,与GR9和GR22的SCA最高。第II群分为了3个亚群, GH218、GH237、GH266、GH283和GH301划为第一亚群,与GR9、GR2的SCA效应值最高,与GR15的SCA最低;第二亚群包括GH230、GH300、GH358和GH286,与GR22、GR2的组合SCA效应值最高,与GR10的SCA最低;第三亚群GH219,与GR10、GR15的SCA效应值最高,与GR2和GR9的SCA最低。

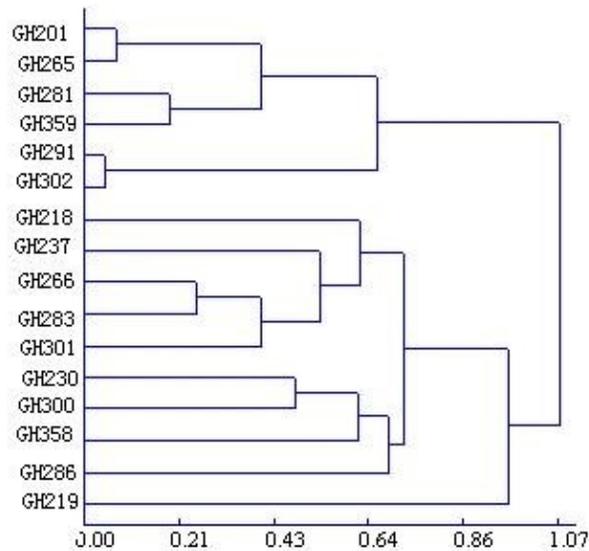


图1 16个美国GEM种质玉米材料的聚类分析

Fig.1 Clustering diagram of 16 GEM materials from US

表7 产量配合力总效应前10位的组合

Table 7 Yield TCA effect of top 10 hybrids

组合代号 Combination code	产量TCA Yield TCA	排名 Ranking	小区产量(kg) Plot yield	排名 Ranking
GH281×GR15	33.38	1	3.49	1
GH230×GR2	29.05	2	3.37	2
GH358×GR22	27.39	3	3.33	3
GH266×GR9	27.01	4	3.32	4
GH302×GR9	26.50	5	3.31	5
GH291×GR9	25.73	6	3.29	6
GH358×GR15	24.07	7	3.24	7
GH358×GR9	22.67	8	3.21	8
GH230×GR22	19.99	9	3.14	9
GH266×GR2	19.99	9	3.14	9
GH201×HR15	19.48	10	3.12	10

表7是产量总配合力效应TCA排在前10位的杂交组合及产量表现。排在前10位的组合从大到小依次是GH281×GR15、GH230×GR2、GH358×GR22、GH266×GR9、GH302×GR9、GH291×GR9、

GH358×GR15、GH358×GR9、GH230×GR22、GH266×GR2、GH201×GR15。通过比较,TCA效应值排在前10位的组合,他们的产量对照优势也是排在前10位,排名顺序与TCA排名相同。

由产量杂种优势分析,GR15与GH281、GH358和GH201都有杂种优势;GR22与GH358也有杂种优势;两个GH302和GR9也表现出不错的产量杂种优势,结果的产生有环境因素的影响,也说明这批材料的遗传基础比较复杂,部分种质的杂种优势群还需进一步实验确认。

3 结论与讨论

配合力的高低是衡量一个玉米自交系优劣的主要条件,杂交组合产量的高低则是自交系配合力高低的具体表现^[9]。玉米杂交组合的产量高低,不但取决于亲本一般配合力高低,还取决于组合特殊配合力的高低,即取决于总配合力效应值(TCA)的大小^[6]。本研究中,GH358的产量相关综合性状一般配合力极显著高于其他的亲本,说明其有利基因位点频率高,是选育优良自交系培育杂交种的理想材料,但与本试验中5个父本组配的杂交组合产量SCA并不高,其杂种优势还有待进一步测配和挖掘,与前人的研究结果一致^[7-10]。在育种过程中要同时考虑一般配合力和特殊配合力的平衡。产量一般配合力较高的还有GR9、GR15、GH291和GH302,用它们作亲本组配杂交组合获得高产的机率较大。GH218、GH237、GH265、GH281、GH283的株高、穗位高GCA为负效应值,利于改善植株的抗倒能力。GH286虽然用于组配高产组合的价值不大,但可用于改良株高、穗位高和秃尖长。

组合GH281×GR15不论是小区产量SCA还是总配合力效应值TCA都是排在第1位,是最有潜力的优势组合。GH230×GR2和GH266×GR9也是小区产量SCA和总配合力TCA都较高的组合,可以着重改良加以利用。GH219×GR10虽然在小区产量的SCA较高,但两个亲本的产量GCA都为负值,所以总配合力TCA并不高。总配合力效应值排在前10位的组合中,以GR9和GR15为亲本的有7个,GR2和GR22为亲本的各有两个,GR10没有组配出产量优势组合,说明以GR9和GR15为亲本组配优势组合的潜力大。试验中产量的配合力总效应排名顺序与实际小区产量排名完全一致,说明产量的总配合力效应值能很好的反映出杂交组合的实际产量水平,因而,在选择一般配合力高的自交系作亲本的同时,也要考虑组合的特殊配合力的高低,即考虑总配合力较高的,这样选出优良杂交组合的机率更大。

美国GEM玉米种质与5个本地骨干自交系组配的杂交组合特殊配合力效应值表现差异显著,说明美国GEM玉米种质具有丰富的遗传多样性,遗传

差异显著,在抗倒、耐密植、丰产等不同性状表现出各自的优势,具有较好的系谱选择及组配强优势组合的遗传潜势。在育种过程中应根据不同的育种目标,有选择地对材料的某一突出性状加以利用。GH358产量相关综合性状一般配合力最高,是本研究选出的最为理想的亲本材料;GR9、GR15和GH291、GH302的综合性状一般配合力较高,作亲本有较大的希望获得高产组合,选出优良自交系,是具有利用价值的玉米材料。

参考文献:

- [1] 张世煌,田清震,李新海,等.玉米种质改良与相关理论研究进展[J].玉米科学,2006,14(1):1-6.
Zhang S H, Tian Q Z, Li X H, et al. Advancement of maize germplasm improvement and relevant research[J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(1): 1-6. (in Chinese)
- [2] 贺字典,余金咏,于泉林,等.玉米褐斑病流行规律及GEM种质资源抗病性鉴定[J].玉米科学,2011,19(3):131-134.
He Z D, Yu J Y, Yu Q L, et al. Epidemic regularity of maize brown spot and resistance identification to GEM breeding materials[J]. Journal of Maize Sciences, 2011, 19(3): 131-134. (in Chinese)
- [3] 宁丽华.高直链淀粉玉米种质的类群分析及*sbel*、*sbel1b*基因分子标记的开发[D].泰安:山东农业大学硕士论文,2011.
- [4] 高之仁.数量遗传学[M].成都:四川大学出版社,1986.
- [5] 陈春梅,高聚林,苏治军,等.4个自选玉米自交系产量性状的配合力遗传参数分析[J].内蒙古农业科技,2014(3):21-23.
Chen C M, Gao J L, Su Z J, et al. Analysis of combining ability genetic parameters of inbred lines with four testers in maize[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2014(3): 21-23. (in Chinese)
- [6] 刘纪麟.玉米育种学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 陈彦惠,武安柱,吴连成,等.“金皇后”等八个玉米群体产量配合力分析[J].玉米科学,2002,10(4):10-12.
Chen Y H, Wu A Z, Wu L C, et al. Analysis of combining ability and heterosis among 8 maize populations including “Goldqueen”[J]. Journal of Maize Sciences, 2002, 10(4): 10-12. (in Chinese)
- [8] 刘日尊,赵文媛.5份美国先锋玉米种质资源的配合力分析[J].辽宁农业科学,2013(2):9-12.
Liu R Z, Zhao W Y. The analysis of combining ability of 5 pioneer inbred lines[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2013(2): 9-12. (in Chinese)
- [9] 周锦国,程伟东,覃兰秋,等.10个热带玉米自交系产量配合力遗传效应分析[J].广西农业科学,2007,38(4):351-355.
Zhou J G, Cheng W D, Qin L Q, et al. Genetic effect analysis of combining ability for yield of ten tropical maize inbred lines[J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2007, 38(4): 351-355. (in Chinese)
- [10] 陈婧,高翔,汤晓燕,等.11个玉米自交系配合力及遗传性分析[J].甘肃农业科技,2013,6:12-14.
Chen J, Gao X, Tan X Y, et al. Analysis for combinign ability and genetic effect of 11 maize inbred lines[J]. Gansu Agricultural Sciences and Technology, 2013, 6: 12-14. (in Chinese)

(责任编辑:高阳)