

文章编号: 1005-0906(2014)06-0001-05

美国优异种质在玉米育种中的利用研究

王国宏^{1,2}, 石清琢², 王延波², 林 凤¹

(1. 沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳 110866; 2. 辽宁省农业科学院玉米研究所, 沈阳 110161)

摘 要: 以 10 个玉米 F₁ 代杂交种和 18 个玉米自交系为材料, 研究玉米出籽率、千粒重和单穗粒重的改良效果和杂种优势等。结果表明, 导入 PH6WC 的改良系在千粒重和单穗粒重方面明显优于未改良系, 千粒重、单穗粒重的增幅分别为 2.6%~12.3% 和 4.4%~9.5%; 导入 PH4CV 的改良系在出籽率和单穗粒重方面明显优于未改良系, 出籽率、单穗粒重的增幅分别为 -0.3%~12.0% 和 16.8%~34.8%。新组合 PH6WC×辽 3250、辽 3358×PH4CV 和 PH6WC×辽 3258 的产量分别为 12 731.5、12 485.5、12 396.3 kg/hm², 与对照郑单 958 相比增产幅度达显著水平, 具有较高的利用潜力。F₁ 杂交种的出籽率呈近中亲遗传, 千粒重和单穗粒重呈超显性遗传, 均表现出正向杂种优势。

关键词: 玉米; 种质; 穗部性状; 杂种优势

中图分类号: S513.033

文献标识码: A

Utilization of Excellent Germplasm from American in Maize Breeding

WANG Guo-hong^{1,2}, SHI Qing-zhuo², WANG Yan-bo², LIN Feng¹

(1. Biological Science and Technology College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866;

2. Maize Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: Used 10 F₁ hybrids and 18 parental inbred lines as the experimental materials, the improved effects and heterosis of grain rate, 1 000-grain weight and yield per ear in maize were studied. The results showed that 1 000-grain weight and grain weight per ear of the improved lines by introducing PH6WC were significantly better than that of unimproved lines, and the increasing range was from 2.6% to 12.3%, from 4.4% to 9.5% respectively. The rate of grain and grain weight per ear of the improved lines by introducing PH4CV were significantly better than that of unimproved lines, and the increasing range was very high from -0.3% to 12.0%, from 16.8% to 34.8% respectively. The yield of new combination PH6WC×Liao3250, Liao3358×PH4CV and PH6WC×Liao3258 was 12 731.5 kg/ha, 12 485.5 kg/ha and 12 396.3 kg/ha, which was higher significantly than Zhengdan958 respectively. Rate of grain weight of all F₁ hybrids represented mid-parent heredity, 1 000-grain weight and grain weight per ear of all F₁ hybrids represented over dominance heredity.

Key words: Maize; Germplasm; Ear trait; Heterosis

美国是玉米生产大国, 玉米育种处于引领地位, 拥有丰富的种质资源。利用和创新美国种质是拓宽我国种质资源、提高育种效率的重要途径^[1]。研究表明, 美国外来种质的利用率每提高一个百分点, 全

国玉米年平均产量增加 10 kg/hm²^[2]。美国先锋公司育成的先玉 335 杂交种以其高产、稳产、适应性广、子粒含水量高等独特优点, 在我国应用面积较大, 多个玉米区域试验中用作对照品种。对我国部分骨干系导入先玉 335 亲本所选育的自交系及其杂交种主要产量性状和杂种优势进行评价, 为美国优异种质在玉米育种的利用提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 供试材料

根据 2011 年改良自交系及其组配的新组合产

收稿日期: 2014-02-20

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD35B00)、国家“863”计划(2011AA10A103-5)

作者简介: 王国宏(1978-), 男, 副研究员, 主要从事玉米遗传育种及种质创新工作。E-mail: wangghwanglh@163.com

王延波和林 凤为本文通讯作者。

量比较试验和田间鉴定结果,选择改良自交系及双亲共计 18 个品系、与先玉 335 产量相当的 8 个新组合和 2 个对照品种为试验材料(表 1)。

表 1 试验材料系谱信息
Table 1 Experimental data and pedigree

未改良系名称 Name of unimproved line	改良系名称 Name of improved line	来源 Inbred pedigree	新组合 New combination
铁 7922	辽 3379	铁 7922×PH6WC	辽 3379×PH4CV
C8605-2	辽 3386	C8605-2×PH6WC	辽 3386×PH4CV
沈 137	辽 3313	沈 137×PH6WC	辽 3313×PH4CV
郑 58	辽 3358	郑 58×PH6WC	辽 3358×PH4CV
丹 598	辽 3258	丹 598×PH4CV	PH6WC×辽 3258
辽 5011	辽 3250	辽 5011×PH4CV	PH6WC×辽 3250
辽 6029	辽 3260	辽 6029×PH4CV	PH6WC×辽 3260
昌 7-2	辽 3272	昌 7-2×PH4CV	PH6WC×辽 3272

1.2 试验设计

试验于 2012 年在辽宁省农业科学院试验地进行。试验分两组,一组为自交系,对比法设计,改良自交系和未改良自交系为一对,株距 28 cm,2 行区;另一组为杂交组合,株距 28 cm,4 行区,随机区组设计,均为 3 次重复,行长 5 m,行距 60 cm。

1.3 试验方法

1.3.1 调查项目

在小区每行中间连续取样 10 株风干后考种,测子粒含水量、单穗粒重、千粒重和产量(均换算成标准水分 14%)。

1.3.2 自交系分析方法

以改良自交系和未改良自交系的性状观测值作为一对数据,按成对资料统计方法分析^[3]。改良自交系的调查性状分别与其相邻对照(未改良系)比较,计算他们之间差值,*t* 测验。计算调查性状对照优势,对照优势(p)=(改良自交系性状值-相邻对照性状值)/相邻对照性状值×100%。

1.3.3 杂种优势计算^[4,5]

相对中亲优势(Relative Mid-parent heterosis, RMPH):

$$RMPH=[F_1-(P_1+P_2)/2]/[(P_1+P_2)/2]\times 100;$$

相对高亲优势(Relative Better-parent heterosis, RBPH):

$$RBPH=(F_1-P_{max})/P_{max}\times 100;$$

相对优势指数(hp)按 Power 公式计算^[6]:

$$hp=[F_1-(P_1+P_2)/2]/[(P_{max}-P_{min})/2]。$$

式中,*F*₁表示杂交组合性状平均值;*P*₁、*P*₂表示双亲值;*P*_{max}表示高亲值;*P*_{min}表示低亲值。另外,当-0.95≤hp≤0.95 时为近中亲遗传;-1.05≤hp<-0.5

为近低亲遗传;0.95<hp≤1.05 为近高亲遗传;hp>1.05 为正向杂种优势;hp<-1.05 为负向杂种优势。

1.3.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 2003 和 DPS6.50 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 改良自交系间差异评价

2.1.1 导入 PH6WC 的改良自交系间产量性状差异评价

从表 2 可以看出,导入自交系 PH6WC 能够使郑 58、沈 137、C8605-2 和铁 7922 的千粒重增加,改良系辽 3379、辽 3313 的千粒重分别为 319.7 g 和 331.6 g,比相应未改良系铁 7922、沈 137 增加了 12.3%和 4.1%,达极显著水平;改良系辽 3386 的千粒重为 338.9 g,与 C8605-2 相比增加了 7.0%,达显著水平。导入 PH6WC 改良系的单株产量都高于未改良系,其中改良系辽 3313 比沈 137 增加 9.5%,达极显著水平。导入 PH6WC 的改良系的出籽率与未改良系相比,除改良系辽 3379 降低外,其余的全部增加,但不显著。PH6WC 在改良千粒重和提高单穗粒重等性状方面效果明显。

2.1.2 导入 PH4CV 的改良自交系间产量性状差异评价

从表 3 可以看出,导入自交系 PH4CV 能够使辽 5011、辽 6029、丹 598 和昌 7-2 的单穗粒重明显增加,改良系辽 3250、辽 3272 和辽 3258 的单穗粒重分别为 133.6、118.0、129.3 g,比相应未改良系增加了 34.8%、21.4%和 16.8%,达极显著水平;改良系辽 3260 的单穗粒重比辽 6029 增加了 19.3%,达显著

水平。导入PH4CV改良系的千粒重与未改良系相比都有所提高,改良系辽3272比昌7-2增加了5.7%,达显著水平。导入PH4CV的改良系的出籽率与未改良系相比,除辽3272降低外,其余的全部增加,其中改良系辽3258与丹598相比提高了10.4%,

达极显著水平,改良系辽3250和辽3260分别比辽5011和辽6029增加了12.0%、9.4%,达显著水平。PH4CV在提高单穗粒重和出籽率等性状方面效果明显。

表2 导入PH6WC改良系主要产量性状与未改良系的比较
Table 2 Comparison of the yield characters between the improved lines induced PH6WC and unimproved lines

改良自交系 Improved line	千粒重(g) 1 000-grain weight			单穗粒重(g) Grain weight per ear			出籽率(%) Rate of grain weight		
	x	d	p(%)	x	d	p(%)	x	d	p
辽3358	355.1	8.9	2.6	125	10.0	8.0	81.2	1.2	1.0
辽3313	331.6	13.0**	4.1	123	10.7**	9.5	77.0	1.7	2.3
辽3386	338.9	21.4*	7.0	134	7.6	6.0	80.2	1.0	1.3
辽3379	319.7	34.9**	12.3	132	5.5	4.4	81.6	-0.5	-0.6

注:x为性状平均值;d为性状值与未改良系的差值;p为改良优势。*、**表示t测验在0.05、0.01水平下差异显著。下表同。
Note: x indicated the average value of trait; d, the difference between trait value and unimproved line; p, index exceeds advantage. * and ** indicated t test reached the levels of 5% and 1%, respectively. The same as the following tables.

表3 导入PH4CV改良系主要产量性状与未改良系的比较
Table 3 Comparison of the yield characters between the improved lines induced PH4CV and unimproved lines

改良自交系 Improved line	千粒重(g) 1 000-grain weight			单穗粒重(g) Grain weight per ear			出籽率(%) Rate of grain weight		
	x	d	p(%)	x	d	p(%)	x	d	p
辽3250	283.4	9.5	3.5	133.6	34.5**	34.8	83.3	8.9*	12.0
辽3260	295.4	5.3	1.8	132.5	21.4*	19.3	84.0	7.2*	9.4
辽3258	286.8	16.1	5.9	129.3	18.6**	16.8	84.0	7.9**	10.4
辽3272	273.1	14.8*	5.7	118.0	20.8**	21.4	87.8	-0.3	-0.3

2.2 新组合间产量性状差异评价及杂种优势分析

对10个组合产量进行方差分析(表4),组合间产量的差异达显著水平。

2.2.1 新组合间产量及其差异显著性分析

表4 各组合产量方差分析
Table 4 Variance analysis of the combination yield

变异来源 Source of variance	平方和 SS	自由度 DF	均方 MS	F值 F-value	P值 P-value
组合	76.835 7	9	8.537 3	8.673	0.009 1
误差	17.719 0	18	0.984 4		
总变异	98.432 3	29			

由表5可知,参试组合平均产量变幅在10 166.7~12 731.5 kg/hm²,不同组合间产量差异达显著或极显著水平,说明参试不同组合间存真实差异。对照先玉335(CK1)平均产量12 085.2 kg/hm²,居第4位;对照郑单958(CK2)平均产量11 342.6 kg/hm²,居第6位。新组合PH6WC×辽3250、辽3358×PH4CV和

PH6WC×辽3258产量分别为12 731.5、12 481.5和12 396.3 kg/hm²,比先玉335增产2.6%以上,未达显著水平;均比郑单958增产9.3%以上,产量差异达显著水平。导入先玉335亲本改良系在产量方面有较强的杂种优势,3个高产组合有进一步利用的潜力。

表5 各组合产量及其与对照比较
Table 5 Combinations yield and comparison with CK respectively

组 合 Combination	产 量(kg/hm ²) Yield	与先玉 335 相比(%) Compared with Xianyu335	与郑单 958 相比(%) Compared with Zhengdan958	差异显著性 Significance	
				5%	1%
PH6WC×辽 3250	12 731.5	5.3	12.2	a	A
辽 3358×PH4CV	12 481.5	3.3	10.0	a	AB
PH6WC×辽 3258	12 396.3	2.6	9.3	a	AB
先玉 335	12 085.2		6.5	ab	AB
PH6WC×辽 3260	11 927.8	-1.3	5.2	ab	AB
郑单 958	11 342.6	-6.1		b	ABC
辽 3379×PH4CV	11 272.2	-6.7	-0.6	b	BC
辽 3283×PH4CV	11 096.3	-8.2	-2.2	bc	BC
辽 3313×PH4CV	10 222.2	-15.4	-9.9	c	C
PH6WC×辽 3272	10 166.7	-15.9	-10.36	c	C

2.2.2 玉米主要产量性状杂种优势分析

杂种优势分析结果表明(表 6), 杂交组合的出籽率、千粒重和单穗粒重的中亲优势均为正值, 即 10 个杂种后代的上述性状均大于双亲平均值。相对中亲优势单穗粒重的变异幅度最大(34.7% ~ 69.9%), 千粒重的变异幅度次之(17.8% ~ 42.1%), 出籽率的变异幅度最小(0.6% ~ 8.0%)。平均相对高亲优势表现为单穗粒重(45.7%)>千粒重(17.0%)>出籽率(0.1%), 说明单穗粒重和千粒重表现出更大杂种优势。

表6 杂交组合主要产量性状杂种优势分析
Table 6 Heterosis analysis of the main yield characters of cross combinations

性 状 Trait	参 数 Parameter	杂交组合 Combination	双亲均值 Mean of parents	中亲优势(%) RMPH	高亲值 Value of better-parent	高亲优势(%) RBPB
出籽率(%)	平均值	85.8	83.0	3.4	85.8	0.1
	最大值	88.7	84.2	8.0	88.1	6.1
	最小值	81.1	81.6	0.6	83.3	-5.6
千粒重(g)	平均值	397.1	308.4	28.7	339.1	17.0
	最大值	443.0	317.7	42.1	355.1	30.3
	最小值	358.0	297.9	17.8	319.7	6.5
单穗粒重(g)	平均值	192.9	128.7	50.0	132.4	45.7
	最大值	212.2	133.6	69.9	135.4	58.8
	最小值	169.4	111.3	34.7	125.4	26.8

表7 不同组合主要产量性状的相对优势指数
Table 7 Index of relative heterosis of the main yield characters of combinations

杂交组合 Hybrid combination	出籽率 Rate of grain weight		千粒重 1000-grain weight		单穗粒重 Grain weight per plant	
	x	hp	x	hp	x	hp
先玉 335	87.3	1.42	407	3.09	201.4	32.5
PH6WC×辽 3250	88.4	4.52	443	4.64	212.2	-
PH6WC×辽 3258	81.1	0.50	423	4.12	206.6	35.0
PH6WC×辽 3260	86.5	2.39	412	4.23	198.8	119.5
PH6WC×辽 3272	87.5	0.92	362	1.66	169.4	5.6
辽 3283×PH4CV	86.1	1.00	369	1.96	184.9	22.2
辽 3313×PH4CV	81.3	0.05	358	1.95	170.4	13.6
辽 3358×PH4CV	88.7	2.06	438	3.10	208.0	24.8
辽 3379×PH4CV	84.5	0.29	358	2.75	187.9	49.9
郑单 958	86.8	0.67	401	2.28	189.0	5.5

表7结果表明,10个杂交组合出籽率、千粒重和单穗粒重的相对优势指数均为正值($hp>0$),即杂种后代上述性状的平均值均大于相应的双亲平均值。组合辽3313×PH4CV、辽3379×PH4CV、PH6WC×辽3258、郑单958和PH6WC×辽3272出籽率的相对优势指数为0.05、0.29、0.50、0.67和0.92,表现出近中亲遗传($-0.95\leq hp\leq 0.95$),其他组合均表现出正向杂种优势($hp>1.05$)。PH6WC×辽3250单穗粒重的亲本平均值相等,故无法计算 hp ,但是杂种后代均值也超过了两亲本值,其他组合的千粒重和单穗粒重表现正向杂种优势($hp>1.05$)。玉米 F_1 代的出籽率表现出近中亲遗传,千粒重和单穗粒重均呈超显性遗传的特性,表现出正向杂种优势。

3 结论与讨论

众多研究结果表明,美国优异种质是改良、扩增我国玉米种质及发掘新杂种优势模式的重要资源。我国育种者直接利用美国杂交种或导入本土种质已育成铁7922、沈137、郑58、辽3162等一批优良自交系用于生产。本文针对导入PH6WC和PH4CV所得到的8个改良系进行改良效果和杂种优势测定,结果表明,PH6WC在改良千粒重和提高单穗粒重等性状方面效果明显,改良系与未改良相比千粒重和单穗粒重的增幅为2.6%~12.3%、4.4%~9.5%;PH4CV在提高单穗粒重和出籽率等性状方面效果明显,除辽3372的出籽率比昌7-2降低外,其余改良系与未改良相比均增加,增幅为0~12.0%,单穗粒重的增幅高达16.8%~34.8%;仅从产量的差异来看,明显高于对照先玉335和郑单958,可进一步研究利用的组合为PH6WC×辽3250、辽3358×PH4CV和PH6WC×辽3258。

相对中亲优势和相对优势指数是杂种优势的一

种反映形式。本研究中就相对中亲优势和相对优势指数而言,出籽率较小,表现为近中亲遗传;千粒重和单穗粒重较大,表现为超显性遗传的特点,均表现出正向杂种优势。因此,玉米出籽率选择过程中,应特别注意对父、母本自身出籽率的选择;千粒重和单穗粒重的选择过程中,注重父、母本选择,同时兼顾杂种优势利用。

参考文献:

- [1] 王延波,张喜华,刘志新. 玉米优异抗源的引进与创新利用研究[J]. 玉米科学, 2011, 19(3): 39-42.
Wang Y B, Zhang X H, Liu Z X. Research on introduction and utilization of maize excellent resistant sources[J]. Journal of Maize Sciences, 2011, 19(3): 39-42. (in Chinese)
- [2] 李海明,胡瑞法,张世煌. 外来种质对中国玉米生产的遗传贡献[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2189-2197.
Li H M, Hu R F, Zhang S H. The impacts of US and CGIAR's germplasm on maize production in China[J]. Scientia Agriculture Sinica, 2005, 38(11): 2189-2197. (in Chinese)
- [3] 苏俊,李春霞,等. 热带、亚热带玉米种质在北方早熟春玉米育种中的利用研究[J]. 玉米科学, 2010, 18(4): 1-6, 12.
Su J, Li C X, et al. Study on utilization of tropic and sub-tropic maize germplasm in northern early-mature spring maize breeding[J]. Journal of Maize Sciences, 2010, 18(4): 1-6, 12. (in Chinese)
- [4] Gowda M, Kling C, Wling Cn T, et al. Hybrid breeding in durum wheat: heterosis and combining ability[J]. Crop Science, 2010, 50: 2224-2230.
- [5] Lawati A H A, Pierce C A, Murray L W, et al. Combining ability and heterosis for forage yield among elite alfalfa core collection accessions with different fall dormancy responses[J]. Crop Science, 2010, 50: 150-158.
- [6] 孙振,莫乔程,程备久,等. 玉米雄穗分枝数性状遗传、杂种优势与亲子相关分析[J]. 作物杂志, 2012(2): 31-35.
Sun Z, Mo Q C, Cheng B J, et al. Analysis of inheritance, heterosis and parent-off spring correlation of tassel branch number in maize[J]. Crops, 2012(2): 31-35. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)