

卫晓轶, 史大坤, 魏 锋, 等. 新单系列玉米品种抗倒相关性状的杂种优势分析[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(8): 67-73.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.08.009

新单系列玉米品种抗倒相关性状的杂种优势分析

卫晓轶, 史大坤, 魏 锋, 马俊峰, 马 毅, 洪德峰, 王稼苜, 郑秋道, 刘经纬, 李方杰

(河南省新乡市农业科学院, 河南新乡 453002)

摘要:为了更好地利用杂种优势, 以及选育出抗倒性强的玉米杂交种, 以新乡市农业科学院选育出的新单系列玉米杂交种为试验材料, 以目前黄淮海夏播区推广面积仍较大且抗倒性较为突出的郑单 958 和先玉 335 为对照, 利用茎秆强度测定仪测定植株的折断节位、折断高度、压碎强度、推倒强度及第 4 节的茎秆强度。调查抽雄期、吐丝期和散粉期, 测量株高、穗位高、基部第 3、4、5 节间长度和茎粗、总叶片数、穗上叶片数、雄穗分枝数和雄穗主轴长度、穗位叶叶长和叶宽, 计算 F_1 各性状的 F_1 杂种优势指数、相对杂种优势、中亲优势和超亲优势。结果表明, 逆境条件下, 新单 61、新单 65、新单 58 和新单 68 仍均具有较强的抗倒性。第 3~5 节节间长度、株高、穗位高、雄穗分枝数、穗位叶叶长的中亲优势和超亲优势相对较高, 说明其杂种优势相对较大。不同品种间的抗倒性性状存在较大差异, 新单 61 压碎强度和推倒强度的杂种优势相对较高, 新单 68 茎秆强度的杂种优势相对较高, 说明新美 09 和新 01A3、新美 026 和新 69 之间的抗倒性性状具有较强的杂种优势。

关键词:玉米; 抗倒性; 杂交种; 中亲优势; 超亲优势

中图分类号: S513.03 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2023)08-0067-07

玉米是我国最重要的粮食作物之一, 在我国的国民经济发展中起着至关重要的作用。在三大谷物中, 玉米分布广、产量高, 是重要的粮、经、饲兼用作物^[1]。然而, 黄淮海地区的异常灾害天气, 极易对玉米造成大面积倒伏^[2]。研究表明, 茎折造成玉米减产 5%~20%, 倒伏会导致玉米光合效率降低, 干物质积累减少, 严重时出现植株死亡, 造成绝产^[3-5]。另外, 倒伏还严重影响玉米的机械化收获。倒伏已成为制约玉米产量的重要因素, 提高玉米茎秆的抗倒伏能力对玉米的生产具有重要的意义。因此, 玉米的抗倒性指标成为评价玉米品种特性的重要指标之一^[6-8]。研究表明, 玉米茎秆穿刺强度与茎秆抗倒伏和抗倒折能力高度相关, 可以作为玉米抗倒伏品种筛选的农艺性状指标和品种抗倒性的评价指标^[9-11]。茎秆穿刺强度检测的关键部位是基部第 3~6 节, 茎秆基部第 3 节、第 4 节的穿刺强度和折断力度均存在显著差异^[12-13]。

本研究利用 5 个新单系列玉米杂交种及双亲为材料, 通过对生育期、农艺性状、抗倒伏能力等相关性状的杂种优势进行分析, 探讨玉米杂交种 F_1 的抗倒性与双亲的必然联系, 研究了双亲对玉米杂交种抗倒性的影响, 为更好地利用杂种优势以及选育出抗倒性强的玉米杂交种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为新美 09、新 01A3、新美 026、新 69、新 4095、新 XF806、郑 58、昌 7-2、PH6WC、PH4CV 共 10 个玉米自交系, 及新单 61 (新美 09 × 新 01A3)、新单 68 (新美 026 × 新 69)、新单 65 (新美 026 × 新 4095)、新单 58 (新美 09 × 新 4095)、新单 88 (新 XF806 × 新 69)、郑单 958 (郑 58 × 昌 7-2)、先玉 335 (PH6WC × PH4CV) 共 7 个玉米杂交种。其中, 自交系新美 09、新 01A3、新美 026、新 69、新 4095、新 XF806 和杂交种新单 61、新单 68、新单 65、新单 58、新单 88 均由河南省新乡市农业科学院选育。郑单 958 和先玉 335 作对照, 两者均为国内生产上大面积推广应用的杂交种。品种的具体审定情况见表 1。

1.2 试验设计

供试材料于 2021 年 6 月 17 日种植在河南省新

收稿日期: 2022-05-30

基金项目: 河南省科技攻关项目 (编号: 212102110277); 国家现代农业产业技术体系资助项目 (编号: CARS-02-68)。

作者简介: 卫晓轶 (1984—), 女, 河南宜阳人, 博士, 副研究员, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: xiaoyi_919@126.com。

通信作者: 魏 锋, 硕士, 副研究员, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: xsnkyms@126.com。

表 1 供试品种的审定情况

品种	组合名称	组别 (株/hm ²)	审定年份	审定编号
新单 61	新美 09 × 新 01A3	75 000 普通组	2018	国审玉 20180120、豫审玉 20180040
新单 68	新美 026 × 新 69	75 000 机收组	2017、2018	国审玉 20180297、豫审玉 2017023
新单 65	新美 026 × 新 4095	75 000 机收组	2019	国审玉 20190003
新单 58	新美 09 × 新 4095	75 000 机收组	2019	国审玉 20190238
新单 88	新 XF806 × 新 69	75 000 机收组	2021	国审玉 20210064
郑单 958	郑 58 × 昌 7-2	67 500 普通组	2000	国审玉 20000009
先玉 335	PH6WC × PH4CV	67 500 普通组	2004	国审玉 2004017

乡市农业科学院辉县试验基地,6月21日出苗,10月10日收获。采用随机区组试验设计,3次重复。种植密度为 67 500 株/hm²,行距 0.6 m,4 行区,行长 4 m,管理同常规大田生产。

1.3 调查项目和计算方法

调查每个小区的生育期,包括抽雄期、吐丝期和散粉期。在授粉后 10 d,每个小区选取有代表性的植株 10 株,使用浙江托普云农科技股份有限公司的 YYD-1 型茎秆强度测定仪,测定植株的抗倒伏能力。包括折断节位、折断高度、压碎强度、推倒强度及第 4 节的茎秆强度。参照伍舒悦等的测定方法^[14]进行。

压碎强度:使用面积为 1 cm² 的探测头。截取基部第 3 至第 5 茎节,脱去叶鞘,架于支架上,将探测头于茎节中部缓慢压下,压力方向与茎节扁平面呈 90°角,读取茎节压碎时的读数,3 次重复求平均值。

推倒强度:使用弯曲测头,于果穗着生节处垂直于茎秆缓慢推至茎秆与地面呈 45°角时,读取此时读数,3 次重复求平均值。

在授粉后第 10 天,每个小区选具有代表性的玉米植株 10 株,测量株高、穗位高、基部第 3、4、5 节间长度和茎粗、总叶片数、穗上叶片数、雄穗分枝数和雄穗主轴长度、穗位叶叶长和叶宽^[15]。

计算 F₁ 各性状的 F₁ 杂种优势指数、相对杂种

优势、中亲优势和超亲优势,参照钟源等的计算公式^[16-17]。

$$F_1 \text{ 杂种优势指数} = F_1/P \times 100\%; \quad (1)$$

$$\text{相对杂种优势} = (F_1 - P)/F_1 \times 100\%; \quad (2)$$

$$\text{中亲优势} = (F_1 - P)/P \times 100\%; \quad (3)$$

$$\text{超亲优势} = (F_1 - P_{\text{高}})/P_{\text{高}} \times 100\%。 \quad (4)$$

式中: P 为中亲值,即 $P = (P_1 + P_2)/2$, $P_{\text{高}}$ 为高亲值。

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行分析和分析。

2 结果与分析

2.1 玉米全生育期的气候影响

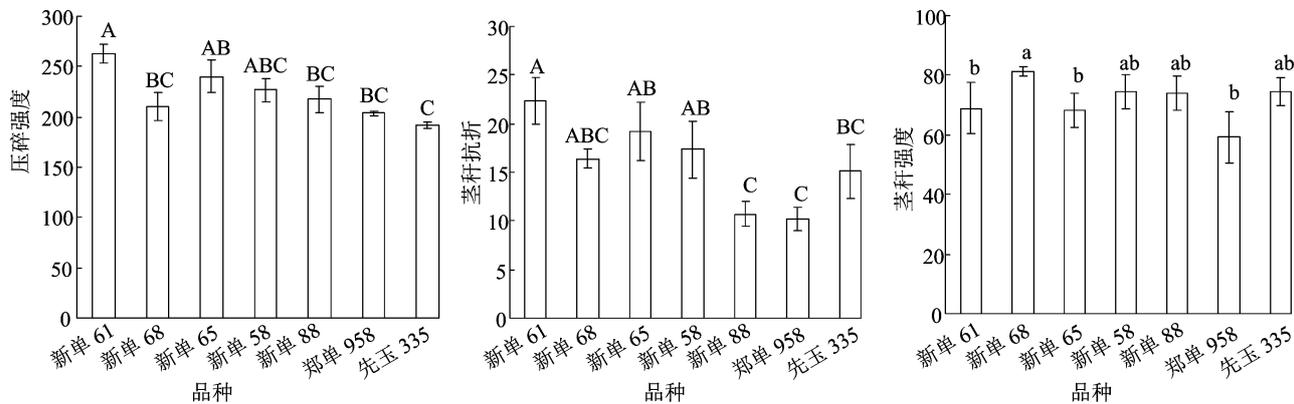
2021 年的气象资料见表 2。从表 2 可以看出,6 月和 8 月的日照时数少于历年平均值,分别比历年日照时数少 29.0、16.2 h,说明玉米在苗期和开花期、灌浆期遭受一定程度的阴雨寡照天气,光合效率降低,导致干物质积累受到一定程度影响。7 月和 9 月的降雨量远超出历年平均值,降雨量分别比历年增加 402.4、244.3 mm,大喇叭口期和灌浆期的涝害也很大程度地增加了倒伏发生的风险。

2.2 不同品种间的抗倒性比较

对不同品种间的抗倒性相关性状进行比较,结果见图 1。从图 1 可以看出,不同品种间的压碎强度、茎秆抗折、茎秆强度均存在显著或极显著差异。

表 2 2021 年 6—9 月气象资料

月份	平均气温(°C)			降雨量(mm)			日照时数(h)		
	当年	历年	相差	当年	历年	相差	当年	历年	相差
6 月	27.8	26	1.8	32.9	64	31.1	183.7	212.7	-29
7 月	27.7	27.1	0.6	584.7	182.3	402.4	173.2	169.6	3.6
8 月	25.8	25.9	-0.1	144.6	129.7	14.9	161	177.2	-16.2
9 月	22.7	21.3	1.4	301.9	57.6	244.3	160	165.1	-5.1
合计	26	25.1	0.9	1064.1	433.6	630.5	677.9	724.6	-46.7



图中的大、小写字母分别表示差异达极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$)水平

图1 不同品种间的抗倒性分析

新单 61 的压碎强度(262.7)高于对照郑单 958、先玉 335 及其他新单系列品种。新单 65 的压碎强度(240.3)高于先玉 335,差异达极显著水平。新单 61、新单 65、新单 58 的茎秆抗折能力高于对照郑单 958,分别比对照高 119.4%、88.8%、70.7%,且差异达极显著水平。新单 68 的茎秆强度高于对照郑单 958,比对照高 37.3%,差异达显著水平。说明新单 61 和新单 65 具有较高的压碎强度和茎秆抗折能力,新单 58 具有较强的茎秆抗折能力,新单 68 具有较高的茎秆强度。新单 61、新单 65、新单 58 和新单 68 均具有较强的抗倒性。

2.3 杂交种与双亲各个性状的方差分析

通过对 F_1 与双亲的生育期、抗倒伏能力、农艺性状等相关性状进行方差分析,结果见表 3。从表 3 中可以看出,所有杂交种与双亲的抽雄期、吐丝期和散粉期之间差异均达极显著水平。新单 68 和新单 88 的折断高度与双亲之间差异达极显著水平,新单 65 的折断节位和折断高度与双亲之间差异达显著水平。除此之外,所有杂交种与双亲的折断节位、折断高度、压碎强度和推倒强度之间差异均不显著。除总叶片数外,多数杂交种与双亲的第 3、4、5 节间长度和粗度、株高、穗位高、穗上叶片数、雄穗分枝数、雄穗主轴长度、穗位叶叶长和叶宽之间差异均达显著或极显著水平。

2.4 生育期相关性状的杂种优势分析

生育期相关性状的杂种优势分析(表 4)表明,杂交种抽雄期、吐丝期和散粉期的 F_1 杂种优势指数介于 84.6%~91.8%,变异系数为 1.08%~3.00%;相对杂种优势介于 -18.2%~-8.9%,变异系数为 10.33%~24.14%;中亲优势介于 -15.4%~-8.2%,变异系数为 9.17%~

21.26%;超亲优势介于 -18.8%~-8.8%,变异系数为 15.72%~19.93%,说明抽雄期、吐丝期和散粉期 3 个生育期性状的杂种优势较小,且均为负向杂种优势,说明 F_1 生育期相关性状的杂种优势均不明显,不同品种间 3 个生育期性状的杂种优势差异也相对较小。

2.5 抗倒相关性状的杂种优势分析

表 5 为抗倒相关性状的杂种优势分析结果。从表中可以看出,各品种折断节位、折断高度、压碎强度、推倒强度、茎秆强度、第 3、4、5 节节间长度和粗度的 F_1 杂种优势指数介于 86.4%~440.5%,变异系数为 4.01%~44.29%;相对杂种优势介于 -15.7%~77.3%,变异系数为 11.58%~99.92%;中亲优势介于 -13.6%~340.5%,变异系数为 22.89%~114.00%;超亲优势介于 -26.7%~120.2%,变异系数为 24.29%~256.35%。折断节位、折断高度、压碎强度、推倒强度、茎秆强度中亲优势和超亲优势的变异系数偏高,说明不同品种间的抗倒性存在较大差异。第 3~5 节节间长度和粗度中亲优势的变异系数均较低,说明不同品种间第 3~5 节节间长度和粗度的杂种优势差异不明显。

各个品种第 3~5 节节间长度的中亲优势和超亲优势均相对较高,第 3~5 节节间粗度的中亲优势和超亲优势均相对较低,说明第 3~5 节节间长度的杂种优势相对较大。

不同品种间相比,新单 61 压碎强度和推倒强度的中亲优势和超亲优势相对较高,新单 68 茎秆强度的中亲优势和超亲优势相对较高,说明新美 09 和新 01A3、新美 026 和新 69 之间的抗倒性性状具有较强的杂种优势。

表 3 F₁ 与双亲各性状的方差分析

性状	F 值						
	新单 61	新单 68	新单 65	新单 58	新单 88	郑单 958	先玉 335
抽雄期	118.50 **	244.50 **	86.33 **	73.50 **	99.25 **	48.14 **	204.50 **
吐丝期	100.30 **	201.00 **	160.33 **	86.33 **	190.33 **	164.60 **	58.50 **
散粉期	96.33 **	147.00 **	70.33 **	114.00 **	100.75 **	108.33 **	85.75 **
折断节位	4.40	2.84	6.54 *	0.86	5.08	0.47	3.93
折断高度	2.99	18.92 **	8.67 *	0.77	17.38 **	3.73	3.25
压碎强度	2.30	2.33	3.37	1.79	5.08	2.82	2.53
推倒强度	2.13	3.92	0.21	0.22	2.28	0.29	0.45
茎秆强度(第 4 节)	0.03	3.96	0.48	0.35	3.11	1.43	0.99
第 3 节间长度	7.11 *	81.58 **	15.96 **	15.39 **	9.14 *	9.62 *	11.24 **
第 4 节间长度	28.45 **	43.15 **	68.88 **	244.80 **	32.21 **	16.06 **	22.72 **
第 5 节间长度	11.14 *	12.12 **	19.83 **	64.31 **	19.70 **	11.64 **	1.57
第 3 节间粗度	54.76 **	1.29	244.83 **	48.89 **	5.23 *	11.55 **	2.89
第 4 节间粗度	31.16 **	5.52 *	95.61 **	21.38 **	4.45	5.59 *	1.60
第 5 节间粗度	18.17 **	5.70 *	67.36 **	21.30 **	1.52	3.75	0.27
株高	67.10 **	90.62 **	830.26 **	59.39 **	105.06 **	226.46 **	58.81 **
穗位高	14.94 **	34.80 **	430.52 **	14.78 **	182.18 **	57.60 **	19.87 **
总叶片数	0.09	4.21	6.03 *	2.40	0.40	21.44 **	0.51
穗上叶片数	7.20 *	46.50 **	45.21 **	62.17 **	39.93 **	11.08 *	1.60
雄穗分枝数	40.85 **	62.65 **	27.49 **	22.29 **	6.61 *	22.89 **	8.40 *
雄穗主轴长度	1.32	18.85 **	7.33 *	9.09 *	3.36	1.59	13.43 **
穗位叶叶长	20.33 **	21.89 **	18.13 **	39.95 **	26.48 **	119.28 **	31.15 **
穗位叶叶宽	3.33	8.23 *	20.70 **	31.55 **	2.78	13.31 **	6.87 *

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著、极显著。

表 4 F₁ 生育期相关性状的杂种优势

杂种优势种类	性状	杂种优势(%)							变异系数(%)
		新单 61	新单 68	新单 65	新单 58	新单 88	郑单 958	先玉 335	
F ₁ 杂种优势指数	抽雄期	90.0	86.5	89.6	91.8	88.9	90.5	89.7	1.82
	吐丝期	89.5	85.5	86.6	89.9	85.9	84.6	91.5	3.00
	散粉期	89.4	88.1	90.8	90.6	88.7	89.5	89.2	1.08
相对杂种优势	抽雄期	-11.1	-15.7	-11.7	-8.9	-12.5	-10.5	-11.5	17.90
	吐丝期	-11.7	-16.9	-15.5	-11.2	-16.4	-18.2	-9.2	24.14
	散粉期	-11.9	-13.5	-10.1	-10.4	-12.8	-11.7	-12.2	10.33
中亲优势	抽雄期	-10.0	-13.5	-10.4	-8.2	-11.1	-9.5	-10.3	15.62
	吐丝期	-10.5	-14.5	-13.4	-10.1	-14.1	-15.4	-8.5	21.26
	散粉期	-10.6	-11.9	-9.2	-9.4	-11.3	-10.5	-10.8	9.17
超亲优势	抽雄期	-11.2	-15.7	-11.9	-8.8	-14.5	-13.2	-14.6	18.55
	吐丝期	-11.6	-16.0	-14.7	-10.6	-15.4	-18.8	-12.6	19.93
	散粉期	-10.6	-14.3	-9.5	-10.0	-13.7	-11.8	-12.7	15.72

2.6 农艺性状的杂种优势分析

从表 6 可以看出,各个品种株高、穗位高、总叶片数、穗上叶片数、雄穗分枝数、雄穗主轴长度、穗位叶叶长和叶宽的 F₁ 杂种优势指数介于 97.8% ~

226.3%, 变异系数为 2.46% ~ 24.10%; 相对杂种优势介于 -5.5% ~ 55.8% 之间, 变异系数为 9.10% ~ 128.22%; 中亲优势介于 -2.2% ~ 126.3% 之间, 变异系数为 12.27% ~ 132.41%; 超亲

表 5 F₁ 抗倒相关性状的杂种优势

杂种优势种类	性状	杂种优势(%)							变异系数 (%)
		新单 61	新单 68	新单 65	新单 58	新单 88	郑单 958	先玉 335	
F ₁ 杂种优势指数	折断节位	300.0	93.3	209.3	169.7	152.7	104.2	144.0	41.90
	折断高度	440.5	147.7	395.6	219.0	300.1	148.8	201.6	44.29
	压碎强度	118.7	86.4	95.7	90.5	97.4	101.1	91.3	10.91
	推倒强度	147.8	104.8	100.9	110.3	133.1	103.9	108.3	15.37
	茎秆强度(第 4 节)	102.8	136.4	113.6	104.5	129.1	106.4	114.3	11.15
	第 3 节间长度	151.2	216.3	163.6	147.1	200.6	186.9	146.2	16.31
	第 4 节间长度	185.7	233.6	193.0	203.6	201.1	178.9	165.7	11.12
	第 5 节间长度	153.0	169.6	133.2	161.3	142.8	146.9	123.5	10.78
	第 3 节间粗度	120.7	106.6	114.0	107.9	117.0	122.6	113.2	5.26
	第 4 节间粗度	121.2	107.6	116.8	111.4	117.7	115.6	111.7	4.01
相对杂种优势	第 5 节间粗度	113.6	100.8	103.7	103.1	111.7	113.0	104.3	5.01
	折断节位	66.7	-7.2	52.2	41.1	34.5	4.1	30.6	81.59
	折断高度	77.3	32.3	74.7	54.3	66.7	32.8	50.4	33.31
	压碎强度	15.8	-15.7	-4.5	-10.5	-2.7	1.1	-9.5	70.00
	推倒强度	32.3	4.6	0.9	9.3	24.9	3.8	7.6	99.92
	茎秆强度(第 4 节)	2.7	26.7	12.0	4.3	22.6	6.0	12.5	74.30
	第 3 节间长度	33.9	53.8	38.9	32.0	50.1	46.5	31.6	22.30
	第 4 节间长度	46.1	57.2	48.2	50.9	50.3	44.1	39.7	11.58
	第 5 节间长度	34.7	41.0	24.9	38.0	30.0	31.9	19.1	24.08
	第 3 节间粗度	17.2	6.2	12.3	7.4	14.6	18.4	11.6	36.85
中亲优势	第 4 节间粗度	17.5	7.1	14.4	10.2	15.0	13.5	10.5	27.92
	第 5 节间粗度	12.0	0.8	3.5	3.0	10.4	11.5	4.1	71.92
	折断节位	200.0	-6.7	109.3	69.7	52.7	4.2	44.0	103.89
	折断高度	340.5	47.7	295.6	119.0	200.1	48.8	101.6	71.17
	压碎强度	18.7	-13.6	-4.3	-9.5	-2.6	1.1	-8.7	75.39
	推倒强度	47.8	4.8	0.9	10.3	33.1	3.9	8.3	114.00
	茎秆强度(第 4 节)	2.8	36.4	13.6	4.5	29.1	6.4	14.3	84.03
	第 3 节间长度	51.2	116.3	63.6	47.1	100.6	86.9	46.2	38.61
	第 4 节间长度	85.7	133.6	93.0	103.6	101.1	78.9	65.7	22.89
	第 5 节间长度	53.0	69.6	33.2	61.3	42.8	46.9	23.5	33.64
超亲优势	第 3 节间粗度	20.7	6.6	14.0	7.9	17.0	22.6	13.2	41.38
	第 4 节间粗度	21.2	7.6	16.8	11.4	17.7	15.6	11.7	31.53
	第 5 节间粗度	13.6	0.8	3.7	3.1	11.7	13.0	4.3	74.94
	折断节位	106.3	-14.5	35.0	16.7	10.9	3.2	-10.0	194.87
	折断高度	120.2	38.7	97.8	9.5	83.8	26.8	0.8	86.20
	压碎强度	15.7	-26.7	-11.2	-14.6	-13.0	-9.7	-12.1	124.63
	推倒强度	43.6	-9.1	-5.0	2.8	23.4	-6.2	3.0	256.35
	茎秆强度(第 4 节)	1.1	28.7	9.1	-3.5	17.7	-9.8	7.9	178.01
	第 3 节间长度	38.7	94.5	62.3	34.4	77.3	77.2	36.7	39.82
	第 4 节间长度	77.6	101.4	66.8	77.2	99.8	56.0	56.7	24.29
超亲优势	第 5 节间长度	43.8	45.4	5.4	33.5	36.7	34.3	20.7	44.68
	第 3 节间粗度	11.3	4.3	-4.1	-6.4	13.3	16.5	9.8	137.67
	第 4 节间粗度	10.0	4.3	-1.2	-3.0	16.8	10.4	8.2	107.11
	第 5 节间粗度	0.7	-3.7	-9.3	-11.1	10.6	7.8	3.6	60.19

表 6 F₁ 农艺相关性状的杂种优势

杂种优势种类	性状	杂种优势(%)							变异系数 (%)
		新单 61	新单 68	新单 65	新单 58	新单 88	郑单 958	先玉 335	
F ₁ 杂种优势指数	株高	133.0	138.0	139.0	133.1	132.9	157.0	130.8	6.55
	穗位高	138.8	147.1	166.7	134.3	153.7	164.5	123.5	10.83
	总叶片数	100.7	99.0	99.8	97.8	100.4	105.6	99.8	2.46
	穗上叶片数	100.0	105.1	101.7	107.7	104.0	116.3	103.8	5.07
	雄穗分枝数	200.0	226.3	182.6	170.9	151.8	128.6	110.6	24.10
	雄穗主轴长度	111.1	106.2	107.2	123.0	94.8	102.8	116.5	8.52
	穗位叶叶长	127.5	137.7	131.5	133.2	132.3	139.2	130.6	3.05
	穗位叶叶宽	108.4	114.7	112.5	112.3	109.3	120.5	119.5	4.11
相对杂种优势	株高	24.8	27.5	28.0	24.8	24.8	36.3	23.5	16.12
	穗位高	28.0	32.0	40.0	25.6	34.9	39.2	19.0	24.31
	总叶片数	0.7	-1.0	-0.2	-2.3	0.4	5.3	-0.2	128.22
	穗上叶片数	0.0	4.9	1.7	7.1	3.9	14.0	3.7	90.22
	雄穗分枝数	50.0	55.8	45.2	41.5	34.1	22.2	9.6	44.07
	雄穗主轴长度	10.0	5.8	6.8	18.7	-5.5	2.8	14.2	104.25
	穗位叶叶长	21.6	27.4	24.0	24.9	24.4	28.1	23.4	9.10
	穗位叶叶宽	7.8	12.8	11.1	10.9	8.5	17.0	16.3	29.52
中亲优势	株高	33.0	38.0	39.0	33.1	32.9	57.0	30.8	23.93
	穗位高	38.8	47.1	66.7	34.3	53.7	64.5	23.5	33.91
	总叶片数	0.7	-1.0	-0.2	-2.2	0.4	5.6	-0.2	132.41
	穗上叶片数	0.0	5.1	1.7	7.7	4.0	16.3	3.8	96.95
	雄穗分枝数	100.0	126.3	82.6	70.9	51.8	28.6	10.6	59.94
	雄穗主轴长度	11.1	6.2	7.2	23.0	-5.2	2.8	16.5	104.51
	穗位叶叶长	27.5	37.7	31.5	33.2	32.3	39.2	30.6	12.27
	穗位叶叶宽	8.4	14.7	12.5	12.3	9.3	20.5	19.5	33.71
超亲优势	株高	23.2	23.4	29.6	17.1	22.8	56.3	26.2	45.41
	穗位高	35.1	31.8	51.9	24.2	35.3	47.5	11.7	39.97
	总叶片数	0.0	-3.0	-2.0	-3.2	-0.4	0.5	-1.3	108.41
	穗上叶片数	-6.3	-9.8	-12.6	-4.2	-10.0	15.5	-3.1	215.52
	雄穗分枝数	28.4	58.8	9.7	4.0	40.3	-9.0	-14.5	159.41
	雄穗主轴长度	8.7	-15.2	-3.7	16.7	-15.1	-1.0	7.9	62.67
	穗位叶叶长	16.3	29.8	29.1	31.8	29.1	32.7	25.2	20.11
	穗位叶叶宽	3.0	9.0	4.2	6.9	6.7	18.7	14.7	63.19

优势介于 -15.2% ~ 58.8% 之间, 变异系数为 20.11% ~ 215.52%。株高、穗位高、雄穗分枝数、穗位叶叶长的中亲优势和超亲优势相对较高, 说明其杂种优势相对较大。总叶片数、穗上叶片数和雄穗主轴长度的相对杂种优势、中亲优势和超亲优势较小, 且多为负值, 说明杂交种的总叶片数、穗上叶片数和雄穗主轴长度的杂种优势不明显。株高、穗位高、穗位叶叶长和叶宽的中亲优势和超亲优势的变异系数均较低, 说明不同品种间株高、穗位高、穗位叶叶长和叶宽的杂种优势差异不明显。

3 结论与讨论

有学者认为, 紧凑型、低穗位等特征为玉米抗倒的理想株型。玉米较高的穗位高, 会导致倒伏风险加大。穗位以下节间长度、穗上节间数、基部节间长度和茎粗、株高、穗位高等均与倒伏存在显著相关性^[18-22]。说明基部节间长度、茎粗、穗上叶片数、株高、穗位高等农艺性状均可作为评价玉米抗倒性的重要指标。本研究通过对不同品种及其双亲的生育期(抽雄期、吐丝期、散粉期)、农艺性状(第3~5节节间长度和茎粗、株高、穗位高、总叶片

数、穗上叶片数、雄穗分枝数、雄穗主轴长度、穗位叶叶长和叶宽)和抗倒伏性状(折断节位、折断高度、压碎强度、推倒强度、第4节茎秆强度)进行分析,很大程度也反映了品种的抗倒性,验证了上述农艺性状及抗倒性状均可作为评价玉米抗倒性的重要指标,同前人的研究结果一致^[18,20]。

研究表明,天气对玉米倒伏有很大影响,有学者认为,日降雨量是玉米倒伏胁迫发生的主要原因^[23],在大雨或者灌溉后,玉米根系遇大风容易发生根倒,且使玉米的穗粒数、百粒质量、产量均显著降低^[24-25]。本研究中,在玉米大喇叭口期和灌浆期,尤其在大喇叭口期,遭遇超强降雨,使田间降雨量远远超于历年平均值,虽然及时进行了排涝,但仍造成了一定程度的涝害,也增加了倒伏发生的风险。对品种间抗倒性指标进行研究表明,新单61和新单65具有较高的压碎强度和茎秆抗折能力,新单58具有较强的茎秆抗折能力,新单68具有较高的茎秆强度,说明逆境条件下,新单61、新单65、新单58和新单68仍均具有较强的抗倒性。

通过对杂交种与双亲间的生育期、农艺性状、抗倒伏性状的杂种优势进行分析显示,杂交种生育期相关性状的杂种优势均不明显。各个品种第3~5节节间长度的杂种优势相对较大。株高、穗位高、雄穗分枝数、穗位叶叶长的中亲优势和超亲优势相对较高,说明其杂种优势相对较大。杂交种的总叶片数、穗上叶片数和雄穗主轴长度的杂种优势不明显,且多表现为负向杂种优势。

对不同品种间的杂种优势进行比较可知,不同品种间的3个生育期性状的杂种优势差异相对较小。不同品种间第3~5节节间长度和粗度、株高、穗位高、穗位叶叶长和叶宽的杂种优势差异均不明显。不同品种间的抗倒性性状(折断节位、折断高度、压碎强度、推倒强度、茎秆强度)存在较大差异。新单61压碎强度和推倒强度的中亲优势和超亲优势相对较高,新单68茎秆强度的中亲优势和超亲优势相对较高,说明新美09和新01A3、新美026和新69之间的抗倒性性状具有较强的杂种优势。

参考文献:

[1] 李少昆,赵久然,董树亭,等. 中国玉米栽培研究进展与展望[J]. 中国农业科学,2017,50(11):1941-1959.
 [2] 李中建,许洛,郑书海,等. 10个宜机收夏玉米品种茎秆抗倒特性比较[J]. 河北农业科学,2019,23(5):28-32.
 [3] 曾鹏飞. 玉米抗倒伏的研究概况及发展趋势[J]. 北京农业,

2014(9):71-73.

[4] Flint-Garcia S A, Darrah L L, McMullen M D, et al. Phenotypic versus marker-assisted selection for stalk strength and second-generation European corn borer resistance in maize[J]. Theoretical and Applied Genetics,2003,107(7):1331-1336.
 [5] 薛军,李璐璐,谢瑞芝,等. 倒伏对玉米机械粒收田间损失和收获效率的影响[J]. 作物学报,2018,44(12):1774-1781.
 [6] 潘志远. 不同株高玉米植株性状和抗倒伏特性及杂种优势研究[D]. 石河子:石河子大学,2021:2-4.
 [7] 李少昆. 我国玉米机械粒收质量影响因素及粒收技术的发展方向[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2017,35(3):265-272.
 [8] Yang L, Cui T, Qu Z, et al. Development and application of mechanized maize harvesters[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering,2016,9(3):15-28.
 [9] 马延华,孙德全,李绥艳,等. 玉米茎皮抗穿刺强度与形态性状和化学成分含量间的相关分析[J]. 黑龙江农业科学,2012(4):1-4.
 [10] 丰光,刘志芳,李妍妍,等. 玉米茎秆耐穿刺强度的倒伏遗传研究[J]. 作物学报,2009,35(11):2133-2138.
 [11] 刘卫星,王晨阳,王强,等. 不同玉米品种茎秆抗倒特性及其与产量的关系[J]. 河南农业科学,2015,44(7):17-21.
 [12] 勾玲,黄建军,孙锐,等. 玉米不同耐密植品种茎秆穿刺强度的变化特征[J]. 农业工程学报,2010,26(11):156-162.
 [13] 勾玲,赵明,黄建军,等. 玉米茎秆弯曲性能与抗倒能力的研究[J]. 作物学报,2008,34(4):653-661.
 [14] 伍舒悦,李秋祝,李文莹,等. 播种密度与氮肥施用量对玉米茎秆抗倒能力的影响[J]. 玉米科学,2021,29(2):117-123,130.
 [15] 黄磊玉,吴广霞,王玉梅,等. 黄早四及衍生自交系株型性状研究[J]. 玉米科学,2011,19(1):27-30.
 [16] 钟源,赵小强,李文丽,等. 不同播深环境下玉米耐深播性状杂种优势及遗传效应解析[J]. 核农学报,2021,35(3):556-566.
 [17] 余学杰,文景茹,柯永培,等. 玉米苗期抗旱性杂种优势表现研究[J]. 玉米科学,2021,29(5):35-40.
 [18] 王元东,段民孝,邢锦丰,等. 玉米理想株型育种的研究进展与展望[J]. 玉米科学,2008,16(3):47-50.
 [19] Rim Byong Hwan. Study on the estimating method of resistance to the lodging of maize hybrids[J]. Acta of Academy of Agricultural Sciences,1992,12:142-198.
 [20] 丰光,刘志芳,吴宇锦,等. 玉米抗倒性与茎秆穿刺力和拉力关系的初步研究[J]. 玉米科学,2010,18(6):19-23.
 [21] 张冬梅,杨柯,姜春霞,等. 不同播期春玉米生理成熟后倒伏特征及其影响因素[J]. 中国生态农业学报,2021,29(4):725-737.
 [22] 李长红,许海涛,孙联合. 夏玉米形态指标、氮肥利用及抗倒特性对密度与氮肥耦合效应的响应[J]. 江苏农业科学,2022,50(11):63-70.
 [23] 杨扬,杨建宇,李绍明,等. 玉米倒伏胁迫影响因子的空间回归分析[J]. 农业工程学报,2011,27(6):244-249.
 [24] 张继余,刘妹,宋朝玉,等. 玉米倒伏的原因分析及预防措施[J]. 山东农业科学,2009,41(11):119-121.
 [25] 李树岩,马玮,彭记永,等. 大喇叭口及灌浆期倒伏对夏玉米产量损失的研究[J]. 中国农业科学,2015,48(19):3952-3964.