

# CIMMYT 热带玉米种质在北方短日照处理下的 7 个性状差异比较

李春雷<sup>1,2</sup>, 孙传波<sup>1</sup>, 孙志超<sup>1</sup>, 苏桂华<sup>1\*</sup>, 苏义臣<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院玉米研究所/玉米国家工程实验室(长春), 吉林 公主岭 136100; 2. 吉林农业科技学院, 吉林 吉林 132101)

**摘要:**本研究以 62 份 CIMMYT 热带玉米种质和 2 份温带玉米自交系为试验材料, 在幼苗 3~8 叶期, 温室内采用人工短日照处理的方法降低热带种质的光温敏感性。旨在探讨热带玉米种质在北方短日照处理下 7 个性状的差异, 为热带玉米种质的研究与利用奠定基础。结果表明: 62 份热带玉米种质表现光温敏感差异较大, 2 份温带玉米种质光温反应较为钝化。经过短日照处理, 株高、穗位、茎粗和雄穗分枝等 4 个性状的变幅、和、均值、极差、方差、标准差值均变小, 变异系数变大。7 个性状变异系数均大于 10%, 穗位、雄穗分枝、花期间隔变异系数大于 50%。与对照相比, 株高降低幅度为 0~44%, 穗位降低幅度为 0~92%, 茎粗减少幅度为 34%~135%, 雄穗分枝减少幅度为 11%~167%, 玉米大斑病发病等级为 1~9 级, 平均发病等级为 3.5, 整体抗病水平较高, 2 份温带材料感病级别分别为 7 级、9 级。经短日照处理, 叶片数减少幅度为 0~65%, 热带种质光温反应敏感, 经短日照处理, 花丝、花粉可育率提高了 19.4%。相关性分析表明对照组与遮光组叶片数与株高、茎粗、花期间隔均呈显著或极显著正相关。花期间隔与茎粗相关性较高。

**关键词:** 玉米; 光温敏感; 性状变化; CIMMYT 热带玉米种质

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)05-0001-08

## Traits Difference Comparison of Tropical Maize Germplasm from CIMMYT under Short Day Condition in Northern China

LI Chunlei<sup>1,2</sup>, SUN Chuanbo<sup>1</sup>, SUN Zhichao<sup>1</sup>, SU Guihua<sup>1\*</sup>, SU Yichen<sup>1\*</sup>

(1. *Maize Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences/National Engineering Laboratory for Maize, Gongzhuling 136100; 2. College of Agronomy, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin 132101, China*)

**Abstract:** 62 tropical CIMMYT maize germplasm and 2 temperate maize inbred lines were used as experimental materials for construct a foundation for the research and utilization of tropical germplasm in this study. The method of artificial short day was used to experimental materials in 3-8 leaf period. The results showed that 62 tropical germplasm showed a significant differences on photosensitive and temperature-sensitive while 2 temperate germplasm showed inactive in light temperature response. The variation, sum, mean, range, variance of plant height, ear height, stem diameter, task-branch and variation coefficients all increased. The traits variation coefficients of 7 traits were more than 10% and the variation coefficients of panicle position, tassel branch and flowering interval were more than 50%. Compared with the control group, plant height decreased 0-44%, ear height decreased 0-92%, stem diameter decreased 34%-135%, and task-branch decreased 11%-167%. The incidence level of maize big spot disease was 1-9, and the average incidence level was 3.5. The overall disease resistance level was relatively high. The level of northern leaf blight of two inbred lines was 7 and 9 after short day treatment, the number of leaves decreased by 0-65%. The tropical germplasm was sensitive to light and temperature and the fertility rate of filaments and pollen increased by 19.4%. Correlation analysis showed that the number of leaves in the control group and the shading group were significantly positively correlated with plant height, stem diameter and flowering interval. The correlation

收稿日期: 2019-12-04

基金项目: 吉林省科学技术厅项目(172392GG010035672)

作者简介: 李春雷(1986-), 男, 助理研究员, 博士, 主要从事玉米遗传育种研究。

通讯作者: 苏桂华, 女, 副研究员, E-mail: suguihua2010@163.com

苏义臣, 男, 硕士, 研究员, E-mail: suliui1111@163.com



按照 1~9 级标准鉴定调查大斑病发病情况。

#### 1.2.4 田间调查

调查短日照处理及对照的株高、穗位、抽丝期、散粉期、雄穗分枝、茎粗、叶片数等性状,调查玉米大斑病的病害等级。

#### 1.3 统计分析

对株高等 7 个性状进行基本统计量分析。采用 Excel 2013 软件对株高等性状进行统计分析。采用 DPS 3.10 软件进行性状频次分布、相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本统计分析

#### 2.1.1 株高性状变化统计

经过短日照处理,62 份热带种质株高的变幅、和、均值、极差、标准差值均变小,方差和变异系数变大(表 2)。与对照相比,株高降低幅度为 0~44%。2 份温带玉米自交系 PH6WC 和 PH4CV 株高均有所降低,降低幅度分别为 5% 和 6%。将 62 份对照分为 9 组(表 3),株高组中值在 200 cm 时样本数最大(18 个),占总数比例的 29.0%。组中值在 120 cm 和 280 cm 时的样本数均较小,占总数比例的 1.6%。将短日照处理材料分为 9 组,株高组中值在 162.5 cm 时样本数最大(14 个),占总数比例的 22.6%。组中值在 210.8 cm 和 226.9 cm 时样本数较少,共占总数的 6.4%。

表 2 株高性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数(%)
短日照株高(cm)	90~235	9 565.0	154.3	145.0	1 099.1	33.2	21.5
CK 株高(cm)	110~290	12 048.0	194.3	180.0	1 190.9	34.5	17.8

表 3 株高性状频次分布

处理组中值	样本数	比例(%)	累计次数	累计比例(%)	对照组中值	样本数	比例(%)	累计次数	累计比例(%)
98.1	5	8.1	5	8.1	120.0	1	1.6	1	1.6
114.2	8	12.9	13	21.0	140.0	4	6.5	5	8.1
130.3	5	8.1	18	29.0	160.0	9	14.5	14	22.6
146.4	13	21.0	31	50.0	180.0	9	14.5	23	37.1
162.5	14	22.6	45	72.6	200.0	18	29.0	41	66.1
178.6	9	14.5	54	87.1	220.0	12	19.4	53	85.5
194.7	4	6.5	58	93.5	240.0	5	8.1	58	93.5
210.8	2	3.2	60	96.8	260.0	3	4.8	61	98.4
226.9	2	3.2	62	100.0	280.0	1	1.6	62	100.0

#### 2.1.2 穗位性状变化统计

经过短日照处理,62 份热带种质穗位的变幅、和、均值、极差、方差、标准差值均变小,变异

系数变大(表 4)。与对照相比,穗位降低幅度为 0~92%。2 份温带玉米自交系 PH6WC 和 PH4CV 穗位降低幅度较高,分别为 33%、50%。

表 4 穗位性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数(%)
短日照穗位(cm)	10~110	2 700.0	43.5	100.0	648.7	25.5	58.5
CK 穗位(cm)	0~120	3 960.0	63.9	120.0	1 121.7	33.5	52.4

将 62 份处理分为 9 组(表 5),穗位组中值在 15.6 cm 时样本数最大(17 个),占总数比例的 27.4%。组中值在 82.2 cm、93.3 cm、104.4 cm 时的样本数均较小,共占总数比例的 9.6%。将短日照对照材料分为 9 组,株高组中值在 60 cm 时样本数最大(15 个),占总数比例的 24.2%。组中值在 20.0 cm 和 33.3 cm 时的样本数较少,共占总数的 1.6%。

#### 2.1.3 茎粗性状变化统计

经过短日照处理,62 份热带种质茎粗的变幅、和、均值、极差、方差值均变小,标准差、变异系数变大(表 6)。与对照相比,茎粗减少幅度为 34%~135%。2 份温带玉米自交系 PH6WC 和 PH4CV 茎粗均降低,降低幅度分别为 5%、9%。

将 62 份处理分为 9 组(表 7),茎粗组中值在

表5 穗位性状频次分布

处理组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)	对照组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)
15.6	17	27.4	17	27.4	6.7	10	16.1	10	16.1
26.7	7	11.3	24	38.7	20.0	0	0.0	10	16.1
37.8	12	19.4	36	58.1	33.3	1	1.6	11	17.7
48.9	5	8.1	41	66.1	46.7	4	6.5	15	24.2
60.0	9	14.5	50	80.6	60.0	15	24.2	30	48.4
71.1	6	9.7	56	90.3	73.3	9	14.5	39	63
82.2	3	4.8	59	95.2	86.7	14	22.6	53	85
93.3	0	0	59	95.2	100.0	4	6.5	57	92
104.4	3	4.8	62	100.0	113.3	5	8.1	62	100

表6 茎粗性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数(%)
短日照茎粗(cm)	1~1.7	111.8	1.8	1.7	0.17	0.41	23.1
CK茎粗(cm)	1.7~3.5	151.6	2.4	1.8	0.19	0.4	18.1

表7 茎粗性状频次分布

处理组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)	对照组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)
1.1	5	8	5	8	1.8	2	3.2	2	3.2
1.3	4	6	9	14.5	2.0	12	19.4	14	22.6
1.5	10	16	19	31	2.2	15	24.2	29	46.8
1.7	8	13	27	44	2.4	12	19.4	41	66.1
1.9	12	19	39	63	2.6	4	6.5	45	72.6
2.0	9	15	48	77	2.8	5	8.1	50	80.6
2.2	7	11	55	89	3.0	9	14.5	59	95.2
2.4	5	8	60	97	3.2	1	1.6	60	96.8
2.6	2	3	62	100	3.4	2	3.2	62	100.0

1.9 cm 时样本数最大(12个), 占总数比例的19.4%。组中值在2.6 cm 时样本数较小, 占总数比例的3.2%。将短日照对照材料分为9组, 茎粗组中值在2.2 cm 时样本数最大(15个), 占总数比例的24.2%。组中值在3.2 cm 时样本数较少, 占总数的1.6%。

#### 2.1.4 叶片数性状变化统计

经过短日照处理, 62份热带种质叶片数的变幅、和、均值、极差、方差值均变小, 标准差、变异系数变大(表8)。与对照相比, 叶片数降低幅度为0~65%。2份温带玉米自交系PH6WC和PH4CV叶片数均有所降低, 降低幅度分别为

15%、17%。

将62份对照分为9组(表9), 叶片数组中值在16.8片时样本数最大(21个), 占总数比例的33.9%。组中值在25.2片时的样本数较小, 共占总数比例的1.6%。将短日照处理材料分为9组, 叶片数组中值在8.7片时样本数最大(19个), 占总数比例的30.6%。组中值在17.6片时的样本数较少, 占总数的1.6%。

#### 2.1.5 雄穗分枝性状变化统计

经过短日照处理, 雄穗分枝的变幅、和、均值、极差、方差、标准差值均变小, 变异系数变大(表10)。与对照相比, 雄穗分枝减少幅度为11%~

表8 叶片数性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数(%)
短日照叶片数(片)	6~22	712.0	11.5	16.0	14.0	3.7	32.2
CK叶片数(片)	11~26	1051.0	17.0	15.0	11.7	3.4	20.2

表 9 叶片数性状频次分布

处理组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)	对照组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)
6.9	4	6.5	4	6.5	11.8	7	11.3	7	11.3
8.7	19	30.6	23	37.1	13.5	7	11.3	14	22.6
10.4	14	22.6	37	59.7	15.2	3	4.8	17	27.4
12.2	12	19.4	49	79.0	16.8	21	33.9	38	61.3
14.0	4	6.5	53	85.5	18.5	9	14.5	47	75.8
15.8	2	3.2	55	88.7	20.2	3	4.8	50	80.6
17.6	1	1.6	56	90.3	21.8	9	14.5	59	95.2
19.3	3	4.8	59	95.2	23.5	2	3.2	61	98.4
21.1	3	4.8	62	100.0	25.2	1	1.6	62	100.0

表 10 雄穗分枝性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数 (%)
短日照雄穗分枝(个)	1~29	469.0	7.6	28.0	35.1	5.9	78.3
CK 雄穗分枝(个)	3~40	924.0	14.9	37.0	72.6	8.5	57.2

167%。2 份温带玉米自交系 PH6WC 和 PH4CV 雄穗分枝均有所降低,降低幅度分别为 33%、40%。

将 62 份对照分为 9 组(表 11),雄穗分枝数组中值在 9.2 个时样本数最大(15 个),占总数比例的 24.2%。组中值在 37.9 个时的样本数较小,占

总数比例的 1.6%。将短日照处理材料分为 9 组,雄穗分枝数组中值在 2.6 个时样本数最大(24 个),占总数比例的 38.7%。组中值在 21.2 个和 24.3 个时的样本数为 0。

表 11 雄穗分枝性状频次分布

处理组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)	对照组中值	样本数	比例 (%)	累计次数	累计比例 (%)
2.6	24	38.7	24	38.7	5.1	11	17.7	11	17.7
5.7	15	24.2	39	62.9	9.2	15	24.2	26	41.9
8.8	12	19.4	51	82.3	13.3	11	17.7	37	59.7
11.9	2	3.2	53	85.5	17.4	10	16.1	47	75.8
15.0	4	6.5	57	91.9	21.5	4	6.5	51	82.3
18.1	2	3.2	59	95.2	25.6	4	6.5	55	88.7
21.2	0	0.0	59	95.2	29.7	4	6.5	59	95.2
24.3	0	0.0	59	95.2	33.8	2	3.2	61	98.4
27.4	3	4.8	62	100.0	37.9	1	1.6	62	100.0

#### 2.1.6 花期间隔性状变化统计

为了便于统计,将花丝、花粉不育统计数据的花期间隔变幅记为 30,经过短日照处理,花期间隔的和、均值变小,变幅和极差不变,方差、标准差、变异系数变大(表 12)。对照组 45 份材料花丝、花粉不育,处理组 33 份材料花丝、花粉不育,可育率提高了 19.4%。2 份温带玉米自交系 PH6WC 和 PH4CV 花期间隔变化较小,花期间隔分别为 3 d 和 1 d。对照组花期间隔分别为 1 d 和 3 d。

将 62 份对照分为 9 组,花期间隔组中值在 28.3 d 和 1.7 d 时样本数较大(45 个和 13 个),分别

占总数比例的 72.6% 和 21.0%。组中值在 5.0~25.0 的样本数较小,共占总数比例的 6.4%。将短日照处理材料分为 9 组,花期间隔组中值在 1.7 d 和 28.3 d 时样本数较大(12 个和 33 个),分别占总数比例的 19.4% 和 53.2%(表 13)。组中值 11.7 时的样本数较少,占总数的 0%。组中值 5.0~25.0 之间样本数 17 个,占总数比例的 27.3%。

#### 2.1.7 大斑病性状统计

将处理组的 62 份热带玉米种质和 2 份温带玉米自交系接种玉米大斑病菌液,处理组的玉米大斑病发病等级变幅为 1~9 级,平均发病等级为 3.5 级,整

表 12 花期间隔性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数(%)
短日照花期间隔(d)	0~30	1 193.0	19.2	30.0	156.38	12.5	65.0
CK花期间隔(d)	0~30	1 396.0	22.5	30.0	151.99	12.3	54.8

表 13 花期间隔性状频次分布

处理组中值	样本数	比例(%)	累计次数	累计比例(%)	对照组中值	样本数	比例(%)	累计次数	累计比例(%)
1.7	12	19.4	12	19.4	1.7	13	21.0	13	21.0
5.0	8	12.9	20	32.3	5.0	3	4.8	16	25.8
8.3	3	4.8	23	37.1	8.3	0	0.0	16	25.8
11.7	0	0.0	23	37.1	11.7	1	1.6	17	27.4
15.0	1	1.6	24	38.7	15.0	0	0.0	17	27.4
18.3	3	4.8	27	43.5	18.3	0	0.0	17	27.4
21.7	1	1.6	28	45.2	21.7	0	0.0	17	27.4
25.0	1	1.6	29	46.8	25.0	0	0.0	17	27.4
28.3	33	53.2	62	100.0	28.3	45	72.6	62	100.0

体抗病水平较高,2份温带材料感病级别分别为5级和9级(表14)。对62份CIMMYT热带种质进行抗大斑病鉴定,6份材料表现1级抗性,6份材料表现3级抗性,33份材料表现5级抗性。14份表现7级抗

性,3份材料表现9级抗性(表15)。将62份对照分为9组,大斑病发病等级组中值在5时的样本数最高(36个),占总数比例最高(58.1%),组中值在2.3、4.1、5.9和7.7时的样本数均为零。

表 14 大斑病性状基本统计

性状	变幅	和	均值	极差	方差	标准差	变异系数(%)
玉米大斑病(级)	1~9	216.0	3.5	8.0	2.6	1.6	46.1

表 15 处理组大斑病等级频次分布

组中值	样本数	比例(%)	累计次数	累计比例(%)
1.4	3	4.8	3	5
2.3	0	0.0	3	5
3.2	5	8.1	8	13
4.1	0	0.0	8	13
5	36	58.1	44	71
5.9	0	0.0	44	71
6.8	14	22.6	58	94
7.7	0	0.0	58	94
8.6	4	3.2	62	100

## 2.2 性状相关性分析

对照组株高与穗位、茎粗、雄穗分枝、花期间

隔相关性较低(表16),与叶片数呈极显著正相关,相关系数为0.50。茎粗、雄穗分枝与各性状相

表 16 对照各性状相关系数

相关系数	株高	穗位	茎粗	叶片数	雄穗分枝
穗位	0.05				
茎粗	0.06	-0.09			
叶片数	0.50**	-0.17	0.29*		
雄穗分枝	0.2	0.22	-0.05	0.2	
花期间隔	0.07	-0.05	0.32*	0.33**	-0.15

注:“\*”表示差异显著( $P<0.05$ ),“\*\*”表示差异极显著( $P<0.01$ ),下同

关性均较低。叶片数与茎粗呈显著正相关,相关系数为 0.29。花期间隔与茎粗、叶片数呈显著和极显著正相关,相关系数分别为 0.32 和 0.33。

遮光组热带种质株高与穗位、叶片数、雄穗分枝呈极显著正相关(表 17),相关系数分别为

0.57、0.47、0.33。穗位、叶片数和茎粗与各性状均呈显著或极显著正相关(茎粗与株高除外)。雄穗分枝和花期间隔相关系数较低,与其他性状均呈显著或极显著正相关。

表 17 遮光条件各性状相关系数

相关系数	株高	穗位	茎粗	叶片数	雄穗分枝
穗位	0.57**				
茎粗	0.16	0.49**			
叶片数	0.47**	0.80**	0.43**		
雄穗分枝	0.33**	0.57**	0.25*	0.56**	
花期间隔	-0.09	0.31*	0.42**	0.37**	0.21

### 3 讨论

玉米单交种的推广和普及导致地方种质逐渐消失,在育种工作中,突破性品种往往源于关键遗传资源的发现与利用,而关键遗传资源的发现与利用又取决于种质的遗传多样性和有利基因的频率<sup>[11-12]</sup>。而热带种质具有较优异的抗性基因,但改良工作较为繁琐。研究表明,热带、亚热带种质对光照反应敏感,雌穗敏感程度大于雄穗,穗位大于株高,行粒数大于穗行数,但不同材料间差异显著<sup>[13]</sup>。热带、亚热带种质温带利用应适当的钝化其光温敏感性。热带种质存在光温敏感的特性,严建兵等<sup>[14]</sup>结合全基因的关联分析找到了一个影响光温敏感的基因 *CCT*,同时证明 *CCT* 及其同源基因在调控植物的光周期方面可能起重要作用。短日照处理可能促进 *CCT* 基因的表达或者抑制,从而调控热带种质光温敏感性。

玉米属短日照作物,由于热带种质的光温敏感性,在北方种植需经过短日照处理,本研究在 3~8 叶期对其进行短日照处理,促进热带种质正常结实。北方春玉米区采用温室内短日照处理的方法能降低热带、亚热带种质光温敏感性<sup>[15]</sup>。

7 个性状变异系数均大于 10%,穗位、雄穗分枝、花期间隔变异系数大于 50%。62 份热带种质表现光温敏感差异较大,2 份温带种质光温反应较为钝化。经过短日照处理,热带种质的株高、穗位、茎粗和雄穗分枝等 4 个性状的变幅、和、均值、极差、方差、标准差值均变小,变异系数变大。与对照相比,株高、穗位、茎粗、雄穗分枝不同程度地减少。

经短日照处理后,热带种质的株高降低幅度为 0~44%。自交系 PH6WC 和 PH4CV 株高降低幅

度分别为 5% 和 6%。热带种质的穗位降低幅度为 0~92%。自交系 PH6WC 和 PH4CV 穗位降低幅度较大,分别为 33%、50%。经短日照处理后,热带种质茎粗减少幅度为 34%~135%。自交系 PH6WC 和 PH4CV 茎粗均降低,降低幅度分别为 5%、9%。降低幅度不明显。经过短日照处理,热带种质雄穗分枝减少幅度为 11%~167%。自交系 PH6WC 和 PH4CV 雄穗分枝降低幅度明显,分别为 33%、40%。62 份热带种质经过人工接种玉米大斑病菌液,玉米大斑病发病等级为 1~9 级,平均发病等级为 3.5 级,整体抗病水平较高,而 2 份温带材料感病级别分别为 7 级、9 级。热带种质在北方光温反应敏感,往往表现出晚熟、高秆、雌雄不协调、结实率低等缺点,因此不能直接利用<sup>[16]</sup>,对大斑病的调查具有掩盖作用,调查未经短日照处理的热带种质意义较小,因此,本文未进行研究讨论。经短日照处理,叶片不同程度的减少,叶片数减少幅度为 0~65%,叶片数与生育期呈正相关<sup>[17]</sup>,因此经短日照处理,有效地改变了热带种质的生育期。热带种质光温反应敏感,在正常条件下,热带种质吐丝、散粉期较晚,甚至不吐丝、不散粉,经短日照处理,花期间隔变小,但由于花期间隔较长,部分种质不能正常授粉结实。本研究为了便于统计,将花丝、花粉不育统计数据的花期间隔变幅记为 30,经过短日照处理,花期间隔变小。其中,对照组 45 份材料花丝、花粉不育,处理组 33 份材料花丝、花粉不育,可育率提高了 19.4%。2 份温带玉米自交系 PH6WC 和 PH4CV 花期间隔变化较小,花期间隔分别为 3 d 和 1 d,对照组花期间隔分别为 1 d 和 3 d,差异不明显。

热带、亚热带种质苗期光能利用率高,明显改进温带种质的茎秆质量,改良灌浆后期叶绿素含

量,灌浆期优势明显<sup>[18]</sup>。根据相关性分析,对照组与遮光组叶片数与株高、茎粗、花期间隔均呈显著或极显著正相关。花期间隔与茎粗相关性较高。叶片数、花期间隔、茎粗等性状变化是研究热带种质的重点。从本研究可以看出,2份温带种质光温敏感性钝化,是玉米种质利用的重要原因之一,是先玉335有较大推广面积的重要因素之一,因此,降低热带种质光温敏感性是热带种质利用的重要方向之一,由于本试验热带种质单株结实性较低,统计性较差,本试验未作探讨。本研究旨在探讨热带、亚热带种质在北方短日照处理下性状差异比较,为热带种质的引入与利用奠定基础。

育种实践表明,开展热带、亚热带玉米种质的利用研究,拓宽玉米种质基础,创制新的玉米种质类群,丰富玉米遗传多样性,构建新的杂种优势模式是我国乃至世界玉米育种的长期发展战略<sup>[19]</sup>。低温高纬度地区有利于蛋白质的形成,反之有利于提高淀粉和粗脂肪的含量<sup>[20]</sup>。蛋白、淀粉和粗脂肪含量及相关调控可能影响光温反应,有待进一步挖掘。关于热带、亚热带种质的研究多停留在经验育种中,未能深层次的从分子角度挖掘,因此,有待进一步的探索与发现。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 张世煌. 外来种质对玉米改良的潜力[J]. 世界农业, 1993(7): 21-23.
- [ 2 ] 番兴明, 谭 静, 杨峻芸. 热带、亚热带外来玉米种质的利用[J]. 西南农业学报, 2000(1): 107-111.
- [ 3 ] 郭向阳, 胡 兴, 祝云芳, 等. 热带玉米 Suwan1 群体导入不同类型温带种质的遗传分析[J]. 玉米科学, 2019, 27(4): 9-13, 21.
- [ 4 ] 高 翔, 王 进, 彭忠华, 等. 国外玉米种质 P78599 的杂种优势利用模式初探[J]. 作物杂志, 2004(6): 46-50.
- [ 5 ] 崔俊明. 玉米自交系昌 7-2[J]. 玉米科学, 2010, 18(3): 1.
- [ 6 ] 田志强, 艾堂顺, 邓 策, 等. 玉米自交系 P178 的大斑病抗性 QTL 定位和效应分析[J]. 河南农业科学, 2018, 47(2): 73-76, 97.
- [ 7 ] 孔凡杰. 玉米新品种吉单 27 引进及配套栽培技术研究[J]. 农业科技通讯, 2011(2): 103-104.
- [ 8 ] 崔俊明, 芦连勇, 宋长江, 等. 不同热带、亚热带玉米种质在温带和热带地区种植比较研究[J]. 杂粮作物, 2006(4): 260-264.
- [ 9 ] 何海军, 寇思荣, 周玉乾, 等. 含热带亚热带种质玉米自交系的杂优潜势研究[J]. 甘肃农业科技, 2005(7): 10-12.
- [ 10 ] 陈 晓, 王新涛, 陈彦惠, 等. 玉米光周期敏感特性研究及长日照光周期诱导差减文库构建[J]. 玉米科学, 2009, 17(1): 13-17.
- [ 11 ] 郑云霄, 刘文斯, 赵永锋, 等. 玉米种质资源的抗倒伏性评价及鉴定指标筛选[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(6): 1-13.
- [ 12 ] 姚文华, 黄云霄, 蒋辅燕, 等. 温热带玉米种质改良系配合力分析及杂种优势群划分[J]. 西南农业学报, 2019, 32(4): 706-712.
- [ 13 ] 段民孝, 刘新香, 张华生, 等. 快速钝化玉米热带亚热带种质光敏性方法及其育种利用研究[J]. 种子, 2018, 37(8): 103-106.
- [ 14 ] Yang Q, Li Z, Li W, et al. CACTA-like transposable element in ZmCCT attenuated photoperiod sensitivity and accelerated the postdomestication spread of maize[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 2013, 110: 16969-16974.
- [ 15 ] 郭向阳, 王安贵, 吴 迅, 等. 热带玉米 Tuxpeno 种质形成、改良及育种潜势分析[J]. 玉米科学, 2019, 27(2): 10-15.
- [ 16 ] 张慧坚, 曾小红, 刘晓光, 等. 国内外热带作物生产与科技发展研究综述[J]. 农学学报, 2018, 8(3): 69-77.
- [ 17 ] 王 鑫, 张佳佳. 玉米株型相关性状的研究进展[J]. 河南农业, 2018(24): 42-43.
- [ 18 ] 何雪娇, 余智城, 林金水, 等. 40份热带花卉种质资源的抗冷性综合评价[J]. 西北农林科技大学学报, 2018, 46(8): 89-98.
- [ 19 ] 何 云, 李 琼, 陈业渊. 热带作物种质资源研究进展[J]. 北京农业, 2015(34): 142-146.
- [ 20 ] 梁焯赫, 徐 晨, 王 冰, 等. 吉林省不同生态区气象因子对玉米产量影响的评价[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(4): 17-20.

(责任编辑:刘洪霞)