

## 不同基因型玉米自交系的耐荫性评价

鲁晓民<sup>1</sup>, 卫晓轶<sup>2</sup>, 张 新<sup>1</sup>, 张前进<sup>1</sup>, 魏 昕<sup>1</sup>, 王振华<sup>1\*</sup>

(1. 河南省农业科学院 粮食作物研究所, 河南 郑州 450002; 2. 新乡市农业科学院, 河南 新乡 453000)

**摘要:** 为研究玉米抽雄期遮荫对产量的影响, 筛选抽雄期玉米耐荫性评价的次级指标, 采用模拟遮荫的方法, 在抽雄前 5 d, 对 30 个玉米自交系进行 50% 的遮荫和自然光照(对照)处理。结果表明, 在遮荫条件下, 大部分的玉米自交系株高、穗位高增加, 净光合速率下降, 雌雄开花间隔(ASI)延长, 导致产量大幅降低。以籽粒净质量作为主要选择指标, ASI 为次级选择指标, 对 30 个玉米自交系的耐荫性评价结果表明, B73、郑32、昌7-2、浚92-8 自交系为遮荫钝感型, 浚92-6、LX9801、吉 853、旅28、郑36、齐319、丹599 为遮荫中度敏感型, 郑58、沈5003、掖478、铁7922、浚9058、PH6WC、Mo17、E28、沈137 为遮荫高度敏感型。

**关键词:** 玉米; 遮荫; 净光合速率; 雌雄开花间隔; 耐荫性

中图分类号: S513 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)12-0019-05

## Shade-tolerance Evaluation of Different Maize Inbred Lines

LU Xiao-min<sup>1</sup>, WEI Xiao-yi<sup>2</sup>, ZHANG Xin<sup>1</sup>, ZHANG Qian-jin<sup>1</sup>, WEI Xin<sup>1</sup>, WANG Zhen-hua<sup>1\*</sup>

(1. Grain Crop Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;

2. Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453000, China)

**Abstract:** In order to study the effect of shading at tasseling stage on grain yield of maize, thirty domestic inbred lines were used to distinguish their shade-tolerance ability under artificial shading treatment. The results showed that, under shading condition, different genotypes of maize presented inconsistent performance. Most inbred lines showed increase in plant height and ear height, decrease of net photosynthetic rate, and extension of anthesis-silking interval (ASI), leading to serious yield reduction. The thirty maize inbred lines were evaluated by taking yield as the main evaluation index and ASI as the secondary evaluation index, indicating that B73, Zheng 32, Chang 7-2 and Xun 92-8 were strong shade-tolerant genotypes, Xun 92-6, LX9801, Ji 853, Lü 28, Zheng 36, Qi 319 and Dan 599 were moderate shade-sensitive ones, while Zheng 58, Shen 5003, Ye 478, Tie 7922, Xun 9058, PH6WC, Mo17, E28 and Shen 137 belonged to the highly shading sensitive type.

**Key words:** maize; shading; net photosynthetic rate; anthesis-silking interval; shade tolerance

玉米是高温喜光作物, 在玉米全生育期内, 足够的光照强度和光照时间是玉米高产的重要条件。在遮荫胁迫下, 玉米的生长发育和形态建成均会受到影响, 早期遮荫可以促使玉米叶片变细变长, 叶面积增大, 株高显著降低<sup>[1]</sup>。有研究表明, 营养生长阶段遮荫不但影响玉米叶面积、株高、茎粗及生殖器官的

发育, 而且也影响干物质产量和品质<sup>[2]</sup>。玉米开花前遮光增加了雌、雄开花间隔(ASI), 遮光时间越长, ASI 越大, 从而造成花期不遇<sup>[3-4]</sup>。Kiniry 等<sup>[5]</sup>研究表明, 在玉米授粉后的第 1~2 周遮荫, 限制了顶端胚乳细胞的数量, 对玉米的籽粒数影响最大, 即使遮荫解除, 也不能弥补, 使得产量大幅降低。本研

收稿日期: 2014-06-20

基金项目: 河南省农业科学院农业科技创新项目(201315611)

作者简介: 鲁晓民(1980-), 男, 河南许昌人, 助理研究员, 博士, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: luxiaomin2004@163.com

\* 通讯作者: 王振华(1963-), 男, 河南禹州人, 研究员, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: wzh201@126.com

究以 30 份国内外常用骨干系为材料,在玉米抽雄前 5 d 进行 50% 的遮荫处理,研究遮荫对不同基因型玉米自交系农艺性状的影响,筛选与产量紧密相关的次级指标,同时对这些玉米的耐荫性进行综合评价,筛选出耐荫性好的自交系,为耐荫性玉米育种提供优良的基础材料。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料与设计

30 份国内外优良玉米自交系,分别是郑 58、沈 5003、掖 478、B73、U8112、铁 7922、浚 9058、PH6WC、郑 63、郑 32、Mo17、吉 846、PH4CV、C103、黄早 4、昌 7-2、K12、H21、浚 92-6、浚 92-8、T44、Lx9801、吉 853、丹 340、旅 28、E28、郑 36、齐 319、沈 137、丹 599。

试验在河南省农业科学院现代农业科技试验示范基地进行,设自然光(对照)和 50% 遮荫 2 个处理,每个处理重复 3 次,自交系种植 1 行,每行 15 株,行长 3.5 m,行距 60 cm,株距 25 cm。双粒播种,种植密度为 66 000 株/hm<sup>2</sup>;田间管理水平同大田生产;从抽雄(50% 以上的自交系即将抽雄)前 5 d 至授粉后 10 d 进行遮荫处理,对照为全生育期自然光照。

### 1.2 测定项目与方法

#### 1.2.1 花期 调查自交系的抽雄期(全区 50% 以

上植株雄穗抽出 2 cm 左右)、吐丝期(全区 50% 以上植株雌穗花丝露出苞叶 2 cm 左右)及散粉期(全区 50% 以上植株开始散粉)。

1.2.2 株高和穗位高 株高为地面到玉米雄穗顶端的平均高度,穗位高为地面至最上部果穗着生节的平均高度。

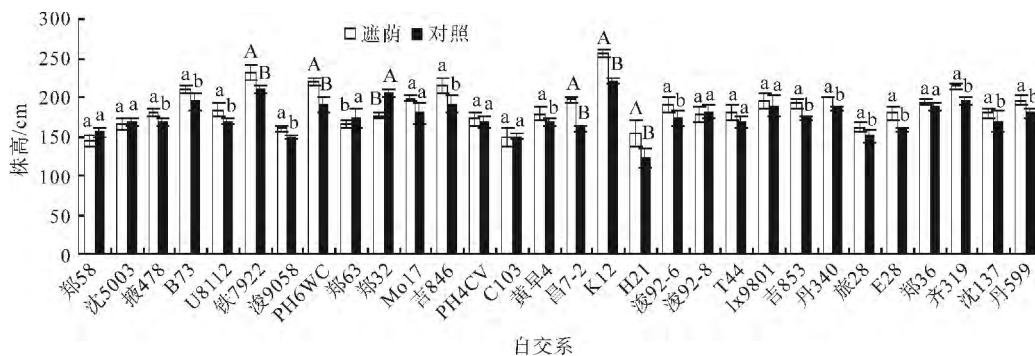
1.2.3 叶绿素含量 在遮荫期间用日本产 SPAD-520 便携式叶绿素仪在 9:00—12:00 对供试玉米自交系穗位叶的叶绿素含量进行测定,以 SPAD 值表示。

1.2.4 光合相关参数 在玉米吐丝期采用美国产 Li-6400 便携式光合测定系统于 11:00—14:00 测定穗位叶的净光合速率、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、气孔导度、蒸腾速率等光合相关参数。

## 2 结果与分析

### 2.1 遮荫对玉米自交系株高、穗位高的影响

从图 1、2 可知,遮荫后大部分玉米自交系的株高与对照相比都有不同程度的升高,但升高的幅度不大,一般在 1%~20%。遮荫后铁 7922、PH6WC、昌 7-2、K12 和 H21 自交系株高均极显著高于对照,而郑 32 极显著低于对照;郑 58、沈 5003、C103、浚 92-8 在遮荫条件下的株高比对照有所降低,但差异均不显著。遮荫对穗位高的影响与对株高的影



不同小、大写字母表示同一自交系不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )、极显著 ( $P < 0.01$ ),下同

图 1 遮荫条件下玉米自交系株高的变化

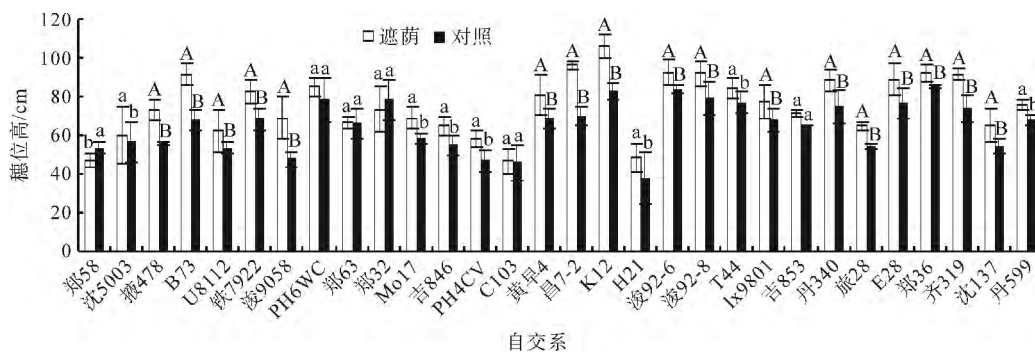


图 2 遮荫条件下玉米自交系穗位高的变化

响表现基本一致,大部分自交系的穗位高在遮荫下与对照相比均有显著升高,但 PH6WC、郑63、郑32、吉853 与对照相比差异不显著,郑58的穗位高在遮荫下还有所降低。

## 2.2 遮荫对玉米自交系叶绿素含量的影响

研究表明,遮荫使玉米的叶绿素含量下降,叶

绿素 b 含量下降较少,而叶绿素 a 含量下降显著,进而导致叶绿素 a/b 值减小<sup>[6-8]</sup>。在遮荫处理下,不同基因型玉米自交系穗位叶的叶绿素含量不同,与对照相比无论降低或升高,均没有显著差异(图 3),说明后期的遮光对玉米穗位叶叶绿素含量的影响不显著。

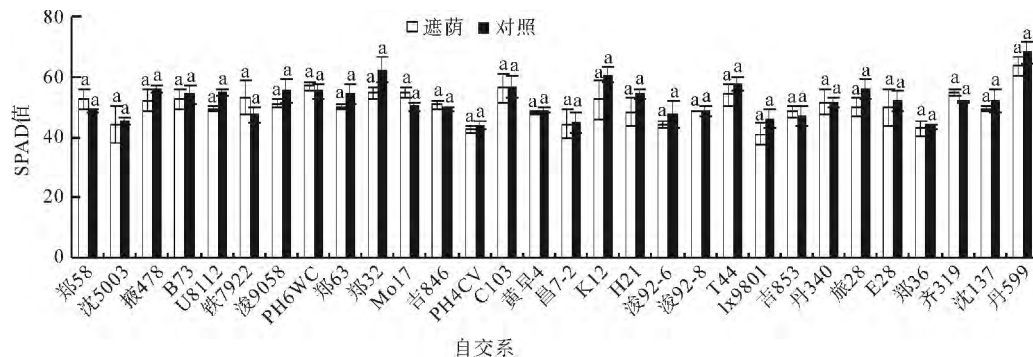


图 3 遮荫条件下玉米自交系叶绿素含量的变化

## 2.3 遮荫对玉米自交系净光合速率的影响

30 个玉米自交系穗位叶的净光合速率测定结果(图 4)表明,遮荫条件下,大部分玉米自交系的净光合

速率急剧下降,变幅在 30%~50%,说明遮荫对自交系的净光合速率影响十分明显。仅 B73、PH4CV、浚 92-6、E28 在遮荫条件下与对照相比没有显著差异。

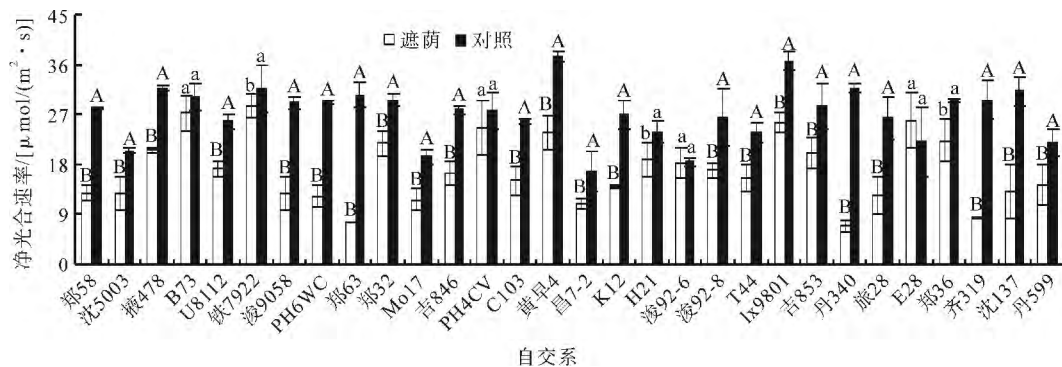


图 4 遮荫条件下玉米自交系净光合速率的变化

## 2.4 遮荫对玉米自交系雌雄开花间隔(ASI)的影响

由图 5 可知,在遮荫条件下,玉米 ASI 呈现不同程度的延长,其中郑58、沈5003、掖478、铁7922、浚 9058、PH6WC、Mo17、E28、沈137 等 9 个自交系 ASI

均在 7 d 以上,雌雄花期不协调,属于对遮荫敏感型;郑 63 自交系表现为雄性不育,花药里没有花粉粒的形成,可能属于光敏雄性不育类型;其他自交系雌雄花期基本协调。

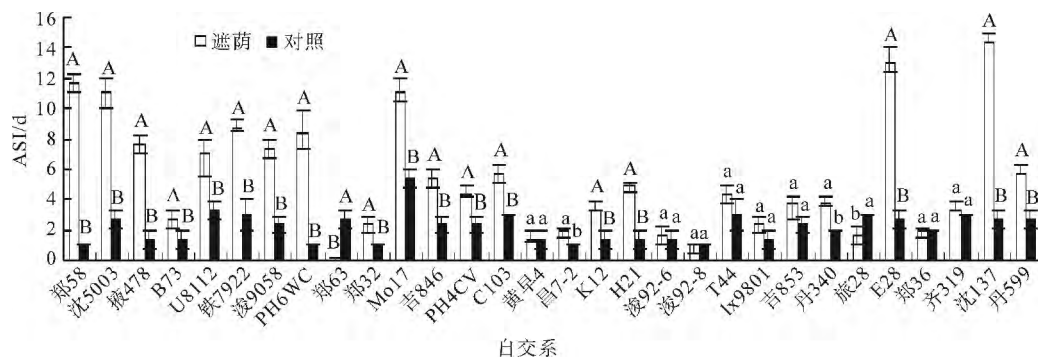


图 5 遮荫条件下玉米自交系 ASI 的变化

## 2.5 遮荫对玉米自交系产量的影响

郑58、沈5003、掖478、铁7922、浚9058、PH6WC、Mo17、E28、沈137等9个自交系ASI均在7d以上,雌雄花期不协调,郑63在遮荫条件下表现雄性不育,这10个自交系均未结实;U8112、吉846、C103、K12、H21、

丹340等自交系虽然雌雄花期协调,但结实太差或不结实,无法估算产量;对其余自交系的籽粒净质量进行测量,发现大部分自交系籽粒净质量与对照相比大幅降低(表1),只有昌7-2、浚92-8没有明显的差异,其中昌7-2的籽粒净质量还略升高。

表1 遮荫条件下玉米自交系籽粒净质量的变化

g

自交系	遮荫	对照	自交系	遮荫	对照
郑58	0.00	139.5	沈137	0.00	121.6
沈5003	0.00	189.2	B73	108.5bB	129.3aA
掖478	0.00	104.7	郑32	119.8bB	150.7aA
U8112	0.00	65.3	PH4CV	23.2bB	107.9aA
铁7922	0.00	223.2	黄早4	21.3bB	43.5aA
浚9058	0.00	160.6	浚92-6	52.4bB	135.1aA
PH6WC	0.00	142.7	T44	30.2bB	103.9aA
郑63	0.00	110.6	Lx9801	72.3bB	102.1aA
Mo17	0.00	139.1	吉853	40.2bB	164.2aA
吉846	0.00	49.7	旅28	62.4bB	99.5aA
C103	0.00	120.8	郑36	71.8bB	128.6aA
K12	0.00	150.8	齐319	62.4bB	139.7aA
H21	0.00	86.4	丹599	44.1bB	168.9aA
丹340	0.00	245.9	昌7-2	149.3a	146.2a
E28	0.00	152.4	浚92-8	145.8a	146.3a

## 2.6 不同基因型玉米自交系的耐荫性评价

不同性状间的相关分析结果显示,ASI与穗位高和籽粒净质量呈显著负相关,株高和穗位高呈显著正相关(表2)。以籽粒净质量作为主要选择指标,ASI为次级选择指标,对30个玉米自交系的耐荫性进行综合评定,将B73、郑32、昌7-2、浚92-8自交系归为遮荫钝感型,浚92-6、LX9801、吉853、旅28、郑36、齐319、丹599为遮荫中度敏感型,郑58、沈5003、掖478、铁7922、浚9058、PH6WC、Mo17、E28、沈137为遮荫高度敏感型,郑63暂归为光敏雄性不育型,其他自交系的耐荫性还有待进一步的评定。

表2 遮荫条件下玉米自交系各性状之间的相关分析

性状	ASI	叶绿素含量	净光合速率	株高	穗位高	籽粒净质量
ASI	1					
叶绿素含量	0.226	1				
净光合速率	-0.124	-0.292	1			
株高	-0.165	0.166	0.095	1		
穗位高	-0.405*	-0.036	0.090	0.718**	1	
籽粒净质量	-0.829**	0.091	-0.164	0.198	0.228	1

注:\*,\*\*分别表示相关性达显著和极显著水平。

## 3 结论与讨论

Struik<sup>[4]</sup>研究认为,早期的遮光会显著降低植株的株高。袁刘正等<sup>[9-10]</sup>对拔节期和大喇叭口期的玉米自交系进行遮光处理,结果发现,大部分自交系表现为植株株高降低。本研究表明,遮光处理后的玉米自交系大部分株高均有不同程度的增加,推测可能是遮荫时期和遮荫的程度不同造成的。赫忠友等<sup>[11]</sup>研究表明,玉米的雄穗发育时期对弱光照非常敏感,弱光可导致雄穗育性退化,退化程度因光强大小而异。在本研究中,郑63自交系在遮荫条件下表现为雄性不育,花药中没有花粉,另外,U8112、吉846、C103、K12、H21、丹340等自交系虽然ASI在7d以内,但没有结实,推测遮荫影响了植株的育性和花粉活力。

玉米的耐荫性目前已有大量的研究,不同时期遮光影响的生理指标不同,研究时选择的性状指标也不相同,付景等<sup>[12]</sup>在拔节期至吐丝期对24个玉米品种的耐荫性进行了综合评价,并筛选出ASI、净光合速率、比叶重、行粒数、地上干物质质量作为衡

量耐荫指标。然而玉米生长后期耐荫性的评价还要以产量为主要指标。研究证实,在玉米开花期遇干旱、低氮、遮光、高密、去叶及长光周期等胁迫条件,植株 ASI 加大,导致雌雄开花不协调,抗倒伏能力下降,进而严重影响产量<sup>[13-19]</sup>。本研究对各性状之间的相关性分析表明,ASI 与籽粒净质量呈显著的负相关,因此在后期的遮荫中,以籽粒净质量为主要指标,以 ASI 为次级指标评价玉米的耐荫性是一种简单可行的方法。

#### 参考文献:

- [1] Fournier C, Andrier B. Dynamics of the elongation of internodes in maize. Effects of shade treatment on elongation patterns[J]. *Annals of Botany*, 2000, 86(6): 1127-1134.
- [2] 李双顺,孙谷畴. 生长后期的玉米植株不同叶位叶片中磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶和苹果酸脱氢酶活性的变化[C]. 中国科学院华南植物研究所集刊, 1986(3): 91-95.
- [3] Hashemi D A, Herbert S J. Intensifying plant density response of corn with artificial shade[J]. *Agronomy Journal*, 1992, 84(4): 547-551.
- [4] Struik P C. The effects of short and long shading, applied during different stages of growth, on the development, productivity and quality of forage maize (*Zea mays* L.) [J]. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 1983, 31(2): 101-124.
- [5] Kiniry J R, Ritchie J T. Shade-sensitive interval of kernel number of maize[J]. *Agronomy Journal*, 1985, 77(5): 711-715.
- [6] 范彦,周寿荣. 川西两地区三种野生草坪地被植物耐荫性的研究[J]. *中国草地*, 1999(5): 48-52.
- [7] Bell G E, Danneberger T K, McMahon M J. Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade[J]. *Crop Science*, 2000, 40: 189-195.
- [8] 李潮海,栾丽敏,尹飞,等. 弱光胁迫对不同基因型玉米生长发育和产量的影响[J]. *生态学报*, 2005, 25(4): 2-4.
- [9] 袁刘正,李潮海,王秀萍,等. 不同玉米自交系耐荫性比较[J]. *玉米科学*, 2008, 16(6): 19-23.
- [10] 袁刘正,李潮海,刘佳友. 玉米耐荫性研究进展[J]. *杂粮作物*, 2010, 30(5): 339-341.
- [11] 郝忠友,谭树义,林力,等. 不同光照强度和光质对玉米雄花育性的影响[J]. *中国农学通报*, 1998, 14(4): 6-8.
- [12] 付景,李潮海,赵久然,等. 玉米品种耐荫性指标的筛选与评价[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(11): 2705-2709.
- [13] Bolanos J, Edmeades G O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize[J]. *Field Crops Research*, 1993, 31: 233-252.
- [14] Lafitte H R, Edmeades G O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria [J]. *Field Crops Research*, 1994, 39: 1-14.
- [15] Earley E B, Miller R J. Effects of shade on maize production under field condition[J]. *Crop Sci*, 1966, 6: 1-6.
- [16] Springfield G H, Thatcher L E. Stands and methods of planting for corn hybrids[J]. *J Am Soc Agron*, 1974, 39: 995-1010.
- [17] Shapiro C A. Yield loss due to simulated hail damage on corn: A comparison of actual and predicted values [J]. *Agron J*, 1986, 78: 585-589.
- [18] Lafitte H R, Edmeades G O, Jonson E C. Temperature response of tropical maize cultivars selected for broad adaptation[J]. *Field Crops Res*, 1997, 49: 215-229.
- [19] 刘仲发,勾玲,赵明,等. 遮荫对玉米茎秆形态特征、穿刺强度及抗倒伏能力的影响[J]. *华北农学报*, 2011, 26(4): 91-96.