

弱光胁迫对不同基因型玉米生长发育和产量的影响

李潮海, 栾丽敏, 尹 飞, 王 群, 赵亚丽

(河南农业大学农学院, 郑州 450002)

摘要:以不同基因型玉米为材料,在玉米生长发育的 3 个主要阶段(苗期、穗期、粒期)进行分期遮光试验,研究不同时期弱光胁迫对不同基因型玉米生长发育和产量的影响。结果表明,遮光延缓了玉米叶片的出生速度,使叶片变薄;遮光可以延缓叶片的衰老,但遮光解除后则加速叶片的衰老;遮光造成植株高度增加,但恢复正常光照后,其株高却逐渐低于对照;遮光使干物质积累下降,抽雄吐丝日期推迟,尤其是吐丝日期推迟更多,并使产量降低,但不同基因型玉米不同遮光处理下降程度不同。试验的 4 个品种中,掖单 22 和豫玉 2 号受遮光影响较小,而掖单 3638 和丹玉 13 受影响较大,即不同基因型玉米对弱光胁迫的敏感性不同。

关键词:玉米;基因型;遮光;生长发育;产量

Effects of light stress at different stages on the growth and yield of different maize genotypes (*Zea mays* L.)

LI Chao-Hai, LUAN Li-Min, YIN Fei, WANG Qun, ZHAO Ya-Li (College of Agronomy, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 824~830.

Abstract: Light is one of the most important factors affecting corn (*Zea mays* L.) production. The light saturation point of corn is much higher than that of most other crops, allowing corn to take advantage of the higher light intensity. During the growing season, however, corn frequently encounters low light intensities that restrict growth capacity, therefore limiting the grain yield. The level of photosynthetic active radiation (PAR) can markedly change the growth environment, which directly impacts photosynthesis capacity, even the accumulation and reallocation of dry matter, thus affecting yield. Several studies on the effects of light stress on corn had been done, but none have studied differences among various Maize genotypes. The objective of this trial was to assess the growth and yield response to shading at different growth stages for different Maize genotypes.

The two-year pot-culture experiments were conducted during 2001 and 2002. Cylindrical plastic pots, 27 cm in height and 30 cm in diameter, were used in this trial. Each pot was filled with 12.5 kg air dried soil. The planting dates were June 13 and June 4 in 2001 and 2002, respectively. The experiment involved two factors: cultivars and shading. The first factor included four cultivars: Yedan22, Yedan3638, Yuyu2, and Danyu13, and the second factor consisted of four levels of shading: control (no shading), seedling shading (shaded from germination to 6th full-expanded leaf), ear shading (shaded from 6th fully-expanded leaf to silking), and grain shading (shaded from silking to maturity). The shade environment was created by using black polypropylene fabric with 50% light penetration. The shading fabric was 6 metres long and 6 metres wide, and was hung horizontally 3 meters above the bottom of the pots. To insure shading treatment was effective in the early morning and late afternoon, the eastern and western sides of the corn canopy were also covered by the same fabric.

The results indicated that corn growth rate expressed by leaf appearance was slower and the leaf blade was thinner under shade conditions. The shading treatment delayed the senescence of leaves directly, but shortened the leaf functional period as the shaded leaves ageing process was accelerated once they regained the normal light. Under shade conditions, the plants were

基金项目:河南省“九五”重点科技攻关资助项目(960201019)

收稿日期:2003-11-08; **修订日期:**2004-09-15

作者简介:李潮海(1956~),男,河南巩义人,博士,教授,主要从事作物生理生态学教学和研究。E-mail: chaohai@371.net

Foundation item: Research of summer maize high yield technology, an important science project in He'nan Province(No. 960201019)

Received date: 2003-11-08; **Accepted date:** 2004-09-15

Biography: LI Chao-Hai, Ph. D., Professor, mainly engaged in crop ecophysiology. E-mail: chaohai@371.net

taller, but shorter than that of the control once regaining normal light. Dry matter accumulation was reduced and growth stage was delayed for all the shading treatments, particularly at the silking stage. Compared with the control, the yield was also reduced by shading. The magnitude of the yield reduction was related to the shading stages, the yield was decreased significantly by the ear shading treatment compared to other treatments. There were differences among the genotypes in the responses to light stress: Yedan3638 and Danyu13 were more sensitive to light stress than Yedan22 and Yuyu2.

Key words: maize; genotype; shading; growth; yield

文章编号:1000-0933(2005)04-0824-07 中图分类号:S154.1,S181 文献标识码:A

玉米是喜光作物,光饱和点远远超过其它作物,全生育期都需要充足的光照。但玉米在生长发育过程中常遭遇低温阴雨、光照不足的天气,直接限制了其光合生产能力,不但使生长发育受到不同程度的影响,而且也会导致产量的降低。关于作物对弱光胁迫的响应研究,国内外已有很多报道,而试验中弱光条件多采用遮光处理来实现。光照条件的改变可明显地改变植物的生长环境,进而影响光合作用、营养物质的吸收及其在植物体内的重新分配等一系列生理过程,最终影响作物的产量^[1]。弱光胁迫对玉米叶片的影响前人已有大量而全面的研究^[2~7]。降低光强可使新叶出生速率下降^[3,4,8],叶片变薄^[7],但对最终叶片数没有影响^[3]。据 Struik P. C.^[3]研究,早期遮光显著地降低了玉米株高,遮光开始越晚,降低越少,后期遮光反而使株高增加。遮光对作物产量的影响,因作物的需光特性,遮光时期及时间长短、遮光程度的不同而不同。对玉米而言,遮光会降低籽粒产量,即使是短期遮光也可以降低生产能力,尤其是籽粒产量,降低的程度取决于遮光时期^[9~12]。从前人研究情况分析可知,尽管国内外不少学者从生长发育和生理功能等方面对玉米的弱光胁迫进行了大量研究,但对不同基因型玉米生长发育及生理效应的比较研究极少。赵久然等^[13]采用分期遮光(吐丝前 12d 到吐丝后 33d,共分 9 个时期)的方法对 3 个玉米杂交种籽粒生产能力进行了研究,确定了遮光对玉米产量及其构成因素影响的关键时期,但文中并未讨论品种对遮光的响应是否有差异。本试验试图通过比较研究不同基因型玉米在不同生育阶段弱光胁迫下的敏感性表现,明确不同基因型玉米对弱光反应的差异,为玉米高产栽培及生产中品种选择对口生态位提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验处理与设计

试验采用盆栽,盆子为塑料盆,高 27cm,内径 30cm,每盆装干土 12.5kg。2001 年供试品种为掖单 22、掖单 3638、豫玉 2 号和丹玉 13,6 月 13 日播种,10 月 2 日收获;2002 年供试品种为掖单 22 和丹玉 13,6 月 4 日播种,8 月 26 日因遭受雹灾提前收获。试验设置 4 个处理:(1)CK,玉米整个生育期在自然光下生长;(2)苗遮(Seedling Shading, SS),即苗期(出苗~拔节)遮光处理,出苗后搬入遮荫棚(弧顶钢架结构,钢架高 3m,长、宽各 6m,顶部及东西两侧均搭上透光率为 50%的遮阳网),拔节期搬出使其在自然光照下生长;(3)穗遮(Ear Shading, ES),即穗期(拔节~吐丝)在遮荫棚中进行遮光处理;(4)粒遮(Grain Shading, GS),即粒期(吐丝~成熟)遮光处理。2001 年 CK 和苗遮处理每品种重复 15 次,穗遮和粒遮处理每品种重复 10 次;2002 年各处理每品种重复 20 次。每盆施复合肥(N25%、P₂O₅18%、K₂O12%)12g 作基肥,并在玉米大喇叭口期追施 3g 尿素。播种前浇透水,出苗后视旱情决定浇水量和浇水时间。

1.2 调查及测定项目

(1)叶片生长动态调查 出苗后在各处理内每品种固定 5 株,在整个生育期每 2d 调查 1 次叶片的可见(拔节前心叶露出 2cm,拔节后露出 5cm)、展开(叶环从已展开叶的叶鞘露出)、死亡(1/3 叶片变黄)日期。

(2)比叶重测定 从拔节期冲根的玉米植株(测干物质用,见下文)中,取第 3、4、5、6 片展开叶,分别测其长度和宽度,计算叶面积(叶面积=长×宽×0.75),单独烘干称重,计算 4 片展开叶的平均比叶重(比叶重=总干重/总叶面积)。

(3)株高测定 分别在拔节、大喇叭口和吐丝期测定。拔节和大喇叭口期株高为地面到植株自然状态最高点的高度,吐丝期株高为地面到雄穗顶端的高度。

(4)抽雄、吐丝日期记载 抽雄期为 60%以上的植株雄穗抽出 2cm 左右的日期,吐丝期为 60%以上的植株花丝露出苞叶 2cm 左右。

(5)干物质积累测定 在拔节、吐丝和成熟期各处理每品种取样 3 株冲根,将根、茎叶两部分单独烘干、称重。吐丝期冲根时,调查和测定气生根层数和干重,最先出现即最接近地面的气生根记为第 1 层,往上依次记为第 2、3、4、5 层。

本试验所用数据为 2a 平均值,但因 2002 年试验受冰雹破坏而提前收获,故凡涉及到吐丝期之后则主要采用 2001 年数据,2002 年数据仅供参考。

2 结果与分析

2.1 遮光对不同基因型玉米叶片的影响

2.1.1 遮光对玉米叶片出叶速度的影响 玉米叶片的出叶速度是指后一片叶可见与前一片叶可见的间隔天数。粒遮处理开始之前玉米叶片已全部长出,因此此期遮光对叶片出叶速度没有影响。由表 1 可知,苗期和穗期遮光均使玉米叶片出叶速度变缓。苗期遮光主要影响 4~9 片叶,其平均出叶速度比对照慢 0.34d。但苗期遮光并不仅仅影响前 9 片叶的出叶速度,由表 1 可以看出,第 10~19 片叶的平均出叶速度也比对照慢 0.28d。穗遮主要影响玉米第 10~19 片叶,其穗期的平均出叶速度比对照慢 0.78d。由表 1 还可以看出,不同基因型玉米出叶速度受遮光影响不同,掖单 22 和豫玉 2 号遮光后出叶速度延迟较少,而掖单 3638 和丹玉 13 出叶速度延迟较多。如苗遮处理掖单 22 和豫玉 2 号的出叶速度比对照减缓了 0.11d,而掖单 3638 和丹玉 13 分别减缓 0.32 天和 0.47d;穗遮处理前两个品种的出叶速度分别延缓 0.26d 和 0.37d,而后两个品种分别延缓 0.37d 和 0.63d。

表 1 遮光对不同基因型玉米出叶速度的影响(d)

Table 1 Leaf appearance rate of different genotype maize under shading condition

处理 T	品种 Variaty	叶序 Leaf																			平均 Mean	比对照 S—CK
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
CK	Yedan22	2	2	3	3	3	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2.21	
CK	Yedan3638	2	2	3	3	3	3	3	5	3	1	1	2	3	1	2	2	2	3	2	2.42	
CK	Yuyu2	2	2	3	2	3	2	4	4	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2.26	
CK	Danyu13	2	2	3	2	4	2	4	2	4	3	1	2	3	3	2	2	3	2	2	2.53	
	Mean	2.33				3.04					1.95										2.36	
SS	Yedan22	2	2	3	3	3	2	2	3	5	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2.32	0.11
SS	Yedan3638	2	2	3	4	3	3	4	5	4	2	2	3	3	1	2	2	2	3	2	2.74	0.32
SS	Yuyu2	2	2	3	1	3	2	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.37	0.11
SS	Danyu13	2	2	3	3	5	3	5	3	4	3	2	3	4	3	3	2	3	2	2	3.00	0.47
	Mean	2.33				3.38					2.23										2.61	
ES	Yedan22	2	2	3	3	3	2	2	3	5	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2.47	0.26
ES	Yedan3638	2	2	3	3	3	3	3	5	3	1	1	3	4	2	3	3	3	4	2	2.79	0.37
ES	Yuyu2	2	2	3	1	3	2	4	4	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2.63	0.37
ES	Danyu13	2	2	3	1	5	2	4	2	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3.16	0.63
	Mean	2.33				3.04					2.73										2.76	

表 2 遮光对不同基因型玉米叶片功能期的影响(d)

Table 2 Leaf functional period of different genotype maize under shading condition

处理 T	品种 Variaty	叶序 Leaf																			平均 Mean	比对照 S—CK
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
CK	Yedan22	10	22	27	33	32	52	63	67	69	69	70	71	69	69	68	66	64	62	61	54.9	
CK	Yedan3638	11	20	27	30	33	48	62	68	69	68	68	69	69	69	67	64	63	62	61	54.1	
CK	Yuyu2	13	20	26	32	34	50	62	68	71	70	67	66	65	64	63	63	63	62	61	53.7	
CK	Danyu13	11	25	26	29	31	46	61	66	69	66	65	64	63	61	61	61	61	61	60	51.9	
	Mean	16.5			30.0				64.8							62.7				53.7		
SS	Yedan22	14	23	25	29	30	52	56	71	66	65	64	63	63	63	63	62	61	60	59	52.1	—2.9
SS	Yedan3638	12	21	24	30	31	46	56	59	66	65	65	64	63	62	60	60	60	60	59	50.7	—3.4
SS	Yuyu2	16	26	25	30	32	41	45	51	57	62	65	67	64	62	61	60	59	59	59	49.5	—4.2
SS	Danyu13	15	15	20	20	30	28	47	53	61	65	64	63	62	61	59	57	58	59	60	47.2	—4.7
	Mean	17.8			27.2				59.1							59.8				49.9		
ES	Yedan22	10	22	28	34	35	51	53	61	64	66	66	66	65	62	62	61	60	61	60	51.9	—3.0
ES	Yedan3638	11	20	29	30	32	39	41	46	50	62	67	66	63	63	62	60	60	60	59	48.4	—5.7
ES	Yuyu2	13	20	26	29	38	45	48	62	55	60	63	65	65	63	61	60	57	53	51	49.2	—4.5
ES	Danyu13	11	25	27	33	33	39	44	45	49	52	55	58	61	61	61	59	58	56	56	46.5	—5.5
	Mean	16.5			31.2				56.7							58.9				49.0		
GS	Yedan22	10	22	27	33	32	52	64	67	68	70	72	71	70	69	69	69	68	68	63	55.9	+1.0
GS	Yedan3638	11	20	27	30	33	48	63	66	68	69	71	70	69	68	67	66	67	67	62	54.7	+0.6
GS	Yuyu2	13	20	26	32	34	50	64	66	70	72	71	69	67	66	65	65	64	62	62	54.6	+0.9
GS	Danyu13	11	25	26	29	31	46	58	64	68	70	68	66	65	62	63	62	61	61	61	52.4	+0.5
	Mean	16.5			30.0				65.5							64.3				54.4		

2.1.2 遮光对玉米叶片功能期的影响 由表 2 可知,单叶功能期从基部到顶部表现为单峰曲线。苗期遮光使 1~2 片叶功能期延长,可见遮光延缓了这两片叶的衰老,但转至自然光下后,由于叶片不适应强光照,其叶片功能期反而短于对照。穗期遮光使 3~5 片叶功能期延长,却使其上部各叶片功能期缩短。可见遮光可以减缓衰老,但当前期遮光处理结束后,其叶片的衰老进程反而比对照加快。从全部叶片的平均值来看,苗期和穗期遮光均缩短了叶片的功能期,且穗遮的影响大于苗遮。粒期遮光使第 7~19 片叶的功能期稍有延长。由表 2 还可以看出,遮光对各基因型玉米叶片功能期的影响相似,但程度不同。以穗期遮光为例,掖单 22 和豫玉 2 号叶片平均功能期分别比对照短了 3.0d 和 4.5d,掖单 3638 和丹玉 13 分别比对照短 5.7d 和 5.5d。

2.1.3 遮光对玉米比叶重的影响 在拔节期测定了掖单 22 和丹玉 13 第 3~6 片展开叶的平均比叶重,见表 3。苗期遮光使叶片变薄,掖单 22 和丹玉 13 的比叶重均比对照下降,但下降幅度不同,掖单 22 与对照差异达极显著水平,而丹玉 13 则仅达到显著水平。进一步分析可知,叶片变薄的原因不仅是遮光使玉米叶面积变大,更重要的是叶干重的降低,且叶面积的变化品种间差异不大,而叶干重的下降幅度则明显不同,丹玉 13 总叶干重的下降幅度显著大于掖单 22。

表 3 遮光对不同基因型玉米叶片比叶重的影响

Table 3 Thickness of corn leaf under shading condition

处理 T	品种 Variety	总叶面积(cm ²) Total Area	比对照 SS-CK CK	总叶干重(g) Total Weight	比对照 SS-CK CK	比叶重(g/cm ²) Leaf Thickness	比对照 SS-CK CK
CK	Yedan22	437.86		1.31		0.00299	
CK	Danyu13	442.21		1.39		0.00314	
SS	Yedan22	491.67	+12.3%	1.24	-5.3%	0.00252	-15.7%*
SS	Danyu13	483.26	+9.3%	1.14	-18.0%	0.00236	-25.0%**

* , * * 分别表示差异达到 0.05,0.01 显著水平,下同 Stand for significance at 0.05, 0.01 levels, respectively, the same below

2.2 遮光对不同基因型玉米株高的影响

由表 4 可以看出,苗遮处理和穗遮处理结束时,其株高均大于对照,可见遮光可促进玉米株高的增加。从穗遮处理玉米大喇叭口和吐丝期株高比较可以看出,随着遮光时间的延长,株高增加效应增大,另外从苗遮处理这两个时期的株高可以看出,苗遮处理结束之后,玉米在正常光下生长,其株高反而逐渐低于对照。可见,苗期遮光对玉米株高有增加作用,但在遮光结束之后则使之降低。此外,遮光对玉米株高的影响在不同基因型之间也存在差异,掖单 22 和豫玉 2 号株高受遮光影响较小,掖单 3638 和丹玉 13 受遮光影响较大。苗期和穗期遮光结束时,掖单 22 株高分别比对照增加了 1.2cm 和 7.7cm;豫玉 2 号分别比对照增加了 1.4cm 和 8.7cm;掖单 3638 分别比对照增加了 1.5cm 和 10.2cm;丹玉 13 受遮光影响最大,其株高分别比对照增加了 2.5cm 和 12.4cm。

表 4 遮光对不同基因型玉米株高的影响(cm)

Table 4 The plant height of different genotype maize under shading condition

品种 Variety	拔节期 6 full expansion leaves			大口期 12 full expansion leaves					吐丝期 Silking				
	对照 CK	苗遮 SS	增高 SS-CK	对照 CK	苗遮 SS	增高 SS-CK	穗遮 ES	增高 ES-CK	对照 CK	苗遮 SS	增高 SS-CK	穗遮 ES	增高 ES-CK
Yedan22	53.9	55.1	1.2	139.3	135.9	-3.4	142.7	3.4	213.4	206.7	-6.7	221.1	7.7
Danyu3638	50.5	52.0	1.5	133.7	129.1	-4.6*	138.3	4.6*	222.3	212.5	-9.8*	232.5	10.2*
Yuyu2	49.1	50.5	1.4	119.9	116.1	-3.8	124.1	4.2	228.5	219.9	-8.6*	237.2	8.7
Danyu13	52.2	54.7	2.5*	125.0	119.7	-5.3*	129.8	4.8	211.1	201.6	-9.5**	223.5	12.4**

2.3 遮光对不同基因型玉米干物质积累的影响

2.3.1 遮光对玉米根干重的影响 由表 5 可知,各期遮光均使玉米根干重降低,降低幅度最大的是穗遮处理,其吐丝期根干重比对照降低了 49.7%~60.5%,其次是苗遮处理,其拔节期根干重比对照降低了 46.6%~56.3%,下降最少的是粒遮处理,仅比对照降低了 13.6%~25%。分析各期测定的苗遮处理根干重可知,遮光后,根干重越往后期与对照相差越小,可见遮光对玉米根系的影响会随着玉米以后在自然光下的生长逐渐减小。此外,遮光对根干重的影响品种间差异明显,掖单 22 和豫玉 2 号根干重降幅较小,而掖单 3638 和丹玉 13 降幅较大。以拔节期苗遮处理根干重为例,掖单 22 和豫玉 2 号分别比对照下降了 46.6% 和 48.9%;掖单 3638 和丹玉 13 分别比对照下降了 55.6%和 56.3%。

遮光对玉米气生根层数及干重也有影响(图 1)。遮光使玉米气生根层数减少,以掖单 22 和丹玉 13 为例,两品种在自然光下均有 5 层气生根,而苗遮处理为 4 层,穗遮处理丹玉 13 则只有 3 层。同时,各层根干重也因遮光而下降,且不同层次气生根干

表 5 遮光处理条件下不同基因型玉米根干重的变化(g/株)

Table 5 The root dry weight of different genotype maize under shading condition (g/plant)								
时期 Time	品种 Variety	对照 CK	苗遮 SS	比对照 SS-CK CK	穗遮 ES	比对照 ES-CK CK	粒遮 GS	比对照 GS-CK CK
拔节期 6 full expansion leaves	Yedan22	2.77	1.48	-46.6% **				
	Yedan3638	2.68	1.19	-55.6% **				
	Yuyu2	2.72	1.39	-48.9% **				
	Danyu13	2.79	1.22	-56.3% **				
吐丝期 Silking	Yedan22	34.78	23.93	-31.2% *	17.48	-49.7% **		
	Yedan3638	32.18	20.98	-34.8% *	13.61	-57.7% **		
	Yuyu2	28.67	19.24	-32.9% *	13.88	-51.6% **		
	Danyu13	28.65	18.45	-35.6% **	11.32	-60.5% **		
成熟期 Harvest time	Yedan22	32.18	23.04	-28.4%	17.78	-44.7% **	27.81	-13.6%
	Yedan3638	27.55	18.99	-33.4% *	13.51	-52.6% **	22.29	-21.8% *
	Yuyu2	28.51	19.14	-30.5% *	14.63	-46.9% **	22.75	-20.2%
	Danyu13	25.01	16.48	-34.1% *	10.93	-56.3% **	18.75	-25.0% *

重下降程度不同。各处理间第 1 层气生根干重无显著变化,而第 2、3 层差距逐渐增大。除第 1 层气生根外,掖单 22 各层气生根干物重均明显大于丹玉 13。

2.3.2 遮光对玉米茎叶干重的影响 遮光对玉米茎叶干重的影响与对根干重的影响相似,即各期遮光均使茎叶干重降低(表 6)。降低幅度最大的是穗期遮光,其次是苗期遮光,降低最少的是粒期遮光。此外,不同品种茎叶干重受遮光影响程度不同。以吐丝期穗遮处理茎叶干重为例,掖单 22 和豫玉 2 号分别比对照下降了 27.0%和 27.3%;掖单 3638 和丹玉 13 分别比对照下降了 36.5%和 41.5%。

2.4 遮光对不同基因型玉米抽雄吐丝日期的影响

由表 7 可以看出,各期遮光均延迟了玉米抽雄、吐丝日期,使抽雄吐丝相隔时间拉长,但延迟的多少随处理和品种的不同而不同。从不同处理看,越接近吐丝期的遮光处理,延迟作用越

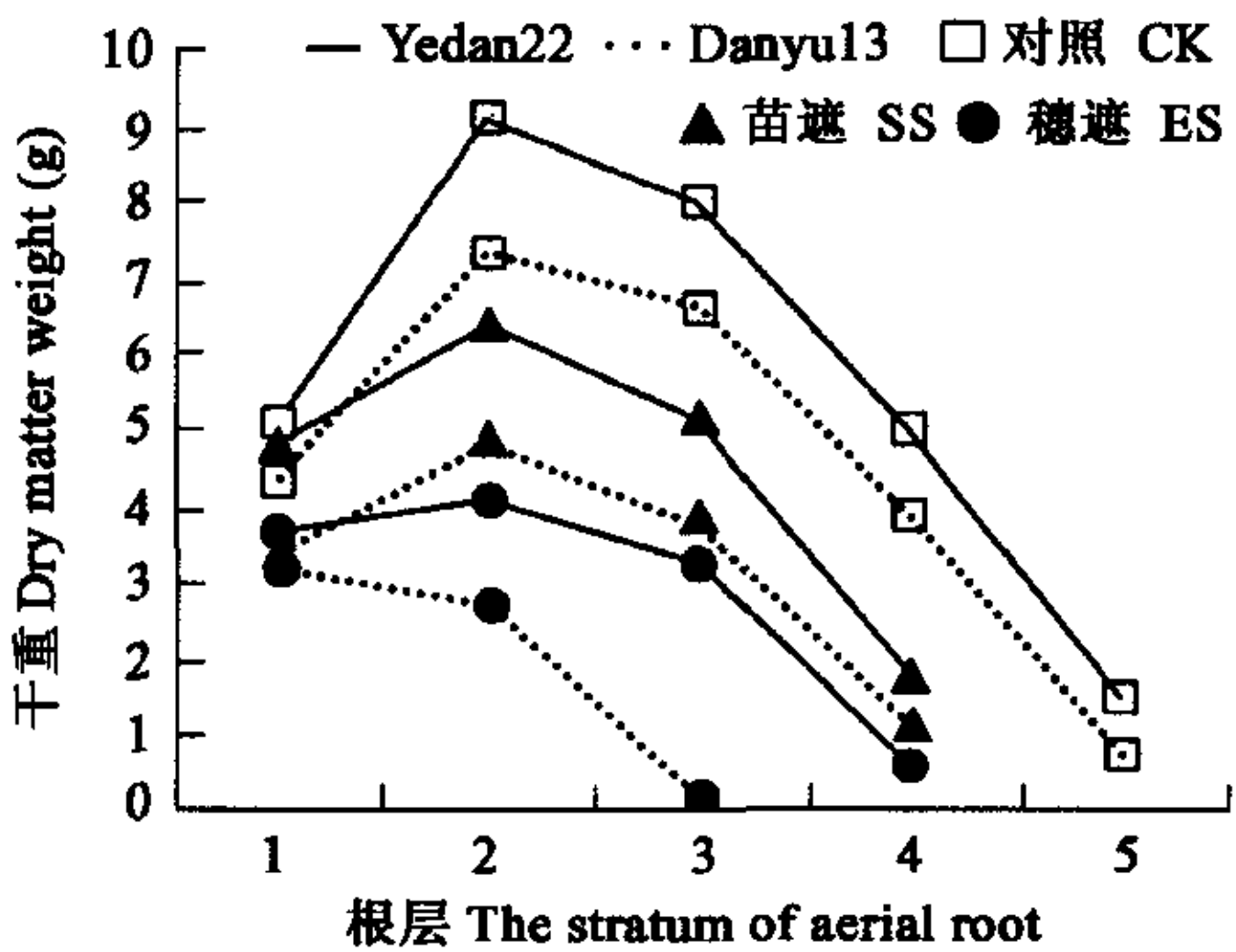


图 1 遮光处理后不同基因型玉米吐丝期气生根层数及各层干重
Fig. 1 The layers and dry weight of different genotype maize aerial root after shading treatment
— Yedan22,... Danyu13, □ 对照 CK, ▲ 苗遮 SS, ● 穗遮 ES

表 6 遮光处理后不同基因型玉米茎叶干重的变化(g/株)

Table 6 The stem and leaves dry weight of different genotype maize under shading condition(g/plant)								
时期 Time	品种 Variety	CK CK	苗遮 SS	比对照 SS-CK CK	穗遮 ES	比对照 ES-CK CK	粒遮 GS	比对照 GS-CK CK
拔节期 6 full expansion leaves	Yedan22	7.91	5.91	-25.3% *				
	Yedan36386	7.46	5.45	-27.0% *				
	Yuyu2	7.32	5.39	-26.4% *				
	Danyu13	6.8	4.37	-35.7% **				
吐丝期 Silking	Yedan22	90.88	75.94	-16.4%	66.34	-27.0% *		
	Yedan3638	89.52	71.44	-20.2%	56.85	-36.5% **		
	Yuyu2	83.24	60.35	-27.5%	60.52	-27.3% *		
	Danyu13	78.45	51.15	-34.8% *	45.89	-41.5% **		
成熟期 Harvest time	Yedan22	140.35	108.24	-12.7%	118.46	-15.6%	128.14	-8.7%
	Yedan3638	149.17	109.49	-26.6%	109.64	-26.5%	130.52	-12.5%
	Yuyu2	131.31	100.45	-23.5%	97.43	-25.8%	118.44	-9.8%
	Danyu13	120.62	82.14	-31.9%	77.80	-35.5% **	94.20	-21.9%

明显,即穗遮对玉米抽雄吐丝的影响大于苗遮;从不同品种看,遮光对掖单 22 和豫玉 2 号的影响较小,两品种遮光后抽雄吐丝日期比对照晚了 1~3d;遮光对掖单 3638 和丹玉 13 的影响则较大,其抽雄吐丝日期比对照晚了 2~10d。另外还可看出,遮光对抽雄和吐丝的影响程度也有差异,遮光处理抽雄日期比对照延迟了 1~4d,吐丝日期比对照延迟了 1~10d,即对吐丝期的影响

大于对抽雄期的影响,从而导致了抽雄吐丝日期间隔的加大,且此差异也随处理和品种的变化而变化。穗遮处理间隔(4~11d)大于苗遮处理(3~7d),掖单 3638 和丹玉 13 的间隔(6~11d)大于掖单 22 和豫玉 2 号的间隔(3~5d)。可见,玉米中后期阴雨、寡照天气易造成光敏感型玉米的雌雄穗花期不协调,使玉米无法完成正常的授粉受精,从而引起结实性下降甚至出现空秆,造成玉米严重减产。

表 7 遮光处理后不同基因型玉米的抽雄吐丝日期比较(月/日)

Table 7 The tasseling(T) and silking(S) date of different genotype maize under shading condition(M/D)												
处理 T	Yedan22			Yedan3638			Yuyu2			Danyu13		
	抽雄 T	吐丝 S	相隔(d) S-T	抽雄 T	吐丝 S	相隔(d) S-T	抽雄 T	吐丝 S	相隔(d) S-T	抽雄 T	吐丝 S	相隔(d) S-T
对照 CK	8/3	8/6	3	8/3	8/6	3	8/3	8/6	3	8/4	8/8	4
苗遮 SS	8/4	8/7	3	8/5	8/11	6	8/3	8/7	4	8/6	8/13	7
穗遮 ES	8/5	8/9	4	8/7	8/16	9	8/4	8/9	5	8/7	8/18	11

2.5 遮光对不同基因型玉米产量的影响

由表 8 可以看出,不同时期遮光处理均可导致玉米减产,但减产幅度不同。苗遮处理减产幅度较小,甚至不减产,而粒遮处理减产最多,减产幅度达 18%~48%。遮光对玉米的减产作用在不同基因型之间也表现出明显的差异,掖单 22 和豫玉 2 号减产幅度相对较小,而掖单 3638、丹玉 13 减产幅度较大,且越往后期的遮光差异越大。如穗遮处理,掖单 22 和豫玉 2 号分别比对照减产 11%、16%,掖单 3638 和丹玉 13 分别减产 23%、36%;而粒遮处理中,掖单 22 和豫玉 2 号分别比对照减产 18%、29%,掖单 3638 和丹玉 13 分别减产 39%、48%。

表 8 遮光处理对不同基因型玉米产量的影响(g/株)

Table 8 The effect of shading on the yield of different genotype maize (g/plant)							
品种 Variety	对照 CK	苗遮 SS		穗遮 ES		粒遮 GS	
	产量 Yield	产量 Yield	减产(%) Reduction	产量 Yield	减产(%) Reduction	产量 Yield	减产(%) Reduction
Yedan22	203.42	209.72	3	180.08	-11*	166.31	-18**
Yedan3638	197.12	190.25	-3	151.93	-23**	121.21	-39**
Yuyu2	161.32	144.98	-10*	135.51	-16*	115.04	-29**
Danyu13	150.59	134.96	-10*	95.96	-36**	77.93	-48**

3 小结与讨论

大田玉米生长过程中,光强变幅较大,低的光照强度势必会影响玉米正常的生长发育和形态建成,但弱光胁迫对玉米生长发育和形态建成的影响并不是单方面的,可分为短期影响和长期影响,或直接影响和间接影响。如遮光对玉米出叶速度的影响并非只是延缓在遮光期间长出的叶片,对遮光结束后的出叶速度仍有较大延缓作用。遮光对功能期和株高的影响更为复杂。遮光对玉米的直接影响是延缓衰老,增加株高,但前期遮光结束后,其叶片功能期则显著小于对照,株高也逐渐低于对照。可见,遮光对玉米生长发育的影响并不能一言以盖之,而应根据遮光时期和生育阶段具体分析。从总体来看,弱光胁迫推迟了玉米的生育进程,导致雌雄穗花期不遇,加之秋后气温下降,不利于籽粒灌浆,并造成了玉米的晚熟和减产。

玉米对遮光的响应前人已有了大量的研究,但不同基因型玉米之间对遮光处理的响应差异则研究较少。本试验证实了遮光对玉米生长发育的影响在不同基因型之间确实存在显著差异。本试验所采用的 4 个品种,掖单 22 和豫玉 2 号对遮光响应较小,而掖单 3638 和丹玉 13 则对弱光胁迫较为敏感。但对造成这种差异的原因尚无法得出准确的结论,而本文仅为该研究的阶段性成果,今后还有必要从营养代谢、光合生理、激素变化等方面进行更深一步的探索。

References:

[1] Wang S H, Hao C L, Zhang Z X. The study and advance in the shade effect of plant. *Journal Shandong Agricultural University*, 1998, 29(1): 130~134.

[2] Early E B, Lyons J C, Inselberg E, et al. Earshoot development of Midwest dent corn (*Zea mays* L.). *Bull. Ill. Agric. Exp. Stn.*, 1974, 747: 1~44.

[3] 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.). *Neth. J. Agric. Sci.*, 1983, 31(2): 101~124.

[4] Guan Y X, Lin B, Ling B Y. The interactive effects of growth light condition and Nitrogen supply on Maize (*Zea mays* L.) seedling

- photosynthetic traits and metabolism of Carbon and Nitrogen. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, **26**(6): 806~812.
- [5] Gmelig Meyling H D, Effect of light intensity, temperature and daylength on the rate of leaf appearance of maize. *Neth. J. Agric. Sci.*, 1973, **21**: 68~76.
- [6] Dale J E. The growth of leaves. *Studies in Biology* No. 137. Edward Arnold Publishers. London, 1982. 1~60.
- [7] Ward D A, Woolhouse H W. Comparative effects of light during growth on the photosynthetic properties of NADP-ME type C4 grasses from open and shaded habitats I. Gas exchange, leaf anatomy and ultrastructure. *Plant, Cell and Environment*, 1986, **9**(4), 261~270.
- [8] Gmelig Meyling H D. Effect of light intensity, temperature and daylength on the rate of leaf appearance of maize. *Neth. J. Agric. Sci.*, 1973, **21**: 68~76.
- [9] Reed A J, Singletary G W, Schussler J R, *et al.* Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number, and yield of maize. *Crop Sci.*, 1988, **28**(5): 819~825.
- [10] Mbewe D M N, Hunter R B. The effect of shade stress on the performance of corn for silage versus grain. *Can. Plant Sci.*, 1986, **66**: 53~60.
- [11] Uhart S A, Andrade F H. Nitrogen deficiency in Maize I. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Sci.*, 1995, **35**:1384~1389.
- [12] Gerakis P A, Parakosta-tasopoulou D. Effects of dense planting and artificial shading on five maize hybrids. *Agricultural Meteorology*, 1980, **21**(2): 129~137.
- [13] Zhao J R, Chen G P. Effects of shading treatment at different stages of plant development on grain production of corn (*Zea mays* L.) and observations of tip kernal abortion. *Scientia Agricultura Sinica*, 1990, **23**(4): 28~34.

参考文献:

- [1] 王绍辉,郝翠玲,张振贤. 植物遮荫效应的研究与进展. 山东农业大学学报,1998,**29**(1):130~134.
- [4] 关义新,林葆,凌碧莹. 光、氮及其互作对玉米幼苗叶片光合和碳、氮代谢的影响. 作物学报,2000, **26**(6):806~812.
- [13] 赵久然,陈国平. 不同时期遮光对玉米籽粒生产能力的影响及籽粒败育过程的观察. 中国农业科学,1990,**23**(4):28~34.