

文章编号: 1005-0906(2005)03-0065-04

多雨寡照年份不同玉米杂交种 生育后期光合特性比较

张永恩, 赵亚丽, 王 群, 李潮海

(河南农业大学农学院, 郑州 450002)

摘要: 在多雨、寡照的异常气候条件下, 研究了 4 个玉米杂交种在高、低水肥条件下生育后期的光合特性。结果表明, 多雨、寡照的异常气候条件下不同玉米杂交种的产量与水肥条件、叶面积的发展动态、本身的光合能力等密切相关, 但各因素的影响力差别较大。多雨、寡照的异常气候对不同水肥条件下玉米杂交种的叶面积指数、叶片功能期的影响与正常条件下的一致, 但对产量、光合速率等的影响与正常气候条件下有较大的差别。

关键词: 玉米; 杂交种; 光合特性; 气候

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

The Comparison Between the Photosynthetic Characteristics of Different Maize Hybrids in Overabundant Rain and Poor Sunshine Year in Later Growth Stage

ZHANG Yong-en, ZHAO Ya-li, WANG Qun, LI Chao-hai

(Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Under the sublime climate conditions of overabundant rain and poor sunshine, we researched on the photosynthetic characteristics in later growth stage of different maize hybrids which were planted in the fields with abundant or deficiency of water and fertilizer. The results showed that there was a correlation between the yield of these hybrids and their LAI, leaf function period, photosynthetic characteristics, etc., but the degree was different. The effects of sublime climate to LAI and leaf function were in accord with in normal conditions, but the effects to yield and Pn were difference from that under normal conditions.

Key words: Maize; Hybrids; Photosynthetic characteristics; Climate conditions

光合作用是植物获得能量和赖以生存的基础, 光合同化能力的高低直接影响到作物的产量。玉米植株产量的 90% 以上是靠光合作用制造的有机物^[1], 但其生长发育和产量形成常受气候变化的影响, 且在极端气候年份影响更加强烈, 由于不同玉米杂交种的遗传背景相异, 因此对不良气候的适应能力也必然不同。玉米的光合能力在不同品种、不同的生育时期表现都有差异, 特别是生育后期差异更大^[2]。

有研究认为, 玉米吐丝前的光合作用对产量的贡献低于 10%, 吐丝后的光合作用对产量的形成起决定作用^[3,4]。受客观条件的限制, 详细研究极端气候对不同玉米杂交种的效应存在一定困难, 所以在极端气候条件下对玉米光合特性进行的系统研究极少。本试验在 2003 年进行, 在玉米生育期恰好遇上多雨、寡照的极端气候, 所以对这种极端气候条件下的玉米光合特性进行了较为详细的研究。试验设置了高水肥和低水肥两个不同的处理, 通过对 4 个玉米杂交种生育后期的光合速率、叶面积指数、蒸腾速率、叶片功能期等参数进行比较分析, 找出品种、环境、栽培条件等因素对它们影响的差异性, 对指导玉米的大面积高产、稳产栽培有重要意义。

1 材料和方法

收稿日期: 2004-09-08; 修回日期: 2005-04-10

基金项目: 河南省“九五”重点科技攻关项目“夏玉米综合增产技术研究”(960201019)的部分研究内容

作者简介: 张永恩(1981-), 男, 河南商城人, 在读硕士研究生, 研究方向为作物生理生态。

李潮海为本文通讯作者。Tel: 0371-63558116

E-mail: chaohai@371.net

1.1 试验设计

试验地点在河南农业大学科教园区,供试土壤为潮土,试验地耕层土壤肥力为:有机质 14.10 g/kg、全氮 0.97 g/kg、速效磷 0.025 g/kg、速效钾 0.128 g/kg。采用的 4 个品种均从河南省常用的玉米杂交种中选出。

试验设高水肥(G)和低水肥(D)两个处理。高水肥处理采用超高产栽培措施^[5],充分保证玉米生长的水肥供应;低水肥处理按照常规的农家管理方法,仅在拔节期每公顷施尿素 150 kg,其它时期不施肥,播种后浇一次蒙头水保证出苗,以后不再浇水。

试验采用随机区组设计,4 次重复,小区面积为 57.6 m²,根据水肥水平以各品种的推荐田间种植密度窄行种植,6 月 10 日播种,10 月 5 日收获。播种和田间管理均严格按照高水肥和低水肥水平执行。

1.2 调查及测定项目

(1)叶面积及叶片功能期测定。每处理选出具有代表性的植株 10 株,在拔节期、大口期、吐丝期、乳熟期、成熟期分别测量叶面积;从苗期开始,分别记载每片叶的可见、展开、死亡的日期,计算叶片功能期。

(2)光合参数的测定。在吐丝期、乳熟期和成熟期各处理选出具有代表性的植株 5 株,用 Li-6400 光合测定系统测定各处理光合参数。

(3)考种计产。成熟期全部收获,测定总产。

(4)气象资料。从玉米播种开始,记录每天的降水量和光照时数,直到玉米收获。

2 结果与分析

2.1 生育期气象条件和历年平均值的比较

表 1 试验地点玉米生育期气象条件和历年平均值的比较

日期 (月)	降雨量(mm)			日照(h)		
	2003	历年平均	差 值	2003	历年平均	差 值
6	107.9	69.5	38.4	219.6	231.6	-12.0
7	109.6	156.6	-47.0	158.1	206.0	-47.9
8	217.4	109.2	108.2	91.5	205.0	-113.5
9	110.4	73.3	37.1	136.4	177.5	-41.1

从表 1 可以看出,在玉米生育期内 2003 年降水有大幅度的增加,同时日照时数大幅度的减少。6 到 9 月间总降水 545.3 mm,较历年均值增加 136.7 mm;日照时数 650.6 h,较历年均值减少 214.5 h,属 50 年来极为罕见的多雨、寡照的异常气候^[6]。降水量的增加和日照的减少主要集中在 8 月份,降水量增加值占整个时期的 79.15%,日照减少值占整个时期的 52.92%,而这段时期是玉米生长发育的最关键阶段,8 月上旬是玉米散粉的较集中时期,降水对玉米授粉造成了极大的障碍,直接导致了一些品种的减产;8 月中、下旬是玉米灌浆期,在这期间的大量降

水和光照减少也是造成产量降低的直接原因。

2.2 不同玉米杂交种在不同栽培条件下的产量

产量分析表明,由于不同的品种对多雨、寡照的异常气候的适应性存在差异,各玉米杂交种在不同栽培条件下的产量水平存在着显著的差异。总的来看,高水肥条件下的产量普遍高于低水肥条件下相同品种的产量;在相同栽培条件下,不同品种的产量间也存在显著差异,但在两种栽培条件下的表现很不一致。由此可见,在多雨、寡照的异常气候年份,品种和栽培条件对产量仍然有着重要的影响,不同的品种在不同的栽培条件下的表现差别很大。

表 2 不同玉米杂交种在不同栽培条件下的产量

品 种	产量(G)(kg/hm ²)	差异显著性		产量(D)(kg/hm ²)	差异显著性	
		5%	1%		5%	1%
郑单 958	11 959.2	a	A	11 229.5	a	A
新单 22	11 324.4	a	AB	8 009.1	b	B
豫单 2002	9 829.5	b	B	8 381.3	b	AB
农大 108	9 176.7	b	B	6 783.2	b	B

从表 2 可以看出,异常气候年份不同栽培条件对产量的影响和正常年份相比有较大的差别,低水肥条件下的产量普遍偏高^[7],而高水肥条件下的产量反而偏低^[8]。这些差别主要是由这种多雨、寡照的异常气候条件造成的,高水肥条件使玉米前期生长旺盛,叶面积指数较高,但由于中后期严重弱光的影

响,其光合条件反而不及低水肥条件下的;而低水肥条件下,前期由于水肥条件的限制,叶面积的发展较适应于弱光条件,加上后期雨水多,玉米生长不存在水分不足的问题,促进了低水肥条件下产量的提高。且在降水最为集中的 8 月下旬,造成了玉米的倒伏和病虫害,使一些品种特别是高水肥处理的品种在

后期光合能力下降较多,使此期光合作用对产量的影响不如正常气候条件下的强烈。

从表 2 的分析,根据异常气候年份不同栽培条件下各杂交种产量的差异显著性,试验品种可以分成 4 种类型:①高产稳产型,如郑单 958(ZD958),该品种在高水肥和低水肥条件下的产量均最高;②高产不稳产型,如新单 22(XD22),该品种在高水肥条件下产量较高但低水肥条件下产量较低;③低产稳产型,如豫单 2002(YD2002),在高水肥条件下产量表现一般但在低水肥条件下却有较高的产量;④既不高产也不稳产型,如农大 108(ND108),两种栽培条件下产量都较低。

2.3 不同玉米杂交种叶面积指数

玉米叶片作为光合作用的主要器官,其大小与发展动态和产量直接相关,叶面积指数是衡量作物群体叶面积大小的指标。从表 3 可以看出,异常气候

条件下所有处理的叶面积指数在整个生育期均表现为单峰曲线,高峰期都出现在吐丝期前后。相同条件下各品种间的差异在各个生育期的表现基本一致,大口期以前差异相对较小,吐丝期和乳熟期差异较大;高水肥条件下的叶面积指数普遍高于低水肥条件下的相同品种,且吐丝前的差异较大,这表明在 2003 年的异常气候条件下前期低水肥处理可能受到了水肥的胁迫,而后期高水肥处理也逐渐失去了生长条件的优势。在高水肥条件下各品种在大口期叶面积指数大小和产量的高低表现较为一致,在低水肥条件下叶面积指数大小和产量的高低在乳熟期表现较为一致。将相同栽培条件下不同品种间的差异和不同栽培条件下各品种的差异相比较可以发现,栽培条件对叶面积的影响大于遗传因素的影响,可见合理的调控水肥,改善栽培条件,对提高玉米的叶面积指数有较大的影响。

表 3 不同玉米杂交种叶面积指数

处 理	品 种	拔节期	大口期	吐丝期	乳熟期	成熟期
G	ND108	0.496 1	1.577 7	5.769 9	5.448 1	3.894 3
G	ZD958	0.585 1	1.814 8	5.842 1	5.617 0	3.378 7
G	XD22	0.598 4	1.863 8	6.250 0	5.728 5	3.408 1
G	YD2002	0.505 0	1.806 8	4.557 4	4.443 2	2.532 9
D	ND108	0.244 2	0.738 9	3.571 2	3.355 9	1.701 5
D	ZD958	0.263 3	0.817 1	4.264 5	4.063 2	2.053 3
D	XD22	0.360 2	1.347 7	4.961 9	3.842 8	1.781 1
D	YD2002	0.231 5	0.664 3	3.542 6	3.941 2	1.845 2

2.4 不同玉米杂交种叶片功能期

玉米叶片功能期是指叶片从展开到 1/2 枯死所经历的天数,也是叶片充分展开后光合速率维持较高水平的时期。从表 4 可知,异常气候条件下玉米叶片功能期随着叶序的增加呈单峰曲线的变化趋势,高峰出现在 12 片叶左右。在 3 叶以前和 18 叶以后,处理间叶片功能期的差异不如中间几片叶的明显、第 9 到 15 片左右的叶片功能期差异特别明显。而且,第 9~12 片叶的功能期的长短和处理间产量的高低表现一致,如第 9 叶,高产品种郑单 958 在高水

肥和低水肥条件下的功能期都最长,分别为 60.33 d 和 58.67 d;农大 108 的最低,分别为 54.00 d 和 53.67 d。两品种在高水肥和低水肥条件下平均叶片功能期分别相差 1.94 d 和 2.16 d。对所有处理,在高水肥条件下的叶片功能期都比低水肥条件下长,相差最大的是新单 22,最小的是郑单 958,平均差值分别为 4.39 d 和 0.61 d。这些都表明,叶片功能期受遗传和环境的双重影响,改善栽培措施可以有效的延长叶片功能期,从而提高玉米产量。

表 4 不同玉米杂交种叶片功能期

								d
处 理	品 种	3 叶	6 叶	9 叶	12 叶	15 叶	18 叶	平均值
G	ND108	28.00	33.00	54.00	61.67	60.00	59.00	49.28
G	ZD958	26.67	35.00	60.33	64.33	62.00	59.00	51.22
G	XD22	27.33	41.67	58.33	62.67	64.00	61.00	52.50
G	YD2002	26.00	35.67	58.00	62.33	66.00	62.00	51.83
D	ND108	26.00	47.67	53.67	54.33	54.00	52.00	48.44
D	ZD958	30.00	41.00	58.67	56.00	60.00	58.00	50.61
D	XD22	24.67	43.67	54.67	55.00	55.67	55.00	48.11
D	YD2002	26.00	43.67	57.33	58.00	62.00	58.00	50.83

2.5 不同玉米杂交种光合速率

图 1 表明,异常气候条件下,从吐丝以后所有处

理的光合速率都呈下降趋势,但其表现与正常气候条件下有所不同^[9],乳熟前除 YD2002 外,其它 3 个

品种在高水肥条件下的光合速率都高于低水肥处理;乳熟以后,所有低水肥处理的光合速率都高出同期的高水肥处理。此外,相同品种在高水肥处理的光合速率下降幅度较低水肥处理的大,以 ZD958 乳熟期到成熟期的光合速率为例,高水肥条件下降低了 $9.50 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$,低水肥条件下降低了 $7.26 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 。高水肥条件下,产量较高的品种吐丝期到乳熟期下降的慢,乳熟期到成熟期下降的快,以 ZD958 和 XD22 为例,吐丝期到乳熟期下降值分别为 $7.400 0 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $5.366 7 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$,乳熟期到成熟期分别为 $9.500 0 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $12.933 3 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$;产量较低的品种乳熟期下降的快,成熟期下降的慢,以 ND108 为例,吐丝期到乳熟期下降值为 $13.07 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$,乳熟期到成熟期下降值为 $6.56 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 。低水肥条件下的情况恰好相反。

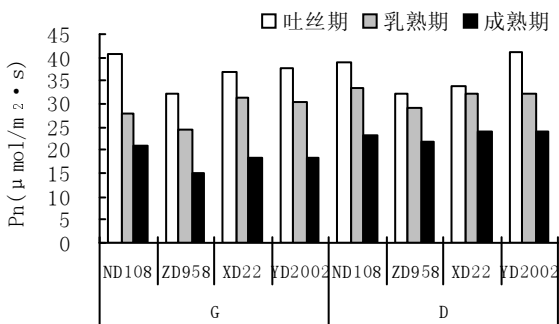


图 1 不同玉米杂交种光合速率

这可能是由于高水肥处理密度高于低水肥,在水肥充足的条件下前期生长较快,叶片较薄,叶面积指数较高,但由于中后期严重弱光的影响,其光合条件反而不及低水肥条件下的;且低水肥处理的吐丝期普遍比高水肥处理晚 3 天左右,前期由于水肥条件的限制,叶面积指数较低,所以后期在实际生长条件下低水肥处理要优于高水肥处理,叶面积的发展较适应于弱光条件。

2.6 不同类型玉米杂交种蒸腾速率

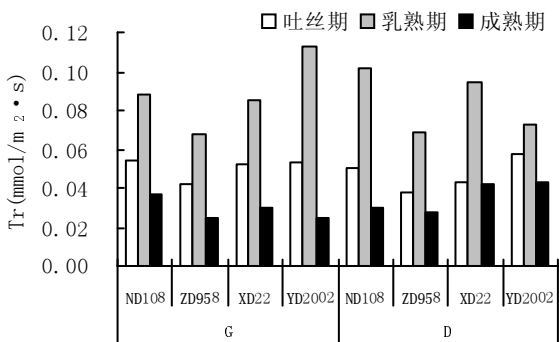


图 2 不同玉米杂交种蒸腾速率

从图 2 可以看出,异常气候条件下,在生育后期

所有处理的蒸腾速率都先升后降,高峰期出现在乳熟期前后,吐丝期次之,成熟期最低。在吐丝期,高水肥处理的蒸腾速率明显高于低水肥处理,如 ZD958 高水肥处理和低水肥处理的蒸腾速率分别是 $0.041 8 \text{ mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $0.038 1 \text{ mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$,这可能与本期高水肥处理生长旺盛,光合作用较强有关;除乳熟期 YD2002 和成熟期 ND108 外,吐丝期以后高水肥处理的蒸腾速率都明显低于低水肥处理,差值如乳熟期 ND108 为 $0.013 3 \text{ mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 、成熟期 YD2002 为 $0.018 4 \text{ mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$,与吐丝期的表现恰好相反,这可能与低水肥处理后期光合速率较高有关。而且,除 YD2002 在生育后期蒸腾速率变化较大外,其它所有品种在生育后期的表现基本一致,吐丝期较高的,在吐丝期以后也较高。这说明在不同栽培条件下遗传因素对蒸腾速率的影响是一致的,这种变化趋势与其产量水平的变化趋势相反,产量水平较高的,其蒸腾速率却较低。

3 小结与讨论

本研究结果表明,异常气候条件下不同产量水平玉米杂交种的光合速率、叶面积指数、蒸腾速率、叶片功能期等都存在着明显的差异,产量水平较高的杂交种光合相关因素间表现出较好的协调性及对异常气候条件的适应性。而产量水平较低的杂交种的表现却相反,这些差异在不同的栽培条件下尤为明显。

光合特性的好坏既由玉米品种特性所决定,又受外界环境、栽培条件等多种因素的影响。异常气候条件下,栽培条件对叶面积指数、叶片功能期等的影响和正常条件下的一致,高水肥处理的叶面积指数、叶片功能期等都高于低水肥处理,为取得高产打下了基础。但栽培条件对光合速率和呼吸速率的影响和正常气候条件下的规律并不相符合,低水肥处理的后期光合条件优于高水肥处理。由于多雨、寡照气候的影响,高水肥条件对产量形成的优势不能充分发挥,而低水肥条件对这种异常气候的适应性较高水肥条件下的强,使水肥条件对产量的影响较正常条件下的小,这也为异常气候条件下选择品种和栽培条件提供了参考。根据气候条件选用合适的作物品种,并选用相适应的栽培条件,在此基础上创造合理的群体结构,提高作物的光合能力,促进干物质的积累,进而提高玉米的产量。

关于异常气候条件下不同栽培条件、不同类型玉米杂交种间的光合性能差异及对产量的影响的机理,有待进一步深入研究。

(下转第 71 页)

(上接第 68 页)

参考文献:

- [1] 吴绍 , 韩锦锋, 石敬之. 玉米栽培生理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.
- [2] 王崇桃, 李少坤, 赵 明. 主要增产措施对玉米光合特性与产量的影响[J]. 玉米科学, 1997, 5(2): 58-60.
- [3] 赵 明, 李少昆. 我国常用玉米自交系光合特性的聚类分析[J]. 作物学报, 1999, 25(6): 733-741.
- [4] Simmons S R, Jones R J. Contributions of pre-silking assimilate to grain yield of maize [J]. Crop Sci., 1985, 25: 1004-1006.
- [5] 谢瑞芝, 李潮海, 周苏玫, 等. 超高产夏玉米生长机制研究[J]. 河

南农业大学学报, 1999, 33(1): 11-16.

- [6] 唐保军, 赵 博, 丁 勇. 河南省玉米新品种试验报告[M]. 河南省农作物品种审定委员会, 2003.
- [7] 周苏玫, 李潮海, 连艳鲜, 等. 旱作条件下夏玉米杂交种综合性状研究[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(2): 109-113.
- [8] 李潮海, 苏新宏, 谢瑞芝, 等. 超高产栽培条件下夏玉米产量与气候生态条件关系研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 311-316.
- [9] 李潮海, 刘 奎. 不同产量水平玉米杂交种生育后期光合效率比较分析[J]. 作物学报, 2002, 28(3): 379-383.
- [10] 林建新, 陈山虎, 卢和顶, 等. 玉米育苗移栽对群体特性及光合特性的影响[J]. 玉米科学, 2004, 12(2): 84-88.