

高产旱作玉米品种的光合性能及物质生产力研究

周苏玫¹, 李潮海¹, 连艳鲜¹, 刘奎¹, 贾红伟²

(1. 河南农业大学 农学院, 河南 郑州 450002; 2. 新郑市农业局, 河南 新郑 451100)

摘要: 通过对 6 个玉米品种在旱作条件下的试验研究, 结果表明, 高产旱作玉米品种叶面积指数(LAI)大, 衰退慢, 成熟时 LAI 仍在 2.0 以上。吐丝后光合势明显提高, 较低产品种平均增加 46.8%。总光合与产量呈极显著正相关($r=0.8867^{**}$)。叶片光合速率增强, 干物质积累增多, 向外转移减少。群体穗数与产量无明显相关, 但单株穗粒数与群体产量呈显著正相关($r=0.8747$)。

关键词: 高产; 旱作; 玉米品种; 光合性能; 物质生产力

中图分类号: S513 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2001)03-0068-06

旱作是我国玉米生产的主要特点, 随着水资源的日益匮乏, 旱作玉米面积逐渐增大。不同玉米杂交种在旱作条件下产量性状差异较大^[1], 光合作用是产量形成的基础, 群体的光合性能与子粒产量有明显的相关关系^[2], 尤其是花后群体的光合速率与生物产量呈显著的正相关^[3]。群体光合系统的大小和效率主要表现在绿叶面积的大小、功能期长短、单位绿叶面积的光合效率、光合产物的干物质积累总量及分配到子实器官的比例^[4]。然而关于高产多抗旱作夏玉米杂交种光合特点及物质生产力的研究报道较少, 本研究旨在为旱作玉米品种的选择与栽培提供重要的理论指导。

1 材料和方法

1.1 供试材料与试验设计

试验于 1997~1998 年在河南省荥阳县崔庙镇进行, 该区 7~9 月份降雨量 300 mm, 无灌溉条件, 积温偏低, 属于豫西部旱作农业区。土质为壤土, 有机质含量为 $17\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全氮 $9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $113.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效磷 $8.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾 $67.4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。供试品种为目前推广的玉米新杂交种豫玉 22 号、豫玉 25 号、登海 1 号以及常年大面积种植的杂交种丹玉 13、豫玉 2 号、掖单 2。

采用小区试验和大田对照相结合的方法进行, 小区长 6 m, 宽 2.4 m, 面积 14.4 m^2 , 3 次重复, 中间留 1 m 走道, 完全随机区组排列。1997-06-03 麦收后铁茬抢种, 1998-05-31 趁墒套种, 每个杂交种乳线消失时收获。豫玉 22 号、豫玉 25 号、丹玉 13 种植密度为 $37500\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 豫玉 2 号为 $52500\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$, 登海 1 号、掖单 2 号为 $45000\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。宽

窄行种植，宽行 80 cm，窄行 40 cm。试验地四周设保护行。试验田施纯氮 135 kg·hm⁻²，有效磷 60 kg·hm⁻²。其他管理同一般旱作田。

1.2 测定项目及分析方法

叶面积指数(LAI):各处理在五叶期定苗时，选取有代表性的植株进行标记，定点观察测量，计算不同生育时期的叶面积指数。

光合势：按叶龄指数法记录每个品种的生育时期，以各生育阶段持续日数计算光合势。

光合速率(Pn)：采用美国 CID 公司生产的 CI-301PS 便携式光合测定仪对挂牌标记的植株定点测量，吐丝前测定最上部的展开叶，吐丝后测定穗位叶。

干物质的积累量：在吐丝和成熟期，对标记植株挖根冲洗，分器官烘干称重。

产量与考种：每品种乳线消失后，选取 10 株按常规方法进行考种分析，以小区的实收株数计产。

2 结果与分析

2.1 不同玉米品种叶面积指数和光合势的变化

叶面积指数的变化趋势是物质积累和子粒生产的直接影响因素。旱作条件下，新推广的玉米杂交种豫玉 22 号、豫玉 25 号和登海 1 号与多年种植的杂交种丹玉 13、豫玉 2 号、掖单 4 号相比，各生育时期叶面积指数(LAI)均明显增大(表 1)，尤其是在中后期，前 3 个品种 LAI 衰退慢，高值期长，LAI 在 4.0 以上的持续时间占整个生育时期的近一半，成熟期 LAI 仍然在 2.0 以上，比后 3 个品种平均高出 1.17，这为光合产物的积累奠定了重要的物质基础。

光合势的变化是某一生育阶段叶面积指数的大小和持续时间的综合表现。品种间光合势的变化与 LAI 的变化相似(表 1)，但由于不同生育阶段持续日数不同，随着生育时期的推移，品种间光合势的差异越大，前 3 个品种的光合势与后 3 个品种相比，吐丝至吐丝后 30 d，平均提高 23%；吐丝后 30 d 至成熟阶段，平均提高 150%，这是由于后 3 位品种吐丝后灌浆期较短，旱作条件更缩短了这个过程的缘故，这也是新玉米杂交种群体光合性能增强的主要原因。

表 1 不同品种的叶面积指数和光合势

品 种	叶面积指数(LAI)				光合势(m ² ·d·m ⁻²)			
	拔节期	吐丝期	吐丝后 30 d	成熟期	出苗— 拔节	拔节— 吐丝	吐丝— 吐丝后 30 d	吐丝后 30 d—成熟
豫玉 22 号	0.34	5.26	4.65	3.24	9.18	75.60	148.65	82.85
豫玉 25 号	0.38	4.98	4.06	2.11	10.26	64.74	135.60	58.62
登海 1 号	0.41	5.18	4.35	2.47	11.07	72.67	142.95	61.38
丹玉 13	0.22	4.35	2.97	1.22	5.94	57.13	109.80	29.33
豫玉 2 号	0.29	4.78	3.57	2.04	7.83	55.77	125.25	28.05
掖单 2 号	0.24	4.27	3.26	1.05	6.48	54.12	112.95	23.71

2.2 不同品种光合速率的变化

进一步分析不同杂交种个体的光合能力，在不同生育时期对植株上部展开叶和穗位叶进行了光合速率的测定(图 1)。可以看出，各品种光合速率在整个生育时期的变化基本相同。

苗期较小，吐丝期最高，以后又呈下降趋势。豫玉 22 号、豫玉 25 号、登海 1 号 3 品种的光合速率比较接近，且在各个生育时期均高于后 3 个品种。大口期比后 3 个品种平均高出 26.0%，吐丝期高出 17.1%。吐丝后 30 d 品种间光合速率是豫玉 25 号> 豫玉 22 号> 登海 1 号> 豫玉 2 号> 掖单 2 号> 丹玉 13；成熟期豫玉 22 号的光合速率仍维持较高水平，体现出品种后期优良的光合性能。

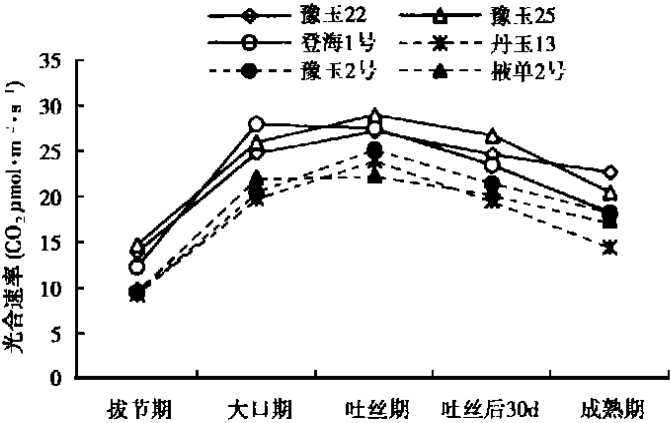


图 1 不同品种叶片的光合速率

2.3 不同品种器官内干物质的积累量及其向子粒的转化率

器官中干物质的积累量是叶片光合作用的结果，由于品种间光合势和光合生产率的不同，各个生育时期器官干物质积累量差异较大(图 2)，同时干物质向子粒中的转化比率亦发生变化(图 3)。豫玉 25 号、登海 1 号群体根系的生长量明显地高于其他品种；群体茎鞘和穗轴的干物质量仍以豫玉 25 号和登海 1 号最高，豫玉 22 号次之，丹玉 13、豫玉 2 号和掖单 2 号较小；群体叶片和苞叶的生长量在吐丝期除丹玉 13 较低外，其他几个品种相差不多，但至成熟期，前 3 个品种的积累量明显高于后 3 个品种。

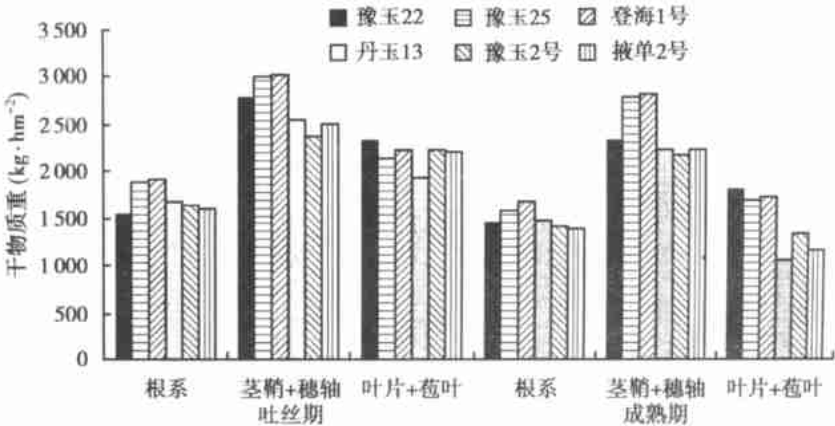


图 2 不同品种各器官干物质的积累变化

吐丝至成熟阶段是子粒产量形成的重要时期，吐丝后积累的干物质对子粒产量的影响最大。由图 3 看出，在产量形成过程中，前 3 个品种营养器官干物质向子粒中转化的比率较低，但其光合产物的转化比例相应提高；后 3 个品种器官内转化的比率升高，平均比前 3 位品种升高 33. 17%，这种现象促进营养器官的衰退。有研究指出，玉米早衰首先是根系死亡，随即叶片早枯，光合能力下降，灌浆期缩短，后期干物质积累减少，最终导致减产。

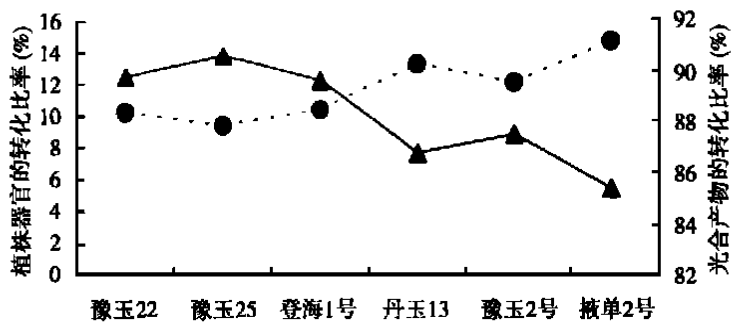


图 3 不同品种子粒产量来源的比率变化

2.4 不同品种的群体光合势与产量构成因素

对 6 个品种的群体总光合势和产量构成因素测定结果表明(表 2), 全生育期群体总光合势是豫玉 22 号> 登海 1 号> 豫玉 25 号> 豫玉 2 号> 丹玉 13> 掖单 2 号，其中前三位光合势与后三位相比，平均提高了 41. 75%。光合势与产量构成因素之间具有明显的相关关系，由于群体密度的差异，光合势与穗数之间的相关性不明显($r=0.3933$)，但与穗粒数、千粒重、产量之间的相关性分别为 0. 815 5, 0. 719 0, 0. 886 7, 达到显著和极显著水平。新推广的玉米杂交种产量均在 $6\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，明显高于后三位品种，其中豫玉 22 号达 $7\,519.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 高产水平。从产量构成因素看，早作玉米杂交种在适宜的种植密度下，穗数差异很大，与产量相关性不明显，但单株穗粒数与产量相关系数达 0. 874 7 的显著水平，由此可见早作高产品种属于大穗型品种，穗粒数在 500 粒以上。千粒重亦较高，290 g 以上，这与后期光合势大密切相关。

表 2 不同品种的群体总光合势和产量构成因素

品种	全生育期光合势 ($\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{m}^{-2}$)	穗数 ($\text{个}\cdot\text{hm}^{-2}$)	穗粒数 (粒/个)	千粒重 (g)	产量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
豫玉 22 号	316. 28	37 492. 9	613. 9	326. 7	7 519. 8
豫玉 25 号	269. 22	37 505. 3	639. 3	293. 0	7 025. 3
登海 1 号	288. 07	44 092. 3	499. 0	294. 0	6 468. 6
丹玉 13	202. 10	37 498. 0	412. 3	274. 7	4 019. 4
豫玉 2 号	216. 90	51 488. 8	394. 5	264. 6	5 483. 0
掖单 2 号	197. 26	44 996. 8	401. 8	299. 8	5 420. 3

3 结论与讨论

6 个玉米杂交种是在旱作条件下选引省内外广泛种植的 18 个玉米杂交种进行三年试验，

表现出高产水平的前3位品种豫玉22号、豫玉25号、登海1号和较低产水平的后3位品种丹玉13、豫玉2号、掖单2号,二者产量平均相差 $2\,030.33\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,前3位品种具有明显的增产优势。通过研究分析,高产品种的光合生育特征主要表现在①生育期LAI大,衰退慢,高值期长,维持在4.0以上的时间占整个生育期近一半,成熟时LAI仍在2.0以上。吐丝后高产品种的光合势较低产品种平均高出46.8%;②叶片的光合速率提高,高值持续期延长。玉米单叶的光合速率与子粒产量无明显相关性^[5,6],群体光合速率比单叶光合速率更能有效地说明光合与产量的关系^[2]。另有指出,自交系单叶的最高光合速率(P_{\max})和成熟阶段的平均光合速率(P_n)均有随年代的推移而增大的趋势^[7],且光合速率的高值维持期延长,叶片保绿性好。因此认为旱作高产品种叶片光合速率提高可能与旱作条件和品种遗传物质特性有关,有待进一步研究;③器官干物质积累量增多,吐丝后向外转移减少,叶片光合产物形成产量的比率升高。这有益于保证茎秆、叶片质量,促进营养物质向根系运输,延缓根系衰老。因此协调后期根、茎、叶的关系,减少输出,是旱作栽培的关键措施之一;④旱作高产品种属于穗粒数在500粒以上的大穗型品种,千粒重亦较高,达290 g以上。试验表明,中小穗品种或以密增产均不适于旱作栽培。

提高旱作夏玉米产量的关键是要提高吐丝后的光合势。外界环境条件和内部生理因素都可能引起植株灌浆期缩短,叶片早衰,光合能力下降。在生产上应特别注意选用高产抗旱的大穗型品种,在适宜密度基础上注意科学合理施肥,增大有机质的用量,在旱作瘠薄地上要特别注意中后期追肥,以防止脱肥,保证旱作玉米实现高产水平。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 董树亭,王空军,胡昌浩.玉米品种更替过程中群体光合特性的演变[J].作物学报,2000,26(2):200—204.
- [3] 王庆成,牛玉贞,徐庆章,等.株型对玉米群体光合速率和产量的影响[J].作物学报,1996,22(6):223—227.
- [4] 沈秀瑛,戴俊英,胡安畅.玉米群体冠层特征与光截获量及产量关系的研究[J].作物学报,1993,19(3):246—252.
- [5] Dwyer L M, Stewart D W, Tollenaar M. Analysis of maize leaf photosynthesis under drought stress[J]. Can J Plant Sci, 1992, 72(2): 477—481.
- [6] Crosbie T M, Pearce R B. Effects of recurrent phenotypic selection for high and low photosynthesis on agronomic traits in two maize populations[J]. Crop Sci, 1982, 22(4): 809—813.
- [7] 李少昆,赵明,郭小强,等.玉米自交系株型及其光合特性的研究[J].中国农业大学学报,1999,4(5):77—81.

Studies on the Photosynthesis and Matter Productivity of High-yield Maize Varieties Without Irrigation

ZHO U Su-mei¹, LI Chao-hai¹, LIAN Yan-xian¹, LIU Kui¹, JIA Hong-wei²

(1. Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan 450002, China;

2. Agricultural Bureau of Xinzheng, Xinzheng Henan 451100, China)

Abstract: The results of studies on six maize varieties without irrigation showed that high-yield maize varieties had bigger LAI. It declined slowly and kept above 2.0 at mature. The leaf area duration(LAD) after anthesis obviously improved and increased evenly 46.8% more than the low-yield's. Total LAD was correlated notably with yield($r=0.8867$). The leaf photosynthesis rate rose. Dry-matter accumulation increased and extra-transferred amount decreased. The total number of spikes were not correlated evidently with yield. But the number of kernel per plant were positively significant correlated with canopy yield($r=0.8747$).

Key words: High yield; Dry farming; Maize varieties; Photosynthesis; Matter productivity