

玉米光合性能与产量关系的研究

王庆成 王忠孝 杜成贵 郭庆法

(山东省农业科学院玉米研究所 济南 250100)

Relationship Between Photosynthetic Capacity and Yield of Maize Hybrids

Wang Qingcheng Wang Zhongxiao Du Chenggui Guo Qingfa

(Maize Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract: Field experiments were conducted to evaluate the relationships between photosynthetic capacity (leaf area, sunlit hours, photosynthetic rate of leaf, photosynthate amount, respiration consumption and harvest index) and biomass per plant at elongating stage, harvested grain yield per plant in maize hybrids. The results showed that dry matter weight per plant was positively correlated with leaf area per plant, sunlit hours and respiration consumption of plant parts above ground at elongating stage. Harvest index showed a positive correlation with grain yield per plant. Photosynthate amount of leaf below ear was the largest in contributions to grain yield per plant at silking. It is suggested that leaf area at seedling should be paid great attention to and harvest index should be suitable for selection criteria for increased grain yielding in breeding of maize.

Key Words: Maize; Photosynthetic capacity; Yield.

摘要 为搞清玉米光合性能与产量的关系,大田条件下研究了叶面积、日照时数、叶片光合速率、光合量、呼吸量和收获指数与单株生物产量和籽粒产量的关系,结果表明:拔节期单株干重分别与当时的单株叶面积、累积日照时数、地上部呼吸量呈显著或极显著的正相关,与叶片光合速率相关性最差;收获指数与单株籽粒产量相关性最好,吐丝期穗下叶光合量对单株籽粒产量的贡献最大。苗期的栽培措施应有利于扩大叶面积,育种实践中应注重收获指数的选择。

关键词 玉米 产量 光合性能

众所周知,作物的产量主要来自光合作用,而就光合作用对产量的影响来说,主要是光合性能的五个方面,即光合面积、光合能力、光合时间、光合产物的消耗及分配利用^[1]。从理论上讲,光合面积适当大,光合能力比较强,光合时间适当长,光合产物消耗少且分配利用合理,则产量就高,但实际情况却错综复杂。单就表示光合能力的指标——光

合速率而言,目前还没有试验完全证明高产品种其单一叶片的光合速率就高^[2,3],尽管如此,不少育种工作者还是试图培育出高光合速率品种^[4]。

为搞清光合性能与产量的关系,前人在小麦、玉米、大豆等作物上做了一些研究^[5,6,7,8,9],但多限于一、两方面的研究与分析,而将光合性能几个方面综合起来加以分

析比较,目前尚鲜见报道。本文试图通过对试验资料的统计分析,探讨光合性能与产量的关系,并对光合性能几方面对产量的相对贡献予以权衡比较。

1 材料与方法

大田种植 13 个玉米单交种,分别在 7 片展开(近展)叶时,吐丝期用 FQ—W 型红外线 CO₂ 气体分析仪测定 5、6、7 展(近展)叶和叶鞘,穗下叶、穗位叶、穗上叶的光合速率*和呼吸速率,拔节期茎呼吸速率,同时测

量叶面积、干物重,各项目重复 5 株。收获期各杂交种取 20 株测量单株生物学产量、单株籽粒产量,并计算收获指数。利用本院作物所气象室的观测数据计算苗期和全生育期的累积日照时数。

2 结果与分析

2.1 光合性能有关性状与产量之间的简单相关分析

将调查性状之间的相关系数列于表 1 和表 2。

表 1 苗期光合性能诸方面与拔节期干物重、单株生物学产量及单株籽粒产量以及各性状之间的相关系数

	LA ₁	S ₁	P	Pg	Rg	Yg	Y _D
LA ₁		0.954	0.596	0.836	0.535	0.487	0.506
S ₁			0.441	0.714	0.552	0.359	0.447
P				0.910	0.447	0.076	0.144
Pg					0.466	0.311	0.313
Rg						0.025	0.171
Dg	0.956	0.984	0.442	0.720	0.567		

* 指表观光合速率

表 2 吐丝期光合性能、收获指数与产量以及各性状之间的相关系数

	LA ₂	S ₂	P 下	P 位	P 上	Pg 下	Pg 位	Pg 上	Rg 下	Rg 位	Rg 上	HI	Yg
LA ₂		0.244	0.186	0.090	0.308	0.407	0.206	0.588	0.551	0.481	0.459	0.209	0.403
S ₂			0.269	0.291	0.583	0.154	0.294	0.206	-0.195	-0.275	-0.154	-0.346	-0.123
P 下						0.907			0.481			-0.158	-0.143
P 位							0.902			-0.010		-0.207	-0.136
P 上								0.741			0.089	-0.232	-0.041
Pg 下									0.481			-0.100	0.280
Pg 位										-0.016		-0.297	-0.009
Pg 上											0.399	0.080	0.184
Rg 下												0.323	0.551
Rg 位												0.459	0.497
Rg 上												0.155	0.464
HI													0.662

注: $r_{0.1}=0.476$, $r_{0.05}=0.553$, $r_{0.02}=0.634$, $r_{0.01}=0.684$, $r_{0.001}=0.801$

LA₁、LA₂: 拔节期、吐丝期的单株叶面积;

S₁、S₂: 苗期、全生育期日照时数;

P、Pg、Rg: 拔节期光合速率及最上展开(近展)叶光合量和地上部(幼茎、5、6、7 叶片及其叶鞘)呼吸量;

P 下、Pg 下、Rg 下: 分别为吐丝期穗下叶光合速率、光合量和呼吸量;

P 位、Pg 位、Rg 位: 分别为吐丝期穗位叶光合速率、光合量和呼吸量;

P 上、Pg 上、Rg 上: 分别为吐丝期穗上叶光合速率、光合量和呼吸量;

Dg: 拔节期单株干重;

HI: 收获指数;

YD: 单株生物学产量;

Yg: 单株籽粒产量。

从表1可以看出,苗期累积日照时数、单株叶面积及光合量、呼吸量与苗期单株干重之间呈显著或极显著的正相关。拔节期光合速率与之相关程度最弱($r < r_{0.1}$);在对苗期光合性能与单株籽粒产量的相关分析中,只有拔节期单株叶面积接近通常所说的显著水平(5%);日照时数弱之(10%水准);苗期光合性能几方面与单株生物学产量的相关性最差,仅单株叶面积超过10%显著水准($r > r_{0.1}$)。从表1还可看出,光合性能几方面之间也存在着或强或弱的相关性,这当中值得注意的是,拔节期的单株叶面积与累积日照时数关系最为密切,相关系数达到极显著的水平,这就提醒我们在苗期的栽培管理中为扩大光合面积,增加干物重,要特别注意光照的

问题。另外,光合速率和光合量的相关性也极显著,这是不难理解的。

表2的相关系数表明,收获指数与单株籽粒产量相关最为密切($r > r_{0.2}$)。其次为穗下叶、穗位叶和穗上叶的呼吸量,而其他诸性状与之存在着微弱相关性,且正负参差。

2.2 光合性能有关性状与产量的多元回归

从上面的分析可以看出,与产量形成有关的诸性状之间存在着相互依存、相互制约的关系,而这种关系用简单相关分析是难以说明的,为此我们分别以光合性能诸性状为自变量,以拔节期单株干重和收获期的单株生物学产量、单株籽粒产量为因变量,求得回归方程的有关参数列于表3。

表3

回归分析结果表

Xi	Y	Bi	F	R
LA ₁ (x ₁), S ₁ (x ₂), P(x ₃), Pg(x ₄), Rg (x ₅)	Dg	b ₀ = -21.60 b ₁ = 0.0025 b ₂ = 0.1250 b ₃ = -0.1304 b ₄ = 0.0278 b ₅ = 0.0518	58.67**	0.988
LA ₁ (x ₁), S ₁ (x ₂), P(x ₃), Pg(x ₄)	Yg	b ₀ = 490.21 b ₁ = 0.1148 b ₂ = -1.8461 b ₃ = -3.4116 b ₄ = 0.4962	4.38*	0.8290
LA ₂ (x ₁), S ₂ (x ₂), P下(x ₃), Pg下 (x ₄), Rg下(x ₅), HI(x ₆)	Yg	b ₀ = -351.15 b ₁ = -0.0353 b ₂ = 0.8457 b ₃ = -11.6238 b ₄ = 1.2256 b ₅ = 6.2460 b ₆ = 266.0251	5.84*	0.924

*表示5%显著水平,**表示1%显著水平。

上表说明,拔节期单株叶面积、苗期日照时数、光合速率、光合量以及呼吸量与拔节期单株干重回归极显著,表明苗期干物重的生产与这些因素有十分重要的关系;拔节期单株叶面积、苗期日照时数、光合速率及光合量与单株籽粒产量的回归超过5%显著水平,

说明玉米苗期光合生产系统的优劣会左右最终的经济产量。另外,从表中可以看到,吐丝期单株叶面积、全生育期日照时数、穗下叶光合速率、光合量、呼吸量、收获指数与单株籽粒产量的回归也超过5%显著水准。

2.3 光合性能诸性状与产量关系的通径分

析

以上的分析表明,光合性能诸性状与产量形成的相关性大小不一,且各性状之间也存在着不同程度的关联性。统计学的知识告诉我们,当着多种因素与某一特定因素有直接或间接的效应时,单凭单相关系数的大小

顺序,难以说明它们各自的相对重要性,而通径分析⁽¹⁰⁾恰能解决这一问题。我们将表 3 中的自变量与因变量作通径分析如表 4、5、6,各表中主对角线上为直接通径系数,其它为间接通径系数。

表 4 苗期光合性能诸性状与拔节期单株干重的通径系数

	1→Dg	2→Dg	3→Dg	4→Dg	5→Dg
LA ₁ ,1→	0.2460	0.6238	-0.1308	0.1786	0.0390
S ₁ ,2→	0.2348	0.6535	-0.0968	0.1525	0.0403
P,3→	0.1467	0.2886	-0.2139	0.1942	0.0326
Pg,4→	0.0206	0.4671	-0.1996	0.2134	0.0340
Rg,5→	0.1317	0.3613	-0.0981	0.0096	0.0729

表 5 苗期光合性能诸性状与单株籽粒产量的通径系数

	1→Yg	2→Yg	3→Yg	4→Yg
LA ₁ ,1→	2.7368	-2.1936	-0.8147	0.7590
S ₁ ,2→	2.6124	-2.2980	0.6034	0.6483
P,3→	1.6318	-1.0148	-1.3664	0.8254
Pg,4→	2.2904	-1.6427	-1.2435	0.9069

表 6 吐丝期光合性能诸性状、收获指数、全生育期日照时数与单株籽粒产量的通径系数

	1→Yg	2→Yg	3→Yg	4→Yg	5→Yg	6→Yg
LA ₁ ,1→	-1.1883	0.2389	-0.4953	1.0115	0.6961	0.1408
S ₁ ,2→	-0.2904	0.9775	-0.7152	0.3836	-0.2466	-0.2328
P下,3→	-0.2219	0.2636	-2.6521	2.2529	0.6076	-0.1064
Rg下,4→	-0.4844	0.1511	-2.4080	2.4812	0.6076	-0.0675
Rg下,5→	-0.6551	-0.1989	-1.2763	1.1941	1.2626	0.2171
HI,6→	-0.2493	-0.3391	0.4203	-0.2495	0.4085	0.6712

从表 4 可以看出,在所研究的拔节期单株叶面积、苗期日照时数、苗期光合速率、光合量以及呼吸量五个因素中,对拔节期单株干重的增加贡献最大的是苗期日照时数,其直接通径系数 $P_2 \rightarrow Dg = 0.6535$,其次为单株

叶面积,其 $P_1 \rightarrow Dg = 0.2460$,拔节期最上展(近展)叶光合量占第三位,呼吸量第四,光合速率对拔节期单株干重的贡献最小(取负值),这和前面单相关分析的结果基本一致。同时可以看出,光合量通过日照时数的增加

对干重的贡献比其直接效应要大,说明光合量的提高要有足够的光合时间来保证。

表5说明,拔节期单株叶面积对单株籽粒产量形成的贡献量大($P_1 \rightarrow Y_g = 2.7368$),其次为光合量($P_4 \rightarrow Y_g = 0.9069$),光合速率和苗期日照时数皆取负值。另外,我们看到,光合量对产量的贡献是通过叶面积的增加来实现的($P_4 - 1 \rightarrow Y_g > P_4 \rightarrow Y_g$)。因此,苗期抓田间管理,促壮苗早发以扩大光合面积,对提高籽粒产量有积极意义。

在吐丝期诸性状、收获指数、全生育期日照时数对单株籽粒产量的贡献中,穗下叶光合量居首位,穗下叶呼吸量次之,日照时数排在第三,接着是收获指数、单株叶面积、穗下叶光合速率。

3 小 结

3.1 拔节期单株干重分别与当时的单株叶面积、累积日照时数、地上部呼吸量呈显著或极显著的正相关,与光合速率相关性最差。对拔节期单株干重贡献大小的顺序是:日照时数>单株叶面积>光合量>呼吸量>光合速率,对最后单株籽粒产量形成贡献大小的顺序是单株叶面积>光合量>光合速率>日照时数。苗期的栽培管理措施应有利于扩大光合面积。

3.2 收获指数与单株籽粒产量呈显著的正相关,吐丝期与光合性能有关的性状及收获指数、全生育期日照时数对单株籽粒产量贡献大小的顺序是:穗下叶光合量>穗下叶呼吸量>日照时数>收获指数>单株叶面积>穗下叶光合速率。育种实践中应注重收获指数的选择。

参 考 文 献

- (1)郑广华主编,《植物栽培生理》,山东科学技术出版社,1984
- (2)山东省农科院玉米所主编《玉米生理》
- (3)L. T. EVANS, 1975, Crop physiology, 11. The physiological basis of crop yield
- (4)KENNETH J. FREY, 1981, Plant Breeding, 11, CHAPTER 7. Breeding for Morphological and Physiological Traits, The Iowa State University Press.
- (5)魏世登、刘作昌等, 1978, 小麦光合性状研究初报,《农业科技情报》,第三期。
- (6)韩庚辰, 1982, 玉米主要光合性状与产量的关系及遗传效应分析,《作物学报》, Vol. 8 No. 4, P. 237.
- (7)李永孝等, 1981, 山东省玉米气候区划研究(油印本)
- (8)杜维广等, 1982, 大豆品种(系)间光合活性的差异及其与产量的关系,《作物学报》Vol. 8, No. 2, P. 131.
- (9)C. M. Donald and J. Hamblin, 1976, The Biological Yield and Harvest Index of Cereals As Agronomic and Plant Breeding Criteria, ADVANCES IN AGRONOMY, Vol. 28
- (10)莫惠栋编著,《农业试验统计》,上海科技出版社, 1984.