

玉米不同自交系叶片色素及其与 光合速率关系的研究^①

赵明 王美云 李少昆
(农学系)

摘要 对 17 个玉米自交系四个主要生育时期的叶片色素含量和比值、比叶重及其与光合速率关系的分析表明:(1)自交系间叶绿素含量和比叶重差异较大,比值 chl a/b 和 car/chl 差异较小;(2)大喇叭口期之后主要叶片的叶绿素含量历经缓增和快速下降的过程,chl a/b 和 car/chl 相对稳定,仅分别在开花期和完熟期略有升高的趋势;(3)叶绿素含量与光合速率以及 car/chl 与叶绿素含量分别呈显著的正、负相关关系。在探讨光合速率和叶绿素含量关系的基础上将 17 个自交系分为 6 组。并对自交系的色素特点与高光合速率的关系进行了讨论。

关键词 玉米; 自交系; 叶片色素; 光合速率
中图分类号 S501; S513

Relationship Between the Content of Pigments and Ratio of Photosynthesis for Various Inbred Lines in Maize (*Zea mays* L.)

Zhao Ming Wang Meiyun Li Shaokun
(Dept. of Agronomy)

Abstract The content and ratio of pigment, specific leaf area and photosynthesis efficiencies of 17 corn inbred lines were examined during late periods of growth and development. The results were as follow: 1. The process of pigment decreasing was slowly at first and then quickly, the chl a/b and car/chl (Carotenoid/Chlorophyll) were relatively steady and arrived high value in flowering and dough stage respectively. 2. The content of chloropyll and specific leaf area were markedly different but chl a/b and car/chl were not different among 17 inbred lines; 3. The content of chlorophyll and photosynthetic rate was positive correlated but car/chl was negative one. The 17 inbred lines were divided into 5 kinds of types by photosynthetic rate and content of chlorophyll. The relationship between feature of inbred lines in high photosynthesis and pigment was discussed in this paper.

Key words Maize; Inbred lines; Leaf pigment; Photosynthesis

研究玉米自交系以及与光合速率的关系,无疑对自交系的培育和杂交组合选配有着重要的指导意义。但关于上述性状和关系的研究以往多偏重于杂交种不同叶位^[1,2]、不同株型的比较^[3,4],而对基因背景相对稳定的自交系研究的较少。本研究集中对生产上广泛应用的

收稿日期: 1996-01-04

①本研究是博士后基金和攀登计划专题项目部分结果。

②赵明,北京海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区),100094

17个自交系进行了研究,以明确在玉米自交系叶片中与光合作用有关的基本特征和光合作用之间的关系,为高光效玉米育种提供参考。

1 材料和方法

试验于1992年在中国农科院作物所试验田进行。供试17个自交系包括叶片直立类型6个(7922,478,3189,U8112,多25,综3),平展类型7个(M017,中黄65,京C175,金黄59,自330,5005,中黄64),中间类型4个(多15,515,E28,多26)。随机区组设计,3次重复,2行区,行长4.5 m,每行定株17株,行距66.7 cm,定植密度为3750株/亩。分别在大喇叭口期、开花期、乳熟期和蜡熟期进行叶片色素、比叶重、叶片含水量和光合速率的测定。测定部位在大喇叭口期时为刚展开叶,以后均为穗位叶。叶片色素的测定按沈伟期^[5]的叶绿素含量混合液提取法进行。在田间随机取3株,分别在测定的叶位用直径为0.9 cm的打孔器取20片放入称量瓶中,带回室内称鲜重后,取其中10片圆片烘干称重,计算比叶重和叶片含水量。另外10片放入装有20 mL混合液(乙醇、丙酮和水的比例为4.5:4.5:1)的磨口试管中,避光提取72 h。用Beckman Du-7型电脑分光光度计测定 D_{663} 、 D_{645} 和 D_{470} 。

光合速率的测定是在取叶绿素的前一天进行,用美国Li-6000光合测定仪在光照相对稳定的晴天上午10:00~13:00进行田间不离体条件下测定。测定方法采用闭路系统,叶室容积为1072.3 m³,每片观测5次,时间间隔为5 s,重复3次。

2 结果与分析

2.1 玉米自交系不同生育时期叶片叶绿素含量及其比值和比叶重的变化

2.1.1 叶绿素含量的变化 对17个自交系叶片的叶绿素平均含量的分析表明(表1),不同生育时期叶绿素含量明显不同。大喇叭口期至乳熟期叶绿素含量变化相对平稳或缓慢下降,50 d内从5.62 mg·dm⁻²降到5.06 mg·dm⁻²,而乳熟期之后迅速下降,至完熟期仅为1.24 mg·dm⁻²。对变异系数的分析表明,不同自交系间的差异随生育期推延而加大,特别是完熟期变异系数已骤增到61.6%。由此可见,叶绿素含量的变化随叶片衰老表现出相对平稳缓慢下降和迅速下降,在这种变化过程中不同基因型的差异逐渐增大,特别是到迅速下降阶段差异更加明显。

表1 玉米自交系不同生育期叶片叶绿素含量的变化

项 目	大喇叭口期	开花期	乳熟期	完熟期	平均
平均数	5.62	5.48	5.06	2.09	4.35
标准差	1.0216	1.140	1.2331	0.7656	0.876
变异系数	18.2	20.8	24.3	61.6	20.1
最高值	7.51	7.69	7.13	7.11	6.11
最低值	3.39	3.57	3.00	0.09	2.51

2.1.2 叶绿素 a/b 和类胡萝卜素/叶绿素(car/chl) 在4个时期对17个自交系测定(表2)表明,chl a/b值除开花期较高(4.13),其他3个时期基本相同,而car/chl值前3个时期基本相同,完熟期略有升高。由此可见,在生育过程中,叶绿素a与叶绿素b的相对比例在不同生育期有一定变化,而类胡萝卜素和叶绿素总量比值前期相对稳定(在0.18左右),但在叶片迅速

衰老接近衰亡时比值有所增加,可能与类胡萝卜素比叶绿素的减少要缓慢有关。

表 2 玉米自交系不同生育期间叶绿素 a/b 和类胡萝卜素/叶绿素

	大喇叭口期	开花期	乳熟期	完熟期
叶绿素 a/b	3.62	4.13	3.6	3.57
C. V/%	7.8	10.0	5.0	5.4
类胡萝卜素/叶绿素	0.19	0.18	0.18	0.22
C. V/%	4.7	4.5	9.6	15.7

表 3 不同玉米自交系的叶绿素含量及其比值、比叶重的比较

编号	自交系	单位叶面积 /mg·dm ⁻²	单位干重 /mg·g ⁻¹	叶绿素 a/b	类胡萝卜素 /叶绿素	比叶重 /mg·cm ⁻²
1	7922	3.90 L	9.29	4.26 H	0.2029	4.20
2	478	5.35 M	11.05	3.41 L	0.1788	4.84
3	3189	6.46 M	14.94	3.88 M	0.1772	4.78
4	多 25	6.44 H	14.25	3.63 L	0.1768	5.22
5	U8112	4.37 L	8.90	3.54 L	0.1933	4.91
6	综 3	5.96 M	11.68	3.78 M	0.1791	5.10
7	E28	4.97 M	9.92	3.75 M	0.1895	5.01
8	515	5.84 M	12.37	3.82 M	0.1740	4.31
9	多 15	4.79 M	10.15	3.81 M	0.1802	4.72
10	M017	3.32 L	8.22	3.45 L	0.1963	4.04
11	中黄 64	5.09 M	10.92	3.77 M	0.1865	4.66
12	中黄 65	4.95 M	10.29	4.03 H	0.1852	4.80
13	多 26	6.68 M	13.58	3.65 L	0.1750	4.92
14	京 C175	5.12M	10.45	3.57 L	0.1847	4.90
15	金黄 59	5.75 M	11.90	3.87 M	0.1809	4.83
16	自 330	6.36 M	13.22	3.75 M	0.1796	4.81
17	5005	5.28 M	9.92	4.14 H	0.1819	5.32
	平均	5.39	11.24	3.77	0.1831	4.50
	标准差	1.0329	1.9168	0.2278	0.0075	1.1469
	变异系数	19.21	17.1	6.04	4.12	25.5

2.2 自交系间叶绿素含量及其比值和比叶重的比较

用大喇叭口期、开花期和乳熟期 3 次测定的平均值比较 17 个自交系之间叶片叶绿素含量、chl a/b、car/chl 和比叶重的结果(表 3)表明,不同自交系叶绿素的含量差异较大,极差在一倍以上。根据单位叶面积叶绿素的含量值,用聚类分析的方法,将 17 个自交系分为高(H)、中(M)、低(L)3 个等级。其中高含量的自交系是多 25,多 26,3189,自 330,低含量的是 M017,7922,U8112,其余均为中等。用单位干重表示的叶绿素含量,虽然消除了比叶重因素所产生的影响,但并没有改变其基本顺序,这同时也表明比叶重对叶绿素含量的结果产生的影响较小。从表 3 中也可看出,比叶重高的叶绿素含量不一定就高。从 chl a/b 比值分析表明,玉米叶片的 chl a/b 值一般都在 3.5 以上,显然高于 C₃ 作物(一般为 3.0),而且,比值的高低与叶绿素的含量之间看不出明显的关系。但 car/chl 比值与叶绿素的含量有一定关系,car/chl 的值高,叶绿素含量则相对低。在 3 个低叶绿素含量的自交系中,其 car/chl 均高于 0.19。

2.3 玉米自交系叶片的叶绿素含量及比值与光合速率的关系

2.3.1 不同自交系叶绿素含量与光合速率的关系 以3个主要时期(大喇叭口期、开花期、乳熟期)的平均值分析不同自交系叶绿素含量与光合作用的关系,结果(图1)表明,自交系叶片叶绿素的含量与光合速率呈极显著正相关关系($r=0.6900^{**}$),拟合曲线方程为: $Y_{Pa}=5.8037X_{CH}+1.0739X_{CH}^2-0.1270X_{CH}^3$ ($r=0.7356^{**}$)。

根据叶片的光合速率和叶绿素含量用聚类分析可将17个自交系分子不同的5组,由图1可知:

(1)HH组(光合速率高值(H) $>50\text{ mgCO}_2\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$),叶绿素含量高值(H) $>6.0\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}$)的自交系为多25、多26;(2)HM组(光合速率高值,叶绿素含量中值(M) $4.5\sim 6.0\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}$)的自交系有中黄65、综3;(3)MM组(光合速率中值(M) $40\sim 50\text{ CO}_2\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$,叶绿素含量中值)的自交系有京C175,金黄59,中黄64, E28,478,多15;(4)MH组(光合速率中值,叶绿素含量高值)的自交系3189和自330;(5)LM组(光合速率低值(L) $<40\text{ mgCO}_2\text{ dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$,叶绿素含量中值(M)的自交系有515和5005;(6)LL组(光合速率低值(L),叶绿素含量低值(L) $<4.5\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}$)的自交系有7922, U8112,M017。由此可见,不同自交系在光合速率与叶绿素含量方面差异不同,从而表现出玉米自交系光合特性类型的多样性,也说明不同自交系的叶绿素在光合效率上存在差别。在自交系中也存在叶片色素中等,但光合速率较高的基因型,如综3和中黄65。

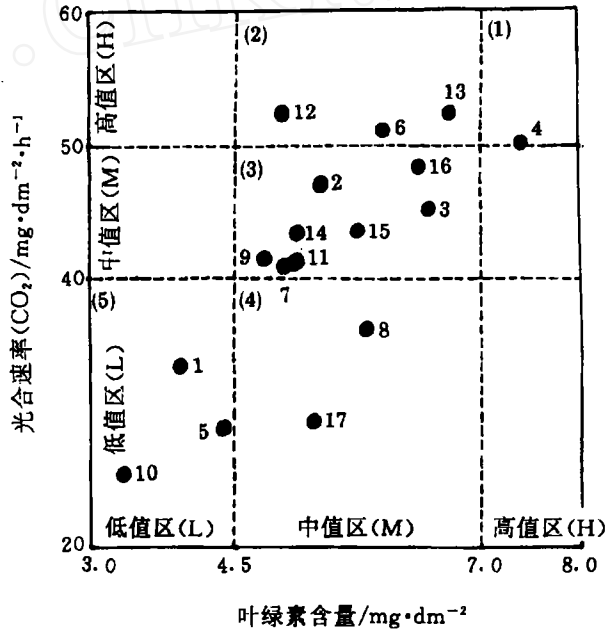


图1 不同自交系叶片叶绿素含量与光合速率的关系及分组

2.3.2 不同生育期间叶绿素含量与光合速率的关系 分析17个自交系不同生育期叶绿素含量和光合速率的平均值结果表明(图2),叶绿素含量的下降与光合速率的下降有一定关系,但光合速率下降的要早,而且更明显。由此可见,在生育过程中,叶片光合机能的衰退不单纯是因叶片色素的变化所致,而可能还有内部更深层的原因。

2.3.3 叶片色素比值与光合速率和叶绿素含量的关系 叶绿素a/b值、类胡萝卜素与叶绿素比值(car/chl)和比叶重与光合速率、叶绿素含量的相关分析表明(表5),只有car/chl与叶绿素总量表现出显著的负相关,其拟合方程为 $Y_{CH}=726.3383X_{CC}-6741.4577X_{CC}^2+16021.318X_{CC}^3$ ($r=0.8553^{**}$)。

3 讨论

早在 1971 年, Moss^[7] 提出高光效育种的设想, 认为用更有效的固定 CO₂ 的品种来提高作物产量是一条可能的途径。Heichel 等和 Peters 对玉米单叶和群体光合速率的研究表明品种间存在着显著的差异, 且 Harsh 等^[6] 还认为玉米杂交种 F₁ 与双亲相比表现出正优势, 优势高低与亲缘关系有关。因此, 自交系的光合性能对于杂交种选配是至关重要的。叶片色素是光合作用的重要性状, 研究自交系的色素特点与高光合速率的关系, 可为高光效玉米育种提供参考。本研究对 17 个自交系的叶片色素(叶绿素 a, 叶绿素 b, 类胡萝卜素)和光合速率的同步测定研究初步看出, 不同自交系叶片不论在色素含量和色素不同成份之间的比值上均存在明显差别, 而且这种差异还随生育时期的不同而变化。自交系

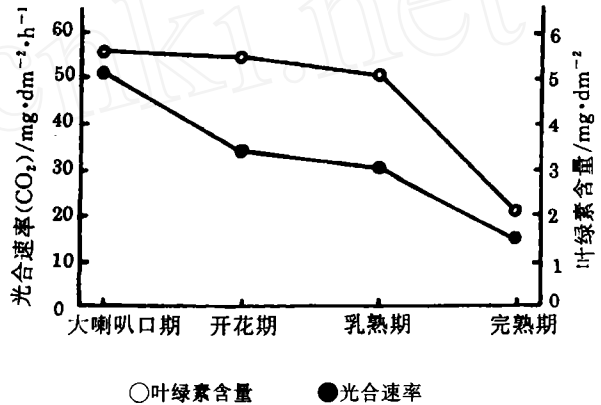


图 2 不同生育时期叶绿素含量和光合速率的关系

间叶片叶绿素含量不论以单位叶面积还是以单位干重来表示, 其值大小的排列顺序趋势基本相同。可以推测, 基因型间单位叶面积上叶绿素含量主要是由于叶绿体与叶绿体内的叶绿素致密程度所决定, 而与叶片厚度也可能有一定关系, 但不是主要的。叶绿素和光合作用的关系在不同自交系之间表现出多样性。本研究将 17 个自交系分为了 6 种组合形式, 其中在高光合速率的自交系中, 存在高和中两个水平的叶绿素含量, 也可进一步看出不同基因型在叶绿素和叶绿体的同化效率上存在着明显差别, 这种差别对自交系的物质生产和产量以及后代的影响如何有必要作进一步深入细致的研究。

表 4 叶片色素比值与光合速率和叶绿素含量的相关(R^2)

项 目	光合速率	叶绿素含量
叶绿素 a/b	-0.1243	-0.1353
类胡萝卜素/叶绿素	-0.3019	-0.4289*
比叶重	-0.1858	-0.2919

参 考 文 献

- 1 王群瑛等. 玉米不同叶位叶片叶绿体超微结构与光合性能的研究. 植物学报, 1988, 30(2): 146~150
- 2 左宝玉等. 玉米不同层次叶片叶绿体的叶绿素含量变化. 作物学报, 1987, 13(3): 213~217
- 3 刘绍棣等. 紧凑型玉米株型及生理特性研究. 华北农学报, 1990, 5(3): 20~27
- 4 刘培利等. 紧凑型玉米与平展型玉米叶片叶绿素消长动态的研究. 全国第 4 届玉米栽培学术论文集. 1992
- 5 沈伟其. 测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法. 植物生理学通讯, 1988, (3): 62~64
- 6 陈悦译. 玉米光合作用、产量和产量组分的杂种优势. 国外农学-杂粮作物, 1993, (3): 8~11
- 7 Moss DN, Musgrave RB. Photosynthesis and crop production. Advances in Agronomy. 1971, 23: 317~336