

大豆品种叶部性状与光合速率关系的研究

王 华 余建章

(沈阳农业大学)

摘 要

本试验以20个大豆 [*Glycine max* (L) Merr] 品种为试材对叶部形态、生理性状及解剖特征进行了测定, 加以相关和通径分析, 并首次对10个叶部光合性状进行主成份分析。研究表明: (1) 叶形指数与光合速率呈负相关, 表现为很小的负效应。(2) 单位叶面积的叶绿素、全N含量均与光合速率呈正相关, 表现为正效应。(3) 比叶重与光合速率呈正相关, 表现为极小的正效应, 且通过叶片厚度的间接正效应远大于其直接效应。(4) 叶片厚度与光合速率呈极显著正相关, 表现为正效应。(5) 栅栏细胞数目与光合速率呈极显著正相关, 表现为较高的正效应。(6) 栅栏、海绵组织厚度与光合速率分别呈极显著和显著正相关, 但均表现为负效应。分析表明: 通径分析与主成份分析相结合的方法是进行光合速率综合的间接选择的有效方法。

关键词: 大豆 叶部性状 光合速率 通径分析 主成份分析

前 言

自一九六五年发现了C₄光合代谢途径和光呼吸现象之后, 在作物育种上出现了一个新兴的研究领域——高光效育种。

关于大豆叶部形态性状与光合作用之间的关系王金陵(1972)、广田修等(1982)、国分牧衡、渡边和之(1982)、张恒善等(1980)从提高群体光能利用率的角度进行了研究, 认为叶片小厚、叶柄短且着生角度小是提高群体光能利用率的重要性状; 胡明祥等(1980)、陈恒鹤等(1984)、小岛(1967)从遗传育种的角度进行了研究; 徐克章等(1986)报道叶面积与光合速率呈负相关。

关于比叶重、叶片全N、叶绿素含量与光合速率之间的关系, 国内的苗以农等(1981、1983、1987)、徐豹等(1981)、余建章等(1982)、杨文杰等(1983)、杜维

* 王华现已调入安徽省农村经济委员会生产处工作。

本文于1987年9月10日收到, This paper was received in Sep. 10, 1987

广等(1983)、胡明祥等(1980);国外的小岛(1972)、渡边顺子(1981)、Secor等(1982)、Battery和Buzzell等(1981、1984)均进行过研究,虽然结果不尽相同,但普遍认为在大豆的生殖生长期它们与光合速率均呈正相关趋势。

关于叶片解剖特征与光合速率的关系,Dornhoff等(1970)、Delaney等(1974)、苗以农、徐克章(1983、1984)报道叶片厚度与光合速率呈正相关;Miao Yinong等(1984)、苗以农等(1986)报道栅栏组织厚度、栅栏细胞数目与光合速率呈正相关;但El-Sharkway等(1965)、Brinkman等(1973)认为叶片厚度与光合速率不呈相关。

本试验的目的在于明确叶部性状与光合速率的关系,探索高光效种质的选择方法,为大豆高光效育种工作提供理论依据。

材 料 与 方 法

试验于1986年在沈阳农业大学试验田进行,供试材料为20个叶形不同的大豆品种,试验采用完全随机区组设计,三次重复,三行区,小区行长3m、行距60cm、株距15cm。

测定工作于8月份大豆结荚期进行,根据杨庆凯(1985)的研究结果,取上数第3复叶的中间小叶测定如下项目:

1. 叶长、叶宽、叶形指数、叶脉厚度、叶柄长度、单叶面积等六个叶形性状。
2. 叶绿素含量:采用乙醇、丙酮(1:1)混合液法进行测定。
3. 全N含量:采用龙科A一型半微量凯氏定氮仪测定叶片单位干重的全N含量,并根据比叶重换算成单位面积的全N含量。
4. 比叶重:采用烘干称重法。
5. 光合速率:采用FQ型红外线CO₂分析仪测定。
6. 气孔数目:采用火棉胶印迹法,在光镜下计数。
7. 单株叶重:采用烘干称重法,并根据比叶重换算成单株叶面积。
8. 叶片解剖特征:将测定光合速率后的叶片,在叶脉一侧取一长方形小块,用FAA固定,乙醇系列脱水,石蜡包埋,横切片和平皮切片厚度为10μ,蕃红——固绿染色,在光镜下用测微尺测定横切片的叶片厚度、栅栏和海绵组织厚度,平皮切片为连续切片,在光镜下用网形测微尺计数单位面积的栅栏细胞数目。

对各性状首先进行方差分析,然后进行相关分析、通径分析。并选出10个光合性状用表型相关系数列出表型相关阵R,为一实对称阵,用Jacobi法对R进行相似变换,将其转换为一对角矩阵,求出其特征根 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 …… λ_n 以及与特征根相对应的特征向量 L_1 、 L_2 、 L_3 …… L_n 。从特征根中选取 n' ($n' < n$) 个较大的特征根,使其累计贡献率在85%以上:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n'} \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \geq 85\%$$

按公式 $g_{ik} = (\bar{X}_{ik} - \bar{X}_k) / \delta_k$ 将性状标准化, 并根据公式 $\tilde{g}_{ij} = 1 / \sqrt{h_i} \cdot \sum g_{ik} L_{ik} (j = 1, 2, 3 \cdots n')$ 计算供试各品种的各主成份值。

全部计算过程在 PC—1501 微机上完成。

结 果 与 分 析

一、叶部诸性状与光合速率的相关分析

本试验就十八个叶部性状进行相关分析, 结果列于表 1。从表 1 可以看出: 本试验所研究的单叶面积、叶长、叶宽、叶形指数、叶柄长度、叶脉厚度等六个叶部形态性状均与光合速率呈负相关, 但均未达到显著水准。而叶绿素含量、叶片单位干重的全 N 含量、单位面积的全 N 含量、比叶重、单株叶重、单株叶面积等六个叶部性状与光合速率的相关值均未达到显著水准, 其中前四个与光合速率呈正相关, 后二个呈负相关。

从表 1 可以看出: 本试验所研究的气孔数目、栅栏细胞数目、叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度等五个叶片解剖特征与光合速率的相关系数, 全部表现为正相关, 其中除气孔数目的相关值极小以外, 其它四个性状均达显著水准以上。

二、叶部性状与光合速率的通径分析

从上述相关分析中选出和光合速率的相关系数达到显著水准以及目前争议较大的性状, 共八个性状与光合速率进行通径分析, 以估计各性状对光合速率的相对重要性, 结果见表 2。

从表 2 可以看出: 参与分析的八个性状除叶形指数外, 其它七个性状均与光合速率呈正相关; 栅栏组织厚度、海绵组织厚度与光合速率的相关系数和直接通径系数符号相反, 其它六个性状的符号相同。具体分析如下:

1. 叶形指数对光合速率的作用: 叶形指数与光合速率的相关系数和直接通径系数 (-0.1625 、 -0.0931) 均很小, 其它性状通过叶形指数的间接作用亦很小。说明就光合速率的选择而言, 不便强调叶形本身的作用, 即无论是长叶或圆叶品种都可以从中选出光合速率高的品种。

2. 单位叶面积的叶绿素、全 N 含量对光合速率的作用: 叶绿素含量与光合速率的相关系数和直接通径系数 (0.2150 、 0.1214) 均为较小的正值, 倒是通过叶片厚度 (0.5987) 和单位叶面积的全 N 含量 (0.1643) 的间接正效应增大了其相关值; 单位面积的全 N 含量与光合速率的相关系数 (0.3051) 相对较高, 而直接通径系数 (0.1962) 较小, 同样是通过叶片厚度 (0.6921)、叶绿素含量 (0.1017) 的间接正效应增大了其相关值; 说明叶绿素和全 N 含量主要是通过叶片厚度以及它们彼此间的相辅而作用于光合速率的, 因而增加叶绿素和全 N 含量是能够提高光合速率的。

3. 比叶重、叶片厚度对光合速率的作用: 比叶重无论是相关系数还是直接通径系数 (0.1764 、 0.0201) 都很小, 而通过叶片厚度的间接效应却很大 (0.7258), 说明比叶重主要是通过叶片厚度来起作用的; 叶片厚度和光合速率的相关系数 (0.6385^{**}) 达到极显著水准, 直接通径系数 (1.0558) 最大, 除叶形指数外的其它六个性状通过叶片

表1 各性状间的相关系数
Table 1 Correlation coefficients

相关系数 Correlation coefficient 性状 Character	性状 Character	单叶面积 Leaflet area	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	叶形指数 Leaf shape index	叶柄长度 Petiole length	叶脉厚度 Vein thickness	叶绿素含量 Chlorophyll content
叶长 Leaf length		.2050						
叶宽 Leaf width		0.8357**	-0.2556					
叶形指数 Leaf shape index		-0.6217**	0.5831**	-0.9143**				
叶柄长度 Petiole length		0.3953	0.1949	0.2670	-0.1273			
叶脉厚度 Vein thickness		0.0853	0.1310	0.0790	0.0178	0.1493		
叶绿素含量 Chlorophyll content		0.4232	-0.0939	0.4180	0.3577	0.5017*	0.0448	
全N含量(%) Whole nitrogen content		-0.4871*	0.0292	-0.4373	0.3869	0.1587	0.0557	-0.2720
全N含量(mg/dm ²) Whole nitrogen content		0.2754	-0.0198	0.2756	-0.2194	0.4306	0.0065	0.8367**
比叶重 Specific leaf weight		0.4668*	-0.0506	0.4438	-0.3802	0.2101	-0.0389	0.7866**
光合速率 Photosynthetic rate		-0.2732	-0.3462	-0.0790	-0.1265	-0.1821	-0.4421	0.2150
气孔数目 Number of stomata		-0.0125	-0.0589	0.0127	0.0010	-0.2807	0.0513	-0.1216
栅栏细胞数目 Number of palisade cells		-0.3142	-0.1472	-0.2057	0.0521	-0.2782	-0.4875*	-0.1954
叶片厚度 Leaf thickness		0.1390	-0.2020	0.2098	-0.3090	-0.0155	-0.2204	0.5659**
栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue		0.2060	-0.2689	0.3088	-0.4113	0.1400	-0.2000	0.6423**
海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue		0.1908	-0.0774	0.2116	-0.2595	-0.1354	-0.0975	0.4821*
单株叶重 Leaf weight/plant		0.5589*	0.0937	0.5089*	-0.3762	0.4014	0.0983	0.2652
单株叶面积 Leaf area/plant		0.2375	0.0896	0.2092	-0.1370	0.2501	0.1118	-0.1435

注: N=20 df=18 R_{0.05}=0.444 R_{0.01}=0.561

厚度的间接效应均为正值,说明叶片厚度是决定光合速率的重要因素。

4. 栅栏细胞数目对光合速率的作用: 栅栏细胞数目对光合速率的相关系数(0.8219**)达极显著水准,且在这八个性状中绝对值最大;直接通径系数(0.7783)

相 关 系 数
amongal ef characters

全 N	全 N	比叶重	光合速率	气孔数目	栅栏细胞 数 目	叶片厚度	栅栏组织 厚 度	海绵组织 厚 度	单株叶重
Whole nitrogen (%)	Whole nitrogen (mg/dm ²)	Specific Leaf weight	Photosyn- thetic rate	Number of stoma	Number of palisade cells	Leaf thickness	Thickness of palisade tissue	Thickness of spongy tissue	Leaf weight/ plant
-0.1115									
-0.6740**	0.8070**								
0.1225	0.3051	0.1764							
0.2343	-0.3613	-0.3898	0.0908						
0.2757	-0.1093	-0.2246	0.8219**	0.2563					
0.3210	0.6545**	0.6874**	0.6358**	-0.3547	0.3199				
0.3173	0.6744**	0.6939**	0.5813**	-0.3531	0.2397	0.9586**			
0.4101	0.6132**	0.7116**	0.5147*	-0.2979	0.2497	0.8837**	0.7483**		
0.0560	0.0206	-0.0381	-0.1278	0.2854	-0.0003	-0.1802	-0.0730	0.2036	
0.3584	-0.3738	-0.5088	-0.1638	0.4321	0.1238	-0.4795*	-0.3834	-0.5235*	0.8747**

居第二位，再加上通过叶片厚度的间接正效应（0.3377），从而表现出极高的相关值，说明栅栏细胞数目也是决定光合速率的重要因素。

5. 栅栏组织、海绵组织厚度的作用：栅栏组织、海绵组织厚度和光合速率的相关系数（0.5318**、0.5147*）分别达到了极显著和显著水准，而这两个性状的直接通径系

表 2 八个叶部性状与光合速率的通径分析
Table 2 Path-coefficient analysis between 8 leaf characters
and photosynthetic rate

性 状 Character	相关系数 Correla- tion analysis	直接作用 Direct effect	间 接 作 用 Indirect effect							
			叶形指数 Leaf shape index	叶绿素 含 量 Chloro- phyll content	全 N (mg/ dm ²) Whole nitrogen	比叶重 Specific leaf weight	栅栏细 胞数目 Number of palisade cells	叶片厚度 Vein thick- ness	栅栏组 织厚度 Thick- ness of palisade tissue	海绵组 织厚度 Thick- ness of spongy tissue
叶形指数 Leaf shape index	-0.1265	-0.0931		-0.0464	-0.0486	-0.0084	0.0451	-0.3574	0.2619	0.1080
叶绿素含量 Chlorophyll content	0.2150	0.1214	0.0356		0.1643	0.0158	-0.1523	0.5987	-0.3180	-0.1880
全 N (mg/dm ²) Whole nitrogen	0.3051	0.1962	0.0231	0.1017		0.0162	-0.0849	0.6912	-0.3996	-0.2383
比叶重 Specific leaf weight	0.1764	0.0201	0.0390	0.0957	0.1583		-0.1748	0.7258	-0.4111	-0.2766
栅栏细胞数目 Number of palisade cells	0.8219**	0.7783	-0.0054	-0.0238	-0.0214	-0.0045		0.3377	-0.1420	-0.0970
叶片厚度 Leaf thickness	0.6358**	1.0558	0.0313	0.0689	0.1284	0.0138	0.2490		-0.5678	-0.3434
栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue	0.5813**	-0.5923	0.0413	0.0781	0.1324	0.0139	0.1867	1.0121		-0.2909
海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue	0.5147**	-0.3886	0.0259	0.0587	0.1203	0.0143	0.1943	0.9330	-0.4433	

注 N=20 R²=0.8688 P_r=0.3632

数均为负值（-0.5923、-0.3886），这两个性状通过叶片厚度对光合速率的间接正效应很大，分别为 1.0121、0.9930，从而掩盖了本身的直接负效应，而分别表现出极显著正相关，此外，这两个性状彼此之间的间接效应均为负值（-0.2909、-0.4433），这说明了这两者必须协调增长，使整个叶片加厚，才能提高整个叶片的光合作用能力。

以上进行通径分析的八个性状的复决定系数为0.8688，说明光合速率表型均数总变异的86.9%可由所讨论的八个性状来解释，未知因子大约占13.1%。

三、叶部光合性状的主成份分析

根据以上相关、通径分析的结果，选出10个叶部性状进行主成份分析。首先根据两性状间的表型相关系数列出表型相关阵 R（见表 3），用 Jaboci 法对 R 进行相似变换，得到特征根、特征向量及特征根的贡献率。为了排除作用较小而有干扰的综合指标，提高分析精度，选用前四个较大的特征根 λ₁、λ₂、λ₃、λ₄ 及其相应的特征向量 L₁、L₂、L₃、L₄，其累计贡献率达87%（见表 4）。

从表 4 可以看出：第一主成份的特征向量(L₁)以比叶重的绝对值最大，且为正值，故称之为比叶重因子。十个分量中除叶脉厚度、气孔数目两个分量为负值外，其余各分量均

表 8 10个叶部性状的表型相关阵
Table 8 Matrix of phenotypic correlation coefficient
of 10 leaf characters

性 状 Character	单叶面积 Leaflet area	叶脉厚度 Vein thick- ness	叶绿素含 量 Chloro- phyll content	全 N (mg/ dm ²) Whole nitrogen	比叶重 Specific leaf weight	栅 栏 细胞数 Number of pali- sade cells	气孔数目 Number of stoma	叶片厚度 Leaf thick- ness	栅栏组 织厚度 Thick- ness of palisade tissue	海绵组 织厚度 Thick- ness of spongy tissue
单叶面积 Leaflet area	1.0000	0.0853	0.4232	0.2754	0.4668	-0.3142	-0.0125	0.1390	0.2060	0.1908
叶脉厚度 Vein thickness	0.0853	1.0000	0.0448	0.0065	-0.0389	-0.4875	-0.0513	-0.2204	-0.2000	-0.0975
叶绿素含量 Chlorophyll content	0.4232	0.0448	1.0000	0.8376	0.7866	-0.1954	-0.1216	0.5659	0.6423	0.4821
全 N (mg/dm ²) Whole nitrogen	0.2754	-0.0065	0.8376	1.0000	0.8070	-0.1093	-0.3613	0.6545	0.6744	0.6132
比 叶 重 Specific leaf weight	0.4668	-0.0389	0.7866	0.8070	1.0000	-0.2246	-0.3898	0.6874	0.6939	0.7716
栅栏细胞数目 Number of palisade cells	-0.3142	-0.4875	-0.1954	-0.1093	-0.2246	1.0000	0.2563	0.3199	0.2397	0.2497
气孔数目 Number of stoma	-0.0125	0.0513	-0.1216	-0.3613	-0.3898	0.2563	1.0000	-0.3547	-0.3531	-0.2979
叶片厚度 Leaf thickness	0.1390	-0.2204	0.5659	0.6545	0.6874	0.3199	-0.3547	1.0000	0.9586	0.8837
栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue	0.2060	-0.2000	0.6423	0.6744	0.6939	0.2397	-0.3531	0.9586	1.0000	0.7483
海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue	0.1908	-0.0975	0.4821	0.6132	0.7716	0.2497	-0.2979	0.8837	0.7483	1.0000

为正值，其中又以栅栏细胞数目分量的贡献最小（0.0099）。此结果说明：供试品种比叶重高者，其叶片、栅栏组织、海绵组织相对较厚，叶绿素、全N含量亦相对较高，但是栅栏细胞数目并不多，气孔数目、叶脉厚度亦较低。根据相关和通径分析的结果可知：第一主成份值较大的品种，其光合速率也较高（见表5）。

第二主成份的特征向量（L₂）以栅栏细胞数目的绝对值最大，且为正值，故称之为栅栏细胞因子。十个分量中位居第二的正值是叶片厚度，栅栏组织厚度、海绵组织厚度、气孔数目也为正值，其它五个分量均为负值，其中又以叶脉厚度、单叶面积的绝对值较大。此结果说明：供试品种叶片栅栏细胞数目多者，其叶片、栅栏组织、海绵组织亦较

表 4 入选的特征根和特征向量
Table 4 Selected root of features and vector of features

特征根 Root of feature	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	分量来源 Branch dimension source
	4.8778	1.9661	1.0448	0.8075	
累积百分率 Accumulute (%)	48.78	68.44	79.83	87.00	
特征向量 Vector of feature	0.1707	-0.3571	0.4612	-0.4682	单叶面积 Leaflet area
	-0.0529	-0.4722	-0.0651	0.7626	叶脉厚度 Vein thickness
	0.3654	-0.2131	0.2729	0.0515	叶绿素含量 Chlorophyll content
	0.3932	-0.1271	-0.0061	0.0842	全N (mg/dm ²) Whole nitrogen
	0.4103	-0.1745	0.0221	-0.1149	比叶重 Specific leaf weight
	0.0099	0.6493	0.2286	0.1259	栅栏细胞数目 Number of palisade cells
	-0.1933	0.0818	0.8078	0.2957	气孔数目 Number of stoma
	0.4068	0.2519	-0.0505	0.1426	叶片厚度 Leaf thickness
	0.4061	0.1846	-0.0144	0.0777	栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue
	0.3792	0.1776	-0.0219	0.2157	海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue
L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	
主成分名称 Principal component name	比叶重因子 Factor of specific leaf weight	栅栏细胞因子 Factor of palisade cells	气孔因子 Factor of stoma	叶脉因子 Factor of vein	

表 5 大豆20个品种10个光合性状的主成份值
Table 5 The principal component value of 10 photosynthetic
characters of 20 soybean varieties

主成份值 Principal component value	主成份名称 Principal component name		\sim g ₁	\sim g ₂	\sim g ₃	\sim g ₄	光 合 速 率 Photosynthetic rate (CO ₂ mg/dm ² · hr)
品种 (编号) Varieties (Number)							
小 金 黄 1 号 Xiaojinhuang 1	1	-0.0802	-0.2240	-0.5400	-0.3230	18.9052	
九 农 8 号 Jiunong 8	2*	1.1170	-0.1071	-0.1788	-0.3656	26.5326	
九 农 10 号 Jiunong 10	3	-0.4399	-0.4629	-0.1283	-0.8672	21.6928	
吉 林 1 号 Jilin 1	4	-1.3263	0.7147	-0.3032	-1.6209	16.1829	
吉 林 3 号 Jilin 3	5	-0.4479	0.4339	-2.2697	-0.6567	15.9457	
吉 林 15 号 Jilin 15	6	0.6518	-0.3162	-1.0282	-0.5320	17.6273	

接上表

主成份值 Principal component value 品种 (编号) Varieties (Number)		主成份名称 Principal component name		~ g ₁	~ g ₂	~ g ₃	~ g ₄	光 合 速 率 Photosynthetic rate (CO ₂ mg/dm ² · hr)
黄 宝 珠 2—1 Huangbaozhu 2—1		7*	1.0691	0.2473	0.5043	0.7949	25.7188	
晖 春 豆 Huichundou		8	-0.1049	-0.9173	-0.4747	0.1334	16.5443	
铁 英 四 粒 黄 Tiejianshilihuang		9	-2.1837	0.5228	0.3737	0.4477	23.7746	
集 体 1 号 Jiti 1		10	-0.3107	-1.0224	-0.9983	-0.1004	14.0324	
集 体 2 号 Jiti 2		11	0.3256	-0.0902	0.8484	-0.7078	22.4886	
集 体 4 号 Jiti 4		12	0.4891	-0.3799	0.7627	-1.6775	20.6157	
铁 丰 3 号 Tiefeng 3		13	-0.7442	0.0556	-0.9989	2.5344	19.9453	
铁 丰 5 号 Tiefeng 5		14*	1.4131	-0.8847	-0.4208	1.6145	26.5434	
开 育 8 号 Kaiyu 8		15*	1.1372	-0.7237	1.8913	-0.2797	20.1800	
辽 豆 3 号 Lisodou 3		16*	0.1067	0.7600	0.8689	0.9343	32.4649	
丹 豆 4 号 Dandou 4		17	-0.3716	-0.8965	0.7488	0.3837	11.5070	
Amsoy		18*	-0.6942	2.4565	1.4070	0.4764	35.2634	
十 胜 长 叶 Tokachinagaha		19*	1.6102	2.2153	-0.8961	-0.2973	38.7358	
开 育 3 号 Kaiyu 3		20	-1.2756	-1.3814	0.8323	0.1082	9.3940	
平 均 值 Mean value							21.7047	

厚，但叶绿素含量、全N含量、比叶重则略低，且叶片较小，叶脉较细。根据相关和通径分析的结果可知：第二主成份值高者光合速率亦较高（见表5）。

第三主成份的特征向量（ L_3 ）以气孔数目的绝对值最大，且为正值，故称之为气孔因子。十个分量中以单叶面积、叶绿素含量、比叶重、栅栏细胞数目为正值，其它五个分量均为负值。此结果说明：供试品种气孔数目多者，其叶片较大、叶绿素含量较高、栅栏细胞数目较多，而叶片、栅栏和海绵组织厚度略有降低。根据相关和通径分析的结果可知：第三主成份与光合速率的关系不密切（见表5）。

第四主成份的特征向量（ L_4 ）以叶脉厚度分量的绝对值最大，且为正值，故称之为

叶脉厚度因子。十个分量中除单叶面积和比叶重为负值外,其它八个分量均为正值,说明供试品种叶脉粗者,其单叶面积和比叶重较小,气孔数目和栅栏细胞数目相对较多,叶片、栅栏和海绵组织相对较厚。根据相关和通径分析的结果可知:第四主成份值大者其光合速率亦相对较高,但它与光合速率关系的密切程度较之第一、第二主成份要小(见表5)。这里出现了比叶重较小而叶片、栅栏、海绵组织较厚这一矛盾的结果,可能是由于供试品种叶脉粗者,其叶片密度较小而造成比叶重较小,同时也说明了比叶重这一指标与光合速率间关系的复杂性,由于本试验没有测定叶片密度,所以不敢随意断言,这将有待于进一步的研究分析。

结 语 与 讨 论

1. 关于叶部形态性状与光合速率的关系

小岛(1967)报道(农林1号×哈罗索伊) F_2 代第3、第6叶的净光合速率与叶形指数(长宽比)呈负相关(-0.02),而(“满州”×哈罗索伊) F_2 的单株净光合速率与叶形指数呈正相关(0.374),但均未达到显著水准。徐克章等(1983)报道叶面积与光合速率呈负相关(-0.97),也没有达到显著水准。本试验的结果是:六个叶部形态性状与光合速率之间无论正负相关均未达到显著水准。叶形指数对光合速率表现为很小的直接负效应,且其它性状通过叶形指数的间接作用都很小,说明就光合速率的选择而言,不必强调叶部形态性状的作用。

2. 叶绿素、全N含量、比叶重与光合速率的关系

关于比叶重、叶绿素、全N含量与光合速率的关系,国内外报道很多,但由于试验条件、试材的不同所得结果不尽相同。小岛(1975)、Buttery等(1981)、渡边顺子(1981)、杜维广等(1983)、杨文杰等(1983)、苗以农(1981,1982)、余建章等(1980)、徐豹等(1981)、secor等(1982)均有报道。本试验的结果是:

1) 单位叶面积叶绿素、全N含量均与光合速率呈正相关,表现为正效应,说明在大豆结荚期提高上层叶的全N和叶绿素含量对光合速率有利。

2) 结荚期上层叶的比叶重与光合速率呈正相关,但表现为较小的正效应,且通过叶片厚度的间接正效应远大于自身的直接效应;此外在主成份分析的第四主成份中出现了比叶重和叶片厚度符号相反这一矛盾的结果。这说明了比叶重和叶片厚度虽然呈极显著正相关(0.6874^{**}),但这两者还是有区别的,因为比叶重是叶片厚度和叶片密度这两个性状的综合指标,所以用比叶重这一指标来代替叶片厚度是不适当的。同时证明了苗以农(1982)所提出的以比叶重作为单独选择指标应十分慎重这一观点是正确的。

3. 关于叶部解剖特征与光合速率的关系

研究大豆叶片形态结构和光合功能的关系,有助于阐明大豆品种间光合作用速率差异的原因。Dornhoff等(1970)报道,大豆叶片厚度与光合速率呈正相关。本试验的结果和苗以农(1986)、徐克章(1983)的结果大致相同,略有不同的是:他们认为栅栏组织厚度与光合作用的关系较之叶片厚度更为密切,而本试验通过相关和通径分析的

结果是叶片厚度在光合作用中起着决定作用，栅栏和海绵组织厚度对光合速率的直接效应均为负值，而是通过叶片厚度对光合速率的很大的间接正效应掩盖了它们本身的直接负效应，从而分别表现出极显著和显著正相关。因为从横切面上来看，叶片主要是由栅栏组织和海绵组织这两部分构成的，在叶片厚度相对稳定的条件下，如单方面增大其中任一部分，都将破坏整个叶片光合作用的协调性，从而使光合速率下降，只有两者同步增长，使整个叶片加厚，才能提高整个叶片的光合作用能力。

此外，单位面积的栅栏细胞数目对叶片的光合作用能力有着不可忽视的作用，选择栅栏细胞数目多者，肯定能够提高叶片的光合作用能力。

4. 关于主成份分析在高光效育种上的应用

大豆的叶部形态、生理及解剖特征与光合速率之间的关系非常复杂，在不同的生育时期和不同的叶位表现不同。在这方面国外的小岛（1975）、Buttery 等（1981）、渡边顺子（1981）；国内的苗以农等（1986、1987）、胡明祥等（1980）、杨文杰等（1983）、张贤泽等（1986）、汪君利等（1984）、徐克章等（1983）均有报道。

从本试验主成份分析的结果还可以看出，即使在同一生育时期（结荚期）、同一叶层（上层叶），大豆叶部光合性状之间的关系也是非常复杂的，彼此间在不同的综合指标中（主成份中）关系不尽相同，有的甚至相反（见表4）。因而根据单一性状来进行光合速率的间接选择显然是不可靠的。这样就自然提出了一个问题，能否利用主成份分析的方法来进行综合的间接选择？选择的标准又是什么？本试验的结果对于前者的回答是肯定的。选择的标准根据前面通径和主成份分析的结果可知：第一、第二主成份值应越大越好，第四主成份值应较大，第三主成份值不予多加考虑。根据这一原则，在20个品种中选出7个品种利用※标于表5内。

从表5可以看出：供试20个品种光合速率的平均值为 $21.7047\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ ，而利用主成份分析的方法选出的7个品种的光合速率的平均值为 $29.3484\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ ，较之原来提高了35.22%。这说明利用主成份值选择光合速率可以明显提高选择效果。它可以避免利用单一性状进行选择的片面性，减小环境因素的干扰，使选择方向明确，提高选择的准确程度。因而可以说主成份分析的方法是进行光合速率综合的间接选择的有效方法。

参 考 文 献

- [1] 王金陵 (主编), 1982, 《大豆》, 黑龙江科技出版社。
- [2] 小岛睦男, 1972, 关于提高大豆品种光合作用能力的研究, 苗以农等译自《农业技术研究所 报告》D, 第23号, 97—145页, 李心光校。
- [3] 苗以农, 1986, 国外对大豆光合作用与产量的研究世界农业, (5): 22—23。
- [4] 小岛睦男, 1975, 大豆汇ねたら光合成能力の遗传, 农业技术, 30 (10), 443—447。
- [5] 广田修等, 1982, 数种作物の太阳光能利用率汇关する研究, 日本作物学会纪事, 51 (2) 151—158。
- [6] 国分牧衡、渡边和豆, 1982, 大豆の群落构造と収量成豆过程の解析, 日本作物学会纪事, 51 (1), 51—54。
- [7] 杨文杰等, 1983, 大豆光合生理生态的研究, 第2报, 大豆科学, (2), 83—92。
- [8] 杜维广, 1983, 大豆有性杂交后代叶片光合作用遗传控制的研究, 大豆科学 (1) 39—47。
- [9] 徐克章等, 1983, 大豆光合生理生态的研究, 第3报, 大豆科学 (3): 169—173。
- [10] 苗以农等, 1986, 大豆光合生理生态的研究, 第6报, 大豆科学 (3): 219—222。
- [11] 汤陵华等, 1985, 关于水稻品种间遗传差异的研究, 作物学报 (2) 73—78。
- [12] 张全德、胡秉民 (编著), 1985, 《农业试验统计模型和 BASIC 程序》, 浙江科学技术出版社。
- [13] 胡明祥等, 1980, 大豆高产株型育种研究, 吉林农业科学, (3) 1—14。
- [14] 渡边顺子, 1981, 大豆光合速率与籽实产量和其他诸性状的关系, 庞万福等译自《农业ねよび园艺》第9期。
- [15] 奥野忠一 (编著), 1982, 《应用统计ヘフドブシク》, 328—365, 东京。
- [16] 苗以农等, 1987, 大豆光合生理生态的研究, 大豆科学 (1) 21—25。
- [17] Buttery B. R., R. I. Buzzell, and W. I. Findlay 1981, *Can J. Plant Sci* (61) 191—198。
- [18] Secor, J., C. R. McCary, R. shibles, and D. E. green, 1982, *Crep sci* (22) 255—259。
- [19] Buzzell, R. I. and B. R. Buttery, 1984, *World Soybean Research conference II Proceedings*, 446。

STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAF CHARACTERS OF SOYBEAN VARETIES AND PHOTOSYNTHETIC RATE

Wang Hua Yu Jianzhang
(Sheng Yand Agricultural University)

Abstract

Leaf morphological, physiological and dissectional characters were tested in this experiment involving 20 soybean (*Glycine max* (L) Merr) varieties. Correlation analysis and path-analysis were computed, and the first time principal component analysis was used to 10 photosynthetic characters of leaf. The results indicated the following: (1) Leaf shape index was negatively correlated to the photosynthetic rate, and suggested a vevy little negative effect. (2) Photosynthetic rate was positively correlated to chlorophyll contead and whole nitrogen content of unit leaf area, respectively, and suggested positive effect, (3)

Specific leaf weight indicated positive correlation with the photosynthetic rate, showing atiny positive effect, and its positive indirect effect through leaf thickness was far greater than its direct effect. (4) Leaf thickness indicated very signifificant positive correlation with the photosynthetic rate, showing positive effect. (5) The number of palisade cells was positively correlated to photosynthetic rate at very significant lvl, showing higher positive effect. (6) The photosynthetic rate was positively correlated to the thickness of palisade tissue and spongy tissue at very significant level and significant level, respectively, but both showed negative effects. Analysis indicated that it is an effective method to combine path-analysis with principal component analysis for integrated indirect selection of photosynthetic rate.

Key words: Soybean Leaf character Photosynthetic rate Path-coefficient analysis Poincinal component analysis

中国作物学会大豆专业委员会第三届委员会第二次会议纪要

1988年3月18日在南京农业大学召开了大豆专业委员会第三届委员会第二次委员会会议。会议回顾了本届委员会的工作,委员会在经费困难的条件下采用赞助的办法出版了第三届大豆专业委员会学术论文汇编,原计划的西南大豆科研与生产考察,由于种种原因未能完成。为了发挥本专业委员会在世界和国内大豆界的学术作用促进我国大豆科研与生产的发展为了改变我国人民的食品结构的重大战略贡献力量,为此第二次委员会会议决定:

一、定于1989年6月28日在贵州省农科院召开中国作物学会大豆专业委员会第四届会员代表大会。会上将改选第三届委员会并同时举行学术讨论会。会议确定以民主协商的办法选举下届委员会,入选条件是委员会委员必须具备较高的大豆专业方面的造诣,是大豆科研与教学方面的学术带头人,并热心学会工作。由于一些前辈学者年事已高,为了减轻他们的负担,确保他们的健康,会议决定下届委员会的入选年龄条件原则是60岁不进,70岁不留。但为了得到知名专家教授对大豆界的学术指导,委员会仍保留原专家教授的荣誉职位。第四届委员会委员15人的名额,经协商后分配到有关省市并适当照顾产区代表的名额。

二、下届学术讨论会论文范围是大豆育种、栽培生理生态、根瘤菌固N、土肥、病虫害、杂草,加工利用。会员代表候定在150人左右。会员代表入选论文第1作者为会员代表。论文应是寄送论文前一年未宣读,未发表的论文。论文摘要应于1988年12月底以前寄交中国农科院作物所大豆室,转送有关专家审定后确定代表,第三届委员为当然代表。

三、鉴于经费问题,委员会确定第四届大豆专业委员会会员代表大会代表食宿费用自理,每位代表尚需交纳会务费30元,资料费20元,请各省大豆同行给予支持。会议委托委员刘支胜主持会务工作,副秘书长郝耕协助主持会务。

中国作物学会大豆专业委员会