

春小麦光合速率遗传研究初报*

陈集贤 黄相国

(中国科学院西北高原生物研究所)

青藏高原日光能资源丰富,为了在小麦生产上充分利用这一有利的生态因子,品种必须具备高的光合速率,而研究光合速率的遗传是选育高光效品种的基础,本文通过5个春小麦亲本的双列杂交试验,分析了光合速率的遗传效应。

一、材料和方法

用5个亲本[向阳4号(1),高原338(2),阿富汗1号(3),宁引(4),NP852(5)]的正、反交 F_1 和亲本自交组合25个,于1981年种植于海拔3,000米的香日德农场。试验按随机区组设计,重复2次,每个供试材料种1行,行长1.5米,行距30厘米,株距10厘米。各材料分别于抽穗期28—30°C的温度和30,000lux的人工光源下,以气流比色法离体测定剑叶的 CO_2 交换率($mg CO_2 dm^{-2} h^{-1}$),以此作为光合速率的指标,同时测定叶面积。植株定型时测定穗下节间面积和穗面积。穗下节间面积按穗下节间长度乘节间和叶鞘的直径乘3.14进行估算;穗面积按穗长乘穗直径乘3.14进行估算。收获后考种称穗粒重。试验结果按Mather等介绍的方法统计分析光合速率、光合面积和穗粒重的遗传效应,即在试验材料方差分析的基础上,先求出每一阵列的方差(V_r),再求出每一阵列中不复出现的亲本决定的协方差(W_r),配合 W_r 对 V_r 的回归线,以此确定显、隐性关系。各阵列的点集聚,为无显性;回归线的斜率等于1并与 W_r 轴的相交点在坐标的原点以上,为不完全显性;回归线的斜率等于1并通过坐标的原点,为完全显性;斜率等于1,回归线与 W_r 轴相交点低于原点,为等位超显性;斜率明显小于1的回归线,则为非等位基因间的互作。最后计算前两种性状与穗粒重的相关。

二、结果与分析

小麦生育后期即产量形成期,配合一定的自然、栽培条件,在适当大的光合面积上,通过高的光合速率产生多的光合产物,这些物质除必要的消耗外,尽可能多的传送到大的穗部累积起来,才能形成高的产量。因此,研究小麦产量形成期的光合面积、光合速率和穗粒重的遗传效应及其相互间的关系有着重要意义。试验所用的5个亲本在上述3类性状

*程大志、黄银发同志参加了光合速率的测定。

表 1 亲本与 F₁ 的 5 个性状的平均值

Table 1 Mean values of five characters of hybrids (F₁) and their parents

品种与杂种 Variety and hybrid		1	2	3	4	5
1 向阳 4 号 Xiangyang 4	a	40.25	30.6	42.6	31.5	21.7
	b	32.15	40.35	37.05	48.2	36.75
	c	44.8	61.3	61.2	58.4	50.6
	d	34.9	48.25	41.65	50.8	42.2
	e	2.37	3.95	3.02	3.39	2.67
2 高原 338 Plateau 338	a	27.65	32.75	25.35	32.8	29.85
	b	42.45	56.65	49.0	56.15	45.15
	c	60.6	63.0	68.8	59.4	69.9
	d	53.7	57.25	52.85	63.3	56.7
	e	4.07	4.17	4.23	5.09	3.99
3 阿富汗 1 号 Afghanistan 1	a	35.0	32.85	39.3	34.0	29.85
	b	37.6	48.0	42.3	46.35	39.7
	c	53.8	74.1	56.5	60.0	62.2
	d	43.25	60.8	41.9	55.9	46.25
	e	3.09	4.82	2.8	3.78	2.99
4 宁引 Ninyin	a	28.75	27.65	43.05	26.15	36.9
	b	43.85	59.95	44.15	50.8	40.35
	c	58.4	58.4	59.4	46.3	62.4
	d	50.05	73.0	55.8	68.95	54.75
	e	3.65	5.08	3.95	4.16	3.26
5 NP852	a	43.6	23.45	21.75	36.75	36.75
	b	33.4	42.35	31.45	43.6	32.35
	c	54.1	69.8	59.5	62.0	63.3
	d	43.95	62.6	45.45	53.35	46.6
	e	2.74	4.46	2.8	3.23	2.5

a = 光合速率 (mg CO₂ dm⁻² h⁻¹) Photosynthetic rate b = 剑叶面积 (cm²) Flag leaf area c = 穗下节间面积 (cm²) Area of node beneath spike d = 穗面积 (cm²) Spike area e = 穗粒重 (g) Kernel weight per ear

上有着明显的差异(表 1)。

1. 光合速率

5 个亲本双列杂交的光合速率的方差分析列表 2。

光合速率为加性效应(父、母本效应极显著),由于交互项亦达极显著水平,表明该性状除加性效应外,尚有非加性效应。W_r/V_r 的回归分析中,回归斜率 b = 0.2011 ± 0.2675, 显性效应不太明显。为此,我们又分别进行了 W_r + V_r 和 W_r - V_r 的方差分析(表 3)。

W_r + V_r 和 W_r - V_r 的阵列间差异均达极显著水平,表明光合速率的非加性遗传效应中,同时存在着显性和非等位基因互作效应,但 W_r - V_r 阵列间差异显著水平高于 W_r + V_r 的。由于所有阵列的 W_r/V_r 的回归斜率小,不易用回归图解的方法确定亲本显性相对位置。为此,我们将方差最大的亲本 5 排除后,其回归斜率 b = 0.7178 ± 0.3544, 与 1 没有明显差异。若再将 V_r 大的亲本 4 排除后,斜率 b = 0.8893 ± 0.0916, 亲本 2 的显

表2 光合速率的方差分析

Table 2 Analysis of variance of the diallel data for photosynthetic rate

变 因 Source of variation	自 由 度 Degree of freedom	均 方 Mean square	F 值 F-value
母 本 Female parents	4	28.7780	17.6736**
父 本 Male parents	4	54.1455	33.2528**
区 组 Blocks	1	0.1258	0.0773
互 作 Interaction	16	103.3053	63.4437**
误 差 Error	25	1.6283	
正 反 交 Reciprocals	10	82.4903	50.6604**

** 概率为1%的显著水平。Significant at the 1% level of probability

表3 光合速率的 $W_r + V_r$ 和 $W_r - V_r$ 的方差分析Table 3 Analysis of variance of $W_r + V_r$ and $W_r - V_r$ for photosynthetic rate

项 目 Item	自 由 度 Degree of freedom	$W_r + V_r$		$W_r - V_r$	
		均 方 Mean square	F 值 F-value	均 方 Mean square	F 值 F-value
阵 列 间 Between arrays	4	2802.3396	18.8399**	3827.6038	38.0901***
阵 列 内 Within arrays	5	148.7448		100.4881	

W_r : 每一阵列中不复出现的亲本决定的协方差

The covariance with the non-recurrent parent given by an array in adiallel

V_r : 每一阵列的方差

The variance of an array in a diallel

** 概率为1%的显著水平 Significant at the 1% level of probability

*** 概率为0.1%的显著水平 Significant at the 0.1% level of probability

性基因数目多 ($W_r = -14.0891$, $V_r = 14.3433$), 亲本1的隐性基因数目多 ($W_r = 24.7904$, $V_r = 40.4418$), 亲本1(向阳4号)的光合速率是5个亲本中的最高者, 高光合速率为隐性。国内有人在水稻上也观察到了高光合速率似乎是属于隐性基因控制的结果。

方差分析的正反交效应极显著, 这是由于细胞核和细胞质互作引起。刘祚昌等(1980)也认为小麦的光合速率遗传, 不仅受核基因组的控制, 同时也受叶绿体基因组控制。但是, Crosbie 等(1978)根据玉米自交系双列杂交试验, 认为 CO_2 交换率主要受核基因的加性效应控制。

从我们的试验结果看, 光合速率属于数量性状遗传, 其遗传效应为加性——非等位基因间互作——显性的复杂遗传系统控制, 并有明显的细胞核与细胞质互作效应。

2. 光合面积

小麦生育后期的光合面积中, 包括上部功能叶(主要是剑叶面积), 穗下节间面积与穗

表 4 各光合面积的方差分析

Table 4 Analysis of variance of the diallel data for photosynthetic area

变 因 Source of variation	自 由 度 Degree of freedom	均 方 Mean square		
		剑叶面积 Flag leaf area	穗 面 积 Spike area	穗下节间面积 Area of node beneath spike
母 本 Female parents	4	319.4745**	436.0670**	137.9215**
父 本 Male parents	4	314.7495**	464.3370**	108.0755**
区 组 Blocks	1	3.0520	7.2212	7.8320
互 作 Interaction	16	16.3340*	24.995**	59.1751**
误 差 Error	25	7.7691	4.7631	7.9348
正 反 交 Reciprocals	10	14.1603	23.0600**	10.4410

* 概率为 5% 的显著水平。Significant at the 5% level of probability.

** 概率为 1% 的显著水平。Significant at the 1% level of probability.

面积, 现将 3 种性状的方差分析列表 4。

三种光合面积均属数量遗传, 受加性和非加性基因系统控制。W_r/V_r 的回归分析中, 剑叶面积的回归斜率 $b = 0.8313 \pm 0.5379$, 与 1 没有显著差异(图 1), 亲本 3 在沿回归线上的位置最低, 显性基因数目多, 亲本 4 的位置最高, 隐性基因数目多。穗面积有显著的正反交差异, 回归斜率 $b = 0.7371 \pm 0.4518$, 与 1 没有明显差异(图 2), 亲本 2 的位置低, 显性基因数目多, 亲本 4 的位置高, 隐性基因数目多。穗下节间面积的斜率 $b = 0.192 \pm 0.317$, 显性效应不明显。

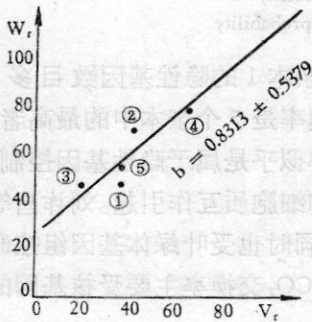


图 1 剑叶面积的 W_r/V_r 图解

Fig. 1 The W_r/V_r graph for flag leaf area in the diallel among five lines of spring wheat.

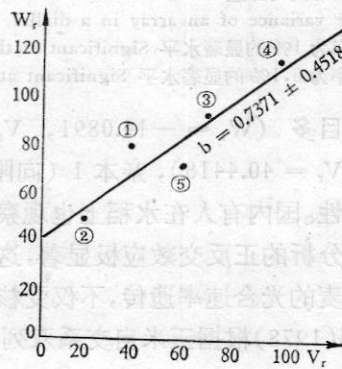


图 2 穗面积的 W_r/V_r 图解

Fig. 2 The W_r/V_r graph for spike area in the diallel among five lines of spring wheat

3. 光合速率和光合面积与穗粒重的关系

每穗粒重是重要的产量性状, 5 个亲本双列杂交的穗粒重的方差分析列表 5。

表 5 穗粒重的方差分析

Table 5 Analysis of variance of the diallel data for kernel weight per ear

变 因 Source of variation	自 由 度 Degree of freedom	均 方 Mean square	F 值 F-value
母 本 Female parents	4	2.9177	33.4599**
父 本 Male parents	4	3.5280	40.4587**
区 组 Blocks	1	0.2781	3.1892
互 作 Interaction	16	0.2889	3.3131**
误 差 Error	25	0.0872	
正 反 交 Reciprocals	10	1.1797	13.5287**

** 概率为 1% 的显著水平 Significant at the 1% level of probability

穗粒重为加性和非加性效应,有明显的正反交效应。 W_r/V_r 的回归斜率 $b=0.6859 \pm 0.4192$, 与 1 没有明显差异(图 3), 亲本 2 (高原 338) 在沿回归线上的位置最低, 有多的显性基因数目, 高原 338 是大穗型品种。

抽穗期各光合面积、光合速率与穗粒重之间的相关系数列表 6。

剑叶面积与穗粒重之间的遗传正相关达到极显著水平, 其次为穗面积, 再次为穗下节间面积。光合速率在本试验中与穗粒重之间无明显的相关关系。一般地讲, 影响穗粒重的因素有 3: 1) 是光合产物的多少, 2) 是穗子贮容量的大小, 3) 是光合产物向穗部运送能力的强弱。而光合产物的多少又与光合面积的大小、受光量的多少和光合速率的强弱等因素有关。所以, 影响穗粒重的因素多, 关系复杂。而本试验为稀点播, 单株光合面积发育较充分, 光合面积又能处于较充足的光照条件下, 即使光合速率低的叶片, 由于叶片大, 也能产生足够的光合产物(如高原 338, 宁引), 加之两品种有大的穗子, 因而产生了重的穗粒重。而光合速率高的亲本 1 (向阳 4 号), 剑叶面积小, 穗子亦小, 穗粒重最轻。因而, 在本试验中光合速率与穗粒重之间无显著的相关关系。在分析光合速率与籽粒产量的关系时, 由于影响产量的因素很多, 而使相比较的群体在叶面积、株型等条件完全一致, 只有光合速率上有差异, 是不太容易的, 因而给分析带来困难。今后除了在研究、分析方法上加以改进外, 还需要用大量的材料进行测定, 才能找出其间的真实关系。而本试验的缺点之一恰恰是配置组合的亲本数目较少。

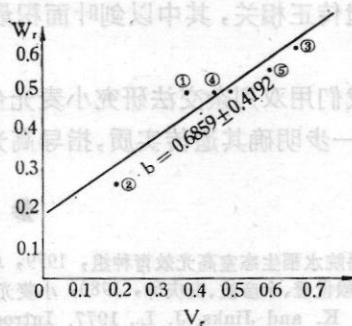


图 3 穗粒重的 W_r/V_r 图解

Fig. 3 The W_r/V_r graph for kernel weight per ear in the diallel among five lines of spring wheat.

表6 光合面积和光合速率与穗粒重的相关系数

Table 6 Correlation coefficients between photosynthetic areas, photosynthetic rate with kernel weight per ear

项 目 Item	表型相关 (r) Phenotypic correlation	遗传型相关 (r) Genotypic correlation	环境相关 (r) Environmental correlation
剑叶面积 Flag leaf area	0.8122**	0.8846**	-0.0648
穗面积 Spike area	0.8733**	0.8791**	0.8301**
穗下节间面积 Area of node beneath spike	0.4277*	0.4574*	0.0577
光合速率 Photosynthetic rate	-0.3315	-0.3391	-0.1991

** 概率为1%的显著水平 Significant at the 1% level of probability

* 概率为5%的显著水平 Significant at the 5% level of probability

三、结 语

5个亲本的双列杂交试验表明,光合速率属数量性状遗传,受加性——非等位基因互作——显性遗传系统控制,并有明显的细胞核和细胞质互作效应,其遗传效应比较复杂。剑叶面积、穗面积和穗下节间面积均属数量性状遗传。这些光合面积与穗粒重之间有显著的遗传正相关,其中以剑叶面积最高。在本试验中光合速率与穗粒重之间无显著的相关。

我们用双列杂交法研究小麦光合速率的遗传效应,国内未见同类报道,尚需深入研究,进一步明确其遗传实质,指导高光效育种。

参 考 文 献

广东农科院水稻生态室高光效育种组, 1979, 单叶光合速率与高光效育种。中国农业科学, No. 2: 19—28.
 刘祚昌、赖世登、余彦波、安庆坤, 1980, 小麦光合性状遗传的初步研究。遗传, 2(1): 29—32。
 Mather, K. and Jinks, J. L., 1977, Introduction to Biometrical Genetics. Chapman And Hall, London.
 Crosbie, I. M., Mock, J. J. and Pearce, R. B. 1978, Inheritance of photosynthesis in a diallel among eight maize inbred lines from Iowa Stiff Stalk Synthetic. Euphytica 27: 657—664.

PRELIMINARY STUDY OF INHERITANCE OF
PHOTOSYNTHETIC RATE IN
SPRING WHEAT

Chen Jixian Huang Xiangguo
(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The inheritance of photosynthetic rate, flag leaf area, area of node beneath spike, spike area and kernel weight per ear of five spring wheat varieties were estimated in a full diallel set of crosses. The preliminary results were as follows.

1. The slope of the regression line of W_r on V_r for photosynthetic rate was $b = 0.2011$. A further analysis of W_r and V_r thus is necessary by excluding array. The slope of the regression line was $b = 0.7178$ when array 5 has been removed. The analysis was then repeated with array 4 excluded, the slope of the regression line was $b = 0.8893$. Array 1 (Xiangyang 4), with the highest W_r , V_r and photosynthetic rate value, had the greatest number of recessive alleles.
2. Three photosynthetic areas and kernel weight per ear were governed by additive and non-additive components, but dominance was not significant for kernel weight per ear.
3. The study also indicated that there is a significant positive genotypic correlation between flag leaf area, spike area, area of node beneath spike and kernel weight per ear respectively, whereas the genotypic correlation between photosynthetic rate and kernel weight per ear is not significant.

CONTENTS

New taxa of genus kobresia willd. from north-western China	Yang Yongchang (1)
A new species and four varieties of gramineae from China	Wu Zhenlan (13)
The new taxa of gramineae from China	Lu Shenglian (17)
Notes on investigation of menda forest in xunhua district, Qinghai Province	Kuo Penchao Wang Weiyi (21)
Fundamental characteristics of the bog meadow vegetation and its resource utilization in yushu tibetan autonomous prefecture, Qinghai	Du Qing (35)
A hydrobiological survey in hexi area, gansu province, China	Zhao Tieqiao (45)
New records of trematodes in larvae from Qinghai lake	Liu Liqing Wang Baoduo Yang Tao (53)
The origin of apterous grasshoppers from Qinghai-Xizang plateau	Yin Xiangchu (57)
The larvae of some tendipedidae midge (diptera) from Qinghai lake and its river system	Ye Cangjiang (57)
On the growth of nestlings of horned lark (<i>Eremophila alpestris</i> Elwesi)	Zheng Shengwu (75)
New materials on birds and mammals from jolmolungma area and an approach to the subspecies of <i>Hemitragus jemlahicus</i> H. Smith	Wang Zuxiang Li Dehao Cai Guiquan (81)
Measurement on the basal metabolism of adult tibetan breed sheep and Xingjiang-Tibetan hybrid of sheep	Pi Nalin Shi Zhixian Du Jizeng (101)
Studies on decomposition of plants of cellulose root and litter of the alpine meadow	Li Jiazao Zhu Guiru Yang Tao Tang Shisheng (107)
Study on soil respiration of the alpine meadow	Li Jiazao Zhu Guiru Tang Shisheng Yang Tao (115)
Xanthone Constituents of <i>Halenia elliptica</i> Part I.	Hu Beling Sun Hongfa Fan Shufen Ding Jinye (121)
Biochemical polymorphism of prealbumins transferrins and hemoglobins in <i>Gymnocypris przewalskii</i> Przewalskii in Qinghai lake	Zhou Yucan (125)
A preliminary study on the red cell 2,3-diphosphoglycerate in the pika and the zokor	Zhou Yucan Liu Kuofu Wen Deqi (133)
Characteristics of flowering and pollination of fertility restorer R-211 in <i>T. timopheevi</i> Cytoplasmic male sterility in spring wheat	Jiang Deheng (139)
On the anther culture of spring wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	Zhao Xulan Duan Caihua (145)
The physiological effect of low temperature at night on the wheat seedling	Zhang Shuyang Ma Zhangying (151)
Preliminary study of inheritance of Photosynthetic rate in Spring wheat	Chen Jixian Huang Xianggno (163)