

不同类型高产小麦品种的光合特性研究^{*}

张玲丽, 王 辉, 孙道杰, 冯 毅

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 以多穗型、中穗型和大穗型 3 种类型 9 个小麦品种为试验材料, 对高产小麦品种光合特性及其与产量性状的相关性进行了研究。结果表明, 在陕西关中灌区生产条件下, 高产小麦品种与丰产品种相比, 其光合性能在小麦生育后期具有明显的优势: 灌浆期叶面积系数(LA I)和叶绿素(Chl(a+ b))含量一直维持较高水平; 旗叶丙二醛(MDA)增长速率和净光合速率(Pn)下降速率明显小于丰产品种。旗叶 Pn 与 Chl(a+ b)呈较高的正相关, 与 MDA 含量呈显著或极显著负相关。千粒重、穗粒数、穗粒重及产量均与灌浆后期旗叶的 Chl(a+ b)含量、Pn 及叶面积持续期呈显著或极显著正相关, 与后期 MDA 含量呈显著负相关。

[关键词] 高产小麦; 光合特性; 相关分析

[中图分类号] S512.1⁺10.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)03-0053-04

光合作用是作物高产的生理基础, 改善光合作用对于提高作物的产量潜力具有重要意义^[1~3]。关于小麦的光合特性, 国内外许多学者已进行了大量研究^[3~6], 但对不同类型高产小麦品种光合生理机制及其与产量性状关系的研究尚不多见。已有研究^[2]表明, 当前陕西关中地区推广的高产小麦品种产量潜力为 9 000 kg/hm², 大面积生产水平为 6 750 kg/hm², 下一次更换品种的生产水平应达到 7 500 kg/hm²。据此, 本试验以 7 500 kg/hm² 作为高产品种与丰产品种的分界产量, 以陕西关中生态条件为背景, 从近几年黄淮冬麦区区试及陕西关中生产上大面积推广的品种中, 选取不同类型小麦品种为材料, 研究了小麦品种的主要光合生理性状, 探讨进一步提高品种产量潜力性状的改良途径, 以期对高产小麦品种的选育和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

试验于 2000~2002 年度在西北农林科技大学农作一站试验地进行。选取陕西关中及黄淮麦区近年推广和新选育的 3 种类型 9 个冬小麦优良品种(系)为材料。其中多穗型 3 个: 豫麦 49, 阎麦 8911, 西农 2611; 中穗型 3 个: 西农 1718, 新麦 9 号, 陕 2518; 大穗型 3 个: 兰考 906, 临旱 957, 鲁麦 91-3。若以产量进行划分(7 500 kg/hm²), 则高产品种为豫

麦 49, 西农 2611, 西农 1718, 新麦 9 号, 兰考 906, 鲁麦 91-3; 丰产品种为阎麦 8911, 陕 2518, 临旱 957。

2000~2001 年度采用裂区设计, 以密度为主处理, 品种为副处理, 重复 3 次。2001~2002 按完全随机区组设计, 重复 3 次。5 行区, 行长 2.7 m, 行距 0.23 m。试验地土壤肥沃, 地势平坦, 灌溉方便。播种前深耕细耙, 10 月 10 日足墒播种, 生长期于越冬前、拔节期统一浇水 2 次, 及时中耕除草, 开花后防治蚜虫 2 次。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 叶面积系数(LA I)和叶面积持续期(LAD)

在拔节期、孕穗期、开花期、花后 15 d 和花后 30 d, 每小区连续取有代表性的 5 个植株, 室内剪下所有绿色叶片, 采用干重法测叶面积, 并计算叶面积系数。即剪取单位面积叶片, 单独烘干, 剩余绿叶同时烘干, 分别称重, 计算总叶面积(总叶面积=总干叶重/单位面积干叶重)。叶面积持续期为开花至半叶变黄的天数。

1.2.2 旗叶叶绿素(Chl)含量和丙二醛(MDA)含量 叶绿素含量采用乙醇丙酮快速浸提法测定, 按 Arnon 公式^[7]计算其含量; 丙二醛(MDA)含量按硫代巴比妥酸比色法测定。

1.2.3 旗叶净光合速率(Pn) 每小区于旗叶展开前选取生长一致的旗叶 100 片挂牌标记, 每隔 10 d 用美国产 LI-6400 型便携式红外线 CO₂ 光合测定仪

^{*} [收稿日期] 2004-04-23

[基金项目] 陕西省“九五”科技攻关项目(2002A241037); 西北农林科技大学校内青年教师专项基金项目(232297)

[作者简介] 张玲丽(1970-), 女, 陕西凤翔人, 副教授, 在读博士, 主要从事小麦遗传育种研究。

测定,重复 5 次,去掉两端极值,取中间 3 值的平均数作为旗叶的 P_n 。

1.2.4 其他项目 按常规标准记载生育期,在成熟期每小区带根收取 10 株室内考种,考种项目有单株穗数、穗粒数、千粒重等,另收取中行 2 m 长计产。

2 结果与分析

2.1 高产小麦品种冠层叶片的光合特性

2.1.1 叶面积系数(LAI)和旗叶叶片功能期(LAD) 从表 1 可以看出,在灌浆期以前,不同类型高产品种的 LAI 和丰产品种相差不大;而进入灌浆期后,前者的 LAI 不但高于后者,而且其 LAI 的

衰减较为缓慢。与丰产品种相比,不同类型高产品种群体的 LAI 在拔节期、孕穗期和开花期几乎无差异,但花后 15 d 和花后 30 d 高产品种较丰产品种高出 23.9% 和 53.4%。

高产品种旗叶绿色叶面积持续期平均为 38.8 d,较丰产品种多 5.5 d。结合田间观察记载发现,在生理成熟期,丰产品种陕 2518 和闫麦 8911 整株叶片几乎全部枯黄,而高产品种西农 2611、兰考 906 和鲁麦 91-3 的旗叶和倒二叶仍有一定的绿叶面积,说明高产品种的叶功能持续期较长,能充分利用后期光热资源,延长灌浆期,提高粒重。

表 1 参试小麦品种 LAI 和 LAD 的变化

Table 1 Changes of LAI and LAD in different tested high-yield wheat cultivars

品种类型 Types of cultivars	LAI					LAD/d
	拔节期 Jointing	孕穗期 Booting	开花期 Anthesis	花后 15 d 15 days after anthesis	花后 30 d 30 days after anthesis	
高产品种 High yield cultivars	3.44	6.90	5.58	3.52	1.12	38.8
丰产品种 Bumper yield cultivars	3.47	6.91	5.55	2.84	0.73	34.3

2.1.2 旗叶净光合速率(P_n) 从表 2 可以看出,随灌浆期的推进,参试品种从花后 10 d 到花后 30 d,旗叶 P_n 值均表现为下降趋势,但高产品种 P_n 下降的速率明显小于丰产品种。高产品种 P_n 在花后 10 d 左右有 1 个高峰期出现,且整个灌浆期始终保

持较高的净光合速率;而丰产品种 P_n 值从开花到花后 10 d 表现平稳,随后以较大的幅度逐渐下降。高产品种花后 10、20 和 30 d 的平均 P_n 值分别较丰产品种高 4.1%、12.6% 和 75.6%。

表 2 不同品种旗叶净光合速率(P_n)的变化

Table 2 Changes of P_n of flag leaves

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

品种类型 Types of cultivars	花后天数 Days after anthesis			
	开花期 Anthesis	10	20	30
高产品种 High yield cultivars	22.6	23.0	17.0	7.6
丰产品种 Bumper yield cultivars	22.4	22.1	15.1	3.6

2.1.3 旗叶的叶绿素 $\text{Chl}(a+b)$ 含量 从表 3 可以看出,高产品种和丰产品种生育后期旗叶叶绿素含量均呈下降趋势,但高产品种旗叶叶绿素含量的下降速率明显小于丰产品种。开花期高产品种的旗

叶叶绿素含量比丰产品种高出 6.1%,而到开花后 30 d,高产品种比丰产品种的叶绿素含量高出 19.2%。

表 3 不同品种旗叶净光合速率的变化

Table 3 Changes of $\text{Chl}(a+b)$ of flag leaves

mg/g

品种类型 Types of cultivars	花后天数 Days after anthesis			
	开花期 Anthesis	10	15	30
高产品种 High yield cultivars	3.34	2.86	2.35	1.24
丰产品种 Bumper yield cultivars	3.20	2.52	2.02	0.79

2.1.4 旗叶的丙二醛(MDA)含量 从表 4 可以看出,高产品种和丰产品种开花期 MDA 平均含量都较低,且两类品种间基本无差异;随着灌浆期的推进,两类品种 MDA 含量都显著增加,但丰产品种

MDA 的增长速率显著高于高产品种,到花后 30 d,高产品种 MDA 平均含量仅是丰产品种的 89.6%。说明高产品种灌浆中后期细胞膜稳定性高,不易早衰,有利于各种生理代谢的正常运行以及干物质的

生产、积累和分配

表 4 不同旗叶生育期间的MDA 含量变化
Table 4 Changes ofMDA during flag leaf span

品种类型 Types of cultivars	花后天数 Days after anthesis		
	开花期 Anthesis	15	30
高产品种 High yield cultivars	3 573	5 142	6 724
丰产品种 Bumper yield cultivars	3 569	5 360	7 501

2 2 生理性状间的相关性

从表 5 可以看出, 在小麦灌浆期, 旗叶 Pn 与其 Chl(a+ b)含量呈不显著正相关, 与旗叶MDA 含量

则呈极显著或显著负相关, 旗叶 Chl(a+ b)含量与其MDA 含量呈不显著负相关。

表 5 不同品种旗叶生理性状间的相关分析

Table 5 Correlation analysis of physiological characters of flag leaf

相关性状 Relative characters	开花期 Anthesis	花后 15 d 15 days after anthesis	花后 30 d 30 days after anthesis
Pn 与 Chl(a+ b)含量 Content of Pn and Chl(a+ b)	0 149	0 424	0 320
Pn 与 MDA 含量 Content of Pn and MDA	0 016	- 0 874* *	- 0 689*
Chl(a+ b)含量与MDA 含量 Content of Chl(a+ b) and MDA	- 0 103	- 0 485	- 0 352

注: * 为 5% 显著水平, * * 为 1% 显著水平, 下表同。
Note: * is significant at the 0 05 level, * * is significant at the 0 05 level The same in following tables

2 3 光合生理性状与产量及其构成因素间的相关性

从表 6 可以看出: (1) 单位面积穗数与小麦生育后期各个光合生理性状的相关均不显著, 表明单位面积穗数多少主要取决于小麦生育前、中期的形态和生理性状。(2) 穗粒数与灌浆后期旗叶 Chl(a+ b)含量呈极显著和显著正相关, 与花后 30 d 旗叶净光合速率呈显著正相关, 与花后 15 d 旗叶MDA 含量呈显著负相关, 与旗叶LAD 有较高的正相关。(3) 千粒重与花后 20 和 30 d 的旗叶 Chl(a+ b)含量呈

极显著和显著正相关, 与灌浆期 Pn 呈显著正相关, 与花后 30 d 旗叶MDA 含量呈显著负相关, 与旗叶 LAD 呈显著正相关。(4) 穗粒重与花后 20 和 30 d 旗叶 Chl(a+ b)含量、Pn 均呈极显著和显著正相关, 与灌浆期MDA 含量呈显著负相关, 与旗叶 LAD 含量呈显著正相关。(5) 产量与灌浆期(花后 20~ 30 d)旗叶 Chl(a+ b)含量、Pn 及旗叶LAD 均呈极显著和显著正相关, 而与旗叶MDA 含量呈显著负相关。

表 6 旗叶光合生理性状与产量及其构成因素的相关系数

Table 6 Correlation analysis between physiological characters of flag leaf and yield or components

生理性状 Physiological characters	测定时期 Determine date	穗数/ hm^2 Ear number	穗粒数 Grains per spiker	千粒重 1 000-grain weight	穗粒重 Grains weight per spike	小区产量 Plot yield
Chl(a+ b)	开花期 Anthesis	0 064	0 031	- 0 074	0 007	- 0 067
	花后 10 d 10 days after anthesis	- 0 183	0 342	0 276	0 321	0 385
	花后 20 d 20 days after anthesis	- 0 649	0 872* *	0 871* *	0 876* *	0 830* *
	花后 30 d 30 days after anthesis	- 0 592	0 724*	0 722*	0 679*	0 765*
Pn	开花期 Anthesis	0 238	0 604	0 568	0 611	0 070
	花后 10 d 10 days after anthesis	0 249	0 507	0 696*	0 494	0 576
	花后 20 d 20 days after anthesis	0 220	0 571	0 678*	0 682*	0 772*
	花后 30 d 30 days after anthesis	0 392	0 668*	0 756*	0 689*	0 873* *
MDA	开花期 Anthesis	- 0 465	- 0 369	- 0 441	- 0 377	- 0 377
	花后 15 d 15 days after anthesis	- 0 590	- 0 686*	- 0 568	- 0 671*	- 0 702*
	花后 30 d 30 days after anthesis	- 0 461	- 0 521	- 0 693*	- 0 733*	- 0 711*
	旗叶LAD Flag leaf LAD	- 0 457	0 659	0 778*	0 765*	0 818*

3 讨 论

1) 小麦冠层光合能力对籽粒产量的形成起决定

作用, 旗叶是后期冠层的主要构成者, 其对籽粒的贡献可达 41%~ 43%, 旗叶的光合性能变化基本上代表了冠层光合的趋势^[6]。本研究表明, 开花期前小麦

高产品种的 LA I、旗叶 P_n 、Chl(a+b) 和 MDA 含量几乎与丰产品种相一致, 灌浆期高产品种 LA I 和 Chl(a+b) 含量衰减速率及 MDA 增长速率远小于丰产品种, 致使高产品种灌浆期叶功能持续期长, 净光合速率高而下降速度慢。这说明高产品种的这些光合生理特性可能是高产小麦籽粒产量高于丰产小麦的主要生理原因。

2) 旗叶光合生理性状间的相关分析表明, 灌浆期旗叶 P_n 与其 Chl(a+b) 含量呈较高的正相关, 与旗叶 MDA 含量则呈极显著或显著负相关。可见, 在小麦生育后期, 延缓旗叶衰老进程, 延长旗叶功能期, 有利于旗叶 P_n 的保持或提高, 可为籽粒的形成和充实提供物质基础。通过灌浆中期旗叶 Chl(a+b) 含量的测定选择, 可以达到对其 P_n 和 MDA 的选择。

3) 旗叶光合生理性状与有关产量性状的相关分析表明, 千粒重、穗粒数、穗粒重及产量均与灌浆后期(花后 20~30 d) 旗叶的 Chl(a+b) 含量、 P_n 及叶面积持续期呈显著、极显著正相关, 与后期 MDA 含量呈显著负相关。可见, 小麦生育后期特别是花后 20~30 d, 旗叶 Chl(a+b) 含量、 P_n 、MDA 含量及叶面积持续期对小麦高产具有重要意义, 可作为高产、超高产育种的重要生理指标。

从光能利用、转化与光合产物的分配看, 将形态结构上的高光效和生理功能上的高光效结合起来, 在提高生物学产量的同时, 提高或保持较高的收获指数, 才有可能较大幅度地提高经济产量。在高产育种中, 利用形态性状作为初选的鉴定指标, 而在较高世代进行光合生理性状的直接测定和筛选, 可能是高产更高产(超高产) 育种的有效育种策略。

[参考文献]

- [1] 岳寿涛. 小麦生育后期的光合作用与产量[J]. 山东农业大学学报, 1989, 1: 89- 94
- [2] 董树亭. 高产小麦群体光合能力与产量关系的研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 461- 468
- [3] 王之杰, 郭天财, 王化岑, 等. 种植密度对超高产小麦生育后期光合特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(3): 64- 67.
- [4] 赵致, 陈坤玲, 张军. 不同类型小麦品种抽穗后光合生理性状的变化[J]. 西北农业学报, 1997, 10(4): 20- 26
- [5] 肖凯, 谷俊涛, 张荣铎, 等. 杂种小麦光合特性的初步研究[J]. 中国农业科学, 1997, 30(5): 34- 41.
- [6] 赖世昌. 小麦光合速率和光呼吸的研究[J]. 植物学报, 1981, (2): 121- 124
- [7] 苏正淑, 张宪政. 几种测定植物叶绿素的方法比较[J]. 植物生理学通讯, 1989, (5): 77- 78

Studies on photo-physiological characters of different types of high-yield wheat cultivars

ZHANG Ling-li, WANG Hui, SUN Dao-jie, FENG Yi

(College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The research was carried out on the leaf photo-physiological characters and its correlation with yield characters of high-yield wheat by using 9 wheat cultivars of three types. The results indicated, compared with bumper yield cultivars in Guanzhong region of Shaanxi, high-yield cultivars had obvious superiorities in LA I, chlorophyll content; The net photosynthesis decreasing rate and MDA increasing rate of flag leaf during filling period were lower than those of bumper-yield cultivars; And the flag leaf's P_n were positively correlated with its Chl(a+b) content, but significantly or extremely significantly negative with its MDA content; The flag leaf's Chl(a+b) content was largely negative with its MDA content. 1000-grain weight, kernel numbers per spike, grains weight per spike and grain yield were all significantly or extremely positive with the Chl(a+b) content, while the P_n and LAD of flag leaf, while significantly negative with MDA content.

Key words: high-yield wheat; photo-physiological character; correlation analysis