

小麦早熟高产品种光合生理特性分析

时晓伟¹, 洪霞², 王辉³

(1. 天津市农作物研究所, 天津 300112; 2. 天津市农业科学院开发处, 天津 300112;

3. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 对陕西关中地区当前推广的早、中、晚三种熟性 8 个高产小麦品种的光合生理特性进行了研究, 以探明参试的早熟小麦品种高产的光合生理机能和进一步提高早熟小麦品种产量潜力的性状改良途径。结果表明, 参试早熟高产小麦品种的光合生理特性是: 1. 灌浆高峰期蒸腾速率高; 2. 花期至灌浆高峰期有持续稳定的高净光合速率; 3. 花前同化产物对子粒干物质累积贡献势大; 4. 花后单株生物增长量远高于中、晚熟品种; 5. 花前同化产物转流系数高, 花后干物质增长系数高, 光合产物分配性能好, 收获指数高。同时也进一步明确早熟高产小麦品种的生物学产量低于中、晚熟品种, 其原因主要在于拔节期至开花期的生物学增长量少。进一步提高早熟小麦品种产量潜力的途径是在保持或提高收获指数的同时, 较大幅度地提高花前的生物学产量。

关键词: 小麦; 早熟; 高产; 光合生理特性

中图分类号: S512.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2002)02-0005-06

选育丰产潜力大的早熟高产小麦品种是我国大多数地区重要的小麦育种目标, 但小麦早熟品种一般产量较低, 早熟性与丰产性之间存在着一定的矛盾, 这就增加了早熟高产小麦育种的难度。小麦早熟性与丰产性的结合涉及到生态、发育、生理等多个方面的特性, 而光合生理特性是重要的特性之一。以往对小麦早熟性的研究多侧重于品种分类^[1]、相关性分析^[1~4]、春化作用、光周期诱导^[3,5]、早熟性遗传等方面, 而对小麦早熟高产的光合生理特性研究甚少^[6]。近年来, 经过育种家的努力, 我国不少地区已培育出一批早熟性突出、丰产性相当于甚至还高于当地推广的中、晚熟品种的早熟高产小麦品种。本研究选用在当地丰产潜力大的早、中、晚熟三类推广品种, 对其光合生理性能的动态变化和品种间的差异进行初步研究, 旨在明确早熟高产小麦品种的光合生理特性和进一步提高早熟小麦品种产量潜力的性状改良途径, 为小麦早熟高产育种工作提供理论参考依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

选用在陕西关中地区有代表性的丰产潜力大的早熟(1376, 6426, 周麦 11)、中熟(小偃 22, 陕 229, 闫麦 8911)、晚熟(383, 2208)共 8 个小麦品种(系)为试验材料。

1.2 试验设计

试验在西北农林科技大学小麦育种试验地进行。1998 年 8 个品种 2 个播期(10-11,

10–17), 3次重复。1999年8个品种3个播期(10–08, 10–17, 10–27), 3次重复。完全随机区组设计, 4行区, 行长2.7 m, 行距0.23 m, 株距0.03 m, 小区面积 2.49 m^2 , 播量 128.55×10^4 粒/ hm^2 。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 生物量的测定 按生育期测定单株生物量。每次取样10株, 去掉根系, 置烘箱在 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青30 min, 然后降至 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘24 h, 称重。从孕穗期开始, 测定单茎生物量, 每次取5个主茎, 沿地表剪下, 装入塑料袋, 带回实验室, 将各器官按叶片、叶鞘、茎秆、穗草(穗部除子粒部分)、穗粒等5部分分割。前四部分置烘箱在 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青30 min, 然后在 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 下烘24 h, 称重, 穗粒在 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘48 h至恒重, 称重。

1.3.2 光合生理特性测定 对净光合速率、呼吸速率、蒸腾速率、气孔导度、空气 CO_2 浓度、细胞间隙 CO_2 浓度等一系列生理指标的测定, 于小麦开花期、花后10 d、花后20 d、花后30 d用美国产的LI-6200型便携式红外线 CO_2 光合测定系统进行同步测定。

1.3.3 叶面积的测定 在测定单株生物量的同时, 从孕穗期开始直至花后30 d, 采用叶面积干重系数法测定单株叶面积。

按常规标准记载生育期, 并在收获前每处理选取10株样本, 进行室内考种。试验数据处理的分析应用大型统计分析软件包SAS完成。

2 结果与分析

2.1 早熟高产小麦旗叶的蒸腾与净光合速率

2.1.1 不同熟性小麦旗叶的蒸腾速率 图1是1998年小麦开花至花后30 d不同熟性小麦旗叶蒸腾速率的测定结果。可以看出, 在开花期, 参试小麦品种的旗叶蒸腾速率在熟性间、品种间都有显著差异, 按熟性平均, 早熟类型比中熟类型平均低12.18%, 比晚熟类型平均低17.83%; 至花后10 d, 此时正值子粒形成期, 早、中、晚熟类型小麦旗叶蒸腾速率都明显增大, 熟性间差异显著, 早熟类型小麦旗叶蒸腾速率比中、晚熟类型分别低16.27%和5.73%; 至花后20 d, 小麦处于灌浆中期, 也是小麦的灌浆高峰期, 中、晚熟类型小麦旗叶蒸腾速率较花后10 d无显著变化, 早熟类型则显著提高, 比中、晚熟类型分别高12.51%和27.79%; 至花后30 d, 小麦灌浆接近末期, 早、中、晚三种熟性小麦旗叶蒸腾速率都显著降低, 熟性间无显著差异。

2.1.2 不同熟性小麦旗叶的净光合速率 图2表示开花期及以后各生育阶段不同熟性小麦旗叶的净光合速率。从图2可以看出, 在开花期, 早熟类型小麦品种旗叶净光合速率显著高于中、晚熟类型小麦品种, 分别平均高10.09%和85.83%, 即早熟类型小麦旗叶净光合速率的提高较早; 花后10 d, 即子粒形成期, 3种类型小麦旗叶净光合速率较开花期时都有不同程度地升高, 其中早熟类型小麦比中熟类型小麦平均偏低8.45%, 而比晚熟类型小麦平均高8.20%; 花后20 d, 即灌浆中期, 随着大气温度升高, 早熟类型小麦旗叶净光合速率较花后10 d略有增加, 而中、晚熟类型则略有减少, 早熟类型比中、晚熟类型分别高7.89%和15.06%; 花后30 d, 子粒灌浆接近后期, 早、中、晚熟类型小麦旗叶净光合速率都呈下降趋势, 此时晚熟类型小麦的平均值稍高于早、中熟类型小麦。

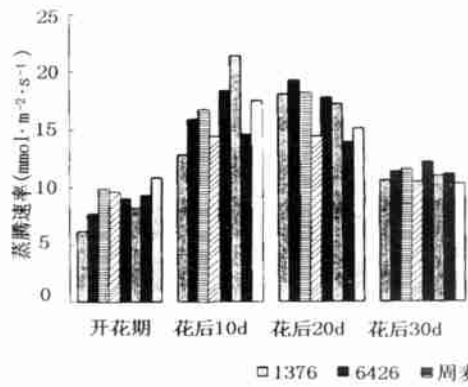


图 1 不同熟性小麦旗叶的蒸腾速率

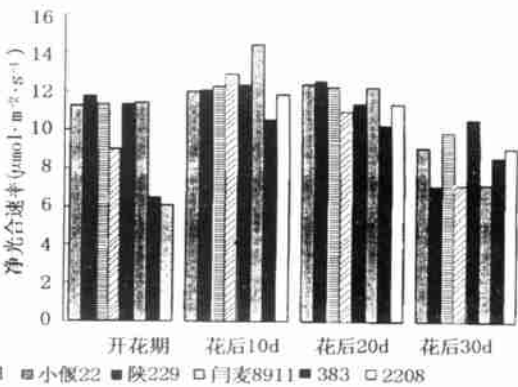


图 2 不同熟性小麦旗叶净光合速率

2.2 早熟高产小麦的干物质积累与分配

2.2.1 早熟高产小麦单株生物量积累特点 参试品种按早、中、晚三个熟性分别计算各生育期的平均单株生物量(图3)。在返青期前,早熟类型具有较高的生长速率,返青期单株生物量比中、晚熟类型分别高19.85%和11.47%;拔节至开花期是小麦营养生长和生殖生长的并进时期,也是生长速率最快、生长量最大的时期,三类熟性品种的生物量都显著增长,但早熟类型品种生物量的增长幅度最小,到开花期早熟类型品种的生物量较中、晚熟类型品种分别平均低27.03%和21.51%,这可能是由于早熟类型品种向生殖生长转移较早、较快,更主要的原因可能是早熟类型品种抽穗早、前期温度低、生长速率较小所致,与参试的早熟品种株高偏低(6426)、单株茎数偏少(周麦11,1376)也有很大关系。开花至成熟期,早、中、晚熟类型品种单株生物量均平稳增长,但早熟类型品种的单株生物量增长量和增长速率远大于中、晚熟类型品种(表1),其单株生物量增长量为4.44 g,分别较中、晚熟品种高46.05%和72.76%,单株生物量增长速率为31.01%,分别较中、晚熟品种高14.30和16.24个百分点,说明参试的早熟类型品种生育后期具有显著的生育优势。但由于早熟类型品种花前单株生物累积量远低于中、晚熟品种,

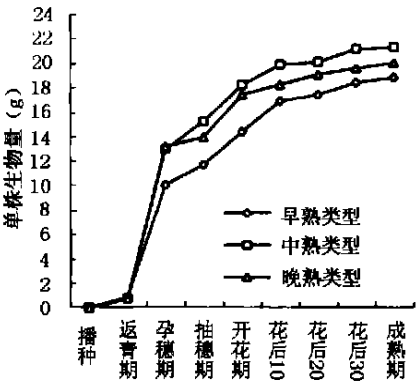


图 3 不同熟性小麦单株生物量积累动态

表 1 不同熟性小麦品种生育后期单株生物量及动态变化

熟性 类型	生物量(g/株)					生物量增长量和增长速率							
	开花期	花后 10 d	花后 20 d	花后 30 d	成熟期	花期- 熟期 (g/株)	熟期 (%)	花后 10d- 熟期 (g/株)	熟期 (%)	花后 20d- 熟期 (g/株)	熟期 (%)	花后 30d- 熟期 (g/株)	熟期 (%)
早熟	14.32	16.85	17.73	18.10	18.76	4.44	31.01	1.91	11.34	1.03	5.81	0.66	3.65
中熟	18.19	19.21	20.20	21.02	21.23	3.04	16.71	2.02	10.52	1.03	5.10	0.21	1.00
晚熟	17.40	18.20	19.01	19.34	19.97	2.57	14.77	1.77	9.73	0.96	5.05	0.63	3.26

致使成熟期的单株生物量仍然最低，较中、晚熟类型品种分别低 13.17% 和 6.45%。

品种产量潜力的高低由生物学产量和收获指数两个因素共同决定，参试的早熟品种生物学产量低于中、晚熟品种，但收获指数较中、晚熟品种分别高 25.77% 和 6.45%，因而也获得了较高的单株子粒产量(表 2)。如何进一步提高早熟类型品种的产量潜力，笔者认为在保持或适当提高现在的收获指数的同时，关键是大幅度提高早熟品种花前的生物累积量。

2.2.2 不同熟性小麦品种干物质分配特点 表 2 是参试品种干物质分配的测定结果，开花期是小麦生长发育转向生殖生长的重要转折点，此期累积的同化产物，少部分转移输送给子粒被重新利用，大部分是灌浆期同化产物再生产的物质基础。参试的早熟类型品种花前累积的同化产物总量虽小于中、晚熟类型品种，但花前贡献潜势和转流系数都高于中、晚熟类型品种，说明其同化产物的转运、分配性能优于中、晚熟类型品种。花后的干物质累积增长量主要用于子粒灌浆，是子粒产量的主要组成部分。参试的早熟类型品种虽然主茎花后生物增长量较中熟类型品种低 2.17%，但由于分蘖整齐，长势均匀，因而单株花后干物质增长量大于中、晚熟类型品种，且具有显著高的增长系数，说明参试的早熟类型品种灌浆期光合生理效能好，有利于子粒干物质积累，因而灌浆特性好。小麦品种收获指数的大小取决于转流系数和增长系数。参试的早熟类型品种由于转流系数和增长系数都显著高于中、晚熟类型品种，因而其收获指数也显著高于中、晚熟类型品种。由此可见，参试的早熟类型品种不仅花前贡献大，而且花后干物质累积增量也大，同时，又具有显著高的收获指数，这种干物质累积分配特点可能是其达到高产的重要生理原因。

表 2 不同熟性小麦品种的干物质分配

品 种	早熟类型			平均	中熟类型			平均	晚熟类型		平均
	1376	6426	周麦 11		小偃 22	陕 229	闫麦 8911		383	2208	
花前贡献潜势(g/ 茎)	0.83	0.49	0.45	0.59	0.54	0.28	0.68	0.50	0.39	0.51	0.45
转流系数(%)	36.59	24.22	19.19	26.67	21.32	12.85	26.58	20.25	17.83	21.80	19.82
花后生物量增长量(g/ 茎)	1.21	1.33	1.39	1.31	1.42	1.27	1.32	1.34	1.21	1.31	1.26
增长系数(%)	68.91	73.53	65.95	69.46	62.37	62.92	62.83	62.71	51.49	52.95	52.22
单株生物量(g)	18.51	17.37	20.40	18.76	23.05	22.24	20.19	21.23	18.24	21.69	19.97
单株子粒产量(g)	6.86	6.35	6.90	6.70	6.28	6.82	5.56	6.22	6.17	7.27	6.72
收获指数(%)	37.05	36.57	33.84	35.82	27.24	30.65	27.55	28.48	33.80	33.50	33.65
收获产量(kg/667m ²)	484.17	499.32	479.12	487.54	489.69	445.83	450.50	462.01	472.25	465.08	468.67

注: 花前贡献潜势= 开花后 7 d 草重- 黄熟期草重^[7]; 转流系数= 花前贡献潜势/ 开花后 7 d 草重; 花后生物量增长量= 黄熟期生物量- 开花后 7 d 生物量; 增长系数= 花后生物量增长量/ 开花后 7 d 生物量

3 讨论

一般认为，小麦早熟品种生育期短，不可能高产^[7]。但实际情况并不都是如此，许多早熟高产小麦品种的育成，说明小麦早熟性与丰产性是可以较好结合的。本研究以陕西关中目前推广种植的早、中、晚三种熟性的高产小麦品种为材料，研究小麦早熟性与丰产性相结合的内在光合生理原因，以及进一步提高早熟小麦品种产量潜力的性状改良途径。产量试验结果表明，参试的早熟类型品种平均单位面积产量较中、晚熟类型品种分别高 5.53% 和

4.03%, 其高产的主要光合生理原因是: 1. 灌浆高峰期蒸腾速率高, 蒸腾是植物散失水分的一种重要方式, 它是植物被动吸水的原动力, 也是根系吸收土壤养分和养分向上运输的原动力。蒸腾还能有效降低叶片温度, 避免热害, 延缓衰老, 延长叶片功能期。另外, 蒸腾时 CO_2 分子由气孔反向进入细胞间隙, 蒸腾速率越高, 反向进入 CO_2 量越大, 造成细胞间隙和光合羧化位点处比较高的 CO_2 浓度梯度, 有利于光合速率的提高。Singh (1978) 的研究结果指出, 光合强度与蒸腾强度的变化是平行的。灌浆中期是小麦的灌浆高峰期, 也是子粒产量形成的关键时期, 参试的早熟小麦品种在此期较中、晚熟品种有显著高的蒸腾速率, 这可能是参试的早熟品种高产的重要生理原因之一; 2. 花期至灌浆高峰期有持续稳定高的净光合速率。小麦子粒干物质的三分之二以上是开花后所形成的光合物质^[8], 因此, 开花后的光合面积、光合速率和光合持续期对子粒干物质的累积起决定作用, 参试的早熟品种从开花期到灌浆高峰期净光合速率一直比较稳定的高于参试的中、晚熟品种, 直到花后 30 d 子粒灌浆接近后期时, 净光合速率仍略高于中熟类型品种, 这可能是参试的早熟品种能够高产的重要光合生理基础; 3. 花前同化产物对子粒灌浆贡献潜势大, 转流系数高; 4. 花后单株生物增长量远高于中、晚熟类型品种, 且干物质增长系数高; 5. 同化产物分配性能好, 经济系数高。这些对提高参试的早熟类型品种的产量潜力, 达到早熟性与丰产性的较好结合起了重要作用。本研究也发现, 参试的早熟类型品种生物学产量低于中、晚熟类型品种, 造成生物学产量低的原因主要在于返青至孕穗期的生物增长量少, 致使开花期的生物量显著低于中、晚熟品种(图 3)。因此, 要进一步提高早熟品种的产量潜力, 关键是提高早熟类型品种花前的生物学产量。较好的途径是选育分蘖较多、成穗率高的壮秆大穗早熟品种, 既有利于提高生物学产量, 又有利于提高收获指数。壮秆包含着秆粗、壁厚、结构紧密、比重高, 大穗包含着小穗数多、穗粒数多、粒大粒饱、单穗粒重高。壮秆大穗必须有更加良好的根系和宽短上倾、光合效能好的茎生叶^[4], 以提高早熟品种灌浆期的光合生产水平。

参考文献:

- [1] 孙智开. 三十年来小麦早熟性研究进展[J]. 麦类作物, 1995, (6): 42
- [2] 王法宏. 普通小麦早熟性相关分析[J]. 作物研究, 1995, 9(3): 29.
- [3] 杜长恒, 范家骅. 小麦熟期与产量构成因素的关系及育种途径的探讨[J]. 北京农业科学, 1991, (4): 1.
- [4] Kato K, Yamashita S. Varietal variation in photo periodic response, chilling requirement and narrow-sense earliness and their relation to heading time in wheat[J]. Japanese J of Breeding, 1991, 41(3): 475.
- [5] 张成琦. 不同类型小麦品种的穗分化与光温等生态因子关系的研究[J]. 贵州农学院学报, 1986, (2): 17.
- [6] 蒋春志. 二种熟相类型品种生育特性观察[J]. 河北农作物研究, 1993, (1): 16
- [7] Tayas S. Breeding of early maturing wheat varieties with high grain yield in south western regions of Japan [J]. Bulletin of kyushu National Agricultural Experiment Station, 1993, 27(4): 333.
- [8] 彭永欣. 小麦栽培与生理[M]. 南京: 东南大学出版社, 1993.
- [9] Bruckener P L, Frohbery R C. Source-sink manipulation as a postanthesis stress tolerance screening technique in wheat[J]. Crop Sci, 1991, 31: 326-328.

Analysis on Photosynthetic and Physiologic Characters in Early Maturing and High Grain Yield Wheat Cultivars

SHI Xiao-wei¹, HONG Xia², WANG Hui³

(1. Tianjin Crops Research Institute, Tianjin 300112, China; 2. Developing Department of Tianjin Academy of Agriculture Sciences, Tianjin 300112, China; 3. Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: Photosynthetic and physiologic character was studied on eight high grain yield wheat cultivars which popularized in Guanzhong area belonging to early, medium and late-maturing, respectively, to find out the photosynthetic and physiologic mechanism of the high grain yield of early-maturing wheat cultivars, and the way of characteristic improvement further increasing in yield potential. The result show that early-maturing and high grain yield wheat cultivars tested have following characters: 1. Transpiration rate is higher during peak filling stage; 2. From anthesis to the peak filling stage, net-photosynthetic rate is higher and steadier; 3. The contribution potential of photoassimilates to dry matter of kernels is larger prefloral; 4. Biomass increased per plant is fairly higher than that of medium and late-maturing postfloral; 5. Higher photoassimilates trans current coefficient prefloral, higher dry matter increasing coefficient postfloral, better photoassimilates distribution character and higher harvest index. At the same time, biomass of early-maturing and high grain yield cultivars is lower than that of medium and late-maturing cultivars, the principal cause is that increased biomass is less from jointing to anthesis. The way of further improving early-maturing cultivars yield potential is keeping or raising harvest index and at the same time largely increasing it's prefloral biomass.

Key words: Wheat; Early-maturing; High grain yield; Photosynthetic and physiologic character