

# 小麦高产品种光合产物积累与分配 及其籽粒灌浆特性研究\*

高 翔, 庞红喜, 董 剑  
(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100)

〔摘 要〕 对黄淮麦区几个高产小麦品种光合产物的积累与分配及其籽粒灌浆特性进行了研究, 结果表明, 供试品种生物干重积累的动态呈“S”型曲线, 苗期增长缓慢且冬性品种积累量相对较小, 春性品种积累量较大, 3 月中下旬积累迅速增加, 峰值在 6 月上旬; 花后光合产物是籽粒产量的主要来源, 花后光合产物的积累对籽粒产量的贡献至少达 60%, 最高可达 88%; 籽粒灌浆的基本特征表现为, 第 1 和第 3 阶段灌浆速率基本相当, 第 2 阶段是第 1 阶段灌浆速率的 2.7 倍。因此, 花前生物学产量较高, 花后籽粒第 2 阶段灌浆速率较快是实现小麦育种粒大粒饱的重要途径。

〔关键词〕 小麦; 光合产物; 积累与分配; 籽粒灌浆  
〔中图分类号〕 S512.101      〔文献标识码〕 A      〔文章编号〕 1000-2782(2002)04-0024-05

作物产量主要来自光合作用, 产量的高低取决于光合产物的积累与分配。粒重是小麦产量构成的主要因素之一。小麦的籽粒产量绝大部分来源于开花后的光合产物, 开花后的物质生产、运输和贮藏对小麦产量具有极其重要的作用。前人对这一问题的研究主要是从小麦栽培肥水管理的角度进行<sup>[1~4]</sup>, 而从小麦育种的角度研究不同品种的反应特性相对较少。因此, 在小麦育种过程中了解植株整个生育阶段光合产物的积累和开花后物质的分配以及籽粒灌浆特性, 揭示小麦产量形成的物质基础, 有助于小麦

种子粒大、粒饱的实现。

## 1 材料与方法

### 1.1 材 料

试验设在西北农林科技大学试验农场, 在 1992~1993 年度的基础上于 1998~2000 年度进行了重复测定。试验地土壤肥沃、地势平坦、灌溉方便。取材为黄淮麦区大面积推广并具有不同产量结构特性的高产品种(见表 1)。

表 1 供试小麦品种统计情况

Table 1 The statistic situation of experiment wheat varieties

| 品种<br>Variety              | 冬春性<br>Winter-spring | 单株成穗数<br>Single-plant spikes | 主茎小穗数<br>Main-stem spikelets | 主茎穗粒数<br>Main-stem spike grains | 单株平均<br>每穗小穗数<br>Mean spikelet of single-plant | 单株平均<br>每穗粒数<br>Mean spike grains of single-plant | 千粒重/g<br>1 000-kernel WT |
|----------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|
| 陕 167<br>Shaan 167         | 春性<br>Spring         | 5.24                         | 22.4                         | 51.5                            | 20.8                                           | 39.2                                              | 40.3                     |
| 陕 229<br>Shaan 229         | 冬性<br>Winter         | 7.07                         | 17.9                         | 38.4                            | 18.9                                           | 29.2                                              | 42.2                     |
| 陕农 7859<br>Shaan 7859      | 偏冬性<br>Winter-prone  | 5.76                         | 20.9                         | 43.2                            | 18.7                                           | 29.6                                              | 51.7                     |
| 豫麦 13<br>Yum ei 13         | 偏冬性<br>Winter-prone  | 7.62                         | 19.8                         | 36.7                            | 17.9                                           | 29.1                                              | 41.4                     |
| 徐州 21<br>Xuzhou 21         | 偏春性<br>Spring-prone  | 6.90                         | 21.3                         | 46.3                            | 20.1                                           | 36.0                                              | 41.5                     |
| 76-338                     | 春性<br>Spring         | 5.27                         | 22.4                         | 47.1                            | 20.1                                           | 35.9                                              | 51.2                     |
| 84 加 79-3-1<br>84and79-3-1 | 春性<br>Spring         | 4.07                         | 24.7                         | 59.8                            | 23.5                                           | 50.1                                              | 50.3                     |

〔收稿日期〕 2002-02-27  
〔基金项目〕 国家杨凌生物技术育种中心研究项目(1999-4)  
〔作者简介〕 高 翔(1960- ), 男, 陕西乾县人, 副研究员, 在职博士, 主要从事小麦遗传育种研究。

1.2 测定方法

1.2.1 生物量的积累与分配 从小麦播种后 17 d 开始取样, 开花前每隔 10~ 15 d 取样 1 次, 小麦开花后每隔 4~ 6 d 取样 1 次。每次取样苗期 15~ 20 株, 拔节后 10 株。将取样植株去掉根系后, 称其鲜重, 然后置于烘箱 105℃ 下杀青 1 h, 再在 65℃ 左右烘至恒重, 称其干重。在小麦开花前主要测定生物量的总积累, 开花后分茎叶鞘、颖壳芒与籽粒 3 部分称其鲜重与干重, 直至成熟。

1.2.2 籽粒灌浆 在小麦开花时标记同日开花的单穗, 开花后 7 d 开始, 每隔 4 d 取样 10 穗, 每穗分别取两列小穗中部 5 个小穗, 每小穗又取基部 2 个籽粒, 共取 200 粒, 分别测定鲜粒重、鲜粒体积、干粒重、干粒体积直至成熟, 体积用排水法测定。同时给出下列参数的计算公式:

茎叶鞘干物质的输出量= 干物质积累峰值- 腊熟期干物质重;

茎叶鞘的干物质输出率= 干物质的输出量÷干物质输出时间;

干物质向籽粒的输出量= 腊熟期籽粒重量- 茎叶鞘积累峰值时籽粒重量;

干物质向籽粒的输入速率= 干物质向籽粒的输

入量÷籽粒干物质输入时间;  
花前贡献= 开花后 1 周茎叶鞘干物质质量- 腊熟期茎叶鞘干物质质量;  
花前贡献率= 花前贡献÷开花后 1 周茎叶鞘干物质质量。

2 结果与分析

2.1 生物量的积累

测定结果(表 2)表明, 供试品种生物干重的积累动态呈“S”型曲线。苗期增长缓慢, 生物干重仅占总生物量的 4%~ 10%。其中, 冬性品种干物质积累量较小, 如陕 229 为 4.42%; 偏春性或春性品种积累量大, 如 84 加 79-3-1 为 9.26%, 76-338 为 10.59%。到 3 月中下旬生物干重积累迅速, 生物量的积累峰值在 6 月上旬, 个别品种推后到 6 月上旬以后收获以前。生物量积累最高的品种是徐州 21, 为 28.9 g/株; 最低的品种是陕 167、76-338, 分别为 19.73 和 21.57 g/株。草重(茎、叶、鞘、颖壳、芒等)的积累峰值一般在开花后 10~ 20 d。而陕 167 在开花后就达到最大值, 陕 229 则在开花后 25 d 达到积累的最大值。

表 2 供试小麦品种植株生物鲜重与干重积累结果

Table 2 Accumulation of plant fresh weight and dry weight in different varieties

| 测定日期<br>Test date | 陕 167<br>Shaan 167 |            | 陕 229<br>Shaan 229 |            | 陕农 7859<br>Shaan 7859 |            | 豫麦 13<br>Yumei 13 |            | 徐州 21<br>Xuzhou 21 |            | 76-338     |            | 84 加 79-3-1<br>84 and 79-3-1 |            |
|-------------------|--------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|------------|-------------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------------------------|------------|
|                   | 鲜重<br>FW T         | 干重<br>DW T | 鲜重<br>FW T         | 干重<br>DW T | 鲜重<br>FW T            | 干重<br>DW T | 鲜重<br>FW T        | 干重<br>DW T | 鲜重<br>FW T         | 干重<br>DW T | 鲜重<br>FW T | 干重<br>DW T | 鲜重<br>FW T                   | 干重<br>DW T |
| 10-26             | 0.12               | 0.02       | 0.16               | 0.03       | 0.15                  | 0.03       | 0.13              | 0.02       | 0.16               | 0.03       | 0.16       | 0.03       | 0.19                         | 0.03       |
| 11-05             | 0.33               | 0.06       | 0.31               | 0.05       | 0.43                  | 0.08       | 0.40              | 0.07       | 0.44               | 0.07       | 0.59       | 0.10       | 0.56                         | 0.08       |
| 11-14             | 0.52               | 0.11       | 0.65               | 0.12       | 0.71                  | 0.14       | 0.69              | 0.13       | 0.87               | 0.17       | 0.95       | 0.18       | 1.11                         | 0.19       |
| 11-25             | 0.68               | 0.16       | 0.90               | 0.21       | 0.93                  | 0.23       | 0.89              | 0.22       | 1.25               | 0.28       | 1.56       | 0.33       | 1.66                         | 0.32       |
| 12-05             | 0.91               | 0.18       | 0.95               | 0.22       | 1.50                  | 0.30       | 1.47              | 0.29       | 1.34               | 0.29       | 2.20       | 0.41       | 2.03                         | 0.36       |
| 12-15             | 1.25               | 0.27       | 1.41               | 0.36       | 1.63                  | 0.35       | 1.72              | 0.39       | 2.01               | 0.48       | 2.92       | 0.55       | 2.26                         | 0.41       |
| 01-05             | 1.39               | 0.34       | 1.52               | 0.38       | 1.77                  | 0.40       | 1.85              | 0.42       | 2.88               | 0.65       | 3.21       | 0.65       | 3.59                         | 0.76       |
| 01-31             | 1.44               | 0.36       | 1.71               | 0.45       | 2.29                  | 0.61       | 2.23              | 0.64       | 3.05               | 0.78       | 3.43       | 0.83       | 3.76                         | 0.83       |
| 02-12             | 2.10               | 0.52       | 1.93               | 0.48       | 2.85                  | 0.66       | 2.84              | 0.70       | 3.14               | 0.80       | 4.20       | 0.89       | 3.79                         | 0.90       |
| 02-28             | 3.07               | 0.67       | 2.50               | 0.57       | 3.21                  | 0.70       | 3.59              | 0.79       | 5.12               | 1.11       | 6.59       | 1.24       | 7.27                         | 1.40       |
| 03-11             | 5.94               | 1.22       | 5.07               | 1.09       | 7.46                  | 1.40       | 6.27              | 1.32       | 7.25               | 1.58       | 11.40      | 1.61       | 8.91                         | 1.76       |
| 03-22             | 8.69               | 1.57       | 6.03               | 1.15       | 8.19                  | 1.45       | 9.86              | 1.58       | 13.82              | 2.24       | 16.74      | 2.39       | 15.57                        | 2.27       |
| 03-31             | 15.73              | 2.88       | 8.61               | 1.39       | 14.44                 | 2.28       | 14.77             | 2.54       | 14.01              | 2.44       | 22.31      | 3.36       | 26.28                        | 3.71       |
| 04-09             | 24.76              | 3.23       | 19.34              | 2.77       | 29.59                 | 4.53       | 17.38             | 2.80       | 24.65              | 3.52       | 35.51      | 4.90       | 26.44                        | 3.98       |
| 04-19             | 31.97              | 6.03       | 19.92              | 3.53       | 36.45                 | 6.45       | 30.18             | 6.11       | 42.88              | 7.49       | 42.45      | 7.99       | 56.47                        | 10.01      |
| 04-29             | 41.05              | 10.41      | 34.87              | 7.19       | 47.32                 | 9.84       | 50.29             | 12.98      | 60.27              | 13.48      | 51.87      | 8.07       | 49.57                        | 10.55      |
| 05-3              | 46.32              | 12.17      | 37.53              | 12.75      | 53.55                 | 12.69      | 53.86             | 14.49      | 66.59              | 16.63      | 57.13      | 9.14       | 61.96                        | 17.97      |
| 05-10             | 45.95              | 13.17      | 48.21              | 14.75      | 60.24                 | 18.32      | 54.17             | 16.61      | 69.33              | 20.52      | 56.02      | 14.06      | 62.40                        | 17.49      |
| 05-15             | 46.21              | 12.95      | 48.45              | 14.79      | 63.59                 | 19.24      | 56.68             | 18.25      | 65.87              | 20.27      | 62.22      | 16.60      | 72.56                        | 20.00      |
| 05-20             | 46.69              | 15.48      | 51.06              | 17.23      | 63.63                 | 21.23      | 48.93             | 19.34      | 71.34              | 24.36      | 58.09      | 17.67      | 75.16                        | 24.11      |
| 05-24             | 45.29              | 14.76      | 54.30              | 19.26      | 60.18                 | 20.06      | 51.26             | 21.24      | 67.47              | 24.19      | 62.29      | 21.02      | 85.26                        | 27.34      |
| 05-28             | 46.31              | 15.88      | 54.33              | 21.58      | 57.28                 | 19.00      | 52.14             | 19.25      | 62.58              | 22.25      | 56.69      | 20.95      | 66.58                        | 21.37      |
| 06-01             | 46.98              | 18.25      | 49.38              | 18.68      | 55.78                 | 20.20      | 51.75             | 22.11      | 68.10              | 24.90      | 57.07      | 21.57      | 56.17                        | 20.85      |
| 06-05             | 46.94              | 19.45      | 47.54              | 19.82      | 54.47                 | 20.90      | 51.70             | 23.93      | 66.90              | 28.95      | 55.96      | 20.78      | 49.52                        | 19.51      |
| 06-09             | 44.90              | 19.73      | 49.96              | 26.04      | 52.39                 | 22.21      | 49.23             | 24.75      | 57.01              | 25.59      | 51.31      | 21.12      | 48.56                        | 20.93      |
| 06-13             | 39.98              | 18.94      | 39.48              | 24.34      | 33.40                 | 21.10      | 41.51             | 23.48      | 42.97              | 23.43      | 39.45      | 22.56      | 39.56                        | 23.37      |

生物鲜重的增长也呈“S”型曲线,与生物干重增长曲线不同的是峰值过后,体内急剧脱水,鲜重迅速下降。参试品种生物鲜重的速增期都表现出比干重的早 20~35 d。并随着生物鲜重的增长,水分含量增加速度更快。生物鲜重最早进入迅速增长期的品种约在 2 月中旬前后,如 76-338、84 加 79-3-1 等。最迟进入迅速增长期的品种约在 3 月上旬,如陕 229、陕 167 等。

生物学产量是小麦生育期积累同化产物的总量,表示源的生理潜力<sup>[1,5]</sup>。表 2 结果表明,徐州 21 生物学产量相对较高,为 28.95 g/株,该品种应具较大的源能力。但单株生物学产量与成穗数的多少关系极大。因此,从育种实践上讲,单茎生物学产量,特别是单茎草重对刻划源潜力具有现实意义。经测定,84 加 79-3-1、76-338、陕农 7859 等品种单茎草重都在 3 g 以上,说明这些品种具有高产的源潜力。具有高产源潜力的并不等于就能获得高产,它只是品种高产的物质基础。高产的获得,除拥有较高的源潜力外,还应具有较大的籽粒库和充分的物质流。

## 2.2 花后干物质的分配

研究结果(表 3)表明,品种开花后 10~20 d,茎叶鞘的干物质积累达到峰值。峰值过后生物干重下降,干物质开始向籽粒输送。由表 4 可以看出,单茎茎叶鞘干物质输出量最大的是 84 加 79-3-1,为 2.030 g;输出量最小的是陕 167、陕 229 等品种,为 0.619 g 左右。值得注意的是,茎叶鞘的最大输出量只能是茎叶鞘对籽粒贡献的一种物质潜势,与其对籽粒的真实输入量仍有差异。因为茎叶鞘向籽粒的实际输入量为茎叶鞘的输出量与输出输入效率的乘积。结果(表 3)表明,品种 84 加 79-3-1 具有茎叶鞘向籽粒输入干物质的较大潜势。把开花后 7 d 作为茎叶鞘干物质分配的开始,分析结果(表 4)表明,花前贡献最大的品种为 84 加 9-3-1,为 0.865 g。花后光合产物的积累是籽粒产量的主要来源。花前贡献率最高的品种为陕农 7859 和 84 加 39-3-1,分别为 40.07% 和 33.01 mg/d;最低的品种为陕 229 和豫麦 13,分别为 11.70% 和 15.47 mg/d。说明花后光合产物积累至少可达 60%,最高达到 88%。

表 3 供试小麦品种单茎花后粒、颖壳芒和茎叶鞘干重积累动态

g

Table 3 Accumulation dynamics of dry weight about grain, glume-aristas, stem-leaf-sheath after anthesis of single-stem in different varieties

| 品种<br>Variety                | 穗部器官<br>Organ of spike | 花后时间/d The days after anthesis |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              |                        | 0                              | 7     | 12    | 17    | 21    | 25    | 29    | 33    | 37    | 41    |
| 陕 167<br>Shaan 167           | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.124 | 0.214 | 0.502 | 0.524 | 0.716 | 1.005 | 1.307 | 1.671 | 1.611 |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.487                          | 0.420 | 0.413 | 0.403 | 0.387 | 0.458 | 0.512 | 0.544 | 0.514 | 0.503 |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 1.836                          | 1.971 | 1.845 | 2.050 | 1.907 | 1.858 | 1.967 | 1.862 | 1.582 | 1.502 |
| 陕 229<br>Shaan 229           | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.087 | 0.153 | 0.286 | 0.465 | 0.662 | 0.709 | 0.924 | 1.558 | 1.634 |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.335                          | 0.371 | 0.300 | 0.310 | 0.420 | 0.425 | 0.311 | 0.367 | 0.459 | 0.445 |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 1.615                          | 1.798 | 1.809 | 2.039 | 2.060 | 2.213 | 1.837 | 1.741 | 1.965 | 1.643 |
| 陕农 7859<br>Shaan 7859        | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.168 | 0.206 | 0.389 | 0.562 | 0.714 | 0.976 | 1.110 | 1.393 | —     |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.423                          | 0.512 | 0.513 | 0.512 | 0.454 | 0.435 | 0.467 | 0.484 | 0.537 | —     |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 1.781                          | 2.502 | 2.632 | 2.786 | 2.467 | 2.151 | 2.064 | 2.035 | 1.925 | —     |
| 豫麦 13<br>Yumei 13            | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.063 | 1.117 | 0.116 | 0.173 | 0.244 | 0.391 | 0.353 | 0.532 | 0.703 |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.362                          | 0.368 | 0.381 | 0.389 | 0.343 | 0.388 | 0.466 | 0.486 | 0.519 | 0.524 |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 1.515                          | 1.721 | 1.866 | 2.001 | 2.236 | 1.862 | 2.007 | 2.261 | 2.155 | 1.815 |
| 徐州 21<br>Xuzhou 21           | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.192 | 0.231 | 0.493 | 0.723 | 0.903 | 1.303 | 1.606 | 1.527 | —     |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.460                          | 0.497 | 0.471 | 0.536 | 0.483 | 0.462 | 0.498 | 0.607 | 0.484 | —     |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 1.951                          | 2.285 | 2.237 | 2.502 | 2.300 | 1.860 | 1.809 | 1.984 | 1.698 | —     |
| 76-338                       | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.095 | 0.183 | 0.251 | 0.359 | 0.480 | 0.598 | 0.696 | 0.967 | 1.143 |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.633                          | 0.434 | 0.559 | 0.524 | 0.602 | 0.579 | 0.656 | 0.608 | 0.642 | 0.621 |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 0.650                          | 1.996 | 2.239 | 2.398 | 2.814 | 2.703 | 2.619 | 2.428 | 2.183 | 2.287 |
| 84 加 79-3-1<br>84 and 79-3-1 | 粒 Grain                | 0.000                          | 0.091 | 0.252 | 0.613 | 1.184 | 1.079 | 1.334 | 1.636 | 1.946 | —     |
|                              | 颖壳芒 Glume-aristas      | 0.878                          | 0.850 | 0.860 | 1.053 | 1.092 | 0.796 | 0.663 | 0.746 | 0.681 | —     |
|                              | 茎叶鞘 Stem-leaf-sheath   | 3.685                          | 3.499 | 3.965 | 4.453 | 4.664 | 3.549 | 3.295 | 2.572 | 2.686 | —     |

表 4 花后茎叶鞘干物质的输出与籽粒的输入及花前贡献

Table 4 The grain dry matter getting from stem-leaf-sheath after anthesis and the supply of stem-leaf-sheath before anthesis

| 品种<br>Variety           | 茎叶鞘的输出<br>Supply of stem-leaf-sheath |                                  | 向籽粒的输入<br>Acquiring of grain |                                  | 花前贡献<br>Supply before anthesis |                                  | 输出输入<br>速率比<br>Rate |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                         | 重量/g<br>WT                           | 速率/(mg·d <sup>-1</sup> )<br>Rate | 重量/g<br>WT                   | 速率/(mg·d <sup>-1</sup> )<br>Rate | 重量/g<br>WT                     | 速率/(mg·d <sup>-1</sup> )<br>Rate |                     |
| 陕 167 Shaan 167         | 0 548                                | 22 8                             | 1 109                        | 46 2                             | 0 469                          | 29 11                            | 1 2 0               |
| 陕 229 Shaan 229         | 0 619                                | 34 4                             | 1 081                        | 60 1                             | 0 204                          | 11 70                            | 1 1 75              |
| 徐州 21 Xuzhou 21         | 0 804                                | 40 2                             | 1 034                        | 51 7                             | 0 587                          | 26 55                            | 1 1 3               |
| 陕 农 7859 Shaan 7859     | 1 043                                | 38 6                             | 1 678                        | 62 1                             | 0 773                          | 40 07                            | 1 1 6               |
| 豫麦 13 Yumei 13          | 0 794                                | 34 5                             | 1 575                        | 68 5                             | 0 297                          | 15 47                            | 1 2 0               |
| 84 加 9-3-1 84 and 9-3-1 | 2 030                                | 106 8                            | 1 436                        | 75 5                             | 0 865                          | 33 01                            | 1 4 1               |

从表 4 还可看出, 陕 167、陕 229、陕 7859、豫麦 13 输出速率与输入速率之比为 1 1 6~ 1 2 0, 认为属偏重花后光合积累型。徐州 21 为 1 1 3, 属偏重花后物质分配型; 84 加 79-3-1 为 1 4 1, 属于物质分配多、输入少的花后营养器官高消耗型。从表 4 可知, 84 加 79-3-1 籽粒干物质输入速率为 75 5 mg/d, 而茎叶鞘的干物质输出速率为 106 8 mg/d, 茎叶鞘干物质的输出速率明显大于籽粒干物质的输入速率。这就是说, 在干物质的输出输入过程中至少有 31. 3 mg/d 的物质消耗掉了。这一灌浆特性可能是 84 加 79-3-1 籽粒不饱满的原因之一。在花后物质分配过程中, 供试品种颖壳芒的干物质重量表现平稳, 结果见表 3。说明它们的物质贮藏作用很少,

其光合物质具有较快分配转流态势。这与吴纪民<sup>[3]</sup>的研究结果一致。

2 3 籽粒的灌浆特性

根据文献[4], 将籽粒灌浆过程划分为籽粒形成、籽粒干物质增长最快和籽粒成熟 3 个阶段。结果表明(表 5), 3 个阶段的持续时间分别为 17. 6, 18 0 和 4 8 d。第 2 阶段的持续时间较长, 第 3 阶段相对最短。在第 1 阶段中, 76-338 持续时间较长, 为 21 d; 陕 229、徐州 21 相对较短, 为 15 d。在第 2 阶段中, 徐州 21 持续时间较长, 为 21 d; 而陕 229 最短, 为 13 d。在第 3 阶段中, 只有陕 229 灌浆时间最长为 12 d, 其余品种均在 3~ 5 d。

表 5 小麦籽粒生长 3 个阶段持续时间、灌浆速率、干物质积累和千粒重

T table 5 Duration and rate of grain-filling and dry matter accumulation in 3 grain-filling stages and 1000 kernel weight

| 品种<br>Variety             | 第 1 阶段 1st stage            |                                                    |                                                             | 第 2 阶段 2nd stage            |                                                    |                                                             | 第 3 阶段 3rd stage            |                                                    |                                                             | 总灌浆<br>时间/d<br>Total time<br>of grain-<br>filling | 千粒重/g<br>1000-<br>kernel<br>WT |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|
|                           | 持续<br>时间/d<br>Dura-<br>tion | 干物质<br>积累/<br>(g·<br>千粒 <sup>-1</sup> )<br>Accumul | 灌浆速率/<br>(mg·<br>粒 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )<br>Rate | 持续<br>时间/d<br>Dura-<br>tion | 干物质<br>积累/<br>(g·<br>千粒 <sup>-1</sup> )<br>Accumul | 灌浆速率/<br>(mg·<br>粒 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )<br>Rate | 持续<br>时间/d<br>Dura-<br>tion | 干物质<br>积累/<br>(g·<br>千粒 <sup>-1</sup> )<br>Accumul | 灌浆速率/<br>(mg·<br>粒 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )<br>Rate |                                                   |                                |
| 陕 167 Shaan 167           | 17                          | 12 3                                               | 0 723 5                                                     | 20                          | 34 6                                               | 1 730 0                                                     | 4                           | 2 95                                               | 0 737 5                                                     | 41                                                | 40 3                           |
| 陕 229 Shaan 229           | 15                          | 12 2                                               | 0 717 6                                                     | 13                          | 24 6                                               | 2 050 0                                                     | 12                          | 12 2                                               | 1 109 1                                                     | 40                                                | 42 2                           |
| 陕农 7859 Shaan 7859        | 18                          | 15 3                                               | 0 850 0                                                     | 18                          | 40 4                                               | 2 244 4                                                     | 5                           | 3 7                                                | 0 740 0                                                     | 41                                                | 51 7                           |
| 豫麦 13 Yumei 13            | 19                          | 11 5                                               | 0 605 3                                                     | 18                          | 31 4                                               | 1 744 4                                                     | 4                           | 3 5                                                | 0 875 0                                                     | 41                                                | 41 4                           |
| 徐州 21 Xuzhou 21           | 15                          | 10 0                                               | 0 666 7                                                     | 21                          | 38 0                                               | 1 857 1                                                     | 3                           | 1 8                                                | 0 600 0                                                     | 39                                                | 41 5                           |
| 76-338                    | 21                          | 14 0                                               | 0 736 8                                                     | 18                          | 41 4                                               | 2 300 0                                                     | 5                           | 4 7                                                | 0 940 0                                                     | 42                                                | 51 2                           |
| 84 加 79-3-1 84 and 79-3-1 | 18                          | 13 2                                               | 0 733 3                                                     | 18                          | 43 7                                               | 2 428 7                                                     | 3                           | 2 7                                                | 0 900 0                                                     | 39                                                | 50 3                           |
| 平均数 $\bar{x}$             | 17. 6                       | 12 6                                               | 0 747 6                                                     | 18 0                        | 36 3                                               | 2 479 2                                                     | 4 8                         | 4 5                                                | 0 843 1                                                     | 40                                                | 45 5                           |

由表 5 知, 第 1, 2, 3 阶段籽粒灌浆速率分别为 0 747 6, 2 479 2 和 0 843 1 mg/(粒·d)。第 1 和第 3 阶段灌浆速率基本相当, 第 2 阶段是第 1 阶段灌浆速率的 2 9 倍。在第 1 阶段灌浆过程中, 灌浆速率

最快的品种有陕农 7859, 灌浆速率最慢的是豫麦 13。在第 2 阶段灌浆过程中, 速率最快的品种有 84 加 79-3-1、76-338 和陕农 7859, 分别为 2 428 7, 2 300 0 和 2 244 4 mg/(粒·d)。第 1, 2, 3 阶段的籽

粒干物质平均积累量分别为 12.6、36.3 和 45 g/千粒。第 1 阶段干物质积累量最大的品种是陕农 7859, 最小的是徐州 21。在第 2 阶段的干物质积累过程中, 84 加 79-3-1、76-338、陕农 7859 干物质积累量较大。第 3 阶段的干物质积累以陕 229 为最高。因此, 在第 2 阶段干物质积累量大, 灌浆速率高, 是大粒品种的重要特征。

### 3 讨 论

将供试品种干物质的积累与分配特性划分为偏重花后光合积累型、偏重花后物质分配型和物质分配多、而籽粒输入少的花后营养器官消耗型 3 种类型。试验结果表明, 在小麦育种过程中应着力提高花后光合积累, 加大花后物质分配, 降低花后营养器官消耗<sup>[6]</sup>, 培育花后光合与分配同重型品种, 为小麦高

育种实现粒大粒饱提供必要的信息。

高产品种产量成因的重要特征之一是花前生物量较高<sup>[7]</sup>。培育花前较高的生物量, 增加花前贡献是提高粒重实现粒大粒饱的物质基础。提高籽粒灌浆速率, 特别是第 2 阶段灌浆速率是实现粒大粒饱的基本途径。

试验结果表明, 单茎草重在 3 g 以上, 花前贡献可达 30%~40%, 提高单茎草重是高产品种“源”潜力较大的基本特征。当籽粒第 2 阶段灌浆速率提高到 2.0~2.4 mg/(粒·d) 时, 认为这类品种的“流”潜力比较高, 且“源”的输出与“库”的输入也比较协调, 有利于提高籽粒饱满度和千粒重。

总之, 由于试验所选试材的局限和试验年度间气候变化的影响, 所获结果还有待进一步证明。

### [参考文献]

- [1] 彭永欣 小麦籽粒生长特性分析[J]. 江苏农学院学报, 1992, 13(3): 9-15
- [2] 宋荷仙 小麦收获指数和源库性状的遗传研究[J]. 中国农业科学, 1992, 26(3): 21-26
- [3] 吴纪民 长江中下游地区小麦品种更替中源—库性状变化[J]. 南京农业大学学报, 1988, 11(1): 8-13
- [4] 蔡庆生 小麦籽粒生长曲线的选配和生长时期的划分[J]. 江苏农业科学, 1991, (2): 14-16
- [5] 张晓龙 小麦品种籽粒灌浆的研究[J]. 作物学报, 1982, 8(2): 87-92
- [6] Shama R C. Combability ability analysis for harvest index in winter wheat[J]. Euphytica, 1991, 55(3): 229-234
- [7] Thomas L H. Dry matter accumulation in soft red winter wheat seeds[J]. Crop Sci, 1992, 22: 290-294

## Studies on the accumulation and distribution of photosynthetic matter and character of grain-filling in high-yield wheat varieties

GAO Xiàng, PANG Hong-xi, DONG Jiàn

(College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The study of the characteristics in photosynthate accumulation and distribution as well as the kernel-fillings of several wheat varieties planted in Huanghuai wheat region shows that dry biomass accumulation of the wheat varieties under experimentation show S-shaped curves with a slow increase during the seedling stage, the photosynthate amount accumulated of winter wheat varieties is relatively low, and the photosynthate amount accumulated of spring wheat varieties is relatively high. The photosynthate accumulation begins to speed up during the middle and late ten days of March with the peak value appearing in the early ten days of June. The photosynthate formed after flowering is the major source of kernel yield with a contribution percentage of at least 60%, even as high as 88%; the basic characteristics that the kernel-fillings present are that the kernel-filling rate is approximately the same during the first and third kernel-filling stages and the kernel-filling rate during the second kernel filling stage is 2.7 times as much as that during the second kernel-filling stage. Therefore, higher biomass before flowering and quicker kernel filling after flowering are the important approach to form the kernels with big size and good plumpness.

**Key words:** wheat; photosynthetic matter; accumulation and distribution; grain-filling