

# 不同栽培模式对长武塬区冬小麦干物质积累转运的影响

郝启飞<sup>1</sup>, 陈炜<sup>2</sup>, 邓西平<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学 生命学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部  
水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 在大田栽培条件下, 以不同的品种和氮肥等肥料的施入研究了5种栽培模式, 即品种为长武134(T<sub>1</sub>)、长旱58+追氮肥75 kg/hm<sup>2</sup>(T<sub>2</sub>)、长旱58+追氮肥75 kg/hm<sup>2</sup>+有机肥4 500 kg/hm<sup>2</sup>(T<sub>3</sub>)、长旱58(T<sub>4</sub>)、长旱58+有机肥4 500 kg/hm<sup>2</sup>(T<sub>5</sub>), 对黄土高原地区小麦干物质的积累、转运和分配的影响。结果表明: 干物质量随灌浆的进行而呈增长趋势。T<sub>3</sub>花前干物质输出率及其对籽粒的贡献率比T<sub>4</sub>分别高8.54%、11.44%, 差异达到显著水平。T<sub>4</sub>花后干物质转运对籽粒的贡献率最高, 为80.85%。花后干物质对籽粒的贡献率显示T<sub>4</sub>最高, 其值为80.85%, T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>5</sub>无显著差异, 其值分别为77.97%、77.06%、77.65%。T<sub>3</sub>能促进灌浆期小麦干物质的积累并获得较高的产量。

**关键词:** 冬小麦; 长武塬区; 干物质积累与转运

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0121-05

## Dry Matter Accumulation and Transportation of Winter Wheat under Different Cultivation Models on Changwu Tableland

HAO Qi-fei<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>2</sup>, DENG Xi-ping<sup>2</sup>

(1. College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Research on dry matter accumulation and transportation on the Changwu Tableland of China, the field experiments were conducted on the five different cultivation models, i. e., Changwu134(T<sub>1</sub>), Changhan58+ top dressing 75 kg/hm<sup>2</sup>(T<sub>2</sub>), Changhan58+ top dressing 75 kg/hm<sup>2</sup>+ organic fertilizer, organic fertilizer 4 500 kg/hm<sup>2</sup>(T<sub>3</sub>), Changhan58(T<sub>4</sub>), and Changhan58+ organic fertilizer, organic fertilizer 4 500 kg/hm<sup>2</sup>(T<sub>5</sub>). The results showed as following: dry matter accumulation amount gradually increased during grain-filling period. After anthesis period, dry matter accumulation and contribution rate to grain weight showed that T<sub>4</sub> was the highest, reached to 80.85%, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>5</sub> reached to 77.97%, 77.06%, 77.65% respectively. And there were no significant difference among the three treatments. T<sub>3</sub> were promoted dry matter accumulation of grain filling stage and get the highest yield.

**Key words:** winter wheat; Changwu Tableland; dry matter accumulation and transportation

小麦(*Triticum aestivum* L.)在西部地区广泛种植, 因此研究西北干旱和半干旱地区肥力较低的土地小麦高产高效的栽培模式, 对该地区农业发展有着重要的意义。一般认为小麦籽粒产量主要是由花后光合作用的同化物的积累、灌浆期源库之间的运输分配等综合作用的结果, 源的供应能力实际上是源器官光合产物的供应能力或光合产物生成总量。小麦开花

后营养器官同化物的积累及花前营养器官中积累的同化物向籽粒中转运, 对粒重和产量极为重要<sup>[1-2]</sup>。因此研究其开花期和花后贮存的同化物质的积累转运, 能更好地揭示产量形成的规律。郭大勇等<sup>[3]</sup>研究表明氮肥和有机肥施入能提高小麦干物质的积累和同化物向籽粒中转运, 从而提高黄土塬区小麦的籽粒产量。郭栋<sup>[4]</sup>等研究表明在冬前-拔节和开花-灌

收稿日期: 2011-05-01

修回日期: 2011-05-18

资助项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB118604); 国际科技合作计划资助(2010DFA91930)

作者简介: 郝启飞(1983-), 男, 在读硕士, 主要从事作物抗旱生理生态的研究。E-mail: haoqifei0526@163.com

通信作者: 邓西平(1959-), 男, 陕西西安人, 研究员, 主要从事作物生态研究。E-mail: dengxp@ms.isw.c.ac.cn

浆两个阶段,黄土旱塬冬小麦植株氮素积累量较大,累积速率快,是氮素吸收利用的两个关键阶段。吕金印<sup>[5]</sup>等认为花后同化物对籽粒产量的贡献较大,而花前制造的同化物大部分用于器官的构造。尽管已有很多有关小麦总干物质积累变化的研究<sup>[6-8]</sup>,然而同时研究多种因素对黄土塬区冬小麦灌浆期的光合产物的动态积累转运的影响却鲜有报道。本试验在前人研究的基础上<sup>[9-11]</sup>,通过研究不同栽培模式对黄土塬区冬小麦干物质积累转运的影响,探索适合黄土塬区小麦高产高效的栽培模式,以期为该地区小麦的高产、高效提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验于 2009 年 9 月—2010 年 6 月在中国科学院院长武农业生态试验站进行,试验站位于黄土高原渭北旱塬的陕西省长武县城西 12 km 陕甘分界处(35°14' N, 107°41' E),总面积 8.3 km<sup>2</sup>,地势北高南低,地貌分为北部塬面和南部沟壑区两大单元,分别占土地总面积的 35% 和 65%。塬面最高点海拔高度 1 226 m,沟口最低点海拔高度 946 m,试验区地下水埋深在 60 m 以下,该流域属暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温 9.1℃,无霜期 171 d,降雨年际间变异大,多年平均降雨量为 584.1 mm,汛期(5—10 月)降水量占全年降水量的 70% 以上。土壤类型为黑垆土,质地均匀,疏松多孔,耕性良好,播种时的土壤基础养分为:硝态氮 1.64 mg/kg;铵态氮 0.49 mg/kg;速效钾 148 mg/kg;有效磷 22 mg/kg;有机质 12.4 g/kg。

### 1.2 实验设计

小麦于 2009 年 9 月 26 日播种,2010 年 4 月 19 日追肥,2010 年 6 月 25 日收获。试验采用随机区组排列,共设 5 种栽培方案:处理 1(T<sub>1</sub>):品种长武 134,播量 150 kg/hm<sup>2</sup>;氮肥水平为 150 kg/hm<sup>2</sup>,不施有机肥,以农民正常耕作为主;处理 2(T<sub>2</sub>):品种长旱 58,氮肥水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>,播量水平为 150 kg/hm<sup>2</sup>,不施有机肥,并在冬春期追肥为 75 kg/hm<sup>2</sup>;处理 3(T<sub>3</sub>):品种长旱 58,氮肥水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>,播量水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>,施有机肥 45 000 kg/hm<sup>2</sup>,并在冬春期追肥为 75 kg/hm<sup>2</sup>;处理 4(T<sub>4</sub>):品种长旱 58,氮肥水平为 150 kg/hm<sup>2</sup>,播量水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>,不施有机肥;处理 5(T<sub>5</sub>):品种长旱 58,氮肥水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>,播量水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>,施有机肥 45 000 kg/hm<sup>2</sup>,其中各处理施磷肥水平为 120 kg/hm<sup>2</sup>。其中每处理重复 4 次,共计 20 个小区,小

区面积为 20 m × 6.5 m = 130 m<sup>2</sup>,行距 0.20 m,全生育期内降雨量为 181.4 mm。

### 1.3 测定项目和方法

开花期选择同一天开花、发育正常、大小均匀的穗子 200 个挂牌标记,于开花当日(0 d)及花后 5, 10, 15, 20, 25, 30 d 分别取样一次,各处理每次取样 20 个主茎带回室内,将每株分开剥离出穗(成熟期分离出籽粒)、旗叶、穗下节(包括基部的节)、倒二茎(包括基部节)、旗叶鞘、剩余部分,分别装入纸袋,然后放入 105℃ 烘箱中杀青 30 min,再降至 80℃ 烘至恒重称量。

### 1.4 计算方法

花后干物质的积累量(g) = 成熟期植株干重 - 开花期植株干重;花后积累贡献率(%) = (花后干物质的积累量 / 成熟期籽粒干重) × 100%;花前干物质输出量(g) = 成熟期籽粒干重 - 花后干物质积累量;花前物质输出率(%) = (花前干物质输出量 / 开花期植株总重) × 100%;花前积累贡献率(%) = (花前干物质输出量 / 成熟期籽粒干重) × 100%;花后营养器官干物质输出量(g) = 开花期营养器官干重 - 成熟期营养器官干重;花后营养器官干物质输出率(%) = (花后营养器官干物质输出量 / 开花期营养器官干重) × 100%;花后营养器官干物质转运对籽粒的贡献率(%) = (花后营养器官干物质输出量 / 成熟期籽粒干重) × 100%。

实验数据使用 Excel 和 SPSS 11.0 分析软件处理,使用 Sigma Plot 9.0 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培模式下小麦花后干物质积累动态变化

2.1.1 叶片和叶鞘的干物质积累动态 由图 1 可以看出, T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>5</sub> 处理的灌浆期叶片干物质积累变化趋势基本一致,开花后前五天呈下降趋势,5—10 d 稍有上升后开始下降。而 T<sub>4</sub> 开花后前五天并没有出现下降趋势而出现增长,五天后开始出现下降,与其他处理基本一致。花后 10—25 d 期间,各处理旗叶中干物质出现下降,这可能与籽粒的灌浆有关。前期小麦籽粒处于建成阶段,此时对同化物质需求量不大,旗叶中储存的干物质稍有下降后出现上升。一方面随着籽粒的建成,灌浆速率加快,小麦籽粒对同化物质的需求量加大,旗叶中的同化物质加快了向籽粒转运;另一方面是由于旗叶的衰老,导致生育后期光合作用的降低以及同化物质的减少,从而使旗叶干物质呈现下降趋势。

各处理花后旗叶鞘中干物质积累变化趋势基本一致,花后 0—10 d 各处理间的干物质积累量存在差

异,其值表现为  $T_3 > T_4 > T_2 > T_5 > T_1$  (图 2),这可能是花前不同处理的积累量的不同所导致。花后 0–10 d,各处理小麦旗叶鞘的干物质没有大的变化;而花后 10–20 d,  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  的干物质质量呈现下降趋势;这与旗叶的变化基本同期,同样可能是由于籽

粒对同化物质的需求增加和旗叶同化物质的供应不足导致干物质的下降。由图 2 可以看出,在相同时期,各处理中干物质质量有较大的差异,其中  $T_3$  明显高于其他处理,说明有机肥和追肥的同时施入有利于旗叶鞘干物质的累积。

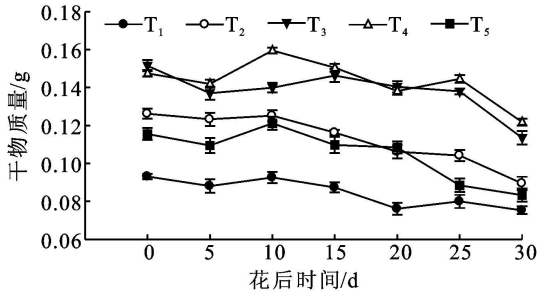


图 1 小麦花后叶片干物质积累动态

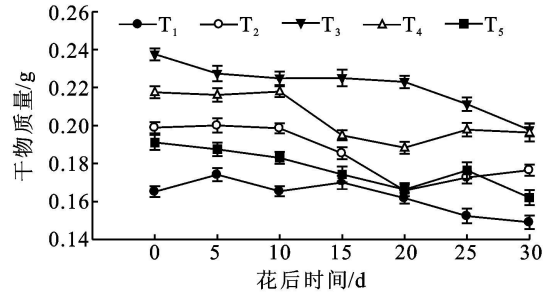


图 2 小麦花后旗叶鞘的干物质积累动态

2.1.2 倒二茎和穗下节的干物质积累动态 小麦的茎秆可以作为同化物的运输器官,在开花前和开花后可临时贮存同化物质,是光合同化物贮藏的主要营养器官之一。由图 3 可以看出,倒二茎干物质的积累变化基本上呈现单峰曲线,各处理间的变化趋势基本一致。花后 0–10 d 处于上升阶段,其中 0–5 d 增长最快;  $T_1$  与其他几个处理相比较,积累量最小,而  $T_2$  的积累量最大,  $T_3$  增加的趋势不明显。说明开花前期的同化物质主要用于营养生长。随着籽粒的形成,茎中干物质积累量在花后 10–30 d 下降,可能是由于小麦籽粒对同化物质的需求量加大,茎中的同化物质加快了向籽粒转运,从而导致茎中干物质积累量的下

降的缘故。这与旗叶和旗叶鞘的变化趋势基本一致。

由图 4 可以看出,小麦穗下节各处理的干物质的变化趋势呈现单峰曲线,峰值出现在花后大约 10 d,其值大小顺序为  $T_3 > T_4 > T_2 > T_5 > T_1$ ,这与倒二茎的变化趋势基本一致。这可能由于倒二茎和穗下节是两个紧密相连的同化物质运输器官,彼此相互协调和影响。各处理中  $T_3$  的穗下节干物质积累量最高,  $T_1$  最低,说明有机肥的施入和追肥有利于穗下节干物质的累积,可能是在灌浆中后期叶片和叶鞘中的干物质部分转移到穗下节的原因。穗下节在灌浆中期经历剧烈下降后,在花后 20–30 d 相对变化较小,这同倒二茎的变化趋势相似。

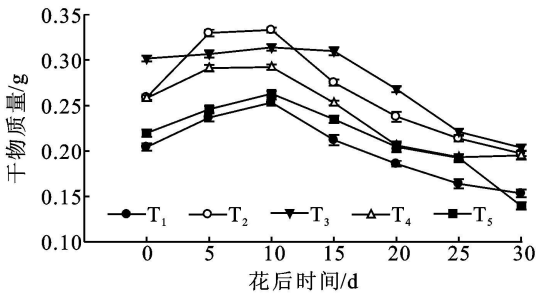


图 3 小麦花后倒二茎干物质积累动态变化

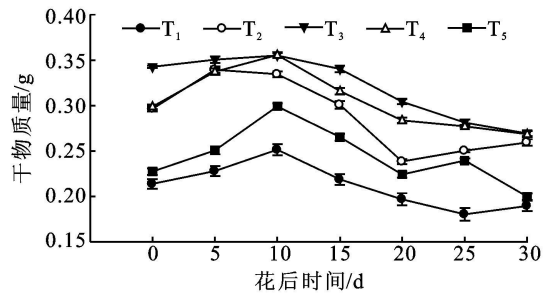


图 4 小麦花后穗下节干物质积累动态变化

2.1.3 穗和植株总干物质积累动态 由图 5 可知,小麦灌浆初期各处理间穗部干物质积累量变化趋势大致相似,均有渐增阶段和快速增加阶段,随着籽粒的形成,灌浆速率加快,穗部的干物质积累量呈现快速上升趋势,这可能由于前期转运到籽粒的蔗糖部分用于籽粒的构建而未全部转化为淀粉,后期籽粒已经构建,籽粒中的蔗糖大都转化为淀粉,导致穗部干物质积累量呈现快速上升趋势。花后 15 d,各处理间穗部干物质积累量出现明显差异,其值表现为  $T_3 > T_4 > T_5 > T_2 > T_1$ ;花后 30 d,  $T_3$  穗部干物质积累量高于其他几个处理,说明有机肥和追肥的施入能提高穗

部干物质的积累量。

植株总干物质积累量随籽粒灌浆的进行呈现增长趋势,从图 6 可以看出植株总干物质积累的变化趋势可分为:渐增阶段、缓增阶段和快增阶段。花后 0–10 d 为渐增阶段;10–20 d 为缓增阶段;20–30 d 为快增阶段,花后 20 d,各处理植株总干物质积累量出现明显差异,其表现为  $T_3 > T_4 > T_5 > T_2 > T_1$ 。前面的实验已经证明茎秆、旗叶等营养器官的干物质随灌浆期的进行降低,且植株总干物质和穗的干物质积累随灌浆期的进行而增长,向穗部的转移。

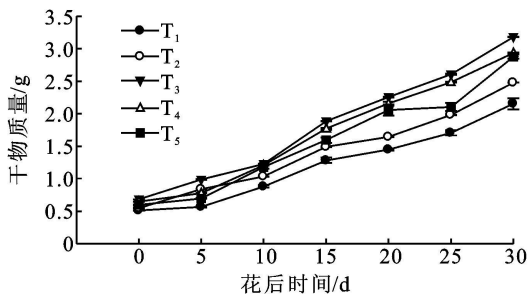


图 5 不同处理小麦花后穗干物质积累动态

2.2 不同栽培模式下小麦干物质的转运与分配

2.2.1 干物质转运状况 从表 1 可以看出, 小麦开花期, 干重  $T_2$ 、 $T_3$  均高于  $T_5$ , 说明小麦追肥能提高开花期干物质的积累; 而成熟期干重  $T_3$  和  $T_5$  分别比  $T_2$  高 0.91% 和 0.28%, 各处理中,  $T_3$  花前输出量最高, 说明其对籽粒的贡献率也最高, 方差分析结果显示各处理呈现显著性差异。由此可知, 有机肥的施入在小麦的灌浆期起到了关键作用, 这可能由于有机肥

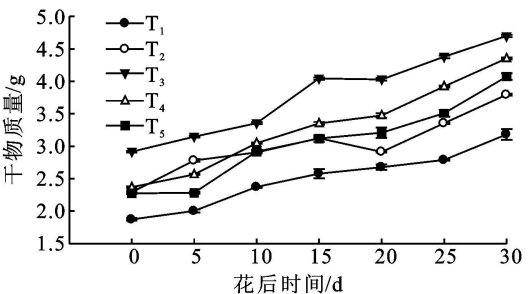


图 6 不同处理中小麦花后植株总干物质积累动态

能延缓小麦旗叶等营养器官的衰老<sup>[12]</sup>, 增加了灌浆后期同化物质的转运和供给, 并使前期积累的同化物质更多地转运到籽粒中, 追肥也一定程度上提高了花前干物质的积累量(表 1)。 $T_4$  花后干物质的积累量和对籽粒的贡献率分别为 1.90 g、80.85%, 比  $T_2$  高 0.4 g 和 3.79%, 方差分析结果显示达显著性差异, 说明减少播量能提高小麦花后干物质的积累和对籽粒的贡献率。

表 1 不同处理下小麦干物质转运

| 处理    | 开花期<br>干重/g | 成熟期<br>干重/g | 籽粒重/<br>g | 花后积累/<br>g | 花后积累/<br>籽粒/% | 花前物质<br>输出量/g | 花前物质<br>输出率/% | 花前物质<br>输出量/籽粒/% |
|-------|-------------|-------------|-----------|------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| $T_1$ | 1.87d       | 3.20e       | 1.70d     | 1.33c      | 77.97ab       | 0.37c         | 19.99bc       | 22.03bc          |
| $T_2$ | 2.29c       | 3.79d       | 1.95c     | 1.50b      | 77.06b        | 0.45bc        | 19.51bc       | 22.94b           |
| $T_3$ | 2.92a       | 4.70a       | 2.57a     | 1.78a      | 69.41c        | 0.79a         | 26.95a        | 30.59a           |
| $T_4$ | 2.45b       | 4.35b       | 2.35b     | 1.90a      | 80.85a        | 0.45c         | 18.41c        | 19.15c           |
| $T_5$ | 2.27c       | 4.07c       | 2.32b     | 1.80a      | 77.65b        | 0.52b         | 22.77b        | 22.34b           |

注: 数值后的不同小写字母表示在 5% 水平下差异显著, 下同。

2.2.2 各器官花后干物质的输出量和输出率 从表 2 可以看出,  $T_3$  和  $T_5$  旗叶鞘、倒二茎花后干物质的输出量均高于  $T_4$ 、 $T_2$ 、 $T_1$ , 表明有机肥能促进这些器官花后干物质的输出量。旗叶是光合作用的主要器官之一, 是花后干物质的重要供应器官, 具有较高的干物质输出率。 $T_5$  的旗叶花后干物质输出率高于  $T_3$ ;  $T_2$  的旗叶花后干物质的输出率高于  $T_4$ , 表明单施有

机肥和追肥都能提高旗叶花后干物质的输出率。各处理旗叶花后干物质输出量为  $T_3 > T_2 > T_5 > T_4 > T_1$ , 具有显著性差异, 这可能是由于有机肥和追肥延缓了旗叶的衰老<sup>[12]</sup>, 延长了光合作用的时间, 进而增加了旗叶花后干物质的输出量。倒二茎是光合产物的主要贮藏器官, 不同处理中, 倒二茎干物质的输出率为:  $T_5 > T_3 > T_1 > T_4 > T_2$ 。

表 2 不同处理下各器官花后干物质的输出量和输出率

| 处理    | 硬壳及穗轴     |           | 旗叶        |           | 穗下节       |           | 旗叶鞘       |           | 倒二茎       |           | 其他        |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 输出量/<br>g | 输出率/<br>% | 输出量/<br>g | 输出率/<br>% | 输出量/<br>g | 输出率/<br>% | 输出量/<br>g | 输出率/<br>% | 输出量/<br>g | 输出率/<br>% | 输出量/<br>g | 输出率/<br>% |
|       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| $T_1$ | 0.054c    | 10.63a    | 0.018d    | 19.08c    | 0.024d    | 11.36bc   | 0.051d    | 29.27a    | 0.051d    | 25.01c    | 0.17e     | 25.95d    |
| $T_2$ | 0.032d    | 5.96d     | 0.037a    | 29.16a    | 0.037b    | 12.55b    | 0.062c    | 11.24d    | 0.062c    | 23.87c    | 0.26c     | 30.58b    |
| $T_3$ | 0.066a    | 9.62b     | 0.038a    | 25.13b    | 0.073a    | 21.38a    | 0.098a    | 16.77c    | 0.098a    | 32.47b    | 0.47a     | 39.20a    |
| $T_4$ | 0.058b    | 8.99c     | 0.026c    | 17.40c    | 0.030cd   | 10.15c    | 0.063c    | 19.80 b   | 0.063c    | 24.43c    | 0.25d     | 28.57c    |
| $T_5$ | 0.058b    | 9.72b     | 0.032b    | 27.95ab   | 0.028cd   | 12.17bc   | 0.080b    | 15.21c    | 0.080b    | 36.43a    | 0.29b     | 31.60b    |

2.2.3 各器官花后干物质转运对籽粒的贡献率 不同器官花后干物质转运对籽粒贡献率的大小能反映此器官对籽粒产量影响的大小。

由表 3 可以看出, 花后旗叶干物质转运对籽粒的贡献率与输出率相似, 其贡献率表现为  $T_2 > T_3 > T_5$

$> T_4 > T_1$ , 说明追肥能提高花后旗叶干物质对籽粒的贡献率。茎秆作为干物质的重要储存器官, 对籽粒灌浆有着重要的影响。不同处理倒二茎花后干物质转运对籽粒的贡献率为  $T_3 > T_5 > T_2 > T_1 > T_4$ ; 而各处理中  $T_3$  的穗下节和倒二茎对籽粒的贡献率最高。

有机肥和追肥配施能提高小麦茎秆花后干物质的转运对籽粒的贡献率。

表 3 不同处理下小麦各器官花后干物质  
转运对籽粒的贡献率 %

| 处理             | 硬壳及<br>穗轴 | 旗叶    | 穗下节   | 旗叶鞘    | 倒二茎   | 其他     |
|----------------|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
| T <sub>1</sub> | 3.07a     | 1.05c | 1.43d | 2.86a  | 3.01c | 10.60c |
| T <sub>2</sub> | 3.01a     | 1.89a | 1.91b | 1.15cd | 3.18c | 13.35b |
| T <sub>3</sub> | 2.53b     | 1.48b | 2.85a | 1.55b  | 3.81a | 18.36a |
| T <sub>4</sub> | 2.41c     | 1.09c | 1.29d | 0.90d  | 2.68d | 10.78c |
| T <sub>5</sub> | 2.48c     | 1.39b | 1.20c | 1.25c  | 3.45b | 12.58b |

3 讨论与结论

灌浆期是小麦十分重要的生育时期,其持续时间和速率决定了小麦籽粒的大小或重量。作物生长发育和最终产量的形成过程,实际是作物与环境间的物质能量转化,以及受环境影响的根、冠间物质分配、积累平衡的过程<sup>[13]</sup>。小麦籽粒产量大部分来自花后光合作用的同化物及花前贮藏在营养器官光合产物的再分配<sup>[14]</sup>。小麦灌浆期“源”器官的干物质的输出和“库”对干物质的吸收、利用,各营养器官灌浆期的干物质的转运和彼此之间的协调运转,保证了小麦籽粒灌浆的顺利进行。一般认为小麦籽粒产量大部分来自花后光合产物的积累,占 60%~80%<sup>[15]</sup>。为了提高小麦籽粒产量,开花后需要较多的光合产物积累,并将地上部营养器官内的贮藏光合产物尽可能多地转移到籽粒中去<sup>[16]</sup>。地上部器官干物质的积累与氮肥施用有明显的关系<sup>[17]</sup>,施用氮肥显著影响小麦地上部分各器官干物质的积累与分配,提高小麦花后干物质的生产能力和花后同化物对籽粒的贡献率<sup>[18]</sup>。在灌浆期,T<sub>3</sub>和T<sub>5</sub>旗叶和旗叶鞘的花后干物质输出量明显高于T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>4</sub>,说明有机肥和氮肥的配施能提高花后干物质的输出量。花后小麦干物质的积累量为T<sub>4</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>3</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>,但产量却为T<sub>3</sub>>T<sub>4</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>,但各处理花后干物质对籽粒的贡献率值却表现为T<sub>4</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>,从生理作用看,增施氮肥和有机肥可促进营养器官生长,提高旗叶叶绿素含量,增大叶面积系数,增加光合作用,延缓植株衰老提高总干物质重<sup>[12,16]</sup>;可能是追施氮和底肥施入有机肥,致使小麦贪青晚熟,后期遭遇不良环境因素影响,营养器官贮藏光合产物转移率下降,导致小麦花后干物质对籽粒的贡献率下降。

参考文献:

[1] 王月福,于振文,李尚霞,等. 氮素营养水平对小麦开花后碳素同化、运转和产量的影响[J]. 麦类作物学报,

2002, 22(2): 55-59.  
[2] 马冬云,郭天财,王晨阳. 施氮量对冬小麦灌浆期光合产物积累、转运及分配的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(6): 1027-1033.  
[3] 李凤民,郭大勇,黄恩光. 半干旱地区地膜覆盖和施氮对春小麦生育进程和干物质积累的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 31(2): 75-80.  
[4] 赵新春,王朝辉. 半干旱黄土区不同施氮水平冬小麦产量形成与氮素利用[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 65-70.  
[5] 郭栋,党廷辉,戚龙海. 黄土旱塬不同氮肥用量下冬小麦干物质累积和氮素吸收利用过程研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5) 138-140.  
[6] 吕金印,刘军,高俊风. 春小麦花前 14C 同化物分配与累积研究[J]. 核农学报, 1999, 13(6): 357-361.  
[7] 荆奇,戴廷波,姜东. 不同生态条件下不同基因型小麦干物质和氮素积累与分配特征[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(1): 1-5.  
[8] 李东方,李世清,李紫燕. 冬小麦同化物、氮素转移量和转移效率对氮肥的反应[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(5): 106-112.  
[9] 郭大勇,黄恩光,李凤民,李世清. 半干旱地区地膜覆盖和施氮对春小麦生育过程和干物质积累的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(2): 75-80.  
[10] 胡亚妮,刘文兆,党廷辉,等. 黄土塬区氮磷配施对冬小麦光合作用、产量形成及水分利用的效率的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(6): 159-161.  
[11] 郝明德,王旭刚,党廷辉. 黄土高原旱地小麦多年定位施用化肥的产量效应分析[J]. 作物学报, 2004, 30(11): 1108-1112.  
[12] 李京涛,李文香,刘义国. 长期定位施肥对冬小麦生育后期旗叶衰老性状的影响[J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2007, 24(4): 279-282.  
[13] Thornley J H M. Modeling shoot, root relations: the only way forward[J]. Annals of Botany, 1998, 81: 165-171.  
[14] 郑成岩,于振文,马兴华,等. 高产小麦耗水特性及干物质的积累与分配[J]. 作物学报, 2008, 34(8): 1450-1458.  
[15] 王月福,于振文,李尚霞. 土壤肥力和施氮量对小麦氮素吸收运转及籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1868-1872.  
[16] 马东辉,王月福,周华,等. 氮肥和花后土壤含水量对小麦干物质积累、运转及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(5): 847-851.  
[17] 姜丽娜,李春喜,邱宗波,等. 氮肥对超高产冬小麦地上部各器官干物质积累的影响[J]. 耕作与栽培, 2002(1): 43-45.  
[18] 邱临静,王林权,李生秀,等. 旱地不同栽培模式和施肥方法对小麦光合产物积累运转的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(3): 511-519.