



网络出版日期:2021-06-15

doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2021.06.003

网络出版地址:<https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20210615.1400.034.html>

## 氮肥基追比对滴灌春小麦群体质量及产量的影响

黄艺华,蒋桂英,王海琪,刘钰婷,车子强

(石河子大学 农学院,新疆石河子 832000)

**摘要** 选取春小麦品种‘新春 6 号’和‘新春 37 号’,采用裂区试验设计,设置 0:0、2:8、3:7、4:6、5:5 共 5 个氮肥基追比处理,比较分析两个小麦品种的茎蘖数、茎蘖成穗率、叶面积指数、粒叶比、干物质积累与转运特性以及产量及产量构成因素的差异。结果表明,在氮肥不同基追比处理下,‘新春 6 号’和‘新春 37 号’的茎蘖数、茎蘖成穗率、叶面积指数、粒叶比均在 3:7 处理下最优,且呈现 3:7>4:6>5:5>2:8>0:0 趋势;两个品种茎鞘和叶片花前干物质转运量、花后干物质积累量显著高于 0:0 处理,而对籽粒贡献率则表现相反。在 3:7 处理下,‘新春 6 号’和‘新春 37 号’的产量分别为 7 304.45 和 7 546.17 kg·hm<sup>-2</sup>。最优氮肥基追比例为 3:7。

**关键词** 春小麦;氮肥;基追比例;群体质量;产量

中图分类号 S512

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2021)06-0807-12

小麦(*Triticum aestivum* L.)是新疆最重要的粮食作物,2020 年新疆小麦播种面积为  $102.6 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,小麦播种面积占新疆粮食作物总播种面积的 45.97%<sup>[1]</sup>。新疆小麦生产与供应能力对提高新疆人民生活水平、保障社会经济持续稳定发展具有重要意义<sup>[2]</sup>。氮素作为一种对作物生长发育极其重要的营养元素,其总施入量、施入时期及基肥追肥比例皆对小麦的产量和品质有着直接的影响<sup>[3-4]</sup>。黄淮海麦区氮肥施用量为 240 kg·hm<sup>-2</sup> 时,最高产量 8 265.3 kg·hm<sup>-2</sup> 的氮肥基追比为 6:4 处理<sup>[5]</sup>;而长江中下游麦区氮肥施用量为 240 kg·hm<sup>-2</sup> 时,氮肥基追比例为 5:5 处理时产量最高为 7 512.80 kg·hm<sup>-2</sup><sup>[6]</sup>。可见,中国不同麦区获取高产的适宜氮肥基追比例不同。凌启鸿<sup>[7]</sup>认为群体质量是作物群体中主要形态生理指标的最优值,谷类作物一般包括植株茎蘖数及其成穗率、叶面积指数(LAI)、粒叶比、干物质积累量等指标,合理的群体质量是作物实现高产稳产的基础<sup>[8]</sup>。已有研究表明,黄淮海麦区施氮量为 300 kg·hm<sup>-2</sup> 时,随着氮肥基追比的增加,达到最高小麦分蘖数和成穗率的处理为 6:4<sup>[9-10]</sup>;保证适宜叶面积下降速

率是实现小麦高产稳产的关键,氮肥基追比 6:4 更易获得较大叶面积指数和调整适宜叶面积下降速率<sup>[11]</sup>。姜丽娜等<sup>[12]</sup>研究得出干物质积累与转运均达到最大时的氮肥基追比也为 6:4。而施氮量为 180 kg·hm<sup>-2</sup> 的减量施氮模式时,黄淮海麦区氮肥基追比为 4:6 更有利于小麦群体茎蘖动态的合理发展<sup>[13]</sup>,得到较大的叶面积指数<sup>[14]</sup>。小麦干物质随着氮肥基追比例的增加逐渐增加,在 4:6 氮肥基追比处理下有利于小麦干物质转运<sup>[15]</sup>。长江中下游麦区施氮量为 225 kg·hm<sup>-2</sup> 时,追肥大于 50% 的茎蘖数及成穗率反而下降,表明适宜的氮肥基追比例有利于茎蘖数的提高,以 5:5 处理较高<sup>[16]</sup>。在高产条件下,中筋小麦对应最大叶面积指数的最适氮肥基追比为 5:5<sup>[17]</sup>。不同氮肥基追比例能显著增加小麦干物质积累量。石祖梁等<sup>[18]</sup>研究认为,干物质积累量随追肥比例的增加先升后降,以 5:5 处理促进效果最显著。施氮量为 150 kg·hm<sup>-2</sup> 的减量施氮模式时,长江中下游平原氮肥运筹对最大茎蘖数和成穗率的影响达到显著水平,在 7:3 处理达到较大值<sup>[19]</sup>,叶面积指数在此基追比例下也最大<sup>[20]</sup>。花后干物质转运和积累量随着氮肥追肥

收稿日期:2020-11-13 修回日期:2021-03-24

基金项目:国家自然科学基金(31760346)。

第一作者:黄艺华,女,硕士研究生,研究方向为作物生理生态。E-mail:1165014194@qq.com

通信作者:蒋桂英,女,教授,研究方向为作物生理生态。E-mail:jgy67@126.com

比的增加而显著降低,以7:3处理最大<sup>[21]</sup>。与传统的氮肥全部做基肥相比,氮肥后移技术可显著提高小麦的产量及其构成因素和氮肥利用率<sup>[22]</sup>。Weber等<sup>[23]</sup>研究认为,孕穗期追氮可提高产量,若将追氮时期后移,则会造成产量的轻微下降。在黄淮海麦区施氮量为180 kg·hm<sup>-2</sup>,氮肥基肥追肥为4:6时,小麦穗粒数和千粒质量均有所增加,进而得到较高产量<sup>[24]</sup>。在相同施氮量及氮肥基追比为5:5处理下,长江流域麦区产量也达到最高水平<sup>[25]</sup>。马瑞琦等<sup>[26]</sup>的研究同样证明后期增施氮肥,可以促使小麦穗部发育,提高单位面积籽粒产量及构成。氮肥对小麦产量的调控效应随品种类型变化而变化<sup>[27]</sup>。当氮肥基追比为4:6~10:0时,在黄淮海麦区中筋、强筋小麦的产量与品质随着比例的增加得到提高,但弱筋小麦则表现为降低<sup>[28-29]</sup>。

滴灌是新疆小麦生产发展的方向,目前新疆滴灌小麦种植中氮肥普遍施用量约为300~315 kg·hm<sup>-2</sup>,氮肥基追普遍比为2:8,产量为5 772.45~6 689.72 kg·hm<sup>-2</sup><sup>[30]</sup>。在施氮量为250 kg·hm<sup>-2</sup>条件下,祁静玉等<sup>[31]</sup>认为减施氮肥可以起到优化春小麦群体结构的作用,也有利于干物质的积累与转运,单产稳定在5 636.3~

7 522.9 kg·hm<sup>-2</sup>。那么滴灌春小麦在根层减氮条件下,氮肥基追比适宜比例为多少?群体质量指标与同化物转运和产量形成之间的关系发生了哪些变化?尚需从理论上进一步认识。因而,本研究通过设置氮肥不同基追比模式,研究滴灌小麦群体质量的变化和产量形成特点,分析光合同化物转运调控产量形成的氮素响应规律,提出滴灌小麦高产高效群体质量指标,以期为新疆滴灌小麦氮肥优化施用提供科学依据和技术支撑。

## 1 材料及方法

### 1.1 试验区概况

试验于2020年4月—7月在新疆石河子市石河子大学北苑新区农学院实验站(85°59' E, 44°20' N)进行。供试土壤为灌溉灰漠土,试验地0~20 cm土层养分基本状况为:全氮为1.28 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮71.23 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷15.7 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾148 mg·kg<sup>-1</sup>、有机质28.4 mg·kg<sup>-1</sup>、pH为7。2020年平均气温6.9~7.4 °C,年内最高气温出现在7月—8月上旬;年降水量162.1~193.2 mm,年蒸发量1 517.1~1 563.2 mm,相对湿度在64.8%左右,生育期间的气象指标变化如图1。

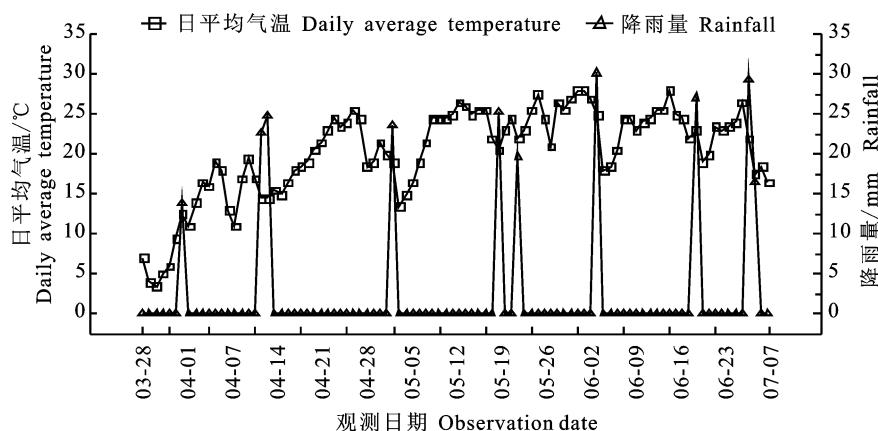


图1 2020年小麦生育期日平均气温及降水量

Fig. 1 Daily average temperature and rainfall during wheat growth period in 2020

### 1.2 试验设计

试验采用裂区设计,主区为品种,副区为氮素(由46%尿素提供)。选取小麦品种‘新春6号’(XC 6,蛋白质含量13.5%)和‘新春37号’(XC 37,蛋白质含量16.03%)<sup>[32]</sup>为供试品种。整个生育期施氮量为250 kg·hm<sup>-2</sup>,试验设置基肥比追肥处理为0:0、2:8、3:7、4:6和5:5,具体如表1,共3次重复。各小区地块面积为60 m<sup>2</sup>

(12 m×5 m),在每个小区地块之间嵌入深度为100 cm的防渗膜,以防止养分横向转移。

小麦播种期为2020年3月28日,播种量为345 kg·hm<sup>-2</sup>。采用宽窄行滴灌,滴灌带配置为“一管四线”(如图2所示),滴灌带放置在20 cm宽行中。滴头之间的距离为30 cm,滴头流量为2.6 L·h<sup>-1</sup>。灌溉定额为6 000 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,灌溉水量由水表控制,共灌溉9次。小麦于2020年7

表 1 不同处理氮肥基肥追肥施用量

Table 1 Application amount of basal nitrogen fertilizer under different treatment

| 基肥比追肥<br>Ratio of base<br>to topdressing | 基肥/<br>(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>Base<br>fertilizer | 追肥/(kg · hm <sup>-2</sup> ) |                            |                           | Top dressing                |    |
|--|---|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----|
|  |   | 分蘖期(20%)<br>Tillering stage | 拔节期(40%)<br>Jointing stage | 孕穗期(20%)<br>Booting stage | 开花期(20%)<br>Flowering stage |    |
| 0 : 0                                    | 0   | 0                           | 0                          | 0                         | 0                           | 0  |
| 2 : 8                                    | 50  | 40                          | 80                         | 40                        | 40                          | 40 |
| 3 : 7                                    | 75  | 35                          | 70                         | 35                        | 35                          | 35 |
| 4 : 6                                    | 100   | 30                          | 60                         | 30                        | 30                          | 30 |
| 5 : 5                                    | 125   | 25                          | 50                         | 25                        | 25                          | 25 |

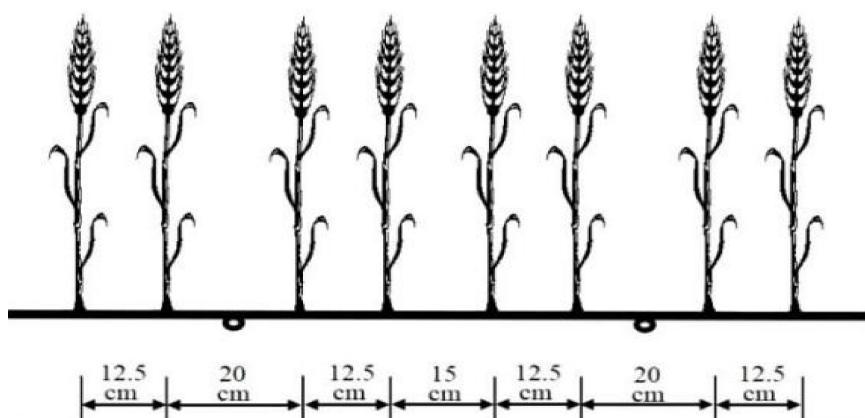


图 2 小麦田间滴灌带配置图

Fig. 2 Configuration of drip irrigation belt in wheat field

月 1 日收获,其他田间管理措施与当地生产一致。

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 茎蘖动态 在小麦拔节期、孕穗期、开花期选取长势均匀的 3 个 1 m<sup>2</sup> 行段调查田间茎蘖总数,计算茎蘖成穗率。

1.3.2 叶面积指数 在小麦各生育时期于每小区抽取 20 株植株,重复 3 次。采用 LI-3100C (USA) 叶面积仪测定叶面积,计算叶面积指数 (LAI)。

1.3.3 粒叶比 小麦成熟时,调查粒质量及粒数,计算粒数叶比和粒重叶比<sup>[33]</sup>。

1.3.4 千物质积累与转运特性 从开花后 7 d 到小麦成熟,每隔 7 d 取样,共取 5 次。从每个小区中随机抽取 15 株具有代表性的植株,分为 4 个部分:籽粒、叶片、茎鞘、穗轴+颖壳。置于 105 °C 烘箱中杀青 30 min,再于 80 °C 烘干至恒量称量。计算干物质积累量及转运变化<sup>[34]</sup>。

1.3.5 产量及其构成 在每个处理小区中随机选择 3 块 1 m<sup>2</sup> 的地块进行人工收割和脱粒,并通过晒干和称量计算产量。测定 1 m<sup>2</sup> 面积范围内小麦产量构成因素,再折算为标准产量。

### 1.4 数据处理

数据处理和计算采用 Excel 2010,数据分析采用 SPSS 22.0,显著性检验采用 Duncan's 法,  $P < 0.05$ ;绘图采用 origin 2018b。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥基追比对滴灌春小麦茎蘖动态的影响

从表 2 可得,在不同氮肥基追比处理下,两个小麦品种群体茎蘖动态变化基本一致,总体呈现趋势为 3 : 7 > 4 : 6 > 5 : 5 > 2 : 8 > 0 : 0, 总茎蘖数和茎蘖成穗率均在拔节期最高。在拔节期,氮肥基追比例为 3 : 7 下,‘新春 6 号’总茎蘖数为  $712.36 \times 10^4$  株 · hm<sup>-2</sup>, 均显著高于 0 : 0 处理 ( $P < 0.05$ ), 较其余处理分别高出 0.36% ~ 23.10%, ‘新春 37 号’总茎蘖数为  $726.36 \times 10^4$  株 · hm<sup>-2</sup>, 3 : 7 处理与 4 : 6 处理差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但显著高于其余处理, 较其余处理高 1.97% ~ 24.09%; 且在拔节期时, 3 : 7 处理下, ‘新春 37 号’总茎蘖数较‘新春 6 号’高 1.97%。

两个小麦茎蘖成穗率在 3 : 7 处理下最大, ‘新春 6 号’茎蘖成穗率为 83.75%, 与 4 : 6 相比

无显著差异( $P>0.05$ ),4:6处理与5:5、2:8处理差异不显著,但显著高于0:0处理,比其余处理高出5.15%~31.77%,‘新春37号’茎蘖成

穗率为83.98%,各处理差异与‘新春6号’相同,较其余处理高4.08%~30.69%;‘新春37号’总茎蘖数较‘新春6号’高0.27%。

表2 不同氮肥基追比例滴灌春小麦茎蘖动态及茎蘖成穗率

Table 2 Tiller dynamics and tiller spike rate of spring wheat under drip irrigation with different ratios of base to topdressing

| 品种(A)<br>Variety | 氮肥基追比(B)<br>Nitrogen fertilizer base-topdressing ratio | 茎蘖数( $\times 10^4$ ) Tiller dynamic |                        | 茎蘖成穗率/%<br>Productive tiller rate |
|------------------|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
|                  |  | 拔节期<br>Jointing stage               | 开花期<br>Flowering stage |                                   |
| 新春6号 XC 6        | 2:8  | 631.37 d                            | 590.35 c               | 73.53 b                           |
|                  | 3:7  | 712.36 a                            | 656.38 a               | 83.75 a                           |
|                  | 4:6  | 687.34 b                            | 630.47 b               | 79.65 ab                          |
|                  | 5:5  | 661.38 c                            | 614.41 bc              | 77.08 b                           |
|                  | 0:0  | 578.67 e                            | 488.00 d               | 63.56 c                           |
| 新春37号 XC 37      | 2:8  | 635.37 d                            | 599.37 c               | 74.27 b                           |
|                  | 3:7  | 726.36 a                            | 674.19 a               | 83.98 a                           |
|                  | 4:6  | 712.36 a                            | 658.28 a               | 80.69 ab                          |
|                  | 5:5  | 667.00 c                            | 602.30 c               | 77.15 b                           |
|                  | 0:0  | 585.33 e                            | 503.33 d               | 64.26 c                           |
| F值 F value       | A  | 74.950*                             | 2.404                  | 0.052                             |
|                  | B  | 214.738*                            | 155.190*               | 29.814*                           |
|                  | A×B  | 1.084                               | 1.993                  | 0.011                             |

注:不同的字母和“\*”表示在0.05水平上差异显著;下表同。

Note: Different letters and \* indicate significant difference at 0.05 level; the same below.

## 2.2 氮肥基追比对滴灌春小麦叶面积指数的影响

两个小麦品种的LAI随生育时期的推进呈现先增加后降低的倒“V”型趋势,均在孕穗期达到最大(如图3)。同一生育时期两小麦品种的LAI变化一致,以3:7处理最大,表现为3:7>4:6>5:5>2:8>0:0。在孕穗期,‘新春6号’的LAI在3:7处理下为6.82,与4:6差异不明显,显著高于0:0处理( $P<0.05$ ),较4:6、

5:5、2:8、0:0处理分别高5.38%、7.73%、9.05%、25.48%;‘新春37号’的LAI在3:7处理下为6.96,与4:6差异显著( $P<0.05$ ),4:6处理与5:5、2:8处理差异不显著,与0:0差异显著,较4:6、5:5、2:8、0:0处理高6.81%、8.09%、9.68%、24.93%;‘新春37号’LAI较‘新春6号’高2.05%。

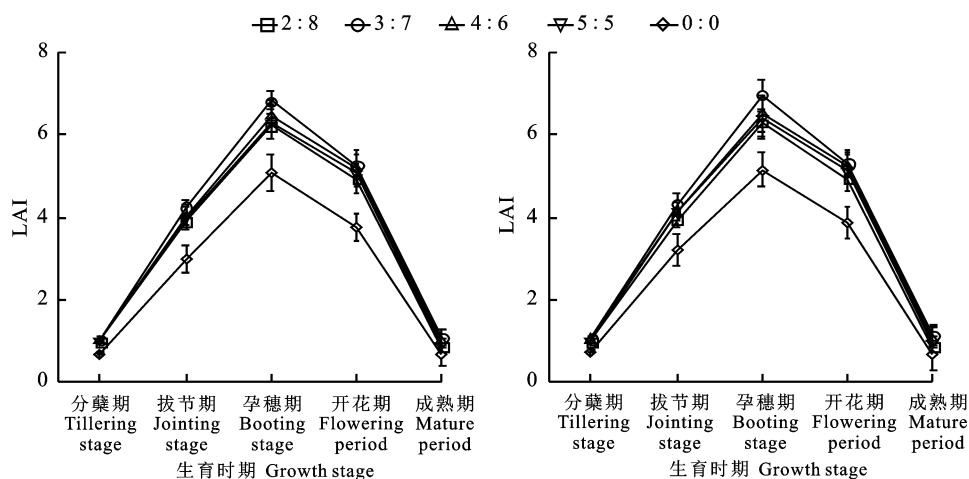


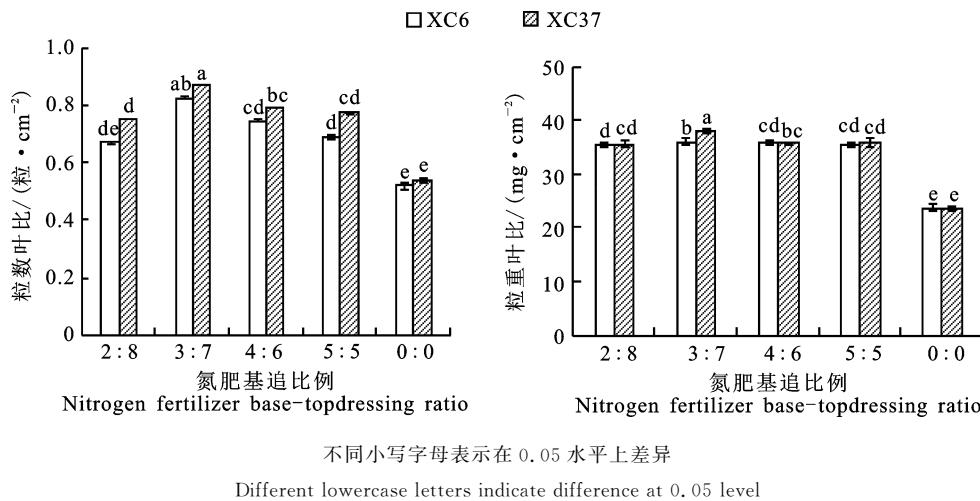
图3 不同氮肥基追比滴灌春小麦叶面积指数

Fig.3 Leaf area index of spring wheat under drip irrigation with different ratios of base to topdressing

### 2.3 氮肥基追比对滴灌春小麦粒叶比的影响

两个品种春小麦的粒叶比随氮肥基追比例的增加而增加,均在3:7处理下最大(图4)。‘新春6号’在3:7处理下粒数叶比和粒重叶比分别为0.83粒·cm<sup>-2</sup>、36.14mg·cm<sup>-2</sup>,显著高于0:0处理( $P<0.05$ ),粒数叶比较其余处理分别高9.64%~37.35%,粒重叶比高于其余处理

0.80%~34.42%;‘新春37号’在3:7处理下粒数叶比为0.87粒·cm<sup>-2</sup>,粒重叶比为37.93mg·cm<sup>-2</sup>,显著高于0:0处理( $P<0.05$ ),粒数叶比较其余处理分别高9.20%~37.93%,粒重叶比高于其他处理5.27%~37.25%;‘新春37号’粒数叶比和粒重叶比分别较‘新春6号’高4.82%、4.95%。



不同小写字母表示在0.05水平上差异

Different lowercase letters indicate difference at 0.05 level

图4 不同氮肥基追比滴灌春小麦粒叶比

Fig. 4 Grain leaf ratio of spring wheat under drip irrigation with different ratios of base to topdressing

### 2.4 氮肥基追比对滴灌春小麦干物质积累的影响

运用Logistics生长曲线方程对小麦干物质拟合(表3),与‘新春6号’相比,‘新春37号’干物质积累快速生长期( $t_2-t_1$ )多1 d,最大速率( $V_m$ )较‘新春6号’快8.86%。

从表3中可得,‘新春6号’干物质各个处理的快速累积时间开始于34~37 d,结束于53~63 d,干物质快速生长期时间为20~29 d;在3:7处理下,小麦在第34天进入干物质快速积累期,到

第63天结束; $t_2-t_1$ 持续28 d,较其余处理延长2~8 d; $t_m$ 在花后7 d,较4:6、5:5、2:8、0:0处理早0.14%~32.69%; $V_m$ 为647.19kg·hm<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>,较4:6、5:5、2:8、0:0处理快5.56%~64.35%。‘新春37号’各处理干物质快速累积开始于第34天~第38天,结束于第58天~第63天,干物质快速生长期时间为20~28 d;在3:7处理下,小麦在第34天进入干物质快速积累期,到第63天结束; $t_2-t_1$ 持续29 d,较其余处理延长1~8 d; $t_m$ 较4:6、5:5、2:8、

表3 不同氮肥基追比例小麦干物质积累动态及特征变化

Table 3 Dynamics and characteristics of dry matter accumulation in wheat with different ratios of base to topdressing

| 品种<br>Variety  | 氮肥基追比例<br>Nitrogen fertilizer<br>base-topdressing<br>ratio | 拟合方程<br>Fitting equation            | $R^2$   | $t_1/d$ | $t_2/d$ | $t_2-t_1/d$ | $t_m/d$ | $V_m/$<br>(kg·hm <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ) |
|----------------|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------|---|
|                |  |                                     |         |         |         |             |         |   |
| 新春6号<br>XC 6   | 2:8  | $y=22114.78/(1+161.96e^{-0.102t})$  | 0.951*  | 36.97   | 60.72   | 23.75       | 58.00   | 552.87  |
|                | 3:7  | $y=26149.07/(1+109.37e^{-0.099t})$  | 0.976*  | 34.12   | 62.79   | 28.67       | 58.37   | 647.19  |
|                | 4:6  | $y=24500.43/(1+117.03e^{-0.100t})$  | 0.981** | 34.45   | 61.01   | 26.56       | 58.29   | 613.09  |
|                | 5:5  | $y=23580.36/(1+152.710e^{-0.104t})$ | 0.970*  | 36.00   | 60.79   | 24.79       | 58.06   | 612.51  |
|                | 0:0  | $y=9935.7/(1+118.38e^{-0.093t})$    | 0.999** | 34.13   | 53.86   | 19.73       | 43.99   | 230.74  |
| 新春37号<br>XC 37 | 2:8  | $y=23980.33/(1+112.82e^{-0.096t})$  | 0.941*  | 35.51   | 61.63   | 26.12       | 57.98   | 575.53  |
|                | 3:7  | $y=28465.68/(1+119.58e^{-0.099t})$  | 0.947*  | 35.02   | 62.95   | 27.93       | 58.21   | 704.53  |
|                | 4:6  | $y=26567.79/(1+102.12e^{-0.095t})$  | 0.983*  | 34.83   | 62.56   | 27.73       | 58.10   | 632.15  |
|                | 5:5  | $y=25285.84/(1+135.41e^{-0.100t})$  | 0.969*  | 35.91   | 62.25   | 26.34       | 58.07   | 630.99  |
|                | 0:0  | $y=10675.4/(1+66.82e^{-0.080t})$    | 0.997** | 37.73   | 58.17   | 20.44       | 47.95   | 214.45  |

0:0 处理早 0.19%~21.40%;  $V_m$  为 704.53  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , 较 4:6、5:5、2:8、0:0 处理快 11.45%~69.56%。

## 2.5 氮肥基追比对滴灌春小麦干物质分配特性的影响

如表 4, 在不同氮肥基追比处理下, ‘新春 6 号’ 和 ‘新春 37 号’ 干物质分配特性表现为 3:7>4:6>5:5>2:8>0:0。两个品种花前和花后茎鞘及叶片转运量和积累量显著高于 0:0 处理, 但贡献率显著低于 0:0 处理, 表明适宜的氮肥基追比例有助于促进小麦同化物转运。

‘新春 6 号’ 花前茎鞘和叶片干物质转运量在 3:7 处理下分别较其余处理高 5.95%~29.30%、5.20%~54.24%; 花前茎鞘和叶片干物质贡献率在 3:7 处理下较其余处理低 6.43%~27.22%、2.36%~13.20%; 花后茎鞘干物质积累量为 7 134.56  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 贡献率为 76.87%, 较其余处理分别高 6.99%~50.05%、

2.11%~11.68%; 花后叶片干物质积累量和贡献率为 7 096.47  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、76.46%, 较其余处理分别高 7.24%~46.35%、0.46%~4.91%。‘新春 37 号’ 花前茎鞘和叶片干物质转运量在 3:7 处理下较其余处理分别高 5.83%~31.04%、3.66%~51.48%; 花前茎鞘和叶片干物质贡献率在 3:7 处理下较其余处理低 11.40%~27.28%、4.61%~15.92%; 花后茎鞘干物质积累量为 7 721.02  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 贡献率为 77.61%, 较其余处理分别高 7.98%~50.50%、0.45%~12.14%; 花后叶片干物质积累量和贡献率为 7 599.84  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、76.39%, 分别比其余处理高 8.73%~47.74%、1.15%~6.22%, 两个品种间, ‘新春 37 号’ 叶片和茎鞘花前干物质转运量在 3:7 处理下较 ‘新春 6 号’ 分别高 7.51%、3.96%; 叶片和茎鞘花后干物质积累量较 ‘新春 6 号’ 分别高 7.09%、8.22%。

表 4 不同氮肥基追比小麦干物质分配特性

Table 4 Dry matter distribution characteristics of wheat with different base topdressing ratios of nitrogen fertilizer

| 品种(A)<br>Variety          | 氮肥基追<br>比例(B)<br>Nitrogen<br>fertilizer<br>base-<br>topdressing<br>ratio | 营养器官花前贮存干物质<br>Dry matter in vegetative organs before anthesis |             |                            |            | 花后干物质<br>Dry matter after anthesis                  |             |                            |            |
|---------------------------|--|--|-------------|----------------------------|------------|---|-------------|----------------------------|------------|
|                           |  | 转运量/(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>Transfer amount                |             | 贡献率/%<br>Contribution rate |            | 积累量/(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>Accumulation amount |             | 贡献率/%<br>Contribution rate |            |
|                           |  | 茎鞘<br>Stem   | 叶片<br>Leaf  | 茎鞘<br>Stem                 | 叶片<br>Leaf | 茎鞘<br>Stem  | 叶片<br>Leaf  | 茎鞘<br>Stem                 | 叶片<br>Leaf |
| 新春 6 号<br>XC 6            | 2:8  | 1 805.13 e   | 1 759.88 e  | 24.72 bc                   | 24.11 c    | 5 495.62 d  | 5 540.74 d  | 75.28 bc                   | 75.89 a    |
|                           | 3:7  | 2 147.01 ab  | 2 185.09 a  | 23.13 cd                   | 23.54 c    | 7 134.56 ab   | 7 096.47 ab | 76.87 ab                   | 76.46 a    |
|                           | 4:6  | 2 026.38 cd  | 2 077.04 b  | 23.30 bcd                  | 23.89 c    | 6 668.18 bc   | 6 617.14 c  | 76.70 abc                  | 76.11 a    |
|                           | 5:5  | 1 866.27 e   | 1 933.97 cd | 23.69 bcd                  | 24.55 c    | 6 011.36 c  | 5 943.40 cd | 76.31 abc                  | 75.45 a    |
|                           | 0:0  | 1 660.46 f   | 1 416.71 f  | 31.78 a                    | 27.12 ab   | 3 563.62 e  | 3 806.91 e  | 68.22 d                    | 72.88 bc   |
| 新春 37 号<br>XC 37          | 2:8  | 1 888.09 e   | 1 848.92 d  | 25.27 b                    | 24.75 c    | 5 582.72 d  | 5 621.80 d  | 74.73 c                    | 75.25 a    |
|                           | 3:7  | 2 228.07 a   | 2 349.17 a  | 22.39 d                    | 23.61 c    | 7 721.02 a  | 7 599.84 a  | 77.61 a                    | 76.39 a    |
|                           | 4:6  | 2 105.41 bc  | 2 266.13 b  | 22.74 cd                   | 24.48 c    | 7 150.50 b  | 6 989.37 b  | 77.26 ab                   | 75.52 a    |
|                           | 5:5  | 1 943.22 de  | 2 018.01 c  | 24.18 bcd                  | 25.11 b    | 6 093.92 c  | 6 018.91 cd | 75.82 abc                  | 74.89 b    |
|                           | 0:0  | 1 700.34 f   | 1 550.78 f  | 30.79 a                    | 28.08 a    | 3 822.09 e  | 3 971.32 e  | 69.21 d                    | 71.92 c    |
| <i>F</i> 值 <i>F</i> value |  | 63.962*  | 39.418*     | 13.966                     | 14.974     | 1 588.190*  | 87.002*     | 13.966                     | 14.974     |
|                           |  | 222.488*   | 172.235*    | 64.835*                    | 18.802*    | 4 643.110*  | 3 085.392*  | 64.835*                    | 18.802*    |
|                           |  | 0.426  | 0.746       | 0.683                      | 0.766      | 29.074  | 20.291      | 0.683                      | 0.766      |

## 2.6 氮肥基追比对滴灌春小麦产量及其构成因素的影响

如表 5 所示, 两个小麦品种的产量及其构成趋势并不一致。从产量构成因子角度来看, ‘新春 6 号’ 在 3:7 处理下千粒质量、穗粒数、穗数分别为 47.41 g、39.68 粒 ·  $\text{cm}^{-2}$ 、 $526.05 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ ;

产量为 7 304.45  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 与其余处理差异显著 ( $P < 0.05$ ), 较其他处理高 1.44%~56.68%。‘新春 37 号’ 在 3:7 处理下千粒质量、穗粒数、穗数分别为 48.05 g、42.68  $\text{cm}^{-2}$ 、 $537.93 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 。产量为 7 546.17  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 与其余处理差异显著 ( $P < 0.05$ ), 较其他处理高 4.44%~

53.59%;‘新春37号’产量较‘新春6号’高3.20%。说明,适当的氮肥基追比可以提高滴灌春小麦产量,从而实现高产,但过高的基追比反而有可能减产。

根据多项式分析(如表6),‘新春6号’ $y = -368.24x^2 + 1777.6x + 5384.2$  ( $R^2 = 0.926$ ),

氮肥基追比为3:7处理时,获得的最高产量为7529.45 kg · hm<sup>-2</sup>,‘新春37号’ $y = -370.44x^2 + 1772.2x + 5511$  ( $R^2 = 0.913$ ),达到最高产量7630.57 kg · hm<sup>-2</sup>的最适氮肥基追比例为3:7处理。这一结果表明,将氮肥基追比例控制在3:7处理时可以提高小麦产量。

表5 滴灌春小麦产量及产量构成

Table 5 Spring wheat yield and yield components under drip irrigation

| 品种<br>Variety | 处理<br>Treatment | 千粒质量/g<br>1 000-grain mass | 穗粒数/cm <sup>-2</sup><br>Grain number | 穗数( $\times 10^4$ )/hm <sup>-2</sup><br>Spike number | 产量/(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>Actual output |
|---------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------------|--|--|
| 新春6号 XC 6     | 2:8             | 43.11 d                    | 33.18 d                              | 431.14 d   | 6 908.25 d                                   |
|               | 3:7             | 47.41 a                    | 39.68 a                              | 526.05 a   | 7 304.45 a                                   |
|               | 4:6             | 46.25 b                    | 38.00 b                              | 506.33 b   | 7 200.70 b                                   |
|               | 5:5             | 45.10 c                    | 34.53 c                              | 453.83 c   | 7 034.42 c                                   |
|               | 0:0             | 39.36 e                    | 28.71 e                              | 397.07 e   | 4 784.23 e                                   |
| 新春37号 XC 37   | 2:8             | 43.42 d                    | 38.15 d                              | 438.27 d   | 7 021.31 d                                   |
|               | 3:7             | 48.05 a                    | 42.68 a                              | 537.93 a   | 7 546.17 a                                   |
|               | 4:6             | 47.02 b                    | 39.41 b                              | 511.80 b   | 7 225.61 b                                   |
|               | 5:5             | 46.51 c                    | 38.38 c                              | 462.85 c   | 7 158.08 c                                   |
|               | 0:0             | 40.08 e                    | 29.08 e                              | 399.38 e   | 4 913.33 e                                   |
| F值 F value    | A               | 11.707                     | 123.840                              | 22.687*  | 17.241                                       |
|               | B               | 502.009**                  | 467.483**                            | 97.778*  | 1 596.926**                                  |
|               | A×B             | 0.487                      | 0.059                                | 0.259  | 1.153  |

表6 滴灌春小麦获得最高产量的氮肥基追比

Table 6 Ratio of base to topdressing of nitrogen fertilizer for highest yield of spring wheat under drip irrigation

| 品种<br>Variety | 氮肥(x)与产量(y)关系方程<br>Equation between nitrogenous fertilizer (x) and yield(y) | R <sup>2</sup> | x <sub>m</sub> | y <sub>max</sub> /(kg · hm <sup>-2</sup> ) |
|---------------|---|----------------|----------------|--|
| 新春6号 XC 6     | $y = -368.24x^2 + 1777.6x + 5384.2$   | 0.926          | 3:7            | 7 529.45                                   |
| 新春37号 XC 37   | $y = -370.44x^2 + 1772.2x + 5511$   | 0.913          | 3:7            | 7 630.57                                   |

注:x<sub>m</sub>为获得最高产量的最适氮肥基追比例,y<sub>max</sub>为最高产量。

Note:x<sub>m</sub> is the most suitable ratio of base to topdressing nitrogen for the highest yield, and y<sub>max</sub> is the highest yield.

### 3 讨论

#### 3.1 氮肥基追比对滴灌春小麦群体质量的影响

小麦群体质量是反映小麦群体本质特征的指标,选取合适的氮肥基肥与追肥比可以调控小麦群体结构指标,从而促进产量形成,最终增加产量<sup>[35]</sup>。氮肥基追比的合理施用能够有效保证群体的合理分蘖,提高单株分蘖数<sup>[36]</sup>。本研究表明,‘新春6号’和‘新春37号’茎蘖动态变化基本一致,随着氮肥基追比的增加,茎蘖数及其成穗率逐渐增加,两个品种均在3:7处理下得到最大茎蘖总数以及成穗率。因此,本研究选取3:7氮肥基追比,在一定程度上可以提高小麦群体茎蘖动态变化。

LAI是构建高产小麦群体的基础指标,也是反应小麦群体与个体间光合性能的重要指标<sup>[37]</sup>。适当追施氮肥可以提高小麦LAI,改善群体光合性能,增大作物群体光和面积,利于积累光合产物,来达到小麦高产。随着生育期的推移,小麦LAI呈现先升高后降低的趋势,孕穗期最优<sup>[38]</sup>。本研究与这变化趋势一致。张振等<sup>[39]</sup>研究认为,小麦的LAI在氮肥基追比为5:5处理下达到最大。而本研究得到‘新春6号’和‘新春37号’,LAI以3:7处理下最大,在孕穗期,分别为6.82、6.96。可能由于前期追氮过多,造成小麦植株LAI过大,叶片加速衰老而导致的。氮肥基肥与追肥的适当比有助于改善小麦的光合性能,但过度将氮肥后移反而会造成小麦LAI下降。因

此,可以通过调节氮肥基肥与追肥的比例来确定小麦最佳的LAI的群体结构。以促进小麦高产。粒叶比是描述库源比的指标,涉及源、库的相对变化,也是植株地上部分源库关系最直观的表现<sup>[40]</sup>。小麦高产不能只重视叶面积大小,还要重视提高粒叶比<sup>[41]</sup>。本研究结果表明,两品种春小麦的粒叶比均在3:7处理下最大。*‘新春6号’*在3:7处理下粒数叶比和粒重叶比分别为0.83 cm<sup>-2</sup>、36.14 mg·cm<sup>-2</sup>,*新春37号*在3:7处理下粒数叶比和粒重叶比分别为0.87 cm<sup>-2</sup>、37.93 mg·cm<sup>-2</sup>。虽然,在一定范围内,随着氮肥施用量的增加,可有效地提高作物源→库的转运率,促进籽粒积累更多的光合同化物,但过量施用会产生负反馈效应,造成小麦库容纳饱和。因此,合理的施用氮肥能将粒叶比控制在适宜范围内。

养分吸收是形成干物质的基础,形成产量的先决条件是干物质的积累,特别是在开花后干物质对产量产生重大影响之后<sup>[42]</sup>。众多研究指出,随着小麦生育期的发展,其干物质积累量比干物质转运量显著增加<sup>[43]</sup>。有研究认为,在氮肥一定范围内,追施的氮肥适当可以促进小麦干物质积累,同时便于光合产物的形成与积累<sup>[44]</sup>。该试验,*‘新春37号’*干物质积累快速生长期( $t_2 - t_1$ )较*‘新春6号’*长1 d,最大速率( $V_m$ )较*‘新春6号’*快8.86%。在3:7处理下,*‘新春6号’*和*‘新春37号’*花前茎鞘和叶片的贡献率最低,但花后干物质积累量最大,*‘新春6号’*茎鞘和叶的积累量分别为7 134.56 kg·hm<sup>-2</sup>和7 096.47 kg·hm<sup>-2</sup>;*新春37*茎鞘和叶的积累量分别为7 721.02 kg·hm<sup>-2</sup>和7 599.84 kg·hm<sup>-2</sup>。这与石祖梁等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。这可能是由于氮肥的增加,促进小麦调节体内氮肥转运及分配,从而增加了小麦开花后干物质的积累。

### 3.2 氮肥基追比对滴灌春小麦产量的影响

单位面积千粒质量、穗数、穗粒数是产量构成三要素,氮肥的施用对提高小麦产量具有显著影响<sup>[45]</sup>。研究认为,将氮肥后期追施,有利于增加小麦的穗数、穗粒数,最终增产<sup>[46]</sup>。以往的研究表明,追施氮肥可以显著提高产量<sup>[47]</sup>。本试验中,随着氮肥基追:追肥的增加,两个小麦品种的产量均呈现逐渐增加的趋势。*‘新春6号’*和*‘新春37号’*的产量在3:7处理下为7 304.45 kg·hm<sup>-2</sup>、7 446.17 kg·hm<sup>-2</sup>。根据多项式分析得到,当基肥追肥比例为3:7时,能够获得最

大产量。本试验结果与赵士诚等<sup>[48]</sup>研究结果一致,说明氮肥后移有利于提高小麦籽粒产量。但过高的追肥后移,即使可以增加单位面积上小麦的穗数,但也会显著降低千粒质量,最终导致产量降低<sup>[49]</sup>。

本研究表明,在氮肥基追比为3:7处理下,*‘新春6号’*和*‘新春37号’*茎蘖总数、成穗率、粒数叶比、粒重叶比均有最大值;两个品种的叶面积指数分别为6.82、6.96;对花后茎鞘和叶片的积累进行研究,*‘新春6号’*的分别为7 134.56 kg·hm<sup>-2</sup>、7 096.47 kg·hm<sup>-2</sup>;*‘新春37号’*的分别为7 721.02 kg·hm<sup>-2</sup>、7 599.84 kg·hm<sup>-2</sup>;两个小麦品种产量为7 304.45 kg·hm<sup>-2</sup>、7 446.17 kg·hm<sup>-2</sup>。所以,本试验条件下,滴灌春小麦适宜的氮肥基追配比为3:7处理。

### 参考文献 Reference:

- [1] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2020.  
National Bureau of Statistics . China Statistical Yearbook [M]. Beijing:China Statistics Press,2020.
- [2] 张志高,范留飞,马晓慧,等.2007—2015年新疆粮食增产格局及贡献因素研究[J].干旱区资源与环境,2018,32(9):71-75.  
ZHANG ZH G,FAN L F,MA X H,*et al*. Spatial-temporal patterns of Xinjiang's grain output increase and the contribution factors during 2007—2015[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*,2018,32(9):71-75.
- [3] ROXANA S,VICTOR O S,GUSTAVO A S. Benchmarking nitrogen utilisation efficiency in wheat for Mediterranean and non-Mediterranean European regions [J]. *Field Crops Research*,2019,241(10):1016.
- [4] FISCHER R A. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response[J]. *Field Crops Research*,1993,33(1):57-80.
- [5] 袁浩,王继唯,李赟虹,等.氮肥基追比对小麦产量、土壤水氮分布及利用的影响[J].水土保持学报,2020,34(5):299-307.  
YUAN H,WANG J W,LI B H,*et al*. Effects of the ratio of base-topdressing nitrogen on wheat yield, distribution and utilization of water and nitrogen in soil[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*,2020,34(5):299-307.
- [6] 尹建义,董全才,易杰忠,等.氮肥运筹对小麦产量及品质的效应研究[J].作物杂志,2006(3):64-66.  
YIN J Y,DONG Q C,YI J ZH,*et al*. Effects of nitrogen application on wheat yield and quality[J]. *Crops*,2006(3):64-66.
- [7] 凌启鸿.作物群体质量[M].上海:上海科学技术出版社,

- 2000.
- LING Q H. *Crop Population Quality* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2000.
- [8] 陆增根,戴廷波,姜东,等. 氮肥运筹对弱筋小麦群体指标与产量和品质形成的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(4): 590-597.
- LU Z G, DAI T B, JIANG D, et al. Effects of nitrogen strategies on population quality index and grain yield & quality in weak-gluten wheat[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2007, 33(4): 590-597.
- [9] 胡群,夏敏,张洪程,等. 氮肥运筹对钵苗机插优质食味水稻产量及氮素吸收利用的影响[J]. 作物学报, 2016, 42(11): 1666-1676.
- HU Q, XIA M, ZHANG H CH, et al. Effect of nitrogen application regime on yield, nitrogen absorption and utilization of mechanical pot-seedling transplanting rice with good taste quality[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2016, 42(11): 1666-1676.
- [10] MON J, BRONSON K F, HUNSAKE D J, et al. Interactive effects of nitrogen fertilization and irrigation on grain yield, canopy temperature, and nitrogen use efficiency in overhead sprinkler-irrigated durum wheat [J]. *Field Crops Research*, 2016, 191(4): 54-65.
- [11] 刘强,葛鑫,于松溪,等. 氮肥运筹对强筋小麦济南17群体结构和产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2003(5): 7-9, 12.
- LIU Q, GE X, YU S X, et al. Effects of nitrogen application on population structure and yield of strong gluten wheat Jinan 17[J]. *Tillage and Cultivation*, 2003(5): 7-9, 12.
- [12] 姜丽娜,张雅雯,朱娅林,等. 施氮量对不同品种小麦物质积累、转运及产量的影响[J]. 作物杂志, 2019(5): 151-158.
- JIANG L N, ZHANG Y W, ZHU Y L, et al. Effects of nitrogen application on dry matter accumulation, transport and yield in different wheat varieties[J]. *Crops*, 2019(5): 151-158.
- [13] 姜朋,杨学明,张鹏,等. 氮肥用量与基追比例对弱筋小麦“生选6号”产量和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1683-1688.
- JIANG P, YANG X M, ZHANG P, et al. Effect of nitrogen amount and ratio of base and topdressing on yield and quality of soft wheat Shengxuan 6[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 28(4): 1683-1688.
- [14] 朱统泉,袁永刚,曹建成,等. 不同施氮方式对强筋小麦群体及产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(1): 150-152.
- ZHU T Q, YUAN Y G, CAO J CH, et al. Effect of the different nitrogen application methods on population, yield and quality of strong gluten wheat[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(1): 150-152.
- [15] 陈祥,同延安,亢欢虎,等. 氮肥后移对冬小麦产量、氮肥利用率及氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(3): 450-455.
- CHEN X, TONG Y A, KANG H H, et al. Effect of postponing N application on the yield, apparent N recovery and N absorption of winter wheat[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(3): 450-455.
- [16] 黄严帅,张洪程,许舸,等. 氮肥运筹对弱筋小麦宁麦9号群体结构和产量的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 122-126.
- HUANG Y SH, ZHANG H CH, XU K, et al. Effects of nitrogen application strategies on population structure and grain yield of the weak-gluten wheat Ningmai 9[J]. *Chinese Agriculture Science Bulletin*, 2008, 24(9): 122-126.
- [17] 修明,谷世禄,田中伟,等. 稻秆还田下播种密度与氮肥运筹对小麦产量及氮素利用效率的影响[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(10): 1377-1385.
- XIU M, GU SH L, TIAN ZH W, et al. Effect of planting density and nitrogen application on wheat yield and nitrogen use efficiency under rice straw returning[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(10): 1377.
- [18] 石祖梁,王飞,顾克军,等. 氮肥运筹对稻茬小麦干物质和氮磷钾垂直分布的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(4): 226-231.
- SHI Z L, WANG F, GU K J, et al. Effects of nitrogen applications on vertical distribution of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium of winter wheat in rice-wheat rotation[J]. *Acta Agricultural Boreali-Sinica*, 2014, 29(4): 226-231.
- [19] 杨蕊,耿石英,王小燕. 江汉平原不同氮肥运筹模式下豆麦和稻/麦轮作系统小麦产量和经济效益差异[J]. 应用生态学报, 2020, 31(2): 441-448.
- YANG R, GENG SH Y, WANG X Y. Difference of wheat yield and economic benefit between soybean-wheat and rice-wheat cropping under different nitrogen fertilization patterns in Jianghan Plain, China. [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2020, 31(2): 441-448.
- [20] JOAN S, FANNY A, LUIS F, et al. Breeding effects on the cultivar X environment interaction of durum wheat yield[J]. *European Journal of Agronomy*, 2015, 68(2): 78-88.
- [21] 石祖梁,顾克军,杨四军. 氮肥运筹对稻茬小麦干物质、氮素转运及氮素平衡的影响[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(6): 1128-1133.
- SHI Z L, GU K J, YANG S J. Effect of nitrogen application on translocation of dry matter and nitrogen, and nitrogen balance in winter wheat under rice-wheat rotation[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2012, 32(6): 1128-1133.
- [22] 张娜,仵妮平,徐文修,等. 不同施氮水平对滴灌冬小麦干物质生产及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(33): 21-26.
- ZHANG N, CHU N P, XU W X, et al. Effects of nitrogen

- levels on dry matter and yield of winter wheat under drip irrigation [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(33): 21-26.
- [23] WEBER E A, GRAEFF S, KOLLER W D, et al. Impact of nitrogen amount and timing on the potential of acrylamide formation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *Field Crops Research*, 2007, 106(1): 44-52.
- [24] 王彦丽, 邱喜阳, 朱云集, 等. 施氮量和施氮时期对冬小麦幼穗小花发育及产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(7): 82-87.
- WANG Y L, QIU X Y, ZHU Y J, et al. Effect of rate and period of nitrogen application on the floret development and grain yield of winter wheat [J]. *Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica*, 2011, 20(7): 82-87.
- [25] 李亚静, 郭振清, 杨敏, 等. 施氮量对强筋小麦氮素积累和氮肥农学利用效率的影响 [J]. 麦类作物学报, 2020, 40(3): 343-350.
- LI Y J, GUO ZH Q, YANG M, et al. Effect of nitrogen on nitrogen accumulation and agronomic efficiency in strong gluten wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2020, 40(3): 343-350.
- [26] 马瑞琦, 陶志强, 王德梅, 等. 追氮量对强筋和中筋小麦产量与品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(10): 1799-1807.
- MA R Q, TAO ZH Q, WANG D M, et al. Effect of nitrogen topdressing rate on yield and quality of medium and strong gluten wheat cultivars [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2019, 25(10): 1799-1807.
- [27] 曹承富, 孔令聪, 汪建来, 等. 施氮量对强筋和中筋小麦产量和品质及养分吸收的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 46-50.
- CAO CH F, KONG L C, WANG J L, et al. Effects of nitrogen on yield, quality and nutrients absorption of middle and strong gluten wheat [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2005, 11(1): 462-470.
- [28] 杜世州, 曹承富, 张耀兰, 等. 氮肥基追比对淮北地区超高产小麦产量和品质的影响 [J]. 麦类作物学报, 2009, 29(6): 1027-1033.
- DU SH ZH, CAO CH F, ZHANG Y L, et al. Effect of basal/topdressing nitrogen ratio on yield and quality of super-high-yielding wheat in Huabei area [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2009, 29(6): 1027-1033.
- [29] 戴廷波, 孙传范. 不同施氮水平和基追比对小麦籽粒品质形成的调控 [J]. 作物学报, 2005, 31(2): 248-253.
- DAI T B, SUN CH F. Regulation of nitrogen rates and dressing ratios on grain quality in wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(2): 248-253.
- [30] 窦晓静, 张彦红, 耿庆龙, 等. 施氮量对春小麦生长及土壤养分积累的影响 [J]. 新疆农业科学, 2017, 54(7): 1191-1199.
- DOU X J, ZHANG Y H, GENG Q L, et al. Effects of nitrogen application amount on the growth and soil nutrient accumulation of spring wheat [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2017, 54(7): 1191-1199.
- [31] 郝静玉, 蒋桂英, 李彦旬. 减量施氮对滴灌春小麦群体结构和产量的影响 [J]. 新疆农业科学, 2018, 55(4): 609-617.
- QI J Y, JIANG G Y, LI Y X. Effects of nitrogen fertilizer reduction on population structure and yield of drip irrigation spring wheat [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2018, 55(4): 609-617.
- [32] 李剑峰, 樊哲儒, 张跃强, 等. 优质强筋春小麦新春 37 号的主要特点及优质高产栽培技术 [J]. 麦类作物学报, 2013, 33(2): 408.
- LI J F, FAN ZH R, ZHANG Y Q, et al. Main characteristics and high yield cultivation techniques of high quality and strong gluten spring wheat Xinchen 37 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2013, 33(2): 408.
- [33] 欧阳雪莹, 蒋桂英, 冉辉, 等. 水氮运筹对新疆滴灌春小麦群体质量和产量的影响 [J]. 麦类作物学报, 2020, 40(5): 585-593.
- OUYANG X Y, JIANG G Y, RAN H, et al. Effect of water and nitrogen application on population quality yield of spring wheat under drip irrigation in Xinjiang [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2020, 40(5): 585-593.
- [34] 李娜, 张保军, 张正茂, 等. 不同施氮量和播量对‘普冰 151’干物质积累特征及籽粒灌浆特性的影响 [J]. 西北农业学报, 2017, 26(5): 693-701.
- LI N, ZHANG B J, ZHANG ZH M, et al. Effects of different N application rate and seeding rate on dry matter accumulation and grain filling characteristics of ‘Pubing 151’ [J]. *Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica*, 2017, 26(5): 693-701.
- [35] 郭明丽, 赵广才, 郭文善, 等. 施氮量与行距互作对小麦群体质量的调控效应 [J]. 麦类作物学报, 2016, 36(7): 906-912.
- GUO M M, ZHAO G C, GUO W SH, et al. Effect of nitrogen amount and row space on population quality of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(7): 906-912.
- [36] 谭德水, 江丽华, 房灵涛, 等. 控释氮肥一次施用对小麦群体调控及养分利用的影响 [J]. 麦类作物学报, 2016, 36(11): 1523-1531.
- TAN D SH, JIANG L H, FANG L T, et al. Effect of controlled-release nitrogen fertilizer on group regulation and nutrient utilization of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(11): 1523-1531.
- [37] 张向前, 杜世州, 曹承富, 等. 种植密度对小麦群体质量、叶绿素荧光参数和产量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5): 93-99.
- ZHANG X Q, DU SH ZH, CAO CH F, et al. Effect of planting density on population quality, chlorophyll fluorescence parameters and yield of wheat [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2014, 32(5): 93-99.
- [38] 钱兆国, 吴科, 王瑞霞, 等. 节水条件下不同播期密度设

- 对不同品种冬小麦群体生长特性和产量的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(27):124-129.
- QIAN ZH G,WU K,WANG R X,*et al.* Effect of different sowing time and seedling density design on growth characteristics and yield formation of different winter wheat varieties under water-saving condition[J]. *Chinese Agriculture Science Bulletin*,2012,28(27):124-129.
- [39] 张振,于振文,张永丽,等.氮肥基追比例对测墒补灌小麦冠层不同层次光能利用及干物质转运的影响[J].植物营养与肥料学报,2019,25(1):97-105.
- ZHANG ZH,YU ZH W,ZHANG Y L,*et al.* Effects of basal/topdressing nitrogen ratio on light interception and dry matter transport at different layers of wheat canopy under supplemental irrigation based on soil moisture[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer Science*,2019,25(1):97-105.
- [40] 凌启鸿,苏祖芳,张海泉,等.水稻成穗率与群体质量的关系及其影响因素的研究[J].作物学报,2015,43(4):463-469.
- LING Q H,SU Z F,ZHANG H Q,*et al.* Relationship between earbearing tiller percentage and population quality and its influential factors in rice[J]. *Acta Agronomica Sinica*,2015,43(4):463-469.
- [41] 于经川,刘兆晔,高华强,等.小麦粒数叶比、粒重叶比与产量的关系[J].麦类作物学报,2005,25(1):61-64.
- YU J CH,LIU ZH H,GAO H Q,*et al.* Relationship between the ratios of GNPS/FLA and SGW/FLA with yeild in wheat[J]. *Journal of Triticeae Crops*,2005,25(1):61-64.
- [42] 王茂莹,贺明荣,李玉,等.施氮量对不同小麦品种产量及氮素吸收利用的影响[J].水土保持学报,2020,34(4):241-248.
- WANG M Y,HE M R,LI Y,*et al.* Effects of nitrogen application rate on yield and nitrogen uptake and utilization of different wheat varieties[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*,2020,34(4):241-248.
- [43] GAJU O,DE SILVA J,CARVALHO P,*et al.* Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat[J]. *Field Crops Research*,2016,193(6):1-15.
- [44] WANG Y Q,XI W X,WANG Z M,*et al.* Contribution of ear photosynthesis to grain yield under rained and irrigation conditions for winter wheat cultivars released in the past 30 years in North China Plain[J]. *Journal of Integrative Agriculture*,2016,15(6):2247-2256.
- [45] BUCHI L,CHARLES R,SCHNEIDER D,*et al.* Performance of eleven winter wheat varieties in a long term experiment on mineral nitrogen and organic fertilization[J]. *Field Crops Research*,2016,191(1):111-122.
- [46] 张素瑜,黄洁,杨明达,等.氮肥基追比和调亏灌溉对小麦水分利用效率和产量的影响[J].作物杂志,2019(4):94-99.
- ZHANG S Y,HUANG J,YANG M D,*et al.* Effects of base-topdressing ratio of nitrogen fertilizer and regulated deficit irrigation on water use efficiency and yield of wheat[J]. *Crops*,2019(4):94-99.
- [47] 吕冰,范中卿,常旭红,等.施氮量对2个粒色小麦产量及加工品质的影响[J].核农学报,2017,31(6):1192-1199.
- LÜ B,FAN ZH Q,CHANG X H,*et al.* Effects of nitrogen application amount on grain yield and processing quality with two different grain colors in wheat[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*,2017,31(6):1192-1199.
- [48] 赵士诚,魏美艳,仇少君,等.氮肥管理对秸秆还田下土壤氮素供应和冬小麦生长的影响[J].中国土壤与肥料,2017(2):20-25.
- ZHAO SH CH,WEI M Y,QIU SH J,*et al.* Effects of nitrogen managements on soil nitrogen supply and winter wheat growth under straw[J]. *Soils and Fertilizers Sciences in China*,2017(2):20-25.
- [49] 武际,郭熙盛,杨晓虎,等.氮肥施用时期及基追比例对土壤矿质氮含量时空变化及小麦产量和品质的影响[J].应用生态学报,2008,19(11):2382-2387.
- WU J,GUO X SH,YANG X H,*et al.* Effects of application time and basal/topdressing ratio of nitrogen fertilizer on the spatiotemporal variation of soil  $\text{NO}_3^-$ -N and  $\text{NH}_4^+$ -N contents and the grain yield and its quality of wheat[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2008,19(11):2382-2387.

## Effect of Base-topdressing Ratio of Nitrogen Fertilizer on Population Quality and Yield of Spring Wheat under Drip Irrigation

HUANG Yihua, JIANG Guiying, WANG Haiqi, LIU Yuting and CHE Ziqiang

(College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832000, China)

**Abstract** Spring wheat varieties ‘XC 6’ and ‘XC 37’ were selected and the split plot experiment design was used in this paper. Five nitrogen fertilizer base-topdressing ratios (0 : 0, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5) were set up to compare and analyze the differences of tiller number, tiller spike rate, leaf area index, grain-leaf ratio, dry matter accumulation and transportation characteristics, yield and yield components between the two wheat varieties. The results showed that the numbers of tillers, panicle forming rate of tillers, leaf area index and grain leaf ratio of ‘XC 6’ and ‘XC 37’ were the best under the treatment of 3 : 7, and it showed the trend of 3 : 7 > 4 : 6 > 5 : 5 > 2 : 8 > 0 : 0; the dry matter transport capacity of stem sheath and leaf before anthesis, and dry matter accumulation after anthesis of the two varieties were significantly higher than those of the treatment of 0 : 0. However, the contribution rate to grain was opposite. The yields of ‘XC 6’ and ‘XC 37’ were 7 304.45 kg · hm<sup>-2</sup> and 7 546.17 kg · hm<sup>-2</sup> respectively under the treatment of 3 : 7. The optimum ratio of base to topdressing was 3 : 7.

**Key words** Spring wheat; Nitrogen fertilizer; Base-topdressing rate; Population quality; Yield

**Received** 2020-11-13

**Returned** 2021-03-24

**Foundation item** National Natural Science Foundation of China(No. 31760346).

**First author** HUANG Yihua, female, master student. Research area: crop physiology and ecology.  
E-mail: 1165014194@qq.com

**Corresponding author** JIANG Guiying, female, professor. Research area: crop physiology and ecology. E-mail: jgy67@126.com

(责任编辑:史亚歌 Responsible editor: SHI Yage)