

播种量对小麦品种宛 1390 产量和干物质积累的影响

张彬 王震 石利朝 简俊涛 李金秀 李金榜

(南阳市农业科学院 / 南阳市科学院, 河南南阳 473000)

摘要:为了给小麦品种宛 1390 的推广应用提供技术支撑,通过田间试验的方法,研究了不同播种量条件下,宛 1390 的产量与产量构成要素,以及干物质的生产、转运。结果表明,播种量对宛 1390 的产量及其构成要素有显著影响;花后光合同化物生产是宛 1390 籽粒干物质的重要来源;宛 1390 花后光合同化物生产对籽粒干物质的积累量和贡献率均随播种量的增加呈先增加后减小的趋势。在播种量为 150kg/hm² 时,宛 1390 的有效穗数、穗粒数和千粒重分别为 585.0 万穗/hm²、35.5 粒、47.4g,产量三要素最协调,干物质积累量大,产量高。

关键词:小麦;宛 1390;播种量;干物质积累

Effect of Seeding Rate on Yield and Dry Matter Accumulation of Wan 1390

ZHANG Bin, WANG Zhen, SHI Lichao, JIAN Juntao, LI Jinxiu, LI Jinbang

(Nanyang Academy of Agricultural Sciences/Nanyang Academy of Sciences, Nanyang 473000, Henan)

我国是小麦生产大国和消费大国,小麦在国民经济发展中占有十分重要的地位,其产量是保证我国粮食安全和社会稳定的重要基础^[1]。随着不断增长的人口对粮食的需求,小麦消费水平和消费量有增无减,提高小麦单产,确保总产稳定,是保证我国粮食安全的重要目标^[2]。在小麦生产过程中,播种量是影响小麦群体性状和产量的重要因素。播种量不同,种植密度不同,适宜的种植密度不仅可以充分利用光热资源,培育壮苗,还可以协调小麦生长发育与自然环境之间的矛盾,有利于解决小麦个体与群体间的矛盾^[3]。构建合理的小麦群体结构,能够协调产量三要素(有效穗数、穗粒数、千粒重)的发展,有助于光合同化物的生产和转运^[4]。但是,随着全球气候变暖,我国各小麦生态区的环境条件均发生了变化,极端天气状况增多,加之耕作制度的改变,影响小麦的种植和生长发育,如果依旧按照传统的

播种量种植小麦,就有可能导致小麦种植质量下降,不利于形成高产。此外,干物质作为植物通过光合作用形成同化物的最终形式,是作物产量的基础^[5]。研究发现,小麦较高的籽粒产量依赖于较高的干物质质量,取决于光合同化物的生产、转运与积累^[6],播种量对小麦群体的构建和干物质的积累及转运有显著影响^[5]。宛 1390 是由南阳市农业科学院(南阳市科学院)选育的小麦新品种,具有环境适应性广、综合抗逆性强、产量潜力突出的特点。通过研究宛 1390 在不同播种量条件下的产量与产量构成要素,以及干物质生产、转运规律,明确其合理群体结构下的适宜播种量,完善该品种的高产栽培技术,为其推广应用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验于 2022–2023 年在南阳市农业科学院试验基地进行。供试小麦品种为宛 1390,由南阳市农业科学院小麦研究室提供。

1.2 试验方法 播种前每 hm² 施复合肥 (N–P–K : 15–15–15) 750kg、尿素 150kg。小麦播种

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系 (CARS-03);河南省农业良种联合攻关项目(2022010101)

通信作者:李金榜

日期为2022年10月19日,小麦条播,每 hm^2 播种量分别为37.5kg、75kg、150kg、225kg、300kg五个处理,试验小区随机排列,3次重复;小区长9m,宽1.6m,行距20cm。分别在小麦开花期和成熟期选取行长1m小麦,取地上部分,于 105°C 杀青30min, 75°C 烘干至恒重,测定干物质质量;在成熟期进行室内考种,调查有效穗数、穗粒数和千粒重。小麦成熟后每小区全部收获,根据考种数据,计算因取样造成的产量损失,合并计算小区最终产量,并折算为每 hm^2 产量。

花前营养器官贮藏同化物转运量 = 开花期干重 - 成熟期干重

花前营养器官贮藏同化物转运率(%) = 花前营养器官贮藏同化物转运量 / 开花期干重 $\times 100$

花后同化物生产量 = 成熟期籽粒干重 - 花前营养器官贮藏同化物转运量

籽粒产量的贡献率(%) = 花前营养器官贮藏同化物转运量(或花后同化物输入籽粒的量) / 成熟期籽粒干重 $\times 100$

1.3 数据处理与分析 采用Excel 2016和SPSS 19.0对数据进行整理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同播种量条件下宛1390产量及其构成要素的变化 由表1可知,播种量对宛1390的产量及其构成要素有显著影响。低播种量时,随着播种量的增加,增产效应明显;高播量时,随着播种量的增加,增产效应减小,甚至造成减产。随着播种量的增加,产量呈先升高后降低的趋势,变化趋势为 $225\text{kg}/\text{hm}^2 > 150\text{kg}/\text{hm}^2 > 300\text{kg}/\text{hm}^2 > 75\text{kg}/\text{hm}^2 > 37.5\text{kg}/\text{hm}^2$,但是,150 kg/hm^2 与225 kg/hm^2 播种量,产量间差异不显著。通过分析产量构成要素发现,随着播种量的增加,有效穗数增加,穗粒数和千粒重均降低,说明因播种量不同,各产量要素之间的优势也在发生变化。有效穗数的变化范围为394.5万~724.5万穗/ hm^2 ,播种量为300 kg/hm^2 时,有效穗数最高,较最低播种量增加83.65%;但是,播种量增加到一定程度后,有效穗数的差异不显著。穗粒数的变化范围为31.6~39.7粒,播种量为37.5 kg/hm^2 时,穗粒数最多,较最小穗粒数多25.63%;但是,播种量37.5 kg/hm^2 与75 kg/hm^2 穗粒数间差异不显著,播种量225 kg/hm^2 与300 kg/hm^2 穗粒数间同样无显著性差异,播种量

为150 kg/hm^2 时,穗粒数与其他处理间差异显著。千粒重变化范围为44.1~51.2g,变化幅度7.1g,播种量300 kg/hm^2 与其他处理间差异显著;150 kg/hm^2 、225 kg/hm^2 与37.5 kg/hm^2 差异显著;其他处理相互间无显著性差异。

表1 播种量对宛1390产量及其构成要素的影响

播种量 (kg/hm^2)	有效穗数 (万穗/ hm^2)	穗粒数	千粒重 (g)	产量 (kg/hm^2)
37.5	394.5a	39.7c	51.2c	5646.0a
75	510.5b	38.4c	49.6bc	7340.5b
150	585.0c	35.5b	47.4b	9258.0cd
225	660.0cd	32.9a	46.5b	9379.5d
300	724.5d	31.6a	44.1a	8902.5c

同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著性,下同

2.2 播种量对宛1390干物质积累的影响 由表2可知,播种量对宛1390干物质的积累有明显的影。花前茎秆干重和成熟期茎秆干重均随着播种量的增加而增加,在播种量为300 kg/hm^2 时达到最大值,分别为12565.5 kg/hm^2 和10387.5 kg/hm^2 ;其中,花前茎秆干重与其他播种量下的花前茎秆干重差异显著,这可能是因为增加播种量,可以提高种植密度,总茎数增加,茎秆干重随之增加。籽粒干重随播种量的增加呈先增加后减少的趋势,这可能是因为随着播种量的增加,有效穗数逐渐增多,但穗粒数和千粒重减小,当增加的有效穗数不足以补偿穗粒数和千粒重减少对产量的影响时,籽粒干重降低。在225 kg/hm^2 时籽粒干重达到最大值,为7764.0 kg/hm^2 ,但是,其与150 kg/hm^2 和300 kg/hm^2 播种量条件下的籽粒干重差异不显著。

表2 播种量对宛1390干物质积累的影响 (kg/hm^2)

播种量	花前茎秆干重	成熟期茎秆干重	籽粒干重
37.5	8526.0a	6919.5a	4647.0a
75	10690.5b	8886.0b	6058.5b
150	11217.0bc	9873.0bc	7698.0c
225	11956.5c	10254.0c	7764.0c
300	12565.5d	10387.5c	7524.0c

2.3 播种量对宛1390光合同化物分配的影响 由表3可知,花后干物质的生产量大于花前营养器官干物质贮藏再转运量,花前营养器官贮藏同化物再转运对籽粒的贡献率为17.46%~34.57%,花后同化

物生产对籽粒的贡献率为 65.43%~82.54%，花后同化物生产对籽粒的贡献率显著大于花前营养器官贮藏同化物再转运对籽粒的贡献率，说明花后同化物生产是籽粒干物质的重要来源。在播种量为 300kg/hm² 时，花前营养器官贮藏同化物再转运量达到最大，为 2178.0kg/hm²，与其他处理差异显著；在播种量为 150kg/hm² 时，转运量最小，为 1344.0kg/hm²，与其他处理差异显著。花前营养器官贮藏同化物再转运的转运率和对籽粒的贡献率均随播种量的增加呈先减少后增加的趋势，在播种量为 150kg/hm² 时，转运率和贡献率最小，分别是 11.98% 和 17.46%。花后同化物生产量和贡献率均随播种量的增加呈先增加后减少的趋势。在播种量为 150kg/hm² 时，花后同化物生产量和贡献率最大，分别为 6354.0kg/hm² 和 82.54%，其生产量与播种量为 225kg/hm² 时的花后同化物生产量无显著性差异，但与其他处理差异显著。

表 3 播种量对宛 1390 光合同化物分配的影响

播种量 (kg/hm ²)	花前营养器官贮藏同化物再转运			花后同化物生产	
	转运量 (kg/hm ²)	转运率 (%)	贡献率 (%)	生产量 (kg/hm ²)	贡献率 (%)
37.5	1606.5b	18.84	34.57	3040.5a	65.43
75	1804.5b	16.88	29.78	4254.0b	70.22
150	1344.0a	11.98	17.46	6354.0d	82.54
225	1702.5b	14.24	21.93	6061.5d	78.07
300	2178.0c	17.33	28.95	5346.0c	71.05

3 讨论

在小麦的高产栽培技术措施中，要实现高产目标，关键是构建合理的群体结构，有效利用养分、空间和光能等环境资源^[7]。播种量作为小麦栽培措施中的主要内容，对小麦群体发育及产量形成具有重要作用^[3]。本研究中，播种量对宛 1393 的产量及其构成要素有显著影响。低播种量时(37.5~75kg/hm²)，高的穗粒数和千粒重可以补偿有效穗数少对产量形成造成的不利影响；高播种量时(225~300kg/hm²)，有效穗数显著增加，但是会造成穗粒数和千粒重减小，导致产量降低。这与前人关于小麦播种量对产量影响的研究结果一致，低播种量时，随着播种量的增加，提高种植密度，有效穗数可以明显增加，小麦产量随之提高^[8]；但是在高播种量条件下，会因小麦群体偏大，田间郁闭，通风透

光差，田间小气候恶化，茎秆瘦弱易倒伏，有效光合叶面积减小，个体与群体矛盾突出，无效分蘖多，成穗率降低，穗粒数和千粒重减小，相对于低播种量增加的有效穗数，不足以补偿穗粒数和千粒重减少对产量形成造成的不利影响，致使产量降低^[9-11]。

干物质是作物光合作用同化产物的最终形态，小麦高产的物质基础就是依靠干物质的积累^[11]。在一定范围内，小麦籽粒中干物质积累量随播种量的增加而提高，但播种量过大时籽粒中干物质的积累量会有所下降^[12]，本研究也得到相似的结果。本研究中，宛 1390 的播种量在 37.5~225kg/hm² 时，籽粒干重逐渐增加，为 4647.0~7764.0kg/hm²；播种量为 300kg/hm² 时，籽粒干重有所降低，为 7524.0kg/hm²。这可能是因为高播种量时，群体过大，遮蔽性强，叶面积指数降低，干物质生产能力减弱，干物质的转运和分配不协调，导致干物质积累量减少。如本研究中，播种量为 300kg/hm² 时，花后同化物生产量显著降低，仅为 5346.0kg/hm²。此外，本研究表明，花后同化物生产对籽粒产量的贡献率显著大于花前营养器官贮藏同化物再转运对籽粒产量的贡献率。这与郭文善等^[13]和卢殿君等^[14]的研究结果相同，籽粒干重受花后干物质积累的制约，花后光合同化物生产对籽粒产量的贡献率要显著大于花前营养器官贮藏同化物再转运对籽粒产量的贡献率，播种量是调节同化物生产、转运和分配的重要栽培措施。

总之，小麦生产要达到高效高产的目标，必须重视有效穗数、穗粒数和千粒重的协调发展^[15]；其产量优势的形成是产量构成要素间优势相互补偿与积累的结果^[16]。播种量是小麦构建好的群体结构的基础，是影响小麦群体数量、质量和产量的主要因素，其在促进群体健康发展的同时，也能够协调和缓解群体与个体间矛盾，可以有效地调节光合同化物的生产和分配，有利于有效穗数、穗粒数和千粒重的协调发展^[17-18]。在本研究中，宛 1390 的最佳播种量为 150kg/hm²，此时，产量三要素最协调，干物质积累量大，产量高。

参考文献

- [1] 王绍忠, 郑天存, 郭天才. 河南小麦育种栽培研究进展. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007

- [10] 宋同明. 雄花不育, 单交种再杂交, 花粉直感与高产优质高油玉米生产 // 王连铮, 戴景瑞. 全国作物育种学术讨论会论文集. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [11] Mead R, Willey R W. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, 1980, 16 (3): 217-228
- [12] 刘成, 申海兵, 石云素, 宋燕春, 王天宇, 黎裕. 水分胁迫后玉米雌雄穗开花间隔时间(ASI)与产量和抗旱性的关系研究. *新疆农业科学*, 2008, 45 (4): 609-612
- [13] 王登琪, 郭文孝, 卫金燕, 赵新礼. 夏玉米生育期间农业气候条件对玉米的影响. *陕西农业科学*, 2011, 57 (5): 121-122
- [14] 贾钰莹, 刘欣芳, 刘晓丽, 齐欣, 马骏, 张敏, 王延波, 叶雨盛. 辽宁省玉米品种耐旱性评价及耐旱指标鉴定. *种子*, 2020, 39 (8): 131-136
- [15] 孙新素, 龙致炜, 宋广鹏, 陈长青. 气候变化对黄淮海地区夏玉米-冬小麦种植模式和产量的影响. *中国农业科学*, 2017, 50 (13): 2476-2487
- [16] Zhang L, Zhang Z, Luo Y, Cao J, Li Z. Optimizing genotype-environment management interactions for maize farmers to adapt to climate change in different agro-ecological zones across China. *Science of the Total Environment*, 2020, 728: 138614
- [17] Rising J, Devineni N. Crop switching reduces agricultural losses from climate change in the United States by half under RCP 8.5. *Nature Communications*, 2020, 11 (1): 4991-4991
- [18] 刘志铭, 盖旭东, 李宝玉, 兰天娇, 孙宝龙, 吕艳杰. 化控对高密度春玉米抗倒伏能力及产量的影响. *东北农业科学*, 2019, 44 (6): 1-5
- [19] 李潮海, 苏新宏, 孙敦立. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应. *生态学报*, 2002, 22 (12): 2096-2103
- [20] 刘天学, 赵亚丽, 王群, 栾建峰, 李潮海. 双基因型间混作提高玉米群体抗逆性 // 中国作物学会. 第十三届全国玉米栽培学术研讨会论文集. 北京: 中国作物学会, 2013
- [21] 赵亚丽, 康杰, 刘天学, 李潮海. 不同基因型玉米间混作优势带型配置. *生态学报*, 2013, 33 (12): 3855-3864
- [22] 李琴理, 石洁, 何康来, 王振营. 化学防控玉米蛀穗害虫对减轻拟轮枝镰孢穗腐病及伏马毒素的作用. *中国农业科学*, 2021, 54 (17): 3702-3711
- [23] 苏新宏. 不同基因型玉米间作效应研究. 郑州: 河南农业大学, 2001
- [24] 倪大鹏, 刘强, 阴卫军, 韩金龙, 朱彦威, 王同燕, 阴才. 施钾时期和施钾量对玉米产量形成的影响. *山东农业科学*, 2007 (4): 82-83
- [25] 史振声, 朱敏, 李凤海, 王志彬. 玉米不同品种间作的增产效果研究. *玉米科学*, 2008, 16 (2): 107-109
- [26] 刘天学, 李潮海, 马新明, 赵霞, 刘士英. 不同基因型玉米间作对叶片衰老、籽粒产量和品质的影响. *植物生态学报*, 2008, 32 (4): 914-921

(收稿日期: 2023-07-21)

(上接第60页)

- [2] 李辉尚, 胡晨沛, 曲春红. 中国小麦主产区生产效率时空演变特征分析. *中国农业资源与区划*, 2018, 39 (10): 91-99
- [3] 汪娟梅, 张睿, 田永平, 武明安, 王涛, 王小云, 王楠. 播期播量对小麦中麦895产量和品质的影响. *麦类作物学报*, 2020, 40 (11): 1375-1381
- [4] 李素真, 周爱莲, 王霖, 王秋云, 孙雷鸣, 赵凯. 不同播期播量对不同类型超级小麦产量构成因子的影响. *山东农业科学*, 2005 (5): 12-15
- [5] 吕广德, 殷复伟, 孙盈盈, 钱兆国, 徐加利, 李宁, 薛丽娜, 吴科. 不同播种量对临麦4号产量和干物质积累及分配的影响. *作物杂志*, 2020 (3): 142-148
- [6] 荆奇, 戴廷波, 姜东, 曹卫星, 孙传范. 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. *南京农业大学学报*, 2004, 27 (1): 1-5
- [7] 李朝霞, 赵世杰, 孟庆伟, 邹琦. 高粒叶比小麦群体生理基础研究进展. *麦类作物学报*, 2002, 22 (4): 79-83
- [8] 刘萍, 魏建军, 张东升, 王宝驹, 刘军, 刘建国. 播期和播量对滴灌冬小麦群体性状及产量的影响. *麦类作物学报*, 2013, 33 (6): 1202-1207
- [9] 李春喜, 石惠恩, 姜丽娜. 小麦不同种植密度粒重分布特性的研究. *西北植物学报*, 1999, 19 (1): 132-137
- [10] 杨卫君, 贾永红, 石书兵, 王春华. 播期和密度对春小麦品种新春26号生长及产量的影响. *麦类作物学报*, 2016, 36 (7): 913-918
- [11] 王成雨, 代兴龙, 石玉华, 王振林, 陈晓光, 贺明荣. 氮肥水平和种植密度对冬小麦茎秆抗倒性能的影响. *作物学报*, 2012, 38 (1): 121-128
- [12] 高聚林, 刘克礼, 张永平, 张铁山, 刘瑞香, 白立华, 刘凯. 不同农艺措施对春小麦群体干物质积累的影响. *麦类作物学报*, 2003, 23 (3): 79-84
- [13] 郭文善, 封超年. 小麦开花后源库关系分析. *作物学报*, 1995, 21 (3): 334-340
- [14] 卢殿君, 陈新平, 张福锁, 崔振岭, 贺明荣, 王振林. 花后营养调控对冬小麦灌浆期物质生产、氮素吸收及再运移的影响. *中国农学通报*, 2013, 29 (9): 57-60
- [15] 杨亚洲, 赵延勃, 张保亮. 不同播量对周麦32号小麦产量及产量构成因素的影响. *现代农业科技*, 2018 (23): 29, 35
- [16] 张胜全, 陈兆波, 王拯, 任立平, 高新欢, 叶志杰, 张风廷. 二系杂交小麦群体结构与产量构成分析. *作物杂志*, 2017 (6): 45-49
- [17] 田中伟, 王方瑞, 戴廷波, 蔡剑, 姜东, 曹卫星. 小麦品种改良过程中物质积累转运特性与产量的关系. *中国农业科学*, 2012, 45 (4): 801-808
- [18] 马建辉, 张利霞, 姜丽娜, 王亚帆, 齐冰玉, 李春喜. 氮肥和密度对冬小麦光合生理和物质积累的影响. *麦类作物学报*, 2015, 35 (5): 674-680

(收稿日期: 2023-07-25)