



株、行距配置对南疆冬小麦干物质积累、转运及产量的影响

梁雪齐,张 锋,陈 猛,李 玲,吴全忠,陈国栋,翟云龙

(塔里木大学 农学院,新疆阿拉尔 843300)

摘 要 为探究南疆不同穗型冬小麦品种对株、行距配置的响应,以两种穗型品种为材料,设定行距、株距配置为 15 cm×1.7 cm、12.5 cm×2 cm、10 cm×2.5 cm、7.5 cm×3.3 cm、5 cm×5 cm 等 5 个处理,研究不同株、行距配置条件下冬小麦干物质积累、转运、产量及其构成因素的差异。结果表明,在相同密度下,小麦干物质积累量随行距缩小逐渐增加;冬小麦籽粒产量的形成以花后同化物转运为主,适当缩小行距能显著提高冬小麦花前干物质转运和花后干物质生产,有利于提高小麦产量;南疆 400 万株·hm⁻² 种植密度条件下,大穗型品种以 5 cm×5 cm 为最佳株、行距配置模式;多穗型品种分蘖能力较强,随着行距减少,分蘖增加,群体过大易发生倒伏现象。

关键词 株、行距配置;冬小麦;干物质积累与转运;产量

中图分类号 S512.1; S311

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2022)03-0279-08

小麦作为新疆第二大作物,其生产对保证边疆粮食安全至关重要。小麦产量由穗数、穗粒数以及千粒质量三因素共同制约,干物质积累是衡量作物产量的一项重要指标,在一定范围内产量与花后干物质转运量呈极显著正相关,小麦籽粒的饱满程度 1/3 来源于花前营养器官转移,2/3 来源于花后的同化产物^[1-3],大穗型品种地上部分干物质质量、花后不同营养器官干物质质量向籽粒的转运量极显著高于多穗型、中穗型品种^[4-5]。

外界环境和栽培管理措施对小麦干物质积累、转运及产量均有较大的影响^[6],通过改变农艺措施来调节源库平衡以确定合理群体结构。前人研究大多集中在耕作方式、播期、密度以及土壤肥力等方面^[7-8],对超窄行密植种植冬小麦研究较少。有研究表明,调整行距配置可改善植株空间分布,缓和群体压力,使个体协调发展,窄行距种植条件下不仅使花后干物质积累量增加,还增加单位面积成穗数,达到高产效果^[9-10]。Chen 等^[11]研究发现行距从 30 cm 降至 7.5 cm 分蘖数逐渐增加,超窄行距显著高于宽行距,在此基础上继续缩小行距至匀播状态,对群体内单株性状变异程度影响的研究未见报道。本试验以此为切入点,

选用两种不同穗型冬小麦品种为材料,确定同一密度,在常规播种模式基础上,通过不断缩小行距、扩大株距的方式,研究株、行距配置对冬小麦干物质积累、转运、产量及其构成因素的影响,以期南疆冬小麦提供适宜的株、行距配置模式及不同栽培模式下的品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2019—2020 年在新疆阿拉尔市塔里木大学农学试验站(40°32′20″N,81°17′57″E)进行,试验区位于塔里木盆地北缘,≥10℃年有效积温为 4 113℃,年均气温 10.8℃,年平均降水量 50 mm 左右,海拔 1 015 m,无霜期 220 d,属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候区。试验地前茬作物为大豆,土壤质地为壤土,土壤有机质含量为 7.81 g·kg⁻¹、速效磷 18.3 mg·kg⁻¹、速效钾 112 mg·kg⁻¹、碱解氮 33.5 mg·kg⁻¹、pH 7.9。

1.2 试验材料

供试冬小麦为多穗型品种‘新冬 22 号’(A₁)和大穗型品种‘新冬 50 号’(A₂)。

收稿日期:2020-10-22 修回日期:2021-01-07

基金项目:新疆生产建设兵团南疆重点产业支撑计划项目(2017DB010);科研创新项目(TDGR1202016)。

第一作者:梁雪齐,女,硕士研究生,研究方向为作物高产理论与技术。E-mail:1587493642@qq.com

通信作者:翟云龙,男,博士,教授,研究方向为作物高产理论与技术。E-mail:zylzky@163.com

吴全忠,男,博士,副教授,研究方向为作物高产理论与技术。E-mail:qzhwu@126.com

1.3 试验设计

采用裂区设计,品种为主区(A):多穗型品种‘新冬 22 号’(A₁)、大穗型品种‘新冬 50 号’(A₂)。株、行距配置为副区(B):设行距、株距配置为 15 cm×1.7 cm(B₁)、12.5 cm×2 cm(B₂)、10 cm×2.5 cm(B₃)、7.5 cm×3.3 cm(B₄)、

5 cm×5 cm(B₅) 5 个处理,种植密度 400 万株·hm⁻²,小区长 4 m,宽 1.9 m,重复 3 次(图 1)。2019-10-03 播种,2020-06-15 收获。出苗后以间苗的方式确定各处理的基本苗数,后期管理措施同一般高产田。

B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	A ₁
走道 Aisle					
B ₅	B ₃	B ₄	B ₂	B ₁	
走道 Aisle					
B ₂	B ₅	B ₁	B ₃	B ₄	
田埂 Ridge					A ₂
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	
走道 Aisle					
B ₅	B ₃	B ₄	B ₂	B ₁	
走道 Aisle					
B ₂	B ₅	B ₁	B ₃	B ₄	

图 1 裂区试验设计

Fig. 1 Split-plot experiment design

1.4 测定项目与方法

1.4.1 干物质测定 于越冬前、返青期、拔节期、开花期和成熟期取样测定干物质,将各器官分开(茎、叶、鞘、穗,成熟期将穗分为籽粒和穗轴+颖壳)装入信封置于烘箱中,105 ℃下杀青 0.5 h,80 ℃下烘干至恒质量,使用天平称其干物质质量。计算公式如下:

花前营养器官干物质向籽粒转运量=开花期营养器官干物质积累量-成熟期营养器官干物质积累量

花前营养器官干物质转运率=花前营养器官干物质向籽粒转运量/花前营养器官干物质积累量×100%

花前营养器官干物质转运量对籽粒产量贡献率=花前营养器官干物质向籽粒转运量/籽粒产量×100%

花后干物质生产量=籽粒产量-花前营养器官干物质向籽粒转运量

花后干物质生产对籽粒产量贡献率=花后干物质生产量/籽粒产量×100%

1.4.2 产量测定 于成熟期在各小区内选取长势均匀一致的区域(去掉边行),划定 1 m² 的样

方,调查有效穗数,而后将所有麦穗剪下后脱粒、风干、称质量,折算成公顷产量;每样方测产籽粒中随机取 4 个 1 000 粒烘干后称质量,最终按照籽粒含水率 13%折算成千粒质量;每小区选取有代表性的 20 穗室内考种,调查小穗数、穗粒数等。

1.4.3 数据处理与统计分析 采用 Microsoft Excel 2010 进行数据统计和处理,采用 DPS v 7.05 进行数据分析。

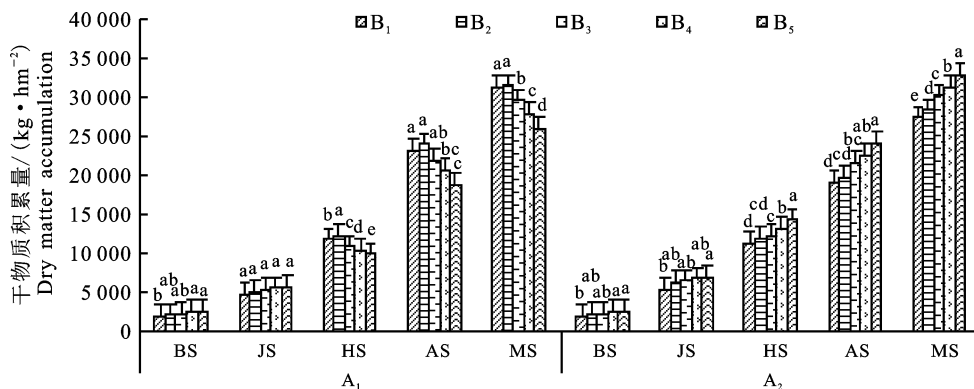
2 结果与分析

2.1 株、行距配置对冬小麦干物质积累的影响

冬小麦群体干物质积累量随生育期的推进而增加,越冬期至拔节期增长缓慢,拔节期至成熟期迅速增长(图 2)。“新冬 22 号”于越冬前以 B₅ 处理最高,达 2 596.13 kg·hm⁻²,较 B₄、B₃、B₂、B₁ 处理分别高 16.95%、12.02%、16.95% 和 24.04%;拔节期各处理间差异不显著,表现为同行距缩小干物质积累量呈上升趋势;抽穗期各处理间存在显著性差异,以 B₂ 处理最高,达 12 347.29 kg·hm⁻²,B₅ 处理最低,仅为 9 853.83 kg·hm⁻²;抽穗期以后,B₂ 处理干物质积累量达最大值,显著高于其他处理,且各处理间

差异显著,出现这种现象的原因可能与多穗型品种随行距缩小、株距加大,分蘖数逐渐增加, B_3 、 B_4 、 B_5 处理拔节后群体过大,抽穗期有不同程度倒伏有关;开花期, B_2 、 B_1 、 B_3 处理间差异不显著,但显著高于 B_4 、 B_5 处理,较 B_1 、 B_3 、 B_4 、 B_5 处理分别高 2.73%、8.31%、13.75%、20.89%;成熟期 B_2 处理干物质积累量最高,为 34 875.08 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,与 B_1 处理差异不显著,但显著高于 B_3 、 B_4 、 B_5 处理,且 B_3 、 B_4 、 B_5 处理间差异显著。说明多穗型品种在 400 万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 密度下行距越小越不利于群体的光合物质积累。

‘新冬 50 号’越冬前以 B_1 处理最低,仅达 1 996.10 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,显著低于 B_5 、 B_4 、 B_3 、 B_2 处理;拔节期以 B_5 处理最高,与 B_4 、 B_3 、 B_2 处理间差异不显著,但显著高于 B_1 处理;抽穗期各处理间差异显著,以 B_5 处理最高, B_1 处理最低;开花期 B_5 处理的干物质积累量最高,达 24 061.21 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其余处理依次为 B_4 、 B_3 、 B_2 、 B_1 ;成熟期各处理间差异显著,均以 B_5 处理最高, B_1 处理最低。单从干物质积累情况分析,密植条件下,缩小行距更有利于大穗型品种的干物质积累。



BS, 越冬前; JS, 拔节期; HS, 抽穗期; AS, 开花期; MS, 成熟期。不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

BS, Before the winter; JS, Jointing stage; HS, Heading stage; AS, Anthesis stage; MS, Maturity stage. Different lowercase letters show significant difference ($P < 0.05$)

图 2 不同处理冬小麦干物质积累动态

Fig. 2 Dry matter accumulation of winter wheat under different treatments

2.2 株、行距配置对冬小麦各生育阶段干物质积累的影响

干物质是小麦光合作用产物的最终体现形式,全生育期干物质积累量因品种特性、株、行距配置等因素存在差异(表 1)。

越冬前,‘新冬 22 号’干物质积累量占全生育时期 8.02% 左右,‘新冬 50 号’占全生育时期 7.93% 左右,越冬前干物质积累是小麦安全越冬的基础。两穗型品种均以 B_5 处理最高,分别为 2 596.13 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 2 684.13 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, B_1 处理最低,为 1 972.1 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 1 996.1 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, B_4 处理略高于 B_3 处理, B_1 均显著低于其他处理,且‘新冬 50 号’干物质积累量高于‘新冬 22 号’。说明在越冬前,行距的缩小对不同处理下两穗型品种的干物质积累影响较小,但仍表现为大穗型品种的干物质积累量多于多穗型品种。

越冬—拔节阶段,‘新冬 22 号’干物质积累量

占全生育时期 10.48% 左右,‘新冬 50 号’占全生育时期 13.57% 左右。‘新冬 22 号’以 B_5 处理最高, B_1 处理最低,且各处理间无显著差异,干物质积累量占总干物质质量的比例随行距缩小不断增加;‘新冬 50 号’以 B_5 处理最高,达 4 388.22 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,与其他 4 个处理差异不显著,但干物质积累量占总干物质质量的比例随行距缩小呈先增后降的趋势。

拔节—抽穗阶段,干物质积累速度加快,随行距缩小,‘新冬 22 号’呈先增加后降低的趋势。其中以 B_2 处理的积累量占全生育时期比例最大,达 23.09%,与 B_1 处理差异不显著,但显著高于 B_3 、 B_4 、 B_5 处理,这可能与多穗型品种 B_3 、 B_4 、 B_5 处理拔节后群体过大,抽穗期有不同程度倒伏有关;‘新冬 50 号’随行距缩小不同处理的干物质积累量及其占总干物质质量的比例均表现为先减小后增加,以 B_5 处理最高,且各处理间差异不显著。

开花—成熟阶段,干物质积累量对最终产量

形成起决定性作用。‘新冬 22 号’干物质积累量占全生育时期 62.57% 左右,该阶段 B₂ 处理干物质积累量最高,其次为 B₁ 处理,B₃ 处理略高于 B₂ 处理,B₅ 处理最低;‘新冬 50 号’干物质积累量占全生育时期积累量的 57.98% 左右,B₅、B₄、B₃ 处理间差异不显著,但显著高于 B₂、B₁ 处理,且干物

质积累量占总干物质质量的比低于‘新冬 22 号’。

多穗型品种表现为随行距缩小,群体过大,个体间的竞争增加,抽穗期发生不同程度倒伏,不利于群体后期干物质的生产;大穗型品种随行距缩小干物质积累量呈增加趋势。

表 1 不同处理冬小麦各生育阶段干物质积累量

Table 1 Dry matter accumulation at different development stage of winter wheat

品种 Variety	处理 Treatment	越冬前 Before wintering		越冬—拔节 Winter to jointing		拔节—抽穗 Jointing to heading		抽穗—成熟 Heading to maturity	
		积累量/ (kg·hm ⁻²) Accumulation	比例/% Rate	积累量/ (kg·hm ⁻²) Accumulation	比例/% Rate	积累量/ (kg·hm ⁻²) Accumulation	比例/% Rate	积累量/ (kg·hm ⁻²) Accumulation	比例/% Rate
A ₁	B ₁	1 972.10 b	6.31	2 836.14 a	9.08	6 925.68 ab	22.17	19 507.64 a	62.44
	B ₂	2 156.11 ab	6.86	2 940.15 a	9.36	7 251.03 a	23.09	19 060.95 ab	60.69
	B ₃	2 284.11 ab	7.74	3 180.16 a	10.78	5 396.27 bc	18.29	18 640.93 b	63.19
	B ₄	2 552.13 a	9.16	3 020.15 a	10.85	4 714.90 c	16.93	17 560.88 c	63.06
	B ₅	2 596.13 a	10.01	3 196.16 a	12.33	4 061.54 c	15.66	16 074.14 d	62.00
A ₂	B ₁	1 996.10 b	7.27	3 328.17 a	12.12	6 096.30 a	22.20	16 034.13 b	58.40
	B ₂	2 236.11 ab	7.90	4 228.21 a	14.94	5 609.61 a	19.82	16 234.14 b	57.35
	B ₃	2 436.12 ab	8.06	4 144.21 a	13.72	5 600.28 a	18.54	18 027.57 a	59.68
	B ₄	2 576.13 a	8.24	4 272.21 a	13.66	6 285.65 a	20.09	18 147.57 a	58.01
	B ₅	2 684.13 a	8.20	4 388.22 a	13.40	7 181.69 a	21.93	18 494.26 a	56.47

注:相同品种同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异在 0.05 水平显著。下同。

Note: Values followed by different lowercase letters within the same columns are significantly different at the 0.05 probability level under different treatments. The same below.

2.3 株、行距配置对冬小麦花前干物质转运和花后干物质生产量的影响

不同株、行距配置处理对不同穗型品种冬小麦的花前贮藏干物质转运、花后干物质生产量、转运及对籽粒产量的贡献率均有显著影响(表 2)。

随行距缩小,‘新冬 22 号’花前干物质转运量、花后干物质生产量均呈先增加后降低的趋势,且在 B₂ 处理达到最大,开花前 B₂ 处理为 3 197.83 kg·hm⁻²,与 B₁、B₃ 处理差异不显著,但显著高于 B₄、B₅ 处理;花后干物质生产量 B₂ 处理较 B₁、B₃、B₄、B₅ 分别增加 0.93%、8.86%、27.44%、46.25%。‘新冬 50 号’品种花前干物质转运量、花后干物质生产量随行距缩小不断升高,B₅ 处理的花前干物质转运量最大,与 B₄、B₃、B₂、B₁ 分别对应增加 6.52%、15.09%、48.39%、49.43%,与 B₄、B₃ 处理差异不显著,但显著高于 B₂、B₁ 处理,花后干物质的生产量 B₁ 处理最低,仅为 8 407.09 kg·hm⁻²,显著低于其他处理。表明适当缩小行距能显著提高冬小麦花前、花后的干物质转运。

‘新冬 22 号’花前干物质对籽粒贡献率为 19.68%~29.01%,呈 B₂>B₁>B₃>B₄>B₅,干物质转运率随行距缩小逐渐降低,花后干物质的贡献率为 70.9%~80.35%,呈 B₅>B₄>B₃>B₁>B₂;‘新冬 50 号’花前干物质转运率均为 B₅>B₄>B₃>B₁>B₂,对籽粒贡献率为 20.50%~33.03%,花后干物质对籽粒贡献率为 66.97%~79.50%,呈 B₅>B₄>B₃>B₁>B₂。说明花前干物质转运量、花后干物质生产量均会对籽粒产量产生影响,但花后干物质生产量的影响更大。

2.4 株、行距配置对冬小麦产量及其构成因素的影响

株、行距配置、品种对冬小麦产量及产量构成因素影响显著(表 3)。“新冬 22 号”单位面积收获穗数远高于“新冬 50 号”,但小穗数、穗粒数远低于“新冬 50 号”。

多穗型品种‘新冬 22 号’产量以 B₂ 处理最高,其次为 B₁ 处理,显著高于其他 3 个处理,B₅ 处理均显著低于其他处理;单位面积收获穗数随行距减小呈先增加后减小的趋势,B₂ 处理显著高

表 2 不同处理下冬小麦营养器官的花前贮藏干物质转运量与花后干物质生产量

Table 2 Storage dry matter transportation before flowering and photochemical accumulation after flowering in winter wheat under different treatments

品种 Variety	处理 Treatment	成熟期籽粒干物质 积累量/(kg·hm ⁻²) Accumulation of dry matter in grain at maturity	开花前营养器官干物质贮藏再转运 Remobilization of dry matter stored in vegetative organs before anthesis			花后干物质生产 Accumulation of dry matter after anthesis	
			转运量/ (kg·hm ⁻²) Translocation amount	转运率/% Translocation rate	贡献率/% Contribution	生产量/ (kg·hm ⁻²) Translocation amount	贡献率/% Contribution
A ₁	B ₁	7 827.06 a	3 167.97 a	13.59	28.85	7 813.72 a	71.15
	B ₂	7 813.72 a	3 197.83 a	13.37	29.01	7 827.06 a	70.99
	B ₃	7 580.38 a	2 914.47 ab	13.28	27.77	7 580.38 a	72.23
	B ₄	7 227.03 ab	2 320.27 b	10.94	24.30	7 227.03 ab	75.70
	B ₅	7 013.68 b	1 718.89 c	9.03	19.68	7 013.68 b	80.32
A ₂	B ₁	8 687.10 a	2 167.33 b	11.37	20.50	8 407.09 b	79.50
	B ₂	8 640.43 a	2 212.18 b	11.18	20.61	8 520.43 ab	79.39
	B ₃	8 613.76 a	3 639.19 ab	16.82	29.63	8 613.76 a	70.37
	B ₄	8 520.43 a	4 006.70 a	17.66	31.68	8 640.43 a	68.32
	B ₅	8 407.09 a	4 285.98 a	17.76	33.03	8 687.10 a	66.97

于其他处理,B₅ 处理显著低于其他处理,B₁ 处理略高于 B₃、B₄ 处理,与产量呈正相关;小穗数随行距减小呈先增加后减小的趋势,B₃ 处理显著高于其他处理,B₅ 处理最低;穗粒数、千粒质量均随行距减小而降低,B₅ 处理显著低于其他处理,造成此现象的原因可能是 B₃、B₄、B₅ 处理拔节后群体过大,抽穗期有不同程度倒伏有关。

大穗型品种‘新冬 50 号’产量结果为 B₅ 处理显著高于其他处理,比 B₄、B₃、B₂、B₁ 处理分别高 3.58%、6.83%、10.21%、12.58%,且 B₁ 处理显著低于其他处理;单位面积收获穗数随行距缩小逐渐增加,B₅ 处理显著高于其他处理;小穗数各处理间差异明显,随行距减小逐渐降低,B₁ 处理最高,分别比 B₂、B₃、B₄、B₅ 高 1.10%、3.57%、4.07%、4.43%;穗粒数、千粒质量均呈随行距缩小而降低,穗粒数处理间差异明显,千粒质量差异未达显著水平。说明缩小行距对冬小麦的增产效应主要因为单位面积穗数提高。

表 3 不同处理冬小麦产量及其构成因素

Table 3 Grain yield and yield components of winter wheat under different treatments

品种 Variety	处理 Treatment	单位面积穗数 Spike number per square meter	小穗数 Spikelet per ear	穗粒数 Grain number per spike	千粒质量/g 1 000-seed mass	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield
A ₁	B ₁	633.67 b	15.90 b	32.05 a	54.07 a	8 933.75 ab
	B ₂	642.67 a	16.15 ab	31.95 a	53.69 ab	9 180.65 a
	B ₃	631.67 b	16.50 a	31.10 ab	53.42 b	8 779.65 b
	B ₄	608.00 c	15.65 b	30.00 bc	52.34 c	7 881.65 c
	B ₅	583.67 d	15.00 c	29.05 c	51.50 d	7 295.15 d
A ₂	B ₁	375.67 d	21.20 a	55.67 a	50.56 a	8 527.25 d
	B ₂	393.33 d	20.97 ab	54.03 b	50.50 a	8 710.15 d
	B ₃	412.67 c	20.47 ab	53.10 bc	50.21 a	8 985.60 c
	B ₄	433.67 b	20.37 b	52.13 cd	50.19 a	9 267.20 b
	B ₅	467.00 a	20.30 b	50.97 d	49.29 a	9 599.65 a

3 讨论

3.1 株、行距配置对小麦干物质积累、转运的影响

干物质是小麦光合作用产物的最终体现形式,它的积累、转运与产量的形成关系密切^[12]。有研究指出,干物质积累会因品种特性、栽培措施等环境因素的不同而存在差异。抽穗期前的干物质主要用于营养器官和穗器官的构建,抽穗期后主要为了充实籽粒。大穗型品种在同一密度下以低行距效果最佳,表现出缩小行距抑制无效分蘖的作用^[13],同时薛盈文等^[14]也发现,在同一播种量下,小行距较大行距而言,株距拉大,植株个体间矛盾减小,导致干物质积累均随生育进程的推进呈增加趋势。邵敏敏等^[15]通过设置不同行距和种植苗带对小麦群体大小进行调节,发现窄行距配置小苗带有利于小麦的干物质积累和提高花前营养器官对籽粒的贡献率。匀播种植条件下使小麦边行优势转化为单株优势,增加其分蘖数,促进干物质向籽粒产量分配,达到增产效果^[16]。屈会娟等^[17]研究发现开花前营养器官的贮藏干物质在开花后向籽粒的转运量对成熟期籽粒干物质积累量的贡献率较小,仅为 21.00%~27.00%,花后干物质生产对籽粒的贡献率在 64.00%以上。本研究结果表明,在相同密度下,小麦的干物质积累量随行距缩小逐渐增加。多穗型品种‘新冬 22 号’花前干物质对籽粒的贡献率为 19.68%~29.01%,花后干物质的贡献率为 70.90%~80.35%,大穗型品种‘新冬 50 号’花前干物质对籽粒的贡献率为 20.50%~33.03%,花后干物质对籽粒的贡献率为 66.97%~79.50%,可见冬小麦籽粒产量的形成同样以花后同化物转运为主,与前人研究结论一致。适当缩小行距能显著提高冬小麦的花前干物质转运和花后干物质积累,有利于提高小麦产量。

3.2 株、行距配置对小麦产量及其构成因素的影响

小麦产量由单位面积穗数、穗粒数以及千粒质量共同决定,三因素之间既相互联系又相互制约,很难达到同步增长,往往存在负相关关系^[18],冯伟等^[19]研究发现密度、株、行距配置协调有利于调整个体空间分布,是解决超高产和倒伏问题的主要技术措施。在高密度条件下,缩小行距可提高分蘖成穗率,优化冠层结构,从而增加有效分

蘖数,但穗粒数、千粒质量差异不显著。有研究发现,在行距缩小至 10 cm 时能通过增加有效分蘖而获得高产,继续缩小至 7.5 cm 超窄行距下仍然对产量起促进作用^[20-21],而增大行距有利于千粒质量的增加;行距缩小,一定程度上抑制无效分蘖的形成,其成穗数不仅取决于分蘖数,还与群体质量有关,不同穗型品种,可结合当地生态条件,因地制宜选择合适的株、行距配置来达到高产的效果^[14]。本研究认为改变株、行距配置可以有效调节群体结构。大穗型品种‘新冬 50 号’株、行距相等的 B₅ 处理产量显著高于其他处理,有效穗数与产量呈显著正相关,有效小穗数对产量有一定的影响,穗粒数、千粒质量与产量呈负相关。随着行距减小至匀播状态(株、行距相等),种子分布更加均匀,大群体单株竞争激烈,穗粒数、千粒质量有所降低。多穗型品种‘新冬 22 号’B₃、B₄、B₅ 处理在抽穗期发生不同程度倒伏,使产量大幅度下降。其原因可能是‘新冬 22 号’分蘖能力较强,随着行距减小,分蘖增加,群体过大容易发生倒伏,中、低密度条件下株、行距配置对其干物质积累、运转及产量的影响如何尚待进一步研究。

4 结论

随着行距缩小、株距扩大,植株在田间分布趋于均匀,小麦单株优势明显,群体茎蘖增加,虽然受穗粒数减少、千粒质量降低的影响,但在未发生倒伏的情况下群体收获穗数增加,最终产量呈增加趋势。

南疆 400 万株·hm⁻² 种植密度条件下,冬小麦株距行距相等的均匀种植模式为最佳株、行距配置模式,但多穗型品种群体过大,存在倒伏的风险。

参考文献 Reference:

- [1] 沈建辉,戴廷波,荆奇,等.施氮时期对专用小麦干物质和氮素积累、运转及产量和蛋白质含量的影响[J].麦类作物学报,2004,24(1):55-58.
SHEN J H, DAI T B, JING Q, et al. Effect of nitrogen top-dressing time on the accumulation and transfer of nitrogen, yield and protein content in specialty wheat[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2004, 24(1): 55-58.
- [2] 廖江,马富裕,樊华,等.密度调控下滴灌春小麦干物质积累及转运特征的分析[J].石河子大学学报(自然科学版),2012,30(5):567-571.
LIAO J, MA F Y, FAN H, et al. Effect of planting density on dry matter accumulation and translocation characteristic of drip irrigated spring wheat[J]. *Journal of Shihezi Uni-*

- versity(Natural Science),2012,30(5):567-571.
- [3] 牟会荣,姜 东,戴廷波,等.遮荫对小麦旗叶光合及叶绿素荧光特性的影响[J].中国农业科学,2008,41(2):599-606.
MOU H R,JIANG D,DAI T B,*et al.* Effect of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters in wheat flag leaves[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(2):599-606.
- [4] 魏艳丽.密度对大穗型小麦新品系 1624 干物质转移特性的影响[J].西北农业学报,2011,20(8):53-57.
WEI Y L. Effect of different planting densities on dry metabolite transportation of large spike wheat cultivar 1624 [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2011, 20(8):53-57.
- [5] 赵会杰,邹 琦,张秀英.两个不同穗型小麦品种生育后期碳水化合物代谢的比较研究[J].作物学报,2003,29(5):676-681.
ZHAO H J,ZHOU Q. Comparison between two wheat varieties with different spike type in carbohydrate metabolism during late growth period[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2003,29(5):676-681.
- [6] 邵 凯,李建伟,于立河,等.不同行距和密度对耐密品种克旱 16 花后个体质量和产量的影响[J].麦类作物学报,2016,36(4):465-471.
SHAO K,LI J W,YU L H,*et al.* Effect of plant density and row spacing on growth and yield of post-anthesis individual in spring wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016,36(4):465-471.
- [7] 温晓莹,张英华,周丽丽,等.两种冬小麦行距配置对机播夏玉米出苗质量及产量的影响[J].华北农学报,2016,31(6):137-143.
WEN X Y,ZHANG Y H,ZHOU L L,*et al.* Effects of two row spacing patterns in winter wheat on sowing quality and yield of summer maize[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2016,31(6):137-143.
- [8] 翟云龙,魏燕华,张海林,等.耕种方式对华北地区冬小麦群体质量及产量的影响[J].麦类作物学报,2016,36(9):1174-1182.
ZHAI Y L,WEI Y H,ZHANG H L,*et al.* Effect of seeding and tillage methods on population quality and yield of winter wheat in north china[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016,36(9):1174-1182.
- [9] 薛盈文,王志敏,张英华.行距对晚播冬小麦群体的调节效应[J].生态学杂志,2015,34(11):3072-3078.
XUE Y W,WANG ZH M,ZHANG Y H. Regulating effect of row spacing on the population of late-sowing winter wheat[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2015,34(11):3072-3078.
- [10] 王爱萍,董 琦,张凤洁,等.行距配置对晋中晚熟冬麦区群体冠层结构的影响[J].农学报,2012,2(6):1-5.
WANG A P,DONG Q,ZHANG F J,*et al.* Effects of spacing form on population canopy structure in jinzhong late maturing[J]. *Journal of Agriculture*, 2012,2(6):1-5.
- [11] CHEN S Y,ZHANG X Y,SUN H Y,*et al.* Effects of winter wheat row spacing on evapotranspiration, grain yield and water use efficiency[J]. *Agricultural Water Management*, 2010,97(8):1131-1132.
- [12] 姚素梅,康跃虎,刘海军.喷灌与地面灌溉冬小麦干物质积累、分配和运转的比较研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):51-56.
YAO S M,KANG Y H,LIU H J. Studies on dry matter accumulation, partitioning and translocation in winter wheat under sprinkler and surface irrigation conditions [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26(6):51-56.
- [13] 朱云集,郭汝礼,郭天财.行距配置与密度对兰考 906 群体质量及产量的影响[J].麦类作物学报 2001,21(2):62-66.
ZHU Y J,GUO R L,GUO T C. Effects of spacing form and density on quality of population and grain yield of lankao 906[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2001,21(2):62-66.
- [14] 薛盈文,张英华,黄 琴,等.窄行匀播对晚播冬小麦群体环境、个体性状和物质生产的影响[J].生态学报,2015,35(16):5545-5555.
XUE Y W,ZHANG Y H,HUANG Q,*et al.* Effects of narrow row spacing and uniform sowing on canopy environment, individual plant traits, and biomass production in late-sowing winter wheat [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015,35(16):5545-5555.
- [15] 邵敏敏,黄 玲,徐兴科,等.不同行距与苗带宽度互作对宽幅精播小麦产量形成的影响[J].山东农业科学,2019,51(4):30-34.
SHAO M M,HUANG L,XU X K,*et al.* Effects of different line spacing and seedling belt width on yield formation of broad-width fine sowing wheat[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2019,51(4):30-34.
- [16] 刘 冲,贾永红,张金汕.播种方式和灌水量对春小麦干物质和产量的影响[J].麦类作物学报. 2019,39(6):728-737.
LIU CH,JIA Y H,ZHANG J SH. Effects of sowing patterns and irrigation amount on dry matter and yield of spring wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2019, 39(6):728-737.
- [17] 屈会娟,李金才,沈学善,等.种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J].作物学报,2009,35(1):124-131.
QU H J,LI J C,SHEN X SH,*et al.* Effects of plant density and seeding date on accumulation and translocation of dry matter and nitrogen in winter wheat cultivar lankao aizao 8[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2009, 35(1):124-131.
- [18] 张露雁,盛 坤,孟 娟,等.行距配置对紧凑型冬小麦品种灌浆特性的影响[J].河南农业科学,2014,43(10):15-18.
ZHANG L Y,SHENG K,MENG J,*et al.* Effect of row spacing patterns on grain filling characters of compact winter wheat variety[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2014,43(10):15-18.

- [19] 冯 伟,李 晓,邱记东,等.种植行距对两种穗型小麦品种籽粒糖代谢及灌浆特性的影响[J].麦类作物学报,2010,30(5):875-880.
FENG W,LI X,QU J D,*et al.* Effects of row spacing on sugar metabolism and grain filling of two spike types of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2010, 30(5):875-880.
- [20] 张东旭,董 琦,高志强.不同行距配置对小麦产量及产量构成因素的影响[J].安徽农业科学,2007,35(18):5379-5381.
ZHANG D X,DONG Q,GAO ZH Q. Effect of the different row spacing on wheat yield and its constructed component[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(18):5379-5381.
- [21] 秦 乐,王红光,李东晓,等.不同密度下超窄行距对冬小麦群体质量和产量的影响[J].麦类作物学报,2016,36(5):659-667.
QIN L,WANG H G,LI D X,*et al.* Effect of super-narrow row space on population quality and grain yield of winter-wheat in different planting densities[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(5):659-667.

Effect of Plant and Row Allocation on Dry Matter Accumulation, Transportation and Yield of Winter Wheat in South Xinjiang

LIANG Xueqi, ZHANG Feng, CHEN Meng, LI Ling, WU Quanzhong, CHEN Guodong and ZHAI Yunlong

(College of Agriculture, Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China)

Abstract In order to explore the response of different spike types of winter wheat varieties to the plant configuration in South Xinjiang, the ‘Xindong 50’ with large panicles and ‘Xindong 22’ with multiple panicles were taken as materials, five different treatments of different spacing in the rows and spacing between rows, including 15 cm×1.7 cm, 12.5 cm×2 cm, 10 cm×2.5 cm, 7.5 cm×3.3 cm, 5 cm×5 cm, were set up to study the difference of the dry matter accumulation (DMC), the DMC translocation, the grain yield and the grain yield components. The results showed that the DMC of the winter wheat increased with the decline of the row spacing under condition of same planting densities; the grain yield of the winter wheat was mostly contributed by the assimilates translocation after anthesis, the proper reduction of row spacing could significantly promote DMC translocation before anthesis and DMC production after anthesis, and was beneficial to improve the grain yield. Under the planting density of $400 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ in southern Xinjiang, 5 cm×5 cm was the optimal plant row configuration for large-panicle varieties. For the multi-panicle cultivars which had the stronger tillering ability compared with the large panicle ones, the tillers increased with the decrease of row spacing, but lodging risk also increased.

Key words Plant and row allocation; Winter wheat; Dry matter accumulation and transportation; Yield

Received 2020-10-22

Returned 2021-01-07

Foundation item The Key Industry Support Plan in Southern Xinjiang, Xinjiang Production and Construction Corps (No. 2017DB010); the Scientific Research Innovation Project (No. TDGRI202016).

First author LIANG Xueqi, female, master student. Research area: theory and technology of crop high-yield. E-mail: 1587493642@qq.com

Corresponding author ZHAI Yunlong, male, Ph. D, professor. Research area: theory and technology of crop high-yield. E-mail: zylzky@163.com

WU Quanzhong, male, Ph. D, associate professor. Research area: theory and technology of crop high-yield. E-mail: qzhwu@126.com.

(责任编辑:顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)