



## 播种方式和播量对冬小麦‘西农 20’产量及品质的影响

祁皓天,董永利,李川,Angelique Twizerimana,任慧丽,海江波

(西北农林科技大学 农学院,陕西杨凌 712100)

**摘要** 为探讨不同播种方式和播量对冬小麦籽粒产量、产量构成、蛋白质含量及其组分含量和加工品质的影响,以优质高产冬小麦‘西农 20’为材料,设置 3 种不同播种方式(常规条播、宽幅播种和露地穴播)和 4 个不同播量(112.5、150、187.5、225 kg/hm<sup>2</sup>)进行试验。结果表明,与条播和穴播相比,宽幅播种能显著提高籽粒产量,增产幅度达 6.33%、6.85%,且产量随播量的增加而增大,在 225 kg/hm<sup>2</sup> 时达到最大,有效穗数的增加是增产的主要原因。露地穴播与常规条播和宽幅播种相比,蛋白质含量显著提高 6.34%、2.83%,且清蛋白、球蛋白、谷蛋白和谷醇比均为露地穴播最大;随着播量的增加,蛋白质各组分含量呈现先增大后减小的趋势,各组分含量和谷醇比在 187.5 kg/hm<sup>2</sup> 时达到最大值。露地穴播较条播显著提高湿面筋含量、沉降值和延展性,形成时间和稳定时间各处理间无显著差异,湿面筋含量、沉降值、延展性、形成时间和稳定时间均在 112.5 kg/hm<sup>2</sup> 时最大,且显著高于其他播量。综上所述,宽幅播种和提高播量有利于提高籽粒产量,露地穴播有利于蛋白质及其组分含量和加工品质的提升,增加适宜播量能提高蛋白质及其各组分含量,但减小了湿面筋含量、沉降值和延展性,缩短了形成时间和稳定时间,不利于加工品质的提高。

**关键词** 播种方式;播量;产量;蛋白质含量;加工品质

**中图分类号** S512.1;S352.2

**文献标志码** A

**文章编号** 1004-1389(2021)01-0032-09

小麦作为中国最重要的粮食作物之一,其消费水平约占三大主粮消费总量的 44% 左右<sup>[1]</sup>,长期以来,中国小麦生产都是以高产作为主要追求目标,忽视了优质专用小麦的发展。随着人民生活水平的提高,人们对于优质专用小麦的需求日益增长,集中体现在对其品质以及营养性等方面的需求<sup>[2-3]</sup>。中国优质小麦的研究主要集中在育种方面,配套栽培技术欠佳。因此,针对优质小麦配套栽培技术研究的意义重大。栽培技术可以调控冬小麦分蘖,形成合理的群体,增强光能利用率,对协调源、库、流关系及提高产量、改善品质有很大的影响<sup>[4-6]</sup>。播种方式是调控小麦生长发育的一项重要栽培技术,不同的播种方式会导致小麦群体结构发生改变,使其植株的生理代谢过程发生相应变化,影响到小麦整体的生长发育状况<sup>[7-8]</sup>,进而对产量和品质产生影响<sup>[9-10]</sup>。播量也是影响小麦产量形成的重要因素,其通过对小麦不同生育时期的群体结构造成影响,从而决定小

麦群体对光能利用水平、干物质生产与转运能力和籽粒产量的高低。还会造成小麦群体内温光等生态条件的差异,最终影响到籽粒蛋白质含量与产量<sup>[11-13]</sup>。

机械条播是国内常规播种方式之一。宽幅播种技术是以扩播幅、增行距、促匀播为核心,改密集条播为宽幅精播的高产栽培技术。研究表明,宽幅播种出苗均匀,有利于个体生长发育,显著增加叶面积指数和群体质量,通过提高单株与群体分蘖数和单株成穗数来增加单位面积穗数,实现增产,该技术已在黄淮海麦区推广多年<sup>[14-18]</sup>。小麦穴播栽培技术是一项以集雨、抗旱及光热资源高效利用为一体的高效农业旱作技术<sup>[19]</sup>,前人对该项栽培技术的研究应用以全膜覆土穴播技术为主,集中在甘肃、宁夏、陕西渭北地区等西北干旱半干旱区域。大量研究表明,全膜覆土穴播技术对冬小麦生理特性、产量及品质方面均有积极的影响<sup>[20-23]</sup>。近年来,灌区露地穴播栽培技术的研

**收稿日期:**2020-02-24 **修回日期:**2020-05-08

**基金项目:**宁夏引黄灌区多熟种植模式关键技术创新与示范项目(2019BBF02007-2)。

**第一作者:**祁皓天,男,硕士研究生,从事旱区高效农作制度与作物栽培技术研究。E-mail:153333589@qq.com

**通信作者:**海江波,男,副教授,硕士生导师,主要从事高效农作物制度及农业生态研究。E-mail:haijiangbo@126.com

究与日俱增,但主要集中在露地穴播对冬小麦光合特性、干物质积累与转运、灌浆特性及产量等方面的影响<sup>[13,24-26]</sup>,不同播种方式对冬小麦品质的影响鲜有报道。

因此,本试验从实际生产出发,通过设置不同播量,研究在常规条播、宽幅播种和露地穴播 3 种播种方式下对产量构成要素及产量、蛋白及其组分含量及加工品质的影响,以期对冬小麦‘西农 20’优质、高产栽培提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

选用小麦新品种‘西农 20’为试验材料,该品种是西北农林科技大学在陕西关中灌区选育而成的一种半冬性中早熟小麦品种,达到国家优质强筋小麦品种标准。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验区概况 试验于 2017 年—2019 年在西北农林科技大学斗口小麦玉米试验示范站进行,该站位于陕西省咸阳市泾阳县(34°37'N,108°56'E)。年均降水量 548.7 mm,年平均气温 13℃。试验地为壤土,耕层 0~20 cm 土壤基础养分为:有机质 17.66 g/kg,速效磷 23.12 mg/kg,速效钾 230.2 mg/kg,pH 为 7.96,全氮 1.199 g/kg。试验地前茬休闲,播种前经过 2 次旋耕整地。

1.2.2 试验设计 采用双因素裂区设计试验,主区为播量,设 4 个水平:112.5 kg/hm<sup>2</sup> (D1)、150 kg/hm<sup>2</sup> (D2)、187.5 kg/hm<sup>2</sup> (D3)、225 kg/hm<sup>2</sup> (D4);副区为播种方式,设置 3 种不同播种方式:常规条播(T)、宽幅播种(K)和露地穴播(X),条播行距 22 cm,幅宽 2 cm;宽幅播行距 25 cm,幅宽 8 cm;穴播为人工穴播模拟机械穴播,行距 25 cm,穴距 13.5 cm;穴播播种方式的 4 个播量每穴分别播种 8、11、13、16 粒。共 12 个处理,每个处理进行 3 次重复,共计 36 个小区,每个小区面积为 7 m<sup>2</sup> (3.5 m×2 m)。各处理均于 10 月中旬播种,播种前将小麦专用肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 质量比为 24:15:5)按 750 kg/hm<sup>2</sup> 以基肥的形式于翻地前一次性施入。试验地于冬前(夜间温度低于 0℃时)和返青拔节期灌水两次。

1.2.3 测定项目与方法 产量:成熟期各小区全区收获、脱粒、晾晒后,计产并折算公顷产量。其中,在收获前于各小区取 1 m<sup>2</sup> 测定小麦穗数,重

复 3 次;各小区随机取 20 个穗,重复 3 次,人工脱粒后测定穗粒数和千粒质量。

蛋白质及其组分质量分数:参照田纪春<sup>[27]</sup>的方法,用凯氏定氮法测定含氮量,含氮量乘以 5.7 为总蛋白质质量分数;按照清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和麦谷蛋白的顺序提取,用凯氏定氮法测定各蛋白组分含氮量,含氮量乘以 5.7 即为各蛋白组分质量分数,重复 3 次。

加工品质:使用丹麦 FOSS Infratec<sup>TM</sup> 1241 型近红外谷物分析仪测定小麦籽粒湿面筋、形成时间、稳定时间、延展性及沉降值。

1.2.4 数据处理方法 采用 SPSS 25 软件处理试验数据,用 LSD 法进行处理间多重比较,采用 Excel 2010 绘制图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 播种方式和播量对小麦产量及产量构成因子的影响

2.1.1 播种方式和播量对产量的影响 由表 1 可知,播种方式( $F=9.492^{**}$ )和播量( $F=16.668^{**}$ )对产量影响均达极显著,播种方式与播量的互作效应对产量( $F=2.362^{*}$ )影响显著。2 a 平均产量宽幅播种(K)显著高于穴播(X)和条播(T),具体表现为:K>T>X。宽幅播种较条播和穴播产量分别增加 6.33%、6.85%;D4 播量较 D3、D2、D1 分别增加 4.94%、9.81%、14.43%。说明宽幅播种和适当提高播量有利于提高籽粒产量。

2.1.2 播种方式和播量对产量构成因子的影响 2 a 产量构成因子的平均值见表 1,播种方式对有效穗数( $F=20.454^{**}$ )和千粒质量( $F=6.261^{**}$ )影响极显著,对穗粒数影响不显著,播量对有效穗数( $F=30.809^{**}$ )影响极显著,对穗粒数和千粒质量影响不显著,播种方式与播量的互作效应对有效穗数( $F=2.978^{*}$ )影响显著,对穗粒数和千粒质量的影响不显著。

相同播量水平下,不同播种方式冬小麦籽粒的穗粒数、有效穗数均表现为 K>T>X,宽幅播种(K)的有效穗数显著高于穴播(X)和条播(T)。相同播种方式下,不同播量水平的小麦籽粒有效穗数依次是 D4>D3>D2>D1;千粒质量随播量的增加而减小,但处理间无显著差异。上述结果表明,有效穗数的增加是小麦产量提高的主要原因。

表 1 不同处理 ‘西农 20’ 产量及产量构成因素的表现

Table 1 Grain yield and yield components of ‘Xinong 20’ under different treatments

处理 Treatment	穗粒数 Kernels per spike	有效穗数( $\times 10^4$ )/ $\text{hm}^{-2}$ Number of fruiting spikes	千粒质量/g 1 000-kernel mass	产量/( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) Yield	
D1	T	38.33 bc	483.58 f	41.94 ab	6 374.38 cde
	K	40.38 a	514.65 de	41.68 ab	6 451.24 cde
	X	38.88 bc	436.89 g	42.70 a	6 049.93 e
D2	T	38.22 bc	509.37 de	41.24 ab	6 649.58 cd
	K	38.48 bc	564.42 c	41.64 ab	6 754.13 c
	X	37.50 c	495.14 ef	42.59 a	6 266.59 de
D3	T	38.81 bc	524.93 d	41.16 ab	6 497.35 cde
	K	38.05 bc	591.71 b	41.40 ab	7 402.25 a
	X	38.11 bc	567.40 c	42.47 a	6 684.31 cd
D4	T	39.12 ab	582.74 bc	40.67 b	6 874.31 bc
	K	38.33 bc	620.76 a	41.56 ab	7 458.78 a
	X	38.03 bc	600.74 ab	41.98 ab	7 267.01 ab
F 值 F value	D	1.581	30.809**	0.555	16.668**
	B	3.055	20.454**	6.261**	9.492**
	D×B	2.026	2.978*	0.275	2.564*

注: D、B 分别代表播种方式、播量;D×B: 交互效应。同一列的不同字母表示在 5% 水平上差异显著。\*、\*\* 分别表示在 5%、1% 水平上差异显著,下同。

Note: D and B represent seeding rate and sowing method, respectively; D×B: interaction between seeding rate and planting practice. Within the same columns, different letters indicate significant difference at level of 5%. \* and \*\* indicate significant differences at levels of 5% and 1%, respectively, the same below.

## 2.2 不同播种方式和播量对小麦籽粒蛋白质及其各组分质量分数的影响

2.2.1 小麦籽粒蛋白质质量分数 由表 2 可知,播种方式对蛋白质质量分数有极显著影响( $F = 12.382^{**}$ ),播量对蛋白质质量分数的影响不显著( $F = 0.900$ ),播种方式和播量对小麦籽粒蛋白质质量分数的互作效应不显著( $F = 0.068$ )。同一播量水平下,条播(T)、宽幅播种(K)和穴播(X)两两之间差异显著,2 a 平均蛋白质总质量分数表现为  $X > K > T$ 。其中穴播(X)较条播(T)、宽幅播种(K)分别提高 6.34%、2.83%。表明穴播(X)处理较宽幅播种(K)处理和条播(T)处理更有利于小麦籽粒中蛋白质质量分数的积累。

2.2.2 小麦籽粒各蛋白组分 由表 2 可知,播种方式对球蛋白有显著影响( $F = 8.88^*$ ),对清蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白及谷醇比无显著影响;播量对醇溶蛋白( $F = 7.003^{**}$ )及谷蛋白( $F = 6.826^{**}$ )有极显著影响,对清蛋白、球蛋白和谷醇比的影响不显著;播种方式和播量对小麦籽粒清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白及谷醇比的互作效应影响均不显著。相同播量条件下,清蛋白、

球蛋白、谷蛋白和谷醇比在穴播(X)处理下均高于宽幅播种(K)和条播(T)处理,宽幅播种(K)的醇溶蛋白高于穴播(X)、条播(T)。相同播种方式下,清蛋白、球蛋白、谷蛋白及谷醇比均在 D3 播量条件时出现最大值,醇溶蛋白在 D4 播量下质量分数最高。

## 2.3 不同播种方式和播量对小麦面粉加工品质的影响

由表 3 可知,播种方式对冬小麦籽粒湿面筋( $F = 4.01^*$ )影响显著,对延展性( $F = 8.438^{**}$ )影响极显著;播量对籽粒湿面筋( $F = 48.416^{**}$ )、延展性( $F = 27.723^*$ )、形成时间( $F = 19.559^{**}$ )和稳定时间( $F = 22.685^{**}$ )有极显著影响;播种方式、播量对籽粒沉降值无影响;播种方式及播量的交互效应对籽粒湿面筋、延展性、沉降值、形成时间、稳定时间影响均不显著。相同播量水平下,穴播(X)较宽幅播种(K)和条播(T)显著提高延展性;穴播(X)较条播(T)显著提高湿面筋含量、沉降值,宽幅播种(K)无显著影响;各处理间湿面筋、沉降值、延展性表现为  $X > K > T$ 。形成时间、稳定时间表现为  $K > X > T$ ,但处理间

无显著差异。相同播种方式水平下,湿面筋、形成时间、稳定时间、延展性和沉降值均在 D1 处理时达到最大,且 D1 处理显著高于其他处理。上述

结果表明,穴播(X)处理更有利于提高湿面筋、延展性和沉降值,增大播量不利于加工品质的提升。

表 2 不同处理的冬小麦蛋白组分含量

Table 2 Protein compositions in winter wheat under different treatments

处理 Treatment	清蛋白/% Albumin	球蛋白/% Globulin	醇溶蛋白/% Gliadin	谷蛋白/% Glutenin	谷醇比 Glu/Gli	蛋白总质量分数/% Protein	
D1	T	1.96 b	1.29 cd	3.30 c	5.56 d	1.70 abcd	13.85 d
	K	2.04 ab	1.34 bcd	3.35 c	5.93 cd	1.78 abc	14.41 abcd
	X	2.13 ab	1.37 abcd	3.25 c	5.99 c	1.85 ab	14.83 ab
D2	T	2.20 ab	1.13 d	3.43 c	5.80 cd	1.70 ab	14.21 bcd
	K	2.20 ab	1.29 cd	3.56 bc	5.75 cd	1.63 bcd	14.74 abcd
	X	2.25 ab	1.40 abcd	3.56 bc	5.91 cdc	1.68 abcd	15.20 a
D3	T	2.33 a	1.18 d	3.54 bc	6.49 a	1.89 a	14.02 cd
	K	2.20 ab	1.66 a	3.91 ab	6.41 ab	1.72 abc	14.52 abcd
	X	2.39 a	1.61 ab	3.88 ab	6.52 a	1.79 abc	14.83 ab
D4	T	2.33 ab	1.32 bcd	3.99 a	5.80 cd	1.47 d	14.04 cd
	K	2.28 ab	1.50 abc	3.94 ab	6.01 bc	1.60 cd	14.38 bcd
	X	2.28 ab	1.61 ab	3.99 a	5.99 c	1.58 cd	14.81 abc
F 值 F value	D	1.38	1.858	7.003 **	6.826 **	2.82	0.900
	B	0.596	8.88 *	1.107	2.662	0.603	12.382 **
	D×B	0.312	1.083	0.687	1.062	1.54	0.068

表 3 不同处理下冬小麦籽粒的加工品质

Table 3 Grain processing quality parameters of winter wheat under different treatment

处理 Treatment	湿面筋/% Wet gluten	形成时间/min Dough development time	稳定时间/min Dough stability time	延展性/mm Extensibility	沉降值/mL SDS-sedimentation value	
D1	T	33.03bcd	5.57 abc	13.76 ab	164.60 bc	58.10 bc
	K	33.04bc	5.75 ab	14.09 ab	165.41 abc	60.09 ab
	X	33.71b	5.85 a	14.53 a	166.72 a	62.30 a
D2	T	32.23a	5.11 d	11.78 c	163.01 d	55.62 c
	K	32.80a	5.28 cd	12.24 bc	163.34 d	56.56 bc
	X	33.27a	5.33 bcd	11.70 c	165.25 c	57.28 bc
D3	T	32.15d	5.06 d	11.37 c	163.01 bc	56.05 c
	K	31.86cd	5.19 cd	11.82 bc	163.37 ab	56.17 c
	X	32.38bcd	5.13 cd	11.32 c	164.69 d	58.13 bc
D4	T	31.64a	5.00 d	10.45 c	163.10 d	56.27 c
	K	32.02a	5.14 cd	11.91 bc	163.96 d	57.97 bc
	X	32.09a	5.07 d	9.99 c	164.29 d	56.13 c
F 值 F value	D	48.416 **	19.559 **	22.685 **	27.723 **	3.152
	B	4.01 *	1.126	0.778	8.438 **	3.121
	D×B	1.064	0.113	0.339	0.703	0.986

### 3 讨论

#### 3.1 播种方式和播量对籽粒产量的影响

不同播种方式会改变小麦生长的微环境条件,导致其农艺性状、生理特性和群体结构发生改

变,同时改变对水肥的利用效率,进而影响到小麦的产量<sup>[6,28]</sup>。本研究发现,宽幅播种小麦籽粒产量较条播和穴播分别提高 6.33%、6.85%,这与前人的研究结果相似<sup>[29-30]</sup>。播种方式主要通过影响有效穗数从而影响小麦籽粒的最终产量,而对

穗粒数和千粒质量及两者对产量的影响较小,与前人研究结果一致<sup>[13,31]</sup>。在关中地区多数麦田整地不精细,出苗率低的情况下,传统条播易籽粒扎堆,个体间争夺水肥,不利于个体发育<sup>[32]</sup>。宽幅播种加宽苗带,出苗均匀,单株生长空间较大,相比于常规条播和穴播,宽幅播种有利于个体生长发育,群体质量较好,能显著增加有效穗数,从而提高产量。

有关播量对小麦籽粒产量的影响已有大量的研究报道,但结果不尽一致。本研究表明,播量对有效穗数的影响极显著,产量随播量的增加而提高,在最大播量 225 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最大,而播量对穗粒数和千粒质量无显著影响,与前人结果一致<sup>[11,33]</sup>。也有研究表明,随着播量的增加,穗数逐渐增大,而穗粒数和千粒质量随着播量的增大而减小,产量也随播量的增加呈现先增大后减小的趋势<sup>[34-35]</sup>。而在本试验条件下,在最大播量水平仍获得最大产量,而对穗粒数和千粒质量无显著影响,说明冬小麦‘西农 20’仍有较大生产潜力。

### 3.2 播种方式和播量对籽粒蛋白质组分及其含量的影响

前人关于播种方式和播量对小麦籽粒蛋白质组分及其含量的研究较多<sup>[36-37]</sup>,但有关露地穴播对品质的研究较少。本研究结果表明,播种方式对蛋白质总含量有极显著影响,对球蛋白影响显著,露地穴播较宽幅播种和条播分别高 2.83%、6.34%。穴播在清蛋白、球蛋白、谷蛋白和谷醇比均高于宽幅和条播。总蛋白含量及其组分含量均有随着播量的增加而先增大后减小的趋势,与雷钧杰等<sup>[38]</sup>研究结果一致。本试验研究表明,播量对总蛋白质量分数、球蛋白质量分数无显著影响,对球蛋白影响显著,对醇溶蛋白、谷蛋白和谷醇比影响极显著,这与陈世斌<sup>[33]</sup>的研究结果类似。播种方式和播量一般通过改变小麦群体结构从而改变温光等微环境来影响小麦籽粒蛋白质含量。在小麦开花到成熟期,适当高温胁迫有利于蛋白质的合成,在 30 °C 内,随温度的升高,籽粒 N 素积累加快、蛋白质含量提高<sup>[39-40]</sup>。本试验穴播处理蛋白质及其组分含量显著高于常规条播和宽幅播种,究其原因可能与穴播群体通风透光性较宽幅和条播差,群体温度提高,灌浆期更易受到高温胁迫有关,但仍有待论证。

### 3.3 播种方式和播量对籽粒加工品质的影响

播种方式的不同,使得小麦的个体和群体生

长、资源的利用能力等产生差异,籽粒产量和品质表现出各自的特点,前人的研究结果也不尽相同。孙中伟<sup>[41]</sup>研究表明,3 种播种因素显著影响小麦籽粒的湿面筋含量、稳定时间和弱化度。牛泽良<sup>[42]</sup>研究发现,宽幅精播籽粒硬度、湿面筋含量、吸水率、稳定时间、最大拉伸面积、最大拉伸阻力和延展性最高,而条播(CK)最低;各播种方式籽粒体积质量和沉降值均无显著影响。本试验研究发现籽粒湿面筋含量、吸水率、稳定时间和延展性等方面宽幅播种均高于条播,这与牛泽良研究结果一致。播种方式对籽粒延展性有显著影响,这与前人研究结果不同,可能与小麦品种及试验水肥条件不同有关。

有关播量对小麦籽粒加工品质的影响,前人研究结果不尽一致。姚广平等<sup>[43]</sup>研究表明,随播量的增加,湿面筋含量、稳定时间和沉淀值均表现为增加趋势。雷钧杰等<sup>[38]</sup>研究表明,随播量的增大小麦籽粒湿面筋含量先上升后下降。何甜<sup>[44]</sup>研究发现,小麦湿面筋含量随播种密度的增大而降低,当施肥量一定时,籽粒硬度随播量增大总体呈减小的趋势。但赵广才等<sup>[45]</sup>研究认为不同播种密度处理对加工品质等指标影响较小。本试验研究表明,播量对小麦籽粒湿面筋、形成时间、稳定时间、延展性和沉降值有显著或极显著的影响。小麦籽粒湿面筋含量、形成时间和稳定时间随播量的增大而减小,这与何甜研究结果相似。

## 4 结论

在本试验条件下,与常规条播相比,宽幅播种和增加播量能促进单位面积穗数的增加,进而获得更高的籽粒产量。穴播显著提高籽粒的千粒质量,较常规条播和宽幅播种相比显著提高总蛋白、清蛋白、球蛋白、谷蛋白、谷醇比、湿面筋、沉降值和延展性,更有利于加工品质的形成和提高。增加适宜播量能提高蛋白质及其各组分质量分数,但减小了湿面筋质量分数、沉降值和延展性,缩短了形成时间和稳定时间,不利于加工品质的提高。本研究发现,播种方式和播量对小麦产量和品质有一定影响,但是否具有普遍性及作用机理仍有待研究验证。

### 参考文献 Reference:

- [1] 王秀丽,孙君茂.中国小麦消费分析与未来展望[J].麦类作物学报,2015,35(5):655-661.

- WANG X L, SUN J M. Status and outlook of wheat consumption in China [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(5): 655-661.
- [2] 谢耀丽, 张德奇, 李向东, 等. 豫南雨养区近 15 年小麦生产能力提升原因分析与技术对策——以西平县为例[J]. 中国农学通报, 2013, 29(18): 32-37.
- XIE Y L, ZHANG D Q, LI X D, *et al.* Analysis technical approach of sustainable upgrade on winter wheat production at the rain-fed area in southern henan-take xiping county as an example [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(18): 32-37.
- [3] 赵广才, 常旭虹, 王德梅, 等. 小麦生产概况及其发展[J]. 作物杂志, 2018(4): 1-7.
- ZHAO G C, CHANG X H, WANG D M, *et al.* General situation and development of wheat production [J]. *Crops*, 2018(4): 1-7.
- [4] 郝启飞, 陈 炜, 邓西平. 不同栽培模式对长武塬区冬小麦干物质积累转运的影响[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 121-125.
- HAO Q F, CHEN W, DENG X P. Dry matter accumulation and transportation of winter wheat under different cultivation models on Changwu tableland [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2011, 18(3): 121-125.
- [5] 鱼 欢, 冯佰利, 张 英, 等. 不同栽培模式下冬小麦叶片衰老与活性氧代谢研究[J]. 作物学报, 2007, 33 (10): 1729-1732.
- YU H, FENG B L, ZHANG Y, *et al.* Leaf aging and reactive oxygen species metabolism of winter wheat in different cultivation modes [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2007, 33 (10): 1729-1732.
- [6] 孙婴婴, 陈玉华, 陈士颖, 等. 不同栽培模式对旱作冬小麦根系生长时空分布及水分利用的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(30): 75-82.
- SUN Y Y, CHEN Y H, CHEN SH Y, *et al.* Effects of different cultivation patterns on temporal and spatial distribution of root and water use of dry-land winter wheat [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30 (30): 75-82.
- [7] 赵 理, 王言玲, 王新娟, 等. 不同播种方式对旱直播稻生长发育及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(10): 58-61.
- ZHAO L, WANG Y L, WAN X J, *et al.* Effects of different sowing methods on growth and yield of drought seeding rice [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2016, 48(10): 58-61.
- [8] 胡国平, 邹建国, 郑 威, 等. 不同播种方式对稻茬小麦生长发育和产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(20): 4814-4816.
- HU G P, ZOU J G, ZHENG W, *et al.* Effects of planting methods on the growth and yield of wheat in rice-wheat rotation [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2014, 53 (20): 4814-4816.
- [9] CHETAN F, CHETAN C, MORARU I P, *et al.* The reaction of some winter wheat variety at cultivation in the conservative system in the transylvanian plain area [J]. *Bulletin UASVM series Agriculture*, 2016, 73(2): 176-182.
- [10] 石玉华, 代兴龙, 周晓燕, 等. 不同栽培技术体系对冬小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(8): 26-29.
- SHI Y H, DAI X L, ZHOU X Y, *et al.* Effects of different cultivation technologies on grain yield and quality of winter wheat [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2016, 48(8): 26-29.
- [11] VLADO G, JULIJO M, SONJA M, *et al.* Grain yield components of winter wheat new cultivars in correlation with sowing rate [J]. *Cereal Research Communications*, 2000, 28(3): 307-314.
- [12] CARR P M, HORSLEY R D, POLAND W W. Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars [J]. *Crop Science*, 2003, 43(1): 202-209.
- [13] 罗宏博, 海江波, 白银萍, 等. 穴播栽培对冬小麦生理特性及干物质积累的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(6): 841-848.
- LUO H B, HAI J B, BAI Y P, *et al.* Effect of dibbling cultivation on physiological characteristics and dry matter accumulation of winter wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(6): 841-848.
- [14] 初金鹏, 朱文美, 尹立俊, 等. 宽幅播种对冬小麦‘泰农 18’产量和氮素利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(8): 2517-2524.
- CHU J P, ZHU W M, YIN L J, *et al.* Effects of wide-range planting on the yield and nitrogen use efficiency of winter wheat cultivar ‘Tainong 18’ [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(8): 2517-2524.
- [15] 段剑钊, 李世莹, 郭彬彬, 等. 宽幅播种对冬小麦群体质量及产量的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(10): 2013-2019.
- DUAN J ZH, LI SH Y, GUO B B, *et al.* Effects of wide belt planting on population quality and yield in winter wheat [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, 29(10): 2013-2019.
- [16] 冯 伟, 李世莹, 王永华, 等. 宽幅播种下带间距对冬小麦衰老进程及产量的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(8): 2686-2694.
- FENG W, LI SH Y, WANG Y H, *et al.* Effects of spacing intervals on ageing process and grain yield in winter wheat under wide bed planting methods [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(8): 2686-2694.
- [17] 李世莹, 冯 伟, 王永华, 等. 宽幅播种带间距对冬小麦冠层特征及产量的影响[J]. 植物生态学报, 2013, 37(8): 758-767.
- LI SH Y, FENG W, WANG Y H, *et al.* Effects of spacing interval of wide bed planting on canopy characteristics and yield in winter wheat [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2013, 37(8): 758-767.
- [18] 李拴良, 任长宏, 格桑曲珍, 等. 宽幅硬茬播种对冬小麦生

- 长、产量及品质的效应[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(1): 80-85.
- LI SH L, REN CH H, Gesangquzhen, *et al.* Effect of no-tilled wide planting pattern on growth, yield and quality of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(1): 80-85.
- [19] 汪德水, 程宪国, 张美荣, 等. 旱地土壤中的肥水激励机制[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(1): 64-70.
- WANG D SH, CHENG X G, ZHANG M R, *et al.* The excitation mechanism between fertilizer and water under dryland condition [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Sciences*, 1995, 1(1): 64-70.
- [20] 侯慧芝, 张绪成, 尹嘉德, 等. 半干旱区全膜覆土穴播对春小麦耗水特征和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(2): 150-157.
- HOU H ZH, ZHANG X CH, YIN J D, *et al.* Effects of full plastic-film mulching with bunch planting on water consumption characteristics and grain yield of spring wheat in semi-arid region [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2019, 37(2): 150-157.
- [21] 温 健, 郭振斌, 郭天玲, 等. 全膜覆土穴播对冬小麦旗叶光合和抗氧化酶活性的影响[J]. 西北农业学报, 2015, 24(8): 31-36.
- WEN J, GUO ZH B, GUO T L, *et al.* Effects of whole plastic-film mulching combined with soil overlying on photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities of flag leaves in winter wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2015, 24(8): 31-36.
- [22] 张礼军, 张耀辉, 鲁清林, 等. 耕作方式和氮肥水平对旱地冬小麦籽粒品质的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(8): 1567-1575.
- ZHANG L J, ZHANG Y H, LU Q L, *et al.* Effect of tillage medel and nitrogen rate on grain quality of dryland winter wheat [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2017, 31(8): 1567-1575.
- [23] 张平良, 郭天文, 吕军峰, 等. 不同穴播种植与施肥对春小麦产量及其水分利用效率的影响[J]. 水土保持通报, 2013, 33(2): 177-180, 186.
- ZHANG P L, GUO T W, LÜ J F, *et al.* Effects of different methods of cultivation and fertilization on spring wheat yield and water use efficiency in semi-arid area [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2013, 33(2): 177-180, 186.
- [24] 邵玉伟, 海江波, 罗宏博, 等. 不同密度对关中灌区穴播冬小麦光合特性及产量影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(5): 667-676.
- SHAO Y W, HAI J B, LUO H B, *et al.* Effects of different densities on photosynthetic characteristics and yields of winter wheat under bunch planting in guanzhong irrigation areas [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(5): 667-676.
- [25] 吴邦谟, 董永利, 海江波. 穴播方式对冬小麦产量及品质的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(6): 906-913.
- WU B M, DONG Y L, HAI J B. Effect of hole seeding way on yield and quality of winter wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2019, 28(6): 906-913.
- [26] 吴 祯, 张保军, 海江波, 等. 不同种植方式对冬小麦花后干物质积累与分配特征及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2017, 37(10): 1377-1382.
- WU ZH, ZHANG B J, HAI J B, *et al.* Effect of different planting patterns on dry matter accumulation and distribution post-anthesis and yield of winter wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2017, 37(10): 1377-1382.
- [27] 田纪春. 谷物品质测试理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 85-90.
- TIAN J CH. Theory and Method of Grian Quality Testing [M]. Beijing: Science Press, 2006: 85-90.
- [28] 郑飞娜, 初金鹏, 张 秀, 等. 播种方式与种植密度互作对大穗型小麦品种产量和氮素利用率的调控效应[J]. 作物学报, 2020, 46(3): 423-431.
- ZHENG F N, CHU J P, ZHANG X, *et al.* Interactive effects of sowing pattern and planting density on grain yield and nitrogen use efficiency in large spike wheat cultivar [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2020, 46(3): 423-431.
- [29] 陈留根, 刘红江, 沈明星, 等. 不同播种方式对小麦产量形成的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(4): 786-791.
- CHEN L G, LIU H J, SHEN M X, *et al.* Effects of different seeding modes on grain yield formation of wheat [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 31(4): 786-791.
- [30] 段菊萍. 小麦宽幅播种技术[J]. 陕西农业科学, 2012, 58(4): 268-269.
- DUAN J P. Wide-range sowing techniques for wheat [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 58(4): 268-269.
- [31] 赵 奇, 雷钧杰, 陈兴武, 等. 不同播种方式对冬小麦生物特性及其产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2001(6): 313-314.
- ZHAO Q, LEI J J, CHEN X W, *et al.* Effects of different planting methods on biological characteristics and yield of winter wheat [J]. *Xinjiang Adricultural Sciences*, 2001(6): 313-314.
- [32] 魏艳丽, 蒋会利, 王彬龙, 等. 关中地区不同播种方式对小麦产量的影响[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(17): 49, 68.
- WEI Y L, JIANG H L, WANG B L, *et al.* Effects of different planting methods on wheat yield in guanzhong area [J]. *Anhui Agricultural Sciences Bulletin*, 2016, 22(17): 49, 68.
- [33] 陈世斌. 氮量和播种密度对豫南冬小麦产量和品质的调控研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- CHEN SH B. Study on regulation of nitrogen application amount and plant density over yield and quality of yunan winter wheat [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007.

- [34] 雷锦雯. 不同播种方式与播量对冬小麦群体质量与产量构成的调控效应[D]. 郑州:河南农业大学,2017.  
LEI J W. Effects of different sowing methods and planting densities on group quality and yield components of winter wheat [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2017.
- [35] OZTURK A, CAGLAR O, BULUT S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates [J]. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2006, 192(1): 10-16.
- [36] 张慧芋, 孙 敏, 高志强, 等. 旱地麦田深松蓄水 and 覆盖播种土壤水分变化与小麦籽粒蛋白质含量的关系[J]. 中国农业科学, 2018, 51(15): 40-51.  
ZHANG H Y, SUN M, GAO ZH Q, *et al.* Relationship between soil water variation, wheat yield and grain protein and its components contents under sub-soiling during the fallow period plus mulched-sowing [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(15): 40-51.
- [37] 朱新开, 郭凯泉, 郭文善, 等. 播种方式对强筋小麦籽粒品质和产量的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2009, 30(2): 59-63.  
ZHU X K, GUO K Q, GUO W SH, *et al.* Effects of different planting method on grain quality and yield in strong-gluten wheat [J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2009, 30(2): 59-63.
- [38] 雷钧杰, 赵 奇, 陈兴武, 等. 播期和密度对冬小麦产量与品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(1): 75-79.  
LEI J J, ZHAO Q, CHEN X W, *et al.* Effects of sowing date and planting density on yield and quality of winter wheat [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2007, 44(1): 75-79.
- [39] 浦汉春. 花后高温对小麦粒重和蛋白质形成的影响[D]. 江苏扬州:扬州大学,2006.  
PU H CH. Effects of high temperature after anthesis on grain weight and protein formation in wheat [D]. Yangzhou Jiangsu: Yangzhou University, 2006.
- [40] BLUMENTHAL C S, BARLOW E W R, WRIGLEY C W. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins [J]. *Journal of Cereal Science*, 1993, 18(1): 0-21.
- [41] 孙中伟. 不同播种方式下播期与播量对小麦籽粒产量和品质形成的影响[D]. 南京:南京农业大学,2011.  
SUN ZH W. Effects of different sowing dates and sowing qualities on yield, quality formation of wheat in different planting ways [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011.
- [42] 牛泽良. 播种方式对渭北旱塬‘中麦 175’小麦抗倒性、产量及品质的影响[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2019.  
NIU Z L. The effects of planting pattern on lodging resistance, yield and quality of wheat ‘Zhongmai 175’ in weibe dryland [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2019.
- [43] 姚广平, 汪娟梅, 张 睿, 等. 关中中部灌区播期密度对‘农大 399’小麦产量和品质的效应[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2018, 21(5): 71-77.  
YAO G P, WANG J M, ZHANG R, *et al.* Effects of sowing time and density on yield and quality of ‘Nongda 399’ wheat in mid-guanzhong irrigated area [J]. *Journal of Xi'an University (Natural Science Edition)*, 2018, 21(5): 71-77.
- [44] 何 甜. 施肥和密度对旱地冬小麦‘普冰 9946’产量和品质的影响 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2013.  
HE T. Effect of fertilizer application and planting density on yield and quality of dryland winter wheat ‘Pubing 9946’ [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2013.
- [45] 赵广才, 张 艳, 刘利华, 等. 施肥和密度对小麦产量及加工品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(5): 56-59.  
ZHAO G C, ZHANG Y, LIU L H, *et al.* Effect of different fertilizing and plant density on grain yield and its processing quality of wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2005, 25(5): 56-59.



## Effects of Sowing Methods and Seeding Rates on Yield and Quality of Winter Wheat Variety ‘Xinong 20’

QI Haotian, DONG Yongli, LI Chuan, Angelique Twizerimana,  
REN Huili and HAI Jiangbo

(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract** In order to explore effects of different sowing methods and seeding rates on grain yield of winter wheat, yield composition, protein content, component content and processing quality, we took quality and high yield wheat variety ‘Xinong 20’ as material, three different sowing methods (drill-sowing, wide-row sowing and hole-sowing) and four different seeding rates (112.5 kg/hm<sup>2</sup>, 150 kg/hm<sup>2</sup>, 187.5 kg/hm<sup>2</sup>, 225 kg/hm<sup>2</sup>) were set in this study. The results showed that compared with drill-sowing and hole-sowing, the wide-row sowing significantly increased the grain yield by 6.33% and 6.85%, respectively, and its yield increased with the increase of the seeding rates, the highest yield was 225 kg/hm<sup>2</sup>. The major reason for increase of the yield was caused by increase of available spike numbers per hectare. Compared the hole-sowing with conventional drill-sowing and wide-row sowing, the protein contents significantly increased by 6.34% and 2.83%, respectively and the albumin, globulin, gluten and gluten ratios were the highest under treatment of hole-sowing. With the increase of seeding rate, the contents of protein components showed the trend to increase first, and then decrease, the component content and glutanol ratio reached its maximum of 187.5 kg/hm<sup>2</sup>. The wet gluten content, sedimentation value and ductility under treatment of hole-sowing in the open field significantly improved compared with treatment of drill-sowing, and there were no significant differences in the time of dough development and dough stability between all treatments; the wet gluten content, sedimentation value and ductility, longest dough development and dough stability time were greatest at 112.5 kg/hm<sup>2</sup>, which were significantly higher than that of other seeding rates. In summary, increase of seeding rate and wide-row sowing are beneficial to increase yield of wheat grains, hole-sowing is helpful to improve protein and protein component contents and processing qualities. So proper increase of seeding rate can increase protein and protein component contents, but reduce the wet gluten content, sedimentation value and ductility, and also can shorten the dough development time and dough stability time, hence it is not conducive to improve the processing qualities.

**Key words** Sowing method; Seeding rate; Yield; Protein; Processing quality

**Received** 2020-02-24

**Returned** 2020-05-08

**Foundation item** Key Technology Innovation and Demonstration Project of Multi-cropping Patterns in Irrigation Area of Ningxia(No. 2019BBF02007-2).

**First author** QI Haotian, male, master student. Research area: efficient farming system and crop cultivation techniques in arid areas. E-mail: 153333589@qq.com

**Corresponding author** HAI Jiangbo, male, associate professor, master supervisor. Research area: efficient system of crops and agricultural ecology. E-mail: haijiangbo@126.com

(责任编辑:郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)