

不同时期旱地冬小麦品种更替过程中灌浆特性研究

陈士颖¹, 孙婴婴¹, 张岁岐^{1,2}

(1. 西北农林科技大学黄土高原土壤侵蚀与旱作农业国家重点实验室 陕西杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所 陕西杨凌 712100)

摘要: 为了解旱地小麦品种更替过程中灌浆特性的变化,以8个不同年代的旱地冬小麦品种和1个水地冬小麦品种为材料,在干旱和灌水两种水分处理下,比较了不同小麦品种间籽粒灌浆特性及产量差异。结果表明,小麦籽粒产量和千粒重随品种更替逐渐增加,灌浆速率和灌浆天数也呈增长趋势。干旱处理后,冬小麦的灌浆天数相对缩短,且现代品种的降低幅度较早期品种小;早期品种平均灌浆速率略有下降,现代旱地品种长武134和长旱58则得到提高。在灌水处理下水地品种西农9871的千粒重明显高于干旱处理,旱地品种在两种处理间差异不显著。这说明灌浆速率的提高和灌浆天数的延长是现代旱地品种具有较高粒重和产量的主要原因。

关键词: 旱地小麦; 品种更替; 灌浆特性; 产量

中图分类号: S512.1; S311

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2014)06-0774-08

Study on the Grain Filling Characteristics of Dryland Winter Wheat Varieties in the Replacement Process at Different Eras

CHEN Shiying¹, SUN Yingying¹, ZHANG Suiqi²

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dry-land Farming on the Loess Plateau, Northwest A&F University,

Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of

Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In this study, the experiment was carried out in two water treatments, drought and irrigation. Eight winter wheat varieties used in dry land at different ages and one winter wheat variety used in irrigated land were chosen to study their grain filling characteristics during the filling stage and their yield differences. The results showed that under the two water treatments, the grain yield and thousand kernel weight increased as the replacing progress, and the filling speed and days for grain-filling also increased. In addition, under the drought condition, the average grain filling duration was reduced, and which was lesser in the later varieties than in early varieties; the average grain filling rate declined slightly for earlier varieties while increased in dry land wheat Changhan 58 and Changwu 134. The grain weight of irrigated land variety Xinong 9871 under irrigation condition was much higher than that under drought treatment, but there was no significant difference for dry-land varieties between the two water treatments. The study suggested that the increase of both filling rate and days were the main factors to improve the grain weight and yield of modern dry land varieties.

Key words: Dryland winter wheat; Drought treatment; Cultivars succession; Grain filling characteristics; Grain yield

收稿日期: 2014-01-07

修回日期: 2014-03-06

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2011AA100504)

第一作者 E-mail: chenshiying1989@126.com

通讯作者: 张岁岐(E-mail: sqzhang@ms.iswc.ac.cn)

粒重是构成小麦产量的重要因素之一^[1-3],籽粒灌浆是决定粒重的重要生理过程。有关小麦粒重与籽粒灌浆特性的报道很多。有研究发现,小麦粒重与灌浆速率呈正相关关系,而与灌浆持续时间无显著相关性^[4-5],也有学者认为粒重与整个灌浆持续期呈显著正相关^[6]。同一基因型小麦在不同地区、不同年际、不同栽培条件下粒重有很大波动^[7],不同粒重大小、不同产量水平的小麦品种亦表现出不同的灌浆特性^[2]。因此,了解不同年代小麦品种灌浆特性及其与粒重的关系,对阐明产量提高的生理机制具有重要意义。小麦在品种更替过程中一些农艺性状有了不同程度的变化,产量水平及其增加潜力都有所提高^[8-11]。当前关于冬小麦灌浆期产量性状对不同外界条件响应的研究甚多,不同播期、水肥条件及温度、干旱^[1,12-14]等生态因子的变化均会对小麦品种的最终产量产生直接或间接的影响。近年来,由于干旱、低温冻害、干热风等自然灾害的频发,旱地小麦受到的影响最大,产量损失也最重^[15],以致其产量低而不稳,严重影响了小麦的总体产量。灌浆期是小麦获得高产的关键时期,但此期以干旱为主的自然灾害发生的频率逐年增加,造成旱地小麦大幅减产的情况也呈逐年上升的趋势。所以了解旱地冬小麦在品种更替过程中灌浆特性及其对环境条件响应的变化对小麦高产和稳产具有重要意义,但目前针对此方面的研究鲜见报道。为此,本研究选取 20 世纪 40 年代以来西北地区大面积推广种植的 8 个代表性小麦品种为材料,通过对比干旱和灌水两种处理下不同年代旱地小麦品种灌浆特性的差异,分析品种更替过程中小麦灌浆特性的变化特征及其对产量的影响,以期对旱地小麦品种改良和高产栽培提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用西北地区曾广泛推广种植的 8 个不同年代旱地冬小麦品种和 1 个水地冬小麦品种西农 9871(对照)作为试验材料(表 1)。

1.2 试验设计

试验于 2012 年 10 月—2013 年 6 月在陕西杨凌中国科学院水土保持研究所试验农场的大型活动防雨棚内和棚外田间进行。播种期为 2012 年 10 月 10 日,收获期为 2013 年 6 月 4 日。播前

底施纯 N 150 kg·hm⁻²和 P₂O₅ 120 kg·hm⁻²。共设干旱(返青期前有降雨无灌水,返青期后既无降雨又无灌水)和棚外灌水(全生育期正常降雨,冬前、拔节期分别灌水 600 和 800 m³·hm⁻²)2 个水分处理。小麦全生育期降水量为 218.4 mm。试验采用随机区组设计,每个处理 3 个重复,共 54 个小区。每个小区面积为 7.26 m²(3.3 m×2.2 m),小区间用 3 m 深的水泥墙隔开,以防止水分渗出和相互渗入。小麦株行距分别为 2 和 20 cm(人工点播)。按一般大田试验管理。

表 1 供试品种

Table 1 Wheat varieties used in this experiment

品种名称 Cultivar	主要推广种植年代 Planting time
蚂蚱麦 Mazhamai	20 世纪 40 年代 1940s
碧蚂 1 号 Bima 1	20 世纪 50 年代 1950s
丰产 3 号 Fengchan 3	20 世纪 60 年代 1960s
泰山 1 号 Taishan 1	20 世纪 70 年代 1970s
小偃 6 号 Xiaoyan 6	20 世纪 80 年代 1980s
晋麦 33 Jinmai 33	20 世纪 90 年代 1990s
长武 134 Changwu 134	2000—2010 年 2000—2010
长旱 58 Changhan 58	2010 年至今 Since 2010
西农 9871 Xinong 9871	2010 年至今 Since 2010

1.3 测定项目与方法

1.3.1 灌浆特性的测定

在小麦开花当天,每小区选择花期一致,长势、株高、穗子大小基本相同的 60 个植株进行标记,花后 5 d 开始取样,以后每 5 d 取样 1 次,直至完熟。每次每个品种的 3 个小区各取 7 个主茎带回实验室。将主茎穗与主茎分离,手工剥粒,计数。籽粒在 105℃ 下杀青 20~30 min,75℃ 烘干至恒重,万分之一天平称籽粒干重。用 Logistic 方程拟合花后籽粒灌浆特性^[16]。

Logistic 方程的表达式为: $W = W_0 / (1 + Ae^{-Bt})$ 。其中, t 为花后天数(开花日计 $t=0$); W 为花后籽粒干粒重; W_0 为籽粒理论最大干粒重; A 、 B 为相关参数。由方程的一阶导数和二阶导数推导出一系列灌浆参数。在干旱处理下,籽粒平均灌浆速率 V_a 、灌浆持续时间 T 、最大灌浆速率 V_m 及达到 V_m 的时间 T_m 为初级灌浆参数;次级灌浆参数 T_1 、 V_1 、 T_2 、 V_2 、 T_3 、 V_3 分别表示 3 个阶段(灌浆渐增期、快增期和缓增期)的灌浆持续时间和灌浆速率。灌水处理下各级灌浆参数分别

用 W' 、 W'_0 、 V'_m 、 V'_a 、 V'_1 、 V'_2 、 V'_3 及 T' 、 T'_m 、 T'_1 、 T'_2 、 T'_3 表示。

1.3.2 产量性状的测定

各小区在成熟期收割 1 m² 用于测产, 风干后记录产量、千粒重、穗数及穗粒数。

1.3.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2012 进行相关数据计算, CURXPT 1.3, SPSS 17.0 软件对试验数据进行分析, SigmaPlot 12.0 作图。用 CURXPT 软件模拟灌浆过程, 得出灌浆参数 A 和 B, 并以此计算灌浆次级参数。

2 结果与分析

2.1 不同水分条件下小麦千粒重随品种更替的变化

在干旱(图 1a)和灌水(图 1b)处理下, 随灌浆进程, 各年代小麦品种千粒重都呈现“慢-快-慢”的增长趋势。灌浆初期和后期籽粒增重缓慢, 灌浆中期籽粒增重迅速。随品种的更替, 冬小麦的最终粒重显著增加。干旱和灌水条件下千粒重最大的品种分别为晋麦 33 和长武 134; 千粒重最低的品种都是蚂蚱麦, 与粒重最高的两个品种分别相差达到 10.85 和 9.43 g。在灌水处理下水地品种西农 9871 的千粒重明显高于干旱处理, 旱地品

种在两种水分处理间差异不显著, 说明西农 9871 对水分敏感程度较高, 充足的水分是其获得高产的前提。

2.2 不同水分条件下小麦籽粒灌浆参数

2.2.1 籽粒灌浆初级参数

干旱和灌水处理下, 随品种的更替, 小麦籽粒理论最大千粒重 W_0 与 W'_0 总体上都呈增加趋势(表 2)。两种处理下理论最大千粒重最大的品种分别是长武 134(42.32 g)和晋麦 33(45.57 g)。同一品种表现出 $W'_0 > W_0$ 和 $T' > T$, 变化最显著的是水地品种西农 9871, W_0 与 W'_0 相差 7.33 g。干旱条件下, 蚂蚱麦的灌浆天数最长, 比灌浆天数最短的西农 9871 长 9 d。平均灌浆速率随品种更替也呈波动性上升, 且 V'_a 与 V_a 差异不显著。早期品种灌浆天数在两种水分处理间无显著差异, 现代品种长旱 58 在灌水条件下灌浆时间相对于干旱处理明显延长, 灌浆天数 T' 达 50.2 d, 比 T 多 11.37 d。

2.2.2 小麦灌浆二级参数

在两种水分处理下, 随小麦品种的更替, 籽粒花后理论千粒重都呈现波动性增加的趋势(表 3 和表 4)。在灌浆进程中, 速增期籽粒增重最大, 且表现为 $W'_1 > W_1$, $W'_2 > W_2$, $W'_3 > W_3$ 。灌浆速率最高的时期是速增期, 渐增期次之, 缓增期最

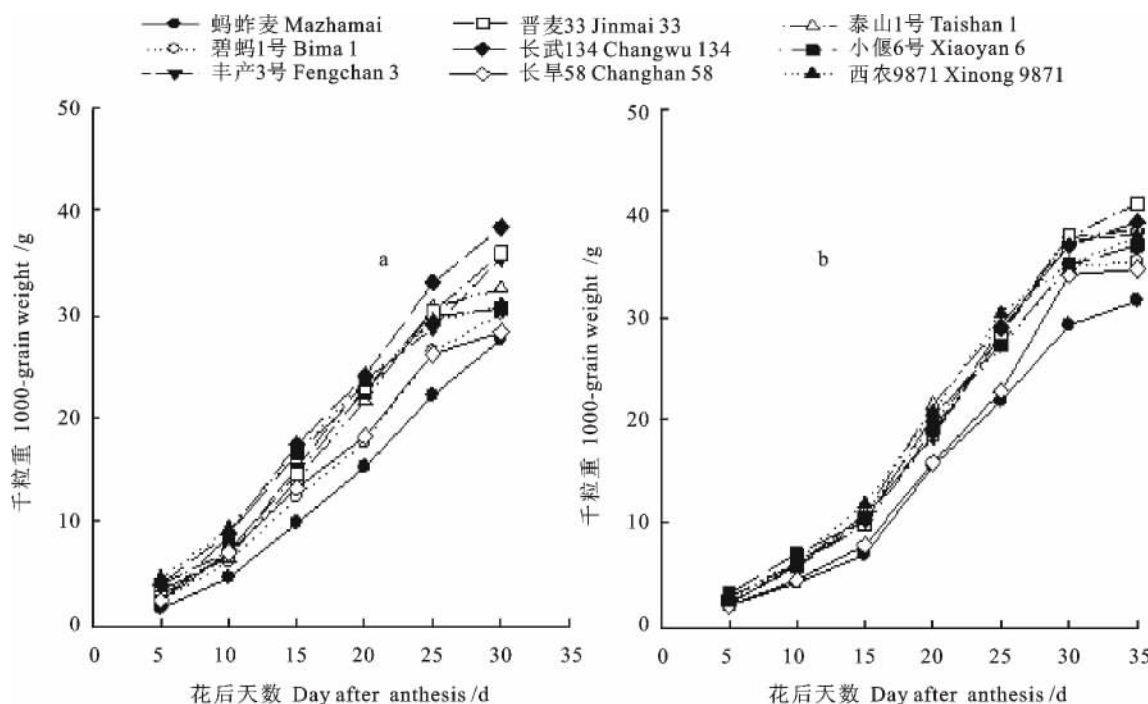


图 1 干旱(a)和灌水(b)处理下不同小麦品种千粒重的变化

Fig. 1 Variation of 1 000-grain weight of different wheat varieties under drought (a) and irrigation (b) treatments

表 2 Logistic 方程拟合的小麦灌浆参数
Table 2 Logistic equation parameters fitting with the grain filling in wheat

品种 Cultivar	干旱处理 Drought treatment						灌水处理 Irrigation treatment					
	<i>r</i>	<i>W</i> ₀ /g	<i>A</i>	<i>B</i>	$V_a/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>T</i> /d	<i>r</i>	<i>W</i> ' ₀ /g	<i>A</i>	<i>B</i>	$V'_a/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>T</i> '/d
蚂蚱麦 Mazhamai	0.998	32.43	37.16	0.18	0.71	45.6	0.999	33.84	51.65	0.18	0.71	47.4
碧蚂 1 号 Bima 1	0.997	34.27	31.24	0.18	0.77	44.7	0.998	38.29	40.72	0.19	0.88	43.7
丰产 3 号 Fengchan 3	0.997	37.40	30.83	0.20	0.93	40.1	0.998	42.06	48.79	0.19	0.94	44.6
泰山 1 号 Taishan 1	0.998	35.53	35.68	0.21	0.91	38.9	0.999	40.79	45.48	0.19	0.92	44.3
小偃 6 号 Xiaoyan 6	0.997	31.91	30.37	0.23	0.92	34.8	0.998	39.51	33.95	0.18	0.88	45.1
晋麦 33 Jinmai 33	0.998	39.76	28.91	0.19	0.95	41.9	0.999	45.57	51.08	0.18	0.96	47.4
长武 134 Changwu 134	0.997	42.32	24.50	0.18	0.98	43.3	0.999	42.67	51.04	0.19	0.95	44.9
长旱 58 Changhan 58	0.997	33.53	25.49	0.18	0.85	38.8	0.999	39.52	51.39	0.17	0.79	50.2
西农 9871 Xinong 9871	0.997	32.35	22.04	0.21	0.88	36.6	0.999	39.68	41.83	0.19	0.91	43.8

表 3 干旱处理下小麦籽粒灌浆期二级参数
Table 3 Secondary parameter of wheat grain filling stage under drought treatment

品种 Variety	渐增期 Fast increase period			速增期 Cumulative period			缓增期 Slow growth period			$V_m/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>T</i> _m /d
	<i>W</i> ₁ /g	<i>T</i> ₁ /d	$V_1/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>W</i> ₂ /g	<i>T</i> ₂ /d	$V_2/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>W</i> ₃ /g	<i>T</i> ₃ /d	$V_3/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$		
蚂蚱麦 Mazhamai	6.85	12.8	0.54	18.72	14.6	1.28	6.53	18.2	0.36	1.46	20.1
碧蚂 1 号 Bima 1	7.24	11.8	0.61	19.79	14.6	1.35	6.90	18.2	0.38	1.54	19.1
丰产 3 号 Fengchan 3	7.90	10.6	0.75	21.59	13.2	1.64	7.53	16.4	0.46	1.87	17.1
泰山 1 号 Taishan 1	7.51	10.8	0.70	20.51	12.5	1.64	7.15	15.6	0.46	1.87	17.0
小偃 6 号 Xiaoyan 6	6.74	9.1	0.74	18.42	11.5	1.61	6.42	14.3	0.45	1.83	14.8
晋麦 33 Jinmai 33	8.40	10.8	0.78	22.96	13.9	1.66	8.00	17.3	0.46	1.89	17.7
长武 134 Changwu 134	8.94	10.5	0.86	24.43	14.6	1.67	8.52	18.2	0.47	1.90	17.8
长旱 58 Changhan 58	7.09	10.7	0.66	19.36	14.6	1.35	6.75	18.2	0.37	1.51	18.0
西农 9871 Xinong 9871	6.84	8.5	0.81	18.68	12.5	1.49	6.51	15.6	0.42	1.70	14.7

表 4 灌水处理下小麦籽粒灌浆期二级参数
Table 4 Secondary parameter of wheat grain filling stage under irrigation treatment

品种 Variety	渐增期 Fast increase period			速增期 Cumulative period			缓增期 Slow growth period			$V'_m/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>T</i> ' _m /d
	<i>W</i> ' ₁ /g	<i>T</i> ' ₁ /d	$V'_1/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>W</i> ' ₂ /g	<i>T</i> ' ₂ /d	$V'_2/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$	<i>W</i> ' ₃ /g	<i>T</i> ' ₃ /d	$V'_3/(\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$		
蚂蚱麦 Mazhamai	7.15	14.6	0.49	19.54	14.6	1.34	6.81	18.2	0.37	1.52	21.9
碧蚂 1 号 Bima 1	8.09	12.6	0.64	22.11	13.9	1.59	7.71	17.3	0.45	1.82	19.5
丰产 3 号 Fengchan 3	8.89	13.5	0.66	24.28	13.9	1.75	8.47	17.3	0.49	2.00	20.5
泰山 1 号 Taishan 1	8.62	13.2	0.66	23.55	13.9	1.70	8.21	17.3	0.48	1.94	20.1
小偃 6 号 Xiaoyan 6	8.35	12.3	0.68	22.81	14.6	1.56	7.95	18.2	0.44	1.78	19.6
晋麦 33 Jinmai 33	9.63	14.5	0.66	26.31	14.6	1.80	9.17	18.2	0.50	2.05	21.9
长武 134 Changwu 134	9.02	13.8	0.66	24.64	13.9	1.78	8.59	17.3	0.50	2.03	20.7
长旱 58 Changhan 58	8.40	15.4	0.54	23.29	15.5	1.50	7.44	19.3	0.39	1.68	23.2
西农 9871 Xinong 9871	8.39	12.7	0.66	22.91	13.9	1.65	7.99	17.3	0.46	1.88	19.7

低,且干旱处理下各品种渐增期的灌浆速率高于灌水处理,而速增期、缓增期则均低于灌水处理。干旱处理下,长武 134 的 V_1 、 V_2 、 V_3 都最大。灌水处理下,三阶段灌浆速率最大值分别为 0.68、1.80 和 0.50 $\text{mg} \cdot \text{grain}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。三个阶段的灌浆持续时间基本表现为 $T'_1 > T_1$, $T'_2 > T_2$, $T'_3 > T_3$ 。最大灌浆速率及其出现时间也表现出 $V'_m > V_m$, $T'_m > T_m$ 。干旱和灌水处理平均灌浆速率最大的品种分别是长武 134 和晋麦 33。长旱 58 的 T'_m 和 T_m 相差达 6.61 d,而碧蚂 1 号只相差 0.39 d。干旱条件下,早期品种蚂蚱麦三个阶段的灌浆持续时间均最大。长旱 58 在灌水条件下三个阶段的灌浆时间都最大,分别达到 15.43、15.49 和 19.28 d。

2.3 不同水分条件下小麦灌浆参数与粒重间的相关性

相关分析(表 5)表明,干旱处理下, V_m 、 V_a 、 V_2 、 V_3 与千粒重均呈显著正相关(表 5); V_m 、 V_2 、 V_3 与 V_a 呈极显著正相关,而灌浆时间与粒重相关不显著。灌水处理下, V'_m 、 V'_a 、 V'_1 、 V'_3 与千粒重均呈极显著正相关(表 6); 除 T'_m 与千粒重呈显著负相关外, V'_2 和其余灌浆时间均与千粒重呈显著正相关(表 6)。说明本地区干旱条件下籽粒灌浆速率的提高是增加旱地小麦粒重的关键; 灌水处理下籽粒灌浆速率对千粒重的增加起主导作用,灌浆时间长短也影响着籽粒质量的增加,同时控制 T'_m 在较低水平,也可使千粒重有一定程度的提高。

表 5 干旱处理下灌浆参数与千粒重的相关系数

Table 5 Correlative coefficient between grain filling parameters and grain weight under drought treatment

参数 Parameter	V_m	V_a	V_1	V_2	V_3	T_m	T	T_1	T_2	T_3
V_m	1									
V_a	0.857**	1								
V_1	0.648*	0.592*	1							
V_2	0.986**	0.899**	0.686*	1						
V_3	0.971**	0.883**	0.609*	0.955**	1					
T_m	-0.141	-0.310	-0.444	-0.171	-0.203	1				
T	-0.028	-0.141	-0.167	0.000	-0.029	0.722**	1			
T_1	-0.197	-0.254	-0.556*	-0.229	-0.261	0.667*	0.611*	1		
T_2	-0.126	-0.251	-0.217	-0.127	-0.194	0.836**	0.712*	0.464	1	
T_3	-0.126	-0.251	-0.217	-0.127	-0.194	0.836**	0.712*	0.464	1.000**	1
千粒重 1000-grain weight	0.648*	0.648*	0.389	0.686*	0.609*	-0.056	0.111	0.056	0.031	0.031

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

表 6 灌水处理下灌浆参数与千粒重的相关系数

Table 6 Correlative coefficient between grain filling parameters and grain weight under irrigation treatment

参数 Parameter	V'_m	V'_a	V'_1	V'_2	V'_3	T'_m	T'	T'_1	T'_2	T'_3
V'_m	1									
V'_a	0.978**	1								
V'_1	0.834**	0.592*	1							
V'_2	0.998**	0.899**	0.686*	1						
V'_3	0.987**	0.883**	0.609*	0.955**	1					
T'_m	-0.335	-0.310	-0.444	-0.171	-0.203	1				
T'	-0.456	-0.141	-0.167	0.000	-0.029	0.722**	1			
T'_1	-0.252	-0.254	-0.556*	-0.229	-0.261	0.667*	0.611*	1		
T'_2	-0.553	-0.251	-0.217	-0.127	-0.194	0.836**	0.712*	0.464	1	
T'_3	-0.553	-0.251	-0.217	-0.127	-0.194	0.836**	0.712*	0.464	1.000**	1
千粒重 1 000-grain weight	0.801**	0.890**	0.952**	0.784*	0.836**	-0.757*	0.777*	0.716*	0.710*	0.710*

2.4 不同水分条件下小麦籽粒产量及其构成

干旱和灌水处理下,小麦产量随品种更替显著提高,其中产量最高的品种分别是晋麦 33 和小偃 6 号(表 7)。在灌水处理下各年代小麦品种的产量都明显高于干旱处理,其中泰山 1 号产量增加达 1 倍以上。从产量构成看,千粒重随品种更替也表现出增加趋势。干旱处理下,晋麦 33 的千粒重最大。在灌水条件下西农 9871 的千粒重最大,较干旱处理提高近 27%,且差异显著。随着品种的更替,旱地小麦的穗粒数和穗数均显著增加,且灌水处理较干旱处理具有更高的穗数和穗粒数。水地品种西农 9871 在灌水处理下的穗粒数和千粒重都明显高于干旱处理。干旱和灌水条

件下,长旱 58 穗粒数都最大,分别为 40.53 和 56.35 粒。干旱和灌水处理下穗粒数的极差分别达到 13.0 和 24.2 粒。两种水分处理下穗数差距十分明显,各小麦品种的穗数在灌水条件下相对于干旱处理均不同程度增加,长旱 58 等现代品种提高程度较大,提高幅度为 31.25 万~173.33 万穗·hm⁻²。在同一水分处理下,除晋麦 33 的穗数与其他品种差异显著外,其余品种间无显著差异。干旱处理下,产量最低的泰山 1 号虽然千粒重和穗粒数与晋麦 33 无显著差异,但穗数很低。晋麦 33 虽穗粒数较低,但千粒重和穗数都维持在较高水平,尤其穗数达到最高,且与其他品种差异显著,因此获得高产。

表 7 两种水分处理下不同小麦品种的产量及其构成

Table 7 Yield and yield components of different wheat varieties under two water treatments

品种 Variety	干旱处理 Drought treatment				灌水处理 Irrigation treatment			
	产量 Yield (kg·hm ⁻²)	千粒重 1000-grain weight /g	穗粒数 Grain number per spike	穗数 Spike number /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	产量 Yield (kg·hm ⁻²)	千粒重 1000-grain weight /g	穗粒数 Grain number per spike	穗数 Spike number /(10 ⁴ ·hm ⁻²)
蚂蚱麦 Mazhamai	2 900Aa	28.86ABa	33.73BCa	401Aa	3 383Aa	28.80Aa	44.35Cb	473Aab
碧蚂 1 号 Bima 1	3 133Aa	29.49ABCa	33.67BCa	452Aa	4 775Bb	34.59BCb	40.95BCb	507Aab
丰产 3 号 Fengchan 3	2 938Aa	32.53CDEab	31.4ABa	445Aa	5 267BCb	35.91BCb	41.9BCb	518Aab
泰山 1 号 Taishan 1	2 888Aa	33.37DEab	28.73Aa	414Aa	6 046BCb	35.76BCbc	38.05Bb	585ABb
小偃 6 号 Xiaoyan 6	3 571ABa	29.81ABCa	36.37Ca	408Aa	6 721CDb	35.40BCb	44.7Cb	581ABb
晋麦 33 Jinmai 33	4 800Bab	35.77Ea	27.5Aa	642Bab	5 429BCbc	33.84Bab	32.15Ab	673Bb
长武 134 Changwu 134	3 163Aa	35.33DEab	33.1BCa	409Aab	6 063BCb	36.07BCb	43BCb	561ABbc
长旱 58 Changhan 58	3 183Aa	32.12BCDab	40.53Da	359Aa	6 096BCb	31.10Abc	56.35Db	490Aab
西农 9871 Xinong 9871	4 163ABa	28.78Aa	43.8Da	413Aa	7 571Db	36.49Cb	53.6Db	516Aab

数值后面的大写字母不同者表示同一水分处理下不同小麦品种在 0.05 水平上差异显著,小写字母不同表示同一品种两种水分处理间在 0.05 水平上差异显著

Values followed by capital letters within each column showed the difference between wheat varieties significant under the same water treatment at the 0.05 probability level. The lowercase letters reflected the difference significant between two water treatment of the same wheat at 0.05 level

3 讨论

在品种更替过程中,小麦的一些农艺性状和产量构成得到了优化。小麦产量的高低总是伴随着粒重的高低而同步变化的^[17]。研究发现,随着品种演替,小麦千粒重逐渐增加^[18-21]。本研究也表明,两种水分处理下,旱地冬小麦千粒重和产量随品种更替均呈逐渐增加的趋势。小麦产量的进

一步提高主要依赖于产量因素的协调增长和穗粒重的提高^[22],粒重是产量的后期决定因子,尤其在高产条件下小麦产量的高低更取决于粒重^[23]。冬小麦更替过程中粒重的增加,无疑是现代旱地品种获得高产的关键。

在小麦灌浆的三个时期中,与最终粒重最为密切的是渐增期。渐增期是建立库容能力的时期,库容能力的大小决定了粒重的高低^[24]。本研

究中,干旱处理下,旱地冬小麦渐增期的灌浆速率高于灌水处理,推测这是旱地小麦品种在干旱条件下仍保持较高粒重的原因。冬小麦干旱处理下的粒重与灌浆速率呈显著正相关;灌水处理下,小麦粒重与灌浆速率的正相关达到极显著水平,还与灌浆时间密切相关。可见,不同的水分环境下,小麦的粒重受不同因素的影响,也表明提高灌浆速率是增加旱地小麦产量的关键,尤其是应着重提高渐增期灌浆速率,以满足库容建成和物质填充需要。灌浆速率受遗传控制,因此在栽培和遗传育种中可通过选育高灌浆速率,尤其是高渐增期灌浆速率的品种(系)。水分状况对小麦干物质积累与分配有显著影响,在很大程度上影响籽粒灌浆过程及籽粒品质形成^[25-28]。干旱明显影响小麦的灌浆速率,而且使小麦灌浆时间缩短,全生育期干旱使小麦的灌浆速率明显减弱^[29]。本研究通过比较两种水分处理下旱地冬小麦的灌浆特性表明,土壤干旱加快了冬小麦的生育进程,灌浆持续期相对缩短,但现代品种的降低幅度较早期品种小;早期品种受旱后平均灌浆速率略有下降,现代旱地品种长武 134 和长旱 58 则得到提高。表明灌浆速率的提高和灌浆天数的延长是现代旱地品种具有较高粒重和产量的主要原因。

小麦产量是源、库、流互作的结果^[30],提高小麦的库容能力是提高小麦粒重的关键。李文雄等认为小麦籽粒成熟期体积与千粒重呈极显著正相关关系^[31]。小麦籽粒体积的大小是库容量的指标,而库容能力又明显影响粒重^[7]。小麦的早期品种一般属于小粒型品种,而现代品种一般属大、中粒型品种。现代冬小麦品种的库容能力得到了改良,干物质在籽粒中的分配比例增加^[32]。研究表明,早期小麦品种库容能力较弱,在灌浆期积累的干物质相对少,粒重的增加不如现代品种,从而导致产量较现代品种低。因此协调好源库关系对进一步提高产量至关重要。从产量构成来看,干旱条件下,有效穗数对产量的贡献最大,在提高产量方面起着积极作用。冬小麦单位面积有效穗数变幅较大,在该区旱地小麦高产育种性状选择时,应优先考虑有效穗数这一性状。要在保证单位面积有效穗数的基础上,探索增加旱地小麦产量的途径。

参考文献:

[1] Wu S H(吴少辉), Gao H T(高海涛), Zhang X P(张学品), et al. Effect of sowing date on grain filling characters in different

wheat varieties [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2004, 24(4): 105-107 (in Chinese with English abstract).

- [2] Cui J M(崔金梅), Guo T C(郭天财), Zhu Y J(朱云集), et al. Ear of wheat (小麦的穗) [M]. Beijing: China Agriculture Press (北京: 中国农业出版社), 2008 (in Chinese).
- [3] Lu Q L(鲁清林), Ye S(叶石), He C Y(何春雨), et al. Preliminary study on grain filling of winter wheat planted in Northern region [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2008, 28(2): 281-286 (in Chinese with English abstract).
- [4] Feng S W(冯素伟), Hu T Z(胡铁柱), Li G(李淦), et al. Analysis on grain filling characteristics of different wheat varieties [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2009, 29(4): 643-646 (in Chinese with English abstract).
- [5] Li X J(李秀君), Pan Z D(潘宗东). A study on the grain-filling characteristic of different weight wheat [J]. *Review of China Agricultural Science and Technology* (中国农业科技导报), 2005, 7(1): 26-29 (in Chinese with English abstract).
- [6] Wiegand C L, Cuellar J A. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature [J]. *Crop Science*, 1981, 21: 95-101.
- [7] Li S Q(李世清), Shao M A(邵明安), Li Z Y(李紫燕). Review of characteristics of wheat grain fill and factors to influence it [J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2003, 23(11): 2031-2039 (in Chinese with English abstract).
- [8] Zhang X Y(张小燕), Song Z M(宋哲民). Evolutionary changes and future prospects in characters of wheat cultivars in central Shaanxi plain [J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 1994, 14(4): 295-302 (in Chinese with English abstract).
- [9] Chen X(陈旭), Hao M D(郝明德), Xu J J(许晶晶), et al. Effect of drought stress on photosynthesis characteristics in flag leaf of wheat cultivars in different years in the central Shaanxi plain [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas* (干旱地区农业研究), 2012, 30(1): 159-163, 169 (in Chinese with English abstract).
- [10] Peng Q(彭芹), Guo Q H(郭骞欢), Zhang X B(张西斌), et al. Evolution in photosynthetic characteristics of wheat cultivars widely planted in Shandong province since 1950s [J]. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2012, 45(18): 3883-3891 (in Chinese with English abstract).
- [11] Wang Z H(王振华), Zhang X Y(张喜英), Chen S Y(陈素英), et al. Analysis of yield components, physiological and agronomic characters of different cultivars of winter wheat bred during different ages [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (中国生态农业学报), 2007, 15(3): 75-79 (in Chinese with English abstract).
- [12] Zhao H Z(赵海祯), Liang Z J(梁哲军), Qi H L(齐宏立), et al. Effect of irrigation combined with fertilization in different stage of wheat on photosynthetic characteristics and yield in dry land field [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica* (华北农学报), 2009, 24(S1): 61-65 (in Chinese with English ab-

- stract).
- [13] Fan T L (樊廷录), Song S Y (宋尚有), Xu Y P (徐银萍), *et al.* Relationship between canopy temperature and water use efficiency/grain yield among dryland winter wheat genotypes during grain filling stage [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2007, 27(11): 4491-4497 (in Chinese with English abstract).
- [14] Hu J B (胡吉帮), Wang C Y (王晨阳), Guo T C (郭天财), *et al.* Effects of high temperature and drought stress on grain filling characteristics in wheat during grain filling period [J]. *Journal of Henan Agricultural University* (河南农业大学学报), 2009, 42(6): 597-601 (in Chinese with English abstract).
- [15] Lv X T (吕修涛). Scientific water usage is the most important measure to dryland wheat [J]. *Beijing Agriculture: Practical Technology* (北京农业: 实用技术), 2012(9): 41-41 (in Chinese with English abstract).
- [16] Darroch B A. Grain filling in three spring wheat genotype: Statistical analysis [J]. *Crop Science*, 1995, 3: 525-529.
- [17] Wang C Z (王昌枝). The basic cause of southern wheat grain weight fluctuation and the way of improving grain weight [J]. *Crops Magazine* (作物杂志), 1992(1): 9-11 (in Chinese with English abstract).
- [18] Yang Z J (杨再洁), Shi L G (史磊刚), Wen X Y (文新亚), *et al.* Responses of grain filling characteristics of winter wheat cultivars released in different decades to water deficit in North China Plain [J]. *Journal of China Agricultural University* (中国农业大学学报), 2013, 18(3): 21-27 (in Chinese with English abstract).
- [19] Zheng T C, Zhang X K, Yin G H, *et al.* Genetic gains in grain yield, net photosynthesis and stomatal conductance achieved in Henan province of China between 1981 and 2008 [J]. *Field Crops Research*, 2011, 122(3): 225-233.
- [20] Zhang X Y, Chen S Y, Sun H Y, *et al.* Water use efficiency and associated traits in winter wheat cultivars in the North China Plain [J]. *Agricultural Water Management*, 2010, 97(8): 1117-1124.
- [21] Zhang Y (张园), Hao M D (郝明德), Pang Y H (庞玉辉). Study on the grain-filling characteristic of the succession of wheat cultivars in the gully areas of the loess plateau [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2008, 28(6): 1058-1062 (in Chinese with English abstract).
- [22] Yu J C (于经川), Liu Z H (刘兆晔), Ma S L (马淑丽), *et al.* Study on the relationship among the three top leaves and spike weigh per stem in wheat [J]. *Journal of Laiyang Agricultural College* (莱阳农学院学报), 2006, 23(1): 116-118 (in Chinese with English abstract with English abstract).
- [23] Motzo R, Giunta F, Pruneddu G. The response of rate and duration of grain filling to long-term selection for yield in Italian durum wheats [J]. *Crop and Pasture Science*, 2010, 61(2): 162-169.
- [24] He Y L (何元龙), Han W Y (韩文英), Zhang T Y (张天英). Study of kernel weight increasing rules on spring wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 1996, 16(1): 24-26 (in Chinese with English abstract).
- [25] Peterson C J, Graybosch R A, Shelton D R. Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains [J]. *Euphytica*, 1998, 100(1-3): 157-162.
- [26] Blumenthal C S, Bekes F, Batey I L, *et al.* Interpretation of grain quality results from wheat variety trials with reference to high temperature stress [J]. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1991, 42: 325-334.
- [27] Stone P J, Gras P W, Nicolas M E. The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat III. Grain protein composition and dough properties [J]. *Journal of Cereal Science*, 1997, 25: 129-141.
- [28] Wesley A S, Lukow O M, McKenzie R I H, *et al.* Effect of multiple substitutions of glutenin and gliadin proteins on flour quality of Canada Prairie spring wheat [J]. *Cereal Chemistry*, 2001, 78(1): 69-73.
- [29] Fang W J (房稳静), Zhang X F (张雪芬), Zheng Y F (郑有飞). Influence of drought on filling velocity of winter wheat during filling period [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology* (中国农业气象), 2006, 27(2): 98-101 (in Chinese with English abstract with English abstract).
- [30] Evans L J. Some physiological aspects of evolution of wheat [J]. *Australian Journal of Biological Science*, 1970, 23: 725-741.
- [31] Li W X (李文雄), Zeng H B (曾寒冰). Research of spring wheat grain weighting [J]. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1985, 18(6): 14-19 (in Chinese with English abstract).
- [32] Huang L (黄玲), Gao Y (高阳), Li X Q (李新强), *et al.* Effects of water stress on dry matter accumulation and translocation in winter wheat cultivars planted at different ages [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (中国生态农业学报), 2013, 21(8): 943-950 (in Chinese with English abstract).