

豫西旱作麦区小麦籽粒灌浆特性研究

温红霞¹, 田文仲¹, 张少澜¹, 张园¹, 马义勇², 孙灵娇²,
段国辉¹, 余四平¹, 张学品¹, 高海涛¹

(1. 洛阳市农林科学院, 河南 洛阳 471023; 2. 嵩县农业科学试验站, 河南 嵩县 471411)

摘要: 为明确豫西旱作麦区小麦籽粒灌浆特性, 给小麦粒质量的提高提供理论支撑。选用黄淮麦区具有代表性的济麦 20、豫麦 49-198、郑麦 004、郑麦 9023、偃展 4110 和豫麦 50 为试验材料, 用 Logistic 方程拟合籽粒灌浆进程, 通过 F 检验以及相关分析等方法, 对籽粒灌浆参数进行了分析。结果表明, 方程拟合系数 R 值在 0.991 0~0.998 3, 经 F 检验均达极显著水平, 说明 Logistic 方程真实反映了小麦籽粒灌浆进程; 籽粒最大灌浆速率(V_{\max})、籽粒平均灌浆速率(V_a)、快增期灌浆速率(V_2)、缓增期灌浆速率(V_3)与千粒重均呈显著性正相关, 相关系数分别为 0.67、0.73、0.69 和 0.73, 灌浆持续时间通过灌浆速率间接影响粒质量的增加。

关键词: 豫西旱作麦区; 小麦; 籽粒灌浆特性

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0026-04

Studies on Wheat Grain Filling Characteristics in Dryland Wheat Production Area of Western Henan Province

WEN Hong-xia¹, TIAN Wen-zhong¹, ZHANG Shao-lan¹, ZHANG Yuan¹, MA Yi-yong²,
SUN Ling-jiao², DUAN Guo-hui¹, YU Si-ping¹, ZHANG Xue-pin¹, GAO Hai-tao¹

(1. Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Luoyang 471023, China;

2. Songxian Agricultural Experimental Station, Songxian 471411, China)

Abstract: Under the field conditions of dryland wheat producing area in western Henan province, six wheat cultivars from Huang-huai Wheat Producing Area (Jimai20, Yumai49-198, Zhengmai 004, Zhengmai 9023, Yanzhan 4110 and Yumai 50) were selected to study the grain filling parameters by using the logistic equation, F test and correlation analysis for 3 years. The results showed that the R value of equation fitting coefficient was between 0.991 0 and 0.998 3, reaching a highly significant level by F test. This indicated that the logistic equation could truly reflect the process of wheat grain filling. The maximum grain filling rate V_{\max} , the average grain filling rate V_a , the grain filling rate during fast growth stage V_2 and the grain filling rate during slow growth period V_3 all had a significant positive correlation with 1 000-kernel weight, the correlation coefficient being 0.67, 0.73, 0.69 and 0.73, respectively. The duration of grain filling affected indirectly the increase of grain weight through the grain filling rate of wheat.

Key words: dryland wheat producing area of western Henan province; wheat; grain filling characteristics

灌浆是小麦籽粒形成的重要生理过程, 对粒质量和小麦产量具有重要的影响。但籽粒的形成和灌浆有其自身的发展规律, 籽粒形成过程中均遵循

“S”形变化曲线, 表现“慢—快—慢”的增长节奏, 可以用 Logistic 方程曲线拟合, 不同品种和生态条件下, Logistic 方程拟合参数不同。有关小麦粒质量

收稿日期: 2012-09-15

基金项目: 国家现代农业(小麦)产业体系(CARS-E-2-36); 河南省现代农业(小麦)产业体系(S2010-10-02); 国家科技支撑计划(2011BAD07B01-6; 2011BAD35B03)

作者简介: 温红霞(1977-), 女, 河南周口人, 学士, 主要从事小麦高肥育种工作。E-mail: xxboy114@163.com

与用 Logistic 方程拟合的籽粒灌浆参数的关系已有很多报道^[1-6],但结论各异,究其原因可能是由于小麦籽粒灌浆受气候条件、品种基因型、栽培措施等因素的影响。一般研究认为,粒质量与籽粒灌浆速率呈显著正相关,与灌浆持续时间无显著相关性。也有人认为^[7-11],粒质量与灌浆持续时间有显著相关性。本试验选用黄淮麦区生产上具有代表性的济麦 20、豫麦 49-198、郑麦 004、郑麦 9023、偃展 4110 和豫麦 50 为试验材料,在黄淮麦区豫西旱地生态条件下种植,通过 Logistic 方程拟合分析籽粒灌浆进程以及方程各级参数与粒质量的关系,以期为旱作麦区小麦粒质量的提高提供理论支撑。

1 材料和方法

1.1 供试材料

选择黄淮麦区代表性的半冬性小麦品种济麦 20、豫麦 49-198、郑麦 004 和弱春性小麦品种郑麦 9023、偃展 4110、豫麦 50 为试验材料。

1.2 试验设计

试验于 2007—2010 年连续 3 a 年在洛阳农林科学院水地育种田进行,土壤为壤质,田菁掩底,土壤基础养分状况见表 1。半冬性品种 10 月 12 日播种,基本苗为 195 万苗/hm²,弱春性品种 10 月 17 日播种,基本苗为 225 万苗/hm²,采用随机区组排列,3 次重复,小区面积为 13.8 m² (2.3 m×6 m),每公顷施纯 N 240 kg、P₂O₅ 90 kg、K₂O 112.5 kg,氮、磷、钾肥料类型分别为尿素、磷酸二铵、氯化钾,按小区面积计算称出肥料,整地后人工翻入。磷、钾肥和 50% 氮肥为基肥,另 50% 氮肥于拔节期随灌水追施。

表 1 试验地土壤基础肥力

土层深度/cm	全氮/(g/kg)	土壤有机质/(g/kg)	碱解氮含量/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)
0~20	1.204	16.85	109.50	89.95	50.52
20~40	1.121	12.99	113.20	69.89	17.60
40~60	0.908	8.30	73.70	69.94	7.36

1.3 测定方法

1.3.1 籽粒灌浆动态的测定 于小麦开花期每小区选择花期一致,长相、长势、穗子大小基本相同,无病虫害的单茎 200 个挂牌标记,从开花后第 5 天开始取样,以后每隔 4 d 取样 1 次,直至完熟,每小区每次取样 10 穗带回室内,每穗取中部小穗第一、二花位的籽粒 20 粒,每区共 200 粒,所得样品于 105 ℃ 杀青处理 15 min,后降至 65 ℃ 烘干至恒定质量,用万分之一天平称质量。

1.3.2 籽粒生长曲线的拟合与灌浆参数的计算

以花后时间 t 为自变量,千粒重 Y 为因变量,用 Logistic 方程 $Y = K / (1 + Ae^{-Bt})$ 对籽粒生长过程进行模拟。其中 K 为最大生长量上限, A 、 B 均为常数。对拟合方程求一阶导数和二阶导数,得初级和次级灌浆参数。籽粒平均灌浆速率 V_a [g/(10³ 粒·d)]、灌浆持续时间 T (d)、最大灌浆速率 V_{max} [g/(10³ 粒·d)]、达到 V_{max} 的时间 T_{max} (d) 为初级灌浆参数。灌浆过程可分为 3 个阶段:灌浆渐增期、灌浆快增期和灌浆缓增期。次级灌浆参数 T_1 、 V_1 、 T_2 、 V_2 、 T_3 、 V_3 分别表示 3 个阶段的灌浆持续时间(d)和灌浆速率[g/(10³ 粒·d)]。

1.4 数据处理

数据采用 Excel 2003、SPSS 15.0 和 DPS 6.55 软件包进行数据处理和分析,3 a 数据趋势表现基本一致,数据分析用 3 a 均值。

2 结果与分析

2.1 不同小麦品种千粒重变化规律

由图 1 可知,小麦粒质量自开花后呈规律性变化,各品种籽粒灌浆进程均呈“S”形曲线,自开花后粒质量持续增加,表现“慢—快—慢”的趋势,不同品种间存有一定差异,但适宜用 Logistic 生长曲线拟合。方程拟合参数见表 2,其中 R 值在 0.991 0~0.998 3,经 F 检测,均达极显著水平,说明 Logistic 方程真实反映了小麦籽粒灌浆进程。

通过对 Logistic 方程求导得籽粒灌浆速率方程 $V = -KBe^{A+Bt} / (1 + e^{A+Bt})^2$,以花后时间 t 为自变量求籽粒灌浆速率曲线如图 2 所示,可知,各品种间籽粒灌浆速率呈单峰曲线变化,自开花始逐渐增大,至花后 15 d(偃展 4110 和豫麦 50 在花后 20 d)达最大值,之后逐渐降低。开花至花后 15 d 各品种间籽粒干物质积累量无明显差异,之后籽粒积累量各品种间有所差异,这可能是由品种特性差异造成的。

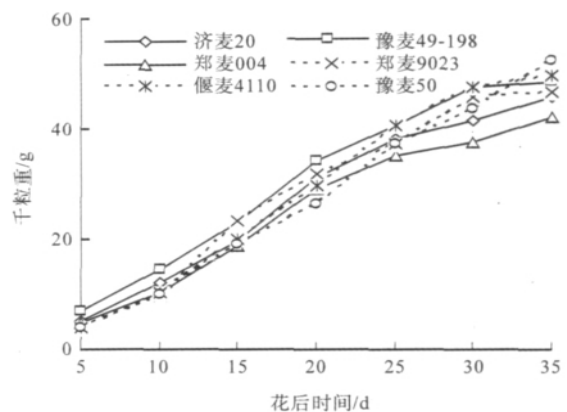


图 1 不同小麦品种千粒重变化曲线

表 2 不同小麦品种籽粒灌浆 Logistic 方程参数

品种	K	A	B	R
济麦 20	48.674 0	2.983 2	-0.179 2	0.995 4**
豫麦 49-198	51.281 3	2.699 6	-0.167 5	0.995 3**
郑麦 004	43.522 3	2.986 6	-0.181 0	0.992 1**
郑麦 9023	50.136 4	3.023 9	-0.179 9	0.991 0**
偃展 4110	53.808 8	3.225 9	-0.174 7	0.998 3**
豫麦 50	59.539 8	3.023 1	-0.142 7	0.996 4**

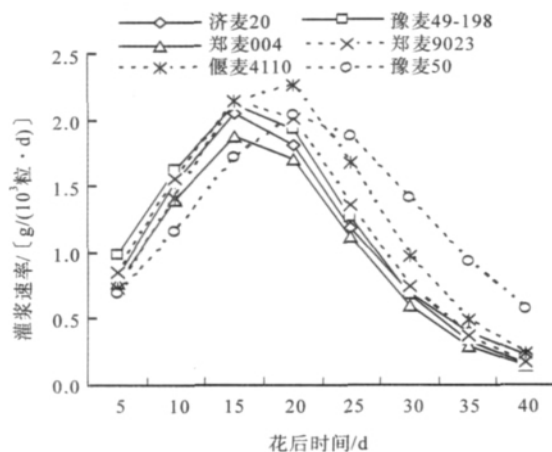


图 2 不同小麦品种籽粒灌浆速率变化曲线

2.2 冬小麦籽粒灌浆参数分析

根据 Logistic 方程的 2 个变点, 可将籽粒灌浆

进程分为渐增期、快增期和缓增期 3 个阶段。由表 3 可知, 在本试验条件下, 渐增期时间(T_1)为 7.925~11.926 d, 籽粒灌浆速率(V_1)为 1.031~1.443 g/(10^3 粒·d), 籽粒干物质积累量(W_1)为 9.197~12.582 g, 约占籽粒总增长量的 21.13%; 快增期时间(T_2)为 14.850~19.026 d, 籽粒灌浆速率(V_2)为 1.714~2.018 g/(10^3 粒·d), 籽粒干物质积累量(W_2)为 41.190~56.349 g, 约占籽粒总增长量的 94.64%; 缓增期时间(T_3)为 18.482~23.680 d, 籽粒灌浆速率(V_3)为 0.227~0.264 g/(10^3 粒·d), 籽粒干物质积累量(W_3)为 9.637~13.184 g, 约占籽粒总增长量的 22.14%。

2.3 冬小麦灌浆参数与千粒重的相关分析

对籽粒灌浆参数与粒质量进行相关分析, 籽粒灌浆最大灌浆速率(V_{\max})、籽粒灌浆平均速率(V_a)、快增期灌浆速率(V_2)、缓增期灌浆速率(V_3)与千粒重均呈显著性正相关(表 4), r 分别为 0.67**、0.73**、0.69** 和 0.73**; T 、 V_a 、 T_2 、 T_3 以及 V_2 、 V_3 与 V_{\max} 呈极显著相关; T_2 、 T_3 以及 V_2 、 V_3 与 V_a 呈极显著相关。说明, 在本地区气候条件下籽粒灌浆速率直接影响小麦粒质量的增加, 灌浆时间通过灌浆速率对粒质量的增加有间接影响。

表 3 不同小麦品种籽粒灌浆参数

品种	T_{\max}	V_{\max}	T	V_a	T_1	T_2	T_3	V_1	V_2	V_3	W_1	W_2	W_3
济麦 20	17.237	2.127	44.689	1.117	9.370	15.735	19.584	1.100	1.863	0.247	10.286	46.066	10.778
豫麦 49-198	16.030	2.145	44.310	1.169	7.925	16.210	20.175	1.443	2.018	0.259	10.837	48.533	11.355
郑麦 004	16.685	1.942	42.922	1.024	9.165	15.040	18.718	1.031	1.714	0.227	9.197	41.190	9.637
郑麦 9023	16.995	2.227	42.903	1.169	9.570	14.850	18.482	1.103	1.941	0.259	10.595	47.450	11.102
偃展 4110	18.620	2.339	45.519	1.193	10.911	15.418	19.190	1.045	1.944	0.264	11.371	50.925	11.915
豫麦 50	21.440	2.090	54.633	1.094	11.926	19.026	23.680	1.076	1.822	0.242	12.582	56.349	13.184

表 4 不同小麦品种灌浆参数与千粒重的相关分析

项目	T_{\max}	V_{\max}	T	V_a	T_1	T_2	T_3	V_1	V_2	V_3
T_{\max}	1									
V_{\max}	-0.25	1								
T	0.85**	-0.64**	1							
V_a	-0.35	0.94**	-0.60**	1						
T_1	0.77**	0.33	0.31	0.09	1					
T_2	0.70**	-0.76**	0.97**	-0.65**	0.07	1				
T_3	0.70**	-0.76**	0.97**	-0.65**	0.07	1.00**	1			
V_1	-0.24	-0.42	0.24	-0.09	-0.73**	0.44	0.44	1		
V_2	-0.42	0.69**	-0.44	0.90**	-0.22	-0.4	-0.4	0.34	1	
V_3	-0.35	0.94**	-0.60**	1.00**	0.09	-0.65**	-0.65**	-0.09	0.90**	1
千粒重	0.15	0.67**	-0.08	0.73**	0.35	-0.17	-0.17	0.02	0.69**	0.73**

3 结论与讨论

小麦籽粒灌浆进程虽受气候因素影响较大,但籽粒的形成和灌浆有其自身的发展规律,籽粒形成过程中均遵循“S”形递增规律,表现“慢—快—慢”的规律,可以用 Logistic 方程曲线拟合,不同品种和生态条件下,Logistic 方程拟合参数不同。本试验选用生产上种植面积较大的 6 个品种,在黄淮麦区豫西旱地种植,对其籽粒形成过程用 Logistic 方程拟合, R 值在 0.991 0~0.998 3,经 F 检测,均达极显著水平,说明 Logistic 方程真实反映了小麦籽粒灌浆进程。

小麦灌浆参数与粒质量的关系,由于试验材料以及生态环境和栽培条件的不同,结论不尽相同。刘丰明等^[12]研究认为,籽粒灌浆速率和灌浆持续时间是影响河南省小麦粒质量增加的主要因素,而蔡庆生等^[13]认为,小麦粒质量与籽粒灌浆速率呈正相关,而与灌浆持续时间相关性不显著。本试验结果与前人的研究结果基本一致,在本地区气候条件下籽粒灌浆速率直接影响小麦粒质量的增加,籽粒灌浆最大灌浆速率、籽粒灌浆平均速率、快增期灌浆速率、缓增期灌浆速率与千粒重均呈显著性正相关, r 分别为 0.67**、0.73**、0.69**和 0.73**,灌浆持续时间通过灌浆速率间接影响粒质量的增加。

参考文献:

- [1] 张耀兰,曹承富,杜世州,等. 淮北地区高产小麦籽粒灌浆特性分析[J]. 华北农学报,2010,25(增刊):84-87.
- [2] 周竹青,朱旭彤. 不同粒重小麦品种籽粒灌浆特性分析[J]. 华中农业大学学报,1999,18(2):107-110.
- [3] 李秀君,潘宗东. 不同粒重小麦品种籽粒灌浆特性研究[J]. 中国农业科技导报,2005,7(1):26-30.
- [4] 吴少辉,段国辉,高海涛,等. 黄淮麦区水、旱生态型小麦籽粒灌浆进程研究[J]. 麦类作物学报,2009,29(6):1015-1021.
- [5] 任红松,王有武,曹连莆,等. 小麦籽粒灌浆特性及其灌浆参数与粒重关系的分析[J]. 石河子大学学报,2004,22(6):188-193.
- [6] 王志强,周晓明,申占保,等. 播期对不同专用型小麦籽粒灌浆特征参数和产量的影响[J]. 河南农业科学,2003(4):4-6.
- [7] 李科江,张西科,刘文菊,等. 不同栽培措施下冬小麦灌浆模拟研究[J]. 华北农学报,2001,16(2):70-74.
- [8] 李世清,邵明安,李紫燕,等. 小麦籽粒灌浆特征及影响因素的研究进展[J]. 西北植物学报,2003,23(11):2031-2039.
- [9] 吴少辉. 干旱对冬小麦粒重形成的影响及灌浆特性分析[J]. 干旱地区农业研究,2002(2):24-27.
- [10] 吴少辉,高海涛,张学品,等. 播期对不同习性小麦品种籽粒灌浆特性的影响[J]. 麦类作物学报,2004,24(4):105-107.
- [11] 李科江,张西科,刘文菊,等. 不同栽培措施下冬小麦灌浆模拟研究[J]. 华北农学报,2001,16(2):70-74.
- [12] 刘丰明,陈明灿,郭香凤. 高产小麦粒重形成的灌浆特性分析[J]. 麦类作物学报,1997,17(6):38-41.
- [13] 蔡庆生,吴兆苏. 小麦籽粒生长各阶段干物质积累量与粒重的关系[J]. 南京农业大学学报,1993,16(1):27-32.