

# 不同耕作方式对冬小麦籽粒灌浆特性的影响

金亚征, 王建民

(河北北方学院 园艺系, 河北 张家口 075000)

**摘要:** 为研究不同耕作方式对冬小麦籽粒灌浆的影响, 以冬小麦品种科农 9204 为材料, 在华北平原一年两熟区进行了玉米秸秆不还田翻耕、玉米秸秆粉碎还田翻耕、玉米秸秆粉碎还田旋耕、玉米秸秆粉碎覆盖直播、玉米秸秆直立覆盖直播 5 种不同耕作方式下冬小麦籽粒灌浆特性的研究。结果表明, 免耕方式下冬小麦产量降低, 且冬小麦千粒重是制约产量提高的重要原因; 不同耕作方式下冬小麦籽粒灌浆规律均符合 Logistic 曲线, 但不同耕作方式对籽粒灌浆参数及阶段参数均产生不同程度的影响, 通过变异系数分析, 提高粒质量应增加最大灌浆速率及各阶段灌浆速率。

**关键词:** 冬小麦; 耕作方式; 免耕; 籽粒灌浆参数; 千粒重

中图分类号: S512.1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)06-0022-04

## Effects of Different Tillage Patterns on Grain Filling Characteristics of Winter-wheat

JIN Ya-zheng, WANG Jian-min

(Department of Horticulture, Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China)

**Abstract:** The grain filling characteristics of winter-wheat in 5 tillage patterns were studied using the cultivar Kenong 9204 in wheat-maize double cropping system of North China Plain. The result indicated that the tillage patterns effected 1 000-weight remarkably. The grain filling law of winter-wheat was consistent with the logistic function in different tillage patterns, and the tillage patterns effected the grain filling parameters. The maximum grain filling rate and the fastest-period filling rate were the most important factors to grain weight. The filling dates and filling rate in no-tillage with maize-stalk crushed for mulching and no-tillage with whole maize-stalk mulch were less than those in other three tillage patterns, the difference being significant at 0.05 level compared with the "plow-tillage with maize-stalk crushed and returned to field".

**Key words:** winter-wheat; tillage pattern; no-tillage; filling parameters; 1 000-weight

籽粒质量是构成小麦产量的要素之一, 是植株个体发育、栽培技术、环境条件的最终体现。尽管小麦千粒重是三因素中最稳定、受环境作用最小的因素, 但生产实践和科学研究表明, 同一基因型小麦在不同地区、不同年际、不同栽培条件下粒质量有很大波动<sup>[1]</sup>。关于小麦籽粒灌浆特性的研究迄今已有较多报道<sup>[1-18]</sup>, 但多集中在环境温度<sup>[1,7-9]</sup>、光照<sup>[10]</sup>、土壤水分<sup>[11-12]</sup>、土壤养分<sup>[13]</sup>、小麦品种<sup>[2-6,14,17-19]</sup>、播期<sup>[15-16]</sup>等方面, 而对不同的耕作方式下小麦籽粒灌浆特性的研究较少。为此, 本研究重点分析了不同

耕作方式下冬小麦的灌浆特性, 旨在为保护性耕作条件下冬小麦高产栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验概况

试验于 2010—2012 年在中国科学院栾城农业生态系统 185 试验站(114°40'E, 37°50'N)完成。该站位于太行山山前平原的中部, 属暖温带半湿润半干旱季风气候, 农业生产可代表整个山前平原区。

试验田为连续 7 a 的长期定位田。种植方式为

收稿日期: 2013-12-28

基金项目: 国家科技攻关计划项目(2006BAD15B03, 2004BA520A14-3)

作者简介: 金亚征(1976-), 女, 河北三河人, 硕士, 讲师, 主要从事作物生理方面的研究。E-mail: jyzheng\_2@126.com

一年两作。小麦品种为科农 9204。设置 5 种耕作方式。A:玉米秸秆不还田+翻耕(简称常耕,玉米收获后取走秸秆,翻耕深度 20 cm,翻 1 遍、旋 1 遍);B:玉米秸秆粉碎还田+翻耕(简称翻耕,翻耕深度 20 cm,翻 1 遍、旋 1 遍,秸秆粉碎 2 遍);C:玉米秸秆粉碎还田+旋耕(简称旋耕,旋耕深度小于 15 cm,旋耕 2 遍,秸秆粉碎 2 遍);D:玉米秸秆粉碎覆盖+直播(简称碎秆免耕,秸秆粉碎 2 遍);E:玉米秸秆直立覆盖+直播(简称立秆免耕,秸秆未粉碎)。B、C、D、E 处理均为秸秆全量还田。随机区组设计,重复 3 次,每个小区面积 50 m<sup>2</sup>,采用宽窄行栽培。夏玉米收获后播种冬小麦,采用常规的田间管理。

1.2 方法

1.2.1 籽粒灌浆测定 于小麦开花期选择开花、生长一致的主茎进行标记,从开花后第 5 天开始取样,以后每 3 d 取一次样直至成熟。每种耕作方式每次取 30 穗,每 10 穗 1 个重复,共 3 个重复,每穗取中部小穗第 1、2 位的小花籽粒 20 粒,共 600 粒,105 °C 下 10 min 杀青后在 80 °C 下烘干至恒质量。

1.2.2 籽粒灌浆模型 对 Logistic 方程进行一阶

求导得到灌浆速率的方程: $V(t) = BKeA + Bt / (1 + eA + Bt)^2$ 。根据 Logistic 方程和灌浆速率推出冬小麦灌浆参数。

1.2.3 产量测定 小麦成熟后,将所有小区的材料收获带回实验室脱粒,自然干燥后测定产量和千粒重。

1.2.4 数据分析 利用 SASS 软件处理,以 SSR 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对冬小麦千粒重、产量的影响

由表 1 可见,冬小麦科农 9204 在不同耕作方式下产量、千粒重存在明显不同。碎秆免耕、立秆免耕在 2010—2012 年 3 a 产量均低于其他 3 种耕作方式,与翻耕、旋耕 2 种方式差异显著( $P < 0.05$ )。其中,立秆免耕的产量 3 a 在 5 种耕作方式中均表现最低。翻耕、旋耕 3 a 产量、千粒重表现较稳定,优于其他 3 种耕作方式。2010 年常耕的产量较高,2011—2012 年则明显降低。千粒重与产量呈明显正相关,2 种免耕方式千粒重明显低于其他 3 种耕作方式。

表 1 不同耕作方式下小麦千粒重、产量变化

| 耕作方式 | 2010 年 |                          | 2011 年 |                          | 2012 年 |                          |
|------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|
|      | 千粒重/g  | 产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 千粒重/g  | 产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 千粒重/g  | 产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) |
| A    | 38.1ab | 8 109.2a                 | 33.2bc | 5 847.4b                 | 42.4a  | 6 659.4b                 |
| B    | 40.6a  | 7 819.4a                 | 38.6a  | 6 665.3a                 | 43.6a  | 7 146.9a                 |
| C    | 39.5a  | 7 156.5b                 | 35.6b  | 6 180.6a                 | 40.0b  | 7 280.5a                 |
| D    | 37.6b  | 6 080.6c                 | 31.3c  | 5 364.3b                 | 39.9b  | 6 143.4b                 |
| E    | 37.4b  | 4 474.1d                 | 32.5c  | 5 240.6b                 | 38.8b  | 5 376.9c                 |

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.2 不同耕作方式下冬小麦籽粒灌浆动态变化

在 5 种耕作方式下小麦籽粒灌浆均呈“慢—快—慢”的节奏。籽粒灌浆参数如表 2 所示, $r$  均达极显著水平。5 种耕作方式渐增期时间( $T_1$ )为 11.20~12.44 d,表现为常耕>翻耕>立秆免耕>旋耕>碎秆免耕;灌浆速率( $R_1$ )为 0.774 1~0.897 0 g/(千粒·d)。快增期时间( $T_2$ )为 14.39~15.92 d;灌浆速率( $R_2$ )为

1.695 5~1.859 7 g/(千粒·d)。缓增期时间( $T_3$ )为 9.58~10.24 d;灌浆速率( $R_3$ )为 0.754 3~0.840 9 g/(千粒·d)。5 种耕作方式每个时期灌浆时间、灌浆速率总体趋势表现一致,快增期持续时间、灌浆速率及籽粒干物质增长量优势明显。整个灌浆期,最大灌浆速率( $R_{max}$ )、平均灌浆速率( $R$ )均表现为翻耕>常耕>旋耕>碎秆免耕>立秆免耕,且差异显著( $P < 0.05$ )。

表 2 小麦籽粒灌浆的 Logistic 方程参数与次级参数

| 参数  | 耕作方式      |           |           |           |           |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     | A         | B         | C         | D         | E         |
| $k$ | 48.509 6  | 51.264 1  | 47.679 8  | 46.323 6  | 44.148 6  |
| $a$ | 3.373 6   | 3.315 8   | 3.263 5   | 3.240 6   | 3.428 4   |
| $b$ | -0.171 8  | -0.165 5  | -0.170 1  | -0.171 7  | -0.175 2  |
| $s$ | 0.961 8   | 0.753 5   | 0.889 6   | 0.949 4   | 0.806 9   |
| $r$ | 0.998 2** | 0.999 0** | 0.998 4** | 0.998 1** | 0.998 5** |

续表 2 小麦籽粒灌浆的 Logistic 方程参数与次级参数

| 参数            | 耕作方式      |          |           |           |          |
|---------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
|               | A         | B        | C         | D         | E        |
| $T_{\max, R}$ | 19.64     | 20.04    | 19.19     | 18.87     | 19.57    |
| $R_{\max}$    | 2.083 5ab | 2.121 1a | 2.027 6cd | 1.988 4cd | 1.933 7d |
| $T/d$         | 37.07a    | 38.14a   | 36.80a    | 36.32a    | 36.67a   |
| $R$           | 1.246 2b  | 1.280 2a | 1.234 0bc | 1.214 7c  | 1.146 7d |
| $T_1$         | 12.44a    | 12.08a   | 11.44a    | 11.20a    | 12.05a   |
| $R_1$         | 0.877 6a  | 0.897 0a | 0.880 5a  | 0.873 8a  | 0.774 1b |
| $t_2$         | 26.83a    | 27.99a   | 26.93a    | 26.54a    | 27.09a   |
| $T_2$         | 14.39a    | 15.92a   | 15.49a    | 15.34a    | 15.03a   |
| $R_2$         | 1.853 3ab | 1.859 7a | 1.777 8cb | 1.743 4cd | 1.695 5d |
| $T_3$         | 10.24a    | 10.14a   | 9.87a     | 9.78a     | 9.58a    |
| $R_3$         | 0.840 9ab | 0.827 3a | 0.790 9cb | 0.775 6cd | 0.754 3d |

注:  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  分别为渐增期时间(d)、快增期时间(d)、缓增期时间(d);  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  分别为渐增期、快增期、缓增期的灌浆速率[g/(千粒·d)];  $t_2$  为快增期结束的时间(d);  $R$  为整个灌浆期的平均灌浆速率[g/(千粒·d)];  $T$  为整个灌浆期持续的时间(d);  $R_{\max}$  为最大灌浆速率[g/(千粒·d)];  $T_{\max, R}$  为达到最大灌浆速率的时间(d)。同行不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, \*\*表示极显著相关。

在 5 种不同的耕作方式下, 达到最大灌浆速率的时间、灌浆期持续时间、缓增期持续时间的变异系数相对较小(表 3); 渐增期灌浆速率、缓增期灌浆速率变异系数则相对较大。变异系数

大, 一方面说明稳定性差, 品种间、年际间、栽培措施间波动范围大, 受外界环境影响程度大, 另一方面也反映出生产中的薄弱环节和主攻方向<sup>[6]</sup>。

表 3 5 种耕作方式下冬小麦籽粒灌浆参数的变化

| 参数            | 变幅              | 平均数     | 标准差     | 变异系数/% |
|---------------|-----------------|---------|---------|--------|
| $T_{\max, R}$ | 18.87~20.04     | 19.46   | 1.780 7 | 9.15   |
| $R_{\max}$    | 1.933 7~2.121 1 | 2.030 9 | 0.297 7 | 14.66  |
| $T$           | 36.32~38.14     | 37.00   | 2.763 2 | 7.47   |
| $R$           | 1.146 7~1.280 2 | 1.224 4 | 0.198 2 | 16.19  |
| $T_1$         | 11.20~12.44     | 11.84   | 2.023 1 | 17.08  |
| $R_1$         | 0.774 1~0.897 0 | 0.860 6 | 0.196 5 | 22.84  |
| $T_2$         | 14.39~15.92     | 15.23   | 2.271 9 | 14.91  |
| $R_2$         | 1.695 5~1.859 7 | 1.785 9 | 0.283 1 | 15.85  |
| $T_3$         | 9.58~10.24      | 9.92    | 1.081 3 | 10.90  |
| $R_3$         | 0.754 3~0.840 9 | 0.797 8 | 0.143 8 | 18.02  |

### 3 结论与讨论

1) 通过连续 3 a 的研究表明, 在华北平原一年两熟区, 耕作方式影响冬小麦的产量, 秸秆覆盖免耕方式下冬小麦减产, 小麦千粒重与产量变化趋势一致, 免耕方式下冬小麦千粒重低是制约产量提高的原因之一。

2) 灌浆速率和灌浆持续时间与千粒重的关系目前存在分歧。有研究表明, 灌浆过程持续时间、灌浆速率与粒质量呈显著正相关<sup>[3-6]</sup>; 也有研究表明, 小麦粒质量与籽粒灌浆速率呈正相关, 而与灌浆持续时间关系不大<sup>[11-12, 14, 17]</sup>。本研究结果表明, 不同耕作方式下, 冬小麦灌浆持续时间、平均灌浆速率、最大灌浆速

率、快增期灌浆速率、缓增期时间、缓增期灌浆速率均显著正向影响了粒质量的形成。最大灌浆速率、快增期灌浆速率是影响粒质量形成的关键因素, 与灌浆各阶段持续的时间关系不大。不同耕作处理对冬小麦最大灌浆速率、快增期灌浆速率有不同程度的影响, 其中碎秆免耕、立秆免耕灌浆速率显著低于翻耕。

3) 灌浆持续时间变异系数较小, 说明通过增加灌浆持续时间来增加粒质量较为困难, 而最大灌浆速率及各阶段灌浆速率变异系数较大, 是提高粒质量的主攻方向。因此, 在该地区若提高保护性耕作方式下冬小麦的粒质量, 应在保证最大灌浆速率和快增期灌浆速率的同时, 增加渐增期、缓增期灌浆速率。

(下转第 43 页)

浓度盐胁迫对苜蓿种子发芽影响有限,而高质量浓度盐胁迫对苜蓿发芽的影响更大,这与梁云媚等<sup>[5]</sup>、秦峰梅等<sup>[17]</sup>部分研究结论一致。关于盐胁迫下苜蓿发芽种子苗质量和根质量的变化,前人研究较少。本研究结果表明,无论低质量浓度盐胁迫还是高质量浓度盐胁迫均会导致苜蓿根质量和苗质量下降,同时,随着盐胁迫浓度的提高,苜蓿发芽种子的苗质量和根质量下降幅度增加,且盐胁迫对根质量的影响略大于对苗质量的影响。

## 参考文献:

- [1] 耿华珠,黄文惠,刘自学,等. 中国苜蓿[M]. 北京:中国农业出版社,1995:1-5.
- [2] 郑普山,郝保平,冯悦晨,等. 紫花苜蓿对盐碱地的改良效果[J]. 山西农业科学,2012,40(11):1204-1206.
- [3] Ungar I A. Halophyte seed germination[J]. Bot Rev, 1987,44(2):233-264.
- [4] 王瑞峰,王铁梅,金晓明,等. 11个审定苜蓿品种种子萌发期耐盐性评价[J]. 草业科学,2012,29(2):213-218.
- [5] 梁云媚,李燕,多立安,等. 不同盐分胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J]. 草业科学,1998,15(6):21-25.
- [6] 韩清芳,李崇巍,贾志宽. 不同苜蓿品种种子萌发期耐盐性的研究[J]. 西北植物学报,2003,23(4):597-602.
- [7] 李源,刘贵波,高洪文,等. NaCl胁迫对不同苜蓿种质苗期生长特性的影响[J]. 华北农学报,2010,25(增刊):109-116.
- [8] 桂枝,高建明,袁庆华. 6个紫花苜蓿品种的耐盐性研究[J]. 华北农学报,2008,23(1):133-137.
- [9] 宋莉璐,张侠,任艳,等. 盐胁迫对苜蓿种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 现代农业科技,2008(16):21-24.
- [10] 杜长城,杨静慧,任慧朝,等. 不同品种紫花苜蓿的耐盐性筛选试验[J]. 天津农业科学,2008,14(5):14-16.
- [11] 李潮流,周湖平,张国芳,等. 盐胁迫对多叶型苜蓿种子萌发的影响[J]. 中国草地,2004,26(2):21-25.
- [12] 吴凤萍,韩清芳,贾志宽. 4个白花苜蓿品种种子萌发期耐盐性研究[J]. 草业科学,2008,25(8):57-62.
- [13] 刘大林,邱伟伟,马晶晶,等. 不同苜蓿品种种子萌发时期的耐盐性比较[J]. 草业科学,2009,26(9):163-169.
- [14] 国家质量技术监督局. GB/T 2930.6-2001 牧草种子检验规程[S]. 北京:中国标准出版社,2001:33-39.
- [15] 景艳霞,袁庆华. 不同钠盐胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J]. 种子,2010,29(2):69-72.
- [16] 王征宏,杨起,张贻冰. 盐胁迫下紫花苜蓿种子的萌发特性[J]. 河南科技大学学报:自然科学版,2006,27(1):67-69.
- [17] 秦峰梅,张红香,武祎,等. 盐胁迫对黄花苜蓿发芽及幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2010,19(4):71-78.

(上接第24页)

## 参考文献:

- [1] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:58-151.
- [2] 张晓龙. 小麦品种籽粒灌浆研究[J]. 作物学报,1982,8(2):87-93.
- [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):26-29.
- [4] 钱兆国,吴科,丛新军,等. 小麦籽粒灌浆特性研究[J]. 安徽农业科学,2004,32(1):5-8.
- [5] 王立国,许民安,鲁晓芳,等. 冬小麦籽粒灌浆参数与千粒重相关性研究[J]. 河北农业大学学报,2003,26(3):30-32.
- [6] 刘丰明,陈明灿,郭香风,等. 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.
- [7] Shanahan J F, Edwards I R, Quick J S. Membrane thermal stability and heat tolerance of spring-wheat[J]. Crop Sci, 1990,30:247-257.
- [8] 林日暖,张勇. 拉萨冬小麦生育后期籽粒形成与温度的关系[J]. 应用气象学报,1999,10(3):321-326.
- [9] Peterson C J, Graybosch R A, Baenziger P S, et al. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat[J]. Crop Sci, 1992,32:98-103.
- [10] 徐风. 小麦品种源库生态规律的研究——我国小麦高产育种若干问题的探讨[J]. 安徽农学院学报,1985,5(1):1-12.
- [11] 吴少辉,高海涛,王书子,等. 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,2002,20(2):49-64.
- [12] 张凯,任健,仝胜利,等. 水分调控对冬小麦籽粒灌浆特性的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(5):122-125.
- [13] 余松烈. 山东小麦[M]. 北京:农业出版社,1996:93.
- [14] 曾浙荣,庞家智,周桂英,等. 我国北部冬麦区小麦品种籽粒灌浆特性的研究[J]. 作物学报,1996,22(6):720-727.
- [15] 胡亚敏,邓贺明,杨永华,等. 影响小麦籽粒灌浆的因素及增加粒重的技术措施[J]. 安徽农学通报,2003,9(6):39-41.
- [16] 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]. 安徽农业科学,2003,13(4):4-6.
- [17] 赵洪亮,刘恩才,马瑞崑,等. 冬小麦籽粒灌浆特性参数分析[J]. 安徽农业科学,2006,34(8):1560-1562.
- [18] 周竹青,朱旭彤. 不同粒重小麦品种(系)籽粒灌浆特性分析[J]. 华中农业大学学报,1999,18(2):107-110.
- [19] 杜兵,邓健,李问盈,等. 冬小麦保护性耕作法与传统耕作法的田间对比试验[J]. 中国农业大学学报,2000,5(2):55-58.