

# 超高产春小麦灌浆特性研究

车京玉

(黑龙江省农业科学院克山分院, 克山 161606)

**摘要:** 选用黑龙江省春小麦育种史上有典型代表性的 8 个春小麦品种, 结合高产、超高产小麦育种目标, 分析了不同春小麦品种的产量特点及灌浆特性。结果表明: 春小麦克丰 4 号、克早 16 随着密度的增加产量明显增加, 达到超高产的水平。8 个春小麦品种的主穗籽粒干重变化可以用 logistic 方程拟合, 均呈“S”曲线, 其灌浆速率均呈单峰曲线, 但峰值的大小与达到最大灌浆速率的时间不同。克早 16 的灌浆速率为最高, 可达  $0.1195\text{ mg}\cdot\text{d}^{-1}$ ; 而克丰 4 号是早熟、小粒、密植型品种, 其特点是籽粒达到最大灌浆速率的时间提早, 开花后 12.6 d 时达到最大灌浆速率, 保证有效灌浆时间。

**关键词:** 超高产; 春小麦; 灌浆特性

中图分类号: S512.1      文献标识码: A      文章编号: 1002-2767(2008)06-0023-03

## Studies on Grain Filling Characteristics of Super High Yield Spring Wheat Variety

CHE Jing-yu

(Keshan Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan 161606)

**Abstract:** The experiment selects 8 spring wheat varieties which was the typical representative in spring wheat breeding history of Heilongjiang. Combined with high yield or super high yield wheat breeding goal, the different spring wheat variety output characteristic and the grain filling characteristics were analyzed. The results indicated that the yield of Kefeng No. 4 and Kehan 16 obviously increased with the density, reached super high yield level. The dry weight changing of main spike could be fitted by the logistic equation, presented a shape of “s”, its filling speed assumes unimodal curve, but there was some differences between the peak value size and the time of maximum grain filling. The grain filling speed of Kehan 16 was the highest, may reached  $0.1195\text{ mg}\cdot\text{d}^{-1}$ ; Kefeng No. 4 is the early maturity, small seeds, and the close-planting variety, the time reached maximum grain filling speed always ahead of others, 12.6 d after anthesis achieve the maximum grain filling speed and guarantee effective grain filling time.

**Key words:** super high yield; spring wheat; grain filling characteristic

小麦育种的最终目的是在生产上获得人们所需要的最高产量, 保证粮食安全, 促进经济发展。因此, 每个阶段的育种目标是始终以提高产量为前提。小麦高产超高产育种目前已成国内外小麦育种界的一个研究热点, 引起了广泛重视。提高小麦总产的途径一是扩大种植面积, 二是提高单产。中国在小麦总产的增长方面, 单产提高的作用明显大于面积扩大的作用。高产典型是在特殊区域或特殊栽培条件下实现的, 但说明了小麦产量的高低除了受品种本身遗传因素外, 还受气候、栽培条件的影响, 具有较高的产量潜

力。据有关报道, 宁夏小麦播种面积年平均 30 万  $\text{hm}^2$  左右, 春小麦占 1/3, 平均单产达  $6\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 高产田达  $7\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  以上<sup>[1]</sup>。黑龙江省农业科学院克山分院育成的克丰 4 号在黑龙江东部海林农场、克早 16 在北部北安农管局长水河农场也连续多年在大面积 ( $6.7\text{ hm}^2$  以上) 生产田出现  $6\,750\sim7\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  的超高产典型, 填补了黑龙江省春小麦超高产的空缺<sup>[2]</sup>。粒重是小麦植株最后形成的一个产量因素, 小麦粒重高低受灌浆特性的制约。灌浆是产量形成的最终过程, 20 世纪 80 年代以来国内对小麦籽粒灌浆特性进行了大量的研究<sup>[3-5]</sup>, 灌浆速率越大, 越有利于获得高产。培育灌浆速率高的品种及采取提高灌浆速率的栽培措施是获得高产的重要途径。源库比例的变化对粒重有明显影响, 主要是灌浆速率。研究

收稿日期: 2008-03-18  
基金项目: 国家 863 计划项目-优质、高产、多抗中强筋小麦新品种选育与推广(2001AA241035)  
作者简介: 车京玉(1971-), 女, 黑龙江省克山市人, 副研究员, 从事小麦遗传育种工作。E-mail: cryu1122@163.com。

表明,小麦籽粒灌浆速率主要受遗传控制,而其它栽培措施主要在于改变灌浆的持续期。本试验研究分析不同春小麦产量潜力与其灌浆特性<sup>[6]</sup>,为今后的春小麦高产、超高产育种与栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用在黑龙江省春小麦育种和生产上有代表性的品种 8 个,即:克强、克壮、克旱 6 号、克丰 2 号、克丰 3 号、新克旱 9 号、克丰 4 号、克旱 16。以上种子均由黑龙江省农业科学院克山分院提供。

1.2 试验设计

1.2.1 密度比较试验 2007 年在黑龙江省农业科学院克山分院试验区,设 650、750、850 万株·hm<sup>-2</sup> 三个密度,小区 4 m 行长、8 行区、15 cm 行距,3 次重复,随机区组。秋施肥,三叶期喷灌一次,人工除草,其它管理同大田。

1.2.2 稀植栽培试验 2007 年在黑龙江省农业科学院克山分院试验区,每个品种每区 6 行、2.5 cm 点播,3 m 行长,15 cm 行距,3 次重复,随机区组。秋施肥,三叶期喷灌一次,人工除草,其它管理同大田。

1.2.3 土壤基础肥力 土壤基础肥力见表 1。

表 1 试验地土壤基础肥力

有机质/ g ° kg <sup>-1</sup>	全氮/ g ° kg <sup>-1</sup>	全磷/ g ° kg <sup>-1</sup>	速效氮/ mg ° kg <sup>-1</sup>	速效磷/ mg ° kg <sup>-1</sup>	速效钾/ mg ° kg <sup>-1</sup>	pH
3.54	0.1613	0.1516	128.7	51.7	166.0	6.2

1.3 调查项目及测定方法

1.3.1 密度试验 测小区产量折合计算公顷产量、计算倒伏倾斜角度 45° 以上的面积占小区面积的比率为倒伏率(参考全国大区试验标准)。

1.3.2 稀植栽培试验 开花期开始每隔 7 d 每区取

表 2 不同品种在不同密度下的产量变化

品种	650 万株°hm <sup>-2</sup>		750 万株°hm <sup>-2</sup>		850 万株°hm <sup>-2</sup>	
	产量/kg ° hm <sup>-2</sup>	倒伏率/%	产量/kg ° hm <sup>-2</sup>	倒伏率/%	产量/kg ° hm <sup>-2</sup>	倒伏率/%
克强	2 295	0.2	2 025	20.4	1 920	32.4
克壮	2 775	0.1	2 610	0.9	2 355	22.7
克丰 2	3 945	0.0	3 855	5.7	3 780	10.6
克旱 6	3 480	0.0	3 405	3.4	3 210	14.3
克丰 3	4 620	0.0	4 455	9.5	4 320	12.8
新克旱 9	4 635	0.0	5 130	0.0	5 145	2.1
克丰 4	3 360	0.0	4 560	0.0	6 150	0.0
克旱 16	4 335	0.0	5 460	0.0	6 120	0.2

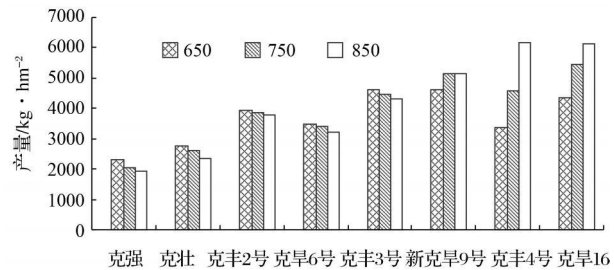


图 1 不同春小麦品种的产量变化

5 株,分别测定穗干重、籽粒干重,DFH 74 型电热鼓风干燥箱处理样品,105 °C 下杀青 30 min,80 °C 下烘干 12 h 称重(TG328A 型电光分析天平)。计算相应灌浆速度和灌浆参数。

Logistic 方程:  $y=k/[1+exp(a-bt)]$ , 灌浆速率方程:  $v(t)=kabe^{-bt}/(1+ae^{-bt})^2$ ,  $T_{max}R=lna/b$ ,  $R_{max}=bk/4$

K 为最大干物重, t 为开花后天数, a、b 为系数,  $T_{max}R$  为达到最大灌浆速率的时间,  $R_{max}$  为最大灌浆速率。

1.3.3 数据处理与分析 所有数据处理与分析应用: EXCEL、DPS 软件。

2 结果与分析

2.1 不同品种在不同密度条件下的产量变化

新品种育成后能否得到推广应用,很大程度上取决于育种目标。小麦高产超高产是小麦生产所追求的目标,也是当今小麦育种的热点。分析了在黑龙江省小麦育种和生产上有代表性的 8 个品种在不同密度条件下其产量表现和潜力。从表 2、图 1 可以看出,克强、克壮、克旱 6 号、克丰 2 号以及克丰 3 号随着密度的增加产量下降,这是因为其品种茎秆强度不够,在高密度下倒伏率增加,容易倒伏。新克旱 9 号随着密度增加产量也增加,但是达到一定程度后产量增加不明显。克丰 4 号和克旱 16 随着密度的增加产量明显增加,产量提高是靠增加密度,发挥群体的增产潜力,这类品种在 高密度条件下抗倒伏性极强,单位面积成穗率高,从而提高产量。克丰 4 号和克旱 16 在黑龙江省东南部海林农场和北部长水河农场连续几年大面积上都达到了 6 750~7 500 kg°hm<sup>-2</sup> 的超高产水平。

表 2 不同品种在不同密度下的产量变化

品种	650 万株°hm <sup>-2</sup>		750 万株°hm <sup>-2</sup>		850 万株°hm <sup>-2</sup>	
	产量/kg ° hm <sup>-2</sup>	倒伏率/%	产量/kg ° hm <sup>-2</sup>	倒伏率/%	产量/kg ° hm <sup>-2</sup>	倒伏率/%
克强	2 295	0.2	2 025	20.4	1 920	32.4
克壮	2 775	0.1	2 610	0.9	2 355	22.7
克丰 2	3 945	0.0	3 855	5.7	3 780	10.6
克旱 6	3 480	0.0	3 405	3.4	3 210	14.3
克丰 3	4 620	0.0	4 455	9.5	4 320	12.8
新克旱 9	4 635	0.0	5 130	0.0	5 145	2.1
克丰 4	3 360	0.0	4 560	0.0	6 150	0.0
克旱 16	4 335	0.0	5 460	0.0	6 120	0.2

2.2 不同春小麦品种主穗籽粒干重的变化

在东北春麦区很大程度上主穗籽粒产量是小麦的终端产量指标,其量值的大小标志着它的价值潜力和使用方式的不同。从不同春小麦品种的主穗籽粒干重变化可以看出(见表 3),克丰 4 号的主穗籽粒最小,试验及生产实践表明克丰 4 号是典型的小个体大群体超高产类型品种。克旱 16 及新克旱 9 号因有良好的茎秆强度,抗倒伏能力强,在一定范围

内同样适宜较高密度的高产超高产类型品种。主穗籽粒干重作为产量的重要指标, 它的量值可以作为衡量一个品种的产量潜力标准。它的变化符合 Lo-

克强:  $y = \frac{1.1275}{1 + 53.3463e^{-0.2405t}}$

克旱 6 号:  $y = \frac{1.7416}{1 + 52.4145e^{-0.2054t}}$

克丰 3 号:  $y = \frac{1.5097}{1 + 47.2887e^{-0.2757t}}$

克丰 4 号:  $y = \frac{0.9792}{1 + 35.7386e^{-0.2834t}}$

gistic 曲线, 不同品种的主穗籽粒干重 Logistic 方程为:

克壮:  $y = \frac{1.5001}{1 + 44.7518e^{-0.1753t}}$

克丰 2 号:  $y = \frac{1.5197}{1 + 31.6565e^{-0.2445t}}$

新克旱 9 号:  $y = \frac{1.3636}{1 + 36.4717e^{-0.252t}}$

克旱 16 号:  $y = \frac{1.4076}{1 + 95.0851e^{-0.3395t}}$

表 3 不同春小麦品种不同生育期主茎籽粒干重的变化 g

花后天数/d	克强	克壮	克旱 6 号	克丰 2 号	克丰 3 号	新克旱 9 号	克丰 4 号	克旱 16
7	0.1289	0.1133	0.1447	0.2349	0.2291	0.2126	0.1689	0.1759
14	0.3821	0.3189	0.4392	0.7567	0.7292	0.6459	0.5898	0.7497
21	0.6500	0.6989	1.0223	1.2631	1.3520	1.1622	0.8802	1.3566
28	0.8558	0.8295	1.1934	1.2811	1.4588	1.3170	0.9783	1.3620

2.3 不同育种阶段代表性品种灌浆速率的变化

对上述 Logistic 曲线方程求一阶导数, 得出灌浆速率方程:  $V(t) = \frac{Kabe^{-t}}{(1+ae^{-t})^2}$ , 依此推导次级灌浆参数: 不同品种的灌浆速率方程:

克强:  $y = \frac{14.4656e^{-0.2405t}}{(1 + 53.3463e^{-0.2405t})^2}$

克旱 6 号:  $y = \frac{18.7500e^{-0.2054t}}{(1 + 52.4145e^{-0.2054t})^2}$

克丰 3 号:  $y = \frac{19.6827e^{-0.2757t}}{(1 + 47.2887e^{-0.2757t})^2}$

克丰 4 号:  $y = \frac{9.9176e^{-0.2834t}}{(1 + 35.7386e^{-0.2834t})^2}$

克壮:  $y = \frac{11.7683e^{-0.1753t}}{(1 + 44.7518e^{-0.1753t})^2}$

克丰 2 号:  $y = \frac{11.7625e^{-0.2445t}}{(1 + 31.6565e^{-0.2445t})^2}$

新克旱 9 号:  $y = \frac{12.5327e^{-0.252t}}{(1 + 36.4717e^{-0.252t})^2}$

克旱 16 号:  $y = \frac{45.4393e^{-0.3395t}}{(1 + 95.0851e^{-0.3395t})^2}$

从灌浆速率变化图可以看出(见图 2), 不同春小麦品种的灌浆速率均呈单峰曲线, 但峰值大小及

其峰值出现的时间不一致。从灌浆参数可以看出, 克旱 16 的最大灌浆速率为最高, 这是该品种千粒重高的主导因素。次之为克丰 3 号、克丰 2 号、克旱 6 号、新克旱 9 号、克丰 4 号, 克强、克壮最小。从达到最高灌浆速率时间上看, 克强、克壮和克旱 6 号比其他品种要来的晚, 克丰 4 号虽然最高灌浆速率小, 但达到最高灌浆速率的时间早, 这可能是早熟高产类型的特征之一。不同春小麦品种达到最大灌浆速率的时间不同, 克强、克壮、克旱 6 号达到最大灌浆速率的时间长(16.5356~21.6836 d), 产量高的品种

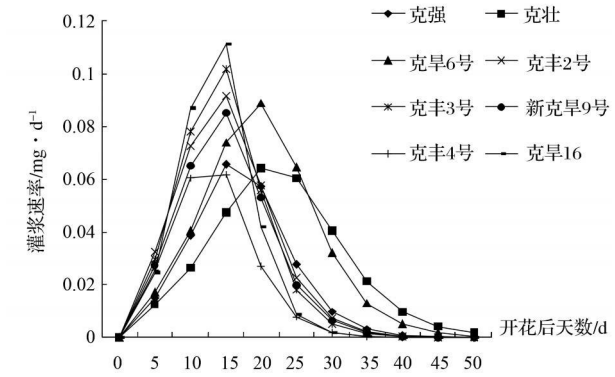


图 2 不同春小麦品种籽粒灌浆速率的变化

表 4 不同春小麦品种主茎籽粒灌浆参数

灌浆参数	克强	克壮	克旱 6 号	克丰 2 号	克丰 3 号	新克旱 9 号	克丰 4 号	克旱 16
K	1.1275	1.5001	1.7416	1.5197	1.5097	1.3636	0.9792	1.4076
A	53.3463	44.7518	52.4145	31.6565	47.2887	36.4717	35.7386	95.0851
B	-0.2405	-0.1753	-0.2054	-0.2445	-0.2757	-0.2520	-0.2834	-0.3395
T <sub>max</sub> R(d)	16.5356	21.6836	19.2755	14.1306	13.9872	14.2720	12.6190	13.4161
R <sub>max</sub> (mg/d)	0.0678	0.0657	0.0894	0.0929	0.1040	0.0859	0.0694	0.1195

注: K 为最大干物重, t 为开花后天数, a、b 为系数, T<sub>max</sub> R 为达到最大灌浆速率的时间, R<sub>max</sub> 为最大灌浆速率。

开花后 12~14 d 就达到最大灌浆速率。说明在黑龙省春小麦生态区提高灌浆速率和提早最高灌浆速率的时间对高产超高产有积极意义, 这是本生态区前期干旱、后期多湿的生态选择的

结果。

3 结论与讨论

3.1 不同春小麦品种在不同密度条件下产量潜力 (下转第 30 页)

间淀粉形成和籽粒充实。另外,在高温处理下,尽管许多籽粒仍能成功受精,但在生理上可能受到一定伤害,使灌浆过程受到间接影响,不利于稻米保持较好的外观品质<sup>[11]</sup>。因此,水稻抽穗开花期出现极端高温,不仅不利于高产稳产,而且也对稻米的商品价值造成显著的负面效应。

由于育种材料繁多和基因与环境互作的复杂性,要定量评价一个新品种或育种中间材料的性状及其适宜生态区域往往很困难,而且由于育种目标涉及的多变量相关的复杂性和大量品种(样本)观测的繁琐性,加上育种工作者大都只注意育种材料和新品种本身,往往忽视相关的基础研究,使得国内外有关光温因子与水稻产量和品质性状之间相关性研究较为薄弱。为此,本文应用典型相关,在大田生产条件下,通过对水稻各生育期光温因子对产量构成因素、产量性状和品质性状的影响效应的研究,为应对气候变化进行水稻品种选育和水稻品种布局提供参考。

参考文献:

[ 1 ] 赵海燕,姚凤梅,张勇,等. 长江中下游水稻开花灌浆期气象

要素与结实率和粒重的相关性分析[ J ] . 中国农业科学, 2006, 39(9): 1765-1771.

[ 2 ] 张洪松, 岩田忠. 粳型杂交稻与常规稻的物质生产及营养特性的比较[ J ] . 西南农业学报 1995, 8(4): 11-16.

[ 3 ] 张嵩午. 我国南北气候过渡地区稻米品质的地域分布[ J ] . 应用生态学报, 1993, 4(1): 42-46.

[ 4 ] 张嵩午, 周德翼. 温度对水稻整精米率的影响[ J ] . 中国水稻科学, 1993, 7(4): 211-216.

[ 5 ] 张坚勇, 肖应辉, 万向元, 等. 水稻品种外观品质性状稳定性分析[ J ] . 作物学报, 2004, 30(6): 548-554.

[ 6 ] 张佩莲, 钟旭华. 穗上不同部位籽粒的稻米垩白度差异的研究[ J ] . 江西农业大学学报, 1995, 17(4): 396-399.

[ 7 ] 张强, 李自超, 吴长明, 等. 不同株穗型水稻超高品种产量构成因素分析[ J ] . 西南农业学报, 2005, 18(5): 518-521.

[ 8 ] 张文香, 王成瑗, 王伯伦, 等. 寒冷地区温度、光照对水稻产量及品质的影响[ J ] . 吉林农业科学, 2006, 31(1): 16-20.

[ 9 ] 张宪政. 作物生理研究法[ M ] . 北京: 农业出版社, 1992.

[ 10 ] 周德翼, 张嵩午. 稻米直链淀粉含量与结实期温度间的关系研究[ J ] . 西北农业大学学报 1994, 22(2): 1-5.

[ 11 ] 周德翼, 张嵩午. 稻米综合品质与结实期气象因子的关系研究[ J ] . 西北农业大学学报, 1994, 22(2): 6-10.

(上接第 25 页)

不同。克强、克壮、克旱 6 号、克丰 2 号以及克丰 3 号随着密度的增加产量下降,这是因为其品种茎秆强度不够,在高密度下倒伏率增加,容易倒伏。新克旱 9 号随着密度增加产量也增加,但是达到一定程度后产量增加不明显。克丰 4 号和克旱 16 随着密度的增加产量明显增加,产量提高是靠增加密度,发挥群体的增产潜力,这类品种在高密度条件下抗倒伏性极强,单位面积成穗率高,从而提高产量。

3.2 克旱 16 的最大灌浆速率最高,为 0.1195 mg · d<sup>-1</sup>,克丰 4 号虽然最高灌浆速率小(0.0694 mg · d<sup>-1</sup>),但达到最高灌浆速率的时间早,开花后 12 6190 d 就达到最大灌浆速率。说明在黑龙江省春小麦生态区提高灌浆速率和提早最高灌浆速率的时间对高产超高产有积极意义,这是本生态区前期干旱、后期多湿的生态选择的结果。

3.3 生态区域和生产条件对品种的选择是实现超高产的前提。品种与其生态环境有紧密的关系,它包括自然条件、栽培特点以及生产水平,三者缺一不可。克丰 4 号、克旱 16 为密肥型品种,是目前生产条件不断改善的情况下,为黑龙江省的具有更高肥力和灌水条件地区选育的一种产量潜力最高的生态类型品种。该类品种除具有水肥型品种的特征、特

性外,还具有较好利用光能的株型结构。但是同类品种适应地区不同其生物学特性也不同,克丰 4 号在位于黑龙江省东南部温暖湿润的海林农场连续几年在大面积生产上平均产量达到 6 750 ~ 7 500 kg · hm<sup>-2</sup>的高产水平,克丰 4 号为中早熟品种,矮秆、秆强、灌浆速度快、千粒重小、耐密植、单株个体生物学产量小。克旱 16 在位于黑龙江省北部春麦区冷凉半山区的长水河农场连续几年在大面积上平均产量达到 6750 kg · hm<sup>-2</sup>的高产水平,该品种中晚熟、中秆、秆强、灌浆速率高、千粒重大、较耐密植、生物学产量较大。

参考文献:

[ 1 ] 魏湜. 春小麦优质高效实用生产技术[ M ] . 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2004: 1-16.

[ 2 ] 赵文彬. 黑龙江省优质春小麦超高产栽培技术[ J ] . 安徽农学通报, 2007, 28(2): 17-20.

[ 3 ] 曹树青. 高产小麦旗叶光合作用及与籽粒灌浆进程关系的研究[ J ] . 中国农业科学, 2000, 33(6): 19-25.

[ 4 ] 梅方竹, 周广生, 朱旭彤 等. 小麦粒重在产量构成中的作用及提高粒重的技术措施[ J ] . 湖北农业科学 2001(2): 21-23.

[ 5 ] 王建林, 李雁鸣, 魏树和 等. 小麦籽粒灌浆特性研究概况及其育种学评价[ J ] . 辽宁农业科学, 2000(5): 21-23.

[ 6 ] 吴纪民, 魏燮中, 潘杰华 等. 小麦灌浆期的生长研究[ J ] . 江苏农业科学, 1992, 13(2): 1-4.