

文章编号: 1005-0906(2013)06-0059-05

京单 38 不同播期子粒灌浆特性研究

王荣焕, 赵久然, 陈传永, 徐田军,
刘秀芝, 王元东, 刘春阁

(北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100097)

摘要: 以郑单 958 为对照, 设置春播(5 月 14 日)和夏播(6 月 13 日)两个播期处理, 研究玉米品种京单 38 在不同生态条件下的子粒灌浆特性。结果表明, 京单 38 的百粒干物重高于对照品种郑单 958, 春、夏播条件下增幅分别为 14.74% 和 20.26%, 春播百粒干物重较夏播高 1.87%。京单 38 的子粒灌浆速率高于郑单 958, 春、夏播最大灌浆速率分别较对照高 42.27% 和 49.50%, 夏播最大灌浆速率较春播高 9.42%。相关和通径分析表明, 最大灌浆速率与粒重呈极显著正相关, 与郑单 958 相比, 京单 38 子粒灌浆速率高且灌浆速度快, 春、夏播条件下均可获得较高的粒重。

关键词: 玉米; 京单 38; 子粒灌浆; 播期

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Grain Filling Characters of Maize Hybrid Jingdan38

WANG Rong-huan, ZHAO Jiu-ran, CHEN Chuan-yong, XU Tian-jun,

LIU Xiu-zhi, WANG Yuan-dong, LIU Chun-ge

(Maize Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: The grain filling characters under spring and summer sowing conditions (5/14, T_1 and 6/13, T_2) of maize hybrid Jingdan38 (JD38) were studied by using Zhengdan958 (ZD958) as the control. The results showed that the 100-grain dry weight of JD38 under T_1 and T_2 treatment was higher than ZD958 respectively, and the T_1 treatment was 1.87% higher than T_2 . The grain filling rate of JD38 was higher than ZD958, the G_{max} of JD38 was 42.27% and 49.50% higher than ZD958, the G_{max} of JD38 under T_2 was 9.42% higher than T_1 . Correlation and path analysis showed that the kernel dry weight was positively correlated with the G_{max} . Compared to ZD958, JD38 was characterized with higher grain filling rate and faster grain development, and could gain higher grain weight under spring and summer sowing conditions.

Key words: Maize; Jingdan38; Grain filling; Sowing date

大量研究表明, 玉米产量可分解为单位面积收获的子粒数和平均单粒重, 粒重是玉米产量的主要构成因素之一^[1-2]。粒重的高低取决于子粒库容的大小、灌浆持续期的长短和灌浆速率的高低^[3], 不同品种间粒重的差异主要取决于子粒的灌浆特性。子粒

灌浆特性不仅是玉米生长后期影响产量的主要因素, 而且还关系到玉米生长后期子粒能否正常成熟, 与子粒的商品品质密切相关, 特别是在热量资源紧张、积温不足的地区和年份更为突出。

玉米子粒的灌浆过程不仅与品种的基因型有关, 而且还受环境条件的影响^[4]。前人曾对不同熟期^[5,6]、基因型^[7-9]、粒重类型^[10]以及不同生态地区^[11]、耕作方式^[12]、氮肥运筹^[13,14]等条件下的玉米子粒灌浆特性开展了大量研究, 但对同一品种在同一生态区不同播期条件下的子粒灌浆特性研究较少。京单 38 是由北京市农林科学院玉米研究中心选育的玉米新品种, 适宜在华北地区晚春播或夏播种植。研究和明确京单 38 在不同播期条件下的子粒灌浆特性, 可为挖掘子粒产量潜力进而实现玉米高产优质提供理论

收稿日期: 2013-06-12

基金项目: 国家玉米产业技术体系(nycyt-02)、北京市农林科学院青年科研基金(QN201115)、北京市农林科学院科技创新基金(CXJJ201309)

作者简介: 王荣焕(1980-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事玉米高产栽培与生理生态研究。Tel: 010-51503703

E-mail: ronghuanwang@126.com

赵久然为本文通讯作者。E-mail: maizeshao@126.com

依据和指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于北京昌平小汤山试验基地(N 40°12′, E 116°26′,海拔 40 m)进行。试验地 0~20 cm 耕层土壤含有机质 1.07%、全氮 0.06%、全磷 0.05%、全钾

0.9%、碱解氮 93.28 mg/kg、速效磷 24.20 mg/kg、速效钾 141.00 mg/kg。春播玉米生育期内积温 3 400 ℃·d 左右,降水量 565.60 mm,总日照时数 1 000 h;夏播玉米生育期内积温 2 600 ℃·d 左右,降水量 483 mm 左右,总日照时数 715 h 左右。玉米子粒灌浆至成熟期的气温和日照时数见表 1(气象数据由北京市气象局提供)。

表 1 玉米子粒灌浆至成熟期气温和日照时数

Table 1 Temperature and sunshine conditions during maize grain filling to maturity period

月 份 Month	平均气温(℃) Average temperature	最高气温(℃) Highest temperature	最低气温(℃) Lowest temperature	日照时数(h) Sunshine time
7 月	26.9	31.0	22.8	178.8
8 月	25.8	30.9	20.6	221.8
9 月	20.4	26.3	15.1	215.0
10 月	17.3	24.3	11.5	91.1

1.2 试验设计

试验品种为北京市农林科学院玉米研究中心选育的玉米品种京单 38,对照品种为郑单 958。设置春播(T₁)和夏播(T₂)共两个播期,春播处理于 5 月 14 日(5/14)播种,夏播处理于 6 月 13 日(6/13)播种。种植密度为 52 500 株/hm²。试验采用裂区设计,其中播期为主区、品种为副区,3 次重复,6 行区,行距 60 cm,行长 7.5 m,小区面积 27 m²。田间管理同当地大田生产。

1.3 测定项目与方法

吐丝前分别选择生长健壮一致的果穗进行挂牌标记。各播期处理均在授粉后 15 d 起每隔 1 周取样 1 次直至收获。其中,春播处理共取样 10 次,分别于授粉后第 15、22、29、36、43、50、57、64、71 和 78 天取样;夏播处理共取样 8 次,分别于授粉后第 15、22、29、36、43、50、57 和 64 天取样。每次取样各小区分

别取 3 穗,取果穗中部子粒 100 粒,在 105℃烘箱中杀青 30 min 后于 80℃烘干至恒量,测定各品种不同播期条件下的最终百粒干物重。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 和 SAS 9.0 处理数据。以授粉后天数(*x*)为自变量、粒重(*Y*)为依变量,运用 CurveExpertPro 1.5.0 软件的 Richard 模型,模拟参试品种在不同播期条件下的子粒灌浆过程^[5],并推算该方程系列相关参数,分析子粒灌浆过程。

2 结果与分析

2.1 不同播期条件下子粒干物重变化

不同播期条件下,京单 38 和郑单 958 的子粒干物重均随灌浆时间的延长而不断增加,粒重增长动态符合“S”型生长曲线(图 1)。

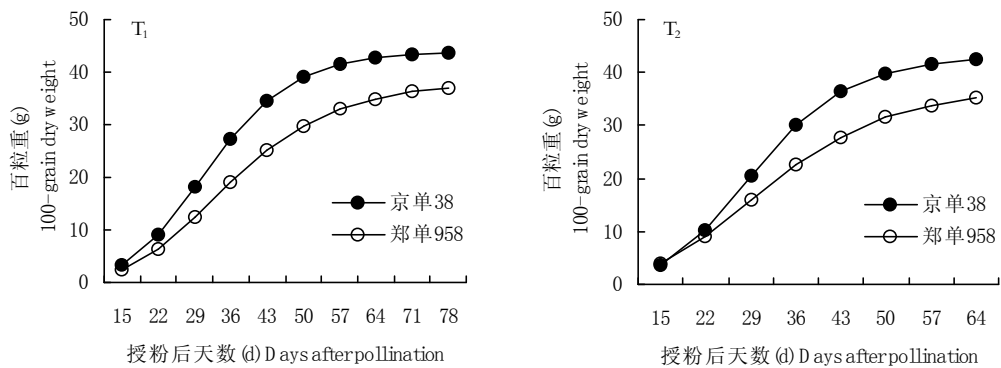


图 1 京单 38 和郑单 958 在不同播期条件下的子粒干物重增长

Fig.1 Grain growth dynamics of JD38 and ZD958 under different sowing conditions

表 2 京单 38 和郑单 958 在不同播期条件下的最终百粒干物重及方差分析
Table 2 100-grain dry weight of JD38 and ZD958 under different sowing conditions

试验因素 Experiment factor		百粒干物重(g) 100-grain dry weight		平均 Average
		T ₁	T ₂	
品 种	京单 38	43.14±0.12	42.35±0.10	42.75 a
	郑单 958	37.60±0.14	35.22±0.09	36.41 b
	平均	40.37 a	38.79 b	
均 方	播期			10.07**
	品种			160.72**
	播期×品种			2.54**

由表 2 可见,春播条件下京单 38 和郑单 958 的最终百粒干物重分别为 43.14 g 和 37.60 g; 夏播条件下的最终百粒干物重分别为 42.35 g 和 35.22 g。方差分析表明,不同品种间及播期间玉米最终百粒干物重的差异均达到极显著水平。不同播期间的最

终百粒干物重表现为春播高于夏播,其中,京单 38 春播较夏播最终百粒干物重高 0.79 g,增幅 1.87%; 郑单 958 春播较夏播最终百粒干物重高 2.38 g,增幅 6.76%。不同品种间的最终百粒干物重表现为京单 38 高于郑单 958,其中,春播条件下京单 38 较郑单 958 最终百粒干物重高 5.54 g,增幅 14.74%;夏播条件下则高 7.14 g,增幅高达 20.26%。

2.2 不同播期条件下的子粒灌浆速率

参试品种的子粒灌浆特征表明,京单 38 和郑单 958 在不同播期条件下的子粒灌浆速率变化均呈现出以子粒灌浆速率最大值为峰值的单峰曲线变化趋势(图 2)。春、夏播条件下,京单 38 在子粒发育前期的灌浆速率均较大幅度高于郑单 958,但自授粉后 43 d 左右起郑单 958 的子粒灌浆速率高于京单 38。就平均灌浆速率而言,京单 38 在春、夏播条件下分别为 0.63 g/(百粒·d)和 0.80 g/(百粒·d),郑单 958 在春、夏播条件下分别为 0.56 g/(百粒·d)和 0.64 g/(百粒·d)。子粒平均灌浆速率的总体趋势,相同品种间春播高于夏播,不同品种间为京单 38 高于郑单 958。

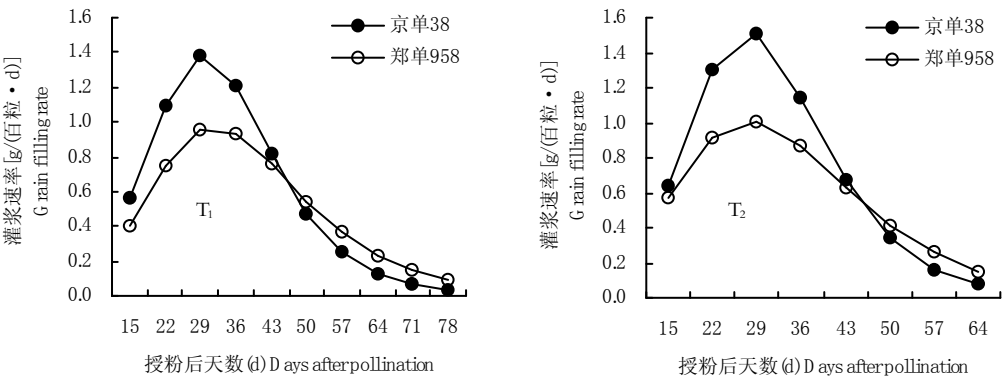


图 2 京单 38 和郑单 958 在不同播期条件下的子粒灌浆速率
Fig.2 Grain filling rate of JD38 and ZD958 under different sowing conditions

2.3 子粒灌浆参数分析

以授粉后的天数(x)为自变量、粒重(Y)为依变量,用 Richard 生长方程分别对参试品种在不同播期条件下的子粒灌浆过程进行模拟,得到 Richard 模拟方程(表 3)。由表 3 可看出,Richard 方程可以很好地拟合参试品种在不同播期条件下的子粒灌浆过程(系数 R² 介于 0.995 6~0.999 9),可用该方程的次级参数模拟分析子粒灌浆过程。

由 Richard 方程的次级参数看出(表 3),京单 38 在春、夏播条件下的灌浆活跃期(P)分别为 47.22 d 和 41.83 d,郑单 958 分别为 57.90 d 和 54.25 d,两个品种春播较夏播子粒灌浆活跃期分别延长 5.39 d 和

3.65 d,且郑单 958 灌浆活跃期相对较长。京单 38 在春、夏播条件下达最大灌浆速率的天数(T_{max})分别为 29.57 d 和 27.56 d,郑单 958 分别为 31.60 d 和 27.87 d,两个品种春播较夏播达最大灌浆速率的天数分别延迟 2.01 d 和 3.73 d,春播条件下京单 38 较郑单 958 提早 2 d 达最大灌浆速率,而夏播时达到最大灌浆速率的时间相当。京单 38 在春、夏播条件下最大灌浆速率(G_{max})分别为 1.38 g/(百粒·d)和 1.51 g/(百粒·d),郑单 958 分别为 0.97 g/(百粒·d)和 1.01 g/(百粒·d),两个品种夏播条件下的子粒最大灌浆速率分别较春播高 9.42%和 4.12%,且春、夏播条件下京单 38 较郑单 958 的最大灌浆速率高 42.27%和 49.50%。

表 3 京单 38 和郑单 958 在不同播期条件下的子粒灌浆参数
Table 3 Grain filling parameters of JD38 and ZD958 under different conditions

播 期 Sowing date	品 种 Hybrid	Richard 方程	R^2	灌浆参数			
		Richard equation		Grain filling parameter			
		$W=A(1+Be^{-G})^{-1/D}$		$T_{\max}$	$W_{\max}$	$G_{\max}$	P
				(d)	(g/百粒)	[g/(百粒·d)]	(d)
T_1	京单 38	$W=44.09(1+7.66e^{-0.101G})^{-1/0.39}$	0.995 6	29.57	18.93	1.38	47.22
	郑单 958	$W=38.25(1+1.45e^{-0.074G})^{-1/0.14}$	0.998 3	31.60	15.01	0.97	57.90
T_2	京单 38	$W=43.03(1+8.38e^{-0.113G})^{-1/0.37}$	0.999 8	27.56	18.37	1.51	41.83
	郑单 958	$W=37.21(1+1.64e^{-0.080G})^{-1/0.18}$	0.999 9	27.87	14.81	1.01	54.25

注: $T_{\max}$ 为达到最大灌浆速率的时间; $W_{\max}$ 为灌浆速率最大时的生长量; $G_{\max}$ 为最大灌浆速率; P 为活跃灌浆期。

Note: $T_{\max}$, Time reaching the maximum filling rate; $W_{\max}$, The growing mass at maximum filling rate; $G_{\max}$, The maximum filling rate; P , The active grain filling period.

2.4 子粒灌浆特性的通径分析

为明确相关因子与粒重间的关系, 对参试品种的最终百粒干物重与灌浆特征参数(灌浆持续期、最大灌浆速率)、播期和气象因子(日照时数、平均气温)进行相关分析和通径分析(表 4、表 5)。

结果表明, 最大灌浆速率与粒重呈极显著正相关, 相关系数为 0.906 6; 灌浆活跃期与粒重呈极显

著负相关, 相关系数为 -0.815 4。最大灌浆速率对粒重的直接通径系数为 1.483 5, 所起的直接效应最大; 其次是灌浆活跃期, 对粒重的直接通径系数为 0.521 8, 灌浆活跃期主要是通过最大灌浆速率的较大负效应(-1.458 8)来间接影响粒重, 灌浆活跃期与最大灌浆速率呈极显著负相关, 相关系数为 -0.983 4。

表 4 各因子与粒重的相关分析
Table 4 Relative efficient of the relative factors on grain weight

性 状 Trait	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y
X_1	1					
X_2	0.363 5	1				
X_3	-0.190 9	-0.983 4**	1			
X_4	1 **	0.363 5	-0.190 9	1		
X_5	1 **	0.363 5	-0.190 9	1 **	1	
Y	0.240 9	-0.815 4**	0.906 6**	0.240 9	0.240 9	1

注: ** 表示在 0.01 水平下极显著相关。 X_1 为播期; X_2 为 P ; X_3 为 $G_{\max}$; X_4 为日照时数; X_5 为平均气温; Y 为粒重。下表同。

Note: ** means significant difference at 0.01 level. X_1 : Sowing date; X_2 : P ; X_3 : $G_{\max}$; X_4 : Sunshine time; X_5 : Average temperature; Y : Grain weight.

The same as the following tables.

表 5 各因子与粒重的通径分析
Table 5 Path efficient of the relative factors on grain weight

性 状 Trait	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect				
		总 和 Total	$\rightarrow X_1$	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_3$	$\rightarrow X_5$
X_1	-0.428 1	0.037 3		-0.189 7	0.283 2	-0.244 6
X_2	0.521 8	-1.282 8	0.155 6		-1.458 8	-0.088 9
X_3	1.483 5	-0.605 5	-0.081 7	-0.513 1		-0.046 7
X_4	-0.188 4	0.579 2	0.428 1	0.189 7	-0.283 2	0.244 6
X_5	0.244 6	0.146 2	0.428 1	0.189 7	-0.283 2	-0.188 4

3 结论与讨论

玉米子粒灌浆至成熟期是决定玉米产量和品质的重要阶段。播期主要通过调节光热资源进而影响子粒灌浆过程^[6]。从自然生态条件来看,灌浆期间的气温变化对玉米子粒灌浆影响较大。玉米灌浆期最适宜的日均气温为 22℃~24℃,灌浆后期气温低于 16℃即不再灌浆^[17,18]。本研究表明,随播期提前,玉米子粒灌浆时间延长,运输到子粒内的干物质逐渐增多,进而百粒重逐渐增加,与刘文成^[9]、马国胜^[20]等的研究结果一致。本研究春播处理于 5 月 14 日播种,夏播处理于 6 月 13 日播种,春播条件下子粒灌浆期间光温条件较好,灌浆持续期较长;而夏播子粒灌浆期间气温较春播降低,子粒灌浆活跃期缩短且灌浆高峰期提前。8 月的平均气温、最高和最低气温分别较 7 月低 1.1℃、0.1℃和 2.2℃,9 月的平均气温、最高和最低气温分别较 7 月低 6.5℃、4.7℃和 7.7℃,且夜间气温下降较快(平均最低气温仅 15.1℃),对子粒后期灌浆不利。京单 38 春播较夏播子粒活跃灌浆期延长了 5.39 d,夏播达到最大灌浆速率的时间较春播缩短了 2 d,春播百粒干物重较夏播高 0.79 g。对照品种郑单 958 春播较夏播子粒活跃灌浆期延长了 3.65 d,夏播达到最大灌浆速率的时间较春播缩短了 3.73 d,春播百粒干物重较夏播高 2.38 g。

不同基因型玉米子粒最终粒重的高低主要取决于灌浆速率的大小,而与灌浆持续期长短关系不大,灌浆持续期易受基因型和环境条件的影响,而灌浆速率则相对稳定。本试验结果表明,与郑单 958 相比,京单 38 在子粒灌浆中前期一直保持较高的灌浆速率。授粉后 43 d 时,京单 38 春播和夏播处理的百粒干物重已分别达到最终百粒干物重的 73.1%和 85.5%,而郑单 958 的百粒干物重分别为最终百粒干物重的 64.2%和 79.1%,说明京单 38 的子粒产量形成阶段主要集中在灌浆中前期。就最大灌浆速率而言,春、夏播条件下京单 38 的最大灌浆速率分别较郑单 958 高 42.27%和 49.50%。相关分析和通径分析表明,最大灌浆速率与粒重呈极显著正相关。虽然京单 38 的子粒灌浆活跃期较郑单 958 短 10 d 左右,但该品种灌浆速度快且灌浆强度高,有利于积累更多的子粒干物质。京单 38 灌浆强度大的优势弥补了其灌浆时间较郑单 958 短的缺陷,进而在不同播

期条件下均可获得较高的粒重。因此,在生产实践中,积极采取有效技术措施,特别是加强灌浆中前期的肥水供应,维持京单 38 的子粒灌浆强度,获得较高粒重。

参考文献:

- [1] 李玉玲,詹朝飞,石新民.玉米子粒性状种子和母体效应的遗传分析[J].玉米科学,2000,8(3):18-22.
- [2] 董红芬,李洪,李爱军,等.不同密度下玉米穗茎生长与雌穗分化的关系[J].玉米科学,2010,18(5):65-71,75.
- [3] 郭庆法,王庆成,汪黎明.中国玉米栽培学[M].上海:科学技术出版社,2004.
- [4] Ponleit C G, Egli D B. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype[J]. Crop Sci., 1979, 19: 385-388.
- [5] 马冲,邹仁峰,苏波,等.不同熟期玉米子粒灌浆特性的研究[J].作物研究,2000(4):17-19.
- [6] 冯汉宇,孙健,周顺利,等.2种熟型玉米子粒灌浆特性及其与产量关系的比较研究[J].华北农学报,2007,22(增刊):135-139.
- [7] 陈树宾,陆文柱,张荫成,等.不同玉米亚种灌浆规律探讨[J].作物栽培,1996(4):3-4.
- [8] 李玉玲,胡学安,靳永胜,等.爆裂与普通玉米杂交当代子粒灌浆特性的比较研究[J].玉米科学,1999,7(4):16-18.
- [9] 张海艳,董树亭,高荣岐.不同类型玉米子粒灌浆特性分析[J].玉米科学,2007,15(3):67-70.
- [10] 杨利华,宋亚辉,王文秀,等.不同粒重类型普通夏玉米及高赖氨酸玉米子粒灌浆特点[J].河北农业科学,1996(1):38-39.
- [11] 王同朝,卫丽,马超,等.不同生态区夏玉米两类熟期品种子粒灌浆动态和产量分析[J].玉米科学,2010,18(3):84-89.
- [12] 郑会宇,吴士宏.不同耕作方式对玉米灌浆过程的影响试验初报[J].安徽农学通报,2010,16(24):76-77,106.
- [13] 曹承富,汪芝寿,孔令聪.氮肥运筹对夏玉米产量及子粒灌浆的影响[J].安徽农业科学,1993,21(3):236-240.
- [14] 申丽霞,王璞,张红芳,等.施氮对夏玉米不同部位子粒灌浆的影响[J].作物学报,2005,31(4):532-534.
- [15] 朱庆森,曹显祖,骆亦其.水稻子粒灌浆的生长分析[J].作物学报,1988,14(3):182-193.
- [16] Badu-Apraku B, Hunter R B, Tollenaar M. Effect of temperature during grain filling on whole plant and grain yield in maize(*Zea mays* L.)[J]. Can. J. Plant Sci., 1983, 63: 357-363.
- [17] 何永坤,高阳华.重庆地区春玉米气候适应性研究[J].贵州气象,2005,29(1):26-28.
- [18] 刘淑云,董树亭,胡昌浩.生态环境因素对玉米子粒品质影响的研究进展[J].玉米科学,2002,10(1):41-45.
- [19] 刘文成,王景顺,马瑞霞,等.不同播期对郑单 18 玉米产量的影响[J].河南农业科学,2003(6):8-10.
- [20] 马国胜,薛吉全,路海东,等.播种时期与密度对关中灌区夏玉米群体生理指标的影响[J].应用生态学报,2007,18(6):1247-1253.

(责任编辑:姜媛媛)