

# 不同种植密度条件下新单 38 子粒灌浆速率和脱水速率研究

卫晓轶 魏 锋 马俊峰 洪德峰 马 毅 张学舜

(河南省新乡市农业科学院, 新乡 453002)

**摘要:**以玉米新品种新单 38 为材料,以郑单 958 作对照,研究了不同种植密度条件下,灌浆期玉米品种的干物质积累、灌浆速率和脱水速率的动态变化。结果表明,67500 株/hm<sup>2</sup> 种植条件下,灌浆速率和干物质积累量相对较高、脱水速率相对较低。子粒灌浆速率呈慢—快—慢“S”形变化,子粒脱水速率呈快—慢—快的变化。在散粉后 40~50d,新单 38 的干物质积累量、灌浆速率和脱水速率均显著高于对照,说明新单 38 在子粒灌浆后期具有产量高、收获时含水量低等优点,适宜生产上大面积推广应用,从而促进农业增效、农民增收。

**关键词:**玉米;密度;子粒干物质积累量;灌浆速率;脱水速率

玉米是我国重要的粮食作物,玉米产量高低与子粒灌浆程度呈正相关<sup>[1]</sup>。子粒灌浆速率决定玉米的粒重,而粒重是玉米产量构成重要因子之一。高产玉米一般具有子粒灌浆速率高、干物质积累量大等特点<sup>[2]</sup>。灌浆速度是玉米育种的一种重要选择性状<sup>[3]</sup>。

玉米产量受灌浆期干物质积累的影响,灌浆速率和脱水速率的快慢至关重要。研究表明,子粒含水量与灌浆速率呈正相关,与灌浆天数呈直线相关。授粉后 15~40d,含水率 80%~40%,干物质直线增长,且达最终量的 70%~80%;授粉后 40~55d,含水率 40%~25%,干物质继续增加,但速度减缓<sup>[4]</sup>。王振华等<sup>[5]</sup>研究表明子粒含水率与灌浆天数呈极显著线性相关。吕新等<sup>[6]</sup>研究结果表明子粒含水率高于 60% 时,子粒灌浆速率随子粒含水量增加而呈递减趋势;子粒含水量低于 60% 时,灌浆速率随子粒含水量增加而增加。当前,许多玉米品种普遍存在着子粒灌浆速度慢、子粒后期脱水速率慢等缺陷,因此,生产上急需选育出一批高产、子粒后期脱水速率快的玉米新品种。新单 38 是河南省新乡市农业科学院 2013 年审定的玉米品种,具有产量高、品质优、抗性强等突出优点。本试验对不同种植密度条件下,玉米品种新单 38 的灌浆速率、干物质积累及

脱水速率进行分析研究,以期为新单 38 的高产栽培提供理论依据,为选育高产、子粒后期脱水速率快的新品种提供优良种质资源。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试材料为玉米品种新单 38,由河南省新乡市农业科学院选育,于 2013 年通过河南省审定(豫审玉 2013009)。郑单 958 为对照。

**1.2 试验设计** 试验在河南省新乡市农业科学院试验基地(河南省辉县市)进行,采用随机区组试验设计,3 次重复。设 60000 株/hm<sup>2</sup>、67500 株/hm<sup>2</sup>、75000 株/hm<sup>2</sup> 和 82500 株/hm<sup>2</sup> 共 4 个密度梯度,其中新单 38 密度梯度分别用 D1、D2、D3 和 D4 表示,郑单 958 密度梯度分别用 CK1、CK2、CK3 和 CK4 表示。采用等行距种植,行距 60cm,行长 5m,每个小区 6 行,全生育期管理同常规大田生产。2016 年 6 月 15 日种植,10 月 7 日收获。

**1.3 测定项目与方法** 自授粉后开始取样,每 10d 取样 1 次,直至收获为止,共取样 5 次。每次选取长势一致的 5 个果穗,每穗取穗中部 100 粒,称子粒鲜重( $w_1$ ),放入网袋中,挂在网室内自然风干,风干后称重( $w_2$ ),再从风干样中取出 20~30g ( $w_3$ )装入铝盒内,于  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  烘箱中烘 36h 至恒重( $w_4$ ),即为百粒干重,以百粒干重作为每个灌浆时期的干物质重量。

计算出每次取样的子粒含水率<sup>[7]</sup>:

子粒含水率(%) =  $(w_1w_3 - w_2w_4) / w_1w_3 \times 100$ 。

子粒灌浆速率为每 100 粒玉米种子每天增加

**基金项目:**河南省科技开放合作项目(172106000047);河南省重大科技专项(161100110500-0103);国家现代玉米产业技术体系建设专项(CARS-02-58)

**通信作者:**张学舜

干物质的重量(g),子粒灌浆速率( $\text{g}/100\text{粒}\cdot\text{d}$ )= $[\text{后}1\text{次采样}100\text{粒干重}(\text{g})-\text{前}1\text{次采样}100\text{粒干重}(\text{g})]/2\text{次取样间隔天数}^{[7]}$ 。

子粒脱水速率( $\%/d$ )=(前1次采样含水量-后1次采样含水量)/2次取样间隔天数。

**1.4 数据处理与分析** 采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 对数据进行处理分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同种植密度条件下子粒灌浆进程** 不同种植密度条件下新单 38 在灌浆期子粒干物质重量(百粒干重)见表 1。在散粉后 20d 前,新单 38 不同种植密度的子粒干物质重量差异不显著;散粉后 30d,新单 38 中密度( $67500\text{株}/\text{hm}^2$  和  $75000\text{株}/\text{hm}^2$ )的子粒干物质重量显著高于低密度( $60000\text{株}/\text{hm}^2$ )和高密度( $82500\text{株}/\text{hm}^2$ )。散粉后 40d 和 50d,新单 38 中、低密度的子粒干物质重量极显著高于高密度。说明从子粒灌浆干物质积累角度来看,新单 38 适合种植密度依次为: $67500\text{株}/\text{hm}^2 > 60000\text{株}/\text{hm}^2 > 75000\text{株}/\text{hm}^2 > 82500\text{株}/\text{hm}^2$ 。

与对照(郑单 958)相比,散粉后 30~50d,在

$67500\text{株}/\text{hm}^2$  条件下,新单 38 的干物质重量均显著或极显著高于对照。散粉后 40d,新单 38 中低密度的干物质重量均极显著高于对照。散粉后 50d,新单 38 在 4 个不同密度条件下干物质重量均极显著高于对照。

新单 38 及对照(郑单 958)在不同种植密度条件下的子粒灌浆速率均呈现慢—快—慢(表 2),在散粉后 30~40d 达到最大灌浆速率。散粉后 20~30d,新单 38 在  $67500\text{株}/\text{hm}^2$  条件下的子粒灌浆速率最高。散粉后 30~40d, $60000\text{株}/\text{hm}^2$  条件下的子粒灌浆速率最高。散粉后 40~50d, $60000\text{株}/\text{hm}^2$  和  $67500\text{株}/\text{hm}^2$  条件下子粒灌浆速率显著高于其他密度。说明子粒灌浆后期,中、高密度灌浆速率下降。灌浆后劲不足,导致子粒干重降低。

与对照(郑单 958)相比,可以看出,在授粉后 30~40d,新单 38 在不同种植密度条件下子粒灌浆速率均显著高于对照,说明正是因为该阶段新单 38 干物质的快速积累,才使得最终在散粉后 50d,新单 38 在 4 个不同密度条件下干物质重量均高于对照。

表 1 不同种植密度条件下干物质积累的动态变化

密度	百粒干重(g)				
	散粉后 10d	散粉后 20d	散粉后 30d	散粉后 40d	散粉后 50d
D1	$2.1 \pm 0.04 \text{ a A}$	$9.3 \pm 0.1 \text{ a A}$	$16.7 \pm 0.3 \text{ d A}$	$30.5 \pm 0.7 \text{ a A}$	$38.8 \pm 0.3 \text{ b B}$
D2	$2.1 \pm 0.07 \text{ a A}$	$8.3 \pm 0.3 \text{ a A}$	$18.8 \pm 0.5 \text{ a A}$	$30.7 \pm 0.4 \text{ a A}$	$41.0 \pm 0.5 \text{ a A}$
D3	$2.2 \pm 0.03 \text{ a A}$	$9.4 \pm 0.5 \text{ a A}$	$17.8 \pm 0.2 \text{ c A}$	$29.2 \pm 0.5 \text{ b B}$	$38.8 \pm 0.5 \text{ b B}$
D4	$2.0 \pm 0.06 \text{ a A}$	$8.2 \pm 0.4 \text{ a A}$	$15.4 \pm 0.4 \text{ e A}$	$27.1 \pm 0.2 \text{ d D}$	$37.0 \pm 0.3 \text{ c CD}$
CK1	$2.1 \pm 0.05 \text{ a A}$	$8.3 \pm 0.2 \text{ a A}$	$16.0 \pm 0.5 \text{ de A}$	$26.1 \pm 0.3 \text{ e E}$	$36.0 \pm 0.3 \text{ d DE}$
CK2	$2.6 \pm 0.02 \text{ a A}$	$8.9 \pm 0.6 \text{ a A}$	$18.2 \pm 0.3 \text{ b A}$	$28.2 \pm 0.5 \text{ c C}$	$37.9 \pm 0.4 \text{ c C}$
CK3	$2.7 \pm 0.07 \text{ a A}$	$8.9 \pm 0.5 \text{ a A}$	$16.7 \pm 0.3 \text{ d A}$	$27.4 \pm 0.2 \text{ d D}$	$36.6 \pm 0.5 \text{ d D}$
CK4	$2.2 \pm 0.05 \text{ a A}$	$9.4 \pm 0.7 \text{ a A}$	$17.9 \pm 0.4 \text{ c A}$	$27.2 \pm 0.2 \text{ d D}$	$35.7 \pm 0.2 \text{ e E}$

不同小、大写字母分别代表不同密度间差异达 0.05、0.01 显著水平。下同

表 2 不同种植密度条件下灌浆速率的动态变化

密度	灌浆速率 [ $\text{g}/(100\text{粒}\cdot\text{d})$ ]			
	散粉后 10~20d	散粉后 20~30d	散粉后 30~40d	散粉后 40~50d
D1	$0.72 \pm 0.02 \text{ a A}$	$0.75 \pm 0.01 \text{ c A}$	$1.37 \pm 0.02 \text{ a A}$	$1.01 \pm 0.02 \text{ a A}$
D2	$0.62 \pm 0.03 \text{ a A}$	$1.05 \pm 0.01 \text{ a A}$	$1.19 \pm 0.03 \text{ b A}$	$1.03 \pm 0.01 \text{ a A}$
D3	$0.72 \pm 0.01 \text{ a A}$	$0.84 \pm 0.02 \text{ b A}$	$1.14 \pm 0.03 \text{ b A}$	$0.96 \pm 0.01 \text{ b A}$
D4	$0.61 \pm 0.03 \text{ a A}$	$0.72 \pm 0.02 \text{ c A}$	$1.17 \pm 0.04 \text{ b A}$	$0.99 \pm 0.02 \text{ b A}$
CK1	$0.62 \pm 0.01 \text{ a A}$	$0.77 \pm 0.03 \text{ c A}$	$1.01 \pm 0.02 \text{ c A}$	$0.99 \pm 0.03 \text{ b A}$
CK2	$0.64 \pm 0.02 \text{ a A}$	$0.92 \pm 0.02 \text{ b A}$	$1.00 \pm 0.03 \text{ c A}$	$0.97 \pm 0.01 \text{ b A}$
CK3	$0.62 \pm 0.02 \text{ a A}$	$0.78 \pm 0.02 \text{ c A}$	$1.07 \pm 0.03 \text{ c A}$	$0.92 \pm 0.03 \text{ b A}$
CK4	$0.71 \pm 0.01 \text{ a A}$	$0.85 \pm 0.01 \text{ b A}$	$0.93 \pm 0.03 \text{ c A}$	$0.85 \pm 0.02 \text{ c A}$

**2.2 不同种植密度条件下子粒脱水速率变化** 新单 38 在不同种植密度条件下的子粒脱水速率动态变化见表 3。由表 3 可以看出,新单 38 子粒脱水速率整体呈现快—慢—快的趋势。散粉后 30d 前,新单 38 的子粒脱水速率均较高。在散粉后 40~50d, 67500 株/hm<sup>2</sup> 种植条件下新单 38 子粒脱水速率极显著高于其他密度。说明新单 38 在 67500 株/hm<sup>2</sup>

密度下,后期脱水速率快,含水量较低,更利于机收。

与对照相比,在散粉后 20~30d,60000 株/hm<sup>2</sup> 密度条件下新单 38 子粒脱水速率显著高于对照。在散粉后 40~50d,除 82500 株/hm<sup>2</sup> 以外,中、低密度条件下新单 38 子粒脱水速率均极显著高于对照。说明在灌浆后期,新单 38 在中、低密度条件下与对照相比,含水量更低,更利于机收。

表 3 不同种植密度条件下脱水速率的动态变化

密度	脱水速率( %/d )			
	散粉后 10~20d	散粉后 20~30d	散粉后 30~40d	散粉后 40~50d
D1	1.78 ± 0.03 a A	1.79 ± 0.04 a A	0.80 ± 0.01 b A	1.09 ± 0.06 c BC
D2	2.25 ± 0.02 a A	1.44 ± 0.05 b A	0.64 ± 0.05 d A	1.31 ± 0.02 a A
D3	2.40 ± 0.04 a A	1.04 ± 0.06 e A	0.71 ± 0.02 c A	1.21 ± 0.03 b B
D4	2.47 ± 0.04 a A	1.20 ± 0.03 d A	0.78 ± 0.02 c A	0.92 ± 0.06 d CD
CK1	2.09 ± 0.04 a A	1.33 ± 0.03 bc A	1.03 ± 0.03 a A	0.87 ± 0.03 d D
CK2	2.40 ± 0.03 a A	1.09 ± 0.01 e A	0.93 ± 0.04 a A	0.77 ± 0.06 e E
CK3	1.60 ± 0.02 a A	1.41 ± 0.05 b A	1.08 ± 0.06 a A	0.96 ± 0.06 d C
CK4	1.91 ± 0.04 a A	1.30 ± 0.06 c A	0.66 ± 0.03 d A	1.17 ± 0.05 b B

### 3 结论与讨论

种植密度的增加是玉米产量增加的手段之一,而密度的增加会引起玉米倒伏现象的发生<sup>[8]</sup>,玉米倒伏对穗粒数、千粒重和穗粒重有显著的降低作用,从而导致玉米产量降低<sup>[9]</sup>。因此,合理的种植密度对玉米产量的提高起着至关重要的作用。本研究通过对不同种植密度条件下新单 38 灌浆特性进行分析,结果表明,总体来讲,中、低密度种植条件下,灌浆速率和干物质积累量相对较高,这与李光彦等<sup>[10]</sup>研究结果一致。

子粒灌浆属于复杂的生理代谢过程,子粒灌浆特性是受多基因控制的数量性状,易受环境条件的影响,表现出复杂的动态变化特征。从散粉后 10~50d 的调查结果分析来看,子粒灌浆速率呈慢—快—慢“S”形变化,子粒脱水速率呈快—慢—快的变化,这同刘宗华等<sup>[3]</sup>的结论一致。尤其在散粉后 40~50d,新单 38 的干物质积累量、灌浆速率和脱水速率均显著高于对照,说明新单 38 具有产量高、含水量低等优点,适宜生产上大面积推广应用,产生良好的社会效益。同时,也可以利用新单 38 的优异种质对其他骨干自交系材料进行改良创新,从而

选育出更加理想的玉米新品种。

### 参考文献

- [1] Kato T, Takeda K. Associations among characters related to yield sink capacity in space-planted rice[J]. Crop Sci, 1996, 36: 1135-1139
- [2] 孙庆泉, 吴元奇, 胡昌浩, 等. 不同产量潜力玉米子粒胚乳细胞增殖与子粒充实期的生理活性[J]. 作物学报, 2005, 31 ( 5 ): 612-618
- [3] 刘宗华, 张战辉. 玉米子粒灌浆速率研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41 ( 11 ): 148-153
- [4] 申琳. 夏玉米子粒灌浆与子粒含水率的关系及子粒发育过程的分期[J]. 北京农业科学, 1998, 16 ( 5 ): 6-9
- [5] 王振华, 张忠臣, 常华章, 等. 黑龙江省 38 个玉米自交系生理成熟期及子粒自然脱水速率的分析[J]. 玉米科学, 2001, 9 ( 2 ): 53-55
- [6] 吕新, 胡昌浩, 董树亭, 等. 紧凑型玉米掖单 22 与 SC704 子粒灌浆特性对比分析研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2005, 36 ( 1 ): 70-74
- [7] 李德新. 玉米子粒灌浆、脱水速率品种差异和相关分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009
- [8] 田再民, 黄智鸿, 陈建新, 等. 种植密度对 3 个紧凑型玉米品种抗倒伏性和产量的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24 ( 5 ): 83-88
- [9] 闫海霞, 付家锋, 吴伟华, 等. 黄淮海区部分主栽玉米品种主要农艺性状比较研究[J]. 中国种业, 2013 ( 6 ): 45-47
- [10] 李光彦, 许艳丽, 卢霖, 等. 不同密度玉米群体子粒转化酶与灌浆强度的关系[J]. 玉米科学, 2016, 24 ( 4 ): 83-89

( 收稿日期: 2017-08-21 )