

文章编号: 1005-0906(2007)03-0067-04

不同类型玉米子粒灌浆特性分析

张海艳¹, 董树亭², 高荣岐²

(1. 莱阳农学院植物科技学院, 山东 青岛 266109; 2. 山东农业大学农学院 / 山东省作物生物学重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘要: 以普通玉米、糯玉米、爆裂玉米和甜玉米为材料, 用 Logistic 方程拟合子粒灌浆过程, 分析一系列次级灌浆参数。结果表明: 不同类型玉米粒重表现为普通玉米 > 糯玉米 > 甜玉米 > 爆裂玉米, 不同部位粒重表现为下部 > 中部 > 上部。相关分析表明, 玉米子粒最终粒重的高低主要取决于灌浆速率的大小, 而不是灌浆持续时间的长短。

关键词: 玉米; 灌浆; 粒重

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Analysis on Kernel Filling Characteristics for Different Maize Types

ZHANG Hai-yan¹, DONG Shu-ting², GAO Rong-qi²

(1. College of Plant Science and Technology, Laiyang Agricultural University, Qingdao 266109;

2. College of Agronomy, Shandong Agricultural University /

Shandong Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018, China)

Abstract: Normal corn, waxy corn, pop corn and sweet corn were used in this experiment. Logistic equation was used to simulate kernel filling processes of four maize types. A series of subsequent parameters of kernel filling were analyzed. The results showed that kernel weight was in the order of normal corn > waxy corn > sweet corn > pop corn among different maize types and basal > middle > apical among different ear positions. Correlation analysis indicated that the final kernel weight of maize rest with the rate of filling mostly, not the duration of filling.

Key words: Maize (*Zea mays* L.); Kernel filling; Kernel weight

玉米子粒灌浆最终决定子粒的重量和作物产量^[1,2]。李绍长等^[3]用 Richards 方程拟合了两个普通玉米品种子粒的灌浆过程, 认为同一品种粒重的差异是由灌浆速度决定的, 不同品种粒重的差异是灌浆持续期的长短造成的。李玉玲等^[4~6]分析了普通玉米与爆裂玉米自交系杂交当代果穗不同部位子粒的灌浆特性, 认为子粒灌浆速率的高低和有效灌浆期的长短是导致不同品种及不同部位粒重差异的主要原因。玉米经济产量的形成主要取决于杂交种子粒的灌浆状况, 但不同类型玉米杂交种不同部位子粒灌浆特性的综合研究未见报道。本试验以普通玉米、糯玉米、爆裂玉米和甜玉米为材料, 采用人工同步授粉的方法, 排除授粉受精早晚对不同类型和不同部

位小花发育的影响, 用 Logistic 方程拟合子粒灌浆过程, 分析一系列次级灌浆参数与粒重的关系, 探讨影响粒重提高的主要因素, 为玉米高产栽培和新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料种植

2005 年 5 月在山东农业大学玉米科技园种植费玉 3 号(普通玉米)、黄糯 1 号(糯玉米)、爆裂 1 号(爆裂玉米)和甜玉 6 号(甜玉米)。试验小区为 18 m × 2.5 m, 密度 45 000 株 /hm², 随机排列, 重复 3 次, 生长期统一进行管理。

1.2 取样与测定方法

大喇叭口期选择有代表性的植株标记, 吐丝前套袋, 吐丝后人工统一授粉。自授粉后 10 d(10 DAP)起每 5 d 取各小区果穗 5 个, 分上、中、下(各占 1/3)3 个部位分别脱粒混匀后, 烘干至恒重, 测定百粒重。

2 结果与分析

收稿日期: 2006-12-18

基金项目: 莱阳农学院高层次人才启动基金(630629)

作者简介: 张海艳(1978-), 女, 山东桓台人, 博士, 主要从事遗传育种研究。Tel: 0532-86080342

E-mail: hyzhang608@126.com

高荣岐为本文通讯作者。

2.1 子粒灌浆模拟

以授粉后天数(*t*)为自变量,粒重(*Y*)为依变量,用 Logistic 方程 $Y= A/(1+B e^{-k})$ (式中 *A*、*B*、*K* 为参数, *A* 为生长终值量)对子粒灌浆过程进行模拟。从表 1 可以看出, Logistic 方程能很好地拟合玉米子粒的灌浆

过程,决定系数在 0.952 8~0.999 0 之间。同一类型不同粒位间的粒重均表现为下部>中部>上部;不同类型同一粒位间的粒重均表现为普通玉米>糯玉米>甜玉米>爆裂玉米($P<0.05$)。

表 1 不同类型玉米子粒灌浆的 Logistic 模拟方程
Table 1 Logistic equation of kernel filling in different maize types

基因型 Genotype	粒位 Position	模拟方程 Simulated equation	粒重(mg) Kernel weight	决定系数 <i>R</i> ²
普通玉米	上 部	$Y=31.460\ 5/[1+\text{EXP}(3.823\ 1-0.146115t)]$	30.17 b	0.996 2
	中 部	$Y=32.730\ 9/[1+\text{EXP}(3.904\ 0-0.156145t)]$	32.27 a	0.995 4
	下 部	$Y=33.770\ 9/[1+\text{EXP}(4.341\ 3-0.182699t)]$	33.42 a	0.999 0
糯 玉 米	上 部	$Y=27.438\ 9/[1+\text{EXP}(3.956\ 6-0.176118t)]$	28.28 c	0.984 7
	中 部	$Y=28.888\ 5/[1+\text{EXP}(3.651\ 8-0.159421t)]$	29.05 b	0.996 3
	下 部	$Y=30.156\ 7/[1+\text{EXP}(4.089\ 5-0.188160t)]$	30.22 b	0.997 9
爆裂玉米	上 部	$Y=12.414\ 4/[1+\text{EXP}(2.692\ 6-0.114120t)]$	11.78 g	0.952 8
	中 部	$Y=12.088\ 3/[1+\text{EXP}(3.367\ 8-0.168395t)]$	12.49 f	0.961 9
	下 部	$Y=13.229\ 3/[1+\text{EXP}(3.208\ 2-0.151232t)]$	13.21 f	0.984 2
甜 玉 米	上 部	$Y=16.270\ 4/[1+\text{EXP}(3.476\ 2-0.164471t)]$	16.69 e	0.989 3
	中 部	$Y=19.310\ 7/[1+\text{EXP}(3.921\ 3-0.185082t)]$	19.69 d	0.986 9
	下 部	$Y=20.292\ 3/[1+\text{EXP}(3.923\ 2-0.189388t)]$	20.69 d	0.986 9

注:粒重列中标有相同小写字母的数字之间差异未达显著水平($P<0.05$)。
Note: Values followed by the same little letter in the kernel weight column are not significantly different ($P<0.05$).

2.2 子粒灌浆动态分析

从图 1 可以看出,子粒灌浆呈现慢—快—慢的变化趋势,4 种类型表现一致。灌浆前期不同部位间粒重差异不显著,随着灌浆进程差异逐渐明显,表现为下部>中部>上部。

子粒灌浆速率均呈单峰曲线变化,4 种类型玉米不同部位子粒灌浆速率达到最大值的时间基本一致,但是不同部位之间的灌浆速率大小存在差异(图 2)。

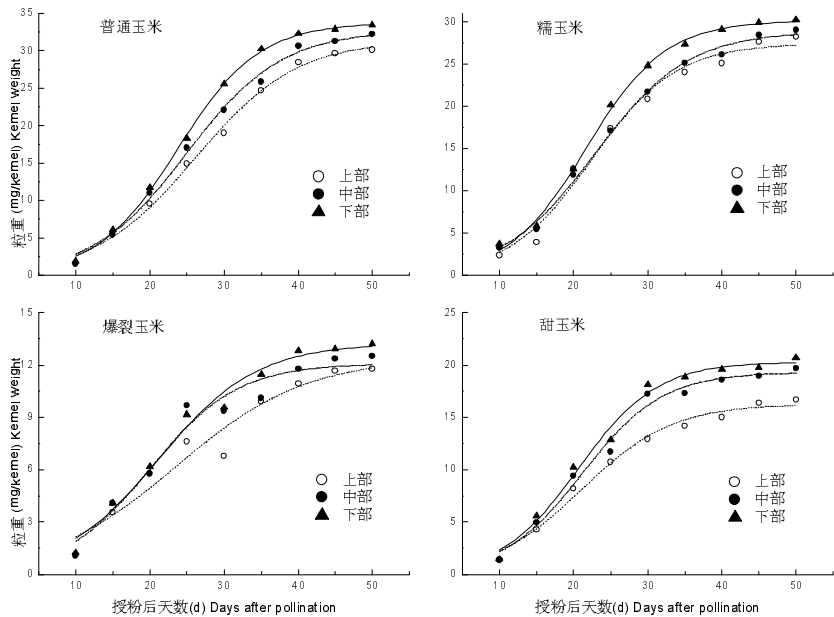


图 1 4 种类型玉米的灌浆动态 Logistic 曲线

Fig.1 Logistic curves of kernel filling in four types of maize

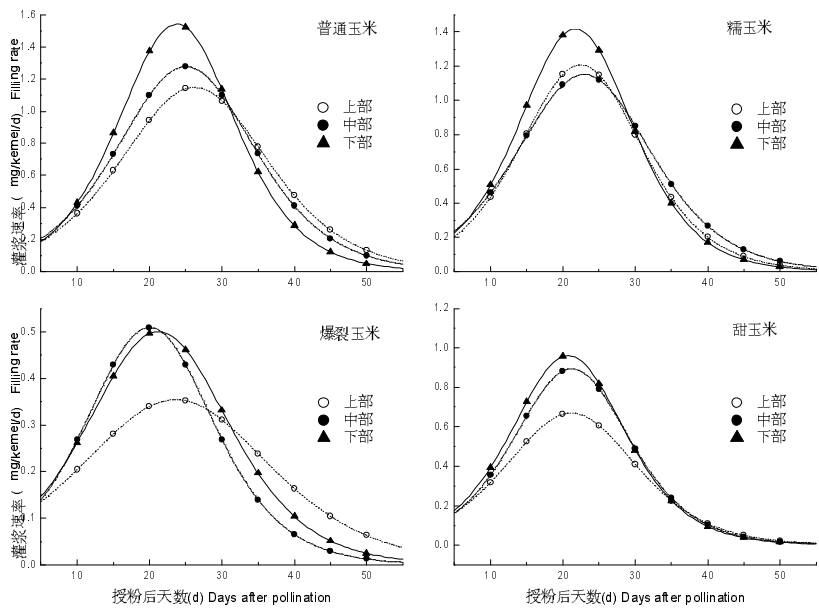


图 2 4 种类型玉米的灌浆速率曲线

Fig.2 The curves of kernel filling rate in four types of maize

2.3 玉米子粒灌浆参数分析

根据表 1 方程计算出一系列灌浆次级参数,包括灌浆起始势 R_0 , 灌浆持续期 T (以粒重达到 99% A 时为灌浆结束期),最大灌浆速率 R_{max} ,达到 R_{max} 所需的时间 T_{max} ,平均灌浆速率 R 。根据表 1 方程的二阶导数将灌浆过程划分为 3 个阶段:灌浆渐增期($0 \sim T_1$)、灌浆快增期($T_1 \sim T_2$)、灌浆缓增期($T_2 \sim T_3$)。 R_1 、 R_2 、 R_3 分别代表 3 个灌浆阶段的灌浆速率。灌浆特征参数见表 2。

从表 2 可以看出, R_{max} 、 R 、 R_1 、 R_2 和 R_3 几个参

数在不同类型之间和不同部位之间的差异与最终粒重的差异情况基本一致。进一步相关性分析发现,粒重与 R_{max} 、 R 、 R_1 、 R_2 和 R_3 的相关系数分别为 0.972**、0.971**、0.989**、0.972** 和 0.966**,均达极显著正相关;与 R_0 、 T 、 T_2 和 T_3 的相关系数分别为 0.396、-0.108、-0.388 和 -0.389,均未达显著水平。表明子粒最终粒重主要取决于平均灌浆速率、最大灌浆速率及渐增期、快增期和缓增期灌浆速率,而不是灌浆持续期和各个灌浆阶段时间的长短,与灌浆起始势也没有必然的联系。

表 2 不同类型玉米的灌浆特征参数

Table 2 The parameters of kernel filling characteristics in different types of maize

类型 Type	粒位 Position	R_0	T	R_{max}	T_{max}	R	T_1	R_1	T_2	R_2	T_3	R_3
普通玉米	上部	0.15	57.61	1.15	26.17	0.77	17.15	0.39	18.03	1.01	22.44	0.28
	中部	0.16	54.43	1.28	25.00	0.85	16.57	0.42	16.87	1.12	20.99	0.31
	下部	0.18	48.91	1.54	23.76	1.03	16.55	0.43	14.42	1.35	17.94	0.38
糯玉米	上部	0.18	48.56	1.21	22.47	0.81	14.99	0.39	14.96	1.06	18.61	0.30
	中部	0.16	51.73	1.15	22.91	0.77	14.65	0.42	16.52	1.01	20.56	0.28
	下部	0.19	46.16	1.42	21.73	0.95	14.74	0.43	14.00	1.24	17.42	0.35
爆裂玉米	上部	0.11	63.86	0.35	23.59	0.24	12.05	0.22	23.08	0.31	28.73	0.09
	中部	0.17	47.29	0.51	20.00	0.34	12.18	0.21	15.64	0.45	19.47	0.13
	下部	0.15	51.60	0.50	21.21	0.33	12.51	0.22	17.42	0.44	21.68	0.12
甜玉米	上部	0.16	49.07	0.67	21.14	0.45	13.13	0.26	16.01	0.59	19.93	0.16
	中部	0.19	46.01	0.89	21.19	0.60	14.07	0.29	14.23	0.78	17.71	0.22
	下部	0.19	44.98	0.96	20.72	0.64	13.76	0.31	13.91	0.84	17.31	0.24

3 讨 论

产量形成的过程实际是灌浆的过程,所有品种特性及栽培措施产生的效应都通过灌浆过程得以表

现出来。因此,无论是从育种角度还是栽培角度,研究灌浆过程及灌浆特性都具有十分重要的意义。Logistic 方程 $W=A/(1+B e^{-kx})$ 拟合后的决定系数增大,拟合效果好。因此,本试验用 Logistic 方程描述玉米子粒增重过程能充分地反映品种间的差异。其原因还有待于进一步探讨。

本试验中,灌浆前期不同粒位间粒重差异不明显,随灌浆进程,粒重表现为下部 > 中部 > 上部,这与前人研究的结果一致。试验中采用吐丝前套袋,吐丝后人工授粉,基本上消除了开花期早晚对粒重的影响。从本研究结果看,灌浆速率参数在不同类型之间大致表现为普通玉米 > 糯玉米 > 甜玉米 > 爆裂玉米,在不同部位之间大致表现为下部 > 中部 > 上部,这与最终粒重的差异情况一致。进一步分析发现,粒重与灌浆速率呈极显著正相关,与灌浆时间和灌浆起始势关系不大。因此,影响玉米最终粒重大小的主要原因是灌浆速率,灌浆速率大则粒重高,反

之粒重低。

参考文献:

- [1] Otegui M E, Bonhomme R. Grain yield components in maize I. Ear growth and kernel set[J]. Field Crops Res., 1998, 56: 247-256.
- [2] Paponov I A, Sambo P, Schulte auf'm Erley G, Presterl T, Geiger H H, Engels C. Grain yield and kernel weight of two maize genotypes differing in nitrogen use efficiency at various levels of nitrogen and carbohydrate availability during flowering and grain filling[J]. Plant and Soil, 2005, 272: 111-123.
- [3] 李绍长,陆嘉惠,孟宝民,等. 玉米子粒胚乳细胞增殖与库容充实的关系[J]. 玉米科学, 2000, 8(4): 45-47.
- [4] 李玉玲,焦学俭,杜申焕,等. 玉米杂交当代子粒灌浆特性的研究[J]. 河南农业大学学报, 1999, 33(2): 106-110.
- [5] 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.
- [6] 李玉玲,台国琴. 玉米子粒灌浆及种子萌发特性的粒位效应研究[J]. 玉米科学, 2005, 13(1): 60-63.

(责任编辑:张 英)