

玉米籽粒果皮厚度变化规律研究

张士龙¹, 周淑梅², 王青峰¹, 李小琴¹

(1 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642; 2 山东农业大学 科技学院, 山东 泰安 271018)

摘要:采用显微测微法对3种不同基因型的7个玉米骨干系及由它们配制的4个杂交组合F₁的果皮厚度变化规律进行了研究. 结果表明:玉米籽粒发育过程中,果皮厚度呈曲线状态变化. 即授粉后随着籽粒发育果皮逐渐变厚,到乳熟后期(超甜玉米)或蜡熟期(普甜玉米、普通玉米)达最大值,然后随着籽粒脱水,果皮细胞排列紧密而变薄;在广州地区春、秋正造种植时,环境不会从根本上改变果皮厚度这一性状;同一基因型内不同核背景材料间籽粒平均果皮厚度也有显著、极显著差异;杂交组合F₁代种子果皮厚度似乎有母体效应.

关键词:甜玉米; 果皮厚度; 显微测微法

中图分类号:S330;S513

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2008)01-0010-04

Research on Variation of Pericarp Thickness of Sweet Maize Kernel

ZHANG Shi-long¹, ZHOU Shu-mei², WANG Qing-feng¹, LI Xiao-qin¹

(1 College of Agriculture, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China;

2 College of Science and Technology, Shandong Agriculture University, Tai'an 271018, China)

Abstract: Changes of pericarp thickness of seven elite inbred lines of three different genotypes and their four F₁ combination of maize were studied by the micrometer measurement method. The results showed pericarp thickness of grain presented a curvilinear movement in the growing process of sweet maize, namely, with the growth of grains, pericarp was getting thicker after pollination and reached the max value in the back of milking stage (super sweet maize) or in the wax stage (common sweet maize and common maize). Subsequently, the cells of pericarp arrayed compactly with the dehydrating process of kernels and this resulted in thinner pericarp of kernels; Environment factors couldn't change pericarp thickness radically under the condition of normal cultivating season in Guangzhou; There were significant distinction at 0.05 or 0.01 level on pericarp thickness between kernels of different nuclear background materials in the same genotype; Pericarp thickness of seeds of F₁ generation seemed to indicate female parent effect.

Key words: sweet maize; pericarp thickness; micrometer measurement method

甜玉米是栽培玉米的一个亚种,有水果型玉米、蔬菜型玉米之称. 根据胚乳突变基因所引起的玉米籽粒在乳熟期可溶性糖含量的高低,甜玉米可分为普甜、超甜、加强甜3种类型. 目前,我国甜玉米品种的产量、抗性已接近或超过美国甜玉米品种,但品质与世界先进水平相比还有很大差距. 甜玉米品质包括甜度、柔嫩度、香味、糯性、风味等,研究表明,糖分

含量和组成影响甜玉米的甜度;WSP含量、WSP与不溶成分的比率、果糖含量等影响甜玉米的糯性和风味;果皮厚度和果皮细胞成分决定柔嫩度,其中果皮厚度起主要作用^[1-2]. 至今,许多国产甜玉米品种的可溶性糖、WSP含量已达较高水平,但籽粒果皮柔嫩性不甚理想,表现为皮厚、渣多、口感差,这大大影响了国产甜玉米在国内外市场上的竞争力,并已成为

收稿日期:2007-05-17

作者简介:张士龙(1973—),男,博士研究生; 通讯作者:李小琴(1967—),女,教授,博士,E-mail:xiaoqinli2000@126.com

基金项目:广东省自然科学基金(04105985);广东省科技计划项目(2006A20203003)

我国甜玉米品质进一步提高的瓶颈^[3]. 因此,对影响我国目前甜玉米品种品质的主要限制因子——果皮厚度进行深入地研究具有重大意义. 本文对甜玉米籽粒果皮厚度变化规律进行了初步探讨,以期育种提供参考.

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验选用3种不同基因型、柔嫩度及甜度有较大差异的7个玉米骨干系 L104、L183、L311、LE13、LE05、Mo17、HZ85 及用它们配制的4个杂交组合(L183 × L104、L311 × L104、LE05 × LE13、HZ85 × Mo17)的 F₁ 作为研究材料,其中 L104、L183、L311 及 L183 × L104、L311 × L104 为超甜玉米,基因型为 *sh₂sh₂*;LE13、LE05 及 LE05 × LE13 为普甜玉米,基因型为 *susu*;Mo17、HZ85 及 HZ85 × Mo17 为普通玉米,基因型为 *SuSuSh₂Sh₂*. Mo17、HZ85 由华中农业大学玉米室提供,其余均为华南农业大学甜玉米课题组自选5~6年的高代稳定自交系.

1.2 供试材料种植及取样

2002年秋繁殖亲本自交系,配制杂交组合. 2003年春、秋季分别在华南农业大学试验场选取地力均匀一致的地块分3期(便于授粉)种植7个自交系及4个杂交组合 F₁ 代,其中春季播期相隔7 d,分别于2月28日、3月7日、3月14日播种,秋季播期相隔4 d,分别于8月28日、9月1日、9月5日播种,

每份材料种200株,行距0.67 m,株距0.33 m. 果穗吐丝前套上小袋,待吐丝齐后同一播期的同一份材料在同一天自交授粉,记录授粉时间.

在自交授粉后第8、12、16、20、22、24、28、32、36 d,用冰盒在田间取样,每份材料随机取4个果穗(即4次重复),每穗取中部10粒,取样后立即测量果皮厚度.

1.3 样品处理、测定及计算

样品实验室处理参照洪雨年^[4]的方法. 果皮切片用带测微尺的显微镜测量果皮厚度. 每个籽粒的果皮测3次,取平均值作为每个籽粒的果皮厚度观察值 X_n (n :籽粒号, $n=1, 2, 3, \dots, 10$). 每个果穗的果皮厚度观察值记作 X_{ijk} (i :季节号, $i=1$, 春季, $i=2$, 秋季; j :材料编号; k :授粉后不同天数编号; r :重复次数, $r=1, 2, 3, 4$), 则 $X_{ijk} = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_9 + X_{10} - X_{\min} - X_{\max})/8$, 其中 $X_{\min}$ 、 $X_{\max}$ 分别为每穗所测10粒的最小和最大果皮厚度值.

2 结果与分析

2.1 玉米籽粒发育过程中果皮厚度变化规律分析

7个自交系材料春、秋季籽粒发育过程中平均果皮厚度变化情况见图1. 图1显示,春、秋季玉米在籽粒发育过程中果皮厚度的变化趋势类似,都是先随着授粉后天数的增加、籽粒灌浆发育的进行果皮逐渐变厚,在乳熟后期或蜡熟期达到最高值,然后随着籽粒成熟脱水,果皮又逐渐变薄到一定值. 籽粒果皮厚度变化呈曲线状.

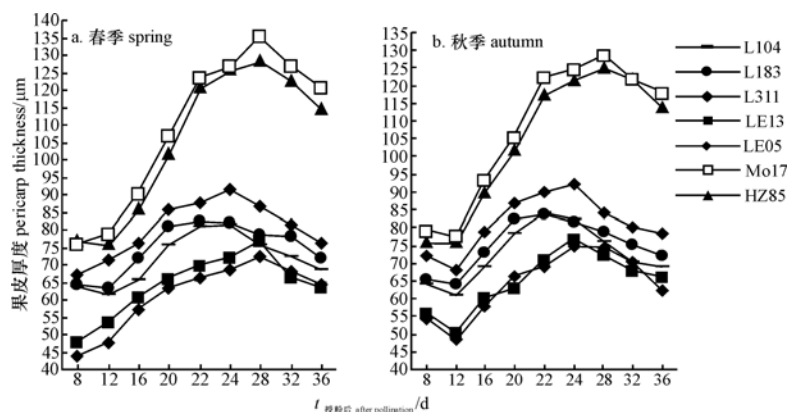


图1 2003年春、秋季7个玉米自交系籽粒发育过程中果皮厚度变化过程

Fig. 1 Change process of pericarp thickness during kernel growth of seven inbreds in 2003 spring and autumn

不同基因型玉米籽粒果皮厚度达到最大值的时间、变幅有所不同. 在春季,普通玉米、普甜玉米果皮厚度大约在授粉后第28 d达最大值,此时正值籽粒发育的蜡熟期;超甜玉米果皮厚度达到峰值的时间比普通玉米、普甜玉米早约4~6 d,即在授粉后第22~24 d达到最大值,此时是超甜玉米乳熟后期;在秋

季,2个普通玉米自交系的籽粒果皮厚度与春季一样,大约在授粉后第28 d达最大值,而普甜、超甜玉米自交系则分别大约在授粉后第24、22~24 d达最大值,之后,所有不同基因型玉米籽粒果皮厚度均逐渐变薄. 上述3类玉米中,普通玉米籽粒果皮厚度值的变幅最大,而普甜、超甜玉米籽粒果皮厚度值的变

幅仅为普通玉米的 1/2 左右。

本试验中超甜玉米籽粒果皮厚度达最大值时间较普通玉米、普甜玉米早,可能是超甜玉米籽粒乳熟后期脱水更快,果皮迅速脱水而使细胞层间排列紧密,从而使果皮细胞更快变致密所致;而普甜玉米、超甜玉米自交系的籽粒果皮厚度在广州秋种比春种提早约 4 d 达到最大值,则可能是秋季籽粒灌浆期气候较干燥,籽粒乳熟后脱水较快,使果皮细胞排列紧凑、果皮变薄造成的。

2.2 不同基因型玉米籽粒果皮厚度比较

将显微测微尺法测得的各材料籽粒果皮厚度值

进行三因素方差分析,结果如表 1。表 1 的结果显示,除春、秋季节间玉米籽粒的果皮厚度差异不显著外,其他变异因子间差异均达 1% 极显著水平。玉米籽粒果皮厚度在不同材料间、季节 × 材料间互作的差异达极显著水平,而在不同季节间差异不显著,说明玉米籽粒果皮厚度这一品质性状受各材料所携带的遗传因子控制,不同遗传背景材料对不同季节气候的反映程度有所不同。而这些材料在春、秋季的果皮厚度没有质的区别则说明在正造种植的情况下环境不会从根本上改变玉米籽粒果皮厚度这一性状,薄果皮优质品种的选育不受季节的本质性影响。

表 1 果皮厚度方差分析¹⁾

Tab. 1 The analysis of variance on pericarp thickness

变异来源 source of variance	<i>v</i>	SS	MS	<i>F</i>	<i>F</i> _{0.05}	<i>F</i> _{0.01}
季节间 between seasons	1	151.90	151.90	52.80	254.00	6361.00
材料间 between materials	10	229 473.40	2 2947.30	7974.90 **	2.55	3.93
时间间 between time	8	83 554.80	10 444.30	3 629.70 **	2.94	4.88
季节 × 材料 season × material	10	877.20	87.70	30.50 **	2.55	3.93
季节 × 时间 season × time	8	135.60	16.90	5.90 **	2.94	4.88
材料 × 时间 material × time	80	29 239.50	365.50	127.00 **	1.35	1.52
季节 × 材料 × 时间 season × material × time	80	1 788.30	22.40	7.80 **	1.35	1.52
误差 error	594	1 709.20	2.90			
总变异 total variance	792	5 525 560.10				

1) *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上的差异显著性,时间指自交授粉后天数

对数据资料进行多重比较发现,普通玉米、超甜玉米、普甜玉米等 3 种不同基因型玉米在籽粒发育过程中平均果皮厚度有极显著差异(表 2)。平均果皮厚度值排列为:普通玉米(106.5 μm) > 超甜玉米(76.7 μm) > 普甜玉米(62.1 μm),与前人^[5-6]的结论一致。同一基因型内不同核背景材料间籽粒平均果皮厚度也有显著、极显著差异(表 2)。因此,在同一基因型甜玉米内,通过育种对不同的核背景进行选择来选育薄果皮优质品种是行之有效的育种方法。

2.3 玉米籽粒果皮厚度遗传规律初步分析

2003 年春季 4 个杂交组合 F₁ 及双亲的籽粒果皮厚度变化情况如图 2 所示。从图 2 可以发现,除了 LE05 × LE13 组合的 F₁ 果皮厚度值明显低于双亲外,其他 3 个组合 F₁ 的果皮厚度值及变化更接近母本,显示出 F₁ 果皮厚度受母体影响的迹象。

结合表 1、2 结果进一步分析发现,在 4 个杂交组合中,L183 × L104、L311 × L104、HZ85 × Mo17 这 3 个组合的 F₁ 与其母本的果皮厚度十分接近,差异不

显著,而与父本差异极显著,只有 LE05 × LE13 组合

表 2 不同玉米材料在籽粒发育过程中果皮厚度多重比较¹⁾

Tab. 2 Multiple comparison between average pericarp thicknesses during kernel growth of different maize material

玉米类型 type of maize	材料 material	$\bar{X}_{.j.} \pm SE$
普通玉米 common maize	Mo17	108.4 ± 2.4 a A
	HZ85 × Mo17	105.6 ± 2.2 b B
	HZ85	105.5 ± 2.3 b B
超甜玉米 super sweet maize	L311	80.8 ± 0.9 c C
	L311 × L104	80.6 ± 0.8 c C
	L183 × L104	75.0 ± 1.0 d D
	L183	75.0 ± 0.8 d D
	L104	72.2 ± 0.9 e E
普甜玉米 common sweet maize	LE13	64.2 ± 1.0 f F
	LE05	62.7 ± 1.1 g G
	LE05 × LE13	59.41 ± 1.1 h H

1) $\bar{X}_{.j.}$ 表示各玉米材料春、秋季在授粉后不同天数所测果皮厚度的平均值;同列数据后大、小写字母不同分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著

例外. 这个结果说明玉米籽粒果皮厚度明显受到母体影响, 似乎有母体效应. 究其原因, 可能是 F_1 籽粒生长于母体植株, 果皮由子房壁和珠被隔合而成, 因

而受母体基因型影响所致^[7]. 由此, 在薄果皮优质甜玉米品种选育中, 选用薄果皮自交系作为母本应当受到足够重视.

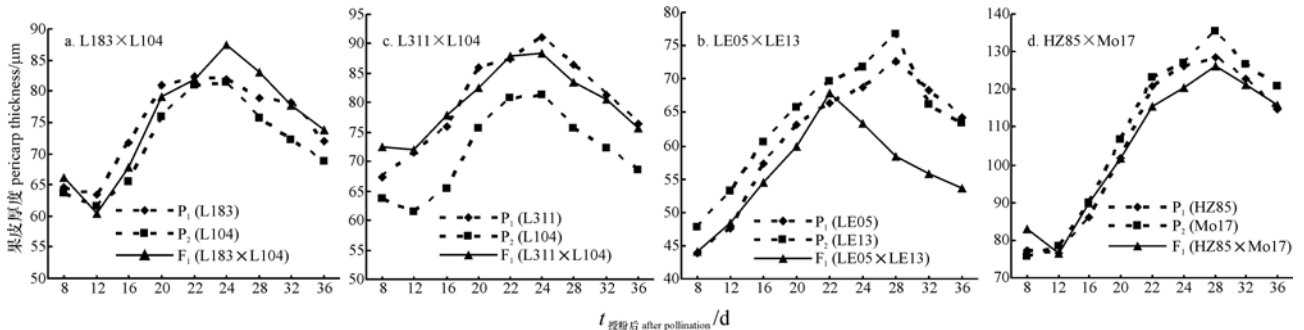


图 2 4 个杂交组合 F_1 与双亲果皮厚度变化曲线

Fig. 2 Change curve on pericarp thickness of 4 combinations F_1 and parents

3 结论

甜玉米籽粒发育过程中, 果皮厚度呈曲线状态变化. 即授粉后随着籽粒发育果皮逐渐变厚, 到乳熟后期(超甜玉米)或蜡熟期(普甜玉米)达最大值, 然后随着籽粒脱水, 果皮细胞排列紧密而变薄. 广州地区春、秋种植时, 一般超甜玉米大约在授粉后第 22 ~ 24 d、普甜玉米大约在授粉后第 28 d 果皮厚度值最大.

在春、秋正造种植的情况下, 环境不会从根本上改变果皮厚度这一性状, 薄果皮优质品种的选育不受季节的本质性影响; 同一基因型内不同核背景材料间籽粒平均果皮厚度存在显著、极显著差异, 在同一基因型甜玉米内对不同的核背景进行选择来选育薄果皮优质品种是行之有效的品质育种方法; 杂交组合 F_1 的种子果皮厚度似乎有母体效应, 薄果皮的母本对选育薄果皮优质品种的潜在作用不容忽视.

准确、真实、稳定、快捷地测定玉米籽粒果皮柔嫩度是对其进行深入研究的必要前提. 本试验中所采用的显微测微尺法虽然能从果皮厚度的角度较准确地反映果皮柔嫩度, 但仍有时间长、步骤繁琐的缺点, 因此, 测定果皮柔嫩度的最佳方法仍需进一步

探索.

参考文献:

- [1] AZANZA F, TADMOR Y, PETC K B. Quantitative trait loci influencing chemical and sensory characteristics of eating quality in sweet corn[J]. *Genome*, 1996, 9:40-50.
- [2] DANICD L, BAJTAY I. Quality breeding in sweet corn[J]. *Aeta Horticulturae*, 1987, 220:143-146.
- [3] 李小琴, 吴景强, 叶翠玉, 等. 甜玉米育种概况及前景展望[J]. *作物杂志*, 2002(5):45-46.
- [4] 洪雨年. 用测微计测定甜玉米果皮厚度[J]. *上海农业学报*, 1995, 11(4):51-54.
- [5] HELM J L, GLOVER D V, ZUVER M S. Effect of endosperm mutant on pericarp thickness in corn[J]. *Crop Sci*, 1970, 10:195-196.
- [6] TRACY F, GALINAT W C. Thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives[J]. *Hort Sci*, 1987, 22(4):645-647.
- [7] ITO G M, BREWBAKER J L. Genetic analysis of pericarp thickness in progenies of eight corn hybrids[J]. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 1991, 116(6):1072-1077.

【责任编辑 周志红】