

文章编号: 1005-0906(2006)02-0081-03

春玉米子粒灌浆期可溶性糖含量变化与淀粉积累关系的研究

王艳芳¹, 张立军², 樊金娟², 马兴林³, 关义新³

(1. 沈阳农业大学基础部, 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳 110161;

3. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 以田间种植的高淀粉(郑单 19)、高油(通油 1 号)和普通型(吉单 209)春玉米为材料, 探讨不同类型玉米杂交种之间可溶性糖含量变化与淀粉积累的关系。从授粉后第 7 天开始, 每隔 7 d 选取果穗测定子粒的蔗糖、葡萄糖、果糖和淀粉含量。郑单 19 的淀粉含量在子粒灌浆的前期和后期都高于通油 1 号和吉单 209; 郑单 19 的蔗糖含量在前期较低, 在后期较高, 吉单 209 和通油 1 号的蔗糖含量变化趋势相似; 在前期郑单 19 的葡萄糖含量高于其它两个杂交种, 果糖含量显著高于蔗糖和葡萄糖含量; 在前期和中期郑单 19 的果糖含量低于其它两个杂交种。结果表明, 在子粒灌浆前期果糖的转化是淀粉积累的主要限制因素。

关键词: 玉米; 可溶性糖; 淀粉积累**中图分类号:** S513.01**文献标识码:** A

Relationship Between Soluble Sugar Contents and Starch Accumulation in Grain During Grain-filling Stage in Spring Maize

WANG Yan-fang¹, ZHANG Li-jun², FAN Jin-juan², MA Xing-lin³, GUAN Yi-xin³

(1. Department of Basic Sciences, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China;

2. College of Biological Science and Technology, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China;

3. Institute of Crop Science Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Spring maize hybrids with high starch (Zhengdan 19), high oil (Tongyou No.1) and ordinary type (Jidan 209) were planted in the experimental field in Lishu County of Jilin Province (124° 18' E, 43° 21' N) to investigate the relationship between soluble sugar content changes and starch accumulation during grain-filling period. After pollinated, the ears were taken from plants every seven days, and then, contents of sucrose, glucose, fructose and starch in grain were determined. Starch contents in Zhengdan 19 are higher than those in Jidan 209 and Tongyou 1 in the early and late stage of grain-filling period; Sucrose contents in Zhengdan 19 are higher in the early, and lower in the late stage than those in Jidan 209 and Tongyou No.1; Glucose contents in Zhengdan 19 are higher in the early stage than those in Jidan 209 and Tongyou No.1; Fructose contents are significantly higher in the early stage than sucrose and glucose contents; and fructose contents are higher in the early stage than those in Jidan 209 and Tongyou No.1. These results suggest that fructose transformation is an important factor for starch accumulation in the early stage.

Key words: Maize; Soluble sugars; Starch accumulation

由于社会经济发展的需要, 高淀粉玉米以优良的加工品质和多种用途而备受人们青睐, 越来越具

有广泛的应用和发展前景。国内外学者对普通玉米子粒品质成分的形成做了较深入的研究^[1-11], 但采取比较研究的思路对不同品质类型玉米子粒的淀粉积累研究则未见报道。因此, 我们对高淀粉玉米、高油玉米与普通玉米子粒发育期间可溶性糖含量变化、淀粉的积累动态做了比较研究, 并对高淀粉玉米、高油玉米和普通玉米子粒发育期间可溶性糖类含量变化和淀粉积累的相互关系进行了初步探讨, 目的在

收稿日期: 2005-10-09**基金项目:** 沈阳农业大学青年基金(2004-038)、农业结构调整重大技术研究专项(04-03-05A)

作者简介: 王艳芳(1971-), 女, 讲师, 硕士, 从事分析化学及植物生理学的教学与研究工作。Tel: 024-81876543 86169978
E-mail: wangyanfangche@163.com
张立军为本文通讯作者。

于深入了解玉米子粒发育期间淀粉积累的机理,为高产、优质生产高淀粉玉米提供理论依据。

1 材料与方法

试验于 2003 年在中国农业科学院作物科学研究所(设于吉林省梨树县的试验基地)进行。试验材料为玉米杂交种郑单 19(高淀粉类型)、通油 1 号(高油类型)和吉单 209(普通类型),它们的淀粉含量分别为 73.2%、68.4% 和 68.5%;脂肪含量分别为 3.7%、7.1% 和 4.6%;蛋白质含量分别为 8.6%、9.2% 和 10.0%。试验小区长 8 m,10 行,行距 0.6 m,种植密度为 7.5 万株/hm²。在玉米抽雄前,选择生长发育一致的植株挂牌作为取样株,适时套袋,统一授粉。从授粉后第 7 天开始,每隔 7 d 在每个小区选取 4 株,从每个果穗中部取下完整的子粒混匀,液氮冷冻后,置于 -40℃ 的低温冰箱中保存。最后一次取样在授粉后的第 56 天。待所有时期样品全部取完后,测定玉米的品质。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[1];淀粉含量测定采用双波长比色法^[11]。

2 结果与分析

2.1 淀粉的积累动态

研究表明,3 个品种玉米子粒淀粉百分含量变化的总趋势接近于“S”型曲线(图 1)。在淀粉积累过程中,3 个品种的积累速率有所不同:在灌浆前期郑单 19 子粒的淀粉含量和积累速率远远高于其他两个品种。成熟时 3 个品种玉米子粒淀粉含量高低的顺序为郑单 19>吉单 209>通油 1 号。

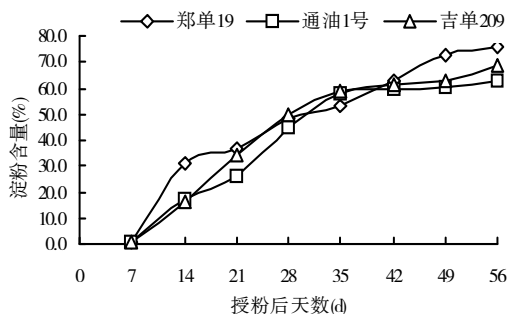


图 1 不同类型玉米灌浆期间子粒淀粉含量的变化

2.2 蔗糖含量的变化

测定结果表明,3 个品种玉米灌浆过程中子粒蔗糖百分含量变化的总趋势表现为单峰曲线,此趋势与 Tsai-Mei (1985)结果一致。峰值高低的顺序为通油 1 号>吉单 209>郑单 19(图 2);在子粒灌浆的前期,郑单 19 子粒蔗糖含量增加的速度低于其他品种,而达到峰值后下降的速度却高于其他品种。

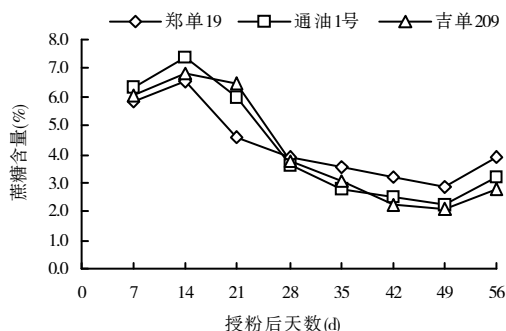


图 2 不同类型玉米灌浆期间子粒蔗糖含量的变化

2.3 果糖含量的变化

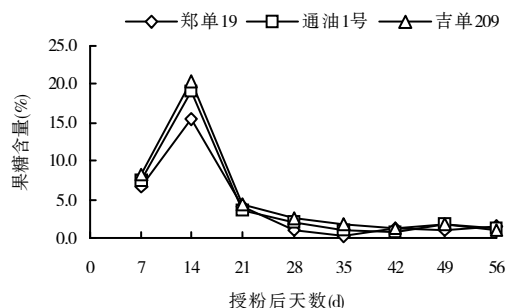


图 3 不同类型玉米灌浆期间子粒果糖含量的变化

由图 3 可知,在子粒中,随着灌浆的延续,3 个品种果糖含量的变化均表现为单峰曲线,峰值都出现在授粉后 15 d 左右,峰值的高低顺序为吉单 209>通油 1 号>郑单 19。将果糖的测定结果与蔗糖的测定结果相比较可知,郑单 19 在灌浆前期,蔗糖含量比其他两个品种低很多,果糖含量也很低,说明在子粒灌浆过程中,郑单 19 这个品种可能提早利用蔗糖。

2.4 葡萄糖含量的变化

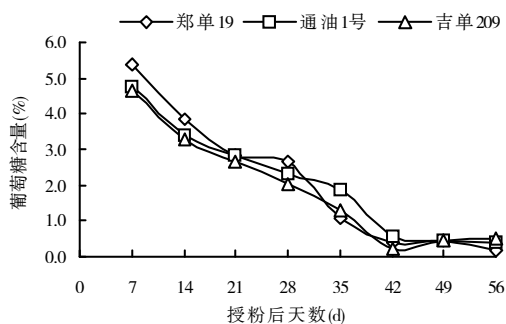


图 4 不同类型玉米灌浆期间子粒葡萄糖含量的变化

如图 4 所示,3 个品种玉米灌浆过程中子粒葡萄糖含量的变化总趋势:自授粉后第 7 天开始,子粒葡萄糖含量急速下降,42 d 以后趋于平缓。3 个品种比较,授粉后 21 d 前葡萄糖含量从高到低依次为郑单 19>通油 1 号>吉单 209。

3 结论与讨论

在玉米子粒生长发育过程中,源端碳水化合物以蔗糖形式运至子粒库,在穗轴及小穗柄中卸载,转化为果糖和葡萄糖,进而合成淀粉。可溶性酸性蔗糖转化酶被认为是影响库端蔗糖转化过程的最重要的酶(Hanft 等,1986;Reed 等,1980;李伯航等,1998)^[12-17],可能是限速步骤。李绍长等(1999)^[9]测定从授粉当天到 33 d 的酸性蔗糖转化酶活性,发现石单 3 号的子粒在灌浆过程中蔗糖降解为葡萄糖的数量多于掖单 13,即玉米品种之间酸性蔗糖转化酶活性存在差异。

本试验整个测定期间,就含量而言,葡萄糖含量都低于果糖,这是因为子粒的蔗糖 80%来自叶片。叶片光合作用产生的蔗糖,经韧皮部的长距离运输到子粒,在子粒中,蔗糖在蔗糖合成酶的作用下,分解为果糖和 UDP-葡萄糖,继而形成 6-磷酸葡萄糖,6-磷酸葡萄糖在 ADP-葡萄糖焦磷酸化酶和淀粉合成酶以及分支酶的作用下合成淀粉。蔗糖分解产生的果糖需要转化为葡萄糖后才能用于淀粉的合成(Thomas and Huber,1983)。说明果糖的转化是淀粉合成的限速步骤之一。

本试验结果表明,不同类型玉米在灌浆前期有较高的蔗糖含量(图 2),但是淀粉的积累速率却不相同(图 1),高淀粉玉米的蔗糖含量尽管低于普通玉米和高油玉米,但是葡萄糖含量(图 3)和淀粉的合成速率却较高,说明在子粒形成的初期,蔗糖的供应不是淀粉合成的主要限制因子,而果糖的转化或淀粉的合成能力是主要的限制因素。

Jenner 等(1991)认为,子粒灌浆期间淀粉积累速度与子粒中的蔗糖浓度梯度、胚乳中运输系统和合成系统的动力学特性有关。而刘仲齐等(1992)^[10]研究发现,在淀粉含量呈直线增长的时期,可溶性糖含量与淀粉积累速度没有显著的相关关系,认为源的供应能力基本满足子粒的需求量,子粒的储存容量和物质转化能力是限制淀粉积累的主要因素。

试验结果还表明,在子粒灌浆的中期,高淀粉玉米的蔗糖含量较低,淀粉合成的速率也较慢,表明这个时期限制淀粉合成的主要因素是蔗糖的供应,而不是蔗糖的转化能力或淀粉的合成能力;在子粒灌浆后期子粒中的可溶性糖含量降低,淀粉的合成速

率也减慢。但是在灌浆后期,高淀粉杂交种郑单 19 的蔗糖含量与其它两个品种相比,仍保持较高的含量,淀粉的积累速率也较其他两个品种快,这说明可溶性糖作为淀粉合成的底物,其含量高低与淀粉合成速率密切相关。

参考文献:

- [1] 陈刚. 品种、密度、收割期对玉米青贮品质的影响[J]. 北京农业科学, 1989, (1): 20-23.
- [2] 陈国平. 玉米的干物质生产与分配[J]. 玉米科学, 1994, 2(1): 48-53.
- [3] Liu K C, Hu C H, et al. Accumulation of main quality components in kernels of high oil and high starch maize and their physiological and biochemical characteristics. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28 (4): 492-498.
- [4] 刘治先. 高油玉米 Alexho 子粒生长期含油率及其脂肪酸的变化[J]. 作物杂志, 1988, (4): 34-36.
- [5] 刘克礼, 刘景辉. 春玉米干物质积累与转移规律的研究[J]. 内蒙古农学院学报, 1994, 15(1): 1-10.
- [6] Wang Z X, Du C G, Wang Q C. Changes in main components of different types of maize hybrids during grain-filling stage. *Plant Physiology Communications*, 1990, (1): 30-35.
- [7] Gao Q Y, Glover D V. The relationship of DNA content on corn endosperm nuclei to kernel traits during kernel development. *Acta Agronomica Sinica*, 1994, 20(1): 46-51.
- [8] Gao R Q, Dong S T, Hu C H, et al. Ultrastructure changes during scutellar development in maize (*Zea mays* L.). *Acta Agronomica Sinica*, 1997, 23(2): 232-236.
- [9] 李绍长, 盛茜, 等. 玉米子粒灌浆生长分析[J]. 石河子大学学报, 1999, (增刊): 3-5.
- [10] 刘仲齐, 吴兆苏, 俞世荣. 吡啶乙酸和脱落酸对小麦子粒淀粉积累的影响[J]. 南京农业大学学报, 1992, 15(1): 7-12.
- [11] He X F, et al. Quality analysis for grain and oil. Beijing: Science Press, 1986, 76-115.
- [12] 李伯航, 崔彦宏. 夏玉米胚乳细胞建成与粒重关系的研究[J]. 河北农业大学学报, 1998, 12(4): 39-44.
- [13] 张丽华, 李海军, 王艳哲, 等. 玉米花丝和穗轴中可溶性糖、淀粉变化规律的研究[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 64-67.
- [14] 刘克礼, 高聚林. 春玉米淀粉含量变化规律的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1992, 13(4): 80-86.
- [15] Lee Ou, Mei Tsai, Setter, Lloyd Tim. Enzyme activities of starch and sucrose pathways and growth of apical and basal. *Plant Physiol.*, 1985, 79(3): 848-851.
- [16] Hanft J M, Jones R J. Kernels abortion in maize II. Distribution of 14C among kernel carbohydrates. *Plant physiol.*, 1986, 81: 511-515.
- [17] Rood S B, Pharos R P, Major D J. Changes of endogenous gibberellin like substances with sex reversal of the apical influence of corn. *Plant Physiol.*, 1980, 66: 793-796.