

黑龙江省中早熟玉米淀粉积累的动态分析^{*}

曹士亮, 许崇香, 金 益

(东北农业大学 农学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 本试验针对黑龙江省东部淀粉加工企业常用的四个高淀粉中早熟玉米品种, 分析其在授粉后 18~63 d 时淀粉积累动态, 探索高淀粉玉米淀粉积累的规律, 为种植户提高和稳定玉米淀粉产量及高淀粉玉米育种提供理论依据。研究表明: 各品种在第 18~63 d 的灌浆过程中, 淀粉的积累呈上升趋势, 而积累的速率呈下降趋势。第 18~23 d 淀粉积累速率最快, 第 28~48 d 增长速率较平缓; 各品种在授粉后第 18~63 d, 淀粉的积累呈不对称的 S 曲线, 采用了 logistic 曲线分别得到不同的回归方程, 通过相关系数法测验判断回归方程成立。

关键词: 玉米; 淀粉; 累积; 回归

中图分类号: S 513.03 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2005)04-0004-04

Analysis on Starch Accumulation of Mid-early Maize Varieties in Heilongjiang Province

CAO Shi liang XU Cong xiang JIN Yi

(Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract: 4 high starch content and early ripening corn cultivars, which were used commonly by the starch enterprises in the east of Heilongjiang province, were tested to analysis the accumulated performance of starch content [SC] during the stages of 18~63 days after silk and compared with the yield to develop the potentiality of SC in order to propose basic data for the farmers to increase the starch yield stably and for the corn breeders. The test resulted: During the period of 18~63 days after silk the test materials performed increase in SC and decrease in the accumulation rate of starch. The starch accumulate rate was the fastest at the period of 18~23 days and then decreased stable in the stage 28~48 days; During the period of 18~63 days after silk the starch accumulation performed as a "S" curve and a logistic regression equation could be used to describe the law of the starch accumulation.

Key words: corn; starch; accumulation; regression

0 前言

玉米是世界上重要的粮食作物、饲料作物和工业原料, 其产量的高低和经济效益好坏直接影响农业生产的持续发展。随着人们生活水平的提高, 玉米用做口粮的比例减小, 饲料和深加工工业将成为玉米消化的主要渠道, 也是玉米增值的主体。现阶段我国玉米加工的主要产品是淀粉, 玉米淀粉占全部工业用淀粉的 50% 以上。但是由于我国玉米品种

和加工及设备较国外还有一定差距, 虽然是玉米生产大国, 可每年都要从国外进口大量的玉米深加工产品, 才能满足国内的需要。因此, 为加工部门提供淀粉含量高、农民种植又不减产的高淀粉玉米品种具有重要的现实意义。本试验针对黑龙江省东部淀粉厂和甘油厂常用的淀粉含量较高的中早熟玉米品种, 分析其在灌浆过程中淀粉积累动态, 为种植户提高和稳定玉米品种淀粉含量和淀粉产量提供科学的

^{*} 收稿日期: 2005-01-20

基金项目: 黑龙江省科技攻关资助项目“玉米新品种选育与种质创新”(G B04B103)

第一作者简介: 曹士亮(1980-), 男, 黑龙江省阿城县人, 东北农业大学 2003 级研究生, 从事作物遗传育种研究。金益为通讯作者,

Tel: 0451-55190581, E-mail: maize@neau.edu.cn

理论依据。

1 材料与方法

2.1 试验材料与田间设计

本研究选用我省东部淀粉厂常用的四个玉米品种:海玉 8 号(早熟)、四早 11(中早熟)、红玉 12(中早熟)和龙单 13(中熟)为研究对象。

播种采用统一密度(6.2 万株/hm²)。田间采用随机区组排列,3 次重复。小区 10 m 行长,5 行区,70 cm 行距,小区面积 35 m²。每小区 1、2、5 行用于取样测定淀粉含量和百粒重,3、4 行全部收获测产。为准确记载玉米的授粉时间,我们对 1、2、5 行进行雌穗套袋,人工授粉保证同一果穗上的子粒在同一天授粉。授粉后第 18 d 开始取样,每隔 5d 取一次(2~4 穗),直到第 63 d 收获为止。每次取样后立即剥粒,自然晾晒一周左右以后,再挂在通风室内,以待品质化验。

2.2 测定项目及方法

2.2.1 测定项目 出苗期、成熟期、淀粉含量。

2.2.2 测定方法 淀粉分析采用 Perten8620 型近红外谷物品质分析仪测定各项指标。首先用化学方法[醋酸氯化钙旋光法(GB 5006-85)]测定 20 个标准样品,根据测定值用 NIR 软件(近红外谷物品质分析仪附带)处理,作出淀粉的标准曲线,并求出它们的校准常数,最后输入近红外谷物品质分析仪,进行各样品淀粉含量的测定。在测定的过程中每天都要用指定的标准样品校准仪器以保证测定结果的准确性和可靠性。用称量法测定小区产量。

2.3 数据处理及统计方法

以每一时期的各品种的小区淀粉含量平均值为 y , 抽丝后天数为 x , 采用 logistic 曲线^[1]来进行描述其变化规律: $y = \frac{K}{1 + ae^{-bx}}$ (K 为环境限制的淀粉最大含量, b 为淀粉含量的相对增长率)。 y 的一阶导数是淀粉的绝对增长速率: $\frac{dy}{dx} = by(1 - \frac{y}{K})$, 显然当 $y \ll K$ 时绝对增长速率为 by , 当 y 接近 K 时绝对增长速率趋近 0。再令 y 的二阶导数为零: $\frac{d^2y}{dx^2} = b(1 - \frac{2y}{K}) = 0$, 可求出淀粉绝对增长速率的拐点为: $y = \frac{1}{2}K$, $x = \frac{\ln a}{b}$ 此时绝对增长速率最快, 为 $\frac{dy}{dx} = \frac{1}{4}bK$, 绝对增长速率在此之前逐渐加快, 在此之后逐渐下降直至 $y = K$ 时为 0。令 $y' = \ln(\frac{K - y}{y})$,

$b' = -b$, $a' = \ln a$ 可将 logistic 曲线转化为线性回归方程: $y' = a' + b'x$ 由于是 3 参数曲线, 所以要先求 K 值。选 3 个等距的 x 值所对应的 y 值, 有 $K = \frac{y_1y_3 - y_2^2}{y_1 + y_3 - 2y_2}$ 然后作数据转换即可将其线性化并估计 a 和 b 值了。

3 结果与分析

3.1 各时期淀粉含量的平均值

将抽丝后各时期测得的淀粉含量的平均值列于表 1。

为了便于分析各品种淀粉积累的规律, 将表 1 数据绘制成图 1。从图中可以看出, 各品种的淀粉积累变化呈不对称的“S”型曲线。淀粉的含量变化呈总体上升趋势, 在授粉后的第 18~38 d 内海玉 8 号的淀粉含量在供试的品种中处于最高, 但从第 43 d 左右四早 11 的平均淀粉含量开始居于首位并直到最后, 海玉 8 号的平均淀粉含量则下降至第二位。此前一直居于末位的龙单 13 也上升到第三位, 而红玉 12 则下降到最后一位。

表 1 不同品种各时期的淀粉含量 (%)

时期	海玉 8 号	红玉 12	四早 11	龙单 13
18	39.45	34.63	30.81	26.40
23	60.08	51.16	53.35	42.14
28	65.57	50.60	59.04	48.28
33	68.21	59.57	64.90	55.56
38	71.23	65.47	70.23	62.37
43	73.04	64.17	75.86	65.63
48	70.23	68.82	78.68	71.15
53	69.81	67.49	75.97	69.68
58	73.25	70.00	78.82	70.46
63	74.46	67.62	76.68	70.36

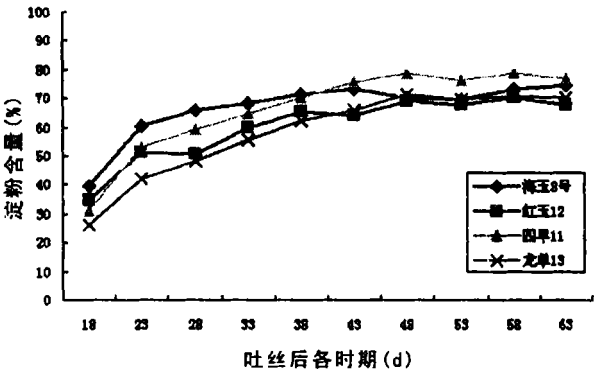


图 1 吐丝后各时期淀粉含量

为了进一步明确淀粉累积的规律, 采用了符合生物学意义的 logistic 曲线来描述各时期淀粉积累的变化规律, 并求出各品种淀粉积累的最大速度和出现最大速度的时期。通过计算得出不同品种淀粉积累动态的回归方程(见表 2)。

表 2 不同品种玉米淀粉积累动态方程

品种	回归方程	相关系数	最大速率时期	最大速率
海玉 8 号	$\hat{y} = \frac{74.60}{1+2.79e^{0.0957x}}$	0.876 *	10.72	1.7848
红玉 12	$\hat{y} = \frac{72.92}{1+2.09e^{-0.063x}}$	0.923 *	11.70	1.14818
四早 11	$\hat{y} = \frac{79.89}{1+4.69e^{0.0932x}}$	0.9065 *	16.58	1.8614
龙单 13	$\hat{y} = \frac{71.490}{1+10.9e^{0.117x}}$	0.8947 *	20.4	2.0911

注: *表示在 0.01 水平上显著($R_{0.01,8}=0.765$)。

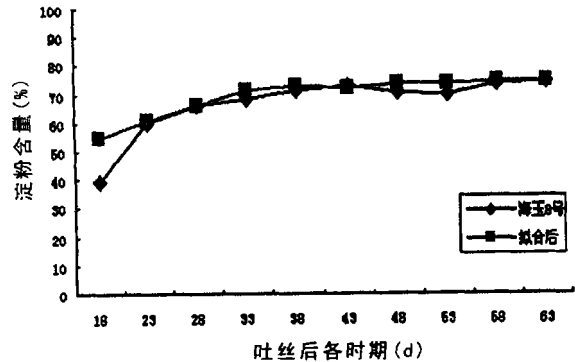


图 2 海玉 8 号淀粉含量变化拟合前后比较

从图 2 可以看出: 授粉后第 18 d 开始海玉 8 号淀粉积累各时期的观察值都在 logistic 曲线的下方, 看不到拐点。这是因为根据 logistic 曲线, 海玉 8 号的淀粉积累最大速率应出现在授粉后第 10 d 左右, 而试验观察值是从第 18 d 开始的。

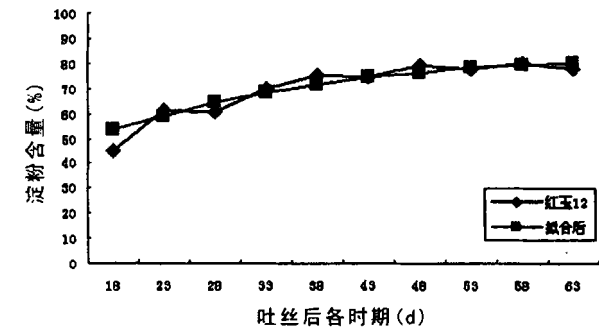


图 4 四早 11 淀粉含量变化拟合前后比较

由图 4 可以看出: 四早 11 的曲线拟合得不如红玉 12 好, 但可以大约看出来拐点, 通过回归方程计算出淀粉积累最大速率出现在吐丝后第 17 d, 可以在图上找到。

由表 2 可知, 各品种的淀粉积累 logistic 曲线方程的相关系数都大于 $R_{0.01,8}=0.765$, 回归显著。根据回归方程计算出各品种淀粉积累的最大速率及出现时期也列于表中。可以看出: 各品种淀粉积累最大速率的顺序是龙单 13> 四早 11> 海玉 8 号> 红玉 12, 海玉 8 号和红玉 12 的淀粉积累速率较早达到最大值, 约在第 10 d 和第 12 d。而四早 11 和龙单 13 的淀粉积累速率最大值出现时间较晚, 分别为第 17 d 和第 20 d。

为了便于考察方程的拟合情况, 把拟合前的各时期淀粉含量值和拟合后相应的值绘制成图, 分别见图 2、3、4 和 5。结合回归方程和这四幅图可以看出海玉 8 号和红玉 12 的 logistic 曲线并不完整, 而四早 11 和龙单 13 的 logistic 曲线拟合较好。

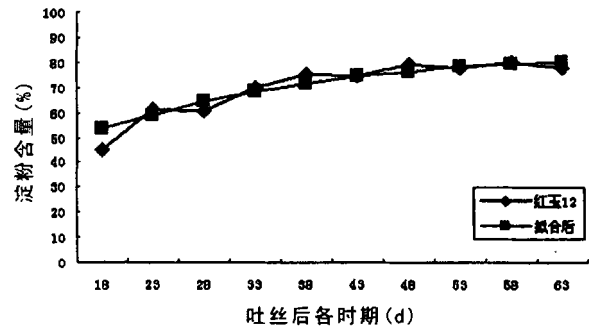


图 3 红玉 12 淀粉含量变化拟合前后比较

从图 3 中我们可以看出: 红玉 12 的实际观察值各点在曲线上下均匀排布, 拟合得较好。但拐点也未在曲线上显示出来, 这是因为红玉 12 淀粉积累最大速率出现在第 12 d 左右。

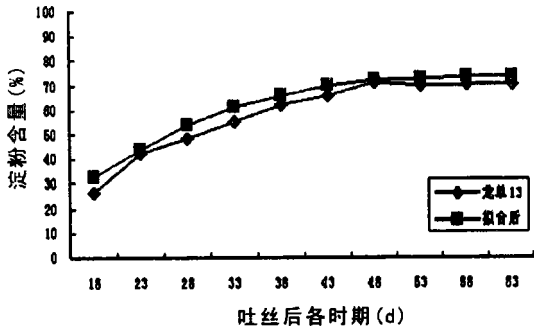


图 5 龙单 13 淀粉含量变化拟合前后比较

从图 5 中可以看出: 龙单 13 的实际观察值都位于曲线的下方, 在 43 ~ 48 d 有波动, 淀粉积累最大速率大约出现在吐丝后 20 d。与通过回归方程计算的相似。

4 讨论

4.1 玉米淀粉积累的一般动态规律

淀粉是玉米干物质的主要组成成分。前人对玉米干物质方面的研究比较广泛,而针对淀粉含量的比较少。焦光纯^[2](1997)的研究表明,不同品种玉米子粒成熟过程中,淀粉含量呈逐渐积累的趋势。刘开昌^[3](2002)对高油、高淀粉及普通玉米品种淀粉研究分析结果为:品种间子粒百分率及其单粒淀粉含量的变化均呈上升趋势。授粉后第 10 d 之前,子粒中淀粉含量很低,授粉后第 10~30 d 内淀粉百分率迅速增加,第 30 d 后增加缓慢,单粒淀粉含量于授粉后第 20~30 d 为淀粉迅速增加期,淀粉积累高峰期为授粉后的第 30 d 左右。本试验比较了四个高淀粉玉米品种,各品种在灌浆过程逐渐积累的趋势与前人研究结果基本一致。

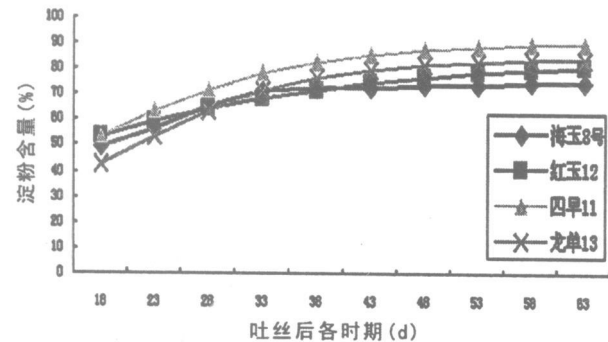


图 6 四个品种淀粉含量变化拟合曲线比较

如图 6,由四个品种淀粉积累的动态方程可以看出,淀粉积累符合 logistic 曲线,淀粉含量及其积累规律的研究表明,吐丝后第 18~63 d 各时期品种间的平均淀粉含量呈逐渐上升趋势而积累的速率呈下降趋势。第 18~23 d 淀粉积累速率最快,第 28~

48 d 增长速率较平缓。进一步分析得出,海玉 8 号在第 43 d 时平均淀粉含量基本上达最大值,而其余 3 个品种均在第 48 d 左右达到最大值,由于海玉 8 号在 4 个参试品种中成熟期最早,可以说明早熟品种在灌浆前期淀粉积累速率高于成熟较晚的品种。

龙单 13 和四早 11 的淀粉积累最大速率出现的时期可以在动态方程上找到,而海玉 8 号和红玉 12 淀粉积累最大速率出现的时期则无法从该试验所获得的方程曲线上找到,这与本试验淀粉测量的时期和方法有关。随着试验设计和分析仪器的改进,在淀粉积累早期对其进行测量,所做出的曲线一定会更加全面,分析的结果也将更准确。

通过对方程的求解可知,4 个品种均以第 10~20 d 期间的淀粉积累速率最快,第 23 d 时积累速率开始下降。第 28 d 后海玉 8 号、四早 11、龙单 13 积累速率较平稳,只有红玉 12 积累速率波动较大,说明其受环境影响可能较大。由于试验采样从第 18 d 开始,第 18~23 d 的淀粉积累速率在第 18~63 d 的过程中是最快的,但尚不能确定它在整个灌浆期间也是最快的,只能说明中早熟玉米淀粉积累速率最高峰出现在授粉后第 23 d 以前,出现峰值的准确时间还有待于今后的进一步研究。

参考文献:

- [1] 金益, 吕龙石. 生物统计与田间试验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998. 204-206.
- [2] 焦光纯, 韩俊友, 李明, 等. 试 1243 单交种干物质积累与分配规律、子粒灌浆速率及子粒品质与产量关系的研究[J]. 玉米科学, 2000, 8(2): 63-66.
- [3] 刘开昌, 胡昌浩, 董树亭, 等. 高油、高淀粉玉米子粒主要品质成分积累及其生理生化特性[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 492-498.

欢迎订阅 2006 年《黑龙江农业科学》

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性学术期刊,是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊、“中国期刊方阵”期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊等。主要报道作物育种、耕作栽培、植物保护、土壤肥料、植物生理、畜牧兽医等方面以黑龙江省为主,其他省区为辅的最新农业科研成果、科学技术、发展趋势以及新产品、新品种等。设有科研报告、实用技术、调查总结、专题综述、品种选育、国内外科技动态、科技简讯、农业信息等栏目以及各类广告业务宣传。本刊发行面广,读者群大:农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及各农业技术推广部门的科技人员、管理干部和广大农民群众等。

本刊为国际大十六开本,彩色四封,64 页,双月刊,刊号:ISSN1002-2767, CN23-1204/S, 邮发代号 14-61, 单月 10 日出版,每期定价 5.00 元,全年 30.00 元。全国各地邮局(所)均可订阅。漏订者可汇款至本刊编辑部补订(不另收邮费)。

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《黑龙江农业科学》编辑部

电话:0451-86668373 E-mail:nykx13579@sina.com 邮编:150086