水稻直链淀粉形成积累动态的研究

何秀英[1], 吴东辉[1], 伍时照[2], 甄 海[1]
(1 广东省农业科学院 水稻研究所, 广东 广州 510640; 2 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642)

摘要: 选用直链淀粉含量(质量分数)不同等级的籼稻、粳稻、糯稻为材料, 应用糙米直链淀粉单粒和总淀粉测定等方法研究水稻直链淀粉的形成积累. 结果表明: 随着籽粒发育, 直链淀粉的积累是一个缓慢增长的动态过程, 其速度低于支链淀粉和总淀粉; 花后 3~12 d 是直链淀粉、支链淀粉和总淀粉的快速增长期; 支链淀粉先于总淀粉, 总淀粉先于直链淀粉达最大含量; 高直链淀粉含量的品种灌浆早期直链淀粉积累速率较低直链淀粉含量的品种高; 季节对直链淀粉、支链淀粉、总淀粉的形成积累有一定的影响.

关键词: 水稻; 直链淀粉; 形成积累
中图分类号: S511 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X (2003) 03-0009-04

直链淀粉含量的高低是水稻品种选育的关键指标, 也是鉴定米质优劣的主要衡量标准. 随着水稻胚乳的发育, 直链淀粉的积累是一个由少到多逐渐增长的动态过程, 因品种不同表现不同特性, 受 Wx 基因控制[1,2]. 直链淀粉与支链淀粉在胚乳中如何转化形成, 不同的研究有不同的观点, 一般认为直链淀粉是支链淀粉合成的前体[3], 但也有研究认为糯性稻米在发育初期支链淀粉直接合成[4]. 目前直链淀粉含量测定的方法较多, 在籽粒发育前期淀粉量很少的情况下, 为提高直链淀粉测定的准确性, 本研究采用以糙米粉为标样测定单粒糙米直链淀粉的方法[5]和小样本总淀粉测定法, 研究各类型水稻品种直链淀粉、支链淀粉、总淀粉形成积累及转化机制, 为水稻品种选育提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

依据 IRRI 直链淀粉含量(简称 AC, 质量分数)分级[6]: 高> 25%, 中 20.1%~25%, 低 9.1%~20%, 极低 2.1%~9.0%, 糯性< 2%的标准, 选用 AC 不同等级的籼、粳、糯水稻品种. (1)优质籼稻高 AC: 七桂早 25、粳籼 89、华丝占; 优质籼稻低 AC: 巨丰占、七丝软占、长丝占、万籼香占 1 号. (2)糯稻: 华农香糯、枣红糯. (3)粳稻: 日本粳.

1.2 试验设计

1997 年早、晚造, 在华南农业大学农学院教学实验场于同一栽培条件下种植以上 10 个品种. 齐穗时, 对当天抽的稻穗挂牌标记, 并连续 7 d 采样, 以后间隔 3 d 采样 1 次, 直至花后 30 d. 每次各品种样本量为 10 穗, 置 40 ℃烘箱中烘干.

1.3 直链淀粉含量测定

采用以糙米粉为标样测定单粒糙米直链淀粉的方法[5], 它是在简易法的基础上改进的. 首先应用简易法准确测定高、中、低直链淀粉含量的糙米样本各 1~2 个作标准曲线. 材料测定步骤为: 用万分之一天平准确称取各待测样单粒糙米质量, 并置于具塞刻度管中, 加入 φ 为 95%乙醇 0.1 mL 湿润样品, 按每毫克样品加入 1 mol/L NaOH 0.1 mL 的比例加碱, 把刻度管放于 30 ℃恒温箱中糊化 18~24 h. 取出刻度管, 按每毫克样品加入 1 mL 水的比例定容, 混匀, 若定容体积大于 5 mL, 用移液管准确吸取 5 mL 于 100 mL 容量瓶中, 加入 1 mol/L 乙酸 0.1 mL、碘试剂工作液 1.5 mL 于容量瓶中, 定容. 对体积小于 5 mL 的刻度管, 以最终粗淀粉质量分数为 5%计算全量定容体积, 并以全量定容体积计算应加入的乙酸和碘试剂工作液量. 在 620 nm 分光光度计下比色, 测定 D 值. 同时准确称取 10 mg 标样进行测定, 并应用所得的标准曲线计算待测样的直链淀粉含量.

1.4 总淀粉含量测定

在盐酸水解-旋光法基础上[7], 样品用量从 1 g 降低到 0.03 g, 测量结果表明, 同一品种所测得的总淀粉值一致. 这适合发育前期籽粒小、淀粉量少的情况下总淀粉的测定研究.

2 结果与分析

2.1 淀粉积累动态

以供试品种早造米粒发育各时期的直链淀粉、支链淀粉和总淀粉平均值做动态图. 从图 1 中可得, 开花当天 3 种类型淀粉的测定值为 0, 随后总淀粉、支链淀粉逐渐有少量形成, 花后第 3 d, w 均分别为

收稿日期: 2002-07-24 作者简介: 何秀英(1974-), 女, 助理研究员, 硕士.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

7.96%、7.55%,此时直链淀粉也开始形成,质量分数非常少,为0.41%.但花后3~12 d是各类型淀粉快速形成积累期,其中3~6 d总淀粉、支链淀粉呈线性增长,于第6 d,w分别达49.75%、40.90%,约是籽粒成熟期的84%、90%.直链淀粉增长速度小于总淀粉和支链淀粉,第6 d的w为8.86%,是成熟时的63%.随后3种类型淀粉的形成速度都减慢,并于花后15 d分别平衡于一定的水平,直至米粒成熟.由此可见,随着米粒发育,胚乳中的淀粉粒逐渐形成,其中支链淀粉的积累速度快于直链淀粉,且自淀粉粒开始形成其含量就较直链淀粉高,相对总淀粉、支链淀粉而言,直链淀粉的形成积累是一个缓慢增长的动态过程.

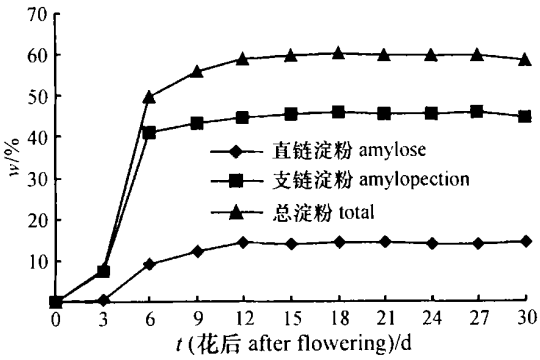

图1 淀粉形成积累动态

Fig.1 The forming and accumulation of starch

2.2 不同类型品种直链淀粉形成的特点

胚乳中直链淀粉的含量主要是由遗传因素决定的,是水稻品种的特性,各类型的品种直链淀粉的形成有所不同.以参试的高AC品种、低AC品种及糯稻花后各时期直链淀粉的平均值作图,从图2中可

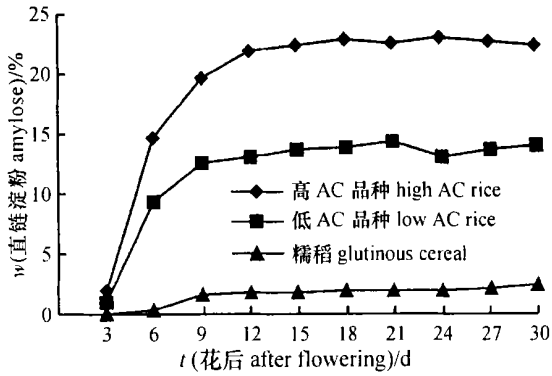

图2 各类型品种直链淀粉形成动态

Fig.2 The amylose forming of the different type rice varieties

得,自花后第3 d直链淀粉可开始测得起,高AC品种直链淀粉的形成积累保持着较低AC品种高的动态水平,而低AC品种又保持着较糯稻高的水平,说明在水稻胚乳淀粉形成积累的各时期直链淀粉含量(w)高AC品种>低AC品种>糯稻.

计算各参试品种花后3~6 d,6~9 d直链淀粉的积累速率(即后一时期的AC值减去前一时期的AC值)(表1),从表中可得花后3~6 d不同类型的水稻品种间直链淀粉的积累速率不同,高AC含量的品种此时期的积累速率较低AC含量的品种高.如七桂早25、粳籼89、华丝占早季的积累速率分别为14.2%、12.0%、17.8%,高于巨丰占(7.8%)、七丝软占(11.2%)、长丝占(8.6%),糯稻3~6 d的积累速率为最低,华农香糯、枣红糯分别为0.8%和0.晚季种植直链淀粉有同样的趋势.花后6~9 d直链淀粉积累有差异但不明显.由此看来水稻品种直链淀粉积累的差异在灌浆早期即花后3~6 d,直链淀粉积累的速率顺序为直链淀粉含量高>低>糯.

表1 籽粒发育前期直链淀粉积累速率

Tab.1 The AC accumulating rate during the early time of grain developing %

品种 varieties	花后3~6 d 3~6 days after flowering		花后6~9 d 6~9 days after flowering	
	早季 early	晚季 late	早季 early	晚季 late
七桂早25 Qiguizhao25	14.2	14.7	6.5	3.5
粳籼89 Jingxian89	12.0	13.3	7.0	7.1
华丝占 Huasizhan	17.8	17.1	1.6	3.4
巨丰占 Jufengzhan	7.8	5.5	1.7	1.6
七丝软占 Qisiruanzhan	11.2	7.6	2.0	6.4
长丝占 Changsizhan	8.6	0.7	5.4	7.6
万籼香占1号 Wanxianxiangzhan1	5.5	6.4	3.9	6.3
华农香糯 Huanongxiangnuo	0.8	0.0	2.4	1.2
枣红糯 Zaohongnuo	0.0	0.0	0.1	0.0
日本粳 Ribenjing	6.5	0.6	2.7	7.0

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3　糯稻直链淀粉形成特点

糯稻品种如枣红糯直链淀粉形成情况与粘稻有很大的差异(图 3), 不仅形成积累的时间迟且在整个籽粒发育过程中保持着极低的含量水平. 试验中, 早季直链淀粉可测得的时间为花后第 6 d, 晚季为花后第 9 d, 枣红糯即使在花后 30 d w 也仅为 1.4%. 而支链淀粉 w 花后第 3 d 即可测得, 并在淀粉合成初期就有很高的含量, 如花后第 6 d 枣红糯支链淀粉为 33.41%, 是成熟期的 62.3%. 糯稻在整个籽粒发育过程中支链淀粉含量占总淀粉的绝大部分, 而直链淀粉非常少, 这似乎表明糯稻品种米粒发育初期支链淀粉直接合成, 没有经先合成直链淀粉而后转化为支链淀粉的阶段.

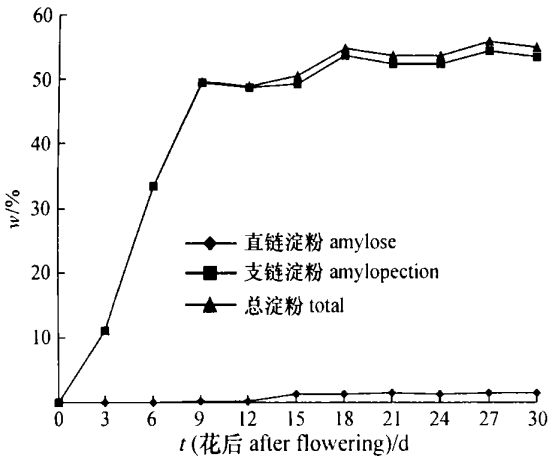

图 3　枣红糯的淀粉形成动态

Fig.3　The forming of starch in rice variety Zaohongnuo

2.4　直链淀粉、支链淀粉、总淀粉最大含量出现时间预测

参照王守海[2]提出的用二元曲线拟合糙米直链淀粉含量与谷粒发育天数的曲线回归方程, 应用SAS软件, 对花后天数与 10 个供试品种早晚季的直链淀粉、支链淀粉和总淀粉平均值作回归分析. 结果(表 2)表明, 早晚季含量达最大值的时间支链淀粉早于总淀粉, 总淀粉早于直链淀粉. 如早季支链淀粉达最大含量的时间为花后 19.7 d, 总淀粉是花后 20.0 d, 直链淀粉为花后 20.8 d. 季节比较, 支链淀粉、总淀粉、直链淀粉早季达最大含量的时间都比晚季早, 如晚季以上各类型淀粉积累达最大含量的时间分别为花后 20.5、21.0、22.5 d 均较早季迟. 从最大含量看, 早季支链淀粉、总淀粉, 高于晚季, 但直链淀粉早季低于晚季. 在测试中, 早季直链淀粉可测得的时间早于晚季 1 ~ 2 d, 如早季花后第 3 d 可测少量直链淀粉, 晚季到第 5 d 才开始测得. 初步表明, 在同一栽培条件下, 早季水稻籽粒发育成熟时期环境高温对支链淀粉、总淀粉的形成积累有促进作用, 但不利于直链淀粉的积累.

表 2 中各回归方程相关系数在 0.928 2 以上, F 值达极显著水平, 即方程的相关性和回归性相当好, 所以回归方程的建立是合理的. 利用二元曲线回归方程, 可以进一步预测推算各品种直链淀粉、支链淀粉、总淀粉最大含量出现的时间, 这对进一步在水稻籽粒灌浆成熟期间提高水稻产量、改善稻米品质是有利的.

表 2　花后天数与直链淀粉、支链淀粉、总淀粉间的二元曲线回归方程

Tab. 2　Regression equation of flowering days and amylose content, Amylopection content, total starch content

类型 type	季节 season	回归方程 regression equation	X_{max}/d	Y_{max}/%	R	F
直链淀粉 amylose	早 early	$Y=-1.209\,9+1.609\,7X-0.038\,61X^2$	20.8	15.6	0.967 4	87.45**
	晚 late	$Y=-2.665\,8+1.679\,7X-0.037\,29X^2$	22.5	16.3	0.963 4	77.52**
支链淀粉 amylopection	早 early	$Y=0.440\,8+5.243\,5X-0.133\,1X^2$	19.7	51.2	0.928 2	37.32**
	晚 late	$Y=-3.143\,1+5.110\,4X-0.124\,7X^2$	20.5	49.2	0.950 4	56.01**
总淀粉 total	早 early	$Y=-0.602\,9+6.806\,2X-0.170\,3X^2$	20.0	67.4	0.939 1	44.77**
	晚 late	$Y=-5.585\,7+6.800\,6X-0.162\,3X^2$	21.0	65.7	0.961 9	74.19**

3　结论

本研究应用的直链淀粉测定方法与李锐等[8]、罗玉坤[9]、杨金华[10]提出的单粒直链淀粉测定法不同, 主要在于标准曲线是由糙米粉制成, 具有样品用量少、不用去种皮、不用脱脂等优点, 适合水稻籽粒发育各时期单粒糙米直链淀粉含量的测定. 从结果分析中可得, 水稻直链淀粉的形成积累具有以下特点: 1)相对于总淀粉和支链淀粉而言, 直链淀粉的形成积累是一个缓慢增长的动态过程; 2)不同类型的品种直链淀粉的形成有所不同, 在水稻籽粒发育成熟的整个过程中, 高 AC 类型的品种直链淀粉含量大于低 AC 类型品种, 大于糯稻; 3)直链淀粉积累的差异在灌浆早期即花后 3 ~6 d, 此时期直链淀粉的积累速率也为高 AC 类型品种> 低 AC 类型品种> 糯稻; 4)直链淀粉、支链淀粉、总淀粉的快速形成积累期为花后 3 ~12 d, 其中花后 3 ~6 d 为线性增长期, 因而此时期的环境及栽培条件对谷粒的充实及产量高低有着很大的影响. 5)季节对直链淀粉的形成积累有一定的影响, 如试验中直链淀粉可测得的时间早造比晚造早 1 ~2 d, 二元曲线回归分析中得, 最大含量直链淀粉早造较晚造低等.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参考文献:

[1] 罗 科. 水稻灌浆成熟过程中籽粒淀粉的现象及糊化温度的变化[J]. 广西农学院学报, 1987, (1): 9—12.

[2] 王守海, 李泽宫. 水稻成熟过程中粒重和直链淀粉含量变化的研究[J]. 安徽农业科学, 1990, (1): 21—24.

[3] 刘保国, 伍昌福. 水稻品种直链淀粉的积累特性与Wx蛋白的关系[J]. 西南农业大学学报, 1989, 11(4): 378—382.

[4] 何祖华, 申宗坦. 水稻糯质基因对籽粒物质积累的影响[J]. 中国农业科学, 1995, 28(4): 20—24.

[5] 何秀英, 甄 海, 伍时照, 等. 糙米直链淀粉单粒测定研究[J]. 广东农业科学, 1999, (1): 2—4.

[6] 黄超武, 李 锐. 水稻杂种直链淀粉含量的遗传分析[J]. 华南农业大学学报, 1990, 11(1): 23—29.

[7] 李酉开, 张玉良, 刘世民, 等. 粮食作物品质鉴定的优选方法[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 10—12.

[8] 李 锐, 黄超武. 稻米直链淀粉含量的单粒测定方法[J]. 广东农业科学, 1988, (5): 7—9.

[9] 罗玉坤. 单粒稻米直链淀粉含量测定方法的研究[J]. 中国水稻科学, 1988, (2): 136—140.

[10] 杨金华. 单(半)粒稻米直链淀粉含量测定方法研究[J]. 作物品种资源, 1992, (1): 33—38.

Studies on the Formation and Accumulation of Amylose Content in Rice

HE Xiu-ying[1], WU Dong-hui[1], WU Shi-zhao[2], ZHEN Hai[1]

(1 Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agriculture Science, Guangzhou 510640, China;
2 College of Agronomy, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The formation and accumulation of rice amylose content were studied. The results showed that the accumulation of amylose content was a slowly-increasing dynamic process and its speed was slower than amylopection and total starch. The fast growing period of amylose, amylopection and total starch was the flowering 3—12 days. Amylopection was the first to reach the max content, then total content, amylose content was the last. During earlier period of milking, the accumulation rate of high amylose content species was higher than that of low amylose content species. The formation and accumulation of amylose content, amylopection content and total content were effected by season.

Key words: rice; amylose; formation and accumulation

【责任编辑 周志红】

欢迎订阅 欢迎投稿

《华南农业大学学报(自然科学版)》

《华南农业大学学报(自然科学版)》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物. 本刊主要报道农业、生物学学科的科研学术论文、研究简报、文献综述等, 分为农学、植物保护、生物学、动物科学与医学、农业工程与食品科学、基础科学、综述、简报等栏目. 本刊附英文目录和英文摘要. 读者对象主要是国内外农业科学研究院所、农业院校以及综合性大学等有关农业科学研究与管理人员.

本刊为中国科学引文数据库固定刊源, 并排列在被引频次最高的中国科技期刊500名以内. 被《中文核心期刊要目总览》确认为综合性农业科学核心期刊、植物保护类核心期刊. 为国内外多家著名文摘的固定刊源.

国内外公开发行、季刊、A4开本. 每期94页, 定价5.00元, 全年20.00元、自办发行, 参加全国非邮发报刊联合征订发行(联订代号: 6573).

订阅办法: 订阅款邮汇至: 510642 广州五山《华南农业大学学报(自然科学版)》编辑部, 或300220 天津市大寺泉集北里别墅17号全国非邮发报刊联合发行部.

《华南农业大学学报(自然科学版)》编辑部

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net