

小麦蛋白质和淀粉含量与籽粒发育过程中内源激素含量的关系

樊高琼¹, 刘帆¹, 邵庆勤², 任万军¹, 杨文钰^{1,*}

¹四川农业大学农学院, 四川雅安 625014; ²安徽科技学院植物科学学院, 安徽凤阳 233100

摘要: 研究粒重差异较小、蛋白质和淀粉含量差异大的小麦品种‘川麦107’和‘川麦36’籽粒发育过程中激素含量变化与籽粒蛋白质和淀粉积累之间关系的结果表明, ‘川麦36’蛋白质含量一直高于‘川麦107’的, 而其淀粉含量一直低于‘川麦107’; ‘川麦36’籽粒中ZR初始含量和IAA峰值高些, 开花后5~20 d籽粒中ZR含量与蛋白质含量呈显著正相关, IAA峰值与此期的蛋白质积累速率跃变相对应。两品种籽粒中GA峰值与蛋白质含量的低谷相对应, 开花后5~30 d的籽粒中GA含量与淀粉含量呈极显著正相关, 而‘川麦107’籽粒中GA含量较高。

关键词: 小麦; 内源激素; 淀粉; 蛋白质

Relations among Wheat (*Triticum aestivum* L.) Protein, Starch Contents and Endogenous Hormone Contents during Kernel Development

FAN Gao-Qiong¹, LIU Fan¹, SHAO Qing-Qin², REN Wan-Jun¹, YANG Wen-Yu^{1,*}

¹College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014, China; ²School of Botany, Anhui College of Science and Technology, Fengyang, Anhui 233100, China

Abstract: The main results showed that ‘Chuan-mai 36’ had higher protein content and lower starch content than those of ‘Chuan-mai 107’ during grain filling, ZR content at the beginning of grain filling and IAA content at the peak time in both varieties were the same. It presented significant positive correlation between ZR and protein contents in 5-20 d after anthesis. At the same time, the peak of IAA corresponded the rate of protein accumulation. The peak of GA content in both varieties were relevant to lower of protein, it presented highly significant positive correlation between GA and starch contents in 5-30 d after anthesis. GA content of ‘Chuan-mai 107’ was higher than that of ‘Chuan-mai 36’.

Key words: wheat (*Triticum aestivum*); endogenous hormone; starch; protein

小麦籽粒的形态建成和灌浆充实均是在内源激素参与下完成的(Wheeler 1972; Gurbaksh等1989; Hess等2002)。激素在小麦籽粒产量建成中作用的报道较多(Michael和Beringer 1986; 王振林1989; 王瑞英等1999; 王桂林等1991), 而有关激素对籽粒蛋白质和淀粉积累影响的报道则较少。本文采用2个粒重差异小而淀粉和蛋白质含量差异大的小麦品种为材料, 研究籽粒灌浆期间内源激素含量变化及其与籽粒蛋白质和淀粉积累的关系, 以期为化学调控籽粒生长发育提供参考。

材料与方 法

试验于2002年10月~2003年6月在四川雅安大兴镇穆家村进行, 小麦(*Triticum aestivum* L.)品种为‘川麦107’和‘川麦36’。‘川麦107’的蛋白质含量为12.002%, 淀粉含量为66.6%,

千粒重为45.0 g; ‘川麦36’的蛋白质含量为16.201%, 淀粉含量为61.2%, 千粒重为47.0 g。试验地土壤肥力中等, 前作为夏玉米。试验采用单因素随机区组设计, 免耕撬窝点播, 小区面积4 m×3 m, 行窝距为20 cm×10 cm, 基本苗为150万株·hm⁻², 重复3次, 随机区组排列。每公顷施过磷酸钙(17% P₂O₅) 450 kg, 氯化钾(52% K₂O) 150 kg, 尿素(46% N) 330 kg, 肥料全用作底肥施用, 其它栽培措施同一般大田生产。

抽穗期选择生长一致、同一天抽穗的主茎茎

收稿 2006-08-31 修定 2007-01-09

资助 四川省学术技术带头人培养基金(3200109)、四川省攻关项目(04NG020-017)和突破性作物新品种高产高效栽培技术研究(2006YZGG-28)。

*通讯作者(E-mail: wenyu.yang@263.net; Tel: 0835-2882612)。

秆挂牌, 保留同天开花的样品, 开花当天取样, 以后每隔 5 d 取样 1 次, 每次取 15 穗, 取样时间为上午 8:00~9:00。样品采回后及时剥粒, 计粒数, 取中间部分籽粒, 准确称取 0.5 g 鲜样于液氮中速冻后放入超低温冰箱中, 用于测定激素含量。其余籽粒称鲜重后, 放入 105 °C 烘箱内杀青 20~60 min, 再于 65 °C 中烘干至恒重, 称干重, 计算单粒粒重, 然后用小型高速粉碎机粉样, 过 100 目筛后用于测定蛋白质和淀粉含量。

籽粒蛋白质含量测定采用凯氏定氮法, 取上述籽粒粉碎过筛干样 0.5000 g, 加 12 mL 浓 H_2SO_4 , 同时加 3.7 g 催化剂 ($K_2SO_4:CuSO_4:Se=100:10:1$), 消化后用瑞士产 BüCHI 凯氏定氮系统测定。淀粉含量测定参照何照范 (1985) 的方法。籽粒激素含量测定采用酶联免疫法 (吴颂如等 1988), 试剂盒购自中国农业大学化控研究中心。

实验结果

1 小麦籽粒的灌浆动态

从图 1 可以看出, 籽粒增重过程呈 S 形曲线变化。开花后 5~30 d, ‘川麦 107’ 的单粒重略高于 ‘川麦 36’, 35 d 后则比之低, 表明 ‘川麦 107’ 前期灌浆快, 而 ‘川麦 36’ 后期灌浆快, 最终 ‘川麦 36’ 千粒重比 ‘川麦 107’ 的高 2.0 g 左右。

2 小麦籽粒中蛋白质积累动态

从图 2-a 可以看出, 籽粒发育过程中蛋白质含量均呈 V 形变化, ‘川麦 36’ 和 ‘川麦 107’ 低谷分别出现在开花后 25 和 30 d, 前者含量一直高于后者, 低谷时两者的差距最大。从单粒蛋白质积累量来看 (图 2-b), 两品种蛋白质积累量呈 S

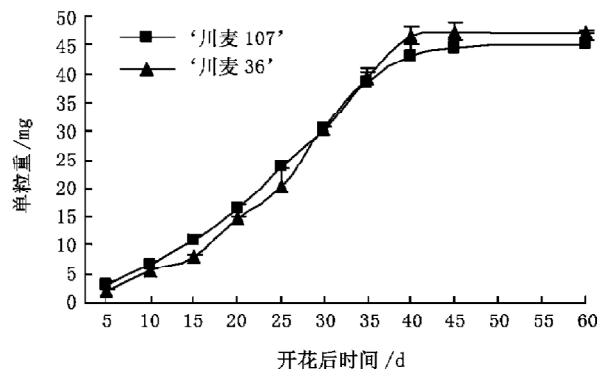


图1 小麦籽粒的灌浆动态

Fig. 1 Dynamic in grain filling of wheat kernel

形曲线, 前期 (开花后 5~15 d) 的蛋白质积累速率基本一致 (图 2-c), 单粒蛋白质积累量在此时也基本重合。开花后 20 d, ‘川麦 36’ 蛋白质积累速率出现第 1 个跃变, 两品种蛋白质积累量差距拉大; 开花后 30 d, ‘川麦 36’ 蛋白质积累速率再次跃变, 蛋白质含量迅速反弹, 从低谷回升, 蛋白质积累量持续增加, ‘川麦 36’ 蛋白质积累速率的 2 次跃变是其蛋白质含量及单粒蛋白质积累量提高的基础 (图 2)。

3 小麦籽粒中淀粉积累动态

淀粉含量占小麦籽粒的绝大部分, 小麦籽粒灌浆充实过程也是淀粉不断沉积的过程。从图 3 可以看出, 籽粒淀粉含量与淀粉积累量的变化曲线与籽粒增重过程一样呈 S 形曲线, 在籽粒发育过程中, ‘川麦 107’ 淀粉含量一直高于 ‘川麦 36’, 尽管 ‘川麦 36’ 粒重略大, 但 ‘川麦 107’ 的单粒淀粉积累量高 (图 3-b); 开花后 15~35 d, ‘川麦 107’ 的淀粉积累速率显著高于 ‘川麦 36’ (图 3-c), 因而 ‘川麦 107’ 的淀粉含量

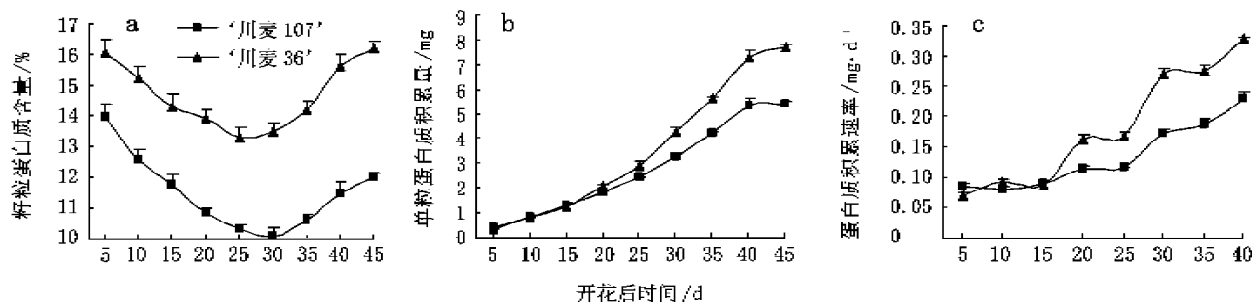


图2 小麦籽粒中蛋白质含量、蛋白质积累量与蛋白质积累速率的变化

Fig. 2 Changes in protein content, protein accumulation and protein accumulation rate in wheat kernel

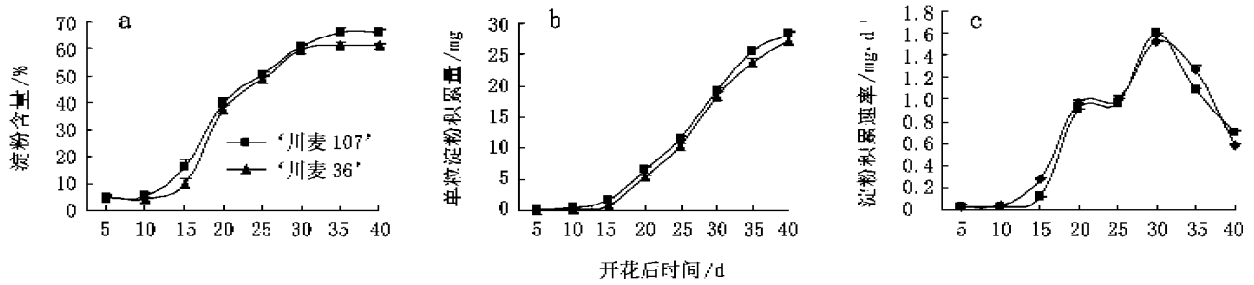


图3 小麦籽粒中淀粉含量、淀粉积累量与淀粉积累速率的变化

Fig. 3 Changes in starch content, starch accumulation and starch accumulation rate in wheat kernel

和淀粉积累量较高。

4 小麦籽粒发育过程中激素含量变化

图4~6显示:(1)‘川麦36’籽粒中GA含量在开花后15 d出现第1个高峰,此时GA含量较‘川麦107’高。除此之外,‘川麦107’籽粒中GA含量均高于‘川麦36’,GA含量峰值是‘川麦36’第2个峰值的1.27倍(图4-a)。籽粒发育过程中,‘川麦107’的单粒GA积累量呈单峰曲线,峰值出现在开花后30 d;而‘川麦36’籽粒中单粒GA积累量在开花后5~25 d持续上升,在25~40 d其含量基本稳定,两品种单粒GA积累量的差异也是在开花后第30天最大(图4-b)。

此外,分析籽粒中GA和蛋白质含量动态变化的结果表明,‘川麦107’籽粒中GA含量峰值正好与籽粒中蛋白质含量的低谷相对应;‘川麦36’籽粒中GA含量的第2个峰值也与其蛋白质含量低谷相对应,而蛋白质含量低谷出现的主要原因可能是此期间籽粒中淀粉积累速率快于蛋白质积累速率之果。相关分析表明,开花后5~30

d籽粒中GA含量与淀粉含量之间呈极显著的正相关($r=0.7096^{**}$),由此可见,籽粒中GA含量与淀粉沉积是密切相关的。

(2)籽粒发育过程中,IAA含量呈单峰曲线,峰值出现在开花后25 d,两品种的规律一致(图5-a)。开花后5~20 d的‘川麦107’籽粒中IAA含量高于‘川麦36’,而在峰值期间的‘川麦36’具有更高的IAA含量。单粒IAA的积累量也是如此(图5-b)。

(3)籽粒发育过程中,ZR含量呈下降趋势(图6-a),授粉后含量最高,开花后5 d的‘川麦36’籽粒中ZR含量极显著高于‘川麦107’;开花20 d后,两品种的ZR含量均较低,两者的变化曲线基本重合。就单粒ZR积累量(图6-b)来看,其变化动态也呈下降趋势,表明尽管籽粒不断增大,其中ZR的绝对含量却越来越少。除开花后20~25 d以外,仍以‘川麦36’籽粒中ZR积累量多些;开花后5~20 d,两品种的ZR积累量差异增大。相关分析表明,ZR含量与蛋白质含量之间呈显著正相关($r=0.73617^*$)。

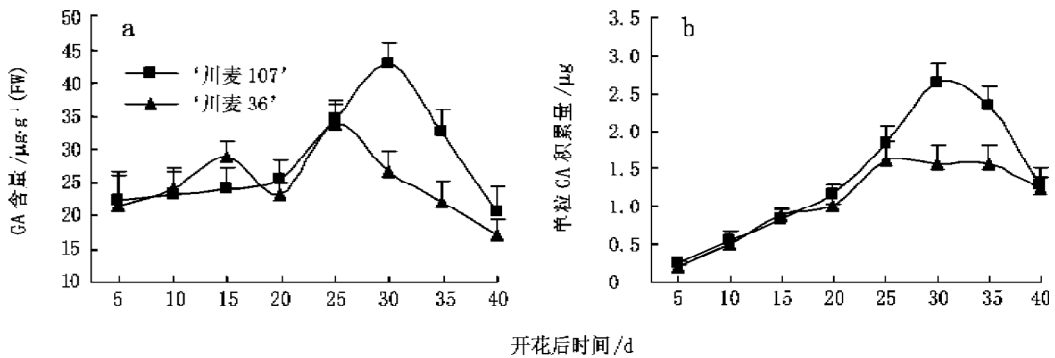


图4 小麦籽粒中GA含量与GA积累量的变化

Fig. 4 Changes in GA content and GA accumulation in wheat kernel

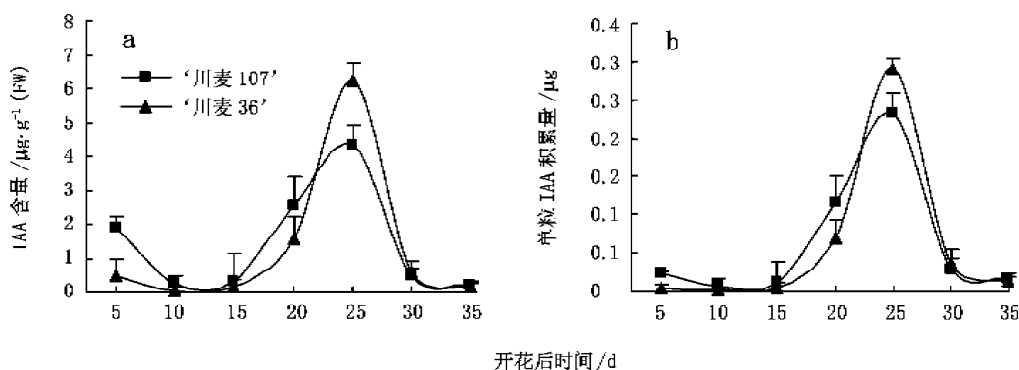


图5 小麦籽粒中 IAA 含量与 IAA 积累量的变化

Fig.5 Changes in IAA content and IAA accumulation in wheat kernel

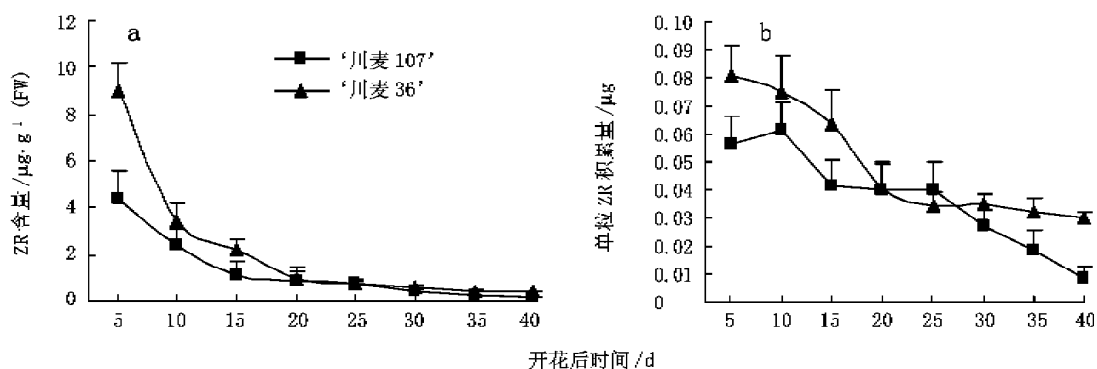


图6 小麦籽粒中 ZR 含量与 ZR 积累量的变化

Fig.6 Changes in ZR content and ZR accumulation in wheat kernel

讨 论

籽粒发育过程受多种内源激素的调节, 不同发育阶段内源激素高峰不同, 起不同的作用。一般认为, 细胞分裂素主要参与前期器官建成, 并促进细胞分裂, 增加库容, 提高贮藏能力 (Michael和Beringer 1986)。GA和IAA主要参与同化物的调运 (刘仲齐等 1992; 高松洁等 2000), 与籽粒的灌浆充实有关; 大粒品种中 GA 含量更高 (高松洁等 2000), 粒重特别高的品种 'Kolibri' 籽粒中 IAA 水平显著高于籽粒较小的品种 '中国春' (Rademacher 1978)。

有关激素对籽粒的蛋白质和淀粉积累的调节作用报道较少。本文结果表明, 开花后 5~20 d, 高蛋白的 '川麦 36' 籽粒中 ZR 含量和积累量高些, ZR 与蛋白质含量之间呈显著正相关 ($r=0.73617^*$); 开花后 25 d, '川麦 36' 正处于蛋白质含量的低谷, 此时相对较高的 IAA 含量可能

是促进其蛋白质含量迅速回升的重要因素。对于 GA 来说, 刘晓冰等 (2000) 认为高蛋白小麦品种中 GA 峰值高些, 但他们的材料为春小麦, 其蛋白质含量差异较小, 淀粉含量也不知。在本文中, GA 峰值正好与籽粒蛋白质含量的低谷相对应, 所以认为, 蛋白质含量出现低谷的主要原因可能是此时籽粒中淀粉积累速率快于蛋白质积累速率。淀粉含量高的 '川麦 107' 籽粒 GA 峰值高些, 开花后 5~30 d 的 GA 与淀粉含量之间呈极显著的正相关 ($r=0.7096^{**}$)。因此, 我们认为, 籽粒发育前期的高 ZR 含量和灌浆中期的高 IAA 峰值可能是 '川麦 36' 高蛋白含量的生理基础, 而灌浆中后期的高 GA 含量则可能是 '川麦 107' 高淀粉含量的生理基础。当然, 小麦籽粒发育过程中的淀粉和蛋白质积累涉及到一系列的生理生化过程, 内源激素对淀粉和蛋白质的作用也可能是通过其影响酶活性和调节基因表达间接起作用的。

参考文献

- 高松洁, 王文静, 夏国军(2000). 小麦大粒品种内源 GA_3 及 ABA 含量的变化规律. 河南农业大学学报, 34 (3): 213~215, 219
- 何照范(1985). 粮油籽粒品质及其分析技术. 北京: 农业出版社, 131~137
- 刘晓冰, 刘娜, 金剑, 张秋英, 杨恕平, 王光华(2000). 蛋白质含量不同的春小麦开花后籽粒内源激素的变化. 麦类作物学报, 20 (3): 25~28
- 刘仲齐, 吴兆苏, 俞世蓉(1992). 吲哚乙酸和脱落酸对小麦籽粒淀粉积累的影响. 南京农业大学学报, 15 (1): 7~12
- 王桂林, 梁振兴, 梅楠 (1991). 小麦粒重形成过程中内源ABA与 GAs 的变化及其调节. 北京农业大学学报, 17 (增刊): 109~114
- 王瑞英, 于振文, 许玉敏, 余松烈(1999). 小麦籽粒发育过程中激素含量变化. 作物学报, 25 (2): 227~231
- 王振林(1989). 麦类作物产量形成与激素的关系. 国外农学——麦类作物, (6): 35~38
- 吴颂如, 陈婉芬, 周燮(1988). 酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素. 植物生理通讯, (5): 53~57
- Michael G, Beringer H (1986). 激素在小麦产量形成中的作用. 国外农学—麦类作物, (5): 33~35
- Gurbaksh S, Kaur S, Sharma R, Singh G (1989). Endogenous levels of phytohormones in relation to grain development in wheat (*Triticum aestivum* L). Ann Plant Physiol, 3 (2): 137~145
- Hess JR, Carman JG, Banowitz GM (2002). Hormones in wheat kernels during embryony. J Plant Physiol, 159 (4): 379~386
- Wheeler AW (1972). Changes in growth substance contents during growth of wheat grains. Ann Appl Biol, 72: 327~334