

不同类型小麦籽粒灌浆期碳水化合物代谢 及相关酶活性研究^{*}

李友军^{1,2}, 熊 瑛², 骆炳山¹

(1 华中农业大学 植物科技学院, 湖北 武汉 430070;

2 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003)

[摘 要] 以强筋型小麦郑麦 9023、中筋型小麦温麦 4 号和弱筋型小麦豫麦 50 为试验材料, 在大田条件下研究了不同类型小麦籽粒灌浆期碳水化合物、淀粉及其组分含量以及相关酶活性的动态变化。结果表明, 不同类型小麦籽粒灌浆期的蔗糖含量均随灌浆进行呈降低趋势, 葡萄糖含量在灌浆前期亦呈逐渐降低趋势。郑麦 9023 以花后 6 d 籽粒果糖含量最高, 而后逐渐降低; 豫麦 50 和温麦 4 号籽粒的果糖含量亦在花后 6 d 达到峰值, 之后迅速降低, 至花后 24 d 时略有升高, 而后又迅速降低。郑麦 9023 籽粒可溶性总糖含量的变化呈双峰曲线, 峰值分别出现在花后 6 和 18 d, 且第 1 个峰值显著高于第 2 个; 而豫麦 50 和温麦 4 号均呈单峰曲线, 峰值均出现在花后 12 d。随着灌浆的进行, 不同类型小麦籽粒总淀粉、直链淀粉、支链淀粉含量均呈增加趋势, 且豫麦 50 明显高于郑麦 9023 和温麦 4 号。不同类型小麦籽粒腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶(A GPP)、尿苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶(U GPP)和可溶性淀粉合成酶(SSS)活性的变化均呈单峰曲线, 3 类小麦 A GPP 活性的峰值均出现在花后 18 d, U GPP 和 SSS 活性的峰值, 温麦 4 号分别出现在花后 12 和 18 d, 豫麦 50 和郑麦 9023 则分别出现在花后 18 和 12 d。

[关键词] 小麦类型; 碳水化合物; 淀粉; 合成酶; 籽粒灌浆期

[中图分类号] S512 101

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)01-0013-07

作物品质的形成和决定过程, 主要集中于产量器官的物质积累阶段^[1]。淀粉是小麦籽粒物质积累的主要成分, 约占籽粒干重的 65%, 面粉重量的 70%~80%^[2], 淀粉的合成与积累既与产量密切相关^[3], 又对面粉品质性状有较大影响^[2]。淀粉的积累过程是蔗糖、葡萄糖、果糖不断分解、转化、合成的过程, 因此, 研究小麦生育后期蔗糖、葡萄糖、果糖、淀粉等碳水化合物的合成与积累, 对提高小麦的产量与品质具有重要意义。姜东等^[4]研究了大田条件下 2 个生产潜力不同的小麦品种茎和叶鞘中碳水化合物含量的变化规律; 赵会杰等^[5]对大穗型和多穗型小麦品种生育后期的碳水化合物代谢规律进行了比较; 王旭东等^[6,7]、赵会杰等^[8]、严红等^[9]分别就钾密度、追氮时期及硼等对小麦旗叶、茎、叶鞘、籽粒蔗糖、果糖、葡萄糖、淀粉等碳水化合物的合成和积累以及有关酶活性的影响进行了研究。这些研究多是以高产小麦品种为材料, 而对不同类型的专用小麦品种生育后期碳水化合物含量的变化及相关酶活性

的研究, 则鲜见报道。因此, 本试验选用强筋、中筋、弱筋 3 种不同类型的小麦, 对其灌浆期碳水化合物含量及相关酶活性的变化进行了研究, 以为不同类型专用小麦的高产、优质、高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2002~2003 年在河南科技大学试验农场进行。土壤质地为壤土, 0~40 cm 土层中含有机质 19.9 g/kg, 碱解氮 65.27 mg/kg, 速效磷 5.98 mg/kg, 速效钾 120 mg/kg。供试小麦品种为豫麦 50 (蛋白质和湿面筋含量分别为 99.8 和 246.0 g/kg, 属弱筋小麦)、温麦 4 号 (蛋白质和湿面筋含量分别为 127.0 和 258.0 g/kg, 属中筋小麦) 和郑麦 9023 (蛋白质和湿面筋含量分别为 149.0 和 357.0 g/kg, 属强筋小麦)。2002-10-26 播种, 小区宽 2.55 m, 长 6 m, 随机区组排列, 重复 3 次, 基本苗 240 万/hm²。施纯 N 207 kg/hm², P₂O₅ 135 kg/hm², K₂O 112.5

^{*} [收稿日期] 2005-05-30

[基金项目] 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA507A 02)

[作者简介] 李友军(1962-), 男, 河南宜阳人, 教授, 在读博士, 硕士生导师, 主要从事小麦高产栽培理论与技术研究。E-mail: lyj@mail.haust.edu.cn

kg/hm²。以氮肥总量的60%作为底肥,40%作为追肥在拔节期随水施入,磷钾肥均作为底肥一次性施入。常规管理。

1.2 取样方法

在各小区选择表现一致、良好、同天开花的麦穗挂牌标记,以后每隔6d取样一次,直至收获。每小区每次取40个穗,其中20个穗在105℃杀青后70℃

下烘干,取50粒称样品干重,其余用于测定碳水化合物含量;另外20个穗经液氮速冻30min后置于-70℃冰箱中保存,用于酶活性的测定。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 籽粒可溶性总糖、淀粉组分含量的测定 籽粒可溶性总糖含量用蒽酮比色法^[10]测定;淀粉组分含量用双波长法^[11]测定。

1.2.2 籽粒蔗糖、葡萄糖、果糖含量的测定 均采用高效液相色谱(HPLC)法^[4]测定。碳水化合物柱由美国Agilent公司生产,以V_{乙腈}:V_水=75:25的混合液作流动相,流速为1.4mL/min,柱温90℃。液相色谱仪为Agilent公司生产的高效液相色谱仪,检测器为示差折光检测器。样品经0.45μm微孔滤膜过滤后进样,进样量为5μL,分别以10g/L的葡萄糖、果糖和蔗糖溶液为标样,其含量根据标样色谱峰面积计算。

1.2.3 腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶(AGPP)、尿苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶(UGPP)和淀粉合成酶(SSS)活性的测定 (1)粗酶液的制备。酶液提取参照程方民等^[12]的方法并略作改动。取籽粒15~20粒,称重后倒入研钵中,加5mL提取液(含100mmol/L Tris-HCl, pH 7.5, 8mmol/L MgCl₂, 2mmol/L EDTA, 体积分数为12.5%的甘油, 10g/L 聚乙烯吡咯烷酮, 50mmol/L 巯基乙醇), 研磨成浆, 倒入10mL离心管中, 再用2mL提取液冲洗研钵, 冲洗液一并倒入离心管, 4~30000×g离心10min, 收集上清液置冰浴中, 作为粗酶液备用。(2)AGPP活性测定。参照Douglas等^[13]的方法, 取20μL酶粗液, 加入110μL反应液(最终浓度为100mmol/L Hepes-NaOH, pH 7.4, 1.2mmol/L 腺苷二磷酸葡萄糖, 3mmol/L PPI, 50mmol/L MgCl₂, 4mmol/L 二硫苏木糖醇), 30℃反应20min后, 沸水中终止反应30s, 4~10000×g离心10min, 取上清液100μL, 加5.2μL比色液(含5.76mmol/L 氧化态烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADP⁺), 0.08U磷酸葡萄糖变位酶, 0.07U 6-磷酸葡萄糖脱氢酶), 30℃反应10min后, 用UV-2000型分光光度

计测定OD_{340nm}值。(3)UGPP活性测定。参照Douglas等^[13]的方法, 取20μL酶粗液, 加入110μL反应液(最终浓度为100mmol/L Hepes-NaOH, pH 7.4, 1.2mmol/L 尿苷二磷酸葡萄糖(UDPG), 3mmol/L PPI, 50mmol/L MgCl₂, 4mmol/L DTT), 30℃反应20min后, 沸水中终止反应30s, 4~10000×g离心10min, 取上清液100μL, 加5.2μL比色液(含5.76mmol/L NADP⁺, 0.08U磷酸葡萄糖变位酶, 0.07U 6-磷酸葡萄糖脱氢酶), 30℃反应10min后, 用UV-2000型分光光度计测定OD_{340nm}值。(4)SSS活性测定。参照Nakamura等^[14]的方法, 取20μL粗酶液加36μL反应液(最终浓度为50mmol/L Hepes-NaOH, pH 7.4, 1.6mmol/L ADPG, 0.7mg支链淀粉, 15mmol/L DTT), 30℃反应20min后, 沸水中终止反应30s, 冰浴中冷却; 加入20μL反应液(含50mmol/L Hepes-NaOH, pH 7.4, 4mmol/L 磷酸烯醇式丙酮酸(PEP), 200mmol/L KCl, 10mmol/L MgCl₂, 1.2U丙酮酸激酶), 30℃反应20min后, 沸水中终止反应30s, 加入43μL反应液(含50mmol/L Hepes-NaOH, pH 7.4, 10mmol/L 葡萄糖, 20mmol/L MgCl₂, 2mmol/L NADP⁺, 1.4U己糖激酶, 0.35U 6-磷酸葡萄糖脱氢酶), 30℃反应10min后, 用UV-2000型分光光度计测定OD₃₄₀值。

2 结果与分析

2.1 不同类型小麦籽粒灌浆期碳水化合物含量的变化

2.1.1 蔗糖含量的变化 3个类型小麦籽粒灌浆期的蔗糖含量变化趋势见图1。

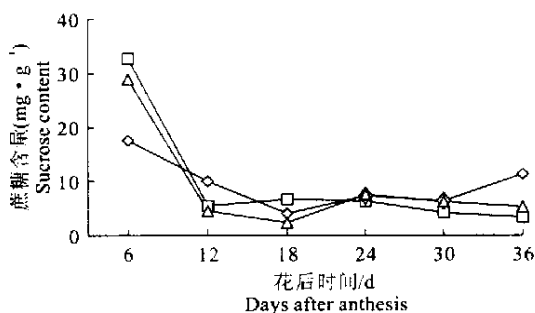


图1 不同类型小麦籽粒灌浆期蔗糖含量的变化
- □ - 郑麦9023; - ○ - 豫麦50; - △ - 温麦4号

Fig 1 Changes of sucrose content in wheat grain with different gluten type during filling stage

- □ - Zhengmai 9023; - ○ - Yumai 50; - △ - Wenmai 4

由图 1 可以看出, 在小麦开花至成熟的籽粒灌浆期, 不同类型小麦籽粒蔗糖含量随着灌浆过程的进行呈降低趋势, 以花后 6 d 籽粒蔗糖含量最高, 且郑麦 9023 高于温麦 4 号和豫麦 50。灌浆中后期豫麦 50 籽粒蔗糖含量高于温麦 4 号, 温麦 4 号又高于郑麦 9023, 且在灌浆后期豫麦 50 籽粒蔗糖含量呈上升趋势。

表 1 不同类型小麦籽粒灌浆期葡萄糖含量的变化

品种 Variety	开花后时间/d Days after anthesis					
	6	12	18	24	30	36
郑麦 9023 Zhengmai 9023	11. 637 13	3 949 468	-	-	-	-
豫麦 50 Yumai 50	8 323 2	-	-	-	0 871 495	-
温麦 4 号 Wenmai 4	12 728 87	5 747 7	-	-	-	-

注: - 表示未检测出此物质。下表同。
Note: - - No such matter found The same as below.

2.1.3 果糖含量的变化 由表 2 可以看出, 随着灌浆过程的进行, 郑麦 9023 籽粒中果糖含量呈逐渐降低的趋势, 以花后 6 d 含量最高, 从花后 30 d 开始籽粒果糖含量降低至不能被检测出; 豫麦 50 与温麦 4 号籽粒中果糖含量的变化趋势基本相似, 花后 6 d 含量达到峰值, 之后迅速降低, 花后 24 d 略有升高,

表 2 不同类型小麦籽粒灌浆期果糖含量的变化

品种 Variety	开花后时间/d Days after anthesis					
	6	12	18	24	30	36
郑麦 9023 Zhengmai 9023	25 616 05	5 173 357	3 297 234	3 118 768	-	-
豫麦 50 Yumai 50	12 837 35	3 755 508	-	4 111 127	1 519 863	-
温麦 4 号 Wenmai 4	29 849 46	12 084 03	-	2 912 083	-	-

2.1.2 葡萄糖含量的变化 由表 1 可以看出, 不同类型小麦籽粒葡萄糖含量差别较大。开花后 0~ 12 d, 以温麦 4 号籽粒中葡萄糖含量最高, 郑麦 9023 次之, 豫麦 50 最低; 开花后 12 d 与花后 6 d 相比, 3 个品种籽粒葡萄糖含量均显著降低; 之后, 除花后 30 d 检测出豫麦 50 籽粒中含有较少的葡萄糖外, 其余时间 3 个品种籽粒中均未检测出葡萄糖。

而后又迅速降低。不同品种间比较, 灌浆初期, 温麦 4 号籽粒果糖含量高于郑麦 9023 和豫麦 50; 而灌浆中后期, 豫麦 50 高于郑麦 9023 和温麦 4 号, 且在花后 30 d 时, 豫麦 50 的果糖含量仍然较高, 郑麦 9023 和温麦 4 号则未检测出果糖。

2.2 不同类型小麦籽粒灌浆期可溶性总糖及淀粉组分含量的变化

2.2.1 可溶性总糖含量的变化 由图 2 可以看出, 郑麦 9023 籽粒中可溶性总糖含量在花后 6 d 达到最大值, 而后迅速降低, 花后 18 d 又出现一小高峰, 之后又开始降低直到成熟; 豫麦 50 和温麦 4 号籽粒可溶性总糖含量的变化均呈单峰曲线, 开花后籽粒可溶性总糖含量迅速上升, 至花后 12 d 达到高峰后迅速下降, 花后 18 d 以后下降变缓。3 品种间比较, 籽粒可溶性总糖含量的峰值, 以郑麦 9023 最高, 豫麦 50 次之, 温麦 4 号最低, 峰值出现的时间郑麦 9023 在花后 6 d, 豫麦 50 和温麦 4 号则在花后 12 d; 开花 30 d 以后, 豫麦 50 籽粒可溶性总糖含量略高于温麦 4 号和郑麦 9023, 成熟时可溶性总糖含量豫麦 50> 温麦 4 号> 郑麦 9023。这说明郑麦 9023 籽粒积累同化物的能力强, 时间早; 豫麦 50 和温麦

4 号籽粒积累同化物的时间较晚, 持续时间较长, 尤以豫麦 50 最为明显。

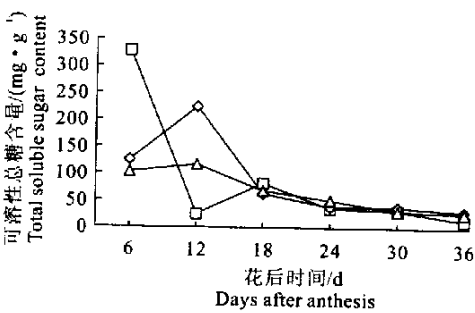


图 2 不同类型小麦籽粒灌浆期可溶性总糖含量的变化

- □ - 郑麦 9023; - ○ - 豫麦 50; - △ - 温麦 4 号
Fig 2 Changes of total soluble sugar content in wheat grains during filling stage
- □ - Zhengmai 9023; - ○ - Yumai 50; - △ - Wenmai 4

2.2.2 淀粉及其组分含量的变化 由图 3~ 5 可

知,不同类型小麦籽粒总淀粉、直链淀粉和支链淀粉含量的动态变化趋势相同,均随着灌浆期的延长呈逐渐增加的趋势。3 品种间比较,豫麦 50 的总淀粉含量在整个灌浆期中一直明显高于其他 2 个品种,温麦 4 号又高于郑麦 9023,但两者差别不大;直链

淀粉含量也以豫麦 50 最高(花后 6 d 除外),郑麦 9023 次之,温麦 4 号最低;支链淀粉含量则是豫麦 50 始终高于郑麦 9023 和温麦 4 号,温麦 4 号在灌浆前期和后期均高于郑麦 9023,灌浆中期两者差别不大。

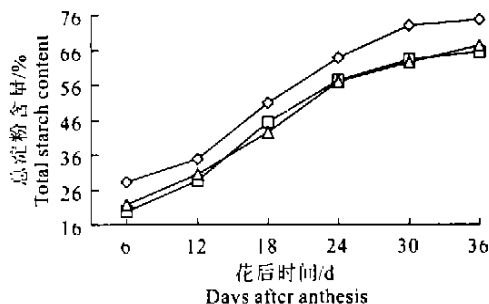


图 3 不同类型小麦籽粒灌浆期
总淀粉含量的变化

— — —, 郑麦 9023; — — —, 豫麦 50; — — —, 温麦 4 号

Fig. 3 Changes of total starch content in different wheat grains during filling stage

— — —, Zhengmai 9023; — — —, Yumai 50; — — —, Wenmai 4

2 3 不同类型小麦籽粒碳代谢酶活性的变化

2 3 1 A GPP 活性的变化 由图 6 可知,不同类型小麦籽粒中 A GPP 活性的变化趋势一致,均呈单峰曲线,在花后 18 d 达到最大值,而后酶活性下降。3 个品种间比较,豫麦 50 在整个灌浆过程中始终保持

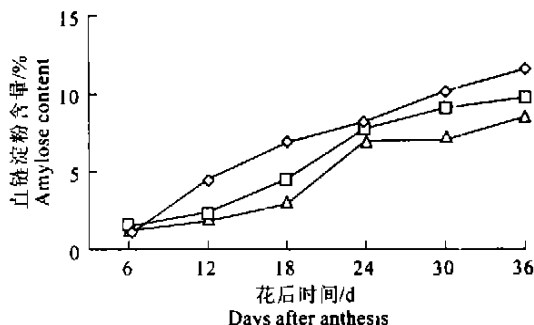


图 4 不同类型小麦籽粒灌浆期
直链淀粉含量的变化

— — —, 郑麦 9023; — — —, 豫麦 50; — — —, 温麦 4 号

Fig. 4 Change of amylose content in different wheat grains during filling stage

— — —, Zhengmai 9023; — — —, Yumai 50; — — —, Wenmai 4

较高的 A GPP 活性;温麦 4 号的 A GPP 酶活性在花后 18 d 达到峰值,之后活性下降较慢,至成熟期仍维持在较高水平;郑麦 9023 在灌浆前期 A GPP 活性迅速上升,达到峰值后又迅速下降。

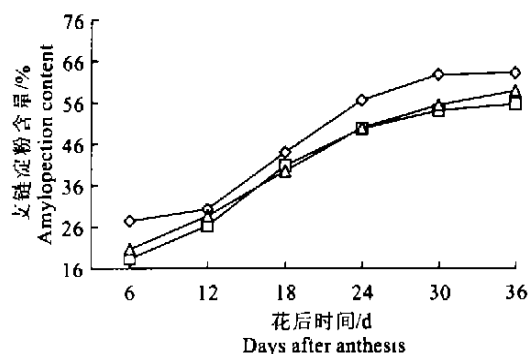


图 5 不同类型小麦籽粒灌浆期
支链淀粉含量的变化

— — —, 郑麦 9023; — — —, 豫麦 50; — — —, 温麦 4 号

Fig. 5 Changes of amylopectin content in different wheat grains during filling stage

— — —, Zhengmai 9023; — — —, Yumai 50; — — —, Wenmai 4

2 3 2 U GPP 活性的变化 由图 7 可知,不同类型小麦籽粒 U GPP 活性的变化均呈单峰曲线,温麦 4 号在花后 12 d 达到峰值,豫麦 50 和郑麦 9023 在花后 18 d 达到峰值。在整个灌浆期,郑麦 9023 的 U GPP 活性一直低于豫麦 50 和温麦 4 号(花后 6 d

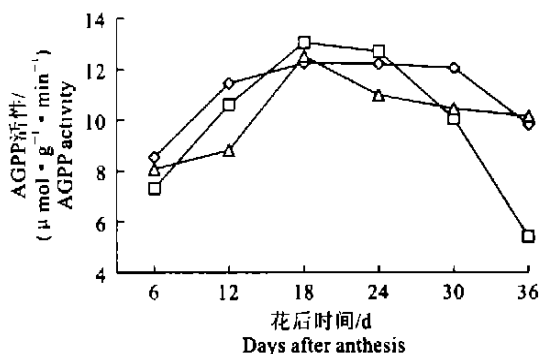


图 6 不同类型小麦籽粒灌浆期
AGPP 活性的变化

— — —, 郑麦 9023; — — —, 豫麦 50; — — —, 温麦 4 号

Fig. 6 Changes of AGPP activity in different grains during filling stage

— — —, Zhengmai 9023; — — —, Yumai 50; — — —, Wenmai 4

除外);温麦 4 号 U GPP 活性峰值出现得早,豫麦 50 稍晚,但两者的峰值差异较小,而且在花后 24 d 以后两者酶活性差异不大。

2 3 3 SSS 活性的变化 从图 8 可以看出,不同类型小麦籽粒中 SSS 活性变化均为单峰曲线,豫麦 50

和郑麦 9023 在花后 12 d, 温麦 4 号在花后 18 d 达到峰值, 而后迅速下降。郑麦 9023 在灌浆前期籽粒 SSS 活性迅速上升, 峰值高于豫麦 50 和温麦 4 号; 温麦 4 号在灌浆中期达到峰值, 之后低于豫麦 50 而

高于郑麦 9023; 豫麦 50 在灌浆中后期籽粒 SSS 活性始终高于温麦 4 号和郑麦 9023。表明郑麦 9023 灌浆前期, 温麦 4 号灌浆中期, 豫麦 50 灌浆中后期利用 A GPP 或 U GPP 合成淀粉的能力较强。

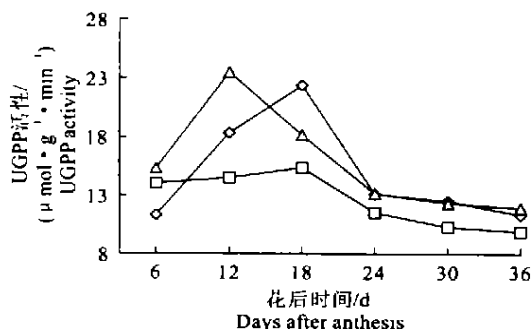


图 7 不同类型小麦籽粒灌浆期 UGPP 活性的变化

—●—, 郑麦 9023; —□—, 豫麦 50; —△—, 温麦 4 号
Fig. 7 Changes of UGPP activity in different wheat grains during filling stage
—●—, Zhengmai 9023; —□—, Yumai 50; —△—, Wenmai 4

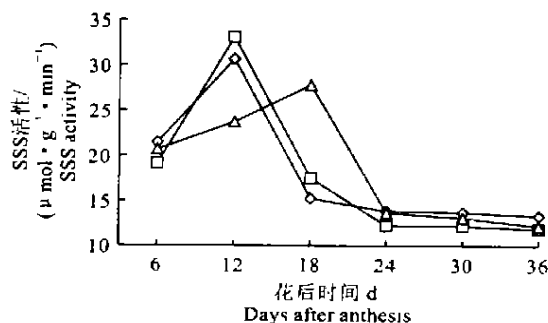


图 8 不同类型小麦籽粒灌浆期 SSS 活性的变化

—□—, 郑麦 9023; —△—, 豫麦 50; —●—, 温麦 4 号
Fig. 8 Change of SSS activity in different wheat grains during filling stage
—□—, Zhengmai 9023; —△—, Yumai 50; —●—, Wenmai 4

3 讨 论

关于小麦籽粒灌浆期蔗糖含量的变化及其与淀粉合成与积累之间的关系, 前人已有较多报道, 但研究结论分歧较大。对于小麦籽粒蔗糖含量的变化, 王旭东等^[6]认为呈单峰曲线, 花后 14 d 达到峰值; 盛婧等^[15]则认为, 籽粒中蔗糖含量在花后 5 d 最高, 之后迅速下降, 籽粒成熟时含量降至最低。本试验中, 不同类型小麦籽粒中蔗糖的含量亦随灌浆时间的延长而逐渐降低, 以花后 6 d 含量最高, 但弱筋小麦豫麦 50 灌浆后期含量则有上升趋势。关于小麦籽粒蔗糖含量与淀粉积累之间的关系, 刘仲奇等^[16]、张秋英等^[17]认为, 源的供应能力(即蔗糖的供应能力)基本满足籽粒灌浆的需求量, 籽粒的贮存容量和物质转化能力是影响淀粉积累的主要因素; 姜东等^[3]、王旭东等^[6]、高松洁等^[18]的研究则认为, 小麦籽粒蔗糖含量升高可以促进籽粒中淀粉积累; 王东等^[19]认为, 灌浆初期淀粉积累与蔗糖的供应能力无关, 灌浆中后期硫营养促进籽粒蔗糖的增加, 对淀粉的积累有利。本研究结果表明, 籽粒总淀粉、直链淀粉、支链淀粉的积累与灌浆前期籽粒蔗糖含量无关, 豫麦 50 灌浆中后期籽粒蔗糖含量高于温麦 4 号和郑麦 9023, 籽粒总淀粉、直链淀粉、支链淀粉的积累亦同样高于温麦 4 号和郑麦 9023, 与王东等^[19]的研究结

果相近。

姜东等^[4]研究了小麦开花前后茎和叶鞘中贮存蔗糖、果糖、葡萄糖和果聚糖含量的变化, 王旭东等^[7]报道了钾对其含量变化的影响, 而关于小麦籽粒中果糖和葡萄糖含量的变化则鲜见报道。本研究结果表明, 不同类型小麦籽粒葡萄糖主要存在于灌浆前期, 其含量呈逐渐降低的趋势, 前期以温麦 4 号含量最高, 郑麦 9023 次之, 豫麦 50 含量最低。不同类型小麦籽粒中果糖含量的变化趋势不同: 郑麦 9023 花后 6 d 含量最高, 而后逐渐降低; 豫麦 50 和温麦 4 号亦在花后 6 d 达到峰值, 之后迅速降低, 花后 24 d 又略有升高, 而后又迅速降低。至于小麦籽粒中果糖和葡萄糖含量与淀粉合成与积累之间的关系, 还有待于进一步研究。

淀粉是小麦籽粒的主要成分, 是由源器官制造的光合同化物以蔗糖形式输入库器官(籽粒), 然后在籽粒中经过一系列酶的催化作用而形成的^[13], 籽粒淀粉的生物合成及其积累直接关系到小麦的产量和品质。大量研究表明^[5-6, 8, 15, 18-19], 小麦籽粒总淀粉、直链淀粉、支链淀粉的积累随灌浆的进行呈不断上升的趋势, A GPP, U GPP, SSS 和 GBSS(束缚态淀粉合成酶)等在淀粉的合成过程中均具有重要作用, 其酶活性的变化均呈单峰曲线, 但达到峰值的时间各品种间差异较大。本试验中, 不同类型小麦籽粒淀

粉及其组分的积累亦随籽粒灌浆的进行而不断上升,AGPP,U GPP 和 SSS 酶活性的变化均呈单峰曲线,其活性郑麦 9023 分别在花后 18, 18, 12 d, 温麦 4 号分别在花后 18, 12, 18 d, 豫麦 50 分别在花后 18, 18, 12 d 达到峰值,这一结论与前人的研究基本一致。不同类型小麦品种间比较,弱筋型小麦豫麦 50 籽粒淀粉及其组分在整个灌浆期始终明显高于

中筋型小麦温麦 4 号和强筋型小麦郑麦 9023, 其 AGPP,U GPP 和 SSS 酶活性在灌浆中期和后期也高于温麦 4 号和郑麦 9023, 这一方面说明 AGPP, U GPP 和 SSS 酶活性与淀粉及其组分的合成与积累有关,也从另一侧面证明灌浆中期和后期籽粒蔗糖含量和相关酶活性等对淀粉及其组分的积累具有重要影响。

[参考文献]

- [1] 曹卫星,何杰升,丁艳锋,等.作物学通论[M].北京:高等教育出版社,2001:142-147.
- [2] 杜朝,杨学举,刘桂茹,等.小麦面粉淀粉特性与烘烤品质关系的研究[J].河北农业大学学报,2002,25(4):29-33.
- [3] 姜东,于振文,李永庚,等.氮素水平对叶片、茎节、籽粒蔗糖含量变化和同化物分配及籽粒淀粉积累的影响[J].中国农业科学,2002,35(2):157-162.
- [4] 姜东,于振文,李永庚,等.冬小麦开花前后茎和叶鞘中贮存的碳水化合物含量的变化[J].植物生理学通讯,2000,36(6):507-511.
- [5] 赵会杰,邹琦,张秀英.两个不同穗型小麦品种生育后期碳水化合物代谢的比较研究[J].作物学报,2003,29(5):676-681.
- [6] 王旭东,于振文,王东.钾对小麦旗叶蔗糖和籽粒淀粉积累的影响[J].植物生态学报,2003,27(2):196-201.
- [7] 王旭东,于振文,王东.钾对小麦茎和叶鞘碳水化合物含量及籽粒淀粉积累的影响[J].植物营养与肥料学报,2003,9(1):57-62.
- [8] 赵会杰,薛延丰,董中东,等.密度及追氮时期对大穗型小麦旗叶及籽粒碳水化合物代谢的影响[J].河南农业大学学报,2004,38(1):1-4.
- [9] 严红,李文雄,郭亚芬,等.硼对小麦体内碳水化合物同化与运输的影响[J].土壤学报,2003,40(3):440-445.
- [10] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [11] 何照范.粮油籽粒品质及其分析技术[M].北京:中国农业出版社,1985:274-294.
- [12] 程方民,蒋德安,吴平,等.早籼稻籽粒灌浆过程中淀粉合成酶的变化及温度效应特征[J].作物学报,2001,27(2):201-206.
- [13] Douglas C D, Tsung M K, Felker C F. Enzymes of sucrose and hexose metabolism in developing kernels of two inbreds of maize[J]. Plant Physiology, 1988, 86: 1013-1019.
- [14] Nakamura Y, Yuki K, Park S Y. Carbohydrate metabolism in the developing endosperm of rice grains[J]. Plant Cell Physiology, 1989, 56: 833-839.
- [15] 盛婧,胡宏,郭文善,等.施氮模式对皖麦 38 淀粉形成与产量的效应[J].作物学报,2004,30(5):507-511.
- [16] 刘仲奇,吴兆苏,俞世蓉,等.IAA 和 ABA 对小麦籽粒淀粉积累的影响[J].南京农业大学学报,1992,15(1):7-12.
- [17] 张秋英,刘娜,金剑,等.春小麦籽粒淀粉和蛋白质积累与底物供应的关系[J].麦类作物学报,2000,20(1):55-58.
- [18] 高松洁,郭天财,王文静,等.不同穗型冬小麦品种灌浆期籽粒中与淀粉合成有关的酶活性变化[J].中国农业科学,2003,36(11):1373-1377.
- [19] 王东,于振文,王旭东,等.硫营养对小麦籽粒淀粉合成及相关酶活性的影响[J].植物生理与分子生物学学报,2003,29(5):437-442.

Comparison among three wheat varieties with different gluten types in carbohydrate metabolism and the enzymes activities in the kernel during grain filling

L I You-jun^{1,2}, X IONG Y ing², L UO B ing-shan¹

(1 College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China;

2 Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China)

Abstract: Three winter wheat varieties, strong gluten type Zhengmai 9023, intermediate gluten type Wenman 4 and weak gluten type Yumai 50, were used to study carbohydrate metabolism and the enzymes activities in the kernel during grain filling in the field conditions. The results indicated that the sucrose and glucose content in three grain varieties with different gluten types dropped constantly respectively after anthesis and at early grain filling stage. The fructose content in the grains of Zhengmai 9023 peaked within 6

days after anthesis, then dropped gradually, while for Yumai 50 and W enmai 4 peaked within 6 days, then dropped sharply and the rose slightly within 24 days after anthesis. The total soluble sugar content in Zhengmai 9023 peaked within 6 days and 18 days after anthesis, and the first peak was much higher than the second, while Yumai 50 and W enmai 4 peaked within 12 days after anthesis. The starch and its component content in three varieties with different gluten types rose constantly after anthesis, and the content in Yumai 50 was much higher than that in the Zhengmai 9023 and W enmai 4. The activity of ADP glucose pyrophosphorylase (AGPP) in three varieties with different gluten types peaked within 18 days after anthesis. The activities of UDP glucose pyrophosphorylase (UGPP) and soluble synthetase (SSS) in the grains of W enmai 4 peaked respectively within 12 days and 18 days after anthesis, while for Yumai 50 and Zhengmai 9023 peaked respectively within 18 days and 12 days after anthesis.

Key words: wheat variety; carbohydrate; starch; synthesis enzyme; filling stage

(上接第 12 页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)01-0009-EA

Advance in the space flight mutation breeding

WANG Yan-fang¹, WANG Shi-heng², ZHU Shui-jin¹

(1 College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China;

2 Hangzhou Vegetable Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 310004, China)

Abstract: It is a new breeding method to bring seeds to space by recoverable satellite. In recent years, we have brought more than 70 plants and 500 cultivars to space, obtained great achievements and developed many new cultivars through the special environment of outer space. More and more methods of studying the mechanism for the space mutation have appeared, developing from observation to cell and molecular techniques, and some great progresses have been made. In addition, the problems and tendency in space mutation breeding as well as the major research aspects for the space mutation breeding in the future were discussed in this paper.

Key words: recoverable satellite; micro-gravity; fine vacuum; strong radiation; mutation breeding