

# 不同面筋含量冬小麦品种子粒灌浆期淀粉合成关键酶活性变化

高松洁, 郭天财, 罗毅

(河南农业大学 国家小麦工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

**摘要:**在池栽条件下,研究了3个不同面筋含量冬小麦品种子粒灌浆过程中AGPP, SSS和SBE 3个淀粉合成关键酶活性的变化。结果表明,3个品种的AGPP, SBE和强筋品种的SSS酶活性变化均呈单峰曲线,花后20 d达到峰值;中筋和弱筋品种的SSS酶活性则呈双峰曲线,花后10 d和20 d分别有两个峰值,且第2个峰值显著高于第1个峰值。表明强筋品种子粒中淀粉合成酶底物含量丰富,淀粉合成比较活跃,而中筋和弱筋品种子粒中支链淀粉合成比较活跃。

**关键词:**冬小麦; 面筋; 淀粉; 合成酶

中图分类号: S512 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)04-0016-03

## Changes in Activities of Key Enzymes of Starch Synthesis During Grain Filling Stage of Winter Wheat Cultivars with Different Gluten Content

GAO Song-jie, GUO Tian-cai, LUO Yi

(National Engineering Research Center for Wheat, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Changes in activities of three key enzymes AGPP, SSS and SBE associated with starch synthesis were studied during grain filling of three winter wheat cultivars with strong, middle and weak gluten force on the condition of pond culture. The results indicated that AGPP and SBE activities of three cultivars and SSS activity of strong gluten cultivars had a single-peak curve in loam soil, their peak appeared in 20 d after anthesis, but SSS activity of middle and weak gluten cultivars came to be a double-peak curve, the peaks appeared in 10 d and 20 d after anthesis, respectively, and the second peak was much higher than that of the first. It showed that the substrate content of starch synthesis enzymes of strong gluten cultivars in kernel was higher and starch synthesis could be more active than that of middle and weak gluten cultivars, but amylopectin synthesis of middle and weak gluten cultivars in kernel could be more active than that of strong gluten cultivars.

**Key words:** Winter wheat; Gluten; Starch; Synthesis enzyme

参与淀粉合成的酶很多,如蔗糖合成酶(SS)、腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶(AGPP)、淀粉粒结合淀粉合成酶(GBSS)、可溶性淀粉合成酶(SSS)、淀粉分支酶(SBE)、淀粉去分支酶(DBE)等。梁建生等<sup>[1]</sup>、Umemoto等<sup>[2]</sup>指出SS、AGPP和淀粉合成酶在淀粉的合成过程中均起重要作用。潘晓华等<sup>[3]</sup>指出,SS、AGPP、SSS和SBE是控制水稻胚乳淀粉积累的关键

性酶。程方民等<sup>[4]</sup>、杨建昌等<sup>[5]</sup>分别研究了水稻灌浆过程中AGPP、SSS和SBE酶活性的变化。李永庚等<sup>[6]</sup>研究了冬小麦子粒淀粉合成动态及与其有关的酶活性,指出SS、AGPP、SSS和GBSS是影响淀粉合成的关键酶。总之,根据目前的研究结果,AGPP、淀粉合成酶和SBE是控制淀粉合成的3个关键酶。但是,已有的研究所选品种类型较少,不同面筋含量冬

收稿日期:2003-04-10

基金项目:河南省重大科技攻关项目(122012300)和国家十五重大科技攻关项目(2001BA502A)

作者简介:高松洁(1969-),男,河南方城人,河南农业大学作物栽培学与耕作学国家级重点学科博士研究生,从事小麦栽培生理与品质研究。

小麦品种种子粒灌浆过程中淀粉合成关键酶活性变化的研究至今未见报道。为此, 本试验在池栽条件下, 研究了3个不同面筋含量(强筋、中筋、弱筋)冬小麦品种种子粒灌浆过程中AGPP, SSS和SBE酶活性的动态变化, 旨在探讨子粒灌浆过程中淀粉积累的调控机理, 为优质小麦生态区划、栽培调控和品质育种提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验于2001~2002年在河南省农业高新科技园试验田水泥池中进行, 水泥池的面积为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ , 池深1 m(不封底)。水泥池共12个, 填入壤土。基础肥力为有机质 $9.81\text{ mg/g}$ , 全氮 $0.88\text{ g/kg}$ , 碱解氮 $83.75\text{ mg/kg}$ , 速效磷 $13.92\text{ mg/kg}$ , 速效钾 $135.08\text{ mg/kg}$ 。基肥按每公顷施优质鸡粪 $25\ 000\text{ kg}$ , 纯N $180\text{ kg}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  $150\text{ kg}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  $150\text{ kg}$ , 于整地前施入(其中氮肥底施50%, 剩余的50%于拔节期施入)。氮、磷、钾肥分别为尿素、磷酸二铵和氯化钾。供试小麦品种为冀麦8901(强筋品种)、豫麦49号(中筋品种)、洛麦1号(弱筋品种), 10月22日播种, 每平方米留苗200株, 随机排列, 重复4次, 田间管理同一般高产田。

### 1.2 取样方法

小麦开花期挂牌标记同一天开花的麦穗, 分别于开花后的5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 d取样。每个穗子取第4~12小穗基部的两个子粒, 每个小区每次取50粒, 经液氮速冻30 min后放入 $-70\text{ }^\circ\text{C}$ 的超低温冰柜中保存, 最后统一测定。

### 1.3 测定方法

1.3.1 粗酶液制备 酶液提取参考程方民等的方法<sup>[4]</sup>, 略做改动: 取样品子粒25粒, 称重后倒入研钵, 加5 mL提取液(含 $100\text{ mmol/L Tris-HCl}$ , pH 7.5,  $8\text{ mmol/L MgCl}_2$ ,  $2\text{ mmol/L EDTA}$ ,  $12.5\%(\text{v/v})$  Glycerol,  $1\%(\text{w/v})$  PVP-40,  $50\text{ mmol/L 2-Mercaptoethanol}$ ), 研磨成匀浆, 倒入10 mL离心管内, 再用2 mL提取液冲洗研钵, 冲洗液一并倒入离心管, 在Sigma离心机上 $30\ 000\text{ r/min}$   $4\text{ }^\circ\text{C}$ 离心10 min, 然后收集上清液置于冰浴, 作为粗酶液备用。

1.3.2 酶活性测定 AGPP酶活性测定参照Douglas的方法<sup>[7]</sup>, SSS和SBE酶活性测定参照Nakamura等的方法<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同面筋含量冬小麦品种AGPP酶活性变化

AGPP存在于许多植物叶片和贮藏器官中, 它催化G1P(1-磷酸葡萄糖)和ATP形成ADPG(腺苷二磷酸葡萄糖)将作为淀粉合成酶的底物参与直链淀粉和支链淀粉的合成。这是淀粉生物合成的重要调节位点, 是淀粉生物合成过程中的关键酶, 也是淀粉合成的限速酶<sup>[9]</sup>。图1表明, 不同面筋含量冬小麦品种AGPP酶活性变化均呈单峰曲线, 花后20 d达到峰值, 强筋品种峰值最大, 其次是中筋品种, 弱筋品种最小。花后10~20 d, 强筋品种AGPP酶活性上升较快, 达到峰值后下降较慢; 中筋品种达到峰值后下降较快, 弱筋品种的峰值持续时间较长。花后25~35 d, 3个品种下降趋势基本一致。

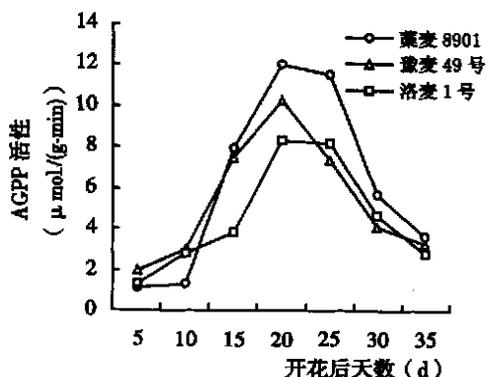


图1 不同品种AGPP酶活性变化

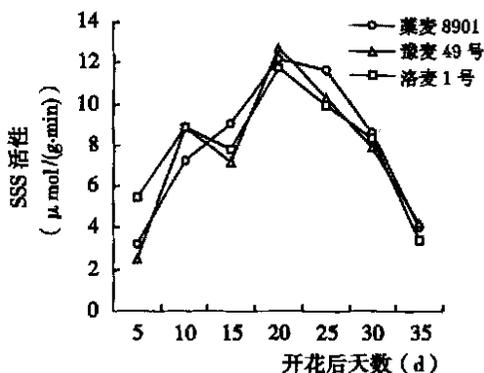


图2 壤土区不同品种SSS酶活性变化

### 2.2 不同面筋含量冬小麦品种SSS酶活性变化

SSS是一个葡萄糖转移酶, 它以寡聚糖为前体, ADPG为底物, 通过 $\alpha-1,4$ 糖苷键不断增加寡聚糖的葡萄糖单位, 最终合成以 $\alpha-1,4$ 糖苷键连接的聚糖, 聚糖又将作为淀粉分支酶的底物合成支链淀粉<sup>[10]</sup>。图2表明, 强筋品种SSS酶活性呈单峰曲线, 花后20 d达到峰值, 之后缓慢下降。而中筋和弱筋品种则呈双峰曲线, 花后10 d达到第1个峰值, 花后20 d达到第2个峰值, 且第2个峰值显著高

于第1个峰值。中筋品种峰值较大,其次是强筋和弱筋品种。花后25~35 d,3个品种下降趋势基本相同。

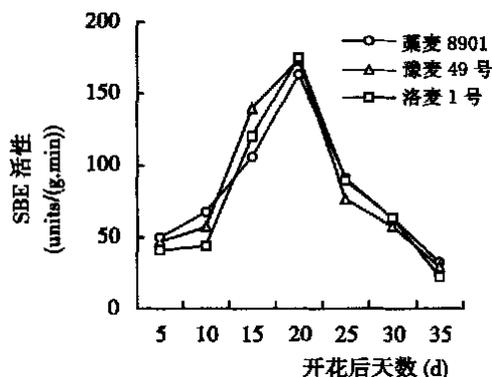


图3 壤土区不同品种 SBE 酶活性变化

### 2.3 不同面筋含量冬小麦品种 SBE 酶活性变化

SBE 是小麦支链淀粉合成的关键酶,又称 Q 酶。它是一种具有双重催化作用的酶,一方面它能切开  $\alpha$ -1,4 糖苷键连接的葡聚糖(包括直链淀粉或支链淀粉的直链区),另一方面它又能把切下的短链通过  $\alpha$ -1,6 糖苷键连接于受体链上。该催化反应不仅产生分支,而且非还原端可供  $\alpha$ -1,4 葡聚糖链进一步延伸<sup>[11]</sup>。由图3可知,3个品种 SBE 酶活性变化均呈单峰曲线,且在花后20 d 达到峰值,强筋品种峰值略低于中筋和弱筋品种。花后5~10 d,强筋品种上升较快,中筋品种次之,弱筋品种较慢;花后10~15 d,中筋和弱筋品种上升较快,而强筋品种稍慢;花后15~20 d,强筋和弱筋品种上升较快,而中筋品种稍慢。达到峰值后,3个品种下降趋势基本相同。

## 3 讨论

本试验表明,强筋品种 AGPP 酶活性较高,中筋品种 SSS 酶活性较高,而中筋和弱筋品种 SBE 酶活性较高。表明强筋品种种子粒中淀粉合成酶底物含量丰富,淀粉合成可能比较活跃,而中筋和弱筋品种种子粒中支链淀粉合成可能比较活跃。近几年许多有关淀粉方面的研究都定位于淀粉合成的几个关键酶的特性及其基因的克隆上<sup>[12]</sup>,从而加深了对淀粉代谢的认识。王晓曦等<sup>[13]</sup>认为,小麦淀粉有硬质和软质之分,一般情况下强筋小麦的淀粉为硬质,而弱筋小麦的淀粉则为软质,硬质淀粉吸水缓慢,糊化时间长;软质淀粉吸水快,糊化时间短,糊化充分。至于不同筋力冬小麦品种子粒淀粉特性与食品品质的关系等许多问题尚需进一步研究。今后应注重不同质地土壤、不同筋力冬小麦品种淀粉合成关键酶的动

态变化、淀粉主要理化特性以及栽培措施对其调控效应等方面的研究,进而筛选出不同筋力冬小麦品种的最适生态区及其最佳栽培措施,为优质小麦生态区划、规模化种植、产业化经营提供依据。

### 参考文献:

- [1] 梁建生,曹显祖,徐生,等. 水稻籽粒库强与其淀粉积累之间关系的研究[J]. 作物学报, 1994, 20(6): 685-691.
- [2] Umemoto T, Nakamura Y, Ishikura N. Effect of grain location on the panicle on activities involved in starch synthesis in rice endosperm[J]. Phytochem, 1994, 36: 843-847.
- [3] 潘晓华,李木英,曹黎明,等. 水稻发育胚乳中淀粉的积累及淀粉合成的酶活性变化[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(4): 456-462.
- [4] 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.
- [5] 杨建昌,彭少兵,顾世梁,等. 水稻灌浆期籽粒中3个与淀粉合成有关的酶活性变化[J]. 作物学报, 2001, 27(2): 157-164.
- [6] 李永庚,于振文,姜东,等. 冬小麦旗叶蔗糖和籽粒淀粉合成动态及与其有关的酶活性[J]. 作物学报, 2001, 27(5): 658-664.
- [7] Douglas C D, Tsung M K, Frederick C F. Enzymes of sucrose and hexose metabolism in developing kernels of two inbreds of maize[J]. Plant Physiol, 1988, 86: 1013-1019.
- [8] Nakamura Y, Yuki K, Park S Y. Carbohydrate metabolism in the developing endosperm of rice grains[J]. Plant Cell Physiol, 1989, 56: 833-839.
- [9] Greene T W, Hannah L C. Enhanced stability of maize endosperm ADP-glucose pyrophosphorylase is gained through mutants that alter subunit interactions[J]. Proc Natl Acad Science USA, 1998, (95): 13342-13347.
- [10] Mu-Foister C. Physical associated of starch biosynthetic enzymes with starch granules of maize endosperm. Granule-associated forms of starch synthase IV and starch branching enzyme [J]. Plant Physiology, 1996, (111): 821-829.
- [11] 高振宇,黄大年. 植物支链淀粉合成的关键酶-淀粉分支酶[J]. 生物工程进展, 1998, 18(6): 29-31.
- [12] Preiss J, Sivak M. Starch synthesis in sinks and sources[A]. In: Zamski E, Schaffer A A eds. Photoassimilate Distribution in Plants and Crops[M]. New York: Dekker, 1996. 63-69.
- [13] 王晓曦,苏东民. 淀粉与小麦品种品质的关系[J]. 粮食与饲料工业, 2000, (9): 4-6.