

不同休眠特性小麦种子淀粉粒的扫描观察

王增¹, 孙晓燕², 韩冰¹, 杨燕^{1*}

(1. 内蒙古农业大学生命科学学院, 内蒙古呼和浩特 010018; 2. 太原金桥双语中学, 山西太原 100081)

摘要 小麦萌发初期淀粉及蛋白质的水解速度和种子自身营养状况决定了小麦休眠性的强弱。以不同休眠特性的白粒小麦为试验材料, 对休眠性弱和休眠性强的两类材料进行不同时期淀粉粒水解的扫描电镜观察。结果发现, 在成熟小麦干种子中, 中优 9507 和京 411 (弱休眠特性) 胚乳内淀粉粒被蛋白基质紧密包裹, 而阎中白麦子和万县白麦子 (强休眠特性) 胚乳内淀粉粒与蛋白基质结合松散, 淀粉颗粒裸露较多; 在种子萌发过程中, 阎中白麦子和万县白麦子比中优 9507 和京 411 胚乳淀粉粒的分解程度更大, 分解速度也更快。在开花后 35 d 的小麦种子中观察到的结果与成熟种子中基本一致。因此, 可以推断出淀粉粒与蛋白基质的结合程度及其在种子萌发过程中淀粉粒的水解程度与小麦籽粒的休眠特性相关。

关键词 小麦籽粒; 休眠; 淀粉粒; 水解

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)16-0028-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.16.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Observation of Starch Granules in Wheat Seeds with Different Dormancy Capacity by Electron Microscopy

WANG Zeng¹, SUN Xiao-yan², HAN Bing¹ et al (1. College of Life Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018; 2. Taiyuan Jinqiao Bilingual Middle School, Taiyuan, Shanxi 100081)

Abstract The hydrolysis rate of starch and protein in the early stage of wheat germination and the nutritional status of the seed together determine the capacity of seeds dormancy. We observed two kinds of wheat seeds with weak and strong dormancy, respectively by scanning electron microscope. The results showed that endosperm starch granules of the mature dry seeds of Zhongyou 9507 and Jing 411 (weak dormancy) were more tightly wrapped by matrix protein than Langzhongbaimaizi and Wanxianbaimaizi (strong dormancy), which were loosely bound with matrix protein and exposed mostly. Moreover, during of seed germination, the breakdown speed and degree of endosperm starch granule in Langzhongbaimaizi and Wanxianbaimaizi were much faster and stronger than in Zhongyou 9507 and Jing 411. And almost same trend of the breakdown speed and degree of endosperm starch granule were observed in seeds at 35 days after pollination. Thus, it could be concluded that the degree of starch binding to protein matrix and the degree of hydrolysis of starch grains during seed germination were related to the capacity of the wheat seeds dormancy.

Key words Wheat kernal; Dormancy; Starch granule; Hydrolysis

种子休眠是为了抵抗不良环境而选择并适应的可以遗传的性状。种子的遗传类型及其环境条件协同影响种子的休眠性状, 种子休眠类型主要有 3 种, 分别是种壳引起的外源休眠、胚引起的内源休眠以及种皮和胚共同影响综合休眠^[1]。小麦种子的萌发与内源激素的种类、含量、激素间的平衡以及胚对 ABA 的敏感性相关。其中, 主要的内源激素是脱落酸 (ABA) 和赤霉素 (GA)。ABA 在未成熟籽粒中促进胚的发育, 同时增进成熟种子的休眠并抑制水解酶 (主要是 α -淀粉酶) 的合成^[2]。GA 能够促进胚乳中贮藏物质的代谢, 诱导水解酶类的合成, 从而引起种子萌发。

小麦胚乳占籽粒重量的 90% 左右, 胚乳细胞的发育决定小麦籽粒的产量和品质^[3]。淀粉是小麦籽粒中所占比例最大的储存性碳水化合物, 主要以颗粒的形式存在于小麦籽粒胚乳中^[4], 其大小和形态影响着面团的糊化特性^[5]、流变学特性^[6]及烘焙特性^[7], 是影响小麦面粉品质的主要因素之一^[8]。根据淀粉粒的生物合成时间、大小及形状, 小麦胚乳

淀粉粒主要分为 A、B 2 种类型^[9-10]。A 型淀粉粒的直径大于 10 μm , 呈椭圆双凸透镜状, 部分颗粒表面有许多凹陷, 凹陷的形成主要是由于成熟过程中淀粉体和蛋白体之间相互挤压而形成; B 型淀粉粒的直径小于 10 μm , 呈球状或不规则状^[11]。小麦胚乳中的淀粉粒和蛋白质在温度和水分均适宜的情况会发生水解, 为小麦萌发提供物质和能量。因此, 笔者观察不同休眠特性小麦种子其淀粉粒和蛋白的水解情况, 从而进一步了解小麦种子在萌发条件下淀粉粒和蛋白水解的过程差异与小麦种子休眠性强弱的关系, 为小麦休眠机制的研究和抗穗发芽育种工作奠定基础。

1 材料与方法

1.1 电镜扫描观察材料 选取弱休眠性和强休眠性的小麦材料各 2 份, 分别是中优 9507 和京 411、阎中白麦子和万县白麦子。

1.2 种子预处理 试验材料种植于内蒙古农业大学生科大楼 1001 植物培养室, 取开花 35 d 的小麦籽粒和成熟干燥种子。其具体流程如下: 开花后 35 d 和成熟干燥的小麦种子→分别水处理 0、48、96 h→解剖刀切成约 3 mm 厚的横切片→置于培养皿中→加入 5 mL 2.5% (v/v) 的戊二醛固定液→4 $^{\circ}\text{C}$ 固定 24 h→室温静置 1 h→0.9% NaCl 注射液清洗→系列浓度酒精 (50%、70%、80%、90% 和 95%) 脱水每次 10 min→100% 酒精脱水 2 次每次 10 min→乙酸异戊酯替代 15 min→CO₂ 临界点干燥仪 (E3100) 干燥→离子溅射仪 (IB-5 型) 上

基金项目 国家自然科学基金项目 (31760382)。
作者简介 王增 (1993—), 男, 山西朔州人, 硕士研究生, 研究方向: 小麦分子生物学; 孙晓燕 (1989—), 女, 山西忻州人, 硕士, 从事小麦品质生物学研究。王增和孙晓燕为共同第一作者。
* 通信作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事小麦品质生物学研究。

收稿日期 2019-03-07

喷镀金属膜→扫描电镜观察(SEM)。

2 结果与分析

2.1 成熟干种子的胚乳扫描电镜观察 对中优 9507 与万县白麦子的成熟干燥种子腹部中央横切面的同一部位(图 1)胚乳进行扫描电镜观察发现,中优9507与万县白麦子在胚

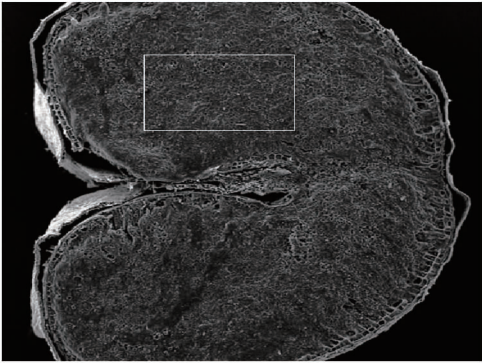
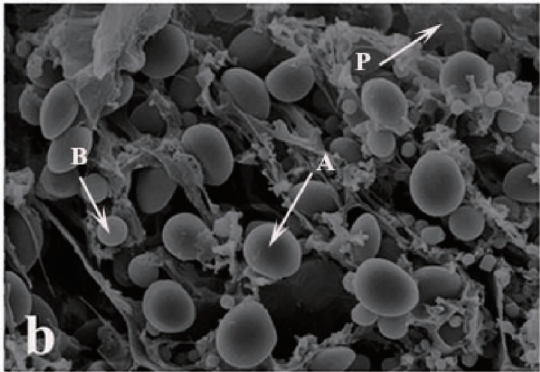
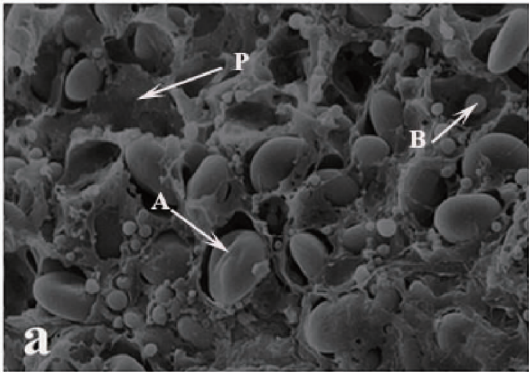
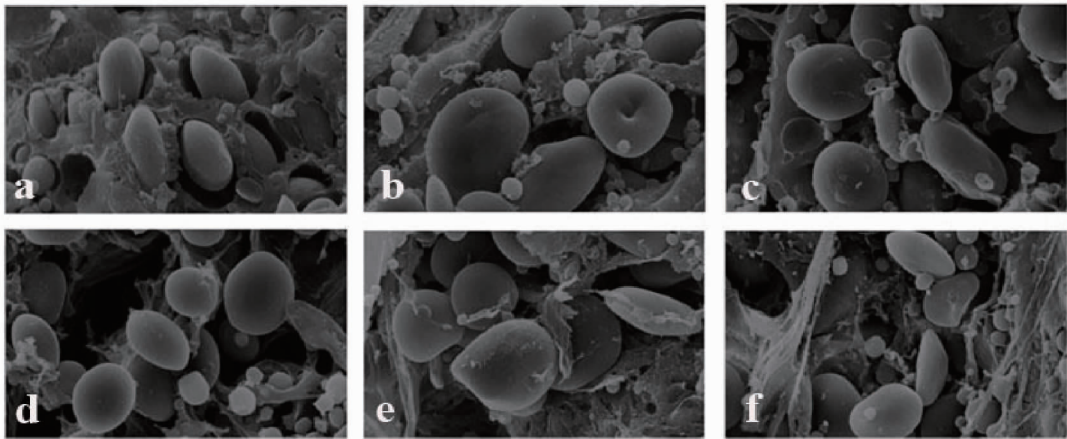


图 1 小麦籽粒横切面
Fig.1 Transverse section of wheat kernal



注:a.中优 9507 胚乳腹部中央(800×);b.万县白麦子胚乳腹部中央(800×);A.A 型淀粉粒;B.B 型淀粉粒;P.蛋白
Note:a.Zhongyou 9507 endosperm central abdomen(800×);b.Wanxianbaimaizi endosperm central abdomen (800×);A.Starch granule type A;B.Starch granule type B;P.Protein

图 2 中优 9507 与万县白麦子胚乳扫描电镜观察
Fig.2 Starch granuels in Zhongyou 9507 and Wanxianbaimaizi by scanning electron micrographs



注:a~c 分别为中优 9507 成熟干种子萌发 0,48,96 h 淀粉粒;d~f 分别为万县白麦子成熟干种子萌发 0,48,96 h 淀粉粒
Note;a~c were starch granules of Zhongyou 9507 mature dry seed germinated for 0,48 and 96 h, respectively;d~f were starch granules of Wanxianbaimaizi mature dry seed germinated for 0,48 and 96 h, respectively

图 3 中优 9507、万县白麦子成熟干种子横切面淀粉粒扫描电镜观察(1 500×)

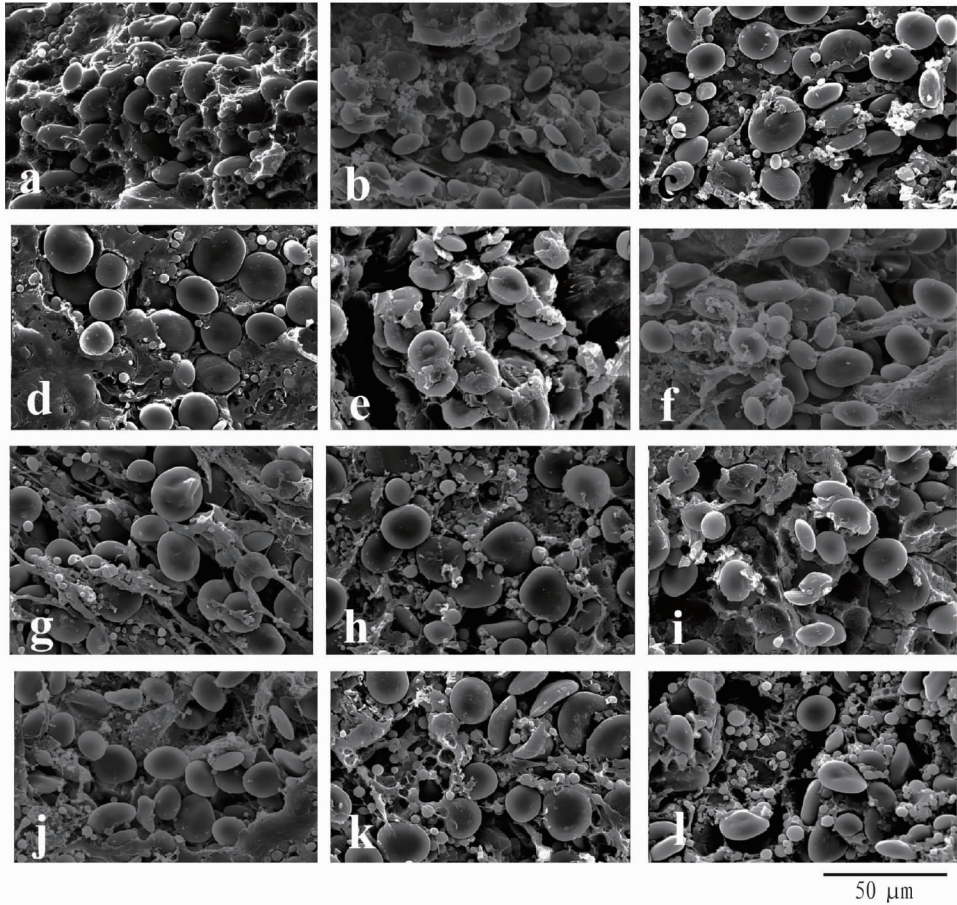
Fig.3 Transverse section of starch grains in mature dry seeds Zhongyou 9507,Wanxianbaimaizi by scanning electron microscope(1 500×)

乳 淀粉粒和蛋白基质之间的相互作用存在着差异(图2a、b)。其中,万县白麦子胚乳中蛋白基质很少,主要存在于淀粉粒之间,部分附着于淀粉粒表面,而且淀粉粒与蛋白的结合非常疏松(图 2b);而中优 9507 蛋白质基质很多,形成了一种蛋白质包被鞘,淀粉粒深埋其中,淀粉粒和蛋白质结合也较紧密(图 2a)。

扫描电镜下观察中优 9507 和万县白麦子成熟干燥种子的淀粉粒(图 3),结果显示在未经水处理时,中优 9507 籽粒淀粉粒呈椭圆形且大小均匀(图 3a),而万县白麦子籽粒淀粉粒呈圆形、大小不均匀(图 3d),且中优 9507 的淀粉粒几乎都包埋在蛋白和脂质当中,万县白麦子却裸露在外面;萌发 48 h 时,中优 9507 和万县白麦子的淀粉粒都出现不同程度分解,而且表面也不再光滑,其中中优 9507 籽粒淀粉粒从原本蛋白和脂质构成的包被中脱离出来(图 3b、e)。另外,与萌发 0 h(干种子)相比,萌发 48 h 后中优 9507 的水解变化程度大于万县白麦子;萌发 96 h 时,万县白麦子籽粒淀粉粒分解程度远大于中优 9507 籽粒淀粉粒(图 3c、f)。

2.2 开花后 35 d 小麦种子的扫描电镜观察 为了进一步了解不同休眠特性的小麦中淀粉粒形态及其在萌发过程中水解程度的差异,取开花后 35 d 的中优 9507、京 411、阆中白麦、万县白麦种子,对其相同部位的淀粉颗粒进行扫描电镜观察。结果发现,未经水处理时,万县白麦和阆中白麦的淀粉粒绝大多数裸露在蛋白基质之外,而京 411 和中优 9507 的淀粉粒包埋在蛋白基质中,以中优 9507 更甚

(图 4a、d、g、j);萌发 48 h 后,4 种小麦材料淀粉粒均出现不同程度的降解(图 4b、e、h、k),与萌发 0 h 相比,万县白麦和阆中白麦的水解变化程度明显小于中优 9507 和京 411;萌发 96 h 后,4 种材料淀粉粒的水解程度均明显增加,且阆中白麦与万县白麦的水解程度整体大于中优 9507 和京 411(图 4c、f、i、l)。



注:a~c.中优 9507 种子(开花后 35 d)萌发 0、48、96 h 淀粉粒;d~f.京 411 种子(开花后 35 d)萌发 0、48、96 h 淀粉粒;g~h.阆中白麦种子(开花后 35 d)萌发 0、48、96 h 淀粉粒;j~l.万县白麦种子(开花后 35 d)萌发 0、48、96 h 淀粉粒

Note:a~c were starch granules of Zhongyou 9507(35 d after flowering)germinated for 0, 48 and 96 h, respectively;d~f were starch granules of Jing 411 (35 d after flowering)germinated for 0, 48 and 96 h, respectively;g~h were starch granules of Langzhongbaimaizi (35 d after flowering)germinated for 0, 48 and 96 h, respectively;j~l were starch granules of Wanxianbaimaizi (35 d after flowering)germinated for 0, 48 and 96 h, respectively

图 4 中优 9507、京 411、阆中白麦、万县白麦成熟种子横切面淀粉粒扫描电镜观察(800×)

Fig.4 Transverse section of starch grains in mature seeds Zhongyou 9507, Jing 411, Langzhongbaimaizi and Wanxianbaimaizi by scanning electron microscope(800×)

3 结论与讨论

在小麦籽粒构成中,胚乳占 85%,其主要成分是淀粉和蛋白质,淀粉占籽粒重量的 60%~68%,蛋白质占 7%~18%,小麦面制品的优劣主要取决于这 2 种成分的含量和性质。根据小麦籽粒蛋白质含量、面筋含量、沉降值和面团稳定时间等指标,将小麦分为 3 类:硬质高蛋白强筋小麦,适于做面包;软质低蛋白弱筋小麦,适于做饼干糕点;中筋小麦,适于做馒头和面条。该研究应用扫描电子显微镜观察了 2 种不同品质类型小麦籽粒的淀粉结构。试验结果显示,胚乳基质蛋白质和大淀粉粒周围包围着被数量较多的小粒淀粉,并且

不同品种的基质蛋白存在较明显的差异。中优 9507 和京 411 基质蛋白质很多,籽粒断面上基质蛋白质形成完整的鞘包被,淀粉粒陷在包被中,淀粉粒和蛋白质结合紧密,暴露出来的淀粉粒较少。这是由于中优 9507 和京 411 是高产硬质强筋面包专用冬小麦,因此蛋白质和湿面筋含量较高。而万县白麦和阆中白麦是地方品种,加工品质较差、蛋白质含量较少,填充在蛋白质之间的完全裸露的淀粉粒含量较多,且蛋白质之间或蛋白质和淀粉粒之间结合松散,暴露的淀粉粒表面清洁,很少有基质蛋白质附着。这一结果同时与

(下转第 39 页)

表 5 不同处理对水稻产量及其构成因素的影响

Table 5 Effects of different treatments on rice yield and its component factors of rice

处理 Treatment	实粒数 Filled grains	穗数 Ear number 万/hm ²	千粒重 1 000-grain weight//g	结实率 Seed-setting rate//%	理论产量 Theoretical yield kg/hm ²	实际产量 Actual yield kg//hm ²
35 d/110 g	114.68 b	314.85 h	26.10 b	88.63	9 422.85	8 782.20 a
35 d/90 g	117.65 cd	302.85 e	26.44 f	88.36	9 421.95	9 111.75 e
35 d/70 g	116.25 b	297.15 a	26.45 e	88.05	9 098.70	8 857.80 b
30 d/110 g	115.19 b	326.70 i	25.73 a	87.82	9 681.90	8 998.95 c
30 d/90 g	116.84 bc	301.35 d	25.73 a	87.67	9 060.45	9 130.65 e
30 d/70 g	114.92 b	298.50 b	26.90 h	88.39	9 225.60	9 027.30 cd
25 d/110 g	111.45 a	311.85 g	26.21 c	88.83	9 107.70	8 771.10 a
25 d/90 g	111.59 a	309.45 f	26.29 d	89.29	9 078.60	9 010.05 c
25 d/70 g	112.37 a	299.85 c	26.58 g	89.07	8 954.10	8 876.70 b

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

参考文献

[1] 沈建辉,曹卫星,朱庆森,等.不同育秧方式对水稻机插秧苗素质的影响[J].南京农业大学学报,2003,26(3):7-9.

[2] 凌良振,巫国平,谢仁康,等.武粳 15 机插秧生育动态指标与精确定量栽培技术[J].中国稻米,2007(5):45-47.

[3] 张卫星,朱德峰,林贤青,等.不同播量及育秧基质对机插水稻秧苗素质的影响[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2007,28(1):45-48.

[4] 张胜.不同基质育秧和机插秧对水稻生长及产量的影响[D].武汉:华中农业大学,2014.

[5] 陈川,张山泉,庄春,等.水稻机插旱育秧与水稻秧幼苗素质的比较研究[J].江苏农业科学,2003(6):27-29.

[6] 陈文瑞,张武军.脱落酸浸种对水稻秧苗素质的影响[J].四川农业大学学报,2000,18(2):131-133.

[7] FAGERIA N K,BALIGAR V C,CLARK R B.Physiology of crop production[M].New York:Food Products Press,2005:8-12.

[8] 陈若礼,宋兴勇,郑伟,等.功能叶与小麦千粒重关系的研究初探[J].安徽农业科学,1994,22(S1):55.

[9] WATSON D J.The physiological basis of variation in yield[J].Adz Agro,1952,4:101-145.

[10] RIERA-LIZARAZU O,MUJEEBI-KAZI A.Maize (*Zea mays* L.) mediated wheat (*Triticum aestivum* L.) polyploid production using various crossing methods[J].Cereal Res Commum,1990,18(4):339-346.

(上接第 30 页)

报道的关于硬麦中淀粉粒和蛋白质联系较紧密,而软麦中淀粉粒和蛋白质之间的连接较松散相一致^[12,14]。

在用水处理情况下,观察了 4 份材料的干燥成熟种子和开花后 35 d 的种子籽粒的水解变化程度。与 0 h 相比,在水解 48 h 后的变化程度均为强休眠品种的水解变化程度小于弱休眠品种,而在水解 96 h 后,这种差异不明显。说明无论是开花后 35 d 的种子还是干燥的成熟种子,在适宜萌发的短时间下,强休眠品种的水解程度小于弱休眠品种,但是如果所处适宜萌发环境的时间过长(该研究为 96 h),小麦品种无论休眠强弱均会发生剧烈的水解,进而极大降低其品质。

参考文献

[1] 孙果忠,闰长生,肖世和.小麦穗发芽机制研究进展[J].中国农业科技导报,2003,5(6):13-18.

[2] HOFFMANN F.Plant dormancy:Physiology,biochemistry and molecular biology[J].Plant science,1997,125(2):231-232.

[3] 孟秀荣,熊飞,孔好,等.强、中、弱筋小麦籽粒中淀粉、蛋白质积累和淀粉体发育的比较[J].作物学报,2009,35(5):962-966.

[4] 宋健民,刘爱峰,李豪圣,等.小麦籽粒淀粉理化特性与面条品质关系研究[J].中国农业科学,2008,41(1):272-279.

[5] ZENG J,GAO H Y,LI G L.Functional properties of wheat starch with different particle size distribution[J].Jurnal of the science of food and agri-

culture,2014,94(1):57-62.

[6] KIM H S,HUBER K C.Physicochemical properties and amylopectin fine structures of A-and B-type granules of waxy and normal soft wheat starch[J].Jurnal of cereal science,2010,51(3):256-264.

[7] LI W H,SHAN Y H,XIAO X L,et al.Effect of nitrogen and sulfur fertilization on accumulation characteristics and physicochemical properties of A-and B-wheat starch[J].Jurnal of agricultural and chemistry,2013,61(10):2418-2425.

[8] STODDARD F L.Survey of starch particle-size distribution in wheat and related species[J].Cerael chemistry,1999,76(1):145-149.

[9] BECHTEL D B,ZAYAS I,KALEIKAU L,et al.Size-distribution of wheat starch granules during endosperm development[J].Cereal chemistry,1990,6(1):59-63.

[10] SHINDE S V,NELSON J E,HUBER K C,et al.Soft wheat starch pasting behavior in relation to A-and B-type granule content and composition[J].Cereal chemistry,2003,80(1):91-98.

[11] PENG M,GAO M,ABDEL-AAL E S M,et al.Separation and characterization of A-and B-type starch granule in wheat endosperm[J].Cereal chemistry,1999,76(3):375-379.

[12] GLENN G M,SAUNDERS R M.Physical and structural properties of wheat endosperm associated with grain texture [J].Cereal chemistry,1990,67(2):176-182.

[13] BRENNAN C S,SULAIMAN B D,SCHOFIELD J D,et al.The immunolocalization of friabilin and its association with wheat endosperm texture[J].Aspects of applied biology,1993,36:69-73.

[14] 袁翠平,田纪春.小麦籽粒硬度与胚乳显微结构关系研究[J].中国粮油学报,2004,19(2):28-31.