

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学 号: 21620121152381

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

水稻籽粒形成过程中垩白性状的  
差异蛋白分析

Differential Protein Analysis of Rice Chalkiness During  
Grain Formation

刘青青

指导教师姓名: 黄育民教授

专业名称: 微生物学

论文提交日期: 2015年4月

论文答辩时间: 2015年5月

学位授予日期: 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2015年5月

水稻籽粒形成过程中垩白性状的差异蛋白分析

刘青青

指导老师：黄育民 教授

厦门大学

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

## 目 录

摘要.....	I
Abstract.....	II
<b>第一章 前言 .....</b>	<b>1</b>
1 水稻垩白简介 .....	1
2 水稻垩白形成的影响因素 .....	2
2.1 水稻垩白性状的遗传学研究 .....	2
2.2 外界环境对水稻垩白形成的影响 .....	7
3 水稻垩白形成的生理机制 .....	9
4 蛋白质组学简介 .....	13
5 蛋白质组学研究方法 .....	14
6 水稻蛋白质组学研究现状 .....	15
7 本研究的内容、目的与意义 .....	17
<b>第二章 材料和方法 .....</b>	<b>18</b>
1 试验材料 .....	18
1.1 2013 年早季试验材料 .....	18
1.2 2014 年早季试验材料 .....	18
2 试验方法 .....	19
2.1 试验材料的种植 .....	19
2.2 SSR 标记辅助筛选高垩白粒率和低垩白粒率株系 .....	19
2.3 试验材料的取样 .....	21
2.4 蛋白质提取与裂解 .....	21
2.5 蛋白质的浓度测定 .....	22
2.6 双向电泳 .....	22
2.7 凝胶扫描与图谱分析 .....	23
2.8 质谱鉴定分析 .....	23
<b>第三章 结果与分析 .....</b>	<b>25</b>

<b>1</b>	<b>2013 年早季试验材料筛选及差异表达蛋白分析 .....</b>	<b>25</b>
1.1	2013 年早季高低垩白材料筛选 .....	25
1.2	亲本及中选高低垩白单株间籽粒的差异表达蛋白分析 .....	27
<b>2</b>	<b>2014 年早季试验材料筛选及差异表达蛋白分析 .....</b>	<b>36</b>
2.1	2014 年早季高低垩白材料筛选 .....	36
2.2	亲本及中选高低垩白单株间籽粒的差异表达蛋白分析 .....	40
<b>3</b>	<b>亲本及高低垩白单株间籽粒共同差异蛋白点的质谱鉴定分析 .....</b>	<b>55</b>
3.1	共同差异蛋白点的获取 .....	55
3.2	共同差异蛋白点的 LC-MS/MS 质谱分析 .....	59
	<b>第四章 讨论 .....</b>	<b>63</b>
1	HSP70 与水稻垩白关系的探讨 .....	63
2	GBSS I 与水稻垩白关系的探讨 .....	64
3	与本实验室前期研究的探讨 .....	65
	<b>附 录 .....</b>	<b>67</b>
	<b>参考文献 .....</b>	<b>69</b>
	<b>致 谢 .....</b>	<b>77</b>

## Contents

<b>Abstract in Chinese.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English.....</b>	<b>II</b>
<b>Chapter 1 Preface.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Chalkiness introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Affecting factors on rice chalkiness formation.....</b>	<b>2</b>
2.1 Genetic studies on rice chalkiness.....	2
2.2 Influence of environmental conditions on rice chalkiness.....	7
<b>3 Physiology of rice chalkiness formation.....</b>	<b>10</b>
<b>4 Proteomics introduction.....</b>	<b>13</b>
<b>5 Proteomics technologies.....</b>	<b>14</b>
<b>6 Progress on rice proteomics research.....</b>	<b>15</b>
<b>7 Aim and significance of this research.....</b>	<b>17</b>
<b>Chapter 2 Materials and methods.....</b>	<b>18</b>
<b>1 Materials.....</b>	<b>18</b>
1.1 Materials on early season in 2013.....	18
1.2 Materials on early season in 2014.....	18
<b>2 Methods.....</b>	<b>19</b>
2.1 Planting of research materials.....	19
2.2 Screening of high and low chalky-grain plants by SSR markers.....	19
2.3 Sampling of materials.....	21
2.4 Extraction and cracking of protein.....	21
2.5 Determination of protein concentration.....	22
2.6 Two-dimensional electrophoresis.....	22
2.7 Scanning and Analysis of 2-DE maps.....	23
2.8 LC-MS/MS analysis.....	23
<b>Chapter 3 Results and Analysis.....</b>	<b>25</b>
<b>1 Screening and differential protein analysis of materials in 2013.....</b>	<b>25</b>

1.1 Screening of high and low chalky materials in 2013.....	25
1.2 Differential protein analysis of materials in 2013.....	27
<b>2 Screening and differential protein analysis of materials in 2014.....</b>	<b>36</b>
2.1 Screening of high and low chalky materials in 2014.....	36
2.2 Differential protein analysis of materials in 2014.....	40
<b>3 Identification of the differentially expressed proteins by LC-MS/MS.....</b>	<b>55</b>
3.1 Acquisition of the differentially expressed proteins.....	55
3.2 Identification by LC-MS/MS.....	59
<b>Chapter 4 Discussion.....</b>	<b>63</b>
1 Discussion on the relationship between HSP70 and chalkiness.....	63
2 Discussion on the relationship between GBSS I and chalkiness.....	64
3 Discussion on the preliminary study.....	65
<b>Appendix.....</b>	<b>67</b>
<b>References.....</b>	<b>69</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>77</b>

厦门大学博士论文摘要库



## 摘要

随着人民生活水平的提高,对稻米品质的要求也越来越高。垩白性状是评价稻米外观品质的重要指标,对其研究有助于稻米品质的改善。本研究选用的材料为优质低垩白品系珍佳 B (ZJB, 即珍汕 97B 与佳辐占的杂交后代) 和高垩白亲本珍汕 97B (ZB), 以及从以珍佳 B 做母本、珍汕 97B 为轮回亲本进行杂交构建的近等基因系中筛选出来的高低垩白水稻株系, 运用蛋白质组学技术方法对其籽粒形成各个时期的蛋白表达情况进行研究。其主要的研究结果如下:

(1) 研究材料垩白检测结果: 2013 年早季 ZJB 的垩白粒率为 10%、垩白度为 4%, ZB 的垩白粒率为 80%、垩白度为 30%; 筛选出的 3 个低垩白株的垩白粒率平均值为 14%、垩白度平均值为 2.6%, 3 个高垩白株的垩白粒率平均值为 77%、垩白度平均值为 21%; 2014 年早季 ZJB 的垩白粒率为 3%、垩白度为 0.3%, ZB 的垩白粒率为 75%、垩白度为 15%; 筛选出的 3 个低垩白株的垩白粒率平均值为 15%、垩白度平均值为 4%, 3 个高垩白株的垩白粒率平均值为 71%、垩白度平均值为 15%。两季研究结果显示, 两季筛选出的高低垩白株间的垩白性状差异明显, 可作为水稻垩白性状研究的良好材料。

(2) 分别对两年早季高低垩白材料籽粒形成各个时期的籽粒进行蛋白质组学分析发现, 每块胶上能检测到稳定表达的蛋白点数为 500~800 个, 主要分布在等电点 (pI) 3~9、分子量 15~120kD 之间。随着籽粒形成时间的推移, 每块胶能检测到的稳定表达的蛋白点数逐渐减少, 其中以开花后 12-24 天的降幅最大, 此后到籽粒成熟基本趋于稳定。

(3) 分别对两季高低垩白材料籽粒形成期间各个时期的籽粒进行差异蛋白分析发现, 高垩白材料和低垩白材料间的共同差异表达蛋白点有 4 个 (D11、D19、D20 和 D33), 它们的表达量都表现为在高垩白材料中高于低垩白材料, 经质谱分析后发现, 差异蛋白点 D11 和 D33 是分子伴侣蛋白, 在介导其他蛋白质的正确装配中起重要作用; 差异蛋白点 D19 和 D20 是颗粒结合淀粉合成酶 I (GBSS I), 是水稻胚乳直链淀粉生物合成中的关键酶, 缺乏该酶会导致直链淀粉的缺乏。目前尚不清楚这两种蛋白质对垩白形成的影响机理。

**关键词:** 水稻; 垩白; 蛋白质组学

## Abstract

With the improvement of people's living standard, the requirement for rice is not just for quantity, but also for quality. Chalkiness of grain is an important indicator for evaluating the appearance quality of rice. Thus, studies on chalkiness are helpful to improve the quality of rice. ZhenjiaB(ZJB) with low chalkiness and Zhenshan97B(ZB) with high chalkiness were chosen and used as the parent materials. In addition, several rice plants screened by grain appearance quality and SSR (Simple sequence repeats) markers from BC<sub>7</sub>F<sub>2</sub> and BC<sub>7</sub>F<sub>4</sub> (derived from the cross between ZJB and ZB, then backcrossed with ZB), were chosen as the high and low chalky materials. In this study, proteomics technology was used to analyze the expression of grain protein during grain filling stage. The main results were as the following:

(1) The result of grain chalkiness measured on two season materials was: in 2013, the percentages of chalky grains and chalkiness in ZJB were 10% and 4%, while the percentages in ZB were 80% and 30%. In the high and low chalky materials screened from BC<sub>7</sub>F<sub>2</sub>, the percentages of chalky grain and chalkiness were 14% / 2.6% and 77% / 21%. In 2014, the percentages of chalky grains and chalkiness in ZJB were 3% and 0.3%, while the percentages in ZB were 75% and 15%. In the high and low chalky materials screened from BC<sub>7</sub>F<sub>4</sub>, the percentages of chalky grain and chalkiness were 15% / 24% and 71% / 15%. The high and low chalky materials screened had significant difference in chalkiness, which suggested that the effect of the screening was good, and could be chosen for chalkiness studying.

(2) Materials in all periods of two seasons were analyzed by proteomics. The results showed that about 500~800 spots could be detected on each 2-DE map, and they mainly distributed between pI 3~9 and Mr15~120kD. The amount of proteins reduced gradually during grain filling period, and the change was especially dramatic in 12~24 days after flowering, then trended stably until grain maturity.

(3) Materials in all periods of two seasons were analyzed by differential proteomics. The results showed that there were 4 differentially expressed

proteins(D11、 D19、 D20 and D33) between high and low chalky materials. And their expressions were all higher in the high chalky materials than the low chalky ones. D11 and D33 were mainly the molecular chaperone proteins, and they played an important role in the synthesis of other proteins; D19 and D20 were mainly granule bound starch synthase I, and this enzyme was the key enzyme in the synthesis of amylose in rice endosperm, and the lack of it led to the lack of amylose.

**Key words:** rice; chalkiness; proteomics

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 第一章 前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是世界上最重要的粮食作物之一, 是全球食用人口最多的农作物, 全世界超30亿的人口以稻米作为主食, 而在中国以稻米为主食的人口比例超过65%<sup>[1-2]</sup>。随着科技的发展和社会的进步, 消费者对稻米的要求也在提高, 从对产量上的要求逐渐延伸到对稻米品质的要求, 进一步提高稻米品质已经成为现代农业生产的一项重要任务, 得到育种专家的普遍重视。

稻米品质是一项综合性状, 是稻米本身特性的综合体现, 也是区分不同品种的一个重要指标。稻米品质的优劣主要由稻米品种决定的, 另外其生长环境、栽培管理技术以及贮藏加工等因素也会影响稻米品质。目前大家比较一致认可的优质稻米标准是: 米粒中长和细长形(粳稻短圆形), 出米率和整精米率高, 米粒半透明, 垩白小, 直链淀粉含量适中, 胶稠度软, 糊化温度适中, 蛋白质含量高<sup>[3]</sup>。

稻米品质根据不同的用途会有不同的评价指标, 一般情况下会从外观品质、加工品质、营养品质和蒸煮食味品质四个方面来衡量<sup>[4]</sup>。外观品质是指稻米表面所展现的物理特性, 主要指标有垩白度、透明度和粒型性状。加工品质是指稻谷在加工过程如去壳和碾米中所展现的稻米品质特性, 常使用糙米率、精米率和整精米率表示。营养品质是指稻米中所含有的各营养成分, 如维生素、蛋白质、糖类等, 其中蛋白质为主要评估指标。蒸煮食味品质指稻米在蒸煮和食用时所表现出的一些特性, 如感官特性和理化性质, 主要指色、香、味、延伸性、吸水性等, 常用直链淀粉含量、胶稠度和糊化温度三个指标衡量。其中, 垩白是衡量稻米外观品质的重要指标<sup>[5]</sup>。

### 1 水稻垩白简介

垩白是指稻米胚乳中所呈现出来的乳白色不透明的部分(图1-1), 是由于稻米籽粒营养输送不够通畅, 使得胚乳蛋白体和淀粉体发育不良, 两者之间排列得不够致密, 导致中间存在空隙, 使得光线不能透过形成的一种光学特性<sup>[6]</sup>。根据垩白在籽粒中发生的位置不同可将其分为: 腹白、心白和背白等类型<sup>[7]</sup>。

垩白通常以垩白粒率、垩白大小和垩白度三个指标表示。其中，垩白粒率是指含有垩白的籽粒数占全部籽粒数百分比；垩白大小是指在含有垩白的籽粒中，垩白部分的面积占含垩白的籽粒总面积的百分比；垩白度则表示籽粒中垩白部分的面积在全部籽粒总面积中的比例，其数值等于垩白粒率和垩白大小的乘积。

垩白对稻米品质的影响不仅体现在外观品质上，对稻米的加工品质和蒸煮食味品质也会有比较大的影响，比如垩白米在加工时容易碎裂，造成整精米率下降，在蒸煮过程中也容易造成米粒破裂，使米饭的适口性降低<sup>[8]</sup>。



图 1-1 垩白稻米和无垩白稻米

Figure 1-1 Chalky and non-chalky rice grains

注：左图为珍汕 97B，右图为珍佳 B

Note: Left is Zhenshan 97B, right is Zhenjia B

## 2 水稻垩白形成的影响因素

影响水稻垩白形成的因素有很多，不同学者的观点差异很大，但总结起来有两大因素：遗传因素和外界环境因素。众多研究表明，垩白是一个复杂的受多个基因控制的数量性状，主要以加性效应为主，另外还有母体效应和胚乳效应，而且受外界环境的影响。许多研究认为垩白可能受一个复杂的基因系统控制，该系统与各环境因素相互作用共同作用于垩白性状。Takita<sup>[9]</sup>经研究认为品种不同，稻米垩白的表现也存在显著不同，如籼稻垩白粒率比粳稻要高。

### 2.1 水稻垩白性状的遗传学研究

垩白的遗传比较复杂，目前对垩白基因方面的研究较多，不同学者的研究结果及观点也不尽相同。很多研究表明垩白遗传具有母体效应<sup>[10-11]</sup>和胚乳效应<sup>[12]</sup>。

水稻胚乳属于三倍体,其发育过程当中所需要的养分来源于其二倍体的母体植株<sup>[13]</sup>。但廖伏明等<sup>[14]</sup>经过研究认为父本对稻米垩白粒率影响比母本大,而父母本对垩白大小的影响相差不大。郭二男等<sup>[15]</sup>通过对多种粳稻品种进行腹白研究后认为,腹白是受微效多基因控制的数量性状,并存在部分显性作用,一定程度上还受环境条件的影响。杨仁崔等研究发现,垩白由2对主效隐性基因控制,且剂量效应表现明显,无垩白对有垩表现为不完全显性作用<sup>[16-17]</sup>。祁祖白等<sup>[18]</sup>通过对3个优质籼稻品种分别与非优质品种杂交,并对杂种后代进行遗传分析后发现,腹白性状由多基因控制,无腹白性状对有腹白性状表现为部分显性。陈建国等<sup>[19]</sup>通过研究发现,在早季水稻的杂交后代中,其垩白性状主要是受到母体效应和加性效应同时影响。李欣等<sup>[20]</sup>利用多种粳稻品种进行杂交发现,后代的垩白粒率主要受母体效应影响。冷燕等<sup>[21]</sup>选用8个不同生态类型的粳稻品种为材料进行双列杂交试验,并对各杂交组合后代的垩白粒率进行遗传研究,结果表明垩白粒率的遗传符合加性-显性模型,且以显性效应为主。Shi等<sup>[22]</sup>研究了在籽粒发育不同时期稻米的透明度和垩白性状,发现稻米垩白性状同时受胚乳效应的加性与母体效应影响,但受前者影响比较大。还有研究者利用分子标记技术和半双列杂交设计对亲本的配合力进行研究,结果显示母体对杂交种垩白性状的表现的影响较大<sup>[23]</sup>。由此可知,水稻的垩白性状是一种复杂的由多基因控制的数量性状,同时还可能受加性效应和母体效应的影响。

### 2.1.1 稻米垩白性状的 QTL 分析

水稻的垩白性状是一个复杂的由多基因控制的数量性状,为了更好地深入研究其遗传规律,许多学者对垩白性状相关QTL (Quantative trait loci, 数量性状基因座)进行了分析。不同学者利用不同的遗传群体对垩白进行QTL分析,如F<sub>2</sub>群体、加倍双倍体群体 (Doubled Haploid, DH)、回交群体、染色体片段置换系 (Chromosome Segment Substitution Lines, CSSLs) 和重组自交系群体 (Recombination Inbred Line Populations, RILs) 等,这些研究中检测到了一些稳定遗传的控制垩白性状QTL。

Tan<sup>[24]</sup>等利用珍汕97/明恢63作为亲本构建的F<sub>2:3</sub>群体检测到一个QTL *qPGWC-5a*,位于第5号染色体上RG360-C734a区间内,该QTL同时控制垩白粒率、

粒宽和长宽比,对上述三个性状的贡献率分别为70.3%、55.2%和37.8%; He 等<sup>[25]</sup>利用DH 群体,分别在第3、8 和12 号染色体上检测到控制垩白性状的QTLs; Li<sup>[26]</sup>等利用日本晴/Kasalath构建的回交自交系群体进行遗传分析,在第5号染色体R830-R3166区间内也检测到1个QTL,该QTL同时控制垩白粒率、垩白度和垩白面积。Wan等<sup>[27]</sup>在8 个不同环境中对CSSLs 群体进行研究,在G1149~R727 区间上同时检测到同时控制垩白粒率,垩白度以及垩白面积的QTLs。其中,Zhou 等<sup>[28]</sup>在第6号和第7号染色体上发现控制垩白的主效QTL *qPGWC-7*,并将该QTL 精细定位到170 Kb区间内。Yang 等<sup>[29]</sup>和Li 等<sup>[30]</sup>利用DH和回交群体在2、3、5、6、7 和12 号染色体上也发现控制垩白性状的QTL。刘家富等<sup>[31]</sup>研究发现位于第12号染色体上RM5568-RM453区间内的垩白粒率相关QTL *qPGWC-12*,曾大力<sup>[32]</sup>发现该位点同时也调控着垩白度。

众多的研究结果表明,控制垩白性状的QTL在水稻12条染色体上均有分布,只是在不同染色体上数目不同,主要分布在第5、6、8和9号染色体上(表1-1)。这同时也说明了虽然水稻垩白性状是一个复杂的多基因控制的数量性状,但是一些控制垩白性状的QTL是能够稳定遗传的。

表 1-1 水稻垩白性状相关 QTL 定位结果<sup>[33]</sup>  
Table 1 Mapped QTLs associated with chalkiness in rice

性状 Trait	位点 Locus	染色体 Chr.	标记区间 Interval	群体 Population	亲本 Parents	参考文献 Reference
垩白粒率	<i>qPGWC-1a</i>	1	R210-C1211	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qPGWC-1b</i>	1	C2340-C1370	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qPGWC-3</i>	3	C63-C563	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
			S1513-S10251	(I/I) CSSL	越光/Kasalath	Zhou et al <sup>[28]</sup>
	<i>qPGWC-4</i>	4	C1016-C445	(I/I) CSSL	越光/Kasalath	Zhou et al <sup>[28]</sup>
	<i>qPGWC-5a</i>	5	RG360-C734a	(I/I) F <sub>2,3</sub>	珍汕 97/明恢 63	Tan et al <sup>[24]</sup>
			R830-R3166	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qPGWC-5b</i>	5	RM598-RM3351	(I/W) IL	特青/普通野生稻	刘家富等 <sup>[31]</sup>
	<i>qPGWC-5c</i>	5	RG528-C1447	(I/I) F <sub>2,3</sub>	珍汕 97/明恢 63	Tan et al <sup>[24]</sup>
	<i>qPGWC-6a</i>	6	R1962-C191B	(I/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
			Wx--C226	(I/I) F <sub>2,3</sub>	珍汕 97/明恢 63	Tan et al <sup>[24]</sup>
			R2869-S1084	(I/I) CSSL	越光/Kasalath	Zhou et al <sup>[28]</sup>
	<i>qPGWC-6b</i>	6	C2147-C1478	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
			R1952-G200	(I/I) CSSL	越光/Kasalath	Zhou et al <sup>[28]</sup>
	<i>qPGWC-7</i>	7	R1245-R1789	(I/I) RIL	珍汕 97/明恢 63	Tan et al <sup>[24]</sup>
<i>qPGC-7.1</i>	7	7038-7042	(I/I) DH	Samgangbyeon/Nagdongbyeon	Qin et al <sup>[34]</sup>	

	<i>qPGWC-8a</i>	8	RM2344-RM38	(I/W) IL	特青/普通野生稻	刘家富等 <sup>[31]</sup>
	<i>qPGWC-8b</i>	8	G187-RZ66	(I/J) DH	窄叶青 8 号/京系 17	He et al <sup>[25]</sup>
			R727-C347	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
			G1149-R727	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qPGWC-9</i>	9	XNbp36-XNpb103	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
			RM296-RM216	(I/W) IL	特青/普通野生稻	刘家富等 <sup>[31]</sup>
	<i>qPGWC-10</i>	10	R2625-C223	(I/I) F <sub>2, 3</sub>	珍汕 97/明恢 63	Tan et al <sup>[24]</sup>
			C1286-R1877	(I/I) CSSL	越光/Kasalath	Zhou et al <sup>[28]</sup>
	<i>qPGWC-11</i>	11	RM20B-RM6085	(I/W) IL	特青/普通野生稻	刘家富等 <sup>[31]</sup>
	<i>qPGWC-12</i>	12	CT462-RG574	(I/J) DH	窄叶青 8 号/京系 17	He et al <sup>[25]</sup>
			C1336-R642	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
			RZ397	(I/W) BC3F1	V20A/ glaberrima	Li et al <sup>[30]</sup>
			RM5568-RM453	(I/W) IL	特青/普通野生稻	刘家富等 <sup>[31]</sup>
垩白面积	<i>qACE-1</i>	1	C1211-C955	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qACE-2</i>	2	G1340-R459	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qWCA-2.1</i>	2	RM492-RM324	(I/I) DH	Samgangbyeo/Nagdongbyeo	Qin et al <sup>[34]</sup>
	<i>qACE-3</i>	3	C1488-C63	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qACE-5</i>	5	R372-R1436	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qACE-6</i>	6	R2147-C1478	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qACE-8</i>	8	RZ617-G2132	(I/J) DH	窄叶青 8 号/京系 17	曾大力等 <sup>[32]</sup>
			G1149-R727	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qACE-9</i>	9	XNbp36-XNpb103	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qACE-11</i>	11	ATT42B-RG98	(I/J) DH	窄叶青 8 号/京系 17	曾大力等 <sup>[32]</sup>
	<i>qACE-12a</i>	12	CT462-RG574	(I/J) DH	窄叶青 8 号/京系 17	曾大力等 <sup>[32]</sup>
	<i>qACE-12b</i>	12	R2078-G2140	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
垩白度	<i>qDEC-1a</i>	1	R210-C953	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qDEC-1b</i>	1	C2340-C1370	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qDEC-2</i>	2	G1340-R459	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
	<i>qDEC-3</i>	3	C1488-C63	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qDEC-5</i>	5	R830-R3166	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qDEC-6a</i>	6	R1962-C191B	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qDEC-6b</i>	6	C1478-R2171	(J/I) BIL	日本晴/Kasalath	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qDEC-8a</i>	8	RM2344-RM38	(I/W) IL	特青/普通野生稻	刘家富等 <sup>[31]</sup>
	<i>qDEC-8b</i>	8	G1149-R727	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
			G187-RZ66	(I/J) DH	窄叶青 8 号/京系 17	He et al <sup>[25]</sup>
	<i>qDEC-9</i>	9	XNbp36-XNpb103	(J/I) CSSL	Asominori/IR24	Wan et al <sup>[27]</sup>
			RM296-RM216	(I/W) IL	特青/普通野生稻	Li et al <sup>[30]</sup>
	<i>qDEC-12</i>	12	RM5568-RM7003	(I/W) IL	特青/普通野生稻	Li et al <sup>[30]</sup>

注：I、J、W 分别表示籼稻、粳稻和野生稻。

Note: I, J and W were *indica japonica* and wild rice.

本课题组王情英<sup>[35]</sup>等用珍佳 B × 珍汕 97B 的 F<sub>2</sub> 群体, 对稻米的五个品质性状, 包括粒长、粒宽、长宽比、粒厚和垩白粒率等进行了遗传分析与 QTL 定位。



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.