

李 旭,付立东,王 宇,等. 利用稻米淀粉特性进行食味品质辅助选择[J]. 江苏农业科学,2022,50(7):178-183.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.07.027

# 利用稻米淀粉特性进行食味品质辅助选择

李 旭,付立东,王 宇,隋 鑫,任 海,吕小红,马 畅,杜 萌,毛 艇  
(辽宁省盐碱地利用研究所,辽宁盘锦 124010)

**摘要:**目前,稻米食味品质评价主要依靠人工品尝,消耗样品量大、耗时较长且易受主观因素影响,其鉴定效率亟待优化。通过分析稻米淀粉特性对食味品质的影响,筛选出稻米食味品质的关键影响因子,科学评价利用稻米淀粉特性进行食味品质辅助选择的应用效果。结果表明:淀粉特性中的直链淀粉含量、低谷黏度、最终黏度、崩解值及消减值是影响食味品质的关键因子,对上述指标分别赋分后加合获得稻米淀粉特性综合评分,与食味值的相关性达到 0.001 水平,相比于上述各单项指标,相关性显著提高。综合分析表明,利用稻米淀粉特性综合评分所需样品量极少(3 g 精米粉),并具有快速、便捷及不易受人因素影响的优点,这为稻米食味品质的快速鉴定提供了技术支撑。

**关键词:**水稻;食味品质;淀粉特性;辅助选择

**中图分类号:**S511.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)07-0178-06

稻米是世界 2/3 以上人口的口粮<sup>[1]</sup>,随着稻米产业的调整升级,优质食味稻米的需求量逐年增加,是水稻遗传改良的重点攻关方向<sup>[2]</sup>。传统的食味品质测定主要依靠人工品尝,受品尝人员所在地域、年龄及性别等影响,且需要大量稻米样品作为支撑,在收获样品量较少的育种早世代难以开展<sup>[3]</sup>。针对上述问题,前人进行过大量研究<sup>[4-5]</sup>,但多集中于理化指标与食味品质的相关性研究,而如何利用理化指标进行食味品质辅助选择少见报道<sup>[6-7]</sup>。

有研究表明,直链淀粉含量是食味品质的主要影响因子<sup>[8-9]</sup>。一般认为,直链淀粉含量高,米饭黏性小、硬度大、蓬松干燥、适口性差,而适当降低直链淀粉含量对提高食味品质具有重要意义<sup>[10]</sup>。直链淀粉含量相近的品种,食味值仍表现出较大的分布范围<sup>[11]</sup>,以反映淀粉在加热膨胀过程中理化状态变化的 RVA 特征谱,对区分直链淀粉含量相近品种的食味差异有较好的效果<sup>[12-13]</sup>。因此,本研究以遗传背景较复杂的粳籼杂交重组自交系为材料,筛选与食味品质密切相关的稻米淀粉特性,提出用稻米淀粉

特性进行食味品质辅助选择的实施方案,以期育种工作中的大量试验材料,特别是收获量较少早世代育种材料的食味快速鉴定提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与田间种植

试验材料包含 2 套重组自交系群体(RILs 及 RILs-1)及 1 套回交重组自交系群体(BILs):RILs 由盐丰 47(粳稻)杂交黄花占(籼稻)获得( $n=144$ ),RILs-1( $n=101$ )的父母本分别为盐粳 218(粳稻)、七山占(籼稻),BILs( $n=48$ )由盐粳 218/七山占//盐粳 218 获得。于 2020 年在辽宁省盐碱地利用研究所试验田(122.03°E,41.07°N)开展试验,随机区组设计,3 次重复,小区面积 12 m<sup>2</sup>,2019 年 4 月 21 日播种,5 月 26 日移栽,全生育期施入 N(15 kg/667 m<sup>2</sup>)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(7 kg/667 m<sup>2</sup>)和 K<sub>2</sub>O(3 kg/667 m<sup>2</sup>),其他栽培管理和当地生产田相同。

### 1.2 稻米直链淀粉含量及 RVA 特性谱的测定

稻谷收获后,室温储存 3 个月,分别碾磨成精米及米粉,参照 Butardo 等的研究<sup>[13-14]</sup>,进行直链淀粉含量及 RVA 谱特性的测定。RVA 谱特征包括峰值黏度、低谷黏度及最终黏度 3 个初始测定值,用 RUV 作单位表示,进一步计算 3 项衍生值:崩解值(峰值黏度-低谷黏度)、回复值(最终黏度-低谷黏度)及消减值(最终黏度-峰值黏度)。

### 1.3 稻米食味品质的测定

食味品质由人工品尝进行赋分,参照 Lestari 等

收稿日期:2021-07-02

基金项目:辽宁省自然科学基金指导计划(编号:2019-ZD-0397);  
国家重点研发计划(编号:2017YFD0300700);辽宁省博士科研启动基金(编号:2020-BS-300)。

作者简介:李 旭(1983—),女,辽宁盘锦人,硕士,副研究员,主要从事水稻栽培研究。E-mail:chinalixu1983@163.com。

通信作者:毛 艇,博士,副研究员,主要从事水稻遗传育种研究。  
E-mail:chinamaoting1985@163.com。

的方法<sup>[15]</sup>进行,略作改动:品尝小组由12个不同年龄、不同职业及不同性别具有鉴别食味能力的人员组成。评分标准划分为气味、外观结构、适口性、滋味及冷饭质地5个指标,每个指标满分20分,划分为优良、较好、较差、特差4个等级,对应的分值分别为20、15、10、5分。最终,把各项指标所获分值相加得到综合的食味品质评分。

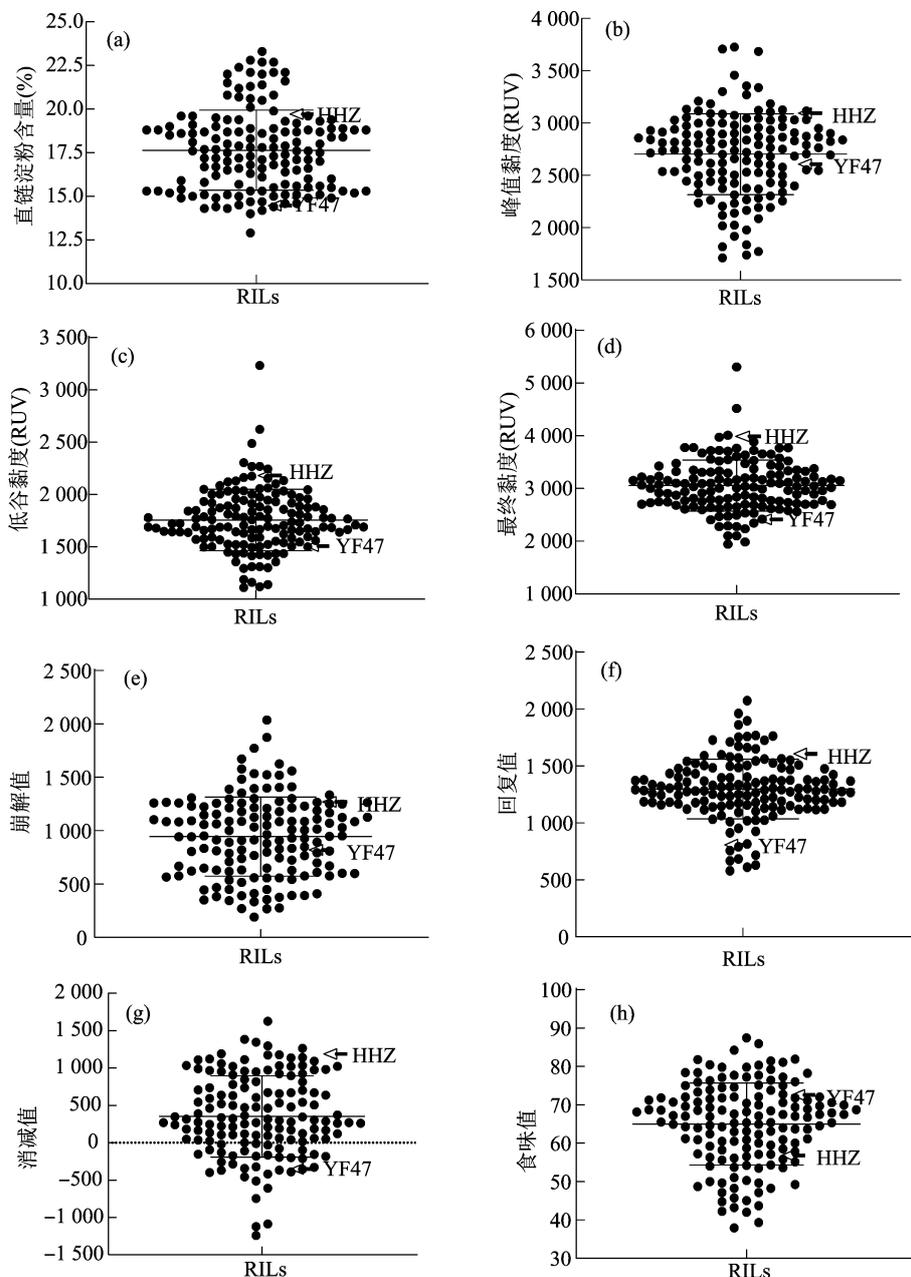
#### 1.4 数据处理与图表绘制

数据处理及图表绘制分别利用 GraphPad Prism ver. 5.0 和 Microsoft Office PowerPoint 2007 进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 稻米淀粉特性及食味值在 RILs 中的分布

图1显示,直链淀粉含量分布范围为12.90%~23.30%,均值为17.60%;峰值黏度分布范围为1 712~3 277 RUV,均值为2 745 RUV;低谷黏度分布范围为1 112~3 235 RUV,均值为1 723 RUV;最终黏度分布范围为1 942~5 308 RUV,均值为3 040 RUV;崩解值分布范围为191~2 036,均值为952;回复值分布范围为580~2 073,均值为1 291;



图中数据为均值±标准差( $n=144$ ), HHZ为黄花占, YF47为盐丰47

图1 稻米淀粉特性及食味值在重组自交系群体中的分布

消减值分布范围为  $-1\ 242 \sim 1\ 624$ , 均值为 292.5; 食味值分布范围为  $37.9 \sim 87.4$ , 均值为 66.95。整体来看, RILs 稻米淀粉特性及食味值的分布范围较广, 相较于亲本均存在超亲分布。

## 2.2 RILs 中 RVA 特征谱与直链淀粉含量的相关性

图 2-a 至图 2-f 分别显示了各项 RVA 特征谱与直链淀粉含量的相关性, 其中, 直链淀粉含量与低谷黏度、最终黏度及消减值达到显著或极显著正相关, 与崩解值达到极显著负相关; 而与峰值黏度及回复值的相关性未达到显著水平。进一步, 笔者所在课题组以 RILs 中直链淀粉含量均值 17.6% 为分级标准, 将 RILs 划分为高直链淀粉含量 ( $n = 70$ ) 及低直链淀粉含量 ( $n = 74$ ) 2 个组别, 比较不同组别间 RVA 特征谱(与直链淀粉含量达到显著相关的各项指标)的差异, 由图 2-g 至图 2-j 可以看出, 高直链淀粉含量组别具有较高的低谷黏度、最终黏度及消减值, 并具有较低的崩解值。

## 2.3 RILs 中稻米淀粉特性与食味值的相关性

图 3-a 至图 3-g 显示了各项淀粉特性与食味值间的相关性, 其中, 直链淀粉含量与食味值呈极显著负相关; RVA 特性谱中低谷黏度、最终黏度及消减值与食味值呈极显著负相关, 而崩解值与食味值呈显著正相关。进一步, 笔者所在课题组以食味值 60 及 70 为分级标准, 将 RILs 划分为高(食味值  $> 70$ ,  $n = 48$ )、中( $60 < \text{食味值} \leq 70$ ,  $n = 53$ )及低(食味值  $\leq 60$ ,  $n = 43$ )食味组, 比较了直链淀粉含量、低谷黏度、最终黏度、崩解值及消减值在不同食味组的表现, 整体来看(图 3-h 至图 3-l), 高食味组具有低直链淀粉含量、较小低谷黏度、低最终黏度、低消减值及高崩解值的特性。

## 2.4 利用稻米淀粉特性进行食味品质辅助选择的分析

由以上分析可知, 直链淀粉含量、低谷黏度、最终黏度、崩解值及消减值与人工品尝所获得食味值密切相关, 笔者所在课题组参考食味值的赋分标准, 将上述 5 项淀粉特性分布的 25%、50% 及 75% 作为界限, 对应赋分为 20、15、10 及 5(表 1), 5 项淀粉特性加合获得稻米淀粉特性综合评分, 代表淀粉特性对食味品质的综合贡献。由图 4-a 可以看出, 在 RILs 中, 稻米淀粉特性综合评分与食味值间的相关性达到 0.001 水平上的显著正相关, 相比于各单项淀粉特性, 其代表性显著增强。为进一步验证稻

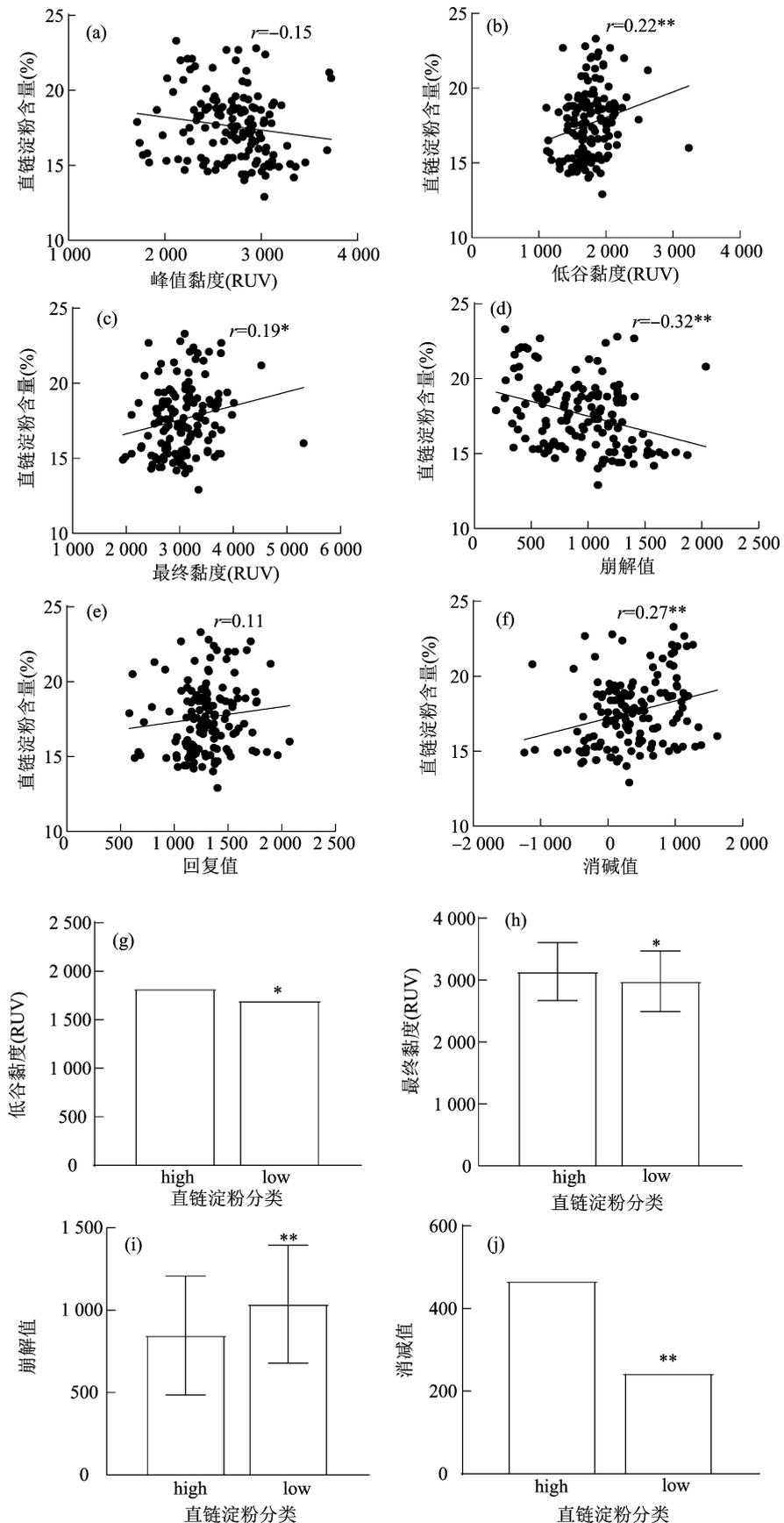
米淀粉特性综合评分在食味品质辅助选择中的准确性及适用性, 笔者所在课题组于另外的试验材料 RILs-1 及 BILs 中, 开展了淀粉特性综合评分与食味值的相关性分析(图 4-b、图 4-c)。结果表明, 稻米淀粉特性综合评分与食味值间的相关性均达到 0.001 水平上的显著正相关。

## 3 讨论与结论

本研究发现, RVA 特征谱中低谷黏度、最终黏度、崩解值及消减值与直链淀粉含量的相关性达到显著或极显著水平, 不同直链淀粉含量分组间, 上述指标差异亦达到显著或极显著水平。这与以往研究结论<sup>[8,10]</sup>基本相似, 但相关系数较籼或粳亚种内的相关性略有降低<sup>[16]</sup>, 这可能是在籼粳稻杂交后代, 由于亚种血缘的混合, 遗传背景更为复杂<sup>[17]</sup>, 影响因子更多造成的。所有淀粉特性中, 直链淀粉含量、低谷黏度、最终黏度、崩解值及消减值与食味值密切相关, 通过赋分加合, 获得了稻米淀粉特性综合评分, 与食味值的相关性达到 0.001 水平上显著, 与各单项指标相比, 相关性显著增强; 笔者所在课题组进一步通过其他遗传群体进行验证, 也得到了类似的结论。整体来看, 淀粉特性综合评分代表了淀粉特性对于食味值的综合贡献, 且具有所需样品量少、不易受人为因素影响的优点; 但除了淀粉特性, 食味品质还受蛋白质含量、微量元素等多因子影响<sup>[18-20]</sup>, 因此, 上述评价方法还需进一步优化, 以期最准确地反映食味品质, 笔者所在课题组将就以上问题继续开展研究。

## 参考文献:

- [1] 田志喜, 严长杰, 钱前, 等. 水稻淀粉合成相关基因分子标记的建立[J]. 科学通报, 2010, 55(26): 2591-2601.
- [2] Sun J, Liu D, Wang J Y, et al. The contribution of intersubspecific hybridization to the breeding of super-high-yielding *Japonica* rice in northeast China[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2012, 125(6): 1149-1157.
- [3] 刘巧泉, 蔡秀玲, 李钱峰, 等. 分子标记辅助选择改良特青及其杂交稻米的蒸煮与食味品质[J]. 作物学报, 2006, 32(1): 64-69.
- [4] 蔡秀玲, 刘巧泉, 汤述翥, 等. 用于筛选直链淀粉含量为中等的籼稻品种的分子标记[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2002, 28(2): 137-144.
- [5] 倪晖. 水稻 *Wx* 基因不同等位变异的效应及其育种应用的初步研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2013.
- [6] Biselli C, Cavalluzzo D, Perrini R, et al. Improvement of marker-based predictability of Apparent Amylose Content in *Japonica* rice



\*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著、极显著。图 3 同

图2 直链淀粉与 RVA 特征谱的相关性分析

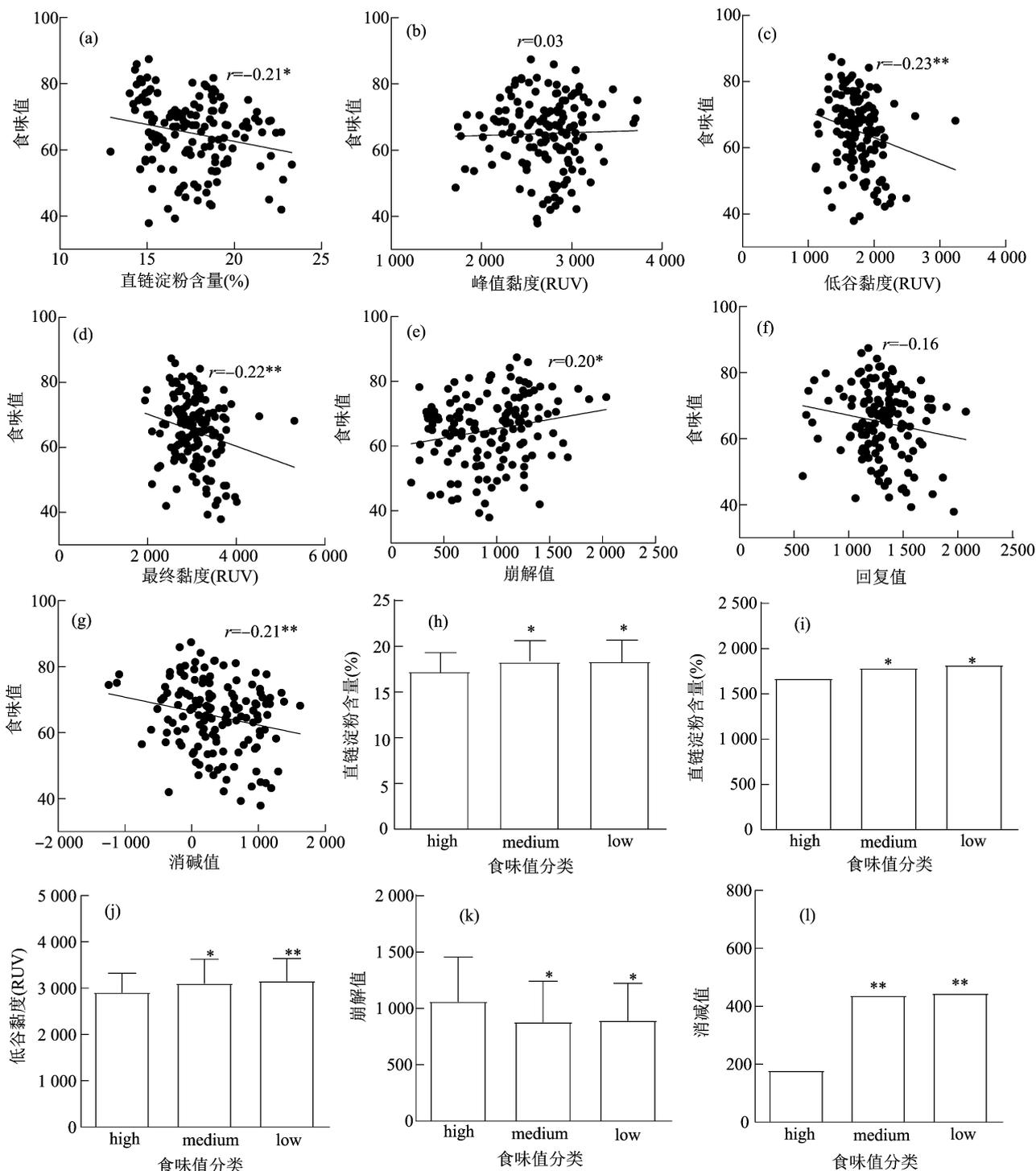
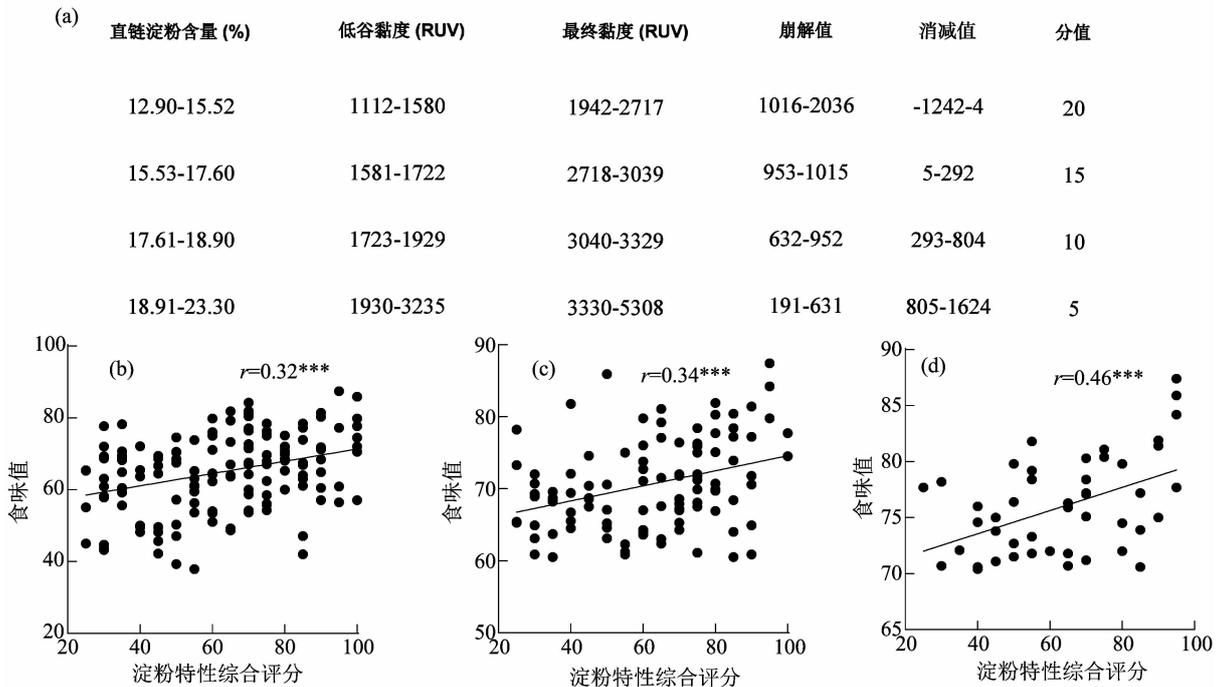


图3 稻米淀粉特性与食味值的相关性分析

表1 稻米淀粉特性综合赋分标准

| 直链淀粉含量 (%)    | 低谷黏度 (RUV)    | 最终黏度 (RUV)    | 崩解值           | 消减值         | 分值 |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----|
| 12.90 ~ 15.52 | 1 112 ~ 1 580 | 1 942 ~ 2 717 | 1 016 ~ 2 036 | -1 242 ~ 4  | 20 |
| 15.53 ~ 17.60 | 1 581 ~ 1 722 | 2 718 ~ 3 093 | 953 ~ 1 015   | 5 ~ 292     | 15 |
| 17.61 ~ 18.90 | 1 723 ~ 1 929 | 3 040 ~ 3 329 | 632 ~ 952     | 293 ~ 804   | 10 |
| 18.91 ~ 23.30 | 1 930 ~ 3 235 | 3 330 ~ 5 308 | 191 ~ 631     | 805 ~ 1 624 | 5  |



a~c 分别显示了 RILs、RILs-1 及 BILs 中稻米淀粉特性综合评分与食味值间的相关性; \*\*\* 表示 0.001 水平上显著相关  
图4 稻米淀粉特性综合评分与食味值间的相关性分析

through *GBSSI* allele mining[J]. Rice, 2014, 7(1): 1.

- [7] Kinoshita N, Kato M, Koyasaki K, et al. Identification of quantitative trait loci for rice grain quality and yield-related traits in two closely related *Oryza sativa* L. subsp. *japonica* cultivars grown near the northernmost limit for rice paddy cultivation[J]. Breeding Science, 2017, 67(3): 191-206.
- [8] 姚 姝, 陈 涛, 张亚东, 等. 分子标记辅助选择聚合水稻暗胚乳突变基因 *Wx-mq* 和抗条纹叶枯病基因 *Stw-b<sup>i</sup>* [J]. 中国水稻科学, 2010, 24(4): 341-347.
- [9] Tian Z X, Qian Q A, Liu Q Q, et al. Allelic diversities in rice starch biosynthesis lead to a diverse array of rice eating and cooking qualities[J]. PNAS, 2009, 106(51): 21760-21765.
- [10] Wada T, Ogata T, Tsubone M, et al. Mapping of QTLs for eating quality and physicochemical properties of the *Japonica* rice 'Koshihikari' [J]. Breeding Science, 2008, 58(4): 427-435.
- [11] Bao J S, Kong X L, Xie J K, et al. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(19): 6010-6016.
- [12] Lee H, Kim H S. Pasting and paste properties of waxy rice starch as affected by hydroxypropyl methylcellulose and its viscosity [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 153: 1202-1210.
- [13] Butardo V M, Fitzgerald M A, Bird A R, et al. Impact of down-regulation of starch branching enzyme IIb in rice by artificial micro RNA - and hairpin RNA - mediated RNA silencing [J]. Journal of

Experimental Botany, 2011, 62(14): 4927-4941.

- [14] Loubes M A, González L C, Tolaba M P. Pasting behaviour of high impact ball milled rice flours and its correlation with the starch structure [J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(8): 2985-2993.
- [15] Lestari P, Ham T H, Lee H H, et al. PCR marker-based evaluation of the eating quality of *Japonica* rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(7): 2754-2762.
- [16] Sandhu R S, Singh N, Kaler R S S, et al. Effect of degree of milling on physicochemical, structural, pasting and cooking properties of short and long grain Indica rice cultivars [J]. Food Chemistry, 2018, 260: 231-238.
- [17] 朱霁晖, 张昌泉, 顾铭洪, 等. 水稻 *Wx* 基因的等位变异及育种利用研究进展 [J]. 中国水稻科学, 2015, 29(4): 431-438.
- [18] Sun M M, Abdula S E, Lee H J, et al. Molecular aspect of good eating quality formation in *Japonica* rice [J]. PLoS One, 2011, 6(4): e18385.
- [19] Yamanaka S, Nakamura I, Watanabe K N, et al. Identification of SNPs in the *waxy* gene among glutinous rice cultivars and their evolutionary significance during the domestication process of rice [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2004, 108(7): 1200-1204.
- [20] Zhou H J, Wang L J, Liu G F, et al. Critical roles of soluble starch synthase *SSIIIa* and granule-bound starch synthase *Waxy* in synthesizing resistant starch in rice [J]. PNAS, 2016, 113(45): 12844-12849.