

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、便捷及不易受人为因素影响的优点,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^[1],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^[2]。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^[3]。针对上述问题,前人进行过大量研究^[4-5],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^[6-7]。

有研究表明,直链淀粉含量是食味品质的主要影响因子^[8-9]。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^[10]。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^[11],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^[12-13]。因此,本研究以遗传背景较复杂的粳粳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,以期为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 m²,2019 年 4 月 21 日播种,5 月 26 日移栽,全生育期施入 N (15 kg/667 m²)、P₂O₅ (7 kg/667 m²) 和 K₂O (3 kg/667 m²),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^[13-14],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^[15]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。

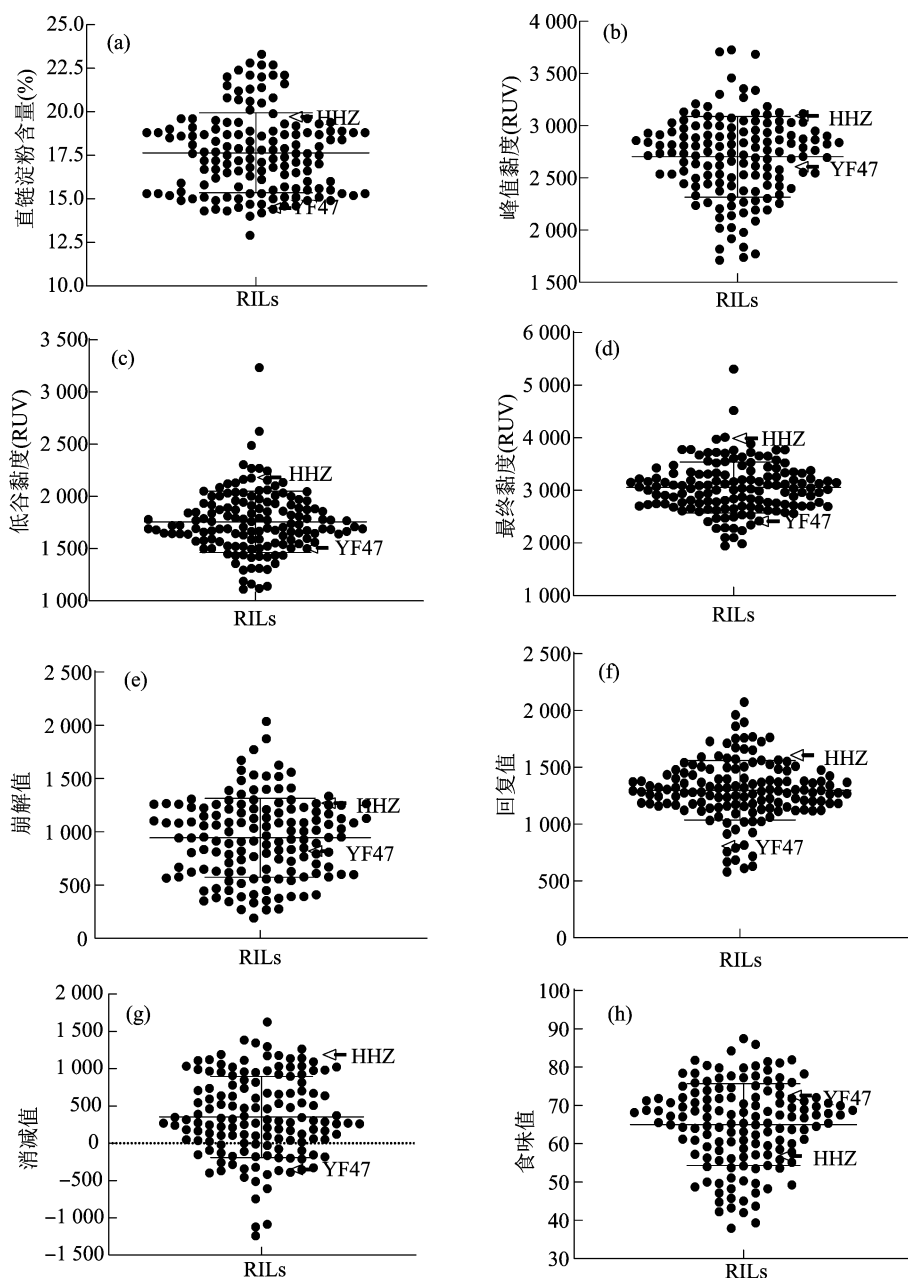
1.4 数据处理与图表绘制

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 ~ 3 727 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 \pm 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 ≤ 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

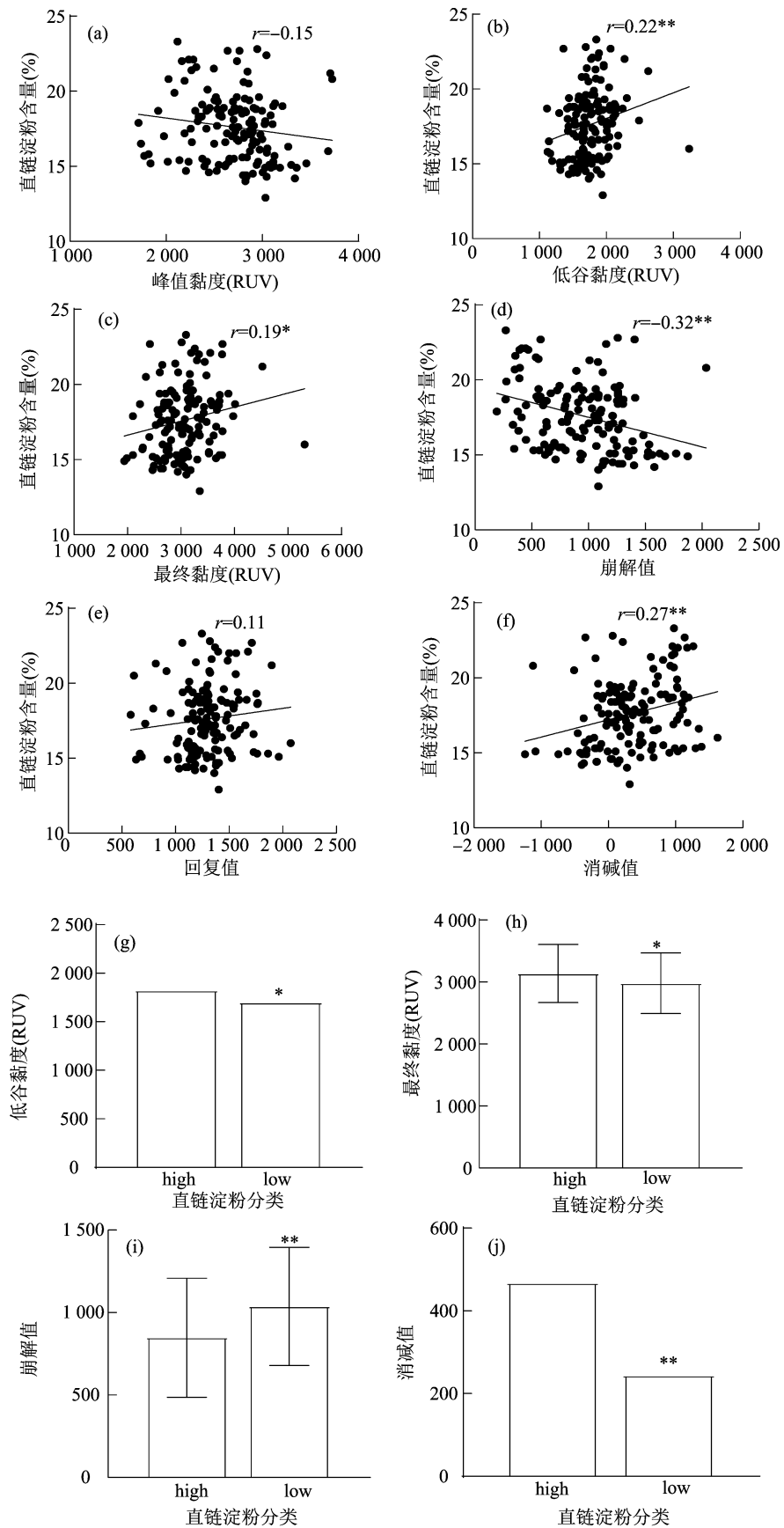
米淀粉特性综合评分在食味品质辅助选择中的准确性及适用性, 笔者所在课题组于另外的试验材料 RILs-1 及 BILs 中, 开展了淀粉特性综合评分与食味值的相关性分析 (图 4-b、图 4-c)。结果表明, 稻米淀粉特性综合评分与食味值间的相关性均达到 0.001 水平上的显著正相关。

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^[8,10]基本相似, 但相关系数较粳或粳亚种内的相关性略有降低^[16], 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^[17], 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^[18-20], 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

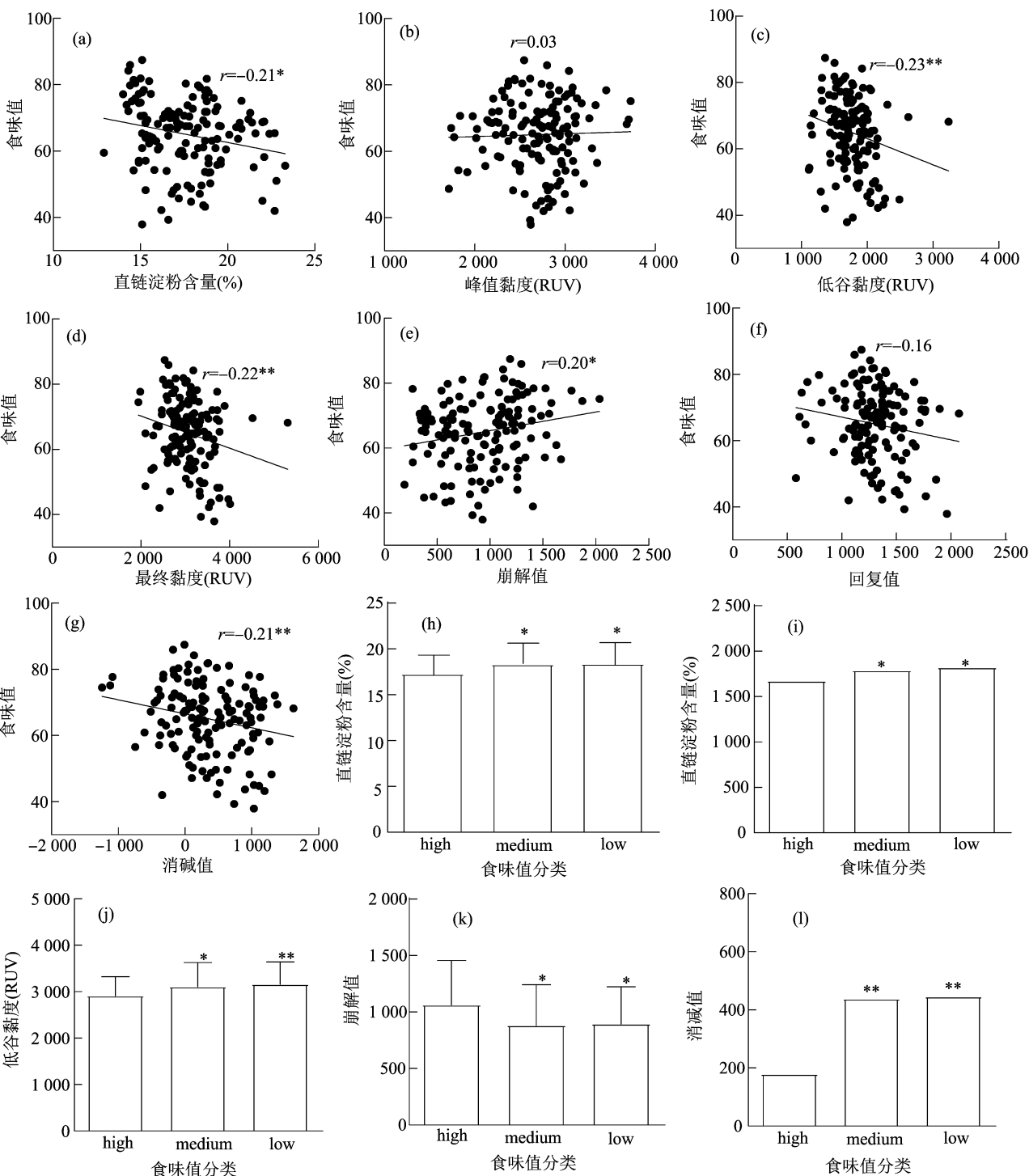
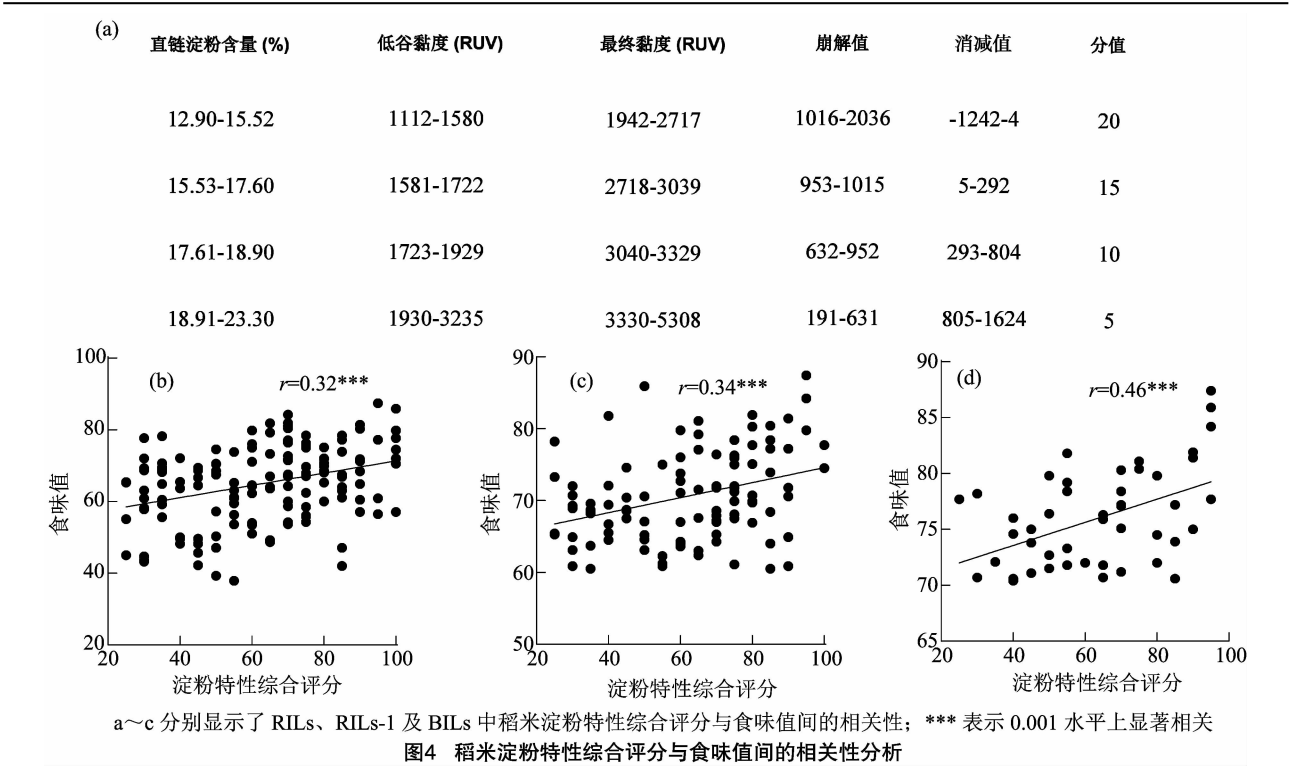


图3 稻米淀粉特性与食味值的相关性分析

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	消碱值	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



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-bⁱ* [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 *SSIIa* and granule - bound starch synthase *Waxy* in synthesizing resistant starch in rice [J]. *PNAS*,2016,113(45):12844-12849.