



# 基于3种方法的西南杂交籼稻稻米食味评价及品种优选

卢慧<sup>1</sup>, 袁玉洁<sup>1</sup>, 张丝琪<sup>1</sup>, 陈虹<sup>1</sup>, 陈多<sup>1</sup>, 钟晓媛<sup>1</sup>, 李博<sup>1</sup>, 邓飞<sup>1</sup>, 陈勇<sup>1</sup>, 李贵勇<sup>2</sup>, 任万军<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>四川农业大学/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川温江 611130; <sup>2</sup>云南省农业科学院粮食作物研究所, 昆明 650200

**摘要:**【目的】基于现有3种稻米食味评价方法, 研究西南稻区不同杂交籼稻品种食味品质特点, 并优选出优良食味杂交籼稻品种。【方法】在2017年品种筛选试验的基础上, 于2018年在云南永胜和四川大邑分别采用单因素随机区组田间试验, 应用2种国标感官评价和食味计进行评价, 比较分析20个杂交籼稻品种的食味品质差异及其对食味评价方法的响应。【结果】稻米食味品质受多种因素共同调控, 食味优良的品种具有在2种感官评价下稻米的气味、外观、适口性、滋味和冷饭质地, 以及食味计评价下的外观和口感评分均优良的共性, 进而具有较高的食味品质。通径分析表明, 适口性对食味贡献率最大, 滋味和外观次之, 冷饭质地最低。不同品种间稻米食味品质差异明显。3种评价方法下, 宜香优2115、内5优39、繁优609、花香优1618、川优6203和隆两优1146在2生态点均具有优良食味品质。相较于绿优4923和川优8377等低食味品种, 宜香优2115和花香优1618等品种具有较高的气味、外观、适口性、滋味, 进而食味较好。品种对不同评价方法的响应存在差异, 永胜渝香203和大邑Y两优1号在2种感官评价下均属于低食味品种, 但在食味计评价下则显著高于食味计平均食味。线性拟合结果表明, 感官百分制评分和等级综合评分线性拟合度高, 相关系数 $r=0.94^{***}$ , 而食味计评分与感官百分制评分和等级综合评分相关系数分别为 $r=0.49^{***}$ 和 $r=0.53^{***}$ , 离散程度较大, 不足以解释相互之间关系。【结论】稻米食味品质受生态条件和品种共同作用, 采用单一食味评价方法不能准确评价各品种稻米食味品质。因此, 综合运用3种现行食味评价方法, 筛选出宜香优2115、内5优39、繁优609、花香优1618、川优6203和隆两优1146等6个食味优良且稳定的品种, 可以用作西南优质食味品种推广。

**关键词:** 水稻; 食味品质; 评价方法; 食味计; 感官评价

## Evaluation of Rice Eating Quality and Optimization of Varieties of Southwest Indica Hybrid Rice Based on Three Taste Evaluation Methods

LU Hui<sup>1</sup>, YUAN YuJie<sup>1</sup>, ZHANG SiQi<sup>1</sup>, CHEN Hong<sup>1</sup>, CHEN Duo<sup>1</sup>, ZHONG XiaoYuan<sup>1</sup>, LI Bo<sup>1</sup>, DENG Fei<sup>1</sup>, CHEN Yong<sup>1</sup>, LI GuiYong<sup>2</sup>, REN WanJun<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Sichuan Agricultural University/Crop Ecophysiology and Cultivation Key Laboratory of Sichuan Province, Wenjiang 611130, Sichuan; <sup>2</sup>Institute of Food Crops of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650200

**Abstract:** 【Objective】Based on the three existing taste evaluation methods, the aim of this study was to research the eating quality characteristics of different indica hybrid rice varieties, and to select the excellent taste indica hybrid rice varieties in Southwest China.

【Method】Based on the variety screening test in 2017, a single-factor randomized block field experiment was conducted in

收稿日期: 2020-06-30; 接受日期: 2020-09-03

基金项目: 国家粮食丰产增效科技创新专项(2016YFD03005-06, 2018YFD030141-04)、四川省育种攻关项目(2016NYZ0051)

联系方式: 卢慧, E-mail: luhui@stu.sicau.edu.cn. 通信作者任万军, E-mail: rwjun@126.com

Yongsheng and Dayi in 2018. The eating quality was evaluated by two national standard sensory evaluation methods and taste analyzer for comparing the response of indica hybrid rice to sensory evaluation method, and the differences were compared among the 20 rice varieties. 【Result】 The eating quality of rice was regulated by multiple factors, the varieties with good taste had common characteristics, including excellent aroma, appearance, palatability, flavor and cold rice texture under the two sensory evaluations, as well as the appearance and taste value under the taste analyzer evaluation, and consequently to better eating quality. The path analysis showed that palatability had the highest contribution, followed by flavor and appearance, and the cold rice texture was the lowest. There were obvious differences in the eating quality of rice among different varieties. Under the three evaluation methods, Yixiangyou 2115, Nei 5 you 39, Fanyou 609, Huaxiangyou 1618, Chuanyou 6203 and Longliangyou 1146 all had excellent eating quality at 2 eco-points. Compared with Lüyou 4923 and Chuanyou 8377, Yixiangyou 2115 and Huaxiangyou 1618 had higher aroma, appearance, palatability, flavor, and consequently to higher eating quality. There were differences in the response of varieties to different evaluation method. Yuxiang 203 at Yongsheng and Y Liangyou 1 hao at Dayi belonged to poor taste varieties under 2 sensory evaluations, whereas both of them significantly higher than average under the evaluation of taste analyzer. The linear fitting results showed that the sensory hundred percentage point system (SHP) and the comprehensive grade rating (CGR) had a high linear fit, the correlation coefficient was  $r=0.94^{***}$ , the correlation coefficients of the taste analyzer value (TAV) to SHP and CGR were  $r=0.49^{***}$  or  $r=0.53^{***}$ , respectively, and the degree of dispersion was too large to fully explain the internal relationship between each other. 【Conclusion】 The eating quality of rice was affected by ecological conditions and varieties. However, using a single taste evaluation method could not accurately evaluate the eating quality of rice varieties. Therefore, 6 varieties with good and stable taste, including Yixiangyou 2115, Nei 5 you 39, Fanyou 609, Huaxiangyou 1618, Chuanyou 6203 and Longliangyou 1146, were selected by comprehensive used of the three current taste evaluation methods, which could be promoted as the high-quality taste varieties in Southwest China.

**Key words:** rice; eating quality; evaluation method; taste analyzer; sensory evaluation

## 0 引言

【研究意义】稻米食味不仅受遗传特性影响<sup>[1-2]</sup>, 还受水稻生长气候环境调控, 也因品尝员食味嗜好差异而有区别<sup>[3-5]</sup>。随着人民生活质量的提高, 优质稻米供需矛盾日益突出。西南作为全国最典型杂交水稻种植和消费区域, 急需推进杂交水稻食味品质研究以满足快速增长的市场需求。【前人研究进展】稻米品质由于遗传多样性而复杂多样, 前人就品质相关基因进行了较多研究, *Wx* 作为控制表观直链淀粉含量、胶稠度和淀粉粘滞性特征谱 (RVA) 的主效基因对食味有着重要影响<sup>[6-7]</sup>, 除此之外, 还受到栽培措施<sup>[8-9]</sup>、气象因子<sup>[10-11]</sup>等多方面共同调控。目前品质研究多集中在理化指标与品质关系, 前人研究表明, 优质食味稻米的蛋白质含量在 6.5%—7.5%、直链淀粉含量低于 16.5%、消减值在 25 RVU 以下<sup>[12]</sup>, 但理化指标的测定改变了大米的物理结构, 且大米在煮成米饭的过程中已经发生了质变, 不能完全代替复杂的感官。对此, 研究者进行了粳稻食味与产量<sup>[13-14]</sup>、蒸煮方式<sup>[15]</sup>、食味评价方式<sup>[16-18]</sup>等关系的研究, 且日本在基于理化指标和感官食味的基础上研发出食味计<sup>[19]</sup>, 能够快速高效地测量粳稻食味品质。【本研究切入点】对影响稻米食味因素、食味评价方式等已有较多研究<sup>[20-21]</sup>,

但西南一季中籼杂交稻区品质研究主要集中在气候条件<sup>[22-23]</sup>、栽培方式<sup>[24]</sup>、理化指标<sup>[25-26]</sup>等方面, 关于运用不同食味评价方法准确评价杂交籼稻食味的应用还鲜见报道。【拟解决的关键问题】在前期进行品种筛选研究<sup>[27]</sup>的基础上, 以筛选出的 20 个具有代表性的杂交籼稻品种在云南永胜和四川大邑实施田间试验, 利用国内现行的感官百分制评分、感官等级综合评分和日本米饭食味计进行食味评价, 以明确西南杂交籼稻品种的食味品质差异, 并优选出优良食味杂交籼稻品种, 为西南稻区杂交籼稻优质食味育种和栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验于 2018 年在云南永胜和四川大邑两个生态点进行, 永胜试验田基础地力为: pH 6.71, 有机质 31.98 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 1.98 g·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 144.11 mg·kg<sup>-1</sup>, 全磷 0.92 g·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 23.10 mg·kg<sup>-1</sup>, 全钾 10.36 g·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 213.28 mg·kg<sup>-1</sup>; 大邑试验田: pH 5.48, 有机质 35.24 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 3.05 g·kg<sup>-1</sup>, 全磷 0.61 g·kg<sup>-1</sup>, 全钾 3.51 g·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 96.31 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 26.32 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 105.28 mg·kg<sup>-1</sup>。生育期内气象数据见图 1, 供试品种见表 1。

1.2 试验设计

各试验点采用品种单因素随机区组设计，设置 3 次重复，共 60 个小区。小区面积均为 19.8 m<sup>2</sup>（长 11 m，宽 1.8 m）。采用大田硬盘（规格为 58 cm×28 cm×2.5 cm）旱育毯苗秧，大邑 4 月 3 日播种，5 月 3 日移栽，30 d 秧龄；永胜 4 月 8 日播种，5 月 13 日移栽，35 d 秧龄。插秧机调行穴距为 30 cm×20 cm，栽后 3 d 定苗，每穴 3 苗。施纯氮 180 kg·hm<sup>-2</sup>，按基肥：蘖肥=7：3 施用。按 N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O=2：1：2 确定磷、钾肥施用量，磷肥作基肥一次性施用，钾肥按基肥：分蘖肥=5：5 的比例施用。水分管理及病虫、草害防治等相关栽培措施均按照当地常规高产栽培要求实施。

1.3 测定项目与方法

感官评价按照中华人民共和国国家标准《GB/T15682-2008 粮油检验 稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方式》中的两个评分方法，a 将评价方法 1 定义为“感官百分制评分”；b 将评价方法 2 定义为“等级综合评分”，等级分为“-3、-2、-1、0、1、2、3”，其中，适口性考察品尝员主观喜好，数据统计时，剔除与平均值超过 2 个等级的打分；c 食味计值测定采用日本佐竹公司生产食味计（STA-1A 型）测定米饭

食味值，本文定义为“食味计评分”。

1.3.1 样品前处理 成熟收获时各小区按照四分法选取试验样品约 2 kg 放在网袋中，晒至安全水分后，稻谷统一储存在四川农业大学成都校区，在室温下保存 3 个月，待其理化性质趋于稳定后，使用 6N80 型碾米机碾精，FOS-130 型碎米分离器分离加工成国家标准一等精度的大米备用。3 种评价方法的米饭制备过程一致，称取 30±0.1 g 制备好的整精米于食味计罐中，加水浸泡，使用食味计冲水管冲洗 30 s，加入 48 g 蒸馏水（米水比为 1：1.6），浸泡 30 min，然后在蒸饭锅中蒸煮 30 min，对米饭进行轻轻的上下翻动，焖 10 min 后进行国标中百分制评分和等级综合评分；食味计评分在焖饭之后需在冷却装置中吹 20 min，在室温下放置 2 h 后进行上机测定，称取约 7 g 米饭压制成饭饼，测定食味，正反面各测一次，设置 3 次平行，平行之间食味计值相差 5 分以上则重测。

1.3.2 品尝员 参照国标《GB/T 16291.1-2012 感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第 1 部分：优选评价员》的原则，严格筛选培训 20 名在校大学生作为品尝员，他们来自全国多个省份，且全部以大米为主食。

表 1 供试杂交籼稻品种信息和米质等级  
Table 1 Variety information and rice quality grade of the tested Hybrid Indica Rice

品种 Variety	亲本 Parent	米质 Rice quality grade	品种 Variety	亲本 Parent	米质 Rice quality grade
宜香 4245 Yixiang 4245	宜香 1A×宜恢 4245 Yixiang 1A×Yihui 4245	三级 Grade III	花香优 1618 Huaxiangyou 1618	花香 A×川恢 1618 Huaxiang A×Chuanhui 1618	三级 Grade III
内 5 优 39 Nei 5 you 39	内香 5A×内恢 2539 Neixiang 5 A×Neihui2539	二级 Grade II	绿优 4923 Lüyou 4923	绿 5 DF 1A×绿恢 4923 Lü5DF1 A×Lühui 4923	三级 Grade III
Y 两优 1 号 Y liangyou 1 hao	Y58S×9311 Y58S×9311	三级 Grade III	中优 295 Zhongyou 295	中 9A×禾恢 295 Zhong 9 A×Hehui 295	三级 Grade III
川优 6203 Chuanyou 6203	川 106A×成恢 3203 Chuan 106 A×Chenghui3203	二级 Grade II	隆两优 1146 Longliangyou 1146	隆科 638S×华恢 1146 Longke 638 S×Huahui 1146	三级 Grade III
晶两优 534 Jingliangyou 534	晶 4155S×R534 Jing 4155S×R534	三级 Grade III	F 优 498 F you 498	江育 F32A×蜀恢 498 Jiangyu F 32 A×Shuhui 498	三级 Grade III
旌优 127 Jingyou 127	旌香 1A×成恢 727 Jingxiang 1 A×Chenghui 727	二级 Grade II	中 9 优 2 号 Zhong 9 you2 hao	中 9A×红恢 2 号 Zhong 9 A×Honghui 2 hao	三级 Grade III
渝香 203 Yuxiang 203	宜香 1A×渝恢 2103 Yixiang 1 A×Yuhui2103	二级 Grade II	蜀优 217 Shuyou 217	蜀 21A×成恢 727 Shu 21 A×Chenghui 727	——
繁优 609 Fanyou 609	繁源 A×帮恢 609 Fanyuan A×Banghui 609	二级 Grade II	宜香优 2115 Yixiangyou 2115	宜香 1A×雅恢 2115 Yixiang 1 A×Yahui 2115	二级 Grade II
C 两优华占 Cliangyouhuazhan	C815S×华占 C815S×Huazhan	三级 Grade III	川优 8377 Chuanyou 8377	川 358A×成恢 377 Chuan 358 A×Chenghui 377	一级 Grade I
天优华占 Tianyouhuazhan	天丰 A×华占 Tianfeng A×Huazhan	三级 Grade III	渝优 7109 Yuyou 7109	渝 802A×渝恢 7109 Yu 802A×Yuhui 7109	三级 Grade III

**1.3.3 基准米** 根据国标要求,通过优选品尝员的3次重复品尝,四川种植的天优华占综合评分为75分左右。同时,该品种种植面积大,自审定以来累计推广超过 $1.5\times 10^6$  hm<sup>2</sup>,且品质稳定,因此以其作为对照品种。

**1.4 数据统计分析**

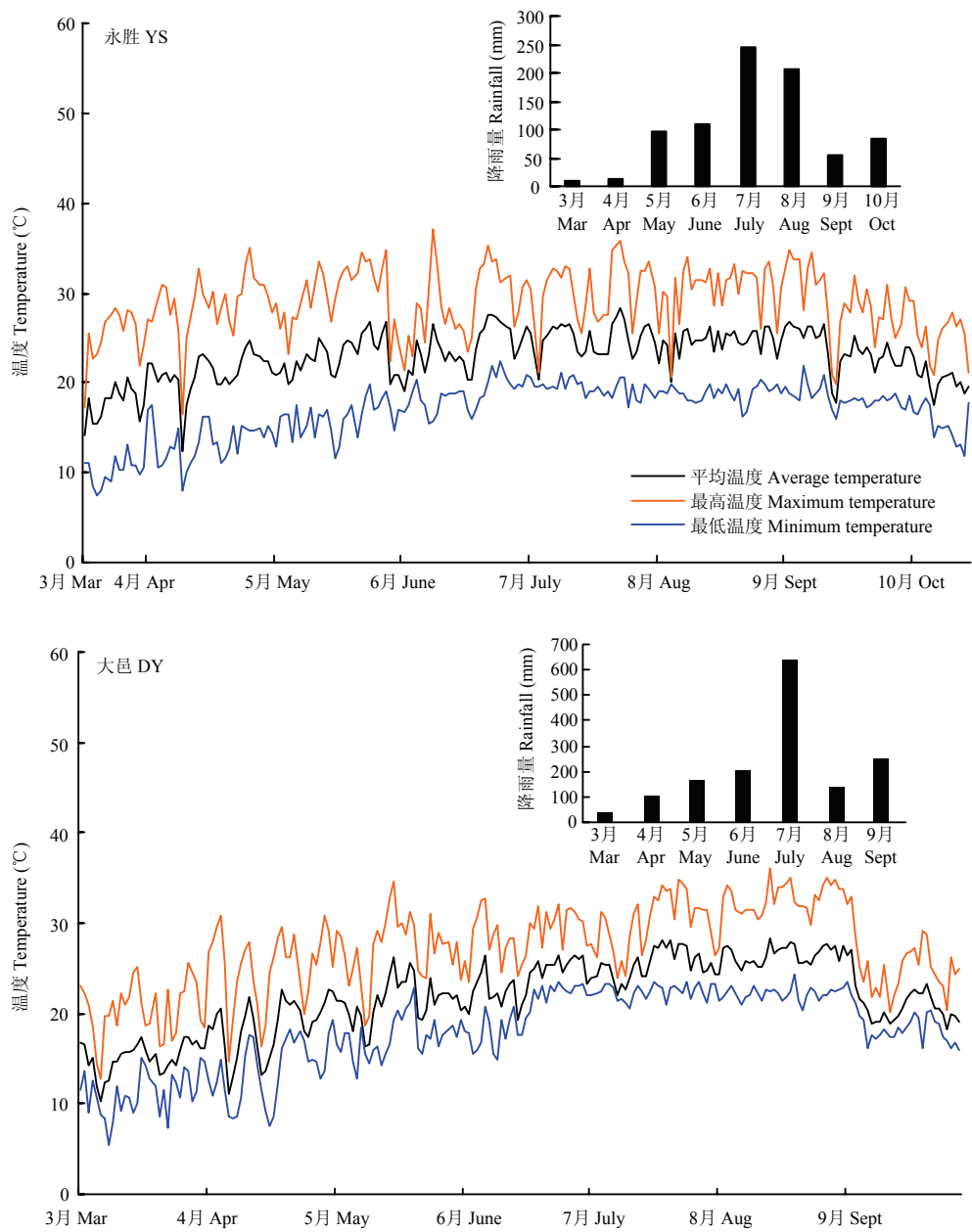
采用 Microsoft Excel 2016 整理和计算数据,运用

SPSS 数据处理系统进行数据分析,用 OriginLab 2018 作图。

**2 结果**

**2.1 不同杂交籼稻品种稻米食味品质的差异分析**

**2.1.1 感官百分制评分下稻米食味品质差异** 由表2可知,在感官百分制评分下稻米食味品质受品种和



YS: 云南永胜; DY: 四川大邑, 下同 DY: Dayi County, Sichuan Province, YS: Yongsheng County, Yunnan Province. The same as below

图1 2018年永胜、大邑生态点气象数据  
Fig. 1 Meteorological data of Yongsheng County and Dayi County in 2018

表 2 基于感官百分制评分稻米食味品质及食味指标的差异分析

Table 2 The difference analysis of rice eating quality and taste index based on sensory hundred percentage point system

品种 Variety	气味 Aroma		外观 Appearance		适口性 Palatability		滋味 Flavor		冷饭质地 Cold rice texture		感官百分制评分 SHP	
	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY
	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY
宜香 4245 Yixiang 4245	18.37bc	17.76b	16.57bcde	14.01ef	23.24bcde	21.66b	19.61abc	19.15bcde	3.74def	3.75cdef	81.52bc	76.55def
内 5 优 39 Nei 5 you 39	17.42ghij	17.01cdef	16.98abc	14.24def	23.37bcd	21.52b	19.44bc	19.04bcde	3.97bcd	3.86bcd	81.19bcde	75.95defg
Y 两优 1 号 Y liangyou 1 hao	17.30hijk	16.48f	15.79fgh	12.46g	22.48defg	21.57b	19.07bc	18.13f	3.67defg	3.79bcdef	78.35fg	72.65h
川优 6203 Chuanyou 6203	17.83defg	16.97def	16.28def	15.34bcd	23.20bcdef	22.44b	19.61abc	19.03bcde	3.63defg	4.1abc	80.63cde	78.1bcde
晶两优 534 Jingliangyou 534	17.51fghij	16.84ef	16.62bcd	13.85f	23.68abc	21.84b	19.85ab	18.54def	3.75def	3.78bcdef	81.23bcd	75.2fg
旌优 127 Jingyou 127	18.03cde	17.75b	16.38cdef	14.38def	22.86cdefg	21.66b	19.75abc	18.93bcdef	3.62defg	3.72cdefg	80.43cde	76.41def
渝香 203 Yuxiang 203	16.84k	17.48bcde	14.32j	14.57cdef	20.19i	21.78b	18.87cd	19.13bcde	3.82cdef	3.83bcde	73.68i	77.16cdef
繁优 609 Fanyou 609	18.19cd	17.65bcd	17.17ab	16.35b	23.35bcde	21.71b	20.32a	19.64abc	3.91bcde	3.92bc	82.6b	79.57bc
C 两优华占 C liangyouhuazhan	17.25ijk	17.15bcdef	15.18hi	14.78cdef	22.93cdefg	21.69b	19.58abc	18.85cdef	3.75def	3.85bcde	78.67fg	76.38def
天优华占 Tianyouhuazhan	17.51fghij	16.87ef	15.87fg	15.01cdef	22.77cdefg	20.97b	19.54abc	18.51def	3.42fgh	3.24hi	78.95fg	75.27fg
花香优 1618 Huaxiangyou 1618	18.65ab	18.39a	17.57a	13.85f	24.11ab	21.29b	20.35a	19.15bcde	4.38a	4.18ab	85.27a	77.09cdef
绿优 4923 Lüyou 4923	17.26ijk	17.04cdef	14.42j	12.76g	22.18fg	21.81b	18.19d	18.32ef	3.17hi	3.44efghi	75.12h	73.44gh
中优 295 Zhongyou 295	17.93cdef	17.42bcde	16.25def	15.70bc	23.14bcdefg	22.15b	19.23bc	18.59def	3.31ghi	3.08i	79.69ef	77.11cdef
隆两优 1146 Longliangyou 1146	17.55efghij	18.89a	16.63bcd	18.09a	23.39bcd	24.79a	19.79ab	20.11a	4.18abc	4.44a	81.79bc	86.2a
F 优 498 F you498	17.46fghij	17.21bcde	15.92efg	15.09cde	22.46defg	21.57b	19.45bc	18.75def	3.51efgh	3.33ghi	78.84fg	75.99defg
中 9 优 2 号 Zhong 9 you2 hao	17.68efghi	17.58bcd	14.61ij	15.75bc	22.12g	22.44b	19.41bc	19.14bcde	3.51efgh	3.51defgh	77.59g	78.47bcd
蜀优 217 Shuyou 217	17.78defgh	17.57bcd	15.99defg	17.63a	22.64cdefg	22.31b	19.58abc	19.19bcd	3.68defg	3.44efghi	79.74def	77.45cdef
宜香优 2115 Yixiangyou 2115	18.93a	18.46a	17.22ab	14.99cdef	24.59a	22.73b	20.37a	19.72ab	4.24ab	4.18ab	85.47a	80.28b
川优 8377 Chuanyou 8377	17.15jk	17.68bc	14.09j	14.14ef	21.21h	21.68b	18.98bc	19.17bcde	2.97i	3.20hi	74.71hi	76.07def
渝优 7109 Yuyou 7109	17.66efghi	17.69bc	15.57gh	13.95ef	22.31efg	21.95b	19.31bc	18.67def	3.75def	3.39fghi	78.66fg	75.66efg
均值 Mean	17.71A	17.50B	15.97A	14.85B	22.81A	21.98B	19.51A	18.99B	3.70A	3.70A	79.71A	77.05B
变幅 Range	16.84-18.93	16.48-18.89	14.09-17.57	12.46-18.09	20.19-24.59	20.97-24.79	18.19-20.37	18.13-20.11	2.97-4.38	3.08-4.44	73.68-85.47	72.65-86.2
CV (%)	2.93	3.39	6.34	9.42	4.25	3.55	2.67	2.51	9.28	9.89	3.84	3.64
双因素方差分析的 P 值 P values of two-ways ANOVA												
生态点 Location	0.000***		0.000***		0.000***		0.000***		0.94		0.000***	
品种 Variety	0.000***		0.000***		0.000***		0.000***		0.000***		0.000***	
生态点×品种 Location × Variety	0.000***		0.000***		0.000***		0.058		0.191		0.000***	

同列中不同小写字母表示差异达 5%显著水平，均值后大写字母表示两个生态点 5%显著水平。\*、\*\*、\*\*\*分别表示为 0.05、0.01、0.001 水平显著。下同  
Values followed by different lowercase letters within the same column indicate significant differences at 5% level. The capital letters after the mean value indicate the 5% significant level of the two ecological points. \*, \*\*, \*\*\* indicate  $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ , respectively. The same as below

SHP: 感官百分制评分; CV: 变异系数 SHP: Sensory hundred percentage point system, CV: Coefficient of variation

生态条件共同作用。冷饭质地受生态点主效影响不显著外, 稻米气味、外观、适口性、滋味和百分制评分均受生态点和品种主效极显著影响, 二者互作极显著影响气味、外观、适口性和百分制食味评分。永胜生态点稻米食味品质明显优于大邑生态点, 其气味、外观、适口性、滋味和百分制评分分别较大邑生态点显著增高 1.20%、7.54%、3.78%、2.74%和 3.45%。不同品种间稻米气味、外观、适口性、滋味和百分制评分差异显著, 其中, 冷饭质地变异系数最大, 外观变异系数次之。生态点与品种互作下, 永胜生态点的花香优 1618 和宜香优 2115 百分制评分显著提高, 两品种具有较高气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地; 渝香 203 具有较低的稻米气味、外观和适口性, 进而导致百分制评分明显低于其他品种。在大邑生态点, 隆两优 1146 气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地提高, 宜香优 2115 通过较高的气味、滋味、冷饭质地而提高了百分制评分; Y 两优 1 号气味、外观、适口性、滋味显著降低, 而导致百分制评分显著低于其余品种, 说明在百分制评分下食味好的品种, 具有气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地优异的共性, 食味差的品种也具有气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地差的一致性。

**2.1.2 等级综合评分下稻米食味品质差异** 由表 3 可以看出, 生态点主效对冷饭质地影响不显著, 但与品种主效分别极显著影响稻米气味、外观、适口性、滋味、等级综合评分食味值; 二者互作极显著影响气味、外观、适口性、滋味和等级综合评分食味值, 而对冷饭质地没有显著影响。大邑相较于永胜的品种气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地和等级综合评分食味值均显著降低, 外观指标尤为显著, 其次为等级综合评分食味值, 两生态点品种气味和冷饭质地相当。根据变异系数来看, 等级综合评分变异系数最大, 其次为气味、外观、适口性。在生态点和品种互作下, 永胜宜香优 2115、花香优 1618 具有较高气味、外观、适口性、滋味和冷饭质地, 繁优 609 具有较高外观、适口性和冷饭质地, 进而显著提高了永胜生态点的品种等级综合评分, 渝香 203 气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地则显著降低而导致等级综合评分低于其余品种。在大邑生态点, 隆两优 1146 气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地显著提高而使等级综合评分显著提高; 绿优 4923 气味、外观、适口性、滋味和冷饭质地显著降低进而使等级综合评分显著降低。

**2.1.3 食味计评分下稻米食味品质差异** 据表 4 可知, 外观、口感与食味计值受到品种、生态点主效以及两者互作显著或极显著影响。永胜生态点品种食味显著高于大邑; 和永胜相比, 大邑生态点品种外观、口感和食味计值分别显著降低了 9.76%、5.37%、1.91%, 大邑生态点内 5 优 39、宜香优 2115 等 13 个品种食味值低于永胜, 外观和口感的降低而导致这些品种食味计值较低。两生态点各品种的变异系数以外观最大分别为 10.46、9.21, 其次为口感和食味计值。在生态点和品种互作下, 永胜生态点内 5 优 39、繁优 609 和花香优 1618 品种由于较高外观和口感而显著提高了食味计值; 绿优 4923、川优 8377 和蜀优 217 外观和口感降低从而显著降低了食味计值。在大邑生态点, 内 5 优 39、繁优 609、花香优 1618、宜香优 2115 外观、口感和食味计值优于其余品种; 食味较差品种绿优 4923、中优 295、川优 8377 的外观、口感较差而显著降低了食味计值。

## 2.2 不同食味评价方法指标对食味的贡献率分析

由表 5 可知, 不同评价方法下各评分指标均与食味呈极显著正相关关系, 但各指标对食味的贡献率表现不一。在感官百分制评分下, 各指标贡献率表现为: 适口性>外观>滋味>气味>冷饭质地; 等级综合评分和感官百分制评分基本一致, 表现为: 适口性>滋味>外观>气味>冷饭质地。在国标两种感官评价下, 适口性相较于其他感官指标对食味的直接通径系数最大, 分别为 0.38 和 0.44, 贡献率最高为 0.33 和 0.36, 是影响食味评分的最重要指标; 冷饭质地对食味评分的贡献率最小, 分别为 0.08 和 -0.02。食味计评分方法下, 口感和外观贡献率分别为 1.28 和 -0.32, 直接作用分别为 1.31 和 -0.35, 口感对食味计评分的贡献率明显大于外观。

## 2.3 杂交籼稻品种食味评价差异分析

**2.3.1 杂交籼稻品种对食味评价方法的响应** 由图 2 可知, 不同品种对不同评价方法的响应存在差异。永胜各品种在 3 种评价方法下食味最高的为花香优 1618 和宜香优 2115, 繁优 609 次之, 绿优 4923 食味最低; 渝香 203 的 2 种感官评价结果分别为 73.68 和 -0.74, 为低食味品种(图 2-a、b), 但食味计评分(76.43)显著高于平均食味(图 2-c); 同时根据各方法下平均食味分析可以看出, 永胜生态点在 2 种感官评价下, 高于各自方法平均食味的品种基本一致, 分别为宜香优 2115、隆两优 1146、花香优 1618 等 10 个品种(图 2-a、b), 在食味计评分中优于平均值的品种共 11 个



表 3 基于等级综合评分稻米食味品质及食味指标的差异分析

Table 3 The difference analysis of rice eating quality and taste index based on comprehensive grade rating

品种 Variety	气味 Aroma		外观 Appearance		适口性 Palatability		滋味 Flavor		冷饭质地 Cold rice texture		等级综合评分 Comprehensive grade rating	
	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY
宜香 4245 Yixiang 4245	0.74abc	0.61ab	0.61bcd	-0.97i	0.61abcd	0.27bcd	0.45bcd	0.22bcde	0.85abc	0.75abcd	1.14bcd	0.19bcde
内 5 优 39 Nei 5 you 39	0.11fgh	-0.05efghi	0.61bcd	-0.77hi	0.76abc	0.31bcd	0.39bcd	0.26bcd	1.04a	0.85abc	0.78cdef	0.08bcde
Y 两优 1 号 Y liangyou 1 hao	-0.04fgh	-0.18ghi	-0.01f	-1.41j	0.60adcd	0.31bcd	0.12de	-0.28def	0.79abc	0.62bcde	0.28efgh	-0.95f
川优 6203 Chuanyou 6203	0.61bcde	0.21cdef	0.33de	-0.04cde	0.44bcde	0.56abc	0.42bcd	0.37bcd	0.66abcd	0.86abc	0.70cdef	0.49bcd
晶两优 534 Jingliangyou 534	0.18efgh	0.10defgh	0.55bcd	-0.84hi	0.79abc	0.39bcd	0.64b	0.11cdef	0.81abc	0.89abc	1.01bcde	-0.31cdef
旌优 127 Jingyou 127	0.39cdef	0.44bcd	0.55bcd	-0.52fgh	0.52abcd	0.08bcd	0.54bc	0.21bcde	0.75abcd	0.50bcdef	0.79cdef	0.06bcde
渝香 203 Yuxiang 203	-0.22h	0.22cde	-0.65g	-0.54fgh	-0.46fg	0.59ab	0.11de	0.44abc	0.88ab	0.89abc	-0.74i	0.26bcde
繁优 609 Fanyou 609	0.64bcd	0.52abc	0.81ab	0.38b	0.68abcd	0.48bc	0.70b	0.87a	0.91ab	0.82abc	1.36abc	0.87b
C 两优华占 C liangyouhuazhan	0.08fgh	0.17cdefg	0.04ef	-0.38efg	0.49bcd	0.17bcd	0.34bcde	0.24bcd	0.75abcd	0.8abc	0.55defg	0.09bcde
天优华占 Tianyouhuazhan	0.22defgh	0.22cde	0.45bcd	0.25bc	0.30bcde	-0.22cd	0.42bcd	0.35bcd	0.67abcd	-0.03fg	0.61defg	0.37bcde
花香优 1618 Huaxiangyou 1618	0.85ab	0.39bcd	1.02a	-0.93i	0.84ab	-0.20bcd	0.66b	-0.10def	1.16a	1.04ab	1.64ab	-0.39cdef
绿优 4923 Lüyou 4923	-0.08gh	-0.25hi	-0.44g	-1.31j	-0.23efg	-0.33d	-0.43f	-0.38f	0.01ef	0.12efg	-0.7i	-1.07f
中优 295 Zhongyou 295	0.32cdefg	-0.18fghi	0.55bcd	0.14bcd	0.08cdef	-0.14bcd	-0.02e	-0.37f	0.14def	-0.19g	0.23fgh	-0.11bcdef
隆两优 1146 Longliangyou 1146	0.08fgh	0.83a	0.41cd	1.19a	0.67abcd	1.21a	0.36bcde	0.70ab	0.88ab	1.26a	0.81cdef	1.92a
F 优 498 F you498	0.04fgh	-0.33i	0.41cd	-0.21def	0.01defg	-0.33d	0.16cde	-0.10def	0.22cdef	0.18efg	-0.05ghi	-0.61ef
中 9 优 2 号 Zhong 9 you 2 hao	0.10fgh	0.24cde	-0.33g	0.09bcd	0.04def	0.17bcd	0.06de	0.43abc	0.37bcde	0.34cdefg	-0.18hi	0.41bcd
蜀优 217 Shuyou 217	0.20defgh	-0.11efghi	0.75abc	-0.19def	0.39bcde	-0.15bcd	0.40bcd	0.22bcde	0.34bcdef	0.24defg	0.68cdefg	-0.2cdef
宜香优 2115 Yixiangyou 2115	1.14a	0.64ab	0.99a	-0.65ghi	1.21a	0.33bcd	1.09a	0.47abc	1.29a	1.00ab	1.91a	0.61bc
川优 8377 Chuanyou 8377	-0.06fgh	-0.04efghi	-0.42g	-0.49fgh	-0.65g	-0.33d	0.06de	0.17cde	-0.26f	-0.01fg	-0.63i	-0.38cdef
渝优 7109 Yuyou 7109	0.20defgh	0.17cdefg	0.37de	-0.84hi	0.45bcde	-0.16bcd	0.52bc	-0.1def	0.66abcd	0.11efg	0.65cdefg	-0.54def
均值 Mean	0.27A	0.18B	0.33A	-0.40B	0.38A	0.15B	0.35A	0.19B	0.65A	0.55A	0.54A	0.04B
变幅 Range	-0.22-1.14	-0.33-0.83	-0.65-1.02	-1.41-1.19	-0.65-1.21	-0.33-1.21	-0.43-1.09	-0.38-0.87	-0.26-1.29	-0.19-1.26	-0.74-1.91	-1.07-1.92
CV (%)	128.76	177.41	145.65	155.25	122.15	262.45	92.92	178.25	61.03	76.57	135.07	1717.79
双因素方差分析的 P 值 P values of two-ways ANOVA												
生态点 Location	0.023*		0.000***		0.002**		0.000***		0.108		0.000***	
品种 Variety	0.000***		0.000***		0.000***		0.000***		0.000***		0.000***	
生态点×品种 Location × Variety	0.000***		0.000***		0.004**		0.000***		0.5		0.000***	

表 4 基于食味计评分稻米食味品质及食味指标的差异分析

Table 4 The difference analysis of food taste quality and taste index based on the taste analyzer

品种 Variety	外观 Appearance		口感 Taste		食味计值 Taste analyzer value	
	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY	永胜 YS	大邑 DY
宜香 4245 Yixiang 4245	6.47hij	6.53abcd	6.27fghi	6.63abc	72.27ef	77.63abc
内 5 优 39 Nei 5 you 39	7.63abc	6.83ab	7.30abc	6.97a	83.27a	80.37a
Y 两优 1 号 Y liangyou 1 hao	7.10defg	5.90cdef	6.93de	6.23abcde	79.90b	76.27abc
川优 6203 Chuanyou 6203	6.93efg	6.37abcde	6.77de	6.43abcd	77.13bc	77.23abc
晶两优 534 Jingliangyou 534	6.40ij	5.70def	6.30fgh	5.90cde	73.57de	73.00cdef
旌优 127 Jingyou 127	6.40ij	5.83cdef	6.23ghi	5.87cde	73.40de	72.10cdef
渝香 203 Yuxiang 203	6.77ghi	6.70abc	6.57efg	6.80ab	76.43cd	79.47ab
繁优 609 Fanyou 609	7.70ab	6.93a	7.40ab	6.80ab	82.83a	79.67ab
C 两优华占 C liangyouhuazhan	6.23j	6.27abcdef	6.07hi	6.50abc	73.10e	77.20abc
天优华占 Tianyouhuazhan	7.30cde	5.97cdef	7.03cd	6.00bcde	79.50bc	71.83cdef
花香优 1618 Huaxiangyou 1618	7.93a	6.23abcdef	7.60a	6.40abcd	84.73a	75.57abcd
绿优 4923 Lüyou 4923	5.40k	4.47g	5.23j	4.77f	65.00g	62.07g
中优 295 Zhongyou 295	6.97efg	5.60ef	6.57efg	5.47ef	76.80bc	68.43ef
隆两优 1146 Longliangyou 1146	6.83fgh	5.97cdef	6.63ef	6.13abcde	77.73bc	74.47abcde
F 优 498 F you498	7.20def	6.27abcdef	6.83de	6.17abcde	78.43bc	74.13bcde
中 9 优 2 号 Zhong 9 you2 hao	6.50hij	6.27abcdef	6.30fgh	6.03bcde	72.93e	72.93cdef
蜀优 217 Shuyou 217	6.30j	5.90cdef	5.90i	5.80cde	69.63f	70.13def
宜香优 2115 Yixiangyou 2115	7.43bcd	6.70abc	7.07bcd	6.77ab	79.43bc	79.37ab
川优 8377 Chuanyou 8377	5.17k	5.47f	5.10j	5.60de	63.20g	67.63f
渝优 7109 Yuyou 7109	6.53hij	6.00bcdcf	6.23ghi	6.13abcde	72.37ef	73.20cdef
均值 Mean	6.76A	6.10B	6.52A	6.17B	75.58A	74.14B
变幅 Range	5.17-7.93	4.47-6.93	5.10-7.60	4.77-6.97	63.2-84.73	62.07-80.37
CV (%)	10.46	9.21	9.99	8.62	7.47	6.29
双因素方差分析的 P 值 P values of two-ways ANOVA						
生态点 Location	0.000***		0.000***		0.003**	
品种 Variety	0.000***		0.000***		0.000***	
生态点×品种 Location×Variety	0.000***		0.000***		0.000***	

(图 2-c), 但食味计评分中优于平均食味且和感官一样优于平均食味的品种仅有宜香优 2115 等 6 个。大邑生态点在 3 种评价方法下, 隆两优 1146 食味评价最高, 分别为 86.2、1.92、74.47 (图 2-d—f), 宜香优 2115、川优 6203 和繁优 609 次之, 绿优 4923 食味在 3 种评分方法下均最低, 分别为 73.44、-1.07、62.07; Y 两优 1 号在两种感官评分中食味最差, 为 72.65、-0.95, 但在食味计评分下食味较高 (76.27); 宜香 4245、内 5 优 39 等 8 个品种在食味计中评价优良, 但在感官评分下仅达到平均食味水平。从 2 种感官评价下的品种

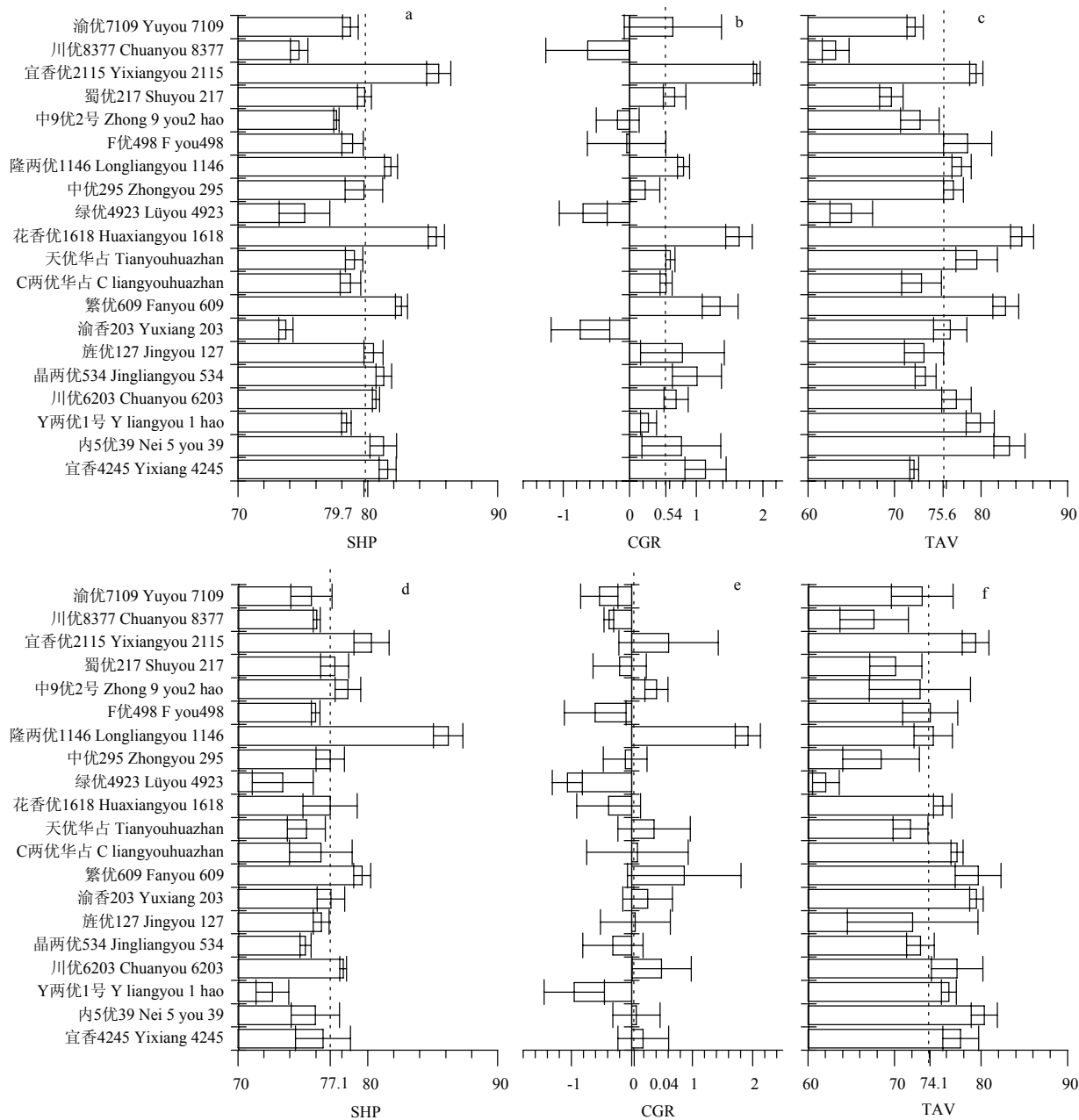
平均食味分析来看, 大邑生态点优于平均食味品种为宜香优 2115 等 5 个品种, 在食味计中优于平均食味的有 10 个品种, 食味计评分与感官评分相同品种为宜香优 2115、隆两优 1146、繁优 609 和川优 6203。

2.3.2 不同食味评价方法线性拟合分析 由图 3 不同评价方法的关系来看, 感官百分制评分与等级综合评分线性拟合度较高, 且相关系数  $r=0.94^{***}$ , 说明感官评价下的百分制评分和等级制综合评分评价规律一致, 回归函数可以充分揭示相互之间在评价籼稻食味时的关系。食味计评分与感官百分制评分、等级综合



评分线性拟合的相关系数分别为  $r=0.49^{***}$  和  $r=0.53^{***}$ ，虽然均达到极显著水平，但相关系数较低，品种之间的离散程度较大，还不足以完全解释食味计和 2 种感官评分方法之间的关系。

**2.3.3 杂交籼稻品种食味评分聚类分析** 分别将 2 个生态点 20 个籼稻品种综合 3 种食味评分方法下的食味进行聚类分析，品种间距离为欧式距离，聚类方法为最长距离法，结果见图 4。当欧式距离



a、b、c 分别代表永胜生态点品种在感官百分制评分、等级综合评分、食味计评分下 20 个籼稻品种的食味值；d、e、f 分别表示大邑生态点品种在感官百分制评分、等级综合评分、食味计评分下 20 个籼稻品种的食味值。SHP: 感官百分制评分; CGR: 等级综合评分; TAV: 食味计评分 a, b, c represents the taste value of 20 indica rice varieties under the sensory hundred percentage point system, comprehensive grade rating, and taste analyzer value of Yongsheng eco-point varieties, respectively; d, e, f represents the taste value of 20 indica rice varieties under the sensory hundred percentage point system, comprehensive grade rating, and taste analyzer value of Dayi eco-point varieties, respectively. SHP: Sensory hundred percentage point system, CGR: Comprehensive grade rating, TAV: Taste analyzer value

图 2 20 个杂交籼稻品种食味在 3 种食味评价方法下综合对比

Fig. 2 Comprehensive comparison of the taste of 20 hybrid indica rice varieties under three taste evaluation methods

表 5 不同食味评价方法下食味指标对米饭食味的作用

Table 5 The effect of food taste indexes on rice food taste under different rice eating quality evaluation methods

影响指标 Sensory influence index	相关系数 Correlation coefficient	通径系数 Path coefficient						贡献率 Contribution rate
		直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect					
			Ar→T	Ap→T	P→T	F→T	C→T	
感官百分制评分 Sensory hundred percentage point system								
气味 Aroma	0.72**	0.21		0.15	0.19	0.13	0.05	0.15
外观 Appearance	0.83**	0.30	0.11		0.25	0.13	0.05	0.25
适口性 Palatability	0.86**	0.38	0.10	0.19		0.12	0.06	0.33
滋味 Flavor	0.82**	0.20	0.13	0.19	0.23		0.07	0.16
冷饭质地 Cold rice texture	0.57**	0.15	0.07	0.10	0.16	0.09		0.08
等级综合评分 Comprehensive grade rating								
气味 Aroma	0.66**	0.14		0.14	0.22	0.18	-0.02	0.09
外观 Appearance	0.76**	0.30	0.07		0.23	0.18	-0.01	0.23
适口性 Palatability	0.83**	0.44	0.07	0.16		0.20	-0.03	0.36
滋味 Flavor	0.82**	0.30	0.08	0.17	0.28		-0.02	0.25
冷饭质地 Cold rice texture	0.57**	-0.04	0.06	0.07	0.30	0.17		-0.02
食味计评分 Taste analyzer value								
外观 Appearance	0.92**	-0.35		1.27				-0.32
口感 Taste	0.98**	1.31			-0.34			1.28

Ar: 香气, Ap: 外观, P: 适口性, F: 滋味, C: 冷饭质地, T: 食味值 (感官百分制评分中为百分制评分食味值, 等级综合评分中为等级综合食味值, 食味计中为食味计值)  
Ar: Aroma, Ap: Appearance, P: Palatability, F: Flavor, C: Cold rice texture, T: Taste value (in the sensory hundred percentage point system, the T is the SHP; in the comprehensive grade rating, the T is the CGR , and in the taste analyzer, the T is the TAV)

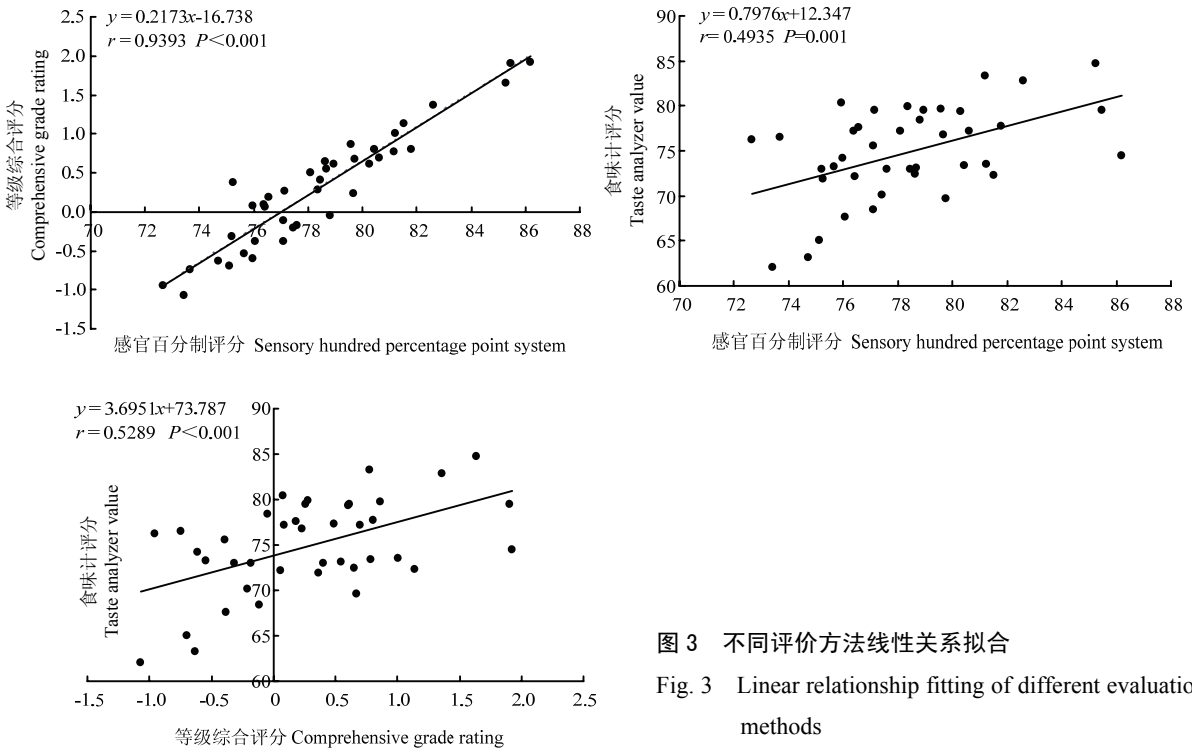


图 3 不同评价方法线性关系拟合

Fig. 3 Linear relationship fitting of different evaluation methods

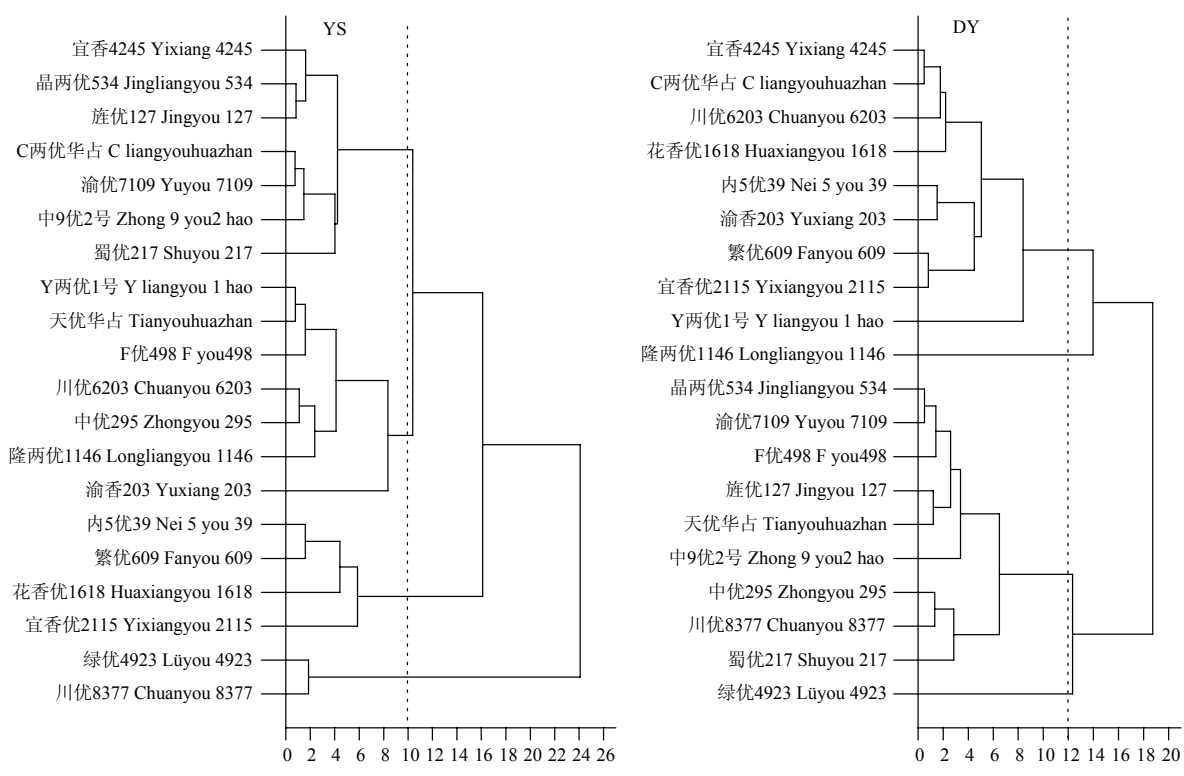


图 4 20 个杂交籼稻品种在 3 种评价方法下的聚类分析

Fig. 4 Cluster analysis of 20 indica hybrid rice varieties under 3 eating quality evaluation methods

为 10 时，永胜生态点品种聚为 4 类，内 5 优 39、繁优 609、花香优 1618、宜香优 2115 等高食味品种聚为一类，占供试品种 20%；川优 6203 等 7 个品种属于中高食味品种，占 35%；宜香 4245、蜀优 217 等 7 个品种属于中低食味品种，占 35%；绿优 4923 和川优 8377 等低食味品种聚为一类，占 10%。当欧式距离为 12 时，大邑生态点 20 个品种聚为 4 类，隆两优 1146 食味最优，绿优 4923 食味最差；宜香 4245、Y 两优 1 号等 9 个品种属于中高食味品种，占 45%；晶两优 534、蜀优 217 等 9 个品种属于中低食味品种，占 45%。

### 3 讨论

#### 3.1 不同杂交籼稻品种对食味品质评价方法的响应

国内外主要通过感官评价和食味计测定等方法来直接评价稻米食味品质，但不同评价方法间研究结果不尽相同<sup>[17-18]</sup>。感官品尝虽费时费力，但能直观反映消费者的食味嗜好，一直被广泛研究应用<sup>[28]</sup>。本试验通过应用国标中 2 种感官方法评价西南籼稻品种食味品质发现，不同品种的食味在 2 种感官评

价下趋势一致，虽然 2 种感官评分的打分方式不一样，但其相关系数高达  $r=0.93^{***}$ ，说明在感官品尝方法下，品尝员食味嗜好主要受主观因素影响，打分方法的不同并没有影响食味嗜好的表达，百分制评分和等级综合评分之间线性拟合较好，可以较好的解释两者在评价西南籼稻食味时趋势相同的关系。但百分制评分方法评分项目冗杂，易造成感官疲惫而导致敏感度下降<sup>[29]</sup>，本试验品尝员为具备专业素养的在校大学生，感官较灵敏且理解能力强，因此这一问题并不突出。但在进行普通消费者食味嗜好研究时，应充分考虑普通消费者理解能力和知识水平等因素，选择更为便捷高效的方法。通过综合分析 2 种感官对食味评价方法的特点，等级综合评分比百分制评分更适合普通消费者食味嗜好调查，这与日本推广的感官评分四点法一致。

食味计通过可见光和近红外光谱与理化指标关系对米饭食味进行客观评价<sup>[17]</sup>，可以实现食味测定的无损化轻便快捷，或许将成为将来食味研究的主要方法。本试验通过应用食味计和感官同时测定杂交籼稻品种食味，发现食味计评分与 2 种感官评分相关系

数分别仅为 0.49<sup>\*\*\*</sup>和 0.53<sup>\*\*\*</sup>, 离散程度较大, 这与孙建平等<sup>[30]</sup>研究结果相同, 但与吕庆云等<sup>[31]</sup>探究籼稻食味评价模型相关系数( $r=0.7053$ )研究结果不甚一致, 究其原因可能与评分方法和样本量不一样有关, 吕庆云等<sup>[31]</sup>是日本四点法, 品尝员来源于不同食味嗜好, 差异也较大, 年龄段也会导致差异<sup>[32]</sup>。从食味计评价特点出发, 食味计内置函数中感官食味主要是日本粳稻品种的感官食味规律, 应用在复杂人口分布的中国和众多籼稻品种时还存在一定差异。本试验结果表明, 不同品种对评分方法的响应不同, 以永胜为例, 在感官评分下高于平均食味, 但食味计评价低于平均食味的品种占 25%, 如晶两优 534 等 5 个品种; 在食味计评价高于平均食味但在感官评分下低于平均食味的品种共 20%, 如 F 优 498 等 4 个品种; 在 3 种方法下具有相同趋势的品种占 55%, 如宜香优 2115 等 11 个品种, 这说明食味计评分和感官评分之间存在一定差异, 单一的评价方法并不能准确反映大米食味品质。虽然食味计评分和 2 种感官评价离散程度较大, 但均达到极显著水平。为了更加明确食味计与感官评价之间的关系, 后续需扩大品尝人数, 并多方面考虑品尝员年龄、性别、民族、籍贯等因素对食味的影响, 以建立食味计和感官评价之间的函数模型, 达到未来使用食味计能快速准确测定籼稻食味的目的。

### 3.2 西南杂交籼稻优良食味品种的优选

前人就优良稻米食味品质的测定方法进行了较多探索和研究<sup>[17,33]</sup>。应用较多的是成分关联法, 主要通过稻米组分含量及理化特性的分析间接反映稻米食味品质。直链淀粉反映了糊化特性, 直接影响稻米的蒸煮食味品质, 对软硬度、回生特性有极显著作用<sup>[6]</sup>。前人研究指出, 直链淀粉含量越高的品种 RVA 特征谱崩解值越小, 冷胶黏度、回复值和消减值越大, 食味越差<sup>[20]</sup>。蛋白质作为大米第二大成分, 对大米硬度产生极显著影响, 高蛋白质含量米饭硬度高、黏性低, 进而使米饭口感变差<sup>[34]</sup>。此外, 一定范围内脂肪含量高的水稻品种具有米饭光泽油亮、口感更好等特点<sup>[35]</sup>。然而一个国家或地区对稻米的嗜好并不是稻米分级标准和理化指标所能涵盖和说明的, 目前最终要依靠感官评价<sup>[36]</sup>。本研究发现, 除蜀优 217 外, 本试验所有品种均达国标三级及以上, 但食味却相差甚远, 前人对审定时达到《优质稻谷》三级或以上品种的食味品质调查发现, 与市场上消费者需求并不匹配<sup>[13]</sup>。如川优 8377 在国标审定时达优质稻米一

级, 但在本试验中却是食味最差的品种, 与近年来广大种植户反映该品种食味差的现状相符。也有如三级品质品种花香优 1618 等, 虽在审定时为三级大米, 食味却是优异的。其原因在于进行品质定级时, 着重考查品种加工品质、外观品质、直链淀粉含量、蛋白质含量等, 并未对大米等级的食味值进行具体的分类, 进而出现理化指标相近的品种, 食味差异较大的情况<sup>[6]</sup>。因此, 食味品质的判定最终还是要以测定米饭食味为准。本试验综合运用 3 种稻米食味评价方法, 发现在 2 种感官评分下, 食味优良的品种具备气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地品质均优良的特性, 食味计评分下食味优良的品种具备外观和口感俱佳的特点, 与前人对理化指标和食味指标的关联研究具有一致性<sup>[37-38]</sup>, 以此筛选出宜香优 2115、内 5 优 39、繁优 609、花香优 1618、川优 6203 和隆两优 1146, 并在 2019 年的西南地区示范种植时均表现出优良的食味。

## 4 结论

稻米食味品质受多种因素共同调控。食味优良的品种具备气味、外观、适口性、滋味、冷饭质地均优良的共性, 且适口性对稻米食味的影响最高, 冷饭质地影响最小。不同品种对不同评价方法的响应不同, 国标 2 种感官评分相关系数达  $r=0.94^{***}$ , 说明感官在评价籼稻食味时具有相同趋势且关系密切; 2 种感官评分方法和食味计值的拟合相关系数分别为  $r=0.49^{***}$  和  $r=0.53^{***}$ , 离散程度较大, 因此, 单一评分方法不能完全准确反映各品种稻米食味品质。本试验在 3 种食味评价方法综合评价下, 品种宜香优 2115、内 5 优 39、繁优 609、花香优 1618、川优 6203 和隆两优 1146 具备优良食味的共性, 且食味稳定, 可以作为西南优质食味品种推广。

## 参考文献 References

- [1] 高维维, 陈思平, 王丽平, 陈立凯, 郭涛, 王慧, 陈志强. 稻米蒸煮品质性状与分子标记关联研究. 中国农业科学, 2017, 50(4): 599-611.  
GAO W W, CHEN S P, WANG L P, CHEN L K, GUO T, WANG H, CHEN Z Q. Association analysis of rice cooking quality traits with molecular markers. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(4): 599-611. (in Chinese)
- [2] GUO L N, CHEN W L, TAO L, HU B H, QU G L, TU B, YUAN H, MA B T, WANG Y P, ZHU X B, QIN P, LI S G. GWC1 is essential

- for high grain quality in rice. *Plant Science*, 2020, 296: 110497.
- [3] 徐富贤, 周兴兵, 张林, 蒋鹏, 刘茂, 朱永川, 郭晓艺, 熊洪. 四川盆地东南部气象因子对杂交中稻产量的影响. *作物学报*, 2018, 44(4): 601-613.
- XU F X, ZHOU X B, ZHANG L, JIANG P, LIU M, ZHU Y C, GUO X Y, XIONG H. Effects of climatic factors in the southeast of Sichuan basin on grain yield of mid-season hybrid rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44(4): 601-613. (in Chinese)
- [4] 段骅, 杨建昌. 高温对水稻的影响及其机制的研究进展. *中国水稻科学*, 2012, 26(4): 393-400.
- DUAN H, YANG J C. Research advances in the effect of high temperature on rice and its mechanism. *Chinese Journal of Rice Science*, 2012, 26(4): 393-400. (in Chinese)
- [5] 刘建, 崔晶, 张欣, 丁得亮, 王松文, 边嘉宾, 李月明, 楠谷彰人. 水稻食味品尝员筛选方式的研究. *种子*, 2014, 33(4): 75-78.
- LIU J, CUI J, ZHANG X, DING D L, WANG S W, BIAN J B, LI Y M, KUSUTANI A. Study on the screening method of rice food taster. *Seed*, 2014, 33(4): 75-78. (in Chinese)
- [6] LI H Y, PRAKASH S, NICHOLSON T M, FITZGERALD M A, GILBERT R. The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. *Food Chemistry*, 2016, 196: 702-711.
- [7] 孙业盈, 吕彦, 董春林, 王平荣, 黄晓群, 邓晓建. 水稻 Wx 基因与稻米 AC、GC 和 GT 的遗传关系. *作物学报*, 2005, 31(5): 535-539.
- SUN Y Y, LÜ Y, DONG C L, WANG P R, HAUNG X Q, DENG X J. Genetic relationship among Wx gene, AC, GC and GT of rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(5): 535-539. (in Chinese)
- [8] 霍中洋, 李杰, 许轲, 戴其根, 魏海燕, 龚金龙, 张洪程. 高产栽培条件下种植方式对不同生育类型粳稻米质的影响. *中国农业科学*, 2012, 45(19): 3932-3945.
- HUO Z Y, LI J, XU K, DAI Q G, WEI H Y, GONG J L, ZHANG H C. Effect of planting methods on quality of different growth and development types of japonica rice under high-yielding cultivation condition. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(19): 3932-3945. (in Chinese)
- [9] 胡蕾, 朱盈, 徐栋, 陈志峰, 胡兵强, 韩超, 裘实, 吴培, 张洪程, 魏海燕. 南方稻区优良食味与高产协同的单季晚粳稻品种特点研究. *中国农业科学*, 2019, 52(2): 215-227.
- HU L, ZHU Y, XU D, CHEN Z F, HU B Q, HAN C, QIU S, WU P, ZHANG H C, WEI H Y. Characteristics of good taste and high yield type of single cropping late japonica rice in Southern China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(2): 215-227. (in Chinese)
- [10] 杨陶陶, 解嘉鑫, 黄山, 谭雪明, 潘晓华, 曾勇军, 石庆华, 张俊, 曾研华. 花后增温对双季晚粳稻产量和稻米品质的影响. *中国农业科学*, 2020, 53(7): 1338-1347.
- YANG T T, XIE J X, HAUNG S, TAN X M, PAN X H, ZENG Y J, SHI Q H, ZAHNG J, ZENG Y H. The impacts of post-anthesis warming on grain yield and quality of late japonica rice in a double rice cropping system. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(7): 1338-1347. (in Chinese)
- [11] 龚金龙, 张洪程, 胡雅杰, 龙厚元, 常勇, 王艳, 邢志鹏, 霍中洋. 灌浆结实期温度对水稻产量和品质形成的影响. *生态学杂志*, 2013, 32(2): 482-491.
- GONG J L, ZHANG H C, HU Y J, LONG H Y, CHANG Y, WANG Y, XING Z P, HUO Z Y. Effects of air temperature during rice grain-filling period on the formation of rice grain yield and its quality. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(2): 482-491. (in Chinese)
- [12] 陈能, 罗玉坤, 朱智伟, 张伯平, 郑有川, 谢黎虹. 优质食用稻米品质的理化指标与食味的相关性研究. *中国水稻科学*, 1997, 11(2): 70-76.
- CHEN N, LUO Y K, ZHU Z W, ZHANG B P, ZHENG Y C, XIE L H. Correlation between eating quality and physico-chemical properties of high grain quality rice. *Chinese Journal of Rice Science*, 1997, 11(2): 70-76. (in Chinese)
- [13] 赵庆勇, 朱镇, 张亚东, 陈涛, 姚姝, 周丽慧, 于新, 赵凌, 王才林. 播期和地点对不同生态类型粳稻米品质性状的影响. *中国水稻科学*, 2013, 27(3): 297-304.
- ZHAO Q Y, ZHU Z, ZHANG Y D, CHEN T, YAO S, ZHOU L H, YU X, ZHAO L, WANG C L. Effects of sowing data and site on grain quality of rice cultivars planted in different ecological types. *Chinese Journal of Rice Science*, 2013, 27(3): 297-304. (in Chinese)
- [14] 卫平洋, 裘实, 唐健, 肖丹丹, 朱盈, 刘国栋, 邢志鹏, 胡雅杰, 郭保卫, 高尚勤, 魏海燕, 张洪程. 安徽沿淮地区优质高产常规粳稻品种筛选及特征特性. *作物学报*, 2020, 46(4): 571-585.
- WEI P Y, QIU S, TANG J, XIAO D D, ZHU Y, LIU G D, XING Z P, HU Y J, GUO B W, GAO S Q, WEI H Y, ZHANG H C. Screening and characterization of high-quality and high-yield japonica rice varieties in Yanhuai region of Anhui province. *Acta Agronomica Sinica*, 2020, 46(4): 571-585. (in Chinese)
- [15] XU Y Y, YING Y N, OUYANG S H, DUAN X L, SUN H, JIANG S K, SUN S C, BAO J S. Factors affecting sensory quality of cooked japonica rice. *Rice Science*, 2018, 25(6): 330-339.
- [16] LEELAYUTHSOONTORN P, THIPAYARAT A. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. *Food Chemistry*, 2006, 96(4): 606-613.
- [17] 孟庆虹, 程爱华, 姚鑫淼, 张瑞英, 陈凯新, 李霞辉. 粳稻食味品

- 质评价方式的研究. 北方水稻, 2008, 38(6): 24-28.
- MENG Q H, CHENG A H, YAO X M, ZHANG R Y, CHEN K X, LI X H. Study on palatability evaluation method of *japonica* rice. *Nroth Rice*, 2008, 38(6): 24-28. (in Chinese)
- [18] 赖穗春, 河野元信, 王志东, 三上隆司, 黄道强, 李宏, 卢德城, 周德贵, 周少川. 米饭食味计评价华南籼稻食味品质. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 435-438.
- LAI S C, MOTONOBU K, WANG Z D, TAKASH M, HAUNG D Q, LI H, LU D C, ZHOU D G, ZHOU S C. Cooking and eating quality of indica rice varieties from south china by using taste analyzer. *Chinese Journal of Rice Science*, 2011, 25(4): 435-438. (in Chinese)
- [19] KIM H, KIM O W, KWAK H S, KIM S S, LEE H J. Prediction model of rice eating quality using physicochemical properties and sensory quality evaluation. *Journal of Sensory Studies*, 2017, 32(4): e12273.
- [20] LI H Y, GAO M Y, YANG J Y, WANG J, SUN B G. Washing rice before cooking has no large effect on the texture of cooked rice. *Food Chemistry*, 2019, 271: 388-392.
- [21] QI X G, CHENG L L, LI X J, ZHANG D Y, WU G C, ZHANG H, WANG L, QIAN H F, WANG Y N. Effect of cooking methods on solubility and nutrition quality of brown rice powder. *Food Chemistry*, 2019, 274: 444-451.
- [22] 邓飞, 王丽, 叶德成, 任万军, 杨文钰. 生态条件及栽培方式对稻米 RVA 谱特性及蛋白质含量的影响. 作物学报, 2012, 38(4): 717-724.
- DENG F, WANG L, YE D C, REN W J, YANG W Y. Effects of ecological conditions and cultivation methods on rice starch RVA profile characteristics and protein content. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(4): 717-724. (in Chinese)
- [23] 田青兰, 李培程, 刘利, 张强, 任万军. 四川不同生态区高产栽培条件下的杂交籼稻的稻米品质. 作物学报, 2015, 41(8): 1257-1268.
- TIAN Q L, LI P C, LIU L, ZHANG Q, REN W J. Quality of *indica* hybrid rice under the high-yield cultivation conditions in different ecological regions of sichuan province, China. *Acta Agronomica Sinica*, 2015, 41(8): 1257-1268. (in Chinese)
- [24] 邓飞, 王丽, 刘利, 刘代银, 任万军, 杨文钰. 不同生态条件下栽培方式对水稻干物质生产和产量的影响. 作物学报, 2012, 38(10): 1930-1942.
- DENG F, WANG L, LIU L, LIU D Y, REN W J, YANG W Y. Effects of cultivation methods on dry matter production and yield of rice under different ecological conditions. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(10): 1930-1942. (in Chinese)
- [25] 徐富贤, 刘茂, 周兴兵, 郭晓艺, 张林, 蒋鹏, 朱永川, 熊洪. 长江上游高温伏旱区气象因子对杂交中稻产量与稻米品质的影响. 应用与环境生物学报, 2020, 26(1): 106-116.
- XU F X, LIU M, ZHOU X B, GUO X Y, ZHANG L, JIANG P, ZHU Y C, XIONG H. Effects of meteorological factors on yield and quality of mid-season hybrid rice in a high temperature and drought area in the upper reaches of the Yangtze River. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2020, 26(1): 106-116. (in Chinese)
- [26] 滕中华, 智丽, 吕俊, 宗学风, 王三根, 何光华. 灌浆期高温对水稻光合特性、内源激素和稻米品质的影响. 生态学报, 2010, 30(23): 6504-6511.
- TENG Z H, ZHI L, LÜ J, ZONG X F, WANG S G, HE G H. Effects of high temperature on photosynthesis characteristics, phytohormones and grain quality during filling-periods in rice. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(23): 6504-6511. (in Chinese)
- [27] 何连华, 陈多, 张驰, 田青兰, 吴振元, 李秋萍, 钟晓媛, 邓飞, 胡剑锋, 凌俊英, 任万军. 机插栽培籼杂交稻的日产量及与株型的关系. 中国农业科学, 2019, 52(6): 981-996.
- HE L H, CHEN D, ZHANG C, TIAN Q L, WU Z Y, LI Q P, ZHONG X Y, DENG F, HU J F, LING J Y, REN W J. The daily yield of medium hybrid rice in machine transplanting and its relationship with plant type. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(6): 981-996. (in Chinese)
- [28] CHAMPAGNE E T, BETT-GARBER K L, FITZGERALD M A, GRIMM C C, LEA J, OHTSUBO K, JONGDEE S, XIE L H, BASSINELLO P Z, RESURRECCION A, AHMAD R, HABIBI F, REINKE R. Important sensory properties differentiating premium rice varieties. *Rice*, 2010, 3(4): 270-281
- [29] LU L, FANG C Y, HU Z Q, HU X Q, ZHU Z W. Grade classification model tandem BpNN method with multi-metal sensor for rice eating quality evaluation. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2019, 281: 22-27.
- [30] 孙建平, 侯彩云, 王启辉, 芮闯. 食味仪评价我国大米食味值的可行性探讨. 粮油食品科技, 2008, 16(6): 1-3, 7.
- SUN J P, HOU C Y, WANG Q H, RUI C. Discuss on feasibility of evaluating the taste value of rice by taste analyzer. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2008, 16(6): 1-3, 7. (in Chinese)
- [31] 吕庆云, 三上隆司, 河野元信, 李再贵. 适合中国南方产籼米米饭食味评价方式的研究. 中国粮油学报, 2006, 21(5): 13-16.
- LÜ Q Y, MIKAMI T, KAWANO M, LI Z G. The evaluation methods for long-grain rice produced in south china. *Journal of Chinese Cereals and Oils Association*, 2006, 21(5): 13-16. (in Chinese)



- [32] KANAUCHI M, KANAUCHI K. Proposal for an Empirical Japanese Diet Score and the Japanese Diet Pyramid. *Nutrients*, 2019, 11(11): 2741.
- [33] LI H Y, PRAKASH S, NICHOLSON T M, FITZGERALD M A, GILBERT R G. Instrumental measurement of cooked rice texture by dynamic rheological testing and its relation to the fine structure of rice starch. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 146: 253-263.
- [34] BALINDONG J L, WARD R, LIU L, ROSE T J, PALLAS L A, OVENDEN B W, SNELL P J, WATERS D L E. Rice grain protein composition influences instrumental measures of rice cooking and eating quality. *Journal of Cereal Science*, 2018, 79(1): 35-42.
- [35] 江谷驰弘, 雷小波, 兰艳, 许光利, 丁春邦, 李天. 粳稻脂肪含量对稻米品质的影响. *华南农业大学学报*, 2016, 37(6): 98-104.
- JIANGGU C H, LEI X B, LAN Y, XU G L, DING B Y, LI T. Effect of lipid content on major qualities of japonica rice grains. *Journal of South China Agricultural University*, 2016, 37(6): 98-104. (in Chinese)
- [36] NAKAMURA S, CUI J, ZHANG X, YANG H, XU X M, SHENG H, OHTSUBO K. Comparison of eating quality and physicochemical properties between Japanese and Chinese rice cultivars. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 2016, 80(12): 2437-2449.
- [37] 朱玫, 熊宁, 刘欢, 吴量, 孟欢, 刘利, 吴莉莉. 籼稻的食味品质和综合品质评价模型的建立. *食品科学*, 2016, 37(21): 97-103.
- ZHU M, XIONG N, WU L, MENG H, LIU L, WU L L. Establishment of models to evaluate the eating quality and comprehensive quality of Indica rice. *Food science*, 2016, 37(21): 97-103. (in Chinese)
- [38] 张春红, 李金州, 张亚东, 朱镇, 赵凌, 王才林. 食味仪测定与感官评价相结合鉴定优质粳稻食味特性. *江苏农业学报*, 2009, 25(5): 958-965.
- ZHANG C H, LI J Z, ZHANG Y D, ZHU Z, ZHAO L, WANG C L. Identification of palatability characteristics of high-quality Japonica rice (*Oryza sativa* L.) by taste analyzer and sensory score test. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 25(5): 958-965. (in Chinese)
- (责任编辑 赵伶俐)