

常规粳稻品种生育期、农艺性状与 食味品质的相关性分析

田芳慧 黄金华 张倩倩 李习军 王书玉 王和乐 邵性宽 胡胜利 王东海
(新乡市农业科学院,河南新乡 453002)

摘要:随着人们生活水平的提高,稻米的食味品质将成为影响消费者偏好的主要因素。如何快速有效地评价稻米食味品质,为优质食味稻育种提供理论依据,是现阶段水稻育种过程中亟待解决的问题。以18个常规粳稻品种为研究材料,对其生育期、农艺性状与食味品质进行了相关性分析,探讨通过农艺性状的选择来改善稻米食味品质的途径。结果表明:茎秆粗度、生育期长短、有效穗数对食味值的直接作用较大,其中有效穗数、生育期与食味值呈显著正相关,茎秆粗度与食味值呈极显著负相关,在黄淮优质常规粳稻育种过程中应选择生育期稍长、茎秆较细、有效穗数较多和籽粒偏小的植株有利于食味品质的提高,以上结果为优质品种的选育提供了理论依据。另外,研究发现,在一定范围内,稻米的直链淀粉含量与食味值呈极显著正相关,有待进一步求证。

关键词:常规粳稻;生育期;农艺性状;食味品质;相关性分析

Correlation Analysis of Growth Period, Agronomic Characters and Eating Quality of Conventional Japonica Rice Varieties

TIAN Fanghui, HUANG Jinhua, ZHANG Qianqian, LI Xijun, WANG Shuyu,
WANG Hele, SHAO Xingkuan, HU Shengli, WANG Donghai
(Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453002, Henan)

水稻是我国最重要的粮食作物之一^[1],长期以来,我国水稻在高产育种和栽培方面都处于世界领先水平,但在品质改良方面的研究与国际上先进水平相比还有一定差距。随着人们生活水平的提高,稻米的食味品质将成为影响消费者偏好的主要因素,决定了稻米的价格和稻田经济效益,如何提高和改善稻米的食味品质将成为下一阶段水稻育种工作的主要研究方向。

稻米食味品质是一个综合性指标,一般由米饭的硬度、味道、黏度、色泽、光泽、香味等因素决定^[2],影响食味的内部成分主要包括直链淀粉含量、

蛋白质含量、各种矿物质元素含量、含水量等^[3]。当前,人们对稻米食味的研究大多集中于用食味仪测定食味值、水分含量、直链淀粉含量和蛋白质含量等理化指标,并不能直接通过外观品质进行水稻食味品质的选择。在水稻的诸多生物学特性中,生育期长短直接决定着光合生产及物质积累时间的长短,且间接决定了灌浆期环境因素和籽粒的灌浆进程,因而对稻米品质具有至关重要的作用^[4]。水稻农艺性状是水稻指标中的外在量化指标,食味品质是内在量化指标,从表面上看这两种指标属于不同的指标体系,但是同在水稻生长发育的环境体系内,水稻植株农艺性状的差异将直接关系到栽培环境和种植环境的选择,从而直接或间接地影响稻米品质^[5]。为此,本试验从研究不同水稻品种生育期、

基金项目:河南省现代农业产业技术体系(HARS-22-03-G1);河南省科技攻关计划项目(242102110276)

通信作者:王书玉

农艺性状与稻米食味品质的相关性入手,以新乡市农业科学院培育的 18 个常规粳稻品种为材料,通过相关性分析系统分析了水稻生育期、农艺性状与食味值的关系,探讨其遗传相关性,以期找出与食味品质密切相关的生物学特性,以便在田间就能够对材料的食味品质进行初步判断,为黄淮粳稻优质品种的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为新乡市农业科学院培育的 18 个常规粳稻品种,分别为豫粳 6 号、新稻 18 号、新稻 20 号、新科稻 21、新稻 25、玉稻 518、新科稻 31、豫粳 8 号、鑫稻 538、新稻 11 号、新稻 19 号、新稻 22、新科稻 29、新稻 69、新稻 6811、新稻 567、新稻 89、新科稻 35。

1.2 试验设计 试验材料于 2023 年在河南省新乡市水稻育种基地进行种植,播种期为 5 月 6 日,长至 5 叶时按行株距 27cm×14cm 进行单株栽插,每个品种种植 5 行,行长 5m,随机区组排列,按大田常规栽培技术管理,根据土壤肥力进行适当调整。

1.3 农艺性状调查 从播种到成熟,记录各株系的播种期、始穗期、抽穗期及生育期。在株系进入黄熟期时,调查株高、茎秆长、茎秆粗度、叶片卷曲度、剑叶角度、分蘖力、穗长、穗立形状(即穗轴的直立程度),待植株进入成熟期收获后进行取样,调查穗粒数、有效穗数、千粒重、结实率等性状。各性状的测定根据 GB/T 19557.7—2004《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 水稻》进行^[6]。

1.4 稻米品质性状测定 稻米加工品质:糙米率(%)=(糙米重量/净稻谷重量)×100,整精米率(%)=(整精米重量/净稻谷重量)×100。垩白粒率:随机取整精米 200 粒,调查其心白、腹白和背白米粒,以此计算垩白粒率,重复 3 次取平均值^[7]。食味值测定包括食味值、直链淀粉含量和蛋白质含量,采用北京东孚久恒仪器技术有限公司和日本佐竹公司合作开发生产的 JSWL200 大米食味计测定,每份材料经精米机加工后称量 250~300g 精米放进样品槽中测定,约 40s 后读出综合食味值、直链淀粉含量、蛋白质含量等,每份材料重复测定 3 次,取平均值。

根据食味仪所测食味值大小对大米的食味进行评价,数值越高越好吃。食味值及食味评价:难吃:食味值<65 分,不好吃:65 分≤食味值<70 分,

口味一般:70 分≤食味值<75 分,口味较好:75 分≤食味值<80 分,好吃:80 分≤食味值<85 分,非常好吃:食味值≥85 分。根据食味仪所测直链淀粉在淀粉中所占比例对大米的食味进行评价,数值越低黏性越佳,越好吃。直链淀粉含量及食味评价:低:含量<18.0,较低:18.0≤含量<18.5,普通:18.5≤含量<20.0,较高:20.0≤含量<20.5,高:含量≥20.5。根据食味仪所测蛋白质含量对大米的食味进行评价,含量越低煮出的米饭越松软好吃,本研究主要针对粳米白米,所以只列白米对照值(干基含量):低:含量<5.7,较低:5.7≤含量<6.2,一般:6.2≤含量<7.2,较高:7.2≤含量<7.7,高:含量≥7.7。

1.5 数据分析 采用 Excel 2003 和 DPS 17.10 高级版软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 食味品质测定结果 18 个品种的食味值测定结果如表 1 所示,食味值在 76~87 分之间,全部在 75 分以上,说明这些品种口味均在较好以上,其中新稻 89、新科稻 35、新科稻 21、新稻 20 号、新稻 25、新稻 69 食味值在 85 分及以上,达到非常好吃标准;新稻 18 号、新稻 19 号、新稻 22、新稻 567、新科稻

表 1 18 个粳稻品种食味品质测定结果

品种	食味值(分)	蛋白质(%)	直链淀粉(%)
豫粳 6 号	78	9.3	16.9
新稻 18 号	84	8.2	18.1
新稻 20 号	85	7.6	18.0
新科稻 21	86	7.8	18.3
新稻 25	85	8.5	17.0
玉稻 518	80	9.0	17.0
新科稻 31	76	9.9	15.2
豫粳 8 号	78	9.5	14.9
鑫稻 538	82	7.8	17.8
新稻 11 号	81	8.8	16.9
新稻 19 号	84	9.0	16.9
新稻 22	84	8.4	17.4
新科稻 29	83	8.2	17.8
新稻 69	85	7.8	17.9
新稻 6811	78	10.0	15.7
新稻 567	84	8.4	15.7
新稻 89	87	7.1	18.0
新科稻 35	87	9.3	15.4

29、鑫稻 538、新稻 11 号、玉稻 518 食味值达到好吃标准;豫粳 6 号、豫粳 8 号、新稻 6811、新科稻 31 口味较好。直链淀粉含量在 14.9%~18.3% 之间,均达到较低标准以下,其中新科稻 21、新稻 18 号、新稻 20 号、新稻 89 为较低含量,其余为低直链淀粉含量。蛋白质含量在 7.1%~10.0% 之间,其中新稻 89 为一般含量,新稻 20 号为较高含量,其余均为高蛋白质含量。总体来说,18 个品种的食味值、蛋白质含量、直链淀粉含量均表现较好,食味评价高。

2.2 食味品质与生育期、农艺性状、品质性状的相关性 由表 2 可知,食味值与抽穗期、生育期呈极显著正相关,抽穗期、生育期越长,食味值越高。蛋白质含量与抽穗期、生育期呈极显著负相关,抽穗期、生育期越长,蛋白质含量越低。直链淀粉含量与抽穗期、生育期呈极显著正相关,抽穗期、生育期越长,直链淀粉含量越高。由此可见,食味值、蛋白质含量、直链淀粉含量与生育期关系密切。

表 2 食味品质与生育期的相关性		
性状	抽穗期	生育期
食味值	0.314**	0.426**
蛋白质	-0.448**	-0.564**
直链淀粉	0.728**	0.729**

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著、极显著相关,下同

由表 3 可知,食味值与叶片卷曲度、分蘖力呈极显著正相关,与剑叶角度呈极显著负相关,与茎秆

粗度呈极显著负相关。蛋白质含量与茎秆粗度、剑叶角度呈极显著正相关,与分蘖力呈极显著负相关。直链淀粉含量与叶片卷曲度、分蘖力呈极显著正相关,与茎秆粗度、剑叶角度呈极显著负相关。因此,食味值、蛋白质含量、直链淀粉含量在株型性状中主要与茎秆粗度、剑叶角度、分蘖力相关性较强。

由表 4 可知,食味值与穗立形状、有效穗数、穗粒数呈极显著正相关,与芒长呈显著正相关,与结实率呈显著负相关。蛋白质含量与结实率呈极显著正相关,与穗长呈显著正相关,与有效穗数、穗粒数呈极显著负相关,与穗立形状呈显著负相关。直链淀粉含量与穗型、穗立形状、颖尖色、有效穗数、千粒重呈极显著正相关,与穗长呈极显著负相关,与结实率呈显著负相关。因此,食味值、蛋白质含量、直链淀粉含量在穗部性状中主要与穗立形状、有效穗数、结实率关系密切。

由表 5 可知,食味值与直链淀粉含量、垩白粒率呈显著正相关,与蛋白质含量呈极显著负相关。蛋白质含量与直链淀粉含量、整精米率、垩白粒率呈极显著负相关。直链淀粉含量与糙米形状、糙米率、整精米率、垩白粒率呈极显著正相关。由此可知,食味值、蛋白质含量、直链淀粉含量在品质性状中主要与垩白粒率相关性较强。

2.3 通径分析 为估测水稻生育期、株型性状、穗部性状及品质性状对食味值构成的相对重要性,

表 3 食味品质与株型性状的相关性						
性状	株高	茎秆长	茎秆粗度	叶片卷曲度	剑叶角度	分蘖力
食味值	-0.024	0.038	-0.203**	0.210**	-0.414**	0.342**
蛋白质	0.010	-0.057	0.265**	-0.064	0.423**	-0.278**
直链淀粉	-0.110	0.097	-0.457**	0.209**	-0.239**	0.461**

表 4 食味品质与穗部性状的相关性									
性状	穗长	穗型	穗立形状	芒长	颖尖色	有效穗数	穗粒数	结实率	千粒重
食味值	-0.048	0.020	0.399**	0.154*	-0.144	0.248**	0.405**	-0.161*	-0.126
蛋白质	0.169*	-0.093	-0.178*	0.019	-0.014	-0.450**	-0.248**	0.195**	0.095
直链淀粉	-0.484**	0.299**	0.352**	-0.081	0.238**	0.640**	-0.104	-0.168*	0.263**

表 5 食味值与品质性状的相关性							
性状	食味值	蛋白质	直链淀粉含量	糙米形状	糙米率	整精米率	垩白粒率
食味值	1	-0.744**	0.546*	-0.123	-0.135	0.114	0.163*
蛋白质		1	-0.833**	-0.067	-0.065	-0.259**	-0.375**
直链淀粉			1	0.438**	0.404**	0.432**	0.422**

进行了通径分析。通过通径分析发现,有效穗数(0.564)、叶片卷曲度(0.505)、穗型(0.473)、茎秆长(0.352)、垩白粒率(0.149)对食味值有直接正向作用,其中有效穗数直接作用最大;蛋白质含量(-1.334)、茎秆粗度(-1.169)、生育期(-0.756)、穗立形状(-0.430)、叶片色(-0.398)等对食味值起直接负向作用,其中负向作用最大的是蛋白质含量,其次为茎秆粗度、生育期(表6)。

2.3.1 有效穗数对食味值的正向效应 有效穗数对食味值的直接通径系数为0.564,通过其他性状对产量的间接作用总和为-0.316,最终表现为有效穗数与食味值的相关系数为 $r=0.248^{**}$,达到极显著水平,说明增加有效穗数有助于选育高食味值品种。

2.3.2 蛋白质含量对食味值的负向效应 蛋白质含量对食味值的直接通径系数为-1.334,通过其他性状对产量的间接作用总和为0.591,最终表现为蛋白质含量与食味值的负相关系数最大($r=0.744^{**}$),达到极显著水平,说明降低蛋白质含量是选育高食味值品种的有效途径之一。

2.3.3 茎秆粗度对食味值的负向效应 茎秆粗度对食味值的直接通径系数为-1.169,通过其他性状对产量的间接作用总和为0.965,最终表现为茎秆粗度与食味值的相关系数为 $r=-0.203^{**}$,达到极显著水平,说明降低茎秆粗度有助于选育高食味值品种。

2.3.4 生育期对食味值的负向效应 生育期对食味值的直接通径系数为-0.756,通过其他性状对产量的间接作用总和为1.182,最终表现为生育期与食味值的相关系数为 $r=0.426^{**}$,达到极显著水平,说明增加生育期有助于选育高食味值品种。

3 讨论与结论

张春红等^[8]、王莹等^[9]普遍认为稻米直链淀粉和蛋白质含量与食味值呈负相关,但本研究表明稻米的直链淀粉含量与食味值呈正相关、与蛋白质含量呈负相关,可能是因为当直链淀粉含量高于一定值时,食味值随直链淀粉含量的增加而降低,但低于一定值时,食味值则随直链淀粉含量的增加而升高,这有待进一步研究。王伯伦等^[10]的研究结果表明,食味值与蛋白质含量呈线性关系,与直链淀粉含量呈二次曲线关系,也印证了本研究结论。

在水稻的各种特性中,生育期直接影响光合作用及干物质积累时间的长短,间接影响籽粒的灌浆

进程,所以极大地影响着水稻产量和食味品质。本试验研究发现,水稻生育期与稻米食味值、蛋白质含量、直链淀粉含量均密切相关,生育期越长蛋白质含量越低,食味值越高,与汪本福^[11]的研究结果一致,但根据季彪俊^[12]的研究发现,生育期过长会影响穗部的生长进而影响产量,故在黄淮稻区进行品种选育时要充分考虑生育期的长短,一般可选择抽穗稍迟,生育期偏长,但不要过长的品种。

水稻的农艺性状是外在量化指标,品质性状是内在量化指标。从表面上看这2种指标内在联系不明显,但在水稻生长发育中同受水稻遗传基因表达的控制,因此这2种指标一定存在关联性^[13]。本试验通过相关性分析结果表明,水稻植株叶片卷曲度、穗立形状、分蘖力、茎秆长、茎秆粗度等部分农艺性状与食味值间均存在着显著或极显著相关性,表明这些农艺性状会对食味品质产生明显影响。

植株茎秆由大量的维管束组成,其粗细与维管束的数目、形态等直接相关。维管束是光合产物、水分及矿质营养的运输通道,故茎秆的粗细直接影响籽粒中光合产物的含量。本研究发现,茎秆粗度与稻米蛋白质含量呈正相关,而和食味值呈负相关,与张巧凤^[14]结论一致,说明在相同条件下,较粗的茎秆会导致光合产物、营养物质向籽粒的大量运输,籽粒中水分、蛋白质等过度积累将导致稻米食味下降。

水稻穗部性状直接影响稻米产量,同时也与稻米品质有一定的相关性^[15-16]。由表4可知有效穗数、穗粒数与食味值呈正相关,千粒重与食味值呈负相关,表明穗粒数和有效穗数较多、千粒重较小时,食味值较高,与郑英杰等^[6]的研究结果一致。有效穗数、穗粒数较多,而相应的千粒重较小说明籽粒较小,具有这类穗部性状的粳稻品种可以在较短的时间内完成灌浆,且籽粒灌浆均匀,米质水平相对保持一致,促进了食味品质的提高。

综上所述,在黄淮地区常规粳稻品种选育过程中,通过农艺性状进行食味品质的初步选择是可以考虑的。通过本试验可知,在黄淮稻区粳稻选育过程中兼顾产量的同时,在早期世代应选择生育期稍长、茎秆较细、有效穗数较多和籽粒相对较小的单株,这样更利于食味优质品种的选育。

(下转第88页)

- 才. 化控剂对冬小麦植株性状及产量品质的调节效应. 作物杂志, 2018 (1): 133-140
- [7] 王慧, 张明伟, 雷晓伟, 余明杰, 顾后文, 李春燕, 朱新开, 郭文善. 植物生长调节剂拌种对扬麦 13 茎秆生长及籽粒产量的影响. 麦类作物学报, 2016, 36 (2): 206-214
- [8] 李振丽, 程瑞婷, 李瑞奇, 李雁鸣. 行距配置和化控对冬小麦茎秆质量和抗倒性能的影响. 麦类作物学报, 2013, 33 (3): 507-513
- [9] 郑明阳, 周锐, 熊敏先, 黄乙琼, 崔岚冰, 李彦, 卢志豪, 吴迪. 植物生长调节剂对青稞种子萌发、幼苗生长及耐旱性的影响. 江苏农业科学, 2023, 51 (10): 105-112
- [10] 顾大路, 杨秀梅, 杜小凤, 李刚华, 孙爱侠, 钱新民, 贾艳艳, 文廷刚, 李正鹏. 不同耕作方式下施用劲丰谷德对小麦抗倒伏性状与产量的影响. 江苏农业科学, 2021, 49 (20): 103-107
- [11] 冯辉, 薛正刚, 郜战宁, 王树杰. 不同时期喷施多效唑对大麦生长和产量的调节效应. 大麦与谷类科学, 2014, 31 (4): 59-62
- [12] 孙东雷, 卞能飞, 王幸, 邢兴华, 沈一, 徐泽俊, 齐玉军, 王晓军. 高油酸花生萌发期耐冷性综合评价及种质筛选. 核农学报, 2021, 35 (6): 1263-1272
- [13] 陈一西, 汪军成, 姚立蓉, 刘梅金, 司二静, 杨轲, 孟亚雄, 马小乐, 李葆春, 王化俊. 2 种生长延缓剂对青稞抗倒伏、生长及品质的影响. 大麦与谷类科学, 2019, 36 (5): 24-31
- [14] 黄金堂. 二棱大麦茎秆性状与抗倒性关系的研究. 麦类作物学报, 2004, 24 (3): 49-52
- [15] 章蓉, 姜恩熙, 陈思, 余徐润, 陈刚, 冉莉萍, 熊飞. 乙烯利与 1- 甲基环丙烯调控小麦穗部籽粒形成的研究. 作物杂志, 2023 (6): 101-107
- [16] 杨文飞, 文廷刚, 孙爱侠, 吴雪芬, 王伟中. 新型增产抗倒营养剂“劲丰谷德”对小麦抗倒性和产量的影响. 金陵科技学院学报, 2019, 35 (1): 65-68
- [17] 魏廷邦, 胡发龙, 赵财, 冯福学, 于爱忠, 刘畅, 柴强. 氮肥后移对绿洲灌区玉米干物质积累和产量构成的调控效应. 中国农业科学, 2017, 50 (15): 2916-2927
- [18] 黄文婷, 冯乃杰, 郑殿峰, 靳丹, 牟保民, 丁凯鑫. 烯效唑和胺鲜酯对大豆叶片光合特性与碳代谢的调控效应. 大豆科学, 2020, 39 (2): 243-251
- [19] 朱云林, 顾大路, 王伟中, 杜小凤, 杨文飞, 孙爱侠. 不同时期喷施劲丰谷德对水稻茎秆生长和产量的影响. 江苏农业科学, 2016, 44 (12): 124-126
- [20] 屈洋, 马雯, 刘晓婷, 薛玉莹, 王可珍. 种植密度和喷施乙烯利对大豆产量和品质的影响. 安徽农学通报, 2024, 30 (9): 20-24
- [21] 文廷刚, 陈昱利, 杜小凤, 吴传万, 钱新民, 吴雪芬, 王伟中. 不同植物生长调节剂对小麦籽粒灌浆特性及粒重的影响. 麦类作物学报, 2014, 34 (1): 84-90
- [22] 韩雅婷, 钱建财, 宋正熊, 赵红朝, 黄五星. 不同植物生长调节剂对烟草生育期和烟叶品质的影响. 江苏农业科学, 2024, 52 (4): 101-107
- [23] 秦武发, 董永华, 张彩英, 史吉平, 荣广哲. 开花后喷施植物生长调节物质对小麦籽粒千粒重、蛋白质含量和沉降值的影响. 植物生理学通讯, 1996 (2): 124-125
- [24] 蒋正文, 岳宏伟, 陈娇, 刘晗. 基于隶属函数法的宁夏滴灌玉米灌溉制度研究. 江苏农业科学, 2023, 51 (7): 190-196
- (收稿日期: 2024-08-29)

(上接第 82 页)

参考文献

- [1] 邓伟, 张新明. 中国水稻种业发展历程研究. 中国种业, 2022 (11): 1-10
- [2] 陈能, 罗玉坤, 朱智伟, 谢黎虹. 食用稻米饭质地及适口性的研究. 中国水稻科学, 1999, 13 (3): 152-156
- [3] 黄晓珊. 粳稻产量和品质性状分析及种质资源评价和利用的研究. 天津: 天津农学院, 2010
- [4] 郎有忠, 窦永秀, 王美娥, 张祖建, 朱庆森. 水稻生育期对籽粒产量及品质的影响. 作物学报, 2012, 38 (3): 528-534
- [5] 吴殿星, 舒小丽, 吴伟. 稻米淀粉品质研究与利用. 北京: 中国农业出版社, 2009
- [6] 郑英杰, 孙滨, 夏明, 阙补超, 于亚辉, 王莹. 北方杂交粳稻株型与食味品质性状的关系. 北方水稻, 2014 (1): 10-13
- [7] 殷春渊, 王书玉, 刘贺梅, 孙建权, 胡秀明, 王和乐, 田芳慧, 王玲燕. 播量和施氮量对直播稻产量和品质的影响. 中国农学通报, 2018, 34 (20): 1-6
- [8] 张春红, 李金洲, 田孟祥, 王才林. 不同食味粳稻品种稻米蛋白质相关性状与食味的关系. 江苏农业学报, 2010, 26 (6): 1126-1132
- [9] 王莹, 于亚辉, 阙补超, 夏明, 郑英杰, 李林蔚, 王彤. 稻米食味品质性状相关性分析. 湖北农业科学, 2016, 55 (16): 4090-4092
- [10] 王伯伦, 王锋, 王术. 不同类型东北粳稻品种食味及品质性状的研究. 中国稻米, 2015, 21 (4): 62-64
- [11] 汪本福. 粳稻不同生育期类型品种产量形成特性与品质特征研究. 扬州: 扬州大学, 2006
- [12] 季彪俊. 影响水稻产量因子的研究. 西南农业大学学报, 2005, 27 (5): 579-583
- [13] 华泽田, 袁兴福, 隋国民. 北方杂交粳稻遗传改良与生理基础. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2006
- [14] 张巧凤. 粳稻食味品质性状的相关性及 QTL 定位. 南京: 南京农业大学, 2007
- [15] 倪善君, 雷云翹, 路洪彪, 赵一洲, 张战. 粳稻穗部性状分析及与米质的关系. 垦殖与稻作, 2006 (3): 20-23
- [16] 胡继鑫. 水稻穗部性状与产量和品质的关系研究. 重庆: 西南大学, 2008
- (收稿日期: 2024-08-07)