

粳稻不同粒位上粒重和食味与其他品质性状的关系

薛菁芳^{1,2}, 陈书强^{1,2}, 潘国君², 王玉成³

(1. 东北林业大学博士后科研流动站, 黑龙江省农业科学院博士后科研工作站, 黑龙江 哈尔滨 150086;

2. 黑龙江省农业科学院 佳木斯水稻研究所, 黑龙江 佳木斯 154026; 3. 东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为探明粒重和食味与其他品质性状之间的关系, 选用直立穗型和弯曲穗型水稻为材料, 按照穗部位置分为 27 个粒位, 分析了它们之间的相互关系。结果表明: 不同粒位间粒重与食味值和整精米率有极显著正相关关系, 碾米品质的好坏对食味有显著影响; 粒重和食味值与垩白率和垩白度有极显著负相关性, 与粒长、粒宽和长厚比有极显著正相关关系; 粒重与直链淀粉含量和胶稠度呈极显著正相关, 食味值只与胶稠度呈显著正相关, 而与直链淀粉含量相关性不大; 粒重和食味值与总蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和脂肪酸含量有极显著负相关关系, 而与球蛋白含量有显著正相关关系, 可以通过提高籽粒的球蛋白含量, 来协调食味、产量和营养品质之间的矛盾; 粒重和食味与淀粉 RVA 谱特征值有非常密切的关系, 两者与峰值黏度、热浆黏度、崩解值、冷胶黏度和回复值呈极显著正相关, 而与消减值和起浆温度呈极显著负相关; 食味值与峰值黏度、崩解值和脂肪酸含量的相关系数较大。粒重对整精米率和食味有重要影响, 峰值黏度、崩解值和脂肪酸含量这 3 个指标可以作为选择水稻品种良好食味的首选指标。

关键词: 粳稻; 粒位; 粒重; 食味; 品质性状

中图分类号: S511.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2015)03-0129-07

doi: 10.7668/hbxb.2015.03.023

Relationship Between Grain Weight, Taste Quality and Other Quality Traits at Different Grain Positions of Japonica Rice

XUE Jing-fang^{1,2}, CHEN Shu-qiang^{1,2}, PAN Guo-jun², WANG Yu-cheng³

(1. Northeast Forestry University Postdoctoral Programme, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences Postdoctoral Programme, Harbin 150086, China; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi Rice Research Institute, Jiamusi 154026, China; 3. Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Two panicle type cultivars with erect panicle and curved panicle were applied to study the relationship between grain weight, taste quality and other quality traits at different grain positions of japonica rice. The results showed that grain weight had significantly positive correlation with taste quality and head rice percentage among different grain positions, and the quality of milling quality had significant impact on taste quality. Grain weight and taste quality had significantly negative correlation with chalky grain percentage and chalkiness degree, and had significantly positive correlation with grain length, grain width and length-thickness ratio. Grain weight had significantly positive correlation with amylose content and gel consistence on different grain positions. Taste quality only showed a significant positive correlation with gel consistency, and had less relevant to amylose content. Grain weight and taste quality had significantly negative correlation with content of total protein, prolamin, glutelin and fatty acid, but had significantly positive correlation with globulin content. So it might be coordinate the contradiction among taste quality, yield and nutritional quality by increasing globulin content of grains. Grain weight and taste quality had close relationship with RVA profile characteristics values. Both of them had significantly positive correlation with peak viscosity, hot paste viscosity, breakdown, cool paste viscosity and consistence, but had significantly negative correlation with setback and pasting temperature. The correlation coefficient among taste quality, peak viscosity and breakdown are bigger. Grain weight had important influence on taste quality and head rice percentage. The three in-

收稿日期: 2015-03-10

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD16B11-02YJ01; 2012BAD04B01-02); 黑龙江省科技攻关重大项目(GA13B101); 黑龙江省政府博士后经费项目(LBH-Z10038)

作者简介: 薛菁芳(1978-), 女, 黑龙江肇源人, 副研究员, 博士, 主要从事水稻高产优质育种研究。

通讯作者: 陈书强(1976-), 男, 黑龙江阿城人, 副研究员, 博士, 主要从事水稻高产高效优质栽培研究。

dicators of peak viscosity,breakdown,and fatty acid content can be used as preferred indicator of selecting rice varieties with good taste quality.

Key words:Japonica rice;Grain position;Grain weight;Taste quality;Quality characters

水稻是我国最重要的“口粮”作物,总产量约占粮食总产的 40% 左右。东北粳稻播种面积达到 490 多万 hm²,占全国粳稻种植面积的 46%,产量达到 50% 以上。东北大米以食味优良而著称,但是食味总体水平与日本优质米品种还有一定差距^[1]。近年来,随着人民生活水平的不断提高,人们对优质米的消费需求进一步增强。因此,高产优质协同提高已经成为育种工作者面临的首要目标,稻米食味品质的研究也越来越受到重视。

食味品质是数量性状,遗传机理较为复杂,影响食味品质的因素也较多^[2]。诸多学者利用不同粳稻或粳稻品种研究了食味其他品质性状间的关系,得出结论尚不完全一致。陈庆川等^[3]认为,粳米的食味值与直链淀粉及蛋白质含量呈极显著负相关,与胶稠度呈显著负相关;食味值与崩解值呈极显著负相关,与回生值呈显著负相关。张亚东等^[4]发现,江浙沪地区的粳稻食味值与直链淀粉含量、蛋白质含量呈极显著负相关,而垩白粒率、垩白度对稻米食味值没有明显影响。金京德等^[5]研究表明,吉林省粳稻的食味与胶稠度呈显著正相关,与蛋白质含量呈极显著负相关,与直链淀粉含量呈微弱负相关。徐正进等^[6]发现,黑龙江省水稻食味值与碾磨品质、粒宽、垩白性状和蛋白质含量有负相关的趋势,而与粒长、长宽比、直链淀粉含量和胶稠度有正相关的趋势。并认为北方粳稻将直链淀粉含量控制在 17% 以下,蛋白质含量降低到 7% 以下,可能比较容易获得较好的食味品质。

以上学者都是利用不同品种材料进行食味与其他品质性状间关系的研究,但不同品种材料属于不同基因型,得出的结论受遗传因素影响较大,不易反映出食味与其他品质性状间的客观关系。也有一些学者利用近等基因系研究品质性状间的相关性,试

图抛除遗传背景不同或品种间差异较大的影响。已有研究证明,直立穗型与弯曲穗型粳稻品种不同粒位上的营养品质、蒸煮食味品质、垩白性状、淀粉 RVA 谱特征、碾磨品质和粒形性状之间明显存在粒位差异,并且它们之间有显著关系^[7-11]。本研究利用直立穗型和弯曲穗型品种各 3 个做重复,将每个品种按照穗部位置分为 27 个粒位,研究了不同粒位上的粒重和食味与其他品质性状的关系,以期阐明在一个穗内(同一基因型下)不同粒位间籽粒食味与其他品质性状间的真实关系,为粳稻高产优质育种提供一定的科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

6 个不同穗型的粳稻品种,生育期都在 155 d 左右。直立穗型品种 3 个:千重浪 1 号(QCL1)、辽粳 5 号(LG5)、ZF₁₃(丰锦/辽粳 5 号杂交后代选出的纯合直立穗型品系);弯曲穗型品种 3 个:沈农 315(SN315)、丰锦(FJ)、WF₁₃(丰锦/辽粳 5 号杂交后代选出的纯合弯曲穗型品系)。

1.2 试验设计

试验在沈阳农业大学水稻所进行。试验地为棕壤土,肥力中等。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积约 9.6 m²。4 月 10 日播种,播种量 0.2 kg/m²,营养土保温早育苗,5 月 20 日插秧,株行距为 13.3 cm×30 cm,1 苗/穴。6 个品种在 8 月 6 日左右开始抽穗,8 月 10 日前后齐穗。施底肥:尿素 150 kg/hm²、磷酸二铵 150 kg/hm²、硫酸钾 112.5 kg/hm²,施返青肥尿素 60 kg/hm²(5 月 24 日)、分蘖肥尿素 75 kg/hm²(6 月 1 日)、穗肥尿素 60 kg/hm²(7 月 26 日)。其他栽培管理同常规生产田。

表 1 六个供试品种的穗部粒位划分
Tab.1 Classification of grain position within a panicle

| 穗型 Panicle type | 品种 Cultivar | 一次枝梗总数 Number of primary branches | 一次枝梗划分 Classification of primary branches | | |
|--------------------|------------------------|---|---|-----------|----------|
| | | | 上部 Upper | 中部 Middle | 下部 Lower |
| 直立 Erect panicle | 千重浪 1 号 QCL1 | 15 | 5 | 5 | 5 |
| | 辽粳 5 号 LG5 | 13 | 4 | 5 | 4 |
| | 直立穗品系 ZF ₁₃ | 13 | 4 | 5 | 4 |
| 弯曲 Curved panicle | 沈农 315 SN315 | 11 | 3 | 4 | 4 |
| | 丰锦 FJ | 13 | 4 | 5 | 4 |
| | 弯曲穗品系 WF ₁₃ | 12 | 4 | 4 | 4 |

1.3 取样

在抽穗期每个小区选取约 800 个同日始穗、穗大小相同的穗子,挂纸牌作为标记,其中用一部分记载各粒位开花日期。成熟期将标记的穗摘取,按照穗上枝梗生长部位及粒位进行分类。供试品种穗部部位划分的标准参照 Liu 等^[12]的方法(表 1),一次枝梗上 6 个粒从上到下分为第 1~6 个粒位,二次枝梗上 3 个粒从上到下分为第 1~3 个粒位。同一部位、同一粒位的籽粒合并收集,作为一个样本,除去空瘪后测定稻米品质。

1.4 品质测定

1.4.1 碾米品质测定 测定前各样本用风选机等风量风选。测定方法按照《GB/T17891-1999 优质稻谷》标准执行^[13]。

1.4.2 外观品质测定 长宽比、长厚比、垩白粒率、垩白大小的测定方法参照《GB/T17891-1999 优质稻谷》标准进行。垩白粒率与垩白大小乘积为垩白度。用稻米透明度测评仪测定透明度。

1.4.3 种子储藏蛋白测定 参照现代植物生理学实验指南(P₂₆₁)^[14]和 Luthe^[15]的方法测定种子储藏蛋白。

样品处理:称取 7.0 g 左右除去胚后的整精米粒,用粉碎机粉碎 1.5 min,用 0.25 mm 筛筛选粉碎样品,称取过筛样品约 0.500 g 放入离心管中。

- 储藏蛋白组分的顺序分离:
- ①清蛋白:用浓度为 10 mmol/L Tris-HCl、pH 值 7.5 的缓冲液在室温条件下提取 2 h,然后离心,提取上清液。
 - ②球蛋白:用浓度为 1 mol/L NaCl、10 mmol/L Tris-HCl、pH 值 7.5 的缓冲液在室温条件下提取 2 h,然后离心,提取上清液。
 - ③醇溶蛋白:用浓度为 70% (V/V) 酒精、10 mmol/L Tris-HCl、pH 值 7.5 的缓冲液在室温条件下提取 2 h,然后离心,提取上清液。
 - ④谷蛋白:用含 0.5% (m/V) SDS 和 1% (V/V) 巯基乙醇的 10 mmol/L Tris-HCl、pH 值 7.5 有缓冲液在室温条件下提取 2 h,然后离心,提取上清液。

测定:采用 Bradford 法^[16]测定清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白含量,用牛血清蛋白作对照;采用双缩脲法^[17]测定谷蛋白含量,并用凯氏法加以标定^[17]。

1.4.4 蒸煮食味品质的测定 采用近红外透过式 PS-500 食味分析仪测定食味值、直链淀粉含量、脂肪酸含量和蛋白质含量。仪器的测定范围为:食味值 40~100 分(精米)、直链淀粉 15.0%~30.0% (总淀粉比)、蛋白质 4.0%~11.0% (干基)。

胶稠度测定参照《GB/T17891-1999 优质稻谷》标准执行。

1.4.5 稻米淀粉黏滞性的测定 采用 RVA-4 型快速黏度仪测定淀粉谱黏滞特性,按照 AACC 美国谷物化学协会操作规程(1995-61-02)标准方法,米粉含水量为 12.00% 时,样品量为 3.000 0 g,蒸馏水为 25.00 mL。

用最高黏度(PKV)、热浆黏度(HPV)、冷胶黏度(CPV)、崩解值(BDV)、消减值(SBV)和回复值(CSV)等表示 RVA 谱特征值。

1.5 数据分析

数据分析采用 SPSS 11.5 和 Excel 2003 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 粒重和食味值与碾米品质的关系

以 6 个品种,每个品种分为 27 个粒位,共 162 个样本做相关分析,发现在穗内不同粒位上籽粒的糙米率、精米率和整精米率三者间存在着显著或极显著的正相关性,其中糙米率与精米率的相关性较高,相关系数达到 0.578** (表 2)。穗内不同粒位上籽粒的食味值与糙米率、精米率和整精米率有极显著或显著的正相关关系,其中它与整精米率相关性最大,相关系数达到 0.367**。不同粒位上籽粒的粒重与食味值和整精米率呈极显著正相关性,相关系数分别为 0.780** 和 0.529**。表明粒重对整精米率和食味有重要影响,碾米品质的好坏对食味也有显著影响。

表 2 穗内不同粒位粒重和食味值与碾米品质的相关系数
Tab.2 Coefficient of correlation among grain weight,taste quality and milling quality
of grains at the different positions within a panicle

| 指标 Indicator | 粒重 Grain weight | 食味值 Taste quality | 糙米率 Blown rice percentage | 精米率 Milled rice percentage |
|----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 食味值 Taste quality | 0.780** | | | |
| 糙米率 Blown rice percentage | 0.037 | 0.163* | | |
| 精米率 Milled rice percentage | 0.139 | 0.267** | 0.578** | |
| 整精米率 Head rice percentage | 0.529** | 0.367** | 0.379** | 0.169* |

注:样本数为 162 个。*.5% 水平差异显著;*.1% 水平差异极显著。表 3~6 同。
Note:N = 162. *. Correlation is significant at the 0.05 level; **. Correlation is significant at the 0.01 level. The same as Tab.3-6.

2.2 粒重和食味值与外观品质的关系

穗内不同粒位上籽粒的长厚比、粒长和粒宽与垩白率、垩白度有极显著负相关性,而长宽比与垩白率、垩白度有极显著正相关性。垩白率和垩白度呈极显著正相关关系,垩白率、垩白度与透明度呈极显著负相关关系。穗内不同粒位上粒重和食味值与长厚比、粒长和粒宽有极显著正相关性,而与长宽比相

关性不显著(表3)。籽粒的粒重、食味值与透明度呈极显著正相关性,而与垩白率、垩白度呈极显著负相关性。从垩白性状与粒形的关系中可以看出,长宽比大小对垩白的产生有直接影响,但与食味关系不大。粒重大小与垩白性状有反向关系,而垩白的发生又对食味产生负面影响;粒长、粒宽和长厚比对食味有正面影响。

表 3 穗内不同粒位粒重和食味值与外观品质的相关系数

Tab.3 Coefficient of correlation among grain weight,taste quality and appearance quality of grains at the different positions within a panicle

| 指标 Indicator | 粒重 GW ¹ | 食味值 TQ | 粒长 GL | 粒宽 GW ² | 长宽比 LWR | 长厚比 LTR | 垩白率 CGP | 垩白度 CD |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------------------|------------|------------|------------|-----------|
| 食味值 TQ | 0.780 ** | | | | | | | |
| 粒长 GL | 0.671 ** | 0.494 ** | | | | | | |
| 粒宽 GW ² | 0.743 ** | 0.677 ** | 0.554 ** | | | | | |
| 长宽比 LWR | 0.025 | -0.113 | 0.566 ** | -0.366 ** | | | | |
| 长厚比 LTR | 0.490 ** | 0.357 ** | 0.763 ** | 0.285 ** | 0.556 ** | | | |
| 垩白率 CGP | -0.833 ** | -0.766 ** | -0.387 ** | -0.679 ** | 0.219 ** | -0.243 ** | | |
| 垩白度 CD | -0.825 ** | -0.777 ** | -0.357 ** | -0.671 ** | 0.246 ** | -0.223 ** | 0.960 ** | |
| 透明度 TD | 0.790 ** | 0.607 ** | 0.474 ** | 0.658 ** | -0.113 | 0.420 ** | -0.766 ** | -0.787 ** |

注:GW¹.粒重;TQ.食味值;GL.粒长;GW².粒宽;LWR.长宽比;LTR.长厚比;CGP.垩白率;CD.垩白度;TD.透明度。

Note:GW¹. Grain weight;TQ. Taste quality;GL. Grain length;GW². Grain width;LWR. Length-width ratio;LTR. Length-thickness ratio;CGP. Chalky grain percentage;CD. Chalkiness degree;TD. Transparence degree.

2.3 粒重和食味值与蒸煮品质的关系

从表4可以看到,穗内不同粒位间籽粒的粒重与直链淀粉含量和胶稠度呈极显著正相关,相关系数分别达到0.405**和0.337**。食味值与胶稠度呈显著正相关性,相关系数达到0.199*,而与直链淀粉含量相关性不显著。粒重对直链淀粉含量和胶稠度有直接正面影响,胶稠度的软硬与食味大小关系密切。

表 4 穗内不同粒位粒重和食味与蒸煮品质的相关系数

Tab.4 Coefficient of correlation among cooking quality,grain weight and taste quality of grains at the different positions within a panicle

| 指标 Indicator | 粒重 Grain weight | 食味值 Taste quality | 直链淀粉 Amylose content |
|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 食味值 Taste quality | 0.780 ** | | |
| 直链淀粉 Amylose content | 0.405 ** | 0.075 | |
| 胶稠度 Gel consistence | 0.337 ** | 0.199 * | 0.474 ** |

2.4 粒重和食味值与营养品质的关系

分析了穗内不同粒位间籽粒粒重和食味值与营养品质的关系,结果表明,粒重与总蛋白、清蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和脂肪酸含量有极显著负相关关系,而与球蛋白含量呈极显著正相关(表5)。食味值和球蛋白含量呈显著正相关,而与总蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白和脂肪酸含量有极显著负相关关系,与清蛋白含量关系不显著。不同粒位籽粒的总蛋白含量

与清蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白含量呈显著或极显著正相关,而与球蛋白含量呈显著负相关。脂肪酸含量与清蛋白、谷蛋白和总蛋白含量呈显著或极显著正相关性,而与球蛋白含量呈显著负相关性。虽然食味品质与营养品质之间具有一定的矛盾性,但是本研究中食味和粒重与营养品质中的球蛋白含量呈显著或极显著正相关关系,揭示可以通过提高籽粒的球蛋白含量,来协调食味、产量和营养品质之间的关系。

2.5 粒重和食味值与淀粉 RVA 谱特征值的关系

由表6可以看出,不同粒位籽粒的粒重和食味值与峰值黏度、热浆黏度、崩解值、冷胶黏度和回复值呈极显著正相关关系,而与消减值和起浆温度呈极显著负相关关系,其中粒重和食味值与峰值黏度的相关系数最大,分别为0.884**和0.880**,和崩解值的相关系数次之,分别达到0.865**和0.825**。表明食味品质和粒重与淀粉RVA谱特征有非常密切的关系。从不同粒位籽粒淀粉RVA谱特征值之间的关系中可以看出,崩解值与峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度和回复值呈极显著正相关关系,而与消减值和起浆温度呈极显著负相关关系。消减值则与峰值黏度、热浆黏度、崩解值呈极显著负相关关系,与起浆温度和回复值呈极显著正相关关系。

表 5 穗内不同粒位籽粒粒重和食味值与营养品质的相关系数

Tab.5 Coefficient of correlation among nutritional quality, grain weight and taste quality of grains at the different positions within a panicle

| 指标 Indicator | 粒重 Grain weight | 食味值 Taste quality | 清蛋白 Albumin | 球蛋白 Globulin | 醇溶蛋白 Prolamin | 谷蛋白 Glutelin | 总蛋白质 Protein |
|-------------------|--------------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 食味值 Taste quality | 0.780 ** | | | | | | |
| 清蛋白 Albumin | -0.435 ** | -0.130 | | | | | |
| 球蛋白 Globulin | 0.214 ** | 0.198 * | 0.101 | | | | |
| 醇溶蛋白 Prolamin | -0.254 ** | -0.214 ** | 0.192 * | 0.204 ** | | | |
| 谷蛋白 Glutelin | -0.623 ** | -0.691 ** | 0.069 | -0.250 ** | 0.320 ** | | |
| 总蛋白质 Protein | -0.650 ** | -0.692 ** | 0.160 * | -0.183 * | 0.388 ** | 0.993 ** | |
| 脂肪酸 Fatty acid | -0.684 ** | -0.859 ** | 0.191 * | -0.192 * | 0.151 | 0.571 ** | 0.575 ** |

表 6 穗内不同粒位籽粒粒重和食味值与淀粉 RVA 谱特征的相关系数

Tab.6 Coefficient of correlation among grain weight, taste quality and RVA profiles of grains at the different positions within a panicle

| 指标 Indicator | 粒重 GW ¹ | 食味值 TQ | 峰值黏度 PKV | 热浆黏度 HPV | 崩解值 BDV | 冷胶黏度 CPV | 消减值 SBV | 起浆温度 PaT |
|-----------------|-----------------------|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 食味值 TQ | 0.780 ** | | | | | | | |
| 峰值黏度 PKV | 0.884 ** | 0.880 ** | | | | | | |
| 热浆黏度 HPV | 0.681 ** | 0.763 ** | 0.796 ** | | | | | |
| 崩解值 BDV | 0.865 ** | 0.825 ** | 0.967 ** | 0.616 ** | | | | |
| 冷胶黏度 CPV | 0.569 ** | 0.705 ** | 0.666 ** | 0.794 ** | 0.534 ** | | | |
| 消减值 SBV | -0.698 ** | -0.575 ** | -0.770 ** | -0.386 ** | -0.839 ** | -0.036 | | |
| 起浆温度 PaT | -0.304 ** | -0.313 ** | -0.420 ** | -0.254 ** | -0.440 ** | 0.035 | 0.592 ** | |
| 回复值 CSV | 0.335 ** | 0.476 ** | 0.393 ** | 0.430 ** | 0.331 ** | 0.891 ** | 0.235 ** | 0.241 ** |

注: PKV. 峰值黏度; HPV. 热浆黏度; BDV. 崩解值; CPV. 冷胶黏度; SBV. 消减值; PaT. 起浆温度; CSV. 回复值。
Note: PKV. Peak viscosity; HPV. Hot paste viscosity; BDV. Breakdown; CPV. Cool paste viscosity; SBV. Setback; PaT. Pasting temperature; CSV. Consistence.

3 讨论

诸多学者利用不同水稻品种研究了食味品质与其他品质性状的关系, 结论尚不完全一致。徐正进等^[18]用 95 个水稻品种研究了水稻品质性状与食味的关系。结果表明, 在测定的 13 项品质指标中, 食味与透明度呈显著的正相关, 与蛋白质含量呈极显著的负相关, 而与糙米率、精米率、整精米率、粒长、长宽比、垩白率、垩白度、消减值、胶稠度、直链淀粉含量和脂肪含量相关不显著。唐亮等^[19]用水稻 RILs 群体分析了水稻食味与品质性状间的关系。结果得出, 稻米食味品质与蛋白质含量、垩白米率、垩白度和精米宽度呈显著负相关, 与消减值和整精米率呈显著正相关, 与其他性状相关性不大。Takuya 等^[20]用 20 个粳稻品种分析了食味品质与籽粒理化特性的关系, 发现蛋白质含量、直链淀粉含量、峰值黏度、崩解值和组织特性(硬度与黏度比值, 硬度与附着性比值)与食味值有显著的相关性, 并且水稻籽粒的组织特性与食味值关系最近, 可作为选择具有优良食味水稻品种的最佳指标。王术等^[21]以东北地区 55 个水稻品种为试材, 对稻米的碾磨品质、外观品质、蒸煮食味品质和营养品质进行

测定与分析, 发现食味值与整精米率极显著正相关, 与垩白率极显著负相关。

本研究按照穗部位置分为 27 个粒位, 分析了穗内不同粒位上籽粒的食味值与其他品质性状间的关系。试验结果表明, 不同粒位上籽粒的食味值与粒重、整精米率、精米率、糙米率、长厚比、粒长、粒宽、透明度、胶稠度、球蛋白含量、峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、崩解值和回复值有显著或极显著正相关关系, 与垩白度、垩白率、总蛋白含量、谷蛋白含量、醇溶蛋白含量、脂肪酸含量、消减值和起浆温度有极显著负相关关系, 而与长宽比和直链淀粉含量无相关性。这表明穗内粒位间籽粒食味值与其他品质性状的关系比品种间食味值与其他品质性状的关系更密切, 更能直接反映出影响食味的主要因素。原因是同一穗内不同粒位上籽粒品质性状间的关系是属于同一基因型品种内品质性状间的比较, 而不同品种间品质性状间的关系是属于不同基因型品种品质性状间的比较。同一基因型品种内品质性状间的关系受其他因素影响较小, 所以它反映的关系更直接和密切。

隋炯明等^[22]研究认为, 除最高黏度外, RVA 谱的其余特征值与食味品质的主要指标呈极显著相

关,RVA 谱特征值可以作为优质稻米的辅助选择指标。金正勋等^[23]选用黑龙江省 22 个水稻品种,分析了蒸煮食味品质特性与味度值关系。结果表明,糊化温度、最终黏度、回复值、消减值与味度值呈显著或极显著的负相关,而最高黏度、下降黏度值与味度值呈极显著的正相关。本研究在测定碾米品质、外观品质、蒸煮品质、营养品质和淀粉 RVA 谱特征值的 25 个指标中,食味值与淀粉 RVA 谱特征值有非常密切的联系,它与峰值黏度的相关系数最大为 0.880 **,和崩解值的次之为 0.825 **,与之负相关性最大的是脂肪酸为 -0.859 **。这与丁得亮等^[24]在粳稻上和周治宝等^[25]在籼粳上的研究结论趋于一致。因此,本研究认为峰值黏度、崩解值和脂肪酸含量可以作为选择良好食味水稻品种的首选指标。

本试验得出食味值与粒重的相关性很大,相关系数达到 0.780 **。并且粒重与整精米率、透明度、直链淀粉含量和胶稠度、球蛋白含量、峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、崩解值和回复值等米质指标呈极显著正相关,它对碾米品质、外观品质、蒸煮品质、营养品质和淀粉 RVA 谱特征值都有直接影响。所以通过遗传或栽培手段减小穗内不同粒位上强弱势粒间的粒重差别,增加弱势粒粒重,能提高其碾米品质、外观品质、蒸煮食味品质和营养品质,整体提高稻穗内籽粒品质的均一性。许多研究证明,稻穗内种子粒重和品质等方面的粒位差异将对其后种子萌发和稻米加工产生不利影响^[26-27],在栽培上已有较多研究探讨通过外源激素、水肥运筹等农艺措施减少穗内籽粒品质性状的粒位差异^[28-34]。在育种中通过选育 1 次枝梗数偏多和 2 次枝梗偏向穗轴中上部分布的品种,将有助于提高水稻不同粒位籽粒的结实率和粒重,这是东北粳稻优质高产育种遗传改良的途径之一^[35-37]。

在提高或保持水稻产量的同时,改善稻米品质也是水稻育种的首要目标^[38]。一些研究报道称稻米食味值与蛋白质含量有负相关倾向^[18-19,23,39],张春红等^[40]则发现,清蛋白质含量对供试粳稻品种食味的影响更大。当前稻米食味与产量的关系也一直是高产优质育种想要解决的主要矛盾。粒重是水稻产量构成的主要因素之一,本研究表明穗内不同粒位的粒重和食味值与稻米总蛋白、清蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白含量之间具有极显著的负相关关系(食味值与清蛋白关系不显著),而与球蛋白含量有显著正相关关系。本研究启示,也许通过提高穗内籽粒的球蛋白含量,是协调食味、产量和营养品质三者之间关系的重要途径。

参考文献:

- [1] 徐 铨,唐 亮,徐 凡,等. 粳稻食味品质改良研究现状与展望[J]. 作物学报,2013,39(6):961-968.
- [2] 莫惠栋. 我国稻米品质的改良[J]. 中国农业科学,1993,26(4):8-14.
- [3] 陈庆川,黄 亮,江媛媛,等. 籼米食味值与品质性状的相关性研究[J]. 粮食与饲料工业,2011(11):4-6.
- [4] 张亚东,朱 镇,赵 凌,等. 稻米垩白性状与食味值的相关性分析[J]. 江苏农业科学,2006(2):25-26.
- [5] 金京德,张三元,孙 强. 吉林省稻米品质性状的变化规律及相关性研究[J]. 吉林农业科学,2004,29(3):3-7.
- [6] 徐正进,范淑秀,潘国君,等. 黑龙江水稻食味和其他品质性状的变化及其相互关系[J]. 中国稻米,2010,16(4):15-18.
- [7] 陈书强,金 峰,董 丹,等. 两种穗型粳稻穗上不同粒位籽粒几个营养和蒸煮品质性状的比较分析[J]. 作物学报,2008,34(4):641-652.
- [8] 陈书强,金 峰,王嘉宇,等. 两种穗型粳稻不同粒位籽粒垩白性状的比较分析[J]. 华北农学报,2008,23(2):1-8.
- [9] 陈书强,薛菁芳,张文忠,等. 直立与弯曲穗型水稻穗上不同部位籽粒淀粉 RVA 谱特征的比较[J]. 华北农学报,2011,26(3):113-119.
- [10] 金 峰,陈书强,徐正进,等. 直立与弯曲穗型水稻穗上不同部位籽粒碾磨品质的比较[J]. 中国水稻科学,2008,22(2):167-174.
- [11] 金 峰,陈书强,李培培,等. 直立与弯曲穗型水稻穗上不同部位粒形分布特征[J]. 沈阳农业大学学报,2008,39(3):279-284.
- [12] Liu Z H, Cheng F M, Cheng W D, et al. Positional variations in phytic acid and protein content within a panicle of japonica rice[J]. Journal of Cereal Science, 2005, 41(3):297-303.
- [13] 国家质量技术监督局. 中华人民共和国国家标准[M]. 优质稻谷,GB/T17891-1999,1999.
- [14] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999:261-262.
- [15] Luthe D S. Storage protein accumulation in developing rice (*Oryza sativa* L.) seeds[J]. Plant Science Letters, 1983,32(1-2):147-158.
- [16] Padhye V W, Salunkhe D K. Extraction and characterization of rice proteins[J]. Cereal Chem, 1979, 56:389-393.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:289-290.
- [18] 徐正进,陈温福,马殿荣,等. 辽宁水稻食味值及其与品质性状的关系[J]. 作物学报,2005,31(8):1092-1094.

- [19] 唐 亮,徐正进,袁 媛. 水稻 RIL 群体产量和品质性状与穗部性状的关系[J]. 种子,2007,26(5):67-71.
- [20] Takuya W, Masao T, Yuji H, *et al.* Evaluation and use of physicochemical properties as index traits for selecting rice cultivars with extremely high palatability[J]. Jpn J Crop Sci,2006,75(1):38-43.
- [21] 王 术,王 薇,王伯伦,等. 东北主要粳稻品种品质的若干性状[J]. 华中农业大学学报,2009,28(2):130-135.
- [22] 隋炯明,李 欣,严 松,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状相关性研究[J]. 中国农业科学,2005,38(4):657-663.
- [23] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 稻米蒸煮食味品质特性间的相关性研究[J]. 东北农业大学学报,2001,32(1):1-7.
- [24] 丁得亮,张 欣,赵 梅,等. 粳稻品质性状间的相关关系研究[J]. 作物杂志,2010(5):60-63.
- [25] 周治宝,王晓玲,余传元,等. 籼稻米饭食味与品质性状的相关性分析[J]. 中国粮油学报,2012,27(1):1-5.
- [26] Jongkaewwattana S, Geng S, Hill J E, *et al.* Within-panicle variability of grain filling in rice cultivars with different maturities[J]. J Agron Crop Sci,1993,171:236-242.
- [27] Krishnasamy V, Chetty N K. Quality of seeds as influenced by their position in the panicle in rice cv. ADT 36 [J]. Madras Agricultural Journal,1989,76:350-351.
- [28] Abhijit S, Sarkar R K, Yamagishi Y, *et al.* Effect of time of nitrogen application on spikelet differentiation and degeneration of rice[J]. Botanical Bulletin of Academia Sinica,1998,39:119-123.
- [29] Cheng W D, Zhang G P, Zhao G P, *et al.* Variation in rice quality of different cultivars and grain positions as affected by water management [J]. Field Crops Research,2003,80(3):245-252.
- [30] Iwasaki Y, Mae T, Makino A, *et al.* Nitrogen accumulation in the inferior spikelet of rice ear during ripening [J]. Soil Sci Plant Nutr,1992,38(3):517-525.
- [31] Jongkaewwattana S, Geng S. Effect of nitrogen and water management on panicle development and milling quality of California rice (*Oryza sativa* L.) [J]. J Agron Crop Sci,1991,167:43-52.
- [32] Kobayasi K, Horie Y, Imaki T. Relationship between apical dome diameter at panicle initiation and the size of panicle components in rice grown under different nitrogen conditions during the vegetative stage[J]. Plant Production Science,2002,5:3-7.
- [33] Patel R, Mohapatra P K. Regulation of spikelet development in rice by hormones[J]. J Exp Bot,1992,43:257-262.
- [34] Senanayake N, Naylor R E L, Datta S K, *et al.* Effect of nitrogen fertilization on rice spikelet differentiation and survival[J]. J Agri Sci,1996,127:303-309.
- [35] 徐正进,陈温福,孙占惠,等. 辽宁水稻籽粒在穗轴上分布特点及其与结实性的关系[J]. 中国农业科学,2004,37(7):963-967.
- [36] 徐正进,陈温福,张树林,等. 辽宁水稻穗型指数品种间差异及其与产量和品质的关系[J]. 中国农业科学,2005,38(9):1926-1930.
- [37] 徐正进,陈温福,韩 勇,等. 辽宁水稻穗型分类及其与产量和品质的关系[J]. 作物学报,2007,33(9):1411-1418.
- [38] Matsuo T, Futsuhara Y, Kikuchi F, *et al.* Genetics, 3 [M]. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center,1997.
- [39] Matsue Y, Odahara K, Hiramatsu M. Differences in amylase content, amylographic characteristics and storage protein of grains on primary and secondary rachis branches in rice [J]. Japanese Journal of Crop Science,1995,64:601-606.
- [40] 张春红,李金州,田孟祥,等. 不同食味粳稻品种稻米蛋白质相关性状与食味的关系[J]. 江苏农业学报,2010,26(6):1126-1132.