

# 施氮量和品种类型对稻米食味品质的影响

赵 可, 许俊伟, 姜元华, 韦还和, 张洪程\*, 许 轲, 李 超, 丁焕新

(扬州大学农学院, 农业部长江流域稻作技术创新中心, 江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009)

**摘 要:** 以常规晚粳、杂交晚粳、杂交中粳3种类型水稻为材料, 在大田条件下设置0、150、225、300 kg/hm<sup>2</sup>这4种施氮水平, 研究品种类型和施氮量对食味品质的影响。结果表明: 随着施氮量的增加, 米饭的硬度、黏聚性、咀嚼度、回复性呈先增加后降低趋势, 最大值在225 kg/hm<sup>2</sup>水平; 黏着性呈先降低后升高趋势, 最低值在225 kg/hm<sup>2</sup>水平; 弹性不受氮肥的影响; 香气、光泽、味道、口感和食味值呈下降趋势; 完整性则一直增加。常规晚粳的米饭各项质构、食味指标均优于杂交晚粳、杂交中粳, 杂交晚粳略优于杂交中粳。硬度与黏聚性、咀嚼度、回复性、完整性极显著正相关, 与黏着性、香气、光泽、味道、口感、味道、食味值极显著负相关, 食味计的各指标间都有显著的相关性, 质构指标中除弹性和黏聚性外, 其他指标都与食味计指标有显著相关性。

**关键词:** 常规晚粳; 杂交晚粳; 杂交中粳; 氮肥; 质构; 食味值

## Effect of Nitrogen Fertilizer Application on the Eating Quality of Different Types of Rice Varieties

ZHAO Ke, XU Jun-wei, JIANG Yuan-hua, WEI Huan-he, ZHANG Hong-cheng\*, XU Ke, LI Chao, DING Huan-xin

(Innovation Center of Rice Cultivation Technology in Yangtze Valley, Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** A field experiment was carried out with three different types of rice varieties (conventional late japonica rice, hybrid late japonica rice, and hybrid medium indica rice) to study the effects of four nitrogen application levels (0, 150, 225, and 300 kg/hm<sup>2</sup>) on their differences in eating qualities. The main results showed that with increasing nitrogen fertilizer amount, the hardness, cohesiveness, resilience, and chewiness increased at first and then decreased, whereas adhesiveness exhibited the opposite trend, with 225 kg/hm<sup>2</sup> being the turning point for both trends. Neither nitrogen fertilizer nor rice type affected springiness. Aroma, gloss, taste, texture and taste value decreased whereas integrity increased with increasing nitrogen application. The eating quality of conventional late japonica rice was the best, followed by that of hybrid late japonica rice and hybrid medium indica rice. The three rice cultivars differed in their sensitivities to nitrogen fertilizer in the decreasing order: hybrid medium indica rice, hybrid late japonica rice and conventional late japonica rice. Hardness displayed a significantly positive correlation with adhesiveness, cohesiveness, chewiness, resilience, and integrity, but a significantly negative correlation with adhesiveness, aroma, gloss, taste, texture and taste values. There was a significant correlation between taste values. In addition to the springiness and cohesiveness, other textural properties showed a significant correlation with taste values.

**Key words:** conventional late japonica rice; hybrid late japonica rice; hybrid medium indica rice; nitrogen fertilizer; textural properties; taste value

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)21-0063-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201421013

水稻是我国主要的粮食作物, 同时也是我国居民最主要的粮食作物之一<sup>[1]</sup>。近年来, 随着人们生活水平的提高, 人们对稻米品质的要求也越来越高, 在评价稻米的指标中, 蒸煮食味品质是其中最为重要的一项。稻米蒸

煮食味品质受到基因型和环境的双重影响, 其中氮肥对米质的影响最为重要。前人对于基因型和氮肥对稻米蒸煮食味的影响已进行了大量的研究<sup>[2-5]</sup>; 杨益善等<sup>[6]</sup>研究表明我国稻米品质总体而言早中稻比晚稻差、杂交稻比

收稿日期: 2013-12-05

基金项目: 科技部国家粮食丰产科技工程项目(2011BAD16B03); 农业部超级稻专项(02318802013231);

江苏省农业三新工程项目(SXGC[2012]397)

作者简介: 赵可(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为作物栽培与耕作学。E-mail: 634277352@qq.com

\*通信作者: 张洪程(1951—), 男, 教授, 本科, 研究方向为作物栽培与耕作学。E-mail: hc Zhang@yzu.edu.cn

常规稻差, 北方粳稻米饭偏硬、易回生, 而南方早籼食味较差、垩白大、胶稠度短; 张洪程等<sup>[7]</sup>研究表明粳稻的加工品质和蒸煮食味品质显著优于籼稻, 而外观品质和营养品质稍逊于籼稻。氮肥对于稻米蒸煮食味的影响结论尚不一致: 金正勋等<sup>[8]</sup>研究表明, 随着施氮量增加, 稻米的直链淀粉含量降低, 胶稠度变短; 而马群<sup>[9]</sup>认为, 稻米的胶稠度随施氮水平的增加而变长, 而直链淀粉含量随施氮水平的增加而下降; 陈莹莹等<sup>[10]</sup>研究表明随着施氮水平的提高, 稻米的食味值逐渐降低。目前, 人们对米饭食味的评价主要包括感官评价和理论指标评价, 感官评价主观性太大, 理论指标的分析难以准确预测蒸煮后米饭的食味品质, 近年来, 随着质构仪和食味计的应用<sup>[11-15]</sup>, 人们对于米饭食味的评价更为准确。陈能等<sup>[16]</sup>对米饭质地指标和感官评价进行相关性分析和回归分析, 并建立回归方程对米饭适口性进行预测, 结果表明米饭质地指标比直链淀粉含量、胶稠度更具参考价值; 孟庆虹等<sup>[17]</sup>运用质构仪与食味计研究了粳米理化指标与食味之间的关系。关于氮肥和品种类型对米饭质构和食味的影响的研究还较少, 因此本实验以3种水稻类型为研究对象, 设置不同的施氮水平, 研究氮肥和品种类型对米饭质构及食味值的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以常规晚粳、杂交晚粳、杂交中籼3种类型水稻为研究材料, 见表1。

表1 供试材料  
Table 1 Rice varieties used in the experiment

品种类型	品种名称					
常规晚粳	镇稻11	武运粳29	南粳44	扬粳4038	宁粳3号	
杂交晚粳	常优1号	常优2号	常优3号	常优4号	甬优8号	
杂交中籼	新两优6380	扬两优6号	丰两优1号	两优培九	II 优084	

### 1.2 仪器与设备

TA-XT2i物性分析仪 英国Stable Micro Systems公司; STA1A米饭食味计 日本佐竹公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 实验设计

实验于2012年在扬州大学农学院试验农场进行, 质为砂壤土, 地力中等、平衡, 前茬小麦。土壤全氮含量1.5 g/kg, 其中碱解氮90.12 mg/kg, 速效磷34.4 mg/kg; 速效钾含量为88.0 mg/kg。采用单因素裂区试验设计, 以施氮(纯氮)水平为主区, 设不施氮(N0)、低氮(150 kg/hm<sup>2</sup>, N1)、中氮(225 kg/hm<sup>2</sup>, N2)、高氮(300 kg/hm<sup>2</sup>, N3)4个施氮水平。以品种类型为裂区, 裂区面积为25 m<sup>2</sup>, 重复3次(裂区内3种类型水稻

间设小田埂包膜隔离便于不同时期施肥), 区间做大埂隔离, 并用塑料薄膜覆盖埂体, 保证各区间单独排灌。于5月20日播种, 6月10日移栽, 栽插密度为28.5万穴/hm<sup>2</sup>(株行距为11.7 cm×30 cm), 双本栽插。氮肥(尿素)的基肥: 蘖肥: 穗肥=3:3:4(m/m), 其中穗肥分别于倒4叶和倒2叶叶龄期等量施入, 不同类型水稻分别按其生育进程严格控制施肥时间; 磷、钾肥同常规栽培, 每公顷施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg, K<sub>2</sub>O 150 kg, 全部用作基肥。其他管理措施统一按高产栽培要求实施。

#### 1.3.2 米饭样品的制备

米饭蒸煮方法参照GB/T 15682—1995《稻米蒸煮试验品质评定》, 略作修改: 蒸煮前增加30 min浸泡。蒸煮后的米饭样品用于进行物性和食味的测定。

#### 1.3.3 米饭物性的测定

采用物性分析仪测定, 设定为质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)模式, 测试参数为: 测前速率1.00 mm/s, 测试速率2.00 mm/s, 测后速率2.00 mm/s, 压缩程度70%, 停留间隔5 s, 触发值5 g。测试指标为: TPA特征值包括硬度、黏聚性、弹性、黏着性、回复性及咀嚼度。

#### 1.3.4 米饭食味值的测定

采用米饭食味计自动测定米饭的气味、光泽、完整性、味道、口感的评分和综合评分值。

### 1.4 统计分析

以Microsoft Excel进行数据处理, 采用DPS7.05软件进行统计及相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥水平和品种类型对米饭质构特征的影响

表2 氮肥水平对米饭质构特征参数的影响  
Table 2 Effect of nitrogen nutrition on the textural properties of different rice varieties

指标	品种类型	氮肥水平				平均值	变异系数/%
		N0	N1	N2	N3		
硬度/g	常规晚粳	4 157.07	4 601.76	7 604.99	4 814.67	5 294.63	0.30
	杂交晚粳	4 334.63	4 731.03	12 127.60	5 723.56	6 729.19	0.54
	杂交中籼	4 480.64	5 427.36	12 444.90	4 921.62	6 818.62	0.55
	平均值	4 324.11	4 920.05	10 725.83	5 153.28	6 280.81	0.46
	变异系数/%	3.75	9.03	25.24	9.64	13.62	
黏着性	常规晚粳	-121.65	-161.80	-208.49	-165.83	-164.44	-0.22
	杂交晚粳	-113.97	-181.68	-244.10	-160.45	-175.05	-0.31
	杂交中籼	-111.31	-154.72	-156.56	-31.84	-138.61	-0.15
	平均值	-115.64	-166.07	-203.05	-152.71	-159.37	-0.23
	变异系数/%	-4.64	-8.42	-21.68	-11.96	-11.76	
弹性	常规晚粳	0.393	0.421	0.379	0.420	0.403	0.05
	杂交晚粳	0.427	0.427	0.348	0.394	0.399	0.09
	杂交中籼	0.421	0.428	0.366	0.362	0.394	0.09
	平均值	0.414	0.425	0.364	0.392	0.399	0.08
	变异系数/%	4.38	0.90	4.27	7.39	1.15	

续表2

指标	品种类型	氮肥水平				平均值	变异系数/%
		N0	N1	N2	N3		
黏聚性	常规晚粳	0.458	0.466	0.488	0.452	0.465	0.03
	杂交晚粳	0.426	0.469	0.569	0.494	0.490	0.12
	杂交中粳	0.440	0.459	0.545	0.464	0.477	0.10
	平均值	0.441	0.465	0.534	0.470	0.477	0.08
	变异系数/%	3.64	1.15	8.31	4.63	2.61	
咀嚼度/g	常规晚粳	750.77	932.34	1 396.28	906.50	996.47	0.28
	杂交晚粳	804.71	971.92	2 412.34	1 117.62	1 326.65	0.55
	杂交中粳	840.27	1 062.34	2 523.55	826.39	1 313.14	0.62
	平均值	798.58	932.34	2 110.72	950.17	1 212.09	0.48
	变异系数/%	5.64	6.74	29.43	15.83	15.42	
回复性	常规晚粳	0.212	0.228	0.301	0.221	0.240	0.17
	杂交晚粳	0.223	0.231	0.430	0.266	0.288	0.34
	杂交中粳	0.219	0.237	0.416	0.241	0.278	0.33
	平均值	0.218	0.232	0.382	0.243	0.269	0.28
	变异系数/%	2.50	2.08	18.53	9.45	9.31	

由表2可知, 3 种品种类型米饭的硬度均随着施氮量的增加呈现先上升再下降的趋势, 在中氮水平下达到最大; 米饭硬度还受到基因型的影响, 2 种粳稻的米饭硬度低于籼稻, 杂交晚粳米饭硬度大于常规晚粳。由表3可知, 黏着性在品种类型和氮肥水平间均存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 随着氮肥水平的提高各品种类型米饭的黏着性先下降后上升, 不施肥条件下最大, 施氮量为中氮水平时最低; 在不同品种类型间, 杂交中粳米饭黏着性最大, 常规晚粳和杂交晚粳之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。米饭的弹性在施氮水平和品种类型间无显著差异, 均在0.40左右。米饭黏聚性同样受到基因型、施氮量的影响, 黏聚性随着施氮量的增加呈先升后降的趋势; 杂交晚粳米饭的黏聚性最大, 其次是杂交中粳、常规晚粳; 杂交晚粳黏聚性在各个施氮水平间差异比较大, 其次是杂交中粳、常规晚粳。咀嚼度同样随着施氮量的增加先上升后下降, 范围为750.77~2 523.55 g; 杂交稻米饭的咀嚼度从低氮到中氮的增幅要大于常规粳稻。米饭回复性在不施氮和低氮水平下差异不大, 均在0.2左右, 在中氮水平下达最大值, 施氮量继续增加, 回复性又降低。

表3 氮肥和品种类型米饭质构特征方差分析 (F值)  
Table 3 Analysis of variance for textural properties of different varieties under different nitrogen fertilizer levels (F value)

指标	硬度	黏着性	弹性	黏聚性	咀嚼度	回复性
氮肥水平	251.77**	9.52**	1.220	29.62**	57.56**	227.14**
品种类型	43.47**	4.96*	0.050	4.26*	5.44*	15.76**
氮肥类型	24.14**	1.280	0.280	4.78**	3.57*	6.48**

注: \*.  $P<0.05$ , 表示差异显著; \*\*.  $P<0.01$ , 表示差异极显著。表5同。

## 2.2 氮肥水平和品种类型对米饭食味值的影响

由表4、5可知, 米饭的香气随着施氮量的增加而降低, 杂交晚粳下降幅度最大, 其次是杂交中粳, 常规晚粳下降的幅度最小; 常规晚粳的香气值最大, 其次是杂交中粳、杂交晚粳。施氮水平的增加使米饭光泽值变

小, 3 种类型水稻米饭的光泽差异较大, 常规晚粳光泽大于杂交稻。与香气、光泽指标不同, 米饭的完整性随着施氮量的增加而呈现上升的趋势, 杂交晚粳与杂交中粳的完整性差异不大, 均在7.6左右, 常规晚粳的完整性最小。味道与香气、光泽的趋势一致, 均随着施氮量的增加呈下降的趋势, 杂交中粳下降的幅度最大, 其次是杂交晚粳; 常规晚粳米饭的味道值大于杂交稻。在低氮水平下, 杂交晚粳与常规晚粳米饭的口感较接近, 随着施氮量的增加, 杂交晚粳口感下降的幅度变大, 三者中杂交中粳口感较差, 且随着施氮水平的提高, 口感越来越差。味值是前5 个指标的综合表现, 常规晚粳米饭的食味值最高, 食味最好, 其次是杂交晚粳、杂交中粳; 提高施氮水平会使米饭的食味变差, 杂交中粳米饭的食味变异最大, 其次是杂交晚粳、常规晚粳。

表4 氮肥水平对食味特征参数的影响  
Table 4 Effect of nitrogen nutrition on the taste values of different rice varieties

指标	品种类型	氮肥水平				平均值	变异系数/%
		N0	N1	N2	N3		
香气	常规晚粳	7.08	7.02	7.00	6.96	7.01	0.75
	杂交晚粳	7.07	6.86	6.74	6.58	6.81	3.04
	杂交中粳	7.07	6.79	6.77	6.74	6.84	2.27
	平均值	7.08	6.89	6.84	6.76	6.89	1.96
	变异系数/%	0.08	1.76	2.05	2.79	1.67	
光泽	常规晚粳	6.71	6.43	6.10	5.98	6.31	5.26
	杂交晚粳	6.50	5.74	5.26	4.50	5.50	15.30
	杂交中粳	5.99	4.50	4.34	4.17	4.75	17.55
	平均值	6.40	5.56	5.23	4.88	5.52	11.76
	变异系数/%	5.84	17.56	16.79	19.71	14.97	
完整性	常规晚粳	7.12	7.12	7.13	7.18	7.14	0.40
	杂交晚粳	7.38	7.56	7.68	7.92	7.63	3.00
	杂交中粳	7.37	7.69	7.75	7.77	7.65	2.45
	平均值	7.29	7.46	7.52	7.63	7.47	1.89
	变异系数/%	2.02	3.97	4.50	5.15	3.91	
味道	常规晚粳	6.91	6.79	6.64	6.58	6.73	2.18
	杂交晚粳	6.85	6.39	6.31	6.04	6.40	5.26
	杂交中粳	6.62	5.96	5.90	5.86	6.08	5.92
	平均值	6.79	6.38	6.28	6.16	6.40	4.28
	变异系数/%	2.23	6.46	5.88	6.12	5.17	
口感	常规晚粳	6.54	6.12	5.83	5.67	6.04	6.30
	杂交晚粳	6.41	5.80	5.33	4.63	5.54	13.54
	杂交中粳	5.69	4.28	4.09	3.91	4.49	18.13
	平均值	6.21	5.40	5.08	4.74	5.36	11.78
	变异系数/%	7.30	18.14	17.62	18.71	15.44	
食味值	常规晚粳	69.25	65.46	63.02	62.43	65.04	4.76
	杂交晚粳	66.53	61.80	58.71	53.80	60.21	8.88
	杂交中粳	60.66	49.55	47.48	46.74	51.11	12.68
	平均值	65.48	58.94	56.40	54.32	58.79	8.24
	变异系数/%	6.70	14.13	14.23	14.47	12.38	

表5 氮肥和品种类型米饭食味特征方差分析 (F值)  
Table 5 Analysis of variance for the taste values of different rice varieties under different nitrogen fertilizer levels (F value)

指标	香气	光泽	完整性	味道	口感	食味值
氮肥水平	47.46**	560.75**	25.78**	406.07**	761.56**	455.6**
品种类型	44.88**	83.44**	98.42**	115.06**	62.93**	94.18**
氮肥类型	7.04**	4.32**	4.17**	5.32**	5.8**	2.29



2.3 各指标间的相关性分析

表 6 米饭质构特征与食味特征的相关关系  
Table 6 Correlation coefficients between textural properties and taste values

指标	硬度	黏着性	弹性	黏聚性	咀嚼度	回复性	香气	光泽	完整性	味道	口感
黏着性	-0.53**										
弹性	-0.19	-0.16									
黏聚性	0.86**	-0.68**	-0.11								
咀嚼度	0.94**	-0.60**	0.12	0.87**							
回复性	0.98**	-0.56**	-0.19	0.89**	0.92**						
香气	-0.38**	0.28	0.14	-0.51**	-0.38**	-0.42**					
光泽	-0.39**	0.14	0.08	-0.43**	-0.40**	-0.41**	0.87**				
完整性	0.37**	-0.13	-0.06	0.43**	0.37**	0.41**	-0.86**	-0.90**			
味道	-0.38**	0.16	0.05	-0.42**	-0.38**	-0.38**	0.87**	0.99**	-0.89**		
口感	-0.47**	0.07	0.14	-0.44**	-0.44**	-0.48**	0.71**	0.87**	-0.75**	0.83**	
食味值	-0.37**	0.07	0.05	-0.36*	-0.37**	-0.37**	0.74**	0.98**	-0.83**	0.96**	0.87**

注：\*, 显著相关 ( $P < 0.05$ )；\*\*, 极显著相关 ( $P < 0.01$ )。

由表6可知，除弹性与各指标间、黏着性与食味计的6个指标间没有显著相关性外，其余各指标间均呈显著或极显著相关。其中，硬度与黏聚性、咀嚼度、回复性、完整性呈极显著正相关；黏着性与黏聚性、咀嚼度、回复性间存在极显著负相关；完整性与食味计其他5个指标极显著负相关，而与硬度、黏聚性、咀嚼度、回复性极显著正相关。硬度、黏聚性、咀嚼度、回复性与食味值均呈显著或极显著负相关。

3 讨论

质构仪可以通过模拟人的口腔咀嚼功能，测定探头对试样的压力以及其他相关质构参数，客观地将普通大米食用品质分析中的人的触觉感受分解成硬度、黏度、黏聚性、咀嚼度等指标，从而评价米饭的优劣<sup>[18]</sup>。在日本发展起来的可见光/近红外光谱分析技术（米饭食味计）是一种较为理想的稻米食味品质测定方法，在粳稻、籼稻食味品质方面的研究已有较多的报道<sup>[19-20]</sup>，但是无法对米饭的气味进行准确的评价。这两种稻米食味评价仪器在国内已有应用<sup>[21-23]</sup>，但大多数仅应用单个仪器，本实验采用质构仪和食味计来综合系统评价稻米的食味品质。

水稻品种类型对米饭食味品质有很大的影响，本研究发现3种类型水稻米饭的食味品质存在很大的差异，这种差异在不施氮条件下最小，随施氮水平提高差异呈增大趋势。总体而言，常规晚粳的食味较好，杂交晚粳和杂交中籼次之。常规晚粳的硬度小，黏聚性和黏着性大，口感较好，杂交晚粳的食味稍优于杂交中籼。3种类型水稻品种的食味品质对于氮肥的响应有差异，可见，采用氮肥技术对于食味品质调控，必须根据品种类型的特性而定。

氮肥对于稻米食味品质的影响已有大量研究，但氮肥对米饭质构特征影响的研究较少，本研究发现米饭的硬度、黏聚性、回复性、咀嚼度都随着施氮量的增加呈现先上升后下降的趋势，黏着性呈先下降后上升趋势，弹性则不受氮肥施用量的影响，与陆大雷等<sup>[24]</sup>对玉米质构的研究结论一致。在米饭蒸煮加热过程中，蛋白质、直链淀粉、支链淀粉、脂类相互结合的分子构象对米饭物性等食味的形成具有重要作用。施用氮肥会对稻米中蛋白质含量产生显著影响<sup>[25-26]</sup>，从对其质构产生影响<sup>[27-29]</sup>。氮肥对于稻米食味值的影响与物性不同，随着施氮量的增加，香气、光泽、味道、口感以及综合值都呈现逐渐下降的趋势，而完整性呈上升趋势。总体来看，施氮量的增加使稻米的食味变差，这与陈莹莹<sup>[10]</sup>和殷春渊<sup>[30]</sup>等研究结果一致。

周显青等<sup>[31]</sup>研究发现米饭硬度与大米的脂肪含量、蛋白质、碱消度呈显著正相关，与宽和胶稠度呈显著负相关；黏着性与蛋白质含量呈极显著负相关；胶着性与蛋白质含量、碱消度呈显著正相关，与胶稠度呈显著负相关；咀嚼度与蛋白质含量呈显著正相关，与胶稠度呈显著负相关；弹性与碘蓝值呈显著正相关；回复性与碘蓝值呈显著正相关。严文潮等<sup>[32]</sup>的研究发现损失正切值与米饭滋味、黏性均呈极显著正相关，与米饭硬度呈极显著负相关。本研究发现米饭硬度与黏聚性、咀嚼度、回复性、完整性呈极显著正相关；与黏着性、香气、味道、光泽、口感呈极显著负相关，说明稻米硬度越高，食味品质较差。米饭质构参数之间、食味参数之间以及质构参数与食味参数间都有良好的相关关系。除弹性和黏着性外，其他质构指标与食味指标间均呈显著的相关性，说明可以依据质构指标来判断米饭的食味值。在质构指标中弹性和黏着性与食味指标无显著相关性，稻米的弹性和黏聚性可能并不影响米饭的食味值。陆大雷等<sup>[24]</sup>发现硬度除了与黏聚性、咀嚼度显著正相关外，还与弹性显著正相关，孙辉等<sup>[33]</sup>发现硬度除了与咀嚼度显著正相关外，与其他质构指标呈现负相关关系，这种差异可能是样品材料以及处理的不同共同造成的。

4 结论

氮肥和品种类型对于稻米的食味品质有着显著影响。随着施氮量的增加，米饭硬度、黏聚性、咀嚼度、回复性都呈现先上升后下降的趋势，且最大值都出现在在225 kg/hm<sup>2</sup>处理水平，黏着性先下降后上升，弹性在各处理间无显著性差异；香气、光泽、味道、口感、总食味值呈现逐渐下降的趋势，而完整性逐渐升高。常规晚粳的食味品质要优于杂交晚粳、杂交中籼，杂交晚粳食味品质略好于杂交中籼。

## 参考文献:

- [1] 卢荣波. 中国水稻产业: 供需、流通与未来政策导向: 在首届国际水稻大会之世界大米贸易大会上的发言[J]. 中国稻米, 2002, 8(6): 17-20.
- [2] KIM K H, KOO J Y, HWANG D Y, et al. Varietal and environmental variation of gel consistency of rice flour[J]. Korean Journal Crop Science, 1993, 38(1): 38-45.
- [3] CHOI M G, JUN B T, PARK S H. Cultural practices for improving grain quality of rice in southern plain area[J]. Korean Journal Crop Science, 1990, 35(6): 487-491.
- [4] CHEONG J I. Effects of slow-release fertilizer application on rice grain quality at different culture methods[J]. Korean Journal Crop Science, 1996, 41(3): 286-294.
- [5] KIM Y S, HWANG S W, YON B Y, et al. Study on the improvement of rice quality: 1. Effect of chemical composition in brown rice[J]. Journal Korean Society Soil Science Fertilizer, 1992, 25(4): 357-363.
- [6] 杨益善, 陈立云, 徐耀武, 等. 从稻米品质评价标准的变化看我国水稻品质育种的发展[J]. 杂交水稻, 2004, 19(3): 5-10.
- [7] 张洪程, 张军, 龚金龙, 等. “籼改粳”的生产优势及其形成机理[J]. 中国农业科学, 2013, 46(4): 686-704.
- [8] 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.
- [9] 马群. 氮肥施用量对不同品种类型品种稻米品质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2008: 51-73.
- [10] 陈莹莹, 胡星星, 陈京都, 等. 氮肥水平对江苏早熟晚粳稻食味品质的影响及其品种间差异[J]. 作物学报, 2012, 38(11): 2086-2092.
- [11] 周晓晴, 付桂明, 刘成梅, 等. 大米食味品质预测评价模型的建立及应用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 94-96.
- [12] 吕庆云, 三上隆司, 河野元信, 等. 适合中国南方产籼米米饭食味评价方法的研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(5): 13-16.
- [13] LU Qingyun, CHEN Yeming, TAKASHI M. Adaptability of four-samples sensory tests and prediction of visual and near-infrared reflectance spectroscopy for Chinese indica rice[J]. Food Engineering, 2007, 79(4): 1445-1451.
- [14] CHAMPAGNE E T, LYON B G, MIN B K, et al. Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice[J]. Journal of Cereal Chemistry, 1998, 75(2): 181-186.
- [15] MEULENET J F, CHAMPAGNE E, BETT K L, et al. Instrumental assessment of cooked rice texture characteristics: a method for breeders[J]. Journal of Cereal Chemistry, 2000, 77(4): 512-517.
- [16] 陈能, 罗玉冲, 朱智伟, 等. 食用稻米饭质地及适口性的研究[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(3): 152-156.
- [17] 孟庆虹, 李霞辉, 三上隆司, 等. 可见光-近红外光谱预测粳稻食味的适应性研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(5): 90-94.
- [18] 战旭梅, 郑铁松, 陶锦鸿. 质构仪在大米品质评价中的应用[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 62-65.
- [19] 赖穗春, 河野元信, 王志东, 等. 米饭食味计评价华南籼稻食味品质[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 435-438.
- [20] 谢新华, 李晓方, 肖听, 等. 稻米淀粉粘滞性和质构性研究[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(3): 9-12.
- [21] 郭兴凤, 慕运动. 蒸煮大米质构特性测定方法分析[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(2): 9-11.
- [22] 周显青, 邓灵珠, 张玉荣. 米饭物性与食味形成机理研究进展[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(4): 1-6.
- [23] 张玉荣, 周显青, 张秀华, 等. 大米蒸煮条件及蒸煮过程中米粒形态结构变化的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(10): 1-4.
- [24] 陆大雷, 孙旭利, 王鑫, 等. 基肥配比和拔节期追氮对鲜食糯玉米籽粒物性的影响[J]. 作物学报, 2013, 39(3): 557-663.
- [25] 王德仁, 卢婉芳, 陈苇. 施氮对稻米蛋白质和氨基酸含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(3): 353-356.
- [26] 张其芳, 刘奎刚, 苏达, 等. 氮素和水分处理对稻米植酸含量和蛋白质组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 542-550.
- [27] MESTRES C, RIBEYRE F, PONS B, et al. Sensory texture of cooked rice is rather linked to chemical than to physical characteristics of raw grain[J]. Journal of Cereal Science, 2011, 53(1): 81-89.
- [28] 沈鹏, 罗秋香, 金正勋. 稻米蛋白质与蒸煮食味品质关系研究[J]. 东北农业大学学报, 2003, 34(4): 368-371.
- [29] CHRISTIAN M, RIBEYRE F, PONS B, et al. Proteins in rice grains influence cooking properties[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 36(3): 285-294.
- [30] 殷春渊, 宁惠峰, 赵全志, 等. 氮素穗肥施用量对沿黄稻区稻米品质和食味的影响[J]. 河南农业科学, 2007(5): 18-20.
- [31] 周显青, 任洪玲, 张玉荣. 大米主要品质指标与米饭质构的相关性分析[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2012, 33(5): 21-24.
- [32] 严文潮, 鲍根良, 叶定池, 等. 米饭质地特征及其与食味品质的关系[J]. 浙江农业学报, 2002, 14(4): 187-191.
- [33] 孙辉, 姜薇莉, 田晓红, 等. 利用物性测试仪分析小麦粉馒头品质[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(6): 121-125.