

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2012.02086

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

陈莹莹 胡星星 陈京都 杨雄 马群 陈乔 葛梦婕 戴其根*

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: 以江苏省近十年 50 个早熟晚粳品种稻米为材料, 在大田条件下设 0、150、187、225、262、298 和 337 kg hm⁻² 7 种施氮水平, 研究其对食味品质及品种间差异的影响。结果表明, 食味值随施氮量的增加而降低, 增施氮肥使稻米蒸煮食味品质变劣。综合评价各品种蒸煮食味品质指标, 分析各品种稻米食味品质特点, 筛选出 18 个食味品质较好的品种, 食味值在 53.9~64.0 之间。施氮量对稻米品质指标有一定的调节作用, 且因品种类型而异, 根据对氮肥响应的敏感程度, 将优质品种分为迟钝型、中间型和敏感型 3 类。其中, 通粳 981、南粳 46、镇稻 158、常优 2 号等品种对氮肥响应迟钝且品质较优, 这些品种即使在高产所需的高氮肥条件下也能获得较高的食味值; 镇稻 661、M1148 对氮肥敏感且品质较优, 在保优栽培中要注意施氮肥水平对这类品种食味值的影响; 其余品种为中间型。在蒸煮品质指标中, 食味值与胶稠度、最高黏度及崩解值呈正相关, 而与直链淀粉含量、蛋白质含量、热浆黏度、最终黏度、消减值及糊化温度呈负相关。

关键词: 水稻; 品种; 氮肥; 食味品质

Effect of Nitrogen Fertilizer Application on Eating Quality of Early-Maturing Late Japonica Rice in Jiangsu and Its Difference among Varieties

CHEN Ying-Ying, HU Xing-Xing, CHEN Jing-Du, YANG Xiong, MA Qun, CHEN Qiao, GE Meng-Jie, and DAI Qi-GEN*

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

Abstract: A field experiment was carried out with 50 early-maturing late japonica rice varieties released in late decade in Jiangsu Province, to study the effects of seven nitrogen application levels (0, 150, 187, 225, 262, 298, and 337 kg ha⁻¹) on the difference in eating qualities. The main results showed that with increasing nitrogen fertilizer, the eating quality was decreased. Eighteen varieties better than others were screened with the taste value between 53.9 and 64.0. The application of nitrogen had the different effects on indexes of eating qualities among varieties. According to responses of taste value to nitrogen application levels, these varieties were divided into three groups (insensitive, intermediate, and sensitive). The insensitive group with high taste value contained varieties, such as Tongjing 981, Nangong 46, Zhendao 158, and Changyou 2, which taste values were relatively stable under all nitrogen levels, even under high nitrogen levels. Another group with high taste value was sensitive to nitrogen application levels, such as Zhendao 661 and M1148, which we should pay attention to the effect of N fertilizer application to taste value in cultivating. The rest was intermediate. In terms of their different responses of taste value to nitrogen application levels, good cooking quality could be obtained through properly reducing nitrogen application. There were positive correlations between taste value and gel consistency, PKV and BDV, but negative correlations between taste value and amylose content, protein content, HTV, FNV, SBV, and PT.

Keywords: Rice; Varieties; Nitrogen fertilizer; Eating qualities

水稻是我国第一大粮食作物, 种植面积约 3 000 万吨, 约占粮食作物面积的 26%, 年产量约 1.8~2.0 亿吨, 是我国居民最主要的粮食之一^[1]。近年来, 随着稻米消费结构的变化, 社会对粳米需求快速增长,

本研究由国家粮食丰产科技工程项目(2011BAD16B03)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 戴其根, E-mail: qgdai@yzu.edu.cn, Tel: 0514-87979220

第一作者联系方式: E-mail: yingyingchen1@sina.com, Tel: 15805275618

Received(收稿日期): 2012-02-16; Accepted(接受日期): 2012-07-05; Published online(网络出版日期): 2012-09-10.

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1809.S.20120910.1322.004.html>

促进粳稻生产发展已成为保障我国粮食安全的重要举措(农业部办公厅, 关于促进粳稻生产发展的通知, 农办农[2010]46 号)。江苏是南方粳稻的最大产区, 单产一直位于全国前列, 稻米品质持续改善。近十年来, 江苏推出了一批粳稻品种, 尤其是适合沿江苏南地区种植早熟晚粳稻品种, 外观品质都达到了国标优质米标准, 虽然“好看”但不“好吃”, 食味亟待改善。

食味品质十分复杂, 一方面受遗传基因、环境及其互作的影响, 另一方面受品尝感官评价方法的制约。关于氮素营养与稻米品质的关系, 国外已有许多研究^[2-7], 结果表明, 随着氮素营养的增加稻米蛋白质含量提高, 胶稠度变短, 最高黏度和下降黏度值变小, 蒸煮食味品质变劣。在稻米品质改良中, 人们已越来越重视稻米蒸煮食味品质的改善, 并进行了不少的研究和探讨^[8]。在已有研究中, 多数只针对氮肥对一个或几个品种的影响, 缺乏系统性和完整性, 对不同氮肥施用量对多个品种的影响的研究, 尤其是粳稻品种的食味品质及其差异, 以及不同施氮水平对不同品种食味品质的效应较少系统研究。我们选用江苏近十年 50 个早熟晚粳品种, 研究其不同氮肥水平下蒸煮食味品质指标的差异及各指标与食味值的关系, 及食味值的氮素敏感性, 以期为高产优质协调的育种和栽培提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种及试验设计

2010—2011 年在扬州大学农学院实验农场大田种植 50 个近 10 年新育成的品种(表 1), 采用裂区设计, 以施氮(纯氮)水平为主区, 设 0、150、187、225、262、298 和 337 kg hm⁻² 7 种施氮水平, 以品种为裂区, 裂区面积为 3 m², 重复 2 次。5 月 23 日软盘播种育秧, 6 月 13 日移栽, 栽插密度为 28.5 万穴 hm⁻² (11.7 cm×30.0 cm), 杂交稻双本栽插, 常规稻三本栽插。氮肥的基肥 穗肥=6 4, 穗肥分别于倒四、倒二叶各施 50%; 基施磷(P₂O₅)、钾(K₂O)肥每公顷各施 150 kg。其他管理措施统一按高产栽培要求实施。

1.2 测定内容与方法

1.2.1 稻米主要理化品质指标测定 水稻统一收获 3 个月后, 从各品种、各处理中随机选部分稻谷, 用小型糙米机去壳出糙, 小型精米机加工成精米。参照中华人民共和国国家标准(GB/T17891-1999 优质稻谷)测定稻米的胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量及 RVA (Rapid Viscosity Analyzer)。

1.2.2 食味品质测定 采用日本佐竹公司 (SATAKE)生产的米饭食味计(STA 1A)测定米饭食味。先称取精米样品 30 g, 淘米 30 s, 按米 水重量比 1.00 1.35 加水浸泡 30 min; 蒸煮米饭, 待米饭

表 1 供试水稻品种类型
Table 1 Rice varieties used in the experiment

编号 Code	品种(系) Variety (line)	编号 Code	品种(系) Variety (line)	编号 Code	品种(系) Variety (line)
1	镇稻 10 号 Zhendao 10	18	武香粳 9 号 Wuxiangjing 9	35	苏香粳 2 号 Suxiangjing 2
2	南粳 44 Nanjing 44	19	镇稻 661 Zhendao 661	36	T712
3	常农粳 5 号 Changnongjing 5	20	武运粳 7 号 Wuyunjing 7	37	武 28105 Wu 28105
4	镇稻 210 Zhendao 210	21	武 2645 Wu 2645	38	武 28181 Wu 28181
5	武运粳 13 Wuyunjing 13	22	泰粳 394 Taijing 394	39	武 28106 Wu 28106
6	常农粳 4 号 Changnongjing 4	23	武运粳 19 Wuyunjing 19	40	武 2817 Wu 2817
7	武香粳 14 Wuxiangjing 14	24	宁粳 3 号 Ningjing 3	41	常粳 09-5 Changjing 09-5
8	宁粳 1 号 Ningjing 1	25	扬粳 4038 Yangjing 4038	42	常粳 09-6 Changjing 09-6
9	晚粳 97 Wanjing 97	26	武粳 13 Wujing 13	43	常粳 09-7 Changjing 09-7
10	T711	27	南粳 42 Nanjing 42	44	常粳 09-8 Changjing 09-8
11	香粳 T31 Xiangjing T31	28	南粳 46 Nanjing 46	45	常粳 09-10 Changjing 09-10
12	香粳 20-18 Xiangjing 20-18	29	苏粳 8 号 Sujing 8	46	常优 1 号 Changyou 1
13	武粳 15 Wujing 15	30	通粳 981 Tongjing 981	47	常优 2 号 Changyou 2
14	T1-56	31	武香粳 19 Wuxiangjing 19	48	常优 3 号 Changyou 3
15	镇稻 158 Zhendao 158	32	银玉 2084 Yinyu 2084	49	常优 5 号 Changyou 5
16	M1148	33	扬粳 4227 Yangjing 4227	50	甬优 8 号 Yongyou 8
17	苏香粳 1 号 Suxiangjing 1	34	南粳 5055 Nanjing 5055		

冷却 90 min 后, 称取 8 g 米饭制成米饼, 测定食味值, 其指标为: ①外观(10 分), 反映米饭糊化程度和表面光泽度的外观性状; ②硬度(10 分), 依据米饭蛋白质含量反映米饭的硬度; ③黏度(10 分), 依据米饭直链淀粉含量反映米饭的黏度; ④平衡度(10 分), 黏度值与硬度值的比值, 值大食感好; ⑤食味值(100 分), 以前 4 个指标为核心, 综合反映米饭好吃程度。

1.3 数据分析

以 Microsoft Excel 和 DPS、SPSS 分析处理数据, 采用离差平方和类间距的度量分析聚类结果, 个体之间采用欧氏距离。

2 结果与分析

由表 2 可以看出, 稻米的外观、硬度、黏度、平衡度及食味值在品种间、氮肥水平间均存在极显著差异, 而氮肥与品种间的互作差异不显著, 蛋白质含量和产量在品种间、氮肥水平间及两者互作间均存在极显著差异。这表明供试品种食味品质指标受品种和氮肥水平的影响较大, 也说明本试验设计具有一定的准确性与代表性, 能真实反映各品种间的差异, 可以进一步分析研究。

2.1 江苏早熟晚粳品种稻米食味品质特点

将各类型品种按各食味品质指标值划分为 3 类, 分别以“好”、“中”、“差”表示(表 3)。其中“好”类品

种有 18 个, 分别为南粳 46(28)、通粳 981(30)、南粳 5055(34)、扬粳 4227(33)、武 2645(21)、镇稻 661(19)、常优 3 号(48)、香粳 20-18(12)、宁粳 1 号(8)、常优 2 号(47)、镇稻 10 号(1)、镇稻 158(15)、常优 1 号(46)、武 2817(40)、香粳 T31(11)、常粳 09-5(41)、银玉 2084(32)和 M1148(16)。相对较差的品种有 13 个。

2.2 氮肥对稻米食味品质的调控效应

2.2.1 氮肥水平对不同品种稻米食味品质的影响

从表 4 可以看出, 早熟晚粳品种稻米的外观、黏度、平衡度及食味值均随施氮量的增加而降低, 硬度随施氮量的增加而增加。由多重比较可知, 供试品种在氮肥水平间差异均极显著, 说明食味品质受氮肥影响较大。同时稻米平衡度的变异系数最大, 硬度的变异系数最小, 分别为 19.68%和 4.56%。

蛋白质随施氮量的增加而增加, 进一步增施氮肥, 蛋白质含量降低。由多重比较可知, 供试品种在氮肥水平间差异均极显著, 说明蛋白质含量受氮肥影响较大。稻米蛋白质和食味值的变异系数分别为 9.10%和 5.02%, 蛋白质的变异系数小于食味值。稻米蛋白质含量与食味值呈负相关, 蛋白质含量较高的氮素水平下, 食味值较低。

由表 4 还可以看出, 供试品种的产量随施氮量的增加而增加, 但进一步增施氮肥, 反而下降, 稻米的产量与食味值呈负相关。增施氮肥, 稻米的产

表 2 氮肥对不同品种稻米食味品质影响的方差分析 F 值
Table 2 Analysis of variance on indexes of eating qualities of different varieties under different N levels (F-value)

变异来源 Variance source	自由度 df	外观 Appearance	硬度 Hardness	黏度 Adhesiveness	平衡度 Balance	食味值 Taste value	蛋白质 Protein content	产量 Yield
氮肥 N level	6	251.15**	206.55**	220.59**	238.87**	298.79**	286.38**	1513.19**
品种 Variety	49	24.71**	21.05**	18.34**	22.09**	25.28**	96.45**	87.64**
品种氮肥 Cultivar×N level	294	0.76	0.68	0.73	0.67	0.74	5.2**	9.47**
误差 Error	349							

*和**分别表示达 0.05 和 0.01 显著水平。
* Significant at 0.05 probability level; ** significant at 0.01 probability level.

表 3 早熟晚粳品种稻米食味品质特点
Table 3 Eating quality properties of early-maturing late japonica rice

食味指标 Eating quality properties	好 Good			中 Middle			差 Poor		
	平均值 Mean	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	最小值 Min.	最大值 Max.
外观 Appearance	4.59	4.28	5.98	3.91	3.61	3.19	3.09	2.48	3.40
硬度 Hardness	7.53	6.76	7.72	7.84	7.75	7.97	8.28	8.17	8.48
黏度 Adhesiveness	4.35	3.99	5.32	3.72	3.38	3.9	2.91	2.52	3.21
平衡度 Balance	4.73	4.46	5.60	3.90	3.55	4.31	3.01	2.39	3.41
食味值 Taste value	56.23	53.93	64.00	52.56	51.07	53.43	48.40	44.00	50.57
蛋白质含量 Protein content	6.32	5.62	6.63	6.80	6.67	6.99	7.27	7.09	7.49

表 4 氮肥对不同品种稻米食味品质的影响
Table 4 Effect of nitrogen nutrition on the eating qualities of different varieties

氮素水平 N level (kg hm ⁻²)	外观 Appearance	硬度 Hardness	黏度 Adhesiveness	平衡度 Balance	食味值 Taste value	蛋白质 Protein	产量 Yield
0	5.16 Aa	7.14 Gg	5.06 Aa	5.03 Aa	60.4 Aa	6.44 Ff	457.4 Ff
10.0	4.40 Bb	7.51 Ff	4.41 Bb	4.20 Bb	56.2 Bb	6.55 Ee	546.3 De
12.5	4.20 Cc	7.64 Ee	4.18 Cc	3.99 Cc	54.3 Cc	6.82 Dd	573.9 Cd
15.0	4.02 Dd	7.74 Dd	3.96 Dd	3.81 Dd	52.8 Dd	6.92 Cc	604.4 Bb
17.5	3.66 Ee	7.91 Cc	3.65 Ee	3.46 Ee	50.4 Ee	7.18 Aa	627.1 Aa
20.0	3.44 Ff	8.01 Bb	3.39 Ff	3.25 Ff	49.0 Ff	7.09 Bb	626.8 Aa
22.5	3.14 Gg	8.12 Aa	3.02 Gg	2.89 Gg	46.6 Gg	6.92 Cc	600.0 Bc
变异系数 CV (%)	17.85	4.56	18.06	19.68	9.10	5.02	11.51

大、小写字母分别表示 0.01 和 0.05 差异显著水平。
Values followed by different letters are significantly different at 0.01 (capital) and 0.05 (lowercase) probability levels, respectively.

量增加, 食味品质下降。

2.2.2 江苏早熟晚粳品种稻米食味值氮肥敏感性分析 各稻米品种的品质指标在氮肥水平间变化幅度不同, 即有的品种品质指标受氮肥水平影响较大, 有的品种受氮肥水平影响较小, 同一品种指标在氮肥水平间变异系数大的则受氮肥水平影响大, 对氮肥响应敏感, 反之, 变异系数小的则对氮肥响应迟钝。为了明确不同品种品质指标对氮素响应的敏感程度, 以各品种食味值在氮肥水平间的变异系数为基础, 采用欧氏距离及离差平方和法对 50 个早熟晚粳品种进行聚类分析(图 1), 将其划分为氮敏感型、氮迟钝型、氮中间型 3 类。

由表 5 可知, 食味品质氮肥迟钝型品种的胶稠度最短, 敏感型品种稻米胶稠度最长, 分别为 57.59 mm 和 60.71 mm; 钝型品种的直接淀粉含量最大, 敏感型品种稻米直链淀粉含量最小, 分别为 14.50% 和 14.09%; 钝型品种的蛋白质含量最小, 敏感型品种稻米蛋白质含量最大, 分别为 6.76%和 7.02%; 迟钝型品种的糊化温度最小, 敏感型品种稻米糊化温度最大, 分别为 84.09℃和 85.06℃; 迟钝型品种的食味值最高, 敏感型品种稻米食味值最低, 分别为 53.74 分和 51.01 分。

从变异系数来看, 稻米胶稠度和直链淀粉含量均以敏感型品种最大, 中间型品种最小; 蛋白质含量以迟钝型品种最大, 中间型最小; 糊化温度和食味值均以迟钝型品种最小, 敏感型品种最大。说明迟钝型品种稻米的其他食味指标不一定都迟钝。

由各品种食味值及在氮肥水平间的变异系数聚类分析(图 1)可知, 食味较好且对氮肥响应迟钝的品种有南粳 46(28)、通粳 981(30)、南粳 5055(34)、扬粳 4227(33)、武 2645(21)、香粳 20-18(12)、宁粳 1

号(8)、常优 2 号(47)、镇稻 10 号(1)、镇稻 158(15)、常优 1 号(46)、香粳 T31(11)、常粳 09-5(41)和银玉 2084(32), 这些品种的食味值在不同施氮量条件下相对较稳定, 变化小, 即使在高产所需的高氮肥条件下也能获得较高的食味值; 另外对氮肥敏感的品

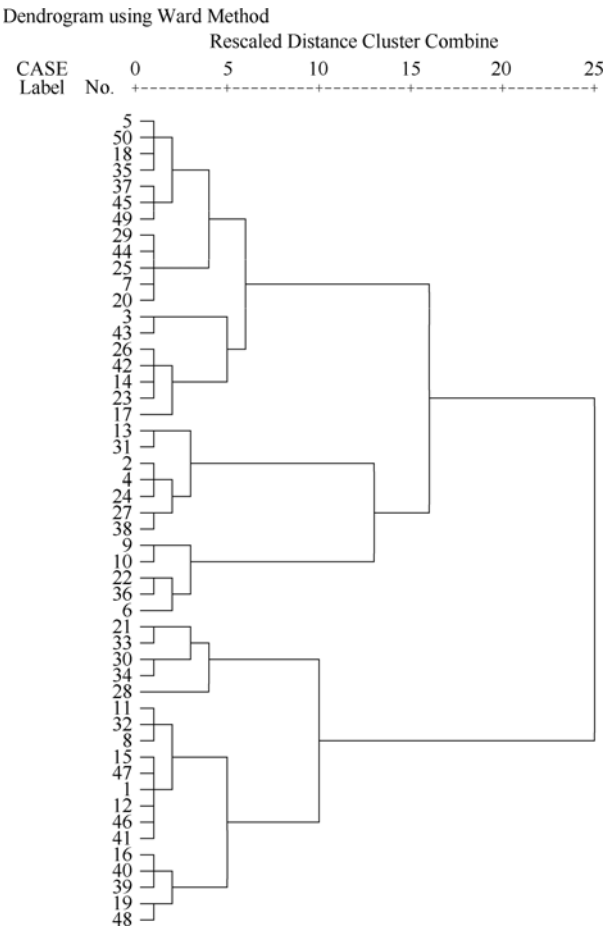


图 1 不同品种稻米食味值及变异系数氮肥敏感性分析图
Fig. 1 Dendrogram of 50 varieties based on CV of taste values under different nitrogen applications
品种数字编号来源于表 1。The varieties numbered from Table 1.

表 5 不同品种类型稻米食味品质特点
Table 5 Eating quality properties of the different early-maturing late japonica rices

品种类型 Variety type	食味指标 Index	平均值 Mean	变化幅度 Variation of amplitude	变异系数 CV (%)
迟钝型 Insensitive	胶稠度 Gel consistency (mm)	57.59	51.86–66.64	8.24
	直链淀粉 Amylose (%)	14.50	7.93–16.22	4.49
	蛋白质 Protein (%)	6.76	5.62–7.49	5.60
	糊化温度 PT (°C)	84.09	69.86–89.72	1.87
	食味值(分) Taste value	53.74	46.00–64.00	7.35
中间型 Intermediate	胶稠度 Gel consistency (mm)	59.50	54.71–71.43	7.80
	直链淀粉 Amylose (%)	14.60	12.80–16.09	4.10
	蛋白质 Protein (%)	6.90	6.36–7.35	4.00
	糊化温度 PT (°C)	85.00	75.80–89.52	2.40
	食味值(分) Taste value	52.60	47.79–56.07	9.60
敏感型 Sensitive	胶稠度 Gel consistency (mm)	60.71	55.93–73.36	8.58
	直链淀粉 Amylose (%)	14.09	13.35–15.23	4.54
	蛋白质 Protein (%)	7.02	6.58–7.47	4.80
	糊化温度 PT (°C)	85.06	80.26–88.96	4.06
	食味值(分) Taste value	51.01	44.00–56.86	12.35

种有镇稻 661(19)、常优 3 号(48)、武 2817(40)、M1148 (16)和武 28106(39), 这类品种, 在保优栽培中更要注意施氮肥水平对食味值的影响。

2.3 不同品种类型(迟钝型、中间型和敏感型)稻米食味值与其他蒸煮食味品质评价指标间的相互关系

由表 6 可知, 迟钝型品种稻米的食味值与胶稠度及崩解值呈极显著正相关关系, 与最高黏度呈正相关关系, 但差异不显著; 与蛋白质含量呈正相关关系, 但差异不显著; 与直链淀粉含量、热浆黏度、最终黏度、消减值及糊化温度呈负相关关系; 中间型品种稻米的食味值与蛋白质、消减值及糊化温度呈负相关关系, 与其他食味指标呈正相关关系; 敏

感型品种稻米的食味值与蛋白质、最终黏度、消减值及糊化温度呈负相关关系, 与其他食味指标呈正相关关系。

所有供试品种稻米的食味值与胶稠度呈正相关关系。食味值与直链淀粉含量呈显著负相关, 直链淀粉含量高的品种米饭胶稠化程度小、硬度大。食味值与蛋白质含量呈负相关关系, 蛋白质含量对稻米蒸煮食味品质有负效应。RVA 谱特征值中, 最高黏度与食味值显著正相关, 崩解值与食味值极显著正相关, 热浆黏度与食味值呈负相关, 最终黏度、消减值、糊化温度与食味值呈显著或极显著负相关(表 6)。崩解值大, 热浆黏度、最终黏度、消减值、糊化温度小的品种蒸煮食味品质好。

表 6 不同品种类型稻米食味值与其他品质指标间的相关系数
Table 6 Correlation coefficients of the taste value with indices of grain quality

品种类型 Variety type	胶稠度 Gel consistency	直链淀粉含量 Amylose content	蛋白质含量 Protein content	最高黏度 Peak viscosity	热浆黏度 Hot viscosity	崩解值 Breakdown	最终黏度 Final viscosity	消减值 Setback	糊化温度 Gelatinization point
迟钝型 Insensitive	57.59 (0.45 ^{**})	14.50 (−0.58 ^{**})	6.76 (0.01)	1940.58 (0.16)	1093.60 (−0.35 [*])	846.98 (0.53 ^{**})	2057.02 (−0.55 ^{**})	116.44 (−0.69 ^{**})	84.09 (−0.72 ^{**})
中间型 Intermediate	59.46 (0.58 ^{**})	14.62 (0.17)	6.86 (−0.25)	1948.60 (0.52 ^{**})	1095.89 (0.33 [*])	852.71 (0.62 ^{**})	2070.68 (0.29 [*])	122.08 (−0.42 ^{**})	85.02 (−0.48 ^{**})
敏感型 Sensitive	60.71 (0.03)	14.09 (0.15)	7.02 (−0.15)	1945.00 (0.63 ^{**})	1106.48 (0.09)	838.52 (0.55 ^{**})	2065.94 (−0.06)	120.94 (−0.51 ^{**})	85.06 (−0.35 [*])
总和 Total	58.79 (0.19)	14.43 (−0.32 [*])	6.85 (−0.13)	1943.57 (0.31 [*])	1097.24 (−0.19)	846.33 (0.51 ^{**})	2062.44 (−0.35 [*])	118.87 (−0.58 ^{**})	84.55 (−0.60 ^{**})

*和**表示达 0.05 和 0.01 显著水平, 表中括号内数值为食味值与各指标间的相关系数。
* Significant at 0.05 probability level; ** significant at 0.01 probability level. Values in the parentheses are correlation coefficients between taste value and quality indices.

3 讨论

近年来,随着我国城乡居民生活水平的提高,对稻米的需求由数量型向品质、食味型转变^[9]。稻米品质不仅受遗传因素的影响,而且还与水稻生长期间的环境条件和栽培技术条件有很大关系,其中氮素肥料的影响很大。在本试验中,食味值在氮肥水平和品种间差异均极显著,食味值随着氮肥水平的增加呈降低趋势,这与殷春渊等^[10]的研究结果一致。同时本试验结果还表明不同品种受氮肥影响的程度不同,即不同品种对氮素营养的反应敏感程度不同,这与杨静等^[11]的研究结果趋于一致。有些品种的食味值在不同施氮量条件下相对较稳定,即使在高产所需的高氮肥条件下也能获得较高的食味值;而有些品种在适当少施肥条件下食味值较高,但随着氮肥水平的增加,食味值显著下降,本文根据食味值对氮肥的响应,将供试品种分为迟钝型、中间型和敏感型 3 种,这表明氮素对稻米食味值具有可调节性,在生产实践中针对不同品种的氮肥敏感程度,确定适宜的氮肥施用量,有利于改善稻米的蒸煮食味品质。

不同品种类型品质指标与食味值的相关关系中,直链淀粉含量与米饭质地的多项物理特性尤其是硬度、凝聚性和黏度具有十分密切的关系^[12],被认为是影响食味的最重要的因子之一。前人研究认为直链淀粉含量与稻米食味值呈显著或极显著负相关^[13-14],本试验表明,直链淀粉含量与稻米食味值呈显著负相关,相关系数为 $r = -0.32^*$ 。胶稠度反映淀粉米胶冷却后的延展性即柔软性,是评价米饭质地的一项物理指标。吴关庭等^[15]研究表明胶稠度与稻米食味值呈正相关,胶稠度长,则米饭较柔软,短则米饭较硬,本试验也表明胶稠度与食味值正相关,但相关性不显著。稻米蛋白质含量与稻米食味品质呈负相关,蛋白质含量较高的品种,其食味品质一般都比较差,本研究表明蛋白质含量对稻米蒸煮食味品质有负效应。蛋白质含量随施氮量的增加而增加,但高氮处理(337 kg hm^{-2})下稻米蛋白质含量反而下降,这可能与品种、栽培条件以及灌浆时的土壤水分状况和温度等生态条件有关。舒庆尧等^[16]研究发现 RVA 谱能较好地地区分直链淀粉相似的优质与劣质品种,米饭质地与 RVA 谱特征存在密切关系,米饭硬度与消减值极显著正相关,与崩解值极显著负相关。本研究中,稻米的食味值与崩解值正相关,与消减值负相关,而食味值与硬度负相关,这与前人结

果相一致。

本研究结果表明,增施氮肥,稻米的产量增加,食味品质下降。说明增施氮肥对增产与改善食味存在着矛盾,这与前人的研究结果一致^[19-20],但不同水稻品种之间有很大的差异,这是由其自身的遗传特性所决定的^[21]。本研究综合分析了各品种蒸煮食味品质指标及其关系,以及氮肥调控效应,明确了敏感型品种在生产中要严格控制氮肥用量,而迟钝型则有相对较大施氮量范围,这为食味品质的品种改良和保优栽培提供了依据。此外,氮肥对稻米的其他品质,如碾磨品质等都有显著影响^[22],因此,在高产栽培中需综合考虑,相关的研究将另文报道。

4 结论

根据各早熟晚粳品种稻米食味品质特点,筛选出 18 个食味品质较好的品种。施氮量对稻米品质指标有一定的调节作用,且因品种类型而异,根据对氮肥响应的敏感程度,将优质品种分为迟钝型、中间型和敏感型三类。通粳 981、南粳 46、镇稻 158、常优 2 号等品种对氮肥响应迟钝且品质较优,即使在高产所需的高氮肥条件下也能获得较高的食味值;镇稻 661 和 M1148 对氮肥敏感且品质较优,在保优栽培中要注意施氮肥水平对这类品种食味值的影响。生产上可选用产量高且品质优的品种,配以合理的栽培措施,以实现高产和优质的统一。

References

- [1] Lu J-B(卢景波). China rice industry: supply and demand, current and future policy orientation. *China Rice* (中国稻米), 2002, (6): 17-20 (in Chinese with English abstract)
- [2] Kim K H, Koo J Y, Hwang D Y, Kong W S. Varietal and environmental variation of gel consistency of rice flour. *Korean J Crop Sci*, 1993, 38: 38-45
- [3] Choi M G, Jun B T, Park S H. Cultural practices for improving grain quality of rice in southern plain area. *Kroean J Crop Sci*, 1990, 35: 487-491
- [4] Cheong J I. Effects of slow-release fertilizer application on rice grain quality at different culture methods. *Korean J Crop Sci*, 1996, 41: 286-294
- [5] Kim Y S, Hwang S W, Yon B Y, Park D Y, Kim D S. Study on the improvement of rice quality: 1. Effect of chemical composition in brown rice. *J Korean Soc Soil Sci Fert*, 1992, 25: 357-363
- [6] Hong Y P, Kim S Y. Influence of fertilizer levels and cultivated regions on changes of chemical components in rice grains. *RDA J Agric Sci*, 1994, 36: 38-51
- [7] Hong K P. Influences of growing location, culture practices and

- application of organic manure on grain yield and quality in rice. *RDA J Agric Sci*, 1993, 35(2): 41–46
- [8] Jin Z-X(金正勋), Qiu T-Q(秋太权), Sun Y-L(孙艳丽), Zhao J-M(赵久明), Jin X-Y(金学泳). Effects of nitrogen fertilizer on chalkiness ratio and cooking and eating quality properties of rice grain. *Plant Nutr Fert Sci* (植物营养与肥料学报), 2001, 7(1): 31–35 (in Chinese with English abstract)
- [9] Gao H(高辉), Ma Q(马群), Li G-Y(李国业), Yang X(杨雄), Li X-Q(李雪乔), Yin C-Y(殷春渊), Li M(李敏), Zhang Q(张庆), Zhang H-C(张洪程), Dai Q-G(戴其根), Wei H-Y(魏海燕). Effect of nitrogen application rate on cooking and eating qualities of different growth-development types of *japonica* rice. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2010, 43(21): 4543–4552 (in Chinese with English abstract)
- [10] Yin C-Y(殷春渊), Ning H-F(宁惠峰), Zhao Q-Z(赵全志), Chen J-R(陈静蕊). Effects of N-fertilizer application amount at the panicle stage on rice quality and food taste along the yellow river valley. *J Henan Agric Sci* (河南农业科学), 2007, (5): 18–20 (in Chinese with English abstract)
- [11] Yang J(杨静), Luo Q-X(罗秋香), Qian C-R(钱春荣), Liu H-Y(刘海英), Jin Z-X(金正勋). Effect of nitrogen on the protein fractions content and cooking and eating quality of rice grain. *J Northeast Agric Univ* (东北农业大学学报), 2006, 37(2): 145–150 (in Chinese with English abstract)
- [12] Chen N(陈能), Luo Y-K(罗玉坤), Zhu Z-W(朱智伟), Xie L-H(谢黎虹). Studies on the texture and palatability of cooked rice. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 1999, 13(3): 152–156 (in Chinese with English abstract)
- [13] Liu Y-B(刘宜柏), Huang Y-J(黄英金). The relationship between eating quality of rice. *J Jiangxi Agric Univ* (江西农业大学学报), 1989, 11(4): 1–5 (in Chinese with English abstract)
- [14] Chen N(陈能), Luo Y-K(罗玉坤), Zhu Z-W(朱智伟), Zhang B-P(张伯平), Zheng Y-C(郑有川), Xie L-H(谢黎虹). Correlation between eating quality and physico-chemical properties of high grain quality rice. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 1997, 11(2): 70–76 (in Chinese with English abstract)
- [15] Wu G-T(吴关庭), Li X-C(李旭晨). Research and improvement of rice taste. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), 2000, 16(6): 21–24 (in Chinese with English abstract)
- [16] Shu Q-R(舒庆尧), Wu D-X(吴殿星), Xia Y-W(夏英武). Relationship between RVA profile character and eating quality in *Oryza sativa* L. *Sci Agric Sin* (中国水稻科学), 1998, 31(3): 25–29 (in Chinese with English abstract)
- [17] Zhang X-M(张小明), Wang Y-C(王仪春), Bao G-L(鲍根良), Ye S-H(叶胜海). Rice palatability evaluation progress. *Seed* (种子), 2002, (1): 53–54 (in Chinese with English abstract)
- [18] Zhu Y-Y(朱永义). Rice palatability evaluation. *Food & Feed Ind* (粮食与饲料工业), 1995, (9): 16–20 (in Chinese with English abstract)
- [19] Huang Y-C(黄元财), Wang B-L(王伯伦), Wang S(王术), Jia B-Y(贾宝艳). Effect of amount of N-applied on grain yield and quality of rice. *J Shenyang Agric Univ* (沈阳农业大学学报), 2006, 37(5): 688–692 (in Chinese with English abstract)
- [20] Zhang X(张欣), Shi L-L(施利利), Liu X-Y(刘晓宇), Ding D-L(丁得亮), Wang S-W(王松文), Cui J(崔晶). Effect of different fertilizer treatments on rice yield, grain quality and protein fraction content. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), 2010, 26(4): 104–108 (in Chinese with English abstract)
- [21] Wu H-K(吴洪恺), Liang G-H(梁国华), Yan C-J(严长杰), Gu Y-J(顾燕娟), Shan L-L(单丽丽), Wang F(王芳), Gu M-H(顾铭洪). Variation among varieties with different ecotypes and its genetic analysis of amylose content in rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Agron Sin* (作物学报), 2006, 32(9): 1301–1305 (in Chinese with English abstract)
- [22] Zhu C-H(朱彩云), Guo Y-H(郭玉华), Cui X-F(崔鑫福), Zhang X(张雪). The effects of *japonica* rice on different nitrogenous nutrition. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), 2006, 22(2): 175–178 (in Chinese with English abstract)