

引用格式:

刘芳艳,武云霞,孙永健,郭长春,张桥,马均.氮肥运筹对杂交籼稻食味差异品种产量及米质的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(5): 487–494.

LIU F Y, WU Y X, SUN Y J, GUO C C, ZHANG Q, MA J. Effects of nitrogen application regime on the yield and quality of indica hybrid rice varieties with different taste value[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2021, 47(5): 487–494.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 氮肥运筹对杂交籼稻食味差异品种产量及米质的影响

刘芳艳<sup>1,2</sup>, 武云霞<sup>1,2</sup>, 孙永健<sup>1,2\*</sup>, 郭长春<sup>1,2</sup>, 张桥<sup>1,2</sup>, 马均<sup>1,2</sup>

(1.四川农业大学水稻研究所,四川 成都 611130;2.作物生理生态及栽培四川省重点实验室,四川 成都 611130)

**摘 要:**以杂交籼稻广优 847(优质食味)和 F 优 498(高产低食味)品种为材料,在总施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup> 和 150 kg/hm<sup>2</sup> 条件下,设置基肥、蘖肥、穗肥施用比例分别为 4 4 2、3 3 4、2 2 6 共 6 种氮肥运筹综合管理方式,以不施氮肥处理为对照,研究氮肥运筹对 2 个食味差异品种产量及米质特征的影响及调控效应。结果表明:品种和氮肥运筹对 2 个杂交籼稻品种的产量、稻米加工及外观品质、RVA 谱、蒸煮食味品质均有显著或极显著的影响;品种对精米率、整精米率、长宽比、垩白度和垩白粒率的调控效应大于氮肥运筹对其的调控;氮肥运筹对稻谷产量、稻米食味值的影响大于品种对其的影响;可通过优化产量构成因子,促进抽穗至成熟期水稻群体干物质累积,提高稻米蒸煮食味值。在总施氮量 150 kg/hm<sup>2</sup> 下,基肥、蘖肥、穗肥的施用比例为 3 3 4 的氮肥运筹处理能显著提高 2 种杂交籼稻的产量,并能有效改善和提升稻米食味品质。

**关 键 词:** 杂交籼稻;米质特征;氮肥运筹;产量;食味品质

中图分类号: S511.2<sup>+</sup>10.62

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2021)05-0487-08

## Effects of nitrogen application regime on the yield and quality of indica hybrid rice varieties with different taste value

LIU Fangyan<sup>1,2</sup>, WU Yunxia<sup>1,2</sup>, SUN Yongjian<sup>1,2\*</sup>, GUO Changchun<sup>1,2</sup>, ZHANG Qiao<sup>1,2</sup>, MA Jun<sup>1,2</sup>

(1.Rice Research Institute of Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China; 2.Key Laboratory of Crop Physiology and Cultivation of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 611130, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of different nitrogen(N) fertilizer management on the yield and quality of hybrid indica rice varieties with different taste value, we used the hybrid indica rice varieties Guangyou 847(high-quality taste) and F You 498(high-yield and low taste) as materials, and applied of six N fertilizer conditions, N application 120 kg/hm<sup>2</sup> and 150 kg/hm<sup>2</sup> with three fertilizer ratios of the base fertilizer, tiller fertilizer and spike fertilizer 4 4 2, 3 3 4, 2 2 6 and one control with no N treatment. The results showed that varieties and N fertilizer management had significant or extremely significant effects on the yield, rice processing and appearance quality, RVA profile, and cooking and eating quality of indica hybrid rice with different tastes. The effects of varieties on milled rice rate, head rice rate, length width ratio, chalkiness and chalky grain rate were favor of the N fertilizer nitrogen management. The effect of nitrogen management on rice yield and taste value was more obvious than that of varieties. The yield components could be further optimized to promote dry matter accumulation in the rice population from heading to maturity stage and improve rice

收稿日期: 2020-06-24

修回日期: 2020-07-11

基金项目: 国家重点研发计划专项(2016YFD0300506); 四川省科技支撑计划项目(20YYJC2586); 四川省应用基础研究项目(2020YJ0411); 四川省学术和技术带头人培养支持经费资助项目(川人社办发[2016]183 号)

作者简介: 刘芳艳(1994—),女,甘肃庄浪人,硕士研究生,主要从事水稻高产优质研究,cloud dye@163.com; \*通信作者,孙永健,博士,副教授,主要从事水稻栽培生理生态研究, yongjians1980@163.com

cooking taste value. The condition of 150 kg/hm<sup>2</sup> N rate and 3 3 4 fertilizer ratio could significantly increase the rice yield of various hybrid indica rice varieties and effectively improve the taste quality of rice.

**Keywords:** indica hybrid rice; rice quality characteristics; nitrogen application regime; yield; eating quality

水稻是中国主要的粮食作物,全国以稻米为主食的人口约占总人口的65%<sup>[1]</sup>。目前,水稻的生产由单一的高产目标向“高产、优质、高效、生态、安全”多元化的方向发展<sup>[2-3]</sup>。稻米品质受遗传因素、环境条件以及栽培措施的共同影响。但品种选育改良耗时长,栽培措施的调控作用日益突显<sup>[4]</sup>。在栽培措施中氮肥运筹技术对稻米品质的调控作用显著<sup>[5-6]</sup>,合理施肥是提高产量和改善稻米品质的重要措施<sup>[7-9]</sup>。林忠成等<sup>[10]</sup>研究表明,同一施氮量下,早、晚稻的基肥、穗肥施用比例为7 3时,水稻高产且米质佳。朱晓彦等<sup>[11]</sup>研究表明,基肥、穗肥施用的比例对产量及品质的影响较大。姜红芳等<sup>[12]</sup>研究表明,适当的增施氮肥有利于稻米营养品质和碾磨品质的提高,但其蒸煮食味品质变差。整体来看,施用氮肥对提高水稻产量、改善稻米品质均有一定的作用,但其影响效果因氮肥的施用量、运筹、方法、时期及品种不同而有较大的差异<sup>[11,13]</sup>。目前,有关氮肥运筹对水稻产量及稻米品质影响的研究多集中于早、晚稻品种的高产及氮肥的高效利用<sup>[6,10,12-13]</sup>,而针对杂交籼稻品种机插条件下的调控效应报道甚少。为此,本研究在前人研究的基础上,选用食味有差异的2个杂交籼稻品种,并设置6种氮肥运筹管理方式,研究氮肥运筹对机插杂交

籼稻品种产量及米质的影响,探讨不同食味杂交籼稻提质丰产协同的调控途径,以期机插优质食味水稻合理施用氮肥提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于2018年在成都温江四川农业大学水稻研究所试验农场(N30°44', E103°52')进行。选用生育时期基本一致但食味有差异的杂交籼稻品种F优498(生育期143~146 d、高产、食味值77.0~82.0、食味品质相对较差)和广优847(生育期141~145 d、丰产、食味值80.0~85.0、食味品质相对较优)为试材,进行品种与氮肥运筹2因素随机区组试验。

试验田耕层(0~20 cm)土壤为砂质壤土,有机质、全氮含量分别为23.0、1.63 g/kg,速效氮、速效磷、速效钾的含量分别为98.6、30.2、69.5 mg/kg。4月15日播种,秧龄25 d时机插,株行距为20 cm×30 cm。3次重复。小区面积15.9 m<sup>2</sup>。氮肥运筹处理见表1。磷肥(过磷酸钙)施用量折合P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥(氯化钾)施用量折合K<sub>2</sub>O 150 kg/hm<sup>2</sup>,均作基肥一次性施用。各小区间筑土埂(宽40 cm),并用塑料薄膜包裹,防止串水串肥,其他田间栽培管理措施按照当地大田生产进行。

表1 氮肥运筹处理

Table 1 Nitrogen fertilizer application

处理	基肥/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	分蘖肥/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	穗肥/(kg·hm <sup>-2</sup> )		总施氮量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	基肥、蘖肥、穗肥 的施用比例
			倒四叶	倒二叶		
N <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	
N <sub>1</sub>	48	48	24	0	120	4 4 2
N <sub>2</sub>	36	36	24	24	120	3 3 4
N <sub>3</sub>	24	24	36	36	120	2 2 6
N <sub>4</sub>	60	60	30	0	150	4 4 2
N <sub>5</sub>	45	45	30	30	150	3 3 4
N <sub>6</sub>	30	30	45	45	150	2 2 6

1.2 测定项目和方法

1.2.1 干物质积累的测定

抽穗期、成熟期各小区按平均茎蘖数取代表性稻株 5 穴,分茎鞘、叶和穗,在 105 ℃下杀青 45 min,80 ℃烘干至恒重。

1.2.2 考种与计产

收获前各小区选取 10 穴具有代表性的稻株,调查每穗粒数、结实率、千粒质量等指标。各小区去除边行后,按实收株数计产,计产面积 15.9 m<sup>2</sup>。

1.2.3 稻米品质的测定

稻谷收获后,自然阴干 3 个月,使其含水量稳定在 14%左右。依据 GBT 5495—2008 计算糙米率;根据 GBT 21719—2009 计算整精米率;根据 GB/T 17891—1999 测垩白粒率、垩白度和长宽比。按米、水比 1 1.4 蒸煮米饭 2 h 后,采用 SATAKE(日本生产)中的籼稻分析程序,测定口感、硬度、食味等指标<sup>[14]</sup>。稻米脱壳碾成精米后粉碎、过筛(孔径 150 μm);采用澳大利亚 Newport Scientific 生产的 3-D 型黏度速测仪测定稻米淀粉 RVA 谱<sup>[15-16]</sup>;用 TCW(Thermal

Cycle for Windows)配套软件进行分析。根据 AACC(美国谷物化学师协会)操作规程(2000 61-02),当含水量为 12.0%时,称取水稻米粉 3.00 g,加蒸馏水 25.00 mL,进行以下温度处理:50 ℃下保持 1 min;恒速升温至 95 ℃(3.8 min);95 ℃下保持 2.5 min;恒速降温至 50 ℃(3.8 min),在 50 ℃下保持 1.4 min。搅拌器在起始 10 s 内转动速率为 960 r/min,之后保持 160 r/min,读数时间间隔 4 s。RVA 谱特征值以峰值黏度、热浆黏度、崩解值、消减值、糊化时间和糊化温度表示。每个样品测定 2 次,结果取平均值。

1.3 数据分析

运用 Excel 2010、DPS 进行数据分析;采用最小显著性差异法(LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 氮肥运筹对杂交籼稻品种产量及构成因素的影响

由表 2 可知,氮肥运筹和品种间差异对产量及其构成因素(总颖花数除外)均存在显著或极显著的

表 2 氮肥运筹处理下 2 种杂交籼稻品种的产量及构成因素

Table 2 Yield and components of two indica hybrid rice varieties under various nitrogen management treatments							
品种	处理	有效穗/ (×10 <sup>4</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	每穗粒数	总颖花数/ (×10 <sup>6</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	结实率/%	千粒质量/g	稻谷产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
广优 847	N <sub>0</sub>	173.2d	170.3d	294.9e	86.86b	28.14e	6955.4e
	N <sub>1</sub>	182.0c	196.1c	356.8cd	89.38a	30.12cd	9199.4d
	N <sub>2</sub>	177.0cd	196.5bc	347.9d	85.09c	32.90a	9599.7c
	N <sub>3</sub>	177.3cd	216.9a	384.7b	89.19a	29.15d	9981.5b
	N <sub>4</sub>	190.2ab	190.7c	362.7c	90.02a	30.28c	9273.9d
	N <sub>5</sub>	194.2a	206.1b	400.2a	87.59b	31.29b	10 288.4a
	N <sub>6</sub>	183.0bc	224.3a	410.5a	83.15d	30.22c	9897.7bc
	平均	182.4	200.1	365.4	87.33	30.30	9313.7
F 优 498	N <sub>0</sub>	169.0e	172.7e	291.8d	84.95d	32.63ab	8090.2e
	N <sub>1</sub>	199.3b	183.0d	364.7bc	86.29c	31.40c	9758.0cd
	N <sub>2</sub>	200.7b	186.7cd	374.6b	85.55cd	31.75bc	10 002.1bc
	N <sub>3</sub>	179.0d	202.1ab	361.7c	81.88e	32.89a	9664.9d
	N <sub>4</sub>	210.0a	187.2cd	393.2a	88.75b	31.26c	10 124.3b
	N <sub>5</sub>	207.0ab	193.0bc	399.6a	90.09a	32.42ab	11 668.6a
	N <sub>6</sub>	189.2c	207.2a	392.0a	82.84e	31.16c	9925.6bcd
	平均	193.5	190.3	368.2	85.80	31.93	9708.2
F	C	14.31**	10.65**	0.25	4.38*	11.50**	7.15*
	N	7.87**	13.51**	23.33**	4.56*	4.23*	23.74**
	C×N	1.75	0.75	1.87	0.87	2.23	1.38

同一品种同列数据后不同字母示在 5%水平上差异显著。C 示品种;N 示氮肥运筹;C×N 示品种与氮肥互作。“\*”“\*\*”“\*\*\*”分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

影响,产量受氮肥运筹的影响较大;2个品种的产量均以 $N_5$ 处理(氮肥后移量占总施氮量的40%)的最高。在总施氮量 $150\text{ kg/hm}^2$ 下, $N_6$ 处理中,2个品种的产量均显著降低。施氮量为 $120\text{ kg/hm}^2$ 时,广优847的产量以 $N_3$ 处理的最高,F优498的产量以 $N_2$ 处理的最高。

由表2还可以看出,每穗粒数、总颖花数、结实率受氮肥运筹的影响较大,但有效穗及千粒质量则受品种的影响较大,表明氮肥运筹可调控不同品种的产量构成因子,达到增产的目的。高产品种F优498的有效穗、总颖花数、千粒质量均值高于优质食味品种广优847的,而每穗粒数、结实率则低于广优847的。各氮肥运筹处理下,广优847的有效穗在 $N_5$ 处理下最高;F优498的有效穗在 $N_4$ 处理下最高,每穗粒数均以 $N_6$ 处理的最高,说明氮肥后移量达总施氮量的60%时,能显著提高每穗粒数,补偿有效穗的不足。施氮量 $150\text{ kg/hm}^2$ 下的氮

肥运筹处理( $N_5$ 、 $N_6$ )总颖花数均显著高于施氮量 $120\text{ kg/hm}^2$ 下的各氮肥运筹处理( $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ );在总施氮量 $150\text{ kg/hm}^2$ 下,氮肥后移量过大均会导致各品种结实率显著下降。

## 2.2 氮肥运筹对杂交籼稻品种干物质积累的影响

由表3可以看出,氮肥运筹对抽穗期及成熟期各营养器官干物质积累量的影响达显著或极显著水平;品种对抽穗期茎鞘、叶的干物质积累量及对成熟期叶的干物质积累量的影响达极显著水平,对成熟期穗的干物质积累量的影响达显著水平;氮肥运筹和品种互作对抽穗期及成熟期穗的干物质积累量存在极显著效应。除抽穗期穗部干物质积累外,高产品种F优498各营养器官干物质积累量均高于优质食味品种广优847的。从不同的氮肥运筹来看, $N_5$ 处理下,抽穗及成熟期各器官的干物质积累量均较高,表明施氮量 $150\text{ kg/hm}^2$ 下,氮肥后移量达总施氮量的40%时能促进干物质的积累。

表3 氮肥运筹处理2个杂交籼稻品种的干物质积累量

Table 3 Dry matter accumulation of two indica hybrid rice cultivars treated with nitrogen fertilizer <span style="float: right;">t/hm<sup>2</sup></span>							
品种	处理	抽穗期干物质积累量			成熟期干物质积累量		
		茎鞘	叶	穗	茎鞘	叶	穗
广优 847	$N_0$	3.65b	1.53d	0.85d	4.81c	1.42e	6.16e
	$N_1$	4.12ab	2.39c	1.22c	4.91b	1.88cd	8.21d
	$N_2$	4.40ab	2.34c	1.30bc	5.01b	1.70d	8.33cd
	$N_3$	4.43ab	2.41bc	1.14c	5.01b	2.18b	8.55bc
	$N_4$	4.42ab	2.67ab	1.23c	5.12b	1.93c	8.45cd
	$N_5$	4.73a	2.73a	1.60a	5.90a	2.45a	9.38a
	$N_6$	4.03ab	2.28c	1.53ab	5.30b	2.02bc	8.82b
	平均	4.25	2.33	1.27	5.15	1.94	8.27
F 优 498	$N_0$	4.66b	1.66c	0.91d	5.01ab	1.88d	7.33e
	$N_1$	4.56b	2.54b	1.02cd	5.03ab	2.63b	8.45cd
	$N_2$	4.73b	2.49b	1.19bcd	5.28ab	3.05a	8.70b
	$N_3$	5.44a	2.72ab	1.34bc	4.87b	2.20c	8.33d
	$N_4$	5.43a	2.91a	1.52ab	5.16ab	2.40bc	9.33a
	$N_5$	5.49a	2.95a	1.86a	5.69ab	3.15a	9.41a
	$N_6$	4.91b	2.60b	1.42bc	5.82a	2.98a	8.65bc
	平均	5.03	2.55	1.18	5.27	2.61	8.60
F	C	26.59**	12.23**	0.91	0.89	258.37**	6.13*
	N	3.09*	24.73**	10.48**	3.62*	42.16**	21.14**
	C×N	0.56	0.26	3.81**	1.50	12.64**	4.11**

同一品种同列数据后不同字母示在5%水平上差异显著。C示品种;N示氮肥运筹;C×N示品种与氮肥互作。\*、\*\*、\*\*\*分别表示在0.05和0.01水平上差异显著。

2.3 氮肥运筹对稻米品质的影响

2.3.1 对加工品质和外观品质的影响

由表 4 可见，氮肥运筹和品种对稻米加工品质及外观品质各指标均存在显著或极显著的影响。品种对精米率、整精米率、长宽比、垩白度和垩白粒率方面的影响显著大于氮肥运筹的调控效应。除长宽比和垩白度外，广优 847 加工和外观品质均不同程度优于 F 优 498。与 N<sub>0</sub> 相比，施氮处理显著提高了各品种的糙米率及整精米率，广优 847 糙米率提高了 0.64%~3.59%，整精米率提高了 2.69%~6.40%，

且均以 N<sub>5</sub> 处理的整体优势明显；F 优 498 糙米率提高了 0.14%~1.78%，整精米率提高了 0.72%~5.31%，以 N<sub>3</sub> 和 N<sub>6</sub> 处理的优势明显，且 2 个处理间差异不显著。从稻米外观品质来看，施氮处理明显降低了 2 个品种的垩白度与垩白粒率，广优 847 垩白度下降了 18.61%~34.48%，垩白粒率下降了 0.75%~10.04%；F 优 498 各氮肥处理间垩白度差异不明显，垩白粒率下降了 20.87%~36.27%。表明适宜的氮肥运筹可进一步提升稻米的加工品质及外观品质，且不同的品种对氮肥运筹的响应存在差异。

表 4 氮肥运筹处理 2 种杂交籼稻的加工品质及外观品质

Table 4 The processing quality and appearance quality of two indica hybrid rice treated with nitrogen fertilizer							
品种	处理	加工品质			外观品质		
		糙米率/%	精米率/%	整精米率/%	长宽比	垩白度/%	垩白粒率/%
广优 847	N <sub>0</sub>	80.28f	67.67cd	62.06b	2.77a	18.59a	28.19a
	N <sub>1</sub>	81.14d	68.74abc	65.24a	2.70b	13.13cd	25.36c
	N <sub>2</sub>	80.79e	68.16bcd	64.13ab	2.74ab	15.13b	26.97abc
	N <sub>3</sub>	81.62b	69.60a	66.03a	2.71ab	12.80cd	27.98ab
	N <sub>4</sub>	80.86e	67.57d	64.61a	2.73ab	14.10bc	25.43c
	N <sub>5</sub>	83.16a	69.23ab	65.95a	2.70b	13.57cd	25.82bc
	N <sub>6</sub>	81.40c	68.09cd	63.73ab	2.77a	12.18d	26.02abc
	平均	81.35	68.44	64.54	2.73	14.21	26.54
F 优 498	N <sub>0</sub>	80.50c	66.52bc	59.65b	2.89ab	10.87	52.86a
	N <sub>1</sub>	80.61c	64.85d	60.18b	2.87b	9.68	37.77c
	N <sub>2</sub>	81.52b	66.77b	61.52ab	2.89ab	10.11	41.83cd
	N <sub>3</sub>	81.66ab	66.96ab	62.82a	2.90ab	10.77	36.94d
	N <sub>4</sub>	81.34b	65.63cd	61.68ab	2.88b	9.88	39.49b
	N <sub>5</sub>	81.46b	66.19bc	60.08b	2.90ab	10.81	38.58bc
	N <sub>6</sub>	81.93a	67.93a	62.52a	2.92a	9.84	33.69bc
	平均	81.29	66.41	61.21	2.89	10.28	40.17
F	C	6.91*	114.26**	77.77**	347.07**	300.43**	704.67**
	N	47.76**	6.19**	2.72*	2.93*	13.89**	19.51**
	C×N	12.41**	6.27**	4.30**	1.35	13.22**	22.65**

同一品种同列数据后不同字母示在 5%水平上差异显著。C 示品种；N 示氮肥运筹；C×N 示品种与氮肥交互。“\*”“\*\*”“\*\*\*”分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

2.3.2 对稻米淀粉 RVA 谱特征值的影响

由表 5 可知，除峰值黏度外，氮肥运筹和品种间交互显著或极显著影响 RVA 谱特征值，其中对回复值的影响最大，其后依次是对糊化温度和冷胶黏度的影响，对峰值黏度的影响最小。品种对峰值黏度、冷胶黏度、崩解值、回复值及糊化温度方面的影响程度高于氮肥运筹的调控效应。与 N<sub>0</sub> 相比，

施氮处理使峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、崩解值和回复值均下降，其中 N<sub>3</sub>、N<sub>6</sub> 处理的峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、崩解值下降得比较明显，但并不以 N<sub>5</sub> 处理的最高。可见，施氮量 150 kg/hm<sup>2</sup> 下，氮肥后移量达总施氮量 40% 的氮肥运筹方式(N<sub>5</sub> 处理)未能使 2 个杂交籼稻品种的 RVA 谱各项特征值同时达到最优。

表 5 氮肥运筹处理 2 个杂交籼稻的淀粉 RVA 谱特征值

品种	处理	峰值黏度/ RVU	热浆黏度/ RVU	冷胶黏度/ RVU	崩解值/ RVU	回复值/ RVU	糊化温度/℃
广优 847	N <sub>0</sub>	312.92a	181.81a	301.81a	156.67a	120.00a	73.65b
	N <sub>1</sub>	286.03bc	156.25b	246.25b	139.92b	87.78bc	77.75a
	N <sub>2</sub>	280.58bc	150.58bc	238.22bc	135.44bc	87.64bc	73.80b
	N <sub>3</sub>	275.58bc	148.86bc	236.64bc	131.72bc	90.19b	74.12b
	N <sub>4</sub>	290.06b	148.80bc	236.11bc	108.25d	90.00b	74.12b
	N <sub>5</sub>	278.00bc	141.53c	231.20c	129.19bc	87.31bc	73.87b
	N <sub>6</sub>	268.14c	141.00c	226.92c	126.61c	85.39c	74.42b
	平均	284.47	152.69	245.31	132.54	92.62	74.53
F 优 498	N <sub>0</sub>	289.64a	191.31a	307.75a	140.03a	126.53a	77.82a
	N <sub>1</sub>	278.47b	182.64ab	292.25b	104.61b	88.53c	77.60a
	N <sub>2</sub>	271.22bc	179.33ab	282.25c	113.92b	122.33ab	77.85a
	N <sub>3</sub>	263.75cd	165.92bc	266.44d	103.64b	118.53b	77.57a
	N <sub>4</sub>	272.58b	152.39cd	255.83e	94.97b	120.95ab	74.15b
	N <sub>5</sub>	258.97d	145.22d	242.22f	104.86b	119.33b	77.88a
	N <sub>6</sub>	248.28e	135.11d	231.64g	101.97b	121.78ab	77.85a
	平均	268.99	164.60	268.34	107.67	116.85	77.25
F	C	34.16**	17.32**	116.58**	154.58**	831.35**	234.42**
	N	15.14**	19.42**	78.72**	34.03**	72.59**	19.28**
	C×N	0.71	2.87*	9.66**	4.16**	53.23**	16.70**

同一品种同列数据后不同字母示在 5%水平上差异显著。C 示品种；N 示氮肥运筹；C×N 示品种与氮肥互作。\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

### 2.3.3 对稻米食味品质的影响

由表 6 可知, 2 个品种在食味值间存在显著差异, 且氮肥运筹对 2 个杂交籼稻品种蒸煮食味品质的影响较大, 对外观、口感、食味值、硬度指标的

调控达极显著水平。施氮处理使稻米的外观、口感、食味值下降; 各氮肥运筹下, N<sub>5</sub> 处理的外观、口感、硬度和食味值等食味品质均较优。表明适宜的氮肥运筹管理能改善 2 个杂交籼稻品种的食味品质。

表 6 氮肥运筹处理 2 个杂交籼稻品种的蒸煮食味品质

品种	处理	外观	口感	食味值	硬度	弹性	平衡
广优 847	N <sub>0</sub>	8.63a	7.97a	87.33a	4.69a	0.05c	0.88a
	N <sub>1</sub>	8.07bcd	7.47ab	83.67bc	2.75c	0.18ab	0.85b
	N <sub>2</sub>	7.90cd	7.00b	81.67c	2.69c	0.21a	0.86ab
	N <sub>3</sub>	8.27abc	7.20b	83.00bc	2.93c	0.16b	0.86ab
	N <sub>4</sub>	7.73d	7.27b	81.67c	4.08b	0.05c	0.88ab
	N <sub>5</sub>	8.43ab	7.50ab	84.67ab	4.32ab	0.05c	0.88ab
	N <sub>6</sub>	7.90cd	7.13b	81.00c	4.28ab	0.05c	0.86ab
	平均	8.13	7.36	83.29	3.68	0.11	0.87
F 优 498	N <sub>0</sub>	9.07a	8.47a	88.00a	4.79a	0.05b	0.88a
	N <sub>1</sub>	7.53c	7.20b	84.33b	2.45d	0.20a	0.85bc
	N <sub>2</sub>	8.00bc	6.30d	78.00c	2.96cd	0.17a	0.81d
	N <sub>3</sub>	8.07bc	6.40cd	78.00c	2.69cd	0.17a	0.83cd
	N <sub>4</sub>	7.57c	6.60bcd	80.33c	4.20b	0.05b	0.86ab
	N <sub>5</sub>	8.40b	7.20b	84.53ab	4.50ab	0.03b	0.87ab
	N <sub>6</sub>	7.70c	7.00bc	79.32c	3.09c	0.20a	0.88ab
	平均	8.06	7.02	81.81	3.53	0.12	0.85
F	C	0.23	3.72	5.10*	0.50	0.46	1.44
	N	23.89**	14.06**	13.54**	8.93**	5.17*	2.19
	C×N	2.29*	2.60*	1.85*	4.75**	9.84**	2.62*

同一品种同列数据后不同字母示在 5%水平上差异显著。C 示品种；N 示氮肥运筹；C×N 示品种与氮肥互作。\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

### 3 结论与讨论

优质丰产类水稻品种具有较高的有效穗数和每穗实粒数,而氮高效水稻品种能促进各营养器官光合同化物及氮素的累积,进而提高产量<sup>[5]</sup>。本研究结果表明,在总施氮量 150 kg/hm<sup>2</sup> 条件下,基肥、蘖肥、穗肥的施用比例为 3 3 4 时,有效穗数和群体颖花量增加,有利于获得高产。水稻产量的高低与其干物质积累密切相关<sup>[17-18]</sup>,适宜穗肥运筹可构建良好群体质量,并增加花后物质积累量,从而有助于产量提高。本研究中,除抽穗期穗部干物质累积外,高产品种 F 优 498 各营养器官干物质累积量均高于优质食味品种广优 847 的,且在总施氮量 150 kg/hm<sup>2</sup> 的条件下,各氮肥运筹处理的干物质累积量呈增加趋势,且氮肥后移占总施氮量的 40% 时,籼稻品种抽穗至成熟期群体干物质的累积增加,为进一步实现超高产、优质提供有利保障。

品种遗传特性和栽培措施共同影响稻米品质,合理的氮肥运筹能够调控稻米品质<sup>[19-21]</sup>。本研究结果表明,品种对精米率、整精米率、垩白度和垩白粒率方面的影响程度显著高于氮肥运筹的调控效应;不同氮肥运筹下,随氮素穗肥占总施氮量比例的提高,杂交籼稻品种的糙米率及整精米率也显著提高,这与前人<sup>[22-24]</sup>的研究结果基本一致。杂交籼稻品种加工品质的提升,可能是因为稻米蛋白质含量的增加提高了其自身抗碾磨的能力<sup>[25]</sup>。本试验结果表明,随后期施用穗肥比例的增加,2 个杂交籼稻品种垩白度、垩白粒率均呈下降的趋势;因此,在筛选优质品种的基础上,配套合理的氮肥运筹有利于改善杂交籼稻品种的加工品质和外观品质。

淀粉 RVA 谱特征值与稻米蒸煮食味品质有着密切的关系,可以作为评价稻米蒸煮食味品质优劣的重要指标。本研究结果表明,各氮肥运筹处理下,2 个杂交籼稻品种峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、崩解值、回复值均呈下降的趋势,这与前人研究结果<sup>[14-16]</sup>基本一致。本研究中,最优提质增产氮肥运筹(基肥、蘖肥、穗肥的施用比例为 3 3 4)处理下,2 个杂交籼稻品种淀粉 RVA 谱各特征值并不是表现均优,说明氮肥运筹对稻米淀粉 RVA 谱各特征值的影响存在一定的差异。蒸煮食味品质能够体现稻米的商品价值。本试验结果发现,施氮处理降低了杂交籼稻品种的外观、口感、食味值,基肥、蘖肥、

穗肥施用比例为 3 3 4 时,其蒸煮食味品质相对表现较优,且食味值均显著高于同一施氮水平下的各处理。

#### 参考文献:

- [1] 陈健晓,王小娟,屠乃美,等. 高氮密植栽培对湘两优 900 产量形成及氮利用效率的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(8): 1602-1610.  
CHEN J X, WANG X J, TU N M, et al. Effects of high nitrogen rate combined with high plant density on yield formation and nitrogen utilization efficiency of Xiangliangyou900[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(8): 1602-1610.
- [2] 郭长春,孙知白,孙永健,等. 优质丰产杂交籼稻品种机直播产量构成及其群体质量研究[J]. 中国水稻科学, 2018, 32(5): 462-474.  
GUO C C, SUN Z B, SUN Y J, et al. Study on yield formation and population quality of *indica* hybrid rice with good quality and high yield under mechanical direct seeding[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2018, 32(5): 462-474.
- [3] 胡群,夏敏,张洪程,等. 氮肥运筹对钵苗机插优质食味水稻产量及品质的影响[J]. 作物学报, 2017, 43(3): 420-431.  
HU Q, XIA M, ZHANG H C, et al. Effect of nitrogen application regime on yield and quality of mechanical pot-seedlings transplanting rice with good taste quality [J]. Acta Agronomica Sinica, 2017, 43(3): 420-431.
- [4] 成臣,曾勇军,王祺,等. 氮肥运筹对南方双季晚粳稻产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(5): 1386-1395.  
CHENG C, ZENG Y J, WANG Q, et al. Effects of nitrogen application regime on *japonica* rice yield and quality of the late rice in the double rice system in Southern China[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2018, 24(5): 1386-1395.
- [5] 孙永健,孙园园,严奉君,等. 氮肥后移对不同氮效率水稻花后碳氮代谢的影响[J]. 作物学报, 2017, 43(3): 407-419.  
SUN Y J, SUN Y Y, YAN F J, et al. Effects of postponing nitrogen topdressing on post-anthesis carbon and nitrogen metabolism in rice cultivars with different nitrogen use efficiencies [J]. Acta Agronomica Sinica, 2017, 43(3): 407-419.
- [6] 刘奇华,马惠,孙召文,等. 插秧密度对不同秧龄机插水稻食味与营养品质的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(1): 65-68.  
LIU Q H, MA H, SUN Z W, et al. Effects of mechanical

- transplanting densities on eating and nutritional qualities of rice with different seedling ages[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(1): 65–68.
- [7] 张桂莲, 赵瑞, 刘逸童, 等. 施氮量对优质稻产量和稻米品质及氮素利用效率的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2019, 45(3): 231–236.  
ZHANG G L, ZHAO R, LIU Y T, et al. Effect of different amount of nitrogen on the yield and the quality of high quality rice and its nitrogen utilization efficiency[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Science), 2019, 45(3): 231–236.
- [8] 熊正琴, 张晓旭. 氮肥高效施用在低碳农业中的关键作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1433–1440.  
XIONG Z Q, ZHANG X X. Key role of efficient nitrogen application in low carbon agriculture[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2017, 23(6): 1433–1440.
- [9] JIA D, LU J J, SUN Y J, et al. Effect of different nitrogen fertilizer application strategies on rice growth and yield[J]. Asian Agricultural Research, 2016, 8(1): 33–39.
- [10] 林忠成, 李士明, 吴福观, 等. 基肥与穗肥氮比例对双季稻产量和碳氮比的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 269–275.  
LIN Z C, LI T M, WU F G, et al. Effects of nitrogen application on yield and C/N of double-cropping rice[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2011, 17(2): 269–275.
- [11] 朱晓彦, 苏祖芳. 穗肥不同施用期对水稻产量和米质的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 308–312.  
ZHU X Y, SU Z F. Effect of application stage of panicle fertilizer on yield and quality of rice[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(8): 308–312.
- [12] 姜红芳, 郭晓红, 胡月, 等. 氮肥运筹对苏打盐碱地水稻品质的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(6): 1223–1229.  
JIANG H F, GUO X H, HU Y, et al. Effects of nitrogen fertilization managements on rice quality under soda-saline-alkali soil[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(6): 1223–1229.
- [13] 金树权, 陈若霞, 汪峰, 等. 不同氮肥运筹模式对稻田田面水氮浓度和水稻产量的影响[J]. 水土保持学报, 2020, 34(1): 242–248.  
JIN S Q, CHEN R X, WANG F, et al. Effects of different nitrogen fertilizer application modes on the variation of nitrogen concentration in paddy field surface water and the yield of rice[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2020, 34(1): 242–248.
- [14] 武云霞, 刘芳艳, 孙永健, 等. 水氮互作对直播稻产量及稻米品质的影响[J]. 四川农业大学学报, 2019, 37(5): 604–610.  
WU Y X, LIU F Y, SUN Y J, et al. Effect of water and nitrogen interaction on yield and quality of direct seeding rice[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2019, 37(5): 604–610.
- [15] 邓飞, 王丽, 叶德成, 等. 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[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 717–724.  
DENG F, WANG L, YE D C, et al. Effects of ecological conditions and cultivation methods on rice starch RVA profile characteristics and protein content[J]. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38(4): 717–724.
- [16] 闫影, 张丽霞, 万常照, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征值及理化指标与食味值的相关性[J]. 植物生理学报, 2016, 52(12): 1884–1890.  
YAN Y, ZHANG L X, WAN C Z, et al. Correlation analysis between taste value and RVA profile characteristics as well as physical/chemical indicator in rice[J]. Plant Physiology Journal, 2016, 52(12): 1884–1890.
- [17] 李超, 肖小平, 唐海明, 等. 减氮增密对机插双季稻生物学特性及周年产量的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(12): 2451–2459.  
LI C, XIAO X P, TANG H M, et al. Biological characteristics and annual yield of double machine-transplanted rice under nitrogen-reduction and density-increase measures[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(12): 2451–2459.
- [18] 秦俭, 杨志远, 孙永健, 等. 氮素穗肥运筹对两个杂交中籼稻叶片形态、光合生产及产量的影响[J]. 中国水稻科学, 2017, 31(4): 391–399.  
QIN J, YANG Z Y, SUN Y J, et al. Effects of nitrogen topdressing for panicle initiation on leaf morphology, photosynthetic production and grain yield of two middle-season hybrid rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2017, 31(4): 391–399.
- [19] ZHU D W, ZHANG H C, GUO B W, et al. Effects of nitrogen level on yield and quality of japonica soft super rice[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(5): 1018–1027.
- [20] 陈梦云, 李晓峰, 程金秋, 等. 秸秆全量还田与氮肥运筹对机插优质食味水稻产量及品质的影响[J]. 作物学报, 2017, 43(12): 1802–1816.  
CHEN M Y, LI X F, CHENG J Q, et al. Effects of total straw returning and nitrogen application regime on grain yield and quality in mechanical transplanting japonica rice with good taste quality [J]. Acta Agronomica Sinica, 2017, 43(12): 1802–1816.



- genus *Sabiaceae*[J]. *Seed*, 2020, 39(5): 25–29.
- [16] 陈松河. 竹类植物耐盐性研究与园林应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- CHEN S H. *Studies on Bamboo Salt Tolerance and Garden Applications*[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [17] 易同培, 史军义, 马丽莎, 等. 中国竹类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- YI T P, SHI J Y, MA L S, et al. *Iconographia Bambusoidearum Sinicarum*[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [18] 毕毓芳, 温星, 潘雁红, 等. 叶绿体 DNA 条形码在林木中的应用及研究进展[J]. *分子植物育种*, 2020, 18(16): 5444–5452.
- BI Y F, WEN X, PAN Y H, et al. Application and research progress of chloroplast DNA barcoding in forest trees[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2020, 18(16): 5444–5452.
- [19] 陈士林, 宋经元, 姚辉, 等. 药用植物 DNA 条形码鉴定策略及关键技术分析[J]. *中国天然药物*, 2009, 7(5): 322–327.
- CHEN S L, SONG J Y, YAO H, et al. Strategy and key technique of identification of Chinese herbal medicine using DNA barcoding[J]. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 2009, 7(5): 322–327.
- [20] BAKER W J, HEDDERSON T A, DRANSFIELD J. Molecular phylogenetics of subfamily calamoideae (palmae) based on nrDNA its and cpDNA rps16 intron sequence data[J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2000, 14(2): 195–217.
- [21] 刘玲, 张佳钰, 范小敏, 等. 特色桑品种资源 ITS、TrnL-F 和 rps16 序列与亲缘关系分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2014, 15(5): 1074–1079.
- LIU L, ZHANG J Y, FAN X M, et al. Analysis of ITS, TrnL-F, rps16 sequence and genetic relationship of characteristic mulberry resources[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(5): 1074–1079.
- [22] 袁国徽, 田志慧, 李涛, 等. 稗属植物 DNA 条形码研究[J]. *中国农学通报*, 2021, 37(15): 106–111.
- YUAN G H, TIAN Z H, LI T, et al. DNA barcodes study of *Echinochloa*[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2021, 37(15): 106–111.
- [23] KRESS W J, ERICKSON D L. A two-locus global DNA barcode for land plants: the coding rbcL gene complements the non-coding trnH-psbA spacer region[J]. *PLoS One*, 2007, 2(6): e508.
- 责任编辑: 毛友纯  
英文编辑: 柳 正
- 
- (上接第 494 页)
- [21] 蒋鹏, 熊洪, 朱永川, 等. 施氮量和氮肥运筹模式对糯稻养分吸收积累和氮肥利用率的影响[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2016, 42(4): 349–353.
- JIANG P, XIONG H, ZHU Y C, et al. Effect of nitrogen rates and nitrogen application patterns on nutrient accumulation and nitrogen use efficiency of glutinous rice[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science)*, 2016, 42(4): 349–353.
- [22] 黎星, 汪勇, 成臣, 等. 氮肥运筹对南方优质常规晚粳产量和品质的影响[J]. *中国稻米*, 2019, 25(1): 29–33.
- LI X, WANG Y, CHENG C, et al. Effects of nitrogen application on yield and quality of high-quality conventional late japonica rice in South China[J]. *China Rice*, 2019, 25(1): 29–33.
- [23] 李武, 邓飞, 胡慧, 等. 缓控释氮肥对机插杂交籼稻稻米品质的影响[J]. *核农学报*, 2018, 32(4): 779–787.
- LI W, DENG F, HU H, et al. Effect of controlled-release nitrogen fertilizer on grain quality of machine-transplanted hybrid rice[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2018, 32(4): 779–787.
- [24] WOPEREIS-PURA M M, WATANABE H, MOREIRA J, et al. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valley[J]. *European Journal of Agronomy*, 2002, 17(3): 191–198.
- [25] 赵庆勇, 张亚东, 朱镇, 等. 播期与地点对不同生态类型粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. *江苏农业学报*, 2014, 30(1): 1–8.
- ZHAO Q Y, ZHANG Y D, ZHU Z, et al. Effects of sowing dates and sites on starch RVA profile characteristics of different ecological types of rice (*Oryza sativa* L. japonica)[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 30(1): 1–8.
- 责任编辑: 毛友纯  
英文编辑: 柳 正