

施氮量和栽插密度对桂香 99 产量和稻米品质的影响

吴子帅¹ 黄秋要² 陈传华¹ 罗芳媚² 张世冠²

刘广林¹ 路一平¹ 罗群昌¹ 李虎¹

(¹广西壮族自治区农业科学院水稻研究所/广西水稻遗传育种重点实验室, 530007, 广西南宁;

²百色市农业科学研究所, 533000, 广西百色)

摘要 为探讨施氮量和栽插密度对水稻产量和稻米品质的影响, 以香型优质常规稻桂香 99 为试验材料开展双因素裂区试验。结果表明, 施氮量通过影响有效穗数和千粒重而影响产量, 栽插密度通过影响有效穗数而影响产量, 桂香 99 在 150.0 kg/hm²、30 万穴/hm² 的氮密互作组合时产量最高; 糙米率和整精米率随施氮量的增加先升后降、随栽插密度的增加而上升, 垩白粒率和垩白度随施氮量、栽插密度的增加均表现先降后升, 施氮量 150.0 kg/hm² 时, 桂香 99 在本研究设置的任一栽插密度下综合稻米品质较优。综上, 在本试验条件下, 实现桂香 99 高产与优质的适宜施氮量为 150 kg/hm²、栽插密度为 30 万穴/hm²。

关键词 水稻; 桂香 99; 施氮量; 栽插密度; 产量; 稻米品质

氮作为影响水稻生长发育必不可少的关键因子, 对我国乃至全球水稻增产贡献巨大^[1], 同时, 氮还参与调节稻米淀粉含量和结构, 优化稻米食味品质^[2-3], 氮肥的合理施用是实现高产、优质相协同的重要生产措施^[4-6]。适宜的栽插密度可通过调节合理的群体结构来保障产量和品质^[7]。因此, 研究施氮量和栽插密度对水稻产量、稻米品质的影响, 能有效指导生产上群体结构的合理构建和氮肥的科学运筹。严凯等^[8]研究认为, 低施氮量下产量和栽插密度呈正相关, 高施氮量下则呈负相关, 低施氮量虽有利于外观和食味品质, 但不利于加工品质; 吕宙等^[9]研究表明, 施氮量和栽插密度对产量的影响主要体现在有效穗数上, 同时施氮量也显著影响每穗粒数; 马波等^[10]研究表明, 产量与施氮量、栽插密度均呈显著的二次曲线关系, 虽然高施氮量和高密度配合能获得较多穗数, 但中等施氮量和较低密度配合却更易获得大穗而有更高的产量; 吴子帅等^[11]分析了不同施氮量下 6 个优质常规稻品质指标, 认为随着施氮量的增加, 糙米率和整精米率呈先升后降趋势, 垩白粒率和垩白度的响应则相反, 直链淀粉含量呈上升趋势。桂香 99 是广西壮族自治区农业科学院水稻研究所

育成并于 2020 年通过审定的籼型优质常规香稻品种, 其产量高、米质优、香味浓^[12], 目前, 作为香米粮源在广西地区大面积种植。目前施氮量和栽插密度对桂香 99 产量及品质的影响鲜见报道。本研究探讨了桂香 99 产量和稻米品质相协同的最佳施氮量和栽插密度, 对桂香 99 高产优质栽培技术的制定及生产推广应用有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试水稻品种为桂香 99。施用的氮、磷、钾肥分别为尿素 (含纯 N 46.2%)、过磷酸钙 (含 P₂O₅ 16.0%)、氯化钾 (含 K₂O 62.0%)。

1.2 试验地概况

试验于 2022 年在广西百色市田阳区百育镇 (23.69° N, 106.99° E) 进行。试验田多年来一直种植水稻, 土壤基本理化性质为: pH 7.1、有机质 36.7 g/kg、水解性氮 140.7 mg/kg、速效磷 70.6 mg/kg、速效钾 337.5 mg/kg。

1.3 试验设计

早、晚稻试验在同一田块, 均采用裂区设计。以施氮量为主区, 栽插密度为裂区。设 N1、N2、

作者简介: 吴子帅, 主要从事水稻育种及栽培技术研究工作, E-mail: 631369545@qq.com

李虎为通信作者, 主要从事常规优质高产水稻品种选育与栽培工作, E-mail: 116523094@qq.com

基金项目: 广西自然科学基金项目 (2025GXNSFBA069237); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设 (nycytgxgxt-2021-01-03); 广西农业科学院基本科研业务专项 (桂农科 2024YP039, 桂农科 2023YM61)

收稿日期: 2025-03-19; 修回日期: 2025-04-29; 网络出版日期: 2025-05-23

N3 和 N4 共 4 个氮处理，纯氮施用量分别为 0.0、112.5、150.0 和 187.5 kg/hm²，按 30%基肥、45%分蘖肥、25%穗肥的比例施用；磷、钾肥分别为过磷酸钙 450.0 kg/hm²（基肥）和氯化钾 262.5 kg/hm²（分蘖肥 60%、穗肥 40%）。设 D1、D2、D3 3 个栽插密度处理，种植密度分别为 27 万、30 万和 33 万穴/hm²，每穴插 2 苗。设 3 次重复，共 36 个小区，小区面积 21.0 m²（7.0 m×3.0 m），保护行 6 行。采用秧畦育秧，移栽时按试验设计的密度人工插秧。为防肥、水渗漏，小区四周插入塑钢瓦并盖塑料膜，重复间留 30 cm 工作沟。其他管理依常规方法进行。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 产量及其构成因素 实际收割计小区产量，并折算成每公顷产量；有效穗数按调查成熟期 10 穴平均值并折算；其他产量构成因素在成熟期取 5 穴进行考种。

1.4.2 稻米品质 用 TP-JLG-2018 砷谷机（浙江

托普云农科技股份有限公司）测定糙米率；用 5599 降温型智能精米机（欧米亚）测定整精米率；采用 SC-E 型大米外观品质检测分析仪系统（杭州万深检测科技有限公司）测定粒长、长宽比、垩白度和垩白粒率；采用 SATAKE RLTA10B-KC 食味仪（日本佐竹）测定直链淀粉和蛋白质含量。

1.5 数据处理

用 DPS 数据处理系统和 LSD 差异检测法统计分析数据，用 WPS 作表、绘图。

2 结果与分析

2.1 施氮量和栽插密度对桂香 99 产量及其构成因素的影响

有效穗数、千粒重和产量受不同施氮量影响达极显著水平，每穗粒数和结实率受不同施氮量影响不显著（表 1）。不同施氮处理（N2、N3、N4）下，桂香 99 的有效穗数和千粒重均显著高于无氮（N1）处理，施氮的 3 个处理间产量构成

表 1 施氮量和栽插密度对桂香 99 产量及其构成因素的影响
Table 1 Effects of nitrogen application rate and planting density on yield and its components of Guixiang 99

处理 Treatment	有效穗数 Effective panicle number (×10 ⁴ /hm ²)	每穗粒数 Grains per panicle	结实率 Seed-setting rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	产量 Yield (kg/hm ²)
N1	222.78±3.52b	175.31±2.26a	80.61±1.20a	22.24±0.15b	6245.14±76.69c
N2	264.19±7.02a	176.00±2.55a	78.77±1.17a	22.69±0.13a	6863.01±16.81b
N3	266.78±8.06a	178.70±2.47a	80.15±1.10a	22.83±0.11a	6979.72±54.77a
N4	271.73±7.34a	178.41±3.30a	78.90±1.43a	22.87±0.09a	6994.80±48.93a
D1	240.13±5.52b	178.70±9.71a	79.49±0.99a	22.74±0.09a	6546.95±83.30b
D2	261.87±6.67a	176.35±10.47a	79.85±1.10a	22.68±0.12a	6874.26±70.30a
D3	267.11±7.57a	176.26±13.41a	79.48±1.12a	22.55±0.13a	6890.79±60.03a
N1D1	214.41±3.51f	178.27±1.96a	80.88±2.55a	22.50±0.23a	5883.69±43.00f
N1D2	224.23±6.30ef	172.19±4.27a	80.87±1.44a	22.47±0.25a	6346.20±30.48e
N1D3	229.71±7.12de	175.46±5.14a	80.08±2.45a	21.77±0.22b	6505.55±124.40e
N2D1	250.48±12.24c	175.92±4.72a	77.89±1.87a	22.78±0.13a	6789.91±10.43cd
N2D2	267.85±10.01b	175.35±3.54a	79.55±2.70a	22.53±0.26a	6888.68±29.31bc
N2D3	274.25±13.84ab	176.73±5.60a	78.85±1.76a	22.75±0.27a	6910.43±16.21bc
N3D1	242.69±10.28cd	181.24±2.71a	80.40±1.93a	22.75±0.23a	6714.53±66.54d
N3D2	279.01±12.53ab	179.08±3.72a	79.54±1.99a	22.82±0.23a	7134.84±37.06a
N3D3	278.63±15.04ab	175.77±6.18a	80.51±2.15a	22.92±0.16a	7089.79±59.14a
N4D1	252.95±10.27c	179.36±5.99a	78.78±1.80a	22.92±0.16a	6799.67±55.66cd
N4D2	276.40±11.43ab	178.77±5.75a	79.42±2.93a	22.92±0.17a	7127.34±74.64a
N4D3	285.86±4.11a	177.09±6.44a	78.49±2.96a	22.77±0.13a	7057.39±61.98ab
F _N	69.99**	0.59	0.67	7.62**	105.61**
F _D	37.37**	0.51	0.05	1.16	41.95**
F _{N×D}	1.75	0.25	0.11	1.74	3.82**

“**”代表差异极显著（ $P < 0.01$ ），“*”代表差异显著（ $P < 0.05$ ）。不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。
“**” indicates extremely significant difference ($P < 0.01$), “*” indicates significant differences ($P < 0.05$). Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$ level. The same below.

因素均无显著差异；随着施氮量的增加，桂香 99 的产量上升，在 N3 和 N4 处理时的产量显著高于另外 2 个低氮处理。以上结果表明，产量受不同施氮量的影响主要体现在有效穗数和千粒重上，N3 和 N4 处理下桂香 99 有较高的有效穗数及产量。

有效穗数和产量受不同栽插密度影响达极显著水平，每穗粒数、结实率和千粒重受不同栽插密度影响不显著（表 1）。有效穗数和产量在 D2 和 D3 处理间的差异不显著，但都显著高于 D1 处理；每穗粒数、结实率和千粒重在不同栽插密度间的差异均不显著。以上结果表明，栽插密度通过影响有效穗数而影响产量，D2 和 D3 处理下桂香 99 的有效穗数和产量较高。

2.2 氮密互作对桂香 99 产量及其构成因素的影响

施氮量和栽插密度互作对桂香 99 产量有极显著影响（表 1）。处理间比较，有效穗数排序为 N4D3 > N3D2 > N3D3 > N4D2 > N2D3 > 其他处理，N4D3 等 5 个处理间的有效穗数差异不显著；千粒重排序为 N3D3=N4D1=N4D2 > 其他处理，

N3D3 等 3 个处理间千粒重的差异不显著；不同处理间每穗粒数和结实率差异不显著；产量排序是 N3D2 > N4D2 > N3D3 > N4D3 > 其他处理，N3D2 等 4 个处理间产量的差异不显著。以上表明，氮密互作影响了产量构成因素的形成，桂香 99 在 N3D2 处理产量最高，且产量构成因素指标均与最高值的差异不显著。

2.3 施氮量和栽插密度对桂香 99 稻米品质的影响

糙米率、整精米率、垩白粒率、垩白度、直链淀粉和蛋白质含量受不同施氮量影响达极显著水平，粒长、长宽比和透明度受不同施氮量影响不显著（表 2）。糙米率和整精米率随施氮量的增加先上升后下降，N3 处理的糙米率最高且显著高于 N1 和 N4，整精米率在 N3 处理时最高且极显著高于 N1 处理；垩白粒率和垩白度随施氮量的增加先降低后升高，N2 处理的垩白粒率和垩白度显著低于 N1 处理、显著高于 N3 和 N4 处理；N2、N3 和 N4 处理的直链淀粉含量差异不显著且均极显著低于 N1 处理；N2 和 N3 处理的蛋白质含量差异不显著但显著低于 N4 处理、高于 N1 处理。

表 2 施氮量和栽插密度对桂香 99 稻米品质的影响
Table 2 Effects of nitrogen application rate and transplanting density on rice quality of Guixiang 99

处理 Treatment	糙米率 Brown rice rate (%)	整精米率 Head rice rate (%)	粒长 Rice length (mm)	长宽比 Length-width ratio	垩白粒率 Chalkiness rate (%)
N1	75.35±0.32c	54.24±1.26b	6.363±0.036a	3.289±0.071a	11.67±0.29a
N2	77.54±0.38a	56.16±0.88a	6.412±0.042a	3.317±0.090a	10.01±0.14b
N3	77.90±0.37a	56.95±0.97a	6.418±0.042a	3.330±0.113a	8.16±0.23c
N4	76.41±0.32b	56.88±1.02a	6.419±0.047a	3.326±0.075a	8.55±0.51c
D1	76.11±0.30b	54.81±1.03b	6.375±0.037a	3.295±0.017a	9.40±0.43b
D2	76.86±0.43ab	56.47±0.86a	6.420±0.036a	3.327±0.018a	9.14±0.38b
D3	77.44±0.30a	56.89±0.82a	6.414±0.036a	3.324±0.019a	10.26±0.34a
N1D1	75.19±0.41de	51.66±3.02d	6.305±0.061b	3.278±0.029b	11.51±0.73ab
N1D2	74.80±0.82e	54.86±1.83c	6.398±0.044ab	3.322±0.026ab	11.53±0.29ab
N1D3	76.07±0.24cde	56.18±1.28abc	6.387±0.082ab	3.266±0.032b	11.98±0.48a
N2D1	76.95±0.62abc	55.25±1.48bc	6.379±0.071ab	3.274±0.023b	9.86±0.23cd
N2D2	77.94±0.69ab	56.48±1.34abc	6.474±0.086a	3.339±0.043ab	9.74±0.24cd
N2D3	77.72±0.70ab	56.75±1.90ab	6.382±0.067ab	3.337±0.040ab	10.45±0.19bc
N3D1	77.00±0.57abc	56.13±1.54abc	6.411±0.086ab	3.325±0.051ab	8.20±0.31e
N3D2	78.27±0.76a	57.38±1.95a	6.432±0.074ab	3.345±0.046ab	7.65±0.48e
N3D3	78.43±0.50a	57.33±1.80a	6.411±0.072ab	3.321±0.050ab	8.65±0.35de
N4D1	75.29±0.36de	56.20±1.70abc	6.404±0.089ab	3.304±0.031ab	8.03±1.09e
N4D2	76.41±0.34bcd	57.16±1.95a	6.376±0.085ab	3.303±0.030ab	7.65±0.48e
N4D3	77.53±0.54abc	57.28±1.92a	6.477±0.077a	3.372±0.026a	9.98±0.76cd
<i>F_N</i>	12.63**	11.01**	0.62	1.05	27.29**
<i>F_D</i>	5.66**	11.08**	0.71	1.26	4.95*
<i>F_{N×D}</i>	0.83	1.58	0.57	0.91	0.77

续表 2 Table 2 (continued)

处理 Treatment	垩白度 Chalkiness degree (%)	透明度 Transparency	直链淀粉含量 Amylose content (%)	蛋白质含量 Protein content (%)
N1	3.31±0.06a	1.83±0.15a	18.94±0.15a	6.07±0.14c
N2	2.82±0.04b	1.78±0.10a	18.21±0.18b	7.21±0.08b
N3	2.29±0.06c	1.89±0.08a	18.40±0.15b	7.26±0.09b
N4	2.40±0.14c	1.83±0.09a	18.14±0.19b	7.84±0.11a
D1	2.66±0.12b	1.75±0.11a	18.46±0.16a	7.05±0.15a
D2	2.59±0.10b	1.88±0.07a	18.30±0.18a	7.09±0.17a
D3	2.86±0.09a	1.88±0.09a	18.51±0.13a	7.14±0.16a
N1D1	3.38±0.12a	1.67±0.33a	18.87±0.20ab	5.98±0.13d
N1D2	3.22±0.08ab	1.83±0.17a	19.20±0.23a	5.98±0.25d
N1D3	3.35±0.13a	2.00±0.26a	18.77±0.32abc	6.25±0.33d
N2D1	2.75±0.06cd	1.67±0.21a	17.92±0.40de	7.27±0.21bc
N2D2	2.78±0.06cd	1.83±0.17a	18.15±0.30bcde	7.28±0.13bc
N2D3	2.92±0.05bc	1.83±0.17a	18.55±0.22abcd	7.08±0.09c
N3D1	2.29±0.09e	1.83±0.17a	18.85±0.17abc	7.23±0.14bc
N3D2	2.17±0.13e	1.83±0.17a	18.08±0.31cde	7.25±0.14bc
N3D3	2.41±0.10de	2.00±0.00a	18.27±0.20bcde	7.28±0.15bc
N4D1	2.23±0.30e	1.83±0.17a	18.20±0.33bcde	7.72±0.15ab
N4D2	2.18±0.11e	2.00±0.00a	17.75±0.38e	7.85±0.24a
N4D3	2.79±0.21cd	1.67±0.21a	18.47±0.28abcde	7.95±0.17a
<i>F_N</i>	34.54**	0.17	5.40**	46.21**
<i>F_D</i>	4.38*	0.58	0.69	0.24
<i>F_{N×D}</i>	1.07	0.49	1.78	0.39

以上结果表明，N3 施氮量下桂香 99 加工品质及外观品质优，其他品质指标也在合理范围。

糙米率和整精米率受不同栽插密度影响达极显著水平，垩白粒率和垩白度受不同栽插密度影响达显著水平，粒长、长宽比、透明度、直链淀粉含量和蛋白质含量受不同栽插密度影响不显著（表 2）。糙米率和整精米率随栽插密度的增加而上升，D2 处理的糙米率、整精米率与最高值 D3 处理的差异均不显著；垩白粒率、垩白度均以 D2 处理时最低，且显著低于 D3 处理。以上结果表明，D2 栽插密度下桂香 99 加工品质较高，外观品质优，其他品质指标也在合理范围。

2.4 氮密互作对桂香 99 稻米品质的影响

由表 2 可知，各氮密互作处理间，糙米率最高的是 N3D3，其与 N3D2、N2D2、N2D3、N4D3、N3D1 和 N2D1 处理的差异均不显著，但显著高于其他处理；整精米率最高的是 N3D2 处理，除 N2D1、N1D2 和 N1D1 处理外，与其他处理的差异不显著；粒长最高的是 N4D3 处理，除 N1D1 处理外与其他处理的差异不显著；长宽比最高的是 N4D3 处理，除 N1D1、N2D1 和 N1D3 外与其他处理的差异不显著；垩白粒率和垩白度最低的

均是 N3D2 处理，与 N4D2、N4D1、N3D1 和 N3D3 处理的差异不显著，但显著低于其他处理；各处理直链淀粉含量在 17.75%~19.20%、蛋白质含量在 5.98%~7.95%。以上表明，桂香 99 在 N3D2、N3D3 和 N3D1 处理的加工品质、外观品质、食味品质和营养品质均较优。

3 讨论

3.1 施氮量和栽插密度对桂香 99 产量及其构成因素的影响

合理的群体结构和科学的氮肥运筹有利于水稻生产过程中干物质生产、积累、转运与分配，促进源、库协调而提高产量^[13]。合理范围内的增施氮肥能有效促进分蘖和颖花分化，但过量的氮肥施用不仅会造成贪青徒长、无效分蘖变多，还会抑制营养生长向生殖生长的转变，导致生育期延长而限制品种的产量和适应性^[14]。前人^[15-17]研究认为，不同类型品种的每穗粒数、结实率和千粒重受氮肥的影响往往不同，受氮肥影响最大的产量构成因素是有效穗数。本研究结果表明，在本试验施氮量范围内，桂香 99 的产量随施氮量的增加而上升，无氮与施氮处理对产量的影响体现

在有效穗数和千粒重的差异上,这与前人^[15-17]研究结果一致。

合理的群体结构是水稻抽穗后高光合生产能力的关键,通过调节栽插密度促成合理分蘖,达到穗数与粒数的协调,是水稻高产栽培的重要措施^[18]。栽插密度对有效穗数影响较大,高密度下个体分蘖力受抑制,低密度不利于形成足够的穗数量^[16]。本研究结果表明,栽插密度为 27 万穴/hm²时桂香 99 因有效穗数显著减少而导致产量显著降低,其他产量构成因素在不同栽插密度时差异不显著。

施氮量和栽插密度之间的互作也会对产量及其构成因素产生影响,施氮量通过影响分蘖而影响有效穗数,栽插密度通过影响基本苗数而影响有效穗数,有效穗数的增加又制约着实粒数和结实率,低密度时田间基本苗数不足,增施氮肥对有效穗数的提升空间有限,高密度时群体空间有限,增施氮肥虽提高分蘖,但加剧个体竞争,影响光合效率^[19]。本研究认为,产量构成因素在不同的氮密互作下高低排序各不相同,单个产量构成因素指标高并不能保证最终产量高,桂香 99 产量最高的氮、密组合是施氮量 150.0 kg/hm²、栽插密度 30 万穴/hm²。

3.2 施氮量和栽插密度对桂香 99 稻米品质的影响

稻米品质的形成受遗传因素和栽培措施的共同影响,氮素参与了稻米中淀粉、蛋白质等物质的合成,其施用对品质形成影响较大。低施氮范围内糙米率和整精米率随施氮量的增加而变优,但持续增氮对加工品质影响不大^[20]。本研究结果亦表明,桂香 99 的加工品质随施氮量的增加呈先升后降趋势。在施氮量对外观品质影响方面,大多数研究均表明粒长和长宽比受施氮量影响不显著^[17,21],而垩白度和垩白粒率受施氮量的影响因供试品种不同而不尽相同^[15,17,22-23],本研究结果表明,施氮量对桂香 99 的粒长和长宽比没有显著影响,垩白度和垩白粒率均随施氮量的增加呈先降低后升高的趋势。研究^[11,24-25]表明,随施氮量的增加,不同供试品种的直链淀粉含量变化趋势不尽相同,本研究结果表明,施氮的 3 个处理下桂香 99 直链淀粉含量的差异不显著但均显著低于不施氮处理,其原因是品种类型还是试验环境或施氮量梯度设置还待进一步研究。研究^[26]认为蛋白质

含量随施氮量增加而显著升高,本研究结果也验证了该观点,但过高的蛋白质含量不利于稻米食味品质^[2]。

前人的研究中,因品种类型、气候条件、试验设计等原因,栽插密度对稻米品质的影响有诸多不同结论。董士琦等^[15]研究认为,低栽插密度有利于改善加工品质、外观品质和食味品质,但兰宇辰等^[21]研究认为,低栽插密度不利于加工品质的形成,而徐春梅等^[16]研究认为,栽插密度对除蛋白质含量外的其他品质影响不明显。本研究结果表明,桂香 99 在高栽插密度下糙米率和整精米率优于低栽插密度,垩白粒率和垩白度劣于低栽插密度。

在氮密互作对稻米品质的影响上,本研究认为,稻米品质各指标在不同互作下优劣排序各不相同,评判稻米品质应综合考量加工、外观、营养和食味品质,施氮量 150.0 kg/hm²时,桂香 99 在本研究设置的任一栽插密度下综合稻米品质较优。

4 结论

桂香 99 在施氮量 150.0 kg/hm²、栽插密度 30 万穴/hm²时产量高、稻米品质优,能实现高产与优质相协调。

参考文献

- [1] Liu T Q, Huang J F, Chai K B, et al. Effects of N fertilizer sources and tillage practices on NH₃ volatilization, grain yield, and N use efficiency of rice fields in central China. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9: 385.
- [2] 吴嘉浩,王靖,段晓亮,等. 氮素管理对水稻产量和食味品质的影响. *粮油食品科技*, 2024, 32(5): 126-132.
- [3] Hu D W, Zhang H C, Guo B W, et al. Effects of nitrogen level on structure and physicochemical properties of rice starch. *Food Hydrocolloids*, 2017, 63: 525-532.
- [4] 雍明玲,叶苗,张雨,等. 不同食味水稻品种稻米淀粉结构与理化特性及其对氮素响应的差异. *中国水稻科学*, 2024, 38(1): 57-71.
- [5] Zhou W, Lü T F, Yang Z P, et al. Morphophysiological mechanism of rice yield increase in response to optimized nitrogen management. *Scientific Reports*, 2017, 7(1): 1-10.
- [6] Huang S J, Zhao C F, Zhu Z, et al. Characterization of eating quality and starch properties of two *Wx* alleles *japonica* rice cultivars under different nitrogen treatments. *Journal of Integrative Agriculture*, 2020, 19(4): 988-998.
- [7] 吴培,陈天晔,袁嘉琦,等. 施氮量和直播密度互作对水稻产量形成特征的影响. *中国水稻科学*, 2019, 33(3): 269-281.
- [8] 严凯,蒋玉兰,唐纪元,等. 盐碱地条件下施氮量和栽插密度对水稻产量和品质的影响. *中国土壤与肥料*, 2018(2): 67-74.
- [9] 吕宙,易秉怀,陈平平,等. 施氮量与移栽密度对小粒型杂交

- 水稻产量形成的影响. 中国水稻科学, 2024, 38(4): 422-436.
- [10] 马波, 来永才, 王俊河, 等. 施氮量、种植密度对寒地盐碱条件下水稻产量及干物质积累的互作效应. 中国稻米, 2022, 28(6): 89-93.
- [11] 吴子帅, 刘广林, 李虎, 等. 施氮量对优质常规籼稻稻米品质的影响. 作物杂志, 2023(1): 84-88.
- [12] 李虎, 刘广林, 吴子帅, 等. 利用分子标记辅助选育优质香稻新品种‘桂香 99’. 分子植物育种, 2023, 21(2): 510-516.
- [13] 吴子帅, 李虎, 罗群昌, 等. 施氮量对优质常规稻‘桂育 11 号’干物质生产及氮肥利用率的影响. 分子植物育种. (2022-12-09)[2025-03-19]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20221208.1818.006.html>.
- [14] 吴子帅, 韦敏益, 周旭珍, 等. 水稻抽穗期 QTL *qHD8.3* 的遗传分析与初步定位. 西南农业学报, 2016, 29(5): 993-997.
- [15] 董士琦, 葛佳琳, 韦还和, 等. 施氮量和密度对盐碱滩涂水稻产量和品质的影响. 核农学报, 2022, 36(4): 820-828.
- [16] 徐春梅, 王丹英, 邵国胜, 等. 施氮量和栽插密度对超高产水稻中早 22 产量和品质的影响. 中国水稻科学, 2008, 22(5): 507-512.
- [17] 吴子帅, 李虎, 黄秋要, 等. 施氮量和栽插密度对桂育 11 号产量和稻米品质的影响. 中国农业科技导报, 2021, 23(8): 154-162.
- [18] 王振洋, 王冀川, 郭子扬, 等. 施氮量与栽插密度对南疆水稻氮素利用率及产量的影响. 华中农业大学学报, 2023, 42(5): 72-81.
- [19] 唐承翰, 陈惠哲, 张玉屏, 等. 群体均匀度同时提升水稻产量和品质的研究进展. 江苏农业学报, 2025, 41(1): 184-191.
- [20] 唐健, 唐闯, 郭保卫, 等. 氮肥施用量对机插优质晚稻产量和稻米品质的影响. 作物学报, 2020, 46(1): 117-130.
- [21] 兰宇辰, 郭晓红, 李猛, 等. 施氮量与移栽密度互作对垦粳 7 号稻米品质的影响. 中国农业科技导报, 2021, 23(1): 136-145.
- [22] 侯均昊, 张晨晖, 许轲, 等. 优化控释尿素施用方式提高沙质低肥力土壤水稻产量和品质. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(4): 630-642.
- [23] 何嘉辉, 李艳锋, 严天泽, 等. 氮肥减施对超级稻两优 8612 产量及品质的影响. 作物杂志, 2024(5): 73-79.
- [24] 张兰兰, 刘迪林, 马晓智, 等. 华南籼稻品种(系)稻米食味性状对施氮量的响应. 华南农业大学学报, 2023, 44(6): 949-959.
- [25] 郝蓉蓉, 王雪艳, 党程成, 等. 不同施氮量对江汉平原长粒型优质籼稻产量品质的影响. 福建农业学报, 2023, 38(4): 387-400.
- [26] 汪本福, 余振渊, 程建平, 等. 氮素对水稻产量和品质形成的影响研究进展. 华中农业大学学报, 2022, 41(1): 76-83.

Effects of Nitrogen Fertilizer Application Rate and Planting Density on the Yield and Rice Quality of Guixiang 99

Wu Zishuai¹, Huang Qiuyao², Chen Chuanhua¹, Luo Fangmei², Zhang Shiguan²,
Liu Guanglin¹, Lu Yiping¹, Luo Qunchang¹, Li Hu¹

(¹Rice Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences / Guangxi Key Laboratory of Rice Genetics and Breeding, Nanning 530007, Guangxi, China;

²Baise Research Institute of Agricultural Sciences, Baise 533000, Guangxi, China)

Abstract In order to investigate the effects of nitrogen application rate and planting density on the yield and the quality of rice, we conducted a two-factor split zone experiment using high-quality fragrant rice Guixiang 99 as the experimental material. The results showed that nitrogen application rate affects yield by influencing effective panicle number and 1000-grain weight. Planting density affects yield by affecting effective panicle number. Guixiang 99 had the highest yield when under the nitrogen-density interaction of 150.0 kg/ha and 30×10⁴ hills/ha. The rates of brown rice and head rice increased initially and then decreased as nitrogen application rate increased, and increased with the increase of planting density. The chalkiness rate and chalkiness degree both showed a decrease followed by an increase with the increase of nitrogen application rate and planting density. In this study, when the nitrogen application rate is 150.0 kg/ha, Guixiang 99 has better comprehensive rice quality under any planting density. In summary, under the conditions of this experiment, the combination of nitrogen application rate of 150 kg/ha and planting density of 30×10⁴ hills/ha can achieve the coordination of high yield and quality for Guixiang 99.

Key words Rice; Guixiang 99; Nitrogen application rate; Planting density; Yield; Rice quality