

金鑫,林晶晶,李长亚,等.不同氮肥运筹模式下机插密度对粳稻产量和品质的影响[J].江苏农业科学,2024,52(8):58-64.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.08.008

# 不同氮肥运筹模式下机插密度对粳稻产量和品质的影响

金鑫<sup>1</sup>,林晶晶<sup>2</sup>,李长亚<sup>1</sup>,郭红<sup>3</sup>,杨力<sup>1</sup>,刘洪进<sup>1</sup>,夏思成<sup>4</sup>,王文彬<sup>1</sup>

(1.江苏省盐城市粮油作物技术指导站,江苏盐城 224002; 2.盐城生物工程高等职业技术学校,江苏盐城 224002;

3.盐城市盐都区农业科学研究所,江苏盐城 224006; 4.江苏润谷农业科技有限公司,江苏建湖 224700)

**摘要:**为了明确适合粳稻品种高产优质栽培的机插密度及缓释氮肥、常规氮肥的施肥模式,以盐粳 15 号为材料,采用 2 因素裂区试验,设置 3 种氮肥运筹模式,即 300 kg/hm<sup>2</sup> 常规氮肥按高产栽培施肥模式分次施用,240 kg/hm<sup>2</sup> 缓释氮肥一次基施、180 kg/hm<sup>2</sup> 缓释氮肥与 60 kg/hm<sup>2</sup> 常规氮肥配施;设置 4 种机插密度处理,即在机插行距均为 25 cm 下,株距分别设为 11、13、15、17 cm。机插行距 25 cm 时,随着株距增加,盐粳 15 号的茎蘖数、有效穗数降低,穗粒数、1 次枝梗数、2 次枝梗数增加,结实率、千粒重、理论产量表现为先升后降,理论产量与株距呈二次曲线关系,根据曲线方程计算出盐粳 15 号高产最适株距为 13~14 cm。300 kg/hm<sup>2</sup> 常规氮肥高产施肥模式虽然产量高,但肥料用量多,且稻米食味品质下降;240 kg/hm<sup>2</sup> 缓释氮肥一次基施影响大穗形成,不利于高产;180 kg/hm<sup>2</sup> 缓释氮肥与 60 kg/hm<sup>2</sup> 常规氮肥配施,可以在降低氮肥用量的同时,利于产量提高和品质形成。得出结论,机插行距为 25 cm 时,株距 13~14 cm,种植密度为 28.57 万~30.77 万穴/hm<sup>2</sup>,有利于盐粳 15 号提高产量;180 kg/hm<sup>2</sup> 缓释氮肥基施与 60 kg/hm<sup>2</sup> 常规氮肥配施模式,可以在降低总施氮量的条件下,取得较高的产量和较好的品质,适宜进一步推广应用。

**关键词:**盐粳 15 号;株距;产量;品质;氮肥运筹模式;机插密度

**中图分类号:**S511.2<sup>+</sup>20.4;S511.2<sup>+</sup>20.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)08-0058-06

水稻是我国最重要的口粮作物,水稻产量的稳定和品质的提升,对于维护我国粮食安全具有重要意义。在水稻生长过程中,氮肥的作用最为显著,大量研究表明,近年来水稻产量的提高在一定程度上主要依赖氮肥投入的增加<sup>[1]</sup>。但是,过量施用氮肥,不仅会导致氮肥利用率降低,增加水稻生产成本,还会加重环境污染和资源浪费,不利于绿色可持续发展<sup>[2-3]</sup>。缓释氮肥作为一种新型肥料,具有供应养分时间长、肥料利用率高的优点,一次施用可以实现水稻一生全程供氮的效果,目前已在生产上大面积推广应用<sup>[4-9]</sup>。但缓释氮肥生产成本高,经济投入大,后期肥效不足。通过缓释氮肥和常规

氮肥配施,可以有效解决以上难题。因此,生产上有关不同氮肥运筹模式特别是缓释氮肥与常规氮肥配施的研究越来越多<sup>[10-12]</sup>。调节机插密度是调控水稻群体质量、提高产量的重要手段,适宜的机插密度可以合理调控群体内部资源分配,有利于构建高质量群体;但不同水稻品种高产的最适机插密度是不同的<sup>[13-15]</sup>。盐粳 15 号是盐城市盐都区农业科学研究所培育的超级粳稻品种,2022 年在苏中、苏北适宜地区应用面积超 5 万 hm<sup>2</sup>,目前已成为当地的主要品种。有关盐粳 15 号适宜的氮肥运筹模式和机插密度的研究尚属空白。本研究以盐粳 15 号为材料,通过设置不同氮肥运筹模式和株距,研究其对水稻群体质量、产量及其构成因素和品质的影响,旨在提高盐粳 15 号的群体质量和产量的同时,合理降低总氮肥施用量,为机插水稻高产优质栽培提供理论与实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试肥料:缓释肥为南京农业大学农学院提供

收稿日期:2023-05-19

基金项目:江苏现代农业产业技术体系建设专项(编号:JATS[2022]260)。

作者简介:金鑫(1988—),男,江苏宿迁人,硕士,高级农艺师,主要从事水稻绿色高质高效生产技术与推广。E-mail:470498363@qq.com。

通信作者:林晶晶,硕士,讲师,主要从事植物生理生态研究。E-mail:jingjinglin11@163.com。

的硫包膜掺混肥硫包衣尿素(sulfur coated urea, SCU),其中N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的质量比为27:10:12,氮肥为普通尿素(N质量分数为46.3%),磷肥为过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>质量分数为12.5%),钾肥为氯化钾(K<sub>2</sub>O质量分数为57%)。供试品种:盐粳15号,为超级稻品种,由盐城市盐都区农业科学研究所提供,生育期147.5 d。采用机插毯苗育秧,5月25日落谷,6月15日人工模拟机插秧移栽。

1.2 试验设计与实施

试验于2022年在江苏省现代农业(稻麦)科技综合示范基地内进行,地处江苏省建湖县近湖街道西面。试验地土壤呈黏性,肥力中等偏上,地力均匀,前茬作物为小麦。土壤有机质含量为27.9 g/kg,全氮含量为1.64 g/kg,速效磷含量为22.4 mg/kg,速效钾含量为208 mg/kg。设氮肥运筹(N)和密度(D)二因素裂区试验。其中,主区为肥料运筹,设置300 kg/hm<sup>2</sup>常规氮肥按高产栽培施肥模式分次施用(N<sub>1</sub>)、240 kg/hm<sup>2</sup>缓释氮肥一次基施(N<sub>2</sub>)、180 kg/hm<sup>2</sup>缓释氮肥与60 kg/hm<sup>2</sup>常规氮肥配施(N<sub>3</sub>)(表1)。副区为密度处理,在机插行距均为25 cm的基础上,通过设置11、13、15、17 cm不同机插株距,换算成种植密度分别为36.36万、30.77万、26.67万、23.53万穴/hm<sup>2</sup>,分别记为D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>处理。

田间小区计产面积为24 m<sup>2</sup>,重复3次,各小区间筑埂,并用塑料薄膜覆埂,以防肥水互渗。其他田间管理同当地大面积生产田。

| 表1 氮肥运筹处理      |     |      |      |      |      | kg/hm <sup>2</sup> |      |
|----------------|-----|------|------|------|------|--------------------|------|
| 处理             | 施氮量 | 基肥   |      | 分蘖肥  |      | 穗肥                 |      |
|                |     | 缓释氮肥 | 常规氮肥 | 缓释氮肥 | 常规氮肥 | 缓释氮肥               | 常规氮肥 |
| N <sub>1</sub> | 300 |      | 60   |      | 120  |                    | 120  |
| N <sub>2</sub> | 240 | 240  |      |      |      |                    |      |
| N <sub>3</sub> | 240 | 180  |      |      |      |                    | 60   |

1.3 测定项目与方法

1.3.1 茎蘖动态 各小区定点调查20穴稻株,返青后(机插后7 d)定期调查1次茎蘖数,直至齐穗期。

1.3.2 考种与计产 收获时各小区调查具有代表性稻株60穴,计数有效穗数并计算平均值;分别取代表性稻株5穴,考察每穗粒数、结实率、穗长、1次枝梗数、2次枝梗数、千粒重等性状,测算理论产量。

1.3.3 稻谷品质 待稻谷水分稳定后,用近红外谷

物分析仪对样品稻谷的水分含量、脂肪酸含量、直链淀粉含量、粗蛋白含量、胶稠度等品质指标进行测定。

1.4 数据计算与统计分析

采用Excel 2019、SPSS 21.0软件进行数据分析,采用Duncan's新复极差法进行差异显著性检验(α=0.05)。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐粳15号产量及其构成因素的影响

由表2可知,不同氮肥运筹对结实率影响达极显著水平、对理论产量影响达显著水平;机插株距对穗数、粒数、结实率、千粒重的影响达显著水平,但对理论产量影响不显著;而不同氮肥运筹模式和株距的互作效应对盐粳15号产量及其构成因素的影响未达显著水平。各氮肥运筹模式下,随着株距的扩大,盐粳15号的有效穗数下降,而每穗粒数上升,结实率、千粒重整体表现为先升后降,理论产量也表现出先升后降的趋势,株距为D<sub>2</sub>的理论产量明显高于其余3个处理,N<sub>3</sub>D<sub>2</sub>处理产量最高、达10.92 t/hm<sup>2</sup>,这主要是因为较高穗数的基础上,构建了最高光合效率的群体,获得了适宜的穗粒数和明显提高的结实率、千粒重。D<sub>1</sub>的穗数过高,不利于大穗形成;D<sub>4</sub>的穗数明显不足,也不利于高产。

不同氮肥运筹模式之间,N<sub>1</sub>、N<sub>3</sub>处理的结实率和理论产量明显高于N<sub>2</sub>处理,而N<sub>1</sub>、N<sub>3</sub>处理之间差异不显著。

不同肥料运筹模式下,盐粳15号产量与株距均呈明显的二次曲线关系(图1),产量随着株距的增加呈先增后减的趋势。对多项式方程分析表明,在栽插行距为25 cm条件下,N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub>肥料处理产量出现最高时的栽插株距分别为14.28、13.98、13.42 cm(表3),表明在不同氮肥运筹模式下,株距控制在13~14 cm时,种植密度为28.57万~30.77万穴/hm<sup>2</sup>,有利于提高盐粳15号的产量。

2.2 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐粳15号茎蘖动态的影响

由表4可知,各时期株距对盐粳15号的茎蘖动态影响极显著,而不同氮肥运筹影响不显著。整体来看,随移栽后天数的增加各处理茎蘖数呈先升后降的趋势。受开始搁田影响,7月18日后各处理茎蘖数增幅明显降低,分蘖高峰期出现在7月26日,

表 2 不同氮肥运筹模式和株距对盐梗 15 号产量及其构成因素的影响

| 肥料处理           | 株距处理           | 有效穗数<br>(万穗/hm <sup>2</sup> ) | 穗粒数<br>(粒/穗) | 结实率<br>(%) | 千粒重<br>(g) | 理论产量<br>(t/hm <sup>2</sup> ) |
|----------------|----------------|-------------------------------|--------------|------------|------------|------------------------------|
| N <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | 391.74a                       | 107.74e      | 88.92cd    | 27.18c     | 10.22abc                     |
|                | D <sub>2</sub> | 364.62ab                      | 115.18de     | 92.61ab    | 27.85abc   | 10.83a                       |
|                | D <sub>3</sub> | 329.16cd                      | 124.26abc    | 93.22a     | 28.10a     | 10.70ab                      |
|                | D <sub>4</sub> | 310.20d                       | 134.23ab     | 89.24cd    | 28.13a     | 10.46abc                     |
|                | 平均             | 348.93                        | 120.35       | 91.00      | 27.82      | 10.55                        |
| N <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | 360.46abc                     | 107.92e      | 84.53ef    | 27.33bc    | 9.25bc                       |
|                | D <sub>2</sub> | 352.95bc                      | 113.66de     | 87.55cde   | 27.98ab    | 9.82abc                      |
|                | D <sub>3</sub> | 328.32cd                      | 120.35cd     | 86.18def   | 28.02ab    | 9.53abc                      |
|                | D <sub>4</sub> | 304.71d                       | 128.43abc    | 83.38f     | 27.81abc   | 9.06c                        |
|                | 平均             | 336.61                        | 117.59       | 85.41      | 27.79      | 9.42                         |
| N <sub>3</sub> | D <sub>1</sub> | 387.21ab                      | 107.79e      | 88.86cd    | 27.74abc   | 10.27abc                     |
|                | D <sub>2</sub> | 362.47abc                     | 119.17cd     | 87.75bc    | 28.10a     | 10.92a                       |
|                | D <sub>3</sub> | 328.87cd                      | 122.98cd     | 90.25abc   | 28.19a     | 10.31abc                     |
|                | D <sub>4</sub> | 301.62d                       | 136.79a      | 86.32def   | 28.16a     | 10.03abc                     |
|                | 平均             | 345.04                        | 121.68       | 88.30      | 28.05      | 10.38                        |
| F 值            | 肥料(N)          | 3.24                          | 1.94         | 790.77 **  | 1.78       | 15.46 *                      |
|                | 株距(D)          | 23.66 *                       | 31.93 **     | 8.12 **    | 7.29 **    | 1.39                         |
|                | N × D          | 0.45                          | 0.40         | 0.59       | 0.50       | 0.11                         |

注:D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub> 分别代表株距 11、13、15、17 cm;同列数据后不同小写字母表示各处理间在 5% 水平上差异显著;\*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上影响显著。表 4、表 6、表 7 同。

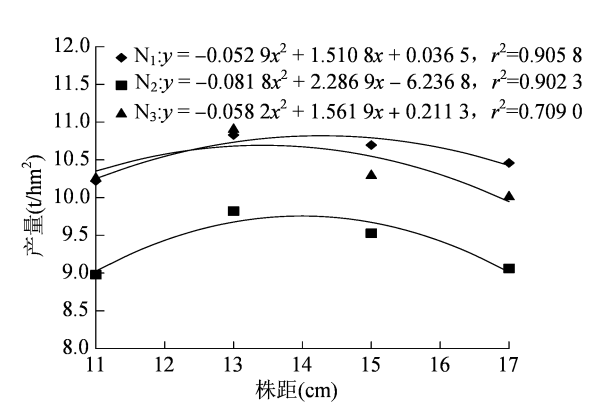


图1 机插株距对盐梗 15 号产量的影响

不同氮肥运筹处理中,D<sub>1</sub> 处理的茎蘖数均为最大,8 月 6 日各茎蘖数动态大幅减少,9 月 3 日茎蘖数降低速度明显减少。各氮肥运筹模式下,随着机插株距的增加,各处理茎蘖数动态呈显著降低的趋势,

茎蘖数大小顺序均为 D<sub>1</sub> > D<sub>2</sub> > D<sub>3</sub> > D<sub>4</sub>。

2.3 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐梗 15 号穗部性状的影响

由表 5 可知,不同氮肥运筹模式下,穗长、穗粒数均表现为 N<sub>3</sub> > N<sub>1</sub> > N<sub>2</sub>,1 次枝梗数、2 次枝梗数均表现为 N<sub>3</sub> > N<sub>2</sub> > N<sub>1</sub>,结实率表现为 N<sub>1</sub> > N<sub>3</sub> > N<sub>2</sub>;在每种氮肥运筹模式下,穗长、穗粒数、2 次枝梗数基本上随株距的增加而增加,结实率呈先增后减的趋势。可能随着机插株距的增加,密度降低,单株水稻可利用光合资源和氮肥更多,更利于形成大穗;同时穗型增大、穗粒数过多,一定程度上会导致结实率出现下降。N<sub>1</sub>、N<sub>3</sub> 处理中,不同株距处理的着粒密度均随株距增加而呈增加趋势。与 N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub> 处理相比,N<sub>3</sub> 处理虽然穗长最长,1 次、2 次枝梗数最多,但由于着粒密度较低,最终粒数增加幅度不明显。

表 3 不同氮肥运筹模式下盐梗 15 号获得最高产量时的机插株距

| 肥料处理           | 株距(x,cm)与产量(y,t/hm <sup>2</sup> )的方程   | 决定系数    | 获得最高产量时的株距<br>(cm) | 最高产量<br>(t/hm <sup>2</sup> ) |
|----------------|----------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------|
| N <sub>1</sub> | $y = -0.052 9x^2 + 1.510 8x + 0.036 5$ | 0.905 8 | 14.28              | 10.82                        |
| N <sub>2</sub> | $y = -0.081 8x^2 + 2.286 9x - 6.236 8$ | 0.902 3 | 13.98              | 9.75                         |
| N <sub>3</sub> | $y = -0.058 2x^2 + 1.561 9x + 0.211 3$ | 0.709 0 | 13.42              | 10.69                        |

表 4 不同氮肥运筹模式和株距对盐粳 15 号茎蘖数的影响 万个/hm<sup>2</sup>

| 肥料处理           | 株距处理           | 7 月 2 日<br>(返青期) | 7 月 18 日<br>(搁田期) | 7 月 26 日<br>(分蘖高峰期) | 8 月 6 日<br>(拔节期) | 9 月 3 日<br>(抽穗期) |
|----------------|----------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------|
| N <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | 128.00abc        | 511.91a           | 564.41a             | 392.96abc        | 395.25a          |
|                | D <sub>2</sub> | 108.45cd         | 450.05b           | 505.40bc            | 370.76bcd        | 363.15abc        |
|                | D <sub>3</sub> | 95.51def         | 419.70c           | 472.05cd            | 346.01def        | 315.56de         |
|                | D <sub>4</sub> | 81.95ef          | 390.41d           | 440.30d             | 325.40ef         | 303.90e          |
|                | 平均             | 103.48           | 443.02            | 495.54              | 358.78           | 344.47           |
| N <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | 129.80ab         | 489.15a           | 543.50ab            | 378.75bcd        | 366.45abc        |
|                | D <sub>2</sub> | 106.80d          | 428.21bc          | 500.66bc            | 366.75bede       | 348.90bcd        |
|                | D <sub>3</sub> | 97.91de          | 409.35cd          | 459.95cd            | 365.51bede       | 325.55de         |
|                | D <sub>4</sub> | 76.16f           | 414.11cd          | 441.15d             | 337.35def        | 316.01de         |
|                | 平均             | 102.67           | 435.21            | 486.32              | 362.09           | 339.23           |
| N <sub>3</sub> | D <sub>1</sub> | 136.46a          | 494.30a           | 545.51ab            | 425.96a          | 395.45a          |
|                | D <sub>2</sub> | 113.40bcd        | 447.26b           | 495.71bcd           | 401.25ab         | 377.81ab         |
|                | D <sub>3</sub> | 100.61de         | 408.15cd          | 455.60cd            | 355.70cdef       | 341.90cd         |
|                | D <sub>4</sub> | 82.50ef          | 400.31cd          | 442.91d             | 317.60f          | 317.66de         |
|                | 平均             | 108.24           | 437.51            | 484.93              | 375.13           | 358.21           |
| F 值            | 肥料(N)          | 0.43             | 2.11              | 1.35                | 3.03             | 2.07             |
|                | 株距(D)          | 145.28**         | 65.93**           | 21.42**             | 17.02**          | 64.87**          |
|                | N×D            | 0.50             | 1.56              | 0.10                | 1.62             | 2.19             |

表 5 不同氮肥运筹模式和株距对盐粳 15 号穗部性状的影响

| 肥料处理           | 株距处理           | 穗长<br>(cm) | 穗粒数<br>(粒/穗) | 着粒密度<br>(粒/10 cm) | 结实率<br>(%) | 1 次枝梗数<br>(个) | 2 次枝梗数<br>(个) |
|----------------|----------------|------------|--------------|-------------------|------------|---------------|---------------|
| N <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> | 14.18      | 107.74       | 76.01             | 88.92      | 10.00         | 13.00         |
|                | D <sub>2</sub> | 14.63      | 115.18       | 78.75             | 92.61      | 10.17         | 15.00         |
|                | D <sub>3</sub> | 15.15      | 124.26       | 82.00             | 93.22      | 10.82         | 18.36         |
|                | D <sub>4</sub> | 15.76      | 134.23       | 85.16             | 89.24      | 10.85         | 18.46         |
|                | 平均             | 14.93      | 120.35       | 80.48             | 91.00      | 10.46         | 16.21         |
| N <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | 13.50      | 107.92       | 79.94             | 84.53      | 10.14         | 12.36         |
|                | D <sub>2</sub> | 14.97      | 113.66       | 75.91             | 87.55      | 10.73         | 15.82         |
|                | D <sub>3</sub> | 15.11      | 120.35       | 79.66             | 86.18      | 11.00         | 17.92         |
|                | D <sub>4</sub> | 15.52      | 128.43       | 82.76             | 83.38      | 11.44         | 20.88         |
|                | 平均             | 14.78      | 117.59       | 79.57             | 85.41      | 10.83         | 16.75         |
| N <sub>3</sub> | D <sub>1</sub> | 15.33      | 107.79       | 70.31             | 88.86      | 10.30         | 16.80         |
|                | D <sub>2</sub> | 15.04      | 119.17       | 79.22             | 89.75      | 10.83         | 17.83         |
|                | D <sub>3</sub> | 15.37      | 122.98       | 80.01             | 90.25      | 11.43         | 18.00         |
|                | D <sub>4</sub> | 16.08      | 136.79       | 85.08             | 86.32      | 11.00         | 18.36         |
|                | 平均             | 15.46      | 121.68       | 78.66             | 88.80      | 10.89         | 17.75         |

由表 6 可知,穗长与粒数、1 次枝梗数、2 次枝梗数之间均呈极显著正相关,相关系数分别为 0.80、0.71、0.87;穗粒数与 1 次枝梗数、2 次枝梗数均极显著正相关;1 次枝梗数与 2 次枝梗数之间极显著正相关;着粒密度只与穗粒数呈极显著正相关;结

实率与其余各指标均无显著相关性。  
2.4 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐粳 15 号品质的影响  
本试验采用近红外谷物分析仪,初步测定稻谷样品的水分含量、脂肪酸含量、直链淀粉含量、粗蛋

表 6 不同氮肥运筹模式和株距盐粳 15 号穗部性状指标相关性分析

| 指标     | 相关系数    |         |       |       |         |        |
|--------|---------|---------|-------|-------|---------|--------|
|        | 穗长      | 穗粒数     | 着粒密度  | 结实率   | 1 次枝梗数  | 2 次枝梗数 |
| 穗长     | 1       |         |       |       |         |        |
| 穗粒数    | 0.80 ** | 1       |       |       |         |        |
| 着粒密度   | 0.38    | 0.86 ** | 1     |       |         |        |
| 结实率    | 0.04    | -0.07   | -0.14 | 1     |         |        |
| 1 次枝梗数 | 0.71 ** | 0.73 ** | 0.53  | -0.22 | 1       |        |
| 2 次枝梗数 | 0.87 ** | 0.78 ** | 0.46  | -0.07 | 0.87 ** | 1      |

注:相关系数临界值  $r_{0.05}=0.576, r_{0.01}=0.707$ 。

白含量、胶稠度等品质指标。结果分析如下:不同氮肥运筹模式对粗蛋白含量、胶稠度影响达显著水平;机插株距对水分含量影响达极显著水平(表 7)。

不同氮肥运筹模式和株距的互作效应虽然对水分、脂肪酸含量影响均达极显著水平,但各处理间并没有表现出有规律的变化趋势。

稻谷中的直链淀粉含量、粗蛋白含量和胶稠度是决定稻谷食味值的重要指标,与米饭的硬度、弹性、黏性有关。有研究表明,一般中至低等直链淀粉含量的米饭较软,适口性更好,饭粒光泽度较好;胶稠度大(>60 mm)的米饭,口感湿润软滑,冷却不回生,品质更好;一般蛋白质含量大的品种,往往米

饭生硬,适口性差,而稻米蛋白质含量与施氮量呈正相关。本试验中,不同氮肥运筹模式对粗蛋白含量、胶稠度的影响均达显著水平,表现为  $N_1$  处理的粗蛋白含量最高, $N_3$  处理居中, $N_2$  处理最低;胶稠度的顺序相反,为  $N_2 > N_3 > N_1$ ;氮肥运筹模式对各处理直链淀粉含量影响的表现与粗蛋白含量一致,为  $N_1 > N_3 > N_2$ ,但未达显著水平。

3 讨论

3.1 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐粳 15 号产量的影响及原因分析

水稻产量构成因素包括有效穗数、每穗粒数、

表 7 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐粳 15 号品质的影响

| 肥料处理  | 株距处理         | 水分含量 (%) | 脂肪酸含量 (mg/kg) | 直链淀粉含量 (%) | 粗蛋白含量 (%) | 胶稠度 (mm) |
|-------|--------------|----------|---------------|------------|-----------|----------|
| $N_1$ | $D_1$        | 13.51ab  | 30.08abc      | 15.60abc   | 7.87bc    | 76.42cd  |
|       | $D_2$        | 13.05c   | 25.65cd       | 15.54abc   | 7.84bc    | 76.42cd  |
|       | $D_3$        | 13.42b   | 26.62cd       | 15.82ab    | 8.39a     | 79.33bcd |
|       | $D_4$        | 13.41b   | 27.69bcd      | 15.57abc   | 7.87bc    | 79.92bcd |
|       | 平均           | 13.35    | 27.51         | 15.63      | 7.99      | 78.02    |
| $N_2$ | $D_1$        | 13.18c   | 26.14cd       | 15.72abc   | 7.72bc    | 88.08a   |
|       | $D_2$        | 13.63a   | 31.26ab       | 15.30bcd   | 7.65bc    | 82.25abc |
|       | $D_3$        | 13.38b   | 28.58abcd     | 15.56abc   | 7.63bc    | 79.33bcd |
|       | $D_4$        | 13.45ab  | 28.48abcd     | 15.21cd    | 7.95b     | 82.25abc |
|       | 平均           | 13.41    | 28.62         | 15.45      | 7.74      | 82.98    |
| $N_3$ | $D_1$        | 13.13c   | 24.26d        | 15.81ab    | 7.88bc    | 73.50d   |
|       | $D_2$        | 13.45ab  | 28.05bcd      | 15.68abc   | 7.81bc    | 86.33ab  |
|       | $D_3$        | 13.53ab  | 32.75a        | 14.86d     | 7.56c     | 84.00ab  |
|       | $D_4$        | 13.47ab  | 27.31bcd      | 15.86a     | 7.89bc    | 79.92bcd |
|       | 平均           | 13.40    | 28.09         | 15.55      | 7.79      | 80.94    |
| F 值   | 肥料(N)        | 0.89     | 1.36          | 2.00       | 12.39 *   | 10.43 *  |
|       | 株距(D)        | 8.82 **  | 1.57          | 1.82       | 0.90      | 0.51     |
|       | $N \times D$ | 20.53 ** | 4.16 **       | 4.97 **    | 4.75 **   | 4.14 **  |

结实率、千粒重,各因素相互作用,共同影响产量的形成;不同机插密度对产量的各构成因素产生作用,从而影响最终产量<sup>[16-17]</sup>。本试验中,当行距固定为 25 cm 时,在 11~17 cm 株距范围内,随着株距的增加(栽插密度减小),不同氮肥运筹处理下,单位面积的有效穗数显著减小,穗长、1 次枝梗数、2 次枝梗数增加,导致穗粒数有所增加,结实率、千粒重先增后减,最终理论产量表现为先增后减;最高产量均出现在株距 13 cm 处,表明密度过高或过低,均不利于协调产量构成因素之间的关系,从而影响产量提升。本研究中,不同肥料运筹处理产量与株距均呈明显的二次曲线关系,根据曲线方程计算而得的高产最适株距分别为 14.28、13.98、13.42 cm,集中于 13~14 cm。

大量研究表明,合理的氮肥运筹能够优化植株的群体结构,减少无效分蘖,维持生育后期较强的光合生产能力和较高的物质运转效率,从而增加水稻产量<sup>[18-19]</sup>。本试验中,常规高产氮肥( $N_1$ )处理氮肥总量多 20%,且通过施肥满足各生育期养分需求,最终获得高产;全生育期缓释氮肥一次基施( $N_2$ )处理的平均产量明显低于另外 2 个处理,可能是因为缓释氮肥一次基施后可满足盐粳 15 号前中期生长发育所需的养分,但在后期养分不足,导致结实率、千粒重有所降低,从而影响最终产量的形成;缓释氮肥与常规氮肥配施( $N_3$ )处理的氮肥总量与  $N_2$  相同,采用分次施用,虽然前期肥料用量少,但基本足够穗数形成,并通过穗肥满足后期灌浆结实的养分需求,从而获得较高的穗长、粒重、穗粒数,最终取得高产。这与吕小红等研究认为的缓释肥以基肥形式施用条件下,适当后移速效氮肥的施入,能提高成熟期穗数、颖花量,从而有利于机插水稻产量提高<sup>[20]</sup>的结果一致。

### 3.2 不同氮肥运筹模式下机插密度对盐粳 15 号品质的影响

不同氮肥运筹模式显著影响盐粳 15 号的粗蛋白含量、胶稠度,粗蛋白含量表现为  $N_1 > N_3 > N_2$ ,胶稠度大小顺序相反;直链淀粉含量表现与粗蛋白含量一致,但未达显著水平。可能与各处理水稻生育后期氮肥用量高低有关,缓释氮肥一次基施后期未用常规氮肥,粗蛋白、直链淀粉含量最低,胶稠度高,对于稻米食味值提高有利。常规高产氮肥处理后期追施氮肥较多,粗蛋白、直链淀粉含量最高,胶稠度显著降低。缓释氮肥与常规氮肥配施处理居于

两者之间。

## 4 结论

机插行距为 25 cm、株距 13~14 cm,种植密度为 28.57 万~30.77 万穴/hm<sup>2</sup>,有利于盐粳 15 号构建穗数、穗粒数、结实率、粒重协调的高质量群体,促进产量提升。该株距可以作为在苏中、苏北地区盐粳 15 号机插秧栽培的适宜株距。

常规高产氮肥处理产量高,但品质有所降低;缓释氮肥一次基施后期肥力不足,难以形成高产;通过缓释氮肥与常规氮肥配施,可以在降低总氮用量的条件下,取得较高产量和较好的品质,且成本不高,适宜进一步推广应用。

### 参考文献:

- [1] 杨建昌,杜永,吴长付,等. 超高产粳型水稻生长发育特性的研究[J]. 中国农业科学,2006,39(7):1336-1345.
- [2] 王绍华,曹卫星,丁艳锋,等. 水氮互作对水稻氮吸收与利用的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(4):497-501.
- [3] 张自常,李鸿伟,曹转勤,等. 施氮量和灌溉方式的交互作用对水稻产量和品质影响[J]. 作物学报,2013,39(1):84-92.
- [4] 翟彩娇,崔士友,张蛟,等. 缓/控释肥发展现状及在农业生产中的应用前景[J]. 农学学报,2022,12(1):22-27.
- [5] 徐辰峰. 不同类型缓控释肥对水稻南粳 9108 氮素利用的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(3):156-159.
- [6] 张金萍,陈照明,王强,等. 缓释氮比例对 1 次性施肥单季晚稻生长和氮素利用的影响[J]. 水土保持学报,2021,35(6):207-212,221.
- [7] 王强,姜丽娜,潘建清,等. 缓释氮肥 1 次性施肥对单季稻氮素吸收和产量的影响[J]. 中国农业科学,2018,51(20):3951-3960.
- [8] 李玥,李应洪,赵建红,等. 缓控释氮肥对机插稻氮素利用特征及产量的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(6):673-684.
- [9] 张敬昇,李冰,王昌全,等. 控释掺混尿素对稻麦产量及氮素利用率的影响[J]. 中国水稻科学,2017,31(3):288-298.
- [10] 王宝档,王朝贤,董作为,等. 缓控释氮肥与尿素配施对水稻产量及氮肥效率的影响[J]. 浙江农业科学,2022,63(1):32-34.
- [11] 王雨桐. 缓释氮肥与速效氮肥配施减量对水稻生长的影响机制[D]. 扬州:扬州大学,2020.
- [12] 杨阳,刘灿华,葛树春,等. 减量配施新型基质缓释肥对水稻产量及氮肥利用率的影响[J]. 安徽农业大学学报,2020,47(3):442-447.
- [13] 王海月,张桥,武云霞,等. 不同株距下氮肥减量配施运筹对机插杂交稻的产量及光合特性的影响[J]. 中国水稻科学,2019,33(5):447-456.
- [14] 向泽民,何延明. 不同机插密度对水稻群体结构和产量的影响[J]. 现代农业科技,2015(4):30,40.

赵志豪,赵园园,王 政,等. 有机栽培条件下种植密度与留叶数对抗黑胫病红花大金元产质量和香气成分的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(8):64-72.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.08.009

# 有机栽培条件下种植密度与留叶数对抗黑胫病红花大金元产质量和香气成分的影响

赵志豪<sup>1</sup>, 赵园园<sup>1</sup>, 王 政<sup>2</sup>, 韦建玉<sup>2</sup>, 范志勇<sup>3</sup>, 王德勋<sup>3</sup>, 史宏志<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学烟草学院烟草行业烟草栽培重点实验室/河南农业大学烟草农业减害研究中心, 河南郑州 450002;

2. 广西中烟工业有限责任公司, 广西南宁 530001; 3. 云南省烟草公司大理州公司, 云南大理 671000)

**摘要:**为明确有机栽培条件下不同种植密度和留叶数对抗黑胫病红花大金元产质量和香气成分的影响,发挥新品种优势,提高烟叶质量。以抗黑胫病红花大金元为材料,设置 21 930 株/hm<sup>2</sup> (A1)、19 845 株/hm<sup>2</sup> (A2)、18 120 株/hm<sup>2</sup> (A3)、16 665 株/hm<sup>2</sup> (A4) 4 个种植密度和 16 张/株 (B1)、18 张/株 (B2)、20 张/株 (B3) 3 个留叶数水平,研究有机栽培模式下不同种植密度和留叶数对抗黑胫病红花大金元农艺性状、经济性状、化学成分、香气成分及烟叶感官质量的影响。结果表明,种植密度和留叶数对抗黑胫病红花大金元的产质量和香气成分均有显著影响 ( $P < 0.05$ )。种植密度对红花大金元的产值、产量影响较大,留叶数对其农艺性状、上等烟比例和均价影响更大。烟叶内在品质试验结果显示,种植密度对淀粉含量、烟碱含量和糖碱比影响较大,留叶数则主要影响总糖含量;随着留叶数增加,烟叶中性致香成分总量明显下降,芳香族氨基酸降解产物、棕色化反应产物含量先下降再上升,类胡萝卜素降解产物含量上升,类西柏烷类降解产物、叶绿素降解产物含量下降。综上,种植密度 18 120 株/hm<sup>2</sup> (1.2 m × 0.46 m)、留叶数 20 张/株时,抗黑胫病红花大金元烟株农艺性状、经济性状和物理性状较好,化学成分协调,中性致香物质总量较高,香气量足、香气质好,杂气和刺激性较小,烟气浓度大、余味舒适,感官质量评分最高,为本研究最佳栽培组合。

**关键词:**有机栽培;抗黑胫病;红花大金元;种植密度;留叶数;产值;产量;品质;香气成分

**中图分类号:**S572.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)08-0064-09

红花大金元是云南烟区烤烟特色品种,具有典型的清香型香气风格,深受卷烟工业企业的喜爱<sup>[1]</sup>。但由于多年种植造成品种退化,与其他主栽烤烟品种 K326、云烟 87 等相比,对黑胫病的抵抗能

力较差<sup>[2]</sup>。云南省烟草农业科学研究院以红花大金元为受体、抗黑胫病种质 RBST 为供体,经分子标记选择技术,选育出抗黑胫病红花大金元(以下简称抗性红大)品种。抗性红大作为新品种,既保持了原品种的生物学特性和烟叶质量风格,又显著提高了烟叶的稳产性,在烟叶耐肥性、耐熟性等方面也有一定的变化,具有较大的推广前景。积极研发与新品种特性相配套的栽培技术,对充分发挥品种潜力、提升烟叶质量水平有重要意义。

种植密度是重要的农业栽培措施之一,一般通过烟株不同的行间距进行设置,协调烤烟群体与个

收稿日期:2023-05-18

基金项目:广西中烟工业有限公司项目(编号:2021450000340021);

中国烟草总公司云南省公司科技项目(编号:2022530000241015)。

作者简介:赵志豪(1998—),男,河南开封人,硕士研究生,研究方向为烟草栽培生理研究。E-mail:1575514841@qq.com。

通信作者:史宏志,博士,教授,研究方向为烟草栽培生理研究。

E-mail:shihongzhi88@163.com。

[15] 许俊伟,孟天瑶,荆培培,等. 机插密度对不同类型水稻抗倒伏能力及产量的影响[J]. 作物学报,2015,41(11):1767-1776.

[16] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:45-220.

[17] 王海月,殷尧翥,孙永健,等. 不同株距和缓释氮肥配施量下机插杂交稻的产量及光合特性[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(4):843-855.

[18] 李 旭,王 宇,隋 鑫,等. 缓释肥与速效氮肥混施对机插水

稻生长发育及氮肥利用率的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(6):45-48.

[19] 王海月,李 玥,孙永健,等. 不同施氮水平下缓释氮肥配施对机插稻氮素利用特征及产量的影响[J]. 中国水稻科学,2017,31(1):50-64.

[20] 吕小红,付立东,王 宇,等. 配比施用缓释肥与速效氮肥对机插水稻生长和产量的效应[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):83-85.