

田聪华,李豪鑫. 基于 SBM 模型的新疆小麦全要素生产率评价[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):1-7(2025-03-13). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.001>.

# 基于 SBM 模型的新疆小麦全要素生产率评价

田聪华<sup>1</sup>,李豪鑫<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区农业科学院农业经济与信息研究所,新疆 乌鲁木齐 830091;

2. 新疆农业大学经济管理学院,新疆 乌鲁木齐 830091)

**摘要:**新疆是我国重要的小麦生产优势区,小麦成本收益对农民种植的积极性和保障新疆粮食安全非常重要,进行小麦全要素生产率评价对提高小麦生产效率具有重要的意义。基于 2007—2023 年我国及 12 个小麦主产省份的成本收益数据,运用 SBM (Slack-Based Measure)模型对小麦综合效率进行探究,从纯技术效率、规模效率和纯技术变动 3 个维度剖析,得出新疆相较于全国小麦主产省份的综合效率对比结果。研究发现:1)新疆小麦投入产出综合效率达到 0.989,低于全国平均水平,在 12 个主产省份中排名第 9 位,处于较低水平,且 17 年间只有 8 个年份综合效率达到最优;2)技术进步因素是促进新疆小麦综合效率的主要动力,纯技术效率达到 1.017,高于全国平均水平,且仅低于山西、陕西、内蒙古、河北 4 个小麦主产省份水平;3)规模效率为 0.971,低于全国平均水平,且仅高于山东、河北、内蒙古 3 个主产省份水平。要强化小麦新品种培育、合理密植、水肥一体化、精准调控技术的研发和应用,科学合理确定小麦种植面积,优化布局,提高规模效率。

**关键词:**SBM 模型; Malmquist-Luenberger 指数; 生产效率; 小麦; 新疆

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20250008

抓好小麦生产是筑牢粮食绝对安全底线的重中之重。2023 年新疆小麦生产面积 120.92 万  $\text{hm}^2$ , 在全国 31 个省(区、市)中排名第 6 位,已成为我国重要的优质小麦生产区域,小麦生产总成本 19 842.3 元 /  $\text{hm}^2$ ,净利润 678.75 元 /  $\text{hm}^2$ ,在 12 个主产省份中分别位居第 1 位和第 7 位,总体表现高投入、低利润。科学评价小麦生产效率对于提高资源利用效率和提升产业竞争力具有重要的现实意义。采用 CiteSpace 对近 10 年以来国内小麦生产效率评价相关文献进行分析显示,已有研究重点主要聚焦在评价方法、影响因素、政策建议等方面,如:张嘉瑶等采用 DEA-Malmquist 方法对我国产粮大省全要素生产效率进行测算,得出小麦生产效率变动指数,并分析了发展阶段<sup>[1-3]</sup>;郭云超等对影响小麦生产效率因素进行剖析,找出影响小麦生产效率的关键因素<sup>[4-6]</sup>;王硕等从社会化服务、耕地流转及集群化发展等角度提出提高小麦生产效率的对策建议<sup>[7-10]</sup>;张宸熙等从地域横向和时间纵向上分析了

新疆小麦全要素生产率的现状及存在的问题<sup>[11]</sup>;郎新婷等分析 2004—2021 年新疆小麦成本收益变化趋势,对小麦生产的单要素生产率进行分析<sup>[12-13]</sup>。目前,国内学者对内地小麦生产效率已进行了较为深入的分析研究,这些文献对解释我国小麦生产效率的变化情况有重要的参考价值,但研究大多集中在 2019 年以前我国 9 个小麦主产区层面,具体针对新疆小麦生产效率研究的文献较少。当前,新疆小麦在全国的地位已经越来越重要,小麦生产规模大、品质好,生产能力已超过湖北、陕西、四川、山西 4 个主产区。本研究基于 SBM(Slack-Based Measure)模型,对 2007—2023 年新疆的小麦综合效率进行测度,该模型的显著优势是在考虑非期望产出的同时,可以对有效决策单元进行排序和分解,从而提升效率评价的准确性和实用性。通过比较分析全国及 12 个小麦主产省份小麦综合生产效率变动趋势和影响因素,旨在为高质量发展形势下提高新疆小麦生产效率提供科学的参考依据。

收稿日期:2025-01-16;修回日期:2024-02-24。

基金项目:新疆维吾尔自治区小麦产业技术体系(XJARS-01);新疆维吾尔自治区自然科学基金(2022D01A263)。

作者简介:田聪华(1978—),女,硕士,研究员,研究方向为产业经济。

Email: 391253466@qq.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究方法

基于学术界关于农业绿色全要素生产率(AGTFP)

的研究,可知目前 AGTFP 的测算有多种多样的方法,如随机前沿分析法(SFA)、传统数据包络分析法(DEA)、EBM(Epsilon-based Measure)模型、SBM 模型、ML(Malmquist-Luenberger)指数、GML(Gross Manufacturing Output Index)指数等。根据前文可知,传统的 DEA 分析法忽视了随机误差的影响,所测算出的效率值不能充分反映松弛改进。因此本文选用基于非期望产出的超效率 SBM 模型进行分析,避免了径向和角度选择差异带来的偏差,解决了传统 DEA 模型投入产出松弛的问题,解决了非期望产出存在下的效率评价问题。本研究采用非期望产出超效率 SBM 模型和 ML 指数对 2007—2023 年新疆小麦全要素生产效率进行测算。

**1.1.1 非期望产出超效率 SBM 模型。**Tone 于 2001 年首次提出 SBM 模型,该模型考虑了生产过程中的非期望产出因素,能够更准确地反映效率评价的本质,避免了径向和角度选择差异带来的偏差,解决了传统 DEA 模型投入产出松弛的问题<sup>[14]</sup>。模型如下:

$$\begin{aligned} \text{Min } \rho = & \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{q_1 + q_2} \left( \sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{r=1}^{q_2} \frac{s_r^{b-}}{b_{rk}} \right)}, \\ \text{s.t. } & \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- \leq x_{ik} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \leq y_{rk} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n b_{rj} \lambda_j - s_r^{b-} \leq b_{rk} \\ 1 - \frac{1}{q_1 + q_2} \left( \sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{r=1}^{q_2} \frac{s_r^{b-}}{b_{rk}} \right) > 0 \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, m, r = 1, 2, \dots, q, j = 1, 2, \dots, n (j \neq k) \end{cases} \quad (1) \end{aligned}$$

式中: $\rho$ 为目标效率值,对于决策单元 DMU(decision making units),每个决策单元有  $m$  种投入,记为  $x_j (j=1, 2, \dots, m)$ ,能够同时生产出  $q_1$  种好产出[记为  $y_r (r=1, 2, \dots, q_1)$ ]和  $q_2$  种坏产出[记为  $b_r (r=1, 2, \dots, q_2)$ ]; $x_{ij}$ 为第  $j$  个省份生产的第  $i$  种投入要素; $y_{ri}$ 为第  $j$  个省份生产的第  $r$  项期望产出; $b_{ri}$ 为第  $j$  个省份生产的第  $r$  项非期望产出; $\lambda$ 为各决策单元截面观察值的权重;下标  $k$ 为被测算的决策单元; $s_i^-$ 、 $s_r^+$ 、 $s_r^{b-}$ 分别为投入冗余、期望产出不足和非期望产出冗余。

**1.1.2 ML(Malmquist-Luenberger)指数。**Malmquist 指数是基于 Shephard 距离函数计算<sup>[15]</sup>,可以对面板

数据进行生产率分析,Pittman 首次尝试在生产率测算中引入非期望产出<sup>[16]</sup>。Chung 等将一种包含非期望产出的方向距离函数应用于 Malmquist 模型,并以此为基础构建了 Malmquist-Luenberger 生产率指数<sup>[17]</sup>。Malmquist-Luenberger 指数可分解为技术效率变化指数(EC)与生产技术变化指数(TC)。Malmquist 指数的基本形式为:

$$M_t^{t+1} = \left[ \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t, b^t)} \frac{D_0^0(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

设有  $t=1, 2, \dots, T$  的时间段,  $M_t^{t+1} > 1$  则证明与  $t$  期相比,  $t+1$  期的全要素生产率提高;相应地,  $M_t^{t+1} < 1$ , 则证明与  $t$  期相比,  $t+1$  期的全要素生产率降低;若  $M_t^{t+1} = 1$ , 则证明  $t+1$  期的全要素生产率同  $t$  期持平。

技术效率衡量决策单元 DMU 达到最大产出能力的程度,如果技术效率值为 1,表示决策单元 DMU 完全有效;如果小于 1,则表示存在效率损失。纯技术效率考虑管理、技术和规模回报不变的情况下决策单元 DMU 的生产效率,反映了决策单元 DMU 在给定投入下获得最大产出的能力。规模效率在考虑规模报酬可变的情况下决策单元 DMU 在最佳规模下运营的能力。纯技术变动衡量从一期到下一期技术进步的程,如果技术进步指数大于 1,表示技术有所进步;反之,则表示技术退步。

## 1.2 指标选取与数据处理

**1.2.1 指标选取与数据来源。**本文的研究对象为新疆和小麦主产区的小麦全要素生产率,基于地域范围以及数据可获得情况,最终选取 2007—2023 年为研究时间跨度,聚焦于省级层面对于新疆及小麦主产区的小麦全要素生产率进行测算。本研究数据来源于《全国农产品成本收益资料汇编》,总产值为产出指标,物质与服务费用、人工费用、土地费用为投入指标,与全国及河北、山西、内蒙古、江苏、安徽、山东、河南、湖北、四川、陕西、甘肃(全国小麦生产面积排名前 11 位)进行比较,探究新疆小麦生产综合效率与变动趋势。

**1.2.2 变量描述性统计结果。**本文运用 SPSS 12.0 分析软件对数据的集中趋势和离散程度进行描述性统计分析。由表 1 可以看出,各项投入、产出的最大、最小值的差值较大,各省之间存在较大差异,说明省级之间农业投入、产出情况各不相同,侧面反映了农业发展水平及增长速度的差异,同时也说明



随着时间推移,农业的投入、产出等都发生了相应的变化,研究不同时期的生产率差异是有意义的,因此选取以上投入、产出去测算农业全要素生产率是合理的。

**1.2.3 综合效率结果运算。**运用 Stata 17 分析软件,通过模型运算得出综合效率、纯技术效率、规模效率和纯技术变动数据。

表 1 投入产出指标描述性统计(2007—2023 年)

| 指标                                   | 均值      | 标准差     | 最小值    | 最大值     |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|---------|
| 物质与服务费用 $I$ /(元/667 m <sup>2</sup> ) | 543.01  | 112.86  | 127.49 | 683.70  |
| 人工费用 $I$ /(元/667 m <sup>2</sup> )    | 305.09  | 151.23  | 81.52  | 719.00  |
| 土地成本 $I$ /(元/667 m <sup>2</sup> )    | 159.05  | 77.72   | 23.35  | 404.09  |
| 非期望产出 $I$ /t                         | 261 132 | 144 562 | 9 346  | 745 635 |

## 2 结果与分析

### 2.1 新疆小麦综合效率变化趋势分析

由表 2 可知,2007—2023 年新疆小麦投入产出综合效率为 0.989,纯技术效率为 1.017,规模效率为 0.971,纯技术变动为 1.021。17 年间有 47.06%的年份综合效率 $\geq 1$ ,达到了 DEA 完全有效,即各项投入取得了经济和社会的最佳效益,其余年份综合效率 $< 1$ ,即各项投入没有取得经济的最佳效益。从纯技术效率分析,76.47%的年份达到了最优,其余年份未达到,说明在这些年份纯技术效率是小麦投

入产出综合效率提高的促进动力。从规模效率分析,只有 17.65%的年份达到最优,说明此 3 年中规模效率是小麦投入产出综合效率提高的促进动力,其他年份均未达到最优。从纯技术变动分析,52.94%的年份达到最优,说明这些年份纯技术变动要素是小麦投入产出综合效率提高的促进动力。

通过 17 年间综合效率频数分析,综合效率指数为 0.729~0.857 的有 1 个年份,0.857~0.985 的有 7 个年份,0.985~1.113 的有 8 个年份,1.113~1.241 的有 1 个年份(图 1),综合效率总体处于较高水平。

表 2 新疆小麦综合效率结果

| 年份   | 综合效率变化 | 纯技术效率变化 | 规模效率变化 | 纯技术变动 |
|------|--------|---------|--------|-------|
| 2007 | 1.009  | 0.973   | 0.981  | 1.057 |
| 2008 | 1.241  | 1.264   | 1.007  | 0.975 |
| 2009 | 1.044  | 1.000   | 0.965  | 1.082 |
| 2010 | 0.729  | 1.000   | 0.954  | 0.764 |
| 2011 | 0.959  | 1.000   | 0.952  | 1.007 |
| 2012 | 0.919  | 1.000   | 0.933  | 0.985 |
| 2013 | 1.072  | 1.000   | 0.991  | 1.082 |
| 2014 | 0.926  | 1.000   | 0.971  | 0.954 |
| 2015 | 1.000  | 1.000   | 0.991  | 1.009 |
| 2016 | 0.959  | 1.000   | 1.000  | 0.959 |
| 2017 | 1.035  | 1.000   | 0.994  | 1.040 |
| 2018 | 0.905  | 1.000   | 1.003  | 0.903 |
| 2019 | 0.967  | 0.818   | 0.996  | 1.187 |
| 2020 | 0.993  | 1.123   | 0.958  | 0.924 |
| 2021 | 1.031  | 0.840   | 0.971  | 1.264 |
| 2022 | 0.983  | 0.773   | 0.865  | 1.472 |
| 2023 | 1.046  | 1.511   | 0.988  | 0.700 |
| 综合   | 0.989  | 1.017   | 0.971  | 1.021 |

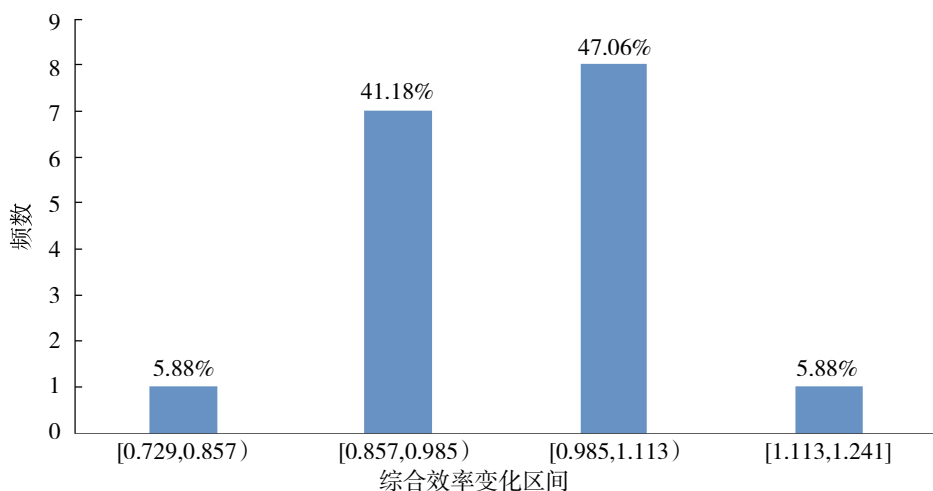


图 1 2007—2023 年新疆小麦综合效率变化分布及频数

## 2.2 新疆与全国小麦主要生产区域综合效率分析

2007—2023 年新疆小麦综合效率 0.989, 与全国及小麦主要生产区域相比, 低于全国平均水平 0.002, 仅高于山东和甘肃 2 个省份, 在 12 个省区中

排名第 10 位, 处于较低水平; 较排名第 1 位的湖北省低 4.04%, 较排名第 12 位的山东高 1.62%。从年份来看, 17 年间有 58.82% 的年份高于全国平均水平(图 2), 说明新疆小麦生产综合效率还有待提高。

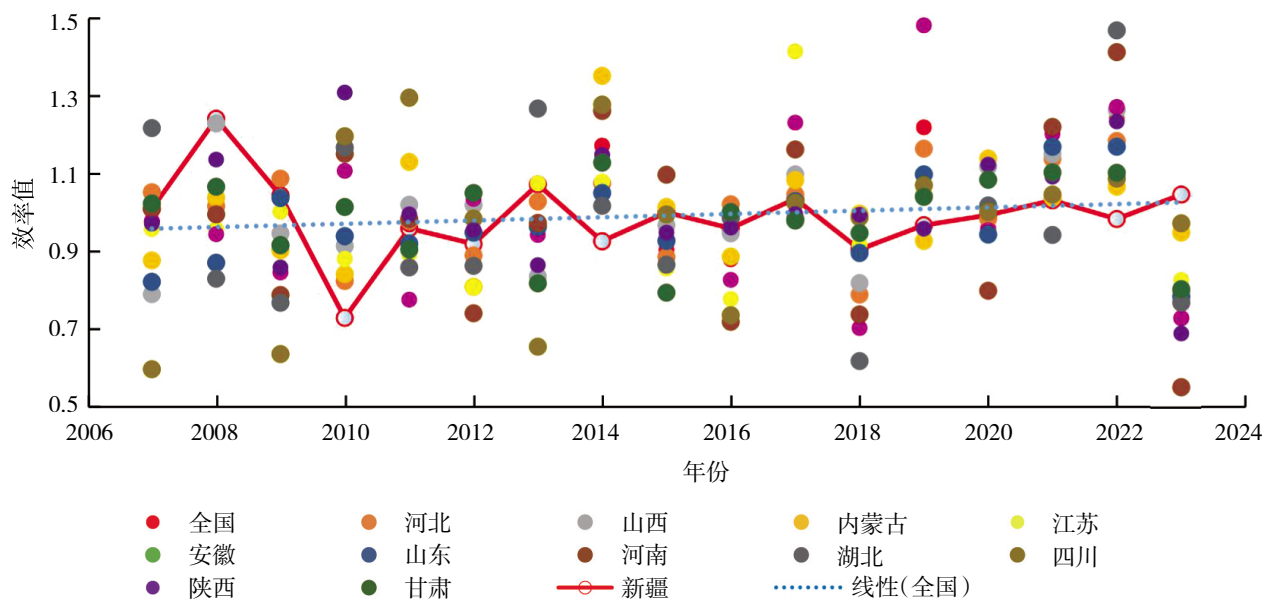


图 2 新疆与全国小麦主要生产区域综合效率结果对比

## 2.3 新疆与全国小麦主要生产区域纯技术效率分析

2007—2023 年新疆小麦纯技术效率为 1.017, 与全国及小麦主要生产区域相比, 比全国的纯技术效率高 0.009, 仅低于山西、陕西、内蒙古、河北 4 个省区, 在 12 个省区中排名第 5 位, 处于中等水平; 与排名第 1 位的山西相比低 1.57%, 与排名第 12 位的河南相比高 2.36%。从整体来看, 全国及 12 个小麦主要生产区域纯技术效率均  $\geq 1$ 。从年份来看, 17 年间有 58.82% 的年份新疆小麦投入产出纯技术

效率高于各年份全国纯技术效率平均值(图 3), 说明新疆小麦投入产出纯技术效率水平尚好, 应继续保持以纯技术效率提高小麦全要素生产率的态势。

## 2.4 新疆与全国小麦主要生产区域规模效率分析

2007—2023 年新疆规模效率为 0.971, 与全国及小麦主要生产区域相比, 比全国的规模效率低 0.03, 仅高于河北、山东、内蒙古 3 个省份, 在 12 个省区中排名第 9 位, 处于较低水平; 与排名第 1 位的湖北相比, 低 11.73%, 与排名第 12 位的内蒙古相

比高 2.98%。从整体来看,除全国及山西、安徽、湖北、四川、陕西的规模效率 $\geq 1$ ,其他省份均未达到。从年份来看,新疆小麦的投入产出规模效率只有 17.64% 的年份高于全国规模效率值(图 4)。

## 2.5 新疆与全国小麦主要生产区域纯技术变动分析

2007—2023 年新疆的纯技术变动为 1.021,与全国及小麦主要生产区域相比,比全国的纯技术

变动高 0.036,仅低于河北和内蒙古 2 个省份,在 12 个省区中排名第 3 位,处于较高水平;与排名第 1 位的内蒙古相比低 5.88%,与排名第 12 位的四川相比高 8.42%。从整体来看,河北、内蒙古、江苏、山东、河南、新疆的纯技术变动均 $\geq 1$ 。从年份来看,新疆小麦的投入产出纯技术变动率有 64.70% 的年份高于全国纯技术变动率值(图 5)。

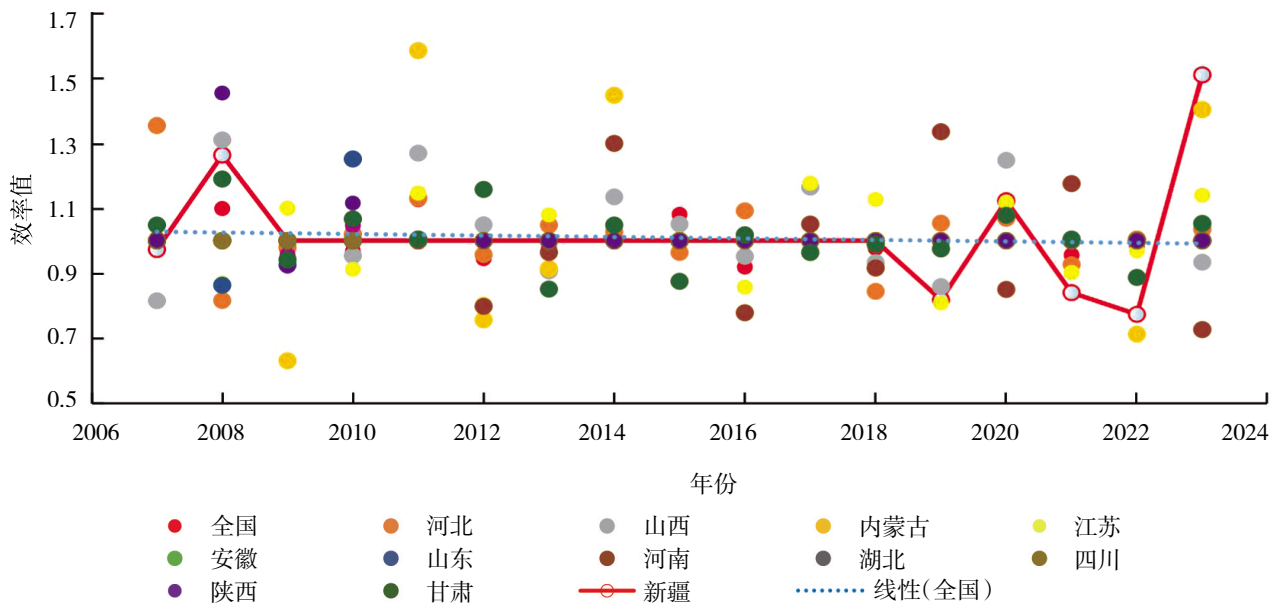


图 3 新疆与全国小麦主要生产区域纯技术效率结果对比

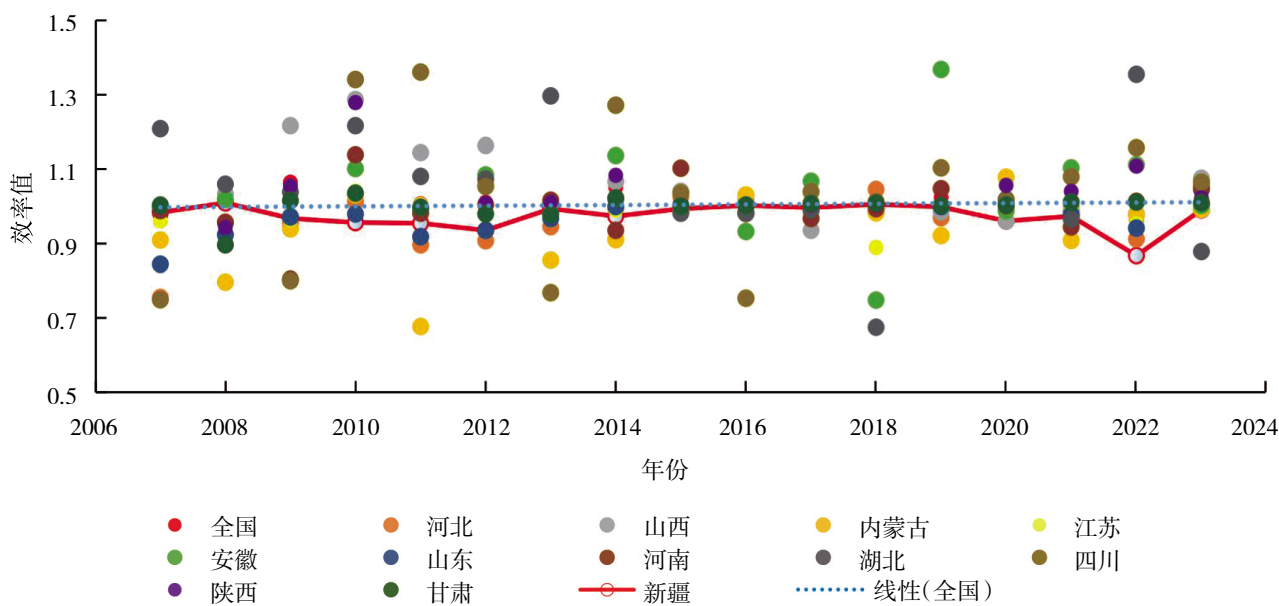


图 4 新疆与全国小麦主要生产区域规模效率结果对比

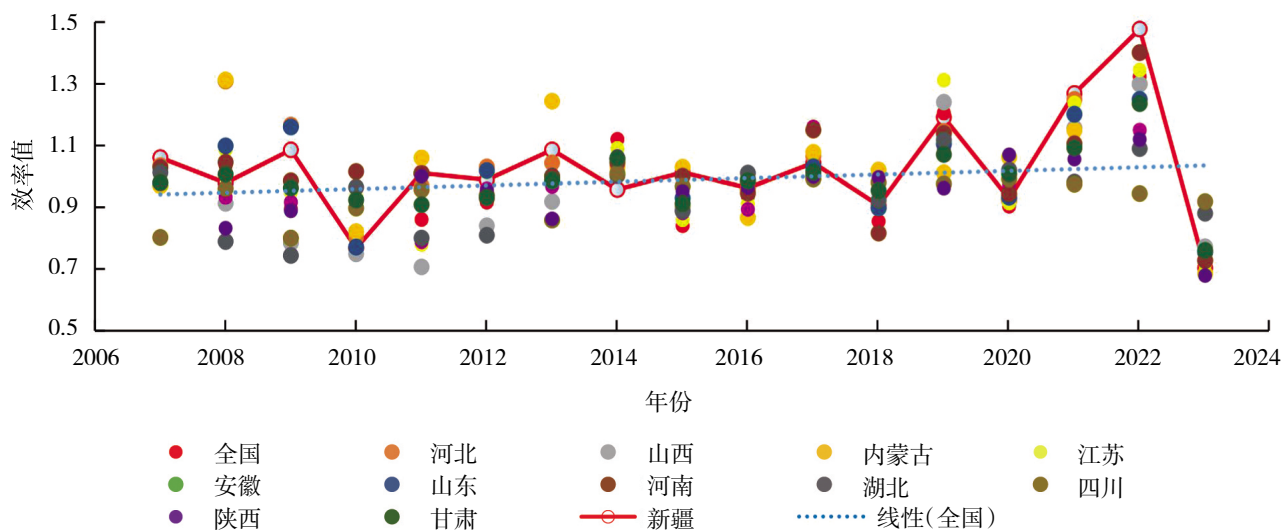


图 5 新疆与全国小麦主要生产区域纯技术变动结果对比

### 3 讨论

通过对 2007—2023 年新疆与全国其他 11 个小麦主要生产区域的全要素生产率测算,结果显示:1)2007—2023 年新疆小麦投入产出综合效率为 0.989,纯技术效率和纯技术变动指数均 $\geq 1$ ,这说明技术进步是全要素生产效率变动的主要原因,也是提高新疆小麦投入产出综合效率的动力,与张宸熙等的研究结论<sup>[11-12]</sup>一致。从时间变动来看,全要素生产率的变动呈周期波动趋势,围绕 0.989 上下波动,17 年间有 52.94% 的年份综合效率 $< 1$ ,表明这些年份投入产出未取得经济和社会的最佳效益,反映出要素的配置效率呈下降趋势。2)从全国及 12 个小麦主要生产区域来看,新疆小麦投入产出综合效率低于全国的综合效率,与李辉尚等的研究结论<sup>[6]</sup>一致,但高于山东和甘肃 2 个主产省份,表明新疆小麦全要素生产率还有一定的增长潜力。通过纯技术效率、规模效率、纯技术变动分析,新疆纯技术效率高于全国平均水平,规模效率低于全国平均水平,纯技术变动高于全国平均水平。与 11 个主要生产区域相比,新疆纯技术效率仅低于山西、陕西、内蒙古、河北 4 个省区,纯技术变动仅低于内蒙古、河北 2 个省份,表明新疆小麦生产在技术效率层面具有显著优势,技术进步因素是新疆小麦综合效率提升的关键因素。但规模效率仅高于山东、河北、内蒙古 3 个省份,表明新疆小麦规模优势不显著。

### 4 结论

综合考虑分析结果和新疆小麦发展的优势条

件,要持续关注技术要素所带来的正向影响,特别是在品种培育、合理密植、水肥一体化、精准调控技术等方面要持续发力;在现有种植规模的基础上,要结合市场需求科学合理确定小麦的种植规模,进一步优化布局种植区域和品种结构,不断提高小麦生产的规模化水平,特别是要提高专用、优质小麦的生产规模;要重点推进新疆南疆片区小麦适度规模化经营,因地制宜发展托管、半托管多户联种联收的模式,提高小麦生产综合效率。

### 参考文献:

- [1] 张嘉瑶,贾 强. 基于 DEA-Malmquist 指数模型的中国五个产粮大省粮食生产效率分析[J]. 中南农业科技,2024,45(3):156-161.
- [2] 孙晓宇,鹿永华. 基于 DEA-Malmquist 模型的中国小麦生产效率分析[J]. 湖北农业科学,2022,61(3):173-179.
- [3] 袁青青,韩一军. 我国小麦全要素生产率的评价分析:基于 DEA-Malmquist 指数方法[J]. 中国农业文摘-农业工程,2018,30(4):19-24.
- [4] 郭云超,蒋志辉. 粮食安全背景下河南小麦生产效率实证研究:基于 DEA-Tobit 模型实证分析[J]. 中国市场,2022(11):71-73.
- [5] 高 颖,王兆华. 基于三阶段 DEA 模型的山东省粮食生产效率研究[J]. 湖北农业科学,2022,61(17):39-44,52.
- [6] 李辉尚,胡晨沛,曲春红. 中国小麦主产区生产效率时空演变特征分析[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(10):91-99.
- [7] 王 硕. 三权分置政策对我国小麦全要素生产率的影响研究[J]. 生产力研究,2021(11):60-65.
- [8] 薛信阳,韩一军,高 颖. 农机社会化服务对粮食生产效率的影响:基于四省小麦和玉米种植户的调查[J]. 农村



- 经济,2024(1):10–19.
- [9] 曲 滕,赵 凯,周升强. 耕地流转对小麦生产效率的影响: 基于农户生计分化的调节效应分析[J]. 资源科学,2019,41(10):1911–1922.
- [10] 陈杨洋. 空间溢出视角下农业产业集聚对小麦生产效率的影响[J]. 聊城大学学报(社会科学版),2023(6):79–86.
- [11] 张宸熙,商 燕,奥布力·塔力普. 基于 DEA–Malmquist 方法的新疆与全国小麦主产区生产效率动态比较研究[J]. 粮油食品科技,2024,32(4):227–234.
- [12] 郎新婷,马惠兰. 新疆小麦生产效率及地区差异研究[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(10):127–133.
- [13] 郎新婷. 新疆粮食生产效率及影响因素研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016:26–27.
- [14] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2001,130(3):498–509.
- [15] 程开明,李泗娥. 全要素生产率指数:演变、比较及展望[J]. 统计学报,2022,3(1):11–26.
- [16] PITTMAN R W. Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs[J]. The Economic Journal,1983,93(372):883–891.
- [17] CHUNG Y H,FÄRE R,GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach[J]. Journal of Environmental Management,1997,51(3):229–240.

## Evaluation of Total Factor Productivity of Wheat in Xinjiang Based on SBM Model

TIAN Conghua<sup>1</sup>, LI Haoxin<sup>2</sup>

(1. Institute of Agricultural Economics and Information, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;

2. School of Economics and Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830091, China)

**Abstract:** Xinjiang is the important wheat production advantage area in China, and the cost-benefit of wheat is very important to farmers' enthusiasm for planting and ensuring food security in Xinjiang. The evaluation of wheat total factor productivity is of great significance to improve wheat production efficiency. Based on the cost-benefit data of China and 12 major wheat production provinces from 2007 to 2023, the study explores the comprehensive efficiency of wheat by SBM (Slack-Based Measure) model. From three dimensions of pure technology efficiency, scale efficiency and pure technology change, the comprehensive efficiency comparison results of Xinjiang compared with the main wheat producing provinces in China were obtained. The results show that: (1) The input-output comprehensive efficiency of Xinjiang wheat reaches 0.989, which is lower than the national average level and ranks 9th among the 12 major production provinces, at a relatively low level, and the comprehensive efficiency has reached the best in only eight years in 17 years. (2) The technological progress is the main driving force for promoting the comprehensive efficiency of wheat in Xinjiang. The pure technical efficiency reaches 1.017, which is higher than the national average, and only lower than the level of the four major wheat production provinces of Shanxi, Shaanxi, Inner Mongolia and Hebei. (3) The scale efficiency is 0.971, which is below the national average level, and higher than the level of the three main production provinces of Shandong, Hebei and Inner Mongolia. It is necessary to strengthen the research and development and application of new wheat varieties cultivation, reasonable dense planting, integration of water and fertilizer, and precision control technology, determine the wheat planting area scientifically and rationally, optimize the layout, and improve the scale efficiency.

**Key Words:** SBM model; Malmquist-Luenberger index; Production efficiency; Wheat; Xinjiang

赵海英,钟思志,刘祥臣,等. 豫南稻区再生稻主要病虫害发生规律及防控[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):8–14,54(2025–02–13).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2025.02.002.

# 豫南稻区再生稻主要病虫害发生规律及防控

赵海英,钟思志\*,刘祥臣,丰大清,余贵龙,谷梦轩,李歌星,吕 未,付 强

(信阳市农业科学院,河南 信阳 464000)

**摘要:**近年来,一些次要病虫害的发生给豫南稻区再生稻生产造成了严重威胁。豫南稻区再生稻主要病虫害发生种类为“三病三虫”,即立枯病、纹枯病、稻瘟病、稻水象甲、二化螟、稻纵卷叶螟,各县区均有不同程度发生,特别是立枯病已成为制约豫南稻区再生稻发展的主要障碍,其他如大螟、稻飞虱、恶苗病、稻曲病等病虫害发生程度极轻或基本不发生。结合理论与实践提出了强化农业防治、重视物理防治、加强生物防治、利用化学防治的绿色综合防控建议,以期为再生稻的生产提供技术支撑。

**关键词:**豫南;再生稻;发生规律;防控建议

中图分类号:S435.11

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20240114

豫南稻区包括信阳、南阳、驻马店等市水稻种植区,以信阳稻区为主,常年水稻种植面积在46.7万 $\text{hm}^2$ 以上。再生稻是利用头季稻收割后稻桩上的腋芽萌发成苗,经过科学管理,使其抽穗结实再收获一季的一种稻作制度,具有生育期短、日产量较高、省种、省工、节水、调节劳力、生产成本低和效益高等优点<sup>[1]</sup>,适宜在南方稻区种植一季稻热量有余而双季稻热量不足或双季稻区只种一季中稻的区域种植。研究表明,豫南稻区光、热、水资源基本能够满足再生稻生长发育的要求,适宜发展再生稻<sup>[2]</sup>,是种植再生稻的最北缘。豫南稻区再生稻一般于3月上中旬育秧,4月上中旬移栽,6月下旬至7月上旬抽穗,8月中旬前收获头季,通过增施促芽肥、提苗肥等管理措施,再生季于9月中旬前齐穗,通常情况下,11月上旬前收获再生季。

再生稻的种植模式与传统的中稻种植方式不同,因此主要病虫害的发生、为害规律也出现了明显的变化。经多年研究,笔者总结了豫南稻区再生稻主要病虫害发生种类及规律,以期为再生稻的高产优质提供技术保障。

## 1 豫南稻区再生稻主要病虫害发生概况

通过田间调查、黑光灯诱虫等方法,笔者总结了豫南稻区再生稻常发的病虫害主要有“三病三虫”,即立枯病(rice seedling blight)、纹枯病(rice sheath blight)、稻瘟病(rice blast)、稻水象甲(*Lissorhoptus oryzaophilus*)、二化螟(*Chilo suppressalis*)、稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis*),全区均有不同程度发生,其他病虫害如稻曲病、恶苗病、稻飞虱等发生程度极轻或基本不发生。

### 1.1 立枯病

**1.1.1 发病情况。**再生稻一般多采用保护地育秧<sup>[3]</sup>。据田间调查,2020—2023年豫南稻区苗期立枯病发病率在5%~30%,严重的田块可达50%以上(图1-a)。特别是2022年3月中下旬受“倒春寒”影响,信阳市有4.17万 $\text{hm}^2$ 再生稻,有20%以上种植户的秧苗均不同程度出现立枯病;商城县一户0.53 $\text{hm}^2$ 育秧大棚,立枯病发病率达20%;另一农户的发病率达50%以上,出现“有钱买种、无钱买苗”的状况。因此,立枯病已成为制约豫南稻区再生稻发展的主要障碍。

传统中稻育秧一般在4月中下旬,1984—2013年近30年间的气象资料表明,豫南稻区4月平均气温为16.56 $^{\circ}\text{C}$ ,因温度高于水稻幼苗生长发育温度(14 $^{\circ}\text{C}$ ),立枯病基本不发生。再生稻育秧一般在3月上中旬<sup>[3]</sup>,平均温度9.71 $^{\circ}\text{C}$ ,加上育秧过程中经常遇到“倒春寒”天气,平均最低气温在-3.08 $^{\circ}\text{C}$ ,持续的低温和阴雨天气,提高了立枯病的发生概率。

收稿日期:2024–11–19;修回日期:2025–02–05。

基金项目:河南省农业产业技术体系建设专项资金(Z2012–04–01)。

作者简介:赵海英(1979—),女,副研究员,主要从事大宗作物病虫害  
草害方面研究。Email: zhy292@126.com。

\* 通信作者:钟思志(1969—),男,副研究员,主要从事作物栽培方面  
研究。Email: zhongsizhi@sohu.com。

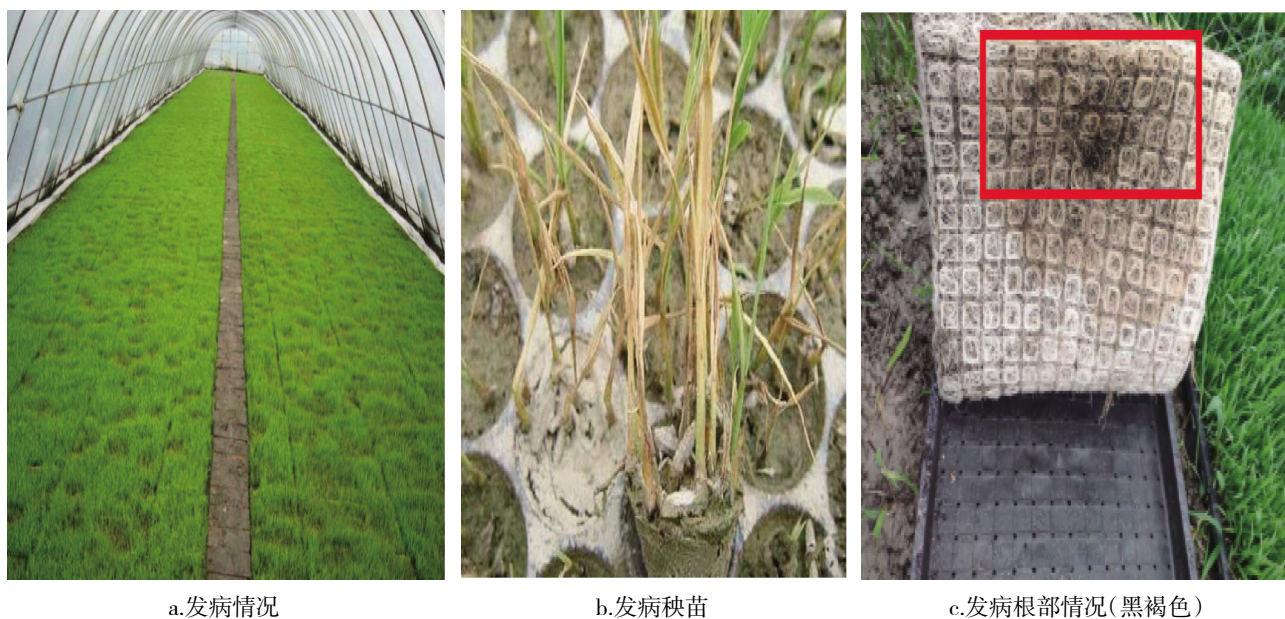


图 1 立枯病

**1.1.2 发病规律。**病原菌的存在是立枯病发生的最重要因素,低温及温差是诱发立枯病的主要原因<sup>[4-5]</sup>, pH 值、秧苗素质、断乳期的营养缺乏等是诱发发病的外部条件。周燮等研究表明,即使土壤中有腐霉菌的存在,但是若温度一直保持在 20 ℃以上就不会导致立枯病的发生,在 2 叶期后,当温度达到 5 ~ 7 ℃的低温时,则会导致大量的秧苗死亡<sup>[6]</sup>。有关资料表明,4 ℃左右低温下立枯丝核菌可正常生长,并可侵害受伤的根系。李永实等研究表明,低温处理的次数越多,水稻立枯病的发生概率越高,发生的程度也越严重<sup>[7]</sup>。温度在 10 ℃以上、基质 pH 值在 4.5 ~ 5.5,健壮秧苗一般不感病。孙岩等研究表明,低温导致叶片生长受阻,对秧苗的光合作用也产生了一定的负面影响,降低秧苗的抗逆性,进而导致病原菌的侵害<sup>[8]</sup>。

据田间观察,2.0 ~ 2.5 叶期的秧苗最易感病,图 1-b 为立枯病发病秧苗。此时水稻种子中的营养已消耗殆尽,断乳期因营养缺乏,幼苗生长活力、抗性下降,加上农户不注重基质调酸,一旦遇“倒春寒”天气,发生立枯病的概率较高。

**1.1.3 发病类型及病原。**立枯病发病主要有 2 种类型:病理性立枯病和生理性立枯病<sup>[9]</sup>。病理性立枯病是由于病原菌对水稻幼苗侵染所致,病源主要有土壤和种子,预防和防治时要统筹兼顾。该病病原菌主要是立枯丝核菌(*Rhizoctonia sloani*)、镰刀菌属的禾谷镰孢菌(*Fusarium graminearum*)、木贼镰孢菌(*Fusarium equiseti*)、尖孢镰孢菌(*Fusarium oxysporum*)、

*f.sp.cucurum*)、茄腐镰孢菌[*Fusarium solani* (Mart.) App. Et Wr]、串珠镰孢菌(*Fusarium moniliforme* Scheld)、腐霉菌属(*Pythium* spp.)、根霉菌属(*Rhizopus* spp.)等,其中,镰刀菌属、根霉菌属和丝核菌属是主要病菌<sup>[10]</sup>。

生理性立枯病有 2 种类型:青枯和黄枯,主要是由秧苗在不良环境下的吸水与蒸腾能力的失调引起的<sup>[11]</sup>。青枯大多发生在 2 叶 1 心期后,秧苗表现为先不吐水,心叶及上部叶片卷曲成筒状、略呈青灰色,在天气骤晴或温度突然升高时,常常成片急性发生,最后整株萎蔫即出现青枯。黄枯型发病植株常见心叶萎垂卷缩,茎基部腐烂软化,发病植株会快速干枯,直至全株黄褐枯死,根部常变黑腐烂(图 1-c),所以秧苗很容易拔起。发生严重时,在 1 ~ 2 d 内可成穴、成片地大面积黄化、枯死。一般情况下,如果发现秧苗不吐水,根系呈现铁红色或褐色,就是立枯病发生的前兆,要提前做好防病准备。

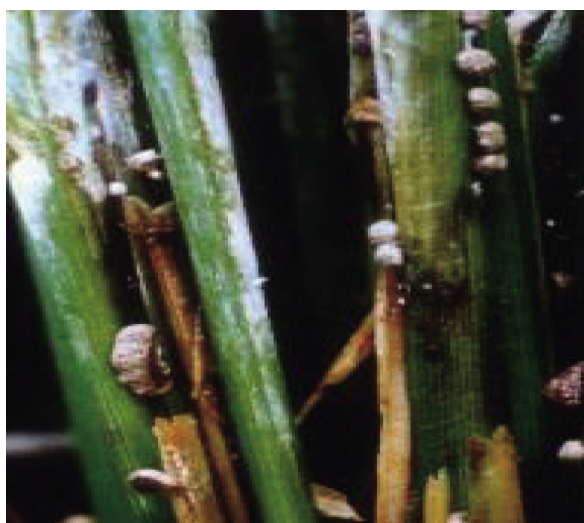
## 1.2 纹枯病

纹枯病菌有性态为瓜亡革菌,为担子菌亚门瓜亡革属,无性态为立枯丝核菌,为半知菌亚门丝核菌属<sup>[12]</sup>,自然条件下一般只有无性态<sup>[13]</sup>,一般在头季稻拔节期后开始发病,主要侵染茎秆和叶片,发病严重的可侵染剑叶,病斑呈不规则状云纹斑,常致叶片发黄、枯死,降低稻株光合作用,茎秆腐烂导致养分无法向上运输,谷粒灌浆受阻,形成空穗导致减产,发病严重时稻株死亡(图 2-a)。





a.发病症状



b.菌核

图2 纹枯病

纹枯病侵染规律:病菌主要以菌核在土壤中越冬,也能以菌丝和菌核在病稻草和其他寄主作物或杂草的残体上越冬(图 2-b)。水稻收割时落入田中的菌核是次年或下季的主要初侵染源。漂浮在水面上的菌核黏附在稻株基部的叶鞘上,萌发菌丝侵入叶鞘组织,进行初侵染。发病后,病斑上形成的菌核随水漂浮,或靠菌丝蔓延进行再侵染。当地一般在头季稻抽穗后,6 月中下旬开始发病,7 月上中旬达发病高峰。拔节封行后,阴雨天多,高温高湿天气发病重。

田间生产表明,纹枯病还可抑制头季稻腋芽(即再生芽)萌发,其发病程度不仅影响头季稻产量,还直接影响再生季产量,因此,在再生稻生产中必须重视和预防头季稻的纹枯病。

### 1.3 稻瘟病

**1.3.1 发病类型及症状。**水稻整个生育期均可发病,分别称为苗瘟、叶瘟、节瘟、穗颈瘟、谷粒瘟<sup>[14]</sup>。苗瘟在 3 叶期以前发生,可使秧苗变褐枯死,3 叶期以后重发可导致“化苗”现象;叶瘟通常在分蘖期盛发,为穗颈瘟流行积累菌源,病斑类型有 2 种:一是急性型病斑,呈暗绿色,多数近圆形或椭圆形,斑上密生青灰色霉层;二是慢性型病斑,梭形或长梭形是该病的典型特征,外围有黄色晕圈,内部为褐色,中心灰白色,有褐色坏死线贯穿病斑并向两头延伸。节瘟、穗颈瘟一般发生在破口抽穗以后,谷粒瘟发生在稻粒上,穗颈瘟可致稻穗颈节部变褐、坏死,导致输送到稻穗的养分通道被阻断,从而形成白穗或瘪粒,以穗颈瘟对再生稻的危害损失最大,严重

时可致减产 50%以上(图 3-a)。

**1.3.2 发病规律。**该病菌有性态为稻梨孢,属于囊菌亚门,较少见;无性态为灰梨孢,属半知菌亚门<sup>[15]</sup>。病菌主要以分生孢子和菌丝体在稻草和稻谷上越冬。次年产生分生孢子借风雨传播到稻株上,萌发侵入寄主向邻近细胞扩展发病,形成中心病株(图 3-b)。稻瘟病的发生流行与温度、降水、湿度等气象条件密切相关,是一种典型的气象型病害,若 6 月底至 7 月初头季稻抽穗期出现连阴雨天气,田间有一定的菌源,可导致病害大发生。

目前预防稻瘟病最经济有效的方式是种植抗病性强的品种,由于豫南稻区再生稻主推的品种多为优质品种,普遍抗稻瘟病能力较弱,生产上需要加以预防或防治。当地主栽品种抗稻瘟病综合指数(即苗瘟、叶瘟、穗颈瘟抗性级数综合后的级数,指数越低,抗性越强)如下:两优 6326 为 7.2,丰两优香 1 号为 7.3,桃优香占为 3.9,隆晶优 1212 为 3.1,天两优 616 为 5.6,可为选择种植品种提供参考。

### 1.4 稻水象甲

稻水象甲属鞘翅目、象甲科、半水生昆虫,成虫借风力会飞、借水流会游,虫害的传播扩散很难被彻底防控阻截,是水稻上重要的检疫性害虫<sup>[16-17]</sup>。

**1.4.1 为害症状。**其成虫主要以为害叶片为主,成虫取食叶片时,从正面沿叶脉啃食叶肉,被取食的叶片仅留透明的下表皮,在叶片上形成白色竖长条斑,长不超过 30 mm,宽不超过 1 mm(图 4-a)。幼虫主要为害水稻根部,将稻根咬断,造成地上部分生长缓慢,影响分蘖,使秧苗黄化枯萎。此外,还可为害禾本科

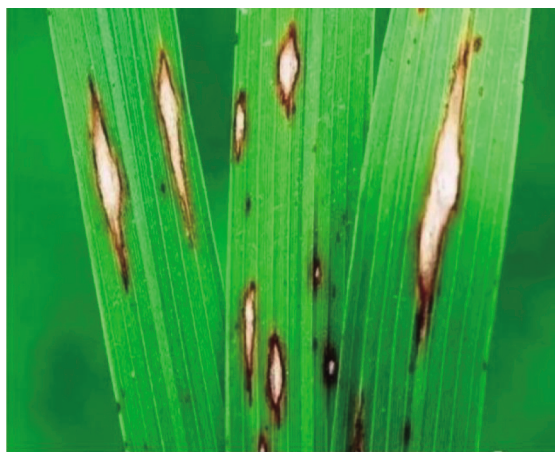
(Poaceae)、泽泻科 (Alismataceae)、鸭跖草科 (Commelinaceae)、莎草科 (Cyperaceae) 等杂草。

**1.4.2 发生规律。**2014 年 5 月 8 日,在豫南稻区信阳市商城县首次发现稻水象甲<sup>[18]</sup>。稻水象甲在当地一般于 3 月上中旬越冬成虫出土,以为害再生稻移栽田或一季中稻秧田为主,先在水稻冬闲田及其周边杂草上开始为害,4 月上旬,再生稻移栽后,越

冬代成虫转移到再生稻移栽田为害,以 5 月底前 (分蘖期以前) 为害再生稻为主,再生稻转入孕穗期后,因叶片较硬、食料不适,其转到杂草或中稻上继续为害。蛹期在 6 月中下旬至 7 月上旬、6 月下旬至 7 月中旬,第 1 代成虫羽化后继续为害中稻或杂草,直到 8 月底至 9 月上旬转至杂草或土里越冬 (图 4-b)。



a. 穗颈瘟发病症状



b. 稻瘟病梭形病斑

图 3 稻瘟病



a. 为害状



b. 成虫

图 4 稻水象甲

## 1.5 稻螟虫

稻螟虫属鳞翅目螟蛾科,也称钻心虫,包括大螟 (*Sesamia inferens*) (图 5-a)、二化螟 (图 5-b)、三化螟 (*Tryporyza incertulas*) (图 5-c), 为害再生稻一般以二化螟为优势种群。

**1.5.1 为害症状。**螟虫在苗期及分蘖期为害造成枯心,在孕穗期造成枯孕穗,在穗期造成白穗、虫伤株,从而影响水稻的产量与品质,轻者损失 10%,重者损失 30%,甚至导致颗粒无收<sup>[19]</sup>。

**1.5.2 二化螟发生规律。**当地越冬代成虫 4 月中旬始见,5 月上、中旬盛发,因越冬场所的不同,羽化不整齐,可一直持续到 6 月上旬,第 1 代幼虫在 5 月中下旬至 6 月中旬可为害再生稻,造成枯鞘、枯心。

第 2 代幼虫于 7 月中下旬发生,可造成头季稻白穗。二化螟对禾本科的寄主都能造成危害,如茭白、芦苇等。近年来,机插秧、直播稻、粳稻、麦茬稻等种植方式多样化,水稻生育期参差不齐,“桥梁田”和“虫源田”多,造成二化螟发育十分不整齐,危害时间延长。

## 1.6 稻纵卷叶螟

**1.6.1 为害症状。**稻纵卷叶螟属鳞翅目螟蛾科,为迁飞性害虫,有趋绿的特性。以幼虫吐丝将稻叶纵卷成苞,在苞内取食上表皮和叶肉组织,造成白叶,影响水稻光合作用,造成水稻不同程度的减产,因食料和天气原因,世代重叠现象严重,降雨、湿度大,有利于其发生、繁殖,在豫南稻区不能越冬 (图 6)。



**1.6.2 发生规律。**在豫南稻区一般发生 4~5 代,从南方迁飞来的第 1 代一般发生在 6 月中旬至 7 月初,零星发生,第 2 代和第 3 代为主害代,以 7—8 月份为害中稻、粳稻、麦茬稻为主,因再生稻头季于 7 月上旬已抽穗、进入灌浆期,叶片相对较硬,卷叶困难,几

乎对再生稻头季不造成危害。9 月上中旬,其他粳稻进入灌浆期,中稻已收割或即将收割,再生稻再生季处于抽穗期,第 4 代、第 5 代转移到再生稻田继续繁殖、为害。



a.大螟;b.二化螟;c.三化螟。从左向右依次为成虫、卵块、虫蛀状、幼虫

图 5 螟虫

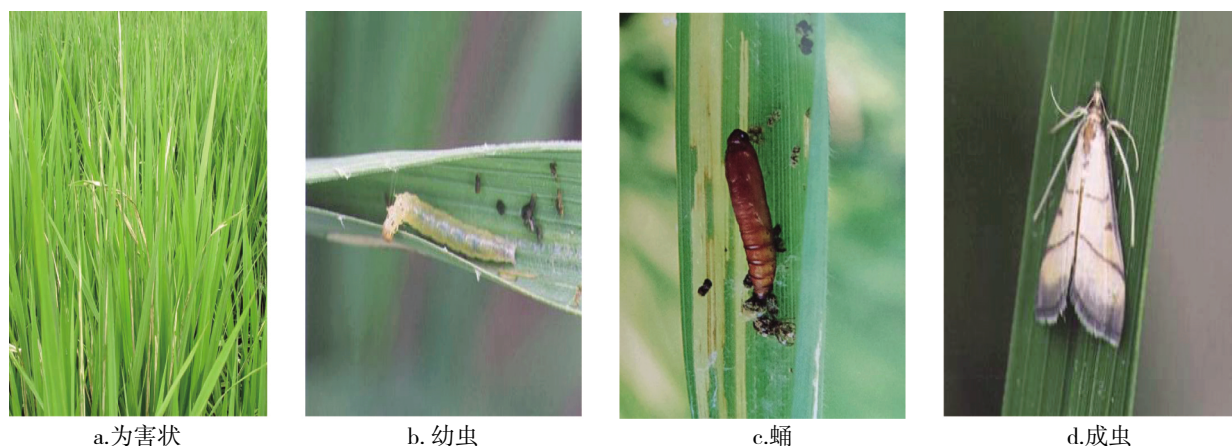


图 6 稻纵卷叶螟

### 1.7 其他病虫害

稻飞虱:近 10 年间,稻飞虱对再生稻头季和再生季均未造成危害,究其原因,是再生稻头季收获在 8 月上中旬,收获后,植株下面通透、光照充足;再生季抽穗后,加上部分稻株碾压,对再生季的腋芽生长造成一定影响,使田间不会过于郁蔽,从而不利于稻飞虱繁殖、为害。

其他常见病害如稻曲病,是一种气候性病害,若抽穗扬花期遇雨,其发生的概率较高,反之,基本不发生或发生较轻。据气象资料分析,豫南稻区 6 月底至 7 月上旬,雨水相对较少,稻曲病对再生稻影响不大。因农户十分注重药剂浸种等措施,恶苗病基本不发生或很少发生。

## 2 防治建议

在再生稻病虫害防治中,应推广“生态、绿色、高效”的绿色防控技术模式,突出以平衡稻田生态系统、增强自然控害能力为重点,以选用抗(耐)病虫害品种、开展健身栽培为基础,优先采用生态调控、理化诱控、生物防治等非化学防治技术,合理应用高效低风险农药应急防治,达到提高稻米品质、保护生态环境的目的。

### 2.1 强化农业防治

农业防治是做好病虫害防治的基础,可达到事半功倍的效果。选用抗病虫品种一直是最经济有效的防治方法<sup>[20]</sup>;种子消毒、药剂拌种可有效预防恶苗病、稻瘟病等发生;在螟虫的化蛹高峰期进行翻耕灌水,低茬收割的也可直接灌水灭蛹,可减少 70% 左右的越冬虫量<sup>[21]</sup>;田边打涝菌核,可有效降低纹枯病的发生程度;采用健身栽培<sup>[22-23]</sup>,科学管水,干湿交替,浅水分蘖,及时晒田,使田间水稻群体控制在合理水平,防止田间水稻群体生长旺盛而致田间郁蔽,从而降低病虫害(特别是水稻纹枯病)的发生概率。

### 2.2 重视物理防治

利用害虫的趋光特性,使用频振式杀虫灯诱杀水稻螟虫、稻纵卷叶螟、稻飞虱等主要害虫的成虫,降低虫口基数。每公顷可设置 1 个黑光灯或频振式杀虫灯来诱杀成虫。或使用专一的昆虫性信息素诱芯并配合干式诱捕器,进行群集诱杀螟虫,也可采用性信息素智能喷施装置,干扰水稻害虫的求偶和交配行为,进而降低病虫种群基数<sup>[24]</sup>。

### 2.3 加强生物防治

**2.3.1 稻鸭共作。**稻鸭共作技术是一项省工节本增效、种养结合的生态型综合农业技术<sup>[25]</sup>,该技术可通过鸭子的取食和活动及其产生的中耕浑水效果,减轻水稻田间纹枯病、稻纵卷叶螟、稻飞虱和杂草等病虫草害的发生,从而减少农药使用量<sup>[26]</sup>。

**2.3.2 保护和利用天敌。**稻田中捕食性天敌主要有青蛙、蜘蛛、盲蝽、隐翅虫、步甲、捕食螨等,对田间害虫种群数量起着重要作用,可以减少或者替代化学杀虫剂的使用。赤眼蜂把卵产到螟虫、稻纵卷叶螟等害虫的卵里,从而实现寄居,使害虫卵不能正常生长发育,从而达到防治效果。放蜂时间以蛾始盛期开始效果最佳<sup>[27]</sup>。湛江华等研究表明,放蜂 4 万头/667 m<sup>2</sup>,放蜂 3 次后再化学防治 1 次能显著提高对二化螟的综合防治效果,其防效与化学防治 2 次的防治效果相当<sup>[28]</sup>。生产中,应根据螟虫的实际发生情况来确定合理的放蜂时间、放蜂量和放蜂次数。

**2.3.3 生物农药防治。**穆静娟等证实枯草芽孢杆菌 M29 对水稻纹枯病菌有抑制作用<sup>[29]</sup>;蒋鹏等研究表明,苏云金杆菌可湿性粉剂对螟虫防效均在 93% 以上<sup>[30]</sup>;邓方坤等研究表明,甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂对水稻稻纵卷叶螟的 14 d 防效达 86% 以上<sup>[31]</sup>。生产上建议推荐应用生物农药防治,如井冈霉素、枯草芽孢杆菌、春雷霉素、苏云金杆菌等防治再生稻病虫害,可有效降低稻米中的农药残留,提高稻米品质,保护生态环境。

### 2.4 利用化学防控

综合以上措施,在达到防治指标以上时,采用化学防治是补救措施,要选用低毒、低残留、环境友好型的药剂,如可用噻虫嗪、阿维菌素、氯虫苯甲酰胺等防治稻水象甲;可用噻菌酯、噻呋酰胺、爱苗等防治纹枯病;可用阿维菌素、氯虫苯甲酰胺等防治螟虫;可用三环唑、稻瘟酰胺等防治稻瘟病,尽量在发病前期和初期施药,并注意轮换用药,以降低抗药性。

## 3 结论和展望

立枯病、稻水象甲、纹枯病已上升为豫南稻区再生稻的重要病虫害。因传统种植习惯,种植户常常按中稻的种植模式去管理再生稻,往往起不到应有的效果,因此农业主管部门要加强宣传、培训,让

种植户了解掌握再生稻的相关知识,农业植保部门要加强监测预警,及时发布病虫害情报,为科学指导再生稻病虫害防治提供参考。课题组下一步将从影响立枯病的发病因素入手,探明其发病机理,从育秧大棚管理、育秧保护剂研制、提高秧苗素质等方面进行研究,最大程度降低苗期立枯病发病率,解决“有钱买种、无钱买苗”的困境,使再生稻真正成为豫南稻区保障粮食安全的重要作物。

## 参考文献:

- [1] 徐富贤,熊洪,张林,等.再生稻产量形成特点与关键调控技术研究进展[J].中国农业科学,2015,48(9):1702-1717.
- [2] 丰大清,刘祥臣,刘春增,等.豫南稻区再生稻气候适宜性分析与探索[J].山东农业科学,2012,44(7):41-44.
- [3] 刘祥臣.豫南再生稻精确定量栽培技术手册[M].长春:东北师范大学出版社,2021:44.
- [4] 赵兴红.黑龙江省水稻立枯病菌的分离鉴定、分布和遗传多样性研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2013:3.
- [5] 刘金鑫.黑龙江省水稻立枯病菌的种群结构及遗传多样性分析[D].哈尔滨:东北农业大学,2020:1.
- [6] 周燮,曹显祖.早稻烂秧及其防治[M].上海:上海科学技术出版社,1978:12.
- [7] 李永实,李淑琴,董鲁萍,等.水稻盘土育秧立枯病的防治研究[J].东北农业科学,1984(1):47-55.
- [8] 孙岩,陈德强,马红友.近年寒地水稻育苗床立枯病发生重的原因与对策[J].种子世界,2012(1):47.
- [9] 王永华.水稻立枯病的防治技术[J].种子世界,2012(3):43-44.
- [10] LARRÁN S, SANTAMARINA SIURANA M P, ROSELLÓ CASELLES J, et al. *Fusarium sudanense*, endophytic fungus causing typical symptoms of seedling blight and seed rot on wheat[J]. Journal of King Saud University-Science, 2020, 32(1):468-474.
- [11] 崔世勇.水稻大棚育苗立枯病防治技术[J].北方水稻,2012, 42(3):62-63.
- [12] 孟庆忠,刘志恒,王鹤影,等.水稻纹枯病研究进展[J].沈阳农业大学学报,2001,32(5):376-381.
- [13] 孟琳.水稻纹枯病的化学防治及几种复配药剂药效评价[D].南京:南京农业大学,2013:3.
- [14] 林凌.水稻稻瘟病发生情况及综合防治现状[J].北京农业,2014(15):109.
- [15] 李明友.江苏省粳稻品种/系抗稻瘟病优异基因和基因组合分析[D].扬州:扬州大学,2021:2.
- [16] 丁玉芝.稻水象甲的发生与防治[J].植物保护,2002,28(2):57.
- [17] 马苗,姜春燕,秦萌,等.全国农业植物检疫性昆虫的分布与扩散[J].应用昆虫学报,2018,55(1):1-11.
- [18] 黄华,贺焕志,吴一兵.信阳市稻水象甲发生危害及综合防控措施[J].河南农业,2018(16):37-38.
- [19] 钟雪明,王晔青,曹梦娇,等.耕作制度演变对水稻螟虫发生为害的影响[J].中国植保导刊,2018,38(6):30-35.
- [20] 叶恭银,方琦,徐红星,等.我国水稻螟虫发生及治理研究进展[J].植物保护,2023,49(5):167-180.
- [21] 郭荣,韩梅,束放.减少稻田用药的病虫害绿色防控策略与措施[J].中国植保导刊,2013,33(10):38-41.
- [22] 王清清,姚艳红,罗莹,等.长沙市水稻病虫害发生情况及防控建议[J].湖南农业科学,2022(8):58-62.
- [23] 徐红星,郑许松,田俊策,等.我国水稻害虫绿色防控技术的研究进展与应用现状[J].植物保护学报,2017,44(6):925-939.
- [24] 刘万才,刘振东,朱晓明,等.我国昆虫性信息素技术的研发与应用进展[J].中国生物防治学报,2022,38(4):803-811.
- [25] 孙星星,王凯,李红阳,等.江苏沿海农区水稻病虫害绿色防控技术研究进展[J].江苏农业科学,2018,46(14):6-8.
- [26] 甄若宏,王强盛,沈晓昆,等.我国稻鸭共作生态农业的发展现状与技术展望[J].农村生态环境,2004,20(4):64-67.
- [27] 姜海平,朱凤,蔡超,等.应用性诱剂监测结果指导赤眼蜂防控水稻二化螟[J].中国农技推广,2018,34(2):69-71.
- [28] 湛江华,狄蕊,肖山,等.稻螟赤眼蜂防治早稻一代二化螟的应用技术[J].浙江农业科学,2024,65(11):2676-2679.
- [29] 穆静娟,焦加国,葛新成,等.植物病原真菌广谱拮抗菌M29的筛选、鉴定及其抑菌机制[J].南京农业大学学报,2017,40(1):84-92.
- [30] 蒋鹏,徐富贤,刘茂,等.不同生物农药对杂交中稻齐穗期螟虫的防治效果及产量的影响[J].中国稻米,2019,25(6):95-97.
- [31] 邓方坤,李永平,祁琪,等.甘蓝夜蛾核型多角体病毒杀虫剂防治水稻害虫效果及增产作用[J].湖北植保,2014(6):27-29.

(下转第54页)

朱江艳,王圣毅,郝玉峰,等. 膜下滴灌水稻品质性状的相关性及主成分分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):15–19(2025–04–25).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.003.

# 膜下滴灌水稻品质性状的相关性及主成分分析

朱江艳,王圣毅\*,郝玉峰,李 丽,杨佳康,赵双玲,柯璐瑶,李高华

[新疆天业(集团)有限公司,新疆 石河子 820011]

**摘要:**为膜下滴灌水稻选种与品质改良提供参考,以 25 个水稻品种(系)为材料,分析 11 项主要品质性状。结果表明:不同品种品质性状差异明显,垩白度、垩白粒率、透明度、整精米率变异系数超 20%(其中垩白度、垩白粒率超 59%);性状间存在相关性,如精米率与糙米率( $r=0.637$ )、整精米率与粒长( $r=0.815$ )等呈极显著正相关,蛋白质与直链淀粉( $r=-0.901$ )、食味值( $r=-0.881$ )呈极显著负相关。主成分分析显示,前 3 个主成分总方差贡献率达 82.486%,其中第 1 主成分(食味值因子)贡献率 33.940%,第 2 主成分(粒型因子)贡献率 25.571%,第 3 主成分(碾米品质因子)贡献率 22.975%,因此,品种选育时应在稳定碾磨品质中整精米率的基础上,降低垩白率和垩白度,适当提高直链淀粉含量,增强适口性,从而达到提高稻米品质的育种目标。

**关键词:**水稻;滴灌;品质性状;相关性;主成分分析

中图分类号:S511

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20240106

作为世界上 13 个贫水国家之一,我国水资源十分短缺,人均水资源占有量仅为世界人均占有量的 1/4,且水资源利用率极为低下<sup>[1]</sup>,2023 年农田灌溉水有效利用系数为 0.576<sup>[2]</sup>。水稻作为农业领域的用水大户,节水栽培技术的研究显得尤为重要。新疆天业(集团)有限公司(以下简称新疆天业)在这一领域取得了显著进展,公司团队所研发的膜下滴灌水稻技术作为一项高效节水创新栽培技术于 2009 年初步成型,在 2013 年申请国家发明专利(CN201310738334.4)并于 2015 年获得授权。2018 年,新疆天业携其膜下滴灌技术培育的水稻品牌——“天业香禾”,在第二届中国(三亚)国际水稻论坛优质稻米评选活动中荣获“中国十大优质稻米”称号。自 2011 年起,团队赴新疆南北疆<sup>[3]</sup>、宁夏<sup>[4]</sup>等多地开展示范种植与推广,均获得良好经济效益和社会效益。随着人们生活水平的提升,稻米消费趋势已从满足基本温饱转向追求适口性更佳品种<sup>[5]</sup>。大米品质涵盖多个方面:加工品质(糙米率、精米率、整精米率)、外观品质(粒长、长宽比决定形状,垩白粒率、垩白度、透明度)、理化品质(直链淀粉、蛋白

质含量)以及食味品质(食味值)。前人对稻米品质性状的相关性已进行过探讨:徐大勇等研究发现,粳稻的粒长与长宽比与其垩白率和垩白度呈显著正相关<sup>[6-8]</sup>;王彤等在辽宁滨海稻区的研究中,同样证实垩白粒率与垩白度呈极显著正相关,并且食味值与白度、透明度、精白度、口感、光泽及米饭综合评分均表现出极显著的正相关<sup>[7]</sup>;布哈丽且木·阿不力孜等则指出,不同粳稻品种间的垩白度与垩白率、糙米率与精米率均存在极显著的正相关<sup>[9]</sup>;郑英杰在研究辽宁滨海稻区的水稻新品系时强调,直链淀粉含量与食味值之间存在极显著的负相关关系<sup>[9]</sup>。

主成分分析法作为一种综合评价与分析作物众多品质性状的方法,广泛应用于作物种质资源研究与品种选育领域<sup>[9]</sup>。然而,针对膜下滴灌栽培模式下的作物进行主成分分析的相关报道较少。笔者通过对 25 个水稻品种(系)品质性状进行主成分分析,为水稻品种选育提供一定的科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以近年收集的 25 份膜下滴灌水稻种质资源为研究材料,供试材料来自于宁夏地区 4 个(X1—X4)、新疆农业科学院 8 个(X5—X12)、东北地区 6 个(X13—X18)和自育的 7 个(X19—X25),具体见表 1。

收稿日期:2024-10-24;修回日期:2025-04-22。

基金项目:兵团重点领域科技攻关计划(2023AB017-01)。

作者简介:朱江艳(1979—),女,硕士,高级农艺师,主要从事作物栽培技术研究。Email: 26560640@qq.com。

\* 通信作者:王圣毅(1985—),男,高级农艺师,主要从事工农一体化研究。Email: 917567161@qq.com。



表 1 试验品种(系)及来源

| 品种(系)                                                                                              | 来源                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 宁梗 28(X1)、富源 4 号(X2)、宁梗 33(X3)、宁梗 53(X4)                                                           | 宁夏农林科学院             |
| 新农梗伊 3 号(X5)、农林 315(X6)、新稻 36 号(X7)、创新 918(X8)、<br>粮梗 5 号(X9)、新稻 56 号(X10)、伊梗香 1 号(X11)、SD7-7(X12) | 新疆农业科学院             |
| 东农 429(X13)、龙洋 1 号(X14)、农源超大稻 20(X15)、农源香 3 号(X16)、<br>农源香 3 号(X17)、庆林 998(X18)                    | 东北农业大学水稻研究所         |
| t-201(X19)、t-43(X20)、t-181(X21)、t-13-5 杂(X22)、t-13-23 杂(X23)、<br>t-04(X24)、t-13 杂 27(X25)          | 新疆天业(集团)有限公司天业农业研究所 |

## 1.2 试验区概况

试验田位于新疆石河子天业农业研究所所部基地(86°01' E、44°26.5' N, 海拔 429 m), 无霜期 168 ~ 172 d,  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  活动积温 4 023 ~ 4 118  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温 3 570 ~ 3 729  $^{\circ}\text{C}$ , 年降水量 110 ~ 200 mm, 年蒸发量 1 000 ~ 1 500 mm。试验土壤质地为壤土, 耕作层有机质含量(质量分数, 下同)为 30.2 g/kg、速效氮含量 93.65 mg/kg、速效磷含量 30.8 mg/kg、速效钾含量 316 mg/kg, pH 值为 7.6, 前茬种植膜下滴灌水稻。

## 1.3 试验设计及栽培模式

试验采用随机区组设计, 每个材料设置 3 个重复, 25 个品种(系)共 75 个小区, 每个小区面积为 23 m<sup>2</sup>。材料成熟时, 取样在室内进行考种, 小区实收计算产量。采用膜下滴灌种植、1 条膜 2 条滴灌带种植 4 行的栽培模式, 膜宽 1.15 m, 膜边盖土后的幅宽为 1.4 m。

## 1.4 田间管理

膜下滴灌水稻于 2024 年 4 月 23 日播种; 膜下滴灌水稻全生育期内滴水 26 次, 共计 775 m<sup>3</sup>/667 m<sup>2</sup>, 施尿素 52 kg/667 m<sup>2</sup>、大量元素水溶性肥料 30 kg/667 m<sup>2</sup>。

## 1.5 数据分析方法

使用 Excel 2020 和 SPSS 30.0 软件对试验所得数据进行统计分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 膜下滴灌栽培水稻品种(系)主要品质性状的表现及差异情况

由表 2 可知, 25 份水稻品种(系)糙米率均值为 82.42%, 精米率均值 73.54%, 整精米率均值 57.87%, 粒长均值 4.00 mm, 长宽比均值 1.65, 垩白粒率均值

10.58%, 垩白度均值 3.38%, 透明度均值 1.24 级, 直链淀粉含量均值 18.18%, 蛋白质含量均值 7.62%, 食味值均值 81.89 分。不同膜下滴灌水稻品种(系)品质性状间变异系数差异较大, 其中垩白度的变异系数最大为 73.88%, 变幅为 0.36% ~ 11.68%; 其次是垩白粒率的变异系数为 59.61%, 变幅为 2.50% ~ 26.83%; 透明度的变异系数为 28.80%, 变幅为 1.00 ~ 2.00 级; 整精米率的变异系数为 21.85%, 变幅为 23.47% ~ 71.81%; 蛋白质含量的变异系数为 14.72%, 变幅为 5.30% ~ 9.53%; 粒长的变异系数为 10.39%, 变幅为 3.10 ~ 4.77 mm; 直链淀粉含量的变异系数为 10.00%, 变幅为 14.00% ~ 21.50%; 长宽比的变异系数为 9.03%, 变幅为 1.40 ~ 2.19; 食味值的变异系数为 5.26%, 变幅为 75.67 ~ 89.33 分; 精米率的变异系数为 2.47%, 变幅为 69.71% ~ 76.60%; 糙米率的变异系数为 1.65%, 变幅为 79.28% ~ 84.53%。

## 2.2 膜下滴灌水稻品种(系)品质性状的相关性分析

双侧检验条件下, 表 3 展示了膜下滴灌水稻品种(系)品质性状的相关矩阵, 其中包括了糙米率、精米率、整精米率、粒长、长宽比、垩白粒率、垩白度、透明度、直链淀粉、蛋白质和食味值等多个性状之间的相关系数。相关系数反映了不同性状之间的线性关系强度和方向。精米率与糙米率呈极显著正相关( $r=0.637$ ), 表明糙米率高的品种往往精米率也较高。整精米率与粒长呈极显著正相关( $r=0.815$ ), 说明米粒较长的品种整精米率也较高。长宽比与粒长呈极显著正相关( $r=0.734$ ), 表明米粒越长, 长宽比也越大。垩白粒率与垩白度呈极显著正相关( $r=0.956$ ), 说明垩白粒率高的品种垩白度也较高。直链淀粉与食味值呈极显著正相关( $r=0.677$ ), 这可能意味着直链淀粉含量较高的品种食味值也较好。蛋白质与直链淀粉呈极显著负相关( $r=-0.901$ ), 表明直链淀粉含量高的品种蛋白质含量往往较低。蛋

白质与食味值呈极显著负相关( $r = -0.881$ ),这可能意味着蛋白质含量较高的品种食味值较差。整精米率与精米率呈显著正相关( $r = 0.404$ ),但相关性不如糙米率与精米率之间强。透明度与其他性状的相

关性普遍较弱,仅与垩白粒率、垩白度呈显著正相关。粒长与长宽比呈极显著正相关,与垩白粒率、垩白度呈正相关,但相关性并不显著。

表 2 膜下滴灌水稻品种(系)品质性状的变异情况

|           | 极小值   | 极大值   | 均值    | 标准差   | 方差     | 变异系数(CV)/% |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|
| 糙米率 /%    | 79.28 | 84.53 | 82.42 | 1.36  | 1.85   | 1.65       |
| 精米率 /%    | 69.71 | 76.60 | 73.54 | 1.82  | 3.31   | 2.47       |
| 整精米率 /%   | 23.47 | 71.81 | 57.87 | 12.64 | 159.87 | 21.85      |
| 粒长 /mm    | 3.10  | 4.77  | 4.00  | 0.42  | 0.17   | 10.39      |
| 长宽比       | 1.40  | 2.19  | 1.65  | 0.15  | 0.02   | 9.03       |
| 垩白粒率 /%   | 2.50  | 26.83 | 10.58 | 6.31  | 39.77  | 59.61      |
| 垩白度 /%    | 0.36  | 11.68 | 3.38  | 2.50  | 6.24   | 73.88      |
| 透明度 /级    | 1.00  | 2.00  | 1.24  | 0.36  | 0.13   | 28.80      |
| 直链淀粉含量 /% | 14.00 | 21.50 | 18.18 | 1.82  | 3.31   | 10.00      |
| 蛋白质含量 /%  | 5.30  | 9.53  | 7.62  | 1.12  | 1.26   | 14.72      |
| 食味值 /分    | 75.67 | 89.33 | 81.89 | 4.31  | 18.59  | 5.26       |

表 3 膜下滴灌水稻品种(系)品质性状的相关矩阵

|      | 糙米率     | 精米率    | 整精米率    | 粒长      | 长宽比    | 垩白粒率    | 垩白度     | 透明度    | 直链淀粉     | 蛋白质      | 食味值 |
|------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|----------|----------|-----|
| 糙米率  | 1       |        |         |         |        |         |         |        |          |          |     |
| 精米率  | 0.637** | 1      |         |         |        |         |         |        |          |          |     |
| 整精米率 | 0.316   | 0.404* | 1       |         |        |         |         |        |          |          |     |
| 粒长   | 0.035   | 0.295  | 0.815** | 1       |        |         |         |        |          |          |     |
| 长宽比  | -0.030  | 0.164  | 0.403*  | 0.734** | 1      |         |         |        |          |          |     |
| 垩白粒率 | -0.009  | -0.210 | 0.050   | 0.171   | -0.097 | 1       |         |        |          |          |     |
| 垩白度  | 0.074   | -0.168 | 0.080   | 0.150   | -0.095 | 0.956** | 1       |        |          |          |     |
| 透明度  | -0.280  | -0.187 | 0.092   | 0.283   | 0.280  | 0.483*  | 0.430*  | 1      |          |          |     |
| 直链淀粉 | 0.301   | 0.289  | 0.188   | 0.105   | -0.198 | 0.309   | 0.322   | -0.281 | 1        |          |     |
| 蛋白质  | -0.238  | -0.020 | 0       | 0.124   | 0.359  | -0.470* | -0.488* | 0.158  | -0.901** | 1        |     |
| 食味值  | -0.003  | -0.236 | -0.199  | -0.160  | -0.325 | 0.611** | 0.552** | 0.035  | 0.677**  | -0.881** | 1   |

注:\*\*表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关,\*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

### 2.3 膜下滴灌水稻的品质性状主成分分析

为深入探究膜下滴灌水稻各因子对其性状表型构成的具体影响,对供试膜下滴灌水稻品种的糙米率、精米率、整精米率、粒长、长宽比、垩白粒率、垩白度、透明度、直链淀粉含量、蛋白质含量以及食味值这 11 项关键品质性状进行了详细分析(表 4)。通过提取主成分分析发现,前 3 个主成分的总方差贡献率高达 82.486%,充分表明这 3 个主成分能够有效地概括和反映膜下滴灌水稻的大部分品质

特性。

第 1 主成分的贡献率为 33.940%,并以食味值、蛋白质、垩白度、垩白粒率和直链淀粉的分量值较高,分别是 0.913、-0.911、0.767、0.774、0.748。由该特征作为线性组合系数而得到的综合指标如果较大,则对应的食味值、垩白度、垩白粒率和直链淀粉含量都较高,蛋白质对应的贡献率为负数,说明蛋白质含量低。将第 1 主成分称为食味值因子。第 2 主成分的贡献率为 25.571%,并以粒长、整精米率和

长宽比的分量值较高,分别为 0.912、0.865 和 0.658,由该特征作为线性组合系数而得到的综合指标如果较大,则对应的粒长、整精米率和长宽比都较高,将第 2 主成分称为粒型因子。第 3 主成分的贡献率为 22.975%,并以透明度、糙米率和精米率的

分量值较高,分别为 0.788、-0.643 和 -0.622,将第 3 主成分称为碾米品质因子。特征值前 3 个主成分反映了总信息量的 82.486%,基本代表了 11 个原始指标中的绝大部分信息,可以用这几个主成分对品质性状进行概括。

表 4 膜下滴灌水稻品质性状的主成分分析

|          | 主成分分析  |        |        |
|----------|--------|--------|--------|
|          | 1      | 2      | 3      |
| 糙米率      | 0.142  | 0.381  | -0.643 |
| 精米率      | -0.123 | 0.548  | -0.622 |
| 整精米率     | -0.071 | 0.865  | -0.102 |
| 粒长       | -0.109 | 0.912  | 0.209  |
| 长宽比      | -0.392 | 0.658  | 0.279  |
| 垩白粒率     | 0.774  | 0.215  | 0.491  |
| 垩白度      | 0.767  | 0.238  | 0.429  |
| 透明度      | 0.083  | 0.263  | 0.788  |
| 直链淀粉     | 0.748  | 0.230  | -0.482 |
| 蛋白质      | -0.911 | -0.011 | 0.309  |
| 食味值      | 0.913  | -0.132 | 0.009  |
| 特征值      | 3.623  | 2.703  | 2.307  |
| 贡献率 /%   | 33.940 | 25.571 | 22.975 |
| 累计贡献率 /% | 33.940 | 59.511 | 82.486 |

### 3 讨论与结论

膜下滴灌种植水稻的方法不同于水田种植,这种种植方式全生育期不建立水层,但覆膜滴灌方式由于较好的蓄水保墒能力<sup>[10]</sup>,即使在非充分灌溉的条件下,依然可以让土壤水分保持在满足水稻生长的水平,起到了较好的节水稳产效果<sup>[11]</sup>。稻米品质性状的表现是由性状本身的遗传特性及外界环境共同作用的结果,而品种本身的性状表现起主要作用<sup>[12]</sup>。本文对膜下滴灌水稻的 11 个关键品质性状进行分析,结果显示,各品质性状间的变异系数存在明显差异,由大到小排列依次是:垩白度 > 垩白粒率 > 透明度 > 整精米率 > 蛋白质含量 > 粒长 > 直链淀粉含量 > 食味值 > 精米率 > 糙米率,其中垩白度、垩白粒率、透明度和整精米率的变异系数较大,均超过 20%,尤其是垩白度和垩白粒率的变异系数超过了 59%。这表明不同水稻品种(系)在品质性状上存在广泛变异,尤其是垩白度等部分性状表现出

了较大选择潜力,为水稻品种后续改良提供丰富的遗传材料。

有研究认为,稻米垩白、直链淀粉以及透明度等是影响北方粳稻品质的主要因子,而与外观品质有关的粒形、垩白及透明度对其他品质影响很大<sup>[12]</sup>。本试验结果表明,品质性状之间存在复杂的相关性。糙米率与精米率( $r = 0.637$ )、整精米率与粒长( $r = 0.815$ )、长宽比与粒长( $r = 0.734$ )、垩白粒率与垩白度( $r = 0.956$ )、直链淀粉与食味值( $r = 0.677$ )呈极显著正相关;蛋白质与直链淀粉( $r = -0.901$ )、蛋白质与食味值( $r = -0.881$ )呈极显著负相关。长宽比与粒长呈极显著正相关,这与徐大勇等研究结果<sup>[5]</sup>类似。垩白粒率与垩白度呈极显著正相关,这与王彤等研究结果<sup>[7-8]</sup>一致。直链淀粉与食味值呈极显著正相关,而郑英杰认为直链淀粉含量与食味值呈极显著负相关( $r = -0.849$ )<sup>[9]</sup>,这与本试验结论不一致,其原因在于试验中可能受到遗传、环境、栽培方式和管理等多种因素的影响,但相互关系不会变。

稻米品质性状间存在复杂的相互关系,因此在进行品质育种时要协调好品质性状间的关系。优质水稻新品种选育时应在稳定碾磨品质中的整精米率的基础上,降低垩白率、垩白度和直链淀粉含量,提高蛋白质含量,并兼顾其他性状的改良。本试验选取试材仅为部分引进和自育的新品种(系),并不能代表目前膜下滴灌稻米品质现状。本试验下一步将扩大选取有代表性的主栽品种,研究目前新疆稻米品质的最新状况,并结合实际提出稻米品质的改良途径,为膜下滴灌条件下种植优质水稻选育提供一定的理论基础。

#### 参考文献:

- [1] 银永安,陈 林,王永强,等. 膜下滴灌水稻技术优势及在宁夏推广前景分析[J]. 北方水稻,2013,43(5):34-36.
- [2] 李 娜. 人民日报:我国用水效率和效益持续提升(新数据 新看点) [EB/OL]. (2024-03-26)[2024-10-24]. [http://www.mwr.gov.cn/xw/mtzs/mmrh/202403/t20240326\\_1707831.html](http://www.mwr.gov.cn/xw/mtzs/mmrh/202403/t20240326_1707831.html).
- [3] 代晓华,马洪文,王 昕,等. 粳稻农艺性状与品质性状的遗传相关性[J]. 宁夏农林科技,2006,47(6):29-30,18.
- [4] 马 静,孙建昌,安永平,等. 宁夏育成粳稻品种(系)品质相关性分析及主成分分析[J]. 种子,2011,30(10):89-91.
- [5] 徐大勇,金 军,杜 永,等. 江苏省主要高产粳稻品种品质性状分析[J]. 江苏农业学报,2002,18(4):203-207.
- [6] 金成海,杨 峰,金京花,等. 吉林省中晚熟水稻新品种(品系)米质情况分析与探讨[J]. 东北农业科学,2023,48(6):6-9.
- [7] 王 彤,陈广红,王绍林,等. 辽宁滨海稻区水稻品质性状分析[J]. 北方水稻,2023,53(3):18-20.
- [8] 布哈丽且木·阿不力孜,袁 杰,张燕红,等. 不同粳稻品种(系)稻米品质性状分析[J]. 新疆农业科学,2022,59(6):1347-1355.
- [9] 郑英杰. 辽宁滨海稻区水稻新品系品质性状分析[J]. 中国农学通报,2015,31(24):1-5.
- [10] 齐智娟,冯 浩,张体彬,等. 覆膜耕作方式对河套灌区土壤水热效应及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报,2016,32(20):108-133.
- [11] 何进宇,刘飞杨,马 波,等. 不同旱作节水灌溉条件对土壤理化性质及水稻产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2023,41(1):121-127.
- [12] 李庆林,李光太,郭桂珍,等. 日本育成的主要优质米水稻品种及其亲缘[J]. 作物品种资源,1993(4):40-41.

## Correlation and Principal Component Analysis of Quality Traits of Rice Under Mulched Drip Irrigation

ZHU Jiangyan, WANG Shengyi, HAO Yufeng, LI Li, YANG Jiakang, ZHAO Shuangling, KE Luyao, LI Gaohua  
[Xinjiang Tianye (Group) Co., Ltd., Shihezi 820011, China]

**Abstract:** To provide reference for variety selection and quality improvement of rice under mulched drip irrigation, this study analyzed 11 main quality traits using 25 rice varieties (lines) as materials. The results showed that there were significant differences in quality traits among different varieties, with coefficients of variation of chalkiness, chalky grain rate, transparency, and head rice rate exceeding 20% (chalkiness and grain rate exceeding 59%). There is a correlation between traits, such as a significant positive correlation between milled rice rate and brown rice rate ( $r = 0.637$ ), a significant positive correlation between head rice rate and grain length ( $r = 0.815$ ), and a significant negative correlation between protein and amylose ( $r = -0.901$ ), as well as taste value ( $r = -0.881$ ). Principal component analysis showed that the total variance contribution rate of the first three principal components reached 82.486%, with the first principal component (taste factor) contributing 33.940%, the second principal component (grain size factor) contributing 25.571%, and the third principal component (rice milling quality factor) contributing 22.975%. Therefore, in variety breeding, the chalky grain rate and chalkiness should be reduced on the basis of stable milled rice rate, and the amylose content should be appropriately increased to enhance palatability, in order to achieve the breeding goal of improving rice quality.

**Key Words:** Rice; Drip irrigation; Quality traits; Correlation; Principal component analysis



郭盼,邵正林,张帅,等. 淮南地区9个杂交水稻品种特性与环境适应性分析[J/OL]. 大麦与谷类科学, 2025, 42(2): 20–26 (2025–03–17).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.004.

# 淮南地区9个杂交水稻品种特性与环境适应性分析

郭盼,邵正林,张帅,高刚强,蔡秀健,陈乃盟,王礼俊  
(江苏省农垦农业发展股份有限公司宝应湖分公司,江苏 金湖 223000)

**摘要:**为优化淮河以南地区杂交水稻品种种植布局,选择9个杂交水稻品种进行试验,通过对其品种特性与环境适应性分析,以筛选出适宜当地生产的高产优质品种。结果表明:苗情方面,荃优458移栽初期茎蘖数高,C两优198分蘖盛期茎蘖数突出,8两优徽香成穗数相对较高且齐穗较早;倒伏情况显示,C两优1598和深两优136有一定抗倒伏性,吨两优900抗倒伏表现较好;考种结果表明,理论产量荃优607最高,实收产量C两优1598最高;深两优136出米率最高,C两优1598和深两优136垩白率较低。综上所述,荃优607、C两优1598、Y两优911总体表现较好。

**关键词:** 杂交稻;宝应湖;品种;产量

**中图分类号:** S511

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-6486-20240124

水稻是我国主要粮食作物,60%以上人口以稻米为主食<sup>[1]</sup>。长江中下游平原及江淮丘陵地区适宜水稻种植,水稻-小麦轮作是主要种植模式<sup>[2]</sup>。近几年,由于杂交稻具有比粳稻早熟、产量高、成本低、药肥使用少的特点<sup>[3-4]</sup>,淮河以南地区杂交稻种植面积逐年增加,2024年占总种植面积的48.1%,种植以深两优862、九优粤禾丝苗、C两优198等品种为主,搭配C两优198、吨两优900、荃优607、荃优458等品种。随着种植面积的增加,杂交稻品种布局不适宜的问题日益显著,种植品种单一,熟期不适宜,抗病抗倒伏能力较弱等问题凸显,亟需调整品种种植结构,优化品种布局。水稻品种对当地生态环境的适应性尤为重要,因此,本研究选择九优粤禾丝苗、深两优136、C两优198、荃优607、C两优1598、8两优徽香、吨两优900、Y两优911、荃优458这9个杂交稻品种,通过杂交稻筛选试验选育适宜当地的高产优质品种,以期优化种植布局。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验作物

杂交水稻品种9个,分别为九优粤禾丝苗、深两优136、C两优198、荃优607、C两优1598、8两

优徽香、吨两优900、Y两优911、荃优458,以九优粤禾丝苗为对照,以上品种均由江苏省大华种业集团有限公司宝应湖分公司提供。

### 1.2 试验地概况

试验地点设在江苏省农垦农业发展股份有限公司宝应湖分公司外拓基地共和生产区(118.87704°E、33.11256°N),海拔为99 m,属亚热带湿润季风气候带,年平均气温为16.7℃,年均降雨量为1243.4 mm,年均日照总时数2103.7 h。试验田地地势平坦,栽培条件均匀一致,土质为黏土,全氮含量(质量分数,下同)1.9 g/kg、有机质含量31.2 g/kg、速效氮含量138 mg/kg、有效磷含量39.3 mg/kg、速效钾含量204 mg/kg,pH值为7.56,总盐含量0.47 g/kg,电导率17.9 mS/cm,肥力中等,常年进行稻麦轮作,秸秆均常年全量还田。

### 1.3 试验设计

试验共设9个处理,每个水稻品种为1个处理。不设重复,各处理随机条田种植,1个条田种植1个品种,种植面积见表1。

### 1.4 试验调查

水稻于2024年6月12日—16日机插秧播后进行常规水田管理,6月30日开始苗情调查,苗情分9次调查,每个品种定5点取样,3次技术性重复,每点面积为1 m<sup>2</sup>,每个取样点内实地(行距、株距分别为30、16 cm)测算统计基本苗数,连续10穴测量分蘖数,通过观察和计数确定叶龄;使用直尺测量株高(精确到0.1 cm)。10月初左右的极端天气

收稿日期:2024-12-23;修回日期:2025-03-06。

作者简介:郭盼(1983—),男,农艺师,主要从事稻麦栽培与植保研究。Email: m13939159227@163.com。

导致杂交稻倒伏,进行倒伏调查,根据每个品种田间实际情况,实地观察和测量确定倒伏面积比例,采用随机多点抽样法,统计每个点的倒伏株数和总株数,计算倒伏面积比例。灌浆中后期(10月10日)定点取水稻地上部整株进行考种,每个品种3点取样,3次技术性重复,使用直尺测量株高、叶片长度、叶片宽度、节间长度、穗长(精确到0.1 cm),人工数枝梗数和粒数。在收获期进行测产,每个品种3点取样,3次技术性重复,田间实地(行距、株距分别为30、16 cm)测算有效穗数,人工测产<sup>[5-7]</sup>。

表 1 不同品种杂交水稻种植面积

| 品种        | 种植面积 /hm <sup>2</sup> |
|-----------|-----------------------|
| 8 两优徽香    | 6.40                  |
| C 两优 1598 | 6.67                  |
| C 两优 198  | 8.40                  |
| Y 两优 911  | 6.67                  |
| 吨两优 900   | 8.67                  |
| 荃优 458    | 6.67                  |
| 荃优 607    | 6.67                  |
| 深两优 136   | 6.80                  |
| 九优粤禾丝苗    | 6.67                  |

## 1.5 数据统计与分析

试验数据使用 Excel 2019 进行处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 杂交水稻苗情统计分析

对 9 个水稻品种苗情调查发现,在不同时间各品种表现出明显差异。由表 2 可知,移栽初期荃优 458 茎蘖数最高,为 6.7 个/株,九优粤禾丝苗最低,为 4.7 个/株,叶龄上 8 两优徽香增长较快,Y 两优 911 相对滞后。分蘖盛期,C 两优 198 茎蘖数突出,为 24.9 个/株,Y 两优 911 仅 18.3 个/株,叶龄增长速度也因品种而异。生长后期,茎蘖数逐渐稳定并向成穗转化,8 两优徽香成穗数为 18.1 穗/株,高于 Y 两优 911(16.7 穗/株),且各品种齐穗时间不同,如 8 两优徽香 8 月 23 日齐穗,深两优 136 则在 8 月 30 日成穗。综上所述,不同水稻品种在茎蘖数、叶龄变化及成穗特性等苗情方面存在明显差异,这

为水稻精准栽培管理及品种选育提供了重要依据。

### 2.2 杂交水稻倒伏情况分析

对 9 个水稻品种倒伏情况调查表明,品种间差异明显。由表 3 可知,8 两优徽香、C 两优 198、Y 两优 911、九优粤禾丝苗、荃优 458、荃优 607 均出现 100%倒伏,说明这些品种抗倒伏能力较弱。C 两优 1598、深两优 136 抗倒性显著高于 8 两优徽香等品种(倒伏占比 100%),倒伏面积分别占比 50%、40%,相对有一定抗倒伏性。吨两优 900 较其他品种抗倒性更强,倒伏比例仅 20%,表现出较好的抗倒伏特性。这种差异可能与品种的植株形态结构、茎秆强度、根系发达程度等因素有关。

### 2.3 杂交水稻考种分析

对 9 个水稻品种考种情况研究发现,各品种间穗长、总粒数、瘪粒数、实粒数和结实率存在显著差异。由表 4 可知,株高方面,深两优 136 最高,为 119.8 cm;九优粤禾丝苗最矮,为 96.6 cm,穗长特征上存在显著性差异,深两优 136、荃优 607 和吨两优 900 穗形较长,比其他品种显著增加。穗部特征中,吨两优 900、C 两优 198、深两优 136 和荃优 607 的总粒数显著增加,同时吨两优 900、C 两优 198、深两优 136 和荃优 607 的实粒数相比其他品种也显著增加,在结实率方面,九优粤禾丝苗、荃优 458、C 两优 198 和吨两优 900 表现优秀。这些差异反映出不同品种在生长发育过程中对环境资源利用、光合产物分配及自身遗传特性的不同表现。

### 2.4 杂交水稻产量构成要素分析

对 9 个水稻品种产量结构调查发现具有明显差异。由表 5 可知,有效穗数方面,深两优 136 最高,为 258.75 万个/hm<sup>2</sup>;8 两优徽香和九优粤禾丝苗最少,为 222.75 万个/hm<sup>2</sup>。穗粒数上,吨两优 900 最多,为 172 粒/穗;深两优 136 最少,为 134 粒/穗。结实率以九优粤禾丝苗最高,为 89.7%,8 两优徽香相对较低,为 79.3%。千粒质量荃优 607 最大为 27.1 g,荃优 458 最小为 23.9 g。理论产量方面,C 两优 1598、Y 两优 911、九优粤禾丝苗和荃优 607 相比其他品种表现较好;实收产量方面,Y 两优 911、吨两优 900、荃优 458 和 C 两优 1598 相比其他品种表现较好。这些差异表明各品种在产量构成因素上各有优劣,受品种遗传特性、生长发育特性以及对环境适应能力等多因素综合影响。

表 2 不同杂交水稻品种苗情统计

| 品 种          | 实际移 栽日期<br>(月 - 日) | 基本苗 /<br>(万株 / hm <sup>2</sup> ) | 移栽 /<br>叶 龄 / | 06-30              |     | 07-09              |     | 07-16              |      | 07-23              |      | 07-30              |      | 08-06              |      | 08-14              |      | 08-20              |      | 08-23              |     | 齐穗期<br>(月 - 日) |      |       |
|--------------|--------------------|----------------------------------|---------------|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|-----|----------------|------|-------|
|              |                    |                                  |               | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄 | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄 | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄  | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄  | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄  | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄  | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄  | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄  | 茎 蘖 数 /<br>(个 / 株) | 叶 龄 |                |      |       |
|              |                    |                                  |               |                    |     |                    |     |                    |      |                    |      |                    |      |                    |      |                    |      |                    |      |                    |     |                |      |       |
| 8 两优<br>徽 香  | 06-14              | 60.75                            | 4.3           | 6.1                | 6.5 | 18.3               | 9.0 | 22.3               | 10.2 | 20.8               | 11.3 | 19.5               | 12.5 | 19.4               | 14.2 | 19.0               | 14.8 | 0.2                | 18.5 | 15.0               | 0   | 18.1           | 15.0 | 08-23 |
| C 两优<br>1598 | 06-15              | 54.00                            | 3.6           | 5.3                | 6.3 | 15.8               | 8.6 | 22.4               | 9.9  | 24.0               | 11.0 | 23.0               | 12.2 | 21.6               | 13.8 | 21.2               | 14.5 | 0.5                | 19.8 | 15.0               | 0   | 18.4           | 15.0 | 08-26 |
| C 两优<br>198  | 06-14              | 54.00                            | 3.8           | 5.6                | 6.2 | 17.3               | 8.4 | 21.5               | 9.6  | 24.9               | 10.8 | 23.4               | 12.1 | 20.8               | 13.8 | 20.4               | 14.5 | 0.5                | 19.2 | 15.0               | 0   | 17.8           | 15.0 | 08-28 |
| Y 两优<br>911  | 06-16              | 63.00                            | 3.6           | 5.6                | 5.2 | 9.9                | 7.8 | 13.0               | 8.6  | 18.3               | 9.8  | 18.1               | 10.8 | 17.7               | 12.1 | 17.6               | 13.5 | 1.5                | 17.3 | 14.7               | 0.3 | 16.7           | 15.0 | 08-26 |
| 吨两优<br>900   | 06-16              | 54.00                            | 3.5           | 5.3                | 6.2 | 17.6               | 8.4 | 21.2               | 9.5  | 22.8               | 10.5 | 21.6               | 11.7 | 20.1               | 13.4 | 19.6               | 14.1 | 0.9                | 18.9 | 14.8               | 0.2 | 17.7           | 15.0 | 08-23 |
| 笨 优<br>458   | 06-14              | 54.00                            | 4.0           | 6.7                | 6.0 | 18.4               | 8.2 | 22.3               | 9.4  | 21.6               | 10.6 | 20.4               | 11.9 | 18.9               | 13.0 | 18.4               | 13.9 | 1.1                | 18.3 | 14.6               | 0.4 | 17.6           | 15.0 | 08-25 |
| 笨 优<br>607   | 06-14              | 58.50                            | 4.7           | 5.1                | 6.3 | 15.6               | 8.5 | 18.9               | 9.6  | 18.4               | 10.2 | 17.6               | 11.4 | 16.9               | 13.0 | 16.8               | 14.0 | 1.0                | 16.6 | 14.7               | 0.3 | 16.6           | 15.0 | 08-25 |
| 深两优<br>136   | 06-14              | 51.75                            | 3.9           | 6.2                | 6.3 | 17.9               | 8.5 | 24.4               | 9.8  | 22.9               | 11.0 | 21.5               | 12.2 | 20.4               | 13.6 | 20.1               | 14.4 | 0.6                | 19.7 | 15.0               | 0.0 | 18.6           | 15.0 | 08-30 |
| 九优粵<br>禾丝苗   | 06-16              | 60.75                            | 3.9           | 4.7                | 5.6 | 14.5               | 7.8 | 18.2               | 9.0  | 20.5               | 10.1 | 19.1               | 11.5 | 18.4               | 13.3 | 18.1               | 14.1 | 0.9                | 18.1 | 14.9               | 0.1 | 17.5           | 15.0 | 08-24 |

表 3 不同品种杂交水稻倒伏情况

| 品种        | 种植面积 /hm <sup>2</sup> | 倒伏情况                |         |
|-----------|-----------------------|---------------------|---------|
|           |                       | 面积 /hm <sup>2</sup> | 倒伏占比 /% |
| 8 两优徽香    | 6.40                  | 6.40                | 100 a   |
| C 两优 1598 | 6.67                  | 3.33                | 50 b    |
| C 两优 198  | 8.40                  | 8.40                | 100 a   |
| Y 两优 911  | 6.67                  | 6.67                | 100 a   |
| 吨两优 900   | 8.67                  | 1.73                | 20 bc   |
| 茎优 458    | 6.67                  | 6.67                | 100 a   |
| 茎优 607    | 6.67                  | 6.67                | 100 a   |
| 深两优 136   | 6.80                  | 2.72                | 40 b    |
| 九优粤禾丝苗    | 6.67                  | 6.67                | 100 a   |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义( $P<0.05$ )。下同。



表 4 不同杂交水稻品种考种汇总

| 品种        | 株高 /<br>cm | 叶片长度 /cm |      |      | 叶片宽度 /cm |     |     | 节间长度 /cm |     |      |      |      | 穗长 /<br>cm |        |      | 枝梗数 /(个 /株) |          |          | 总粒数 /<br>(粒 /穗) | 瘪粒数 /<br>(粒 /穗) | 实粒数 /<br>(粒 /穗) |
|-----------|------------|----------|------|------|----------|-----|-----|----------|-----|------|------|------|------------|--------|------|-------------|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           |            | 倒1       |      | 倒2   | 倒3       |     | 倒1  | 倒2       | 倒3  | 第1   | 第2   | 第3   | 第4         | 第5     | 穗下   | 1次<br>支梗    | 2次<br>支梗 | 退化数      |                 |                 |                 |
|           |            | 叶        | 叶    | 叶    | 叶        | 叶   | 节间  | 节间       | 节间  | 节间   | 节间   | 节间   | 节间         | 节间     | 节间   |             |          |          |                 |                 |                 |
| 8 两优徽香    | 103.6      | 31.5     | 43.2 | 43.5 | 1.6      | 1.5 | 1.4 | 1.9      | 5.2 | 10.4 | 24.4 | 16.2 | 29.1       | 19.5 b | 11.3 | 17.5        | 1.1      | 114.8 c  | 21.4 ab         | 93.4 c          |                 |
| C 两优 1598 | 116.6      | 42.3     | 55.0 | 58.2 | 1.7      | 1.7 | 1.6 | 2.0      | 6.9 | 8.3  | 18.4 | 25.7 | 35.2       | 22.7 b | 13.5 | 41.6        | 0.2      | 177.3 b  | 12.5 bc         | 164.8 b         |                 |
| C 两优 198  | 99.4       | 35.4     | 51.7 | 52.9 | 2.0      | 1.8 | 1.4 | 2.8      | 5.9 | 13.5 | 20.7 | —    | 34.4       | 22.0 b | 13.2 | 38.1        | 1.4      | 219.8 ab | 21.4 ab         | 198.5 ab        |                 |
| Y 两优 911  | 100.8      | 31.0     | 43.2 | 45.2 | 1.3      | 1.3 | 1.1 | 1.1      | 3.2 | 7.7  | 16.5 | 21.3 | 31.1       | 20.0 b | 11.3 | 17.3        | 0.4      | 108.9 c  | 23.1 ab         | 85.8 c          |                 |
| 吨两优 900   | 114.3      | 34.9     | 45.0 | 51.1 | 1.9      | 1.6 | 1.4 | 3.0      | 5.6 | 10.8 | 17.7 | 19.3 | 41.0       | 26.6 a | 15.0 | 55.6        | 1.9      | 258.8 a  | 27.1 a          | 231.8 a         |                 |
| 茎优 458    | 115.3      | 34.7     | 42.3 | 43.2 | 1.9      | 1.5 | 1.5 | 2.3      | 6.3 | 10.4 | 20.4 | 20.3 | 34.2       | 21.4 b | 11.6 | 18.4        | 0.1      | 102.4 c  | 9.2 c           | 93.2 c          |                 |
| 茎优 607    | 116.2      | 37.0     | 44.5 | 51.2 | 2.2      | 1.7 | 1.7 | 1.7      | 6.1 | 7.7  | 16.9 | 18.6 | 39.7       | 25.4 a | 15.4 | 45.7        | 0.9      | 217.3 ab | 10.6 c          | 206.7 a         |                 |
| 深两优 136   | 119.8      | 35.6     | 42.9 | 55.6 | 2.5      | 2.0 | 1.6 | 4.9      | 9.5 | 15.5 | 18.8 | —    | 36.1       | 35.1 a | 14.6 | 41.4        | 0.8      | 218.0 ab | 18.5 b          | 199.5 ab        |                 |
| 九优粤禾丝苗    | 96.6       | 26.7     | 38.0 | 41.0 | 1.6      | 1.5 | 1.3 | 2.4      | 6.7 | 10.2 | 14.0 | 16.0 | 32.8       | 23.1 b | 12.2 | 62.3        | 0.8      | 137.0 bc | 15.2 bc         | 121.8 c         |                 |

表 5 不同品种杂交水稻穗粒结构及产量

| 品种        | 有效穗数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 穗粒数 /<br>(粒 / 穗) | 结实率 /<br>% | 千粒质量 /<br>g | 理论产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 实收产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) |
|-----------|----------------------------------|------------------|------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 8 两优徽香    | 222.75                           | 168              | 79.3       | 25.2        | 8 986 b                         | 4 831 c                         |
| C 两优 1598 | 247.50                           | 165              | 84.5       | 24.7        | 9 591 a                         | 7 173 a                         |
| C 两优 198  | 254.25                           | 155              | 86.4       | 24.1        | 9 046 b                         | 6 091 b                         |
| Y 两优 911  | 267.75                           | 148              | 80.6       | 26.2        | 9 843 a                         | 6 887 a                         |
| 吨两优 900   | 225.00                           | 172              | 86.4       | 25.0        | 9 215 b                         | 7 148 a                         |
| 荃优 458    | 245.25                           | 151              | 88.9       | 23.9        | 8 296 c                         | 6 991 a                         |
| 荃优 607    | 276.75                           | 166              | 85.0       | 27.1        | 10 465 a                        | 5 904 b                         |
| 深两优 136   | 258.75                           | 134              | 85.4       | 25.7        | 8 999 b                         | 5 249 c                         |
| 九优粤禾丝苗    | 222.75                           | 149              | 89.7       | 25.7        | 9 429 ab                        | 6 149 b                         |

2.5 杂交水稻出米率与垩白率分析

表 6 为 9 个水稻品种の出米率和垩白率的调查结果,各品种在出米率方面没有明显差异。其中,深两优 136 最高,为 69.0%;荃优 607 最低,为 62.2%。其余品种如 8 两优徽香、C 两优 1598 等出米率在 64.3%~67.9%。垩白率上存在显著差异,C

两优 1598 和深两优 136 较低,均为 5.3%,8 两优徽香相比其他品种垩白率显著增加,为 10.0%,其他多数品种在 8.0%左右。垩白率的差异会直接影响稻米的外观品质与市场价值,较低的垩白率通常意味着更好的外观与口感。

表 6 不同品种杂交水稻出米率与垩白率

| 品种        | 出米率 /% | 垩白率 /% |
|-----------|--------|--------|
| 8 两优徽香    | 64.7   | 10.0 a |
| C 两优 1598 | 64.7   | 5.3 b  |
| C 两优 198  | 64.3   | 8.0 a  |
| Y 两优 911  | 67.9   | 6.7 b  |
| 吨两优 900   | 66.2   | 8.0 a  |
| 荃优 458    | 65.3   | 8.7 a  |
| 荃优 607    | 62.2   | 8.0 a  |
| 深两优 136   | 69.0   | 5.3 b  |
| 九优粤禾丝苗    | 64.6   | 8.0 a  |

3 讨论与小结

水稻是我国主要粮食作物之一,优良品种是保障水稻稳产丰产的关键因素<sup>[8]</sup>。近年来淮河以南地区杂交稻种植面积逐年增加,筛选适宜当地土壤、气候条件的品种至关重要,本试验对不同作物的苗情、倒伏情况、品种特性和产量方面进行比较。水稻

生育期是选择优良品种的重要标准,陈丛兰研究认为,金湖地区稻麦两熟制存在作物争抢农时、茬口衔接紧张等问题,极大制约了地区高产高效生产<sup>[9]</sup>。利用杂交稻早熟优势<sup>[10]</sup>,齐穗早可为后续灌浆争时间,有利于小麦早播,其中 8 两优徽香的齐穗时间最早,为 8 月 23 日,深两优 136 最迟,为 8 月 30 日。近年来极端天气频发<sup>[11]</sup>,洪涝、旱灾、冻害、台风、暴

雨等灾害性天气对水稻生产造成严重威胁<sup>[12]</sup>。今年试验受台风影响,造成水稻大面积倒伏,不同品种的倒伏占比达 20%~100%。何贤彪等研究表明,倒伏后的水稻产量损失达 29.30%,而倒伏后人工扶正的产量损失会更大,达 35.47%<sup>[13]</sup>,因此品种的抗倒能力也是品种筛选的重要依据。产量是品种筛选的核心指标,本试验荃优 607、Y 两优 911、C 两优 1598 相比对照九优粤禾丝苗产量都有一定的增幅,2024 年连续 2 场台风天气,虽不能代表当地常年气候特征,但仍具有一定的参考价值,品种布局应考虑极端天气影响,提高种植抗风险能力,确保生产安全。出米率和垩白率直接影响稻米的市场价值及外观品质<sup>[14]</sup>,因此出米率和垩白率也是重要筛选指标,其中深两优 136、吨两优 900、Y 两优 911 拥有较高的出米率,深两优 136、C 两优 1598 拥有较低的垩白率。综上所述,荃优 607、C 两优 1598、Y 两优 911 在本试验中综合表现较好,不仅产量较高,且出米率和垩白率等品质指标也相对较优,不仅适应当地土壤和气候条件,还具有较强的抗倒伏能力和良好的外观品质,具有较高的推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 卢 林,孙成效,朱智伟,等. 我国稻米品质标准及检测技术创新概述[J]. 中国稻米,2022,28(1):1-6.
- [2] 季方芳,何其全,田 婷,等. 不同地区耕地轮作休耕模式与生态效应的研究进展[J]. 江西农业学报,2025,37(1):99-108.
- [3] 陈 鹏,崔佳蓉. 不同单季杂交籼稻新品种(系)在金华市的种植表现初报[J]. 上海农业科技,2024(6):68-70.
- [4] 王善珍. 皖西地区杂交中籼水稻新品种展示比较试验[J]. 安徽农学通报,2024,30(6):13-17.
- [5] 程 新,李永和. 盱眙县杂交籼稻毯苗机插品种比较试验[J]. 现代农业科技,2019(5):40-41.
- [6] 徐 莹,季美娣,李 杰,等. 优质丰产协同提升水稻新品种筛选研究[J]. 农业科技通讯,2024(4):65-69,73.
- [7] 阮姣姣,卜晓平,周玉君,等. 适宜淮安地区机插秧的杂交水稻品种筛选试验[J]. 现代农业科技,2021(9):38-40.
- [8] 吴 比,胡 伟,邢永忠. 中国水稻遗传育种历程与展望[J]. 遗传,2018,40(10):841-857.
- [9] 陈丛兰. 金湖县稻麦周年高产高效栽培技术瓶颈及对策[J]. 现代农业科技,2020(20):27-28,30.
- [10] 汪秀志,汪旭东,吴先军,等. 水稻早熟性研究进展[J]. 中国农学通报,2004,20(3):129-132.
- [11] 杨 楠,张永恒,杨 琨,等. 2023 年我国灾害性天气事件及决策气象服务趋势分析[J]. 气象研究与应用,2024,45(2):16-22.
- [12] 张泽扬,于家旺,王洪宇. 气象灾害对水稻生长的影响与防御对策分析[J]. 河北农机,2024(23):121-123.
- [13] 何贤彪,吴晓华,马义虎. 台州沿海台风所致水稻倒伏对产量的影响[J]. 中国稻米,2015,21(2):28-29.
- [14] 陈庆川. 稻米加工特性研究与品质评价技术[D]. 长沙:中南林业科技大学,2012:3-4.

## Analysis of Characteristics and Environmental Adaptability of 9 Hybrid Rice Varieties in Huainan Area

GUO Pan, SHAO Zhenglin, ZHANG Shuai, GAO Gangqiang, CAI Xiujian, CHEN Naimeng, WANG Lijun  
(Baoying Lake Branch of Jiangsu Agricultural Reclamation Agricultural Development Co., Ltd., Jinhu 223000, China)

**Abstract:** In order to optimize the planting layout of rice varieties in Huainan area, 9 hybrid rice varieties were selected for hybrid rice screening test to select high-yield and high-quality varieties suitable for the region through the analysis of variety characteristics and environmental adaptability. The results showed that the number of tillers of Quanyou 458 was high at the early stage of transplanting, the number of tillers of C Liangyou 198 was prominent at the tillering stage, and the number of panicles of 8 Liangyou Huixiang was relatively high and the full panicle was earlier. The lodging situation showed that C Liangyou 1598 and Shenliangyou 136 had certain lodging resistance, and Dunliangyou 900 had better lodging resistance. The trait analysis results showed that the theoretical yield of Quanyou 607 was the highest, and the actual yield of C Liangyou 1598 was the highest. The rice rate of Shenliangyou 136 was the highest, and the chalkiness rate of C Liangyou 1598 and Shenliangyou 136 was lower. In summary, Quanyou 607, C Liangyou 1598 and Y Liangyou 911 performed better overall.

**Key Words:** Hybrid rice; Baoying Lake; Variety; Yield

赵加涛,刘猛道,付正波,等. 播种密度和施氮量对保啤麦 28 号农艺性状与经济效益的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):27-31 (2025-04-01). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.005>.

# 播种密度和施氮量对保啤麦 28 号农艺性状与经济效益的影响

赵加涛,刘猛道\*,付正波,孙利娟

(保山市农业科学研究院,云南 保山 678000)

**摘要:**为了探索保啤麦 28 号的最佳播种密度和氮肥施用量,为大面积示范推广提供科学依据,探究了播种密度(种植基本苗数 180 万、240 万、300 万株/hm<sup>2</sup>)和施氮量(施尿素 450、525、600 kg/hm<sup>2</sup>)对大麦籽粒产量的影响。结果表明,有效穗数随着种植密度和施氮量增加而增加;低、中密度处理(180 万、240 万株/hm<sup>2</sup>)的穗实粒数随着施氮量增加而增加,高密度处理(300 万株/hm<sup>2</sup>)的穗实粒数随着施氮量的增加呈先增后减的趋势;千粒质量随着施氮量和种植密度的增加而减少;产量随着施氮量和种植密度的增加而增加;施尿素 600 kg/hm<sup>2</sup> 的 3 个处理经济效益较高。保啤麦 28 号的最适基本苗数为 240 万株/hm<sup>2</sup>,最佳施氮量为施尿素 600 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**大麦;种植密度;施氮量;产量;经济效益

**中图分类号:**S512.3

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20240127

保啤麦 28 号系保山市农业科学研究院育成的高产优质、抗病、抗倒伏的二棱啤饲兼用大麦新品种,登记编号:GPD 大麦(青稞)(2023)530030<sup>[1]</sup>,2024—2025 年连续入选云南省农业主导品种。大麦产量的高低固然受遗传性的制约,但在生产中主要还是受种植密度和施肥水平等栽培措施的影响<sup>[2-3]</sup>。作物产量是各种因素的综合反映,种植密度和施氮量是栽培措施中的 2 个关键因素<sup>[4]</sup>。在大田生产中,种植密度是协调个体和群体最有效的措施,肥料是个体生长发育的保证<sup>[5]</sup>。种植密度是群体发育的基础,合理的密度能协调个体和群体的发展,适当增加密度可以提高产量,但密度过高反而会使产量降低<sup>[6]</sup>;肥料对产量的影响较为突出<sup>[7]</sup>,尤其是氮素,作为植物必需的重要营养元素,对粮食的增产起到了至关重要的作用,合理使用氮肥可使增产贡献率达 45% 左右<sup>[8-9]</sup>。因此,在一定范围内增施氮肥有利于作物产量的提高<sup>[10-11]</sup>;但当氮肥过量时,反而会降低产量,同时造成养分流失、肥料利用率降低及环境污染<sup>[12-13]</sup>。为了提高化肥利用率、降低生产成本、提高保啤麦 28 号

的产量水平,必须优化栽培措施。根据保啤麦 28 号的特征特性,研究播种密度和施氮量对产量的影响,旨在为该品种大面积推广种植提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

参试品种为保啤麦 28 号,供试氮肥为云天化股份有限公司生产的含纯氮 46.4% 尿素。

### 1.2 试验设计

以种植密度和施氮肥(尿素)为试验因素,分别设 3 个水平,种植密度分别为基本苗: M1(180 万株/hm<sup>2</sup>)、M2(240 万株/hm<sup>2</sup>)、M3(300 万株/hm<sup>2</sup>),施尿素分别为: N1(450 kg/hm<sup>2</sup>)、N2(525 kg/hm<sup>2</sup>)、N3(600 kg/hm<sup>2</sup>),尿素按种肥、分蘖肥各 50% 分 2 次施入;采用正交全面试验设计方法,9 个处理,3 次重复,共 27 个小区,小区面积 10 m<sup>2</sup>,四周设保护行。

### 1.3 试验实施

试验于保山市板桥镇小永村保山市农业科学研究院试验田(99°22' E、25°19' N)进行。前作水稻, pH 值为 6.6。海拔 1 673 m,常年年均气温 15.5 ℃。2022 年 11 月 6 日机械翻犁耙平,翻犁时施商品有机肥 6 t/hm<sup>2</sup>,11 月 17 日开沟播种。播种时施硫酸钾 120 kg/hm<sup>2</sup>、普通过磷酸钙 600 kg/hm<sup>2</sup> 和试验方案中 50% 的尿素作种肥,分蘖期结合灌水按试验方案施尿素用量的 50% 作分蘖肥。灌出苗水、分蘖水、灌浆

收稿日期:2024-12-26;修回日期:2025-03-17。

基金项目:国家大麦青稞产业技术体系“保山综合试验站”项目(CARS-05);云南省技术创新人才培养对象项目(202105AD160044)。

作者简介:赵加涛(1983—),男,高级农艺师,主要从事啤饲大麦育种与示范推广工作。Email: zhaojiaotao1234@126.com。

\* 通信作者:刘猛道(1969—),男,推广研究员,主要从事啤饲大麦育种及示范推广工作。Email: bslnmd0501@126.com。

水 3 次。化学除草 1 次,防治蚜虫 1 次。2023 年 4 月 26 日收获。分别在出苗后 10 d、分蘖盛期、乳熟期,每个小区随机选取其中 1 行调查 1 m<sup>2</sup> 的基本苗数、总茎蘖数、有效穗数,折算成每公顷数;成熟后每小区随机选取 20 株测量穗长,调查总粒数、穗实粒数、千粒质量,取平均值。

#### 1.4 数据处理

数据分析采用 DPS 7.05 数据处理系统对试验结果进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植密度和施氮量对保啤麦 28 号产量的影响

由表 1 至表 3 可知,方差分析结果显示区组间差异无统计学意义。种植密度间产量差异具高度统计学意义,M3 的产量显著高于 M2,极显著高于 M1;M2 显著高于 M1。尿素间产量差异具高度统计学意义,N3 的产量极显著高于 N2,N1,N2 极显著高于 N1。种植密度和尿素间产量差异无统计学意义,M3N3、M2N3 处理产量差异无统计学意义,但显著高于其他 7 个处理,产量分别为 7 930.5、7 879.5 kg/hm<sup>2</sup>。

M1N3、M3N2 处理间产量差异无统计学意义,但极显著高于除 M3N3、M2N3 外的其他 5 个处理,产量分别为 7 380.0、7 219.5 kg/hm<sup>2</sup>。M2N2、M1N2、M3N1 处理间产量差异无统计学意义,产量居第 5~7 位,产量分别为 6 420.0、6 180.0、5 970.0 kg/hm<sup>2</sup>。M1N1、M2N1 处理产量较低,显著低于除 M3N1 外的其他 6 个处理,产量分别为 5 730.0、5 479.5 kg/hm<sup>2</sup>。M1、M2、M3 中各肥效间进行多重比较,均是 N3 极显著高于 N2、N1,N2 极显著高于 N1。说明无论种植密度高低,产量均随着施氮量的增加而增加,种植密度低需要多追施氮肥。N1、N2、N3 中各密度进行多重比较,均是 M3 > M2 > M1;N1 中各密度间进行多重比较,M1、M2、M3 间差异无统计学意义;N2 中各密度间进行多重比较,M3 极显著高于 M2、M1,M2、M1 间差异无统计学意义;N3 中各密度间进行多重比较,M3、M2 间差异无统计学意义,但极显著高于 M1。结果说明,施氮水平低则要增加播种量,施氮水平高要减少播种量,但当种植密度达基本苗 300 万株/hm<sup>2</sup> 时,即使增加施氮量,产量增加也不显著。本试验表明,保啤麦 28 号最适宜种植密度为基本苗 300 万株/hm<sup>2</sup>,适宜施氮量为施尿素 525~600 kg/hm<sup>2</sup>。

表 1 方差分析表

| 变异来源  | 自由度      | 平方和 | 均方      | F 值       | P 值     |
|-------|----------|-----|---------|-----------|---------|
| 区组间   | 0.043 9  | 2   | 0.021 9 | 0.301 1   | 0.744 1 |
| M 因素间 | 2.150 6  | 2   | 1.075 3 | 14.753 7  | 0.000 2 |
| N 因素间 | 18.777 2 | 2   | 9.388 6 | 128.819 4 | 0       |
| M × N | 0.533 9  | 4   | 0.133 5 | 1.831 3   | 0.172 2 |
| 误差    | 1.166 1  | 16  | 0.072 9 |           |         |
| 总变异   | 22.671 7 | 26  |         |           |         |

表 2 各处理产量结果汇总及产量差异比较

| 处理   | 小区产量 /kg |      |      |      | 平均产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 产量位次 |
|------|----------|------|------|------|---------------------------------|------|
|      | I        | II   | III  | 平均   |                                 |      |
| M1N1 | 5.40     | 5.50 | 5.55 | 5.48 | 5 479.5 eD                      | 9    |
| M1N2 | 5.85     | 6.60 | 6.10 | 6.18 | 6 180.0 cCD                     | 6    |
| M1N3 | 7.05     | 7.45 | 7.65 | 7.38 | 7 380.0 bAB                     | 3    |
| M2N1 | 5.55     | 5.90 | 5.75 | 5.73 | 5 730.0 deCD                    | 8    |
| M2N2 | 6.80     | 6.45 | 6.00 | 6.42 | 6 420.0 cC                      | 5    |
| M2N3 | 7.65     | 7.85 | 8.15 | 7.88 | 7 879.5 aAB                     | 2    |
| M3N1 | 6.15     | 5.95 | 5.80 | 5.97 | 5 970.0 cdeCD                   | 7    |
| M3N2 | 7.25     | 7.05 | 7.35 | 7.22 | 7 219.5 bB                      | 4    |
| M3N3 | 8.15     | 7.95 | 7.70 | 7.93 | 7 930.5 aA                      | 1    |

注:不同大、小写字母分别表示不同处理产量在 0.01、0.05 水平上差异有高度统计学意义、统计学意义。表 3 同。



表 3 M、N 因素小区产量间多重比较

| 处理 | 产量 /kg  |          |         | 平均 /kg  |
|----|---------|----------|---------|---------|
|    | M1      | M2       | M3      |         |
| N3 | 7.38 aA | 7.88 aA  | 7.93 aA | 7.73 aA |
| N2 | 6.18 bB | 6.42 bB  | 7.22 bB | 6.61 bB |
| N1 | 5.48 cC | 5.73 cC  | 5.97 cC | 5.72 cC |
| 平均 | 6.35 cB | 6.67 bAB | 7.04 aA | 6.69    |

## 2.2 种植密度和施氮量对保啤麦 28 号生育期的影响

由表 4 可知,生育期随着施氮量和种植密度的

增加而推迟。M3 密度的 3 个处理生育期比其他 2 个密度处理生育期推迟 2~3 d;N2、N3 施氮水平处理生育期相近,但比 N1 处理生育期推迟 3~4 d。

表 4 保啤麦 28 号主要农艺性状调查

| 处理   | 全生育期 /d | 基本苗数 /<br>(万株 /hm <sup>2</sup> ) | 最高茎蘖数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 有效穗数 /<br>(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 成穗率 /<br>% | 株高 /<br>cm | 穗长 /<br>cm | 穗粒数 /<br>(粒 /穗) | 实粒数 /<br>(粒 /穗) | 结实率 /% | 千粒质量 /g | 倒伏面积 /% |
|------|---------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|
| M1N1 | 140     | 180.0                            | 838.5                             | 454.5                            | 54.2       | 64         | 6.4        | 22.3            | 21.1            | 94.6   | 57.1    | 0       |
| M1N2 | 143     | 181.5                            | 918.0                             | 507.0                            | 55.2       | 65         | 6.2        | 22.6            | 21.5            | 95.1   | 56.7    | 0       |
| M1N3 | 143     | 180.0                            | 994.5                             | 606.0                            | 60.9       | 67         | 6.5        | 23.0            | 21.9            | 95.2   | 56.4    | 0       |
| M2N1 | 140     | 240.0                            | 847.5                             | 480.0                            | 56.6       | 66         | 6.0        | 22.5            | 21.5            | 95.6   | 56.0    | 0       |
| M2N2 | 143     | 241.5                            | 891.0                             | 538.5                            | 60.4       | 68         | 6.1        | 23.4            | 22.3            | 95.3   | 55.7    | 0       |
| M2N3 | 143     | 240.0                            | 999.0                             | 628.5                            | 62.9       | 73         | 6.9        | 24.6            | 23.3            | 94.7   | 55.5    | 0       |
| M3N1 | 142     | 301.5                            | 882.0                             | 519.0                            | 58.8       | 74         | 6.6        | 23.1            | 21.9            | 94.8   | 55.4    | 0       |
| M3N2 | 145     | 301.5                            | 927.0                             | 589.5                            | 63.6       | 75         | 6.0        | 24.5            | 22.4            | 91.4   | 55.2    | 0       |
| M3N3 | 146     | 300.0                            | 1 119.0                           | 654.0                            | 58.4       | 80         | 6.2        | 24.5            | 22.1            | 90.2   | 54.9    | 5.5     |

## 2.3 种植密度和施氮量对保啤麦 28 号产量构成因素的影响

由表 4 可知,同一种植密度间有效穗数随着施氮量增加而增加,同一施氮水平间有效穗数随着种植密度的增加而增加。成穗率随着施氮量的增加而增加,中、低施氮水平成穗率随着种植密度的增加而增加,高施氮水平成穗率随着种植密度的增加呈先增后减的趋势。M1、M2 密度间穗实粒数均随着施氮量的增加而增加,M3 密度间穗实粒数随着施氮量增加至施尿素 525 kg/hm<sup>2</sup> 达最大值后开始减少。N1、N2 施氮水平间穗实粒数随着种植密度增加而增加;N3 施氮水平间穗实粒数随着种植密度增加至基本苗 240 万株 /hm<sup>2</sup> 达最大值时开始减少。同一种植密度千粒质量随着施氮量的增加而减少,相差 0.2~0.7 g;同一施氮水平间千粒质量随着种植密度的增加而减少,相差 0.5~1.7 g。

## 2.4 种植密度和施氮量对保啤麦 28 号抗倒伏性的影响

由表 4 可知,株高随着氮肥用量和种植密度的增加而增高,相同种植密度不同施氮水平间株高差为 0.1~4.6 cm,相同施氮水平不同种植密度间株高差为 2~13 cm。仅 M3N3 处理发生倒伏,倒伏程度 2 级,倒伏面积为 5.5%。说明如果继续增施氮肥,倒伏会增加。

## 2.5 效益分析

由表 5 可知,扣除种子、尿素费用后,M2N3、M3N3、M1N3 处理经济效益较高,分别为 18 130、17 815、17 281 元 /hm<sup>2</sup>。同一种植密度间经济效益随着施氮量的增而增加。N1、N2 施氮水平间经济效益随着种植密度的增加而增加;N3 施氮水平间经济效益随着种植密度增加至基本苗 240 万株 /hm<sup>2</sup> 达最大值时开始降低。

表 5 各处理保啤麦 28 号经济效益分析

| 处理   | 用种量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 种子成本 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 氮肥用量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 氮肥成本 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 种子及氮肥成本 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 产量 /<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 产值 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 经济效益 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) |
|------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| M1N1 | 122.25                         | 782.40                          | 450                             | 1 125.00                        | 1 907.40                           | 5 479.5                       | 14 247                        | 12 339                          |
| M1N2 | 122.25                         | 782.40                          | 450                             | 1 125.00                        | 1 907.40                           | 6 180.0                       | 16 068                        | 14 161                          |
| M1N3 | 122.25                         | 782.40                          | 450                             | 1 125.00                        | 1 907.40                           | 7 380.0                       | 19 188                        | 17 281                          |
| M2N1 | 163.05                         | 1 043.52                        | 525                             | 1 312.50                        | 2 356.02                           | 5 730.0                       | 14 898                        | 12 542                          |
| M2N2 | 163.05                         | 1 043.52                        | 525                             | 1 312.50                        | 2 356.02                           | 6 420.0                       | 16 692                        | 14 336                          |
| M2N3 | 163.05                         | 1 043.52                        | 525                             | 1 312.50                        | 2 356.02                           | 7 879.5                       | 20 487                        | 18 131                          |
| M3N1 | 203.85                         | 1 304.64                        | 600                             | 1 500.00                        | 2 804.64                           | 5 970.0                       | 15 522                        | 12 718                          |
| M3N2 | 203.85                         | 1 304.64                        | 600                             | 1 500.00                        | 2 804.64                           | 7 219.5                       | 18 771                        | 15 961                          |
| M3N3 | 203.85                         | 1 304.64                        | 600                             | 1 500.00                        | 2 804.64                           | 7 930.5                       | 20 619                        | 17 815                          |

注:保山市 2023 年种子、尿素、大麦籽粒分别按 6.4、2.5、2.6 元 /kg 进行经济效益分析。

### 3 讨论与结论

大麦籽粒产量取决于遗传性、种植密度、施肥水平三者的相互作用。大量研究表明,种植密度、施氮量互作显著影响大麦籽粒产量<sup>[14-15]</sup>。种植密度是影响大麦产量的关键因素,密度过低会导致有效穗数不足,籽粒产量降低。作物生长前期施肥越多,苗长得越高越快,有效穗数越多,但后期容易出现倒伏<sup>[16]</sup>。大麦栽培中,保证个体健壮发育是基础,保持合理的动态结构,充分利用光、温、水、肥等资源,最大限度合成物质是关键<sup>[17-18]</sup>。保啤麦 28 号属于分蘖力强的多穗型品种,产量随着种植密度和施氮量的增加而增加。有效穗数随着种植密度和施氮量增加而增加,与危文波等研究结果<sup>[19-20]</sup>相同。中、低密度处理穗实粒数随着施氮量增加而增加,高密度处理穗实粒数随着施氮量增加至施尿素 525 kg/hm<sup>2</sup> 达最大值后开始减少。中、低施氮水平处理穗实粒数随着种植密度增加而增加,高施氮水平处理穗实粒数随着种植密度增加至基本苗 240 万株 /hm<sup>2</sup> 达最大值时开始减少。千粒质量随着施氮量和种植密度的增加而减少,与薛海楠等研究结果稍有不同,他们认为千粒质量随着施氮量的增加而呈现先增后减的趋势<sup>[21-22]</sup>,究其原因,可能参试品种特性不同所致。保啤麦 28 号分蘖强,有效穗数多,施氮多、密度高会导致植株过密,造成光合速率下降,干物质积累减少,个体间竞争激烈,千粒质量降低。扣除种子和氮肥投入后的经济效益随着种植密度的增加而增加,中、低密度处理经济效益随着施氮量增加而增加,

高密度处理随着施氮量增加呈先增后减的趋势。

由于本研究施氮量范围设置狭窄,没有找到产量下降的区段,这可能是因为保啤麦 28 号耐密、耐肥。今后将对保啤麦 28 号开展更多密度和施氮水平对产量的影响研究。适宜的种植密度和氮肥施用量是大麦最重要的高产栽培措施,保啤麦 28 号最适宜种植密度为基本苗 240 万株 /hm<sup>2</sup> (播种量为 163.05 kg/hm<sup>2</sup>),最佳施尿素量为 600 kg/hm<sup>2</sup>,如果继续增加施氮量,倒伏面积会随着施氮量的增加而增加。

### 参考文献:

- [1] 赵加涛,刘猛道,付正波,等. 大麦新品种保啤麦 28 号的选育[J]. 中国种业,2024(3):125-127,130.
- [2] 冯 辉,王树杰,郜战宁,等. 种植密度对驻大麦 8 号生育期及产量性状的影响[J]. 大麦与谷类科学,2015,32(4):23-26.
- [3] 赵加涛,刘猛道,付正波. 保大麦 25 号高产稳产性及产量构成因素分析[J]. 安徽农业科学,2024,52(13):19-21.
- [4] 俞天胜,胡 锐,李培玲. 大麦种植密度和氮肥用量对籽粒产量的影响[J]. 大麦科学,2004(3):32-33.
- [5] 李万星,刘永忠,曹晋军,等. 肥料与密度对玉米农艺性状和产量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(15):194-198.
- [6] 曹 倩,贺明荣,代兴龙,等. 密度、氮肥互作对小麦产量及氮素利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(4):815-822.
- [7] 马 波. 肥料和密度对寒地早熟粳稻产量及品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2021(3):1-6.
- [8] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.

- [9] 冯尚宗,王世伟,彭美祥,等. 种植密度和施氮量对高产夏玉米产量、干物质积累及氮素利用效率的影响[J]. 河北农业科学,2015,19(3):18–26,69.
- [10] 吕 娇,李淑敏,潘明阳,等. 不同包膜控释氮肥对玉米氮素吸收和产量的影响[J]. 天津农业科学,2012,18(1):46–50.
- [11] 刘振兴,杨振华,邱孝煊,等. 肥料增产贡献率及其对土壤有机质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1994(1):19–26.
- [12] 陈 凌,乔治军,王君杰,等. 施氮量和密度对糜子产量的影响[J]. 山西农业科学,2013,41(12):1340–1343.
- [13] 黄桂莲,王雁丽,田宏先. 不同施肥量对裸燕麦丰产效果的影响[J]. 山西农业科学,2012,40(2):120–122.
- [14] 吕二锁,冯晓清,李建波,等. 内蒙古东部旱区“蒙啤麦 5 号”大麦新品种肥料、密度与产量的关系研究[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2022,37(1):49–53.
- [15] 杨天赐,刘国一,康朝麒,等. 播期、播种密度及肥料运筹对青稞产量及产量性状的影响[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(1):12–16.
- [16] 臧 慧,陈 和,陈 健,等. 施氮量和播种密度对苏啤 6 号产量、产量构成因素及其蛋白质含量的影响[J]. 山东农业科学,2011,43(7):42–44.
- [17] 吴飞良,潘志明. 基本苗和氮肥运筹对大麦籽粒产量和生理指标的影响[J]. 浙江农业学报,2001,13(4):231–234.
- [18] 乔海龙,陈 健,沈会权,等. 施氮量和种植密度对苏啤 3 号大麦鲜叶产量及品质的影响[J]. 麦类作物学报,2009,29(4):680–684.
- [19] 危文波,扎西罗布,甘雅文,等. 不同播种密度和肥料处理对青稞产量及农艺性状的影响[J]. 西藏农业科技,2022,44(3):18–20.
- [20] 吕 超,许如根,张新忠,等. 密度和施氮量对啤酒大麦扬农啤 9 号茎蘖动态及产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2013,30(4):35–37.
- [21] 薛海楠,王 磊,李国兴,等. 肥料与密度对春大麦干物重和产量的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2018,33(3):225–231.
- [22] 李国兴,薛海楠,王 磊,等. 肥料和密度对春大麦千粒重的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2018,33(3):236–240.

## Effects of Sowing Density and Nitrogen Application Rate on Agronomic Traits and Economic Benefits of Baopimai No.28

ZHAO Jiatao, LIU Mengdao, FU Zhengbo, SUN Lijuan  
(Baoshan Academy of Agricultural Sciences, Baoshan 678000, China)

**Abstract:** In order to explore the optimum sowing density and nitrogen application rate of the barley variety ‘Baopimai No.28’, and provide scientific basis for widespread demonstration and promotion. The effects of sowing density (basic seedlings of  $1.8 \times 10^6$ ,  $2.4 \times 10^6$  and  $3 \times 10^6$  plants/hm<sup>2</sup>) and nitrogen application rate (450, 525 and 600 kg/hm<sup>2</sup> urea) on barley grain yield were studied. The results showed that the effective panicles increased with the increase of density and nitrogen application rate. The number of filled grains per spike in low and medium density treatments ( $1.8 \times 10^6$  and  $2.4 \times 10^6$  plants/hm<sup>2</sup>) increased with the increase of nitrogen application rate, and the number of filled grains per spike in high density treatment ( $3 \times 10^6$  plants/hm<sup>2</sup>) increased first and then decreased with the increase of nitrogen application rate. The 1 000-grain weight decreased with the increase of nitrogen application rate and density. The yield increased with the increase of nitrogen application rate and density. The three treatments of 600 kg/hm<sup>2</sup> urea had higher economic benefits. The optimum basic seedling of Baopimai No.28 was  $2.4 \times 10^6$  plants/hm<sup>2</sup>, and the optimum nitrogen application rate was 600 kg/hm<sup>2</sup> urea.

**Key Words:** Barley; Density; Nitrogen application rate; Yield; Economic benefit

张红霞,贺立强,赵永刚,等. 北疆地区外引谷子品种(系)的筛选及评价[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):32–42(2025–04–25).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s. 2025.02.006.

## 北疆地区外引谷子品种(系)的筛选及评价

张红霞<sup>1</sup>,贺立强<sup>1</sup>,赵永刚<sup>1\*</sup>,王志刚<sup>1</sup>,孔祥丽<sup>2</sup>

(1. 新疆生产建设兵团第七师农业科学研究所,新疆 奎屯 833200;2. 新疆生产建设兵团第七师 124 团农业发展服务中心,  
新疆 胡杨河 833011)

**摘要:**为了筛选出适合北疆地区种植的高产优质谷子品种(系),以 20 个外引谷子品种(系)为材料,采用大田种植和室内考种的方法,对其生育期、农艺性状、产量及品质等进行综合评价。结果表明,20 个外引谷子品种(系)在北疆地区的生育期为 105.0~137.0 d,平均 119.7 d;株高 1.01~1.73 m,平均 1.35 m;主茎节数 11.0~15.0 节,平均 13.2 节;单株分蘖数 1.9~6.9 个,平均 2.9 个;单穗粒质量 14.8~21.9 g,平均 18.2 g;千粒质量 2.7~3.4 g,平均 3.0 g。在产量方面,20 个品种(系)的平均产量为 5 685.8 kg/hm<sup>2</sup>,其中,最高产量为 6 633.7 kg/hm<sup>2</sup>,最低产量为 4 291.9 kg/hm<sup>2</sup>。在品质方面,20 个品种(系)的谷子出谷率为 63.4%~78.0%,平均 70.5%。综合评价结果表明,外引谷子品种(系)在产量、品质等方面均表现出较好的潜力。其中,豫谷 31、朝谷 15、天粟 2 号、天粟 1 号和豫谷 33 在产量和出谷率方面表现突出,有望成为该地区推广种植的高产优质谷子品种。

**关键词:**北疆地区;谷子;品种(系);性状;综合评价

**中图分类号:**S515

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673–6486–20250003

谷子是一种重要的粮食作物,在全球范围内广泛种植和消费<sup>[1–2]</sup>。随着人口增长和粮食安全问题的日益突出,提高谷子产量和品质已经成为当前农业研究的重要方向之一<sup>[3]</sup>。谷子在新疆的种植面积相对较小,但在一些地区有一定的种植历史和适宜的种植环境。北疆地区属温带大陆性干旱气候,年均降水量不足 200 mm,≥0℃积温 2 800~3 200℃·d,无霜期 150~180 d(自中国气象数据网)。谷子作为 C4 作物,其水分利用效率显著高于小麦,且可通过渗透调节与深根系构型适应干旱胁迫环境,是区域生态位适配的优势作物。因此,引入谷子到北疆地区种植可以充分利用当地的气候条件和土地资源,丰富作物品种,增加粮食产量,促进农业产业结构调整,增加农民收入,推动农业现代化发展。

近年来,大批学者对谷子的各类农艺性状以及产量性状进行了多方面的研究<sup>[4–7]</sup>,采用多种分析方法<sup>[8–9]</sup>对不同品种进行了各种性状分析,最终实现抗旱高产种质的精准选育及配套栽培技术的标准化

构建<sup>[10–14]</sup>。张盼盼等对谷子抗旱性指标进行了筛选,发现相对出苗率、相对根长、相对根质量、相对胚芽鞘长、相对苗长、相对苗质量可以作为谷子萌发期抗旱性的指标<sup>[15]</sup>。高汝勇等分析了 12 个谷子品种的发芽率、发芽指数、根长、苗高、鲜质量和活力指数,采用模糊隶属函数对其抗旱性进行评价<sup>[16]</sup>。孟庆立等采用主成分分析和模糊聚类的方法对谷子进行抗旱等级分类<sup>[17]</sup>。但上述研究存在指标选取较少和分析方法单一等方面的缺陷。在谷子综合评价方面,通过多性状综合评价、灰色关联度分析、智能化评价等方面的研究,可以筛选出具有优良性状的品种,提高谷子的产量、品质和抗逆性,促进谷子产业的发展<sup>[18–20]</sup>。针对影响旱地谷子生产水平的主要问题,通过引进国内外优良品种,并结合当地的育种工作,为外引谷子筛选提供了新的思路和方法,也进一步丰富和完善了谷子育种理论与实践体系。

目前,相关研究人员通过对不同品种(系)的谷子进行引种试验和比较分析,筛选出了一些具有高产、优质、抗逆性强等优良性状的品种(系)<sup>[21–25]</sup>。但初步筛选可能仅基于单一或有限试验区域,缺乏多生态区的稳定性验证,难以判断品种的广适性。同时,他们还对这些品种(系)的生长发育、产量、品质等方面进行了系统的鉴定和评价,为进一步推广应用提供了科学依据。因此,本研究将充分利用当地

收稿日期:2025–01–03;修回日期:2025–04–11。

基金项目:胡杨河市科技攻关项目。

作者简介:张红霞(1995—),女,硕士,助理研究员,研究方向为作物高产栽培理论与技术。Email: 2635172750@qq.com。

\* 通信作者:赵永刚(1975—),男,副研究员,研究方向为小麦育种及栽培技术研究。Email: nks\_zyg@163.com。

的气候条件和土地资源,建立包含 14 项农艺性状的综合评价体系,解决单一指标导向的品种选择偏差。引进高产优质谷子品种进行筛选和综合评价,根据筛选和评价结果,制定适合北疆地区的谷子种植技术规范,提高谷子种植的科学性和规范化水平,促进农业可持续发展,为品种选育提供客观的数据支持,以期为该地区的谷子种植提供更加科学和全面地指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2017 年在新疆生产建设兵团第七师农业科学研究所 16 号地(84°55'E、44°26'N)进行,试

验地为中壤土,可溶性盐总含量(质量分数,下同) 1.6 g/kg、有机质含量 14 g/kg、N 含量 70 mg/kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量 25 mg/kg、K<sub>2</sub>O 含量 86 mg/kg。前茬作物为玉米,采用加压滴灌灌水方式,基施磷酸二铵 225 kg/hm<sup>2</sup> 和硫酸钾 75 kg/hm<sup>2</sup>。

### 1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,小区面积为 10 m<sup>2</sup>,采用膜上点播种植模式(70 cm 窄膜,60 cm+40 cm 宽窄行距,1 膜 2 行,2 行 1 带,株距 0.9 cm,密度为 42 万株/hm<sup>2</sup>),共设置 3 次重复。试验材料为 20 个外引谷子品种(系)(表 1),田间管理按照国家谷子品种区域试验管理办法(DB1308/T 369—2025《谷子轻简化栽培技术规范》)实施。

表 1 外引高产优质谷子品种(系)

| 编号  | 品种(系)     | 品种来源                | 育种者                      |
|-----|-----------|---------------------|--------------------------|
| P1  | 龙谷 25     | 哈尔滨 5 号×龙谷 23       | 黑龙江省农业科学院作物育种研究所         |
| P2  | 龙谷 31     | 不详                  | 黑龙江省农业科学院作物育种研究所         |
| P3  | 龙谷 33     | 突变系                 | 黑龙江省农业科学院作物育种研究所         |
| P4  | 朝谷 15     | 铁谷 7 号×朝谷 9 号       | 辽宁省水土保持研究所               |
| P5  | 朝谷 19     | 朝谷 13 号自然杂交株        | 辽宁省水土保持研究所               |
| P6  | 朝谷 58     | 朝谷 9 号×冀谷 25        | 辽宁省水土保持研究所/河北省农林科学院谷子研究所 |
| P7  | 豫谷 31     | 豫谷 18×“冀谷 19×SK492” | 安阳市农业科学院                 |
| P8  | 豫谷 32(CK) | 豫谷 18×“冀谷 19×SK492” | 安阳市农业科学院                 |
| P9  | 豫谷 33     | 豫谷 1 号×保 282        | 安阳市农业科学院                 |
| P10 | 赤谷 17     | 99-562×99-943       | 赤峰市农牧科学研究院               |
| P11 | 赤谷 22     | 黄八杈×张杂谷 12 号        | 赤峰市农牧科学研究院               |
| P12 | 赤谷 23     | 承谷 10 号×黄八杈         | 赤峰市农牧科学研究院               |
| P13 | 嫩选 16 号   | 龙谷 25 号×85-5937     | 黑龙江省农科院嫩江农业科学研究所         |
| P14 | 嫩 9018    | 不详                  | 不详                       |
| P15 | 天粟 1 号    | 豫谷 18×冀谷 31         | 河北天粟农业科技有限公司             |
| P16 | 天粟 2 号    | 豫谷 9×冀谷 25          | 河北天粟农业科技有限公司             |
| P17 | 公谷 80     | 公矮 5 号×K472         | 吉林省农业科学院作物育种研究所          |
| P18 | 燕谷 18     | 矮 88×齐头白-2          | 辽宁省水土保持研究所               |
| P19 | 金谷 5 号    | 豫谷 9×冀谷 19          | 河北天粟农业科技有限公司             |
| P20 | 吨谷 1 号    | 矮变单株,经系统选育而成        | 山西农业大学                   |

### 1.3 测定项目

在谷子生长期,观察并记录各品种(系)的生育期。成熟时,每个品种各取 30 株有代表性的植株,测定田间农艺性状(株高、主茎节数、穗长、穗粗、茎长等)及品质性状(出谷率)。将植株穗收获晾

晒干后,测定穗粒质量、千粒质量等,并实收称质量测产。

### 1.4 数据处理及统计分析方法

1.4.1 数据处理。用 Excel 2019 软件进行数据处理及 Origin 2021 软件进行图形绘制。

**1.4.2 分析方法。**应用灰色系统理论,将参加北疆地区外引高产优质谷子品种(系)视为一个灰色系统,每个参试品种(系)为灰色系统中的1个因素,计算系统中各因素的关联度,关联度越大则因素的相似程度越高<sup>[26]</sup>。根据谷子新品种选育目标要求和试验结果,将产量性状设定为“母序列  $x_0$ ”,将生育期、株高、分蘖数、节数、穗长、穗粗、茎长、叶长、叶宽、单穗粒质量、千粒质量、穗数、出谷率及产量14个性状分别设定为比较数列( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{14}$ )。将其原始序列进行无量纲化转换得到均值化序列,然后用DPS 7.5软件进行灰色关联度分析,分辨系数  $\rho$  越小,分辨力越大,一般  $\rho$  的取值区间为(0,1),具体取值可视情况而定,通常取  $\rho=0.5$ ,计算其关联系数和关联度,确定外引谷子品种(系)的优劣。计算公式如下:

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min_k \min_l |x_0(k) - x_l(k)| + \rho \max_k \max_l |x_0(k) - x_l(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k \max_l |x_0(k) - x_l(k)|}; \quad (1)$$

$$R_i' = \sum_{k=1}^n w_k \varepsilon_i(k). \quad (2)$$

式中: $|x_0(k) - x_i(k)|$  为  $x_0$  数列与  $x_i$  数列在  $k$  点的绝对差值; $\min_k \min_l |x_0(k) - x_l(k)|$  为二级最小差; $\max_k \max_l |x_0(k) - x_l(k)|$  为二级最大差; $\rho$  为分辨系数,通常取  $\rho=0.5$ ;  $w_k$  为权重,通过计算各性状与产量的关联度求得; $R_i'$  为加权关联度。

## 2 结果与分析

### 2.1 外引高产优质谷子品种农艺性状

由表2可知,20个外引高产谷子各性状间变化程度不同。外引谷子品种的平均生育期为119.7 d,变幅为105.0~137.0 d。其中,龙谷25、龙谷31、龙谷33、赤谷23较为早熟,且赤谷23的叶长、叶宽相对较小。朝谷15、天粟2号、豫谷31、豫谷33为晚熟品种;株高平均为1.35 m,变幅为1.01~1.73 m,其中,赤谷17的株高最高,公谷80的次之,燕谷18的最矮;嫩选16号的穗长最长为35.3 cm,穗长最短的为朝谷58。性状之间变异系数最大的是分蘖数,其他依次为穗长、株高、叶长、茎长、主茎节数、穗粗、叶宽,最小的是生育期。

### 2.2 外引高产优质谷子产量及产量构成因素

由表3可知,外引谷子品种的平均产量为5 685.8 kg/hm<sup>2</sup>,变幅为4 291.9~6 633.7 kg/hm<sup>2</sup>。其中,产量在4 600~6 600 kg/hm<sup>2</sup>的占90%;各谷子品种的平均单穗粒质量为18.2 g,变幅为14.6~

21.9 g,单穗粒质量在19.0 g以上的占40%;各谷子品种的平均千粒质量为3.0 g,变幅为2.7~3.4 g,千粒质量 $\geq 3.0$  g的谷子品种占45%;穗数平均为4.26万个/667 m<sup>2</sup>,其中,朝谷15的穗数最多,为7.25万个/667 m<sup>2</sup>,嫩选16号的穗数最少,为2.74万个/667 m<sup>2</sup>;外引谷子品种的平均出谷率为70.5%,变幅为63.4%~78.0%,出谷率 $\geq 70.5\%$ 的品种有10个,占谷子品种的50%。各产量构成性状之间变异系数最大的是穗数,其他依次为产量、单穗粒质量、出谷率,最小的是千粒质量。为了进一步分析各性状与产量的相互关系,对这些性状进行了灰色关联度分析。

### 2.3 主要农艺性状与产量性状的关联序与关联度

根据对各性状参数进行无量纲化处理(表4)、计算产量与各性状的关联系数(表5)及灰色关联度(表6)的计算可知,外引谷子产量与各性状的关联度大小顺序依次为:穗数>分蘖数>叶宽>株高>节数>穗长>茎长>穗粗>生育期>出谷率>单穗粒质量>叶长>千粒质量。依照关联分析原则,关联度大的数列与参考数列的关系最为密切,关联度小的数列则与参考数列的关系较远。该分析中,穗数与产量的关联度最大( $r=0.470$ ),其次为分蘖数( $r=0.468$ ),第3为叶宽( $r=0.460$ ),千粒质量与产量的关联度最小( $r=0.379$ )。说明外引谷子的穗数与分蘖数对产量高低有重要作用。相比之下,其他农艺性状对产量的影响较小。在选育品种时应首先考虑穗数、分蘖数与产量密切相关的性状,对产量影响较小的性状可适当放宽选择条件。

### 2.4 外引谷子品种(系)加权关联度分析和排序

灰色关联度分析(表7)表明,加权关联度值较大且排名前5位的品种(系)分别为豫谷31、朝谷15、天粟2号、天粟1号和豫谷33,公谷80、朝谷58、龙谷25及嫩选16号的加权关联度值排名靠后。

### 2.5 各性状之间的相关性分析

由图1可知,各性状之间存在不同程度的相关性。产量与穗数呈显著正相关,与分蘖数呈极显著负相关;千粒质量与穗数呈显著负相关;穗数与出谷率呈显著正相关,与生育期呈极显著正相关,与分蘖数呈极显著负相关;出谷率与主茎节数呈显著正相关,与分蘖数呈显著负相关;生育期与叶长呈极显著正相关,与穗粗、叶宽呈显著正相关;株高与茎长呈极显著正相关;穗长与穗粗、叶长、叶宽均呈显著正相关;穗粗与叶长、叶宽均呈极显著正相关;叶长与叶宽呈显著正相关。



表 2 外引高产优质谷子主要农艺性状

| 编号      | 品种      | 生育期/d | 株高 /m | 分蘖数/(个/株) | 主茎节数/节 | 穗长 /cm | 穗粗 /cm | 茎长 /cm | 叶长 /cm | 叶宽 /cm |
|---------|---------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P1      | 龙谷 25   | 106.0 | 1.57  | 3.6       | 13.0   | 20.7   | 7.4    | 34.5   | 32.8   | 2.8    |
| P2      | 龙谷 31   | 105.0 | 1.41  | 2.4       | 11.0   | 21.7   | 7.5    | 28.7   | 32.8   | 2.8    |
| P3      | 龙谷 33   | 107.0 | 1.41  | 2.7       | 13.0   | 21.0   | 7.0    | 32.5   | 33.0   | 3.0    |
| P4      | 朝谷 15   | 137.0 | 1.18  | 1.9       | 12.0   | 24.0   | 7.8    | 31.2   | 48.3   | 3.0    |
| P5      | 朝谷 19   | 120.0 | 1.23  | 2.4       | 13.0   | 26.5   | 9.3    | 30.5   | 45.0   | 3.3    |
| P6      | 朝谷 58   | 125.0 | 1.29  | 2.6       | 14.0   | 20.3   | 8.9    | 27.8   | 42.7   | 3.3    |
| P7      | 豫谷 31   | 126.0 | 1.35  | 2.2       | 14.0   | 24.0   | 8.0    | 30.3   | 42.8   | 3.2    |
| P8      | 豫谷 32   | 125.0 | 1.36  | 2.6       | 13.0   | 29.7   | 8.1    | 30.7   | 46.0   | 3.0    |
| P9      | 豫谷 33   | 126.0 | 1.42  | 2.8       | 14.0   | 25.3   | 8.8    | 39.7   | 46.5   | 3.3    |
| P10     | 赤谷 17   | 118.0 | 1.73  | 2.6       | 15.0   | 24.3   | 7.5    | 41.5   | 37.3   | 3.0    |
| P11     | 赤谷 22   | 121.0 | 1.26  | 3.1       | 12.0   | 30.7   | 9.5    | 28.7   | 44.7   | 3.3    |
| P12     | 赤谷 23   | 109.0 | 1.37  | 4.0       | 14.0   | 22.0   | 6.9    | 29.0   | 34.2   | 2.5    |
| P13     | 嫩选 16 号 | 114.0 | 1.41  | 3.9       | 13.0   | 35.3   | 8.1    | 30.5   | 39.8   | 3.3    |
| P14     | 嫩 9018  | 116.0 | 1.06  | 3.6       | 11.0   | 27.0   | 8.1    | 29.7   | 44.7   | 3.1    |
| P15     | 天粟 1 号  | 122.0 | 1.22  | 2.4       | 14.0   | 24.0   | 7.9    | 28.5   | 47.3   | 2.9    |
| P16     | 天粟 2 号  | 127.0 | 1.22  | 1.9       | 15.0   | 27.7   | 9.2    | 30.2   | 47.2   | 3.2    |
| P17     | 公谷 80   | 118.0 | 1.63  | 2.6       | 15.0   | 28.3   | 8.7    | 38.7   | 46.8   | 3.2    |
| P18     | 燕谷 18   | 122.0 | 1.01  | 3.6       | 11.0   | 26.0   | 7.9    | 29.7   | 41.5   | 2.8    |
| P19     | 金谷 5 号  | 125.0 | 1.55  | 3.1       | 13.0   | 28.0   | 8.3    | 32.5   | 45.8   | 3.2    |
| P20     | 吨谷一号    | 125.0 | 1.24  | 4.0       | 13.0   | 23.0   | 8.4    | 27.7   | 39.8   | 3.2    |
| 平均值     |         | 119.7 | 1.35  | 2.9       | 13.2   | 25.5   | 8.2    | 31.6   | 42.0   | 3.1    |
| 变异系数 /% |         | 6.9   | 13.5  | 23.2      | 9.6    | 14.9   | 9.0    | 12.6   | 12.7   | 7.3    |

表 3 外引高产优质谷子产量及产量构成

| 编号     | 品种      | 产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 单穗粒质量/g | 千粒质量/g | 穗数/(万个/667 m <sup>2</sup> ) | 出谷率/% |
|--------|---------|--------------------------|---------|--------|-----------------------------|-------|
| P1     | 龙谷 25   | 4 291.9                  | 17.9    | 3.3    | 3.26                        | 71.8  |
| P2     | 龙谷 31   | 6 383.7                  | 19.5    | 2.7    | 3.77                        | 69.1  |
| P3     | 龙谷 33   | 5 675.3                  | 16.5    | 3.2    | 4.00                        | 66.3  |
| P4     | 朝谷 15   | 6 517.0                  | 18.8    | 2.8    | 7.25                        | 78.0  |
| P5     | 朝谷 19   | 6 367.1                  | 14.8    | 3.0    | 3.48                        | 67.3  |
| P6     | 朝谷 58   | 4 758.6                  | 15.5    | 2.8    | 5.14                        | 70.0  |
| P7     | 豫谷 31   | 6 633.7                  | 16.3    | 2.9    | 6.77                        | 75.0  |
| P8     | 豫谷 32   | 5 967.0                  | 14.6    | 3.0    | 3.85                        | 72.9  |
| P9     | 豫谷 33   | 6 400.3                  | 19.6    | 2.9    | 4.37                        | 74.6  |
| P10    | 赤谷 17   | 5 908.7                  | 21.1    | 3.0    | 3.85                        | 74.2  |
| P11    | 赤谷 22   | 5 235.3                  | 21.9    | 2.8    | 4.59                        | 63.4  |
| P12    | 赤谷 23   | 5 850.3                  | 20.8    | 3.0    | 3.55                        | 69.3  |
| P13    | 嫩选 16 号 | 4 800.3                  | 17.5    | 3.4    | 2.74                        | 74.9  |
| P14    | 嫩 9018  | 4 783.5                  | 20.0    | 2.9    | 2.81                        | 68.1  |
| P15    | 天粟 1 号  | 6 492.0                  | 18.6    | 2.8    | 4.85                        | 76.9  |
| P16    | 天粟 2 号  | 6 533.7                  | 20.1    | 2.9    | 5.96                        | 75.6  |
| P17    | 公谷 80   | 4 658.5                  | 18.2    | 2.9    | 3.77                        | 68.5  |
| P18    | 燕谷 18   | 5 908.7                  | 19.4    | 3.0    | 3.48                        | 57.3  |
| P19    | 金谷 5 号  | 5 175.3                  | 15.6    | 3.1    | 3.55                        | 70.5  |
| P20    | 吨谷一号    | 5 375.3                  | 16.4    | 2.7    | 4.14                        | 66.1  |
| 平均值    |         | 5 685.8                  | 18.2    | 3.0    | 4.26                        | 70.5  |
| 变异系数/% |         | 13.2                     | 12.0    | 63.0   | 28.5                        | 7.2   |

表 4 无量纲化处理

| 编号  | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$ | $x_8$ | $x_9$ | $x_{10}$ | $x_{11}$ | $x_{12}$ | $x_{13}$ | $x_{14}$ |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P1  | 0.757 | 0.980 | 0.710 | 0.802 | 0.657 | 0.737 | 0.821 | 0.657 | 0.805 | 0.814    | 0.931    | 0.708    | 0.959    | 0.613    |
| P2  | 0.750 | 0.882 | 0.758 | 0.688 | 0.769 | 0.750 | 0.683 | 0.857 | 0.800 | 0.882    | 0.857    | 0.756    | 0.918    | 0.739    |
| P3  | 0.764 | 0.881 | 0.871 | 0.792 | 0.694 | 0.703 | 0.774 | 0.660 | 0.867 | 0.750    | 0.900    | 0.869    | 0.988    | 0.811    |
| P4  | 0.979 | 0.739 | 0.758 | 0.771 | 0.667 | 0.775 | 0.742 | 0.967 | 0.843 | 0.673    | 0.854    | 0.756    | 0.926    | 0.768    |
| P5  | 0.857 | 0.769 | 0.823 | 0.833 | 0.736 | 0.925 | 0.726 | 0.900 | 0.952 | 0.855    | 0.786    | 0.707    | 0.953    | 0.931    |
| P6  | 0.893 | 0.804 | 0.839 | 0.885 | 0.843 | 0.893 | 0.663 | 0.953 | 0.952 | 0.845    | 0.811    | 0.837    | 0.911    | 0.999    |
| P7  | 0.900 | 0.846 | 0.823 | 0.875 | 0.667 | 0.800 | 0.722 | 0.857 | 0.905 | 0.741    | 0.837    | 0.820    | 0.920    | 0.836    |
| P8  | 0.893 | 0.848 | 0.839 | 0.802 | 0.824 | 0.812 | 0.730 | 0.920 | 0.843 | 0.664    | 0.843    | 0.837    | 0.940    | 0.943    |
| P9  | 0.900 | 0.890 | 0.952 | 0.844 | 0.704 | 0.880 | 0.944 | 0.930 | 0.929 | 0.891    | 0.826    | 0.732    | 0.972    | 0.852    |
| P10 | 0.843 | 1.078 | 0.839 | 0.906 | 0.676 | 0.745 | 0.988 | 0.747 | 0.848 | 0.959    | 0.863    | 0.837    | 0.980    | 0.844    |
| P11 | 0.864 | 0.786 | 1.000 | 0.771 | 0.852 | 0.952 | 0.683 | 0.893 | 0.948 | 0.995    | 0.791    | 0.997    | 0.942    | 0.919    |
| P12 | 0.779 | 0.856 | 0.774 | 0.885 | 0.722 | 0.688 | 0.690 | 0.683 | 0.724 | 0.945    | 0.846    | 0.772    | 0.958    | 0.833    |
| P13 | 0.814 | 0.881 | 0.597 | 0.802 | 0.981 | 0.813 | 0.726 | 0.797 | 0.948 | 0.795    | 0.957    | 0.595    | 0.923    | 0.686    |
| P14 | 0.829 | 0.660 | 0.935 | 0.708 | 0.750 | 0.813 | 0.706 | 0.893 | 0.890 | 0.909    | 0.823    | 0.611    | 0.877    | 0.683    |
| P15 | 0.871 | 0.763 | 0.645 | 0.896 | 0.667 | 0.792 | 0.679 | 0.947 | 0.819 | 0.914    | 0.840    | 0.643    | 0.925    | 0.748    |
| P16 | 0.907 | 0.763 | 0.823 | 0.927 | 0.769 | 0.923 | 0.718 | 0.943 | 0.914 | 0.886    | 0.771    | 0.820    | 0.988    | 0.844    |
| P17 | 0.843 | 1.016 | 0.823 | 0.917 | 0.787 | 0.870 | 0.921 | 0.937 | 0.910 | 0.827    | 0.826    | 0.820    | 0.819    | 0.665    |
| P18 | 0.871 | 0.628 | 0.742 | 0.677 | 0.722 | 0.785 | 0.706 | 0.830 | 0.790 | 0.705    | 0.794    | 0.900    | 0.948    | 0.680    |
| P19 | 0.893 | 0.968 | 0.677 | 0.813 | 0.778 | 0.828 | 0.774 | 0.917 | 0.905 | 0.709    | 0.883    | 0.554    | 0.948    | 0.941    |
| P20 | 0.893 | 0.773 | 0.903 | 0.833 | 0.639 | 0.840 | 0.659 | 0.797 | 0.914 | 0.745    | 0.760    | 0.901    | 0.975    | 0.910    |

表 5 产量与各性状的关联系数及权重

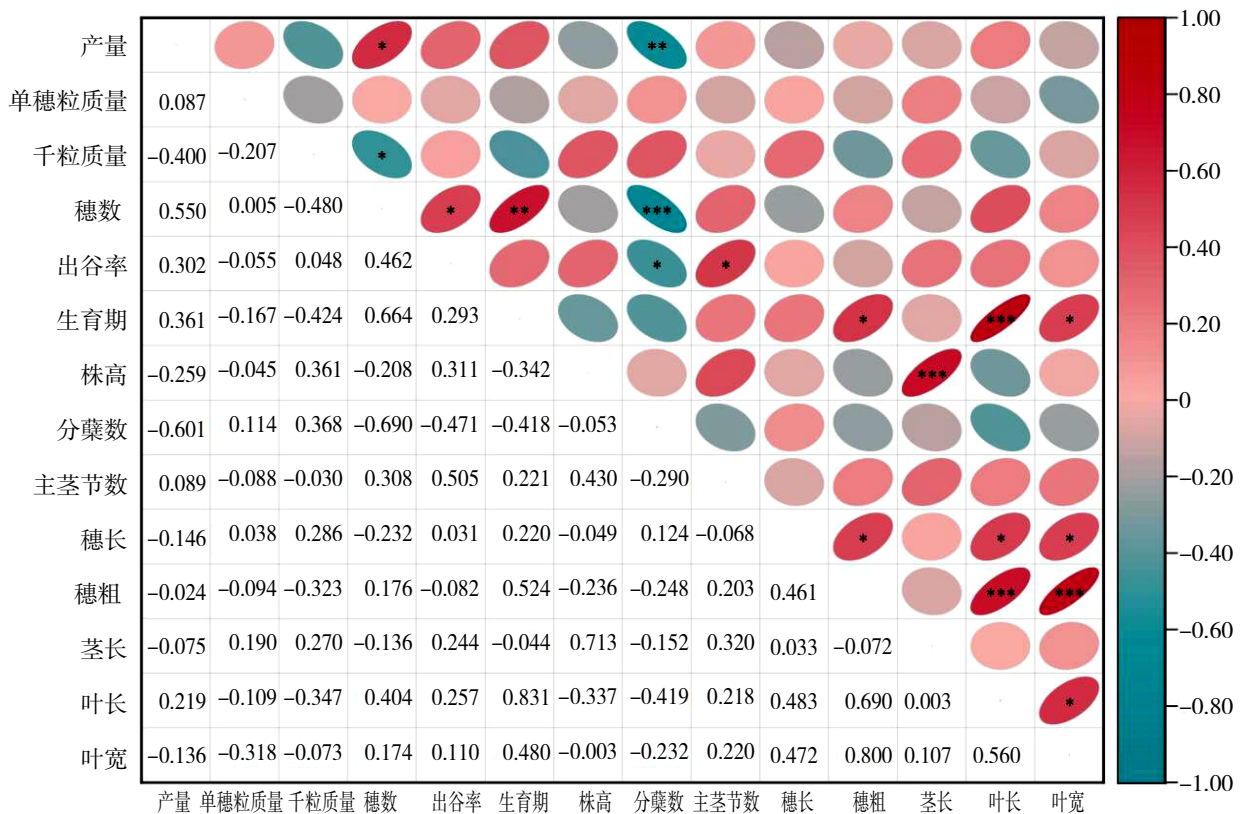
| 编号  | x <sub>1</sub> | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | x <sub>4</sub> | x <sub>5</sub> | x <sub>6</sub> | x <sub>7</sub> | x <sub>8</sub> | x <sub>9</sub> | x <sub>10</sub> | x <sub>11</sub> | x <sub>12</sub> | x <sub>13</sub> |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P1  | 0.965          | 0.565          | 0.833          | 0.700          | 0.836          | 0.838          | 0.610          | 0.958          | 0.869          | 0.700           | 0.518           | 0.762           | 0.657           |
| P2  | 0.778          | 0.796          | 0.933          | 0.792          | 0.806          | 0.941          | 0.982          | 0.853          | 0.878          | 0.762           | 0.813           | 0.886           | 0.696           |
| P3  | 0.721          | 0.915          | 0.871          | 0.974          | 0.870          | 0.714          | 0.944          | 0.672          | 0.929          | 0.841           | 0.747           | 0.821           | 0.835           |
| P4  | 0.612          | 0.885          | 0.994          | 0.887          | 0.882          | 0.976          | 0.931          | 0.722          | 0.978          | 0.776           | 0.859           | 0.940           | 0.985           |
| P5  | 0.791          | 0.697          | 0.827          | 0.768          | 0.769          | 0.893          | 0.744          | 0.865          | 0.989          | 0.835           | 0.673           | 0.703           | 0.793           |
| P6  | 0.790          | 0.664          | 0.733          | 0.794          | 0.879          | 0.851          | 0.598          | 0.851          | 0.857          | 0.726           | 0.609           | 0.777           | 0.675           |
| P7  | 0.877          | 0.954          | 0.990          | 0.896          | 0.775          | 0.900          | 0.878          | 0.953          | 0.914          | 0.788           | 0.885           | 0.954           | 0.825           |
| P8  | 0.879          | 0.781          | 0.809          | 0.752          | 0.944          | 0.756          | 0.736          | 0.883          | 0.725          | 0.584           | 0.807           | 0.863           | 0.883           |
| P9  | 0.908          | 0.989          | 0.773          | 0.928          | 0.820          | 0.887          | 0.704          | 0.909          | 0.855          | 0.930           | 0.856           | 0.844           | 0.815           |
| P10 | 0.889          | 0.684          | 0.991          | 0.771          | 0.779          | 0.767          | 0.643          | 0.742          | 0.867          | 0.788           | 0.989           | 0.936           | 0.905           |
| P11 | 0.829          | 0.732          | 0.820          | 0.678          | 0.927          | 0.822          | 0.698          | 0.874          | 0.984          | 0.840           | 0.686           | 0.797           | 0.609           |
| P12 | 0.726          | 0.985          | 0.873          | 0.892          | 0.895          | 0.673          | 0.822          | 0.676          | 0.589          | 0.794           | 0.987           | 0.950           | 0.700           |
| P13 | 0.897          | 0.725          | 0.829          | 0.793          | 0.500          | 0.788          | 0.820          | 0.874          | 0.644          | 0.823           | 0.526           | 0.903           | 0.675           |
| P14 | 0.846          | 0.907          | 0.624          | 0.882          | 0.763          | 0.785          | 0.852          | 0.715          | 0.752          | 0.662           | 0.819           | 0.937           | 0.826           |
| P15 | 0.821          | 0.973          | 0.788          | 0.759          | 0.919          | 0.947          | 0.951          | 0.724          | 0.957          | 0.728           | 0.932           | 0.875           | 0.763           |
| P16 | 0.869          | 0.801          | 0.991          | 0.771          | 1.000          | 0.778          | 0.859          | 0.866          | 0.931          | 0.923           | 0.703           | 0.971           | 0.894           |
| P17 | 0.778          | 0.577          | 0.713          | 0.586          | 0.685          | 0.657          | 0.560          | 0.647          | 0.673          | 0.745           | 0.792           | 0.694           | 0.788           |
| P18 | 0.727          | 0.859          | 0.887          | 0.889          | 0.809          | 0.825          | 0.846          | 0.804          | 0.997          | 0.996           | 0.916           | 0.630           | 0.772           |
| P19 | 0.884          | 0.990          | 0.613          | 0.755          | 0.836          | 0.801          | 0.807          | 0.879          | 0.872          | 0.628           | 0.912           | 0.560           | 0.886           |
| P20 | 0.943          | 0.729          | 0.999          | 0.798          | 0.648          | 0.875          | 0.679          | 0.730          | 0.930          | 0.700           | 0.636           | 0.945           | 0.699           |
| 权重  | 0.068          | 0.077          | 0.078          | 0.075          | 0.074          | 0.070          | 0.074          | 0.064          | 0.077          | 0.066           | 0.064           | 0.079           | 0.067           |

表 6 各性状与产量的灰色关联度

| 项目    | 生育期   | 株高    | 分蘖数   | 节数    | 穗长    | 穗粗    | 茎长    | 叶长    | 叶宽    | 单穗粒质量 | 千粒质量  | 穗数    | 出谷率   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 等权关联度 | 0.403 | 0.458 | 0.468 | 0.445 | 0.444 | 0.416 | 0.442 | 0.384 | 0.460 | 0.393 | 0.379 | 0.470 | 0.401 |
| 关联序   | 9     | 4     | 2     | 5     | 6     | 8     | 7     | 12    | 3     | 11    | 13    | 1     | 10    |

表 7 各参试品种(系)的加权关联度

| 编号  | 品种      | 加权关联度 |    |
|-----|---------|-------|----|
|     |         | 数值    | 排序 |
| P1  | 龙谷 25   | 0.746 | 18 |
| P2  | 龙谷 31   | 0.850 | 6  |
| P3  | 龙谷 33   | 0.834 | 8  |
| P4  | 朝谷 15   | 0.890 | 2  |
| P5  | 朝谷 19   | 0.799 | 14 |
| P6  | 朝谷 58   | 0.746 | 19 |
| P7  | 豫谷 31   | 0.891 | 1  |
| P8  | 豫谷 32   | 0.798 | 15 |
| P9  | 豫谷 33   | 0.864 | 5  |
| P10 | 赤谷 17   | 0.828 | 9  |
| P11 | 赤谷 22   | 0.795 | 16 |
| P12 | 赤谷 23   | 0.823 | 10 |
| P13 | 嫩选 16 号 | 0.760 | 17 |
| P14 | 嫩 9018  | 0.807 | 12 |
| P15 | 天粟 1 号  | 0.865 | 4  |
| P16 | 天粟 2 号  | 0.872 | 3  |
| P17 | 公谷 80   | 0.683 | 20 |
| P18 | 燕谷 18   | 0.835 | 7  |
| P19 | 金谷 5 号  | 0.799 | 13 |
| P20 | 吨谷一号    | 0.811 | 11 |



\* 表示  $P \leq 0.05$ , \*\* 表示  $P \leq 0.01$ , \*\*\* 表示  $P \leq 0.001$

图 1 14 个性状之间的相关性分析

### 3 讨论

#### 3.1 外引谷子品种(系)的适应性评价与高产性状筛选

外引高产优质谷子到北疆地区种植是一项有潜力的举措,可以提高当地农业生产的效益和质量<sup>[27]</sup>。但北疆地区的地理和气候条件可能对谷子生长产生影响,因此筛选的品种应该具有较好的适应性和抗逆性。前人对于谷子品种的筛选开展了大量的工作,在筛选过程中常采用聚类分析、主成分分析等多种分析方法<sup>[28-29]</sup>。本研究采用相关性分析和灰色关联度分析方法对不同品种谷子的一些性状进行了分析,结果表明:在供试的 20 个品种(系)中,外引谷子品种的平均产量为 5 685.8 kg/hm<sup>2</sup>,变异系数为 13.2%;平均穗数为 4.26 万个/667 m<sup>2</sup>,变异系数为 28.5%,其中,朝谷 15 的穗数最高为 7.25 万个/667 m<sup>2</sup>;平均分蘖数 2.9 个/株,变异系数为 23.2%,其中,朝谷 15 和天粟 2 号的分蘖数最低,其次为豫谷 31。外引谷子的产量与各性状的关联度大小排在前 3 的分别是穗数、分蘖数和叶宽,各性状与产量的灰色关联度分析表明,豫谷 31、朝谷 15、天粟 2 号、天粟 1 号和豫谷 33 号的加权关联度值较大,公谷 80、朝谷 58 号、龙谷 25 及嫩选 16 号的加权关联度值排名靠后。综上所述,为了丰富北疆地区谷子品种资源,可以考虑从不同地区引种。引入不同地理来源的品种可以增加遗传多样性,有助于筛选出更具适应性和高产优质的谷子品种。

#### 3.2 外引谷子多性状指标对产量形成的协同调控

谷子作为典型的 C4 作物,其独特的生理生态特性使其在干旱、贫瘠土壤等逆境环境中表现出显著优势。研究表明,在水分胁迫条件下,谷子通过增加深层根系比例<sup>[30]</sup>和降低气孔导度<sup>[31]</sup>减少蒸腾失水,同时维持较高的光合效率,这与 C4 植物特有的“Kranz 结构”对光能的捕获和碳同化能力密切相关<sup>[32]</sup>。此外,谷子的分蘖能力与产量形成呈非线性关系:适度分蘖可优化群体结构,但过度分蘖会导致营养竞争加剧<sup>[33]</sup>,因此在筛选高产优质谷子品种时,产量指标是首要考虑的因素之一。张丽英等在对小麦的研究中发现,小麦的单株粒质量与穗粒数、千粒质量呈极显著正相关<sup>[34]</sup>。柳青山等研究认为,对糯性高粱产量有影响的农艺性状依次为千粒质量>穗粒质量>生育期>株高>穗长<sup>[35]</sup>。栾素荣等对谷子进行灰色关联系数分析得出,穗粒质量、单穗质量、

出谷率、穗粗对产量影响较大<sup>[36]</sup>。孙峰成等研究表明,与玉米产量密切相关的农艺性状是出籽率、行粒数、穗粗、百粒质量、株高等<sup>[37]</sup>。刘正理等研究表明,群体与个体并重的品种更能成为高产品种,对自身的调节能力也较强<sup>[38]</sup>。张立媛等对 10 个糜子品种产量与农艺性状的灰色关联度分析表明,单穗质量、穗粒质量、出糜率、千粒质量对产量影响较大,株高和穗长对糜子产量影响较小<sup>[39]</sup>。本研究结果表明,谷子产量与穗数之间具有显著相关性,与株高、主茎节数之间相关性不显著。

早衰是影响谷子产量的重要因素,也是外引优质品种选育的突出问题<sup>[40-42]</sup>。因此,生育期的合理调控与功能叶的维持对缓解植株早衰现象应得到重视。适宜的穗数是为了找到适合不同类型外引品种的最佳密度,以获得高产<sup>[43]</sup>。协调好生育期、穗长、功能叶与产量及它们之间的关系,对提高外引谷子品种产量至关重要<sup>[44-45]</sup>。杨慧卿等研究发现,影响谷子产量的主要因素有生育期、单穗粒质量、单穗质量,其次为株高、抽穗期<sup>[46]</sup>;秦岭等研究表明,穗粗与单穗粒质量、叶长呈显著正相关<sup>[47]</sup>。但解云等研究表明,株高与单穗质量、单穗粒质量呈极显著负相关<sup>[29]</sup>,这与本研究及杨朋娟等的研究<sup>[48]</sup>不一致,这可能与研究的材料或者环境不同有一定的关系。综合分析各性状之间的相关性得出,产量与穗数呈显著正相关,与分蘖数呈极显著负相关;千粒质量与穗数呈显著负相关;穗数与出谷率呈显著正相关,与生育期呈极显著正相关,与分蘖数呈极显著负相关,其原因为穗数与分蘖数这 2 项指标均是构成谷子品种产量的重要因素,是间接反映谷子生产潜力的重要因子。同时,积极推广和利用优良品种,以提高北疆地区谷子的产量和品质,促进农业可持续发展和农民的增收。

### 4 结论

研究表明,外引谷子品种(系)在农艺性状、产量和品质等方面均表现出了较好的潜力。各品种产量的提高归因于穗数的增加及分蘖数的降低,其中,穗数的提高取决于生育期、出谷率的增加,而生育期推迟,各品种的叶长、穗长、穗粗、叶宽均显著增加。综合评价各谷子品种的各项指标表明,豫谷 31、朝谷 15、天粟 2 号、天粟 1 号和豫谷 33 在产量和出谷率方面表现最为突出,有望成为该地区推广



种植的高产优质谷子品种。

# 参考文献:

- [1] 柯贞进,尹美强,温银元,等. 干旱胁迫下聚丙烯酰胺浸种对谷子种子萌发及幼苗期抗旱性的影响[J]. 核农学报,2015,29(3):563-570.
- [2] PURANIK S,JHA S,SRIVASTAVA P S,et al. Comparative transcriptome analysis of contrasting foxtail millet cultivars in response to short-term salinity stress[J]. Journal of Plant Physiology, 2011,168(3):280-287.
- [3] 屈 洋,宋 慧,刘 洋,等. 谷子新品种(系)主要农艺性状及茎秆特性的遗传多样性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2018,36(3):51-58.
- [4] 刁玉霖,朱康宁,张海金,等. 谷子主要农艺性状和品质性状遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2023,51(11):73-79.
- [5] 马建中,马东艳,伊虎英,等. 高产抗旱优质谷子新品种辐谷7号的选育与推广利用[J]. 核农学报,2009,23(5):809-811.
- [6] LIU T P,HE J H,DONG K J,et al. Genome-wide identification of quantitative trait loci for morpho-agronomic and yield-related traits in foxtail millet (*Setaria italica*) across multi-environments[J]. Molecular Genetics and Genomics,2022,297(3):873-888.
- [7] SILES M M,RUSSELL W K,BALTENSPERGER D D,et al. Heterosis for grain yield and other agronomic traits in foxtail millet[J]. Crop Science,2004,44(6):1960-1965.
- [8] MD A,BABU D R,PRASAD BABU J D,et al. Studies on correlation and path analysis for grain yield and quality components in foxtail millet [*Setaria italica* (L.) beauv.][J]. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,2019,8(4):2173-2179.
- [9] 禾 璐,贾苏卿,赵芳玉,等. 谷子 *SiPSY1* 基因与米色形成相关性分析[J]. 核农学报,2021,35(11):2512-2520.
- [10] 刘思辰,曹晓宁,温琪汾,等. 山西谷子地方品种农艺性状和品质性状的综合评价[J]. 中国农业科学,2020,53(11): 2137-2148.
- [11] 代书桃,朱灿灿,马小倩,等. 谷子HAK/KUP/KT钾转运蛋白家族全基因组鉴定及其对低钾和高盐胁迫的响应[J]. 作物学报,2023,49(8):2105-2121.
- [12] 宋 慧,郭 岩,邢 璐,等. 基于灰色关联度、DTOPSIS与灰色局势决策法的谷子品种综合评价[J]. 中国农业大学学报,2023,28(11):42-56.
- [13] JAISWAL V,GUPTA S,GAHLAUT V,et al. Genome-wide association study of major agronomic traits in foxtail millet (*Setaria italica* L.) using ddRAD sequencing[J]. Scientific Reports,2019,9(1):5020.
- [14] LIU Z,NAN Z W,LIN S M,et al. Millet/peanut intercropping at a moderate N rate increases crop productivity and N use efficiency, as well as economic benefits,under rain-fed conditions[J]. Journal

of Integrative Agriculture,2023,22(3):738-751.

- [15] 张盼盼,冯佰利,王鹏科,等. 糜子芽期抗旱性指标鉴定与利用研究[J]. 河北农业科学,2010,14(11):22-27.
- [16] 高汝勇,时丽冉,崔兴国,等. 谷子品种抗旱性评价[J]. 河南农业科学,2013,42(12):28-32.
- [17] 孟庆立,关周博,冯佰利,等. 谷子抗旱相关性状的主成分与模糊聚类分析[J]. 中国农业科学,2009,42(8):2667-2675.
- [18] TIAN B H,LIU L Y,ZHANG L X,et al. Characterization of culm morphology, anatomy and chemical composition of foxtail millet cultivars differing in lodging resistance[J]. The Journal of Agricultural Science,2015,153(8):1437-1448.
- [19] 冯晓敏,张永清. 水分胁迫对糜子植株苗期生长和光合特性的影响[J]. 作物学报,2012,38(8):1513-1521.
- [20] 张美俊,杨武德,乔治军,等. 不同糜子品种萌发期对于干旱胁迫的响应及抗旱性评价[J]. 草地学报,2013,21(2):302-307.
- [21] 刘天鹏,董孔军,何继红,等. 糜子育成品种芽期抗旱性鉴定与评价研究[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(4):746-752.
- [22] JOSHI N L. Millet yield under natural drought conditions on arid loamy sand soil:Cultivar differences. Effect of planting dates,and relative energy yield equivalencies [J]. Arid Soil Research and Rehabilitation,1988,2(3):203-216.
- [23] 景小兰,史根生,史关燕. 不同糜黍品种灰色关联度分析及综合评价[J]. 农学学报,2016,6(7):13-18.
- [24] 解 云,郭世华. 谷子品种农艺性状的灰色关联度分析及综合评价[J]. 分子植物育种,2021,19(6):2064-2072.
- [25] 任芹勇,樊巧利,李 涛,等. 65份谷子品种农艺性状聚类和相关性[J]. 分子植物育种,2017,15(12):5178-5188.
- [26] 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 2版. 武汉:华中理工大学出版社,1985:348-376.
- [27] 史根生,史关燕,杨成元,等. 谷子杂交种主要农艺性状的灰色关联度分析及综合评价[J]. 农学学报,2016,6(5):1-5.
- [28] 陈春艳,杨 珊,李清超,等. 5个玉米新组合产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 中国农学通报,2022,38(15):11-16.
- [29] 李 峰,帅哲元,付金元,等. 不同生态区谷子品种(系)在甘肃省陇东地区的鉴定评价[J]. 种子,2015,34(12):93-96.
- [30] 连延浩,王天露,张旭东,等. 氮磷肥配施促进半干旱区沟垄集雨种植谷子节水增产[J]. 农业工程学报,2016,32(23): 106-115.
- [31] 李君霞,秦 娜,朱灿灿,等. 谷子黄叶色突变体光合特性研究[J]. 核农学报,2021,35(9):1964-1970.
- [32] 肖 璞,刘虎虎,王 翀,等. 植物高光效研究进展[J]. 生物学杂志,2020,37(2):88-91.
- [33] 郭玉春,梁义元,梁康迺,等. 新株型水稻物质生产与产量形成的生理生态Ⅱ.分蘖特性与形态解剖[J]. 福建农业大学学报,2001(4):444-448.
- [34] 张丽英,张正斌,徐 萍,等. 黄淮小麦农艺性状进化及对

- 产量性状调控机理的分析[J]. 中国农业科学,2014,47(5): 1013–1028.
- [35] 柳青山,周福平,梁 笃,等. 糯高粱品种主要农艺性状与产量的灰色关联分析[J]. 中国农学通报,2008,24(7):478–481.
- [36] 栾素荣,王占廷,李青松. 谷子产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 河北农业科学,2010,14(11):115–116,118.
- [37] 孙峰成,冯 勇,于 卓,等. 12个玉米群体的主要农艺性状与产量、品质的灰色关联度分析[J]. 华北农学报,2012, 27(1):102–105.
- [38] 刘正理,程汝宏,张凤莲,等. 不同密度条件下3种类型谷子品种产量及其构成要素变化特征研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(5):135–138.
- [39] 张立媛,杨恒山,王显瑞,等. 10个糜子品种产量与农艺性状的灰色关联度分析[J]. 种子,2014,33(11):68–69.
- [40] SINGH A, REIMER S, POZNIAK C J, et al. Allelic variation at *Psy1-A1* and association with yellow pigment in durum wheat grain[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2009, 118(8):1539–1548.
- [41] 刘恩魁,段喜顺,刘红霞,等. 春谷种植密度与产量的数量关系及其分析[J]. 中国农学通报,2013,29(30):118–123.
- [42] 穆婷婷,杜慧玲,张福耀,等. 外源硒对谷子生理特性、硒含量及其产量和品质的影响[J]. 中国农业科学,2017,50(1): 51–63.
- [43] SANKAR G R M, SHARMA K L, DHANAPAL G N, et al. Influence of soil and fertilizer nutrients on sustainability of rainfed finger millet yield and soil fertility in semi-arid alfisols[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2011, 42 (12):1462–1483.
- [44] PRADEEP S R, GUHA M. Effect of processing methods on the nutraceutical and antioxidant properties of little millet (*Panicum sumatrense*) extracts[J]. Food Chemistry, 2011, 126 (4):1643–1647.
- [45] 赵禹凯,王显瑞,张立媛,等. 谷子产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 吉林农业科学,2014,39(2):9–12.
- [46] 杨慧卿,王 军,王智兰,等. 分蘖型谷子资源的表型和遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(4):685–695.
- [47] 秦 岭,杨延兵,管延安,等. 施氮量和留苗密度对不同株型谷子产量及产量相关性状的影响[J]. 山东农业科学, 2013, 45(5):60–63.
- [48] 杨朋娟,张世文,王振山,等. 多环境评估谷子资源主要农艺性状遗传参数[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(4):1046–1054.

## Screening and Evaluation of Introduced Millet Varieties (Lines) in Northern Xinjiang

ZHANG Hongxia<sup>1</sup>, HE Liqiang<sup>1</sup>, ZHAO Yonggang<sup>1</sup>, WANG Zhigang<sup>1</sup>, KONG Xiangli<sup>2</sup>

(1. Agricultural Science Research Institute of the 7th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Kuitun 833200, China;

2. Agricultural Development Service Center of the 124th Regiment of the 7th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Huyanghe 833011, China)

**Abstract:** In order to screen out the high-yield and high-quality millet varieties (lines) suitable for planting in northern Xinjiang, in this study, 20 varieties (lines) of introduced millet were used as materials, and their growth period, agronomic traits, yield and quality were comprehensively evaluated by field planting and indoor seed examination. The results showed that the growth period of the 20 varieties (lines) of introduced millet was 105.0~137.0 days, with an average of 119.7 days, the plant height was 1.01~1.73 m, with an average of 1.35 m, and the number of main stem nodes was 11.0~15.0, with an average of 13.2 nodes. The number of tillers per plant was 1.9~6.9, with an average of 2.9, the grain weight per panicle was 14.8~21.9 g, with an average of 18.2 g, and the 1 000-grain weight was 2.7~3.4 g, with an average of 3.0 g. In terms of yield, the average yield of the 20 varieties (lines) was 5 685.8 kg/hm<sup>2</sup>, the highest yield was 6 633.7 kg/hm<sup>2</sup>, and the lowest yield was 4 291.9 kg/hm<sup>2</sup>. In terms of quality, the millet yield rate of 20 varieties (lines) was 63.4%~78.0%, with an average of 70.5%. The results of comprehensive evaluation showed that the varieties (lines) of millet showed good potential in terms of yield, quality and other aspects. Among them, Yugu 31, Chaogu 15, Tiansu No.2, Tiansu No.1 and Yugu 33 are the most outstanding in terms of yield and grain yield, and are expected to become high-yield and high-quality millet varieties popularized and planted in this region.

**Key Words:** Northern Xinjiang; Millet; Varieties (lines); Trait; Comprehensive evaluation

乔祥梅,王志龙,刘 列,等. 不同密度和施肥水平对云大麦 14 号产量及构成因素的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):43–47 (2025–04–24). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.007>.

# 不同密度和施肥水平对云大麦 14 号产量及构成因素的影响

乔祥梅,王志龙,刘 列,王志伟,黄廷芝,程 耿,程加省\*

(云南省农业科学院粮食作物研究所/国家小麦改良中心云南分中心,云南 昆明 650205)

**摘要:**为探明种植密度和施肥水平对云大麦 14 号产量和构成因素的影响规律,设置 3 个种植密度梯度(A1:195 万株/hm<sup>2</sup>; A2:225 万株/hm<sup>2</sup>; A3:255 万株/hm<sup>2</sup>)和 6 个施肥水平(B1:不施肥; B2:150 kg/hm<sup>2</sup> 尿素; B3:3 000 kg/hm<sup>2</sup> 农家肥; B4:75 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 800 kg/hm<sup>2</sup>; B5:45 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 2 400 kg/hm<sup>2</sup>; B6:105 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 200 kg/hm<sup>2</sup>),测定成熟期产量及构成因素。结果表明:种植密度、施肥水平和种植密度与施肥水平互作对云大麦 14 号的产量、单位面积穗数和千粒质量影响显著,产量和单位面积穗数随着种植密度的增加而增加,穗粒数对施肥处理不敏感。种植密度和施肥处理产量最佳的组合是 A3B6,其次是 A2B3,两者差异不具有统计学意义,经济效益最高的组合也是 A3B6,其次是 A1B2。因此,本试验条件下,云大麦 14 号在种植密度 255 万株/hm<sup>2</sup>、施肥水平为 105 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最佳,经济效益最好。

**关键词:**云大麦 14 号;密度;施肥水平;产量;产量构成

**中图分类号:**S512.3

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673–6486–20250014

大麦是世界上重要的谷类作物之一,因其生长期短暂、抗逆性强、用途多样而在全世界广泛种植,它不仅是啤酒酿造的主要原料,也是优质的饲用作物。在大麦栽培过程中,其产量和品质与其播种密度、施肥水平有着密切关系,合理密植、适量施肥是实现高产优质的主要栽培措施。适宜的种植密度有利于缓解个体和群体的矛盾、控制品种倒伏<sup>[1]</sup>。种植密度影响大麦对水肥的吸收利用,合理的施肥量与种植密度对大麦产量有显著的增产作用<sup>[2–3]</sup>。

云大麦 14 号是云南省农业科学院粮食作物研究所育成的高产、稳产品种,2020 年 4 月通过国家非主要农作物品种登记,登记编号:GDP 大麦(青稞)(2020)530023。该品种为啤用、二棱、中熟,株高、茎秆粗细适中,株型紧凑、分蘖力强,适宜云南省海拔 900 ~ 2 400 m 的大麦生产区种植。根据品种特性,探讨不同大麦品种的配套栽培技术,对实现专用大麦的优质高产具有重要意义<sup>[4]</sup>。因此,本文通过田间试验,

研究不同种植密度和施肥量对云大麦 14 号产量的影响,以期为该品种的大面积生产应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及试验地概况

本试验选取的材料为云南省农业科学院粮食作物研究所育成的大麦品种云大麦 14 号。试验于 2023—2024 年在云南省农业科学院嵩明科研基地(103°06′E、25°21′N,海拔 1 904 m)进行,前作为玉米,土壤类型为黏土,施肥前五点取土样进行土壤基本养分检测,基础养分含量(质量分数,下同)为速效氮 41.00 mg/kg、速效磷 17.4 mg/kg、速效钾 101.33 mg/kg,全田平整,肥力均匀,排水方便。

### 1.2 试验设计

采用两因素完全随机设计试验,以种植密度为因素 A,设置 3 个密度梯度, A1:195 万株/hm<sup>2</sup>; A2:225 万株/hm<sup>2</sup>; A3:255 万株/hm<sup>2</sup>;以施肥水平为因素 B,设置 6 个施肥水平, B1:不施肥; B2:150 kg/hm<sup>2</sup> 尿素; B3:3 000 kg/hm<sup>2</sup> 农家肥; B4:75 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 800 kg/hm<sup>2</sup>; B5:45 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 2 400 kg/hm<sup>2</sup>; B6:105 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 200 kg/hm<sup>2</sup>。试验于 2023 年 10 月 28 日播种,每个小区种植 8 行,行长 3.57 m,行距 23 cm,小区面积 6.57 m<sup>2</sup>,重复 3 次。试验所用农家肥为腐熟的猪厩

收稿日期:2025–02–05;修回日期:2025–04–03。

基金项目:云南省财政厅预算项目重大专项(530000210000000013809);云南省科技人才与平台计划—技术创新人才培养对象项目(程加省人才项目)(202205AD160033);云南省现代农业麦类产业技术体系专项(云农办科)。

作者简介:乔祥梅(1987—),女,硕士,助理研究员,主要从事麦类遗传育种研究及栽培。Email: 363880209@qq.com。

\* 通信作者:程加省(1980—),男,博士,研究员,主要从事麦类遗传育种研究及栽培。Email: 624586835@qq.com

粪, 尿素 N 质量分数 $\geq 46\%$ , 各施肥处理作为种肥一次性施入, 田间管理与当地高产栽培相同。

### 1.3 测定项目与方法

单位面积穗数: 于成熟期调查小区第 2 和第 7 行的穗数, 折算为每公顷穗数。穗粒数: 随机取 30 穗, 数每穗粒数, 取平均值。籽粒产量: 成熟期全区收获, 风干后称质量并折成小区产量。千粒质量: 风干籽粒随机取样 1 000 粒称质量(g), 以 2 次质量相差不大于其平均值的 3% 为准; 如大于 3%, 则需另取 1 000 粒称质量, 以相近 2 次质量的平均值为准。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据整理, DPS 7.5 软件对

试验结果进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植密度和施肥水平下云大麦 14 号产量的方差分析

由表 1 可以看出, 除施肥水平对云大麦 14 号穗粒数的影响未达显著水平、密度对其千粒质量影响达显著水平外, 种植密度、施肥水平及种植密度与施肥水平互作对云大麦 14 号的产量、单位面积穗数、千粒质量、穗粒数的影响均达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

表 1 不同密度和施肥量下云大麦 14 号产量的方差分析

| 变异来源    | 产量 | 单位面积穗数 | 千粒质量 /g | 穗粒数 |
|---------|----|--------|---------|-----|
| A(密度)   | ** | **     | *       | **  |
| B(施肥水平) | ** | **     | **      | ns  |
| A × B   | ** | **     | **      | **  |

注: \* 表示因素的影响达显著 ( $P < 0.05$ ), \*\* 表示因素的影响达极显著 ( $P < 0.01$ ), ns 表示因素的影响不显著。

### 2.2 种植密度和施肥水平对云大麦 14 号产量及构成因素的影响

由表 2 可知, 各处理间云大麦 14 号产量变幅为 5 581.65 ~ 7 254.55 kg/hm<sup>2</sup>, A3B6 处理产量最高, 达 7 254.55 kg/hm<sup>2</sup>; 其次是 A2B3 处理, 两者间差异不具有统计学意义。产量最低的是 A2B1 处理, 其次是 A1B1、A3B1 处理, 三者之间差异无统计学意义, 说明在不施肥处理下, 种植密度对云大麦 14 号的产量影响较小。试验表明: 云大麦 14 号在种植密度 255 万株 /hm<sup>2</sup>、施肥水平为 105 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最佳; 在种植密度 225 万株 /hm<sup>2</sup> 时, 施 3 000 kg/hm<sup>2</sup> 农家肥也能获得较好的产量。

由表 3 可以看出, 云大麦 14 号的产量和单位面积穗数在 3 个种植密度间表现为 A3>A2>A1, A3 极显著高于 A1, 与 A2 差异无统计学意义, A2 与 A1 差异无统计学意义, 说明随着播种密度的增加, 单位面积穗数和产量逐渐增加。千粒质量表现为 A2>A1>A3, A2 极显著高于 A3, 与 A1 处理差异无统计学意义, 说明种植密度大并不利于千粒质量的增加。穗粒数表现为 A1>A3>A2, A1 极显著高于 A2, 与 A3 差异无统计学意义。从表 3 中可以看出, A2 种植密度虽然有利于该品种千粒质量的积累, 但

不利于穗粒数的增加。

由表 4 可以看出, 不同施肥水平对云大麦 14 号的产量、单位面积穗数和千粒质量的影响存在统计学意义, 对穗粒数的影响无统计学意义。B6 处理产量最高, 极显著高于 B1、B4 和 B5 处理, 与 B2、B3 处理差异无统计学意义。单位面积穗数在 B6 处理下最高, 极显著高于 B1、B4 和 B5 处理。千粒质量在 B1 处理下最高, 显著高于 B2、B4 和 B5, 与 B3、B6 差异无统计学意义。不同施肥水平间云大麦 14 号的穗粒数差异无统计学意义, 说明该品种穗粒数对施肥水平不敏感, 这可能是由该品种遗传因素决定的。由此可见, 云大麦 14 号的增产方式主要是通过增加单位面积穗数实现的, 施肥上选择 B6、B2、B3 都是可取的。

### 2.3 成本与效益分析

以种子 6.6 元 /kg、尿素 2.25 元 /kg、农家肥 0.2 元 /kg、大麦籽粒按 2.2 元 /kg 计, 对所有处理进行效益分析。由表 5 可知, 处理 A3B6 经济效益最高, 达 5 788.30 元 /hm<sup>2</sup>; 其次是 A1B2、A2B3、A2B6、A3B2, 经济效益均超过 5 200 元 /hm<sup>2</sup>; 经济效益最低的处理是 A2B4, 为 4 560.77 元 /hm<sup>2</sup>。

表 2 种植密度与施肥水平互作对云大麦 14 号产量及构成因素的影响

| 处理   | 产量 /(kg/hm <sup>2</sup> ) | 穗数 /(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 千粒质量 /g         | 穗粒数 /(粒 / 穗)    |
|------|---------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| A1B1 | 5 627.65 hGH              | 539.60 jH                  | 58.42 aA        | 20.26 bcdefABCD |
| A1B2 | 6 517.15 bcdBCDE          | 622.33 cdefgBCDE           | 54.20 defgBCDE  | 22.44 abA       |
| A1B3 | 6 438.70 bcdBCDEF         | 624.80 cdefBCDE            | 56.36 abcdeABC  | 19.96 cdefgABCD |
| A1B4 | 5 927.65 fghEFGH          | 556.60 ijGH                | 53.94 efgBCDE   | 20.52 abcdeABCD |
| A1B5 | 5 899.80 ghFGH            | 614.87 defgCDE             | 55.46 bcdefABCD | 20.47 abcdeABCD |
| A1B6 | 6 159.55 defgCDEFGH       | 626.20 cdefBCDE            | 56.17 abcdeABC  | 21.35 abcAB     |
| A2B1 | 5 581.65 hH               | 581.82 ghiEFG              | 57.17 abcAB     | 19.03 defgBCD   |
| A2B2 | 6 125.40 defgCDEFGH       | 598.62 efghDEFG            | 52.56 fghCDE    | 20.53 abcdeABCD |
| A2B3 | 6 877.65 abAB             | 567.22 hijFGH              | 57.35 abAB      | 21.23 abcAB     |
| A2B4 | 5 963.10 efghDEFGH        | 619.42 cdefgBCDE           | 57.41 abAB      | 18.63 efgBCD    |
| A2B5 | 6 316.20 cdefgBCDEF       | 654.62 abcdABC             | 58.96 aA        | 18.13 fgCD      |
| A2B6 | 6 649.70 bcABC            | 641.42 abcdABCD            | 56.11 abcdeABC  | 18.81 defgBCD   |
| A3B1 | 5 637.85 hGH              | 585.97 fghiEFGH            | 55.23 bcdefABCD | 19.22 cdefgBCD  |
| A3B2 | 6 564.10 bcdBCD           | 667.57 abAB                | 56.98 abcdAB    | 18.03 gD        |
| A3B3 | 6 224.15 cdefgCDEFG       | 562.17 hijGH               | 56.39 abcdeABC  | 18.54 efgBCD    |
| A3B4 | 6 385.50 cdefBCDEF        | 658.97abc ABC              | 50.84 hE        | 22.44 aA        |
| A3B5 | 6 389.95 cdeBCDEF         | 628.97 bcdeBCDE            | 54.24 cdefgBCDE | 20.98 abcdABC   |
| A3B6 | 7 254.55 aA               | 681.37 aA                  | 51.78 ghDE      | 20.86 abcdABCD  |

注:同列数值后不同大写字母表示差异具高度统计学意义( $P < 0.01$ ),不同小写字母表示差异具统计学意义( $P < 0.05$ )。表 3、表 4 同。

表 3 不同密度对云大麦 14 号产量及构成因素的影响

| 密度 | 产量 /(kg/hm <sup>2</sup> ) | 穗数 /(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 千粒质量 /g   | 穗粒数 /(粒 / 穗) |
|----|---------------------------|----------------------------|-----------|--------------|
| A1 | 6 045.08 bB               | 597.40 bB                  | 55.76 aAB | 20.84 aA     |
| A2 | 6 227.38 abAB             | 610.52 abAB                | 56.58 aA  | 19.40 bB     |
| A3 | 6 409.35 aA               | 630.84 aA                  | 53.94 bB  | 20.01 abAB   |

表 4 不同施肥水平对云大麦 14 号产量及构成因素的影响

| 施肥水平 | 产量 /(kg/hm <sup>2</sup> ) | 穗数 /(万个 /hm <sup>2</sup> ) | 千粒质量 /g    | 穗粒数 /(粒 / 穗) |
|------|---------------------------|----------------------------|------------|--------------|
| B1   | 5 665.72 cD               | 569.13 cD                  | 56.94 aA   | 19.50 aA     |
| B2   | 6 402.22 abABC            | 629.51 abcAB               | 54.58 bB   | 20.33 aA     |
| B3   | 6 513.50 abAB             | 632.82 abcAB               | 56.70 abAB | 19.91 aA     |
| B4   | 6 092.08 bcC              | 611.66 bcBC                | 54.06 bB   | 20.53 aA     |
| B5   | 6 118.65 bcBC             | 584.73 bcCD                | 55.59 bAB  | 19.86 aA     |
| B6   | 6 571.27 aA               | 649.66 aA                  | 54.69 abAB | 20.34 aA     |

表 5 各处理云大麦 14 号经济效益分析

| 处理   | 籽粒产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) | 种子成本/(元/hm <sup>2</sup> ) | 肥料成本/(元/hm <sup>2</sup> ) | 经济效益/(元/hm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| A1B1 | 5 627.65                   | 757.09                    | 0                         | 4 870.56                  |
| A1B2 | 6 517.15                   | 757.09                    | 337.50                    | 5 422.56                  |
| A1B3 | 6 438.70                   | 757.09                    | 600.00                    | 5 081.61                  |
| A1B4 | 5 927.65                   | 757.09                    | 528.75                    | 4 641.81                  |
| A1B5 | 5 899.80                   | 757.09                    | 581.25                    | 4 561.46                  |
| A1B6 | 6 159.55                   | 757.09                    | 476.25                    | 4 926.21                  |
| A2B1 | 5 581.65                   | 873.58                    | 0                         | 4 708.07                  |
| A2B2 | 6 125.40                   | 873.58                    | 337.50                    | 4 914.32                  |
| A2B3 | 6 877.65                   | 873.58                    | 600.00                    | 5 404.07                  |
| A2B4 | 5 963.10                   | 873.58                    | 528.75                    | 4 560.77                  |
| A2B5 | 6 316.20                   | 873.58                    | 581.25                    | 4 861.37                  |
| A2B6 | 6 649.70                   | 873.58                    | 476.25                    | 5 299.87                  |
| A3B1 | 5 637.85                   | 990.00                    | 0                         | 4 647.85                  |
| A3B2 | 6 564.10                   | 990.00                    | 337.50                    | 5 236.60                  |
| A3B3 | 6 224.15                   | 990.00                    | 600.00                    | 4 634.15                  |
| A3B4 | 6 385.50                   | 990.00                    | 528.75                    | 4 866.75                  |
| A3B5 | 6 389.95                   | 990.00                    | 581.25                    | 4 818.70                  |
| A3B6 | 7 254.55                   | 990.00                    | 476.25                    | 5 788.30                  |

### 3 讨论与结论

在大麦栽培生产过程中,种植密度对大麦产量有显著影响<sup>[5-6]</sup>。密度过高或过低均不利于大麦产量的提高<sup>[7]</sup>,种植密度过小严重影响基本苗和总穗数,密度过大易发生后倒伏,从而影响产量<sup>[8]</sup>。本研究表明,云大麦 14 号产量随种植密度的增加而增加,不同密度处理间产量表现为 A3>A2>A1,A3 与 A2 处理差异不具有统计学意义,但极显著高于 A1,A2 与 A1 差异不具有统计学意义。因此,本试验条件下,云大麦 14 号的最适播种密度为 255 万株/hm<sup>2</sup>。这与刘帆等的研究结果<sup>[9-10]</sup>略有不同(他们认为大麦最佳种植密度为 180 万~210 万株/hm<sup>2</sup>),但与赵加涛等的研究结果<sup>[11]</sup>略同,可能是所选品种的分蘖力和所处环境不同,因而最佳种植密度不一致。因此,该品种在大面积生产中的最佳密度选择,需结合当地的肥力水平、气候条件等环境因素等进一步试验。

肥料的施用量、运筹与作物产量的提高密切相关,基肥可为作物的生长提供养分<sup>[12]</sup>。鲁泽刚等研究认为,大麦的农艺性状可通过施肥改善,从而达到

增产效果<sup>[13]</sup>。本试验条件下,产量、单位面积穗数和千粒质量在不同施肥水平间差异具有统计学意义,穗粒数对不同施肥处理的响应不敏感,B6 处理下产量最高,极显著高于 B1、B4 和 B5 处理,与 B2、B3 处理差异不具有统计学意义,说明该品种在施肥上选择 B6、B2、B3 都是可取的。种植密度和施肥处理产量最佳的组合是 A3B6,其次是 A2B3,两者差异无统计学意义;从经济效益上来看,A3B6 经济效益最高,为 5 788.30 元/hm<sup>2</sup>,A2B3 经济效益为 5 404.07 元/hm<sup>2</sup>,较 A3B6 低 384.23 元/hm<sup>2</sup>。因此,本试验条件下,云大麦 14 号在种植密度 255 万株/hm<sup>2</sup>、施肥水平为 105 kg/hm<sup>2</sup> 尿素 + 农家肥 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最佳,经济效益最好。

### 参考文献:

- [1] 李喜焕,常文锁,张彩英,等. 引进秋播啤酒大麦不同播期、密度与产量的关系研究[J]. 河北农业大学学报,2008,31(1): 6-11.
- [2] 薛海楠,王 磊,李国兴,等. 肥料与密度对春大麦干物重和产量的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2018,

- 33(3):225–231.
- [3] 赵 准,李 剑,宋瑞娇,等. 不同种植密度对大麦产量和青贮品质的影响[J]. 作物杂志,2020(1):110–116.
- [4] 于国琦,李忠芹,杨玉红,等. 肥料运筹方式对不同用途大麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2022,42(6):719–724.
- [5] 孙炳玲,韩顺斌. 不同施肥水平对啤酒大麦产量和蛋白质含量的影响[J]. 耕作与栽培,2008,28(4):38–39.
- [6] 陈志伟,施晓钟,陈银华,等. 不同播期、密度和施肥量对大麦新品种“花 11”产量和品质的影响[J]. 上海农业学报,2009,25(4):18–21.
- [7] 裴昌林,陈兰金,孙凯文,等. 不同密度处理对苏垦啤 1 号大麦茎蘖成穗动态和产量的影响[J]. 安徽农学通报,2018,24(20):58–59.
- [8] 关雪松,李作安,周 军,等. 不同播种密度对垦啤麦 10 产量和品质的影响[J]. 大麦与谷类科学,2014(1):17–18.
- [9] 刘 帆,杨俊青,蔡秋华,等. 种植密度与施氮量对凤大麦 7 号农艺性状及产量的影响[J]. 中国种业,2018(1):65–67.
- [10] 王贤智,张 京,葛双桃,等. 不同密度和施氮量对鄂大麦 507 产量相关性状的影响[J]. 湖北农业科学,2009,48(12):2959–2961.
- [11] 赵加涛,刘猛道,郭勉艳,等. 不同密度和施氮量对‘保大麦 25 号’鲜草和籽粒产量的影响[J]. 中国农学通报,2024,40(13):13–17.
- [12] 杨佳佳,岳 诚,闵星星,等. 不同施肥量及施肥运筹对大麦产量及农艺性状的影响[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):47–51.
- [13] 鲁泽刚,周 龙,杨丽梅. 不同施肥水平对大麦产量的影响及肥料效应[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(5):744–749.

## Effects of Different Densities and Fertilization Levels on Yield and Its Components of Yundamai No.14

QIAO Xiangmei, WANG Zhilong, LIU Lie, WANG Zhiwei, HUANG Tingzhi, CHENG Geng, CHENG Jiasheng  
(Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences / Yunnan Branch of National Wheat Improvement Center,  
Kunming 650205, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of different densities and fertilization levels on the yield and its components of Yundamai No.14, we set up three density gradients (A1: 1.95 million plants/hm<sup>2</sup>, A2: 2.25 million plants/hm<sup>2</sup>, A3: 2.55 million plants/hm<sup>2</sup>) and 6 fertilization levels (B1: no fertilization, B2: 150 kg/hm<sup>2</sup> urea, B3: 3 000 kg/hm<sup>2</sup> farmyard manure, B4: 75 kg/hm<sup>2</sup> urea + 1 800 kg/hm<sup>2</sup> farmyard manure, B5: 45 kg/hm<sup>2</sup> urea + 2 400 kg/hm<sup>2</sup> farmyard manure, B6: 105 kg/hm<sup>2</sup> urea + 1 200 kg/hm<sup>2</sup> farmyard manure), and determined the yield and component factors during maturity. The results showed that planting density, fertilization level, and their interaction had highly significant effects on the yield, spike number per unit area and the thousand-grain weight of Yundamai No.14. The yield and spike number per unit area increased with the increase of density, and grains per spike were insensitive to fertilization treatment. The optimal combination for yield under different density and fertilization treatments was A3B6, followed by A2B3, with no significant difference between the two. The combination with the highest economic benefit was also A3B6, followed by A1B2. Therefore, under the experimental conditions, Yundamai No.14 achieved optimal yield and economic benefits when cultivated at a planting density of 2.55 million plants per hectare, combined with a fertilization level of 105 kg/hm<sup>2</sup> urea and 1 200 kg/hm<sup>2</sup> farmyard manure.

**Key Words:** Yundamai No.14; Density; Fertilization level; Yield; Yield components

### 本刊加入有关数据库的特别声明

为了适应我国期刊信息化建设的需要和扩大作者学术交流渠道,实现期刊编辑、出版工作的网络化与数字化,提高作者所发表论文的被引频次与影响力,本刊已加入《中国学术期刊(光盘)》、“中国期刊网”“万方数据—数字化期刊群”、重庆维普“中文期刊数据库”、超星期刊“域出版”平台和国家科技学术期刊开放平台等。作者无需另外支付网络编审费。作者著作权使用费与本刊稿酬由本刊编辑部一次性给付作者。如作者不同意编入上述数据库,请务必提供书面说明。所刊载文献被以各种形式转载时请注明来源于本刊。

《大麦与谷类科学》杂志编辑部



孙和颜,魏 宇,唐晓川,等. 羧甲基纤维素铵对黄河下游新造稻田土壤性质和水稻产量的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2): 48–54 (2025–03–10). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.008>.

## 羧甲基纤维素铵对黄河下游新造稻田土壤性质和水稻产量的影响

孙和颜<sup>1</sup>,魏 宇<sup>1</sup>,唐晓川<sup>3</sup>,杨志军<sup>4</sup>,张丽茹<sup>5</sup>,姜明松<sup>2</sup>,陈 峰<sup>2\*</sup>,刘宏元<sup>2\*</sup>

[1. 山东省国土空间生态修复中心,山东 济南 250100;2. 山东省农业科学院,山东 济南 250100;3. 山东土地集团(禹城)有限公司,山东 禹城 251200;4. 济宁市绿健农业科技有限公司,山东 济宁 272061;5. 鄄城县农业农村局,山东 鄄城 274600]

**摘要:**将羧甲基纤维素铵(CMC-NH<sub>4</sub>)作为土壤改良剂应用于山东省禹城市新造稻田土壤,分析它对土壤水分、电导率、养分和水稻产量的影响。在禹城市房寺镇崔李村设置田间试验,以水稻作为供试作物,CMC-NH<sub>4</sub>施用量分别设为 0、75、150 kg/hm<sup>2</sup>(分别标记为 C0、C1、C2)3 个处理,测定不同处理的土壤含水量、电导率、土壤养分、水稻产量及其相关性。结果表明:与 C0 相比,施用 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤含水量和电导率无显著性影响;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 处理均显著降低了土壤全磷、速效磷和硝态氮含量,这表明 CMC-NH<sub>4</sub> 处理整体上可促进水稻对土壤养分的吸收利用;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 能够显著增加水稻产量,C1 和 C2 处理分别增加了 11.80%、7.60%。因此,施用 CMC-NH<sub>4</sub> 能提高禹城市新造稻田土壤养分利用率和增加水稻产量。考虑到经济效益和环境效益,将 CMC-NH<sub>4</sub> 作为新造稻田土壤改良剂的推荐施用量为 75 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**羧甲基纤维素铵;新造稻田;土壤养分;水稻产量

**中图分类号:**S511

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20240119

随着黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家战略,增加耕地资源、提高耕地质量和解决粮食短缺问题已成为黄河流域农业的重点任务之一<sup>[1]</sup>。因此,在黄河流域开展土地整治项目建设既是提高粮食综合生产能力、维护社会稳定的需要,也是服务“三农”、实施乡村振兴战略、保障和促进经济社会又好又快发展的需要。2022 年,由山东省国土空间生态修复中心牵头对禹城沿黄地区部分盐碱地开展了水田营造改良试验,试验地点在禹城市房寺镇崔李村,位于禹城市西部,毗邻引黄干渠,灌溉水源充足,可以满足水稻种植试验要求。项目区改造前为水浇地,灌溉水源主要为自然降雨和引黄灌溉。通过田间工程改造,共营造水田 16.05 hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。然而,

新造稻田普遍存在土壤养分低、板结化等问题,这对水稻种植非常不利<sup>[3]</sup>。

已有研究表明,土壤改良剂可以提高土壤保水保肥能力、改善土壤结构和增加作物产量,如生物炭可以通过改变土壤理化性质和微生物活性来有效提高土壤肥力<sup>[4-6]</sup>;高分子有机聚合物等保水剂在吸收水分的同时,还可以促进土壤团聚体的形成,实现储水保墒的目标,并以此提高土壤水分和作物产量<sup>[7-8]</sup>。虽然这些土壤改良剂在改善新造耕地上具有明显功效,但同时也面临着一定风险,如生物炭在制备过程中可能存在重金属污染,生成多环芳烃、二噁英等有机污染物以及环境持久性自由基等新型污染物<sup>[9]</sup>,这些污染物可能会降低土壤微生物丰度,抑制植物根系生长,降低农作物产量等,这也是生物炭在农田应用效果具有不确定性的主要原因之一。再如聚丙烯酸盐类保水剂容易与土壤中钙、锰等离子发生反应,其保水效果将大大降低,同时这类保水剂在自然界降解也可能产生有害物质,进而威胁到土壤环境安全<sup>[10-11]</sup>。

羧甲基纤维素铵是将纤维素分子上的羟基引入其他官能团或元素而制成的、不易溶于水的改性纤维素材料<sup>[12]</sup>,具有较好的黏结性、增稠性和保水性等特点,已在医药、食品和造纸等领域广泛应用<sup>[13-16]</sup>。由于羧甲基纤维素原材料是天然生物基材

收稿日期:2024-12-06;修回日期:2025-02-08。

基金项目:山东省农业良种工程(2024LZGCQY007);山东省科技型中小企业创新能力提升工程(2024TSGC0841、2023TSGC0432);济宁市重点研发计划(2024SHNS001);黄河流域生态型水田建设工程技术标准建设(SDMLZY2203-01);山东省农业科学院农业科技创新工程(04200214442005)。

作者简介:孙和颜(1988—),男,硕士,工程师,主要从事土地综合整治研究。Email: sunheyang@shandong.cn。

\* 通信作者:刘宏元(1992—),男,博士,助理研究员,主要从事农田生态研究,Email: saasliuhongyuan@163.com;陈 峰(1979—),男,硕士,副研究员,主要从事水稻遗传育种研究,Email: chenfenfeng7902@163.com。

料,因此也具有来源广泛和无环境污染风险的优点,将它应用于农田土壤改良可以有效避免环境污染的问题。已有研究表明,羧甲基纤维素铵能提高旱地土壤水分和养分含量,同时还可以增加作物产量<sup>[17]</sup>。类似地,施用羧甲基纤维素钠对酸性土壤有改良作用,可提高土壤的pH值和有效磷含量,从而提高水稻产量<sup>[18]</sup>。但目前羧甲基纤维素铵对于新造稻田土壤改良的研究较少。基于此,本研究将羧甲基纤维素铵作为土壤改良剂,分析它对黄河流域新造稻田土壤水分、养分以及水稻产量的影响,以期应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于山东省德州市禹城市房寺镇崔李村(116°29'32"E、36°42'39"N),属暖温带大陆季风气候,四季分明,干湿季节明显,2022年平均气温14.7℃,年总降水量911.5mm,年平均相对湿度63%,年日照时数2480.2h。试验地土壤质地为厚砂腰白土,土壤基本理化性质:pH值7.98,全氮含量(质量分数,下同)0.69g/kg、全磷含量0.56g/kg、全钾含量5.80g/kg、铵态氮含量5.96mg/kg、硝态氮含量6.90mg/kg、速效磷含量16.30mg/kg、速效钾含量0.407mg/kg、有机质含量9.60g/kg,电导率为0.72mS/cm。

### 1.2 供试材料

供试羧甲基纤维素铵(CMC-NH<sub>4</sub>)由北京理工大学材料学院提供,pH值为6.75。供试作物为水稻吉宏6号,由吉林市宏业种子有限公司提供<sup>[9]</sup>。

### 1.3 试验设计

在田间试验前的预试验中,发现CMC-NH<sub>4</sub>施加量在75~150kg/hm<sup>2</sup>时对土壤养分和水分的固持效果较好。因此,本研究的田间试验共设置0(C0)、75(C1)、150kg/hm<sup>2</sup>(C2)3个处理,每个处理重复3次。小区规格为4m×10m,小区间用田埂间隔,同时田埂用农膜覆盖。2022年6月28日整地,并于当日一次性施入复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O质量比为15:15:15)1000kg/hm<sup>2</sup>作底肥。施入复合肥当天按照试验设置水平施入CMC-NH<sub>4</sub>。6月29日水稻播种,采用人工条播方式,播种量10kg/667m<sup>2</sup>,行距25cm。

### 1.4 土壤性状调查和水稻产量测定

分别于2022年8月4日、8月24日、9月6日、

9月30日和11月16日用土壤多参数测定仪(TDR 350,美国)测定土壤含水量和电导率。收获水稻的同时采集0~20cm土层土样,测定土壤全氮(凯氏定氮法测定)、全磷(钼锑抗比色法测定)、全钾(火焰光度计法测定)、铵态氮(AA3流动分析仪测定)、硝态氮(AA3流动分析仪测定)、速效磷(钼锑抗比色法测定)、速效钾(火焰光度计法测定)、有机质含量(重铬酸钾法测定)及pH值(便捷式pH计测定)。在11月16日,每个小区割1m<sup>2</sup>,3次重复,烘干称质量,并计算产量。

## 1.5 数据处理与分析

数据处理采用Excel 2016与Origin 8.5软件,用单因素方差分析(ANOVA)进行F检验,采用Pearson法分析各指标的相关性。

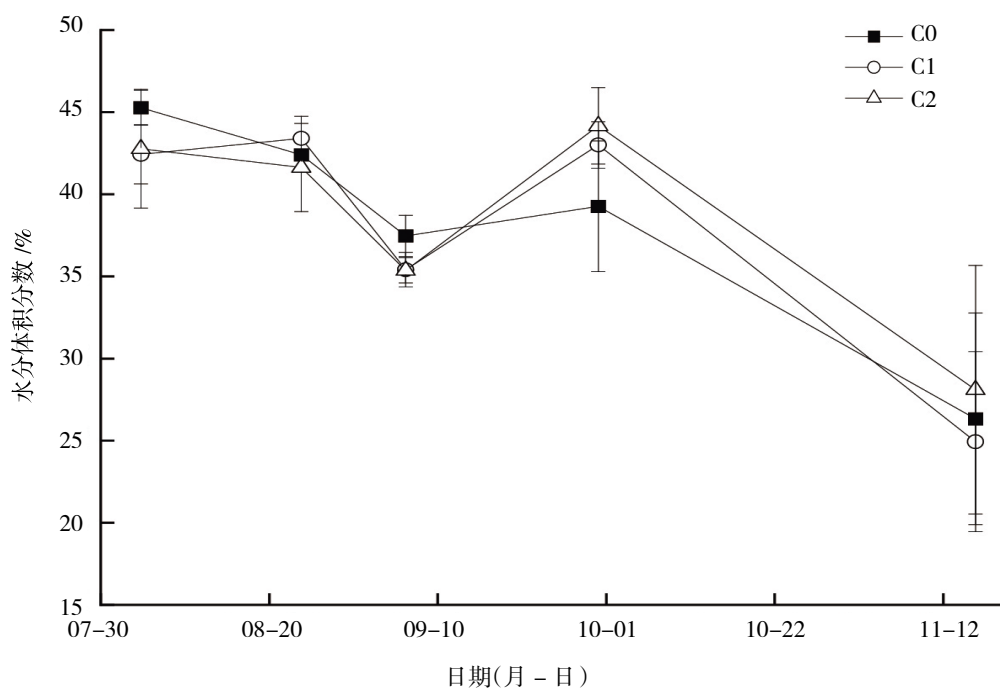
## 2 结果与分析

### 2.1 CMC-NH<sub>4</sub>对土壤含水量的影响

从图1可见,各处理土壤含水量整体变化趋势一致,在10月上旬之前各处理土壤含水量(体积分数,下同)始终处于30%以上,此后逐渐降低。从表1可见,各处理土壤平均含水量间差异无统计学意义。由禹城市2022年降水资料可知(数据来源:山东禹城农田生态系统国家野外科学观测研究站),全年降水量970.7mm,7—10月降水量为856.9mm,占全年降水量的88.28%,其中:7月份降水量为286.9mm,8月份降水量为400.5mm,9月份降水量为0mm,10月份降水量为169.5mm。9月份虽未降水,但由于灌溉补充,使得土壤含水量处于较高水平;而10月份虽然降水量较高,但土壤含水量并不高,主要是因为新造稻田土壤保水性较差。整体来看,新造稻田土壤含水量主要受灌溉影响,施加CMC-NH<sub>4</sub>对土壤含水量的影响并无明显规律性。

### 2.2 CMC-NH<sub>4</sub>对土壤电导率的影响

由图2可以看出,各处理土壤电导率整体变化趋势基本一致。本研究中土壤电导率与土壤含水量变化趋势一致,在土壤含水量较高的时期(10月上旬之前),各处理土壤电导率始终高于0.6mS/cm,而在土壤含水量较低的时期(10月中旬之后),各处理土壤电导率急剧下降。但是各处理土壤电导率差异变化并无规律性,且各处理土壤平均电导率差异无统计学意义(表1)。



取样时间分别为 8 月 4 日、8 月 24 日、9 月 6 日、9 月 30 日和 11 月 16 日。图 2 同

图 1 2022 年 CMC-NH<sub>4</sub> 对新造稻田土壤水分体积分数的影响

表 1 各处理土壤平均含水量和平均电导率

| 处理 | 含水量 /%         | 电导率 /(mS/cm)  |
|----|----------------|---------------|
| C0 | 38.15 ± 2.60 a | 0.85 ± 0.14 a |
| C1 | 37.83 ± 2.22 a | 0.80 ± 0.13 a |
| C2 | 38.41 ± 3.39 a | 0.85 ± 0.17 a |

注:同列数据后相同小写字母表示处理间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。表 2 同。

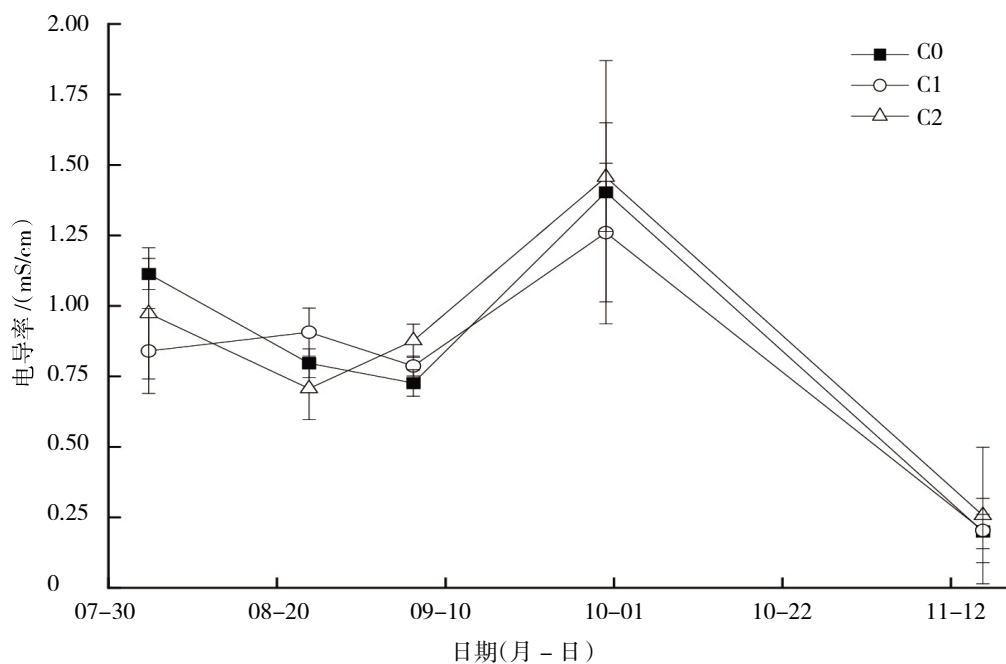


图 2 2022 年 CMC-NH<sub>4</sub> 对新造稻田土壤电导率的影响

### 2.3 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤养分含量和水稻产量的影响

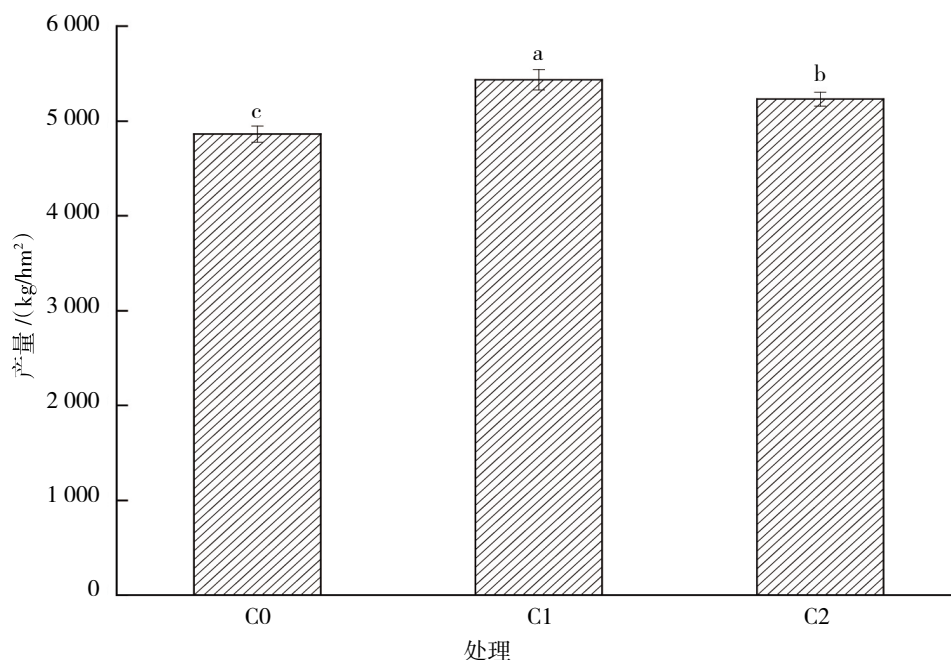
由表 2 可见,相较于 C0 处理,施用低量 CMC-NH<sub>4</sub> 处理(C1 处理)显著降低了土壤全氮含量,降幅达 4.40%;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 处理显著降低了土壤全磷含量,C1 和 C2 处理较 C0 分别降低 8.82%、10.29%;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤全钾无显著性影响;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 处理显著降低了土壤速效磷含量,C1 和 C2 处理较 C0 分别降低 10.58%、28.84%;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤速效钾无显著性影

响;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤铵态氮影响较为特殊,C1 处理显著增加了土壤铵态氮含量,达 39.38%,而 C2 处理显著降低了土壤铵态氮含量,达 84.57%;施用 CMC-NH<sub>4</sub> 处理显著降低了土壤硝态氮含量,C1 和 C2 处理较 C0 分别降低 43.88%、47.14%。由图 3 可见,施用 CMC-NH<sub>4</sub> 能够促进水稻产量的增加,与 C0 处理相比,C1 和 C2 处理的水稻产量分别提高了 11.80%、7.60%,同时,C1 和 C2 处理之间产量差异也具有统计学意义(图 3)。

表 2 各处理在新造稻田收获时土壤养分含量

| 处理 | 全氮含量 /<br>(g/kg) | 全磷含量 /<br>(g/kg) | 全钾含量 /<br>(g/kg) | 速效磷含量 /<br>(mg/kg) | 速效钾含量 /<br>(g/kg) | 铵态氮含量 /<br>(mg/kg) | 硝态氮含量 /<br>(mg/kg) |
|----|------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| C0 | 0.91 ± 0.02 a    | 0.68 ± 0.02 a    | 10.83 ± 0.15 a   | 26.18 ± 0.50 a     | 0.09 ± 0.01 a     | 5.51 ± 0.10 b      | 14.70 ± 0.44 a     |
| C1 | 0.87 ± 0.01 b    | 0.62 ± 0.01 b    | 11.05 ± 0.16 a   | 23.41 ± 0.25 b     | 0.08 ± 0.01 a     | 7.68 ± 0.25 a      | 8.25 ± 0.46 b      |
| C2 | 0.89 ± 0.01 ab   | 0.61 ± 0.02 b    | 11.10 ± 0.09 a   | 18.63 ± 0.50 c     | 0.10 ± 0.01 a     | 0.85 ± 0.08 c      | 7.77 ± 0.51 b      |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。



柱上不同小写字母表示处理间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )

图 3 CMC-NH<sub>4</sub> 对水稻产量的影响

### 2.4 CMC-NH<sub>4</sub> 施用量与土壤理化性质及水稻产量的相关性

从表 3 可以看出,CMC-NH<sub>4</sub> 施用量与土壤全磷、速效钾、铵态氮和硝态氮含量呈显著负相关,与土壤全钾含量呈显著正相关,表明施用 CMC-NH<sub>4</sub>

能够影响土壤全磷、全钾、速效钾、铵态氮和硝态氮含量。水稻产量与土壤全氮、全磷和硝态氮含量呈显著负相关,表明水稻产量差异主要源于吸收土壤氮磷养分含量不同。

表 3 CMC-NH<sub>4</sub> 施用量与土壤养分、水稻产量的相关性(皮尔森相关系数)

| 指标       | 施用量     | 全氮<br>含量 | 全磷<br>含量 | 全钾<br>含量 | 速效磷<br>含量 | 速效钾<br>含量 | 铵态氮<br>含量 | 硝态氮<br>含量 | 土壤水分<br>体积分数 | 电导率    | 产量      |
|----------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------|---------|
| 全氮含量     | -0.356  | 1        | 0.411    | -0.279   | 0.243     | 0.688*    | -0.206    | 0.598     | -0.160       | 0.205  | -0.700* |
| 全磷含量     | -0.834* |          | 1        | -0.729*  | 0.800*    | -0.031    | 0.276     | 0.924*    | -0.068       | -0.328 | -0.800* |
| 全钾含量     | 0.678*  |          |          | 1        | -0.618    | 0.003     | -0.271    | -0.782*   | 0.028        | -0.180 | 0.630   |
| 速效磷含量    | 0.261   |          |          |          | 1         | -0.386    | -0.764*   | 0.142     | 0.327        | 0.391  | -0.453  |
| 速效钾含量    | -0.982* |          |          |          |           | 1         | 0.764*    | 0.809*    | -0.126       | -0.244 | -0.482  |
| 铵态氮含量    | -0.667* |          |          |          |           |           | 1         | 0.264     | -0.238       | -0.173 | 0.140   |
| 硝态氮含量    | -0.889* |          |          |          |           |           |           | 1         | -0.037       | -0.066 | -0.881* |
| 土壤水分体积分数 | 0.131   |          |          |          |           |           |           |           | 1            | 0.090  | -0.039  |
| 电导率      | 0.175   |          |          |          |           |           |           |           |              | 1      | -0.700  |
| 产量       | 0.606   |          |          |          |           |           |           |           |              |        | 1       |

注:\* 表示显著相关( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

研究表明,农田施用 CMC-NH<sub>4</sub> 可以提高土壤保水性<sup>[17]</sup>。但从本试验结果来看,施用 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤含水量并无显著性影响,同时 CMC-NH<sub>4</sub> 处理也没有表现出随着时间的推移土壤含水量累积增加的现象。在本试验中,灌溉是影响土壤含水量的关键因素,因为稻田土壤含水量在 10 月上旬之前始终处于充盈状态,这导致 CMC-NH<sub>4</sub> 未能充分发挥其保水能力,导致各处理土壤平均含水量差异不大。在 10 月上旬后,虽然稻田不再蓄水,但可能由于新造稻田土壤颗粒组成更粗,孔隙度较大,水分在重力作用下更容易快速下渗,即便 CMC-NH<sub>4</sub> 具有较强保水能力,也难以抵抗这种快速的水分流失。此外,CMC-NH<sub>4</sub> 在土壤中存在水分吸附和释放,并且具有一定的反复性,当 CMC-NH<sub>4</sub> 在土壤中水分吸附的能力大于释放的能力时,则土壤水分检测就比实际值偏低,这也可能是各处理土壤含水量差异变化没有明显规律的主要原因<sup>[19-20]</sup>。由于 CMC-NH<sub>4</sub> 在新造稻田应用尚属首次,关于 CMC-NH<sub>4</sub> 影响土壤含水量的机理还有待于进一步研究。

土壤电导率主要与土壤水分和土壤离子有关,与土壤可溶性离子总量呈正相关,是土壤肥力状况评价的重要参考之一<sup>[21]</sup>。本试验表明,施用 CMC-NH<sub>4</sub> 并没有显著影响土壤电导率,且各处理差异变化并无明显规律,这与前人研究<sup>[16]</sup>并不一致,以往研究发现土壤水分含量较高的时期,施用 CMC-NH<sub>4</sub> 可以显

著增加土壤电导率,这一结果在其他类型羧甲基纤维素应用中也可以观察到<sup>[20]</sup>。因此,结合本研究土壤含水量变化结果,发现本试验实施在土壤含水量较高的时期(10 月上旬之前),该时期的水分条件可能掩盖了 CMC-NH<sub>4</sub> 对土壤电导率的提高作用,在高含水量环境下土壤孔隙被大量水分填充,离子的迁移和扩散受水分的影响更大,使得 CMC-NH<sub>4</sub> 增加土壤离子浓度、提高电导率的能力难以有效体现。而在 10 月中旬之后可能由于水稻生长后期土壤养分离子浓度整体呈下降趋势,导致 CMC-NH<sub>4</sub> 处理与对照组的土壤电导率差异无统计学意义。

新造稻田土壤养分普遍偏低,且土壤保水保肥能力较差,这是导致新造稻田土壤作物产量普遍不高的重要原因之一<sup>[22-24]</sup>。施用 CMC-NH<sub>4</sub> 可以显著增加水稻产量,这可能与其对土壤养分吸收利用增加有关。先前研究表明,羧甲基纤维素材料可以增加对农田退水中磷的吸附,最高可达 70% 以上<sup>[25-26]</sup>;还有研究表明 CMC-NH<sub>4</sub> 能够增加对土壤碱解氮的吸附量,达 140% ~ 460%<sup>[27]</sup>。本试验在收获期监测 CMC-NH<sub>4</sub> 处理土壤养分含量发现,CMC-NH<sub>4</sub> 处理的土壤全氮、全磷、硝态氮含量与水稻产量呈显著相关,CMC-NH<sub>4</sub> 可能通过改变氮、磷的存在形式,让水稻更高效地利用这些养分,从而促进水稻生长,提高产量。王惟帅等用玉米秸秆制备的改性纤维素对氮、磷具有较好的吸附效果,同时 30 d 的氮、磷累计释放量分别为 67.11% 和 55.74%,具有较好的缓释效果<sup>[28]</sup>。综上,在新造稻田土壤施用 CMC-NH<sub>4</sub> 能够

通过吸附养分离子和发挥缓释作用来提高水稻产量,但其作用机制还待于进一步研究。

#### 4 结论

新造稻田本身土壤养分贫瘠,保水保肥性较差,作物产量较一般稻田低,利用CMC-NH<sub>4</sub>可以显著增加水稻产量。根据本试验结果,考虑到经济效益和环境效益,CMC-NH<sub>4</sub>作为新造稻田土壤改良剂的推荐施用量为75 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 张永旺,周欣欣,赵敏娟,等. 黄河流域九省区特色农业高质量发展评价及路径选择[J]. 经济问题探索,2023(9):53-64.
- [2] 王志伟,王 一,刘宏元,等. 早熟优质粳稻品种在禹城地区直播种植比较试验[J]. 北方水稻,2023,53(4):24-28.
- [3] WU H W, GUO B, XUE H R, et al. What are the dominant influencing factors on the soil erosion evolution process in the Yellow River Basin[J]. Earth Science Informatics, 2021, 14(4): 1899-1915.
- [4] VELLI P, MANOLIKAKI I, DIAMADOPOULOS E. Effect of biochar produced from sewage sludge on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growth, soil chemical properties and heavy metal concentrations[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 297: 113325.
- [5] OFORI P, ASAMOAH G, AMOAH B, et al. Combined application of poultry litter biochar and NPK fertilizer improves cabbage yield and soil chemical properties[J]. Open Agriculture, 2021, 6(1): 356-368.
- [6] IGAZ D, ŠIMANSKÝ V, HORÁK J, et al. Can a single dose of biochar affect selected soil physical and chemical characteristics?[J]. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 2018, 66(4): 421-428.
- [7] 刘 铸,余 城,苏新建,等. 高分子保水剂对陕北山地苹果园土壤水分以及果树生长、产量和品质的影响[J]. 陕西农业科学, 2023, 69(4): 28-33.
- [8] 徐婉婷,韩 舒,师庆东,等. 不同保水剂在干旱环境下的基本性能对比研究[J]. 节水灌溉, 2015(8): 38-41, 44.
- [9] 王 欣,尹带霞,张 凤,等. 生物炭对土壤肥力与环境质量的影响机制与风险解析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(4): 248-257.
- [10] 寇燕燕,李 华,刘 斌,等. 保水剂在农业生产应用上的研究进展[J]. 南方农机, 2023, 54(18): 37-40.
- [11] 李炎明,陈 云,关新元,等. 保水剂在农业中的应用及研究进展[J]. 新疆农垦科技, 2016, 39(6): 68-70.
- [12] 陈 筠. 纤维素纳米晶的炔基化修饰及其改性材料的研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2015: 14-15.
- [13] 秦海洋,郭韵恬,谭旭洋,等. 稻草秸秆微晶纤维素的提取工艺优化及其应用研究[J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(12): 13-16, 25.
- [14] KARAMI M Y, ZEKAVAT O R, AMANAT A. Excisional wound healing activity of carboxymethyl cellulose in diabetic rat[J]. Journal of Jahrom University of Medical Sciences, 2012, 9(4): 48-57.
- [15] WELSS T, HUNDEIKER C, DUSCHEK N, et al. Shielding and repairing tooth enamel with carboxymethyl cellulose[J]. Cosmetics & Toiletries, 2015, 130(7): 34, 36-40.
- [16] 余 静,施梓胜,刘健明,等. 食品添加剂羧甲基纤维素钠与牛血清白蛋白的相互作用机制研究[J]. 韶关学院学报, 2023, 44(3): 54-58.
- [17] 杨世琦,邢 磊,刘宏元,等. 羧甲基纤维素铵对黄土高原新造耕地土壤性质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(5): 74-80.
- [18] 曾晓舵,梁玉清,林兰稳,等. 羧甲基纤维素钠对酸性土壤改良及水稻生长效应[J]. 广东农业科学, 2009, 36(11): 69-70.
- [19] 杨世琦,邢 磊,刘宏元,等. 羧甲基纤维素钠对黄土高原新造耕地土壤改良效果[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(4): 185-191.
- [20] 杨世琦,王永杰,颜 鑫,等. 黄土高原新造耕地施用羧甲基纤维素钾的土壤效应[J]. 土壤通报, 2022, 53(4): 858-865.
- [21] 韩长杰,杨文奇,窦汉杰,等. 大田土壤电导率快速检测系统设计及试验[J]. 农业机械学报, 2022, 53(3): 301-310.
- [22] MA J F, CHEN Y P, WANG H J, et al. Newly created farmland should be artificially ameliorated to sustain agricultural production on the loess plateau[J]. Land Degradation & Development, 2020, 31(17): 2565-2576.
- [23] LIU L M, ZHOU D, CHANG X, et al. A new grading system for evaluating China's cultivated land quality[J]. Land Degradation & Development, 2020, 31(12): 1482-1501.
- [24] GEBRESAMUEL G, MOLLA B, TEKA K, et al. Changes in soil organic carbon stock and nutrient status after conversion of pasture land to cultivated land in semi-arid areas of northern Ethiopia[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2022, 68(1): 44-60.
- [25] 邢 磊. 改性纤维素对黄土高原农田土壤及作物的影响研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2019: 13-16.
- [26] 邢 磊,杨世琦. 改性纤维素对盆栽小麦生长及土壤水分和养分的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(4): 536-545.
- [27] GASEMLOO S, KHOSRAVI M, SOHRABI M R, et al. Response surface methodology (RSM) modeling to improve removal of Cr (VI) ions from tannery wastewater using sulfated carboxymethyl cellulose nanofilter[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 208: 736-742.
- [28] 王惟帅,杨正礼,张爱平,等. 玉米秸秆基纤维素保水缓释肥制备及应用[J]. 农业工程学报, 2020, 36(2): 236-244.

## Effects of Carboxymethyl Cellulose Ammonium on Soil Properties and Rice Yield in Newly Created Paddy Fields in Lower Yellow River

SUN Heyan<sup>1</sup>, WEI Yu<sup>1</sup>, TANG Xiaochuan<sup>3</sup>, YANG Zhijun<sup>4</sup>, ZHANG Liru<sup>5</sup>, JIANG Mingsong<sup>2</sup>,  
CHEN Feng<sup>2</sup>, LIU Hongyuan<sup>2</sup>

[1. Shandong Provincial Territorial Spatial Ecological Restoration Center, Jinan 250100, China; 2. Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 3. Shandong Land Group (Yucheng) Co., Ltd., Yucheng 251200, China; 4. Jining Lvjian Agricultural Technology Co., Ltd., Jining 272061, China; Juancheng Agricultural and Rural Bureau, Juancheng 274600, China]

**Abstract:** The effects of ammonium carboxymethyl cellulose (CMC-NH<sub>4</sub>) as a soil conditioner on soil moisture, electrical conductivity, nutrients and rice yield in Yucheng paddy field in Shandong Province were analyzed. A field experiment was conducted in Cuili Village, Fangsi Town, Yucheng City, Shandong Province. Rice was used as the test crop, and the CMC-NH<sub>4</sub> application rate was 0, 75 and 150 kg/hm<sup>2</sup> (labeled as C0, C1 and C2), respectively. Soil water content, electrical conductivity, soil nutrients and rice yield under different treatments were determined. The correlation between CMC-NH<sub>4</sub> application amount and soil physicochemical properties and rice yield was also analyzed. The results showed that the application of CMC-NH<sub>4</sub> had no significant effect on soil water content and electrical conductivity compared with C0. The contents of total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus and nitrate nitrogen in soil were significantly reduced by the application of CMC-NH<sub>4</sub> treatment, which indicated that CMC-NH<sub>4</sub> treatment could promote the absorption and utilization of soil nutrients on the whole. The application of CMC-NH<sub>4</sub> significantly increased rice yield, and C1 and C2 treatments increased by 11.80% and 7.60%, respectively. In conclusion, the application of CMC-NH<sub>4</sub> could improve the utilization rate of soil nutrients and increase rice yield in newly cultivated paddy field. It could be used as a soil amendment for newly cultivated paddy field. The recommended application amount was 75 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key Words:** Ammonium carboxymethyl cellulose; Newly cultivated paddy field; Soil nutrient; Rice yield

(上接第 14 页)

## Occurrence Regularity and Control of Major Diseases and Pests of Ratooning Rice in Southern Henan Province

ZHAO Haiying, ZHONG Sizhi, LIU Xiangchen, FENG Daqing, YU Guilong, GU Mengxuan, LI Gexing,  
LYU Wei, FU Qiang

(Xinyang Academy of Agricultural Sciences, Xinyang 464000, China)

**Abstract:** In recent years, the secondary diseases and pests has caused serious threats to ratooning rice in southern Henan Province. In the paper, the occurrence regularity of major diseases and pests of ratooning rice in southern Henan Province was summarized including rice seedling blight, rice sheath blight, rice blast, *lissorhoptrus oryzophilus*, *chilo suppressalis* walker and *cnaphalocrocis medinalis* guenee. Each county or district has varying degrees of occurrence. Especially rice seedling blight has become the main obstacle restricting the development of ratooning rice in southern Henan Province. The occurrence degree is extremely mild or almost non-existent in *sesamia inferens* walker, rice planthopper, *fusarium fujikuroi* Nirenberg and rice false smut. The comprehensive green prevention and control measures were proposed to strengthen agricultural control, attach importance to physical control, strengthen biological control and use chemical control, in order to provide technical support for ratooning rice in southern Henan Province.

**Key Words:** Southern Henan Province; Ratooning rice; Occurrence regularity; Control suggestions



陈 敏,王 政,冯素明,等. 涟水县水稻配方施肥效果验证试验[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):55–59,64 (2025–04–11). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.009>.

## 涟水县水稻配方施肥效果验证试验

陈 敏<sup>1</sup>,王 政<sup>2</sup>,冯素明<sup>1</sup>,吴兰田<sup>3</sup>,王宏宝<sup>2\*</sup>

(1. 江苏省涟水县耕地质量保护站,江苏 涟水 223400;2. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所,江苏 淮安 223000;

3. 江苏省涟水县朱码街道农村工作局,江苏 涟水 223402)

**摘要:**为优化水稻栽培管理,验证涟水县配方施肥的准确性及最佳施肥量,提升施肥效果和经济效益,为配方施肥的推广应用提供科学依据。本研究比较了不施肥(CK)、常规施肥(CF)和配方施肥(FF)对水稻产量、经济效益及养分吸收的影响。结果表明,FF处理在水稻穗长、有效穗数、结实率及理论产量上显著优于CK处理,且其效果与CF处理差异无统计学意义。同时,FF处理总养分施入量较CF处理减少了12.29%,显著降低肥料投入成本,经济效益最高达6601元/hm<sup>2</sup>,较CF处理增收406元/hm<sup>2</sup>。配方施肥处理的氮、磷、钾养分吸收较为均衡,优化了施肥结构,减少了肥料浪费,实现了稳产增效和节本增效的目标。

**关键词:**配方施肥;水稻;肥效校正;经济效益

**中图分类号:**S511

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673–6486–20250016

涟水县位于江苏省北部,地处淮河下游平原,属暖温带季风气候区,年平均气温14.1℃,年降水量980mm,无霜期210d左右,光热资源充足,雨热同季,适宜水稻种植。全县耕地面积8.67万hm<sup>2</sup>,其中水稻种植面积达5.33万hm<sup>2</sup>,是江苏省重要的优质稻米生产基地。水稻是涟水县的主要粮食作物,其高产稳产对于保障区域粮食安全具有重要意义<sup>[1]</sup>。施肥作为提升作物产量的重要措施,不仅优化了土壤养分供给结构,也对改善农业生态环境起到了关键作用<sup>[2]</sup>。然而,由于部分农户对作物需肥特点的了解不全面,为追求高产而盲目施用过量肥料的现象较为普遍<sup>[3–4]</sup>。尽管传统施肥方式在一定程度上提高了作物产量,但因氮、磷、钾养分配比不合理、施用时机不科学及养分利用率低等问题,导致肥料资源浪费、环境污染和土壤退化等一系列问题<sup>[5]</sup>。配方施肥技术是一种基于土壤特性和作物需肥规律的精准施肥技术,通过科学调节氮、磷、钾肥料的用量和施用策略,显著提高了肥料利用效率,展现出较高的增产增效潜力<sup>[6]</sup>。已有研究表明,配方施肥技术在不同地区水稻生产中取得了良好效果。吕松霞在太湖

地区进行的一季中稻肥效配方校正试验显示,配方施肥显著提高了水稻产量和经济效益<sup>[6]</sup>;易宗建等研究慈利县水稻配方施肥的应用效果,发现配方施肥对有效穗数、穗粒数和千粒质量等产量构成因子具有显著促进作用<sup>[7]</sup>;陈爱忠在冷水江市的水稻配方施肥试验中也得出一致结论:配方施肥比习惯施肥增产6.28%<sup>[8]</sup>。此外,吴晨光等研究指出,测土配方施肥技术能够有效提升水稻的养分利用率,促进作物生长<sup>[9]</sup>。

涟水县水稻生产主要以弱碱性砂壤土为主,氮、磷、钾供应水平存在区域性差异,传统施肥方式以经验施肥为主,易出现偏施氮肥、磷钾肥利用率低的问题。近年来,涟水县已开始推广配方施肥技术,尽管已有部分应用示范,但仍缺乏系统的田间试验以验证其肥效及最佳施肥方案。为进一步优化水稻栽培管理措施,本研究基于涟水县长期定位监测点,开展配方施肥校正试验,系统分析配方施肥对水稻产量、经济效益及养分吸收的影响,旨在科学评估配方施肥效果,为优化水稻施肥结构和施肥总量提供理论依据,同时为实现水稻生产的高产、高效和可持续发展提供技术支持。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况

涟水县位于江苏省北部黄淮平原东部,地处淮

收稿日期:2025–02–07;修回日期:2025–04–08。

基金项目:淮安市农业科技协作项目(1S2024010)。

作者简介:陈 敏(1976—),女,高级农艺师,从事土壤肥料推广工作。Email: 7347565@qq.com。

\* 通信作者:王宏宝(1982—),男,硕士,副研究员,从事植物保护、作物栽培研究。Email: wanghongba252@126.com。

河下游。本次水稻大区试验选择在陈师街道蒋庵村街西组(119°10'E、33°46'N)进行,试验地稻田地势平坦,肥力均匀,交通便利,具有较好的代表性。前茬作物为小麦,平均产量约为 500 kg/667 m<sup>2</sup>。试验田土壤肥力中等偏上,有机质含量(质量分数,下同) 25.41 g/kg、全氮含量 1.46 g/kg、有效磷含量 25.74 mg/kg、速效钾含量 137.00 mg/kg、缓效钾含量 827.52 mg/kg、有效硼含量 0.64 mg/kg,土壤 pH 值为 7.99。

## 1.2 试验材料

供试水稻品种为淮稻 40,该品种株高适中,株型半紧凑,叶片挺,叶色中绿,抗倒性强;全生育期为 148.6 d,产量约为 650 kg/667 m<sup>2</sup>。

本试验供试化肥为尿素(N 质量分数 46%,单价 2 700 元/t)、过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 质量分数 12%,单价

1 250 元/t)、氯化钾(K<sub>2</sub>O 质量分数 60%,单价 4 725 元/t)以及多种复合肥[18-12-10(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 质量分数比例组成,下同)复合肥单价 3 125 元/t、30%氮肥单价 2 500 元/t、30-0-5 复合肥单价 2 625 元/t、15-15-15 复合肥单价 2 800 元/t]。

## 1.3 试验设计

试验设 3 个处理:(1)不施肥处理(CK);(2)常规施肥处理(CF),施肥量参照涟水县水稻种植户施肥现状调查结果确定;(3)配方施肥处理(FF),配方施肥量依据《涟水县测土配方施肥专家系统建设工作报告》推荐的氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)最佳配比设定。其中,CF 处理代表当地传统施肥模式,FF 处理用于验证基于土壤测试的精准施肥效果。各处理的施肥方案及养分施用量如表 1 所示。

表 1 试验处理施肥标准

| 处理 | 施肥标准                                                                                                                                                                                                              | 养分施用量/(kg/hm <sup>2</sup> ) |                               |                  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                   | N                           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| CK | 不施肥                                                                                                                                                                                                               | 0                           | 0                             | 0                |
| CF | 基肥:18-12-10 复合肥 450.00 kg/hm <sup>2</sup> ;返青肥:30%氮肥 300.00 kg/hm <sup>2</sup> ;分蘖肥:30-0-5 复合肥 225.00 kg/hm <sup>2</sup> ;孕穗肥:15-15-15 复合肥 225.00 kg/hm <sup>2</sup>                                              | 273.00                      | 88.50                         | 90.00            |
| FF | 基肥:46%尿素 204.75 kg/hm <sup>2</sup> ,12%过磷酸钙 437.40 kg/hm <sup>2</sup> ,60%氯化钾 63.00 kg/hm <sup>2</sup> ;返青肥:46%尿素 175.50 kg/hm <sup>2</sup> ;孕穗肥:46%尿素 204.75 kg/hm <sup>2</sup> ,60%氯化钾 63.00 kg/hm <sup>2</sup> | 268.50                      | 52.50                         | 75.00            |

注:18-12-10 复合肥表示该肥料中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 质量分数分别为 18%、12%、10%;30-0-5 复合肥表示该肥料中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 质量分数分别为 30%、0、5%;15-15-15 复合肥表示该肥料中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 质量分数均为 15%。

## 1.4 田间管理

依据 NY/T 497—2002《肥料效应鉴定田间试验技术规程》要求,试验地选在肥力均匀、地势平坦的代表性地块。地块经平整后划分试验小区,每个小区面积为 66.7 m<sup>2</sup>,小区之间设置 50 cm 宽隔离沟,确保灌排系统独立,防止小区间肥水相互渗透。试验设置 4 次生物学重复。试验地块采用旋耕耕作模式,于 2024 年 6 月 22 日完成基肥施用及机械插秧作业,7 月 5 日人工撒施返青肥,7 月 15 日人工撒施分蘖肥,8 月 25 日人工撒施孕穗肥。各处理小区采用统一的水分管理模式,于 10 月 22 日进行收割。试验期间主要非生物与生物胁迫如下:7 月 22 日遭遇热害,危害程度较重;8 月 10 日发生纹枯病;9 月 25 日发生稻飞虱危害,病虫害均较重。

## 1.5 测定项目与数据处理

水稻在收获时每小区随机采集 5 株样品用于

考种,调查穗长、穗粒数、结实率和千粒质量等指标,各小区单独收获,分别计量籽粒和秸秆产量,以计算理论单位产量。

植株样品于每处理取混合干谷 0.75 kg、秸秆 0.5 kg 化验测定籽粒及秸秆的氮、磷、钾养分。植株全氮含量按照 NY/T 2419—2013《植株全氮含量测定 自动定氮仪法》进行测定,全磷含量按照 NY/T 2421—2013《植株全磷含量测定 钼锑抗比色法》进行测定,全钾含量按照 NY/T 2420—2013《植株全钾含量测定 火焰光度计法》进行测定。同时计算经济系数以及养分收获指数,公式如下:

$$\text{经济系数} = \frac{\text{籽粒产量}}{\text{生物量}};$$

$$\text{养分累积量} = \text{养分含量} \times \text{生物量};$$

$$\text{养分收获指数} = \frac{\text{籽粒养分累积量}}{\text{总养分累积量}}。$$

试验数据经 Excel 2019 进行初步整理后,采用 DPS 7.5 统计软件进行单因素方差分析。处理间的显著性差异采用 Duncan's 多重比较法进行分析。试验设置 4 次生物学重复,数据以均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对水稻产量及其构成因素的影响

由表 2 可知,在穗长指标方面,配方施肥处理(FF)的穗长为 15.05 cm,显著高于不施肥处理(CK)的 13.69 cm,而常规施肥处理(CF)为 14.37 cm,与 FF 和 CK 差异均无统计学意义。有效穗数的结果表明,CF 处理的有效穗数最高,为 354.02 万穗 /hm<sup>2</sup>,显

著高于 CK 处理(262.01 万穗 /hm<sup>2</sup>);不过,FF 处理的有效穗数(344.02 万穗 /hm<sup>2</sup>)也表现较好,尽管未达到 CF 处理的水平。穗粒数分析显示,CF 处理的穗粒数达到 125.81 粒 /穗,显著高于 CK(106.43 粒 /穗)。在结实率方面,CF 处理的结实率为 89.09%,明显高于 CK 处理(83.21%),而 FF 处理(88.12%)与 CF 差异无统计学意义。所有处理间的千粒质量差异均无统计学意义。理论产量分析表明,CF 处理的理论产量最高,达到 9.72 t/hm<sup>2</sup>,较 CK 处理增产 64.7%;FF 处理的理论产量为 9.59 t/hm<sup>2</sup>,较 CK 处理增幅为 62.5%。总体来看,CF 处理较高的施肥量显著提高了水稻产量,而 FF 处理通过优化施肥量在产量构成因子的改良上亦表现出良好的应用潜力。

表 2 不同施肥处理对水稻产量构成因素的影响

| 处理 | 穗长 /<br>cm          | 有效穗数 /<br>(万穗 /hm <sup>2</sup> ) | 穗粒数 /<br>(粒 /穗)      | 结实率 /<br>%         | 千粒质量 /<br>g        | 理论产量 /<br>(t/hm <sup>2</sup> ) |
|----|---------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| CK | 13.69 $\pm$ 0.38 b  | 262.01 $\pm$ 7.21 b              | 106.43 $\pm$ 4.43 b  | 83.21 $\pm$ 1.32 b | 25.40 $\pm$ 1.16 a | 5.90 $\pm$ 0.51 b              |
| CF | 14.37 $\pm$ 0.76 ab | 354.02 $\pm$ 8.72 a              | 125.81 $\pm$ 14.00 a | 89.09 $\pm$ 0.65 a | 24.55 $\pm$ 1.00 a | 9.72 $\pm$ 0.87 a              |
| FF | 15.05 $\pm$ 0.46 a  | 344.02 $\pm$ 14.00 a             | 123.76 $\pm$ 3.36 ab | 88.12 $\pm$ 0.44 a | 25.56 $\pm$ 0.67 a | 9.59 $\pm$ 0.62 a              |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。

### 2.2 不同施肥处理对水稻实际产量及经济效益的影响

通过比较各处理下水稻产量及经济效益(表 3),能够评估不同施肥方案在水稻栽培中的实际表现及其经济效益。首先,实际产量方面,FF 处理的籽粒产量为 8 778 kg/hm<sup>2</sup>,较 CF 处理(8 874 kg/hm<sup>2</sup>)减产 1.08%,均高于 CK 处理的 4 646 kg/hm<sup>2</sup>。这表明 FF 处理能够提高水稻的籽粒产量,其效果与 CF 处理

相当。在秸秆产量方面,FF 处理为 10 950 kg/hm<sup>2</sup>,略低于 CF 处理的 11 033 kg/hm<sup>2</sup>,均高于 CK 处理的 5 792 kg/hm<sup>2</sup>,进一步表明 FF 处理在水稻整体生物量积累方面的优势。在经济效益方面,FF 处理表现出较为优异的性价比。FF 处理的肥料成本为 2 722 元 /hm<sup>2</sup>,低于 CF 处理的 3 377 元 /hm<sup>2</sup>,显示出在施肥管理中 FF 处理能够以较低的成本实现较高的产量,从而降低了单位产量的肥料投入。

表 3 不同处理经济效益对比

| 处理 | 实际产量 / (kg/hm <sup>2</sup> ) |        | 产值 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 成本 / (元 /hm <sup>2</sup> ) |        | 经济效益 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 净增收益 /<br>(元 /hm <sup>2</sup> ) | 产投比  | 经济系数 |
|----|------------------------------|--------|-------------------------------|----------------------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|------|------|
|    | 籽粒                           | 秸秆     |                               | 肥料                         | 其他     |                                 |                                 |      |      |
| CK | 4 646                        | 5 792  | 12 078                        | 0                          | 13 500 | -1 422                          | —                               | 0.89 | 0.45 |
| CF | 8 874                        | 11 033 | 23 072                        | 3 377                      | 13 500 | 6 195                           | —                               | 1.37 | 0.45 |
| FF | 8 778                        | 10 950 | 22 823                        | 2 722                      | 13 500 | 6 601                           | 406                             | 1.41 | 0.44 |

注:水稻含水量为 16%;当年水稻收购价格为 2.6 元 /kg。

在产值方面,FF 处理的产值为 22 823 元 /hm<sup>2</sup>,与 CF 处理的 23 072 元 /hm<sup>2</sup> 相近,均高于 CK 处理的 12 078 元 /hm<sup>2</sup>。这表明,尽管 CF 处理的肥料成本稍高,但两者在产值上接近,均优于不施肥的 CK 处理。进一步分析经济效益,FF 处理的经济效益为

6 601 元 /hm<sup>2</sup>,略高于 CF 处理的 6 195 元 /hm<sup>2</sup>,且远高于 CK 处理的 -1 422 元 /hm<sup>2</sup>,CF 处理显示了常规施肥在经济上的劣势,配方施肥相较于常规施肥净增收益 406 元 /hm<sup>2</sup>。产投比分析表明,FF 处理的产投比为 1.41,优于 CF 处理的 1.37,且远高于 CK

处理的 0.89,表明 FF 处理具有更高的投入产出比,体现了较为合理的资源配置和效益优化。经济系数方面,3 种处理的差异较小,均接近 0.45,表明各处理在经济效益与投入之间的相对稳定性。综上所述,FF 处理在水稻的实际产量及经济效益方面均表现优异,尤其是在肥料成本控制和整体经济效益的提升上具有明显优势。尽管 CF 处理在产量上略高,但 FF 处理通过较低的肥料成本实现了较为优越的经济效益,表明配方施肥在水稻栽培管理中具备较强的推广潜力。

### 2.3 不同施肥处理对水稻养分吸收的影响

由表 4 可知,不同施肥处理影响了水稻的养分积累和分配特性。从籽粒养分含量来看,FF 处理的全氮、全磷和全钾含量(质量分数,下同)分别为 10.31、2.39、2.99 g/kg,均介于 CK 和 CF 处理之间,显示出配方施肥对籽粒氮、磷、钾积累的调节作用。相比之下,CK 处理的全氮含量最高,为 10.52 g/kg,但全磷和全钾含量较低,分别为 2.31、2.85 g/kg,反映出在不施肥情况下,氮素优先向籽粒供应。CF 处理的全磷和全钾含量最高,分别为 2.44、3.02 g/kg,但与 FF 含量差异不大。植株养分含量方面,FF 处理的全氮、全磷和全钾含量分别为 6.81、1.08、22.85 g/kg,与

CF 处理(6.86、1.11、23.01 g/kg)相近,且均高于 CK 处理(4.95、0.88、18.61 g/kg)。这表明施肥能够提升水稻植株对养分的吸收量,尤其是在氮和钾的积累方面表现更为突出。此外,总养分累积量的分析显示,FF 和 CF 处理的总养分累积量接近。FF 处理的总养分累积量为 474.33 kg/hm<sup>2</sup>(氮 165.07 kg/hm<sup>2</sup>、磷 32.81 kg/hm<sup>2</sup>、钾 276.45 kg/hm<sup>2</sup>),与 CF 处理(总养分累积量 479.96 kg/hm<sup>2</sup>)差异非常小,表明两者在肥料投入和养分吸收量方面表现相似。相比之下,CK 处理的总养分累积量为 214.39 kg/hm<sup>2</sup>,远低于施肥处理,体现了施肥对养分累积的促进作用。在产量方面,FF 处理的籽粒和秸秆产量分别为 8.78、10.95 t/hm<sup>2</sup>,与 CF 处理(籽粒和秸秆产量分别为 8.87、11.03 t/hm<sup>2</sup>)差异较小,但高于 CK 处理(籽粒和秸秆产量分别为 4.65、5.79 t/hm<sup>2</sup>)。这一结果表明,施肥处理能够明显提高水稻的整体生物量。从养分收获指数来看,FF 处理的氮、磷和钾的收获指数分别为 54.83%、63.95%、9.49%,与 CF 处理(54.24%、63.87%和 9.55%)接近,且均低于 CK 处理(63.03%、67.80%和 10.94%)。这表明,水稻在养分供应不足时,养分优先供应籽粒的生长。

表 4 各处理间水稻籽粒与植株中各养分的含量及收获指数

| 处理 | 籽粒养分含量/(g/kg) |      |      | 植株养分含量/(g/kg) |      |       | 产量/(t/hm <sup>2</sup> ) |       | 总养分累积量/(kg/hm <sup>2</sup> ) |       |        | 养分收获指数/% |       |       |
|----|---------------|------|------|---------------|------|-------|-------------------------|-------|------------------------------|-------|--------|----------|-------|-------|
|    | N             | P    | K    | N             | P    | K     | 籽粒                      | 秸秆    | N                            | P     | K      | N        | P     | K     |
| CK | 10.52         | 2.31 | 2.85 | 4.95          | 0.88 | 18.61 | 4.65                    | 5.79  | 77.54                        | 15.83 | 121.02 | 63.03    | 67.80 | 10.94 |
| CF | 10.11         | 2.44 | 3.02 | 6.86          | 1.11 | 23.01 | 8.87                    | 11.03 | 165.40                       | 33.90 | 280.66 | 54.24    | 63.87 | 9.55  |
| FF | 10.31         | 2.39 | 2.99 | 6.81          | 1.08 | 22.85 | 8.78                    | 10.95 | 165.07                       | 32.81 | 276.45 | 54.83    | 63.95 | 9.49  |

## 3 讨论

大量研究表明,配方施肥技术不仅能够减少施肥次数和施肥总量,降低肥料成本,还可通过优化氮、磷、钾的供给比例和施肥时机,提高作物的产量和经济效益<sup>[10-11]</sup>。本研究显示,配方施肥处理(FF)在水稻产量及其构成因子上略低于常规施肥处理(CF),但差异无统计学意义。这可能是由于本研究区域长期实施测土配方校正施肥,常规施肥方式经过农技推广人员优化调整后,已达到较高的养分利用效率,因此 FF 处理在产量提升上的效果较为有限。同时,在水稻<sup>[12]</sup>、大豆<sup>[13]</sup>和小麦<sup>[14]</sup>等多种作物配方

校正试验研究中指出,配方施肥不仅减少了养分的过量施用,还能够显著提高作物产量。这些研究的农业片区可能存在传统施肥方式中养分投入过量的现象,导致养分利用效率低下,不仅增加了减产风险,还可能降低作物品质<sup>[15]</sup>。已有研究表明,氮肥过量施用会显著削弱作物的产量稳定性、抗逆性及抗病虫害能力<sup>[16-17]</sup>。配方施肥通过测土分析,根据土壤肥力状况和作物需肥规律调整氮、磷、钾肥料的施用比例,从而有效提高肥料利用效率,避免养分浪费,达到稳定作物产量的目的<sup>[18]</sup>。例如,赵颖等通过减少化肥用量和优化施肥策略,提高了水稻产量<sup>[19]</sup>。在本研究中,FF 处理相较 CF 处理减产约 1.08%,但其

总养分施入量较CF减少了12.29%，同时其经济效益最高，产投比达到1.41，高于CF处理的1.37，经济效益为6601元/hm<sup>2</sup>。这表明，尽管CF处理在产量上略有优势，但FF处理通过减少肥料投入和优化施肥管理策略，有效降低了生产成本，从而实现了更高的经济回报。这一结果与周利长等的研究<sup>[20]</sup>一致，进一步验证了配方施肥在提升经济效益和资源利用效率方面的潜力。此外，通过对FF和CF处理的养分含量和养分收获指数的比较发现，FF处理在水稻籽粒和植株中的氮、磷、钾吸收量虽略低于CF处理，但其养分吸收量已能满足作物高产需求。同时，FF处理精准调控养分供给，避免了不必要的肥料浪费，并通过减少施肥次数降低了劳动成本 and 环境污染的潜在风险。这表明，配方施肥不仅能在保障水稻产量的基础上实现肥料减量化，还为农业绿色可持续发展提供了有效支持。

然而，本研究存在一定的局限性。首先，试验周期较短，仅为1年，可能未能完全反映不同气候条件和土壤类型下配方施肥的长期效果。因此，未来研究可考虑在不同年份和不同土壤类型的农田中进行更长时间的试验，以验证配方施肥的普适性和稳定性。其次，本研究主要集中于水稻，对于其他作物的配方施肥效果尚缺乏足够的对比数据。未来的研究可进一步探索不同作物的配方施肥方案，以评估在多种作物上的应用效果，推动配方施肥技术在农业生产中的广泛应用。当然，配方施肥在推广过程中仍面临一定挑战，特别是在农户接受度和技术推广方面。为此，还要加强农民培训和技术支持，以促进配方施肥技术在涟水县水稻生产中的广泛应用。

## 4 结论

通过涟水县水稻配方施肥校正试验表明，配方施肥处理(FF)在产量及经济效益方面表现优异。FF处理的实际籽粒产量为8778 kg/hm<sup>2</sup>，经济效益达6601元/hm<sup>2</sup>，产投比为1.41，优于常规施肥处理(CF)的1.37。配方施肥技术不仅能有效提高经济效益、减少肥料浪费，还具有改善环境、提升土壤肥力的潜力。

## 参考文献：

[1] 吴兰田,冯素明,吴雪芬,等. 不同控旺调理剂对水稻生长及

- 产量的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(19):121-127.
- [2] 李伟,张荣,李姣,等. 西安市高陵区夏玉米肥料配方校正试验初报[J]. 基层农技推广,2016,4(7):52-53.
- [3] 张天斌,陈志科,陈法静,等. 三亚市豇豆肥效校正试验[J]. 热带农业科学,2023,43(10):22-25.
- [4] 丁紫娟,胡仁,李锦涛,等. 一次性根区施氮促进再生稻生长及增产的研究[J]. 江苏农业科学,2023,51(9):112-119.
- [5] CHIVENG P,SHARMA S,BUNQUIN M A,et al. Improving nitrogen use efficiency:a key for sustainable rice production systems [J]. Frontiers in Sustainable Food Systems,2021,5: 737412.
- [6] 吕松霞. 2022年太湖县一季中稻肥效校正试验[J]. 现代农业科技,2024(10):9-11.
- [7] 易宗建,吴春娥,李海露,等. 慈利县中稻测土配方施肥肥效校正试验[J]. 现代农业科技,2024(3):10-12.
- [8] 陈爱忠. 冷水江市水稻测土配方施肥肥效试验初报[J]. 上海农业科技,2024(1):99-101.
- [9] 吴晨光,张冬明. 不同施肥方式对水稻产量及肥料利用率的影响[J]. 热带农业科学,2023,43(9):1-6.
- [10] 刘金棠. 镇原县2020年冬小麦测土配方施肥校正试验[J]. 基层农技推广,2021,9(12):17-18.
- [11] 包光荣. 池州市贵池区晚稻田间肥效校正试验研究[J]. 现代农业科技,2014(18):19,24.
- [12] 罗畅,聂龙兴,陆成杰,等. 优质稻“云恢290”肥效校正试验[J]. 云南农业科技,2021(1):14-16.
- [13] 赵艳红,张海珍. 大豆三区校正试验结果分析[J]. 现代农业,2019(9):27.
- [14] 张艳,杨丽. 小麦测土配方施肥肥效校正试验[J]. 基层农技推广,2024,12(1):28-30.
- [15] 郑微微,何在中,徐雪高. 江苏主要粮食生产中化肥过量施用评价及影响因素研究[J]. 农业现代化研究,2017,38(4):666-672.
- [16] BLANCO-ULATE B,HOPFER H,FIGUEROA-BALDERAS R,et al. Red blotch disease alters grape berry development and metabolism by interfering with the transcriptional and hormonal regulation of ripening[J]. Journal of Experimental Botany,2017,68(5):1225-1238.
- [17] ZHANG M W,WANG H,YI Y,et al. Effect of nitrogen levels and nitrogen ratios on lodging resistance and yield potential of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. PLoS One,2017,12(11):e0187543.
- [18] 陈桂芬,马丽,陈航. 精准施肥技术的研究现状与发展趋势[J]. 吉林农业大学学报,2013,35(3):253-259.
- [19] 赵颖,赵伟伟,刘环宇,等. 单季粳稻机插同步侧深施肥简化减量技术应用研究[J]. 现代农业科技,2023(10):4-7.
- [20] 周利长,徐卫华,杨旭辉,等. 水稻田间肥效校正试验[J]. 广东农业科学,2012,39(3):62-64.

(下转第64页)

蔡秋华,刘 帆,陈艳春,等. 高产优质大麦品种风大麦 10 号的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):60–64 (2025–03–12). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.010>.

# 高产优质大麦品种风大麦 10 号的选育及栽培技术

蔡秋华,刘 帆,陈艳春,李国强\*,王 艳,张 睿,尹明芳

(大理白族自治州农业科学推广研究院,云南 大理 671005)

**摘要:**风大麦 10 号是大理白族自治州农业科学推广研究院以云南省大面积主推品种矮思 500 为母本、以引进法国大麦 AT-1 系统选育成的风大麦 6 号为父本配制杂交组合,再经系谱选育而成的啤酒大麦新品种,具有高产稳产、优质、抗病、适应性广等特点。2015 年通过云南省非主要农作物品种鉴定,鉴定编号为云种鉴定 2015016 号;2020 年通过农业农村部非主要农作物品种登记,登记编号为 GPD 大麦(青稞)(2020)530006。本研究从选育经过、品种特征特性和田间栽培技术等方面对风大麦 10 号进行详细介绍,使育种成果与生产实际紧密结合,为该品种的应用推广提供科学依据。

**关键词:**风大麦 10 号;选育;特征特性;栽培技术

**中图分类号:**S512.3

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20240105

大麦是世界上种植面积排名第四的重要禾谷类作物,具有耐迟播、耐瘠薄、耐粗放种植、抗逆性强、适应性广、早熟丰产等特点<sup>[1]</sup>。云南省是我国大麦种植面积最大的省份,近年来大麦种植面积约 25 万 hm<sup>2</sup><sup>[2-3]</sup>。大理地处云南省中部偏西,囊括 12 个县(市),地跨 98°52′ ~ 101°03′ E、24°41′ ~ 26°42′ N,地形地貌多样,包括坝区、山地、半山地、河谷等,栽培方式有旱地、水浇地、水田、林下等多种类型,大理属于低纬度高原季风气候,日照充足,太阳辐射强,四季温差小,昼夜温差大,夏季高温多雨,冬季温和少雨,雨量适中,气候垂直变化显著,立体气候明显,为大麦的生长发育提供了优越的自然生态和气候条件<sup>[4]</sup>。

啤酒大麦因用途而得名,主要用于酿造啤酒和制麦芽,应市场需求,也可饲用和食用。我国是世界大麦生产与消费大国,一直以来主要以进口啤酒大麦满足啤酒工业的需求,每年我国啤酒大麦进口量占全球啤酒大麦贸易的 50% 左右,占全国啤酒大麦用量的 90% 左右,且国外大麦因品质好、价格低,给国内市场带来了巨大的压力和挑战,国内大麦因品质较差、价格较高、市场供应不稳定等原因而受到

严重排挤<sup>[5-6]</sup>。因此,加强优质国产啤酒大麦选育与生产,是大麦育种工作的重要任务之一,也是充分挖掘国产大麦生产潜力的重要途径。大理因地理气候环境优越,是全国优质啤酒大麦和饲料大麦的优势产区。近年来,大麦年种植面积逐年增大,截至目前约 3.0 万 hm<sup>2</sup>,面积约占云南省大麦种植的 1/4<sup>[7]</sup>。大理州原主要啤酒大麦种植品种矮思 500、S-4、S82-1 等因种植年限长,种性逐渐退化,抗病性减弱,导致产量和品质下降<sup>[8]</sup>。因此,不断培育和选出适合大理种植的丰产稳产、品质优、熟期适中、抗病、抗逆性强、综合性状好的啤酒大麦新品种具有十分重要的意义。

## 1 风大麦 10 号亲本来源及选育过程

### 1.1 亲本来源

以云南省大面积主推品种矮思 500 为母本,其特征特性主要为幼苗生长习性半匍匐,叶色深绿色,叶耳淡紫色,穗姿直立,株高 62 cm,全生育期 157 d,千粒质量 42 ~ 50 g,中抗白粉病,感锈病,多穗、高产稳产、广适。以引进的法国大麦 AT-1 经系统选育成的风大麦 6 号为父本,其特征特性为幼苗生长习性直立,叶色绿色,叶耳白色,穗姿半下垂,株高 76 cm,全生育期 161 d,千粒质量 34 ~ 40 g,抗白粉病,中抗锈病,丰产。

### 1.2 选育经过

2005 年大理白族自治州农业科学推广研究院

收稿日期:2024-10-23;修回日期:2025-02-14。

基金项目:国家大麦青稞产业技术大理试验站专项经费(CARS-05-12B);

云南省技术创新人才培养对象项目(202205AD160056)。

作者简介:蔡秋华(1989—),女,硕士,农艺师,主要从事大麦新品种选育研究。Email: m18287119357@163.com。

\* 通信作者:李国强(1967—),男,研究员,主要从事麦类新品种选育及配套技术研究。Email: lgqdl777@163.com。

(前身是大理白族自治州农业科学研究所) 根据育种目标要求, 选用矮思 500 为母本、风大麦 6 号为父本在单位试验基地组配杂交组合, 2006—2009 年经系谱法进行单株选择, 2010 年其  $F_5$  稳定成系出圃, 品系编号为 052DM3-8-8, 2011 年参加大理州啤酒大麦新品系比较试验, 2012—2013 年参加大理

州大麦品种区域试验, 2014 年参加云南省啤酒大麦品种区域试验, 定名为风大麦 10 号。2015 年通过云南省非主要农作物品种鉴定, 鉴定编号: 云种鉴定 2015016 号。2020 年通过农业农村部非主要农作物品种登记, 登记编号: GDP 大麦 (青稞) (2020) 530006。其选育经过如图 1 所示。

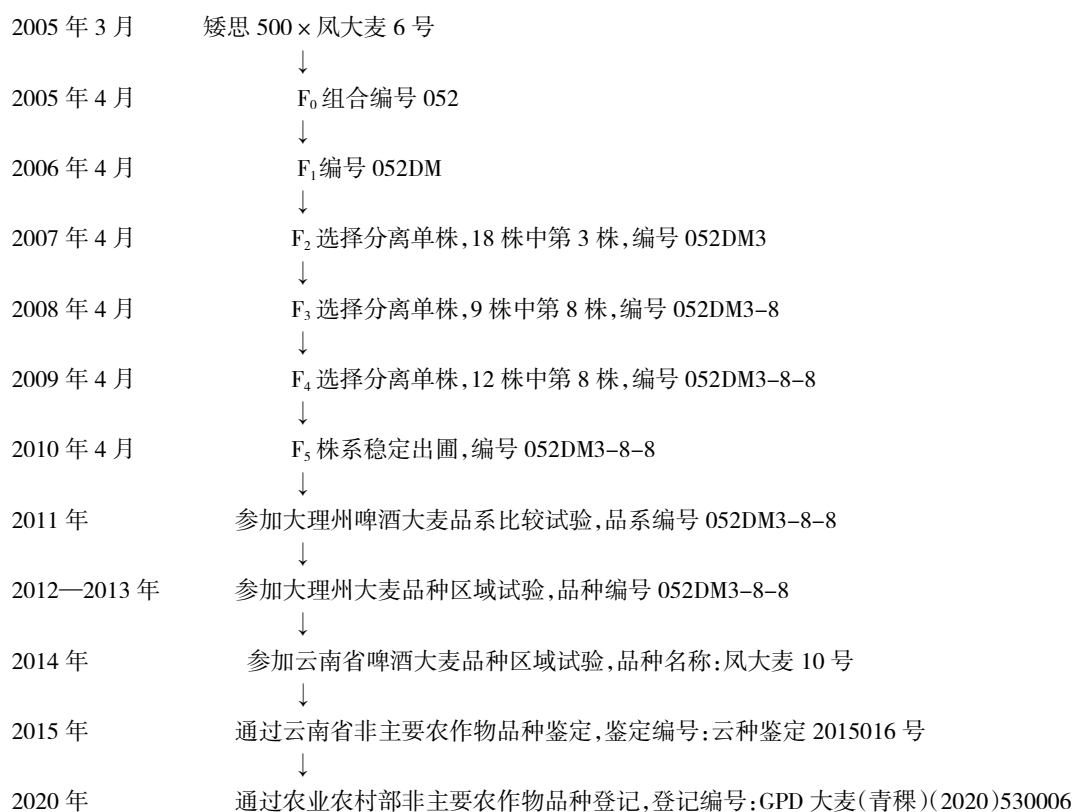


图 1 风大麦 10 号选育系谱图

## 2 风大麦 10 号品种特征特性

风大麦 10 号为二棱皮大麦, 春性, 幼苗直立, 苗期长势中等, 株型紧凑, 叶耳紫色, 茎叶蜡质中等, 叶绿色平展; 长芒, 中高秆, 叶宽中等, 穗棒形, 穗姿下垂, 穗和芒呈黄色, 籽粒黄色、椭圆形。风大麦 10 号全生育期 161 d, 株高 72.5 cm, 有效穗数为 56.3 万个 /667 m<sup>2</sup>, 成穗率 77.4%, 穗长 6.7 cm, 实粒数 20.6 粒 / 穗, 结实率 94.5%, 千粒质量 48.1 g, 株型紧凑, 穗层整齐, 成穗率高, 高抗白粉病, 早熟, 熟相好, 抗倒性和抗寒性中等, 抗旱性强。

## 3 风大麦 10 号产量表现及产量构成因素分析

### 3.1 品系比较试验

风大麦 10 号于 2010—2011 年参加大理州啤酒

大麦新品系比较试验, 产量 513.7 kg/667 m<sup>2</sup>, 较对照品种矮思 500 增产 10.5%, 居第 1 位。风大麦 10 号生育期 143 d, 较对照早熟 5 d, 株高 66 cm, 基本苗数为 20.75 万株 /667 m<sup>2</sup>, 最高茎蘖数为 98.30 万个 /667 m<sup>2</sup>, 有效穗数为 59.68 万个 /667 m<sup>2</sup>, 成穗率 60.7%, 穗粒数 16.9 粒 / 穗, 千粒质量 52.0 g。

### 3.2 大理州品种区域试验

由表 1 可知, 风大麦 10 号于 2011—2013 年 2 年度参加大理州大麦品种区域试验, 在大理、鹤庆、祥云、弥渡、巍山、云龙 6 个点实施。

2011—2012 年风大麦 10 号的平均产量为 485.08 kg/667 m<sup>2</sup>, 较对照矮思 500 增产 9.98%, 居第 2 位, 增产点率 100.0%。风大麦 10 号的平均生育期 161 d, 比对照迟熟 1 d, 平均株高 75.00 cm, 基本苗数为 17.51 万株 /667 m<sup>2</sup>, 最高茎蘖数 73.62 万个 /667 m<sup>2</sup>,



有效穗数为 57.38 万穗 /667 m<sup>2</sup>, 成穗率 77.93%, 穗粒数 19.78 粒 / 穗, 千粒质量 44.21 g。

2012—2013 年风大麦 10 号的平均产量为 542.95 kg/667 m<sup>2</sup>, 较对照矮思 500 增产 10.49%, 居第 2 位, 增产点率 83.3%。风大麦 10 号的平均生育期 155 d, 比对照迟熟 1 d, 平均株高 81.87 cm, 基本苗数为 17.31 万株 /667 m<sup>2</sup>, 最高茎蘖数为 77.65 万个 /667 m<sup>2</sup>, 有效穗数为 65.11 万穗 /667 m<sup>2</sup>, 成穗率 75.63%, 穗粒数 20.26 粒 / 穗, 千粒质量

44.06 g。

风大麦 10 号 2 年 12 个点次平均产量 514.01 kg/667 m<sup>2</sup>, 居试验第 1 位, 较对照矮思 500 增产 10.25%, 增产显著, 增产点率达 91.7%。风大麦 10 号的平均基本苗数为 17.41 万株 /667 m<sup>2</sup>, 最高茎蘖数为 75.64 万个 /667 m<sup>2</sup>, 有效穗数为 61.24 万穗 /667 m<sup>2</sup>, 成穗率 76.78%, 穗实粒数 20.02 粒 / 穗, 千粒质量 44.14 g。生育期平均为 158 d, 比对照迟熟 1 d, 田间表现丰产性好、抗病性强, 综合评价好。

表 1 大理州品种区域试验风大麦 10 号产量与主要农艺性状

| 年度    | 品种名称       | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 较对<br>照增 /% | 全生<br>育期 /d | 株高 /<br>cm | 基本苗数 /<br>(万株 /667 m <sup>2</sup> ) | 最高茎蘖数 /<br>(万个 /667 m <sup>2</sup> ) | 有效穗数 /<br>(万穗 /667 m <sup>2</sup> ) | 穗实粒数 /<br>(粒 / 穗) | 千粒<br>质量 /g |
|-------|------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------|
| 2011— | 风大麦 10 号   | 485.08                           | 9.98        | 161         | 75.00      | 17.51                               | 73.62                                | 57.38                               | 19.78             | 44.21       |
| 2012  | 矮思 500(CK) | 441.08                           | —           | 160         | 59.00      | 17.09                               | 88.36                                | 63.80                               | 19.78             | 37.00       |
| 2012— | 风大麦 10 号   | 542.95                           | 10.49       | 155         | 81.87      | 17.31                               | 77.65                                | 65.11                               | 20.26             | 44.06       |
| 2013  | 矮思 500(CK) | 491.38                           | —           | 154         | 65.10      | 16.76                               | 97.64                                | 64.45                               | 18.32             | 41.21       |
| 平均    | 风大麦 10 号   | 514.01                           | 10.25       | 158         | 78.44      | 17.41                               | 75.64                                | 61.24                               | 20.02             | 44.14       |
|       | 矮思 500(CK) | 466.23                           | —           | 157         | 62.05      | 16.93                               | 93.00                                | 64.12                               | 19.05             | 39.10       |

### 3.3 云南省品种区域试验

由表 2 可知, 风大麦 10 号于 2013—2014 年度参加云南省啤酒大麦品种区域试验, 试验在昆明、玉溪、大理、文山、曲靖(沾益)、保山、楚雄、红河(泸西)、丽江 9 个点进行。9 个试验点风大麦 10 号平均产量为 481.1 kg/667 m<sup>2</sup>, 排名居第 2 位, 比对照矮思 500 增产 4.9%, 增产显著, 增产点率 88.9%; 除玉溪点外其他试验点产量全部高于对照。风大麦 10 号

全生育期 143 ~ 188 d, 平均 161 d, 比对照早熟 2 d, 熟期适中; 株高 72.5 cm, 株高中等; 最高茎蘖数 73.7 万个 /667 m<sup>2</sup>, 有效穗数 56.3 万穗 /667 m<sup>2</sup>, 成穗率 76.4%, 成穗率高; 穗长 6.7 cm, 总粒数 21.3 粒 / 穗, 实粒数 20.6 粒 / 穗, 结实率 96.7%, 千粒质量 48.1 g。风大麦 10 号穗层整齐, 抗倒性和抗寒性中等, 抗旱性均强, 田间综合评价较好。

表 2 云南省品种区域试验风大麦 10 号产量与主要农艺性状

| 试点 | 品种名称       | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 产量较<br>对照增 /% | 全生<br>育期 /d | 株高 /<br>cm | 基本苗数 /<br>(万株 /667 m <sup>2</sup> ) | 最高茎蘖数 /<br>(万个 /667 m <sup>2</sup> ) | 有效穗数 /<br>(万穗 /667 m <sup>2</sup> ) | 总粒数 /<br>(粒 / 穗) | 千粒<br>质量 /g |
|----|------------|----------------------------------|---------------|-------------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------|
| 昆明 | 风大麦 10 号   | 602.2                            | 9.5           | 174         | 83.2       | 14.0                                | 89.1                                 | 72.9                                | 23.0             | 46.0        |
|    | 矮思 500(CK) | 550.2                            | —             | 174         | 73.9       | 14.0                                | 77.2                                 | 81.8                                | 24.5             | 42.9        |
| 玉溪 | 风大麦 10 号   | 493.6                            | -5.7          | 155         | 86.2       | 13.2                                | 69.5                                 | 64.4                                | 26.0             | 49.2        |
|    | 矮思 500(CK) | 523.5                            | —             | 158         | 74.2       | 12.4                                | 67.3                                 | 91.9                                | 26.7             | 50.7        |
| 大理 | 风大麦 10 号   | 447.4                            | 3.4           | 151         | 66.9       | 16.9                                | 72.6                                 | 59.2                                | 17.9             | 66.9        |
|    | 矮思 500(CK) | 432.8                            | —             | 153         | 57.3       | 14.9                                | 74.8                                 | 83.0                                | 20.9             | 57.3        |
| 文山 | 风大麦 10 号   | 339.8                            | 16.3          | 149         | 62.6       | 14.4                                | 61.6                                 | 40.9                                | 23.0             | 39.5        |
|    | 矮思 500(CK) | 292.1                            | —             | 150         | 58.7       | 13.8                                | 56.6                                 | 66.4                                | 23.9             | 44.8        |
| 沾益 | 风大麦 10 号   | 552.2                            | 5.1           | 161         | 74.2       | 8.7                                 | 65.8                                 | 60.6                                | 22.5             | 48.1        |
|    | 矮思 500(CK) | 525.2                            | —             | 163         | 61.4       | 8.6                                 | 71.2                                 | 91.8                                | 25.4             | 46.4        |

(续表)

| 试点 | 品种名称       | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 产量较<br>对照增 /% | 全生<br>育期 /d | 株高 /<br>cm | 基本苗数 /<br>(万株 /667 m <sup>2</sup> ) | 最高茎蘖数 /<br>(万个 /667 m <sup>2</sup> ) | 有效穗数 /<br>(万穗 /667 m <sup>2</sup> ) | 总粒数 /<br>(粒 /穗) | 千粒<br>质量 /g |
|----|------------|----------------------------------|---------------|-------------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| 保山 | 风大麦 10 号   | 373.3                            | 3.4           | 143         | 80.0       | 18.3                                | 97.7                                 | 54.8                                | 21.3            | 42.5        |
|    | 矮思 500(CK) | 360.9                            | —             | 147         | 70.6       | 16.6                                | 92.3                                 | 56.1                                | 23.4            | 41.4        |
| 楚雄 | 风大麦 10 号   | 586.7                            | 3.0           | 149         | 63.0       | 22.8                                | 107.0                                | 77.3                                | 17.9            | 47.7        |
|    | 矮思 500(CK) | 569.7                            | —             | 155         | 61.2       | 19.3                                | 110.4                                | 72.2                                | 21.7            | 46.7        |
| 泸西 | 风大麦 10 号   | 615.6                            | 8.3           | 175         | 79.4       | 12.9                                | 51.6                                 | 43.7                                | 18.4            | 47.2        |
|    | 矮思 500(CK) | 568.3                            | —             | 178         | 73.5       | 13.2                                | 50.7                                 | 84.7                                | 24.2            | 44.6        |
| 丽江 | 风大麦 10 号   | 319.1                            | 5.0           | 188         | 56.9       | 8.4                                 | 48.5                                 | 33.2                                | 21.5            | 45.5        |
|    | 矮思 500(CK) | 304.0                            | —             | 190         | 50.3       | 10.0                                | 50.6                                 | 68.4                                | 23.6            | 46.1        |
| 平均 | 风大麦 10 号   | 481.1                            | 4.9           | 161         | 72.5       | 14.4                                | 73.7                                 | 56.3                                | 21.3            | 48.1        |
|    | 矮思 500(CK) | 458.5                            | —             | 163         | 64.6       | 13.6                                | 72.3                                 | 77.4                                | 23.8            | 46.8        |

#### 4 风大麦 10 号品质分析

中国食品发酵工业研究院酿酒技术中心于 2014 年 7 月 23 日—8 月 21 日对风大麦 10 号的检测结果显示:夹杂物为 0%,破损率为 0%,水分的质量分数为 10.8%,千粒质量为 44.4 g,3 d 发芽率为 99.0%,5 d 发芽率为 99.0%,蛋白质质量分数为 10.4%,饱满率为 98.7%,达到 GB/T 7416—2008《啤酒大麦》的优级标准;而啤酒麦芽的检测结果显示:商品水分的质量分数为 5.3%,浸出物为 79.1%,糖化力为 255 WK,均达到 QB/T 1686—2008《啤酒麦芽》的优级标准。

#### 5 风大麦 10 号栽培技术

##### 5.1 适期播种

播前晒种 1~2 d,有利于提高整体播种质量,确保麦苗齐全匀壮。田大麦适宜 11 月上中旬播种,旱地大麦一般为 9 月底至 10 月上旬选择土壤潮湿、墒情较好的时机抢墒播种。

##### 5.2 合理密植

风大麦 10 号水田播种量 8~10 kg/667 m<sup>2</sup>,基本苗数在 12 万~16 万株 /667 m<sup>2</sup>;水浇地播种量 10~12 kg/667 m<sup>2</sup>,基本苗数在 16 万~20 万株 /667 m<sup>2</sup>;旱地播种量 12~15 kg/667 m<sup>2</sup>,基本苗数在 20 万~25 万株 /667 m<sup>2</sup>。

##### 5.3 科学施肥

施腐熟农家肥 2 000 kg/667 m<sup>2</sup> 作底肥,尿素

15~20 kg/667 m<sup>2</sup>、普钙 30~40 kg/667 m<sup>2</sup> 作种肥;分蘖 2.5 叶追施尿素 10~15 kg/667 m<sup>2</sup>;稻茬免耕大麦田不追施分蘖肥,中后期(拔节孕穗期)可适量增施尿素 5~8 kg/667 m<sup>2</sup>;非免耕种植的大麦田若前期长势较弱,拔节孕穗期可增施尿素 5~8 kg/667 m<sup>2</sup>;旱地大麦中后期可趁雨追施尿素 10 kg/667 m<sup>2</sup>。

##### 5.4 田间管理措施

及时灌好出苗、拔节、孕穗抽穗和灌浆水,做好田间除草和蚜虫防治工作,掌握在蜡熟末期或完熟期采用人工收获或机械收获,收后尽快脱粒、晾晒,根据啤用、饲用、制白酒用或作良种等用途妥善存放保管。

#### 6 风大麦 10 号适应种植区域及推广前景

风大麦 10 号是一个适应能力广和抗逆性强的啤酒大麦新品种,适宜在云南省海拔 1 200~2 400 m 水田、水浇地或旱地冬大麦生态区种植,播种季节为 10 月上旬至 11 月中旬。目前风大麦 10 号在云南省大理、楚雄、保山、丽江、曲靖等州市累计示范推广 1.5 万 hm<sup>2</sup>,表现出丰产稳产、熟期适中、高抗白粉病、抗旱耐寒、粮草双高等优良特性。

#### 参考文献:

- [1] 杨建明,沈秋泉,汪军妹,等. 我国大麦生产、需求与育种对策[J]. 大麦科学,2003(1):1-6.
- [2] 程加省,乔祥梅,王志伟,等. 云南避旱早秋大麦隐形自然灾

- 害发生和防控[J]. 大麦与谷类科学, 2018, 35(6): 50–53.
- [3] 邵素芳, 杨素梅. 腾冲市酸性土壤现状分析及改良应用浅析[J]. 农业技术与装备, 2024(4): 28–30.
- [4] 蔡秋华, 杨俊青, 刘帆, 等. 云南省啤酒及功能大麦品种区域试验大理试点结果分析[J]. 农业科技通讯, 2022(11): 87–91.
- [5] 王富喜. 基于贸易视角的中国大麦产业安全性研究[J]. 农村经济与科技, 2022, 33(10): 215–217.
- [6] 李先德. 中国大麦产业经济问题研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [7] 刘帆, 杨俊青, 蔡秋华, 等. 大理州大麦生产现状与发展对策[J]. 大麦与谷类科学, 2020, 37(5): 52–56.
- [8] 赵加涛, 刘猛道, 付正波, 等. 保啤麦 26 号新品种选育及栽培技术[J]. 大麦与谷类科学, 2023, 40(6): 55–57.

## Breeding and Cultivation Techniques of High-yield and High-quality Barley Variety Fengdamai No.10

CAI Qiuhua, LIU Fan, CHEN Yanchun, LI Guoqiang, WANG Yan, ZHANG Rui, YIN Mingfang  
(Dali Bai Autonomous Prefecture Agricultural Science Extension Research Institute, Dali 671005, China)

**Abstract:** Fengdamai No.10 is a new malting barley variety bred by Dali Bai Autonomous Prefecture Agricultural Science Extension Research Institute. It is a hybrid combination of the main variety Aisi 500 in Yunnan Province as the maternal parent and the Fengdamai No.6 bred by the introduction of the French barley AT-1 system as the paternal parent, and then was selected by Pedigree breeding method. It has the characteristics of high and stable yield, high quality, disease resistance and wide adaptability. In 2015, it passed the identification of non-main crop varieties in Yunnan Province, and the identification number was Yunzhong Identification No.2015016. In 2020, it was registered by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs as a non-major crop variety with the registration number of GPD Barley (Highland Barley) (2020) 530006. In this study, Fengdamai No.10 was introduced in detail from the aspects of breeding process, variety characteristics and field cultivation techniques, so as to closely combine the breeding results with the actual production, and provide scientific basis for the application and promotion of the variety.

**Key Words:** Fengdamai No.10; Breeding; Characteristics; Cultivation techniques

(上接第 59 页)

## Study on Calibration of Rice Formula Fertilization Effect in Lianshui County

CHEN Min<sup>1</sup>, WANG Zheng<sup>2</sup>, FENG Suming<sup>1</sup>, WU Lantian<sup>3</sup>, WANG Hongbao<sup>2</sup>

(1. Cultivated Land Quality Protection Station of Lianshui County, Jiangsu Province, Lianshui 223400, China; 2. Jiangsu Xuhuai Area Huaiyin Institute of Agricultural Sciences, Huai'an 223000, China; 3. Rural Work Bureau of Zhumai Street, Lianshui County, Lianshui 223402, China)

**Abstract:** This study aimed to optimize rice cultivation management, validate the accuracy of local formula fertilization, determine optimal fertilization rates, improve fertilization effect and economic benefits, and provide scientific evidence for promoting formula fertilization technology. We conducted a comparative analysis of the effects of no fertilization (CK), conventional fertilization (CF), and formula fertilization (FF) on rice yield, economic benefits and nutrient uptake. The results showed that FF treatment significantly outperformed CK in panicle length, effective panicle number, seed setting rate, and theoretical yield, while showing no significant difference compared to CF treatment. Furthermore, the total nutrient application of FF treatment was reduced by 12.29% compared with CF, which significantly reduced fertilizer input costs, achieving the highest economic benefit of 6 601 CNY/hm<sup>2</sup>, with an increase of 406 CNY/hm<sup>2</sup> compared to CF. The formula fertilization approach promoted more balanced uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, optimized fertilizer application structure, reduced nutrient leaching, and achieved the dual objectives of stable yield improvement and cost-effectiveness.

**Key Words:** Formula fertilization; Rice; Fertilizer effect calibration; Economic benefit

周羊梅,顾正中,王安邦,等. 高产、稳产、株高适中的淮麦 52 新品种选育[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):65–69(2025–03–27).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.011.

## 高产、稳产、株高适中的淮麦 52 新品种选育

周羊梅,顾正中\*,王安邦,杨子博,杜莹莹,张 勇

(江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所,江苏 淮安 223001)

**摘要:**淮麦 52 为江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所利用邯鄯 6172、淮麦 96076 和烟农 19 为亲本通过常规杂交选育的小麦新品种,2021 年通过国家审定(国审麦:20210038)。该品种为半冬性、中早熟小麦新品种,株高 80 cm 左右,产量潜力高,参加 2017—2019 年 2 年度黄淮南片区域试验,平均产量分别为 476.2、575.4 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照周麦 18 分别增产 5.03%、5.08%,比对照偃展 4110 分别增产 9.35%、13.20%,差异均具有高度统计学意义。2019—2020 年生产试验,淮麦 52 平均产量 587.3 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 5.16%,比对照淮麦 40 增产 7.00%,增产点率均为 100.0%。

**关键词:**淮麦 52;产量;株高;新品种选育

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20240118

在小麦育种和栽培过程中,株高已逐渐成为种植户选择品种的一个重要指标。随着小麦产量水平的提高和生产条件的改善,小麦品种株高逐步矮化渐成趋势,然而株高并不是越矮越好。如陈化榜等认为在植株不倒伏的前提下,株高常与产量有某种程度的正相关关系<sup>[1]</sup>;植株过矮、群体郁蔽、光合面积减小、田间小气候变劣,会减少作物生物学产量,降低净同化率,从而不利于干物质积累<sup>[2]</sup>;株高过度矮化,使得叶层密集、相互遮阴,导致群体内光照不足、通风不畅、早衰、病虫害加重等一系列不良反应<sup>[3]</sup>。另一方面,陈士强等研究认为,小麦的合适株高具有使其逃避病原菌侵染的能力<sup>[4]</sup>;李力等研究发现,植株较高材料病穗率较低,抗性相对较强,株高与赤霉病病穗率呈负相关<sup>[5]</sup>。因此,选择和培育株高适中的品种,通过合理的栽培措施,如控制种植密度、合理施肥、加强病虫害防治等,可以实现小麦的高产与稳产。淮安地处南北过渡地带,病虫害发生频繁,育成高产、稳产且株高适中的小麦品种成为当前主要的育种目标。江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所通过对 2 000 多份种质资源的鉴定、筛选,利用

邯鄯 6172、淮麦 96076(淮麦 18/ 百农 64)、烟农 19 进行复交,选育出高产稳产、株高适中的小麦新品种淮麦 304,审定后定名为淮麦 52。小麦株高降低不仅可以减少生物产量,而且具有抗倒伏、收获指数高、水肥增产效应大等优点,提高了产量潜力,改良了稳产性能。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

**1.1.1 亲本材料。**2002 年用邯鄯 6172 为母本、淮麦 96076 为父本进行杂交,2003 年以其杂交后代为母本、烟农 19 为父本进行复交。邯鄯 6172 是河北省邯郸市农业科学院育成的小麦新品种,株高 75 ~ 80 cm,株型紧凑,旗叶上举,茎秆弹性好,抗倒性强;穗层整齐,穗纺锤形,灌浆快,落黄好,抗旱节水性突出。淮麦 96076 为江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所淮麦 18 为母本、百农 64 为父本杂交后经 6 代选育而成的小麦品系,半冬性,中熟,幼苗半匍匐,分蘖力较强,株型半紧凑,叶片上冲,抗倒性较好。烟农 19 是烟台市农业科学院小麦研究所烟 1933 为母本、陕 82-29 为父本,采用系谱法选育而成的优质强筋小麦品种,株高 75 cm 左右;分蘖力强,成穗率高,中大穗,穗粒数 40 粒 / 穗左右;穗长方形、长芒、白壳、白粒、角质,籽粒圆形;抗病性、抗旱性较强,抗寒性中等。

收稿时间:2024-12-02;修回日期:2025-03-20。

基金项目:江苏省重点研发计划(BE2021310-1);淮安市农业科学研究院科研发展基金(HNY202105)。

作者简介:周羊梅(1979—),女,硕士,研究员,主要从事小麦育种及栽培技术研究。Email: 464023502@qq.com。

\* 通信作者:顾正中(1969—),男,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Email: hynksgzz@163.com。

**1.1.2 试验材料。**淮麦 52 为江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所选育的小麦新品种,2021 年通过国家审定并获植物新品种权保护,品种权号:CNA2019006500。淮麦 52 为半冬性、中早熟小麦新品种,幼苗半匍匐,叶片窄短,长势旺,冬季抗寒性较好;分蘖力较强,成穗率中等;起身拔节早,两级分化快;耐倒春寒能力较好;株高 80 cm 左右,株型较紧凑,蜡质重,旗叶窄直上举,穗层厚,熟相好;纺锤形穗、穗码较稀。淮麦 52 平均穗数 40 万~45 万个/667 m<sup>2</sup>,穗粒数 32~35 粒/穗,千粒质量 45~48 g。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 选育方法。**根据双亲优势互补原则,选配组合,进行人工杂交,经系谱选择育成。

**1.2.2 产量试验方法。**国家区域试验和生产试验由全国农技推广中心和河南省农业科学院主持,试点分布在江苏、安徽、河南和陕西 4 个省,区域试验设 27 个试点,随机区组排列,3 次重复,小区面积 13~16 m<sup>2</sup>;生产试验设 23 个试点,2 次重复,随机区组排列,小区面积≥150 m<sup>2</sup>。

**1.2.3 数据分析。**试验数据采用中国农业大学遗传育种系和农业农村部全国农技推广服务中心联合研制的农作物品种区域试验统计分析系统程序 RCT99 进行分析,其他农艺性状采用平均数法统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 淮麦 52 选育经过

为选育高产、稳产小麦新品种,2002 年 5 月以

邯鄯 6172 为母本、淮麦 96076 为父本杂交,组合杂种优势明显,2003 年其杂交组合作为母本再与烟农 19(父本)进行复交,后代进行连续单株选择。

2004—2005 年 F<sub>2</sub> 种植 20 行(约 1 500 株),在其中选择植株较矮、穗多、穗大单株,2005—2006 年度 18 个单株播 36 行(约 1 800 株),在其中继续选择单株,选出 15 个植株较矮、穗较大的单株,2006—2007 年共选择 22 个植株较矮、分蘖多、穗较大的单株,2007—2008 年选择 26 个株型紧凑适中、穗较大的单株,2008—2009 年选择 25 个穗较大的单株,2009—2010 年选择 66 个穗较大、小穗退化少的单株,其中混收 12 个株系,经室内选择,9 个株系籽粒大且饱满进入 2010—2011 年鉴定圃进行产量鉴定,2011—2013 年进入品比圃,2013 年出圃,其中第四号(编号为 04346-1-2-3)出圃号命名为淮麦 304,因株高适中、产量潜力高、综合抗性好,推荐参加 2013—2014 年江苏淮北预备试验,2015 年参加黄淮南片比较试验。2021 年通过国家审定,定名淮麦 52(以下各试验阶段均称此名)。

### 2.2 产量表现

**2.2.1 2017—2018 年区域试验产量。**淮麦 52 参加 2017—2018 年黄淮南片区域试验(表 1),21 个试点平均产量 476.2 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 5.03%,两者产量差异具高度统计学意义,比对照偃展 4110 增产 9.35%,两者产量差异具高度统计学意义,居本组 16 个参试品种第 2 位。淮麦 52 增产≥2%的试点数为 20 个,增产≥2%的试点率为 95.2%。

表 1 2017—2018 年黄淮南片小麦区域试验产量

| 品种       | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 显著性  |      | 比 CK1<br>增加 /% | 比 CK2<br>增加 /% | 位次 | 增产≥<br>2%的试点数 / 个 | 增产≥<br>2%的试点率 /% |
|----------|----------------------------------|------|------|----------------|----------------|----|-------------------|------------------|
|          |                                  | 0.05 | 0.01 |                |                |    |                   |                  |
| 益科麦 0732 | 479.2                            | a    | A    | 5.69           | 10.03          | 1  | 21                | 100.0            |
| 淮麦 52    | 476.2                            | ab   | A    | 5.03           | 9.35           | 2  | 20                | 95.2             |
| 淮核 13068 | 475.4                            | ab   | AB   | 4.85           | 9.16           | 3  | 21                | 100.0            |
| 丰韵麦 6 号  | 475.0                            | ab   | AB   | 4.76           | 9.07           | 4  | 18                | 85.7             |
| 赛德麦 8 号  | 470.7                            | abc  | ABC  | 3.82           | 8.08           | 5  | 17                | 81.0             |
| 丰德存麦 23  | 468.1                            | bc   | ABCD | 3.24           | 7.49           | 6  | 14                | 66.7             |
| 驻麦 305   | 467.5                            | bcd  | ABCD | 3.11           | 7.35           | 7  | 20                | 95.2             |
| 中农麦 4008 | 462.3                            | cde  | BCDE | 1.96           | 6.15           | 8  | 13                | 61.9             |
| 西农 235   | 461.9                            | cde  | BCDE | 1.87           | 6.06           | 9  | 13                | 61.9             |
| 普冰 01    | 457.4                            | def  | CDEF | 0.88           | 5.03           | 10 | 10                | 47.6             |

(续表)

| 品种           | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 显著性  |      | 比 CK1<br>增加 /% | 比 CK2<br>增加 /% | 位次 | 增产≥<br>2%的试点数 / 个 | 增产≥<br>2%的试点率 /% |
|--------------|----------------------------------|------|------|----------------|----------------|----|-------------------|------------------|
|              |                                  | 0.05 | 0.01 |                |                |    |                   |                  |
| 天麦 116       | 456.1                            | ef   | DEF  | 0.60           | 4.73           | 11 | 10                | 47.6             |
| 周麦 18(CK1)   | 453.4                            | efg  | EF   | 0              | 4.11           | 12 |                   |                  |
| 机麦 212       | 450.8                            | fg   | EF   | -0.57          | 3.51           | 13 | 8                 | 38.1             |
| 丰德存麦 21      | 447.6                            | fg   | FG   | -1.28          | 2.78           | 14 | 8                 | 38.1             |
| 西农 364       | 445.2                            | gf   | FG   | -1.81          | 2.23           | 15 | 3                 | 14.3             |
| 偃展 4110(CK2) | 435.5                            | h    | G    | -3.95          | 0              | 16 |                   |                  |

**2.2.2** 2018—2019 年区域试验产量。淮麦 52 参加 2017—2018 年区域试验,产量比对照增产比例和增产点数均达到续试标准,继续参加 2018—2019 年区域试验。淮麦 52 平均产量 575.4 kg/667 m<sup>2</sup>,比周麦 18 增产 5.08%,两者产量差异具高度统计学意义,比对照偃展 4110 增产 13.20%,两者产量差异具高度统计学意义。淮麦 52 比周麦 18 增产≥2%的试点率为 90.5%,比偃展 4110≥2%的试点率为 95.2%,产量居本组参试品种第 6 位(表 2)。

**2.2.3** 生产试验产量。淮麦 52 参加 2019—2020 年生产试验,平均产量为 587.3 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照周麦

18 增产 5.16%,23 个试点均增产、增产试点比例 100.0%;比对照淮麦 40 增产 7.00%,增产试点比例 100.0%,居本组参试品种第 3 位(表 3)。

### 2.3 淮麦 52 农艺性状分析

淮麦 52 为多穗型品种,分蘖力强,成穗比例较高。由表 4 可见,2019—2020 年淮麦 52 参加生产试验,平均有效穗数 40.7 万个 /667 m<sup>2</sup>,穗粒数 32.8 粒 / 穗,千粒质量 45.9 g。该品种全生育期 223.0 d,株高 83.0 cm,最高茎蘖数 95.5 万个 /667 m<sup>2</sup>,成穗率 42.62%。

表 2 2018—2019 年小麦区域试验产量

| 品种           | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 显著性   |      | 比 CK1<br>增产 /% | 比 CK2<br>增产 /% | 位次 | 比 CK1 增产≥<br>2%的试点率 | 比 CK2 增产≥<br>2%的试点率 |
|--------------|----------------------------------|-------|------|----------------|----------------|----|---------------------|---------------------|
|              |                                  | 0.05  | 0.01 |                |                |    |                     |                     |
| 赛德麦 8 号      | 584.5                            | a     | A    | 6.74           | 14.99          | 1  | 90.5                | 95.2                |
| 新植 6 号       | 582.5                            | ab    | AB   | 6.37           | 14.60          | 2  | 90.5                | 81.0                |
| 永丰 103       | 581.3                            | abc   | ABC  | 6.15           | 14.36          | 3  | 90.5                | 76.2                |
| 中原 20        | 580.0                            | abc   | ABCD | 5.92           | 14.11          | 4  | 90.5                | 81.0                |
| 新麦 38        | 576.6                            | abcd  | ABCD | 5.30           | 13.44          | 5  | 90.5                | 95.4                |
| 淮麦 52        | 575.4                            | abcde | ABCD | 5.08           | 13.20          | 6  | 90.5                | 95.2                |
| 丰韵麦 6 号      | 574.8                            | abcde | ABCD | 4.97           | 13.08          | 7  | 95.2                | 95.2                |
| 百农 8822      | 569.9                            | bcd   | ABCD | 4.07           | 12.12          | 8  | 85.7                | 81.0                |
| 丰德存麦 21      | 568.9                            | cde   | ABCD | 3.89           | 11.92          | 9  | 71.4                | 85.7                |
| 西农 235       | 566.9                            | de    | BCD  | 3.52           | 11.53          | 10 | 71.4                | 76.2                |
| 国禾麦 19       | 566.6                            | de    | BCD  | 3.47           | 11.47          | 11 | 81.0                | 85.7                |
| 华展 166       | 566.5                            | de    | BCD  | 3.45           | 11.45          | 12 | 81.0                | 85.7                |
| 丰德存麦 23      | 564.9                            | de    | CD   | 3.16           | 11.14          | 13 | 76.2                | 61.9                |
| 西农 501       | 563.7                            | e     | DE   | 2.94           | 10.90          | 14 | 66.7                | 85.7                |
| 周麦 18(CK1)   | 547.6                            | f     | EF   | 0              | 7.73           | 15 | 0                   | 52.4                |
| 乐麦 185       | 541.6                            | fg    | F    | -1.10          | 6.55           | 16 | 38.1                | 52.4                |
| 偃展 4110(CK2) | 508.3                            | h     | G    | -7.18          | 0              | 17 | 9.5                 |                     |

表 3 2019—2020 年小麦生产试验产量

| 品种         | 产量 /<br>(kg/667 m <sup>2</sup> ) | 位 次 | 比 CK1<br>增产 /% | 比 CK1<br>增产点数 | 比 CK1<br>增产点比例 /% | 比 CK2<br>增产 /% | 比 CK2<br>增产点数 | 比 CK2<br>增产点比例 /% |
|------------|----------------------------------|-----|----------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------------|
| 中原 20      | 593.6                            | 1   | 6.28           | 23            | 100.0             | 8.14           | 23            | 100.0             |
| 益科麦 1506   | 593.2                            | 2   | 6.21           | 23            | 100.0             | 8.07           | 23            | 100.0             |
| 淮麦 52      | 587.3                            | 3   | 5.16           | 23            | 100.0             | 7.00           | 23            | 100.0             |
| 西农 235     | 586.7                            | 4   | 5.05           | 22            | 95.7              | 6.89           | 22            | 95.7              |
| 新麦 38      | 581.3                            | 5   | 4.08           | 22            | 95.7              | 5.90           | 22            | 95.7              |
| 周麦 18(CK1) | 558.5                            | 6   |                |               |                   |                |               |                   |
| 淮麦 40(CK2) | 548.9                            | 7   |                |               |                   |                |               |                   |

表 4 黄淮南片小麦生产试验农艺性状

| 品种名称       | 有效穗数 /<br>(万个 / 667 m <sup>2</sup> ) | 穗粒数 /<br>(粒 / 穗) | 千粒质量 /<br>g | 生育期 /<br>d | 株高 /<br>cm | 最高茎蘖数 /<br>(万个 / 667 m <sup>2</sup> ) | 成穗率 /<br>% |
|------------|--------------------------------------|------------------|-------------|------------|------------|---------------------------------------|------------|
| 中原 20      | 40.5                                 | 33.5             | 49.4        | 223.6      | 81.8       | 101.9                                 | 39.74      |
| 科麦 1506    | 39.9                                 | 37.1             | 43.2        | 222.9      | 85.0       | 91.5                                  | 43.61      |
| 淮麦 52      | 40.7                                 | 32.8             | 45.9        | 223.0      | 83.0       | 95.5                                  | 42.62      |
| 西农 235     | 38.8                                 | 37.2             | 43.6        | 223.3      | 76.5       | 94.9                                  | 40.89      |
| 新麦 38      | 40.8                                 | 34.2             | 45.5        | 224.2      | 79.5       | 99.3                                  | 41.09      |
| 周麦 18(CK1) | 37.6                                 | 35.2             | 48.0        | 224.2      | 81.9       | 93.6                                  | 40.17      |
| 淮麦 40(CK2) | 39.7                                 | 33.9             | 46.2        | 223.1      | 83.6       | 95.6                                  | 41.53      |

### 3 讨论与小结

#### 3.1 重视亲本的选择

虽然茎秆特性不是育种的直接目标,但其影响植株成穗的多少,对产量产生重要影响,并且其遗传力较高,在早代选择就有效。因此,在育种实践中,茎秆特性作为重要的间接育种目标,极受育种工作者的关注<sup>[6]</sup>;杨兆生等也认为在育种中,株高是遗传力较高的农艺性状之一<sup>[7]</sup>。可见要想选育出株高适中、产量潜力高的后代,亲本至关重要,植株过高、产量潜力一般的亲本很难选育出株高适中、产量潜力高的后代。因而从产量、病害、株高等综合考虑,选择了综合性状好、株高 75~80 cm 的邯鄯 6172 为母本。邯鄯 6172 与淮麦 96076 杂交后杂种优势明显,但 F<sub>1</sub> 株高偏高,又选择株高适中、产量潜力高的烟农 19 作为复交父本。经过多代单株选择,最终选育出高产、稳产、株高适中的淮麦 52。

#### 3.2 重视株高、株型等农艺性状的选择

株高是小麦的重要农艺性状,不仅影响产量和收获指数,而且与抗倒伏性状密切相关,培育高产

且符合生产需求株高的品种一直是小麦育种的重要目标之一<sup>[8]</sup>。隋学艳等研究认为,株高作为高产小麦品种重要的形态性状之一,与冠层性状分布及冠层温度都有较大的关系;虽不直接构成产量,但与群体大小、个体优劣以及收获指数等密切相关,是高产的重要影响因素<sup>[9]</sup>。杨学举等研究认为,从早衰和倒伏 2 个方面考虑,株高 80 cm 左右最为合适,可作为育种选择的株高指标<sup>[10]</sup>。何中虎等研究认为,品种株高稳定在 70~80 cm,是有利于收获指数提高的最佳高度<sup>[11]</sup>。戴梅香等研究认为,生产上应利用半矮秆(株高 70~85 cm)、茎秆坚韧、根系发达、耐肥水的品种,以增强抗倒伏性<sup>[12]</sup>。淮麦育种团队在多年的育种实践中非常重视株高、株型、茎秆弹性等农艺性状的选择,株高降低后,对株型的要求更加严苛,如使田间通风透光良好,株型就不能太松散,叶片必须窄直上举,穗颈节较长。淮麦 52 参加 2019—2020 年黄淮南片生产试验,平均株高 83.0 cm,茎秆弹性好,株型偏紧凑,旗叶窄直上举,与上述学者提出的适宜株高相一致。这是否正是淮麦 52 高产、稳产、自然发病轻的生理基础还有待进一步研究。



## 参考文献:

- [1] 陈化榜,李晴祺. 山东省 50 年代以来小麦品种性状演变的研究[J]. 山东农业大学学报,1991,22(1):95-98.
- [2] 盛承师. 小麦冠层形态结构与籽粒产量的关系(三):理想株型的设计[J]. 麦类作物学报,1987,7(1):35-38.
- [3] 王 勇,李晴祺,李朝恒,等. 小麦品种茎秆的质量及解剖学研究[J]. 作物学报,1998,24(4):452-458,516.
- [4] 陈士强,张 容,王建华,等. 小麦赤霉病抗性 with 株高及穗部性状的相关性研究[J]. 江西农业学报, 2020,32(6):23-29.
- [5] 李 力,袁小平,哈生礼,等. 小麦株高与赤霉病抗性间的相关性研究[J]. 寒旱农业科学,2023,3(6):585-588.
- [6] 崔俊群,胡克福,聂利红,等. 小麦茎秆特性的配合力分析[J]. 中国农学通报,2002,18(6):3-6,13.
- [7] 杨兆生,阎素红,王俊娟. 不同种植方式下小麦株高构成因素的相关研究[J]. 麦类作物学报,1999,19(4):17-19.
- [8] 周森平,宋桂成,张 鹏,等. 基于重组自交系群体的小麦株高 QTL 分析[J/OL]. 麦类作物学报,2024:1-11(2024-08-20) [2024-12-02]. <https://link.cnki.net/urlid/61.1359S.20240819.1737.020>.
- [9] 隋学艳,朱振林,朱传宝,等. 基于 MODIS 数据的山东省小麦株高遥感估算研究[J]. 山东农业科学,2009,41(2):5-7,11.
- [10] 杨学举,彭俊英,李宗智. 小麦株高与早衰及倒伏关系的研究[J]. 北京农业科学,1990(1):17-18.
- [11] 何中虎,张树榛,刘录祥. 小麦矮秆育种中中性状间关系的多元分析[J]. 华北农学报,1992,7(1):1-7.
- [12] 戴梅香,吴崇海,蔡文良. 超高产小麦品种特点与合理群体结构的调节[J]. 种子科技,2007,25(4):39-40.

## Breeding of New Wheat Variety Huaimai 52 with High and Stable Yield

ZHOU Yangmei, GU Zhengzhong, WANG Anbang, YANG Zibo, DU Yingying, ZHANG Yong  
(Jiangsu Xuhuai Area Huaiyin Institute of Agricultural Sciences, Huai'an 223001, China)

**Abstract:** Huaimai 52 is a new wheat variety bred through conventional hybridization by Jiangsu Xuhuai Area Huaiyin Institute of Agricultural Sciences, using Handan 6172, Huaimai 96076 and Yannong 19 as parents. It was approved the National Crop Variety Approval Committee in 2021 (Guoshenmai: 20210038). The results show that Huaimai 52 is a new semi-winter and moderately early-maturing wheat variety, with a plant height of about 80 cm and high yield potential. It participated in the regional trials in the southern part of the Huanghuai River region from 2017 to 2019. The average yields were 476.2 kg/667 m<sup>2</sup> and 575.4 kg/667 m<sup>2</sup> respectively in these years. Compared with the control variety Zhoumai 18, the yields increased by 5.03% and 5.08% respectively. Compared with the control variety Yanzhan 4110, the yields increased by 9.35% and 13.20% respectively, and the differences are all highly statistically significant. In the production test from 2019 to 2020, the average yield was 587.3 kg/667 m<sup>2</sup>, which was 5.16% higher than that of the control variety Zhoumai 18 and 7.00% higher than that of the control variety Huaimai 40, and the rate of yield-increasing points was 100.0%.

**Key Words:** Huaimai 52; Yield; Plant height; New variety breeding

### 本刊常用计量单位符号简介

为执行国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》的规定,根据中华人民共和国“量和单位”系列国家标准(GB3100—1993、GB/T3101—1993 和 GB/T3102.1~3102.13—1993),现将本刊常用的计量单位符号介绍如下,希广大作者遵照执行。

时间:日(天)—d;表格中(月/日)应用(月—日),如 2/30 应用 02-30;时—h;分—min;秒—s。质量:吨—t;公斤(千克)—kg;克—g;毫克—mg;微克—μg;纳克—ng。体积:升—L;毫升—mL;微升—μL。浓度:通常指物质的量浓度,克分子浓度(M)废用,改为 mol/L;当量浓度(N)废用,换算成相应的 mol/L;质量浓度单位为 kg/L;质量摩尔浓度单位为 mol/kg;ppm 换算为相应的 mg/kg (质量分数)、μL/L (体积分数)、μmol/mol(摩尔分数)等。面积:亩—667 m<sup>2</sup>,万亩换算为万 hm<sup>2</sup> 等。

詹瑞玲,涂 洋,张 英,等. 紫色糯性青稞新品种——康青糯 3 号[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):70–73 (2025–04–22). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.012>.

# 紫色糯性青稞新品种——康青糯 3 号

詹瑞玲<sup>1</sup>,涂 洋<sup>2</sup>,张 英<sup>1</sup>,李 健<sup>1</sup>,次勒多吉<sup>3</sup>,谢世刚<sup>1</sup>,江 谧<sup>1</sup>,刘廷辉<sup>1\*</sup>

(1. 甘孜藏族自治州农业科学研究所,四川 康定 626000;2. 四川省农业科学院作物研究所,四川 成都 610000;

3. 炉霍县农牧农村和科技局,四川 炉霍 626500)

**摘要:**康青糯 3 号是以甘孜藏族自治州农业科学研究所选育出的优良品系“Z300”为母本、四川省农业科学院作物研究所选育出的糯性青稞品系“810–845”为父本,通过常规杂交育种和系谱法选育出的多棱、紫色、糯性、粮用、春性青稞新品种。2019 年获得稳定株行(系),2020 年在成都进行小区产量比较试验,选出代号为 10424 的稳定品系。2021 年进行第 1 周期多点试验,2022 年进行第 2 周期多点试验。康青糯 3 号平均产量 3 512.10 kg/hm<sup>2</sup>,营养价值较高,总体抗病性表现较好。2024 年 5 月进行四川省非主要农作物品种登记,登记名称为康青糯 3 号,登记编号为 GPD 大麦(青稞)(2024)510028。

**关键词:**青稞;康青糯 3 号;糯性;紫色

**中图分类号:**S512.3

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673–6486–20240125

青稞(裸大麦)是川西高原藏区人民在特殊生态条件下栽培的主要粮食作物,甘孜藏族自治州(以下简称甘孜州)常年播种面积达 3.33 万 hm<sup>2</sup>,总产约 10 万 t,具有生产条件和生活必需的双重不可替代性<sup>[1–2]</sup>。当前青稞生产中,以普通青稞品种栽培为主,糯性有色青稞品种较少。相较于普通青稞品种,糯性青稞品种籽粒中直链淀粉含量较低,具有易膨化、糊化温度低、回生慢等突出优势<sup>[3–4]</sup>。同时,有色青稞营养成分特别是必需氨基酸、 $\beta$ -葡聚糖等含量普遍优于普通青稞,具有更高的功能活性<sup>[5–6]</sup>,这类青稞品种的潜在营养功能引起了越来越多科学家和消费者的兴趣。因此,通过选育糯性、有色青稞品种,不但可以丰富食物供给多样性,而且对提高人们生活质量和健康水平具有重要意义。

## 1 康青糯 3 号品种来源及选育过程

### 1.1 品种来源

康青糯 3 号是以甘孜州农业科学研究所选育

的品系“Z300”为母本,以四川省农业科学院作物研究所选育的糯性青稞品系“810–845”为父本杂交选育而成的紫色、糯性青稞新品种。其中,“810–845”是以引自国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)的糯大麦材料“K10”为母本,以阿坝藏族羌族自治州农业科学技术研究所选育的“阿青 4 号”为父本杂交选育出的糯青稞品系。

### 1.2 选育过程

2016 年 3 月,以“Z300”为母本、“810–845”为父本杂交获得 F<sub>1</sub>,当年通过夏繁 F<sub>1</sub>,收获 F<sub>1</sub> 种子并采用碘–碘化钾溶液染色技术筛选出糯质淀粉籽粒,然后通过 F<sub>2</sub> 选穗、F<sub>3</sub> 选穗、F<sub>4</sub> 选株,于 2019 年获得稳定株行(系)F<sub>5</sub>,2020 年在成都市开展小区产量比较试验,选出代号为 10424 的稳定品系,2021 年在甘孜州道孚县、炉霍县、甘孜县进行第 1 周期多点试验,2022 年在甘孜州道孚县、炉霍县、甘孜县进行第 2 周期多点试验。2024 年 5 月通过四川省非主要农作物品种登记,登记名称为康青糯 3 号,登记编号为 GPD 大麦(青稞)(2024)510028。康青糯 3 号具体选育过程如图 1 所示。

## 2 康青糯 3 号特征特性

康青糯 3 号属粮用、春性、紫色、多棱裸大麦常规品种(图 2)。该品种生育期 120 d,株型紧凑,半矮秆,株高 80.0 cm,穗芒长直齿,穗长 6.0 cm;叶绿色,

收稿日期:2024–12–25;修回日期:2025–04–10。

基金项目:四川省重点研发项目(2022YFYZ0001);“十四五”国家重点研发计划(2022YFD1601507)。

作者简介:詹瑞玲(1991—),女,硕士,农艺师,主要从事青稞遗传育种与应用推广。Email: 1715127249@qq.com。

\* 通信作者:刘廷辉(1975—),男,硕士,正高级农艺师,主要从事青稞遗传育种与应用推广工作。Email: 491612520@qq.com。

叶片蜡质中等,叶姿平展,叶耳紫,幼苗半匍匐;分蘖数中等,穗密,单株穗数 2 个,每穗结实 50 粒,单株粒质量 3.00 g,千粒质量 30.00 g;籽粒小,紫色,粒卵圆。该品种蛋白质含量(质量分数,下同)11.60%,淀粉含量 47.35%(其中,直链淀粉含量 3.40%),氨

基酸总含量 11.0%(其中必需氨基酸:缬氨酸含量 0.59%,赖氨酸含量 0.42%,亮氨酸含量 0.80%,异亮氨酸含量 0.40%,苯丙氨酸含量 0.58%,苏氨酸含量 0.37%,甲硫氨酸含量 0.16%), $\beta$ -葡聚糖含量 4.47%。

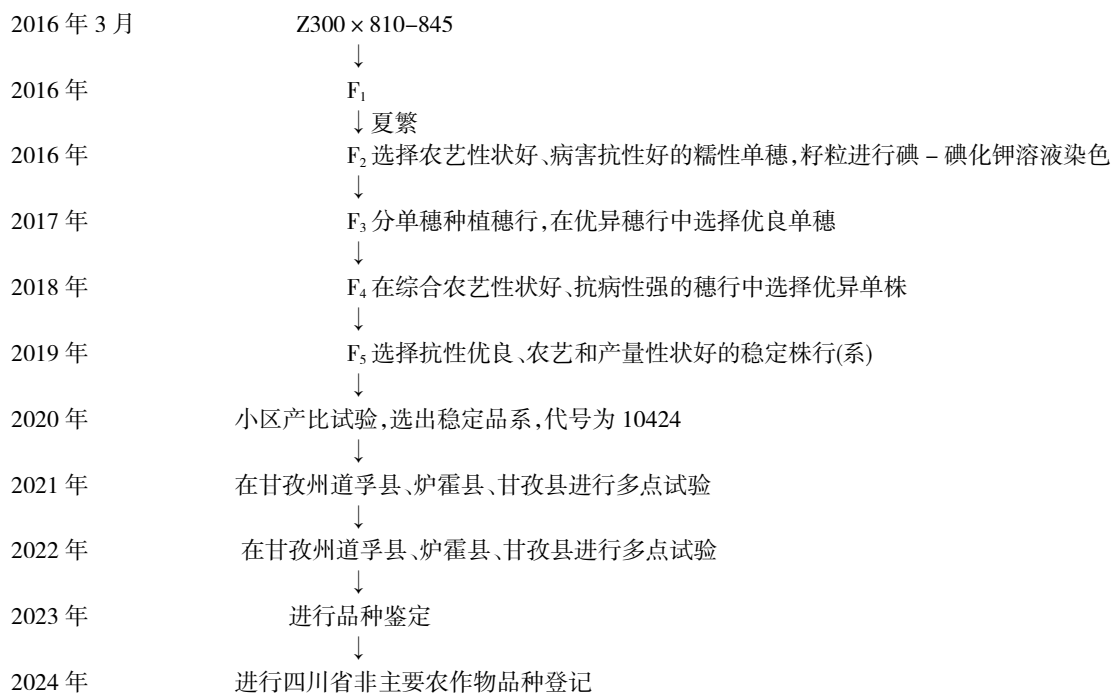
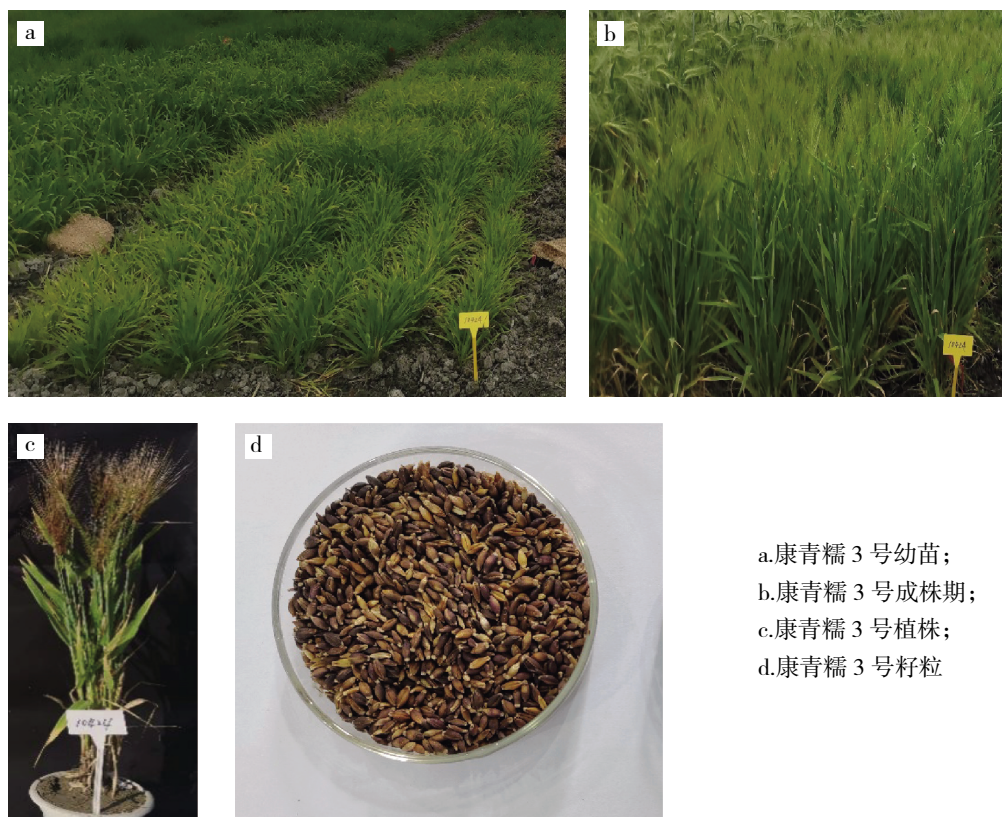


图 1 康青糯 3 号选育经过



a.康青糯 3 号幼苗;  
b.康青糯 3 号成株期;  
c.康青糯 3 号植株;  
d.康青糯 3 号籽粒

图 2 康青糯 3 号的表型

### 3 康青糯 3 号产量表现

于 2021—2022 年,在甘孜州道孚县(101°29′25″E、30°29′19″N,海拔 3 500 m)、炉霍县(100°46′32″E、31°18′5″N,海拔 3 070 m)、甘孜县(100°4′45″E、31°35′35″N,海拔 3 400 m)等具有代表性的青稞种植区域开展康青糯 3 号多点试验(表 1)。2021、2022 年康青糯 3 号的平均产量分别为 3 554.40、3 469.80 kg/hm<sup>2</sup>(236.96、231.32 kg/667 m<sup>2</sup>,表 1),比对照品种康青糯 1 号分别增产 6.01%、6.13%。康青糯 3 号 2 年多点试验的平均产量为 3 512.10 kg/hm<sup>2</sup>,比对照康青糯 1 号增产 6.07%。

表 1 康青糯 3 号 2 年多点试验产量

| 年份   | 试验地点 | 康青糯 1 号(CK)           |           |                                 | 康青糯 3 号               |           |                                 | 比 CK 增 / % |
|------|------|-----------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------|-----------|---------------------------------|------------|
|      |      | 小区面积 / m <sup>2</sup> | 小区产量 / kg | 折算产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> ) | 小区面积 / m <sup>2</sup> | 小区产量 / kg | 折算产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> ) |            |
| 2021 | 道孚县  | 30.0                  | 11.65     | 220.12                          | 30.0                  | 12.37     | 233.59                          | 6.12       |
|      | 炉霍县  | 30.0                  | 12.03     | 227.35                          | 30.0                  | 12.74     | 240.72                          | 5.88       |
|      | 甘孜县  | 30.0                  | 11.81     | 223.09                          | 30.0                  | 12.52     | 236.56                          | 6.04       |
|      | 平均   | 30.0                  | 11.83     | 223.52                          | 30.0                  | 12.54     | 236.96                          | 6.01       |
| 2022 | 道孚县  | 30.0                  | 11.34     | 214.31                          | 30.0                  | 12.05     | 227.70                          | 6.25       |
|      | 炉霍县  | 30.0                  | 11.68     | 220.69                          | 30.0                  | 12.38     | 233.87                          | 5.97       |
|      | 甘孜县  | 30.0                  | 11.58     | 218.84                          | 30.0                  | 12.30     | 232.39                          | 6.19       |
|      | 平均   | 30.0                  | 11.53     | 217.95                          | 30.0                  | 12.24     | 231.32                          | 6.13       |

表 2 康青糯 3 号与川青糯 1 号抗病性鉴定

| 品种      | 年份   | 条锈病 | 白粉病 | 赤霉病 | 条纹病 | 黄矮病 |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 康青糯 3 号 | 2022 | 高感  | 中抗  | 中抗  | 中抗  | 感   |
|         | 2023 | 中抗  | 中抗  | 中感  | 中抗  | 中抗  |
| 川青糯 1 号 | 2022 | 中抗  | 中抗  | 中感  | 高抗  | 高抗  |
|         | 2023 | 中抗  | 高抗  | 中感  | 高抗  | 抗   |

注:评价方法参考以下标准执行:NY/T 3060.8—2016《大麦品种抗病性鉴定技术规程 第 8 部分:抗条锈病》、NY/T 3060.2—2016《大麦品种抗病性鉴定技术规程 第 2 部分:抗白粉病》、NY/T 3060.3—2016《大麦品种抗病性鉴定技术规程 第 3 部分:抗赤霉病》、NY/T 3060.1—2016《大麦品种抗病性鉴定技术规程 第 1 部分:抗条纹病》、NY/T 3060.6—2016《大麦品种抗病性鉴定技术规程 第 6 部分:抗黄矮病》。

### 5 康青糯 3 号栽培技术要点

#### 5.1 适宜种植区域

康青糯 3 号适宜在海拔 2 500~4 000 m、无霜期 > 140 d 且有效积温 > 1 800 ℃的砂壤土或壤土区域种植。

### 4 康青糯 3 号抗性表现

四川省农业科学院植物保护研究所于 2022、2023 年连续 2 年对康青糯 3 号进行了抗病性鉴定(表 2)。康青糯 3 号在不同年份均表现为中抗白粉病和条锈病,但在不同年份对条锈病、赤霉病和黄矮病的抗性存在较大的差异,川青糯 1 号在不同年份对同一病害的抗性不尽相同,2 个品种的这种抗病性差异可能是不同年份的气候差异引起的。因此,在康青糯 3 号生产实践中需及时预防条锈病、黄矮病和赤霉病的发生,适时监测白粉病、条纹病的发生动态。

#### 5.2 施肥与播种

**5.2.1 施肥。**施用腐熟农家肥、尿素和磷酸二铵作为底肥。具体操作时,施用腐熟有机肥 15 000~30 000 kg/hm<sup>2</sup>、尿素 50 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二铵 150 kg/hm<sup>2</sup>。

**5.2.2 播种。**前茬作物收获后,利用旋耕机旋耕土壤。在 4 月上中旬进行,利用播种机播种,播种深度

3~5 cm,播种量 15 kg/hm<sup>2</sup>。播种后,可在青稞幼苗 3 叶期进行 2 次镇压,以健苗、强苗。

### 5.3 水分管理

在青稞幼苗 3 叶期和 5 叶期,根据土壤水分状况适时、适量灌溉。

### 5.4 病虫害防治

坚持以预防为主、综合防控的原则,对达到防治指标的,合理选用药剂进行病虫害防治。

**5.4.1 草害防治。**青稞幼苗 3—5 叶期时进行化学除草,针对野燕麦,采用 5%唑啉草酯 750.0 mL/hm<sup>2</sup>; 针对阔叶杂草,采用 75%苯磺隆水分散粒剂 22.5 g/hm<sup>2</sup>; 针对旱雀麦,采用 5%啶磺胺分散粒剂 187.5 g/hm<sup>2</sup> 并加专用助剂混合喷施;针对大刺儿菜,采用 75%二氯吡啶酸可分散粒剂 225.0 g/hm<sup>2</sup> 进行防治。

**5.4.2 病害防治。**种子精选后选用 6%戊唑醇、3%苯醚甲环唑、2.5%咯菌腈、25%噻虫·咯·霜灵、氟环·咯·苯甲等种衣剂拌种防治青稞条纹病、黑穗病、云纹病等病害;针对叶部病害,于病害发生前或初期喷施三唑酮、丙环唑、烯唑醇、苯醚甲环唑等药剂。

**5.4.3 虫害防治。**针对青稞黏虫等虫害,选用高效氯氰菊酯、除虫脲、灭幼脲、氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺等药剂进行防治。

### 参考文献:

- [1] 孙立军. 中国栽培大麦变种及其分布特点[J]. 中国农业科学,1988,21(2):25-31.
- [2] 强小林,顿珠次仁,次 珍,等. 西藏青稞产业发展现状分析[J]. 西藏农业科技,2011,33(1):1-3.
- [3] 丁秀芳. 青稞优良品种高产栽培技术要点[J]. 世界热带农业信息,2022(4):11-12.
- [4] WU J G,LI Z Y,WANG J P,et al. Effects of laccase and cellulase on saccharification of barley malt[J]. Heliyon,2022,8(9):e10744.
- [5] 冯格格,余永新,洪思慧,等. 青稞中主要功效成分最新研究进展[J]. 农产品质量与安全,2020(2):82-89.
- [6] PURUSHOTHAM P,HO R,YU L,et al. Mechanism of mixed-linkage glucan biosynthesis by barley cellulose synthase-like CslF6 (1,3;1,4)-β-glucan synthase[J]. Science Advances,2022,8(45):eadd1596.

## New Purple Glutinous Highland Barley Variety Kangqingnuo No.3

ZHAN Ruiling<sup>1</sup>, TU Yang<sup>2</sup>, ZHANG Ying<sup>1</sup>, LI Jian<sup>1</sup>, Cileduoji<sup>3</sup>, XIE Shigang<sup>1</sup>, JIANG Mi<sup>1</sup>, LIU Tinghui<sup>1</sup>

(1. Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture Institute of Agricultural Sciences, Kangding 626000, China; 2. Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610000, China; 3. Agriculture, Animal Husbandry, Rural and Science & Technology Bureau of Luhuo County, Luhuo 626500, China)

**Abstract:** Kangqingnuo No.3 is a new variety of polygonal, purple, glutinous, grain and spring highland barley bred by conventional crossbreeding and genealogies, which is based on the maternal parent “Z300”, an excellent line bred by Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture Agricultural Science Research Institute, and the paternal parent “810-845”, a glutinous highland barley bred by Sichuan Academy of Agricultural Sciences. The stable strain (line) was obtained in 2019, and the plot yield comparative test was carried out in Chengdu in 2020. The stable strain code-named 10424 was selected. The first cycle multi-point tests were conducted in 2021, and the second cycle multi-point tests were conducted in 2022. The average yield was 3 512.10 kg/hm<sup>2</sup>, the nutritional value was high and the overall resistance to disease was well. In May 2024, it was registered by Sichuan Province as a non-major crop variety with the registration name of Kangqingnuo No. 3 and the registration number of GPD Barley (Highland Barley) (2024) 510028.

**Key Words:** Highland barley; Kangqingnuo No.3; Waxy; Purple

杨学明,姚金保,周森平. 紫粒小麦新品种宁紫麦 1 号的选育及特征特性[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(2):74–78(2025–04–22).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.02.013.

# 紫粒小麦新品种宁紫麦 1 号的选育及特征特性

杨学明,姚金保,周森平

(江苏省农业科学院粮食作物研究所 / 江苏省农业生物学重点实验室,江苏 南京 210014)

**摘要:**宁紫麦 1 号是江苏省农业科学院粮食作物研究所宁麦 8 号为母本、紫粒种质宁 0726 为父本进行杂交,采用系谱法育成的春性硬质紫粒小麦新品种,2020 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定(审定编号:苏审麦 20200008),是江苏省首个通过审定的彩色小麦品种,适宜在江苏淮南麦区种植。该品种中早熟,富含花青素和多种人体必需微量矿质元素。在区域试验和生产试验中,该品种产量均超过 6 750 kg/hm<sup>2</sup>,在区域试验中平均成穗数 444 万个/hm<sup>2</sup>,穗粒数 37.8 粒/穗,千粒质量 44.0 g,中抗赤霉病和条锈病,中感黄花叶病毒病,抗穗发芽。

**关键词:**宁紫麦 1 号;彩色小麦;花青素;赤霉病;穗发芽

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20240128

随着人们生活水平的日益提高和种植业结构调整,农业生产正在由温饱型、经济型向功能型、环保型和高效型转变。彩色小麦品种是指除白色、黄色、红色之外的其他籽粒颜色的品种<sup>[1]</sup>,含有丰富的对人体非常有利的天然色素——花色苷类物质,还富含铁、锌等多种对人体有益的微量元素和矿物质<sup>[2-9]</sup>。自 1997 年以来,我国相继审定了 60 多个彩色小麦品种,河南、山东、河北、山西是彩色小麦审定较多的省份<sup>[7-8]</sup>。在彩色小麦产业化研究方面,加拿大利用选育出的新的紫麦品种进行紫麦酒和紫麦面包等实现产业化。我国山西省农业科学院、西北农林科技大学、河北省农林科学院等单位在彩色小麦保健食品产业化方面起步较早,开发了富硒面粉、彩麦面包、彩麦挂面、彩麦醋、彩麦酱油等产品<sup>[7-8]</sup>。由禾谷镰刀菌等多种镰刀菌引起的小麦赤霉病,是温暖多雨和气候湿润地区小麦的主要病害。江苏淮南麦区位于长江中下游冬麦区,在小麦开花期时常遇阴雨天气,赤霉病发生频率高、危害程度大<sup>[9-10]</sup>。在小麦成熟期有时遇到连续降雨天气,易造成穗发芽<sup>[11]</sup>。因而,长期以来淮南地区种植的小麦品种均为红粒,对赤霉病和穗发芽具有较好的抗性。为满足

人们对营养食品原料的需求,改善面制品的膳食结构,丰富当地小麦生产的多样性,江苏省农业科学院粮食作物研究所从 1999 年起开始引进紫粒小麦资源,对粒色基因遗传特性进行分析,开展紫粒小麦新种质创制和新品种选育工作<sup>[12-14]</sup>。2009 年以矮秆、抗倒伏、中抗赤霉病小麦品种宁麦 8 号为母本<sup>[15]</sup>,赤霉病轻的紫粒品系宁 0726 为父本<sup>[14]</sup>,采用系谱法对分离后代进行选择,育成中抗赤霉病、抗穗发芽的紫粒小麦新品种宁紫麦 1 号,于 2020 年通过江苏省品种审定(审定编号:苏审麦 20200008),填补了江苏省彩色小麦品种的空白。本文介绍了该品种的选育经过、特征特性及其配套栽培技术,以期充分利用其特点,加快特色小麦示范推广应用,提高种植效益,促进小麦产业发展。

## 1 宁紫麦 1 号选育经过

2009 年春,以矮秆大穗抗倒小麦品种宁麦 8 号为母本、紫粒种质宁 0726(普通小麦紫粒品系,染色体数目  $2n=42$ )为父本进行杂交,于当年秋天种成 F<sub>1</sub>。F<sub>2</sub>—F<sub>4</sub> 按改良系谱法进行选择, F<sub>2</sub> 稀播种植,根据株高、抗病性、穗形、熟相、籽粒颜色等性状选择优异单株,经室内籽粒考种,淘汰有病粒、不饱满的单株,当选单株稀播种成 F<sub>3</sub>;在 F<sub>3</sub> 单株群体中继续选择株高适中、病害轻、熟相好的紫粒单株,分单穗进行脱粒,经室内考种后,当选单穗于 2012 年秋播种成 F<sub>4</sub> 穗行。根据抗病性、一致性、穗形、株高、熟相

收稿日期:2024-12-31;修回日期:2025-04-21。

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(19)1001];江苏省重点研发项目(BE2018350);国家现代农业产业技术体系项目(CARS-03-34)。

作者简介:杨学明(1971—),男,博士,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Email: xmyang@jaas.ac.cn。

等性状选择优异穗行,其中编号为 E6748 的穗行综合性状优良,赤霉病轻、籽粒饱满均匀、硬质及千粒质量较高,于 2013 年秋播种成穗系圃并进行初级产量鉴定,该穗系表现为赤霉病轻、熟相好、丰产性较突出,2014 年秋进入产量鉴定圃,定名为宁 J-162。2015—2016 年度进行品种比较试验,2016 年

秋以品系名称“宁紫麦 1 号”推荐参加由江苏省种子站组织的江苏省淮南小麦预备试验,2017—2019 年参加江苏省淮南小麦区域试验,2019—2020 年度由品种选育单位组织生产试验,2020 年 12 月通过江苏省品种审定委员会审定,选育过程见图 1。

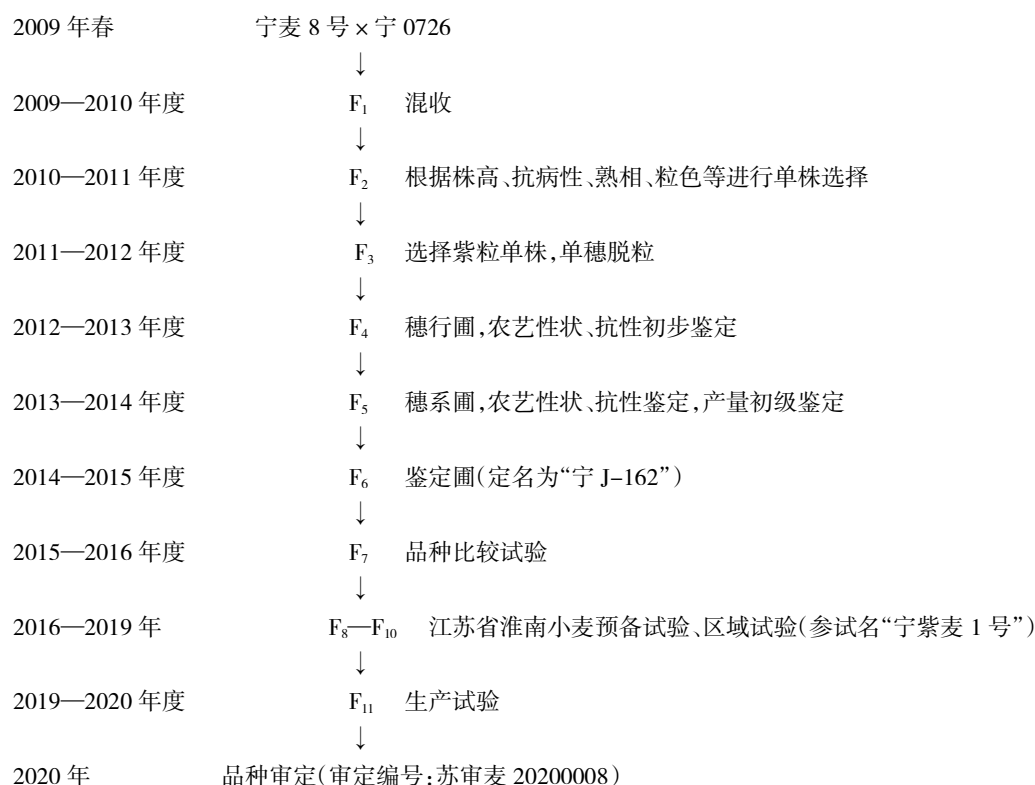


图 1 宁紫麦 1 号的选育过程

## 2 宁紫麦 1 号特征特性

### 2.1 农艺性状

宁紫麦 1 号为春性、中早熟品种,生育期 208.6 d,比对照扬麦 20(红粒小麦)早熟 1.8 d;幼苗半直立,株型较紧凑;株高 87 cm 左右,耐肥抗倒性较好;穗纺锤形,长芒、白壳、紫粒,籽粒硬质;穗层整齐,熟相比较好。在区域试验中,该品种平均成穗数 444 万个/hm<sup>2</sup>,穗粒数 37.8 粒/穗,千粒质量 44.0 g。

### 2.2 籽粒品质

经江苏省小麦区域试验 2 年抽样测定,宁紫麦 1 号平均容重 808 g/L,粗蛋白含量(干基质量分数,下同)15.2%,湿面筋含量 30.8%,吸水率 68.8%,稳定时间 3.4 min,最大拉伸阻力 182 E.U.,拉伸面积 44 cm<sup>2</sup>,硬度指数 69.4(表 1)。生产试验 5 个试点籽

粒样品经江苏三黍生物科技有限公司测定,宁紫麦 1 号花青素的平均含量为 50.39 μg/g,显著高于对照品种扬麦 20;人体必需微量元素 Fe、Zn、Co、Cr、Cu、Mn、Ni 的平均含量分别为 78.44、24.64、0.39、10.57、4.88、41.95、5.67 mg/kg,均略高于对照品种扬麦 20,尤其 Cu 含量与对照间的差异具有统计学意义(表 2)。

### 2.3 抗病(逆)性

经江苏省小麦区域试验抗性鉴定单位——江苏省农业科学院植物保护研究所、江苏省农业科学院种质资源与生物技术研究所、江苏徐淮地区徐州农业科学研究所鉴定,宁紫麦 1 号中抗赤霉病(2 年单花滴注接种鉴定,严重度分别为 1.5、2.2;2 年自然发病鉴定,病情指数分别为 2.0、0),中抗条锈病,中感黄花叶病毒病,高感纹枯病、白粉病、叶锈病,抗穗发芽(表 3)。



表 1 宁紫麦 1 号 and 对照品种扬麦 20 的品质检测结果

| 年份        | 品种名称      | 容重 /<br>(g/L) | 粗蛋白含量 /<br>(干基, %) | 湿面筋含量 /<br>% | 吸水率 /<br>% | 稳定时间 /<br>min | 拉伸阻力 /<br>E.U. | 拉伸面积 /<br>cm <sup>2</sup> | 硬度<br>指数 |
|-----------|-----------|---------------|--------------------|--------------|------------|---------------|----------------|---------------------------|----------|
| 2017—2018 | 宁紫麦 1 号   | 794           | 16.7               | 30.0         | 71.1       | 2.9           | 169            | 43                        | 70.5     |
|           | 扬麦 20(CK) | 799           | 14.4               | 31.0         | 56.5       | 4.0           | 224            | 50                        | 46.0     |
| 2018—2019 | 宁紫麦 1 号   | 823           | 13.6               | 31.7         | 66.4       | 3.8           | 196            | 45                        | 68.2     |
|           | 扬麦 20(CK) | 810           | 13.1               | 29.4         | 53.4       | 2.6           | 235            | 49                        | 51.7     |
| 平均        | 宁紫麦 1 号   | 808           | 15.2               | 30.8         | 68.8       | 3.4           | 182            | 44                        | 69.4     |
|           | 扬麦 20(CK) | 804           | 13.8               | 30.2         | 55.0       | 3.3           | 230            | 50                        | 48.8     |

表 2 宁紫麦 1 号 and 对照品种扬麦 20 的花青素和矿质元素检测结果

| 品种<br>名称  | 花青素<br>含量 /<br>(μg/g) | Na<br>含量 /<br>(mg/kg) | K<br>含量 /<br>(mg/kg) | Mg<br>含量 /<br>(mg/kg) | P<br>含量 /<br>(mg/kg) | Fe<br>含量 /<br>(mg/kg) | Zn<br>含量 /<br>(mg/kg) | Co<br>含量 /<br>(mg/kg) | Cr<br>含量 /<br>(mg/kg) | Cu<br>含量 /<br>(mg/kg) | Mn<br>含量 /<br>(mg/kg) | Ni<br>含量 /<br>(mg/kg) | V<br>含量 /<br>(mg/kg) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 宁紫麦 1 号   | 50.39 a               | 9.53 a                | 3 052.53 a           | 1 032.74 a            | 3 112.70 a           | 78.44 a               | 24.64 a               | 0.39 a                | 10.57 a               | 4.88 a                | 41.95 a               | 5.67 a                | 0.01 a               |
| 扬麦 20(CK) | 14.06 b               | 9.05 a                | 2 978.61 a           | 994.57 a              | 2 956.01 a           | 77.73 a               | 23.57 a               | 0.36 a                | 9.26 a                | 3.86 b                | 33.44 a               | 4.95 a                | 0.05 a               |

注:表中物质或元素含量均指质量分数,同列数据后不同小写字母表示差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。

表 3 宁紫麦 1 号 and 对照品种扬麦 20 的抗性鉴定结果

| 年份        | 品种名称      | 赤霉病 | 纹枯病 | 白粉病 | 黄花叶病毒病 | 条锈病 | 叶锈病 | 穗发芽 |
|-----------|-----------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
| 2017—2018 | 宁紫麦 1 号   | MR  | S   | HS  | R      | HR  | HS  | R   |
|           | 扬麦 20(CK) | MR  | MS  | HS  | R      | MR  | MS  | HR  |
| 2018—2019 | 宁紫麦 1 号   | MR  | HS  | HS  | MS     | MR  | HS  | HR  |
|           | 扬麦 20(CK) | MR  | MS  | HS  | S      | MS  | HS  | HR  |
| 综合评价      | 宁紫麦 1 号   | MR  | HS  | HS  | MS     | MR  | HS  | R   |
|           | 扬麦 20(CK) | MR  | MS  | HS  | S      | MS  | HS  | HR  |

注:(H)R 表示(高)抗;MR 表示中抗;MS 表示中感;(H)S 表示(高)感。

## 2.4 产量表现

宁紫麦 1 号于 2014—2015 年度进入鉴定圃,平均产量为 5 955.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照品种扬麦 11(红粒小麦)增产 4.7%。2015—2016 年度参加多点适应性试验,该品种平均产量为 5 932.5 kg/hm<sup>2</sup>,比对照品种扬麦 20 增产 2.7%。2016—2017 年度参加江苏省淮南小麦良种预备试验,该品种平均产量 7 497.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照品种扬麦 20 增产 1.3%。2017—2019 年度参加江苏省淮南小麦区域试验,该

品种 2 年度平均产量 6 760.5 kg/hm<sup>2</sup>,比对照品种扬麦 20 减产 3.7%。2019—2020 年度参加生产试验,6 个试点均比对照增产,该品种平均产量 7 447.5 kg/hm<sup>2</sup>,比对照品种扬麦 20 增产 3.9%(表 4)。2021—2023 年,江苏泰州、南京等地连续示范种植宁紫麦 1 号,产量均超过 7 000 kg/hm<sup>2</sup>。以上试验示范结果表明,宁紫麦 1 号的产量潜力较高,具有较好的稳产性和适应性。

表 4 宁紫麦 1 号产量表现

| 年度        | 试验名称          | 平均产量 /(kg/hm <sup>2</sup> ) | 较对照扬麦 20 增产 /% |
|-----------|---------------|-----------------------------|----------------|
| 2015—2016 | 选育单位组织多点适应性试验 | 5 932.5                     | 2.7            |
| 2016—2017 | 江苏省淮南小麦良种预备试验 | 7 497.0                     | 1.3            |
| 2017—2019 | 江苏省淮南小麦区域试验   | 6 760.5                     | -3.7           |
| 2019—2020 | 选育单位组织生产试验    | 7 447.5                     | 3.9            |

### 3 宁紫麦1号适宜种植区域及栽培技术要点

宁紫麦1号适宜在江苏淮南麦区种植,长江中下游冬麦区的其他省份可以引种试验示范。该品种的主要栽培技术包括以下4个方面。

#### 3.1 播种期

宁紫麦1号系春性品种,适宜播期范围为10月25日—11月10日,在此期间力争适期早播,确保齐苗,以利于高产。

#### 3.2 基本苗及群体结构

宁紫麦1号为穗重型品种,要获得高产,必须在一定穗数的基础上争大穗和提高粒质量。要获得6 750 kg/hm<sup>2</sup>以上的产量,一般要求成穗数达420万~480万个/hm<sup>2</sup>,穗粒数36~40粒/穗,千粒质量43~45 g。为此,基本苗以225万株/hm<sup>2</sup>左右为宜,越冬苗600万~750万株/hm<sup>2</sup>,高峰苗1 050万~1 200万株/hm<sup>2</sup>。在中低产田或迟播的情况下,要适当增加基本苗。

#### 3.3 肥水运筹

根据宁紫麦1号的特点,在施肥上应掌握施足基肥,施好拔节孕穗肥,以利于攻大穗、大粒,获得高产。一般要获得6 750 kg/hm<sup>2</sup>以上的产量,需施纯N 210~240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 150 kg/hm<sup>2</sup>。肥料运筹方式按基苗肥和平衡肥占70%、拔节孕穗肥占30%。田间沟系配套,防止明涝暗渍。

#### 3.4 病虫害防治

在日平均温度高于5℃的冬前或早春进行化学除草,根据田间杂草类型选用除草剂。拔节前防治纹枯病,抽穗扬花期防治赤霉病、白粉病和锈病。小麦纹枯病可用24%噻呋酰胺6 kg/hm<sup>2</sup>对水450~750 kg/hm<sup>2</sup>喷雾防治。小麦白粉病和锈病,可用20%三唑酮300~450 g/hm<sup>2</sup>或醚菌酯375 mL/hm<sup>2</sup>对水450~750 kg/hm<sup>2</sup>喷雾防治。小麦抽穗扬花期,可用乐麦宝1 050~1 200 mL/hm<sup>2</sup>或氰烯·戊唑醇750~900 mL/hm<sup>2</sup>对水450~600 kg/hm<sup>2</sup>喷雾防治赤霉病1~2次。

### 4 小结与展望

彩色小麦富含花青素、类胡萝卜素、酚类化合物等天然抗氧化成分,以及铁、锌等多种对人体有益的微量元素,已成为功能性食品开发的重要原料,因而彩色小麦品种的选育与产业化应用,对于

丰富人们的膳食结构、满足健康需求具有重要意义。相较于河南、山西、山东等省份,江苏淮南麦区彩色小麦种质资源储备不足,抗赤霉病彩色小麦种质相对匮乏,通过审定的品种数量有限,产业化进程较慢,需要加强抗赤霉病彩色小麦的种质创制、品种培育和试验示范研究。宁紫麦1号具有丰产、中抗赤霉病和条锈病、富含花青素及人体必需的微量元素等特点,一方面可以通过订单种植等方式,对接食品加工和粮食收购企业,打通“育种—种植—加工”产业链,推进该品种的产业化进程;另一方面,以宁紫麦1号为亲本材料,通过杂交育种或分子标记辅助选择,进一步开展高产多抗彩色小麦品种改良研究,以丰富当地彩色小麦品种多样性。

#### 参考文献:

- [1] 农业农村部种业管理司. 国家农作物品种审定委员会关于印发《主要农作物品种审定标准(国家级)》的通知[EB/OL]. (2017-07-20)[2024-12-31]. [http://www.zzj.moa.gov.cn/flfg/201904/t20190428\\_6247127.htm](http://www.zzj.moa.gov.cn/flfg/201904/t20190428_6247127.htm).
- [2] 赵善仓,刘 宾,赵领军,等. 蓝、紫粒小麦籽粒花色苷组成分析[J]. 中国农业科学,2010,43(19):4072-4080.
- [3] 宗学风,张建奎,余国东,等. 小麦籽粒颜色与营养特性的相关研究[J]. 中国粮油学报,2006,21(5):24-27.
- [4] 张正斌,徐 萍,张锦鹏,等. 彩色小麦种质资源在生物强化和功能食品应用中的研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(6):1572-1584.
- [5] JIANG Y F,XIE Y H,XU X J,et al. Towards sustainable upcycling of side streams of purple bread wheat using dry fractionation: enhancing bioactive compounds and reducing harmful elements[J]. Food Chemistry,2024,458:139838.
- [6] LI W D,SHAN F,SUN S C,et al. Free radical scavenging properties and phenolic content of Chinese black-grained wheat[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2005,53(22):8533-8536.
- [7] 徐 萍,张正斌,张锦鹏,等. 彩色小麦基因发掘和种质资源育种利用[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(6):1549-1571.
- [8] 张敏敏,闫秋艳,董 飞,等. 近25年我国审定的彩色小麦农艺性状及品质特征分析[J]. 植物遗传资源学报,2023,24(2):458-473.
- [9] 周朝飞,夏穗生,钱存鸣,等. 关于小麦抗赤霉病育种问题的探讨[J]. 中国农业科学,1987,20(2):19-25.
- [10] 程顺和,张 勇,别同德,等. 中国小麦赤霉病的危害及抗性遗传改良[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):938-942.
- [11] 葛永福,钱存鸣,周朝飞,等. 小麦品种抗穗发芽特性及其鉴定方法[J]. 江苏农业科学,1989(3):2-6.

[12] 姚金保,姚国才,杨学明,等. 青海黑小麦种皮色泽的初步遗传分析[J]. 麦类作物学报,2007,27(5):791-793.

[13] 杨学明,姚金保,周森平,等. 内蒙古黑粒小麦种皮颜色的初步遗传分析[J]. 江西农业学报,2013,25(3):12-14.

[14] 杨学明,周森平,姚金保,等. 黑粒小麦宁 0726 种皮颜色的遗传分析[J]. 江苏农业学报,2014,30(4):721-725.

[15] 钱存鸣,周朝飞,姚国才,等. 小麦新品种宁麦 8 号的选育与应用[J]. 江苏农业科学,1997(5):14-15.

## Breeding and Characteristics of New Wheat Variety Ningzimai No. 1 with Purple Grain

YANG Xueming, YAO Jinbao, ZHOU Miaoping

(Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences / Jiangsu Provincial Key Laboratory of Agrobiolgy, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** Ningzimai No.1 is a hard purple-grained spring wheat variety developed by Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences using the pedigree breeding method. Ningzimai No.1 was derived from the cross of Ningmai No.8/Ning 0726, and the maternal parent Ning 0726 is a purple-grained wheat germplasm. It was approved by Jiangsu Crop Variety Approval Committee in 2020 and is the first approved colour-grained wheat variety in Jiangsu Province, suitable for planting in the southern wheat region of Huai River. Ningzimai No. 1 is middle to early maturing, and rich in anthocyanins and essential trace mineral elements for the human body. It's yield exceeded 6 750 kg/hm<sup>2</sup> in regional test and production trial of Jiangsu Province, with 4.4 million spikes per hectare, 37.8 grains per spike, and 44.0 g of 1 000-grain weight. Ningzimai No.1 is moderately resistant to *Fusarium* head blight and stripe rust, moderately susceptible to yellow mosaic virus, and resistant to pre-harvest sprouting.

**Key Words:** Ningzimai No.1; Colored wheat; Anthocyanins; *Fusarium* head blight; Pre-harvest sprouting

### 欢迎订阅 2025 年《大麦与谷类科学》

《大麦与谷类科学》是《中国期刊全文数据库》《中文科技期刊数据库》《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录期刊、超星域出版平台全文收录期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊、国家科技学术期刊开放平台全文收录期刊、原国家新闻出版广电总局首次认定 A 类学术期刊。江苏省一级期刊、2017 年度江苏省精品科技期刊, CACJ 中国应用型扩展期刊(2023 版), OA 开放获取典范期刊(维普资讯)。

《大麦与谷类科学》由江苏省农业科学院主管、江苏沿海地区农业科学研究所主办, 是中国作物学会大麦专业委员会与江苏省农学会学术性期刊, 内容具有创新性、应用性、系统性、导向性, 主要报道大麦、小麦、水稻、玉米、高粱、谷子等谷类作物的研究动态和科研成果, 内设栏目有: 综述与报告(专家视点)、生理与生态、栽培与育种、土肥与植保、贮藏与加工、资源与环境、种业创新、现代大农业、乡村振兴、简讯与信息、人物介绍等。主要作者与读者为从事农业科研与农技推广的科技人员、农业企业经营管理人员、农业大中专院校师生等。

本刊为双月刊, 大 16 开本。国内外公开发行, 中国标准连续出版物号 CN32-1769/S、ISSN 1673-6486。国内每期定价 15.00 元, 全年 6 期共 90.00 元, 自办发行。

欢迎赐稿, 欢迎订阅。可随时直接与本编辑部联系。

电 话: 0515-88330625

电子信箱: damkx@163.com

邮局汇款: 《大麦与谷类科学》杂志编辑部

银行汇款: 江苏沿海地区农业科学研究所

账 号: 10-400901040004637

网 址: <http://dmkx.cbpt.cnki.net>

邮 编: 224002

地 址: 江苏省盐城市开放大道北路 9 号

开户行: 盐城市农行建中支行

用 途: 订阅费或编审费