

程加省,乔祥梅,王志伟,等. PEG-6000 模拟干旱胁迫下云麦 77 和云麦 80 的萌发特征和抗旱性评价[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024, 41(3):1-7. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.001>.

## PEG-6000 模拟干旱胁迫下云麦 77 和云麦 80 的萌发特征和抗旱性评价

程加省<sup>1,2,3</sup>,乔祥梅<sup>1</sup>,王志伟<sup>1</sup>,王志龙<sup>1</sup>,刘列<sup>1</sup>,黄廷芝<sup>1</sup>,黄格<sup>1</sup>,于亚雄<sup>1</sup>

(1. 云南省农业科学院粮食作物研究所,云南昆明 650200;2. 中国科学院成都生物研究所,四川成都 610041;

3. 中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**云南冬春干旱严重影响小麦的生长发育和产量,研究小麦新品种的萌发特征及其抗旱性评价对小麦新品种示范推广具有重要的指导意义。应用不同质量浓度的 PEG-6000 溶液处理云南不同栽培模式下的 wheat 新品种云麦 77(地麦)与云麦 80(田麦),分别测试其种子日相对发芽率、萌发率、发芽势、萌发时滞、萌发系数、种子萌发抗旱指数及游离脯氨酸含量(质量浓度)。结果表明:PEG-6000 质量浓度大于 6 g/L 时,云麦 80 不能萌发,云麦 77 能够发芽,但萌发时间延后;不同质量浓度的 PEG-6000 溶液对 2 种不同小麦新品种日相对发芽率、发芽势、萌发时滞、萌发系数、种子萌发抗旱指数的抑制差异明显,其中萌发率、发芽势、萌发系数总体随着 PEG-6000 浓度的增加而降低,且在 2—8 g/L PEG-6000 溶液的胁迫下,云麦 77 的萌发率和萌发系数高于云麦 80;在无 PEG-6000 处理下,云麦 80 游离脯氨酸含量显著高于云麦 77;在相同质量浓度(10 g/L 除外) PEG-6000 处理下,云麦 77 游离脯氨酸含量均高于云麦 80。通过模拟抗旱检测小麦品种抗旱性的方法有效,云麦 77 抗旱性强,可作为云南主推旱地麦新品种推广应用。

**关键词:**小麦;PEG-6000;萌发;抗旱性

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20230259

小麦是云南省第一大春作物,对保障云南粮食安全具有较大的贡献。就耕作制度而言,云南小麦存在田麦和地麦 2 种栽培模式。云南山多坝少,农田基础设施差,且降雨集中在夏秋两季,冬春干旱,因此冬春两季干旱造成云南小麦等小春作物减产甚至绝收<sup>[1]</sup>。随着产业结构调整 and 现代农业技术的发展,云南具有灌溉条件的地块被挤占而致使田麦种植面积逐年减少,缺乏灌溉条件的地麦种植面积占比越来越大,目前云南地麦播种面积约为田麦的 4 倍,地麦成为了云南小麦的主要种植模式。因此,对不同栽培模式的小麦新品种进行抗旱性研究,能为云南小麦示范推广提供理论参考。Agenbag 等研究表明,干旱胁迫可导致小麦叶片衰老加快,籽粒灌浆期缩短,显著降低籽粒产量<sup>[2]</sup>。由于小麦生育期中种子萌发和出苗对水分变化敏感,所以干旱胁迫

还限制种子萌发和早期形态建成。小麦品种抗旱性是一个复杂的由多基因控制的数量性状,基因型与环境之间具有很强的相互作用<sup>[3]</sup>。不同小麦品种对干旱的适应性和耐受力表现不同,在形态结构特征、生理生化特性及生长发育指标等方面的抗旱机制存在较大的差异。绝大多数全生育期抗旱的小麦品种往往其种子萌发期也具有较好的抗旱性,尤其是用相对发芽势和发芽率、聚乙二醇(PEG-6000)处理下的根/芽长度比作种子萌发期抗旱性鉴定的指标时更是如此<sup>[4]</sup>。关于种子萌发期的抗旱性,Bousslama 等研究认为种子萌发抗旱指数是评价种子萌芽期抗旱性的可靠指标<sup>[5]</sup>。研究表明评价小麦苗期的抗旱性程度,可利用模拟土壤干旱条件下通过小麦苗期生理指标的变化来鉴定<sup>[6-8]</sup>,SOD(超氧化物歧化酶)、POD(过氧化物酶)、CAT(过氧化氢酶)活性及游离脯氨酸含量可作为小麦抗旱的评价指标<sup>[9]</sup>。如在干旱胁迫下植物体内的脯氨酸含量增加是对干旱逆境的一种积极的生理反应,当叶片水分含量下降时,游离脯氨酸浓度增加,抗旱模式比不抗旱模式可积累更多的脯氨酸<sup>[10]</sup>。种子萌发至苗期需要充足的水分,水分缺乏会延缓出苗,破坏小麦种子萌发和幼苗正常的生长发育,最终导致产量下降<sup>[11-12]</sup>。近

收稿日期:2023-09-30;修回日期:2024-05-11。

基金项目:云南省麦类现代农业产业技术体系[云农办科(2019)243号];云南省重大生物专项计划-生物种业与农产品精深加工专项(202102AE090014-4);云南省技术创新人才培养项目(202205ad160033);国家小麦产业技术体系昆明综合试验站(CARS-3-96)。

作者简介:程加省(1980—),男,博士,研究员,主要从事麦类育种、栽培技术研究。Email:chengjiasheng@yaas.cn。

年来,众多研究者用高渗溶液进行干旱模拟可代替土壤水分胁迫处理而获得比较可靠的结果<sup>[13-15]</sup>。模拟干旱胁迫能有效评价小麦品种的抗旱性<sup>[16-19]</sup>。本研究利用模拟干旱胁迫,以云南新选育的地麦品种云麦 77 和田麦品种云麦 80 为试验材料,对其种子萌发特征进行研究及抗旱性评价,为小麦新品种示范推广提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以云南省农业科学院粮食作物研究所选育的地麦新品种云麦 77 和田麦新品种云麦 80 为试验材料。

云麦 77 系云南省农业科学院粮食作物研究所选育而成的高产稳产优质中强筋小麦新品种,组合为 98D4-12/ 云麦 42。2019 年通过云南省品种审定,审定编号:滇审小麦 2019002 号。该品种属春性,幼苗半匍匐,生育期 173 d,株高 92.7 cm,容重 817 g/L,蛋白质含量(质量分数,下同)13.64%,湿面筋含量 29.8%,沉降值 24 mL,吸水率 65.3%,稳定时间 1.9 min,成株期耐病。该品种宜在云南省海拔 1 700 ~ 1 900 m 地区地麦种植。

云麦 80 系云南省农业科学院粮食作物研究所选育而成的高产稳产优质中强筋小麦新品种,组合为 943-10439/ 周麦 11。2020 年通过云南省品种审定,审定编号:滇审小麦 2020002 号。该品种属弱春性品种,幼苗直立,生育期 167 d,株高 100.2 cm,容重 814 g/L,蛋白质含量 14.10%,湿面筋含量 30.6%,沉降值 38 mL,吸水率 63.2%,稳定时间 7.6 min,硬度指数 71.5,成株期具慢锈(SR)性,各品质指标达国家标准 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》的中强筋小麦标准。该品种适宜在云南省海拔 900 ~ 1 910 m 田麦地区种植。

### 1.2 试验方法

选择大小均一、籽粒饱满的小麦种子,置于按体积比例配制的 10 mL/L 次氯酸钠溶液中消毒 10 min,后用蒸馏水冲洗干净,再用吸水纸吸取种子表面浮水后待用。试验设置 3 次重复、7 个 PEG-6000 质量浓度(下文简称浓度)处理,分别为 0.5、1、2、4、6、8、10 g/L,对照采用清水(0 g/L)处理。按每个培养皿放 30 粒种子,将准备好的种子置于垫有 2 层滤纸的培养皿(直径 9 cm)中,倒入 PEG-6000 溶液。培养皿

放置于 RXZ 型智能人工气候箱(宁波江南仪器厂制造)中,培养箱温度设置为 25 ℃,相对湿度 90%,光照强度 660 lx,培养 7 个光周期,每个周期光培养 12 h,暗培养 12 h。以胚根长达到种子长度的 1/2 时视为发芽记录标准,每天按时观察记录种子萌发情况。萌发种子出苗后继续在培养皿中生长,1 叶 1 心时将苗剪下,采用磺基水杨酸提取法测定脯氨酸(Pro)含量。

### 1.3 发芽指标

$$\text{种子日相对发芽率}(G)=\frac{\text{当日种子发芽数}}{\text{供试种子总数}}\times 100\%;$$

$$\text{萌发率}=\frac{\text{发芽的种子数}}{\text{供试种子总数}}\times 100\%;$$

$$\text{发芽势}=\frac{\text{前 3 d 种子累计发芽数}}{\text{供试种子总数}}\times 100\%;$$

$$\text{萌发时滞}(d)=\text{第 1 粒种子萌发所需要的时间};$$

$$\text{萌发系数 } P=\sum(G_i/D_i)。$$

式中:  $G_i$  为在发芽试验期内每日发芽的种子数;  $D_i$  为相对应的种子发芽日数。

参照齐华等对燕麦萌发期抗旱指标的测定方法<sup>[20]</sup>,结合实际情况稍作修改。由于 2 个品种的对照清水处理均在第 2 天萌发完,且 2 个品种同一天的发芽率均不相同,为统一衡量标准,对照种子萌发抗旱指数采用云麦 80 第 1 天的发芽率作为通用指数进行计算:

$$\text{种子萌发抗旱指数}=\frac{\text{干旱胁迫种子萌发抗旱指数(PIS)}}{\text{对照种子萌发抗旱指数(PID)}}。$$

其中,种子萌发系数  $P_i=1.00G_1+0.75G_2+0.5G_3+0.25G_4$ ,  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$  分别表示第 1 天、第 2 天、第 3 天、第 4 天的种子萌发率。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2016 软件对各发芽指标进行数据整理和作图。用 DPS 9.05 软件对不同浓度 PEG-6000 处理下种子各发芽指标进行单因素方差分析(采用邓肯氏新复极差法)。所有分析显著性水平均设定为  $\alpha=0.05$ 。

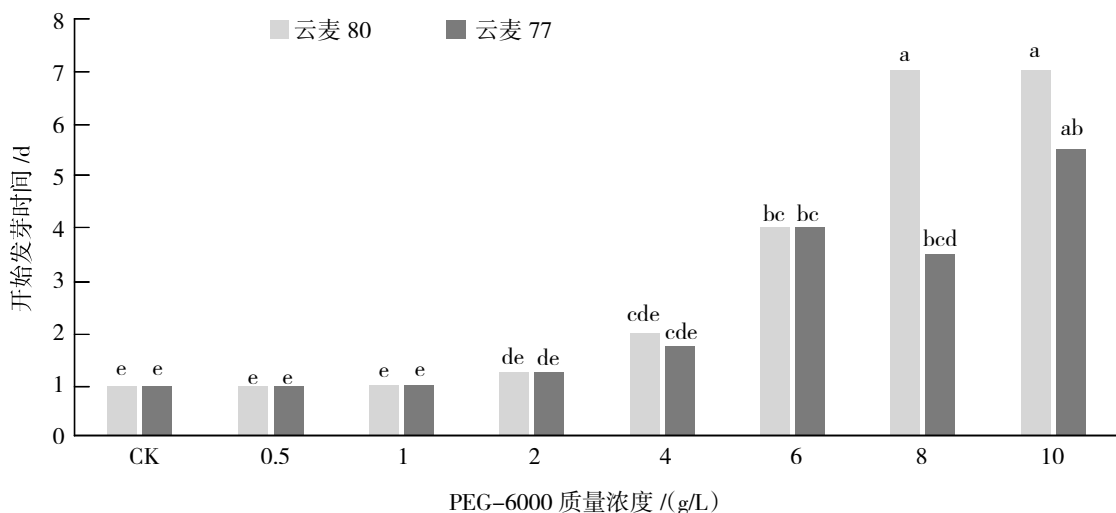
## 2 结果与分析

### 2.1 云南不同栽培小麦在模拟干旱胁迫下的萌发时滞

模拟干旱胁迫,云南不同栽培模式小麦的种子萌发时滞结果如图 1 所示。不同栽培模式小麦品种

在 PEG-6000 浓度为 0.5、1g/L 的胁迫时, 种子开始萌发时间均与对照 (CK) 的差异无统计学意义; 在 PEG-6000 浓度为 2 g/L 胁迫时, 田、地 2 种类型品种均晚于对照萌发; 在 PEG-6000 浓度为 4 g/L 胁迫时, 田麦品种云麦 80 种子开始萌发时间晚于地麦品种云麦 77, 且均晚于对照; PEG-6000 浓度进一步增加为 6 g/L 时, 2 个品种萌发时间一致, 均为 4 d,

PEG-6000 浓度增加到 8、10 g/L 时, 地麦品种云麦 77 仍然可以萌发, 但开始萌发时间晚于对照, 而田麦品种云麦 80 超过 7 d (记为 7 d) 仍没有发芽。就发芽时滞这一指标而言, 干旱胁迫下地麦品种云麦 77 的种子萌发阶段相比田麦品种云麦 80 具有更好的抗旱性。



不同小写字母表示数据间差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。图 4 至图 8 同

图 1 不同质量浓度 PEG-6000 处理下小麦种子萌发时间

## 2.2 云南小麦新品种 PEG-6000 模拟干旱胁迫下日相对发芽率

由图 2 可知, 在对照 (CK) 情况下, 2 种栽培模式的 2 个小麦新品种 2 d 内完全萌发, 在任一浓度 PEG-6000 胁迫第 5 天后均没有种子萌发。田麦品种云麦 80 在无胁迫下, 第 1 天萌发种子最多, 发芽率达到 77.78%, 而地麦品种云麦 77 第 1 天仅 57.58% 发芽, 其余第 2 天萌发完; 在 0.5—4 g/L 低浓度 PEG-6000 胁迫下, 2 种栽培模式品种在萌发第 2 天

存在一个日相对发芽率的高峰; 在相同浓度胁迫下, 地麦品种云麦 77 日相对发芽率高于田麦品种云麦 80; 云麦 80 在 6 g/L PEG-6000 胁迫下, 第 3 天萌发, 而在高于 6 g/L PEG-6000 胁迫时, 云麦 80 不能萌发。地麦品种云麦 77 在 6 g/L PEG-6000 胁迫时, 第 4 天日相对发芽率达到 15.56% 的峰值, 在 8 g/L PEG-6000 胁迫时, 第 3 天日相对发芽率达到 13.33% 的峰值, 在 10 g/L PEG-6000 胁迫时, 第 4 天日相对发芽率达到 25.56% 的峰值。

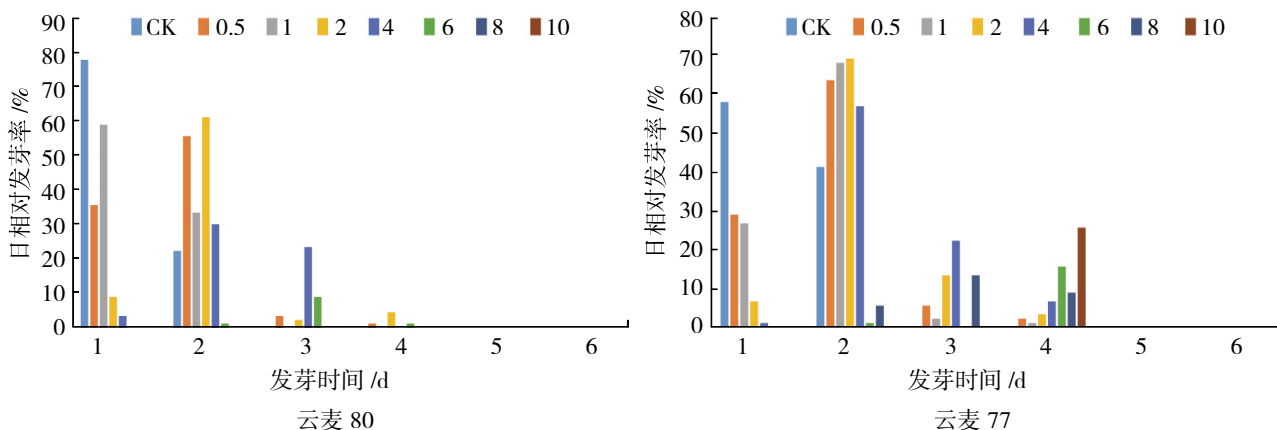


图 2 不同浓度 PEG-6000 处理下小麦种子日相对发芽率

**2.3 云南小麦新品种 PEG-6000 模拟干旱胁迫下萌发率、发芽势、萌发系数**

由图 3、图 4、图 5 可知,在相同浓度 PEG-6000 处理下,地麦品种云麦 77 的萌发率、发芽势均高于田麦品种云麦 80,部分浓度处理的差异具统计学意义。田麦品种云麦 80 萌发率、发芽势均随着 PEG-6000 浓度的增加而降低,且均低于清水处理,到 8 g/L PEG-6000 处理后,云麦 80 不能发芽,各发芽指标均为 0。

地麦品种云麦 77 在 0.5 g/L PEG-6000 胁迫下能够完全萌发,在 PEG-6000 浓度 0.5—6 g/L 处理下,云麦 77 的萌发率、发芽势、萌发系数均随着

PEG-6000 浓度的增加而降低,但在浓度 8 g/L 处理后,萌发率、发芽势、萌发系数均极显著超过 6 g/L 处理,由于发芽势仅比较发芽前 3 d 的发芽数,而云麦 77 在 10 g/L PEG-6000 下第 4 天萌发,因此数值为 0。

田麦品种云麦 80 在 1—8 g/L PEG-6000 胁迫下,萌发率随着 PEG-6000 浓度的增加而降低;发芽势随着 PEG-6000 浓度的增加而降低,0.5 和 1 g/L PEG-6000 胁迫下发芽势差异无统计学意义,但其他浓度间发芽势差异均具有统计学意义;除 0.5 g/L 浓度处理外,萌发系数均随着 PEG-6000 浓度的增加而降低。

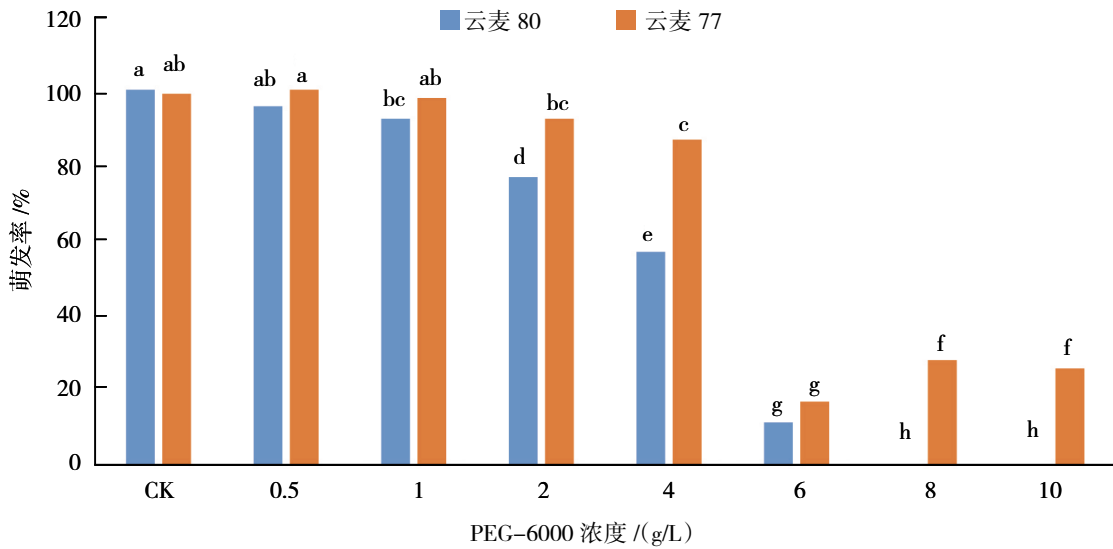


图 3 不同浓度 PEG-6000 处理下小麦种子萌发率

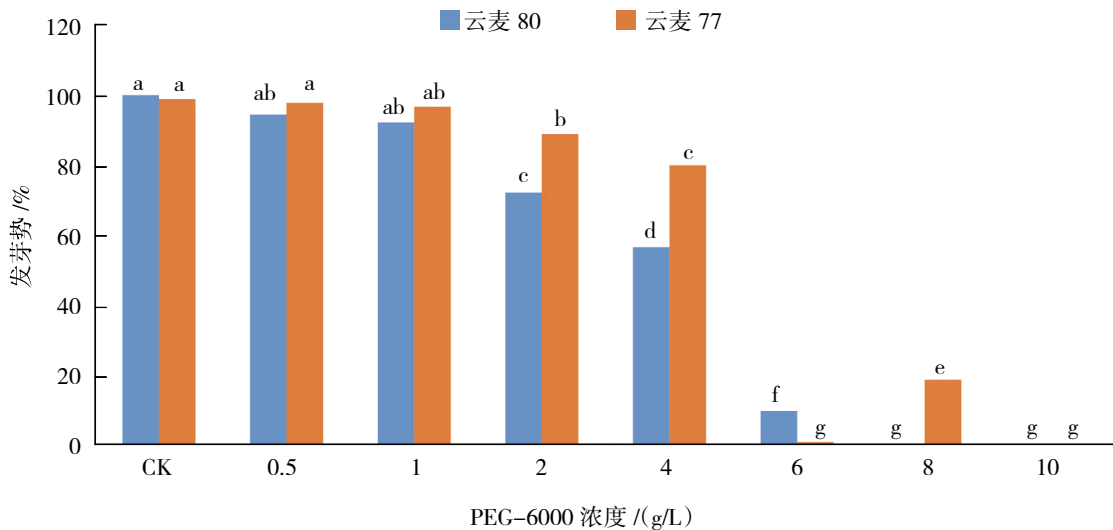


图 4 不同浓度 PEG-6000 处理下小麦种子发芽势

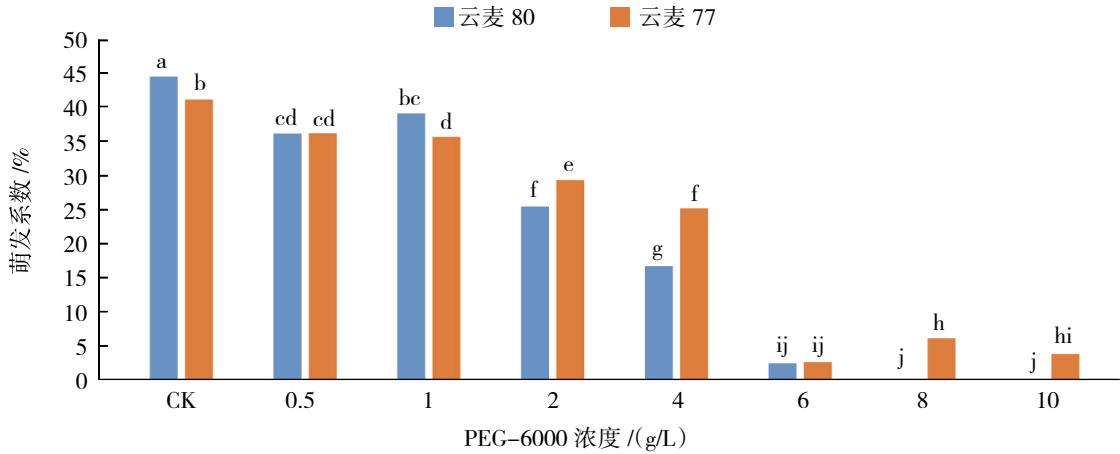


图5 不同浓度 PEG-6000 处理下小麦种子萌发系数

2.4 云南小麦新品种 PEG-6000 模拟干旱胁迫下萌发抗旱指数

由图6可知,在0.5、1 g/L PEG-6000胁迫下,田麦品种云麦80种子萌发抗旱指数高于地麦品种云麦77;除6 g/L PEG-6000外,随着PEG-6000浓度的增加,在相同浓度下地麦品种云麦77萌发抗旱指数高于田麦品种云麦80。田麦品种云麦80在高浓度8、10 g/L下没有萌发,而地麦品种云麦77仍萌发,所以在8、10 g/L浓度下云麦77萌发系数高于云麦80,说明地麦品种云麦77较田麦品种云麦80抗旱。

2.5 云南小麦新品种 PEG-6000 模拟干旱胁迫下游离脯氨酸含量

由图7可知,在PEG-6000浓度为8、10 g/L处理时,云麦80不能萌发,游离脯氨酸含量(质量浓度,下同)记为0。地麦品种云麦77在清水处理时,幼苗游离脯氨酸含量显著低于田麦品种云麦80。在相同浓度PEG-6000胁迫下,地麦品种云麦77幼苗游离脯氨酸含量均高于田麦品种云麦80,在1、2、8 g/L PEG-6000胁迫下,地麦品种云麦77幼苗游离脯氨酸含量显著高于田麦品种云麦80。

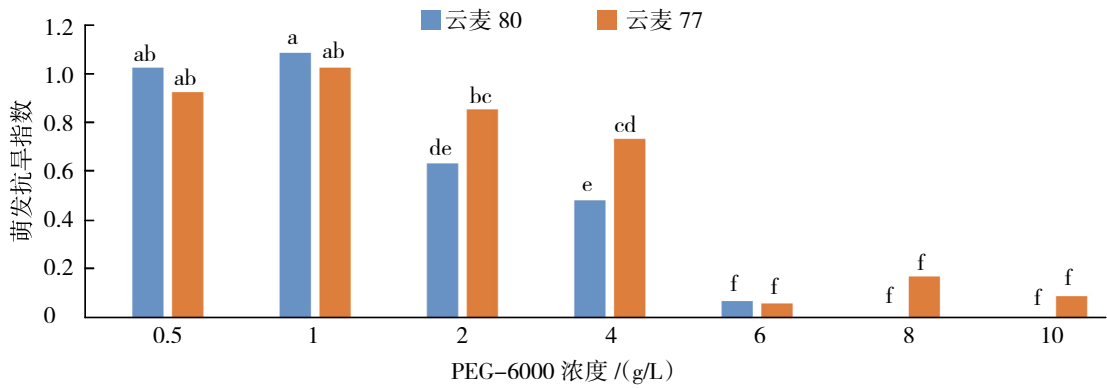


图6 不同浓度 PEG-6000 处理下小麦种子萌发抗旱指数

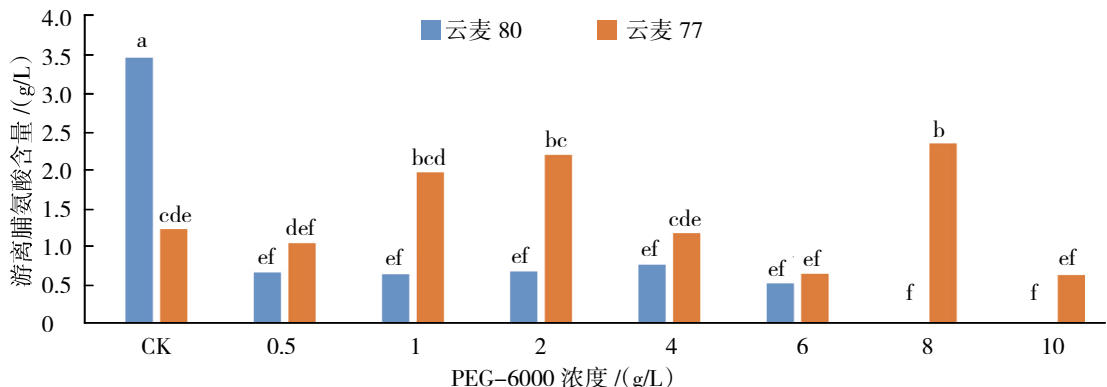


图7 不同浓度 PEG-6000 处理下小麦幼苗游离脯氨酸含量

### 3 讨论

种子活力常用发芽率、发芽势、发芽指数等指标评价,这些可以反映出种子的萌发能力。播种后遭遇干旱会导致成苗减少,造成减产。小麦萌发期和幼苗期是生长发育的初始阶段,该阶段的抗旱能力直接关系到小麦的成苗与后期产量。为测试小麦的抗旱性,研究人员常采用土壤干旱法和高渗溶液模拟干旱法。由于土壤干旱法要求试验环境苛刻,操作困难,难以准确控制水分,在日常研究中较少采用,而高渗溶液模拟干旱法操作简单、省时省力,能够相对准确地控制胁迫程度而被广泛应用。PEG-6000胁迫降低种子的发芽率、发芽势、发芽指数、发芽活力指数<sup>[21-22]</sup>。随着渗透胁迫梯度的增加,各品种发芽势、发芽率呈下降趋势,脯氨酸含量和相对电导率呈不同程度上升<sup>[23]</sup>,小麦品种游离脯氨酸积累量均有不同程度的增加<sup>[24]</sup>。在所有基因型中,随着PEG-6000浓度的增加,发芽率均呈下降趋势,脯氨酸含量增加<sup>[25]</sup>。

本研究利用云南不同栽培模式的地麦新品种云麦77和田麦新品种云麦80研究种子的萌发率、发芽势、发芽指数、抗旱指数,并测定苗期脯氨酸含量,检验品种的抗旱性。结果显示,在浓度0.5、1 g/L时萌发率、发芽势、萌发抗旱指数无较大差异,这与宋国英等的研究结果<sup>[8]</sup>一致,即一定浓度的干旱胁迫对某些品种的萌发生长产生了积极的影响,一定程度的干旱可以提高种子发芽率和幼苗活力。在较高浓度(PEG-6000浓度2—8 g/L)时,在相同PEG-6000浓度处理下,地麦品种云麦77的萌发率、萌发系数、游离脯氨酸含量均高于田麦品种云麦80,且发芽势和萌发抗旱指数除在6 g/L PEG-6000处理时低于云麦80,其余均较高;在相同PEG-6000浓度处理时,云麦77的2个指标均高于云麦80,说明地麦品种云麦77具备抗旱性,可作为云南主推旱地麦新品种在生产中加以应用。

### 4 结论

在2—8 g/L PEG-6000溶液的胁迫时,相同PEG-6000浓度处理下地麦品种云麦77的萌发率、萌发系数、游离脯氨酸含量均高于田麦品种云麦80;在2—8 g/L PEG-6000浓度范围,除6 g/L PEG-6000处理外,相同PEG-6000浓度处理下地

麦品种云麦77的种子发芽势、抗旱指数也均高于田麦品种云麦80,且在8、10 g/L PEG-6000高浓度胁迫时,云麦77仍然能萌发,而云麦80不能萌发。说明云麦77抗旱性较强,适合云南旱地种植。

### 参考文献:

- [1] 程加省,于亚雄,杨金华,等. 云南旱地小麦的抗旱性检测与比较[J]. 西南农业学报,2008,21(1):57-61.
- [2] AGENBAG G A,DE VILLIERS O T. Physiological response of spring wheat cultivars to post-anthesis water stress intensity[J]. South African Journal of Plant and Soil,1995,12(1):27-31.
- [3] CECCARELLI S,GRANDO S,BAUM M,et al. Breeding for drought resistance in a changing climate[J]. Challenges and Strategies of Dryland Agriculture,2004,32:167-190.
- [4] 周国雁,隆文杰,雷涌涛,等. PEG处理下小麦种子萌发期的性状变化与品种抗旱性级别划分[J]. 西南农业学报,2015,28(6):2348-2354.
- [5] BOUSLAMA M,SCHAPAUGH W T J R. Stress tolerance in soybeans. I. evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance[J]. Crop Science,1984,24(5):933-937.
- [6] 曹勇,姬虎太,裴雪霞,等. PEG模拟干旱胁迫下6份冬小麦种子抗旱性评价[J]. 山西农业科学,2016,44(6):723-725.
- [7] 程保成. 作物抗旱鉴定及抗旱品种选育[J]. 山西农业科学,1990,18(12):30-33.
- [8] 宋国英,刘国一,边巴卓玛. 模拟干旱胁迫下7个黑青稞品种的萌发特性与抗旱性评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(16):84-88.
- [9] 王道杰,桂月靖,杨翠玲,等. 油菜抗旱性及鉴定方法与指标Ⅲ. 油菜苗期抗旱性及鉴定指标筛选[J]. 西北农业学报,2012,21(5):108-113.
- [10] 赵平,韩杰,张从宇,等. 不同基因型小麦对干旱胁迫响应的差异研究[J]. 种子,2011,30(2):25-29.
- [11] 韩永亮,李世云,路正营,等. 62份陆地棉种质资源苗期抗旱性综合评价及耐旱种质筛选[J]. 干旱地区农业研究,2021,39(6):28-38.
- [12] 刘翔,左凯峰,许伟,等. PEG 6000模拟干旱胁迫下甘蓝型油菜芽期及苗期抗旱指标筛选[J]. 干旱地区农业研究,2021,39(5):66-70,83.
- [13] KARTSEVA T,DOBRIKOVA A,KOCHEVA K,et al. Optimal nitrogen supply ameliorates the performance of wheat seedlings under osmotic stress in genotype-specific manner[J]. Plants,2021,10(3):493.
- [14] YE J X,WANG S P,ZHANG F J,et al. Proteomic analysis of leaves of different wheat genotypes subjected to PEG 6000 stress and rewatering[J]. Plant Omics,2013,6(4):286-294.
- [15] 郭晖,朱凤荣,胡海波. 5种园林植物抗旱性分析[J]. 西

- 南农业学报,2014,27(5):2151–2155.
- [16] 冯举伶,姚立蓉,汪军成,等. 119份春小麦种质萌发期抗旱性鉴定及抗旱相关基因表达特性分析[J]. 麦类作物学报,2022,42(3):253–263.
- [17] 张培青,张连云,李洪波,等. PEG-6000胁迫对小麦种子材料萌发的影响[J]. 耕作与栽培,2021,41(2):5–8,26.
- [18] 尹启琳,郭丁预,姜倩倩,等. 干旱胁迫对不同小麦品种苗期抗旱生理指标的影响[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版),2020,33(3):289–297.
- [19] 王志恒,邹芳,杨秀柳,等. PEG-6000模拟干旱对春小麦种子萌发的影响[J]. 种子,2019,38(7):12–17.
- [20] 齐华,许晶,孟显华,等. 水分胁迫下燕麦萌芽期抗旱指标的研究[J]. 种子,2009,28(7):7–10.
- [21] 余贵海,起雪宏,王正启,等. 14个玉米杂交种萌发期抗旱性评价[J]. 西南农业学报,2016,29(7):1499–1505.
- [22] 黄爱花,邹成林,苏义成,等. 玉米种子萌发特性对不同浓度PEG-6000的响应[J]. 西南农业学报,2021,34(12):2628–2633.
- [23] 张龙龙,杨明明,董剑,等. 三个小麦新品种萌发期和幼苗期抗旱性的综合评价[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(6):228–234,279.
- [24] DATIR S S, INAMDAR A. Biochemical responses of wheat cultivars to PEG-induced drought stress[J]. Russian Agricultural Sciences, 2019, 45(1): 5–12.
- [25] ZALA H N, BOSAMIA T C, KULKARNI K S, et al. Physiological and biochemical characterization for drought stress at seedling stage in wheat genotypes[J]. International Journal of Bio-Resource and Stress Management, 2014, 5(3): 386–394.

## Germination Characteristics and Drought Resistance Evaluation of Yunmai 77 and Yunmai 80 Under Simulated Drought Stress with PEG-6000

CHENG Jiasheng<sup>1,2,3</sup>, QIAO Xiangmei<sup>1</sup>, WANG Zhiwei<sup>1</sup>, WANG Zhilong<sup>1</sup>, LIU Lie<sup>1</sup>, HUANG Tingzhi<sup>1</sup>, HUANG Ge<sup>1</sup>, YU Yaxiong<sup>1</sup>

(1. Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650200, China; 2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Winter and spring drought in Yunnan seriously affected the growth, development and yield of wheat. The study on germination characteristics and drought resistance evaluation of new wheat varieties has important guiding significance for the demonstration and promotion of new wheat varieties. Different concentrations of PEG-6000 solution were used to treat new wheat varieties Yunmai 77 (upland wheat) and Yunmai 80 (field wheat) under different cultivation modes in Yunnan Province. The daily relative germination percentage, germination rate, germination potential, germination delay, germination index, drought resistance index of seed germination and free proline content were tested, and the variance analysis was performed. The results showed that when PEG-6000 concentration was more than 6 g/L, Yunmai 80 could not germinate, Yunmai 77 could germinate, but the germination time was delayed. Different concentrations of PEG-6000 solution had significant inhibition difference on the daily relative germination rate, germination potential, germination delay, germination index and seed germination resistance index of the two wheat varieties. The germination rate, germination potential and germination index decreased with the increase of PEG-6000 concentration. The germination rate and germination index of Yunmai 77 were higher than those of Yunmai 80 under the stress of 2–8 g/L PEG-6000 solution. Under no PEG-6000 treatment, the free proline content of Yunmai 80 was significantly higher than that of Yunmai 77. Under the same PEG-6000 treatment (except 10 g/L), the free proline content of Yunmai 77 was higher than that of Yunmai 80. The method of simulating drought resistance to test the drought resistance of wheat varieties is effective. Yunmai 77 has strong drought resistance, and can be used as the main dryland wheat variety in Yunnan.

**Key Words:** Wheat; PEG-6000; Germination; Drought resistance

汪 强,沈会权,徐 肖,等. 小麦种质资源性状分析及遗传多样性评价[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):8-13,18. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.002.

## 小麦种质资源性状分析及遗传多样性评价

汪 强<sup>1</sup>,沈会权<sup>1\*</sup>,徐 肖<sup>1</sup>,张英虎<sup>1</sup>,杨红燕<sup>1</sup>,程怡璠<sup>1</sup>,梁志浩<sup>1</sup>,薛 松<sup>1</sup>,郭爱奎<sup>1</sup>,于文青<sup>1</sup>,李宇星<sup>1</sup>,栾海业<sup>2</sup>  
(1. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224002;2. 盐城师范学院,江苏 盐城 224002)

**摘要:**为筛选适宜在江苏淮河以南地区生长的小麦种质资源,为后续育种工作提供参考。本研究分析了国内外 257 份小麦种质资源的株高、千粒质量、穗粒数等 12 个农艺及品质性状的变异情况,通过遗传多样性分析、相关性分析及系统分析,发现除了淀粉含量(质量分数,下同)外各性状都有较大的变异幅度,其中白粉病抗性的抗性类型最为丰富,遗传多样性指数达到 1.273 6,籽粒品质性状之间的相关性较显著,蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值、淀粉含量之间均呈极显著相关( $P < 0.01$ );利用系统聚类分析将 257 份种质分为 10 类,且主要分布在 5 个类群,各个类群的性状各具特点,其中第 I 类群的种质资源农艺性状较好,抗性优良,白粉病、锈病发病指数均在 2 以下,但蛋白质含量较低,平均蛋白质含量为 13.17%,可以进行优质弱筋小麦的遗传育种。

**关键词:**种质资源;农艺性状;品质性状;相关性

中图分类号:S512.1

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20230282

小麦(*Triticum aestivum* L.)是世界上种植面积最广的粮食作物之一,它适应性强、营养价值高,全球 35%~40%的人口将它作为主食,因而小麦的安全生产是全球粮食安全的重要保障<sup>[1-2]</sup>。我国小麦每年种植面积占粮食作物种植面积的 22%左右,产量约占粮食总产量的 20%以上,是名副其实的小麦生产、消费大国。我国也是世界上小麦产量最高的国家,平均年产量约占全球小麦总产量的 17%<sup>[3-4]</sup>。

盐城位于长江下游流域,拥有江苏最大的耕地面积,是国家重要的商品粮生产基地,主要种植水稻和小麦。盐城利用全国大约 1%的耕地生产了全国 1.5%的粮食,夏粮种植基本以小麦为主。2022 年,盐城地区小麦种植面积 41.73 万  $\text{hm}^2$ ,总产量达 245.441 万 t,较 2021 年增长 2.43%<sup>[5]</sup>。小麦产量的提高离不开新品种的培育,种质资源是育种的基础,而农艺性状可以直接表现种质的优劣,体现该种质是否适应当地的生态环境,是否符合育种家的期待。所以充分了解各种质的性状,解析各性状之间的关联,对小麦种质的遗传改良有着至关重要的作用。同一

份材料,在不同的生态区其农艺性状表现也有差别,因此在搜集资源的同时必须充分鉴定品种在当地的生长状况,分析其变异情况。本研究以国内外 257 份种质资源作为供试材料,通过研究种质株高、穗粒数、千粒质量等 12 个性状,分析各性状变异情况和遗传多样性,同时对各性状之间进行相关性分析、聚类分析,筛选适宜盐城及江苏淮河以南地区的优异种质,为以后的高效配组提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况

试验于 2020—2023 年在江苏沿海地区农业科学研究所南洋试验场(120°12'15"E、33°24'58"N)进行,该地区属于北亚热带与暖温带过渡季风气候,年均气温 13.7~14.4℃,年均日照时数 2 240 h,年降水量约 1 060 mm。前茬为大豆,黏砂壤土,地势平坦,肥力均匀,排灌便捷。

#### 1.2 供试材料

试验材料 257 份小麦品种(系),其中编号 1—201 为国内品种(系),编号 202—257 为国外品种(系)(表 1)。

#### 1.3 试验设计

257 份材料于 2020—2023 年连续种植 3 年,每份材料种植 2 行,人工行播,行长 1.5 m,行间距 40 cm,每行 40 粒。田间水肥、病虫害防治按常规大田措施管理。

收稿日期:2023-12-19;修回日期:2024-05-05。

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)(BE2021335);盐城市农业重点研发计划(YCBN202308)。

作者简介:汪 强(1995—),男,硕士,研究实习员,主要从事小麦遗传育种研究。Email:1347616421@qq.com。

\* 通信作者:沈会权(1975—),男,硕士,研究员,主要从事大、小麦遗传育种工作。Email:jsyeshq@163.com。



表1 供试材料编号及名称

编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称
1	华麦5号	44	丰麦216	87	华麦1168	130	普冰03	173	珍麦3号
2	淮麦20	45	扬15-128	88	国红6号	131	泛育麦20	174	许研5号
3	淮麦24	46	华麦11	89	资14-213	132	泛麦22	175	周麦17
4	淮麦25	47	宁麦资16500	90	乐麦1579	133	泛麦23	176	周麦18
5	淮麦28	48	扬辐麦6015	91	苏麦199	134	泛麦27	177	周麦19
6	淮麦30	49	镇15044	92	烟农19	135	德研0516	178	周麦20
7	淮麦32	50	扬麦42	93	盐麦6032	136	德研0518	179	周麦21
8	扬麦16号	51	宁红麦1119	94	润扬麦5138	137	德研1658	180	周麦23
9	扬麦21号	52	宁麦资166	95	华麦1038	138	漯麦26	181	周麦24
10	扬麦22号	53	镇麦18	96	金丰1703	139	漯麦66	182	周麦26
11	镇麦8号	54	扬麦37	97	瑞华568	140	存麦8号	183	周麦27
12	镇麦9号	55	宁麦32	98	西农990	141	存麦11	184	周麦28
13	苏麦8号	56	南农15Y19	99	扬麦17	142	存麦13	185	周麦30
14	郑麦10号	57	金丰0515	100	西农979	143	存麦23	186	周麦32
15	宁12136	58	扬麦27	101	镇09038	144	存麦33	187	周麦36
16	宁13149	59	宁麦30	102	明麦7号	145	联帮2号	188	周麦37
17	宁13103	60	扬14-179	103	宁麦29	146	国麦19	189	郑麦18
18	华麦1364	61	扬辐麦4046	104	襄麦21	147	国麦257	190	郑麦20
19	扬辐麦5056	62	乐麦G1302	105	襄麦62	148	百农8822	191	郑麦22
20	盐麦07027	63	扬麦30	106	盐麦996	149	豫教5号	192	郑麦103
21	扬13-134	64	金丰15-6	107	瑞华麦529	150	豫教6号	193	郑麦113
22	扬14-197	65	瑞华513	108	金丰18373	151	豫农903	194	郑麦119
23	农麦156	66	宁麦资518	109	东麦1901	152	富麦701	195	郑麦158
24	南农0686	67	扬14-88	110	麦1903	153	保丰1707	196	郑麦162
25	扬麦19	68	宁麦资1763	111	镇17057	154	中植麦13	197	郑麦163
26	宁麦13号	69	瑞华麦599	112	盐麦1902	155	永民麦1号	198	郑麦925
27	宁麦14号	70	宁1805	113	农麦988	156	郟丰168	199	郑麦0926
28	宁麦18号	71	宁红1640	114	宁麦资18278	157	阜麦13	200	郑麦7698
29	苏麦6号	72	盐麦0916	115	宁麦资16306	158	新麦36	201	郑麦09023
30	皖麦53	73	华麦1036	116	宁15219	159	新麦58	202	CM9
31	郑麦136	74	镇麦21	117	麦1703	160	平安12号	203	CM11
32	山农25	75	宁麦38	118	洛麦27	161	平安701	204	CM17
33	瑞华14040	76	宁麦37	119	洛麦36	162	济麦44	205	CM23
34	徐麦27	77	扬15G7	120	丰德存麦22	163	涡麦169	206	CM24
35	徐麦29	78	镇14034	121	安科859	164	华展166	207	CM25
36	扬麦25	79	宁麦33	122	安科1605	165	陕禾1028	208	CM27
37	华麦7号	80	扬14-282	123	驻麦586	166	瑞华502	209	CM30
38	华麦6号	81	扬14-21	124	泰禾麦6号	167	瑞华556	210	CM35
39	宁麦22	82	隆麦39	125	中育1686	168	冠麦10号	211	CM37
40	扬辐麦10号	83	襄麦35	126	中育9302	169	中麦698	212	CM39
41	资119	84	鄂麦195	127	众麦999	170	科林201	213	CM41
42	扬麦29	85	扬麦28	128	淮麦40	171	西农162	214	CM43
43	镇麦13	86	扬辐麦9号	129	商麦189	172	西农625	215	CM44

1.4 性状测定方法

根据江苏省小麦区域试验记载标准,对试验材料株高、穗粒数、千粒质量、白粉病抗性、赤霉病抗性、株型、抗寒性等田间性状进行调查。抗病性等级在成熟期对田间材料的自然发病情况进行调查,白粉病抗性根据发病情况分为1—5级,依次为叶片无症状、基部叶片发病、病斑蔓延至中部叶片、病斑蔓延至旗叶、病斑蔓延至穗及芒;赤霉病抗性1—5级,依次为无病穗、1/4(含1/4)以下小穗发病、>1/4~1/2(含1/2)小穗发病、>1/2~3/4(含3/4)小穗发病、3/4以上小穗发病;锈病抗性1—5级,分别为完全无症状或偶有极小淡色斑点、叶片有黄白色枯斑或有极小孢子堆、夏孢子堆少而分散周围有褪绿或死斑、夏孢子堆较多周围有褪绿现象、夏孢子堆很多周围无褪绿现象。株型在成熟期根据植株紧凑情况分为1—4级,分别为紧凑、较紧凑、较松散、松散;抗寒性根据叶片冻害情况分为1—4级,依次为无冻害、叶尖受冻、叶片冻死1/2、叶片全枯;在籽粒收获2个月左右,利用近红外谷粒分析仪Infratec TM 1241对籽粒品质性状进行测定。

1.5 数据统计分析

田间性状选择3株进行考种,各性状取3个重复平均值进行记载(株高、病级、株型取整数,其余性状保留1位小数);每年每份材料选择籽粒约100g进行品质检测,检测过程设置10个循环,得出蛋白质、湿面筋含量(质量分数,下同)等4个品质性状(结果均保留1位小数)。利用Excel 2019整理分析试验数据,计算各个性状的最大值、最小值、极差、平均值、变异系数等参数,遗传多样性指数即Shannon-Wiener( $H'$ )计算方法如下:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

式中: $P_i$ 为某一性状第*i*个级别出现的频率。

利用SPSS 26.0进行各性状之间相关性分析及系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 供试小麦各农艺性状表型分析

对257份供试小麦的株高、穗粒数、千粒质量、蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值和淀粉含量7个农艺性状表型进行统计分析(表2),由表2可知,所有材料均可以正常发育,成熟籽粒正常测定。株高生长范围在62.00~112.00cm,均值为84.26cm;穗粒数变化范围在30.20~41.30粒/穗,均值为35.88粒/穗;千粒质量变化范围在36.40~50.30g,均值为44.19g;粗蛋白含量(质量分数,下同)变化范围为11.20%~18.50%,均值为14.41%;湿面筋含量变化范围为24.60%~42.30%,均值为32.98%;沉降值变化范围为23.40~68.10mL,均值为45.89mL;淀粉含量变化范围为61.00%~69.50%,均值为66.18%。

各农艺性状的变异系数在2.66%~18.61%,7个性状中除了淀粉含量(变异系数2.66%)差异较小外,其余6个性状都存在比较明显的差异;其中沉降值差异(变异系数18.61%)最为明显。变异程度依次为沉降值(18.61%)>株高(12.62%)>湿面筋含量(10.82%)>粗蛋白含量(8.33%)>穗粒数(6.30%)>千粒质量(6.04%)>淀粉含量(2.66%)。表明这些材料遗传差异显著,在育种上有很大的利用空间。

表2 供试小麦各农艺性状遗传变异分析

性状	株高/cm	穗粒数/(粒/穗)	千粒质量/g	粗蛋白含量/%	湿面筋含量/%	沉降值/mL	淀粉含量/%
最大值	112.00	41.30	50.30	18.50	42.30	68.10	69.50
最小值	62.00	30.20	36.40	11.20	24.60	23.40	61.00
均值	84.26	35.88	44.19	14.41	32.98	45.89	66.18
标准差	10.63	2.26	2.67	1.20	3.57	8.54	1.76
极差	50.00	11.10	13.90	7.30	17.70	44.70	8.50
变异系数/%	12.62	6.30	6.04	8.33	10.82	18.61	2.66

2.2 抗性等相关性状遗传多样性分析

对257份小麦资源的白粉病抗性、赤霉病抗性、锈病抗性、株型和抗寒性进行鉴定(表3),其中白粉病抗性遗传多样性最为丰富,遗传多样性指数

为1.2736,抗性从免疫到高感都有许多品种,而锈病和株型的遗传多样性指数也较高,表明这些小麦抗性类型较为丰富,同时田间发病较为充分;株型遗传多样性较高,主要是这些资源南北方、国内国

外都有,这些地区小麦资源的株型类型差异较大。而赤霉病抗性和抗寒性相较而言差异较小,主要源于赤霉病发病和低温胁迫不太严重,发病也主要是轻症。

2.3 小麦各性状间相关性分析

相关性分析表明(表4),大部分性状之间都存在显著的正相关或负相关关系,各性状相关系数变化范围在-0.668~0.818。品质性状之间相关性较

高,其中湿面筋含量和蛋白质含量、沉降值之间相关系数较高,分别达到了0.818、0.648;沉降值和蛋白质含量之间也存在极显著正相关;蛋白质含量和淀粉含量、沉降值和淀粉含量均存在极显著的负相关,相关系数分别达-0.668、-0.617;株高与穗粒数、千粒质量、株型、抗寒性、锈病抗性、蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值和淀粉9个性状存在显著相关;而抗寒性仅与株高、株型、湿面筋和淀粉含量存在显著相关。

表3 部分性状遗传多样性分析

性状	遗传多样性指数( $H'$ )	频次分布				
		1	2	3	4	5
白粉病抗性	1.273 6	0.385 2	0.319 1	0.206 2	0.089 5	
赤霉病抗性	0.825 9	0.128 4	0.692 6	0.179 0		
锈病抗性	0.977 9	0.369 6	0.513 6	0.112 8	0.003 9	
株型	1.100 8	0.287 9	0.498 1	0.194 6	0.019 5	
抗寒性	0.704 9	0.572 0	0.424 1	0.390 0		

表4 各性状之间相关性分析

	株高	穗粒数	千粒质量	株型	抗寒性	白粉病	赤霉病	锈病	蛋白质含量	湿面筋含量	沉降值	淀粉含量
株高	1											
穗粒数	-0.160*	1										
千粒质量	0.310**	-0.438**	1									
株型	-0.288**	0.398**	-0.338**	1								
抗寒性	0.200**	-0.077	0.010	-0.134*	1							
白粉病	-0.078	0.303**	-0.289**	0.139*	0.067	1						
赤霉病	-0.025	-0.208**	0.133*	-0.201**	0.019	-0.145*	1					
锈病	-0.147*	0.260**	-0.239**	0.186**	0.043	0.277**	-0.029	1				
蛋白质含量	0.230**	0.133*	0.004	0.001	0.067	0.232**	-0.134*	0.073	1			
湿面筋含量	0.205**	0.126*	-0.019	0.067	0.125*	0.174**	-0.122	0.082	0.818**	1		
沉降值	0.302**	-0.107	0.199**	-0.170**	0.060	-0.008	0.071	-0.104	0.706**	0.648**	1	
淀粉含量	-0.363**	0.108	-0.171**	0.138*	-0.140*	0.003	0.055	0.058	-0.668**	-0.649**	-0.617**	1

注:\*代表在0.05水平具统计学意义,\*\*代表在0.01水平具高度统计学意义。

2.4 257份小麦种质资源数量性状聚类分析

根据相关性分析结果,选择株高、穗粒数、千粒质量、白粉病抗性等10个性状对257份小麦资源进行系统聚类分析(表5)。在平方欧式距离为10时分为10个类群,主要聚集到5个类群,剩余5个类群仅包含1~2份种质。在第I类群中包含了66份种质,该类群株高较低,仅有75.95 cm,抗病性较好,蛋白质、湿面筋含量较低,可以用于降低株高以及

优质弱筋小麦的育种;第II类群包含13份种质,该类群蛋白质含量较高,可用于强筋麦的改良,但抗病性较差,需要注意病害防控;第III类群包含54份种质,其穗粒数较少,抗病性较强,其余性状较为平均;第IV类群性状也较为平均,但千粒质量较低,平均值为42.01 g;第V类群株高过高,达100.08 cm,千粒质量较大,平均值达46.77 g,但穗粒数较低,每穗只有34.32粒,该类群93.3%的种质都来源于国

外,如需要应用于育种,还需针对性地进行农艺性状改良。剩余5个类群的7份种质的抗病性都较差,其中:第Ⅶ类群的2份材料株高仅有69.00 cm,第Ⅹ类群的材料粗蛋白含量(质量分数)达18.50%,这些材料可以用作特定性状的改良。

2.5 不同年份间品质性状差异分析

将2020—2023年的品质数据按年份整理(表6),发现3年粗蛋白含量平均值为14.34%,每年的含量平均数分别为14.17%、14.43%和14.41%,差

异不大;湿面筋含量平均值为32.19%,2021—2022年湿面筋含量为29.13%,明显低于其他2年;当年的变异系数也高于其他2年;沉降值3年平均值为46.14 mL,每年分别为46.43、46.09、45.89 mL,差异不大,但2022—2023年变异系数高于其他2年;淀粉含量均值为66.46%,3年的均值和变异系数没有明显差异。总体来看,2021—2022年变异系数较其他2年更大,这也可能是当年气候差别导致的,2022年是多年难遇的小麦高产年份,品质与往年相比差异较大。

表5 小麦各类群主要性状聚类分析

类群	资源数量 / 份	株高 / cm	穗粒数 / (粒 / 穗)	千粒质量 / g	白粉病抗性 / 级	锈病抗性 / 级	株型 / 级	蛋白质含量 / %	湿面筋含量 / %	沉降值 / mL	淀粉含量 / %
I	66	75.95	35.38	44.37	1.59	1.73	1.86	13.17	29.46	37.25	67.74
II	13	81.77	37.84	44.56	3.38	2.15	2.23	16.42	38.50	52.15	64.05
III	54	79.56	35.64	43.61	1.59	1.54	2.09	14.97	35.40	51.69	65.48
IV	58	83.05	37.97	42.01	2.78	2.09	2.43	14.59	33.12	43.60	66.69
V	59	100.08	34.32	46.77	1.54	1.46	1.34	14.63	33.26	51.35	65.09
VI	1	95.00	40.90	36.40	3.00	2.00	3.00	15.90	31.10	33.90	67.80
VII	2	69.00	33.85	47.30	4.00	3.00	1.50	14.30	32.10	52.25	67.70
VIII	2	76.00	34.70	40.90	4.00	4.00	2.50	13.15	31.75	34.75	67.45
IX	1	86.00	32.10	43.70	4.00	2.00	3.00	14.40	33.90	41.20	61.00
X	1	90.00	32.50	41.30	3.00	2.00	1.00	18.50	42.20	59.50	61.70

表6 2020—2023年3年品质性状差异分析

年份		蛋白质含量 / %	湿面筋含量 / %	沉降值 / mL	淀粉含量 / %
2020—2021	平均值	14.17	34.45	46.43	65.84
	极差	7.50	21.10	51.10	7.30
	标准差	1.35	3.72	9.42	1.57
	变异系数 / %	9.53	10.80	20.29	2.38
2021—2022	平均值	14.43	29.13	46.09	67.36
	极差	7.30	18.10	42.80	9.40
	标准差	1.22	3.62	11.03	1.96
	变异系数 / %	8.45	12.43	23.93	2.91
2022—2023	平均值	14.41	32.98	45.89	66.18
	极差	7.30	17.70	44.70	8.50
	标准差	1.20	3.57	8.54	1.76
	变异系数 / %	8.33	10.82	18.61	2.66
合计	平均值	14.34	32.19	46.14	66.46
	极差	8.60	21.50	51.60	10.10
	标准差	1.26	4.27	9.71	1.89
	变异系数 / %	8.79	13.27	21.04	2.84

### 3 讨论与结论

种质资源是作物育种的基础,没有良好的亲本来源,育种就是空中楼阁。育种人员只有充分了解所用种质的品种特性,才能针对性地利用已有资源进行遗传改良。而同一份种质在不同气候、光温、土壤等条件下展现的性状也是千差万别,对收集的资源进行本地化性状鉴定和遗传多样性分析,能够更有效地选育适宜当地条件的新品种<sup>[6-9]</sup>。

本研究针对搜集到的 257 份种质资源进行多个性状的遗传变异分析,发现除了淀粉含量外,各个性状的变异类型都比较丰富,可以针对各个性状进行遗传改良。对这些种质资源进行遗传多样性分析发现,白粉病抗性的变异类型最为丰富,而赤霉病抗性和抗寒性由于本年度发病较轻,遗传多样性较低。对各性状之间的相关性分析发现,不同类型的性状之间相关性差异较大,而同一类型性状之间关联很密切,比如籽粒品质性状之间<sup>[10]</sup>。但相关性分析结果仅反映各性状间的综合效果,只显示 2 性状间的表型相关,不能真正反映各性状间的直接或本质作用<sup>[11]</sup>。

潘丽媛等分析淮北小麦种质资源也发现了籽粒品质相关性状的相关性较高,性状之间相关性均达到显著水平<sup>[12]</sup>。易腾飞等对 261 份小麦审定品种进行聚类分析,发现单一区域审定的品种遗传多样性较低,遗传基础狭窄<sup>[13]</sup>;王光禄等对 94 份国外种质进行聚类分析,发现了一批可以应用于性状改良的中间材料<sup>[14]</sup>。本研究利用平方欧式距离对 10 个性状进行系统聚类分析,将 257 份材料主要聚集到 5 个类群,其中第 I 类群的种质资源农艺性状较好,抗性优良,但蛋白质含量较低,可以进行优质弱筋小麦的遗传育种;其余各个类群也各有优势性状,变异类型丰富,可以针对性地进行性状改良<sup>[15]</sup>。对 2020—2023 年 3 年度间的品质性状进行分析,发现 2021—2022 年这一季的品质较其余 2 年有差异,表明不同年份的气候差异对湿面筋含量等性状有着显著的影响。

综上所述,本研究分析的 257 份小麦种质材料在盐城地区性状类型较为丰富,遗传差异较大,可以进行小麦品种的遗传改良。但不同环境因素对品种性状的表现有一定的影响,如何更精确地测定种质品质性状,鉴定其生产潜力需要我们考虑更多的因素<sup>[16]</sup>。本研究可为我们下一步利用分子标记等技术

挖掘各种质资源的遗传信息、更准确地判断各材料的生产潜力及提高育种效率提供基础资料。

#### 参考文献:

- [1] SHI X L, LING H Q. Current advances in genome sequencing of common wheat and its ancestral species[J]. *The Crop Journal*, 2018,6(1):15-21.
- [2] 何中虎,庄巧生,程顺和,等. 中国小麦产业发展与科技进步[J]. *农学学报*, 2018,8(1):99-106.
- [3] 杜绍印,吴清涛,王成超,等. 我国小麦统一供种政策的积极作用[J]. *种子世界*, 2015(10):10-11.
- [4] 孙丛苇. 小麦 90K 与 660K SNP 芯片标记的融合及其在产量与面团流变学相关性状中的应用[D]. 郑州:河南农业大学, 2019.
- [5] 仇玉章. 盐城地区小麦生产现状及扬辐麦 17 的推广栽培技术[J]. *农业开发与装备*, 2023(9):191-193.
- [6] 贾瑞玲,赵小琴,南 铭,等. 64 份苦荞种质资源农艺性状遗传多样性分析与综合评价[J]. *作物杂志*, 2021(3):19-27.
- [7] 要燕杰,高 翔,吴 丹,等. 小麦农艺性状与品质特性的多元分析与评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2014,15(1):38-47.
- [8] 傅晓艺,张士昌,李孟军,等. 18 个黄淮海地区推广冬小麦品种的遗传多样性分析[J]. *麦类作物学报*, 2014,34(1):43-47.
- [9] 张会芳,齐红志,孙 岩,等. 黄淮冬麦区不同来源地新育成小麦品种性状多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2023,24(3):719-731.
- [10] 张 婷. 黄淮麦区小麦种质的农艺性状分析[D]. 晋中:山西农业大学, 2019.
- [11] 白建军,周生伟,汤开东,等. 黑小麦单株产量性状的相关性·多元回归及通径分析[J]. *安徽农业科学*, 2011,39(25):15236-15238.
- [12] 潘丽媛,王永军,李海军,等. 江苏淮北地区小麦种质资源的多性状评价及相关性分析[J]. *大麦与谷类科学*, 2023,40(5):18-23,44.
- [13] 易腾飞,李珊珊,李嘉豪,等. 261 份小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J]. *河北农业大学学报*, 2018,41(2):7-13.
- [14] 王光禄,刘志宏,程倩倩,等. 94 份国外小麦种质材料的主要农艺性状分析[J]. *麦类作物学报*, 2016,36(5):577-582.
- [15] 张 凡,刘国涛,杨春玲. 620 份小麦种质资源农艺性状调查及其遗传多样性分析[J]. *山东农业科学*, 2022,54(3):15-21.
- [16] 张 辉. 不同年份小麦产量与主要农艺性状通径分析[J]. *中国农学通报*, 2016,32(27):24-28.

(下转第 18 页)

黄廷芝,王志龙,乔祥梅,等. 旱地小麦新品种云麦 84 的丰产性、稳产性和产量构成因素分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2023,41(3):14-18. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.003>.

# 旱地小麦新品种云麦 84 的丰产性、稳产性和产量构成因素分析

黄廷芝,王志龙,乔祥梅,程加省,刘 列,程 耿,于亚雄,王志伟\*

(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:** 为了解旱地小麦新品种云麦 84 的产量特性和推广应用价值,利用云南省 2019—2021 年地麦区域试验数据和 2020—2021 年生产试验数据,对云麦 84 的丰产性、稳产性和产量构成因素进行分析。结果表明,云麦 84 在 2019—2021 年 2 年度区域试验平均产量分别为 5 620.5、5 223.0 kg/hm<sup>2</sup>,生产试验平均产量为 5 202.5 kg/hm<sup>2</sup>,在参试品种中均排名前列,且显著高于对照品种云麦 56,表明其丰产性优;高稳系数在 2019—2020 年排名第 3,2020—2021 年排名第 9,说明云麦 84 的产量年际间差异较大;产量构成因素分析表明,穗粒数变异系数较大,说明穗粒数受环境影响较大;相关性分析表明,穗粒数、千粒质量与产量互呈显著正相关关系,说明可通过增加穗粒数和千粒质量增加产量。综合分析,云麦 84 是一个高产旱地小麦新品种,其高产栽培的重点是增加穗粒数和千粒质量。

**关键词:** 旱地小麦;云麦 84;丰产性;稳产性;产量构成

**中图分类号:** S512.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-6486-20230280

小麦是云南省主要的粮食作物和小春第一大作物,近年来因为种植结构调整、种植效益低,坝区耕地或水浇地改种经济作物后,小麦成为云南山地、旱地和贫困地区冬季粮食生产不可替代的作物。云南地处低纬高原,地形地貌复杂,冬春干旱少雨,不利的栽培条件严重制约了云南旱地小麦的发展,因此培育和推广高产的旱地小麦新品种是云南小麦育种工作的重点<sup>[1-3]</sup>。

兰考矮早 8 是河南天民种业有限责任公司采用远缘杂交结合细胞工程技术选育而成的小麦品种,该品种株高较矮,大穗、高产、抗逆性好<sup>[4]</sup>。云麦 49 是云南省农业科学院粮食作物研究所通过多年杂交选育而出的春性小麦品种,该品种大粒,耐肥抗倒,高抗锈病<sup>[5]</sup>。为促进云南小麦新品种培育,获得更加高产优质的旱地小麦新品种,云南省农业科学院粮食作物研究所联合普洱市农业科学研究所选用兰考矮早 8 作母本、云麦 49(原编号 012-2)作

父本,于 2006 年度配制杂交组合,采用系谱法经多年选育获得高产旱地小麦新品种——云麦 84,2022 年通过云南省农作物品种审定委员会审定,审定编号:滇审小麦 2022004 号。本研究对云南旱地小麦新品种云麦 84 的丰产性、稳产性和产量构成因素进行分析,旨在为云麦 84 的推广应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与数据来源

数据来源于云南省 2019—2021 年 2 年度的地麦区域试验和 2020—2021 年的生产试验,区域试验和生产试验均以云麦 56 为对照,区域试验材料详见表 1。

### 1.2 分析方法

丰产性用与对照品种云麦 56 增减产百分数、与其他品种(系)的平均产量排名进行评价,稳产性用高稳系数(HSC)<sup>[6]</sup>进行评价,产量构成用产量构成 3 要素的平均值、变异系数(CV)等进行比较分析。

高稳系数计算公式:  $H = (X_i - S_i) / (1.10 X_{CK}) \times 100\%$ ;

变异系数计算公式:  $C = (S_i / X_i) \times 100\%$ 。

式中:  $H$  为高稳系数;  $C$  为变异系数;  $X_i$  为该品种平均产量;  $S_i$  为该品种的标准差;  $X_{CK}$  为对照品种的平均产量。

收稿日期:2023-12-14;修回日期:2024-05-28。

基金项目:国家农业重大科技项目(NK20220607);国家现代农业产业技术体系专项(CARS-3);云南省重大科技专项(202102AE090014);云南省现代农业麦类产业技术体系专项(云农办科 2020-40)。

作者简介:黄廷芝(1997—),女,硕士,研究实习员,主要从事小麦遗传育种。Email: 1462757849@qq.com。

\* 通信作者:王志伟(1985—),男,硕士,副研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Email: wzw0903@126.com。

1.3 数据处理与分析

利用 Excel 2010 进行试验数据的汇总整理,利用 SPSS 20.0 进行回归、相关性分析。

2 结果与分析

2.1 丰产性分析

由表 1 可知,2019—2020 年地麦区域试验的 11 个品种(系)中只有云麦 84 的产量显著高于云麦 56,产量排名第 1,为 5 620.5 kg/hm<sup>2</sup>,比云麦 56 增产 10.2%,增产点率 83.3%,增产极显著;2020—2021 年地麦区域试验的 11 个品种(系)中有 5 个品种(系)产量显著高于云麦 56,云麦 84 排第 4,产量为

5 223.0 kg/hm<sup>2</sup>,仅显著低于排名第 1 的云 19D4-7,与排名第 2 的云 20D4-4、第 3 的德 1729 相差均不显著,产量在参试品种(系)中表现较好,且比云麦 56 增产 9.3%,增产点率 77.8%,增产极显著。

由表 2 可知,云麦 84 在 2020—2021 年生产试验产量为 5 202.5 kg/hm<sup>2</sup>,每个试点比云麦 56 均有增产,增产点率 100%,平均增产率 7.63%。

2.2 稳产性分析

由表 1 可知,2019—2020 年地麦区域试验中云麦 84 的 HSC 值为 62.24%,高于云麦 56(61.91%),在 11 个品种(系)中排名第 3,排名靠前;2020—2021 年地麦区域试验 HSC 值为 52.84%,低于云麦 56 (60.30%),在 11 个品种(系)中排名第 9,排名靠后。

表 1 2019—2021 年度区试参试品种(系)产量和高稳系数

年度	品种(系)	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	显著性		增产 / %	增产点率 / %	产量排名	HSC / %	HSC 排名
			5%	1%					
2019— 2020	云麦 84	5 620.5	a	A	10.2	83.3	1	62.24	3
	滇 19-15106	5 413.5	ab	AB	6.1	66.7	2	76.19	1
	靖麦 28 号	5 266.5	bc	ABC	3.3	66.7	3	63.13	2
	云 19D4-9	5 122.5	bc	BC	0.4	50.0	4	45.07	8
	云麦 56(CK)	5 100.0	bc	BC	—	—	5	61.91	4
	文 16D2-78	5 082.0	bc	BC	-0.4	50.0	6	44.49	9
	德 1726	4 932.0	c	C	-3.3	50.0	7	41.35	10
	砚 18D6-10	4 410.0	c	D	-13.5	16.7	8	48.06	7
	镇 186-24	4 381.5	c	D	-14.1	0	9	52.63	5
	云 19D4-13	4 369.5	d	D	-14.3	0	10	50.18	6
	云杂 21 号	3 087.0	e	E	-39.5	0	11	26.64	11
2020— 2021	云 19D4-7	5 488.5	a	A	14.8	66.7	1	59.45	5
	云 20D4-4	5 311.5	ab	AB	11.1	77.8	2	62.14	2
	德 1729	5 262.0	ab	AB	10.1	77.8	3	62.47	1
	云麦 84	5 223.0	b	ABC	9.3	77.8	4	52.84	9
	云 19D4-9	5 127.0	bc	BC	7.2	77.8	5	60.81	3
	滇 20-11038	4 900.5	cd	CD	2.5	55.6	6	55.18	6
	云麦 56(CK)	4 780.5	de	D	—	—	7	60.30	4
	云 19D4-8	4 752.0	de	D	-0.6	33.3	8	54.24	8
	滇 19-15106	4 672.5	de	D	-2.3	44.4	9	54.61	7
	玉 3-1	4 608.0	e	D	-3.6	33.3	10	52.26	10
	云杂 24 号	3 993.0	f	E	-16.5	33.3	11	38.40	11

注:区域试验每年度设置 9 个试验点,2019—2020 年因有 3 个试点产量变异系数过大不纳入统计,最后只有 6 个试验点纳入汇总,2020—2021 年 9 个试验点全部纳入汇总。

表2 2020—2021年度生产试验产量情况

试点	云麦 84 产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	云麦 56 产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	云麦 84 较 CK 增产 / %
嵩明	4 278.3	4 182.2	2.30
南涧	4 413.0	4 333.5	1.83
楚雄	4 879.5	4 240.5	15.07
临翔	6 833.4	6 243.2	9.45
师宗	5 608.5	5 169.0	8.50
平均	5 202.5	4 833.7	7.63

### 2.3 产量与产量构成因素分析

**2.3.1 产量构成 3 要素情况。**由表 3 可知,云麦 84 的平均有效穗数为 304.27 万个 /hm<sup>2</sup>, 穗粒数为 59.28 粒 / 穗, 千粒质量为 39.06 g。在 18 个品种(系)中,云麦 84 的平均有效穗数偏少、千粒质量偏低、穗粒数最多。

云麦 84 的有效穗数变异系数为 20.60%, 穗粒数变异系数为 33.47%, 千粒质量变异系数为 16.03%。在 18 个品种(系)中,云麦 84 的有效穗数

变异系数较小,排名 11;穗粒数变异系数较大,排名第 3;千粒质量变异系数较大,排名第 6。说明云麦 84 与其他品种相比,穗粒数和千粒质量受环境影响较大,有效穗数较稳定。

云麦 84 的产量构成 3 要素的变异系数则是穗粒数 > 有效穗数 > 千粒质量,说明云麦 84 的产量构成 3 要素中,穗粒数和有效穗数受环境影响较大,千粒质量相对较稳定。

表3 2019—2021年度产量3要素情况

年份	品种(系)	有效穗数			穗粒数			千粒质量		
		平均值 / (万个 /hm <sup>2</sup> )	CV / %	CV 排名	平均值 / (粒 / 穗)	CV / %	CV 排名	平均值 / g	CV / %	CV 排名
2019— 2020	云 19D4-13	337.50	41.24	1	39.08	22.68	9	45.17	16.65	5
	德 1726	299.18	22.05	7	47.47	34.61	2	39.40	25.58	2
	云杂 21 号	371.45	36.16	2	29.37	38.86	1	36.75	19.08	4
	靖麦 28 号	356.43	27.19	5	40.25	19.20	14	45.11	10.72	13
	文 16D2-78	357.25	27.88	4	38.86	24.47	7	37.79	27.95	1
	砚 18D6-10	325.63	21.06	10	46.22	29.08	5	40.02	20.11	3
	镇 186-24	353.30	21.27	9	34.77	21.61	10	43.17	10.04	16
2020— 2021	德 1729	313.92	21.38	8	48.10	20.01	12	45.37	8.81	17
	云 19D4-7	354.15	15.64	15	45.37	20.68	11	43.79	8.72	18
	云 19D4-8	361.12	10.11	18	44.99	19.04	15	42.39	11.87	10
	云 20D4-4	345.12	17.55	14	41.30	19.25	13	44.83	10.53	15
	滇 20-11038	391.55	17.72	13	42.40	15.90	17	39.44	11.45	11
	玉 3-1	319.58	11.11	17	47.44	24.82	6	41.23	12.72	9
	云杂 24 号	356.58	14.66	16	31.59	31.37	4	43.57	14.54	8
2019— 2021	滇 19-15106	329.28	29.11	3	46.38	15.49	18	44.35	10.53	14
	云麦 84	304.27	20.60	11	59.28	33.47	3	39.06	16.03	6
	云 19D4-9	307.54	19.82	12	52.89	22.89	8	41.19	15.78	7
	云麦 56(CK)	394.56	24.94	6	41.22	18.99	16	41.19	10.78	12

注:滇 19-15106、云麦 84、云 19D4-9、云麦 56(CK)参加了 2 年的区域试验,为便于分析,将 2 年数据进行了合并汇总,统一进行分析。



2.3.2 产量与产量构成3要素的相关性分析。由表4可知,云麦84的穗粒数与产量呈显著正相关关系(0.567),千粒质量与产量呈显著正相关关系(0.608),

穗粒数与千粒质量也呈显著正相关关系(0.606)。云麦84的有效穗数与产量呈正相关关系,与穗粒数和千粒质量呈负相关关系,但均不显著。

表4 云麦84产量与产量构成3要素的相关性

	有效穗数	穗粒数	千粒质量	产量
有效穗数	1			
穗粒数	-0.279	1		
千粒质量	-0.223	0.606*	1	
产量	0.028	0.567*	0.608*	1

注: \*表示相关性显著( $P < 0.05$ )。此表数据为2019—2021年2年度数据汇总。

### 3 讨论与结论

小麦的丰产性和稳产性是小麦育种的重要目标,也是决定小麦品种是否适合推广的重要指标<sup>[7]</sup>。在云南省2019—2021年2年度的旱地小麦区域试验中,云麦84的平均产量分别为5 620.5、5 223.0 kg/hm<sup>2</sup>,分别排小组第1和第4,在2年的区域试验品种(系)中均排名前列,且均极显著高于对照品种云麦56;在2020—2021年的生产试验中,云麦84的平均产量为5 202.5 kg/hm<sup>2</sup>,全部试验点平均产量均高于云麦56,说明云麦84的丰产性优。为进一步得出云麦84的稳产性和产量构成关系,利用高稳系数、变异系数和相关性分析等对云麦84的产量和产量构成进行分析。高稳系数(HSC)可反映作物的丰产性和稳产性,数值越大则该品种(系)丰产性稳产性越好;变异系数(CV)表示数据的相对离散波动程度,可反映指标的稳定性,数值越小则该指标稳定性越好;相关性分析是对2个或多个具备相关性的变量元素进行分析,从而衡量2个变量因素的相关程度。云麦84在2019—2020年度的HSC值为61.91%,排名靠前;2020—2021年度的HSC值为52.84%,排名靠后,2年度的HSC值略有差异,稳产性还需进一步验证分析。经了解,2020—2021年度云南省大多数区试点受冻害和干旱影响,说明云麦84的产量可能易受年际影响,年际间差异较大。

小麦的产量与产量构成3要素之间相互依存、相互制约<sup>[8]</sup>。云麦84的产量和产量构成结果表明,云麦84的平均有效穗数为304.27万个/hm<sup>2</sup>,穗粒数为59.28粒/穗,千粒质量为39.06 g。该品种穗粒数变异系数较大,为33.47%,说明穗粒数不稳定,易受环境影响。云麦84的穗粒数、千粒质量和产量三

者之间互呈显著正相关关系,说明可通过增加穗粒数和千粒质量增加产量。云麦84的高产栽培措施有:控制种植密度,构建合理的群体结构,做好产量3要素之间的调配;合理施肥,拔节至抽穗期适当施肥,提升有效穗数和穗粒数,抽穗和灌浆期叶面喷施适量尿素、磷酸二氢钾,提高千粒质量;做好病虫害防治,适时收获等<sup>[9-11]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 杨柯,王鹏云,王辉,等. 云南小麦需水量及其降水亏缺率研究[J]. 中国农学通报,2017,33(11):96-103.
- [2] 林丽萍. 云南省小麦品种区试审定与推广[J]. 云南农业, 2018(10):64-68.
- [3] 乔祥梅,何金宝,王志伟,等. 抗旱高蛋白小麦新品种云麦79的选育经过及丰产性与稳产性分析[J]. 现代农业科技, 2021(18):44-46.
- [4] 合肥蜀香种子有限公司. 超级小麦国审兰考矮早8[J]. 现代农业科技,2006(5):101.
- [5] 程耿,胡银星,杨金华. 田麦新品种“云麦49”选育及特征特性分析[J]. 云南农业科技,2007(5):56-57.
- [6] 温振民,张永科. 用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J]. 作物学报,1994,20(4):508-512.
- [7] 张安邦,张冲,冯宝俭,等. 高产广适小麦新品种石农707产量相关参数分析[J]. 农业科技通讯,2022(6):144-147.
- [8] 钮力亚,于亮,邹景伟,等. 旱地小麦产量构成因素的相关分析与通径分析[J]. 安徽农学通报,2023,29(6):60-62.
- [9] 刘炎. 提高小麦千粒重的综合措施[J]. 河南农业,2012(7): 34.
- [10] 李小霞,李世清. 栽培模式、施氮量和播种密度对小麦穗粒数的影响[J]. 农业科技与信息,2007(4):8-9.
- [11] 李英雪. 小麦高产栽培理论基础[J]. 河北农业,2021(1):68-69.

# Analysis of High Yield, Stability and Yield Components of New Dryland Wheat Variety Yunmai 84

HUANG Tingzhi, WANG Zhilong, QIAO Xiangmei, CHENG Jiasheng, LIU Lie, CHENG Geng,  
YU Yaxiong, WANG Zhiwei

(Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences / Yunnan Branch of National Wheat Improvement Center,  
Kunming 650205, China)

**Abstract:** In order to understand the yield characteristics and promotion value of the new dryland wheat variety Yunmai 84, the high yield, stability and yield components of Yunmai 84 were analyzed based on the regional trial data of dryland wheat in Yunnan Province from 2019 to 2021 and the production trial data from 2020 to 2021. The results showed that the average regional trial yield of Yunmai 84 from 2019 to 2021 was 5 620.5 kg/hm<sup>2</sup> and 5 223.0 kg/hm<sup>2</sup>, respectively, and the average production trial yield was 5 202.5 kg/hm<sup>2</sup>, which ranked the top among varieties in the test and was significantly higher than the control variety Yunmai 56, indicating its excellent yield performance. The high stability coefficient ranked the 3rd from 2019 to 2020 and the 9th from 2020 to 2021, indicating a significant interannual difference in the yield of Yunmai 84. The analysis of yield components of Yunmai 84 shows that the coefficient of variation of grain number per spike is relatively large, indicating that grain number per spike is greatly affected by the environment. Correlation analysis shows that there is a significant positive correlation among the grain number per spike, the thousand-seed weight and yield, indicating that increasing the grain number per spike and the thousand-seed weight can increase yield. Based on comprehensive analysis, Yunmai 84 is a new high-yield dryland wheat variety, and the key of its high-yield cultivation is to increase the grain number per spike and the thousand-seed weight.

**Key Words:** Dryland wheat; Yunmai 84; High yield; Stability; Yield component

(上接第 13 页)

# Trait Analysis and Genetic Diversity Evaluation of Wheat Germplasm Resources

WANG Qiang<sup>1</sup>, SHEN Huiquan<sup>1</sup>, XU Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Yinghu<sup>1</sup>, YANG Hongyan<sup>1</sup>, CHENG Yifan<sup>1</sup>,  
LIANG Zhihao<sup>1</sup>, XUE Song<sup>1</sup>, GUO Aikui<sup>1</sup>, YU Wenqing<sup>1</sup>, LI Yuxing<sup>1</sup>, LUAN Haiye<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224002, China;

2. Yancheng Teachers University, Yancheng 224002, China)

**Abstract:** To screen wheat germplasm resources suitable for growth in the Huainan area of Jiangsu Province and provide reference for subsequent breeding work, this study analyzed the variation of 12 agronomic and quality traits, such as plant height, thousand grain weight, and number of grains per spike, among 257 wheat resources at home and abroad. Through genetic diversity analysis, correlation analysis and systematic analysis, it was found that except for starch content, all traits had a significant range of variation. Among them, the resistance type to powdery mildew was the most abundant, with a genetic diversity index of 1.273 6. The correlation among grain quality traits was the most significant, and there were significant differences among protein content, wet gluten content, sedimentation value and starch content ( $P < 0.05$ ). The system clustering divides 257 germplasm resources into 10 categories, mainly distributed in 5 groups, and each group has its own characteristics. The germplasm resources of Group I have good agronomic traits and excellent resistance. The incidence index of powdery mildew and rust is below 2, but the protein content is relatively low, with an average protein content of 13.17%. It can be used for genetic breeding of high-quality weak gluten wheat.

**Key Words:** Germplasm resources; Agronomic trait; Quality trait; Correlation

杨秋侠,黄鑫,杨志刚,等. 新疆南疆区域试验小麦产量构成要素的相关分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2023,41(3):19-24. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.004.

## 新疆南疆区域试验小麦产量构成要素的相关分析

杨秋侠<sup>1</sup>,黄鑫<sup>1\*</sup>,杨志刚<sup>1</sup>,李宇辉<sup>2</sup>,张慧<sup>3</sup>,张健<sup>2</sup>

(1. 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所,新疆阿拉尔 843300;2. 新疆生产建设兵团第一师十六团农业发展服务中心,新疆阿拉尔 843300;3. 新疆生产建设兵团第一师七团农业发展服务中心,新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**为了深入了解新疆南疆地区小麦育种的创新状况和未来发展方向,用2021—2022年新疆南疆冬小麦区域试验的18个参试品种(系)作为研究材料,进行产量特性与产量之间的遗传变异、相关性回归及通径分析,目的是探究新疆南疆小麦产量构成3要素与产量之间的相互关系。研究结果揭示,产量的变异系数为5.63%,而影响产量的3个主要因素变异性由大到小依次为穗粒数(12.30%)、千粒质量(10.04%)、收获穗数(4.39%)。经过相关性分析,发现收获穗数与产量之间存在着极显著的正相关关系,相关系数为0.7600;其次是千粒质量、穗粒数。经通径分析,发现影响产量的3要素中,收获穗数的直接通径系数最大(0.8891),千粒质量的最小(0.0326),收获穗数对产量的直接贡献较显著。基于分析结果及南疆4个地州的生态状况,应在小麦新品种的选育过程中,把多穗型品种作为选育的主要目标,同时努力提升千粒质量并保持穗粒数的稳定性。

**关键词:**小麦;产量要素;相关分析;通径分析

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20230288

小麦作为新疆最主要的粮食作物,在2023年的种植面积达到约120万 $\text{hm}^2$ ,其中阿克苏地区的冬小麦种植面积大约为18.5万 $\text{hm}^2$ 。南疆的小麦产业在新疆粮食生产和粮食安全中具有不可忽视的重要性。有研究表明,小麦新品种的选育和推广对小麦产量的增加贡献超过30%<sup>[1]</sup>。为了实现小麦的高产和稳产,挖掘小麦资源的潜力,选育和推广优质的小麦新品种是一种有效的方法。高产与超高产的小麦育种始终是我国小麦育种的核心目标。只有在确保一定水平的高产后,选择那些具备高品质、多重抗性等特征的品种才具有真正的价值<sup>[2]</sup>。由于小麦的产量特性受多基因和环境因子的共同作用,并且这些特性之间存在相互的联系和制约,任何一个特性的变动都可能引发其他特性的改变。因此,在小麦的育种过程中,对这些产量特性进行精准的选择是至关重要的。小麦产量水平是由3个主要的

产量构成要素(单位面积穗数、穗粒数和千粒质量)共同决定的。刘众等在陇东旱塬区小麦主要农艺性状与产量的相关性分析中,认为小麦的有效穗数对产量的影响最大,其次为穗粒数和千粒质量<sup>[3]</sup>。葛昌斌等研究认为,豫南和江苏淮河以南的小麦产量3要素与产量相关系数均表现为千粒质量>有效穗数>穗粒数<sup>[4]</sup>。王玲燕等在2018—2020年河南省审定半冬性小麦品种的综合性状表现中发现,小麦主要农艺性状与产量的相关系数表现为穗数(0.40)>千粒质量(0.34)>穗粒数(0.30)>株高(0.13),偏相关分析结果与此一致,且与产量均呈极显著正相关关系;对产量的直接通径系数大小为千粒质量(0.6695)>穗数(0.6584)>穗粒数(0.6526)>株高(0.0368)<sup>[5]</sup>。于海涛在相关研究中表示,产量3要素中的穗粒数和千粒质量遗传变异丰度较小,但对于育种利用而言,通过穗粒数和千粒质量来提升产量仍存在一定的空间<sup>[6]</sup>。张婷等在黄淮海区105份冬小麦农艺及品质性状的分析与评价研究中发现,农艺性状中单株穗数的变异系数最大(23.11%),千粒质量的变异系数最小(8.81%)<sup>[7]</sup>。薛纬国研究发现,小麦株高与穗下节长、产量呈显著正相关关系,有效穗数与产量呈极显著正相关关系,成穗率也与产量呈显著正相关关系<sup>[8]</sup>。目前,内地对当地种植参试的小麦农艺性状已进行深入分析,但是对新疆南疆

收稿日期:2023-12-27;修回日期:2024-05-23。

基金项目:兵团科技计划项目(2022DB013);兵团第一师阿拉尔市科技计划项目(2022NY05);新疆小麦产业技术体系第一师农科所综合试验站项目。

作者简介:杨秋侠(1995—),女,硕士,助理研究员,主要从事小麦新品种选育和高产栽培技术研究。Email:1936534219@qq.com。

\*通信作者:黄鑫(1996—),女,研究实习员,主要从事小麦新品种选育和高产栽培技术研究。Email:2865299280@qq.com。

麦区品种农艺性状的综合性分析研究较少。本研究选取 2021—2022 年在新疆维吾尔自治区南疆进行的冬小麦区域试验中的 18 个参试品种(系)作为研究对象,深入分析产量的三大构成要素对产量的影响,旨在为新疆南疆地区的小麦高产育种和高效种植提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本研究以 2021—2022 年新疆维吾尔自治区南疆冬小麦区域试验的 18 份材料为研究对象,探讨小麦产量构成三要素与产量之间的关系。参试品种(系)见表1。

表 1 参试品种(系)表

编号	品种(系)	供种单位	编号	品种(系)	供种单位
1	新粮 809	新疆农业科学院粮食作物研究所	10	金石农 11 号	石河子大学麦类作物研究所
2	阿农冬 9 号	新疆兵团第一师农业科学研究所	11	苜麦 029	新疆鲁丰农业科技发展有限公司
3	新粮 807	新疆农业科学院粮食作物研究所	12	济麦 44	新疆金天山农业科技有限责任公司
4	新粮 808	新疆农业科学院粮食作物研究所	13	普冰资 017	中国农业科学院作物科学研究所
5	九圣禾 D1809	九圣禾种业股份有限公司	14	九圣禾 D1808	九圣禾种业股份有限公司
6	金丰源麦 3 号	新疆金丰源种业股份有限公司	15	TZW03	塔里木大学
7	桑塔木 m8	新疆桑塔木种业股份有限公司	16	BH3606	北京杂交小麦工程技术研究中心
8	科源 77	新疆鲁丰农业科技发展有限公司	17	唐麦 21	新疆天湖农科种业有限公司
9	九圣禾 D1509	九圣禾种业股份有限公司	18	邯生黑麦 1 号	邯郸市农业科学院

### 1.2 试验方法

**1.2.1 试验设计。**试验在新疆生产建设兵团第一师四团(地理位置:79°28' E、41°24' N;海拔:1 320.8 m)进行。试验地为壤土,土壤肥力中上,前茬作物为小麦。参试材料随机区组排列,重复 3 次,小区长 9.28 m、宽 1.80 m,小区面积 16.704 m<sup>2</sup>,每小区 9 行,行距 0.2 m,小区间步道 0.4 m,基本苗 525 万株 /hm<sup>2</sup>。

**1.2.2 栽培管理。**试验中以氮肥(N)144 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)276 kg/hm<sup>2</sup>作基肥,未施种肥。2021 年 9 月 22 日人工小麦精量播种机播种,全生育期灌水 5 次(2022 年的 4 月 19 日、5 月 6 日、5 月 21 日结合灌水分别人工撒施尿素 138、103、103 kg/hm<sup>2</sup>),2022 年 4 月 9 日用 3%双氟·啶草酮化学除草 1 次,7 月 1 日收获时单收单脱,小区分别计产,四周设保护行,生育期间不进行病害防治。

### 1.3 数据资料分析方法

采用 Office 2023 和 DPS 9.01 数据处理工具,对小麦的产量及其 3 要素进行初步的相关性研究,针对 3 要素对产量的具体影响进行多元回归和通径分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 参试小麦品种(系)主要农艺性状及变异分析

从表 2 中得知,2021—2022 年南疆区域试验小麦产量构成要素变异丰富,各种性状的变异系数存在极大差异,变异系数在 0.36%~15.00%。穗部的几个性状变异最大,其中穗长的变异系数最大(15.00%)、结实小穗数(13.07%)、小穗数(12.21%)、穗粒数(12.30%)、千粒质量最小(10.04%)。在品种(系)的茎蘖动态上基本苗(9.74%)和最高总茎数(9.30%)的变异系数都较大,基本苗的范围是 469.5 万 ~ 631.5 万株 /hm<sup>2</sup>,最高总茎数的范围是 1 432.5 万 ~ 1 936.5 万个 /hm<sup>2</sup>。容重的变异系数为 1.86%。在产量方面,平均产量的变异系数为 5.63%,其波动范围为 6 786.30 ~ 8 882.28 kg/hm<sup>2</sup>,而平均产量达到了 8 200.08 kg/hm<sup>2</sup>,这表明新疆南疆地区的小麦产量仍有很大的增长潜力;在产量构成 3 要素中收获穗数变异最小(4.39%),这表明产量受到遗传和环境 2 方面要素的影响,平均收获穗数为 496.92 万个 /hm<sup>2</sup>,范围是 447.00 万 ~ 531.00 万个 /hm<sup>2</sup>;平均穗粒数为

38.22 粒 / 穗, 范围为 30.4 ~ 47.6 粒 / 穗; 千粒质量的平均值为 46.78 g, 范围为 36.7 ~ 56.6 g。在所有考

虑的要素中, 穗粒数的变异系数最高, 这意味着小麦育种应高度重视穗粒数的多样性选择。

表 2 参试小麦品种(系)主要农艺性状的变异分析

品种(系)	全生育期 /d	基本苗 / (万株 /hm <sup>2</sup> )	最高总茎数 / (万个 /hm <sup>2</sup> )	收获穗数 / (万个 /hm <sup>2</sup> )	株高 / cm	穗长 / cm	小穗数 / (个 /株)	结实小穗数 / (个 /株)	穗粒数 / (粒 /穗)	千粒质量 /g	容重 / (g/L)	小区实收 /kg	平均产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )
新粮 809	276.0	609.0	1 936.5	516.0	64.7	7.5	17.0	14.0	38.4	48.0	807.7	13.63	8 163.75
阿农冬 9 号	273.0	565.5	1 723.5	493.5	77.0	10.0	19.0	18.0	47.6	56.6	803.3	14.83	8 882.25
新粮 807	273.0	570.0	1 608.0	531.0	73.7	8.5	19.0	15.0	35.4	48.5	810.3	14.53	8 702.70
新粮 808	274.0	624.0	1 921.5	507.0	66.7	7.0	18.0	15.0	43.9	41.2	807.7	13.94	8 345.40
九圣禾 D1809	275.0	496.5	1 521.0	484.5	74.0	8.0	17.0	16.0	41.9	39.8	804.7	14.13	8 463.15
金丰源麦 3 号	275.0	625.5	1 830.0	517.5	69.7	8.0	21.0	19.0	39.3	47.5	800.7	14.59	8 734.50
桑塔木 m8	275.0	472.5	1 465.5	481.5	72.0	7.0	16.0	13.0	33.6	47.3	796.7	13.71	8 211.60
科源 77	276.0	571.5	1 726.5	492.0	64.7	6.5	13.0	12.0	33.6	43.5	801.3	13.20	7 906.20
九圣禾 D1509	275.0	591.0	1 705.5	475.5	74.0	11.0	19.0	18.0	44.9	36.7	763.3	13.35	7 996.05
金石农 11 号	276.0	631.5	1 915.5	528.0	70.0	9.0	15.0	14.0	31.5	49.4	806.7	14.15	8 473.05
苜麦 029	276.0	469.5	1 464.0	472.5	66.7	7.0	17.0	16.0	39.8	50.7	785.7	13.08	7 832.40
济麦 44	275.0	511.5	1 648.5	484.5	59.3	8.0	16.0	15.0	36.5	47.8	789.7	12.93	7 740.60
普冰资 017	276.0	543.0	1 738.5	523.5	71.0	7.5	15.0	13.0	30.4	48.1	801.7	14.22	8 517.00
九圣禾 D1808	276.0	517.5	1 612.5	501.0	66.3	7.0	16.0	15.0	41.8	50.2	810.7	13.47	8 063.85
TZW03	276.0	481.5	1 587.0	490.5	61.7	9.0	19.0	17.0	38.1	51.0	761.0	13.77	8 245.50
BH3606	275.0	564.0	1 618.5	508.5	80.3	9.0	21.0	18.0	33.7	41.7	780.7	14.12	8 453.10
唐麦 21	275.0	505.5	1 432.5	447.0	62.3	7.0	16.0	14.0	40.0	47.7	795.3	11.48	6 876.30
邯生黑麦 1 号	276.0	553.5	1 675.5	490.5	63.0	7.5	16.0	14.0	37.5	46.3	799.3	13.35	7 994.10
最大值	276.0	609.0	1 936.5	531.0	80.3	11.0	21.0	19.0	47.6	56.6	810.7	14.83	8 882.25
最小值	273.0	469.5	1 432.5	447.0	59.3	6.5	13.0	12.0	30.4	36.7	761.0	11.48	6 876.30
平均数	275.2	550.2	1 673.9	496.9	68.7	8.0	17.2	15.3	38.2	46.8	795.9	13.69	8 200.08
标准差	1.0	53.6	155.7	21.8	5.7	1.2	2.1	2.0	4.7	4.7	14.8	0.77	461.72
变异系数 /%	0.36	9.74	9.30	4.39	8.30	15.00	12.21	13.07	12.3	10.04	1.86	5.62	5.63

2.2 产量构成要素与产量间的相关性分析

为深入了解南疆小麦区域试验的产量特性变化及产量构成要素之间的相互作用, 对产量构成要素和产量之间的相关性进行分析。从表 3 中可见, 在影响产量的各种因素中, 收获穗数与产量之间存在着极显著的正相关关系, 相关系数为 0.7600。然而, 千粒质量与产量之间的相关性并不显著。在选育高产小麦品种的过程中, 通过增加收获的穗数以提高产量, 相对于增加穗粒数和千粒质量更容易实现小麦的高产。穗粒数和产量之间呈现出负相关性, 从产量构成的 3 个要素的相关性数据来看, 穗

粒数和收获穗数之间呈现负相关性( $r = -0.4000$ )。与此同时, 穗粒数与千粒质量之间存在负相关关系( $r = -0.0300$ ), 但收获的穗数与千粒质量之间则显示出正相关关系( $r = 0.1200$ )。数据揭示, 在影响产量的多个因素中, 穗粒数与收获穗数、穗粒数与千粒质量之间有相互制约的作用, 随着收获穗数和千粒质量的增加, 穗粒数会相应地减少。基于相关分析数据, 南疆高产冬小麦选育需要平衡产量的 3 个关键因素, 特别是选择具有成穗率高和多花多实特性的育种材料, 同时也要关注千粒质量的选择。在实际的大田种植过程中, 为了实现小麦的高

产,可以在合理控制植株大小的前提下,结合拔节孕穗期和灌水来进行追肥,这样可以减少无效分蘖并增加收获穗数。

2.3 产量构成要素对产量的多元回归分析

基于产量及其构成要素的线性回归关系(表4),能够构建一个最佳的多元回归方程,其具体公式为:  $Y = -2\,560.067\,0 + 18.823\,4 X_1 + 32.876\,9 X_2 + 3.207\,5 X_3$ , 决定系数  $R^2$  为 0.673 6。经过对回归方程及其关联变量的显著性分析,观察到变量  $X$  与  $Y$  之间有非常明显的线性关系,其中,收获穗数( $X_1$ )、穗粒数( $X_2$ )、千粒质量( $X_3$ )的偏回归系数分别为

18.823 4、32.876 9、3.207 5。基于多元回归方程,当其他的产量因子维持在一个相对稳定的水平时,每增加1个穗粒的数量单位(也就是1粒),产量就会上升32.876 9个单位(kg);每次收获的穗数增加1个单位(1万穗),相应地,产量也会增加18.823 4个单位(kg);每增加1个单位(1g)的千粒质量,相应地,产量也会增加3.207 5个单位(kg)。研究表明,穗粒数对小麦产量的贡献是最显著的。因此,在大田种植过程中,通过采用适当的栽培技术措施,可以有效地提高小花的结实率和增加穗粒数,从而实现小麦的高产。

表3 小麦产量构成要素与产量间的相关性分析

性状	收获穗数	穗粒数	千粒质量	产量
收获穗数	1.000 0			
穗粒数	-0.400 0	1.000 0		
千粒质量	0.120 0	-0.030 0	1.000 0	
产量	0.760 0**	-0.020 0	0.130 0	1.000 0

注: \*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平相关。

表4 小麦产量构成要素与产量的线性回归系数

性状	非标准化系数		标准系数
	偏回归系数	标准误差	
常量	-2 560.067 0	2 133.504 8	
收获穗数 $X_1$	18.823 4	3.548 0	0.889 1
穗粒数 $X_2$	32.876 9	16.274 2	0.336 2
千粒质量 $X_3$	3.207 5	15.119 8	0.032 6

2.4 产量构成要素对产量的通径分析

通径分析系数由直接作用(直接通径系数)和间接作用(间接通径系数)2个部分构成,相较于其他相关分析方法,通径分析能够更为清晰和精确地揭示各个产量构成要素对产量产生的影响及它们的相对重要性。从表5可以看出,产量的各个构成要素对产量的直接通径系数都是正数,这意味着在其他要素保持不变的情况下,增加产量3要素中的任何一个都会对产量产生积极的影响。在所有要素中,增加收获穗数对产量的影响最大( $P_{11} = 0.889\,1$ ),其次是增加穗粒数对产量的影响( $P_{12} = 0.336\,2$ ),而增加千粒质量对产量的影响则相对较小( $P_{13} = 0.032\,6$ )。这意味着,在培育高产品种(系)的过程中,需要加大对多花多实育种材料的选育力度,同时还需要妥善协调产量3要素,以实现产量的稳定增长,从而提高整体的产量水平。从表5中还可以看到,收获

穗数和穗粒数与产量之间的间接通径系数为负,而千粒质量则为正,这与它们的直接影响有着明显的不同。不过,千粒质量对产量也有一定的负面影响,这是通过千粒质量和穗粒数的间接作用来实现的( $P_{13X2} = -0.009\,4$ 、 $P_{12X3} = -0.000\,9$ )。不论是从千粒质量还是从收获的穗数来看,收获的穗数都对产量产生了积极的作用,尽管这种作用相对较为微弱( $P_{11X3} = 0.004\,0$ 、 $P_{13X1} = 0.107\,7$ )。研究表明,在影响产量的3要素中,穗粒数和收获穗数之间的相互制约关系最为明显。同时,千粒质量和穗粒数也存在一定程度的制约,但收获穗数和千粒质量之间的相互影响并不明显。考虑到前述的分析数据和南疆麦区的生态环境,在选育高产品种(系)时,首先需要平衡产量3要素,基于多穗的特性,可以选择多花、多实的大穗型,这样可以增加穗粒数和千粒质量,从而有效地提升产量。

表5 小麦产量构成要素与产量的通径系数

性状	简单相关系数	直接作用 ( $P_{Y_i}$ )	间接作用( $P_{X_i}$ )			合计
			收获穗数 $X_1$	穗粒数 $X_2$	千粒质量 $X_3$	
收获穗数( $Y_1$ )	0.759 6	0.889 1		-0.133 5	0.004 0	-0.129 5
穗粒数( $Y_2$ )	-0.017 8	0.336 2	-0.353 1		-0.000 9	-0.354 0
千粒质量( $Y_3$ )	0.130 9	0.032 6	0.107 7	-0.009 4		0.098 3

### 3 讨论

在 2021—2022 年度南疆冬小麦区域试验中的 18 个参试小麦品种(系),平均产量达 8 200.05 kg/hm<sup>2</sup>。通过观察产量的变异系数可以发现,不同品种(系)的产量存在明显的差异,这意味着南疆地区的小麦高产潜力还有很大的提升空间,表明南疆麦区的育种单位在选择高产品种(系)时有较大的灵活性,这从产量 3 要素在变异系数上的不同可以看出。通过对产量 3 要素与产量的相关性分析发现,收获穗数与产量之间存在显著的正相关关系,千粒质量与产量之间也为正相关,而穗粒数与产量则呈现出明显的负相关关系,与米勇等<sup>[9]</sup>、王金艳等<sup>[10]</sup>、张中州等<sup>[11]</sup>的研究结论一致,这说明南疆在小麦品种改良过程中,穗粒数是限制产量提升的关键因素,在高产品种选育上,通过提高穗粒数来提升产量水平较增加收获穗数和千粒质量更易获得小麦高产。多元回归分析结果表明,产量 3 要素与产量的偏相关系数都为正,但它们之间的相关性有所不同,其中收获穗数( $X_1$ )、穗粒数( $X_2$ )、千粒质量( $X_3$ )的偏回归系数分别为 18.823 4、32.876 9、3.207 5,这与杨程等的研究结果<sup>[12]</sup>一致。通过直接通径分析可以观察到,产量 3 要素对产量的直接通径系数均为正值,这表明如果控制其他因素不变,提高产量 3 要素中的任何一个,对产量均有积极作用。增加收获穗数对产量的影响最大( $P_{Y_1} = 0.889 1$ ),其次是增加穗粒数对产量的影响( $P_{Y_2} = 0.336 2$ ),而增加千粒质量对产量的影响则相对较小( $P_{Y_3} = 0.032 6$ ),这与姚金保等的研究结果<sup>[13]</sup>一致。通过间接通径分析数据,可以观察到一个特定的产量构成要素对总体产量的作用会被另外 2 个产量要素所削弱,收获穗数与穗粒数之间存在着较大的相互制约关系( $P_{12X_1} = -0.353 1$ ),与高国良等的研究结果<sup>[14]</sup>一致。

### 4 结论

综合考虑分析结果和新疆南疆麦区的生态环境,在进行小麦的超高产品种(系)育种中,应更加重视多穗型品种(系)的选择,同时也要关注产量 3 要素之间的和谐发展。在合理的穗数群体基础上,注重通过增加收获穗数和提升千粒质量来提升产量水平的重要性。鉴于收获穗数与穗粒数之间存在相互制约关系,可以适度放宽对穗粒数的选择范围,选择分蘖成穗率高且千粒质量稳定的育种材料是至关重要的。在实际的大田种植过程中,通过采纳恰当的种植策略,并在田间科学管理的基础上,可以着重提升分蘖的成穗率,从而增加收获的穗数,并确保千粒质量来实现小麦的高产。

### 参考文献:

[1] 曾潮武,梁晓东,李建疆. 新疆春小麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 分子植物育种,2017,15(9):3740-3750.  
 [2] 赵倩,姜鸿明,孙美芝,等. 山东省区试小麦产量与产量构成要素的相关和通径分析[J]. 中国农学通报,2011,27(7):42-45.  
 [3] 刘众,郑琪,李杰,等. 陇东旱塬区小麦主要农艺性状与产量的相关性分析[J]. 寒旱农业科学,2023,2(7):615-620.  
 [4] 葛昌斌,秦素研,乔冀良,等. 2001—2021 年豫南和江苏淮河以南审定小麦品种农艺、品质性状和病害演变对比分析[J]. 作物杂志,2023(5):49-58.  
 [5] 王玲燕,彭东,任广乾,等. 2018—2020 年河南省审定半冬性小麦品种的综合性状表现[J]. 贵州农业科学,2023,51(7):7-13.  
 [6] 于海涛. 普通小麦 15 个产量相关性状的关联分析[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2023.  
 [7] 张婷,袁凯,史晓芳,等. 黄淮麦区 105 份冬小麦农艺及品质性状的分析与评价[J]. 陕西农业科学,2023,69(5):85-

- 92.
- [8] 薛纬国. 70份小麦新品系农艺性状、抗性及品质的筛选与评价[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2023.
- [9] 米勇,孙宪印,王超,等. 39个节水小麦品种农艺性状的相关分析及聚类分析[J/OL]. 分子植物育种,2023:1-11. (2023-04-17) [2024-05-23]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230417.1423.010.html>.
- [10] 王金艳,李金峰,李林峰,等. 2017—2022年焦作小麦区域试验品种主要农艺性状及产量分析[J]. 南方农业学报,2023,54(4):1038-1044.
- [11] 张中州,赵月强,张锋,等. 2005—2012年河南省审定的半冬性小麦品种产量和主要农艺性状分析与评价[J]. 作物杂志,2014(5):32-37.
- [12] 杨程,李向东,张德奇,等. 小麦产量三要素与产量的通径和灰色关联度分析[J]. 河南农业科学,2016,45(10):19-23.
- [13] 姚金保,杨学明,周森平,等. 江苏省小麦参试品种(系)产量与产量构成因素分析[J]. 中国农学通报,2022,38(6):15-19.
- [14] 高国良,陈贵菊,王福玉,等. 黄淮北片小麦参试品种(系)产量构成要素及其相互关系分析[J]. 山东农业科学,2016,48(8):15-18.

## Correlation Analysis of Wheat Yield Components in Regional Trial of Southern Xinjiang

YANG Qiuxia<sup>1</sup>, HUANG Xin<sup>1</sup>, YANG Zhigang<sup>1</sup>, LI Zihui<sup>2</sup>, ZHANG Hui<sup>3</sup>, ZHANG Jian<sup>2</sup>

- (1. Agricultural Science Research Institute of the First Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Alar 843300, China;  
2. Agricultural Development Service Center of the 16<sup>th</sup> Regiment, Xinjiang Production and Construction Corps, Alar 843300, China;  
3. Agricultural Development Service Center of the 7<sup>th</sup> Regiment, Xinjiang Production and Construction Corps, Alar 843300, China)

**Abstract:** In order to gain a deeper understanding of the innovation status and future development direction of wheat breeding in the southern Xinjiang, 18 experimental varieties (lines) of winter wheat in the southern Xinjiang from 2021—2022 were used as research materials to conduct genetic variation, correlation regression and path analysis between yield characteristics and yield. The aim is to explore the interrelationship between the three factors of wheat yield composition and yield in southern Xinjiang. The results show that the variation coefficient of yield is 5.63%, and the order of variability of the three main factors affecting yield is grain number per spike (12.30%), thousand-grain weight (10.04%) and harvested panicles (4.39%). Through correlation analysis, there is a very significant positive correlation between harvested panicles and yield, and the correlation coefficient was 0.760 0, followed by thousand-grain weight and grain number per panicle. Through path analysis, it is found that among the three factors affecting yield, the maximum direct path coefficient of harvested panicles is 0.889 1, and the minimum direct path coefficient of thousand grain weight is 0.032 6. The direct contribution of harvested panicles to yield is the most significant. Based on the analysis results and the ecological conditions of the four prefectures in southern Xinjiang, the main goal of breeding new wheat varieties is to focus on multi spike varieties, while striving to improve thousand-grain weight and maintain the stability of grain number per spike.

**Key Words:** Wheat; Yield component; Correlation analysis; Path analysis

### 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— $\mu\text{g}$ ;纳克—ng。体积:升—L;毫升—mL;微升— $\mu\text{L}$ 。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)、 $\mu\text{L/L}$ (体积分数)、 $\mu\text{mol/mol}$ (摩尔分数)等。面积:亩—667 m<sup>2</sup>,万亩换算为万hm<sup>2</sup>等。



郭新亚,陈 春,李 凡,等. ALS 抑制剂类除草剂抗性水稻品系迁粳 187 选育及抗性鉴定[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):25-32. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.005>.

# ALS 抑制剂类除草剂抗性水稻品系迁粳 187 选育及抗性鉴定

郭新亚,陈 春,李 凡,王飞飞,史玉良,陈卫军\*

(江苏省农业科学院宿迁农科所,江苏 泗阳 223700)

**摘要:**乙酰乳酸合酶(ALS,也称为乙酰羟酸合酶(AHAS),EC 4.1.3.18)抑制剂类除草剂是目前治理水稻田内杂草的高效化学防除方法,以金粳 818、迁粳 187 这 2 个抗性水稻品种(系)为材料,徐稻 3 号为敏感型对照,分析经咪唑乙烟酸处理后靶标基因的相对表达量。研究发现,抗性材料的靶标基因相对表达量逐步下降,且最终下降至正常水平的 60%左右。离体酶活检测结果表明,金粳 818、迁粳 187 这类 ALS 发生 Ser-653-Asn 氨基酸替换的材料对咪唑乙烟酸的抗性是敏感型材料徐稻 3 号的千倍以上。

**关键词:** ALS;除草剂;金粳 818;迁粳 187

中图分类号:S511

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20240024

水稻(*Oryza sativa* L.)是我国第一大粮食作物,在粮食生产中具有重要地位,占全国粮食总产量 40%以上<sup>[1]</sup>。近十年来,水稻栽培方式已经由传统的播种插秧转变为更加节约劳动力轻简栽培方式,如直播、机插秧等方式。然而在大田生产过程中,水稻直播田杂草频发、除草难度大,草害不仅影响农作物生长,还会严重影响水稻的产量和品质<sup>[2-4]</sup>。目前在大田生产过程中,利用化学药剂进行除草管控比较严格,需根据生产中出现的不同杂草种类,选择适宜药剂减少对作物的损伤。一旦除草化学药剂使用不当,就会对作物产生药害,轻则作物减产,重则导致作物死亡、绝收<sup>[5]</sup>。近几年来,以乙酰乳酸合酶[acetolactate synthase, ALS, 也称为乙酰羟酸合酶(AHAS), EC 4.1.3.18] 为靶标的除草剂迅速占领除草剂市场,常见的主要是咪唑啉酮类、磺胺脲类、三唑嘧啶类等化学药剂,这些药剂具有毒性低、除草效果好、选择性强等特点,可达到降本增效的目的,深受种植户喜爱<sup>[6]</sup>。此类除草剂的主要机理是通过与植物体内的乙酰乳酸合酶(ALS)形成复合物阻断底物进入酶活性位点通路,抑制 ALS 活性,干扰 ALS 编码蛋白与底物结合,使植物支链氨基酸的生物合成因缺少底物被阻止,最终致植物死亡<sup>[7-9]</sup>。

目前国内研究人员对咪唑啉酮类抗性的水稻研究日益增多,陈竹峰等从化学诱变的黄华占材料中筛选出若干个发生 ALS 基因碱基序列突变的水稻品系(简称黄华占 M-1)<sup>[10]</sup>,同时试验结果表明黄华占 M-1 在 5 叶 1 心期喷施一定剂量的咪唑乙烟酸,黄华占 M-1 存活,对咪唑乙烟酸具备一定抗性<sup>[11]</sup>。而天津市水稻研究所偶然发现金粳 818 也对咪唑啉酮类除草剂具有抗性;王芳权等研究揭示了金粳 818 对咪唑啉酮类除草剂具有抗性的原因,由于 ALS 基因第 1880 位碱基 G 变成 A,使得第 653 位氨基酸由 Ser 变成 Asn<sup>[12]</sup>。此外,Piao 等还发现,以耐咪唑乙烟酸籼稻 9311 作为父本,以沪稻 55 作为母本杂交得到 F<sub>3</sub> 代(命名为 JD164)同样存在 Ser-653-Asn 氨基酸替换,使得水稻材料对咪唑乙烟酸具备良好抗性<sup>[13]</sup>。

本研究通过水稻杂交,辅助使用分子标记技术对 ALS 基因进行检测,将咪唑啉酮类除草剂抗性基因聚合到常规优质粳稻品种中,获得优质、耐咪唑啉酮类除草剂的水稻新品系,为黄淮稻区水稻轻简化栽培提供优质水稻材料和研究思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

咪唑啉酮类除草剂抗性基因片段来源于常规粳稻品种金粳 818,该品种为天津市水稻研究所选育;常规优质水稻品系为泗稻 23 号、迁粳 187,为江苏省农业科学院宿迁农科所培育的新品系。对照品种为徐稻 3 号。

收稿日期:2024-03-09;修回日期:2024-05-31。

基金项目:宿迁市农业科技自主创新项目(SQCX202206)。

作者简介:郭新亚(1995—),男,硕士,实习研究员,主要从事水稻育种与栽培技术研究。Email: 523205644@qq.com。

\* 通信作者:陈卫军(1969—),男,研究员,主要从事水稻育种与栽培技术研究。Email: shd5391425@sina.com。

材料创建流程及系谱见图 1,2016 年在泗阳县水稻育种基地以泗稻 3923(后审定命名泗稻 23 号, 审定编号:国审稻 20210406)为母本、金粳 818(国

审稻 20180061)为父本进行配组杂交并系统选育获得稳定株系“迁粳 187”,表现良好;2 年多点试验产量高、抗病性强,推荐参加黄淮海粳稻区域试验。

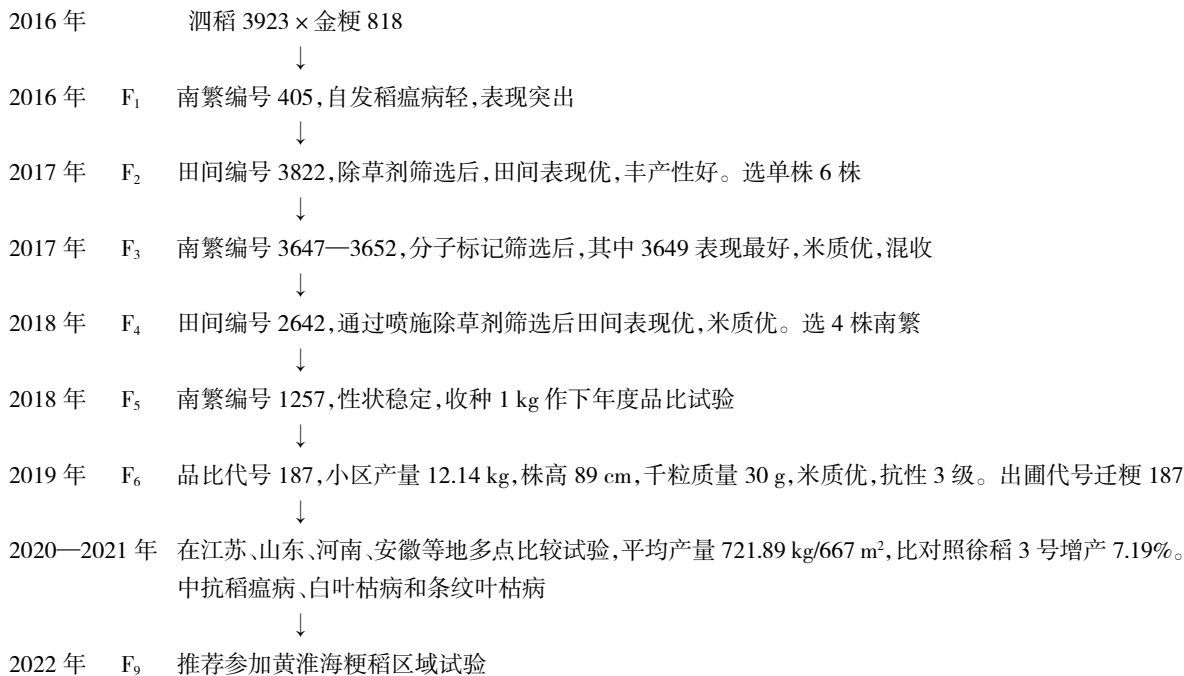


图 1 抗除草剂水稻品系迁粳 187 选育流程

1.2 试验方法

1.2.1 除草剂抗性鉴定。将 80 g 水稻种子播种在塑料育种盘(60 cm × 30 cm × 3.2 cm)中,幼苗生长到 2.5~3.0 叶 1 心期,按照 1 000 倍的比例将 5%咪唑乙烟酸水剂(山东先达农化股份有限公司,为 ALS 抑制剂中咪唑啉酮类除草剂)稀释,使用喷雾器按 300 L/hm<sup>2</sup> 的剂量进行药剂处理,5 d 后调查水稻材料生长状态,叶片全部黄化、植株枯死的标记为感,正常生长并无明显症状的标记为抗。

1.2.2 序列对比与引物合成。ALS 基因的编码区

序列(coding sequence, CDS)从水稻基因组网站(<http://rice.plantbiology.msu.edu/>)下载,与金粳 818、迁粳 CDS 序列进行比对,结合 Primer Premier 5.0 软件设计相应分子标记引物。

采集 2.0~2.5 叶 1 心期水稻品种(品系)、杂交后代群体材料的少量幼嫩叶片,采用十六烷基三甲基溴化铵法(CTAB)提取水稻基因组 DNA<sup>[14]</sup>。PCR 程序及相关步骤参考陈涛所报道的方法<sup>[1]</sup>并加以调整。将扩增产物用 Dde I 剪切酶在 37 °C 条件下反应 2 h。120 V 电泳 30 min,在凝胶成像系统下观察。

表 1 反应体系的配置

反应体系	体积 / $\mu$ L
ddH <sub>2</sub> O	7.0
2 × Phanta Master Mix	10.0
ALS-F(10 $\mu$ mol/ $\mu$ L)	1.0
ALS-R(10 $\mu$ mol/ $\mu$ L)	1.0
DNA 模板(200 ng/ $\mu$ L)	1.0

表2 反应程序

步骤	温度 / $^{\circ}\text{C}$	时间	循环数 / 个
预变性	95	5 min	1
变性	95	30 s	
退火	59	30 s	35
延伸	72	1 min	
彻底延伸	72	5 min	
	4	10 min	

表3 ALS 分子标记序列

引物名称	引物序列(5'→3')
BJ-ALS-F	CACCAGGAGCATGTGCTGCCTATGATCCTAA
BJ-ALS-R	GGTGCTTTGCCAACATACAGAT

**1.2.3 离体酶活试验。**冷冻条件下提取金粳 818、迁粳 187 和徐稻 3 号水稻材料内的 ALS,从 0.01  $\mu\text{mol/L}$  到 10 000  $\mu\text{mol/L}$ ,浓度依次扩大 10 倍,配制 7 个浓度梯度咪唑乙烟酸磷酸缓冲盐溶液(PBS 溶液)并加入 ALS 酶液,接着黑暗条件下将反应体系孵育 1 h。具体步骤如下:

1)粗提:取 2.5 ~ 3.0 叶期植株幼嫩组织( $4.0 \pm 0.1$ )g,用液氮提前预冷研钵至  $-20^{\circ}\text{C}$ ,分多次少量加入液氮,充分研磨水稻叶片至粉末状,并转移至新预冷离心管中( $-20^{\circ}\text{C}$ 保持);再将水稻 ALS 酶提取液分次少量加入研钵中,缓慢搅拌,使用双层尼龙纱布过滤,放置  $4^{\circ}\text{C}$ 离心管中。

2)制备:离心机  $4^{\circ}\text{C}$ 、8 000 r/min,离心 20 min,将上清液转移到  $4^{\circ}\text{C}$ 离心管中,逐滴加入等体积的饱和硫酸铵,慢慢搅拌 30 min;然后重复离心操作,保留沉淀,并用 4 mL 酶溶解液进行重悬浮。

3)反应:取 100  $\mu\text{L}$  酶液、200  $\mu\text{L}$  酶反应液和

100  $\mu\text{L}$  咪唑乙烟酸药液加入 1.5 mL 离心管中,摇晃均匀,黑暗条件下  $37^{\circ}\text{C}$  水浴反应 1 h;再加 40  $\mu\text{L}$  的 98% $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $60^{\circ}\text{C}$  水浴 15 min;显色反应:加入现配的 190  $\mu\text{L}$  的 0.5% 肌酸和 190  $\mu\text{L}$  的 5% 1-萘酚, $60^{\circ}\text{C}$  水浴 15 ~ 30 min,取出冰浴 2 min,低速离心,取上清 200  $\mu\text{L}$  加入酶标板,测定  $D_{530\text{nm}}$ 。

其中试剂:咪唑乙烟酸(为咪唑啉酮类除草剂中常见组分)97%标准品从江苏中旗科技股份有限公司购进,咪唑乙烟酸溶液母液需要使用二甲亚砜(DMSO)配制,浓度为 100 000  $\mu\text{mol/L}$ 。母液再用 DMSO 梯度稀释成不同浓度的工作液,最后再用 0.1 mol/L 的 PBS 稀释得到反应液,浓度为 0.01 ~ 1 000  $\mu\text{mol/L}$ 。

**1.2.4 基因相对表达量测定。**水稻植株总 RNA 提取使用试剂盒完成,购自生工生物工程(上海)股份有限公司。用南京诺唯赞生物科技有限公司的反转录试剂盒完成反转录。

表4 qPCR 相关引物

引物名称	引物序列(5'→3')
$\beta$ -Actin-F	CTGCCGGTATCCATGAGACT
$\beta$ -Actin-R	TGGAATGTGCTGAGAGATGC
ALS-F	CTGCCGGTATCCATGAGACT
ALS-R	TGGAATGTGCTGAGAGATGC

定量采用  $\Delta\Delta CT$  相对定量法,内参基因选择  $\beta$ -肌动蛋白。通过电泳检测设计的引物是否具有特异性。于每个品种(系)的处理时间点取 3 个生物

重复,样品采用 3 次技术重复,阴性对照以 ddH<sub>2</sub>O 代替 cDNA 模板进行反应。

表 5 qPCR 反应体系的配置

反应体系	体积 / $\mu$ L
2 × ChamQ SYBR qPCR Master Mix	10.0
引物 1(10 $\mu$ mol/L)	0.4
引物 2(10 $\mu$ mol/L)	0.4
50 × ROX Reference Dye	0.4
cDNA(约 200 ng/ $\mu$ L)	2.0
ddH <sub>2</sub> O	6.8

表 6 qPCR 反应程序

步骤	循环数 / 个	温度 / $^{\circ}$ C	时间 /s
预变性	1	95	30
循环反应	40	95	10
		55	30
		65	15
溶解曲线	1	60	60
		95	15

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻 ALS 基因序列比对及分析

水稻 ALS 基因编码区序列全长为 1 935 bp,编码 644 个氨基酸。通过水稻基因组网站获取日本晴基因的序列,利用 Primer Premier 5.0 软件设计出若

干对正向和反向外引物,综合考虑引物的 T<sub>m</sub> (Melting Temperature)值,确定正向和反向内引物,克隆金粳 818、迁粳 187、泗稻 23 号材料内 ALS 基因的片段并测序,比较金粳 818、迁粳 187、泗稻 23 号、徐稻 3 号、日本晴、日本晴背景的序列,发现 1 880 位碱基由 G 变 A(图 2)。

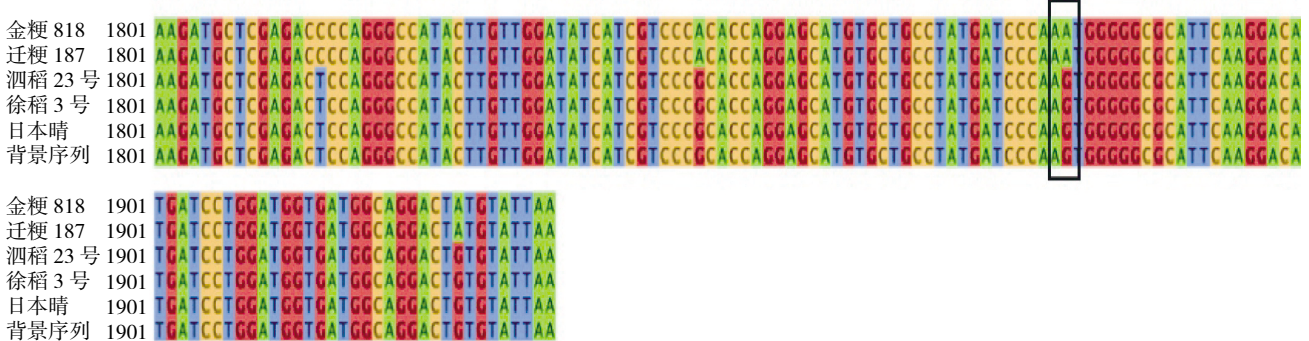
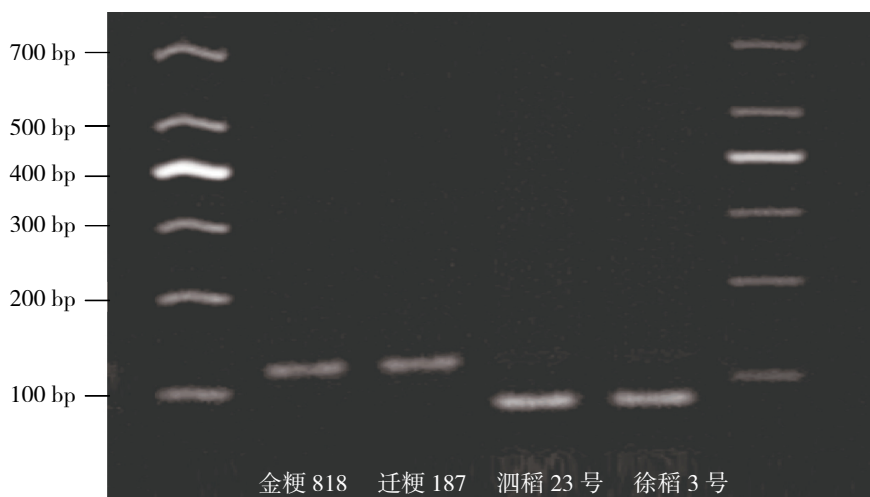


图 2 不同品种(系)ALS 序列比对

### 2.2 不同水稻品(种)系 ALS 基因检测和咪唑啉酮除草剂抗性鉴定

在除草剂处理前 1 d,提取金粳 818、迁粳 187、泗稻 23 号、徐稻 3 号 4 个品种(品系)的 DNA 进行 PCR 扩增并用剪切酶反应 2 h 后,产物经 3%琼脂糖

凝胶电泳可显示 2 种类型的条带(图 3)。金粳 818、迁粳 187 的 PCR 产物无法被 Dde I 的剪切酶切开,大小约为 110 bp,而泗稻 23 号、徐稻 3 号的 PCR 产物可以被切开为两端,大小分别约为 70、30 bp。

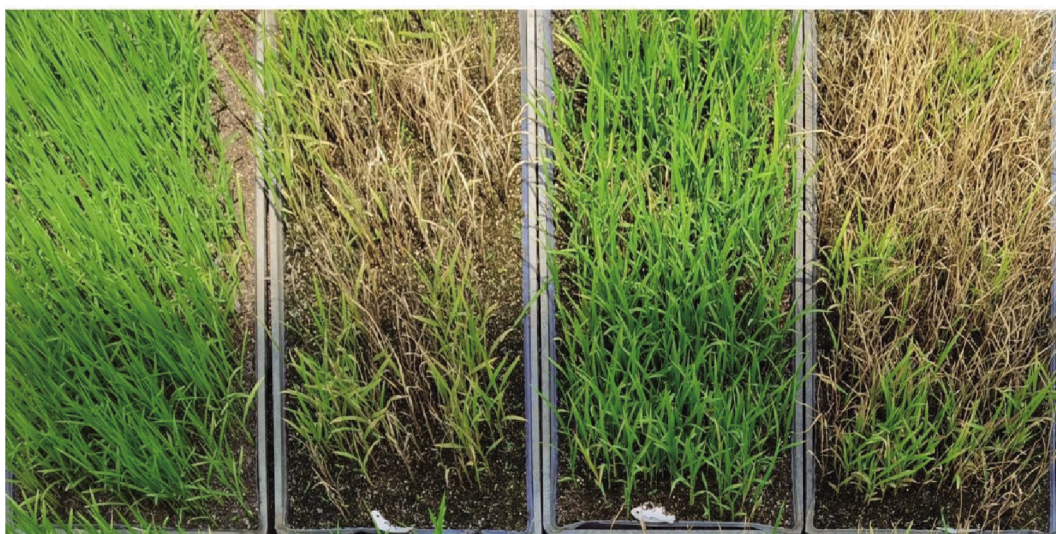


图片最左、最右侧条带为同一标记(DL 1 000 DNA Marker)

图3 ALS基因分子标记检测结果

为验证试验水稻品种(系)的基因型和咪唑啉酮类除草剂抗性表型是否具有一致性,2.5~3.0叶1心期,对上述水稻品种(系)时用咪唑乙烟酸水剂喷雾处理。试验结果表明,水稻材料金粳818、迁粳187生长正常、无明显死亡症状,水稻材料泗稻

23号、徐稻3号叶片全黄、植株枯死(图4)。说明第1880位点发生G到A突变,使得水稻材料产生对咪唑啉酮类除草剂抗性,采用该方法可以对水稻咪唑啉酮类除草剂抗性特征进行快速而准确的鉴定。



图片中品种(系)从左到右依次为金粳818、泗稻23号、迁粳187、徐稻3号

图4 不同品种(品系)对咪唑乙烟酸的抗性测试

### 2.3 咪唑乙烟酸对不同品种(系)ALS离体酶活的影响

计算在不同浓度咪唑乙烟酸抑制下不同水稻品种(系)的离体ALS的相对活性(%),使用数据分析软件进行非线性曲线拟合并制图,通过非线性曲线拟合的方程式计算不同浓度咪唑乙烟酸处理后对金粳818、迁粳187、徐稻3号的水稻品种(系)离体ALS的半数抑制浓度(IC<sub>50</sub>),结果如图5、表7所示。

3个水稻品种(系)的离体ALS对药剂的敏感性从低到高依次为金粳818、迁粳187、徐稻3号,金粳818、迁粳187的ALS对咪唑乙烟酸极不敏感,是对照水稻品种的1000倍以上。低浓度咪唑乙烟酸处理后会抑制对金粳818、迁粳187的ALS造成微弱的抑制,当浓度超过1000 μmol/L,ALS的离体酶活性显著下降。但对水稻的敏感种群徐稻3号抑制作用明显,IC<sub>50</sub>对应的浓度仅有0.95 μmol/L。

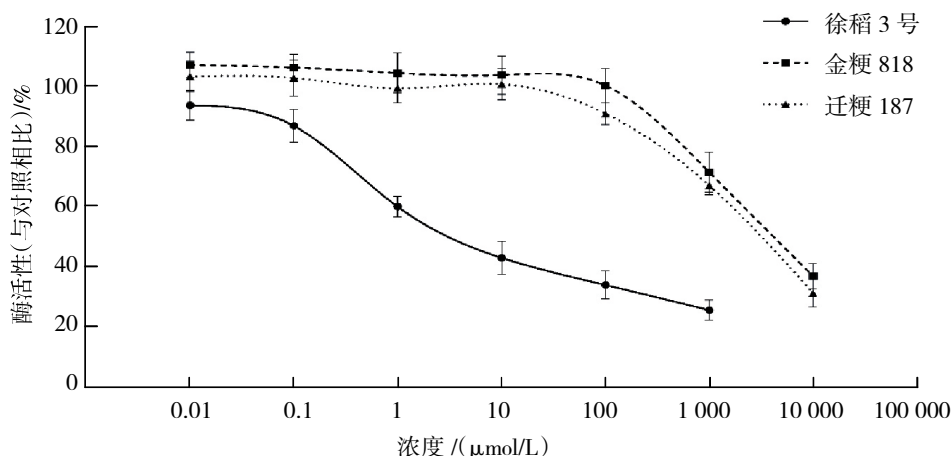


图5 咪唑乙烟酸对3个品系离体ALS的酶活性影响

表7 金梗818、迁梗187、徐稻3号的离体ALS对咪唑乙烟酸的敏感性

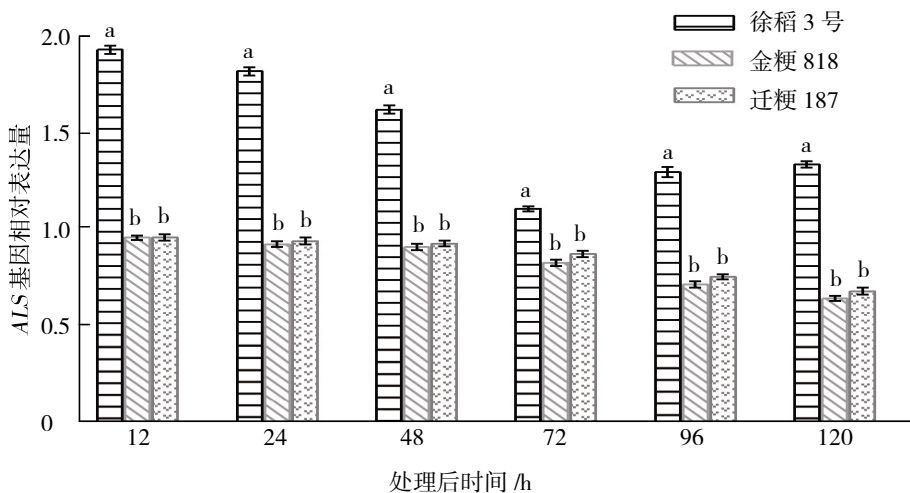
品系	IC <sub>50</sub> /(μmol/L)	比值*
徐稻3号(CK)	0.95 ± 0.38	—
迁梗187	1 212 ± 303	>1 000-fold
金梗818	1 268 ± 252	

注:\* 比值是迁梗187、金梗818与徐稻3号的半数抑制浓度IC<sub>50</sub>的比值。

### 2.4 咪唑乙烟酸处理后不同水稻材料ALS基因表达量变化分析

根据试验结果(图6),2.5至3.0叶期使用咪唑乙烟酸处理水稻材料后,金梗818、迁梗187与徐稻3号相比在处理后ALS基因相对表达量的变化有显著性差异。金梗818、迁梗187的ALS基因相对表达量之间无显著差异,在48h内变化幅度小,72h后表达量梯度下降,最终降低至约为正常水平的60%。而徐稻3号在处理后基因相对表达量呈现波

动,12~72h基因表达量呈下降趋势,72h后逐步升高最终稳定约为正常水平的1.4倍。对咪唑乙烟酸敏感的徐稻3号,当受到咪唑乙烟酸刺激后,ALS酶活性被抑制,致使支链氨基酸合成也被抑制,解除了对ALS的负反馈调节导致其ALS基因表达量增高;而金梗818、迁梗187受到咪唑乙烟酸刺激后,其ALS酶功能正常,生理代谢正常,ALS的负反馈调节导致基因相对表达量变化不明显。



柱状图表示 2<sup>-ΔΔCT</sup> 算术平均数,标有不同小写字母者表示组间差异有统计学意义(P<0.05)

图6 咪唑乙烟酸处理后各材料ALS基因的相对表达量

### 3 讨论与结论

本研究以金粳 818 为参照,金粳 818、迁粳 187 对咪唑啉酮类除草剂具有抗性是因为它们的 *ALS* 基因在 1 880 位点上都存在的 G 变 A,使得编码的氨基酸由 Ser 变成 Asn,这一结果与王芳权等的研究结果<sup>[12]</sup>一致,而 Ser-653-Asn 的氨基酸突变是一个已知的抗 *ALS* 抑制剂突变,此类突变的水稻材料 *ALS* 与咪唑啉酮类除草剂的结合位点因为氨基酸结构变化导致结合效率降低,本文水稻 *ALS* 离体酶活性试验结果也印证该推测。

因此我们得出:由于金粳 818 的 *ALS* 基因上存在 1 880 位点的 G 变 A 使编码氨基酸发生替换是导致金粳 818 对咪唑乙烟酸产生耐药性的主要原因,所以其杂交后代只要具备 Ser-653-Asn 位点的突变也就具备对咪唑乙烟酸产生耐药性。

通过对不同处理时间的材料进行相对表达量的分析发现,金粳 818、迁粳 187 的 *ALS* 基因相对表达量在 48 h 内变化幅度较小,而 72 h 后表达量逐渐下降,最后约为正常水平的 60%。作为敏感对照品种的徐稻 3 号在处理后的相对表达量比金粳 818、迁粳 187 高 1 倍,72 h 由表达下调转变为表达上调,可能是因为对咪唑啉酮类敏感的植物材料体内支链氨基酸合成受到抑制,含量降低,导致植物系统解除对 *ALS* 的负反馈调节,敏感性水稻品种徐稻 3 号植株内 *ALS* 相对表达量呈现上调的趋势,而高抗材料可能从受到刺激开始,*ALS* 酶正常发挥功能,48 h 内缓解咪唑乙烟酸的毒害,但除草剂毒害仍然影响植株整体生理活性,因此后续相对表达量逐渐下降。目前也有结果表明,使用咪唑啉酮类除草剂处理的敏感种群,可导致植物内 *ALS* 表达量上调,如 Breccia 等研究揭示,当使用甲咪唑烟酸处理向日葵,48 h 后的高耐咪唑乙烟酸向日葵材料的 *ALS* 表达量没有变化,而耐性一般和敏感品种的向日葵根组织中 *ahas3* 基因表达量上调 4 倍<sup>[15]</sup>;黄卉研究结果也出现作为对照的敏感性品种在喷施咪唑乙烟酸后,其 *ALS* 基因相对表达量增高,约是抗性水稻品种的 2 倍<sup>[16]</sup>。本研究结果可能与取样部位相关,导致目标基因表达量产生影响,但没有证据证明表达量上调可以增加酶活性,研究结果足以证明 *ALS* 基因表达量与耐药性水平有关。

此外本研究有关离体酶活试验,仅能证明 Ser-653-Asn 点突变的材料对咪唑乙烟酸类除草剂的抗性是常规材料的几百甚至上千倍,目前对 *ALS* 体内酶活性的研究较少,因为除草剂进入植物体内

还要历经数个器官、甚至多个生理生化反应,其中包括植物自身的代谢和解毒系统,都可能对咪唑乙烟酸类除草剂产生降解作用。因此体内酶活性试验结果、结论与离体酶活性试验之间可能存在较大的差异。

目前我国产业结构因为劳动力转移发生转变,而农村劳动力缺失的问题日益复杂严重,在这样的背景下,水稻生产必将走上轻简化栽培、智慧化管理的道路。虽然迁粳 187 目前还未通过审定,但区域试验表现优异,尤其是米质突出,经农业农村部食品质量监督检验测试中心检测,米质达部标优 2 级,在黄淮海稻区具备良好的市场前景。但咪唑啉酮类除草剂持效期长,在植物中半衰期为 6 ~ 30 d<sup>[17-19]</sup>,所以咪唑啉酮类除草剂对其他栽培稻品种及后茬作物的安全生产都会造成一定影响,科学的栽培模式还有待开发。

### 参考文献:

- [1] 陈博,敖和军,曾晓珊. 我国水稻种植情况调研:基于 9 个水稻生产大省的调研数据[J]. 湖南农业科学,2020(11):66-69.
- [2] 李顺国,夏雪岩,刘猛,等. 我国谷子轻简高效生产技术研究进展[J]. 中国农业科技导报,2016,18(2):19-24.
- [3] 杨慧萍,王文普,娄晨露,等. 水稻轻简化直播栽培技术[J]. 农业科技通讯,2021(10):255-257.
- [4] 陈雷,金曼,张维乐,等. 杂草稻的特性及其危害与防治研究进展[J]. 作物学报,2020,46(7):969-977.
- [5] GREEN J M. Current state of herbicides in herbicide-resistant crops[J]. Pest Management Science,2014,70(9):1351-1357.
- [6] 张云月,卢宗志,李洪鑫,等. 杂草对乙酰乳酸合成酶抑制剂类除草剂抗药性的研究进展[J]. 杂草科学,2013,31(2):1-5.
- [7] JIN M, CHEN L, DENG X W, et al. Development of herbicide resistance genes and their application in rice [J]. The Crop Journal,2022,10(1):26-35.
- [8] 吴云雨,肖宁,余玲,等. 我国抗除草剂水稻种质创制研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2021,22(4):890-899.
- [9] QIU J, JIA L, WU D Y, et al. Diverse genetic mechanisms underlie worldwide convergent rice feralization [J]. Genome Biology, 2020,21(1):70.
- [10] 陈竹锋,王承旭,柳威,等. 水稻抗除草剂蛋白及其在植物育种中的应用:CN102586215A[P]. 2012-07-18.
- [11] 陈涛,张善磊,赵凌,等. *ALS* 抑制剂类除草剂抗性水稻功能标记的开发与验证[J]. 中国水稻科学,2018,32(2):137-145.
- [12] 王芳权,杨杰,范方军,等. 水稻抗咪唑啉酮类除草剂基因 *ALS* 功能标记的开发与应用[J]. 作物学报,2018,44(3):324-331.

- [13] PIAO Z Z, WANG W, WEI Y N, et al. Characterization of an acetohydroxy acid synthase mutant conferring tolerance to imidazolinone herbicides in rice (*Oryza sativa*) [J]. *Planta*, 2018, 247(3):693–703.
- [14] MURRAY M G, THOMPSON W F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA [J]. *Nucleic Acids Research*, 1980, 8(19):4321–4325.
- [15] BRECCIA G, VEGA T, FELITTI S A, et al. Differential expression of acetohydroxyacid synthase genes in sunflower plantlets and its response to imazapyr herbicide [J]. *Plant Science*, 2013, 208: 28–33.
- [16] 黄 卉. 咪唑乙烟酸防除金粳 818 水稻田杂草的潜力与安全性研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2021.
- [17] GOETZ A J, LAVY T L, GBUR E E. Degradation and field persistence of imazethapyr [J]. *Weed Science*, 1990, 38 (4/5): 421–428.
- [18] LI G L, DONG L H, LIU B, et al. Residue analysis method of imazethapyr in soybean plants, seed and soybean field by QuEChERS-HPLC [J]. *Soybean Science*, 2015, 43(4):146–153.
- [19] SCHMITZ G L, WITT W W, MUELLER T C. The effect of wheat (*Triticum aestivum*) straw levels on chlorimuron, imazaquin, and imazethapyr dissipation and interception [J]. *Weed Technology*, 2001, 15(1):129–136.

## Breeding and Resistance Identification of Rice Line Qiangeng 187 Resistant to ALS Inhibitor Herbicides

GUO Xinya, CHEN Chun, LI Fan, WANG Feifei, SHI Yuliang, CHEN Weijun

(Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Siyang 223700, China)

**Abstract:** At present, the most efficient chemical weed control techniques for paddy fields are ALS inhibitor herbicides. Two resistant rice varieties (lines), Jingeng 818 and Qiangeng 187, were used as materials, and Xudao No.3 was used as the sensitive control. After being treated with imidazole ethyl nicotinic acid, the relative expression of target genes was analyzed. The results showed that the relative expression of target genes in the resistant materials gradually decreased to about 60% of the normal level. The results of the *in vitro* enzyme activity experiment showed that the resistance of Jingeng 818 and Qiangeng 187 with Ser-653-Asn amino acid substitution in the ALS to imidazole acenicotinic acid was more than 1 000 times that of Xudao No.3.

**Key Words:** ALS; Herbicide; Jingeng 818; Qiangeng 187

### 欢迎订阅 2024 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。

《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



胡 蕾,孙一标,张桂云,等. 施氮量对江苏沿海地区中熟中粳稻品种产量及品质的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):33–37,49. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.006>.

# 施氮量对江苏沿海地区中熟中粳稻品种产量及品质的影响

胡 蕾,孙一标,张桂云,代金英,朱静雯,王爱民,朱国永,孙明法,严国红\*

(江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224002)

**摘要:**为了确定氮肥的施用对江苏沿海地区中熟中粳稻产量及品质的影响,以中熟中粳稻品种南粳 5718 和盐稻 8269 为试验材料,设置全生育期不施氮肥( $N_0$ )和折合纯氮量  $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ( $N_{20}$ )施氮量 2 个处理进行大田试验,通过对比与分析 2 种施氮条件下,中熟中粳稻品种产量及其构成因素和蒸煮食味品质等差异。结果表明,施用纯氮量  $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$  后,中熟中粳稻南粳 5718 的高峰苗数、有效穗数、千粒质量、产量分别提高 63.27%、62.94%、7.55%、81.96%;盐稻 8269 则分别增加 62.23%、9.94%、5.80%、79.89%;2 个品种米饭的食味品质分别降低 8.89%、4.12%;整精米率分别显著增加 2.00%、1.59%;垩白度分别降低 16.99%、10.13%,垩白粒率分别显著降低 23.42%、7.7%;蛋白质含量分别显著提升 16.67%、9.59%。因此,施纯氮  $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$  能够提高江苏沿海地区中熟中粳的产量,降低稻米的蒸煮食味品质,提高其营养品质、加工品质和外观品质。

**关键词:**氮肥;粳稻;产量;品质

中图分类号:S511

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20240004

水稻是我国重要的粮食作物,全国约 60%以上的人口以稻米为主食,因此确保水稻持续稳定的生产,对保障粮食安全和社会稳定具有重要的作用<sup>[1]</sup>。江苏作为我国水稻种植的大省,常年种植面积约 220 万  $\text{hm}^2$ ,在 2016—2020 年,中熟中粳稻前 10 位品种的种植面积更是占 21.02%~26.99%,仅次于迟熟中粳<sup>[2]</sup>。近年来,随着生活水平的提高,人们在关注水稻高产的同时,对稻米品质也越来越重视,由“吃得饱”向“吃得好”转变。优越的温光和水肥条件,更是让江苏沿海地区的中熟中粳稻在产量和品质协调方面有着独特的优势。

高产和优质作为目前水稻育种的 2 个重要目标,除了受自身遗传基因、气候环境、栽培管理和贮藏加工等因素影响外,受氮肥的影响较大。氮作为作物生长发育重要的养分之一,施氮量和施氮方式不仅是栽培措施中提高水稻产量的关键因素,也是影响稻米品质的重要环节<sup>[3]</sup>。氮肥施用量及施用方

式均会影响水稻的有效穗数、每穗实粒数,从而影响水稻的种植产量<sup>[4]</sup>。氮特别是无机氮的过量施用会增加稻米蛋白质含量,导致米粒硬度增加、黏性减小、口感变差<sup>[5]</sup>。前人针对氮肥对水稻产量及田间生长发育的影响已有较多报道,但施氮量对江苏沿海地区主要的水稻种植类型中熟中粳稻的产量及食味品质的影响鲜有研究。本研究采取不施氮和全生育期  $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$  的施氮量这 2 种施肥方式进行对比,为氮肥的施用对江苏沿海地区中熟中粳稻品种产量及其构成因素及品质的影响提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验地点

供试材料为江苏省农业科学院粮食作物研究所育成的中熟中粳稻品种南粳 5718 和江苏沿海地区农业科学研究所培育的中熟中粳稻盐稻 8269。试验地点为江苏沿海地区农业科学研究所南洋试验场( $120.15^\circ\text{E}$ 、 $33.5^\circ\text{N}$ ),试验田块前茬为小麦,土壤类型为砂壤土。

### 1.2 试验设计

试验设计 2 个施氮水平处理,即全生育期不施氮肥( $N_0$ )和折合纯氮量  $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ( $N_{20}$ )的施氮量处理。按基肥、穗肥质量比为 7:3 施用,秧苗基肥、分

收稿日期:2024-01-15;修回日期:2024-04-01。

基金项目:江苏省重点研发计划(BE2020319);江苏省农业科技自主创新[CX(21)1011];盐城市重点研发计划(农业)(YCBN202313);盐城市绿色高品质耐盐粳稻工程技术研究中心(YC2021299)。

作者简介:胡 蕾(1993—),女,硕士,助理研究员,主要从事水稻育种与栽培研究。Email:1533710521@qq.com。

\* 通信作者:严国红(1968—),男,研究员,主要从事水稻育种与栽培研究。Email:guohongyc@163.com。

藁肥、穗肥的质量比为 3.5 : 3.5 : 3.0。分藁肥于移栽后 7 d 施用,穗肥于倒 4 叶时期施用。氮(纯 N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)质量比为 2 : 1 : 2,磷肥一次性基施,钾肥分别于耕翻前、拔节期等量施入。2023 年 5 月 20 日播种,6 月 19 日移栽,栽插密度为 27.8 万穴 /hm<sup>2</sup> (12 cm × 30 cm),4 本栽插。小区面积为 15 m<sup>2</sup>,设置 3 次重复。水分及病虫害管理均按照高产栽培要求实施试验。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量及其构成因素。理论产量为成熟期每小区调查 10 穴,测定有效穗数,每小区取样调查每穗粒数、结实率以及千粒质量,计算理论产量;实际产量为成熟期每小区实收产量。

1.3.2 茎藁动态、株高及穗长测定。茎藁动态为选取每小区的中间行数,定点 10 穴,于关键生育期测定茎藁的消长动态;株高及穗长为成熟期每小区与定点 10 穴测量株高及穗长。

1.3.3 食味品质测定。采用米饭食味计(型号: STA1A)的“日本粳稻”模型,测定米饭的外观、硬度、黏度、平衡值的评分和综合评分值(相对值)。

1.3.4 稻米品质测定。水稻收获脱粒,自然晒干后,参照 GB/T 17891—1999《优质稻谷》测定糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、垩白度,以及水分、直链淀粉、蛋白质含量(质量分数,下同)等。

1.4 数据处理

所有试验数据用 Excel 2010 进行处理,SPSS 16.0 统计分析,Origin Pro 2021 作图。

2 结果与分析

2.1 施氮量对中熟中粳稻产量及其构成因素的影响

由表 1 可知,不同施肥量对中熟中粳稻品种的产量有显著影响。施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮后,南粳 5718 和盐稻 8269 的实际产量比未施用氮肥分别显著高 81.96%、79.89%。在产量构成因素中,不同施氮水平下,2 个品种的千粒质量差异均有统计学意义。施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮后,南粳 5718 和盐稻 8269 的穗数比未施氮情况下分别高 78.75%、62.94%,千粒质量分别高 7.55%、5.80%。

表 1 施氮量对中熟中粳稻产量及其构成因素的影响

品种名称	处理	穗数 / (万个 /667 m <sup>2</sup> )	穗粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 / g	实际产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )
南粳 5718	N <sub>0</sub>	11.86 a	137.2 a	91.4 a	26.36 b	422.42 b
	N <sub>20</sub>	21.20 a	137.9 a	92.7 a	28.35 a	768.64 a
盐稻 8269	N <sub>0</sub>	12.98 b	136.2 a	90.4 a	23.98 b	403.21 b
	N <sub>20</sub>	21.15 a	137.9 a	92.9 a	25.37 a	725.32 a

注:同一品种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。

2.2 施氮量对中熟中粳稻茎藁动态的影响

由表 2 可知,不同施肥量对中熟中粳稻品种的基本苗、高峰苗、有效穗数和成穗率有显著影响。施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮后,南粳 5718 和盐稻 8269 的基本苗比未施用氮肥的基本苗分别显著高 130.61%、140.60%,高峰苗分别显著高 63.27%、62.23%,有效穗数分别显著高 78.75%、62.94%,南粳 5718 的成穗率显著高 9.49%。

2.3 施氮量对中熟中粳稻株高及穗长的影响

由图 1 可知,经施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮后,南粳 5718 和盐稻 8269 的株高均显著高于未施用氮肥的处理。但经过氮肥处理后,南粳 5718 穗长的表现与盐稻 8269 的穗长表现不一致,南粳 5718 的穗长变

短而盐稻 8269 的穗长变长,但两者的差异均无统计学意义(图 2)。

2.4 施氮量对中熟中粳稻食味品质的影响

如表 3 所示,施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮处理后,中熟中粳稻的食味品质较未施氮的中熟中粳稻显著降低,南粳 5718 和盐稻 8269 的米饭食味值分别降低 8.89%、4.12%。并且影响食味值的 4 个因素差异均有统计学意义,其中南粳 5718 米饭的外观、黏度和平衡度分别显著降低 12.49%、10.00%、12.28%,硬度显著增加 10.85%;盐稻 8269 米饭的外观、黏度和平衡度分别显著降低 6.97%、3.52%、6.12%,硬度显著增加 4.36%。

表2 施氮量对中熟中粳稻茎蘖动态的影响

品种名称	处理	基本苗 / (万株 /667 m <sup>2</sup> )	高峰苗 / (万株 /667 m <sup>2</sup> )	有效穗数 / (万个 /667 m <sup>2</sup> )	成穗率 / %
南粳 5718	N <sub>0</sub>	2.45 b	20.61 b	11.86 b	57.54 b
	N <sub>20</sub>	5.65 a	33.65 a	21.20 a	63.00 a
盐稻 8269	N <sub>0</sub>	2.34 b	20.15 b	12.98 b	64.42 a
	N <sub>20</sub>	5.63 a	32.69 a	21.15 a	64.70 a

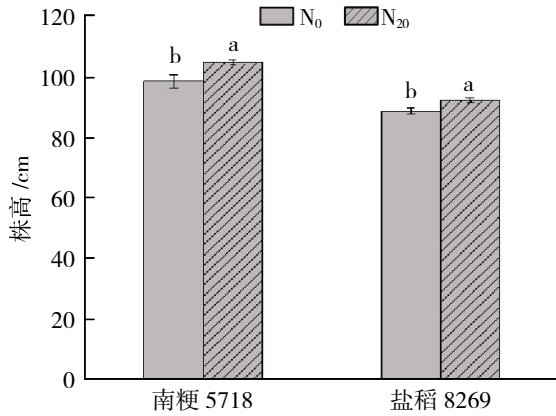


图1 施氮量对中熟中粳稻株高的影响

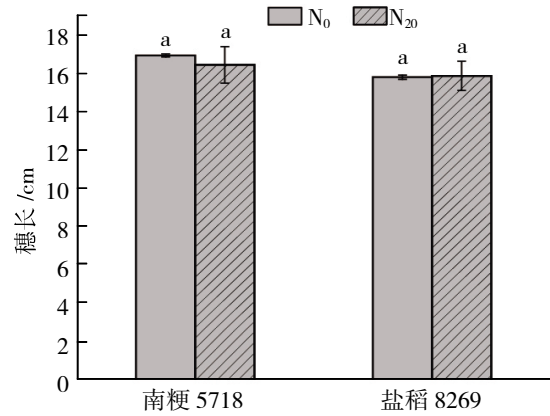


图2 施氮量对中熟中粳稻穗长的影响

表3 施氮量对中熟中粳稻食味品质的影响

品种	处理	外观	硬度	黏度	平衡度	食味值 / 分
南粳 5718	N <sub>0</sub>	8.57 a	5.53 b	8.70 a	8.63 a	83.60 a
	N <sub>20</sub>	7.50 b	6.13 a	7.83 b	7.57 b	76.17 b
盐稻 8269	N <sub>0</sub>	8.03 a	5.97 b	8.53 a	8.17 a	80.13 a
	N <sub>20</sub>	7.47 b	6.23 a	8.23 b	7.67 b	76.83 b

2.5 施氮量对中熟中粳稻碾米品质的影响

由表4可知,不同氮处理后2个中熟中粳稻品种的整精米率差异有统计学意义。在施用20 kg/667 m<sup>2</sup>纯氮处理后,南粳5718和盐稻8269的糙米率比未施用氮肥的分别高0.59%、1.50%,整精米率分别显著高2.00%、1.59%。

2.6 施氮量对中熟中粳稻理化品质的影响

由表5可知,施用20 kg/667 m<sup>2</sup>纯氮处理后,2个品种稻米的水分和直链淀粉含量差异无统计学意义,蛋白质含量和综合得分则差异有统计学意义。其中南粳5718和盐稻8269处理后的蛋白质含量比未施氮处理分别显著高16.67%、9.59%,综合得分则分别显著低19.63%、5.83%。

表4 施氮量对中熟中粳稻碾米品质的影响

品种	处理	糙米率 /%	精米率 /%	整精米率 /%
南粳 5718	N <sub>0</sub>	83.66 a	79.56 a	73.53 b
	N <sub>20</sub>	84.15 a	80.42 a	75.00 a
盐稻 8269	N <sub>0</sub>	83.51 b	79.28 a	73.07 b
	N <sub>20</sub>	84.76 a	80.45 a	74.23 a

表5 施氮量对中熟中粳稻理化品质的影响

品种	处理	水分含量 /%	蛋白质含量 /%	直链淀粉含量 /%	综合得分
南粳 5718	N <sub>0</sub>	10.7 a	7.2 b	13.6 a	81.5 a
	N <sub>20</sub>	10.9 a	8.4 a	13.6 a	65.5 b
盐稻 8269	N <sub>0</sub>	10.6 a	7.3 b	14.5 a	72.1 a
	N <sub>20</sub>	10.8 a	8.0 a	14.8 a	67.9 b

2.7 施氮量对中熟中粳稻外观品质的影响

由表6可知,施用20 kg/667 m<sup>2</sup>纯氮处理后,2个品种的垩白粒率与未施氮处理差异有统计学意义,对长均值、宽均值、长/宽均值和透明度没有显

著影响。其中南粳5718和盐稻8269经20 kg/667 m<sup>2</sup>纯氮处理后的垩白粒率比未施用氮肥处理分别显著低23.42%、7.70%,垩白度分别低16.99%、10.13%。

表6 施氮量对中熟中粳稻外观品质的影响

品种名称	处理	长均值 /mm	宽均值 /mm	长/宽均值	透明度 /级	垩白粒率 /%	垩白度 /%
南粳 5718	N <sub>0</sub>	4.28 a	2.81 a	1.52 a	3 a	17.93 a	5.71 a
	N <sub>20</sub>	4.14 a	2.70 a	1.53 a	2 a	13.73 b	4.74 b
盐稻 8269	N <sub>0</sub>	4.17 a	2.55 a	1.63 a	2 a	23.25 a	7.50 a
	N <sub>20</sub>	3.91 a	2.45 a	1.59 a	2 a	21.46 b	6.74 a

3 讨论与结论

3.1 施氮量对江苏沿海地区中熟中粳稻产量的影响

氮肥是影响水稻生长发育和产量的重要因子,一定范围内增施氮肥可提高水稻产量,其合理施用是粳稻获得优质高产的重要途径之一,目前正确施氮是水稻高产高效栽培的重要研究方向<sup>[6]</sup>。江苏省作为我国南方粳稻的主产省份,其粳稻单位面积产量远超全国平均水平的重要原因在于氮肥用量的增加。徐剑在研究江苏主栽粳稻品种与产量品质效益对氮肥的响应中发现,施氮0~270 kg/hm<sup>2</sup>时,施氮量的增加促进了水稻光合物质的生产与同化,进而增加了颖果数量,水稻的穗数和穗粒数随着施氮量的增加而增加,产量也随之提高<sup>[7]</sup>。张建军等研究不同施氮量对晚熟稻产量及品质的影响发现,施氮量可影响单位面积内的有效穗数,一定范围内增施氮肥可提高粳稻的结实率和千粒质量<sup>[8]</sup>。本研究中,施用20 kg/667 m<sup>2</sup>纯氮处理后,2个中熟中粳稻品种的基本苗、高峰苗和有效穗数都有显著增加,株高也显著高于未施氮肥的品种。在产量构成因素中,施用氮肥后,单位面积内的有效穗数和千粒质量显著增加,每穗粒数和结实率虽有增加但差异无统计

学意义。可能是因为氮肥的施用增加了中熟中粳稻中前期光合物质的积累量,促进了单位面积内有效穗数的发生,提高水稻抽穗期群体源库的质量和群体成穗率。同时足够的氮肥优化土壤物质结构,减缓了水稻功能叶片的衰老,提高了中后期光合作用效率,为后期千粒质量的形成打下了良好的基础,进而增加了中熟中粳稻的产量。

3.2 施氮量对江苏沿海地区中熟中粳稻品质的影响

稻米品质有不同的评价标准,一般从外观品质、碾米品质、营养品质和蒸煮食味品质等几个方面衡量<sup>[9]</sup>。近年来,随着人们生活水平的提高,稻米的蒸煮食味品质越来越受重视<sup>[10]</sup>。袁帅等研究认为,施氮肥能改善稻米碾米品质,但由于品种类型、环境条件、试验设计等原因,其研究结果有所差异<sup>[11]</sup>。张上都等研究氮肥对Y两优585稻米品质的影响发现,氮肥施用量为300 kg/hm<sup>2</sup>时可以提高产量,同时增加稻米出糙率、精米率和整精米率<sup>[12]</sup>。陈鸽等通过研究施氮量对机插优质杂交晚稻品种盛泰优626的产量和品质影响发现,适当增施氮肥可提高水稻产量,也可改善其碾米品质、蒸煮食味品质和营养品质等<sup>[13]</sup>。严凯等研究氮肥对南粳9108品质的影响发现,增施氮肥会显著降低米饭的适口性、光泽、味

道和香气,致使蒸煮食味品质变差<sup>[14]</sup>。本研究中,施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮处理后,2 个中熟中粳稻品种的食味值显著降低,主要表现在外观、黏度和平衡度均有显著降低而硬度显著增加。氮处理后增加了中熟中粳稻的碾米品质和外观品质,特别是整精米率有了显著提升,垩白粒率和垩白度显著降低。在理化品质中,氮肥处理后对直链淀粉含量影响不显著,但显著提高了稻米的蛋白质含量。蛋白质含量增加,米粒结构紧密,淀粉粒之间的空隙变小,吸水速度变慢,吸水量减少,使淀粉不能充分糊化,米饭黏度降低,结构松散,导致食味品质变差<sup>[15]</sup>。但是蛋白质影响米饭食味品质,不可简单归因于蛋白质的量<sup>[16]</sup>,也可能是因米粒吸水性的改变或是蛋白质网络结构本身,以及蛋白质与淀粉之间的互作等原因<sup>[17]</sup>。

综上所述,施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮处理后,显著增加了江苏沿海地区中熟中粳稻的株高、基本苗、有效穗数,提高了成穗率,进而增加了产量构成因素中的穗数、穗粒数、结实率和千粒质量,显著提高了产量。同时,在施用 20 kg/667 m<sup>2</sup> 纯氮处理后,降低了稻米的蒸煮食味品质,但加工品质和外观品质有所提高。

#### 参考文献:

- [1] 马 军,徐 田,叶 迎,等. 土壤类型与施氮水平耦合对水稻产量及氮素利用率的影响[J]. 生态学杂志,2021,40(6): 1677-1686.
- [2] 朱 盈,徐 剑,范 鹏,等. 2016—2020 年江苏省水稻主栽品种及其产量、品质特征研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2023,44(5):12-19,30.
- [3] 陈悦琪. 施氮量和移栽方式对不同粳稻品种产量及稻米品质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2023.
- [4] 顾汉柱,王 琛,吴 昊,等. 减氮方式对不同穗型粳稻产量和品质的影响[J]. 作物研究,2023,37(5):448-460.
- [5] 李精华,陈嘉涛,李 冉,等. 氮素养分形态配合对水稻生长发育和品质影响的整合分析[J]. 中国土壤与肥料,2023(10):193-200.
- [6] 刘玉龙,蒋建为,赵兴明,等. 优质杂交晚粳新组合盛泰优 626[J]. 杂交水稻,2020,35(2):88-90.
- [7] 徐 剑. 2016—2020 江苏主栽粳稻品种与产量品质效益对氮肥的响应[D]. 扬州:扬州大学,2023.
- [8] 张建军,贾 哲,涂 强,等. 不同施氮量对汉中稻区晚熟稻产量及稻米品质的影响[J]. 西北农业学报,2014,23(8):60-65.
- [9] 陈书健,陈京都,杨呈芹,等. 不同施氮量对机械水条播水稻产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2023,39(9):1-6.
- [10] 胡 蕾,孙一标,施 伟,等. 江苏沿海地区不同类型杂交稻组合品质特性及食味值与各品质性状间关联度分析[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(1):8-16.
- [11] 袁 帅,苏雨婷,陈平平,等. 施氮对稻米品质的影响研究进展与展望[J]. 作物研究,2021,35(4):394-400.
- [12] 张上都,伍 祥,涂 敏,等. 氮肥水平对 Y 两优 585 稻米品质的影响[J]. 贵州农业科学,2014,42(11):105-108.
- [13] 陈 鸽,李中希,刘奇硕,等. 施氮量对机插优质杂交晚稻盛泰优 626 产量和米质的影响[J]. 杂交水稻,2023,38(5): 115-120.
- [14] 严 凯,蒋玉兰,肖天晶,等. 不同施氮量对盐碱地水稻产量及品质的影响[J]. 中国稻米,2017,23(3):35-39,43.
- [15] 张启莉,谢黎虹,李仕贵,等. 稻米蛋白质与蒸煮食味品质的关系研究进展[J]. 中国稻米,2012,18(4):1-6.
- [16] 岳红亮,张梦龙,程新杰,等. RVA 谱特征值的影响因素及其与稻米食味品质的关系综述[J]. 江苏农业科学,2023,51(1):16-22.
- [17] 王鹏跃. 稻米蛋白质及组成对其蒸煮食味品质影响的研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2016.

(下转第 49 页)

## 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

郑波,李庆良,楼雷鸣,等. 俄罗斯麦芽品质特征及啤酒生产性能[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):38–49. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.007.

## 俄罗斯麦芽品质特征及啤酒生产性能

郑波,李庆良,楼雷鸣,赵飞函,孙洁,钟俊辉

[华润雪花啤酒(中国)有限公司,北京 100005]

**摘要:** 麦芽是啤酒酿造的主要原料,麦芽的品质直接影响啤酒产品的质量。为降低法国和加拿大大麦产业出口政策与国际局势动荡等因素对啤酒麦芽带来的质量、价格、供应等方面的不确定性影响,增加更多产地的新品种啤酒麦芽作为战略储备显得十分重要。对产于俄罗斯的大麦品种 *Despina* 开展了麦芽理化指标分析、实验室糖化工艺研究(包括蛋白质休止试验、糖化工艺试验、酶制剂添加试验等)及 3 个不同工厂生产酿造性能测试(以垦啤麦芽为对照)。结果表明:俄罗斯大麦品种 *Despina* 麦芽糖化力高(363 WK)、氮源丰富( $\alpha$ -氨基氮含量 1.73 g/kg)、 $\beta$ -葡聚糖含量高(0.83 g/kg),麦芽酵母提前絮凝(premature yeast flocculation, PYF)因子偏低且呈弱阳性,脂肪氧化酶活性较高,理化指标与国产垦啤麦芽整体比较接近,麦汁糖谱与氨基酸谱均略高于后者;糖化工艺方面,*Despina* 麦芽  $\alpha$ -氨基氮含量与国产垦啤麦、加拿大大麦 Copeland 水平相近,麦芽浸出率、碘值也与垦啤麦相近;生产性能测试方面,采用 2 段糖化工艺,添加  $\beta$ -葡聚糖酶 300 mg/L,与对照垦啤麦麦芽相比,*Despina* 麦芽糖化过程中头号麦汁浊度略高、发酵液过滤性能较好、老化前驱体较高,而清酒与成品酒指标则差异不大。因此,*Despina* 麦芽酿造过程表现与国产垦啤麦系列麦芽表现比较相似,符合啤酒麦芽的理化指标和酿造性能要求,可替代国产垦啤麦使用。

**关键词:** 俄罗斯麦芽; *Despina*; 酿造性能

中图分类号: S512.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-6486-20230283

我国是全球最大的啤酒生产国,近些年虽然受疫情等因素影响,啤酒产量略有波动,但依然维持在年产 3 000 万 t 以上,国内啤酒行业对啤酒麦芽的需求依然十分强劲。由于国产啤酒大麦产业的萎靡,国内啤酒市场对进口大麦的依存度非常高,根据中国酒业协会啤酒分会原料委员会的数据,约 90% 的啤酒大麦依赖进口,澳大利亚、加拿大、法国是我国三大主要的啤酒大麦进口国<sup>[1]</sup>。自 2020 年 5 月起,我国对澳大利亚进口大麦开始征收反倾销税和反补贴税<sup>[2]</sup>,使得澳大利亚大麦价格大幅上涨,达到了“双反”前的 1.8 倍。加之俄乌冲突对全球粮食价格波动影响等,多重因素叠加导致近几年大麦市场波动频繁,供需紧张。国内许多麦芽、啤酒企业为保障货源安全,防控供应风险,开始探索拓展周边国家,如俄罗斯、哈萨克斯坦等国家大麦资源和供应渠道<sup>[2]</sup>。

俄罗斯是全球主要的大麦产区之一,种植面积约 820 万  $\text{hm}^2$ ,大麦产量仅次于小麦。俄罗斯大麦种植主要分布于伏尔加河谷地区、伊万诺沃地区、马

哈奇卡拉地区和乌拉尔地区。主要种植品种为春大麦,约占 90%,播种时间为每年 4—5 月份,收割时间为当年 8—9 月份;冬麦品种播种期为每年 9—10 月份,收割时间为次年 7 月份。俄罗斯大麦单位面积产量较低,约 2.5  $\text{t}/\text{hm}^2$ ,近几年平均总产量约 1 900 万 t,占全球大麦总产量约 12%,但其中 90%~95% 为饲料大麦,啤酒大麦占比仅为 5%~10%。俄罗斯作为大麦净出口国,出口大麦主要为饲料大麦,通过海运运输,经黑海,主要出口至中东地区,前五大出口国为土耳其、沙特阿拉伯、利比亚、突尼斯和以色列。据海关总署数据显示,2021 年我国从俄罗斯进口饲料大麦 7.46 万 t,仅占全年大麦总进口量的 0.6%。根据《中华人民共和国海关总署公告》(2022 年第 21 号),2022 年 2 月,我国与俄罗斯达成共识,已经放开对俄罗斯全境小麦和大麦的进口限制,俄罗斯大麦进入我国市场已无障碍。俄罗斯远东地区与我国内蒙古东北部、黑龙江接壤,进口大麦可通过铁路运输的方式,从满洲里等口岸进入我国,对东北地区的麦芽、啤酒企业而言,较澳大利亚、欧洲、加拿大等地区具有一定的运输优势。

经了解,我国现在可进口的俄罗斯大麦品种主要是 *Despina*,国内对其质量性状、酿造性能的相关

收稿日期: 2023-12-20; 修回日期: 2024-5-30。

作者简介: 郑波(1984—),男,主要从事啤酒酿造技术及原料研究。

Email: zhengbo1@erh.cn.

研究尚未见报道。本文以内蒙古国产垦啤麦、加拿大(简称加)麦芽 Copeland、法国(简称法)麦芽 Planet 为对照,对 Despina 的品质、酿造性能等进行分析,探索它在主流啤酒中应用的可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

俄罗斯(简称俄)麦芽 Despina、国产垦啤麦芽由内蒙古呼伦贝尔春蕾麦芽有限公司提供,法麦芽 Planet,加麦芽 Copeland 由中粮麦芽(大连)有限公司提供。

### 1.2 试验仪器

麦芽理化分析仪器参照 QB/T 1686—2008《啤酒麦芽》配备:50 L 糖化一体机、MIR-253 恒温恒湿培养箱(SANYO, 日本)、TY1100 I-03 细胞计数仪(Countstar, 中国)、7890B 气相色谱仪(安捷伦,美国)、2414 液相色谱仪(Waters, 美国)。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 麦芽理化指标。**按照 QB/T 1686—2008《啤酒麦芽》标准对麦芽理化指标进行检测、评价。

**1.3.2 糖化工艺研究。**由于俄罗斯麦芽具蛋白含量高、浸出率低、 $\beta$ -葡聚糖含量高的特点,设置了蛋白质休止试验、糖化工艺试验及酶制剂添加试验。A:蛋白质休止工艺试验设置 4 个试验方案,分别为 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>,蛋白质休止温度与时间见表 1。B:糖化工艺试验设置 3 个试验方案,分别为 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>,B<sub>1</sub> 为 2 段糖化 + 低温 40 min (第一段)、20 min (第二段);B<sub>2</sub> 为 2 段糖化 + 低温均 20 min;B<sub>3</sub> 为 1 段糖化 + 低温 40 min,具体设计见表 2。C:酶制剂工艺设置 6 个试验方案,根据  $\beta$ -葡聚糖酶与木聚糖酶的添加量分别设为 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>,比较了 Despina 与垦啤麦 2 个品种,具体设计见表 3。通过在不同的蛋白质休止温度和时间、麦汁糖化温度和时间、酶制剂类型和添加量及煮沸强度下制备麦汁,评价不同品种麦汁的氮源、浸出物、碘值、二甲基硫(DMS)等指标,评价俄麦芽在不同的糖化工艺下的表现,并最终确定俄麦芽的糖化工艺。

**1.3.3 生产测试。**以垦啤麦芽为对照,采用相同的糖化、酵母添加、发酵、过滤、灌装工艺,在 3 家不同的工厂(A、B、C)内对俄罗斯麦芽进行生产测试,测试方案如表 4 所示。

表 1 蛋白质休止工艺方案

工艺参数		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
蛋白质休止	温度 /°C	50	54	50	54
	时间 /min	0	0	30	30

表 2 糖化工艺试验方案

工艺参数		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
第一段糖化	温度 /°C	68	68	68
	时间 /min	40	20	40
第二段糖化	温度 /°C	71	71	—
	时间 /min	20	20	—

表 3 酶制剂添加试验方案

酶制剂	添加量 / (mg/L)					
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>
$\beta$ -葡聚糖酶	0	200	300	0	200	300
木聚糖酶	0	0	0	600	600	600

表 4 生产测试方案

试验组别	工艺配方
试验组	俄麦芽 Despina 100%
对照组	垦啤麦芽 100%

注:辅料比麦芽:啤酒用糖浆 = 60 : 40。

## 2 结果与分析

### 2.1 麦芽特性

**2.1.1 常规理化。**从麦芽的常规理化指标来看(表5),俄罗斯麦芽 Despina 与国产垦啤麦芽整体比较相似。对于啤酒企业来说,俄罗斯麦芽质量存在蛋白质偏高的特点,麦汁氮源丰富、糖化力高;但也存

在浸出物偏低、 $\beta$ -葡聚糖高、过滤时间偏长的不足。法麦芽 Planet 具有浊度高、总氮偏低、糖化力不稳定等问题。春大麦 Planet 皮壳薄、颗粒饱满、浸出率高、麦芽总氮略低、协定法麦汁浊度和  $\beta$ -葡聚糖含量偏高<sup>[3]</sup>。加麦芽 Copeland 皮壳薄、颗粒饱满、光泽度优及浸出率、 $\beta$ -葡聚糖含量低,麦汁过滤速度快,酿造性能优异<sup>[4]</sup>。

表5 麦芽常规理化指标

检测项目	Despina	垦啤麦	Planet	Copeland
进厂水分 /%	4.8	5.0	4.5	4.7
$\alpha$ -氨基氮(绝干)含量 / (mg/kg)	1 730	1 701	1 567	1 650
浸出物(以绝干计)质量分数 /%	80.6	80.9	82.0	82.1
粗细粉差 /%	1.4	0.5	0.9	1.2
黏度 / (MPa·s)	1.47	1.52	1.42	1.43
协定法麦汁品尝 / 分	7.5	7.5	7.0	7.1
蛋白质(干基)质量分数 /%	11.8	11.6	10.5	11.4
糖化力(WK)	363	321	294	325
夹杂物 /%	0.33	0.30	0.25	0.22
煮沸色度(EBC)	8.3	7.7	8.3	8.5
色度(EBC)	5.2	4.6	4.8	4.8
总酸(滴定终点 8.2)用量 / (mL/L)	11.6	11.0	10.2	10.8
库尔巴哈值 /%	43	44	44	44
糖化时间 / min	9	9	9	9
脆度 /%	74	81	85	83
浊度(EBC)	2.0	1.9	1.8	1.6
$\beta$ -葡聚糖(绝干)含量 / (mg/kg)	830	680	500	450
300 mL 过滤速度 / min	48	49	39	36
DMS-P(风干)含量 / (mg/kg)	6.2	6.0	2.5	2.9
选粒试验(2.2 mm 以下) /%	0.6	2.3	1.1	0.9

注:协定法麦汁品尝:麦香、甜、干净,9分;麦壳味、有点甜、有点香,8.5分;麦壳味、口感粗糙,8分;口感粗糙、发干、尘土味,7.5分;麦壳味、苦味、尘土味,7分;发涩、苦、生青味,6.5分;土味、叶芽味、生青味、涩味、霉味、DMS味,5.5分;土味、霉味、酸味,5分。脆度:麦芽的物理脆性程度,用于评估麦芽的溶解度。DMS-P为二甲基硫(DMS)的前体物质。选粒试验:使用专用大麦选粒器,使用不同规格的直径的筛子,评价麦芽的颗粒饱满度。

**2.1.2 麦芽酵母提前絮凝** (premature yeast flocculation, PYF) 因子。PYF 因子低,呈阳性;PYF 因子高,呈阴性<sup>[5]</sup>。由表6可知,俄罗斯Despina 麦芽的PYF 因子偏低,且呈弱阳性,其他对照组检测的麦芽PYF 因子均为阴性,俄麦芽Despina 具有较强的絮凝性,有利于发酵后期酵母沉降,发酵后期发酵

液较为清亮,有利于啤酒生成过程。过早的絮凝沉降不利于啤酒双乙酰和乙醛等风味物质还原,可能造成啤酒的风味缺陷。对4种麦芽的发酵性能酵母悬浮数测试发现,Despina 发酵72 h(峰值期)和192 h(还原期)的细胞数比其他麦芽发酵液整体偏低(图1),酵母存在沉降较快的情况。



表6 麦芽PYF因子检测结果

样品名称	检测结果*	结果评价
Despina	68	弱阳性
垦啤麦	85	阴性
Planet	92	阴性
Copeland	101	阴性

\*注:发酵相同时间,测试麦芽发酵液悬浮酵母数与标准麦芽发酵液悬浮酵母数的比值。

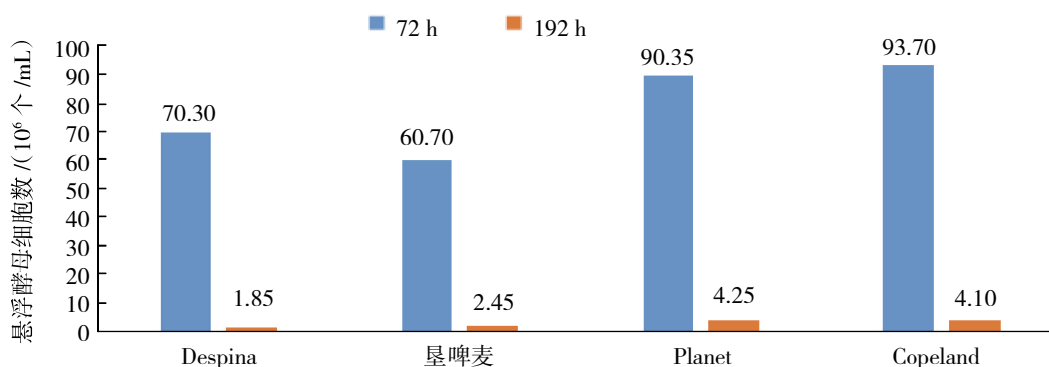


图1 麦芽发酵液悬浮酵母细胞数

**2.1.3 脂肪氧化酶。**脂肪氧化酶可专一催化具有顺、顺-1,4-戊二烯结构的多元不饱和脂肪酸加氧反应,氧化生成具有共轭双键的过氧化物,该酶活性偏高,说明其抗氧化能力较弱,不利于啤酒的抗

老化性能<sup>[6-7]</sup>。俄麦芽 Despina 的脂肪氧化酶(Lox)活性偏高,Despina 与垦啤麦接近,均为脂肪氧化酶活性偏高麦芽品类,Copeland 和 Planet 麦芽脂肪氧化酶活性较低,其中 Planet 最低(图2)。

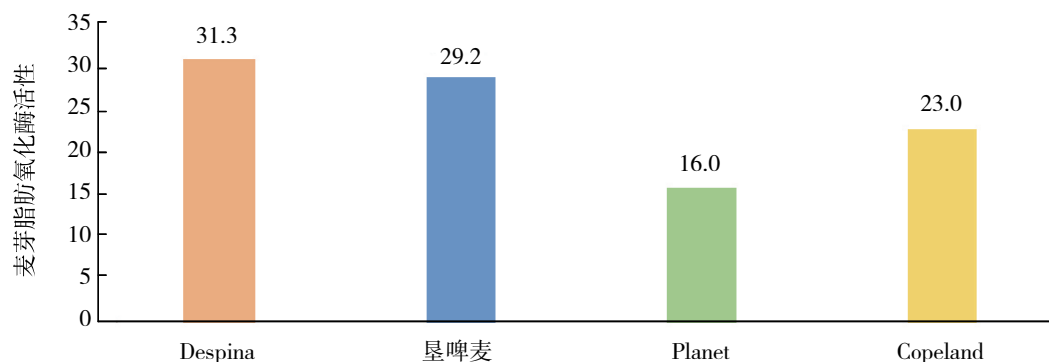


图2 麦芽脂肪氧化酶活性检测结果

**2.1.4 麦汁糖谱。**从麦汁糖谱(图3)组成来看,俄罗斯麦芽 Despina 比法麦芽 Planet、加麦芽 Copeland 所含的总可发酵糖量略低,但比国产垦啤麦麦芽略高,用协定麦汁糖化工艺曲线制备的麦芽,Despina 和垦啤麦的低分子糖含量无明显差异,但高分子糖总量分析,Planet 和 Copeland 麦芽检测结果偏高。

**2.1.5 麦汁氨基酸谱。**从麦汁氨基酸谱(图4)来看,俄罗斯麦芽 Despina 麦汁的氨基酸总含量比法麦芽 Planet、国产垦啤麦麦芽略高,与加麦芽 Copeland 相似。其中非合成氨基酸含量偏高,有利于发酵液高级醇含量的控制。耐高渗透氨基酸含量也偏高,有利于高浓发酵产品的生产。

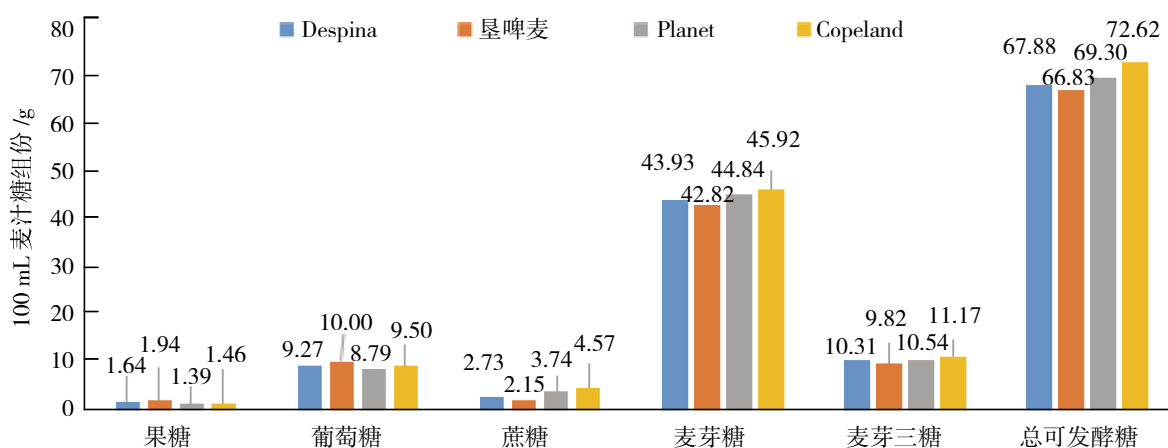


图3 麦汁糖谱组成

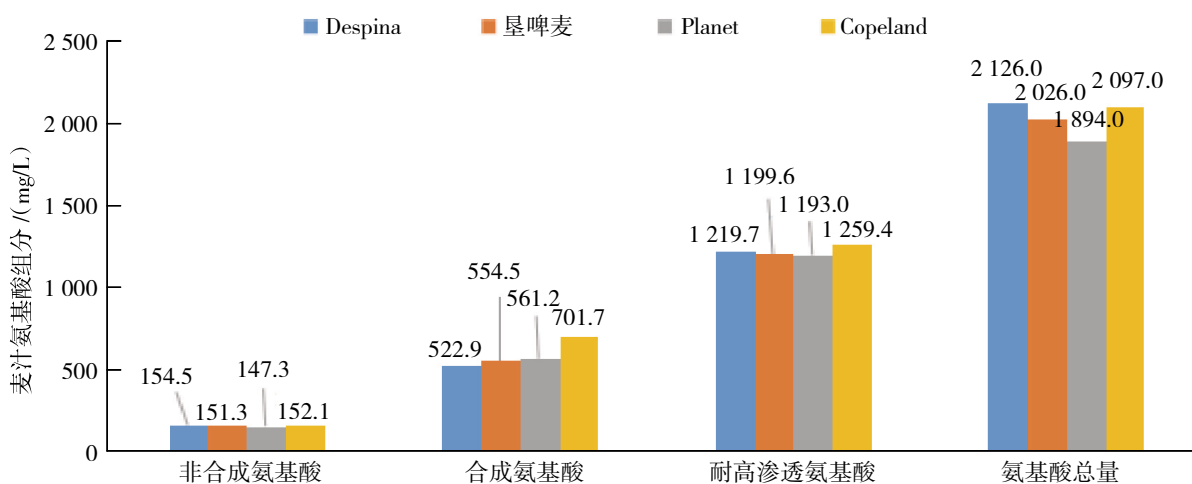


图4 麦汁氨基酸谱组成

2.1.6 麦汁缓冲能力。从麦汁缓冲能力来看,俄罗斯麦芽 Despina 麦汁滴定至 pH 值 5.6 时,其滴定消耗

量偏多,说明其麦汁缓冲能力较强,实际生产中可能会比其他品种麦芽需要使用较多的乳酸(图 5)。

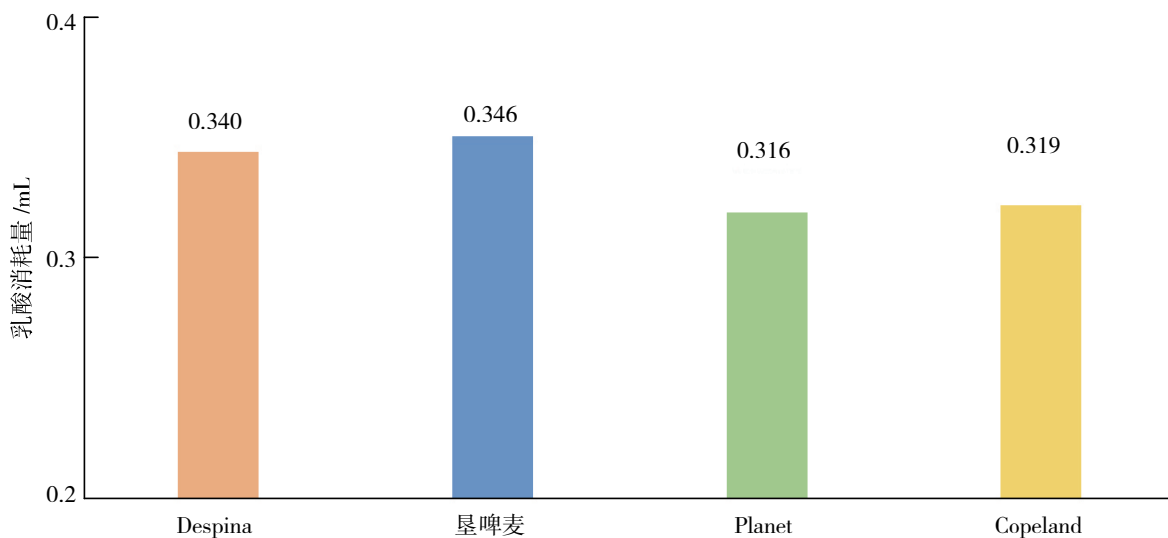


图5 麦汁缓冲容量

2.2 糖化工艺

2.2.1 蛋白质休止工艺。从糖化后麦汁中的 $\alpha$ -氨基氮含量来看(图6),俄罗斯麦芽 Despina 与国产垦啤麦、加麦芽 Copeland 水平相似,比法麦芽 Planet 较高;50 °C 或 54 °C 的休止温度,对俄罗斯麦芽蛋白质分解影响不大;0 min 或 30 min 的休止时

间,对俄罗斯麦芽蛋白质分解有一定影响,其中分解 30 min( $A_3$ 、 $A_4$ )后的 $\alpha$ -氨基氮含量(质量浓度)明显高于休止 0 min ( $A_1$ 、 $A_2$ );但 30 min 休止时间后 $\alpha$ -氨基氮水平比工厂常规的整体水平仍然偏低,因此在使用俄罗斯麦芽的实际生产中,还应继续延长蛋白质的休止时间,建议不低于 30 min。

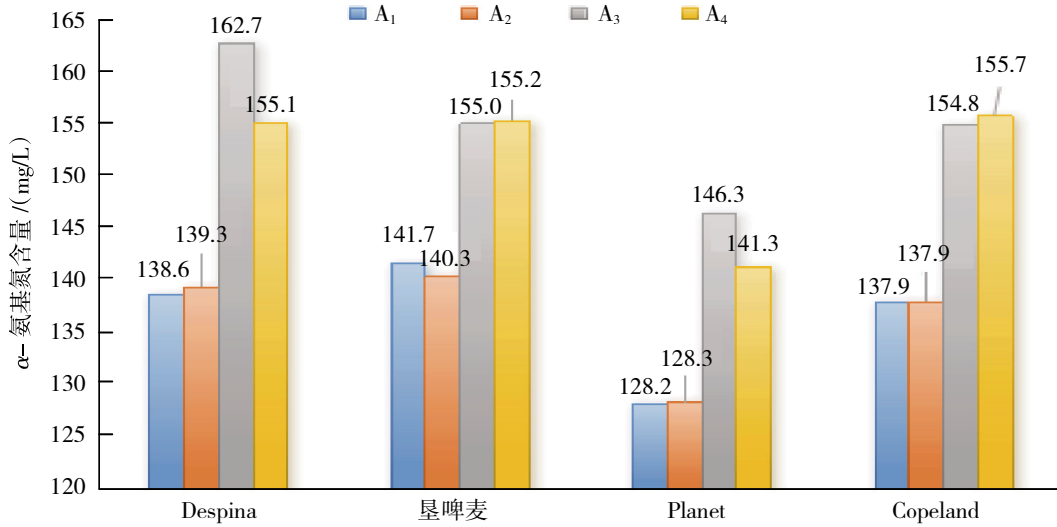


图6 不同蛋白质休止工艺后麦汁中  $\alpha$ -氨基氮含量(质量浓度)

2.2.2 糖化工艺测试。生产实践证明,提高麦芽浸出率,对提升啤酒品质,提高企业经济效益具有很大的应用价值<sup>[8]</sup>。从糖化后麦汁的浸出率结果(图7)看,俄罗斯麦芽 Despina 与垦啤麦麦芽水平相似,比法麦芽 Planet 和加麦芽 Copeland 偏低;1 段糖化法( $B_3$ , 68 °C、40 min)与 2 段糖化法( $B_1$ 、 $B_2$ )相比,整体

浸出率并未体现出上升趋势。从碘值结果看(图8),俄罗斯麦芽 Despina 与垦啤麦水平相似,比法麦芽 Planet 和加麦芽 Copeland 偏高;68 °C 糖化 40 min 与 20 min,对碘值影响不大,但取消高温段 71 °C 保温时间 20 min,碘值上升明显,故建议生产选用 2 段糖化工艺。

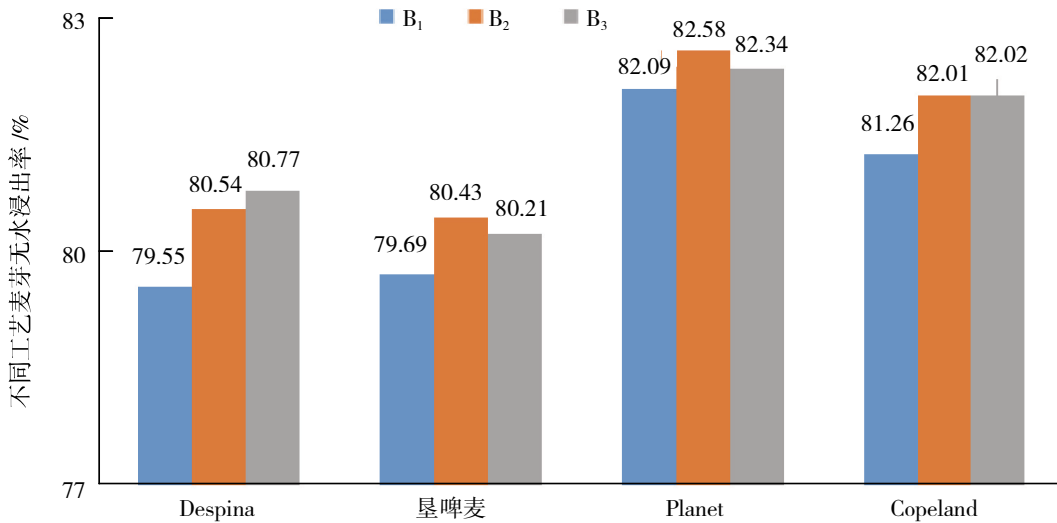


图7 不同糖化工艺后麦汁浸出率

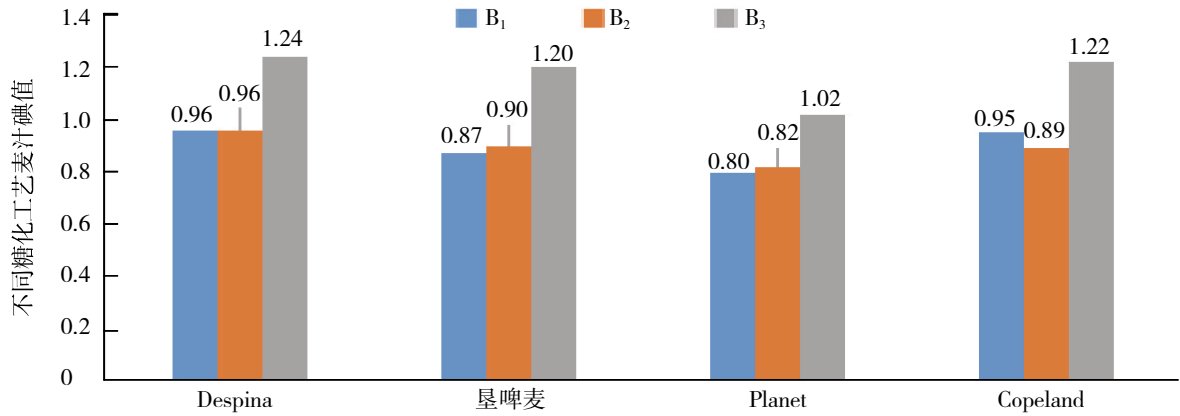


图8 不同糖化工艺下的碘值

**2.2.3 酶制剂添加工艺。**利用酶制剂分解  $\beta$ -葡聚糖能提高啤酒酵母发酵性能,麦汁中较少的  $\beta$ -葡聚糖的残留量,在改善啤酒质量方面也有良好的效果<sup>[9]</sup>。从糖化后麦汁的过滤量、浊度、黏度结果看(图9),同时添加  $\beta$ -葡聚糖酶和木聚糖酶的效果较显著。C<sub>5</sub>

与C<sub>6</sub>对比,过滤量、浊度、黏度差异不明显,考虑到麦汁过滤效果及质量,C<sub>5</sub>( $\beta$ -葡聚糖酶 200 mg/L+木聚糖酶 600 mg/L)最佳。由于木聚糖的使用量较大,综合考虑经济成本和质量效果,C<sub>3</sub>( $\beta$ -葡聚糖酶 300 mg/L)在规模化生产中有一定优势。

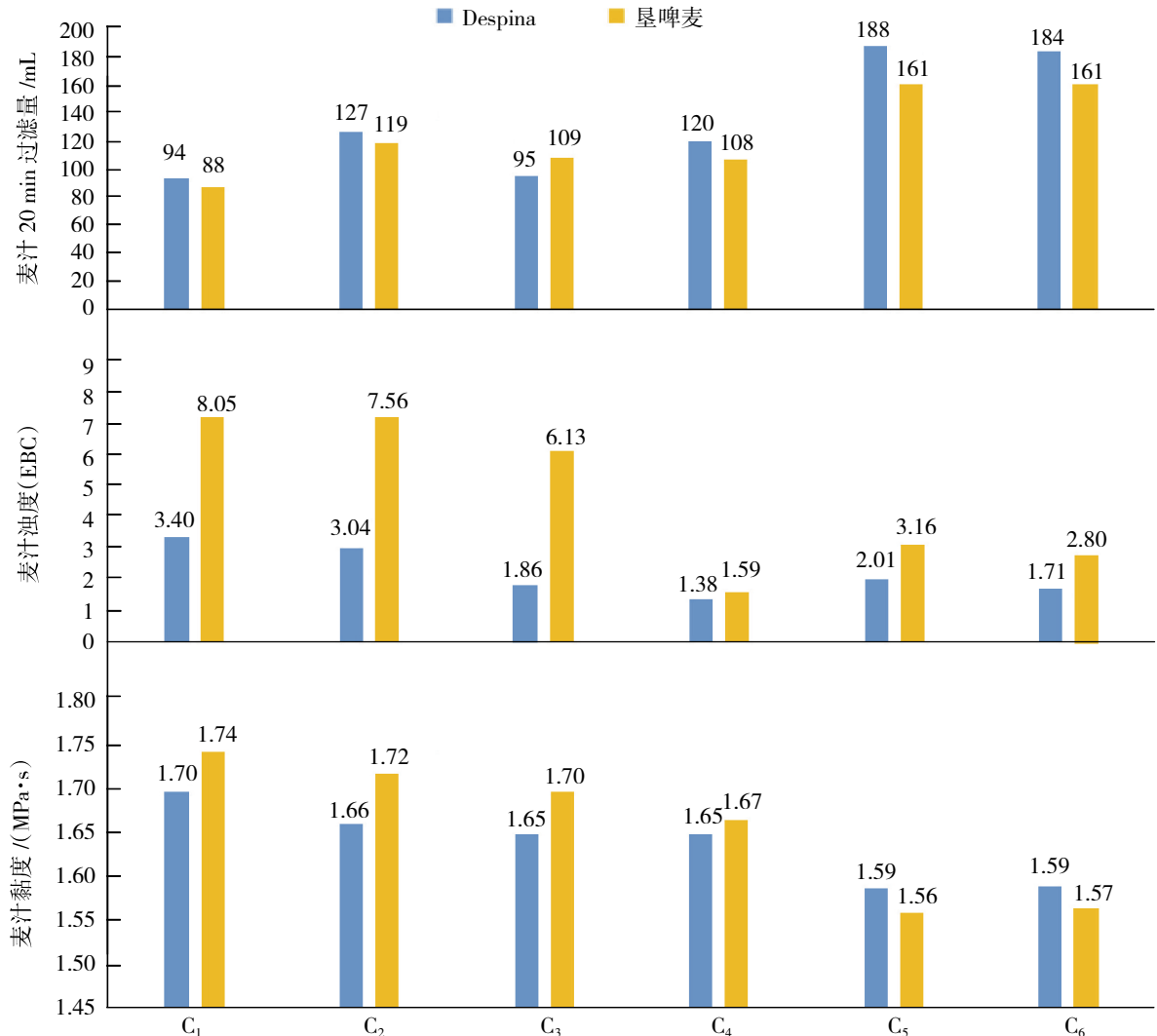


图9 不同酶制剂添加方案下的冷麦汁参数

### 2.3 生产测试

结合俄罗斯麦芽 Despina 在理化检测、糖化工艺测试中的表现,其与国产垦啤麦麦芽质量表现比较相似,因此生产测试以垦啤麦麦芽为对照,采用相同的工艺进行生产对比测试。试验在 3 家不同的

工厂分别开展<sup>[10]</sup>。

**2.3.1 糖化过程。**由图 10 可知,使用俄麦芽糖化过程中头号麦汁浊度略高于对照组,其余指标差异不明显。

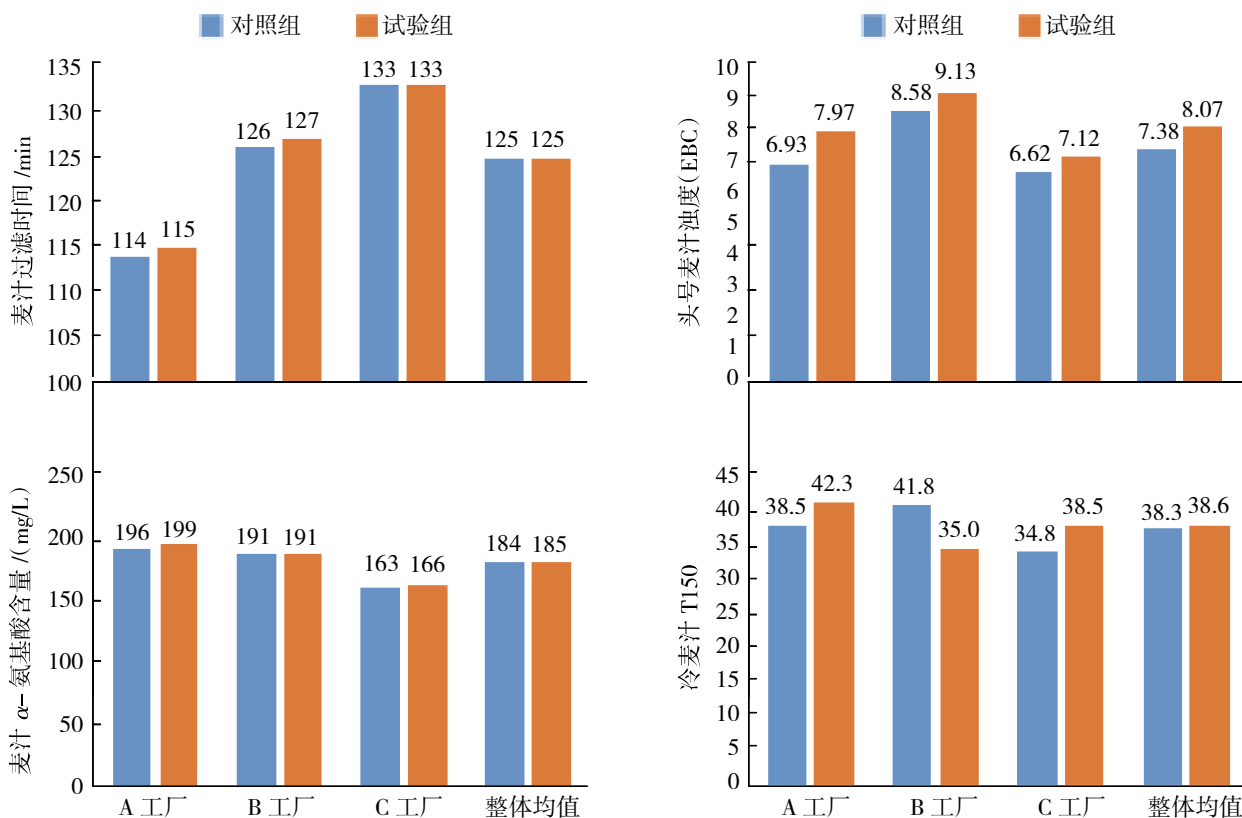


图 10 糖化过程麦汁主要指标

**2.3.2 酿造过程。**1)降糖速率:3家工厂,试验组与对照组差异均不明显(图 11);2)酵母增殖情况:3家工厂,试验组与对照组的酵母生长曲线基本一

致,降温前酵母数、过滤前酵母数差异不明显(图 12);3)发酵液指标:3家工厂对照组与试验组差异均不明显(表 7)。

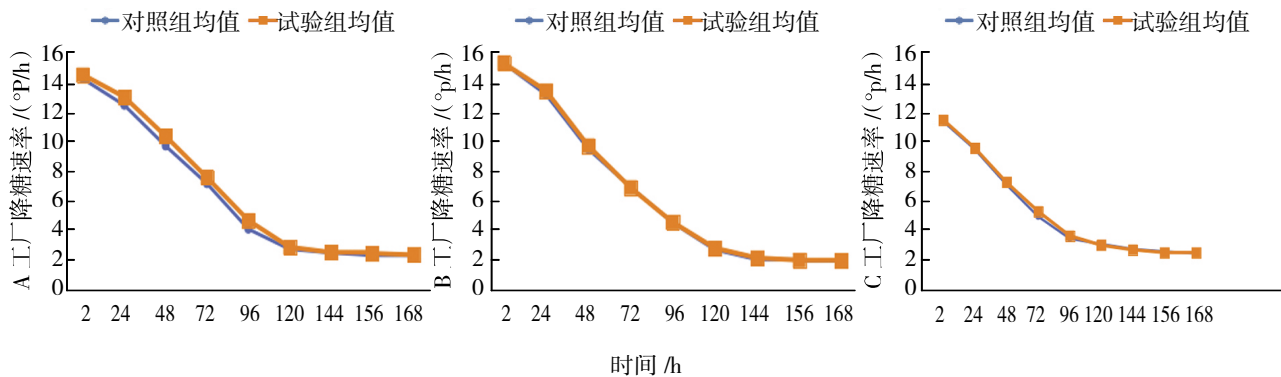


图 11 发酵过程降糖速率

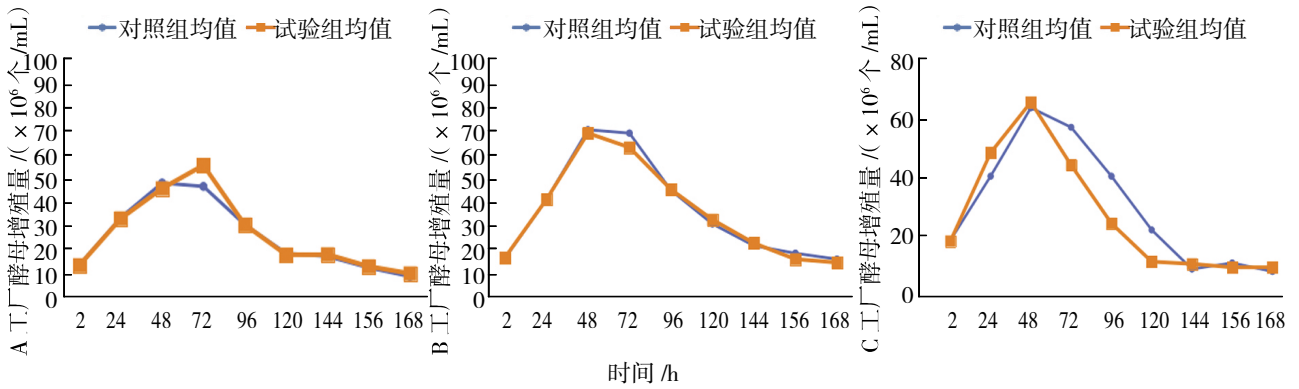


图 12 发酵过程酵母增殖曲线

表 7 发酵液指标

项目	A 工厂		B 工厂		C 工厂	
	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组
原麦汁浓度 /°P	15.4	15.5	15.5	15.5	15.5	15.8
酒精度 /%(体积分数)	6.8	6.9	6.8	6.8	6.9	7.0
真实浓度 /%	5.3	5.2	5.4	5.5	5.3	5.4
实际发酵度 /%(质量分数)	67.5	68.0	67.0	66.8	67.8	67.9
发酵液外观浓度 - 麦汁极限残糖 /%	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
苦味值 / BU	15.2	15.5	14.8	14.7	14.2	15.1
色度 / EBC	7.9	7.6	7.2	7.3	7.2	7.1
pH 值	4.2	4.2	4.1	4.1	4.2	4.1
100 mL 总酸量 /mL	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.7

2.3.3 过滤过程。1)啤酒过滤是去除啤酒中的悬浮微小颗粒,如酵母、蛋白质凝固物等,使啤酒清澈透明、不含悬浮物的工序。清酒过滤机压力值:试验组压力值为 0.30 MPa,对照组 0.34 MPa,比对照组低约 0.04 MPa,按照硅藻土过滤机的标准压力值控制范围,整体差异不明显,略优于对照组,说明

Despina 发酵液过滤性能较好(图 13);2)单机滤酒量:试验组比对照组略高,与滤机压力值偏低成对应关系,试验组发酵液有更好的过滤通过性(图 13);3)清酒指标:试验组与对照组差异不明显,清酒浊度均符合产品标准要求(表 8)。

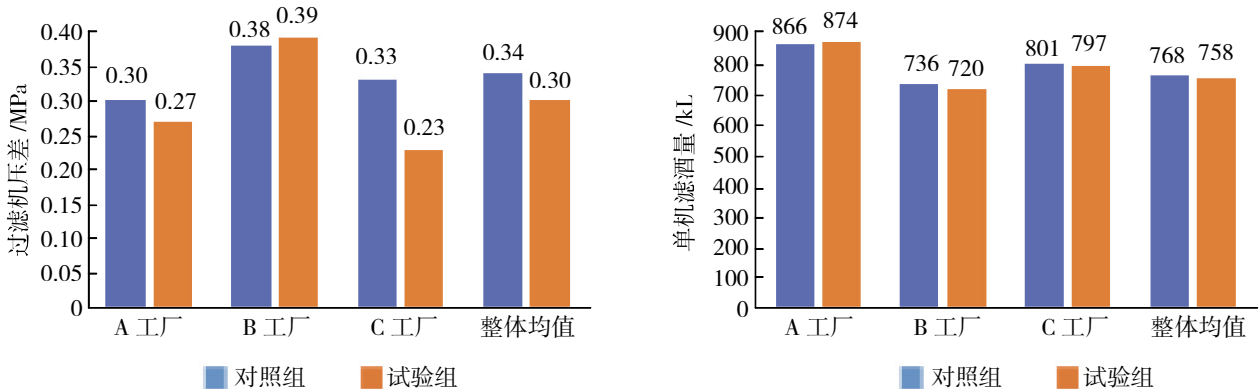


图 13 过滤机压差及滤酒量

表 8 清酒指标

项目	A 工厂		B 工厂		C 工厂	
	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组
原麦汁浓度 /°P	9.83	9.71	9.72	9.73	8.14	8.14
酒精度 /%(体积分数)	4.23	4.20	4.17	4.17	3.47	3.49
浊度 /EBC	0.54	0.55	0.48	0.51	0.41	0.48
色度 /EBC	4.40	4.33	4.10	4.27	3.43	3.67
二氧化碳质量分数 /%	0.47	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47
真正发酵度 /%(质量分数)	68.17	67.87	66.90	66.77	67.03	67.54
pH 值	4.22	4.24	4.17	4.15	4.14	4.17
100 mL 总酸量 /mL	0.88	0.96	0.86	0.97	0.78	0.77
清酒溶解氧 /( $\mu\text{g/L}$ )	7.00	7.33	7.43	7.60	7.00	7.17

2.3.4 成品酒理化分析。1) 强制保质期试验见图 14。随着周期延长,啤酒浊度升高,可将浊度升高的斜率与对照比较,A 工厂二者差异不大,B、C 工厂试验组浊度升高速率均比对照高(图 14、表 9)。其他成品酒理化分析指标见表 10。2) 二甲基硫(DMS):C 工厂成品酒中二甲基硫含量比对照酒高 1.8 mg/kg;

3) ESR(电磁旋转共振):试验组 Lagtime 整体比对照组低,俄麦的老化前驱体较高;4) 实际发酵度、浊度、泡持、双乙酰、乙醛、醇酯比等,试验组与对照组差异不明显;5) 品评得分:3 家工厂综合平均值得分试验组略高于对照组(表 10)。

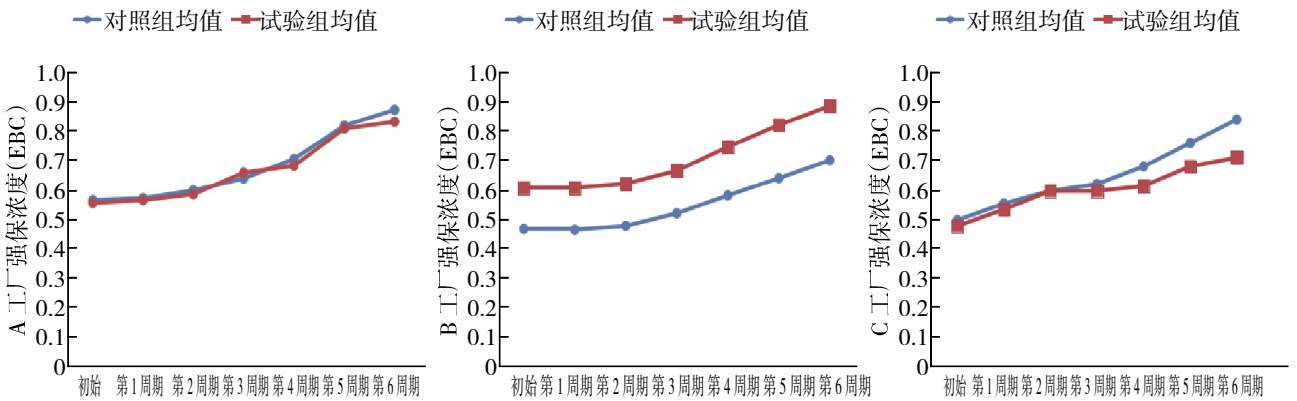


图 14 强制保质期试验浊度变化曲线

表 9 强制保质期试验浊度曲线斜率

	A 工厂	B 工厂	C 工厂
对照组	0.067	0.028	0.031
试验组	0.067	0.031	0.043

表 10 成品酒指标

项目	A 工厂		B 工厂		C 工厂	
	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组
实际发酵度 /%(质量分数)	68.2	67.8	66.9	66.7	67.0	67.4
苦味质 /BU	10.3	10.4	9.1	8.8	8.4	8.7
色度 /EBC	4.2	4.7	4.2	4.4	3.5	3.7
pH 值	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2

(续表)

项目	A 工厂		B 工厂		C 工厂	
	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组
浊度 /EBC	0.53	0.54	0.45	0.44	0.37	0.41
CO <sub>2</sub> 质量分数 /%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
泡持性 /s	199.0	192.0	195.0	198.7	224.0	226.3
100 mL 总酸用量 /mL	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8
ESR-Lagtime 电子自旋共振 -60℃ 自由基最长消耗时间 /min	65.3	60.5	76.0	72.3	53.0	42.7
双乙酰含量 /(mg/L)	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
DMS 含量 /(mg/kg)	12.8	12.2	13.4	13.1	9.9	11.7
乙醛含量 /(mg/L)	5.9	6.5	6.2	5.6	4.0	4.1
正丙醇含量 /(mg/L)	11.2	11.4	11.2	11.1	10.6	10.3
异丁醇含量 /(mg/L)	10.8	10.5	10.4	10.4	8.4	8.5
异戊醇含量 /(mg/L)	45.9	47.8	50.1	48.6	45.4	46.9
总高级醇含量 /(mg/L)	67.9	69.7	71.8	70.1	64.4	65.8
乙酸乙酯含量 /(mg/L)	16.1	15.2	17.8	18.0	12.1	12.6
乙酸异丁酯含量 /(mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
乙酸异戊酯含量 /(mg/L)	1.3	1.5	1.6	1.5	1.2	1.3
己酸乙酯含量 /(mg/L)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
辛酸乙酯含量 /(mg/L)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
总酯含量 /(mg/L)	17.8	17.1	19.8	19.9	13.6	14.2
醇酯比	3.8	4.1	3.6	3.5	4.7	4.6
品评得分 / 分	8.5	8.5	8.4	8.5	8.2	8.3

注:评价满分为 10 分,评价人员由 10 名啤酒国家级评委组成,每位评委独立打分,样品最终得分 = 所有评委的分值总和 / 参加品鉴人数。评价标准:优异的样品得分 9.0 ~ 9.5,优秀的样品 8.5 ~ 9.0,良好的样品 8.0 ~ 8.5,一般的样品 7.5 ~ 8.0,评价得分低于 7.5 的样品为需要改进样品。

### 3 讨论与结论

1)从麦芽指标来看,俄罗斯麦芽 Despina 整体上与国产垦啤麦质量相似,与法麦芽、加麦芽相比,有蛋白质含量高、糖化力高的优点,同时也存在浸出率偏低、 $\beta$ -葡聚糖偏高、过滤时间长、冷麦汁浊度偏高等不足。

2)从糖化工艺看,俄罗斯麦芽 Despina 由于蛋白质含量偏高,蛋白质休止时间适当延长有利于麦汁中  $\alpha$ -氨基氮的增长。1 段糖化法对浸出率提升无明显贡献,但会使碘值有上升趋势,建议使用两段糖化法;相同工艺曲线,俄罗斯麦芽 Despina 碘值偏高,这与其麦芽理化指标中糖化力高相悖,具体原因不明确,初步认为与麦芽品质不均匀有关,需进一步探索研究;麦汁缓冲能力较强,实际生产时可能需要使用较多的乳酸调节糖化 pH;可发酵糖偏低,不建议单独使用,可与其他可发酵性糖高的

品种麦芽搭配使用,避免出现发酵液发酵度偏低的情况;DMS 偏高,可根据生产热负荷值考虑是否提升煮沸蒸发量。

3)从大生产过程看,俄罗斯麦芽 Despina 与国产垦啤麦麦芽生产表现无明显差异,可在实际生产过程中替换使用,但鉴于俄罗斯麦芽在 DMS、浊度、ESR 等指标上的表现,不建议单独使用,可与其他麦芽搭配使用。

#### 参考文献:

- [1] 刘夏凇,张琳,朱冰冰. 推动“国麦振兴” 打造韧性啤酒产业链[J]. 可持续发展经济导刊,2023(12):61-62.
- [2] 贾小玲,孙致陆,李先德. 中国大麦进口格局及进口多元化分析[J]. 世界农业,2023(5):57-67.
- [3] 高娜,李娜,王红霞,等. 法麦芽酿造特性研究[J]. 中外酒业,2021(15):9-14.
- [4] 韩中平,韩永红,杨智. 加拿大新品种啤酒大麦制麦工艺



- 和质量特征研究[J]. 中外酒业,2023(3):20–27.
- [5] 李小燕,祁雪,佟恩杰,等. 啤酒麦芽引起酵母提前絮凝的研究[J]. 中外酒业,2021(9):28–34.
- [6] 李红,方贵权,李惠萍,等. 脂肪氧化酶对啤酒抗氧化性能的影响及其特性研究[J]. 食品工业科技,2013,34(9):186–189,284.
- [7] 李松迎. 啤酒麦芽中阿拉伯木聚糖组成、抗氧化活性研究与姜味特种啤酒开发[D]. 泰安:山东农业大学,2022.
- [8] 张霞,张宇锋. 利用响应面法优化啤酒麦芽浸出率的研究[J]. 啤酒科技,2014(9):30–32,29.
- [9] 温科. 啤酒麦芽制造过程 $\beta$ -葡聚糖及DMS含量动态变化研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009.

## Study on Quality Characteristics of Russian Malt and Brewing Performance in Beer Production

ZHENG Bo, LI Qingliang, LOU Leiming, ZHAO Feihan, SUN Jie, ZHONG Junhui  
[China Resources Snow Beer (China) Co., Ltd., Beijing 100005, China]

**Abstract:** Malt is the main raw material of beer, and the quality of malt directly affects the quality of beer. In order to reduce the quality, price, supply and other uncertainties brought by the export policies of the barley industry in France and Canada and turbulence in the international situation, it has become very important to find more supply channels and increase the technical reserves of malt with more origin and varieties. In this paper, the analysis of physical and chemical indexes of Russian barley variety Despina, the research of laboratory saccharification process, such as protein resting test, saccharification process test, enzyme addition test, and the production and brewing performance test of three different plants (CK: Kenpi malt) were carried out. The results showed that Despina had high glycation power (363 WK), rich nitrogen source (1.73 g/kg of  $\alpha$ -amino nitrogen content), high  $\beta$ -glucan content (0.83 g/kg), low and weakly positive premature yeast flocculation (PYF) and higher fat oxidase activity. The physicochemical index of Despina was similar to that of Kenpi, and the glucose and amino acid spectrum were slightly higher than that of Kenpi. In terms of saccharification process, the level of  $\alpha$ -amino nitrogen of Despina malt was similar to that of Kenpi and Copeland, and the malt leaching rate and iodine value were similar to that of Kenpi. In terms of production performance test, through 2-stage saccharification process and adding  $\beta$ -glucanase 300 mg/L, Despina malt showed higher turbidity of the first wort, better filtration performance of fermentation liquor and higher aging precursor compared with Kenpi malt, while there was no significant difference in sake and finished wine between Despina and Kenpi. Therefore, the brewing performance of Despina malt is similar to that of Kenpi malt, which meets the physical and chemical indexes and brewing performance requirements of beer malt, and can be used as a substitute for Kenpi.

**Key Words:** Russian malt; Despina; Brewing performance

(上接第 37 页)

## Effects of Different Nitrogen Application Rates on Yield and Quality of Mid-ripe and Medium Geng Rice Varieties in Coastal Areas of Jiangsu Province

HU Lei, SUN Yibiao, ZHANG Guiyun, DAI Jinying, ZHU Jingwen, WANG Aimin, ZHU Guoyong, SUN Mingfa, YAN Guohong  
(Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224002, China)

**Abstract:** In order to determine the effects of nitrogen fertilizer application on yield and quality of mid-ripening and medium geng rice in coastal areas of Jiangsu Province, Nangeng 5718 and Yandao 8269 were used as experimental materials, and field experiments were conducted under two treatments: no nitrogen fertilizer ( $N_0$ ) and 20 kg/667 m<sup>2</sup> ( $N_{20}$ ) equivalent nitrogen application. The differences of yield, composition factors, cooking and eating quality of middle-ripe geng rice varieties under two nitrogen application conditions were studied by comparison and analysis. The results showed that after applying 20 kg/667 m<sup>2</sup> of pure nitrogen, the number of peak seedlings, effective panicle number, thousand-grain weight and yield of Nangeng 5718 increased by 63.27%, 62.94%, 7.55% and 81.96%, respectively. Yandao 8269 increased by 62.23%, 9.94%, 5.80% and 79.89%, respectively. The eating quality of two varieties decreased by 8.89% and 4.12%, respectively. The milled rice rate was increased by 2.00% and 1.59%, respectively. The chalkiness and chalkiness grain rate decreased by 16.99%, 10.13% and 23.42%, 7.7%, respectively. Protein content was significantly increased by 16.67% and 9.59%, respectively. Therefore, pure nitrogen application of 20 kg/667 m<sup>2</sup> can improve the yield of medium-ripe and medium geng rice, reduce the cooking and eating quality of rice, and improve the nutritional quality, processing quality and appearance quality of rice in the coastal areas of Jiangsu Province.

**Key Words:** Nitrogen fertilizer; Geng rice; Yield; Quality

包灵丰,江青山,张英,等. 四川宜宾稻米品质的影响因素及稻谷优质生产的综合技术解析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3): 50-53,57. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.008>.

# 四川宜宾稻米品质的影响因素及稻谷优质生产的综合技术解析

包灵丰,江青山,张英,赵德明\*,贺兵,陈家彬,张杰,廖宗永,姜方洪,王峰,韩冬,李恒进,邬相宏  
(宜宾市农业科学院,四川宜宾 644000)

**摘要:**四川宜宾夏季气温高、湿度大,不利于水稻形成优质米。本文结合宜宾水稻生产和加工的实际情况,从品种、温光、土壤、栽培密度、施肥、病虫害、收获、翻晒、储藏和稻谷加工等方面,分析它们对水稻稻米品质的影响,提出了针对性的利于形成优质稻的技术措施,为生产和加工出优质稻米提供比较系统的技术参考,确保消费者最终能吃上优质可口的米饭。

**关键词:**四川宜宾;稻米品质;影响因素;综合技术;解析

**中图分类号:**S35;S36;S37

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20230286

水稻生产除了要求有比较高的籽粒收获产量外,还要满足大米消费者的喜好,大多数消费者希望能煮出较柔软、韧性好、有香味米饭的优质大米。好的米饭主要取决于大米的整精米率( $\geq 44.0\%$ )、直链淀粉含量(质量分数为 $13.0\% \sim 22.0\%$ )、垩白度( $\leq 8\%$ )等,这些米质指标除了取决于水稻品种的特性外,还受诸多外界因素的影响。宜宾处于四川盆地边沿,山地、丘陵多,整体来说空气流通性差,夏季天气湿热,病虫害比较多发,这明显不利于水稻优质米的形成,但我们利用优质稻品种并控制好各种不利因素,也能生产出品质较好的优质稻米。本文结合宜宾水稻生产的实际情况,对水稻稻米品质的影响因素和配套技术进行比较全面的分析说明。

## 1 水稻稻米品质的影响因素及配套技术

### 1.1 品种选择

稻米质量优劣的最主要影响因素是品种的特性,而一个水稻品种的米质情况取决于亲本的选择,如冈优1577<sup>[1]</sup>和宜香1577<sup>[2]</sup>,冈优1577(国审稻

2003003)的米质主要指标为整精米率53.1%、长宽比2.3、垩白率93.3%、垩白度27.1%、胶稠度54 mm、直链淀粉含量(质量分数,下同)94.9%,而宜香1577(国审稻2003052)的米质主要指标为整精米率58.7%、长宽比2.65、垩白率33.8%、垩白度5.5%、胶稠度63 mm、直链淀粉含量22.2%,其中垩白度、胶稠度和直链淀粉含量这3个直接决定米饭口感的指标差异极大,使宜香1577吃起来没有冈优1577那么硬,主要影响因素是冈优1577的母本冈46A<sup>[3]</sup>和宜香1577的母本宜香1A<sup>[4]</sup>不同,而冈46A的保持系冈46B的米质综合指标不利于形成优质稻米。宜香优1108<sup>[5]</sup>(国审稻2014018)的米质主要指标为整精米率54.0%、长宽比3.0、垩白率12%、垩白度1.7%、胶稠度83 mm、直链淀粉含量16.0%,它的垩白和直链淀粉含量明显低于宜香1577,而胶稠度高于宜香1577,使宜香优1108表现出比宜香1577更好的稻米品质,这些指标差异的主要原因是2个品种的亲本宜恢1577和宜恢1108不同带来的影响,特别是宜恢1577的直链淀粉和垩白含量比宜恢1108的更高,使宜恢1577的品质不如宜恢1108。所以要生产出优质稻米,就要选择优质水稻;要育成优质水稻品种,就要选好形成品种的亲本,特别是母本必须为优质稻。在宜宾,应当选择那些经过多年试验能经受得住高温胁迫和抗病虫能力强的优质水稻品种,如宜香优1108、宜香4245、宜香优2115等。

### 1.2 温光条件

水稻生产过程中光照和气温能直接影响稻米

收稿日期:2023-12-22;修回日期:2024-05-22。

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-01-96);

国家产业技术体系四川省水稻创新团队项目(sccstid-2021-01);

四川省科技计划重点研发项目(2021YFYZ20016);四川省

“十四五”生物育种重大科技专项(2022ZDZX0016)。

作者简介:包灵丰(1971—),男,硕士,研究员,主要从事水稻育种、栽培及营养研究。Email: BLF1577@163.com。

\* 通信作者:赵德明(1965—),男,研究员,主要从事水稻育种和栽培研究。Email: yixiangseed@163.com。

品质,特别是抽穗灌浆阶段光照好、光照时数多,则光合作用合成的物质多,籽粒充实度好,垩白小而少,利于形成优质稻米<sup>[6]</sup>。水稻在抽穗灌浆阶段的气温也会影响稻米品质,白天气温如果太高甚至高过了40℃,水稻叶片气孔就会关闭而严重影响光合作用,白天气温偏低则会影响水稻的新陈代谢。如果夜间温度太高,呼吸作用增强,从而大量消耗白天合成的有机质,结果影响稻米的充实度,使稻米的垩白大而多。水稻抽穗灌浆阶段的适宜气温为25~35℃,开花最适宜气温30℃左右,若低于20℃或高于40℃,水稻的授粉、籽粒形成等过程都会受到严重影响<sup>[7]</sup>,进而影响稻米品质。宜宾夏季气温偏高,要选择适宜生育期品种,并合理确定播种期,使它们抽穗灌浆时期能避开8月初的极端高温,避免或减轻高温危害,以形成比较好的优质稻米。

### 1.3 土壤环境

水稻生长发育过程中所需的养分主要来自于土壤<sup>[8]</sup>,而需要最多的就是来自土壤里的水分,所以土壤的保水力、含水量和排灌条件对生产优质稻起到比较重要的作用。如果稻田容易干旱,水稻生长、抽穗和灌浆结实会受到影响,结果就影响水稻的产量和米质。土壤里N、P、K等营养元素的多寡也会影响稻米品质,只有适量才能保证水稻的产量和米质正常形成<sup>[9]</sup>,如施用氮肥过多,就不利于形成优质稻米,氮素过多还会出现倒伏,对水稻的产量和米质影响更大。所以对稻田我们既要培肥土壤,又不能搞成容易坐蔸和倒伏的烂泥田;对于宜宾地区泥脚深、土壤太肥沃的稻田,最好不要冬闲,而是种一季蔬菜、油菜等旱地作物,一方面可以适度提高土壤pH值,另一方面降低土壤肥力,可以防止稻株倒伏,提高抗病虫害能力,确保夏季水稻的产量和米质。

### 1.4 栽插密度和施肥

稻田的秧苗移栽密度越大,每穴水稻抽穗成熟时间就越接近一致,能更准确反映品种的米质特性;移栽株行距越大,主穗和分蘖穗抽穗时间差越大,成熟时品质差异就越大,米质总体表现会较差<sup>[10]</sup>。对于肥力水平较高的田块,水稻移栽后长势旺,分蘖多,如果栽插密度大,会出现徒长倒伏,因此一定要注意栽插密度的控制。宜宾地区的肥田可以采用33.3 cm的行距、26.7~33.3 cm的穴距进行移栽,随着稻田肥力水平变高应适当增大穴距。施肥上,对肥力水平高的稻田最好施少量底肥,后期

视苗情少量追肥,最好不施追肥。如果秧苗长势太旺应注意及时断水晒田,以确保水稻正常生长发育,最后形成高产、优质水稻。如果稻田肥力太差,如宜宾的山区梯田,应当密植,可以采用33.3 cm的行距、16.7~23.3 cm的穴距进行移栽。施肥除了施好底肥外,要及时追肥,追肥后如果苗情变化慢,应隔10~15 d再施追肥,施肥时间应于幼穗分化开始前15 d左右完成,避免追肥太迟引发或加重稻瘟病的发生,在生长发育过程中最好不要断水,至少薄水灌溉到成熟。农田改造中会出现同一块稻田不同方位有可能存在肥力水平不一致现象,所以在施肥过程中应结合具体土壤肥力情况精准施肥,尽力确保稻田中每片水稻营养均衡。适量施氮肥(112.5~150.0 kg/hm<sup>2</sup>)能提高水稻的加工品质,但施用氮肥过量反而会降低精米率和整精米率<sup>[11]</sup>。适时施用氮肥作追肥(37.5~75.0 kg/hm<sup>2</sup>)和穗肥(15.0~30.0 kg/hm<sup>2</sup>),还可以优化稻米淀粉结构及理化特性,提高稻米品质和口感<sup>[12]</sup>。有机肥和复合化肥的合理配施,利于水稻高产和改善品质,对肥力比较差的稻田要用适量有机肥如秸秆还田来培肥土壤<sup>[13]</sup>。肥力水平高的稻田要施用硅肥,以提高产量、品质和抗倒能力<sup>[14]</sup>。缓控释氮肥在提高水稻产量与氮素利用率以及缓解环境污染方面展现出显著优势,特别适合宜宾山区肥力较差的梯田<sup>[15]</sup>。宜宾往往存在比较严重的春旱,会出现长秧龄秧苗,要及时视苗情施氮肥避免脱肥<sup>[16]</sup>。总之,适宜的秧苗栽插密度和科学的施肥,充分提供水稻正常生长发育的各种营养条件,从而挖掘水稻形成高产优质水稻的潜力。

### 1.5 病虫害防治

病虫害的发生也会影响水稻的稻米品质,特别是纹枯病和稻曲病会严重影响稻米的米色和口感。病虫害的发生一是取决于品种的抗性<sup>[17]</sup>,像宜香优2115这类抗性好的品种病虫害就不容易发生;二是取决于肥料的多寡,如果肥力太好,水稻各组织过于幼嫩,很容易诱发病虫害;三是天气状况<sup>[18]</sup>,如果长期处于多雨、寡照天气,植株体内碳氮比值偏低,会引起严重的病虫害。我们应当根据品种特点、土壤肥力情况、天气状况及水稻的生长发育情况及时采取相应的栽培措施,确保水稻后期能形成高产、优质的稻米。对于水稻病虫害的防控要及时,一定不能错过最佳用药期,要避免因严重的病虫害出现减产甚至绝收的情况发生,尽量使用低毒高效农药,要精准而不超量,减轻农药使用对动植物体和环境带

来的危害。在宜宾地区,水稻的病虫害主要包括稻瘟病、纹枯病、稻曲病、螟虫和稻飞虱,应视天气状况、病虫害发生情况采取相应的物理、化学、生物等综合防控措施:物理防治上,一定要尽早清除稻田周围的植物残体,避免带菌越冬感染水稻;化学防治上,要注意苗期、抽穗和成熟期不同阶段的观测、预防和农药治理;生物防治上,要注意天敌和引诱剂的使用。

### 1.6 收获、翻晒和储藏

水稻成熟后一定要及时收获<sup>[9]</sup>,如果成熟后较长时间不收割归仓,稻谷的米质和米饭口感就会变差。收获后的稻谷如果未晒干就堆在一起,会降低稻谷加工后的稻米整精米率,米饭的口感也会变差;如果暴晒也会降低稻米整精米率。稻谷最好趁晴天收获后及时翻晒,在水泥地坪上面不能薄层暴晒,薄层暴晒会降低稻米加工的整精米率。晒的过程中应当勤翻稻谷,可2~3h翻1次,有条件的可以将收获后的稻谷用烘干机直接烘干。储藏方面,一是要注意防潮,最好低温密闭储藏;二是要防止鼠害,最好用可以防止老鼠进入的坚硬谷仓储藏水稻。一般来说稻谷储藏1年以后稻米品质特别是口感会逐渐变差,所以1年以上的陈谷应当逐步改为他用,如作畜禽饲料等。宜宾夏季气温高,水稻籽粒转熟快,近9成黄熟时要尽早趁晴天抢收水稻,避免因推迟收割影响稻米品质。

### 1.7 稻谷加工

农用小型打米机器,因过于简陋会降低加工出来的大米整精米率。对于数量比较多的稻谷最好采用专用打米机器,以确保稻米较高的整精米率和较好的米色。收获后已经翻晒或烘干好的稻谷不宜立即进行稻米加工,立即加工会增加稻米的碎米比例,最好于室温下搁置3~5d后再加工成稻米,以确保较高的整精米率。宜宾水稻灌浆成熟期往往会受到高温影响,使收获的稻粒加工后的整精米率不高,所以选用专用打米机器进行稻谷加工就显得特别重要,如佳强农业打米机(型号NZJ15)。

## 2 讨论与结论

每个水稻品种都存在它特有的外在最适生长发育条件,如果温光、肥水、栽培、储藏、翻晒和加工都能满足每个水稻品种与稻米品质所需要的最适

条件,就能生产加工出该品种比较好的稻米。形成优质稻米的各个因素并不是孤立地起作用,而是互相关联共同作用,任何一个因素的弱化或者疏忽都能影响优质稻米的形成,所以需对形成优质稻米的各个因素综合谋划、精准施策,确保水稻生长发育的各个阶段和环节都能提供最适的条件,最终收获更高产、更优质的水稻。宜宾优质稻米生产面临的主要负面影响因素是稻田高肥、夏季高温高湿,这既加重了水稻病虫害的发生,又不利于优质稻米的形成,所以一定要综合谋划、精准操作,且尽量种植抗逆能力强的优质耐肥品种。

水稻品质优劣是相对的,不同品种对应不同的生长条件,有的品种在某个地方某个年份的某个季节表现稻米品质好,是因为外在条件达到或者接近于它对应的最适条件。一个品种在同一地区不同年份往往存在稻米品质差异,主要原因是年度之间环境条件存在差异,但这种差异在年度之间不大,所以稻米品质差异往往不明显;若不同地区环境条件差异极大,则同一品种的稻米品质差异往往就比较大。如宜宾市农业科学院选育的宜香10号,在宜宾南溪区大观镇多年种植均表现为低垩白、低整精米率,可是到了陕西汉中,稻米品质就发生了根本性的改变,不仅垩白率极低,而且整精米率极高,是非常典型的优质米,也反映出这个品种的稻米品质稳定性不好,易受环境条件影响。而有些品种的稻米品质稳定性就比较好,如宜香优2115<sup>[20]</sup>,不同地区种出的稻米品质差异小,总体表现都比较优异。同一品种在不同地区、同一地区的不同年份都可能因环境条件的变化出现稻米品质的明显差异,而技术上所能做的就是采取适宜的栽培措施来减小差异,让每个品种尽量表现出它在一定地区条件下的最好稻米品质。如在陕西汉中水稻种植区,土壤为砂壤型,稻田开阔空气流通性好,不易发生严重病虫害,只要选择了优质水稻品种,施够肥料,确保水源,一般都能生产出优质稻谷,而在稻田肥沃的川南宜宾,除了选择优质水稻品种外,施肥、灌水、病虫害防控等措施都不能马虎,所以基于各个地区环境条件的不同就应该采取不同的栽培措施来进行优质稻米生产,精准施策,确保水稻高产、优质、高效、绿色,以满足消费者对大米的优质、绿色无公害的要求。

在生产加工出优质稻米后,要吃上可口的米

饭,还必须注重大米的科学蒸煮。对于不同品种的稻米,煮饭用水应有一定的差异,一般来说直链淀粉含量高的稻米煮饭用水应当多一点。对于刚收获不久的稻谷加工而成的稻米,饭煮熟后还不能立即食用,应当焖 20 min 左右再食用,以确保米饭不夹生。随着稻谷归仓储藏时间变长,加工成的稻米所煮的米饭焖饭时间可以逐渐缩短,直至储藏半年以后可以逐步省去焖饭过程。

另外,在宜宾要生产出比较优质的稻米,还可采用印刷播种技术,以大幅延长秧龄,提高秧苗素质<sup>[21]</sup>。择优选用直播和秧苗移栽 2 种不同水稻栽培方式,对水源好、有前作的最好采用直播,其他多数稻田特别是冬水田宜采用秧苗移栽<sup>[22]</sup>。灌水量对水稻生长发育、产量及稻米品质均有显著影响<sup>[23]</sup>,对于水源较差的山区梯田在确保水源条件下要注意节水和高效用水。宜宾存在麦稻、油稻轮作模式,这会使播种和秧苗移栽推迟,最好选用全生育期比较短的水稻品种<sup>[24]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 江青山,林 纲,赵德明,等. 高产杂交水稻新组合冈优 1577[J]. 杂交水稻,2000,15(5):44.
- [2] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 宜香 1577 的高产制种及纯度控制技术[J]. 中国农学通报,2004,20(5):90-92.
- [3] 彭华碧,谌德友. 冈 46A 繁殖制种优质高产技术总结[J]. 杂交水稻,2002,17(6):28-29.
- [4] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 水稻籼型优质不育系宜香 1A 特性研究[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(1):86-90.
- [5] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 水稻新品种宜香优 1108 的特征特性及高产栽培技术[J]. 四川农业科技,2014(5):9-10.
- [6] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 不同播期与收获期对水稻灌浆期、产量及米质的影响[J]. 华南农业大学学报,2017,38(2):32-37.
- [7] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 杂交水稻抗热育种关键技术[J]. 中国种业,2005(11):51-52.
- [8] BAO L F,LIN G,ZHAO D M,et al. Yield effect of chemical and soil nitrogen on the mid-season and ratooning hybrid rice[J]. Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), 2009,16(3):17-21.
- [9] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 四川南部杂交水稻植株体内氮素质量分数差异及用量分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2011,36(5):125-129.
- [10] 包灵丰,林 纲,赵德明,等. 防止杂交水稻倒伏并提高产量和米质的栽培技术[J]. 中国稻米,2005,11(2):30.
- [11] 赵艳岭,余海波,林蔚伦,等. 不同氮肥运筹下 2 种主栽水稻生长发育和加工品质的差异[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(1):49-56,73.
- [12] 王 岩,王 旺,蔡嘉鑫,等. 氮肥对稻米淀粉结构及理化性质影响的研究进展[J]. 中国稻米,2023,29(4):1-8.
- [13] 李洪亮,孙玉友,魏才强,等. 肥料配施对寒地粳稻生长及产量和品质的影响[J]. 中国种业,2023(11):67-70,76.
- [14] 罗来杨,吴晓峰,刘凯丽,等. 硅肥对优质稻产量、品质及抗倒伏性的影响[J]. 杂交水稻,2023,38(2):149-153.
- [15] 王云翔,咸云宇,赵 灿,等. 缓控释氮肥施用技术在水稻上应用研究进展与展望[J]. 中国稻米,2023,29(4):20-26.
- [16] 阿什日轨,张荣萍,周宁宇,等. 长秧龄条件下施氮量对杂交稻分蘖特性和产量的影响[J]. 杂交水稻,2022,37(6):97-103.
- [17] 包灵丰,赵德明,江青山,等. 川南地区水稻抗病性育种技术初探[J]. 四川农业科技,2022(8):50-52.
- [18] 包灵丰,林 纲,江青山,等. 2020 年宜宾市水稻主要病害发生情况与防治措施[J]. 四川农业科技,2021(10):43-45.
- [19] 包灵丰,江青山,张 英,等. 宜宾市直播水稻高产栽培技术探讨[J]. 四川农业科技,2023(10):23-25.
- [20] 吴芋钢,张翠苹,王 丽,等. 宜香优 2115 稻米品质及稳定性分析[J]. 四川农业科技,2017(4):44-46.
- [21] 徐向阳,朱孔志,丁世峰,等. 基于印刷播种的杂交水稻机插秧制种技术[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(6):33-38.
- [22] 章清杞,蔡来龙,程祖铎,等. 杂交水稻不同栽培方式的产量形成及经济效益分析[J]. 杂交水稻,2023,38(6):142-146.
- [23] 唐文雪,马忠明,连彩云,等. 不同灌水量对河西绿洲灌区膜下滴灌水稻产量、耗水特征及水分利用效率的影响[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(6):1-7.
- [24] 石晓旭,石 吕,薛亚光,等. 不同麦稻轮作模式产量、资源利用及经济效益分析[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(1):57-67.

(下转第 57 页)

付正波,许金波,赵加涛,等. 高产优质饲料大麦新品种保饲麦 30 号的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):54-57. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.009>.

# 高产优质饲料大麦新品种保饲麦 30 号的选育及栽培技术

付正波<sup>1</sup>,许金波<sup>2</sup>,赵加涛<sup>1</sup>,刘猛道<sup>1</sup>,字尚永<sup>1</sup>

(1. 保山市农业科学研究所,云南 保山 678000; 2. 保山市植保植检工作站,云南 保山 678000)

**摘要:**保饲麦 30 号是保山市农业科学研究所 99-22-1-1/V008-4 为母本、V24-9-2 为父本配制杂交组合,采用系谱法选育而成的饲料大麦新品种。该品种具有高产(籽粒产量 6 348.15 kg/hm<sup>2</sup>左右)、优质(蛋白质质量分数 9.5%以上)、多抗(高抗锈病、高抗条纹病、抗白粉病)、适应性广等特点,2023 年通过农业农村部非主要农作物登记,编号为 GPD 大麦(青稞)(2023)530019,适宜在云南省海拔 1 400~2 100 m 冬播大麦产区水田、旱地种植。本文介绍了该品种的选育过程、特征特性及栽培技术要点,为该品种大面积推广应用提供技术支撑。

**关键词:**保饲麦 30 号;品种选育;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:**1673-6486-20230281

大麦属禾本科 1 年生草本植物,是世界种植面积仅次于玉米、小麦和水稻的重要粮食作物,具有早熟、丰产、抗逆性强、适应性广等特点<sup>[1]</sup>。云南常年种植大麦 21.07 万 hm<sup>2</sup>,保山市地处云南省西部,是典型的山地农业地区,小春复种指数低,大小春两季作物生产节令矛盾突出,饲料供求矛盾大。保山市农业科学研究所大麦科研团队从 1988 年冬季开始大麦新品种选育、栽培技术研究和示范推广课题立项,通过科研团队多方面研究,决定种植大麦以代替小麦。实践证明,大麦生育期短、早熟,有显著的丰产性以及良好的饲喂效果,能有效解决 2 季茬口矛盾,有利于下茬作物及时种植从而获取高产<sup>[2]</sup>。近几年来,保山一直在对小春作物结构进行调整,在合理压缩小麦种植面积,加快啤饲大麦种植面积过程中,大麦面积从零星种植地方老品种发展至 2023 年种植啤饲大麦 3.02 万 hm<sup>2</sup>,结构调整成效显著,从理论到实践解决了长期阻碍该市粮食生产的难题。因此,选育出适合保山麦区种植的产量高、品质优、稳产性好,抗病、抗逆性强、综合性状好的大麦新品种,对维护种植制度、保障粮食安全有着极其重要的意义。2017 年保山市农业科学研究所育成适宜在

云南省海拔 1 400~2 100 m 冬播大麦产区水田、旱地种植的高产优质、抗旱抗寒、分蘖力强的春性早熟饲料大麦新品种——保饲麦 30 号。

## 1 保饲麦 30 号亲本来源及选育过程

### 1.1 亲本来源

99-22-1-1/V008-4 与 V24-9-2 是保山市农业科学研究所从云南省农业科学院引进收集的大麦种质资源。母本 99-22-1-1/V008-4 特征特性为幼苗生长习性半直立,旗叶叶耳有花青甙显色,旗叶叶耳花青甙显色强,茎秆节、芒尖端有花青甙显色,芒尖端花青甙显色强,植株较高。父本 V24-9-2 特征特性为幼苗生长习性直立,旗叶叶耳、茎秆节、芒尖端花青甙不显色,植株高度适中。

### 1.2 选育经过

2012 年保山市农业科学研究所根据育种目标要求,选用 99-22-1-1/V008-4 为母本、V24-9-2 为父本在保山市农业科学研究所试验田组配杂交组合,2013—2016 年连续自交 4 代经系谱法进行单株选择,2017 年其 F<sub>5</sub> 开始稳定,选综合性状表现优良、丰产性好的其中一个单株进行扩繁,编号为 17BJ-25。2017—2018 年参加保山市大麦新品种(系)预备试验,2018—2019 年参加保山市啤饲大麦新品种多点试验;2020—2022 年参加并通过云南省饲料大麦新品种区域试验,定名为保饲麦 30 号,

收稿日期:2023-12-15;修回日期:2024-03-14。

基金项目:国家大麦青稞产业技术体系项目“保山综合试验站”(CARS-05);云南省重大科技专项(202102AE090014-3)。

作者简介:付正波(1986—),男,高级农艺师,主要从事啤饲大麦新品种选育与示范推广工作。Email: bsfuzhengbo@163.com。

2023年通过农业农村部非主要农作物登记,编号为GPD大麦(青稞)(2023)530019;2023年申请国家植

物新品种权保护(申请号:20231000946)。其选育经过如图1所示。



图1 保饲麦30号选育系谱图

## 2 保饲麦30号特征特性

保饲麦30号为四棱皮大麦,春性,幼苗生长习性为直立,旗叶叶耳无花青甙显色或显色强度极弱,茎秆节无花青甙显色或显色强度弱,芒尖端无花青甙显色或显色强度极弱,植株高度中。分蘖力较强,叶绿色,叶片宽,叶姿半直立,株型紧凑,叶耳白色,茎叶蜡质多。穗层整齐,穗姿半直立,穗和芒呈黄色,熟相好。籽粒饱满、大小中等均匀、黄色、纺锤形,有效穗数多,实粒数多,抗倒伏,抗寒性、抗旱性好,抗白粉病,高抗锈病、条纹病。保饲麦30号株高86.7cm,生育期150.5d,基本苗271.88万株/hm<sup>2</sup>,最高茎蘖数801.23万个/hm<sup>2</sup>,有效穗数473.25万个/hm<sup>2</sup>,穗长7.22cm,总粒数56.2粒/穗,实粒数55.42粒/穗,结实率98.6%,千粒质量34.94g。经四川省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所检测分析,保饲麦30号籽粒蛋白质含量(质量分数,下同)为9.51%,淀粉含量为51.8%,赖氨酸含量为0.36%。

## 3 保饲麦30号产量表现

2017—2018年保饲麦30号参加保山市啤饲

大麦新品种(系)预备试验,产量为8952kg/hm<sup>2</sup>,比对照保大麦8号(产量8290.5kg/hm<sup>2</sup>)增产661.5kg/hm<sup>2</sup>,增7.98%。2018—2019年保饲麦30号参加保山市啤饲大麦多点鉴定试验,25个参试品种,8个试点平均产量为7668kg/hm<sup>2</sup>,比平均产量7446kg/hm<sup>2</sup>增产222kg/hm<sup>2</sup>,增2.98%,综合性状表现较好,其中隆阳试点产量达7369.5kg/hm<sup>2</sup>,较对照增12%,居第1位;固东试点产量达10416kg/hm<sup>2</sup>,较对照增14.30%,居第1位。由表1可知,2020—2022年保饲麦30号参加云南省饲料大麦区域试验,第1年7试点平均产量6390.3kg/hm<sup>2</sup>,比对照V43(平均产量6087.45kg/hm<sup>2</sup>)增产302.85kg/hm<sup>2</sup>,增4.97%,居14个参试品种的第3位;第2年6个试点平均产量6306kg/hm<sup>2</sup>,比对照V43(平均产量6049.05kg/hm<sup>2</sup>)增产256.95kg/hm<sup>2</sup>,增4.25%,居12个品种的第2位;2年平均产量为6348.15kg/hm<sup>2</sup>,比对照V43(平均产量6068.25kg/hm<sup>2</sup>)增产279.9kg/hm<sup>2</sup>,增4.61%,居参试品种第1位。

表1 保饲麦30号区域试验产量构成因素

年份	品种名称	基本苗 / (万株 /hm <sup>2</sup> )	茎蘖总数 / (万个 /hm <sup>2</sup> )	有效穗数 / (万个 /hm <sup>2</sup> )	实粒数 / (粒 /穗)	千粒质量 / g	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )
2020—2021年	保饲麦30号	270.00	748.50	444.00	54.00	36.30	6 390.30
	V43(CK)	256.50	649.50	432.00	42.80	46.20	6 087.45
2021—2022年	保饲麦30号	273.75	853.95	502.50	56.84	33.58	6 306.00
	V43(CK)	254.40	683.25	449.85	46.18	42.79	6 049.05
2年平均	保饲麦30号	271.88	801.23	473.25	55.42	34.94	6 348.15
	V43(CK)	255.45	666.38	440.93	44.49	44.50	6 068.25

## 4 保饲麦30号栽培技术要点

### 4.1 栽培区域

保饲麦30号属于高产优质、抗旱抗寒抗病、耐瘠广适、分蘖力强的春性早熟饲料大麦新品种,在云南省海拔1 400~2 100 m冬播大麦产区水田、旱地种植。

### 4.2 规范种植

选择排灌方便的中上等田块,播种前晒种1~2 d,种子用立克秀(6%戊唑醇)悬浮种衣剂拌种可有效防控条纹病,用30%的噻虫嗪悬浮种衣剂拌种,对防治蚜虫具有显著效果。旱地于8月下旬至9月下旬提前播种,水田于10月中旬至11月中旬播种,播种量为120~150 kg/hm<sup>2</sup>。科学施肥:有机、无机肥结合,底肥施农家肥22.5 t/hm<sup>2</sup>,种肥施N、P、K质量比为15:15:15的复合肥300 kg/hm<sup>2</sup>,尿素300 kg/hm<sup>2</sup>,混合撒施后接着播种盖种盖肥。分蘖期灌水或雨后撒施尿素300 kg/hm<sup>2</sup>作分蘖肥。

### 4.3 田间管理

**4.3.1 科学适期除草。**杂草2~3叶时,用爱秀(5%唑啉草酯乳油)1 200 mL/hm<sup>2</sup>加10%苯磺隆粉剂300 g对水喷雾防除禾本科杂草及阔叶杂草。

**4.3.2 病、虫、鼠害防治。**在分蘖盛期、抽穗期时用戊唑醇或三唑酮和吡虫啉或噻虫·高氯氟等杀虫剂混合防治病虫害1次,灌浆期、成熟期视蚜虫数量

再防虫1~2次;旱地的地下害虫对幼苗危害比较严重,要结合整地防治地下害虫。有鼠害的田块,要在抽穗期、灌浆期、成熟期视情况投放毒饵诱杀1~3次<sup>[3-6]</sup>。

**4.3.3 科学灌水。**有条件的地方灌出苗水、分蘖水、拔节水、抽穗扬花水、灌浆水3~5次。

**4.3.4 适时收获。**采用机械收获,留种田必须去杂、去劣,晾晒后待水分降至13%以下时方可装袋入库。

### 参考文献:

- [1] 龚 谨,李先德. 中国大麦进口剧增的动因、影响与贸易政策选择[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2020.
- [2] 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.
- [3] 付正波,郑家文,刘猛道,等. 饲料大麦新品种保大麦18号及栽培技术[J]. 中国种业,2016(11):68-69.
- [4] 赵加涛,刘猛道,付正波,等. 粮草双高大麦保大麦25号的选育及栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(4):60-62.
- [5] 赵加涛,刘猛道,杨向红,等. 浅析保山市早秋大麦发展成效及丰产栽培集成技术[J]. 农业科技通讯,2017(12):267-269.
- [6] 郑家文,刘猛道,尹开庆,等. 保山市饲料大麦新品种选育和高产高效栽培技术集成及示范[J]. 作物杂志,2011(2):120-122.



---

## Breeding and Cultivation Techniques of New Forage Barley Variety Baosimai No.30 with High Yield and High Quality

FU Zhengbo<sup>1</sup>, XU Jinbo<sup>2</sup>, ZHAO Jiatao<sup>1</sup>, LIU Mengdao<sup>1</sup>, ZI Shangyong<sup>1</sup>

(1. Baoshan Institute of Agricultural Sciences, Baoshan 678000, China;

2. Baoshan Plant Protection and Quarantine Station, Baoshan 678000, China)

**Abstract:** Baosimai No.30 is a new forage barley variety bred by genealogical method with 99-22-1-1/V008-4 as the maternal parent and V24-9-2 as the paternal parent by Baoshan Institute of Agricultural Sciences. This variety has the characteristics of high yield (grain yield of about 6 348.15 kg/hm<sup>2</sup>), high quality (protein content above 9.5%), multiple resistance (high resistance to rust, stripe disease and powdery mildew) and wide adaptability. In 2023, it was registered as GPD barley (highland barley) (2023) 530019 by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. It is suitable for planting in paddy fields and dry land in winter barley growing areas at an altitude of 1 400~2 100 m in Yunnan Province. This paper introduced the breeding process, characteristics, yield performance and cultivation techniques of this variety, which provided technical support for its widespread application.

**Key Words:** Baosimai No.30; Variety breeding; Characteristic; Yield performance; Cultivation technique

---

(上接第 53 页)

## Analysis of Influencing Factors of Rice Quality and Comprehensive Techniques of Rice High-quality Production in Yibin City, Sichuan Province

BAO Lingfeng, JIANG Qingshan, ZHANG Ying, ZHAO Deming, HE Bing, CHEN Jiabin, ZHANG Jie,

LIAO Zongyong, JIANG Fanghong, WANG Feng, HAN Dong, LI Hengjin, WU Xianghong

(Yibin Academy of Agricultural Sciences, Yibin 644000, China)

**Abstract:** The high temperature and humidity in summer in Yibin City, Sichuan Province are not conducive to the formation of high-quality rice. Based on the actual situation of rice production and processing in Yibin, this paper analyzes the effects of varieties, temperature, light, soil, planting density, fertilization, pests, diseases, harvesting, turning over in the sun, storage and rice processing on rice quality, and puts forward targeted technical measures to form high-quality rice in combination with various influencing factors, which provides a systematic technical reference for the production and processing of high-quality rice, and emphasizes that all factors should adopt scientific and accurate comprehensive measures around high-quality rice production.

**Key Words:** Yibin City; Rice quality; Influencing factor; Comprehensive technology; Analysis

杨 鹏,李珍富,杨永乐,等. 国审小麦品种瑞华麦 518 的选育、性状分析及育种启示[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):58-65. <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.010>.

# 国审小麦品种瑞华麦 518 的选育、性状分析及育种启示

杨 鹏<sup>1</sup>,李珍富<sup>1</sup>,杨永乐<sup>1</sup>,常东伟<sup>1</sup>,任仰涛<sup>1</sup>,陈 伟<sup>1</sup>,赵其兵<sup>1</sup>,刘海浪<sup>1</sup>,卫万娟<sup>1</sup>,  
郑雅月<sup>1</sup>,蔡武宁<sup>2</sup>,顾启花<sup>2</sup>,李晖辉<sup>2</sup>,丁锦峰<sup>1</sup>,夏中华<sup>1</sup>,金彦刚<sup>1\*</sup>

(1. 江苏瑞华农业科技有限公司 / 江苏省小麦商业化育种工程技术研究中心 / 宿迁市作物分子育种重点实验室, 江苏 宿迁 223800; 2. 宿迁市宿城区农业技术综合服务中心, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:**以国审优质小麦品种瑞华麦 518 为对象,研究分析其亲本、选育经过及在国家试验中产量、品质和部分农艺性状表现,旨在为黄淮南片麦区培育优质、高产、广适小麦新品种提供参考。结果表明,瑞华麦 518 遗传背景包括了高产、优质、抗病、早熟、广适种质,遗传基础丰富。国家黄淮南片区域试验 2 年比对照周麦 18 增产均达极显著水平,生产试验比对照周麦 18 增产 6.77%,居参试品种第 1 位,增产点率达 100.0%。区域试验 2 年与最优品种差异不显著比例和适应度分别居第 2、3 位,具备广泛适应性。产量 3 要素协调,区域试验 2 年平均穗数 654.8 万个/hm<sup>2</sup>,穗粒数 33.4 粒/穗,千粒质量 40.4 g,为多穗型广适小麦品种。农业农村部谷物品质监督检验测试中心品质检测结果显示:区域试验 2 年瑞华麦 518 主要品质指标平均达中强筋小麦标准。综合分析表明,合理选择亲本能有效实现育种目标,多穗型、多抗品种利于高产稳产,丰富遗传基础是培育广适品种的有效途径。

**关键词:**小麦;瑞华麦 518;优质;高产;育种启示

中图分类号:S512.1;S352

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20240002

小麦是我国最重要的口粮作物和食物工业原料<sup>[1]</sup>。种子是最基本的农业生产资料,是农业的“芯片”,良种在保障国家粮食安全和社会稳定中发挥着重要作用<sup>[2]</sup>。小麦品种的遗传改良是小麦产业持续发展的重要推动力,新品种对小麦单产提高的贡献率达 30%以上,每一次新品种的更替都能使单产水平提高约 10%<sup>[3]</sup>。黄淮南片麦区是我国小麦主产区和强筋小麦适宜种植区,常年小麦播种面积 866.7 万 hm<sup>2</sup>,占全国的 40%以上<sup>[4]</sup>。黄淮南片麦区地处我国南北麦区的过渡地带,农业生产中病害和自然灾害频繁发生<sup>[5-9]</sup>。培育高产、广适的小麦新品种是小麦单产和总产持续增长的最有效的农业措施之一<sup>[7]</sup>。我国育种单位以高产、优质和抗病并重为目标育成的一系列品种使我国小麦平均单产突破 4 500 kg/hm<sup>2</sup>,部分品种在试验示范中能达到 10 500 kg/hm<sup>2</sup> 以上,对我国小麦产业

的发展作出了重要贡献<sup>[8-9]</sup>。

瑞华麦 518 是江苏瑞华农业科技有限公司育成的高产、广适、优质小麦新品种,2018 年通过国家农作物品种审定委员会审定,审定编号:国审麦 20180022。该品种在试验示范中高产稳产性突出、抗逆抗病性好,国家 2 年区域试验主要品质指标平均达国家中强筋小麦品质标准,并被国家良种重大科研联合攻关组和国家小麦现代产业技术体系评定为面条优质强筋小麦品种。2018 年瑞华麦 518 以 1 200 万元的价格成功转化,创造了当时我国小麦单品种转化价格纪录<sup>[10]</sup>。该品种的育成和转化应用对促进我国小麦产业升级具有重要的推动作用。本文对瑞华麦 518 的亲本及选育进行研究,对该品种参加国家黄淮南片预备试验、区域试验和生产试验的产量和部分农艺性状进行分析和评价,旨在为瑞华麦 518 的大面积应用提供参考依据,为今后培育高产、优质、广适小麦新品种提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 亲本材料。**瑞华麦 518 母本材料淮麦 18 号由江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所于 1996 年育

收稿日期:2024-01-05;修回日期:2024-06-07。

基金项目:宿迁市科技计划—2022 现代农业项目(L202201);江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目[JBCS(2021)046];2022 创新能力建设(重点实验室)项目(M202204);江苏省科技副总项目(FZ20211472)。

作者简介:杨 鹏(1987—),男,博士,农艺师,研究方向为作物遗传育种。Email: spikeyoung@126.com。

\* 通信作者:金彦刚(1987—),男,硕士,副研究员,研究方向为小麦育种及栽培技术研究。Email: 17949721@qq.com。

成,1999、2000、2001年分别通过江苏省、河南省和国家农作物品种审定委员会审定,该品种产量潜力高、抗寒性突出,1999年在江苏丰县创造了江苏省高产纪录,但该品种籽粒外观商品性差,品质一般。父本材料 ZY0055 是江苏瑞华农业科技有限公司自主创制的优异种质资源,该种质为冬春杂交后代选系,株高适中,丰产性一般,但主要品质达优质强筋标准,抗病性好。

**1.1.2 试验材料。**瑞华麦 518 为江苏瑞华农业科技有限公司育成的半冬性中早熟小麦新品种,全生育期 229 d,比对照品种周麦 18 早熟 1 d。幼苗半匍匐,叶片窄卷,叶色深绿,分蘖力较强,区域试验平均株高 83.7 cm,蜡质层厚,抗倒性较好。旗叶短小、上冲,穗层厚,落黄转色和熟相均好。穗长方形、细长,籽粒角质,饱满度中等。瑞华麦 518 平均穗数 654.8 万个 /hm<sup>2</sup>,穗粒数 33.4 粒 /穗,千粒质量 40.4 g。冬季抗寒和抗倒春寒能力较强,田间赤霉病、纹枯病等发生均较轻。

**1.2 选育方法和试验方法**

**1.2.1 选育方法。**瑞华麦 518 采用有性杂交,应用系谱法经 8 代选择育成。

**1.2.2 试验方法。**国家黄淮南片预备试验、区域试验和生产试验均由全国农业技术推广中心安排,河南省农业科学院小麦研究中心主持,3 组试验均在江苏、安徽、河南和陕西共 4 省不同地市设置试点,预备试验试点 11 个,2 年区域试验汇总试点分别为 20、23 个,生产试验汇总试点 22 个。预备试验采用间比法排列,不设重复。区域试验采用随机区组排列,

设置 3 次重复,小区面积为 12.5 ~ 16.0 m<sup>2</sup>。生产试验随机区组排列,设置 2 次重复,小区面积 200 m<sup>2</sup>。所有试验均全区收获计产。

**1.3 数据分析**

试验产量数据采用中国农业大学遗传育种系和农业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和 Excel 2010 软件进行分析。

**2 结果与分析**

**2.1 瑞华麦 518 亲本的选配及系谱分析**

瑞华麦 518 是以江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所选育的淮麦 18 为母本、江苏瑞华农业科技有限公司创制的中间材料 ZY0055 (烟 2801/ 扬麦 158)为父本于 2004 年通过有性杂交,经 8 代系谱法选育而成。瑞华麦 518 系谱图(图 1)显示,瑞华麦 518 遗传背景包括了黄淮北片麦区的 2 个冬性 - 半冬性品种、黄淮南片麦区的 1 个半冬性品种和长江中下游麦区的 1 个春性品种,分别是半矮秆、抗病性好、稳产丰产性突出的鲁麦 14<sup>[11-12]</sup>;高产、抗病、优质强筋面包小麦新品种烟 2801<sup>[13]</sup>;抗逆能力强、灌浆快、产量 3 要素协调且缺点在后代易改良的豫麦 13<sup>[14-17]</sup>;赤霉病和白粉病抗性好、高产广适的长江中下游小麦换代主体品种扬麦 158<sup>[18-19]</sup>。遗传基础十分丰富,生态类型涵盖我国差别较大的 3 个主要麦区,是瑞华麦 518 表现高产、稳产、抗逆、广适的基本保障。

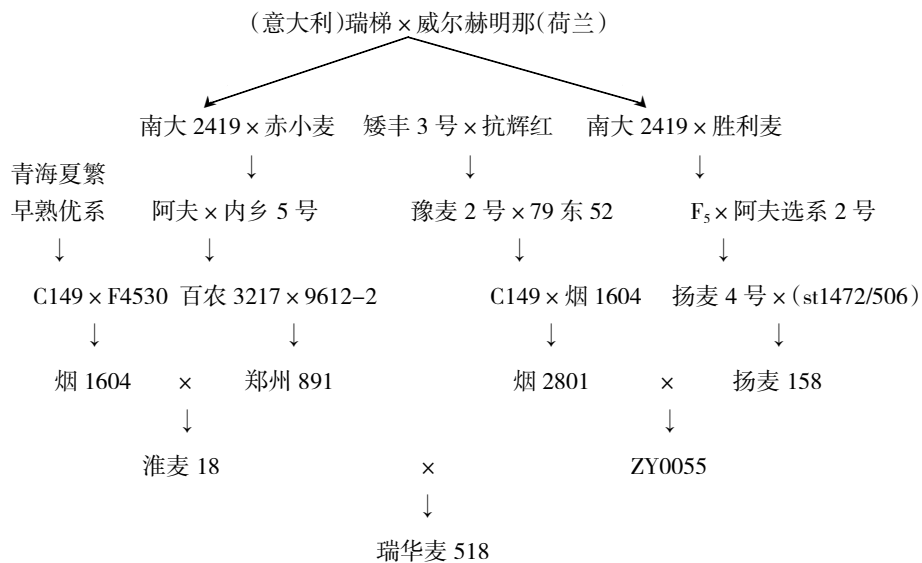


图 1 瑞华麦 518 系谱图

## 2.2 瑞华麦 518 选育经过

2004 年以淮麦 18 为母本、中间材料 ZY0055 为父本配制杂交组合,当年秋季将收获的杂交种子全部单粒点播。2005 年根据株高、穗型、抗病性和抗寒性等性状的综合表现,选择 15 个单株,室内考种后保留 10 株,秋季每个株系播种 2 行。2006—2008 年按照系谱法每年连续选择单株,进行室内考种后分系播种。2009 年通过田间长势、株型、叶型、抗病性、抗寒性等性状,发现有 3 个系明显优于对照和其他株系,分别选单株后分系混收,室内考种结果发现第 4 株系籽粒大小均匀、籽粒饱满,结合近红外谷物品质分析结果,选择该系进行产量鉴定试验。2009—2013 年连续 4 年系谱法选择提纯,大系混收组织鉴定、品比、多点试验,该品系农艺性状好,产量显著高于对照,籽粒品质测定结果显示有 3 年主要品质指标达到强筋标准。2013 年以代号“瑞华 055”推荐参加国家黄淮南片冬水组预备试验,2014—2016 年连续 2 年度参加区域试验,2016—2017 年度参加生产试验,2018 年 5 月通过国家农作物品种审定委员会审定。

## 2.3 瑞华麦 518 产量表现

### 2.3.1 国家黄淮南片预备试验。

瑞华麦 518 于 2013—2014 年度参加国家黄淮南片冬水组预备试验(表 1),11 点汇总平均产量达 9 458.9 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 7.85%,增产点率达 100%,表现出较高的增产潜力和稳产性。特别是在安徽省的涡阳试点和江苏省的宿迁试点产量突破 11 000 kg/hm<sup>2</sup>,是我国小麦平均单产的 2 倍<sup>[20]</sup>,表现出高产特性。

表 1 2013—2014 年瑞华麦 518 参加国家黄淮南片预备试验结果

试验地点	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	比 CK 增产/%
濮阳	9 450.0	8.60
濉溪	9 960.0	6.07
涡阳	11 173.5	12.42
宿州	10 345.5	11.22
新乡	9 360.0	6.00
原阳	8 116.5	6.69
淮安	9 003.0	12.68
周口	8 617.5	4.95
西农	8 083.5	5.34
宿迁	11 049.0	10.88
徐州	8 889.0	1.55
平均	9 458.9	7.85

### 2.3.2 国家黄淮南片区域试验。

瑞华麦 518 于 2014—2016 年度连续 2 年参加国家黄淮南片冬水组区域试验(表 2)。2014—2015 年度 20 个试点汇总,瑞华麦 518 平均产量 8 253.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 6.69%,差异具有高度统计学意义( $P < 0.01$ ),居 16 个参试品种第 3 位,增产点率 95%。2015—2016 年度继续试验,该年度小麦生育期内气候异常,冬前降温早,阴雨寡照相对较多,导致小麦叶片长、薄,叶色淡且根系下扎浅,冬前大分蘖有缺位现象,11 月下旬突遇强寒流降温幅度达 13℃,最低气温降至 -6℃左右,并持续 3 日,降温之早、幅度之大为黄淮南片麦区近 30 年所罕见,导致大部分品种雪层以上的叶片发生严重冻害,小麦冬前群体较常年偏小。返青拔节期昼夜温差较大,起身较慢,拔节快,春生分蘖少。3 月中下旬温度突然猛升,小麦拔节迅速,成穗数较常年减少,抽穗扬花期阴雨日多,赤霉病发病较重。瑞华麦 518 该年度 23 点汇总平均产量 8 163.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 7.61%,差异具有高度统计学意义( $P < 0.01$ ),居 16 个参试品种第 2 位,增产点率 100%,综合抗逆、抗病性表现突出,产量潜力、增产幅度、增产点率均居同组参试品种前列。区域试验 2 年平均产量 8 208.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 7.15%,增产点率 97.5%。

### 2.3.3 国家黄淮南片生产试验。

瑞华麦 518 在国家黄淮南片 2 年区域试验中的表现突出(表 3),2016—2017 年度参加生产试验,平均产量 8 703.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦 18 号增产 6.79%,居参试品种第 1 位,江苏、安徽、河南、陕西 22 个试点全部增产,增产点率 100.0%。

## 2.4 瑞华麦 518 广适性分析

适应度是各品种超过平均产量的环境数占总环境数的百分比,反映了品种超过平均生产水平的基本广适性<sup>[21]</sup>,与最优品种差异不显著比例体现该品种在各试点间的普遍适应性,比例越高,普遍适应性越好。瑞华麦 518 在国家黄淮南片 2014—2016 年度连续 2 年区域试验中适应度均居同组试验品种的第 3 位,分别达 75.0%、82.6%;与最优品种差异不显著比例均居同组试验品种的第 2 位,分别达 70.0%、69.6%,适应度及与最优品种差异不显著比例均高于大部分参试品种,充分说明该品种在我国黄淮南片麦区具备了超过平均生产水平的广泛适应性。

表2 瑞华麦518参加国家黄淮南片区区域试验结果

年度	品种	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	比 CK 增产 / %	位次	增产点率 / %	适应度 / %	与最优品种差异不 显著比例 /%
2014—2015	瑞泉麦 168	8 509.5 A	10.01	1	100.0	100.0	95.0
	郑育麦 16	8 254.5 AB	6.71	2	95.0	75.0	60.0
	瑞华麦 518	8 253.0 AB	6.69	3	95.0	75.0	70.0
	中金 13	8 250.0 AB	6.65	4	95.0	65.0	60.0
	锦绣 21	8 148.0 BC	5.33	5	95.0	85.0	70.0
	轮选 66	8 139.0 BC	5.22	6	90.0	50.0	60.0
	龙科 1221	8 095.5 BC	4.65	7	85.0	60.0	45.0
	周麦 32 号	8 091.0 BC	4.60	8	95.0	50.0	45.0
	许科 168	8 086.5 BC	4.54	9	90.0	55.0	45.0
	赛德麦 1 号	8 047.5 BC	4.03	10	70.0	60.0	50.0
	丰德存麦 12 号	7 998.0 BCD	3.39	11	60.0	45.0	35.0
	郑麦 369	7 995.0 BCD	3.35	12	80.0	50.0	40.0
	驻麦 328	7 962.0 CDE	2.93	13	80.0	55.0	50.0
	中育 1152	7 887.0 CDE	1.96	14	65.0	25.0	25.0
	周麦 18(CK)	7 735.5 DE	0	15	0	0	10.0
	安农 1206	7 714.5 E	-0.27	16	35.0	30.1	30.0
2015—2016	豫农 186	8 169.0 A	7.69	1	100.0	87.0	65.2
	瑞华麦 518	8 163.0 AB	7.61	2	100.0	82.6	69.6
	洛麦 26	8 107.5 ABC	6.88	3	95.7	87.0	73.9
	郑育麦 16	8 104.5 ABC	6.84	4	87.0	69.6	65.2
	圣麦 108	8 068.5 ABC	6.37	5	95.7	56.5	47.8
	锦绣 21	8 044.5 ABC	6.05	6	95.7	73.9	60.9
	轮选 66	8 038.5 ABC	5.97	7	95.7	73.9	65.2
	新麦 36	8 028.0 ABC	5.83	8	91.3	69.6	52.2
	西农 511	7 996.5 ABC	5.42	9	95.7	60.9	47.8
	西农 528	7 954.5 ABC	4.86	10	91.3	47.8	52.2
	濮兴 0369	7 930.5 ABC	4.55	11	73.9	65.2	52.2
	周麦 32 号	7 899.0 BCD	4.13	12	87.0	47.8	39.1
	许科 168	7 849.5 CD	3.48	13	82.6	43.5	34.8
	秋乐 2128	7 647.0 DE	0.81	14	56.5	26.1	30.4
	周麦 18(CK)	7 585.5 E	0	15	0	0	0
	淮麦 508	7 446.0 E	-1.84	16	26.1	17.4	4.3

注:同列数据后不同大写字母表示品种间差异具有高度统计学意义( $P < 0.01$ )。

表3 2016—2017年瑞华麦518参加国家黄淮南片生产试验数据

品种	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	比CK增产/%	位次	增产点率/%
瑞华麦518	8 703.0	6.77	1	100.0
锦绣21	8 628.0	5.85	2	100.0
周麦32号	8 641.5	6.02	3	100.0
许科168	8 572.5	5.17	4	100.0
郑育麦16	8 557.5	4.99	5	95.5
轮选66	8 554.5	4.95	6	95.5
周麦18(CK)	8 151.0	0	7	—

### 2.5 瑞华麦518部分农艺性状分析

对瑞华麦518参加黄淮南片2年区域试验的生育期和产量三要素统计分析(表4),结果表明,瑞华麦518为半冬性早熟类型小麦品种,在2年区域试验中平均比对照周麦18早熟1.0d。2014—2015年度黄淮南片麦区的陕西、安徽、江苏省部分区域受干旱、高温影响,所有参试小麦品种生育期均较正常年份提早7d左右。产量3要素中,有效穗数在2年区域试验中瑞华麦518比对照品种周麦18分别多114.0万、82.5万个/hm<sup>2</sup>,平均多98.3万个/hm<sup>2</sup>。穗粒数2014—2015年度比对照品种周麦18多1.4粒/穗,2015—

2016年比对照品种周麦18少0.5粒/穗,2年平均比对照品种周麦18多0.4粒/穗。千粒质量在2年区域试验中比对照品种周麦18分别低6.9、6.3g,2年平均比对照品种周麦18低6.6g。总体来看,瑞华麦518属早熟类型品种,在2年区域试验中产量3要素表现出有效穗多、穗粒数适中、千粒质量偏低的特点。良好的抗寒和抗倒春寒特性保证了瑞华麦518在试验中获得充足有效穗数和稳定的穗粒数,同时其早熟的特点也可有效规避干热风危害,是该品种获得高产的有利条件之一。

表4 瑞华麦518参加国家黄淮南片区域试验部分农艺性状数据

年度	品种	全生育期/d	比CK增/d	有效穗数/(万个/hm <sup>2</sup> )	穗粒数/(粒/穗)	千粒质量/g
2014—2015	瑞华麦518	223.8	-1.4	691.5	32.0	39.5
	周麦18(CK)	225.2	0	577.5	30.6	46.4
2015—2016	瑞华麦518	233.7	-0.6	618.0	34.8	41.2
	周麦18(CK)	234.3	0	535.5	35.3	47.5
平均	瑞华麦518	228.8	-1.0	654.8	33.4	40.4
	周麦18(CK)	229.8	0	556.5	33.0	47.0

### 2.6 瑞华麦518品质性状分析

为探讨瑞华麦518品质特性,利用参加黄淮南片2年区域试验多点混合样品品质测定数据对2016—2017年度同组参加生产试验的6个小麦品种进行分析(表5)。结果表明,瑞华麦518的2年区域试验多点混合样品品质测定结果:容重为818.5g/L,蛋白质含量(质量分数,下同)为13.5%,湿面筋含量

为30.1%,稳定时间为9.6min,主要品质指标达到国家中强筋小麦品质标准,可用于加工面条、饺子、馒头等食品和开展产业化开发。同组参加生产试验的6个品种中仅有周麦32号也达到此标准,但该品种的容重和稳定时间均比瑞华麦518低,而容重和稳定时间是小麦商品粮定等、定价的重要指标,其余4个品种全部为中筋类型。

表5 瑞华麦518区域试验品质测定结果

品种	容重/(g/L)	蛋白质(干基)含量*/%	湿面筋含量*/%	稳定时间/min	品质类型
瑞华麦518	818.5	13.5	30.1	9.6	中强筋
锦绣21	826.0	14.5	29.4	12.3	中筋
周麦32号	811.0	15.6	30.6	8.4	中强筋
许科168	809.5	13.8	29.3	4.3	中筋
郑育麦16	807.0	15.2	34.2	2.6	中筋
轮选66	802.5	13.9	29.6	2.5	中筋

注:\*表示含量均指质量分数。

### 3 育种启示

#### 3.1 科学的亲本选择是实现育种目标的基础保障

我国小麦育种工作始于20世纪初<sup>[22]</sup>,不同时期的育种目标都有其针对性和侧重点<sup>[23-26]</sup>。关于培育既高产还能兼具稳产的新品种,不同的研究者有针对性地确定育种目标,科学选择亲本,应用各式各样的技术路线<sup>[27-29]</sup>。在兼具高产和广适特性的前提下,优质小麦品种成为供给侧结构性改革背景下农业提质增效、农民增收的重要科技要素,因而备受研究者关注<sup>[30-32]</sup>。聚合优质基因和丰富遗传基础是培育高产优质小麦品种的有效手段<sup>[33]</sup>。瑞华麦518的母本材料淮麦18在生产中表现高产、广适、抗逆的特点,但籽粒色泽发黄,商品性差。父本ZY0055丰产性一般,但抗病性好,主要品质指标达强筋标准,籽粒商品性极佳。2个亲本的主要农艺性状优缺点互补,在后代选择中以母本淮麦18的田间农艺性状和ZY0055的抗病性为参照,中选单株和株系通过室内考种和籽粒品质测定作为保留或者淘汰的最终依据,按照“产量不降、抗性提升、品质抉择”的原则,成功育成主要品质指标达中强筋的优质高产广适小麦新品种瑞华麦518。

#### 3.2 稳定的群体和良好的综合抗性是高产稳产的重要支撑

高产稳产是品种长时间大面积推广应用的关键<sup>[34]</sup>。进入21世纪以来,我国黄淮麦区育成并大面积推广了一系列骨干品种,如烟农19、淮麦20、济麦22、西农979、矮抗58、郑麦7698、山农20等,相关试验和应用数据表明,有效穗数稳定在600万~675万个/hm<sup>2</sup>是不同年际间、不同播期和密度等栽培措施下小麦稳定获得高产的基础<sup>[35-39]</sup>,良好的抗病和抗逆性是高产稳产的重要支撑<sup>[40-43]</sup>。黄淮南片

麦区气候决定小麦分蘖期长,穗粒形成和灌浆期短,多穗型品种能够达到扬长避短的效果<sup>[44-45]</sup>。瑞华麦518是多穗型品种,在国家区域试验中2年平均穗数为654.8万个/hm<sup>2</sup>,比对照品种周麦18多98.3万个/hm<sup>2</sup>,对黄淮南片麦区的主要病害和灾害抗(耐)性均较好,是该品种获得高产、稳产的重要支撑。

#### 3.3 广泛遗传背景是培育广适品种的有效途径

优异种质资源的创制是培育高产广适性小麦新品种的有效途径<sup>[46-47]</sup>。高晓慧等通过对黄淮南片麦区小麦品种(系)遗传多样性进行研究,认为该区域小麦遗传基础比较狭窄,遗传多样性水平较低,广泛搜集和创造新的种质资源才能拓展小麦遗传基础<sup>[48-49]</sup>。部分育种单位应用远缘杂交、阶梯杂交等方式育成了遗传背景丰富的小麦品种,并成为相关区域的主导品种<sup>[50-51]</sup>。瑞华麦518的父本是ZY0055,由冬性小麦品种烟2801和春性品种扬麦158按照冬春杂交模式创制的半冬性中间材料,主要特点为抗病性好,品质达强筋标准。母本是淮麦18号,为半冬性优质小麦品种鲁麦14和半冬性高产品种豫麦13杂交后代选育的高产多抗小麦品种。瑞华麦518的遗传背景涵盖1个冬性品种、2个半冬性品种和1个春性品种,包括了高产、优质、抗病、早熟、广适种质,遗传基础丰富,适应性广泛。

#### 参考文献:

- [1] 金善宝. 中国小麦品种志:1983—1993[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [2] 薛勇彪,种康,韩斌,等. 创新分子育种科技支撑我国种业发展[J]. 中国科学院院刊,2018,33(9):893-899,887-888.
- [3] 王振华,张喜英,陈素英,等. 不同年代冬小麦品种产量性状和生理生态指标差异分析[J]. 中国生态农业学报,2007,15

- (3):75-79.
- [4] 赵虹,王西成,胡卫国,等. 黄淮南片麦区小麦倒春寒冻害成因及预防措施[J]. 河南农业科学,2014,43(8):34-38.
- [5] 孔令聪,汪建来,姜涛,等. 安徽省小麦生产变化和特点及稳定发展的政策措施[J]. 农业现代化研究,2013,34(5):518-521,532.
- [6] 金松灿,王春平,孔欣欣,等. 黄淮麦区小麦产量和生理性状的遗传增益研究[J]. 种子,2014,33(9):1-5.
- [7] 郭秀焕,赵平,李学军,等. 小麦超高产育种主要指标的探讨[J]. 种子,2004,23(1):44-46.
- [8] 李振声. 我国小麦育种的回顾与展望[J]. 中国农业科技导报,2010,12(2):1-4.
- [9] 何中虎,夏先春,陈新民,等. 中国小麦育种进展与展望[J]. 作物学报,2011,37(2):202-215.
- [10] “瑞华麦 518” 1200 万元转让[N]. 农民日报,2017-05-22(5).
- [11] 盖红梅,李玉刚,王瑞英,等. 鲁麦 14 对山东新选育小麦品种的遗传贡献[J]. 作物学报,2012,38(6):954-961.
- [12] 方正,刘维正,杨全胜,等. 从鲁麦 14 号的育成论小麦种质资源改良策略[J]. 麦类作物学报,2005,25(6):121-124.
- [13] 刘兆晔,郭宗祥,于经川,等. 优质高产面包小麦烟 2801 的特征特性及栽培技术[J]. 安徽农业科学,2001,29(4):484-485.
- [14] 顾正中,夏中华,孙苏阳,等. 小麦品种豫麦 13 在小麦育种中的应用[J]. 江苏农业科学,2002,30(3):13-15.
- [15] 林作楫,揭声慧,雷振生,等. 从大面积高产小麦品种豫麦 13 号的育成探讨不同类型高产品种的选育[J]. 河南农业科学,2009,38(9):11-13,18.
- [16] 代君丽,霍纳新,周荣华,等. 我国小麦生产品种豫麦 13 中抗条锈基因的分子定位[J]. 植物保护学报,2009,36(2):136-140.
- [17] 赵虹,范和君,王希成. 豫麦 13 广泛适应性及增产潜力分析[J]. 河南农业科学,1992,21(1):3-8.
- [18] 施汉萍,冯永明,余敦智,等. “扬麦 158”高产栽培技术[J]. 上海农业科技,2009(4):84.
- [19] 姜朋,何漪,张旭,等. 宁麦 9 号与扬麦 158 株高及其构成因素的遗传解析[J]. 作物学报,2020,46(6):858-868.
- [20] 赵吉平,任杰成,郭鹏燕,等. 我国小麦育种方向的创新与实践分析[J]. 山西农业科学,2019,47(1):139-142.
- [21] 李新华,李鹏,高国强,等. 小麦新品种鲁原 502 高产稳产性分析及其育种启示[J]. 山东农业科学,2015,47(5):15-18.
- [22] 肖世和. 我国小麦品种改良趋势与粮食安全[J]. 科技导报,2006,24(4):5-7.
- [23] 金善宝. 中国小麦品种志:1962—1982[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [24] 郭天财,朱云集,王永华,等. 小麦产量育种研究进展[C]. // 小麦遗传育种国际学术讨论会论文集. 北京:中国农学会,2001:71-76.
- [25] 庄巧生. 中国小麦品种改良及系谱分析[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [26] 方正,刘维正,于雪方,等. 超级小麦育种的探讨[J]. 山东农业科学,2004,36(3):27-29.
- [27] 周羊梅,顾正中,王安邦,等. 高产稳产小麦新品种‘淮麦 33’选育及性状分析[J]. 中国农学通报,2016,32(27):47-52.
- [28] 高凤梅. 克丰 10 号的选育对高产优质面包小麦育种的启示[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2005,33(1):7-9.
- [29] 丁晓义,辛庆国,李林志,等. 水旱兼用多抗高产小麦新品种‘烟农 173’选育研究[J]. 农学学报,2019,9(11):6-11,26.
- [30] 李爱国,宋晓霞,张文斐. 丰德存麦 5 号对优质强筋小麦品种选育的启示[J]. 中国种业,2018(3):65-68.
- [31] 王美芳,雷振生,吴政卿,等. 面包面条兼用型强筋小麦品种郑麦 366 品质评价[J]. 中国粮油学报,2012,27(8):1-4,10.
- [32] 刘爱峰,曹新有,王灿国,等. 优质强筋小麦济麦 44 面包相关品质的配粉效应研究[J]. 山东农业科学,2019,51(10):45-49.
- [33] 李豪圣,刘建军,宋健民,等. 优质强筋小麦济麦 229 选育实践与思考[J]. 山东农业科学,2019,51(8):21-24.
- [34] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- [35] 张杰,胡开明,付鹏,等. 播期、密度和施肥量对小麦品种烟农 19 若干农艺和品质性状的影响[J]. 安徽农业大学学报,2008,35(1):61-64.
- [36] 李豪圣,宋健民,刘爱峰,等. 播期和种植密度对超高产小麦‘济麦 22’产量及其构成因素的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(5):243-248.
- [37] 孙道杰,冯毅,闵东红,等. 小麦品种西农 979 广适性简析及育种启示[J]. 麦类作物学报,2018,38(7):798-801.
- [38] 吴长城. 百农矮抗 58 小麦品种超高产栽培技术[J]. 中国种业,2010(增刊 1):93-94.
- [39] 刘毓侠,田伟,刘艳侠. 不同播量对郑麦 7698 群体结构和产量性状的影响[J]. 山西农业科学,2014,42(12):1283-1285.
- [40] 李继发,邓志英,孙福来,等. 小麦新品种“山农 20”抗病基因的分子检测[J]. 作物学报,2014,40(4):611-621.
- [41] 殷贵鸿,李根英,何中虎,等. 小麦新品种济麦 22 抗白粉病基因的分子标记定位[J]. 作物学报,2009,35(8):1425-1431.
- [42] 王刚,胡铁柱,李小军,等. 小麦新品种百农矮抗 58 及其亲本矮秆基因的检测[J]. 河南农业科学,2012,41(9):22-25.
- [43] 张玲丽,孙道杰,冯毅,等. 西农 979 抗赤霉病基因 *Fhb1* 的分子鉴定及其亲缘关系分析[J]. 麦类作物学报,2014,34(9):1199-1204.
- [44] 赵振东,宋建民,刘建军,等. 关于小麦育种若干问题的探讨[J]. 山东农业科学,2003,35(4):7-11.
- [45] 林作楫,揭声慧,雷振生,等. 近 60 年黄淮麦区冬小麦育种规律演变研究[J]. 现代农业科技,2011(24):103-105,108.
- [46] 方正. 冬小麦新品种选育研究[M]. 北京:中国农业科学



- 技术出版社,2010.
- [47] 宋健民,李豪圣,戴 双,等. 超高产广适小麦新品种济麦22产量形成分析[J]. 核农学报,2010,24(6):1280–1285,1319.
- [48] 高晓慧,任翠翠,宋 杰,等. 黄淮南片麦区试小麦品种(系)的遗传多样性及 *Pm21* 和 *1BL/1RS* 分子检测[J]. 西北农业学报,2018,27(6):779–785.
- [49] 杨子博,顾正中,周羊梅,等. 江苏淮北地区小麦品种资源遗传多样性的 SSR 分析[J]. 麦类作物学报,2014,35(5):628–634.
- [50] 李豪圣,刘建军,宋建民,等. 高产稳产抗病广适型小麦新品种:济麦 22[J]. 麦类作物学报,2007,27(4):744.
- [51] 陈新宏,李 璋,赵继新,等. 国审小麦新品种小偃 22 的研究与利用[J]. 中国农学通报,2007,23(9):218–220.

## Breeding, Trait Analysis and Breeding Inspiration of National Approved Wheat Variety Ruihuamai 518

YANG Peng<sup>1</sup>, LI Zhenfu<sup>1</sup>, YANG Yongle<sup>1</sup>, CHANG Dongwei<sup>1</sup>, REN Yangtao<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1</sup>, ZHAO Qibing<sup>1</sup>,  
LIU Hailang<sup>1</sup>, WEI Wanjuan<sup>1</sup>, ZHENG Yayue<sup>1</sup>, CAI Wuning<sup>2</sup>, GU Qihua<sup>2</sup>, LI Huihui<sup>2</sup>, DING Jinfeng<sup>1</sup>,  
XIA Zhonghua<sup>1</sup>, JIN Yangang<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Ruihua Agricultural Technology Co., Ltd. / Engineering & Technology Research Center for Wheat Commercial Improvement in Jiangsu / Suqian Key Laboratory of Crop Molecular Breeding, Suqian 223800, China;  
2. Sucheng District Agricultural Technology Comprehensive Service Center, Suqian 223800, China)

**Abstract:** Taking the nationally approved wheat variety Ruihuamai 518 as the object, we studied its parents, breeding process, and the performance of yield, quality and other agronomic traits in national and regional trials, so as to provide a reference for breeding new wheat varieties with high quality, high yield and wide suitability in the southern Huang-huai Plain. The results showed that Ruihuamai 518 has a rich genetic base including high yield, high quality, disease resistance, early maturity and wide suitability. Compared with the control Zhoumai 18, the yield increase of the national southern Huang-huai Plain regional trial reached a very significant level in two years, with an increase of 6.77% in the production test. This variety ranked No.1 among the tested varieties, with a yield increase rate of 100%. The proportion of insignificant differences between this variety and the best variety ranked second, and its adaptability ranked third. It also had a wide range of adaptability. The three factors of yield of this variety are coordinated, the average number of spikes is 6.548 million/hm<sup>2</sup>, the number of grains per spike is 33.4, and the thousand-grain weight is 40.4 g. It is a multi-panicle and wide-adaptability wheat variety. The quality test results of Grain Quality Supervision, Inspection and Testing Center of the Ministry of Agriculture and Rural areas showed that the main quality indexes in the two years of regional test reached the average standard of medium-strong gluten wheat. Comprehensive analysis shows that reasonable selection of parents can effectively achieve breeding goals, and multi-panicle type and multi-resistant varieties are more conducive to high and stable yield. Enriching the genetic basis is an effective way to breed widely suitable varieties.

**Key Words:** Wheat; Ruihuamai 518; High quality; High yield; Breeding inspiration

代金英,岳红亮,赵绍路,等. 耐盐优质水稻新品种盐稻 18 号的选育及应用[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):66-69,75. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.011.

## 耐盐优质水稻新品种盐稻 18 号的选育及应用

代金英<sup>1</sup>,岳红亮<sup>1</sup>,赵绍路<sup>1</sup>,朱静雯<sup>1</sup>,刘凯<sup>1</sup>,孙一标<sup>1</sup>,张桂云<sup>1</sup>,朱国永<sup>1</sup>,唐红生<sup>1</sup>,  
王爱民<sup>1</sup>,严国红<sup>1</sup>,庄东英<sup>2</sup>,孙明法<sup>1\*</sup>

(1. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224001;2. 江苏沿海地区农业科学研究所新洋试验站,江苏盐城 224001)

**摘要:**盐稻 18 号,原代号盐稻 178,系江苏沿海地区农业科学研究所与盐城明天种业科技有限公司合作,以徐稻 3 号为母本、盐稻 9 号为父本,经人工杂交后采用系谱法,经多年连续定向选择而育成的耐盐中粳稻新品种。盐稻 18 号 2 年区域试验平均产量 8 033.99 kg/hm<sup>2</sup>,具有耐盐优质、抗病、熟期适中、适应性广等特点,适宜在江苏省沿海土壤含盐量(质量分数)0.3%~0.5%的盐碱地作淡水灌溉种植。2021 年 4 月通过江苏省农作物品种审定委员会审定,审定编号为苏审稻 20210043,命名为盐稻 18 号。

**关键词:**水稻;耐盐;优质;盐稻 18 号

**中图分类号:**S332.2

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20240003

我国是世界上最大的水稻(*Oryza sativa* L.)生产国和消费国。开发利用盐碱地是增加粮食总产量、保证粮食安全的有效方法之一。我国沿海滩涂总面积超过 217 万 hm<sup>2</sup>,其中江苏沿海滩涂总面积就达 68.7 万 hm<sup>2</sup>,占全国 1/4 以上,是我国东部地区最具潜力、最有价值的土地后备资源<sup>[1]</sup>。水稻为中度盐敏感作物,其生长的水环境利于盐分排除,也被认为是适合在盐碱地上种植的作物之一,选育优良的耐盐水稻品种是有效利用盐碱地的最可行方法<sup>[2]</sup>。因此,生产上迫切需要适宜盐碱地种植的水稻新品种。

盐稻 18 号,原代号盐稻 178,为江苏沿海地区农业科学研究所(以下简称沿海所)与盐城明天种业科技有限公司合作,以徐稻 3 号与自育品种盐稻 9 号<sup>[3]</sup>人工杂交后,采用系谱法经多年异地定向选择而育成的耐盐优质中粳稻新品种。2018—2019 年,盐稻 18 号参加江苏省耐盐中粳稻联合体区域试验;2020 年,参加江苏省耐盐中粳稻联合体生产试验。该品种稻米品质优、产量潜力高、综合抗性较

强,适应江苏省沿海滩涂地区种植,具有良好的推广应用前景。

### 1 盐稻 18 号选育经过

盐稻 18 号选育的具体过程:2007 年夏在江苏盐城以徐稻 3 号为母本、盐稻 9 号为父本进行人工杂交,获杂交种 39 粒。2007 年冬在沿海所海南三亚试验基地种植 F<sub>1</sub>,田间编号是 07G973,成熟时混收。2008 年夏在盐城种植成 F<sub>2</sub> 群体,田间编号 08GF2985,选留优良单株 10 株。2008 年冬在三亚种植成 F<sub>3</sub> 群体,田间编号 08GF3721—08GF3730,选择优良单株 5 株。2009 年夏在盐城种植成 F<sub>4</sub> 群体,田间编号 09G233—09G237,选择优良单株 10 株。2010 年夏在盐城种植成 F<sub>5</sub> 株系,田间编号 10G705—10G714,选取优良单株 5 株。2011 年夏在盐城种植成 F<sub>6</sub> 株系,田间编号 11G412—11G416,选留优良单株 5 株。2012 年夏在盐城种植成 F<sub>7</sub> 株系,田间编号 12G501—12G505,选留优良单株 6 株。2013 年夏在盐城种植成 F<sub>8</sub> 株系,田间编号 13G2221—13G2226,选留优良单株 6 株。2014 年夏在盐城种植成 F<sub>9</sub> 株系,田间编号 14G1721—14G1726,基本稳定,各选留 1 株。2015 年夏在盐城种植 F<sub>10</sub> 代品系鉴定,种植鉴定圃,田间编号 15G 鉴 176—15G 鉴 181,其中 15G 鉴 178 表现突出。2016 年夏进入沿海所品系比较试验,表现突出。2017 年夏

收稿日期:2024-01-12;修回日期:2024-05-22。

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)(BE2023355);盐城市科技项目(YCBK202226);江苏省盐土(滩涂)重点实验室开放课题(JKLBS2020008)。

作者简介:代金英(1986—),女,博士,助理研究员,从事水稻遗传育种研究。Email: daijinying@126.com。

\* 通信作者:孙明法(1966—),男,研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: smf559@163.com。

参加盐城、连云港等地多点小区品比试验,折合平均产量 8 996.48 kg/hm<sup>2</sup>,较对照盐稻 12 号增产 4.53%,表现产量高、抗病性好、品质优、耐盐性好、综合性状好,暂定名盐稻 178。2018—2019 年参加

江苏省耐盐中粳稻联合体区域试验。2020 年参加江苏省耐盐中粳稻联合体生产试验。2021 年 4 月通过江苏省农作物品种审定委员会审定,审定编号为苏审稻 20210043,命名为盐稻 18 号。

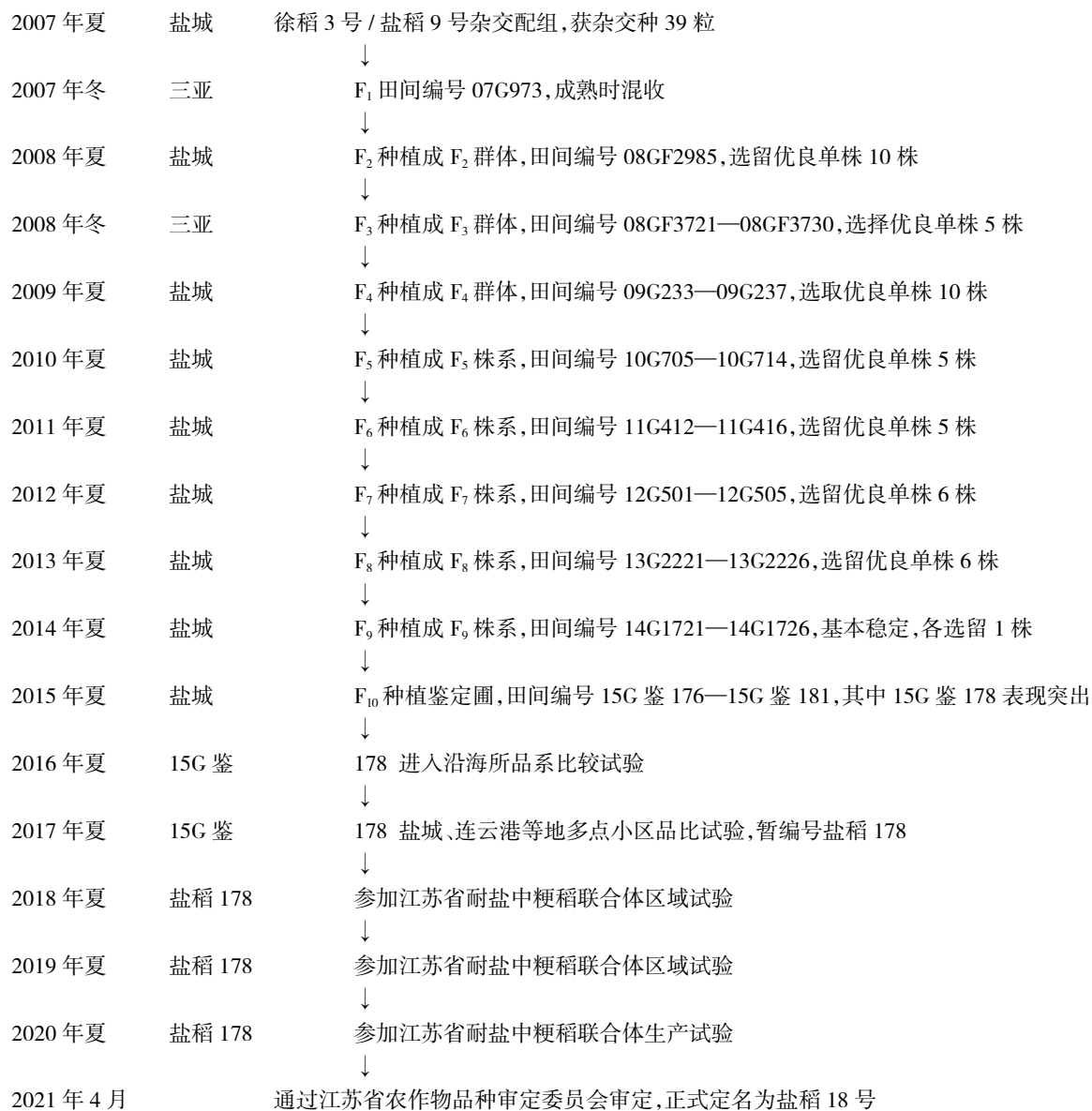


图 1 盐稻 18 号选育系谱图

## 2 盐稻 18 号产量表现

2018 年,盐稻 18 号参加江苏省耐盐中粳稻联合体区域试验,平均产量 7 673.55 kg/hm<sup>2</sup>,较对照盐稻 12 号增产 12.14%。2019 年,盐稻 18 号参加

江苏省耐盐中粳稻联合体区域试验,平均产量 8 394.42 kg/hm<sup>2</sup>,较对照盐稻 12 号增产 6.21%。2020 年,盐稻 18 号参加江苏省耐盐中粳稻联合体生产试验,平均产量 8 309.10 kg/hm<sup>2</sup>,较对照盐稻 12 号增产 3.91%(表 1)。

表1 盐稻18号产量表现

年份	试验类别	产量水平/(kg/hm <sup>2</sup> )	较对照增/%	增/减点次	产量位次
2018	区域试验	7 673.55	12.14	9/1	1
2019	区域试验	8 394.42	6.21	8/2	3
	平均	8 033.99	9.18		
2020	生产试验	8 309.10	3.91	5/1	1

注:对照为盐稻12号。

### 3 盐稻18号特征特性

#### 3.1 耐盐性评价

2018—2020年,在沿海所温室和人工避雨盐池中对盐稻18号进行耐盐性鉴定,参照江苏省地方标准DB 32/T 1845—2019《水稻全生育期耐盐性鉴定技术规程》对盐稻18号进行耐盐性评价。结果显示:2018年,盐稻18号发芽期至苗期和分蘖期至成熟期耐盐级别均为1级,综合评价盐稻18号耐盐级别为1级,耐盐性极强。2019年,盐稻18号发芽期至苗期耐盐级别为1级,分蘖期至成熟期耐盐级别为5级,综合评价盐稻18号耐盐级别为5级,耐

盐性中。2020年,盐稻18号发芽期至苗期耐盐级别为3级,分蘖期至成熟期耐盐级别为5级,综合评价盐稻18号耐盐级别为5级,耐盐性中。综合2018—2020年的耐盐性鉴定结果,盐稻18号的耐盐性中等(表2)。

#### 3.2 稻米品质

2018—2020年,盐稻18号的稻米送至农业农村部食品质量监督检验测试中心(武汉)进行稻米品质检测。2018年检测结果显示:盐稻18号整精米率74.1%,垩白率7%,垩白度2.9,胶稠度67mm,直链淀粉含量(质量分数)14.8%,达到农业行业标准NY/T 593—2021《食用稻品种品质》优质3级(表3)。

表2 盐稻18号耐盐性鉴定结果

年份	品种名称	发芽期至苗期耐盐性		分蘖期至成熟期耐盐性		综合评价
		耐盐指数/%	耐盐级别	耐盐指数/%	耐盐级别	耐盐级别
2018	盐稻18号	5.00	1	15.70	1	1
2019	盐稻18号	13.70	1	47.83	5	5
2020	盐稻18号	33.21	3	40.36	5	5

表3 盐稻18号稻米品质

年份	试验类别	整精米率/ %	垩白率/ %	垩白度/ %	胶稠度/ mm	直链淀粉含量/ %	长/宽	优质等级
2018	区域试验	74.1	7	2.9	67	14.8	2.1	优3
2019	区域试验	69.9	13	4.3	60	17.1	1.8	优3
2020	生产试验	75.4	33	5.3	68	15.2	1.7	优3

#### 3.3 抗病性评价

2018—2020年,江苏省农业科学院植物保护研究所对盐稻18号进行抗病性评价。数据显示,盐稻18号3年的穗颈瘟损失率均为5级,综合抗性指数分别为5.00、4.75、5.00,条纹叶枯病均为5级,白叶枯病均为5级,纹枯病均为R。综合评价盐稻18号的穗颈瘟损失率最高级为5级,条纹叶枯病最高级为5级,白叶枯病最高级为5级,纹枯病为R(表4)。

#### 3.4 综合农艺性状

盐稻18号苗期叶片绿色,叶片较挺,苗体较矮,分蘖力较强。成株株型较紧凑,植株生长清秀,叶片较挺,叶色绿色,后期转色正常,熟相好。由2019—2020年区域试验综合农艺性状结果(表5)看出:盐稻18号全生育期146.8d,比对照盐稻12号早0.6d,株高85.7cm,有效穗数317.4万个/hm<sup>2</sup>,结实率89.5%,千粒质量24.9g(表5)。

表4 盐稻18号抗性评价结果

年份	试验类别	稻瘟病		条纹叶枯病 / 级	白叶枯病 / 级	纹枯病
		穗颈瘟损失率 / 级	综合抗性指数			
2018	区试试验	5	5.00	5	5	R
2019	区试试验	5	4.75	5	5	R
2020	生产试验	5	5.00	5	5	R
综合评价		5	5.00	5	5	R

注:水稻穗颈瘟损失指数群体抗性分级标准:0级,无病;1级,病穗损失率低于5%;3级,病穗损失率达到5.1%~15.0%;5级,病穗损失率达到15.1%~30.0%;7级,病穗损失率达到30.1%~50.0%;9级,病穗损失率达到50.1%~100.0%。稻瘟病抗性综合指数评价分级标准:0级,<0.1;1级,0.1~2.0;3级,2.1~4.0;5级,4.1~6.0;7级,6.1~7.5;9级,7.6~9.0。综合指数=(叶瘟病级×25%+穗瘟发病率病级×25%+穗瘟损失指数病级×50%)。条纹叶枯病抗性分级标准:0级,发病率为0;1级,发病率为0.01%~5.09%;3级,发病率为5.10%~15.09%;5级,发病率为15.10%~30.09%;7级,发病率为30.10%~50.09%;9级,发病率>50.10%。水稻白叶枯病发病分级标准:0级,剪口下无病斑;1级,剪口下有很小病斑,很少下伸,长度不超过3cm;3级,病斑向下扩展3cm以上,病斑占剩余面积的1/4左右;5级,病斑占剩余面积的1/2左右;7级,病斑占剩余面积的3/4左右;9级,全叶发病,有时叶鞘也发病。纹枯病评价分级标准:比值≤0.11,抗病(R);比值0.12~0.25,中抗(MR);比值0.26~0.45,感抗(S);比值≥0.46,高感(HS),比值(抗性指数)=病斑扩展长度/对应稻株高度。

表5 盐稻18号的综合农艺性状

年份	试验类别	株高 / cm	有效穗数 / (万个 / hm <sup>2</sup> )	实粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 / g	全生育期 / d	生育期较对照早 / d
2019	区域试验	82.2	316.8	126.0	89.5	25.0	147.0	0.8
2020	区域试验	89.2	318.0	126.6	89.5	24.9	146.6	0.3
平均		85.7	317.4	126.3	89.5	25.0	146.8	0.6

#### 4 盐稻18号栽培技术

1)适期播种。一般5月10—15日播种,秧田播种量:一般湿润育秧为300 kg/hm<sup>2</sup>,旱育秧为450 kg/hm<sup>2</sup>。2)合理密植。一般秧龄30~35 d,大田密度27万~30万穴/hm<sup>2</sup>,行、株距分别为28.0、13.0 cm,基本苗105万~120万株/hm<sup>2</sup>。3)协调群体。总施肥量折纯氮225~270 kg/hm<sup>2</sup>,基肥、蘖肥、穗肥施用量按质量比5:3:2为宜;控制高峰苗在420万株/hm<sup>2</sup>以内,灌浆结实期间歇灌溉,成熟前5 d断水。4)防治病虫害。生育期间做好秧田稻蓟马、大田螟虫及纹枯病等防治工作。

#### 5 盐稻18号应用前景

我国盐碱地面积约1亿hm<sup>2</sup>,其中约0.187亿hm<sup>2</sup>可开发利用,是我国最具潜力、最有价值的土地后备资源。作为我国主要粮食作物之一的水稻是开发利用沿海滩涂的首选作物,因此,选育耐盐碱水稻

对绿色开发利用盐碱土、保障我国粮食安全,促进国民经济的均衡发展具有重要的战略意义。水稻耐盐品种培育已有70多年的历史,主要通过耐盐种质的筛选鉴定和人工杂交或回(复)交等方法将耐盐基因导入到优良水稻品种中,再通过多年多代的盐胁迫进行筛选鉴定,已选育出不少耐盐品种,如盐粳29、盐丰47、盐粳228、盐城156、盐稻10号、盐稻12号、通粳981、连粳2号、南粳盐1号等<sup>[14-7]</sup>。近期选育的盐稻18号2年区域试验平均产量8 033.99 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增加9.18%,稻米品质达农业行业标准NY/T 593—2021《食用稻品种品质》3级,适宜在江苏省沿海土壤含盐量0.3%~0.5%的盐碱地作淡水灌溉种植,具有广阔的推广应用前景。

#### 参考文献:

[1] 孙明法,严国红,王爱民,等. 水稻耐盐育种研究进展[J]. 大麦与谷类科学,2017,34(4):1-9.

(下转第75页)

李珍富,杨 鹏,常东伟,等. 国审优质中强筋小麦新品种瑞华麦 519 选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):70-75.  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.012.

# 国审优质中强筋小麦新品种瑞华麦 519 选育及栽培技术

李珍富<sup>1</sup>,杨 鹏<sup>1</sup>,常东伟<sup>1</sup>,卫万娟<sup>1</sup>,郑雅月<sup>1</sup>,杨永乐<sup>1</sup>,任仰涛<sup>1</sup>,陈 伟<sup>1</sup>,  
赵其兵<sup>1</sup>,王 磊<sup>1</sup>,夏中华<sup>1</sup>,李晖辉<sup>2</sup>,蔡武宁<sup>2</sup>,顾启花<sup>2</sup>,金彦刚<sup>1\*</sup>

(1. 江苏瑞华农业科技有限公司 / 江苏省小麦商业化育种工程技术研究中心 / 宿迁市作物分子育种重点实验室,江苏 宿迁 223800;  
2. 宿城区农业技术综合服务中心,江苏 宿迁 223800)

**摘要:**瑞华麦 519 是江苏瑞华农业科技有限公司以优质强筋小麦品种烟农 19 和矮秆大穗、抗性好的小麦品种瑞华麦 516 进行杂交,经系谱法选育而成的综合抗性好、高产稳产的半冬性优质中强筋小麦新品种。2020—2022 年参加国家黄淮冬麦区南片水地组区域试验,瑞华麦 519 的 2 年区域试验平均产量为 9 084.8 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 6.30%,2 年较对照增产均具高度统计学意义( $P < 0.01$ )。生产试验和第 2 年区域试验同步,瑞华麦 519 平均产量为 9 354.0 kg/hm<sup>2</sup>,较对照周麦 18 增产 6.71%,具高度统计学意义( $P < 0.01$ )。2023 年通过国家审定,审定编号为国审麦 20230045,已申报国家新品种权保护。

**关键词:**瑞华麦 519;选育;中强筋;高产;栽培技术

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20240001

小麦是我国第三大粮食作物<sup>[1]</sup>,总产量约占全国粮食作物总产量的 20%以上<sup>[2]</sup>。作为重要的口粮作物,小麦对保障国家粮食安全和提高居民生活水平都具有重要意义。江苏淮北地区常年小麦种植面积约 130 万 hm<sup>2</sup>,是江苏省小麦主产区和高产区。由于地处我国南北气候过渡地带,小麦的主要病害在该地区均时有发生<sup>[3]</sup>。此外,在该地区小麦生产中,还会出现如播种期干旱少雨、冬春季易发生冻害、后期在降雨及强对流天气时易出现倒伏等诸多问题。这些问题的存在,使得该地区小麦生产迫切需要高产稳产、抗性好、综合性状突出的品种<sup>[4]</sup>。瑞华麦 519 属半冬性中熟小麦新品种,2020—2022 年度连续 2 年度参加国家冬麦区黄淮南片水地组品种区域试验,2 年度产量分别为 8 449.5、9 720.0 kg/hm<sup>2</sup>,分别比对照周麦 18 增产 6.48%和 6.11%,增产均达到极显著水平。2 年区域试验平均产量为 9 084.8 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周

麦 18 增产 6.30%,2 年较对照增产均达极显著水平。2021—2022 年度同步参加国家冬麦区黄淮南片水地组品种生产试验,平均产量为 9 354.0 kg/hm<sup>2</sup>,较对照周麦 18 增产 6.71%,达极显著水平。在完成试验程序后,瑞华麦 519 于 2023 年通过国家审定,审定编号为国审麦 20230045。现对瑞华麦 519 的选育经过、综合性状、栽培技术及应用前景进行综合评价,为该品种在适宜区域的利用提供参考依据。

## 1 瑞华麦 519 选育经过

以高产稳产、综合抗性好、优质早熟为育种目标,根据双亲优势互补原则,选择烟农 19 为母本、瑞华麦 516 为父本。其中,烟农 19 为烟台市农业科学院选育的强筋小麦品种,2001 年通过山东省审定,该品种产量潜力高,多年来一直是江苏、安徽 2 省淮北麦区的主导品种,但同时存在抗倒性差、熟期偏晚等缺点。瑞华麦 516 为江苏瑞华农业科技有限公司自主选育的优良小麦品种,2018 年通过国家审定,审定编号为国审麦 20180048,该品种具有矮秆大穗、熟期早、抗性好等特点,产量潜力大,抗倒性好。

2010 年通过父母本杂交,经过系谱法选育,于 2019 年育成综合抗病性好、高产稳产、优质的小麦新品系瑞华麦 519。育种系谱图如图 1 所示。

收稿日期:2024-01-03;修回日期:2024-05-25。

基金项目:江苏省种业振兴揭榜挂帅项目[JBGS(2021)046];2022 年度“宿迁英才”群英计划青年资助项目(常东伟);2022 创新能力建设(重点实验室)“宿迁市作物分子育种重点实验室”(M202204)。

作者简介:李珍富(1979—),男,农艺师,主要从事作物遗传育种研究。Email:1565515610@qq.com。

\* 通信作者:金彦刚(1987—),男,硕士,副研究员,主要从事小麦育种及栽培技术研究。Email:17949721@qq.com。

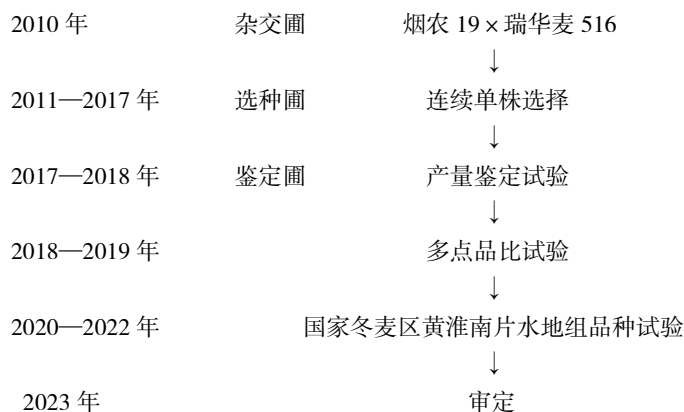


图1 瑞华麦519育种系谱图

## 2 瑞华麦519特征特性及产量表现

### 2.1 瑞华麦519特征特性

瑞华麦519属半冬性中熟小麦品种,全生育期为224.1 d,比对照品种周麦18早熟1.1 d。该品种幼苗半匍匐,长势较旺,分蘖能力较强,冬季抗寒性

较好。株高为84.4 cm,茎秆弹性好,较抗倒伏。株型较紧凑,整齐度较好,穗层较整齐,穗层厚,熟相好。穗纺锤形,长芒,白粒,籽粒硬实,饱满度较好,黑胚率低,容重高。平均穗数为605.3万个/hm<sup>2</sup>,穗粒数为34.5粒/穗,千粒质量为47.6 g(表1)。

表1 不同年份瑞华麦519产量构成要素及主要特征特性

参试年份	品种名称	全生育期/ d	株高/ cm	基本苗数/ (万株/hm <sup>2</sup> )	最高分蘖数/ (万个/hm <sup>2</sup> )	有效穗数/ (万个/hm <sup>2</sup> )	穗粒数/ (粒/穗)	千粒质量/ g
2020—2021	瑞华麦519	225.2	86.0	302.8	1 562.0	598.5	33.5	46.6
	周麦18	226.2	84.9	299.8	1 478.0	565.1	33.5	47.3
2021—2022	瑞华麦519	223.0	82.7	296.8	1 579.9	612.0	35.5	48.6
	周麦18	224.2	80.1	295.3	1 553.0	574.1	35.2	49.2
平均	瑞华麦519	224.1	84.4	299.8	1 571.0	605.3	34.5	47.6
	周麦18	225.2	82.5	297.6	1 515.5	569.6	34.4	48.3

### 2.2 瑞华麦519产量表现

如表2所示,瑞华麦519于2018—2019年度参加国家冬小麦黄淮南片水地组预备试验,平均产量为9 117.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦18增产4.28%,增产点率为90.9%。2019—2020年度继续参加国家冬小麦黄淮南片水地组预备试验,瑞华麦519的平均产量为8 334.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦18增产4.67%,增产点率为90.0%。随后于2020—2021年度参加国家冬小麦黄淮南片水地组区域试验,瑞华麦519的平均产量为8 449.5 kg/hm<sup>2</sup>,比第1对照周麦18增产6.48%,比第2对照周麦36号增产5.17%,比第3对照淮麦40增产6.79%,产量差异均具高度统计学意义(P<0.01,表3)。23个试验点结果汇总显示,瑞华麦519有21个试验点比第1对照周麦18增产≥2%,有18个试验点比第2对照周麦36号增产≥2%,有19个试验点比第3对照淮麦40增产≥2%,产量排

名居晚播组(第6组)区域试验14个参试品种的第3位(表3)。2021—2022年度续试,瑞华麦519的平均产量为9 720.0 kg/hm<sup>2</sup>,比第1对照周麦18增产6.11%,比第2对照周麦36号增产4.52%,产量差异均具高度统计学意义(P<0.01);23个试验点结果汇总显示,瑞华麦519有21个试验点比第1对照周麦18增产≥2%,有15个试验点比第2对照周麦36号增产≥2%,产量排名居晚播组(第6组)区域试验18个参试品种的第6位(表4)。瑞华麦519在2020—2022年连续2年区域试验中,平均产量为9 084.8 kg/hm<sup>2</sup>,比第1对照周麦18增产6.30%,比第2对照周麦36号增产4.85%,产量差异均具高度统计学意义(P<0.01)。2021—2022年度同步参加国家冬小麦黄淮南片水地组生产试验,瑞华麦519平均产量为9 354.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照周麦18增产6.71%,产量在生产试验第6组的7个参试品种中排名第2位。

表2 瑞华麦519中间试验产量结果

参试组别	参试年份	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	比CK增产 / %	增产点比例 / %	产量位次
国家冬小麦黄淮南片水地组预备试验	2018—2019	9 117.0	4.28	90.9	22
	2019—2020	8 334.0	4.67	90.0	64
国家冬小麦黄淮南片水地组区域试验	2020—2021	8 449.5	6.48	95.7	3
	2021—2022	9 720.0	6.11	95.7	6
国家冬小麦黄淮南片水地组生产试验	2021—2022	9 354.0	6.71	100.0	2

表3 2020—2021年度国家冬小麦黄淮南片水地组区域试验第6组试验多重比较结果(LSD法)

品种	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	比CK <sub>1</sub> 增产 / %	比CK <sub>1</sub> 增产 ≥ 2%点率 / %	比CK <sub>2</sub> 增产 / %	比CK <sub>2</sub> 增产 ≥ 2%点率 / %	比CK <sub>3</sub> 增产 / %	比CK <sub>3</sub> 增产 ≥ 2%点率 / %	产量位次
商麦 185	8 487.0 A	6.96	87.0	5.64	78.3	7.26	87.0	1
阜麦 13	8 464.5 AB	6.67	87.0	5.36	82.6	6.98	95.7	2
瑞华麦 519	8 449.5 AB	6.48	91.3	5.17	78.3	6.79	82.6	3
西农 162	8 391.0 AB	5.75	95.7	4.44	69.6	6.05	82.6	4
益科麦 17118	8 374.5 ABC	5.54	78.3	4.24	69.6	5.84	82.6	5
科麦 2号	8 344.5 BCD	5.16	87.0	3.86	73.9	5.46	82.6	6
丰工 40	8 251.5 CDE	3.99	69.6	2.71	56.5	4.28	65.2	7
新麦 58	8 239.5 DE	3.84	87.0	2.56	73.9	4.13	60.9	8
豫农 905	8 236.5 DE	3.80	69.6	2.52	52.2	4.09	60.9	9
苑丰 11	8 199.0 E	3.33	73.9	2.05	69.6	3.62	65.2	10
豫农 903	8 158.5 EF	2.82	69.6	1.55	47.8	3.11	56.5	11
周麦 36号(CK <sub>2</sub> )	8 034.0 FG	1.25	30.4	0	0	1.54	39.1	12
周麦 18(CK <sub>1</sub> )	7 935.0 G	0	0	-1.23	13.0	0.28	30.4	13
淮麦 40(CK <sub>3</sub> )	7 912.5 G	-0.28	30.4	-1.51	26.1	0	0	14

注:同列数据后不同大写字母表示在0.01水平上差异具有高度统计学意义(P<0.01)。表4同。

表4 2021—2022年度国家冬小麦黄淮南片水地组区域试验第6组试验多重比较结果(LSD法)

品种	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	比CK <sub>1</sub> 增产 / %	比CK <sub>1</sub> 增产 ≥ 2%点率 / %	比CK <sub>2</sub> 增产 / %	比CK <sub>2</sub> 增产 ≥ 2%点率 / %	产量位次
商麦 185	9 976.5 A	8.91	100.0	7.27	91.3	1
洛麦 49	9 879.0 AB	7.84	100.0	6.23	82.6	2
盛源麦 789	9 861.0 AB	7.65	95.7	6.03	87.0	3
驻麦 548	9 826.5 BC	7.27	100.0	5.66	73.9	4
濮麦 186	9 753.0 BCD	6.47	95.7	4.87	78.3	5
瑞华麦 519	9 720.0 CDE	6.11	91.3	4.52	65.2	6
西农 963	9 709.5 CDE	5.99	87.0	4.40	65.2	7
新农 9866	9 696.0 CDEF	5.85	82.6	4.26	69.6	8
涡育 16	9 640.5 DEFG	5.24	82.6	3.66	73.9	9
西农 156	9 606.0 EFGH	4.86	82.6	3.29	65.2	10



(续表)

品种	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	比 CK <sub>1</sub> 增产 / %	比 CK <sub>1</sub> 增产 ≥ 2% 点率 /%	比 CK <sub>2</sub> 增产 / %	比 CK <sub>2</sub> 增产 ≥ 2% 点率 /%	产量位次
天宁 138	9 555.0 FGHI	4.31	65.2	2.74	56.5	11
平安 16 号	9 555.0 GHI	4.31	82.6	2.74	60.9	12
丰工 40	9 492.0 HI	3.62	78.3	2.06	52.2	13
豫农 903	9 462.0 I	3.29	91.3	1.74	73.9	14
豫农 905	9 453.0 I	3.19	73.9	1.65	52.2	15
周麦 36 号(CK <sub>2</sub> )	9 300.0 J	1.52	39.1	0	0	16
周麦 18(CK <sub>1</sub> )	9 160.5 J	0	0	-1.50	13.0	17
英强 1 号	9 159.0 J	-0.02	26.1	-1.52	21.7	18

### 2.3 瑞华麦 519 品质表现

品质检测结果(表 5)显示,瑞华麦 519 的籽粒容重为 827 g/L,蛋白质(干基)含量(质量分数)为 14.73%,湿面筋含量(质量分数)为 33.5%,稳定时间

为 9.8 min,吸水率为 61%,最大拉伸阻力为 452 E.U.,拉伸面积为 100.5 cm<sup>2</sup>。根据国家农作物品种审定委员会印发的《主要农作物品种审定标准(国家级)》,瑞华麦 519 的品质指标达到中强筋小麦级别。

表 5 不同年份瑞华麦 519 品质表现

年份	容重 / (g/L)	蛋白质含量* (干基)/%	湿面筋含量*/ %	吸水率 / %	稳定时间 / min	拉伸面积 / cm <sup>2</sup>	最大拉伸 阻力 /E.U.
2020—2021	814	15.35	35.8	60	8.9	103.0	430
2021—2022	840	14.10	31.2	62	10.6	98.0	474
平均	827	14.73	33.5	61	9.8	100.5	452

注:\* 表示含量均指质量分数。

## 3 瑞华麦 519 栽培技术要点

### 3.1 适种区域

瑞华麦 519 适合在黄淮冬麦区南片的河南省除信阳市(淮河以南稻茬麦区)和南阳市南部部分地区以外的平原灌区,陕西省西安市、渭南市、咸阳市、铜川市和宝鸡市灌区,江苏省淮河、苏北灌溉总渠以北地区,安徽省沿淮及淮河以北地区,高中水肥地块早中茬种植。

### 3.2 播期和播种量

瑞华麦 519 在 10 月初至 11 月初播种均可,最适播期为 10 月 5 日至 10 月 20 日。在适宜播期内播种,基本苗当控制在 225 万~270 万株/hm<sup>2</sup> 为宜。对于稻茬少免耕或人工撒播田块,当视具体墒情而定,可适当增加 75~225 kg/hm<sup>2</sup> 用种量。若播种期推迟,也应适当增加用种量,一般推迟 1 周播种增加用种量 45~75 kg/hm<sup>2</sup>。具体播量计算公式如下:

$$\text{播种量(kg/hm}^2\text{)} = \frac{\text{基本苗数(万株/hm}^2\text{)}}{\text{每千克种子粒数} \times \text{发芽率}(\%) \times \text{出苗率}(\%)}$$

### 3.3 肥水管理

**3.3.1 肥料用量。**根据近年江苏瑞华农业科技有限公司对瑞华麦 519 的试验、示范和高产优质栽培的实践经验,该品种适宜在中上等肥力条件种植,如需保障 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的目标产量,建议施纯氮 320~350 kg/hm<sup>2</sup>,磷、钾肥作为基肥全部施入,施用量根据土壤有效含量合理确定,一般施 K<sub>2</sub>O 为 150~180 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 120~150 kg/hm<sup>2</sup>,施用的化肥质量要符合国家相关标准的规定<sup>[5]</sup>。

**3.3.2 肥料运筹。**在整个生育期,应依据该品种各时期需肥特性及氮、磷、钾等元素的肥效特点,合理运筹肥料<sup>[6]</sup>。氮肥建议按基肥、壮蘖肥、拔节肥、孕穗肥的质量比为 5.0 : 1.0 : 2.5 : 1.5 的比例施用,扬花期结合防治病虫害喷施 0.2%~0.3%磷酸二氢钾作

叶面肥,每次用量为 600~800 g/hm<sup>2</sup>,喷施 2~3 次,可以有效增加千粒质量,提升品质,实现高产与优质兼顾。

### 3.4 病虫害防治

病虫害防治要按照“预防为主,综合防治”的原则,以防为主。

**3.4.1 草害防治。**对以野燕麦、茵草、看麦娘、日本看麦娘等禾本科杂草为主的麦田,可以用 5%啶啉·炔草酯 900~1 200 mL/hm<sup>2</sup>,或 6.9%精噁唑禾草灵水乳剂(骠马)1 200~1 500 mL/hm<sup>2</sup>,或 3%甲基二磺隆(世玛)225~300 mL/hm<sup>2</sup>,或 25%环吡·异丙隆(麦普瑞)1 800~3 000 mL/hm<sup>2</sup>,对水 450 kg 喷雾。防除以芥菜、猪殃殃、婆婆纳、牛繁缕等阔叶杂草为主的麦田,可以用 20%氯氟吡氧乙酸 450~600 mL/hm<sup>2</sup>,或 20%双氯·氟氯酯 45~75 g/hm<sup>2</sup>加专用助剂,或 3%双氟·唑草酮 450~600 mL/hm<sup>2</sup>,或 10%双唑草酮 150~225 mL/hm<sup>2</sup>+50%氯氟吡氧乙酸异辛酯 300~450 g/hm<sup>2</sup>,对水 450 kg 喷雾。施药时间、用药量及喷雾面积需严格控制,严防漏喷重喷,可提高防除效果,避免产生药害。

**3.4.2 病害防治。**防治小麦白粉病,可以用 20%三唑酮乳油(粉锈宁)300~450 mL/hm<sup>2</sup>对水 750~900 kg 喷雾。防治小麦纹枯病,可以用 40%福星乳油 4 倍或 5%井冈霉素水剂 45 mL/hm<sup>2</sup>,对水 15.0~22.5 kg 大容量喷雾,或 25%敌力脱(有效成份:丙环唑)乳油 450~600 mL/hm<sup>2</sup>对水 750 kg 喷雾,以上喷雾要注意喷小麦茎基部。在小麦抽穗扬花期,用 45%戊唑·咪鲜胺水乳剂 300~450 mL/hm<sup>2</sup>,或 30%唑醚·戊唑醇悬浮剂 600~750 mL/hm<sup>2</sup>,或 40%丙硫菌唑·戊唑醇悬浮剂 450~750 mL/hm<sup>2</sup>,或 20%氰烯·己唑醇悬浮剂 1 650~2 100 mL/hm<sup>2</sup>,或 48%氰烯·戊唑醇悬浮剂 600~750 mL/hm<sup>2</sup>,或 20%氟唑菌酰胺悬浮剂 750~900 mL/hm<sup>2</sup>,对水 300~450 kg,间隔 7~10 d,连续施药 2 次,即可快速控制住赤霉病的发生和蔓延。当条锈病病叶率达 1%~2%,叶锈病病叶率达 5%~10%,秆锈病病秆率达 1%~5%时,

可用 40%福星乳油 90 000 倍或 20.75%万兴乳油 22 500 倍,或 20%粉锈宁乳油 750 mL/hm<sup>2</sup>,或 25%丙环唑乳油 450~600 mL/hm<sup>2</sup>,对水 300~450 kg 茎叶喷雾,严重时 10~15 d 后再喷 1 次。

**3.4.3 虫害防治。**蚜虫可用 10%吡虫啉 300 g/hm<sup>2</sup>,或 25%噻虫嗪水分散粒剂 30.0~37.5 g/hm<sup>2</sup>,对水 300~450 kg 喷雾防治,同时可兼治麦田灰飞虱。红蜘蛛可用 2.5%联苯菊酯 1 200 mL/hm<sup>2</sup>,或 1.8%阿维菌素乳油 450~600 mL/hm<sup>2</sup>,对水 300~450 kg 喷雾防治。小麦吸浆虫可用 2.5%高效氯氟氢菊酯水乳剂 1 200 mL/hm<sup>2</sup>,对水 300~450 kg 喷雾防治。麦田黏虫可用 8 000 IU/mg 可湿性粉剂 4 500~6 000 g/hm<sup>2</sup>,对水 300~450 kg 喷雾防治。

### 3.5 适期收获

在正常情况下,蜡熟末期至完熟期是收获适期。收获后及时将小麦种晾晒或烘干,使水分含量达到国标规定,以确保入库安全性,使之贮藏于通风干燥处,有利于保证小麦品质。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 吴 芬,徐 萍,郭海谦,等. 冬小麦产量差和资源利用效率差及调控途径研究进展[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(10):1551-1567.
- [3] 周羊梅,顾正中,王安邦,等. 高产稳产小麦新品种‘淮麦 33’选育及性状分析[J]. 中国农学通报,2016,32(27):47-52.
- [4] 金彦刚,杨永乐,常东伟,等. 瑞华麦 520 的选育、特征特性及栽培技术要点[J]. 安徽农学通报,2016,22(24):38-39.
- [5] 杨永乐,李晖辉,金彦刚,等. 高产抗病小麦新品种瑞华麦 521 的选育经过及栽培技术[J]. 现代农业科技,2018(13):32-33.
- [6] 孙瑞建,杨桂甲. 小麦新品种淮麦 30 高产调优栽培技术[J]. 种子世界,2013(10):42-43.

## Breeding and Cultivation Techniques of New National Approved Wheat Variety Ruihuamai 519 with High Quality and Medium-strong Gluten

LI Zhenfu<sup>1</sup>, YANG Peng<sup>1</sup>, CHANG Dongwei<sup>1</sup>, WEI Wanjuan<sup>1</sup>, ZHENG Yayue<sup>1</sup>, YANG Yongle<sup>1</sup>, REN Yangtao<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1</sup>, ZHAO Qibing<sup>1</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>, XIA Zhonghua<sup>1</sup>, LI Huihui<sup>2</sup>, CAI Wuning<sup>2</sup>, GU Qihua<sup>2</sup>, JIN Yangang<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Ruihua Agricultural Technology Co., Ltd. / Engineering & Technology Research Center for Wheat Commercial Improvement in Jiangsu / Suqian Key Laboratory of Crop Molecular Breeding, Suqian 223800, China;  
2. Sucheng District Agricultural Technology Comprehensive Service Center, Suqian 223800, China)

**Abstract:** Ruihuamai 519 is a new semi winter wheat variety with good comprehensive resistance, high yield and stable yield, which was bred by Jiangsu Ruihua Agricultural Technology Co., Ltd. by crossing the high-quality strong-gluten wheat variety Yannong 19 with the dwarf and large spike wheat variety Ruihuamai 516 with good resistance through pedigree method. From 2020 to 2022, it participated in the two-year regional trial of the southern part of the national Huanghuai winter wheat region in the water area, and the average yield of the two-year regional trial was 9 084.8 kg/hm<sup>2</sup>, which increased by 6.30% compared to the control Zhoumai 18. The yield increased significantly in both years compared to the control group ( $P < 0.01$ ). The production trial was synchronized with regional trial of the second year, with an average yield of 9 354.0 kg/hm<sup>2</sup>, which increased by 6.71% compared to the control Zhoumai 18, reaching a highly significant level ( $P < 0.01$ ). In 2023, it was approved by the state, with the approval number of Guoshenmai 20230045, and has applied for the protection of national new variety rights.

**Key Words:** Ruihuamai 519; Breeding; Medium-strong gluten; High yield; Cultivation technique

(上接第 69 页)

- [2] 巫明明, 曾 维, 翟荣荣, 等. 水稻耐盐分子机制与育种研究进展[J]. 中国水稻科学, 2022, 36(6): 551–561. 1 号的选育与特征特性 [J]. 大麦与谷类科学, 2023, 40(1): 67–70.
- [3] 严国红, 刘玉春, 姚立生, 等. 盐稻 9 号的选育及应用研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 201–202. [6] 刘 凯, 朱静雯, 宛柏杰, 等. 水稻耐盐性分子遗传研究进展 [J]. 植物遗传资源学报, 2021, 22(4): 881–889.
- [4] 唐红生, 孙明法, 姚立生, 等. 迟熟中粳盐稻 12 号机插高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学, 2015, 32(2): 35–36. [7] 王才林, 张亚东, 赵 凌, 等. 耐盐碱水稻研究现状、问题与建议[J]. 中国稻米, 2019, 25(1): 1–6.
- [5] 张亚东, 朱 镇, 陈 涛, 等. 优质耐盐水稻新品种南粳盐

## Breeding and Application of New High-quality Rice Variety Yandao No.18

DAI Jinying<sup>1</sup>, YUE Hongliang<sup>1</sup>, ZHAO Shaolu<sup>1</sup>, ZHU Jingwen<sup>1</sup>, LIU Kai<sup>1</sup>, SUN Yibiao<sup>1</sup>, ZHANG Guiyun<sup>1</sup>, ZHU Guoyong<sup>1</sup>, TANG Hongsheng<sup>1</sup>, WANG Aimin<sup>1</sup>, YAN Guohong<sup>1</sup>, ZHUANG Dongying<sup>2</sup>, SUN Mingfa<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224000, China; 2. Xinyang Experimental Station, Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224000, China)

**Abstract:** Yandao No.18, formerly codenamed Yandao 178, is a new salt tolerant medium geng rice variety developed through a collaboration between Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences and Yancheng Mingtian Seed Industry Technology Co., Ltd. with Xudao No.3 as the maternal parent and Yandao No.9 as the paternal parent through artificial hybridization and continuous directional selection by the pedigree method for many years. The two-year regional trial yield of Yandao No.18 is 8 033.99 kg/hm<sup>2</sup>. Yandao No.18 has the characteristics of salt tolerance, high quality, disease resistance, moderate maturity and wide adaptability. It is suitable for freshwater irrigation in saline alkali land with a salt content of 0.3%–0.5% along the coast of Jiangsu Province. In April 2021, it was approved by the Jiangsu Provincial Crop Variety Approval Committee (approval number: Sushendao 20210043), and it was named Yandao No.18.

**Key Words:** Rice; Salt tolerance; High quality; Yandao No.18

张平平,徐修奎,姚金保,等. 半冬性高产优质小麦宁洪麦 452 的选育及特征特性[JOL]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):76-78. https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2024.03.013.

# 半冬性高产优质小麦宁洪麦 452 的选育及特征特性

张平平<sup>1</sup>,徐修奎<sup>2</sup>,姚金保<sup>1</sup>,张云涛<sup>2</sup>,宋桂成<sup>1</sup>,周森平<sup>1</sup>

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

2. 江苏省洪泽湖农场集团有限公司农业科技研究所,江苏 宿迁 223932)

**摘要:**宁洪麦 452(审定编号:苏审麦 20220019)是江苏省农业科学院以连麦 7 号为母本、淮麦 20 为父本,通过系谱法结合生化标记辅助选择育成的半冬性高产优质白皮小麦新品种。2019—2021 年 2 年度宁洪麦 452 平均产量为 8 799 kg/hm<sup>2</sup>,比对照淮麦 20 增产 5.7%,增产点率 100%。经江苏省种子站组织第三方机构鉴定,宁洪麦 452 中感赤霉病、条锈病,中抗黄花叶病毒病,品质特性达到中强筋小麦品种审定标准。本文对宁洪麦 452 选育、品种特性和栽培技术进行系统总结,旨在为该品种的示范推广提供参考。

**关键词:**小麦;宁洪麦 452;选育;特征特性;栽培技术

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20240006

江苏淮北地区属于黄淮冬麦区南片地区,约占全省小麦种植面积的 60%,是江苏省小麦的主产区和高产区。该区生态环境、耕作制度复杂多样,各种生物、非生物逆境常年发生<sup>[1]</sup>。选育丰产、稳产、综合抗病抗逆性好、生态环境适应性好的小麦品种是当地小麦育种家的重要工作。半冬性白皮小麦新品种宁洪麦 452 系江苏省农业科学院粮食作物研究所以连麦 7 号为母本、淮麦 20 为父本杂交配组,用常规育种的系谱法结合生化标记辅助选择选育而成(审定编号:苏审麦 20220019)。宁洪麦 452 为半冬性多穗型中早熟品种,具有抗倒、高产稳产、优质、中感赤霉病等特征,具备在江苏淮北地区乃至黄淮南片麦区大面积推广种植潜力。本文根据江苏省种子站区域试验结果以及试验记载,对宁洪麦 452 的选育经过、品种特性和栽培技术进行介绍,以期为该品种的示范和推广提供参考。

## 1 宁洪麦 452 亲本及选育过程

### 1.1 母本

母本连麦 7 号为半冬性、多穗中早熟品种,分蘖力较强,成穗率较高,灌浆速度快,熟相好,熟期同对照品种淮麦 20。株高 80~85 cm,茎秆弹性较好,结实性好,抗寒性较好,综合抗性好,感赤霉病,

中感纹枯病、白粉病,高抗黄花叶病<sup>[2]</sup>。连麦 7 号为高蛋白、强筋小麦品种,经蛋白生化标记检测,具有 Glu-D1d(5+10)优质高分子量谷蛋白亚基。

### 1.2 父本

父本淮麦 20 一般配合力好,为半冬性、多穗中熟品种,分蘖力强、成穗率高、熟相好。株型紧凑、株高 85 cm 左右,抗倒性一般。籽粒外观商品性好,综合抗性好,高抗梭条花叶病,中抗白粉病和纹枯病,中感赤霉病、叶锈病,条锈病轻。冬季抗寒性和抗倒春寒能力好,耐湿性好、较抗穗发芽<sup>[3]</sup>。淮麦 20 亦为高蛋白、强筋小麦品种,经蛋白生化标记检测,亦具有 Glu-D1d(5+10)优质高分子量谷蛋白亚基。

### 1.3 选育过程

2010 年春以连麦 7 号(连 0809)为母本、淮麦 20 为父本进行有性杂交,并采取系谱法选择,即 F<sub>1</sub> 按组合选择并混收;F<sub>2</sub> 大区稀播选择单株;F<sub>3</sub> 和 F<sub>4</sub> 按株行选择单株并进行蛋白质含量测定。F<sub>4</sub> 株行增加赤霉病抗性和微量面团揉混特性鉴定。F<sub>5</sub> 选择株系并进行蛋白质含量测定、微量面团揉混特性鉴定和赤霉病抗性鉴定。F<sub>6</sub> 升入鉴定圃并进行面团品质测试、赤霉病抗性鉴定,F<sub>7</sub> 升入品比圃鉴定并进行面团品质测试、赤霉病抗性鉴定,F<sub>8</sub> 参加江苏省农业科学院粮食作物研究所组织的多点品比试验并进行面团品质测试、赤霉病抗性鉴定,中选株系综合性状表现突出(多点品比编号为 17452)。F<sub>9</sub>—F<sub>12</sub> 参加江苏省淮北小麦区域试验预试、区域试验及生产试验(参试编号:宁洪 17452),具体选育系谱如图 1 所示。

收稿日期:2024-01-17;修回日期:2024-05-27。

基金项目:江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目[JBGS(2021)052]。

作者简介:张平平(1977—),男,博士,研究员,主要从事小麦品质、抗病研究和新品种选育工作。Email: pzh@jaas.ac.cn。



图1 宁洪麦452系谱及选育过程示意图

## 2 宁洪麦452特征特性

### 2.1 农艺性状

宁洪麦452全生育期226.5d,比对照淮麦20短1d,属半冬性中早熟品种。冬季抗寒性好,幼苗半匍匐,长势健壮,叶色绿,茎秆蜡质重。分蘖力较强,成穗多,穗型较大,穗层较整齐,株型较松散。宁洪麦452株高85~90cm,茎秆弹性较好,抗倒性较好。籽粒灌浆快,熟相比较好,穗纺锤形,长芒、白壳、白粒、籽粒角质,饱满度好,商品性好。有效穗数约41万个/667m<sup>2</sup>,每穗约34粒,千粒质量约45g。

### 2.2 产量表现

宁洪麦452区域试验2年平均产量8799kg/hm<sup>2</sup>,比对照淮麦20增产5.7%,2年增产均达极显著水平,2年共计22个试验点的增产率为100%。2021—2022年度宁洪麦452参加生产试验,平均产量9198kg/hm<sup>2</sup>,较对照淮麦20增产4.0%,11个试验点次中增产率为90.9%。

### 2.3 抗性鉴定

2019—2021年2年度经江苏省种子站组织第三方机构鉴定:宁洪麦452中感赤霉病(单花滴注接种鉴定严重度分别为2.8、2.6;自然发病鉴定病情指数分别为2.2、18.6),中感条锈病,中抗黄花叶病毒病,高感纹枯病、白粉病和叶锈病,高感穗发芽。

## 2.4 品质特性

2020和2021年经江苏省种子站组织第三方机构检测:宁洪麦452容重均为830g/L,蛋白质(干基)含量(质量分数)分别为13.9%、14.8%,湿面筋含量分别为29.5%、31.5%,吸水率分别为63.7%、61.7%,稳定时间分别为14.7、8.9min,最大拉伸阻力分别为453、371E.U.,拉伸面积分别为80、74cm<sup>2</sup>,硬度指数分别为62.3、62.1,达到中强筋小麦品种审定标准<sup>[4]</sup>。

## 3 宁洪麦452栽培技术要点

### 3.1 适宜种植区域

宁洪麦452在江苏淮北地区的高、中肥力,水、旱茬均适宜种植,生态条件相似的安徽、河南等黄淮南片冬麦区亦可先行引种试种并推广。

### 3.2 播期和密度

宁洪麦452旱茬适宜播期为10月5—20日,基本苗为150万~180万株/hm<sup>2</sup>,播种量为112~135kg/hm<sup>2</sup>;稻茬播期为10月25—11月20日,应增加播种量,基本苗为300万~450万株/hm<sup>2</sup>,播种量为224.0~336.0kg/hm<sup>2</sup>。

### 3.3 肥水管理

宁洪麦452全生育期施氮肥240~300kg/hm<sup>2</sup>(按N计),磷肥(按P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>计)和钾肥(按K<sub>2</sub>O计)

均为 90 ~ 120 kg/hm<sup>2</sup>。施足底肥,看苗调节分蘖肥,重施拔节孕穗肥,氮肥基肥、壮蘖肥、拔节、孕穗肥的质量比可按 40 : 15 : 30 : 15,磷、钾肥基肥与拔节孕穗肥可按 60 : 40。根据气象及降雨情况,重点浇好出苗水、越冬水和拔节水。

### 3.4 病虫害防治

长期注重治理田块周边的杂草,充分利用水旱轮作对麦田杂草进行控制。做好种子质量把控并尽量包衣处理。播后立即通过封闭除草剂抑制基础杂草的数量。冬前、春后的防除重点分别为禾本科杂草、阔叶杂草。春后至拔节重点防治纹枯病;抽穗后结合“一喷三防”对蚜虫、叶锈病、白粉病和赤霉病等进行综合防治。为保障粮食安全应重点加强赤霉病防控,分别于扬花初期和盛花期各用药 1 次,用药后遇雨要随即补药 1 次<sup>[5-6]</sup>。

## 4 小结

小麦是江苏省仅次于水稻的重要粮食作物,常年种植面积稳定在 230 万 hm<sup>2</sup> 以上,总产约 1 300 万 t 以上,面积和总产量均占全国 10% 左右,对保证我国和当地粮食安全、保障粮食供给、维持粮价稳定具有重要的意义。江苏淮北地区属于黄淮冬麦区南片地区,该区域淮河、沿海等水网复杂,造成土壤类型、生态环境、耕作制度复杂多样,冻害、渍害、赤霉病、白粉病、锈病等生物、非生物逆境常年发生。围绕这些小麦生产中的问题,我们以选育丰产、稳产、优质、综合抗病抗逆性好、生态环境适应性好的小麦品种作为育种目标,成功选育出宁洪麦 452。宁洪

麦 452 在区域试验及大区示范中表现出分蘖成穗多、穗型较大、适期晚播的穗型和千粒质量变化小、熟相好、稳产性较好、赤霉病抗性稳定等突出特点,符合淮北地区水稻茬口种植的实际需求。在大田生产条件下,宁洪麦 452 还表现出粉质仪稳定时间长、最大抗延阻力和拉伸面积大等强面筋特点,这得益于选育过程中连续多代的蛋白质含量筛选和 Glu-D1d(5+10) 优质亚基的利用。另外,宁洪麦 452 经区域试验 2 年度的赤霉病抗性鉴定及田间观察,无论单花滴注接种严重度还是自然发病病情指数均达到中感水平,表明其赤霉病抗性稳定,这主要归功于从 F<sub>4</sub> 世代开始多点次的赤霉病抗性鉴定。宁洪麦 452 符合淮北麦区优质高产抗赤霉病小麦新品种的迫切需求,配合常规赤霉病防控措施,有助于小麦原粮的安全优质生产。

### 参考文献:

- [1] 王龙俊,陈荣振,朱新开,等. 江苏省小麦品质区划研究初报[J]. 江苏农业科学,2002,30(2):15-18.
- [2] 任立凯,王 龙,李 筠,等. 高产稳产小麦新品种:连麦 7 号[J]. 麦类作物学报,2016,36(9):1269.
- [3] 夏中华,顾正中,孙苏阳. 优质强筋小麦新品种淮麦 20 号的选育及特征特性[J]. 江苏农业科学,2002,30(6):31-59.
- [4] 胡学旭,郭利磊,王乐凯,等. 国家小麦品种试验品质分类标准研究[J]. 农产品质量与安全,2020(1):16-20.
- [5] 范保卫. 淮北地区小麦赤霉病发生特点及防控措施[J]. 安徽农学通报,2019,25(S1):65,73.
- [6] 赵 亚. 沿淮小麦赤霉病流行原因及其防控策略[J]. 安徽农学通报,2022,28(1):105-106.

## Breeding and Characteristics of Semi-winter Wheat Variety Ninghongmai 452 with High Yield and High Quality

ZHANG Pingping<sup>1</sup>, XU Xiukui<sup>2</sup>, YAO Jinbao<sup>1</sup>, ZHANG Yuntao<sup>2</sup>, SONG Guicheng<sup>1</sup>, ZHOU Miaoping<sup>1</sup>

(1. Provincial Key Lab for Agrobiolgy / Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

2. Jiangsu Hongze Lake Farm Group Go.,Ltd. Agricultural Science and Technology Research Institute, Suqian 223932, China)

**Abstract:** Ninghongmai 452 (approval number: Sushenmai 20220019) is a new semi-winter, high-yield, high-quality and white wheat cultivar developed by Jiangsu Academy of Agricultural Sciences with Lianmai No.7 as the maternal parent and Huaimai 20 as the paternal parent through pedigree selection combined with biochemical marker assisted selection. The average yield of Ninghongmai 452 during 2019-2021 is 8 799 kg/hm<sup>2</sup>, which is 5.7% higher than that of the control variety Huaimai 20, and the yield increase rate is 100%. According to the identification of the third institutions by the organization of Jiangsu Seed Administration Station, Ninghongmai 452 is moderately susceptible to fusarium head blight and stripe rust, moderately resistant to yellow mosaic virus, and its quality meets the certification standard of medium-strong gluten wheat varieties. This article summarizes the breeding process, agronomic characters and cultivation techniques of Ninghongmai 452, and aims to provide reference for its application and extension.

**Key Words:** Wheat; Ninghongmai 452; Breeding; Characteristic; Cultivation technique