

吉林省水稻粒型育种研究现状与圆粒型品种吉粳332的选育进展

金成海, 全成哲, 严永峰, 陈莫军*, 杨 峰*

(吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 长春 130033)

摘要: 水稻粒型作为影响产量及品质的关键性状, 其评价指标涵盖粒长、粒宽、粒厚等多个方面。本文旨在概述水稻粒型育种研究的最新进展与现状, 并对吉林省粒型育种的发展进行深入分析。圆粒型品种在吉林省的品种审定数量及市场占有率方面占据主导地位, 显示出其在该地区的显著优势。圆粒型品种吉粳332丰产性好、米质优良、抗逆性强、株型理想、适应性广。该品种于2024年通过审定, 审定编号为20241009。其选育与推广对促进吉林省圆粒型品种的发展具有显著作用, 同时有助于稳定本地市场, 保持本土圆粒品种的市场竞争力。

关键词: 水稻; 粒型; 育种现状; 吉粳332; 选育; 应用前景

中图分类号: S511.03

文献标识码: B

文章编号: 2096-5877(2026)04-0032-05

Current Status of Rice Grain Type Breeding Research in Jilin Province and Breeding Progress of Round-grain Variety Jijing 332

JIN Chenghai, QUAN Chengzhe, YAN Yongfeng, CHEN Mojun*, YANG Feng*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences(Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun 130033, China)

Abstract: Rice grain type, a key trait affecting both yield and quality, is evaluated using multiple indicators, including grain length, width, and thickness. This article aims to summarize the latest progress and current status of rice grain type breeding, and provide an in-depth analysis of grain type breeding development in Jilin Province. In Jilin Province, round-grain varieties dominate both in the number of officially approved varieties and in market share, demonstrating their significant advantage in this region. The round-grain variety Jijing 332 exhibits high-yielding potential, excellent grain quality, strong stress resistance, ideal plant type, and wide adaptability, and was officially approved in 2024(Approval No. 20241009). The breeding and promotion of this variety play a significant role in advancing round-grain rice development in Jilin Province, while also helping to stabilize the local market and sustain the competitiveness of local round-grain varieties.

Key words: Rice; Grain type; Breeding status; Jijing 332; Breeding; Application prospect

水稻是我国粮食生产中不可或缺的重要作物, 其地位是至关重要的。它不仅在我国粮食安全中扮演着关键角色, 而且对超过60%的国民来说, 水稻是日常饮食中不可或缺的主要食物来源^[1]。我国不仅是世界上最大的稻米生产和消费国^[2], 在国际上也占据着举足轻重的地位。然而,

随着我国城镇化和工业化的快速推进, 水稻种植面积正面临缩减的趋势。因此, 提高水稻的产量和品质, 确保其持续稳定增长, 对于保障我国粮食安全和提升国民口粮质量具有基础性的重要意义^[3]。

在保持水稻的株型和穗型相对一致的前提下, 水稻粒型成为影响产量的关键性状之一, 它与水稻的外观品质性状密切相关。粒型的评价指标主要包括粒长、粒宽、粒重和长宽比等^[4-5]。其中, 粒长是衡量粒型的核心指标, 细长型的稻米更受消费者的喜爱, 且通常具有更高的商品价值^[6]。因此, 深入研究和理解水稻谷粒性状的遗传规律及其调控机制, 对水稻产量和品质的遗传

收稿日期: 2025-06-15

基金项目: 吉林省水稻产业技术体系“水稻高产抗病品种筛选与示范岗”(JLARS-2025-020203); 水稻主导品种筛选与示范岗(JLARS-2025-020202)

作者简介: 金成海(1977-), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事水稻育种及品种测试评价工作。

通信作者: 陈莫军, E-mail: chmj123@126.com

杨 峰, E-mail: feng9455@126.com

改良及分子设计育种具有深远的科学意义和广泛的应用价值^[7]。

吉粳332是典型的小圆粒型品种,其稳定的遗传特性和广泛的适应性也使其成为吉林省水稻种植的首选品种之一。通过对吉粳332的深入研究,科研人员发现其在生长周期、光合作用效率以及养分吸收利用等方面均展现出独特的优势。这些特性使得吉粳332在不同生态环境下均能保持良好的生长状态和产量表现,为吉林省的水稻生产提供了有力的支撑。此外,吉粳332具有良好的口感和加工品质,能满足消费者对高品质大米的需求,赢得消费者的认可和市场的青睐,为提升吉林省圆粒米的市场竞争力贡献力量。这不仅促进了吉林省水稻产业的发展,也为省内水稻育种工作提供了有益的借鉴和参考。

1 水稻粒型育种研究现状

随着社会经济的可持续发展和人民生活水平的不断提升,对稻米品质的需求日益增长,人们不仅追求高产,还对稻米的口感和综合品质提出了更高的要求。这促使优质稻米在大面积种植中得到推广和应用,以满足消费者对高品质稻米的需求^[8]。因此,培育高产、优质且适应水稻产业发展的新品种,对于确保国家粮食安全具有至关重要的作用^[1]。水稻粒型的发育和调控是一个复杂的生物学过程,涉及多种转录调控因子和多条调控路径^[9]。

迄今为止,已成功定位超过600个与粒型相关的数量性状基因座(QTL),其中与粒长相关的QTLs超过130个。水稻的12条染色体上分布已被克隆的60多个水稻粒型基因,但多数仅处于初步定位阶段。在生产实践中广泛利用的粒型QTL(基因)数量有限,且这些QTL(基因)的优异单倍型在种质资源中的聚合情况尚不明确,导致其应用存在一定的困难。已克隆的粒型基因编码的蛋白质种类繁多,功能各异。迄今为止,已报道的调控粒型发育的途径主要包括G-蛋白信号通路、miRNA相关通路、泛素-蛋白酶途径、植物激素(生长素和油菜素内酯)、丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)、转录因子等,这些途径通过调控细胞的增殖或伸展来影响粒长等性状。研究指出,粒长等性状是由多个效应值较小的基因控制的数量性状,单个基因的效应值较小,且受环境影响较大。其中,粒长以多基因间的加性效应遗传为主。稻粒长差异主要是由于其第2外显子的一个单核苷

酸多态性(SNP)C/A造成。转录因子通过精确调节特定粒型基因的表达量来调控粒长。粒长基因GS3是首个被克隆的负向主效调控水稻粒长、粒重,微效调控粒宽的基因,位于3号染色体上。GL7正向调控粒长、负向调控粒宽,位于7号染色体,其粒长位点(GL7)的CNV对水稻粒大小多样性具有重要影响;GW7正向调控粒型粒长、长宽比,位于7号染色体。GW5是油菜素甾醇(BR)信号传导调控因子,通过参与BR的合成调控水稻籽粒大小。

以上研究结果表明,粒型的调控涉及复杂的生物学机制,需要深入研究以揭示其调控网络。通过解析传统育种历史,逐步融入基因组学技术,聚合改良粒型相关基因(如GS3、GS9、GW5等)对优化稻米外观和食味至关重要。

2 吉林省水稻粒型研究的发展现状

吉林省位于40°~45°N的黄金水稻带,该地区全年无霜期一般为100~160 d,平均日照时数为2 259~3 016 h,年平均降水量为400~600 mm,具备种植水稻的优越气候条件^[9]。吉林省作为我国主要的优质粳稻米产地,在国内稻米市场上,“吉林大米”享有较高的知名度,以“安全、营养、美味”的形象受到消费者的青睐。近年来,吉林省粮食总产量和单产均有显著增长,单产较全国平均水平高20%,水稻生产已基本完成从高产向优质高效的转型。吉林省水稻育种专家通过不懈努力,成功选育出多个优质粳稻品种,推动了水稻种业从品种向品质、品位、品牌的升级^[10-11]。然而,由于省内分子育种技术研究基础薄弱,分子辅助育种的成果较少,应用困难等原因,传统育种技术仍然占据主导地位^[12]。在粒型育种的研究中,主要集中在粒长、粒厚、长宽比等外观性状上,而相关分子水平的基因研究分析及分子标记辅助选择等微观层面的研究报道较少。

自2013年以来,吉林省实施了加快推进吉林大米品牌建设的战略部署,经过9年的品牌建设,“吉林大米”入选“新华社民族品牌工程”,成为吉林农业的“白金名片”^[9]。越来越多的圆粒型优质稻米走向市场前沿,对于吉林省来说,优质的吉林品牌大米面临着机遇与挑战^[13]。随着长粒型品种的发展 and 市场需求的变化,长粒型品种在吉林省所占比例逐步增加,特别是黑龙江省选育的五优稻系列及中国科学院选育的中科发5号等长粒型品种逐步进入吉林省市场,对吉林省本土的圆

粒型品种构成了巨大挑战,近年来大米市场上甚至有超越本土圆粒型品种的趋势。吉林省近年来重点发展小圆粒香型水稻,在市场上,圆粒型品种也一直占据主导地位,以满足消费者对食味和外观的需求。如吉粳830作为圆粒香型标杆品种,其粒型(圆粒)与食味品质的结合成为育种核心目标。

根据《食用稻品种品质》标准(NY/T 593—2021),吉林省将优质稻米按长宽比划分为长粒型($\geq 2.3:1$)和圆粒型($< 2.3:1$)品种。在消费市场上,圆粒型品种进一步细分为中长粒型($2.0:1 \sim 2.3:1$)和小圆粒型($< 2.0:1$)两个类型,初步形成了长粒、中长粒和小圆粒三大系列。吉林省2014—2024年共审定品种463个,其中长粒型品种在审定中偶有出现,但数量较少,2000年之后为应对外省长粒型品种的进入而逐渐增多。中长粒型品种作为过

渡类型,在近十年间审定数量不多,年度分布较为均匀。小圆粒型品种在十年间共审定375个,占审定总数的81%(图1)。由此可见,吉林省在品种选育策略上应保持圆粒型品种的优势,同时发展长粒型品种以应对外省品种的竞争压力,确保吉林大米在市场上的稳定竞争力。

在此背景下,吉林省的水稻育种工作者积极响应市场需求,致力于开发出既高产又优质的水稻新品种。吉粳332作为圆粒型水稻品种的代表之一,正是在这一背景下应运而生。吉粳332不仅继承了吉林省传统圆粒型品种的优良特性,还在产量、抗逆性和品质上有了新的突破。该品种的成功选育,不仅丰富了吉林省水稻圆粒型品种资源库,也为吉林省水稻产业的发展注入了新的活力。通过进一步的研究和推广,吉粳332有望成为吉林省水稻种植区的重要品种之一,为推动

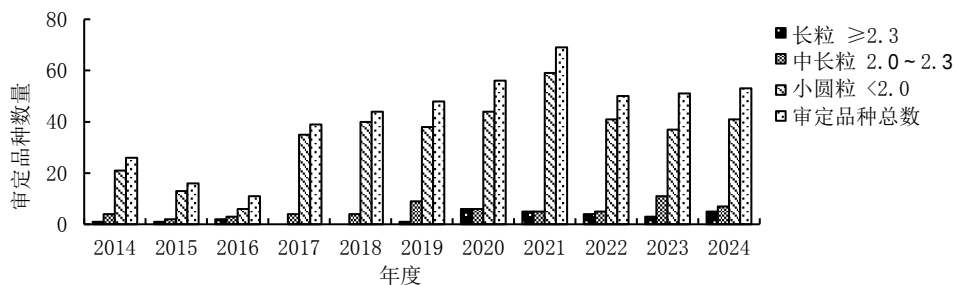


图1 2014—2024年吉林省审定品种粒型分类统计图

Fig. 1 Statistical chart of grain type classification of approved varieties in Jilin Province from 2014 to 2024

水稻产业的持续健康发展做出积极贡献。

优良稻米品种是指在碾米品质、外观品质、蒸煮食用品质以及营养品质方面均达到优质稻米品质标准的水稻品种^[13]。这些品种在多个方面表现出色,包括米粒的完整度、外观的美观程度、烹饪后的口感以及营养价值。长粒型品种因其粒型细长且膨胀系数较大,展现出较佳的外观和蒸煮品质,能够带来较高的经济附加值,然而其整精米率和出米率较低,加工成本较高^[7],这些是其固有的缺陷。而圆粒型品种,尤其是圆粒香型品种,在食味、出米率、抗性、产量等方面展现出其固有的优势^[9]。在全国优质水稻品种食味品质鉴评活动中,吉林省共获得13项金奖,全部为圆粒型品种^[11]。这表明,圆粒型品种同样具有优质潜力,而长粒型品种并非绝对优质。小圆粒型品种凭借其稳产性和高出米率等优点,能够有效弥补与长粒型品种相比的某些不足,因此,它仍然是吉林省不可或缺的重要种质资源。这些小圆粒型品种在保持了较高的产量和优良的口感的同时,也具有

较强的抗病性和适应性,使得他们在不同环境条件下都能保持稳定的生产表现,为农民提供了可靠的经济收入来源。

3 圆粒型水稻品种吉粳332的选育

3.1 选育历程

吉粳332是由吉林省农业科学院水稻研究所精心选育的水稻品种。该品种的选育过程始于优良品种(系)间的杂交,以及后代系谱法的应用。2015年,研究团队以“吉15-61”(通丰09-4与吉粳803后代稳定株系)作为母本、以“吉大256”作为父本进行杂交,杂交成功后, F_1 代在海南的冬季进行繁育,经过筛选去除杂种,小区混合收获。2016年,研究团队在水稻研究所内展开 F_2 代的种植,种植2000株单株,并从中选出79株熟期适中、丰产、多抗的优良单株。在室内决选过程中,淘汰了糙米外观品质不佳的单株。2016年冬,将决选保留的40个入选单株继续送至海南进行繁殖 F_3 代,并对这些株系进行了抗稻瘟病性和耐冷性的

鉴定,淘汰了抗逆性差的株系。其余株系成熟后按小区混合收获。2017年,保留的 F_4 代株系继续在水稻所内进行单株种植,选拔出综合性状优良的单株。2018年, F_5 代选出性状稳定、丰产性好、抗病性佳、米质优良的株系,田间代号吉18-2978。2019年, F_6 代参加了所内育种团队的大品比试验,对其产量、稻米品质以及抗逆性进行了综合评价,结果显示,比对照品种吉玉粳增产5.6%,稻米品质优、抗逆性强。2020年, F_7 代参加了所内联合品比试验,比对照品种吉玉粳增产3.0%,米质、抗逆等综合性状优良。2021年,推荐 F_8 代参加了吉林省筛选试验。2024年通过吉林省水稻品种审定委员会的审定,审定编号为20241009。

3.2 品种特征特性

吉粳332是中熟品种,其生育期为136 d,需 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温约为 $2\ 720\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。该品种的株高为96.8 cm,株型紧凑,分蘖力强,剑叶直立上举,茎叶保持绿色。有效穗数可达 $375.0\text{ 万穗}/\text{hm}^2$ 。穗长为17.9 cm,属于紧穗型,平均穗粒数为130.5粒,结实率高达92.0%。谷粒为阔卵形,颖壳浅黄色,无芒,千粒重为22.0 g。

3.2.1 产量表现

在2022年的区域试验中,吉粳332的平均产量为 $8\ 406.5\text{ kg}/\text{hm}^2$,比对照品种吉玉粳增产了3.1%;2023年的区域试验中,平均产量为 $8\ 478.2\text{ kg}/\text{hm}^2$,比对照品种吉玉粳增产了3.2%。两年区域试验的平均产量为 $8\ 442.3\text{ kg}/\text{hm}^2$,比对照品种吉玉粳增产了3.1%。在2023年的生产试验中,平均产量更是达到了 $8\ 489.4\text{ kg}/\text{hm}^2$,比对照品种吉玉粳增产了4.3%。

3.2.2 抗逆性表现

3.2.2.1 抗稻瘟病性

2021—2023年,连续3年采用苗期分菌系人工接种、成株期多点异地诱发鉴定的方法,对水稻品种吉粳332的抗稻瘟病性进行了评估。结果显示,该品种对苗瘟表现中感(MS),叶瘟表现中抗(MR),穗瘟表现中感(MS)。在三年间,吉粳332在30个田间自然诱发有效鉴定点次中,最高穗瘟率为40%。

3.2.2.2 抗纹枯病性

2021—2023年,水稻品种吉粳332在26个纹枯病田间有效鉴定点次中,最高病级为7级,表现中感(MS)。

3.2.3 品质分析结果

依据农业农村部《食用稻品种品质》标准,吉粳332的糙米率为84.6%,精米率为73.5%,整精米率为63.0%,粒长为4.4 mm,长宽比为1.7:1,垩白粒率

为13%,垩白度为5.0%,透明度为1级,碱消值为6.6级,胶稠度为70 mm,直链淀粉含量为15.6%。其米质完全符合优质三等食用稻品种品质规定的要求。

4 栽培技术要点

4.1 播种与插秧

为了培育壮秧,需要稀播,播种时间定在4月中旬,催芽种子的播种量为200 g。5月中下旬进行插秧。

4.2 栽培密度

行株距应保持在 $30\text{ cm}\times 20\text{ cm}$,每穴种植3~4株苗。

4.3 施肥

采用氮、磷、钾配方施肥,施纯氮 $135\sim 150\text{ kg}/\text{hm}^2$,按照底肥40%,分蘖肥15%,出穗前45 d(6月20日左右)15%,穗肥30%的比例施用;磷肥(P_2O_5) $90\sim 100\text{ kg}/\text{hm}^2$,全部作为底肥施用;钾肥(K_2O) $70\sim 90\text{ kg}/\text{hm}^2$,按照底肥70%,穗肥30%的比例施用。

4.4 田间管理

水分管理应采用分蘖期浅水灌溉,孕穗期深水灌溉,籽粒灌浆期再次浅水灌溉的方法。7月上中旬要特别注意防治二化螟。整个生育期间,应及时防治稻瘟病。

5 推广应用前景分析

随着社会物质生活水平的不断提高,人们对优质稻米的需求日益增加,高产和优质已成为水稻育种的主要趋势^[1]。因此优质稻品种的选育和种植具有重要的意义和价值^[3]。随着种子市场化的推进,水稻品种数量庞大,农民在选购品种时面临困难,难以选择真正适合自身种植的优质品种^[4]。针对当前精品米市场仍然以香型长粒品种统治的形势,同时鉴于黑龙江市场巨大的体量和对全国稻米市场的引领作用^[9],吉林省本土圆粒型品种的推广与应用具有重要的战略意义。圆粒型品种吉粳332产量表现突出,丰产性好,米质优良,抗逆性强,茎秆粗壮,株型理想,抗倒伏能力强,出穗后籽粒灌浆快,易于田间管理,适应性广。吉粳332属于吉林省市场认可度较高的小圆粒型品种,易于推广,是吉林省中熟稻区主推的优良水稻品种之一,其推广应用能积极促进吉林省圆粒型品种的发展,为吉林大米的发展与壮大贡献力量。

吉粳332由于其优异的综合表现,不仅适合在吉林省内推广,也具备在其他同纬度稻区推广的潜力。通过合理的栽培技术和田间管理,有望

在其他稻作区同样实现高产和优质的目标。同时,吉粳332的成功选育和推广,也为吉林省水稻育种研究提供了新的思路和方法,为其他水稻品种的选育提供了有益的参考。

参考文献:

- [1] 李杰, 杜国军, 闫玉秀, 等. 水稻新品种莲汇2971的选育[J]. 中国种业, 2025(1): 122-124.
LI J, DU G J, YAN Y X, et al. Breeding of the new rice variety Lianhui 2971[J]. China Seed Industry, 2025(1): 122-124. (in Chinese)
- [2] 卢超, 唐小美, 周娟, 等. 4个水稻谷粒性状的主基因+多基因遗传分析[J]. 江苏农业科学, 2025, 53(2): 157-165.
LU C, TANG X M, ZHOU J, et al. Genetic analysis of four major genes and multiple genes for rice grain traits[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2025, 53(2): 157-165. (in Chinese)
- [3] 郭念, 王辰杰, 李钊, 等. 水稻窄长粒突变体 *nlg1* 的筛选及候选基因鉴定[J]. 遗传, 2025, 47(6): 672-680.
GUO N, WANG C J, LI Z, et al. Screening and candidate gene identification of rice narrow long grain mutant *nlg1*[J]. Genetics, 2025, 47(6): 672-680. (in Chinese)
- [4] 黄鸿宇, 康雪蒙, 段海燕, 等. 3个长粒基因对水稻空育131粒型的影响[J]. 分子植物育种, 2025, 23(10): 3315-3321.
HUANG H Y, KANG X M, DUAN H Y, et al. The effects of three long grain genes on the 131 grain type of rice in empty cultivation[J]. Molecular Plant Breeding, 2025, 23(10): 3315-3321. (in Chinese)
- [5] 龚成云, 朱裕敬, 桂金鑫, 等. 水稻粒型全基因组关联分析[J]. 农业生物技术学报, 2024, 32(11): 2447-2461.
GONG C Y, ZHU Y J, GUI J X, et al. Genome wide association analysis of rice grain types[J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2024, 32(11): 2447-2461. (in Chinese)
- [6] 郑国利, 顾巧美, 杜明, 等. 水稻粒长基因 *GW7* 的分子标记开发与利用[J]. 农业生物技术学报, 2024, 32(10): 2218-2227.
ZHENG G L, GU Q M, DU M, et al. Molecular marker development and utilization of rice grain length gene *GW7*[J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2024, 32(10): 2218-2227. (in Chinese)
- [7] 黄佳成, 彭锐, 丁家麒, 等. 水稻粒型相关基因的研究进展[J]. 农村实用技术, 2025(1): 87-88.
HUANG J C, PENG R, DING J Q, et al. Research progress on rice grain type related genes[J]. Rural Practical Technology, 2025(1): 87-88. (in Chinese)
- [8] 杨怀托, 杨永升. 优质高产水稻新品种原稻26的选育及栽培技术[J]. 粮食作物, 2025(2): 165-167.
YANG H T, YANG Y S. Breeding and cultivation techniques of a new high-quality and high-yield rice variety, Yuandao 26[J]. Grain Crops, 2025(2): 165-167. (in Chinese)
- [9] 张好, 王迪, 张强, 等. 吉林省水稻产业发展存在的问题及对策[J]. 东北农业科学, 2024, 49(4): 80-85.
ZHANG Y, WANG D, ZHANG Q, et al. Problems and countermeasures in the development of rice industry in Jilin Province[J]. Northeast Agricultural Science, 2024, 49(4): 80-85. (in Chinese)
- [10] 苏庆旺, 赵丽莉, 班婵, 等. 优质多抗水稻新品种吉农大873的选育[J]. 中国种业, 2023(10): 149-151.
SU Q W, ZHAO L L, BAN C, et al. Breeding of high-quality and multi resistant rice variety Jinnongda 873[J]. China Seed Industry, 2023(10): 149-151. (in Chinese)
- [11] 庞佳莹, 唐铭, 李喆, 等. 吉林省优质水稻育种应用及种植现状调查研究[J]. 农业与技术, 2024, 44(23): 173-176.
PANG J Y, TANG M, LI Z, et al. Research on the application and planting status of high quality rice breeding in Jilin Province[J]. Agriculture and Technology, 2024, 44(23): 173-176. (in Chinese)
- [12] 赫兵, 李超, 姚亮, 等. 吉林省水稻种业现状与发展策略分析[J]. 中国种业, 2023(12): 47-56.
HE B, LI C, YAO L, et al. Analysis of the current situation and development strategies of rice seed industry in Jilin Province[J]. China Seed Industry, 2023(12): 47-56. (in Chinese)
- [13] 王晓航, 赫兵, 陈勃宇, 等. 水稻新品种吉科稻902选育报告[J]. 种子科技, 2024(15): 20-22.
WANG X H, HE B, CHEN B Y, et al. Breeding report on the new rice variety Jike Rice 902[J]. Seed Technology, 2024(15): 20-22. (in Chinese)
- (责任编辑: 朴红梅)
- 产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2024(3): 1-5.
YU Y M, WU L C, WU H T, et al. Effects of saline-alkali stress on growth characteristics and yield of rice[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2024(3): 1-5. (in Chinese)
- [14] 刘佳音, 邵晓宇, 邹丹丹, 等. 水稻耐盐碱鉴定方法及评价指标研究进展[J]. 杂交水稻, 2019, 34(6): 1-6.
LIU J Y, SHAO X Y, ZOU D D, et al. Research progress on identification methods and evaluation indexes for salt-alkali tolerance in rice[J]. Hybrid Rice, 2019, 34(6): 1-6. (in Chinese)
- [15] 杨福, 梁正伟, 王志春. 水稻耐盐碱鉴定标准评价及建议与展望[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 625-628, 633.
YANG F, LIANG Z W, WANG Z C. Evaluation, suggestion and prospect on identification standards of saline-alkali tolerance in rice[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2011, 12(4): 625-628, 633. (in Chinese)
- (责任编辑: 范杰英)

(上接第25页)

- [10] 孙平勇, 张武汉, 舒服, 等. 水稻资源芽期和苗期耐盐碱性综合评价及耐盐基因分析[J]. 生物工程学报, 2022, 38(1): 252-263.
SUN P Y, ZHANG W H, SHU F, et al. Comprehensive evaluation of salt-alkali tolerance of rice germplasms at germination and seedling stages and analysis of salt-tolerant genes[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(1): 252-263. (in Chinese)
- [11] LI Y, XUE Y, GUAN Z, et al. Salt stress responses of different rice varieties at panicle initiation: agronomic traits, photosynthesis, and antioxidants[J]. Plants, 2025, 14(15): 2278.
- [12] 孙彤, 杜震宇, 张瑞珍, 等. 松嫩平原盐碱土盐胁迫对水稻分蘖及产量的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(6): 597-600, 605.
SUN T, DU Z Y, ZHANG R Z, et al. Effect of salinity-alkalinity stress on tillering and yield of rice[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2006, 28(6): 597-600, 605. (in Chinese)
- [13] 于艳敏, 吴立成, 武洪涛, 等. 盐碱胁迫对水稻生长特性及