

小麦新品种济麦 4075 的选育及启示

韩 冉 汪晓璐 徐文竞 李豪圣 刘爱峰 刘建军 刘 成

(山东省农业科学院作物研究所 / 小麦玉米国家工程研究中心 / 农业农村部黄淮北部小麦生物学与遗传育种重点实验室 / 山东省小麦技术创新中心, 济南 250100)

摘要:济麦 4075 是以山农 22 为母本,以含有长穗偃麦草血缘的 Ag073 为父本经有性杂交、常规系谱法选育出的高产小麦品种。该品种高产稳产,综合抗性好,2021 年通过山西省审定,审定编号:晋审麦 20210003;2022 年通过山东省引种备案。2019–2020 年度山西省区域试验中每 667m² 平均产量 555.1kg,比对照济麦 22 增产 5.5%;2020–2021 年度山西省区域试验和生产试验中平均产量分别为 568.0kg 和 543.0kg,分别较对照济麦 22 平均增产 7.0% 和 8.8%;2022 年实打验收结果折合产量 821.92kg。抗病性鉴定显示,济麦 4075 高抗小麦黄花叶病毒病,中感条锈病、叶锈病、白粉病和纹枯病,高感赤霉病。介绍了该品种的选育过程、特征特性以及对今后选种的启示等内容。

关键词:济麦 4075;高产;抗病;引种备案;育种启示

小麦是世界上最重要的粮食作物之一,其产业发展关系到国家粮食安全及社会稳定。近年来由于我国城镇化进程不断加快,人口数量不断增加,对粮食需求持续增加^[1]。但是,小麦病害的发生严重影响其产量。据统计,2021 年我国仅小麦赤霉病、条锈病和白粉病发病面积就超过 1600 万 hm²,防控花费巨大。此外,我国小麦品种抗源日趋单一化和遗传变异范围逐渐缩小^[2–3]及新的致病生理小种的产生与流行,使得部分品种的抗性迅速丧失^[4–6]。因而,

遗传多样性降低和抗病性丧失是长期以来小麦育种必须面对的难题。

小麦近缘植物中含有丰富的抗病、抗逆和抗虫等基因,是小麦育种的优异基因源^[6–8]。通过远缘杂交可以将远缘物种的抗病基因导入小麦,创制遗传背景丰富的远缘杂交新种质,同时解决小麦同质化严重和抗源缺乏的两大问题^[6–7]。我国育种家利用远缘材料选育出多个高产抗病小麦新品种^[6–7],成为小麦遗传改良的重要资源,这些品种及其衍生品种在生产上大面积推广应用,对保障国家粮食安全起到了重要作用。以含长穗偃麦草血缘的自育材料为基础培育出的高产抗病小麦新品

基金项目:泰山学者工程项目 (tsqn201812123);山东省自然科学基金 (ZR2020MC098)
通信作者:刘建军,刘成

(CK);而甬优 7860、嘉丰优 2 号生育期较长,中浙优 H7 产量偏低,不建议选用。

参考文献

- [1] 张顺涛,鲁剑巍,丛日环,任涛,李小坤,廖世鹏,张跃强,郭世伟,周明华,黄益国,程辉. 油菜轮作对后茬作物产量的影响. 中国农业科学, 2020, 53 (14): 2852–2858
- [2] 刘成,冯中朝,肖唐华,马晓敏,周广生,黄凤洪,李加纳,王汉中. 我国油菜产业发展现状、潜力及对策. 中国油料作物学报, 2019, 41 (4): 485–489
- [3] 曹雪仙,陈晓萍,陈文伟. 肥料配施对水稻、油菜产量和土壤氮含量的影响. 浙江农业科学, 2022, 63 (3): 451–455

- [4] 林忠秀,杨敏,曲亮. 衡阳县三熟制区域早熟油菜品种比较试验. 湖南农业科学, 2021 (6): 9–11
- [5] 蒋俊,李浩杰,张锦芳,崔成,柴靛,郑本川,蒋梁材. 优质早熟广适甘蓝型油菜杂交种川早油 1 号的选育. 中国种业, 2021 (9): 95–96
- [6] 方文英,施鸿鑫,孟鹏翔. 不同栽培密度下甬优 12 的性状与产量表现. 农业科技通讯, 2019 (2): 89–92
- [7] 韩展誉,张胜,缪添惠,王仁杯,俞琦英,冯玥,季芝娟,刘鑫. 浙江省“十三五”期间审定的水稻品种基本特性分析. 浙江农业科学, 2022, 63 (4): 649–654
- [8] 郎有忠,窦永秀,王美娥,张祖建,朱庆森. 水稻生育期对籽粒产量及品质的影响. 作物学报, 2012, 38 (3): 528–534

(收稿日期: 2022-08-18)

种济麦 4075,有望成为小麦遗传改良的重要基因资源。

1 亲本来源及选育过程

1.1 父母本选择 小麦新品种济麦 4075 的母本山农 32 是山东农业大学选育的半冬性高产小麦品种,该品种 2 年山东省区域试验和生产试验平均比对照济麦 22 增产 6.51%;父本 Ag073 是山东省农业科学院作物研究所育成的含长穗偃麦草血缘、综合抗病性好的半冬性小麦新品系。

1.2 选育过程 2012–2013 年度将山农 32 与 Ag073 的杂交 F_1 播种后自交,收获自交 F_2 种子;2014–2015 年度种成 F_3 鉴定小区,收获前选 500 个单穗,收获后折算小区产量为 564.1kg/667m²,较相邻对照济麦 22 增产 8.6%;2015–2016 年度种成 F_4 穗行,选取株高一致、整齐性好的穗行收获种子;2016–2017 年度种成 F_5 鉴定小区,发现编号 164075 的小区植株长相整齐性好,综合性状优良,小区折算产量 628kg/667m²,较相邻对照济麦 22 增产 9.8%;2017–2019 年连续 2 年度参加山西省水地品种比较试验,2019–2021 年度参加山西省小麦品种区域试验和生产试验。2021 年通过山西省主要农作物品种审定委员会审定,审定编号:晋审麦 20210003。2020–2021 年度参加山东省适应性试验,2022 年通过山东省引种备案。

2 品种特征特性

2.1 农艺性状 济麦 4075 全生育期 196~229d,冬性,抗寒性为 1 级,DUS 三性合格,不含基因 *bar/pat* 和 *NPTII* 以及调控原件 *CaMV35S* 和 *NOS*。幼苗半匍匐,叶片宽长,叶色深绿,分蘖力强。株高 74.3~86.0cm (表 1),株型半紧凑,茎秆弹性好,抗倒性强。抗倒伏,越冬抗寒性好,抗青干,落黄熟相好。长方形穗,长芒,白壳,白粒,硬质,籽粒较饱满。山东省适应性试验平均数据显示,济麦 4075 有效穗数 41.30 万穗/667m²,穗粒数 38.06 个,千粒重 50.35g。

2.2 品质表现 品质测定结果显示,济麦 4075 籽粒粗蛋白质(干基)含量为 12.43%,湿面筋(14%湿基)含量为 29.4%,每 100g 吸水量 66.0mL,稳定时间 2.1min,容重 813g/L。

2.3 抗病表现 经山西省农业科学院植物保护研究所和山东省农业科学院植物保护研究所抗病性鉴定,济麦 4075 中感条锈病、叶锈病、白粉病和纹枯病,高感赤霉病;济麦 4075 对小麦黄花叶病毒病的发病等级为 1 级,表现为高抗。利用课题组从美国小麦品种 Madsen 中克隆的抗小麦黄花叶病毒病基因 *Ym2* (结果待发表)特异引物对济麦 4075 的基因组进行扩增发现,济麦 4075 的 *Ym2* 基因第 606 位点处有一个碱基的缺失,造成该基因移码

表 1 济麦 4075 在山东省适应性试验中的田间性状调查结果

| 试验点 | 全生育期(d) | 幼苗习性 | 基本苗(万/667m ²) | 有效穗数(万穗/667m ²) | 成穗率(%) | 株高(cm) |
|-------|---------|------|---------------------------|-----------------------------|--------|--------|
| 烟台 | 221 | 半匍匐 | 14.9 | 37.10 | 37.6 | 74.3 |
| 莱州 | 229 | 半匍匐 | 17.8 | 46.50 | 38.2 | 77.5 |
| 德州陵城区 | 223 | 半匍匐 | 16.4 | 45.20 | 51.6 | 80.0 |
| 潍坊 | 218 | 匍匐 | 16.4 | 42.00 | 51.3 | 82.0 |
| 济阳 | 196 | 半匍匐 | 18.7 | 42.00 | 45.1 | 82.0 |
| 泰安 | 224 | 半匍匐 | 15.2 | 32.30 | 49.8 | 80.0 |
| 肥城 | 224 | 半匍匐 | 16.0 | 33.42 | 46.1 | 86.0 |
| 青岛 | 223 | 半匍匐 | 18.4 | 42.46 | 49.7 | 78.3 |
| 德州德城区 | 220 | 半匍匐 | 18.3 | 43.60 | 43.9 | 83.0 |
| 临沂 | 225 | 半匍匐 | 20.6 | 42.60 | 39.9 | 79.0 |
| 济宁 | 198 | 半匍匐 | 22.0 | 46.40 | 48.6 | 81.9 |
| 菏泽 | 196 | 半匍匐 | 21.5 | 42.00 | 42.9 | 80.0 |
| 平均 | 216 | | 18.0 | 41.30 | 45.4 | 80.3 |

突变。

3 产量表现

3.1 山西省区域试验和生产试验 2019–2020 年度参加山西省小麦品种区域试验,每 667m² 平均产量 555.1kg,比对照济麦 22 增产 5.5%。由于其平均产量较对照产量增产 5% 以上且综合性状优异,按山西省种子管理站相关规定 2020–2021 年度该品种区域试验和生产试验同步进行。2020–2021 年度区域试验中每 667m² 平均产量 568.0kg,较对照济麦 22 增产 7.0%,位居该试验组中第 1 名,8 个试验点全部增产;2020–2021 年度生产试验,

8 个试验点全部增产,平均产量为 543.0kg,较对照济麦 22 增产 8.8% (表 2),位居该试验组中第 1 名。

3.2 山东省适应性试验 2021–2022 年度参加山东省适应性试验,12 个试验点全部增产(表 3),增产幅度为 3.01%~11.69%,每 667m² 平均产量为 626.48kg,较对照济麦 22 增产 6.27%。2022 年 6 月 18 日,由山东省农业技术推广中心和山东省种子管理总站等单位专家组成的专家组对种植于德州德城区的 2041m² 济麦 4075 高产田进行实打,去除杂质和水分,每 667m² 折合产量 821.92kg。

表 2 济麦 4075 参加山西省区域试验及生产试验结果

| 试验点 | 2019–2020 年度区域试验 | | | 2020–2021 年度区域试验 | | | 2020–2021 年度生产试验 | | |
|-----|-------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|
| | 产量 (kg/667m ²) | 对照产量 (kg/667m ²) | 比对照 ± (%) | 产量 (kg/667m ²) | 对照产量 (kg/667m ²) | 比对照 ± (%) | 产量 (kg/667m ²) | 对照产量 (kg/667m ²) | 比对照 ± (%) |
| 1 | 485.0 | 524.1 | -7.5 | 531.3 | 508.3 | 4.5 | 537.0 | 505.6 | 6.2 |
| 2 | 407.4 | 387.6 | 5.1 | 586.9 | 567.6 | 3.4 | 526.7 | 487.0 | 8.2 |
| 3 | 448.7 | 393.7 | 14.0 | 641.1 | 586.3 | 9.3 | 449.3 | 421.8 | 6.5 |
| 4 | 547.8 | 524.1 | 4.5 | 648.0 | 609.3 | 6.4 | 554.4 | 503.4 | 10.1 |
| 5 | 627.8 | 568.2 | 10.5 | 570.0 | 544.3 | 4.7 | 549.5 | 509.1 | 7.9 |
| 6 | 584.7 | 559.3 | 4.5 | 515.7 | 477.8 | 7.9 | 631.0 | 586.6 | 7.6 |
| 7 | 655.6 | 620.7 | 5.6 | 615.7 | 550.9 | 11.8 | 501.0 | 449.0 | 11.6 |
| 8 | 683.9 | 632.4 | 8.1 | 435.2 | 401.5 | 8.4 | 594.7 | 531.3 | 11.9 |
| 平均 | 555.1 | 526.3 | 5.5 | 568.0 | 530.8 | 7.0 | 542.9 | 499.2 | 8.8 |

表 3 2021–2022 年度济麦 4075 在山东省适应性试验中的产量表现

| 试验点 | 有效穗数(万穗/667m ²) | 穗粒数 | 千粒重(g) | 折合产量(kg/667m ²) | 增产率(%) |
|-------|-----------------------------|-------|--------|-----------------------------|--------|
| 烟台 | 37.10 | 39.70 | 44.50 | 545.50 | 6.44 |
| 莱州 | 46.50 | 30.70 | 46.90 | 642.62 | 5.39 |
| 德州陵城区 | 45.20 | 34.90 | 51.50 | 620.33 | 10.15 |
| 潍坊 | 42.00 | 51.50 | 46.80 | 689.50 | 7.80 |
| 济阳 | 42.00 | 42.60 | 54.80 | 638.00 | 4.93 |
| 泰安 | 32.30 | 36.40 | 53.20 | 663.70 | 5.30 |
| 肥城 | 33.42 | 33.10 | 55.39 | 661.60 | 11.69 |
| 青岛 | 42.46 | 38.60 | 45.60 | 604.50 | 7.30 |
| 德州德城区 | 43.60 | 32.90 | 48.70 | 668.56 | 4.01 |
| 临沂 | 42.60 | 38.50 | 49.60 | 589.75 | 5.83 |
| 济宁 | 46.40 | 38.40 | 51.80 | 628.60 | 3.45 |
| 菏泽 | 42.00 | 39.40 | 55.40 | 565.08 | 3.01 |
| 平均 | 41.30 | 38.06 | 50.35 | 626.48 | 6.27 |

4 济麦 4075 的育种启示

对黄淮海地区近年大面积推广小麦品种进行遗传多样性分析,发现小麦品种间差异较小,遗传基础较为狭窄^[9-10]。相对于小麦属物种,小麦族近缘属植物与小麦亲缘关系相对较远^[8],且具有丰富的遗传变异^[11],因此利用小麦近缘属植物与小麦进行杂交,创制新种质资源并应用于小麦新品种培育,可以解决我国小麦遗传多样性降低的问题。自 19 世纪以来,中国科学家先后将偃麦草、黑麦、簇毛麦和冰草等种质转移给小麦,育成了一大批远缘杂交新材料并培育出了一批新品种^[6],为小麦种质资源创新和品种更新换代作出了突出贡献。利用含长穗偃麦草血缘的优异种质为父本选育的济麦 4075 产量水平高、综合性状优异,是小麦品种改良的重要资源,也是拓宽小麦遗传基础的物质基础。建议今后继续加大对小麦远缘杂交种质的创制及利用,将会对多样性小麦新品种培育产生深远影响。

长时间的小麦品种间杂交,造成了我国小麦品种抗源日趋单一化和遗传变异范围逐渐缩小^[2-3]。更为严重的是,近年来由于新的致病生理小种的产生与流行,使得推广品种的抗性迅速丧失^[4-5]。因此,将抗病性优异的小麦远缘杂交种质转移给我国栽培小麦或引进国外小麦作为种质资源进行小麦遗传改良都是同时解决我国小麦同质化严重及抗源缺失的有效途径^[6]。本研究中,将国内高产小麦品系(周麦 16/烟农 19 后代材料)与国外小麦 wheatear (含有长穗偃麦草血缘)杂交,育成综合抗性好的 Ag073,再利用 Ag073 与高产小麦品种山农 32 组配,将山农 32 的高产性状和 Ag073 的综合抗性聚合,选育出了高产且综合性状优异的济麦 4075。因此,在今后育种亲本选择中,将高产型和综合性状较好的抗病型品种进行组配,将有利于选育出既高产又综合性状好的抗病优异品种。

近年来,随着麦田肥水水平提高和矮秆品种的大面积推广种植,致使麦田郁闭,湿度加大,小麦白粉病等真菌类病害危害日益严重^[12-13],且其危害范围不断扩大,呈现由南向北逐渐加强之势^[13-14]。因此,抗病性是我国小麦品种审定考察的重要目标之一。山东省和山西省小麦品种审定标准抗病性要求为:对鉴定病害未达到全部高感。本研究育成的济麦 4075 高抗小麦黄花叶病毒病,中感条锈病等 4 种

病害,符合审定标准,然而条锈病等病害未达到中抗以上水平,在今后品种改良中应加强其抗性改良。济麦 4075 高抗小麦黄花叶病毒病且该品种中 *Ym2* 基因存在移码突变,因此,该品种的黄花叶病毒病抗性不是由该移码突变基因提供的,应存在不同于 *Ym2* 的抗病基因,今后应加强对该品种抗病基因定位及克隆研究。

参考文献

- [1] 张锋,张立东,马孝锋,夏国军,王新国. 国审高产稳产小麦品种赛德麦 5 号的选育. 中国种业,2021 (6): 81-82
- [2] Luan Y, Wang X, Liu W, Li C, Zhang J, Gao A, Wang Y, Yang X, Li L. Production and identification of wheat-*Agropyron cristatum* 6P translocation lines. *Planta*,2010,232: 501-510
- [3] Hao C,Dong Y,Wang L,You G,Zhang H,Ge H, Jia J ,Zhang X. Genetic diversity and construction of core collection in Chinese wheat genetic resources. *Chinese Science Bulletin*,2008,53: 1518-1526
- [4] Liu Z,Sun Q,Ni Z,Nevo E,Yang T. Molecular characterization of a novel powdery mildew resistance gene *Pm30* in wheat originating from wild emmer. *Euphytica*,2002,123: 21-29
- [5] Yang Z,Ren Z. Chromosomal distribution and genetic expression of *Lophopyrum elongatum* (Host) A. Löve genes for adult plant resistance to stripe rust in wheat background. *Genetic Resources and Crop Evolution*,2001,48: 183-187
- [6] 刘成,韩冉,汪晓璐,宫文萍,程敦公,曹新有,刘爱峰,李豪圣,刘建军. 小麦远缘杂交现状、抗病基因转移及利用研究进展. 中国农业科学,2020,53 (7): 1287-1308
- [7] 刘成. 小麦远缘杂交种质资源评价. 北京:中国农业科学技术出版社,2019
- [8] 董玉琛. 小麦的基因源. 麦类作物学报,2000,20 (3): 78-81
- [9] 刘路平,朱传杰,简俊涛,张兆萍,孙道杰. 黄淮麦区小麦新品种(系)的遗传多样性分析. 麦类作物学报,2013,33 (6): 1128-1133
- [10] 杨艳红,尹华燕,高雨,赵金晓,马信,王宏伟,李安飞,孔令让,李宪彬. 黄淮麦区主要推广小麦品种(系) DNA 指纹图谱构建及遗传多样性分析. 山东农业大学学报(自然科学版),2018,49 (3): 371-378
- [11] Kellogg E A, Appels R, Mason-Gamer R J. When genes tell different stories: the diploid genera of Triticeae (Gramineae). *Systematic Botany*,1996,21 (3): 321-347
- [12] 李洪杰,王晓鸣,宋风景,伍翠平,武小菲,张宁,周阳,张学勇. 中国小麦品种对白粉病的抗性反应与抗病基因检测. 作物学报,2011,37 (6): 943-954
- [13] 赵娜,杜秀明,李令蕊,杨文香,闫红飞,刘大群. 我国小麦赤霉病发生与控制研究进展. 河北农业科学,2020,24 (2): 54-58
- [14] 万映秀,王文相,张平治,曹文昕,赵莉. 小麦纹枯病抗性鉴定技术及抗性资源筛选. 中国农学通报,2009,25 (7): 223-226

(收稿日期:2022-09-06)