

糯小麦新品种山农糯麦 1 号的培育

邓志英 田纪春

(山东农业大学农学院小麦品质育种研究室,泰安 271000)

摘要:糯小麦是一种特用新型小麦,不仅在食品领域有较大利用价值,而且有重要工业用途。现有糯小麦育成品种(系)农艺性状差、产量低,很难大面积生产推广和供食品企业规模化开发应用。利用农大糯麦 1 号和高产、农艺性状优良的品种潍麦 8 号为杂交亲本,通过与潍麦 8 号 3 次回交和多代自交,常规选育结合生化标记鉴定,创制出农艺性状优良且高产的糯小麦新品种山农糯麦 1 号,2018 年通过山东省农作物品种审定委员会审定,审定编号 20186028。通过农业农村部专家组实打验收,创国内外糯小麦高产记录 10424.4kg/hm²,为新型食品开发提供了优质糯麦原粮。适宜在山东省中高产地块种植。

关键词:糯小麦;山农糯麦 1 号;培育;高产记录

众所周知,自然界中存在天然全糯的水稻、玉米、高粱等谷类作物,但不存在天然全糯小麦^[1]。目前,全糯小麦一般是通过人工培育的。淀粉是普通小麦籽粒的主要成分,包含直链淀粉和支链淀粉两种类型^[2]。在普通小麦中,合成直链淀粉的关键酶是颗粒结合型淀粉酶 I (GBSS I, Granule-bound starch synthase I), 又称蜡质蛋白或 Waxy 蛋白, 含有 Wx-A1、Wx-B1 和 Wx-D1 3 种亚基^[3-4], 由于 Waxy 蛋白控制着小麦籽粒中直链淀粉合成, Wx 基因缺失、突变或遗传表达受阻会使胚乳中直链淀粉的含量减少, 支链淀粉含量上升, 小麦胚乳表现为糯性。缺失 1 种或 2 种 Waxy 蛋白亚基的小麦, 称为部分糯小麦, 当 3 种 Waxy 蛋白亚基都缺失时, 小麦籽粒淀粉中不含直链淀粉或直链淀粉含量很低 (<1%), 称为全糯小麦^[5-6]。

糯小麦是一种新的小麦类型, 籽粒贮存淀粉中支链淀粉含量 ≥ 99% (糯性), 加工特性和营养品质独特, 营养品质好, 是一种新食品开发的优质原粮。糯小麦既在食品领域有较大的利用价值, 可研发出多种新型食品, 在非食品领域也有广泛的用途, 有重要的工业价值。但是, 目前国内外育成的糯小麦品种(系), 农艺性状差、产量低, 绝大多数产量仅在 4500kg/hm² 左右, 甚至更低, 很难大面积生产推广和

供食品企业规模化开发应用。因此, 需要培育农艺性状好且产量高的特殊用途的小麦新品种。本研究室利用农大糯麦 1 号和高产品种潍麦 8 号为杂交亲本, 通过回交, 创制出农艺性状优良且高产的全糯新品种。

1 亲本来源及选育过程

1.1 亲本材料 母本农大糯麦 1 号是中国农业大学培育的糯性小麦品种, 2005 年通过北京市农作物品种审定委员会审定, 产量水平 5280kg/hm² 左右。父本潍麦 8 号是山东省审定的普通小麦高产品种, 由山东省潍坊市农业科学院选育, 2003 年通过山东省农作物品种审定委员会审定, 区域试验平均产量 8031.9kg/hm²。

1.2 选育过程 山农糯麦 1 号的杂交组合为农大糯麦 1 号 / 潍麦 8 号 // 潍麦 8 号 /// 潍麦 8 号 //// 潍麦 8 号。2000 年以全糯小麦为母本, 高产品种为父本配制组合, 获得杂交 F₁, 自 F₂ 分离世代起, 用分子标记鉴定 Wx-A1、Wx-B1 和 Wx-D1, 选取 3 个基因位点全突变的穗子用高产亲本回交, 收获籽粒后用淀粉 KI-I₂ 半粒染色法和 Wx 蛋白电泳重复鉴定, 确定 3 个基因位点突变的全糯籽粒, 播种出苗后重复上述进程, 直至回交至 BC₃F₁。2004-2009 年在 BC₃F₁~BC₃F₅ 的自交分离世代中连续通过标记选择和淀粉组分分析选择优异糯麦单株。2010-2013 年在继续生化标记选择的基础上, 重点对近 1000 个糯麦株系进行株型等农艺性状和产量水平选择,

基金项目:山东省农业良种工程项目(2019LZGC01702);泰安市科技特派员项目(2021PTY022)

通信作者:田纪春

2013 保留产量水平与父本潍麦 8 号相当的 6 个糯麦品系参加课题组的多点试验。2014–2015 年度选择山农 0828 参加山东省预备试验; 2015–2016 年度参加山东省高肥 A 组区域试验; 2016–2018 年度按国家和省区域试验办法规定, 作为特殊类型品种自设区域试验和生产试验, 于 2018 年通过山东省农作物品种审定委员会审定, 审定编号: 鲁审麦 20186028, 定名为山农糯麦 1 号。

1.3 辅助选择技术 除田间常规的选择外, 山农糯麦 1 号选育过程中借助了较多实验室选择技术, 如分子标记基因型鉴定、淀粉 KI-I₂ 半粒染色和 Waxy 蛋白电泳技术等, 辅助和加速田间杂交和选育工作效率。

分子标记基因型鉴定 自 F₂ 分离世代起, 用分子标记(表 1)鉴定 *Wx-A1*、*Wx-B1* 和 *Wx-D1* 的组合情况, 选取 3 个基因位点全突变的穗子用高产亲本回交或保留进代, 淘汰基因型为野生型的植株。

淀粉 KI-I₂ 半粒染色法 收获籽粒后, 破损籽粒毛冠, 采用淀粉 KI-I₂ 溶液染色, 通过断面颜色鉴定全糯籽粒(紫红色); 破损籽粒用无菌土育苗, 3 叶期定植, 选优良单株保留全部种子。

Waxy 蛋白电泳 收获籽粒后, 通过 Waxy 蛋白电泳重复鉴定, 确定亚基缺失的全糯籽粒, 方法参考翟红梅等^[7]所用方法。

2 品种特征特性

2.1 农艺性状 半冬性, 幼苗半直立, 株型半紧凑, 叶色深绿, 茎秆弹性好, 穗层整齐, 熟相较好(图 1), 长芒、白壳。2015–2016 年区域试验结果显示, 生育期 236d, 熟期与对照济麦 22 相当; 株高 81.1cm, 最大分蘖 76.9 万/667m², 有效穗 29.6 万/667m², 分蘖成穗率 40.8%; 穗长方形, 穗粒数 47.0 粒, 千粒重 44.7g, 容重 792.3g/L。

2.2 品质性状 山农糯麦 1 号籽粒为白粒、粉质; 淀粉 KI-I₂ 半粒染色法鉴定, 胚乳断面显示紫红色(图 2); *Wx* 基因分子标记鉴定显示 3 个位点全缺失(图 3); Waxy 蛋白电泳鉴定显示 *Wx-A1*、*Wx-B1*、*Wx-D1* 蛋白全部缺失(图 4)。2018 年经农业农村部谷物品质监督检验测试中心(泰安)测试, 籽粒蛋白质含量 16.6%, 湿面筋 36.2%, 沉淀值 32.0mL, 吸水率 74.3mL/100g, 稳定时间 2.1min, 面粉白度 82.2, 支链淀粉含量 99.1%, 属糯质小麦品种。

表 1 *Wx* 基因分子标记引物信息

目的基因	引物	序列	目标片段(bp)	退火温度(°C)	延伸时间(s)
<i>Wx-A1</i> 位点	A1-F	CCAAAGCAAAGCAGGAAACC	327	63	90
	A1-R	TACCTCGGAGATGACGCTGG			
<i>Wx-B1</i> 位点	B1-F	CTGGCCTGCTACCTCAAGACAACT	455	60	30
	B1-R	CTGACGTCCATGCCGTTGACGA			
<i>Wx-D1</i> 位点	Waxy-F	CGAGCGGCTACTCAAGAGC	1400	53	60
	Waxy-R	GGCGGTCATCTGTCATTTC			

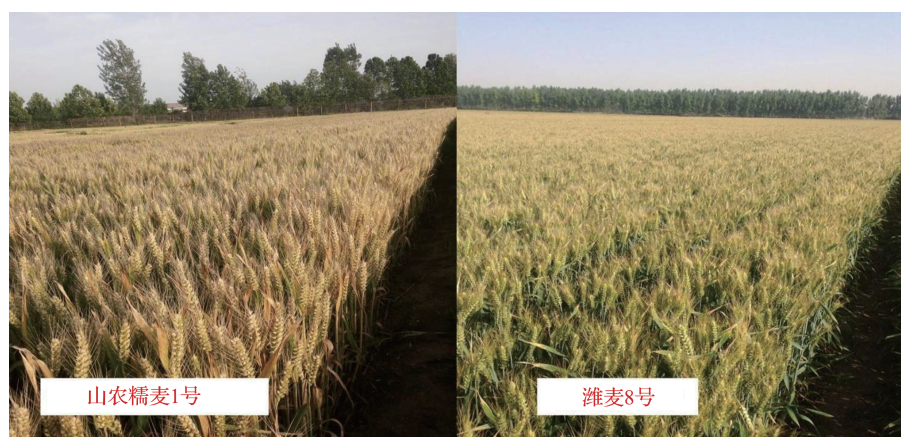
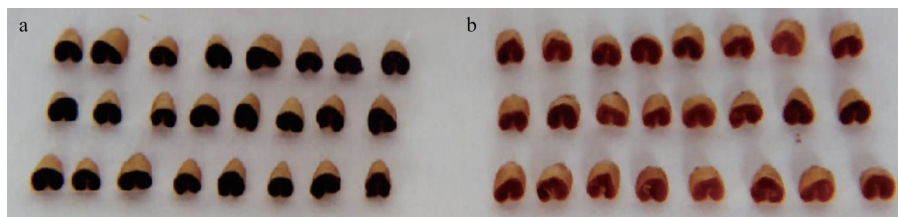
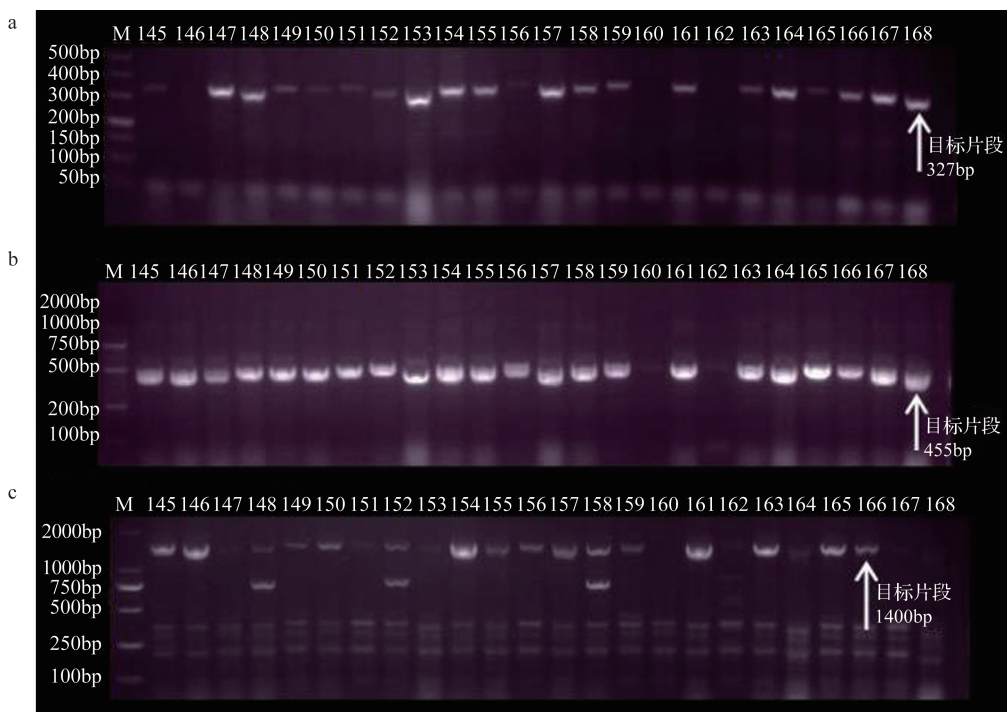


图 1 山农糯麦 1 号及亲本潍麦 8 号田间照片



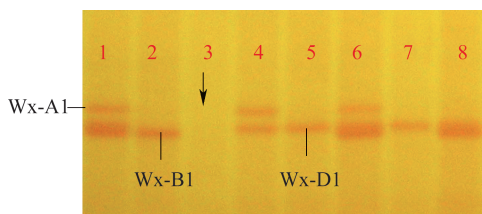
a: 潍麦 8 号(胚乳深蓝色); b: 山农糯麦 1 号(胚乳紫红色)

图 2 淀粉 KI-I₂ 半粒染色法鉴定 Waxy 蛋白



a: *Wx-A1* 基因标记; b: *Wx-B1* 基因标记; c: *Wx-D1* 基因标记; M: Marker; 160 和 162 为山农糯麦 1 号

图 3 *Wx* 基因分子标记鉴定电泳图



1: 潍麦 8 号; 2: *Wx-A1* 和 *Wx-D1* 缺失对照; 3: 山农糯麦 1 号; 4: *Wx-B1* 缺失对照; 5: *Wx-A1* 和 *Wx-B1* 缺失对照; 6: 潍麦 8 号; 7: *Wx-A1* 和 *Wx-B1* 缺失对照; 8: *Wx-A1* 缺失对照

图 4 山农糯麦 1 号 Waxy 蛋白电泳图

2.3 抗性 2017 年经中国农业科学院植物保护研究所接种鉴定,中抗叶锈病,中感赤霉病,高感条锈病、白粉病和纹枯病。越冬抗寒性较好。抗倒伏性中等。

3 产量表现

3.1 区域试验 2016–2017 年度自主进行山东省特殊类型小麦区域试验,以山农紫麦 1 号和冀糯 200 为对照,设 5 个试验点,即滨州、汶口、新泰、桓台和枣庄;山农糯麦 1 号每 hm^2 产量 7563.1kg,而对照山农紫麦 1 号为 7033.7kg,山农糯麦 1 号比对照山农紫麦 1 号增产 7.53%,5 个试验点均增产,增产幅度最高为 23.33% (桓台)。对照冀糯 200 每 hm^2 平均产量为 7062.8kg,山农糯麦 1 号比对照冀糯 200 增产 7.08%,除汶口试验点减产外,其余试验点都增产,增产幅度最高达 24.98% (桓台)。

3.2 生产试验 2017–2018 年度自主开展山东省特殊类型小麦生产试验,设 6 个试验点,即齐河、临沂、汶口、淄博、长清和滨州,山农糯麦 1 号每 hm^2 产量

为 7750.1kg, 对照山农紫麦 1 号的产量为 7272.0kg, 山农糯麦 1 号比对照山农紫麦 1 号增产 6.58%, 除临沂试验点减产外, 其余 5 个试验点均增产, 增产幅度最高为 20.47%; 对照冀糯 200 产量为 7041.6kg, 山农糯麦 1 号比对照冀糯 200 增产 10.06%, 6 个试验点都增产, 增产幅度最高可达 16.36%。

3.3 实打测产报告 2020 年 6 月 11 日全国农业技术推广服务中心组织小麦专家对肥城市安驾庄镇种子合作社种植的山农糯麦 1 号进行了现场实打验收, 参照农业农村部小麦高产创建验收办法, 实收 1581m² (2.37 亩), 按照 13.0% 含水量折算, 平均每 667m² 产量 694.96kg, 折合 10424.40kg/hm², 创国内外糯小麦高产记录, 适合大量定单种植及面粉和食品加工利用。

4 推广前景

糯麦由于其特有的淀粉特性, 在食品行业和非食品行业有重要的应用价值; 但是由于绝大多数糯小麦育成品种农艺性状差、产量低, 很难在市场上推广应用。张风琴等^[8]培育的糯麦新品系临糯 7387 在不同试点每 hm² 产量在 1927.5~4299.0kg 之间; 山西省农业科学院小麦研究所培育的临糯 88 和晋麦 99 号平均产量分别为 4426.5kg 和 5128.5kg; 安徽农业大学培育的安农 1012 生产试验产量为 5819.55kg; 毛瑞喜等^[9]培育的济糯麦 1 号平均产量为 7712.4kg; Morris 等^[10]培育的春性糯小麦品种 USDA Lori 平均产量为 3802kg; 云南农业大学培育的春性糯小麦品种滇麦 15 号平均产量为 6000kg; 而山农糯麦 1 号生产平均产量为 7741.5kg, 实打验收产量高达 10424.4kg, 是国内外糯性小麦产量最高的冬小麦品种。山农糯麦 1 号株型、穗型、茎秆强度、熟相等农艺性状较好, 也是利于形成高产的重要因素。

山农糯麦 1 号栽培技术要点同普通优质小麦品种, 山东适宜播种期 10 月中旬, 基本苗 18 万~20 万/667m²。播种前施足底肥, 12 月初浇冬水。拔节前后结合浇水每 667m² 施尿素 20kg。抽穗前后注意病虫害防治。其他管理措施同一般高产田。

由于山农糯麦 1 号易于管理且糯质、高面筋、高产多抗, 农民喜欢种植, 加工企业高价收购。近 2 年国内广东、河南等省 10 多家企业已开展定单种植 1.3 万 hm² (20 万亩) 以上, 收购 10 万 t, 已开发生产出糯淀粉、糯小麦酒、糯质麦仁等多种功能性食品和食品原料。

参考文献

- [1] 尹旭敏, 高飞虎, 蒋明才, 张玲, 刘家红. 糯小麦的特性及利用现状. 南方农业, 2009 (11): 83-87
- [2] 张风琴, 王向东, 逯腊虎. 糯小麦品质特性及其开发利用探析. 山西农业科学, 2019, 47 (12): 2210-2212
- [3] Nakamura J, Yamamori M, Noda K. Size variation of Wx genes in wheat mutants lacking waxy protein (in Japanese). Japanese Journal of Breeding, 1994, 44: 259-262
- [4] Zhao X C, Shapp P J. An improved ID-SDS-PAGE method for the identification of three breed wheat waxy protein. Journal of Cereal Science, 1996, 23: 191-193
- [5] 姚大年, 张文明, 王昌初, 郑文寅, 王华君. 小麦推广品种与糯性系杂交后代糯小麦材料选择的研究. 安徽农业科学, 2007, 35 (12): 3514-3528
- [6] 陈新民. 糯小麦 (Waxy Wheat) 研究进展. 麦类作物学报, 2000, 20 (3): 82-85
- [7] 翟红梅, 田纪春. 小麦 Wx 基因突变体的建立及其淀粉特性的研究. 作物学报, 2007, 33 (7): 1059-1066
- [8] 张风琴, 王向东, 郑海泽, 王玉平. 糯麦新品系临糯 7387 的选育. 山西农业科学, 2012, 40 (9): 940-942, 945
- [9] 毛瑞喜, 张中华. 高产糯小麦新品系济糯麦 1 号. 农业知识, 2020 (17): 33
- [10] Morris C F, Kiszonas A M, Peden G L, Pumphrey M O. Registration of 'USDA Lori' soft white spring waxy wheat. Journal of Plant Registration, 2021, 15: 172-176

(收稿日期: 2022-04-15)

书讯

《种子法律实务一本通： 145 个实务问答与 38 个植物 新品种典型案例精解》正式出版

实务问题 + 案例解析, 一本书读懂种子法相关问题!

本书以《种子法》的第四次修改为背景, 立足行业实际, 对实务中的普遍性、多发性问题进行了解答, 同时筛选了 38 个典型案例, 对实践中的司法适用问题及争议解决方式等进行了深入分析。2022 年 6 月由中国法制出版社出版。

全书分为两篇, 共 11 章。第一篇“种子法实务问答”共 7 章 145 个问答, 就种子选育、繁殖、生产、经营、权利保护及责任承担等与种子育繁推过程中密切相关的问题, 进行归纳、释义、剖析和梳理。第二篇“典型案例精解”共 4 章, 对 38 个典型案例进行了深入解读。对实践中同类案件的处理具有重要的指导意义和参考价值。

定价 89 元/本, 中国种业读者优惠购买 76 元/本。

联系人: 逯锐 手机: 15510281796

微信号: lu15510281796