

小麦品种兰天 19 号持久抗病、高产与广适性解析

白斌¹ 杜久元¹ 张礼军¹ 张文涛¹ 周刚¹ 张怀珍²

(¹ 甘肃省农业科学院小麦研究所, 兰州 730030; ² 甘肃省天水市种子管理站, 天水 741000)

摘要:对兰天 19 号抗锈性较持久、高产、稳产及广适性进行了解析,为甘肃陇南地区培育山旱地突破性新品种提供理论指导和亲本信息。结果表明:(1)兰天 19 号自推广至今逾 12 年仍保持高抗条锈病、中抗白粉病,含 *Sr2*、*Fhb1* 基因。(2)千粒重高(43.5~55.0g),平均 48.14g,含高粒重基因 *Sus1-7B* (*Hap-H*)、*TaCwi-1A1a*、*TaCWI-4A-T* 和 *TPP-6AL1a*;分蘖适中,成穗数高,落黄性极佳,具高产潜力。(3)稳产,自 2008 年至今作为甘肃陇南片山旱地区对照品种,区试和生产试验产量变异系数分别为 0.10 和 0.11。(4)含春化基因 *Vrn-D1b*、*Vrn-A1-2147*,光周期不敏感型基因 *Ppd-A1a*、*Ppd-B1a*、*Ppd-A1a*,抗旱基因 *I-feh-w3* (*Westonia* type),抗寒抗旱性强,为兰天 19 号的广适性和跨区域推广种植提供了保障。

关键词:小麦;兰天 19 号;抗条锈性;高产潜力;稳产性;广适性

甘肃陇南地区(天水 and 陇南两市)是我国小麦条锈病最重要的越夏菌源基地和小种易变区,也是我国小麦条锈病的重点防控区域^[1]。培育小麦抗病品种始终是本地育种的首要目标,自 1970 年以来,甘肃省农业科学院小麦研究所、天水市农业科学研究所等育种单位为该区域育成超过 200 个抗病品种(清山系、兰天系、中梁系、天选系、陇鉴系等),对小麦条锈病的防治起了重要作用。2000 年后,与

基金项目:国家自然科学基金项目(31860379);甘肃省小麦产业技术体系岗位科学家项目(2018-2020)

中国农业科学院等单位协作构建了“陇南小麦条锈病遗传多样性控制技术体系”,使陇南小麦生产中抗病基因丰富度得到了明显提高^[2],但仍面临以下问题:(1)育成品种抗病性频繁丧失,生产中缺乏持久性抗性品种^[3];(2)含 *Yr9* 的 1B/1R 系,含 *Yr26* 的 92R137、贵农系、中四等抗源材料及 *Yr10* 等基因均已丧失抗性,仅 *Yr5*、*Yr15* 少数几个基因保持抗病性,国内缺乏有效抗源;(3)生产中除条锈病外,白粉、叶锈也时有发生;(4)小麦种植区主要集中在半山旱地(海拔 1700~2000m)至高海拔冷凉

好组合,为进一步提高鹰嘴豆在云南省冬季抗旱工作中的作用奠定基础。

参考文献

- [1] 李朋收,刘洋洋,范冰舵,魏茜,李春娜,徐敬海,刘铜华. 鹰嘴豆化学成分及药理作用研究进展. 中国实验方剂学杂志,2014,20(11): 235-238
- [2] 陈玲芳,杨新洲,熊慧,王剑侠,梅之南. 鹰嘴豆的化学成分研究. 亚太传统医药,2012,8(7): 41-43
- [3] 宗绪晓. 鹰嘴豆优质高产栽培技术. 农村新技术,2016(2): 11-13
- [4] Cortés-Giraldo I, Megías C, Alaiz M, Girón-Calle J, Vioque J. Purification of free arginine from chickpea (*Cicer arietinum*) seeds. Food chemistry,2016,192: 114-118
- [5] Archak S, Tyagi R K, Harer P N, Mahase L B, Singh N, Dahiya O P, Dutta M. Characterization of chickpea germplasm conserved in the Indian National Genebank and development of a core set using qualitative and quantitative trait data. The Crop Journal,2016,4(5): 417-424

- [6] 周生坛,陆艳鹏,郭瑞军,杨涛,刘荣,李冠,王栋,季一山,王晨瑜,黄宇宁,宗绪晓. 鹰嘴豆种子表型性状多样性评价. 中国种业,2019(1): 54-59
- [7] 张旭娜,么杨,崔波,任贵兴. 鹰嘴豆功能活性及应用研究进展. 食品安全质量检测学报,2018,9(9): 1983-1988
- [8] Guo Y, Zhang T, Jiang B, Miao M, Mu W. The effects of an antioxidative pentapeptide derived from chickpea protein hydrolysates on oxidative stress in Caco-2 and HT-29 cell lines. Journal of functional foods,2014,7: 719-726
- [9] Ghribi A M, Sila A, Gafsi I M, Blecker C, Danthine S, Attia H, Besbes S. Structural, functional, and ACE inhibitory properties of water-soluble polysaccharides from chickpea flours. International journal of biological macromolecules,2015,75: 276-282
- [10] 李振. 云南省干旱发生时空特征研究. 昆明:昆明理工大学,2014: 1-11
- [11] 宗绪晓,关建平,李玲,王晓鸣,王述民,程须珍. 鹰嘴豆种质资源描述规范和数据标准. 北京:中国农业科学技术出版社,2012

(收稿日期:2019-04-11)

区(海拔 2000~2200m),小麦生育期降水量少,品种产量低而不稳,加之气候变化的影响日益加剧,干旱、倒春寒等不利气候频繁发生。耐旱、耐瘠薄、高产、稳产已成为生产的普遍要求。1990~2005年,除兰天 15 号、兰天 26 号外,总体上缺乏大面积推广品种。因此,生产中迫切需要兼抗病性且抗性较持久、抗寒抗旱性强、早年丰水年兼适、丰水年更具增产潜力、落黄性好、广适等综合性状优良的新品种。

针对陇南地区小麦生产实际,甘肃省农科院小麦研究所冬小麦育种课题组以提高陇南品种抗病基因遗传多样性为目的,选择国内尚未成功利用的欧洲品种 Mega 为抗源与兰天 10 号单交,通过系谱选择法于 2007 年育成了兰天 19 号(甘审麦 2007010 号),该品种自 2008 年至今作为陇南片山旱地区试对照品种,近年已成为该区域山旱地种植面积最大的品种并在周边省、市推广种植。本研究采用育种、表型数据与 KASP 分子标记相结合的方法^[4],较为全面地解析了兰天 19 号的优异特性,目的是为培育突破性品种提供理论支撑与亲本信息。

1 材料与方 法

1.1 供试材料 试验材料兰天 19 号(甘审麦 2007010 号)为甘肃省农业科学院小麦研究所育成的冬小麦品种,Mega 为本研究所引进的欧洲抗条锈病小麦品种。

1.2 试验方法 甘肃省陇南片山旱地小麦区域试验和生产试验分别设置 5 个试验点,2005~2013 年为天水中梁、汪川、秦安、张家川、成县;2013~2014 年度为天水中梁、汪川、秦安、甘谷、成县;2014~2017 年天水中梁、清水、秦安、甘谷、成县。试验采用随机区组排列,3 次重复,小区面积 13.34m²(行长 6.67m,行距 0.17m,12 行,小区宽 2m),播种量 300 万~375 万株/hm²,田间管理同大田生产。

1.3 项目测定 试验材料的农艺性状千粒重、株高、小穗数、穗粒数、越冬成活率及产量数据来自

2005~2017 年甘肃省陇南片区域试验和生产试验结果(2005~2006 作为品系参加区域试验,2008~2017 年作为对照品种参加区域试验)。条锈病、白粉病鉴定由甘肃省农业科学院植物保护研究所 2005 年、2016~2018 年分别接种鉴定。已知基因的 KASP 分子标记检测平台由中国农业科学院作物科学研究所品质实验室提供。

1.4 数据统计与分析 采用 Excel 2000 软件分析。

2 结果与分析

2.1 抗病性 兰天 19 号自 2005 年参加区域试验以来,经 2005 年、2016~2018 年 3 次条锈菌接种鉴定,苗期对混合菌高抗至近免疫,成株期对条中 29、31、32、33、34 号,致病类型 G22-14 以及混合菌表现高抗至免疫,总体抗锈性表现优异。兰天 19 号是陇南小麦条锈病品种遗传多样性控制技术体系中基因布局重点品种,在生产中大面积推广应用始于 2007 年,至今已 12 年仍保持抗锈性不变,说明其可能具有持久抗锈性。

兰天 19 号的抗病亲本 Mega 是 Yr12 的载体品种^[5],对 Mega 的苗期抗条锈性基因定位研究发现,Mega 的抗条锈性由 1 对显性基因控制,位于 5BL,命名为 YrMe,且与 Yr12 不同,与 YrMe 基因紧密连锁的 SSR 标记为 Xbarc232 和 Xwmc640^[6]。利用 SSR 标记 Xbarc232 和 Xwmc640,以及 KASP 标记^[4]检测发现兰天 19 号含有 YrMe,不含 Yr9,含有持久抗秆锈基因 Sr2 和抗赤霉病基因 Fhb1(表 1)。此外,基因推导发现兰天 19 号对 CYR32 的苗期抗性由 1 对显性基因控制,成株期抗性由 2 显和 1 隐 3 对基因重叠或独立控制^[7],因此,兰天 19 号的抗性可能由多个抗病基因控制,与其在生产中表现抗性较为持久一致。

2.2 高产、稳产性 2005~2017 年中 11 年的区域试验每 hm² 平均产量 5821.05kg,变异系数 0.1,8 年的生产试验平均产量 5548.35kg,变异系数 0.11。从产量构成因素分析,兰天 19 号千粒重 43.5~55.0g,

表 1 兰天 19 号和 Mega 抗病相关基因 KASP 标记检测结果

品种	基因 / 位点									
	Yr15	IRS : 1BL	Fhb1	Sr2	Lr14a	LR37	Lr34	Lr46	PM21	Lr68
Mega	non	non	non	Sr2	NA	non	non	non	non	non
兰天 19 号	non	non	Fhb1	Sr2	Lr14a	non	non	non	non	non

non : 表示没有检测到该基因或位点

在 2009–2017 年区域试验中平均千粒重 45.88g (参试品系平均值 42.97g), 平均有效分蘖数 1.29 (参试品系平均值 1.24), 平均穗粒数 33.52 (参试品系平均值 35.35), 小穗数 15.1 (参试品系平均值 15.54)。落黄性极佳, 叶片功能期长, 后期无枯叶、早衰等现象, 籽粒灌浆充分, 株高适中(90~105cm, 平均 99.5cm), 茎秆质量好, 很少出现大面积倒伏, 为实现高产潜力提供了保障。KASP 标记检测发现兰天 19 号含有矮秆基因 *Rht-D1b* (*Rht2*)、高粒重基因 *Sus1-7B* (*Hap-H*)、*TaCwi-A1a*、*TaCWI-4A-T*、*TPP-6AL1a* (表 2)。因此株高适中、粒重高、成穗率高是兰天 19 号高产的主要原因。

表 2 兰天 19 号和 Mega 粒重、株高基因

KASP 标记检测结果

品种	粒重				株高
	<i>TaCwi-A1</i>	<i>TaCWI-4A</i>	<i>Sus1-7B</i>	<i>TPP-6A</i>	<i>Rht-D1</i>
Mega	<i>TaCwi-A1a</i>	<i>TaCWI-4A-T</i>	<i>Hap-H</i>	<i>TPP-6AL1a</i>	<i>Rht-D1a</i>
兰天 19 号	<i>TaCwi-A1a</i>	<i>TaCWI-4A-T</i>	<i>Hap-H</i>	<i>TPP-6AL1a</i>	<i>Rht-D1b</i>

2.3 适应性 兰天 19 号主要推广区域在甘肃陇南地区海拔 1700m 左右的半山区、海拔 2100m 左右的高寒阴湿区, 越冬安全。除此之外, 在平凉市山旱地梯田, 定西市中北部二阴山区, 临夏州的和政、康乐等春改冬区, 以及在宁夏 1700m 以上的山旱地冬麦区也得到了大面积推广。自 2007 年推广至今, 兰天 19 号已成为甘肃陇南地区年推广面积最大的品种, 甘肃省、宁夏冬麦区的主栽品种。2013–2015 年在甘肃省冬麦区的推广面积仅次于兰天 26 号, 2016 年推广面积位于中麦 175 和兰天 26 号之后, 为甘肃省冬小麦第三大推广面积品种(农业部全国农业技术服务推广技中心数据), 说明兰天 19 号具有广泛的适应性。经 10 年的高海拔(2100m)生产抗寒性鉴定, 兰天 19 号在天水市张家川的越冬存活率 6 年为 100.0%, 平均 95.79%; 在天水市武山的平均越冬存活率为 90% (表 3), 说明其抗寒性强。

表 3 2006–2017 年陇南山旱地区

试中兰天 19 号抗寒性鉴定结果

年份 (年)	越冬存活率(%)	
	天水张家川平安新庄 (海拔 2100m)	天水武山龙台山羊坪 (海拔 2100m)
2017	100.0	-
2016	100.0	98.3
2015	100.0	96.7
2014	100.0	86.7
2013	83.0	84.8
2012	82.0	81.8
2011	96.0	89.6
2010	100.0	99.2
2009	100.0	96.5
2006	96.9	76.4

KAPS 标记检测兰天 19 号含春化基因 *Vrn-D1b*、*Vrn-A1-2147*, 光周期基因 *Ppd-A1a*、*Ppd-B1a*、*Ppd-D1*^[8], 含抗旱基因 *1-feh-w3* (Westonia type) (表 4), 是兰天 19 号抗寒抗旱、广适性的分子基础。随着全球气候变化加剧, 西北高海拔小麦种植区气候不稳定, 返青后温度变化幅度大, 而兰天 19 号含有非光温敏感基因, 春季返青后苗期长势平稳, 尤其是 2018 年发生严重的倒春寒灾害, 尽管其穗型发生了变化, 但对兰天 19 号的结实影响小。

2.4 品质 兰天 19 号籽粒白色, 粒大, 商品性好。半角质, 含粗蛋白 14.26%, 湿面筋 23.53% (14% 湿基), 沉降值 46.5mL, 加工品质中等。含低分子量麦谷蛋白亚基 *Glu-A1* (Null)、*Glu-A3d*、*Glu-D1* (2+12), 不含有 1BL·1RS 易位系, 硬质基因检测发现含野生型 *Pina-D1a*、*Pinb-D1a*、*Pinb-B2a*, 属软质型, 这是面筋强度弱的主要原因; 含有黄色素含量较高基因 *Psy-A1b* 和 *Psy-D1a*, 还含有类胡萝卜素野生型基因 *ZDS-D1a*, 营养品质较好 (表 5)。

表 4 兰天 19 号和 Mega 春化、光周期及抗旱相关基因的 KASP 标记检测

品种	春化		光周期			抗旱性
	<i>Vrn-D1</i>	<i>Vrn-A1</i>	<i>Ppd-A1</i>	<i>Ppd-B1</i>	<i>Ppd-D1</i>	<i>1-feh-w3</i>
Mega	<i>Vrn-D1b</i>	<i>Vrn-A1-2147</i>	<i>Ppd-A1a</i>	<i>Ppd-B1a</i>	<i>Ppd-D1b</i>	<i>Westonia</i>
兰天 19 号	<i>Vrn-D1b</i>	<i>Vrn-A1-2147</i>	<i>Ppd-A1a</i>	<i>Ppd-B1a</i>	<i>Ppd-D1b</i>	<i>Westonia</i>

表5 兰天19号和Mega营养品质相关基因KASP标记检测结果

品种	低分子量麦谷蛋白亚基					软/硬质			黄色素		类胡萝卜素
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-A3g</i>	<i>Glu-A3d</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-B3g</i>	<i>Pina-D1</i>	<i>Pinb-D1</i>	<i>Pinb2</i>	<i>Psy-A1</i>	<i>Psy-D1</i>	<i>ZDS-D1</i>
Mega	Null	-	-	2+12	-	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a</i>	<i>Pinb-B2a</i>	<i>Psy-A1a</i>	<i>Psy-D1a</i>	<i>ZDS-D1a</i>
兰天19号	Null	-	+	2+12	-	<i>Pina-D1a</i>	<i>Pinb-D1a</i>	<i>Pinb-B2a</i>	<i>Psy-A1b</i>	<i>Psy-D1a</i>	<i>ZDS-D1a</i>

+ :有; - :无

3 结论与讨论

陇南地区小麦主要种植在半山、高山区域,复杂的生态环境对小麦抗寒、抗旱性要求高,加之该区域为我国小麦条锈菌的重要越冬基地,因此育种面临多重挑战。甘肃省农科院小麦研究所冬小麦育种课题组在育种策略上,重点利用国内尚未成功利用的抗源材料或抗病基因,并聚合多个抗病基因,通过提高茎秆强度和株型改良提高抗倒性,通过提高粒重、成穗数来提高产量潜力;加强育成品系的抗寒抗旱性筛选,重点选择返青后发育进程稳健的品系,既提高了陇南小麦品种抗病基因遗传多样性,保证品种抗病持久性,又使育成品种具有高产潜力和广泛的适应性。

甘肃省农科院小麦研究所冬小麦育种课题组经过多年的田间鉴定发现了一批优异的抗源材料,如Mega、Ibis、Flinor等国外品种^[5],但其农艺性状差,如Mega穗较小,千粒重37.8g,极晚熟,很难利用。为了提高抗病基因的转育成功率,选择多个综合性状优良的农艺亲本与抗源材料进行大量组合选配,通过对972个组合的后代表现进行分析,发现多数优秀组合与农艺亲本兰天10号有关^[9]。兰天10号株高中等,抗寒抗旱,成熟较早,穗大粒大,籽粒白色,品质好,农艺性状优良,曾为甘肃省冬麦区的主栽品种,缺点是中感条锈病和白粉病。利用兰天10号和Mega杂交选育的兰天19号聚合了双亲主要优点,其丰产性和适应性远远超过了双亲。至此,利用兰天10号与国外抗源材料Ibis、Mega、Capple Despreze、Flanders、Norman、Long Bow、Dippes Triumph成功育成了兰天15、19、20、26、27、31、131等抗病品种^[5]。

利用与抗病、品质、粒重、春化、抗旱性、粒色、抗穗发芽、株高等性状相关基因的KASP标记,对兰天19号进行已知基因的标记检测,揭示了兰天19号抗锈性持久、抗旱、千粒重高、广适等性状方面具有分子遗传背景。兰天19号的育种与推广实践表明,在

陇南地区选育抗病性较为持久的品种具有可行性,培育株高适中、抗寒抗旱且具有高产潜力的山旱地品种也是可行的,其关键指标是多抗病基因聚合,株高适中,茎秆强度好,落黄性好,千粒重和成穗率高。结合甘肃复杂的生态条件,对现有品种不断改良,希望能继续培育出一批持久抗病、高产稳产、广适性新品种,为甘肃小麦生产及全国条锈病控制作出新的贡献。

致谢:感谢中国农业科学院作物科学研究所小麦品质实验室提供SNP标记的KASP分析平台,本研究中有关KASP标记分析的内容在该实验室完成。

参考文献

- [1] 陈万权,康振生,马占鸿,徐世昌,金社林,姜玉英. 中国小麦条锈病综合治理理论与实践. 中国农业科学,2013,46(20): 4254-4262
- [2] 周祥椿,吴立人,宋建荣,金社林. 陇南小麦条锈病的品种遗传多样性控制. 植物保护学报,2008,35(2): 97-101
- [3] 周祥椿,杜久元. 陇南小麦生产品种抗条锈病持久性研究. 麦类作物学报,2006,26(1): 108-112
- [4] Rasheed A, Wen W E, Gao F M, Zhai S N, Jin H, Liu J D, Guo Q, Zhang Y, Dreisigacker S, Xia X C, He Z H. Development and validation of KASP assays for genes underpinning key economic traits in bread wheat. Theoretical and Applied Genetics, 2016, 129: 1843-1860
- [5] Bai B, Du J Y, Lu Q L, He C Y, Zhang L J, Zhou G, Xia X C, He Z H, Wang C S. Effective resistance to wheat stripe rust in a region with high disease pressure. Plant Disease, 2014, 98: 891-897
- [6] 李洋,袁喜丽,姚强,贺苗苗,井金学. 欧洲小麦品种Mega抗条锈病基因的遗传分析及分子标记. 植物病理学报,2010,40(1): 51-56
- [7] 孙建鲁,徐雅静,冯晶,蔺瑞明,王凤涛,姚强,郭青云,徐世昌. 6个小麦品种抗条锈性遗传分析. 中国植物保护学会2016年会,2016: 309
- [8] Wang J P, Wen W E, Hanif M, Xia X C, Wang H G, Liu S B, Liu J D, Yang L, Cao S H, He Z H. TaELF3-1DL, a homolog of ELF3, is associated with heading date in bread wheat. Molecular Breeding, 2016, 36: 161
- [9] 杜久元,白斌,周祥椿. 对陇南小麦育种中抗源利用成功率问题的反思. 作物杂志,2008(2): 110-113

(收稿日期:2019-03-13)