

利用外源抗锈基因选育抗锈小麦品种的研究

张二喜, 宋建荣, 张耀辉, 李金昌

(甘肃省天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000)

摘要: 利用带有外源抗锈基因的材料与普通小麦多次杂交、回交, 将中间偃麦草 (*Thinopyrum intermedium* Edinam)、长穗偃麦草 (*Agropyron elongatum*)、黑麦 (*Secale cereale*) 和簇毛麦 (*Haynaldia villosa*) 的抗条锈病基因导入普通小麦, 育成带抗条锈病基因的抗病、抗旱、高产小麦新品种天选41号、天选47号、中梁22号、中梁23号、中梁24号、中梁25号、中梁27号、中梁29号和中天1号。

关键词: 普通小麦; 品种; 外源抗锈基因; 选育

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-1463(2015)07-0001-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.07.001

Study of Wheat Rust-resistant Breeding Using Exogenous Rust-resistant Gene

ZHANG Erxi, SONG Jianrong, ZHANG Yaohui, LI Jinchang

(Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui Gansu 741000, China)

Abstract: The multi-hybridize and backcross between exogenous material which with rust-resistant gene and normal wheat variety are conducted, to import the rust-resistant gene of *Thinopyrum intermedium*, *Agropyron elongatum*, *Secale cereale* and *Haynaldia villosa* to normal wheat variety. The new wheat variety of rust-resistant and drought-resistant and high yield had been bred successfully, the newly bred variety include Tianxuan 41, Tianxuan 47, Zhongliang 22, Zhongliang 23, Zhongliang 24, Zhongliang 25, Zhongliang 27, Zhongliang 29, and Zhongtian 1.

Key words: Normal wheat; Variety; Exogenous rust-resistant gene; Breeding

病害是限制粮食生产的主要因素之一。甘肃陇南为我国小麦条锈病的核心疫源区, 条锈病发生面积广, 流行成灾率高, 小麦品种抗锈性丧失快, 一般 3~5 a 就会丧失抗性^[1]。抗条锈基因的转育是提高生产品种抗条锈基因丰富度及抗锈性的重要措施, 突破性品种的育成在于关键性基因的和育种材料的创造利用^[2]。目前, 只有 Yr5、Yr10 等极少数抗条锈病基因对中国强优势生理小种条中 30 号、条中 31 号、条中 32 号仍表现免疫或高抗, 其中主要强优势流行小种条中 32 号毒性谱更宽, 致病范围更广, 已使中国大部分麦区的主栽品种沦为感病, 发病面积占播种面积的 90%^[3-4]。因此, 寻找新的抗源、发现和利用小麦近缘种(属)中新的有效抗病基因, 选育抗病品种或挖掘新抗源迫在眉睫, 利用外源抗源是小麦

抗条锈育种的有效措施。在抗锈小麦品种的选育中, 许多材料为外源种属与普通小麦的中间材料, 这些材料存在农艺性状不良或品质偏差等问题, 导致这些材料难以在小麦育种中直接利用。天水市农业科学研究所从 20 世纪 70 年代开始, 以抗条锈病或抗白粉病小麦近缘种属黑麦 (*Secale cereale*), 以及含有中间偃麦草 (*Thinopyrum intermedium*)、簇毛麦 (*Haynaldia villosa*) 和长穗偃麦草 (*Agropyron elongatum*) 的双二倍体、代换系或易位系为抗源, 与农艺性状优良的优质小麦品种杂交, 其杂交后代进行抗病性定向选择, 再与农艺亲本采用不同杂交方法进行组配, 使优异基因累加、聚合, 选育小麦新品种(系), 丰富了小麦育种的抗病亲本材料, 为选育抗病或优质抗病小麦品种奠定了基础。

收稿日期: 2015-03-31

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新项目“抗条锈高产优质冬小麦新品种选育”(2012GAAS06-5); 甘肃省农业科技创新项目“抗锈高产优质冬小麦新品种选育与示范”(GNCX-2013-6)

作者简介: 张二喜(1961—), 男, 甘肃天水人, 农艺师, 主要从事农作物新品种示范推广工作。联系电话: (0)13919641269。

通讯作者: 宋建荣(1963—), 男, 甘肃天水人, 研究员, 主要从事小麦育种栽培研究工作。E-mail: tskd228202@163.com

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

试验材料包括含有近缘种属抗性基因的八倍体中间偃麦草无芒中 4、十倍体长穗偃麦草 R431、八倍体小黑麦加非乃、六倍体小黑麦匈 57, 普通小麦材料中梁 12 号、中梁 15 号、中梁 16 号、中梁 21 号、ciemenp、2882、S394、济南 9 号、普里美比、钱保德、咸农 4 号、82WR(96-2-2-2-1)、保加利亚 10 号、8619-52、Fr81-4、兰天 1 号、内 102-1, 以及小麦-簇毛麦易位系 92R178。其中无芒中 4 引自山西省农业科学院小麦研究所, 十倍体长穗偃麦草 R431 引自中国农业科学院作物科学研究所, 八倍体小黑麦加非乃引自河北农业大学, 小麦-簇毛麦易位系 92R178 引自南京农业大学细胞遗传研究室, 其余材料均由天水市农业科学研究所提供。

1.2 方法

以小麦近缘种属材料或含有近缘种属抗性基因的材料与普通小麦材料杂交, 杂交后代进行抗病性定向选择, 再与不同类型的农艺亲本采用不同杂交方法进行组配, 使优异基因累加、聚合, 选育小麦新品种(系)。杂交各世代病害鉴定时, 采用多个条锈菌生理小种混合菌种接种, 定向选择抗病单株。育成品种天选 41 号、天选 47 号、中梁 22 号、中梁 23 号、中梁 24 号、中梁 25 号、中梁 27 号、中梁 29 号和中天 1 号均由甘肃省农业科学院植物保护研究所进行条锈病苗期及成株期分小种鉴定。

2 结果与分析

2.1 以黑麦为抗源培育的小麦品种

2.1.1 中梁 23 号 中梁 23 号是以八倍体小黑麦品种加非乃与普通小麦远缘杂交 F_1 为母本, 普通小麦复合杂交 F_1 为父本, 再进行复合杂交并经多年连续选育而成的 1B/1R 易位系, 2001 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。曾在条锈病核心疫源区甘肃陇南及平凉等条锈病重发区大面积推广种植。中梁 23 号属冬性, 穗长 7.5 cm, 穗白色、无芒、纺锤型。籽粒红色、硬质、卵圆形。穗粒数 32.4 粒, 千粒重 40.6 g, 容重 743.5 g/L。株高 90~100 cm, 茎秆细而韧, 抗倒伏, 分蘖力强, 成穗率高, 株型紧凑, 生长整齐, 落黄好。苗期对混合菌免疫, 成株期对条中 25 号、条中 27 号、条中 29 号、条中 30 号、条中 31 号及 Hy4、

Hy7 混合菌免疫, 高抗白粉病。

2.1.2 天选 41 号 天选 41 号是以六倍体小黑麦匈 57 与 T.J.B259/83 远缘杂交组合的 F_2 为母本, 天选 33 号为父本连续回交 2 次, 其后代 B_2 再用球茎大麦花粉诱导而成的孤雌生殖纯合系, 1995 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。天选 41 号属冬性品种, 幼苗匍匐。穗纺锤形, 白壳, 长芒, 红粒。株高 90.0~105.0 cm, 叶色深绿, 株形紧凑, 抗旱抗冻性强, 群体性状好, 成穗率高, 高产稳产。千粒重 40 g 左右, 容重 800 g/L 以上。籽粒含粗蛋白 12.74%(干基), 赖氨酸 0.4%, 品质较好。半山区生育期 270~280 d, 属中早熟品种。对强毒性生理小种条中 30 号、条中 31 号表现中抗至高抗, 对其它小种和混合菌表现免疫, 对叶秆锈病、白粉病、叶枯病均表现中抗以上水平, 综合抗性优良。

2.1.3 天选 47 号 天选 47 号是以六倍体小黑麦匈 57 与小黑杂 41/49、天选 37 号、高加索等复合杂交而成的天 882 为母本, 天选 37 号为父本进行有性杂交, 采用系谱法经连续多年的定向选择而成^[5], 2010 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。为普通型小麦, 幼苗匍匐, 冬性。生育期在渭河川道区 244 d 左右, 属中熟品种。穗为纺锤形, 护颖白色, 斜肩, 嘴锐, 无芒。叶色深绿, 叶片细长扭曲, 半披垂。株高 100 cm 左右。茎秆较粗, 弹性好, 抗倒伏。千粒重 36.3 g, 属大穗中粒品种。成株期对条中 29 号、水 4、水 14(中梁 17、中梁 22-S)、水 14(中梁 17-S)、条中 32 号(中梁 17-S)、条中 32 号(中梁 17、中梁 22-S)小种均表现免疫, 苗期对混合菌表现高抗。兼抗白粉病、叶锈病和叶枯病, 轻度感染黄矮病, 抗性较为全面。平均折合产量为 6 705.0 kg/hm², 较对照品种中梁 22 号增产 22.0%。

2.2 以中间偃麦草为抗源选育的小麦品种

2.2.1 中梁 22 号 中梁 22 号是以八倍体中间偃麦草无芒中 4 与 S394 杂交的 F_1 为母本, 以抗旱耐瘠品种咸农 4 号为父本杂交育成, 2000 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定, 在天水、陇南、平凉等地 14 个县(区)累计种植推广 33.85 万 hm²。中梁 22 号属普通小麦, 强冬性, 生育期 266 d, 中早熟。幼苗生长匍匐, 叶披垂、绿色。穗白色, 无芒, 纺锤形。籽粒红色、粉质、卵形。株高 95.0 cm, 穗长 8.6 cm, 千粒重 40.0 g, 秆细而韧,

抗倒伏,分蘖力强,成穗率高,株型紧凑,生长整齐,落黄好。苗期及成株期对条锈病主要小种条中 31 号、Hy3、Hy4、Hy7 表现免疫。中抗黄矮病。在 2008 年全国西北、西南条锈病大流行的情况下,该品种表现出其突出的抗条锈性,对当前流行的优势小种条中 31 号、条中 32 号表现免疫或高抗。中梁 22 号携带 *YrZhong 22* 抗病基因,位于 5B 染色体,*YrZhong 22* 可能是一个来自中间偃麦草并与已知 Yr 基因不同的新的抗条锈病基因^[6]。

2.2.2 中梁 24 号 中梁 24 号以八倍体中间偃麦草无芒中 4 与钱保德杂交的 F₂ 单株再与“82WR(96)-22-1-2-1”杂交育成,2004 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。中梁 24 号属普通小麦,强冬性、中熟,生育期 262 d。幼苗生长匍匐,叶片披垂、绿色。株高平均 79.2 cm,穗长 6.6 cm,穗白色,长方形,无芒。籽粒红色,卵圆形,千粒重 33.1 g,容重 745.0 g/L。生长整齐,落黄正常。对条锈病混合菌表现中抗至轻度感病,对条锈菌主要小种总体表现出中抗趋势,其中对条中 29 号、水 2 类型表现免疫至高抗,对条中 25 号、条中 31 号表现中抗,大田具有慢锈性。籽粒含粗蛋白 17.35%、赖氨酸 0.57%、湿面筋 41.63%、淀粉 59.35%,属高蛋白优质小麦。

2.2.3 中梁 25 号 中梁 25 号以八倍体中间偃麦草无芒中 4 与普通小麦复合杂交育成,2006 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。属普通小麦,强冬性,抗寒抗旱,耐瘠性强,丰产稳产性好,中熟,生育期 262 d。幼苗生长匍匐,叶片披垂,绿色。株高平均 100.0 cm,穗长 7.4 cm,穗白色,无芒。籽粒红色,卵圆形。平均穗粒数 38.0 粒,千粒重 37.6 g,容重 789.7 g/L。株型紧凑,生长整齐,落黄好。抗寒、抗旱性强。中抗白粉病、黄矮病,对条锈病混合菌表现中抗至轻度感病,对主要小种条中 29 号、洛 13 表现免疫,对条中 31 号、条中 32 号表现中抗,在大田具有慢锈性。籽粒含粗蛋白 11.07% (干基)、湿面筋 21.5%、灰分 1.52% (干基)、赖氨酸 0.46% (干基),沉降值 66.5 mL,属弱筋粉专用型优良品种。在天水市区域试验中,平均产量 5 188.5 kg/hm²,较对照品种咸农 4 号增产 16.9%,有较大的增产潜力。

2.2.4 中梁 27 号 中梁 27 号是以八倍体中间偃

麦草无芒中 4、中梁 12 号、保加利亚 10、咸农 4 号、中梁 15 号等 6 个亲本材料复合杂交选育而成的易位系^[7],2007 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。幼苗生长匍匐,叶片披垂,叶绿色。穗长 7.5 cm,穗纺锤形,白色,顶芒,颖方肩。籽粒红色、卵圆型,硬质,籽粒饱满。千粒重 44.56 g,容重 782.5 g/L。株高平均 105.0 cm,分蘖力强,成穗率高,株型紧凑,生长整齐,落黄好。苗期对条锈病菌混合菌表现免疫,成株期对条锈菌主要流行小种条中 32 号、条中 29 号及水 14 均表现免疫,对混合菌表现中抗至中感,对水 4 表现感病。中梁 27 号为易位系,外源片段分别来自于 St、E 组染色体,均发生在 A 组染色体上。

2.3 以长穗偃麦草为抗源选育的小麦品种—中天 1 号

中天 1 号是先以小麦品种 Fuhuko 与十倍体长穗偃麦草(R431)杂交,后用“北京 837”和“晋 2148”连续回交后自交育成的易位系^[8],2008 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。该品种冬性,生育期 269 d。幼苗生长匍匐,叶片披垂,叶绿色。穗长 8.0 cm,穗纺锤形,白色,顶芒,颖方肩。籽粒红色、卵圆型,粉质,籽粒饱满。千粒重 39.46 g,容重 764.0 g/L。株高平均 106.0 cm,分蘖力强,成穗率高,株型紧凑,生长整齐,落黄好。籽粒粗蛋白含量 13.54%,湿面筋含量 24.8%,沉降值 9.2 mL,形成时间 1.4 min,稳定时间 1.0 min,拉伸面积 16 cm²,延伸性 106 mm,最大抗延阻力 124 E.U。达到中筋粉的要求,适用于制作面条、馒头等食品。苗期、成株期均对供试菌系均表现免疫,总体抗性表现优异。中天 1 号为 1BL/1RS 易位系,抗性由 *YrTp 1* 和 *YrTp 2* 一显一隐两对基因控制,所含抗条锈基因不同于目前已知抗条锈基因^[9]。

2.4 以簇毛麦为抗源选育的小麦品种—中梁 29 号

中梁 29 号以 92R137 为母本、938-4 为父本进行杂交,采用系谱法选育而成^[10],2009 年通过甘肃省农作物品种审定委员会审定。属普通小麦,冬性,幼苗半匍匐,生育期 239 d 左右。长方形穗,白壳,顶芒,叶相披垂,叶色绿色,株型紧凑,平均株高 97.3 cm,穗长平均 8.6 cm,千粒重 39.5 g,籽粒红色,粉质,容重 773.7 g/L。生长整齐,落黄好,籽粒饱满。该品种对目前流行条锈

菌小种水 4、水 7、水 14、Hy8、条中 32 号及混合菌，无论是苗期或成株期均表现免疫，评价为总体抗性表现优异。兼抗白粉病，黄矮病，抗病性非常突出。

3 讨论

1) 近年来，病原菌新小种的出现导致抗病亲本和品种丧失抗性，小麦种内的遗传资源日趋贫乏，严重地影响着小麦品种的改良和换代。为了应对病原菌小种的不断变化，小麦育种者必须不断寻找新的抗源^[11]。小麦近缘种属是一个庞大的基因库，拥有十分丰富的栽培小麦所不具备的优良基因，是小麦改良的重要种质资源^[12]。远缘杂交是小麦育种技术的方法之一，采用远缘杂交将外源的优良基因导入小麦中去，是选育早熟、高产、优质、抗病、抗逆性强小麦品种的一种好方法^[2,13-15]。天水市农业科学研究所利用小麦近缘种(属)育成了天选 41 号、天选 47 号、中梁 22 号、中梁 23 号、中梁 24 号、中梁 25 号、中梁 27 号、中梁 29 号、中天 1 号等小麦新品种。其中将不同来源抗性材料采取多亲本复合杂交、连续回交等组配方式使其抗性基因累加、互作，逐步聚合到同一受体中，育成了抗多种病害的高产、优质小麦中梁 23 号、中梁 27 号。中梁 23 号对当前流行的条锈菌生理小种全部免疫，而亲本组配中所用的抗条锈材料中梁 15 号、中梁 16 号和中梁 12 号已丧失抗性，只有八倍体小黑麦加非乃仍表现免疫，说明中梁 23 号的抗条锈病基因可能来自于加非乃或为多个亲本不同抗性基因互作的结果，这有待进一步深入研究。中梁 27 号对当前流行的条锈菌生理小种全部免疫，亲本中目前只有无芒中 4 仍表现免疫。中梁 27 号的外源片段分别来自于 St、E 组染色体，抗条锈病基因是否来自于外源的 St、E 组染色体，还需进一步研究。天选 41 号、天选 47 号、中梁 24 号、中梁 25 号和中梁 29 号品种从亲本材料目前的抗病性推测，其抗病性可能来自外源抗病基因，这也有待进一步研究。

2) 在利用远缘材料与小麦杂交时，首先应尽量选择抗病、早熟、丰产等综合农艺性状优良的小麦品种，采用复合或用多品种测交、多次回交，可解决杂交后代分离大、分离世代较长、小麦与远缘材料杂交不亲合的问题。其次选择配合力好的优秀农艺亲本对组合的成功十分重

要。第三，在远缘杂交后代中，由于远缘优良基因很容易丢失，应尽可能采用早代染色体检测、分子标记等方法跟踪调查，保证外源基因的成功导入。

参考文献：

- [1] 宋建荣, 张耀辉. 我国条锈病核心疫源区陇南冬小麦育种策略[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007, 33(8): 72-76.
- [2] 钟冠昌, 穆素梅, 张正斌. 麦类远缘杂交[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 万安民, 吴立人, 金社林, 等. 中国小麦条锈菌条中 32 号的命名及其特性[J]. 植物病理学报, 2003, 30(4): 347-352.
- [4] 万安民, 吴立人, 金社林, 等. 2000—2001 年我国小麦条病发生和生理小种监测结果[J]. 植物保护, 2002, 28(3): 5-9.
- [5] 汪石俊, 李金昌, 王伟, 等. 冬小麦新品种天选 47 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2010(12): 3-5.
- [6] 杨敏娜, 徐智斌, 王美南, 等. 小麦品种中梁 22 抗条锈病基因的遗传分析和分子作图[J]. 作物学报, 2008, 34(7): 1 280-1 284.
- [7] 宋建荣, 岳维云, 吕莉莉, 等. 冬小麦新品系中梁 969 选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2008(1): 3-5.
- [8] 宋建荣, 吕莉莉, 张耀辉. 冬小麦新品种中天 1 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2009(1): 3-5.
- [9] 殷学贵, 尚勋武, 庞斌双, 等. A-3 中抗条锈新基因 YrTp1 和 YrTp2 的分子标记定位分析[J]. 中国农业科学, 2006, 39(1): 10-17.
- [10] 宋建荣, 岳维云, 吕莉莉, 等. 冬小麦新品系中梁 X9614 选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2008(11): 3-4.
- [11] 杨作民, 唐伯让, 沈克全, 等. 小麦抗病育种的战略问题——小麦对条锈病、白粉病第二线抗源的建立和利用[J]. 作物学报, 1994, 12(7): 385-394.
- [12] 董玉琛. 小麦的基因源 [J]. 麦类作物学报, 2000, 20(3): 78-81.
- [13] 钟冠昌, 穆素梅, 张荣琦, 等. 八倍体小偃麦与普通小麦杂交育种的研究[J]. 西北植物学报, 1995, 15(1): 6-9.
- [14] 张荣琦, 陈春环, 赵晓农, 等. 八倍体小偃麦与普通小麦杂交选育抗旱小麦品种的研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(1): 24-28.
- [15] 张荣琦, 陈春环, 赵晓农, 等. 八倍体小偃麦与普通小麦杂交选育优质小麦新品种的研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(3): 25-27.