

陇南小麦条锈病的品种遗传多样性控制

周祥椿¹ 吴立人² 宋建荣³ 金社林⁴

(1. 甘肃省冬小麦研究所, 兰州 730020; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100094; 3. 天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000; 4. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070)

摘要:为实现陇南小麦条锈病持续控制的目标,以遗传多样性为原则,组建以提高生产品种抗条锈基因丰富度、在锈菌越冬区和越冬区进行基因布局 and 持久抗性、慢条锈性、高温成株抗性等多种抗性利用为主要内容的控制技术体系。利用 *Yr10*、*Yr12*、*Yr13*、*Yr16*、*Yr26*、*YrC591* 等有效抗条锈基因的载体品种、Flinor 等持久抗性品种及中四等其它抗源材料育成一批综合性状优良、具有不同遗传背景的抗病品种和类型,其中 2004 年以来育成的 10 个品种产量性状有明显提高,在区域试验中较对照增产 7.3% ~ 28.9%。陇南小麦条锈病的控制已进入一个新阶段。

关键词:小麦; 条锈病; 品种; 遗传多样性

Control of wheat stripe rust based on genetic diversity of cultivars in Longnan

Zhou Xiangchun¹ Wu Liren² Song Jianrong³ Jin Shelin⁴

(1. Winter Wheat Research Institute of Gansu Province, Lanzhou 730020, Gansu Province, China; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China; 3. Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui 741000, Gansu Province, China; 4. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu Province, China)

Abstract: In order to achieve sustainable control of wheat stripe rust in southern region of Gansu Province, technical system related to control of wheat stripe rust has been established based on genetic diversity, which comprises enriching resistance genes of commercial cultivars, enforcing distribution in the pathogen over-summer and over-winter regions, and utilizing multi-resistance of durable resistance, slow-rusting and high-temperature adult resistance (HTAP), etc. A series of improved cultivars and disease-resistant types have been bred by using the effective genes *Yr10*, *Yr12*, *Yr13*, *Yr16*, *Yr26*, *YrC591*, etc., as well as the durable resistant cultivars such as Flinor and the other resistant materials such as Zhong 4, which of ten have been improved evidently in yield since 2004 with the yield increase of 7.3% - 28.9% in contrast to CK in regional test. These put the control technical system of genetic diversity into a new phase.

Key words: wheat; stripe rust; cultivars; genetic diversity

甘肃陇南(包括天水、陇南两市)小麦分布于海拔 800 ~ 2400 m。1600 m 以上冷凉湿润的气候容易削弱品种抗性,有利于锈菌的变异。夏季高海拔区的晚熟冬麦自生苗与早播冬麦交叉重叠,为条锈菌

提供了终年不间断危害的有利条件,且使条锈菌在小范围即能完成周年循环。变异的锈菌只要同时具有越冬和越夏的哺育寄主,就能保存、积累和发展,从而形成新的小种。中国小麦条锈菌小种变异史已

基金项目:甘肃省科技攻关项目(ZGS⁰⁴²-A41-001-03),农业结构调整重大技术研究(06-02-02B)

作者简介:周祥椿,男,1932年生,教授,研究方向为小麦育种与小麦条锈病控制,email:zhouxc192@126.com

收稿日期:2007-07-30

证实,多年来危害较大的小种中约 90% 是在陇南首先发现并聚集,尔后广泛蔓延^[1-3]。陇南海拔 1 600 m 以上的麦区,全年最热的七八月份平均气温不高于 22 ℃,锈菌可寄生在自生麦苗或晚熟冬麦上越冬。因此,对陇南进行源头治理,对实现我国小麦条锈病的持续控制至关重要。

选育与应用抗病品种是防治小麦条锈病最经济有效的措施,但每当产生锈菌新小种,即有大批品种丧失抗性。锈菌变异速度快、品种抗性保持年限短,致使屡次出现生产上抗病品种短缺的被动局面。究其原因主要在于抗条锈基因的利用较为局限^[4],通过定向选择易使锈菌产生相应的致病优势流行小种,从而使品种普遍丧失抗性。此外,我国普遍利用专化抗性,其抗病性受一对主效基因控制,一旦为致病基因克服,往往导致抗性彻底丧失。因此,国内外对受多个基因控制的持久抗性、慢条锈性、高温抗性等多种抗性类型进行了很多研究^[5-9],但我国在育种方面尚未得到普遍应用。针对这种情况,本研究以遗传多样性为原则,组建陇南小麦条锈病的品种遗传多样性控制技术体系,为陇南小麦条锈病的控制开创新的局面。

1 小麦条锈病遗传多样性控制技术体系的总体构想

为使陇南小麦条锈病由被动防治转为主动控制,将植物病理和遗传育种紧密结合,吸取国内外先进理论和研究成果,形成遗传多样性控制技术体系总体构想。(1)提高小麦生产品种抗条锈基因的丰富度。抗病品种的广泛存在不利于病菌通过无性重组产生变异。大量种植不同抗病基因的品种,可使病菌小种均匀度得到提高,不易形成优势明显的小种群,寄主-病菌群体混作生态体系会保持相对平衡,不会因某一新小种的出现和发展导致病害大面积流行。据甘肃省冬小麦研究所多年观察,我国尚未利用的抗条锈基因载体品种、国际上的持久抗性品种和一批抗源材料均具有良好的抗锈性^[10],如果充分利用这些抗锈基因育成不同品种,可大幅度提高生产品种的抗条锈基因丰富度,有利于抑制锈菌优势小种的产生,一旦某些品种丧失抗性可通过品种结构调整扩大种植其它抗性仍然良好的品种,最大程度降低锈病危害。(2)抗病品种合理布局。在锈菌越冬区和越冬区分别布局两套携带不同抗病基因的品种组合,以切断锈菌周年循环,延缓新小种的

产生速度,延长抗性保持年限。根据我国小麦条锈病的大区域流行规律,陇南锈菌越冬区与东部广大麦区在品种的遗传背景应不同。就陇南当地锈病小循环而言,锈菌越冬的高海拔山区与越冬的低海拔川区也应种植携带不同抗锈基因的品种。适于陇南川区种植的清农 1 号仅分布于越冬区,在 1981—1996 年的 16 年间,对条锈病有 10 年免疫,4 年病情指数在 4 以下,直至 1997 年以后才彻底丧失抗性,其抗性保持的年限明显长于陇南其它品种^[11]。(3)多种抗性的应用。除继续合理利用垂直抗性外,同时对持久抗性、慢条锈性、高温成株抗性和耐锈性等加以利用,做到多种抗性并用。N. 斯特拉姆潘列(N. Strampelli)和里勃留拉(Libellula)两个品种在陇南锈菌越冬区和越冬区均大面积种植,据 1974—1978 年和 1983—2004 年的连续鉴定,27 年中 N. 斯特拉姆潘列对条锈病 19 年免疫,8 年发病,病情指数最高年份仅为 2.5;里勃留拉发病 26 年,但锈病扩展速度慢,病情指数除其中 4 年为 3~5 以外,其余 22 年均均在 1.25 以下,两个品种均表现突出的持久抗性^[11]。慢条锈性和成株高温抗性等非专化抗性品种,由于其抗锈性受多对基因控制,在锈菌小种变异的情况下抗性仍较为稳定,有利于延长品种利用的年限。

2 遗传多样性控制技术体系

2.1 生产品种抗条锈菌基因的丰富度

利用有效抗条锈基因载体品种、持久抗性品种和其它抗源材料,育成一批具有不同遗传背景的品种和有潜力的新品系。截止 2006 年共育成兰天系、中梁系等抗条锈品种 16 个(表 1)。育成品种不仅利用了 Yr12、Yr13、Yr16、Yr26 等有效抗条锈基因的载体品种,还利用了武都白茧、中 7959、Flinor 等持久抗性品种以及中四、贵农 21、Ciemenp、SAXF4-7 和保丰 6 号等抗源材料,具有较为丰富的遗传背景。利用的抗条锈基因和抗源材料,除个别品种外,东部麦区的育种单位普遍未加以利用,为实现大区间的基因布局创造了条件。育成品种在产量性状上普遍得到提高,2004 年以来育成的 10 个品种在区域试验中较对照增产 7.3%~28.9%。特别是 2006 年审定的兰天系列 5 个山旱地品种,平均产量 5 497.5~5 875.5 kg/hm²,较对照增产 15.25%~19.46%,在抗锈性和丰产性的结合上取得重要突破,这主要是由于穗粒数和千粒重均有所提高,农艺性状得到

表 1 小麦抗条锈品种在天水市区域试验中的产量表现

Table 1 Yields of wheat cultivars with resistance to stripe rust in a regional trial in Tianshui City

品种名称 Cultivar	抗源及其抗条锈基因或 抗锈类型 Material, gene and type of resistance	区试类别 Type of regional trial	参加区试 年份 Year of regional trial	审定年份 Year of release	区试中平 均产量 Yield (kg/hm ²)	比对照增产 Yield increase (%)
中梁 21 号 Zhongliang 21	Ciemenp, 免疫 Ciemenp, immune	高山 High mountain	1994—1996	1998	4 490.1	15.15
中梁 22 号 Zhongliang 22	中四, 免疫 Zhong 4, immune	高山 High mountain	1997—1999	2000	3 666.5	8.81
中梁 23 号 Zhongliang 23	加非乃, 免疫 Jiafeinai, immune	高山 High mountain	1998—1999	2003	3 451.5	2.20
兰天 11 号 Lantian 11	武都白茧, 持久抗性 Wudu baijian, durable resistance	半山 Semi-mountainous	1993—1995	2000	3 907.5	10.87
兰天 12 号 Lantian 12	咸农 4 号, 持久耐锈 Xiannong 4, durable tolerance	半山 Semi-mountainous	1994—1996	2000	3 160.5	0.80
兰天 14 号 Lantian 14	中 7959, 持久抗性 Zhong 7959, durable resistance	高山 High mountain	1999—2001	2002	4 131.0	11.07
兰天 15 号 Lantian 15	Ibis, Yr13	高山 High mountain	2002—2003	2004	5 355.0	7.30
兰天 17 号 Lantian 17	92R137, Yr26	川区 Valley	2003—2004	2005	7 615.5	11.07
兰天 18 号 Lantian 18	Flinor, 持久抗性 Flinor, durable resistance	高山 High mountain	2004—2005	2006	5 583.0	15.73
兰天 19 号 Lantian 19	Mega, Yr12	高山 High mountain	2005—2006	2006	5 875.5	19.46
兰天 20 号 Lantian 20	Cappelle desprez, Yr16	高山 High mountain	2005—2006	2006	5 686.5	15.61
兰天 21 号 Lantian 21	保丰 6 号, 免疫至高抗 Baofeng 6, 0 ~ HR	半山 Semi-mountainous	2005—2006	2006	5 535.0	16.04
兰天 22 号 Lantian 22	德国 2 号, 免疫 Deguo 2, immune	半山 Semi-mountainous	2005—2006	2006	5 497.5	15.25
兰天 23 号 Lantian 23	SAXF4-7, 免疫至高抗 SAXF4-7, 0 ~ HR	川区 Valley	2005—2006	2006	7 539.0	28.90
中植 1 号 Zhongzhi 1	C591, YrC591	川区 Valley	2000—2001	2003	6 591.5	24.99
陇鉴 9343 Longjian 9343	贵农 21, 可能含有 Yr10 Guinong 21, may be contain Yr10	川区 Valley	2003—2004	2005	7 574.3	10.52

明显改良(表 2)。

对近年来育成的 10 个品种进行分小种鉴定, 结果表明各品种均属抗病类型(表 3)。已示范推广 5 年以上的品种中, 中梁 22 号在 2006 年小种鉴定中仍然表现全生育期免疫, 兰天 11 号、兰天 12 号、兰天 14 号、中梁 21 号、中梁 23 号在育成之初对当时锈菌主要流行小种表现为高抗至免疫, 随着小种组成的变化, 近年已感病, 但表现高度慢条锈性, 依据袁文焕等^[12]提出的慢条锈性鉴定方法, 这些品种的

潜育期较高度感锈品种延长 3 ~ 11 天, 最终病情指数为 0.07 ~ 12.53, 接种区与喷药保护区相比千粒重损失率为 0 ~ 4.86% (表 4)。

2.2 抗病品种的合理布局

随着上述品种的育成, 连同至今仍保持稳定抗锈性的持久抗性品种 N. 斯特拉姆潘列和里勃留拉以及由法国引进的抗锈品种兰引 1 号(PASCAL), 在陇南锈菌越夏区和越冬区已经可以分别布局两套具有不同遗传背景的品种组合: 锈菌越夏区: 兰天

表 2 5 个山地品种在区试中的主要性状表现
Table 2 The main properties of 5 cultivars for non-irrigated field in regional test

品种 Cultivar	株高(cm) Height	穗粒数(粒) Seed number of spike	千粒重(g) 1000 kernel weight	生育期(d) Growth period	粗蛋白(%) Protein content	赖氨酸(%) Lysine content
兰天 18 号 Lantian 18	97.64	42.19	42.19	282.15	14.68	0.47
中梁 22 号 Zhongliang 22(CK)	109.50	39.94	39.94	283.00	12.58	0.50
兰天 19 号 Lantian 19	99.51	48.14	48.14	278.75	14.26	0.45
兰天 20 号 Lantian 20	101.55	46.69	46.69	280.50	15.05	0.41
中梁 22 号 Zhongliang 22(CK)	112.18	42.81	42.81	281.25	12.58	0.50
兰天 21 号 Lantian 21	90.88	44.67	44.67	265.63	14.62	0.46
兰天 22 号 Lantian 22	109.50	35.00	44.19	268.13	15.68	0.53
咸农 4 号 Xiannong 4(CK)	112.88	31.13	39.04	265.63	—	—

表 3 小麦品种条锈菌接种鉴定结果
Table 3 Identification result of stripe rust inoculating on wheat cultivars

品种 Cultivar	鉴定年份 Year	苗期混合菌 Mixed fungi in seeding stage	成株期 Adult stage							混合菌 Mixed fungi
			条中 29 号 CY29	条中 31 号 CY31	条中 32 号 CY32	洛 13 Ⅲ Luo13 Ⅲ	水 4 Shui4	水 7 Shui7	水 14 Shui14	
兰天 15 号 Lantian 15	2002,2003	3/10~25/30*	0	0	0	0	0		0	0
兰天 17 号 Lantian 17	2003,2004	0;~1/5/20	0		0	0	0		0	0
兰天 18 号 Lantian 18	2005	0;/5/20	0	0	0		0	0	0	0
兰天 19 号 Lantian 19	2005	0;/10/30	0	0	0;~2/5/5		0	0	0	0
兰天 20 号 Lantian 20	2005	3/25/40	0	0	0;~2/5/10		0	0	0;~2/10/20	0
兰天 21 号 Lantian 21	2005	2~3/5/10	0	0	0		0	0	0	0;~2/10/10
兰天 22 号 Lantian 22	2005	3/30/60	0	0	0		0	0	0	0
兰天 23 号 Lantian 23	2005	3/25/40	0	0	0		0	0	0	0;~2/10
中植 1 号 Zhongzhi 1	2001	—	0	0;~2/10/10	0				0	3/10/10
陇鉴 9343 Longjian 9343	2003,2005	0	0	0	0		0	0	0	0
中梁 22 号 Zhongliang 22	2005	0	0	0	0		0	0	0	0

注: * 表示反应型/严重度/普遍率。Note: * Indicate infection type/severity/incidence.

11 号、兰天 12 号、兰天 14 号、兰天 15 号、兰天 18 号、兰天 19 号、兰天 20 号、兰天 21 号、兰天 22 号、兰引 1 号、中梁 21 号、中梁 22 号、中梁 23 号、N. 斯特拉姆潘列、里勃留拉。锈菌越冬区:兰天 17 号、兰天 23 号、中植 1 号、陇鉴 9343。

2006 年育成的品种尚处于扩大繁殖的阶段,今后将逐步替代早期育成的丰产性较差的品种。此外参加区试的一批新品系,有望在近年通过审定,品种布局将不断完善。

2.3 多种抗性的利用

利用有效抗条锈基因育成的品种有 6 个,为兰天 15 号(Yr13)、兰天 17 号(Yr26)、兰天 19 号(Yr12)、兰天 20 号(Yr16)、中植 1 号(YrC591)、陇

鉴 9343(可能为 Yr10);利用持久抗性品种育成的品种有 4 个,为兰天 11 号、兰天 12 号、兰天 14 号、兰天 18 号;利用其它抗源材料育成的品种有 6 个,为兰天 21 号、兰天 22 号、兰天 23 号、中梁 21 号、中梁 22 号、中梁 23 号。这些品种综合利用了低反应型抗性、持久抗性、成株抗性、高温抗性和慢病性等多种抗性。这些抗性由不同角度提出,反映了品种的专化抗性和非专化抗性。

3 讨论

经过 14 年的研究,陇南小麦品种遗传多样性控制技术体系已初步建成,并进入边实施、边完善的阶段。近年来正在继续扩大利用其它有效抗条锈基因

表 4 5 个品种的慢锈性鉴定结果

Table 4 Identification result of 5 cultivars with slow-rusting

品种 Cultivar	鉴定年份 Year	潜育期较高度感锈对照延长天数 Prolongation of incubation (d)	病情指数 Disease index	千粒重损失率 1000 kernel weight decrease (%)	评价等级 Type of slow-rusting
兰天 11 号 Lantian 11	1998—2001	4.0 ~ 7.0	1.52 ~ 6.83	0.00 ~ 4.35	高度慢锈 Highly slow-rusting
兰天 12 号 Lantian 12	1998—2001	3.0 ~ 7.0	0.83 ~ 7.00	0.54 ~ 3.49	中度慢锈 Moderately slow-rusting
铭贤 169 Minxian169 (CK)	1998—2001	0.0	49.94 ~ 90.48	10.52 ~ 38.30	高度感锈 Highly susceptible
兰天 11 号 Lantian 11	2006	10.0	1.08	0.00	高度慢锈 Highly slow-rusting
兰天 12 号 Lantian 12	2006	8.5	2.54	2.30	高度慢锈 Highly slow-rusting
兰天 14 号 Lantian 14	2006	7.5	0.65	1.40	高度慢锈 Highly slow-rusting
中梁 21 号 Zhongliang 21	2006	5.0	12.53	4.86	高度慢锈 Highly slow-rusting
中梁 23 号 Zhongliang 23	2006	11.0	0.07	0.00	高度慢锈 Highly slow-rusting
辉县红 Huixianhong (CK)	2006	0.0	100.00	24.04	高度感锈 Highly susceptible

和抗源材料,以育成更多具有其它遗传背景的后备抗病品种,做到在锈菌形成新小种时有备无患,为基因轮换打好基础。目前控制体系中,较多品种成株抗病而苗期感病,这也是持久抗性品种的普遍表现^[13],但秋苗发病导致陇南成为我国黄淮海和长江中下游的主要菌源基地。因此,陇南应加强全生育期抗性品种的选育,从源头上进行控制。为此,拟加强抗病基因聚合的研究,使品种抗病性的持久性具有更为坚实的遗传基础。对于亲本均为免疫类型的杂交组合,尚需应用分子标记技术进行鉴定。

参 考 文 献 (References)

[1] 李振歧,曾士迈. 中国小麦锈病. 北京:中国农业出版社, 2002:325 - 329

[2] 宋位中,周祥椿,张廷刚. 陇南小麦条锈病常发易变区的成因及今后需要重点研究的几项综合治理措施. 甘肃农业科技,1997(1):31 - 33

[3] 吴立人,牛永春. 我国小麦条锈病持续控制的策略. 中国农业科学,2000,33(5):46 - 54

[4] 王凤乐,吴立人,万安民,等. 陕甘川重要小麦品种抗条锈基

因分析. 作物学报,1994,20(5):589 - 594

[5] Johnson R. Durable resistance: definition of genetic control and attainment in plant breeding. Phytopathology, 1981, 71(6): 567 - 568

[6] Singh R P, Rajaram S. Genetics of adult plant resistance to stripe rust in ten spring bread wheats. Euphytica, 1994, 72(1/2): 1 - 7

[7] 王竹林,刘曙东,王辉,等. 小麦慢病性的遗传育种研究进展. 麦类作物学报,2006,26(1):129 - 134

[8] 谢鸣,周祥椿. 小麦品种慢条锈性鉴定及评价研究. 植物病理学报,2007,37(6):649 - 653

[9] 商鸿生. 小麦对条锈病的高温抗病性研究. 中国农业科学, 1998,31(4):46 - 50

[10] 周祥椿,杜久元,鲁清林. 小麦条锈病抗源材料筛选和抗条锈基因库组建研究. 麦类作物学报,2005,25(1):6 - 12

[11] 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

[12] 袁文焕,李高保. 慢条锈性小麦品种鉴定方法初探. 甘肃农业科技,1996(5):28 - 30

[13] 万安民,牛永春,徐世昌,等. 持久抗条锈病小麦品种抗性特点及其在我国的利用价值. 作物学报,2000,26(6):751 - 755