

中国小麦条锈菌条中32号的命名及其特性

万安民¹ 吴立人¹ 金社林² 姚 革³ 王保通⁴

(1. 中国农业科学院植保所, 北京 100094; 2. 甘肃农业科学院植保所, 兰州 730070;

3. 四川农业科学院植保所, 成都 610066; 4. 西北农林科技大学, 杨凌 712100)

摘要: 条中32号(原 Hybrid46 致病类型3, 简称 HY-3) 是1991年首次在青海湟中的小麦品种红阿勃上采集到的。从其毒性基因谱、对生产品种的致病范围和近年来的出现频率衡量, 预测其在以后一段时间内仍将是我国的主要优势小种之一, 2002年经全国条锈菌生理小种监测协作组研究决定把 HY-3 命名为条中32号。条中32号小种的出现和近年来的持续发展对我国小麦条锈病发生和流行及抗病育种产生重要影响, 将增加我国条锈病流行潜力并对生产构成一定威胁。今后应对其动态进行连续监测, 并研究应对措施, 如开展抗病预见育种、病害流行预测预报和防治等, 综合治理其危害。

关键词: 小麦; 条锈病; 小种; 生理专化; 病害流行

小麦条锈病是我国小麦上的主要病害。在治理这一病害中, 品种抗病性的屡屡丧失是制约抗病性利用的突出问题。要有效利用抗病品种, 必须了解小麦条锈菌群体组成和变化, 因此条锈菌小种及其群体结构的连续性监测是一项基础性工作, 是预测病害流行和抗病品种抗性寿命和进行抗病性预见育种的前提, 也是合理利用抗病品种、延缓抗性丧失和病害持续治理的基础。我国条锈菌小种研究从1957年开始, 对我国抗病育种及病害治理具有重要参考意义^[1-4], 也为研究小麦条锈菌与小麦品种互作和演替变化规律提供了有价值的信息。笔者就条中32号的发现、命名及其特性进行了研究。

1 材料与方法

1.1 病菌标样采集 全国小麦锈菌小种及品种变异监测协作组成员、全国各主要麦区的植保和育种工作者每年采集小麦条锈菌标样, 并及时送往各小种鉴定单位。采样田包括未进行人工接种的试验地和生产用地, 寄主包括自生麦苗、秋苗、返青苗和各生育期小麦植株叶片。标样经单病斑分离纯化后鉴定, 新小种、新致病类型菌系均是纯化的单孢系。菌系保存和繁殖方法同汪可宁^[1]的方法。

基金项目: 科技部科技基础性工作专项资金项目、农业部农科协作组“全国小麦锈菌小种及品种变异监测协作组”项目和“十五”国家攻关项目(2001BA509B03)资助

作者简介: 万安民(1963-), 男, 副研究员, 主要从事小麦条锈病研究(E-mail: anmin.wan@163.com)

收稿日期: 2002-03-05

1.2 新小种的鉴定 17 个中国鉴别寄主由中国农科院植保所统一繁殖提供。接种和鉴定方法同汪可宁^[1]的方法。温室平均温度保持在 $(14 \pm 3)^\circ\text{C}$, 每天光照 10 ~ 14h。

1.3 毒性谱和致病范围测定 含有已知抗条锈基因的国际鉴别寄主和载体品种(系)由荷兰农科院植保所提供原种, 在中国农科院植保所繁殖备用。小种毒性谱测定方法见杨华安等(1990)^[5], 小种致病范围测定方法见吴立人等(1988)^[6]。供试小麦品种来自中国农科院及陕西、甘肃、四川、河南、山东和河北等省农科院作物所和植保所, 采用接近生产的方式种植小种圃, 地点设置在北京市中国农科院植保所内和甘肃甘谷锈病试验田。

2 结果与分析

2.1 条中 32 号的发现

由于 1992、1993 年对繁 6 和绵阳系品种抗条锈性变异监测结果给锈病研究人员提出了警示^[7-8], 从 1992 年开始, 我国小麦条锈菌鉴别寄主中加入了携带抗条锈基因 *Yr3b* 和 *Yr4b* 的载体品种 Hybrid46。当时发现采自四川、甘肃和云南等地的 54 个标样对 Hybrid46 有毒性, 其中表现混合反应(0; ~3)和中度抗病至感病(2 ~ 3)的各有 13 个, 表现感染型(3 ~ 4)的 28 个。进一步分离后在 17°C 条件下回接 Hybrid46, 获得了 8 个对 Hybrid46 有稳定致病性的菌系, 并于 1994 年把“91-1”和“93-1”分别命名为条中 30 号和条中 31 号^[9]。1991 年采自青海湟中的小麦品种红阿勃上的标样感染 Hybrid46, 对其分离纯化后在 17°C 条件下回接 Hybrid46 成功, 测定显示此菌系比条中 30 号和条中 31 号的毒性谱更宽、致病范围更广。与此同时, 1992 ~ 1994 年间也不断监测到此致病类型的菌系, 分离纯化和回接表明, 该致病类型对 Hybrid46 致病性稳定, 且感染除中四外的目前我国的 16 个小麦条锈菌鉴别寄主, 属于一个新致病类型, 故此于 1994 年正式定名为 Hybrid46 致病类型 3, 简称 HY-3 致病类型。另外连续多年监测发现, Hybrid46 致病类群分化加剧, 到 1996 年已分化出 9 个致病类型。

表 1 列出了 1991 ~ 2001 年间被鉴定为 HY-3 致病类型的标样采集地区和品种。从采集地区看, 全国有条中 32 号出现的县数已从 20 世纪 90 年代初的几个上升到 90 年代末的十几个, 而且呈现出从西(青海、甘肃、陕西和四川等地)到东(河南、湖北和山西等地)的扩展规律。从采集品种看, HY-3 致病类型可侵染大部分绵阳和绵农系、川育和川麦系、兰天系、西峰系、洮字系和小偃西等西北主栽小麦品种。虽然标样多采自甘肃、四川、陕西和青海等地区, 但不能认为仅仅这些地区的品种对 HY-3 丧失抗病性, 其实我国东部大部分麦区的主体小麦品种也已失去抗条锈性^[10]。

2.2 毒性谱和致病范围

到目前为止, 国际上已经正式命名的抗小麦条锈病的基因有 33 个, 其中 *Yr1* ~ *Yr10*、*Yr15*、*Yr17*、*Yr19* ~ *Yr28*、*Yr31* ~ *Yr33* 为苗期(或称为全生育期)抗病基因, *Yr11* ~ *Yr14*、*Yr16*、*Yr18*、*Yr29* 和 *Yr30* 为成株抗病基因, 还有若干个未正式命名^[11,12](McIntosh R A 私人通讯, 2003)。根据在 Chinese 166(携带的抗条锈基因为 *Yr1*, 下同)、Heines VII (*Yr2*)、Vilmorin23 (*Yr3a* + *4a*)、Hybrid46 (*Yr3b* + *4b*)、*T. spelta album* (*Yr5*)、Heines kolben (*Yr6*)、Lee (*Yr7*)、Compare (*Yr8*, *19*)、Clement (*Yr9*, *Cle*)、Moro (*Yr10*, *Mor*)、VPM1 (*Yr17*)、Selkirk、

表 1 条中 32 号发现的年份、地点和寄主品种

Table 1 Detection of CY32 during 1991 - 2001

年份 Year	地区 Location	寄主品种 Cultivar	条中 32 号 频率 CY32 frequency
1991	青海湟中	红阿勃	发现中
1992	甘肃甘谷	兰天 1 号	发现中
1993	湖北(荆州、谷城),四川(宗庆、雅安), 青海(湟中)	绵阳 11、川育 12、红阿勃、7023	发现中
1994	四川(温江)、甘肃(平凉、天水)	93-1763、长武 131、水源 92、天选 39、咸农 4 号	1.7
1995	四川(雅安、温江、绵阳),甘肃(甘谷、 天水)	杂 39、川育 8 号、川育 12 号、绵 93064、 蓉 94-58、绵阳 19、兰天 1 号	3.9
1996	四川(雅安、温江、绵阳、宜宾、新都、 梓潼、三台、剑阁、宗庆、射洪、安岳)、 甘肃(天水、成县)、陕西(城固、 宁强、汉中、勉县、南郑)	绵阳 11、绵阳 19、绵阳 20、绵阳 25、绵阳 26、 2 优 17、超大穗、内育 87-924、内 90-1325、87-23、 94-1051、川育 8 号、川育 13、川育 25、 绵农 3 号、水源 11、抗引 655 等	10.3
1997	河南(唐河),山西(汾阳),湖北(荆 门),陕西(城固、洋县、汉中、南郑、 千阳),四川(中江、龙泉),甘肃(平凉、 镇原、天水、甘谷),青海(西宁)、	绵阳 19、川育 8 号、191、汾 169、绵农 4 号、 清农 1 号、丰抗 8 号、临汾 4334、 84(+) × 陕优、95F5-2290	5.9
1998	四川(成都、西昌),甘肃(天水、甘谷), 陕西(城固、凤县),青海	洛夫林 13、中梁 14、洮 7110、191、酒泉大穗、 西峰 20、81-7-51、杂 5	4.8
1999	河南(淅川),云南(弥渡),西藏,四川 (眉山、温江、梓潼、双流、屏山、内江、 金堂、灌县),甘肃(文县、天水)	绵农 4 号、绵阳 335、绵阳 26、川育 21、杂 3、 杂 6、杂 8、金堂 107、冀麦 24、豫麦 10、 郑州 8915 等	9.1
2000	湖北、陕西(汉中、周至),甘肃(天水、 临洮),四川(治县、都江堰、双流、 绵阳、丹棱、邛崃)	冀麦 30、陇春 15、98027、超大穗、 中 85130、兰天 3 号、千斤早	11.7
2001	陕西(安康、宁强、杨凌、宝鸡、扶风、 周至、临潼、华县、长安、眉县、岐山、 略阳、城固),甘肃(天水、临洮、 成县、兰州),四川(茂县、都江堰、 黑水、简阳、金川、内江、双流、绵阳、 梓潼、松潘、西昌、新都、宜宾),山西 (太原、临猗),青海(西宁),云南 (大理、玉溪)	绵阳 19、小堰 182、253、5148、新乡 9178、豫麦 49、 96(2)-18(2)、陕 6-23、西农 132、陕农 28、安麦 1 号、花育 8 号、229、军绿 4 号、陕 253、济麦 1 号、 西农 163、MS1、98015、绵阳 21、水源 11、 Tclr19、Tclr16、川麦 28、南大 2419、川麦 22、 Chinese166、95-44、临汾 50744、P336、1258、 1541、3601、汾 3027、绵阳 11、无芒 4 号、冀麦 30、 济南 17、鄂恩 1 号、陕 229、宁 9415、鄂 81513	28.8

(Yr27) Funo (YrA)、Alba (YrAlba)、Carstens V (YrCV)、Gaby (YrGaby)、Resulka (YrRes)、Strubes dickkopf (YrSD)、Spaldings prolific (YrSpP) 和 Sumon92/Omar (YrSO) 上的测定推测条中 32 号含有 16 个毒性基因(表 2)。另外,除品种中四外,条中 32 号对我国现用的所有鉴别寄主均有毒性^[5],因此条中 32 号的毒性谱较宽。

在北京中国农科院植保所试验田和甘肃甘谷的田间小种圃测定了我国 26 个主要小麦生产品种和抗源对条中 28、29、31 和 32 号的成株期抗性,结果见表 3。抗病性表现统计

表 2 条中 32 号和我国主要流行小种的毒性基因种类和数量

Table 2 Virulence genes of CY32 and main Chinese races of *P. striiformis*

小种 Race	毒性基因种类 Virulence genes	数量 Number
条中 25 号 CY25	1、2、3、8、17、19、A、Gaby	8
条中 28 号 CY28	1、2、3、7、8、9、19、27、A、Alba、Cle、Res	12
条中 29 号 CY29	1、2、3、8、9、19、27、A、Cle、CV、Gaby、SD	12
条中 30 号 CY30	1、2、3、4、8、9、17、19、27、A、Alba、Cle、CV、Gaby、Res、SD	16
条中 31 号 CY31	1、2、3、4、6、7、9、27、A、Alba、Cle、CV、Gaby、Res、SD、SO	16
条中 32 号 CY32	1、2、3、4、6、9、27、A、Alba、Cle、CV、Gaby、Res、SD、SpP、SO	16

表 3 我国主体小麦品种和抗源对条中 32 和主要流行小种的成株期抗病性

Table 3 Resistance of main wheat cultivars and resources to CY28, CY29, CY31 and CY32 at adult stage

品种 Cultivar	条中 28 CY28	条中 29 CY29	条中 31 CY31	条中 32 CY32	品种 Cultivar	条中 28 CY28	条中 29 CY29	条中 31 CY31	条中 32 CY32
天选 37 Tianxuan 37	R	M	R	M-S	扬麦 5 号 Yangmai 5	R	R	M-S	M-S
中梁 17 Zhongliang 17	R	R	R	M	西峰 20 Xifeng 20	R	R	S	S
鲁麦 21 Lumai 21	M	S	S	M-S	陇鉴 196 Longjian 196	R-M	M	R	R
鲁麦 22 Lumai 22	M	S	S	S	豫麦 21 Yumai 21	R	S	S	R-M
豫麦 18 Yumai 18	M-S	S	S	S	丰抗 8 号 Fengkang 8	S	S	S	S
晋麦 49 Jinmai 49	S	S	S	S	贵农 22 Guinong 22	R	R	R	R
绵阳 11 Mianyang 11	S	M	S	S	水源 11 Shuiyuan 11	R	R	S	S
绵阳 19 Mianyang 19	R	R	M-S	M	Joss Combier	R	R	R-M	R-M
绵阳 26 Mianyang 26	R	R	R-M	M	Mega	R	R	R	R
川麦 26 Chuanmai 26	M	M	S	S	Maris Huntsman	R	R	R	R
川育 12 Chuanyu 12	R-M	M	S	S	Hobbit	R	R	R	R-M
鄂恩 1 号 Een 1	M	S	S	S	Cappell-Desprez	R	R	R	R-M
宛 7101 Wan 7107	R	S	S	S	R/总数(%)	65.4	46.2	42.3	30.8
扬麦 158 Yangmai 158	M	S	R-M	M-S	Percentage of R				

注:R,M 和 S 分别表示反应型为 0~0; ,1~2 和 3~4。Note:R, M and S indicate infection types are 0~0; , 1~2 and 3~4, respectively.

显示,对条中28、29、31和32号表现抗病(R)的分别占测定品种的65.4%、46.2%、42.3%和30.8%。分析得知条中32号不但对含有Yr9的“洛类”衍生系品种,如丰抗8号、鄂恩1号、晋麦49和天选37具有致病性,同时也高度感染鲁麦22、豫麦18、川麦26、川育12和西峰20,也对水源11、抗引655和绵阳11等重要抗源有毒性。据统计,我国目前“洛类”衍生系品种占小麦播种面积的80%,繁6衍生系品种约为 $2.7 \times 10^6 \text{hm}^2$ 。由于条中32号的出现致使我国小麦播种面积的90%变为感病,因此条中32号致病范围很广,具有广泛的哺育品种,发展潜能较大。

2.3 条中 32 号出现频率

从全国范围看,条中32号出现频率不断跃升,2000年已基本接近条中31号,2001年急剧上升,大大超过条中31号,出现频率为28.8%,也是自1992年条中29号出现频率最大以来,一个小种首次占据如此大的频率(图1)。因而条中32号已成为主要优势流行小

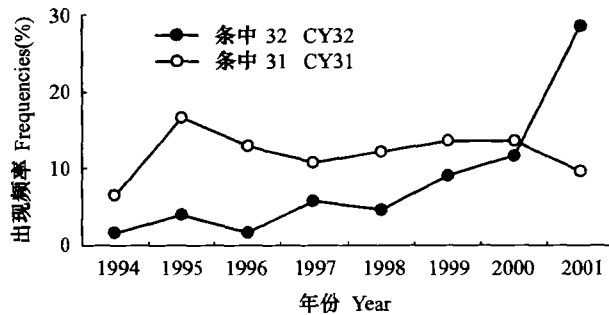


图 1 1994~2001 年条中 31 和 32 号在全国的出现频率

Fig. 1 Frequencies of CY31 and CY32 during 1994-2001 in China

种。条中 32 号在陕西、甘肃和四川出现频率也持续上升。2000 年在甘肃已跃居首位,频率为 18.54%,而条中 31 号仅为 4.88%;在陕西和四川的频率分别为 28.57% 和 9.37%,处于第二位,仅次于条中 31 号。2001 年条中 32 号在陕西、甘肃、四川和云南均上升为首位,频率分别为 45.7%、21.4%、27.2% 和 23.3%。

2.4 条中 32 号发展后条锈病的防治对策

近年来,Hybrid 46 类群出现频率逐年上升,2001 年为 57.46%,与 2000 年的 39.5% 相比上升幅度较大,为频率最高的小种群。条中 30、31 和 32 号占较大频率,三者合计出现频率持续增长,1999、2000 和 2001 年分别为 25.2%、28.7% 和 45.6%,小种聚集程度很大。另外近年来该类群中分化明显,已命名到 Hybrid46-类型 8,应加强其监测和研究。条中 32 号对“洛类”和繁 6 及其衍生系品种、水源系、阿夫系、鲁麦系、晋麦系、豫麦系和皖麦系品种等有很强的毒性^[4,7,9,10],田间拥有广泛的哺育品种,十分有利其进一步发展。假如气候条件合适并有适量菌源,将致使陕南、甘肃、四川、云南和湖北等地条锈病处于潜在流行状态。条中 32 号发展全面影响了我国各主要麦区,又一次对抗病育种提出更高要求,应及时开展针对性的有效抗性基因转育。根据条中 32 号的毒性谱和品种分小种成株鉴定结果,尽快利用陇鉴 196、贵农 22、Yr5、Yr10、Yr11、Yr12、Yr13、Yr14、Yr16、Yr18、Yr29、Yr30 和持久抗性^[13,14],同时加强其它配套措施的实施,如品种(抗性基因)和作物布局及调整、预测预报和药剂防治等。

参 考 文 献

- 1 汪可宁,洪锡午,司权民,等. 我国小麦条锈菌生理专化研究. 植物保护学报,1963,2(1):23-35
- 2 汪可宁,吴立人,孟庆玉,等. 1975~1984 年我国小麦条锈菌生理专化研究. 植物病理学报,1986,16(1):79-85
- 3 吴立人,杨华安,袁文焕,等. 1985~1990 年我国小麦条锈菌生理专化研究. 植物病理学报,1993,23(3):269-274
- 4 万安民,牛永春,吴立人,等. 1991~1996 年我国小麦条锈菌生理专化研究. 植物病理学报,1999,29(1):15-21
- 5 杨华安,吴立人,孟庆玉,等. 我国小麦条锈菌生理小种毒性基因及致病性特点分析. 植物病理学报,1990,20(3):213-217
- 6 吴立人,汪可宁,孟庆玉,等. 1975~1986 年我国小麦品种抗条锈性分小种成株鉴定结果. 植物病理学报,1988,18(1):41-46
- 7 王凤乐,吴立人,孟庆玉,等. 小麦条锈菌毒性新菌系研究初报. 植物保护,1992,6(1):2-4

- 8 吴立人,王凤乐,万安民,等. 绵阳系小麦品种抗条锈性变异研究初报. 西南农学报,1993,6:71-74
- 9 王凤乐,吴立人,徐世昌,等. 中国条锈菌新小种条中 30、31 号的研究. 植物保护学报,1996,23(1):39-44
- 10 万安民,吴立人,金社林,等. 2000~2001 年我国小麦条锈病发生和生理小种监测结果. 植物保护,2002,28(3):5-9
- 11 McIntosh R A, Hart G E, *et al.* Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium. Vol. 5 Catalogue of gene symbols for wheat. University Extension Press, University of Saskatchewan, Canada, 1998
- 12 McIntosh R A, Wellings C R, Park R F. Wheat rusts: An atlas of rust genes. CSIRO, Melbourne, Australia, 1995
- 13 万安民,吴立人,牛永春,等. 持久抗小麦条锈病品种对我国主要流行小种成株抗性表现. 中国青年农业科学学术年报,北京:中国农业出版社,1999, 480-485
- 14 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

Discovery and studies on CY32, a new race of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China

Wan Anmin¹ Wu Liren¹ Jin Shelin² Yao Ge³ Wang Baotong⁴

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China;

2. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;

3. Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China;

4. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

Abstract: This paper presents the discovery, identification and studies of new race CY32 of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China. CY32 was firstly detected in 1991 on Red Abundanza in Qinghai. Tests on carrier lines of Yr genes have shown that CY32 has 1、2、3、4、6、9、15、27、A、Alba、Cle、CV、Gaby、Res、SD、SpP and SO virulence factors. 80% of released commercial varieties, stock varieties and resistant resources of wheat are susceptible to CY32, and thus there is a strong directional selection pressure conducive to the development of CY32. Frequencies of CY32 from 1994 to 2001 suggest it is becoming one of the predominate races in a relatively long period of time to come. This newly emerged race and its development will have profound effects on stripe rust occurrence and resistance breeding in China. It is recommended that resistance breeding give priority to CY32 and other predominant races.

Key words: wheat; stripe (yellow) rust; races; physiological specialization; epidemics