

中国小麦秆锈病研究进展

宋维富¹, 辛文利², 李集临¹, 曹远银³, 张春利²

(1. 哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 黑龙江省农业科学院 作物育种研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 3. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:小麦秆锈病是在小麦茎叶部发生的一种病害, 发病时严重影响小麦产量。在中国的小麦种植区内均有秆锈病发生。通过分析对小麦秆锈病的病原菌及发病症状、环境因素对秆锈病的影响、秆锈菌生理小种变化和鉴别寄主演变以及抗病育种的方法进行了综述。

关键词:秆锈病; 生理小种; 抗病育种

中图分类号: S435.121.4⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2010)03-0112-04

小麦秆锈病是由于秆锈菌(*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*) 侵染小麦的茎叶部而引起的一种小麦病害。发病时引起小麦产量的降低, 甚至绝产。对小麦秆锈病的研究始终受到各国农业专家的重视。这种病害在世界范围内分布也十分广泛^[1]。该病害在中国由南部地区向北部地区传播, 中国的常发区和易发区包括东北和西北春麦区, 其次为江淮和东南沿海各省的秋播麦区^[2]。其发病的感染程度取决于品种的抗病性、生理小种的不同、当地的温度和湿度的变化以及其它的栽培措施^[3]。由于秆锈菌孢子粉随气流随意传播, 使其防控难度增加^[4]。就其控制的有效方法而言, 选育抗病品种是最经济且有效的方法^[4-5]。我国学者开展了大量的秆锈病研究工作, 自 20 世纪 70 年代, 通过育种工作者与病理专家的努力, 不断培育出抗病品种, 使中国小麦秆锈病基本得到有效控制。但是, 小麦秆锈病的发生是有阶段性的^[2], 每一个新的生理小种的出现都会使大批品种抗性“丧失”, 而引起小麦秆锈病的流行^[6], 关于小麦秆锈病的研究还不能忽视。

1 秆锈病对小麦产量的影响

小麦是世界上最主要的粮食作物, 每年世界小麦产量大约 6 亿 t。发展中国家的产量大

约占世界产量的 1/2^[7]。锈病是影响小麦产量的主要因素, 其中以秆锈病最为严重^[4]。发展中国家人口较多, 保证发展中国家小麦产量更加重要。小麦秆锈病一旦流行, 将造成国民经济损失, 引起社会动荡。一般认为在小麦成熟前 3 周秆锈菌侵染到小麦上, 破坏小麦茎叶部的组织, 在叶部其孢子穿透叶片, 使感病区域叶片完全破坏, 使其光合作用面积减小。在茎部破坏疏导组织, 使其向上营养运输受阻^[8]。发病严重会导致小麦死亡^[9]。使小麦成熟期遭到毁灭性破坏, 影响小麦产量。小麦秆锈病在中国的流行年份最高使小麦减产 75%, 其中部分地区甚至绝产。1956 年的大流行受灾严重的省份小麦损失高达 10 亿 kg^[2], 每次流行都造成大面积的产量损失^[2,10]。1998 年在非洲的乌干达发现新型的秆锈菌生理小种 Ug99^[11], 导致所传播区域内小麦最高减产 80%^[12], 这一新型小种还没传播到中国^[11], 但是在中国应提早加强小麦秆锈病的研究和秆锈菌小种的监测。

2 小麦秆锈病的病原菌及发病症状

2.1 小麦秆锈的病原菌

小麦秆锈菌(*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*) 在分类学属担子菌亚门柄锈菌属。秆锈菌在小麦上产生夏孢子和冬孢子, 夏孢子堆长椭圆形, 3 mm×10 mm。夏孢子单胞, 暗黄色, 长圆形, 21~42 μm×13~24 μm, 中部有 4 个发芽孔, 表面有细刺。冬孢子有柄, 双胞, 椭圆形或长棒形, 浓褐色, 表面光滑, 横隔处稍缢缩, 35~64 μm×13~24 μm, 顶端壁厚 5~11 μm, 圆形或

收稿日期: 2009-12-04

第一作者简介: 宋维富(1982-), 男, 黑龙江省甘南县人, 在读硕士, 主要从事遗传学研究。E-mail: songweifu1121@126.com。

通讯作者: 辛文利(1966-), 男, 黑龙江省兰西县人, 硕士, 研究员, 硕士生导师, 从事小麦育种研究。

略尖,有孢子柄,每个孢子有发芽孔 10 个^[8]。在我国小麦秆锈菌属专化性寄生菌,小蘗是秆锈菌的转主寄主,但在我国转主寄主不起作用^[2,13]。

2.2 小麦秆锈病症状

小麦秆锈病主要在小麦的茎和叶鞘,在叶片和小麦的颖片上也出现。在感染后 1~2 d,能在感染部位看到褪绿的斑点。在 8~10 d 后,能看到一些穿破寄主表皮几毫米宽和长的砖红色夏孢子的脓胞形成。这些夏孢子脓胞呈线型或者钻石型,有时能扩大到 10 mm 长。产生的大量夏孢子粉末像铁表面风化的铁锈。感染停止后,产生一层砖红色的夏孢子和黑色的冬孢子^[15-16]。

3 环境条件对小麦秆锈病的影响

小麦秆锈病的流行与气候密切相关,同一品种在不同地区及不同年份,秆锈病的发病程度不同。有些品种在不同的生育期抗病能力也存在明显差别。而在环境因素中,小麦秆锈病的发生主要受温度和湿度影响。其次栽培条件和光照强度也会影响小麦秆锈病的发生。

一般认为小麦生育后期高温高湿,易发生小麦秆锈病且对小麦产量影响较大。在我国 1948、1951、1952 和 1956 年秆锈病大流行年份里气温都比平均气温高且夏季多雨^[17]。这主要是因为秆锈菌夏孢子在 100% 的湿度下萌发且侵染时需较高温度^[18]。一些学者还研究发现氮肥相对较多,能促进孢子的形成,使秆锈病更严重;施钾肥和磷肥可提高小麦的抗性,但是钾肥较磷肥更稳定^[19]。过去的研究证明,增加光照强度可使小麦的抗锈性降低;充分黑暗可抑制锈菌的发育^[19]。

3 中国小麦秆锈菌生理小种变化及鉴别寄主演变

3.1 中国小麦秆锈病生理小种研究

秆锈菌的生理小种是指同一秆锈菌接种到不同品种上有不同的反应型,根据品种上反应型的差异来划分秆锈菌的致病性。生理小种的研究是由斯塔克曼(Stakman)在 1917 年创建,斯塔克曼利用 12 个小麦品种对秆锈菌进行了区分^[20]。中国小麦秆锈菌的生理小种研究工作起步于 1932 年^[2],经过每年从田间采集自然发病的小麦样株,在实验室繁殖菌种鉴定。研究发现中国早期秆锈

菌生理小种的区系较多^[2]。近几十年来,小麦秆锈菌的优势生理小种区系逐渐减少。经证实在中国 21C3 和 34C2 一直是主要流行小种且较稳定^[21-23]。虽然在有些年份 34C2 小种数量也有增多。但 21C3 小种一直处于优势地位,频率最高的年份达到 97.3%^[21,24-30]。

3.2 中国小麦秆锈菌生理小种鉴别寄主的演变

1956 年以前,中国鉴定秆锈菌生理小种直接引用了斯塔克曼的 12 个国际鉴别寄主。自 1956 年开始,发现国际标准鉴别寄主不能完全反映某一秆锈菌流行区内小种区系的复杂情况,所以对国际鉴别寄主进行了删减,同时增加了中国的本地品种进行鉴定,筛选出具有鉴定作用的辅助鉴别寄主,能够对小种的流行区系准确区分^[31]。

1991 年吴友三等人,结合引入我国的 Sr 单基因系所做的毒力测定结果,将部分 Sr 单基因系添加到鉴别寄主中。利用部分国际鉴别寄主、国内辅助鉴别寄主和 Sr 单基因系形成了我国小麦秆锈菌生理小种鉴定的鉴别寄主复合命名法,增加了小种分析精度,能够对小种区系内的小种进行再区分,使小种鉴定更加准确^[4,30]。为育种工作者提供更准确的小种变化情况。

4 抗秆锈病育种

4.1 小麦的抗秆锈病基因

小麦抗秆锈病基因现在至少已发现近 80 个,其中已把 58 个抗病基因定位在染色体上,国际上已正式命名的小麦抗秆锈病基因有 45 个^[4]。抗秆锈病基因的来源非常广泛,除了来自普通小麦种之外,还有来自小麦属的其它种,如一粒小麦、二粒小麦、硬粒小麦、提莫非维小麦、阿拉拉特小麦以及小麦近缘属和种。往往在小麦近缘植物中含有很多抗秆锈病基因,如 Sr24、Sr25、Sr26 来自长穗偃麦草, SrAgi 来自中间偃麦草, Sr32、Sr33 来自山羊草属节节麦, Sr38 来自偏凸山羊草, Sr39 来自拟斯卑尔脱山羊草, SrAe 来自尾状山羊草, Sr27、Sr31 来自栽培黑麦^[4]。1994 年曹远银利用单基因系对中国 41 个小麦生产品种进行抗秆锈病基因推导,发现中国主栽小麦品种中主要含有 Sr5、Sr13、Sr14、Sr22、Sr25、Sr31、Sr32、Sr35、Sr37、GT 等抗病基因,东北春麦区小麦品

种含抗病基因较多^[30]。明确品种的抗秆锈病基因,有利于充分利用抗病基因,增加抗病育种的目
的性,创造出具有良好抗性的育种材料。

4.2 小麦抗秆锈病遗传规律

小麦品种的抗病基因多为显性遗传,也有几个抗病基因为不完全显性,少数抗病基因是隐性的。有时抗病基因也会因秆锈菌生理小种的基因型不同,抗病基因的显隐性不同。同时抗病基因之间也存在着基因互作。常见的互作方式有上位作用、加性作用、互补作用、抑制作用和修饰作用^[4]。据迪克报道,部分抗秆锈病基因还与抗叶锈或抗条锈基因连锁遗传。掌握一些抗病基因的遗传规律有助于抗病育种的开展^[32]。

4.3 抗病育种方法

采用品种间的杂交是选育抗病品种的最有效的方法,品种间杂交因子型的分离变异组合较多,选择的机会和成功的可能性较大,同时还能保持品种其它好的农艺性状,也是现在最常用的抗病育种方法。利用远缘杂交获得栽培种中所缺少的抗病血缘,也是抗病选种的一条有效途径。在杂交后代中往往获得高度抗病的机遇是较多的。为了加强栽培种的某一二个抗病性状或其它性状,而同时仍保持其原有的优良性状,回交是一种最有效的方法。采用田间与温室结合的方法,一般有 5~6 a 即可达到推广阶段^[4,34]。

4.4 抗病育种的成就及存在的问题

在小麦秆锈病体系内,包含秆锈菌的生理小种、抗病品种与环境 3 个因素,任何一个因子的变动都可以影响整个体系的稳定。从 1932 年开始,在中国发现 20 个小种区系,每个小种区系内又有不同的生理型。在这期间每一个新的小种的出现,都会使含有相对应抗病基因的品种丧失抗病性,通过小种的及时监测,育种专家们根据秆锈菌种群变化动态来选择育种抗源亲本,加强了育种的目的性。根据流行小种的变化中国进行了 3 次大的秆锈病抗源的更换。在中国,育种者已积累了丰富的抗秆锈病的抗源,这些抗源综合了几大洲的抗病基因。同时注重了亲本组合杂交的合理搭配,已育成一批抗病性强、农艺性状好、品质优良的小麦品种。在选育具有持久抗性的小麦品种方面,黑龙江省农业科学院小麦育种研究所注重

抗病性基因的累加,利用引自几大洲具有不同生态型的优良农艺性状和抗病性基因,创造出中间育种材料,用这些中间材料进行杂交组合。选育出适应不同生态类型、丰产性好、兼抗各种病害的克字号优良品种。在东北麦区大面积推广,在控制秆锈病流行中起了重要作用^[3,34]。

但是一个品种的抗病性并不是一劳永逸的,不仅在品种、生理小种和环境之间存在动态关系^[34]。同时自然界中秆锈菌小种之间存在竞争关系^[35]。在一个地区品种的单一和种植面积过大,都会使品种所抗的生理小种数量大量减少,而引起其它生理小种的迅速繁殖,达到数量上的优势引起流行,使品种丧失抗病性^[34]。中国的部分地区还有小麦秆锈病局部发生。对小麦秆锈病的研究还不能忽视。

参考文献:

- [1] Saari E E, Prescott J M, Bushnell W R, et al. World distribution in relation to economic losses[J]. The Cereal Rusts, 1985, 2(1): 259-298.
- [2] 沈阳农学院植保专业植物免疫研究室. 1956~1965、1973~1976 年我国小麦 *Puccinia graminis* var. *tritici* 生理小种区系鉴定和消长分析[J]. 沈阳农学院学报, 1978, 1(2): 32-39.
- [3] 吴友三. 小麦锈菌小种区系消长与品种抗锈稳定性问题[J]. 中国农业科学, 1962(9): 20-26.
- [4] 李振岐, 曾士迈. 中国小麦锈病[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [5] Pederson W L, Leath S, Hannah A E, et al. Pyramiding major genes for resistance to maintain residual effects[J]. Annu Rev Phytopathol, 1988, 26: 369-378.
- [6] 李振岐. 小麦品种抗锈性丧失问题的研究现状和进展[C]. 农业科学论文集, 1979: 13-33.
- [7] Aquino P, Carrion F, Calvo R. CIMMYT 2000-2001 World Wheat Overview and Outlook: Developing No-Till Packages for Small Scale Farmers [R]. Mexico: CIMMYT, D. F, 2002.
- [8] Singh, David P H, Yue Jin. Will Stem rust destroy the world's wheat crop [D]. Advances in Agronomy. 2008: 271-208.
- [9] Wiethölter N, Graessner B, Mierau M. Differences in the methyl ester distribution of homogalacturonans from near-isogenic wheat lines resistant and susceptible to the wheat stem rust fungus[J]. Plant—Microbe Interact, 2003, 16, 945-952.
- [10] Kurt J L, Leonar D, Les J, et al. Stem rust of small grain

- and grasses caused by *Puccinia graminis* [J]. *Molecular plant pathology*, 2005, 6(2): 99-111.
- [11] 王焕如, 陈善铭, 梁训生. 东北小麦秆锈病问题研究初步报告[J]. *中国农业研究*, 1951, 1(2): 47-48.
- [12] Singh R P, Hodson D P, Jin Y, et al. Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen[R]. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2006.
- [13] 曾广然. 东北中部地区大叶小蘖与小麦秆锈病发生关系的研究[J]. *植物保护学报*, 1963(2): 47-55.
- [14] 董金皋. *农业植物病理学* [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [15] Leonard K J, Les J, Leppik E E. Stem rust of small grain and grasses caused by *Puccinia graminis* [J]. *Molecular plant pathology*, 2005, 6(2): 99-111.
- [16] Anikster Y, Eilam T, Mittelman L. Pycnial nectar of rust fungi induces cap formation on pycniospores of opposite mating type[J]. *Mycologia*, 1999, 91: 858-870.
- [17] Rolfs. Foliar fungal disease of wheat in the People's Republic of China[J]. *Plant Dis*, 1977, 61: 836-841.
- [18] Roelfs A P, Singh R P, Saari E E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management[J]. *CIM-MYT*, Mexico, 1992, 5(3): 16-20.
- [19] 李振歧. 关于小麦品种抗条锈性丧失的初步探讨[J]. *西北农学院学报*, 1980, 5(3): 83-92.
- [20] Stakman E C, Piemeisel F J. A new strain of *Puccinia graminis* [J]. *Phytopathology*, 1917, 7: 73-77.
- [21] 姚平, 曹远银, 吴友三. 1990 年全国小麦秆锈菌小种动态[J]. *植物保护*, 1993, 19(5): 6-8.
- [22] 吴友三, 黄振涛, 韦绍兴. 1963 年小麦秆锈菌生理小种的区系消长分析[J]. *植物保护学报*, 1963, 2(3): 294-296.
- [23] 吴友三, 黄振涛, 韦绍兴. 1964 年全国小麦秆锈菌生理小种区系的消长分析[J]. *植物保护学报*, 1966, 5(1): 59-61.
- [24] 吴友三. 1973 年全国 18 个省小麦秆锈菌生理小种区系的消长分析总结[J]. *铁岭农学院学报*, 1974, 2(1): 28-39.
- [25] 黄振涛, 姚平, 吴友三. 全国 23 省、自治区小麦秆锈菌生理小种区系消长研究[J]. *辽宁农业科学*, 1986, 1(3): 21-26.
- [26] 黄振涛, 姚平, 吴友三. 1984 年全国小麦秆锈菌生理小种区系分析及寄主离体叶培养鉴定法的应用[J]. *沈阳农业大学学报*, 1986, 17(2): 21-26.
- [27] 黄振涛, 姚平, 曹远银. 1986 年全国 16 省、自治区的小麦秆锈菌生理小种小消长分析[J]. *沈阳农业大学学报*, 1988, 19(4): 28-32.
- [28] 黄振涛, 姚平, 曹远银. 1987 年全国小麦秆锈菌生理小种消长分析[J]. *沈阳农业大学学报*, 1989, 20(4): 436-438.
- [29] 姚平, 曹远银, 吴友三. 1990 年全国小麦秆锈菌小种动态[J]. *植物保护*, 1993, 19(5): 6-8.
- [30] 姚平, 曹远银, 刘维志. 1993 年全国小麦秆锈菌种群动态分析[J]. *植物保护学报*, 1995, 12, 22(4): 303-308.
- [31] 吴友三, 黄振涛. 中国 20 年间小麦秆锈菌生理小种鉴定和消长分析[J]. *沈阳农业大学学报*, 1987, 18(3): 105-138.
- [32] Dyck P L, Samborski D J. Genetics of resistance to leaf rust in the common wheat varieties webster, Brevit, Carina and Centenario[J]. *Can. J. Cytol.*, 1968, 10: 7-17.
- [33] 吴友三. 对东北地区小麦抗病选种的商榷[J]. *辽宁科学论文集*, 1963, 1(2): 67-85.
- [34] 吴友三. 小麦锈菌小种区系消长与品种抗锈稳定性问题[J]. *中国农业科学*, 1962(9): 20-26.
- [35] 曹远银, 姚平, 黄振涛. 小麦秆锈菌不同小种间竞争能力的研究[J]. *植物保护学报*, 1996, 23(1): 45-50.

Research Progress on Stem Rust of Wheat in China

SONG Wei-fu¹, XIN Wen-li², LI Ji-lin¹, CAO Yuan-yin³, ZHANG Chun-li²

(1. Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025; 2. Crop Breeding Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 3. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Stem rust of wheat is a disease that appears on the stem and leaves of a wheat plant. The severe losses were caused due to stem rust. In all wheat growing regions of China could find this disease. The pathogens and symptoms, environmental factors, the changes of races and differential host were summarized. At the same time, the method of breeding also were illustrated.

Key words: stem rust of wheat; race; breeding-resistance