

人工合成抗纹枯病小麦新种质的鉴定

魏学宁¹, 任丽娟², 张 森^{1,3}, 张巧凤², 刘 欣¹, 周森平², 马鸿翔², 吴继中², 马翎健³, 张增艳¹

(¹中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程/农业部麦类生物学与遗传育种重点实验室, 北京 100081;

²江苏省农业科学院, 南京 210014; ³西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100)

摘要:小麦纹枯病是影响我国小麦生产的主要土传病害。培育、推广抗纹枯病小麦品种是防治该病害最经济、有效的方法。普通小麦中抗源匮乏, 严重制约抗纹枯病小麦育种的进展。为发掘人工合成小麦中纹枯病新抗源, 本试验通过人工接种、抗病鉴定方法, 在江苏省和北京市两地, 对来源于国际玉米小麦改良中心的 102 份人工合成六倍体小麦品系, 进行 4 年的纹枯病抗性的多环境鉴定。结果表明, 人工合成小麦品系间对小麦纹枯病抗性存在差异, 在其中进行小麦纹枯病抗源的筛选是有效的。与普通小麦品种扬麦 158、扬麦 12 相比, 这 102 份人工合成小麦的大部分对纹枯病的抗性表现抗或中抗水平, 其中一些品系在多年多点鉴定中表现稳定抗性, 如 ZC93、ZC111、ZC112、ZC123、ZC172、ZC206 和 ZC221 表现为抗病水平, 病情指数低于目前最好的普通小麦抗源, 可作为抗纹枯病小麦育种的新抗源。

关键词:人工合成六倍体小麦; 小麦纹枯病; 抗性; 病情指数

Identification of Synthetic Wheat Accessions with Resistance to Wheat Sharp Eyespot

WEI Xue-ning¹, REN Li-juan², ZHANG Miao^{1,3}, ZHANG Qiao-feng², LIU Xin¹,
ZHOU Miao-ping², MA Hong-xiang², WU Ji-zhong², MA Ling-jian³, ZHANG Zeng-yan¹

(¹Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Triticeae Crops, Ministry of Agriculture/The National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement/Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; ²Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014;

³College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100)

Abstract: During last decades, the wheat sharp eyespot has occurred in many winter production regions. To mine the accessions with good resistance to wheat sharp eyespot, 102 synthetic hexaploid wheat lines from CIMMYT were evaluated for resistance to wheat sharp eyespot in field and greenhouse at Jiangsu province and Beijing city from 2007 to 2010. The results showed that these synthetic wheat lines displayed different degree of the resistance, suggesting that the selection of wheat sharp eyespot resistance source among these lines was effective. Compared with the common wheat cultivars Yangmai 158 and Yangmai 12, most of 102 synthetic wheat showed better resistance with lower disease index. Seven synthetic wheat lines consistently displayed better resistance to wheat sharp eyespot at the four tested sites from 2007 to 2010. These 7 resistant synthetic wheat lines included ZC93、ZC111、ZC112、ZC123、ZC172、ZC206 and ZC221. Thus, these 7 synthetic wheat lines could be used as novel resistance sources in wheat breeding with resistance to wheat sharp eyespot.

Key words: synthetic hexaploid wheat; wheat sharp eyespot; resistance; disease index

小麦纹枯病(小麦尖眼点病、立枯病), 主要由禾谷丝核菌引起的一种土传病害, 分布范围非常广

收稿日期: 2014-07-07 修回日期: 2014-08-11 网络出版日期: 2015-02-06

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150206.1635.009.html>

基金项目: 国家“863”项目(2012AA101105)

第一作者研究方向为小麦抗病分子生物学。E-mail: weixuening@caas.cn; 任丽娟、张森、张巧凤对本研究具有同等贡献

通信作者: 张增艳, 研究方向为小麦抗病分子生物学与分子育种。E-mail: zhangzengyan@caas.cn

泛,几乎遍布世界各温带小麦种植地区^[1-3]。近年来,由于气候变暖、施肥水平的不断提高和耕作制度的改变,感病品种大面积种植和纹枯病菌的累积等因素,在我国各麦区普遍发生,并呈逐年加重的趋势^[2,4-5],1992 年发病面积达 360 hm²,约占全国小麦种植总面积的 1/8,至 2012 年发病面积已近 880 hm²^[6-7]。小麦纹枯病危害小麦的茎秆基部,造成倒伏、枯死和白穗,导致小麦产量损失严重,一般减产 10%~30%,严重的年份超过 50%^[8-9],已成为影响我国小麦高产稳产的重要限制因素。从可持续发展角度出发,选育、种植抗纹枯病小麦品种,是控制该病害最有效、经济安全的途径^[4]。

多年来,小麦抗纹枯病育种研究进展缓慢,主要原因是缺乏纹枯病抗源。自 20 世纪 90 年代以来,资源学家和育种家们鉴定了大量的种质材料,但是尚未发现对纹枯病表现高抗或者免疫的小麦种质,且我国各小麦种植区的主推品种对纹枯病的抗性普遍较差^[10-14]。杨立军等^[11]对 548 份小麦材料进行了田间抗病性鉴定,其中中感和感病材料占 82.1%,没有发现抗病和免疫材料。冷苏凤等^[13]通过对 415 个品种(系)鉴定发现,80% 以上的品种(系)表现感病或者中感,中抗纹枯病品种(系)仅占 17.11%,也未发现免疫和高抗品种(系)。因此,通过拓宽抗源鉴定范围,挖掘、利用小麦近缘种或祖先种中的抗性资源,可以弥补普通小麦抗源匮乏的现状。

普通小麦(*Triticum aestivum* L.)是由四倍体圆锥小麦(*T. turgidum*)和二倍体粗山羊草(*Aegilops tauschii*)天然杂交,进化而来的异源六倍体植物^[15]。各祖先供体种中只有少数几个成员参与了这个进化过程,因此,祖先种中的大部分遗传变异,并没有在普通小麦中体现出来^[15-16]。为丰富普通小麦的遗传基础,国际玉米小麦改良中心(CIMMYT, International Maize and Wheat Improvement Center)科学家通过一种类似于六倍体小麦进化的方式,将圆锥小麦与粗山羊草杂交(*T. turgidum* × *Ae. tauschii*),得到人工合成六倍体小麦。利用人工合成小麦作为中间桥梁材料,可以把祖先种中丰富的遗传变异和优良性状导入到普通小麦中^[16-18]。人工合成小麦在农艺性状、白粉病抗性、条锈病抗性和品质性状等基因资源鉴定和小麦品种改良研究中已有报道^[19-23]。例如,利用人工合成小麦作为亲本,选育出了高产、高抗条锈病的川麦 42、川麦 43 和川麦 47 等优异小麦品种^[16]。但在人工合成小麦材料中,关于纹枯病抗性鉴定的研究尚未见报道。

本研究对来源于 CIMMYT 的 102 份人工合成六倍体小麦品系,在北京市大田和江苏省南京市网室、大棚及大田不同环境条件下,进行 4 年(2007-2010 年度)纹枯病抗性鉴定,以期鉴定出对纹枯病抗性稳定可靠的人工合成小麦新种质,用作小麦抗纹枯病改良的抗源。

1 材料与方法

1.1 材料

选用来源于 CIMMYT 的 102 份人工合成六倍体小麦种质,以普通小麦品种扬麦 158、扬麦 12 作为感病对照,以普通小麦 CH12633 和山红麦为抗病对照。

2007-2008 年度,在江苏省农业科学院生物技术所网室(简称南京网室),连续两年进行纹枯病抗性鉴定;2009 年度于江苏农业科学院粮食作物所大田和大棚(简称南京大田、大棚)中,同时进行鉴定;2010 年度在中国农业科学院作物科学研究所大田(简称北京大田)种植鉴定。在网室鉴定试验中,每份材料种植 4 个花盆,每盆 7 株,在分蘖期用牙签接种纹枯病菌,小麦蜡熟期调查纹枯病病情。在大田和大棚鉴定试验中,每份材料种 1 行,行长 1.2m,播种 30 粒,设 2 个重复,小麦返青起身时,将病麦粒撒在小麦植株基部,并于分蘖期接种带菌牙签,小麦蜡熟期调查纹枯病病情指数。

小麦纹枯病主要致病菌—禾谷丝核菌(*Rhizoctonia cerealis*) R0301 由江苏省农业科学院植物保护研究所陈怀谷研究员提供。

1.2 纹枯病鉴定方法

参照蔡士宾等^[24]的接种方法,网室采用牙签接菌法,大田和大棚采用撒病麦粒法与牙签接菌法共同人工诱发纹枯病。具体方法如下:(1)牙签法接种禾谷丝核菌。将市售牙签对折后,从中间劈开,用蒸馏水浸泡约 30 min 后,整齐排列于小烧杯底部,倒入纹枯病菌(禾谷丝核菌)培养基(PDA 液体培养基)至浸没牙签 1/3 处,121 °C 高压蒸汽灭菌 20 min 后备用。将禾谷丝核菌接种至上述浸没牙签的培养基表面,密封后置于 25 °C 恒温培养 30 d,待菌丝长满整个牙签表面即可用来接菌。在小麦分蘖期,用消毒的镊子夹取长满菌丝的牙签,插入麦苗基部 1~2 个叶鞘处,并用湿润的脱脂棉包裹接菌部位,保湿 4 d,每天喷水 2 次。(2)麦粒法接种禾谷丝核菌。将小麦子粒清洗干净后,用蒸馏水浸泡至麦粒胀满,煮沸 30 min。将煮好晾凉的麦粒,按照麦粒:蛭石=3:5 的比例混合均匀,装入培养瓶中,121 °C 高压蒸

汽灭菌 20 min 后备用。将禾谷丝核菌接种至培养瓶中,密封好后置于 25 ℃ 恒温培养 30 d,每隔 1 d 上下颠倒混匀 1 次,待菌丝包裹整个麦粒后即可用来侵染小麦植株。在小麦分蘖期,用消毒的镊子将 4~5 粒长满菌丝的病麦粒放置在小麦植株根基部,保湿 4 d,每天喷水 2 次。

接菌后 40~45 d,调查小麦纹枯病的发病情况,并在小麦蜡熟期调查纹枯病病情级数,每个品系至少调查 25 个茎秆。

1.3 纹枯病病级标准和抗病评价

按照任丽娟等^[4]的分级标准,根据纹枯病病斑占据茎秆周长的百分比进行分级。按以下公式计算病情指数,病情指数 = $\{ (0 \times X_0 + 1 \times X_1 + 2 \times X_2 + 3 \times X_3 + 4 \times X_4 + 5 \times X_5) / [(X_0 + X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \times 5] \} \times 100$,式中 $X_0 \sim X_5$ 分别代表 0~5 级的植株数^[4]。依据病情指数进行抗性划分:0 为免疫(I); ≤ 20.00 为高抗(HR);20.01~30.00 为抗(R);30.01~45.00 为中抗(MR);45.01~60.00 为中感(MS);60.01~80.00 为感(S);80.01~100.00 为高感(HS)。

2 结果与分析

2.1 南京网室中抗纹枯病鉴定

2007 年度和 2008 年度,在江苏农业科学院生物技术所网室,对 102 份人工合成小麦品系进行了纹枯病菌接种及其抗性鉴定,以感病小麦品种扬麦 158 为对照。两年鉴定试验的平均结果显示(表 1),102 份人工合成小麦的病情指数分布范围为 21.71~65.33,抗病对照普通小麦 CH2633 和山红麦,平均病情指数分别为 47.33 和 29.56,而感病对照扬麦 158 两年的纹枯病平均病情指数为 72.89。人工合成小麦的大部分品系,在两年试验中均处于抗或者中抗纹枯病的水平,没有材料表现免疫和高感。将 102 份人工合成小麦与感病对照扬麦 158 的两年平均病情指数进行差异显著性分析(表 1),结果显示,有 90 个品系与扬麦 158 之间差异极显著,11 个品系与扬麦 158 之间差异显著,只有 1 个品系 ZC209 与其差异不显著。其中,达到抗病(R)水平(病情指数 ≤ 30.00)的品系有 27 份,包括 ZC93、ZC95、ZC100、ZC101、ZC102、ZC111、ZC114、ZC117、ZC128、ZC129、ZC131、ZC133、ZC139、ZC142、ZC146、ZC148、ZC158、ZC174、ZC175、ZC176、ZC178、ZC186、ZC195、ZC201、ZC206、ZC215 和 ZC221 等,占总鉴定材料的 26.47%,它们的抗性表型优于抗病对照 CH2633;中抗(MR,病情指数 30.01~45.00)的品

系有 59 份,占 57.84%;中感(MS)或感病(S)的品系有 16 份,占 15.69%,说明这 102 份人工合成小麦品系整体发病较轻,但品系间纹枯病抗性的差异明显,从中可能筛选到纹枯病抗源。

2.2 北京大田纹枯病抗性鉴定

2010 年度,在中国农业科学院作物科学研究所北京大田试验地,对 102 份人工合成小麦品系继续进行纹枯病抗性田间鉴定(表 1)。结果表明,这些人工合成小麦品系的病情指数分布范围为 21.62~44.71,中感对照品种扬麦 12 的病情指数为 51.31。鉴定的人工合成小麦品系没有免疫品系,也没有感病和高感品系,其中达到抗病(R)水平的品系 34 份,占总鉴定材料的 33.33%,包括 ZC93、ZC94、ZC95、ZC97、ZC101、ZC109、ZC111、ZC112、ZC115、ZC116、ZC117、ZC119、ZC120、ZC125、ZC127、ZC129、ZC132、ZC133、ZC134、ZC135、ZC136、ZC138、ZC139、ZC149、ZC158、ZC175、ZC176、ZC187、ZC188、ZC191、ZC195、ZC198、ZC206 和 ZC210 等品系;中抗(MR)的品系 68 份,占总鉴定材料的 66.67%。将 102 份人工合成小麦品系与感病对照扬麦 12 的病情指数,进行差异显著性分析(表 1),结果显示,这 102 份人工合成小麦品系与扬麦 12 之间差异均达极显著。

2.3 南京田间和大棚中纹枯病抗性鉴定

2009 年度,从 2007 年度和 2008 年度江苏农科院生物技术所网室鉴定纹枯病病情指数 45.00 以下的人工合成小麦品系中,选择 20 份品系在大田和大棚内分别进行纹枯病抗性鉴定。种植于大棚的小麦植株采用牙签接菌法进行接菌,种植于大田的小麦植株采用撒病麦粒法与牙签接菌法相结合方法进行接种。病情指数如表 2 所示,在大田鉴定的品系,纹枯病病情指数分布范围为 10.04~44.30,中感对照扬麦 12 为 47.37;在大棚鉴定的人工合成小麦品系纹枯病病情指数分布范围为 6.50~47.62,扬麦 12 为 48.85。综合大田和大棚的病情指数调查结果,除 ZC151 在大棚内纹枯病病情指数为 47.62 以外,其他所有品系都低于 45.00,对纹枯病侵染均表现为中抗及以上水平,没有表现免疫的品系,也没有感病品系。在大棚和大田环境下同时表现为抗病水平(病情指数 30.00 以下)的品系有 12 份,如 ZC93、ZC111、ZC112、ZC123、ZC170、ZC172、ZC173、ZC184、ZC197、ZC202、ZC221 和 ZC222 等,其中品系 ZC123 在大田和大棚同时表现高抗纹枯病,病情指数分别为 10.04 和 18.04。结果表明,这些品系在多年多次鉴定中对纹枯病的抗性表现稳定。

表 1 在南京网室和北京大田鉴定的纹枯病病情指数及与感病对照的差异显著性分析

Table 1 Wheat sharp eyespot responses of synthetic hexaploid wheat at greenhouse in Nanjing and at field in Beijing

品系 Line	南京网室 Greenhouse in Nanjing		北京大田 Field in Beijing		品系 Line	南京网室 Greenhouse in Nanjing		北京大田 Field in Beijing	
	病情指数	P 值	病情指数	P 值		病情指数	P 值	病情指数	P 值
	Disease index	P value	Disease index	P value		Disease index	P value	Disease index	P value
ZC93	25.48	<0.01	25.00	<0.01	ZC162	45.11	<0.01	38.40	<0.01
ZC94	33.59	<0.01	22.42	<0.01	ZC164	36.13	<0.01	37.33	<0.01
ZC95	26.49	<0.01	26.49	<0.01	ZC166	45.98	<0.01	31.85	<0.01
ZC97	38.14	<0.01	21.62	<0.01	ZC167	40.38	<0.01	36.67	<0.01
ZC98	44.05	<0.01	33.55	<0.01	ZC168	34.94	<0.01	36.00	<0.01
ZC100	25.29	<0.01	33.60	<0.01	ZC169	33.73	<0.01	31.00	<0.01
ZC101	26.06	<0.01	29.23	<0.01	ZC170	40.57	<0.01	38.52	<0.01
ZC102	22.37	<0.01	30.40	<0.01	ZC171	33.48	<0.01	32.80	<0.01
ZC106	39.55	<0.01	32.86	<0.01	ZC172	31.25	<0.01	31.82	<0.01
ZC107	37.43	<0.01	30.77	<0.01	ZC173	33.40	<0.01	37.33	<0.01
ZC108	33.24	<0.01	34.61	<0.01	ZC174	22.31	<0.01	34.12	<0.01
ZC109	31.58	<0.01	28.80	<0.01	ZC175	28.91	<0.01	26.67	<0.01
ZC111	27.44	<0.01	26.00	<0.01	ZC176	28.88	<0.01	25.56	<0.01
ZC112	30.76	<0.01	29.09	<0.01	ZC177	41.83	<0.01	39.05	<0.01
ZC113	51.68	<0.05	32.50	<0.01	ZC178	27.69	<0.01	32.73	<0.01
ZC114	26.90	<0.01	31.20	<0.01	ZC179	44.71	<0.01	38.67	<0.01
ZC115	36.96	<0.01	26.00	<0.01	ZC180	33.68	<0.01	35.56	<0.01
ZC116	38.32	<0.01	27.83	<0.01	ZC182	33.13	<0.01	37.86	<0.01
ZC117	28.33	<0.01	22.86	<0.01	ZC184	33.58	<0.01	30.83	<0.01
ZC119	32.65	<0.01	28.70	<0.01	ZC186	27.41	<0.01	32.17	<0.01
ZC120	33.54	<0.01	30.00	<0.01	ZC187	32.42	<0.01	26.67	<0.01
ZC123	32.00	<0.01	32.67	<0.01	ZC188	34.95	<0.01	26.15	<0.01
ZC124	33.67	<0.01	32.80	<0.01	ZC189	38.74	<0.01	31.82	<0.01
ZC125	44.30	<0.01	29.57	<0.01	ZC190	38.67	<0.01	33.68	<0.01
ZC127	34.37	<0.01	27.83	<0.01	ZC191	32.00	<0.01	30.00	<0.01
ZC128	21.71	<0.01	33.04	<0.01	ZC192	34.33	<0.01	32.73	<0.01
ZC129	28.75	<0.01	28.00	<0.01	ZC195	25.67	<0.01	27.27	<0.01
ZC130	47.25	<0.05	32.73	<0.01	ZC196	37.50	<0.01	39.13	<0.01
ZC131	28.00	<0.01	33.60	<0.01	ZC197	34.75	<0.01	37.24	<0.01
ZC132	46.50	<0.05	29.00	<0.01	ZC198	36.00	<0.01	25.56	<0.01
ZC133	30.00	<0.01	26.25	<0.01	ZC199	33.26	<0.01	34.40	<0.01
ZC134	34.83	<0.01	30.00	<0.01	ZC201	24.67	<0.01	30.70	<0.01
ZC135	38.08	<0.01	29.00	<0.01	ZC202	35.50	<0.01	37.33	<0.01
ZC136	50.67	<0.05	24.76	<0.01	ZC203	44.09	<0.05	37.24	<0.01
ZC137	46.44	<0.05	30.40	<0.01	ZC204	56.83	<0.05	37.33	<0.01
ZC138	33.72	<0.01	28.42	<0.01	ZC205	52.75	<0.05	39.13	<0.01
ZC139	25.52	<0.01	29.60	<0.01	ZC206	28.96	<0.01	29.17	<0.01
ZC141	38.00	<0.01	31.43	<0.01	ZC209	64.13	0.301	40.00	<0.01
ZC142	26.40	<0.01	32.38	<0.01	ZC210	36.67	<0.01	29.52	<0.01
ZC143	34.17	<0.05	36.88	<0.01	ZC211	37.36	<0.01	39.09	<0.01
ZC144	51.88	<0.05	37.93	<0.01	ZC212	65.33	<0.01	44.71	<0.01
ZC145	51.74	<0.01	32.00	<0.01	ZC214	49.44	<0.01	36.25	<0.01
ZC146	26.67	<0.01	32.90	<0.01	ZC215	22.94	<0.01	31.20	<0.01
ZC147	37.45	<0.01	34.17	<0.01	ZC216	38.36	<0.01	36.00	<0.01
ZC148	28.28	<0.01	41.11	<0.01	ZC217	35.00	<0.01	37.33	<0.01
ZC149	48.67	<0.05	29.33	<0.01	ZC220	34.67	<0.01	37.14	<0.01
ZC151	30.46	<0.01	33.33	<0.01	ZC221	29.75	<0.01	31.30	<0.01
ZC154	32.08	<0.01	30.53	<0.01	ZC222	44.83	<0.01	36.30	<0.01
ZC156	35.93	<0.01	33.91	<0.01	ZC223	35.64	<0.01	34.86	<0.01
ZC157	45.65	<0.01	34.29	<0.01	CI 12633	47.33	<0.05		
ZC158	24.80	<0.01	22.11	<0.01	山红麦	29.56	<0.01		
ZC160	38.38	<0.01	32.86	<0.01	扬麦 158	72.89			
ZC161	40.58	<0.01	32.67	<0.01	扬麦 12			51.31	

表 2 在南京大田和温室内抗纹枯病均表现较好的合成小麦品系的病情指数

Table 2 Disease index wheat sharp eyespot responses of the selected synthetic hexaploid wheat at field ant at greenhouse in Nanjing

株系 Line	大田 Field	大棚 Greenhouse
ZC93	21.02	7.87
ZC102	43.44	24.00
ZC111	23.75	6.50
ZC112	10.78	20.75
ZC117	44.30	40.00
ZC123	10.04	18.04
ZC151	31.31	47.62
ZC158	22.68	35.53
ZC170	20.00	23.15
ZC172	21.27	24.85
ZC173	26.14	28.34
ZC184	22.71	16.00
ZC197	11.32	29.53
ZC198	31.98	24.59
ZC199	13.08	33.75
ZC201	40.54	16.91
ZC202	18.53	26.29
ZC206	34.55	12.50
ZC221	24.50	26.02
ZC222	25.95	26.42

分别对种植于大棚和大田中的人工合成小麦品系纹枯病病情指数进行方差分析,单因素方差分析结果显示,同一处理不同的重复间($F=0.003$, $P=0.997$)、不同处理间($F=0.536$, $P=0.465$)的方差分析差异不显著,但不同合成小麦品系间($F=6.177$, $P<0.0001$)差异显著(表 3),说明本研究选取的品系间存在着纹枯病抗性的差异,在人工合成小麦品系间进行纹枯病抗源的选择是有效的。

表 3 供试材料大田和大棚纹枯病病情指数的方差分析
Table 3 Variance analysis of disease index of the materials in field and greenhouse

变异来源 Source of variation	df	MS	F	P
重复 Replication	1	0.213	0.003	0.997
处理 Treatment	1	36.608	0.536	0.465
品系 Line	19	421.827	6.177 **	<0.0001
误差 Deviation	127	68.293		

** 表示差异极显著 ** stands for significant difference at 1% level

综合 4 年多环境(江苏南京网室花盆、大棚、大田和北京大田)纹枯病抗性鉴定结果,2009 年度在江苏农业科学院大田和大棚鉴定的 20 份人工合成小麦品系,在以上 4 种环境下,对纹枯病抗性均达到中抗(MR)以上水平,且表型比较稳定。其中,2 个品系 ZC93 和 ZC111 对纹枯病抗性一致,均达到抗病水平(病情指数 30.00 以下)。2009 年度江苏省农业科学院大田和大棚鉴定,表现高抗的 ZC123,在江苏省农业科学院网室及北京大田的纹枯病病情指数分别为 32.00 和 32.67,ZC112 分别为 30.76 和 29.09;ZC172 分别为 31.25 和 31.82;ZC221 分别为 29.75 和 31.30,仅略高于 30.00。在南京网室和北京大田表现为抗病(R)的品系 ZC206(病情指数分别为 28.96 和 29.17),在 2009 年度的江苏省大田和大棚中病情指数分别为 34.55 和 12.50,略高于 30.00,以上这 7 个品系(ZC93、ZC111、ZC112、ZC123、ZC172、ZC206 和 ZC221),可以作为抗纹枯病小麦育种的抗源加以利用。

3 讨论

小麦纹枯病是一种土传性真菌病害^[8],发病程度受小麦根际周围土壤中含菌量、田间气候、栽培制度等因素的影响。在自然条件下进行抗病性鉴定,常因缺乏病害流行的必要条件,而难以得到预期的效果,因此,采用人工接种诱发病害是进行抗病性鉴定的主要方法。由于众多外界因素影响,同一小麦材料抗纹枯病的能力在不同年份间可能存在差异,因此,在纹枯病抗性鉴定工作中,多年多环境重复鉴定,是必须满足的条件之一,以确保抗性鉴定的真实准确性^[12]。本研究采用牙签接菌法和病麦粒接菌法,在江苏南京(网室、大田和温室)、北京大田开展了 4 年多环境下的小麦纹枯病抗性鉴定,并对鉴定结果进行综合分析,排除假阳性,以最大限度地保证供试材料纹枯病抗性鉴定的真实性。纹枯病抗性鉴定作为抗病育种的重要基础性工作,目前为止并没有统一的病害调查方法和分级标准^[4,25-29]。本实验室结合多年抗病性鉴定和抗病育种实践,在该研究采用了相对以往更为严格的抗性划分标准。例如,将小麦对纹枯病抗、感表型划分的病情指数提高为 45.00,病情指数在 20.00~30.00 之间划分为抗病,以期筛选到抗性稳定的纹枯病抗源。

综合分析 4 年多环境的鉴定结果,获得了 102 份人工合成小麦品系对小麦纹枯病的抗性数据。因为 2008 年度气象因素(主要为湿度和温度)适合小

麦纹枯病的发生和发展,纹枯病发生较重^[4]。2007 和 2008 年度在南京网室鉴定的品系,平均病情指数范围为 21.71 ~ 65.33,高于 2009 年度在南京大田和大棚的病情指数。另外,因为北京的气象条件相对南京较为少雨干燥,所鉴定的 102 份品系的病情指数范围为 21.62 ~ 44.71,低于 2007 和 2008 年度在南京网室的发病程度。因此,在多年多种环境条件进行纹枯病抗性鉴定,筛选到抗性表型稳定的抗性材料,才能够作为抗纹枯病小麦育种的可靠抗源。

众多科研工作者对国内外大量小麦材料进行了纹枯病抗性鉴定,但得到的结果并不理想,只有少数表现抗性,表现高抗或者完全免疫的材料则十分匮乏^[10-13,25,30]。任丽娟等^[4]鉴定发现,国外引进品种 CI12633 和农家品种山红麦对纹枯病抗性较好,在小麦纹枯病抗性遗传分析和 QTL 定位研究中作为抗性亲本应用^[31-32]。四倍体小麦、二倍体粗山羊草和六倍体人工合成小麦中,可能蕴含着新的优异抗病基因。六倍体人工合成小麦为利用四倍体小麦和二倍体粗山羊草的优良基因进行小麦改良提供了桥梁,在小麦抗病育种等方面具有很大的应用潜力^[33]。本研究鉴定、筛选出 7 份人工合成小麦品系 ZC93、ZC111、ZC112、ZC123、ZC172、ZC206 和 ZC221 等,病情指数均低于 CI12633 和山红麦,因此,这 7 份人工合成小麦品系可作为纹枯病抗源,用于抗纹枯病小麦育种。

参考文献

- [1] Lipps P, Herr L. Etiology of *Rhizoctonia cerealis* in sharp eyespot of wheat [J]. *Phytopathology*, 1982, 72: 1574-1577
- [2] 陈延熙,唐文华,张敦华,等. 我国小麦纹枯病病原学的初步研究[J]. *植物保护学报*, 1986, 13(1): 39-44
- [3] Sprague R. Preliminary note on another foot rot of wheat and oats in Oregon [J]. *Phytopathology*, 1934, 24: 946-948
- [4] 任丽娟,陈佩度,陈怀谷,等. 小麦抗纹枯病种质资源筛选[J]. *植物遗传资源学报*, 2010, 11(1): 108-111
- [5] 张会云,陈荣振,冯国华,等. 中国小麦纹枯病的研究现状与展望[J]. *麦类作物学报*, 2007, 27(6): 1150-1153
- [6] 刘朝晖,张旭,路维忠. 小麦纹枯病的研究进展和对策[J]. *江苏农业学报*, 2000, 16(3): 185-190
- [7] 曾娟. 我国 2012 年小麦重大病虫害发生特点和预测预报建议[J]. *植物保护*, 2013, 39(6): 78-85
- [8] 王金凤,杜丽璞,李钊,等. 抗纹枯病,根腐病的转 SN1 基因小麦的获得与鉴定[J]. *作物学报*, 2012, 38(5): 773-779
- [9] 路妍,张增艳,任丽娟,等. 转 Rs-AFP2 基因小麦的分子分析及其纹枯病抗性[J]. *作物学报*, 2009, 35(4): 640-646
- [10] 李洪杰,王晓鸣,陈怀谷,等. 小麦-偃麦草杂种后代及小麦种质资源对纹枯病的抗性[J]. *作物学报*, 2013, 39(6): 999-1012
- [11] 杨立军,杨小军,喻大昭,等. 小麦品种纹枯病抗性鉴定[J]. *华中农业大学学报*, 2001, 20(2): 122-123
- [12] 张会云,冯国华,刘东涛,等. 小麦种质资源对纹枯病的抗性鉴定及利用[J]. *西北农业学报*, 2009, 18(1): 213-216
- [13] 冷苏凤,张爱香,李伟,等. 江苏省小麦新品种(系)对纹枯病的抗性分析[J]. *江苏农业学报*, 2010, 26(6): 1176-1180
- [14] 汪琪,程平. 安徽省小麦品种纹枯病的抗性鉴定及分析[J]. *农业灾害研究*, 2011, 1(2): 13-14
- [15] Narasimhamoorthy B, Gill B, Fritz A, et al. Advanced backcross QTL analysis of a hard winter wheat \times synthetic wheat population [J]. *Theor Appl Genet*, 2006, 112: 787-796
- [16] Yang W, Liu D, Li J, et al. Synthetic hexaploid wheat and its utilization for wheat genetic improvement in China [J]. *J Genet Gen*, 2009, 36: 539-546
- [17] Mujeeb-Kazi A, Rosas V, Roldan S. Conservation of the genetic variation of *Triticum tauschii* (Coss.) Schmalh. (*Aegilops squarrosa* auct non L.) in synthetic hexaploid wheats (*T. turgidum* L. slat. \times *T. tauschii*; $2n = 6x = 42$, AABBDD) and its potential utilization for wheat improvement [J]. *Genet Resour Crop Ev*, 1996, 43: 129-134
- [18] Huang X, Kempf H, Ganai M, et al. Advanced backcross QTL analysis in progenies derived from a cross between a German elite winter wheat variety and a synthetic wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *Theor App Genet*, 2004, 109: 933-943
- [19] 胡英考,辛志勇. 小麦合成种 M53 抗白粉病基因的 RAPD 和 SSR 标记[J]. *作物学报*, 2001, 27(4): 415-419
- [20] 王亚娟,王长有,刘新伦,等. 人工合成小麦抗病性及其高分子量谷蛋白亚基的鉴定与评价[J]. *华北农学报*, 2010, 25(6): 122-127
- [21] Ren Q, Liu H J, Zhang Z Y, et al. Characterization and molecular mapping of a stripe rust resistance gene in synthetic wheat CI110 [J]. *J Inte Agricul*, 2012, 11: 521-527
- [22] Ren Q, Liu H J, Chen Y, et al. Molecular tagging of a stripe rust resistance gene in a *Triticum durum*-*Aegilops squarrosa* synthetic wheat CI191 [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36: 721-727
- [23] Wang L M, Zhang Z Y, Liu H J, et al. Identification, gene postulation and molecular tagging of a stripe rust resistance gene in synthetic wheat CI142 [J]. *Cereal Research Communications*, 2009, 37: 209-215
- [24] 蔡士宾,任丽娟,颜伟,等. 小麦抗纹枯病种质创新及 QTL 定位的初步研究[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(8): 928-934
- [25] 邢小萍,袁虹霞,孙炳剑,等. 小麦品种对纹枯病的抗性鉴定及评价[J]. *河南农业科学*, 2007(6): 77-78
- [26] 姚金保,姚国才,杨学明,等. 中国小麦抗纹枯病育种研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2007 23(3): 248-251
- [27] 李斯深,李安飞,李宪彬,等. 小麦种质对纹枯病抗性鉴定初报[J]. *作物品种资源*, 1997(4): 31-33
- [28] 李洪连,徐敬友. 农业植物病理学实验实习指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 23-28
- [29] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007
- [30] 李洪连,刁晓葛. 河南小麦主要品种纹枯病抗性评价[J]. *河南农业大学学报*, 1998, 32(2): 107-111
- [31] 霍纳新. 小麦纹枯病、白粉病抗性 QTL 分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2002
- [32] 任丽娟,颜伟,陈怀谷,等. 小麦纹枯病抗性的主基因 + 多基因遗传分析[J]. *江苏农业学报*, 2010, 26(6): 1156-1161
- [33] 廖杰,魏会延,李俊,等. 川麦 42 遗传背景中人工合成小麦导入位点的 SSR 标记检测[J]. *作物学报*, 2007, 33(5): 703-707