

小麦全蚀病菌致病力测定及品种抗病性研究

王宁¹, 冯彦霞^{1,2}, 杜文珍^{1,2}, 王莹^{1,3}, 陈怀谷¹

(¹江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014; ²南京农业大学农业部农业环境微生物工程重点实验室, 南京 210095; ³扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009)

摘要:近年来,小麦全蚀病在我国黄淮海区的发生呈上升趋势,为了解该病菌的致病力及目前推广品种的抗病性,本研究比较了全蚀病菌致病力的3种接种测定方法和2种病情分级标准,结果表明以蛭石为培养基质、麦种下2cm接种菌丝块和0~6级的分级标准,可比较有效和准确地测定小麦全蚀病菌的致病力。对2010年分离自黄淮海区河南、江苏、安徽、山东4省10地的52株小麦全蚀病菌进行了致病力测定,结果表明供试菌株的致病力存在明显差异。选取致病性较强的菌株G1037,对69个常用小麦品种进行了苗期抗全蚀病鉴定,结果表明供试小麦品种对全蚀病的抗性水平普遍较低,没有发现免疫和高抗的品种,泛麦5号和太空6号具有较强的抗(耐)性。

关键词:小麦; 小麦全蚀病; 致病力测定; 品种抗性

Virulence of Wheat Take-all Pathogen and Disease Resistance of Different Wheat Cultivars

WANG Ning¹, FENG Yan-xia^{1,2}, DU Wen-zhen^{1,2}, WANG Ying^{1,3}, CHEN Huai-gu¹

(¹Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014; ²Key Laboratory of Microbiological Engineering of Agricultural Environment, Ministry of Agricultural, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210014; ³College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

Abstract: In recent years, the incidence of wheat take-all disease is increasing in Huang-Huai area of China. To determine the virulence of *Gaeumannomyces graminis* isolates and to provide the scientific basis for screening resistant wheat cultivars, three inoculation and two investigation methods were compared in this study. The results suggested that the method with fungal-colonized agar plugs 2cm below the wheat seeds in combination with the 0-6 disease grade standard was better than the others, which presented appropriate disease severity and less standard error. The virulence of 52 *G. graminis* isolates collected from Henan, Jiangsu, Anhui and Shandong provinces in 2010 was then tested using the method mentioned above. The virulence was shown to be different significantly among the isolates tested. Finally, 69 wheat cultivars were tested for their resistance against *G. graminis* isolate G1037, which was aggressive during seedling stage. All the wheat cultivars tested were susceptible to G1037, and none of them was immune or highly resistant to *G. graminis*. However, Fanmai 5 and Taikong 6 were moderately resistant against *G. graminis*.

Key words: Wheat; Wheat take-all; Virulence identification; Resistance

Gaeumannomyces graminis (Sacc.) Arx & Olivier 导致的小麦全蚀病是世界范围的重要根部病害,可侵染小麦、燕麦、大麦、黑麦等。*G. graminis* 是禾顶囊壳属真菌,包括4个变种^[1],小麦全蚀病主要由小麦变种 *G. graminis* var. *tritici* (*Ggt*) 侵染所致,该变

种除侵染小麦外,还能够侵染大麦、黑麦和燕麦等^[2]。通过基因型分析,小麦变种又可分为 A/B 亚群^[3]、G1/G2 亚群^[2]、S1-S5^[2] 等多个亚群。研究发现不同亚群的致病性有差别,G2 亚群的致病性强于 G1 亚群,长期种植小麦会改变 *Ggt* 的群落组成^[4]。

收稿日期:2011-04-14 修回日期:2011-02-23

基金项目:国家小麦产业技术体系(CARS-3-4-17)

作者简介:王宁,硕士,研究实习员,主要从事小麦病害研究。E-mail: wangning206@jaas.ac.cn

通讯作者:陈怀谷,硕士生导师,研究员,从事小麦病害研究。E-mail: huaigu@jaas.ac.cn

国内外已有对全蚀病致病力测定方法的报道^[5-10], 但不够准确有效地反映菌株之间的致病力差别。

近年来, 黄淮冬麦区小麦全蚀病发生呈上升趋势, 目前尚未发现对小麦全蚀病抗性较强的小麦品种。本研究采集黄淮麦区 4 个省 10 个地区的小麦全蚀病菌株, 测定不同菌株的致病力。利用苗期接种鉴定的方法, 对黄淮麦区 69 个小麦品种进行抗全蚀病鉴定, 旨在探寻准确的致病力测定和品种抗性鉴定的方法, 为测定大面积上小麦全蚀病菌的组成, 筛选抗(耐)小麦全蚀病的品种资源提供方法和依据。

1 材料与方法

1.1 病株采集和菌株分离

于 2010 年 5 月, 从黄淮麦区的河南、江苏、安徽、山东 4 省 10 个地区发病较严重的地块采集小麦全蚀病株标样。参考张秋娥等^[6]的方法, 进行菌株分离。取小麦茎基部发病部位, 将单层茎组织剪成 4mm × 4mm 片段, 用 1% (w/v) AgNO₃ 溶液表面消毒 45s 后, 无菌水浸洗 3 次, 转入含有 0.1% (w/v) 链霉素的 PSA (马铃薯 200g, 蔗糖 20g, 琼脂 20g, 加

去离子水至 1000ml) 平板上, 25℃ 培养, 挑取菌落边缘菌丝尖端再培养, 纯化后的菌株置于 PSA 斜面 4℃ 保存, 共分离得到 52 株小麦全蚀病菌株。

从 4℃ 保存的 PSA 斜面上, 挑取全蚀病菌菌丝块到 PSA 平板中央, 25℃ 活化培养, 5d 后从菌落边缘取直径 5mm 菌碟到新的 PSA 平板, 1 个菌株同时接种 3 个平板作为重复, 分别测量 3d、5d、8d 时的菌落直径, 进行菌落生长测定。

1.2 菌株致病力测定方法比较

选用小麦品种扬麦 158, 将种子先用 5% (v/v) NaClO 表面消毒 10min, 再用去离子水冲洗 5 次, 浸种 24h, 催芽 24h 备用, 挑露白麦粒播种。试验用蛭石或沙经过 160℃ 干热灭菌 2h。

从 4℃ 保存的 PSA 斜面上, 挑取全蚀病菌菌丝块到 PSA 平板活化培养, 在菌落边缘取直径为 5mm 的菌碟接种于盆钵。盆钵底内径约 5.5cm, 上口内径约 10.5cm, 高约 6.5cm。

全蚀病致病力测定方法, 设计 6 个处理, 3 个处理以蛭石为基质, 3 个处理以沙为基质。每个处理方式均设 3 次重复。具体方法如图 1 所示。

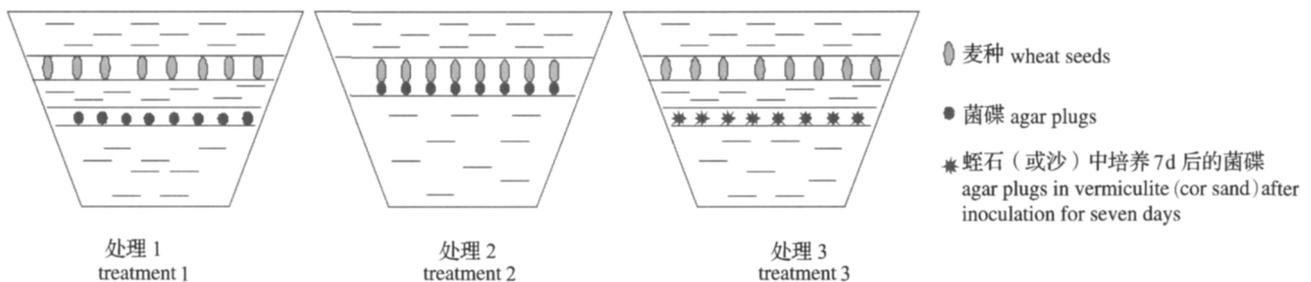


图 1 接菌方法示意图

Fig. 1 Methods of inoculation

处理 1: 盆钵底部铺蛭石(或沙), 在表面均匀对称接种 8 个 5mm 菌碟, 加蛭石(或沙)覆盖, 厚度约 2cm。均匀播种 8 颗露白麦种, 加蛭石(或沙)将种子覆盖, 21d 后调查。

处理 2: 盆钵底部铺蛭石(或沙), 位置稍高于处理 1, 在表面均匀对称接种 8 个 5mm 菌碟, 将 8 颗露白麦种直接播种于菌碟表面, 加蛭石(或沙)将种子覆盖, 21d 后调查。

处理 3: 盆钵底部铺蛭石(或沙), 高度同处理 1, 在表面均匀对称接种 8 个 5mm 菌碟, 加蛭石(或沙)覆盖, 厚度约 2cm, 培养 7d 后均匀对称播种 8 颗露白麦种, 加蛭石(或沙)将种子全部覆盖, 21d 后调查。

在参考已报道文献^[5, 10]基础上, 进行致病力分级标准比较。

0~8 级分级标准如下。0 级: 没有发病; 1 级: 病根数占总根数 < 10%; 2 级: 病根数占总根数 10%~25%; 3 级: 病根数占总根数 25%~50%; 4 级: 病根数占总根数 50%~100%; 5 级: 4 级基础上茎基部有褐色病斑; 6 级: 4 级基础上茎秆有黑膏药状病斑; 7 级: 6 级基础上植株黄化矮化; 8 级: 植株死亡。

0~6 级分级标准如下。0 级: 不发病; 1 级: 病根数占总根数 < 10%; 2 级: 病根数占总根数 10%~50%; 3 级: 病根数占总根数 50%~100%; 4 级: 茎基部变褐; 5 级: 植株黄化矮化; 6 级: 植株死亡。

1.3 菌株致病力测定

经比较后,采用处理 1 的方法接种,选用品种扬麦 158 测定 52 株全蚀病菌的致病力。每个盆钵接种 12 个菌碟,25 粒小麦种子。调查前将整盆植株连带蛭石浸泡于清水中,小心清洗干净,尽量保证植株根部完整。

1.4 品种抗性鉴定

选取 69 个小麦品种,按照处理 1 的方法,接种致病力较强的全蚀病菌株 G1037,每个盆钵接种 12 个菌碟,25 粒小麦种子。期间记录叶片开始黄化的时间,22d 后调查病情指数。

2 结果与分析

2.1 菌株致病力测定方法的比较

同一个菌株,用 3 种处理方式接种后,麦苗的发病存在显著差异(表 1)。将麦种直接播于菌碟上(处理 2) 21 d 后麦苗的发病最重。播种同时在麦种下部 2cm 接种菌碟(处理 1)后,麦苗的病情指数稍低于接种菌碟后 7 d 播种的,但两者没有显著差异。处理 1 病情指数的误差最小($s: \pm 3.13$ 和 ± 0.91),处理 3 的误差最大($s: \pm 8.12$ 和 ± 6.71)。蛭石中生长的小麦苗根较多,根系较完整,病害的症状也更容易识别。两种基质中小麦苗的病情指数比较结果表明,在用不同方法接种后,蛭石中小麦苗的病指高于沙中生长的麦苗。蛭石中麦苗的病指标准误差也小于沙中(表 1)。因此,选取蛭石为基质,采用播种同时在麦种下部 2cm 接种菌碟的接种方法,小麦全蚀病的发病程度适中,可区分不同菌株的致病力差异,同时重复间的差异小。

采用 0~8 级分级标准,2 级和 3 级之间、5 级和 6 级之间辨别及级别区分比较困难,因此在数据分析时,将其合并为 0~6 级标准。合并为 0~6 级后,不同处理的病情指数变化不大,处理的标准误差较 0~8 级标准有所下降(表 1、2)。为提高试验准确度,在以下试验中采用了 0~6 级分级标准。

表 1 菌株 G1037 不同接种方式下致病力测定(0~8 级)

Table 2 Virulence of isolate G1037 with different inoculation methods (grade 0~8)

基质	处理 1	处理 2	处理 3
	treatment 1	treatment 2	treatment 3
沙	21.92 \pm 3.13b*	54.02 \pm 6.58a	24.50 \pm 8.12b
蛭石	26.64 \pm 0.91b	55.73 \pm 3.17a	29.76 \pm 6.71b

* 5% 显著水平下差异分析,下同

* Significant difference at $p < 0.05$, the same as below

表 2 菌株 G1037 不同接种方式下致病力测定(0~6 级)

Table 2 Virulence of isolate G1037 with different inoculation methods (grade 0~6)

基质	处理 1 treatment 1	处理 2 treatment 2	处理 3 treatment 3
沙	25.13 \pm 1.91b*	53.37 \pm 5.71a	25.93 \pm 7.41b
蛭石	28.77 \pm 0.20b	55.56 \pm 3.03a	32.54 \pm 6.20b

2.2 菌株致病力测定

采用播种同时在麦种下部 2cm 接种菌碟的方法,对分离的 52 株病菌的致病力进行测定。菌株病情指数范围为 0.53~64.09,平均病指 41.42。使用 DPS 对所有菌株病情指数进行方差分析, $P < 0.01$,表明不同菌株的致病力存在极显著差异(图 2)。

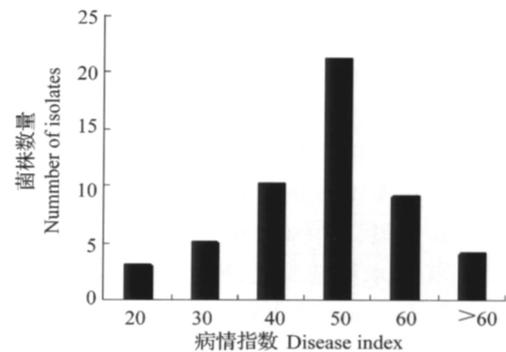


图 2 菌株病情指数分布

Fig. 2 Distribution of isolates with different disease indexes

河南省分离的菌株平均病指 43.91,江苏省平均病指 40.89,安徽省平均病指 39.49,山东省平均病指 33.56,不同地区菌株群体的致病力没有显著差异。致病性最强的菌株(病指 >60)分别采自河南省(3 株)和江苏省(1 株)。同一地区采集菌株致病力存在显著差异,河南省菌株病指范围 2.78~64.09,江苏省病指范围 20.83~60.71,安徽省病指范围 30.37~48.35,山东省 0.53~43.46(表 3)。

对 52 株菌落生长的测定发现,菌株生长速度存在一定差异。生长 3d 的菌落平均直径为 1.92 ± 0.38 cm(计算 52 株菌的标准偏差),5d 为 3.15 ± 0.76 cm,8d 为 5.46 ± 1.42 cm。将病情指数与生长 5d 的菌落直径进行线性相关分析, R^2 仅达到 0.0384,两者间相关性不显著,说明菌落生长速度并不能反应致病力的强弱。

从以上 52 株菌中,选取致病力较强和生长速度较快的全蚀菌株 G1037(病指为 43.46,生长 5d 菌落直径 4.4cm)进行小麦品种抗性鉴定。

2.3 小麦品种抗全蚀病鉴定

为了检验新的接种测定方法对品种抗全蚀病鉴

定的应用价值,对黄淮南片麦区主推品种进行了苗期抗性鉴定。鉴定结果表明,在接种病菌后 21d,69

个小麦品种的发病程度都很高,大多数品种的发病率达到 100%,病情指数为 47.57~88.96(表 4)。

表 3 不同地区所采集菌株的病情指数

Table 3 Disease indexes of isolates from different regions

菌株编号 No. of isolates	病情指数 Disease index	标准误差 s	地区 Area	省份 Province	菌株编号 No. of isolates	病情指数 Disease index	标准误差 s	地区 Area	省份 Province
G1001	64.09	0.63	商丘市	河南省	G1044	32.50	4.40	灌云县向	江苏省
G1002	60.53	5.29	虞城县	(27 株)	G1045	40.18	4.41	阳三里村	(12 株)
G1003	56.73	2.55	大候乡		G1046	28.19	6.05		
G1005	54.59	2.84	商丘市		G1047	60.71	3.42		
G1007	54.20	5.13	虞城县		G1048	50.33	4.59		
G1008	62.10	5.87	芝种		G1049	52.50	5.20		
G1009	45.84	1.49	桥乡		G1050	23.94	10.70	灌云县	
G1010	53.51	2.66			G1051	20.83	3.94	徒沟乡	
G1011	24.08	6.21			G1052	46.35	4.89	泗洪县	
G1012	44.96	6.85			G1053	35.66	4.95		
G1013	49.44	3.38			G1054	50.52	4.99		
G1015	4.75	1.66	商丘市		G1055	49.00	3.30		
G1016	43.32	7.88	虞城县		G1025	31.71	4.14	萧县	安徽省
G1017	51.71	3.23	文集乡		G1026	48.35	4.34		(7 株)
G1018	2.78	1.47			G1027	33.16	5.40		
G1019	31.77	1.78			G1028	30.37	5.45		
G1020	54.17	4.35			G1029	42.91	4.49		
G1021	27.12	9.99			G1030	47.56	7.60		
G1022	31.31	2.89			G1031	42.40	8.81		
G1023	47.22	3.20	商丘市		G1032	39.25	3.71	菏泽市	山东省
G1024	47.56	1.80	古宋乡		G1033	41.13	3.41		(6 株)
G1038	47.33	11.17	商丘市		G1034	0.53	0.53		
G1039	45.08	3.13	夏邑县		G1035	37.01	6.12		
G1040	41.94	5.88			G1036	40.00	4.19		
G1041	47.27	1.07			G1037	43.46	9.70		
G1042	48.51	1.13							
G1043	43.58	7.71							

感病较轻的小麦品种是泛麦 5 号和太空 6 号,病指分别为 47.57 和 55.10,22d 时没有卷曲黄化,叶片葱绿,茎秆粗壮(图 3)。感病较重的小麦品种小偃 22 和小偃 216,病指分别达到 88.96 和 82.21,22d

时植株严重黄化,大部分叶片卷曲,出现大量死苗,其中小偃 22 死苗率接近 40%(图 3)。69 个小麦品种病情指数方差分析显示 $P < 0.01$ (DPS),所测小麦品种对全蚀病的耐受力存在极显著差异。小麦叶

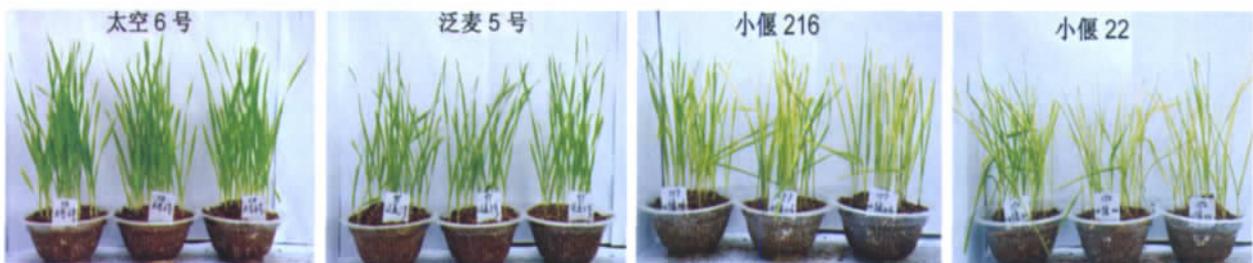


图 3 接种 G1037 菌株 21d 后小麦幼苗叶片黄化程度差异比较

Fig. 3 Leaf chlorosis of four wheat cultivars 21 d after inoculation with *G. graminis* isolate G1037

片黄化时间同病情严重度有一定关系(表4)。因泛麦5号和太空6号第22天仍未出现黄化,使用SPSS Pearson对67个小麦品种进行相关性分析,结果

显示病情指数与叶片黄化时间呈显著负相关, $r = -0.67$, $P < 0.01$ (图4)。说明小麦叶片的黄化时间可以一定程度上反映全蚀病菌侵染程度。

表4 小麦品种抗性鉴定

Fig. 4 Resistance of wheat cultivars to take-all disease

品种 Cultivar	病情指数 Disease index	叶片黄化时间(d) Chlorosis time	标准误差 s	品种 Cultivar	病情指数 Disease index	叶片黄化时间(d) Chlorosis time	标准误差 s	品种 Cultivar	病情指数 Disease index	叶片黄化时间(d) Chlorosis time	标准误差 s
泛麦5号	47.57	-	6.32	陕麦139	66.29	20	4.00	陕农138	72.61	18	2.42
太空6号	55.10	-	1.88	鲁麦21号	66.94	18	0.28	豫麦52	72.84	16	0.91
郑麦9023	55.73	21	4.93	周麦18	67.06	20	7.05	徐麦29	73.17	18	1.01
偃展4110	56.57	21	3.29	泰山23	67.06	15	6.62	陕715	73.28	16	6.61
汶农6号	57.96	19	1.02	陕159	67.24	17	3.04	济麦22	73.54	17	1.91
新麦20	59.41	18	2.58	扬麦158	67.37	18	2.12	周麦17	74.04	17	1.80
新麦208	59.67	18	6.85	临麦4号	67.51	19	3.09	郑农17	74.81	15	6.29
烟农24	60.42	19	2.43	西农2595	67.56	19	3.20	周麦23	75.12	17	0.12
兰天17号	60.93	21	4.27	济麦19	67.72	19	1.32	周麦16	75.70	16	0.93
烟农23	62.04	18	3.19	连麦2号	68.16	18	2.29	西农88	76.32	15	1.40
烟农21	62.15	18	3.20	西农2000	68.46	21	2.56	宁麦9号	76.57	15	4.12
烟农19	62.26	21	4.05	小偃166	68.54	20	2.54	武农148	76.59	18	2.38
山农16	62.76	19	2.36	淮麦20	68.57	17	4.66	山农15	76.78	17	1.78
菏麦13	62.77	19	5.31	矮抗58	68.94	17	5.19	金丰3号	77.06	15	5.87
济麦20	63.24	18	2.47	洛麦21	69.78	17	8.10	陕农78	77.09	18	1.15
西农889	63.71	17	6.94	皖麦52	70.18	17	6.11	秦农142	77.47	16	3.70
山农8355	65.04	21	2.70	西农3517	70.26	18	2.80	长武134	77.49	17	2.15
温麦19号	65.10	21	1.86	中育10号	70.57	17	1.54	平安3号	78.12	16	2.58
新麦18	65.56	19	2.56	徐麦27	70.80	16	6.27	洛旱7	79.22	16	3.68
周麦22	65.82	20	3.79	邯6172	70.90	16	3.47	西农9871	79.65	16	1.45
新麦19	66.00	18	0.67	小偃107	71.35	17	2.80	西农979	79.99	17	2.49
潍麦8号	66.08	21	0.58	良星99	71.66	19	2.01	小偃216	82.21	16	1.27
濮麦10号	66.20	20	0.23	许科1号	72.59	17	4.38	小偃22	88.96	16	3.53

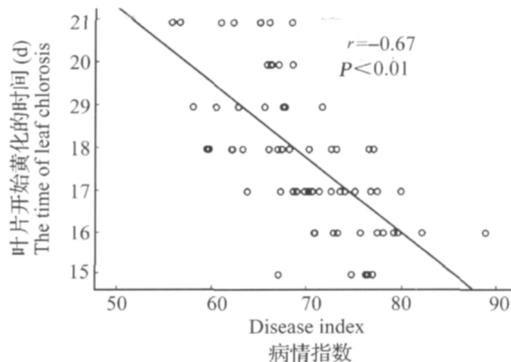


图4 病情指数与叶片开始黄化时间的回归分析

Fig. 4 Regression analysis between disease index and the time of leaf chlorosis

3 讨论

在预备试验中,曾采用将整个菌饼($d = 9\text{cm}$)接种的方法观察病菌致病情况,发现病情指数很高,测试的菌株致病级别均达到5级(0~6级标准)以上,茎基部产生黑膏药状病斑,病根数接近100%,菌株之间的致病力差异不明显。表明全蚀病菌在室内盆钵培养条件下对小麦的致病能力很强,在地上部表现症状的情况下,病根数一般超过50%。董建力等^[7]的菌饼法和菌粒法虽然与本研究的处理2和处理1相近,但由于菌饼与菌粒的接菌量不一致,导致菌粒接种后小麦在病根率、严重度和病茎率高于

菌饼接种。本研究接种方法均采用完全相同的接菌量,有利于比较接种方法及基质的影响。通过分析比较,菌碟与种子同时播撒,两者间以基质隔开的方式进行接种,病情指数相对较小,但误差小。同时,由于全蚀病侵染的病症表现,是由根部逐步向地上部发展的,只用根部分级标准不足以区分较重病情下小麦的感病情况,而只用地上部发病情况也不容易区分致病力较弱的菌株。对 52 株菌的致病力测定发现,菌株间致病力差异显著,误差较小,说明该法测定全蚀病菌致病性有效且准确。从河南、江苏、安徽、山东小麦主产区 10 个地区采集的菌株之间致病力均存在显著差异,从每个地区都分离到致病性较强的全蚀菌株,同一地区的菌株致病力间存在显著差异,菌株分布与病害的消长有无关系还需进一步的研究。

在小麦品种抗病性鉴定中,采用了目前小麦主产区推广的优良品种^[11]。有些品种对其他真菌病害具有一定抗性,宁麦 9 号对纹枯病和赤霉病具有稳定抗性,小偃 216 在田间诱发接种条件下对赤霉病表现中抗^[12],西农 2000 对赤霉病表现抗病^[12]。本研究所选用的小麦品种,对全蚀病菌都表现为敏感,没有发现免疫和高抗的小麦品种,这可能是近年来小麦全蚀病在全国各地日益严重的原因之一。

太空 6 号对胞囊线虫具较好抗性已有报道^[13],在国家冬小麦区域试验鉴定中,泛麦 5 号对条锈病具有稳定的抗性,对纹枯病、秆锈病等也具有一定抗性^[14]。在本试验中两个品种接种小麦全蚀病菌后,根部的发病较重,病指也达到 47.57 和 55.10,但地上部未见到叶片发黄等症状,说明对小麦全蚀病具有较好的抗性 or 耐性。进一步明确两个品种对小麦

全蚀病的抗性,开展相应的遗传分析研究,同时扩大筛选范围,筛选更好的抗性资源,为小麦抗全蚀病育种服务。

参考文献

- [1] Freeman J, Ward E. *Gaeumannomyces graminis*, the take-all fungus and its relatives [J]. *Mol Plant Pathol* 2004 5: 235-252
- [2] Daval S, Lebreton L, Gazengel K et al. Genetic evidence for differentiation of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* into two major groups [J]. *Plant Pathol* 2010 59 (1): 165-178
- [3] Freeman J, Ward E, Gutteridge R J et al. Methods for studying population structure including sensitivity to the fungicide silthiofam ρ of the cereal take-all fungus *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* [J]. *Plant Pathol* 2005 54: 686-698
- [4] Lebreton L, Lucas P, Dugas F et al. Changes in population structure of the soilborne fungus *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* during continuous wheat cropping [J]. *Environ Microbiol* 2004, 6: 1174-1185
- [5] 陈怀谷, 王裕中, 史建荣, 等. 小麦全蚀病菌的致病力及寄生范围测定 [J]. *江苏农业学报* 2000, 16(1): 22-24
- [6] 张秋娥, 曹克强, 胡同乐, 等. 河北省小麦全蚀病菌变种类型鉴定 [J]. *植物保护* 2008, 34(4): 18-21
- [7] 董建力, 惠红霞, 黄丽丽, 等. 小麦全蚀病抗性鉴定方法的优化及抗原筛选研究 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版* 2009, 37(3): 159-162
- [8] 袁红旭, 商鸿生, 井金学, 等. 小麦全蚀病菌不同致病力菌株的致病特点 [J]. *植物保护学报* 2003, 30(4): 353-357
- [9] Fouly H M, Wilkinson H T. Detection of *Gaeumannomyces graminis* varieties using polymerase chain reaction with variety-specific primers [J]. *Plant Dis* 2000 84(9): 947-951
- [10] 郝详之, 段剑勇, 李林. 小麦全蚀病及其防治 [M]. 上海: 上海教育出版社, 1982: 17-31
- [11] 何中虎, 夏先春, 陈新民, 等. 中国小麦育种进展与展望 [J]. *作物学报* 2011, 37(2): 202-215
- [12] 李强, 王保通, 吴兴元, 等. 陕西省新育成品种(系)对小麦赤霉病抗性的分析 [J]. *麦类作物学报* 2009, 29(4): 712-715
- [13] 杨卫星, 袁虹霞, 孙炳剑, 等. 小麦品种(系)对禾谷胞囊线虫抗性鉴定和评价 [C] // 中国植物病理学会 2007 年学术年会论文集. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2007: 300-302
- [14] 罗家传, 韦胜利, 张伟, 等. 国审小麦新品种泛麦 5 号的选育及推广应用 [J]. *农业科技通讯* 2006(3): 22-23