

引用格式:

丁佳丽, 赵辉, 覃瀚仪, 张龙杰, 谢绍兴, 王维杰, 凌丙英, 朱宏建, 周倩, 钟杰, 任佐华, 刘二明. 湖南栽培油菜品种抗根肿病的鉴定[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(6): 679–685.

DING J L, ZHAO H, QIN H Y, ZHANG L J, XIE S X, WANG W J, LING B Y, ZHU H J, ZHOU Q, ZHONG J, REN Z H, LIU E M. Identification of clubroot-resistance of cultivated rapeseed varieties in Hunan[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(6): 679–685.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



湖南栽培油菜品种抗根肿病的鉴定

丁佳丽¹, 赵辉¹, 覃瀚仪², 张龙杰³, 谢绍兴⁴, 王维杰⁵, 凌丙英⁶,
朱宏建¹, 周倩¹, 钟杰¹, 任佐华¹, 刘二明^{1*}

(1.湖南农业大学植物保护学院, 湖南 长沙 410128; 2.长沙县黄兴镇农业综合服务中心, 湖南 长沙 410133;
3.怀化市植保植检站, 湖南 怀化 418000; 4.沅陵县植保植检站, 湖南 怀化 419600; 5.怀化筲箕湾镇农业技术站,
湖南 怀化 419600; 6.衡阳县农业农村局, 湖南 衡阳 421200)

摘要:采用温室人工接种和田间病圃自然诱发鉴定方法,对湖南近年栽培的100个油菜品种进行抗根肿病鉴定。结果表明,100个油菜品种对根肿病的抗性存在差异,即便同一品种对不同地区的根肿病菌的抗性表现也有所不同;温室人工接种时,有57个油菜品种表现抗根肿病;在沅陵和衡阳病圃田间自然诱发抗性鉴定中,分别有45个和8个表现抗病。综合温室和田间病圃抗性鉴定结果,有7个油菜品种表现抗病,即亮景811、中研油1号、华信402、沔油737、宝油150、油研九号和嘉油1427。

关键词:油菜; 根肿病; 抗性鉴定; 湖南

中图分类号: S435.654

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)06-0679-07

Identification of clubroot-resistance of cultivated rapeseed varieties in Hunan

DING Jiali¹, ZHAO Hui¹, QIN Hanyi², ZHANG Longjie³, XIE Shaoxing⁴, WANG Weijie⁵, LING Bingying⁶,
ZHU Hongjian¹, ZHOU Qian¹, ZHONG Jie¹, REN Zuohua¹, LIU Erming^{1*}

(1.College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Changsha County Huangxing Town Agricultural Comprehensive Service Center, Changsha, Hunan 410133, China; 3.Huaihua Plant Protection Station, Huaihua, Hunan 418000, China; 4.Yuanling County Agriculture Bureau, Huaihua, Hunan 419600, China; 5.Shaojiwan Town Agricultural Technology Station, Huaihua, Hunan 419600, China; 6.Hengyang County Agriculture and Rural Bureau, Hengyang, Hunan 421200, China)

Abstract: The resistance to *Plasmodiophora brassicae*(*P. brassicae*) of 100 rapeseed varieties cultivated in Hunan Province in recent years was evaluated by artificial inoculation in greenhouse and natural induction. Results showed that 57 cultivars were resistant to *P. brassicae* when estimated by artificially inoculation in greenhouse. Among the 100 cultivars in Yuanling and Hengyang, there were 45 and 8 resistant cultivars in the two regions, respectively. Combined the results of greenhouse and field resistance identification, 7 resistant rapeseed cultivars were identified, including Liangjing811, Zhongyanyou1, Huaxin402, Fengyou737, Baoyou150, Youyan9 and Jiayou1427.

Keywords: rapeseed; clubroot; resistance identification; Hunan

收稿日期: 2022-05-24

修回日期: 2022-09-10

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(32102286); 湖南省财政厅植保防疫防控专项(HNZB2020002); 湖南省教育厅项目(20B301)

作者简介: 丁佳丽(1998—), 女, 湖南衡阳人, 硕士研究生, 主要从事植物病理学研究, 2201804906@qq.com; *通信作者, 刘二明, 博士, 教授, 主要从事植物与病原物互作及作物抗病性遗传多样化利用研究, ermingliu@163.com

油菜根肿病是由芸薹根肿菌(*Plasmodiophora brassicae* Woron.)侵染引起的根部病害^[1-3],病原菌侵染后,在油菜根部形成肿瘤,严重影响油菜的正常生长和油菜籽的产量^[4-5]。自1995年四川雅安发现油菜根肿病^[6-7]以来,现如今在湖北、云南、贵州、陕西、湖南、安徽等地发病面积高达66.7万hm²以上,发生严重的田块产量损失达70%~80%^[7-9]。

油菜根肿病菌以休眠孢子的形式存活于土壤中,田间一旦发生,则很难对其进行有效控制^[10]。对感染根肿病的田地,通常采用喷洒石灰、施用化学药剂、种植诱饵作物、调节作物播种日期及轮作等措施进行防治,但防效不佳^[11]。有研究^[12]表明,在轮作中结合栽种抗病品种是控制根肿病的有效策略,因此,发掘新的抗病品种对根肿病的防治意

义重大。笔者收集湖南省100个油菜栽培品种,采用温室人工接种及在沅陵、衡阳病圃田间自然诱发2种方式对这些油菜品种进行根肿病抗性鉴定,以期筛选出在大田生产上可以推广和应用的抗病品种,促进油菜产业健康稳定发展。

1 材料与方法

1.1 材料

2021年,在湖南省怀化沅陵县筲箕湾镇花桥村于油菜薹期采集根肿病病根,清洗、晾干后,保存于-40℃冰箱,备用。

100个供试油菜品种均为湖南主产区栽培品种,来源列于表1。

表1 湖南油菜栽培品种来源

Table 1 List of the 100 rapeseed varieties

编号	品种	来源	编号	品种	来源
1	华油杂 50	谷城圣光种业有限公司	31	丰香油 8 号	合肥市合丰种业有限公司
2	中油杂 19	武汉中油种业科技有限公司	32	中油 821	荆州市雄风种业有限公司
3	广源 58	武汉惠华三农种业有限公司	33	圣光 86	谷城圣光种业有限公司
4	中双 5 号	武汉中油种业科技有限公司	34	蓉油 12	四川成蔬种业有限公司
5	油研 818	贵州禾睦福有限公司	35	德油 777	四川成蔬种业有限公司
6	常香油 3 号	湖南湘穗种业有限公司	36	德油 5 号	四川德福农种业有限公司
7	常杂油 9 号	湖南启程农业科技有限公司	37	三北 98	四川德福农种业有限公司
8	晶油 1 号	湖南神农大丰种业科技有限责任公司	38	星德油 600	四川德福农种业有限公司
9	亮景 811	长沙丰景大地农业科技有限公司	39	油研 2013	贵州禾睦福有限公司
10	亮油 99	衡阳市蔬菜种子有限公司	40	油研 50	贵州禾睦福有限公司
11	中油 98D	绵阳市特研种业有限公司	41	油研九号	贵州禾睦福有限公司
12	娄文油 99	湖北和帆农业科技有限公司	42	黄籽 602	贵州油丰种业有限公司
13	金油杂 605	荆州万发种业有限公司	43	赣油杂 6 号	四川长江种业有限公司
14	宁油 20	荆州万发种业有限公司	44	华油 999	世纪润农农业开发有限公司
15	中研油 1 号	北京全盛优品农业科技有限公司	45	华油 777	河北省华一种业有限公司
16	华信 402	信阳市纪农农业开发有限公司	46	油王至尊	北京全盛优品农业科技有限公司
17	华信 406	信阳市纪农农业开发有限公司	47	秦油二号	河北永红种子有限公司
18	华信 408	信阳市纪农农业开发有限公司	48	皖油 27	四川成蔬种业有限公司
19	巨荚油王	河南刑源农业科技有限公司	49	中研油王 999	河北全盛优品农业科技有限公司
20	洋油 737	陕西荣华农业科技有限公司	50	郝油 777	四川郝牌种业有限公司
21	德名油 100	四川德名种业有限公司	51	郝油 211	四川郝牌种业有限公司
22	德名油 700	四川德名种业有限公司	52	德油 737	四川恒禾种业有限公司
23	庆油 3 号	重庆中一种业有限公司	53	恒禾油 001	四川恒禾种业有限公司
24	浙油 33	浙江科城种业股份有限公司	54	康油 61	湖北康地科技有限公司
25	浙油 50	浙江农科种业有限公司	55	华油杂 9 号	谷城圣光种业有限公司
26	宝油 150	贵州禾睦福种业有限公司	56	德恒油 888	四川恒禾种业有限公司
27	徽油杂 511	安徽丰盛农业科技有限公司	57	郝牌油 600	四川郝牌种业有限公司
28	丰盛油 9 号	安徽丰盛农业科技有限公司	58	德选 518	绵阳市新帝科技有限公司
29	徽油 808	安徽丰盛农业科技有限公司	59	油霸 1000	四川三青郎农业科技有限公司
30	丰油 511	安徽丰盛农业科技有限公司	60	绵丰油 5 号	四川福乐种业有限公司

表 1(续)

编号	品种	来源	编号	品种	来源
61	早熟三月黄	驻马店市海润农业科技有限公司	81	黄金三月	郑州金阳光种子有限公司
62	美国油王	驻马店市海润农业科技有限公司	82	浙大 630	杭州中冶集团有限公司
63	湘杂油 188	长沙金田种业有限公司	83	丰油 737	河北永红种子有限公司
64	湘杂油 518	长沙金田种业有限公司	84	中油 828	河南驻优种业有限公司
65	湘杂油 631	长沙金田种业有限公司	85	郑杂油一号	河南省农科院经济作物研究所
66	佳和 2 号	湖南佳和种业股份有限公司	86	黄金 98	河南省御丰种业有限公司
67	亮油 9 号	湖南衡阳市蔬菜种子有限公司	87	越优 1203	绍兴市舜达种业有限公司
68	中油杂 11	中国农业科学院油料作物研究所	88	益油杂一号	钟祥农腾生物科技有限公司
69	中油 88	中国农业科学院油料研究所	89	浙油杂 108	浙江勿忘农种业股份有限公司
70	中油杂 898	中国农科院油料研究所选育	90	浙油 51	浙江勿忘农种业股份有限公司
71	良油 88	四川力丰高科种业有限公司	91	嘉油 1427	浙江可得丰种业有限公司
72	德选油 8 号	绵阳市新帝科技有限公司	92	浙油 50	浙江农科种业有限公司
73	佳油 1 号	四川广汉龙盛种业有限公司	93	油霸 777	绵阳市地神农作物研究所
74	正油一号	四川益邦种业有限公司	94	川油 45	四川福乐种业有限公司
75	新都油 800	四川福乐种业有限公司	95	孝核杂 737	四川福康农业科技有限公司
76	德矮油 558	四川福乐种业有限公司	96	南农油 3 号	四川嘉禾种子有限公司
77	陆佰金	四川福乐种业有限公司	97	浙杂 903	安徽国盛农业科技有限公司
78	南油 868	四川福乐种业有限公司	98	德杂油 903	绵阳市地神农作物研究所
79	华油杂 13 号	谷城圣光种业有限公司	99	福油 518	绵阳市地神农作物研究所
80	中双 11 号	武汉中油种业科技有限公司	100	德杂油 8826	绵阳市地神农作物研究所

1.2 方法

1.2.1 油菜根肿病温室人工接种抗性鉴定

2021 年 9—11 月,采用菌土法^[13-15]对 100 个油菜品种进行抗性鉴定。每品种重复 3 次,每重复 20 株,接种后期保持菌土相对湿度在 70%左右^[16],出苗 45 d 后调查根肿病发病情况。

1.2.2 油菜根肿病田间自然诱发抗性鉴定

2021 年 9—11 月,在怀化市筲箕湾镇花桥村和衡阳市西渡镇赤水村前茬油菜根肿病发病重旱地进行自然诱发抗性鉴定。采取随机播种的方法,每品种 3 次重复,每品种播 9 穴,每穴留苗 5~10 株,播种后按当地栽培方式进行管理。45 d 后拔出油菜根部,对照分级标准进行调查统计。

1.3 数据统计与分析

采用农业部公益性行业科研专项(201003029)“十字花科作物根肿病防控技术与示范”项目组制定的分级标准^[13],对油菜根肿病进行分级:0 级,根部无肿瘤;1 级,侧根有小肿瘤;3 级,主根肿大,其直径小于 2 倍茎基部;5 级,主根肿大,其直径是茎基部的 2~3 倍;7 级,主根肿大,其直径是茎基部的 3~4 倍;9 级,主根肿大,其直径是茎

基部的 4 倍以上或肿大的根部变黑或腐烂。

参照文献[14,17],根据病情指数划分抗性类型:病情指数大于 0、小于等于 10,高抗;病情指数大于 10、小于等于 20,抗病;病情指数大于 20、小于等于 30,耐病;病情指数大于 30、小于等于 50,感病;病情指数大于 50,高感。

2 结果与分析

2.1 湖南油菜品种温室人工接种的根肿病抗性

对 100 个油菜品种温室人工接种的根肿病抗性的鉴定结果列于表 2,分别有 8、14、35、22、20、1 个品种表现免疫、高抗、抗病、耐病、感病和高感,其中,表现免疫的品种有常香油 3 号、亮景 811、金油杂 605、巨荚油王、庆油 3 号、德矮油 558、浙油 50 和德杂油 903 等 8 个。

2.2 湖南油菜品种田间自然诱发的根肿病抗性

对 100 个油菜品种在沅陵和衡阳两地进行的田间病圃自然诱发的根肿病抗性鉴定结果列于表 2。在沅陵病圃,表现高抗的品种有 5 个,抗病的 40 个,耐病的 39 个,感病的 16 个;在衡阳病圃,表现抗病的品种有 8 个,耐病的 21 个,感病的 55 个,高感的 16 个。

综合沅陵和衡阳病圃的抗性鉴定结果,均表现抗根肿病的油菜品种有6个,即为中研油1号、华信402、沅油737、宝油150、油研九号和嘉油1427;表现耐病的品种8个;表现感病的品种有9个。

表2 湖南油菜品种的根肿病抗性

Table 2 Resistance identification of rapeseed varieties in Hunan

编号	病情指数			抗性评价		
	温室人工接种	沅陵病圃诱发	衡阳病圃诱发	温室人工接种	沅陵病圃诱发	衡阳病圃诱发
1	0.00	21.30	29.63	免疫	耐病	耐病
2	14.48	33.21	53.05	抗病	感病	高感
3	3.23	22.85	57.41	高抗	耐病	高感
4	8.70	24.92	67.25	高抗	耐病	高感
5	15.91	19.19	48.07	抗病	抗病	感病
6	0.00	33.64	68.40	免疫	感病	高感
7	13.19	22.22	43.33	抗病	耐病	感病
8	14.19	15.09	50.86	抗病	抗病	高感
9	0.00	16.98	29.86	免疫	抗病	耐病
10	26.11	18.40	58.73	耐病	抗病	高感
11	7.50	22.73	40.82	高抗	耐病	感病
12	18.24	14.31	44.44	抗病	抗病	感病
13	0.00	12.87	40.50	免疫	抗病	感病
14	10.29	14.84	42.09	抗病	抗病	感病
15	23.16	8.93	18.01	耐病	高抗	抗病
16	16.67	10.09	18.30	抗病	抗病	抗病
17	4.56	8.76	28.68	高抗	高抗	耐病
18	10.91	5.64	36.11	抗病	高抗	感病
19	0.00	35.02	27.62	免疫	感病	耐病
20	4.21	9.56	17.56	高抗	高抗	抗病
21	28.57	19.57	40.19	耐病	耐病	感病
22	12.00	12.32	37.04	抗病	抗病	感病
23	0.00	15.23	26.61	免疫	抗病	耐病
24	16.19	15.69	25.78	抗病	抗病	耐病
25	24.03	16.67	34.09	耐病	抗病	感病
26	9.80	5.48	17.61	高抗	高抗	抗病
27	46.67	11.70	32.50	感病	抗病	感病
28	24.84	15.70	52.86	耐病	抗病	高感
29	34.98	16.80	29.56	感病	抗病	耐病
30	18.16	24.39	27.38	抗病	耐病	耐病
31	41.84	17.22	35.88	感病	抗病	感病
32	25.14	19.36	28.92	耐病	抗病	耐病
33	15.87	17.50	32.21	抗病	抗病	感病
34	40.40	16.01	45.93	感病	抗病	感病
35	25.09	12.36	46.62	耐病	抗病	感病
36	41.67	15.85	27.56	感病	抗病	耐病
37	30.81	18.29	41.70	感病	抗病	感病
38	24.76	15.78	51.26	耐病	抗病	高感
39	33.79	27.41	40.71	感病	耐病	感病
40	28.91	16.47	46.97	耐病	抗病	感病
41	18.91	18.91	18.43	抗病	抗病	抗病
42	35.24	22.67	24.01	感病	耐病	耐病

表 2(续)

编号	病情指数			抗性评价		
	温室人工接种	沅陵病圃诱发	衡阳病圃诱发	温室人工接种	沅陵病圃诱发	衡阳病圃诱发
43	22.92	23.56	50.43	耐病	耐病	高感
44	23.74	28.50	46.08	耐病	耐病	感病
45	10.00	23.49	43.30	抗病	耐病	感病
46	45.80	18.53	43.21	感病	抗病	感病
47	32.65	24.16	43.83	感病	耐病	感病
48	16.75	18.83	41.45	抗病	抗病	感病
49	33.33	31.55	24.49	感病	感病	耐病
50	17.84	26.50	45.87	抗病	耐病	感病
51	20.31	31.92	52.97	耐病	感病	高感
52	30.83	27.09	46.72	感病	耐病	感病
53	27.45	30.56	56.00	耐病	感病	高感
54	16.03	32.83	55.25	抗病	感病	高感
55	23.49	35.62	58.73	耐病	感病	高感
56	15.00	26.56	59.91	抗病	耐病	高感
57	30.98	39.07	50.56	感病	感病	高感
58	42.86	17.84	34.30	感病	抗病	感病
59	4.83	23.72	48.66	高抗	耐病	感病
60	22.31	29.19	47.69	耐病	耐病	感病
61	30.00	15.29	24.65	感病	抗病	耐病
62	19.05	30.88	46.72	抗病	感病	感病
63	42.86	24.27	24.79	高感	耐病	耐病
64	16.92	39.38	19.52	抗病	感病	抗病
65	7.27	34.01	20.00	高抗	感病	耐病
66	9.52	28.16	45.93	抗病	耐病	感病
67	34.81	38.33	37.67	感病	感病	感病
68	53.70	28.28	27.02	高感	耐病	耐病
69	17.14	34.69	29.10	抗病	感病	耐病
70	11.76	35.41	27.38	抗病	感病	耐病
71	27.89	23.42	34.45	耐病	耐病	感病
72	10.00	36.68	39.00	抗病	感病	感病
73	25.71	22.98	32.29	耐病	耐病	感病
74	12.12	23.26	41.22	抗病	耐病	感病
75	21.43	16.67	52.70	耐病	抗病	高感
76	0.00	25.14	47.16	免疫	耐病	感病
77	14.81	20.59	40.50	抗病	耐病	感病
78	18.18	16.33	46.35	抗病	抗病	感病
79	5.88	17.96	53.13	高抗	抗病	高感
80	36.81	22.73	40.61	感病	耐病	感病
81	27.08	18.89	44.25	耐病	抗病	感病
82	21.18	22.06	28.52	耐病	耐病	耐病
83	23.33	20.35	26.83	耐病	耐病	耐病
84	33.33	11.66	35.95	感病	抗病	感病
85	7.02	25.99	35.24	高抗	耐病	感病
86	6.25	11.08	35.23	高抗	抗病	感病
87	20.00	20.70	27.30	耐病	耐病	耐病
88	8.55	22.10	49.67	高抗	耐病	感病

表 2(续)

编号	病情指数			抗性评价		
	温室人工接种	沅陵病圃诱发	衡阳病圃诱发	温室人工接种	沅陵病圃诱发	衡阳病圃诱发
89	14.29	29.11	39.37	抗病	耐病	感病
90	29.17	17.96	35.02	耐病	抗病	感病
91	15.56	12.96	18.98	抗病	抗病	抗病
92	0.00	20.32	45.83	免疫	耐病	感病
93	10.19	16.43	47.83	抗病	抗病	感病
94	16.67	17.49	48.25	抗病	抗病	感病
95	17.39	20.88	37.61	抗病	耐病	感病
96	15.38	20.78	19.17	抗病	耐病	抗病
97	9.09	23.90	47.81	高感	耐病	感病
98	0.00	11.08	44.95	免疫	抗病	感病
99	16.67	28.16	45.28	抗病	耐病	感病
100	30.61	26.48	40.97	感病	耐病	感病

2.3 湖南油菜品种的根肿病综合抗性

在温室人工接种抗性鉴定筛选出的 57 个抗病油菜品种中,在沅陵表现高抗的有 2 个,抗病的 14 个;在衡阳表现抗病的有 6 个。100 个油菜品种在沅陵和衡阳表现抗病的分别有 45 个和 8 个。综合温室人工接种及田间自然诱发 2 种方法对 100 个油菜品种的抗性鉴定,结果均表现抗病的品种有 7 个,即亮景 811、中研油 1 号、华信 402、沔油 737、宝油 150、油研九号和嘉油 1427。

3 结论与讨论

采用菌土接种法,以怀化沅陵根肿病菌为接种菌源,对收集的湖南 100 个油菜品种进行抗性筛选。温室人工接种抗性鉴定,共筛选出 57 个品种对根肿病抗性较好;在沅陵和衡阳病圃自然诱发抗性鉴定中表现抗根肿病的油菜品种分别有 45 个和 8 个。综合抗性鉴定结果,筛选出 7 个对根肿病表现抗病的油菜品种。

采用温室人工接种和田间自然诱发 2 种鉴定方法进行根肿病抗性鉴定,100 个油菜品种的抗性分级因鉴定方法的不同而出现不同的结果,部分在温室人工接种鉴定表现高抗的品种,在沅陵和衡阳病圃中表现感病,且田间油菜抗性鉴定的病情指数和发病率绝大部分高于温室的,这与李慧楠等^[18]的结果一致。可能是由于田间病圃的根肿菌生理小种与温室使用的菌源不同,同一抗病油菜品种对不同生理小种的抗性表现有所差异^[19-20];田间栽培管理中的温度、水分调控更易于导致根肿病的发生,且浇

灌水中也可能含有一定量的根肿菌,从而提高了田间油菜根肿病的发病率。不同油菜品种对同一地区菌源的抗性表现有显著差异,且同一油菜品种对沅陵和衡阳 2 个地区根肿菌的抗性表现也有所不同,一些品种的发病率虽高,但病情指数较低,说明其对根肿菌的耐性较强。

试验筛选出的 7 个对根肿病表现抗病的油菜品种,适宜在湖南衡阳和沅陵油菜根肿病发病地区推广种植。但由于自然界中根肿菌生理小种存在混生的状态,选育的油菜品种其所用抗性材料的不同,以及不同地区生理小种间的差异,同一抗病油菜品种对不同生理小种的抗性表现有所差异^[13,21],导致抗病品种在实际生产的抗性表现存在较大的不确定性,是否适宜在湖南其他生理小种分布地区种植还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] ZAMANI-NOOR N. Variation in pathotypes and virulence of *Plasmodiophora brassicae* populations in Germany[J]. *Plant Pathology*, 2017, 66(2): 316-324.
- [2] DIEDERICHSEN E, FRAUEN M, LINDERS E G A, et al. Status and perspectives of clubroot resistance breeding in crucifer crops[J]. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2009, 28(3): 265-281.
- [3] 胡琼,郑东颖,檀根甲,等.影响油菜根肿病发生流行的因子分析[J]. *植物保护*, 2014, 40(3): 157-160.
- [4] ORGEUR G, JESTIN C, DELAUNAY A, et al. Caractérisation des pathotypes de Hernie des crucifères en France et mise au point d'un test pour l'évaluation de la résistance des variétés de colza[J]. *Innovations Agronomiques*, 2016, 50: 145-155.

- [5] VOORRIPS R E. Production, characterization and interaction of single-spore isolates of *Plasmodiophora brassicae*[J]. *European Journal of Plant Pathology*, 1996, 102(4): 377–383.
- [6] ZHENG X R, KOOPMANN B, ULBER B, et al. A global survey on diseases and pests in oilseed rape-current challenges and innovative strategies of control[J]. *Frontiers of Agronomy*, 2020, 2: 590908.
- [7] 王燕燕, 杨植全, 杨庆勇, 等. 油菜根肿病抗性遗传改良与应用[J]. *华中农业大学学报*, 2021, 40(2): 1–5.
- [8] 方华明, 童玥, 曾令益, 等. 江汉平原油菜根肿病流行规律及栽培应对措施[J]. *中国油料作物学报*, 2019, 41(1): 101–108.
- [9] 何朝怀, 林兴华. 油菜根肿病发生流行特点与绿色防控对策[J]. *南方农业*, 2021, 15(9): 1–2.
- [10] 杨佩文, 李家瑞, 杨勤忠, 等. 十字花科蔬菜根肿病研究进展[J]. *植物保护*, 2002, 28(5): 43–45.
- [11] BHERING A S, DO CARMO M G F, MATOS T S, et al. Soil factors related to the severity of clubroot in Rio de Janeiro, Brazil[J]. *Plant Disease*, 2017, 101(8): 1345–1353.
- [12] ERNST T W, KHER S, STANTON D, et al. *Plasmodiophora brassicae* resting spore dynamics in clubroot resistant canola(*Brassica napus*) cropping systems[J]. *Plant Pathology*, 2019, 68(2): 399–408.
- [13] 黄小莉, 任佐华, 彭沙沙, 等. 湖南白菜品种根肿病抗性鉴定及评价[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2014, 40(1): 43–47.
- [14] 胡靖锋, 吴丽艳, 林良斌, 等. 用菌土接种法鉴定云南省主要十字花科作物对根肿病的抗性[J]. *中国蔬菜*, 2010(14): 71–74.
- [15] 罗延青, 王云月, 赵德胜, 等. 抗根肿病甘蓝型油菜新种质的创制及抗性评价[J]. *西南农业学报*, 2019, 32(4): 699–705.
- [16] 张振兰, 李永红, 李建厂, 等. 不同油菜品种对陕西省根肿菌的抗性鉴定与评价[J]. *福建农业学报*, 2019, 34(5): 581–586.
- [17] PANG W X, FU P Y, LI X N, et al. Identification and mapping of the clubroot resistance gene CRd in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*)[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9: 653.
- [18] 李慧楠, 董军, 王雅, 等. 抗根肿病大白菜品种抗性鉴定与性状评价[J]. *中国瓜菜*, 2020, 33(7): 39–43.
- [19] 彭丽莎, 沈进娟, 冷容, 等. 茎瘤芥抗根肿病育种材料筛选与创制[J]. *植物保护*, 2021, 47(5): 286–291.
- [20] 黄蓉, 胡建坤, 姜仙美, 等. 江西省十字花科作物根肿病影响因子研究[J]. *江西农业大学学报*, 2021, 43(5): 1022–1031.
- [21] 侯晓静, 龙永红, 龙飞, 等. 基于因子分析的抗根肿病油菜品种(系)综合评价: 以荆门市掇刀区根肿病发病区为例[J]. *中国油料作物学报*, 2022, 44(1): 183–189.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗维