新疆鹰嘴豆壳二孢疫病病菌 *Ascochyta rabiei* 交配型、致病力及其对 3 种杀菌剂的敏感性测定

蔡 军， 马德英， 郁 帆， 羌 松*

（新疆农业大学农学院，农林有害生物监测与安全防控重点实验室，乌鲁木齐 830052）

摘要 新疆是我国鹰嘴豆主要生产地，然而随着鹰嘴豆种植面积的扩大，集约化种植模式的发展以及广泛从国内外引种，鹰嘴豆壳二孢疫病(*Ascochyta* blight)开始发生。由于该病害在新疆发生历史较短，相关的研究还甚少。本研究对新疆鹰嘴豆壳二孢疫病病菌 *Ascochyta rabiei* 的交配型、致病力及对 3 种杀菌剂敏感性进行测定，结果表明，*A. rabiei* 的交配型 MAT1-1 和 MAT1-2 在新疆木垒地区的分离频率明显偏离 1∶1，以 MAT1-2 为优势种群，但其致病力与 MAT1-1 无显著差异，而 MAT1-1 对 30%醚菌酯 EC 的敏感性显著低于 MAT1-2。

关键词 鹰嘴豆； 壳二孢疫病； *Ascochyta rabiei*； 交配型； 致病力； 杀菌剂敏感性

中图分类号： S 432.1 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2019086

Determination of mating type, virulence of *Ascochyta rabiei* in Xinjiang and its sensitivity to three fungicides

CAI Jun， MA Deying， YU Fan， QIANG Song*

(*Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control on Crop and Forest at Universities of Xinjiang Uygur Autonomous Region*, *College of Agronomy*, *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *China*)

Abstract Xinjiang is the main production area of chickpea in China. However, with the expansion of chickpea planting area, the development of intensive planting mode and the wide introduction of chickpea from home and abroad, *Ascochyta* blight occurred. Because of the short history of the disease in Xinjiang, little is known about this disease. In this study, the mating type and virulence of *Ascochyta rabiei* were characterized, and its sensitivity to three fungicides was also tested in Xinjiang. The results showed that the separation ratio of two mating types, MAT1-1 and MAT1-2, deviated from 1∶1 obviously in Mulei area of Xinjiang. The MAT1-2 was the dominant population, but its virulence showed no significant difference with that of MAT1-1. The sensitivity of the MAT1-1 mating type to kresoxim-methyl 30% EC was significantly lower than that of MAT1-2.

Key words chickpea; *Ascochyta* blight; *Ascochyta rabiei*; mating type; virulence; fungicide sensitivity

鹰嘴豆 *Cicer arietinum* L. 是世界上种植面积居第 2 位的食用豆类，2017 年世界总种植面积为 1 456 万 hm^2，总产量约达 1 478 万 t[1]。壳二孢疫病(*Ascochyta* blight，病原菌为 *Ascochyta rabiei*)是世界上危害鹰嘴豆最严重的病害[2-3]。该病原菌致病力变异是影响病害发生和流行的关键因素，而有性生殖是影响致病力变异的重要因素之一。真菌的有性生殖主要是由交配型基因控制[4]。*A. rabiei* 是一种具有二极性交配系统的异宗结合子囊菌[5-7]。在世界上大多数鹰嘴豆种植地区，病原菌有性态(*Didymella rabiei*)在病残体上越冬，并在病害流行中起着重要作用。与大多数子囊菌一样，*A. rabiei* 有性繁殖由具有两个等位基因的单个交配型基因位点(MAT)控制[8]。该位点基因控制雌雄配子配合和两性亲和细胞的激素调节，控制性别分化和有性发育，以及子囊孢子的大小等[4]。调控有性生殖的两种交配类型被称为 MAT1-1 和 MAT1-2[5-7]。*A. rabiei*的有性繁殖取决于地理邻近的两种交配型

收稿日期： 2019-02-06 **修订日期：** 2019-04-01
基金项目： 国家自然科学基金(31560492)
* 通信作者 E-mail：qse26@163.com

的存在。地区间或地区内两种交配型的比例显著低于 1∶1可能阻止有性阶段的形成,从而消除病原菌的重要来源并改变该病害的流行病学。缺乏有性阶段可能会对真菌在田间的传播、病害的流行病学或在鹰嘴豆作物间的长期存活产生重大影响[8]。

新疆是我国鹰嘴豆主要产地,然而随着鹰嘴豆种植面积的扩大和集约化种植模式的发展以及广泛从国内外引种,开始出现鹰嘴豆壳二孢疫病。鹰嘴豆壳二孢疫病于 2008 在我国新疆首次报道[9],之后相继报道了该病的防治措施、杀菌剂试验及抗性品种试验等。由于该病害在我国属于新入侵病害,因此相关研究工作非常少,主要以田间发病情况、造成的损失及防治措施为主,对于鹰嘴豆壳二孢疫病病原的生物学特性和基因组学研究较少。有性阶段的发展在病害流行病学和病原多样性中起着重要作用,增加病原菌群体之间的遗传变异性可能导致病原菌对杀真菌剂产生抗性和栽培种质丧失抗性。因此,确定鹰嘴豆种植地区病原菌的交配类型对于病害管理非常重要。虽然交配型测定已广泛用于确定病原菌群体样品中的交配型,但是相关研究多集中于交配型的频率,对于两种交配型的致病力差异等研究甚少。本试验通过对新疆鹰嘴豆主要种植区木垒县的病害调查,并采集病株样品进行室内分离纯化培养,完成交配型鉴定,对两种交配型的分离物进行致病力的室内人工接种鉴定以及对杀菌剂的敏感性测定,分析其在木垒的地理分布差异和两种交配型分离物的致病力及对杀菌剂的敏感性差异。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　病株收集及病原菌分离纯化

2017 年 7 月在新疆昌吉木垒县鹰嘴豆主要种植区收集有黄褐色轮纹斑症状[10]的病株。在 5 个乡村随机采样,收集的病株风干后选取部分材料的病叶或病枝从病斑外围 1～2 mm 处剪下,若是枝干,则将带有病斑的皮层剥下。将待分离材料放入 10 mL 灭菌小烧杯,倒入 0.1%升汞表面消毒 1.5 min,用无菌水冲洗 3 次,保留最后 1 次无菌水冲洗液。用灭菌镊子、剪刀在无菌水中将病健相间组织剪成 2～3 mm 大小的方块。放入鹰嘴豆煎汁 PDA 培养基平板上培养(200 g 马铃薯,20 g 鹰嘴豆粉,20 g 葡萄糖,20 g 琼脂,0.1 g 氯霉素加水到 1 000 mL),26℃条件下培养 14 d 左右,对培养出的菌落进行常规生物学鉴定并完成纯化。

1.1.2　主要试剂及仪器

2× *Taq* PCR Master Mix(含染料)、DL2000 DNA Marker 均购于新疆乌鲁木齐市庄盟生物技术有限公司,真菌基因组 DNA 快速抽提试剂盒(B518229-0100)购于上海生工生物工程公司,PCR 引物合成由上海生工生物工程公司完成。

试验仪器包括台式高速冷冻离心机(Eppendorf Centrifuge 5424/2424R)、PCR 扩增仪(Biometra 070-851)、电泳仪(北京市六一仪器厂 DYY-6C)、凝胶成像仪(Quantum ST5)、水浴锅(金坛市医疗仪器厂 DK-8D 数显恒温水浴锅)、低温冰箱等。

1.1.3　供试杀菌剂

10%苯醚甲环唑 WG,山东碧奥生物科技有限公司;30%苯甲•丙环唑 EC,青岛金尔农化研制开发有限公司;30%醚菌酯 EC,山东碧奥生物科技有限公司。

1.2　试验方法

1.2.1　多重 PCR 鉴定鹰嘴豆壳二孢疫病病菌交配型

收集菌丝,按照真菌总 DNA 快速提取试剂盒使用说明提取分离物总 DNA,置于－20℃保存备用。使用 MAT1-1 特异性引物 Sp21(5′-ACAGTGAGCCTGCACAGTTC-3′),MAT1-2 特异性引物 Tail5(5′-CGCTATTTTATCCAAGA-CACACC-3′)和侧翼特异性引物 Com1(5′-GCAT-GCCATATCGCCAGT-3′)进行多重 PCR 扩增,MAT1-1 和 MAT1-2 扩增产物分别为约 700 bp 和 400 bp[8]。PCR 反应体系为 25 μL,其中包含 2× *Taq* PCR Master Mix 12.5 μL,DNA 模板 2 μL,10 μmol/L 引物 Sp21,Tail5 和 Com1 各 1 μL,ddH_2O 7.5 μL。PCR 程序:94℃ 5 min;94℃变性 1 min,56℃退火 45 s,72℃延伸 1 min,30 个循环;72℃延伸 5 min。反应产物在 1%琼脂糖凝胶上于 100 V 电泳 30 min,溴化乙锭染色,在紫外光下显现并拍照。

1.2.2 鹰嘴豆壳二孢疫病病菌两种交配型的致病力测定

选取 3 个不同抗性水平的鹰嘴豆品系‘系选 03’‘北园春’和‘4533’为寄主材料[11]。选用健康饱满种子，室内用 0.1%升汞消毒 10 min，流水冲洗 30 min，用 40～50℃温水浸种 6 h 后于 28～30℃恒温箱内催芽，出芽后播种在装有灭菌土壤的花盆中，出苗后 7 d，分别用浓度为 5×10^5 个/mL 的 MAT1-1，MAT1-2 分离物的分生孢子悬浮液于叶片正反面均匀喷雾接种，每处理 3 次重复，每重复 10 株，以清水为对照。每种交配型的分生孢子悬浮液分别使用 5 个以上分离物混合配制，接种后在室温为 26℃±4℃，湿度为 50%～60%条件下培养。接种第 15 天进行发病情况调查，统计病斑等级，计算病情指数。

病情指数 = $\sum$(各级病株数×该病级值)/(调查总株数×最高级值)×100。

根据 Pande 等[12]的分级标准稍作修改将鹰嘴豆壳二孢疫病分为 8 级。0 级：无病害症状；1 级：植株仅表现轻微受损，病症发生于茎秆顶端；2 级：病斑扩展为5 mm大小，茎秆顶端出现萎蔫、下垂现象；3 级：整株出现病症，且明显由茎秆顶端向下移；4 级：整株出现病斑，开始出现落叶，部分枝条折断，分枝轻微干枯；5 级：整株出现病症，分枝普遍干枯，部分植株折断、死亡；6 级：整株出现病症，大部分分枝干枯，部分植株折断，25%的植株死亡；7 级：整株出现病症，大部分分枝干枯，部分植株折断，50%的植株死亡；8 级：整株出现病症，大部分分枝干枯，部分植株折断，100%的植株死亡。

1.2.3 鹰嘴豆壳二孢疫病病菌两种交配型对杀菌剂的敏感性测定

测定采用生长速率法。根据各种杀菌剂有效成分含量配制质量浓度梯度，配制含药鹰嘴豆煎汁 PDA 培养基(表 1)，以加入灭菌蒸馏水的培养基平板为对照。每种交配型使用 5 个以上分离物，分别将 0.5 cm 菌饼接至含 3 种杀菌剂的培养基平板中央，重复 3 次。置于 26℃培养箱中黑暗培养。药后 10 d 与 20 d 采用十字交叉法测量菌落直径，计算各杀菌剂处理对菌落扩展的生长抑制率：

抑制率=(对照菌落直径－处理菌落直径)/(对照菌落直径－0.5)×100%。

通过 PoloPlus 软件计算 EC_{50}。当 2 个比较组的 EC_{50} 的 95%置信限互相重叠时，认为其差异不显著。

表 1 不同杀菌剂的处理设置

Table 1 Treatment settings for different fungicides

杀菌剂 Fungicide	有效成分质量浓度/mg·L^{-1} Mass concentration of active ingredient				
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10% WG	40	8	1.6	0.32	0.064
30%苯甲·丙环唑 EC difenoconazole·propiconazole 30% EC	40	8	1.6	0.32	0.064
30%醚菌酯 EC kresoxim-methyl 30% EC	40	8	1.6	0.32	0.064

2 结果与分析

2.1 *A. rabiei* 的分离结果及其交配型分子鉴定

共分离纯化 222 个 *A. rabiei* 分离物，其详细来源见表 2。用特异性引物 Com1、Tail5 和 Sp21 进行多重 PCR 分析，结果显示，5 个地点均发现两种交配类型(表 2)，除了西吉尔镇水墨沟村以 MAT1-1 为优势交配型外，其他 4 个村镇 MAT1-2 的出现频率均比 MAT1-1 多。卡方检验发现，在显著水平为 1%时，英格堡乡一道沟村种群和东城乡沈家沟村种群的两种交配型分离频率没有显著偏离1∶1，其余 3 个地区均显著偏离 1∶1。本研究每个地点测试的样本量少，没有足够的群体数量来分析确定两种交配型的分离频率是否显著偏离 1∶1。因此，采用木垒县全部 222 个分离物来分析该地区的交配型分布和频率，结果表明两种交配型分离频率显著偏离 1∶1，MAT1-2 比 MAT1-1 分离频率更高，卡方值为 17.315($P<0.001$)。

2.2 鹰嘴豆壳二孢疫病病菌两种交配型的致病力差异

由表 3 可知，接菌后 15 d，仅‘北园春’对病原菌的 MAT1-1 和 MAT1-2 都表现出严重的病害症状，平均病情指数分别为 69.29 和 80.47。‘系选 03’与‘4533’两个品种只对 MAT1-2 表现出了轻微的病害症状。从病情指数来看，MAT1-2 的致病力大于

MAT1-1,但差异分析表明,两个交配型对 3 个品种的致病力并没有显著差异。

表 2　多重 PCR 测定 *Ascochyta rabiei* 分离物两种交配型的分离频率[1)]

Table 2　Determination of isolation frequency of mating type ratio of *Ascochyta rabiei* isolates by multiplex PCR

采集地点 Collection site	分离株数/株 Number of isolates	MAT1-1∶MAT1-2	χ^2	P	地理位置 Geographical position
英格堡乡一道沟村 Yidaogou village, Yinggebao township	29	9∶20	4.172	0.041	90°14′43″E　43°49′45″N
东城乡南闸村 Nanzha village, Dongcheng township	48	14∶34	8.333	0.004	90°11′41″E　43°46′58″N
东城乡沈家沟村 Shenjiagou village, Dongcheng township	39	14∶25	3.103	0.078	90°09′08″E　43°45′21″N
西吉尔镇水墨沟村 Shuimogou village, Sijier township	44	32∶12	9.091	0.003	90°05′05″E　43°44′19″N
东城乡孙家沟村 Sunjiagou village, Dongcheng township	75	24∶51	9.720	0.002	90°07′48″E　54°55′35″N
总计 Total	222	80∶142	17.315	<0.001	

1) χ^2 为 1∶1比率检验的卡方值;P 为 1∶1比率(1 自由度)无效假设下的较大值概率,显著水平为 1%。
χ^2: Chi-squared value for the test of 1∶1 ratio; P: Probability of greater χ^2-value under the null hypothesis of 1∶1 ratio (1 degree of freedom) at the significant level of 1%.

表 3　鹰嘴豆 3 个品种接种不同交配型后的病情指数[1)]

Table 3　Disease index of three chickpea cultivars after inoculation with different mating types

交配型 Mating type	平均病情指数 Average disease index		
	系选 03　Xixuan 03	北园春　Beiyuanchun	4533
清水对照 CK	(0.83±0.72)a	(3.77±3.59)b	(7.04±4.61)a
MAT1-1	(1.25±1.25)a	(69.29±7.00)a	(7.82±11.05)a
MAT1-2	(26.66±23.06)a	(80.47±18.66)a	(24.94±13.35)a

1) 同列数据后标注不同字母表示在 5%水平上差异显著。
The data in same column followed with different small letters are significantly different at the 5% level.

2.3　鹰嘴豆壳二孢疫病病菌两种交配型对防治药剂的敏感性差异

药后 10 d 病原菌的两种交配型对 10%苯醚甲环唑 WG、30%苯甲•丙环唑 EC、30%醚菌酯 EC 都表现敏感,其 EC_{50}<0.3 mg/L。两种交配型对 30%苯甲•丙环唑 EC 的敏感性较高,EC_{50}<0.1 mg/L,对 10%苯醚甲环唑 WG 的敏感性次之,但彼此间均不存在显著差异;病原菌的两种交配型对 30%醚菌酯 EC 的敏感性存在显著差异,MAT1-2 的敏感性大于 MAT1-1(表 4)。

表 4　药后 10 d *Ascochyta rabiei* 不同交配型对 3 种杀菌剂的敏感性[1)]

Table 4　Sensitivity of different mating types of *Ascochyta rabiei* to three fungicides 10 days after treatment

杀菌剂 Fungicide	EC_{50}/ $mg•L^{-1}$	95%置信限/ $mg•L^{-1}$ 95% CL	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient	交配型 Mating type
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10% WG	0.228	0.147～0.329	y=0.505 3 ln$x$+5.690 8	0.909 4	MAT1-1
30%苯甲・丙环唑 EC difenoconazole・propiconazole 30% EC	0.093	0.062～0.129	y=0.538 9 ln$x$+6.244 7	0.913 3	
30%醚菌酯 EC kresoxim-methyl 30% EC	0.205	0.127～0.303	y=0.252 8 ln$x$+5.403 3	0.939 8	
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10% WG	0.242	0.175～0.321	y=0.515 3 ln$x$+5.698 4	0.932 4	MAT1-2
30%苯甲・丙环唑 EC difenoconazole・propiconazole 30% EC	0.058	0.036～0.085	y=0.501 8 ln$x$+6.374 2	0.914 6	
30%醚菌酯 EC kresoxim-methyl 30% EC	0.027	0.010～0.052	y=0.241 1 ln$x$+5.914 5	0.909 5	

1) 不同 EC_{50}的 95%置信限如果重叠表明无显著差异,x:药剂浓度,y:死亡率。
The different EC_{50} values with overlapped 95% confidence limit are not significantly different, x: Concentration of fungicide, y: Mortality.

药后 20 d 供试杀菌剂对病原菌的抑制作用如表 5 所示,3 种杀菌剂均显示了较长的持效期。病原菌的两种交配型对 10%苯醚甲环唑 WG、30%苯甲•丙环唑 EC、30%醚菌酯 EC 仍然表现出较高的敏感性,其 EC_{50}<1 mg/L。两种交配型对 30%苯甲•丙环唑 EC 和30%醚菌酯 EC 的敏感性都表现出显著差异,MAT1-2 的敏感性都大于 MAT1-1。结合表 4 和表 5 的结果,MAT1-2 对 30%醚菌酯 EC 的敏感性

最高，其 EC_{50} 分别是 0.027 mg/L 和 0.071 mg/L，且与 MAT1-1 的 EC_{50} 相差较大。

表 5 药后 20 d *Ascochyta rabiei* 不同交配型对 3 种杀菌剂的敏感性

Table 5 Sensitivity of different mating types of *Ascochyta rabiei* to three fungicides 20 days after treatment

杀菌剂 Fungicide	EC_{50}/ $mg\cdot L^{-1}$	95%置信限/ $mg\cdot L^{-1}$ 95% CL	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient	交配型 Mating type
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10% WG	0.424	0.336～0.527	$y=0.500\,2\ln x+5.411\,9$	0.947 3	MAT1-1
30%苯甲·丙环唑 EC difenoconazole·propiconazole 30% EC	0.197	0.163～0.236	$y=0.621\,5\ln x+6.076\,6$	0.941 4	
30%醚菌酯 EC kresoxim-methyl 30% EC	0.904	0.501～1.537	$y=0.1774\ln x+5.014\,4$	0.870 6	
10%苯醚甲环唑 WG difenoconazole 10% WG	0.392	0.315～0.481	$y=0.586\,2\ln x+5.558\,3$	0.967 2	MAT1-2
30%苯甲·丙环唑 EC difenoconazole·propiconazole 30% EC	0.126	0.112～0.140	$y=0.574\,6\ln x+6.285\,6$	0.945 5	
30%醚菌酯 EC kresoxim-methyl 30% EC	0.071	0.031～0.130	$y=0.172\,5\ln x+5.452\,2$	0.912 5	

3 讨论

本研究在木垒县的 5 个地区都发现了 *A. rabiei* 的两种交配型。在两种交配型共存的情况下，除了西吉尔镇水墨沟村的分离物以 MAT1-1 居多外，其他地点分离物大多数是 MAT1-2。本研究对所有分离物的总体分析显示，两种交配型呈高度偏态分布，MAT1-2 分离物的数量约是 MAT1-1 分离物的2 倍(142∶80)。这表明，该地区 MAT1-2 可能比 MAT1-1 更具竞争优势，并且木垒县 *A. rabiei* 的种群可能不会随机交配。虽然该地区的总体交配型分离频率明显地偏离 1∶1，表明在木垒县种群中可能发生了较少的有性重组。但是在木垒县部分地区 MAT1-1 和 MAT1-2 分离物的频率接近 1∶1，表明在自然条件下可能发生随机交配，并产生可作为引发病害流行的主要接种体的子囊孢子。两种交配型接种鹰嘴豆的室内试验结果表明，MAT1-2 的致病力略高于 MAT1-1，但二者没有显著差异，MAT1-2 可能存在细微的竞争优势。由上可推测，交配型致病力的强弱可能直接影响其在种群的频率与分布。

但是很多研究报道了 MAT1-1 的竞争优势，如 Rhaiem 等[13]的研究中突尼斯 *A. rabiei* 种群中 MAT1-1 比 MAT1-2 更多，总体比例为 99∶22，与 Kaiser[14]的结果一致。2011 年 Omar 等[15]报道了叙利亚 *A. rabiei* 交配型的分布情况，在 133 个测试的分离物中，MAT1-1 占 64%，MAT1-2 占 36%。2017 年 Azizpour 和 Rouhrazi[16]的研究显示，大多数分离物为 MAT1-1，占 58.12%，MAT1-2 占 41.88%。这表明 MAT1-1 可能更具竞争优势[17]。阿尔及利亚、利比亚、摩洛哥、意大利和希腊等地中海国家也报告了 MAT1-1 相对于 MAT1-2 的优势。也有报道显示交配型 MAT1-2 在土耳其等国家占主导地位，例如印度只报道了 MAT1-2[14, 18-20]。然而在西班牙、加拿大和美国的大多数种群中，两种交配类型都以相似的频率发生[8, 18, 21-22]。从上述报道可知，不同地区的优势交配类型并不完全一致，因此本研究结果只代表木垒县 *A. rabiei* 种群目前的情况。

两种交配型对 3 种杀菌剂的敏感性测定显示，MAT1-1 对 30%苯甲·丙环唑 EC 和30%醚菌酯 EC 的敏感性都低于 MAT1-2，表明 MAT1-1 相对于 MAT1-2 具有抵抗杀菌剂的优势。苯醚甲环唑和苯甲·丙环唑的作用机理都是抑制麦角甾醇的生物合成[23]，醚菌酯的作用机理是抑制线粒体的电子传递从而破坏能量生成[24]。而两种交配型仅对 30%醚菌酯 EC 表现出显著的敏感性差异。这说明，木垒地区同一交配型不同分离物之间差异较小，且不同作用机理的杀菌剂可能对两种交配型的抑制程度存在差异，杀菌剂的配合使用能够对病菌达到更好的控制效果，且杀菌剂的使用或许会影响 *A. rabiei* 两种交配型的分布频率。

A. rabiei 是新疆昌吉木垒县最为普遍和具有破坏性的鹰嘴豆壳二孢疫病病原菌，实地调查可以获得关于鹰嘴豆壳二孢疫病病情和严重程度现状的信息，这是对病害进行综合管理的基础。鹰嘴豆壳二孢疫病的防治应以种植抗病品种为主，辅以农业防治和化学防治，重点提高鹰嘴豆抗病性，创造有利于鹰嘴豆生长、不利于病原菌入侵危害的环境，实施有效、可持续控制的防治策略。但在木垒县的实际生产中，鹰嘴豆壳二孢疫病发病率高，发病程度重。由于鹰嘴豆的种植成本低，经济效益高，重茬面积不断

增加,存在田间病残体处理不当以及种子带菌,缺乏持久有效的抗病品种,杀菌剂使用不规范等情况,一旦遇到适合该病害发生的温度和湿度条件便可暴发成灾。因此,鹰嘴豆壳二孢疫病的防控仍然面临严峻挑战。

参考文献

[1] FAOSTAT [EB/OL]. 2017. http://faostat3.fao.org.

[2] CHAUBE H S, MISHRA T K. *Ascochyta* blight of chickpea [C]// SINGH U S, MUCHOPADHYAY A N, KUMAR J. Plant diseases of international importance, Vol. 1: Diseases of cereals and pulses. Eaglewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992: 445 - 464.

[3] KHAN M S A, RAMSEY M D, CORBIERE R, et al. *Ascochyta* blight of chickpea in Australia: Identification, pathogenicity and mating type [J]. Plant Pathology, 1999, 48: 230 - 234.

[4] 李国福. 新月弯孢菌(*Curvularia lunate*)交配型基因克隆分析及检测[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.

[5] TRAPERO-CASAS A, KAISER W J. Development of *Didymella rabiei*, the teleomorph of *Ascochyta rabiei*, on chickpea straw [J]. Phytopathology, 1992, 82(11): 1261 - 1266.

[6] WILSON A D, KAISER W J. Cytology and genetics of sexual incompatibility in *Didymella rabiei* [J]. Mycology, 1995, 87: 795 - 804.

[7] TURGEON B G, YODER O C. Proposed nomenclature for mating type genes of filamentous Ascomycetes [J]. Fungal Genetics and Biology, 2000, 31(1): 1 - 5.

[8] BARVE M P, ARIE T, SALIMATH S S, et al. Cloning and characterization of the mating type (MAT) locus from *Ascochyta rabiei* (teleomorph: *Didymella rabiei*) and a MAT phylogeny of legume-associated *Ascochyta* spp. [J]. Fungal Genetics and Biology, 2003, 39(2): 151 - 167.

[9] 马德成, 魏建华, 曾繁明, 等. 新疆鹰嘴豆褐斑病的发生[J]. 植物检疫, 2008, 22(4): 245 - 246.

[10] 叶梅, 马德成, 魏建华, 等. 新疆鹰嘴豆褐斑病发生初报[J]. 新疆农业科技, 2008(2): 43 - 44.

[11] 马丽娟, 张巨松, 李利民, 等. 鹰嘴豆种质资源对 *Ascochyta rabiei* 的抗性评价及遗传多态性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(6): 1179 - 1184.

[12] PANDE S, SIDDIQUE K H M, KISHORE G K, et al. *Ascochyta* blight of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review of biology, pathogenicity, and disease management [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2005, 56(4): 317 - 332.

[13] RHAIEM A, CHERIF M, DYER P S, et al. Distribution of mating types and genetic diversity of *Ascochyta rabiei* populations in Tunisia revealed by mating-type-specific PCR and random amplified polymorphic DNA markers [J]. Journal of Phytopathology, 2007, 155(10): 596 - 605.

[14] KAISER W J. The teleomorph of *Ascochyta rabiei* and its significance in breeding chickpea [C]// UDUPA S, WEIGAND F. DNA markers and breeding for resistance to *Ascochyta* blight in chickpea-Proceeding of the symposium on application of DNA fingerprinting for crop improvement: marker-assisted selection of chickpea for sustainable agriculture in the dry areas, ICARDA, Aleppo, Syria, 1997: 3 - 21.

[15] OMAR A, MICHAEL B, AHMED E A, et al. Chickpea *Ascochyta* blight: Disease status and pathogen mating type distribution in Syria [J]. Journal of Phytopathology, 2011, 159: 443 - 449.

[16] AZIZPOUR N, ROUHRAZI K. Assessment of genetic diversity of Iranian *Ascochyta rabiei* isolates using rep-PCR markers [J]. Journal of Phytopathology, 2017, 165(7/8): 508 - 514.

[17] ZHAN Jiasui, TORRIANI S F F, McDONALD B A. Significant difference in pathogenicity between MAT 1-1 and MAT 1-2 isolates in the wheat pathogen *Mycosphaerella graminicola* [J]. Fungal Genetics and Biology, 2007, 44(5): 339 - 346.

[18] NAVAS-CORTÉS J A, PÉREZ-ARTÉS E, JIMÉNEZ-DIAZ R M, et al. Mating type, pathotype and RAPDs analysis in *Didymella rabiei*, the agent of *Ascochyta* blight of chickpea [J]. Phytoparasitica, 1998, 26(3): 199 - 212.

[19] PHAN H T T, FORD R, BRETAG T, et al. A rapid and sensitive polymerase chain reaction (PCR) assay for detection of *Ascochyta rabiei*, the cause of *Ascochyta* blight of chickpea [J]. Australasian Plant Pathology, 2002, 31(1): 31 - 39.

[20] PHAN H T T, FORD R, TAYLOR P W J. Mapping the mating type locus of *Ascochyta rabiei* the causal agent of *Ascochyta* blight of chickpea [J]. Molecular Plant Pathology, 2003, 4(5): 373 - 381.

[21] ARMSTRONG C L, CHONGO G, GOSSEN B D, et al. Mating type distribution and incidence of the teleomorph of *Ascochyta rabiei* (*Didymella rabiei*) in Canada [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2001, 23(1): 110 - 113.

[22] PEEVER T L, SALIMATH S S, SU G, et al. Historical and contemporary multilocus population structure of *Ascochyta rabiei* (teleomorph: *Didymella rabiei*) in the Pacific Northwest of the United States [J]. Molecular Ecology, 2004, 13(2): 291 - 309.

[23] 华乃震. 杀菌剂苯醚甲环唑的进展和应用[J]. 世界农药, 2013, 35(6): 7 - 12.

[24] 赵平, 严秋旭, 李新, 等. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的开发及抗性发展现状[J]. 农药, 2011, 50(8): 547 - 551.

(责任编辑: 杨明丽)