

兰州百合褐腐病罹病根和根盘及鳞片分出的真菌和卵菌

白滨^{1,2,3}, 何苏琴^{4,5}, 于安芬^{1,2,3}, 荆卓琼^{4,5}, 李瑞琴^{1,2,3}, 徐瑞^{1,2,3}, 柳利龙^{1,2,3}
 (1. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 甘肃 兰州 730070; 3. 农业部农产品质量安全风险评估实验室(兰州), 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 5. 农业部天水作物有害生物科学观测实验站, 甘肃 天水 741200)

摘要: 为探明兰州百合褐腐病相关真菌和卵菌种类, 于2013年秋季在兰州百合主产区采集罹病百合鳞茎标样, 采用真菌常规组织分离法, 对522个病样(块根、根盘和鳞片)组织进行了分离, 共分离得到574株真菌和卵菌, 真菌和卵菌分出率达109.96%; 分离得到的真菌和卵菌可归于6个属, 其中土赤壳属(*Ilyonectria*)、镰刀菌属(*Fusarium*)和丝核菌属(*Rhizoctonia*)的分离频率分别为46.86%、32.23%和17.07%, 为优势菌群; 3个优势菌群的占比因分离部位、采样地块而明显不同。

关键词: 兰州百合; 褐腐病; 分出率; 分离频率; 优势菌群

中图分类号: S571.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)01-0016-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.01.007

Fungi and Oomycota Isolated from Diseased Root, Basal Plate, and Scale of *Lilium davidii* var. *willmottiae*

BAI Bin^{1,2,3}, HE Suqin^{4,5}, YU Anfen^{1,2,3}, JING Zhuoqiong^{4,5}, LI Ruiqin^{1,2,3}, XU Rui^{1,2,3}, LIU Lilong^{1,2,3}
 (1. Institute of Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products (Lanzhou), Ministry of Agriculture, Lanzhou Gansu 730070, China; 4. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 5. Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, Ministry of Agriculture, Tianshui Gansu 741200, China)

Abstract: In order to investigate the related fungi and Oomycota corresponding to brown rot of Lanzhou lily, disease samples were collected from main planting locations of Lanzhou lily in Gansu in the fall of 2013. Fungi and Oomycota were isolated from 522 tissue pieces of diseased roots, basal plates, and scales by normal fungus tissue isolation method. A total of 574 strains of fungi and Oomycota were isolated, with an isolation rate of fungi and Oomycota of 109.96%. As a result of morphological identification, 6 genera were obtained, of which isolation frequency of *Ilyonectria*, *Fusarium* and *Rhizoctonia* amounted to 46.86%, 32.23% and 17.07% respectively, as the dominant population in the total isolated fungi. The proportion of the 3 dominant bacteria groups is obviously different because of the separation site and the sampling plot.

Key words: Lanzhou lily; Brown rot disease; Isolation rate; Isolation frequency; Dominant population

兰州百合 [*Lilium davidii* var. *willmottiae* (E. H. Wilson) Raffill] 是川百合的一个变种^[1], 具有食用、药用、保健和观赏价值。兰州百合不仅是中国百合中的上品, 而且是中国唯一的甜百合, 享有“兰州百合甲天下”的美誉。兰州栽培百合的历

史已有400多年, 作为兰州市最具特色的农产品之一, 历经数百年的发展, 兰州百合已经成为产区农民摆脱贫困、增加收入的支柱产业^[2-5]。目前, 兰州百合种植面积在6 667 hm²以上, 年产量3 000万~4 000万 kg^[6]。

收稿日期: 2017-11-21

基金项目: 国家农产品质量安全风险评估基金项目(GJFP2013-201701002); 甘肃省农业科技创新项目(GNCX-2014-34)。

作者简介: 白滨(1965—), 男, 甘肃镇原人, 副研究员, 主要从事植物保护、农产品质量安全、农畜产品品质及风险评估研究工作。E-mail: gsabaibin@sina.com。

通信作者: 何苏琴(1965—), 女, 江西修水人, 副研究员, 主要从事植物病理及资源微生物利用研究工作。E-mail: gshesuqin@sina.com。

兰州百合的种植区域集中且生产周期较长(从母籽培育到形成商品百合一般需要5~6 a), 轮作倒茬困难, 随着种植面积的扩大和种植年限的延长, 百合根和鳞茎褐腐病日趋严重, 严重影响了兰州百合的产量和质量。由于受侵染部位不同, 可产生根腐、根盘腐烂和鳞片腐烂等多种症状: 鳞片上单个病斑圆形、黄褐色至黑褐色, 稍隆起至明显凹陷, 一些病斑在鳞片上形成穿孔, 病斑直径1~5 mm, 可相连成片, 严重时外面的1~2层鳞片完全变黑腐烂; 根盘受害呈黄褐色至黑褐色; 病根呈污黄、黄褐或黑褐色(见封三图1)。

由于百合种类、种植区域、栽培方式及生态条件的不同, 百合根和鳞茎褐腐(斑)病的病原种类也存在较大差异。在北美和加拿大, *Colletotrichum dematium*、*Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* 和 *Cylindrocarpon radiclecola* 是引起百合鳞茎腐烂的主要病原^[7-9]; 在荷兰, Bollen^[10] 于1971—1975年对采自23块百合田块的病害标样进行了分离, *Cylindrocarpon* sp. 的分离频率在50.3%~51.0%, *Fusarium oxysporum* 的分离频率在35.1%~38.7%, *Penicillium corymbiferum* 的分离频率在4.3%~19.7%, *Sistotrema* sp. 的分离频率在6.6%~18.4%, 且 *Penicillium corymbiferum* 和 *Sistotrema* sp. 在地下茎和鳞片上的分离频率明显不同; 在西班牙, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* 和 *Fusarium proliferatum* 可引起百合叶片黄化和落叶, 根和鳞茎产生坏死斑, 甚至植株矮化和死亡^[11]; 在以色列, 引起百合根腐和鳞茎腐烂的病原包括 *Rhizoctonia* AG-A, *Rhizoctonia solani*, *Pythium oligandrum*, *Fusarium proliferatum* 和 *F. oxysporum*^[12]。我国报道的可引起百合生长期根和鳞茎腐烂的病原菌有 *Botrytis elliptica*, *Colletotrichum liliacearum*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium tricinctum*, *Penicillium cyclopium*, *Phytophthora parasitica*, *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*等^[13-22]。

为了探明兰州百合褐腐病相关真菌和卵菌种类, 给病害科学防治提供技术支撑, 我们于2013年秋季在兰州百合主产区采集标样, 对兰州百合褐腐病罹病根、根盘和鳞片组织进行了组织分离, 对分出真菌和卵菌的优势种群进行了分析, 并对部分菌株的致病性进行了测定, 现报道如下。

1 材料与方法

1.1 标样采集

于2013年9月在兰州百合主产区的5个样点采集罹病百合标样。标样标记后置于保鲜袋中, 带回实验室后立即摊晾开, 在48 h之内对标样进行组织分离。标样采集明细见表1。

1.2 培养基

培养基为马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA), 配方为马铃薯200 g、葡萄糖20 g、琼脂12 g, 水1 000 mL, pH自然。

1.3 真菌和卵菌的分离、纯化及保藏

采用常规的真菌组织分离法进行分离^[23]。将罹病鳞片和根盘组织剪成0.5 cm × 0.5 cm的小块, 根剪成长1 cm左右的小段, 用70%乙醇表面消毒5~10 s, 再用灭菌水冲洗4~5次, 置PDA平板上, 20~22℃黑暗培养, 长出的真菌及时纯化保藏。

1.4 真菌和卵菌的鉴定

采用传统的形态分类鉴定方法, 依据分出真菌和卵菌的培养特征和显微形态特征, 鉴定到属。分类鉴定参考的主要文献包括《真菌鉴定手册》^[24], *Illustrated genera of imperfect fungi*^[25], *Delimitation of Neonectria and Cylindrocarpon (Nectriaceae, Hypocreales, Ascomycota) and related genera with Cylindrocarpon-like anamorphs*等^[26]。

1.5 分离结果统计

以分出率衡量罹病组织中真菌和卵菌的丰富程度及每个组织块受多重侵染的发生频率。分出率(isolation rate)为分离到的某一类型真菌和卵菌的菌株数占分离样品组织块总数的百分率, 以分

表1 罹病百合标样采集明细

标样编号	标样采集地点	标样采集时间	采样地块的土壤含水量/(g/kg)	采样量/头
1	兰州市七里河区西果园镇袁家湾村	2013年9月7日	141.2	30
2	永靖县关山乡南堡村	2013年9月16日	140.9	31
3	兰州市西固区金沟乡马家山村	2013年9月16日	122.1	28
4	临洮县中铺镇马家山村	2013年9月17日	127.9	30
5	临洮县中铺镇马家山村	2013年9月17日	165.7	40

离频率比较判断优势菌群。分离频率(isolation frequency)为分离到的某一类型真菌和卵菌的菌株数占分离总的真菌和卵菌菌株数的百分率^[27]。

1.6 部分菌株的致病性测定

在分出真菌的3个优势菌群中,选择代表性的9个菌株为测试菌株。待测丝核菌属(*Rhizoctonia*)菌株在PDA平板上20℃黑暗培养3d,在菌落边缘取直径5mm菌丝块,接种于健康的兰州百合鳞片和小鳞茎上,每菌株接种10枚百合鳞片和6枚小鳞茎,每枚鳞片接种1块菌丝块,在每枚小鳞茎的根盘和根部接种2~3块菌丝块,以不接菌的兰州百合鳞片和鳞片为对照,放置在直径20cm的培养皿内、室温(20℃)下保湿培养。土赤壳属(*Ilyonectria*)和镰刀菌属(*Fusarium*)待测菌株在PDA平板上20℃黑暗培养7~10d,在菌落边缘取直径5mm的菌丝块,接种于健康的兰州百合鳞片上,每菌株接种10枚百合鳞片,每枚鳞片接种1块菌丝块,以不接菌的兰州百合鳞片为对照,置直径20cm培养皿内、室温(20℃)下保湿培养。小鳞茎接种后7d、鳞片接种后35d统计发病率,对发病的百合组织进行病原菌重分离。

2 结果与分析

2.1 分出真菌和卵菌的组成

从表2可以看出,从5个样点采集的罹病百

合标样中共分离得到真菌和卵菌574株,鉴定后归于6个属,少数不产孢真菌或疑难菌暂归为其他。在属的水平上,以土赤壳属(*Ilyonectria*)、镰刀菌属(*Fusarium*)和丝核菌属(*Rhizoctonia*)为优势菌群,分别占总菌株数的46.86%、32.23%、17.07%。病组织块的真菌和卵菌分出率为100.00%~134.78%,从1块病组织上分出1种以上菌类的现象普遍。

2.2 优势菌群在不同地块间的差异

从表3可以看出,3个优势菌群在不同地块的差异明显。不同地块间土赤壳属(*Ilyonectria*)的分离频率为18.92%~85.85%,分出率为19.44%~91.00%;镰刀菌属(*Fusarium*)的分离频率为1.75%~58.02%,分出率为1.83%~66.67%;丝核菌属(*Rhizoctonia*)的分离频率为2.83%~45.61%,分出率为3.00%~47.71%。3个优势菌群在不同地块分出真菌和卵菌中的占比差异与采样地块的土壤含水量间无线性关系。

2.3 优势菌群在不同分离部位的差异

从表4可以看出,3个优势菌群在罹病百合不同部位分出真菌和卵菌中的占比差异明显,土赤壳属(*Ilyonectria*)在鳞片和根上的分出率和分离频率较高,镰刀菌属(*Fusarium*)在根盘上的分出率和分离频率最高,而丝核菌属(*Rhizoctonia*)的在根盘

表2 百合褐腐病分出真菌和卵菌的类群组成^①

标样 编号	分离 部位	分出 组织 块数 /块	分出 菌株数 /株	分出率(%) / 分离频率(%)							
				Bot	Ily	Fus	Pen	Pyt	Rhi	其他	总计
1	根	57	66	43.86/37.88	43.86/37.88	7.02/6.06	1.75/1.52	19.30/16.67		115.79/100.00	
	根盘	38	45	13.16/11.11	105.26/8.89					118.42/100.00	
	鳞片	46	51	2.17/1.96	34.78/31.37	63.04/56.86		2.17/1.96	8.70/7.84	110.87/100.00	
2	根	52	62	78.85/66.13	21.15/17.74			19.23/16.13		119.23/100.00	
	根盘	25	25	20.00/20.00	72.00/72.00			4.00/4.00	4.00/4.00	100.00/100.00	
	鳞片	23	31	78.26/58.06	52.17/38.71			4.35/3.23		134.78/100.00	
3	根	30	30	13.33/13.33	40.00/40.00			46.67/46.67		100.00/100.00	
	根盘	19	19	15.79/15.79	84.21/84.21					100.00/100.00	
	鳞片	23	25	30.43/28.00	52.17/48.00			8.70/8.00	17.39/16.00	108.70/100.00	
4	根	20	24	65.00/54.17	25.00/20.83			15.00/12.50	10.00/8.33	120.00/100.00	
	根盘	46	46	100.00/100.00						100.00/100.00	
	鳞片	34	36	94.12/88.89	8.82/8.33			2.94/2.78		105.88/100.00	
5	根	29	34	68.97/58.82	6.90/5.88			3.45/2.94	27.59/23.53	117.24/100.00	
	根盘	43	43					4.65/4.65	95.35/95.35	100.00/100.00	
	鳞片	37	37	91.89/91.89				8.11/8.11		100.00/100.00	
总计		522	574	0.19/0.17	51.53/46.86	35.44/32.23	0.77/0.70	1.72/1.57	18.77/17.07	1.53/1.39	109.96/100.00

①Bot、Ily、Fus、Pen、Pyt、Rhi分别为*Botrytis*、*Ilyonectria*、*Fusarium*、*Penicillium*、*Pythium*、*Rhizoctonia*的缩写,下同。

表3 不同地块百合褐腐病分出真菌和卵菌优势菌群的差异

标样编号	采样地块的土壤含水量/(g/kg)	分离组织数/块	分出菌株数/株	分出率(%) / 分离频率(%)			
				Ily	Fus	Rhi	总计
3	122.1	72	74	19.44/18.92	55.56/54.05	22.22/21.62	97.22/94.59
4	127.9	100	106	91.00/85.85	8.00/7.55	3.00/2.83	102.00/96.23
2	140.9	100	118	64.00/54.24	41.00/34.75	12.00/10.17	117.00/99.15
1	141.2	141	162	32.62/28.40	66.67/58.02	10.64/9.26	109.93/95.68
5	165.7	109	114	49.54/47.37	1.83/1.75	47.71/45.61	99.08/94.74

表4 百合褐腐病不同部位分出真菌和卵菌优势菌群的差异

分离部位	分离组织数/株	分出菌株数/株	分出率(%) / 分离频率(%)			
			Ily	Fus	Rhi	总计
根	188	216	54.79/47.69	29.26/25.46	23.94/20.83	107.98/93.98
根盘	171	178	34.50/33.15	43.27/41.57	24.56/23.60	102.34/98.31
鳞片	163	180	65.64/59.44	34.36/31.11	6.75/6.11	106.75/96.67

和根上的分出率和分离频率明显高于鳞片。

2.4 试验菌株对兰州百合的致病性

测试的9个菌株中有7个菌株对兰州百合具有致病性。对发病的百合组织进行病原菌的重分离, 原接种菌的分出率达100%(见表5、封三图2)。

表5 试验菌株对兰州百合的致病性

菌株编号	类群	接种鳞片数/枚	鳞片发病率/%	接种小鳞茎数/枚	小鳞茎发病率/%
1	Rhi	10	0	6	0
2	Rhi	10	0	6	16.7
3	Rhi	10	10.0	6	50.0
4	Ily	10	0		
5	Ily	10	10.0		
6	Ily	10	10.0		
7	Ily	10	60.0		
8	Fus	10	30.0		
9	Fus	10	40.0		
CK		10	0	6	0

3 小结与讨论

百合属植物大约有115种, 主要分布于北半球的温带和高山地区, 特别是东亚地区, 我国有55种^[1]。关于兰州百合的学名, 除 *Lilium davidii* var. *willmottiae* (E. H. Wilson) Raffill 外^[1], 使用较多的还有 *Lilium davidii* var. *unicolor* Cotton^[25], *Lilium davidii* var. *unicolor* Salisb 等^[29-30], 这些名称间的关系如何, 期待相关的植物分类学工作者进行梳理和规范使用。

本研究中, 土赤壳属 [*Ilyonectria* (*Cylindrocarpone*-like anamorphs)]、镰刀菌属 (*Fusarium*) 和丝核

菌属 (*Rhizoctonia*) 3类菌的分出频率分别为46.86%、32.23%和17.07%, 总的分出频率达96.17%, 与李诚^[14]1990—1993年对采自兰州市和平凉市的兰州百合的分离结果 (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* 和 *Fusarium moniliform* 3种镰刀菌总的分离比率达84%) 相比较, 差异较大; 与 Bollen^[10]1971—1975年对采自荷兰的23块百合田块的病害标样的分离结果 (*Cylindrocarpone* sp. 的分离频率达50.3%~51.0%) 有部分相似。

土赤壳属 (*Ilyonectria*) 大多数种类为植物病原菌, 可引起植物根腐病和黑腐病等^[31], 其无性型柱孢属 (*Cylindrocarpone* Wollenw.) 真菌是人参、西洋参和三七等药用植物根腐(锈腐)病的主要病原菌^[32-36]。

本研究中, 土赤壳属 [*Ilyonectria* (*Cylindrocarpone*-like anamorphs)] 的3个菌株、镰刀菌属 (*Fusarium*) 的2个菌株和丝核菌属 (*Rhizoctonia*) 的2个菌株对兰州百合的致病性得到确认, 但由于不同种类病菌的致病条件存在差异, 在同一条件下对试验菌株致病性的测定结果并不能完全反映其致病力强弱。分出真菌和卵菌的种的鉴定, 在不同温湿度条件下和对寄主不同组织部位的致病性, 以及非致病种类与致病菌的关系等, 都有待于进一步开展细致的研究工作。

参考文献:

- [1] LIANG S J, TAMURA MN, LILIUM LINNAEUS. Flora of China [EB/OL]. (2000-12-20) [2016-09-09]. <http://flora.huh.harvard.edu/china/PDF/PDF24/lilium.pdf>.
- [2] 周清泉. 兰州百合产业发展现状及对策[J]. 甘肃农业

- 科技, 2016(1): 64-66.
- [3] 周清泉. 二阴地区兰州百合无公害栽培关键技术[J]. 甘肃农业科技, 2016(4): 74-75.
- [4] 石有太, 林育红, 崔文娟. 兰州百合高效配方施肥技术[J]. 甘肃农业科技, 2013(7): 61-62.
- [5] 兰州百合基础知识[J]. 甘肃农业, 2015(11): 25-26.
- [6] 余佳蔓. 兰州百合产业现状与发展新思路[J]. 园艺与种苗, 2012(5): 42-45.
- [7] SMITH J D, MAGINNES E A. Scale rot test for hybrid lilies[J]. Canadian Plant Disease Survey, 1966, 46(3): 92-94.
- [8] SMITH J D, MAGINNES E A. Scale rot test of hardy hybrid lilies[J]. Canadian Plant Disease Survey, 1969, 49(2): 43-45.
- [9] BALD J G, LENZ J V, PAULUS A O, et al. Multi-component preplanting dips for easter lily bulbs [J]. Plant Disease, 1982, 66(5): 399-401.
- [10] BOLLEN G J. Pathogenicity of fungi isolated from stems and bulbs of lilies and their sensitivity to benomyl[J]. Netherlands Journal of Plant Pathology, 1977, 83: 317-329.
- [11] PRADOS-LIGERO A M, BASALLOTE-UREBA M J, MELERO-VARA J M. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii* and *F. proliferatum* affecting *Lilium* crops in Spain[J]. Tropical Plant Pathology, 2008, 33(3): 235-236.
- [12] LEBIUSH-MORDECHAIL S, ERLICHL O, MAYMON M, et al. Bulb and root rot in lily (*Lilium longiflorum*) and onion (*Allium cepa*) in Israel[J]. Journal of Phytopathology, 2014, 162: 466-471.
- [13] 王拱辰, 寿绍贤, 鲍建荣. 百合鳞茎斑点病原菌鉴定[J]. 植物病理学报, 1994, 24(3): 212-217.
- [14] 李 诚. 百合鳞茎带菌及种球消毒试验[J]. 植物保护, 1994, 20(4): 24-25.
- [15] 唐祥宁, 游春平, 刘福秀, 等. 江西百合病害调查与鉴定[J]. 江西农业学报, 1997, 9(4): 1-8.
- [16] 梁巧兰, 徐秉良, 刘艳梅. 观赏百合根腐病病原鉴定及药剂筛选[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(1): 25-28.
- [17] 冯翠萍, 李艳琼, 纳玲洁, 等. 玉溪市百合病害种类的调查与鉴定[J]. 福建林业科技, 2007, 34(1): 126-127.
- [18] 毛军需, 李 有. 豫西百合病害种类的调查与分析[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(3): 302-305.
- [19] 安智慧, 石延霞, 刘永春, 等. 百合根腐病病原鉴定及防治方法[J]. 中国蔬菜, 2010(3): 23-24.
- [20] 朱海燕, 夏 花, 高必达. 湖南省食用百合生长期鳞茎腐烂病的病原鉴定[J]. 植物病理学报, 2012, 42(5): 525-527.
- [21] LI Y Y, WANG Y J, XIE Z K, et al. First report of lily blight and wilt Caused by *Fusarium tricinctum* in China[J]. Plant Disease, 2013, 97(7): 993.
- [22] SHANG Q H, ZHAO X, LI Y Y, et al. First report of *Fusarium tricinctum* causing stem and root rot on Lanzhou lily (*Lilium davidii* var. *unicolor*) in China[J]. Plant Disease, 2014, 98(7): 999.
- [23] 方中达. 植病研究方法[M]. 4版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 122-126.
- [24] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 1-780.
- [25] BARNETT H L, HUNTER B B. Illustrated genera of imperfect fungi(4th edition) [M]. Minnesota: APS Press, 1998: 1-218.
- [26] CHAVERRI P, SALGADO C, HIROOKA Y, et al. Delimitation of *Neonectria* and *Cylindrocarpon* (Nectriaceae, Hypocreales, Ascomycota) and related genera with *Cylindrocarpon*-like anamorphs[J]. Studies in Mycology, 2011, 68: 57-78.
- [27] 杜少康, 陈双林, 林 岱, 等. 银杏叶部内生真菌多样性的研究[J]. 菌物学报, 2009, 28(4): 504-511.
- [28] 黄彦玮, 师桂英, 李谋强, 等. 外源 GA3、ABA 对低温冷藏兰州百合种球萌发的促抑效应及种球碳水化合物变化研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(1): 55-61.
- [29] 马君义, 赵小亮, 张 继, 等. 兰州百合的研究进展[J]. 塔里木农垦大学学报, 2005, 17(4): 53-56; 76.
- [30] 李玉帆, 明 军, 刘新艳, 等. 15个百合种和品种的食用性比较研究[J]. 园艺学报, 2013, 40(增刊): 2693.
- [31] 王玉君, 张丽春, 郭顺星. 土赤壳属三个中国新记录种[J]. 菌物学报, 2015, 34(6): 1209-1214.
- [32] 张天宇, 李恭民, 陈伟群, 等. 西洋参锈腐病病原研究[J]. 西北农业大学学报, 1991, 19(1): 43-48.
- [33] 严雪瑞, 傅俊范. 柱孢属(*Cylindrocarpon*)真菌和参类锈腐病的研究历史与现状[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(1): 71-75.
- [34] 缪作清, 李世东, 刘杏忠, 等. 三七根腐病病原研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1371-1378.
- [35] 王 琴, 金若忠, 云丽丽, 等. 人参锈腐病发生情况和病原研究[J]. 辽宁林业科技, 2014(3): 15-17.
- [36] 龙月娟, 毛忠顺, 朱书生, 等. 三七锈斑病的病原菌[J]. 菌物学报, 2015, 34(2): 177-185.

(本文责编: 郑立龙)