

引用格式:

王小秋, 葛礼姣, 仇亮, 翟彩娇, 王广达, 宋益民, 程玉静. 囊荷叶枯病病原菌的分离鉴定与生物学特性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(6): 689–693.

WANG X Q, GE L J, QIU L, ZHAI C J, WANG G D, SONG Y M, CHENG Y J. Isolation, identification and biological characteristics of the pathogen causing leaf blight of *Zingiber mioga*[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(6): 689–693.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



囊荷叶枯病病原菌的分离鉴定与生物学特性

王小秋¹, 葛礼姣¹, 仇亮¹, 翟彩娇¹, 王广达², 宋益民^{1*}, 程玉静¹

(1.江苏沿江地区农业科学研究所, 江苏 南通 226012; 2.扬州大学农学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 从发病严重田块采集囊荷叶枯病病叶, 采用组织分离法进行病原菌分离、纯化, 获得代表性致病菌株 RH-1, 对 RH-1 进行鉴定, 并测定其生物学特性。结合病原菌形态学特征和分子生物学鉴定, 构建真菌内转录间隔区(ITS)、 β -微管蛋白基因(β -*Tubulin*)和 *TEF-1 α* 系统发育树, 鉴定该菌为尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)。分别在温度(5、10、15、20、25、30、35 °C)、pH(4、5、6、7、8、9、10)和光照时间(连续光照、连续黑暗、12 h 光照/12 h 黑暗、24 h 光照/24 h 黑暗)条件下用 PDA 培养基培养 RH-1, 结果在 30 °C、pH 9 和连续光照下菌丝生长较快。分别用葡萄糖、 α -乳糖和麦芽糖以及酵母膏、牛肉膏、(NH₄)₂SO₄、NH₄Cl、蛋白胨和 NH₂CH₂COOH 等量替代 Czapek 基础培养基中的碳源和氮源, 发现菌丝生长的较适碳源为葡萄糖或麦芽糖, 最适氮源为牛肉膏或蛋白胨。将 RH-1 分别接种于红囊荷和绿囊荷, 发现绿囊荷的抗病性强于红囊荷的。

关键词: 囊荷; 病原菌; 尖孢镰刀菌; 生物学特性

中图分类号: S436.32

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)06-0689-05

Isolation, identification and biological characteristics of the pathogen causing leaf blight of *Zingiber mioga*

WANG Xiaoqiu¹, GE Lijiao¹, QIU Liang¹, ZHAI Caijiao¹, WANG Guangda², SONG Yimin^{1*}, CHENG Yujing¹

(1.Jiangsu Yanjiang Institute of Agricultural Sciences, Nantong, Jiangsu 226012, China; 2.College of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: Diseased leaves from *Zingiber mioga* with leaf blight were collected from severely affected fields, and pathogenic bacteria were isolated and purified using tissue isolation method. The representative pathogenic strain RH-1 was obtained, further identification of strain RH-1 was conducted and biological characteristics of the strain were determined. Combining the results of morphological characteristics, molecular and biological identification, constructed fungal internal transcriptional spacer regions(ITS), phylogenetic tree based on β -*Tubulin* and *TEF-1 α* , the pathogen was identified as *Fusarium oxysporum*. Strain RH-1 was cultured on PDA medium with different temperatures(5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 °C), pHs(4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), and light durations(continuous light, continuous darkness, 12 hours of light/12 hours of darkness, and 24 hours of light/24 hours of darkness). The results showed that the mycelium grew faster under 30 °C, pH9, and continuous light conditions. Using glucose α -lactose and maltose as carbon sources, and yeast extract, beef extract, (NH₄)₂SO₄, NH₄Cl, peptone, and NH₂CH₂COOH as nitrogen sources to replace the carbon and nitrogen sources in Czapek basic culture medium in equal amounts. mycelium growth showed that the optimal carbon source was glucose or maltose, and the optimal nitrogen source was beef extract or peptone. Strain RH-1 was inoculated into red and green *Zingiber mioga* respectively, and it was found that green *Zingiber mioga* has stronger disease resistance.

收稿日期: 2023-05-24

修回日期: 2023-09-20

基金项目: 南通市科技局科技计划项目(JC2021019); 江苏省囊荷种质资源圃项目(通农财[2022]31号); 江苏沿江地区农业科学研究所青年基金(YJ[2021]005)

作者简介: 王小秋(1995—), 女, 浙江温州人, 硕士, 研究实习员, 主要从事蔬菜栽培与育种研究, 1419530948@qq.com; *通信作者, 宋益民, 硕士, 研究员, 主要从事蔬菜植物保护研究, 1335388924@qq.com

Keywords: *Zingiber mioga*; pathogen; *Fusarium oxysporum*; biological characteristics

囊荷(*Zingiber mioga*)是姜科姜属多年生宿根草本植物,俗称茗荷、野姜、阳藿等^[1]。囊荷从野生植物转变为食蔬,种植后病害日趋严重,叶片、茎和地下肉质根病害发生较为常见。刘照丰等^[2]和鲁秀琼等^[3]都发现,在高温、高湿且高密度种植的情况下,囊荷的地上茎秆和地下块根极易腐烂。此外,囊荷的主要食用部分花轴也会受到病原菌感染而腐烂^[4]。彭凤玲^[5]指出,囊荷腐烂病发病时间长,并且可造成多次侵染,导致囊荷产量锐减,病害防治难度大。吴金平等^[6]对造成囊荷叶片枯黄的病原菌进行分离鉴定,发现病原菌为茎点霉(*Phoma* sp.)。

笔者在江苏南通如东、如皋等囊荷种植基地田间发现一种囊荷叶枯病,囊荷叶片呈现不同程度的点片危害状。叶片发病时,常在叶缘或叶片上形成大小和形状都不规则的病斑,后逐渐向外扩展,最后蔓延至整张叶片,导致叶片失绿、枯黄,严重时植株完全枯萎死亡。设施化大棚中,该病害常于5—7月发生,6—7月为发病高峰;露地栽培中,该病害常于7—9月发生,8—9月采收前后为发病高峰。为此,对这一囊荷叶枯病的病原菌进行了分离纯化,通过形态学鉴定、分子生物学鉴定以及致病性测定,明确了病原菌种类,并对病原菌的生物学特性进行了测定,以期利用获得的病原菌筛选抗病种质,为该病害的防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

于2022年7月在江苏如东囊荷种植大棚内将囊荷叶枯病发病叶剪下,装入牛皮纸袋,标注采集地点和时间,带回,置于4℃冰箱内保存。

1.2 方法

1.2.1 病原菌的分离纯化

在囊荷叶枯病病叶病健交界处剪下约5 mm×5 mm的小块组织,参照蒋晶晶等^[7]的方法处理后置于PDA培养基,25℃恒温培养箱中暗培养3~4 d,挑取菌落边缘带有菌丝的琼脂块继续在新的平板培养基上纯化培养。挑选形态一致、出现频率较高的菌落进行单孢分离培养并接种于斜面PDA培养

基,于4℃保存,备用。

1.2.2 病原菌形态观察及致病性测定

从分离纯化获得的病原菌中选取代表株,在PDA培养基上培养3 d,用5 mm打孔器打取菌饼,有菌丝的一面放置于健康囊荷离体叶片微创伤伤口上,覆盖保鲜膜。同时以空PDA菌饼为对照,设置3个重复。放置于25℃环境中培养,适时喷水。每天观察并记录。待叶片发病出现病斑后观察症状。

将代表菌株进行活化,培养5 d后用打孔器在菌落边缘打孔,得到菌饼,接种于PDA培养基,于25℃培养箱中暗培养,观察并记录菌落形态特征。在光学显微镜下观察孢子及菌丝形态。

1.2.3 病原菌的分子生物学鉴定

按照CTAB法^[8]提取病原菌总DNA,对真菌内转录间隔区(ITS)、 β -微管蛋白基因(β -*Tubulin*)和*TEF-1 α* 基因进行PCR扩增^[9-10]。扩增产物经1.0%琼脂糖凝胶电泳检测后送擎科生物科技有限公司(南京)测序。

1.2.4 病原菌的生物学特性测定

1) 以PDA培养基为基础培养基,分别在不同温度(5、10、15、20、25、30、35℃),不同pH(4、5、6、7、8、9、10)和不同光照处理(连续光照、连续黑暗、12 h光照/12 h黑暗和24 h光照/24 h黑暗)条件下对病原菌进行培养,每个处理重复3次。在第3天和第5天用十字交叉法^[11]测量菌落直径。

2) 用葡萄糖、 α -乳糖和麦芽糖等作为碳源,等量替代Czapek基础培养基中的碳源(蔗糖),用酵母膏、牛肉膏、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4Cl 、蛋白胨和 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 等作为氮源,等量替代Czapek基础培养基中的氮源(NaNO_3),配制不同碳源和氮源的培养基。将直径5 mm的病原菌菌丝饼接种于这些培养基,置于25℃培养箱中暗培养,每个处理重复3次,在第3天和第5天用十字交叉法测量菌落直径。

1.3 不同品种囊荷的抗性鉴定

取健康红囊荷和绿囊荷叶片,用灭菌刀片轻刮

叶片表面形成微创伤。将培养 3 d 的病原菌菌株用打孔器打取菌饼，有菌丝的一面放置于伤口上，轻轻覆盖保鲜膜，设置 3 个重复。置于 25 °C 下培养，适时喷水，逐日观察并记录囊荷的发病状况。

1.4 数据分析

运用 SPSS IBM 22.0 对数据进行处理。ANOVA–Duncan’s 进行描述性方差同质性检验。菌株测序获得的序列结果在 NCBI(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)数据库上进行同源性比对，选取相似度高于 95% 种属的序列，同时选取同属不同种的菌株作为外源菌株一起参与建树。在 MEGA11.0 软件中采用邻接法(NJ)构建病原菌系统发育树，自展值为 1000。

2 结果与分析

2.1 囊荷叶枯病原菌的鉴定结果

田间囊荷叶枯病主要在囊荷叶片上发生(图 1)，囊荷叶尖、叶缘以及叶片内部都可发生。发病初期，叶片上出现褪绿黄化病斑，后逐渐向外扩展，病斑中心呈灰白色，向外呈棕褐色，叶片内部病斑为近椭圆形。叶尖受到侵染后，随时间延长逐渐向叶片中心扩展，形成长条状以及连片的病斑，造成叶片失绿、枯萎，最终导致叶片枯萎卷曲。

将培养 3~4 d 的病原菌接种到健康的囊荷离体叶片上，第 2 天菌块长满菌丝，4~5 d 后叶片出现病斑，随后病斑逐渐扩大，此时接种 PDA 的对照

叶片未出现任何症状。对接种后发病的叶片进行病原菌分离、培养，得到该病原菌，根据柯赫氏法则，该分离株是引起囊荷田间叶枯病的病原菌。



图 1 囊荷叶枯病田间自然发病症状

Fig.1 Natural onset symptoms in the field of *Zingiber mioga*

通过单孢分离获得菌株，将代表株命名为 RH-1。RH-1 菌株在 25 °C 培养箱中黑暗培养，从第 2 天开始出现白色菌丝，4~5 d 后菌丝即布满 60 mm 培养皿。菌落由中心向外呈放射状生长。在培养过程中产生大量气生菌丝，菌丝呈白色，生长较密集，似棉絮状，菌落后期呈现粉红色(图 2-1)。在显微镜下观察到分生孢子梗单生或簇生(图 2-2)，色淡，常略弯曲。小型分生孢子较多，呈卵形或肾形，大小为(8.23~17.62) μm ×(3.51~4.75) μm，有的没有隔膜，有的有 1 个隔膜；大型分生孢子数量较少，呈纺锤形，大小为(29.30~31.80) μm ×(5.69~5.92) μm，有 2~3 个隔膜(图 2-3)。

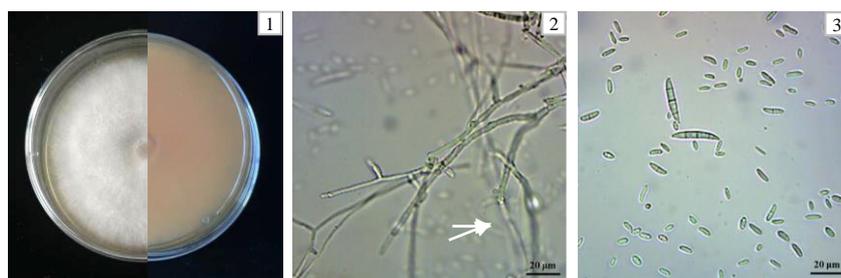


图 2 菌株 RH-1 在 PDA 培养基上生长 5 d 后菌落的形态

Fig.2 Colony morphology of strain RH-1 after 5 days of growth on PDA medium

以 RH-1 的 DNA 为模板，采用 rDNA–ITS 通用引物 ITS1/ITS4 和 β-微管蛋白基因引物 Bt2a/Bt2b 进行 PCR 扩增，扩增产物在电泳图谱中显示扩增出的片段大小分别约为 500 bp。利用 NCBI 上 BLAST 分析程序对所得序列进行同源性比对，发现该病原菌序列与 NCBI 上提交的尖孢镰刀菌的

rDNA–ITS 序列高度相似，相似度达到 100%。为进一步验证 RH-1 是否为尖孢镰刀菌属，利用 *TEF-1α* 基因特异性引物进行 PCR 扩增并测序，将测序结果在 NCBI 上进行比对，结果显示与尖孢镰刀菌高度相似。针对 rDNA–ITS、*TUB2* 和 *TEF-1α* 等 3 个位点的比对结果，分别选取相似度在 95% 以上的菌株

序列,运用 MEGA11.0 软件,采用邻接法构建系统发育树,如图 3 所示。结果显示,病原菌属于尖孢

镰刀菌。结合病原菌的形态学鉴定结果,最终判断该病原菌为尖孢镰刀菌。

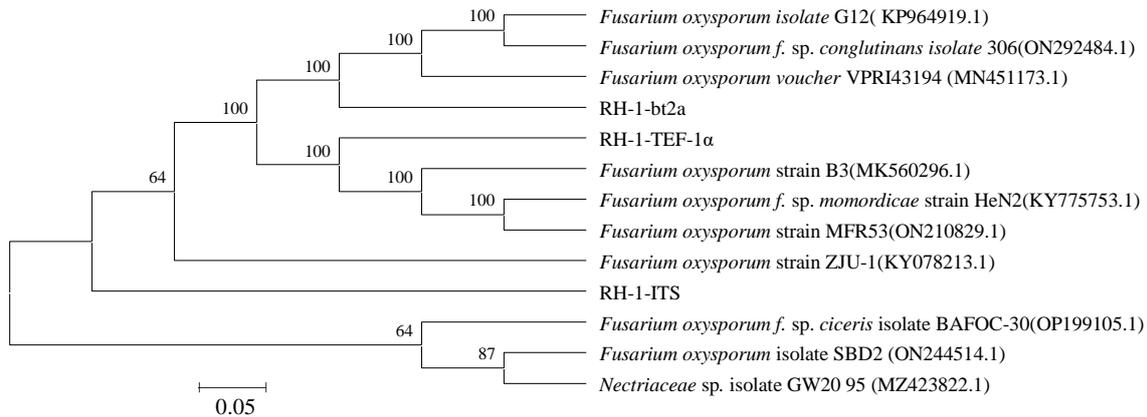


图 3 基于邻接法构建的 RH-1 在 ITS、TUB2 和 TEF-1 α 的系统发育树

Fig.3 Phylogenetic tree of pathogen RH-1 based on ITS and TUB2 and TEF-1 α gene constructed by adjacency method

2.2 病原菌的生物学特性

2.2.1 温度与 pH 和光照时间对病原菌菌丝生长的影响

RH-1 在不同温度、不同 pH 和不同光照时间的菌落直径列于表 1。结果表明, RH-1 在 10~35 °C 均可生长,在 5 °C 下不生长。10~30 °C 时,菌落平均直径随温度升高而增大。在 30 °C 时,菌落直径在第 3 天和第 5 天都最大,菌丝生长在第 3 天和第

5 天都最快。在 35 °C 时,菌落直径要小于 30 °C 的。当 pH 为 4~10 时,该菌株都能生长,pH 值为 4 时,菌丝生长最慢。在 pH 为 4~9 时,随着 pH 的提高,菌落直径增加,pH 为 9 时,菌落直径最大。pH 为 10 时,菌落直径小于 pH 为 8 时的。菌丝在连续光照时生长最快,且与其他光照处理的差异显著。综上,RH-1 菌丝生长的最适温度为 30 °C,最适 pH 为 9,光照有利于菌丝的生长。

表 1 不同温度和不同 pH 及不同光照时间培养的 RH-1 的菌落直径

Table 1 The diameter of the colony of strain RH-1 under different temperature, pH and light

温度/°C	菌落直径/cm		pH	菌落直径/cm		光照	菌落直径/cm	
	第 3 天	第 5 天		第 3 天	第 5 天		第 3 天	第 5 天
5	0.00a	0.00a	4	(2.08±0.16)a	(4.15±0.22)a	连续光照	(3.10±0.09)a	(5.65±0.05)a
10	(1.05±0.05)b	(1.67±0.08)b	5	(2.53±0.25)b	(4.93±0.20)b	连续黑暗	(2.67±0.14)c	(4.98±0.29)d
15	(1.45±0.05)c	(2.57±0.05)c	6	(3.01±0.08)c	(5.57±0.12)c	12 h 光照/12 h 黑暗	(3.02±0.08)b	(5.45±0.23)b
20	(2.60±0.08)d	(4.23±0.05)d	7	(2.90±0.32)cd	(5.93±0.25)d	24 h 光照/24 h 黑暗	(2.55±0.08)d	(4.98±0.21)c
25	(3.73±0.10)e	(6.02±0.10)e	8	(3.15±0.05)d	(5.73±0.29)cd			
30	(3.98±0.08)f	(6.23±0.08)f	9	(3.20±0.09)d	(5.83±0.20)cd			
35	(1.35±0.12)g	(1.46±0.14)g	10	(3.17±0.08)d	(5.72±0.17)cd			

同列不同字母表示处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.2.2 碳源和氮源对菌株 RH-1 菌丝生长的影响

从图 4 可以看出,菌株在不同碳源的培养基中生长快慢不同,其中以葡萄糖和麦芽糖为碳源的培养基上菌丝生长最快,且显著大于其他处理的。说明最适宜菌株 RH-1 生长的碳源为葡萄糖或麦芽糖。

从图 4 可以看出,在第 3 天,以牛肉膏为氮源的培养基中菌落扩展直径最大,其次为蛋白胨。在第 5 天时,以蛋白胨为氮源的培养基中菌落扩展直径最大,其次为牛肉膏。在不同的时间节点,尽管菌株 RH-1 表现出在不同的氮源条件下生长快慢不同,但主要是在牛肉膏和蛋白胨之间的差别,因此认为菌株 RH-1 最适的氮源为牛肉膏或蛋白胨。

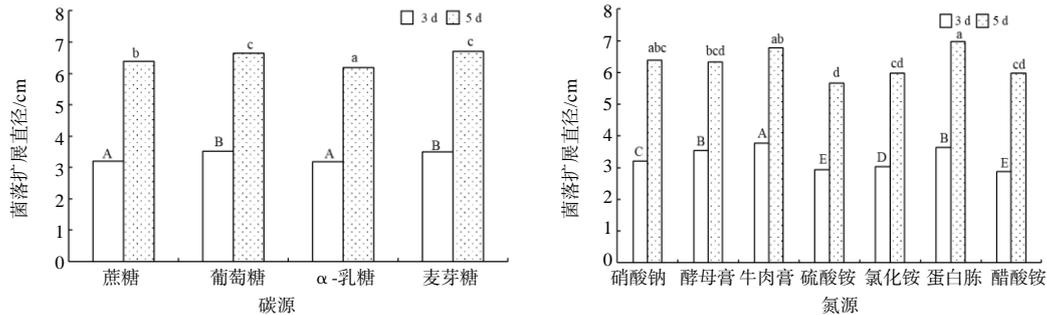


图 4 不同碳源和不同氮源培养基培养 3 d 和 5 d 的菌落的扩展直径

Fig.4 Colony expansion diameter on the 3rd and 5th day after culture under different carbon sources and nitrogen sources

2.3 红绿囊荷品种的抗性

将菌丝饼接种于红囊荷和绿囊荷叶片，接种 5 d，2 种囊荷叶片上都出现了明显的病斑(图 5)。主要表现为接种处有椭圆形或梭形病斑，病斑中间呈灰色，边缘为黄棕色，与病原菌致病性测定时的病症一致，可以确定是该病原菌造成的病症。从发病情况看，红囊荷叶片上的病斑大于绿囊荷叶片的。另外，红囊荷除病斑外叶片呈现出枯黄的现象，严重时整片叶子几近失绿(图 5-1)。相比之下，绿囊荷叶片除发病处外，仍保持绿色(图 5-2)。这说明绿囊荷的抗病能力稍强于红囊荷的。



图 5 红囊荷和绿囊荷接种病原菌 5 d 后的病叶

Fig.5 Diseased leaves of red and green *Zingiber mioga* 5 days after inoculation with pathogenic bacteria

3 结论与讨论

从人工种植大棚内囊荷叶枯病病叶上分离得到病原菌，通过形态学观察，初步鉴定为镰孢属；利用 rDNA-ITS、TUB2 和 TEF-1α 3 个位点进行分子生物学鉴定，最终确定病原菌为尖孢镰刀菌。对该病原菌进行的生物学特性研究表明，该病原菌在 30 °C、连续光照和 pH 为 9 时菌落生长最快，最适碳源为葡萄糖或麦芽糖，最适氮源为牛肉膏或蛋白

胨。将病原菌接种于红囊荷和绿囊荷叶片上，发现绿囊荷的抗病性强于红囊荷的。有研究^[12-14]表明，尖孢镰刀菌常与其他真菌共同寄生于寄主，侵染植株。吴金平等^[6]在人工栽培囊荷上发现叶片枯黄、失绿的症状，但经过分离纯化后确定病原菌为茎点霉，本研究得出的结论与其不一致。结合尖孢镰刀菌存在与其他病原菌复合侵染的现象，推测可能存在多种病原菌侵染导致囊荷叶片枯萎、茎秆腐烂，因而分离出的病原菌不同。

笔者在囊荷叶枯病病叶分离得到的病原菌属于尖孢镰刀菌，其生物学特性与尖孢镰刀菌在其他作物上的表现^[15-17]有一定的差异。该病原菌耐高温，在 6—7 月塑料大棚高温高湿环境下仍可生存且致病，从而导致囊荷病害高发。

用分离鉴定出的病原菌接种红囊荷和绿囊荷叶片都会发病，但绿囊荷的症状轻于红囊荷的。与绿囊荷相比，红囊荷的抗病性较弱，且染病后易造成叶片失绿、枯黄，可能会影响红囊荷叶片的光合作用效率，从而减少其花轴养分积累，导致产量降低。

参考文献：

- [1] 黄胜白, 陈重明. 囊荷的本草考证[J]. 中药通报, 1987, 12(1): 5-7.
- [2] 刘照丰, 李雪晴, 于斌武. 恩施山区阳荷腐烂病的综合防治[J]. 中国果菜, 2020, 40(4): 95-97.
- [3] 鲁秀琼, 余运岚, 许启新, 等. 囊荷腐烂病的发病规律及防治[J]. 农业科技通讯, 2004 (2): 9.
- [4] GAPPA-ADACHI R, MORITTA Y. Bacterial soft rot of myoga(*Zingiber mioga*) caused by *Erwinia chrysanthemi*[J]. Journal of General Plant Pathology, 2013, 79(4): 270-276.
- [5] 彭凤玲. 阳荷腐烂病的发病规律与防治方法[J]. 现代农业科技, 2007(1): 64.

- 36-71.
- [7] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131-144.
- [8] LAMPITT R S, WISHNER K F, TURLEY C M, et al. Marine snow studies in the Northeast Atlantic Ocean: distribution, composition and role as a food source for migrating plankton[J]. *Marine Biology*, 1993, 116(4): 689-702.
- [9] 宋晨, 孟周, 王晓波, 等. 2019—2020年夏季舟山海域浮游动物优势种生态位及其生态分化[J]. *海洋学报*, 2022, 44(10): 127-139.
- [10] 叶文建, 杜萍, 寿鹿, 等. 舟山海域大中型浮游动物群落时空变化及受控要素[J]. *生态学报*, 2021, 41(1): 254-267.
- [11] 张孝民, 申瑞婷, 李少文, 等. 2010—2019年莱州湾夏季蟹类群落年际变化及其影响因子[J]. *中国水产科学*, 2022, 29(4): 596-607.
- [12] 何伟添. 澳门海岸湿地生态系统的特征及变化趋势研究[D]. 广州: 暨南大学, 2008.
- [13] 陈骞, 何伟添, 刘阳, 等. 澳门4个典型湿地的浮游动物群落特征[J]. *水生态学杂志*, 2014, 35(6): 24-30.
- [14] 李秀玉. 2002—2003年度澳门湿地保护区水体水质调查与分析[D]. 广州: 暨南大学, 2006.
- [15] 白海锋, 赵乃锡, 殷旭旺, 等. 渭河流域浮游动物的群落结构及其与环境因子的关系[J]. *大连海洋大学学报*, 2014, 29(3): 260-266.
- [16] 杨位迪, 郑连明, 李伟巍, 等. 长江口邻近海域夏季大中型浮游动物物种多样性、年际变化及其影响因素[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2018, 57(4): 517-525.
- [17] 时永强, 孙松, 李超伦, 等. 初夏南黄海浮游动物功能群丰度年际变化[J]. *海洋与湖沼*, 2016, 47(1): 1-8.
- [18] 林海, 王源, 李冰. 北京市妫水河浮游动物群落结构与水质评价[J]. *生态学报*, 2019, 39(20): 7583-7591.
- [19] 徐雪, 姚文佳, 邢雨辉, 等. 苏州工业园区湖泊后生浮游动物群落结构及影响因子[J]. *生态学报*, 2021, 41(10): 4023-4035.
- [20] 徐齐鑫. 浅谈生物技术在水环境监测中的应用[J]. *科技与创新*, 2019(24): 158-159.
- [21] 蔡国俊, 周晨, 林艳红, 等. 贵州草海高原湿地浮游动物群落结构与水质评价[J]. *生态环境学报*, 2016, 25(2): 279-285.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维

(上接第693页)

- [6] 吴金平, 张静柏, 郭凤领, 等. 阳荷新病害: 叶枯病原菌鉴定[J]. *中国植保导刊*, 2014, 34(7): 18-20.
- [7] 蒋晶晶, 杜蕙, 陈爱昌, 等. 甘肃省党参菌核病原菌鉴定及其生物学特性研究[J]. *草业学报*, 2022, 31(12): 181-190.
- [8] 苑广伟, 姜峰, 孙玉红, 等. 草莓根腐病原真菌的分离纯化及 ITS 分子鉴定[J]. *现代农业科技*, 2021(5): 103-107.
- [9] 徐丹丹, 乔方, 刘敏, 等. 黄晶果采后主要病原菌的分离与鉴定[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(11): 94-101.
- [10] 张德珍, 李鹏昌, 陈晓霞, 等. 山东省小麦根腐病原菌的分离鉴定[J]. *植物保护学报*, 2016, 43(2): 233-240.
- [11] 卢文洁, 尹桂芳, 王艳青, 等. 云南省荞麦茎枯病原菌鉴定及其生物学特性研究[J]. *西南农业学报*, 2022, 35(11): 2564-2570.
- [12] 胡雨萌, 曹彩霞, 吕莉珍, 等. 兰州百合鳞片气培腐烂病原菌的分离与鉴定[J]. *湖北农业科学*, 2022, 61(18): 84-87.
- [13] 邢珏珺, 许毓钊, 苏钰彤, 等. 广东花生果腐病原菌鉴定及药剂筛选试验[J]. *广东农业科学*, 2022, 49(8): 73-80.
- [14] 盖晓彤, 卢灿华, 卢艳霞, 等. 云南省烟草镰刀菌根腐病原菌鉴定[J]. *中国烟草学报*, 2023, 29(3): 74-83.
- [15] 孔琼, 郑亚美, 杨石有. 铁皮石斛根腐病原尖孢镰刀菌生物学特性及其有效杀菌剂筛选[J]. *东北农业科学*, 2022, 47(3): 108-112.
- [16] 文增叶, 李定华, 代梦瑶, 等. 三七根腐病原菌尖孢镰刀菌的生物学特性分析[J]. *中药材*, 2019, 42(9): 1978-1984.
- [17] 陈文乐. 福建省三明地区非洲菊根腐病原菌生物学特性与杀菌剂田间筛选[J]. *中国农学通报*, 2023, 39(28): 107-111.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维