

花生新黑地珠蚧发生为害及其系统发育

李绍建, 王娜, 崔小伟, 高蒙, 桑素玲, 范腕腕, 王振宇*

(河南省农业科学院植物保护研究所; 农业部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室;
河南省农作物病虫害综合防治重点实验室, 郑州 450002)

摘要 本文以花生地下害虫花生新黑地珠蚧为研究对象, 对其田间危害及虫体发育情况进行了调查, 并利用分子生物学技术对其进行系统发育研究。田间调查结果表明, 花生新黑地珠蚧在河南省一年发生一代, 多发生于沙壤土, 主要以珠体状的 2 龄若虫为害花生根部; 雌雄珠体数量及大小差异均较大, 单株花生上为害的雌珠体数 17~78 头, 雄珠体数 59~146 头, 雌雄珠体性比为 1.00:2.61, 雌雄珠体直径分别为 4.72~7.26 mm 和 1.83~2.65 mm。通过系统发育分析和传统形态学分类的综合分析表明本研究所采集害虫为花生新黑地珠蚧, 隶属于半翅目蚧总科珠蚧科。

关键词 花生新黑地珠蚧; 田间为害; 虫体发育; 系统发育分析; 珠蚧科

中图分类号: S 435.652 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018400

The occurrence, damage and phylogeny of *Neomargarodes gossypii*

LI Shaojian, WANG Na, CUI Xiaowei, GAO Meng, SANG Suling, FAN Wanwan, WANG Zhenyu

(Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southern Region of North China, Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract This study aims to investigate the field hazard and development of *Neomargarodes gossypii*, and reconstruct the phylogenetic relationship among different families. Field survey indicated that *N. gossypii* occurred one generation per year in Henan province which fed on the roots of peanut by its pearl shaped 2nd-instar nymph, and preferred sandy soil habitats. There were large differences on the amount and size between female and male pearl. The amount of female and male pearl per peanut was 17~78 and 59~146, respectively and the sex ratio was 1.00:2.61. The diameters of female and male pearl were 4.72~7.26 mm and 1.83~2.65 mm, respectively. Through comprehensive analysis of phylogenetic tree and morphological classification, the samples collected in Henan peanut fields were identified as *N. gossypii* that belongs to Margarodidae (Hemiptera: Coccoidea).

Key words *Neomargarodes gossypii*; field hazard; development; phylogenetic analysis; Margarodidae

花生新黑地珠蚧 *Neomargarodes gossypii* Yang, 属半翅目 Hemiptera 蚧总科 Coccoidea 珠蚧科 Margarodidae^[1], 在我国华中、华东、华北及西北地区均有发生, 是一种严重为害花生的地下害虫^[2-5]。该虫主要以 2 龄若虫聚集在花生根部刺吸根系汁液为害, 导致根系衰弱, 侧根减少, 进而花生生长不良, 结果少而瘪或不结果, 严重影响花生产量和品质^[6]。据调查, 一般田块可造成花生减产 20%~30%, 严重田块可达 50% 以上, 甚至绝收^[7]。近年来, 花生新黑地珠蚧的为害越来越严重, 已成为制约我国花生产业发展的重大阻碍。

新黑地珠蚧又名乌黑新珠蚧, 其最早于 1912 年由英国学者 Green 作为新种以 *Margarodes niger* 的拉丁学名发表, 并将其归类至珠蚧属 *Margarodes* 下, 1928 年 Morrison 将该虫归类至新珠蚧属 *Neomargarodes* 下, 并沿用拉丁文种名 *niger*^[8]。我国学者侯璋德等首次将为害我国花生的珠蚧定为乌黑新珠蚧 *Neomargarodes niger* (Green)^[9], 随后此名称被多名学者沿用。1979 年, 杨集昆先生通过对各地为害花生的新珠蚧标本进行对比鉴定, 确定为害我国棉花、豆类等作物的新珠蚧是新种, 应为棉根新珠蚧 *Neomargarodes gossypii* Yang, 随后的研究发

现,该珠蚧主要为害豆科植物且能完成生活史,却不能在棉花上完成生活史,因此建议将其中文名改为花生新珠蚧^[1]。目前,国内学者习惯将其称之为花生新黑地珠蚧^[4-5]。

截至目前,国内学者对花生新黑地珠蚧的研究相对较少,且主要集中于对其生物学特性及防治方法的研究,未见其系统发育的相关报道,国外更是鲜有关于花生新黑地珠蚧的相关研究。为了更好地了解花生新黑地珠蚧的发生为害及其系统发育,我们对其田间危害及虫体发育情况进行了调查并利用分子生物学技术对其进行系统发育分析,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 田间调查

选取有花生新黑地珠蚧发生的田块,调查其为害花生的症状及花生受害情况,同时定期调查花生各发育期及收获期后田间花生新黑地珠蚧的发生发展情况。

1.2 样本采集

于田间花生新黑地珠蚧高发期,在河南省开封市和濮阳市分别选取受害严重的地块采集花生新黑地珠蚧珠体,分地域标记记录后带回室内。

1.3 花生新黑地珠蚧基因组 DNA 提取

将田间采集的花生新黑地珠蚧珠体放入玻璃培

养皿中,置于 28℃ 的恒温培养箱中避光培养,15 d 左右雌珠体可羽化出成虫;收集单头雌成虫于灭菌 1.5 mL PE 离心管内,每管加入 3 μL STE (0.1 mol/L NaCl; 10 mmol/L Tris-Cl, pH 8.0; 1 mmol/L EDTA, pH 8.0) 裂解液及灭菌小玻璃珠若干,于 Bullet Blender STORM 研磨仪 (Next Advance) 上研磨至匀浆,每管补足裂解液至 30 μL 并加入 0.2~0.3 μL 蛋白酶 K, 56℃ 恒温水浴裂解 2~3 h, 然后 95℃ 水浴 10 min 灭活蛋白酶 K, 短暂离心, 吸取每管内 DNA 溶液于新的灭菌 1.5 mL PE 离心管, 分别标记后置于 -20℃ 冰箱保存备用。

1.4 花生新黑地珠蚧序列扩增及测定

花生新黑地珠蚧的序列扩增选取核糖体小亚基 (18S) 基因^[10]、核糖体大亚基 (28S) 基因的 D2 和 D10 扩展区域^[11-12] 以及蛋白编码延伸因子 1α (EF-1α) 基因^[13], 各序列扩增引物信息见表 1。

PCR 反应体系为 25 μL, 其中 2 × Taq PCR Master Mix 12 μL, ddH₂O 10 μL, 上、下游引物各 1 μL (10 μmol/L), 模板 DNA 1 μL。扩增程序为: 94℃ 预变性 4 min; 94℃ 变性 45 s, 57℃ (18S)/56℃ (28S-D2)/62℃ (28S-D10)/55℃ (EF-1α) 退火 30 s, 72℃ 延伸 1 min, 30 个循环; 72℃ 延伸 5 min, 4℃ 保存。取 4 μL PCR 扩增产物, 在 1% 琼脂糖凝胶上电泳检测, 将含有目的片段的 PCR 扩增产物送生工生物工程 (上海) 股份有限公司进行测序。

表 1 序列扩增引物信息

Table 1 Primer information for sequence amplification

基因 Gene	引物名称 Primer name	引物序列(5'-3') Primer sequence	扩增大小/bp Amplicon size
18S rRNA	18S-2880	CTGGTTGATCCTGCCAGTAG	533~638
	18S-B	CCGCGGCTGCTGGCACCAGA	
28S D2 region	28S-D2-F	AGAGAGAGTTCAAGAGTACGTG	343
	28S-D2-R	TTGGTCCGTGTTTCAAGACGGG	
28S D10 region	28S-D10-F	GTAGCCAAATGCCTCGTCA	840
	28S-D10-R	CACAATGATAGGAAGAGCC	
EF-1α	M3	CACATYAACATTGTCTGTSATYGG	307
	rcM44.9	CTTGATGAAATCYCTGTGTCC	

2 结果与分析

2.1 花生新黑地珠蚧田间为害

花生新黑地珠蚧喜干燥疏松的沙土或沙壤土, 在黄壤土、黏壤土中发生较轻或不发生。该虫主要以 1~2 龄若虫聚集在花生根部, 大量刺吸花生汁

液, 造成花生主根发黑, 侧根减少, 甚至腐烂, 植株严重矮化, 叶片自下而上褪绿发黄甚至整株花生干枯死亡, 花生结果少而瘪, 甚至不结果。将受害花生植株连根拔起, 可见大量 2 龄珠体吸附于根部, 花生新黑地珠蚧在田间常成片发生, 且为害严重 (图 1a, 图 1b)。



a: 花生根部受害状; b: 花生田块受害状; c: 卵块; d: 雌(左)雄(右)珠体
a: Symptom of peanut root; b: Symptom in peanut field; c: Egg mass;
d: Female (left) and male (right) pearl

图 1 花生新黑地珠蚧田间为害及其卵和雌雄珠体
Fig. 1 Field hazard of *Neomargarodes gossypii* and its egg, female and male pearl

2.2 花生新黑地珠蚧虫体发育循环

通过对花生新黑地珠蚧在花生各发育期及收获期后的定期调查发现,花生新黑地珠蚧在河南省各发

生地区均 1 年发生 1 代,以 2 龄若虫在花生主根层土壤中越冬,2 龄若虫珠体状,分深褐色和黑色两种:大的为雌性,小的为雄性。4 月初至 5 月下旬,2 龄雄珠体先蜕壳变为 3 龄若虫,然后变为前蛹,再变为蛹,4 月底至 6 月上旬蛹羽化变为雄成虫爬出地面。2 龄雌珠体于 4 月底至 6 月初蜕壳变为雌成虫,爬上地面与雄成虫交配产卵。5 月中下旬至 6 月中下旬,卵孵化成为 1 龄若虫,1 龄若虫部分爬出地面寻找花生寄主,部分直接在土壤中寻找花生根部,进而取食花生根部汁液,于 7 月上旬至 8 月下旬发育为大小不同的雌雄 2 龄珠体,聚集吸附在花生根部为害(图 1a,图 2)。

花生新黑地珠蚧雌成虫交配后即爬回地下产卵,卵块多分布于距地表 10 cm 左右,每个卵块中卵粒数从 110 粒到 1 058 粒不等,单株花生根上为害的花生新黑地珠蚧雌珠体数 17~78 头,雄珠体数 59~146 头,花生新黑地珠蚧卵及珠体数量详见表 2。同一株花生根部为害的花生新黑地珠蚧雄珠体数量明显多于雌珠体数量,雌雄性比平均为 1.00:2.61。2 龄雌雄珠体大小相差较大,雌珠体直径 4.72~7.26 mm,平均 6.27 mm,雄珠体直径 1.83~2.65 mm,平均 2.30 mm(表 3)。

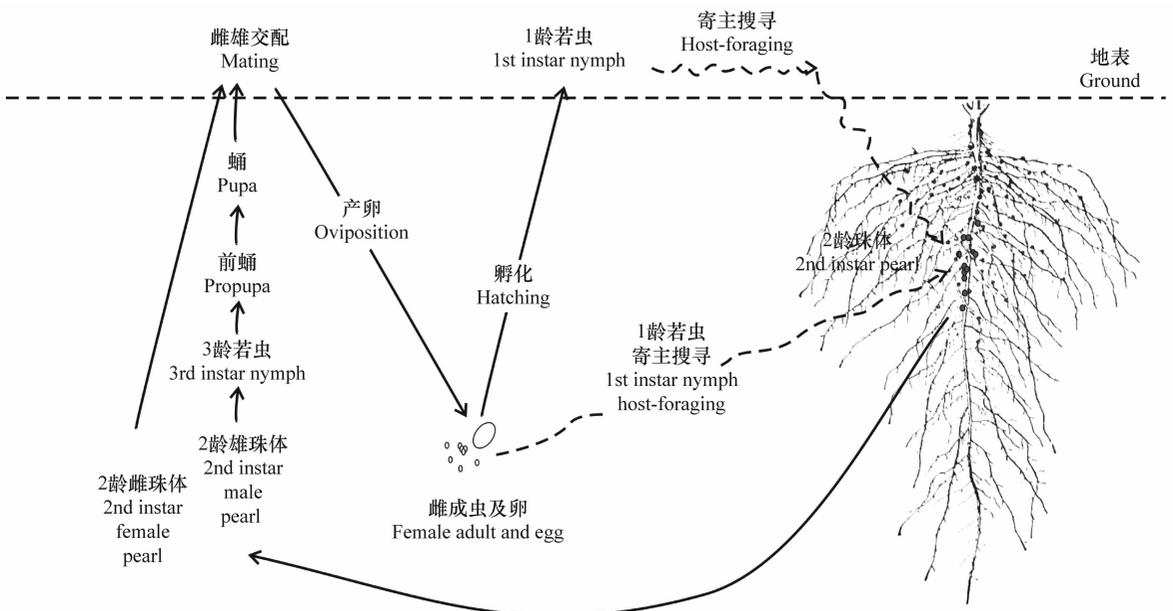


图 2 花生新黑地珠蚧虫体发育循环

Fig. 2 Growth circulation of *Neomargarodes gossypii*

表 2 花生新黑地珠蚧卵及珠体数量

Table 2 Amount of eggs and pearls of *Neomargarodes gossypii*

虫态 Stage	性别 Sex	数量/粒或头 Amount		
		最小 Minimum	最大 Maximum	均值 Average
卵粒 Egg	—	110.00	1 058.00	583.60±72.90
珠体 Pearl	雌 Female	17.00	78.00	43.38±6.75
	雄 Male	59.00	146.00	88.50±9.82

表 3 花生新黑地珠蚧雌雄珠体大小

Table 3 Size of female and male pearls of *Neomargarodes gossypii*

性别 Sex	珠体直径/mm Diameter of pearl		
	最小 Minimum	最大 Maximum	均值 Average
雌 Female	4.72	7.26	6.27±0.08
雄 Male	1.83	2.65	2.30±0.02

2.3 花生新黑地珠蚧系统发育

本研究中所测河南省开封(KF)和濮阳(PY)的花生新黑地珠蚧 18S、28S-D2、28S-D10 和 *EF-1α* 基因序列分别上传到 GenBank 数据库并获得登录号:开封的花生新黑地珠蚧 18S、28S-D2、28S-D10 和 *EF-1α* 的 GenBank 登录号分别为 MH051908、MH133216、MH133218 和 MH230870; 濮阳的花生新黑地珠蚧 18S、28S-D2、28S-D10 和 *EF-1α* 的 GenBank 登录号分

别为 MH051909、MH133217、MH133219 和 MH230871。

为更加准确地分析花生新黑地珠蚧的系统发育,将所测得的两个地区花生新黑地珠蚧的 18S、28S-D2、28S-D10 和 *EF-1α* 的序列分别用 Geneious 软件(11.1.4)进行串接。同时,利用 GenBank 数据库中蚧总科内其他科属的串接序列,以粉蚧科 Pseudococcidae 为外群,利用 MEGA 6.0 软件^[14],采用 Kimura 2-parameter 距离模型^[15],邻接法(neighbor-joining)构建系统发育树,系统树各分支置信度(bootstrap)均进行 1 000 次重复检验(图 3),构建系统发育树的其他不同物种序列 GenBank 登录信息见表 4。从图 3 的系统发育树可以看出,采自河南省开封(KF)和濮阳(PY)的两个珠蚧种群与红珠蚧 *Eumargarodes laingi* 聚为一支(bootstrap 值=1 000),同属于珠蚧科 Margarodidae。

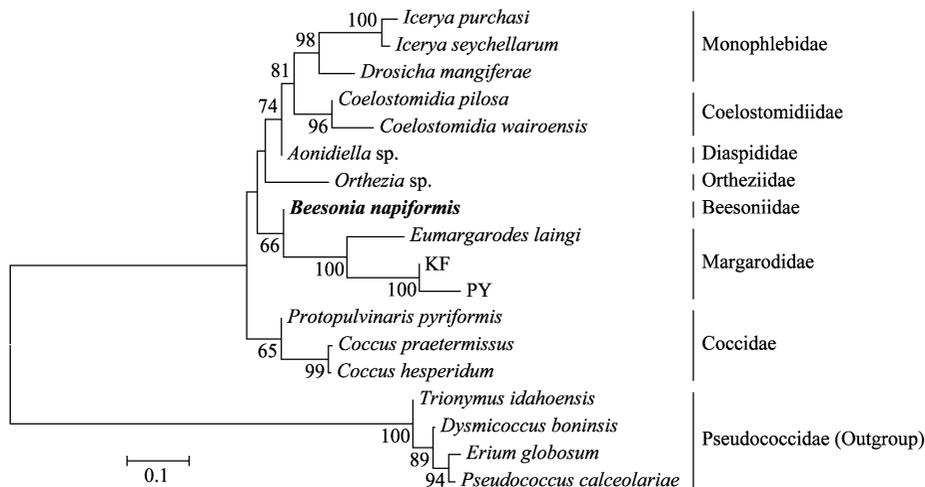
表 4 不同物种序列的 GenBank 登录信息¹⁾

Table 4 Accession information of different species

科 Family	物种 Species	GenBank 登录信息 Accession information			
		18S	28S-D2	28S-D10	<i>EF-1α</i>
Beesoniidae	<i>Beesonia napiiformis</i>	AY795511	—	—	—
Coccidae	<i>Coccus praetermissus</i>	MF594281	MF594317	—	—
	<i>Coccus hesperidum</i>	MF594274	MF594310	—	—
	<i>Protospulvinaria pyriiformis</i>	JX566900	—	—	—
Coelostomidiidae	<i>Coelostomidia pilosa</i>	KT199042	KT199064	—	—
	<i>Coelostomidia wairoensis</i>	KT199041	KT099063	KT199083	—
Diaspididae	<i>Aonidiella</i> sp.	HQ893800	—	—	—
Margarodidae	<i>Eumargarodes laingi</i>	KT199035	KT199058	KT199078	—
Monophlebidae	<i>Icerya purchasi</i>	AY426078	AY427371	AY427432	AY427308
	<i>Icerya seychellarum</i>	KT199033	KP692207	KT199076	—
	<i>Drosicha mangiferae</i>	AB523733	AB523734	—	—
Ortheziidae	<i>Orthezia</i> sp.	KT199026	KT199050	—	—
Pseudococcidae	<i>Dysmicoccus boninsis</i>	—	AY427355	AY427418	AY427285
	<i>Erium globosum</i>	AY426020	AY427333	AY427390	AY427273
	<i>Pseudococcus calceolariae</i>	AY426039	AY427335	AY427401	AY427278
	<i>Trionymus idahoensis</i>	—	AY427365	AY427427	—

1) “—”表示 GenBank 数据库中暂无此序列信息。

“—” represents that there is no related sequence information in GenBank database so far.



KF和PY分别代表采自开封和濮阳的花生新黑地珠蚧

KF and PY represent the *Neomargarodes gossypii* collected from Kaifeng and Puyang, respectively

图 3 基于 18S、28S 和 EF-1 α 基因串接序列的系统发育树

Fig. 3 Phylogenetic tree based on the concatenated sequences of 18S, 28S and EF-1 α gene

3 结论与讨论

本研究通过对花生新黑地珠蚧的田间发生为害调查,已基本摸清该虫在田间的为害时期、为害特征、虫体发育循环等特性。花生新黑地珠蚧主要在河南省境内黄河故道及黄泛区区域内的沙土及沙壤土中发生为害,这与马铁山等关于花生新黑地珠蚧主要发生在沙质土壤,在黏土和壤土中未见有发生的调查结果一致^[16]。花生新黑地珠蚧雌成虫需钻入土中产卵,卵孵化出的 1 龄若虫需钻出地面找寻花生寄主并钻入地下取食为害花生根部,沙土或沙壤土土质疏松的特性有利于花生新黑地珠蚧成虫和若虫的活动和入土。本研究前期调查发现,开封地区花生新黑地珠蚧各虫态发育时期均比濮阳地区花生新黑地珠蚧的各虫态发育时期稍早,如开封地区 4 月底 5 月初花生新黑地珠蚧 2 龄雌珠体即蜕壳为雌成虫爬上地表,而濮阳地区这一时间则要稍错后至 5 月中下旬,由于濮阳地处豫北,我们推测可能是由于地域上的南北温度差异造成开封地区虫体发育的提前,这一推测与马铁山等对濮阳地区花生新黑地珠蚧生物学特性的研究及马铁山对不同温度条件下花生新黑地珠蚧发育历期的影响结果是一致的^[6, 16]。

本研究中,根据所采集的珠体及卵块的形态特征,田间初步认定为珠蚧科昆虫。结合武三安先生对于花生新黑地珠蚧的形态特征描述^[1],我们在室

内利用分子生物学方法对其进行了系统发育分析,综合分析后确定本文研究对象确为花生新黑地珠蚧,系统进化分析结果与传统形态学分类结果相互佐证并保持一致。

近年来,花生新黑地珠蚧在河南省的发生越来越严重,其整个发育过程中大部分时间均生活在地下,这给生产上采用化学药剂防治提出了很大挑战。本研究中对花生新黑地珠蚧虫体发育的研究表明,其卵孵化为 1 龄若虫后需爬回地表进行寄主搜寻,这一时期在地表活动的 1 龄若虫易接触药剂,因此可作为花生新黑地珠蚧的防治适期,此时期可选用适宜药剂进行喷雾并辅以花生根部喷淋进行防治。

参考文献

- [1] 武三安. 花生新珠蚧的学名考证(半翅目:蚧总科:珠蚧科)[J]. 昆虫分类学报, 2007, 29(3): 199 - 204.
- [2] 柴晓娟, 王改云, 杨红丽, 等. 花生新珠蚧生物学特性观察及防治技术研究[J]. 陕西农业科学, 2004(5): 98 - 99.
- [3] 付东, 任英, 杨宽林, 等. 花生新黑地珠蚧的发生规律及防治技术[J]. 植物检疫, 2006, 20(6): 350 - 351.
- [4] 常春梅, 苗连河, 苗奎领. 花生新黑地珠蚧在豫北的为害特点与综合治理技术[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(4): 33 - 34.
- [5] 刘艾英, 严攀, 张焕玲, 等. 花生新黑地珠蚧生物学特性研究[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(5): 38 - 41.
- [6] 马铁山. 花生新珠蚧发育起点温度和有效积温研究[J]. 植物保护, 2009, 35(3): 60 - 62.
- [7] 任应党, 申效诚, 刘玉霞, 等. 花生新珠蚧的生物学特性及防治研究[J]. 华北农学报, 2001, 16(植物保护专辑): 48 - 52.

[3] 张怡, 马晓萌, 张佩佩, 等. 周口地区油菜白粉病病原的鉴定[J]. 植物保护, 2012, 38(3): 32-35.

[4] 邵登奎. 油菜抗白粉病鉴定及相关的生理生化特性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006.

[5] 李永红, 李建厂, 任军荣, 等. 中国西北地区油菜茎象甲的消长与防治策略[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(4): 509-512.

[6] 常瑞奇, 赵枢, 徐忠学, 等. 天水市麦积山油菜茎象甲的发生与防治[J]. 甘肃农业科技, 2007(2): 38-39.

[7] 王凤葵, 王学让, 尚中发. 油菜茎象甲幼虫龄数的测定[J]. 西北农业大学学报, 1990, 18(3): 107-108.

[8] 王海潮, 李鑫. 油菜茎象甲在汉中地区发生规律及防治初报[J]. 陕西农业科学, 1997(5): 23-25.

[9] 李元林, 张和平, 谢贤元. 油菜茎象甲生物学特性和危害[J]. 中国油料, 1989, 11(4): 79-80.

[10] 郑京海, 景福利. 油菜茎象甲的生物学特性及防治研究[J]. 甘肃农业科技, 2000(8): 38-39.

[11] 王丽慧. 春油菜苗期主要害虫的防治及农药残留研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.

[12] 杨素梅, 贾变桃, 白德刚, 等. 8种杀菌剂对油菜菌核病菌室内生物活性测定[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2014, 34(1): 17-19.

[13] 任利平. 咯菌腈等不同杀菌剂防治油菜菌核病试验初报[J]. 青海农林科技, 2009(2): 5-7.

[14] 董晓亮, 杨博慧, 李海平, 等. 吡虫啉拌种对油菜生长及苗期害虫黄宽条跳甲的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2017, 38(2): 7-12.

[15] 孙玉萍, 张跃. 35%噻虫嗪悬浮种衣剂防治油菜黄曲跳甲药效试验[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(20): 62-63.

[16] 农业部农药检定所. 农药田间药效试验准则(一): GB/T 1798022-2000 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.

[17] 张建芬, 来有鹏. 不同农药对油菜跳甲和茎象甲的防治效果[J]. 北方园艺, 2012(1): 142-143.

[18] 闵祥芬, 李圣. 70%噻虫嗪种子处理可分散剂不同药种比拌种对油菜生长指标的影响[J]. 中国农药, 2017(8): 69-71.

[19] 黄亮. 吡虫啉种衣剂包衣处理对油菜种子萌发及苗期害虫发生的影响研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2016.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 231 页)

[28] 贾凤安, 陈亮, 陈立, 等. 大棚甜瓜三种主要真菌病害拮抗细菌的筛选与鉴定[J]. 植物保护学报, 2010, 37(6): 505-510.

[29] 黄霄, 陈波, 周登博, 等. 菌株 BM-24 的分离鉴定及对香蕉枯萎病菌的抑菌活性[J]. 植物保护学报, 2013, 40(2): 121-127.

[30] 周建波, 任璐, 殷辉, 等. 苹果树腐烂病菌对甲基硫菌灵、苯醚甲环唑和啶菌酯的敏感性及其交互抗性[J]. 农药, 2016, 55(11): 854-858.

[31] 臧睿, 黄丽丽, 康振生, 等. 陕西苹果树腐烂病菌 (*Cytospora* spp.) 不同分离株的生物学特性及致病性研究[J]. 植物病理学报, 2007, 37(4): 343-351.

[32] 乔国彪. 青霉素防治苹果树腐烂病机理的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2007.

[33] 曹欣然, 邹宗峰, 田明英. 寡雄腐霉防治苹果树腐烂病试验[J]. 烟台果树, 2015(2): 12-14.

[34] 乔俊卿, 罗德旭, 彭彪, 等. 枯草芽胞杆菌 PTS-394 可湿性粉剂对辣椒根系及根际微生态影响[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(2): 287-293.

[35] 尹宝重, 刘博燕, 刘盼, 等. 苹果树皮内生菌对苹果树腐烂病的防治效果[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(10): 84-86.

[36] 胡小加, 江木兰, 刘胜毅, 等. 枯草芽胞杆菌在油菜根茎叶的定殖动态和生防作用研究[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(1): 061-064.

[37] 胡江冰, 孙洁, 钱坤, 等. 表面活性剂吐温-80 用量对硬质闭孔型三聚氰胺泡沫的影响[J]. 功能材料, 2017, 48(8): 8058-8062.

[38] 黄振东, 占红木. 农用矿物油的应用之二 矿物油的作用机理及药效特点[J]. 江西农业, 2014(10): 71.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 241 页)

[8] JAKUBSKI A W. A critical revision of the families Margardidae and Termitococcidae (Hemiptera: Coccoidea) [M]. London: Trustees of the British museum (Natural history), 1965: 57-81.

[9] 侯璋德, 孙元峰, 张异, 等. 新黑地珠蚧为害花生的初步研究[J]. 河南农业大学学报, 1985(1): 58-61.

[10] VON DOHLEN C D, MORAN N A. Molecular phylogeny of the Homoptera: a paraphyletic taxon [J]. Journal of Molecular Evolution, 1995, 41: 211-223.

[11] BELSHAW R, QUICKE D L J. A molecular phylogeny of the Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 1997, 7: 281-293.

[12] DIETRICH C H, RAKITOV R A, HOLMES J L, et al. Phylogeny of the major lineages of Membracoidea (Insecta: Hemiptera: Cicadomorpha) based on 28S rDNA sequences [J]. Molecular

Phylogenetics and Evolution, 2001, 18: 293-305.

[13] CHO S, MITCHELL A, REGIER J C, et al. A highly conserved nuclear gene for low-level phylogenetics: elongation factor 1-alpha recovers morphology-based tree for heliothine moths [J]. Molecular Biology and Evolution, 1995, 12: 650-656.

[14] TAMURA K, STECHER G, PETERSON D, et al. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0 [J]. Molecular Biology and Evolution, 2013, 30(12): 2725-2729.

[15] YANG Ziheng. Estimating the pattern of nucleotide substitution [J]. Journal of Molecular Evolution, 1994, 39(1): 105-111.

[16] 马铁山, 郝改莲, 赵香云, 等. 濮阳地区花生新黑地珠蚧生物学特性及化学防治方法[J]. 中国植保导刊, 2008, 28(3): 18-20.

(责任编辑: 杨明丽)