我国韭菜主产区韭菜迟眼蕈蚊田间种群的抗药性监测*

丁 倩** 王意婷** 刘俊杰 史雪岩 高希武 宋敦伦***

（中国农业大学植保学院昆虫系，北京 100193）

摘 要 **【目的】** 建立韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang 对 10 种常用药剂的敏感基线，并对 4 省 7 个主要韭菜产区的田间种群进行 6 种常用杀虫剂的抗药性水平监测。**【方法】** 采用胃毒触杀联合毒力法对韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫进行室内生物测定。**【结果】** 建立了敏感品系对新烟碱类、有机磷类、菊酯类、昆虫生长调节剂类、吡咯类药剂的敏感基线。对 7 个地区的田间韭菜迟眼蕈蚊种群监测结果表明：其对有机磷类药剂均产生了抗药性，其中河南郑州种群对毒死蜱和辛硫磷产生了极高水平抗性；河南郑州种群对高效氯氰菊酯产生了中等水平抗性，其他各地区均处于敏感状态；大部分种群对新烟碱类药剂处于低等或中等水平抗性，但山东李坡种群对噻虫嗪产生了高水平抗性。**【结论】** 本文建立的韭菜迟眼蕈蚊对 10 种杀虫剂的敏感基线及抗药性监测数据为抗性治理提供一定参考。

关键词 韭菜迟眼蕈蚊，敏感基线，抗性监测，胃毒触杀联合毒力法

Monitoring the resistance of field populations of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang in the main leek producing areas in China

DING Qian** WANG Yi-Ting** LIU Jun-Jie SHI Xue-Yan GAO Xi-Wu SONG Dun-Lun***

(Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract [**Objectives**] To establish susceptible toxicity baselines of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang to 10 insecticides, and monitor the resistance of field populations of *B. odoriphaga* collected from 7 main leek producing areas in 4 provinces to 6 insecticides. [**Methods**] The stomach-contact combination toxicity method was employed to determine the toxicity of insecticides to 3rd instar larvae of *B. odoriphaga*. [**Results**] We established susceptible toxicity baselines to several insecticides including, Neonicotinoids, Organophosphates, Pyrethroids, Insect Growth Regulators and Azoles. The results show that resistance of field populations of *B. odoriphaga* to organophosphate insecticides is very common in the 7 areas surveyed, and that populations in Zhengzhou, Henan had the highest resistance to chlorpyrifos and phoxim. With the exception of the Zhengzhou Henan population, which had moderate resistance to cypermethrin, all other populations surveyed were sensitive to cypermethrin. The resistance of *B. odoriphaga* populations to neonicotinoids were generally low or moderate, but the population from Lipo Shandong had high resistance to thiamethoxam. [**Conclusion**] Susceptible toxicity baselines of *B. odoriphaga* to 10 insecticides were established and provide a reference for managing pesticide resistance in this pest.

Key words *Bradysia odoriphaga*, susceptible toxicity baselines, resistance monitoring, the stomach-contact combination toxicity method

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang，属双翅目，眼蕈蚊科，是一种地下害虫（杨集昆和张学敏，1985）。韭菜迟眼蕈蚊在我国分布广泛，在北方地区（何振昌等，1997）主

*资助项目 Supported projects：公益性行业（农业）科研专项经费资助（201303027）

**同等贡献作者 Authors contributed equally，E-mail：15290882730@126.com；1448641292@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：songdl@cau.edu.cn

收稿日期 Received：2016-11-01，接受日期 Accepted：2016-11-10

要危害韭菜、洋葱、大蒜等百合科作物（梅增霞等，2003），幼虫以聚集在韭菜地下表层的鳞茎和茎部为害，使韭菜上部发黄萎蔫，造成缺苗断垄甚至大片死亡，致使韭菜大量减产（冯惠琴和郑方强，1987；薛明和王永显，2002）。目前，防治韭菜迟眼蕈蚊的方法有农业防治方法，如施肥与轮作等，物理防治方法，如防虫网（尹怀富和王秀峰，2006）黑色粘虫板诱杀（武海斌等，2015）、沼液的趋避作用（徐延熙等，2013）、臭氧水处理（尚晓勇等，2016）等，生物防治方法有病原线虫（金永玲等，2003）、球孢白僵菌（周仙红等，2014）、植物源杀虫剂（李娜娜和杨建平，2012）等，但主要依赖化学防治。在生产中常用毒死蜱、辛硫磷等有机磷类药剂灌根，也使用新烟碱类、菊酯类、昆虫生长调节剂等药剂来进行防治。由于化学农药的大量长期使用，不少地区韭菜迟眼蕈蚊已经对某些药剂产生了抗药性，使得化学药剂的用量增加、防治效果下降（杜春华等，2013）。

为监测韭菜主产区韭菜迟眼蕈蚊的抗药性，首先建立了韭菜迟眼蕈蚊对不同药剂的敏感基线，进而对全国几个主要韭菜产区的韭菜迟眼蕈蚊的抗性进行了测定。生物测定方法主要有胃毒触杀联合毒力法（慕卫等，2002）、人工饲料混药法（张思聪等，2011）和浸虫法（贾海民和党志红，2000）。为了更加接近田间的用药情况，本实验采用胃毒触杀联合毒力法来进行抗性监测，以期为合理使用化学农药以及抗药性监测提供一定的理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫

1.1.1　敏感品系　将采自我国 9 省 30 个地区的韭菜迟眼蕈蚊种群进行室内连续无毒饲养，经生物测定分析挑选出对各类杀虫剂的 LC_{50} 值均较低的天津西青种群，确定为实验室敏感品系，进行单独无毒饲养。

1.1.2　田间种群采集信息　本实验选取山东省聊城、李坡，河北省定州、乐亭，河南省郑州市及陕西省杨凌、周至共计 4 省 7 个主产区的自然韭菜迟眼蕈蚊种群，采样信息见表 1。

表 1　韭菜迟眼蕈蚊采样信息

Table 1　*Bradysia odoriphaga* sampling information

编号 No.	采样时间 Sampling time	采样地点 Sampling location	种植模式 Planting pattern	虫态 Stage of insect
1	20160417	山东聊城 Liaocheng City, Shandong Provice	大棚 Greenhouse	蛹 Pupa
2	20160424	山东邹平县码头镇（李坡） Matou Town, Zouping County, Shandong Provice	露地韭菜 Outdoor leek	幼虫 Larva
3	20160426	河南省郑州市古荥县 Guxing County, Zhengzhou City, Henan Provice	露地韭菜 Outdoor leek	幼虫 Larva
4	20160408	河北省定州市东关村 Dongguan Village, Dingzhou City, Hebei Provice	大棚 Greenhouse	幼虫 Larva
5	20160520	河北省唐山市乐亭县 Laoting County, Tangshan City, Hebei Procice	露地韭菜 Outdoor leek	幼虫 Larva
6	20160424	陕西省周至县终南镇马村 Zhongnan Town, Zhouzhi County, Shaanxi Provice	露地韭菜 Outdoor leek	幼虫 Larva
7	20160520	陕西省西安市杨凌区 Yangling District, Xian City, Shaanxi Provice	试验基地 Experimental base	幼虫 Larva

1.2　试虫饲养方法

参照许静杨等（2014）设计的以玻璃平皿及塑料圆盒改造成的养虫装置，在培养皿中倒入 2.5%的琼脂并于顶层铺垫滤纸作为保湿的养虫基质，使用无毒的韭菜假茎饲喂幼虫至化蛹；成

虫羽化后用吸虫管捕捉并转移至新的培养皿中交配产卵，卵通常聚集产于提前放置好的韭菜假茎与滤纸之间；成虫产卵后挑出成虫，待卵块孵化。

饲养条件：温度（25±1）℃，湿度 75%±5%，自然光照。

1.3 供试药剂

毒死蜱（Chlorpyrifos）：原药，含量 95.3%，山东省德州恒东农药化工有限公司；

辛硫磷（Phoxim）：原油，含量 92%，山东鲁南杀虫剂有限公司；

吡虫啉（Imidacloprid）：原药，含量 95.3%，江苏常隆化工有限公司；

噻虫嗪（Thiamethoxam）：原药，含量 97%，郑州凯瑞农化工产品有限公司；

噻虫胺（Clothianidin）：原药，含量 97%，山东沾化天元精细化工有限公司；

高效氯氰菊酯（Cypermethrin）：原药，含量 97%，山东汉高生物工程有限公司；

高效氯氟氰菊酯（Cyfluthrin）：原药，含量 95.1%，南京红太阳股份有限公司；

氟铃脲（Hexaflumuron）：原药，含量 95%，德州恒东农药化工有限公司；

氟啶脲（Chlorfluazuron）：原药，含量 96%，威海韩孚生化药业有限公司；

溴虫腈（Chlorfenapyr）：原药，含量 97%，广西南宁广酞农业化工有限公司。

1.4 毒力测定方法

选取 3 龄幼虫作为试虫进行各药剂毒力水平测定。毒力测定参照慕卫等（2002）胃毒触杀联合毒力法稍作改动。将所要测定原药用 0.1% 的 Triton X-100 水配制成 10 000 mg/kg 母液，按等比梯度稀释母液，分别处理韭菜假茎及韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫，置于 6 孔生测板中进行培养，24 h 后检查实验结果；用毛笔轻触试虫虫体，不能正常爬动即视为死亡。每组实验设置 3 个重复，每个重复处理试虫 20 头，以 0.1%的 Triton X-100 水处理试虫作为空白对照。

1.5 统计分析方法及标准

生测数据使用 SPSS Statistics 18 软件进行分析处理。

抗性倍数（RR）=所测种群的 LC_{50}/敏感种群 LC_{50}，抗性水平的分级标准为：抗性倍数小于 3 倍为敏感、抗性倍数为 3.1~5 倍的为敏感性下降、抗性倍数为 5.1~10 倍的视为低水平抗性、抗性倍数为 10.1~40 倍的为中等水平抗性、抗性倍数达到 40.1~160 倍的为高水平抗性，160 倍以上的为极高水平抗性（沈晋良等，1991）

2 结果与分析

2.1 10 种杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊的敏感基线的建立

采用胃毒触杀联合毒力法对 8 种杀虫剂及 2 种昆虫生长调节剂进行毒力水平测定，建立了吡虫啉、噻虫胺、噻虫嗪、高效氯氰菊酯、高效氯氟氰菊酯、辛硫磷、毒死蜱、溴虫腈、氟啶脲和氟铃脲的敏感基线。实验结果如表 2 所示，敏感品系韭菜迟眼蕈蚊对新烟碱类药剂吡虫啉、噻虫胺和噻虫嗪的敏感基线 LC_{50} 值分别为 1.908、1.495 和 1.732 μg/mL；对有机磷类药剂毒死蜱、辛硫磷的敏感基线 LC_{50} 值分别为 3.624 μg/mL 和 3.684 μg/mL；对菊酯类药剂高效氯氰菊酯、高效氟氯氰菊酯的 LC_{50} 值分别为 35.719 μg/mL 和 13.677 μg/mL；对生长调节剂类药剂氟啶脲、氟铃脲的 LC_{50} 值分别为 0.987 μg/mL 和 0.401 μg/mL；对吡咯类药剂溴虫腈的 LC_{50} 值为 18.127 μg/mL。

2.2 2016 年 7 个韭菜主产区韭菜迟眼蕈蚊抗性比较

7 个韭菜主产区对 6 种杀虫剂抗性见表 3。7 个地区种群对烟碱类药剂吡虫啉、噻虫胺和噻虫嗪的总体抗性水平较低，其中山东聊城种群对吡虫啉和噻虫胺的 LC_{50} 值为 37.494 μg/mL 和 23.521 μg/mL 达到中等水平抗性，山东李坡种群对噻虫胺和噻虫嗪的 LC_{50} 值为 15.440 μg/mL 和 70.546 μg/mL，分别达到中等水平抗性以及高水平抗性；各地种群对于有机磷药剂抗性较新烟碱

类药剂抗性普遍偏高，其中河南郑州种群对有机磷类药剂毒死蜱和辛硫磷均表现出了极高水平抗性，LC_{50} 值达到 2 523 μg/mL 和 2 782 μg/mL，抗性倍数分别达到 696.19 倍和 755.16 倍，除此之外河北定州及山东李坡种群也表现出了较高水平抗性；各地种群对高效氯氰菊酯基本处于敏感或敏感性下降阶段，但河南郑州种群表现为中等水平抗性，河北定州为低水平抗性。

3　讨论

建立韭菜迟眼蕈蚊对杀虫剂的敏感基线是其抗性监测和治理的基础。此前，齐素敏等（2016）用胃毒触杀联合毒力法对其敏感品系进行了毒死蜱、辛硫磷、噻虫嗪、吡虫啉和菊酯类药剂的抗药性测定，高占林和党志红（2000）用浸虫法对其敏感品系进行了毒死蜱、辛硫磷和吡虫啉的抗药性测定，马晓丹等（2015）用药剂定量滴加法对其敏感品系进行了氟铃脲和氟啶脲的抗药性测定。本文用胃毒触杀联合毒力法测定了室内敏感韭菜迟眼蕈蚊品系对上述几种药剂的敏感性外，还测定了对噻虫胺和溴虫腈的敏感性，并以此建立了韭菜迟眼蕈蚊对 10 种药剂的敏感基线。

采用胃毒触杀联合毒力法对韭菜迟眼蕈蚊抗药性监测结果表明，山东省聊城、李坡，河北省定州、乐亭，河南省郑州市及陕西省杨凌、周至这 7 个地区的韭菜迟眼蕈蚊种群对 6 种药剂产生了不同程度的抗药性，其中对毒死蜱均产生很高的抗性，对辛硫磷和烟碱类药剂大部分也产生了抗性。7 个韭菜迟眼蕈蚊种群对高效氯氰菊酯多处于敏感或敏感下降阶段，其中河南郑州种群表现为中等水平抗性，河北定州地区为低水平抗

表 2　韭菜迟眼蕈蚊对 10 种杀虫剂的敏感基线

Table 2　Baselines of *Bradysia odoriphaga* to 10 insecticides

药剂名称 Iinseticide	化学名称 Chemical name	独立回归方程 (*y*=)Toxicity regression	卡方值 χ^2 (*df*)	LC_{50} (95% CL) (μg/mL)	相关系数 Coefficient of correlation
吡虫啉 Imidacloprid	1-(6-氯吡啶-3-吡啶基甲基)-N-硝基亚咪唑烷-2-基胺	*y*=1.876*x*–0.526	4.475(3)	1.908(1.413-2.391)	0.964
噻虫胺 Clothianidin	(E)-1-(2-氯-1,3-噻唑-5-基甲基)-3-甲基-2-2-硝基胍	*y*=1.047*x*–0.183	1.652(3)	1.495(0.762-2.287)	0.950
噻虫嗪 Thiamethoxam	3-(2-氯-1,3-噻唑-5-基甲基)-5-甲基-1,3,5-恶二嗪-4-基叉(硝基)胺	*y*=1.223*x*–0.292	2.762(3)	1.732(1.018-2.442)	0.938
毒死蜱 Chlorpyrifos	O,O-二乙基-O-(3,5,6-三氯-2-吡啶基)硫代磷酸酯	*y*=1.015*x*–0.568	3.985(3)	3.624(0.154-9.212)	0.760
辛硫磷 Phoxim	O-α-氰基亚苯基氨基-O	*y*=3.65*x*–2.067	5.419(3)	3.684(3.193-4.221)	0.965
高效氯氰菊酯 Cypermethrin	2,2-二甲基-3-(2,2-二氯乙烯基)环丙烷羧酸-α-氰基-(3-苯氧基)-苄酯	*y*=2.189*x*–3.399	6.687(3)	35.719(23.326-59.782)	0.944
高效氯氟氰菊酯 Cyfluthrin	2,2-二甲基-3-(2-氯-3,3,3-三氟-1-丙烯基)环丙烷羧酸-α-氰基-(3-苯氧基)-苄酯	*y*=1.696*x*–1.926	17.427(3)	13.677(4.609-137.135)	0.823
氟啶脲 Chlorfluazuron	1-〔3,5-二氯-4-(3-氯-5-三氯甲基-2-吡啶氧基)苯基〕-3-(2,6-二氯苯甲酰基)脲	*y*=0.747*x*+0.004	3.974(3)	1.309（0.954-2.017）	0.968
氟铃脲 Hexaflumuron	(RS)-5-氨基-1-(2,6-二氯-a,a,a-三氟-对-甲苯基)-4-三氟甲基亚磺酰基吡唑-3-腈	*y*=0.582*x*+0.231	7.971(3)	0.794（0.48-1.469）	0.780
溴虫腈 Chlorfenapyr	4-溴基-2-(4-氯苯基)-1-(乙氧基甲基)-5-(三氟甲基)吡咯-3-腈	*y*=2.050*x*–2.579	6.680(3)	18.127(11.667-31.387)	0.945

表 3 2016 年 7 个主要韭菜产区韭菜迟眼蕈蚊抗性比较

Table 3 The resistance of field *Bradysia odoriphaga* collected from seven regions

药剂 Insecticdes	种群 Populations	倾斜度±标准误 Slope±SE	致死中浓度（95% CL） LC_{50} (μg/mL)	卡方值 $\chi^2(df)$	*P*	抗性倍数 Resistance multiple
吡虫啉 Imidacloprid	敏感品系 Sensitive strain	1.876±0.236	1.908(1.413-2.391)	4.475(3)	0.215	1.00
	河北定州 Dingzhou, Hebei	2.841±0.381	6.344(4.387-8.370)	11.113(5)	0.049	3.33
	河北乐亭 Laoting, Hebei	2.769±0.297	14.840(12.554-17.852)	3.513(3)	0.319	7.78
	河南郑州 Zhengzhou, Henan	2.255±0.261	18.869(15.667-23.189)	0.569(3)	0.904	9.89
	山东李坡 Lipo, Shandong	3.597±0.406	9.680(8.339-11.134)	1.183(3)	0.757	5.07
	山东聊城 Liaocheng, Shandong	2.765±0.481	37.494(28.798-49.125)	13.884(5)	0.016	19.65
	陕西周至 Zhouzhi, Shanxi	3.494±0.408	6.534(5.540-7.631)	1.703(3)	0.636	3.43
	陕西杨凌 Yangling, Shanxi	2.500±0.266	10.635(2.735-34.775)	18.112(3)	0.150	5.67
噻虫胺 Clothianidin	敏感品系 Sensitive strain	1.047±0.161	1.495(0.762-2.287)	1.652(3)	0.648	1.00
	河北定州 Dingzhou, Hebei	1.433±0.234	8.607(5.892-11.130)	3.820(3)	0.282	5.76
	河北乐亭 Laoting, Hebei	2.141±0.352	2.689(1.725-3.566)	1.578(3)	0.664	1.80
	河南郑州 Zhengzhou, Henan	1.600±0.169	1.087(0.798-1.413)	4.756(3)	0.191	0.73
	山东李坡 Lipo, Shandong	0.934±0.320	15.440(4.584-22.743)	5.991(3)	0.112	10.33
	山东聊城 Liaocheng, Shandong	3.116±0.719	23.521(11.652-32.943)	27.206(5)	＜0.001	15.73
	陕西周至 Zhouzhi, Shanxi	2.453±0.280	3.730(3.059-4.524)	2.124(3)	0.547	2.50
	陕西杨凌 Yangling, Shanxi	3.624±0.915	9.803(0.903-15.215)	11.838(3)	0.008	6.56
噻虫嗪 Thiamethoxam	敏感品系 Sensitive strain	1.223±0.186	1.732(1.018-2.442)	2.762(3)	0.430	1.00
	河北定州 Dingzhou, Hebei	3.26±0.417	11.632(9.833-13.684)	5.282(3)	0.152	6.72
	河北乐亭 Laoting, Hebei	1.221±0.233	22.183(15.504-39.338)	2.432(3)	0.488	12.81
	河南郑州 Zhengzhou, Henan	1.838±0.298	4.861(3.137-6.498)	4.973(3)	0.174	2.81
	山东李坡 Lipo, Shandong	0.708±0.181	70.546(35.585-410.786)	6.243(3)	0.100	40.73
	山东聊城 Liaocheng, Shandong	1.261±0.209	24.971(17.779-41.735)	0.978(3)	0.807	14.42
	陕西周至 Zhouzhi, Shanxi	3.498±0.496	17.078(14.353-20.019)	5.595(3)	0.133	9.86

续表 3 (Table 3 continued)

药剂 Insecticdes	种群 Populations	倾斜度±标准误 Slope±SE	致死中浓度（95% CL） LC_{50} (μg/mL)	卡方值 $\chi^2(df)$	*P*	抗性倍数 Resistance multiple
毒死蜱 Chlorpyrifos	陕西杨凌 Yangling, Shanxi	0.962±0.266	41.876(17.666-136.350)	7.663(3)	0.054	24.18
	敏感品系 Sensitive strain	1.015±0.295	3.624(0.154-9.212)	3.985(3)	0.263	1.00
	河北定州 Dingzhou, Hebei	1.182±0.217	1 066.841(736.780-1 911.055)	1.957(3)	0.581	294.38
	河北乐亭 Laoting, Hebei	2.665±0.406	19.798(0.000-39.655)	12.173(3)	0.007	5.46
	河南郑州 Zhengzhou, Henan	1.329±0.235	2 523.000(1 796.000-4 382.000)	3.152(3)	0.369	696.19
	山东李坡 Lipo, Shandong	1.051±0.249	372.980(245.999-710.248)	4.963(3)	0.175	102.92
	山东聊城 Liaocheng, Shandong	1.080±0.179	106.210(117.154-244.787)	3.624(3)	0.305	29.31
	陕西周至 Zhouzhi, Shanxi	2.061±0.493	74.517(23.277-179.856)	10.013(3)	0.019	20.56
辛硫磷 Phoxim	陕西杨凌 Yangling, Shanxi	1.626±0.494	32.979(0.0001-95.994)	19.447(3)	0.000	9.10
	敏感品系 Sensitive strain	3.650±0.389	3.684(3.193-4.221)	5.419(3)	0.144	1.00
	河北定州 Dingzhou, Hebei	2.048±0.555	575.551(273.403-661.990)	11.365(3)	0.010	156.23
	河北乐亭 Laoting, Hebei	1.976±0.329	24.676(14.536-33.843)	6.001(3)	0.111	6.70
	河南郑州 Zhengzhou, Henan	1.266±0.452	2 782.000(----------)	14.025(3)	0.003	755.16
	山东李坡 Lipo, Shandong	0.690±0.207	306.280(101.297-1 950.000)	5.891(3)	0.117	83.14
	山东聊城 Liaocheng, Shandong	1.59±0.319	14.452(6.141-22.144)	3.054(3)	0.383	3.92
	陕西周至 Zhouzhi, Shanxi	3.272±0.702	6.854(3.574-14.322)	12.059(3))	0.007	1.86
高效氯氰菊酯 Cypermethrin	陕西杨凌 Yangling, Shanxi	4.951±0.638	4.092(3.585-4.628)	1.754(3)	0.625	1.11
	敏感品系 Sensitive strain	2.189±0.312	35.719(23.326-59.782)	6.686(3)	0.083	1.00
	河北定州 Dingzhou, Hebei	1.814±0.215	188.870(56.832-331.869)	8.380(3)	0.390	5.29
	河北乐亭 Laoting, Hebei	2.355±0.352	9.178(6.808-11.469)	3.398(3)	0.334	0.26
	河南郑州 Zhengzhou, Henan	1.649±0.202	501.107(395.978-637.860)	3.401(3)	0.334	0.46
	山东李坡 Lipo, Shandong	2.316±0.392	37.140(22.551-69.132)	7.152(3)	0.067	1.04
	山东聊城 Liaocheng, Shandong	4.508±0.758	14.949(12.461-17.226)	1.932(3)	0.587	0.42
	陕西周至 Zhouzhi, Shanxi	1.808±0.367	9.403(3.885-18.431)	6.864(3)	0.076	0.26
	陕西杨凌 Yangling, Shanxi	1.563±0.474	145.620 (0.067-929.716)	16.083(3)	0.001	4.08

性。在生产中，由于长时间大剂量的以拌毒土和灌根（陈栋等，2005）的方式施用毒死蜱和辛硫磷等有机磷类药剂来防治韭菜迟眼蕈蚊等地下害虫，以至于产生了较高水平的抗性。药剂使用的单一性也使得大部分地区韭菜迟眼蕈蚊种群对新烟碱类药剂产生了抗药性，但是由于这种类型的药剂使用时间不长，因此产生的抗性也相对较低。高效氯氰菊酯是一种生物活性较高的拟除虫菊酯类杀虫剂，具有触杀和胃毒作用，是一种广泛使用的杀虫剂，但在本文 7 个地区的种群中除河南郑州种群外，其余地区韭菜迟眼蕈蚊对高效氯氰菊酯处于敏感或敏感下降状态。这种情况可能是采集地点和当地农民的用药情况不同造成的。从总体抗性上来看，河北定州和河南郑州地区是韭菜种植老区，农户长时间使用有机磷类药剂防治韭菜迟眼蕈蚊，因此对毒死蜱和辛硫磷产生了高水平和极高水平抗性，而对较少使用的新烟碱类药剂表现出较低的抗性。这 7 个地区的韭菜迟眼蕈蚊种群对几种常用药剂均产生了一定的抗性。为了延缓韭菜迟眼蕈蚊对杀虫剂抗性的发展，延长杀虫剂使用年限，应该进行不同类杀虫剂的轮换和交替使用，避免连续使用单一的杀虫剂，比如对有机磷类杀虫剂抗性较高的地区使用烟碱类药剂。要同时提倡韭菜迟眼蕈蚊的综合治理，加强作物的合理施肥和轮作（尹怀富和王秀峰，2005），并结合物理以及生物防治方法来延缓韭菜迟眼蕈蚊抗药性的发展。

参考文献 (References)

He ZC, 1997. A Colored Pictorial Handbook of Agricultural in Northern China. Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishing House.308–309. [何振昌主编, 1997. 中国北方农业害虫原色图鉴. 沈阳: 辽宁科学技术出版社.308–309.]

Chen D, Zhang SC, Zhang L, 2005. Field trials of insect growth regulators and bio-pesticides to control *Bradysia odoriphaga*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 31(1): 82–84. [陈栋, 张思聪, 张龙. 2005, 昆虫生长调节剂和生物农药防治韭蛆田间药效试验. 植物保护, 31(1): 82–84.]

Du CH, 2013. Analysis on the field control effects of various insecticides against larva of *Bradysia odoriphaga*. *Agrochemicals*, 52(2): 145–150. [杜春华. 不同药剂防治韭蛆的田间药效分析. 农药, 52(2): 145–150.]

Feng HQ, Zheng FQ, 1987. The research of occurrence regularity of *Bradysia odoriphaga* and control. *Journal of Shandong Agricultural University*, 18(1): 71–80. [冯惠琴, 郑方强, 1987. 韭蛆发生规律及防治研究. 山东农业大学学报, 18(1): 71–80.]

Gao ZL, Dang ZH, 2000. Susceptibility of *Bradysia odoriphaga* to insecticides in different areas. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2(4): 88–90. [高占林, 党志, 2000. 不同地区韭蛆 (韭菜迟眼蕈蚊) 对杀虫剂的敏感性. 农药学学报, 2(4): 88–90.]

Jia HM, Dang ZH, 2000. Method of indoor toxicity determination for *Bradysia odoriphaga*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 26(5): 35–35. [贾海民, 党志红, 2000. 韭菜迟眼蕈蚊室内毒力测定方法. 植物保护, 26(5): 35–35.]

Jin YL, Han RC, Cong B, 2003. Application research of insect pathogenic nematodes. *Natural Enemies of Insects*, 25(4): 175–183. [金永玲, 韩日畴, 丛斌, 2003. 昆虫病原线虫应用研究概况. 昆虫天敌, 25(4): 175–183.]

Li NN, Yang JP, 2012. Toxicity determination of botanical pesticide to larvae of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang in laborator and its control effect in field. *Shandong Agricultural Science*, 44 (7): 101–103. [李娜娜, 杨建平, 2012 植物源农药对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的室内毒力测定和田间防治效果. 山东农业科学, 44 (7): 101–103.]

Ma XD, Xue M, Li ZX, 2015. Toxical effects of Insect growth regulators and other insecticides to *Bradysia odoriphaga*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 42(2): 271–277. [马晓丹, 薛明, 李朝霞, 赵海朋, 纪桂霞, 2015 五种昆虫生长调节剂对韭菜迟眼蕈蚊的致毒作用. 植物保护学报, 42(2): 271–277.]

Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, 2003. The biology, ecology and management of *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 40(5): 396–398. [梅增霞, 吴青君, 张友军, 2003. 韭菜迟眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治. 昆虫知识, 40(5): 396–398.]

Mu W, Ding Z, He MH, 2002. Methods of bioassay against *Bradysia odoriphaga* and research of pesticides control. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 17(S1): 12–16. [慕卫, 丁中, 何茂华, 2002. 韭菜迟眼蕈蚊的生测方法及防治药剂研究. 华北农学报, 17(S1): 12–16.]

Qi SM, Wu YF, Li RM, 2016. Detection of insecticide resistance of *Bradysia odoriphaga* in Shandong Province. *Acta Phytophylacica Sinica*, 42(4): 179–183. [齐素敏, 吴有芳, 李如美, 2016. 山东省不同地区韭蛆种群对杀虫剂的抗药性. 植物保护, 42(4): 179–183.]

Shang XY, Li TF, Tan YQ, 2016. Test of ozone water application results of control of *Bradysia odoriphaga*. *Shanghai Vegetables*, (1): 58–58. [尚晓勇, 李腾飞, 谭月强, 2016. 臭氧水防治韭蛆的应用效果效验. 上海蔬菜, (1): 58–58.]

Shen JL, Tan JG, Xiao B,1991. Monitoring and Prediction of our country *Heliothis armigera* resistance for pyrethroid pesticides. *Chinese Bulletin of Entomology*, 28(6): 337–341. [沈晋良, 谭建国,肖斌, 1991. 我国棉铃虫对拟除虫菊酯类农药的抗性监测及预报. 昆虫知识, 28(6): 337–341.]

Wu HB, Gong QT, Zhang KP, 2015. The efficacy of synergism of entomopath ogenic nematodes and black sticky cards to *Bradysia odoriphaga*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 42(4): 632–638.[武海斌, 宫庆涛, 张坤鹏, 2015. 昆虫病原线虫与黑色粘板配合使用对韭菜迟眼蕈蚊的防治. 植物保护学报, 42(4): 632–638.]

Xu YX, Zhu CH, Yang YL, 2013. Experimental study on repellent effect of biogas slurry against *Bradysia odoriphaga*. *Renewable Energy Resources*, 31(2): 68–70. [徐延熙, 朱长华, 杨艳丽, 2013. 沼液对韭菜迟眼蕈蚊驱避效果的试验研究. 可再生能源, 31(2): 68–70.]

Xue M, Wang YX, 2002. The research of nuisanceless control insecticides for *Bradysia odoriphaga*. *Agrochemicals*, 41(5): 29–31. [薛明, 王永显. 韭菜迟眼蕈蚊无公害治理药剂的研究. 农药, 41(5): 29–31.]

Yang JK, Zhang XM ,1985. Notes on the fragrant onion gnats with descriptions of two new species of *Bradysia* (Sciaridae: Diptera). *Journal of Beijing Agricultural University*, 11(2): 153–156. [杨集昆，张学敏, 1985. 韭菜蛆的鉴定——迟眼蕈蚊属二新种(双翅目：眼蕈蚊科). 北京农业大学学报, 11(2): 153–156.]

Yin HF, Wang XF, 2005. Progress in studies on occurrence and control of *Bradysia odoriphaga*. *China Plant Protection*, 25(8): 11–13. [尹怀富, 王秀峰, 2005. 韭蛆的发生及防治研究进展. 中国植保导刊, 25(8): 11–13.]

Yu JY, Gu XS, Xu WH, Bai YC, Chen JR, Hu X, 2014. A simple rearing method for *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Shandong Agricultural Sciences*, 46(4): 100–101, 116. [许静杨, 谷希树, 徐维红, 白义川, 陈俊荣, 胡霞, 2014. 韭菜迟眼蕈蚊的简易人工饲养方法. 山东农业科学, 46(4): 100–101, 116.]

Zhang SC, Zhang XX, Zhang AS, 2011. Indoor bioassay of several pesticides against *Bradysia odoriphaga*. Specialization of Plant Protection Technological Innovation and Pest Control— Chinese Society for Plant Protection Annual Conference Proceedings of 2011.Suzhou. 482–486. [张思聪, 张肖肖, 张安盛, 2011.几种不同药剂对韭菜迟眼蕈蚊的室内生物测定. 植保科技创新与病虫防控专业化—中国植物保护学会2011年学术年会论文集. 苏州. 482–486.]

Zhou XH, Ma T, Zhuang QY, 2014. Indoor bioassay of *Beauveria Bassiana* against *Bradysia odoriphaga* and evaluation on control effect in field. *Shandong Agricultural Science*, 46(7): 117–120. [周仙红, 马韬, 庄乾营, 2014. 球孢白僵菌对韭蛆的室内生物测定和田间效果评价. 山东农业科学, 46(7): 117–120.]