



大豆杀虫剂登记用药现状及对应分析

裴天浩¹, 邹镜竹², 张玉秋², 史树森¹, 高宇^{1*}

(1. 吉林农业大学 植物保护学院/农业农村部大豆病虫害防控重点实验室, 吉林 长春 130118; 2. 辽源市农民科技教育中心, 吉林 辽源 136200)

摘要: 为了明确现阶段我国大豆杀虫剂的登记现状, 本文整理出目前已经批准登记的大豆杀虫剂产品的防治对象、剂型、毒性、最大残留限量等基本信息。通过绘制箱线图对其推荐用量进行分析, 从中筛选出推荐用量较高的产品。采用对应分析揭示大豆害虫-杀虫剂活性成分之间的相互关系。结果显示, 截至 2024 年 9 月 21 日, 我国登记的大豆杀虫剂产品共有 68 个, 其中单剂 38 个, 混剂 30 个。防治对象为蚜虫、大豆食心虫及甜菜夜蛾的产品种类较丰富。推荐用量较大或推荐用量变化范围较大的杀虫剂种类包括毒死蜱、亚胺硫磷、丁硫·福美双、高氯·辛硫磷等。蚜虫、大豆食心虫和豆荚螟用药特征相似, 同时发生时可以采用同一种农药达到兼治效果。建议减少登记推荐用量异常高的杀虫剂产品, 加强用量低且对害虫选择性高的杀虫剂产品的研究、登记及推广。

关键词: 大豆; 杀虫剂; 推荐用量; 对应分析

Overview of Soybean Insecticide Registrations and Correspondence Analysis

PEI Tianhao¹, ZOU Jingzhu², ZHANG Yuqiu², SHI Shusen¹, GAO Yu^{1*}

(1. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University/Key Laboratory of Soybean Disease and Pest Control, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Changchun 130118, China; 2. Liaoyuan City Farmer Science and Technology Education Center, Liaoyuan 136200, China)

Abstract: In order to clarify the registration situation of soybean insecticides in China at present, this paper compiled the basic information of insecticides that had been approved and registered for soybean, such as the target of control, formulation, toxicity, maximum residue limit for pesticides, etc. The recommended dosage was analysed by drawing box plots, from which the products with a higher recommended dosage were selected. Correspondence analysis was used to determine the relationship between soybean pests and insecticide active ingredients. The results showed that, as of 21 September 2024, a total of 68 insecticide products were registered for soybean in China, which 38 were single agents and 30 were mixtures. There was a wide range of products to control aphids, *Leguminivora glycinivorella*, *Spodoptera exigua*. Insecticides with high recommended doses or a wide range of recommended doses included chlorpyrifos, phosmet, carbosulfan·thiram, and beta-cypermethrin·phoxim. The aphids, *Leguminivora glycinivorella*, and *Etiella zinckenella* had similar dosage characteristics and the same pesticide could be used to achieve a combination effect when they occur simultaneously. It is recommended to reduce the registration of insecticides with abnormally high doses and to increase the research, registration and promotion of insecticides with low doses and high pest selectivity.

Keywords: soybean; insecticide; recommended dosage analysis; correspondence analysis

大豆[*Glycine max* (L.) Merri.]是重要的粮食及油料作物, 种植面积在世界作物种植面积中位居第四位, 对人类生活及经济发展具有举足轻重的影响^[1]。中国大豆的年需求量超过 1.1 亿 t, 位居全球第一^[2]。我国大豆刚性需求量大且长期依靠进口, 对外依存度高达 80% 以上^[3]。病虫害是制约大豆产量和品质的重要因素, 每年由于病虫害造成的大豆产量损失达 15% ~ 30%, 其中大豆害虫有 400 余种, 常发性害虫有 20 多种^[2,4]。受种植制度和气候变化等因素影响, 大豆害虫的发生和防控形势日趋复杂^[5-8]。大豆害虫化学防治仍然是主要的、必要的方法, 包括药剂拌种和喷雾等措施^[9,10]。然而, 长

期使用化学杀虫剂易造成农药残留, 大豆及其制品中的农药残留对人体健康和生态安全均可造成一定的安全风险^[11,12]。安全科学减量施用化学杀虫剂是减少上述危害的重要途径^[13]。分析我国大豆害虫登记用药现状, 可为大豆杀虫剂的登记管理和合理减施提供参考。目前, 对在大豆上登记的杀虫剂产品的系统归纳研究较少, 而大豆害虫所用杀虫剂登记的推荐用量分析和对应分析等方面鲜见报道。为此, 本文通过对中国农药信息网(<http://www.icama.org.cn/>)上我国大豆杀虫剂产品登记情况进行系统整理, 通过杀虫剂的推荐用量分析和大豆害虫-杀虫剂活性成分的对对应分析, 揭示杀虫剂的用

收稿日期: 2024-10-02

基金项目: 内蒙古自治区“揭榜挂帅”项目(2023JBGS0006); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助(CARS-04)。

第一作者: 裴天浩, 男, 硕士研究生, 主要从事农业害虫综合治理。E-mail: pth0065@163.com。

通讯作者: 高宇, 男, 博士, 副教授, 主要从事昆虫生态及害虫综合治理研究。E-mail: gaoyu1101@163.com。

药规律及害虫与有效成分间的相互关系,归纳登记产品所含活性成分在大豆、菜用大豆、大豆油和大豆毛油上最大残留限量,明确农药使用的限量标准,以期为大豆杀虫剂的研发、登记及科学减施提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

通过查询中国农药信息网在大豆(含菜用大豆)上登记的处于有效状态的杀虫剂信息(防治对象不包含线虫和软体动物),时间截至2024年9月21日,统计信息包括产品的农药类别、单剂及混剂条目数量、防治对象、有效成分、剂型、毒性、登记证持有人及推荐用药量等。

1.2 数据分析

1.2.1 杀虫剂推荐用药量分析 利用箱线图进行推荐用药量分析,明确杀虫剂产品推荐用量的变化范围,筛选出用量差异大、离群高值点多的杀虫剂,为杀虫剂的合理施用提供依据^[14]。通过GraphPad Prism 9.50软件绘制每种药剂推荐最高用量的箱线图。通过最大用量值和推荐用量的变化范围分析杀虫剂的用药量规律。

1.2.2 大豆害虫-杀虫活性成分的对应分析 对应分析是一种在低维空间以散点的形式展示列联表行变量和列变量中各类别结构的统计技术,是针对多类别名义变量之间关系的强力有效的统计分析程序^[15,16]。对应分析可简明地展示农药与病虫害间的关系,进而确定防治病虫害的推荐农药,已经被用来揭示瓜类作物和粮食作物病虫害的用药规律^[16-18]。对应分析参照孟颢光等^[16]的方法。第一步,对杀虫剂有效成分赋予权重,具体方法为:如产品为单剂,防治对象只有1种,赋予权重值“1”;防治对象为多种,则该单剂对每种靶标均赋予权重值“1”。如产品为混剂,防治对象只有1种,则将每种组分和该防治对象的对应关系平均赋予权重(二元混剂分别赋值0.50,三元混剂分别赋值0.33),防治对象有多种的赋值方法与前者相同。第二步,在Excel 2021中对“活性成分”和“防治对象”的种类进行连续性数值编码,并导入到SPSS Statistics 26.0软件中。将权重列加权处理,“活性成分”和“防治对象”分别作为行变量与列变量,采用卡方距离度

量法进行对应分析。最后,保留输出结果中“行点总览”和“列点总览”中的“维得分”,以列1作为X值、列2作为Y值,输入GraphPad Prism 9.50软件绘制复合散点图。参照孟颢光等^[16]的对应分析图解读方式,定义正向矢量,解析杀虫剂防效的认可程度、可选择的杀虫剂以及防治对象间产品的相似性。

2 结果与分析

2.1 我国大豆杀虫剂登记概况

2.1.1 产品数量和结构 通过对中国农药信息网检索统计发现,截至2024年9月21日,我国登记的大豆(含菜用大豆)杀虫剂产品共有68个,其中杀虫剂54个、杀虫/杀菌剂14个、单剂38个、混剂30个。从农药类别上看,单剂的数量占全部产品的50%以上,混剂产品中种子处理剂的数量较多。大豆种子处理剂产品的杀虫活性成分为丁硫克百威、毒死蜱和噻虫嗪,这些产品主要用来防治地下害虫和蚜虫。

2.1.2 防治对象及有效成分 我国大豆上登记的杀虫剂防治对象为大豆食心虫、蚜虫、造桥虫等害虫。防治大豆食心虫的药剂主要含S-氰戊菊酯、倍硫磷、毒死蜱等;防治蚜虫的药剂主要成分为啉啉硫磷、氰戊菊酯、噻虫嗪等;防治甜菜夜蛾药剂的主要成分为阿维菌素、毒死蜱、辛硫磷等;防治造桥虫药剂的主要成分为敌百虫、噻虫嗪和高效氯氟氰菊酯;防治天蛾的产品均为苏云金杆菌;防治地下害虫药剂的有效成分中包含的杀虫活性成分是毒死蜱和丁硫克百威(表1)。在大豆上登记的杀虫剂的同质化产品和老配方产品数量多,用药量存在明显差异,防治对象信息更新相对滞后^[19]。

2.1.3 剂型及毒性 我国大豆上登记的杀虫剂涉及11种剂型,其中最多的为乳油,数量共有27个,其次是悬浮种衣剂(9个)、可湿性粉剂(8个)、种子处理悬浮剂(8个)、原药(7个)、微囊悬浮-悬浮剂(4个),其他剂型(颗粒剂、微乳剂、水乳剂、悬浮剂和种子处理微囊悬浮-悬浮剂)均为1个(图1)。对我国登记的大豆杀虫剂毒性进行统计发现,微毒产品1个,低毒产品43个,中等毒产品24个,无高毒产品。表明我国大豆杀虫剂正朝着毒性更低、使用更安全的方向发展。

表 1 大豆杀虫剂登记有效成分及防治对象
Table 1 Registered effective components and control objects of soybean insecticides

防治对象 Control target		代表登记有效成分 Represent register effective components	登记产品数量 Number of registered products
大豆食心虫 <i>Leguminivora glycinivorella</i>		25 g·L ⁻¹ 高效氯氟氰菊酯、25 g·L ⁻¹ 溴氰菊酯、50 g·L ⁻¹ S-氰戊菊酯、20% 氰戊菊酯、20% 亚胺硫磷、45% 马拉硫磷、50% 倍硫磷、40% 毒死蜱、20% 氯氰·辛硫磷、50% 氯氰·毒死蜱、21% 氰戊·马拉松、14% 氯虫·高氯氟	21
蚜虫 Aphids		50 g·L ⁻¹ S-氰戊菊酯、20% 氰戊菊酯、20% 哒嗪硫磷、40% 噻虫嗪、4% 高氯·吡虫啉、552.5 g·L ⁻¹ 氯氰·毒死蜱、22% 噻虫·高氯氟、29% 噻虫·咯·霜灵、35% 噻虫·福·菱锈、22% 苯醚·咯·噻虫	23
地下害虫 Underground pests	未区分种类 Unclassified species	25% 丁硫·福美双、38% 多·福·毒死蜱	2
	蛴螬 Grubs	1% 毒死蜱	1
甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>		10% 阿维·毒死蜱、20% 高氯·辛硫磷、10% 甲维·毒死蜱	7
造桥虫 Inchworm		90% 敌百虫、22% 噻虫·高氯氟	9
豆荚螟 <i>Etiella zinckenella</i>		20% 氰戊菊酯、200 g·L ⁻¹ 氯虫苯甲酰胺	2
天蛾 Hawkmoth		16 000 IU·mg ⁻¹ 苏云金杆菌	8

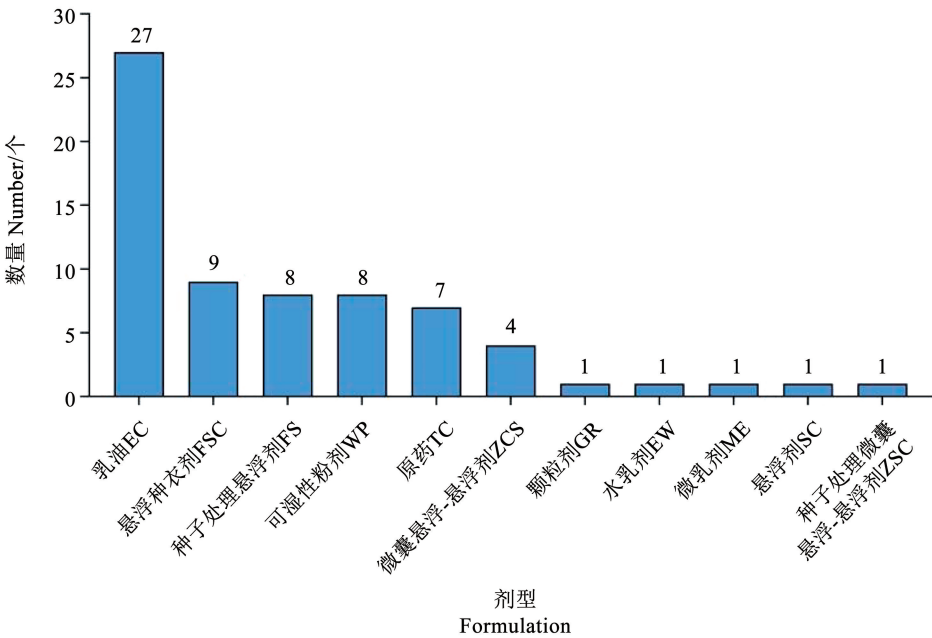


图 1 中国大豆杀虫剂登记产品剂型
Fig. 1 Formulation of insecticide products on soybean in China

2.1.4 登记企业 我国大豆杀虫剂的生产企业共58家,遍及全国16个省份,其中,江苏8家,河南、山东分别有7家,河北5家,其余省份的生产企业不超过4家。杀虫剂产品登记数量最多的企业是先正达南通作物保护有限公司,拥有5个产品的登记证。

2.2 大豆及其制品中部分杀虫剂最大残留限量

农药最大残留限量是食品农药残留评价与监

管的重要依据,在保障食品安全消费的同时,也是调节进出口贸易的主要技术性贸易措施,可为监管农产品质量安全,减少已登记大豆杀虫剂的超范围、超标准用药提供参考。根据GB 2763-2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》,针对大豆、菜用大豆、大豆油、大豆毛油的农药残留种类数量分别为78,79,20,18项(表2)。

表2 大豆及其制品中部分杀虫剂最大残留限量

Table 2 Maximum residue limits for some insecticides in soybeans and their products

单位:mg·kg⁻¹

杀虫剂 Insecticides	大豆及其制品 Soybean and its products			
	大豆	菜用大豆	大豆油	大豆毛油
	Soybean	Vegetable soybean	Soybean oil	Crude soybean oil
毒死蜱 Chlorpyrifos	0.10	0.02	0.03	—
敌百虫 Trichlorfon	0.10	0.10	—	—
阿维菌素 Abamectin	0.05	0.05	—	—
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Abamectin-aminomethyl	0.05	0.10	—	—
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	0.05 *	2.00 *	—	—
吡虫啉 Imidacloprid	0.05	0.10	—	—
噻虫嗪 Thiamethoxam	0.05	0.01	—	—
马拉硫磷 Malathion	8.00	—	—	—
倍硫磷 Fenthion	—	—	0.01	—
辛硫磷 Phoxim	0.05	0.05	—	—
哒嗪硫磷 Pyridaphenthione	—	—	—	—
甲氰菊酯 Fenpropathrin	0.10	—	—	—
氰戊菊酯和S-氰戊菊酯 Fenvalerate and esfenvalerate	0.10	2.00	—	—
溴氰菊酯 Deltamethrin	0.05	0.20	—	—
氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯 Cyhalothrin and lambda-cyhalothrin	0.02	0.20	—	—

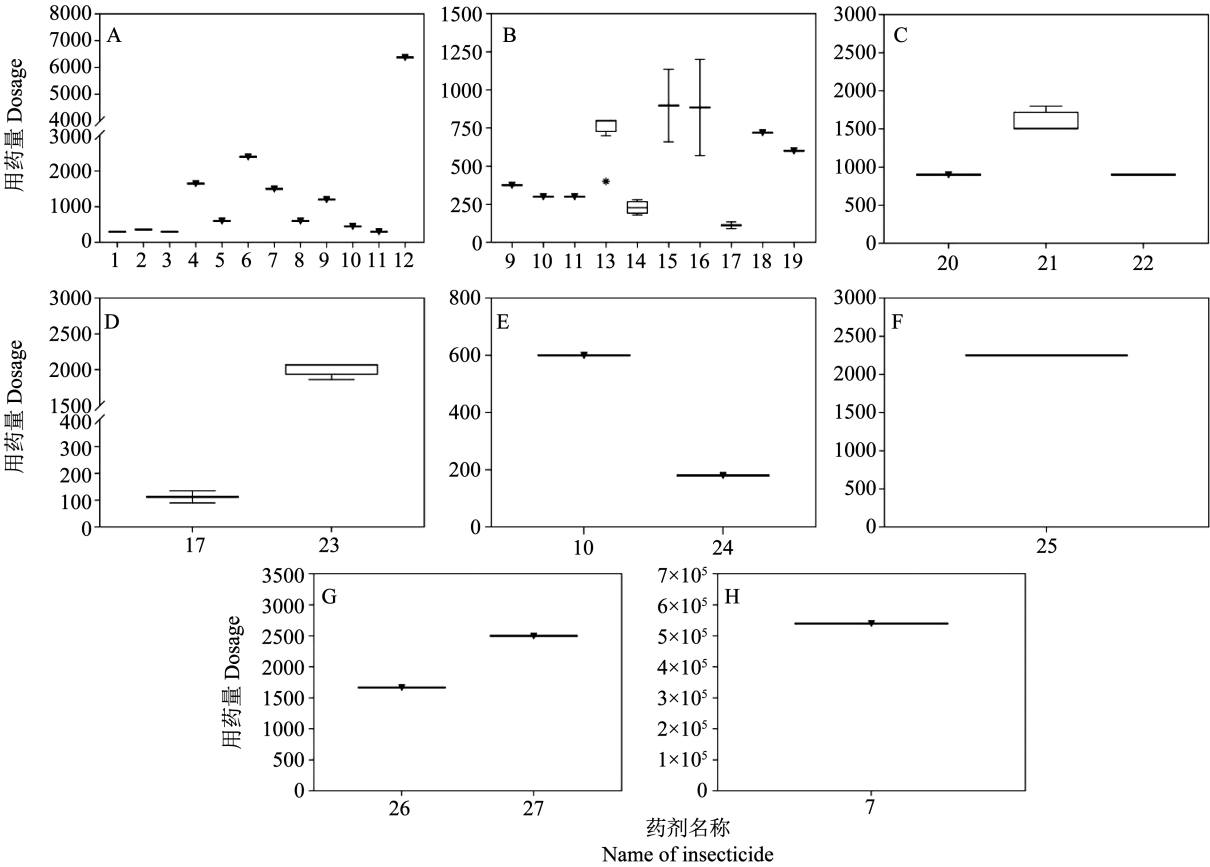
注: * 表示该限量为临时限量。

Note: * indicate the limit is a temporary limit.

2.3 推荐用药量分析

以各个杀虫剂产品的田间最高推荐用药量作为用量分析的依据,分别比较了8个防治对象的杀虫剂产品的推荐用药量差异。防治大豆食心虫的产品种类共计12种,马拉硫磷、倍硫磷、亚胺硫磷、毒死蜱的推荐用药量最大值高于其余药剂,亚胺硫磷(登记证号PD84112-2)的推荐用药量最高(6 375 mL·hm⁻²)。防治蚜虫的产品共10种,噻虫·福·萎锈和苯醚·咯·噻虫的推荐用药量最大值高于其余药剂,噻虫·咯·霜灵(PD20171882)存在1个低于该种类其他产品推荐用药量的离群值。防治甜菜夜蛾的3种产品中,高氯·辛硫磷的推荐用药量整体较

高且变化范围最大。防治造桥虫和豆荚螟的产品均只有2种,敌百虫防治造桥虫的推荐用药量整体较高,最高值为2 027 g·hm⁻²。氰戊菊酯防治豆荚螟的推荐用药量高于氯虫苯甲酰胺。本文未将蛴螬合并进地下害虫大类,而是分别整理了蛴螬和地下害虫的推荐用量。防治对象为地下害虫的产品中丁硫·福美双(PD20132251)的最大推荐用药量为2 500 g·(100 kg)⁻¹,高于多·福·毒死蜱;防治对象为蛴螬的产品为毒死蜱(PD20111314),该产品推荐用药量在所有大豆杀虫剂产品中最高,达5.40 × 10⁵ g·hm⁻²,这是也现有杀虫剂产品中唯一以沟施方式防治害虫的产品(图2)。



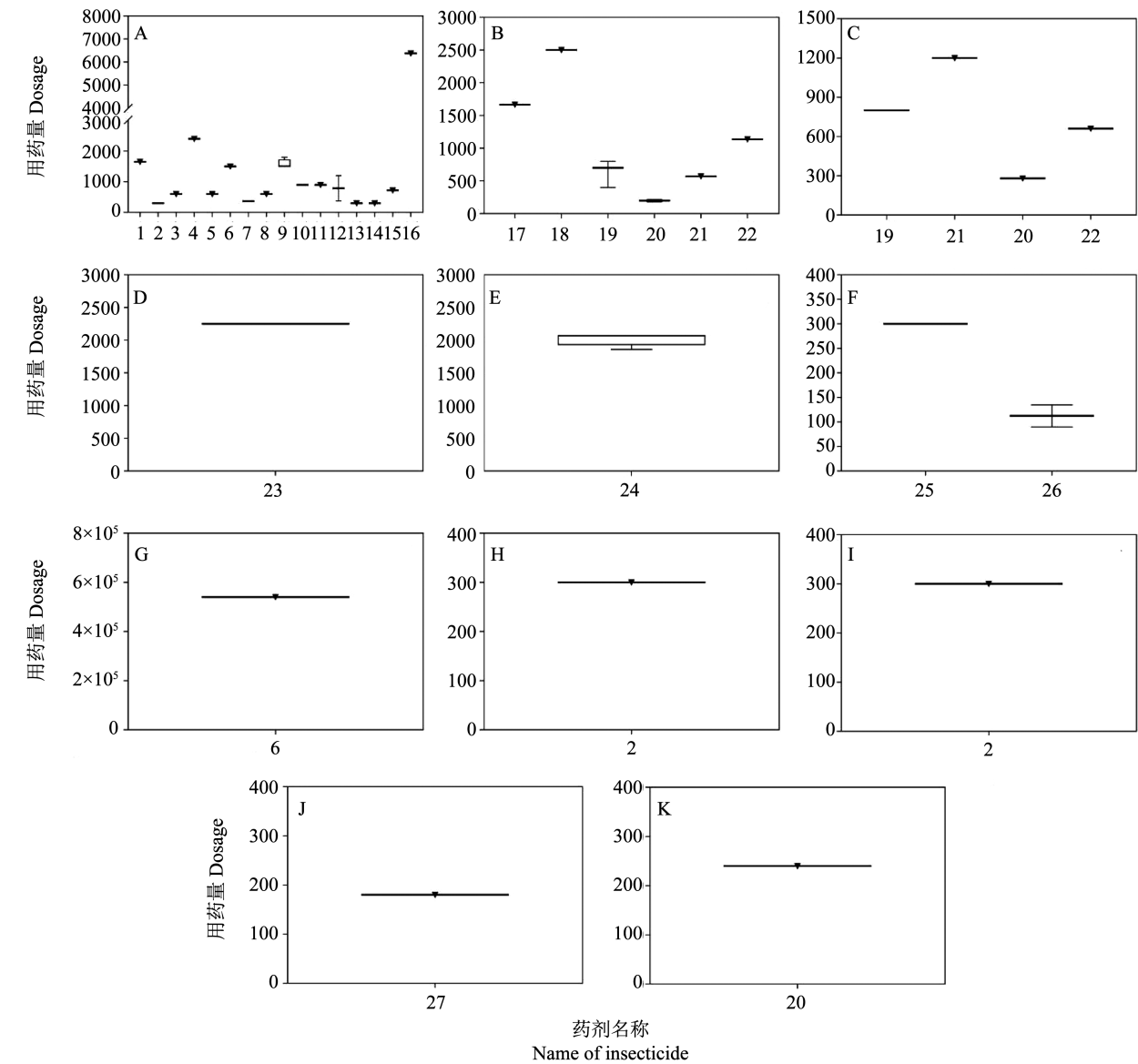
注: A. 大豆食心虫; B. 蚜虫; C. 甜菜夜蛾; D. 造桥虫; E. 豆荚螟; F. 天蛾; G. 地下害虫; H. 蛴螬。图中的杀虫剂产品在不同防治对象上的田间最大推荐用量分别为: 1. 高效氯氟氰菊酯 (A. $300\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$, $300\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 2. 溴氰菊酯 (A. $360, 375\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 3. 氯虫·高氯氟 (A. $300\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 4. 马拉硫磷 (A. $1\,650\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 5. 氯氰·辛硫磷 (A. $600\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 6. 倍硫磷 (A. $2\,400\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 7. 毒死蜱 (A. $1\,500\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$; H. $5.40\times 10^5\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 8. 氰戊·马拉松 (A. $600\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 9. 氯氰·毒死蜱 (A. $1\,200\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$; B. $375\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 10. 氰戊菊酯 (A. $450\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$; B. $300\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$; E. $600\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 11. S-氰戊菊酯 (A 和 B. $300\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 12. 亚胺硫磷 (A. $6\,375\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 13. 噻虫·咯·霜灵 [B. $400, 700, 800\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 14. 噻虫嗪 [B. $180, 215, 240, 280\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 15. 苯醚·咯·噻虫 [B. $660, 1\,136\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 16. 噻虫·福·萎锈 [B. $570, 1\,200\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 17. 噻虫·高氯氟 (B 和 D. $90, 135\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 18. 哒嗪硫磷 (B. $720\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 19. 高氯·吡虫啉 (B. $600\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 20. 阿维·毒死蜱 (C. $900\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 21. 高氯·辛硫磷 (C. $1\,500\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$, $1\,500, 1\,800\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 22. 甲维·毒死蜱 (C. $900\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 23. 敌百虫 (D. $1\,860, 1\,995, 2\,070\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 24. 氯虫苯甲酰胺 (E. $180\text{ mL}\cdot\text{hm}^{-2}$); 25. 苏云金杆菌 (F. $2\,250\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$); 26. 多·福·毒死蜱 [G. $1\,667\text{ g}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 27. 丁硫·福美双 [G. $2\,500\text{ g}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]. * 代表异常值, ▼ 代表该药剂只存在一个推荐用量。

Note: A. *Leguminivora glycinivorella*; B. Aphids; C. *Spodoptera exigua*; D. Inchworm; E. *Etiella zinckenella*; F. Hawkmoth; G. Underground pests; H. Grubs. The maximum recommended field dosage of the insecticide products shown in the figure for different control targets were: 1. Lambda-cyhalothrin (A. $300\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, $300\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 2. Deltamethrin (A. $360, 375\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 3. Chlorantraniliprole-lambda-cyhalothrin (A. $300\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 4. Malathion (A. $1\,650\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 5. Cypermethrin-phoxim (A. $600\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 6. Fenthion (A. $2\,400\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 7. Chlorpyrifos (A. $1\,500\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$; H. $5.40\times 10^5\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 8. Fenvalerate-malathion (A. $600\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 9. Cypermethrin-chlorpyrifos (A. $1\,200\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, B. $375\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 10. Fenvalerate (A. $450\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, B. $300\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, E. $600\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 11. Esfenvalerate (A and B. $300\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 12. Phosmet (A. $6\,375\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 13. Thiamethoxam-fludioxonil-metalaxyl-M [B. $400, 700, 800\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 14. Thiamethoxam [B. $180, 215, 240, 280\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 15. Difenconazole-fludioxonil-thiamethoxam [B. $660, 1\,136\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 16. Thiamethoxam-thiram-carboxin [B. $570, 1\,200\text{ mL}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 17. Thiamethoxam-lambda-cyhalothrin (B, D. $90, 135\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 18. Pyridaphenthione (B. $720\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 19. Beta-cypermethrin-imidacloprid (B. $600\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 20. Abamectin-chlorpyrifos (C. $900\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 21. Beta-cypermethrin-phoxim (C. $1\,500\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, $1\,500, 1\,800\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 22. Emamectinbenzoate-chlorpyrifos (C. $900\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 23. Trichlorfon (D. $1\,860, 1\,995, 2\,070\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 24. Chlorantraniliprole (E. $180\text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$); 25. *Bacillus thuringiensis* (F. $2\,250\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$); 26. Carbendazim-thiram-chlorpyrifos [G. $1\,667\text{ g}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]; 27. Carbosulfan-thiram [G. $2\,500\text{ g}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$]. * means outliers, ▼ means that there is only one recommended dosage of the agent.

图2 大豆杀虫剂登记产品在不同防治对象上的推荐用药量分析

Fig.2 Analysis of the recommended dosage of registered soybean insecticide products for different control targets

比较 11 种剂型的杀虫剂推荐用量差异发现, 剂型为乳油、悬浮种衣剂和种子处理悬浮剂的杀虫剂产品种类分别为 16, 6 和 4 种, 微囊悬浮-悬浮剂的杀虫剂产品种类有 2 种, 其余剂型各 1 种 (图 3)。乳油中高氯·辛硫磷、倍硫磷、马拉硫磷和亚胺硫磷是推荐用量较高的杀虫剂。悬浮种衣剂中丁硫·福美双 (PD20132251) 的推荐用量较高为 $2\,500\text{ g}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$ 。种子处理悬浮剂中噻虫·福·萎锈 (PD20220329) 的推荐用量最高为 $1\,200\text{ g}\cdot(100\text{ kg})^{-1}$ 。



注: A. 乳油; B. 悬浮种衣剂; C. 种子处理悬浮剂; D. 可湿性粉剂; E. 原药; F. 微囊悬浮-悬浮剂; G. 颗粒剂; H. 水剂; I. 微乳剂; J. 悬浮剂; K. 种子处理微囊悬浮剂型-悬浮剂。图中的杀虫剂产品在不同剂型上的田间最大推荐用量分别为: 1. 马拉硫磷 (A. 1 650 mL·hm⁻²); 2. 高效氯氟氰菊酯 (A. 300 g·hm⁻², 300 mL·hm⁻², H 和 I. 300 mL·hm⁻²); 3. 氯氰·辛硫磷 (A. 600 g·hm⁻²); 4. 倍硫磷 (A. 2 400 mL·hm⁻²); 5. 高氯·吡虫啉 (A. 600 g·hm⁻²); 6. 毒死蜱 (A. 1 500 g·hm⁻², G. 5.40 × 10⁵ g·hm⁻²); 7. 溴氰菊酯 (A. 360, 375 mL·hm⁻²); 8. 氰戊·马拉松 (A. 600 g·hm⁻²); 9. 高氯·辛硫磷 (A. 1 500 g·hm⁻², 1 500, 1 800 mL·hm⁻²); 10. 甲维·毒死蜱 (A. 900 mL·hm⁻²); 11. 阿维·毒死蜱 (A. 900 g·hm⁻²); 12. 氯氰·毒死蜱 (A. 1 200 g·hm⁻², 375 mL·hm⁻²); 13. 氰戊菊酯 (A. 300 g·hm⁻²); 14. S-氰戊菊酯 (A. 300 mL·hm⁻²); 15. 哒嗪硫磷 (A. 720 mL·hm⁻²); 16. 亚胺硫磷 (A. 6 375 mL·hm⁻²); 17. 多·福·毒死蜱 [B. 1 667 g·(100 kg)⁻¹]; 18. 丁硫·福美双 [B. 2 500 g·(100 kg)⁻¹]; 19. 噻虫·咯·霜灵 [B. 400 mL·(100 kg)⁻¹, C. 700, 800 mL·(100 kg)⁻¹]; 20. 噻虫嗪 [B. 180, 215 mL·(100 kg)⁻¹, C. 280 mL·(100 kg)⁻¹, K. 240 mL·(100 kg)⁻¹]; 21. 噻虫·福·萎锈 [B. 570 mL·(100 kg)⁻¹, C. 1 200 mL·(100 kg)⁻¹]; 22. 苯醚·咯·噻虫 [B. 1 136 mL·(100 kg)⁻¹, C. 660 mL·(100 kg)⁻¹]; 23. 苏云金杆菌 (D. 2 250 g·hm⁻²); 24. 敌百虫 (E. 1 860, 1 995, 2 070 g·hm⁻²); 25. 氯虫·高氯氟 (F. 300 mL·hm⁻²); 26. 噻虫·高氯氟 (F. 90, 135 mL·hm⁻²); 27. 氯虫苯甲酰胺 (J. 180 mL·hm⁻²)。▼代表该药剂只存在一个推荐用量。

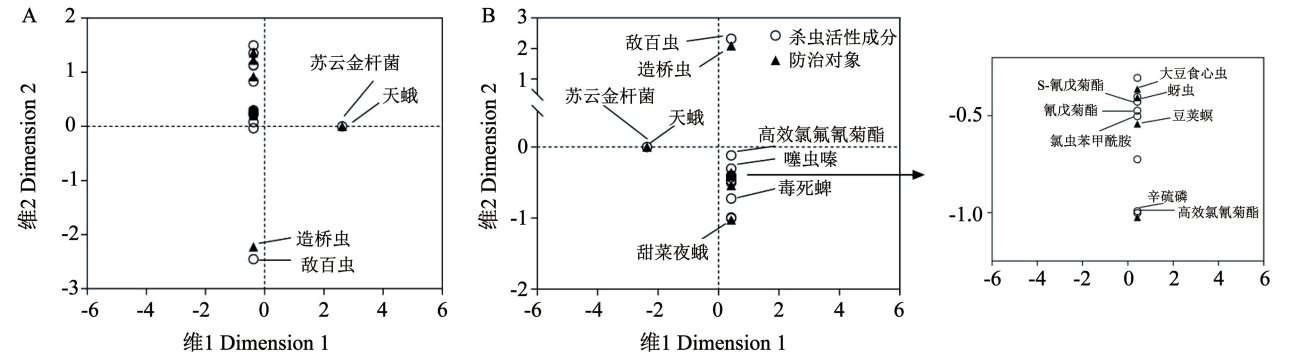
Note: A. Emulsifiable concentrate; B. Suspension seed coating agent; C. Seed treatment suspension agent; D. Wettable powder; E. Technical material; F. Mixed formulation of CS and SC; G. Granule; H. Emulsion; I. Micro-emulsion; J. Suspension concentrate; K. Seed treatment microcapsule suspension agent type-suspension agent. The maximum recommended field dosage of the insecticide products shown in the figure for different formulations were: 1. Malathion (A. 1 650 mL·ha⁻¹); 2. Lambda-cyhalothrin (A. 300 g·ha⁻¹, 300 mL·ha⁻¹; H, I. 300 mL·ha⁻¹); 3. Cypermethrin·phoxim (A. 600 g·ha⁻¹); 4. Fenthion (A. 2 400 mL·ha⁻¹); 5. Beta-cypermethrin·imidacloprid (A. 600 g·ha⁻¹); 6. Chlorpyrifos (A. 1 500 g·ha⁻¹, G. 5.40 × 10⁵ g·ha⁻¹); 7. Deltamethrin (A. 360, 375 mL·ha⁻¹); 8. Fenvalerate·malathion (A. 600 g·ha⁻¹); 9. Beta-cypermethrin·phoxim (A. 1 500 g·ha⁻¹, 1 500, 1 800 mL·ha⁻¹); 10. Emamectinbenzoate·chlorpyrifos (A. 900 mL·ha⁻¹); 11. Abamectin·chlorpyrifos (A. 900 g·ha⁻¹); 12. Cypermethrin·chlorpyrifos (A. 1 200 g·ha⁻¹, 375 mL·ha⁻¹); 13. Fenvalerate (A. 300 g·ha⁻¹); 14. Esfenvalerate (A. 300 mL·ha⁻¹); 15. Pyridaphenthione (A. 720 mL·ha⁻¹); 16. Phosmet (A. 720 mL·ha⁻¹); 17. Carbendazim·thiram·chlorpyrifos [B. 1 667 g·(100 kg)⁻¹]; 18. Carbosulfan·thiram [B. 2 500 g·(100 kg)⁻¹]; 19. Thiamethoxam·fludioxonil·metalaxyl-M [B. 400, 700, 800 mL·(100 kg)⁻¹]; 20. Thiamethoxam [B. 180, 215 mL·(100 kg)⁻¹; C. 280 mL·(100 kg)⁻¹; K. 240 mL·(100 kg)⁻¹]; 21. Thiamethoxam·thiram·carboxin [B. 570 mL·(100 kg)⁻¹, C. 1 200 mL·(100 kg)⁻¹]; 22. Difenconazole·fludioxonil·thiamethoxam [B. 1 136 mL·(100 kg)⁻¹, C. 660 mL·(100 kg)⁻¹]; 23. Bacillus thuringiensis (D. 2 250 g·ha⁻¹); 24. Trichlorfon (E. 1 860, 1 995, 2 070 g·ha⁻¹); 25. Chlorantraniliprole·lambda-cyhalothrin (F. 300 mL·ha⁻¹); 26. Thiamethoxam·lambda-cyhalothrin (F. 90, 135 mL·ha⁻¹); 27. Chlorantraniliprole (J. 180 mL·ha⁻¹). ▼ means that there is only one recommended dosage of the agent.

图3 大豆杀虫剂登记产品在不同剂型上的推荐用量分析
Fig.3 Analysis of the recommended dosage of registered soybean insecticide products on different formulations

2.4 大豆害虫-杀虫活性成分的对对应分析

2.4.1 对应分析图的绘制 通过整理大豆杀虫剂产品的活性成分及防治对象发现,大豆杀虫剂产品共包括 20 种杀虫活性成分和 8 个防治对象。初步对应分析发现,天蛾与苏云金杆菌的位置相同,敌百虫与造桥虫两者间距离较近,且位置均离其他有效成分和防治对象较远(图 4A)。根据初步生成的

对应表,剔除有效边际小于 2 的防治对象(地下害虫和蛴螬)及杀虫活性成分(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、马拉硫磷、阿维菌素、倍硫磷、吡虫啉、哒嗪硫磷、丁硫克百威、亚胺硫磷和氯氰菊酯)所对应的登记信息。含有这些活性成分的产品未被多数生产厂商认可或未在其他防治对象上广泛登记,它们的信息会对分析结果存在干扰,因此进行进一步分析。



注:A. 初步分析结果;B. 剔除有效边际小于 2 的防治对象及杀虫活性成分所对应的登记信息后的进一步分析结果。
Note: A. Preliminary analysis results; B. Further analysis results after excluding the registration information corresponding to the control objects and insecticidal active ingredients with effective margin of less than 2.

图 4 大豆害虫-杀虫活性成分对应分析
Fig. 4 Correspondence analysis of soybean pest-insecticidal and active ingredients

2.4.2 对应分析图的解读 造桥虫、天蛾距离原点较远,用药特征自成体系。敌百虫、苏云金杆菌距离原点较远,说明两种农药被生产厂家认可程度高。蚜虫、大豆食心虫和豆荚螟的位置高度重叠,距离原点较近,说明其用药特征相似,在大田三者并发的情况下,同一种农药达到兼治效果(图 4B)。氰戊菊酯、S-氰戊菊酯、辛硫磷、氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯、高效氯氟氰菊酯、噻虫嗪和毒死蜱是推荐用来防治大豆食心虫、蚜虫、豆荚螟和甜菜夜蛾的产品。此外,活性成分的正向矢量和防治对象的正向矢量夹角越小,表示该农药选择性越强。如敌百虫与造桥虫正向矢量的夹角小于高效氯氟氰菊酯和噻虫嗪与造桥虫正向矢量的夹角,说明敌百虫对造桥虫的选择性强于高效氯氟氰菊酯和噻虫嗪。

3 讨论与结论

受多方面因素的影响,我国大豆害虫种类与危害程度呈现新的变化^[5]。加快大豆杀虫剂的研发、登记、推广及合理使用,对害虫综合治理起着至关重要的作用。目前,我国大豆杀虫剂存在产品登记数量少、登记的有效成分单一、防治对象覆盖面窄、生物农药登记数量少等问题,综合上述问题,本文提出以下几点建议:(1)加快大豆种子处理剂产品研发和登记。《中华人民共和国农业农村部公告 第 736 号》中指出自“2024 年 6 月 1 日起,撤销含氧乐果、克百威、灭多威、涕灭威制剂产品的登记,禁止生产,自 2026 年 6 月 1 日起禁止销售和使用”^[20]。乐果、克百威等高毒农药的禁用使得原本在大豆上登记的甲氰·氧乐果、多·福·克等产品被撤销登记,

大豆杀虫剂登记产品数量将明显减少,特别是种子处理剂产品,随着克百威的禁用将由原有的 81 个减少到 18 个。大豆种子处理剂产品数量远少于玉米、小麦、水稻等作物,研究低毒、低残留、安全且对非靶标生物友好的种子处理剂是未来发展的方向^[10]。(2)减少登记和使用推荐用量异常高的产品。长期利用化学药剂防治会导致害虫抗药性显著增加,持续加大用药量易导致害虫抗药性问题加剧^[21]。传粉昆虫暴露在化学杀虫剂中,其觅食行为同样会受到影响^[22]。毒死蜱、亚胺硫磷、丁硫·福美双、高氯·辛硫磷等部分产品推荐用量高于同类产品,应减少其登记使用避免害虫抗性的发生。(3)扩大杀虫剂的使用范围。现有大豆杀虫剂登记产品的防治对象明显少于实际生产中常发生的害虫种类,扩大现有杀虫剂的防治对象或施用作物,是解决该问题的有效办法之一。通过对应分析发现,氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯是推荐用来防治甜菜夜蛾的药剂。苏云金杆菌对多种鳞翅目、双翅目昆虫表现良好的杀虫作用,对非靶标生物安全无毒且与环境相容性较好^[23]。这些药剂均具有在大豆田扩大登记防治对象的潜力。(4)注重杀虫剂与其他类别农药的结合。大豆的整个生育期不仅有害虫,还有根腐病、拟茎点种腐病、胞囊线虫病等病害。根据不同大豆产区病虫害的发生情况,确定好防治对象,合理使用相应的杀虫剂、杀菌剂或杀线虫剂,并与叶面肥、植物生长调节剂等综合施用,有利于病虫害防控。(5)加强生物源杀虫剂研发。由于化学药剂的使用存在短板,开发各类对环境友好型生物杀虫剂势在必行。从植物中提取和开发生物碱类、黄

酮类和萜类化合物等作为植物源农药的前体化合物,在开发植物源杀虫剂上具有广阔的应用前景^[24]。

参考文献

[1] 韩天富,周新安,关荣霞,等. 大豆种业的昨天、今天和明天[J]. 中国畜牧业, 2021(12): 29-34.
HAN T F, ZHOU X A, GUAN R X, et al. Past, now and future of soybean seed industry[J]. China Animal Industry, 2021(12): 29-34.

[2] 叶文武,刘万才,王源超. 中国大豆病虫害发生现状及全程绿色防控技术研究进展[J]. 植物保护学报, 2023, 50(2): 265-273.
YE W W, LIU W C, WANG Y C. Occurrence status and whole-process green control technologies for soybean diseases and pests in China[J]. Journal of Plant Protection, 2023, 50(2): 265-273.

[3] 王文月,姚志鹏,于洋,等. 我国大豆种业科技创新发展现状及对策建议[J]. 中国农业科技导报, 2024, 26(3): 1-6.
WANG W Y, YAO Z P, YU Y, et al. Scientific and technological innovation of soybean seed industry in China: Current situation and strategy[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2024, 26(3): 1-6.

[4] GAO Y, SHI S S, XU M L, et al. Current research on soybean pest management in China[J]. Oil Crop Science, 2018, 3(4): 215-227.

[5] 高宇,崔娟,史树森. 中国大豆害虫发生为害动态及其影响因素[J]. 吉林农业大学学报, 2023, 45(3): 264-271.
GAO Y, CUI J, SHI S S. Occurrence and damage dynamics of soybean pests and their influencing factors in China[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2023, 45(3): 264-271.

[6] 田舸帆,郭江龙,安静杰,等. 大豆“症青”成因分析及防控技术研究进展[J]. 河北农业科学, 2024, 28(4): 54-58.
TIAN G F, GUO J L, AN J J, et al. Analysis of causes of remaining green and delaying maturity of soybean and research progress in prevention and control techniques [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2024, 28(4): 54-58.

[7] 王荣,郝操,牛琳琳,等. 气候变暖对寒地大豆作物两种害虫发生的影响[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(4): 731-738.
WANG R, HAO C, NIU L L, et al. Influences of climate warming on co-occurrence of *Aphis glycines* (Matsumura) and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) on different soybean strains in cold area of China[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2016, 53(4): 731-738.

[8] 韩岚岚,王坤,李东坡,等. 马铃薯-大豆、玉米-大豆邻作对大豆田主要刺吸式害虫以及其他害虫的种群动态影响[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(4): 723-730.
HAN L L, WANG K, LI D P, et al. Effects of the potato-soybean, and maize-soybean, intercropping modes on the population dynamics of the main piercing-sucking pests, and other pests, in soybean fields [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2016, 53(4): 723-730.

[9] FARIAS M A G L, RAETANO C G, CHECHETTO R G, et al. Spray nozzles and droplet size effects on soybean canopy deposits and stink bugs control in west region of São Paulo state-Brazil[J]. Phytoparasitica, 2020, 48(2): 203-213.

[10] 高宇,孙晨棋,罗英,等. 中国大豆种子处理剂应用现状及研究进展[J]. 大豆科学, 2022, 41(5): 617-623.
GAO Y, SUN C Q, LUO Y, et al. Research and application development of soybean seed treatment agent in China [J]. Soybean Science, 2022, 41(5): 617-623.

[11] 林厚泽,接伟光,杨冬莹. 大豆农药残留及降解方法研究现状[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(6): 8-12.
LIN H Z, JIE W G, YANG D Y. Research status on pesticide residue degradation methods in soybean [J]. Cereals and Oils, 2022, 35(6): 8-12.

[12] 朱友理,王银. 我国油料作物农药登记现状及残留限量分析[J]. 天津农林科技, 2021(4): 11-15.
ZHU Y L, WANG Y. Pesticide registration status and residue limit analysis of oil crops in China [J]. Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry, 2021(4): 11-15.

[13] 张凯,冯推紫,熊超,等. 我国化学肥料和农药减施增效综合

技术研发顶层布局与实施进展[J]. 植物保护学报, 2019, 46(5): 943-953.
ZHANG K, FENG T Z, XIONG C, et al. Top design and progress in research and development of synthesis technique for reduction and synergy of chemical fertilizers and pesticides in China [J]. Journal of Plant Protection, 2019, 46(5): 943-953.

[14] 毛连纲,郭明程,袁善奎,等. 基于推荐用量的我国果蔬小型害虫登记用药现状分析[J]. 中国农业科学, 2022, 55(11): 2161-2173.
MAO L G, GUO M C, YUAN S K, et al. Analysis on the status of insecticides registered on small insects of fruits and vegetables in china based on recommended dosage [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2022, 55(11): 2161-2173.

[15] 孟颢光,游秀峰,李为争. 对应分析图解读方法辨析[J]. 科教导刊, 2021(27): 58-60.
MENG H G, YOU X F, LI W Z. Analysis of interpretation methods of correspondence analysis diagram [J]. The Guide of Science and Education, 2021(27): 58-60.

[16] 孟颢光,游秀峰,李为争. 黄瓜常见病虫害已登记农药的简单对应分析[J]. 黑龙江农业科学, 2021(9): 44-49.
MENG H G, YOU X F, LI W Z. Correspondence analysis of registered pesticides against cucumber diseases and insect pests [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2021(9): 44-49.

[17] 游秀峰,李为争. 瓜类病虫害防治用药选择与复配的大数据挖掘[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(3): 26-30,35.
YOU X F, LI W Z. Data mining on the selection and mixing of registered pesticides against cucurbit diseases and pests [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2022, 35(3): 26-30,35.

[18] 杨晓杰,张少华,李为争,等. 粮食作物病虫害用药规律: 基于对应分析途径的简明图解[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(7): 1-9.
YANG X J, ZHANG S H, LI W Z, et al. The law of drug use for diseases and pests of grain crops – A concise diagram based on correspondence analysis approach [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(7): 1-9.

[19] 高宇. 2020年以来我国批准在大豆上登记的杀虫剂产品述评[J]. 大豆科技, 2023(6): 25-30.
GAO Y. Review of pesticide products approved for registration on soybeans in China since 2020 [J]. Soybean Science and Technology, 2023(6): 25-30.

[20] 中华人民共和国农业农村部公告 第736号[EB/OL]. https://www.moa.gov.cn/nybg/2024/202401/202401/t20240124_6446468.htm, 2024-04-05.
Announcement No. 736 of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China [EB/OL]. https://www.moa.gov.cn/nybg/2024/202401/202401/t20240124_6446468.htm, 2024-04-05.

[21] 张懿熙,刘泽文. 杀虫剂的选择性与害虫抗药性[J]. 中国科学基金, 2020, 34(4): 511-518.
ZHANG Y X, LIU Z W. Mechanisms of insecticide resistance and selectivity [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2020, 34(4): 511-518.

[22] LI Z, LI M, HUANG J, et al. Effects of sublethal concentrations of chlorpyrifos on olfactory learning and memory performances in two bee species, *Apis mellifera* and *Apis cerana* [J]. Sociobiology, 2017, 64(2): 174.

[23] 崔哲雨,黄念庭,何鹏,等. 苏云金芽孢杆菌在害虫防治领域的应用进展[J]. 现代面粉工业, 2023, 37(1): 13-18.
CUI Z Y, HUANG N T, HE P, et al. Application progress of *Bacillus thuringiensis* in pest control field [J]. Modern Flour Milling Industry, 2023, 37(1): 13-18.

[24] PEI T H, ZHAO Y J, HUANG X D, et al. Chemical composition of five Lamiaceae essential oils and their insecticidal and phytotoxic activity [J]. Plants, 2024, 13(16): 2204.