



黑龙江省大豆田农药用量及未来变化趋势研究与分析

孙 浩, 姚中统, 刘 洋, 陶 波

(东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:为明确黑龙江省大豆田农药使用量及变化趋势,为黑龙江省大豆田农药生产、使用技术以及农业政策的实施背景提供理论依据。本文通过数据定点调查及数据分析等方法获得了近 20 余年黑龙江省粮食和大豆田农药总用量、单位面积农药用量等数据,结合实际国情、农业政策以及粮食产量变化关系,系统的分析了黑龙江省农田及大豆田农药总用量、单位面积用量以及不同品种农药用量的变化特点,同时利用数学模型灰色预测法对数据进行整合分析,对未来几年农药用量进行预测分析。数据结果表明:黑龙江省农田及大豆田农药用量与粮食产量有着密切的相关性,特别是除草剂用量与粮食产量变化趋势大体一致,呈逐年上升趋势;单位面积农药使用量与单位面积粮食产量也有着较高的一致性。近年来,辛硫磷、氧化乐果占黑龙江省大豆田杀虫剂总用量比例较高;多菌灵、甲基托布津占黑龙江省大豆田杀菌剂总用量比例较高;氟磺胺草醚、乙草胺占黑龙江省大豆田除草剂总用量比例较高。2015-2016 年,黑龙江省农药使用量呈缓慢上升趋势;推测未来几年,黑龙江省农药使用量将逐年缓慢升高且趋于平稳,其中大豆田农药使用量将呈升高后降低进而趋于平稳的趋势。

关键词:黑龙江省;大豆田;农药用量;杀虫剂;除草剂;杀菌剂;预测分析

Research and Analysis on Pesticide Amount and Future Trend of Soybean Field in Heilongjiang Province

SUN Hao, YAO Zhong-tong, LIU Yang, TAO Bo

(College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The relationship between pesticide use and soybean yield in soybean fields in Heilongjiang province was determined, which provided a theoretical basis for the implementation of pesticide production and use technology and agricultural policies in soybean fields in Heilongjiang province. In this paper, data such as total pesticide dosage and acreage of cereals and soybean fields in Heilongjiang province in the past 20 years have been obtained through data fixed point survey and data analysis. And the total amount of pesticide in soybean field in Heilongjiang province, the amount of peanut and the variation of pesticide used in different varieties was analyzed systematically according to the actual situation, agricultural policy and grain yield. At the same time, the data were analyzed by gray prediction method, and the forecast of pesticide using in the next 10 years was analyzed. The results showed that the pesticide using rate of soybean field and farm land in Heilongjiang province was in general, and the trend of pesticide using and grain yield per unit area was also consistent with the trend of grain yield. In recent years, phoxim and omethoate had a higher proportion of pesticide in soybean field in Heilongjiang province, carben-dazim and methyl thiophanate accounted for a higher proportion of total bactericides in soybean fields in Heilongjiang province, flufenazone and acetochlor accounted for Heilongjiang provincial soybean field total herbicide using ratio is higher. The using of pesticides in Heilongjiang province showed a slow upward trend in 2015 to 2016. It is speculated that in the next few years, the using of pesticides in Heilongjiang province will gradually increase and stabilize gradually year by year, and the using of pesticides in soybean fields will increase and then decrease, which tends to be stable.

Keywords: Heilongjiang province; Soybean field; Pesticide using; Pesticide; Fungicide; Herbicide; Forecast analysis

改革开放以来,我国农村生产力得到了极大解放和发展,我国农业农村发展取得了举世瞩目的成就。1978 年到 2014 年,农民人均纯收入从 134 元增加到 9 892 元,粮食产量从 6 095 亿 kg 增长到 12 142 亿 kg(中央经济工作会议),尤其是 2003 年十六届五中全会以后的这 13 年,我国粮食产量实现了连续 13 年增长,农民收入连续 13 年较快增加,农业农村发展处于一个黄金增长期。我国农业农村

快速发展一方面得益于 2003 年以来农业农村领域的一系列改革所释放的政策红利;另一方面有赖于农业生产技术以及化学除草工艺的快速发展。但是随着我国城市化、工业化的推进,有效耕地面积减少且不可逆转,要保障粮食安全、保障供给,就必须提高粮食产量,这样就对单位面积农作物产量提出越来越高的要求^[1]。我国幅员辽阔,地理环境复杂,气候多变,农作物病虫害发生十分严重^[2]。

收稿日期:2017-04-25

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201303031)。

第一作者简介:孙浩(1991-),男,硕士,主要从事除草剂助剂应用技术研究。E-mail:sunhaoyx@163.com。

通讯作者:陶波(1963-),男,教授,博导,主要从事除草剂生物化学及应用技术研究。E-mail:botao@163.com。

化学农药作为防治和抵御病虫害的有效手段,是控制危害、减少损失、保障农作物高产稳产的重要保证。但不当或过量使用农药也带来了一些负面效应,对我国粮食安全、食品安全、生命安全、环境安全产生了严重威胁^[3]。

我国农药品种结构矛盾突出,国内农药市场仍然供大于求,在国家农药减量控害的大环境下,各类农药产量均比上年有了较大幅度的减少。农药进口量价齐增,农药出口量价齐跌。主要病虫害、鼠害发生面积和防治面积与上年相比略有减少。与过去生产的农药原药品种与世界农药组成结构相比,杀虫剂比重偏大,除草剂偏小,近年来除草剂比例逐年升高代替传统杀虫剂主导地位,特别是东北地区除草剂已成主流,其中黑龙江省为农业种植大省,农药需求量占东北地区比重较大^[4]。我国登记的除草剂单剂中豆田除草剂单剂有 35 种,使用较多的有酰胺类(乙草胺、异丙甲草胺等)、芳氧基苯氧基丙酸类(精吡氟禾草灵、精喹禾灵等)和二苯醚类(三氟羧草醚、氟磺胺草醚等)^[5-6]。同时国内市场上对农药的类别、药效、毒性、残留性、品牌、质量、包装和售后服务提出了新的要求^[6]。

我国大豆近年来产量总体呈现波动性增长态势^[7]。虽然日益复杂的国内外环境与严峻的经济形势、国产大豆自身品质有待提高和加工企业过度依赖进口大豆等诸多原因导致国内大豆种植收益不断下降,种植户对种植大豆的积极性持续降低。但是我国大豆田种植面积约 940 万 hm^2 ,由于大豆田杂草发生的多样性和复杂性,其中应用化学除草面积达 800 万 hm^2 ,总产量为 1 200 ~ 1 600 万 t。黑龙江省耕地面积大、人均耕地多、管理粗放等问题造成该地区杂草种类多、数量大、危害严重,因此研究黑龙江省大豆田农药使用量(特别是除草剂)及大豆产量之间相互作用关系显得尤为重要。

准确的农药需求市场预测,在宏观上可以调控农药产量,达到农药生产量既能满足农业病虫害防治的需求,又避免由于产量过大,造成积压,而最终环境污染的不良后果。特别是农业部颁布的农药“零增长”政策的出台,可大大缓解我国农药使用过量情况,同时对于加速高毒高残留农药品种的淘汰,研制、生产、推广绿色环保型农药具有重要的指导作用^[8]。农药的应用对保证农业丰产、提高人民生活水平具有非常重要的作用。黑龙江省大豆种植面积占我国大豆种植面积比重较大,黑龙江省大豆田农业产业结构、种植技术以及化学防除手段都十分具有代表意义,而黑龙江省大豆田农药使用量与大豆产量之间变化关系研究较少,特别是大豆田

不同品种农药使用量与大豆产量之间变化关系研究尚未报道,对未来大豆田农药使用量变化趋势无从切入,因此,研究黑龙江省大豆田农药使用量与大豆产量变化关系及未来发展趋势具有重要意义。

本研究结合黑龙江省粮食及大豆田近 20 余年农药使用量,同时结合实际情况、我国及黑龙江省农业政策以及粮食产量等因素,对黑龙江省粮食及大豆田农药使用量归纳总结,从而明确其农药使用量、不同种类农药使用量及粮食产量变化关系,同时建立相关数学模型预测未来几年黑龙江省粮食产量及大豆田农药使用量变化趋势,为黑龙江省大豆田农药生产、使用技术以及农业政策的实施背景提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1991 - 2016 年黑龙江省农药使用总量及粮食总产量数据主要来源于《中国国家统计局》、各年度《全国植保专业统计资料》、《中国农业统计资料汇编》^[9],1991 - 2016 年黑龙江省大豆田不同品种农药使用量来自于对黑龙江省、市植保站、农业技术推广中心、农资经销商、合作社进行的实地调研。实地调研于黑龙江省随机选择 7 个市,每个市至少选择 2 个县,每个县至少选择 3 个村,每个村随机选择 5 个有经验的种植户进行问卷调查^[10],调查作物主要为大豆,调查内容包括农药种类及用量;粮食(谷物、豆类、薯类)产量来源于《中国国家统计局》。

1.2 方法

本文数据处理采用 SPSS 19.0, Excel 2010 等软件,预测分析采用灰色预测法^[11-12]。灰色预测趋势分析方法最常用的灰色预测方法,为提高模型的预测精度,保证预测值准确、可靠,选择不同的维数建立模型,根据模型预测精度等级标准筛选出相对适当的 GM(1,1)模型^[12-13]。本研究选择 5 ~ 10 维数据进行预测分析。分析黑龙江省及黑龙江省大豆田农药使用量、单位面积农药用量、不同品种农药使用量与粮食产量的变化关系,以及未来几年农药使用量变化趋势。

2 结果与分析

2.1 黑龙江省农药用量及粮食产量变化趋势

如图 1 所示,1991 - 2016 年,黑龙江省粮食产量大体呈逐年上升趋势,黑龙江省农药用量从 1991 - 2016 年(除 2007 年)大体呈逐年上升趋势,可以看出,黑龙江省粮食产量与农药使用量变化趋势大体一致。自改革开放以来,农村逐步实行承包责任

制,农民生产积极性得到极大的调动,农药需求量越来越大,粮食产量变化规律与其大体相同;1991 – 1998 年,我国处于农业改革初期^[14],农业发展较快,十三届七中全会切实加强农业发展,同时黑龙江省耕地面积不断扩大,黑龙江省农药用量处于上升趋势,粮食产量随之呈波动式上升;1998 – 2007 年,国家开始实行农资补贴政策以及农村税费改革,这是继实行家庭承包经营以来的又一重大改革,同时黑龙江省大力加强农业推进建设,处于黄金耕作阶段,黑龙江省农药用量呈逐年升高趋势,

粮食产量呈波动式上升趋势;2007 – 2008 年,我国建设新农村,各地区进行改革^[15],构建绿色环境,此阶段黑龙江省农药用量降低;2008 – 2014 年,农业机械化进程加快,耕地水平飞速提升,黑龙江省农药用量持续上升,粮食产量逐年上升。2016 年较 2015 年粮食产量稍有下降,但下降幅度不明显,且整体趋于平稳,这可能是由于黑龙江省近几年城市发展较快,分散了原有种植区域的劳动力,其次,2016 年整年的气候条件也直接影响了粮食产量。

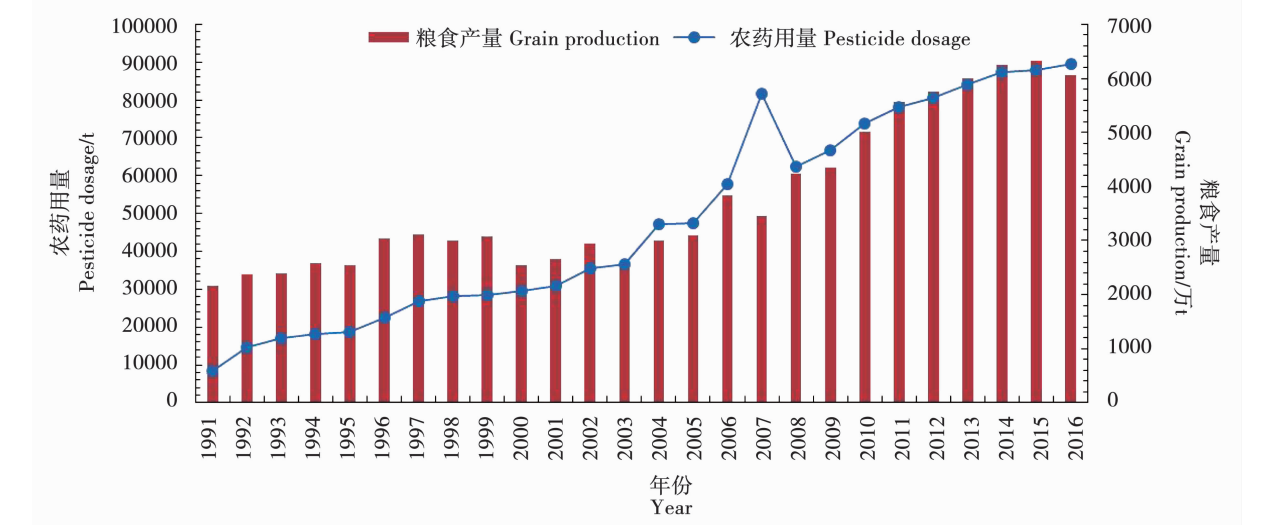


图1 黑龙江省农药用量及粮食产量 1991 – 2016 年变化趋势

Fig. 1 Trends of pesticide dosage and grain yield in Heilongjiang province of 1991 – 2016

2.2 黑龙江省大豆田农药用量及大豆产量变化趋势

如图 2 所示,黑龙江省大豆田农药使用量 1991 – 2007 年逐年上升,此阶段大豆产量呈波动式上升趋势;2007 年后农药使用量大体呈下降趋势,大豆产量大体呈下降趋势;1991 – 1994 年,黑龙江省大豆种植面积呈上升趋势,因此大豆田农药使用量呈上升趋势,大豆产量随之上升;1997 – 2007 年,随着农业发展,耕地面积的逐步扩大,黑龙江省大豆种植面积扩大,这一阶段,大豆田农药使用量呈逐年上升趋势,大豆产量随之上升;2007 – 2013 年,黑龙江省大豆种植模式的改革,大豆种植面积减少,此阶段大豆田农药用量大体呈逐年降低趋势,大豆产量逐年降低;2014 – 2016 年,大豆产量上下波动较大,2015 年大豆产量明显降低,可能是因为黑龙江省城市化进程加快,大豆种植区域劳动力降低所造成的;2016 年大豆产量有所回升,达到了近四年大豆产量的峰值,由于国家种植结构调整和相关的补助政策的实施,促使农户重新重视大豆的种植从而直接影响了大豆的产量;且从整体上来看大豆产

量是增加的。2014 – 2016 年黑龙江省大豆田农药用量总体逐年增加,但其增加幅度与之前相比明显降低,且可以看出农药用量是向着趋于平缓的方向发展。

2.3 黑龙江省农药单位面积用量及粮食单位面积产量变化趋势

如图 3 所示,1991 – 2016 年,黑龙江省单位面积粮食产量大体呈波动式上升趋势,与此同时,黑龙江省单位面积农药用量(除 2007 年外)均大体呈逐年上升趋势;1991 – 2007 年黑龙江省单位面积农药用量呈逐年上升趋势,粮食产量呈波动式变化;2007 – 2008 年黑龙江省单位面积农药用量呈下降趋势,2008 – 2016 年先回升,随后呈逐年下降趋势;特别是 2015 年后,由于黑龙江省的城市化建设、发展迅速,间接降低了对粮食种植的重视程度,且劳动力去前期相比也是大幅度的降低,这也就造成 2016 年的粮食单产低于 2015 年;自 2014 年以后,单位面积农药用量整体呈缓慢上升并趋于平缓的趋势。

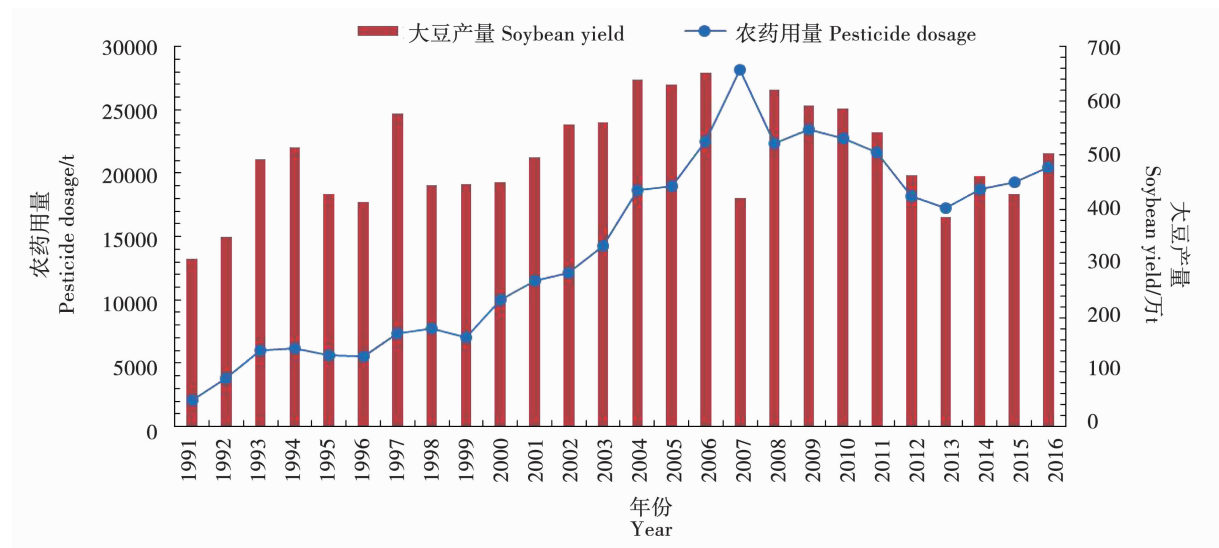


图2 黑龙江省大豆田农药用量及大豆产量 1991 – 2016 年变化趋势
Fig. 2 Changes of pesticide dosage and soybean yield in soybean field in Heilongjiang province of 1991 – 2016

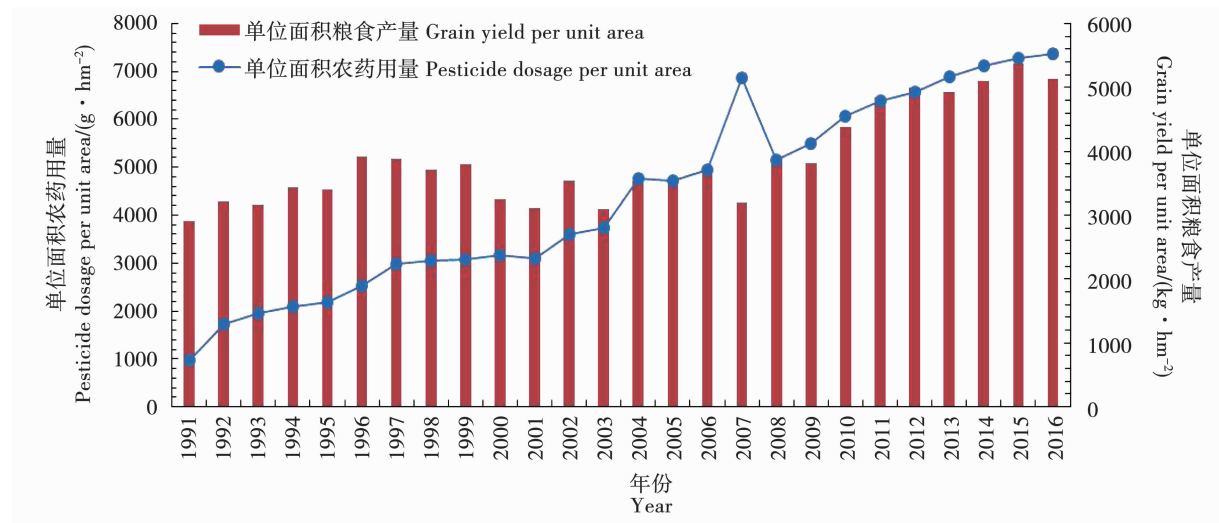


图3 黑龙江省农药单位面积用量及单位面积粮食产量 1991 – 2016 年变化趋势
Fig. 3 Changes of pesticide dosage and grain yield per unit area in Heilongjiang province of 1991 – 2016

2.4 黑龙江省大豆田农药单位面积用量及大豆单位面积产量变化趋势

如图 4 所示,1991 – 2016 年,黑龙江省单位面积大豆产量呈波动式变化;1991 – 2007 年,黑龙江省大豆田单位面积农药用量大体呈逐年上升趋势,由于黑龙江省大豆种植面积变化幅度较大,因此大豆单位面积产量呈波动式变化;2007 – 2012 年(除 2009 年外),黑龙江省大豆田单位面积农药用量大体呈下降趋势,单位面积大豆产量呈缓慢上升趋势;2012 – 2014 年,黑龙江省大豆田单位面积农药用量继续攀升,此阶段大豆单位面积产量呈上升趋势。2014 年后,单位面积大豆产量略有降低但整体趋于平缓,上下幅度不大,但黑龙江省大豆田单位面积农药用量整体呈明显的下降趋势,既贯彻了农

药“零增长”的政策,又为大豆单位面积产量趋于稳定提供了保障。

2.5 黑龙江省不同种类农药用量及粮食产量变化趋势

如图 5 所示,1991 – 2016 年,黑龙江省粮食产量大体呈逐年上升趋势,但黑龙江省不同品种农药使用量及粮食产量逐年变化趋势存在差异,其中除草剂使用量呈逐年上升趋势,杀虫剂及杀菌剂变化不显著;其中 1991 – 1995 年间,黑龙江省由于种植面积较大,地理条件以及陆地气候因素导致病虫害问题较为严重,同时除草剂使用技术较差,除草剂品类不健全,以人工除草为主,此阶段以杀虫剂为主导,杀菌剂用量保持平稳,除草剂用量逐年上升,粮食产量呈缓慢上升趋势;1995 – 2007 年黑龙

江省提倡化学除草理念,种植户开始重视化学除草,使得黑龙江省各地区除草剂使用量飙升,在2007年除草剂用药量超过6万t;此阶段杀虫剂用药量大体呈下降趋势,2003年开始回升;杀菌剂保持缓慢上升趋势,粮食产量呈波动式变化;2007-2014年间,各类农药均呈先下降后上升趋势,其中杀虫剂、杀菌剂自2008年后保持缓慢增长,除草剂品类日益上升,使用推广面积较大,除草剂保持飞

速增长,黑龙江粮食产量呈7年连增;2014年后,杀虫剂、杀菌剂用量逐步趋于平缓,除草剂用量呈上升态势。这保证了生态环境及生物环境安全的同时,又响应了国家颁布的相关政策;2014年到2016年随着城市发展建设的加快、种植区劳动力的下降以及环境安全意识的提高,所以粮食产量有极小幅度的降低。

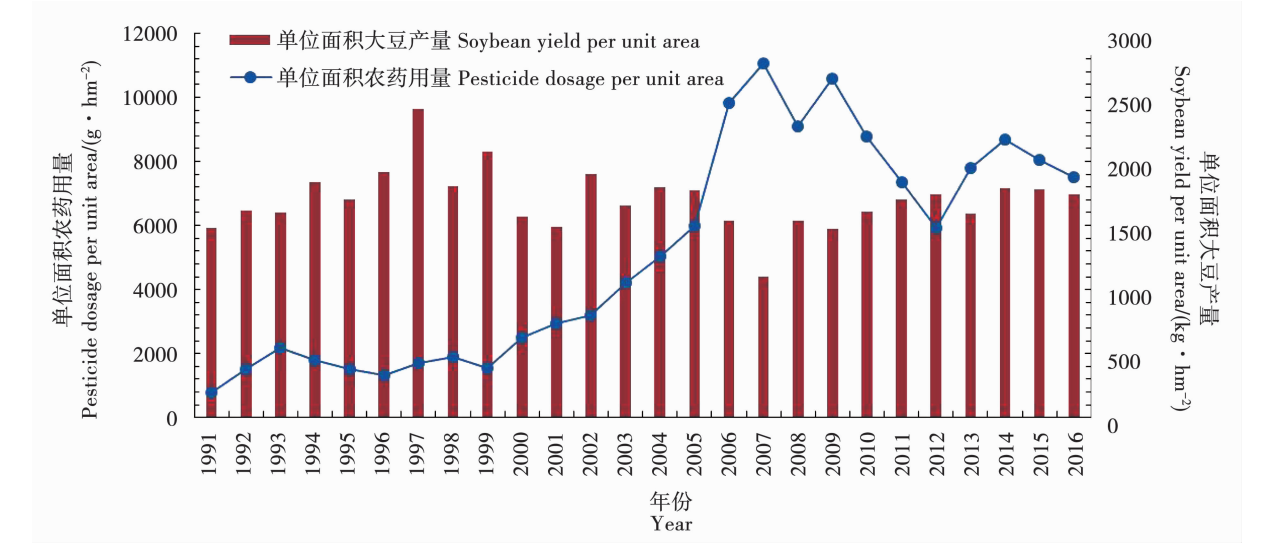


图4 黑龙江省大豆田农药单位面积用量及单位面积大豆产量1991-2016年变化趋势
Fig. 4 The change of pesticide dosage and soybean yield per unit area in Heilongjiang province of 1991-2016

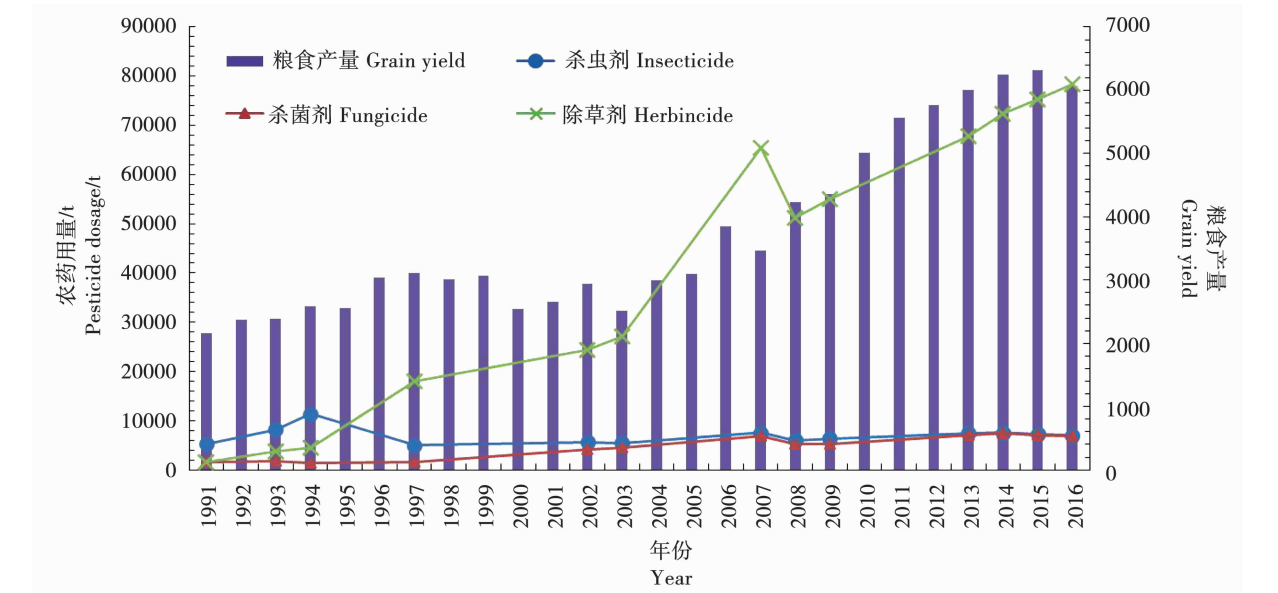


图5 黑龙江省不同种类农药用量及粮食产量1991-2016变化趋势
Fig. 5 The variation trend of various pesticide dosage and grain yield in Heilongjiang province of 1991-2016

2.6 黑龙江省大豆田不同种类农药用量及大豆产量变化趋势

如图6所示,1991-2016年,黑龙江省大豆产量呈波动式变化,但黑龙江省大豆田不同品种农药

使用量及大豆产量逐年变化趋势存在差异,其中除草剂使用量变化程度较大,杀虫剂及杀菌剂变化不显著;1991-1995年,黑龙江省大豆种植面积较大,病虫害草害问题较为严重,同时大豆田除草剂使用技

术较差,以人工除草为主,此阶段以杀虫剂为主导,杀菌剂用量保持平稳,而除草剂用量呈上升趋势,此阶段大豆产量呈先升高后降低趋势;1995 - 2007 年黑龙江省大豆田化学除草盛行,以化学除草为主,种植户除草意识提升,使得黑龙江省大豆田除草剂使用量快速上升,在 2007 年除草剂用药量超过 2.2 万 t,此阶段以除草剂为主导,杀虫剂、杀菌剂使用量自 1997 起呈缓慢上升趋势,此阶段大豆产量大体呈上升趋势,2007 年下降;2007 - 2014 年间,黑龙江省大豆田各类农药均大体呈下降趋势,其中杀虫

剂、杀菌剂使用量呈缓慢下降趋势,2014 年略微回升;除草剂于 2009 - 2013 年呈下降趋势,2014 年有所回升,此阶段大豆产量大体呈下降趋势,同样在 2014 年有所回升;2014 年后,黑龙江省大豆产量整体呈上升趋势,这是由于相关政策的实施使得种植区域农户提升了对于大豆种植的重视程度;此外,自 2013 年以后,虽然黑龙江省大豆田农药使用总量逐年上升,但不同品种农药使用量上升趋势存在差异,其中除草剂使用量上升显著,而杀虫剂、杀菌剂呈缓慢上升趋势。

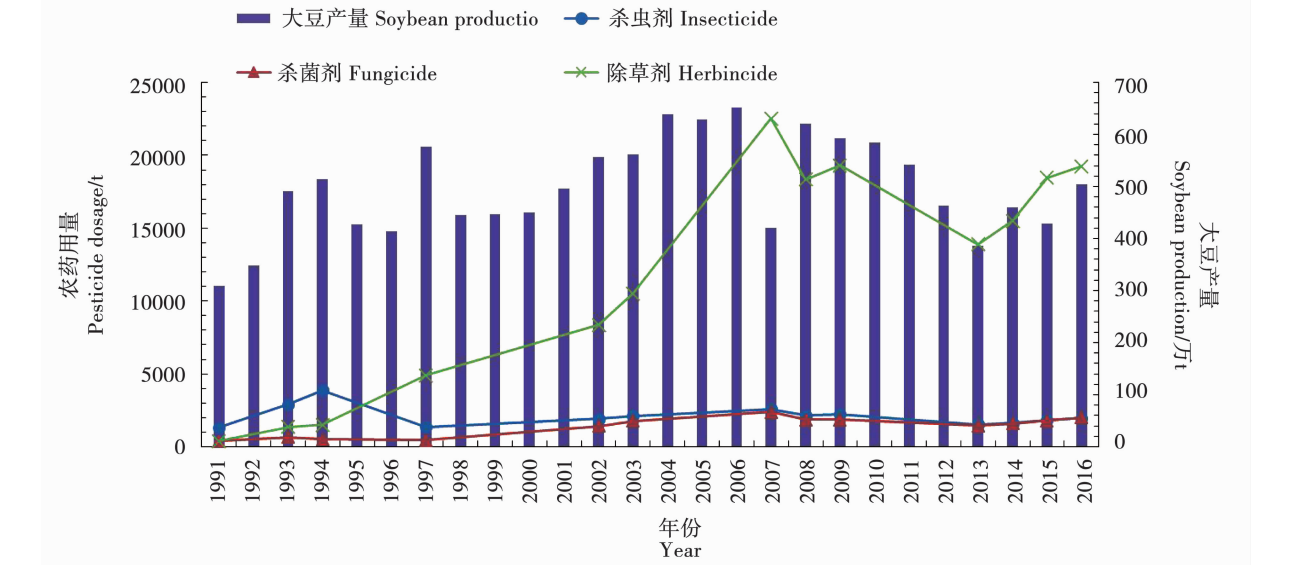


图6 黑龙江省大豆田不同品种农药用量及大豆产量 1991 - 2016 年变化趋势
Fig. 6 Changes of pesticide dosage and soybean yield in different soybean varieties in Heilongjiang province of 1991 - 2016

2.7 黑龙江省大豆田不同种类农药使用量情况

如表 1 所示,大豆田杀虫剂主要品种用药量占大豆田杀虫剂总用量逐年比例变化存在差异;纵向来看,辛硫磷占大豆田杀虫剂总用量比例呈先降低后升高趋势,2011 年最低,占杀虫剂总用量 4.54%,2006 年最高,占杀虫剂总用量 49.18%;氧化乐果占大豆田杀虫剂总用量比例呈先升高后降低趋势,2013 年最低,占杀虫剂总用量 11.83%,2010 年最高,占杀虫剂总用量 39.89%;溴氰菊酯占大豆田杀虫剂总用量比例逐年呈先降低后升高趋势,2011 年最低,占杀虫剂总用量 1.51%,2005 年最高,占杀虫剂总用量 16.22%;毒死蜱占大豆田杀虫剂总用量比例逐年呈波动式变化趋势,2009 年最低,占杀虫剂总用量 3.50%,2011 年最高,占杀虫剂总用量 50.73%;横向来看,辛硫磷、氧化乐果占大豆田杀虫剂总用量比例较高的年份居多;而溴氰菊酯、毒死蜱较少。2014 年以后,辛硫磷、氧化乐果、溴氰菌

酯、毒死蜱 4 类大豆田杀虫剂用量均呈上升趋势,但增加幅度较小。

如表 2 所示,大豆田杀菌剂主要种类用药量占大豆田杀菌剂总用量逐年比例存在差异;纵向来看,多菌灵占大豆田杀菌剂总用量比例逐年(除 2006 年)呈先降低后升高趋势,2009 年最低,占杀菌剂总用量 1.79%,2006 年最高,占杀菌剂总用量 36.56%;百菌清占大豆田杀菌剂总用量比例大体呈降低趋势,2016 年最低,占杀菌剂总用量 2.98%,2013 年最高,占杀菌剂总用量 29.41%;三唑酮占大豆田杀菌剂总用量比例大体呈先升高后降低趋势,2013 年最低,占杀菌剂总用量 5.88%,2010 年最高,占杀菌剂总用量 33.33%;甲基托布津占大豆田杀菌剂总用量比例大体呈先升高后降低趋势,2013 年最低,占杀虫剂总用量 5.88%,2010 年最高,占杀菌剂总用量 35.86%;横向来看,多菌灵、甲基托布津占大豆田杀菌剂总用量较高比例的年份较多;而

百菌清、三唑酮较少。2014 年以后,多菌灵和百菌清用量增加,整体来看,变化幅度较低。清的用量比例有所降低,三唑酮及甲基托布津的用

表 1 黑龙江省大豆田主要杀虫剂种类占大豆田杀虫剂总用量比例

Table 1 The proportion of main pesticide varieties accounts for the total pesticide consumption in soybean field of Heilongjiang province (%)					
年份 Year	辛硫磷 Phoxim	氧化乐果 Omethoate	溴氰菊酯 Deltamethrin	毒死蜱 Chlorpyrifos	其它 Other
2005	47.95	20.45	16.22	7.05	8.33
2006	49.18	24.59	10.66	4.92	10.65
2007	39.69	29.98	9.54	5.79	15.00
2008	32.78	32.95	7.45	7.12	19.70
2009	7.96	32.17	5.41	3.50	50.96
2010	6.49	39.89	4.08	10.58	38.96
2011	4.54	35.59	1.51	50.73	7.63
2012	18.80	17.78	11.26	26.33	25.83
2013	23.67	11.83	11.83	17.75	34.92
2014	24.75	22.71	2.27	13.62	36.65
2015	26.84	23.21	4.34	14.78	30.83
2016	27.69	24.08	4.69	15.60	27.94

表 2 黑龙江省大豆田主要杀菌剂种类占大豆田杀菌剂总用量比例

Table 2 The proportion of main fungicides accounts for the total fungicides consumption in soybean field of Heilongjiang province (%)					
年份 Year	多菌灵 Carbendazim	百菌清 Chlorothalonil	三唑酮 Triazolone	甲基托布津 Methyl thiophanate	其它 Other
2005	26.04	28.65	15.63	21.09	8.59
2006	36.56	24.13	10.97	14.68	13.66
2007	26.28	20.94	16.45	18.80	17.53
2008	20.05	20.57	21.09	20.57	17.72
2009	1.79	19.35	28.67	29.39	20.80
2010	5.27	9.28	33.33	35.86	16.26
2011	5.71	4.29	23.43	28.57	38.00
2012	21.12	8.92	10.29	12.35	47.32
2013	22.06	29.41	5.88	5.88	36.77
2014	22.88	4.21	7.02	7.02	58.87
2015	21.43	3.56	8.01	10.13	56.87
2016	19.69	2.98	8.56	11.26	57.51

如表 3 所示,大豆田除草剂主要种类用药量占大豆田除草剂总用量逐年比例存在差异;纵向来 看,精喹禾灵占大豆田除草剂总用量比例呈波动式变化趋势,2009 年最低,占除草剂总用量 4.13% ,

2013 年最高,占除草剂总用量 9.74%;氟磺胺草醚占大豆田除草剂总用量比例大体呈升高趋势,2005 年最低,占除草剂总用量 7.44%,2014 年最高,占除草剂总用量 28.24%;乙草胺占大豆田除草剂总用量比例大体呈降低趋势,2014 年最低,占除草剂总用量 16.56%,2005 年最高,占除草剂总用量 50.79%;烯禾啶占大豆田除草剂总用量比例大体呈

升高趋势,2009 年最低,占除草剂总用量 4.36%,2013 年最高,占除草剂总用量 12.97%;横向来看,氟磺胺草醚、乙草胺占大豆田除草剂总用量较高比例的年份较多;而精喹禾灵、烯禾啶较少。2015 年以后,除精喹禾灵外其它 3 种主要除草剂用量比例均有一定程度的降低,其中氟磺胺草醚最为显著,其次为乙草胺、烯禾啶。

表 3 黑龙江省大豆田主要除草剂种类占大豆田除草剂总用量比例

Table 3 The proportion of main herbicide accounts for the total herbicide in soybean field of Heilongjiang province of total herbicides in soybean field (%)					
年份 Year	精喹禾灵 Quinoxaline	氟磺胺草醚 Fluorosulfonates	乙草胺 Acetochlor	烯禾啶 Enanthrene	其它 Other
2005	4.30	7.44	50.79	5.43	32.04
2006	5.97	8.66	46.72	5.98	32.67
2007	7.19	11.10	45.84	5.97	29.9
2008	5.19	13.63	48.62	6.82	25.74
2009	4.13	14.65	49.99	4.36	26.87
2010	8.49	17.09	40.20	5.20	29.02
2011	5.11	13.42	42.93	7.71	30.83
2012	6.25	14.29	40.60	9.90	28.96
2013	9.74	18.35	29.86	12.97	29.08
2014	4.94	28.24	16.56	10.53	39.73
2015	5.83	24.13	17.54	11.34	41.16
2016	6.01	21.32	15.59	10.89	46.19

2.8 黑龙江省农药用量灰色预测分析

如图 7a 所示,黑龙江省杀虫剂用药量在 2016 年总用量接近7 100 t,黑龙江省杀虫剂用量 2017 – 2025 年将呈上升趋势,至 2025 年黑龙江省杀虫剂用药量预计将接近9 000 t。如图 7b 所示,黑龙江省杀菌剂用药量在 2016 年总用量接近7 000 t,黑龙江省杀菌剂用量 2017 – 2025 年呈波动式上升趋势,至 2025 年黑龙江省杀菌剂用药量预计将接近8 600 t。如图 7c 所示,黑龙江省除草剂用药量在 2016 年总用量接近 8 万 t,黑龙江省除草剂用量 2017 – 2025 年呈上升趋势,至 2025 年黑龙江省除草剂用药量预计将接近 20 万 t。因此,从现有的数据分析来看,我国黑龙江省各类农药使用量在未来几年将持续升高,但随着环保、可持续发展战略及农业部颁布农药“零增长”政策的实施,未来几年黑龙江省各类农药使用量将呈逐渐上升或趋于平稳的发展态势。

2.9 黑龙江省大豆田农药用量灰色预测分析

如图 8a 所示,黑龙江省大豆田杀虫剂用药量在 2016 年总用量接近2 000 t,黑龙江省大豆田杀虫剂用量 2017 – 2025 年呈上升后下降趋势,至 2025 年黑龙江省大豆田杀虫剂用药量预计将接近1 800 t。如图 7b 所示,黑龙江省大豆田杀菌剂用药量在 2016 年总用量接近2 100 t,黑龙江省大豆田杀菌剂用量 2017 – 2025 呈上升后下降趋势,至 2025 年黑龙江省大豆田杀菌剂用药量预计将接近1 700 t。如图 7c 所示,黑龙江省大豆田除草剂用药量在 2016 年总用量接近 1.8 万 t,黑龙江省大豆田除草剂用量 2017 – 2025 年呈先下降后上升趋势,至 2025 年黑龙江省大豆田除草剂用药量预计将接近 1.7 万 t。因此,从现有的数据分析来看,我国黑龙江省大豆田各类农药使用量在未来几年呈先降低后升高且逐渐趋于平稳的趋势且在我国农业可持续发展政策的实施背景下,黑龙江省大豆田农药使用量将向更环保的方向发展。

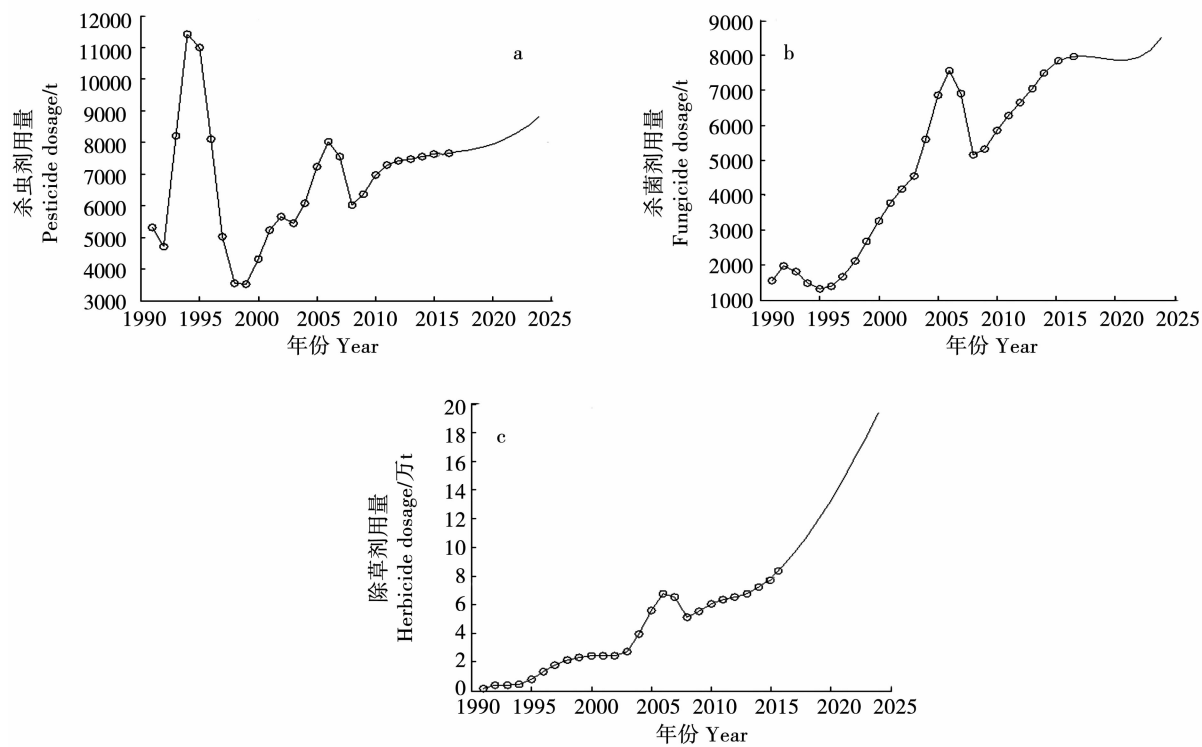


图 7 黑龙江省不同品种农药用量灰色预测分析

Fig. 7 Gray prediction and analysis of pesticide use of different varieties in Heilongjiang province

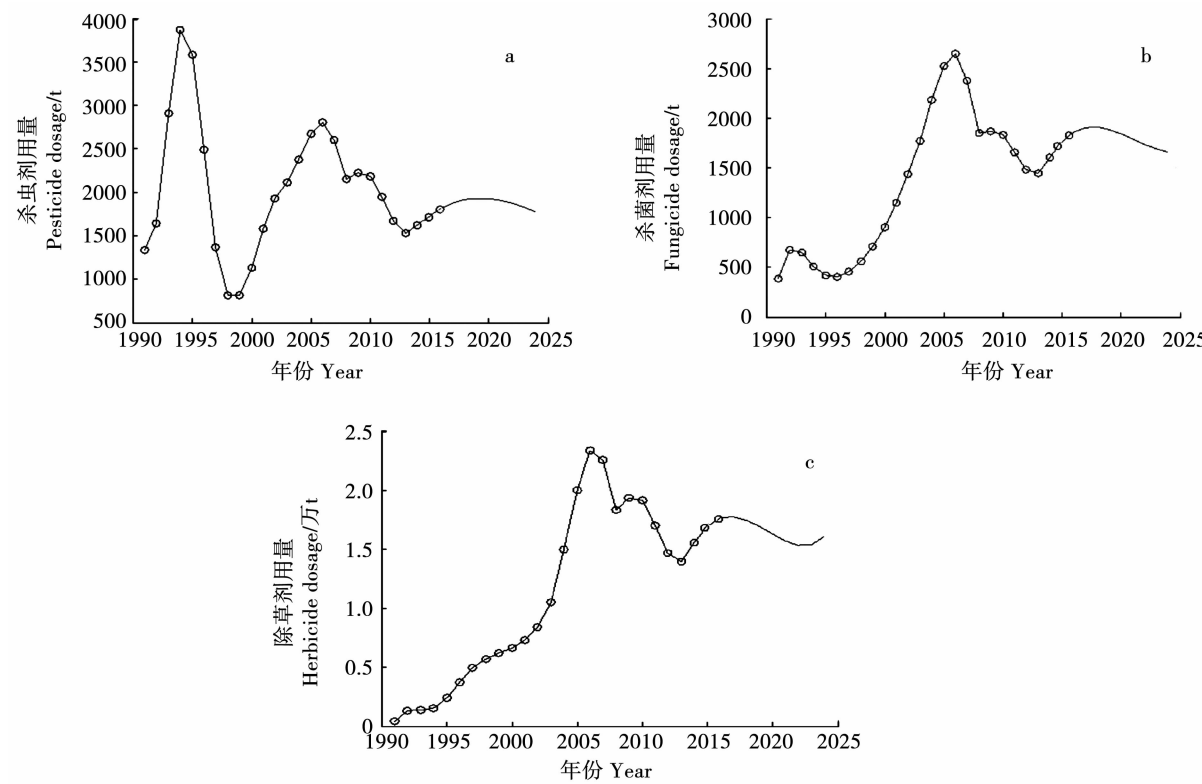


图 8 黑龙江省大豆田不同品种农药用量灰色预测分析

Fig. 8 Gray prediction and analysis of pesticide use of different varieties of soybean field in Heilongjiang province

3 讨 论

近年来黑龙江省农药使用量不断上升,原因是多方面的。客观上,黑龙江省病虫害呈现多发、频发趋势,保障粮食稳产、增产,实现虫口夺粮,离不开农药的大量使用;主观上,为提高粮食和农产品的产量,增加收入,种植户有动力为防治病虫害及改善作物生长投入大量农药;从微观看,我国黑龙江省农业生产规模小而且分散,种植户合理和科学用药知识相对缺乏,以及农药市场“小散乱”的客观现实共同催生了种植户在农药使用上出现的不合理使用;从宏观看,农产品分级定价机制不健全,缺乏市场普遍认可,从农产品质量牵制农药合理使用的压力严重不足,农产品商品化程度低是重要的制约因素。从农药使用技术来看,2015 年后,由于黑龙江省植保无人机设备的兴起,再次掀起一波新型的农药高潮,方便、快捷、高效的施药方式,也是农药使用量持续攀升的因素之一。黑龙江省粮食实现连续增产,种植户增收持续飞快,这离不开我国及黑龙江省政府为促进农业发展、种植户增收出台的大量惠农、支农政策。同时大豆价格保护政策有效地保证种植户投入农业生产的预期收益,使种植户有资金、也有信心增加包括农药在内的生产要素投入^[16]。农药使用的稳定回报是农药市场快速发展、用量迅速增多的本质原因。

对于黑龙江省来说,农作物种植面积是限制农药需求总量的关键因子。但在一定时期内,农药用量的变化受多种因素的影响。黑龙江省大豆种植面积多年来呈波动式变化,这就取决于农业经济发展、农业政策以及农作物价格,其中社会经济发展对农作物产量品质提出了更高要求,大豆施肥水平提高,种植户用于田间手工耕除杂草成本高于化学除草成本,使得近 10 多年来化学除草剂用量上升,改变了不同类型农药的组成。地理生态条件亦是影响杀虫、杀菌、除草剂 3 大类农药品种结构的主要因素,这决定了我国南北不同农业生态区农药品种结构的特点具有很大差异^[17]。气候条件、病虫害发生及农药抗性的产生影响农药用量年度间波动;病虫害发生营养条件,加大了农药用量趋势;而植保技术的变革,从长远来看,也可对农药需求产生较大的影响。同时根据我国国情、政策、地理条件、人文等诸因素综合分析,使得我国黑龙江省农药用量逐年上升^[18]。近年黑龙江省不同品种农药用量中,杀虫、杀菌剂保持上下波动状态,其中除草剂用量保持着高速增长状态,粮食产量大体呈逐年上升趋势;但随着农药飞速发展,农药用量的高速

增长,在保证粮食产量的同时,对黑龙江省乃至全国的环境、生态、人类生存将产生严重影响及危害,对此各地区应积极响应国家政策,妥善科学地使用农药,才能实现绿色农业、可持续农业的发展之路。因此,2016 年后,随着农业部农药“零增长”政策的出台,虽然黑龙江省乃至全国大豆田农药用量的变化趋势受多种因素的影响,但是大豆田农药使用情况必将受到妥善的控制,作物安全、粮食安全及食品安全将迎来新的春天。

4 结 论

(1)黑龙江省农药使用量与粮食产量变化趋势大体一致,2016 年黑龙江省农药使用药量接近 8.4 万 t。除草剂使用量趋势与黑龙江省粮食产量变化趋势大体相同,杀虫剂、杀菌剂用药量呈较大幅度变化,除草剂对黑龙江省粮食产量的贡献率最大。

(2)黑龙江省大豆田农药使用量与大豆产量之间变化趋势大体一致,2016 年黑龙江省大豆田农药用药量接近 2.1 万 t。2016 年后杀虫剂、杀菌剂用药量呈较大幅度波动变化,而除草剂变化幅度较大。例年来除草剂与大豆产量变化趋势大体相同,除草剂对黑龙江省大豆产量的贡献率最大。

(3)黑龙江省农药用量与黑龙江省单位面积粮食产量变化趋势大体一致,呈逐年上升趋势;黑龙江省大豆田农药用量大体呈上升趋势,近几年有所下滑,大豆产量呈波动式变化。

(4)近几年来,辛硫磷、氧化乐果占黑龙江省大豆田杀虫剂总用量比例较高;多菌灵、甲基托布津占黑龙江省大豆田杀菌剂总用量比例较高;氟磺胺草醚、乙草胺占黑龙江省大豆田除草剂总用量比例较高。

(5)未来几年,黑龙江省不同品种农药使用药量均呈上升趋势,至 2025 年,黑龙江省杀虫剂用药量将接近9 000 t、杀菌剂用药量将接近8 600 t、除草剂用药量将接近 20 万 t;黑龙江省大豆田不同种类农药使用药量均呈升高后降低趋势,至 2025 年,黑龙江省大豆田杀虫剂用药量将接近1 800 t、杀菌剂用药量将接近1 700 t、除草剂用药量将接近 1.7 万 t。

参考文献

[1] 陈生斗,胡伯海. 中国植物保护五十年我国农药使用成就回顾及展望[M]. 北京:中国农业出版社, 2003. (Chen S D, Hu B H. Review and prospect of China's pesticide use achievements in the past fifty years of plant protection[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.)

[2] 闫雷,于淼,张景欣,等. 三种杀菌剂对土壤细菌群落多样性影响[J]. 东北农业大学学报,2013,44(8):29-33. (Yan L, Yu W, Zhang J X, et al. Effects of three fungicides on soil bacterial community diversity[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2013, 44(8): 29-33.)

[3] 张一宾. 世界农药新进展[M]. 北京:化学工业出版社, 2007. (Zhang Y B. New progress in world pesticide[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.)

[4] 邵振润,束放. 我国农药械市场 2002 年概况与 2003 年分析展望[J]. 植保技术与推广, 2003, 23(3): 35-37. (Shao Z R, Shu F. Overview of China's pesticide machinery market in 2002 and prospects for analysis in 2003[J]. Plant Protection Technology and Extension, 2003, 23(3): 35-37.)

[5] 张一宾. 2007 年世界农药市场概述[J]. 农药,2009,48(1):1-6. (Zhang Y B. Overview of the world pesticide market in 2007[J]. Pesticide, 2009, 48(1): 1-6.)

[6] 钟世民,刘春祥. 大豆田除草剂应用现状及发展方向[J]. 现代农业科技,2010(11):190. (Zhong S M, Liu C X. Application status and development direction of herbicide in soybean field[J]. Modern Agricultural Technology, 2010(11): 190.)

[7] Zhang G, Wang X K, Sun B F, et al. Status of mineralnitrogen fertilization and net mitigation potential of the state fertilization recommendation in Chinese cropland[J]. Agricultural Systems 2016, 146: 1-10.

[8] 张一宾. 近年来正在研发的化学农药品种[J]. 世界农药, 2013, 35(1): 12-14, 19. (Zhang Y B. The variety of chemical pesticides being developed in recent years[J]. World Pesticide, 2013, 35(1): 12-14, 19.)

[9] Bart L. Identification of strategic industries: A dynamic perspective [C]. Zagreb; Paper Prepared for the 41st European Regional Science Meeting, 2001:14-15.

[10] Bárbara D, Laura M, Antonio M. A fuzzy clustering approach to the key sectors of the Spanish economy[J]. Economic Systems Research, 2006, 18(3): 299-318.

[11] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2002. (Deng J L. Foundation of grey theory [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2002.)

[12] 刘贤赵,张安定,李嘉竹. 地理学数学方法[M]. 北京:科学出版社, 2009. (Liu X Z, Zhang A D, Li J Z. Mathematical methods in geography [M]. Beijing: Science Press, 2009.)

[13] 束放,唐启义,邵振润,等. 我国农药需求影响因子分析[J]. 农药, 2010(4): 241-245. (Shu F, Tang Q Y, Shao Z R, et al. Analysis of factors affecting pesticide demand in China[J]. Pesticide, 2010(4): 241-245.)

[14] 中华人民共和国农业部. 中国农业发展报告[M]. 北京:中国农业出版社, 2003. (Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. China agricultural development report [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003.)

[15] 庾莉萍. 我国农药行业发展综述[J]. 农药市场信息, 2006 (24): 16. (Yan L P. A summary of the development of pesticide industry in China[J]. Pesticide Market Information, 2006 (24): 16.)

[16] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京:中国农业出版社, 2005. (China Agricultural Yearbook Editorial Committee. China agricultural yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005.)

[17] 张艳菊,王莹,党悦嘉. 等. 黄瓜霜霉菌对啞菌酯抗药性的研究, [J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(4): 23-28. (Zhang Y J, Wang Y, Dang Y J. et al. Study on the resistance of cucumber downy mildew to azoxystrobin[J]. Journal of Northeast Agricultural University 2015, 46(4): 23-28.)

[18] 束放,熊延坤,韩梅. 等. 2015 年我国农药生产与使用概况[J]. 农药科学与管理, 2016, 37(7): 1-6. (Shu F, Xiong Y K, Han M, et al. Overview of pesticide production and use in China in 2015[J]. Pesticide Science and Management, 2016, 37(7): 1-6.)

(上接第 927 页)

[17] 黄熬梅,安韶山,曲东,等. 两种测定土壤微生物量氮方法的比较初探[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 830-835. (Huang A M, An S S, Qu D, et al. Comparison between two methods of determination soil microbial biomass nitrogen[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2005, 11(6): 830-835.)

[18] 王金生,丁宁,吴俊江,等. 大豆根瘤菌接种效应及竞争结瘤能力分析[J]. 大豆科学, 2017, 36(5): 761-767. (Wang J S, Ding N, Wu J J, et al. Analysis of the inoculation effect of soybean rhizobia and the competitive nodulation ability[J]. Soybean Science, 2017, 36(5): 761-767.)

[19] 王金生,王君,吴俊江,等. 基于 GGE-biplot 的大豆根瘤菌抗性资源筛选[J]. 大豆科学, 2017, 36(6): 894-899. (Wang J S, Wang J, Wu J J, et al. Screening the resistance resources of *Rhizobium japonicum* based on GGE-biplot[J]. Soybean Science, 2017, 36(6): 894-899.)

[20] Janice E T. Influence of the size of indigenous Rhizobial populations on establishment and symbiotic; performance of introduced Rhizobia on field-grown legumes[J]. Environ Microbiol, 1991, 57 (1): 19-28.

[21] Streit W, Kosch K, Werner D. Nodulation competitiveness of Rhizohium leguminosarum by phaseoli and Rhizohium tropic strains measured by glucuronidase (GUS) gene fusions[J]. Biology and Fertility of Soils, 1992, 14: 140-144.

[22] 肖猛,刘晓云,刘桂霞,等. BOX-PCR 分子标记对补播紫花苜蓿共生根瘤菌田间竞争结瘤能力的研究[J]. 华北农学报, 2011, 26(1): 187-190. (Xiao M, Liu X Y, Liu G X, et al. Study on competitive nodulation ability of *rhizobia* in symbiosis with reseeded *Medicago sativa* in field test by using BOX-PCR molecular marker method[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2011, 26(1): 187-190.)

[23] Gabriel K R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis[J]. Biometrika, 1971, 58: 453-467.