

试论“农药无公害化”^{*}

张 兴, 李广泽, 马志卿, 冯俊涛, 陈根强, 何 军

(西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心, 陕西 杨陵 712100)

〔摘 要〕 首次提出了“农药无公害化”发展的新理念, 在分析“无公害农药”与“农药无公害化”之间联系与区别的基础上, 提出了“农药无公害化”的概念。论述了“农药无公害化”在农业可持续发展中的地位和作用。并从影响“农药无公害化”进程的化学、生物学、制剂加工、农药安全使用等技术发展因素方面指出了其实现途径。

〔关键词〕 农药无公害化; 无公害农药; 农药

〔中图分类号〕 S481

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-2782(2002)03-0130-07

农药是重要的农业生产资料, 对人类农业文明的发展起到了巨大的推动作用。尤其在近、现代, 它极大地提高了农作物的产量和品质, 为人类提供了足够的粮食和纤维, 延缓了人口快速增长与饥饿、寒冷之间的矛盾, 并有效地控制了由昆虫传播的流行病对人类健康和生命的威胁。据《中国农业百科全书·农药卷》的定义, 农药(pesticides)主要是指用来防治危害农林牧业生产的有害生物(害虫、害螨、线虫、病原菌、杂草及鼠类)和调节植物生长的化学药品, 通常也把改善有效成分物理、化学性状的各种助剂包括在内^[1]。传统意义上的农药是通过杀死或抑制有害生物个体及其种群来达到保护作物的目的, 但随着人们对环境保护和生态平衡的认识日益深刻, 不再强调杀死(-cide)是农药的特征, 农药概念的内涵及外延发生了很大变化。农药的新概念将是植物调节剂(bioregulations), 可定义为: “农药是影响、控制和调节各种有害生物(包括植物、动物、微生物)的生长、发育和繁殖的过程, 在保障人类健康和合理的生态平衡前提下, 使有益生物得到有效保护, 有害生物得到较好抑制, 以促进农业现代化向更高层次发展的特殊生物活性物质”^[2]。

技术的进步永远与新的风险相伴而生, 农药同人类所创造的其他工具和产品一样, 为人类进步作出贡献的同时也带来了某种程度的危险^[3]。1962年美国作家Carson R. 在《Silent Spring》一书中对农药副作用夸张的描写把农药推向了舆论前沿。随着人类对农药公害的日益关注, 农药的存在受到了质疑,

20世纪90年代国内有媒体甚至称“化学农药, 命当休矣!”, 而一些学者冷静客观地分析后认为, 在可预见的历史时期内, 农药和化学防治法仍将是植物保护工作中的主力军^[4]。

未来社会农药是否会完全消失, 主要取决于农药自身的发展和逐步完善, 意即“农药无公害化”。张兴^[5]曾于1995年首次提出了“无公害农药”的概念, 对人们要求现代农药具有生物合理、环境相容、经济可行等特点进行了概括。现代新农药研制在创制理念上把对非靶标生物及环境安全放在首要位置, 同时也极大程度地提高了对有害生物的药效。本文在“无公害农药”及现代农药发展现状的基础上提出“农药无公害化”的新理念。

1 “农药无公害化”的提出

1.1 农药公害的概念

农药公害是指使用农药给农业生产系统和生态环境带来的副效应, 表现为突出性、系统性、连锁性的异常反应。具体内容包括: 有毒农药在生产、运输、销售和使用过程中对生态环境的污染; 对接触者和非靶标生物产生的直接毒害; 存在于农产品和环境中的残留物对人类健康、生命和其他生物的生存产生深远的影响; 农药对有害生物持久的高选择压力以及对自然控制因素的抑制等可导致有害生物的再猖獗和抗药性, 进一步加大了农药的使用剂量, 加速使用频率和新品种替换, 造成恶性循环^[6]。公害的大小主要取决于这种生物活性物质本身所具有的稟

* 〔收稿日期〕 2001-12-03

〔基金项目〕 国家自然科学基金资助项目(39979506)

〔作者简介〕 张 兴(1953-), 男, 陕西周至人, 教授, 主要从事植物化学农药研究与开发工作。

性,但可以通过科学合理的制剂加工技术、推广销售的宏观调控、田间使用技术等对其进行调节。

1.2 对农药公害的认识和评价

农药的公害是随着科学技术的进步逐渐被人们认识和关注,并逐步得到改善和消除。新型农药的诞生也会带来新的不为人知的公害,但所产生的公害必将依赖于更新的科学技术才能最终得以克服。DDT 发现之前,农药的公害不为人知,DDT 发现之后,有机合成农药的迅猛发展使人们仅迷恋于其高效、价廉、广谱、经济效益显著等优点而对其赞誉备至,对农药的公害有所顾虑但未得到足够的重视。直至 19 世纪 60 年代 R. Carson 从环境保护的角度针对 DDT 首次对农药发难^[7],农药的存在和发展受到空前的争议与否定。在此以后,一方面,由于主张取消农药使用的自然主义者的哲学思想具有无所作为的片面性;另一方面,由于农药在维护人类生存、健康和发展方面无法取代的重要地位,目前人们能以较为客观公正的态度认识和评价农药公害^[7]。

目前,人们更注重于通过行之有效的措施减轻或消除农药的公害。各国政府通过立法严格要求农药公司必须提供更全面的数据以符合农药登记的需要,通过宣传和培训避免农药对生产者、销售者、使用者的直接毒害,也建立了国际间合作与贸易的规章制度,农药的安全评价已逐渐成为评价一个国家农药发展水平的重要标志^[3,8,9]。农药研究和生产也逐步以安全性和环境相容性作为前提和基础。人们已形成一致的共识:未来的农药是一类“生物合理农药”(biorational pesticides)、“理想的环境化学品”(ideal environmental chemicals)、“生物调节剂”(bioregulators)、“抑虫剂”(insectistatics)、“杀虫剂”(anti-insect agents)、“环境和谐农药”(environment friendly pesticides or environment acceptable pesticides),我国习惯称之为“无公害农药”;其意义和内容相当于 biorational pesticides,其最基本的特点是对有害生物高效,对非靶标生物及环境安全^[6]。

1.3 “农药无公害化”概念的提出

“农药无公害化”是指根据农业生产的实际情况,在农药研制开发、生产加工、推广使用的各个阶段,通过先进的技术和有效的措施降低或逐步消除农药的公害,让农药逐步满足提高农业生产效益和生态环境保护的双重愿望,促进农药发展的系统工程。“农药无公害化”具有 3 个特点:(1)综合性,“农药无公害化”综合体现技术因素、社会因素、经济因素等对农药发展的协同促进作用,就某一项具体的

产品、技术、法规或企业行为等而言,其对农药发展的影响并不是孤立的,而是最大范围内的各因素之间相互影响、相互协调的综合效应。如农药产品本身不是无公害的,但可以通过正确的法规诱导、科学合理的使用技术等使之接近或达到无公害的使用效果。(2)发展性,“农药无公害化”并不是静止的,而是随着对农药认识的发展、环保意识和健康意识的增强和人类科学技术的进步,其科学内涵和技术措施等同时得到渐近、曲折地发展进步。如转基因作物事实上可能存在着极大的隐患,近年来一系列有关转基因生物安全性的实验和理论假说引起了公众的恐慌,这种曾被认为是最理想的有害生物控制技术现在甚至被看作是人类的自杀行为^[10],所以对转基因作物的安全评价亟待更新的科学技术来解决。(3)可行性,“农药无公害化”涵盖了农药创制、开发、生产、管理、销售和使用等方方面面的内容,在当前新型生物合理农药的创制越来越艰难的情况下,对一些经济不发达地区采取其他一些更为简单易行的措施达到传统农药的无公害化使用则更为切实可行。如提高剂型加工技术和使用技术使高毒农药低毒化、低毒农药微毒化在许多地区已取得了实质性的成效。

“农药无公害化”与“无公害农药”两者之间既有联系,又有区别。“无公害农药”已成为农药发展的趋势,是公众对农药发展方向的一种主观愿望,其中包含要求农药“零风险”(zero risk)、“零残留”(zero residue)的涵义^[7]。张兴^[5]曾据我国实际情况将“无公害农药”定义为:在生产、加工、贮运过程中比较安全;实际使用中防效显著;不易对人、畜、有益生物、环境质量造成明显不良影响的农药种类。“无公害农药”是指农药稟性优良具有无公害的特点;而“农药无公害化”泛指在内在因素的基础上,包括外部因素在内的所有因素的有机结合对农药使用所产生的综合效应。“无公害农药”一般表现为科技产品;而“农药无公害化”则表现为从产品研制到产品使用的一个系统化工程,尤其强调对科技产品的灵活应用。“无公害农药”突出新农药的研制和开发,描述了创制新型农药的方向、新农药的性质及其所属类别;而“农药无公害化”则突出达到农药“无公害化”使用所涉及的所有技术措施,包括新农药研制、加工生产、使用技术、调控管理措施等,并认为这些因素具有同等重要性和不可替代性。由此可以认为,“无公害农药”是人们对农药的定性,“农药无公害化”是人们对农药全方位的要求和贡献,后者涵盖了前者,并把农药从单指某一类物质上升到涉及有害生物调控的系

统化工程。

从近代农药发展史来看,农药的发展便体现了“无公害化”的历程。具体表现在社会经济因素、法规环境因素、技术发展因素和供应链兼并因素等对农药发展的协同促进作用。民众日益关注自身的健康和生态环境保护形成了“农药无公害化”发展的社会环境。各国政府也相继建立了科学全面的法规用以约束和规范农药企业和使用者的行为。为增强实力发达国家农药企业实行兼并组合以组建成巨大的跨国集团公司,经济的快速发展和全球化为“农药无公害化”奠定了坚实的经济基础。尤其是农药的发展借助了现代化学、生物学、物理学、信息学等学科的最新成就,在新药研制、剂型加工、推广应用、毒性检测、毒理研究、风险评价等领域取得了极大的进步,使“农药无公害化”得以逐步付诸于实践,并在有害生物综合治理(IPM)和农业可持续发展中占据了重要地位。

2 “农药无公害化”在农业可持续发展中的意义

可持续性农业发展的必然趋势,已成为当今人类的正确抉择和共同关注的问题。农业作为直接利用自然资源进行生产的基础性产业,其可持续发展对整个国家或地区的可持续发展起着至关重要乃至决定性的作用^[11]。农业的可持续发展就是管理、保护和合理利用土地、水、植物和动物等资源,以及不断调整技术和机构体制(包括生产关系、经营方式与耕作制度等)变化的方向,以确保获得持续满足当代及今后发展的需要,技术上适当,经济上可行,而且社会能够接受的一种发展形式。可持续发展理论扩展了人类的认识视野,使人类的认识更多地考虑到未来社会的进步和持续发展,是人类对社会发展问题认识的一个新的、质的飞跃^[12]。

可持续农业对农业生产效益的要求和“农药无公害化”发展,必将使农药在可持续植物保护中发挥重要作用。农业可持续发展要求可持续的植物保护措施。可持续植物保护是基于生物学和生态学的有害生物控制体系,以生物控制和有害生物综合治理为其技术主体。可持续的植物保护不仅仅只针对有害生物,而将其保护对象扩展到整个农业生产系统^[13]。“农药无公害化”使农药的范畴和特性得到延伸,农药的载体已不仅局限于化合物,而延伸到包含控制有害生物的生物因子、遗传因子、物理因子以及

生态因素等在内的复合系统中,从农业生态环境尺度利用这些控制因素调节保护对象与有害生物之间的关系,建立人为控制下的农田生态平衡体系。因此,“农药无公害化”与可持续性植物保护在主旨上是一致的,可持续性植物保护离不开“农药无公害化”的技术支持。

3 “农药无公害化”的途径

目前对农药发展产生影响的因素可归纳为 4 个方面:社会经济因素、法规环境因素、技术发展因素和供应链兼并因素^[14]。技术发展因素是促进“农药无公害化”最直接的影响因素,是实现“农药无公害化”的前提、基础和核心。技术发展因素是一个综合的技术体系,至少涉及到化学、生物学、制剂加工技术和农药应用技术等,下面从上述角度分别论述科学技术的最新发展对“农药无公害化”的贡献。

3.1 基于现代化学的“农药无公害化”途径

通过化学方法发现农药活性化合物一直是农药创制最主要的途径,现代化学在化合物合成、分析、分离、鉴定等领域获得了飞速的发展,这些新技术用于农药研究开发中,不但加快了发现新化合物的进度,而且在现代新药创制理念的指引下,开发出许多符合“无公害农药”要求的新农药。尤其对天然产物农药的研究与开发,是近年来国际农药界创制新药的热点和前沿。

从自然界早已存在的天然化合物中寻找农药活性化合物,直接利用其原材料创制新农药,或从天然产物中寻找先导化合物,对其进行人工合成和修饰合成以开发更高活性化合物,是近年来新农药创制的主要途径。目前已从植物、动物、微生物体内分离得到了大量的植物毒素、植物内源激素、防卫素、抗生素、信息素类农药活性化合物,其中尤以植物源农药的研究最为引人注目^[15~17]。国外对印楝、番荔枝、巴婆、万寿菊、菖蒲等植物研究较多,其中最成功的当属印楝,有 8 家农药公司的 22 个产品问世^[16]。我国在这方面的研究内容涉及楝科、卫矛科、柏科、豆科、菊科等科属的多种植物^[18~21],有烟碱、苦参碱、楝素、茴蒿素和茶皂素等 16 种植物源农药已登记注册,生产厂达 46 家。

从天然产物中或通过其他途径发现先导化合物后,对先导化合物进行展开和优化,发现新的先导化合物或更高活性化合物,近年来成功引入了组合化学、人工自动合成、定向合成技术、生物等排理论、亚结构连接法以及化合物活性与结构的定量关系

(Q SAR)等高新技术,极大地促进了新型生物合理、高效农药的研究开发。组合化学与基于生物学技术的标准化、自动化的高通量筛选技术相结合,运用“液相机器人”和固相自动化实现了化合物合成全自动化,这包括制备、分离纯化、分析测试、实验数据记录、整理、化合物注册存入数据库的全过程自动化。例如 Zymark 机器人系统一次运行可合成 50~100 个化合物,相当于一个专家组的工作,极大地提高了新药的筛选能力^[22,23]。德国巴斯夫公司通过组合化学的方法,开发了优秀的具有氨基甲酸酯基团的不对称有机磷杀虫线虫剂(phosphocarb)。定向合成技术目前已用于氯氰菊酯、三氟氯氰菊酯、溴氰菊酯等的研究和开发^[24]。至 1999 年已有 30 个品种作为单一光学活性异构体产品或以高比例活性对映体的方式推向市场。Q SAR 可以借助计算机程序求得结构与活性的最佳方程,从而预测尚未合成化合物的活性。应用这些方法已经设计了许多新农药,如除草剂 Metamitron, Bromobutide, S-3552, Scepter 和 Assert, 拟除虫菊酯类杀螨剂 T-193, 杀菌剂 Isovaldion 等^[25]。将苯氧羧酸类除草剂和二苯醚类除草剂进行亚结构连接,产生新的苯氧羧酸酯类活性先导化合物,从而开发出禾草灵、吡氟禾草灵、吡氟乙草灵、喹禾灵等一系列新型除草剂,而且生物活性发生了很大改变。美国 DOW 公司在 Du Pont 公司开发的磺酰脲类除草剂的化学结构的基础上,利用生物等排原理进行骨架结构改造,开发成功一类与其作用机理相同(ALS 抑制剂)、结构新颖的三唑并嘧啶类除草剂^[26]。

3.2 基于现代生物学的“农药无公害化”途径

成功引入生物学研究领域的最新成果是近年来农药学研究最令人瞩目的发展动态,不但促使诞生了许多新型的“无公害”生物农药和生物防治措施,而且生物技术还为传统化学农药赋予了新的禀性(如转基因抗除草剂作物)。生物学研究在微观领域已经深入到细胞、分子、基因水平,人们已可能通过基因操作干预物种的进化;在宏观领域,生物个体与种群、不同生物种群之间以及生物与其生存的生态环境之间的相互关系引起了生物学家的极大关注。以生物学、生态学为基础,应用与环境相容的有害生物控制因素成为有害生物治理的必然,发展植物防御、增强天敌效力是调控有害生物种群的有效途径。

基因工程技术在农药行业显示出强大的生命力,并为农药研究开拓了新的领域。近年来,随着分子遗传学的进展和分子生物学技术的突破,基因工

程使植物、有害生物及其天敌 3 级营养水平间的关系增添了新的内涵,对有害生物治理策略和方法产生了深刻影响,向世人展现了调控有害生物种群的巨大潜力^[27]。目前人们通过转基因技术控制有害生物主要有 3 条途径:植物的转基因抗有害生物策略、有害生物的转基因遗传防治策略和天敌的转基因增效策略。自从 1994 年美国环保局将基因作物列入农药范畴,并建立相应的法规及登记程序以来^[28],约有 90 种转基因植物产品已被批准商业化生产应用,其中大部分与病虫草害防治有关^[29]。有害生物的转基因防治和天敌的转基因增效目前虽然尚未有商业化产品问世,但该领域的研究已向世人展示了控制有害生物的极大魅力。

生物化学一直是农药开发过程中不可缺少的部分,近年来的发展极大地促进了农药的研究与开发^[30]。生物化学已发展成为农药的首选发现手段,近年来农药公司为提高生物测定的效率,建立了高通量生化筛选系统。生物化学的发展已越来越准确、快速地为新农药研制寻找新的分子靶标。最近发现且最佳化的 strobilurin 杀菌剂就是生化离体试验发挥作用非常成功的实例。反义方法是最近分子生物学提供的验明新颖靶标的一种新方法,以此方法已证实磺酰脲类除草剂作用靶标。生物合理设计是基于授受体相互作用的原理开发新农药的新途径。随着人们对农药靶标专性酶的认识,可以由人们熟悉的抑制剂包括配位体、酶作用物、产物或任何辅助因子结构来设计抑制剂,从而开发出适合专性酶蛋白质的新颖抑制剂已有可能。运用酶化学机制设计农药靶标酶抑制剂是最富成效的发现新作用机理农药的途径,使农药的高选择性变得可能。最近诺华公司的研究人员成功地以咪磷酸甘油脱水酶为靶标设计抑制剂,并证明具有除草剂活性。

细胞培养技术近年来在农药研究,尤其是在植物性农药研究领域被广泛应用,使那些生物产量有限且无法人工合成的天然活性物质的生物生产成为可能,开辟了人们利用天然活性物质的新途径。在这一领域目前已开展了高效杀虫植物的微繁殖技术、细胞培养技术和器官培养技术的研究^[31]。印楝^[32]、苦楝^[33]、黄花蒿^[34]、番荔枝^[35]等的微繁殖均有研究报告。细胞培养法生产烟草、印楝、除虫菊、黄花蒿、雷公藤等植物杀虫次生代谢物目前已取得较大进展,有的已逐步实现产业化。细胞培养技术可以结合代谢调控措施(前体、引发剂、营养物、抑制剂等)和培养工艺(两相培养、二段培养、固定化培养等),大

幅度提高目标次生代谢物的含量。目前器官培养主要集中在根培养,包括天然根离体培养和发状根培养,因发状根具有生长迅速、遗传性状稳定、与天然根有类似合成能力等特点,被广泛应用^[36]。近年来细胞培养中引入内生真菌在天然医药产品的开发方面有很大的发展,这项技术可望用于天然产物农药的研究和应用。

3.3 基于现代制剂加工技术的“农药无公害化”途径

为降低或消除农药的公害,农药剂型正朝着水性、粒状、缓释、多功能、省力和精细化的方向发展,一些高效、安全、经济、省力的剂型正在兴起,并将部分或大部取代污染大的乳油、粉剂等剂型^[37]。由于乳油溶剂的毒性问题,所以开发以水为媒体的浓乳液剂、微乳剂等。可湿性粉剂在稀释时粉尘对操作人员的健康有害,故变为无粉尘影响的悬浮剂或颗粒状可湿剂。粉剂则主要由于其漂移问题而使用量骤降,取而代之的是使用 DL 粉剂。此外,近年来还正在开发种衣剂、水分散粒剂、干流动剂、注干液剂、热雾剂、微胶囊剂、锭剂、袋剂、凝胶剂、膜剂和片剂等。在所要求的时间即可释放出农药的控制释放技术是近年来令人瞩目的课题之一,在将来有望开发能根据靶标选择农药进行释放的“智能性”制剂,这样可使农药更加有效且使用方便^[38]。

复配制剂是近年来农药剂型发展的一个重要方向。为保证混合药液良好的物理性状,使不宜制成混剂的有效成分进行混用,近年来发展了桶混剂。科学合理地筛选多功能复配制剂,具有增效、扩大防治谱、降低药剂的使用毒性、延缓抗性、节省劳力和降低农业成本等优点。

农药包装材料、新技术的开发与应用也可明显影响商品流动、产品质量和环境污染。为安全使用农药和保护环境,世界农药包装正在加快革新,以聚乙烯、氧化聚乙烯为材料制成的可溶性薄膜的包装袋在欧美已经实用化。用其包装好的制剂整袋投入水中,包装袋和药剂即可自行溶于水中,避免了操作者与药剂的接触,又无包装袋的回收问题。采用水溶性、光降解、生物降解的包装材料以及小容量可回收使用的容器(SVR)、密闭输送体系容器、直接注入体系容器、具有内置式计量的包装瓶、可反复使用的包装桶等所谓“绿色包装”技术正在开发和推广应用当中^[39]。

3.4 基于农药使用技术的“农药无公害化”途径

农药的科学使用技术研究在近年来取得了很大

进步和发展,一门新的边缘学科农药使用工艺学(Pesticide Application Technology)已经形成^[34]。农药的使用技术涉及施药机械、施用时期、施用剂量、施药间隔及施药次数等问题,其最终目的是如何使农药最大限度地击中靶标生物,减少对非靶标生物和环境的压力。有不少科学家研究农药在农田环境中的沉积分布模型和调控参数,为农药在农田环境中科学使用提供理论和技术依据。

20 世纪 50 年代已有不少科学家分别从农药的分散雾化、扩散运动、沉积分布等方面进行了很多研究,开发出低容量和超低容量喷雾技术并进一步发展为可控雾滴喷雾技术。到 70 年代又在此基础上开发出静电喷雾技术,此项技术可使喷出的农药 90% 以上沉积在植物上,从而大幅度降低农药用量并防止农药进入环境。此外各种类型的对靶喷撒技术,如循环喷雾法、涂抹法、泡沫洒施法、注射法、化学灌溉法、树干注药法和种子包衣法等,都是为了提高农药的有效利用率和防止农药污染环境。种子包衣技术和树干注药技术是较为理想的无公害施药技术。种子包衣后可为其提供一个良好的保护屏障,充分发挥药剂的内吸传导性能,还可控制活性组分的缓慢释放^[40]。树干注药技术定向把农药注入树木体内,减少了农药向环境的投放量,对非靶标生物安全,不受气候、地理环境的影响,是一种无水施药技术,对常规方法难以防治的钻蛀、卷叶、潜叶类害虫,以及树木病害和树木缺素症防效优良。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心借助人体打吊针的原理而研制出的自流式树干注药技术及系列产品,提高这种技术的防效,使其变得更为简便易行,促进了这种技术的推广应用^[41]。

4 结语与展望

人类环保意识、健康意识及生态意识的增强使农药曾一度险遭摒弃,又由于农药在农业中无可替代的重要地位和自身的发展完善,人们逐渐认识到现代及未来农业生产中离不开农药,只是要求农药必须是“无公害农药”。“无公害农药”是人们一种良好的愿望,对它的性质和特点做了详尽的描述,同时又诞生了许多符合“无公害”要求的现代新型农药,使农药的内涵和外延都得到延伸。纵观农药发展史,正好体现了渐近、曲折的“农药无公害化”发展历程。“农药无公害化”可综合概括农药“无公害”发展的方方面面,体现出一个动态的、复合的变化过程。由于农药创制理念、研究手段、研究内容及使用技术的逐

步发展完善,“农药无公害化”将是一个长期的,没有终点的发展过程。农药学是由多个学科组成的交叉学科,农药的发展离不开各学科的协作互补,只有各学科在农药研究领域的平衡发展,才能最有力地促进“农药无公害化”。基于上述观点,可以认为:只要人们对粮食和纤维的需求在增加,对农药的依赖就

越强;只要科学技术在发展,农药研制的理念和手段将会逐步提高,使用农药就会逐步“无公害化”;未来的农药将会发展成为环境友好性的生理活性物质,日益满足人们对农药使用收益和生态环境保护的双重要求。

[参考文献]

- [1] 韩熹莱 中国农业百科全书(农药卷)[M]. 北京: 农业出版社, 1993
- [2] 郑永权, 姚建仁, 邵向东 21 世纪农药展望[J]. 植物保护, 1998, 4: 39- 42
- [3] 屠豫钦 农药安全问题、各国立法动向以及农药和药械企业的贡献[J]. 农药译丛, 1997, 19(2): 37- 42, 64
- [4] 屠豫钦, 袁会珠 农药和化学防治法前景广阔[J]. 农药, 1996, 35(1): 6- 9
- [5] 张 兴 试论无公害农药[J]. 西北农业大学学报, 1995, 23(6): 90- 95
- [6] 吴文君, 刘惠霞 对农药的几点看法[J]. 农药, 1998, 37(9): 1- 5
- [7] 屠豫钦 农药和化学防治的“三E”问题——效力、效率和环境[J]. 农药译丛, 1998, 20(3): 1- 5
- [8] 汪灿明, 刘长令 杀虫剂研究的黄金时代: 过去、现在和未来[J]. 农药译丛, 1999, 21(3): 8- 14
- [9] 王 捷, 罗红晔, 宋宏宇 农药工业与安全评价[J]. 农药, 1999, 38(10): 25- 26
- [10] 张一宾 苏云金杆菌转基因作物的环境影响及其评价[J]. 农药, 2001, 23(1): 36- 38
- [11] 章家恩 农业可持续性发展的六大支持系统[J]. 农业现代化研究, 1999, 1: 21- 24
- [12] 杜华章 试论农业可持续发展与科技进步[J]. 农业系统科学与综合研究, 1999, 15(2): 125- 129
- [13] 植物保护期刊编辑部 著名专家、学者对 21 世纪我国植物病虫害可持续控制的展望[J]. 植物保护, 1998, 6(15): 35- 37
- [14] 周卫平 21 世纪全球城市有害生物防治展望[J]. 世界农药, 2000, 22(6): 7- 13
- [15] 高菊芬 生物农药的作用、应用与功效(一)——微生物源农药[J]. 世界农药, 2001, 23(1): 1- 6
- [16] 高菊芬 生物农药的作用、应用与功效(二)——植物、动物源农药[J]. 世界农药, 2001, 23(2): 5- 10
- [17] 高菊芬 生物农药的作用、应用与功效(三)——活体微生物农药[J]. 世界农药, 2001, 23(3): 11- 19
- [18] 马志卿, 张 兴 植物源杀虫物质的作用特点[J]. 植物保护, 2000, 26(4): 37- 40
- [19] 罗万春, 慕立义, 赵喜欢 植物源生物碱的杀虫作用[A]. 中国有害生物综合治理论文集[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996 1081- 1084
- [20] 史卫国, 徐之明, 黄清臻 植物源农药的进展[J]. 农药科学与管理, 1997, 3: 33- 35
- [21] 徐汉虹 杀虫植物与植物性杀虫剂[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001
- [22] 赵祖培 农药高效筛选新武器——自动合成、化合物输入、测试设计和过程管理[J]. 农药译丛, 1999, 21(3): 15- 24, 14
- [23] 胡方中, 喻爱明, 杨华铮 组合合成及其在新农药创制中的应用[J]. 农药, 1999, 38(5): 1- 5
- [24] 张湘宁 卤代环丙烷羧酸系菊酯中差向异构技术的应用[J]. 农药, 1999, 38(1): 10- 11
- [25] Katritzky A R. The correlation and quantitative prediction of chemical and physical properties from structure[J]. Chem Soc Rev, 1995, 24: 279- 287.
- [26] 吴文君 农药学原理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [27] 王琛柱, 黄玲巧 应用转基因技术治理害虫展望[J]. 植物保护, 1998, 3(15): 1- 3
- [28] 张敏恒 国外农药开发的一些特点[J]. 农药, 1999, 38(10): 27- 30
- [29] 黄大衍 基因工程正在开辟植物病虫害防治的新途径[A]. 植物保护与植物营养研究进展[C]. 北京: 农业出版社, 1999
- [30] 周卫平 生物化学在农药研究开发中的涵义[J]. 农药译丛, 1999, 21(1): 34- 37, 33
- [31] 侯学文, 谢建军, 曾鑫年, 等 生物技术在植物性杀虫剂研究开发中的应用[J]. 植物保护学报, 2001, 28(1): 77- 82
- [32] Naina N S, Gupta P K, Mascarenhas A F. Genetic transformation and regeneration of transgenic neem (*Azadirachta indica*) plants using *Agrobacterium tumefaciens*[J]. Current Science, 1989, 58(4): 184- 187.
- [33] Sujatha M, Chandran K A commercially feasible micropropagation method for *Melia azadirachta* L. [J]. Indian Journal of Experimental Biology, 1997, 35(7): 789- 781.
- [34] Vergare A, Cammaert R, Vandenberg D, et al *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of *Artemisia annua* L. and regeneration of transgenic plants[J]. Plant Cell Report, 1996, 15(12): 929- 933
- [35] Rasai S, Kantharajah A S, Dodd W A. The effect of growth regulators, source of explants and irradiance on *in vitro* regeneration of *Artemisia annua*[J]. Australian Journal of Botany, 1997, 42(3): 333- 340

[36] 周达锋,卜学贤,陈维伦.发根农杆菌Ri质粒的分子生物学及其应用前景[J].植物学通报,1993,10(2):24-34

[37] 屠豫钦.农药剂型和制剂与农药的剂量转移[J].农药学学报,1999,1(1):1-6

[38] 凌世海.我国农药加工工业现状和发展建议[J].农药,1999,38(10):19-24

[39] 张一宾.农药制剂技术的开发与最近动向[J].农药译丛,1998,20(3):49-55

[40] 李金玉,沈其益,刘桂英,等.中国种衣剂技术进展与展望[J].农药,1999,38(4):1-5

[41] 罗都强,陈安良,冯俊涛,等.“注干液剂”的概念及实践[J].农药,2001,40(4):16-18

Discussion on pesticide biorationalization

ZHANG Xing, LI Guang-ze, MA Zhi-qing, FENG Jun-tao, CHEN Gen-qiang, HE Jun

(The Center of Biorational Pesticide D. & R., Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The paper firstly put forward the concept of pesticide biorationalization and distinction the relationship and distinction between biorational pesticides and pesticide biorationalization. It also discussed the significance to sustainable agriculture development and the current situation of pesticide biorationalization. Moreover, the ways to realize pesticide biorationalization were also discussed in terms of the restrictive factors such as chemistry, biology, formulation manufacture, safe application of pesticides, etc.

Key words: pesticide biorationalization; biorational pesticides; pesticides

2000 年我校入选中国科技论文统计期刊主要指标排序

根据 1999 年年底出版的《中国科技期刊引证报告》,2000 年入选中国科技信息所的中国科技论文统计期刊全国共 1 411 种,陕西省 71 种,我校 11 种。引证报告主要选取了 7 项指标评价期刊。现将我校 11 种期刊的主要指标作以省内、校内排序。

刊名		西北农业 大学学报	水土保持 学报	干旱地区 农业研究	西北植物 学报	水土保持 通报	西北林 学院学报	西北农业 学报	陕西农业 科学	水土保持 研究	昆虫分类 学报	家畜 生态
总被引频次		306	276	246	234	233	155	103	93	93	63	23
排序	校内	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11
	省内	4	6	9	10	11	21	35	38	38	48	61
影响因子		23.3	50.4	36.4	20.7	35.0	23.0	17.0	13.1	11.4	10.2	8.6
排序	校内	4	1	2	6	3	5	7	8	9	10	11
	省内	19	4	8	21	9	20	34	42	50	53	60
全年文献篇数		156	96	92	181	105	93	124	116	186	61	50
排序	校内	3	7	9	2	6	8	4	5	1	10	11
	省内	15	43	48	11	39	47	23	28	10	64	68
即年因子		14.7	4.2	11.0	2.8	3.8	5.4	2.4	0.9	7.5	3.3	0
排序	校内	1	5	2	8	6	4	9	10	3	7	11
	省内	4	29	8	43	32	24	52	61	12	36	
基金论文率%		54	71	67	76	80	45	60	5	50	41	12
排序	校内	6	3	4	2	1	8	5	11	7	9	10
	省内	12	4	6	3	2	18	8	62	16	22	50
发表时滞/月		7.33	6.25	7.92	9.60	5.68	7.33	8.23		2.43	11.53	9.28
排序	校内	4	3	6	9	2	4	7		1	10	8
	省内	40	32	44	53	24	40	46		1	63	51
平均引文率/%		10.17	5.45	6.48	13.15	5.60	8.66	9.52	3.32	3.80	7.36	5.60
排序	校内	2	8	6	1	7	4	3	10	9	5	7
	省内	4	40	22	3	39	10	5	64	60	17	39

范升才