

卢海燕,刘敏,刘贤金. 蔬菜产供过程农药残留污染 GAP 控制关键点分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):7-12.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.002

蔬菜产供过程农药残留污染 GAP 控制关键点分析

卢海燕,刘敏,刘贤金

(江苏省农业科学院/江苏省食品质量安全重点实验室/农业部农产品质量安全控制技术与标准重点实验室,江苏南京 210014)

摘要:介绍了我国蔬菜农药残留污染现状,并对蔬菜产供过程中影响农药残留量的主要因素进行了分析。在此基础上,结合良好农业规范(GAP)在我国农业上的应用和发展,从蔬菜种植基地选择、田间栽培管理技术、蔬菜储藏运输与消费等方面提出了我国蔬菜农药残留污染的 GAP 控制关键点。

关键词:蔬菜;农药残留;良好农业规范(GAP);控制关键点

中图分类号:X592 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)10-0007-06

农药残留是指在农业生产中施用农药后一定时期内残留于生物体、农副产品及环境中微量的农药原体、有毒代谢物、降解物、杂质的总称。蔬菜中农药残留超标,食用后会引起人体的急性中毒和慢性中毒(致癌、致畸、致突变),严重影响人们的身体健康和蔬菜产业发展。我国每年都会发生因误食高毒农药污染的蔬菜而引起的人畜中毒事件,也存在因农药残留超标而导致的蔬菜出口受阻情况^[1-2]。因此,研究蔬菜农药残留问题对于提高我国蔬菜产品质量、保障人们饮食安全、提升我国蔬菜产品的国际竞争力有重要意义。

蔬菜中的农药残留已成为影响蔬菜产品卫生质量的主要因素之一^[3-4]。根据国家有关部门统计,近年来在食物中毒事件中,由农药残留引起的占比越来越高,由农药引起的中毒死亡人数占总中毒死亡人数的20%左右^[5]。我国各地上市的蔬菜均存在不同程度的农药残留问题,超标蔬菜品种主要是豇豆、芹菜、韭菜等^[6],部分地区蔬菜的农药残留抽检合格率较低,而且主要残留超标农药不尽相同^[7-10]。虽然近几年来在各级政府的监管下,蔬菜中农药残留得到了一定遏制,如2008年江苏省蔬菜禁用农药(成分)检出超标数已经从前几年占不合格样品总数的70%左右下降到50%左右,并有继续下降趋势^[11],但由于生产经营的分散性,生产技能不能适应蔬菜生产的新要求,蔬菜生产中农药不合理使用,导致农药残留超标问题依然突出。本研究介绍了我国蔬菜农药残留污染现状,分析了蔬菜产供过程中影响农药残留含量的主要因素,并从蔬菜种植基地选择、田间栽培管理技术、储藏运输与消费等方面分析提出了蔬菜农药残留污染的良好农业规范(GAP)控制关键点,以期为中国蔬菜 GAP 的发展提供参考。

1 蔬菜产供过程中影响农药残留量的因素

1.1 种植环境

农药在施用中和施用后都可能从施药地点向非目标区域迁移的现象,从而进入空气、水体、土壤、植物等不同环境区域中。在自然环境中的农药降解分为自然降解、光解、水解、微生物降解等。自然环境的温度、光照、降水、土壤理化性质(如土壤有机质含量、黏粒含量、土壤 pH 值、温度、水分)等都能影响到农药降解,例如甲氰菊酯在粉土以及偏碱性的水中降解较快^[12];有机磷农药易吸收太阳光而发生光解^[13],有机磷农药在土壤中的水解主要与 pH 值和吸附因素有关^[14],土壤有机质、黏粒含量越高,对有机磷农药吸收量越高^[15],稀土能刺激植物体内酸性磷酸酯酶的活性,从而降解有机磷农药^[16];光照结合 TiO₂ 催化是裂解表层 4 cm 土壤中敌草隆的有效手段之一,增加水分含量可提高降解速率^[17];纳米 TiO₂ 悬浮体系光催化降解甲胺磷,降解率达到了 77.5%^[18]。农药的微生物降解已引起广泛关注,国内外研究人员通过富集培养、分离筛选等技术,从自然界土壤或污水中筛选出很多能够降解有机氯、有机磷农药的菌群^[19-25]。

1.2 蔬菜本身特性

1.2.1 品种 目前国内外对农产品农药残留的研究大多局限于检测其宏观残留量,而对其遗传性及低农药残留品种选育的研究报道较少。低农药残留符合加性-显性遗传模型,受环境影响不大,是多基因控制的数量性状,具有遗传属性^[26]。目前相关品种选育工作已在黄瓜、菠菜、不结球白菜、茶叶、水稻等物种上开展,并取得了良好成果。刘芳芳等以 28 份黄瓜品种为试验材料,筛选出低溴氧菊酯、低霜霉病、低腈菌唑残留量的黄瓜种质资源各 3、8、6 份^[27];陈振德等研究发现,苹果果实中毒死蜱的残留量存在明显的品种间差异,其中红富士属于高农药残留的品种,而嘎啦、红将军则属于低农药残留品种^[28];应兴华等比较不同水稻品种间三唑磷、毒死蜱残留量的差异性,初步筛选出中早 39、甬粳 703、嘉育 76 等 3 个低农药残留水稻品种^[29];林金科等筛选出低联苯菊酯、低甲氰菊酯、低氯氰菊酯、低噻嗪酮残留量的乌龙茶特异资源各 5、4、3、7 份^[30],并在此基础上研究了品种间农药抗性 with 叶片特征、解剖结构之间的关系,发现茶树品种对农药残留的抗

收稿日期:2014-09-09

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201356);公益性行业(农业)科研专项(编号:201303088);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)3090]。

作者简介:卢海燕(1982—),女,浙江台州人,博士,助理研究员,从事农产品产供过程安全管控技术研究。Tel:(025)84390401;E-mail:luhaiyan8282@163.com。

通信作者:刘贤金,博士,研究员,主要从事农药毒理、残留等副作用监控技术研究。E-mail:jaasliu@jaas.ac.cn。

性与叶尖形状、角质层同栅栏组织厚度的比值、角质层同海绵组织厚度的比值、上表皮同角质层厚度的比值有较密切关系^[31]；菠菜中毒死蜱残留量，不结球白菜中毒死蜱、氰戊菊酯残留量存在明显的基因型差异，菠菜品种 sp0723、卡尔以及不结球白菜品种矮抗青、无锡 605、青选 3 号属于低农药残留的基因型，在生产上推广应用有利于提高叶类蔬菜的食用安全水平^[32]。

1.2.2 部位 农药在作物上的残留量除在品种间存在差异外，在植株不同部位间也存在差异。不同苹果品种间的农药残留量主要表现为果皮中的差别，而果肉中的农药残留量则基本没有品种间的差别^[28]。甲胺磷在苹果果皮中残留量最高，果肉中最少^[33]；据王吉强等的研究，吡虫啉被植物吸收到体内后在其地上部位的分布并不均匀，下部叶片中的药剂含量明显高于上部叶片^[34]；房锋等研究表明，种衣剂处理对植株不同部位抗逆防病相关酶的影响存在差异^[35]。

1.3 施药

施药是保证农业高产、安全的一个关键环节，农药制剂、施药技术、施药机械被誉为高效施药的“三大支柱”，三者相辅相成，缺一不可^[36]。

1.3.1 农药种类与剂型 目前我国农药产品结构不合理，剂型不配套。据统计，全世界农药市场的种类组成以除草剂为主，而我国农药产品组成以杀虫剂为主，杀虫剂中有机磷农药占 70%，有机磷农药中高毒农药占 70%，剧毒、高毒杀虫剂产量过大是造成蔬菜农药残留量超标而引起中毒的客观原因。此外，我国生产的所有农药制剂中，乳油、可湿性粉剂等剂型占 60% 以上，成为影响环境质量和人体健康的潜在因素^[1,5,37]。不同种类农药的降解速率差异较大。冯明祥等报道，拟除虫菊酯类农药的降解速度明显高于吡虫啉、毒死蜱^[38]；农药在生菜上的消解动态表明，农药种类对消解率有极显著影响，其中吡虫啉最易消解，其次为霜霉威，腐霉利消解最慢^[39]。对于疏水性强、蒸气压低的菊酯类农药从叶片向大气中挥发的潜能很小，降水冲刷是其从叶片上向土壤中迁移的主要机制，而在农药进入环境后，以溶解态随径流迁移和吸附在泥沙颗粒上向下游迁移是疏水性农药在多介质环境中迁移的主要方式^[40]。

1.3.2 施药技术 科学的施农药技术对提高药效与减少用药量至关重要。农药的残留量与施药剂量、施药次数、施药期等众多因素相关。在冬小麦扬花末期第 1 次施药和间隔 5 d 的灌浆中期第 2 次施药，其籽粒中农药残留均未超出限定标准；而在小麦乳熟期喷施第 2 次农药，其中高效氯氟菊酯、吡虫啉已经达到或超出残留限量标准^[41]。辛硫磷对麦红吸浆虫的防治应选在小麦抽穗时成虫高峰期进行，这样更为简便高效^[42]。唐涛等研究发现，喷雾器类型、喷头型号、用水量、剂量、助剂均会影响农药药效^[43]。农药雾滴在作物叶面上的扩展面积和蒸发时间是影响农药施药效率的 2 个重要因素，在农药药液中添加表面活性剂是提高农药有效利用率、降低农药投放量的重要手段^[44-48]。徐广春等研究表明，稻田常用农药中多数在大容量喷雾和弥雾浓度下药液的润湿性较差^[49]。徐德进等通过分析喷雾方式对农药雾滴在水稻群体内沉积分布的影响，研究提出稻田合理的喷雾方式，以提高稻田农药利用率^[50]。

1.3.3 施药机械 施药机械是使农药在田间分散的机械装置，它的机械性能直接关系到药剂击中防治对象的概率。现有研究表明，不同药械对农药有效利用率及防治效果存在显著影响。刁平芬等研究发现，在用药量减少 1/3 的前提下，机动喷雾器防治效果仍比手动喷雾器增加了 6.63%^[51]，使用东方红-18 型机动喷雾机工效高、用药安全^[52]。与手动喷雾器相比，弥雾机喷雾显著增加了叶片反面的雾滴密度、雾滴覆盖率及农药沉积量，能显著提高药剂的防治效果^[53]。

有学者提出我国应对现用喷雾机具进行实质性的技术改造，把大容量喷雾技术改变为低容量高效喷雾技术，研究定向对靶喷雾，包括使用辅助气流、静电喷雾，利用图像、光电和红外技术等智能测靶喷雾技术；研究开发精确喷雾，包括能根据作业速度和作物密度自动调节喷量的智能喷雾技术；研究可控雾滴施药技术，包括通过各种机械或电子方法控制雾滴大小，达到使用最佳雾滴直径、提高农药中靶率的目的^[54-55]。

1.4 栽培措施

1.4.1 间作套种 科学合理的间作套种是减少农药使用、降低农药污染的有效手段。一方面，间作套种可以控制或减轻某些病虫害的发生、减少农药使用次数和使用量，已成为生物防治病虫害的重要技术措施，如麦豆间作、油豆间作、麦棉套种、蔬菜作物间作等^[56-58]；另一方面，超累积植物对农药的吸附研究可以指导作物通过科学的间作、套作、轮作等栽培措施来避免或减轻农药对后茬作物的不良影响，为降低蔬菜农药残留和减少环境污染等提供有效的方法^[15]。植物修复是土壤农药污染修复的有效途径之一，植物主要通过直接吸收和代谢、根际土壤植物酶促降解和根际微生物对污染物的降解等 3 种机制去除土壤中的残留农药。周宁研究发现，狼尾草、高丹草、黑麦草等 3 种牧草对莠去津污染土壤均具有一定的修复效果，修复效果最好的是狼尾草，其次是高丹草^[59]。

1.4.2 保护地与露地栽培 现代农业的设施栽培对蔬菜中的农药残留会产生一定影响，设施栽培下农药的残留特性、降解速率与露地上存在显著差异^[60-61]。陈振德等研究了毒死蜱在冬季大棚、春季大棚、露地栽培菠菜中的残留动态，发现由于种植季节和方式的不同，其残留量和安全间隔期也不同^[62]；大棚封闭的环境和季节更替能改变毒死蜱在小白菜和土壤中的消解行为，毒死蜱在大棚小白菜和土壤中的消解速率低于露地，在秋季的消解速率低于夏季^[63]。阿维菌素、吡虫啉、三唑酮等 3 种农药在大棚豇豆上的降解速度均慢于露地豇豆^[64]。农药的沉降现象是影响大棚农药残留量的重要因素，大棚内的光照度低于露地，特别是对农药降解起主要作用的紫外光线大部分被大棚的薄膜阻挡或吸收，无法到达作物表面，从而使作物表面残留农药的光解速率大大降低^[65]。

1.4.3 其他栽培措施 一些新型的栽培技术也可以影响蔬菜中的农药残留量。果实套袋可有效降低果品农药残留量，减少病虫害率、裂果率，是提高果实商品价值的一项重要栽培措施^[66]，例如套袋可以显著降低茄子的农药残留量^[67]。硫酸纸袋及塑料袋处理的番茄果实毒死蜱、氯氟菊酯残留量均比对照显著降低，说明套袋栽培有利于番茄的安全生产^[68]。

1.5 采后处理措施

采后蔬菜中的农药残留主要来自 2 个方面：一是收获时

蔬菜上已有的农药残留,二是采后处理中新带入的农药残留,主要来自保鲜处理的防腐剂等。国内外对采后蔬菜中农药残留的消解去除技术已进行了多方面研究,提出了物理、化学、生物降解等处理方法^[69-75]。物理处理方法有浸泡清洗、去皮(根)、日光照射法、贮藏法、吸附法等;化学处理方法有次氯酸盐降解、臭氧降解、光催化降解、双氧水降解等;生物处理方法有微生物和酶降解法,生物防治方法常与基因工程和分子生物学技术相结合。Lu等研究认为,清洗是去除蔬菜中农药残留的有效方法,无论用自来水还是特定溶液清洗均能降低青椒中的农药残留量^[76]。张存政等研究表明,各种存储、加工及理化处理过程对去除青菜中残留高效氯氰菊酯均有一定作用,臭氧、紫外线、NaHCO₃、双氧水等联合处理,高效氯氰菊酯残留下降则更显著,表现出明显协同效应^[77]。水洗、漂烫、脱水等加工方式处理后的菠菜中毒死蜱残留量会大大降低^[78]。

2 良好农业规范简介

良好农业规范(简称GAP)是主要针对初级农产品生产的种植业和养殖业,分别制定和执行各自的操作规范,鼓励减少农用化学品和药品的使用,关注动物福利、环境保护以及工人的健康、安全、福利,保证初级农产品生产安全的一套规范体系。GAP由1998年10月美国发布的《关于降低新鲜水果蔬菜中微生物危害的企业指南》中首次提出^[79],目前是联合国粮农组织向各国推荐的质量安全规范体系。我国的GAP标准于2003年首次提出,2004年启动了我国GAP标准的编写和制定工作,有力地推动我国农业生产的可持续发展^[80],到2009年已实现与全球良好农业操作规范(GLOBALGAP)完全互认,主要涉及大田作物种植、水果和蔬菜种植、畜禽养殖、牛羊养殖等。目前,GAP在中国作物生产中的研究应用尚属初级阶段,在中药材^[81]、烟草^[82-84]等作物上的研究起步较早,报道较多,其他作物如茶叶^[85-87]、水稻^[88]、葡萄^[89]、草莓^[90]、苹果^[91]、苦荞^[92]、蔬菜^[93-96]等作物中也有少量的研究报道。

我国是世界蔬菜生产和出口第一大国,随着对外贸易的不断扩展,出口产品的质量日益突出,建立一套完善的蔬菜质量生产体系已是发展所迫。GAP在中草药、烟草生产上的成功应用,为蔬菜生产实施GAP奠定了基础。农药残留是蔬菜生产上的突出问题,根据中国GAP标准相关控制点的要求,并结合我国蔬菜生产中农药残留的实际情况,对控制蔬菜农药残留污染的GAP关键点进行分析研究,对于生产安全优质蔬菜具有十分重要的意义。

3 控制蔬菜农药残留污染的GAP关键点分析

蔬菜产供过程及各环节农药残留关键控制点如图1所示。为实现蔬菜从农田到餐桌的安全生产,控制蔬菜农药残留污染应重点从生产基地和种植地块的选择、蔬菜品种的筛选与种子处理、田间栽培措施、高效施药、采收与采后的人员、设备和场所管理、农药残留消减措施等各方面进行控制。

3.1 蔬菜种植基地的选择与维护

选择蔬菜种植基地前应对生态环境进行普查和风险评估,确保蔬菜生产基地没有潜在的污染源,土壤、灌溉水、大气

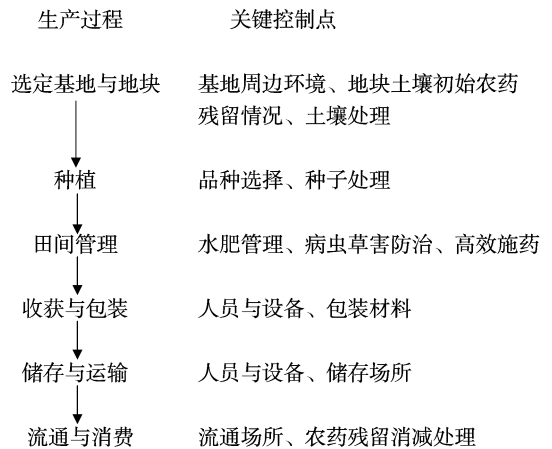


图1 蔬菜产供过程及关键控制点

质量等符合GAP生产要求。从影响农田环境农药残留的因素看,靠近化工厂、城市的土壤易受大气沉降、污水、垃圾污染,蔬菜生产风险高,选择蔬菜基地应尽量避免或远离这些区域。选择种植地块应充分调查前茬种植的作物品种、病虫害发生与化学防治情况,应选择对本茬蔬菜生长无影响或影响小的地块。选定基地和地块后,建立周围生态环境的定期检测制度,定期对生产环境的空气、水体质量进行检测,严格控制农业用水的质量,一旦发现农药污染立刻溯源、治理。

3.2 蔬菜种植环节的田间管理

3.2.1 培育和选用抗病虫害的蔬菜品种 前文分析表明,蔬菜品种间农药残留含量的差异,一方面来源于对农药残留的直接影响,这使得培育低农药残留性蔬菜新品种成为解决农药残留问题的理想途径之一,而筛选鉴定低农药残留种质资源,是选育新品种的关键环节;另一方面,蔬菜品种对病虫害的抗性不同,会对其上的农药残留产生间接影响,生产上应选用抗病虫害的蔬菜品种,可有效减少生长期农药的施用量和使用次数,降低蔬菜上的农药残留量。

3.2.2 种子处理 对种子进行必要处理,以提高出苗率、成活率,减少病虫害发生,尽量避免使用化学药剂的处理办法,可用温汤浸种、紫外照射等。

3.2.3 适宜的种植制度 研究表明,不同植物对农药残留的吸收能力不同,运用超富集植物清除土壤农药污染是一项重要的绿色生态技术。通过将蔬菜与超富集植物进行合理轮作、间作,安排茬口,可以减少蔬菜对农药的吸收量,降低蔬菜农药残留量。或可通过调整种植结构,改种花卉等经济林木,待土壤中的农药残留量下降到合适水平时,再种植蔬菜。

3.2.4 合理的栽培技术措施 科学的肥水管理,不仅可以促进蔬菜的高产优质,还可以在在一定程度上降低蔬菜中的农药残留。一方面,蔬菜的健康生长增强了抵御病虫害的能力,直接减少了田间农药的施用量;另一方面,施用有些肥料可以促进土壤中农药残留的降解;此外,一些实用技术如果套袋,可有效降低茄果类蔬菜果实上的农药残留,是提高茄果类蔬菜商品价值的一项重要栽培措施。露地和保护地中不同类型农药的降解速率不同,在选择农药进行防治时应充分考虑到这一点,例如毒死蜱在大棚青菜上的降解速度明显比在露地青菜上慢,原因是大棚内的光照度比露地弱得多,而毒死蜱的降解受光照影响较大。因此,露地宜选择易光解的农药品种,

而保护地宜选择易高温分解的农药品种。

3.2.5 实行病虫害综合防治,推广生物防治 田间施药是造成蔬菜农药残留污染最重要的途径。实行病虫害综合防治,推广生物防治,可以减少化学农药的使用次数和施用量,减轻蔬菜农药残留的污染。

3.2.6 农药增效减量使用技术

3.2.6.1 优化农药生产及选择技术 我国农药用量、生产量均居世界前列,但农药剂型种类少,优化农药生产是提升农药科学性的有效方法。农药剂型应从污染重、危险性大的乳油等剂型向污染小、安全性好的水剂等剂型发展。加强农民选择农药意识也是减少农药残留的重要途径。运用计算机与信息技术,对农作物病虫害发生、发展、变化规律进行充分了解,全面提高管理控制水平,因地制宜地依据田间实际情况,确定经济阈值,制定施药计划。此外,应根据不同病虫害,对症下药;掌握病虫害防治的关键时期,适期用药;依据实际环境,适时用药;合理调配农药,避免产生抗药性;规范施药技术,准确施药;突出质量安全,坚决禁止使用剧毒农药。

3.2.6.2 规范与优化农药使用技术 研究表明,科学规范的施药技术能降低蔬菜中的农药残留污染^[97-98]。应严格按照推荐方法、推荐剂量、推荐次数,在防治适期进行科学用药,防止乱用、滥用。在规范用药的基础上,提高农药利用率、减少农药用量是降低农药残留污染的关键问题。研究表明,农药雾滴在作物叶面上的扩展面积、蒸发时间、沉积量,施药器械的机械性能和施药方式等是影响药效的重要因素,而在农药药液中添加表面活性剂,选择合适的施药器械等是解决该关键问题的重要手段。借鉴发达国家普遍采用的超低容量喷雾法和缓施技术,研究局部、定点、定向精准施药技术,如拌种法、浸种浸苗法、点涂法、熏蒸法、环毒法、灌注法、穴施法、根施法等,使药剂直接作用于防治对象,最大程度地减少农药的使用量,将其对环境的污染降到最低^[99]。通过分析影响农药施药效果的各种因素,确定合理的投放目标,根据害虫的生理习性和植物的病理特点选用适当的喷雾设施,确定各种喷雾参数,可以大大提高农药的作用效率,降低农药使用量^[100]。

3.3 蔬菜的收获、包装、储藏、流通

蔬菜应适时收获,采收设备应保持清洁,避免带入污染物。蔬菜采收后应进行必要的保鲜处理,以适合储藏与流通,处理方法尽量以物理方法如简易气调、冷藏、薄膜半封闭包装、热处理等为主,最大程度减少化学保鲜剂的残留污染。蔬菜的包装、储藏、运输、流通过程中,为控制蔬菜农药残留污染,包装设备与材料应符合食品安全卫生标准,储藏和流通场所、运输工具、质量检验监督管理、人员素质等要符合 GAP 生产的基本要求,建立专用的储藏场所,对场所实行严格的封闭式管理,并定期对操作人员进行健康检查等。

3.4 采后蔬菜的农药残留消减措施

由于我国蔬菜生产过于分散,供应方式多种多样,而对所有蔬菜进行全面检测又难以实现,就使得部分农药残留超标蔬菜不可避免地进入市场,因此科学减少农药残留的最终摄入量,已成为消费者维护自身健康的最后一道屏障。以上文献综述表明,国内外对产后蔬菜中农药残留的消解去除技术已进行了多方面研究,提出了物理、化学、生物降解等处理方法。其中,各种物理处理方法对去除蔬菜中的农药残留效果

显著,且本身不会引入新的污染风险,操作方便,是蔬菜餐桌消费前的推荐处理方法,如浸泡清洗、去皮(根)、日光照射法、贮藏法、吸附法等。

参考文献:

- [1] 吴鹏,秦智伟,周秀艳,等. 蔬菜农药残留研究进展[J]. 东北农业大学学报,2011,42(1):138-144.
- [2] 时政,黄凯丰. 蔬菜农药残留问题的研究进展[J]. 长江蔬菜,2011(4):13-17.
- [3] 张志勇. 叶菜类蔬菜农药残留防控体系研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [4] 王强,高春先. 食用农产品质量安全问题及全程控制[J]. 浙江农业学报,2004,16(5):247-253.
- [5] 胡立峡. 我国蔬菜农药残留问题探讨[J]. 长江蔬菜,2010(23):49-50.
- [6] 李恩普,陈松. 农产品质量安全监管的突出问题及对策研究[J]. 农产品质量与安全,2011(4):23-25.
- [7] 杨江龙,梁丽银,赵锁劳,等. 蔬菜中农药残留动态与控制对策[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(12):199-203,208.
- [8] 孙慧,姜慧梅,黄金金,等. 海口市蔬菜中有机磷农药残留情况调查[J]. 现代农业,2006(10):64-65.
- [9] 王国莉,郑冬生. 广东惠州地区市售蔬菜的农药残留检测分析[J]. 江苏农业科学,2010(4):334-336.
- [10] 叶雪珠,赵燕申,王强,等. 蔬菜农药残留现状及其潜在风险分析[J]. 中国蔬菜,2012(14):76-80.
- [11] 田子华. 江苏省蔬菜农药残留现状及质量安全控制[C]. 江苏省昆虫学会第十二届会员代表大会论文摘要集. 南京:江苏省昆虫学会,2008.
- [12] 赵华,李康,徐浩,等. 甲氰菊酯农药环境行为研究[J]. 浙江农业学报,2004,16(5):299-304.
- [13] Herrmann J M,Guillard C,Arguello M,et al. Photocatalytic degradation of pesticide pirimiphos-methyl;Determination of the reaction pathway and identification of intermediate products by various analytical methods[J]. Catalysis Today,1999,54(2/3):353-367.
- [14] 于颖,周启星. 重金属与农药污染的农业土壤脱毒过程研究进展[J]. 生态科学,2005,24(1):84-89.
- [15] 刘伟. 菠菜胡萝卜对氮素的反应及其对不同农药吸收与消解动态研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2007.
- [16] 陈元林. 稀土缓释有机磷农药对叶菜类蔬菜的胁迫及降解效果的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2007.
- [17] Higarashi M M,Jardim W F. Remediation of pesticide contaminated soil using TiO₂ mediated by solar light[J]. Catalysis Today,2002,76(2/3/4):201-207.
- [18] 徐悦华,古国榜,李新军. 光催化降解甲胺磷影响因素的研究[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2001,29(5):68-71.
- [19] 兰亚红,谢明,陈福良,等. 施氏假单胞菌 JHY01 菌株毒死蜥降解酶的定位及其提取条件的优化[J]. 中国生物防治,2008,24(4):349-353.
- [20] Liang W Q,Wang Z Y,Li H,et al. Purification and characterization of a novel pyrethroid hydrolase from *Aspergillus niger* ZD11[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2005,53(19):7415-7420.
- [21] Arshad M,Hussain S,Saleem M. Optimization of environmental

- parameters for biodegradation of alpha and beta endosulfan in soil slurry by *Pseudomonas aeruginosa* [J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2008, 104(2): 364–370.
- [22] Sutherland T D, Horne I, Harcourt R L, et al. Isolation and characterization of a *Mycobacterium* strain that metabolizes the insecticide endosulfan [J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2002, 93(3): 380–389.
- [23] Goswami S, Singh D K. Biodegradation of alpha and beta endosulfan in broth medium and soil microcosm by bacterial strain *Bordetella* sp. B9 [J]. *Biodegradation*, 2009, 20(2): 199–207.
- [24] Hussain S, Arshad M, Shaharoon B, et al. Concentration dependent growth/non-growth linked kinetics of endosulfan biodegradation by *Pseudomonas aeruginosa* [J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2009, 25(5): 853–858.
- [25] 竺利红. 硫丹残留及其微生物降解研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2011, 27(18): 242–245.
- [26] 马佰慧. 黄瓜果实霜霉病残留性的遗传分析与 SSR 分子标记 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.
- [27] 刘芳芳, 秦智伟, 周秀艳. 低农药残留量的黄瓜种质资源筛选 [J]. *东北农业大学学报*, 2010, 41(7): 32–36.
- [28] 陈振德, 陈建美, 韩明三, 等. 苹果果实中毒死蜱残留的品种间差异及套袋对毒死蜱残留的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(11): 2197–2201.
- [29] 应兴华, 徐霞, 杨仕华, 等. 水稻籽粒农药残留的品种间差异性 [J]. *中国水稻科学*, 2011, 25(2): 227–230.
- [30] 林金科, 李秀峰. 低农药残留量的乌龙茶种质资源筛选研究 [J]. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(1): 70–73.
- [31] 林金科, 李秀峰, 林小端, 等. 乌龙茶资源农药抗性 with 叶片特征和解剖结构关系的初步研究 [J]. *中国农学通报*, 2008, 24(11): 103–108.
- [32] 陈振德, 张清智, 王文娇, 等. 叶类蔬菜低农药残留基因型筛选研究 [J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(2): 239–245.
- [33] 乌日娜, 李建科, 仇农学, 等. 苹果中甲胺磷农药残留分布规律研究 [J]. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2006, 34(1): 91–93.
- [34] 王吉强, 高占林, 党志红, 等. 吡虫啉包衣对黄瓜瓜蚜的防治效果及包衣后药剂在植株体内的分布 [J]. *农药学报*, 2008, 10(1): 87–91.
- [35] 房锋, 姜兴印, 纪春涛, 等. 种衣剂对山农饲玉 7 号玉米幼苗生长和相关酶活性的影响 [J]. *农药学报*, 2009, 11(1): 98–103.
- [36] 邓敏, 邢子辉, 李卫. 我国施药技术和施药机械的现状 & 问题 [J]. *农机化研究*, 2014(5): 235–238.
- [37] 张霞, 孙岩, 李亚萍, 等. 浅谈我国蔬菜农药残留现状及对策 [C] // 河南省植保学会第九次、河南省昆虫学会第八次、河南省植物学会第三次会员代表大会暨学术讨论会论文集, 2009: 385–387.
- [38] 冯明祥, 陈振德, 袁王伟, 等. 几种农药在露地黄瓜上的残留降解动态检测研究 [J]. *农药科学与管理*, 2007, 28(5): 17–20.
- [39] 张学杰, 付萌, 郭科, 等. 霜霉病吡虫啉腐霉利在结球生菜上的消解动态及相关因子的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(1): 180–184.
- [40] 梅立永, 赵智杰, 尹璇, 等. 拟除虫菊酯类农药环境行为与归趋模拟 [J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(6): 2316–2322.
- [41] 来有鹏, 张登峰, 尹姣, 等. 五种类型农药不同剂量与施药时期对麦蚜防治效果及麦粒农药残留的影响 [J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(6): 1688–1698.
- [42] 段爱菊, 刘顺通, 张自启, 等. 不同施药时期药剂对麦红吸浆虫的防治效果 [J]. *河南农业科学*, 2011, 40(11): 97–99.
- [43] 唐涛, 彭孟军, 李忠良, 等. 药械、用水量与助剂对氯虫·噻虫嗪防治水稻螟虫的效果影响 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26(13): 335–338.
- [44] 徐广春, 顾中言, 徐德进, 等. 促进稻田农药利用效率的表面活性剂筛选 [J]. *中国农业科学*, 2013, 46(7): 1370–1379.
- [45] 逢森, 袁会珠, 李永平, 等. 表面活性剂 Silwet408 提高药液在蔬菜叶片上润湿性能的研究 [J]. *农药科学与管理*, 2005, 26(7): 22–25, 19.
- [46] 左雯, 饶志坚, 吴国星, 等. 表面活性剂对农药雾滴在甘蓝菜叶面上扩展面积和蒸发时间的影响研究 [J]. *西南大学学报: 自然科学版*, 2011, 33(9): 1–5.
- [47] 陈秀红, 吴国星, 饶志坚, 等. 表面活性剂对农药雾滴在小白菜叶面上扩展面积和蒸发时间的影响 [J]. *云南农业大学学报*, 2011, 26(5): 612–615, 644.
- [48] 范鹏, 顾中言, 徐德进, 等. 不同浓度的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂药液的表面张力及其在甘蓝叶面的润湿展布动态 [J]. *江苏农业学报*, 2011, 27(3): 510–515.
- [49] 徐广春, 顾中言, 徐德进, 等. 常用农药在水稻叶片上的润湿能力分析 [J]. *中国农业科学*, 2012, 45(9): 1731–1740.
- [50] 徐德进, 顾中言, 徐广春, 等. 喷雾方式对农药雾滴在水稻群体内沉积分布的影响 [J]. *中国农业科学*, 2014, 47(1): 69–79.
- [51] 刁平芬, 邓贵华, 陈光兴. 不同药械防治稻纵卷叶螟的效益研究初报 [J]. *耕作与栽培*, 2005(1): 51, 62.
- [52] 曾燕清, 赵永, 周曙光. 多种药械控制水稻有害生物施药效果研究 [J]. *湖南农业科学*, 2006(2): 57–59.
- [53] 徐德进, 顾中言, 徐广春, 等. 喷雾器及施液量对水稻冠层农药雾滴沉积特性的影响 [J]. *中国农业科学*, 2013, 46(20): 4284–4292.
- [54] 刘秀娟, 周宏平, 郑加强. 农药雾滴飘移控制技术的研究进展 [J]. *农业工程学报*, 2005, 21(1): 186–190.
- [55] 孙文峰, 王立君, 陈宝昌, 等. 农药喷施技术国内外研究现状及发展 [J]. *农机化研究*, 2009, 31(9): 225–228.
- [56] 周丽华, 黄国勤, 贺娟芬. 红壤旱地棉田间作种植模式对病、虫、草害的影响 [J]. *生物灾害科学*, 2013, 36(1): 9–13.
- [57] 李社增, 马平, Huang H C, 等. 相对病情指数划分棉花品种抗病性的统计学基础 [J]. *棉花学报*, 2003, 15(6): 344–347.
- [58] 肖靖秀, 郑毅. 间套作系统中作物的养分吸收利用与病虫害控制 [J]. *中国农学通报*, 2005, 21(3): 150–154.
- [59] 周宁. 除草剂莠去津污染土壤的植物修复研究 [J]. *北方园艺*, 2014(6): 166–168.
- [60] 阮楚琪, 白云明, 何岸飞, 等. 设施土壤中百菌清和毒死蜱的时空变化特征 [J]. *农药*, 2012, 51(3): 200–203.
- [61] 李建国, 韩丙军, 谢德芳, 等. 不同栽培方式下豇豆中 4 种农药的残留消解 [J]. *热带作物学报*, 2012, 33(2): 386–389.
- [62] 陈振德, 陈雪辉, 冯明祥, 等. 毒死蜱在菠菜中的残留动态研究 [J]. *农业环境科学学报*, 2005, 24(4): 728–731.
- [63] 方华. 毒死蜱在大棚土壤和蔬菜中的残留特征、土壤生态效应及其控制途径 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [64] 任红, 柯用春, 许如意, 等. 大棚和露地条件下 3 种农药在冬种豇豆上的残留消解动态 [J]. *南方农业学报*, 2012, 43(11): 1688–1691.
- [65] 袁大伟, 吕卫光, 李双喜, 等. 农药在蔬菜中的残留动态及降解

- 规律研究[J]. 中国农学通报,2014,30(9):317-320.
- [66] 樊秀芳,刘旭峰,杨海,等. 液膜果袋对苹果果实生长发育的影响[J]. 果树学报,2003,20(4):328-330.
- [67] 王仪岚,张媛媛,梁毅,等. 套袋对茄子果实农药残留量及产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2010(2):30-33.
- [68] 王磊. 套袋对番茄果实生长发育及品质的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
- [69] Lentza - Rizos C, Avramides E J, Kokkinaki K. Residues of azoxystrobin from grapes to raisins[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2006,54(1):138-141.
- [70] Zhang Z Y, Liu X J, Hong X Y. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage[J]. Food Control,2007,18(12):1484-1487.
- [71] Cengiz M F, Certel M, Göğmen H. Residue contents of DDVP (dichlorvos) and diazinon applied on cucumbers grown in greenhouses and their reduction by duration of a pre - harvest interval and post - harvest culinary applications [J]. Food Chemistry,2006,98(1):127-135.
- [72] Cengiz M F, Certel M, Karakaş B, et al. Residue contents of captan and procymidone applied on tomatoes grown in greenhouses and their reduction by duration of a pre - harvest interval and post - harvest culinary applications[J]. Food Chemistry,2007,100(4):1611-1619.
- [73] Uygun U, Ozkara R, Ozbey A, et al. Residue levels of malathion and fenitrothion and their metabolites in post harvest treated barley during storage and malting[J]. Food Chemistry,2007,100:1165-1169.
- [74] Rawn D F, Quade S C, Sun W F, et al. Captan residue reduction in apples as a result of rinsing and peeling[J]. Food Chemistry,2008,109(4):790-796.
- [75] Byrne S L, Pinkerton S L. The effect of cooking on chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol levels in chlorpyrifos-fortified produce for use in refining dietary exposure[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2004,52(25):7567-7573.
- [76] Lu H Y, Shen Y, Sun X, et al. Washing effects of limonene on pesticide residues in green peppers[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2013,93(12):2917-2921.
- [77] 张存政, 骆爱兰, 王冬兰, 等. 消除去除食用叶菜中高效氯氟菊酯残留方法的研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24(1):196-200.
- [78] 袁玉伟, 叶志华, 王静. 毒死蜱在菠菜家庭处理中的变化及其饮食摄入量的暴露评估[J]. 农业环境科学学报,2006,25(增刊2):582-585.
- [79] 樊红平, 牟少飞, 叶志华. 美国农产品质量安全认证体系及对中国的启示[J]. 世界农业,2007(9):39-42.
- [80] 樊红平, 白玲, 牟少飞, 等. 欧美良好农业规范(GAP)比较及对中国的启示[J]. 世界农业,2007(2):25-27,40.
- [81] 王进旗, 张艾, 刘阳林, 等. 实施 GAP 中药材规范化种植的对策和建议[J]. 世界科学技术: 中医药现代化,2005,7(4):74-77,60.
- [82] 陈风雷, 孙光军, 王霞, 等. 中国烟叶良好农业规范(GAP)发展现状与问题[J]. 中国烟草科学,2013,34(5):108-112.
- [83] 朱贵川, 宋泽民, 陆新莉, 等. 论中国烟草良好农业规范的基本原则[J]. 中国农学通报,2013,29(1):209-212.
- [84] 邵晓丽, 杨明, 张如阳, 等. 良好农业规范在烟草种植中的应用[J]. 现代农业科技,2011(15):97-98.
- [85] 丁勇, 徐奕鼎, 王辉军. “良好农业规范”(GAP)及其在茶叶的应用前景[J]. 广东茶业,2008(1):12-15.
- [86] 唐小林, 李强. 实施 GAP 促进我国茶业发展[J]. 中国茶叶加工,2006(4):10-12.
- [87] 段建真. 实施《良好农业规范》促进茶业可持续发展[J]. 茶业通报,2008,30(1):10-12.
- [88] 肖相芬, 张经廷, 周丽丽, 等. 中国水稻重金属镉与铅污染 GAP 栽培控制关键点分析[J]. 中国农学通报,2009,25(21):130-136.
- [89] 董阳辉, 王伟杰, 张建萍, 等. 鲜食葡萄良好农业规范及其建立[J]. 浙江农业科学,2011(4):779-781.
- [90] 董秀金, 王小骊, 童英富, 等. 草莓良好农业规范(GAP)生产关键控制点[J]. 农业科技通讯,2008(10):79-82.
- [91] 翟金义, 史宏弟. 苹果种植 GAP 控制要点分析[J]. 农产品加工·学刊,2009(11):55-58.
- [92] 刘国强, 陕方, 郭晓岚, 等. 优质苦荞 GAP 生产管理技术研究——以寿阳县为例[J]. 中国农学通报,2011,27(21):73-77.
- [93] 张东玲, 高齐圣, 杨泽慧. 基于良好农业规范(GAP)的蔬菜种植基地农产品安全管理[J]. 世界标准化与质量管理,2008(3):50-53.
- [94] 张东玲, 高齐圣. 良好农业规范(GAP)在蔬菜基地中的应用——基于面板数据和语言信息的农产品安全评价[J]. 中国农业大学学报,2008,13(6):105-110.
- [95] 樊建英, 牛瑞生, 麻永红, 等. 叶菜类蔬菜良好农业规范关键控制点的初步研究[J]. 河北农业科学,2012,16(6):4-6,10.
- [96] 王强, 姜丽娜, 马军伟, 等. 基于良好农业规范(GAP)的丘陵地区番茄施肥技术研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版,2010,36(4):427-432.
- [97] 顾中言, 许小龙, 徐德进, 等. 用等效线评判稻田“桶混”农药联合作用方式的研究[J]. 江苏农业学报,2013,29(5):1025-1033.
- [98] 顾中言, 徐广春, 徐德进, 等. 稻田农药科学使用 IV. 农药的规范化使用[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):120-123.
- [99] 贾乃新, 王淑华, 刘海凤. 病虫害鼠害防治中的精准施药问题[J]. 农业与技术,2002,22(5):41-42,48.
- [100] 陈海涛, 丁伟, 许安定, 等. 烟田农药减量增效施药技术的关键因素分析[J]. 江苏农业科学,2012,40(11):125-127.