

曹爱兵,姚 瑶,陈长军,等. 我国蔬菜农药的登记、残留现状及安全使用[J]. 江苏农业科学,2023,51(22):8-14.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.22.002

我国蔬菜农药的登记、残留现状及安全使用

曹爱兵¹,姚 瑶¹,陈长军²,高美静³,卢莉娜³,仲建锋³,于红梅³

(1. 江苏省绿色食品办公室,江苏南京 210036; 2. 南京农业大学植物保护学院,江苏南京 210095;

3. 江苏省农业科学院,江苏南京 210014)

摘要:蔬菜是人们生活中必备的重要农产品,因其丰富的食用价值而深受群众青睐,市场需求巨大。满足日益增长的绿色优质蔬菜需求对产业发展提出了更高的要求,但由于蔬菜病虫害发生重、用药频繁,加之多以小农户分散种植为主,禁限用农药检出和常规农药残留超标时有发生,严重制约其绿色生产。为促进对蔬菜农药登记现状的了解,探索农药安全使用方法,梳理我国蔬菜上登记的杀虫剂、杀菌剂、除草剂、植物生长调节剂、杀线虫剂和杀螨剂种类及其使用情况,解析蔬菜农药残留种类、季节性差异和残留规律,并分析农药使用过程中存在的主要问题。再结合江苏省蔬菜生产现状,对蔬菜农药管理与安全使用提出开发新型高效友好农药、加强农药系统管理、建立农药推荐使用清单以及指导菜农合理规范用药等建议,以期为江苏省乃至全国绿色优质蔬菜基地健康发展提供参考。

关键词:蔬菜;农药登记;农药残留;农产品质量安全;建议

中图分类号:S481⁺.8;S436.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)22-0008-06

蔬菜是仅次于粮食的农产品。因较粮食增收显著,蔬菜种植面积和产量均呈逐年增加趋势。但蔬菜种植周期短、复种指数高、品种繁多,造成病虫害发生种类多,世代重叠,导致施药频繁,存在“乱”“滥”“烂”等现象;采收时,忽视农药的安全间隔期。这导致“毒豇豆”“毒韭菜”“毒芹菜”等恶性事件频发^[1-3]。因此,农业农村部、市场监督管理总局等七部门根据习近平总书记“四个最严”要求和重要批示精神,于2021年印发《食用农产品“治违禁 控药残 促提升”三年行动方案》,解决民生热点问题。为了便于蔬菜从业人员快速了解我国蔬菜用药和残留等相关知识,梳理截至2022年5月前所登记农药种类、蔬菜农药残留现状和规律,分析我国农药使用的状况,提出相关建议,以期为我国绿色优质蔬菜基地的建设和发展提供参考。

1 我国蔬菜上农药登记使用情况

截至2022年5月,依据中国农药信息网

收稿日期:2023-02-27

基金项目:江苏省绿色食品办公室招标项目(编号:QC-2019100932H、QC-2021111268G、QC-2022051107Z)。

作者简介:曹爱兵(1976—),男,江苏泰州人,硕士,正高级农艺师,主要从事绿色食品、有机农产品、绿色优质农产品基地研究。E-mail:107480724@qq.com。

通信作者:于红梅,女,硕士,副研究员,主要从事园艺作物栽培技术研究。E-mail:yhmjshx@163.com。

(<http://www.icama.org.cn/>)查询可知,我国主要蔬菜登记使用的农药品种有720余种,涉及阿维菌素、多菌灵、四唑虫酰胺、硫虫酰胺等有效成分共计810余个,主要包括杀虫剂、杀菌剂、除草剂、植物生长调节剂、诱抗剂、杀线虫剂和杀螨剂,其中杀螨剂和杀线虫剂种类较少^[4-6]。

按照蔬菜登记的农药种类,我国十字花科蔬菜、黄瓜和番茄登记的农药产品种类和数量较多^[5];豆类蔬菜、茎类蔬菜、水生蔬菜、芽菜类蔬菜和其他类蔬菜上登记的农药数量相对较少^[6]。蔬菜上登记的杀虫剂数量较粮食作物少,但杀菌剂较粮食作物多;粮食作物登记的除草剂种类和数量均多于蔬菜。在小众粮食作物和小众蔬菜上登记的农药种类和数量相对较少,难以满足这些作物主要病虫害的防控需求。

1.1 杀虫剂

我国蔬菜登记的杀虫剂有269种^[6-10],约占蔬菜登记农药总数的37%。在蔬菜上登记的杀虫剂种类以新烟碱类、菊酯类和生物农药为主。随着《农药管理条例》的颁布和实施,高毒的有机磷类和氨基甲酸酯类农药,如克百威、乐果、毒死蜱等均在蔬菜上禁用,使高毒农药占比大幅下降^[11]。蔬菜上登记的新烟碱类农药品种主要有吡虫啉、啉虫脒、噻虫嗪、噻虫啉、噻虫胺、呋虫胺等;菊酯类农药有氯氰菊酯、氟氰菊酯、溴氰菊酯、氰戊菊酯、甲

氰菊酯、高效氯氰菊酯、高效氯氟氰菊酯。在蔬菜上,生物农药登记数量和种类呈逐年增加的趋势^[12],代表品种包括阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、苏云金芽孢杆菌、苦参碱等,其中阿维菌素单品和复配剂种类(如其与新烟碱类、菊酯类、辛硫磷、苏云金芽孢杆菌复配品种)数量最多^[6]。2021 年在蔬菜上新登记的 5 种杀虫剂中,有 4 种属于生物杀虫剂,分别为爪哇虫草菌 Ij01、爪哇虫草菌 JS001、球孢白僵菌 ZJU435、酰氨基糖素醋酸酯^[10]。

1.2 杀菌剂

设施蔬菜较露地蔬菜营造的农田小气候更易发生病害。随着设施蔬菜种植面积激增,病害严重制约着该产业的发展和壮大。截至 2022 年 5 月,我国蔬菜登记的杀菌剂有 368 种,且主要为复配剂,杀菌剂数量约占蔬菜登记农药的 50%。其中,百菌清、烯酰吗啉、代森锰锌、苯醚甲环唑等为杀菌剂登记的主要品种^[13]。除化学杀菌剂外,绿色环保的农用抗生素如春雷霉素、多抗霉素等在黄瓜、番茄、大葱、白菜等作物上登记的品种也日渐增多,2021 年以来含有春雷霉素、多抗霉素成分的登记产品增加了 25 种^[4]。另外,由于杀菌剂抗药性日趋严重,以及对环境、健康的关注度不断提高,微生物杀菌剂如枯草芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、多黏类芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌等的登记数量也在增多,尤以枯草芽孢杆菌可湿性粉剂登记数量最多,主要用于防治黄瓜、番茄、大白菜、辣椒等蔬菜的白粉病、灰霉病、疫病、枯萎病、青枯病、霜霉病、软腐病等病害^[4,14]。

1.3 除草剂

除草剂销售额约占整个农药市场的 50%。但在蔬菜上登记的除草剂较杀虫剂和杀菌剂登记的种类、产品数量和使用量均较少。除草剂主要登记的蔬菜包括大蒜、马铃薯和甘蓝,复配的除草剂品种约占 50%。目前,已登记的除草剂为 44 种,约占蔬菜登记农药(活性组分)的 6%,主要种类包括二甲戊灵、扑草净、乙草胺等。新型磺酰脲类除草剂氯吡嘧磺隆也用于番茄杂草防除^[15]。

1.4 植物生长调节剂

植物生长调节剂从功能上可分为生长促进剂、生长延缓剂、生长抑制剂等,具有促进作物生根发芽、催熟、膨大等作用^[16]。目前,在我国蔬菜上登记的植物生长调节剂有 31 种,如复硝酚钠、乙烯利、芸薹素内酯等,约占蔬菜登记农药的 4%,主要用于番茄、黄瓜、马铃薯的调控。虽然蔬菜上登记的植物

生长调节剂品种少,但作用巨大,对环境友好,且能提高农产品品质。因此,具有增强作物抗/耐逆性、安全环保、适应新种植方式的植物生长调节剂发展潜力巨大。

1.5 杀线虫剂和杀螨剂

蔬菜上登记的杀线虫剂和杀螨剂相对较少。杀线虫剂主要登记在黄瓜和番茄上,包括阿维菌素和噻唑膦以及两者的复配剂。生物源杀线虫剂包括印楝素和淡紫拟青霉;微生物杀线虫剂包括苏云金芽孢杆菌 HAN055 和杀线虫芽孢杆菌 B16 等。杀螨剂有阿维菌素、啶虫脒等,以及阿维菌素与高效氯氰菊酯、辛硫磷、啶虫脒、苏云金芽孢杆菌的复配剂,主要用于十字花科蔬菜和黄瓜的害螨和害虫防控。我国蔬菜上登记的农药仍以化学农药为主,高/中毒农药数量均在减少,生物农药登记品种呈上升趋势。

2 我国蔬菜上的农药残留现状

2.1 农药残留种类

蔬菜杀虫(螨)剂和杀菌剂的不合理使用是导致农药残留超标的主要原因。2015—2019 年山西省太原市对 530 份蔬菜抽检样品的农药检出率为 1.13%,超标率为 3.40%,超标农药为有机磷类、有机氯类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类四大类,共 7 个品种,即克百威、甲氰菊酯、氯氰菊酯、氧化乐果、毒死蜱、水胺硫磷和硫丹等^[17];2013—2017 年江苏省盐城市对 180 份市售蔬菜样品的农药检出率为 20.56%,包括有机磷类 10 个品种,拟除虫菊酯类 4 个品种和氨基甲酸酯类 3 个品种,农药超标率为 7.78%,超标农药为甲基异柳磷、甲拌磷、氧化乐果、克百威和联苯菊酯^[18];2020 年山东省烟台高新技术产业开发区对 122 份样品(含 6 种蔬菜)的农药检出率为 13.1%,涉及腐霉利、毒死蜱、氯氰菊酯 3 种农药,但均未超限量值^[19];2020 年江苏省连云港市对 4 个县(区)农贸市场蔬菜的腐霉利和百菌清检出率较高,但均未超标^[20];2018—2019 年山东省潍坊市对 306 份样品(含 7 类蔬菜)的农药检出率为 14.0%,其中拟除虫菊酯类和有机磷类农药检出率较高,氨基甲酸酯类次之,有机氯类和新烟碱类农药未检出,农药超标率为 2.3%,农药为毒死蜱、克百威和氯氟氰菊酯^[21];2016—2020 年河南省郑州市对市售蔬菜 305 份抽检样品的农药检出率为 34.43%;农药超标率为 3.93%,主要为蔬菜上已禁

用的有机磷类和氨基甲酸酯类农药^[22]。因此,蔬菜残留超标的农药主要是杀虫(螨)剂;部分杀菌剂尽管有检出,但农药超标率低。我国虽已禁用有机氯类农药,但由于其难以降解^[23-24],可在土壤等环境中持续污染蔬菜,因此目前我国蔬菜有机氯类农药残留超标的风险依然存在^[25]。有机磷类和氨基甲酸酯类农药的部分品种已经禁用,但在蔬菜中仍有较高的检出率和超标率^[26-30]。拟除虫菊酯类、烟碱类吡虫啉、吡咯类虫螨脲等农药具有高效、低毒和广谱等特点,但易被滥用,增加了其残留超标的风险^[31-32]。

2.2 农药残留规律

蔬菜外观形态或生理特性影响其对农药的吸收,因此不同种类蔬菜的农药残留具有一定的规律性。2009—2018 年湖南省衡东县蔬菜的农药平均超标率由高到低的顺序为豆菜类 > 茄果类 > 叶菜类 > 瓜果类^[33];2018—2019 年山东省潍坊市蔬菜农药残留检出率为根茎和芋薯类(22.0%) > 叶菜类(17.5%) > 茄果类(15.0%) > 鳞茎类(13.6%)^[21];2017—2019 年江苏省主要蔬菜生产县(市、区)农药平均检出率较高的前 3 种蔬菜依次为茄果类、叶菜类、豆类,叶菜类的农药检出率和超标率在 3 年中均排在前 3 位,且年度间变化小^[34];2011—2013 年青海省西宁市规模化蔬菜生产基地和农贸市场豆类、甘蓝类和根菜类的农药残留检出率较高^[35];2010 年浙江省杭州市豆类、茄果类、叶菜类(白菜类和绿叶蔬菜)农药超标率分别为 0.24%、0.15%、0.10%^[36]。丁坚强等认为,叶菜类、茄果类以及豆类蔬菜的农药残留风险普遍高于其他蔬菜^[37-41]。叶菜类蔬菜农药残留较高的原因可能包括以下几个方面:其一,该类蔬菜表面积大,施药后农药沉积量较高;其二,叶菜类蔬菜生长周期短,连续采摘造成用药次数多;其三,施用的杀虫剂和杀菌剂多为内吸性药剂,残效期较长,易导致残留及超标^[42]。茄果类和豆类蔬菜农药残留农药以杀虫类、杀螨类为主,这可能与适宜的环境温湿度和 2 类蔬菜的营养有关;因发生的世代重叠,导致用药频繁和农药加量,抗药性亚群体容易形成,但却未及时监测和抗药性治理,形成“抗药性群体→防效降低→增加剂量和用药频次→抗药性加剧→防效更低……”的恶性循环,易导致农药残留检出或超标^[43-45]。

2.3 农药残留的季节性差异

露地蔬菜的农药残留与季节密切相关。2009—2018 年湖南省衡东县蔬菜农药残留超标率为秋

季 > 夏季 > 冬季 > 春季^[33];2007 年江苏省连云港市秋季蔬菜的农残超标率远高于其他 3 个季节^[46];2009 年江苏省东海县蔬菜农药残留超标的样品主要集中在 7—9 月^[47];2010 年 5—8 月浙江省余姚市抽检的蔬菜样品农残超标率较高^[48]。因此,第 2 季度和第 3 季度的农药残留超标率相对较高,可能是因为我国大部分地区为亚热带季风性气候和温带季风性气候,第 2、第 3 季度气温偏于高温高湿,为病原菌和害虫等有害生物生长和发育创造了更有利的条件;第 2、第 3 季度蔬菜快速生长,生长周期较短,且病虫害发生相对较重,农药使用量和使用频次均有所增加,导致农药残留风险提高。第 1、第 4 季度气温较低,病虫害发生较轻,农药用药量和频次相对较低;蔬菜生长速率较慢,施药到采摘的安全间隔期较长。因此,露地蔬菜的农药残留风险显著降低^[42,49]。

但设施种植的蔬菜农药残留不遵循上述规律。这是因为在第 1、第 4 季度的大棚内,温度和湿度均较高,也有利于病虫害的发生和传播;因反季蔬菜利润高,所以菜农短期内频繁、大量使用农药;蔬菜一般密度较大,空气流通差,农药降解较慢。因此,设施蔬菜在第 1、第 4 季度的农残超标率也可能会高于第 2、第 3 季度^[44,50-51]。

3 农药使用问题

蔬菜病害侵染循环和害虫世代较粮食作物复杂,种植业者难以掌握其发生规律,导致乱用药、滥用药频发,抗药性猖獗^[52]。另外,农药废弃物的不当处置对环境存在潜在影响。

常见农药使用问题主要有以下 3 类。第一,违规用药。高毒杀虫剂具有杀虫谱广、毒力强和成本低等特点,部分菜农仍习惯性使用已经禁/限用高毒杀虫剂(如克百威、灭多威、甲拌磷等^[22])。第二,擅自加量。农药使用国家标准对有效成分、剂型、施药方法、施药量和次数、安全间隔期等进行了规定。但部分菜农错误地认为用药量越大、施用次数越多,则防效越好。缺少抗药性系统监测和治理技术的研发与应用,均导致随意增加药量和施药频次,造成资源浪费和成本增加,环境污染加重和农药残留严重,农产品品质下降。第三,忽视农药安全间隔期。农药安全间隔期是指农药安全使用标准所规定的农药在作物上最后一次施药距作物收获期的实践。间隔期与农药理化性质和蔬菜种类

密切相关。把握好农药安全间隔期,不仅可以减少药害,还能提高农药利用率。但在生产中农药安全间隔期易被忽视,部分菜农误认为在采收前用药能提高品质,造成盲目用药和违规采收上市^[53]。

4 江苏省蔬菜农药残留现状、绿色优质蔬菜基地农药管理与安全使用建议

4.1 江苏省蔬菜农药残留情况

2021 年江苏省市场监督管理局通报的食品不合格情况中,多批蔬菜因农药残留超标导致不合格:豇豆中检出克百威、噻虫胺和水胺硫磷超标;韭菜中检出腐霉利、毒死蜱和高效氯氟菊酯超标;青菜中检出氟虫腈、啉虫脒和毒死蜱超标;生姜中检出吡虫啉、噻虫胺和噻虫嗪超标;香芹中检出噻虫胺、噻虫嗪、氯氟菊酯和高效氯氟菊酯超标;结球甘蓝中检出甲基异柳磷超标。2022 年 1—5 月江苏省市场监督管理局公布的不合格样品中,17 个批次蔬菜检出农药残留超标,其中韭菜 5 个批次,生姜 4 个批次,芹菜 3 个批次,豇豆 2 个批次,线椒、番茄、青菜各 1 个批次;超标农药涉及 11 种杀虫剂(甲拌磷、毒死蜱、氧乐果、氯氟菊酯和高效氯氟菊酯、氯氟菊酯和高效氯氟菊酯、噻虫胺、噻虫嗪、吡虫啉和啉虫脒)和 1 种杀菌剂(腐霉利)^[54]。因此,韭菜、生姜、豇豆和芹菜的农药残留超标较严重,叶菜和其他蔬菜的农药残留超标偶有发生;超标农药以杀虫剂为主,涉及 4 类杀虫剂,包括有机磷类、氨基甲酸酯类、除虫菊酯类和新烟碱类;超标杀菌剂主要为二甲酰亚胺类腐霉利和苯并咪唑类多菌灵;少数禁用高毒农药在江苏省蔬菜中仍有检出。

4.2 江苏省绿色优质蔬菜基地农药管理与用药建议

随着人们农产品安全和健康意识的不断提高,生产绿色优质蔬菜成为产业发展方向,对绿色优质蔬菜基地农药管理和使用提出了更高的要求。江苏省绿色优质农产品基地是指产地环境符合绿色食品产地环境质量标准,生产过程按照基地建设要求,农产品质量稳定受控的生产基地,定位为绿色食品储备基地。目前,全省有基地 1 069 个,总面积 2 011 593 hm²,约占全省食用农产品耕地面积的 52.89%;其中蔬菜基地总面积约 41 333 hm²,占基地总面积的 2%,涉及蔬菜种类包括西兰花、番茄、菠菜、大白菜、青椒、芦蒿、大蒜、紫菜薹、丝瓜、玉米笋、黄瓜、香青菜、生菜等^[57]。根据我国蔬菜农药残留现状以及存在的问题,针对江苏省绿色优质蔬菜

基地的农药管理与用药现状,提出以下建议。

4.2.1 加强农药系统管理 加强对农药生产、经营和使用全过程管理。第一,加大对制造、销售以及购买禁用高毒农药经营主体的监管、处罚力度,定期培训,提高安全意识,从源头上杜绝违禁农药流通。第二,对蔬菜绿色优质农产品基地的农药使用实行全程监管,推进化肥农药实名制购买,鼓励农药零差率统一配供、专业化统防统治,建立农药出入库及使用台账制度,对蔬菜生产过程中农药购买、使用等环节进行监控。第三,规范对农药废弃物的处置方案,通过建立废弃物回收台账、督查及政策激励等措施,对农药废弃物收集不留“死角”,实现无害化处理^[55]。第四,加强对基地环境及产品的监督检查和抽查,根据蔬菜农药残留的规律,在其关键节点有针对性地对农药易超标的蔬菜品种加大抽查力度,生产出达标的绿色优质蔬菜^[53]。同时引入多农药高通量扫描与胶体金快速检测技术,更加科学、快速评估基地产品是否为“绿色农产品”^[58]。

4.2.2 建立农药推荐使用清单 根据《江苏省绿色优质农产品基地农药使用规范》要求,针对蔬菜生产需要,结合农药毒理学新成果及抗药性监测状况,制定肯定列表,将农药使用优先程度分为“推荐”“可用”2 个级别,优先推荐在蔬菜作物上已登记的低毒农药应急药剂或生物农药,在保证生产的基础上,最大程度地降低对环境及对非靶标生物的影响。

4.2.3 加强对基地蔬菜病虫害的预测预报,指导菜农合理规范用药 第一,强化与病虫害预测预报部门合作,利用其发布的病虫害信息,对菜农进行蔬菜常见病虫害发生与防控培训,逐步提高其对病虫害发生规律的认知,做到早预防、少用药。第二,提高安全用药意识,通过媒体宣传、专题培训、抖音和快手等新媒体宣传农药法律法规,讲解农药知识,强化安全、科学使用农药意识,自觉抵制高毒、剧毒农药使用,科学选药,合理用药^[56]。在病虫害重发年份,咨询相关职能部门,做到科学防控;根据药剂规定的安全间隔期采收。

5 我国农药安全使用对策与建议

从全国来看,目前化学农药依旧是防控蔬菜病虫害最有效的方法,病虫害暴发时更是如此。对种植业从业者而言,既要防治病虫害,又要防止污染环境,还要使销售蔬菜中农药残留得到有效控制,这就需要科学合理安全使用农药,建议着重从以下 5 点考虑。

5.1 加强农药安全使用的宣传培训

加强农药安全使用条例和相关标准的宣传,提高蔬菜种植主体的法律意识。通过发放相关资料或组织各种线上线下培训班,大力宣传相关法律法规,尤其是新修订的《中华人民共和国农产品质量安全法》,切实提高广大农民群众及相关工作人员的法律意识、科学用药意识和农产品质量安全意识^[59]。此外,通过蔬菜产品农药残留超标相关案例的宣传,使蔬菜生产主体充分认识到农药不合理使用的危害,自觉树立绿色生产理念,在蔬菜生产过程中掌握安全使用农药的要求^[60]。在正确识别病虫害的基础上,严格按照农药使用说明书,做到对症下药、科学用药、交替轮换用药,特别关注施药时期、安全间隔期、最大残留量等问题,从而提高蔬菜生产过程中农药使用的安全性和高效性^[61]。

5.2 严格农药销售使用管理

加快蔬菜上生物农药和高效低风险农药登记,完善相关农药残留标准体系。农药监管部门应强化禁限用农药定点经营门店管理,不核发超布局的禁限用农药经营许可证。加强蔬菜病虫防治药剂登记工作。扎实开展农药产品监督抽查,严查违规添加农药隐性成分行为。推广应用农药经营电子台账管理系统,要求农药经营者在销售限制性农药时记录施用作物、防治对象等信息,完善销售台账。农药监管部门对非法销售禁用农药、无证经营农药、超范围经营限制使用农药、不执行限制使用农药实名制购买、不落实农药购销台账制度等违法违规行为,持续严管严控,推进源头治理。农业技术推广部门应加强对规模蔬菜生产主体的用药指导,推荐使用生物农药或低毒低残留化学农药。

5.3 开发新型绿色友好农药

化学农药的长期施用会使病虫害抗性问题的逐步增加,导致农药的抗药性不断增强,造成恶性循环。目前,农业生产迫切需要环境友好、高效、低毒、低残留的新型农药,绿色生态农药在未来的发展和应用将迎来爆发期。应鼓励和加快利用植物源、动物源以及微生物源活性化合物为先导母体创制生物农药的研究,以及利用化学、生物、计算机科学等相结合技术开展绿色农药创制的技术研究^[62]。生物农药对生态环境的影响较小,对病虫害的预防控制更具选择性和针对性,这样既能保护生态环境,又能达到安全防控病虫害的目的^[63]。

5.4 加大农药安全使用的监管力度

蔬菜农产品质量安全监管对象广、环节多、隐

患杂,结合各地监管实际情况,从源头入手,强化从田间到市场的监管力度,夯实基层监管防线,保护农产品质量安全的“最初一公里”。通过建立健全乡(镇)级农产品质量安全监管站,完善蔬菜质量安全监管网络,设立村级农产品质量安全协管员,对蔬菜生产全过程的农药使用情况进行无死角监管,确保蔬菜生产的安全性^[60]。生产过程中应不定期地组织监管人员深入到蔬菜田间及农药仓库进行督查巡查,如果发现违法乱用行为,应依法教育或处罚,并督促生产主体及时整改^[64]。同时,通过地、市、县(区、市)例行监测和监督抽查等工作,加大产品抽检范围和频率,禁止农药残留超标的蔬菜销售,保障蔬菜产品的质量安全。在此基础上,加强推进蔬菜农产品质量可追溯管理,加快推进国家级、省级农产品质量安全追溯平台的推广应用,引导规模蔬菜生产主体入网,推进蔬菜产品生产记录电子化,依法推行食用农产品承诺达标合格证制度,让生产主体牢固树立“不合格不上市”的意识^[65]。

5.5 推动蔬菜病虫害绿色防控

通过引导蔬菜生产主体使用绿色农药或生物农药进行绿色无公害生产,降低化学农药的使用,抓好蔬菜生产质量安全源头关^[66]。蔬菜主要种植的省级、地市级农业农村部门应制定优化各类蔬菜全程绿色防控技术方案,建立各类蔬菜病虫害绿色防控示范区,在生产关键时期加强病虫害田间监测与调查,及时发布防治技术意见,加大重要害虫的理化诱控、生物防治等非化学防控措施推广应用,开展化学药剂防效试验和抗药性监测,提高绿色防控和科学用药水平,减少化学农药的使用量。同时,还要加强技术指导与服务,在关键时期加强田间巡查指导,加大蔬菜病虫害绿色防控力度。

综上,农药研发部门要针对蔬菜品种加快开发高效、低毒、环境友好的新型农药,农业技术推广部门要及时向蔬菜生产者宣传农药安全使用知识,提高种植户的科学用药水平,农业监管部门要加大对农药市场的监督执法力度,共同做好蔬菜农药安全使用工作。

参考文献:

- [1]敖然.食品安全事件复发舆情的反思与引导——以“海南毒豇豆事件”为例[J].新闻前哨,2018(6):62-64.
- [2]杨光.毒韭菜再现江湖 调查发现农户加倍使用低毒农药[J].农药市场信息,2011(19):14.
- [3]周琼,翦祎.芹菜中毒死蜱高残留原因探析[J].农业与技

- 术,2019,39(17):65-66.
- [4] 农业农村部农药检定所. 中国农药信息网农药登记数据[DB/OL]. (2022-05-31)[2022-06-01]. <http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml>.
- [5] 于洋. 蔬菜常用农药环境风险评估及控制策略研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [6] 陈岩,郑锦锦,杨慧,等. 我国蔬菜合理用药情况调查分析[J]. 农药,2018,57(9):627-631.
- [7] 刘刚,路向雨,靳春香,等. 2017—2019年我国批准登记蔬菜用新农药综述[J]. 天津农林科技,2020(5):42-46.
- [8] 李洋. 2019年国内新登记农药品种[J]. 世界农药,2020,42(3):7-19.
- [9] 白小宁,李友顺,杨锚,等. 2020年我国登记的新农药[J]. 农药,2021,60(2):79-82.
- [10] 白小宁,王以燕,赵安楠,等. 2021年我国登记的新农药[J]. 农药,2022,61(3):157-162,183.
- [11] 傅桂平,李敏,林荣华,等. 我国高毒农药管理现状分析与建议[J]. 农药科学与管理,2017,38(6):1-6.
- [12] 邱德文. 生物农药的发展现状与趋势分析[J]. 中国生物防治学报,2015,31(5):679-684.
- [13] 杨国璋. 农药与有害生物抗性简述[J]. 农药,2017,56(3):213-215.
- [14] 陈志谊. 芽孢杆菌类生物杀菌剂的研发与应用[J]. 中国生物防治学报,2015,31(5):723-732.
- [15] 庄治国,徐娜娜,庄占兴,等. 除草剂氯吡嘧磺隆的开发与应用[J]. 农药,2016,55(5):316-319,336.
- [16] 任保才. 植调剂:现代农业不可或缺的功臣[J]. 营销界,2013(18):24-29.
- [17] 张国红,许雅鑫,李云云,等. 2015—2019年太原市蔬菜水果农药残留监测结果分析[J]. 中国公共卫生管理,2021,37(4):510-512.
- [18] 徐广洲,何苗. 盐城市售蔬菜农药残留状况调查和风险评估[J]. 科技创新导报,2017,14(36):114-116.
- [19] 王科霖,刘洋洋,曲灵菁,等. 2020年烟台高新区市售蔬菜农药残留情况分析[J]. 现代食品,2021(18):197-199.
- [20] 于洋,刘淑梅,韩善红,等. 疫情防控期连云港市各县区蔬菜农药残留现状分析[J]. 现代农业科技,2020(16):84-85.
- [21] 聂丹丹,李勤,李琳,等. 山东省潍坊市市售蔬菜中农药残留现状及慢性膳食暴露风险评估[J]. 食品安全导刊,2021,309(16):26-27.
- [22] 姜松强,朱慧丽,陈彦哲. 2016年—2020年郑州市市售蔬菜中农药残留监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志,2022,32(4):499-503.
- [23] 刘守亮,秦启发,李启泉. 孝感地区农产品基地土壤和水有机氯农药残留状况[J]. 环境与健康杂志,2006,23(2):158-160.
- [24] 邱黎敏,张建英,骆永明. 浙北农田土壤中HCH和DDT的残留及其风险[J]. 农业环境科学学报,2005,24(6):1161-1165.
- [25] 张静静. 吉林省主要城市城郊土壤-蔬菜系统中有机氯农药残留及风险研究[D]. 吉林:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2016.
- [26] 何良兴,张燊文,李燕. 2010年杭州市蔬菜有机磷和氨基甲酸酯农药残留状况分析[J]. 中国卫生检验杂志,2011,21(6):1479-1481.
- [27] 马军,赵靓. 开封市市售蔬菜有机磷农药污染情况调查分析[J]. 河南大学学报(医学版),2011,30(2):124-126.
- [28] 张彩虹,白艳玲,陈剑刚. 珠海市蔬菜中农药残留基础数据调查[J]. 现代预防医学,2009,36(2):318-320,327.
- [29] 王洁莲,董琳,常宏,等. 2010年山西省蔬菜农药残留情况分析及其应对策略[J]. 农业技术与装备,2011(18):24-25.
- [30] 尚轶,卢忠魁. 吉林省市售蔬菜农药残留状况调查[J]. 中国卫生工程学,2012,11(3):236-237,241.
- [31] 邹晓春,徐小作,李红花,等. 市售蔬菜中拟除虫菊酯农药监测[J]. 实用预防医学,2009,16(5):1479-1481.
- [32] 秦珑,杨梦祺,王建营,等. 1024份果蔬农药残留状况监测[J]. 实用预防医学,2011,18(12):2315-2316.
- [33] 阳寅,谭民权,陈嘉莉,等. 衡东县蔬菜农药残留对不同季节的变化分析及农药残留防控[J]. 南方农业,2019,13(5):132-134.
- [34] 徐炜枫,闫晓阳,郝国辉,等. 江苏省不同季节蔬菜农药残留状况调查分析[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(11):3704-3709.
- [35] 吴桂玲. 西宁市不同蔬菜种类农药残留检出率的规律性研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(3):116-119.
- [36] 何良兴,张燊文,李燕. 2010年杭州市蔬菜有机磷和氨基甲酸酯农药残留状况分析[J]. 中国卫生检验杂志,2011,21(6):1479-1481.
- [37] 丁坚强,蔡曦,钟良康,等. 宁波市镇海区蔬菜中农药残留状况分析[J]. 中国卫生检验杂志,2011,21(4):967-968,970.
- [38] 金党琴. 扬州市蔬菜农药残留调查[J]. 江苏农业科学,2011,39(4):369-371.
- [39] 罗赟,向仲朝,岳蕴瑶. 绵阳市蔬菜中有机磷农药残留量调查[J]. 现代预防医学,2011,38(18):3738-3739.
- [40] 范正辉,夏启英,赵婷婷. 泰州市蔬菜农药残留超标原因分析及对策[J]. 上海农业科技,2011(5):33-34.
- [41] 朱新健. 海口市蔬菜农药残留超标问题分析[J]. 上海蔬菜,2018(6):63-65,67.
- [42] 邓波,王珊珊,陈国元. 2007—2011年全国蔬菜农药残留状况规律分析[J]. 实用预防医学,2013,20(2):253-256,250.
- [43] 曹哲峰,焦晓伟. 茄果类蔬菜农药残留状况分析[J]. 农业开发与装备,2019(4):79-80.
- [44] 闫实,张静,梁彦秋. 不同种类蔬菜农药残留检出率的规律性研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(35):15670-15672.
- [45] 金旭徐,徐庭巧,何良兴. 杭州市市售红豆有机磷类和氨基甲酸酯类农药残留监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志,2012,22(6):1372-1374.
- [46] 尚庆伟,刘淑梅,黄国兵,等. 连云港市蔬菜中多种农药残留检测与分析[J]. 现代农业科技,2008(3):64-65.
- [47] 范宝光,王红梅,冯同强,等. 东海县蔬菜产品中农药残留现状分析[J]. 现代农业科技,2010(17):179-180.
- [48] 黄树梁,王海蓉. 余姚市2010年市售蔬菜农药残留检测结果分析[J]. 浙江预防医学,2011,23(6):58-59,72.
- [49] 梁玲,张来振,刘淑梅,等. 2006—2011年连云港市蔬菜农药

毕田田,张 骐,代金玲,等. 毛果杨 *PtIPT5* 基因的克隆及低温胁迫表达分析[J]. 江苏农业科学,2023,51(22):14-23.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.22.003

毛果杨 *PtIPT5* 基因的克隆及低温胁迫表达分析

毕田田¹, 张 骐¹, 代金玲¹, 高秀芳², 白玉娥¹

(1. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古呼和浩特 010000; 2. 鄂尔多斯市林业和草原事业发展中心, 内蒙古鄂尔多斯 017000)

摘要:为探究异戊烯基转移酶基因(IPT)的抗逆机理,通过PCR技术从毛果杨叶片中克隆了IPT基因,命名为*PtIPT5*,对该基因及其蛋白进行生物信息学分析,并使用实时荧光定量技术(qRT-PCR)分析其在毛果杨组培苗不同组织及不同程度低温处理下的表达特性。结果表明,*PtIPT5*基因编码区(coding sequence,CDS)长度为984 bp,可编码327个氨基酸残基;*PtIPT5*蛋白为稳定亲水蛋白,且无信号肽和跨膜结构,含有GxxGxGK[S,T]保守基序;系统进化树分析结果显示,毛果杨*PtIPT5*蛋白与美洲黑杨、红皮柳等杨柳科植物的IPT亲缘关系较近;同源蛋白结构域分析结果显示,IPT蛋白高度保守,只有Cas3_I superfamily结构域;亚细胞定位预测*PtIPT5*蛋白位于叶绿体中;启动子分析结果显示,*PtIPT5*基因的启动子序列包含多种胁迫响应的顺式作用元件;*PtIPT5*基因在毛果杨茎段、顶芽、腋芽、主根、侧根、幼嫩叶、扩展叶和黄化衰老叶中均有表达,其中在顶芽、根部和幼嫩叶中相对表达量较高;低温胁迫下,*PtIPT5*基因的相对表达量随温度降低和胁迫时间增加显著下降,据此推测该基因响应低温胁迫并发挥调控作用。

关键词:毛果杨;*PtIPT5*基因;克隆;低温胁迫;生物信息学;表达分析

中图分类号:S792.113.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)22-0014-10

毛果杨(*Populus trichocarpa*)是一种从美洲引进

的杨属青杨派的落叶乔木,已完成基因组测序和注释,具有抗性强、速生等特点,是研究木本植物分子机制、基因功能解析等分子生物学的模式植物^[1-2]。

异戊烯基转移酶(isopentenyl transferases, IPT)基因最早在根癌农杆菌中分离并鉴定,是细胞分裂素(cytokinin,CTK)合成过程中的一个重要限速酶基因^[3-4]。多种植物的研究表明,IPT基因能提高

收稿日期:2023-01-02

基金项目:国家科技重大专项(编号:2018ZX08020002-005-005)。

作者简介:毕田田(1997—),女,辽宁朝阳人,硕士研究生,主要从事林木生物技术研究。E-mail:1756988574@qq.com。

通信作者:白玉娥,博士,教授,主要从事林木遗传育种研究。

E-mail:baiyue@imay.edu.cn。

残留情况分析[J]. 现代农业科技,2012(3):212-213.

[50] 闫革彬,金文军.北京市昌平区蔬菜中农药残留状况分析[J]. 中国食品卫生杂志,2008,20(3):255-257.

[51] 武丕武,侯润兰,王丽英.2008年山西蔬菜中农药残留问题分析[J]. 中国植保导刊,2009,29(6):38-40.

[52] 李树才,姚明辉.农药管理使用与农产品质量安全[C]//2014年中国植物保护学会学术年会. 厦门,2014:246-250.

[53] 罗 鹏.蔬菜生产中农药使用现状、存在问题及对策研究[J]. 乡村科技,2016(24):74.

[54] 江苏省市场监督管理局.江苏省市场监督管理局官网数据[EB/OL].(2022-06-01)[2022-06-02].http://scjgj.jiangsu.gov.cn/.

[55] 王琅环.对农药包装废弃物回收处理的思考[J]. 果农之友,2021(12):63-65.

[56] 李宏秋.蔬菜农药残留现状及治理对策[J]. 现代食品,2021(14):124-126.

[57] 曹爱兵,姚 瑶,陈长军.江苏省绿色优质农产品基地在农药准入下的病害防控[J]. 江苏农业科学,2022,50(3):125-130.

[58] 曹爱兵,姚 瑶.江苏省农业绿色发展进阶思考与政策取向探讨[J]. 农产品质量与安全,2021(2):14-17.

[59] 陆仲斐.2017年—2021年上海市叶菜类蔬菜中农药残留检测与分析[J]. 上海农业科技,2022(3):27-30.

[60] 陈 海.蔬菜农药残留超标的原因及防治对策[J]. 现代农村科技,2022(1):111-112.

[61] 张 妍.我国蔬菜农药残留形成原因及控制对策[J]. 农业科学与信息,2019,16(19):80-81.

[62] 王志伟,李 洋.蔬菜中农药的使用对食品安全问题的影响[J]. 现代食品,2017(15):1-4.

[63] 曾永才.水稻病虫害防治与农药使用安全探讨[J]. 世界热带农业信息,2023(3):44-45.

[64] 陈慧贞.蔬菜农药残留超标原因与控制策略[J]. 食品安全导刊,2021(30):145-145,147.

[65] 施 阳,王春昕,朱丽花,等.镇江新区蔬菜农产品质量安全监管现状及对策建议[J]. 长江蔬菜,2020(17):3-5.

[66] 陈长福.浅谈农药安全使用存在的问题及其对策[J]. 南方农业,2017,11(19):85-86,89.