

植物生长调节剂对粮食作物、瓜果的影响 及其残毒研究综述

苏明明, 杨春光, 李一尘, 曹际娟*

(辽宁出入境检验检疫局技术中心, 大连 116001)

摘要: 近年来, 人们对果蔬农产品的需求越来越大, 使得农民采用多种方法增加其产量。近几年, 植物生长调节剂在农业生产中被广泛使用。但是植物生长调节剂在使用中的不规范, 导致了其在食品中的残留越来越多, 它同其他农药一样具有毒性, 由此引起了多方对食品安全的关注。本文叙述了人工植物生长调节剂的研制概况、种类及其对粮食作物、水果生长的效用。同时, 植物生长调节剂和其他农药一样, 它自身或者是它的降解产物是否对人和环境有危害, 产生不利的后果是人们十分关心的问题。作者综述了植物生长调节剂对人类和动物的安全性和其残留的问题, 并展望了植物生长调节剂的开发前景及应用, 为植物生长调节剂的合理使用, 农业的高效生产提供合理的科学参考。

关键词: 植物生长调节剂; 农作物; 瓜果; 毒性; 残留

Research and application of plant growth regulators on amphisarcas and food crop

SU Ming-Ming, YANG Chun-Guang, LI Yi-Chen, CAO Ji-Juan*

(Liaoning Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian 116001, China)

ABSTRACT: In recent years, the demand of fruits and vegetable products is growing, leading farmers using a variety of methods to increase production. So the plant growth regulator is widely used in agricultural production. But more and more irregular use resulted more residues in food, as it is toxic pesticides as the same as others which attracted much attention to food safety. The research and the application on plant growth regulator were reviewed in four aspects: the survey on plant growth regulator; the category and effects on plant growth regulator; the application on plant growth regulator, and the safety principle using plant growth regulator. In the present paper, the toxicity of several major plant growth regulators to environment, agricultural products and animals was discussed synthetically.

KEY WORDS: plant growth regulator; food crop; amphisarcas; toxicity; residue

1 引言

植物能正常生长发育除了需要自然条件外, 还需要一种叫作植物激素的生理活性物质的调节和控制。植物生长调节剂包括人工的和天然的。近几年来, 植物生长调

节剂这个名词深入到人们的日常生活。人们利用人工合成的植物生长调节剂与自然产生的激素具有相同功能, 调控植物的生长、发育和产量或者是对植物起到抑制的作用。植物生长调节剂已经逐渐成为农业生产中实现超产必不可少的重要措施。近几年来, 植物生长调节剂的种类越来越

*通讯作者: 曹际娟, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: cjj0909@163.com

*Corresponding author: CAO Ji-Juan, Professor, Technical Center of Liaoning Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, No.60, Changjiang East Road, Zhongshan District, Dalian 116001, China. E-mail: cjj0909@163.com

多,产量也越来越大。和传统技术相比,植物生长调节剂能够调控基因表达,增加植物的生产力。80年代时国内外对植物生长调节剂的研究取得了突破性进展,史晓梅等^[1]总结了我国植物生长调节剂需求量呈逐年增加的态势,随着植物激素生理作用研究的深入,植物生长调节剂被广泛应用于农业生产,其前景十分广泛^[2-5]。植物生长调节剂和其他农药一样,也具有毒性。像丁酰肼的水解产物二甲基联氨就是一种潜在的致癌物。植物生长调节剂在食品中的残留也因此成为影响我国食品安全的主要因素之一。从食品安全的角度来看,研究建立水果、蔬菜中植物生长调节剂的残留分析新方法是很有必要的。因此,加强食品中植物生长调节剂残留量的快速有效检测,对保证食品安全、促进人类健康及社会经济发展都具有重大的现实意义。

2 植物生长调节剂的分类

植物生长调节剂是一类能刺激植物生长的化学试剂,对植物起到促进或抑制生长的作用。根据对植物生长的效应分为植物生长延缓剂、促进剂、抑制剂^[6]。延缓剂有:多效唑、矮壮素、烯效唑、维他灵、壮丰灵、乙烯利、玉米健壮素等。促进剂有:生长素类(2,4-二氯苯氧乙酸、ABT生根粉、 α -萘乙酸、吲哚乙酸等)、油菜素甾醇类(表高油菜素内酯、油菜素内酯)、细胞分裂素类(6-苄氨基嘌呤)、赤霉素类等。抑制剂:三碘苯甲酸、脱落酸、马来酰肼等。植物生长延缓剂、植物生长促进剂、植物生长抑制剂在农产品的生产上都有应用^[2],抑制或延缓生长的调节剂类型应用偏多,而促进生长的应用较少。在生长促进剂中以生长素类的研究和应用为主^[7]。从各种生长促进剂的应用来看,应用最多的是多胺、吲哚乙酸、ABT生根粉和赤霉素,而细胞分裂素、玉米素的应用则比较少。吲哚-3-乙酸(IAA)、吲哚-3-丙酸(IBA)以及吲哚-3-丁酸(IPA)都属于吲哚类生长素,是一类很重要的植物生长调节剂,其对植物细胞的生长、分裂以及维管束分化有着很好的促进作用,同时对植物的生根、性别分化、果实的形成、成熟、衰老和脱落等起重要的调控作用,被广泛地应用于农业生产调节以及瓜果蔬菜催熟等方面^[8,9]。例如,吲哚类生长素应用于瓜果类作物中,可以调节性别分化、控制雌雄花比例以及促进果皮生长、减少裂果,从而增加作物的生产^[10,11]。应用于煎果类、甘蓝类、大白菜类等蔬菜中,可以促进其生根,提高扦插成活率^[12]。

2.1 植物生长调节剂在粮食作物中的应用

在20世纪40~50年代,我国开始在农业生产上使用2,4-D、萘乙酸等类似生长素药剂,如促进温室内西红柿坐果、防止果实脱落等^[13,14]。60年代初,青鲜素和萘乙酸甲酯对马铃薯贮藏期间抑制发芽、保鲜蔬菜也起到良好的效果。70年代初开始了920(赤霉素),701,702(核酸水解物),

721(石油助长剂)的大面积应用实验。80年代后期,先后引进了缩节胺、烯效唑、多效唑、芸苔素内酯等,在研发人员的指导下,得到广泛应用。我国应用植物生长调节剂的主要对象为农作物:水稻、玉米、小麦、棉花等,用于打破作物休眠、性别转化、防除杂草等,在我国农业生产中起着举足轻重的作用,这在其他国家也不多见^[15]。

2.2 植物生长剂在瓜果生产中的应用

随着科技的发展,日常生活中不仅能吃到时令水果,非应季水果现在也很常见,丰富了人们的生活,这都是植物生长调节剂所起到的作用。瓜果中有12种常用的植物生长调节剂:芸苔素内酯(brassinolide)、2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-dichlorophenoxyacetic acid) 2,4-D、对氯苯氧乙酸(4-chlorophenoxyacetic acid) 4-CPA、吲哚-3-乙酸(indole-3-acetic acid) IAA、对氟苯氧乙酸(4-fluorophenoxyacetic acid) 4-FPA、 α -萘乙酸(α -naphthaleneacetic acid) α -NA、赤霉素(gibberellic acid) GA、6-苄氨基嘌呤(6-benzylaminopurine) 6-BA、吲哚-3-丁酸(indole-3-butyric acid) IBA、多效唑(paclbutrazol)PP33、异戊烯腺嘌呤(isopentenyladenine)2IP、氯吡脞(forchlorfenuron) 4-CPPU。吲哚-3-丁酸、 α -萘乙酸、吲哚-3-乙酸、对氯苯氧乙酸、2,4-二氯苯氧乙酸和对氟苯氧乙酸属于生长素类,氯吡脞、异戊烯腺嘌呤、和6-苄氨基嘌呤属于细胞分裂素类,多效唑是植物生长延缓剂,属于赤霉素类的是赤霉素,属于芸苔素甾醇类的是芸苔素内酯。水果中生产中常用氯吡脞、多效唑、赤霉素、2,4-D和噻苯隆这5种植物生长调节剂。2,4-D在500 mg/kg以上高浓度时具有抑制生长甚至毒杀植物的功效,如用在稻、麦、玉米、甘蓝等作物中施用高浓度的2,4-D可以有效地防除藜、苋等阔叶杂草及萌芽期禾本科杂草^[16]。目前,我国规定了小麦、大白菜和其他果蔬菜中2,4-D的限量,其中蔬菜中2,4-D的最高残留限量为0.2 mg/kg^[17]。但由于该物质属于中等毒性,吸入后会对血液、肾、肝等造成一定的危害^[18],影响人体健康。国外对2,4-D的残留提出了更为严格的要求,国际食品法典委员会(CAC)规定了25种产品中2,4-D的残留限量,范围为0.01~400 mg/kg,产品涉及水果、蛋、小麦以及草料饲料等;美国规定了梨、苹果、柑橘等水果中2,4-D的残留限量为5 mg/kg;日本规定了337种产品中2,4-D的残留限量^[19]。

人们的生活水平提高了,对蔬菜水果的需求也越来越大。这就导致了植物生长调节剂的滥用,随着植物的新陈代谢,会转移到人体。相对于国外来说,我国对植物生长调节剂的限量和标准要少得多。比如赤霉素,美国、日本在蔬菜、柑橘和甘蔗中赤霉素的最高残留量已经有了明确的限定,而我国并没有相关标准;对于青鲜素在马铃薯和洋葱上的使用限量,美国和加拿大也有了明确的限量标准,而我国也没有相关标准。

3 植物生长调节剂的残留现状与危害

植物生长调节剂在农业生产中显示了巨大的增产潜力, 以及随之而来可观的经济效益。也正因如此, 一些使用者为了追求高额利润, 在使用植物生长调节剂的过程中, 随意提高使用浓度, 盲目改变使用时间, 对此重复使用等等^[20]。植物生长调节剂的结构不同, 毒性也不相同, 其属于农药类, 但都不是特剧毒类、高毒类和剧毒类的农药。大部分属于低毒类: 异戊氨基嘌呤、2, 4-D、乙烯利、萘乙酸、水杨酸、青鲜素、三碘苯甲酸、防落素、抑芽敏、噻唑隆、6-苄基氨基嘌呤、增甘膦、芸苔素内酯、烯效唑、石油助长剂、增甜剂、疏果安比久、助长素(Pix)、矮壮素、多效唑、吲熟酯和调节安等。2, 4-D 对皮肤和眼睛有刺激作用, 吸入或接触后, 其急性毒性作用主要表现为对血液、肝、肾的毒性及抑制某些酶的活性, 抑制某些蛋白的合成。动物胚胎学还未有证据直接证明其对人的生殖功能有影响。小部分的植物生长调节剂归属微毒类: 赤霉素、三十烷醇、甲壳素、吲哚乙酸、苄对氯合剂(豆芽灵)、脱落酸和细胞动素等无毒, 对环境无污染。赤霉素微毒, 可影响机体的内分泌。这些不规范、不合理使用植物生长调节剂的行为会对土壤、大气、水源等环境带来污染与破坏。例如, 具有延缓植物生长作用的多效唑就是一种在土壤中残留期长、自然消失率极低的化合物, 被施入土壤中的多效唑大部分都会残留在土壤中并对其影响持续多年, 甚至对后茬作物也会产生一定的药害^[21]。同时, 植物生长调节剂的滥用及不合理使用还会导致被使用的植物生长调节剂成为化学污染物残留在农产品之中, 甚至进入人体, 对人体健康造成一定的影响。例如, 作为“催熟剂”的乙烯利经常用于果实的催熟, 但被乙烯利催熟的水果虽然表面颜色发生了变化, 然而内在品质并未发生改变, 其内在的营养成分的含量仍未达到自然熟水果应有的水平^[22]。从近年来的文献总结可以发现, 由于植物生长调节剂在农产品上的普遍使用以及使用上存在严重的滥用现象, 导致了植物生长调节剂在水果、蔬菜等农产品中的残留问题日益严重, 已经成为影响我国乃至世界的农产品安全的主要因素之一^[23]。据刘淑艳^[24]等对 3 个农贸市场和 1 个超市的 50 份水果样品中乙烯利残留量进行的检测发现, 92% 的水果样品中检出了乙烯利, 其中国产水果的检出率为 90.48%, 进口水果的检出率达到了 100%。曹斌等^[25]采用高效液相色谱法对水果、小麦、棉花中萘乙酸残留情况进行了研究。于红等^[26]采用高效液相色谱-电喷雾串联质谱(HPLC-MS/MS)分析方法对从果蔬批发市场、超市随机抽取的 10 批次芒果、苹果样品中多效唑及烯效唑的残留量进行了测定, 结果显示多效唑的检出率为 80%, 残留量在 6.5~79.5 ng/g 之间; 烯效唑的检出率为 30%, 残留量在 13.2~23.5 ng/g 之间。

4 降低植物生长调节剂残留量的有效方法

植物生长调节剂的毒性较低, 在粮食作物、瓜果生产中正常使用的话, 不会对粮食、瓜果、人畜和环境造成危害, 但不同的国家对植物生长调节剂的要求不同, 不同的植物生长调节剂的毒性、残效期、残留限量标准也各不相同, 过量使用对人、动物和环境造成危害的现象时有发生。所以, 植物生长调节剂的使用量、残留量成为一个非常值得重视的问题, 减少残留量的主要方法如下。

4.1 用降解快、毒性小、残留期短的植物生长调节剂

人们对粮食作物、瓜果质量要求越来越高, 高效、残留期短、微毒或者无毒、广谱的植物生长调节剂^[27-29]越来越受到人们的青睐。在能达到相同效果的前提下, 要采用残效期短、毒性小的植物生长调节剂: 如培育壮苗的时候, 虽然烯效唑的生理功能与多效唑相同, 多采用烯效唑, 而很少使用多效唑, 因为烯效唑活性更高、使用范围广、使用量低。还比如乙烯利因其残留期只有几天, 在蔬菜生产中得到了广泛的应用^[30,31]。

4.2 用生物农药

要想使农药对人体和环境的危害降到最低, 最好的农药种类当然是来自自然。随即生物农药的使用便成了开发植物生长调节剂的主要方向, 科研人员从自然源中提取出天然的植物生长调节剂: 存在于果皮蜡、蜂蜡、糖蜡、植物蜡中的三十烷醇, 由赤霉菌分泌的毒性极低的赤霉素, 这些生物农药相对于其他人工植物生长调节剂来说要更加安全^[7]。将其广泛应用于生产, 这对农业的可持续发展、生态环境的保护具有重要的实际意义^[8]。

4.3 降低用量, 提高药效

在长时间的应用中, 积累了低用量获得高药效的好方法。其中一种是将不同种类的植物生长调节剂混和使用, 通过复合效应减少用量达到相同的效果^[30]。还有例如将吐温、肥皂等表面活性剂配合植物生长调节剂施用, 促使植物生长调节剂的表面张力降低, 同时降低受雨水冲刷的程度, 从而使叶片的吸收量增加, 这样也可以降低植物生长调节剂的用量。

4.4 掌握正确的施用浓度、次数和时期

因为植物的不同特点, 决定其使用不同的植物生长调节剂。而且使用浓度对植物的生长有着至关重要的作用。在不影响生物效应的前提下, 植物生长调节剂应尽量减少用量。在使用前进行浓度实验就显得尤为重要, 适宜的使用浓度在促进农产品生长获得丰收的同时, 还能对环境的污染降到最低。植物生长调节剂的用量过低过高都不好, 不仅使粮食作物、瓜果产生药害, 还会农产品、土壤中的残留量增大。

5 植物生长调节剂应用展望

随着农业现代化,植物生长调节剂的使用提高了植物的生产力,进而植物生产调节剂的需求量越来越大,成为当今农业高效、高产研究的热点之一。农业上植物生长调节剂的大量使用,在农业生产中已显示出巨大的增产潜力和可观的经济效益。人们对植物生长调节剂的使用安全也日益关注,日本和欧美等国对其都制定了严格的使用限量标准,国内的使用量虽然如此巨大,但我国却缺少相应的限量规定,也很少有专门检测植物生长调节剂残留的快速方法和多残留的方法。和国外比较起来,我国在这方面起步晚,我们应该加快脚步,这样才能在贸易壁垒的技术之战中占领有利的地位。首先是限量标准的制定,紧接着检测方法的开发。植物生长调节剂多残留检测方法的研发将成为以后检测方法的重要方向之一。作为一种优质栽培模式技术,植物生长调节剂正向着生物活性高、高效低毒、价廉全方位应用方向发展。

参考文献

- [1] 史晓梅, 金芬, 黄玉婷, 等. 水果中常用植物生长调节剂的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(4): 417-426.
Shi XM, Jin F, Huang YT. Review on advance of plant growth regulators in fruits [J]. Sci Technol Food, 2012, 33(4): 417-426.
- [2] 毛丽君, 林位夫. 植物生长素在农业中的应用[J]. 河北农业科学, 2008, 12(2): 80-81, 84.
Mao LJ, Lin WF. Application of plant growth regulator on agriculture[J]. J HenanAgric Sci, 2008, 12(2): 80-81, 84.
- [3] 孙金利. 植物生长调节剂在蔬菜生产上的应用[J]. 上海蔬菜, 2009, (1): 33-34.
Sun JL. Application of plant growth regulator on vegetables[J]. Shanghai Veg, 2009, (1): 33-34.
- [4] 刘芝梅, 高桂枝, 丁玲. 植物源生长调节剂成分分析及在有机水稻上的应用[J]. 江苏农业科学, 2010, (1): 102-104.
Liu ZM, Gao GZ, Ding L. Plant growth regulator composition analysis and its application in organic rice[J]. Jiangsu J Agric Sci, 2010, (1): 102-104.
- [5] 徐其江. 植物生长调节剂在温棚蔬菜上的使用技术研究[J]. 现代农业科技, 2010, (2): 206-207.
Xu QJ. Review on advance of plant growth regulators in Greenhouse Vegetables[J]. Mod Agric Sci Technol, 2010, (2): 206-207.
- [6] 贺学礼. 植物生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
He XL. Plant Biology[M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [7] 邹盛欧. 植物生长调节剂及其研究动向[J]. 精细化工中间体, 1985, (4): 18-22.
Zou SO. Plant growth regulators and research directions[J]. Fine Chem Intermediat, 1985, (4): 18-22.
- [8] Andrea M, Maurizio V, Hiroshi G, *et al.* Effect of some plant growth regulator treatments on apple fruit ripening [J]. Plant Growth Regul, 1998, 25(2): 127-134.
- [9] 张冬敏, 李亮, 钟凤林. 吲哚乙酸在蔬菜上的应用[J]. 现代农业科技, 2011, (24): 204-206.
Zhang DM, Li L, Zhong FL. Indole acetic acid application in the vegetables[J]. Mod Agric Sci Technol, 2011, (24): 204-206.
- [10] Kataoka K, Yashiro Y, Habu T, *et al.* The addition of gibberellic acid to auxin solutions increases sugar accumulation and sink strength in developing auxin-induced parthenocarpic tomato fruits [J]. Scientia Hort, 2009, 123(2): 228-233.
- [11] Zhang C, Lee U, Tanabe K. Hormonal regulation of fruit set, parthenogenesis induction and fruit expansion in Japanese pear [J]. Plant Growth Regul, 2008, 55(3): 231-240.
- [12] 赵东利, 冯冠军, 蒋龙. 吲哚乙酸(IAA)对蒜根生长发育的影响[J]. 大连大学学报, 2008, 29(6): 89-91.
Zhao DL, Feng GJ, Jiang L. Impact on the growth and development of garlic root indole acetic acid (IAA) [J]. J Dalian Univ, 2008, 29(6): 89-91.
- [13] 韩德元. 植物生长调节剂-原理与应用[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1997.
Han DY. Plant growth regulators-principles and applications[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 1997.
- [14] 李宗霆, 周燮. 植物激素及其免疫检测技术[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996.
Li ZT, Zhou X. Plant hormones and the immune detection technology[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1996.
- [15] 邵莉楣, 郝迺斌. 植物激素[M]. 北京: 人民教育出版社, 1986.
Shao LM, Hao XB. Plant hormones[M]. Beijing: People's Education Press, 1986.
- [16] 何宜玲, 陆峰, 曹方元. 2, 4-D 麦草田阔叶杂草试验[J]. 大麦与谷类科学, 2009, (4): 39-40.
He YL, Lu F, Cao FY. 2, 4-D broadleaf weeds in wheat straw field test [J]. Barley Cereal Sci, 2009, (4): 39-40.
- [17] 徐爱东. 我国蔬菜中常用植物生长调节剂的毒性及残留问题研究进展[J]. 中国蔬菜, 2009, (8): 1-6.
Xu AD. Research progress of plant growth regulator commonly used in vegetables toxicity and residue problems[J]. China Veg, 2009, (8): 1-6.
- [18] Troudi A, Soudani N, Samet AM, *et al.* 2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid effects on nephrotoxicity in rats during late pregnancy and early postnatal periods [J]. Ecotoxicol Environ Safe, 2011, 74 (8): 2316-2323.
- [19] 金芬, 邵华, 杨锚, 等. 国内外几种主要植物生长调节剂残留限量标准比较分析[J]. 农业标准, 2007, (6): 26-27.
Jin F, Shao H, Yang M, *et al.* Several major domestic plant growth regulator residue limits of comparative analysis[J]. Agric Standards, 2007, (6): 26-27.
- [20] 马晓东, 刘莹, 孙镇. 蔬菜生产存在的问题及解决措施[J]. 农业科技与装备, 2010, (6): 42-43.
Ma XD, Liu Y, Sun Z. Vegetable production problems and solutions[J]. Agric Technol Equipment, 2010, (6): 42-43.
- [21] 隋艳晖. 多效唑在草坪上的应用研究进展[J]. 甘肃林业职业技术学院学报, 2007, (10): 56-60.

- Sui YH. Research of MET application on the lawn[J]. J Gansu Forestry Vocational Tech Coll, 2007, (10): 56-60.
- [22] 岳晖, 王文亮, 邬元娟. 乙烯利在果蔬中的应用及其残留的危害分析[J]. 中国食物与营养, 2009, (9): 14-15.
- Yue H, Wang WL, Wu YJ. Ethephon application and residual hazards analysis in fruits and vegetables[J]. Chin Food Nutr, 2009, (9): 14-15.
- [23] 赵尔成, 王祥云, 韩丽君, 等. 常用植物生长调节剂残留分析研究进展[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(9): 1709-1711.
- Zhao EC, Wang XY, Han LJ. Research of common plant growth regulator advance in the residue analysis[J]. Anhui Agric Sci, 2005, 33(9): 1709-1711.
- [24] 刘淑艳, 胡喜珍, 齐宏业, 等. 市售水果中乙烯利残留量调查[J]. 中国卫生工程学, 2004, 3(4): 221-222.
- Liu SY, Hu XZ, Qi HY. Ethephon commercial fruit survey[J]. Chin Health Eng, 2004, 3(4): 221-222.
- [25] 曹斌, 于传宗, 何宝, 等. 萘乙酸残留量的液相色谱法测定[J]. 现代农药, 2008, 7(6): 36-38.
- Cao B, Yu CZ, He B. Research of liquid chromatography method on naphthylacetate residues[J]. Mod Pestic, 2008, 7(6): 36-38.
- [26] 于红, 鹿毅, 王静静. HPLC-MS/MS 测定水果中残留的多效唑和烯效唑[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(1): 187-193.
- Yu H, Lu Y, Wang JJ. Using HPLC-MS/MS determination of Uniconazole and MET residues in fruits[J]. Xinjiang Agric Sci, 2011, 48(1): 187-193.
- [27] 王小兰. 植物生长调节剂在作物生产中的安全使用[J]. 甘肃广播电视大学学报, 2005, 15(3): 1-4.
- Wang XL. Safe use of plant growth regulators in crop production[J]. J Gansu Radio Television Univ, 2005, 15(3): 1-4.
- [28] 赵敏, 邵凤赞, 周淑新, 等. 植物生长调节剂对农作物和环境的安全性[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(5): 370-372.
- Zhao M, Shao FB, Zhou SX, *et al.* Plant growth regulators on the safety of crops and the environment[J]. Environ Health, 2007, 24(5): 370-372.
- [29] 何瑞, 刘艾平, 曹玉广. 植物生长调节剂使用中的安全问题[J]. 中国卫生监督杂志, 2003, 10(2): 99-101.
- He R, Liu AP, Cao YG. Plant growth regulator for use in security issues[J]. J Chin Health Supervision, 2003, 10(2): 99-101.
- [30] 潘瑞焱. 重视植物生长调节剂的残毒问题[J]. 生物学通报, 2002, 37(4): 4-7.
- Pan RZ. Importance of plant growth regulator residues question[J]. Biological Bull, 2002, 37(4): 4-7.
- [31] 丁益, 王百年, 韩效钊, 等. 萘乙酸的合成方法及应用前景[J]. 安徽化工, 2004, (3): 17-18.
- Ding Y, Wang BN, Han XZ, *et al.* Naphthylacetate synthetic methods and application prospects[J]. Anhui Chem, 2004, (3): 17-18.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



苏明明, 工程师。主要研究食品安全检测。
E-mail: meng8135@163.com



曹际娟, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: cjj0909@163.com