

吴 琼,熊振豪,吴文龙,等. NAA 和 TDZ 对黑莓果实发育和主要活性成分的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(2):76-80.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.02.014

# NAA 和 TDZ 对黑莓果实发育和主要活性成分的影响

吴 琼<sup>1</sup>,熊振豪<sup>1</sup>,吴文龙<sup>1</sup>,李维林<sup>2</sup>,张春红<sup>1</sup>

(1. 江苏省中国科学院植物研究所,江苏南京 210014; 2. 南京林业大学林学院,江苏南京 210037)

**摘要:**用 2 mmol/L NAA 和 0.1 mmol/L TDZ 处理黑莓品种“Chester”青果期果实,比较其对果实成熟进程中生长发育及主要活性成分的影响。结果表明,果实经 NAA 和 TDZ 处理 21 d 后均开始转色成熟,较对照果实延迟 3 d,至 24 d 时均完全成熟。与对照果实相比,NAA 处理后果实横径、纵径增大,单果质量增加,而花色苷、可溶性固形物和总多酚含量均低于对照。TDZ 处理果实与对照相比表现为成熟果实横径、纵径减小,单果质量降低,花色苷含量降低,总多酚含量变化不显著。因此,外施 NAA 和 TDZ 均可使“Chester”果实成熟延迟,果实花色苷含量下降,而 NAA 可使成熟果实增大,果实活性成分积累减少;TDZ 处理抑制了果实发育,对果实活性成分积累无明显影响。

**关键词:**黑莓;萘乙酸;噻苯隆;果实生长发育;果实品质

**中图分类号:** S663.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)02-0076-05

黑莓(*Rubus* spp.)为悬钩子属(*Rubus*)灌木植物的一种优良栽培类型,其聚合果果实由多个小核果组成。黑莓果实营养丰富,含有大量黄酮类、花色苷类、多酚类等活性成分使得黑莓果实抗氧化能力极强,近年来备受消费者青睐<sup>[1]</sup>。在生产上,黑莓成熟果实极软,采后易腐烂,果实品质明显下降,严重影响了果实的货架期<sup>[2]</sup>,积极寻求和探索改良黑莓果实品质的有效途径成为育种者们极其关注的课题。

萘乙酸(1-naphthylacetic acid,简称 NAA),别称  $\alpha$ -萘乙酸,是一种植物激素生长素,其具有广谱型植物生长调节剂的特性。对草莓花期进行 NAA 喷施处理,明显降低了草莓畸形果率,果实横径和单果质量增加,果实品质显著提高<sup>[3]</sup>。NAA 与钙混施可以有效降低草莓腐烂指数和呼吸速率,提高草莓贮藏品质<sup>[4]</sup>。花冠下垂期喷施 NAA 可提高蓝莓果实的大小和单果质量,从而使蓝莓单株产量提高<sup>[5]</sup>。也有研究认为,NAA 对提高山葡萄品质和花色苷含量可能具有一定的抑制作用<sup>[6]</sup>。黑莓作为一种不耐贮藏的小浆果,NAA 对果实生长和活性成分的影响研究少见报道。

噻苯隆(thidiazuron,简称 TDZ)是已被广泛用于植物组织培养形态发生的高效生物调节剂,具有生长素和细胞分裂素双重功能<sup>[7]</sup>。TDZ 具有很强的细胞分裂素活性,有利于悬钩子属树莓诱导不定芽再生<sup>[8]</sup>。TDZ 能促进猕猴桃果实生长和加速成熟进程,使得单果质量增加,可溶性固定物和可溶性糖含量增加<sup>[9]</sup>。一定浓度的 TDZ 处理可以增加芒果单果质量和果实产量,推迟芒果果实后熟软化并延长贮存时间<sup>[10]</sup>。对葡萄进行 TDZ 处理,可以增大葡萄果粒,提高花色苷含量,但可溶性固形物含量下降<sup>[11]</sup>。TDZ 处理对黑莓生长和活性成分积累的影响效应目前少见报道。

基于此,本研究以黑莓品种“Chester”为试材,以自然条件下生长发育的黑莓果实为对照,用 NAA 和 TDZ 处理黑莓青果果实,对其生长性状和主要活性成分的变化规律进行比较,初步探讨 NAA 和 TDZ 对黑莓果实性状的影响,旨在为果实品质改良提供线索依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为黑莓品种“Chester”三年生树,种植于江苏省中国科学院植物研究所溧水白马科学基地,本试验于 2019 年在江苏省中国科学院植物研究所溧水白马科学基地进行。

### 1.2 试验方法

在黑莓品种“Chester”果实青果转色时,用

收稿日期:2020-05-16

基金项目:国家自然科学基金(编号:31600553);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(19)2013]。

作者简介:吴 琼(1996—),女,江苏南京人,硕士研究生,研究方向为黑莓种质资源鉴定。E-mail:wqnj77@163.com。

通信作者:张春红,博士,副研究员,研究方向为黑莓种质资源鉴定利用。E-mail:chzhang@cnbg.net。

2 mmol/L NAA 溶液和 0.1 mmol/L TDZ 溶液浸泡 30 s, 挂牌标注日期, 之后每隔 3 d 定期取样, 直至果实完全成熟。采后选择大小均匀、色泽一致、无病虫害和无损伤的果实进行生长发育指标和活性成分测定。

### 1.3 项目测定

1.3.1 果实生长发育指标测定 采果当天, 选取外观形状一致及着色程度接近的 30 粒果实, 用感量 0.1 g 托盘天平称量单果质量, 用数显游标卡尺测量果实横径和纵径。

1.3.2 果实主要活性成分指标测定 花色苷多酚提取及测定参照赵慧芳等的方法<sup>[12]</sup>。取 2 g 黑莓果实组织用研钵充分匀浆, 加入 10 mL 70% 乙醇溶液并摇匀, 数控超声波清洗机超声 40 min, 5 000 r/min 离心 5 min, 收集上清液花色苷和多酚含量, 使用酶标仪在 510 nm 波长下用示差法计算溶液中总花色苷含量。样品液稀释适当的倍数, 吸取 1.0 mL 待测液至 10 mL 试管中, 加入 5.0 mL 0.2 mmol/L 的 Folin - Ciocalteu's 试剂, 充分混匀, 加入 4 mL 7.5% (质量浓度) 饱和碳酸钠溶液, 25 ℃ 条件下放置 2 h 后用酶标仪在 765 nm 下测定吸光度, 根据回归方程计算总多酚含量<sup>[13]</sup>。用固形物含量检测仪 (型号为爱拓 PAL - 5) 测定可溶性固形物含量。

### 1.4 数据分析

用 Excel 2013 软件进行数据处理和制图分析, 采用 Duncan's 多重比较法检测数据差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 NAA 和 TDZ 对“Chester”果实成熟进程生长发育指标的影响

在自然条件下, “Chester”果实在青果转色后 18 d 开始转成熟色, 果实从第 1 次转色至完全成熟历时 24 d。喷施 NAA 和 TDZ 的“Chester”果实均在青果转色后 21 d 转成熟色, 24 d 完全成熟。由图 1 - A ~ 图 1 - C 可见, 青果期转色处理后 0 ~ 12 d, 2 mmol/L NAA 处理的“Chester”果实横径、纵径及果质量呈低于对照果实的趋势。之后至 24 d 成熟时, NAA 处理果实各生长指标, 尤其是单果质量明显高于对照。相比之下 (图 1 - D ~ 图 1 - F), 0.1 mmol/L TDZ 处理的“Chester”果实生长指标整体上均低于未处理果实, 尤其是成熟时期单果质量极显著低于对照果实。

### 2.2 NAA 和 TDZ 对“Chester”果实成熟进程主要活性成分指标的影响

2.2.1 可溶性固形物含量 果实转色成熟进程中可溶性固形物含量总体呈 S 型变化趋势, 在青果转色后 15、24 d 达到峰值, 这 2 个时期可溶性固形物含量分别为 8.35%、11.95%。2 mmol/L NAA 处理的“Chester”果实 (图 2 - A) 仅在青果转色后 9、21 d 可溶性固形物含量高于未处理果实, 其他天数均低于对照, 尤其是完全成熟期显著低于对照。0.1 mmol/L TDZ 处理的“Chester”果实 (图 2 - B) 转色后 6 ~ 9 d、18 ~ 21 d 可溶性固形物含量均高于未处理果实, 其余时期基本低于未处理果实, 且在青果转色后 15、18、24 d 时差异显著。

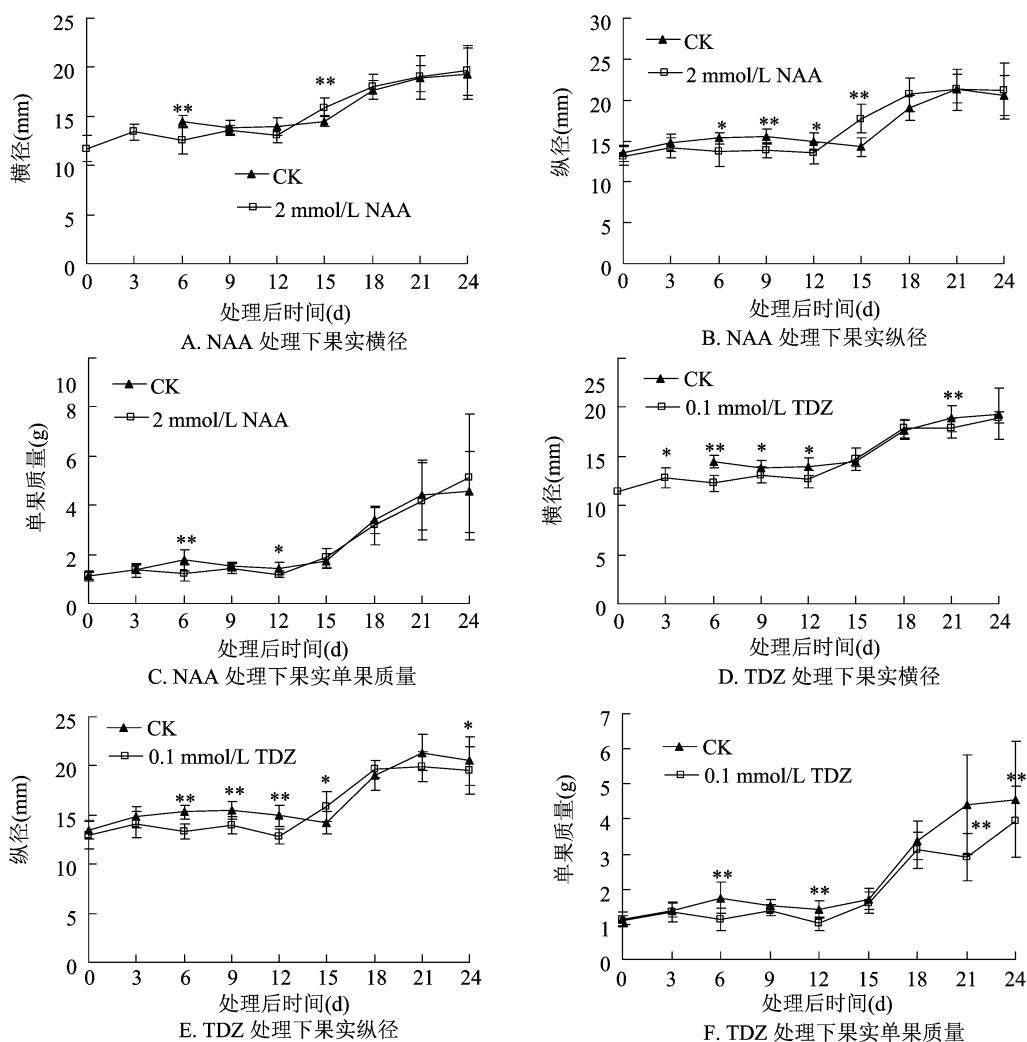
2.2.2 花色苷含量 由图 3 可知, “Chester”果实青果转色成熟进程中花色苷含量呈缓慢上升趋势, 在完全成熟时达到峰值, 花色苷含量为 135.21 mg/g。2 mmol/L NAA 处理后, 果实花色苷含量在转色初期 (0 ~ 9 d) 表现为缓慢上升, 继而小幅下降后又快速上升, 但花色苷含量总体上低于对照果实 (图 3 - A)。相比较而言, 0.1 mmol/L TDZ 处理后, 同对照组类似, 果实花色苷含量自转色后直至 21 d 时基本呈缓慢上升趋势, 果实成熟时显著低于对照 (图 3 - B)。

2.2.3 总多酚含量 在“Chester”果实转色成熟进程中, 0 ~ 15 d 时果实总多酚含量变化较小, 整体上呈下降趋势, 2 mmol/L NAA 处理的“Chester”果实总多酚含量基本均低于未处理果实 (图 4 - A)。0.1 mmol/L TDZ 处理的“Chester”果实, 除在转色后 9 ~ 12、18 ~ 21 d 总多酚含量高于未处理果实外, 其他时期均低于未处理果实 (图 4 - B)。

## 3 结论与讨论

小浆果泛指果实较小、多汁的一类果树, 主要包括越橘、树莓等<sup>[14]</sup>。小浆果果实不耐贮藏, 鲜货架期短, 对产业持续发展造成了一定冲击<sup>[15]</sup>。小浆果果实品质改良的方法研究至关重要。基于此, 本研究对 NAA 和 TDZ 处理对黑莓果实转色后生长发育和主要活性成分指标进行分析, 旨在为黑莓果实品质改良提供一定的理论依据。

在自然条件下, 黑莓“Chester”品种果实青果着色 18 d 后开始转成熟色, 而 NAA 和 TDZ 处理的果实均在青果着色 21 d 后开始转成熟色, 均在 24 d 后完全成熟。由此可见, NAA 和 TDZ 对黑莓“Chester”



\*, \*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。下同

图1 NAA 和 TDZ 处理对“Chester”果实成熟进程各生长发育指标的影响

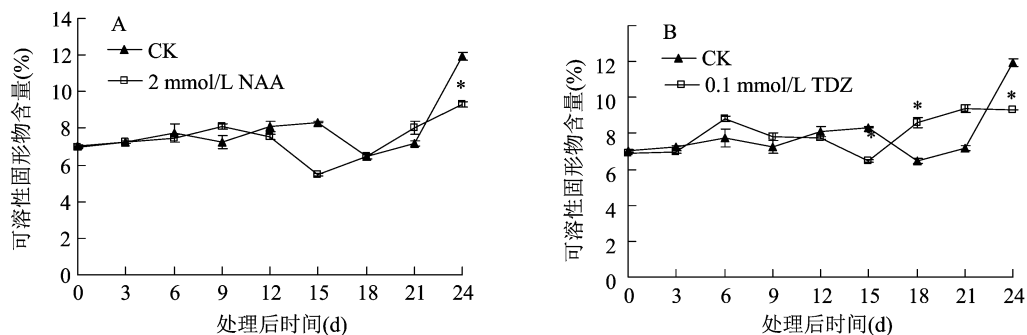


图2 NAA(A)和 TDZ(B)处理对“Chester”果实成熟进程可溶性固形物含量的影响

品种果实着色成熟均有一定的延迟作用。在发育成熟进程中, NAA 处理的“Chester”果实青果着色后前期横径、纵径和单果质量均低于未处理果实, 而后期这些指标均迅速增加且高于对照果实。已有研究表明, NAA 可以促进芒果果实增大, 较高浓度的 NAA 会抑制果实花青素的合成, 对果实品质影响

不大<sup>[16]</sup>。NAA 喷施可以使不同品种的荔枝果实增大, 推测这可能与其增加果实调运养分的能力有关<sup>[17]</sup>。TDZ 处理后不仅表现为黑莓果实成熟延迟, 且果实在整个转色成熟进程中横径、纵径和单果质量均表现为下降趋势(图 1)。已有研究指出, TDZ 具有延迟柿果实成熟的效应, 表现为延迟叶绿素的

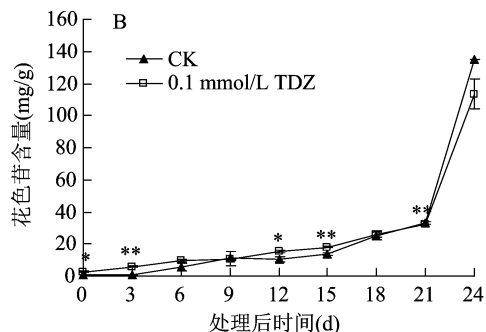
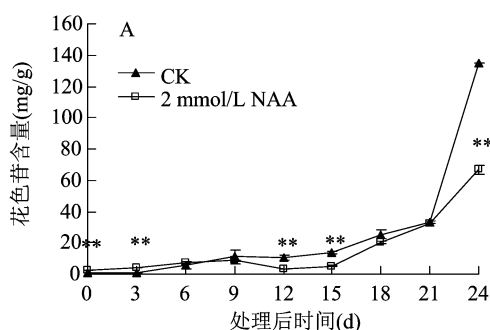


图3 NAA(A)和 TDZ(B)处理对“Chester”果实成熟进程花色苷含量的影响

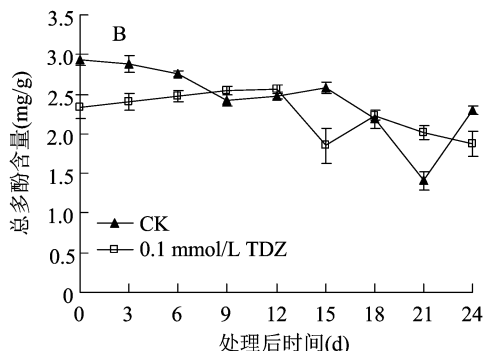
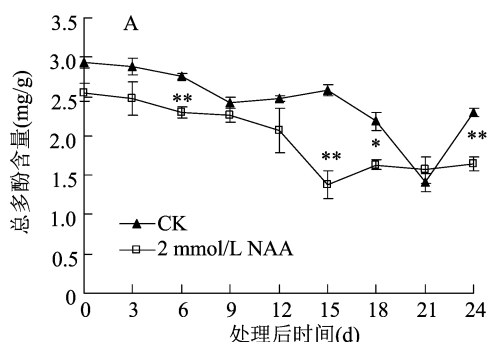


图4 NAA(A)和 TDZ(B)处理对“Chester”果实成熟进程总多酚含量的影响

降解和糖分积累的降低<sup>[18]</sup>。

可溶性固形物指果蔬中能溶于水的维生素、糖、酸等物质,主要指葡萄糖、果糖、蔗糖等可溶性糖类物质<sup>[19]</sup>。在“Chester”果实成熟进程中,可溶性固形物含量整体呈 S 型动态变化上升趋势。经 NAA 和 TDZ 处理后,黑莓“Chester”果实的可溶性固形物含量在完全成熟时均显著降低,推测由于内在成熟进程延迟使得果实可溶性固形物含量下降。花色苷是一种天然食用色素,同时还具有抗氧化等多种保健功能,适于活性成分提取和功能食品加工<sup>[20]</sup>。在黑莓“Chester”品种果实转色成熟进程中,花色苷在前期积累缓慢,接近成熟时快速积累。NAA 处理后的“Chester”果实各个时期花色苷积累较未处理果实更为缓慢,且完全成熟时处理后的果实花色苷含量明显低于对照果实。相比而言,TDZ 处理的果实花色苷积累也比较缓慢,完全成熟时也显著低于未处理果实,但 TDZ 处理果实花色苷积累在各个阶段均高于 NAA 处理后果实。因此,NAA 和 TDZ 均对黑莓果实花色苷积累有一定的抑制作用,NAA 的抑制效应更加明显。多酚类化合物是植物中普遍存在的次级代谢产物,是果蔬感官品质和营养品质的主要决定因素<sup>[21]</sup>。多酚类物质与其他小分子物质具有协同抗氧化性作用。在黑莓

“Chester”果实转色成熟进程中,总多酚含量呈动态变化趋势。NAA 处理的果实在转色成熟进程中总多酚含量较对照均有一定程度的下降,而 TDZ 处理的果实总多酚含量呈动态变化趋势,作用可能比较复杂。

综上所述,NAA 和 TDZ 处理对“Chester”果实发育成熟进程均有一定影响,二者均可以延迟果实成熟进程,果实花色苷积累明显受到抑制,且 NAA 效应更明显。NAA 处理使得“Chester”成熟期果实增大,并对可溶性固形物和总多酚含量积累均有一定的抑制作用。TDZ 处理下成熟果实变小,转色成熟期果实可溶性固形物含量变化趋于平稳,对总多酚含量积累作用比较复杂。

#### 参考文献:

- [1] Sellappan S, Akoh C C, Krewer G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia - grown blueberries and blackberries [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50 (8): 2432 - 2438.
- [2] Junqueira - Gonçalves M P, Alarcón E, Niranjan K. The efficacy of potassium sorbate - coated packaging to control postharvest gray mold in raspberries, blackberries and blueberries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 205 - 208.
- [3] 肖 艳, 黄建昌, 李宏彬. 苯乙酸和硼对草莓果实生长发育的影响 [J]. 中国南方果树, 1998 (4): 35 - 36.

- [4]肖 艳,黄建昌,李宏彬. 采前喷钙和萘乙酸对草莓耐贮性的影响[J]. 中国果树,1998(2):24,28,25.
- [5]Milić B, Tarlanović J, Keserović Z, et al. Bioregulators can improve fruit size, yield and plant growth of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 2018, 235: 214–220.
- [6]赵 权,高 静. NAA 和 6-BA 对山葡萄果实着色及相关品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(30): 18443–18445.
- [7]徐晓峰,黄学林. TDZ: 一种有效的植物生长调节剂[J]. 植物学通报, 2003, 20(2): 227–237.
- [8]张宗勤,董丽芬,张 波,等. TDZ 对树莓微繁殖的影响[J]. 经济林研究, 2004, 22(4): 50–52.
- [9]Famiani F, Battistelli A, Moscatello S, et al. Thidiazuron affects fruit growth, ripening and quality of *Actinidia deliciosa* [J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 1999, 74(3): 375–380.
- [10]高兆银,朱 敏,李 敏,等. 喷施噻苯隆(TDZ)对芒果果实产量、品质和采后贮藏特性的影响[J]. 果树学报, 2018, 35(4): 481–490.
- [11]谢 周,程媛媛,李小红,等. TDZ 对夏黑葡萄果实生长与品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2009, 37(3): 188–190.
- [12]赵慧芳,王小敏,闫连飞,等. 黑莓果实中花色苷的提取和测定方法研究[J]. 食品工业科技, 2008(5): 176–179.
- [13]赵慧芳,吴文龙,马 丽,等. 基于抗氧化活性分析的蓝莓多酚提取工艺[J]. 食品工业科技, 2015, 36(5): 251–254, 266.
- [14]陈 斓. 小浆果将成为新的经济增长点[J]. 云南农业, 2003(4): 37.
- [15]郝 瑞,曲路平,夏景岐. 丹麦及联邦德国小浆果栽培考察报告[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 10(3): 37–40.
- [16]朱 敏,邓穗生,何书强,等. NAA 和爱多收对海南贵妃芒产量和果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(1): 116–121.
- [17]李建国,黄旭明,黄辉白. NAA 增大荔枝果实及原因分析[J]. 华南农业大学学报(自然科学版), 2004, 25(2): 10–12.
- [18]Itai A, Tanabe K, Tamura F, et al. Synthetic cytokinins control persimmon fruit shape, size and quality[J]. Horticultural Science, 1995, 70(6): 867–873.
- [19]马 玮,史玉滋,段 颖,等. 南瓜果实淀粉和可溶性固形物研究进展[J]. 中国瓜菜, 2018, 31(11): 1–5.
- [20]熊喜红,徐晓云,张 强,等. 湖北和云南地区蓝莓果实加工特性研究[J]. 北方园艺, 2020(2): 23–31.
- [21]Lapornik B, Prosek M, Wondra A G. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(2): 214–222.

## (上接第 76 页)

- [8]Wang P, Yang X, Wang J, et al. Multi-residue method for determination of seven neonicotinoid insecticides in grains using dispersive solid-phase extraction and dispersive liquid-liquid micro-extraction by high performance liquid chromatography[J]. Food Chemistry, 2012, 134(3): 1691–1698.
- [9]Whitehorn P R, O'Connor S, Wackers F L, et al. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production[J]. Science, 2012, 336(6079): 351–352.
- [10]Guez D. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees: questioning the ecological relevance[J]. Frontiers in physiology, 2013, 4: 37.
- [11]Zhang W M, Holyoke C, Pahutski T, et al. Triflumezopyrim (DuPont PyraXalt (R)): Discovery and optimization of mesoionic pyrido[1,2-a]pyrimidinones as a novel class of insecticides[J]. Abstracts of Papers of the American Chemical Society, 2017, 254: 389.
- [12]Zhang W M. Mesoionic pyrido[1,2-a]pyrimidinone insecticides: from discovery to triflumezopyrim and dicloromezotiaz[J]. Accounts of Chemical Research, 2017, 50(9): 2381–2388.
- [13]刘 刚. 国内企业首次登记三氟苯嘧啶产品[J]. 农药市场信息, 2018(26): 38.
- [14]杨 光. 杜邦三氟苯嘧啶将获我国首登[J]. 农药市场信息, 2016(21): 37.
- [15]孙华明,陈定军,吴 波,等. 三氟苯嘧啶悬浮剂对稻飞虱田间防效试验[J]. 作物研究, 2017(增刊1): 741–743.
- [16]Zhu J, Li Y, Jiang H, et al. Selective toxicity of the mesoionic insecticide, triflumezopyrim, to rice planthoppers and beneficial arthropods[J]. Ecotoxicology, 2018, 27(4): 411–419.
- [17]张 国,于居龙,庄义庆,等. 三氟苯嘧啶对稻飞虱的控制效果与应用技术研究[J]. 农学学报, 2019, 9(4): 32–38.
- [18]Cordova D, Benner E A, Schroeder M E, et al. Modes of action of triflumezopyrim; a novel mesoionic insecticide which inhibits the nicotinic acetylcholine receptor[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2016, 74: 32–41.
- [19]Holyoke C W Jr, Zhang W M, Pahutski T F Jr, et al. Triflumezopyrim; discovery and optimization of a mesoionic insecticide for rice[J]. Abstracts of Papers of the American Chemical Society, 2014, 248: 446.
- [20]中华人民共和国农业农村部. 农作物中农药残留试验准则: NY/T 788—2018[S]. 2018.
- [21]Fan T L, Chen X J, Xu Z Y, et al. Uptake and translocation of triflumezopyrim in rice plants[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(27): 7086–7092.
- [22]Triflumezopyrim (303) [EB/OL]. [2020-10-09]. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Evaluation2017/TRIFLUMEZOPYRIM\\_\\_303.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation2017/TRIFLUMEZOPYRIM__303.pdf).
- [23]European Food Safety Authority. Scientific Support for Preparing an EU Position in the 50th Session of the Codex Committee on Pesticide Residues[EB/OL]. (2018-05-17) [2018-10-25]. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2018.5306>.
- [24]谭海军. 新型介离子嘧啶酮类杀虫剂三氟苯嘧啶及其开发[J]. 现代农药, 2019, 18(5): 42–46.