

◆ 专论与综述 ◆

茉莉酸及其甲酯在农业上的应用研究进展

范树茂, 司国栋, 王王菲, 李登辉, 王伟

(海利尔药业集团股份有限公司, 山东青岛 266109)

摘要:茉莉酸类化合物是广泛存在于植物体内的内源激素,参与植物生长发育众多生理过程的调控,诱导植物对病虫害、非生物胁迫产生防御反应,缓解作物对外界不利环境的胁迫。对茉莉酸及其甲酯在提高作物抗逆性,防御病虫害能力,改善作物品质,以及延长农产品货架期等方面的研究进展进行综述,为绿色农业的发展提供依据。

关键词:茉莉酸及其甲酯;抗逆;防御反应;病虫害;作物品质

中图分类号:S 482.8 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2019.03.001

Application Advances of JA and MeJA in Agriculture

Fan Shu-mao, Si Guo-dong, Wang Fei-fei, Li Deng-hui, Wang Wei

(Hailir Pesticides and Chemicals Group Co., Ltd., Shandong Qingdao 266109, China)

Abstract: Jasmonic acid (JA) is a kind of endogenous hormone widely existed in plants. As a signal molecule in plants, it is involved in the regulation of many physiological processes of plant growth and development, induces plant defense response to diseases and insect pests, abiotic stress, activates plant defense genes and alleviates crop stress to the environment. In this paper, the research progress of JA and methyl jasmonate (MeJA) in improving crop resistance, defending against diseases and pests, improving crop quality and extending the shelf life of agricultural products were briefly introduced.

Key words: jasmonic acid (JA) and methyl jasmonate (MeJA); stress resistance; defensive reaction; plant disease and insect pest; crop quality

茉莉酸类化合物(JAs)包括茉莉酸、茉莉酸甲酯(MeJA)、(Z)-茉莉酮、二氢茉莉酸和二氢茉莉酸丙酯(PDJ)等含有环戊烷酮结构的化合物。1971年茉莉酸首次从肉桂枝枯病菌(*Lasiodiplodia thebromae*)的培养液中分离出来。其是广泛存在于植物中的内源激素,起到信号传递的作用。植物受外源茉莉酸或茉莉酸甲酯刺激后,经由硬脂酸途径激活防御系统或直接激活防御基因,从而提高作物耐寒、耐旱、耐高温和耐盐等抗逆性,增强作物抗病、抗虫能力,改善作物品质,提高作物产量等^[1]。随着对茉莉酸类化合物研究的逐渐深入,其生物学作用的重要性也越发凸显。本文概述了茉莉酸及其甲酯在农业领域的研究进展,旨在为健康绿色农业的发展提供理论参考。

1 茉莉酸及其甲酯提高作物抗病能力

植物体内的茉莉酸积累到一定水平后,可启动抗病防御基因的表达,促使植物产生防御反应,从而表现出较强的抗病能力。

向妙莲等^[2]通过抑菌活性试验研究发现,MeJA对水稻细条病菌无强烈抑制作用,与张智慧等^[3]、周大祥等^[4]研究结果相似。但MeJA淋根和喷雾试验研究发现,MeJA明显提高了水稻幼苗对细条病、白叶枯病^[5]、稻瘟病^[3,6]的抗病性,其诱导效果可能与MeJA处理浓度、方法及水稻生育期有关^[7]。王英珍等^[8]通过PDA培养基离体试验发现:MeJA对梨黑斑病有抑制作用,且浓度越高,抑菌效果越好;先用7 mmol/L MeJA浸泡采摘前的果实,再接种黑斑病菌,结果显

收稿日期:2018-08-27;修回日期:2018-09-19

作者简介:范树茂(1989—),男,硕士研究生,主要从事新型肥料及农药剂型研究。E-mail: 993405706wang@163.com

示,用MeJA处理后的果实未发病。通过对酶活性的研究发现,MeJA可提高成熟果实过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、 β -1,3-葡聚糖酶(GLU)、几丁质酶(CHT)等相关酶的活性,进而提高了抗病性^[9-12]。研究发现,MeJA可通过诱导防御基因的表达来提高“中国春”和“濮麦9号”等2个小麦品种对白粉病的抗病性^[13]。Haggag等^[14]研究发现,MeJA诱导提高小麦对锈病的抗性。李天来等^[12]发现钙促进MeJA诱导番茄活性氧积累和抗氧化酶活性。经外源MeJA处理后,小麦条锈病菌的胞间菌丝、吸器母细胞和吸器的发育明显受到抑制^[15]。

2 茉莉酸及其甲酯提高作物抗虫能力

茉莉酸介导的信号转导途径是类十八烷途径,在虫伤和创伤诱导下,植物体内茉莉酸及其衍生物含量会明显增加,激活植物体内相应防御基因,使植物产生各种类型的防御物质^[16-17]。姜焱等^[18]在长白落叶松上部或全株喷施不同浓度的JA,各处理均可降低舞毒蛾的虫体质量,且与清水处理差异显著;JA显著降低了幼虫存活率、雌雄蛹质量和产卵量,与越慧芳等^[19]的研究结果相似;同时舞毒蛾幼虫体内的保护酶和解毒酶的活性也得到了明显的提高,来抵御落叶松产生的诱导抗性。从春蕾等^[20]研究发现,西花蓟马取食菜豆后,菜豆叶片中脂氧合酶(LOX)活性增强,与外施JA具有相似的诱导效果,同时提高了POD和PPO的活性,增加了蛋白酶抑制剂(PI)的含量,与对青杨^[19]、烟草^[21]、茶树^[22]、水稻^[16]、棉花^[23]的研究相似,抑制了虫体内肠强碱性类胰蛋白酶活性和类胰凝乳蛋白酶活性。MeJA处理茶树可产生挥发性的有机化合物,对茶尺蠖的天敌单白绵绒茧蜂具有很强的引诱作用,对茶尺蠖起到间接防御的作用^[24]。冯宏祖等^[25]对健康棉株叶片施用MeJA,结果显示MeJA处理棉叶与虫害棉叶对棉蚜天敌十一星瓢虫、叶色草蛉具有相同的吸引作用。越慧芳等^[19]研究发现,茉莉酸可提高PAL活性,该结果与从春蕾等^[20]研究结果不同。杨世勇等^[26]研究发现,茉莉酸可诱导棉花产生引起昆虫消化酶失活的单宁类多酚物质,与在玉米上^[27-28]的研究结果相似。王俊斌等^[21]则通过基因表达层面,发现茉莉酸可诱导氢过氧化物裂解酶(HPL)和蛋白酶抑制剂(PI-I和PI-II)基因表达,降低烟草叶片被取食的概率。1.0 mmol/L茉莉酸是诱导6叶期皖棉16号幼苗抗虫性的最佳浓度,抗虫性的滞后期为4~8 d。杜远鹏等^[29]发现叶片喷

洒茉莉酸能够降低根瘤蚜种群密度,并提高葡萄根系活性氧清除能力和防御酶活性,茉莉酸处理降低了根瘤蚜感染对植株地上部生长及光合作用的抑制。

3 茉莉酸及其甲酯提高作物的抗逆性

茉莉酸可以诱导植物产生防御物质提高作物的抗逆性。其中甜菜碱、可溶性糖类物质和脯氨酸等作为重要的细胞渗透调节物质,可降低细胞的渗透势,同时超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶以及非酶抗氧化剂含量和活性迅速上升,清除植物体内过剩的活性氧自由基。

3.1 抗旱性

李兆举等^[30]发现,低浓度外源茉莉酸甲酯(0.25 μ mol/L)浸种能够促进干旱胁迫下玉米种子的萌发和幼苗的生长,提高幼苗中脯氨酸含量,降低幼苗相对电导率和丙二醛(MDA)含量,增强抗氧化保护酶的活性;高浓度MeJA浸种则显著抑制种子萌发及幼苗生长。杨艺等^[31]研究发现,棉花干旱胁迫下,MeJA可增加棉花体内甜菜碱、可溶性糖和脯氨酸等渗透性物质的含量,进而降低细胞渗透势,提高棉花的抗旱能力。该研究结果与在小麦^[32]、苹果^[33]上的研究结果一致。同时MeJA增加抗氧化酶的活性,清除过量的氧自由基,降低MDA浓度和相对电导率,增强光合作用,抵御干旱胁迫。董桃杏等^[34]研究证实,MeJA代谢抑制剂水杨苷异羟肟酸可以逆转MeJA诱导的水稻抗旱性,MeJA可以提高作物的抗旱性。谢静静^[32]等通过对小麦花后干旱胁迫试验发现:喷施JA提高了小麦的穗粒数和千粒重,缓解花后干旱胁迫对小麦产量的影响,同时可以缓解干旱胁迫对叶绿素的破坏,增加叶片的光合作用,提高抗氧化酶的活性;与在水稻上的研究相似,喷施不同浓度的MeJA均可显著提高水稻叶片水势和叶绿素含量,降低质膜透性和叶片无机离子含量。

3.2 抗寒性

金鹏等^[35]采用10 μ mol/L MeJA,在10℃下对“解放钟”枇杷熏蒸处理1 d,然后低温贮存35 d。MeJA明显抑制了果实褐变指数、细胞渗透率和MDA的上升,保证了细胞的稳定性,降低果实硬度同时抑制果实出汁率以及抗氧化酶SOD、CAT、AsA-POD和GSH-POD活性的下降,维持果实中活性氧代谢的平衡,减轻果实冷藏期间的受害症状,延长了果实的货架期。而Fung等^[36]发现,MeJA通过提高甜椒中活性氧代谢酶活性,进而延缓冷害的发生。此外,MeJA还能增加辣椒幼苗叶片中叶绿素含量^[37]。MeJA通过调

节小麦中S-诱抗素和赤霉素(GA)的含量,提高其抗寒性^[38]。外源MeJA喷施低温处理的矮抗58小麦,可明显提高TaCBF d-B4抗寒应答转录因子的表达量,提高细胞内可溶性蛋白和脯氨酸的含量,进而提高小麦对低温的耐受能力^[39]。

3.3 抗高温

李荣冲等^[40]研究发现,不同浓度的MeJA可提高紫苏种子在高温高湿环境下的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,降低幼苗叶片中MDA的含量,提高叶片中抗氧化酶和脂氧合酶的活性以及生物量的积累,以缓解高温高湿造成的氧化损伤。杨华庚等^[41]发现,高温胁迫下,MeJA处理蝴蝶兰幼苗可提高SOD、POD、CAT活性。MeJA可增强红掌等幼苗的SOD、POD活性,提高可溶性蛋白和脯氨酸含量,显著降低细胞相对电导率和MDA含量,提高了植物的高温耐受性。

3.4 耐盐性

Rezai等^[42]发现辣椒幼苗在盐胁迫条件下,使用MeJA可明显促进根系的生长,同时提高了叶片中叶绿素的含量,有效缓解了盐胁迫。杨艺等^[43]研究发现,外源MeJA能促进棉花根系伸长,提高根系活力和细胞内脯氨酸含量,降低丙二醛含量,缓解盐胁迫对棉花种子和幼苗的生长影响。Yoon等^[44]发现,MeJA通过调节植株生长、叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率以及脯氨酸的含量来缓解大豆盐胁迫,同时显著提高了大豆体内ABA的含量。该结果与Salimi等^[45]研究结果一致。

4 提高果实色泽

许建锋等^[46]研究发现,外源MeJA通过增加作物乙烯的释放,促进苹果果皮中叶绿素的降解,类胡萝卜素和花色苷的合成,提高苹果的色泽,改善苹果的品质,苹果提前上市,增加种植者的效益。在“京秀”“圣诞玫瑰”葡萄上喷施MeJA和PDJ,两者降低了葡萄叶绿素含量,促进了花色苷的形成,改善了果实色泽,同时提高了果实的可溶性固形物含量,有利于果皮中总酚、类黄酮的积累,改善了葡萄果实品质,对果实中可滴定酸含量、果粒重、纵横径、果柄耐拉力、果粒耐压力未产生影响^[47]。外源PDJ可明显提高葡萄糖酸比,增加花色苷含量,促进葡萄着色和提早成熟,提早成熟5~6 d^[48]。

5 其他方面

MeJA可以延长果实的货架期。季悦等^[49]研究发

现,MeJA处理可保持鲜切菠萝的品质并提高其抗氧化活性。MeJA诱导鲜切菠萝贮藏期间苯丙氨酸解氨酶和肉桂酸-4-羟化酶活力上升,延缓4-香豆酸辅酶A连接酶活力下降,从而提高DPPH自由基清除能力。闫媛媛等^[50]研究发现,MeJA可使苹果膜脂过氧化反应系统的关键酶活性升高,从而降低机械胁迫对细胞膜产生的伤害,从而显著延长贮藏期。付亮等^[51]发现,MeJA能有效抑制蓝莓乙烯释放量、腐烂率和失重率的上升,提高总花色苷含量并维持可溶性固形物含量,提高了蓝莓果实的贮藏期品质和商品价值,显著延长蓝莓果实的货架期。外源MeJA处理能够有效提高采摘后番茄果实对链格孢霉、灰葡萄孢霉、扩展青霉、匍枝根霉病原菌侵染的广谱抗性,延长了番茄的贮藏期^[15]。赵婉珍等^[52]研究葡萄转色期叶面施用MeJA对酿酒葡萄香气的影响,在所酿制的葡萄酒中,挥发酸含量显著降低,酒的色度、总花色苷、总酚含量明显上升,香气明显提升,在一定程度上提高了美乐干红葡萄酒的品质。适当浓度MeJA熏蒸处理采后葡萄果实能有效抑制其常温贮藏期的腐烂率、落粒率及果梗干褐指数的上升,保持较高的抗氧化能力,维持活性氧代谢平衡,从而减缓了贮藏期果实衰老速度,提高果实抗病性^[53]。

6 结论

茉莉酸及其甲酯在日本和美国等已开发用于苹果、葡萄和柑橘等作物,以改善果实品质、提高作物防御能力等;其在香料上也有较多应用。茉莉酸及其甲酯在国内尚未进入实际应用。芸苔素内酯作为植物生长调节剂被广泛应用于农业生产,而茉莉酸及其甲酯不仅具备芸苔素内酯的生长调节功效,同时还可以激活作物的防御基因,诱导作物提高抗病害的能力,改善果实的品质,延长果实的货架期。该品种值得进一步的研究与开发。

参考文献

- [1] 桂连友,刘树生,陈宗懋. 外源茉莉酸和茉莉酸甲酯诱导植物抗虫作用及其机理[J]. 昆虫学报, 2004, 47 (4): 507-514.
- [2] 向妙莲,陈明,曾晓春,等. 茉莉酸甲酯对水稻幼苗抗细菌性条斑病的诱导效应[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33 (3): 679-683.
- [3] 张智慧,聂燕芳,何磊,等. 外源茉莉酸甲酯诱导水稻抗瘟性相关防御酶和内源水杨酸的变化[J]. 植物病理学报, 2010, 40 (4): 395-403.
- [4] 周大祥,熊书. 外源茉莉酸甲酯诱导竹根姜对青枯菌的抗性[J]. 西北植物学报, 2015, 35 (7): 1415-1420.
- [5] 向妙莲,何永明,付永琦,等. 茉莉酸甲酯对水稻白叶枯病的诱导

- 抗性及相关防御酶活性的影响 [J]. 植物保护学报, 2013, 40 (2): 97-101.
- [6] 邹志燕, 王振中. 茉莉酸诱导水稻幼苗对稻瘟病抗性作用研究 [J]. 植物病理学报, 2006, 36 (5): 432-438.
- [7] 向妙莲, 蒋海燕, 曾晓春, 等. 茉莉酸甲酯诱导大田水稻抗白叶枯病的效应研究 [J]. 植物保护, 2016, 42 (2): 95-98.
- [8] 王英珍, 程瑞, 张绍铃, 等. 采前茉莉酸甲酯(MeJA)处理对梨果实抗病性的影响 [J]. 果树学报, 2016, 33 (6): 694-700.
- [9] 麻宝成, 朱世江. 苯并噻重氮和茉莉酸甲酯对采后香蕉果实抗病性及相关酶活性的影响 [J]. 中国农业科学, 2006, 39 (6): 1220-1227.
- [10] 许晴晴, 郝海燕, 陈杭君. 茉莉酸甲酯对蓝莓贮藏品质及抗病相关酶活性的影响 [J]. 核农学报, 2014, 28 (7): 1226-1231.
- [11] 弓德强, 谷会, 张鲁斌, 等. 芒果采前喷施茉莉酸甲酯对其抗病性和采后品质的影响 [J]. 园艺学报, 2013, 40 (1): 49-57.
- [12] 李天来, 张亢亢, 余朝阁, 等. 外源钙和茉莉酸甲酯诱导番茄植株抗灰霉病研究 [J]. 西北植物学报, 2012, 32 (3): 505-510.
- [13] 牛吉山, 倪永静, 刘靖, 等. 茉莉酸甲酯对小麦白粉病抗性的诱导作用 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (4): 254-257.
- [14] Haggag W M, Abd-El-Kareem F. Methyl Jasmonate Stimulates Polyamines Biosynthesis and Resistance Against Leaf Rust in Wheat Plants [J]. Archives of Phytopathology & Plant Protection, 2009 (42):16-31.
- [15] 于萌萌, 申琳, 生吉萍. 茉莉酸甲酯诱导采后番茄果实抗病的作用 [J]. 食品科学, 2012, 33 (9): 11-15.
- [16] 徐涛, 周强, 陈威, 等. 茉莉酸信号传导途径参与了水稻的虫害诱导防御过程 [J]. 科学通报, 2003, 48 (13): 1442-1446
- [17] 马蕊, 陈巨莲, 程登发, 等. 蚜虫唾液主要成分及其在寄主和害虫相互作用中的作用 [J]. 植物保护, 2010, 36 (1): 15-21.
- [18] 姜敬, 薛羿, 徐智文, 等. 喷施茉莉酸诱导长白落叶松抗性对舞毒蛾生长发育的影响 [J]. 林业科学, 2018, 54 (1): 162-167.
- [19] 越慧芳, 段立清, 李海平, 等. 外源茉莉酸诱导的青杨叶片保护性酶活性变化及其对舞毒蛾幼虫生长发育的影响 [J]. 昆虫学报, 2013, 56 (3): 270-275.
- [20] 从春蕾, 邵军锐, 廖启荣, 等. 蓟马取食、机械损伤以及外源水杨酸甲酯和茉莉酸对菜豆叶片防御酶活性的影响 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (5): 564-571.
- [21] 王俊斌, 王海凤, 崔新仪, 等. 茉莉酸甲酯对烟草抵御棉铃虫的诱导作用 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (17): 277-280.
- [22] 桂连友, 陈宗懋, 刘树生, 等. 外源茉莉酸甲酯处理茶树对茶尺蠖幼虫生长的影响 [J]. 中国农业科学, 2005, 38 (2): 302-307.
- [23] 杨世勇, 宋芬芳, 谢建春, 等. 茉莉酸诱导棉花幼苗抗虫性对棉铃虫相对生长率的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41 (5): 66-74.
- [24] 桂连友, 陈宗懋, 刘树生, 等. 外源茉莉酸甲酯诱导茶树挥发物对昆虫寄生选择行为的影响 [J]. 茶叶科学, 2004, 24 (3): 166-171.
- [25] 冯宏祖, 姚永生, 王兰, 等. 茉莉酸甲酯和虫害诱导棉花对棉蚜及其天敌选择行为的影响 [J]. 生态学报, 2012, 31 (10): 2555-2560.
- [26] 杨世勇, 王蒙蒙, 谢建春, 等. 茉莉酸对棉花单宁含量和抗虫相关酶活性的诱导效应 [J]. 生态学报, 2013, 33 (5): 1615-1625.
- [27] 冯远娇, 王建武, 骆世明. 外源茉莉酸处理地下部对玉米化学防御反应影响的时间和浓度效应 [J]. 应用生态学报, 2009, 20 (8): 1883-1890.
- [28] Wang J W, Xu T, Zhang L W, et al. Effects of Methyl Jasmonate on Hydroxamic Acid and Phenolic Acid Content in Maize and Its Allelopathic Activity to *Echinochloa crusgalli* (L.) [J]. Allelopathy Journal, 2007, 19 (1): 161-172.
- [29] 杜远鹏, 季兴龙, 蒋恩顺, 等. 外源水杨酸和茉莉酸诱导巨峰葡萄抗根瘤蚜 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (4): 443-448.
- [30] 李兆举, 徐新娟, 齐红志, 等. MeJA 浸种对干旱胁迫下玉米种子萌发及幼苗生理特性的影响 [J]. 河南农业科学, 2017, 46 (12): 36-41.
- [31] 杨芝, 常丹, 王艳, 等. 茉莉酸甲酯对棉花抗旱效果的影响 [J]. 西北农业学报, 2016, 25 (9): 1333-1341.
- [32] 谢静静, 王笑, 蔡剑, 等. 苗期外源脱落酸和茉莉酸缓减小麦花后干旱胁迫的效应及其生理机制 [J]. 麦类作物学报, 2018, 38 (2): 221-229.
- [33] 兰彦平, 周军, 曹慧, 等. 茉莉酸对苹果气孔运动及抗旱性的影响 [J]. 果树学报, 2001, 18 (3): 133-135.
- [34] 董桃杏, 蔡昆争, 曾任森, 等. 茉莉酸甲酯(MeJA)对干旱胁迫下水稻幼苗光合作用特性的影响 [J]. 生态环境学报, 2009, 18 (5): 1872-1876.
- [35] 金鹏, 吕慕雯, 孙萃萃, 等. MeJA与低温预贮对枇杷冷害和活性氧代谢的影响 [J]. 园艺学报, 2012, 39 (2): 461-468.
- [36] Fung R W M, Wang C Y, Smith D L. MeSA and MeJA Increase Steady-State Transcript Levels of Alternative Oxidase and Resistance Against Chilling Injury in Sweet Peppers [J]. Plant Science, 2004, 166: 711-719.
- [37] 刘小阳. 茉莉酸甲酯对低温胁迫下辣椒幼苗抗性的影响 [J]. 宿州学院学报, 2017, 32 (12): 109-111.
- [38] 齐付国, 王红亮, 柳兴丞. 低温胁迫下MeJA对小麦幼苗内源激素含量的影响 [J]. 植物生理学通讯, 2010, 46 (11): 1155-1158.
- [39] 李杨洋, 焦焱. 外源茉莉酸甲酯对小麦幼苗低温耐受性的影响 [J]. 生物技术通报, 2018, 34 (3): 87-92.
- [40] 李荣冲, 沈亮余, 梁晶龙, 等. 高温高湿胁迫下茉莉酸甲酯对紫苏种子萌发及生理特性的影响 [J]. 西北植物学报, 2012, 32 (2): 312-317.
- [41] 杨华庚, 颜速亮, 陈慧娟, 等. 高温胁迫下外源茉莉酸甲酯、钙和

(下转第 8 页)

了灵璧县植保无人机领域的良性发展。

3 存在问题

目前宿州市农户防治小麦赤霉病的意识普遍很高,但个别农户、甚至有些种粮大户仍不能做到适期防治,主要有两方面原因:一是具备防治意识,但防治适期不能准确把握,盲目听从农资经销商的建议,既增加了防治成本,又不能取得预期效果;二是缺少高效的植保机械,小麦赤霉病的关键防治期为3~4 d,而我市小麦面积大,农村青壮年劳动力多外出务工,如何保证及时开展施药防治是当前急需解决的问题。

4 防控对策

防控上应主动出击,采取以农业防治为基础、化学药剂预防为重点的综合防控策略。继续大力扶持农作物病虫害统防统治服务组织队伍建设,大力推广新型高效植保机械。

4.1 农业防治

农业防治方法主要有3点。首先要选用抗耐病性强的优良品种;二是对发病重的田块,秸秆尽量离田处理,或者深耕压埋,播种时进行种子包衣(或药剂拌种)处理,以降低田间病原菌量;三是做到健身栽培,适期适量适墒播种,构建合理群体,科学使用植物生长调节剂,提高小麦抗逆能力。

4.2 化学药剂预防

加强监测预警,准确掌握小麦扬花时间,以及扬花期的天气状况。

在小麦抽穗扬花期针对小麦赤霉病全面实施药剂预防措施,这是保证防治效果的关键。在皖北地区对易感赤霉病的品种,应根据天气情况酌情实施2次防治,以最大限度的减轻小麦赤霉病造成的损失,减少农药使用量的投入,保障小麦质量安全。

优先选用渗透性好、耐雨水冲刷性、持效性较好且对小麦叶部病害具有兼治作用的复配制剂,如氰烯·戊唑醇、丙唑·戊唑醇、咪唑·氟环唑、戊唑·咪唑·噻霉酮、唑醚·戊唑醇、唑醚·氟环唑、苯甲·多抗·苯甲·丙环唑、戊唑·百菌清、戊唑·福美双、丙环·福美双、甲硫·戊唑醇、咪唑·甲硫灵、井冈·蜡芽菌等。

另外,继续做好农作物病虫害统防统治服务组织队伍建设,同时大力推广新型高效施药机械,提高施药效率和农药利用率,确保适期防治。

参考文献

- [1] 马书芳. 不同药剂应用植保无人机防治小麦赤霉病田间药效试验[J]. 现代农业科技, 2017(6): 124.
- [2] 范晓惠, 蔡建, 朱德慧, 等. 不同时期用药防治小麦赤霉病的药效评价[J]. 安徽农学通报, 2013(8): 62.
- [3] 周长保, 董璞, 朱德慧, 等. 不同小麦品种对赤霉病的田间抗性研究初报[J]. 安徽农学通报, 2017(9): 49. (责任编辑: 陈晨)
- [46] 许建锋, 张玉星, 张江红, 等. 茉莉酸甲酯对苹果果实着色的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 271-274.
- [47] 孙晓文. 茉莉酸酯类对葡萄果实着色及品质的影响[D]. 郑州: 中国农业科学院郑州果树研究所, 2016.
- [48] 马焕普, 陈静, 刘志民, 等. 天然芸苔素和茉莉酸酯对葡萄果实品质及成熟期的影响[J]. 北方果树, 2004(4): 8-9.
- [49] 季悦, 李静, 王雷, 等. 茉莉酸甲酯处理对鲜切菠萝品质及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 258-263.
- [50] 闫媛媛, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 茉莉酸甲酯和乙烯利处理对鲜切苹果膜质过氧化反应的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 345-349.
- [51] 付亮, 刘诗扬, 徐方旭. 茉莉酸甲酯对蓝莓果实生理生化变化的影响[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2017, 35(4): 485-487.
- [52] 赵婉珍, 陈霞, 祝霞, 等. 叶面喷施茉莉酸甲酯对美乐干红葡萄酒品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017(8): 86-95.
- [53] 姜璐璐. 茉莉酸甲酯对葡萄果实常温保鲜效果及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015. (责任编辑: 石凌波)

(上接第4页)

水杨酸对蝴蝶兰幼苗耐热性的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(28): 150-157.

[42] Rezai S, Orojloo M, Bidabadi S S, et al. Possible Role of Methyl Jasmonate in Protection to NaCl-Induced Salt Stress in Pepper cv "Green Hashemi" [J]. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 2013, 6(17): 1235-1238.

[43] 杨艺, 常丹, 王艳, 等. 盐胁迫下茉莉酸(JA)及茉莉酸甲酯(Me-JA)对棉花种子萌发及种苗生化特性的影响[J]. 种子, 2015, 34(1): 8-18.

[44] Yoon J Y, Hamayun M, Lee S K, et al. Methyl Jasmonate Alleviated Salinity Stress in Soybean [J]. Journal of Crop Science & Biotechnology, 2009, 12(2): 63-68.

[45] Salimi F, Shekari F, Hamzei J. Methyl Jasmonate Improves Salinity Resistance in German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) by Increasing Activity of Antioxidant Enzymes [J]. Acta Physiologica Plantarum, 2016, 38(1): 1.