



马丹凤,朱梓康,王雨旺,等.迷迭香在植物生产中的应用研究进展[J].黑龙江农业科学,2023(7):113-121.

迷迭香在植物生产中的应用研究进展

马丹凤,朱梓康,王雨旺,杨金铭,顾诗雨,黄志炜

(淮阴工学院 生命科学与食品工程学院,江苏 淮安 223003)

摘要:为促进迷迭香功能的深入发掘和生物活性化合物的开发与利用,在简述迷迭香及其提取物在农业相关领域应用现状的基础上,重点介绍其在植物生产领域的最新研究进展,包括在细菌性病害防治、真菌性病害防治、病毒性病害防治、植物害虫防治等方面的应用,以及对其他植物,包括化感作用和杂草防治的作用。在今后的研究中,应采用分子生物学、遗传学、细胞生物学等方面的技术手段深入揭示迷迭香的单体化合物单独或组合发挥抗菌抗虫等作用的分子机制。还应重点关注迷迭香及其提取物对非作用对象和农业生态环境的影响,如土壤微生物群落变化等。

关键词:迷迭香;提取物;精油;植物保护;化感作用

迷迭香(*Rosmarinus officinalis* L.)属于被子植物门、唇形目、唇形科灌木,原产于欧洲及北非地中海沿岸地区。迷迭香在我国的山东省、贵州省、新疆维吾尔自治区、云南省和海南省等地区均有种植,近年来河南省的迷迭香种植产业也在迅速发展^[1-2]。迷迭香是药食同源的植物,喜温暖气候,较耐旱,在夏天会开出水滴般的蓝色小花,又被称为“海洋之露”。

作为一种世界性栽培植物,迷迭香因其营养价值和药理特性而闻名于地方和传统医学。在药用方面,迷迭香及其提取物能作为消炎、滋补、收敛、祛风的药剂,可以改善记忆,也能作为循环兴奋剂来刺激肾上腺和缓解风湿性肌肉痛^[3]。在食品和化妆品工业中,由于其抗氧化和抗菌等方面的功效,迷迭香被用作食品调味料、防腐剂、保鲜剂和化妆品原料^[4]。在文化古迹保护方面,迷迭香还被用于制备环保型保护剂,通过抑制微生物的腐蚀作用来达到保护文物古迹和建筑的目的^[5]。

近年来,迷迭香在农业上的应用愈加广泛。本文介绍了迷迭香提取物的种类及其应用现状,重点对迷迭香在植物生产中的应用研究进行综述,以期为迷迭香及其功能组分在农业中的应用提供参考。

1 迷迭香提取物的分类

迷迭香中有丰富的活性成分,包括萜类、黄酮类和酚酸类化合物等^[6-7]。这些活性成分赋予迷迭香抗微生物、抗氧化、抗炎等优良特性。对于迷迭香提取物的获得,在众多研究中主要采用3种方式。第一种是制备迷迭香提取液。比较常见的是采用乙醇溶液浸提,再用超声波辅助进行提取。该方法简单易行,可同时提取迷迭香中亲水性和亲油性的活性物质^[8]。此法获得的提取液中主要包含迷迭香酸(Rosmarinic Acid, RAP)、鼠尾草酸(Carnosic Acid, CAP)、鼠尾草酚、绿原酸和咖啡酸等物质,其中鼠尾草酸和鼠尾草酚属于油性,二者占迷迭香提取物抗氧化特性的90%以上,可用于防止油脂氧化^[9-10]。另外,迷迭香酸也是提取液中重要的抗氧化物质。第二种是制备迷迭香精油。一般采用水蒸气蒸馏法、超临界流体萃取法进行提取^[2,8,11]。不同地理来源迷迭香精油的文献报道中,迷迭香精油通常以挥发性成分为主,以单萜类化合物和含氧单萜类化合物含量最为丰富,主要包括 α -蒎烯、樟脑、1,8桉叶素、蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯等^[12-16]。迷迭香中的挥发性成分在抗微生物等方面能起到更大作用^[2,15,17]。第三种是制备迷迭香纯露。纯露是在蒸馏提取迷迭香精油时的副产物,早期被认为是废弃物,但近年来也发现纯露与精油有着相似的作用^[18-20]。迷迭香纯露的主要成分是含氧单萜类物质,与精油成分差异明显。目前,和精油的研究相比,纯露的研究则十分匮乏。

收稿日期:2023-01-31

基金项目:国家自然科学基金(32000051);江苏省基础研究计划(自然科学基金)(BK20201068);江苏省高等学校大学生创新创业训练计划(202211049096Y)。

第一作者:马丹凤(2000—),女,本科生,专业方向为园艺与植物保护。E-mail:1049559910@qq.com。

通信作者:黄志炜(1988—),男,博士,讲师,从事植物与微生物相互作用研究。E-mail:huangzhiwei@hyit.edu.cn。

2 迷迭香在农业相关领域应用现状

迷迭香提取物具有较强的热稳定性和耐低温贮藏性^[21],在酸性和中性条件下稳定性好,紫外线和大多数金属离子不影响其抑菌效果,因此迷迭香可以适应多种加工条件,可广泛用于食品的防腐保鲜^[22]。在食品工业中,迷迭香提取物已作为抗氧化剂、抗菌剂和保鲜剂被广泛研究和应用,具备改善食品品质、延长食品贮藏期的功效。研究表明在加速储藏过程中,迷迭香提取物对葵花籽油的脂质氧化表现出很强的抑制作用,抗氧化效果优于合成抗氧化剂二丁基羟基甲苯(BHT)和二丁基羟基甲苯(BHA)^[23]。在大豆油、米糠油和棉籽油的储存过程添加迷迭香提取物后,油中的DPPH·和ABTS·自由基清除能力提高,显著延长了油脂的氧化诱导期,减少了不饱和脂肪酸的损失^[24]。在肉制品防腐保鲜方面,迷迭香提取物能抑制猪肉饼脂肪氧化,效果与BHT相当,当冷藏时间延长至10 d时,添加迷迭香提取物的处理组抗氧化效果甚至好于BHT^[25]。添加迷迭香精油的牛肉饼的感官、抗氧化和抑菌能力都得到显著提升^[26]。在水产保鲜与品质优化中,迷迭香提取物也有着非常好的抗氧化效果,还能去除鱼肉的腥味^[27-29]。近年来,迷迭香在动物生产中得到了广泛关注。在畜禽养殖方面,向饲料中添加适量迷迭香或迷迭香提取物,能提升动物生产性能如改良肉质等^[2,30]。

3 迷迭香在植物病原微生物防治中的作用

3.1 细菌性病害防治

植物细菌性病害在全世界范围内均有不同程度的发生,对农业生产造成了严重的损失。对于这一类型病害的防治一直是植物保护领域的研究重点之一。在医学和食品领域,已经证明迷迭香提取液或迷迭香精油具有抑制细菌生长的作用。在植物领域,早期研究也发现,迷迭香的乙醇提取物具备抑制多种细菌的作用,尤其对根癌农杆菌(*Agrobacterium radiobacter* pv. *tumefaciens*)和胡萝卜软腐欧文氏菌(*Erwinia carotovora*)效果较好^[31]。浅绿黄假单胞菌(*Pseudomonas viridiflava*)是能够侵染迷迭香地上部分的病原细菌,在苗圃中发病会造成严重的经济损失。研究发现迷迭香提取物中的两个 α -蒎烯对映体、马鞭草烯酮以及迷迭香酸能够抑制浅绿黄假单胞菌

的生长,这一结果为迷迭香品种选育提供很好的借鉴,选育对应化合物产量高的品种可提高迷迭香对浅绿黄假单胞菌的抗性^[32]。

生物膜能增强细菌对消毒剂、抗菌剂等不利外界环境的抵抗能力。许多植物精油都表现出的抗生物膜形成和群体感应效应^[33-34]。施宇等^[35]研究发现,迷迭香精油能够明显抑制胡萝卜软腐果胶杆菌(*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovoru*)、紫色杆菌(*Chromobacterium violaceum* CV026)等多种微生物正常生长,降解已形成的生物膜,尤其是能抑制细菌产生群体感应信号AHLs(N-acyl Homoserine Lactone)。因此,迷迭香精油具有开发为以细菌群体感应信号为靶标的新型农药的潜力,未来可以在植物细菌病害防治中有所应用^[35]。在应用方面,Abdallah等^[36]利用含水的迷迭香提取物成功合成“氧化镁纳米花”,该纳米材料能显著抑制水稻白叶枯病原细菌(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)的生长、破坏细胞壁、阻碍生物膜的形成以及细胞的运动行为,可应用于农业生产,抑制细菌对作物的侵染。

3.2 真菌性病害防治

3.2.1 作物栽培中病害的防治 对稻麦类作物及油料作物的病原真菌,如水稻丝核菌属多种真菌、稻瘟病菌(*Magnaporthe oryzae*)、嗜水小核菌(*Sclerotium hydrophilum*)、小麦基腐病菌、雪腐微座孢、叶枯病菌、网斑病菌、黄色镰刀菌、油菜菌核病菌等,迷迭香提取物均具有抑制作用^[37-43]。Garcia等^[42]采用迷迭香液体提取物(RLE)和迷迭香酸(RA)标准品作为药剂,在水稻接种稻瘟病菌48 h前进行喷药处理后,测定接种前后水稻的植物防御相关酶的活性,结果发现除过氧化物酶外,其余酶在施用迷迭香液体提取物和迷迭香酸后、攻毒前和攻毒后活性均提高,推测迷迭香液体提取物可以像迷迭香酸一样诱导植物防御相关酶的活性。Goussous等^[40]发现浓度为10%的迷迭香叶乙醇提取物可完全抑制核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)菌丝的径向生长,低浓度迷迭香叶乙醇提取物(5%)可使核盘菌不再产生菌核,高浓度迷迭香叶乙醇提取物(20%)处理菌核12 d后,可使其完全丧失萌发能力。因此,在菌核病的防治中使用迷迭香提取物可能会有一定的防治效果。对于作用于多种园艺作物的病原真菌,迷迭香提取物同样有很好的抑菌效果。研究表明,迷迭香精油对串珠镰刀菌、甜瓜蔓枯病菌、西瓜炭疽

病菌、甜瓜灰霉病菌、甜瓜枯萎病菌、梨树腐烂病菌、柑橘黑腐病菌、蚕豆轮纹病菌、互隔交链孢霉 (*Alternaria alternata*) 等有显著的抑菌活性^[32,37,44]。da Silva Vaz 等^[45]在研究迷迭香含酚类化合物的提取液对菜豆炭疽病菌豆刺盘孢 (*Colletotrichum lindemuthianum*) 的影响时发现,3%的提取物可以完全抑制豆刺盘孢菌丝的生长,对孢子萌发的抑制率也达到 100%;在预防和治疗菜豆炭疽病上,提取液能有效减轻炭疽病的严重程度,并且对普通菜豆的叶片无明显毒性。姚旭颖等^[39]用迷迭香乙醇提取物来抑制番茄霜霉病菌、黄瓜枯萎病菌,提取液浓度在 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 以上时,抑菌率可达到 100%。

Soylu 等^[17]从温室番茄上分离出一株高致病性的番茄灰霉病菌葡萄孢菌 (*Botrytis cinerea*),在 $1.6 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的迷迭香精油空气浓度下,葡萄孢菌的生长完全被抑制,Özcan 等^[44]对另一株葡萄孢菌的研究也得到了相同的结果。有趣的是,Diénez 等^[43]在研究 12 种植物精油对 8 种病原真菌的作用中发现,只有迷迭香精油具有抗葡萄孢菌的能力,EC₅₀ 值约为 6.3%。利用迷迭香精油的挥发性成分处理葡萄孢菌时,其孢子的萌发及孢子管的伸长会被抑制,菌丝形态发生显著变化,会出现细胞质凝固、空泡化、菌丝萎缩、原生质体渗漏和分生孢子丧失的情况^[17]。另外,Hussein 等^[46]也发现迷迭香精油能够抑制导致人参根腐病的葡萄孢菌。

镰刀菌属 (*Fusarium*) 是一类广泛存在于作物中的病原真菌,能侵染多种植物。迷迭香对该属的多种菌有抑制作用^[12,14,43-44,46-47]。轮枝镰孢菌 [*Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg] 是其中一种,主要侵染玉米,能够引起根、茎等部位组织的坏死和分解等症状。da Silva Bomfim 等^[12]提取的迷迭香精油的主要成分为 1,8-桉树脑、樟脑和 α -蒎烯,使用 $150 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的精油可显著抑制轮枝镰孢菌的菌丝生长; $300 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的精油可导致细胞壁破裂,细胞质渗漏。Boukhobza 等^[47]获得了源自阿尔及利亚西部高地的迷迭香叶片和茎的精油,单萜类是该精油的主要成分;抑菌试验发现,迷迭香叶片和茎的精油能抑制枣椰树病原菌尖孢镰刀菌的生长。另外,Bayan^[48]此前也发现迷迭香提取物能抑制黄瓜尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) 和甜瓜尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) 的菌丝

生长,在实验中抑制率达 61.32% 和 71.97%。在制剂应用方面,Karadağ 等^[49]比较了迷迭香精油和封入了迷迭香精油的新型微型乳剂对串珠镰孢菌 (*Fusarium moniliforme*)、黄色镰刀菌 (*Fusarium culmorum*)、葡萄孢菌 (*Botrytis cinerea*) 的抑菌作用,结果表明 3 种病原菌的菌丝生长速率显著降低,且新型微型乳剂抑制的效果更好,三者的菌丝生长速率仅为原来的 12%、15% 和 30%。该研究结果为迷迭香精油在植物病原真菌病害的防治方面的应用,提供了可行的途径。

3.2.2 果蔬采摘后的病害防治及保鲜 果蔬在采摘后容易受到青霉、绿霉和一些腐败菌的感染,不仅缩短储存期、降低产品品质,还对人类的健康造成危害。Hendel 等^[50]研究发现,迷迭香精油中的鼠尾草酸、鼠尾草酚以及高车前素等化合物在抑制指状青霉 (*Penicillium digitatum*) 上起重要作用,精油能够干扰细胞膜的通透性,破坏细胞内外渗透压平衡。Kaab 等^[14]提取的迷迭香精油以单萜类成分较为丰富, $6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的精油即可显著抑制意大利青霉 (*Penicillium italicum*)。葡萄孢菌除了在植物生长时期具有危害性,水果采摘后同样能危害果实,能引起采摘后鲜食葡萄灰霉病的发生,导致葡萄腐烂变质。Servili 等^[51]在常压和减压的条件下,将采摘后的鲜食葡萄暴露于迷迭香精油挥发物中 20 h 后,随后分别在室温下储存 9 d 和 5 d,或在 $4 \text{ } ^\circ\text{C}$ 下储存 7 d,然后在 $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 下保存 3 d,分析发现葡萄灰霉病的发生率降低约 65%;小组品尝实验还发现,精油处理后 48 h,在 $4 \text{ } ^\circ\text{C}$ 和 $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 下储存的鲜食葡萄不再感受到精油的气味,推测单独暴露于精油挥发物或与减压处理相结合可能是控制鲜食葡萄采收后灰霉病的创新方法。另外,在核果类水果如杏子、李子、油桃和仁果类水果如苹果中也发现迷迭香精油能够有效抑制多种病原真菌的生长,减缓采摘后果实的腐烂,并且发现精油防腐保鲜的效果与果实的品种、精油的组成及使用浓度和储存时间有关^[52-53]。

Hosseini 等^[15]研究迷迭香精油对采摘前后草莓的炭疽病菌的影响,在接触和熏蒸实验中发现,迷迭香精油能够显著抑制草莓炭疽病菌 (*Colletotrichum nymphaeae*) 菌丝的生长及分生孢子萌发,病原菌的菌丝呈现出畸形,如枯萎、收缩或局部膨胀;同时,还能有效降低草莓的腐烂程度

和炭疽病的发病率和严重程度,保持草莓的品质。曹雪慧等^[54]的研究也表明迷迭香提取液对草莓起到防腐保鲜的作用。在应用方面,胡素蓉^[55]用迷迭香提取液制备的复合膜对采摘后的香梨进行涂膜处理后,能有效抑制青霉菌引起的香梨青霉病病斑直径扩展。孙婕等^[56]为了延长贡柑的保鲜时间,以不同浓度的迷迭香精油和1%壳聚糖溶液复合浸泡处理贡柑,对储藏期间柑橘的感官、失重率、VC含量等指标进行测定,结果表明精油与壳聚糖复合浸泡有效延缓各种指标的变化,精油对柑橘具有保鲜作用。

3.3 病毒性病害防治

病毒性病害是仅次于植物真菌病害的第二大病害,由病毒引起的病害通常会导致大面积减产,造成较大的经济损失^[57]。由于目前还没有合适的天然或合成来源的化合物组成的药物能够治疗植物的病毒病,所以这一类病害通常是预防为主。近年来,利用植物提取物来治疗植物病毒引起越来越多学者的关注。Taglienti等^[20]在温室条件下,分析了牛至(*Origanum vulgare*)、百里香(*Thymus vulgaris*)、迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)的精油和纯露对分别感染花叶病毒和番茄卷叶新德里病毒的西葫芦的治疗作用。结果表明,3种植物的精油和纯露对番茄卷叶新德里病毒引起的病症均有疗效,能显著降低病毒的滴度;如果接种病毒后再施用精油或纯露,对病毒滴度的影响更持久,但是对花叶病毒无明显作用。根据处理前和处理后西葫芦中病毒的滴度和苯丙氨酸解氨酶基因表达水平的变化,Taglienti等^[20]推测精油或纯露可能会促进植物对病毒的早期免疫应答。该项研究为开发抗植物病毒制剂提供了重要借鉴。

4 迷迭香在植物害虫防治中的作用

4.1 植物地上部害虫防治

Zhang等^[58]发现包含8种活性物质的迷迭香混合物对茶尺蠖(*Ectropis obliqua*)成虫的驱离效果要显著高于任何一种单一的化合物或者等比例混合的混合物;田间试验结果表明,迷迭香和茶树间作,能有效抑制茶尺蠖对茶园茶树的侵染。陈隆升等^[59]田间试验发现,迷迭香和油茶间作后,油茶幼林的虫害显著降低。和茶尺蠖同属鳞翅目的夜蛾类昆虫如粉纹夜蛾(*Trichoplusia ni*),同样能够被迷迭香精油杀灭,而且粉纹夜蛾不会对迷迭香精油产生拮抗作用^[60]。郭灿等^[61]研究了迷

迭香精油对茶园害虫茶小绿叶蝉、茶棍蓟马的防除效果及对其天敌茶园蜘蛛的影响,结果表明迷迭香精油微乳剂500倍液在喷施7d后,对茶小绿叶蝉及茶棍蓟马的防治效率分别达64.49%和55.10%,同时对茶园蜘蛛的伤害率仅为7.61%,远低于化学农药联苯菊酯乳油和乙基多杀菌素悬浮剂对茶园蜘蛛的伤害率。

Miresmailli^[62]在2001年已经发现迷迭香精油能较好地杀灭二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)和温室粉虱(*Trialeurodes vaporariorum*)。Laborda等^[63]采用滑动浸渍法和叶盘生物测定法研究发现,不同浓度的迷迭香和鼠尾草精油对二斑叶螨具有急性触杀毒性,0.15%~0.25%的鼠尾草油或0.25%的迷迭香提取物显著降低了二斑叶螨的存活率、产卵率以及羽化幼虫的数量,但是这两种提取物对地中海果蝇(*Ceratitis capitata*)无杀虫活性。程作慧等^[64]研究发现迷迭香精油对朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)具有良好的触杀活性和熏蒸活性,能有效抑制朱砂叶螨的产卵,并且对雌成螨还具有驱避活性,能影响雌成螨的运动行为。进一步研究表明,雌成螨经迷迭香精油处理后,其体内超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性增强,而过氧化氢酶活性降低,推测经迷迭香精油处理后,雌成螨体内的自由基增多,从而产生毒害作用^[65]。

迷迭香提取物中有效抑菌成分会随着栽培地点、栽培方式、栽培季节等因素的变化而变化^[55,66-67]。Abada等^[67]探讨了从突尼斯北部8个地点收集的迷迭香精油化学型的变化,通过GC和GC-MS分析显示,1,8-桉叶素、(+)-樟脑、 α -蒎烯、冰片和樟脑是所有化学性精油的主要化合物,其中3种化学类型,即1,8-桉叶素/樟脑/ α -蒎烯;1,8-桉叶油/樟脑和樟脑/1,8-桉叶油被首先被鉴定出来;在熏蒸试验中,上述精油对五龄石榴螟(*Ectomyelois ceratoniae*)幼虫显示出相当大的毒性,LC₅₀值在14.02~171.11 mL·L⁻¹之间,成虫的羽化抑制率也在22%~100%之间,这也表明迷迭香化学型的差异对杀虫的效率有显著影响。蔡婷婷等^[68]测定迷迭香中的 α -蒎烯、 β -月桂烯和 β -石竹烯挥发性成分,分别对桃蚜(*Myzus persicae*)及其天敌桃蚜茧蜂(*Diaeretiella rapae*)的趋性行为选择的影响,结果显示, α -蒎烯达到一定剂量后对桃蚜及桃蚜茧蜂都表现出显著的驱避反应; β -月桂烯达到一定剂量后对桃蚜及桃蚜茧蜂表现出显著地

引诱作用; β -石竹烯达到一定剂量可显著引诱桃蚜茧蜂,对桃蚜无生物活性。这一结果主要分析了单一物质对昆虫的影响,而多种组分组合是否会增强对桃蚜的驱避作用,依然有待进一步深入研究。如果将植物的挥发物与昆虫性信息素混配使用,可能会有增效和协同作用。

4.2 植物根部害虫防治

对于作物根部害虫的防治,Schons 等^[69]发现迷迭香提取物水凝胶能降低番茄上的南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)卵块的数量、瘿数、每根总线虫数以及增殖比,每穴施用迷迭香提取物水凝胶量越大,抑制效果越明显;结合番茄植株中过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)的活性升高的现象,最终得出结论:迷迭香提取物水凝胶对根结线虫的抑制作用,可以直接产生,也可以通过植物自身对病原物产生应答而实现。

4.3 粮食储藏期害虫防治

赤拟谷盗(*Tribolium castaneum*)、米象(*Sitophilus oryzae*)、锯谷盗(*Oryzaephilus surinamensis*)属于鞘翅目昆虫,是危害储藏农产品的主要害虫。迷迭香精油对赤拟谷盗具有杀灭作用,吕建华等^[70]进一步研究发现,迷迭香中的 α -蒎烯对杂拟谷盗(*Tribolium confusu*)具有较强的驱避作用,触杀和熏蒸杀灭效率也很高。Khoobdel 等^[71]在前人研究结果的基础上,利用装载了迷迭香精油的纳米胶囊对杂拟谷盗进行熏蒸毒杀和触杀,结果发现纳米胶囊的杀虫效果要显著高于单纯的迷迭香精油,杀虫效果得到提升。Kiran 等^[72]发现,以 2-甲氧基-3-(2-丙烯基)-苯酚、1,8-桉叶醇和樟脑为主要成分的迷迭香精油作为熏蒸剂使用时, $0.15 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的精油对米象和锯谷盗具有 100%的毒性和拒食作用,能破坏米象和锯谷盗的抗氧化系统,但是不会影响储藏小麦种子的萌发。

5 迷迭香对其他植物的作用

迷迭香提取物具有抑菌和驱虫杀虫的作用,对人体是无害的,对一些害虫的寄主以及农田环境中的有益生物无影响或影响较小^[45,61-62,73-74]。迷迭香不仅可以成为新型植物源农药的重要来源,还可以利用其化感作用开展间作或复合种植,控制田间杂草,提高作物产量。

5.1 化感作用

刘书彤^[75]研究发现迷迭香的茎叶和根际

土壤浸提液会对油茶产生化感作用,低浓度提取液产生正效应化感作用,促进油茶生长;随着提取液浓度的升高,逐渐由正效应变为负效应,直至影响油茶的正常生长和生理活动。利用这样的化感作用,开展油茶迷迭香间作,可能起到防治病虫害和提高油茶产量的双重效果。陈志远等^[76]在探究石榴、迷迭香、牧草白三叶复合种植模式时,也发现相似的情况,低浓度迷迭香浸提液能促进牧草白三叶幼苗的生长,随着浓度的升高,尤其对白三叶的根生长抑制较为明显。然而并非所有植物都适合与迷迭香共存。Alipour 等^[77]用包埋迷迭香精油的淀粉胶囊,在温室条件下处理杂草反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)和萝卜(*Rhaphanus sativus*),随着包埋的迷迭香精油浓度的增加,两种植物的发芽率、叶面积、根、茎鲜重、干重、根长和叶绿素含量均显著降低,脯氨酸含量和相对膜透性显著增加,这表明迷迭香的挥发油类物质对反枝苋和萝卜有较强的毒害作用。因此,迷迭香提取物在使用前,需要详细评估其对作物生长的影响。

5.2 杂草防治

在田间杂草防治方面,已有关于迷迭香提取物应用的报道。早期研究发现,迷迭香精油可以有效抑制狗牙根(*Cynodon dactylon* L.)、德梅特苇状羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.)和多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.)3种禾本科杂草种子的萌发和幼苗的生长^[78]。近年,Kaab 等^[14]研究了迷迭香精油对绛三叶(*Trifolium incarnatum*)、水飞蓟(*Silybum marianum*)和细薹草(*Phalaris minor*)3种草本植物的除草活性,在实验室条件下 1.25 和 $2.50 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 精油可以抑制3种杂草地上部分和根系的生长, $5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 精油完全抑制种子的萌发。处理温室中已经萌发的 $14\sim 21 \text{ d}$ 的杂草幼苗时,精油的浓度提高到 $34 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,才对杂草产生明显的损害表征直到枯萎,且将精油制成制剂配方后,除草活性更高^[14]。Alipour 等^[79]发现迷迭香在开花、坐果和果实成熟3个阶段的精油成分变化很小,但是这样的变化对植物的毒性非常重要,果实成熟后的迷迭香精油对野莴苣(*Lactuca serriola* L.)的抑制作用要显著强于对萝卜的抑制作用,并认为迷迭香精油的抑制作用取决于生长的不同时期、处理植物的种类以及精油的浓度。后来,Alipour 等^[77]还发现包埋迷迭香精油的淀粉胶囊对杂草反枝苋有很强的抑制作

用,认为迷迭香精油制备的微粒胶囊有望成为未来控制杂草的手段,尤其可以作为杂草种子萌发前的药剂来使用。在很多经济作物的栽培中,无法利用化学除草剂,杂草侵扰导致作物严重减产,因此只能采用人工除草或火烧的方式除去杂草及种子,耗费巨大。洋甘菊(*Matricaria chamomilla* L.)是一种重要的经济作物,主要用于化妆品和医药,在栽培中就面临这样的问题。为此,Frabboni 等^[80]分析了生态农田系统中迷迭香精油对洋甘菊田中 15 种杂草的除草效应,发现在杂草种子萌发前精油对大多数杂草具有很好的毒性效应,且毒性效应强弱与杂草的种类有关;但是在洋甘菊生长周期的最后阶段,由于精油在土壤中施用以后,维持时间较短,田间杂草再次大量增多。如果采用 Alipour 等^[77]的方法用淀粉包埋精油制成淀粉胶囊,可能会取得更好的抑制效果。但是具体迷迭香精油对洋甘菊的化感作用还有待后续进一步深入研究。

6 讨论与展望

迷迭香植物富含萜类、黄酮类、酚类等多种生物活性成分,在农业生产中具有抗微生物、抗虫、抗草害、果蔬保鲜和提高动物生产性能等多重生物学功能,具有广阔的应用前景。众多研究结果表明,迷迭香植株年龄及部位、栽培地点、栽培条件、土壤类型、收获时间、气候条件和季节因素及地理来源不同,都会导致迷迭香的活性物质比例等发生变化,从而影响其功效的发挥^[13,32,55,66-67]。迷迭香提取物成分的高度可变性使得研究者们很难明确所提取的混合物中哪些成分在何种浓度下起到关键作用。提取方法和使用溶剂对迷迭香提取物作用的发挥也很重要。姚旭颖等^[39]在研究中发现,迷迭香的乙醇提取物具有抑菌效果,而水提取物却没有抑菌作用。因此,对迷迭香进行栽培标准化和活性物质提取标准化是获得稳定活性产物的关键。将迷迭香提取物开发为产品时,还需考虑制剂的成本及其对产品品质的影响。迷迭香提取物应用于水果防腐保鲜时,有时可能会残留一些气味,影响果蔬感官品质。

在大力提倡绿色、环保和可持续农业的今天,迷迭香受到人们越来越多的关注,其用途也在不断拓展。在今后的研究中,应采用分子生物学、遗传学、细胞生物学等方面的技术手段深入揭示迷迭香的单体化合物单独或组合作用,发挥抗菌抗虫等作用的分子机制。同时,还应重点关注迷迭

香及其提取物对非作用对象和农业生态环境的影响,如土壤微生物群落变化等。另外,迷迭香提取物和其他植物源提取物复配的功效研究也是一个重要的研究方向。

参考文献:

- [1] 刘宏芹,张菁菁,林雨鑫,等. 迷迭香及其提取物在家禽生产中的应用[J]. 饲料博览,2014(12):33-35.
- [2] 王琳慧,王丁,李绍钰,等. 迷迭香的生物学功能及在动物生产中的应用[J]. 中国饲料,2022(21):8-13.
- [3] BORGES R S,ORTIZ B L S,PEREIRA A C M,et al. *Rosmarinus officinalis* essential oil: a review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2019, 229: 29-45.
- [4] BORRÁS-LINARES I,STOJANOVIĆ Z,QUIRANTES-PINÉ R, et al. *Rosmarinus officinalis* leaves as a natural source of bioactive compounds[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2014, 15(11):20585-20606.
- [5] CORBU V M,GHEORGHE-BARBU I,MARINAS I C, et al. Eco-friendly solution based on *Rosmarinus officinalis* hydro-alcoholic extract to prevent biodeterioration of cultural heritage objects and buildings [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(19):11463.
- [6] 冷家归,于二汝,李德文,等. 黔引迷迭香主要酚类成分分析及抗氧化活性比较[J]. 热带作物学报, 2018, 39(8): 1636-1643.
- [7] 刘胜男,马云芳,范刘敏,等. 迷迭香活性组分及生理功能研究进展[J]. 农产品加工, 2019(13):79-83.
- [8] 侯俊芳. 芳香植物迷迭香提取物功效与精油成分分析[D]. 上海:上海应用技术大学,2022.
- [9] 李兆亨,林涛,申基雪,等. 迷迭香对冷鲜肉抑菌及其保鲜作用的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(21):181-186.
- [10] 杨丽萍,郭咪咪,段章群. 天然抗氧化剂迷迭香提取物在食用植物油中的应用研究进展[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(2):95-100.
- [11] 朱志妍,田浩,潘俊,等. 迷迭香提取物的制备及抗氧化、抑菌活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(12): 461-469.
- [12] da SILVA BOMFIM N, NAKASSUGI L P, OLIVEIRA J F P, et al. Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg [J]. Food Chemistry, 2015, 166:330-336.
- [13] 于二汝,王少铭,魏忠芬,等. 4 种黔产迷迭香生物学性状和精油成分的比较研究[J]. 热带作物学报, 2017, 38(2): 226-232.
- [14] KAAB S B, REBEY I B, HANAFI M, et al. *Rosmarinus officinalis* essential oil as an effective antifungal and herbicidal agent [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2019, 17(2):e1006-e1006.
- [15] HOSSEINI S, AMINI J, SABA M K, et al. Preharvest and postharvest application of garlic and rosemary essential oils

- for controlling anthracnose and quality assessment of strawberry fruit during cold storage[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2020, 11: 1855.
- [16] VERMA R S, PADALIA R C, CHAUHAN A, et al. Productivity and essential oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) harvested at different growth stages under the subtropical region of north India[J]. *Journal of Essential Oil Research*, 2020, 32(2): 144-149.
- [17] SOYLU E M, KURT Ş, SOYLU S. *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea* [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, 143(3): 183-189.
- [18] TORNUK F, CANKURT H, OZTURK I, et al. Efficacy of various plant hydrosols as natural food sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* on fresh cut carrots and apples[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2011, 148(1): 30-35.
- [19] OZTURK I, TORNUK F, CALISKAN-AYDOGAN O, et al. Decontamination of iceberg lettuce by some plant hydrosols [J]. *LWT*, 2016, 74: 48-54.
- [20] TAGLIENTI A, DONATI L, FERRETTI L, et al. *In vivo* antiphytoviral activity of essential oils and hydrosols from *Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris*, and *Rosmarinus officinalis* to control zucchini yellow mosaic virus and tomato leaf curl new delhi virus in *Cucurbita pepo* L. [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2022, 13: 840893-840893.
- [21] 郭道森, 杜桂彩, 李丽, 等. 迷迭香酸对几种植物病原真菌的抗菌活性[J]. *微生物学通报*, 2004(4): 71-76.
- [22] 孙长花, 丁娟芳, 王君, 等. 迷迭香提取物的抑菌作用及稳定性研究[J]. *中国调味品*, 2020, 45(11): 42-45.
- [23] ZHANG Y, YANG L, ZU Y, et al. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage[J]. *Food chemistry*, 2010, 118(3): 656-662.
- [24] YANG Y, SONG X, SUI X, et al. Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability [J]. *Industrial Crops and Products*, 2016, 80: 141-147.
- [25] 殷燕, 张万刚, 周光宏. 迷迭香提取物对冷藏调理猪肉饼品质的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(22): 287-292.
- [26] MOHAMED H M H, MANSOUR H A. Incorporating essential oils of marjoram and rosemary in the formulation of beef patties manufactured with mechanically deboned poultry meat to improve the lipid stability and sensory attributes[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 45(1): 79-87.
- [27] SHI J, LEI Y, SHEN H, et al. Effect of glazing and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on preservation of mud shrimp (*Solenocera melanthero*) during frozen storage[J]. *Food Chemistry*, 2019, 272: 604-612.
- [28] 马晨阳, 黄丕苗, 段萍, 等. 迷迭香水提物对白鲢肉脱腥活性物质研究[J/OL]. *食品与发酵工业*: 1-10[2023-01-24]. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.032179.
- [29] 刘嘉雯, 阴法文, 周大勇. 迷迭香提取物对冷藏加州扁鸟蛤的抗氧化作用[J]. *大连工业大学学报*, 2022, 41(5): 313-318.
- [30] 段广莹, 彭芳, 宋泽和, 等. 迷迭香提取物的生物学功能及其在动物生产中的应用[J]. *动物营养学报*, 2020, 32(2): 516-522.
- [31] STANOJEVIC D, STEFANOVIĆ O, COMIC L, et al. Antibacterial activity of some Serbian aromatic plants in relation to selected phytopathogenic bacteria [J]. *Planta Medica*, 2007, 73(9): P_216.
- [32] BELLUMORI M, INNOCENTI M, CONGIU F, et al. Within-plant variation in *Rosmarinus officinalis* L. terpenes and phenols and their antimicrobial activity against the rosemary phytopathogens *Alternaria alternata* and *Pseudomonas viridiflava* [J]. *Molecules*, 2021, 26(11): 3425.
- [33] SZABÓ M Á, VARGA G Z, HOHMANN J, et al. Inhibition of quorum-sensing signals by essential oils[J]. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 2010, 24(5): 782-786.
- [34] POLI J P, GUINOISEAU E, DE ROCCA SERRA D, et al. Anti-quorum sensing activity of 12 essential oils on *Chromobacterium violaceum* and specific action of cis-cis-p-Menthonolide from Corsican *Mentha suaveolens* ssp. *insularis* [J]. *Molecules*, 2018, 23(9): 2125.
- [35] 施宇, 黄小芹, 王文婷, 等. 迷迭香精油对紫色杆菌群体感应抑制实验[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 41(4): 90-101.
- [36] ABDALLAH Y, OGUNYEMI S O, ABDELAZEZ A, et al. The green synthesis of MgO nano-flowers using *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary) and the antibacterial activities against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* [J]. *BioMed Research International*, 2019: 5620989.
- [37] 赵杰, 倪秀红. 迷迭香精油对几种植物病原菌的抑菌活性研究[J]. *北方园艺*, 2009(9): 33-35.
- [38] SEINT S A, MASARU M. Effect of some plant extracts on *Rhizoctonia* spp. and *Sclerotium hydrophilum* [J]. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2011, 5(16): 3751-3757.
- [39] 姚旭颖, 乔竹稳, 单喜臣, 等. 迷迭香抗植物病原菌活性研究[J]. *齐齐哈尔大学学报(自然科学版)*, 2012, 28(1): 61-62, 71.
- [40] GOUSSOUS S J, MAS' AD I S, ABU EL-SAMEN F M, et al. *In vitro* inhibitory effects of rosemary and sage extracts on mycelial growth and sclerotial formation and germination of *Sclerotinia sclerotiorum* [J]. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 2013, 46(8): 890-902.
- [41] MATUSINSKY P, ZOUHAR M, PAVELA R, et al. Antifungal effect of five essential oils against important pathogenic fungi of cereals[J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 67: 208-215.
- [42] GARCIA M L, FERREIRA N L O, LIMA R, et al. Standardized

- rosemary extract induces host plant defenses and suppresses rice leaf blast[J]. Journal of Medicinal Plants, 2017, 5(5): 39-45.
- [43] DIÁÑEZ F, SANTOS M, PARRA C, et al. Screening of antifungal activity of 12 essential oils against eight pathogenic fungi of vegetables and mushroom[J]. Letters in Applied Microbiology, 2018, 67(4): 400-410.
- [44] ÖZCAN M M, CHALCHAT J C. Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2008, 59(7-8): 691-698.
- [45] da SILVA VAZ P D, DE SOUZA W R N, WENDLAND A, et al. Antifungal activity of *Origanum vulgare* and *Rosmarinus officinalis* phenolics-containing extracts against *Colletotrichum lindemuthianum* and in the suppression of anthracnose in common beans[J]. Research, Society and Development, 2022, 11(9): e47911932145.
- [46] HUSSEIN K A, LEE Y D, JOO J H. Effect of rosemary essential oil and *Trichoderma koningiopsis* VOCs on pathogenic fungi responsible for ginseng root-rot disease[J]. Environmental Microbiology and Biotechnology (EMB), 2020: 1018-1026.
- [47] BOUKHOBZA Z, BOULENOUAR N, ABDELKRİM C, et al. Essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. from West Highlands of Algeria: chemical characterization and *in vitro* antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* [J]. Natural Volatiles and Essential Oils, 2021, 8(3): 44-55.
- [48] BAYAN Y. Investigation of the antifungal effect of *Thymra spicata* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* [J]. Black Sea Journal of Agriculture, 2018, 1(2): 34-37.
- [49] KARADAĞA E, ÜSTÜNDAĞ O N, DEMIRCI B, et al. *Rosmarinus officinalis* L. essential oil encapsulated in new microemulsion formulations for enhanced antimicrobial activity[J]. Journal of Surfactants and Detergents, 2022, 25(1): 95-103.
- [50] HENDEL N, LAROUS L, BELBEY L. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its *in vitro* inhibitory effect on *Penicillium digitatum* [J]. International Food Research Journal, 2016, 23(4): 1725.
- [51] SERVILI A, FELIZIANI E, ROMANAZZI G. Exposure to volatiles of essential oils alone or under hypobaric treatment to control postharvest gray mold of table grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 133: 36-40.
- [52] LOPEZ-REYES J G, SPADARO D, GULLINO M L, et al. Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rot caused by fungi on four cultivars of apples *in vivo* [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2010, 25(3): 171-177.
- [53] LOPEZ-REYES J G, SPADARO D, PRELLE A, et al. Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rots caused by fungi on different stone fruits *in vivo* [J]. Journal of Food Protection, 2013, 76(4): 631-639.
- [54] 曹雪慧, 邵悦, 刘丽萍, 等. 迷迭香提取液对草莓保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 325-328.
- [55] 胡素蓉. 迷迭香天然活性成分的提取及其抑菌作用研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
- [56] 孙婕, 尹国友, 王博文, 等. 3种精油与壳聚糖复合涂膜对贡柑保鲜效果[J]. 食品工业, 2020, 41(11): 157-161.
- [57] ZHAO L, FENG C, WU K, et al. Advances and prospects in biogenic substances against plant virus: a review[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2017, 135: 15-26.
- [58] ZHANG Z, SUN X, XIN Z, et al. Identification and field evaluation of non-host volatiles disturbing host location by the tea geometrid, *Ectropis obliqua* [J]. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39(10): 1284-1296.
- [59] 陈隆升, 杨小胡, 李志刚, 等. 间种迷迭香对油茶幼林生长及病虫害的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(5): 38-40, 46.
- [60] TAK J H, JOVEL E, ISMAN M B. Effects of rosemary, thyme and lemongrass oils and their major constituents on detoxifying enzyme activity and insecticidal activity in *Trichoplusia ni* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2017, 140: 9-16.
- [61] 郭灿, 于二汝, 皮发娉, 等. 迷迭香精油微乳剂对茶树主要害虫及天敌的影响[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(9): 76-81.
- [62] MIREMAILLI S. Assessing the efficacy and persistence of rosemary oil as a miticide/insecticide for use on greenhouse tomato[D]. Tehran: The University of Tehran, 2001.
- [63] LABORDA R, MANZANO I, GAMÓN M, et al. Effects of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* essential oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) [J]. Industrial Crops and Products, 2013, 48: 106-110.
- [64] 程作慧, 刘耀华, 马新耀, 等. 迷迭香油和花椒油对朱砂叶螨的生物活性[J]. 昆虫学报, 2016, 59(1): 47-54.
- [65] 程作慧, 田永明, 樊芳芳, 等. 迷迭香精油对朱砂叶螨保护酶活性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(5): 129-135.
- [66] 潘岩, 白彤彤, 李慧, 等. 栽培地区、采收季节和株龄对迷迭香精油成分和抑菌活性的影响[J]. 植物学报, 2012, 47(6): 625-636.
- [67] ABADA M B, HAMDI S H, MASSEUD C, et al. Variations in chemotypes patterns of Tunisian *Rosmarinus officinalis* essential oils and applications for controlling the date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Pyralidae) [J]. South African Journal of Botany, 2020, 128: 18-27.
- [68] 蔡婷婷, 王雨芊, 高永茜, 等. 3种迷迭香挥发物组分对桃蚜及桃蚜茧蜂的趋性影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2023, 43(1): 194-199.
- [69] SCHONS B C, BRITO O D C, CECATTO JUNIOR R, et al. Rosemary extract formulated with hydrogel in the control of root-knot nematode and in the activation of defense mechanisms in tomato[J]. Horticultura Brasileira, 2022, 40: 107-114.
- [70] 吕建华, 林敏刚, 屠亚伟. α -蒎烯对杂拟谷盗成虫的控制作

- 用[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(12): 88-91.
- [71] KHOOBDEL M, AHSAEI S M, FARZANEH M. Insecticidal activity of polycaprolactone nanocapsules loaded with *Rosmarinus officinalis* essential oil in *Tribolium castaneum* (Herbst) [J]. Entomological research, 2017, 47(3): 175-184.
- [72] KIRAN S, PRAKASH B. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis* [J]. Industrial Crops and Products, 2015, 74: 817-823.
- [73] 李黎, 范泉水, 邱薇, 等. 迷迭香植物精油对白纹伊蚊的驱避作用及其化学成分[J]. 昆虫知识, 2010, 47(3): 533-537.
- [74] BENELLI G, PAVELA R, CIANFAGLIONE K, et al. Ascaridole-rich essential oil from marsh rosemary (*Ledum palustre*) growing in Poland exerts insecticidal activity on mosquitoes, moths and flies without serious effects on non-target organisms and human cells[J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 138: 111184.
- [75] 刘书彤. 迷迭香对油茶的去感作用研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2020.
- [76] 陈志远, 王柳洁, 陈嘉仪, 等. 石榴叶、迷迭香及其混合浸提液对白三叶种子萌发及幼苗生长的化感影响[C]//中国园艺学会石榴分会, 中国农产品市场协会, 中国农业国际合作促进会, 中国经济林协会. 中国石榴研究进展(四). 北京: 中国林业出版社, 2022: 273-281.
- [77] ALIPOUR M, SAHARKHIZ M J, NIAKOUSARI M, et al. Phytotoxicity of encapsulated essential oil of rosemary on germination and morphophysiological features of amaranth and radish seedlings[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 243: 131-139.
- [78] SAHARKHIZ M J, ASHIRI F, SALEHI M R, et al. Allelopathic potential of essential oils from *Carum copticum* L., *Cuminum cyminum* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Zataria multiflora* Boiss[J]. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 2009, 3(1): 32-35.
- [79] ALIPOUR M, SAHARKHIZ M J. Phytotoxic activity and variation in essential oil content and composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) during different phenological growth stages[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2016, 7: 271-278.
- [80] FRABBONI L, TARANTINO A, PETRUZZI F, et al. Bio-herbicide effects of oregano and rosemary essential oils on chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) crop in organic farming system[J]. Agronomy, 2019, 9(9): 475.

Research Progress on the Application of *Rosmarinus officinalis* L. in Plant Production

MA Danfeng, ZHU Zikang, WANG Yuwang, YANG Jinming, GU Shiyu, HUANG Zhiwei
(Faculty of Life Sciences and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223003, China)

Abstract: To promote the in-depth exploration of rosemary functions and the development and utilization of bioactive compounds, the review briefly introduced the application status of rosemary and its extracts in agricultural-related fields, and focuses on their latest research progress in the field of plant production, including their applications in the prevention and control of bacterial diseases, fungal diseases, viral diseases, and plant pests, as well as their effects on other plants, including allelopathy and weed control. In future studies, molecular biology, genetics, cell biology, and other technical means should be used to deeply reveal the molecular mechanisms of individual or combined compounds of rosemary that exert antibacterial and insecticidal effects. Priority should also be given to the impact of rosemary and its extracts on non-target objects and the agricultural ecological environment, such as changes in soil microbial communities.

Keywords: *Rosmarinus officinalis* L.; extracts; essential oil; plant protection; allelopathy

欢迎关注本刊微信公众号

