

黄粉虫的主要功能成分及其应用研究进展

朱琳, 王向誉, 聂磊, 王安皆, 张凤林, 施新琴, 娄齐年*

(山东省蚕业研究所, 山东省农业科学院特种经济动物与昆虫资源研究中心, 山东烟台 264002)

摘要 黄粉虫是一种珍贵的资源昆虫, 作为蛋白质饲料应用于养殖业具有悠久历史。黄粉虫主要成分有蛋白质、脂肪、壳聚糖、维生素和黄酮类化合物。对黄粉虫主要功能成分及其在饲料、食用、生物医药、环境保护、工业等领域的应用研究进展进行了综述。

关键词 黄粉虫; 环境昆虫; 功能成分; 应用

中图分类号 S899 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)03-0010-03

Research Progress on the Main Functional Components and Application of *Tenebrio molitor*

ZHU Lin, WANG Xiang-yu, NIE Lei et al (Sericultural Research Institute of Shandong Province, Special Economic Animal and Insect Resources Research Center of Shandong Academy of Agricultural Sciences, Yantai, Shandong 264002)

Abstract *Tenebrio molitor* is one kind of valuable resource insects. It has been used as a kind of protein feed in breeding industry for a long history. The main components of *Tenebrio molitor* included protein, fat, chitosan, vitamins and flavonoids. We reviewed the research progresses on the main functional components in *T. molitor* and its applications in feed, food, biological medicine, environmental protection, industry and other fields.

Key words *Tenebrio molitor*; Environmental insects; Functional components; Application

黄粉虫(*Tenebrio molitor* L)别名黄粉甲, 俗称面包虫, 隶属昆虫纲(Insect)鞘翅目(Coleopter)拟步甲科(Tenebrionide)粉甲属(*Tenebrionini*), 原产于南美洲, 20世纪50年代由原苏联传入我国, 本属于仓库和贮藏害虫, 但因其营养成分高, 营养含量居各类活体动物蛋白饲料之首, 所以被誉为蛋白质饲料宝库^[1]。

黄粉虫富含多种营养成分, 是一种珍贵的昆虫资源, 已在食品、保健品、医药和饲料等领域得到广泛应用。黄粉虫适应能力极强, 具有生存能力强、生长发育快、成本低等优点, 已成为当今世界上发展速度仅次于养蚕、养蜂业的养虫业之一。目前, 对黄粉虫的应用研究主要集中在对虫体和虫粪方面^[2]。黄粉虫虫体本身是极其丰富且宝贵的自然蛋白资源, 已着手开发食品系列(如黄粉虫饼干、面包和酸奶等)以及药用保健系列(如几丁质、虫油和氨基酸等)。黄粉虫在养殖过程中产生的虫粪也可用作有机肥料、食用菌栽培基质、化工原料和养殖材料等。笔者对黄粉虫主要功能成分及其应用的研究进展进行了综述, 并对黄粉虫的应用前景进行了展望。

1 黄粉虫的主要功能成分

1.1 蛋白质及氨基酸 黄粉虫蛋白质含量很高, 幼虫中蛋白质占干重的54.25%, 在蛹中占干重的58.7%, 在成虫中占干重的64.8%。黄粉虫蛋白质中含有17种氨基酸, 其中必需氨基酸含量占氨基酸总量的40%左右, 基本达到了联合国粮农组织/世界卫生组织的标准。黄粉虫氨基酸中胱氨酸和赖氨酸的含量较高, 其蛋白的必需氨基酸含量与其他含有优质蛋白质的大豆、瘦猪肉、瘦鸡肉、瘦牛肉等相近。因此, 黄粉虫蛋白是一种优良的全价蛋白^[3]。不同的季节和龄期会直接影响黄粉虫蛋白质含量, 蛹和越冬期幼虫中蛋白质含量

较低, 虫和生长期幼虫中蛋白质含量较高^[4]。

1.2 脂肪与脂肪酸 昆虫脂肪是一类宝贵的生物资源, 可以作为生产食用油、工业用油和生物柴油的原料。油脂中的多不饱和脂肪酸主要为必需脂肪酸, 包括亚油酸和亚麻酸, 是组成磷脂的重要成分, 对于胆固醇代谢极为重要, 也是合成前列腺素、血栓烷的原料, 还具有维持视觉、减少皮肤疾病的功能。必需脂肪酸是人体不可缺少且自身不能合成的, 必须通过外界补充。黄粉虫虫油含有丰富的不饱和脂肪酸, 占脂肪酸总量的80.7%, 必需脂肪酸含量占脂肪酸总量的34.0%, 其脂肪酸组成接近米糠油和芝麻油。黄粉虫虫油含有丰富的抗氧化剂(如维生素E), 稳定性好, 可作为优质油脂的新资源^[5]。不同季节和虫龄期的黄粉虫脂肪含量不同。蛹和越冬幼虫脂肪含量较高, 分别为30.4%和33.6%。成虫和生长期幼虫脂肪含量较低, 分别为19.25%和27.30%^[6]。

1.3 壳聚糖 壳聚糖是由几丁质脱乙酰得到的多糖, 广泛存在于甲壳类动物的外壳、昆虫的甲壳和真菌的胞壁中, 常被用于抑制肿瘤的生长、制作手术缝合线和人造皮肤等。壳聚糖具有良好的生物相容性、血液相容性、生物运转性及生物降解性, 这些优良性能受到了各行各业的广泛关注, 在食品、医药、生化和生物医学工程、化妆品、化工、金属提取及回收、水处理等领域的应用研究已取得了重大进展^[7]。杜开书^[8]研究了黄粉虫壳聚糖的提取及应用, 发现壳聚糖不仅对板栗的贮藏保鲜有显著效果, 而且对果汁有澄清作用且不会影响风味。此外, 黄粉虫甲壳素还可作为食品添加剂、防腐剂、水果保鲜剂等应用在食品行业。在黄粉虫养殖业中, 幼虫的蜕皮、蛹壳及老死成虫壳等均可提取壳聚糖, 既节省资源, 又能为黄粉虫的产业化提供一条降低成本的可靠之路^[9]。

1.4 维生素及矿物质 黄粉虫虫体中维生素A、B₁、B₂、C、D、E和核黄素的含量均较高; 维生素B₂、C、D含量高于牛羊

作者简介 朱琳(1987—), 女, 山东济南人, 助理研究员, 博士, 从事特种经济动物及昆虫研究。* 通讯作者, 研究员, 硕士, 从事特种经济动物及昆虫研究。

收稿日期 2017-10-20

肉和牛奶;维生素 B₂、C 含量超过菠菜和韭菜;维生素 D、E 含量分别为猪肉和牛肉的的 44 倍、32 倍。幼虫干粉中维生素 A 和 E 含量分别为 33.7 和 89.8 μg/kg。黄粉虫的粗灰分含量高于蚕蛹,接近豆饼。黄粉虫虫体各种无机盐的含量都很高,如钙、镁、铁、锰、锌和铜均为有机矿物元素,动物吸收消化好,是一种有益元素的“生物转化器”,将无机物转为人体的必需生物物质,并可定向、定量生产。

1.5 黄酮类化合物 除了以上几种主要成分外,有研究者发现黄粉虫中也能分离提取到黄酮类成分。汪璇等^[10]采用超声波水提法提取黄粉虫虫粉中的黄酮,结果发现当液料比 18.34:1、超声时间 30.06 min、浸提温度 58.43 °C、超声功率 380.62 W 时,黄酮提取率最高。将得到的黄酮粗提液通过 XDA-1 型大孔吸附树脂的分离吸附作用进行纯化,得到具有较高抗氧化性的成分,说明黄粉虫黄酮是一种天然有效的抗氧化剂,并且分离纯化的操作简单、安全、成本低,有较高应用价值^[11-12]。

2 黄粉虫的应用现状

2.1 黄粉虫原形食品 黄粉虫加工工艺中最简单的一种形式就是保持或基本保持虫体的原形加工,制作而成的食品即为黄粉虫原形食品。此外,还可以利用煎、炸、烤、蒸等方式将黄粉虫虫体制成日常菜肴,如利用幼虫制成的“汉虾”、虫蛹制成的“蛹宝”等^[13];也可将其磨粉、打浆、浸提等制成“汉虾粉”、黄粉虫虫浆、黄粉虫酒等产品^[14]。

2.2 食品添加剂 黄粉虫虫粉作为辅助配料添加到食品中可以提高其营养价值和口感。在饼干中加入黄粉虫虫粉,不仅能使食物更加味美可口,而且能使蛋白质含量增加 1 倍;将其加入酥糖或月饼中,可以制成特殊风味的“汉虾酥糖”和“汉虾月饼”等^[6]。在面食的加工中添加适量的黄粉虫蛋白乳,可制成营养丰富的面条^[15]、面包^[16]、无水清蛋糕^[17]等。此外,还可加工成蛋白饮料或者蛋白酸奶^[18]。黄粉虫蛋白酶解后有异亮氨酸、甘氨酸、脯氨酸和丙氨酸,它们的存在可使水解蛋白拥有特殊的甜味和鲜味,因此黄粉虫还可以加工成酱油、虫酱、补酒等^[19]。

2.3 宠物饲料 宠物养殖业是世界上发展较快的新兴产业。黄粉虫可以直接或烘制冷冻加工成动物饲料,用于饲养乌龟、鱼、蝎子等特种经济动物,通过食物链的传送,动物蛋白的经济价值会得到进一步提升。黄粉虫虫沙中含有 10% 的蛋白质,接近麦麸的粗蛋白含量,因此以其作为畜禽的粗饲料,不仅可以大大降低成本,而且还能提高养殖效益。刘利林等^[20]用黄粉虫虫沙饲喂绵羊,结果发现虫沙的适口性一般,在生产中使用时应循序渐进,由少到多,一段时间后黄粉虫虫沙就可以完全替代米糠、玉米麸皮等饲料,在绵羊生产中应用较为合适。王金塔等^[21]在文昌鸡日粮中添加虫沙,结果发现鸡的日增重显著提高。

2.4 保健品 陈荣等^[22]认为从黄粉虫中提取的蛋白质、油脂和几丁聚糖的营养价值与同类产品相比具有一定的优势,可广泛应用于药品、保健品及化妆品等领域。胡滨等^[23]利用超声波提取黄粉虫油,萃取率高,并且 48% 的小

鼠灌胃虫油的 LD₅₀ 大于 15 g/kg,证实黄粉虫油无毒性,可以作为保健品添加油。黄粉虫虫脂肪组成以不饱和脂肪酸为主,具有调节血脂和增强抗氧化功能的作用,可用于开发保健油类产品^[24]。

2.5 黄粉虫虫沙 黄粉虫养殖过程中产生的虫沙也是黄粉虫养殖效益中的重要部分。虫沙本身含有丰富的营养成分,许齐爱等^[25]研究表明虫沙中含有粗蛋白 24%、氮 3.37%、磷 1.04%、钾 1.4%,且含有锌、硼、锰、铁等多种微量元素。在储藏、运输及其使用的过程中,黄粉虫虫沙不会有任何异味和酸化及腐败产生,并且其表面还均匀地附着一层黄粉虫消化道分泌液形成的微膜,这种特殊的结构若作为土壤添加剂,能极大地提高土壤的肥力^[26]。熊晓莉等^[27]研究表明,黄粉虫虫沙具有微小的团粒结构,自然气孔率很高,以虫粪为原料,加入磷酸为活化剂,制备黄粉虫粪吸附剂,并用于亚甲基蓝模拟废水的处理。目前,黄粉虫虫沙主要的应用领域包括畜禽粗饲料、有机肥料、菌类生产的主要培养基原料、提取叶绿素、养殖材料等。

2.6 黄粉虫活性蛋白

2.6.1 黄粉虫纤溶蛋白。陈雅雄^[28]从黄粉虫体内通过匀浆浸提、盐析、阴离子交换和葡聚糖凝胶过滤等方法提取、分离并纯化出一种纤溶活性蛋白,其组分单一,相对分子量约 56.1 kD,并且有很好的纤溶效果。吴艳玲^[2]在此基础上进一步研究纤溶活性蛋白的酶学性质,并对其抗癌作用做了初步研究,结果表明黄粉虫纤溶活性蛋白对肿瘤细胞 A549 有较显著的抑制作用,对 H22 细胞的抑制作用不明显,说明其对于癌细胞具有选择性。与顺铂相比,其对抗癌效果很迅速,短时间就能达到较好的抑制肿瘤生长的效果,这是其他抗癌药物难以比拟的优势。张冰^[29]以小鼠为试验对象,采用皮下多点注射法进行免疫试验,结果发现黄粉虫纤溶活性蛋白具有与尿激酶相似的免疫原性,末次免疫后产生的抗体效价为 1:640,说明其具有一定的免疫原性,并且能够抑制角叉菜胶所致的小鼠尾部血栓的形成,能明显延长正常小鼠凝血酶时间,增强其组织型纤溶酶原激活剂(t-PA)的活性、抑制其组织型纤溶酶原激活剂抑制剂(PAI)的活性。这表明黄粉虫纤溶活性蛋白具有良好的体内抗血栓作用。

2.6.2 黄粉虫抗菌肽。昆虫体内抗菌肽是指其在受到某些物理刺激或被微生物感染后,引起免疫反应而产生一系列抗菌物质,其合成速度非常快,是机体理想的第一道防线。大多数的昆虫抗菌肽是一些有生物活性的小分子肽,生物学特性多样,相对分子质量均小于 1 000;功能具有多样性,如热稳定性、水溶性、强碱性和广谱抗菌等。抗菌肽的生物学功能主要有直接抗病原微生物活性和抗内毒素、免疫趋化活性、适应性免疫等免疫功能^[30]。黄粉虫抗菌肽可通过生物水解黄粉虫粉制备抗菌肽^[31],也可通过其他各种刺激使黄粉虫体内直接产生抗菌肽^[32]。刘影等^[33]用大肠杆菌和灭活大肠杆菌诱导黄粉虫产生抗菌肽,结果发现经大肠杆菌诱导的黄粉虫体内细菌含量低于国家规定标准,可用作养殖业的饲料添加剂。刘影等成功克隆了黄粉虫抗菌肽基因 *Tmecin*,

并发现其对某些细菌和真菌均有抑制作用,尤其是对金黄色葡萄球菌的抑菌效果最强,有望成为新一代的抗生素替代品。研究表明,黄粉虫抗菌肽对不同的植物病原真菌均有一定的抑制活性,对于培育植物抗病育种提供了新的抗原基因资源^[34]。周钢等^[35]利用灭活的沙门菌处理黄粉虫,将黄粉虫抗菌肽添加到肉蛋鸡饲料中,经对比发现不仅能维持鸡肠道内益生菌平衡,提高肉蛋鸡的免疫力,增强对外源感染病原的抵抗力,而且还可以提高鸡肉品质,在鸡肉中无残留,保障了人们的身体健康。

2.7 黄粉虫的生物降解功能 餐厨垃圾含水量高、易腐烂变质、有机质含量丰富且散发臭味,除对周围环境卫生造成严重影响外,还存在各种安全隐患。随着社会经济的快速发展和人们生活水平的不断提高,餐厨垃圾的产量与日俱增。因此,对其进行减量化、无害化、资源化处理的问题迫在眉睫。目前,利用环境昆虫的腐食性取食行为处理餐厨垃圾,是一条安全和经济可行的技术途径。黄粉虫幼虫食性杂、生命力强、转化率高,对生长环境质量要求低,在农业有机废弃物的转化过程中发挥着重要的作用,且目前黄粉虫已经实现了大规模工厂化生产方式,形成了完善的产业链结构。因此,利用黄粉虫处理餐厨垃圾是切实可行的^[36]。最近研究表明,黄粉虫可以利用 PS 塑料泡沫作为唯一食物,一部分在肠道内矿化,另一部分转化为自身需要的营养物质^[37-39]。张可等^[60]研究黄粉虫取食和消化降解聚乙烯(PE)塑料薄膜,结果表明黄粉虫降解塑料薄膜后的排泄物为黑褐色,燃烧时无刺激性气味,表明黄粉虫对其进行了彻底的消化降解。

3 展望

昆虫物种丰富、资源数量大,分布广泛,昆虫资源的产业化正以前所未有的速度向深度和广度不断拓展。以“资源经济学”的理论和观点为指导,推进昆虫资源的产业化,是 21 世纪昆虫学研究的热点和关键领域,逐渐形成的“经济昆虫资源学”是与“理论昆虫学与昆虫技术学”“植保昆虫学”并列的重要组成部分。黄粉虫是继家蚕、蜜蜂后又一个极可能被产业化开发的昆虫种类,目前国内关于黄粉虫的研究热点还是在其食用方面的应用,对其处理餐厨垃圾方面的研究在国内也慢慢起步,如山东临沂新营农生物技术股份有限公司(莒南县磐龙湖农业生态园)在利用黄粉虫等环境昆虫处理餐厨垃圾方面已经取得突破性进展,并逐渐在进行产业化推广。然而,黄粉虫在医疗、化妆、处理餐厨垃圾及聚乙烯等方面仍然需要继续深化基础和应用研究。

参考文献

[1] 李艳芳,伍爱萍,徐匆,等. 黄粉虫的应用现状及展望[J]. 安徽农业科学,2015,43(36):99-101.
 [2] 吴艳玲. 黄粉虫纤溶活性蛋白的酶学性质和抑癌作用研究[D]. 广州:广东工业大学,2011.
 [3] 赵大军. 黄粉虫的营养成分及食用价值[J]. 粮油食品科技,2000,8(2):41-42.
 [4] 刘玉升,王付彬,崔俊霞,等. 黄粉虫资源研究利用现状与进展[J]. 环境昆虫学报,2010,32(1):106-114.
 [5] 陈彤,陈重光. 黄粉虫养殖与利用[M]. 北京:金盾出版社,2006.
 [6] 赵大军,马勇,吕长鑫,等. 黄粉虫系列食品的开发应用研究[J]. 食品

工业科技,2006,27(9):167-170.
 [7] ŞENEL S, MCCLURE S J. Potential applications of chitosan in veterinary medicine[J]. Advanced drug delivery review,2004,56(10):1467-1480.
 [8] 杜开书. 黄粉虫壳聚糖的提取及应用研究[D]. 雅安:四川农业大学,2003.
 [9] 范素琴,陈鑫炳,王成忠. 黄粉虫甲壳素-壳聚糖在食品工业中应用[J]. 粮食与油脂,2009(12):43-45.
 [10] 汪璇,张建新,孙长江,等. 响应面法优化黄粉虫黄酮提取工艺[J]. 食品科学,2013,34(4):11-16.
 [11] 汪璇. 黄粉虫黄酮提取、分离及抗氧化性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
 [12] 汪璇,张建新,孙长江,等. 大孔吸附树脂分离黄粉虫黄酮及其抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报,2014,14(1):87-94.
 [13] 徐桂平,王承香,田洪霞. 食用昆虫的历史渊源与开发现状[J]. 潍坊高等职业教育,2012,8(1):62-64.
 [14] 朱峰,李玲. 黄粉虫开发与利用现状[J]. 中国林副特产,2009(3):95-97.
 [15] 刘世民,宋立,马勇,等. 黄粉虫蛋白面条加工技术探讨[J]. 粮油加工与食品机械,2004(1):51-52.
 [16] 崔蕊静,郑立红,周丽艳. 黄粉虫在面包生产中的运用[J]. 食品工业,1998(6):26-27.
 [17] 马勇,赵大军,宋立. 黄粉虫无水清蛋糕的研制[J]. 食品工业,2003(6):31-32.
 [18] 冯彦博,赵大军. 天然调味料——黄粉虫蛋白的开发与利用[J]. 中国调味品,2002(12):9-11.
 [19] 吴福中,林华峰,刘志红,等. 中国黄粉虫产品开发利用的现状及其对策[J]. 中国农学通报,2005,21(8):72-75.
 [20] 刘利林,王帅,赵金香. 黄粉虫粪常规养分分析及饲喂绵羊试验[J]. 饲料工业,2012,33(1):48-49.
 [21] 王金花,赵建国,王德化,等. 日粮中添加黄粉虫粪对文昌鸡生长性能的影响[J]. 农技服务,2013,30(1):53-54.
 [22] 陈荣,陈彤. 汉虹(黄粉虫)食品的研究[C]//第五届生物多样性保护与利用高新科学技术国际研讨会. 北京:中国生物多样性保护基金会,2005:179-182.
 [23] 胡滨,吕苏,陈一资,等. 超声波辅助提取黄粉虫油的工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂,2016,41(1):11-16.
 [24] 张建新,张立佳,王临宾,等. 黄粉虫油对高脂血症小鼠血脂水平及抗氧化能力的影响[J]. 食品科学,2011,32(5):263-266.
 [25] 许齐爱,彭伟录,李小玺,等. 经济昆虫黄粉虫与大麦虫研究进展[J]. 安徽农学通报,2008,14(21):158-160.
 [26] 黄正团,潘红平. 黄粉虫高效养殖技术一本通[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
 [27] 熊晓莉,李超,李宇. 黄粉虫粪基吸附剂的制备工艺优化及其吸附性能[J]. 环境工程学报,2016,10(11):6720-6726.
 [28] 陈雅雄. 黄粉虫活性蛋白的提取纯化及其作用性质研究[D]. 广州:广东工业大学,2010.
 [29] 张冰. 黄粉虫纤溶活性蛋白免疫原性与抗血栓作用的研究[D]. 广州:广东工业大学,2014.
 [30] 刘城,黎满香,卢帅,等. 抗菌肽研究进展[J]. 动物医学进展,2011,32(3):94-99.
 [31] 刘汉灵,潘扬昌,王孝英,等. 黄粉虫蛋白抗菌肽酶解工艺研究[J]. 食品科学,2009,30(15):156-159.
 [32] MOON H J, LEE S Y, KURATA S, et al. Purification and molecular cloning of cDNA for an inducible antibacterial protein from larvae of coleopteran *Tenebrio molitor*[J]. Journal of biochemistry,1994,116(1):53-58.
 [33] 刘影,姜玉新,李朝品. 黄粉虫抗菌肽 Tenecin 蛋白的纯化及其抑菌活性研究[J]. 医学分子生物学杂志,2011,8(6):512-515.
 [34] 谢咸升,董建臻,李静,等. 黄粉虫抗菌肽抑制植物病原真菌的适宜诱导处理[J]. 中国植保导刊,2011,31(6):16-20.
 [35] 周钢,申红,王俊刚,等. 灭活沙门菌处理黄粉虫抗菌肽的粗提及其抑菌活性测定[J]. 黑龙江畜牧兽医,2012(7):124-125,128.
 [36] 陈美玲,凌源智,黄儒强,等. 响应面法优化黄粉虫幼虫处理餐厨垃圾饲养条件的研究[J]. 环境工程学报,2015,9(5):2455-2461.
 [37] YANG Y, CHEN J W, WU W M, et al. Complete genome sequence of *Bacillus* sp. YP1, a polyethylene-degrading bacterium from waxworm, s gut[J]. Journal of biotechnology,2015,200:77-78.
 [38] YANG Y, YANG J, WU W M, et al. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 1. Chemical and physical characterization and isotopic tests[J]. Environmental science & technology, 2015,49(20):12080-12086.

2.1 营林措施 营林措施是长期有效控制油茶炭疽病的重要措施,主要包括:选择优良的抗性品种;合理的造林密度;加强油茶林抚育管理,及时清理林内老枝、病枝;及时更新老树等。其目标是改善、提高林内油茶树自身抵御病害的能力,以达到对油茶炭疽病长期预防的目的。适度整枝,保证林地透光、通风;烧毁感病苗木,及时清除病叶、病果,修剪病枯枝等,砍除发病率高且长势弱的植株。张常青^[8]研究表明,每年5—6月每隔10 d进行复查和摘除病果,连续3~4次,及时准确去除病果可以有效减少次年病菌来源。

2.2 化学防治 化学防治操作方便、效果快速显著,是目前油茶炭疽病防治采用最多的方法。陈绍红等^[3]研究14种杀菌剂对油茶炭疽病的防治效果,结果显示,叶斑净、宝宁和扑菌清的防治效果较好,并建议交替使用这3种杀菌剂,避免病原菌抗药性的产生。黄新华等^[9]研究表明,60%百菌通、75%百菌清、75%甲基托布津500倍液能有效防止油茶炭疽病的发生和流行,防治效果在75%~78%,同时使用上安全可靠。邓鑫州等^[10]使用1%波尔多液、50%多菌灵500倍液、75%百菌清600倍液、80%代森锰锌700倍液和70%甲基硫菌灵800倍液对油茶炭疽病进行防治效果试验。结果表明,1%波尔多液的防治效果达75%,且喷施后,药剂在叶片上的附着期长,防治效果最好。李昕^[11]测定了4种化学药剂对油茶炭疽病菌的室内毒力。结果表明,4种化学药剂对油茶炭疽病菌都有一定抑制效果,浓度不同呈现的抑菌效果也各有差异,效果最好的是多菌灵,效果最差的是代森锰锌。化学药剂防治病害在生产上起着重要作用,但长期使用化学药剂造成环境污染、危害人体健康、破坏生态平衡、增强病原耐药性等严重危害。加快低毒、低残留、高效农药品种的开发与研制,对减少环境污染以及病菌抗药性的产生具有重要意义。

2.3 生物防治 生物防治是指利用一种生物或者其代谢产物防治病害发生的方法。茶陵县林业科学研究所用大蒜液对油茶炭疽病进行防治试验,发现防治后油茶增产效果显著,防治区增产率达105%,而对照区则损失50%^[12]。曾大鹏等^[13]从油茶树皮上分离出一个能降低油茶果实发病的芽孢杆菌菌株系,经测定的10多种植物炭疽病的病菌中,杨树炭疽菌对油茶果实人工免疫性表现较好。王军等^[14]利用水杨酸溶液喷洒在油茶叶片进行系统性抗性和局部性抗性诱导。结果表明,诱导抗性效果最好的是浓度160 mg/L;通过系统性的诱导抗性减少病斑至47%;林间防效结果则达46%;运用水杨酸对油茶产生的局部性抗性的诱导一般可以持续23 d。研究表明,使用山苍子等处理油茶幼苗有枝叶强壮、无烂根枯叶、无炭疽病等现象;用1%波尔多液加上2%茶枯每14 d喷洒油茶林1次,连续4~5次,对油茶炭疽病的防治效果显著^[3,9]。李昕^[11]选用4种植物源药剂(博落回、茶枯、

苦楝、黄芩提取液)对油茶炭疽病菌进行室内毒力测定。结果表明,对油茶炭疽病菌抑制效果最好的是博落回,效果最差的是苦楝。使用油茶内生拮抗细菌Y13、多菌灵和植物源药剂博落回进行油茶炭疽病联合防治研究发现,仅用微生物源药剂和植物源药剂的组合防治效果要略低于有化学药剂参与的组合;效果最好的是依次使用微生物源药剂Y13与化学药剂多菌灵、植物源药剂博落回。使用生物源、植物源药剂,是保护环境、降低农药残留、保障农产品安全的重要保障。

3 展望

应加快优质抗炭疽病油茶新品种、品系的选育步伐;加强油茶林日常管理。油茶炭疽病发病机制复杂,选育抗病品种是防止油茶炭疽病大规模发生的最根本途径;而加强油茶林间日常管理,及时清理枯病枝、改善林间小气候,是防止炭疽病扩散蔓延的最根本保障。

应加强油茶炭疽病的预测预报。“预防为主,综合防治”是我国植保的八字方针,油茶炭疽病及时精准预测预报系统以及远程诊断系统可以有效降低人力、物力的浪费,提高病害防治的准确性和及时性。

科技是第一生产力,应加大植物源、生物源杀菌剂的研究开发力度。目前,我国对生物源、植物源杀菌剂的深入研究不够,其作用机理尚未有突破性进展,制剂加工的水平相对落后。筛选环境友好型植物源、生物源杀菌剂是防治油茶炭疽病、保障油茶品质安全的持久系统工程。

参考文献

- [1] 靳爱仙,周国英,李河.油茶炭疽病的研究现状、问题与方向[J].中国森林病虫,2009,28(2):27-31.
- [2] 何小慧.常见油茶有害生物防治技术[J].湖南林业,2009(2):28-29.
- [3] 陈绍红,孙思,王军.14种杀菌剂对油茶炭疽病的防治研究[J].广东林业技术,2007,23(2):42-45.
- [4] 庄瑞林,黄爱珠,董汝湘,等.油茶19个高产新品种的选育研究[J].林业科学研究,1992,5(6):619-627.
- [5] 肖元清,胡享荣,黄春元.衡阳市油茶优良单株抗病性研究[J].湖南林业科技,2005,32(3):36-38.
- [6] 符绮琼,欧阳凤.衡阳地区油茶优良单株抗病性研究[C]//第四届全国林病学术讨论会论文摘要集.西安:[出版者不详],1992:156.
- [7] 沈万芳.油茶炭疽病发生与林分和气候因素的关系及叶片结构抗病机理的研究[D].合肥:安徽农业大学,2008.
- [8] 张常青.普通油茶对炭疽病抗性的病理学研究[J].林业科学研究,1996,9(4):435-438.
- [9] 黄新华.百菌清等3种药剂防治油茶炭疽病药效试验[J].江西林业科技,2000(2):18-19.
- [10] 邓鑫州,黄连桂,邓荫伟.5种药剂对油茶炭疽病的防治效果研究[J].安徽农业科学,2011,39(16):9653-9654.
- [11] 李昕.油茶炭疽病生物农药与化学农药协同防治研究[D].长沙:中南林业科技大学,2015.
- [12] 茶陵县林科所.大蒜液防治油茶炭疽病试验[J].湖南林业科技,1976(4):26-27.
- [13] 曾大鹏,贺正兴,符绮群,等.油茶炭疽病生物防治的研究[J].林业科学,1987,23(2):144-150.
- [14] 王军,陈绍红,黄永芳,等.水杨酸诱导油茶抗炭疽病的研究[J].林业科学研究,2004,19(5):629-632.

(上接第12页)

[39] YANG Y, YANG J, WU W M, et al. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 2. Role of gut microorgan-

isms [J]. Environmental science & technology, 2015, 49(20): 12087-12093.

[40] 张可,胡芮芮,蔡琰敏,等.黄粉虫取食和消化降解PE塑料薄膜的研究[J].化学与生物工程,2017,34(4):47-49.