

中国家蝇资源化利用研究进展

王芳 朱芬 雷朝亮*

(湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室 华中农业大学植物科学技术学院 武汉 430070)

摘要 家蝇世代周期短、繁殖能力强,其幼虫营养丰富,含有多生物活性物质,是一种重要的昆虫资源。本文综述了我国家蝇在多个领域利用的研究现状,从食品、保健、环保、工业和农业等方面阐述了家蝇资源的价值,并展望了家蝇的产业化开发前景。

关键词 蛋白,抗菌肽,几丁质,医药

Recent advances in the utilization of the housefly as a food resource in China

WANG Fang ZHU Fen LEI Chao-Liang*

(Hubei Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management Key Laboratory, College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract Because of its short generation time and high fertility, the housefly (*Musca domestica* L.) is an important insect resource. Housefly larvae are rich in nutrition and many kinds of bioactive substances. This paper reviews various aspects of the utilization of housefly in China and describes the actual and potential value of the housefly to food production, health care, environmental protection, industry and agriculture. In addition, we anticipate prospects for industrializing the production of houseflies and housefly products.

Key words protein, antibacterial peptide, chitin, medicine

家蝇隶属昆虫纲(Insecta)、双翅目(Diptera)、环裂亚目(Cyclorrhapha)、蝇科(Muscidae)、家蝇属(*Musca*),属于完全变态昆虫,其生活史包括:卵、幼虫(蝇蛆)、蛹和成虫4个时期。家蝇具有世代周期短、繁殖能力强、食物来源丰富和耐高密度养殖等特点,家蝇的利用价值主要在于其幼虫——蝇蛆,蝇蛆含有丰富蛋白质、氨基酸、脂肪酸、几丁质(甲壳素)、维生素、矿物元素和抗菌肽等多种活性物质(吴青华等,2006),因此,家蝇是一种非常重要的昆虫资源。

20世纪80年代初,北京、天津等地开展了利用鸡粪饲养家蝇及蝇蛆饲喂家禽的效果试验,以此拉开了我国家蝇资源化研究与应用的序幕,随后众多专家学者从多方面进行了家蝇养殖和开发的研究。掌握了家蝇的产卵节律及条件(雷朝亮等,1992;鲁汉平和钟昌珍,1993;姜勇等,1999b;

Jiang *et al.*, 2002;姜勇等,2003)、成蝇营养及其转化模式(雷朝亮等,1999)、环境因子的影响规律(雷朝亮等,1993;鲁汉平和钟昌珍,1995)、矿物营养的最优化和多种添加剂的营养效应等(蒋红云,1999;张君运等,1999a,1999b),为蝇蛆工厂化生产提供了科学的技术参数;在前述基础研究的保证下,研制出了多种蝇蛆产品,并对其营养价值、生物学效应、产品质量、毒性等进行了详细的研究;证明了家蝇在食品、医药和保健等方面的价值。

1 作为动物蛋白

蝇蛆营养成分全面,蛋白含量极高,可作为理想的动物蛋白源(马惠钦和裴素俭,1999)。鲜蛆和蛆粉的蛋白含量分别为15.62%和60.88%,均与鲜鱼、鱼粉及肉骨粉相近或略高。必需氨基酸

* 通讯作者, E-mail: ioir@mail.hzau.edu.cn

所占比率是评价蛋白质营养价值的重要指标,世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)提出的蛋白参考模式为必需氨基酸含量在40%以上。对蝇蛆的氨基酸组分进行分析,鲜蛆和蛆粉的必需氨基酸比率分别为44.09%和43.83%,均超过WHO和FAO的标准(40%),远高于鱼粉的33.61%。蛆粉中每一种氨基酸的含量均高于鱼粉,必需氨基酸总量是鱼粉的2.3倍,其中苯丙氨酸、蛋氨酸和赖氨酸的含量,分别是鱼粉的2.9倍、2.7倍和2.6倍(王达瑞等,1991)。

1.1 食用蛋白

蝇蛆是一种优质的蛋白食品,其蛋白质含量高,氨基酸组成合理,蛋白纤维少,易于消化吸收,所含脂肪酸与鱼油相似,还含有人类所必需的其它营养成分,各项营养指标均高于猪肉、鸡肉等蛋白类食物。直接食用蝇蛆古今中外均有先例,在四大名著之一《红楼梦》中,蝇蛆被称之为“肉笋”作为佳肴入宴;我国江浙地区的“八珍糕”就是以蛆粉混合面粉制成的贡糕;广东部分地方以肉类养蛆,待成熟洗净后加调料油炒食用,俗称“炒肉芽”;拥有昆虫食品之乡的墨西哥用“蝇卵”烹制成的“鱼子酱”味美香浓,十分名贵;在法国巴黎的“昆虫餐厅”里可吃到“油炸苍蝇”(刘振江,2005;刘彬,2006)。1996年10月在武汉召开的全国昆虫资源产业化发展研讨会上,华中农业大学昆虫资源研究所用一场昆虫宴款待了来自全国各地的昆虫学家,宴会以蝇蛆糕点和面包为主食,以蝇蛆饮品水仙子活性营养酒和水仙子活性营养饮料为酒水,配以椒盐蝇蛹、玉笋麻果、干煸玉笋、元宝蝇蛆以及其它可食用昆虫烹调的昆虫菜,令与会专家学者大开眼界、大饱口福(王明福和薛万琦,2003)。

1.2 饲用蛋白

鲜蛆可直接作为饵料,用于畜禽、鱼类和其它特种养殖的活饵料。鲜蛆能在水中存活较长时间,以鲜蛆作为水产动物鲜活饵料的饲养效果很好。鲜蛆饲喂稚鳖的效果实验表明:在一个月的饲养期内,喂鲜蛆的稚鳖平均每只增重4.53 g,平均增重率为160.27%;喂熟鸡蛋黄的对比组稚鳖平均每只增重1.2 g,平均增重率为42.61%;此外,以鲜蛆喂稚鳖的生长发育更加整齐(周永富等,1997)。用鲜蛆饲喂对虾则可以显著提高对虾

的抗杆状病毒感染能力,激活对虾的酚氧化酶系统(王妮等,2002)。鲜蛆喂蛋鸡在110 d的试验期内,实验组产蛋数比对照组多322枚,增重23.3 kg,产蛋率提高10.1%,每公斤蛋耗料减少0.44 kg,平均每1.4 kg鲜蛆可增产1 kg鸡蛋。此外,在饲料中添加适量鲜蛆对罗曼褐壳蛋鸡具有免疫调节作用(郎书源等,2004)。

目前,最常用的蛋白饲料为秘鲁鱼粉,大量的饲养测试表明用蝇蛆粉代替秘鲁鱼粉具有良好的效果。用干蛆粉取代秘鲁鱼粉喂养一龄草鱼的结果表明:经过35 d的对比饲养,蛆粉组增重92.5%,鱼粉组增重71.7%;蛆粉组蛋白质效率为52.73%,比鱼粉组的36.29%高16.4%;蛆粉组饵料系数为1.65,比鱼粉组的2.11低0.46(黄自占等,1988)。在基础日粮中分别添加秘鲁鱼粉或蝇蛆粉25 g饲喂小猪,60 d后的试验结果表明:蛆粉组比鱼粉组平均增重7.2%,饲养成本则降低了13.2%;以同样的方法对大猪进行饲养试验,一个月后的结果显示:添加蝇蛆粉组的大猪增重是对照组的6倍(黄自占等,1984)。用蛆粉代替等量鱼粉饲养43日龄仔鸡,35 d饲养后的结果显示:蛆粉组的增重率比对照组高7.93%,饲料报酬高0.53%(王芳等,2010)。

2 用于医药保健

蝇蛆含有大量具有医用价值的活性物质。1982年的国际生命科学讨论会上,东京大学名取俊二教授发表了从家蝇分泌物中提取一种具有强大杀菌作用的“抗菌活性蛋白”的报告,产生了巨大的轰动并引发了一场家蝇抗菌肽的研究热潮。目前已证明家蝇抗菌肽对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、枯草芽胞杆菌、痢疾杆菌、肺炎克氏菌、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌等细菌均有抑制作用(郭海萍等,2006);此外,家蝇抗菌肽还能有效抑制人胃癌细胞MGC80-3和BGC-823、人肺癌细胞SPC-A-1、人乳腺癌细胞MCF-7、黑色素瘤A375细胞、肝癌SMMC-7721细胞以及白血病细胞K562的体外增殖(邱晓燕等,2003;文彩虹等,2004;曹小红等,2006;贺莉芳等,2006);家蝇幼虫组织匀浆液对流感病毒的抑制率为72.41%,对乙型肝炎病毒表面抗原的破坏率达到87.5%(王芙蓉等,2006);家蝇抗菌肽还可杀伤人畜共患弓形虫病的弓形虫速殖子(赵瑞君等,2005)。家

蝇抗菌肽除具有非特异性的抗细菌、真菌、病毒等病原体作用外,还有抗肿瘤和癌细胞的作用,因此,又被称为肽抗生素。由于其广谱抗菌性,特别是对多重耐药菌和肿瘤及癌细胞具有杀伤作用,且不破坏机体正常细胞等特性,有望成为抗菌、抗肿瘤和癌症的良好药物,并将给临床医学和临床药理学领域带来革命性的改变。

家蝇凝集素是一类分子量较大具有多种功能的活性物质,对大肠埃希菌、枯草芽胞杆菌和伤寒沙门菌等有抑制作用(赵飞,2007),此外,家蝇凝集素能使动物体内干扰素和肿瘤破坏因子活化,因而具有抑制肿瘤和杀灭癌细胞的作用,研究表明,家蝇幼虫凝集素对人乳腺癌(MCF-7)细胞的生长具有明显的抑制作用(曹小红等,2009)。

家蝇的表皮中含有一种重要的化学物质——几丁质(又称甲壳素),经脱乙酰化后形成几丁糖(又称壳聚糖)。几丁糖具有抑菌、抗癌、促进组织修复、护肝、调节免疫力、降血脂和胆固醇、抗溃疡、改善肠胃功能和抗突变等多种功能(雷朝亮等,1997;韦新葵和雷朝亮,2004;黄文等,2005)。此外,几丁糖还可作为医用纤维和膜、药物载体、凝血剂和抗凝血剂、眼科材料、液体处理剂、食品添加剂、食品抑菌剂等(何凤琴,2006)。据报道,在常规奶制品中添加 10 ~ 50 g/kg 几丁糖或其衍生物制成的功能性奶制品能保持原有口感和风味,为人体补充特殊营养,还能促进胎儿、婴幼儿和儿童生长,保护中老年胃肠功能,调节血脂、血糖和血压,清除体内重金属和放射性物质(毛先明,2001)。

蝇蛆脂肪含量和质量高,对蝇蛆油进行分析发现:其中含有 20 余种脂肪酸,不饱和脂肪酸占 64.5%,包括油酸、亚油酸和亚麻酸等,还发现含有十五碳酸和十七碳酸等不多见的奇数碳原子脂肪酸,其中人体必需的亚油酸和亚麻酸含量超过鱼脂而与花生油脂相近(牛长缨等,1999)。据报道,蝇蛆脂肪可用于防治心血管疾病和创伤、烧伤等;除此之外,家蝇体内含有的 2% ~ 4% 的磷脂,可用于降血脂、防治心血管疾病等(李颖和王红育,2009)。

蝇蛆体内含有众多活性物质,可对其有效成分进行提取生产出保健品。以蝇蛆为原料提取的蝇蛆蛋白必需氨基酸配比合理,蛋白质效价为 2.67,表观消化率为 84.40%,生物价为 78.68%,

净蛋白利用率为 66.29%,蝇蛆蛋白粉被动物摄取后在动物体内的吸收程度比蛆粉及酪蛋白高(李广宏等,1997)。蝇蛆粉经酸解或酶解等多道工序制备而成的蝇蛆复合氨基酸能显著提高机体的免疫力和耐力,食物利用率和体重均有所增加(李克斌等,1999)。以蝇蛆血淋巴为原料,经一系列工艺将蛋白质、B 族维生素及多种微量元素进行富集而得的抗菌营养活性粉能增强细胞活力、保持皮肤光泽、防止色素沉积、延缓衰老、增强免疫力、抗疲劳、抗突变、抗辐射和护肝等作用显著(刘彬等,2007;Wang *et al.*, 2007;Ai *et al.*, 2008)。以蛆壳为原料,经脱乙酰化等多道工序制成的几丁糖能增强体液免疫能力、提高巨噬细胞吞噬功能、激活 NK 细胞,并具有降血脂、降胆固醇、抗突变和促进小肠运动等功能(雷朝亮等,1998)。

以蝇蛆血淋巴、复合氨基酸、抗菌营养活性粉或蝇蛆几丁糖为原料,力诺健之素、力诺活力素、水仙子活性营养酒、水仙子活性营养饮料、蝇蛆几丁低聚糖咀嚼片、蝇蛆营养保健果冻、蝇蛆蛋白水解物固体饮料和蝇蛆蛋白饮料等产品均被研制出来(石爱民,2003;黄文等,2006;张洁,2007;张克田等,2008)。其中力诺健之素和力诺活力素是以蝇蛆血淋巴和蝇蛆几丁糖为原料的产品。力诺健之素具有:营养优质均衡,微量元素丰富、含量高,维生素 B1、B2 含量高,含有特殊的活性物质等特点;较大范围实验显示:力诺健之素对机体功能衰退的老人,呕吐、腹泻、厌食、肠胃不适等消化不良者,肺结核、白血病、糖尿病、癌症、肝炎、甲亢、发热等消耗性疾病患者,婴幼儿,孕期、哺乳期妇女以及青春期营养不良者等均具有较好的营养保健和辅助治疗作用(任国栋和石爱民,2002)。研究表明:力诺活力素具有多种免疫调节功能,能使小鼠胸腺/脏体比和脾脏/脏体比增高,使体液免疫,细胞免疫,单核-巨噬细胞功能和 NK 细胞活性增强;此外,力诺活力素还具有抗突变、调节血脂、改善肠胃功能等作用,临床试验表明:力诺活力素能通过激活维持免疫功能的淋巴细胞,增强人体免疫功能,抑制肿瘤,提高机体抗突变能力,清洁肠胃,改善肠胃功能,促进肠内有益菌群增殖,清洁血管,吸附受污染而蓄积体内的重金属、废气等有害物质并排出体外,降低胆固醇,降脂降压,预防恶性疾患的发生,预防心血管疾病以及减肥等作用(雷朝亮等,1999)。

3 用于净化环境

我国禽畜养殖业的污染问题日趋严重,国家环保总局提出,解决禽畜养殖业污染的根本在于发展生态循环性养殖业。运用生态学原理,构建腐生生物链是解决上述问题最科学合理的途径。蝇蛆属于腐食性昆虫,是大自然的天然清洁工,而本身又是一种高品质动物饲料。因此,利用禽畜粪便饲养蝇蛆,再将蝇蛆作为饲料喂养禽畜可形成生态农业,并产生循环经济效益。

在整个取食期,蝇蛆能够消耗相当于其最后体重 10 倍的食物,其消化道长度是体长的 7 倍。30℃ 时,大约 20 min 后蝇蛆即可将消化过的食物排出,蝇蛆处理畜禽粪便的速度是自然条件下微生物处理速度的 30 ~ 50 倍。新鲜猪粪经蝇蛆处理后,总能量下降 41.58%,总重量减少 53.04%,干物质减少 31.14%;猪粪不再具有恶臭味,粪臭素(3-甲基吲哚)、化学需氧量和生化需氧量分别减少 92.8%、54.2% 和 75.3%;处理后的蛆粪中粪大肠杆菌减少 99.96%,猪蛔虫卵发育率和发育至感染期虫卵率均有显著下降(徐大刚等,2005;白林等,2007)。

另外,许多食品加工企业中所产生的工业废料,如酒糟、过期变质食品,及其生活垃圾、屠宰场下脚料和动物尸体等都能被蝇蛆利用,并能有效地减轻这些工业、农业和生活废料对环境所造成的压力,比采用微生物技术处理更具优越性。

4 作为工业原料

几丁质在化工、农业、医药、食品、化妆品、环保、印染、造纸以及酶固定化载体等方面具有广泛的用途,被国内外科学界、医学界、企业界所重视。

目前几丁质的生产原料主要是虾蟹壳,而所用虾蟹壳原料 80% 是从冷藏加工厂收购的,仅占可利用虾蟹壳原料的 20% 左右,几丁质的生产原料呈现相对不足的状态;同时以虾蟹壳为原料会受到不同产地、季节和采收时间等的影响,使得几丁质的品质和理化性质不稳定,工厂化大规模养殖蝇蛆的成本较低,为提取几丁质提供了充足稳定的廉价原料(张廷军,1999)。此外,虾蟹壳中含有大量的石灰质及蜡质,几丁质含量仅为 4% ~ 6%,生产工艺复杂,成本较高;而蝇蛆(蛹)石灰质及蜡质含量相对较低,且几丁质含量高,经测定家

蝇蛹壳中几丁质的含量高达 54.8%,因此利用蝇蛆(蛹)提取几丁质的生产工艺简单,成本较低。将成熟的蝇蛆(蛹)处死后,经离心分离,外壳用于几丁质的提取,鲜浆用于蛋白质的提取,可充分利用蝇蛆资源,降低成本,为实现蝇蛆产业化创造条件(李颖和王红育,2009)。据报道,蛆壳中几丁质含量高达 85% 以上,1 吨蛆干可提取蝇蛆蛋白粉 500 kg、蝇蛆脂肪 250 kg 和蛆壳 70 kg,蛆壳经清洗、脱钙、碱浸、漂白、脱乙酰基和干燥等工序后,几丁质提取率可达 85% ~ 90%(亢霞生,2002)。

5 用于农业领域

蝇蛆几丁糖是一种天然的保鲜剂,具有一定的成膜性,该膜对 O_2 、 CO_2 、 C_2H_2 具有一定的选择渗透作用,加上其广谱的抑菌特性,因此可广泛地应用于果蔬等农产品的保鲜(孟庆忠和刘志恒,2001)。国内众多学者利用几丁糖涂膜对多种切花和果蔬保鲜效果的研究发现,用此方法在一定程度上能够延缓衰老,减少腐烂,延长贮藏期(姜勇等,1999a;沈东风和贾之慎,2000;张明春和任云霞,2001;王佳璐等,2005)。此外,蝇蛆几丁糖还可以用作种子处理剂、液体土壤改良剂和杀线虫剂等。

蝇蛆体内含有抗菌肽、凝集素、几丁质、溶菌酶和尿囊素等众多抗菌活性物质,可广泛的用于植物病虫害的防治,以生产有机农产品。研究显示,蝇蛆血淋巴对水稻白叶枯病菌、大白菜软腐病菌、番茄溃疡病菌、花生青枯病菌、白色念球菌、白僵菌等病菌具有抑制作用,蝇蛆分泌物对棉花立枯病等 11 种病菌具有抑制效果(雷朝亮,1999)。蝇蛆几丁糖对金黄色葡萄球菌、肠产毒性大肠杆菌、柑桔溃疡病菌等细菌,以及立枯丝核菌等 38 种植物病原真菌具有抑制作用(赖凡等,1998,1999;韦新葵和雷朝亮,2004;杨军等,2005;毕庆文等,2007)。

畜禽粪便经蝇蛆处理后进行蛆粪分离,蝇蛆可作为饲用蛋白,剩余的蛆粪蓬松、无臭味、不再招引蝇类,是优良的生物有机肥料,可作为有机肥直接应用于农业或花卉等生产行业。蛆粪肥效长、无臭味、土壤改良效果明显,能克服连作障碍,使土壤摆脱使用化肥带来的板结、团粒结构退化和防止土壤酸化等问题,提高了土壤肥力;施用蛆粪的作物具有生长健壮、根系发达、发病少、落花

果少,产量增加,果实品质优良、货架期延长等优点(何凤琴,2006)。蛆粪对晚熟椪柑品质影响实验显示:蛆粪组的维生素 C 含量比普通农家肥组高 10.07%,含糖量比普通农家肥组高 5.50%,有机酸量酸度比普通农家肥组低 0.96(陈秋汝等,2010)。蛆粪配制穴盘育苗基质的研究表明:通用基质中添加适量的蛆粪可显著提高黄瓜、西瓜和番茄幼苗的株高、株干重、根长、根体积、根鲜重、根干重、茎粗、茎叶重、茎干重和壮苗指数等(唐金陵和张文佳,2007)。此外,蛆粪中含有大量的蝇蛆分泌物具有抗病抑菌的效果,苦瓜盆栽实验显示:施用蛆粪或蛆粪浸提液后,苦瓜枯萎病的病株率仅为对照组的 37% 和 31.1%,蛆粪浸提液对病原菌菌丝生长的抑制率高达 80.9%(解开治等,2007)。

抗生素的应用对畜牧水产养殖业病原菌感染性疾病的预防和治疗产生了革命性飞跃,已成为人们对抗病原菌感染的强有力武器。但是随着抗生素的大量使用,病原菌的抗药性迅速提高,抗感染治疗已陷入耐药菌危机之中,病原菌的耐药性又成为了困扰我国养殖业的问题。此外,抗生素的大量使用严重破坏了动物肠道的微生物平衡,并易在动物体内残留,严重影响了畜产品的品质和人类的健康。家蝇抗菌肽能使肉鸡饲料转化率提高 3.64%,成活率提高 10%;并能有效降低仔猪黄痢和白痢的发生率,显著提高仔猪的成活率(曲琪环等,2006)。湖南农业大学研制的家蝇抗菌肽凝胶剂临床疗效显示:用家蝇抗菌肽凝胶剂对临床型乳腺炎和隐性乳腺炎进行治疗,有效率分别达 85% 和 94%,治愈率分别达 60% 和 90%(邹峰,2007)。家蝇抗菌肽药剂和家蝇抗菌肽饲料添加剂的应用无疑将会为养殖业带来一场新的革命。

6 用于其它领域

家蝇对农药具有极强的敏感性,以家蝇接触检测蔬菜的致死程度可判断蔬菜食品中含毒量的高低。中国农业大学和中国农科院研究出了一种利用家蝇检测蔬菜农药残留的新方法,此方法在北京市郊蔬菜基地实际使用证明:具有简易、快速、可靠等特点(孙阳等,2000)。

家蝇可取食花蜜,具有特殊的传粉作用,能大大提高作物的产量和植物的繁殖能力。家蝇代替

人工授粉技术在大白菜育种中的应用显示:家蝇授粉和人工授粉在效果上无显著差异,家蝇授粉的效率是人工授粉的 3 ~ 5 倍,并能消除人工授粉造成的误差(李梅荣,1993)。

蝇蛆可以为法医鉴定提供参考,利用蝇蛆在不同条件下的生长状况、龄期大小等特点可判断受害者的死亡时间或死亡期限。

7 小结与展望

随着世界经济的高速发展,蛋白资源不足已成为当今世界急待解决的问题。我国蛋白资源短缺状况尤其严重,目前我国动物蛋白消费水平仅为发达国家的 1/2,略低于第三世界国家的平均水平,饲用蛋白资源更加缺乏。据中国饲料工作办公室预测,2015 年我国蛋白饲料供需缺口为 2 520 万吨(沈兆奎和查龙应,2006)。目前,我国饲料业发展的战略性措施之一就是要以开发蛋白饲料的生产及高效利用技术为重点,大力开发非常规饲料。因此,寻求蛋白资源为畜牧业提供充足饲用蛋白已成为摆在我们面前的一项迫切任务。蝇蛆蛋白含量高、繁殖能力强、饲料来源丰富、养殖设备简单,适于大规模工厂化养殖,可作为优良的蛋白资源。此外,蝇蛆体内含有抗菌肽等多种活性物质,可减少抗生素的使用量及降低抗生素使用带来的负面影响,成为新世纪生物医药开发的先导。

随着养殖业集约化程度的提高,高效养殖业造成的环境污染问题越来越受到人们的重视。一方面,大量粪污难以就地消纳,堆积使得未被消化的有机物、微量矿质元素、药物及添加剂等变成有害物质,严重污染环境。另一方面,添加剂及药物的广泛使用,使得粪污成分种类繁多,其中的重金属最令人担心。通过营养途径可在一定范围内减少禽畜粪污的排出量及有机污染物的含量,但不能从根本上解决其污染问题,因此粪污的处理势在必行。利用蝇蛆转化粪便不仅可以大大的降低污染,还可以利用蝇蛆作为饲料形成禽畜养殖的循环经济,同时使禽畜粪便变成了再次利用资源,用于蝇蛆养殖和生物有机肥的生产。利用蝇蛆转化粪便不但净化了环境,形成了环保型养殖,还开辟了新的蛋白质资源,推动了养殖业的发展,促进了农业的生态循环。

家蝇资源产业化主要有两个开发方向:第一,

利用麦麸等饲养蝇蛆,将蝇蛆应用于食品、医药和保健品等领域;第二,利用蝇蛆处理畜禽粪便、工业废料、生活垃圾、屠宰场下脚料和动物尸体等,解决环境污染问题,蝇蛆用于几丁质等工业原料的提取或作为饲用蛋白用于养殖业,蛆粪则作为有机肥用于种植业,以此形成循环经济。

目前,蝇蛆养殖产业已陆续出现,但其发展潜力还远远未被挖掘,在未来家蝇产业化发展过程中,应大大提高机械化程度,对所有养殖环节进行标准化和量化,以达到大规模工厂程序化生产的要求。根据家蝇的生物学特性及其发展潜力,家蝇完全可以形成一个全新的产业,在不久的将来,家蝇必将成为继家蚕和蜜蜂之后的第三大昆虫养殖业。

参考文献 (References)

- Ai H, Wang FR, Yang QS, Zhu F, Lei CL, 2008. Preparation and biological activities of chitosan from the larvae of housefly, *Musca domestica*. *Carbohydr. Polym.*, 72 (3): 419 – 423.
- Jiang Y, Lei CL, Niu CY, Fang YL, Xiao C, Zhang ZN, 2002. Semiochemicals from ovaries of gravid females attract ovipositing female houseflies, *Musca domestica*. *J. Insect Physiol.*, 48: 945 – 950.
- Wang FR, Ai H, Chen XM, Lei CL, 2007. Hepatoprotective effect of a protein-enriched fraction from the maggots (*Musca domestica*) against CCl₄-induced hepatic damage in rats. *Biotechnol. Lett.*, 29(6): 853 – 858.
- 白林,李学伟,张林,王亚超,顾勇,2007. 家蝇幼虫处理猪粪的营养物质和能量转化规律研究. 中国畜牧杂志,43 (23):59 – 62.
- 毕庆文,陈晓敏,王豹祥,汪健,雷朝亮,王海明,2007. 蝇蛆低聚几丁糖对烟草赤星病菌的毒力测定. 华中农业大学学报,26(6):785 – 787.
- 曹小红,霍哲,王春玲,鲁梅芳,2009. 家蝇幼虫凝集素的分离纯化及其抑制 MCF-7 细胞活性的研究. 天津科技大学学报,24(2):1 – 4.
- 曹小红,周强,王春玲,2006. 工程蝇蛆体内活性物质体外抗肿瘤作用的研究. 中国食品学报,6(1):316 – 319.
- 陈秋汝,黄根思,杜林,2010. 蝇蛆粪对晚熟椪柑品质影响的研究. 现代园艺,2:5 – 6.
- 郭海萍,林媛,莫秀英,林灿光,林淑芳,2006. 家蝇免疫血淋巴的抑菌作用及其免疫活性的研究. 热带医学杂志,6(4):385 – 387.
- 何凤琴,2006. 蝇蛆养殖与利用技术. 北京:金盾出版社. 70 – 111.
- 贺莉芳,万启惠,刘晖,张曦,2006. 家蝇幼虫抗菌蛋白诱导黑色素瘤 A375 细胞凋亡的探讨. 中国媒介生物学及控制杂志,17(1):20 – 22.
- 黄文,刘彬,易湘,周兴苗,雷朝亮,2006. 蝇蛆几丁低聚糖咀嚼片的加工工艺及降血脂功能研究. 食品科学,27 (2):244 – 247.
- 黄文,周兴苗,张长禹,雷朝亮,2005. 蝇蛆几丁低聚糖咀嚼片的调节血脂作用. 昆虫学报,42(2):314 – 318.
- 黄自占,陆达元,张乃仲,1988. 蝇蛆养殖与利用. 医学动物防制,4(3):93 – 110.
- 黄自占,张乃仲,陆达元,1984. 开发蛋白质饲料新来源——人工养殖蝇蛆. 饲料研究,3:17 – 21.
- 姜勇,雷朝亮,程林丽,1999a. 蝇蛆几丁糖对几种切花的保鲜作用. 华中农业大学学报,29(增刊):96 – 99.
- 姜勇,雷朝亮,牛长缨,方宇凌,肖春,张钟宁,2003. 家蝇卵巢中的信息化学物质引诱雌蝇产卵的研究. 昆虫知识,40(2):150 – 153.
- 姜勇,雷朝亮,宗良炳,钟昌珍,1999b. 家蝇产卵聚集信息素的初步研究. 华中农业大学学报,29(增刊):38 – 42.
- 蒋红云,周兴苗,宗良炳,雷朝亮,1999. 饲料添加剂对家蝇成虫营养效应的初步研究. 华中农业大学学报,29(增刊):50 – 55.
- 亢霞生,2002. 蝇蛆高效养殖技术. 南宁:广西科技出版社. 110 – 120.
- 赖凡,雷朝亮,牛长缨,钟昌珍,姜勇,1999. 蝇蛆几丁糖对几种细菌抑制作用的研究. 湖北农学院学报,19(4):327 – 329.
- 赖凡,雷朝亮,钟昌珍,1998. 蝇蛆几丁糖对几种植物病原真菌的抑制作用. 华中农业大学学报,17(2):122 – 125.
- 郎书源,国果,洪牧,王惠群,吴建伟,2004. 人工繁育蝇蛆对鸡免疫应答功能的影响. 贵阳医学院学报,29(4):287 – 289.
- 雷朝亮,1999. 家蝇的利用研究. 武汉:武汉大学出版社. 124 – 226.
- 雷朝亮,钟昌珍,宗良炳,姜勇,牛长缨,宋春满,1998. 蝇蛆几丁糖保健功能的评价. 华中农业大学学报,17 (2):117 – 121.
- 雷朝亮,钟昌珍,宗良炳,赖凡,牛长缨,1997. 蝇蛆几丁糖的免疫调节作用研究. 华中农业大学学报,16(3):259 – 262.
- 雷朝亮,钟昌珍,宗良炳,刘涛玉,1992. 家蝇产卵节律的初步研究. 动物学研究,13(2):116,122.
- 雷朝亮,钟昌珍,宗良炳,鲁汉平,苏炳华,1993. 食物不同含水量对家蝇生长发育的影响. 华中农业大学学报,

- 12(4):339-342.
- 雷朝亮,周兴苗,周国良,吴国华,1999. 温度与营养对家蝇生殖力的影响. 华中农业大学学报, 29(增刊):35-37.
- 李广宏,钟昌珍,宗良炳,雷朝亮,鲁汉平,1997. 蝇蛆蛋白粉的营养评价. 昆虫知识, 34(6):347-349.
- 李克斌,牛长缨,雷朝亮,1999. 家蝇幼虫复合氨基酸营养液的动物实验研究. 华中农业大学学报, 29(增刊):71-74.
- 李梅荣,1993. 家蝇代替人工授粉技术在大白菜育种中的应用. 甘肃农业科技, 7:26.
- 李学伟,张林,王亚超,顾勇,2007. 家蝇幼虫处理猪粪的营养物质和能量转化规律研究. 中国畜牧杂志, 43(23):59-62.
- 李颖,王红育,2009. 家蝇及其幼虫的营养价值与开发利用. 中国食物与营养, 11:24-26.
- 刘彬,2006. 家蝇幼虫提取物的抗辐射功能研究. 硕士学位论文. 武汉:华中农业大学.
- 刘彬,张克田,沈思,雷朝亮,黄文,2007. 家蝇幼虫提取物对辐射小鼠的免疫调节作用. 昆虫学报, 50(9):889-894.
- 刘振江,2005. 昆虫食品的开发利用. 世界农业, 11:45-48.
- 鲁汉平,钟昌珍,1993. 蝇蛆养殖技术的研究 I. 影响成蝇卵量的因子作用模型. 华中农业大学学报, 12(3):231-236.
- 鲁汉平,钟昌珍,1995. 蝇蛆养殖技术的研究 II. 养殖技术的模拟优化及决策分析. 华中农业大学学报, 14(1):43-49.
- 马惠钦,裴素俭,1999. 用做饲料的昆虫资源. 昆虫知识, 36(5):303-306.
- 毛先明. 2011. 纯天然机能性奶制品. 中国专利, CN00115951. 2001-04-18.
- 孟庆忠,刘志恒,2001. 几丁低聚糖在果蔬保鲜中的应用与展望. 沈阳农业大学学报, 32(1):66-69.
- 牛长缨,雷朝亮,宗良炳,1999. 家蝇油脂脂肪酸的气相色谱分析. 华中农业大学学报, 18(3):222-224.
- 邱晓燕,刘艳,陈小麟,陈奕欣,2003. 舍蝇抗菌肽的提取及其对肿瘤细胞生长的抑制作用. 中华卫生杀虫药剂, 9(1):13-16.
- 曲琪环,韩岚岚,周玉岩,朱昆明,刘纹芳,徐宁彤,2006. 家蝇抗菌肽的作用及在农业上的应用前景. 饲料博览, 1:25-27.
- 任国栋,石爱民,2002. 家蝇工程及其开发前景. 昆虫知识, 39(2):103-106.
- 沈东风,贾之慎,2000. 不同分子量壳聚糖对草莓防腐效果的研究. 食品科学, 21(7):54-56.
- 沈兆奎,查龙应,2006. 昆虫蛋白资源及其在畜牧生产中的应用. 安徽农业科学, 34(7):1373-1374.
- 石爱民,2003. 食用家蝇养殖与蛋白饮料的研究. 硕士学位论文. 保定:河北大学.
- 孙阳,孙传凯,孙毅,2000. 苍蝇资源的开发与应用研究进展. 农牧产品开发, 9:22-23.
- 唐金陵,张文佳,2007. 蝇蛆粪渣配制穴盘育苗基质试验研究. 安徽农业科学, 35(9):2663-2664,2666.
- 王达瑞,张文霞,陆源,韩灯宝,1991. 家蝇幼虫营养成分的分析及利用. 昆虫知识, 28(4):247-249.
- 王芳,朱芬,雷朝亮,2010. 利用畜禽粪便饲养家蝇的技术及应用. 昆虫知识, 47(4):657-664.
- 王芙蓉,艾辉,雷朝亮,黄文,2006. 家蝇幼虫组织匀浆液的抗病毒活性. 昆虫知识, 43(1):82-85.
- 王佳璐,黄文,周兴苗,王春,雷朝亮,2005. 蝇蛆壳聚糖保鲜剂对几种蔬菜的保鲜作用研究. 昆虫天敌, 27(1):10-14.
- 王明福,薛万琦,2003. 蝇类漫谈. 生物学通报, 38(8):13-15.
- 王妮,周晓梅,于宁,2002. 蝇蛆提高对虾抗杆状病毒感染能力的初步研究. 东北师大学报自然科学版, 34(1):54-57.
- 韦新葵,雷朝亮,2004. 蝇蛆几丁低聚糖抑菌作用的初步研究. 中国农业科学, 37(4):552-557.
- 文彩虹,曲传智,李东英,张晓琴,2004. 家蝇免疫血淋巴对 SMMC-7721 肝癌细胞超微结构和增殖周期的影响. 河南肿瘤学杂志, 17(2):100-103.
- 吴青华,田河,苏立申,高凤山,2006. 家蝇幼虫及其产品开发利用研究进展. 饲料工业, 27(16):63-64.
- 解开治,徐培智,张仁陟,张发宝,杨少海,陈建生,唐栓虎,黄旭,2007. 养蛆产物对苦瓜枯萎病抑菌抗病的效果初探. 农业环境科学学报, 26(增刊):232-235.
- 徐大刚,吴健桦,杨鹤萍,2005. 家蝇幼虫处理猪粪的效果研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 16(1):9-11.
- 杨军,宋纪真,尹启生,高学林,雷朝亮,周兴苗,2005. 蝇蛆几丁低聚糖抗烟草黑胥病研究. 烟草科技, 220(11):38-43.
- 张洁,2007. 蝇蛆蛋白水解物的功能评价及固体饮料研制. 硕士学位论文. 武汉:华中农业大学.
- 张君运,姜勇,雷朝亮,钟昌珍,宗良炳,1999a. 矿物元素对家蝇幼虫作用的模型 I. 铁、铜、锌、锰的作用模型. 华中农业大学学报, 29(增刊):10-18.
- 张君运,雷朝亮,姜勇,钟昌珍,宗良炳,1999b. 矿物元素对家蝇幼虫作用的模型 II. 铁、钠、磷、镁的作用模型. 华中农业大学学报, 29(增刊):19-24.
- 张克田,刘彬,黄蓉,王亚超,顾勇,2008. 家蝇幼虫营养保健果冻的研制. 昆虫知识, 45(4):624-628.

- 张明春, 任云霞, 2001. 壳聚糖涂被纸包装贮藏蔬菜. 保鲜与加工, 1(3):7-9.
- 张廷军, 1999. 家蝇幼虫的综合开发利用. 资源开发与市场, 15(1):40-41.
- 赵飞, 2007. 家蝇抗菌活性物质研究进展. 山西农业科学, 35(9):23-26.
- 赵瑞君, 刘成芳, 董建臻, 汪健, 雷朝亮, 王海明, 2005. 家蝇抗菌肽对弓形虫的抑制作用研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 16(3):189-190.
- 周永富, 饶军华, 阳建春, 利泽荣, 钟振坚, 骆荣森, 1997. 家蝇饲养技术研究及蝇蛆在鳖养殖中的应用. 昆虫天敌, 19(4):161-164.
- 邹峰, 2007. 家蝇抗菌肽生产与制剂研究. 硕士学位论文. 长沙:湖南农业大学.

蓖麻提取物的杀虫作用研究进展*

化丽丹^{1,2} 杨益众¹ 季香云^{2**}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009;

2. 上海市农业科学院生态环境保护研究所 上海市设施园艺重点实验室 上海 201403)

摘要 随着食品安全和发展低碳农业的需要,植物源农药的研究受到了空前的关注。在众多植物源杀虫剂中,蓖麻(*Ricinus communis* L.)由于其价廉易得、杀虫谱广、杀虫效果好、使用简单方便等优点,逐渐引起人们的高度重视。本文主要从蓖麻毒素粗提物、蓖麻毒蛋白和蓖麻碱的生物效应进行综述,并对其应用发展前景、使用过程中存在的问题与相应的解决办法进行了讨论。

关键词 蓖麻,蓖麻毒素,蓖麻碱,蓖麻毒蛋白,杀虫作用

Progress in research on the insecticidal activity of castor extracts

HUA Li-Dan^{1,2} YANG Yi-Zhong¹ JI Xiang-Yun^{2**}

(1. School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

2. Ecological Environment Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology, Shanghai 201403, China)

Abstract With increased demands for food safety and low-carbon agriculture, research into botanical pesticides has recently attracted unprecedented attention. Among many botanical insecticides, castor has gradually gained increased attention by the public for its many advantages, including inexpensiveness and ready availability, broad spectrum of insecticidal activity, effectiveness at killing insect pests, simplicity and convenience for use, etc. This paper concentrates on the biological effect of insecticidal action of ricin crude extracts, ricin and ricinine. In addition, the application and development prospects for castor, problems arising from the use of castor extracts and corresponding solutions are all discussed.

Key words *Ricinus communis*, ricin, ricinine, ricin, insecticidal action

随着人们对食品安全的广泛关注,研究和开发环境友好型农药成了人们的迫切需要,生物农药特别是植物源农药成了研究开发的热点(袁文金等,2007)。在众多的植物源杀虫剂中,蓖麻由于其价廉易得、杀虫谱广、杀虫效果好、使用简单方便等优点,逐渐被人们所关注。

蓖麻(*Ricinus communis* L.)为大戟科蓖麻属,双子叶一年生或多年生草本植物(郑鹭等,2006)。蓖麻适应环境能力强,是我国贫瘠地区的优势作物,种植面积约 46.7 万 hm^2 ,蓖麻籽年产量 30 万吨,居世界第二位(蒋旭红和宋光泉,2001)。蓖麻作为一种杀虫物质,利用率非常高。国内外主要

利用蓖麻中的蓖麻毒素(ricin)杀虫。蓖麻的籽实、根、茎、叶、花以及蓖麻籽榨油后的饼粕中都含有蓖麻毒素。蓖麻毒素系指蓖麻毒蛋白、蓖麻碱、变应原和血球凝集素 4 种毒性物质。变应原和血球凝集素对害虫的毒杀作用较小,而蓖麻毒蛋白和蓖麻碱是蓖麻毒素中的主要杀虫成分(刘洋,2007)。本文主要综述目前国内外蓖麻及其提取物在杀虫中的作用,探讨蓖麻及其提取物的发展前景和应用过程中存在的问题及相应的解决办法。

* 资助项目:上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字(2010)第 2-1 号)和上海市科委科技专项(123919N0400)。

**通讯作者, E-mail: hwy2002@163.com

收稿日期:2011-07-21, 接受日期:2011-10-28

1 蓖麻的直接杀虫作用

1.1 蓖麻毒素粗提物的杀虫作用

蓖麻毒素的有毒成分包括蓖麻毒蛋白、蓖麻碱、变应原和血球凝集素。在药物研究中,蓖麻毒素指存在于蓖麻籽中的一种具有 2 条肽链的高毒性蛋白,即蓖麻毒蛋白(叶锋和王德润,2004)。它对哺乳动物有剧毒,对所有真核细胞也几乎有毒性(Eiklid *et al.*, 1980)。目前很多专家学者正致力于利用蓖麻毒素杀死农业害虫的研究,即利用蓖麻毒素研制植物源杀虫剂(尹秀玲等,1998)。在植物源杀虫剂的研究中,蓖麻毒素粗提物通常是指将所需的蓖麻各个部位(包括蓖麻根、茎、叶、籽实(或饼粕))低温(通常 50℃ 左右)烘干至发脆后粉碎,过筛后用液体(水或者有机溶剂)浸泡数小时,得到的提取物(陈晓勤,2006)。已有很多文献报道蓖麻毒素粗提物杀虫作用十分显著。赵建兴等(2001)用不同溶剂提取的蓖麻毒素粗提物对棉蚜 *Aphis gossypii*、小菜蛾 *Plutella xylostella* 和天幕毛虫 *Malacosoma rectifascia* 进行毒杀试验,发现蓖麻毒素粗提物对这 3 种害虫都有不同程度的毒杀作用。雷德柱等(2004)发现,利用 30% 蓖麻籽和 2% 碳酸钠或 10% 蓖麻籽与 25% 乙醇提取得到的蓖麻毒素粗提物对菜蚜 *Lipaphis erysimi* 具有良好的杀虫活性,处理 96 h 后的死亡率分别达到 83.05%、85.14%。Vasudevan 等(1989)研究发现蓖麻毒素粗提物对南方根结线虫 *Meloidogyne incognita*、爪哇根结线虫 *Meloidogyne javanica* 同样也具有有良好的杀虫活性。

将蓖麻花序浸泡在不同溶剂中得到的蓖麻毒素粗提物具有不同的杀虫活性。孙洋(2009)和孙洋等(2009)曾研究了蓖麻花序提取物对粘虫 *Mythimna separata* 的杀虫活性、作用方式及其机理。发现蓖麻花序不同极性溶剂提取物对粘虫的触杀作用以乙醇提取物最强,拒食作用以乙酸乙酯提取物最强,胃毒作用以乙酸乙酯提取物最强,生长抑制作用则以石油醚提取物最强,初步揭示了蓖麻毒素粗提物的杀虫机理,为蓖麻毒素杀虫机制的进一步研究奠定了基础。

我国很早就有用蓖麻叶制取蓖麻毒素粗提物进行杀虫的报道。潘其彬等(1985)指出,在不影响蓖麻正常生长的情况下,采集植株下部叶片切碎、捣浆,加水浸泡、过滤后用于喷治蚜虫,2 d 后

的蚜虫死亡率为 15% ~ 20%,到第 3 天则高达 85% ~ 90%。现有研究表明,由蓖麻各个部位制得的蓖麻毒素粗提物都具有一定的杀虫活性。何恒果(2010)研究发现,蓖麻根、茎、叶提取物对菜青虫 *Pieris rapae* 均有一定的毒杀作用。且同一提取液的昆虫死亡率随着浓度的增加而升高,高浓度与低浓度之间的害虫死亡率存在显著差异。就蓖麻不同部位看,同一浓度的根、茎、叶水提液在同一时间内对菜青虫的累积死亡率基本上不存在显著差异。中小卫等(2008)研究表明,蓖麻植株不同部位的粗提物对蛱蝶(铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* 和暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* 混合种群)均有触杀作用,按杀虫效果依次为蓖麻籽、茎、叶、种皮和根的水粗提物,其中 30 倍蓖麻籽重量的水粗提物对蛱蝶的校正死亡率最高,且随着处理时间的延长呈逐渐增强趋势,一般在第 3 d 后趋于稳定。这说明蓖麻毒素对蛱蝶的速效性较好。此外,研究者还比较了蓖麻籽水粗提物和 25% 乙醇粗提物对蛱蝶的触杀作用,在相同浓度下蓖麻籽乙醇粗提物的触杀作用明显高于水粗提物。这很可能是因为乙醇作为一种有机溶剂,较水溶解了更多的杀虫物质,具体原因还需要进一步研究分析。

1.2 蓖麻毒素中各成分的杀虫作用

1.2.1 蓖麻毒蛋白的杀虫作用

蓖麻毒蛋白是由全毒素、毒类素、凝集毒素 3 种物质组成的蛋白质(张建华和倪培德,1996)。1887 年,Dixon 首次证明了蓖麻籽的毒性是由一种蛋白引起的;19 世纪后期,Stillmark(1890)详细研究了这种毒素蛋白,并建议命名为“Ricin”。蓖麻毒蛋白对真核细胞生物的高毒性是毋庸置疑的;Maruniak 等(1990)证明蓖麻毒蛋白对体外培养的昆虫细胞有很强的毒杀作用,一个毒蛋白分子进入细胞内,就足以使整个细胞的蛋白质合成完全停止而凋亡(陈敬炳等,2001)。蓖麻毒蛋白在医学方面的应用很多(Mosinger, 1951;王庆诚,1989;Sandra *et al.*, 1998),近年来它也被越来越多地应用在生物农药上。杨秀娟等(2005)和贾超(2008)采用触杀法对南方根结线虫进行毒力试验,发现蓖麻毒蛋白对南方根结线虫具有高杀灭率。金汝城等(2008)通过蓖麻毒蛋白对南方根结线虫的实验也得出了同样的结论,并认为若将血凝集试验和蓖