

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: hwyf2002@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。申小卫等(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

麻毒蛋白的杀虫实验结合起来更能直观地了解蓖麻毒蛋白的活性,以及杀虫效果与浓度之间的相关性。国外很多研究同样证明蓖麻毒蛋白对南方根结线虫具杀灭作用 (Mojumder *et al.*, 1989; Costa *et al.*, 2001; Khan and Sidoiqui, 2001)。赵丹 (2005) 用蓖麻毒蛋白对蚜虫和菜青虫进行毒力测定,发现蓖麻毒蛋白虽然对菜青虫胃毒作用不明显,但是对蚜虫、菜青虫具有一定的触杀活性。赵建兴等 (2001) 的研究也证明蓖麻毒蛋白主要表现为触杀作用,胃毒作用较差;蓖麻毒蛋白胃毒活性低,可能与昆虫消化系统不易吸收大分子蛋白有关 (赵善欢, 1993)。同时,昆虫体壁上表皮层具有亲脂疏水性,而蓖麻毒蛋白不溶乙醇、乙醚、氯仿、甲苯等有机溶剂,加之蓖麻毒蛋白属于大分子量物质,使毒蛋白不易通过昆虫体壁进入体内 (袁锋, 2001)。而且随着虫龄的增加,昆虫体壁外表皮加厚,导致高龄幼虫的抗性增强 (丁锦华和苏建亚, 2002)。由此可见,提高蓖麻毒蛋白在昆虫体壁上的通透能力,是提高蓖麻毒蛋白杀虫活性的关键因素之一。孙媚华等 (2009) 研究发现,用纯化后的蓖麻毒蛋白饲养小菜蛾等昆虫,不仅没有发现胃毒或触杀作用,反而使它们比对照长的更加肥胖。研究者认为原因可能有 2 个:一是小菜蛾的肠壁中含有几丁质物质,而蓖麻毒蛋白使大分子物质不易进入昆虫细胞而发挥毒性作用;二是小菜蛾中肠蛋白酶的消化作用使蓖麻毒蛋白分子水解而失去活性,故用蓖麻毒蛋白饲养小菜蛾,反而增加了食物中的外援蛋白质含量而促进其生长。针对这种情况,研究者提出如果利用蓖麻毒蛋白直接作为生物杀虫剂,只有在蓖麻毒蛋白溶液中加入几丁质酶后才能有效地发挥蓖麻毒蛋白的杀虫作用。

由于蓖麻毒蛋白是从蓖麻子中直接提取的天然蛋白质,对环境污染小,同时由于昆虫核糖体 RNA 有一对 N-糖苷酶敏感的共有序列,因此蓖麻毒蛋白可以在体外抑制昆虫蛋白质的合成,而对植物自身翻译系统活力的抑制作用很低 (Frigerio and Roberts, 1998)。这些特点使得蓖麻毒蛋白作为“无公害”、“无残留”农药及以蓖麻毒蛋白作为先导化合物开发为生物农药正在受到广泛关注,有着广泛的应用前景 (贾超, 2008)。同时可以带动蓖麻产业的深开发,从而取得更好的经济社会效益与环境生态效益。

1.2.2 蓖麻碱的毒杀作用 蓖麻碱 (ricinine), 其学名为 1-甲基-3-氰基-4-甲氧基-2-吡啶酮, 分子式为 $C_8H_8N_2O_2$, 相对分子量为 164. 17, 是蓖麻中的主要毒素之一, 存在于蓖麻的茎叶和籽实中, 发芽的籽实、籽、叶和籽壳中含量较高 (刘骁和李端, 2006)。蓖麻碱属于剧毒生物碱, 对家禽的毒性作用较强, 是一种导致甲状腺肿的潜在因子, 过量服食可引起动物呕吐、呼吸抑制和肾损害等 (闵建华和蒋万春, 1990)。

国内外利用蓖麻碱来防治害虫的报道较多 (李平, 2002; 张秀省, 2003)。周永强 (2007) 研究发现, 蓖麻碱对 1~2 龄斜纹夜蛾 *Prodenia litura* 和小菜蛾均有一定的毒杀活性, 处理 96 h 后有较高的死亡率; 研究者还发现蓖麻碱纯品对白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 的杀虫效果优异, 而且蓖麻碱的含量越高, 杀虫效果越好。吴雪平等 (2006a, 2006b) 用水提法从蓖麻籽壳中提取蓖麻碱粗提物, 采用浸渍法对棉蚜和麦蚜进行毒杀试验, 发现 100、50 mg/mL 的蓖麻碱粗提液对这两种蚜虫都具有一定的毒杀作用, 浓度太低则杀虫效果不明显。赵建兴等 (2001) 通过试验证明了蓖麻碱表现为触杀和胃毒的综合作用, 并具有一定的拒食效果。与毒蛋白相比, 蓖麻碱的毒性较低, 更容易进入昆虫体内, 触杀、胃毒效果均比蓖麻毒蛋白高, 且对昆虫具有较高的拒食性, 但是拒食性会降低胃毒的效果 (赵丹, 2005)。

周永强 (2007) 通过蓖麻碱的改性试验发现, 若将蓖麻碱分子中的氰基去掉, 其杀虫活性大为降低, 也就是说蓖麻碱分子中的氰基在杀虫过程中起到了极其重要的作用; 黄劲飞等 (2010) 通过细胞培养, 发现 20.0 μ g/mL 的蓖麻碱对斜纹夜蛾离体培养细胞具有增值抑制作用, 从细胞学的角度证明了蓖麻碱对斜纹夜蛾具有一定的毒杀作用。这些都为今后研究蓖麻碱的杀虫机理奠定了一定基础。

2 蓖麻的间接杀虫作用

最新研究表明, 蓖麻叶片和果实的提取物对烟粉虱 *Bemisia tabaci* 具有明显的驱避作用 (周福才等, 2009), 对小菜蛾具有明显的拒食作用, 且小菜蛾的取食量和取食行为也受到明显影响, 而对小菜蛾的存活率却无明显作用 (李瑛等, 2009)。蓖麻叶片对华北大黑鳃金龟 *Holotrichia oblita* 则表

现出较强的引诱作用,虽然取食了蓖麻叶片的大黑鳃金龟会中毒,然而研究发现蓖麻叶片并不直接导致金龟甲的死亡,而只是起到麻痹作用,从而干扰金龟甲的正常行为,使其不能正常入土,白天太阳的直接照射导致其死亡率上升(张艳玲等,2006)。这些研究表明蓖麻叶片及其乙醇抽提物对小菜蛾和金龟甲的直接毒杀作用相对较弱。因此,在蓖麻作为植物源农药利用时,可适当配以其他杀虫活性物质,以提高毒杀效果。

在害虫防治的长期研究和实践中,一直强调毒杀作用,杀虫剂的筛选也常常以毒杀作用作为主要依据(陆永跃等,2002)。而在各类植物次生化合物对昆虫的作用过程主要表现为忌避作用,其次才是拒食与毒杀作用(庞雄飞,1999)。在害虫防治实践中,忌避作用是一个非常基础和重要的环节。利用植物挥发物趋避害虫是植物源杀虫剂的主要功能。蓖麻乙醇提取物对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* 成虫和锈赤扁谷盗 *Cryptolestes ferrugineus* 成虫均具有较强的趋避作用,12 h 的趋避率达到 96% 以上,72 h 后的趋避率仍保持在 70% 以上(邓天福等,2008)。蓖麻提取物对香蕉交脉蚜 *Pentalonia nigronervosa* 也有忌避作用,主要表现为干扰定居取食(陆永跃等,2002)。邓天福等(2004)曾报道,蓖麻叶提取物对菜青虫和小菜蛾均有较强的拒食作用,48 h 的拒食率达到 50%,72 h 拒食率超过 80%。在大棚番茄上喷施蓖麻叶片粗提物,可使烟粉虱成虫和卵的数量显著下降,同样表现为驱避作用,其有效期为 2~3 d(刘斌等,2010)。其它的一些研究同样表明蓖麻叶的乙醇和甲醇提取液对害虫的作用是拒食(伊可儿等,2003;张晓婵,2009)。

蓖麻提取物对昆虫也会造成一些不明机理的影响。Lal 和 Nayak(1963)曾报道,取食蓖麻后,斜纹夜蛾对化学杀虫剂的敏感性发生变化。但蓖麻中的什么物质对斜纹夜蛾的药剂敏感性发生变化还不明确,需要进一步研究探索。

3 展望

蓖麻毒蛋白具有良好的杀虫活性,但因对哺乳动物有剧毒的特性使它难以安全运用在生物农药上。蓖麻毒蛋白属于大分子物质,不易通过害虫体壁进入体内,同时蓖麻毒蛋白主要依靠 RTB(蓖麻毒蛋白 B 链)的帮助使 RTA(蓖麻毒蛋白 A

链)进入昆虫细胞而发挥其毒性,如能对 RTB 的功能和结构进一步了解,并对 RTB 进行人工修饰或基因改造,降低其分子量,同时筛选合适的导入试剂,使之对昆虫细胞有特殊亲和力,这样既降低了蓖麻毒蛋白对哺乳动物的毒性,又提高了对害虫的毒力(Thomas,1980)。

研究表明,在相同浓度下蓖麻乙醇粗提物的触杀效果明显高于水粗提物(申小卫等,2008),但是环保的水提物是生产上的最终目标。为了提高杀虫活性,蓖麻水提取物可以与其他植物源农药复配,或是在蓖麻水提取物中加入较环保的增效剂,以提高其杀虫作用。有报道指出,用蓖麻叶粉与拟除虫菊酯复配制成生物农药,对蟑螂、蚊虫有明显的杀灭作用(包红霞等,2003)。还有报道,用淘米水和蓖麻籽的熬出物防治椰子害虫二瘤犀甲 *Oryctes rhinoceros*,效果更好(蔡东宏,1995)。蓖麻叶和曼陀罗叶的甲醇提取物按 1:2 比例混配后对苜蓿斑蚜 *Therioaphis trifolii* 的共毒系数达到 168.58(张晓婵,2009)。由此可见,有效的增效剂或合理的复配可以大大提高蓖麻水提物的杀虫活性。

蓖麻饼粕中含有丰富的蛋白,其中 60% 为球蛋白,16% 为白蛋白,20% 为碱溶数阮,4% 为类阮,不含或含少量动物难以吸收的醇溶蛋白(蒋旭红和宋光泉,2001)。因此,蓖麻饼粕可以说是上等的动物饲料。然而,蓖麻饼粕也含有多种毒素,且有毒成分随炼油方法的不同而不同:冷榨取油后饼粕中毒素含量较高,在机榨取油或预榨-浸出取油过程中由于温度超过 100℃,饼粕中的蓖麻毒蛋白和血球凝集素变性,失去活性,但蓖麻碱和变应原很少遭到破坏(周永强,2007)。虽然蓖麻饼粕的脱毒技术如蒸煮挤压法(Horton and William,1989)、化学或生物化学试剂处理法(Gradner *et al.*,1960)、蒸汽处理法(Mottola *et al.*,1971)和氨处理法(Fuller *et al.*,1971)都可以在一定程度上将蓖麻饼粕脱毒,蒸煮挤压法工艺甚至已经在泰国形成产业化,但是这些方法都没有能将蓖麻饼粕毒素完全去除,只是将其降到到一定范围内,而且有些方法严重破坏了饼粕中含有的氨基酸,降低了蓖麻饼粕的利用价值。因此在蓖麻饼粕脱毒技术的研究与改进上,还有很多路要走。

近年来,蓖麻作为植物源农药的开发和利用,主要还是以直接利用居多。一方面是因为蓖麻毒

素粗提物不仅制备简单方便,成本低廉,而且粗提物中的各种成分可以发挥协同作用,杀虫效果较好;另一方面将蓖麻毒素中的各种成分进行分离提纯的技术还不成熟,分离提纯成本过高。但是,研究蓖麻毒素中各种成分的结构、作用机制、结构与活性的关系,再进行化学修饰或人工合成,从中开发出新型植物源农药制剂,既是应用上的最终目标,也是当今的研究重点(吴文君和胡兆农,1995)。

参考文献 (References)

- Costa MJN, Campos VP, Oliveira DF, Pfenning LH, 2001. Toxicity of plant and animal mature extracts to *Meloidogyne incognita*. *Summa Phytopathol.*, 27(2):245–250.
- Dixon T, 1887. On the active principle of castor oil. *Med. Chir. Trans.*, 70:107–116.
- Eiklid K, Olsnes S, Phil A, 1980. Entry of lethal doses of abrin, ricin and modeccin into the cytosol of HeLa cells. *Exp. Cell Res.*, 126(2):321–326.
- Frigerio L, Roberts LM, 1998. The enemy within: Ricin and plant cells. *J. Exp. Bot.*, 49(326):1473–1480.
- Fuller G, Walker HG, Mottola AC, Kuzmicky DD, Kohler GO, Vohra P, 1971. Potential for detoxified castor meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48(10):616–618.
- Gradner HK, D'Aquin EL, Koltun SP, McCourtney EJ, Vix HLE, Gastrock EA, 1960. Detoxification and deallergenization of castor beans. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37(3):142–148.
- Horton J, William MA, 1989. A cooker-extruder for deallergenization of castor bean meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 66(2):227–231.
- Khan AA, Sidoiqui MA, 2001. Evaluation of nematicidal properties of *Azadirachta indica*, *Tagetes palula*, *Ficus racemosa* and *Nerium indicum* against *Meloidogyne inconita* attacking tomato. *Bionotes*, 3(4):82.
- Lal R, Nayak GN, 1963. Effect of host plant on the development of caterpillars *Spodoptera litura* Fab. and their susceptibility to different insecticides. *Indian J. Entomol.*, 25:299–306.
- Maruniak JE, Fiesler SE, Mcguire PM, 1990. Susceptibility of insect cells and ribosomes to ricin. *Comp. Biochem. Phys.*, 96:543–548.
- Mojumder V, Mishra SD, Haque MM, Goswami BK, 1989. Nematicidal efficacy of some wild plants against pigeon pea cyst nematode, *Heterodera cajani*. *Int. Nematol. Network Newsletter*, 6(2):21–24.
- Mosinger M, 1951. The clastogenic and blastogenic effects by ricin on the reticuloendothelial system and the lymphoid and myeloid tissues; their theoretic and possible therapeutic value in cancerology. *Bull. Acad. Natl. Med.*, 135(3/4):70–74.
- Mottola AC, Mackey B, Herring V, 1971. Castor meal antigen deactivation-pilot plant steams process. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48(9):510–513.
- Sandra WK, 1998. Researchers know beans about cancer research. *Cancer Wkly. Plus.*, 11:20.
- Stillmark H, 1890. Den giftigen bestandtheil der ricinussamen. *Zeitschrift für Analytische Chemie*. 29(1):117–118.
- Thomas TS, 1980. Purification and physicochemical properties of picins and agglutinins from *Ricinus communis*. *Eur. J. Biochem.*, 105:453–457.
- Vasudevan P, Shamla S, Madan S, 1989. Larvicidal property of castor. *Pesticides*, 23(1):36–39.
- 包红霞,张春华,李金琴,2003. 国外蓖麻研究及产销情况. 内蒙古农业科技, (4):6–8.
- 蔡东宏, 1995. 用淘米水和蓖麻籽的熬出物防治椰子害虫. 世界农业信息, (9):14.
- 陈敬炳,陈洪莲,王光忠, 2001. 天然药物中的毒蛋白多肽及氨基酸的研究概况. 中成药, 10(23):751–754.
- 陈晓勤, 2006. 植物提取物的生物活性及其对害虫的弱化作用和机理研究. 硕士学位论文. 扬州:扬州大学.
- 邓天福,曹新江,杨萍, 2004. 植物提取物对菜青虫和小菜蛾的活性研究. 湖北农业科学, (6):47–48.
- 邓天福,王争艳,尉吉乾,王小娇, 2008. 蓖麻等植物提取物对两种储粮害虫的活性研究. 河南农业科学, (3):69–70.
- 丁锦华,苏建亚, 2002. 农业昆虫学(南方本). 北京:中国农业出版社. 24.
- 何恒果, 2010. 蓖麻提取液对菜青虫的生物活性研究. 安徽农业科学, 38(15):7929–7930.
- 黄劲飞,贾建文,罗建军,翁群芳,钟国华, 2010. 6种生物碱对斜纹夜蛾离体培养细胞的作用方式. 华中农业大学学报, 29(1):31–36.
- 贾超, 2008. 蓖麻毒蛋白生物学活性及其应用研究. 硕士学位论文. 兰州:兰州理工大学.
- 蒋旭红,宋光泉, 2001. 蓖麻饼粕的综合开发与利用. 仲恺农业技术学院学报, 14(1):23–26.
- 金汝城,贾超,杨晓华,谭玉玲,侯楠楠, 2008. 蓖麻毒蛋白的分离纯化及其对南方根结线虫杀灭效果的研究. 中国医药生物技术, 3(4):293–296.
- 雷德柱,郑成,雷雨,胡美英,孙之谭,王文祥, 2004. 蓖

- 麻提取物对蔬菜害虫的生物活性. 广东化工, (2):1 - 2.
- 李平, 2002. 无公害蔬菜防虫技巧. 四川农业科技, (7): 33.
- 李瑛, 周福才, 周桂生, 李传明, 王萍, 钦佩, 2009. 不同生育期蓖麻叶片乙醇抽提物对小菜蛾幼虫影响. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 30(3):87 - 94.
- 刘斌, 周福才, 李传明, 周桂生, 黄付根, 周泽华, 顾爱祥, 吴蔚, 2010. 蓖麻和苘麻叶片粗提物对大棚番茄烟粉虱的作用. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 31(4):86 - 89.
- 刘骁, 李端, 2006. 蓖麻碱的生物活性研究与应用开发前景. 中国药理学与毒理学杂志, 20(1):76 - 78.
- 刘洋, 2007. 蓖麻变应原降解菌的选育及降解条件的优化. 硕士学位论文. 天津:天津科技大学.
- 陆永跃, 梁广文, 邵婉婷, 陈萍, 2002. 异源植物提取物对香蕉交脉蚜的控制作用. 华中农业大学学报, 21(4): 334 - 337.
- 闵建华, 蒋万春, 1990. 蓖麻饼作畜禽饲料的应用研究概括. 饮料工业, (11):8.
- 潘其彬, 王少华, 吴宗良, 1985. 蓖麻叶浸提液防治蚜虫效果好. 江苏农业科技, (5):9.
- 庞雄飞, 1999. 植物保护剂与植物免疫工程-异源次生化合物在害虫防治中的应用. 世界科技研究与发展, 21(2):24 - 28.
- 申小卫, 安靖靖, 原国辉, 罗梅浩, 郭线茹, 2008. 蓖麻植株不同部位粗提物对蛱蝶的触杀作用研究. 河南农业大学学报, 42(4):427 - 429.
- 孙媚华, 陈迁, 宋光泉, 刘勇, 杜建军, 2009. 蓖麻毒蛋白的研究与应用. 广东化工, 36(9):144 - 145, 162.
- 孙洋, 2009. 蓖麻花序杀虫活性、作用方式及作用机理的研究. 硕士学位论文. 兰州:甘肃农业大学.
- 孙洋, 胡冠芳, 刘敏艳, 余海涛, 李玉奇, 赵峰, 2009. 蓖麻花序提取物对粘虫的杀虫活性及其作用机理研究. 甘肃农业大学学报, (5):100 - 105.
- 王庆诚, 1989. 免疫毒素研究的现状和展望. 放射免疫学杂志, (6):7 - 8.
- 吴文君, 胡兆农, 1995. 我国植物源害虫控制剂的研究与开发. 农药, 34(2):6 - 8.
- 吴雪平, 单长卷, 包冬蛾, 2006a. 蓖麻碱粗提物对麦蚜的生物活性研究. 安徽农业科学, 34(11):2450, 2495.
- 吴雪平, 单长卷, 包冬蛾, 2006b. 蓖麻碱粗提物对石榴棉蚜的生物活性研究. 安徽农业科学, 34(20):5293 - 5294.
- 杨秀娟, 何玉仙, 卢学松等, 陈庆河, 2005. 若干植物粗提物对根结线虫幼虫的杀线虫活性测定. 福建农业学报, 20(1):19 - 22.
- 叶锋, 王德润, 2004. 蓖麻毒素的毒性和毒素的分离及检测方. 中国油料作物学报, 26(1):89 - 91.
- 伊可儿, 林捷, 叶功富, 叶舟, 张振核, 2003. 树木提取液对菜青虫的忌避作用. 山地农业生物学报, 22(5):387 - 390.
- 尹秀玲, 徐兴友, 孟宪东, 张凤娟, 1998. 蓖麻的开发利用. 生物学杂志, 15(82):35.
- 袁锋, 2001. 农业昆虫学. 北京:中国农业出版社. 29 - 33.
- 袁文金, 马德英, 郭冬雪, 姜运涛, 张帆, 羌松, 2007. 我国植物源农药研究进展. 新疆农业科学, 44(6):892 - 894.
- 张建华, 倪培德, 1996. 蓖麻饼粕毒性成分分析及去毒的研究. 中国油脂, 21(4):22 - 24.
- 张晓婵, 2009. 三种植物粗提物杀虫活性及作用机理研究. 硕士学位论文. 宁夏:宁夏大学.
- 张秀省, 2003. 常见植物性农药在无公害蔬菜生产中的应用. 农业科技通讯, (6):34 - 35.
- 张艳玲, 袁莹华, 原国辉, 郭线茹, 罗梅浩, 2006. 蓖麻叶对华北大黑鳃金龟引诱作用的研究. 河南农业大学学报, 40(1):53 - 87.
- 赵丹, 2005. 蓖麻毒蛋白的提纯及杀虫效果研究. 硕士学位论文. 长沙:湖南农业大学.
- 赵建兴, 张树怀, 余国珍, 乌云达来, 2001. 蓖麻毒素粗提物杀虫作用的研究. 内蒙古农业大学学报, 22(4):78 - 80.
- 赵善欢, 1993. 昆虫毒理学. 北京:中国农业出版社. 12 - 20.
- 郑鹭, 祁建民, 陈绍军, 方平平, 2006. 蓖麻遗传育种进展及其在生物能源与医药综合利用潜势. 中国农学通报, 22(9):109 - 103.
- 周福才, 周桂生, 李传明, 杨益众, 钦佩, 2009. 三种生物质能源植物组织提取液对烟粉虱的生物活性. 应用生态学报, 20(3):603 - 608.
- 周永强, 2007. 蓖麻提取物生物农药研究. 硕士学位论文. 广州:广东工业大学.