

Advance of Nanotechnology for the Encapsulation of Botanical Insecticides

Chenxia Yao¹, Yafei Liu¹, Jinlong Huang², Yongming Ruan^{1*}

¹College of Chemistry and Life Science, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

²Yunnan Summit Biotechnology Co., Ltd, Chuxiong Yunnan

Email: bestdochem@163.com, *ruanym@zjnu.cn

Received: Nov. 21st, 2017; accepted: Dec. 4th, 2017; published: Dec. 11th, 2017

Abstract

The article mainly discusses the use of nanotechnology in combination with botanical insecticides in order to develop systems for pest control in agriculture. Botanical insecticides are about the safety of human and environment, its development is more and more attentive. But due to the poor stability of botanical insecticides, volatile and other drawbacks, which limit its application and development. And Nanotechnology can effectively solve this problem, the combination of nanotechnology with botanical insecticides can develop new insecticide with higher stability, better effect and less pollution.

Keywords

Nanotechnology, Botanical Insecticides, Pest Control

纳米植物源农药的研究进展

姚陈霞¹, 刘亚飞¹, 黄金龙², 阮永明^{1*}

¹浙江师范大学, 化学与生命科学学院, 浙江 金华

²云南森美达生物科技有限公司, 云南 楚雄

Email: bestdochem@163.com, *ruanym@zjnu.cn

收稿日期: 2017年11月21日; 录用日期: 2017年12月4日; 发布日期: 2017年12月11日

摘 要

本文主要阐述了利用纳米技术和植物源农药相结合的方式, 发展农业害虫防控系统的研究进展。植物源

*通讯作者。

文章引用: 姚陈霞, 刘亚飞, 黄金龙. 纳米植物源农药的研究进展[J]. 生物过程, 2017, 7(4): 49-53.

DOI: 10.12677/bp.2017.74007

农药因对人类和环境安全, 其研发越来越被重视。但是由于植物源农药稳定性较差、易挥发等弊端, 限制了其应用和发展。而纳米技术可以有效解决这一问题, 纳米技术和植物源农药相结合可以开发出稳定性更高、效果更好、污染更小的新型杀虫剂。

关键词

纳米技术, 植物源农药, 害虫防控

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

面对快速增长的人口, 粮食的可持续生产是全球农业部门面临的主要挑战之一[1] [2]。为了提高农业生产率, 增加农药和化肥的使用必不可少。然而农药的使用却给人类和其他非靶标生物带来了严重的危害。每年有 250 万吨杀虫剂用于农作物[3]。少量使用杀虫剂会增加害虫的抗性并且影响食品的质量, 过度使用和滥用杀虫剂会造成很大的浪费, 增加成本并对环境和人类健康带来不利影响[4] [5]。此外, 据估计农药在使用时期超过 90% 的农药都流失到空气中, 既污染环境也提高了农民施药的成本[6]。因此, 寻找安全高效的杀虫剂代替高污染的农药杀虫剂迫在眉睫。纳米生物农药的出现, 为实现农药安全提供了极大的保证[6] [7]。

2. 植物源农药的研究现状

在整个进化过程中, 许多植物次生代谢物具有保护植物抵御昆虫的功能, 最常见的植物次生代谢产物有生物碱、酚类、萜类化合物[8]。这些次生代谢物一般存在于植物或植物的部分组织中, 可以通过水萃取、有机溶剂或水蒸气蒸馏法、超临界流体萃取法、超声波辅助提取法等提取[9] [10]。植物次生代谢物的作用机制不尽相同, 特别是那些活性成分是由复杂的混合物组成的次生代谢物, 它们对靶标生物的毒性和忌避活性会使靶标生物不孕、生长减慢和行为异常[11]。

Kim 和 lee [12]测定了罗勒和柑橘两种植物源精油对储量害虫玉米象和赤拟谷盗的杀虫作用。结果表明两种精油都可以作为杀虫剂或熏蒸剂来控制这两种害虫。Fouad 等[13]测定了巴西本地植物万寿菊、郁金、芸香昔、九石楠、决明子和肿柄菊的水提取物对麦蛾卵的作用效果。结果发现, 肿柄菊和芸香昔的提取物对麦蛾卵有较强的毒性, 死亡率分别是 52.67% 和 44.67%, 对照组昆虫的死亡率分别是 18.67%, 所有的提取物对供试昆虫都有一定的抑制作用。Gome [14]测定了胡椒精油的主要成分, 主要成分为鹿香草酚(69.91%)、罗勒烯(14.84%)、石竹烯(4.04%)和月桂烯(3.57%)。并测定了不同浓度的胡椒精油对棕色犬壁虱和辣椒蚜幼虫和若虫的杀虫活性。结果表明随着精油浓度的升高, 供试昆虫的死亡率也增加, 精油的浓度和供试昆虫的死亡率存在正相关性。

新农药的开发应考虑提高其杀虫效力和稳定性, 同时对环境和人类安全。虽然已经有研究表明植物提取物或植物精油对农业害虫有控制作用, 但是由于植物源农药具有低稳定性、高挥发性、热分解性等, 对其开发造成很大困扰。而纳米系统可以改善植物源农药并提高其杀虫效力, 纳米技术的应用可以为新农药的开发提供一种途径。

3. 纳米技术在植物源农药上的研究和应用

纳米技术是以 1~100 nm 分子大小的结构或物质为研究对象, 纳米材料拥有多种其他材料不具备的优异性, 纳米材料与植物源农药相结合, 可以增强药物进入靶生物体内的能力, 能够提高农药的稳定性并产生新的控释作用[15] [16]。纳米制剂可改善天然产品的稳定性和有效性, 具有控制活性化合物释放到靶生物体的能力, 然后控制小分子物质释放到作用部位。他们还可以减少杀虫剂对非靶生物的不良毒副作用、提高杀虫剂的稳定性、保护其活性成分不被微生物降解。纳米技术显著提高了杀虫剂杀虫效果, 因此开发纳米技术植物源农药是目前研发新农药的重点[17]。

3.1. 纳米印楝素颗粒

印楝树衍生物在农业上广泛用于防治昆虫、线虫、真菌和细菌; 在制药行业, 用来生产卫生用品。然而, 由于印楝素对温度和光敏感以及易被微生物降解等都会迅速使其失去活性。如果印楝素与纳米系统相结合就可以保护其不被降解。Riyajan 等[18]开发涂有天然橡胶的网状海藻酸钠与戊二醛胶囊剂, 来测定印楝素的释放。发现用涂有橡胶的微胶囊比无橡胶覆盖的微胶囊释放更慢。在相同时间内(24 h), 无橡胶覆盖的纳米胶囊的释放率是 100%, 而涂有橡胶的纳米胶囊释放率是 80%。印楝素在海藻酸钠颗粒的成功封装为未来的农业应用提供了可能。

最近报道了一种含有印楝素的聚 ϵ -己内酯纳米颗粒以及该系统所用的喷雾干燥粉末的新制备技术。Forim [19]测定了纳米印楝素颗粒的稳定性和释放率。发现最佳的纳米印楝素颗粒封装效率达到 98%, 其粒径大小平均为 245 nm、多分散指数低于 0.2、电位为-32 mV。电子显微镜观察到颗粒呈球形形态, 并表明活性成分的释放是由于聚合物链的松弛或聚合物被破坏。纳米颗粒提高了印楝素在紫外线辐射下的稳定性和水溶性。用纳米印楝素颗粒(5000 mg/kg)处理小菜蛾, 其死亡率为 100%。Costa 等[20]制备不同的含印楝素的剂型(纳米胶囊、微胶囊、浓缩乳状液), 在紫外线的照射下观察制剂的稳定性, 并与商业产品的稳定性进行比较, 还测定了制剂对豆象的杀虫效力。结果发现在紫外线的照射下纳米制剂比商业产品更稳定, 未封装的化合物在七天内完全降解, 而封装的印楝素 14 天只降解了 20%。

目前有关印楝素纳米制剂的文献报道很少, 但由于其在农业系统上的应用价值, 所以它的研发是很有必要的。

3.2. 纳米鱼藤酮颗粒

鱼藤酮是一种植物源杀虫剂, 存在于豆科鱼藤酮属植物的根或根茎中。由于鱼藤酮在紫外线下易降解、对鱼类的毒性强、水溶性低等原因限制了其在农业上的应用[21] [22]。Lao [23]制备和表征两性分子衍生物 N(18 醇-1-环氧丙基醚)-O-壳聚糖硫酸盐作为鱼藤酮的载体。测定了临界胶束浓度、胶束形态、鱼藤酮在水介质中的释放曲线。利用自组装的方法成功地合成了壳聚糖衍生物, 生产大小为 167.7~214.0 nm 电位为-45~51.9 mV 的胶束。鱼藤酮杀虫剂成功地封装在浓度为 26 mg/mL 的纳米胶束中, 其水溶度是鱼藤酮在水中溶解度的 13,000 倍。体外释放实验表明, 胶束会改变鱼藤酮的释放速率, 封装的鱼藤酮, 150 h 后释放约 70%, 230 小时达到最大释放, 未封装的鱼藤酮, 9 h 后释放 70%, 27 h 达到最大释放。合成的壳聚糖衍生物具有封装和控制鱼藤酮释放的潜能, 也可以用来封装一些不溶于水的天然产物农药。

Martin 等[24]利用超临界辅助雾化技术研究鱼藤酮在生物降解聚合物中的包封作用。对三种类型的聚合物即聚乙二醇、聚乙烯吡咯烷酮、海藻酸钠进行了测试。测定了不同的聚合物/生物农药比例, 并测定了其包封率、形态和颗粒大小。包封率最好的是海藻酸钠/鱼藤酮(100%)和聚乙二醇/鱼藤酮(98%)系统, 而由聚乙烯吡咯烷酮/鱼藤酮组成的微粒包封率最差(30%~50%)。在农业领域使用聚合物封装的鱼藤酮可以大大减少鱼藤酮的使用量。目前为止, 还没有对含有鱼藤酮的纳米制剂的活性与游离的化合物进行比

较，所以在实际应用中无法对其进行确切的评价。

3.3. 纳米大蒜精油颗粒

Yang 等[25]用聚乙二醇纳米颗粒作为大蒜精油的载体，并测定了大蒜精油纳米颗粒对赤拟谷盗的杀虫活性。大蒜精油的主要成分是二烯丙基二硫和三硫化物，具有杀虫、杀菌活性。大蒜精油也可用于制作控制高血压和胆固醇的药物。采用熔融法制备纳米颗粒，封装率为 80%。使用透射电镜和动态光散射技术测定球形颗粒的粒径大小小于 240 nm。精油封装时其活性成分没有显著变化。5 个月后，该制剂对甲虫成虫有 80% 的杀虫效果，单独使用大蒜精油，效果只有 11%。这可能是由于纳米颗粒缓慢和持久释放的原因所致。载有大蒜精油的聚乙二醇纳米颗粒为保护长期储存精油的活性提供了一种思路。

4. 前景和展望

本文主要讲述了纳米技术增强植物源农药杀虫效力的良好前景。由于纳米技术的使用可以缓解农药对环境和人类带来的不利影响，所以该领域吸引了大量科学家，有关纳米农药的研究越来越多。在纳米技术能够完全商业化之前需要解决的主要困难包括纳米载体扩展性生产和用于控制农业害虫的精油和分离的活性成分的生产。这些体系有助于解决当前农业害虫防治的问题，在不久的将来，植物杀虫剂与纳米技术的优势相结合的商业产品将会出现，新的纳米植物源农药对环境影响更小。尽管纳米技术有很多优势，纳米技术的使用也要慎重，尤其是在食品生产中的使用需要进行充分的研究，以免对环境和人类健康造成进一步的损害。

基金项目

浙江省自然科学基金资助项目(LY15C040002); 浙江省公益技术研究计划农业项目(LGN18C040001)。

参考文献 (References)

- [1] Godfray, H.C. and Garnett, T. (2014) Food Security and Sustainable Intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **369**, 20120273-20120273. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0273>
- [2] McClung, C.R. (2014) Making Hunger Yield. *Science*, **344**, 699-700. <https://doi.org/10.1126/science.1254135>
- [3] Fenner, K., Canonica, S., Wackett, L.P., et al. (2013) Evaluating Pesticide Degradation in the Environment: Blind Spots and Emerging Opportunities. *Science*, **341**, 752-758. <https://doi.org/10.1126/science.1236281>
- [4] Abhilash, P.C. and Singh, N. (2009) Pesticide Use and Application: An Indian Scenario. *Journal of Hazardous Materials*, **165**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.061>
- [5] Kohler, H. and Triebskorn, R. (2013) Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond? *Science*, **341**, 759-765. <https://doi.org/10.1126/science.1237591>
- [6] Ghormade, V., Deshpande, M.V., Paknikar, K.M., et al. (2011) Perspectives for Nano-Biotechnology Enabled Protection and Nutrition of Plants. *Biotechnology Advances*, **29**, 792-803. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.06.007>
- [7] Gonzalez, J., Gutierrez, M.M., Ferrero, A., et al. (2014) Essential Oils Nanoformulations for Stored-Product Pest Control—Characterization and Biological Properties. *Chemosphere*, **100**, 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.11.056>
- [8] Swain, T. (1977) Secondary Compounds as Protective Agents. *Annual Review of Plant Biology*, **28**, 479-501. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.28.060177.002403>
- [9] 周庆华, 范卓文, 杨波. 超临界流体萃取技术在中药中的应用[J]. 2002, 19(6): 18-19.
- [10] 胡晓丹. 紫苏中次生代谢物的现代提取分离技术及性质研究[D]: [博士学位论文]. 北京林业大学, 2008.
- [11] Isman, M.B. (2000) Plant Essential Oils for Pest and Disease Management. *Crop Protection*, **19**, 603-608. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)
- [12] Kim, S. and Lee, D. (2014) Toxicity of Basil and Orange Essential Oils and Their Components against Two Coleopteran Stored Products Insect Pests. *Journal of Asia-pacific Entomology*, **17**, 13-17. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2013.09.002>

- [13] Fouad, H.A., Faroni, L.R., Tavares, W.D., *et al.* (2014) Botanical Extracts of Plants from the Brazilian Cerrado for the Integrated Management of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Stored Grain. *Journal of Stored Products Research*, **57**, 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.01.001>
- [14] Gomes, G.A., Monteiro, C.M., Juliao, L.D., *et al.* (2014) Acaricidal Activity of Essential Oil from *Lippia sidoides* on Unengorged Larvae and Nymphs of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) and *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). *Experimental Parasitology*, **137**, 41-45. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2013.12.003>
- [15] 张阳德. 纳米药理学[M]. 化学工业出版社, 2006.
- [16] 许艳玲. 农药微胶囊剂用高分子囊材的研究进展[J]. 天津农学院学报, 2009, 16(1): 49-51.
- [17] Krober, H. and Teipel, U. (2005) Microencapsulation of Particles using Supercritical Carbon Dioxide. *Chemical Engineering and Processing*, **44**, 215-219. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2004.02.014>
- [18] Riyajan, S. and Sakdapipanch, J. (2009) Development of a Controlled Release Neem Capsule with a Sodium Alginate Matrix, Crosslinked by Glutaraldehyde and Coated with Natural Rubber. *Polymer Bulletin*, **63**, 609-622. <https://doi.org/10.1007/s00289-009-0126-z>
- [19] Forim, M.R., Costa, E.S., Fernandes, J.B., *et al.* (2013) Development of a New Method To Prepare Nano-/Microparticles Loaded with Extracts of *Azadirachta indica*, Their Characterization and Use in Controlling *Plutella xylostella*. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, **61**, 9131-9139. <https://doi.org/10.1021/jf403187y>
- [20] Costa, J.T., Forim, M.R., Costa, E.S., *et al.* (2014) Effects of Different Formulations of Neem Oil-Based Products on Control *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae) on Beans. *Journal of Stored Products Research*, **56**, 49-53. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.10.004>
- [21] Chen, X., Xu, H., Yang, W., *et al.* (2009) Research on the Effect of Photoprotectants on Photostabilization of Rotenone. *Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology*, **95**, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2009.01.003>
- [22] Isman, M.B. (2006) Botanical Insecticides, Deterrents, and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. *Annual Review of Entomology*, **51**, 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- [23] Lao, S., Zhang, Z., Xu, H., *et al.* (2010) Novel Amphiphilic Chitosan Derivatives: Synthesis, Characterization and Micellar Solubilization of Rotenone. *Carbohydrate Polymers*, **82**, 1136-1142. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.06.044>
- [24] Martin, L., Liparoti, S., Porta, G.D., *et al.* (2013) Rotenone Coprecipitation with Biodegradable Polymers by Supercritical Assisted Atomization. *Journal of Supercritical Fluids*, **81**, 48-54. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2013.03.032>
- [25] Yang, F., Li, X., Zhu, F., *et al.* (2009) Structural Characterization of Nanoparticles Loaded with Garlic Essential Oil and Their Insecticidal Activity against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**, 10156-10162. <https://doi.org/10.1021/jf9023118>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5566, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: bp@hanspub.org