

The Development of Cyclodextrin Inclusion Technology and Its Application in Pesticide Pollution

Xiuzhi Hu, Yuanyuan Huang, Xiuchan Xiao*, Qianglin Li, Juzhen Wu

Department of Architectural and Environmental Engineering, Chengdu Technological University,
Chengdu Sichuan
Email: *474698386@qq.com

Received: Jun. 20th, 2018; accepted: Jul. 9th, 2018; published: Jul. 16th, 2018

Abstract

The pesticide pollution has become a hot topic in treatment of environmental pollution. With the special structure of inside hydrophobic and outside hydrophilic inside special cavity structure, cyclodextrin can combine with many molecules to form inclusion compound, so it is widely used in medicals, agricultural chemicals and many other fields. The development status of cyclodextrin inclusion technology is introduced, and the application of cyclodextrin inclusion technology in pesticide pollution control is introduced. In addition, the trends of the cyclodextrin inclusion technology were discussed.

Keywords

Cyclodextrin, Pesticide, Inclusion Technology, Pollution

环糊精包合技术的发展及在农药污染治理中的应用

胡秀芝, 黄媛媛, 肖秀婵*, 李强林, 吴菊珍

成都工业学院建筑与环境工程系, 四川 成都
Email: *474698386@qq.com

收稿日期: 2018年6月20日; 录用日期: 2018年7月9日; 发布日期: 2018年7月16日

*通讯作者。

文章引用: 胡秀芝, 黄媛媛, 肖秀婵, 李强林, 吴菊珍. 环糊精包合技术的发展及在农药污染治理中的应用[J]. 材料化学前沿, 2018, 6(3): 72-79. DOI: 10.12677/amc.2018.63009

摘要

农药污染的问题已经成为当前环境治理的一个热点问题。环糊精内疏水、外亲水的空腔结构，能与许多客体分子结合形成包合物，因此被广泛应用于医学、食品和农药等领域。介绍了环糊精包含技术的发展现状，简述了环糊精包含技术在农药治理中的应用，并对环糊精在农药污染治理中的发展趋势和前景做了展望。

关键词

环糊精，农药，包结技术，污染

Copyright © 2018 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

农药污染对现代社会造成了严重威胁，影响当前农药发展的主要障碍是残留问题和毒性问题。因此对于农药污染的治理一直是环境治理的一个热点问题。

微生物降解法是微生物对残留农药进行降解的过程，但微生物的种类、代谢活性、适应性等都直接影响到对农药的降解与转化[1]，此方法用于处理农药污染治理时限制太多。通风去污法是通过打井，从井下通风，抽气进行处理的方法，但此方法会破坏地表结构，所以一般不被使用。与这些方法相比，治理农药污染效果较好的是环糊精包含技术。环糊精包含技术应用于农药污染治理领域的例子有很多，比如：Kamiya 等研究 β -环糊精分别与有机磷杀虫剂对硫磷和它的氧化产物对氧化磷形成的包合物，能稳定对硫磷，防止生成毒性更大的对氧磷，减少环境污染[2]。赵桦萍等发现三氟氯氰菊酯与羟丙基- β -环糊精可形成包合物，包合物形成后热稳定性增强，生物活性增强，有望制成以水作为基质的农药剂型，以减少对环境的污染[3]。此外，有关环糊精在环境科学中的研究，高士祥作了详细的综述[4]。刘嫦娥等通过实验证明了在环境科学领域中用环糊精衍生物清除环境中的有机污染物有着广阔的应用前景[5]。

基于以上背景，本文主要从环糊精包含技术的原理，环糊精对有机农药分子的包合作用，以及环糊精包合物的鉴定等方面综述了环糊精包含技术的发展以及其在农药污染治理中的应用。

2. 环糊精包含技术的发展

2.1. 环糊精简介

环糊精(Cyclodextrin, 简称 CD)是由直链淀粉酶在转移酶的催化作用下形成的许多低聚糖的总称，其分子具有略呈锥形的中空圆筒立体环状结构，在其空洞结构中，外侧上端(较大开口端)由 C2 和 C3 的仲羟基构成，下端(较小开口端)由 C6 的伯羟基构成，具有亲水性，而空腔内由于受到 C-H 键的屏蔽作用形成了疏水区。由于环糊精具有内疏水，外亲水的空腔结构，因此它能像酶一样提供一个疏水性的结合部位，可以与许多客体分子络合。图 1 为最为常见的三种天然环糊精，分别为 α -环糊精、 β -环糊精和 γ -环糊精，分别含有 6、7、8 个葡萄糖单元[6]。图 2 为穿过环糊精空腔的亲水性。

环糊精能大量存在于强碱性介质中，但在强酸介质中不易存在，会发生解离；有机、无机分子进入

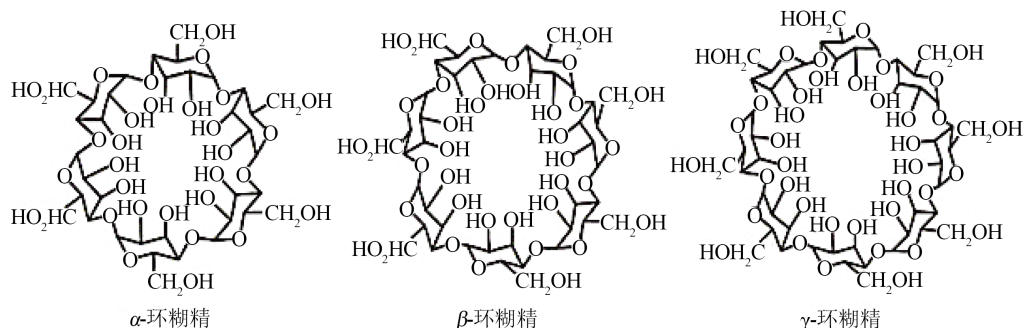


Figure 1. Three common natural cyclodextrins

图 1. 常见的三种天然环糊精

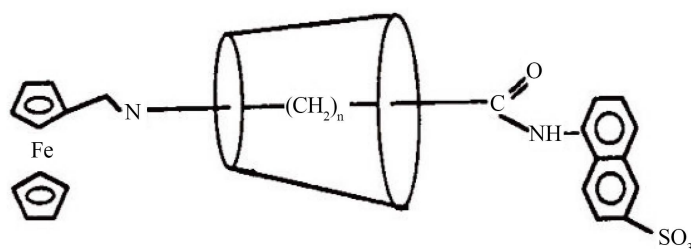


Figure 2. The hydrophilicity through the cavity of cyclodextrin

图 2. 穿过环糊精空腔的亲水性

环糊精空腔内形成包合物，会改变客体分子的性质，提高其使用效果及利用率，因此被应用于各行各业。

2.2. 环糊精对于客体分子的包合作用

2.2.1. 环糊精与有机客体的氢键结合包合

环糊精对于有机物有很强的包合和识别能力。国内外很多研究人员对此进行了深入的探索和研究。研究表明，环糊精在进行包合时，由于环糊精空腔是疏水性的，所以其一直处于排水状态，客体分子进入空腔后通过环糊精的 R 基团与客体分子之间形成氢键从而得到稳定的环糊精包合物。水溶性有机分子能存在于包合物中，与主体分子发生特殊的相互作用，所以水溶性有机分子对包合物的形成与稳定也起到了一定作用。孙宏元等将环糊精应用于有机化学的加成反应，环糊精通过包合作用将反应物转入水相，使反应物之间更接近，让加成反应在温和条件下就能顺利进行[7]。奇强的研究中根据包合物合成的一般方法，结合所研究客体的不同性质，主要采用了湿法包合中的溶液包合法和滴加法[8]。例如，图 3 为 β -环糊精 - 三乙醇胺包合物晶体结构透视图[8]。

环糊精有机包合物的制备方法可根据客体分子的溶解性差异进行选择。在包结过程中，环糊精与客体分子之间的结合力主要有氢键、范德华力、水的释出和疏水作用等，目前环糊精包合作用应用于有机物的研究越来越广泛。比如在绿色有机物的合成方面和有机污染物的治理方面等等。洪诗斌等[9]研究了环糊精作为有机催化剂对有机反应的催化作用。陈金娥等[10]研究了 β -环糊精/萘酚对有机小分子的识别作用。陆洪军等[11]对 β -环糊精金属有机骨架材料的合成及对阿奇霉素的包合的研究，表明环糊精包合技术能被应用于有机金属材料领域。

2.2.2. 环糊精与无机物的静电包合

不同的无机物有不同的直径大小，环糊精与空腔之间的连接孔径大小也有所不同，所以无机物可通过不同的孔径进入到环糊精空腔内。因此环糊精与无机物的包合作用过程比较简单，分析起来也比较容

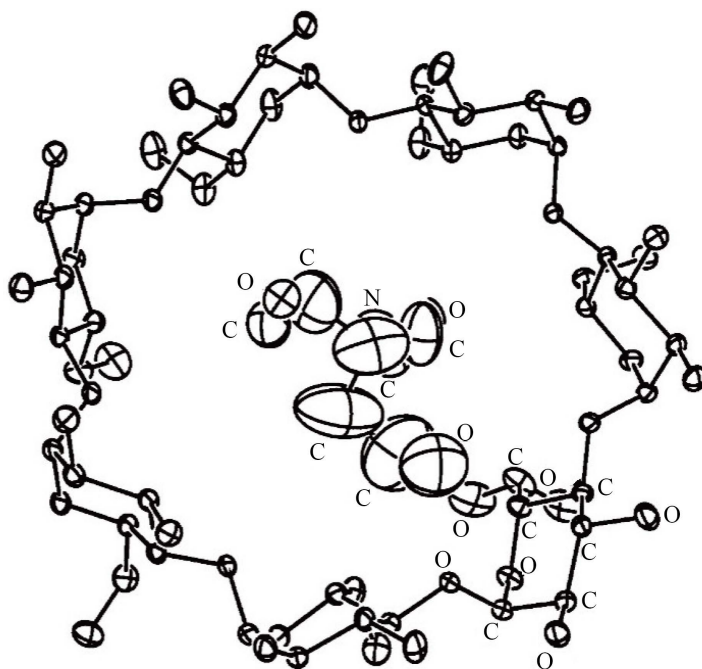


Figure 3. Crystal structure perspective of β -cyclodextrin-triethanolamine clathrate

图 3. β -环糊精 - 三乙醇胺包合物晶体结构透视图

易。其中研究较广泛的是环糊精与无机离子的包合作用。它们之间的包含主要通过静电处理完成，其中较为常见的是等量的包含。比如修饰环糊精与金属离子作用便得到环糊精衍生物的配合物[12]。环糊精与无机离子聚合物混合在温水，便可以实现 2 者的自动结合。

2.2.3. 环糊精与过渡金属的二元包含

环糊精包含过渡金属是属于二元包含，最早发现环糊精作为主体分子能对过渡金属配合物产生识别作用而形成第二配位圈化合物的是 Breslow [13]。1986 年 Alston 等利用 X-ray 衍射分析首次解析了过渡配合物的环糊精包合物的晶体结构[14]。碱性溶液中环糊精可直接与过渡金属发生包合作用，比如环糊精分子内部两个葡萄糖单元的四个二级羟基与铜离子或者锰离子通过羟桥而形成双核配合物[15]。Alston 等利用 x-射线首次解析了过渡金属配合物的环糊精包合物的晶体结构，结果显示配合物中的疏水性配体进入了环糊精空腔，暴露于环糊精羟外的某些配体[16]。

2.3. 环糊精(CD)包合物的表征方法

常见的环糊精包合物的鉴定方法如表 1 所见。

2.3.1. 相溶解度法

客体物质与环糊精包含前后的溶解度是有差异的，可以通过其在水中或在溶剂中的溶解程度来判断环糊精包合物。相溶解度法使用范围比较广，离子型、非离子型、荧光、非荧质体均可用此法，与其他方法相比，该法具有的突出优点是在测定包含形成常数的同时，能获得包含后被包含质体的溶解行为，以及环糊精对药物的增溶效应，这也就为环糊精在药物中的应用，获得了更多的信息[17]。

2.3.2. 紫外可见分光光度法

用紫外可见分光光度计测定一系列样品的吸光度，得到吸收光谱图，通过吸收峰的位置，高度，宽

Table 1. The common identification methods of cyclodextrin inclusion compound**表 1.** 环糊精包合物常见的鉴定方法

名称	方法	原理	应用范围	备注
相溶解度法	通过包合前后客体分子溶解度的不同进行判断。	绘制包结物的溶解度曲线	离子型、非离子型、荧光、非荧光物质体均可采用此法。	此方法可计算包合物的稳定常数。
紫外可见分光光度法	根据吸光度的不同进行判断。	基于物质与电磁辐射作用	测定波长范围在 190~800 nm 内的物质。	此方法可用于杂质检测。
红外光谱法	根据红外吸收光谱进行定量分析的方法。	分子吸收红外光谱发生振动能级跃迁	拥有不同化学键和官能团的有机物。	特征性强、测定速度快，操作简单。
荧光分析法	根据物质反映出的特性荧光进行判断。	物质被紫外光照射后处于激发态，激发态会发出特定的荧光。	发荧光的有机物质和无机物质。	可以使用荧光试剂扩展分析范围。
差示扫描量热法	一种热分析法。	在程序控制温度下，测量功率差与温度的关系。	适用于无机物、有机物及药物分析。	该法使用温度范围广、分辨率高、试样用量少。

度就可以检测出环糊精包合物。紫外可见分光光度法中测定包合物组成比的方法有：1) 摩尔比法，环糊精和客体分子的浓度不变，改变 2 者的包合比，当所求摩尔分数最大时所得包合物浓度最大，包合损耗最小，效果最好。2) 连续变异法，使客体分子浓度不变，增大环糊精浓度；该方法具有设备成本低、操作简单、选择性好、灵敏度高和线性范围广等优点，便于实际应用[18]。胡雪原等[19]利用紫外可见分光光度法测定姜黄素二甲基- β -环糊精的包合量。

2.3.3. 红外光谱法

环糊精分子的特征吸收频率在 $400\sim 3800\text{ cm}^{-1}$ 范围内，与淀粉的吸收频率接近。如果客体分子含有不同的基团就会在相应的波长附近有吸收，从峰形、峰位和强度的变化可以判断客体分子是否进入空腔，以及互相作用力的性质。例如，郭留城等[20]采用红外光谱仪测定甲硝唑， β -环糊精及甲硝唑- β -环糊精物理混合，甲硝唑- β -环糊精包合物红外光谱图。岳金金等[21]利用红外光谱分析法鉴定了厚朴酚- β -环糊精包合物，鉴定时在加热状态下将包合物与溴化钾混匀，混匀后制成溴化钾压片，再进行红外光谱扫描。刘华卿等研究了客体分子间的包合作用主要靠范德华力结合而非形成化学键，化学键的力常数包合前后没有变化[22]，图 4 为 1.0 mg β -环糊精和丹皮酚包合物(上)，1.0 mg β -环糊精和丹皮酚混合物(下)红外图谱[22]，右图可知包含前后官能团峰形基本一致，由于包合物的形成过程中电荷转移、氢键结合使得官能团特征吸收波数略有变化。

2.3.4. 荧光分析法

荧光分析法可分为原子荧光分析、分子荧光分析和 X-射线荧光法。荧光分析法是根据荧光光谱图测定物质含量的方法。因此利用荧光分析法可测定环糊精包合物的含量。荧光分析法的抗干扰能力和稳定较好，用其对市售的洋葱、茴子白等蔬菜上的氯氰菊酯进行检测，能得到满意的结果[23]。

2.3.5. 差示扫描量热(DSC)法

差示扫描热法是将样品因热效应而发生变化对其提供热量保持样品温度不变，进行检测的方法，此方法的准确性和灵敏度都较高，因此适用于环糊精包合物的鉴定。刘侠等利用 DSC 法鉴定羟丙基- β -环糊精包合物，DSC 法鉴定羟丙基- β -环糊精包合物中客体的性质及其所研究的目的[24]。

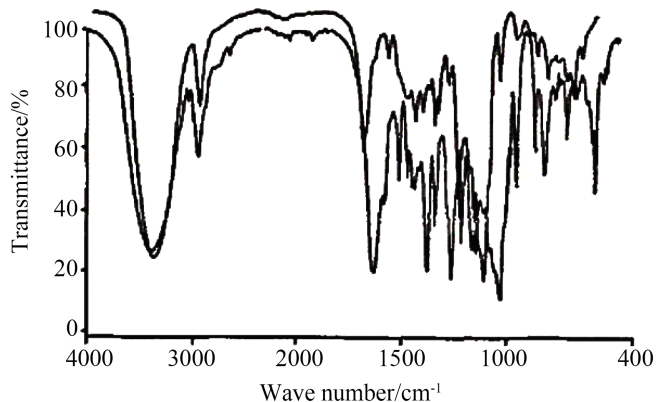


Figure 4. β -cyclodextrin-Dan phenol inclusion compound and (up) and mixture (down) infrared spectrum

图 4. β -环糊精 - 丹皮酚包合物(上)和混合物(下)红外图谱

3. 环糊精包合农药小分子在农药污染治理中的应用

农药污染物的有毒物质通过土壤水流进水体，经过蒸发进入到大气，最终对生态系统造成威胁。降低农药污染物危害，处理有毒物质较容易的处理方式是在土壤中进行处理。不稳定的包合物会分解，而稳定的包合物中强毒性游离态的物质不易分解，因而包合物的形成是环糊精导致有机污染物生物毒性减弱的重要因素[25]。

环糊精及其衍生物与有机污染物形成包合物对污染物的生物毒性产生明显影响，由于污染物被其包合后在水中的有效浓度降低，通常使污染物的生物毒性减少[26]。下面本文将介绍环糊精及其衍生物在有机农药治理中的应用。

3.1. 使农药制剂具有缓释性能

缓释是指采取某种手段使成分释放速率减慢，提高农药试剂的有效浓度，避免不必要的浪费，大大提高农药利用率。比如包含 1-甲基环丙烯使其产生缓释性能。1-甲基环丙烯可很好地抑制乙烯的作用，延长水果，蔬菜，鲜花等的储存时间。包合作用使被包结客体分子的物理，化学性质的改变，使得它能够有一些特殊领域被应用，特别是当它们面对光、热及氧等不稳定因素的时候，这种包结往往能弥补客体物质稳定性的不足[27]。1-甲基环丙烯(MCP)容易分解，所以采用冷冻干燥法对其进行包合，环糊精包合之后可减缓其分解作用，大大提高其利用率。因此，环糊精-1-甲基环丙烯包合物在水果、蔬菜、观赏性植物的储存方面发展方向广泛。

3.2. 提高药物稳定性

稳定性是指保持药物化学、物理性质的稳定，使其不因发生化学反应而发生化学变化、不会因为外界条件的改变而发生物理变化。化学变化是指发生化学反应，水解反应、氧化反应、聚合反应等。物理变化是指物质的形状、大小、颜色发生变化。

例如，氯苯胺灵(CIPC)是属于氨基甲酸酯类农药，近年多用作马铃薯储存抑芽[28]。也能够有选择地除去田间杂草，能杀死蔬菜、棉花等作物间的单子叶杂草，也能用于抑制马铃薯块茎在贮藏期抽芽。但 CIPC 难溶于水，不利于被制备成溶剂，所以采用研磨法使氯苯胺灵(CIPC)与 β -环糊精进行包合，而形成新的包合物，包合物的水溶性和稳定性都会增强，这就提供了一种水溶性和稳定性更高的新剂型氯苯胺灵农药，这种新剂型农药的使用会提高氯苯胺灵农药的溶解速率，降低农药对环境的污染。多菌灵又名

苯并咪唑 4 号, 是苯菌灵的代谢产物, 能够对许多农作物进行杀菌。多菌灵不会直接杀死细菌, 而是在细胞分裂阶段, 影响分裂而杀死细菌。刘双双等[29]指出多菌灵主要残存于植株中, 包括茎、叶和稻穗, 随着水稻后期植株含水量下降, 稻秆逐渐枯黄, 植物体代谢速率减慢, 植物代谢对农药的消解作用减弱, 表现为多菌灵在水稻植株上的残留量依然很高。采用固相包合法对其进行包和, 多菌灵与羟丙基- β -环糊精以一定比例通过振荡直接进行包合制备成固体包合物, 包合物的稳定性明显增强, 并提高了多菌灵的利用率, 是多菌灵农药发展的一个新方向。

3.3. 作为农药制剂中的增溶剂

农药制剂的制备需要消耗有机溶剂, 一些农药制剂在水中的溶解度较小, 在制备时需消耗的大量的有机溶剂, 为了减少有机溶剂的使用, 因此在农药制剂加工时可以使环糊精作为增溶剂, 提高溶解度, 减少不必要的消耗, 从而减少农药污染。比如作为农药制剂中助剂的应用研究水溶性有机农药[30]。

3.4. 降低药物毒性

农药中含有许多有毒物质, 有机磷农药在自然界中可以被降解, 而对于有机氯是难以降解的, 农药在生物体内同样会发生降解, 但降解产物毒性更强, 因此要在农药发生降解前进行毒性的降低。氯胺磷是创新型杀虫剂, 与甲胺磷相近。但毒性比甲胺磷低, 中级毒性, 对皮肤无刺激, 无致癌、致畸、致突变性, 对眼有轻度刺激性。使用环糊精对其进行包合后可使它的毒性更低, 对环境的污染减少。周珊珊等研究了 β -环糊精-氯胺磷包合物对离体乙酰胆碱酶的抑制作用, 表明包合后其活性未变, 对环境安全起着优化的作用[31]。

4. 总结

环糊精包合客体分子形成包合物, 改变客体分子的物理、化学特性, 提高客体分子的使用效率。随着环糊精包合技术的普及和加强, 越来越多的包合物研究将会出现, 环糊精-客体包合物的制备方法将会越来越多, 包合物的表征方法将会越来越方便。本文中综述的环糊精对几种农药分子的包合达到降低农药污染的作用, 很好地说明了环糊精在农药污染治理中有着广阔的发展前景。但是环糊精包合技术暂时只适用于小型实验室, 对于一些大型的工业生产并不适宜, 所以应加强对于环糊精的生产研究, 研制出能够用于工业生产的生产设备。另外, 还要加强环糊精包合物在应用中的缓释性能、利用率、以及其稳定性的研究, 环糊精包合技术的应用会展现出其真正的价值。

基金项目

四川省大学生创新创业训练计划项目(201711116030)。

参考文献

- [1] 刘潇, 余浩然, 沈清. 基于环糊精的新材料的研究进展[J]. 广州化学, 2011, 36(3): 45-57.
- [2] Kamiya, M. and Nakamura, K. (1995) Cyclodextrin Inclusion Effects on Photodegradation Rates of Organophosphorus Pesticides. *Environment International*, 21, 299-304. [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(95\)00026-H](https://doi.org/10.1016/0160-4120(95)00026-H)
- [3] 赵桦萍, 肖忠峰, 李松梅. 羟丙基- β -环糊精与三氟氯氰菊酯的包合作用研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(20): 9338-9340.
- [4] 闫有旺. 环糊精包合物[J]. 化学世界, 2006, 47(4): 252-254.
- [5] 刘嫦娥, 曾清如, 周细红, 郭正元, 廖柏寒. 甲基化- β -环糊精(MCD)对甲基对硫磷的增溶作用和生物毒性研究[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 109-112.
- [6] 杨明伟, 叶非. 微生物降解农药的研究进展[J]. 植物保护, 2010, 36(3): 26-29.

- [7] 孙宏元, 郝爱友, 尹明静, 张华承, 申健. 环糊精在绿色有机合成中的应用[J]. 化学进展, 2008, 20(11): 1695-1698.
- [8] 奇强. β -环糊精包合物晶体结构研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津师范大学, 2002.
- [9] 洪诗斌, 刘梦艳, 张薇, 邓维. 环糊精及其衍生物催化的有机反应[J]. 上海: 有机化学, 2015(35): 325-336.
- [10] 陈金娥, 张海容. β -环糊精/萘酚对有机小分子识别作用研究[J]. 山西大学学报, 2009, 32(3): 443-446.
- [11] 陆洪军, 杨小宁, 沙靖全, 李长德, 李晓涛. β -环糊精金属有机骨架材料的合成及对阿奇霉素的包合研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2015, 20(4): 36-42.
- [12] 宋乐新, 孟庆金, 游效曾. 环糊精和环糊精包合物[J]. 无机化学学报, 1997, 13(4): 370-374.
- [13] Siegel, B. and Breslow, R. (1975) Lyophobic Binding of Substrates by Cyclodextrins in Nonaqueous Solvents. *Journal of the American Chemical Society*, **97**, 6869-6870. <https://doi.org/10.1021/ja00856a048>
- [14] Alston, D.R., Slawin, A.M.Z., Stoddart, J.F. and Williams, D.J. (1985) Stereoselective Nucleophilic Additions to a Bicyclic Ketone Controlled by a Remote Tricarbonyl(diene)iron Moiety. *Angewandte Chemie International Edition*, **24**, 786-787. <https://doi.org/10.1002/anie.198507861>
- [15] Matsui, Y. and Suemitsu, D. (1985) The Stereoselective Retardation of the Alkaline Hydrolysis of Organic Esters by Binuclear Cu(II) Complexes with Cyclodextrins. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **58**, 16-58.
- [16] 宋乐新, 周桃玉, 郭子建. 环糊精及其衍生物的超分子晶体结构研究进展[J]. 无机化学学报, 2001, 17(1): 9-16.
- [17] 邓少敏, 郭祀远, 潘景浩, 李琳, 蔡妙颜. 相溶解度法测定 β -环糊精-芦丁包合物的形成常数[J]. 分析化学, 1998(5): 564-567.
- [18] 吕晓惠, 吴雄志, 张富. 紫外吸收光谱法测定强力霉素废水中的 5-磺基水杨酸[J]. 广西科学院学报, 2010, 26(3): 282-283.
- [19] 胡雪原, 杨梅, 万坤, 王红, 张景, 京力. 紫外可见分光光度法测定姜黄素二甲基-环糊精的包合率[J]. 光谱实验室, 2013, 30(4): 1788-1791.
- [20] 郭留城, 杜利月, 王飞. 甲硝唑- β -环糊精包合物的制备及鉴定[J]. 国际医药卫生导报, 2014, 20(19): 3010-3012.
- [21] 岳金金, 张喜月, 刘金颖, 刘慧婷, 张玲. 厚朴酚- β -环糊精包合物的制备及鉴定[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015, 6(3): 214-216.
- [22] 刘华卿. β -环糊精包合物客体分子的红外光谱吸收变化研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(10): 91-92.
- [23] 张晓光, 刘洁翔, 范志金, 王海英. 环糊精及其衍生物在农药领域应用的研究进展[J]. 农药学报, 2009, 11(3): 291-297.
- [24] 刘侠, 王思玲. Zn-DDC 羟丙基 β 环糊精包合物的制备与鉴定[J]. 中国医药学科, 2012, 2(15): 102-103.
- [25] 谢凝子. 环糊精在土壤有机污染物治理中的应用[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(2): 1212-1673.
- [26] 高士祥, 王连生. 环糊精在环境科学中的应用[J]. 环境科学进展, 1998, 6(4): 80-86.
- [27] 冯光柱, 卢奎, 李和平. 紫外-可见光谱研究北 β -环糊精与 β -胡萝卜素的包结作用[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(9): 1099-1102.
- [28] 陈亿兵, 雷铁玲, 金焕贵, 魏民. 2.5%氯苯胺灵粉剂对马铃薯贮藏抑芽的效果[J]. 植物保护, 2010, 2(12): 68-69.
- [29] 刘双双, 杨仁斌, 陈海平, 傅强. 多菌灵在水稻及土壤中的消解动态及残留规律研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 31(2): 357-361.
- [30] 罗跃初, 曾清如, 廖柏寒, 等. β -环糊精及其衍生物对疏水性有机农药增溶和毒性影响的研究[J]. 环境科学学报, 2001(s1): 103-107.
- [31] Zhou, S.S., Wang, L.M., Zhang, A.P., et al. (2008) Preparation, Stabilization, and Bio-Efficacy of B-Cyclodextrin in Clusion Compounds of Chloramidophos. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 2708-2713. <https://doi.org/10.1021/jf703635p>

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：2331-012X，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：amc@hanspub.org