

# Prospect for Physical Type Slow/Controlled Release Fertilizers

Jinying Jiang, Yunlin Fu\*

Forestry College of Guangxi University, Nanning  
Email: fylin@126.com

Received: Aug. 26<sup>th</sup>, 2013; revised: Sep. 9<sup>th</sup>, 2013; accepted: Sep. 13<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Jinying Jiang, Yunlin Fu. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Physical type slow/controlled release fertilizers described in the article mainly consisted of coated slow/controlled release fertilizers and slow/controlled release fertilizers which were made by wood residue. This article introduced research status of coated slow/controlled release fertilizers. Research contents and basis of wood residue slow/controlled release fertilizers were stated and social meaning of this study was also discussed. Application in forestry area, presence problems and developing trend in recent years of physical type slow/controlled release fertilizers were summarized. This offered reference for further study on slow/controlled release fertilizers, and it provided scientific guidance for this study to achieve industrialization development.

**Keywords:** Physical Type Slow/Controlled Release Fertilizers; Coated Slow/Controlled Release Fertilizers; Slow/Controlled Release Fertilizers Shell

## 物理型缓控释肥料研究的进展

姜金英, 符韵林\*

广西大学林学院, 南宁  
Email: fylin@126.com

收稿日期: 2013年8月26日; 修回日期: 2013年9月9日; 录用日期: 2013年9月13日

**摘要:** 文中所述的物理型缓控释肥料主要包括包膜缓控释肥料及用木材剩余物制作壳体的缓控释肥料两种。主要介绍了包膜缓控释肥料的研究现状, 阐述了木材剩余物缓控释肥料壳体的研究内容、依据及该研究的社会意义。概述了物理型缓控释肥料在林业领域上的应用, 近年来物理型缓控释肥料存在的问题及发展趋势, 以期缓控释肥料的进一步研究提供参考, 为该研究实现产业化发展提供科学指导。

**关键词:** 物理型缓控释肥料; 包膜缓控释肥料; 缓控释肥料壳体

### 1. 引言

缓控释肥料养分利用率高、施肥次数少、环境污染小等优点, 符合环境友好型社会的需求, 是我国及世界肥料发展的重要方向。2005年, 世界缓控释肥料

的生产、销量已达到120万吨<sup>[1]</sup>。近年来, 我国政府鼓励并支持缓控释肥料的开发和应用。2006年2月, 国务院颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020)》中明确提出“重点研究开发环保型肥料, 专用复型缓控释肥料及施肥技术”<sup>[2]</sup>。因此, 研究并推广高效环保的缓控释肥料的任务刻不容缓。

\*通讯作者。

缓控释肥料是以各种调控机制使养分最初释放延缓, 延长植物对其有效养分吸收利用的有效期, 使其养分按照设定的释放率和释放期缓慢或控制释放的肥料<sup>[3]</sup>, 其分类方法很多, 其中一种是将其分为物理型、化学型及物理化学型三类, 物理型缓控释肥料是通过简单的物理过程处理使肥料具有缓控性, 大多为包膜肥料, 一般通过加热、喷涂、干燥等手段在肥料颗粒表面喷涂一层或几层惰性物质, 形成致密的低渗透性膜, 以控制水进入肥料核心及养分溶液从膜内向向外扩散的速度, 进而延缓肥料中养分的释放速度<sup>[4]</sup>。本文主要介绍包膜型缓控释肥料及用木材剩余物制作壳体的缓控释肥料两种物理型缓控释肥料。

## 2. 包膜缓控释肥料

### 2.1. 制备工艺与技术探索研究现状

自 1924 年脲醛肥料取得专利以来, 缓释肥料已有很大进步, 近年来又发展到可控释肥料, 而且有一部分已实际应用于农业生产中。70 年代以后, 国内外对缓控释肥料的研究日益增多。包膜缓控释肥料在生产制造技术方面发展迅速, 当前主要研究工作集中在包膜材料的选用、养分释放机理和肥料评价方法三方面的研究<sup>[5]</sup>。我国最早的缓释肥料是中科院南京土壤研究所于 1973 年成功研制的钙镁磷肥包膜的长效碳酸氢铵<sup>[6]</sup>。近年来, 有关可降解的环保型的缓释肥料的研究日益增多。我国研发缓控释肥料的历史已将近有 40 年, 在包膜材料的选择、包膜工艺的开发上已取得可喜的进展, 已有小批量的产品打入市场<sup>[7]</sup>, 但发展速度和研发水平同发达国家相比还是相差甚远。

1961 年, 美国 TVA 公司首先成功研制出硫磺包膜尿素(SCU), 随后, 美国 ADM 公司于 1964 年开发了以热固性树脂为包膜的聚合物包膜肥料, 并实现了工业化生产<sup>[8]</sup>。张玉龙等<sup>[9]</sup>在添加无机矿物材料下, 用天然高分子化合物溶液为粘结剂, 制成涂膜材料, 用该涂膜材料包裹尿素制成缓释肥料。王碧等<sup>[10]</sup>以甲醛为交联剂, 甘油作增塑剂, 采用溶液共混法制成明胶/葡甘聚糖/聚乙烯醇缓释尿素包膜。

尽管以上所述的包膜肥料达到了缓控释效果, 但包膜材料的难降解可能会给环境造成负面的影响。为减少对环境的污染, Hanafi M. M., et al.<sup>[11]</sup>提出利用可降解的材料来制造缓控释肥料的包膜。随后, 可降解

包膜缓控释肥料成了发展方向。王晓君<sup>[12]</sup>制成能自然降解的聚合物包膜材料。Modabber Ahmed Khan et al.<sup>[13]</sup>利用尿素和废旧报纸制成缓释肥料。

### 2.2. 养分的释放机理研究现状

包膜肥料释放机理受包膜材料类型及水分、温度等环境因素的影响。

在包膜材料的特性方面, 1993 年 1995 年 Goertz<sup>[14]</sup>和 Raban S. et al.<sup>[15]</sup>提出了“破裂机制”和“扩散机制”两种不同释放机制, “破裂机制”的膜材料一般是脆而无弹性的, 水蒸气以疏水膜向颗粒内扩散, 之后包膜破裂或膨胀, 使肥料颗粒内养分的饱和溶液外流, 硫包尿素是典型的“破裂机制”释放机理; “扩散释放”是弹性强的聚合物包膜肥料养分的主要释放方式, 水分子以水蒸气形式通过包膜渗进肥料颗粒内部, 并在肥料颗粒上凝聚, 使其部分溶解, 如此在包膜肥料内形成压力, 如膜能承受得住内部压力, 则肥料中的养分在浓度梯度推动下通过扩散释放或由压力梯度推动通过质流形式释放<sup>[16]</sup>。王亮等<sup>[17]</sup>通过土柱淋溶法和土壤培养法研究了水溶性高分子材料肥料包膜的缓控释特性, 发现包膜可以有效控制养分的释放。赵秀芬等<sup>[18]</sup>研究证实了同一缓释肥料的 N、P、K 三种养分释放速率不同, 聚合物控释肥料的释放速度与膜材料的选取有关。

水分、温度等各种因素对不同类型或不同膜材料的包膜肥料的影响程度存在较大差别。硫包尿素的释放速率受土壤微生物活性的影响较大, 而与其相似的无机物包膜材料的包膜肥料却受土壤水分含量影响较大; 有机聚合物包膜肥料, 在土壤田间持水量和作物凋萎含水量范围内, 除受土壤温度影响较明显外, 受其他环境因子的影响较小<sup>[6]</sup>。郑圣先等<sup>[19-21]</sup>研究了控释肥料的养分释放动力学特性, 探讨了温度、水蒸气、土壤水分对肥料释放速度的影响, 发现肥料释放速度与它们有显著的关系。夏玮等<sup>[22]</sup>研究环境因素对甲壳素包裹缓释肥料的养分释放特性, 结果表明: 甲壳素包裹缓释肥料具有良好的缓释效果, 养分释放速率与温度、水蒸气压、水分等因素有关。

## 3. 木材剩余物制作壳体的缓控释肥料

符韵林等<sup>[8,23,24]</sup>提出了用木材剩余物制备缓控释肥料壳体的设计构想及制造方法, 本文主要在其思路

的基础上进行试验研究,探索可行的木材剩余物缓释肥料壳体的制造方法。

### 3.1. 主要内容及理论依据

用木材剩余物制备缓控释肥料壳体主要是将木材剩余物处理成粉末状,借助胶粘剂,将其压制成具有一定形状和规格的壳体,从而获得了木材剩余物缓控释肥料的壳体。壳体的制造分为一次成型和二次成型两种方法。一次成型法:首先设计与制造容易脱模的模具,然后利用模具将胶粘剂与处理后的木材剩余物压制成壳体。二次成型法:利用压机直接将胶粘剂与木材剩余物混合压制成板,然后采用精密推台锯锯出所需规格的板块,最后用热熔胶将六块板块粘成一个立方体(7 cm × 7 cm × 7 cm)的壳体。

将制造的壳体装载肥料,然后通过人工模拟降雨试验和林木施肥试验,研究壳体构成(包括木材剩余物类型、颗粒形状和壳体密度、厚度等因素)对壳体肥料释放规律的影响;研究不同水分、温度等环境条件下木材润胀性、渗透性的变化对壳体肥料的释放速度的影响;研究壳体的微细构造对壳体肥料释放规律的影响。

木材自身存在空隙,具有多孔性及渗透性的特点。装载肥料的壳体埋藏在土壤中,下雨后,雨水通过土壤渗透下来,通过壳体进入壳体肥料内,肥料遇水溶解变成肥料水溶液。壳体中的肥料因溶于水而随着水一起向外渗透,渗透的途径主要有两种,一是依靠木材自身存在的孔隙渗透,主要是通过细胞腔、纹孔、纹孔膜塞缘上的小孔等空隙渗透,二是由胶粘剂粘合而成的壳体遇水降解,变得松散,形成了可供肥料水溶液渗透的通道。因此,在多种通道的作用下,壳体中的肥料逐步的转移到壳体外,能起到缓控释的作用。

### 3.2. 研究意义

缓控释肥料是当前肥料行业的发展趋势,木材剩余物缓控释肥料壳体的研究是一种新型、环保的包膜缓控释肥料,具有可降解等优点,其紧跟时代脚步应运而生,在国内属于首创,具有重要的社会意义。

通过本研究揭示木材剩余物缓控释肥料壳体的肥料释放规律,为木材剩余物缓控释肥料壳体的施肥作业提供科学指导。在理论上,是缓控释肥料发展趋势

的延伸,这种壳体具有自然降解等优点,适用于林木、花卉等植物施肥作业。

木材作为可再生利用的循环经济材料,符合可持续发展的要求,但我国天然木材资源供不应求,并且木材的利用率低至 10%<sup>[25]</sup>。木材加工利用后的剩余物颇多,对其加以开发利用,具有很大的潜力。本研究采用木材剩余物制作缓控释肥料的壳体,试验材料来源丰富,且对木材剩余物赋予新的使用途径,减少木材剩余物用于燃烧时对环境的破坏,具有一定的社会意义。

## 4. 物理型缓控释肥料在林业领域中的应用

包膜缓控释肥料及木材剩余物制作壳体的缓控释肥料属于新型的肥料,其整个推广应用需要经过一个过程。国家支持鼓励缓控释肥料的应用,在农业生产上的作用日益明显,现阶段在蔬菜、粮食作物等的农业生产中的应用研究也取得一定的成就<sup>[26]</sup>。

因包膜缓控释肥料生产成本较高,相对普通的肥料价格较贵,目前缓控释肥料在林业领域中主要是应用在一些经济价值较高的草坪<sup>[27]</sup>、高尔夫球场<sup>[28]</sup>、苗圃<sup>[29]</sup>、花卉<sup>[30]</sup>等的生产,在一些经济林木中也有应用。

缓控释肥在果树生产中的应用的报道较多。俞巧钢等<sup>[31,32]</sup>通过室内培育与柑桔田间试验,研究了用脲醛涂膜液包膜的控释肥的释氮速率及其对柑桔的效应,通过施用缓释肥,氮素释放速率减缓,提高柑桔产量,且可提高果实品质。缓控释肥在苹果树<sup>[33]</sup>、蜜柚<sup>[34]</sup>等果树上也有研究应用。

国内外对控释肥在茶树上的应用已有初步研究。洪春来等<sup>[35]</sup>将不同 N、P、K 配比的 Kemira 肥料应用于茶树上,通过与施尿素为常规肥作对照实验,结果表明:施用 Kemira 肥的土壤中有有效 P、有效 K 的水平和茶叶中 N、P、K 各养分元素的含量均比对照的高,而土壤中碱解氮的积累比对照实验的低,说明 Kemira 肥有力促进了茶树对氮素的吸收。施用 Kemira 肥在提高茶叶品质的同时增加了茶叶产量及经济产值。另外,澳格利茶叶换控释肥<sup>[36]</sup>、“膜力丹”控释肥<sup>[37]</sup>及“金正大”缓控释肥<sup>[38]</sup>等在茶树上的应用也有相应的研究。

目前物理型缓控释肥在用材林上应用的研究报道甚少。因包膜型缓控释肥生产成本较高,目前并未实现产业化发展,所以在用材林上的应用经济效益不

显著。在解决设备及工艺配套的前提下,包膜型缓控释肥的应用价值会大大提高。木材剩余物制作壳体的缓控释肥料目前也处于林木试验阶段,主要针对的是桉树、松树等用材林的应用研究。通过在用材林上的应用,能很大程度上促进物理型缓控释肥料在林业领域中的应用,提高经济价值。

## 5. 物理型缓控释肥料存在的问题及发展趋势

在物理型缓控释肥料的研究中,虽已取得了一定的进展,但很多产品尚处于开拓市场的初期阶段,仍存在许多问题。

1) 产业化问题。目前生产的缓控释肥料的生产工艺简单,已基本实现产业化。但相比传统肥料工艺,包膜缓释肥料制作工艺复杂,养分控制要求较高,关键设备和工艺配套的研究尚属薄弱,还未形成产业化。所以今后要注重包膜材料的研发,重视专用型缓控释肥料的研究与应用,尽可能快地实现产业化。采用二次成型法制造木材剩余物缓控释肥料壳体的工艺虽已有很大的进展,但离实现产业化还需一定试验阶段。二次成型法制造壳体目前还未达到预计效果,主要是一次成型的模具加工制造存在问题,待模具制造成功,相信实现产业化也指日可待。

2) 价格问题。与普通肥料相比较,包膜控释肥料的生产成本比常规肥料高1~2倍,甚至3~5倍以上,而采用添加抑制剂的非包膜缓控释肥料成本虽然增加得少,但养分控释效果却不稳定<sup>[39]</sup>。所以,包膜控释肥料大部分仅应用在经济价值较高的花卉、蔬菜等的生产上,尚需进一步开发高性价比、高效的控释肥料品种。木材剩余物缓控释肥料壳体的制造成本主要在一次成型模具的设计及加工制造,如果成功制造模具,工艺实现产业化,生成成本可大大减少。

3) 养分释放与作物吸收的同步问题。影响产品养分释放速率与释放特征的环境因素很多,缓控释肥料养分释放与作物吸收养分的尚不协调问题,尽管已有很多人对于缓控释肥料的养分释放机理进行了研究,但真正能把释放机理和作物吸收的特性相互联系到一起的研究还甚少。目前在木材剩余物缓控释肥料壳体的肥料释放规律研究中,如何实现养分释放与作物吸收的同步问题尚需进一步研究与探讨。

4) 其他问题。缓控释肥料的释放速度和模式和环境因素之间的关系,有待进一步的系统研究;有关缓控释肥料的概念,缓控释效果的快速、合理、统一、完备的检测方法等亟待国家统一标准的出台。

把缓控释肥料各方面的优势凸显出来,将会有着广阔的发展和应用前景。针对我国物理型缓控释肥料存在的问题进行研究利用,以促进缓控释肥料的推广与利用。

## 6. 结语

纵观国内外的的发展,缓控释肥料的生产,填补了节能环保肥料产品这一技术的空白。缓控释肥料是一类高效与环境友好型肥料,将在未来的肥料领域占据重要的地位。虽然我国对缓控释肥料的研究日益增多,但我们也应清楚地认识缓控释肥料生产发展的缺点与不足,让缓控释肥在带来资源节约的同时,尽可能地克服由其所带来的负面效应,实现产业化,促进农业的全面发展。

作为缓控释肥料中的一大类,物理型缓控释肥料的探讨研究占据重要作用。木材剩余物缓控释肥料壳体的研究是物理型缓控释肥料的一个新的创新点,符合缓控释肥料的发展要求,本着成本低、制造方法简单等优势,如果能解决其养分释放与作物吸收的同步问题、产业化问题等,其研究前景不可估量,在为林木施肥提供科学指导的同时也将是缓控释肥料研究领域中一次大的突破。

## 7. 致谢

文中用木材剩余物制作壳体的缓控释肥料的内容来源于符韵林教授主持的国家自然科学基金项目“木材剩余物缓/控释肥料壳体的肥料释放机理研究”,非常感谢符韵林教授给予本文内容及写作上的构思与指导,同时感谢所有相关参考文献的学者专家对相关内容的研究,方便本文各处的引用参考。

## 参考文献 (References)

- [1] 许秀成,李蔚萍,王好斌.包裹型缓释/控制释放肥料专题报告[J].磷肥与复肥,1999,14(4):20-21.
- [2] 张民.缓控释肥料的有关概念和发展前景[J].中国农资,2007,11:30-31.
- [3] HG/T3931-2007.缓控释肥料[S].北京:化学工业出版社,2007.
- [4] 谷佳林,徐秋明,曹兵等.缓控释肥料的研究现状与展望[J].

## 物理型缓控释肥料研究的进展

- 安徽农业科学, 2007, 35(32): 10369-10372.
- [5] 冯守疆, 龚成文, 赵欣楠等. 包膜缓/控释肥料的研究现状及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14409-14411.
- [6] 祝红福, 熊远福, 邹应斌等. 包膜型缓/控释肥的研究现状及应用前景[J]. 化肥设计, 2008, 46(3): 61-64.
- [7] 黄永兰, 罗奇祥, 刘秀梅等. 包膜型缓/控释肥料技术的研究与进展[J]. 江西农业学报, 2008, 20(3): 55-59.
- [8] 符韵林, 万业靖, 唐黎明. 木材剩余物制备缓/控释肥料壳体的设计[J]. 木材加工, 2010, 11: 50-52.
- [9] 张玉龙, 邹洪涛, 虞娜. 以有机无机涂膜材料包裹尿素研制缓释肥料的研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(2): 198-201.
- [10] 王碧, 熊恒英, 覃松. 明胶/葡甘聚糖/聚乙烯醇缓释肥料包膜的表征[J]. 化学研究与应用, 2010, 22(5): 529-633.
- [11] M. M. Hanafi, S. M. Eltaib, M. B. Ahmad, et al. Evaluation of controlled-release compound fertilizers in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2002, 33(7-8): 1139-1156.
- [12] 王晓君. 聚合物在缓/控释肥料中的应用研究[J]. 化工进展, 2004, 23(4): 437-438.
- [13] M. A. Khan, M. Z. Wang and B.-K. Lim. Utilization of waste paper for an environmentally friendly slow-release fertilizer. *Journal of Wood Science*, 2008, 54(2): 158-161.
- [14] H. M. Goertz. Technology development in coated fertilizers. In: A. Hagin, Ed., *Workshop on Controlled/Slow Release Fertilizers*. Haifa Israel: Technion, 1993: 158-164.
- [15] S. Raban, A. Shaviv. Controlled release characteristics of coated urea fertilizers. Seattle: CRS Inc., 1995: 105-106.
- [16] 范本荣, 沈玉文, 江丽华等. 聚合物包膜缓/控释肥料的研究进展[J]. 山东农业科学, 2011, 9: 76-80.
- [17] 王亮, 秦裕波, 于阁杰等. 水溶性高分子材料肥料包膜与缓控释性能研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(4): 861-864.
- [18] 赵秀芬, 房增国, 李俊良. 几种有机高聚物包膜肥料养分释放速率研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 139-141.
- [19] 郑圣先, 肖剑, 易国英. 控释肥料养分释放动力学及其机理研究. 第 1 报. 温度对包膜型控释肥料养分释放的影响[J]. 磷肥与复肥, 2002, 17(4): 14-17.
- [20] 郑圣先, 肖剑, 易国英. 控释肥料养分释放动力学及其机理研究. 第 2 报. 水蒸汽对包膜型控释肥料养分释放的影响[J]. 磷肥与复肥, 2002, 17(5): 22-25.
- [21] 肖剑, 郑圣先, 易国英. 控释肥料养分释放动力学及其机理研究. 第 3 报. 土壤水分对包膜型控释肥料养分释放的影响[J]. 磷肥与复肥, 2002, 17(6): 9-12.
- [22] 夏玮, 张文清, 赵显峰等. 环境因素对甲壳素包裹缓释肥料养分释放特性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4560-4564.
- [23] 符韵林, 万业靖, 唐黎明. 木材剩余物制备缓/控释肥料壳体的构想[A]. 第二届中国林业学术大会——S11 木材及生物质资源高效增值利用与木材安全论文集[C], 2009.
- [24] 符韵林, 莫昭展, 乔梦吉等. 用木材剩余物制造缓释肥料壳体的方法[P]. 中国专利: 200710050083, 2008-04-09.
- [25] 薛志勇. 木材剩余物的开发与利用新途径[J]. 建筑人造板, 2002, 1: 41-42.
- [26] 马松, 许自成, 苏永士等. 控释肥养分控释特性及其应用研究进展[J]. 江西农业学报, 2010, 22(4): 69-72.
- [27] 李明胜. 缓/控释肥料在草坪中的应用研究概述[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2004, 24(4): 284-288.
- [28] 陈燕, 韩烈保. 春季施用 5 种缓/控释肥料对高尔夫球场草坪草生长的作用[J]. 草业科学, 2008, 25(5): 104-107.
- [29] 李雪飞, 胡静静, 沈向等. 观赏果树苗圃施用控释肥效果研究[J]. 农业科技与信息, 2009, 1: 38-40.
- [30] 余爱丽, 林杉, 游捷等. 花卉专用控释肥对 4 种草本花卉生长的影响[J]. 北方园艺, 2003, 5: 47-49.
- [31] 俞巧钢, 朱本岳, 叶雪珠. 控释肥在柑桔上的应用研究[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(4): 210-213.
- [32] 余观梅, 朱本岳, 俞巧钢. 使用缓释肥对柑桔产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2002, 5: 40-41.
- [33] 邵蕾, 张民, 陈学森等. 控释氮肥对土壤和苹果树氮含量及苹果产量的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 43-46.
- [34] 吴凌云, 李志忠, 丁文. 缓控释肥在蜜柚上的施用效果研究[J]. 福建农业科技, 2011, 4: 77-82.
- [35] 洪春来, 魏幼璋, 杨肖娥等. Kemira 肥料在茶树上的应用研究[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(6): 361-364.
- [36] 李元沅, 刘富知, 王亦如等. 澳格利茶叶缓控释肥使用效果初报[J]. 茶叶通讯, 2005, 32(2): 12-14.
- [37] 王义平. “膜力丹”控释肥在茶树上的试验初报[J]. 福建茶叶, 2007, 3: 13.
- [38] 苏火贵. “金正大”换控释肥在茶树上的肥效试验[J]. 福建茶叶, 2013, 1: 22-23.
- [39] 陈琳. 略谈我国缓控释肥的发展前景及其推广对策[J]. 科技论坛, 2009, 7: 61-62.