

具有相变功能生物基降解地膜制备工艺 技术研究

李振军¹, 王艳²

(1. 大连塑料机械研究所, 辽宁 大连 116036;

2. 大连工业大学, 辽宁 大连 116032)

摘要: 生物降解材料的研制与生产, 作为解决塑料废弃物对环境污染和塑料原料短缺的有效途径, 已经成为一个全球关注的问题, 国家已经出台各项政策给与大力支持, 从而进一步推动了生物降解材料发展。本文主要介绍了自主研发的具有相变生物降解膜材料专利技术研究, 以及具有相变功能生物降解地膜工艺和制备。

关键词: 生物降解; 相变功能; 薄膜; 研究

中图分类号: TQ320.9 TQ320.721

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)02-0031-11

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.02.008

1 生物可降解地膜发展现状

1.1 降解地膜行业概况^[1]

近几十年来, 我国地膜覆盖面积和使用量一直位居世界第一, 传统地膜多为 PE (聚乙烯) 制成, 自然条件下很难降解, 在土壤中可以残存长达 100~200 年。传统地膜使用后, 总有 20% 左右的残膜无法回收, 日积月累, 使土壤环境恶化, 土壤含水量下降, 削弱抗旱能力, 引起次生盐渍化, 板结且肥力下降, 影响作物生长发育, 导致减产; 同时对环境也造成了极大的危害, 而且废膜的回收费时废工, 在劳动力成本持续上升的情况下, 对使用地膜的农户效益造成不利的影响。

因此, 可降解塑料势必成为塑料行业发展的潮流和主要方向。从 20 世纪 60 年代第一项可降解塑料专利的申请到 20 世纪 90 年代可降解塑料开始规模生产, 可降解塑料的研究和开发历经近 60 年发展。从技术革新角度来看, 可降解塑料的发展经历以下三个阶段:

1.1.1 第一代降解塑料是淀粉改性塑料

这类可降解塑料是在传统单体聚合的过程中加入淀粉等添加剂进行改性, 使塑料在一般环境中可以裂解成微小的塑料片段。但这种降解方法并不能将塑料完全降解, 其剩余的塑料片段不仅难以回收, 还会对生态环境造成与普通塑料同样的危害。

1.1.2 第二代降解塑料是光热降解塑料

光降解塑料的主要降解机理是在光 (通常为紫外线) 和热的作用下, 高分子链中的某些光敏成分发挥作用, 使高分子链断裂、分子量降低, 从而达到降解目的。但无论是哪种光降解塑料, 其降解性都不完美, 很大程度上受到温度、光照强度等自然条件的约束, 埋藏在地下的地膜甚至会由于没有光照而收效甚微或根本无法分解。

1.1.3 第三代降解塑料是生物降解塑料

近 10 年来, 降解塑料的研发主要集中在生物降解塑料方面, 这类降解塑料的基料即可生物降解, 可在细菌、真菌、藻类等自然界中普遍存在的一些微生物的作用下, 断裂高分子中的长链, 从而达到降解目的。

按照降解机理和破坏形式可分为添加型生物降解地膜和完全生物降解地膜。

(1) 添加型生物降解地膜: 指在不具有生物降解特性的通用塑料基础上, 添加具有生物降解特性的生物降解促进剂、加工助剂等。其机理是在传统地膜的基础上, 添加光敏剂、淀粉等成分, 以促进地膜降解, 包括市面上常见的光降解地膜、光/生物降解地膜等。

作者简介: 李振军 (1965-), 男, 《塑料机械》副主编, 机械工业塑料机械科技信息网网长, 主要从事信息传播工作和塑料技术研究。

这些地膜中由于基膜中含有大量的塑料成分,使用后,能把地膜降解成小碎片和小颗粒,但更小的塑料碎片和颗粒不能降解。短期内对作物生长不会有太明显的负面影响,但随着使用时间的延长,土壤中塑料碎片和颗粒逐渐增加,难以清除,可能带来比使用塑料地膜更严重的污染,不利于农业的可持续发展。

(2) 完全生物降解地膜:由能被微生物完全分解的物质组成的薄膜,包括全植物降解地膜、微生物合成型生物降解地膜和化学合成型生物降解地膜。

(3) 全植物降解地膜:原理是地膜使用材料全部由植物中提取。如:日本研究开发的纸地膜、麻地膜。纸地膜可被土壤微生物完全降解,没有污染,但易破损,不易机械化铺膜,同时价格较贵是传统地膜4倍以上,目前在生产上使用量较少。20世纪末,日本研制出农用麻地膜,主要以纸浆和麻纤维为原料,韧性大大增强,提高了机械化铺设的效率。但日本麻纤维缺乏,价格较高,难以大量推广应用。美国和意大利等公司宣称研制成功淀粉质量分数在90%~100%的全淀粉塑料,产品能在1年内完全生物降解而无污染。国内高校也见有用淀粉或其他一些天然高分子物质如纤维素、果胶、蛋白质、海藻酸钠等制成的复合完全生物降解塑料材料,但这些均未有进一步应用推广。

(4) 微生物合成型降解地膜:指以有机物为碳源,通过发酵得到生物降解塑料原料而生产的地膜。国内外都有相关研究的报导中,聚羟基烷酸酯及其共聚物的相关材料是研究的热点。由于通过微生物发酵法合成的聚酯生物降解材料因制备条件苛刻、工艺复杂,导致价格太高,限制了作为地膜的使用。

(5) 聚乳酸(PLA)地膜:它使用可再生的植物资源(如玉米)所提出的淀粉原料制成。淀粉原料经由发酵过程制成乳酸,再通过化学合成转换成聚乳酸。其具有良好的生物可降解性,使用后能被自然界中微生物完全降解,最终生成二氧化碳和水,不污染环境,这对保护环境非常有利。但是,工业实际生产聚乳酸的工艺流程却比化学反应式复杂的多。

(6) 液体降解地膜:早期由日本研发,液态地膜也被称作多功能生物降解液体地膜,液态地膜主要是由木质素、胶原蛋白等在交联剂的作用下形成的一种降解地膜。

(7) 化学合成型生物降解地膜:随着可降解塑料材料的发展,聚丁二酸丁二醇酯(PBS)、聚丁二酸己二酸丁二醇酯(PBSA),聚己内酯(PCL)和聚丁二

醇丁二酸-对苯二酸盐(PBAT)等产品良好的降解性,为可降解地膜提供了更广的选择。

1.2 降解地膜存在的问题与展望^[2]

生物可降解地膜在农业生产中具有重要作用,能够促进作物的快速生长并具备增温保墒等功能,是一种环境友好型的替代聚乙烯地膜的材料。由于其可有效缓解石油资源短缺问题,已成为未来农业发展的必需品。然而,目前生物可降解地膜在土壤和植物方面的影响存在不稳定性。此外,由于原料和加工方式的差异,生物可降解地膜的机械性能、水蒸气透过性以及降解周期等性能也存在较大差异,因此推广应用生物可降解地膜仍面临许多挑战。

目前,随着国家有关鼓励使用降解塑料的政策和法规日益增多,越来越多的农户开始使用降解地膜。但是由于降解技术受各地的气候、光照、气温、湿度、降雨量的影响,特别是各种农作物生长周期不同,要求其降解时间不一,不可能有一种产品在全国各地区都通用,加之价格居高不下,也影响了推广使用。

1.2.1 生物可降解地膜在农业的应用

越来越多的生物可降解地膜被用于农业,以替代传统的不可降解的PE薄膜。这对于缓解塑料污染具有很高的价值,但仍然需要将这些地膜反复用于农业土壤,以研究降解前后对土壤和植物的影响。因为不同生物可降解地膜的成分不同,对土壤和植物的影响也会不同,因此有必要进行长期研究,探究生物可降解地膜对土壤和植物造成影响的因素和机理,以解决这些地膜对土壤环境、微生物群体及其功能的影响,通过调控改进制造新型生物可降解地膜,正向促进土壤和植物的健康生长,促进农业生态系统可持续发展。

1.2.2 生物可降解地膜的降解可控性问题

生物可降解地膜能否大规模推广的重要因素之一是其破裂和降解过早,甚至无法在农作物生长周期内发挥保护和增产作用。生物可降解地膜的降解速度受到多种因素影响,包括原料、配方以及周边环境等,如光照时间、气温高低、土壤含水量等。通常情况下,紫外线越强、地表温度越高、水分越丰富的区域,生物可降解地膜的降解速度越快,而降解程度也相应加剧。由于不同地区的影响因素不同,导致生物可降解地膜的降解程度存在较大差异,目前缺乏明确的相关规定,这限制了其大规模推广应用。调控生物可降解地膜的降解机理是提高其功能性和实用性的关键。需要加强对生物可降解地膜原材料、配方和生产工艺的

研究,开发高性能、多功能化的生物可降解地膜,满足不同环境和作物生长发育的要求,特别是研发符合区域适用性和作物适用性的新型生物可降解地膜,以满足和适应农业生产多样性的需求。同时,需要付出更多努力,开发出更多性能更好的新型生物可降解地膜。

1.2.3 成本需要进一步下降

与普通 PE 地膜相比,目前生物可降解地膜大规模推广应用的一个重要限制因素是其成本较高。尽管在保水性和保温性方面生物可降解地膜逊于 PE 地膜,但原料价格、地膜厚度、加工工艺等多方面因素导致生产成本远高于传统地膜。因此,通过对原材料和加工方法的创新以及生产规模的扩大等手段来降低生物可降解地膜的成本是广泛推广应用的最重要手段。此外,地膜的规格能直接影响成本的高低,因此根据不同用途选取不同规格的生物可降解地膜,既能达到覆膜栽培的目的,又可以降低投资、减少成本并提高经济效益。生物可降解地膜作为一种无污染农用地膜,具有良好的保温增墒性能,应用前景与发展潜力受关注。虽然目前生物可降解地膜还存在一些不足,但随着配方和生产加工工艺的改善,生产成本低、降解可控性强且机械性能好的生物可降解绿色地膜有望实现,起到改善土壤性质,增加土壤微生物养分,促进农作物快速生长、提升产量的作用,推进农业的可持续发展。

1.3 未来生物降解材料发展趋势

目前主要的可降解塑料中,PLA、PHA、PBS 等主要原料是农作物,PBAT、PCL 等主要原料是石油,这些都是全生物降解的塑料,对塑料污染治理具有积极的意义。从产业化阶段来说,可降解塑料中 PLA 和 PBAT 的产业化程度最高,引领市场主流。相对来说,PLA 的生产技术较为成熟,且总产能占比居于前列,产业化程度最高,是在市场上被着重研发的对象,PBAT 产业化程度较高,是可降解塑料中的主流产品。

European Bioplastics(欧洲生物塑料协会)认为 2020 年,在全球可生物降解的产能中,生物基塑料-可生物降解代表中 PLA(聚乳酸)和淀粉基塑料的产能占比最大,均为 32%。石油基塑料-可生物降解代表中 PBAT 的产能占比最大,为 23%。

在塑料领域中,生物降解塑料逐渐展现了自己的优秀前景。目前市面上常见的生物降解塑料主要有:聚乳酸(PLA)、聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯

(PBAT)、聚丁二酸丁二醇酯(PBS)等。

虽然上述的塑料都是生物降解塑料,但生物降解塑料按原料来源分类还可以分为石化基生物降解塑料和生物基生物降解塑料。通常来说,石化基生物降解塑料在机械性能上优于生物基生物降解塑料,但石化基不能实现低碳排放和资源可循环的目标,所以长期来看,生物基的生物降解塑料才是今后发展的重点。

PBAT 中文名为聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯,属于典型的石化基生物降解塑料,是目前生物降解塑料研究活跃且市场应用最好的降解塑料之一。PBAT 属于聚合物中的聚酯类,合成原料为对苯二甲酸(TPA)、1,4-丁二醇(BDO)和己二酸(AA)通过直接酯化或者是酯交换法制备得来。

PBAT 既具有脂肪族聚酯良好的生物可降解性和柔韧性,也具有芳香族聚酯的良好力学性能、冲击性能和耐热性。PBAT 主要用于生产背心袋、平口塑料袋、穿绳塑料袋、宠物塑料袋、快递袋、奶茶包装等包装制品以及农用地膜。

目前,PBAT 生产工艺发展最早且最为成熟的是德国巴斯夫,巴斯夫的 PBAT 商品名为 ecoflex;意大利 Novamont 公司是世界上最早进行生物降解塑料产业化的企业,Novamont 的 PBAT 商品名是 Origo-Bi。除此之外,中国企业金发科技、蓝山屯河、睿安生物、金晖兆隆、华峰集团、恒力石化等 PBAT 的生产技术也较为成熟。

由于 PBAT 合成技术经过多年发展,已经相当成熟,我国 PBAT 产能居于全球领先地位,在建产能较多。截止 2022 年 7 月,国内 PBAT 规划产能已经达到了惊人的 2 000 万 t,这也说明国内资本对 PBAT 的应用前景预期乐观。

PBAT 的优点非常明显,具有良好的延展性、断裂伸长率、耐热性和抗冲击性能,又具有优良的生物降解性。但有消息称,最早做 PBAT 的那家外国企业,将在 3~5 年内逐步停止生产 PBAT。PBAT 虽然作为一种生物降解塑料,即可以被微生物自然分解达到降解的目的,但也有些人质疑 PBAT 中的对苯二甲酸(TPA)不能保证其对环境友好。同时,PBAT 在耐候性、水汽阻隔性上仍还有一定的不足,所以仍然需要进行一定的改性处理。

更重要的是,欧盟各国作为生物经济、碳中和的倡导国,其对塑料制品的生物基来源有相应的标准,生物基声明的依据应符合欧盟标准“CEN/TS16137:

2011 塑料—关于生物基碳含量的确定”。欧洲有两个组织根据此标准提供认证和相应的标签，认证过程由比利时认证机构 TÜV Austria Belgium 和德国认证机构 DIN CERTCO 提供。

那家外国企业将在 3~5 年停产 PBAT，接下来的产能投向 PBAF，全名为聚呋喃二甲酸—己二酸丁二醇酯，从名字不难发现，其与 PBAT 只有一个地方有区别，就是将石化基的对苯二甲酸（PTA）换成了生物基的呋喃二甲酸（FDCA）。FDCA 是一种生物来源化合物，和 PTA 具有相似的刚性结构，被认为是一种可替代 PTA 的二酸单体合成芳香聚酯。

而这种替换也就完美解决了前文中提到的 PBAT 最大的缺点—环境不友好，PBAF 同作为生物降解塑料，其分解产物全为生物基的小分子物质，对环境友好，所以 PBAF 具有较为优秀的发展前景。

从制备技术来讲，PBAF 也是聚酯的一种，所以合成手段和方法较为成熟，其中最关键的是原料 FDCA 的制备。

呋喃二甲酸 FDCA 的制备方法，可分为化学制备法和生物制备法。其中化学制备法报道较多，根据反应起始原料的不同，主要分为四大类：以 5-羟甲基糠醛（HMF）为起始原料、以糠酸糠醛为起始原料、以己糖二酸（如葡萄糖二酸）为起始原料和以二甘醇酸为起始原料。目前，前三种合成路线为 FDCA 最主要的合成工艺。

而 HMF 可以由己糖（葡萄糖、果糖等）脱水环化生成，糠酸糠醛可以由戊糖（木糖等）脱水生成，己糖二酸可以由己糖（葡萄糖、半乳糖等）氧化生成，二甘醇酸也可以由生物基乙醇脱水转化成乙烯后氧化得到环氧乙烷，再水合转化成二甘醇后氧化生成。因此，FDCA 作为下一代生物基材料，具有重大发展潜力。

FDCA 作为最具潜力的生物基化合物之一，也被视为“沉睡中的巨人”，国内的企业自然也有关注到，并且尝试开发新技术，国内生产 FDCA 的中科国生的连续化生产工艺，由果糖生产 HMF、FDCA 的技术引起业界关注，区别于传统釜式的间歇生产，FDCA 纯度达 99.9%，大幅提升了 FDCA 的转化率。

韩国化学技术研究所的最新研究针对 PBAT 和 PBAF 两者的机械性能，而研究结果显示，实验制备的 PBAF 在拉伸时显示出明显弹性，在拉伸比例为 800% 时，PBAT 已经断裂，而此时 PBAF 仍完好，且应力消失后 PBAF 可即时恢复形状。而 PBAF 中呋喃

二甲酸又与 TPA 结构、性能类似，所以 PBAF 同样具有 PBAT 其他的优秀机械性能，而且 PBAF 具有比 PBAT 更好的水氧阻隔性能，再结合前文提到的环境友好，可以这么说，PBAF 是一种非常优秀的生物基塑料。

在 2021 年 5 月份，欧盟委员会发布了《一次性塑料制品指南》，明确指出 PBAT 及任何改性高聚合物不容许做一次性用品或添加天然纤维中，所以 PBAF 在国外已经逐步成为了 PBAT 的“继承者”，越来越多的企业开始摒弃之前的 PBAT 项目，转而开始了 PBAF 的生产，由于制备方法具有极高的相似性，所以转型生产 PBAF 所需成本也并不算高。而国内企业大多数还在进行 PBAT 的集中布局，对 PBAF 的研究较为稀缺，主要集中在厦门大学 and 浙江大学这类高等院校上。所以，国内的 PBAF 研究以及布局还是非常具有潜力的。

总之，PBAT 作为性能优异的热塑性生物降解塑料，在国内的生产厂家及研究都较为广泛，短时间内 PBAT 都是生物降解塑料的主力，但随着世界各国以及我国对塑料的要求越来越严格，石化基的 PBAT 仍然不是长久之计，而性能相似甚至更优异的全生物基 PBAF 在现在以及未来的很长时间，将成为全球科学家以及企业研究的重点。

近年来，随着原料生产和制品加工技术的进步，可生物降解材料备受关注，成为可持续、循环经济发展的焦点。无论是从能源替代、二氧化碳减少，还是从环境保护以及解决“三农”问题上，都具有重要意义。

2 新型具有相变功能全生物降解材料地膜的制备

项目由全生物降解改性专用料生产线和降解地膜机组组成。

2.1 新型具有相变功能的可降解生物基材料制备

采用自主专利技术研究的生物降解材料（发明专利 ZL202111489982.1）、纳米甲壳素和 PLA 等为主要原料进行改性制备，将各组分的优异性能有机的结合在一起的一种新型生物全降解地膜，具备了多重性能优势，避免了纯甲壳素地膜成本高和强度低的缺陷。在使用过程中性能稳定，使用后可被微生物或动植物体内最终分解为二氧化碳和水。地膜完全分解，地里见不到任何残膜，同时起到腐殖土的作用。用于农田

土壤表面覆盖,具有增温保墒、抑制杂草等并能生物降解的薄膜,符合国家标准《GB/T35795—2017 全生物降解农用地面覆盖薄膜》要求。

基于聚合物为基础的可变材料,具有优异的机械性能,耐化学性和良好的热稳定性而被广泛的使用。比如聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨酯、尿素和三聚氰胺甲醛等材料(UF和MF)。但是,据发现比如UF和MF在使用过程中会释放有害的甲醛。消除甲醛又变成另一个难以解决的棘手问题。

生物降解高分子材料具有可接受的物理和机械性能、无毒性、生物可降解性、可再生性和易于加工性等,且与基于石油的聚合物相比所需的能量较少,可促进环境生态可持续性。壳聚糖是一种环境友好的天然高分子材料,其产量丰富,价格低廉。壳聚糖自身的分解温度低于熔融温度,所以壳聚糖不能熔融加工,限制了其应用。

2.1.1 具有相变功能降解材料的优势

新的材料配方向可降解生物基材料的特性和应用需求,设计和开发新的材料配方,能够实现全生物质来源的材料,并能够改善降解速度、增强机械性能和稳定性等。具有以下优点

(1) 提高相变温度和热容量:研究相变材料的物理和化学性质,提高其相变温度和热容量,以适应不同的应用需求。

(2) 实现可控释放:通过控制材料的相变温度和热容量,实现材料内部药物或其他物质的可控释放,以满足医疗和食品包装等领域的需求。

(3) 提高材料的生物相容性:在保持材料相变功能的前提下,提高其生物相容性,减少对人体和环境的不良影响。

(4) 实现可大规模生产:在材料的配方和制备过程中,考虑成本和生产规模的因素,实现可大规模生产,并满足应用需求。

(5) 进一步应用研究:在实现基础功能的基础上,进一步开展相关应用研究,如医疗和食品包装等领域的实际应用情况,探索更广泛的应用领域。

2.1.2 新型具有相变功能的可降解生物材料与地膜的制备工艺^[4]

具有相变功能生物降解材料制备工艺:本工艺通过共聚反应和可控加工的方法,实现壳聚糖熔融加工,扩展了壳聚糖的应用范围,并制备了具有优良相变功能和降解性能的相变共聚物,进而制备出具有生物降

解性的相变薄膜。

以2,5-呋喃二甲酸、壳聚糖、丁二酸和乙二醇共聚,并进一步添加石墨烯和二亚苄基山梨糖醇,加工制备性能优良的相变可降解地膜,具体工艺步骤如下:

(1) 可控共聚反应:先将2,5-呋喃二甲酸与壳聚糖反应,再加入丁二酸和乙二醇反应,并进一步缩聚得到可降解壳聚糖基共聚物;

(2) 可控成型:将所得可降解壳聚糖基共聚物和石墨烯、二亚苄基山梨糖醇共混,并挤出吹膜成型得到具有相变功能的可降解薄膜材料。

(3) 工艺条件为:先将2,5-呋喃二甲酸与壳聚糖在室温下保持12h,110~130℃氮气保护反应30~50min,降温至20~50℃,再加入丁二酸与过量乙二醇,在160~190℃反应至反应率达93%以上。进一步,将上述所得产品在90~120min内减压至真空度100~150Pa,200~220℃反应1.5~2h,得到可降解壳聚糖基共聚物。

2,5-呋喃二甲酸、壳聚糖、丁二酸与乙二醇的摩尔比为5:3-8:3-3.5:6-9,控制2,5-呋喃二甲酸、壳聚糖的摩尔分数比有利于提高壳聚糖添加量,又保证后续顺利实现体系的熔融加工;控制乙二醇的相对重量份数,有利于控制体系的相变熔。

乙二醇的添加量最高不能超过可控共聚反应体系总质量的50%(质量分数)。壳聚糖的质量最高不能超过可控共聚反应体系总质量的10%(质量分数)。通过添加石墨烯和二亚苄基山梨糖醇形成母粒,再进一步加工,其中添加的石墨烯和二亚苄基山梨糖醇分别作为成核剂和形成动态网络的作用,实现了壳聚糖共聚物的熔融成型加工为薄膜。其中,石墨烯的相对量控制在该混合体系总质量的1%~5%(质量分数),二亚苄基山梨糖醇的相对量控制在该混合体系总质量的3%~4%(质量分数)。

在生物降解塑料的配方上,全部选用了可生物降解组份,使后续塑料制品能在2~18个月可控完全降解。具有很好的成膜性,且膜的强度相当好,在加入补强剂及增塑剂后,使主要后续膜的拉伸强度可达20~36MPa。

本工艺已在工业化生产设备上从混料机到造粒机到吹塑机成功地进行了生产,能连续稳定的造粒,从配方到生产工艺及设备选型一整套生产程序已基本定型,在技术上是成熟的。

具有相变功能降解材料制备设备主要包括塑化挤出机、热切造粒装置、二级送风装置、搅拌装置等。生产流程图如下：

原料 → 混合机组 → 输送 → 计量喂料 → 挤出机 → 风冷热切模头 → 切粒罩 → 切粒机 → 风送系统 → 振动筛分 → 成品。

具有相变功能生物降解地膜的制备设备主要技术参数如下：

生产主要原料：生物料 + 纳米甲壳素 + PLA + 其它；

主机规格：SHL-75 平行同向双螺杆挤出机；

产量：600~1 000 kg/h（视配方不同产量有差异）。

地膜生产设备采用了 SJ75×30/FM2500 地膜吹塑生产线，主要技术参数如下：

塑料挤出机：SJ75×30 1 台；

机筒螺杆规格： $D=\Phi 75\text{ mm}$ ， $L/D=30:1$ ；

材质及工艺：优质合金钢 38CrMoAlA、氮化、镀硬铬

主电机规格型号：YVF-250M-4， $P=55\text{ kW}$ ，一台（变频调速）

齿轮箱规格型号：ZLYJ250-16-II 一台；

换网器形式：手动长效网；

上料方式：料斗（自动真空吸料机选配）；

加热区段数：五段（1~5 区），配不锈钢保护罩；

加热功率： $P=4.8\text{ kW}\times 5=24\text{ kW}$ ；

冷却风机功率： $P=0.12\text{ kW}\times 5=0.6\text{ kW}$ ；

换网器加热功率： $P=3+2=5\text{ kW}$ ；

模具口模规格： $\Phi 500\text{ mm}$ ；

加热区段数：两段（八区至九区）；

加热功率： $P=5.6\text{ kW}+3.6\text{ kW}\times 2=12.8\text{ kW}$ ；

双风口风环直径： $\Phi 1\ 500\text{ mm}$ ；

风环口及调节盖：适配 $\Phi 500\text{ mm}$ 口模；

稳泡装置：毡布挡膜板，双层；

旋转牵引装置收卷形式：双工位平 8 辊摩擦式；

副牵引对辊规格： $\Phi 200\times 2\ 500\text{ mm}$ ，气动开合；

卷取辊规格： $\Phi 118\times 2\ 700\text{ mm}$ 。

2.2 新型具有相变功能的地膜性能

2.2.1 新型降解地膜安全性

主要原料可以为天然生物质甲壳素和 PLA 为主要原料，通过对这些原料改性，再合成形成可生物降解地膜的生产原料。这些物质在自然界中能够很快分解和被微生物利用，最终降解产物为二氧化碳和水，最终成为腐殖土。因此，使用安全性高。

2.2.2 新型地膜降解后的功能性

在地膜完全降解后，由于地膜中含有的甲壳素是从虾、蟹等海洋生物的壳中提取的高分子聚合物，具有改善土壤结构，提高农作物产量，改善作物品质，提高抗病能力，减少多种作物病害的发病率，促进植物生长等功效。

(1) 甲壳素对植物适应性广，亲和性好，无毒无副作用，对人畜无害，是一种优良的纯天然生物制剂。

(2) 能促进植物种子提前发芽，根系发达，根毛、种根、次生根数量大大增加。根乃植物之本，根系发达，会增强植物吸肥吸水能力，增强植物抗旱抗倒伏能力，增强免疫力，以达到健壮多结果之目的。

(3) 甲壳素能充分活化根际状态，酶解养分分子，迅速形成土壤溶液，使氮、磷、钾等养分能得到植物充分有效的吸收。

(4) 甲壳素具有调节植物发育的功能，使茎秆缩短，粗壮旺盛，有利于养分最大限度的供应果实，其中微量元素在甲壳素的刺激下，容易被果实吸收，从而刺激蛋白质、氨基酸的形成，从根本上改善品质。

(5) 可使土壤有益菌如放线菌增加 1 000 倍、有害菌如镰刀菌及线虫类等显著减少，增强土壤容肥能力，从根本上改良土壤，根治板结。提高土壤有机质含量，便于连作。

(6) 甲壳素在韩国、日本被誉为“植物疫苗”，可见其对作物所起的作用，甲壳素制剂能使植物抗菌抗病毒能力增强。改变植物生长机理，增强调节系统免疫，从而保证了植物的正常生长发育。

(7) 甲壳素可作为药物缓释剂，延长药物作用时间和减少用药量。

3 未来展望

2023 年 7 月 19 日全生物降解地膜、生物基材料纳入 2023-2024 年稳增长方案，工业和信息化部、国家发展改革委、商务部三部委印发《轻工业稳增长工作方案（2023-2024 年）》。《方案》把稳增长摆在首要位置，提出了着力稳住重点行业等 6 方面任务。

以上所有的政策都体现了中国将推进国家经济绿色发展，同时大力治理环境中塑料污染，为此提出要大力发展生物可降解材料研发，并建立健全相关检查体系。这一系列政策都有利于中国未来生物降解塑料行业的发展。

参考文献：

- [1] 武岩, 靳拓, 王跃飞, 等. 内蒙古阴山北麓马铃薯应用 PBAT/PLA 生物可降解地膜可行性分析 [J]. 生态环境学报, 2021,30(10):2 100-2 108.
- [2] 崔文娟. 可降解塑料的种类及应用现状 [J]. 杨凌. 职业技术学院学报, 2021,20(2):20-22.
- [3] 刘金为, 张红英, 曾琳. 废弃塑料污染现状及治理策略研究 [J]. 云南化工, 2021,48(6):14-15.
- [4] 王艳, 曹帅, 豆保平, 等. “一种具有相变功能的可降解生物基薄膜材料的制备方法”发明专利, ZL202111489982.1.
- [5] SPASOJEVICP, SESLIJAS, MARKOVICM, etc. Optimization of Reactive Diluent for Bio-Based Unsaturated Polyester Resin: Rheological and Thermo-mechanical Study [J]. Polymers, 2021, 13(16):2 667.

Research on the preparation process technology of biobased biodegradable film with phase change function

Li Zhenjun¹, Wang Yan²

(1. Dalian Plastic Machinery Research Institute, Dalian 116036, Liaoning, China;
2. Dalian Polytechnic University, Dalian 116032, Liaoning, China)

Abstract: The research and production of biodegradable materials, as an effective strategy to address environmental pollution caused by plastic waste and alleviate the shortage of plastic raw materials, have attracted widespread attention worldwide. The country has issued multiple policies to provide strong support, which further promotes the rapid development of the biodegradable materials industry. This article mainly introduces the patent technology research of a self-developed biodegradable film material with phase change function, as well as the process flow and preparation method of biodegradable film with phase change characteristics.

Key words: biodegradation; phase change function; film; research

(R-03)

中国科大团队研制出新型仿生可降解复合薄膜 CSU team develops new bionic biodegradable composite film

从中国科学技术大学先进技术研究院获悉, 中国科大俞书宏院士团队研制出一种新型仿生可降解复合薄膜, 其高强度、高阻隔性和优异的光学性能, 为食品、药品等包装材料领域提供了新的选择。

据科研成果转化团队负责人李德涵介绍, 该款聚乳酸高性能复合薄膜材料, 基于团队首创的纳米云母片的宏量合成方法, 将得到的纳米云母片与聚乳酸复合实现了材料性能的全面升级。该材料的力学拉伸强度高达 100 MPa, 同时具备优异的阻隔性能。这种材料具有优异的生物可降解性, 在堆肥条件下, 60 天内即可完成降解, 为解决塑料污染问题提供了有效途径。

科研团队在提升性能的同时, 通过纳米填料的加入, 显著降低了生产成本。这一创新为其在柔性传感、高阻隔薄膜和电子器件基底等多个行业的应用提供了可能。团队还通过自主研发的装置设备, 实现了复合薄膜材料的仿生有序组装, 为大规模生产提供了技术保障。李德涵说: “我们产品有三大核心技术, 分别是云母纳米化技术、原料合成技术和薄膜成型技术。”

李德涵说, 在全球范围内, 越来越多的企业和消费者开始关注并采用可降解材料, 以减少对环境的影响。未来, 团队将继续探索该材料在食品、药品以及高端可持续包装材料等领域的应用。

摘编自“中新网”

(R-03)