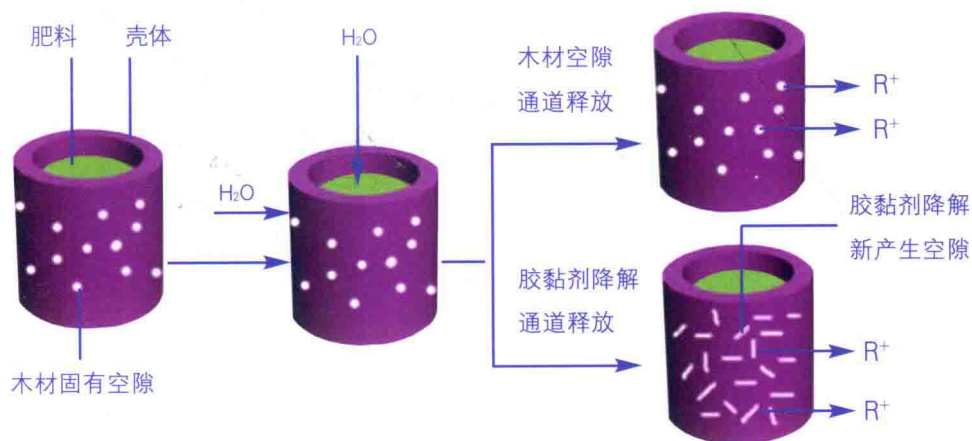


木材剩余物缓控释肥料壳体

符韵林 乔梦吉 姜金英 黄腾华/著



木材剩余物缓控释肥料壳体

符韵林 乔梦吉 姜金英 黄腾华/著



科学出版社
北京

内 容 简 介

缓控释肥料的使用有效提高了肥料的利用率,对减少环境污染、资源浪费等具有重要作用,其研发与应用备受各国重视,已成为肥料研发的重要趋势。

本书在分析国内外关于缓控释肥料壳体的释放机理、壳体设计与制造的相关研究成果的基础上,通过研究木材剩余物壳体特性对肥料释放规律的影响,环境水分、温度对壳体肥料释放速度的影响,壳体的肥料释放路径、肥料释放规律和壳体的降解特性等,提出了木材剩余物制造缓控释肥料壳体的制备思想、工艺和技术。

本书可供从事缓控释肥料研发和生产的相关研究人员和技术人员参阅,也适合农业、林业、园林、园艺等领域的从业人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

木材剩余物缓控释肥料壳体/符韵林等著. —北京:科学出版社,2016.3
ISBN 978-7-03-047768-2

I. ①木… II. ①符… III. ①木材-采伐剩余物-长效肥料-研究 IV.
①S789.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 053064 号

责任编辑:郭勇斌 曾小利/责任校对:李 影

责任印制:张 伟/封面设计:黄华斌

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年3月第 一 版 开本:720×1 000 1/16

2016年3月第一次印刷 印张:9 3/4

字数:121 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

目 录

第 1 章 缓控释肥料壳体的释放机理	1
1.1 引言	1
1.2 缓控释肥料的国内外研究现状	2
1.2.1 包膜型缓控释肥料的成型材料	3
1.2.2 缓控释肥料养分的释放机理研究现状	5
1.2.3 缓控释肥料的应用研究现状	8
1.2.4 当前缓控释肥料的存在问题及其发展趋势	9
1.3 木材剩余物应用于制作缓控释肥料壳体的构想	10
1.3.1 木材存在空隙	10
1.3.2 淀粉胶黏剂特性	10
1.3.3 木材剩余物制造缓控释肥料壳体的构想	11
1.3.4 木材剩余物缓控释肥料壳体的释放机理	12
第 2 章 壳体的设计与制造	14
2.1 引言	14
2.2 壳体成型机的设计	14
2.2.1 壳体成型机的结构及成型工艺分析	14
2.2.2 壳体成型机的操作方法与步骤	21
2.3 壳体的制造	25
2.3.1 主要材料	25

2.3.2	主要仪器	25
2.3.3	一次成型制造壳体的方法	25
2.3.4	成型壳体实物图	26
2.4	小结	27
第3章	壳体特性对肥料释放规律的影响	29
3.1	引言	29
3.2	材料与方法	30
3.2.1	材料	30
3.2.2	方法	31
3.3	结果与分析	34
3.3.1	木材剩余物类型对肥料释放规律的影响	34
3.3.2	壳体密度对肥料释放规律的影响	38
3.3.3	壳体厚度对肥料释放规律的影响	43
3.4	小结	47
第4章	环境水分、温度对壳体肥料释放速度的影响	49
4.1	引言	49
4.2	材料与方法	50
4.2.1	材料	50
4.2.2	方法	51
4.3	结果与分析	53
4.3.1	水分对壳体肥料释放速度的影响	53
4.3.2	温度对壳体肥料释放速度的影响	56
4.4	小结	60

第 5 章 壳体的肥料释放路径研究	61
5.1 引言	61
5.2 材料与方法	61
5.2.1 材料	61
5.2.2 方法	62
5.3 结果与分析	63
5.3.1 亚甲基蓝的总含量变化规律	63
5.3.2 亚甲基蓝颜色及路径的变化规律	64
5.3.3 壳体肥料释放规律	74
5.4 小结	75
第 6 章 壳体施肥对林木生长的影响	77
6.1 引言	77
6.2 材料与方法	77
6.2.1 主要材料	77
6.2.2 主要仪器	78
6.2.3 主要化学试剂	78
6.2.4 壳体的制造方法	78
6.2.5 林木施肥试验法	79
6.2.6 生长量测定法	81
6.2.7 土壤营养元素分析方法	81
6.2.8 树叶营养元素分析方法	82
6.2.9 数据统计分析方法	82
6.3 结果与分析	83
6.3.1 壳体施肥对桉树生长规律的影响	83
6.3.2 壳体施肥对土壤营养元素的影响	91

6.3.3 壳体施肥对叶子营养元素的影响	96
6.4 小结	101
第7章 壳体的降解特性研究	102
7.1 引言	102
7.2 材料与方法	102
7.2.1 控温控湿条件下壳体的降解试验	102
7.2.2 接种木腐菌条件下壳体的降解试验	103
7.2.3 滴加土壤悬浮液条件下壳体的降解试验	104
7.2.4 林木施肥壳体的降解试验	105
7.2.5 傅里叶红外光谱法分析壳体降解试验	106
7.2.6 X射线衍射法分析壳体降解试验	107
7.3 结果与分析	108
7.3.1 控温控湿条件下壳体的降解规律	108
7.3.2 接种木腐菌条件下壳体的降解规律	120
7.3.3 滴加土壤悬浮液条件下壳体的降解规律	126
7.3.4 林木施肥试验壳体的降解规律	130
7.4 小结	139
参考文献	141
致谢	147

第 1 章 缓控释肥料壳体的释放机理

1.1 引言

中国是一个农业及林业大国,肥料在现代农、林业领域的生产中占有极其重要的作用。我国的土地面积是全球的 7%,但肥料的消耗量却占世界的 30%,单位面积肥料的使用量达世界的 4 倍(齐广成等, 2008)。化肥利用率过低是我国肥料使用上存在的主要问题,不仅造成了资源的大量浪费,经济的巨大损失,还大大加重了农民的负担,而且对环境也产生极大的影响。所以,在保证农林业生产发展的前提下,提高肥料的利用率,减少因肥料使用而造成的环境污染,是高效发展、可持续发展的农林业领域中非常关键的课题。其中一种提高农林作物肥料利用率的有效途径是控制或减缓肥料的溶解及释放速率,因而研究并广泛推广缓控释肥料的任务迫在眉睫。

缓控释肥料是采用各种各样的调控机制来延缓肥料养分的最初释放,使植物对肥料的有效养分吸收及利用的有效期加长,最终使养分的释放速度能按照特定的释放速率和释放期来减缓或者控制释放的一种肥料。缓控释肥料的分类方式很多,以肥料的处理过程不同划分为化学型、物理型、物理化学型三类,物理型缓控释肥料即是通过一些物理过程的处理使其具有缓释或控释性能的肥料,如通过升温加热、涂刷、干燥等各种手段在肥料的表面喷涂一层或两层及以上的惰性物质,形成具有致密性的较低渗透性的膜,以控制雨水渗入肥料的核心及溶解

的肥料养分溶液从缓释肥料的膜内扩散到外部的速度,从而延缓或控制肥料养分的释放速度。依据缓控释肥料加工工艺的不同可分为改性肥料(涂书新等,1999)和包膜肥料(谭金芳等,2003)两种,包膜控释肥为其中最大的一类(王月祥,2010)。包膜缓控释肥料是采取一些化学或物理方法在肥料表层包裹一层物料,用来减缓或控制肥料养分释放速率,提供作物整个生长期所需的养分(冯守疆等,2010)。

缓控释肥料在很大程度上提高了肥料的利用率,节约了能源,减少了对环境的污染,是一种环境友好型肥料。另外,通过缓控释肥料的使用,能减少施肥的次数,减少了劳动力,节约了生产成本。因此,缓控释肥料的使用是我国以及世界肥料的发展趋势,其开发与应用备受重视。2006年2月,《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》中就明确提出“重点研发环保型肥料、专用型缓控释肥料及肥料的施肥技术”,随后国家也相继设立了关于缓控释肥的开发、应用、推广的研究项目(张民,2007)。

1.2 缓控释肥料的国内外研究现状

自脲醛肥料于1924年取得专利之后,缓释肥料方面的发展已有很大的进步,继而发展到控释肥,并且有些已在实际农业生产上得以应用。美国于20世纪60年代最先成功研制及使用缓控释肥料,接着,日本、加拿大、英国、以色列、法国等很多国家也开展了此方面的研究工作(Shaviv,2000;Zaidel,1996;Jarosiewica,2003),且在制备技术、释放机理等方面均取得了较大的突破。70年代以后,国内外对缓控释肥料的研究日益增多,包膜型缓控释肥料在生产制造方面的技术发展迅速,当前主要研究工作集中在肥料包膜材料的选择使用、养分释放机理和肥料评价方法等方面。

1.2.1 包膜型缓控释肥料的成型材料

长效碳酸氢铵是中国最早的缓释肥料,以钙镁磷肥作为包膜,于1973年由中国科学院南京土壤研究所成功研制(祝红福等,2008)。到目前为止,中国研发缓控释肥料已有40年,主要在开发包膜工艺、选择包膜材料方面取得可观的进展,并且在市场上已经存在小批量的产品(黄永兰等,2008),但我国的发展速度和研发水平与发达国家相比还是相差甚远,还需要加快进度进行实质性的提升。

1961年,美国田纳西河流域管理局(Tennessee Valley Authority)首先成功研制出硫包膜尿素(Sulfur coated urea, SCU)。SCU是将尿素颗粒预热,然后用熔融的硫黄包裹而制成,其包膜层是由包硫层、密封层(0.2%的煤焦油混合物与3%的熔融蜡)、扑粉层(1.8%的硅藻土)组成(武志杰等,2003)。Grigori Pipko等(1990)专利中使用硫黄做包被材料制作包膜肥料(倪博立,2012),但是存在硫黄阻水性较弱、比较脆而不易于运输及储存、容易脱落等缺点,使得缓释效果不理想,容易退化并且性能不稳定。随后出现了在硫层上再加一层塑性较好的物质如石蜡和沥青作为密封层进行二次包膜技术的改进,用以增强缓释效果,改善其缓释性能。后来,又将烯烃聚合物包裹在肥料的外层(即名为Polys的产品),以进一步改进硫黄包膜材料较脆易碎等缺点。

美国ADM公司于1964年开发出了以热固性树脂(其成分主要是丙三醇酯与二聚环戊二烯的共聚物)为包膜的聚合物包膜肥料,并已经实现了工业化生产。Tangboriboonrat等(1996)使用天然的聚合物来生产聚合物包膜肥,即用天然的橡胶乳液包裹在尿素表面,这样能使尿素的释放期增多50天。但由于纯天然的高分子包膜材料有着控释特性不高的特点,Seng Yeob等(1985)的专利中提出一种把天然橡胶改性而制成的缓控释肥料,这样制成的膜不仅硬而且没有黏性,有利于储

存以及施用。

Anna (2002)、Maria (2002)和 Tomaszewska (2004)通过采用聚矾和淀粉等材料而制备了包膜肥料。张玉龙等(2005)将一定浓度的天然高分子化合物加到溶剂中制成溶液,以此溶液作为黏结剂,再加入无机矿物材料,即可制成涂膜材料,用该涂膜材料包裹处理过后的尿素则可制成缓释肥料。刘秀梅等(2006)用高岭土制备的复合材料,因其对肥料养分 N、P、K 及有机碳具有较好的吸附作用并且黏性比较强,可以作为包膜的材料;另外,用塑料-淀粉制得的复合材料,也可作为缓控释肥料的包膜剂。施卫省等(2006)采用桐油作为包膜材料制备了包膜缓控释肥料,研究表明相同的包膜肥料在土壤中的释放周期是在水中的 1.2 倍。王碧等(2010)将明胶溶液(3%)、葡甘聚糖溶液(1%)、聚乙烯醇溶液(10%)三种溶液共同混合后,加入增塑剂(甘油溶液及吐温溶液),再在搅拌的时候加入甲醛(作为交联剂),最后加入一定的尿素即制成包膜。秦裕波等(2008)以亲水性 PA(水性聚氨酯)和 PU(水性丙烯酸)的混合水溶液作为包膜材料,添加黏结剂后,利用硫化床实现肥料包膜,从而制得缓控释肥料;通过改性后的 PA 溶液,以石蜡作为封闭剂,通过转鼓式的包衣机操作也可制得包膜肥料。毛小云等(2010)开发湍水油使用新途径,以其作为原料,通过精制、醇解等改性处理后和多聚异氰酸酯发生反应而制备包膜缓控释肥料,在很大程度上实现变“废”为“宝”。

虽然很多包膜肥料能达到比较理想的缓释或控释的效果,但实际上却存在所使用的材料难降解的问题,给环境带来诸多负面影响,因此,各种环保型可降解的缓控释肥料也应运而生。Hanafi 等(2002)指出了缓控释肥料的发展方向,提出缓控释肥料的包膜要使用可以降解的材料。王晓君(2004)采用有生物降解特性的聚合物制成的包膜肥料,不仅达到缓控释功能还能自然地降解。Modabber 等(2008)利用废

旧报纸制成了环保型的尿素缓释肥料,用模具将废旧报纸处理成的纸浆制成面积为 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的块状体,然后进行干燥处理,之后用尿素饱和溶液浸渍,最后经干燥、热压制成相互融合的缓释肥料。倪博立(2012)研究了一系列环境友好型的缓控释肥料包膜,包括一种具有保水功能的多元缓释肥料及基于瓜尔胶、海藻酸钠、醋酸酯淀粉、乙基纤维素与保水剂的四种多功能缓释肥料,主要论述了对各种缓释肥料制备工艺的探索 and 对应缓控释肥料性能的研究。

1.2.2 缓控释肥料养分的释放机理研究现状

不同种类的缓控释肥料,其养分的释放机理不同。包膜材料类型、水分、温度等都是影响包膜肥料释放机理的因素,根据包膜的材料类型,养分释放可分为:半渗透性膜层、不渗透膜和有微孔不渗透膜三类,包膜的材料性质是影响包膜缓控释肥料性能最主要及最直接的因素(段路路,2009)。

1.2.2.1 包膜材料对缓控释肥料释放机理的影响

Goertz(1993)提出“破裂机制”之后 Raban 等(1995)提出了“扩散机制”的概念。“破裂机制”的过程主要为:水蒸气通过膜(膜的材料一般是脆的并且没有弹性)向肥料颗粒内扩散,包膜或者破裂或者膨胀,这样就能使肥料里的养分向膜外流出,其中硫包尿素是典型的以“破裂机制”形式释放的缓释肥料。“扩散机制”则是水蒸气通过膜渗进肥料颗粒内部后在肥料颗粒上凝聚,然后通过浓度梯度或者压力梯度推动肥料中养分扩散释放,主要是以弹性好的聚合物材料包膜的缓控释肥料养分的释放方式(范本荣等,2011)。

王亮等(2008)研究了经过羧基改性后的亲水性 PA 溶液通过包衣机处理后得到的包膜,其在一定程度上可以控制养分的释放效果,相对 9% 和 3% 的包膜量,6% 时的效果比较理想。Kochba 等(1990)在研究

中发现用聚合物包膜的尿素肥料的释放速度同膜的渗透性质相关。Du 等(2006)研究表明养分不同将影响聚合物缓控释肥料的释放快慢,比较 N、P、K 三种养分的释放速度,N 释放速度最快,P 最慢。赵秀芬等(2009)研究也证实了同种肥料不同养分释放的差异,膜材料的不同选用与缓控释肥料的释放速度有着相当重要的关系。

在用无机物材料包膜肥料方面,使用硫黄制作包膜材料的研究最多。使用硫黄包膜尿素,N 的利用率是用普通尿素的 2 倍,对生长期比较长的作物特别适合使用;另外,针对土壤中 S 元素的不足还能在一定程度上给予补充,养分缓控释效果是通过调节膜厚度和密封层上石蜡的用量控制来实现的(王红飞等,2005)。Notario delPion 等(1995)对钙十字沸石的缓释效果进行了研究,结果表明了其对于磷钾的缓释效果有明显提高。2003 年,Li(2003)研究表明了经过表面改良处理后的沸石可以应用于缓释肥料,能控制 N 的释放。

Jahns 等(2000)在微生物对亚甲基尿素包膜肥料的生物降解的研究中发现 *Ralstonia paucula* 菌株能完全降解肥料的包膜材料,可以作为降解型包膜肥料的一个研究方向。倪博立(2012)研究的一系列环境友好型的包膜型缓控释肥料中,在包膜工艺上,肥料的内层包膜采用亲水性高分子材料(瓜尔胶、海藻酸钠)较采用疏水性材料(醋酸酯淀粉及乙基纤维素)更简单,但在缓释性能方面,疏水性材料包膜的效果更好。肖强等(2008)研制了四种纳米级别胶结包膜型的缓控释肥料,与普通化肥相比较,其不仅能有效提高 N 的利用率,而且还能减少硝态氮在淋湿时的溶解损失,对小麦、玉米等作物的品质和产量也具有一定程度的促进作用。

1.2.2.2 环境条件对缓控释肥料释放机理的影响

土壤水分、温度等众多因素对各种包膜肥料的影响存在较大程度的差别。土壤微生物的活性对硫黄包膜肥的释放影响较大,主要影响

与硫黄相似的无机物包膜肥料却是土壤的水分,而有机聚合物包膜肥,主要受土壤温度的影响较大。缓控释肥料在土壤及水等不同介质中的养分释放特性不同,主要由于水是均相体系,比较单一,而土壤中的水分则不同,是各种离子盐溶液的组合,受影响的因素比较复杂(段路路等,2009a)。

陈可可等(2011)探讨了在同一温度下,10%、40%、80%、100%不同含水量的土壤对聚合物包膜尿素和普通缓慢溶解的复混肥两种肥料的养分释放特性的影响,结果表明:缓控释肥料的养分释放率与土壤含水量显著相关。Shavit等(2003)研究了包膜缓释肥料在液态湿渗水和蒸汽水两种条件下的释放机理,结果表明两种环境下肥料的释放速度存在显著差异。段路路等(2009b)在研究中发现缓控释肥料的养分释放速度同温度有关联,采用100℃快速浸提法测定的养分释放速度比25℃的快。赵秀芬等(2009)研究了三种肥料在20℃、30℃、40℃、50℃四个不同温度下养分累积释放率的快慢,发现其随着温度的上升而加快,此研究也证实了缓控释肥料的养分释放速度与温度的关联。郑圣先等(2002a)和肖剑等(2002)针对温度、土壤水分、水蒸气压等因素对包膜型控释肥料的养分释放规律的影响进行了一系列的报道,发现它们对肥料的释放特性有着显著的影响。

关于降解型包膜肥料的养分释放,夏玮等(2009)研制了甲壳素包裹缓释肥料(CCF),并研究了水蒸气压、土壤中水分、温度等因素对CCF的养分释放特性的影响,结果表明各因素与CCF的释放特性息息相关。Modabber等对在不同介质中尿素与废纸相互融合而制成的缓释肥料的释放特性进行了研究,结果发现N的释放速度比较缓慢,并且比较稳定,另外还发现N在蒸馏水中的释放速度比在土壤中的慢。

1.2.3 缓控释肥料的应用研究现状

缓控释肥料作为一种新型的肥料,国家对其开发应用给予了重大支持及鼓励,相关研究领域的工作者也对其进行了大范围的研究。虽然实现缓控释肥料大范围的推广及应用不是一个短暂的过程,但就目前来看,其在农业及林业上的作用日趋重要,在粮食、蔬菜瓜果、经济作物等方面的应用研究,均取得了较大的成果(马松等,2010)。

缓控释肥料在农业领域中的应用主要有改善农作物品质、提高化肥利用率、节省成本三个优势,并且在用量上比普通的化肥约少两成。现阶段对缓控释肥料在农作物上的应用研究报道很多。吕玉虎等(2010,2012)研究了对水稻施以缓控释肥料的技术,通过田间试验的研究发现:缓控释肥料的施用不仅能使水稻的产量显著增加,而且水稻对N的利用率也有所提高。党建友等(2008)对小麦施用风化煤包膜复合肥的缓控释肥料后,虽然小麦的成穗数有所减少,但是小麦的蛋白质含量及籽粒产量等都有所提高。同样,缓控释肥料在玉米、大豆等农作物上也有应用研究(张秋英等,2002)。

另外,在柑橘(俞巧钢等,2001;余观梅等,2002)、蜜柚(吴凌云等,2011)、苹果(邵蕾等,2007)等多种果树上应用缓控释肥料都有相关的报道,研究表明缓控释肥料的使用不仅能提高果实的产量,还可以使果实的品质有所提高。洪春来等(2003)也把各种缓控释肥料应用在茶树上,缓控释肥料的施用有利于茶树的生长,至今此方面的研究已有一定的进展,有望将其进行推广及应用。但到目前为止,缓控释肥料在林业上的应用主要集中在一些经济价值比较高的植被上,比如在草坪、花卉苗圃(余爱丽等,2003)、高尔夫球场植被(陈燕等,2008)等上已有一定程度的研究进展,但其在用材林方面的应用研究比较少,主要原因是生产缓控释肥料的成本比较高,价格比较贵,所以应用还比较有限。

1.2.4 当前缓控释肥料的存在问题及其发展趋势

国内外缓控释肥料的研究虽然已经取得了很好的成绩,但仍然存在以下一些问题。

(1)缓控释肥料的性价比问题。从生产成本方面比较,非包膜的缓控释肥料的成本虽然增加较少,但其养分的控释效果却不稳定;而包膜的缓控释肥料,其成本却是普通肥料的2~3倍,甚至4~6倍及以上(陈琳,2009),因此,包膜缓控释肥料常常用于生产一些有着较高经济价值的苗圃花卉等。提高缓控释肥料的性价比及其控释效果仍是目前急需研究并解决的问题,是缓控释肥料研究的一个方向。

(2)缓控释肥料释放效果的控制问题。目前对缓控释肥料的释放特性的研究很多,但因为影响肥料释放的因素相当多,所以肥料的养分释放很难与作物吸收养分的步调达成一致。完全控制缓控释肥料的释放速度是一个需要解决的问题,也是目前缓控释肥料的发展趋势。

(3)缓控释肥料产业化生产问题。到目前为止,基本上实现了缓控释肥料的产业化,且其生产工艺相对来说还比较简单。包膜缓释肥料因为设备及制作工艺比较复杂,而且其养分释放的控制要求也比较严格,所以尚未实现产业化生产。因此,对包膜材料、设备及工艺的开发,重点对一些专用类型的缓控释肥料的研究,是实现包膜缓控释肥料产业化生产的解决路径。

针对目前缓控释肥料的研究现状及存在的问题,原料充分、可降解、成本低、缓放效果好等均是未来缓控释肥料的发展趋势,未来的缓控释肥料研究应主要集中于解决这些重要问题,这样才能符合市场的发展要求。

1.3 木材剩余物应用于制作缓控释肥料壳体的构想

1.3.1 木材存在空隙

木材属于多孔性材料,由管胞、木纤维、导管、薄壁细胞等多种细胞构成,木材细胞存在细胞壁及细胞腔,木材细胞壁上存在大量纹孔空隙,如杉木边材早、晚材每个管胞平均纹孔个数分别为 110、65 个,马尾松边材早、晚材每个管胞平均纹孔个数分别为 120、19 个(鲍甫成等,2003)。木材细胞存在着大毛细管及微毛细管两种大小结构不同的空隙,也称为木材永久空隙和瞬时空隙(中户莞二,1973)。永久空隙一般是指在干燥或湿润状态下其大小、形状几乎无变化的空隙,如细胞腔、纹孔室等,此部分空隙较大。瞬时空隙则是由于润胀剂的存在而形成,干燥时完全消失掉的空隙,如细胞壁中空隙等,此部分空隙较小。

由细胞腔等构成的大毛细管空隙较大,一般都达到微米级别,如杉木的细胞腔直径为 $35\mu\text{m}$ (符韵林等,2005),纹孔膜上的塞缘的空隙一般为 $0.1\sim 1\mu\text{m}$ (申宗圻,1990),细胞壁上的空隙一般为 $2\sim 10\text{nm}$ (赵广杰等,2004)。水分的直径约为 0.4nm ,因此,木材细胞中的空隙足够水分子通过。

1.3.2 淀粉胶黏剂特性

淀粉胶黏剂是以天然淀粉(如玉米淀粉、小麦淀粉、土豆淀粉、大米淀粉、木薯淀粉和甜薯淀粉等)为主剂(张玉龙等,2008),经糊化、氧化、络合以及其他改性技术制备的天然环保型黏接物质。淀粉胶黏剂容易返潮,耐水性差,遇水会降解,因为淀粉分子主链上带有许多强亲水性的羟基官能团,羟基之间互相结合形成氢键,使淀粉胶黏剂具有一