

· 研究论文 ·

# 一种复合型成膜剂的成膜性能测定 及其对生防菌抑菌活性的影响

姚丽霞<sup>1,3</sup> 武占省<sup>1</sup>, 李春<sup>\*1,2</sup>

(1. 石河子大学 农学院 新疆兵团化工绿色过程重点实验室, 新疆 石河子 832003;  
2 北京理工大学 生命科学与技术学院, 北京 100083; 3 深圳立安牧业有限公司, 深圳 518101)

**摘要:** 制备了不同比例的聚乙烯醇-羧甲基纤维素钠-钠基膨润土共混膜。结果表明: 以质量浓度 2% 的聚乙烯醇 (PVA)、1% 的羧甲基纤维素钠 (SCMC) 及 0.3% 的钠基膨润土 (NaB) 制得 PVA-SCMC-NaB 共混膜, 其成膜时间为 7 min, 粘度为 480 mPa·s, 对棉种的包衣均匀度为 98%, 包衣脱落率为 0.15%, 并具有良好的水溶性和吸水溶胀性, 而且共混膜对微生物的生长及抑菌活性、种子发芽率几乎无影响, 可为新型绿色生物种衣剂的应用及推广提供参考。

**关键词:** 聚乙烯醇; 羧甲基纤维素钠; 钠基膨润土; 共混膜; 成膜性能; 种子包衣

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7303.2009.03.017

中图分类号: TQ458; S351.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2009)03-0381-07

## Film-forming Properties of the Blend Films and Effect on the Inhibiting Activity of Biocontrol Bacteria

YAO Lixia<sup>1,3</sup>, WU Zhan-sheng<sup>1</sup>, LI Chun<sup>\*1,2</sup>

(1. Agricultural College/Key Lab of Green Processing of Chemical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang Province, China; 2. School of Life Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 3. Shenzhen Lian Livestock Husbandry Co. Ltd, Shenzhen 518101, China)

**Abstract:** The blend films of polyvinyl alcohol-carboxymethyl cellulose-Na-bentonite (PVA-SCMC-NaB) with different blending ratios were prepared. The results showed that the film-forming time of forming film, viscosity, coating homogeneity, coating abscission rate were 7 min, 480 mPa·s, 98%, 0.15%, respectively, and the film had a biggish swelling capacity and good solubility when the blending ratio were 2% PVA, 1% SCMC and 0.3% NaB. In addition, the PVA-SCMC-NaB blend film has good properties and has no influence on the germination rate of cotton seed and the growth and inhibiting activity of microorganism, which provided the theoretical foundation for the application of biological seed coating agent.

**Key words:** PVA; SCMC; NaB; blend films; film-forming properties; seed coating

聚乙烯醇 (PVA) 是具有强亲水性、无毒、无刺激性的水溶性高聚物, 成为一种颇具吸引力的高

分子膜材料<sup>[1-3]</sup>, 其形成的水凝胶由于具有含水量高、强度好、毒性低及易加工等优点, 在农业、工

收稿日期: 2008-12-29; 修回日期: 2009-04-23.

作者简介: 姚丽霞 (1984-), 女, 甘肃会宁人, 硕士研究生; \*通讯作者 (Author for correspondence): 李春 (1970-), 男, 山东莱阳人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为微生物资源与生物催化工程. 联系电话: 15810684649; Email: lichun@bit.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金 (20776017, 2046002); 新疆维吾尔自治区高新技术重点项目 (200811108); 新疆兵团重点科技攻关计划工业项目 (2008GG24).

业、医药卫生等领域应用广泛。但 PVA 膜也存在着湿膜强度差、易蠕变、耐水性差、生物相容性较差等缺陷<sup>[4,5]</sup>。羧甲基纤维素钠 (SCMC) 是一种水溶性纤维素衍生物 (离子型纤维素醚), 具有良好的水溶性、生物相容性、生物可降解性、可再生性和吸湿性, 被广泛应用于食品、造纸、医药卫生和石油工业等领域<sup>[6-8]</sup>。近年来, 借助 PVA 的良好特性, 通过共混方法使其高分子材料获得好的使用和加工性能, 借助其他天然、非天然高分子材料改善 PVA 的性能受到人们的重视。文献报道使用丝素<sup>[9]</sup>、海藻酸<sup>[10]</sup>、壳聚糖<sup>[11]</sup>等对 PVA 进行共混改性<sup>[12]</sup>, Nafee 等<sup>[13]</sup>用 SCMC 对 PVA 进行共混改性, 不仅扩大了其应用范围, 而且能有效地改善其应用性能。

膨润土是以蒙脱石为主的粘土质矿石, 而钠基膨润土有较好的膨胀性、分散性、流变性等多种特性, 且吸水率大, 热稳定性好, 其表面存在许多羟基和活性位点, 可与高分子聚合物复合形成网状结构, 制备成高性能、低成本的复合膜, 改善膜的强度, 被广泛用作增粘剂及种衣剂助剂<sup>[14]</sup>。

目前的研究大多是用溶液插层法制备一种高分子材料与膨润土的复合物, 如 PVA 钠基膨润土纳米复合材料<sup>[15,16]</sup>, 膨润土与 SCMC 的混合材料<sup>[17]</sup>。但是将膨润土与 PVA 及 SCMC 复配制成共混膜目前尚未见报道。笔者通过开展成膜剂对微生物生长及抑菌活性影响的研究, 以期获得生物相容性良好的成膜剂, 充分利用我国丰富的膨润土资源, 将有机材料 (PVA 与 SCMC) 和无机材料 (NaB) 有效地复配结合在一起, 得到一种具有优良成膜性、水溶性、黏结性及吸水性的新型有机-无机复合成膜剂, 旨在为我国新型绿色生物种衣剂的开发及提高其成膜性能、促进种子发芽和作物生长、降低污染提供技术和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试种子、菌种及培养基

供试棉种: 新陆早 26, 目前新疆北疆棉区主栽品种, 市售。

供试病原菌: 立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* Kühn, 由新疆兵团化工绿色过程重点实验室从加工番茄立枯病病株上分离获得。

供试菌株: SL-13 为枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*, 由新疆兵团化工绿色过程重点实验室生物

农药课题组提供, 具有防治立枯丝核病, 促进棉花和番茄生长的作用。

牛肉膏蛋白胨 (NA) 固体培养基: 牛肉膏 3 g, 蛋白胨 5 g, 氯化钠 5 g, 琼脂 15 g, 水 1 000 mL, pH 7.0~7.2, 121 灭菌 20 min; NA 液体培养基中不加琼脂。

马铃薯糖琼脂 (PDA) 固体培养基: 马铃薯 200 g/L, 葡萄糖 20 g/L, 琼脂 15 g/L, 水 1 000 mL, pH 7.0~7.2, 121 灭菌 20 min。

### 1.2 供试药品及仪器

羧甲基纤维素钠 (SCMC)、聚乙烯醇 (PVA) (化学纯, 购于国药集团化学试剂有限公司); 钠基膨润土 (NaB) 采自新疆夏孜街, 自制 (粒径 0.74 μm)。Sartorius B P211D 型万分之一天平 (德国赛多利斯); 傅里叶变换红外光谱仪 (FT-IR), 360FT-IR R. S. P (Nicolet company) FT-IR; NDJ-5S 数字粘度计 (上海楚定分析仪器有限公司)。

### 1.3 助剂与微生物的亲合性实验

1.3.1 助剂对 SL-13 生长的影响 培养 24 h 后, 按 5% 的接种量接种 SL-13 到装有 400 mL NA 液体培养基的 2 L 三角瓶中。实验分为: 分别加入 PVA (质量浓度 2%), SCMC (质量浓度 1%), NaB (质量浓度 0.5%) 及 CK (不加助剂) 4 组, 设 2 次重复。30、180 r/min 下摇培, 每隔 3 h 取培养液保存, 并测定 OD<sub>600</sub> 值。

1.3.2 成膜剂对 SL-13 抑菌活性的影响 (平板对峙实验) 于 PDA 平板中间接种立枯丝核菌菌饼, 四周等距打孔, 每孔滴入 100 μL 1.3.1 节中不同处理及培养不同时间的微生物培养液, 于无菌操作台放置过夜, 转移到 30 恒温培养箱中培养 5 d, 测定抑菌带宽度。

### 1.4 SCMC-PVA 共混膜的制取

称取一定量的 PVA, 加入盛有水的烧杯中, 边升温边搅拌, 升温至 80, 直到 PVA 全部溶解, 再加入一定量的 SCMC, 恒温溶解并进行高速分散混合。PVA-SCMC 水溶液中 PVA 和 SCMC 的质量浓度分别为 2% 和 1%。

### 1.5 PVA-SCMC-NaB 共混膜的制备<sup>[18]</sup>

具体制备过程见图 1, 制备膨润土质量浓度分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5% 的 PVA-SCMC-NaB 共混均质膜。

### 1.6 性能评价

采用 FT-IR 对 SCMC-PVA 共混膜及 PVA-SCMC-NaB 共混膜进行红外光谱检测<sup>[19]</sup>,

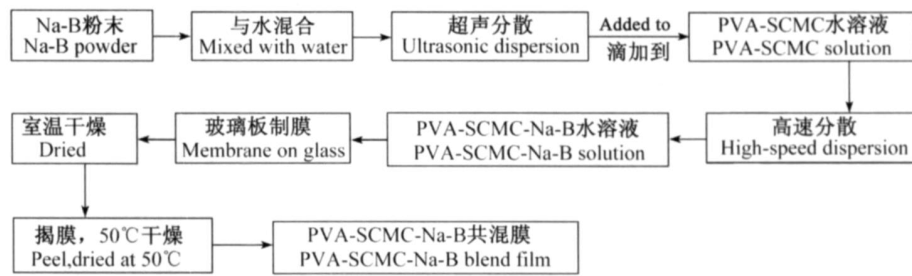


图 1 PVA-SCMC-Na-B共混膜的制备过程

Fig. 1 The preparation of the PVA-SCMC-Na-B blend film

并测定:共混膜的脱落率<sup>[20]</sup>;包衣均匀度——涂平板测定微生物的数量,具体方法参照文献[20];共混膜在水中的溶解性;吸潮性——将干燥的膜置于室内24 h,用纸巾蘸膜表面看有无水印及其面积大小(室温25,相对湿度40%)<sup>[22]</sup>;粘度——采用NDJ-1型旋转式粘度计在25±1下测定。

### 1.7 膜的溶解率测定<sup>[22]</sup>

将在干燥的玻璃板上浇铸成的膜干燥至恒重( $m_0$ )后浸泡在纯净水中,60 min后取出,放入烘箱(50)烘干至恒重( $m$ )。水中的溶解率:  $Y(\%) = (m_0 - m) / m_0 \times 100$ 。

### 1.8 成膜剂对种子发芽率的影响

发芽试验在25、相对湿度70%的光照培养箱内进行。挑选饱满、大小一致的棉花种子,用70%的酒精消毒5 min,再用质量分数为0.1%的汞溶液浸泡消毒10 min,用灭菌蒸馏水冲洗3次。将适量棉种用不同比例的成膜剂处理,对照用灭菌蒸馏水处理,晾干。培养皿中先铺一层吸水滤纸,滴加2 mL无菌水,以15粒/皿的量均匀放于滤纸上,再覆盖一层滤纸并加2 mL无菌水,隔1 d补加1 mL无菌水。

按下式计算相对发芽率:

$$\text{相对发芽率}(\%) = \frac{\text{处理种子的发芽率}}{\text{对照种子的发芽率}} \times 100$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 助剂与微生物的亲水性

由图2可以看出,所选用的助剂PVA(2%)、SCMC(1%)、NaB(0.5%)与微生物SL-13之间具有很好的生物亲水性,对菌体的生长无抑制作用,说明所选的成膜剂、助黏剂可以作为生物农药的助剂系统进行后续研究。由图中还可看出,菌

体于21 h达到生长平稳期,对照30 h后生长开始下降,而加入了助剂后菌体生长保持稳定,且延长了平稳期。这可能是由于加入的助剂是带有网状结构和层状结构的高分子材料,菌体能够进入网状或层状结构缝隙中,有利于其代谢繁殖。图3表明成膜剂对SL-13的抑菌活性几乎无影响,生长期达到12 h时抑菌活性仍保持稳定状态,且加入成膜剂后菌体抑制立枯丝核菌的能力比对照还有所增强。

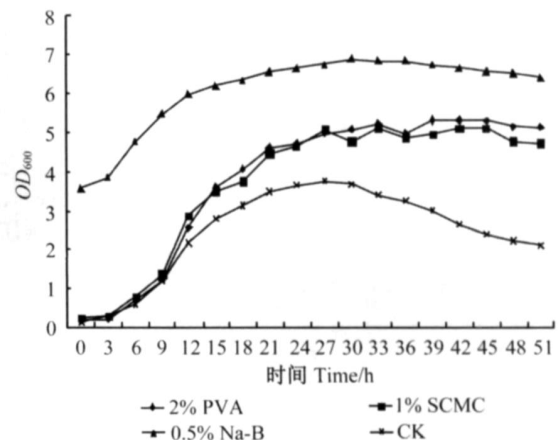


图 2 助剂对 SL-13 生长的影响

Fig. 2 The effect of adjuvants on the growth of the strain SL-13

### 2.2 PVA-SCMC 共混膜的性能研究

由表1可看出,不同配比的SCMC-PVA共混膜,其成膜时间、水溶性和成膜性能有一定的差异。样品A的成膜时间较长,为15 min, A和D的水溶性很大,将膜置于水中60 min后几乎全部溶解,溶解率分别为86.30%和83.21%; C的成膜时间为11 min,而B的成膜时间最短,为8 min,水溶性最小,为18.87%,其吸水溶胀性也较大。样品

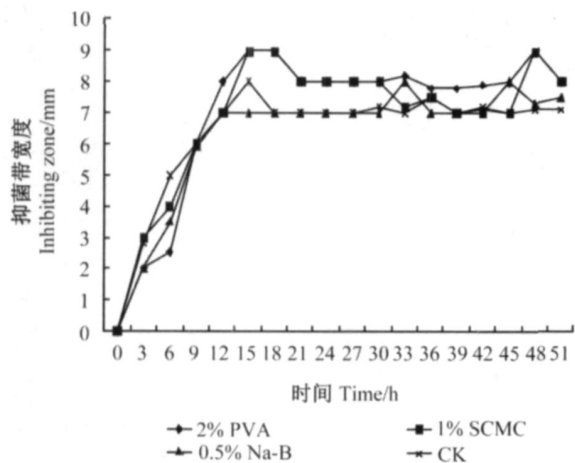


图 3 助剂对 SL-13 抑菌活性的影响

Fig 3 The effect of adjuvants on the inhibiting activity of the strain SL-13

A、C 的薄膜均匀性较差,成膜后不易剥离,完整性不好;B、D、E、F 成膜均匀,完整性较好,而且易剥离;所有样品的包衣脱落率都小于 1.0%。究其原因,薄膜包衣聚合物中分子链的交联度和链间的相互作用力是影响膜性能的主要因素,分子链刚性越大,交联度越高,链间的相互作用力越强,在水中的溶解性越小。在本实验中,SCMC 浓度对膜的性能影响很大。

从图 4 中可以看出,用配比 A 包衣种子的相对发芽率为 93.94%,B 为 100%,C 为 87.88%。从黏度上看(图 5),A 的黏度太大,达 1200 mPa·s,成膜不易均匀;B 的黏度适中,为 425 mPa·s;C 的为 725 mPa·s,此时种子发芽率较低;而 D、E、F 的黏度太低。究其原因,SCMC 和 PVA 分子里含有大量的 -OH 和 -COO-,都为高吸湿性聚合物,

表 1 SCMC - PVA 共混膜的性能

Table 1 The properties of SCMC-PVA blend films

| 样品 Sample | 成膜时间 Film-forming time/min | 包衣均匀度 Coating homogeneity (%) | 包衣脱落率 Drop rate (%) | 水溶性 Water solubility (60 min, %) | 膜均匀性 Film homogeneity | 吸潮性 Moisture absorption (24 h) | 吸水溶胀性 Water absorbing swelling (20 min, %) |
|-----------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| A         | 15                         | 85                            | 0.20                | 86.30                            | +                     | -                              | 26.6                                       |
| B         | 8                          | 96                            | 0.20                | 18.87                            | ++                    | -                              | 47.16                                      |
| C         | 11                         | 90                            | 0.20                | 54.88                            | +                     | -                              | 31.89                                      |
| D         | 10                         | 95                            | 0.20                | 83.21                            | ++                    | -                              | 28.14                                      |
| E         | 10                         | 95                            | 0.40                | 33.57                            | ++                    | -                              | 38.09                                      |
| F         | 10                         | 95                            | 0.40                | 24.63                            | ++                    | -                              | 44.65                                      |

注 (Note):膜均匀性 (Film homogeneity): “++ 好 (Good) (分散均匀 -Homodisperse,无气泡产生 -Bubbleless); “+ 较差 (Poor) (有气泡产生 -Bubbles on the film);吸潮性 (Moisture absorption): “+ 吸潮 (Yes); “- 不吸潮 (No)。表 2 同 (The same as in Table 2)。

A: 2% PVA + 2% SCMC; B: 2% PVA + 1% SCMC; C: 1% PVA + 2% SCMC; D: 1% PVA + 1% SCMC; E: 2% PVA + 0.5% SCMC; F: 1% PVA + 0.5% SCMC. 对照 (CK):水 (Water)。图 4、图 5 同 (The same as in Fig 4 and Fig 5)。

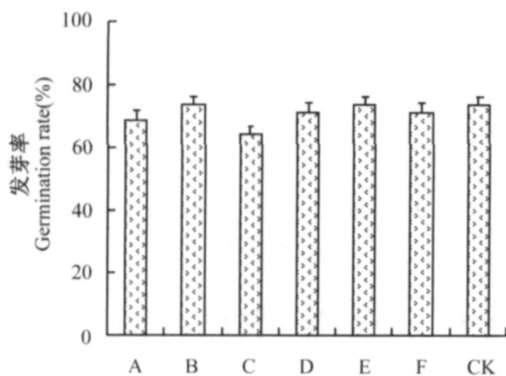


图 4 不同配比 SCMC-PVA 共混膜对棉花种子发芽率的影响

Fig 4 The effect of different ratio of SCMC and PVA on the germination rate of cotton seed

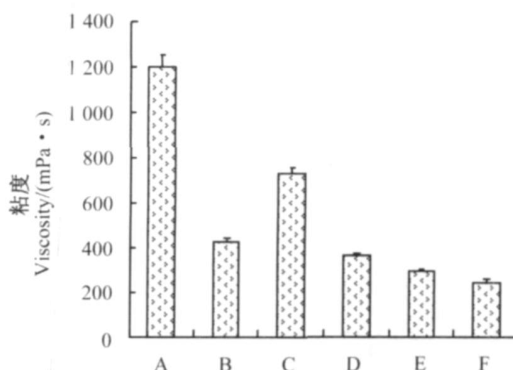


图 5 不同配比 SCMC-PVA 共混膜的黏度

Fig 5 The viscosity of different ratio of SCMC and PVA

随着 SCMC 添加量的增加,分子吸水量增大,分子内和分子间形成网络交联,大分子链之间发生缠

结的几率增大,因范德华力相互作用而形成的分子间物理交联点的密度也增加,分子间的作用力

增大,膜的分子网状结构的致密度增大<sup>[21]</sup>,这些因素均对分子链的取向和跃迁扩散运动具有不同程度的阻碍作用<sup>[22]</sup>,因而使其黏度增大,流动性下降。而 SCMC 添加量过大时种子发芽率也不高,可能是由于随着 SCMC 含量的增加,共混膜的透水性能下降,影响了种子的吸水性。结果表明,配比 B (2% PVA + 1% SCMC)的各项性能较好,适合作为成膜剂。

### 2.3 PVA-SCMC-Na-B 共混膜的性能研究

表 2 结果显示:作为增黏剂,添加不同量的 Na-B 后成膜性都比较好。其中样品 5 成膜后硬度

较大,干膜易破裂。与对照相比,样品 1、2 的水溶性稍大,但吸水溶胀性比对照好;样品 3 性能最好,成膜时间为 7 min,包衣均匀度 98%,包衣脱落率为 0.15%,水溶性 15.38%,吸水溶胀性为 67.42 g/g。图 6 是添加了不同量的 Na-B 后样品黏度的变化,可以看出,随着 Na-B 添加量的增大,黏度不断增加,但若添加量过大,处理后种子的发芽率降低(数据未列出)。可能是由于其在种子表面形成的膜硬度较大,吸水性差,使得种子不易萌发。

表 2 PVA-SCMC-Na-B 共混膜的性能

Table 2 The properties of PVA-SCMC-Na-B blend films

| 样品<br>Sample | 成膜时间<br>Film-forming<br>time/min | 包衣均匀度<br>Coating<br>homogeneity | 包衣脱落率<br>Drop rate<br>(%) | 水溶性<br>Water solubility<br>(60 min, %) | 膜均匀性<br>Film<br>homogeneity | 吸潮性<br>Moisture<br>absorption (24 h) | 吸水溶胀性<br>Water absorbing<br>swelling (20 min, %) |
|--------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| 1            | 7                                | 98%                             | 0.20                      | 26.72                                  | ++                          | -                                    | 41.18  |
| 2            | 7                                | 98%                             | 0.20                      | 19.89                                  | ++                          | -                                    | 56.26  |
| 3            | 7                                | 98%                             | 0.15                      | 15.38                                  | ++                          | -                                    | 67.42  |
| 4            | 9                                | 95%                             | 0.15                      | 12.10                                  | ++                          | -                                    | 56.14  |
| 5            | 10                               | 95%                             | 0.10                      | 9.67                                   | +                           | -                                    | 56.09  |
| CK           | 8                                | 96%                             | 0.20                      | 18.87                                  | ++                          | -                                    | 47.16  |

注 (Note): 1~5: 2% PVA + 1% SCMC + (0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%) Na-B; CK: 2% PVA + 1% SCMC。图 6 同 (The same as in Fig. 6)。

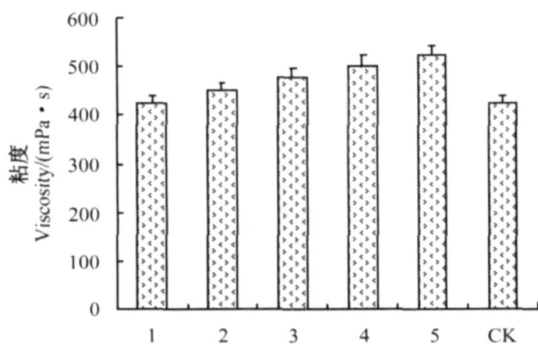


图 6 添加不同量的 Na-B 对 PVA-SCMC-Na-B 共混膜黏度的影响

Fig. 6 The effect of Na-B amount on viscosity of PVA-SCMC-Na-B

由表 2 和图 6 可见,添加了 Na-B 的复合膜,其水溶性、成膜性及吸水溶胀性与对照相比均有所改善,而黏度随着 Na-B 含量的增加而增加,但当 Na-B 添加量过大时,粒子本身会产生团聚现象,交联度较大,透水性差,使膜的性能下降。其原因可能是由于 PVA、SCMC 与 Na-B 表面的羟基形成氢键,使得 PVA、SCMC 可以牢固地吸附在

Na-B 颗粒的表面,有机聚合物分子链的空间位阻效应有效地阻碍了由于 Na-B 颗粒间的团聚而导致的相分离,有利于 Na-B 在膜的固化过程中均匀地分散在有机聚合物高分子链的空隙中。另外,Na-B 与 PVA、SCMC 分子之间形成物理交联网络而构成立体网状结构<sup>[23,24]</sup>,所以添加一定量的 Na-B 与 PVA-SCMC 形成的复合膜表现出良好的性能。综合考虑,Na-B 的最佳添加质量浓度为 0.3%。

### 2.4 成膜剂的红外光谱分析

采用红外光谱仪对 PVA-SCMC 和 PVA-SCMC-Na-B 进行分析,结果见图 7、图 8。可以看出,两种膜的红外图谱吸收峰没有明显的变化,说明添加了 Na-B 后对 PVA-SCMC 共混膜的吸收峰并没有大的影响,属于物理混合,也没有形成新的官能团,只是吸收强度有微弱的变化。

由图 7 和图 8 可知:在  $\nu$  2900~3000  $\text{cm}^{-1}$  左右出现的是饱和碳氢化合物的吸收峰,2940  $\text{cm}^{-1}$  处是饱和烃 (C-H 伸缩振动)、-CH<sub>3</sub> 或 -CH<sub>2</sub>-; SCMC 在 1550~1680  $\text{cm}^{-1}$  处为羧甲基基团的特

征吸收峰,  $1\ 590\ \text{cm}^{-1}$ 处是聚乙烯醇的  $-\text{C}=\text{C}-$  的吸收峰,  $1\ 417\ \text{cm}^{-1}$ 分别是  $-\text{COO}-$  的对称伸缩振动峰,  $1\ 318\ \text{cm}^{-1}$ 附近为  $\text{R}_2\text{SO}_2$ ,  $843\ \text{cm}^{-1}$ 为  $-\text{CH}-$  的振动吸收峰;大于  $3\ 000\ \text{cm}^{-1}$ 的宽吸收峰为羧基聚合体及  $\text{O}-\text{H}$  伸缩振动的吸收峰。由此可以推断出,一方面,插层时 SCMC 醚键上带自由电子的氧原子与 Na-B 分子上的硅氧键、铝氧键可能通过 Na-B 的层间阳离子发生了配位或络合作用,而  $-\text{COO}-$  基在插层过程中并未发生变化,并不是插层反应的活性位点;另一方面,随着 Na-B 含量的降低,SCMC 分子上的醚键与 Na-B 上的  $\text{Al-O}$  键间的作用力趋于更强。

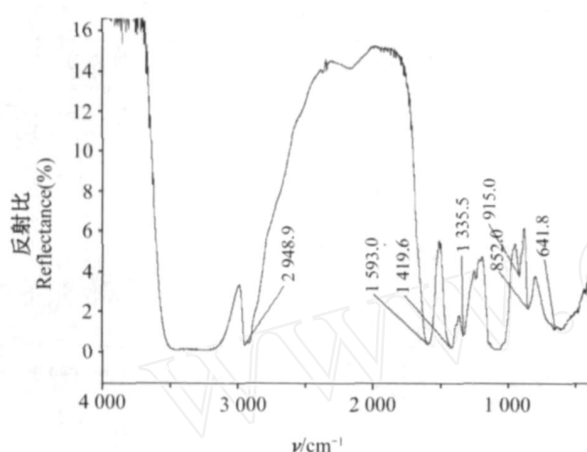


图7 PVA-SCMC 的红外光谱图

Fig. 7 The infrared spectrum of PVA-SCMC

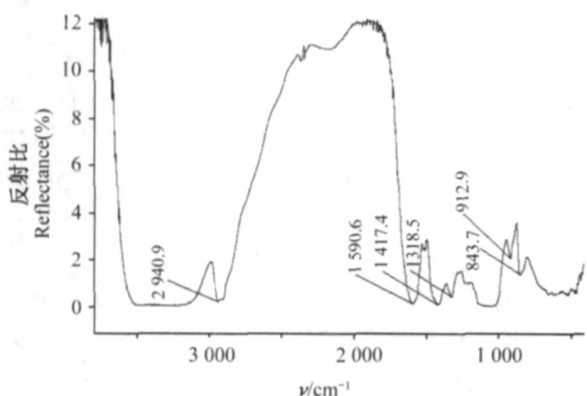


图8 PVA-SCMC-Na-B 的红外光谱图

Fig. 8 The infrared spectrum of PVA-SCMC-Na-B

### 3 结论

与化学农药相比,微生物农药剂型的加工难度更大,尤其是微生物种衣剂,除对包衣后的成膜

性能要求很高外,还要求助剂有很好的环境相容性。本实验所选用的成膜剂可生物降解,且成膜性能较好。SCMC 和 PVA 混合不但具有良好的成膜性,还可增加液相的黏度,有效阻滞菌体的沉降。本实验中 SCMC 和 PVA 对菌体和棉种的生物相容性均较好。助粘剂载体为无机矿物质(钠基膨润土),对棉花种子发芽、微生物的生长和抑菌活性没有影响。且钠基膨润土有较好的膨胀性,并具有比表面积大、吸附能力强、分散性能好、吸水率大等多种性能,其表面的羟基和活性位点可与高分子聚合物复合形成网状结构,以其作为助剂制备成的复合膜性能高、成本低。

一个成熟的农药制剂需要综合平衡多种因素,对微生物农药制剂来说,这一过程要考虑的因素更多。本研究获得了一种生物兼容性好、成膜性能高的生物种衣剂成膜剂,为下一步生物种衣剂配方筛选和开发奠定了基础。

### 参考文献:

- [1] PENG Shao-xian (彭少贤), CHI Cai-yun (池彩云), SUN Yi-ming (孙义明), et al 淀粉-聚乙烯醇可生物降解塑料研究进展 [J]. Shanghai Plast (上海塑料), 2006, 3(1): 4-6.
- [2] THARANATHAN R N. Biodegradable Films and Composite Coatings: Past, Present and Future [J]. Trends Food Sci Tech, 2003, 14: 71-78.
- [3] LEE KI-CHANG, HER JA-HYUK, KWON SOON-KI Red Clay Composites Reinforced with Polymeric Binders [J]. Constr Build Mater, 2008, 22: 2292-2298.
- [4] ALTMAN G H, DIAZ F, JAKUBA C, et al Silk Based Biomaterials [J]. Biomater, 2003, 24: 401-416.
- [5] WANG Ru (王茹), WANG Qi (王琪), LILI (李莉), et al 改性聚乙烯醇的热性能 [J]. Plastic Ind (塑料工业), 2002, 30(1): 32-34.
- [6] GAO Jie (高洁), TANG Lie-gui (汤烈贵). Cellulose Derivatives (纤维素衍生物) [M]. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 1996.
- [7] LIU P F, JING P, LI J Q, et al Radiation Crosslinking of CMC-Na at Low Dose and its Application as Substitute for Hydrogel [J]. Radia Phys Chem, 2005, 72(5): 635-638.
- [8] ONG H L, KUMAR R N, ROZMAN H D, et al Grafting of Sodium Carboxymethylcellulose (CMC) with Glycidyl Methacrylate and Development of UV Curable Coatings from CMC-g-GMA Induced by Cationic Photoinitiators [J]. Carbohydr Polym, 2005, 59: 57-69.
- [9] TSUKADA M, FREDDI G, CRIGHTON J S. Structure and Compatibility of Poly (Vinyl Alcohol)-Silk Fibroin (PVA/SF) Blend Films [J]. Polym Sci, Part B: Polym Phys, 1994, 32: 243-248.

- [10] JEGAL J, LEE K H. Pervaporation Separation of Water-Ethanol Mixtures through PVA-sodium Alginate Blend Membrane [J]. Appl Polym Sci, 1996, 1761 (2): 389-393.
- [11] SUH D J, PARK O O, YOON K H. The Properties of Unsaturated Polyester Based on the Glycolized Poly (Ethylene Terephthalate) with Various Glycol Compositions [J]. Polym, 2000, 41: 461-466.
- [12] ZHUANG Li-na (庄丽娜), DAILi-xing (戴礼兴). 聚乙烯醇共混及共混纤维的研究进展 [J]. Syn Tech Appl (合成技术与应用), 2003, 18 (3): 15-19.
- [13] NAFEE N A, ISMAIL FA, BORAIEN A, et al Mucoadhesive Buccal Patches of Miconazole Nitrate: in vitro/in vivo Performance and Effect of Ageing [J]. Int J Pharm, 2003, (264): 1-14.
- [14] YAO Li-xia (姚丽霞), LI Chun (李春), WU Zhan-sheng (武占省), et al 无氮气条件下合成钠基膨润土/P(AA-AM)复合吸水树脂的研究 [J]. Chem New Mater (化工新型材料), 2008, 36 (5): 76-78.
- [15] STRAWHECKER K E, MANIAS E. Structure and Properties of Poly (Vinyl Alcohol) /Na + Montmorillonite Nanocomposites [J]. Chem Mater, 2000, (12): 2943-2949.
- [16] TONG Xi (童昕), ZHANG Zhen-fang (张振方), ZHENG Jing-jing (郑晶静), et al 聚乙烯醇 膨润土杂化水凝胶的力学性能和溶胀行为 [J]. Chinese J Process Eng (过程工程学报), 2006, 6 (3): 503-506.
- [17] FENG Zhen (冯臻). 煤伴生膨润土的改性及其在牙膏中的应用研究 [J]. Coal Process Compr Util (煤炭加工与综合利用), 2007, (2): 40-42.
- [18] DENG Guo-hong (邓国宏), YU Li-xin (余立新), HE Ji-hua (郝继华), et al 聚乙烯醇 二氧化硅共混膜的制备及耐温、耐溶剂性能研究 [J]. Polym Mater Sci Eng (高分子材料科学与工程), 2001, 17 (6): 122-125.
- [19] RAY S, RAY S K. Dehydration of Tetrahydrofuran (THF) by Pervaporation Using Crosslinked Copolymer Membranes [J]. Chem Eng Process, 2008, (47): 1620-1630.
- [20] Testing Office of Pesticide of Ministry of Agriculture (农业部农药检定所). GB/T17768-1999. 悬浮剂农药标准编写规范 [S]. Beijing (北京): Standards Press of China (中国标准出版社), 2000.
- [21] ZOU Ping (邹平), YANG Hai-yan (杨海燕), ZHANG Zhao-hong (张照红), et al 羧甲基纤维素与聚乙烯醇复合膜若干特性影响因素的研究 [J]. Food Ind (食品工业), 2008, (2): 25-27.
- [22] ZHAN Yi-zhen (展义臻), ZHU Ping (朱平), GUO Xiao-qing (郭肖青), et al 羧甲基纤维素钠/海藻酸钠共混纤维的制备与性能测试 [J]. Syn Fiber (合成纤维) 2006, 35 (12): 6-10.
- [23] LU Jin-zhen (卢金珍), XIONG Han-guo (熊汉国). 新型淀粉基金全生物降解薄膜的研究 [J]. Journal of Wuhan Bioengineering Institute (武汉生物工程学院学报), 2007, 3 (1): 88-91.
- [24] JIANG Yun-peng (姜云鹏), WANG Rong-shu (王榕树). 纳米 SiO<sub>2</sub>/PVA 复合超滤膜的制备及性能研究 [J]. Polym Mater Sci Eng (高分子材料科学与工程), 2002, 18 (5): 177-180.

(Ed TANG J)

## · 会 讯 ·

## 《第十一届全国农药学科教学科研研讨会》第一轮通知

由湖南农业大学主办的“第十一届全国农药学科教学科研研讨会”将于2010年7月下旬在湖南长沙东郊张公岭长沙天园假日酒店举行。会议主题为“农药·和谐·发展”。将围绕该主题研讨我国的农药学本科、研究生课程体系建设、教材的使用和体会、教学教改经验等;同时研讨农药的研发、使用技术、作用机理、环境毒理等。会务费:400元/人(学生减半,家属免交)。会议将正式出版论文集(免交版面费),内容包括科研、教学两个方面,具体格式和要求将在第二轮通知中说明。

有意参会者请于2009年10月31日发送回执至邮箱:dingzx88@yahoo.com.cn,联系人:丁中,电话:0731-84673707(O),13875813230。

通信地址:湖南省长沙市芙蓉区湖南农业大学生物安全科学技术学院 邮编:410128

湖南农业大学生物安全科学技术学院

2009年9月

(农药学学报编辑部编辑整理)