

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20230141

数字出版日期: 2024-01-23; 数字出版网址: <http://link.cnki.net/urlid/12.1355.N.20240122.1622.001>

涂布液体石蜡对植物纤维基地膜纸的影响

杨维红, 刘 忠, 朱荣耀, 刘晓岚, 杨博文, 姚 娜

(天津市制浆造纸重点实验室, 天津科技大学轻工科学与工程学院, 天津 300457)

摘 要: 以漂白针叶木浆为纤维原料, 在打浆度为 89 °SR, 助剂聚酰胺多胺环氧氯丙烷 (PAE)、烷基烯酮二聚体 (AKD)、阳离子淀粉添加量分别为 2.0%、0.4%、1.0% (相对绝干浆质量) 的条件下, 制备定量为 (40 ± 2) g/m² 的涂布原纸, 然后通过表面涂布液体石蜡制备植物纤维基地膜纸, 提高地膜纸的透光率、抗水性, 降低透气度。结果表明: 液体石蜡的最佳涂布量为 7 g/m², 涂布后样品的定量为 48.16 g/m², 干抗张指数为 70.91 N·m/g, 撕裂指数为 5.99 mN·m²/g, 耐破指数为 5.12 kPa·m²/g, 透光率为 82.82%, 透气度为 0.003 0 μm/Pa·s, 300 s 之后的可勃值为 15.8 g/m²; 在水中浸泡 12 h 后, 涂布后样品的湿强度比未涂布样品提高 14.34%。

关键词: 漂白针叶木浆; 植物纤维基地膜纸; 涂布; 液体石蜡

中图分类号: TS758⁺.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2024)03-0028-07

Effect of Coated Liquid Paraffin on Agricultural Cellulose Film

YANG Weihong, LIU Zhong, ZHU Rongyao, LIU Xiaolan, YANG Bowen, YAO Na

(Tianjin Key Laboratory of Pulp and Paper, College of Light Industry Science and Engineering,
Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: In our present study, bleached softwood pulp was used as fiber raw material with a beating degree of 89 °SR, and the addition amount of additives polyamide polyamine epichlorohydrin (PAE), alkyl ketene dimer (AKD), and cationic starch, 2.0%, 0.4% and 1.0% (based on dry pulp quality), respectively, to prepare (40 ± 2) g/m² coated base paper. Then the plant fiber base film paper was prepared by coating liquid paraffin on the surface to improve the light transmittance, water resistance and reduce air permeability of the film paper. The results showed that the optimal coating amount of liquid paraffin was 7 g/m², the quantitative amount was 48.16 g/m², the dry tensile index was 70.91 N·m/g, the tear index was 5.99 mN·m²/g, and the break resistance index was 5.12 kPa·m²/g. The transmittance was 82.82% and the air permeability was 0.003 0 μm/Pa·s. The Cobb value after 300 s was 15.8 g/m². After soaking in water for 12 h, the wet strength of the coated sample was increased by 14.34% than that of the uncoated sample.

Key words: bleached softwood pulp; plant fiber base membrane paper; coating; liquid paraffin

引文格式:

杨维红, 刘忠, 朱荣耀, 等. 涂布液体石蜡对植物纤维基地膜纸的影响[J]. 天津科技大学学报, 2024, 39(3): 28-34.

YANG W H, LIU Z, ZHU R Y, et al. Effect of coated liquid paraffin on agricultural cellulose film[J]. Journal of Tianjin university of science & technology, 2024, 39(3): 28-34.

我国在 2007 年颁布限塑令, 2020 年对限塑令进行升级, 以此来控制塑料的使用。我国作为屈指可数的农业大国, 每年塑料地膜的使用量达百万吨, 这给

环境造成巨大污染^[1-3]。因此, 制备完全可降解的植物纤维基地膜纸 (以下简称地膜纸) 具有较好的发展前景。地膜纸是以植物纤维为基本原料, 通过制浆造

收稿日期: 2023-07-14; 修回日期: 2023-11-11

基金项目: 国家重点研发计划资助项目 (2022YFC2105503)

作者简介: 杨维红 (1996—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生; 通信作者: 刘 忠, 教授, mglz@tust.edu.cn

纸工艺,在浆料中加入各种助剂制备出原纸,然后对其进一步处理得到的农用纸张,它具有地膜所要求的低透气、高抗水、高透光、保温、保湿等性能,可在一定时间内降解并起到堆肥和改善土壤的作用^[4-5]。

高透光率的薄膜可以使更多的光照射到地面上,促进作物的生长发育。植物纤维基地膜纸具有由纤维相互交织而成的三维网络结构,纤维与纤维间必然存在孔隙,纤维素与空气的折光率存在差异,当光照射到纸面时,会发生大量的光散射;因此,纤维之间的孔隙是影响地膜纸透光率的主要因素^[6-8]。

张燕杰等^[9]以废弃棉纤维为原料,通过浸渍液体石蜡、聚乙烯醇(PVA)胶液制备了纸基棉质地膜试样,试样的透光率在可见光范围内可达68%,可以用于玉米、辣椒等农作物和蔬菜的育苗^[10]。矢野浩之等用丙烯酸树脂为浸渍液浸渍纸张,再利用紫外线使纸张和丙烯酸树脂交联并结合在一起,得到透光率为80%~85%的透明纸样^[11]。Yao等^[12]以环氧树脂为浸渍液浸渍纸张,制备了一种高透光率、高雾度的透明纸基材料,其透光率达到85%,雾度达到90%。李玉洁等^[13]通过浸渍法将羧甲基纤维素与不同聚合度针叶木浆抄造的原纸复合,所得纸样透光率为87.9%~89.8%,雾度为53.6%~64.1%。

液体石蜡具有稳定性好、黏度低、透明度高、价格低廉的优势^[14],本文通过涂布液体石蜡提高植物纤维基地膜纸的透光率,并探究其对地膜纸其他性能的影响。

1 材料与方法

1.1 原料与仪器

美国乔治亚太平洋漂白针叶木浆,玖龙纸业有限公司;聚酰胺多胺环氧氯丙烷(PAE)、烷基烯酮二聚体(AKD),分析纯,山东铭祥华工科技集团有限公司;阳离子淀粉,分析纯,天津瑞格斯科技有限公司;液体石蜡,分析纯,上海麦克林生化科技有限公司。

No.267型PFI磨浆机,挪威PFI公司;73-81型标准疏解器,普利赛斯国际贸易有限公司;ZDJ-100型肖伯尔打浆度测定仪、SE062型抗张强度测试仪、SE-009型撕裂度测试仪、02 969920型耐破度测试仪、166型透气度测试仪、251型厚度测试仪,瑞典L & W公司;RK3A-KWT型纸页成型器,奥地利PTI公司;61-67型自动可勃值测试仪,美国TMI公司;JSM-IT300 LV型扫描电子显微镜(SEM),日本JEOL电子公司;UV 3600 Plus型紫外可见近红外分

光光谱仪,日本岛津公司;FTIR-650型傅里叶变换红外光谱仪(FTIR),天津港东科技发展有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 打浆

称取30g绝干质量的漂白针叶木浆放入水中浸泡12h,疏解10000r后,调整浆料浓度为10%,使用PFI磨浆机进行磨浆,制备打浆度为89°SR的纸浆,PFI磨浆机的转数为30000r,打浆间隙为0.3mm。

1.2.2 抄片

将89°SR的纸浆疏解10000r,调节浆料浓度为0.2%,向纸浆中分别添加2.0%PAE乳液(质量分数12.5%)、0.4%AKD乳液(质量分数15%)、1.0%的阳离子淀粉(相对绝干浆质量),用纸页成型器抄造出 (40 ± 2) g/m²的手抄片,纸浆滤水成湿纸幅的时间为1min,干燥时间为6min,温度为95℃。

1.2.3 涂布

将手抄片平铺于涂布机上,用滴管移取适量液体石蜡滴在手抄片与涂布棒的接触处,用涂布棒进行反复涂布,干燥、平衡后,得到具有一定强度、透光率、透气度及抗水性的地膜纸。

1.2.4 地膜纸的降解性

将地膜纸埋在土壤环境相同的地下4cm处,每隔一段时间取出,观察地膜纸的形貌变化,并用扫描电子显微镜及傅里叶变换红外光谱仪检测降解前后的变化。

1.3 结构与性能表征

1.3.1 SEM表征

采用扫描电子显微镜观察地膜纸的表面微观形貌。

1.3.2 FTIR表征

采用傅里叶变换红外光谱仪检测降解前后地膜纸的化学键及官能团的变化。

1.3.3 光学性能

制备的地膜纸的透光率测试方法参考GB/T 2410—2008《透明塑料透光率和雾度的测定》^[15],采用紫外可见近红外分光光谱仪进行测试,测试波长范围为400~800nm。

1.3.4 物理性能

将样品在温度为 (23 ± 1) ℃,相对湿度为 (50 ± 2) %的恒温恒湿环境中处理4h。根据GB/T 451.2—2002《纸和纸板定量的测定》、GB/T 451.3—2002《纸和纸板厚度的测定》、GB/T 458—2008《纸和纸板透气度的测定》、GB/T 12914—2018《纸和纸板

抗张强度的测定 恒速拉伸法 (20 mm/min)》、GB/T 454—2020《纸 耐破度的测定》和 GB/T 455—2002《纸和纸板撕裂度的测定》进行纸张定量、厚度、透气度、抗张强度、耐破度和撕裂度的测试。

2 结果与讨论

2.1 最佳打浆度

打浆度对手抄片物理性能的影响见表 1。由表 1 可知:打浆度从 32 °SR 增加到 89 °SR,手抄片的抗张指数、耐破指数增加,撕裂指数下降。这是由于随着打浆度的提高,纤维分丝帚化的程度加深,细小纤维含量增加,暴露出大量氢键,增加了纤维之间的结合位点,使纤维之间的结合强度增加;而撕裂强度受纤

维长度变化的影响较大,随着打浆度的提高,纤维的长度变短,使手抄片的撕裂强度呈现下降的趋势。同时,随着打浆度的增加,透气度下降,透光率增加,原因是打浆增加了纤维的比表面积,纤维之间的结合更加紧密,纤维与纤维之间的孔隙减少,降低了纤维表面与纤维孔隙中空气的接触处光散射的程度^[16],当入射光照射到纸面时,光的损失减少,有更多的光可以透过纸张照射到土壤表面。然而,随着打浆度的继续增加,纤维的长度不断减小,对手抄片的抗张强度、撕裂强度以及耐破强度产生了负面影响,手抄片的透气度几乎不变,透光率略微增加。地膜纸要求低透气、高透光以及良好的机械性能,综合考虑后,选择最佳打浆度为 89 °SR。

表 1 打浆度对手抄片物理性能的影响

Tab. 1 Effect of beating degree on physical properties of handsheet

打浆度/°SR	厚度/μm	抗张指数/(N·m·g ⁻¹)	撕裂指数/(mN·m ² ·g ⁻¹)	耐破指数/(kPa·m ² ·g ⁻¹)	透气度/(μm·pa ⁻¹ ·s ⁻¹)	透光率/%
32	73.85	61.48	10.23	4.36	14.37	38.19
52	73.18	64.63	9.07	4.49	3.72	40.27
72	70.33	71.71	8.14	4.82	0.60	41.82
89	59.40	78.60	6.00	5.26	0.01	51.35
90	52.70	74.86	4.77	5.21	0.01	53.35

2.2 助剂的选择及添加量

将手抄片裁成标准规定的大小,放在水中浸泡 1 h 后进行物理性能测试,PAE 添加量对手抄片物理性能的影响见表 2。随着 PAE 添加量的增加,手抄片的湿抗张指数及湿抗张强度比呈现增加的趋势,PAE 添加量为 2.0% 后增加趋势减缓。这是因为初始阶段纤维上负电荷较多,呈正电的 PAE 被较多地吸附在纤维上,随着 PAE 的增加,纤维上的负电荷逐渐减少至饱和,吸附的 PAE 逐渐减少^[17-19],湿强度上升缓慢。由表 2 还可以看出:PAE 对手抄片的干抗张强度也具有一定的增强效果,干抗张强度在 PAE 添加量为 2.0% 时达到最大。综合考虑,PAE 最佳添加量为 2.0%。

表 2 PAE 添加量对手抄片物理性能的影响

Tab. 2 Effect of PAE addition amount on physical properties of handsheet

PAE 添加量/%	湿抗张指数/(N·m·g ⁻¹)	干抗张指数/(N·m·g ⁻¹)	湿抗张强度比/%
0	4.03	78.60	5.13
0.5	17.22	82.44	20.89
1.0	21.09	82.07	25.70
1.5	25.32	83.92	30.17
2.0	26.90	84.00	32.02
2.5	27.65	79.41	34.82

向浆料中添加 1% 的阳离子淀粉后,再加入不同量的 AKD,AKD 添加量对手抄片接触角的影响如图 1 所示。

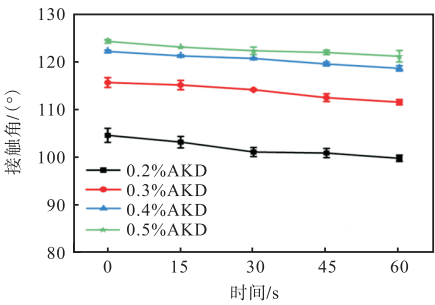


图 1 AKD 添加量对手抄片接触角的影响

Fig. 1 Effect of AKD addition on the contact angle of handsheet

本实验采用表面吸收速度法(即液滴法)评价手抄片的抗水性,通过界面接触角的大小衡量抗水性的好坏。检测时间为 60 s,每 15 s 检测一次。由图 1 可知:随着 AKD 添加量的增加,手抄片的接触角也呈现增加的趋势,AKD 添加量分别为 0.2%、0.3%、0.4% 时,样品的接触角差距较明显,在 0 s 时,即液滴落到手抄片上的一瞬间,3 种添加量下的接触角分别为 104.47°、115.50°、122.02°;而添加量为 0.4% 与

0.5% 时的接触角较为接近, 在 0 s 时, 接触角分别为 122.02° 、 124.12° , 两者仅相差 2.1° , 添加量增加 0.1% 对接触角的影响较小。因此, 选择 AKD 的最佳添加量为 0.4%。

2.3 涂布液体石蜡对地膜纸的影响

2.3.1 光学性能

液体石蜡的折光系数为 $1.476 \sim 1.483$ ^[20], 纤维素纤维的折光系数为 1.530 , 空气的折光系数为 1.000 ^[21]。液体石蜡与纤维素纤维的折光系数较为接近, 可将其涂布在手抄片表面制备植物纤维基地膜纸。经过涂布后, 分布在纸张中的空气被液体石蜡挤出, 能够减少由空气与纤维素纤维折光系数的差异造成的光散射。图 2 为涂布不同量的液体石蜡对地膜纸透光率的影响。由图 2 可知, 液体石蜡的涂布量从 6 g/m^2 增加到 10 g/m^2 时, 地膜纸的透光率有小幅增加, 在波长为 550 nm 的可见光处, 透光率从 80.77% 增加到 86.58% , 未涂布地膜纸的透光率为 53.35% 。涂布 7 g/m^2 与 8 g/m^2 液体石蜡的地膜纸的透光率在可见光区几乎重合, 而涂布 9 g/m^2 、 10 g/m^2 液体石蜡的地膜纸的透光率与之相比仅稍有增加, 因此选择液体石蜡涂布量为 7 g/m^2 较为合适, 所得地膜纸在 550 nm 处透光率较未涂布时的增幅为 55.24% 。

纸基材料根据透明程度的高低可分为高透明纸基材料、普通透明纸基材料以及半透明纸基材料; 其

中高透明纸基材料在 550 nm 波长处透光率为 90% 及以上时呈透明薄膜状^[21]; 半透明纸基材料在透明度为 $45\% \sim 72\%$ 时呈半透明状^[22]。因此, 涂布 7 g/m^2 液体石蜡制备的地膜纸为介于半透明纸基材料和高透明纸基材料之间的透明纸基材料。

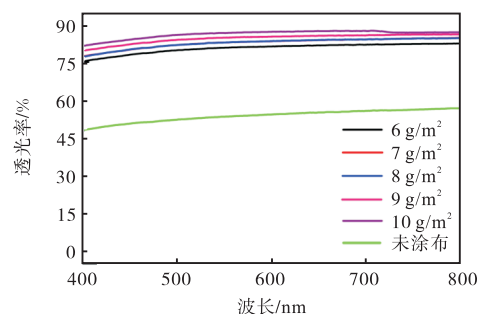


图 2 涂布不同量的液体石蜡对地膜纸透光率的影响

Fig. 2 Effect of different quantities of liquid paraffin on light transmittance of mulch paper

为了观察涂布液体石蜡对纤维间孔隙的影响, 对涂布量 $6 \sim 10 \text{ g/m}^2$ 的地膜纸随机取样, 通过扫描电子显微镜观察其表面形貌, 结果如图 3 所示。图 3(a) 为未涂布液体石蜡的样品, 可以看到在 90°SR 打浆度下纤维间仍具有一定数量的孔隙; 在图 3(b) 可以看到纤维间隙以及纤维表面的液体石蜡; 在图 3(c) — 图 3(f) 仅可以看到纤维表面的一层液体石蜡, 纤维间隙已完全被覆盖。

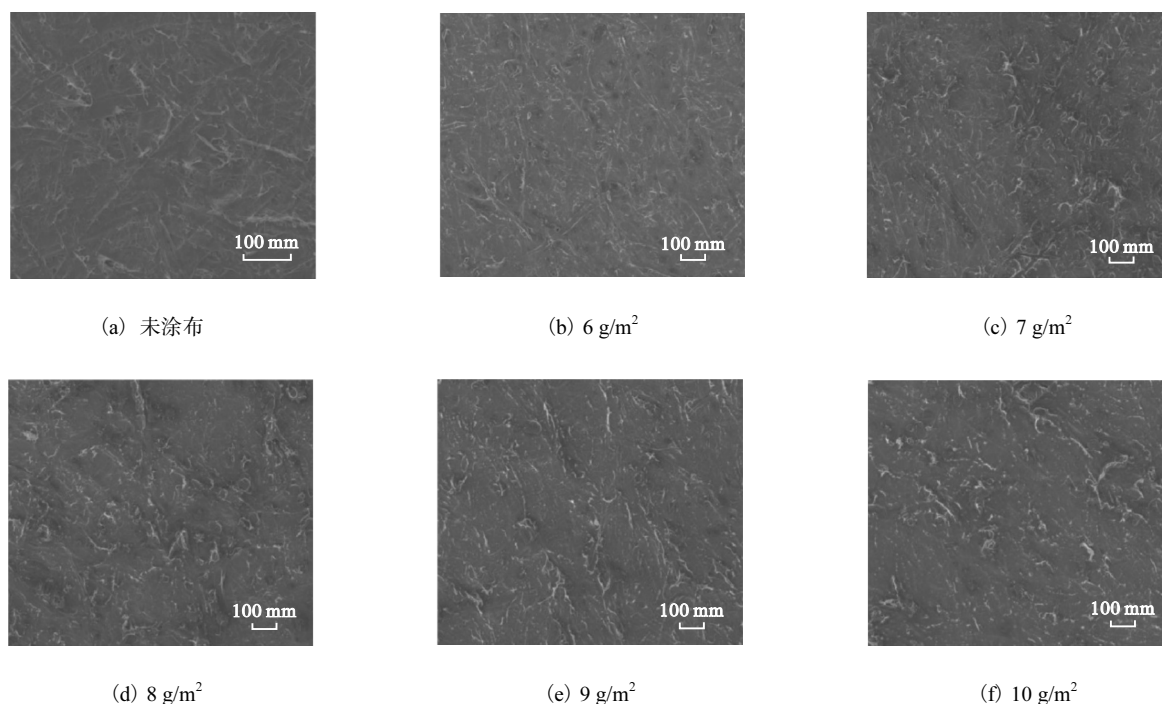


图 3 涂布液体石蜡地膜纸的 SEM 图

Fig. 3 SEM images of coated liquid paraffin film paper

2.3.2 抗水性

通过测定可勃值检测涂布不同量的液体石蜡对地膜纸抗水性的影响,测试时间为 300 s,结果如图 4 所示。由图 4 可知:随着石蜡涂布量的增加,地膜纸在一定温度、压力、时间下表面所吸收的水量(即可勃值)在降低,在 300 s 时,未涂布样的吸水量为 31.1 g/m²,涂布 7 g/m² 液体石蜡地膜纸的吸水量为 15.8 g/m²,较未涂布样减少 49.20%,与未涂布样相比,涂布液体石蜡的抗水性有较大提升。

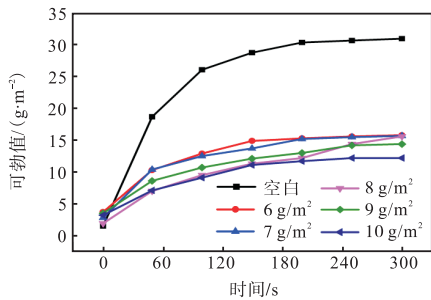


图 4 涂布不同量液体石蜡地膜纸的可勃值
Fig. 4 Cobb values of liquid paraffin film paper coated with different quantities

2.3.3 湿强度

地膜纸表面涂布液体石蜡,不仅可以填充纤维间隙、提高透光率、降低透气度,而且对地膜纸的抗水性、湿强度也具有较好的提升效果,使地膜纸在水中长时间浸泡时仍具有一定的强度。

将地膜纸裁成标准规定的大小,放在水中浸泡 12~60 h 后测定湿强度,未涂布样与涂布 7 g/m² 液体石蜡的地膜纸浸泡 12~60 h 后的湿强度分别见表 3、表 4。由于未涂布样在浆内添加了 2.0% 的 PAE,所以未涂布样也具有一定的湿强度,随着浸泡时间的延长,未涂布样的湿强度略微降低后处于比较稳定的状态;相对仅添加 PAE 的纸样,涂布液体石蜡后的湿强度有一定程度的提高:浸泡 12 h 后,涂布样比未涂布样的湿强度提高 14.34%;浸泡 60 h 后,涂布样比未涂布样的湿强度提高 22.88%。

表 3 未涂布样浸泡 12~60 h 后的湿强度

Tab. 3 Wet strength of uncoated samples after soaking for 12-60 hours

时间/h	定量/ (g·m ⁻²)	干抗张指数/ (N·m·g ⁻¹)	湿抗张指数/ (N·m·g ⁻¹)	湿抗张 强度比/%
12	41.27	83.01	14.53	17.50
24	41.27	83.01	12.57	15.14
36	41.27	83.01	11.24	13.54
48	41.27	83.01	11.01	13.26
60	41.27	83.01	11.43	13.77

表 4 涂布 7 g/m² 液体石蜡的地膜纸浸泡 12~60 h 的湿强度
Tab. 4 Wet strength of mulch paper coated with 7 g/m² liquid paraffin after soaking for 12-60 hours

时间/h	定量/ (g·m ⁻²)	干抗张指数/ (N·m·g ⁻¹)	湿抗张指数/ (N·m·g ⁻¹)	湿抗张 强度比/%
12	48.50	69.56	13.92	20.01
24	47.97	71.57	14.60	20.40
36	47.23	70.82	13.76	19.43
48	47.97	71.57	11.83	16.53
60	47.97	71.57	12.11	16.92

2.3.4 物理性能

涂布不同量的液体石蜡地膜纸的定量、厚度及透气度见表 5,物理强度如图 5 所示。从表 5 及图 5 中可以看出,随着涂布量的增加,地膜纸的定量及厚度均显著增大,透气度基本一致,但比未涂布样高,而抗张指数、撕裂指数以及耐破指数总体上呈现下降的趋势。

表 5 涂布不同量液体石蜡地膜纸的定量、厚度及透气度

Tab. 5 Grammage, thickness and permeability of coated paraffin film paper with different quantitative liquid

涂布量/(g·m ⁻²)	定量/(g·m ⁻²)	厚度/μm	透气度/(μm·Pa ⁻¹ ·s ⁻¹)
未涂布	41.85	58.63	0.015 6
6	47.15	60.15	0.003
7	48.16	62.23	0.003
8	48.70	64.67	0.003
9	49.54	66.37	0.003
10	51.17	68.67	0.003

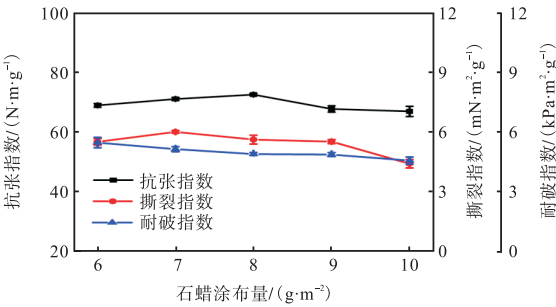


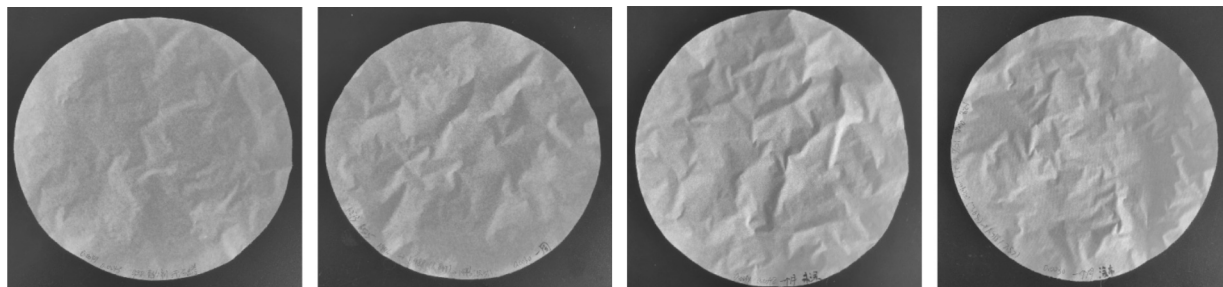
图 5 涂布不同定量液体石蜡地膜纸的物理强度
Fig. 5 Physical strength of coated paraffin film paper with different quantities of liquid

2.3.5 降解性

地膜纸降解 1 周和 1 个月后的照片如图 6 所示(图中样品直径为 20 cm),扫描电子显微镜图如图 7 所示。由图 6 可知,降解 1 周和 1 个月的地膜纸无显著差别。从图 7(b)、图 7(e)中可以看出,降解 1 周后,地膜纸表面仍然有大量的长纤维相互交织,纤维无明显的断裂,且从图 7(e)中可以观察到涂布的液体石蜡,液体石蜡具有一定的阻隔性,阻隔了土壤的

渗入, 而图 7(b)中可以明显看到渗入到纤维间的土壤; 从图 7(c)、图 7(f)中可以看出, 降解 1 个月后,

纤维发生明显的断裂, 且从图 7(f)中已观察不到液体石蜡的存在, 说明纤维表面不再存在液体石蜡。



(a) 未涂布降解 1 周

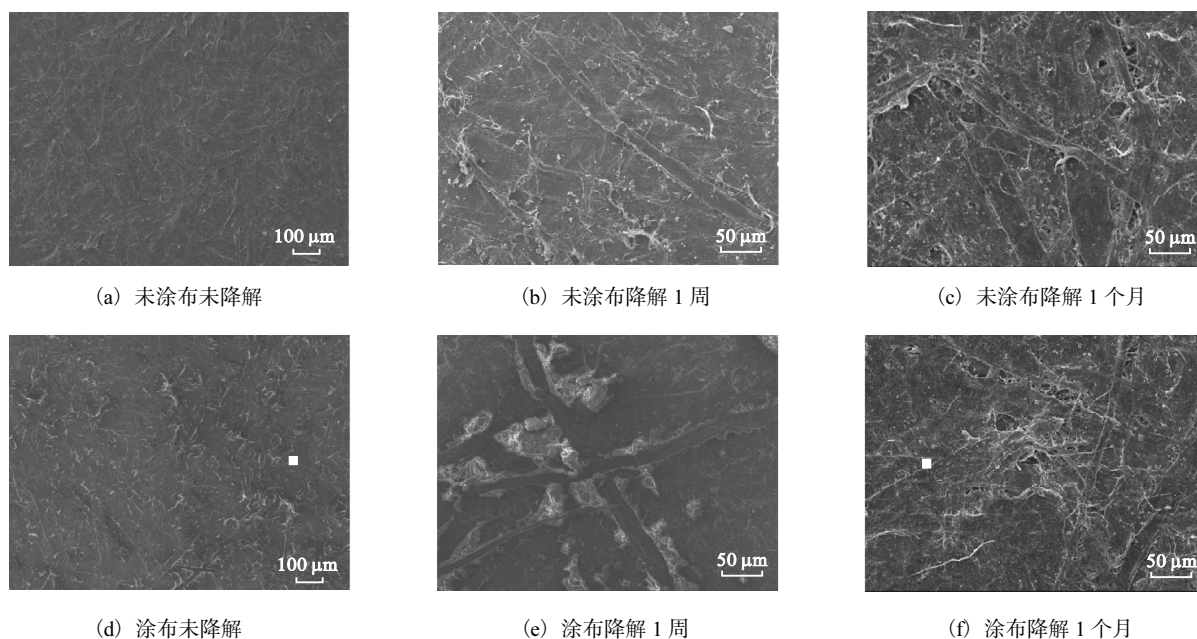
(b) 涂布降解 1 周

(c) 未涂布降解 1 个月

(d) 涂布降解 1 个月

图 6 地膜纸降解 1 周和 1 个月后的照片

Fig. 6 Photos of mulch paper after the degradation of one week and one month



(a) 未涂布未降解

(b) 未涂布降解 1 周

(c) 未涂布降解 1 个月

(d) 涂布未降解

(e) 涂布降解 1 周

(f) 涂布降解 1 个月

图 7 地膜纸降解 1 周和 1 个月后的扫描电子显微镜图

Fig. 7 SEM images of mulch paper after the degradation of one week and one month

采用 FTIR 分析地膜纸降解前后的化学键和官能团的变化, 结果如图 8、图 9 所示。在 FTIR 谱图中, $1\ 300 \sim 4\ 000\text{ cm}^{-1}$ 处为官能团区, 每个吸收峰都对应一定的特征基团^[23]。液体石蜡在 $2\ 922\text{ cm}^{-1}$ 处有 C—H 键的伸缩振动吸收, $1\ 460$ 、 $1\ 380\text{ cm}^{-1}$ 处有 C—H 键的弯曲振动吸收。纤维素在 $3\ 000 \sim 3\ 500\text{ cm}^{-1}$ 之间的宽峰是—OH 的伸缩振动峰, $1\ 000 \sim 1\ 500\text{ cm}^{-1}$ 之间的强宽峰是 C—O 键的伸缩振动峰。

从图 8 中可以看出, 未涂布纸样降解 1 周与未涂布未降解的纸样相比, 位于 $3\ 000 \sim 3\ 500\text{ cm}^{-1}$ 之间的一OH 的伸缩振动峰基本消失, 说明纤维素上第 2、3、6 号位上的羟基与相应碳原子分离; 位于 $1\ 000 \sim 1\ 500\text{ cm}^{-1}$ 之间的 C—O 键的伸缩振动峰无明显变化, 说明 C—O 键尚未发生断裂。

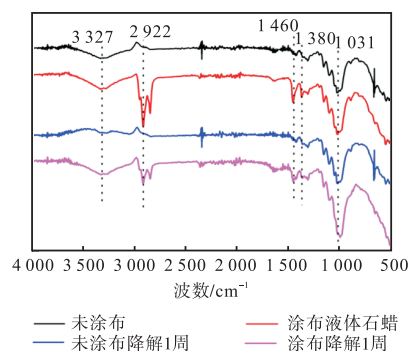


图 8 地膜纸降解 1 周后的 FTIR 谱图

Fig. 8 FTIR spectra of mulch paper after the degradation of one week

从图 8 还可以看出, 涂布纸样降解 1 周与涂布未降解的纸样相比, $2\ 922\text{ cm}^{-1}$ 处液体石蜡 C—H 键的

伸缩振动峰和 1 460、1 380 cm^{-1} 处 C—H 键的弯曲振动峰明显减弱,而纤维素 1 000 ~ 1 500 cm^{-1} 之间的 C—O 键的伸缩振动峰增强,结合图 7 可知,这是降解 1 周之后,纤维表面附着的液体石蜡减少,纤维素的官能团裸露出来所致。

涂布纸样降解 1 个月与未涂布纸样降解 1 个月的 FTIR 谱图如图 9 所示。结合图 8 可知,涂布样中液体石蜡的吸收峰已经基本消失,再结合图 7 降解 1 个月的 SEM 图可知,纤维表面的液体石蜡已不存在,纤维素的官能团暴露出来,因此纤维素的特征吸收峰比未涂布的增强。

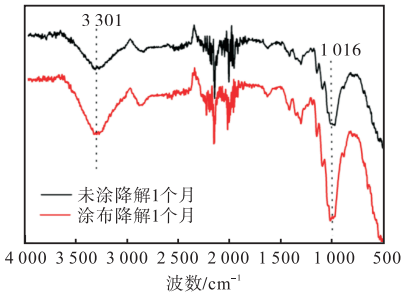


图 9 地膜纸降解 1 个月的 FTIR 谱图

Fig. 9 FTIR spectrum of degradation of mulch paper for one month

2.3.6 与现有地膜纸及塑料薄膜的对比

张斌等^[3]以机械竹浆配加针叶木浆制备可降解的机械竹浆地膜纸,其物理性能与涂布 7 g/m^2 液体石蜡的植物纤维基地膜纸的对比见表 6。由表 6 可知,植物纤维基地膜纸的干湿强度及可勃值明显优于机械竹浆地膜纸,而撕裂指数仅比机械竹浆低 7.85%。此外,涂布 7 g/m^2 液体石蜡的植物纤维基地膜纸的耐破指数为 5.12 $\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 。

表 6 机械竹浆地膜纸与涂布 7 g/m^2 液体石蜡的植物纤维基地膜纸的对比

Tab. 6 Comparison between mechanical bamboo pulp mulch paper and plant fiber base film paper coated with 7 g/m^2 liquid paraffin

地膜纸	打浆度/°SR	定量/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	抗张指数/($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$)
文献[3]	40	100	15.2
本文	89	48.16	70.91
地膜纸	撕裂指数/ ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{g}^{-1}$)	湿抗张指数/ ($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$)	可勃值/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)
文献[3]	6.5	7.4	27.7
本文	5.99	13.92 (12 h)	15.8 (300 s)

涂布 7 g/m^2 液体石蜡的植物纤维基地膜纸与塑料薄膜的对比见表 7。由表 7 可知,植物纤维基地膜

纸的厚度约是塑料薄膜的 4.77 倍,透气度基本一致,透光率较塑料薄膜低 8.37%,应力约是塑料薄膜的 4.62 倍。由于纸几乎没有弹性,而塑料薄膜的弹性较好,因此植物纤维基地膜纸的应变仅为塑料薄膜的 2.81%。综上所述,虽然植物纤维基地膜纸的各项性能与塑料薄膜相比尚有一定差距,但是其具有塑料薄膜无法比拟的可降解性,这对环境保护的贡献巨大。

表 7 涂布 7 g/m^2 液体石蜡的植物纤维基地膜纸与塑料薄膜的对比

Tab. 7 Comparison of plant fiber base film paper coated with 7 g/m^2 liquid paraffin and plastic book film

样品	厚度/ μm	透气度/ ($\mu\text{m}\cdot\text{Pa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	透光率/%	应力/ MPa	应变/%
塑料薄膜	13	0.003 0	90.39	8.05	46.93
地膜纸	62	0.003 0	82.82	37.23	1.32

3 结 论

本研究选用漂白针叶木浆为纤维原料,通过添加 PAE、AKD 提高地膜纸的干抗张强度、湿抗张强度和抗水性,通过涂布液体石蜡提高地膜纸的透光率、抗水性、湿强度,降低透气度等。

应用在植物上的薄膜需要具有一定的保温、保湿作用,因此制备的地膜纸的透气度要低,透光率要高,综合考虑强度性能,选择 89°SR 较为适宜。

为了使制备的地膜纸具有较好的湿强度和抗水性,在浆料中添加 2.0% 的 PAE 和 0.4% 的 AKD 以及 1.0% 的阳离子淀粉。

液体石蜡的最佳涂布量为 7 g/m^2 ,涂布后纸样的定量为 48.16 g/m^2 ,干抗张指数为 70.91 $\text{N}\cdot\text{m}/\text{g}$,撕裂指数为 5.99 $\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$,耐破指数为 5.12 $\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$;透光率为 82.82%;透气度为 0.003 0 $\mu\text{m}/\text{Pa}\cdot\text{s}$;300 s 之后的可勃值为 15.8 g/m^2 ;在水中浸泡 12 h 后,涂布样的湿强度比未涂布样提高 14.34%。

参考文献:

[1] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等. 农用地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报,2006,22(11):269-272.
[2] HUANG Y, LIU Q, JIA W Q, et al. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment[J]. Environmental pollution, 2020, 260: 114096.
[3] 张斌,王幸,夏新兴,等. 可降解机械竹浆地膜纸研究[J]. 中国造纸,2022,41(8):23-28.

(下转第 80 页)

- [EB/OL]. [2023-06-01]. <https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>.
- [19] WANG Z, BOVIK A C, SHEIKH H R, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on image processing, 2004, 13(4): 600-612.
- [20] ARBELAEZ P, MAIRE M, FOWLKES C, et al. Contour detection and hierarchical image segmentation[J]. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2010, 33(5): 898-916.
- [21] AGUSTSSON E, TIMOFTE R. NTIRE 2017 challenge on single image super-resolution: dataset and study[C]//IEEE. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. New York: IEEE, 2017: 126-135.
- [22] TIMOFTE R, AGUSTSSON E, VAN GOOL L, et al. NTIRE 2017 challenge on single image super-resolution: methods and results[C]//IEEE. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. New York: IEEE, 2017: 114-125.
- [23] ZEYDE R, ELAD M, PROTTER M. On single image scale-up using sparse-representations[C]//LNTCS. Curves and Surfaces: 7th International Conference. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2012: 711-730.
- [24] HUANG J B, SINGH A, AHUJA N. Single image super-resolution from transformed self-exemplars[C]//IEEE. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. New York: IEEE, 2015: 5197-5206.

责任编辑: 郎婧

(上接第34页)

- [4] 周景辉, 朱宏伟. 纸地膜的研究及应用概况[J]. 中国造纸, 2002, 21(5): 56-58.
- [5] 韩永俊, 陈海涛. 国内外纸地膜的发展现状及思考[J]. 农机化研究, 2008(12): 244-246.
- [6] 胡稳. 高雾度透明全纤维素薄膜的制备及在电子器件中的应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [7] HOU G Y, LIU Y, ZHANG D J, et al. Approaching theoretical haze of highly transparent all-cellulose composite films[J]. ACS Applied materials & interfaces, 2020, 12(28): 31998-32005.
- [8] 王楠. 纳米纤维素形貌调控及其纳米纸光学雾度和悬浮液流变性能的研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2020.
- [9] 张燕杰, 罗军, 葛明桥. 完全降解纸基棉质地膜的制备及性能研究[J]. 产业用纺织品, 2011, 29(11): 5-9.
- [10] 傅玉全. 纸基地膜地面覆盖栽培试验[J]. 纸和造纸, 2000(1): 42-43.
- [11] 新华网. 新方法让制造透明纸更简单[J]. 功能材料信息, 2014, 11(3): 61.
- [12] YAO Y G, TAO J S, ZOU J H, et al. Light management in plastic-paper hybrid substrate towards high-performance optoelectronics[J]. Energy & environmental science, 2016, 9(7): 2278-2285.
- [13] 李玉洁, 李冠辉, 侯高远, 等. 木质纤维聚合度对高透光率纤维素薄膜力学性能的影响[J]. 中国造纸学报, 2023, 38(1): 1-8.
- [14] 王柯, 闫巧, 马瑞花, 等. 高固含量液体石蜡纳米乳液的制备及稳定性[J]. 精细石油化工进展, 2021, 22(4): 25-29.
- [15] 全国塑料标准化技术委员会. 透明塑料透光率和雾度的测定: GB/T 2410—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 张召, 路思远, 张直直, 等. 浆料打浆度对纤维素薄膜光学及力学性能的影响[J]. 中国造纸, 2022, 41(10): 24-29.
- [17] 程金兰, 翟华敏, 汤丽娟. PAE 对不同浆料薄型纸湿强度特性的影响[J]. 中国造纸, 2008, 27(4): 17-20.
- [18] 程金茹, 胡建全, 杨乾, 等. 一种热封纸袋用纸的制备研究[J]. 中国造纸, 2022, 41(9): 46-53.
- [19] 白媛媛, 类延豪, 姚春丽, 等. 环保型造纸湿强剂的研究进展[J]. 中国造纸学报, 2016, 31(4): 49-54.
- [20] 杨叶城, 张昕, 韩小帅, 等. 带像差校正功能的柔性变焦透镜[J]. 光学学报, 2022, 42(4): 165-170.
- [21] 陈港, 蒋晨颖, 刘映尧, 等. 透明纸基材料的研究与应用[J]. 中国造纸, 2018, 37(7): 65-75.
- [22] 全国造纸工业标准化技术委员会. 半透明纸: GB/T 22812—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [23] 董轩萌, 郭立稳, 董宏伟, 等. 基于傅里叶变换红外光谱的不同煤种微观结构定量分析[J]. 中国科技论文, 2022, 17(1): 55-61.

责任编辑: 周建军