

大豆秸秆纤维制造可降解地膜工艺参数优化

李丽霞¹, 纪文义^{2*}, 陈海涛², 周成^{2,3}

(1. 昆明理工大学现代农业工程学院, 昆明 650500; 2. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030;
3. 黑龙江省农垦科学院农业工程研究所, 哈尔滨 150030)

摘要: 为了提高大豆秸秆的附加值和批量生产经济、满足农艺要求的环境友好型可降解大豆秸秆纤维基地膜, 采用二次正交中心旋转组合试验, 采用地膜定量、木浆混合比、松香、矾土和湿强剂为影响因素, 地膜的干抗张强度和湿抗张强度作为响应函数。试验结果表明: 1) 各因素对干抗张强度的影响的贡献率从高到低排序为木浆混合比、定量、湿强剂、松香和矾土。2) 各因素对湿抗张强度的贡献率从高到低排序为木浆混合比、定量、湿强剂、矾土和松香。3) 按照干抗张强度 ≥ 30 N、湿抗张强度 ≥ 15 N的原则, 在木浆混合比 0~50%、定量 50~110 g/m²、湿强剂 1.2%~2%、松香 0.3%~1.5%、矾土 1%~5% 的约束条件下, 满足工艺要求的最优参数组合: 木浆混合比 23.3%~30%、定量 92~110 g/m²、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5%。按最优工艺混合比选取 25% 时, 定量 92 g/m²、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5% 制造出地膜试样, 干抗张强度 32.4 N, 湿抗张强度 15 N。

关键词: 秸秆, 工艺, 薄膜, 纤维

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.14.028

中图分类号: S216.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-14-0220-07

李丽霞, 纪文义, 陈海涛, 等. 大豆秸秆纤维制造可降解地膜工艺参数优化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14): 220—226.

Li Lixia, Ji Wenyi, Chen Haitao, et al. Technology optimization for manufacturing biodegradable mulch using soybean straw fiber[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(14): 220—226. (in Chinese with English abstract)

0 引言

由于塑料地膜使用引起的环境污染和土壤板结等一系列问题, 可降解地膜成为了研究热点。目前可降解地膜分为光降解地膜、生物降解地膜和光-生物双降解地膜^[1-2]。目前这 3 种地膜的研究已经取得了一定的进展, 但是光降解地膜是在地膜中加入光敏剂, 埋在土壤中的部分不能被降解, 生物降解地膜主要是采用玉米或马铃薯淀粉等营养物质制备而成, 生物降解地膜的缺点是强度不足。而双降解地膜引用 2 种技术, 制造成本高^[3-4]。因此, 研制一种经济成本低、满足农艺要求的可降解地膜具有现实的意义。

目前采用农作物秸秆制造地膜主要分为 2 类: 一是将秸秆纤维作为增强剂加入热塑合成物或者

用熔喷法合成聚合物; 二是将秸秆纤维做成纸膜或利用非织造布技术制造地膜^[5-8]。

黄晨等将棉、秸秆纤维、亚麻与丝纤维按不同的配比进行混合, 然后在明胶溶液中进行浸渍处理, 实现可降解非织造地膜的制造^[9-13]。周景辉等利用红麻全秆加入聚乙烯醇及羧甲基纤维素钠和丙纶制造纸基地膜^[14]。江南大学用废弃的棉短绒经过除杂、制浆、抄造、液体石蜡浸渍等工艺进行处理和表面施胶, 制造可降解的棉短绒非织造农用地膜^[15]。中国农业科学院麻类研究所研制苧麻、红麻、黄麻纤维地膜, 并对其降解后土壤性质和作物产量影响进行了研究^[16-22]。浙江省萧山棉麻研究所金关荣等采用麻地膜、无纺布应用到设施蔬菜水果(番茄、樱桃)的覆盖栽培^[23]。Hornsby P R 研究水稻和亚麻秸秆加强聚丙烯聚合物的制备和性能^[24]。Ghosh P K 用秸秆和聚乙烯膜覆盖栽培夏花生^[25]。Prasad 使用大麻纤维作为聚合物的增强剂^[26]。日本研制壳聚糖和植物纤维膜, 合田公一以苧麻纤维和玉米为原料制成可降解地膜; 武川真美以 20% 的麻和纸浆为基料, 加入香茅等植物精油, 经过浸蜡加工制成麻地膜; 法国采用非织造地膜用于覆盖和栽培水果和蔬菜; 荷兰采用大麻纤维和淀粉用于合成地膜^[27]。

以上地膜都具有良好的降解性能, 但由于纸地

收稿日期: 2013-03-18 修订日期: 2013-05-26

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目“秸秆制备 PHA 及农用地膜”(2012BAD32B02); 黑龙江省科技计划重点项目(GA09B501); 云南省省级农培项目“甘蔗渣纤维制造可降解购物袋”(14118644)。

作者简介: 李丽霞(1983—), 女, 黑龙江, 讲师, 博士生, 研究方向为生物质转化与利用工程。昆明 昆明理工大学现代农业工程学院, 650500。Email: lilixia_2002@126.com。

*通信作者: 纪文义(1970—), 男, 黑龙江哈尔滨, 高级工程师, 主要从事生物质材料及农业机械装备方面的研究。哈尔滨 东北农业大学, 150030。Email: jwy730306@163.com

膜中纸浆成本过高，因此采用廉价的农业废弃物秸秆为原料既可以解决环境问题同时提高秸秆资源化利用^[28-29]。秸秆制造可降解地膜已经取得了一定的进展，但经济成本高、降解速度难于控制等问题阻碍了研究成果的推广和发展。

本研究采用大豆秸秆纤维为原料，二次正交中心旋转组合试验优化地膜合成工艺参数^[30]，以其为利用高值化大豆秸秆制备一种经济成本低、满足农艺要求的可降解地膜提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

材料：经纤维制取机得到的大豆秸秆纤维、KP 法制成的木浆（KP 浆），在配浆时加入的助剂为松香、矾土、湿强剂（聚酰胺-环氧氯丙烷 PAE），质量分数分别为 50%、100%、15%。松香、矾土和湿强剂都是助剂，作用是加强地膜的性能。

仪器：1) 土壤分析筛 FB-1（上海雷韵试验仪器制造有限公司）；2) 纸浆打浆度测定仪 ZJG-100（长春市月明小型试验有限责任公司）；3) 打浆机 ZT4-00(中通试验装备有限公司)；4) 纸页成型器 ZCX-A（长春市月明小型试验有限责任公司）；5) 纸张拉力试验机（济南纳克工贸有限公司）；6) YB502 电子秤（上海台衡仪器仪表有限公司）。

1.2 方法

首先，大豆秸秆纤维与 KP 浆采用分开打浆的方法，打浆度固定为 35°SR，在此条件下设计试验方案。以 KP 混合比(木浆占木浆和秸秆混合浆的比例)、定量（每平方米地膜的质量）、松香、矾土、湿强剂为影响因素，以干强度、湿强度为目标函数，采用 5 因素 5 水平 1/2 实施二次回归正交旋转中心组合试验方法。干抗张强度参照纸和纸板抗张强度的测定法（恒速加荷法）；湿抗张强度参照纸和纸板按规定时间浸水后抗张强度的测定法^[27]。

试验因素水平及编码如表 1 所示。

表 1 试验因素水平编码表

z_j	定量 x_1 Grammage /(g·m ⁻²)	KP 混合比 x_2 KP ratio/%	松香 x_3 Rosin/%	矾土 x_4 Bauxite/%	湿强剂 x_5 PAE/%
上星号臂(+2) (+2) level	110	50	1.5	5	2.0
上水平(+1) (+1) level	95	37.5	1.2	4	1.8
零水平(0) (0) level	80	25	0.9	3	1.6
下水平(-1) (-1) level	65	12.5	0.6	2	1.4
下星号臂(-2) (-2) level	50	0	0.3	1	1.2

注：KP 混合比为木浆占木浆和秸秆混合浆的比例；定量为每平方米地膜的质量。
Note: KP ratio is the content of the total content of the wood pulp and straw pulp; grammage is the quality of the film per square meter.

2 结果与讨论

2.1 结果与分析

由 Design-Expert 6.0.10 软件设计试验方案及结果如表 2 所示。

表 2 试验设计方案和结果

Table 2 Experimental scheme and results

试验 序号 Number	定量 Grammage /(g·m ⁻²)	KP 混合 比 KP ratio/%	松香 Rosin /%	矾土 Bauxite/%	湿强剂 PAE/%	干抗张 强度 Dry tensile strength /N	湿抗张强 度 Wet tensile strength /N
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_1	Y_2
1	65	12.5	0.6	2	1.8	13.8	4.7
2	95	12.5	0.6	2	1.4	21.8	5.7
3	65	37.5	0.6	2	1.4	26.7	6.8
4	95	37.5	0.6	2	1.8	40.4	14.5
5	65	12.5	1.2	2	1.4	11.8	3.6
6	95	12.5	1.2	2	1.8	21.5	7.3
7	65	37.5	1.2	2	1.8	25.8	8.5
8	95	37.5	1.2	2	1.4	36.6	13.8
9	65	12.5	0.6	4	1.4	12.9	4.6
10	95	12.5	0.6	4	1.8	20.5	7.7
11	65	37.5	0.6	4	1.8	27.0	10.4
12	95	37.5	0.6	4	1.4	39.5	16.9
13	65	12.5	1.2	4	1.8	13.5	5.2
14	95	12.5	1.2	4	1.4	16.2	5.6
15	65	37.5	1.2	4	1.4	26.4	9.7
16	95	37.5	1.2	4	1.8	42.7	15.7
17	50	25	0.9	3	1.6	10.2	3.0
18	110	25	0.9	3	1.6	39.4	14.1
19	80	0	0.9	3	1.6	9.0	2.7
20	80	50	0.9	3	1.6	45.5	17.2
21	80	25	0.3	3	1.6	25.2	9.9
22	80	25	1.5	3	1.6	24.4	9.3
23	80	25	0.9	1	1.6	27.1	10.6
24	80	25	0.9	5	1.6	23.9	7.4
25	80	25	0.9	3	1.2	23.0	7.8
26	80	25	0.9	3	2	26.9	10.7
27	80	25	0.9	3	1.6	24.0	9.1
28	80	25	0.9	3	1.6	26.5	9.3
29	80	25	0.9	3	1.6	24.6	9.1
30	80	25	0.9	3	1.6	24.5	10.0
31	80	25	0.9	3	1.6	23.5	7.4
32	80	25	0.9	3	1.6	27.2	10.1
33	80	25	0.9	3	1.6	24.9	9.3
34	80	25	0.9	3	1.6	24.9	8.7
35	80	25	0.9	3	1.6	28.8	12.0
36	80	25	0.9	3	1.6	23.7	7.7

2.1.1 干抗张强度的分析

1) 干抗张强度回归方程

应用 Design-expert6.0 软件分析表 2 中干抗张强度，交互项模型有意义 ($p < 0.0001$)， $R^2 = 0.9738$ ；

得到各因素对干抗张强度 Y_1 的回归模型。回归模型中各项系数在信度 $\alpha=0.05$ 下采用 F 检验, 将不显著项剔除后得其简化回归方程, 如式 (1) 所示。

$$Y_1 = 39.86 - 0.05x_1 - 0.24x_2 - 25.16x_3 + 8.47 \times 10^{-3}x_1x_2 + 0.06x_2x_4 + 12.37x_3x_5 \quad (1)$$

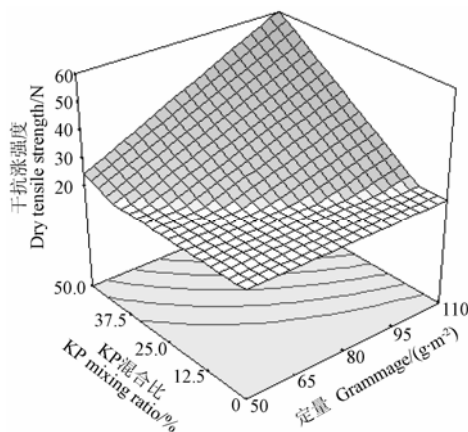
2) 因素降维分析

①定量和 KP 混合比对抗张强度的影响

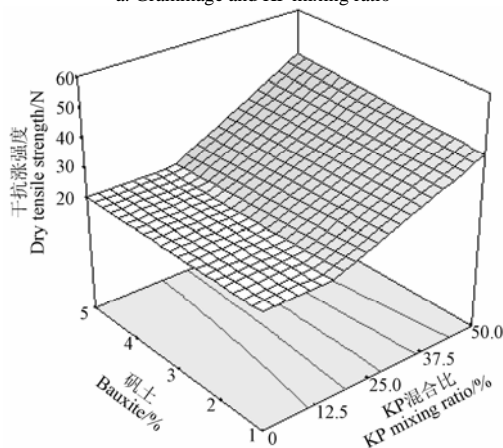
定量和 KP 混合比对抗张强度的影响如图 1a 所示。其他因素为 0 水平时, 干抗张强度随着定量和 KP 混合比的增加而增加。定量增加, 单位面积上通过的纤维量增加、结合力增加, 干抗张强度增加。KP 混合比增加, 木材纤维含量增加, 干抗张强度增加。

②KP 混合比和矾土对抗张强度的影响

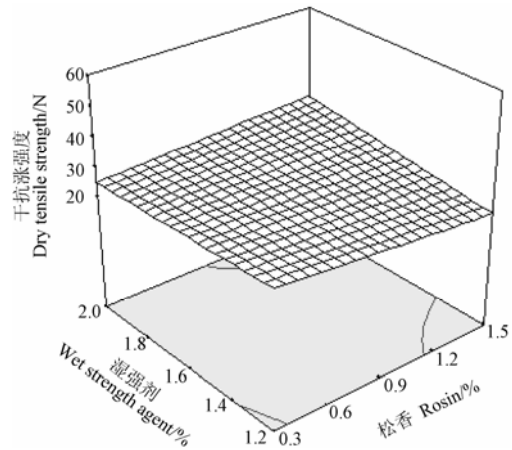
KP 混合比和矾土对抗张强度的影响如图 1b 所示。其他因素为 0 水平时, KP 混合比的增加, 干抗张强度增加。当 KP 混合比低于 25%, 矾土增加, 干抗张强度降低; 当 KP 混合比高于 25%, 矾土增加, 干抗张强度增加。KP 含量提高, 浆料中含有细小纤维增多, 矾土在湿部起到助留剂的作用, 因此干抗张强度增加。



a. 定量和 KP 混合比
a. Grammage and KP mixing ratio



b. KP 混合比和矾土
b. KP mixing ratio and bauxite



c. 松香和湿强剂

c. Rosin and wet strength agent

注: 图 a: 松香 0.9%, 矾土 3%, 湿强剂 1.6%; 图 b: 定量 80 g/m², 松香 0.9%, 湿强剂 1.6%; 图 c: 定量 80 g/m², KP 混合比 25%, 矾土 3%。
Note: Fig. a: Rosin 0.9%, bauxite 3%, wet strength agent 1.6%; Fig. b: Grammage 80 g/m², rosin 0.9%, wet strength agent 1.6%; Fig. c: Grammage 80 g/m², KP mixing ratio 25%, bauxite 3%.

图 1 交互因素对抗张强度的影响

Fig.1 Effects of interactive factors on dry tensile strength

③松香和湿强剂对干强的影响

松香和湿强剂对抗张强度的影响如图 1c 所示。当其他因素为 0 水平时, 湿强剂质量分数小于 1.65% 时, 松香含量增加, 干抗张强度增加; 松香质量分数低于 0.6%, 湿强剂增加, 干抗张强度降低; 松香质量分数高于 0.6%, 湿强剂增加, 干抗张强度增加。松香含量增加, 施胶度增加。湿强剂带阳电荷, 对带负电荷的松香有吸附和助留作用, 所以强度增加。

3) 单因素对抗张强度的影响

定量、KP 混合比、松香、矾土、湿强剂的 F 值分别为 225.84、492.12、1.11、0.43 和 5.17, F 值的大小决定各因素的贡献率, 各因素对抗张强度的影响的贡献率从高到低排序为 KP 混合比、定量、湿强剂、松香、矾土。

2.1.2 湿抗张强度的分析

1) 湿抗张强度回归方程

应用 Design-expert6.0 软件分析表 2 中湿抗张强度, 交互项模型有意义 ($p < 0.0001$), $R^2 = 0.9276$; 得到各因素对湿抗张强度 Y_2 的回归模型。回归模型中各项系数在信度 $\alpha=0.05$ 下采用 F 检验, 将不显著项剔除后得其简化回归方程, 如式 (2) 所示。

$$Y_2 = -17.37 + 0.10x_1 - 0.16x_2 + 8.58x_3 + 5.77x_1x_2 + 0.04x_2x_4 \quad (2)$$

2) 因素降维分析

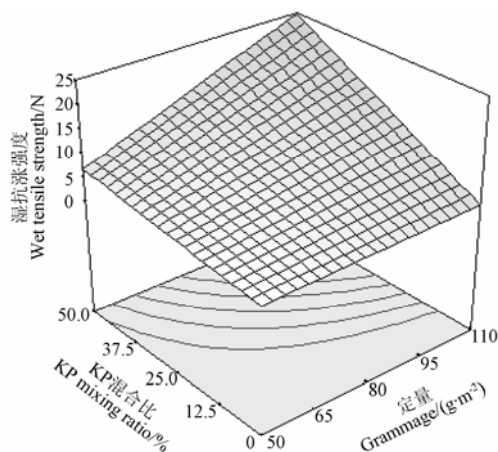
①定量和 KP 混合比对湿强的影响

定量和 KP 混合比对湿强的影响如图 2a 所示。其他因素为 0 水平时, 定量和 KP 混合比增加, 湿抗张强度增加。定量增加, 单位面积上纤维含量增

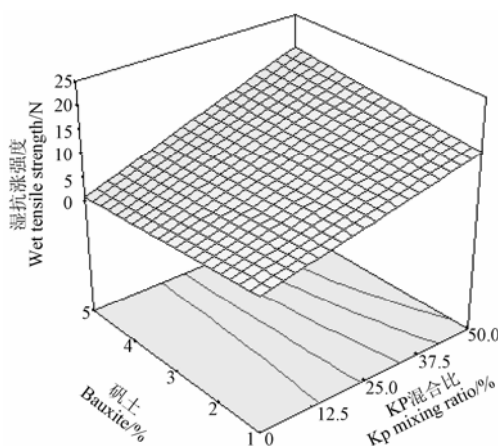
加, 湿强度增加。KP 混合比增加, 木浆含量增加, 湿强度增加。

②KP 混合比和矾土含量对湿强的影响

KP 混合比和矾土对湿抗张强度的影响如图 2b 所示。当其他因素固定在 0 水平时, 湿抗张强度随着 KP 混合比的增加而增加。当 KP 混合比低于 25% 时, 湿抗张强度随矾土增加而降低, 当 KP 混合比高于 25% 时, 湿抗张强度随矾土增加而增加。KP 含量增加, 细小纤维含量高, 矾土起到沉淀剂、助留剂的作用, 因此湿抗张强度增加。



a. 定量和 KP 混合比
a. Effects of grammage and KP mixing ratio



b. KP 混合比和矾土含量
b. Effects of KP mixing ratio and bauxite

注: 图 a: 松香 0.9%, 矾土 3%, 湿强剂 1.6%; 图 b: 定量 80 g/m², 松香 0.9%, 湿强剂 1.6%。

Note: Fig. a: Rosin 0.9%, bauxite 3%, wet strength agent 1.6%; Fig. b: Grammage 80 g/m², rosin 0.9%, wet strength agent 1.6%.

图 2 交互因素对湿抗张强度的影响

Fig.2 Effects of interactive factors on wet tensile strength

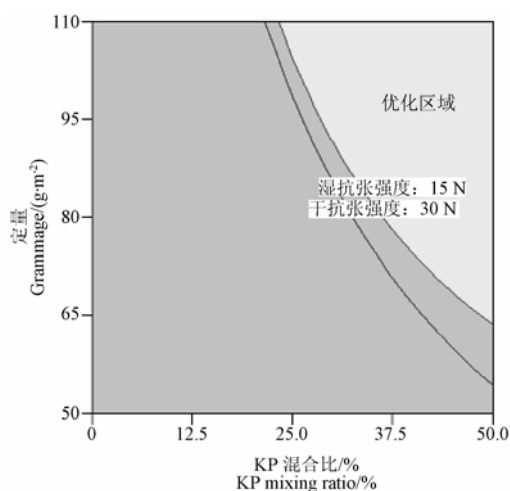
3) 单因素对湿抗张强度的影响

定量、KP 混合比、松香、矾土、湿强剂的 F 值分别为 76.85、159.48、0.28、0.48 和 4.10, F 值的大小决定各因素的贡献率, 各因素对湿抗张强度的贡献率从高到低排序为 KP 混合比、定量、湿强

剂、矾土、松香。

2.2 参数优化分析

为了满足经济性和田间覆盖要求, 按照干抗张强度 ≥ 30 N、湿抗张强度 ≥ 15 N 的原则^[27], 优化结果如图 3 中黄色区域所示。在木浆混合比 0~50%、定量 50~110 g/m²、湿强剂 1.2%~2%、松香 0.3%~1.5%、矾土 1%~5% 的约束条件下, 当参数组合为: 定量 65~110 g/m²、混合比 25%~50%、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5% 时, 在此情况下, 可满足目标函数要求。但是由于 KP 混合比越大, 加入的木浆越多, 所以混合比选取 23.3%~30% 时, 定量 92~110 g/m²、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5% 时是满足工艺要求的最优参数组合。



注: 松香 0.3%, 矾土 5%, 湿强剂 1.2%。

Note: Rosin 0.3%, bauxite 5%, wet strength agent 1.2%.

图 3 最优工艺参数分析

Fig.3 Optimum analysis of technology parameters

2.3 验证试验

按最优工艺混合比选取 25% 时, 定量 92 g/m²、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5% 制造出地膜试样, 分别测定各指标, 取 10 次平行验证, 干抗张强度 32.4 N, 湿抗张强度 15 N。

对地膜进行降解试验, 通过观察, 地膜被土壤覆盖的两边处, 40 d 最先出现裂纹, 植物纤维地膜表面在 54 d 时出现小面积破裂, 2 个月左右破裂面积明显增加, 80 d 左右大面积大豆秸秆纤维地膜因生物降解而与土壤粘连在一起。取部分残余地膜进行残余抗张力测定, 结果表明, 纤维地膜剩余抗拉强度仅为 0.173 N, 是地膜原片强度的 0.54%。

3 结 论

1) 各因素对干抗张强度影响贡献率从高到低排序为 KP 混合比、定量、湿强剂、松香和矾土。

2) 各因素对湿抗张强度的贡献率从高到低排序为 KP 混合比、定量、湿强剂、矾土和松香。

3) 按照干抗张强度 ≥ 30 N、湿抗张强度 ≥ 15 N 的原则, 满足工艺要求的最优参数组合: 混合比 23.3~30%、定量 92~110 g/m²、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5%。干抗张强度 32.4 N, 湿抗张强度 14.98 N。

4) 按最优工艺混合比选取 25% 时, 定量 92 g/m²、湿强剂 1.2%、松香 0.3%、矾土 5% 制造出地膜试样, 干抗张强度 32.4 N, 湿抗张强度 15 N。

[参 考 文 献]

- [1] Li Lixia, Chen Haitao. Study on the physical and chemical and mechanical pulping characteristic of tobacco stalk fiber[C]// Advance Materials Research, 2013, 634-638(2): 1081—1085.
- [2] 李丽霞. 大豆秸秆制造可降解地膜工艺及其性能研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
Li Lixia. Study on Technology and Properties of Soybean Straw Manufacturing Degradable Film[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2012. (in Chinese with English abstract)
- [3] Lee Tin Sin, Rahman W A, Rahmat A R, et al. Detection of synergistic interaction of polyvinyl alcohol-cassava starch blends through DSC[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 79(1): 224—226.
- [4] Briassoulis D. Analysis of the mechanical and degradation performances of optimized agricultural biodegradable films[J]. Polymer Degradation and Stability, 2007, 92(6): 1115—1132.
- [5] 任天宝, 马孝琴, 徐桂转, 等. 蒸汽爆破玉米秸秆热解特性及其动力学分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(13): 32—36.
Ren Tianbao, Ma Xiaoqin, Xu Guizhuan, et al. Pyrolysis characteristics and kinetic analysis of corn stalks by steam explosion[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(13): 32—36. (in Chinese with English abstract)
- [6] 左广玲, 叶红勇, 杜朝军, 等. 大豆秸秆基保水剂对南阳烟田土壤物理性状及烟叶生长的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 15—19.
Zuo Guangling, Ye Hongyong, Du Chaojun, et al. Effects of soybean straw-based water retaining agent on tobacco growth and soil physical properties of tobacco field in Nanyang[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(2): 15—19. (in Chinese with English abstract)
- [7] 邹安, 沈春银, 赵玲, 等. 微波预处理对玉米秸秆的组分提取及糖化的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(12): 269—274.
Zou An, Shen Chunyin, Zhao Ling, et al. Effect of microwave pretreatment on component fractionation and saccharification of corn stalk[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(12): 269—274. (in Chinese with English abstract)
- [8] 韩永俊, 陈海涛, 刘丽雪, 等. 水稻秸秆纤维制取工艺参数优化[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 281—286.
Han Yongjun, Chen Haitao, Liu Lixue, et al. Optimization of technical parameters for preparing fiber from rice straw[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(4): 281—286. (in Chinese with English abstract)
- [9] 黄晨, 方丽娜, 韩晓建, 等. 丝胶浸渍棉质非织造地膜的制备与表征[J]. 纺织学报, 2007, 28(11): 52—55.
Huang Chen, Fang Lina, Han Xiaojian, et al. Preparation and characterization of cotton non wovens dipped by sericin[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(11): 52—55. (in Chinese with English abstract)
- [10] 方丽娜, 黄晨, 杜兆芳, 等. 丝棉非织造布用于农用地膜的研究[J]. 产业用纺织品, 2006, 7: 27—31.
Fang Lina, Huang Chen, Du Zhao Fang, et al. Study on the agriculture soil-film in nonwoven[J]. Technical Textile, 2010, 31(6): 71—75. (in Chinese with English abstract)
- [11] 刘陶, 黄晨, 韩晓建, 等. 麻/丝非织造布农用地膜的研制和性能分析[J]. 纺织学报, 2010, 31(6): 71—75.
Liu Tao, Huang Chen, Han Xiaojian, et al. Preparation and performance of mulching film of nonwoven flax and silk fabric[J]. Journal of Textile Research, 2010, 31(6): 71—75. (in Chinese with English abstract)
- [12] 缪宏超, 黄晨, 张璐, 等. 稻草纤维和废蚕丝制作非织造布工艺的研究[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(8): 82—83.
Liao Hongchao, Huang Chen, Zhang Lu, et al. Study on the non-woven technology of rice straw and silk[J]. Anhui Agricultural Science Bull, 2008, 14(8): 82—83. (in Chinese)
- [13] 缪宏超. 稻草纤维和废蚕丝非织造布农用地膜的研制与性能研究[D]. 合肥: 安徽农业大学学位论文集, 2008.
Liao Hongchao. Develop and Performance Research on the Agricultural Soil-film of Non-woven Cloth with Straw Stalk and Waste Silk[D]. Heifei An Hui Agricultural University, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [14] 周景辉, 朱宏伟. 环保型纸基麻地膜的试制[J]. 中国造纸学报, 2003, 18(2): 101—105.

- Zhou Jinghui, Zhu Hongwei. Study on environmentally friendly agricultural mulching films[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2003, 18(2): 101—105. (in Chinese with English abstract)
- [15] 盛伟, 罗军, 葛明桥. 纸基棉短绒地膜的研制与表征[J]. 产业用品纺织, 2009(3): 9—12.
- Sheng Wei, Luo Jun, Ge Mingqiao. Research and characterization of paper based cotton linter mulch film[J]. Technical Textile, 2009, 3: 9—12. (in Chinese with English abstract)
- [16] 唐守伟. 麻纤维地膜的开发应用前景分析[J]. 中国麻业, 2001, 23(3): 28—29.
- Tang Shouwei. The analysis of development and prospect[J]. Plant Fiber and Products, 2001, 23(3): 28—29. (in Chinese with English abstract)
- [17] 王朝云, 许香春, 易永健, 等. 麻地膜降解对土壤性质和作物产量影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(1): 84—92.
- Wang Chaoyun, Xu Xiangchun, Yi Yongjian, et al. Effects of degradation with bast fiber mulching film on soil properties and crop yields[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(1): 84—92. (in Chinese with English abstract)
- [18] 王朝云, 许香春, 易永健, 等. 麻地膜覆盖对作物生长发育和产量影响的研究[J]. 中国麻业科学, 2009, 31(3): 191—197.
- Wang Chaoyun, Xu Xiangchun, Yi Yongjian, et al. Effects of bast fiber mulching film on growth and yield of crops[J]. Plant Fiber sciences in China, 2009, 31(3): 191—197. (in Chinese with English abstract)
- [19] 易永健, 许香春, 王朝云, 等. 麻地膜覆盖栽培对土壤生态环境的影响[J]. 中国麻业科学, 2010, 32(5): 252—256.
- Yi Yongjian, Xu Xiangchun, Wang Chaoyun, et al. Effect of bast fiber mulching film on soil ecology environment[J]. Plant Fiber Sciences in China, 2010, 32(5): 252—256. (in Chinese with English abstract)
- [20] 付登强, 易永健, 汪洪鹰, 等. 环保型麻地膜保水特性研究[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(S1): 73—77.
- Fu Dengqiang, Yi Yongjian, Wang Hongying, et al. Study on the water conservation properties of environment friendly bast fiber mulch film[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2008, 10(Suppl.1): 73—77. (in Chinese with English abstract)
- [21] 王朝云, 吕江南, 欧阳清, 等. 环保型麻地膜的试制[J]. 纺织学报, 2008, 29(3): 42—46.
- Wang Chaoyun, Lu Jiangnan, Ouyang Qing, et al. Trial manufacturing of environmental friendly bast fiber mulch film[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(3): 42—46. (in Chinese with English abstract)
- [22] 王朝云, 吕江南, 易永健. 环保型麻地膜的研究进展与展望[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(增刊 2): 380—384.
- Wang Chaoyun, Lu Jiangnan, Yi Yongjian, et al. Progress and prospect of the research of environmental friendly bast fiber mulch film[J]. Plant Fiber Sciences in China, 2007, 29(2): 380—384. (in Chinese with English abstract)
- [23] 金关荣, 傅福道, 王银华, 等. 麻地膜、无纺布在设施园艺生产上的应用效果初步研究[J]. 中国麻业科学, 2006, 28(6): 322—326.
- Jin Guorong, Fu Fudao, Wang Yinhua, et al. Application study of bast fiber mulch and non-woven on equipment horticultural production[J]. Plant Fiber Sciences in China, 2006, 28(6): 322—326. (in Chinese with English abstract)
- [24] Panthapulakkal S, Zereschian A, Sain M. Preparation and characterization of wheat straw fibers for reinforcing application in injection molded thermoplastic composites[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(2): 265—272.
- [25] Ghosh P K, Dayal Devi, Bandyopadhyay K K, et al. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut[J]. Field Crops Research, 2006, 99(2): 76—86.
- [26] Prasad B M, Sain M. Mechanical properties of thermally treated hemp fibers in inert atmosphere for potential composite reinforcement[J]. Mater Res Innov, 2003, 7(4): 231—238.
- [27] 韩永俊, 陈海涛, 刘丽雪, 等. 水稻秸秆纤维地膜制造工艺参数优化[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 242—247.
- Han Yongjun, Chen Haitao, Liu Lixue, et al. Optimization of technical parameters for making mulching from rice straw fiber[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(3): 242—247. (in Chinese with English abstract)
- [28] 陈争光, 王德福, 李利桥, 等. 玉米秸秆皮拉伸和剪切特性试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(21): 59—65.
- Chen Zhengguang, Wang Defu, Li Lijiao, et al. Experiment on tensile and shearing characteristic of rind of corn stalk[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(21): 59—65. (in Chinese with English abstract)
- [29] 刘军军, 何春霞. 水稻秸秆和淀粉基全降解装饰板的制备[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 283—288.
- Liu Junjun, He Chunxia. Preparation of rice and starch-based biodegradable decorative materials[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(6): 283—288. (in Chinese with English abstract)

[30] Umesh K, Garg M P, Kaur V K, et al. Removal of Nickel (II) from aqueous solution by adsorption on agricultural waste

biomass using a response surface methodological approach[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(5): 1325—1331.

Technology optimization for manufacturing biodegradable mulch using soybean straw fiber

Li Lixia¹, Ji Wenyi^{2*}, Chen Haitao², Zhou Cheng^{2,3}

(1. Faculty of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China;
2. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 3. Institute of Agricultural Engineering, Heilongjiang Academy of Land Reclamation Sciences, Harbin 150030, China)

Abstract: A mount of straw residue left in the field is able to raise the environmental pollution and resource waste. Utilization of the straw resource enables to resolve these problems, promote the economic growth, open the new industries and increase employment. The manufacture of biodegradable film raises the high utilization value of soybean straw resources. The biodegradable film is low cost and friend environment, which can meet the requirements of covering and cultivation. The method applied five factors and five levels 1/2 quadratic regression orthogonal rotation center. Grammage, mixing ratio, rosin, bauxite, and wet strength agent were influencing factors. Dry tensile strength, wet tensile strength were objective functions. The measurement of dry tensile strength was referenced to the GB/T453-1989 and the measurement of wet tensile strength was referenced to the GB/T465.2-1989. This paper analyzed the effect of factors on the dry tensile strength and wet tensile strength, the rate of factors on objective function, and the optimal technology parameters of soybean straw fiber for manufacturing biodegradable mulch. Through the analysis of the effect of factors on function, the models of dry tensile strength and wet tensile strength were built and the models were significantly different. The rank of effect of every factor on functions was judged by the F value. The results showed that 1) The rank of effect of five factors on dry tensile strength: KP mixture ratio, grammage, wet strength agent, rosin and bauxite; 2) The rank of effect of five factors on the wet tensile: KP mixing ratio, grammage, wet strength agent, bauxite and rosin; 3) in the conditions when grammage of 50-110 g/m², mixing ratio of 0-50%, wet strength agent of 1.2%-2.0%, rosin of 0.3%-1.5%, bauxite of 1%-5%, optimal technology parameters of soybean straw fiber manufacturing biodegradable film were grammage of 92-110 g/m², mixing ratio of 23.3%-30%, wet strength agent of 1.2%, rosin of 0.3%, bauxite of 5%, assuming the dry tensile strength is greater than 30 N and wet tensile strength is greater than 15 N.

Key words: straw, optimization, films, fiber

(责任编辑: 刘丽英)