

全生物可降解地膜在早春糯玉米生产中的应用研究

王春丽, 王莉玮, 易廷辉, 卞京军
(重庆市农业生态与资源保护站, 重庆 401121)

摘要: 通过地膜覆盖栽培试验、曝晒试验和填埋试验对 5 种全生物可降解地膜和 1 种普通 PE 地膜在玉米生产中的应用进行对比研究。结果表明:在玉米生育前期, J2、J3 全生物可降解地膜覆盖保温效果较其他全生物降解地膜好, 白膜保温效果比黑膜好。曝晒和栽培条件下, 全生物可降解地膜降解特性表现一致。除 J5 地膜降解过快外, 其余全生物可降解地膜的诱导期均在 70 d 以上, 能充分满足作物生长发育的需要。在土壤中, 全生物可降解地膜 J2 能快速降解。全生物可降解地膜覆盖对玉米生育无明显影响。地膜覆盖玉米产量均高于露地; 降解地膜 J3 的玉米产量最高。权重分析结果表明, J3 农田适应性最好, 其次为 J2, 最差为 J4。

关键词: 全生物可降解地膜; 玉米; 农田适应性

中图分类号: X171.3

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.01.016

Application of Biodegradable Plastic Film in Waxy Maize Production in Early Spring

WANG Chunli, WANG Liwei, YI Tinghui, BIAN Jingjun
(Chongqing Agricultural Environment Monitoring Station, Chongqing 401121, China)

Abstract: The applications of 5 fully biodegradable plastic films and 1 common PE film in maize production were compared by film mulching cultivation test, exposure test and landfill test in this paper. The results showed that the thermal insulation effects of fully biodegradable film mulching J2 and J3 were better than that of other biodegradable films, and the effect of white film was better than that of black film. Under the conditions of exposure and cultivation, the degradation characteristics of the fully biodegradable mulch films were same. Except that J5 was degradation too fast, the induction period of other biodegradable mulching films was above 70d, which can fully meet the needs of crop growth and development. In the soil, biodegradable J2 was degraded rapidly. Full biodegradable plastic films mulching had no an obvious effect on maize growth. The yield of maize covered with plastic film was higher than that in the open field, and the yield of Maize with J3 was the highest. According to the analysis of factor weight, J3 had the best farmland applicability, followed by J2 and J4 was the worst.

Keywords: Fully Biodegradable Film; Maize; Farmland Applicability

CLC number: X171.3

农用地膜具有保持土壤温度和湿度、减少水分和营养物质流失、促进作物高产稳产的作用,能有效增加农业生产效益。1978 年我国从日本引进地膜覆盖技术^[1],促进了我国传统农业向现代农业的转型。地膜在农业生产中得到广泛应用。我国地膜使用量和覆盖面积已居世界首位。2010 年我国普通地膜的用量达到 118.4 万 t,覆盖面积达 0.2 亿 hm²。2015 年我国地膜用量达 124.5 万 t,覆盖面积达 0.23 亿 hm²,且以年均 5% 的速度持续增长^[2]。塑料地膜由于难降解,大量残留在土壤中,地膜残留引

起“白色污染”,对土壤造成很多危害,如:在土壤中形成阻隔层,降低土壤透气性,阻碍作物根系发育和对水分、养分的吸收,造成农作物减产等^[3-5]。

为解决残膜污染问题,大量研究人员开始开展可降解地膜的开发、降解原理及在玉米、马铃薯、棉花生产中的应用研究^[6-11]。文章通过对不同全生物降解地膜覆盖对土壤温度、自身降解情况及玉米产量的对比研究,分析全生物可降解地膜在早春糯玉米生产中应用的适应性,以期在全生物可降解地膜在重庆市早春糯玉米生产中的应用推广奠定基础。

收稿日期: 2019-06-05

作者简介: 王春丽(1984-),女,农艺师。研究方向:农业生态环境与资源保护。E-mail: clwang84@163.com

通信作者: 王莉玮(1981-),女,高级农艺师。研究方向:农业生态环境与资源保护。E-mail: wlw0624@163.com

引用格式: 王春丽,王莉玮,易廷辉,等.全生物可降解地膜在早春糯玉米生产中的应用研究[J].环境保护科学,2020,46(1):91-96.

1 材料与方 法

1.1 试验地基本情况

试验地位于重庆市渝北区玉峰山镇龙井村,北纬 29.6955°,东经 106.6670°,地块海拔 273 m,地貌类型为丘陵山地,属亚热带湿润季风气候区。常年平均降雨量 1 100 mm 左右,主要分布在 5~9 月,年均蒸发量 900 mm 左右,平均日照 1 340 h 左右,平均无霜期 319 d,相对湿度 75%。试验土壤属于壤土、中壤,肥力水平中等,土壤肥力,见表 1。

表 1 土壤肥力表

指标	值
容重/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	1.360
孔隙度/%	48.700
有机质/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	20.600
全氮/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	1.560
全磷/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0.426
全钾/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	22.800
速效氮/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	130.000
速效磷/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	31.000
速效钾/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	229.000
pH	4.900

1.2 试验材料与 设计

试验地膜为 5 种全生物可降解地膜和 1 种普通 PE 地膜。5 种全生物可降解地膜分别为 J1、J2、J3、J4、J5,地膜厚度为 0.010 mm,宽度为 1 000 mm,其中 J1 和 J4 为黑膜,其余为白膜。普通 PE 地膜为 CK1,厚度为 0.008 mm。5 种全生物降解地膜来自 5 个不同厂家,是以完全生物降解特性的脂肪族-芳香族共聚酯、脂肪族聚酯、二氧化碳-环氧化物共聚物以及其他可生物降解聚合物中的一种或者多种树脂为主要成分,在配方中加入适当比例的淀粉、纤维素以及其他无环境危害的无机填充物、功能性助剂,通过采用吹塑或流延等工艺生产的农用地面覆盖薄膜。试验分作物覆膜栽培试验、地膜曝晒试验和埋埋试验三部分,各试验同步开展。

1.2.1 作物覆膜栽培试验 设 5 种全生物降解地膜、普通地膜对照 CK1 和裸地 CK2 共 7 个处理,每个处理为一个试验小区,3 次重复,共 21 个小区。小区面积 30 m^2 ($30\text{ m}\times 1\text{ m}$)。玉米(京科糯 2 000)于 3 月 10 日播种,采用电热温床育苗后,在三叶期进行移栽、挖穴平作、不起垄、施足底肥、行距 1 m 左右、窝距 0.4~0.5 m。玉米移栽完成后立

即进行人工覆膜,然后破膜放苗。生育期中未进行追肥和灌溉,除草两次。可降解地膜、普通地膜和裸地对照玉米于 6 月 12 日收获。

1.2.2 曝晒试验 设 5 种全生物降解地膜、普通地膜共 6 个处理,每个处理为一个试验小区,2 次重复,共 12 个小区。每个小区的长度在栽培试验地膜长度基础上延长 15 m。在田间按正常的作业方式进行铺膜,膜下不种植作物,确保地膜完全暴露在阳光下。

1.2.3 埋埋试验 设 5 种全生物降解地膜和普通地膜对照 CK1 共 6 个处理,随机排列,埋藏深度为 10 cm,分 3 个观察期,每个观察期 3 次重复。在同一地块共挖 9 个约 $120\text{ cm}\times 100\text{ cm}$ 的长方形平底坑,将 5 种降解地膜和普通地膜对照 CK1 分别裁剪成 40 cm (横向) $\times 30\text{ cm}$ (纵向)的膜片,做好标记,装入 $840\text{ }\mu\text{m}$ 防虫网袋中,均匀平展放入坑中,回填挖出的全部土壤。

1.3 观测指标及方法

1.3.1 土壤温度 采用 HOBO-U22 水下温度数据采集器对土壤温度进行测定。测定层次为地下 10 cm,每 60 min 记录 1 次,每个试验小区设置 3 个重复。

1.3.2 作物生育期情况 对覆膜栽培试验的农作物进行生育期调查,生育期的日期以小区 50% 以上植株进入该生育期为标志。

1.3.3 可降解地膜降解情况 定期对地膜进行观测,在覆膜后前 30 d,每 10 d 观测一次;覆膜后 31~40 d,每 5 d 观测一次;覆膜后 41 d 起,每 3 d 观测一次,直至诱导期结束(最多到覆膜后 75 d);以后恢复每 10 d 观测一次;如遇降雨,雨停天晴后再进行观测,观测时间顺延。

1.3.4 作物产量测试 每个小区各取 1 个样方(5 延米),面积约为 5.0 m^2 ,7 个处理,3 次重复,共 21 个样方。当地玉米以鲜食为主,产量测定时,为带外壳鲜穗重。然后以小区产量推算亩产。

1.3.5 埋埋试验调查取样观测 地膜埋土 90、180 和 365 d 分别取出一个区组的所有膜样,洗净,按照统一的试验编号做好标记,观测埋设膜降解外观变化情况。

2 结果与分析

2.1 地膜覆盖对农田土壤温度的影响

分别对土壤日平均温度变化及覆膜 30、60 d,全生育期土壤积温进行比较分析。不同处理土壤

日平均温度变化, 见图 1。对早春玉米栽种而言, 地

膜前期的保温性能十分重要。

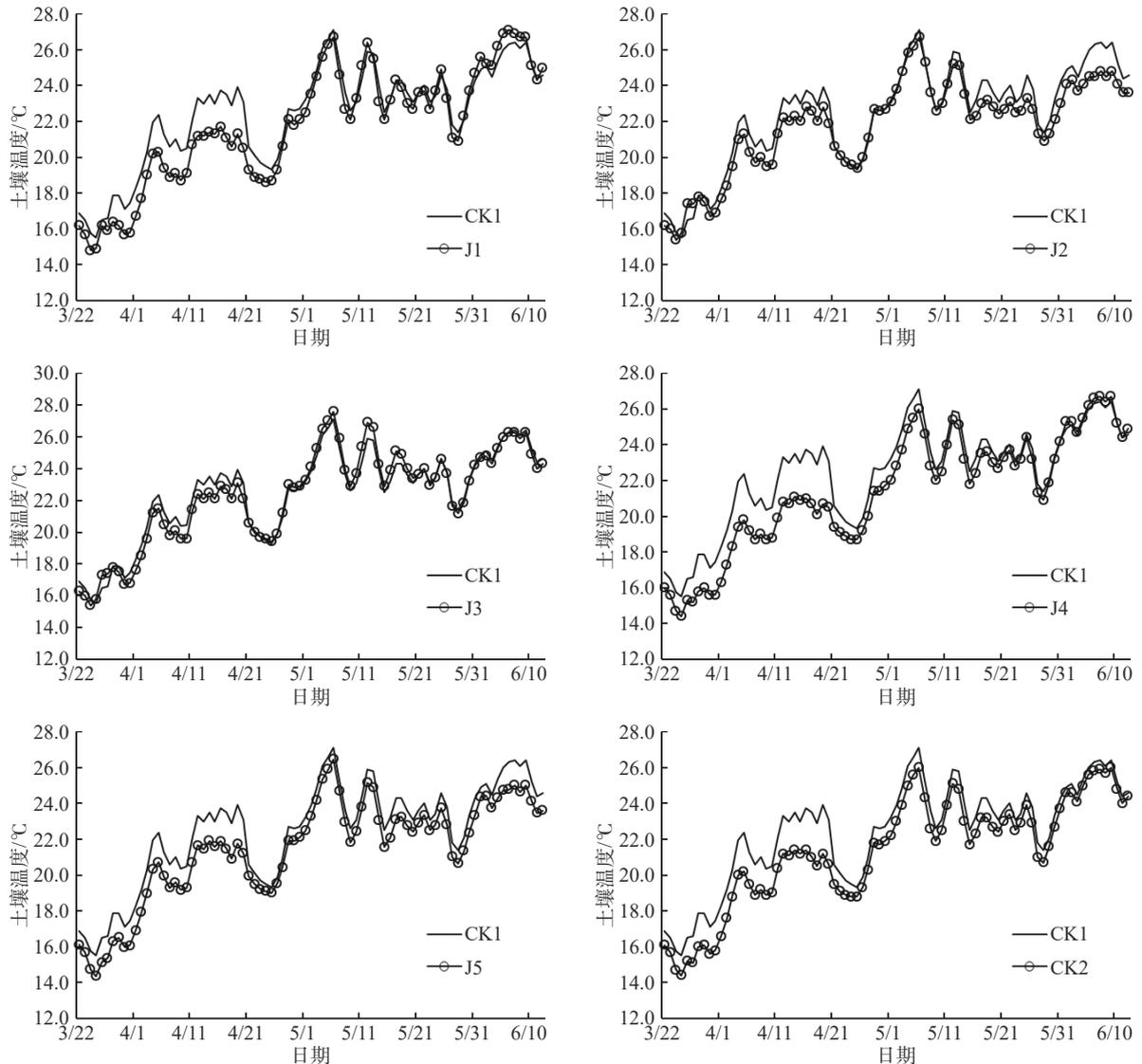


图 1 不同处理土壤日平均温度变化普通地膜处理比较图

图 1 可见, 玉米生育前期, J2、J3 及 CK1 的土壤日平均温度均高于露地土壤日平均温度, 且差别较为显著。J1、J4 及 J5 的土壤温度与露地土壤温度几乎没有差别或低于露地土壤平均温度, 这 3 种地膜前期的保温效果较差。不同试验降解地膜覆盖条件下不同时间段的土壤积温, 见表 2。

表 2 可知, 普通 PE 地膜 CK1 在玉米生育期膜面保持较为完整, 而全生物降解地膜存在不同程度的破裂和降解, 导致增温效果降低。从 30 d 和全生育期土壤积温看, J2、J3 土壤积温下降相对较低, 最多减少 3.3%; J1、J4 土壤积温下降相对较多, 最高减少 9.9%。这除了与膜自身特点及破裂时间差异有关外, 与膜的颜色也有关系, J1 和 J4 为黑膜。

表 2 降解地膜覆盖土壤积温 (°C) 及与 PE 地膜相比增减率

	CK1	J1	J2	J3	J4	J5	%
t/d							
30	606.0	557.9	586.0	588.4	546.1	563.0	
	-	-7.9	-3.3	-2.9	-9.9	-7.1	
60	1301.4	1239.2	1273.1	1295.1	1216.1	1237.2	
	-	-4.8	-2.2	-0.5	-6.6	-4.9	
生育期	1862.1	1804.6	1809.2	1852.4	1776.1	1776.3	
	-	-3.1	-2.8	-0.5	-4.6	-4.6	

在玉米生育保温效果较差可能是地膜发生降解引起的。随着降解地膜发生降解, 除 J3 降解地膜外, 其余中前期, J2、J3 具有较好的保温作用; J1、J4 为黑色地膜, 保温效果相对偏低; J5 降解地膜土

壤积温均比 CK1 低,进一步表明,在玉米生育中后期,地膜的保温效果不明显。

2.2 降解地膜降解情况及分析

曝晒试验地膜降解状况,见表 3。

表 3 曝晒试验地膜降解情况 (覆膜后 d)

处理	诱导期 (A)	开裂期 (B)	大裂期 (C)	碎裂期 (D)	无膜期 (E)
CK1	87	110	-	-	-
J1	93	105	116	-	-
J2	71	84	93	116	-
J3	71	79	93	129	-
J4	73	87	110	-	-
J5	22	-	27	65	-

表 3 可知,除 J5 地膜外,其余地膜的诱导期时间在 70 d 以上,诱导期时间最长的是 J1,需要 93 d; J5 地膜覆膜后 22 d 达到诱导期,27 d 直接到达开裂期,65 d 到达碎裂期,降解速度最快;虽然 J2 和 J3 地膜诱导期和大裂期时间相同,但是从地膜降解总体情况看, J2 降解速度比 J3 快;普通 PE 地膜 CK1 到达开裂期后,无降解变化。

栽培试验地膜降解状况,见表 4。

表 4 栽培试验地膜降解情况 (覆膜后 d)

处理	诱导期 (A)	开裂期 (B)	大裂期 (C)	碎裂期 (D)	无膜期 (E)
CK1	165	179	-	-	-
J1	116	129	-	-	-
J2	71	84	116	-	-
J3	84	93	129	-	-
J4	110	123	-	-	-
J5	-	27	38	123	-

表 4 可知,除 J5 地膜外,其余地膜诱导期时间仍在 70 d 以上,且到达诱导期的时间长于曝晒试验。全生物降解地膜的降解与阳光、水分及微生物有密切关系。由于玉米的生长,对光的部分遮挡,是造成地膜降解时间延缓的原因之一。J5 地膜降解速度最快,覆膜后 123 d 达到碎裂期。

填埋试验地膜降解情况,见表 5。

表 5 可知,地膜填埋 90 d 均未发生降解;地膜填埋 180 d, J2 加速降解, J1 和 J6 发生降解;地膜填埋 365 d, J2 基本完成降解, J1 未有变化, J6 有明显降解。

表 5 地膜降解情况表 (填埋试验)

处理	地膜填埋时间/d		
	90	180	365
J1	○	+	+
J2	○	+++	-
J3	○	○	○
J4	○	+	++
J5	○	○	○
CK1	○	○	○

注,降解程度用以下符号表示:“○”表示未出现降解现象;“+”表示开始有降解现象;“++”表示降解现象明显;“+++”表示降解加速;“-”表示基本完成降解。

地膜降解程度受到温度、水分、光照、微生物等多种因素的综合影响。曝晒及栽培条件下,全生物可降解地膜降解特性表现一致,即 J5 地膜降解最快,其次为 J2,第三为 J3;埋在土壤中降解最快的是 J2,其次为 J4,第三为 J1,其余地膜在土壤中降解较缓慢。

2.3 地膜对农作物的影响及分析

2.3.1 降解地膜对玉米生育期影响 作物生育情况,见表 6。

表 6 作物生育情况调查表

处理	拔节期	大喇叭口期	抽雄期	开花期	吐丝期	成熟期
CK1	29	44	54	56	59	75
J1	35	50	60	62	65	81
J2	35	50	60	62	65	81
J3	35	50	60	62	65	81
J4	29	44	54	56	59	75
J5	29	44	54	56	59	75
CK2	38	52	58	60	63	77

表 6 可知,不同地膜覆盖玉米从拔节期到大喇叭口期的天数较露地对照提前,表明不同地膜对作物生育早期低温时期的生长有较大影响。CK1、J4、J5 全生育期较露地对照提前。

2.3.2 降解地膜对玉米产量的影响 各种处理的玉米产量情况,见表 7,采用单因素方差检验方法分析不同处理方法对玉米产量的影响,结果显示见表 8,统计量 $F = 2.252, P = 0.099 > 0.05$,由此可知 7 种处理方法对应的玉米产量不存在统计学差异。

采用 LSD 方法进行多重比较,其结果见表 9。

表 7 产量统计表

处理	小区面积/m ²			产量/kg			折合/ kg·m ²
	重复1	重复2	重复3	重复1	重复2	重复3	
CK1	30	30	30	47.46	41.82	45.3	1.50
CK2	30	30	30	42.18	42.42	37.38	1.36
J1	30	30	30	45.84	46.08	43.56	1.51
J2	30	30	30	45.24	47.04	46.02	1.54
J3	30	30	30	43.62	49.32	48.06	1.57
J4	30	30	30	41.84	45.06	44.94	1.46
J5	30	30	30	42.24	43.14	47.16	1.47

表 8 玉米产量 *F* 值检验

	平方和	<i>df</i>	均方	<i>F</i>	显著性
处理间	73.517	6	12.253	2.252	0.099
误差	76.180	14	5.441		
总变异	149.698	20			

表 9 LSD 多重比较结果

处理方法	平均值	标准差	<i>F</i> _{0.05}
CK1	44.86	2.85	b
CK2	40.66	2.84	acd
J1	45.16	1.39	b
J2	46.10	0.90	b
J3	47.00	2.99	b
J4	43.95	1.83	
J5	44.18	2.62	

注: a表示CK1; b表示CK2; c表示J1; d表示J2。

表 9 可知, CK1、J1、J2 和 J3 与 CK2 的玉米产量间的差异具有显著性($P < 0.05$), CK1、J1、J2 和 J3 的产量均高于 CK2 的产量。其他处理方法两两之间均无显著性差异($P > 0.05$)。从各处理方法的玉米每平方米产量均值可知, J3 的平均产量最高, 可达到 1.57 kg, 其次是 J2, 第三是 J1, CK2 最低, 为 1.36 kg。

2.4 农田适应性评价

通过全生物降解地膜对土壤温度、作物生育周期、作物产量及地膜降解情况的影响进行权重分析, 根据土壤温度高低、生长周期长短、产量高低、降解快慢进行排序和赋值, 得出平均值, 平均值越大, 农田适应性越好, 见表 10。

表 10 可知, 全生物可降解地膜中, 农田适应性

最好为 J3, 其次为 J2, 第三为 J5、农田适应性最差的全生物可降解地膜为 J4。

表 10 农田适应性评价

处理	J1	J2	J3	J4	J5
温度	2	4	5	1	3
生育情况	1	1	1	2	2
产量	5	3	4	1	2
降解情况	1.3	4.0	2.3	2.3	3.7
结果	2.3	3.0	3.1	1.6	2.7
结果排序	4	2	1	5	3

3 结论

1) 土壤温度是衡量地膜保温效果的重要指标。在玉米生育前期, J2、J3 全生物可降解地膜覆盖保温效果较好, 白膜比黑膜保温效果好。

2) 曝晒和栽培条件下, 全生物可降解地膜降解特性表现一致。全生物可降解地膜 J5 降解过快, 其余全生物可降解地膜的诱导期均在 70 d 以上, 能充分满足作物生长发育的需要。在农业生产中, 地膜翻耕埋入土壤后, 可降解地膜 J2 能快速降解。

3) 全生物可降解地膜覆盖与普通地膜覆盖相比, 对玉米生长周期无明显影响。

4) 地膜覆盖玉米产量均高于露地; J3 全生物降解地膜的玉米产量最高, 比普通地膜 CK1 的亩产增加 0.07 kg, 比露地玉米平方米产增加 0.21 kg。

5) 以土壤温度、作物生育周期、作物产量及地膜降解情况对全生物可降解地膜进行农田适应性评价, J3 农田适应性最好, 其次为 J2, 最差为 J4。

4 展望与建议

全生物可降解地膜作为普通地膜的替代产品, 其主要目的是解决普通地膜造成的“白色污染”及地膜残留对土壤造成的一系列危害, 因此, 进一步优化全生物可降解地膜性能, 生产出满足农业生产和生态环境需要的全生物可降解地膜十分必要。同时在地膜产品使用说明中明确其最佳降解方式及处理方法, 开展可降解地膜环境安全性评价等, 有助于农业生产中及时消除地膜的残留, 保护生态环境。

参考文献

- [1] 徐迪新, 徐翔. 中国直播稻、移栽稻的演变及播种技术的发展[J]. 中国稻米, 2006(3): 6-9.

- [2] 常贵萍. “白色污染”对农业环境的影响及解决途径[N]. 山西日报, 2016-10-11(7).
- [3] 李忠杰. 可控降解地膜应用现状及发展前景[J]. *环境科学与管理*, 2006, 31(2): 56 – 57.
- [4] 赵燕, 李淑芬, 吴杏红, 等. 我国可降解地膜的应用现状及发展趋势[J]. *现代农业科技*, 2010(23): 105 – 107.
- [5] 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.
- [6] 黎先发. 可降解地膜材料研究现状与进展[J]. *塑料*, 2004, 33(1): 76 – 81.
- [7] 周艺峰, 聂王焰, 沙鸿飞. 降解性聚乙烯地膜的研制及其降解过程[J]. *塑料工业*, 1998, 26(4): 116 – 104.
- [8] JAKUBOWICZ I. Evaluation of degradability of biodegradable polyethylene[J]. *Polym Degrad Stabil*, 2003, 80(1): 39 – 43.
- [9] 李若帆, 申丽霞, 兰印超. 不同覆膜处理对突然干水分温度计春玉米产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(6): 209 – 214.
- [10] 张占琴, 魏建军, 战勇. 等. 不同可降解地膜对棉花生理及产量的影响[J]. *新疆农业科学*, 2010, 47(10): 1947 – 1951.
- [11] 李振华, 张丽芳, 康暄. 等. 降解地膜覆盖对土壤环境和旱地马铃薯生育的影响[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(5): 249 – 253.

~~~~~

(上接第 75 页)

- [10] QU F, LIANG H, WANG Z, et al. Ultrafiltration membrane fouling by extracellular organic matters (EOM) of *Microcystis aeruginosa* in stationary phase: influences of interfacial characteristics of foulants and fouling mechanisms[J]. *Water Research*, 2012, 46(5): 1490 – 1500.
- [11] CHEN W, WESTERHOFF P, LEENHEER J A, et al. Fluorescence excitation-emission matrix regional integration to quantify spectra for dissolved organic matter[J]. *Environmental Science & Technology*, 2003, 37(24): 5701 – 5710.
- [12] 吴彦瑜, 覃芳慧, 赖杨兰, 等. Fenton 试剂对垃圾渗滤液中腐殖酸的去除特性[J]. *环境科学研究*, 2010, 23(1): 94 – 99.
- [13] DENG Y. Physical and oxidative removal of organics during Fenton treatment of mature municipal landfill leachate[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 146(1/2): 334 – 340.
- [14] HENDERSON R K, BAKER A, MURPHY K R, et al. Fluorescence as a potential monitoring tool for recycled water systems: a review[J]. *Water research*, 2009, 43(4): 863 – 881.
- [15] LYKO S, WINTGENS T, AL-HALBOUNI D, et al. Long-term monitoring of a full-scale municipal membrane bioreactor-Characterisation of foulants and operational performance[J]. *Journal of Membrane Science*, 2008, 317(1/2): 78 – 87.
- [16] SUN J H, SUN S P, FAN M H, et al. A kinetic study on the degradation of p-nitroaniline by Fenton oxidation process[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 148(1/2): 172 – 177.
- [17] PARK S, YOON T. The effects of iron species and mineral particles on advanced oxidation processes for the removal of humic acids[J]. *Desalination*, 2007, 208(1-3): 181 – 191.
- [18] 周玲玲, 张永吉, 孙丽华, 等. 铁盐和铝盐混凝对水中天然有机物的去除特性研究[J]. *环境科学*, 2008, 29(5): 1187 – 1191.
- [19] 丰桂珍, 董秉直. 水中藻类溶解性有机物特性研究[J]. *环境科学与技术*, 2016, 39(11): 144 – 149.
- [20] ZHANG W, YANG P, YANG X, et al. Insights into the respective role of acidification and oxidation for enhancing anaerobic digested sludge dewatering performance with Fenton process[J]. *Bioresource Technology*, 2015, 181: 247 – 253.
- [21] JARVIS P, JEFFERSON B, PARSONS S A. Breakage, regrowth, and fractal nature of natural organic matter flocs[J]. *Environmental Science & Technology*, 2005, 39(7): 2307 – 2314.
- [22] 徐磊, 俞文正, 梁亮, 等. 天然有机物对混凝效果影响机制及絮体特性分析[J]. *环境科学*, 2013, 34(11): 4290 – 4294.
- [23] MATSUO T, UNNO H. Closure to “Forces Acting on Floc and Strength of Floc” by Tomonori Matsuo and Hideaki Unno (June, 1981)[J]. *Journal of Environmental Engineering*, 1983, 109(1): 257 – 263.