

可降解地膜农田适用性评价

张相松¹, 王献杰¹, 房晓燕¹, 居学海²

(1. 临沂市农业环境保护监测站, 山东临沂 276001; 2. 农业农村部农业生态与资源保护总站, 北京 100125)

摘要 [目的]评价可降解地膜的农田适用性,为防治地膜污染寻求有效途径。[方法]选择山东主要覆膜作物春花生作为供试作物,通过设置覆膜栽培试验、暴晒试验和填埋试验,系统评价不同类型可降解地膜的农田适用性。[结果]参试的4种全生物降解地膜和2种氧化生物双降解地膜均能满足农机作业要求;以聚乙烯为主要原料的普通地膜和氧化生物双降解地膜的增温、保墒、抑草、增产效果优于全生物降解地膜,降解性能劣于全生物降解地膜。[结论]可降解地膜基本具备了聚乙烯地膜的功能和较好的降解性能,是防治地膜污染的一个有效途径。

关键词 可降解地膜;春花生;农田适用性

中图分类号 S316 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)22-0079-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.22.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Applicability Evaluation of Degradable Mulching Films in Farmlands

ZHANG Xiang-song, WANG Xian-jie, FANG Xiao-yan et al (Linyi Agricultural Environmental Protection and Monitoring Station, Linyi, Shandong 276001)

Abstract [Objective] The research aimed to evaluate the applicability of degradable mulching film in farmland and seek effective ways to prevent and control mulch pollution. [Method] Spring peanuts, which were mainly cultivated with mulching plastic films in Shandong, were selected as test crops. The applicability of different types of degradable mulching films was systematically evaluated by setting up mulching cultivation test, exposure test and landfill test. [Results] Four full-biodegradable films and the two oxidized biodegradable films could meet the requirements of agricultural machinery operation; considering effects of increasing temperature, preserving soil moisture, enhancing weed-suppression ability and promoting productivity, common films, which were produced from the main raw material polyethylene, and oxidized biodegradable films are better than full-biodegradable films, while their degradation performance was inferior. [Conclusion] The degradable mulching film basically has the function of polyethylene film and good degradation performance, and is an effective way to prevent and control the film pollution.

Key words Degradable mulch; Spring peanut; Farmland applicability

地膜覆盖技术已成为我国农业应用最为广泛的农艺技术之一,但同时地膜残留污染也成为影响农业可持续发展的一个重大问题^[1]。据中国产业调研网发布的《2016年中国可降解地膜市场调查研究报告》显示,从近期来看,治理地膜白色污染需要回收和降解双管齐下;从长远来看,低成本、功能与作物需求同步的降解地膜是发展方向^[2]。该研究选择山东主要覆膜作物春花生作为供试作物,通过设置覆膜栽培试验、暴晒试验和填埋试验,系统研究不同类型可降解地膜的增温、保墒、机械、降解等性能及对春花生生长发育的影响,客观评价其农田适用性及推广的可行性,为减少“白色污染”寻求有效途径。

1 材料与方

1.1 试验设计 试验地点位于山东省临沂市沂南县。该区域属暖温带半湿润季风区气候,年降水量多在800 mm左右,年平均气温12.8~14.0℃,年平均日照时数2 475.5 h。土壤类型为砂壤土,土壤肥力较好。

试验设置覆膜栽培试验、暴晒试验和填埋试验。具体试验处理内容见表1。每种类型地膜为一个处理(小区面积72 m²),同时设普通地膜(CK₁)和裸地(CK₂)2个对照,每个处理重复3次,随机排列。起垄种植,垄宽0.8 m,单行穴播,株距25 cm,每穴5粒,供试花生品种为海花一号;暴晒试验,

膜下不种植作物,确保地膜完全暴露在阳光下;填埋试验,地膜埋藏深度为10 cm,分填埋90、180、365 d 3个观察期。

所有处理2017年4月30日播种并机械覆膜,覆膜后定期观察记录地膜降解情况,同时记录花生生长发育进程,9月10日收获测产,9月15日调查地膜残留情况。

表1 试验处理内容

Table1 Test treatment content

| 处理编号 Treatments | 地膜类型及规格 Types and specifications of geofilm | 试验处理描述 Test treatment description |
|--------------------|--|--------------------------------------|
| CK ₁ | 普通地膜,0.004 mm | |
| CK ₂ | 裸地对照 | |
| A | 全生物降解地膜,0.01 mm | 每个处理重复3次,随机排列 |
| B | 全生物降解地膜,0.01 mm | 小区面积72 m ² (18 m×4 m) |
| C | 全生物降解地膜,0.01 mm | 机械覆膜,农事管理与农民习惯一致 |
| D | 全生物降解地膜,0.01 mm | |
| E | 氧化生物双降解地膜,0.004 mm | |
| F | 氧化生物双降解地膜,0.004 mm | |

1.2 测定方法

1.2.1 地膜降解进度观测。采用目测法,从覆膜开始,定期观察记录地膜颜色、形态以及表面完整情况的变化情况,并

基金项目 农业农村部农业生态环境保护项目(2110402)。

作者简介 张相松(1983—),男,山东临沂人,农艺师,硕士,从事农业环境监测及作物水肥高效利用研究。

收稿日期 2019-06-03

拍照。

降解阶段划分:诱导期指垄面地膜出现多处(每1 m 长地膜出现3处及以上)≤2 cm 自然孔缝的时间;开裂期指垄面地膜出现>2 cm、<20 cm 自然孔缝的时间;大裂期指垄面地膜出现≥20 cm 自然孔缝的时间;碎裂期指垄(畦)面地膜出现碎裂,最大地膜残片面积≤16 cm² 的时间;无膜期指垄面地膜基本见不到地膜残片的时间。

填埋试验地膜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。

1.2.2 土壤温度。采用日本产 HIOKI 温度自动记录仪测定,探头埋设深度为 10 cm,每 1 h 记录一次。

1.2.3 土壤湿度。实验室内采用 100 mL 量杯分别用参试地膜进行覆盖,放置于室温条件下,定期观察水分蒸发的程度;另外,多次取膜下 0~10 cm 混合土样,分别称量鲜土和风干土质量,计算土壤风干基含水量。

1.2.4 产量计算。每个小区随机选取 4 m² 测定其产量。

1.2.5 残膜调查。花生收获后,每个小区随机选取 0.80 m×1.25 m 样方,收集土壤 10 cm 耕层残膜,洗净、晾干、称重。

2 结果与分析

2.1 参试地膜的增温性能 由各处理在花生生育期内(5月11日—8月18日)的积温(表2)可知,各参试地膜的增温效果 E>CK₁>F>B>C>A>D>CK₂。各覆膜处理间增温效果差异不显著,E、CK₁、F、B、C 与裸地对照(CK₂)间差异显著,E、CK₁、F 与 CK₂ 间差异达到极显著水平。可见,以聚乙烯为主要原料的普通地膜(CK₁)和氧化生物双降解地膜(E、F)增温效果优于全生物降解地膜(A、B、C、D)。

表2 各处理生育期内积温

Table 2 Accumulated temperature during each treatment period

| 处理 Treatments | 积温均值 Mean value of accumulated temperature//°C·d | 比对照增幅 Ratio increase % |
|------------------|---|------------------------------|
| E | 2 614.4 | 5.58 aA |
| CK ₁ | 2 610.1 | 5.41 aA |
| F | 2 600.5 | 5.02 aA |
| B | 2 587.9 | 4.51 aA |
| C | 2 565.6 | 3.61 aAB |
| A | 2 553.9 | 3.14 abAB |
| D | 2 553.0 | 3.10 abAB |
| CK ₂ | 2 476.2 | 0.00 bB |

注:同列数据后不同小写和大写字母分别表示差异显著($P<0.05$)、差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercase and uppercase letters after each column of data indicate significant differences ($P<0.05$) and extremely significant differences ($P<0.01$)

将每个处理的 10 日积温求和与裸地对比,得出各参试地膜在不同时期的增温幅度,以反映各参试地膜的增温性能。由图 1 可知,前期因气温、地温均较低,各参试地膜增温幅度为 16.5%~22.1%,随着气温的升高,各参试地膜平均增温幅度逐渐降低;以聚乙烯为主要原料的地膜增温效果优于全生物可降解地膜,增温幅度平均高约 3.2%;进入 7 月份之

后,随着降解气温升高、地膜破损、花生封行等因素,各覆膜处理土壤温度与裸地基本持平。

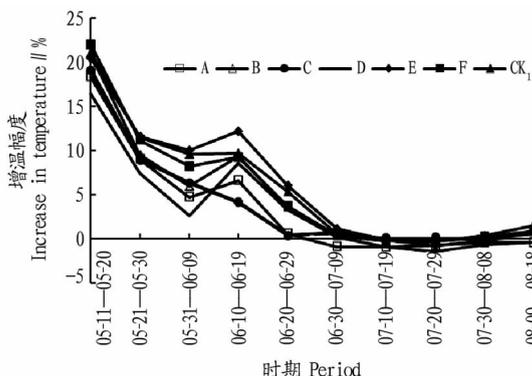


图1 各参试地膜不同时期的增温幅度

Fig.1 Temperature increase range of each test film at different times

2.2 参试地膜的保墒性能 由图 2 可知,参试的不同地膜实验室内水分蒸发量大小顺序为 F≈CK₁≈E<C≈D≈B≈A<CK₂。E、F、CK₁ 水分蒸发量为 1.8~3.0 mL,平均为对照组的 2.43%,A、B、C、D 水分蒸发量为 15.7~21.2 mL,平均为对照组的 18.01%,是前者的 7.4 倍。

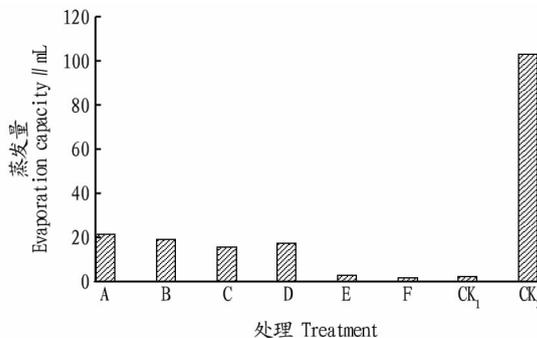


图2 不同地膜监测期内(106 d)水分蒸发量

Fig.2 Water evaporation during different monitoring periods(106 d)

对不同地膜各时期膜下 0~10 cm 土壤风干基含水量监测结果(图 3)表明,全生物降解地膜膜下土壤含水量率低于普通地膜。在地膜诱导期内田间观察(5月10日)发现,全生物降解地膜(A、B、C、D)膜下凝聚的水珠较少,膜下土壤干土层较厚;以聚乙烯为主要原料的普通地膜(CK₁)和氧化生物双降解地膜(E、F)膜下凝聚大量水珠,膜下土壤潮湿。

以上数据和现象均表明,全生物降解地膜保墒性能劣于以聚乙烯为主要原料的普通地膜和氧化生物双降解地膜,尤其是在特别干旱的环境下。

2.3 参试地膜对花生生长的影响 各覆膜处理均在播种后第 8 天出苗率超过 50%,比裸地提前 3 d;除 D 外,其他覆膜处理在播种后第 38 天开花率超过 50%,比裸地提前 4 d;花生产量方面,与裸地比,CK₁、E、F 增产幅度超过 20%,A、B、C、D 增产幅度为 2.1%~13.4%;CK₁ 与 CK₂ 间产量差异达显著水平,各覆膜处理间产量差异不显著(表 3)。

2.4 参试地膜的降解特性及残留情况 由表 4 可知,各参试降解地膜的诱导期在 35~65 d,长短顺序为 CK₁>C>A>D=F>E>B。截至花生收获,栽培区只有处理 D 进入碎裂期,其他

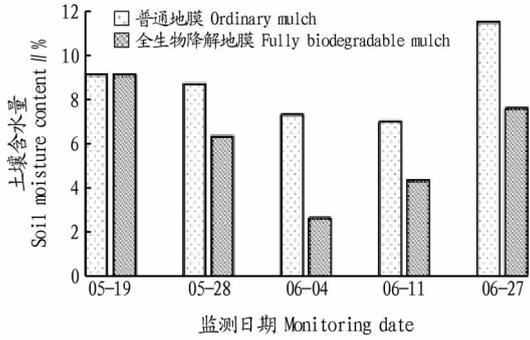


图3 不同地膜覆盖各时期土壤风干基含水量

Fig.3 Soil air-drying water content of different mulch films covering different periods

可降解地膜均处在大裂期;暴晒区地膜降解速度快于栽培区,且均进入了碎裂期;各处理均未达到无膜期。残膜调查发现(表5),地膜垄上部分降解速度明显快于埋土部分,各参试地膜降解速度 D>B>C>A>F>E>CK₁。

填埋试验结果表明(表5),填埋90 d时,只有D开始有降解现象;填埋180 d时,C和D降解现象明显,进入开裂期;填埋365 d时,A和CK₁无降解现象,B开始出现少量<2 cm孔缝,C和D降解成网状、韧性极差;E和F局部韧性变差,出现细小孔洞。

表3 各处理花生出苗、开花情况及产量统计

Table 3 Statistics on peanut seedling, flowering and yield

| 处理 Treatments | 出苗期 Emerging period//d | 幼苗期 Seedling period//d | 鲜重 Fresh weight kg/hm ² | 增产幅度 Ratio increase//% |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|
| CK ₁ | 8 | 38 | 9 424.5 a | 26.6 |
| E | 8 | 38 | 9 105.0 ab | 22.3 |
| F | 8 | 38 | 8 944.5 ab | 20.2 |
| C | 8 | 38 | 8 443.5 ab | 13.4 |
| B | 8 | 38 | 8 044.5 ab | 8.1 |
| D | 8 | 39 | 7 894.5 ab | 6.0 |
| A | 8 | 38 | 7 603.5 ab | 2.1 |
| CK ₂ | 11 | 42 | 7 444.5 b | 0.0 |

表4 栽培试验和暴晒试验参试地膜降解进度

Table 4 Degradation progress of reference film in cultivation test and exposure test

| 处理 Treatment | 诱导期 Induction period//d | | 开裂期 Cracking period//d | | 大裂期 Great fissure period//d | | 碎裂期 Fragmentation period//d | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| | 栽培试验 Cultivation test | 暴晒试验 Exposure test | 栽培试验 Cultivation test | 暴晒试验 Exposure test | 栽培试验 Cultivation test | 暴晒试验 Exposure test | 栽培试验 Cultivation test | 暴晒试验 Exposure test |
| A | 55 | 50 | 65 | 65 | 85 | 80 | — | 90 |
| B | 35 | 35 | 44 | 44 | 55 | 55 | — | 65 |
| C | 65 | 55 | 75 | 65 | 90 | 75 | — | 90 |
| D | 44 | 44 | 49 | 49 | 60 | 65 | 90 | 70 |
| E | 39 | 39 | 60 | 44 | 80 | 55 | — | 65 |
| F | 44 | 44 | 55 | 55 | 90 | 65 | — | 70 |
| CK ₁ | 75 | 75 | — | — | — | — | — | — |

表5 栽培试验地膜残留率及填埋试验地膜降解进度

Table 5 Residual rate of film in cultivation test and degradation progress of landfill test

| 处理 Treatment | 地膜残留率 Residual rate of film//% | 填埋试验地膜降解进度 Degradation progress of landfill test | | |
|-----------------|--------------------------------|--|-------|-------|
| | | 90 d | 180 d | 365 d |
| A | 29.5 | × | × | × |
| B | 17.5 | × | × | + |
| C | 20.0 | × | ++ | +++ |
| D | 11.5 | + | +++ | +++ |
| E | 55.6 | × | × | + |
| F | 45.7 | × | × | + |
| CK ₁ | 63.4 | × | × | × |

3 讨论与结论

3.1 参试地膜的机械性能评价 参试的4种全生物降解地膜和2种氧化生物双降解地膜,在覆膜机具正常行走状态下没出现断裂和黏连等情况,均能满足农机作业要求。但是,全生物降解地膜易在花生引苗出土、风等外力作用下出现直线撕裂的情况。

3.2 参试地膜的增温性能评价 参试地膜均具备增温功能,以聚乙烯为主要原料的普通地膜和氧化生物双降解地膜增

温效果优于全生物降解地膜,增温幅度平均高约3.2%;部分参试地膜土壤温度与裸地处理间差异达到极显著水平,但各覆膜处理间增温效果差异不显著;覆膜前期各参试地膜增温幅度为16.5%~22.1%,因气温升高、地膜降解、花生封行,各参试地膜的增温效果逐渐降低。

袁海涛等^[3]研究表明,氧化生物双降解地膜在降解破裂前与普通地膜升温效果无差异,具有相同的增温效果;戴敬等^[4]研究表明,双降解地膜和光降解地膜在地膜降解前的增温效果优于普通地膜,这可能与地膜厚度不同有关;杨涛等^[5]、孙云云等^[6]、何美娟^[7]、刘祥^[8]研究表明,生物降解地膜前期增温效果略劣于普通地膜,但没有明显差异,基本能满足供试作物前期和中期生长发育所需的活动积温。

3.3 参试地膜的保墒性能评价 参试地膜均具备保墒功能,以聚乙烯为主要原料的普通地膜和氧化生物双降解地膜保墒效果优于全生物降解地膜。该研究结果显示,普通地膜和氧化生物双降解地膜的水分蒸发量仅为对照的2.43%,全生物降解地膜却达到对照的18.01%,是前者的7.4倍。李妍超^[9]研究也表明,在室内模拟地膜保水和降解情况下,全生物降解地膜的保水性较差,水分损失率为41.8%~69.8%,氧化生物双降解地膜的保水性与聚乙烯地膜接近1.4%~4.9%。

这与原料性质有关,厚度 0.01 mm 的 PBAT(聚己二酸-对苯二甲酸-丁二醇酯)薄膜透水率为 $1\ 000\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24\ \text{h})$ 左右,而 PE 仅为 $100\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24\ \text{h})$ 左右,保水性差^[10]。

结合田间监测,全生物降解地膜膜下土壤含水率低于普通地膜。杨涛等^[5]研究表明,与普通地膜相比,生物降解地膜使土壤含水量降低 7.62%,但差异不显著;张宇等^[11]、孙云云等^[6]、杨玉姣等^[12]也得到类似的结论。

3.4 参试地膜对花生生长影响的评价 参试地膜均有增产效果,普通地膜和氧化生物双降解地膜增产效果大于全生物降解地膜,各覆膜处理间产量差异不显著;与裸地相比,各参试地膜可将花生出苗期、幼苗期、花期等主要生育期提前 3~4 d。冯荔等^[13]在宁夏地区的研究表明随着参试生物降解地膜降解加快,其增温、保墒效果已降到不能充分满足玉米生长发育需求,特别是有效积温基本接近露地,从而影响到玉米产量构成因素,导致玉米产量降低或成熟延迟;王春丽等^[14]试验结果表明,可降解地膜与普通地膜相比玉米减产 3.0%~16.4%;孙云云等^[6]在吉林地区的研究表明,覆盖降解地膜的玉米比裸地早成熟 5 d,比普通地膜晚成熟 2 d;林萌萌等^[15]研究表明,花生产量除一种参试地膜比普通地膜略增产 1.79%外,其他均减产 1.37%~8.50%;段义忠等^[16]在马铃薯生产上应用生物可降解地膜比普通地膜更能提高产量,因为随着地膜的降解,降低了土壤温度,促进了雨水下渗,有利于马铃薯这种喜凉作物更好的生长。

3.5 参试地膜的降解性能评价 全生物降解地膜降解性能优于氧化生物双降解地膜(特别是埋土部分),但是各参试降解地膜的诱导期为 35~65 d,均达不到山东地区花生地膜有效覆盖约 70 d 的要求。暴晒区地膜降解速度快于栽培区,地膜垄上部分降解速度明显快于埋土部分;填埋试验表明,各参试地膜降解速度差距很大。当季收获后,全生物降解地膜残留率在 30%以下,氧化生物双降解地膜残留率约 50%。张宇等^[11]研究表明,光照在地膜降解中起到重要作用,填埋试验在没有植物根系和光、热等外界扰动条件下,降解不明显;李妍超^[9]研究表明,花生栽培试验中供试的全生物降解地膜降解速度较快,氧化生物双降解地膜降解速率慢;填埋 120 d 时,全生物降解地膜降解率在 56.9%~94.2%,氧化生物双降解地膜降解率仅有 3.4%,与聚乙烯地膜无明显差异。

可降解地膜的降解性能主要取决于聚合物的结构,又受光照(紫外线)、气温和降水等气象环境条件及土壤生物活性(微生物、酶、细菌等)的影响^[17-18]。一般认为,紫外线越强,地表温度越高、水分越大、降解速率越快;填埋部分的降解主要受土壤微生物、含水量和温度的影响^[19]。全生物降解地膜降解的最终产物为 CO_2 和 H_2O ,不会对环境产生二次污

染;但是易在农事操作、风等外力作用下出现直线撕裂,过早地失去增温、保墒、抑草的功能。氧化生物双降解地膜有利于减少大片残膜对作物生长、土壤水分运移和机械耕作的负面影响,但存在降解不均匀的问题,且其主要成分为聚乙烯,降解后塑料碎片和颗粒难以被土壤同化,污染土壤问题仍未得到根本解决^[20-21]。

可降解地膜基本具备了聚乙烯地膜的功能和较好的降解性能,是防治地膜污染的一个有效途径。但下一步需解决好以下问题:一是全生物降解地膜的研发和应用需结合区域气候特点和作物生长规律,提高增温、保墒、抑草性能和降解的可控性,降低成本;二是研究配套的农艺措施,提高可降解地膜的农田适用性;三是评价可降解地膜降解产物对土壤环境、作物生长发育的影响。

参考文献

- [1] 严昌荣,刘恩科,舒帆,等.我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J].农业资源与环境学报,2014,31(2):95-102.
- [2] 2016年中国可降解地膜市场调查研究报告[R].2016.
- [3] 袁海涛,王丽红,董灵艳,等.氧化-生物双降解地膜降解性能及增温、保墒效果研究[J].中国农学通报,2014,30(23):166-170.
- [4] 戴敬,陈荣来,李国军.可降解地膜覆盖棉花增产效应的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(2):140-142.
- [5] 杨涛,王新勇,马兴旺,等.生物降解地膜在棉花上的作用效果[J].新疆农业科学,2013,50(6):1122-1127.
- [6] 孙云云,高玉山,窦金刚,等.半干旱区玉米降解地膜覆盖栽培综合效应研究[J].中国农学通报,2011,27(30):27-31.
- [7] 何美娟.夏直播花生覆盖降解地膜的生物学效应及其对产量品质的影响[D].泰安:山东农业大学,2017.
- [8] 刘祥.生物降解地膜生产应用试验初报[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2015,28(3):21-23.
- [9] 李妍超.可降解地膜覆盖对土壤环境、花生生长与产量影响的研究[D].青岛:青岛农业大学,2017.
- [10] 庞买只.生物降解地膜应用浅谈[J].新材料产业,2015(5):53-57.
- [11] 张宇,王海新,张鑫,等.全生物可降解地膜在花生栽培上的应用及其降解性能[J].辽宁农业科学,2018(4):13-16.
- [12] 杨玉姣,黄占斌,闫玉敏,等.可降解地膜覆盖对土壤水温和玉米成苗的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(S1):10-14.
- [13] 冯荔,王永成,郭忠富,等.秋季覆膜玉米应用生物环境降解地膜试验示范[J].宁夏农林科技,2013,54(6):152-154.
- [14] 王春丽,王莉玮,刘艳,等.全生物可降解地膜对“土壤-植物”系统的影响[J].南方农业,2016,10(25):34-38.
- [15] 林萌萌,孙涛,尹继乾,等.不同生物降解地膜对花生光合特征和产量的影响[J].中国农学通报,2015,31(27):190-197.
- [16] 段义忠,张雄.生物可降解地膜对土壤肥力及马铃薯产量的影响[J].作物研究,2018,32(1):23-27.
- [17] 温善菊,伍维模,战勇,等.四种可降解地膜降解特性的比较研究[J].塔里木大学学报,2012,24(1):1-6.
- [18] 温善菊,伍维模,战勇,等.可降解地膜的生物降解作用研究[J].河南农业科学,2012,41(6):71-74.
- [19] 李学凯,吕延波,种法政,等.可降解地膜的降解性研究[J].安徽农业科学,2015,43(11):48-49.
- [20] 陈明周.浅谈影响甘蔗光降解地膜降解的因素[J].甘蔗糖业,2000(3):15-21.
- [21] 吕江南,王朝云,易永健.农用薄膜应用现状及可降解农膜研究进展[J].中国麻业科学,2007,29(3):150-157.