

王 斌, 万艳芳, 王金鑫, 等. PBAT型全生物降解地膜对南疆棉花和玉米产量及土壤理化性质的影响[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(1): 148–156.

WANG Bin, WAN Yan-fang, WANG Jin-xin, et al. Effects of PBAT biodegradable plastic mulch film on soil physical and chemical properties and yields of cotton and maize in Southern Xinjiang, China [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(1): 148–156.

PBAT型全生物降解地膜对南疆棉花和玉米产量及土壤理化性质的影响

王 斌¹, 万艳芳¹, 王金鑫¹, 孙九胜¹, 王新勇¹, 槐国龙¹, 孔立明²

(1. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆康润洁环保科技有限公司, 乌鲁木齐 830001)

摘 要:为探讨聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT)材料的全生物降解地膜的降解过程和对作物产量及土壤环境的影响,以PBAT型全生物降解地膜和普通聚乙烯塑料(PE)地膜为处理,在南疆四地州主要棉区和玉米种植区,开展降解地膜大面积应用试验与示范,系统分析了降解地膜的降解性能以及对作物产量、土壤温湿度和土壤养分的影响。结果表明:降解地膜的降解过程为先出现裂纹,然后出现孔洞,最后破碎成小块,中间伴随着地膜变薄、变脆。巴州棉花降解地膜出现碎裂期的时间较阿克苏提前4 d,喀什玉米出现大裂期的时间较和田地区提前7 d;但同一作物不同地区之间降解时间差异均不显著($P>0.05$)。降解地膜降解处于诱导期之前,除巴州棉花降解地膜膜下5 cm的平均土温低于PE地膜外,四地州棉花和玉米降解地膜膜下5 cm和10 cm的土壤温湿度均高于PE地膜,但两种地膜的土壤温湿度差异均不显著($P>0.05$)。同一地区,降解地膜覆盖下作物收获期和播种前土壤养分略有不同,但差异不显著($P>0.05$)。巴州和阿克苏地区降解地膜覆盖下的棉花产量分别较PE地膜提高8.33%和6.48%,喀什与和田地区玉米分别较PE地膜提高3.67%和14.97%,但两种地膜的作物产量差异均不显著($P>0.05$)。降解地膜降解性能良好,对土壤水分和温度及作物产量的影响与PE地膜相当,以PBAT型全生物降解地膜代替PE地膜应用于南疆农业生产具有可行性,对作物和土壤环境无显著影响。

关键词:PBAT型全生物降解地膜;南疆;降解性能;作物产量;土壤环境

中图分类号:S153 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2019)01-0148-09 **doi:**10.11654/jaes.2018-0259

Effects of PBAT biodegradable plastic mulch film on soil physical and chemical properties and yields of cotton and maize in Southern Xinjiang, China

WANG Bin¹, WAN Yan-fang¹, WANG Jin-xin¹, SUN Jiu-sheng¹, WANG Xin-yong¹, HUAI Guo-long¹, KONG Li-ming²

(1. Institute of Soil Fertilizer and Agricultural Water Saving, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2. Xinjiang Kang Runjie Environment Protection Sciences Co. Ltd, Urumqi 830001, China)

Abstract: In order to further explore the full biodegradable plastic mulch film of poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) and its effect on crop yield and soil environment, in this study, PBAT biodegradable plastic mulch film and polyethylene (PE) film were selected. An experiment was carried out in the cotton and maize planting areas of Southern Xinjiang. Crop yield and soil temperature, moisture, and nutrient levels were measured. Then, the degradation of PBAT biodegradable plastic mulch film and its effect on crop yield and soil environment were analyzed. The results showed the following. The degradation of PBAT biodegradable plastic mulch film started with small cracks, then small holes grew, and finally the film was broken down into many pieces at the crop harvest stage. The film became more brittle and

收稿日期: 2018-02-27 录用日期: 2018-05-17

作者简介: 王 斌(1981—),男,新疆吐鲁番人,博士,副研究员,研究方向为残膜污染综合治理。E-mail: wbx_wm@126.com

基金项目:自治区重点研发计划项目(2016B02017-4, 2018B01006-1);国家自然科学基金项目(41661075);天山青年计划项目(2017Q006);公益性行业(农业)专项(201503105);自治区科研机构创新发展专项资金(2016D04012)

Project supported: The Key Research Program of the Autonomous Region of China (2016B02017-4, 2018B01006-1); The National Natural Science Foundation of China (41661075); Tianshan Youth Project (2017Q006); The Special Scientific Research Fund of Agricultural Public Welfare Profession of China (201503105); The Special Funds for Innovation and Development of Scientific Research Institutions in Autonomous Regions (2016D04012)

thinner during the degradation. The fragmentation period of PBAT biodegradable plastic mulch film in the Bazhou area occurred 4 days sooner than in the Akesu area, and the cracking period in the Kashi area occurred more than 7 days ahead of that in the Hetian area, but the differences in the same crop in different regions were not significant ($P>0.05$). Before the induction period of PBAT biodegradable plastic mulch film, soil temperature and moisture at depths of 5 cm and 10 cm were higher than with the PE film, except for mean soil temperature at a depth of 5 cm in the Bazhou cotton area. There was no significant difference between PBAT biodegradable plastic mulch film and PE film ($P>0.05$). Under the PBAT biodegradable plastic mulch film, soil nutrients in the same area were slightly different in the early sowing and harvest stages, but the differences were not significant ($P>0.05$). Compared with the PE film, the cotton yields with the PBAT biodegradable plastic mulch film in the Bazhou and Akesu areas increased by 8.33% and 6.48%, respectively ($P>0.05$), and the maize yield in the Kashi and Hetian areas increased by 3.67% and 14.97%, respectively ($P>0.05$). In summary, the degradation of PBAT biodegradable plastic mulch film was good, and the impacts of soil moisture, soil temperature, and crop yield were the same as those with the PE film. PBAT biodegradable plastic mulch film could be applied as a substitute for PE film in agricultural production in Southern Xinjiang, as it had no significant impact on the crop and soil environment.

Keywords: PBAT biodegradable plastic film; Southern Xinjiang; degradable performance; crop yield; soil environment

地膜覆盖具有增温、保墒、保肥、早熟、增产、抑制杂草生长以及控制土壤盐碱度等作用^[1-2],是解决干旱地区缺水和农业增产的一项重要技术措施。20世纪80年代起,覆膜技术被广泛应用于作物栽培上^[1]。但由于地膜材料成分主要为聚乙烯^[3-4],其分子结构比较稳定,在自然条件下很难降解,会在土壤中残留几十年之久^[5-6]。随着地膜的连年使用,越来越多的残膜留在土壤中^[7-8],造成土壤板结、通透性变差、农事操作受阻以及作物减产等一系列问题^[9-10]。因此,可降解地膜的研究和推广在国内外引起了极大的关注。

目前,许多学者主要集中于不同类型材料的降解性能、覆盖效应的对比,以及同种材料不同规格可降解地膜田间应用效果的对比等研究^[1,10-13]。研究得到降解地膜具有可降解特性,能减少土壤残膜污染;具有保温、保墒、能促进作物生长和增产等作用^[2,10-13]。与普通地膜相比,降解地膜覆盖对土壤水分、温度以及作物生长和产量的影响相当,差异不显著^[2,10-12];但降解地膜覆盖后的降解特性以及作物产量的增减存在差异,这可能是由于作物种类、覆膜方式、灌水量和区域气候条件等不同造成的^[14-16]。目前,针对干旱区不同区域同时开展降解地膜对比试验的研究较少。

新疆的巴音郭楞蒙古自治州(巴州)、阿克苏、喀什与和田四地州,总面积约 108 万 km^2 , 占我国国土面积的 11.25%^[17],玉米和棉花是主要的种植作物。目前相关研究主要集中于可降解地膜栽培技术规程、降解过程以及对作物生长和产量的影响等方面^[17-18],而针对四地州降解地膜对比试验的系统研究较少。因此,本研究在南疆四地州开展降解地膜大面积应用与示范,研究降解地膜降解特征以及对作物产量、土壤温湿度和养分的影响,为 PBAT 型全生物降

解地膜的推广应用以及降解地膜覆盖技术的可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查区概况

南疆属典型的大陆性干旱气候,其气候特点是光照长,昼夜温差大,干旱少雨。年平均日照时数在 3000 h 左右,年均蒸发量在 2300 mm 以上, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温平均在 4000 $^{\circ}\text{C}$ 以上,无霜期 240 d 左右,年降水量仅 20~100 mm,年均沙尘天气约 92 d。

南疆种植的作物主要有棉花、玉米、加工番茄、马铃薯和小麦等。生物降解地膜在南疆主要应用于棉花、玉米、番茄和马铃薯等,其中,以棉花和玉米应用较为普遍,用量约为 7.5~12.0 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

2016 年 2—3 月期间,在南疆 4 个地州 13 个县市建立生物降解地膜核心示范区,4—10 月期间开展降解地膜在棉花和玉米上的应用,9 月底开展生物降解地膜应用情况调查,地点及作物见表 1。

1.2 试验设计

设 PBAT 型全生物降解地膜(产自新疆康润洁环保科技有限公司)和普通 PE 地膜 2 个处理,每处理 3 次随机重复。PE 地膜和降解地膜的膜宽和膜厚一致,具体膜宽和膜厚见表 1。南疆四地州试验区共 22 个(表 1),每个试验区面积为 1000 m^2 。

选取棉花和玉米为试验对象,棉花于 2016 年 4 月 5 日—11 日播种,玉米于 2016 年 6 月 12 日—21 日播种(冬小麦收获后复播)。灌溉方式为膜下滴灌,铺膜方式为机械铺设。

肥料用量、作物种植与管理方式同当地大田一致。

表1 试验与示范点基本情况
Table 1 Basic situation of experiment and demonstration

地区/州	地点	作物	膜宽/cm	膜厚/mm	面积/hm ²	样点数
巴州	库尔勒市	棉花	70	0.010	13.33	3
阿克苏地区	新和县	棉花	120	0.008	15.33	2
	库车县	棉花	140	0.008	4.67	2
喀什地区	阿瓦提县	棉花	200	0.008	13.33	1
	疏勒县	玉米	70	0.008	13.33	5
	疏附县	玉米	140	0.008	6.67	1
	岳普湖县	玉米	140	0.008	5.33	3
	巴楚县	玉米	140	0.008	50	2
和田地区	墨玉县	玉米	70	0.008	13.33	1
	洛浦县	玉米	70	0.008	0.67	2

1.3 测定项目与方法

1.3.1 降解地膜降解性能

采用目测法,定期观测降解地膜,记录地膜的形态以及表面的完整情况;根据观测结果,将地膜降解过程分为诱导期、开裂期、大裂期、碎裂期和无膜期5个阶段^[19]。

1.3.2 土壤温湿度

土壤温度采用曲管地温计进行测定,测定位置为膜下5 cm和10 cm土层,每日08:00、14:00、20:00 3个时间点进行记录,每3 d一次。

土壤湿度采用烘干法测定^[20]。每隔10 d取一次土样(分膜下0~5 cm和5~10 cm土层),将采集的土壤样品装入已知质量的铝盒(W),带回实验室称得铝盒+鲜土质量(W_1),然后将其放进烘箱于105 ℃温度下烘至恒质量,称得铝盒+干土质量(W_2),由此测得土壤质量含水量($SW, \%$)为:

$$SW = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W} \times 100\%$$

试验中仅对降解地膜处于诱导期之前的土壤温湿度进行了测定。其中,棉花测定时间为2016年4月—6月,玉米测定时间为2016年6月—8月。

1.3.3 土壤理化性质

2016年作物播种前和收获期,以“S”型取样法在每个降解地膜试验示范区取0~20 cm土壤混合样,风干、磨细、过筛,测定土壤pH、有机质、速效氮、速效磷、速效钾、总盐。

土壤pH测定用数显酸度计(PHS-3C,产自上海仪电科学仪器股份有限公司),土壤有机质用重铬酸钾外加热法,土壤速效氮采用碱解扩散法,土壤速效磷采用钼锑抗比色法,土壤速效钾采用火焰光度法,土壤总盐用烘干质量法测定^[20]。

1.3.4 产量

棉花吐絮期,测定单位面积棉花株数、铃数以及单铃质量,其中单铃重按棉株下、中、上部位分别采50朵完全吐絮棉花测定,按产量=单位面积株数×每株铃数×单铃质量公式计算棉花产量。

玉米收获期,测定单位面积玉米株数、玉米棒数以及每棒玉米粒质量,按产量=单位面积株数×每株玉米棒数×每棒玉米粒质量公式计算玉米产量。

1.4 数据处理

数据利用Excel 2016和Origin 8.0软件进行初步分析和作图,采用SPSS 21.0软件进行方差分析,数据间比较采用独立样本 T 检验。

2 结果与分析

2.1 降解地膜的降解特征

种植棉花的降解地膜降解过程表现为覆膜82 d左右开始出现裂纹,出现诱导期;98 d左右出现孔洞,出现开裂期;138 d左右开始降解为大的碎片,膜面变薄,韧性下降,出现大裂期;到作物收获时(148 d左右),出现碎裂期,膜面上大部分地膜破碎成小块,地膜变薄、变脆,无韧性;膜边埋土部分仍然具有一定韧性,破孔较小,但地膜已经变薄、变脆,降解速度滞后于地表面部分。不同地区之间,巴州地区降解地膜降解速度比阿克苏地区快,巴州出现诱导期、开裂期、大裂期和碎裂期的时间分别较阿克苏的提前3、1、1 d和4 d,但不同地区之间降解时间差异不显著($P>0.05$)(图1)。

种植玉米的降解地膜降解过程与种植棉花的降解过程基本相似,但种植玉米的降解地膜降解速度明显较种植棉花的快,出现诱导期、开裂期和大裂期的时间分别较种植棉花的提前2、5 d和28 d。不同地区

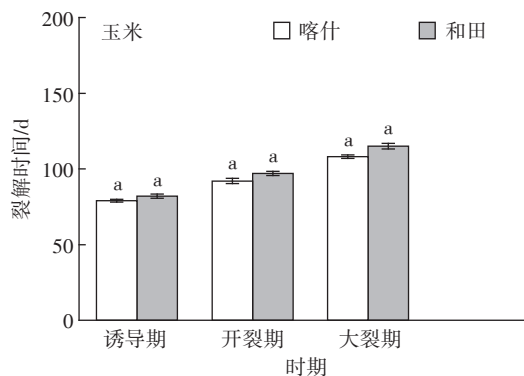
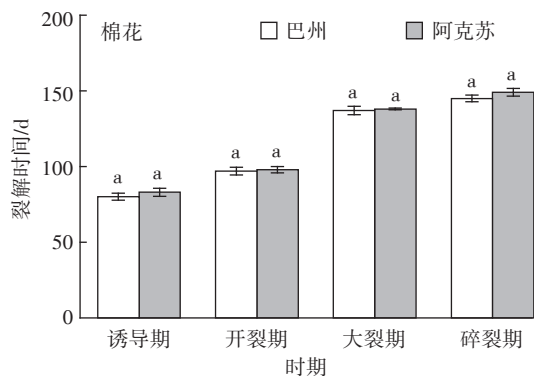
之间,喀什的降解地膜降解速度比和田的快,出现诱导期、开裂期和大裂期的时间分别较喀什的提前3、5 d和7 d,但不同地区之间降解时间差异不显著($P>0.05$)(图1)。

2.2 降解地膜覆盖对土壤温湿度的影响

2.2.1 土壤温度

从种植的棉花来看,巴州和阿克苏地区降解地膜和PE地膜膜下5 cm和10 cm的平均土温随着生育

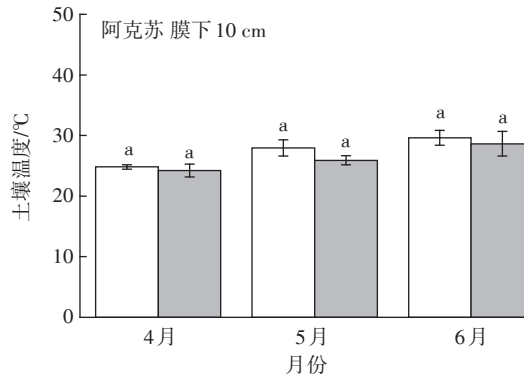
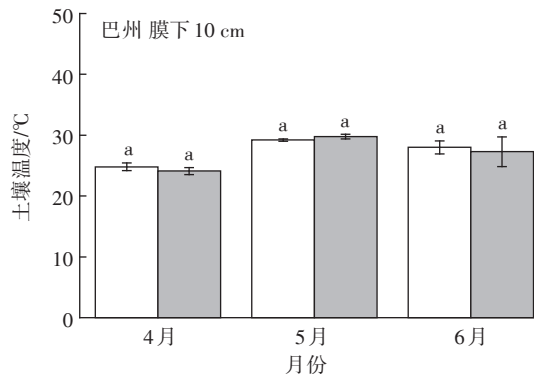
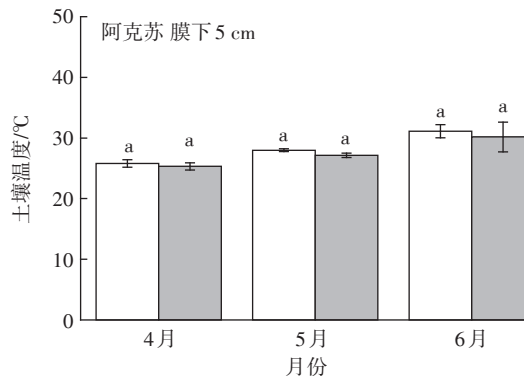
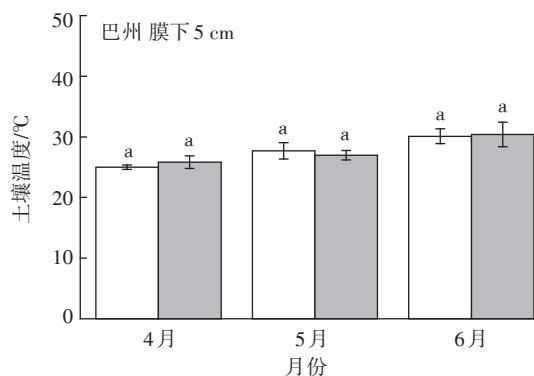
期进程基本上呈增大的趋势,即表现为6月>5月>4月(图2)。4—6月降解地膜处于诱导期之前(图1),降解地膜膜下5 cm和10 cm的平均土温基本上高于PE地膜,但巴州有所不同。其中,膜下5 cm处巴州降解地膜平均土温较PE地膜低0.14℃,阿克苏地区较PE地膜高0.76℃;膜下10 cm处巴州和阿克苏地区降解地膜平均土温分别较PE地膜高0.27℃和1.21℃;但两种地膜的土温差异不显著($P>0.05$)。



不同小写字母代表相同时期不同地区差异显著($P<0.05$)

图1 PBAT型全生物降解地膜的降解阶段

Figure 1 The biodegradable stages of PBAT biodegradable plastic mulch film



不同小写字母代表相同月份不同地膜差异显著($P<0.05$)。下同

□ 降解地膜 ■ PE地膜

图2 棉花两种地膜覆盖土壤温度变化

Figure 2 Soil temperature under PE film and PBAT biodegradable plastic film mulching in the cotton planting areas

从种植的玉米来看,喀什、和田地区降解地膜和PE地膜膜下5 cm和10 cm的平均土温随着生育期进程基本上呈增大的趋势,即表现为8月>7月>6月(图3)。6—8月降解地膜处于诱导期之前(图1),降解地膜膜下5 cm和10 cm的平均土温均高于PE地膜。其中,膜下5 cm处巴州和阿克苏地区降解地膜的平均土温分别较PE地膜高0.40℃和2.08℃,膜下10 cm处分别较PE地膜高0.77℃和2.00℃;但两种地膜的平均土温差异不显著($P>0.05$)。

2.2.2 土壤湿度

从种植的棉花来看,巴州和阿克苏地区降解地膜和PE地膜膜下5 cm和10 cm的平均土壤含水率随着生育进程呈增大的趋势。即表现为6月>5月>4月(图4)。4—6月降解地膜处于诱导期之前(图1),降解地膜处理膜下5 cm和10 cm的平均土壤含水率高于PE地膜。其中,膜下5 cm处巴州和阿克苏地区降解地膜的平均土壤含水率分别较PE地膜的高0.83%和1.47%,膜下10 cm处分别较PE地膜的高0.25%和2.42%;但两种地膜的平均土壤含水率差异不显著($P>0.05$)。

从种植的玉米来看,喀什与和田地区降解地膜和PE地膜膜下5 cm和10 cm的平均土壤含水率随着生

育进程呈先增大后减小的趋势,峰值均出现于7月份(图5)。6—8月降解地膜处于诱导期之前(图1),降解地膜膜下5 cm和10 cm的平均土壤含水率高于PE地膜。其中,膜下5 cm处喀什、和田地区降解地膜的平均土壤含水率分别较PE地膜的高0.58%和3.81%,膜下10 cm处分别较PE地膜的高0.40%和3.51%;但两种地膜的平均土壤含水率差异不显著($P>0.05$)。

2.3 降解地膜覆盖对土壤养分的影响

就种植棉花的土壤来看,巴州和阿克苏地区播种前和收获期的土壤养分略有不同(表2)。其中,巴州收获期的土壤pH值、有机质和速效磷分别较播种前的高0.01、0.148 g·kg⁻¹和3.6 mg·kg⁻¹,土壤速效氮、速效钾和总盐分别较播种前的低0.7、7 mg·kg⁻¹和0.3 g·kg⁻¹;阿克苏收获期的土壤速效磷和速效钾分别较播种前的高1.2 mg·kg⁻¹和3 mg·kg⁻¹,土壤pH值、有机质和速效氮分别较播种前的低0.04、0.015 g·kg⁻¹和2.1 mg·kg⁻¹,总盐与播种前的含量相同,为3.8 g·kg⁻¹,但同一地区播种前和收获时的土壤养分差异均不显著($P>0.05$)。不同地区之间,巴州的土壤pH值、有机质、速效磷、速效钾和总盐含量均高于阿克苏地区,而速效氮低于阿克苏地区。

就种植玉米的土壤来看,喀什、和田地区播种前

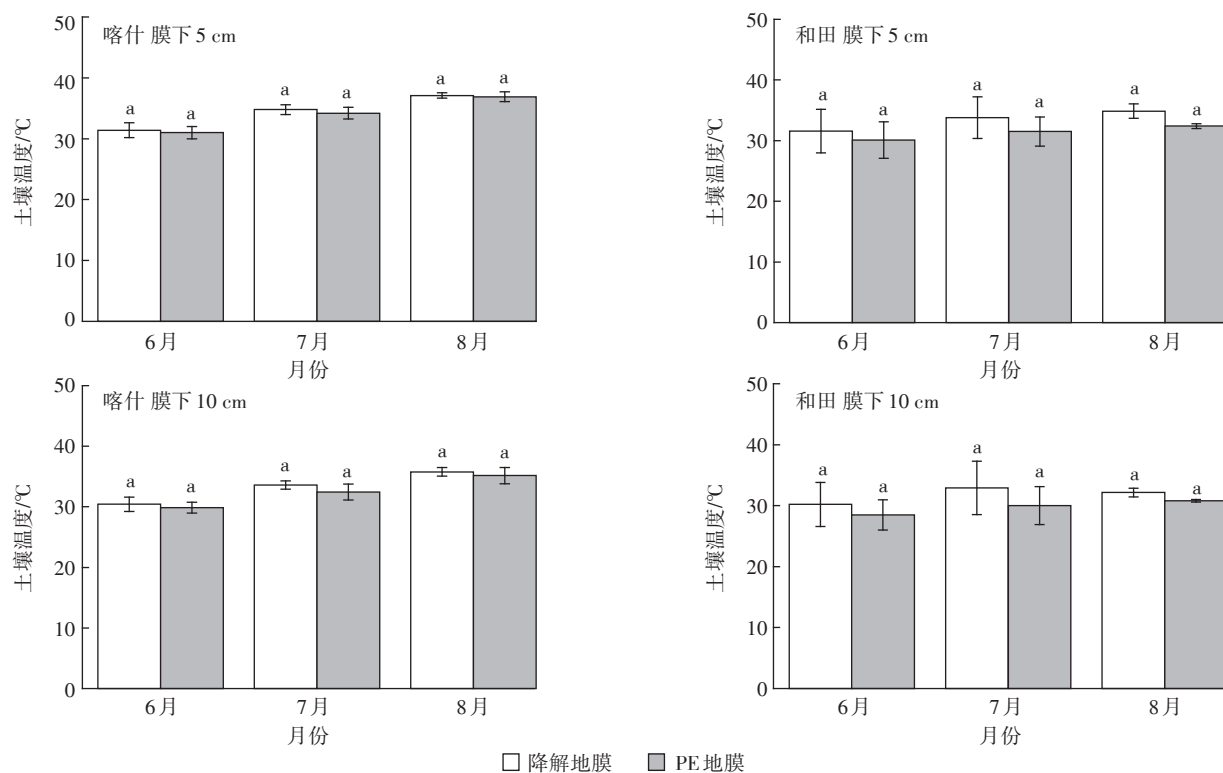


图3 玉米两种地膜覆盖土壤温度变化

Figure 3 Soil temperature under PE film and PBAT biodegradable plastic film mulching in the maize planting areas

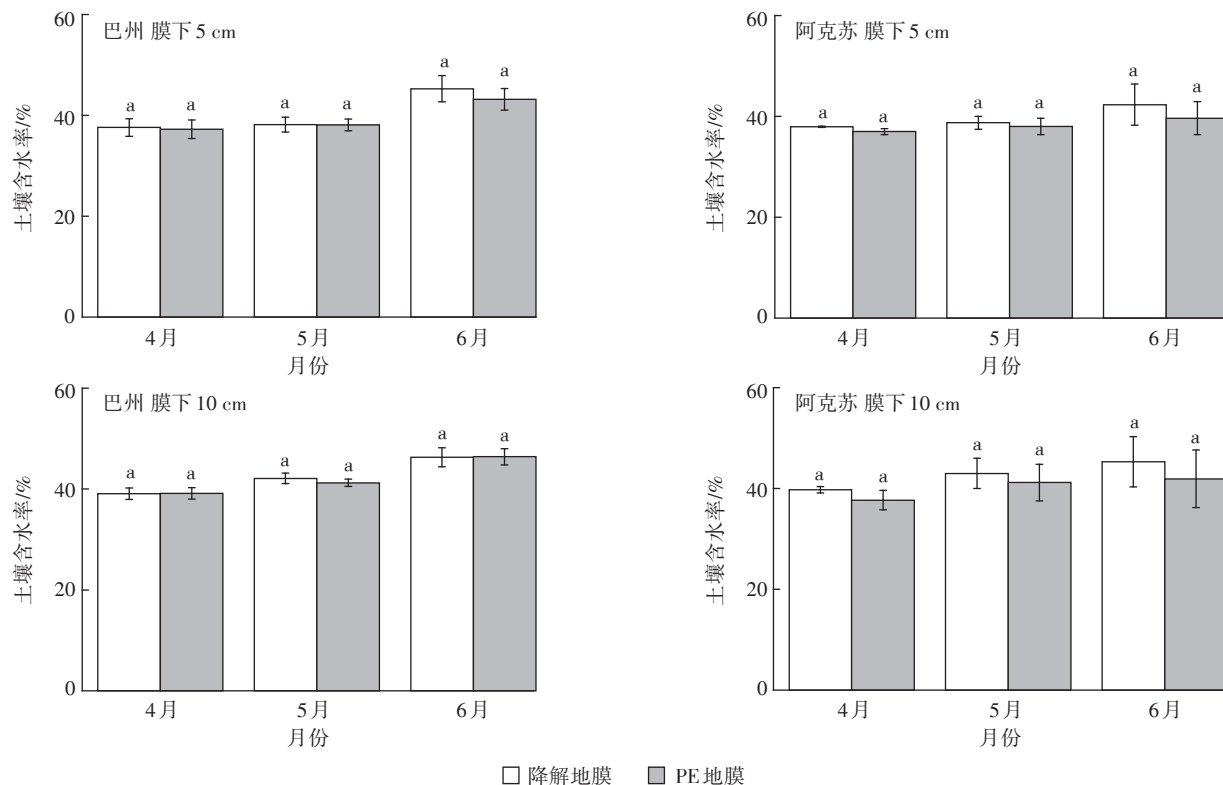


图4 棉花两种地膜覆盖土壤含水率变化

Figure 4 Soil moisture content under PE film and PBAT biodegradable plastic film mulching in the cotton planting areas

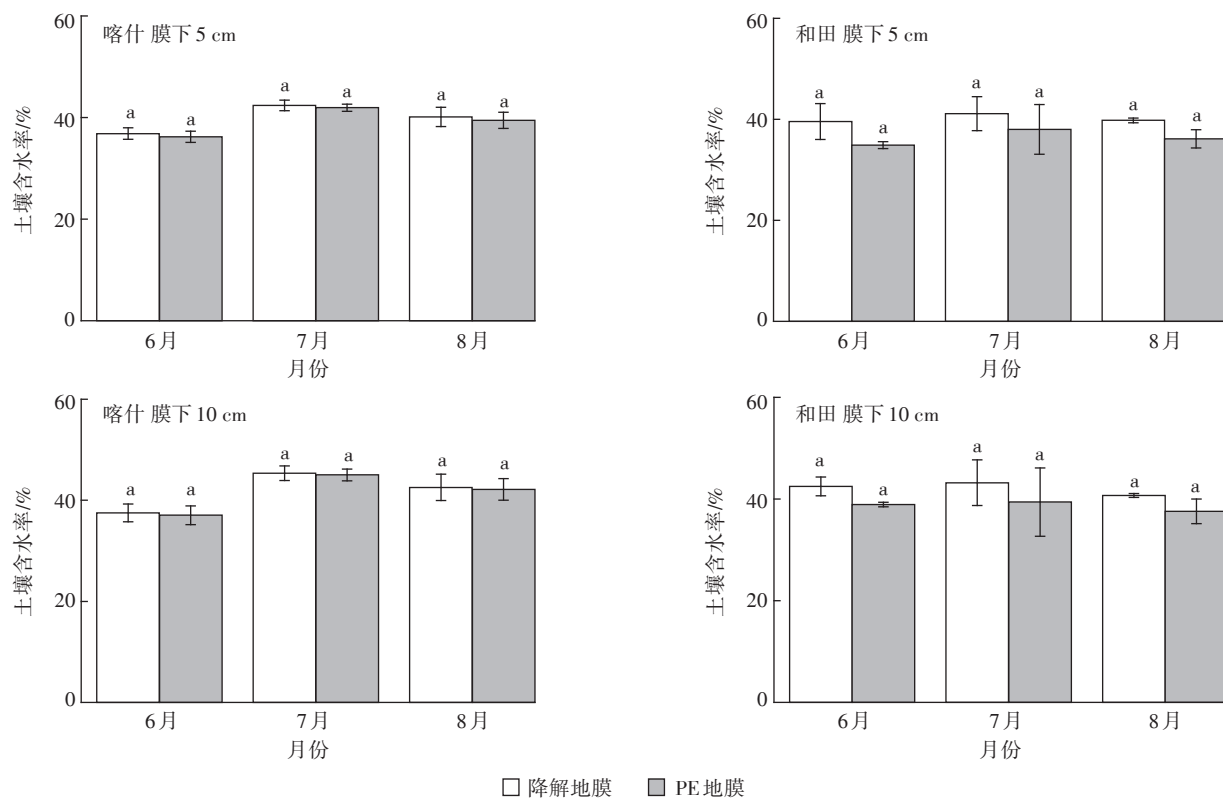


图5 玉米两种地膜覆盖土壤含水率变化

Figure 5 Soil moisture content under PE film and PBAT biodegradable plastic film mulching in the maize planting areas

和收获期的土壤养分略有不同(表2)。其中,喀什收获期的土壤速效氮较播种前的高 $7.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有机质、速效磷和速效钾分别较播种前的低 $0.633 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤 pH 和总盐与播种前的含量相同, 分别为 8.38 和 $1.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 和田收获期的土壤 pH 和速效磷分别较播种前的高 0.10 和 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有机质、速效氮、速效钾和总盐分别较播种前的低 $0.732 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $9.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 但同一地区播种前和收获时的土壤养分差异均不显著 ($P>0.05$)。不同地区之间, 喀什地区的土壤有机质、速效氮、速效磷和总盐含量均高于和田地区, 而土壤 pH 和速效钾均低于和田地区。

2.4 降解地膜覆盖对作物产量的影响

与 PE 地膜相比, 巴州和阿克苏地区降解地膜覆盖下的棉花均呈现出不同程度的增产(表3)。其中, 阿克苏棉花增产较多, 较 PE 地膜平均增产 8.33%, 巴州棉花增产较少, 较 PE 地膜平均增产 6.48%, 但同一地区两种地膜覆盖下的棉花产量差异均不显著 ($P>0.05$)。不同地区之间, 阿克苏地区的棉花增产率较巴州地区的高 1.85%。

与 PE 地膜相比, 喀什、和田地区降解地膜覆盖下的玉米也呈现出不同程度的增产(表3)。其中, 和田玉米增产较多, 较 PE 地膜平均增产 14.97%, 喀什玉

米增产较少, 较 PE 地膜平均增产 3.67%, 但同一地区两种地膜覆盖下的玉米产量差异均不显著 ($P>0.05$)。不同地区之间, 和田地区的玉米增产率较喀什地区的高 11.30%。

3 讨论

随着聚乙烯 PE 地膜使用量的不断增加, 残膜累积对新疆尤其是南疆地区的土壤和生态环境的负面影响也不断显现。降解地膜具有与 PE 地膜类似的保温和保水效果, 产量水平与 PE 地膜相当, 还具有自然降解作用^[10]。因此, 降解地膜的研究和推广对塑料农膜工业和农业发展具有重要的作用。本研究以降解地膜和 PE 地膜为处理, 在南疆四地州棉花、玉米主产区进行田间试验, 深入分析了南疆四地州降解地膜的降解性能以及对作物产量和土壤环境的影响。

从降解地膜降解过程看, 种植棉花的降解地膜 82 d 左右开始出现裂纹, 随着生育进程地膜逐渐变薄、变脆, 裂口变大, 收获期时(148 d 左右)膜面上大部分地膜破碎成为小块, 膜边埋土部分降解速度滞后于膜面部分, 但降解趋势明显; 种植玉米的降解地膜降解速度较种植棉花的快, 出现始裂期、开裂期和大裂期的时间分别提前 2、5 d 和 28 d。而且, 巴州棉花降解地膜降解速度比阿克苏的快, 喀什玉米降解地膜

表2 不同时期全生物降解地膜膜下0~20 cm土层土壤养分变化

Table 2 Changes of soil nutrient at average of 0~20 cm below surface under biodegradable plastic film mulching at different stages

作物	地区/州	采样时期	pH值	有机质/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	速效氮/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	速效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	速效钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	总盐/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
棉花	巴州	播种前	8.26±0.01a	9.233±0.105a	69.7±0.5a	28.5±2.5a	203±9a	7.0±0.2a
		收获期	8.27±0.02a	9.381±0.075a	69.0±19.8a	32.1±2.6a	196±9a	6.7±3.1a
	阿克苏	播种前	8.23±0.11a	8.994±0.611a	90.2±12.7a	19.8±1.4a	185±49a	3.8±2.2a
		收获期	8.19±0.02a	8.979±1.504a	88.1±17.5a	21.0±1.3a	188±41a	3.8±1.6a
玉米	喀什	播种前	8.38±0.16a	13.526±4.261a	65.7±17.9a	17.4±9.1a	139±33a	1.2±0.3a
		收获期	8.38±0.14a	12.893±2.659a	72.8±19.2a	17.0±8.7a	138±37a	1.2±0.3a
	和田	播种前	8.88±0.23a	10.018±2.001a	60.5±4.2a	14.9±3.8a	152±2a	1.0±0.2a
		收获期	8.98±0.39a	9.286±1.836a	51.0±7.1a	16.4±3.2a	148±2a	0.8±0.1a

注: 数值为平均值±标准差。小写字母不同表示处理间在5%水平上的差异显著。下同。

Note: Mean value ± standard deviation. Different lowercase letters represent significant difference at $P<0.05$ between treatments. The same below.

表3 两种地膜覆盖下棉花和玉米产量

Table 3 The yield of cotton and maize under PE film and PBAT biodegradable plastic film mulching

作物	地区	降解膜产量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	PE膜产量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	增产量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	增产率/%
棉花	巴州	5 742.8±56.2a	5 393.2±79.6a	349.6	6.48
	阿克苏	6 180.6±431.2a	5 705.2±389.3a	475.4	8.33
玉米	喀什	7 850.6±108.7a	7 572.7±234.3a	278.0	3.67
	和田	7 050.0±289.1a	6 330.0±210.9a	720.0	11.37

降解速度比和田的快。出现这种差异可能是由于作物种类和区域气候条件不同造成的^[14-15]。降解地膜降解过程在很大程度上受自然环境因素的影响,不同温度和水分条件下都会表现出不同程度的降解^[21],温度越高,水分越大,降解越强烈^[22]。何文清等^[14]也研究发现降解膜的降解特性存在区域的差异性,河北试验点降解膜降解速率要明显快于新疆试验点。

降解地膜覆盖能明显改善土壤耕作层的水肥热状况,促进作物生长发育,其作用与PE地膜相当^[2,23-25]。本研究发现降解地膜降解处于诱导期之前(即80 d左右),除膜下5 cm处巴州棉花降解地膜平均土温较PE地膜低0.14℃外,四地州棉花和玉米降解地膜膜下5 cm和10 cm的平均土壤温湿度均高于PE地膜的,但两种地膜的平均土壤温湿度差异均不显著($P>0.05$)。这可能是由于降解地膜处于开裂期之前,降解地膜尚未明显降解,土壤保温保墒性能较好,与PE地膜作用相当。申丽霞等^[2]也发现两种可降解(光、生物降解)地膜对土壤水分和温度的影响与普通地膜相当,刘群等^[11]也发现生物降解地膜在降解前与PE地膜在提高土壤温度方面有着一致的效果,其增温效应与PE地膜没有明显的差异。本研究还发现同一地区,降解地膜覆盖下作物收获时的土壤养分略有不同,但差异不显著($P>0.05$);而且,不同地区之间的土壤养分存在差异,出现这种差异可能是由于作物种类、施肥量、灌水量和区域气候条件等不同引起的。

与PE地膜相比,降解地膜覆盖下的棉花和玉米均呈现出不同程度的增产。其中,巴州和阿克苏地区的棉花分别增产8.33%和6.48%,喀什与和田地区的玉米分别增产3.67%和14.97%,但同一地区两种地膜覆盖下的作物产量差异均不显著($P>0.05$)。同样,许多学者也发现降解地膜覆盖下的玉米和棉花产量较PE地膜的高,且差异不显著。康虎等^[10]发现降解地膜覆盖下的玉米较PE地膜高4.8%;刘群等^[11]研究发现生物膜覆盖能使玉米增产18.7%,略高于PE地膜的增产率(17.7%);何文清等^[14]发现新疆石河子日本降解地膜覆盖下的棉花较PE地膜产量高2.8%;然而,有的学者也发现降解地膜覆盖下的玉米和棉花的产量低于PE地膜的,且差异不显著。杨迎春等^[12]发现降解地膜覆盖下的玉米增产比PE地膜低0.34%;赵彩霞等^[15]发现与PE地膜相比,国内供试的A和B降解膜覆盖下的棉花减产幅度分别为20%以上;曹玉军等^[22]发现降解地膜和PE地膜处理的玉米产量分别比对照提高了20.9%和21.6%,两者相差0.7%。造成

这种差异的原因可能是由于降解地膜种类、作物种类和区域环境条件等不同,从而导致降解地膜对作物产量的影响有所不同^[14-15]。

4 结论

(1)降解地膜的降解过程表现为先出现裂纹,然后出现孔洞,最后破碎成小块,中间伴随着地膜变薄、变脆。巴州棉花降解地膜降解速度比阿克苏的快,喀什玉米降解地膜降解速度比和田的快,但同一作物不同地区之间降解时间差异不显著($P>0.05$)。

(2)降解地膜降解处于诱导期之前能够提高膜下5 cm和10 cm的平均土壤温湿度,且土壤温湿度高于PE地膜,但膜下5 cm处巴州棉花降解地膜平均土温低于PE地膜。方差分析得到,两种地膜的土壤温湿度差异均不显著($P>0.05$)。

(3)同一地区,降解地膜覆盖下作物收获期和播种前土壤养分略有不同,但差异不显著($P>0.05$)。

(4)与PE地膜相比,降解地膜覆盖下的棉花和玉米均呈现出不同程度的增产。巴州和阿克苏地区棉花分别增产8.33%和6.48%,喀什、和田地区玉米分别增产3.67%和14.97%;但同一地区两种地膜覆盖下的作物产量差异均不显著($P>0.05$)。

参考文献:

- [1] 李海萍,周杨全,靳拓,等. 不同类型地膜降解特征及其对马铃薯产量的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(24): 36-40.
LI Hai-ping, ZHOU Yang-quan, JIN Tuo, et al. Degradation characteristics of different mulch and the effect on potato yield[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(24): 36-40.
- [2] 申丽霞,王璞,张丽丽. 可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 111-116.
SHEN Li-xia, WANG Pu, ZHANG Li-li. Degradation property of degradable film and its effect on soil temperature and moisture and maize growth[J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(4): 111-116.
- [3] Briassoulis D. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2006, 91(6): 1256-1272.
- [4] Kyrikou I, Briassoulis D. Biodegradation of agricultural plastic films: A critical review[J]. *Journal of Polymers and the Environment*, 2007, 15(2): 125-150.
- [5] 朱会义. 1980年以来中国棉花生产向新疆集中的主要原因[J]. 地理研究, 2013, 32(4): 744-754.
ZHU Hui-yi. The underlying cause for the concentration of China's cotton production in Xinjiang[J]. *Geographical Research*, 2013, 32(4): 744-754.
- [6] Ammala A, Bateman S, Dean K, et al. An overview of degradable and biodegradable polyolefins[J]. *Progress in Polymer Science*, 2011, 36(8): 1015-1049.

- [7] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞, 等. 我国地膜应用污染现状及其防治途径研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 533-538.
HE Wen-qing, YAN Chang-rong, ZHAO Cai-xia, et al. The use of plastic mulch film in typical cotton planting region and the associated environmental pollution[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(3): 533-538.
- [8] 张江华, 蒋平安, 申玉熙, 等. 新疆农田地膜污染现状及对策[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(8): 1656-1659.
ZHANG Jiang-hua, JIANG Ping-an, SHEN Yu-xi, et al. Present conditions and control measures of plastic film residue in agricultural fields in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2010, 47(8): 1656-1659.
- [9] 刘敏, 黄占斌, 杨玉姣. 可生物降解地膜的研究进展与发展趋势[J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 439-443.
LIU Min, HUANG Zhan-bin, YANG Yu-jiao. A study on status and developmental trend of biodegradable plastic film[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(9): 439-443.
- [10] 康虎, 敖李龙, 秦丽珍, 等. 生物质可降解地膜的田间降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 54-58.
KANG Hu, AO Li-long, QIN Li-zhen, et al. Effects of biodegradable mulch film by reusing biomass residue on degradation in field and corn growth[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(6): 54-58.
- [11] 刘群, 穆兴民, 袁子成, 等. 生物降解地膜自然降解过程及其对玉米生长发育和产量的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(6): 126-129.
LIU Qun, MU Xing-min, YUAN Zi-cheng, et al. Degradation of biodegradable mulch film and its effect on growth and yield of maize[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2011, 31(6): 126-129.
- [12] 杨迎春, 高玉山, 孙云云, 等. 降解地膜在玉米膜下滴灌栽培中的应用研究[J]. 玉米科学, 2013, 21(2): 112-115.
YANG Ying-chun, GAO Yu-shan, SUN Yun-yun, et al. Application research on degradable plastic film in drip irrigation cultivation of maize[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2013, 21(2): 112-115.
- [13] 兰印超, 申丽霞, 李若帆. 不同地膜覆盖对土壤温度及水分的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(12): 120-126.
LAN Yin-chao, SHEN Li-xia, LI Ruo-fan. Effects of different film mulching on soil temperature and moisture[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(12): 120-126.
- [14] 何文清, 赵彩霞, 刘爽, 等. 全生物降解膜田间降解特征及其对棉花产量影响[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(3): 21-27.
HE Wen-qing, ZHAO Cai-xia, LIU Shuang, et al. Study on the degradation of biodegradable plastic mulch film and its effect on the yield of cotton[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(3): 21-27.
- [15] 赵彩霞, 何文清, 刘爽, 等. 新疆地区全生物降解膜降解特征及其对棉花产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(8): 1616-1621.
ZHAO Cai-xia, HE Wen-qing, LIU Shuang, et al. Degradation of biodegradable plastic mulch film and its effect on the yield of cotton in Xinjiang region, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(8): 1616-1621.
- [16] 胡伟, 孙九胜, 单娜娜, 等. 降解地膜对地温和作物产量的影响及其降解性分析[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(2): 317-320.
HU Wei, SUN Jiu-sheng, SHAN Na-na, et al. Effect of COPO degradable membrane on soil temperature and crop yield and analysis of its degradable characteristics[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2015, 52(2): 317-320.
- [17] 王金鑫, 王斌, 邵华伟, 等. 南疆玉米覆盖生物降解地膜高产栽培技术规程[J]. 农技服务, 2017, 34(8): 36.
WANG Jin-xin, WANG Bin, SHAO Hua-wei, et al. Technical regulations for high yield cultivation of corn mulching biodegradable mulching film in South Xinjiang, China[J]. *Agricultural Technology Service*, 2017, 34(8): 36.
- [18] 朱友娟, 伍维模, 温善菊, 等. 可降解地膜对新疆南疆棉花生长和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(4): 189-196, 224.
ZHU You-juan, WU Wei-mo, WEN Shan-ju, et al. The effect of degradable agricultural mulch films on the growth and yield of cotton in Southern Xinjiang[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2016, 34(4): 189-196, 224.
- [19] 代健康, 崔兴洪, 谭洪应, 等. 可控全生物降解地膜对玉米生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(21): 71-72, 133.
DAI Jian-kang, CUI Xing-hong, TAN Hong-ying, et al. Effect of controllable biodegradable mulching film on the growth of maize[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2015, 43(21): 71-72, 133.
- [20] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 146-226.
Soil Science Society of China. Methods for agrochemical analysis of soil[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999: 146-226.
- [21] 吴从林, 黄介生, 沈荣开. 光-生双降解膜覆盖下的夏玉米试验研究[J]. 农业环境保护, 2002, 21(2): 137-139.
WU Cong-lin, HUANG Jie-sheng, SHEN Rong-kai. Experiment study on the effects of photo-biodegradable on the summer corn yield[J]. *Agricultural Environment Protection*, 2002, 21(2): 137-139.
- [22] 乔海军. 生物降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007: 6.
QIAO Hai-jun. Degradation of biodegradable mulch films and its effects on the growth of corn[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2007: 6.
- [23] 曹玉军, 魏雯雯, 徐国安, 等. 半干旱区不同地膜覆盖滴灌对土壤水、温变化及玉米生长的影响[J]. 玉米科学, 2013, 21(1): 107-113.
CAO Yu-jun, WEI Wen-wen, XU Guo-an, et al. Effects of different films on soil water, temperature and corn growth characteristics under drip-irrigation conditions in semi-arid region[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2013, 21(1): 107-113.
- [24] 战勇, 魏建军, 杨相昆, 等. 可降解地膜的性能及在北疆棉田上的应用[J]. 西北农业学报, 2010, 19(7): 202-206.
ZHAN Yong, WEI Jian-jun, YANG Xiang-kun, et al. Characteristics of degradable plastic film and application in north Xinjiang cotton field[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2010, 19(7): 202-206.
- [25] 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(增刊1): 10-14.
YANG Yu-jiao, HUANG Zhan-bin, YAN Yu-min, et al. Effects on temperature and moisture of soil and seeding of maize to biodegradable film coverage[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(Suppl 1): 10-14.