

Study on the Maize Yield-Increasing Mechanism of Annual Degradation Characteristics about Different Biodegradable Film in the Northern Irrigation Area

Pingsheng Wang¹, Hong Han^{1*}, Tao Zhou², Qingyan Huang¹, Xia Yang¹

¹Gansu Academy of Agricultural Sciences, Linxia Gansu

²Gansu Agricultural Ecological Environmental Protection Station, Lanzhou Gansu

Email: lxwps8861@sina.com, *hanhong5325@163.com

Received: Mar. 15th, 2017; accepted: Apr. 3rd, 2017; published: Apr. 6th, 2017

Abstract

Biodegradable plastic film is an important way to solve the problem of plastic film residue pollution. It has great potential for agricultural development, but different biodegradable plastic films were different in different ecological regions and affected its popularization and application. In this paper, comparative field experiments were carried out among three cultivation methods, 9 biodegradable films cultivation, ordinary PE (CK1) film cultivation and open field cultivation (CK2), from field degradability of plastic film, soil thermal insulation, crop growth, yield and its composition factors, residual plastic film coverage and so on. The result showed that the degradation of the selected four kinds of biodegradable plastic films GS05, GS09, GS10 and GS03 was slow at the early growth stage of maize and quicker in the middle and later stages, and the growth adaptability of maize was better. The soil temperature in the whole maize growth period at 10 cm soil layer from emergence to jointing stage, from tasseling to filling stage compared to CK1, decreased from 0.1°C to 0.5°C, from 0.5°C to 1.0°C and from 0.2°C to 0.5°C. The difference of maturity from harvest to maturity was improved by -0.9°C - 0.6°C. Emergence rate, plant height, stem diameter, panicle length, grain number perpanicle, 1000-grain weight compared to CK1 increased by -3.3 - 3.4 percentage points, -16.7 to -3.5 cm, -0.2 to -0.3 cm, -2.7 to 0.0 cm, -33.7 to -16.4, -17.3 to -7.0 g; maize yield was 12,664.5~14,493.0 kg/hm², which was 0.6~13.1% less than that of CK1. The results showed that the effect of four biodegradable mulches and ordinary mulching film on maize yield was not significant, which was 86.3% - 113.1% higher than that of CK2, and the difference was significant. The coverage of the four kinds of biodegradable mulching films was 25.8%, 64.3%, 24.4% and 51.5% respectively when corn was harvested, which was 3.3%, 7.4%, 6.2% and 16.5%. These results indicated that the degradation characteristics of the four biodegradable plastic mulch basically accorded with the environmental requirements of maize growth in the high elevation irrigation area of northern China, and could replace the traditional mulching film.

*通讯作者。

Keywords

Maize, Biological Degradable Film, Degradability, Yield

生物降解地膜周年降解特性对北方灌区玉米增产机理研究

王平生¹, 韩宏^{1*}, 周涛², 黄青岩¹, 杨霞¹

¹甘肃省临夏州农业科学院, 甘肃 临夏

²甘肃省农业生态环境保护站, 甘肃 兰州

Email: lxwps8861@sina.com, *hanhong5325@163.com

收稿日期: 2017年3月15日; 录用日期: 2017年4月3日; 发布日期: 2017年4月6日

摘要

生物降解地膜是解决地膜残留污染问题的重要途径, 对农业发展潜力巨大, 但不同生物降解地膜对不同生态区域玉米生长的适配性各异, 影响其推广应用。本文通过大田试验, 从地膜田间降解特性、土壤保温性、作物生长发育、产量及其构成因子、残留地膜覆盖率等方面对9种可降解生物地膜与普通PE (CK₁) 地膜和露地栽培(CK₂)进行了对比研究。结果表明: 试验筛选出GS05、GS09、GS10和GS03四种生物可降解地膜, 玉米生长前期降解缓慢, 中期和后期降解较快, 与玉米生长发育适配性较好; 10 cm处土层地温在玉米全生育期、出苗至拔节期、抽雄至灌浆期分别比CK₁降低0.1℃~0.5℃、0.5℃~1.0℃、0.2℃~-0.5℃; 成熟至收获期日较差提高了-0.9℃~0.6℃; 出苗率、株高、茎粗、棒穗长、每棒穗粒数、千粒重分别比(CK₁)提高了-3.3~3.4百分点、-16.7~-3.5 cm、-0.2~-0.3 cm、-2.7~0.0 cm、-33.7~-16.4粒、-17.3~-7.0 g; 玉米产量12,664.5~14,493.0 kg/hm², 较CK₁减产0.6%~13.1%, 说明四种生物可降解地膜和普通地膜对玉米产量影响差异不大, 较CK₂增产86.3%~113.1%, 产量差异达极显著水平。四种生物可降解地膜的覆盖率, 玉米收获时分别为25.8%、64.3%、24.4%和51.5%, 至翌年玉米播种时分别为3.3%、7.4%、6.2%和16.5%, 说明四种生物可降解地膜的降解特性基本符合北方高海拔灌区玉米生长对环境的要求, 完全可以替代传统地膜。

关键词

玉米, 生物降解地膜, 降解性能, 产量

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地膜覆盖栽培具有增温保墒、抑制杂草、减少病虫害、抗旱防寒、提高水肥利用率、促进土壤微生物

物活动等作用,提高了作物产量和种植效益。随着农作物结构的调整,尤其是西北高海拔区域,其有效地解决早春气温低,春季干旱的问题,地膜覆盖技术尤其是全膜双垄沟播技术的应用,为甘肃农业生产发展做出了不可替代的贡献[1] [2] [3]。随着农膜使用量的持续增加和使用年数的增长,废旧农膜对环境造成的“白色污染”日益突出。据农业部调查,目前我国地膜残留量一般在 60~90 kg/hm²,最高达 165 kg/hm²。研究表明,甘肃省农田地膜残留量 27.62~42.26 kg/hm²,农田残膜污染已成为旱作农业区最大的面源污染物,也成为影响农田环境的重大威胁之一[4]。大量田间试验证明,生物降解地膜与普通 PE 地膜一样,具有保温、保水的作用,且在土壤性状及促进作物生长方面均优于普通 PE 地膜,可在田间降解而消失,对土壤无污染[5]。加拿大 St. Lawrence 淀粉公司开发了淀粉-聚乙烯或聚丙烯的共混物,制备出各种生物降解性不同的塑料[6]。随着我国社会经济收入的逐年提高,农业的轻简化、高效化、生态化是现代农业发展的趋势。因地制宜的选择生物降解性地膜,能减轻劳动强度、减少捡拾人工成本和残膜二次加工处理中产生的污染物,是解决地膜残留污染的有效途径,也是实现农业持续高效、生态循环发展的重要措施。

试验基点选定于临夏县北源灌区,位于甘肃省临夏州临夏县东北部,共辖 2 镇 7 乡。全区土地总面积 20,260.62 hm²,耕地面积 9654.39 hm²,基本农田面积 7242.72 hm²,有效灌溉面积 7133 hm²,保灌面积 6733 hm²,属大陆性温带半干旱气候,平均海拔 1900 m,多年平均气温 6.8℃,多年平均降水量 500 mm,多年平均蒸发量 1343 mm,全年日照时数 2573.7 h,平均无霜期为 160 d,是甘肃省粮食主产区之一[7] [8]。为解决临夏北源灌区覆盖普通地膜所造成的“白色污染”问题,本试验于 2015 年从国内大型地膜生产厂家引进 9 种降解地膜,以普通地膜和无覆盖地膜为对照,在同一气候、相同田间栽培管理条件下进行玉米田间对比试验,通过降解地膜玉米的田间降解特性、影响因子、农艺性状等进行监测分析评价,研究其降解性能、农田适用性等主要功效以及对作物产量的影响,综合评价不同类型地膜的降解产物对土壤环境的影响;并对每个参试地膜做出客观、公平、公正评价,试验研究评估提出与北源灌区特点相适宜的全生物降解膜种类和生产厂家,为农业持续发展,减轻农膜污染开辟新途径。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

试验于 2015 年 3 至 2016 年 3 月在甘肃省临夏州农科院现代农业站(35°601'N, 103°198'E)进行,有灌溉条件,试验土壤为黄土高原发育而成的塬地黄麻土,质地中壤,pH 值为 8.2,有机质为 16.3%,全氮、全磷和全钾分别为 1.01 g/kg、0.73 g/kg 和 1.01 g/kg,速效氮、速效磷和速效钾分别为 72.0 mg/kg、34.5 mg/kg 和 89.0 mg/kg。

2.2. 材料

参试降解地膜 9 种,其中 7 种全生物降解膜,2 种热氧化生物双降解地膜;地膜类型、生产厂家和规格如表 1。试验所用降解地膜均由甘肃省农业生态环境保护管理站提供。

指示作物为玉米,品种为金凯 5 号。

2.3. 方法

2.3.1. 试验设计

试验共设 11 个处理,9 种生物降解地膜(GS01、GS02、GS03、GS04、GS05、GS06、GS07、GS09、GS10)、普通地膜(CK1)和不覆膜(CK2),每个处理为 1 个试验小区。采用大区对比试验,小区宽 6.6 m,长 72 m,种植 12 行区,小区面积 475.2 m²。地膜处理种植方式为全膜双垄沟播栽培,大垄 70 cm,小垄

Table 1. The film type, manufacturer and specification table**表 1.** 参试地膜类型、生产厂家及规格表

参试编号	类型	生产厂家	规格
GS01	全生物可降解地膜	广东励农丰	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS02	全生物可降解地膜	海南威盛	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS03	全生物可降解地膜	巴斯夫中国	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS04	全生物可降解地膜	亿帆鑫富	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS05	全生物可降解地膜	广东金发	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS06	热氧化生物双降解地膜	山东天壮	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS07	热氧化生物双降解地膜	珠海万通	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS09	全生物可降解地膜	新建康润洁地膜	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
GS10	全生物可降解地膜	江苏中科金龙	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)
PE (CK1)	普通地膜	甘肃济洋塑料	厚度 0.01 (mm)、宽度 120 (cm)

40 cm, 垄高均在 15~20 cm, 大、小垄中间为播种沟, 每个播种沟对应一大一小 2 个集雨垄面, 大小垄总宽 110 cm, 用小型拖拉机牵引专用覆膜机覆膜, 试验四周高保护行。

试验于 4 月 12 日机械覆膜, 覆膜前基施玉米复混专用肥 750 kg/hm², 4 月 13~14 日人工穴播点种, 每穴 2 粒, 株距 27.5 cm, 5 月 8~10 日定苗, 保苗 66000 株/hm²; 6 月 16 日玉米拔节期追施尿素 375 kg/hm², 灌水方式采用大水漫灌方式, 灌水时期为拔节期和灌浆期 2 个时期。病虫草害防治统一大田管理。

2.3.2. 测试项目与方法

1) 地膜降解速度及程度测定。观察时间为 2015 年 4 月~2016 年 3 月周年连续记录。地膜降解程度测定: 出苗后, 每小区选择具有代表性的 10 个定位观察样方, 面积 50 cm × 50 cm, 进行田间定点观察记载、拍照并记录地膜表观变化动态情况、标记地膜开始降解时间等所需数据采集工作。从地膜铺设后第 10 天开始, 玉米生长期, 每隔 10 天及地膜降解关键时期, 记录 1 次降解情况; 玉米收获后, 每隔 30 天记录 1 次, 连续记录 5 月。

记录地膜降解速度参考指标: 0 级: 完整期: 未出现裂纹; 1 级: 地膜诱导期: 出现裂纹(≤2 厘米); 2 级: 破裂期: 裂缝(2~20 厘米); 3 级: 崩裂期: 大碎块(≥20 厘米); 4 级: 破碎期: 小碎片(大碎块破裂, 网状裂纹); 5 级: 完全降解期: 地膜裂解为 4 cm × 4 cm 以下碎片, 覆盖率 < 50%。降解速度级别记载, 以 10 个定位样点中 6 个样点达到相应级别参考指标, 为该地膜的降解程度级别, 包括地膜内因降解和外因破坏。

记录地膜降解程度参考指标: 在地膜降解后期(9 月)开始, 在 10 个样方内, 用网状目测残留地膜覆盖率(残留地膜覆盖率 = 样方内残留地膜覆盖面积/样方面积 × 100%), 进行统计分析。

2) 土壤理化性状。土壤温度: 采用直管水银地温计进行测定, 记录土层 10 cm 处地温, 从覆盖当天起每隔 7~10 d 记录 1 次, 连续记录 7 月, 测定时间为 9: 00、13: 00 和 15: 00。

土壤水分: 采用取土烘干法, 在播种前期和收获后, 多点采集 0~20 cm 土层, 测定不同降解地膜处理的土壤水分。

3) 杂草影响度, 收获时目测观察样方内的杂草生长量确定, 级别定为三级, 分别为较多、中等、较少。

作物生长发育进程、出苗率、农艺性状及产量测定。作物生长发育进程: 同步记录出苗期、拔节期、

大喇叭口期、抽雄期、成熟期。出苗率及农艺性状测定：成熟期每小区取有代表性 3 点，每点连续选择 10 株，共 30 样株，统计其出苗率；同时取样进行室内考种，考察穗长、穗粗、穗粒数、千粒重等指标。产量指标测定：收获前，在各处理小区内取有代表性 3 点，视试验重复数，每样点面积为 30 m²，实收测定生物产量、脱粒计经济产量，计算产量，并进行统计分析。

2.3.3. 数据处理及统计分析

用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 19.0 进行数据统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 不同生物降解地膜降解性能

3.1.1. 地膜降解速度

根据观察结果(表 2)看出，普通 PE 地膜均比参试的生物降解地膜降解速度较慢，覆膜后 352 d (翌年播种前)进入破裂期。两种热氧化生物双降解地膜 GS06 和 GS07 相对于全生物可降解地膜，其降解速度较慢，特别是中期、后期降解速度极慢；覆膜后 187 d (玉米成熟期)两处理分别处于破碎期和崩裂期，GS06 处理至覆膜后 229d，进入完全降解前期，GS07 处理至翌年播种前还处于破碎期。七种全生物可降解地膜中，GS03 处理进入诱导期早，但整体降解速度平缓，覆膜后第 7 d 进入诱导期，57 d、97 d、136 d 和 199 d 分别进入破裂期、崩裂期、破碎期和完全降解期。GS09 进入诱导期较晚，整体降解速度较慢；覆膜后第 21 d、51 d、156 d、187 d、199 d 分别进入诱导期、破裂期、破碎期、崩裂期和完全降解期。GS10 和 GS05 两处理前期均速降解，覆膜后第 57 d 同时进入崩裂期，GS10 处理中期降解快后期降解缓慢，崩裂期持续时间短仅为 40 d，破裂期进入时间早，持续时间长达 91 d；而 GS05 处理中期降解缓慢后期降解快，崩裂期持续长达 105 d，破碎期持续时间短仅为 31 d，两处理覆膜后 187 d 均进入完全降解期。GS01 进入诱导期较晚，GS02 进入诱导期适中，但 GS01 和 GS02 处理诱导期持续时间短，中后期降解缓慢。

Table 2. Field degradation degrees of different films

表 2. 不同地膜的田间降解程度

处理	玉米生育进程及覆膜后时间																											
	出苗		苗期				拔节期		抽雄期				灌浆期				成熟期				休闲期							
	7	14	21	31	41	51	57	67	87	97	117	127	136	147	156	168	178	187	199	207	229	248	282	320	352			
GS01	0	0	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5			
GS02	0	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
GS03	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5			
GS04	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
GS05	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
GS06	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5			
GS07	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4			
GS09	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5			
GS10	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
普通 PE	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

备注：1) 地膜覆盖完整为 0 级；a) 地膜诱导期：出现裂纹(≤2 厘米)为 1 级；b) 破裂期：裂缝(2~20 厘米)为 2 级；c) 崩裂期：大碎块(≥20 厘米)为 3 级；d) 破碎期：大碎块(≥20 厘米)破裂为 4 级；e) 完全降解期：裂解为 4 cm × 4 cm 以下小碎片、覆盖率 < 50% 为 5 级。2) 记录时应记录出现的时间、观察点内裂纹等出现的数量。其他变化情况包括地膜颜色、形态等外观特征。3) 观测周期为 7 天。4) 覆膜时间 4 月 16 日。

3.1.2. 地膜降解程度:

统计结果(表 3)表明,9 月 13 日玉米灌浆期(覆膜后 115d)地膜覆盖率低于 60%为 GS04、GS02 和 GS10 处理,覆盖率高于 90%为 GS07 和 PE 处理,其余处理的地膜覆盖率在 60%~90%之间。10 月 16 日玉米收获期(覆膜后 187 d)地膜覆盖率低于 25%为 GS10,介于 25%~50%之间的处理分别为 GS05、GS02 和 GS04,覆盖率高于 90%为 GS07 和 PE 处理,其余处理的地膜覆盖率在 50%~90%之间。翌年 3 月 30 日(覆膜后 352 d)地膜覆盖率低于 5%为 GS05,介于 5%~10%之间的处理分别为 GS10、GS06 和 GS09,覆盖率高于 70%为 GS07 和 PE 处理,其余处理(除 GS02 处理 25.5%外)地膜覆盖率在 10%~20%之间。

3.1.3. 地膜降解特性

GS01 处理地膜柔韧性特差,机械覆膜时容易横向断裂,纵向无拉力;玉米苗期(覆膜后 25 d)因大风造成地膜条块状破裂,玉米生长后期地膜降解缓慢。GS02 处理对温度和光照反应敏感,玉米苗期晴天气温高光照强时地膜柔软,傍晚温度低光照弱时地膜变硬,出现烫伤症状,随裂纹萎缩成疤痕块状,后期地膜降解缓慢。其余参试处理地膜柔韧性较好,适宜小型农用机械覆膜。

3.1.4. 地膜降解与耕作制度的适配性

GS07 和 GS02 降解程度低,地膜残留量大,GS01 柔韧性特差,不适宜该区域较大面积推广应用。秋季耕作灌溉模式,因选择 GS05 和 GS10 两种生物降解地膜;来年春季耕作灌溉模式,因选择 GS06、GS03 和 GS09 三种生物降解地膜。

3.2. 不同生物降解地膜对 10 cm 处土层地温时空动态变化的影响

不同生物降解地膜对玉米全生育期间 10 cm 处土层地温的总体影响:从表 4 看出,玉米全生育期地膜覆盖处理较 CK₂ 处理提高 0.2℃~1.4℃;地温以 GS07、CK₁、GS09 和 GS03 分别为 16.1℃、15.7℃、15.6℃和 15.6℃居前 3 位,其余处理地温顺序为:GS04 ≥ GS01 > GS10 ≥ GS05 > GS06,GS02 地温 14.9℃为最低。

Table 3. Temporal spatial coverage rate statistics in field under different biodegradable films

表 3. 不同地膜处理时空间田间覆盖率统计表

处理	日期(月, 日)及作物进程									
	收获期					休闲期				
	9.13	9.22	10.07	10.16	10.28	11.27	12.16	1.19	2.26	3.30
GS01	70.5	67.0	65.6	60.4	58.2	56.0	43.7	28.0	26.1	12.5
GS02	57.0	50.0	35.0	33.3	30.4	30.0	29.8	29.6	27.0	25.5
GS03	72.2	64.5	58.5	51.5	46.6	36.9	34.7	32.5	19.5	16.5
GS04	56.6	55.2	53.5	50.0	48.5	33.1	27.1	20.5	19.5	11.6
GS05	73.0	50.7	33.5	25.8	15.6	6.7	5.3	4.7	4.2	3.3
GS06	69.0	66.7	61.0	56.6	54.5	50.6	41.9	25.0	24.5	7.1
GS07	95.0	94.8	94.0	92.7	90.8	82.8	82.8	82.3	71.0	70.0
GS09	75.2	71.7	66.0	64.3	56.5	26.5	23.5	17.0	10.6	7.4
GS10	58.4	44.7	35.0	24.4	18.2	8.4	7.9	7.5	7.2	6.2
普通 PE	99.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	97.5	97.5	97.5	97.0

备注: 1) 地膜覆盖率 > 75%, 破碎期, 为 1 级; 2) 地膜覆盖率 51%~75%, 破碎后期, 为 2 级; 3) 地膜覆盖率 25%~50%, 完全降解前期, 为 3 级; 4) 地膜覆盖率 < 25%, 完全降解期, 为 4 级。

Table 4. Spatiotemporal change of soil (10 cm) under different biodegradable films
表 4. 不同生物降解地膜 10 cm 处土层温度的时空动态变化(单位 $^{\circ}\text{C}$)

处理	全生育期	出苗至拔节期	抽雄至灌浆期	成熟至收获期	全生育期日较差	出苗至拔节期日较差	抽雄至灌浆期日较差	成熟至收获期日较差
GS01	15.3	17.3	15.4	9.8	2.4	3.5	1.1	2.6
GS02	14.9	17.1	15.2	8.4	2.5	4.1	1.3	2.1
GS03	15.6	17.8	15.6	9.8	2.6	3.8	1.5	2.7
GS04	15.3	17.9	15.1	8.9	2.7	4.4	1.4	1.9
GS05	15.2	17.6	15.2	8.9	2.7	4.1	1.1	3.1
GS06	15.0	17.6	14.8	8.8	2.3	3.0	1.4	2.7
GS07	16.1	18.4	16.1	9.9	2.7	3.6	1.6	2.8
GS09	15.6	18.0	15.9	9.4	3.2	4.9	1.5	3.2
GS10	15.2	17.5	15.3	9.6	2.5	4.1	1.5	1.7
CK1	15.7	18.5	15.7	9.2	2.5	3.5	1.3	2.6
CK2	14.7	16.4	14.8	9.1	2.3	3.9	1.3	1.0

不同生物降解地膜对玉米不同生育时期 10 cm 处土层地温的影响：从表 4 还可看出，10 cm 处土层的地温以苗期为最高，而后随着玉米的生育发育，玉米垄面遮荫面积的增加，地温的时空变化随之降低。CK₁ 处理在出苗期、苗期、拔节期、抽雄期、灌浆期和成熟期地温分别为 13.5 $^{\circ}\text{C}$ 、19.4 $^{\circ}\text{C}$ 、18.3 $^{\circ}\text{C}$ 、17.6 $^{\circ}\text{C}$ 、13.8 $^{\circ}\text{C}$ 和 9.2 $^{\circ}\text{C}$ 。玉米出苗至拔节期地温以 CK₁、GS07 和 GS09 处理分别为 18.5 $^{\circ}\text{C}$ 、18.4 $^{\circ}\text{C}$ 和 18.0 $^{\circ}\text{C}$ 居前 3 位，其余处理地温顺序为：GS04 > GS03 > GS05 \geq GS06 > GS10 > GS01，GS02 地温 17.1 $^{\circ}\text{C}$ 为最低，仅比 CK₂ 处理高 0.7 $^{\circ}\text{C}$ 。抽雄至灌浆期地温以 GS07、GS09 和 CK₁ 处理分别为 16.1 $^{\circ}\text{C}$ 、15.9 $^{\circ}\text{C}$ 和 15.7 $^{\circ}\text{C}$ 居前 3 位，其余处理地温顺序为：GS03 > GS01 > GS10 > GS05 \geq GS02 > GS04，GS06 地温和 CK₂ 处理均为 14.8 $^{\circ}\text{C}$ 为最低。成熟至收获期地温以 GS07、GS03 和 GS01 处理分别为 9.9 $^{\circ}\text{C}$ 、9.8 $^{\circ}\text{C}$ 和 9.8 $^{\circ}\text{C}$ 居前 3 位，其余处理地温顺序为：GS10 > GS09 > CK1 > CK2 > GS04 \geq GS05 > GS06，GS02 处理地温 8.4 $^{\circ}\text{C}$ 为最低。

不同生物降解地膜对 10 cm 处土层地温日较差的影响：从表 4 可知，玉米全生育期日较差以 GS09 处理 3.2 $^{\circ}\text{C}$ 为最高，GS05、GS04 和 GS07 处理均为 2.7 $^{\circ}\text{C}$ 次之，GS06 和 CK₂ 处理均为 2.3 $^{\circ}\text{C}$ 为最低。日较差玉米出苗至拔节期间最大，平均为 3.9 $^{\circ}\text{C}$ ，成熟至收获次之，平均为 2.4 $^{\circ}\text{C}$ ，抽雄至灌浆期间最低，平均仅为 1.4 $^{\circ}\text{C}$ 。玉米出苗至拔节期日较差以 GS09、GS04 和 GS05 处理分别 4.9 $^{\circ}\text{C}$ 、4.4 $^{\circ}\text{C}$ 和 4.1 $^{\circ}\text{C}$ 居前 3 位，和 GS010 次之，其余处理地温日较差顺序为：GS10 \geq GS02 > CK2 > GS03 > GS07 > CK1 \geq GS01，GS06 处理 3.0 $^{\circ}\text{C}$ 为最低。玉米抽雄至灌浆期间日较差以 GS07 处理 1.6 $^{\circ}\text{C}$ 为最高，GS09、GS03 和 GS10 处理均为 1.5 $^{\circ}\text{C}$ 次之，GS05 和 GS06 均为 1.1 $^{\circ}\text{C}$ 为最低。玉米成熟至收获期间日较差以 GS09、GS05 和 GS07 处理分别 3.2 $^{\circ}\text{C}$ 、3.1 $^{\circ}\text{C}$ 和 2.8 $^{\circ}\text{C}$ 居前 3 位，其余处理地温日较差顺序为：GS06 \geq GS03 > CK1 \geq GS01 > GS02 > GS04 > GS10，CK2 处理 1.0 $^{\circ}\text{C}$ 为最低。

3.3. 不同生物降解地膜对玉米生育进程、产量及综合农艺性状的影响

3.3.1. 玉米生育进程

据试验统计结果表明，参试的不同生物可降解地膜之间、PE 地膜(CK₁)玉米的生育期均为 183 d，露地处理(CK₂)为 190 d，相应推迟 7 d。生物可降解地膜和 CK₁ 玉米的苗期、拔节期、抽雄期、灌浆期和成

熟期分别为播种后的 13 d、64 d、93 d、114 d 和 183 d，而 CK₂ 玉米分别为播种后的 16 d、69 d、99 d、119 d 和 190 d，相应推迟 3 d、5 d、6 d、5 d 和 7 d。由此可见，参试的不同生物可降解地膜之间对玉米生长进程的影响与 PE 地膜无明显差异，而露地处理(CK₂)使玉米生育进程明显推迟。

3.3.2. 玉米生长发育综合因子的影响

从表 5 看出，玉米出苗率以 GS05 处理 97.8% 为最高，CK1 和 GS07 处理均为 94.4% 并列第 2 位，其余处理出苗率顺序为：GS09 > GS10 ≥ GS03 ≥ GS01 > GS04 > GS06，CK₂、GS02 和 GS06 分别为 67.8%、80.0% 和 82.2% 为倒数 1、2、3 位。玉米株高以 CK1、GS04 和 GS06 处理分别为 269.4 cm、267.2 cm 和 266.4 cm 居前 3 位，其余处理株高在 256.3 cm~265.9 cm 之间，CK₂、GS03 和 GS02 分别为 234.0 cm、252.7 cm 和 254.6 cm 为倒数 1、2、3 位。玉米茎粗以 CK1 处理 3.0 cm 为最高，GS04、GS06、GS09 和 GS10 为 2.8 cm 并列第 2 位，CK₂ 和 GS02 均为 2.6 cm 为最低，其余处理茎粗均为 2.7 cm。玉米苗期长势除 CK₂ 表现弱，GS01 和 GS02 较弱外，其余处理长势强；玉米拔节期长势除 CK₂ 表现弱，GS02 较弱，GS01 中等外，其余处理长势强。玉米成熟度除 CK₂ 表现差(60% 收获时未成熟)，GS02 中等(20% 未成熟)，GS01 较好外(5% 未成熟)，其余处理均表现好(完全成熟)。玉米收获时的耕地层土壤含水量以 GS10、GS06 和 GS01 分别为 21.5%、21.0% 和 20.2% 居前 3 位，GS02 和 CK₂ 分别含量为 12.4% 和 13.2% 低，其余处理含水量在 16.0%~19.8% 之间。不同降解地膜抑制杂草影响度以 CK1、GS09、GS10、GS03、GS05 较少，杂草较多的处理为 CK₂、GS01、GS02 和 GS04，其余处理处中等水平。

3.3.3. 产量及其构成因子的影响

从表 6 看出，玉米棒穗长以 CK1 和 GS05 均为 22.6 cm 为最长，GS07 为 22.2 cm 居第 2 位，CK₂、GS02 和 GS04 分别为 18.6 cm、19.0 cm 和 19.7 cm 居倒数 3 位，其余处理棒穗长在 19.8 cm~21.6 cm 之间。玉米每棒穗粒数以 GS07、CK1 和 GS09 分别为 776.2 粒、772.2 粒和 755.8 粒居前 3 位，CK₂、GS02 和 GS04 分别为 680.2 粒、703.6 粒和 703.6 粒属倒数 3 位，其余处理棒穗粒数在 705.6 粒~748 粒之间。玉米千粒重以 GS07、CK1 和 GS03 分别为 392.0 g、376.0 g 和 369 g 居前 3 位，CK₂、GS04 和 GS01 分别为 279.0 g、343.3 g 和 345.6 g 属倒数 3 位，其余处理千粒重在 350.0 g~368 g 之间。

从表 6 还可知，玉米产量 GS07 和 CK1 处理产量分别为 14,974.5 kg/hm² 和 14,577.0 kg/hm² 居前 2 位，

Table 5. Effects on crop morphological indexes under different biodegradable films

表 5. 不同可降解地膜处理对作物形态指标的影响

处理	出苗率(%)	株高(cm)	茎粗(cm)	苗期长势	拔节期长势	成熟度	收获后耕层土壤含水量(%)	杂草影响度
GS01	91.1	256.3	2.7	较弱	中	较好	20.2	较多
GS02	80.0	254.6	2.6	较弱	较弱	中等	12.4	较多
GS03	91.1	252.7	2.7	强	强	好	16.0	较少
GS04	86.7	267.2	2.8	强	强	好	19.8	较多
GS05	97.8	265.9	2.7	强	强	好	18.8	较少
GS06	82.2	266.4	2.8	强	强	好	21.0	中等
GS07	94.4	261.6	2.8	强	强	好	19.1	中等
GS09	92.2	260.5	2.8	强	强	好	18.5	较少
GS10	91.1	262.6	2.7	强	强	好	21.5	较少
CK1	94.4	269.4	3.0	强	强	好	19.3	较少
CK2	67.8	234.0	2.6	弱	弱	较差	14.3	较多

与 CK2 处理相比较, 产量分别增产 120.2%和 114.4%, 差异达极显著水平, 与 GS02 处理比较, 产量分别增产 48.0%和 44.1%, 差异达显著水平。其余处理产量顺序为: GS05 > GS09 > GS10 > GS03 > GS01 > GS06 > GS04, 产量在 11,290.5 kg/hm²~14,493.0 kg/hm² 之间, 较 CK2 增产 66.0%~113.1%, 产量差异达显著水平; CK2 和 GS02 产量分别为 7699.5 kg/hm² 和 10,114.5 kg/hm² 倒数 2 位, GS02 处理较 CK2 仅增产 48.8%, 差异不显著。

4. 结果与讨论

4.1. 不同生物降解地膜其田间降解性能各异

可降解地膜的降解率不同是由于其主要成分不同, 进而影响着它在降解过程中的降解速率[9], 不同类型完全生物降解膜的降解速率和强度不同, 降解膜厚度越小降解速率越大, 白色降解膜比黑色降解膜的降解速率快[10], 诱导期越短的生物降解地膜, 降解速度越快[11]。可降解材料的降解特性通常与其化学组分、工艺参数、贮藏与使用环境有关[12], 生物降解地膜降解过程受到自然因素的影响较大, 在不同温度和水分条件下都会发生不同程度的降解[13]。一般认为, 温度越高, 水分越大, 降解越强烈[14]。本试验结果也验证了这一点, 同品种降解地膜在不海拔高度其降解有显著差异, 在同一试验小区内的不同样方内, 表现有异, 气候要素决定了降解膜降解性能的差异[15]。本研究结果表明, 两种光热解生物双降解地膜其降解性能差异较大, GS07 降解较缓慢, GS06 降解相对较快, 可能与其成份和结构有关。GS01 地膜柔韧性特差, 诱导期短后期降解速率快。GS02 对温度和光照反应敏感, 进入破裂期早, 遇低温和弱光柔韧性变差, 不适宜本地区应用。

4.2. 不同生物降解地膜对 10 cm 处土层温度的影响

前人研究表明, 可降解地膜覆盖在玉米生育前期具有保温的显著效果, 而中后期增温作用不明显[16][17]; 申丽霞[18]等研究表明, 可降解地膜和普通地膜覆盖能明显提高玉米播种后 2 个月的地表和地下 10 cm

Table 6. Effect of different biodegradable film on corn yield and composition factors

表 6. 不同生物降解地膜处理对玉米产量及构成因子的影响

处理	穗长(cm)	穗行数(行)	行粒数(粒)	穗粒数(粒)	千粒重(g)	产量(kg/hm ²)	较 CK2		显著性	
							增产(kg/hm ²)	增产率(%)	5%	1%
GS01	19.8	19.6	38.5	704.7	345.6	12,565.5	5766.0	84.8	ab	A
GS02	19.0	19.6	37.8	702.8	350.0	10,114.5	3315.0	48.8	bc	AB
GS03	20.4	19.8	39.0	738.4	369.0	12,664.5	5865.0	86.3	ab	A
GS04	19.7	19.6	35.9	704.3	343.3	11,290.5	4491.0	66.0	ab	AB
GS05	22.6	20.0	38.2	728.8	368.0	14,493.0	7693.5	113.1	ab	A
GS06	21.6	19.3	37.4	721.2	356.0	12,240.0	5440.5	80.0	ab	AB
GS07	22.2	19.8	39.2	776.2	392.0	14,974.5	8175.0	120.2	a	A
GS09	20.7	20.1	36.2	755.5	364.0	12,835.5	6036.0	88.8	ab	A
GS10	19.9	19.7	35.8	740.2	358.7	12,721.5	5922.0	87.1	ab	A
CK1	22.6	19.5	37.9	771.9	376.0	14,577.0	7777.5	114.4	a	A
CK2	18.6	19.0	35.9	679.9	279.0	6799.5	--	--	c	B

的土壤温度, 此期适宜的土壤温度和水分含量是保证出苗率的关键。本研究结果表明, 可降解地膜和普通地膜覆盖与露地种植相比较均能提高 10cm 处土层的温度, 特别是玉米的苗期至拔节期温度提高 0.7℃~2.1℃, 抽雄至灌浆期温度提高 0.4℃~0.9℃, 成熟至收获期温度提高-0.7℃~0.8℃; 10 cm 处土层的日较差呈现玉米生长前、后期变幅较大, 中期较小。全生育温度与产量呈对数模式: $y = 46,701 \ln(X) - 11,927$, R^2 为 0.617, 其相关性相对较高; 出苗至拔节温度与产量呈对数模式 $y = 3925 \ln(X) - 10,447$, R^2 为 0.739, 有较高的相关性, 其余各期温度与产量相关性不高或无相关性。

4.3. 不同生物降解地膜对产量及其构成因子的影响

闫桂华[19]等研究表明, 地膜覆盖条件下, 幼穗分化至成熟时间较长, 光合产物积累较多, 使玉米产量构成因子的穗粒数、千粒重提高, 从而提高玉米的产量, 达到增产增收的目的。本研究结果表明, 参试的不同生物可降解地膜对玉米生长进程的影响与 PE 地膜无明显差异, 而露地处理(CK₂)使玉米生育进程明显推迟, 收获时未达成熟程度指标。不同的生物可降解地膜进入破裂期的时期对玉米的出苗率、株高、茎粗、长势等影响较大, 进入时期早, 相应综合性状较低, 长势较弱, 抵制杂草能力低。地膜降解速率以前期降解慢, 持续时间长的处理, 其穗粒数、千粒重、产量较高, 特别是降解进入崩裂期早, 产量及其构成因子均低。本试验发现, 成熟至收获期 10 cm 土层温度日较差与玉米千粒重呈二次抛物线模式, $y = -27.6860X^2 + 151.6747X + 161.6248$, R^2 值为 0.7730, 有较高的相关性, 用效应方程推算出最在千粒重时的日较差为 2.74℃。

4.4. 不同生物降解地膜对土壤农膜残留量与产量影响

筛选和评估生物可降解地膜的标准, 主要以地膜覆盖作物的产量、地膜残留量和覆膜成本。生物降解地膜主要解决耕地土壤中的地膜残留污染问题, 目前, 我国属于起步阶段, 随着降解材料技术的进步和农业生产环境变化, 生物降解地膜的应用将具有良好的前景[20]。为了加快成果的应用转化, 在农业生产中, 应加大田间生物降解地膜品种筛选力度, 迟早筛选出适宜本区域和分作物的生物降解地膜产品, 以满足和适应农业生产多样性的要求。

本试验通过指示作物产量、地膜残留量和抑制杂草等因子, 筛选出适宜于北方高海拔灌区玉米覆盖生物降解地膜的品种为 GS05、GS09、GS10 和 GS03。

基金项目

甘肃省农业生态环境保护项目(09162110402229031)资助。

参考文献 (References)

- [1] 刘宇, 贲显明, 戴春红, 王金华. 生物降解地膜试验与推广应用[J]. 农民致富之友, 2016(3): 101.
- [2] 张杰, 贾志宽, 李国领, 罗诗峰. 不同材料地膜覆盖对玉米生物学性状的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(12): 133-140, 147.
- [3] 冯涛, 殷晓燕, 马栋, 孙向春. 6种降解地膜在3种作物上的应用初报[J]. 甘肃农业科技, 2015(6): 3-8.
- [4] 马彦, 杨虎德. 甘肃省农田地膜污染及防控措施调查[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(4): 478-483.
- [5] 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.
- [6] 高建平. 淀粉及生物降解材料[J]. 高分子材料科学与工程, 1998, 14(4): 16.
- [7] 郑世杰, 陈英, 白志远, 刘义. 高标准基本农田建设精细评估——以临夏县北源地区为例[J]. 中国农学通报, 2014, 30(9): 207-212.
- [8] 何世海. 浅谈临夏县北源灌区水资源管理存在的问题及方法[J]. 甘肃农业, 2013(17): 60-62.

- [9] 温善菊, 伍维模, 战勇, 等. 四种不同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.
- [10] 唐薇, 张冬梅, 徐士振, 等. 生物降解膜降解特征及其对棉花生长发育和产量的影响[J]. 中国棉花, 2016, 43(4): 21-24, 28.
- [11] 战勇, 魏建军, 杨相昆, 张占琴. 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.
- [12] 胡宏亮, 韩之刚, 张国平. 生物降解地膜对玉米的生物学效应及其降解特性[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2015, 41(2): 179-188.
- [13] 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]. 农业环境科学学报, 2002, 21(2): 137-139.
- [14] 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]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业人学, 2007.
- [15] 何文清, 赵彩霞, 刘爽, 严昌荣, 常蕊芹, 曹肆林. 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.
- [16] 王鑫, 胥国宾, 任志刚, 张占军, 简毓峰, 张永明. 无公害可降解地膜对玉米生长及土壤环境的影响[J]. 中国农业生态学报, 2007, 15(1): 78-81.
- [17] 乔海军, 黄高宝, 冯福学, 王利立. 生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 甘肃农大学学报, 2008, 43(5): 71-75.
- [18] 申丽霞, 王璞, 张丽丽. 可降解地膜对土壤温度、水分及玉米生长发育的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 25-29.
- [19] 闫桂华, 李岩. 旱作区玉米地膜覆盖增产机理研究[J]. 现代农业科技(农艺学), 2013(14): 50-51.
- [20] 严昌荣, 何文清, 薛颖昊, 刘恩科, 刘勤. 生物降解地膜应用与地膜残留污染防控[J]. 生物工程学报, 2016, 32(6): 748-760.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org