

DOI: 10.11686/cyxb2017173

http://cyxb.lzu.edu.cn

漆永红, 岳德成, 曹素芳, 李敏权. 全膜双垄沟播玉米土壤含水率和温度及杂草去除效应. 草业学报, 2017, 26(11): 176-184.

QI Yong-Hong, YUE De-Cheng, CAO Su-Fang, LI Min-Quan. Soil moisture, soil temperature, weed control and yield effects of double ridge plastic film mulching in maize production. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(11): 176-184.

## 全膜双垄沟播玉米土壤含水率和 温度及杂草去除效应

漆永红<sup>1</sup>, 岳德成<sup>1,2\*</sup>, 曹素芳<sup>3</sup>, 李敏权<sup>4\*</sup>

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省平凉市农业科学研究院, 甘肃 平凉 744000;

3. 甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**为了明确黑色地膜对全膜双垄沟播玉米土壤含水率、温度和杂草去除效应及玉米主要性状的影响,采用田间试验,研究了黑色地膜对全膜双垄沟播土壤含水率和温度及玉米主要经济性性状的变化规律。结果表明,黑色地膜有提高土壤含水率的作用,不同土层含水率表现为80~100 cm>60~80 cm>0~20 cm>40~60 cm>20~40 cm;黑色和白色地膜覆盖下,各土层土壤含水率均呈单峰型消长动态,但黑膜的波动幅度均小于白膜。黑色地膜有降低土壤温度的作用,不同土层温度表现为10 cm>5 cm>15 cm>20 cm>25 cm;黑色和白色地膜覆盖下,各土层土壤温度均呈抛物线型消长动态,但黑膜的波动幅度均大于白色地膜。与白色地膜相比,全膜双垄沟播玉米田覆盖的黑色地膜对阔叶杂草和禾本科杂草的株防效和鲜质量防效均达97%和99%以上,对玉米出苗率、成穗率、穗长、穗粗、秃顶等性状无明显影响,但对玉米株高、株高整齐度、生育期、产量有影响。黑色地膜不仅有助于提高土壤含水率、降低土壤温度和防除田间杂草,还对玉米的部分农艺性状有影响。

**关键词:**全膜双垄沟播;玉米;黑色地膜;土壤含水率和温度;田间杂草;玉米农艺性状

## Soil moisture, soil temperature, weed control and yield effects of double ridge plastic film mulching in maize production

QI Yong-Hong<sup>1</sup>, YUE De-Cheng<sup>1,2\*</sup>, CAO Su-Fang<sup>3</sup>, LI Min-Quan<sup>4\*</sup>

1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Pingliang Academy Agricultural Sciences, Pingliang 744000, China; 3. Institute of Fruit and Floriculture Research, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 4. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China

**Abstract:** The double ridge plastic mulch cropping technique has been widely adopted since 2010 for maize and potato production across 8 provinces and autonomous regions of northeast, north and northwest China with lower rainfall. The plastic film blocks moisture evaporation from soil and channels precipitation into the sowing trench between the ridges, so increasing soil moisture level around the crop roots, as well as assisting with weed control and modifying soil temperature. Yields can be increased by up to 30% with considerable economic benefit. This research compared the performance of white (Control) and black plastic film as the soil cover, since there is little available data on whether plastic film color affects the soil moisture and temperature be-

收稿日期:2017-04-06;改回日期:2017-06-14

基金项目:国家公益性行业专项(201503112),甘肃省科技支撑计划项目(1011NKCA065),甘肃省农业科技创新专项(2014GAAS23),甘肃省农业科学院院地科技合作项目(2015GAAS07)和平凉市农业科学院科技计划项目“除草地膜在全膜双垄沟播玉米田应用研究”(2014018)资助。

作者简介:漆永红(1978-),男,甘肃天水人,助理研究员,在读博士。E-mail: qiyonghong920@gsagr.ac.cn

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: liminquan@gsagr.ac.cn, ydc\_196206138@163.com

neath, and crop performance. In this research soil moisture and temperature were measured weekly over the growing season from early April to mid July, and weed biomass data, and crop agronomic and yield were collected on relevant dates. Soil moisture was measured for 5 soil depths: 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, and 80–100 cm, and soil temperature for 5, 10, 15, 20, and 25 cm soil depths. Typical values for soil moisture were 18%–20% in April, 20%–22% in May and 16% in June, without major variation across soil depths. In the 0–20 cm layer soil was 1%–2% drier under black film than under white film in April, but this gradually reversed and soil had 2% higher moisture content under black film in June. In the deeper soil layers (except 80–100 cm), soil moisture (%) was identical under black and white film in April, but by June was 1%–2% higher under black film than white film. Soil temperatures ranged from 12–18 °C at the start of the experiment to 25 °C in June, and except for the 10 cm soil depth, were consistently lower under black film than white film by over 2 °C in April, reducing to 0.5 °C lower under black film in June. Weed densities in June were 150 and 3 plants/m<sup>2</sup> under white film and black film, respectively. Crop agronomic data generally did not differ significantly with film color, but yield was 5.4%–9.5% higher when maize was planted on black film.

**Key words:** whole plastic-film mulching on double ridges; maize; black film; soil moisture and temperature; field weeds; maize agronomic characters

全膜双垄沟播技术集垄面集流、覆膜抑蒸、垄沟种植技术于一体,从根本上解决了自然降水的有效利用问题,实现了旱作农业的重大突破,为干旱半干旱地区粮食稳产与高产提供了强有力的技术保障。2010 年以来,甘肃省年推广面积均在 67 万 hm<sup>2</sup> 以上,玉米(*Zea mays*)、马铃薯(*Solanum tuberosum*)等主栽作物增产幅度均达到 30% 以上,社会效益十分巨大<sup>[1]</sup>。农业部于 2009 年在庆阳市召开的北方旱作农业现场会议上,要求在北方 15 个省市区推广全膜双垄沟播技术,截止 2011 年,这项技术已在北方旱作区普遍应用,西北、东北、华北 8 省区已推广全膜双垄沟播技术 33.3 万 hm<sup>2</sup> 以上<sup>[2]</sup>。全膜双垄沟播栽培中地膜覆盖率达到 100%,有效切断了土壤水分蒸发途径;大小垄面构成集水场,使降水有效聚集于播种沟膜面并沿播种孔下渗到土壤中,大幅度提高垄沟(播种沟)内土壤含水率,显著提高作物产量<sup>[3]</sup>。全膜双垄沟播栽培中选用适宜的地膜类型可达到显著增产增收的目的,目前可供选择的地膜类型较多,主要有普通白色膜、有色膜(黑色、绿色、蓝色、银灰色、红色、黑白双面色膜等)、专用膜(除草膜、防虫膜等)、降解膜等,其中普通白色地膜已被大面积应用于全膜双垄沟播栽培中,应用面积占全膜双垄沟播总面积 95% 以上,增产幅度 30% 左右,但膜下杂草危害严重,对全膜双垄沟播技术增产效应产生明显影响<sup>[4]</sup>。黑色地膜是在聚乙烯树脂中加入 2%~3% 炭黑制成的一种有色地膜类型,透光率在 3% 以下,但在增温、保墒、抑制杂草生长等方面具有独特的作用,日本等发达国家应用广泛,市场份额达到 30% 以上。中国在果树、马铃薯、食用菌、蔬菜等经济作物生产中有较广泛应用,但在全膜双垄沟播玉米栽培中应用较少<sup>[4]</sup>。杂草发生是杂草种群与周围环境因子相互作用的综合表现,影响杂草发生的环境因素错综复杂。前人的研究表明,气象因子是影响杂草发生的一个重要因子<sup>[5-7]</sup>,有关这方面的研究对象很多是农田杂草<sup>[8-9]</sup>和草坪杂草发生规律及防除效果<sup>[10-12]</sup>,但有关黑色地膜对全膜双垄沟播玉米田土壤温度和含水率的影响鲜见报道。为明确黑色地膜在全膜双垄沟播玉米栽培中的应用效果,于 2011—2012 年研究黑色地膜对全膜双垄沟播玉米田土壤温度和含水率及杂草防除的影响,旨在为全膜双垄沟播玉米生产提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

黑、白色地膜规格均为 120 cm×0.008 mm,由天水市天宝塑业公司生产;普通过磷酸钙 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的量为 16%,由云南省红河州磷肥厂生产;尿素纯 N 量为 46%,由中石油兰州石化公司化肥厂生产;玉米品种为沈单 16 号,由沈阳农业科学院育成;质量测定仪器为电子天平,型号 PL402-L/00,由梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司制造。

## 1.2 试验区自然概况及气象资料

试验在平凉市农业科学研究所试验农场进行,所在地区属大陆性季风气候,海拔 1360 m。试验地块平整,土层深厚,黑垆土质,无灌溉条件,排水良好。根据当地气象部门资料统计,2011 年 4、5、6 月平均气温分别为 13.8、16.4 和 21.5 ℃,降水量累计分别为 3.9、59.9 和 25.9 mm。

## 1.3 试验设计

设 2 个处理,黑色地膜覆盖和白色地膜覆盖(CK)。各处理随机区组排列,重复 3 次,小区面积 3.0 m×6.6 m=19.8 m<sup>2</sup>。

2011 和 2012 年均安排同一试验。顶凌期(2011 年 3 月 16 日、2012 年 3 月 26 日),依据全膜双垄沟播技术规范<sup>[13]</sup>和试验设计进行整地、施肥(N=230.4 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=120 kg/hm<sup>2</sup>)、起垄和覆膜;4 月 19 日播种玉米,用点播器在垄沟内人工打孔点播,每孔 3 粒,播后用细湿土封孔,播种孔间距 27.5 cm,定植时每孔选留 1 株,田间密度 66000 株/hm<sup>2</sup>;玉米大喇叭口期追肥 1 次(N=69 kg/hm<sup>2</sup>),其他管理同大田。

2011 年度试验区玉米成熟后,及时收获玉米并彻底清除田间秸秆,尽量保持原有膜面、垄面及小区完好;翌年 4 月中旬(2012 年 4 月 19 日),按原小区播种玉米,用点播器在残留根茬之间打孔点播,每孔 3 粒,播后用细湿土封孔,播种孔间距 27.5 cm,定植时每孔选留 1 株,田间密度 66000 株/hm<sup>2</sup>;玉米大喇叭口期追肥 1 次(N=300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=120 kg/hm<sup>2</sup>),其他管理同大田。

## 1.4 调查测定及数据处理

玉米定植前,每小区选取 3 行(隔 2 行取 1 行),调查每行出苗株数,计算出苗率(C);玉米小喇叭口期至大喇叭口期,每小区选取 3 行(隔 2 行取 1 行),每行 10 株,测量每株高度(cm)并计算株高整齐度(Z),其值越大,表示株高越整齐;玉米出苗后 30 和 45 d 2 次调查各小区杂草发生情况,每小区按对角线 3 点取样,每点 1.1 m<sup>2</sup>,调查测定所有种类杂草的株数和鲜质量,计算株防效( $P_{株}$ )和鲜质量防效( $P_{鲜质量}$ )<sup>[14-15]</sup>;玉米成熟后,调查统计每小区双穗株数,计算双穗株率(W),穗长(cm)为果穗底部到顶部的长度,穗粗(cm)为果穗中部的直径,秃顶长(cm)为果穗顶部未结果实部分的长度,穗粒数为整个果穗除去瘪粒之外的籽粒总数,500 粒质量(g)为随机称取一个果穗的 500 粒果粒的重量,并按小区收获计产和考种。

$$C = (\text{每行出苗株数} / \text{每行播种粒数}) \times 100\%$$

$$P_{株} = [(\text{对照区杂草株数} - \text{处理区杂草株数}) / \text{对照区杂草株数}] \times 100\%$$

$$P_{鲜质量} = [(\text{对照区杂草鲜质量} - \text{处理区杂草鲜质量}) / \text{对照区杂草鲜质量}] \times 100\%$$

$$Z = 100 \times 1/S$$

式中:S 为株高标准差,株高单位为 cm。

$$W = (\text{调查区双穗株数} / \text{调查区总株数}) \times 100\%$$

2011 年 4 月上旬至 7 月上旬,系统测定土壤温度、含水率,每 7 d 一次,共 13 次。地温测定中,在黑色地膜和白色地膜覆盖区各安放 1 组地温计(垄沟内),每日分别在 8:00、14:00、20:00 这 3 个时间段记载 5、10、15、20 和 25 cm 土层的温度值;土壤含水率测定中,每次在黑色地膜和白色地膜覆盖区各随机打洞(用土钻)2 眼,分别取回 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 等土层的土样,室内烘干法(105 ℃,480 min)测定土壤含水率(H), $H = [(\text{湿土质量} - \text{干土质量}) / \text{干土质量}] \times 100\%$ 。

## 1.5 数据统计分析

采用唐启义等<sup>[16]</sup>的实用统计分析及其 DPS 数据处理系统软件,用 Duncan 氏新复极差法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑色地膜和白色地膜对土壤含水率的影响

4 月 14 日至 7 月 7 日定期测定了 0~100 cm 范围内各土层土壤含水率,从表 1 看出,黑色和白色地膜覆盖区土层越浅土壤含水率波动的幅度逐渐增大,黑色地膜覆盖区各土层土壤含水率波动的幅度( $R = 3.26\% \sim 7.45\%$ 、 $S_1 = 1.21\% \sim 2.35\%$ )均小于白色地膜( $R = 5.57\% \sim 9.37\%$ 、 $S_1 = 1.62\% \sim 2.81\%$ ),其中黑色地膜覆盖

区 0~40 cm 与其他土层差异极显著,而白色地膜覆盖区 0~20 cm 与其他土层差异显著或极显著。黑色地膜覆盖区各土层土壤平均含水率均高于白色地膜覆盖区,白色地膜覆盖区平均土壤含水率由大到小依次为 80~100 cm>60~80 cm>0~20 cm>40~60 cm>20~40 cm,而黑色地膜覆盖区也表现出类似的规律,其中 80~100 cm、60~80 cm 和 0~20 cm 与其他土层差异显著。

依当地气象部门资料统计,4、5、6 月降水量累计分别达到 3.9、59.9 和 25.9 mm,降雨主要集中在 5 月。从图 1 看出,黑色和白色地膜覆盖下各土层土壤湿度均呈单峰型,土壤含水率最高时期均出现在 5 月 12 日至 6 月 2

表 1 各土层含水率波动状况

Table 1 Water moisture fluctuation in different soil layers

土层 Soil layer (cm)	黑地膜覆盖 Black film mulch				白地膜覆盖 White film mulch (CK)			
	$\bar{x}$	$S_1$	R	$S_2$	$\bar{x}$	$S_1$	R	$S_2$
0~20	19.11aA	2.30	6.73aA	0.27	18.66aA	2.81	9.37aA	0.63
20~40	17.80bB	2.35	7.45aA	0.45	17.27bB	2.74	8.42bA	0.42
40~60	18.10bB	1.64	4.52bB	0.48	17.51bB	2.22	6.37cB	0.37
60~80	19.11aA	1.21	3.26cC	0.76	18.74aA	2.00	6.49cB	0.49
80~100	19.27aA	1.35	4.84bB	0.16	19.33aA	1.62	5.57cB	0.57

注:  $\bar{x}$  为各测定值平均数, R 为各测定值极差,  $S_1$  为各测定值标准差,  $S_2$  为各测定值极差的标准差。同列数据后不同大小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在  $P<0.01$ 、 $P<0.05$  水平上差异显著。下同。

Note:  $\bar{x}$  was the average value, R was the range,  $S_1$  was the average value standard deviation,  $S_2$  was the range standard deviation. Different uppercase and lowercase letters within the same column show significant differences at  $P<0.01$  and  $P<0.05$  levels by Duncan new multiple range test, respectively. The same below.

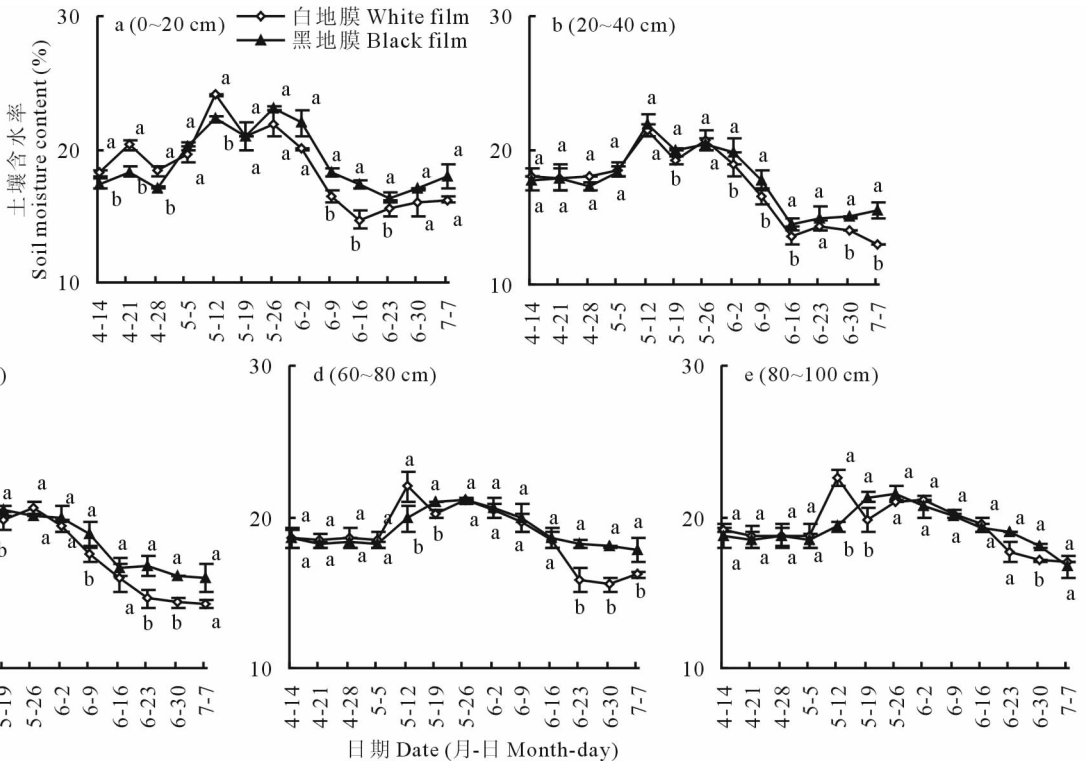


图 1 不同土层土壤含水率日动态变化规律

Fig. 1 Daily dynamic variation of soil moisture content in different soil layers

不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在  $P<0.05$  水平上差异显著,下同。Different lowercase letters show significant differences at  $P<0.05$  levels by Duncan new multiple range test. The same below.

日,两者与当地降雨变化相一致。两处理各土层土壤含水率在不同时期存在一定差异,黑色地膜覆盖区 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 和 80~100 cm 土层土壤含水率在 5 月 26 日(玉米小喇叭口期)之前均低于白色地膜,其中 20~60 cm 土层十分接近白色地膜;5 月 26 日之后,除 80~100 cm 土层的含水量与白色地膜差异不大外,其他土层的含水量均有明显高于白色地膜的态势。

## 2.2 黑色和白色地膜对土壤温度的影响

4 月 7 日至 7 月 7 日定期测定了土壤 0~25 cm 温度变化情况。从表 2 看出,黑色和白色地膜覆盖区土壤温度波动的幅度( $R$ )随土壤深度增加有逐渐增大的趋势,其中黑色地膜覆盖区 20 cm 土层与其他土层差异极显著,而白色地膜覆盖区 20 和 25 cm 土层与 5 和 10 cm 土层差异显著或极显著。黑色地膜覆盖区各土层土壤温度随日期波动的幅度( $R=13.40\sim 15.51\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $S_1=3.70\sim 4.21\text{ }^{\circ}\text{C}$ )均大于白色地膜( $R=11.20\sim 13.60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $S_1=3.10\sim 3.84\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。白色地膜覆盖区土壤温度随土层深度增加呈逐渐递减趋势,而黑色地膜覆盖区除 10 cm 土层外,其他表现出相同的趋势。黑色地膜覆盖区 10 cm 土层平均温度与其他土层差异显著,而白色地膜覆盖区土壤平均温度由高到低依次为 5 cm>10 cm>20 cm>15 cm>25 cm,5 和 10 cm 土层与其他土层差异显著。

依当地气象部门资料统计,4、5、6 月平均气温分别达到 13.8、16.4 和 21.5  $^{\circ}\text{C}$ ,气温逐渐上升。从图 2 看出,黑色和白色地膜覆盖区各土层温度随日期消长的趋势均呈抛物线型(开口向下),最高温度均出现在 6 月上中旬,

表 2 各土层温度波动状况

Table 2 Temperature fluctuation in different soil layers

$^{\circ}\text{C}$

土层 Soil layer (cm)	黑地膜覆盖 Black film mulch				白地膜覆盖 White film mulch (CK)			
	$\bar{x}$	$S_1$	$R$	$S_2$	$\bar{x}$	$S_1$	$R$	$S_2$
5	21.90bB	3.70	13.40cC	0.40	23.91aA	3.10	11.20bB	0.80
10	23.61aA	3.76	14.17bB	0.15	23.38aA	3.12	11.43bB	0.70
15	20.39cC	3.84	13.97bBC	0.03	22.16bB	3.29	12.50abAB	0.50
20	20.28cC	4.21	15.51aA	0.51	22.26bB	3.84	13.26aAB	0.38
25	19.86cC	4.07	14.40bB	0.40	21.31cB	3.82	13.60aA	0.75

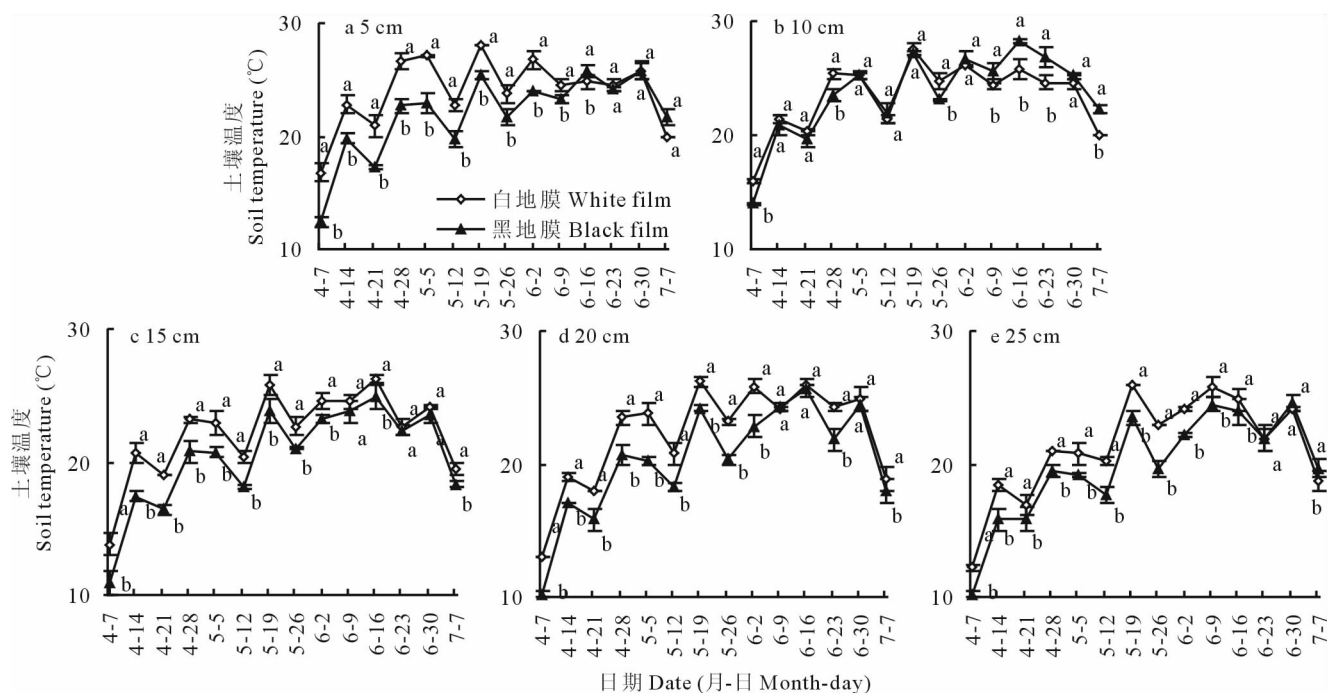


图 2 不同土层土壤温度日动态变化规律

Fig. 2 Daily dynamic variation of soil temperature in different soil layers

两者与当地气温变化相一致,其中黑色地膜较白色地膜推迟 7 d 左右。黑色和白色地膜覆盖区各土层温度在不同时期变化不同,其中黑色地膜覆盖区 5、10 和 25 cm 土层温度分别在 6 月 9 日、5 月 26 日和 6 月 16 日之前有低于白色地膜覆盖的态势,之后偏高,而 15 和 20 cm 土层温度在整个时期有低于白色地膜覆盖区的态势。黑色和白色地膜覆盖区各土层温度在不同时期存在一定差异,5 cm 土层,6 月 23 日之前黑色和白色地膜覆盖区各时期温度差异显著(图 2a);10 cm 土层,6 月 2 日之前黑色和白色地膜覆盖区温度有较显著差异(图 2b);15 cm 土层,除 6 月 9 日、6 月 23 日和 6 月 30 日 3 个时期黑色和白色地膜覆盖区温度差异不显著外,其他时期温度差异均显著(图 2c);20 cm 土层,除 6 月 9 日、6 月 16 日和 6 月 30 日 3 个时期黑色和白色地膜覆盖区温度差异不显著外,其他时期温度差异均显著(图 2d);25 cm 土层,6 月 23 日和 6 月 30 日 2 个时期黑色和白色地膜覆盖区温度差异不显著外,其他时期温度差异均显著(图 2e)。

### 2.3 黑色地膜和白色地膜对玉米田杂草的防效

全膜双垄沟播栽培中采用黑色地膜覆盖对阔叶杂草和禾本科杂草均具有彻底的防除作用,杂草发生量极显著低于白色地膜覆盖区(表 3)。黑色地膜覆盖区阔叶杂草密度和鲜质量分别被控制在 1.36~4.09 株/m<sup>2</sup> 和 0.11~0.66 g/m<sup>2</sup>,株防效和鲜质量防效分别达 97.56%~98.13%和 99.53%~99.91%;禾本科杂草密度和鲜质量分别被控制在 1.36 株/m<sup>2</sup> 和 0.02~0.06 g/m<sup>2</sup>,株防效和鲜质量防效分别达 97.38%~98.24%和 99.98%~99.99%。

表 3 黑色地膜对全膜双垄沟播玉米田杂草的防效

Table 3 Weeds control effect of black plastic film on the double furrow sowing maize field

日期 Date (月-日 Month- day)	处理 Treatment	阔叶杂草 Broadleaf weeds				禾本科杂草 Gramineous weeds			
		密度 Density (株 plants/ m <sup>2</sup> )	株防效 Plant control effect (%)	鲜质量 Fresh weight (g/m <sup>2</sup> )	鲜质量防效 Control effect of fresh weight (%)	密度 Density (株 plants/ m <sup>2</sup> )	株防效 Plant control effect (%)	鲜质量 Fresh weight (g/m <sup>2</sup> )	鲜质量防效 Control effect of fresh weight (%)
5-26	白地膜覆盖 White film mulch (CK)	167.45a	—	121.50a	—	84.36a	—	250.38a	—
	黑地膜覆盖 Black film mulch	4.09b	97.56	0.11b	99.91	1.36b	97.38	0.02b	99.99
6-10	白地膜覆盖 White film mulch (CK)	72.73a	—	141.92a	—	77.45a	—	367.32a	—
	黑地膜覆盖 Black film mulch	1.36b	98.13	0.66b	99.53	1.36b	98.24	0.06b	99.98

### 2.4 黑色地膜和白色地膜对当茬玉米主要农艺性状的影响

黑色地膜对当茬玉米出苗率和穗部性状多无不良影响,其中出苗率十分接近白色地膜覆盖处理,双穗株率、穗长均较白色地膜覆盖处理略有增减,增幅分别为-1.67~1.67 百分点和-0.33~0.50 cm,穗粗、秃顶长、穗粒数、500 粒质量均较白色地膜覆盖处理略有优化,分别增加 0.05~0.10 cm、降低 0.19 cm、增加 2.33~7.93 粒和增加 2.70~11.36 g/500 粒;但对当茬玉米秆部性状及生育期有较明显影响,株高明显低于白色地膜覆盖处理,降低幅度为 3.73~4.40 cm,但未达到显著差异水平,株高整齐度显著低于白色地膜覆盖处理,降低幅度 1.69~2.47,生育期较白色地膜覆盖处理显著延长,延长幅度 2.3~3.3 d(表 4)。

### 2.5 黑色地膜和白色地膜对一膜两用玉米主要农艺性状的影响

黑色地膜对一膜两用玉米的出苗率、株高、株高整齐度、双穗株率、生育期、穗长、穗粗、秃顶长、穗粒数和 500 粒质量均较白色一膜两用略有增减,差异不显著,分别降低 0.13 百分点、降低 1.38 cm、降低 0.19、增加 0 百分点、增加 1.7 d、降低 0.46 cm、降低 0.23 cm、增加 0.10 cm、增加 20.80 粒/穗和降低 0.30 g/500 粒(表 5)。

### 2.6 黑色地膜和白色地膜对当茬玉米和一膜两用玉米产量的影响

从表 6 看出,全膜双垄沟播栽培中选用黑色地膜覆盖对当茬和一膜两用玉米均有一定的增产作用,其产量分别达到 12035.35 和 11095.96 kg/hm<sup>2</sup>,较白色地膜分别增产 5.40%和 9.52%。

表 4 黑色地膜对当茬玉米主要农艺性状的影响

Table 4 Effects of black film on maize main agronomic characters of the first stubble

年份 Year	处理 Treatment	出苗率 Seedling rate (%)	株高 Plant height (cm)	株高整齐度 Uniformity of plant height	双穗株率 Double spike rate (%)	生育期 Birth stage (d)	穗长 Spike length (cm)	穗粗 Spike width (cm)	秃顶长 Bald (cm)	穗粒数 Grain number per ear	500粒质量 500 grain mass (g)
2011	白地膜覆盖 White film mulch (CK)	97.00a	44.00a	17.36a	20.00a	135.0b	18.68a	4.97a	—	497.15a	167.85a
	黑地膜覆盖 Black film mulch	97.00a	39.60a	14.89b	18.33a	137.3a	18.35a	5.02a	—	499.48a	170.55a
	较CK增加 Increased (compared with CK)	0.00	-4.40	-2.47	-1.67	2.3	-0.33	0.05	—	2.33	2.70
2012	白地膜覆盖 White film mulch (CK)	89.79a	109.50a	13.08a	3.33a	124.0b	17.38a	5.00a	1.63a	538.07a	164.17a
	黑地膜覆盖 Black film mulch	89.82a	105.77a	11.39b	5.00a	127.3a	17.88a	5.10a	1.44a	546.00a	175.53a
	较CK增加 Increased (compared with CK)	0.03	-3.73	-1.69	1.67	3.3	0.50	0.10	-0.19	7.93	11.36

表 5 黑色地膜对一膜两用玉米主要农艺性状的影响

Table 5 Effects of black film on maize main agronomic characters of dual purpose membrane

处理 Treatment	出苗率 Seedling rate (%)	株高 Plant height (cm)	株高整齐度 Uniformity of plant height	双穗株率 Double spike rate (%)	生育期 Birth stage (d)	穗长 Spike length (cm)	穗粗 Spike width (cm)	秃顶长 Bald (cm)	穗粒数 Grain number per ear	500粒质量 500 grain mass (g)
白地膜覆盖 White film mulch (CK)	89.90a	83.54a	7.66a	0.00a	122.6a	18.53a	5.18a	1.74a	550.13a	155.80a
黑地膜覆盖 Black film mulch	89.77a	82.16a	7.47a	0.00a	124.3a	18.07a	4.95a	1.84a	570.93a	155.50a
较CK增加 Increased (compared with CK)	-0.13	-1.38	-0.19	0.00	1.7	-0.46	-0.23	0.10	20.80	-0.30

表 6 黑色地膜对当茬玉米和一膜两用玉米产量的影响

Table 6 Effects of black film on maize yield of the first stubble and dual purpose membrane

处理 Treatment	当茬玉米 The first stubble			一膜两用玉米 Dual purpose membrane		
	小区产量 Plot yield (kg/19.8 m <sup>2</sup> )	折合产量 Equivalent yield (kg/hm <sup>2</sup> )	较CK增产 Increased (compared with CK, %)	小区产量 Plot yield (kg/19.8 m <sup>2</sup> )	折合产量 Equivalent yield (kg/hm <sup>2</sup> )	较CK增产 Increased (compared with CK, %)
白地膜覆盖 White film mulch (CK)	22.61	11419.19	—	20.06	10131.31	—
黑地膜覆盖 Black film mulch	23.83	12035.35	5.40	21.97	11095.96	9.52

### 3 讨论

本试验得出,与白色地膜比较,黑色地膜具有提高土壤含水率的作用,这是由于黑色地膜不易透光,地膜覆盖土壤中的水分不能直接蒸发掉,当土壤水分蒸发到地表时,受到地膜的阻隔作用,形成水珠在薄膜的下面,然后再回到土壤中,这样就减少了土壤水分的蒸发量,保持了良好的土壤墒情,维持稳定的土壤含水率,这与国内一些学者的报道一致<sup>[17]</sup>。同时黑色地膜也能引起土壤含水率消长态势的变化,黑色地膜各土层土壤含水率在前期均稍低于白色地膜,后期均明显高于白色地膜;黑色地膜各土层土壤含水率在全测定期的消长趋势均呈单峰型,与白色地膜覆盖区相似,但波动幅度均小于白色地膜。黑色和白色地膜覆盖区最高含水率均出现在5月中旬至6月上旬,两者与当地降雨变化相一致。

温度是影响出苗的最大环境因子,通常也是主导因子<sup>[18-19]</sup>。本试验得出,与白色地膜比较,黑色地膜具有降

低土壤温度的作用,同时也引起土壤温度消长态势的变化,表明黑色地膜能调节地温和稳定地温,这与国内的一些研究结果一致<sup>[20]</sup>。黑色地膜覆盖区 5、10 和 25 cm 土层温度在前期均明显低于白色地膜覆盖区,后期均略高于白色地膜覆盖区,而 15 和 20 cm 土层温度在整个测定期内均低于白色地膜覆盖区;黑色地膜覆盖区各土层土壤温度在全测定期的消长趋势均呈抛物线型,其形态与白色地膜相似,但波动幅度均大于白色地膜。

全膜双垄沟播田草害持续防控技术的研究与推广是生产上亟待解决的问题,覆膜前垄面(含垄沟)施用土壤封闭性除草剂是有效控制杂草危害的关键途径。杂草群落物种丰富度是指被调查田块中同期出现的所有杂草种类,其值随季节或作物生育时期的推移呈规律性的变化<sup>[21-22]</sup>。杂草密度是衡量田间杂草发生程度的重要指标之一,其大小受土壤含水率、栽培方式、土壤肥力、前茬、生态空间、季节等因素的影响<sup>[23-24]</sup>。本试验得出,与白色地膜相比,全膜双垄沟播玉米田覆盖的黑色地膜对阔叶杂草和禾本科杂草的株防效和鲜重防效均达 97% 和 99% 以上,表明全膜双垄沟播玉米生产中采用黑色地膜覆盖,对田间杂草具有彻底的抑制作用。

玉米株高、株高整齐度及成穗株率是玉米的主要农艺性状,与玉米产量水平密切相关<sup>[25]</sup>。本试验结果表明,与白色地膜比较,黑色地膜具有抑制玉米株高、降低株高整齐度和延长生育期的作用。当茬栽培中,玉米株高、株高整齐度较白色地膜分别降低 3.73~4.40 cm 和 1.69~2.47,生育期较白色地膜延长 2.3~3.3 d。黑色地膜对当茬和一膜两用玉米均有一定的增产,其产量分别较白色地膜增加 5.40% 和 9.52%。

#### 4 结论

黑膜有提高土壤含水率的作用,各土层土壤含水率均呈单峰型消长动态,黑膜的波动幅度均小于白膜。黑膜有降低土壤温度的作用,黑色和白色地膜覆盖下各土层土壤温度均呈抛物线型消长动态,但黑膜的波动幅度均大于白膜。黑膜对阔叶杂草和禾本科杂草的植株密度和地上部鲜质量有防治作用,对玉米出苗率、成穗率、穗长、穗粗、秃顶长等性状无明显影响,但对玉米株高、株高整齐度、生育期、产量有影响。

#### 参考文献 References:

- [1] Li L X, Liu G C, Yang Q F, *et al.* Research and application development for the techniques of whole plastic-film mulching on double ridges and planting in catchment furrows in dry land. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27(1): 114-118.  
李来祥, 刘广才, 杨祁峰, 等. 甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应用进展. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(1): 114-118.
- [2] Liu G C, Yang Q F, Li L X, *et al.* Effects of yield-increasing on techniques of whole plastic-film mulching on double ridges and planting in catchment furrows of dry-land maize. *Research of Agricultural Modernization*, 2009, 30(6): 739-743.  
刘广才, 杨祁峰, 李来祥, 等. 旱地玉米全膜双垄沟播技术增产效果研究. *农业现代化研究*, 2009, 30(6): 739-743.
- [3] Yue D C, Cao Y F, Ding Z Y, *et al.* Natural precipitation redistribution in the cultivation of whole plastic-film mulching on double ridges ditch sowing. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2011, 30(4): 48-52.  
岳德成, 曹亚芬, 丁志远, 等. 全膜双垄沟播栽培对自然降水再分配规律研究. *灌溉排水学报*, 2011, 30(4): 48-52.
- [4] Wang J, Li J M. Effect of different film species and mulched period on ditch sowing corn in double mulched with plastic film. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2011, (2): 18-20.  
王军, 李继明. 地膜种类和覆膜时期对全膜双垄沟播玉米的影响. *甘肃农业科技*, 2011, (2): 18-20.
- [5] Stevan Z K, Saen P E, Erin E B, *et al.* Critical period for weed control: the conception and data analysis. *Weed Science*, 2002, 50(6): 773-786.
- [6] Grundy A C. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Science*, 2003, 51(1): 1-11.
- [7] Grundy A C, Mead A. Modeling weed emergence as a function of meteorological records. *Weed Science*, 2000, 48(5): 594-603.
- [8] Roman E S, Murphy S D, Swanton C J. Simulation of chenopodium album seedling emergence. *Weed Science*, 2000, 48(2): 217-224.
- [9] Forcella F, Benesch-Arnold R L, Sanchez R, *et al.* Modeling seedling emergence. *Field Crop Research*, 2000, 67(2): 123-139.
- [10] Qiang S, Li G Y. Occurrence of summer weed species in the turf in Nanjing city and their control. *Acta Prataculturae Sinica*, 2000, 9(1): 48-54.  
强胜, 李广英. 南京市草坪夏季杂草分布特点及防控措施研究. *草业学报*, 2000, 9(1): 48-54.
- [11] Li S L, Ni H W, Zhang L. The response of emergence of common crabgrass and redroot amaranth to the temperature and



- soil moisture. *Acta Prataculturae Sinica*, 1999, 8(1): 58-61.
- 李善林, 倪汉文, 张丽. 苋菜、马唐出土对温度、水分的反应. *草业学报*, 1999, 8(1): 58-61.
- [12] Zhu J J, Qiang S. Effect of meteorological factors on emergence of winter turfweeds in Nanjing. *Acta Prataculturae Sinica*, 2005, 14(2): 33-37.
- 朱晶晶, 强胜. 气象因子对南京市草坪冬季杂草发生规律的影响. *草业学报*, 2005, 14(2): 33-37.
- [13] Li F, Sun D X, Li C D, *et al.* Semi arid area of the whole film double furrow sowing technique rules. *Agricultural Science-Technology and Information*, 2013, (7): 19-20.
- 李福, 孙多鑫, 李城德, 等. 半干旱地区全膜双垄沟播技术规程. *农业科技与信息*, 2013, (7): 19-20.
- [14] Ma K P, Liu Y M. A method for measuring the diversity of biological communities, the measurement method of I  $\alpha$  diversity (next). *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(4): 231-239.
- 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(下). *生物多样性*, 1994, 2(4): 231-239.
- [15] Ma K P, Liu C R, Liu Y M. A method for measuring the diversity of biological communities, the measurement method of II  $\beta$  diversity. *Chinese Biodiversity*, 1995, 3(1): 38-43.
- 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II  $\beta$  多样性的测度方法. *生物多样性*, 1995, 3(1): 38-43.
- [16] Tang Q Y, Feng M G. *Practical Statistical Analysis and DPS Data Processing System*[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- 唐启义, 冯明光. *实用统计分析及其 DPS 数据处理系统*[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [17] Li X L. Effects of plastic mulching to temperature and moisture of soil and to growth of seedlings. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2013, (1): 74-75.
- 李晓黎. 地膜覆盖技术对土壤温湿条件及苗木生长的影响. *山东林业科技*, 2013, (1): 74-75.
- [18] Clobach N, Durr C, Chauvel B, *et al.* Effect of environmental conditions on *Alopecurus myosuroides* germination. I. effect of temperature and light. *Weed Research*, 2002, 42(3): 210-221.
- [19] Robert E B, Randall N B. Soil temperature and soil water effects on henbit emergence. *Weed Science*, 2002, 50(4): 494-497.
- [20] Liu X, Zhang Y X, Wang R, *et al.* Effects of different covering materials on soil temperature and vegetative growth of carrot. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2010, 45(5): 79-83.
- 刘霞, 张玉鑫, 王锐, 等. 不同地膜覆盖对土壤温度和胡萝卜营养生长的影响. *甘肃农业大学学报*, 2010, 45(5): 79-83.
- [21] Wei S H, Zhang C X, Zhai G Y, *et al.* Species composition and characterization of weed community in maize fields in Hebei Province. *Acta Phytopylacica Sinica*, 2006, 33(2): 212-218.
- 魏守辉, 张朝贤, 翟国英, 等. 河北省玉米田杂草组成及群落特征. *植物保护学报*, 2006, 33(2): 212-218.
- [22] Yin L C, Cai Z C. The effects of long-term different fertilization on the biodiversity of weeds in maize field. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(2): 220-222.
- 尹力初, 蔡祖聪. 长期不同施肥对玉米田间杂草生物多样性的影响. *土壤通报*, 2005, 36(2): 220-222.
- [23] Xu Y L, Li C J, Li Z L. Effects of corn rotation and continuous cropping system on weed population. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(4): 37-40.
- 许艳丽, 李春杰, 李兆林. 玉米连作、迎茬和轮作对田间杂草群落的影响. *生态学杂志*, 2004, 23(4): 37-40.
- [24] Shrestha A, Knezdric S Z, Roy R C, *et al.* Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research*, 2002, 42(1): 76-87.
- [25] Liu X Y, Wei X Y, Chen H, *et al.* Identification of heterotic loci for plant traits using chromosomal segment substitution lines test population in maize. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(7): 1179-1188.
- 刘晓阳, 卫晓轶, 陈浩, 等. 玉米主要植株性状的杂种优势位点分析. *中国农业科学*, 2017, 50(7): 1179-1188.