

3 种地膜在不同覆膜方式下的控草效果及对玉米生长发育的影响

岳德成^{1#}, 吴崇义^{2#*}, 史广亮^{1*}, 姜延军¹,
李青梅¹, 柳建伟¹, 韩菊红¹, 胡冠芳³

(1. 甘肃省平凉市农业科学院, 平凉 744000; 2. 甘肃省泾川县蔬菜生产办公室, 泾川 744300;
3. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070)

摘要 在陇东旱塬区杂草严重发生条件下, 试验测定了 3 种地膜在不同覆膜方式下的控草效果及对玉米生长发育的影响。结果表明, 化学除草地膜和黑色地膜以全膜双垄沟播、半膜平作和半膜垄作方式覆膜, 对阔叶杂草的株防效和鲜重防效均在 93% 以上, 对禾本科杂草的株防效和鲜重防效均在 76% 以上; 白色地膜以半膜垄作和半膜平作方式覆膜对阔叶杂草有一定的控制作用, 但对禾本科杂草作用微弱或无效, 以全膜双垄沟播方式覆膜可引起杂草大量发生。化学除草地膜和黑色地膜以全膜双垄沟播方式覆膜, 均可明显改善玉米主要农艺性状, 显著提高玉米产量及效益, 玉米产量较半膜垄作分别增产 22.17% 和 24.78%、较半膜平作分别增产 9.23% 和 5.74%, 纯收益较半膜垄作分别增加 3 553.13 元/hm² 和 3 828.78 元/hm²、较半膜平作分别增加 1 343.46 元/hm² 和 736.30 元/hm²; 白色地膜以全膜双垄沟播、半膜平作和半膜垄作方式覆膜, 玉米主要农艺性状、产量及经济效益均较覆盖化学除草地膜和黑色地膜有明显下降。因此, 在杂草严重或较重发生的地区, 推荐采取化学除草地膜和黑色地膜全膜双垄沟播方式覆膜。

关键词 地膜种类; 覆膜方式; 控草效果; 玉米产量; 纯收益

中图分类号: S 451.1 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2017311

Influences of film mulching methods on growth and development of maize and weed control effect

YUE Decheng¹, WU Chongyi², SHI Guangliang¹, JIANG Yanjun¹,
LI Qingmei¹, LIU Jianwei¹, HAN Juhong¹, HU Guanfang³

(1. Pingliang Institute of Agricultural Sciences, Pingliang 744000, China;
2. The Vegetable Production Office in Jingchuan County, Gansu Province, Jingchuan 744300, China;
3. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract The influences of film mulching methods on the growth and development of maize and weed control effect were measured in the severe weed-occurring areas in the arid loess plateau of the eastern Gansu Province. The results showed that the control effect of chemical weed mulching film and black plastic film on weed stem and fresh weight were above 93% for broad-leaved weeds and above 76% for gramineae weeds, respectively. Semi-film ridge planting and semi-film flat planting with white plastic films had certain control effect on broad-leaved weeds, but no obvious effect on gramineous weeds. However, whole field surface mulching and double ridge-furrow planting with white plastic films might cause of the outbreak of weeds. The main agronomic characters, yield and economic benefit were obviously improved when the corn field covered with chemical weed mulching films and black plastic films in whole field surface mulching and double ridge-furrow planting, with the yield of maize increased by 22.17% and 24.78%, respectively, compared to that in semi-film ridge planting, and increased by

收稿日期: 2017-08-17 修订日期: 2017-09-13

基金项目: 甘肃省科技支撑计划项目(1011NKCA065); 甘肃省农业科学院院地科技合作项目(2015GAAS07); 平凉市农业科学院科技计划项目(2014018); 公益性行业(农业)科研专项(201303022)

* 执笔作者 E-mail: 1723753594@qq.com; 1046696123@qq.com
为并列第一作者

9.23% and 5.74%, respectively, compared to that in semi-film flat planting. The net income increased by 3 553.13 and 3 828.78 yuan/hm² compared with that in semi-film ridge planting, and 1 343.46 and 736.30 yuan/hm² compared with that in semi-film flat planting, respectively. The chemical weed mulching film and black plastic film were recommended for the control of weeds in the corn field.

Key words mulch type; film mulching method; weed control effect; maize yield; net income

玉米 *Zea mays* 是我国仅次于水稻的主要粮食作物,也是我国重要的饲料作物,采取有效措施提高玉米产量对于保障国家粮食安全、促进畜牧产业发展、增加农民收入具有十分重要的意义^[1]。陇东地区是甘肃省重要的玉米生产基地之一,亦是典型的旱作农业区,该地区地形复杂,塬、山(台)、川地兼有,以塬、山地为主,“十年九旱”是其最基本的气候特点,深化研究和大力推广覆膜栽培技术是持续稳定提高玉米产量的根本途径之一。全膜双垄沟播玉米栽培中应用的地膜种类主要有普通白色地膜(以下简称白色地膜)、化学除草地膜和黑色地膜,其中白色地膜由于具有优良的保墒、增温作用被广泛应用于玉米等多种作物生产,但对田间杂草控制作用较差;化学除草地膜是一类含有化学除草剂的新型地膜,除了具有白色地膜功能外还具有很好的控草效应,现已成功应用于甘蔗、花生、马铃薯、棉花、茄果类、瓜类等作物田^[2-9];黑色地膜是一种含有阳光屏蔽剂(黑色母粒)的地膜,具有很好的保墒和控草效果,现成功应用于果树、生态林、马铃薯、甘薯、花生、蔬菜、棉花等作物田^[10-15]。目前,白色地膜在玉米田的应用已有大量的研究报道,对黑色地膜和化学除草地膜在玉米田的应用亦有一定的研究报道^[16-21],但有关白色地膜在杂草严重发生或较重发生玉米田的适宜覆膜方式及化学除草地膜和黑色地膜不同覆膜方式对玉米田杂草的综合效应则鲜有报道。为此,本文开展了化学除草地膜、黑色地膜和白色地膜在不同覆膜方式下的除草效果及对玉米出苗、株高、茎粗、株高整齐度、产量性状、产量、经济效益影响研究,以期为玉米覆膜栽培提供最佳的覆膜方式,尽可能地发挥地膜在控草、增产和增收方面的综合效应。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在甘肃省平凉市农业科学院高平试验站(35°17′26.6″N,107°29′43.8″E),该站位于六盘山以东的泾川县南部旱塬区,海拔 1 360 m,年降水量 540 mm,主要降水期集中在 7 月—9 月,年蒸发量

1 466.55 mm,冬季至初夏干燥少雨,属典型的旱作农业区。试验地地块平整,地力均匀一致,土层厚度 80~100 m,土壤质地中壤土,田间持水量 24.3%,土壤有机质 16.06 g/kg, pH 8.31,前茬作物为玉米;田间杂草发生密度大(总草密度 206.44 株/m²)且分布均匀,其优势种类有藜 *Chenopodium album* L.、狗尾草 *Setaria viridis* (L.) Beauv.、反枝苋 *Amaranthus retroflexus* L.、水棘针 *Amethystea caerulea* L.、刺儿菜 *Cirsium setosum* (Willd.) MB. 等。

1.2 试验材料

化学除草地膜、黑色地膜和白色地膜规格各有两种,宽度×厚度分别为 120 cm×0.01 mm 和 75 cm×0.01 mm。化学除草地膜由广州甘蔗糖业研究所广州施威特经济技术开发公司研制生产;黑色地膜和白色地膜由天水天宝塑业公司生产。玉米品种为‘先玉 335’,由美国先锋公司育成。电子数显卡尺由日本三丰株式会社生产。

1.3 试验设计

化学除草地膜(chemical weeding mulching film, CWMF)、黑色地膜(black plastic film, BPF)和白色地膜(white plastic film, WPF)分别设置全膜双垄沟播(whole field surface mulching and double ridge-furrow planting, WFSMDRP)、半膜垄作(semi-film ridge planting, SRP)和半膜平作(semi-film flat planting, SFP) 3 种覆膜方式,共 9 个处理,随机区组排列,小区面积 19.8 m²。其中全膜双垄沟播覆膜方式^[22]:田间宽、窄垄相间排布,垄宽分别为 70 cm 和 40 cm,垄高分别为 10 cm 和 15 cm,垄面用宽度 120 cm 的地膜全覆盖,2 幅地膜在宽垄中间重叠 5 cm,并用田土将重叠处压实;半膜垄作覆膜方式:田间起单垄,垄高 15 cm,垄宽 70 cm,垄间距 40 cm,垄面用宽度 75 cm 的地膜覆盖,垄两侧膜面边缘用田土压实,垄与垄之间的地面裸露;半膜平作覆膜方式:田间不起垄,直接用宽度 120 cm 的地膜覆盖地面,膜面边缘用田土压实,覆膜带之间保留 40 cm 的裸露带。

于顶凌期(3 月 11 日)依次平整土地、撒施基肥

(尿素和磷酸二铵的施入量均为 300 kg/hm²)和浅耕耙耱土壤;随后,按各处理设计要求起垄和覆膜;播种期(4月21日),用点播器在膜面上打孔穴点播玉米,其中全膜双垄沟播和半膜垄作方式分别播种于垄沟内和垄肩部,穴距均为 27.5 cm,每穴 2 粒,半膜平作方式每幅膜面上等行距播种 3 行,穴距 28.6 cm,每穴 2 粒;间苗时每穴选留 1 株健壮植株,植株密度 66 000 株/hm²;玉米大喇叭口期,追施尿素 1 次,施用量 225 kg/hm²,用点播器在玉米植株间打孔点施于土壤内;玉米全生育期,各小区的膜内外杂草均不再受人为干预,让其自然生长,裸露带内的杂草及时人工拔除,其他管理措施同大田。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 除草效果调查

玉米播后 40 d,调查除草效果,每小区对角线 3 点取样,样点面积 0.25 m²,各样点均在覆膜区域内选取,记载样点内各种杂草株数并称取鲜重,以全膜双垄沟播覆盖白色地膜处理为对照计算防效。

1.4.2 玉米出苗调查

玉米 2 叶 1 心期调查出苗情况,每小区隔 1 行调查 1 行,共调查 3 行,每行连续 10 穴,逐穴记载出苗数。

1.4.3 玉米株高测定

玉米拔节期(5月20日)、小喇叭口期(6月5日)、孕穗期(7月3日)和成熟期(9月1日)各测量 1 次株高,每次每小区对角线 3 点取样,每点随机测量 10 株。

1.4.4 玉米茎粗测定

玉米成熟期测量 1 次茎粗,每小区随机选取代表性植株 5 株,每株在第 3 茎节(从植株下部至上部)中部用电子数显卡尺量取茎秆最大直径。

1.4.5 玉米经济性状及籽粒产量测定

玉米收获前,调查各小区有效果穗数;玉米成熟后,按小区单独收获和晾晒,待籽粒充分干燥后,按小区考种、脱粒并计产,考种时每小区随机选取 30 果穗,逐穗记载穗粗、穗有效长(穗部实际结实部分的长度)和穗粒数,每小区测定 3 次百粒重。相关评价指标的计算公式^[23]如下:

$$p_{\text{株}} = \frac{(d_0 - d_1) \times 100\%}{d_0};$$

$$p_{\text{鲜重}} = \frac{(\omega_0 - \omega_1) \times 100\%}{\omega_0} \quad CV = \frac{S}{\bar{X}};$$

$$p_{\text{出苗}} = \frac{N \times 100\%}{N_0};$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad U = \frac{1}{CV};$$

式中: $p_{\text{株}}$ 、 $p_{\text{鲜重}}$ 分别为株防效和鲜重防效; d_0 、 d_1 分别为对照区和处理区杂草株数; ω_0 、 ω_1 分别为对照区和处理区杂草鲜重; $p_{\text{出苗}}$ 为出苗率; N 、 N_0 分别为出苗数和播种种子数; S 为株高标准差; n 为株数; i 为株序号; X_i 为第 i 株高度; $\bar{X}$ 为株高平均数; CV 为株高变异系数; U 为株高整齐度。

1.5 数据统计分析

利用 Excel 2007 和 DPS 7.05 统计软件进行数据处理分析,用 Duncan 氏新复极差法比较处理间差异显著性。

2 结果与分析

2.1 3 种地膜在不同覆膜方式下的控草效果

由表 1 可知,化学除草地膜以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜,对阔叶杂草的株防效均在 97% 以上,鲜重防效均在 98% 以上,各覆膜方式间均无显著差异($P > 0.05$,下同);对禾本科杂草的株防效均在 80% 以上,各覆膜方式间无显著差异,鲜重防效均在 76% 以上,全膜双垄沟播和半膜垄作的极显著高于半膜平作($P < 0.01$,下同)。黑色地膜以上述 3 种方式覆膜,对阔叶杂草的株防效和鲜重防效均在 93% 以上,其中株防效在各覆膜方式间无显著差异,鲜重防效全膜双垄沟播显著低于半膜垄作和半膜平作,对禾本科杂草的株防效和鲜重防效均在 96% 以上,各覆膜方式间均无显著差异。白色地膜以上述 3 种方式覆膜均可引起杂草不同程度的发生,发生程度为全膜双垄沟播 > 半膜平作 > 半膜垄作,半膜垄作对阔叶杂草的株防效和鲜重防效分别为 63.46% 和 83.19%,对禾本科杂草的株防效和鲜重防效分别为 24.14% 和 30.63%;半膜平作对阔叶杂草的株防效和鲜重防效分别为 34.84% 和 81.75%,对禾本科杂草无效。

综上,对于化学除草地膜和黑色地膜,选用 3 种覆膜方式中的任何一种均能有效控制玉米田杂草的发生与危害;对于白色地膜,选用半膜垄作或半膜平作覆膜对阔叶杂草亦有一定的控制作用,但对禾本科杂草作用微弱或无效,选用全膜双垄沟播可引起各类杂草严重发生。

表 1 3 种地膜在不同覆膜方式下的除草效果¹⁾

Table 1 Weed control effects of three plastic films under different mulching methods

地膜种类 Film type	覆膜方式 Film mulching pattern	阔叶杂草 Broadleaf weeds				禾本科杂草 Gramineous weeds			
		密度/ 株·m ⁻²	株防效/% Control effect on plant number	鲜重/ g·m ⁻²	鲜重防效/% Control effect on fresh weight	密度/ 株·m ⁻²	株防效/% Control effect on plant number	鲜重/ g·m ⁻²	鲜重防效/% Control effect on fresh weight
		Weed density		Fresh weight		Weed density		Fresh weight	
化学除草地膜 CWMF	半膜平作 SFP	0.89	99.43 abA	0.32	99.95 aA	47.11	81.82 bA	215.71	76.95 cC
	半膜垄作 SRP	3.56	97.73 abA	13.20	98.14 aA	28.00	89.19 abA	94.49	89.90 bB
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	0.00	100.00 aA	0.00	100.00 aA	23.56	90.91 abA	77.61	91.71 bB
黑色地膜 BPF	半膜平作 SFP	9.77	93.77 bA	5.08	99.28 aA	8.00	96.91 aA	2.31	99.75 aA
	半膜垄作 SRP	4.00	97.45 abA	4.51	99.36 aA	7.11	97.26 aA	1.87	99.80 aA
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	9.77	93.77 bA	44.83	93.67 bB	9.33	96.40 aA	4.45	99.52 aA
白色地膜 WPF	半膜平作 SFP	102.23	34.84 dC	129.23	81.75 cC	528.00	—103.77 dC	1 376.81	—47.10 eE
	半膜垄作 SRP	57.33	63.46 cB	119.03	83.19 cC	196.56	24.14 cB	649.33	30.63 dD
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	156.89	—	708.16	—	259.11	—	935.99	—

1) 表中 CWMF、BPF、WPF、SFP、SRP 和 WFSMDRP 分别为 chemical weed mulching film、black plastic film、white plastic film、semi-film flat planting、semi-film ridge planting 和 whole field surface mulching and double ridge-furrow planting 的英文缩写; 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。
CWMF, BPF, WPF, SFP, SRP and WFSMDRP are English abbreviations for chemical weeding mulching film, black plastic film, white plastic film, semi-film flat planting, semi-film ridge planting and whole field surface mulching and double ridge-furrow planting, respectively. Different uppercase and lowercase letters within the same column indicate significant difference at $P<0.01$ and $P<0.05$ levels by Duncan's new multiple range test, respectively. The same below.

2.2 3 种地膜的覆膜方式对玉米出苗的影响

由表 2 可知,化学除草地膜、黑色地膜及白色地膜在不同覆膜方式下的玉米出苗率分别高于

94.43%、95.53%和 95.57%,覆膜方式间无显著差异。可见,地膜种类及其覆膜方式对玉米出苗均无明显影响。

表 2 不同覆膜方式下的玉米出苗率¹⁾

Table 2 Germination rates of maize under different mulching methods

地膜种类 Film type	覆膜方式 Film mulching pattern	各重复出苗率/% Repetitive rate of emergence			平均出苗率/% Average seedling rate
		I	II	III	
化学除草地膜 CWMF	半膜平作 SFP	100.0	100.0	95.0	(98.33±2.89)aA
	半膜垄作 SRP	98.3	93.3	91.7	(94.43±3.44)aA
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	93.3	95.0	95.0	(94.43±0.98)aA
黑色地膜 BPF	半膜平作 SFP	96.7	98.3	100.0	(98.33±1.65)aA
	半膜垄作 SRP	98.3	95.0	93.3	(95.53±2.54)aA
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	95.0	93.3	98.3	(95.53±2.54)aA
白色地膜 WPF	半膜平作 SFP	96.7	95.0	95.0	(95.57±0.98)aA
	半膜垄作 SRP	98.3	98.3	95.0	(97.20±1.90)aA
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	100.0	96.7	93.3	(96.67±3.35)aA

1) 表中数据为平均值±标准误。下同。
The data in the table are mean±SE. The same below.

2.3 3 种地膜的覆膜方式对玉米株高、茎粗及株高整齐度的影响

化学除草地膜分别以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜时,玉米的株高、株高整齐度和茎粗均有全膜双垄沟播>半膜垄作>半膜平作,其中株高,在玉米全生育时期均有全膜双垄沟播模式极显著高于半膜平作模式、极显著或显著($P<0.05$,下同)高于半膜垄作模式;株高整齐度在玉米不同生育期表现不同,在拔节期,3 种覆膜方式无显著差异,在小喇叭口期,全膜双垄沟播模式显著高于半膜平作和半膜垄作,在孕穗和成熟期,全膜双垄沟播和半膜垄作模式极显著高于半膜平作。玉米茎粗

在 3 种覆膜方式间存在极显著差异(表 3~4)。
黑色地膜分别以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜时,玉米株高和茎粗均有全膜双垄沟播>半膜平作>半膜垄作,其中株高,在拔节和小喇叭口期,全膜双垄沟播和半膜平作模式显著或极显著高于半膜垄作,在孕穗期 3 种覆膜方式存在显著或极显著差异,在成熟期全膜双垄沟播极显著高于半膜平作和半膜垄作;茎粗,全膜双垄沟播模式极显著高于半膜平作和半膜垄作。玉米株高整齐度,在拔节期和孕穗期均有全膜双垄沟播>半膜平作>半膜垄作,其中拔节期,全膜双垄沟播模式显著高于半膜垄作,孕穗期 3 种覆膜方式存在显著或极显著差异;在小喇叭口

期和成熟期均有半膜平作>全膜双垄沟播>半膜垄作,其中小喇叭口期 3 种覆膜方式无显著差异,成熟期全膜双垄沟播模式极显著高于半膜垄作(表 3~4)。

白色地膜分别以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜时,玉米株高在拔节期、小喇叭口期和孕穗期均以全膜双垄沟播>半膜平作>半膜垄作,其中拔节期和小喇叭口期各覆膜方式存在显著

或极显著差异,孕穗期无显著差异;在成熟期以全膜双垄沟播<半膜平作<半膜垄作,各覆膜方式间无显著差异。玉米茎粗在各覆膜方式间无显著差异。玉米株高整齐度在拔节期和孕穗期,全膜双垄沟播模式极显著低于或稍低于半膜平作和半膜垄作,在小喇叭口期和成熟期全膜双垄沟播模式均与半膜平作和半膜垄作无显著差异(表 3~4)。

表 3 不同覆膜方式下的玉米株高及茎粗

地膜种类 Film type	覆膜方式 Film mulching patterns	株高/cm Plant height				茎粗/mm Stem diameter
		拔节期	小喇叭口期	孕穗期	成熟期	
		Jointing stage	Small flare stage	Booting stage	Mature stage	
化学除草地膜 CWMF	半膜平作 SFP	(16.81±3.55)bCD	(35.27±10.44)eBC	(162.82±21.92)cdBCD	(226.16±12.01)deCDE	(20.75±2.20)cdCDE
	半膜垄作 SRP	(17.05±3.59)bCD	(33.31±8.48)cC	(167.98±98.23)bcBC	(231.22±29.23)cdBCD	(22.66±3.24)bB
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(18.69±1.27)aAB	(45.89±6.64)aA	(194.00±22.21)aA	(248.70±26.90)bAB	(24.86±3.58)aA
黑色地膜 BPF	半膜平作 SFP	(15.47±1.22)cdDE	(32.86±9.42)cC	(148.88±4.73)dcCDE	(244.76±23.47)bcBC	(21.98±1.99)bcBC
	半膜垄作 SRP	(14.09±2.11)eE	(23.67±10.35)dD	(129.96±22.69)feF	(235.91±10.96)bcdBC	(21.75±2.63)bcBCD
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(16.56±2.59)bcCD	(35.57±6.84)cBC	(182.55±9.59)abAB	(266.66±6.99)aA	(24.46±3.00)aA
白色地膜 WPF	半膜平作 SFP	(17.33±3.33)bBC	(35.35±2.95)cBC	(134.04±26.32)efEF	(212.07±31.72)fdE	(19.32±0.93)eE
	半膜垄作 SRP	(14.87±2.26)deE	(26.24±8.55)dD	(122.61±19.77)ff	(214.32±13.29)efDE	(20.04±5.42)deDE
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(19.27±2.63)aA	(40.59±2.28)bAB	(139.04±44.30)efDEF	(209.44±35.23)fe	(20.01±5.33)deDE

表 4 不同覆膜方式下的玉米株高整齐度

地膜种类 Film type	覆膜方式 Film mulching pattern	株高整齐度 Height uniformity			
		拔节期	小喇叭口期	孕穗期	成熟期
		Jointing stage	Small flare stage	Booting stage	Mature stage
化学除草地膜 CWMF	半膜平作 SFP	(6.62±1.19)abAB	(8.54±2.07)bAB	(14.06±1.51)cB	(23.21±2.84)bB
	半膜垄作 SRP	(6.78±0.70)abA	(8.27±0.15)bcAB	(17.43±2.03)bA	(30.43±6.35)aA
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(6.98±0.72)aA	(9.87±1.19)aA	(18.09±0.81)abA	(31.26±4.13)aA
黑色地膜 BPF	半膜平作 SFP	(6.38±1.30)abcAB	(7.75±1.08)bcdB	(17.50±3.49)bA	(31.63±3.07)aA
	半膜垄作 SRP	(6.14±0.95)bcAB	(6.93±1.34)dB	(14.99±0.92)cB	(23.22±2.97)bB
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(7.04±0.96)aA	(7.20±0.48)cdB	(19.21±0.47)aA	(29.66±3.87)aA
白色地膜 WPF	半膜平作 SFP	(6.52±0.85)abAB	(8.07±1.95)bcdB	(12.03±1.41)dCD	(16.17±7.02)dC
	半膜垄作 SRP	(5.71±0.79)cdBC	(7.33±1.49)bcdB	(13.80±1.22)cBC	(19.93±1.42)cBC
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(5.09±0.72)dC	(8.43±1.42)bcAB	(11.33±2.92)dD	(17.30±1.74)cdC

试验亦表明:黑色地膜覆盖区的玉米株高在孕穗期前明显偏低,之后显著提高;白色地膜覆盖区的玉米株高在生育前期基本正常,中后期则有明显降低。其原因是,黑色地膜覆盖区的土壤温度相对较低,玉米生长发育被延缓,避免了茎秆的“早衰”,玉米中后期仍可继续生长;而白色地膜覆盖区的土壤温度相对较高,致使玉米生长发育进程加快,“早衰”特征明显,加之白色地膜覆盖区杂草发生较重,玉米生长前期杂草植株较小,对膜面的破坏性和对土壤养分、水分的耗损较小,玉米生长趋于正常,但随着玉米的生长,杂草也迅速增大增高,对膜面的破坏性和对土壤养分、水分的掠夺能力迅速增强,致使玉米茎部性状特别是株高明显降低。

因此,为了改善玉米茎部农艺性状,化学除草地

膜和黑色地膜应尽可能采取全膜双垄沟播方式覆膜,半膜平作和半膜垄作覆膜方式的作用效应相对较差;白色地膜不论以何种方式覆膜,玉米生育后期的茎部性状明显变劣。

2.4 3 种地膜的覆膜方式对玉米产量性状的影响

化学除草地膜分别以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜时,玉米单位面积果穗数以全膜双垄沟播和半膜平作显著高于半膜垄作;玉米果穗有效长度以全膜双垄沟播极显著高于半膜平作并显著高于半膜垄作;玉米穗粗在各覆膜方式间无显著差异;玉米穗粒数亦以全膜双垄沟播最高,显著高于半膜平作并稍高于半膜垄作;玉米百粒重以全膜双垄沟播>半膜平作>半膜垄作,在 3 种覆膜方式间有极显著差异(表 5)。

黑色地膜分别以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜时,玉米单位面积果穗数、穗有效长度和穗粒数均以全膜双垄沟播最高,稍高于或显著高于半膜平作和半膜垄作;果穗粗在各覆膜方式间无显著差异;百粒重以全膜双垄沟播和半膜平作的较高,极显著高于半膜垄作(表 5)。

白色地膜分别以全膜双垄沟播、半膜垄作和半膜平作方式覆膜时,玉米单位面积果穗数和果穗粗均在各覆膜方式间无显著差异;果穗有效长度以全膜双垄沟播最高,显著高于半膜垄作并稍高于半膜平作;穗

粒数和百粒重均以半膜平作>全膜双垄沟播>半膜垄作,但穗粒数在各覆膜方式间无显著差异、百粒重在各覆膜方式间有显著差异。试验结果亦表明,不论以何种方式覆膜,化学除草地膜和黑色地膜覆盖区的玉米产量性状均明显优于覆盖白色地膜(表 5)。

因此,从有效改善玉米主要产量性状的角度考虑,化学除草地膜和黑色地膜的最佳覆膜方式均应选择全膜双垄沟播覆膜,半膜平作次之,半膜垄作较差;白色地膜在杂草严重或较重发生地区或田块应尽量避免使用。

表 5 不同覆膜方式下的玉米产量性状

Table 5 Yield characters of maize under different mulching methods

地膜种类 Film type	覆膜方式 Film mulching pattern	果穗数/个·(19.8 m ²) ⁻¹ Remaining spikes of fruit	果穗有效长/cm Effective ear length	果穗粗/cm Ear diameter	穗粒数 Grain numbers per spike	百粒重/g 100-kernel mass
化学除草地膜 CWMF	半膜平作 SFP	(127.00±4.97)abAB	(19.19±0.53)cBCD	(4.79±0.03)aA	(656.29±52.47)cB	(31.20±0.28)bB
	半膜垄作 SRP	(119.33±2.87)dB	(19.68±1.48)bcABC	(4.84±0.01)aA	(664.84±17.84)bcB	(29.31±0.15)cCD
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(125.33±2.87)abcAB	(20.92±1.79)aA	(4.87±0.15)aA	(681.50±16.85)abAB	(33.26±0.11)aA
黑色地膜 BPF	半膜平作 SFP	(126.00±13.83)abcAB	(19.62±1.48)bcABC	(4.86±0.31)aA	(673.25±18.96)bcAB	(31.22±0.28)bB
	半膜垄作 SRP	(126.33±8.72)abcAB	(19.42±0.16)bcABC	(4.86±0.09)aA	(670.40±11.16)bcAB	(26.49±0.49)dE
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(129.00±2.48)aA	(20.44±1.33)abAB	(4.85±0.74)aA	(691.94±0.66)aA	(31.35±0.29)bB
白色地膜 WPF	半膜平作 SFP	(120.67±15.18)cdB	(18.54±3.18)cdCD	(4.66±0.42)aA	(619.30±16.64)dC	(30.51±0.34)bBC
	半膜垄作 SRP	(126.33±7.98)abcAB	(17.71±0.46)dD	(4.68±0.06)aA	(602.60±34.50)dC	(26.96±0.55)dE
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	(121.67±10.34)bcdAB	(18.86±0.94)cBCD	(4.68±0.18)aA	(615.81±8.14)dC	(28.86±0.12)cD

2.5 3 种地膜的覆膜方式对玉米产量及经济效益的影响

效益核算中的相关参数依次为:(1)农机费:各处理的机械耕地、耙地和脱粒费依次为 750、750、1 050 元/hm²,机械覆膜费在半膜平作、半膜垄作和全膜双垄沟播 3 种覆膜方式中分别为 529.5、750、750 元/hm²。(2)人工费:各处理的施肥(基肥和追肥)、覆膜、播种、间定苗及打叉费依次为 1 950、300、1 500、1 800、1 800 元/hm²,除草费在半膜平作、半膜垄作和双垄沟覆膜 3 种覆膜方式中分别为 405、600 和 0 元/hm²。(3)生产资料费:各处理的尿素、磷酸二铵、种子费依次为 840、900 和 720 元/hm²,化学除草地膜和黑色地膜成本在半膜平作、半膜垄作、双垄沟覆膜 3 种覆膜方式中均依次为 1 083.6、984.9、1 575 元/hm²,白色地膜成本在半膜平作、半膜垄作、双垄沟覆膜 3 种覆膜方式中依次为 1 006.20、914.55、1 462.50 元/hm²。(4)玉米市场价格 1.70 元/kg。

测定和核算结果(表 6)表明,化学除草地膜覆膜栽培中,玉米产量和纯收益均以全膜双垄沟播覆膜方式>半膜平作覆膜方式>半膜垄作覆膜方式,

3 种覆膜方式间存在极显著差异,全膜双垄沟播覆膜较半膜平作和半膜垄作覆膜分别增产 9.23%和 22.17%,分别增收 1 343.46 和 3 553.13 元/hm²;黑色地膜覆膜栽培中,玉米产量和纯收益亦均以全膜双垄沟播覆膜方式>半膜平作覆膜方式>半膜垄作覆膜方式,全膜双垄沟播显著高于半膜平作并极显著高于半膜垄作,全膜双垄沟播较半膜平作和半膜垄作分别增产 5.74%和 24.78%,分别增收 736.30 和 3 828.78 元/hm²。白色地膜覆膜栽培中,玉米产量和纯收益均以半膜平作覆膜方式>全膜双垄沟播覆膜方式>半膜垄作覆膜方式,半膜平作显著高于全膜双垄沟播并极显著高于半膜垄作,半膜平作较全膜双垄沟播和半膜垄作分别增产 5.44%和 11.16%,分别增收 1 079.64 和 1 897.46 元/hm²,但以全膜双垄沟播、半膜平作和半膜垄作覆膜方式覆膜的玉米产量和纯收入均极显著低于覆盖化学除草地膜和覆盖黑色地膜,较相应覆膜方式覆盖化学除草地膜分别减产 23.87%、12.32%和 11.78%,分别减少纯收入 4 547.88、2 124.78 和 1 812.57 元/hm²,较相应覆膜方式覆盖黑色地膜分别减产 22.71%、13.84%和 8.53%,分别减少

纯收入 4 254.88、2 438.94 和1 243.92元/hm²。

可见,为了充分发挥化学除草地膜和黑色地膜的增产增收效应,实现玉米产量及其经济效益的最大化,生产上应将化学除草地膜和黑色地膜的覆膜方式

选择为全膜双垄沟播,尽量避免选用半膜平作特别是半膜垄作方式;白色地膜以各种方式覆膜,均可引起玉米产量和经济效益的明显降低,甚至入不敷出,在杂草发生较重的地区或田块应尽量避免应用白色地膜。

表 6 不同覆膜方式下的玉米产量及其经济效益

Table 6 Yield and economic benefits of maize under different mulching methods						
地膜种类 Film type	覆膜方式 Film mulching pattern	小区产量/kg·(19.8 m ²) ⁻¹ Yield per plot	折合产量/kg·(hm ²) ⁻¹ Equivalent average yield	产值/元·(hm ²) ⁻¹ Equivalent yield	成本/元·(hm ²) ⁻¹ Cost	纯收益/元·(hm ²) ⁻¹ Net income
化学除草地膜	半膜平作 SFP	20.81±1.97	10 513.05 bC	17 872.19	14 378.10	3 494.09
	CWMF 半膜垄作 SRP	18.60±0.48	9 399.60 cD	15 979.32	14 694.90	1 284.42
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	22.73±0.64	11 483.85 aA	19 522.55	14 685.00	4 837.55
黑色地膜	半膜平作 SFP	21.17±1.03	10 697.85 bBC	18 186.35	14 378.10	3 808.25
	BPF 半膜垄作 SRP	17.94±0.30	9 065.10 cDD	15 410.67	14 694.90	715.77
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	22.39±1.26	11 311.50 aAB	19 229.55	14 685.00	4 544.55
白色地膜	半膜平作 SFP	18.24±2.62	9 217.65 cD	15 670.01	14 300.70	1 369.31
	WPF 半膜垄作 SRP	16.41±0.77	8 292.00 eE	14 096.40	14 624.55	-528.15
	全膜双垄沟播 WFSMDRP	17.30±1.66	8 742.45 dDE	14 862.17	14 572.50	289.67

3 结论与讨论

覆膜栽培技术的增产增收效果是由其相应覆膜方式的集水效应与地膜的保墒、增温、控草效应综合作用的结果。覆膜后适宜的土壤理化性状、充足的土壤湿度及良好的外界环境是确保化学除草地膜中除草剂成分充分释放和有效利用的前提条件,而特定的地膜种类及其覆膜方式对自然降水的有效汇集与渗入、对土壤水分的有效保持、对土壤温度的明显提高、对田间杂草的有效控制是最大限度提高作物产量、增加经济收益的基础条件。

前人对化学除草地膜、黑色地膜和白色地膜在不同覆膜方式下的控草效应缺乏研究。本研究结果显示,化学除草地膜和黑色地膜以各种方式覆膜对玉米田杂草均有较彻底的防除作用,其原因是化学除草地膜中含有的除草剂成分在各种覆膜方式下均能够有效溶解到膜面水滴中并随水滴跌落到地面,在地面上形成一层药膜,从而起到较好的封闭除草作用^[24];黑色地膜含有黑色母质,透光性差,不论以何种方式覆膜,膜下杂草均因光照不足而受到严重抑制,甚至不能出苗^[16,25],从而达到有效控制杂草之目的。白色地膜以半膜垄作和半膜平作方式覆膜,对阔叶杂草有一定的控制作用,株防效分别为 63.46%和 34.84%,鲜重防效均超过 80%,但对禾本科杂草作用微弱或无效,而以全膜双垄沟播方式覆膜可引起杂草大量发生和严重危害,其原因主要是半膜平作和半膜垄作方式覆盖下,自然降水利用率较低,膜面因拉力较大而与地面紧贴,从而使得膜下空间狭小、

温度较高、湿度较小,阔叶杂草对该环境适应性较差,不利其出苗和生长,禾本科杂草对该环境适应性较好,对其出苗和生长影响不大;而在全膜双垄沟播方式覆盖下,自然降水的利用率高^[26],膜面与地面接触不够紧密,且在垄沟处常留有较大间隙,从而使得膜下空间较充足、温度较高、湿度较大,对各类杂草的生长发育十分有利。

国内对化学除草地膜和黑色地膜在不同覆膜方式下的增产、增收效应鲜有研究,本试验得出,化学除草地膜和黑色地膜均以全膜双垄沟播方式覆膜最为理想,与半膜平作和半膜垄作覆膜方式比较,可明显改善玉米主要农艺性状,显著提高玉米产量及效益,化学除草地膜全膜双垄沟播覆膜较半膜平作、半膜垄作覆膜分别增产 9.23%和 22.17%,分别增加纯收入 1 343.46 和 3 553.13 元/hm²,黑色地膜全膜双垄沟播覆膜较半膜平作、半膜垄作覆膜分别增产 5.74%和 24.78%,分别增加纯收入 736.30 和 3 828.78元/hm²,其原因主要是因为以全膜双垄沟播方式覆盖化学除草地膜和黑色地膜,不但可持续有效地控制杂草的发生与危害,而且对自然降水具有富集叠加和高效利用的效应,能将大面积接纳的降水集中渗入到玉米根系分布区^[27],为玉米正常生长发育创造了十分有利的环境条件。本试验显示,白色地膜各覆膜方式下的玉米主要农艺性状、产量及经济效益均明显低于以相同覆膜方式覆盖化学除草地膜和覆盖黑色地膜,玉米产量及纯收益以半膜平作>全膜双垄沟播>半膜垄作,这与郭满平等^[28]、高玉红等^[29]、李尚中等^[30]的研究结果不一

致,其原因与试验田中杂草发生基数不同有关,上述学者的研究是在田间杂草发生基数较小、草害不足以明显影响玉米生长发育的条件下进行的,全膜双垄沟播较其他覆膜方式在集水、保墒等方面占明显优势,使之有显著的增产、增收效应;而本研究是在杂草发生基数大、草害严重的条件下进行的,全膜双垄沟播较其他覆膜方式更有利于杂草的迅速生长,从而加重了对膜面的破坏程度,降低了集水、保墒效果,加大了土壤水分、养分的无效耗损,因而显著削弱了该覆膜方式应有的增产、增收效应,引起玉米减产和减收^[31]。

因此,在杂草严重或较重发生的地区,为了有效控制草害、明显改善玉米农艺性状、显著提高玉米产量和经济效益,化学除草地膜和黑色地膜均应采取全膜双垄沟播方式覆膜;白色地膜以半膜平作和半膜垄作方式覆膜虽有一定的控草效果,但各覆膜方式均可引起玉米明显减产和减收。

参考文献

[1] 杨红旗,路风银,郝仰坤,等. 中国玉米产业现状与发展问题探讨[J]. 中国农学通报,2011,27(6):368-373.

[2] 李锦嘉,陈昆松,李方. 除草地膜的研究与应用[J]. 浙江农业科学,1996(4):186-187.

[3] 吴田铨,余同海,施茂荣. 除草地膜在海涂土壤主栽作物上的应用效果及使用技术研究[J]. 耕作与栽培,1996(2):50-51.

[4] 徐光良,凌建刚,舒巧云. 除草地膜在马铃薯上的应用效果[J]. 中国马铃薯,1999,13(3):147-148.

[5] 黄立方,张太保. 都尔除草地膜在大棚菜地上的应用效果[J]. 长江蔬菜,1999(2):21-22.

[6] 杨宗广. 甘薯化学除草地膜覆盖少耕栽培法效应[J]. 华南农业大学学报,1990,11(4):64-71.

[7] 刘生荣,刘党培. 地膜棉化学除草防效及效益[J]. 陕西农业科学,1997(5):26-27.

[8] 王智,于庆利,王加银. 除草地膜防除花生田杂草试验初报[J]. 山东农业科学,1986(1):38-40.

[9] 王智,路奎元. 除草地膜防除西瓜田杂草[J]. 植物保护,1987(2):10.

[10] 白洁. 黑色地膜在蔬菜栽培上应用效果简介[J]. 青海农技推广,2006(1):31.

[11] 贾希博,孟庆果. 黑色地膜覆盖花生高产栽培集成技术的推广

与应用[J]. 农业科技通讯,2014(12):204-205.

[12] 王红丽,张绪成,于显枫,等. 黑色地膜覆盖的土壤水热效应及其对马铃薯产量的影响[J]. 生态学报,2016,36(16):1-13.

[13] 崔建强,李克富,马丽,等. 黑色地膜在棉花上的应用效果研究[J]. 中国棉花,2016,43(6):17-18.

[14] 辛国胜,林祖军,韩俊杰,等. 黑色地膜对甘薯生理特性及产量的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(15):233-237.

[15] 赵刚,樊廷录,李尚中,等. 黄土旱塬集雨保墒措施对苹果发育和土壤水分变化的影响[J]. 农业工程学报,2016,32(1):155-160.

[16] 路海东,薛吉全,郝引川,等. 黑色地膜覆盖对旱地玉米土壤环境和植株生长的影响[J]. 生态学报,2016,36(7):1997-2004.

[17] 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[J]. 甘肃农业科技,2011(2):18-20.

[18] 杨发荣,岳德成,姜延军,等. 除草地膜在全膜双垄沟播玉米田的应用效果[J]. 植物保护,2015,41(3):197-200.

[19] 黄颂禹,方学连,张洪奇,等. 除草地膜在春玉米田应用的效果[J]. 江苏农业科学,1993(1):27-28.

[20] 高旭华,黄健,黄瑶珠. 玉米专用除草地膜田间应用效果研究[J]. 农学学报,2014,4(3):11-13.

[21] 张玉琴,苏雪琴,王雷庆. 黑色地膜防除玉米田间杂草效果好[J]. 中国农村小康科技,2002(3):26.

[22] 李福,孙多鑫,李城德,等. 半干旱地区全膜双垄沟播技术规程[J]. 农业科技与信息,2013(7):19-20.

[23] 岳德成,柳建伟,姜延军,等. 除草地膜对全膜双垄沟播玉米生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报,2016,35(12):29-33.

[24] 韩菊红. 全膜双垄沟播玉米田覆盖化学除草地膜对后茬大豆生长发育的影响[J]. 现代农业科技,2017(13):109-110.

[25] 崔建强,李克富,马丽,等. 黑色地膜在棉花上的应用效果研究[J]. 中国棉花,2016,43(6):17-18.

[26] 杨祁峰,刘广才,熊春蓉,等. 旱地玉米全膜双垄沟播技术的水分高效利用机理研究[J]. 农业现代化研究,2010,31(1):113-117.

[27] 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[J]. 灌溉排水学报,2011,30(4):48-52.

[28] 郭满平,刘生瑞,白宏鹏. 不同覆膜栽培对玉米土壤水分温度及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(2):50-55.

[29] 高玉红,牛俊义,闫志利,等. 不同覆膜栽培方式对玉米干物质积累及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(4):440-446.

[30] 李尚中,王勇,樊廷录,等. 旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J]. 中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[31] 漆永红,岳德成,姜延军. 杂草对全膜双垄沟播田集水保墒效果影响[J]. 灌溉排水学报,2015,34(4):91-95.

(责任编辑:田 喆)