

适期揭膜对黑河灌区制种玉米生长、土壤水热状况及效益的影响

秦国伟¹, 曹捷², 代立兰³, 孙志¹, 周涛⁴, 何伟⁴, 曹靖²

(1. 高台县农业技术推广中心, 甘肃 高台 734300; 2. 兰州大学生态学院, 甘肃 兰州 730000;
3. 兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730000; 4. 甘肃省农业生态与资源
保护技术推广总站, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 通过探索适期揭膜技术对制种玉米生长及地膜残留的影响, 为黑河灌区制种玉米产业可持续发展和降低制种玉米生产中地膜污染提供科学依据。于2022年开展提前揭膜大田试验, 依据玉米生育期设置了拔节期、大喇叭口期、抽雄期、乳熟期及成熟期5个揭膜处理, 研究了适期揭膜技术对制种玉米生长、土壤水热状况、经济效益以及地膜残留等的影响, 2023年通过示范进一步验证适期揭膜技术的可行性。结果表明, 与对照成熟期揭膜相比, 2022年提前揭膜处理生育期延长2~5 d, 制种玉米籽粒产量增产2.27%~6.60%, 玉米秸秆产量增产2.24%~8.68%, 利润提高了6.78%~12.16%, 地膜捡拾率提高了5.5~23.7个百分点; 2023年拔节期揭膜处理制种玉米籽粒产量增产3.27%, 玉米秸秆产量增产3.17%, 利润提高了7.67%, 地膜捡拾率增加23.7个百分点, 地膜残留量在连续揭膜3 a后下降39.2%。拔节期揭膜处理6—9月0~60 cm土层土壤含水量平均下降了0.55%~2.38%; 4—9月0~15 cm土层土壤地温平均增加了-1.15~0.31℃。综合各项指标得出, 黑河灌区制种玉米最佳揭膜时期为拔节期(7~9片展开叶), 此时揭膜不会造成玉米减产, 同时实现地膜降残留、减污染, 是适宜黑河灌区减轻制种田地膜污染的新型技术, 有利于玉米制种产业的绿色发展。

关键词: 制种玉米; 适期揭膜; 土壤水热状况; 效益; 黑河灌区

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)09-0835-07

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.09.009

Effects of Timely Film Removal on the Growth, Soil Hydrothermal Condition and Economic Benefit of Seed Maize in Heihe Irrigation District

QIN Guowei¹, CAO Jie², DAI Lilan³, SUN Zhi¹, ZHOU Tao⁴, HE Wei⁴, CAO Jing²

(1. Agricultural Technology Extension Centre of Gaotai County, Gaotai Gansu 734300, China; 2. College of Ecology, Lanzhou University, Lanzhou Gansu 730000, China; 3. Lanzhou City Agricultural Technology Research and Extension Centre, Lanzhou Gansu 730000, China; 4. Gansu Agricultural Ecology and Resource Protection Technology Extension Station, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: To explore the effects of timely film removal on seed maize growth and plastic film residue, and to provide scientific evidence for sustainable development of the seed maize industry and pollution reduction in the Heihe irrigation district, a field experiment of early film removal was conducted in 2022. 5 removal stages were set according to maize growth stages: jointing stage, large trumpet stage, tasseling stage, milking stage, and harvest stage. Effects of timely film removal on seed maize growth, soil hydrothermal condition, economic benefit, and plastic film residue were studied, and its feasibility was further verified by demonstration in 2023. Results showed that, compared with film removal at harvest (control), early removal in 2022 prolonged the growth period by 2 to 5 days, increased seed maize grain yield by 2.27% to 6.60%, increased stalk yield by 2.24% to 8.68%, raised profit by 6.78% to 12.16%, and improved film recovery rate by 5.5 to 23.7 percentage points. In 2023, film removal at jointing stage increased seed maize grain yield by 3.27%, stalk yield by 3.17%, profit by 7.67%, film recovery rate by 23.7 percentage points, and

收稿日期: 2025-02-25; 修订日期: 2025-07-15

基金项目: 甘肃省农业生态环境保护专项新技术研发推广项目 (HT-SHGK-2024-037-包2); 甘肃省科技厅重点研发项目 (24YFNA008); 甘肃省农业农村厅科技支撑计划项目 (KJZC-2024-14); 张掖市市级科技计划(B类)专项项目 (ZY2024BJ53); 甘肃省科技厅科技型中小企业技术创新基金项目 (23CXGG0010)。

作者简介: 秦国伟(1984—), 男, 甘肃高台人, 高级农艺师, 主要从事作物栽培技术研究工作。Email: 422378711@qq.com。

通信作者: 曹靖(1968—), 女, 甘肃平凉人, 教授, 主要从事农业生态与环境研究工作。Email: 1041754299@qq.com。

reduced film residue by 39.2% after three consecutive years of removal. For jointing-stage removal, soil moisture in the 0 to 60 cm layer decreased by 0.55% to 2.38% from June to September, while soil temperature in the 0 to 15 cm layer increased by -1.15 to 0.31 °C from April to September. Based on comprehensive indicators, the optimal film removal stage for seed maize in the Heihe irrigation district was the jointing stage (7 to 9 expanded leaves). Removal at this stage did not cause yield reduction, while reducing plastic film residue and pollution, making it a suitable new technology for alleviating plastic pollution in seed fields and promoting green development of the seed maize industry.

Key words: Seed maize; Timely film removal; Soil hydrothermal condition; Economic benefit; Heihe irrigation area

甘肃省河西走廊凭借得天独厚的气候资源、丰富的光热资源和优越的灌溉条件,成为农业农村部首批认定的国家级制种玉米生产基地,常年播种面积在 10.0 万 hm^2 ,约占全国玉米制种面积的 53%、甘肃省制种面积的 60%,并保障全国 50%的种子使用量^[1-2]。由于受西北气候条件的限制,地膜覆盖技术在制种玉米种植中长期大量应用,长期的地膜覆盖或不合理的地膜使用与回收方式,会导致地膜在土壤中大量残留,进而引发“白色污染”问题,西部地区是农业“白色污染”重灾区^[3]。由于早期农膜广泛应用,不能科学使用并回收,尤其是在制种玉米方面,不及时捡拾回收的地膜,经作物根系、机械耕作、自然风化作用后会破碎进入土壤造成危害。对农田地膜残留量的 meta 分析显示,当残膜量大于 $240 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,作物产量会显著下降^[4]。Cao 等^[5]研究发现,残留地膜量每增加 $1 \text{ kg}/\text{hm}^2$,玉米产量就会减少 $27.67 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。Wang 等^[6]在一项为期 7 a 的研究中发现,连续地膜覆盖增加了土壤表层 15 cm 的土壤容重,容重的增加会降低土壤的总孔隙度和导水率,从而限制了植物根系吸收养分和水分的土壤深度和体积。此外,地膜残留还可能增加土壤病虫害,增加农药的用量,形成恶性循环^[7]。针对农用残膜对土壤环境质量的危害问题^[8],通过多年生产实践,研究提出使用加厚高强度地膜解决方案^[9-10],在水分与低温对玉米苗期的威胁解除后的某个时期趁着地膜的韧性进行适期揭膜,此时回收率高且卷入杂质少,通过提高残膜回收率达到离田治污的目的。另一方面,早期揭膜后便于铺设滴灌带,可实现水肥一体化技术或大水漫灌条件下的追肥、锄草等农事操作,也便于玉米收获后秸秆的机械化收割打捆,提高饲料化利用价值^[11-12]。本研究紧密围绕制种玉米产业,2022—2023 年在甘肃河西灌区开展制种玉米适期揭膜技术可行性研究,通过试验及大田示范,分析适期揭膜技术对制种

玉米生长、土壤水热状况、综合效益以及地膜残留的影响,以期为黑河灌区制种玉米产业可持续发展和减轻制种基地地膜污染提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于张掖市高台县骆驼城镇前进村,海拔 1 327 m,多年平均降水量 112.3 mm,年平均气温 8.1 °C, ≥ 10 °C 的有效积温 $3 053$ °C,全年无霜期 144 d,蒸发量为 $1 996.2$ mm。试验地土壤类型为灰棕漠土。试验示范区常年种植制种玉米,地块平整,肥力均匀,属井渠混灌区,灌溉方式为滴灌。

1.2 供试材料

供试玉米品种为 DK01,均由高台中农大康有限公司生产。试验地膜为幅宽 700 mm、厚 0.010 mm 的白色地膜,由甘肃济洋塑料有限公司生产。便携式“智能检测仪”由北京盟创伟业科技有限公司生产。

1.3 试验方法

1.3.1 揭膜时期对玉米生长、土壤水热状况、综合效益以及地膜残留的影响 2022 年试验共设置 5 个玉米揭膜时期处理,分别为拔节期揭膜(JM_1)、大喇叭口期揭膜(JM_2)、抽雄期揭膜(JM_3)、乳熟期揭膜(JM_4)、成熟期揭膜(JM_5 , CK)。试验随机排列,3 次重复,小区面积 50 m^2 。覆膜前用 50%乙草胺乳油 $2 250 \text{ mL}/\text{hm}^2$ 兑水 450 kg 均匀喷洒在地面,以防草害。试验采用半膜平覆盖且宽窄行方式种植,2022、2023 年用幅宽 700 mm、厚 0.010 mm 的白色地膜,于 3 月下旬覆膜,窄行覆盖地膜,宽行 60 cm 为露地,膜面宽 50 cm,在距离膜侧 5 cm 位置种植 2 行玉米,玉米行距 40 cm,株距 20~23 cm,保苗 $85 500 \sim 97 500$ 株/ hm^2 (其中母本 $75 000 \sim 85 500$ 株/ hm^2)。制种田父母本种植比例为 1:7 或者满天星方式(正常种植比例的基础上母本行间零星错期加种父本)。采用膜下滴灌结合

水肥一体化方式施入 N 225 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²、K₂O 75 kg/hm²。头水后每隔 7~10 d 浇水 1 次, 根据玉米各生育期需水规律, 全生育期共灌水 12 次, 灌水定额为 5 100 m³/hm², 各处理田间管理一致, 揭膜日期根据供试品种生长情况在相应的生育时期内全田 50% 的植株达到揭膜标准确定。

1.3.2 适期揭膜技术的可行性的进一步验证试验

2023 年在上年试验基础上, 综合各项指标认为, 制种玉米选择拔节期 (7~9 片展开叶、头水前), 即 6 月 1 日揭膜, 此时植株较矮揭膜容易、耗费工时少, 地膜捡拾率高, 既避免了大喇叭口期和抽雄期植株高大导致揭膜困难、损伤植株及加重病害的问题, 又契合抽雄期农户忙于母本去雄的农忙安排, 是提高残膜离田率和资源化利用率、消减地膜污染的最佳时期。试验共设 2 个处理, 拔节期揭膜 (JM₁)、成熟期揭膜 (JM₅, CK)。采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 100 m²。在试验的同时进行对比示范, 示范面积 2 hm², 进一步验证大田生产过程中拔节期揭膜技术相较传统覆膜种植对土壤水分以及制种玉米产量和农业产出效益的影响。

1.4 测定内容及方法

1.4.1 农艺性状和产量 生长期间采用田间观测法观察记载玉米生育时期的变化, 测定玉米株高、茎粗、穗长、穗粗、千粒重等农艺性状。每个处理在远离边际的位置随机选取 3 个有代表性的样点, 每个样点收获全部果穗, 计数果穗数目后, 称取鲜果穗重, 按平均穗重法取 20 个果穗作为标准样本, 测定鲜穗出籽率, 计算实测产量。

1.4.2 捡拾率和残留量 逐年对拔节期揭膜、成熟期揭膜的制种玉米田地膜残留进行取样监测, 通过 GPS 定位, 按照 5 点法采集长 × 宽 × 深为

1.0 m × 1.0 m × 0.3 m 的土样, 去除作物根系、石块等杂质后, 土样过 2 mm 筛后将地膜残片带回实验室清洗, 干燥后利用万分之一天平称重, 计算残留量和地膜捡拾率。

地膜捡拾率 = (回收地膜质量 / 铺设地膜质量) × 100%。

1.4.3 土壤水分和温度 于 2023 年 6—9 月避开灌水日, 每隔 10 d 在制种玉米母本行用土钻采集取土, 用烘干法测定土壤水分。测定土壤深度为 0~60 cm 土层, 每 20 cm 为 1 层, 每处理相同土层测定 3 个样点, 取当日平均值。4—9 月每 7 d 按 3 个时段即 09:00—10:00 时、13:00—14:00 时、17:00—18:00 时定时用便携式智能检测仪测定各处理玉米行间 0~20 cm 土层的土壤温度, 相同处理测定 3 个样点, 3 个时段平均值作为当日地表温度。

1.5 数据处理

采用 Excel 2010 软件进行数据整理、分析并制作图表; 采用 SPSS 19.0 软件进行数据统计分析, 用最小显著差异法 (LSD) ($P < 0.05$) 进行多重比较确定差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同时期揭膜对玉米生育期的影响

由表 1 可见, 不同处理下玉米生育期为 153~158 d, 各处理较对照处理 JM₅(CK) 生育期延长 2~5 d。其中处理 JM₁ 生育期最长, 为 158 d, 较 JM₅(CK) 延长 5 d; 处理 JM₂、JM₃ 次之, 均为 156 d; 较 JM₅(CK) 延长 3 d; 处理 JM₄ 生育期 155 d, 较 JM₅(CK) 生育期延长 2 d。

2.2 不同时期揭膜对玉米农艺性状的影响

从表 2 可以看出, 2022 年不同时期揭膜处理下的玉米株高为 141.20~145.93 cm, 以处理 JM₃ 最

表 1 不同时期揭膜对玉米生育期的影响

处理	揭膜时间 (日/月)	播种期 (日/月)	出苗期 (日/月)	拔节期 (日/月)	大喇叭口期 (日/月)	抽雄期 (日/月)	吐丝期 (日/月)	成熟期 (日/月)	收获期 (日/月)	生育期 /d
JM ₁	01/06	15/04	29/04	05/06	03/07	12/07	18/07	20/09	25/09	158
JM ₂	01/07	15/04	29/04	05/06	01/07	10/07	15/07	18/09	25/09	156
JM ₃	08/07	15/04	29/04	05/06	01/07	08/07	16/07	18/09	25/09	156
JM ₄	25/08	15/04	29/04	05/06	01/07	08/07	13/07	17/09	25/09	155
JM ₅ (CK)	18/09	15/04	29/04	05/06	01/07	08/07	13/07	15/09	25/09	153

高, 较 JM₅(CK)高 0.80 cm; 其次是处理 JM₄, 为 146.07 cm, 较 JM₅(CK)高 0.14 cm; 处理 JM₂ 最低, 较 JM₅(CK)低 4.73 cm。茎粗为 1.71 ~ 1.93 cm, 以 JM₅(CK) 最粗; 其次是处理 JM₄; 处理 JM₁ 最细, 较 JM₅(CK)细 0.22 cm。穗长为 16.13 ~ 17.47 cm, 以 JM₅(CK)最长; 其次为处理 JM₄; 处理 JM₁ 最短, 较 JM₅(CK)短 1.34 cm。穗粗为 4.15 ~ 4.24 cm, 处理间差异不明显, 仅处理 JM₁ 最细, 较 JM₅(CK) 细 0.09 cm。千粒重为 368.84 ~ 386.99 g, 以处理 JM₁ 最重, 较 JM₅(CK)增加 18.15 g; 其次是处理 JM₂, 较 JM₅(CK)增加 5.39 g; JM₅(CK)千粒重最轻。

2023 年的大田验证试验中, 与 JM₅(CK)相比, 处理 JM₁ 玉米株高增加 2.90 cm、茎粗减小 0.16 cm、穗长缩短 0.13 cm、穗粗缩小 0.05 cm、千粒重增加 0.87 g。

表 2 不同时期揭膜对玉米农艺性状的影响

时间	处理	株高 /cm	茎粗 /cm	穗长 /cm	穗粗 /cm	千粒重 /g
2022年	JM ₁	144.87	1.71	16.13	4.15	386.99
	JM ₂	141.20	1.78	16.67	4.18	374.23
	JM ₃	146.73	1.73	16.80	4.17	373.95
	JM ₄	146.07	1.80	16.93	4.22	371.82
	JM ₅ (CK)	145.93	1.93	17.47	4.24	368.84
2023年	JM ₁	142.30	1.74	17.22	4.13	375.51
	JM ₅ (CK)	139.40	1.90	17.35	4.18	374.64

2.3 不同时期揭膜对玉米产量的影响

从表 3 可以看出, 2022 年, 不同时期揭膜处理下的玉米籽粒产量为 8 933.70 ~ 9 523.30 kg/hm², 提前揭膜处理均较 JM₅(CK)增产, 其中以处理 JM₃ 最高, 较 JM₅(CK)增产 6.60%; 其次是处理 JM₄, 较 JM₅(CK)增产 5.06%; 处理 JM₁ 最低。对玉米籽粒产量进行方差分析表明, 处理 JM₃ 与处理 JM₂、JM₄ 差异不显著, 与处理 JM₁、JM₅(CK)差异显著; 处理 JM₂、JM₄ 间差异不显著, 均与处理 JM₁ 差异不显著, 与 JM₅(CK)差异显著; 处理 JM₁、JM₅(CK) 间差异不显著。提前揭膜处理的玉米秸秆产量为 10 950 ~ 11 640 kg/hm², 均较 JM₅(CK)增产, 其中以处理 JM₁ 最高, 较 JM₅(CK)增产 8.68%; 其次是处理 JM₂, 为 11 250 kg/hm², 较 JM₅(CK)增产 5.04%; 处理 JM₄ 最低。对玉米秸秆产量进行方差

表 3 不同时期揭膜对玉米产量的影响

时间	处理	籽粒产量 / (kg/hm ²)	增产率 /%	秸秆产量 / (kg/hm ²)	增产率 /%
2022年	JM ₁	9 136.20 bc	2.27	11 640 a	8.68
	JM ₂	9 324.20 ab	4.37	11 250 ab	5.04
	JM ₃	9 523.30 a	6.60	11 190 ab	4.48
	JM ₄	9 386.16 ab	5.06	10 950 bc	2.24
	JM ₅ (CK)	8 933.70 c		10 710 c	
2023年	JM ₁	9 039.01 a	3.27	9 750 a	3.17
	JM ₅ (CK)	8 752.50 a		9 450 a	

分析表明, 处理 JM₁ 与处理 JM₂、JM₃ 差异不显著, 与处理 JM₄、JM₅(CK)差异显著; 处理 JM₂、JM₃ 均与处理 JM₄ 差异不显著, 与 JM₅(CK)差异显著; 处理 JM₄、JM₅(CK)间差异不显著。

2023 年的验证试验表明, 玉米籽粒产量处理 JM₁ 比 JM₅(CK)增加 286.61 kg/hm², 增幅为 3.27%, 处理间差异不显著; 玉米秸秆产量处理 JM₁ 比 JM₅(CK)增加 300 kg/hm², 增幅为 3.17%。

2.4 不同时期揭膜对残膜捡拾率的影响

玉米不同生育期地膜平均人工捡拾率为 75.0% ~ 98.7%(表 4)。随着覆膜玉米揭膜时间的延后, 地膜捡拾率呈下降趋势, 2022 年不同揭膜时期处理 JM₁、JM₂、JM₃、JM₄ 的捡拾率分别较 JM₅(CK) 增加 23.7、14.2、9.2、5.5 个百分点。2023 年处理 JM₁ 较 JM₅(CK)地膜捡拾率增幅为 23.7 个百分点。

表 4 不同时期揭膜对残膜捡拾率的影响

时间	处理	铺设量 / (kg/hm ²)	捡拾量 / (kg/hm ²)	捡拾率 /%
2022年	JM ₁	5.63	5.56±0.15 a	98.7
	JM ₂	5.63	5.03±0.10 b	89.2
	JM ₃	5.63	4.74±0.12 c	84.2
	JM ₄	5.63	4.53±0.11 c	80.5
	JM ₅ (CK)	5.63	4.22±0.09 d	75.0
2023年	JM ₁	15.75	15.75±0.55 a	100
	JM ₅ (CK)	15.75	11.86±0.37 b	76.3

2.5 适期揭膜对玉米田地膜残留量的影响

通过连续 3 a 对玉米田地膜残留监测发现(表 5), 同一年份下 JM₅(CK)的农田地膜残留量明显高于处理 JM₁, 处理 JM₁ 农田地膜残留量在不同年份增量不明显。2022—2024 年 JM₁ 处理较 JM₅(CK)的农田地膜残留量下降 17.17% ~ 39.25%。

表5 适期揭膜对玉米田地膜残留量的影响

时间	JM ₁ /(kg/hm ²)	JM ₅ (CK) /(kg/hm ²)	较CK增加 /%
2022年	3.368±0.06 aB	4.066±0.02 cA	-17.17
2023年	3.378±0.07 aB	4.812±0.06 bA	-29.80
2024年	3.374±0.04 aB	5.554±0.09 aA	-39.25

2.6 不同时期揭膜对玉米经济效益的影响

由表6可知,2022年各处理玉米籽粒收入为57 622.4~61 424.6元/hm²、玉米秸秆收入为4 284~4 656元/hm²、残膜收入为0~150元/hm²。固定投入为26 310元/hm²,分别为地膜捡拾费、水费、肥料、地膜、种子及用工等。利润为34 696.4~38 916.3元/hm²,其中以处理JM₃最高,处理JM₂次之,处理JM₁最低。与JM₅(CK)相比,利润提高6.78%~12.15%,地膜捡拾费下降16.67%~58.33%。

2023年玉米示范田处理JM₁、JM₅(CK)玉米籽粒收入分别为60 922.9、58 991.8元/hm²,秸秆收入分别3 900、3 780元/hm²,残膜收入分别为150、0元/hm²,利润分别为38 287.9、35 561.8元/hm²。地膜捡拾费、固定投入同2022年。与JM₅(CK)相比,处理JM₁利润提高7.67%;地膜捡拾费下降58.33%,是JM₅(CK)处理的41.7%。实现了降残留、减污染,而且捡拾的残膜可再次加工利用。

2.7 适期揭膜对土壤水分及温度的影响

由表7可见,2023年6月1日揭膜后,6—9月0~20cm土层土壤含水量处理JM₁较JM₅(CK)平均降低2.38%,7月下降幅度较大,为4.13%;

表7 2023年适期揭膜对不同土层土壤含水量的影响

土层深度	时间	JM ₁ /(g/kg)	JM ₅ (CK) /(g/kg)	较CK增加 /%
0~20	6月	109.0±0.4 b	111.0±0.2 a	-1.80
	7月	116.0±0.2 b	121.0±0.4 a	-4.13
	8月	93.6±0.8 b	96.1±0.3 a	-2.60
	9月	149.5±0.5 a	151.0±0.7 a	-0.99
20~40	6月	133.0±1.2 a	135.0±1.6 a	-1.48
	7月	197.0±1.5 b	204.0±1.3 a	-3.43
	8月	165.0±1.2 b	169.0±1.5 a	-2.37
40~60	6月	154.3±1.0 a	156.0±1.2 a	-1.09
	7月	206.0±1.1 a	202.0±1.4 b	1.98
	8月	235.0±2.0 a	238.0±1.5 a	-1.26
	9月	243.0±1.3 a	246.0±1.5 a	-1.22
	9月	228.0±2.1 a	222.0±1.8 b	2.70

20~40cm土层土壤含水量较JM₅(CK)平均降低2.14%,7月下降幅度较大,为3.43%;40~60cm土层土壤含水量降幅较小,处理JM₁在6、9月均高于JM₅(CK),4个月土壤含水量平均增加0.55%。同一时间随着土层深度的增加土壤含水量随之增加。

由表8可见,2023年4—9月处理JM₁在0~20cm土层土壤平均温度为15.91~28.65℃,与

表8 2023年适期揭膜对0~20cm土层土壤温度的影响 ℃

时间	JM ₁	JM ₅ (CK)	较CK增加
4月	15.91±0.09 a	15.91±0.09 a	0
5月	22.46±0.10 b	23.61±0.15 a	-1.15
6月	25.80±0.09 b	26.20±0.13 a	-0.40
7月	28.65±0.15 a	28.34±0.17 a	0.31
8月	25.36±0.08 a	25.33±0.09 a	0.03
9月	17.27±0.12 a	17.24±0.13 a	0.03

表6 不同时期揭膜对玉米经济效益的影响^①

时间	处理	收入/(元/hm ²)			成本投入/(元/hm ²)		利润		
		玉米	残膜回收	秸秆	合计	地膜捡拾费	固定投入	利润/(元/hm ²)	增幅/%
2022年	JM ₁	58 928.5	150	4 656	63 734.5	375	26 310	37 049.5	6.78
	JM ₂	60 141.7	140	4 500	64 781.7	450	26 310	38 021.7	9.58
	JM ₃	61 425.3	75	4 476	65 976.3	750	26 310	38 916.3	12.16
	JM ₄	60 540.3	0	4 380	64 920.3	750	26 310	37 860.3	9.12
	JM ₅ (CK)	57 622.4	0	4 284	61 906.4	900	26 310	34 696.4	
2023年	JM ₁	60 922.9	150	3 900	64 972.9	375	26 310	38 287.9	7.67
	JM ₅ (CK)	58 991.8	0	3 780	62 771.8	900	26 310	35 561.8	

^①制种玉米种子价格2022年为6.45元/kg,2023年为6.74元/kg(产值按合同价60 000元/hm²、根据实际产量同比例核算);2022—2023年秸秆收购价格为0.4元/kg;各处理固定投入为水费、肥料、地膜及种子、用工等,均为26 310元/hm²(灌水总量均为5 100 m³,水费价格为3 300元/hm²;肥料投入3 900元/hm²、地膜及种子费用2 250元/hm²、用工及其他16 860元/hm²)。

JM₅(CK)相比, 处理 JM₁ 平均温度在 5 月下降了 1.15 ℃, 6 月下降 0.40 ℃, 7 月平均温度提高 0.31 ℃, 8、9 月平均温度均提高 0.03 ℃。5、6 月土壤平均温度处理 JM₁与JM₅(CK) 处理间差异显著, 4、7、8、9 月处理间差异不显著。

3 讨论与结论

20 世纪 70 年代地膜被引入我国, 作为一项重要生产资料在农业生产中得到了广泛应用和推广^[13]。甘肃省地膜覆盖种植面积 186.67 万 hm², 地膜年使用量超过 14 万 t^[14]。地膜在玉米生育前期有明显的增温保墒作用, 能有效减缓早春低温干旱对玉米生长的胁迫, 但由于玉米收获后残膜被根茬缠绕, 与土壤紧密黏合, 清除费工费时, 而且地膜老化碎片化程度高, 回收难度大、效率低, 如何提高制种玉米地膜离田率仍然是一个问题。另一方面, 提前揭膜技术的应用是否会影响制种玉米的生长发育及产量形成也是被关注的焦点。目前已有许多研究表明提前揭膜在提高作物产量的同时, 明显减少了废旧地膜的残留^[15-20]。本研究表明, 与对照处理成熟期揭膜相比, 2022 年提前揭膜处理生育期延长 2~5 d, 制种玉米籽粒产量增产 2.27%~6.60%, 玉米秸秆产量增产 2.24%~8.68%, 利润提高了 6.78%~12.16%; 地膜捡拾率为 75.0%~98.7%, 以拔节期揭膜处理最高, 较对照处理成熟期揭膜提高 23.7 个百分点。2023 年拔节期揭膜处理制种玉米籽粒产量较对照处理成熟期揭膜增产 3.27%, 玉米秸秆产量增产 3.17%, 利润提高了 7.67%, 地膜捡拾率提高 23.7 个百分点, 地膜残留量在连续揭膜 3 a 后下降 39.2%。在土壤水热方面, 玉米拔节期揭膜处理下, 0~40 cm 土层土壤含水量在 6—9 月平均下降了 2.14%~2.32%; 而 40~60 cm 土层与对照处理成熟期揭膜相比差异不明显, 通过及时补灌或后期降水增多可缓解早期揭膜水分的匮乏。拔节期揭膜处理 0~20 cm 土层在 5 月平均地温与对照处理成熟期揭膜相比下降最多, 为 1.15 ℃; 7 月地温提高了 0.31 ℃; 8、9 月处理间无差异。结合玉米增产和地膜捡拾效果来看, 2022、2023 年拔节期揭膜处理较对照处理成熟期揭膜玉米分别增产 2.27%、3.27%, 秸秆产量分别增加 8.68%、3.17%, 利润分别增加 6.66%、7.67%, 实现零残留、零污

染, 回收的残膜可再次加工利用。

从制种玉米的生产技术考虑, 拔节期揭膜玉米植株较矮, 揭膜容易, 耗费工时较少, 地膜捡拾人工费是成熟期揭膜处理的 41.7%。相反大喇叭口期和抽雄期植株高大, 揭膜困难, 费工费时, 易造成玉米植株损伤, 加重田间病害, 此外, 抽雄期农户忙于制种玉米母本去雄工作, 无法兼顾地膜揭除任务。综合各项指标认为, 制种玉米在拔节期 7~9 叶、头水前为最佳揭膜时期, 此时揭膜不会造成玉米减产, 同时能够提高残膜离田率和资源化利用率, 是消减黑河灌区制种田地膜污染的新型技术。在新疆开展的膜下滴灌玉米的揭膜研究发现, 在第 3 水和第 4 水之间(即 6 月底至 7 月初)是北疆地区玉米最佳揭膜时间^[17]; 麦地娜·买买提^[18]通过对新疆昌吉州农田地膜使用现状进行调查得出结论应大力推广适期揭膜技术; 在酒泉市肃州区试验发现春玉米在大喇叭口期揭膜是产量和残膜可回收性最佳耦合点^[19]; 王兴等^[15]在张掖开展制种玉米适期揭膜技术研究, 与此次试验结论相一致, 即在制种玉米 6 月初(头水前)揭膜, 不影响种子的质量和商品性。

综上所述, 灌区覆膜制种玉米提前揭膜技术与传统技术相比, 使得地膜覆盖时间大幅缩短, 仅为春季到初夏约 60 d 左右, 此时, 玉米苗期生长已趋于稳定, 气温升高, 在灌溉满足的条件下地膜的功能丧失。在制种玉米生育前期揭膜, 地膜韧性和完整度较好, 捡拾率可达 98% 以上, 显著降低了地膜残留量。同时, 该技术一定程度上保障了玉米产量稳定, 改善了秸秆饲料化品质, 发挥了秸秆还田的用途, 同时降低了地膜长期覆盖可能带来的潜在环境风险。在推广适期揭膜技术时, 要充分考虑灌溉条件和土壤水分调控, 以保障作物良好的生长环境。综合评价认为拔节期头水前揭膜是消减黑河灌区制种玉米大田地膜污染的新型技术, 其农业产出效益和生态效益明显优于传统的收获后揭膜方式。

参考文献:

- [1] 张亚宁, 张明军, 王圣杰, 等. 气候变化对河西走廊主要农作物的影响[J]. 生态环境学报, 2017, 26(8): 1325-1335.
- [2] 连彩云, 马忠明, 王智琦, 等. 膜下微喷灌条件下水氮耦合对制种玉米产量及水肥效应的影响[J]. 寒旱农

- 业科学, 2025, 4(1): 39-46.
- [3] 李文锋, 方海晶, 刘云非, 等. 西部生态脆弱区农业面源“白色污染”系统治理策略研究[J]. 环境科学与管理, 2025, 50(2): 5-9.
- [4] GAO H H, YAN C R, LIU Q, et al. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 651: 484-492.
- [5] CAO J H, GAO X D, CHENG Z, et al. The harm of residual plastic film and its accumulation driving factors in northwest China[J]. *Environmental Pollution*, 2023, 318: 120910.
- [6] WANG L, LI X G, LÜ J T, et al. Continuous plastic-film mulching increases soil aggregation but decreases soil pH in semiarid areas of China[J]. *Soil and Tillage Research*, 2017, 167: 46-53.
- [7] 崔文文, 金云云, 姚晶晶. 地膜残留对农业环境的影响及对策[J]. 湖北农业科学, 2024, 63(S1): 10-13.
- [8] 郭红娟. 库尔勒市农用废旧地膜回收及再利用现状思考[J]. 农业开发与装备, 2025(1): 176-178.
- [9] 梁翔宇, 王金保, 李虹, 等. 高强度地膜在农业生产上的应用研究进展及对残膜回收的影响概述[J]. 宁夏农林科技, 2024, 65(3): 51-53; 70.
- [10] 田馨, 张涵, 孙诗冉, 等. 地膜材料与厚度对地膜回收及棉花生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(1): 206-214.
- [11] 孙和折, 崔云玲, 张立勤, 等. 水氮运筹对膜下滴灌制种玉米生长及产量的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(11): 1025-1031.
- [12] 连晓荣, 李永生, 何海军, 等. 高产高抗宜机收玉米新品种陇单 639 的选育及栽培[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(9): 814-818.
- [13] 金云云, 孙雷, 杨文献, 等. 应城市地膜使用和回收现状及思考[J]. 湖北植保, 2025(2): 1-3.
- [14] 王天果, 程兴田, 潘卫云, 等. 甘肃省玉米种植模式地膜减量与机械化捡拾技术研究[J]. 农业机械, 2022(7): 94-96.
- [15] 王兴, 张法霖. 玉米制种田适时揭膜试验探究[J]. 农业技术与装备: 2023(7): 25-26; 29
- [16] 蒋耿民, 李援农, 刘凡, 等. 不同水分条件与揭膜时期对关中地区夏玉米根系生长的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(6): 88-91.
- [17] 刘梦洁, 刘道, 梁飞, 等. 揭膜时间对滴灌玉米生长及产量形成的影响[J]. 玉米科学, 2023, 31(2): 97-105; 115.
- [18] 麦地娜·买买提. 昌吉州农田地膜污染现状及治理对策[J]. 干旱环境监测, 2010, 24(3): 158-161.
- [19] 丁云鹏, 潘文辉, 龙美, 等. 地膜厚度与揭膜时间对旱作农田春玉米生长及残膜回收的影响[J]. 山西农业科学, 2022, 50(8): 1096-104.
- [20] 刘海. 河西冷凉灌区适时揭膜对玉米产量和残膜回收率的影响[J]. 农业科技与信息, 2017(1): 40-41.