

全生物降解地膜覆盖对河西灌区马铃薯田 耕层土温及产量的影响

程万莉^{1,2,3,4}, 樊廷录^{2,5}, 王淑英^{1,2,3,4}, 李尚中^{1,2,3,4}, 赵刚^{1,2,3,4},
党翼^{1,2,3,4}, 王磊^{1,2,3,4}, 张建军^{1,2,3,4}, 周刚^{1,2,3,4}

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 农业农村部西北旱地作物绿色低碳重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 4. 部省共建农业农村部旱地作物抗逆增产及雨水高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 5. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 全生物降解地膜可作为治理农用聚乙烯地膜残留污染的主要措施之一, 但由于其生产工艺不同致使降解性能差异较大, 导致使用区域范围和作物种类受限, 推广使用时需做适合性试验。为明确全生物降解地膜在河西灌区马铃薯栽培应用中能否满足其生育期对热量的需求, 为河西灌区马铃薯种植中全生物降解地膜替代聚乙烯地膜及区域农业生产绿色发展提供数据支撑和科学依据。以马铃薯品种大西洋为指示品种, 选用聚乙烯地膜和全生物降解地膜进行垄上覆盖栽培, 研究了在河西灌区全生物降解地膜覆盖对马铃薯田耕层土壤温度和马铃薯产量的影响。结果表明, 与覆盖聚乙烯地膜相比, 采用全生物降解地膜覆盖时 5、15、25 cm 土层土壤日平均温度降低了 1.10 °C, 马铃薯折合产量(39 073.50 kg/hm²)增加了 13.64%, 这表明全生物降解地膜覆盖能够满足马铃薯生育期对热量的需求, 可显著增加马铃薯产量。综上, 在不改变当地田间管理措施的前提下, 在河西灌区马铃薯栽培中可以使用符合或优于国标(GB 35795-2017)要求的全生物降解地膜替代聚乙烯地膜。

关键词: 全生物降解地膜; 河西灌区; 土壤温度; 马铃薯产量

中图分类号: S532

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)09-0815-07

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.09.006

Effects of Biodegradable Film Mulching on Soil Temperatures and Potato Yields in Hexi Irrigation Area

CHENG Wanli^{1,2,3,4}, FAN Tinglu^{2,5}, WANG Shuying^{1,2,3,4}, LI Shangzhong^{1,2,3,4}, ZHAO Gang^{1,2,3,4},
DANG Yi^{1,2,3,4}, WANG Lei^{1,2,3,4}, ZHANG Jianjun^{1,2,3,4}, ZHOU Gang^{1,2,3,4}

(1. Dryland Agriculture Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Key Laboratory of Water Resources Efficient Utilization in Dry Farming Areas of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Key Laboratory of Northwest Green and Low-carbon Dryland Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China, Lanzhou Gansu 730070, China; 4. Key Laboratory of Stress Resistance, Yield Increase and Efficient Utilization of Rainwater in Dryland Crops, Jointly Established by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs and Gansu Province, Lanzhou Gansu 730070, China; 5. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: As one of the main measures for the control of residual pollution of polyethylene mulch in agriculture, the use of biodegradable mulch has been the focus of much attention. However, due to differences in production processes, the degradation performance varies widely, and the scope of use is limited by area and crop species, so the popularisation of its use needs to be adapted to local production text. In order to understand whether biodegradable film mulching would be able to provide enough heat for potato production in Hexi irrigation district, so as to provide data support and scientific basis for the popularisation and

收稿日期: 2023-08-25

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFD1100501); 农业农村部玉米产业技术体系(GARS-02-66); 甘肃省农业农村厅环保站项目“甘肃省地膜科学使用及残留污染综合防治关键技术研究与应用”。

作者简介: 程万莉(1989—), 女, 甘肃靖远人, 助理研究员, 硕士, 主要从事土壤改良与培肥工作。Email: chwlr@163.com。

通信作者: 樊廷录(1965—), 男, 甘肃临洮人, 研究员, 博士生导师, 主要从事旱作农业关键技术研究与管理科技管理工作。Email:fantinglu3394@163.com。

application of biodegradable film mulching in potato cultivation in Hexi irrigation district, the potato variety Daxiyang was used as the indicator variety, and polyethylene film and biodegradable film were used for ridge mulching cultivation. Effects of biodegradable film mulching on soil temperature and potato yields in Hexi irrigation area were studied. The results showed that, compared with polyethylene mulching, soil temperatures at 5 cm, 15 cm and 25 cm depths of biodegradable film mulching were decreased averagely by 1.10 °C, and the average potato yield was increased by 13.64%(39 073.50 kg/ha), which indicated that the biodegradable film mulching could meet the heat demand during the potato growth period and could significantly increase the potato yield. In conclusion, biodegradable film that meets the requirements of the national standard (GB 35795-2017) could be used to replace polyethylene film in potato cultivation in Hexi irrigation district when local field management measures are not changed.

Key words: Biodegradable film; Hexi irrigation area; Soil temperature; Potato yield

地膜已成为我国第四大农业生产资料, 2021 年全国地膜使用量 132.03 万 t, 覆盖面积 1 728.22 万 hm²。甘肃农田地膜使用量仅次于新疆, 居全国第二位, 2021 年底全省各类作物地膜用量为 12.17 万 t, 覆膜面积 139.14 万 hm² [1]。早在 20 世纪 80 年代初地膜引进国内起, 甘肃就开始在河西地区试点推广地膜覆盖栽培技术, 已使用近 40 年, 为保障甘肃省粮食及主要农产品生产贡献巨大, 作物产量增产 20%~50% [2-5], 曾被誉为农业上的“白色革命”。目前以聚乙烯(PE)地膜为主, 其在自然界降解周期长达数百年, 随着地膜用量和使用年限不断增加, 加之长期未有效治理, 土壤中残膜累积量增加已成为农业可持续发展面临的突出问题之一, 地膜又成为“白色污染” [6-10]。2017 年起国家各部委连续出台了系列意见和办法加强农田地膜污染防治。2018 年通过的《中华人民共和国土壤污染防治法》规定: “国家鼓励和支持农业生产者使用生物可降解农用薄膜”。因此, 使用基于全生物降解聚酯材料的降解地膜及作物栽培技术, 是解决“白色污染”的有效途径之一 [5]。

由于地膜因其具有增温保墒抑草等多种功效, 被广泛用于河西灌区马铃薯生产中。全生物降解地膜作为聚乙烯地膜的主要替代品和治理农用聚乙烯地膜残留污染的主要措施, 得到国内外高度重视, 在地膜污染防控及生产应用中取得了明显的效果, 国内生产企业遍及山东、上海、广州、新疆、吉林和甘肃等工业发达区域和地膜使用规模大的地域。但因地膜生产工艺不同、产品生物降解、机械作业和增温保墒等性能差异较大, 其使用区域范围和作物种类也受制于降水、温度、光照和土壤等条件, 因此, 该产品推广应用具有作物选择性和区域优先性, 在推广使用时需做适应性试验。基于全生物降解地膜存在的以上问题和特性, 我们研究了不同覆盖材料对马铃薯田土

壤耕作层 5、15、25 cm 土壤温度的变化, 基于对作物产量的影响, 以期明确全生物降解地膜在河西灌区马铃薯栽培应用中能否满足其生育期对热量的需求, 为河西灌区马铃薯种植中全生物降解地膜替代聚乙烯地膜提供数据支撑, 为区域农业生产绿色发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在金昌市永昌县东寨镇双桥村丰泽园种植农民专业合作社基地(东经 102° 3' 396"、北纬 38° 13' 83")。试验地属河西走廊, 当地海拔 1 954 m, 属于温寒干旱气候, 年均温 4.8 °C, 无霜期 131 d, 年平均降水量 185.1 mm, 年平均蒸发量 2 000 mm, 年平均日照时数 2 884.2 h。试验地土壤为灰钙土, 质地为沙壤。试验地前茬为冬小麦, 地块平整, 土壤肥力均匀, 其中耕层土壤含有机质 12.28 g/kg、全氮 0.34 g/kg、碱解氮 52.09 mg/kg、速效磷 7.08 mg/kg、速效钾 185.34 mg/kg, pH 为 8.65。

1.2 供试材料

试验用全生物降解地膜为“梓雨”牌黑色地膜(BF膜), 其主要成分为聚乳酸和聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯, 在土壤微生物作用下降解产物为水和二氧化碳。地膜规格为幅宽 800 mm、厚 0.01 mm, 且质量符合 GB 35795—2017 标准。普通地膜为聚乙烯地膜(PE膜)为“鑫银环”牌黑色地膜, 地膜规格为幅宽 800 mm、厚 0.01 mm, 且质量符合 GB 13735—2017 标准。试验用地膜均由兰州鑫银环橡塑制品有限公司研发生产。试验指示马铃薯品种为大西洋原原种, 由泰尼科园艺有限公司生产。

1.3 试验方法

试验设聚乙烯地膜(PE膜)覆盖、全生物降解地膜(BF膜)覆盖 2 个处理, 随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 60 m²(6 m×10 m)。试验采用垄上覆膜播种栽培方式, 垄作间距 90 cm(其中垄沟宽 20

cm、垄底宽 70 cm、垄面宽 35 cm), 垄高 35 cm。种植密度为 9.3 万株 /hm², 生育期灌溉 12 次, 每次灌水量 375 m³/hm²。其余管理与当地大田一致。

1.4 观测指标及方法

采用杭州路格 L93-32 全自动地温记录仪(测量范围 -40 ~ 100℃, 分辨率 0.1℃, 测量精度 ± 0.5℃), 记载马铃薯从苗期至收获期(即 2022 年 5 月 24 日至 9 月 5 日)5、15、25 cm 土层土壤温度。为降低设备探头系统误差, 试验前使用水银温度计对感应探头进行校准。每处理设 3 个监测点, 每 2 h 记录 1 次, 每个监测点每层每天记录 12 组地温数据, 计算不同处理各土层土壤日均温、月均温变化等。因 2 个试验处理在同一环境中进行, 对覆盖材

料影响一致, 因此本研究未测定大气温度变化。

在地温监测区域进行实收测产。每个监测点选取 6 行的长方形样方(54 m²)进行机械实收测产, 测产方法参照《农垦系统农业高产攻关活动测产验收办法》^[11]。

1.5 数据处理

试验数据分析采用 WPS 2020 和 SPSS 22.0 统计分析软件进行处理, 采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行显著分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同地膜覆盖下各土层土壤温度变化特征

河西灌区马铃薯从苗期至成熟收获在 5、15、25 cm 土层每个处理的监测记录温度如图 1 所示。

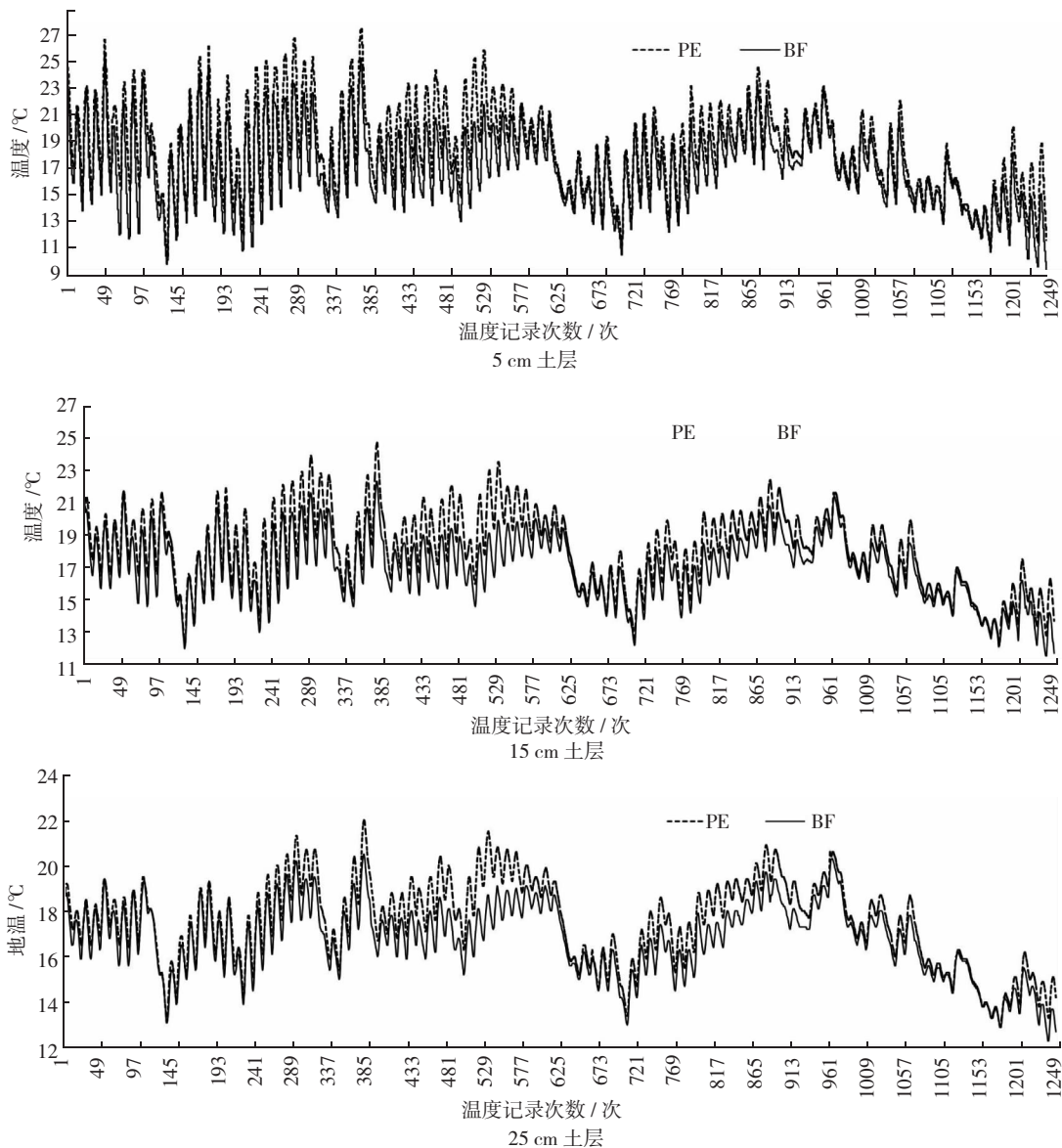


图 1 不同地膜覆盖下各土层的温度变化趋势

从图 1 可以看出, 监测期内, 5、15、25 cm 各土层地温均表现为 PE 膜覆盖高于 BF 膜覆盖, 且变化趋势相似。在 5 cm 土层, 土壤温度高温最高、低温最低、变异系数最大, PE 膜覆盖温度变化范围为 10.4~27.5 °C, 变异系数为 17.23%; BF 膜覆盖为 9.2~25.7 °C, 变异系数为 17.13%。在 25 cm 土层, 土壤温度高温最低、低温最高、变异系数最小, PE 膜覆盖温度变化范围为 12.9~22.0 °C, 变异系数为 10.50%, BF 膜覆盖为 12.3~20.5 °C, 变异系数为 9.46%。在 15 cm 土层, PE 膜覆盖下温度变化范围为 12.2~24.7 °C, 变异系数为

12.95%; BF 膜覆盖下温度变化范围为 11.5~22.3 °C, 变异系数为 11.79%; 且不同覆盖材料下最高土壤温度均低于 5 cm 土层温度而高于 25 cm 土层温度, 最低土壤温度高于 5 cm 土层温度而低于 25 cm 土层温度, 变异系数小于 5 cm 土层而大于 25 cm 土层。

2.2 不同地膜覆盖下各土层土壤日温度变化特征

不同覆盖材料下 5、15、25 cm 土层土壤日温度差异较大, 但变化趋势基本相同(图 2), 且均表现为 PE 膜覆盖日均温高于 BF 膜覆盖。随着土层深度增加, PE 膜和 BF 膜覆盖日均温度差异逐渐

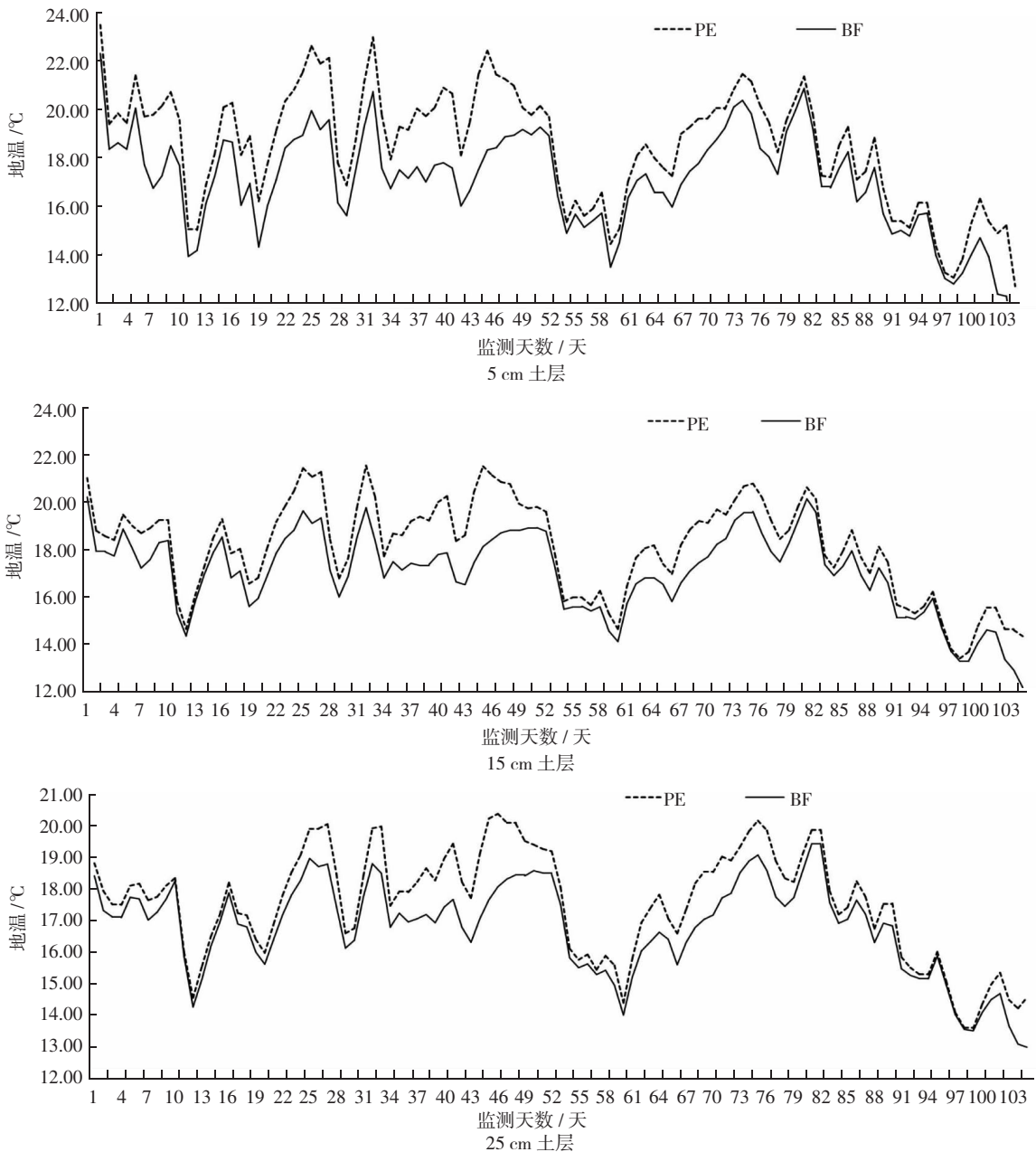


图 2 不同地膜覆盖下各土层日温度

缩小(图3)。

从表1可以看出, 5 cm 土层 PE 膜和 BF 膜日均温差最大, 为 1.47 °C; 其次为 15 cm 土层, 日均温差为 1.08 °C; 25 cm 土层最小, 日均温差为 0.75 °C。同时可以看出, 日均温差变化与最大值一致, 5、15、25 cm 土层分别为 3.86、3.28、2.51 °C。这主要是由于随土层深度增加, 覆盖材料对土壤温度的影响逐渐减弱。各土层平均日均温差(1.10 °C)和平均极差(3.21 °C)均与 15 cm 土层接近。

表1 不同地膜覆盖下马铃薯生育期 5~25 cm 土层土壤日均温度

| 土层深度 /cm | 日均温度 °C | | | |
|----------|---------|--------|------|------|
| | PE平均值 | BF膜平均值 | 平均差值 | 极差 |
| 5 | 18.50 | 17.03 | 1.47 | 3.86 |
| 15 | 18.11 | 17.03 | 1.08 | 3.28 |
| 25 | 17.54 | 16.79 | 0.75 | 2.51 |
| 平均 | 18.05 | 16.95 | 1.10 | 3.21 |

2.3 不同地膜覆盖下各土层土壤月温度变化特征

不同覆盖材料 5、15、25 cm 土层月均温变化趋势相同, 均呈下降趋势(图4), 均以 5 月份平均温度最高。在 5 cm 土层, PE 膜覆盖和 BF 膜覆盖分别为 20.37、18.65 °C, 其中 PE 膜覆盖 5 月份平均温度较 6、7、8、9 月份分别高 5.47%、8.75%、12.66%、27.01%; BF 膜覆盖 5 月份平均温度较 6、7、8、9 月份分别高 6.66%、8.94%、8.83%、3.23%。在 15 cm 土层, PE 膜覆盖和 BF 膜覆盖分别为 19.68、18.57 °C, 其中 PE 膜覆盖 5 月份平均温度较 6、7、8、9 月份分别高 2.56%、4.01%、7.47%、21.83%, BF 膜覆盖 5 月份平均温度较 6、7、8、9 月份分别高 4.00%、6.70%、6.66%、25.68%。在 25 cm 土层, PE 膜覆盖和 BF 膜覆盖分别为 18.55、18.05 °C, 其中 PE 膜覆盖 5 月份平均温度较 6、7、8、9 月份分别高 0.76%、0.55%、3.01%、17.83%, BF 膜覆盖 5 月份平均温度较 6、

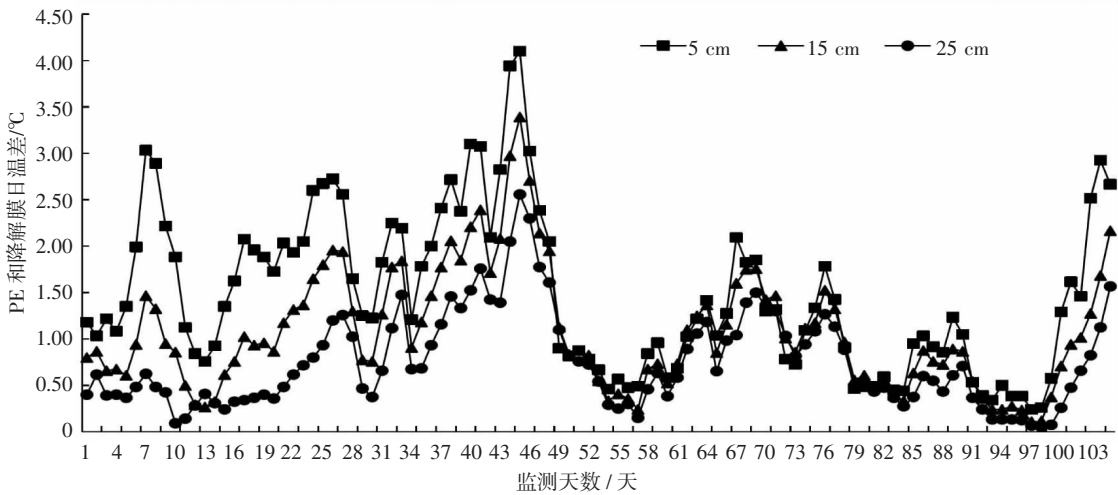


图3 不同地膜覆盖下各土层日均温差

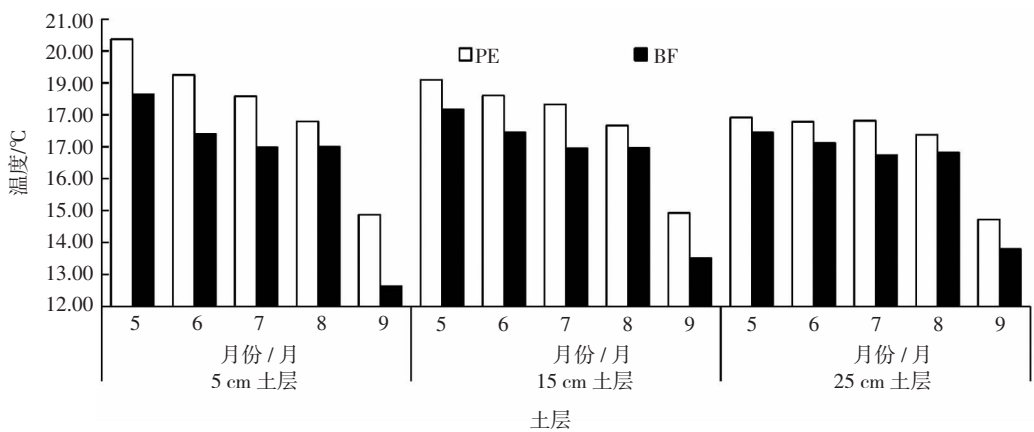


图4 不同地膜覆盖下各土层5—9月温差变化

表 2 不同地膜覆盖马铃薯的经济性状及产量

| 处理 | 折合产量 (kg/hm ²) | 株高 /cm | 茎粗 /mm | 单株结薯数 /个 | 单株结薯重 /g |
|-----|-------------------------------|-------------|------------|-------------|------------------|
| PE膜 | 34 385.00±3 539.78 b | 49.9±1.8 bB | 11.3±0.8 a | 6.2±1.5 a | 957.18±80.51 a |
| BF膜 | 39 073.50±2 157.26 a | 54.9±2.9 aA | 11.4±1.1 a | 5.1±0.6 b | 1 000.95±78.43 a |

①One-way ANOVA 采用 LSD 法, 表中数值为 3 次重复的平均值±标准误差。

7、8、9 月份分别高 1.85%、4.05%、3.58%、20.95%。由以上差异可知, 在 5 cm 和 25 cm 土层, 6、7、9 月份较 5 月份全生物降解膜覆盖土壤温度下降幅度均高于聚乙烯地膜, 表层土温下降幅度高于深层土温, 这可能是因为 6、7 月份时马铃薯植株地上部较小, 未能完全封垄, 土壤易受太阳辐射影响。9 月份马铃薯植株开始衰老, 地表覆盖度降低, 加之全生物降解地膜已降解至基本无保温功能, 而聚乙烯地膜因其没有发生降解, 因此依旧有良好保温效果好、降温幅度较小。

2.4 不同地膜覆盖对马铃薯经济性状及产量的影响

产量是评价栽培措施改变对作物影响最直接的指标, 采用实收测产法测定了地温监测区域马铃薯的产量。试验结果(表 2)表明, 不同覆盖材料对马铃薯株高有极显著影响, 对茎粗和单株结薯重无显著性影响, 对单株结薯数和产量影响显著。覆盖 BF 膜时, 马铃薯株高为 54.9 cm, 较覆盖 PE 膜增加 10.02%; 茎粗为 11.4 cm, 较覆盖 PE 膜增加 0.88%; 单株结薯数为 5.1 个, 较覆盖 PE 膜减少 17.74%; 单株结薯重为 1 000.95 g, 较覆盖 PE 膜增加 4.57%; 折合产量为 39 073.50 kg/hm², 较覆盖 PE 膜增加 13.64%。

3 讨论与结论

马铃薯是与水稻、小麦和玉米并称为世界四大农作物, 发展潜力大、可替代主粮的非禾谷类作物之一^[12-13]。因其生育喜冷凉环境, 在我国适种区域分布在干旱少雨区, 覆膜成为确保其稳产的关键栽培措施, 但聚乙烯地膜环境潜在污染严重, 所以研究降解地膜对马铃薯生育期耕层土壤温度的影响可对马铃薯稳产增产提供技术支撑, 为实现马铃薯绿色轻简化生产意义重大。

本研究结果表明, 覆盖全生物降解地膜在河西灌区马铃薯栽培应用中能够满足其生育期对热量

的需求, 可显著增加马铃薯产量。这主要是由于马铃薯生长发育过程对温度需求特征为块茎萌发到出苗期需要较高温度^[14], 而块茎诱导形成期^[15]、块茎膨大期^[16]、干物质积累期较低温度更有利于各生育进程^[17-18], 这与全生物降解地膜从“膜面完整—诱导开裂—碎片化”过程中其增温性能由强到弱的变化基本一致, 即全生物降解地膜在马铃薯萌发时膜面完整, 提供了满足于马铃薯块茎萌发需要的较高地温的条件; 在马铃薯块茎形成期和膨大期, 全生物降解地膜开始破裂, 增温、保温性能开始逐渐降低, 但聚乙烯地膜因其不会裂解、膜面完整, 增温、保温性能未减弱, 使土壤温度较高, 不能提供较适宜的马铃薯块茎膨大所需的温度条件; 同时较低的土壤温度会延缓植株衰老^[19], 从而延长干物质积累的时间, 进而有利于马铃薯产量的增加。综上, 可以看出全生物降解地膜裂解丧失增温保温功能的过程, 使耕层土壤温度降低, 5、15、25 cm 土层土壤日平均温度比覆盖聚乙烯地膜低 1.1 ℃, 较低的温度有助于马铃薯薯块膨大和干物质积累, 促进产量形成, 其产量高达 39 073.50 kg/hm², 较覆盖聚乙烯地膜增产 13.64%, 增产差异极显著。所以认为, 在不改变河西灌区马铃薯田间管理措施的前提下, 可以使用符合或优于国标(GB 35795—2017)要求的全生物降解地膜替代聚乙烯地膜, 用以治理“白色污染”问题。另有研究表明, 低温更有利于马铃薯淀粉的形成和积累, 改善马铃薯品质^[20-21], 但覆盖全生物降解地膜和聚乙烯地膜是否对马铃薯品质有影响尚需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 中国农村统计年鉴委员会. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] 陈利军, 宝哲, 林涛, 等. 基于 Meta-analysis 的新疆主要作物地膜覆盖产量及水分利用效率分析[J]. 生态学杂志, 2022, 41(4): 661-667.

- [3] 徐菊祯, 张梦璐, 何文清, 等. 中国马铃薯地膜覆盖增产效应及其影响因素的 Meta 分析[J]. 中国农业科学, 2023, 56(15): 2895-2906.
- [4] 靳乐乐, 乔匀周, 董宝娣, 等. 起垄覆膜栽培技术的增产增效作用与发展[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(9): 1364-1374.
- [5] 严昌荣, 刘恩科, 舒帆, 等. 我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(2): 95-102.
- [6] 马兆嵘, 刘有胜, 张芊芊, 等. 农用塑料薄膜使用现状与环境污染分析[J]. 生态毒理学报, 2020, 15(4): 21-32.
- [7] 赵素荣, 张书荣, 徐霞, 等. 农膜残留污染研究[J]. 农业环境与发展, 1998, 15(3): 8-11; 49.
- [8] 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.
- [9] 张建华, 朱惠斌. “白色污染”及其治理方法[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2000, 12(3): 40-42
- [10] 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.
- [11] 中华人民共和国农业部. 农膜系统农业高产攻关活动测产验收办法[EB/OL]. (2008-07-02)[2023-07-30]. https://www.baik.com/wikiid/3001735623048195793?view_id=qhqsttmz0bk00.
- [12] JACKSON S D. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato[J]. Plant Physiol, 1999, 199: 1-8.
- [13] 盛万民. 中国马铃薯品质现状及改良对策[J]. 中国农学通报, 2006, 22(3): 166-170.
- [14] 张承烈, 梁厚果, 甘敏. 日照长短和高温影响马铃薯块茎进入休眠机理的初步探讨[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1990, 26(3): 103-108.
- [15] CHAPMAN H W. Tuberization in the Potato Plant. Physiol Plant[J]. 1958, 11: 215-224.
- [16] 谢世清. 温度对马铃薯块茎形成膨大的影响[J]. 云南农业大学学报, 1993, 7(4): 244-249.
- [17] MANRIQUEET L A, Bartholomew D P, EWING E E. Growth and yield performance of several potato clones grown at three elevations in Hawaii: Plant Morphology [J]. Crop Sci, 1989, 23: 363-370.
- [18] 连勇, 金黎平, 丁明亚. 马铃薯块茎发育及休眠调控研究进展 [C] //中国作物学会马铃薯专业委员会. 中国马铃薯学术研讨会与第五届世界马铃薯大会论文集. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2004.
- [19] 慕宇. 高温对马铃薯块茎淀粉和产量形成的影响机理研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2017.
- [20] 马颜亮. 马铃薯生育后期块茎产质量及淀粉品质动态变化研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2011.
- [21] 杜梅香. 定西旱作区马铃薯覆光-生物双降解膜种植模式试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(12): 73-77.