

杜晟仲,何明珠,郭源上,等.麦草和高密度聚乙烯沙障对地表温度的影响[J].中国沙漠,2025,45(3):191-197.

麦草和高密度聚乙烯沙障对地表温度的影响

杜晟仲¹,何明珠²,郭源上¹,辛春明^{2,3},秦慧君^{2,3},韩国君¹

(1.甘肃农业大学 资源与环境学院,甘肃 兰州 730070; 2.中国科学院西北生态环境资源研究院 干旱区生态安全与可持续发展重点实验室/沙坡头沙漠研究试验站,甘肃 兰州 730000; 3.中国科学院大学,北京 100000)

摘要:麦草和高密度聚乙烯(HDPE)沙障在工程治沙中广泛应用。当前研究更多地聚焦于固沙材料的防风固沙效应,然而有关固沙材料对地表温度长期影响的研究相对缺乏。本研究通过连续3年地表温度监测,揭示麦草和HDPE沙障对土壤热量平衡的影响,可为固沙工程中材料的优化选择、生态风险防控及工程设计提供依据。试验以乌(海)-玛(沁)高速中卫市腾格里沙漠路段风沙防护体系的HDPE沙障、麦草沙障及未铺设沙障的流沙(CK)为研究对象,利用地表温度计连续监测2021—2023年地表温度,对比研究了两种固沙材料在不同时间尺度(日、季节、年)的地表温度差异。结果表明:(1)HDPE沙障的日均地表温度最高(41.75℃),其次为CK(39.44℃),麦草沙障最低(38.14℃)。(2)秋季3种处理间地表温度无显著差异,而春、夏、冬季,CK与HDPE沙障地表温度相近,均显著高于麦草沙障($P<0.001$)。(3)HDPE沙障全年地积温最高,麦草沙障最低;2021—2023年,麦草沙障地表温度呈明显下降趋势,而CK与HDPE沙障略有上升。(4)各处理的地表温度与气温均显著正相关。HDPE沙障导热性强,显著提高地表温度,而麦草沙障增温效应较弱,更利于改善土壤水分条件,促进固沙植物生长,从而加速流沙固定、表层土壤形成和植被恢复。

关键词:麦草沙障; HDPE沙障; 地表温度

文章编号: 1000-694X(2025)03-191-07

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2025.00064

中图分类号: S152

文献标志码: A

0 引言

中国土地荒漠化严重。在降水稀少、风沙活动强烈、植被稀疏的干旱风沙区,受流动沙丘质地疏松、蒸发量大、透水性强、土壤温度波动明显及表层风沙土流动性强等因素制约,固沙植物定植困难,导致单一的生物固沙效果非常有限。因此,机械沙障作为生物固沙的前提与保障,在荒漠化防治工程中得到广泛应用^[1-2]。

依据材料性质,可将机械沙障大致划分为3类:①传统生物质材料沙障,以作物秸秆为主,例如麦(或稻)草、棉花秆、玉米秸秆等;②矿物质材料沙障,以黏土和砾石为主;③新型材料沙障,以石油化工产品为原料或以农作物经发酵生成的产品为原料,例如高密度聚乙烯(HDPE)、土壤改良剂和生物肥料等^[3]。机械沙障的研究主要在沙障材料、固沙

原理、规格大小、风沙动力等方面,例如针对不同材料沙障的防风固沙效应的对比分析研究表明,方格沙障能够有效地改良土壤条件和地表微环境^[4-5];沙障材料对土壤水分及动态的影响研究表明,聚乳酸(PLA)沙障和麦草沙障随着年限的增加土壤含水量明显高于裸沙丘^[6-7];通过紫外线照射和拉伸强度等对固沙材料进行材料性能比测,表明高密度聚乙烯(HDPE)防沙网具有良好的疏水、耐酸碱、耐高温辐射的性能^[8-9];关于破损率、输沙率、风速等指标研究表明尼龙网或HDPE沙障在防沙效果和使用年限方面作用显著^[10-11]。然而,尼龙网、HDPE材料自然降解缓慢,微塑料对沙漠生态环境存在长期潜在的污染^[12]。生物质(稻/麦草等)沙障具有经济、易分解、防护性能相对稳定、技术成熟、环保等优势。此外,生物质沙障在自然分解过程中会增加土壤有机质、氮、磷和多种营养成分^[13],一定程度上加速了流沙

收稿日期:2024-11-18; 改回日期:2025-03-27

资助项目:甘肃省自然科学基金重点项目(24JRRA081)

作者简介:杜晟仲(2000—),男,甘肃靖远人,硕士研究生,主要研究方向为干旱区资源利用与植物保护。E-mail: 1443561101@qq.com

通信作者:韩国君(E-mail: hangj@gsau.edu.cn)

的表层成土过程,并给生物土壤结皮的形成以及草本植物的定居和繁衍提供基础^[14],不足之处在于生物质沙障存在防护期限短,通常2~4年会快速分化降解,防风固沙效能快速下降,通常要和植物固沙、人工结皮固沙等生物措施协同施工^[15]。尽管当前对沙障的力学性能、防风固沙效果已有较为全面深入的研究,但对长期作用下地表热力过程的影响研究仍然相对匮乏。土壤地表温度作为表征沙地水热平衡的关键参数,直接影响植被恢复潜力与生态系统的可持续性,开展相关研究对完善沙障材料评价体系、优化地表热量调控具有重要理论价值。本研究通过系统分析传统生物质材料(麦草)与新型工程材料高密度聚乙烯(HDPE)沙障对地表温度的影响,可为固沙工程中材料的优化选择、生态风险防控及工程设计提供关键科学依据和实

践指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区位于宁夏回族自治区中卫市乌(海)-玛(沁)高速公路(以下简称“乌玛高速”)腾格里沙漠段(图1),属温带大陆性气候,干旱少雨,年平均气温8.8℃,最低气温为-25.3℃,最高气温为40℃;多年降雨量小于200 mm,年蒸发量1 500~2 000 mm,干燥度为4~12,7—9月为主要降水期;10月至次年5月为风季,风速一般为3~5 m·s⁻¹,最大风速可达30 m·s⁻¹,往往形成沙尘暴天气^[16-17];流动沙丘地形起伏显著,天然植被以旱生灌木和一年生草本为主,覆盖率不足1%。

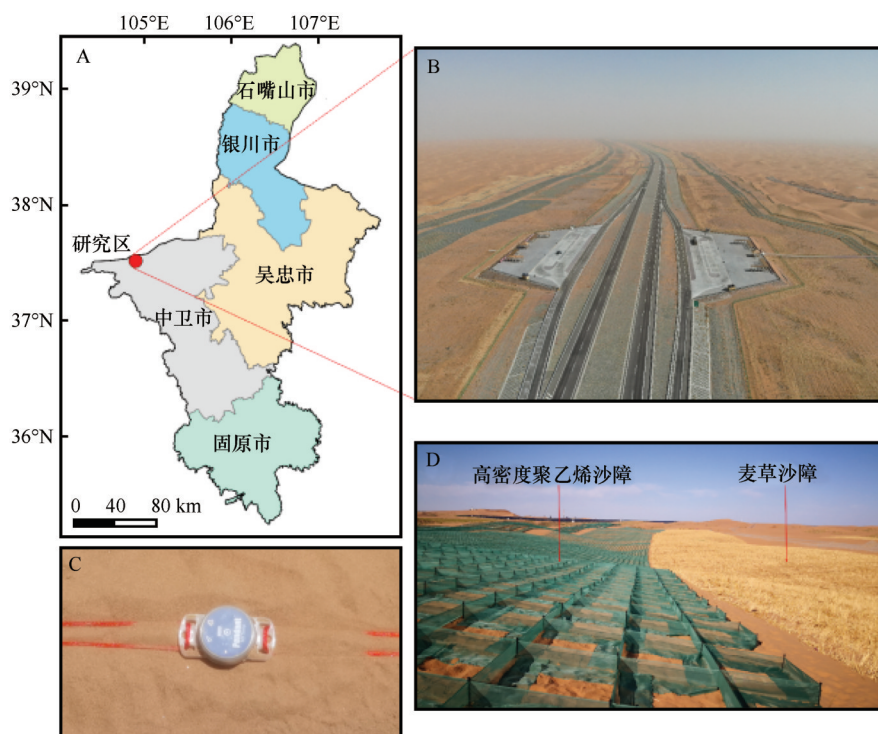


图1 研究区位置与地表温度观测场

Fig.1 Location of the study area and surface temperature observation test

1.2 试验设计

试验小区布设在乌玛高速公路生态防护体系沙丘顶部平缓区域,选取设置3类样地,分别为流沙(CK)、麦草沙障和HDPE沙障。麦草沙障和HDPE沙障采用半隐蔽铺设方式,即固沙材料的10~15 cm埋入流沙,地上直立部分20 cm,方格状连续铺设,每个沙障方格的规格为1 m×1 m。

1.3 数据采集与地表温度指数的计算

1.3.1 气温与地表温度的采集

2020年7月分别在3个样地安装HOBO MX Pendant Temp(型号:1-800-LOGGERS)连续采集地表温度数据,采集间隔为10 min。同期安装自动气象观测站1套,用于连续监测试验区域的降水量、气温、风速、风向。

1.3.2 地表温度的变异系数

在描述温度的日变化时,使用变异系数(CV)可以反映温度在一天内的相对离散程度或波动情况。

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\% \quad (1)$$

式中: σ 表示样本的标准差; μ 表示样本的均值。

1.3.3 地积温

积温是衡量气候热量资源的重要指标^[18]。通过分析不同地区的积温分布,可以了解各地的气候冷暖程度和热量丰富程度,进而反映出不同地区的气候特征,地积温则是日平均土壤温度或泥温的累加值^[19]。

$$G = \sum_{i=1}^n T_i \quad (2)$$

式中: G 表示某一月份地积温; T_i 表示第*i*天的地表温度日平均值; n 表示该月份总天数。

1.4 数据处理

采用 SPSS 26.0 软件对数据进行整理分析,通过单因素方差分析研究季节、年尺度不同沙障对地表温度的影响,采用 LSD 法比较不同沙障类型地积

温的差异化,采用双因素方差分析综合评估沙障类型、季节变化及其交互作用对地表温度的影响,将显著性水平设定为 $\alpha=0.05$;采用线性回归模型检验气温与地表温度之间的相关性。通过 Origin 2024 软件实现数据可视化。

2 结果与分析

2.1 不同处理下地表温度日变化

2021—2023 年,3 个处理的地表温度均高于气温,且形成“倒 V”字型,3 年中,全年地表最低温度都出现在 1 月,地表高温区间出现在 7 月前后,地表温度随季节变化明显(图 2)。其中以 2021 年地表温度变化幅度最大,最高地表温度 HDPE 沙障>流沙(CK)>麦草沙障>气温,分别为 41.75、39.44、38.14、31.77 °C;最低地表温度 HDPE 沙障>流沙(CK)>麦草沙障>气温,分别为-15.34、-15.78、-16.38、-19.41 °C。3 年平均地表温度变异系数气温>麦草沙障>DPE 沙障>流沙(CK),分别为 99.12%、90.62%、82.67%、78.10%。

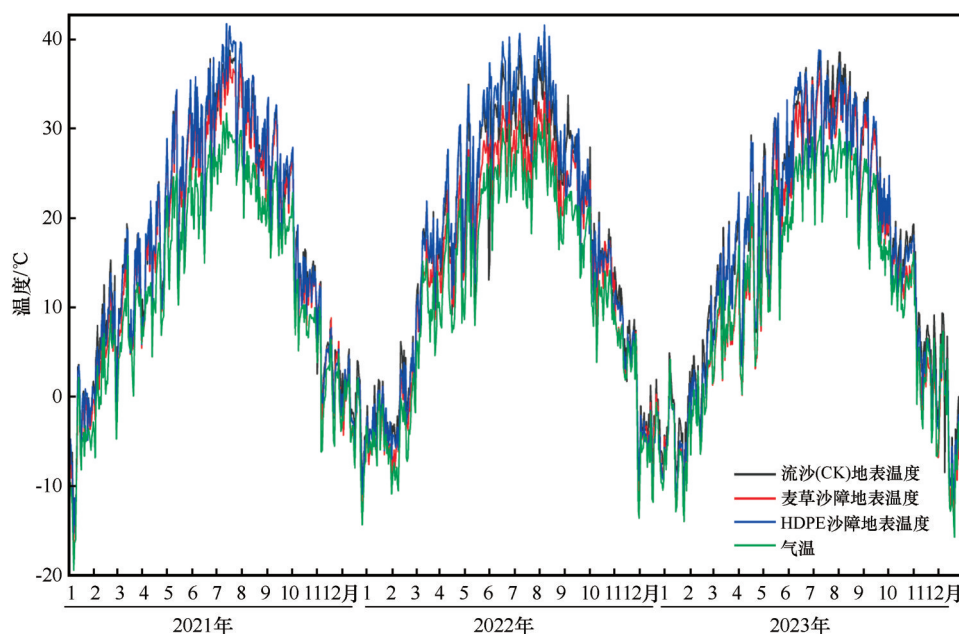


图2 2021—2023 年不同处理下地表温度及气温日变化趋势

Fig.2 Daily variation trend of ground temperature under different treatments and air temperature from 2021 to 2023

2.2 不同处理下地积温月变化

3 个处理地积温最大值都集中在 7 月(表 1),且 HDPE 沙障>流沙(CK)>麦草沙障,分别为 1 072.43、1 047.76、973.91 °C;最小值集中在 1 月,HDPE 沙障>流沙(CK)>麦草沙障,分别为-96.21、-111.89、

-155.19 °C。HDPE 沙障与 CK 地积温差值比较,11 月的差值最大,为 39.13 °C,其次是 2 月,为 26.82 °C;在 6、7、8 月温度较高的时候,HDPE 沙障与 CK 的积温差值不明显。麦草沙障地积温与 CK 地积温差值比较,3 月的差值为-106.1 °C,差值最大,其次是 4

表 1 2021—2023 年不同处理下地积温及差值(单位: °C)

Table 1 Accumulated ground temperature and difference under different treatments from 2021 to 2023 (Unit: °C)		月份											
地积温与 差值	处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
地积温	流沙(CK)	-111.89	104.11	416.58	521.06	774.49	935.56	1 047.76	950.27	764.30	485.74	171.67	-64.18
	麦草沙障	-155.19	26.36	310.47	424.27	714.89	857.76	973.91	885.83	724.35	439.67	107.21	-127.19
	HDPE 沙障	-96.21	130.92	441.57	530.94	797.19	959.64	1 072.43	971.82	787.85	510.71	210.80	-40.48
差值	HDPE-CK	15.68	26.82	24.99	9.87	22.69	24.07	24.67	21.54	23.55	24.97	39.13	23.70
	麦草-CK	-43.30	-77.74	-106.1	-96.78	-59.60	-77.79	-73.85	-64.43	-39.95	-46.06	-64.46	-63.00
	HDPE-麦草	15.68	104.56	131.10	106.67	82.30	101.88	98.52	85.99	63.50	71.04	103.59	86.71

月,为 96.78 °C,9 月差值最小,为 39.95 °C。与麦草沙障相比,HDPE 沙障明显提高了土地地表温度。

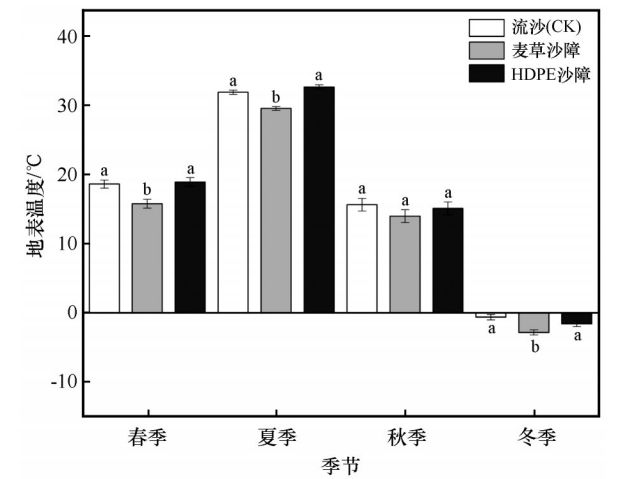
2.3 不同处理下地表温度季节变化

地表温度在不同沙障与季节两个因素下,均存在极显著差异($P<0.001$),但其交互作用下差异不显著($P=0.431$,表 2)。2021—2023 年,流沙(CK)与 HDPE 沙障的季节性地表温度无显著性差异(图 3);春季,HDPE 沙障、流沙(CK)、麦草沙障的地表温度分别为 18.91、18.61、15.75 °C,HDPE 沙障与 CK 地表温度相差不明显,但两者与麦草沙障存在显著性差异;夏季,HDPE 沙障、CK、麦草沙障的地表温度分别为 32.65、31.88、29.54 °C,HDPE 沙障与 CK 地表温度相差不明显,但两者与麦草沙障有显著性差异;秋季,CK、HDPE 沙障的地表温度高于麦草沙障,但没有显著性差异;冬季,HDPE 沙障、CK、麦草沙障的地表温度分别为 -1.60、-0.63、-2.84 °C,HDPE 沙障与 CK 地表温度相差不明显,但两者与麦草沙障有显著性差异。随着季节变化,麦草沙障的地表温度均低于 HDPE 沙障与 CK。

表 2 材料与季节对地表温度的双因素方差分析结果					
Table 2 Results of two-way ANOVA for the effects of materials and seasons on surface temperature					
差异源	平方和	df	均方	F	P
材料	1 192.074	2	596.037	18.139	<0.001
季节	151 006.05	3	50 335.350	1 531.861	<0.001
材料×季节	195.106	6	32.518	0.996	0.431

2.4 不同处理下地表温度年变化

2021—2023 年乌玛高速的年平均气温保持平稳状态,分别为 11.43、11.42、11.59 °C;流沙(CK)和



注:不同小写字母表示差异显著, $P<0.001$
图 3 不同季节沙障材料间地表温度差异分析(2021—2023 年)
Fig.3 Analysis of surface temperature differences between sand barrier materials across seasons (2021—2023)

HDPE 沙障的地表温度呈现逐年上升趋势,HDPE 沙障 2022 年地表温度年均值较 2021 年增加 3%,2023 年较 2022 年增加 8.3%;麦草沙障的地表温度呈现逐年下降趋势,下降幅度较大,2022 年较 2021 年降低 7.7%,2023 年较 2022 年降低 2.5%(图 4)。HDPE 沙障、CK 与麦草沙障 3 年平均地表温度为 17.19、16.89、14.20 °C,对 3 年的年平均地表温度进行方差分析得出,CK 与 HDPE 沙障的地表温度无显著性差异,CK、HDPE 沙障的地表温度显著高于麦草沙障。

2.5 气温与不同处理的相关性

气温与流沙(CK)、HDPE 沙障、麦草沙障的地表温度均显著正相关(图 5, $P<0.05$),即随气温的增加,CK 和两种沙障的地表温度也相应增加。由于麦草沙障的拟合方程斜率小于 HDPE 沙障,所以随

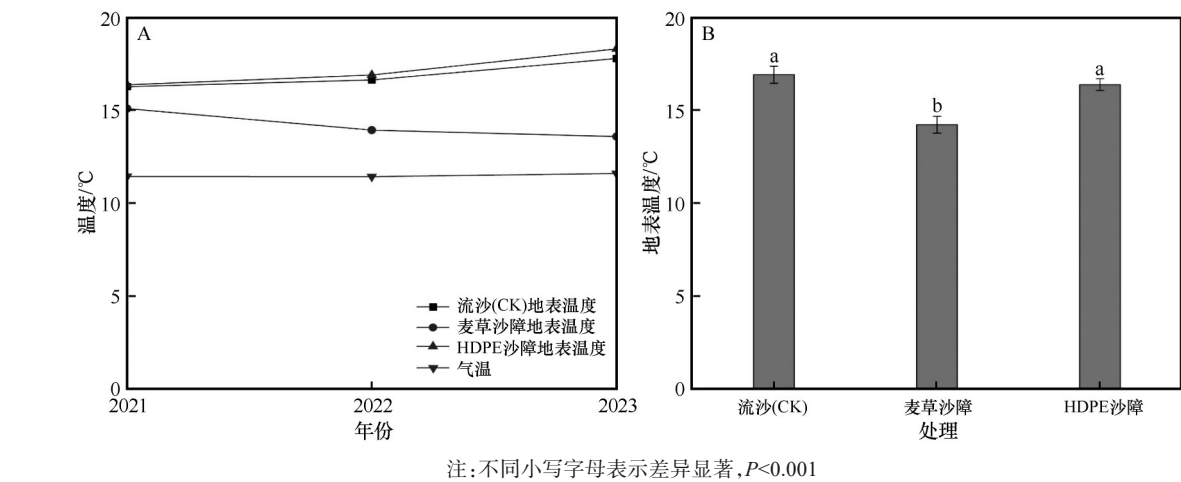


图4 年平均地表温度变化趋势与方差分析(2021—2023年)

Fig.4 Trend variation trend of annual average surface temperature and variance analysis (2021–2023)

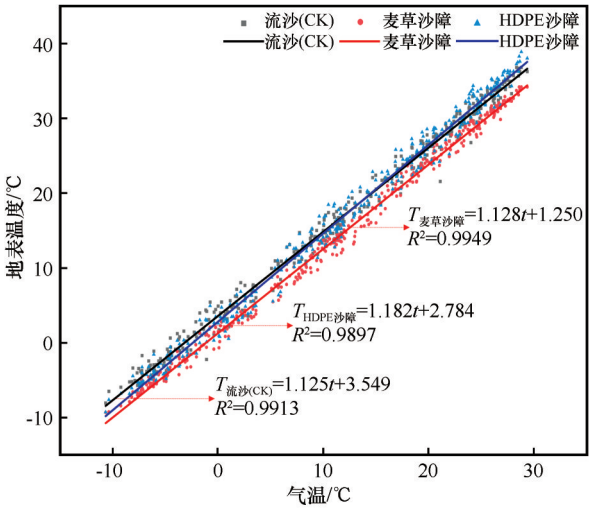


图5 气温与处理地表温度的线性拟合

Fig.5 Linear fitting between air temperature and surface temperatures under different treatments

着气温增加,麦草沙障地表温度的增加小于HDPE沙障。

3 讨论

3.1 麦草沙障对地表温度的影响

麦草沙障可有效改善局部微气候环境^[20],如麦草沙障能够减缓空气的流动,促使水汽在局部区域汇聚,进而增加空气湿度^[21]。麦草沙障能够降低地表风速,减少风蚀作用,为生物结皮的形成与发育创造有利条件^[22]。本研究表明,2021—2023年,麦草沙障的地表温度均低于CK和HDPE沙障;麦草沙障的地积温均小于流沙(CK)和HDPE沙障;麦草沙障的地表温度年均值显著性低于CK和HDPE沙

障,表明麦草沙障能够有效地降低地表温度。草方格沙障和固沙植被建立,可使地表粗糙度增加,生物土壤结皮逐渐形成,风速逐步降低,地表吸收热量减少,有助于降低地表温度^[23]。此外,从地表热量交换的角度分析,麦草沙障能有效降低风速进而减弱风对地表的直接吹拂,风速降低减少了地表热量交换,导致地表在白天升温速度减缓,夜间降温速度也变缓慢,从而缩小了地表温度波动的昼夜温差^[24]。本文研究结果与前人研究结论一致,其内在关联在于麦草沙障通过降低地表风速、抑制热量交换的物理机制(如减少昼夜温差),叠加生物结皮形成对地表反照率的提升作用,共同强化其对地表温度的持续调控能力。

3.2 HDPE沙障对地表温度的影响

HDPE沙障在成本效益和实际的防护治沙效果等方面,比其他机械沙障更具长期性、稳定性等特点,固沙效果更加显著^[25]。以往研究认为HDPE沙障具备良好的耐磨损、耐腐蚀、抗衰老和使用寿命相对较长等性能^[26],且能够承受一定程度的紫外线照射、风沙冲击与拉伸,不易受损^[27]。本文通过在日、月、季和年时间尺度上的地表温度分析,发现HDPE沙障的地表温度高于CK和麦草沙障,这是因为HDPE属于高分子聚合物,结构较为紧密,其导热系数通常为 $0.4\sim0.5\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ^[28],而麦草属于天然植物材料,内部结构较为疏松且有较多的空气间隙,导热系数低,一般为 $0.1\sim0.2\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ^[29],表明HDPE能够较为迅速地传导热量,促使吸收的太阳辐射能快速传递至地表,从而使地表温度升高,这与一些

学者的研究结果一致。另外,HDPE的遮阴效果相对较弱,不能有效地阻止太阳光直射地表,从而提高地表温度^[30]。

3.3 气温与不同处理的拟合相关性

机械沙障能够有效地防风固沙,为生物固沙措施的实施提供基础保障。通过对不同沙障地表温度的研究发现,3个处理地表温度均高于气温,但采用气温来拟合3个处理的地表温度,均具有显著正相关关系,这与一些学者的研究结论一致^[31],地表温度与气温之间的相关系数较高,气温单独解释了80%的地表温度变化。通过不同处理和气温线性拟合方差的斜率分析发现,HDPE沙障处理的斜率最大,说明地表温度的增温速率最大,麦草沙障的增温速率小于HDPE沙障。该结论进一步验证和解释了前述的不同处理在日、月、季节和年时间尺度上的结果。

4 结论

气温的变异系数最高(99.12%),其次是麦草沙障(90.62%)、HDPE沙障的地表温度(82.67%),流沙(CK)最低(78.10%);麦草沙障的逐月地积温最低,HDPE沙障地积温最高;季节与材料因素独立主导地表温度变化($P < 0.001$),无显著交互作用($P = 0.431$);麦草沙障持续降温优势明显,其年均温较HDPE沙障和CK分别降低3℃和2.7℃。HDPE材料的沙障导热性较好,会提高地表温度,而麦草沙障对地表温度的增温效果较弱,更有助于改善地表的水环境,保障固沙植物生长,从而促进了流沙固定、表层土壤形成和植被恢复。

参考文献:

- [1] 王涛.中国防沙治沙实践与沙漠科学发展的70年[J].中国沙漠,2023,43(1):1-8.
- [2] 猴永涛,吴永祥,彭波,等.乌玛高速公路腾格里沙漠段防护体系不同配置措施固沙效应评估[J].中国沙漠,2024,44(2):264-272.
- [3] 原伟杰,虞毅,王戈,等.可降解聚乳酸沙障降解性能研究[J].水土保持通报,2012,32(3):107-110.
- [4] Li X R, Xiao H L, Zhang J G, et al. Long-term ecosystem effects of sand-binding vegetation in the Tengger Desert, northern China[J]. Restoration Ecology, 2004, 12(3): 376-390.
- [5] 猴永涛,吴永祥,彭波,等.乌玛高速公路腾格里沙漠段防护体系典型断面风沙活动特征[J].中国沙漠,2024,44(3):279-289.
- [6] 李谦,高永,汪季,等.聚乳酸纤维沙障对表层土壤含水量的影响[J].中国水土保持科学,2012,10(3):69-74.
- [7] 屈建军,洪贤良,李芳,等.聚乳酸(PLA)网格沙障耐老化性能及防沙效果[J].中国沙漠,2021,41(2):51-58.
- [8] 洪贤良,屈建军,张建青,等.高密度聚乙烯(HDPE)防沙网使用寿命评估[J].中国沙漠,2020,40(3):1-6.
- [9] Liang J Z. Melt strength and drawability of HDPE, LDPE and HDPE/LDPE blends[J]. Polymer Testing, 2019, 73: 433-438.
- [10] 王金国,安志山,张克存,等.乌玛高速公路中卫段风沙环境及输移规律[J].水土保持研究,2021,28(6):183-189.
- [11] 王逸敏,刘康,屈建军.沙障对流沙地植被和土壤养分的影响[J].中国沙漠,2019,39(3):56-65.
- [12] Ding L, Wang X, Ouyang Z, et al. The occurrence of microplastic in Mu Us Sand Land soils in Northwest China: different soil types, vegetation cover and restoration years[J]. Journal of Hazardous Materials, 2021, 403: 123982.
- [13] He M Z, Hu R, Jia R L. Biological soil crusts enhance the recovery of nutrient levels of surface dune soil in arid desert regions[J]. Ecological Indicators, 2019, 106: 105497.
- [14] Li X, Zhang Z, Tan H, et al. Ecological restoration and recovery in the wind-blown sand hazard areas of northern China: relationship between soil water and carrying capacity for vegetation in the Tengger Desert[J]. Science China Life Sciences, 2014, 57(5): 539-548.
- [15] Li X R, Tian F, Jia R L, et al. Do biological soil crusts determine vegetation changes in sandy deserts? Implications for managing artificial vegetation[J]. Hydrological Processes, 2010, 24(25): 3621-3630.
- [16] 张克存,安志山,何明珠,等.乌海至玛沁高速公路中卫段风沙环境特征及沙害防治[J].干旱区地理,2021,44(4):983-991.
- [17] 武万里,程雅茹,马宁.宁夏高速公路横风分布特征及风险分析[J].宁夏大学学报(自然科学版),2023,44(4):397-402.
- [18] 褚超,雷俊,阳仁贵,等.西北干旱区气候变化对灌溉春玉米生产的影响[J].中国农业气象,2024,45(7):745-755.
- [19] 赵江伟,李敖,赵哲维,等.1961-2023年阿勒泰积温变化特征分析[J].农业灾害研究,2024,14(6):223-225.
- [20] Chang Z F, Liu S Z, Wang Q, et al. Progress and problems of development research and application of sand barriers[J]. Meteorological & Environmental Research, 2018, 9(3): 18-23.
- [21] Huang H. Modeling the inhibition effect of straw checkerboard barriers on wind-blown sand[J]. Earth Surface Dynamics, 2023, 11(2): 167-181.
- [22] Li X R, Xiao H L, He M Z, et al. Sand barriers of straw checkerboards for habitat restoration in extremely arid desert regions[J]. Ecological Engineering, 2006, 28(2): 149-157.
- [23] Li X R, He M Z, Duan Z H, et al. Recovery of topsoil physicochemical properties in revegetated sites in the sand-burial ecosystems of the Tengger Desert, northern China[J]. Geomorphology, 2007, 88(3/4): 254-265.

- [24] Beck A, Heinemann U, Reidinger M, et al. Thermal transport in straw insulation[J]. *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, 2004, 27(3): 227–234.
- [25] 孙涛, 刘虎俊, 朱国庆, 等. 3种机械沙障防风固沙功能的时效性[J]. *水土保持学报*, 2012, 26(4): 12–16.
- [26] Jafari N H, Stark T D, Rowe R K. Service life of HDPE geomembranes subjected to elevated temperatures[J]. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 2014, 18(1): 16–26.
- [27] Music B, Skapin A S. Degradation and stabilization of polymer materials[J]. *Polymers*, 2023, 15(23): 4519.
- [28] Bilgin Ö. Temperature influence on high-density polyethylene geomembrane and soil interface shear strength[J]. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 2021, 7: 1–10.
- [29] Sabapathy K A, Gedupudi S. Straw bale based constructions: measurement of effective thermal transport properties[J]. *Construction and Building Materials*, 2019, 198: 182–194.
- [30] Rowe R K, Mukunoki T, Lindsay H. Effect of temperature on btex permeation through HDPE and fluorinated HDPE geomembranes[J]. *Soils and Foundations*, 2011, 51(6): 1103–1114.
- [31] Shigeto K, Ishida T, Minomura M, et al. Relations between surface temperature and air temperature on a local scale during winter nights[J]. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2000, 39(9): 1570–1579.

Influence of straw checkerboards and high-density polyethylene sand barriers on soil surface temperature

Du Shengzhong¹, He Mingzhu², Guo Yuanshang¹, Xin Chunming^{2,3}, Qin Huijun^{2,3}, Han Guojun¹

(1. College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Key Laboratory of Ecological Safety and Sustainable Development in Arid Lands / Shapotou Desert Research and Experiment Station, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100000, China)

Abstract: This study investigates the long-term effects of two commonly used sand fixation materials, wheat straw and high-density polyethylene (HDPE) sand barriers, on surface temperature in the Tengger Desert along the Wuwei-Maqin Expressway. Through continuous surface temperature monitoring from 2021 to 2023, the results reveal that HDPE sand barriers exhibited the highest daily average surface temperature (41.75 °C), followed by bare sand (CK, 39.44 °C), and wheat straw barriers (38.14 °C). Seasonal analysis showed no significant differences in autumn, but in spring, summer, and winter, CK and HDPE had similar temperatures, both significantly higher than wheat straw ($P < 0.001$). Monthly accumulated temperature trends indicated HDPE had the highest annual accumulation, while wheat straw showed a declining trend over the study period. Surface temperature was positively correlated with air temperature across all treatments. The findings suggest that HDPE sand barriers, with higher thermal conductivity, significantly increase surface temperature, whereas wheat straw barriers, with weaker warming effects, are more conducive to improving soil moisture conditions, promoting plant growth, and accelerating sand fixation, topsoil formation, and vegetation restoration. This study provides critical insights for optimizing material selection and ecological risk management in sand fixation engineering.

Key words: straw checkerboards; HDPE sand barrier; surface temperature