

# 砂石与秸秆覆盖对风沙土水分蒸发特性的影响

吕向楠<sup>1</sup>, 吕刚<sup>2</sup>, 刘媛<sup>3</sup>, 郑林<sup>3</sup>

(1. 沈阳城市建设学院, 沈阳 110000; 2. 辽宁工程技术大学环境科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000;  
3. 内蒙古赤峰市克什克腾旗青山林场, 内蒙古 赤峰 024000)

**摘要:** 探究不同厚度的砂石和秸秆覆盖对辽西北风沙土土壤水分蒸发的影响机理, 特别是在不同初始含水率下的影响, 并探索抑制辽西北风沙地土壤水分蒸发的最佳模式, 也为风沙区植被建设提供理论基础。首次以辽西北风沙土为研究对象, 运用自行设计的蒸发桶进行为期 20 天的室内蒸发模拟试验, 研究土壤蒸发量随蒸发时间的变化规律。结果表明, 砂石与秸秆覆盖能够抑制土壤水分蒸发, 随着初始含水率增大, 砂石与秸秆覆盖厚度越厚, 其保持土壤水分的效果就越强。

**关键词:** 风沙土; 砂石覆盖; 秸秆覆盖; 土壤水分; 土壤水分蒸发

**中图分类号:** S157.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)08-0220-09

在干旱半干旱地区, 土壤水分蒸发是造成土壤水分流失、土地干旱的一个重要原因。在干旱区农业种植中, 抑制土壤水分的蒸发是一项至关重要的措施, 它可以有效提升作物的产量<sup>[1-5]</sup>。大量研究表明地面覆盖技术能有效抑制土壤水分蒸发、减少土壤水分的无效散失, 其中砂石覆盖、秸秆覆盖、塑料膜覆盖等为主要覆盖方式<sup>[6-11]</sup>。砂石覆盖粒径越大对土壤蒸发的抑制能力越低<sup>[8, 12]</sup>, 并随覆盖砂石的厚度增大, 对土壤水分蒸发的抑制效果就越好<sup>[12-13]</sup>。秸秆覆盖能有效抑制土壤水分蒸发<sup>[14]</sup>, 且抑蒸效果与秸秆覆盖量之间呈正相关关系, 随着覆盖量的增大, 抑蒸效果就越好<sup>[15-16]</sup>, 能够显著提高土壤水分的生产效率<sup>[17]</sup>, 降低土壤水分蒸发量, 且土壤水分累积蒸发量随时间呈指数关系<sup>[18]</sup>。Kemper 等<sup>[19]</sup>研究发现, 无论砂石的颜色如何, 砂石覆盖都能显著降低土壤水分的蒸发作用。Ma 和 Li<sup>[20]</sup>进行了田间试验, 发现鹅卵石和细砂混合覆盖在地面上时, 抑制土壤水分蒸发效果随覆盖物厚度增大而增强<sup>[21]</sup>。

辽西北位于我国北方半干旱农牧交错区生态脆弱带内, 受气候原因极易遭受风蚀、水蚀侵袭, 导致土地沙漠化<sup>[22]</sup>, 是辽宁风沙最严重的地区<sup>[23]</sup>。水分是沙地治理和植被恢复的主要制约因素<sup>[24]</sup>, 但该区降雨稀少, 且 70% 多集中在夏季, 地下水埋深较浅, 地下水除了人为开发利用, 大多以潜水蒸发

为主消耗掉, 且潜水蒸发为区域水分蒸发的主要来源之一<sup>[25]</sup>, 如何保持土壤中有限的水分对该区植被恢复和农牧业发展至关重要<sup>[26]</sup>。砂石和秸秆覆盖是一种具有增温保墒、减少土壤侵蚀、减少病虫害、提高作物产量、改良作物品质、抑制杂草生长等的覆盖措施, 已经广泛应用于干旱、半干旱地区的农业生产方面<sup>[27-28]</sup>。然而, 目前针对砂石或者秸秆覆盖对于不同初始含水率辽西北风沙土土壤水分蒸发特性的研究还比较缺乏。本文选取辽西北风沙土, 采用室内蒸发桶试验研究不同砂石或秸秆覆盖厚度对风沙土土壤水分蒸发量的影响, 并探讨不同初始含水率对土壤水分蒸发的影响规律, 对比分析了土壤水分日蒸发量、累积蒸发量及土壤蒸发抑制效率, 确定了初始含水率不同时, 不同砂石与秸秆覆盖层厚度抑制蒸发作用, 旨在为辽西北风沙地农田合理抑蒸保墒提供科学理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试样品采集

通过文献分析和现场实地调查, 确定以辽宁省沙地治理与利用研究所章古台试验基地内的大扁杏果园地风沙土为研究对象, 在大扁杏果园样地内选取 3 处, 以等边三角形的形态分布于顶点, 间距为 15 m, 各点位处布置 3 个重复的 1 m × 1 m 样方, 取样深度为 0~20 cm, 采集相应数量土壤散样带回实

**收稿日期:** 2024-01-28

**基金项目:** 辽宁省“兴辽英才计划”项目(XLYC2007046); 辽宁工程技术大学双一流学科创新团队建设资助项目(LN-TU20TD-24)

**作者简介:** 吕向楠(1988—), 女, 吉林东辽人, 硕士, 讲师, 研究方向为土壤侵蚀与土壤水文学; 通信作者吕刚(1979—), 男, 吉林九台人, 博士, 教授, 研究方向为土壤侵蚀与土壤水文学。

验室风干后,过 2 mm 土壤筛滤去杂质作为供试土壤。同时使用体积为 200 cm<sup>3</sup>的钢制环刀采集原状土壤样品,随后于实验室分析其土壤物理性质。相关土壤物理性质如表 1 所示,测定方法借鉴文献[29]。试验采用的秸秆选用同年于章古台割取晒干并粉碎形成约 4 cm 的玉米秸秆,试验用的砂石为网上采购直径为 0.6~0.9 cm 的白色雨花石。

### 1.2 土壤水分蒸发试验

试验采用自制蒸发桶,蒸发桶高 18 cm,直径 12 cm。使用电钻均匀钻桶的底部形成 5 个 0.5 cm 的孔,然后为防止土壤从孔中流失,采用纱布垫在桶的底部。将风干土装进每个蒸发桶中,使其容重控制在 1.48 g/cm<sup>3</sup>,土柱高度设置为 13 cm,依照测得的饱和含水率,设置 5%、15%、25% 3 个级别的含水率,在土壤表面布设渗水布膜,然后对其进行湿润,使水缓慢均匀地渗入土壤之中,等待其灌水结束后,使用塑料薄膜覆盖在蒸发桶的桶口之上做密闭处理,分别设置秸秆及砂石的覆盖厚度为 1 cm、2 cm、3 cm 3 种,每个处理设置 3 次重复,共计进行 54 组试验。砂石与秸秆覆盖完成后进行称重并记录其初始质量,将蒸发桶放置在室内实验室的空旷处进行蒸发试验。开始连续进行 20 d,每天下午 17:00 时使用电子秤对蒸发桶进行称重,电子秤的量程为 10 kg,精度为 0.01 g。进而计算出其土壤水分损失的质量。

蒸发抑制效率是指在土壤蒸发过程中某些指标抑制土壤水分蒸发的能力<sup>[30]</sup>。通过引入蒸发抑制效率来衡量不同砂石与秸秆覆盖厚度抑制土壤水分蒸发的能力。计算公式如下:

$$I = \frac{EC_0 - EC_t}{EC_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:EC<sub>t</sub>为第 t 天的土壤累积蒸发量,mm;I 为指标对土壤蒸发的抑制效率,%;EC<sub>0</sub>为对照土壤累积蒸发量,mm。

### 1.3 数据处理

运用 Excel 2021、SPSS27.0 等软件对试验数据进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同覆盖厚度条件下辽西北风沙土的土壤水分蒸发过程

#### 2.1.1 不同覆盖厚度条件下辽西北风沙土的土壤日蒸发过程

随蒸发时间发生变化,在初始含水率、覆盖物种类、覆盖厚度处理下,土壤日蒸发量和对照变化趋势基本一致,都是下降趋势,只不过变化幅度有些不同而已。存在覆盖的处理下,土壤日蒸发量变化波动幅度逐渐变小,相比之下,对照的土壤水分日蒸发量变化波动幅度较大。相同含水率、相同覆盖物种类条件下,蒸发前期,土壤日蒸发量表现为对照>3 cm>2 cm>1 cm,随着蒸发时间的推移,存在覆盖物的处理土壤日蒸发量逐渐大于对照,这是由于蒸发前期土壤含水量较高,覆盖物越厚,相应处理土壤日蒸发量越小,土壤水分随着蒸发时间不断减少,随着覆盖物厚度的减小,土壤水分的降低程度逐渐加大,从而导致土壤的日蒸发量相对于覆盖物厚度较大的处理而言较低。这一结果和蔡永坤等<sup>[2]</sup>所发现的是一致的(图 1)。

通过试验结果可以看出土壤日蒸发过程可以较为明显的分为两个阶段,相同含水率、相同覆盖物种类条件下,蒸发前期,土壤日蒸发量表现为对照>3 cm>2 cm>1 cm。这是因为覆盖物厚度越大,土体表层的空气流速越低,随之土壤水分蒸发速率越低。蒸发中后期,进入第二个阶段,土壤日蒸发量逐渐表现为 1 cm>2 cm>3 cm>对照,其原因是在低土壤含水率的情况下,土壤水分的蒸发速率受其水分含量或水汽扩散能力的影响,导致土壤蒸发速率急剧降低。因此在干旱半干旱地区,植被覆盖是影响土壤水分状况最主要因素之一。土壤中的水分通过地表输送至覆盖物和大气之间的交界处,呈现水汽的特征,这种现象可以延缓土壤的蒸发速度,而对照组则已经逐渐进入了土壤水分蒸发的第三个阶段,毛管水已经受水表面张力作用而断裂,土壤水分仅能作为水汽分子慢慢地迁移到地表<sup>[31]</sup>。

#### 2.1.2 不同覆盖厚度条件下辽西北风沙土的土壤累积蒸发量

试验结果表明,各处理下的土壤水分累积蒸发量随蒸发时间的推移逐渐增大,但增量逐渐变小。在初始含水率、覆盖物种类相同的条件下,覆盖厚度

表 1 供试土壤物理性质

土壤	土壤质地	田间持水量/%	自然含水量/%	毛管持水量/%	饱和含水量/%	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	黏粒(<0.002/mm)/%	粉粒(0.002~0.02/mm)/%	砂粒(0.02~2/mm)/%
风沙土	砂土及壤质砂土	21.711	3.232	24.251	25.954	1.483	0.442	2.323	97.231

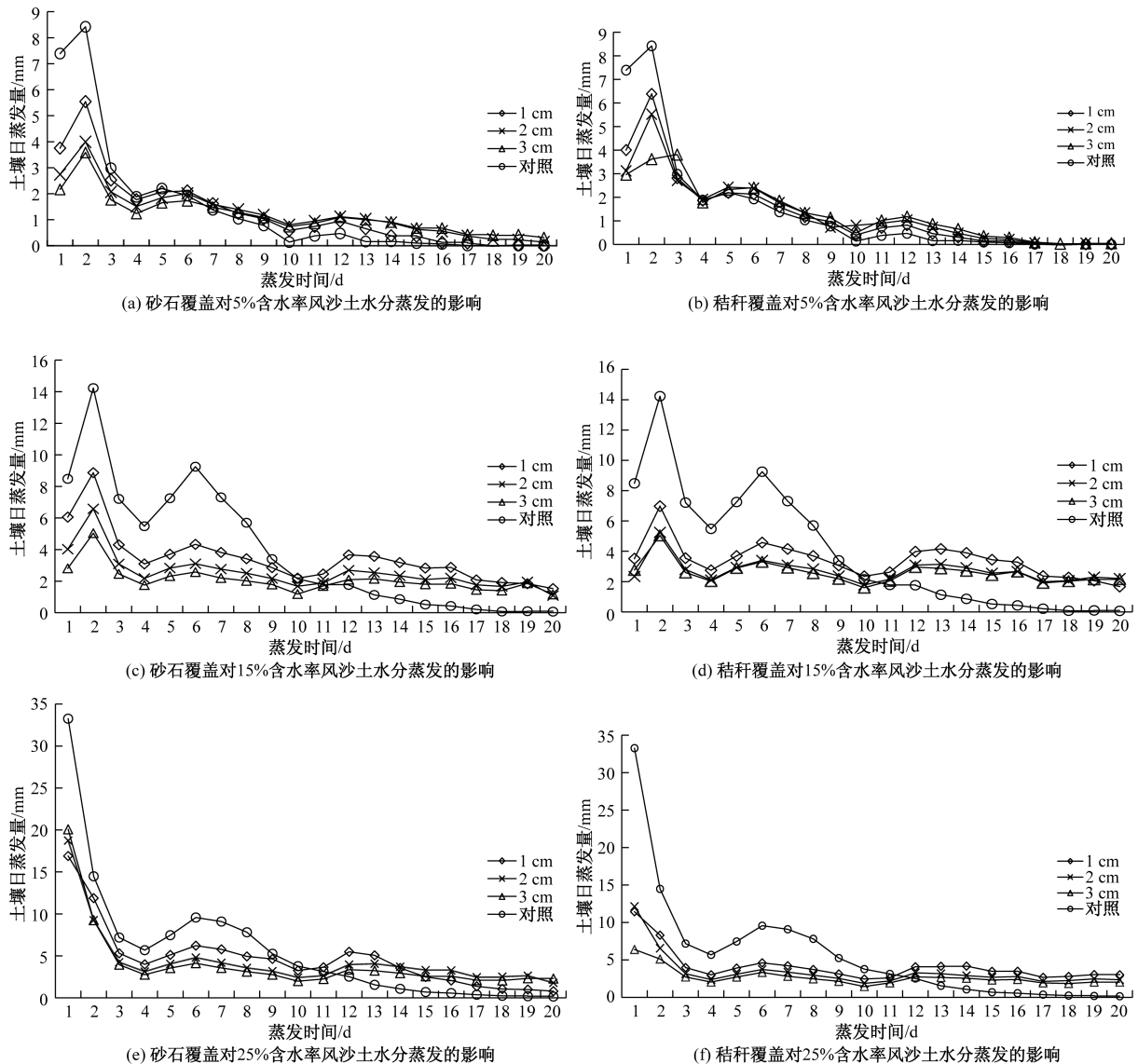


图1 相同初始含水率情况下不同砂石与秸秆覆盖厚度条件下辽西北风沙土土壤水分日蒸发量的变化特征

越大,相同蒸发时间的风沙土土壤累积蒸发量越少(图2)。

土壤初始含水率在5%、15%、25%时,砂石与秸秆覆盖都能有效降低累积蒸发量,且覆盖厚度越大,砂石或者秸秆对累积蒸发量减少作用越大。在同一初始含水率时,会因为蒸发初期土壤水分比较高,水分蒸发得更快;随蒸发时间延长而增加,土壤水分降低,水分蒸发速度减小,覆盖厚度越高,减少累积蒸发量作用越明显,冀宏等<sup>[32]</sup>的研究中,也得出了土壤水分累积蒸发量在初期上升趋势明显,在后期随覆盖物越厚越小的结果。

### 2.1.3 不同覆盖厚度条件下辽西北风沙土的土壤蒸发抑制效率

相同含水率、相同覆盖物种类条件下,3 d后在

土壤蒸发抑制效率表现上为 $3\text{ cm} > 2\text{ cm} > 1\text{ cm}$ 。前3 d,15%含水率的秸秆覆盖、25%含水率的秸秆或砂石覆盖没有表现出此规律,是由于覆盖物具有一定吸附水的能力,蒸发前期受此不同程度的影响导致前3 d没有表现出此规律。当土壤初始含水率为5%时,砂石与秸秆各厚度处理下的土壤蒸发抑制效率随蒸发时间逐渐减小,同时15 d后1 cm、2 cm、3 cm秸秆覆盖的土壤蒸发抑制效率差异不大。当土壤初始含水率为15%时,砂石各厚度处理下的土壤蒸发抑制效率表现为前期波动,于7 d出现最大值后逐渐减小。而秸秆各厚度处理下的土壤蒸发抑制效率表现为前3 d下降后保持平稳,直至7 d开始逐渐减小,同时2 cm与3 cm秸秆覆盖的土壤蒸发抑制效率差异不大。当土壤初始含水

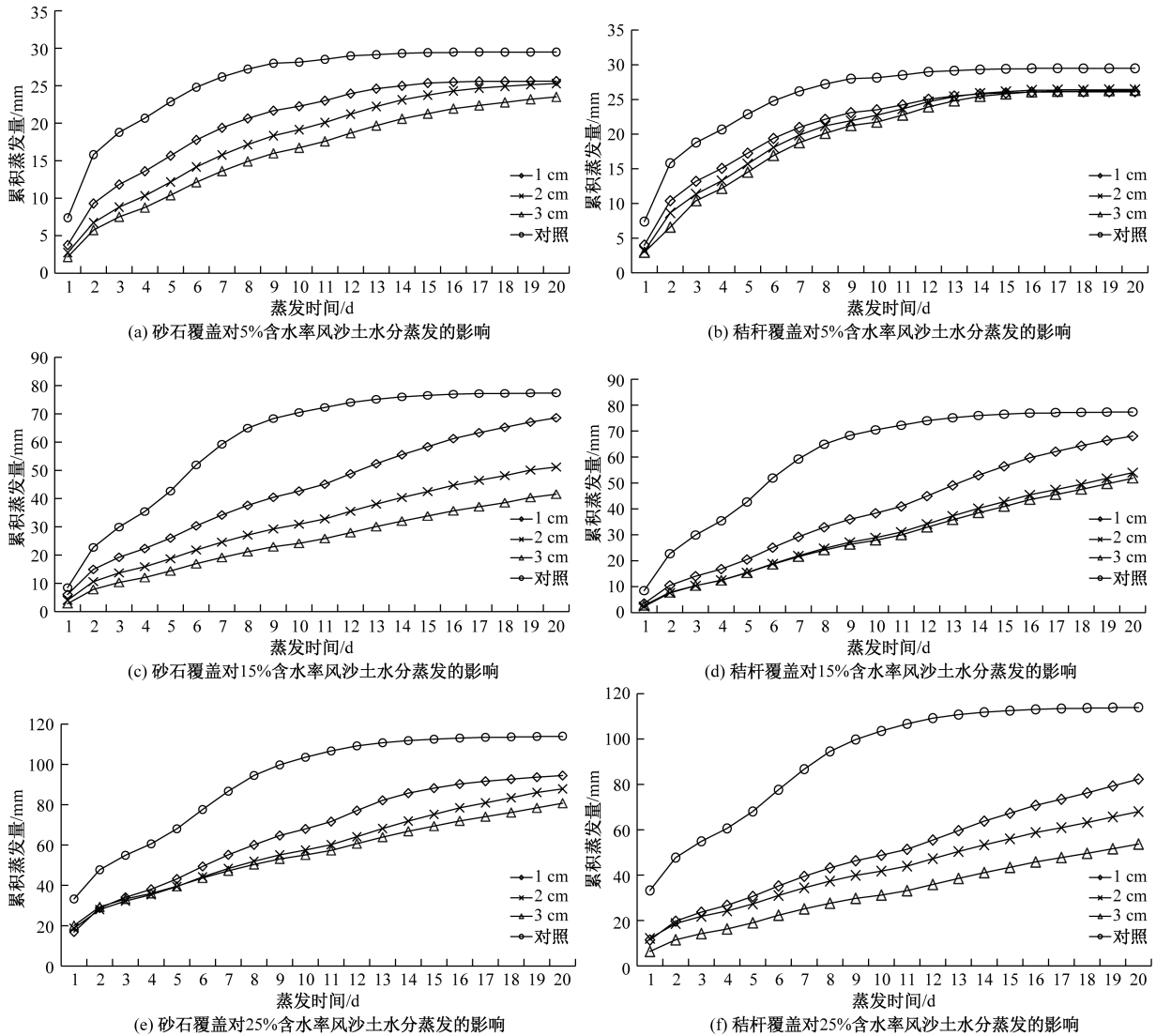


图2 相同初始含水率情况下不同砂石与秸秆覆盖厚度条件下辽西北风沙土土壤水分累积蒸发量随时间变化

率为25%时,各厚度的砂石覆盖的土壤蒸发抑制效率表现为先降低后增高再降低的变化规律,且于8 d出现峰值,而各厚度的秸秆覆盖的土壤蒸发抑制效率表现为先降低然后平稳约7 d后再降低。试验测得自然含水量为3.23%,综合考虑土壤含水率和土壤蒸发抑制效率,认为在辽西北风沙地覆盖厚度越高越好(图3)。

## 2.2 不同覆盖物条件下辽西北风沙土的土壤水分蒸发过程

### 2.2.1 不同覆盖物条件下辽西北风沙土的土壤日蒸发过程

覆盖厚度相同、初始含水率相同的情况下,砂石与秸秆覆盖土壤日蒸发量相比仅在前3 d有较为明显的区别,3 d后的表现几乎相同。在5%初始含水率的条件下,对于1 cm、2 cm、3 cm三种覆

盖厚度而言,前3 d的土壤水分日蒸发量均表现为对照>秸秆>砂石。在15%初始含水率的条件下,对于1 cm、2 cm两种覆盖厚度而言,前3 d的土壤水分日蒸发量表现为对照>砂石>秸秆,而覆盖厚度为3 cm时,前3 d的土壤水分日蒸发量均表现为对照>秸秆>砂石。在25%初始含水率的条件下,对于1 cm、2 cm、3 cm三种覆盖厚度而言,前3 d的土壤水分日蒸发量均表现为对照>砂石>秸秆(图4)。

### 2.2.2 不同覆盖物条件下辽西北风沙土的土壤累积蒸发量

在5%初始含水率的条件下,对于1 cm、2 cm、3 cm三种覆盖厚度而言,土壤累积蒸发量均表现为对照>秸秆>砂石。在15%初始含水率的条件下,覆盖厚度为1 cm时,土壤累积蒸发量表现为对

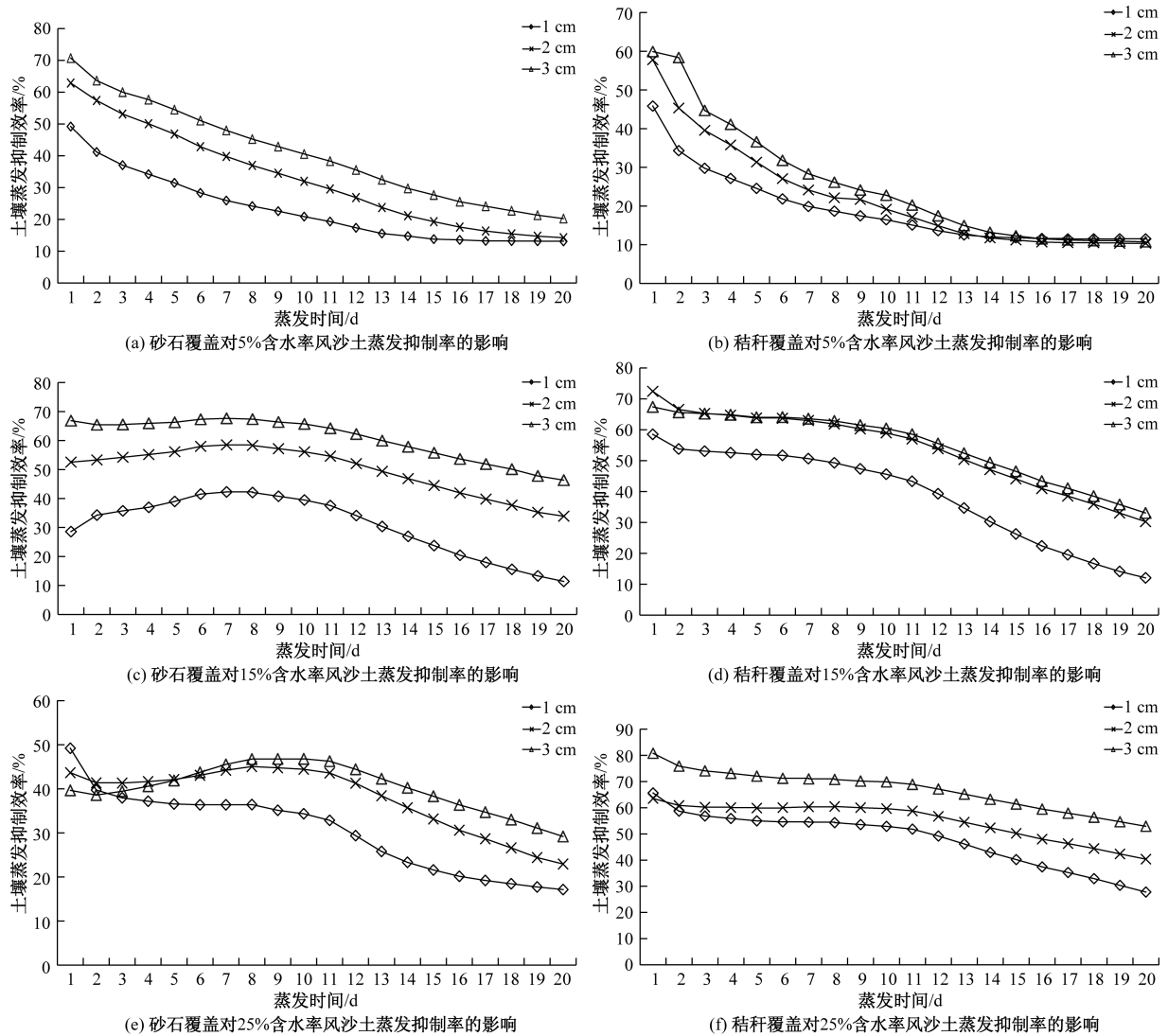


图3 相同初始含水率情况下不同砂石与秸秆覆盖厚度条件下辽西北风沙土土壤蒸发抑制效率随时间变化

照>砂石>秸秆,覆盖厚度为2 cm时,砂石与秸秆几乎无区别,而覆盖厚度为3 cm时,土壤累积蒸发量均表现为对照>秸秆>砂石。在25%初始含水率的条件下,对于1 cm、2 cm、3 cm三种覆盖厚度而言,土壤水分日蒸发量均表现为对照>砂石>秸秆(图5)。

### 2.2.3 不同覆盖物条件下辽西北风沙土的土壤蒸发抑制效率

当覆盖厚度为1 cm时,在5%初始含水率条件下土壤蒸发抑制效率表现为砂石>秸秆,而在15%及25%初始含水率条件下土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石。当覆盖厚度为2 cm时,在5%初始含水率条件下土壤蒸发抑制效率表现为砂石>秸秆,在15%初始含水率条件下,15 d前土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石,15 d以后,土壤蒸发抑

制效率表现为砂石>秸秆,25%初始含水率条件下土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石。当覆盖厚度为3 cm时,在5%初始含水率条件下土壤蒸发抑制效率表现为砂石>秸秆,在15%初始含水率条件下,3 d前土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石,3 d以后土壤蒸发抑制效率表现为砂石>秸秆,25%初始含水率条件下土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石。试验测得自然含水量为3.23%,综合考虑土壤含水率和土壤蒸发抑制效率,认为在辽西北风沙地相比于秸秆和砂石应选择砂石(图6)。

## 2.3 不同初始含水率条件下辽西北风沙土的土壤水分蒸发过程

### 2.3.1 不同初始含水率条件下辽西北风沙土的土壤日蒸发过程

砂石覆盖的情况下不同初始含水率条件下仅

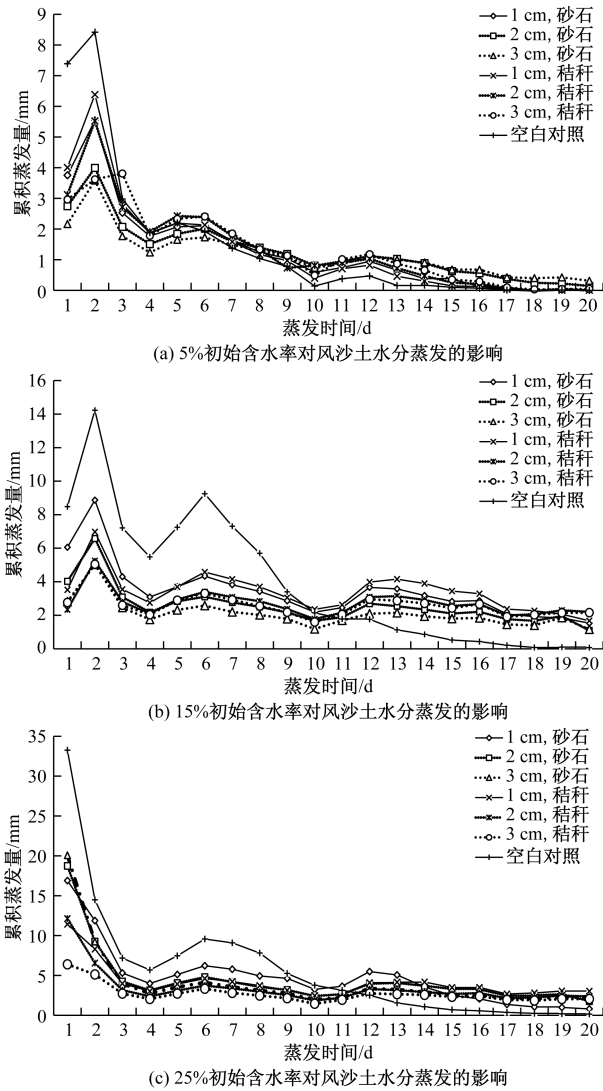


图4 不相同初始含水率、覆盖厚度情况下砂石与秸秆覆盖条件下土壤水分日蒸发量随时间的变化特征

当初始含水率为25%时前3 d的土壤日蒸发量明显大于其他初始含水量梯度,除此之外土壤日蒸发量随蒸发时间变化的曲线趋势大致相同,曲线波动幅度上略有差异。秸秆覆盖前3 d土壤日蒸发量的表现与砂石相同,经过第4 d的观察,发现土壤日蒸发量在25%和15%两个初始含水率梯度下显著增加,而在5%初始含水率的情况下则相对减少,这是由于5%初始含水率的土壤步入了蒸发速度递减阶段,土壤水分减少,土壤水分的蒸发速度随之下降(图7)。

### 2.3.2 不同初始含水率条件下过西北风沙土的土壤累积蒸发量

同种覆盖物、相同覆盖厚度情况下,初始含水率越大土壤累积蒸发量越大,且土壤水分累积蒸发

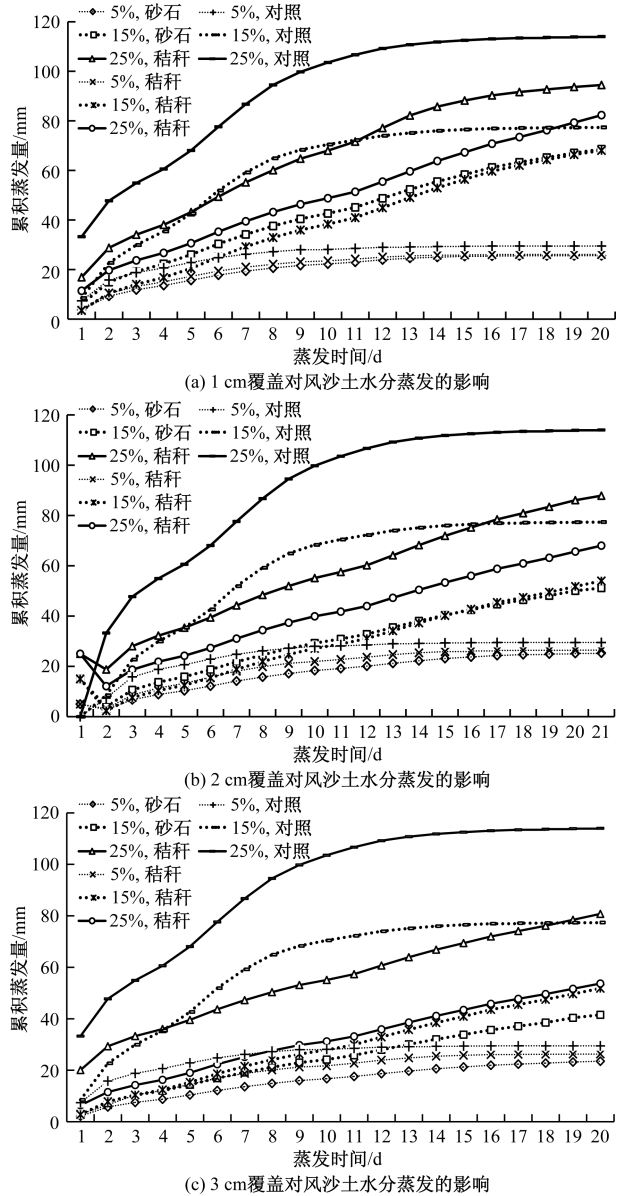


图5 不同覆盖物条件下累积蒸发量随时间的变化

量随蒸发时间的进行逐渐趋于平缓。5%初始含水率下,累积蒸发量表现为3 cm砂石覆盖<2 cm砂石覆盖<1 cm砂石覆盖<3 cm秸秆覆盖<2 cm秸秆覆盖<1 cm秸秆覆盖;15%初始含水率下,累积蒸发量表现为3 cm砂石覆盖<2 cm砂石覆盖<3 cm秸秆覆盖<2 cm秸秆覆盖<1 cm砂石覆盖<1 cm秸秆覆盖;25%初始含水率下,累积蒸发量表现为3 cm秸秆覆盖<2 cm秸秆覆盖<3 cm砂石覆盖<1 cm秸秆覆盖<2 cm砂石覆盖<1 cm砂石覆盖。第9 d之后,同种覆盖物、相同覆盖厚度情况下,各初始含水率梯度的累积蒸发量随蒸发时间变化的曲线呈现明显差异,表现为25%>15%>5%,且5%初始含水率土壤的累积蒸发量曲线变化率在

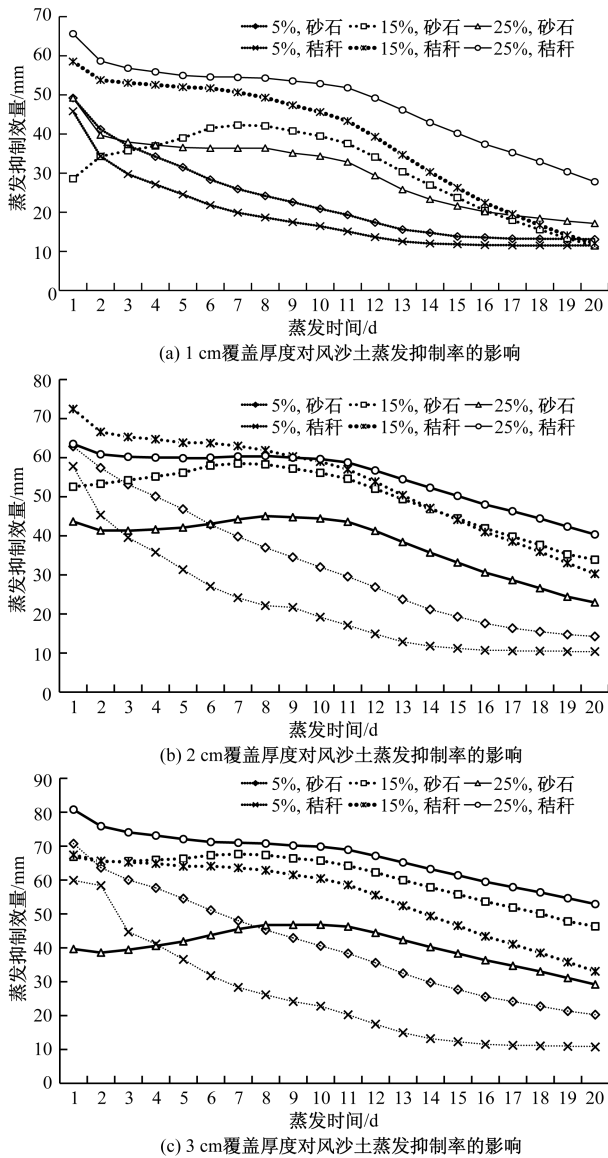


图6 相同初始含水率、覆盖厚度情况下砂石与秸秆覆盖条件下辽西北风沙土土壤蒸发抑制效率随时间的变化

第9 d之后趋于0,表明初始含水率为5%的土壤在第9 d之后进入了土壤蒸发滞缓的阶段,由于土壤表面的极度干燥,土壤水分的蒸发过程主要依赖于土壤中的水分蒸发,然后水蒸气扩散至土体外,此过程非常缓慢<sup>[2]</sup>(图8)。

### 3 结论

(1)与对照相比,砂石与秸秆覆盖能够抑制土壤水分蒸发,且覆盖厚度和土壤初始含水率与这种抑制作用密切相关;随着初始含水率增大,砂石与秸秆的覆盖厚度越大,土壤累积蒸发量越小,土壤蒸发强度越稳定。

(2)与对照相比,砂石和秸秆覆盖能够有效地保持土壤水分;在同等覆盖厚度下,5%初始含水率

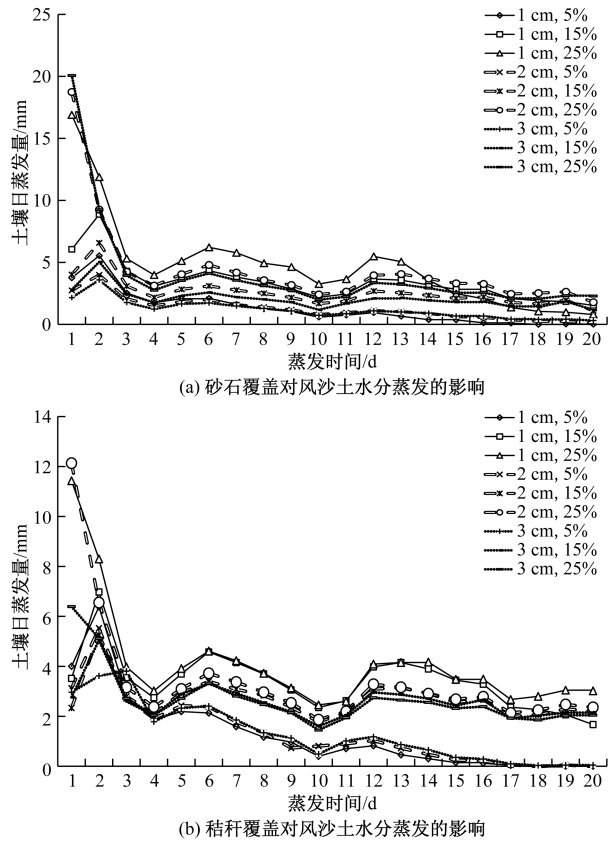


图7 不同初始含水率条件下土壤日蒸发量的变化特征

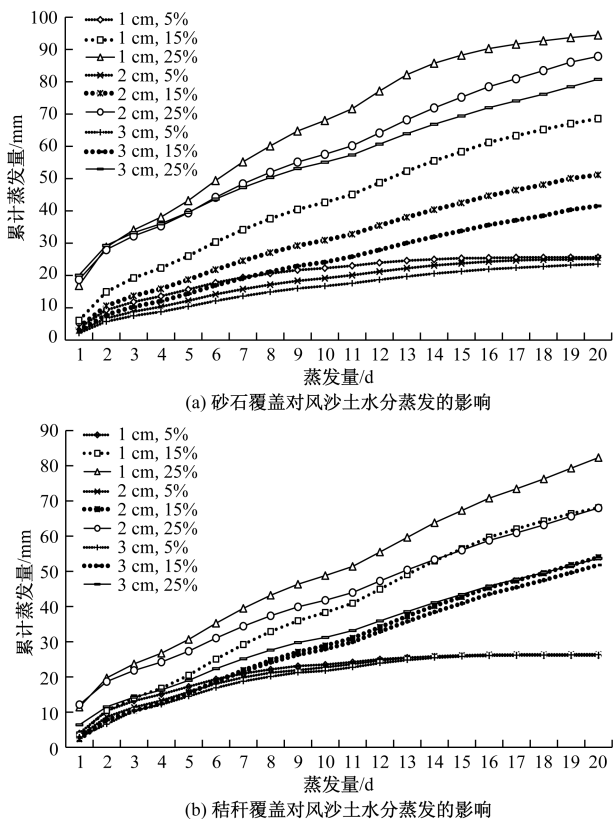


图8 不同初始含水率条件下累积蒸发量随时间的变化

时,砂石覆盖土壤蒸发抑制效率高于秸秆覆盖;在25%初始含水率时秸秆覆盖土壤蒸发抑制效率高于砂石覆盖。当初始含水率为15%时,覆盖厚度不同土壤蒸发抑制效率表现存在差异,覆盖厚度为1 cm时,秸秆土壤蒸发抑制效率高于砂石,覆盖厚度为2 cm时,15 d前土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石,15 d以后,土壤蒸发抑制效率表现为砂石>秸秆。覆盖厚度为3 cm时,3 d前土壤蒸发抑制效率表现为秸秆>砂石,3 d以后,土壤蒸发抑制效率表现为砂石>秸秆。

(3)综合考虑土壤水分状况和本试验抑蒸保墒效果,认为3 cm砂石覆盖模式是较适合辽西北风沙地的覆盖模式。

### 参考文献

- [1] 贾振江, 赵广兴, 李王成, 等. 宁夏中部干旱带砂土混合覆盖下土壤蒸发估算[J]. 水土保持学报, 2022, 36(2): 219-225.
- [2] 蔡永坤, 李毅, 冯浩. 不同砂石覆盖度和粒径对土壤水分蒸发的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(6): 273-278.
- [3] 刘文白, 周健, 苏跃宏. 西北旱区高原沙地调查和基本性质试验[J]. 科学技术与工程, 2002(3): 56-58.
- [4] 杨婷, 邢旭光, 马孝义. 凹凸棒土添加对土壤蒸发及裂缝特征的影响[J]. 应用生态学报, 2022, 33(8): 2187-2196.
- [5] 刘巧玲, 李王成, 赵广兴, 等. 覆砂和灌水量对退耕压砂地生态枣林土壤水热及枣果产量的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 940-949.
- [6] 胡岸, 陈东辉, 王亚钊, 等. 覆砂对滨海盐碱土盐分布及蒸发特性的影响研究[J]. 中国农村水利水电, 2023(8): 217-221.
- [7] 珊丹, 荣浩, 刘艳萍, 等. 干旱荒漠区排研场不同覆盖类型对土壤水分蒸发的影响[J]. 水土保持通报, 2020, 40(5): 15-19.
- [8] 原翠萍, 张心平, 雷廷武, 等. 砂石覆盖粒径对土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 23(7): 25-33.
- [9] 秦百顺, 李斌斌. 不同砾石覆盖保持土壤水分有效性研究[J]. 中国水土保持, 2012, 15(6): 46-53.
- [10] 孙池涛, 邓亚鹏, 孙玉霞, 等. 掺沙对盐渍化土壤水盐分布及其蒸发特性的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2022, 40(3): 287-293.
- [11] 蔡永坤, 李毅, 冯浩. 不同砂石覆盖度和粒径对土壤水分蒸发的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(6): 273-283.
- [12] XIE Z, WANG Y, JIANG W, et al. Evaporation and evapotranspiration in a watermelon field mulched with gravel of different sizes in northwest China[J]. Agricultural Water Management, 2006, 81(1-2): 173-190.
- [13] 张瑞喜, 褚贵新, 宋日权, 等. 不同覆砂厚度对土壤水盐运移影响的实验研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 849-855.
- [14] 刘燕青, 王计磊, 李子忠. 秸秆覆盖对土壤水分和侵蚀的影响研究进展[J]. 水土保持研究, 2021, 28(6): 429-435.
- [15] 周长泉, 赵文举, 王珍珍, 等. 双层秸秆不同层位覆盖对土壤水分蒸发影响[J]. 节水灌溉, 2019(3): 30-39.
- [16] 张金珠, 王振华, 虎胆·吐马尔白. 秸秆覆盖对土柱垂直一维水分传输与蒸发的影响[J]. 干旱区研究, 2015, 32(5): 861-870.
- [17] 王锋佰. 覆盖和保水剂抑制土壤水分蒸发研究综述[J]. 辽宁林业科技, 2019(6): 51-60.
- [18] 高鹏程, 张国云, 孙平阳, 等. 秸秆覆盖条件下土壤水分蒸发的动力学模型[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 31(10): 55-63.
- [19] KEMPER W D, NICKS A D, COREY A T. Accumulation of water in soils under gravel and sand mulches[J]. Soil Sci. Soc. Am. 1994, 58(5): 56-66.
- [20] MA Y J, LI X Y. Water accumulation in soil by gravel and sand mulches: Influence of textural composition and thickness of mulch layers[J]. Journal of Arid Environments, 2011, 75(5): 432-440.
- [21] 付亚亚, 李毅, 冯浩. 不同砂石覆盖量对土壤水分及冬小麦生长过程的影响[J]. 水土保持学报, 2017(6): 139-147.
- [22] 董胜君, 白雪峰, 付青山. 辽西北部地区土地沙漠化成因及防治对策[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 27(1): 61-67.
- [23] 郭成久, 李琦, 苏芳莉, 等. 有作物条件下辽西北沙地潜水蒸发试验研究[J]. 新疆农业大学学报, 2011, 34(1): 71-78.
- [24] 邢兆凯, 吴祥云, 张学利, 等. 辽西北地区农牧交错带土地退化原因及其对土壤性状的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 32(2): 102-110.
- [25] 史文娟, 沈冰, 汪志荣, 等. 高地下水位条件下盐渍土区潜水蒸发特性及计算方法[J]. 农业工程学报, 2006, 19(5): 32-40.
- [26] 李新荣, 马风云, 龙立群, 等. 沙坡头地区固沙植被土壤水分动态研究[J]. 中国沙漠, 2001(3): 3-13.
- [27] 冯伟, 杨文斌, 党宏忠, 等. 毛乌素沙地流动沙丘土壤水分对降雨的响应[J]. 中国沙漠, 2015, 35(2): 400-410.
- [28] 杜延珍. 砂田在干旱地区的水土保持作用[J]. 中国水土保持, 1993, 23(4): 40-48.
- [29] 农业标准出版研究中心. 最新中国农业行业标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [30] 唐洋, 李新虎, 郭敏, 等. 不同初始盐分浓度下土壤盐结皮的形成过程及其对蒸发的影响机理[J]. 干旱区地理, 2022, 45(4): 1137-1142.
- [31] 赵荣玮, 张建军, 陈宝强, 等. 不同覆盖措施对土壤水



分和当年造林成活率的影响[J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(6): 87-95.

[32] 冀宏, 黄雄, 郑健, 等. 不同覆盖条件对土壤水分蒸发的影响[J]. 节水灌溉, 2010(4): 29-35.

## Effect of Sand and Straw Mulching on the Water Evaporation Characteristics of Aeolian Sandy Soil

LÜ Xiangnan<sup>1</sup>, LÜ Gang<sup>2</sup>, LIU Yuan<sup>3</sup>, ZHENG Lin<sup>3</sup>

(1. Shenyang Urban Construction University, Shenyang 110000, China;

2. School of Liaoning Technical University, Environmental Science and Engineering, Fuxin 123000, Liaoning, China;

3. Inner Mongolia Chifeng City Keshiketeng Qingshan Forest Farm, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** Exploring the influence mechanism of different thickness of sand, gravel and straw cover on soil water evaporation in the wind-blown sandy soil in northwest Liaoning Province, especially under different initial water content, and exploring the best model to inhibit soil water evaporation in the wind-blown sandy soil in north western Liaoning Province, which can provide a theoretical basis for vegetation construction in the wind-blown sandy area. For the first time, taking the Aeolian sandy soil in the northwest of Liaoning Province as the research object, a 20-day indoor evaporation simulation experiment was carried out with a self-designed evaporation barrel to study the variation of soil evaporation with evaporation time. The results show that the sand, gravel and straw mulching could inhibit soil water evaporation, and the thickness of mulching and initial soil moisture content were closely related to this inhibition. With the increase of initial moisture content, the greater the coverage thickness of sand and straw, the smaller the cumulative evaporation of soil, and the more stable the evaporation intensity of soil.

**Keywords:** aeolian sandy soil; gravel mulch; straw mulch; soil moisture; soil water evaporation