

# 不同覆盖物和蒸发抑制剂对土壤蒸发影响的研究初报

王改玲<sup>1</sup>, 郝明德<sup>1</sup>, 李仲谨<sup>2</sup>

(1. 中国科学院水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西科技大学, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 通过培养试验研究了聚氨酯膜、渗水布膜覆盖物和聚丙烯酸钠(保水剂)、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、海藻糖蒸发抑制剂对土壤蒸发的影响。结果表明: 聚氨酯膜、渗水布膜对黑垆土蒸发有极显著影响, 聚氨酯膜与渗水布膜的抑制作用差异极显著; 聚氨酯膜对沙土蒸发有显著的抑制作用; 几种抑制剂对土壤蒸发的抑制作用以保水剂最好, 其效果随用量的增加而增大; 沙土中加入海泡石或草炭, 抑制剂的保水效果增强。

**关键词:** 覆盖物; 抑制剂; 土壤蒸发

中图分类号: S 152.73; S 316

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)01-0133-04

## Effect of Membranes and Inhibitors on Soil Evaporation

WANG Gai-ling<sup>1</sup>, HAO Ming-de<sup>1</sup>, LI Zhong-jin<sup>2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 712000, Shaanxi, China)

**Abstract:** Pot trails were conducted to study effects of polyurethane membrane, water percolating membrane and four inhibitors, including sodium polyacrylate, polyvinyl alcohol, polyacrylamide and mycose on soil evaporation. Results showed, both of membranes slowed down evaporation in Heilu soil significantly, and the effect of polyurethane membrane was obviously higher than that of water percolating membrane. Polyurethane membrane slowed down evaporation in sandy soil significantly. The effect of sodium polyacrylate was higher than that of other inhibitors, also increased with the increase of its dose. Effects of inhibitors coupled with sepiolite or turf were increased.

**Key words:** membrane; evaporation inhibitor; soil evaporation

我国是一个水资源严重短缺、干旱影响显著的国家。据统计, 1950~1979年期间, 我国粮食产量因各种自然灾害损失总量为3 062.3亿kg, 其中由于干旱引起的损失量约占总损失量的一半。其主要原因一方面是降水量少, 另一方面则是降水以径流、蒸发等形式损失, 降水资源的利用率不高。据研究, 在实行夏季休闲的地区, 从土壤的直接蒸发量约占降雨量的60%(汉克斯阿克洛夫特1980); 在整个一年生作物的生长期, 蒸发到大气中的水有一半直接来自土壤蒸发(Harrold等, 1959)<sup>[1]</sup>。因此, 减少土壤蒸发, 提高降水资源的利用率就成为旱作农业研究的重要课题。

长期以来, 为提高作物对水分的利用效率, 降低或防止水分的无效损失, 广泛应用了合理施肥、以水调肥, 合理耕作, 薄膜覆盖等旱作农业措施, 但化学制剂仍因某种原因未能推广施用。覆盖材料相对单一, 不能满足农业生产的需要。本文以渗水布膜、聚氨酯膜覆盖物及聚丙烯酸钠、聚丙烯酰胺、聚乙烯醇、海藻糖蒸发抑制剂为材料, 进行蒸发试验, 以

期为减少蒸发, 提高土壤水分利用率, 从而为提高旱作农业生产提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料有二类: 第一类为覆盖物, 包括渗水布膜和聚氨酯膜两种; 第二类为蒸发抑制剂, 包括聚乙烯醇、聚丙烯酰胺(PAM)、海藻糖、聚丙烯酸钠(又称保水剂)四种。

试验土壤有黑垆土和沙土二种。试验所用盆钵尺寸为10 cm × 10 cm。

### 1.2 试验方法

采用培养方法, 并用称重法计算土壤蒸发量。整个试验分三部分进行。

1.2.1 覆膜试验: 设6个处理: ( )黑垆土对照, ( )黑垆土—渗水布膜, ( )黑垆土—聚氨酯膜, ( )沙土对照, ( )沙土—渗水布膜, ( )沙土—聚氨酯膜。五次重复。每盆

\* 收稿日期: 2002-11-25

基金项目: 国家科技攻关项目(2001BA508B18)。

作者简介: 王改玲(1971-), 女, 山西太原人, 博士, 主要从事土壤肥力与环境效应研究。

装过 2 mm 筛的风干土 1 100 kg, 灌水至田间持水量(其中黑垆土加水 220 g/盆, 沙土加水 160 g/盆)后覆膜, 置室外培养。遇雨将盆转至大棚下。每日 15:00 称重, 计算土壤蒸发量。

1.2.2 抑制剂对黑垆土的蒸发试验 设 5 个处理: ( ) 对照, ( ) 聚乙烯醇, ( ) PAM, ( ) 海藻糖, ( ) 保水剂。3 次重复。聚乙烯醇、PAM、海藻糖、保水剂每盆用量分别为 19.2 g、0.2 g、0.7 g、4 g。每盆装土 1 100 g, 将抑制剂均匀地与少量土混合撒在土表, 加水 199 g 后置室外进行蒸发试验。

1.2.3 抑制剂对沙土的蒸发试验

(1) 用海泡石作基质: 设 7 个处理: ( ) 对照, ( ) 聚乙烯醇, ( ) 聚丙烯酰胺, ( ) 海藻糖, ( ) 保水剂 3 g/盆, ( ) 保水剂 6 g/盆, ( ) 保水剂 9 g/盆。重复 4 次。每盆装土 1 300 g, 一定量基质与土混匀后加抑制剂, 加水 283 g。除保水剂外, 其它抑制剂用量与黑垆土试验同。

(2) 用草炭作基质: 试验设计同(1)。另外, 加设绝对对照 CK<sub>0</sub>, 即不加基质和抑制剂。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 不同覆盖物对土壤水分蒸发的影响

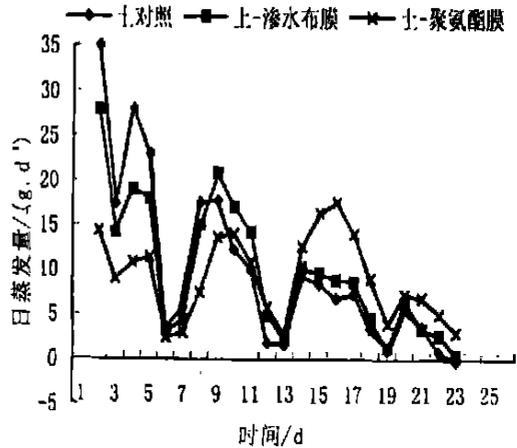
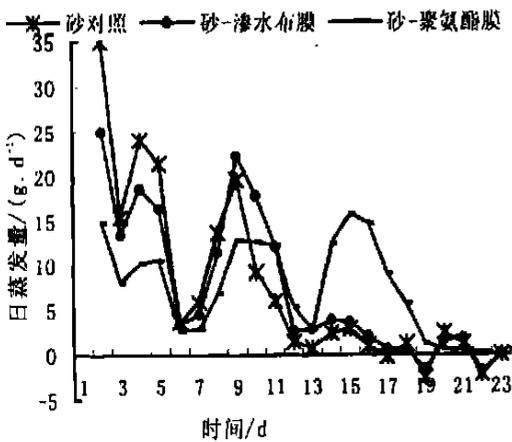


图 1 不同覆膜材料日蒸发量

对同一土壤, 培养的前 7~9 d, 日均蒸发量聚氨酯膜覆盖 < 渗水布膜覆盖 < 对照; 中期, 日均蒸发量聚氨酯膜覆盖 < 对照 < 渗水布膜覆盖; 培养的 13~23 d, 日均蒸发量对照 < 渗水布膜覆盖 < 聚氨酯膜覆盖。其主要原因是对照处理, 灌水后蒸发速度由大气蒸发力控制, 水分蒸发快, 水分含量迅速减少; 随之, 蒸发速度逐渐由土壤含水量或土壤水汽扩散能力控制, 蒸发速度迅速降低。渗水布膜、聚氨酯膜覆盖能有效地抑制土壤蒸发, 使培养前期蒸发速度减慢, 后期土壤中仍含有较多的水分, 从而使后期仍保持较高的蒸发速度。

2.1.2 不同覆盖物对土壤累积蒸发量的影响 培养过程中, 黑垆土、沙土二种土壤水分累积蒸发量均表现为对照 > 渗水布膜 > 聚氨酯膜, 最终趋于恒定(图 2)。1~15 d 累积蒸发量聚氨酯膜 < 渗水布膜 < 对照, 16~23 d 为聚氨酯膜 > 渗水布膜 > 对照, 1~23 d 基本相同(表 1)。对各处理 1~15 d

聚氨酯膜、渗水布膜覆盖能有效地减少吸收的太阳能和空气湍流, 因此能有效地降低土壤的蒸发速度, 提高作物对水分的利用效率。

2.1.1 不同覆盖物对土壤日蒸发量的影响 土壤蒸发速度, 在培养的第 5~7 d, 11~13 d 因降雨而明显降低, 但总体上表现出前期快、后期慢的趋势(图 1)。1~5 d、8~11 d、14~23 d 黑垆土对照日均蒸发量分别为 25.9 g/d、14.4 g/d、4.6 g/d; 沙土对照各时期日均蒸发量分别为 24.0 g/d、12.1 g/d、0.6 g/d, 蒸发速度表现出明显的前期快, 后期慢的特点, 符合土壤蒸发的一般规律。黑垆土—渗水布膜各时期日均蒸发量分别为 19.8 g/d、16.8 g/d、5.6 g/d; 沙土—渗水布膜为 18.4 g/d、15.9 g/d 和 1.1 g/d。黑垆土—聚氨酯膜各时期日均蒸发量分别为 11.4 g/d、11.5 g/d、9.6 g/d; 沙土—聚氨酯膜为 10.9 g/d、11.1 g/d、6.0 g/d。聚氨酯膜、渗水布膜覆盖后, 前二个时期日蒸发量变化不大, 后一时期明显降低。说明渗水布膜、聚氨酯膜覆盖后, 土壤蒸发可分为比较明显的二个阶段: 第一阶段蒸发速度由覆盖物的特性决定, 相对稳定且小于土壤的潜在蒸发速度; 第二阶段蒸发速度由土壤含水量决定, 速度随土壤含水量的降低而降低。

累积蒸发量进行显著性检验, 黑垆土 *F* 值分别为 1 023.1, 差异极显著; 沙土 *F* 值为 81.12, 也达到了极显著水平(表 2)。

表 1 各处理阶段累积蒸发量

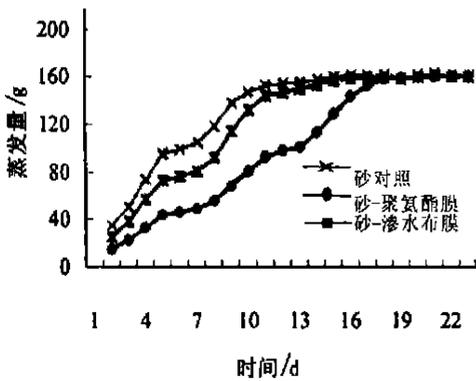
处理	黑垆土			沙土		
	对照	渗水布膜	聚氨酯膜	对照	渗水布膜	聚氨酯膜
第一阶段	191.4	180.6	134.4	161.0	157.4	129.6
第二阶段	28.2	36.0	66.6	0.8	3.2	31.6
全过程	219.6	216.6	201.0	161.8	160.6	161.2

进一步进行 LSD 检验, 黑垆土中, 聚氨酯膜和渗水布膜、对照, 渗水布膜和对照处理间差异极显著, 说明聚氨酯膜、渗水布膜对黑垆土蒸发有极显著影响, 聚氨酯膜与渗水布膜的抑制作用差异极显著。沙土中聚氨酯膜和渗水布膜、对照处理间差异极显著, 渗水布膜和对照处理间差异未达显

著水平,说明聚氨酯膜对沙土蒸发有显著的抑制作用,渗水布膜的抑制作用不显著(表 2)。

表 2 1~15 日累积蒸发量 LSD 检验

处理	黑垆土			沙土		
	$x_i$	$x_i - X$	$(x_i - X)^2$	$x_i$	$x_i - X$	$(x_i - X)^2$
CK	191.4	57**	10.8**	161.0	31.4**	3.6
渗水布膜	180.6	46.2**		157.4	27.8**	
聚氨酯膜	134.4			129.6		



## 2.2 不同抑制剂对黑垆土蒸发的影响

对照蒸发至恒重所需时间明显短于其它各处理,差异显著。对照蒸发至恒重需 9 d,而其它各处理需 11 d 或 12 d(图 3)。对照蒸发到恒重时,聚乙烯醇处理的土壤含水量为田间持水量的 6.9%,PAM 为 5.04%,海藻糖为 5.5%,保水剂为 11.45%。由此可见,所选抑制剂对土壤蒸发有抑制作用,其效果为保水剂 > 聚乙烯醇 > 海藻糖 > PAM。

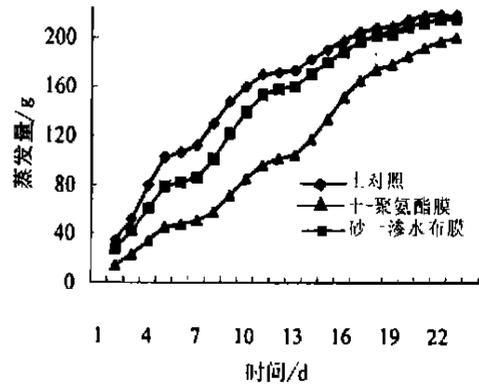


图 2 不同覆膜材料土壤累积蒸发量

4)。CK<sub>0</sub> 蒸发至恒重时,用海泡石作基质的土壤含水量低于用草炭作基质的土壤含水量。由此可见,海泡石和草炭对沙土的蒸发有抑制作用,其效果海泡石 > 草炭。

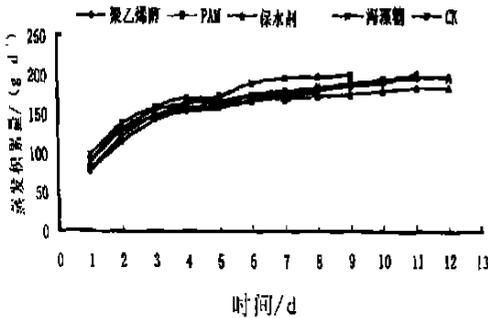


图 3 不同抑制剂对黑垆土累积蒸发量的影响

## 2.3 基质和不同的抑制剂对沙土蒸发量的影响

2.3.1 基质对沙土蒸发量的影响 沙土中,加入海泡石和草炭后土壤蒸发至恒重的时间较未经处理延迟了 1~4 d(图

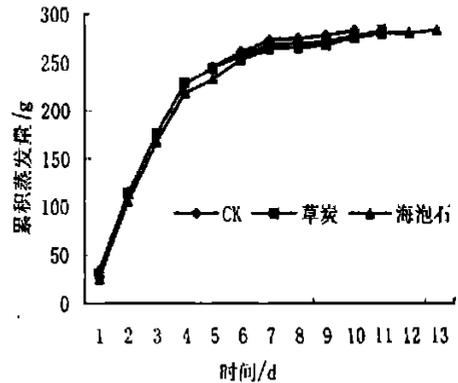


图 4 基质的蒸发曲线

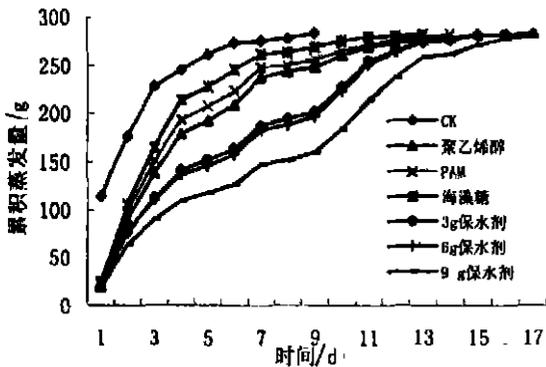


图 5 草炭作基质不同抑制剂对土壤累积蒸发量的影响

2.3.2 不同抑制剂对沙土蒸发的影响 抑制剂处理的土壤累积蒸发量始终较 CK<sub>0</sub> 低(图 5)。沙土中加入草炭后,聚乙烯醇、PAM、保水剂、海藻糖处理分别比 CK<sub>0</sub> 蒸发至恒重的时间延长了 6,5,7,5 d。CK<sub>0</sub> 蒸发至恒重时,聚乙烯醇处理的土壤含水量为田间持水量的 17.9%,PAM 为 13.8%,聚丙烯酸钠 3 g/盆为 42.1%,海藻糖为 7.8%。说明抑制剂与草炭配合使用保水效果增强。

2.3.3 不同用量的保水剂对沙土蒸发的作用 不同用量的保水剂对沙土蒸发的影响不同。CK<sub>0</sub> 蒸发至恒重需要 10 d,保水剂各处理蒸发至恒重分别需要 15 d 以上,各时期累积蒸发量处理 < 处理 < 处理。表明在试验用量范围内,保水剂的用量愈大,保水效果愈好。

### 3 结 论

(1) 聚氨酯膜、渗水布膜覆盖后土壤蒸发可分为二个明显的阶段: 覆盖物特性控制阶段和土壤含水量控制阶段, 与对照土壤有明显的区别。从日蒸发量看, 前期, 对照最大, 渗水布膜次之, 聚氨酯膜最小; 中期, 渗水布膜最大, 对照居中, 聚氨酯膜最小; 后期, 聚氨酯膜最大, 渗水布膜次之, 对照最小。

(2) 培养过程中累积蒸发量均表现为对照 > 渗水布膜 >

#### 参考文献:

[ 1 ] 李开元, 李玉山, 邵明安, 等. 土壤保墒性能与土壤水分有效性综述[ J ]. 中国科学院水土保持研究所集刊, 1991, ( 13 ): 94 - 104.

[ 2 ] 程学刚, 张红玉. 保水剂在农业中的应用[ J ]. 现代农业, 1993, ( 4 ): 9- 10.

[ 3 ] 史兰波, 李云荫. 保水剂在节水农业中的应用[ J ]. 生态农业研究, 1993, ( 2 ): 89- 93.

( 上接第 129 页 )

表 1 的试验计算结果表明, 温室蔬菜的边际水分利用效率最大(平均  $252.0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hm}^2$ ), 果树次之(  $223.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hm}^2$ ), 玉米第三(  $103.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hm}^2$ ), 小麦最差(  $585 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hm}^2$ ), 边际水分利用产值也是同样的顺序, 大小依次为  $326.9 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^2)$ ,  $267.3 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^2)$ ,  $106.8 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^2)$ ,  $52.7 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^2)$ 。因此, 受制于现实条件和农产品价格效益低的限制, 按资源的高效性和经济学原理, 有限的径流水应优先安排在设施蔬菜和果树上。

#### 3.3 补灌的投资效益

为了合理分析补灌的投资效益, 将径流场构建、径流水导引设施、贮水窖及附属设施、补灌手段等归为补灌成本, 作为新技术投入, 小麦、玉米的增产值指地上部收获的生物产

聚氨酯膜; 对黑垆土 1~15 d 累积蒸发量, 聚氨酯膜和渗水布膜、对照差异极显著, 渗水布膜和对照差异极显著; 对沙土 1~15 d 累积蒸发量, 聚氨酯膜和渗水布膜、对照差异极显著, 渗水布膜和对照差异不显著。

(3) 海泡石和草炭对沙土蒸发有抑制作用, 抑制剂和海泡石或草炭配合使用效果增强。

(4) 在试验条件下, 不同用量的保水剂效果表现为保水剂用量越大, 保水效果越好。

量乘以现行价格。增产值计算中的增产量以田间试验多年平均增产量为准, 价格为目前现行价。

表 2 的计算结果表明, 不同作物之间径流补灌的产投比差异较大, 以日光温室设施蔬菜最高, 为  $21.94 \text{ 元}/\text{元}$ , 果树次之(  $3.22 \text{ 元}/\text{元}$ ), 玉米第三(  $1.07 \text{ 元}/\text{元}$ ), 小麦最差, 为  $0.59 \text{ 元}/\text{元}$ 。

综上所述, 非耕地径流集蓄补灌的投资成本是较高的, 集蓄和存贮  $1 \text{ m}^3$  水至少要投资 2.5 元, 有些边远山区高达 3~4 元。因此, 工程所集蓄的径流水在农业上, 应重点安排在设施蔬菜和果园上, 供水技术以滴灌、渗灌、管灌等为主, 其次是大株作物的点浇点种、坐水种、地膜穴灌等, 不提倡用稀缺的工程贮水和高投入的微灌设施补灌低值大田粮食作物。

表 2 集雨补灌投资效益的估算

元、元/元

成本预算项目	小麦			玉米			果树(苹果)			日光温室蔬菜		
	成本	1 hm <sup>2</sup> 增产值	产投比率	成本	1 hm <sup>2</sup> 增产值	产投比率	成本	果树产值	产投比率	成本	1 hm <sup>2</sup> 增产值	产投比率
(1)	47			47			55			55		
(2)	0	1 447.5	0.59	0	2 070	1.07	9.0	6 480	3.22	9.0	80295	21.94
(3)	82			82			69			180		

注: 成本预算中(1)水窖成本;(2)径流场材料;(3)补灌设施。

#### 参考文献:

[ 1 ] 王俊儒, 李生秀. 不同生育时期水分有限亏缺对冬小麦产量及其构成因素的影响[ J ]. 西北植物学报, 2000, 20( 2 ): 193- 200.

[ 2 ] 乔小林, 等. 陇东旱塬果树补灌技术及效益研究初探[ A ]. 见: 王吉庆. 陇东高原半湿润偏旱区农业综合发展研究[ M ]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1995.

[ 3 ] 邓振镛, 著. 陇东气候与农业开发[ M ]. 兰州: 甘肃科技出版社, 2000.