

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.05.022

高昊辰, 焦爱萍, 陈诚, 等. 高分子化学地膜对盐渍土壤物理性质与水分蒸发效应. 土壤, 2021, 53(5): 1057–1063.

高分子化学地膜对盐渍土壤物理性质与水分蒸发效应^①

高昊辰^{1,2}, 焦爱萍³, 陈诚³, 刘广明^{1*}, 张凤华⁴, 王秀萍⁵

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 安徽师范大学皖江学院, 安徽芜湖 241008; 3 黄河水利职业技术学院, 河南开封 475003; 4 石河子大学, 新疆石河子 832003; 5 河北省农林科学院滨海农业研究所, 河北唐山 063200)

摘要: 选择聚丙烯酰胺(polyacrylamide, PAM)、壳聚糖(chitosan, CTS)、羟乙基纤维素(hydroxyethyl cellulose, HEC)等 3 种高分子化合物, 以土壤表面喷洒高分子化合物溶液成膜的方式, 研究了高分子化合物膜对盐渍土壤基本物理性质与水分蒸发的影响。结果表明: 本研究选择的 3 种高分子化合物能够不同程度地降低土壤水分蒸发、提高土壤保水性能和显著抑制土壤盐分的表聚; 利用主成分分析进行对比发现: PAM、CTS、HEC 分别在 20、80、80 kg/hm² 用量下的土壤抑蒸控盐效果最佳, 盐渍土表喷洒高分子化合物溶液成膜对盐渍土壤改良利用具有确切的正效应。

关键词: 高分子化合物; 盐渍土壤; 水分蒸发; 盐分调控

中图分类号: S156.4 文献标志码: A

Effects of Polymer Compound Film on Physical Properties and Water Evaporation in Saline Soil

GAO Haochen^{1,2}, JIAO Aiping³, CHEN Cheng³, LIU Guangming^{1*}, ZHANG Fenghua⁴, WANG Xiuping⁵

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 Wanjiang College of Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241008, China; 3 Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng, Henan 475003, China; 4 Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China; 5 Institute of Coast Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan, Hebei 063200, China)

Abstract: In this study focusing on 3 high polymers, i.e. polyacrylamide (PAM), chitosan (CTS) and hydroxyethyl cellulose (HEC), the effect of polymer compound film (formed by spraying polymer compound solution onto soil surface) on the basic physical property and evaporation of water in saline soil was studied. The results indicated that: the above 3 high polymer compounds reduced water evaporation in soil to different extents, improved soil water retention, and significantly inhibited salt accumulation in topsoil. According to principal component analysis, the dosage of PAM 20 kg/hm², CTS 80 kg/hm² and HEC 80 kg/hm² led to the best evaporation and salt control in soil. Therefore, membrane formed by spraying polymer compound solution onto the surface of salt-affected soil truly can play a positive role in salt-affected soil improvement and utilization.

Key words: Macromolecular compounds; Saline soil; Water evaporation; Salinity control

滨海盐渍土壤广泛分布于沿海滩涂区域, 其生态开发利用在国民经济建设中具有极其重要的地位, 随着沿海人口密度的不断增长, 如何高效利用作为重要后备土地资源的沿海滩涂已成为亟待解决的问题^[1-3]。而滨海盐渍土壤因其 pH 大、盐分含量高、结构性能差、植物难以生长等特点, 往往难以开发利用^[4-7]。“盐随水来, 盐随水去”, 面对滨海盐渍土壤开发利用的难题, 怎样有效控制盐渍土壤中的水分运移, 对于土壤

的盐分调控与土壤利用将发挥重要作用。目前对于土壤水分的调控除了传统的物理、化学、生物措施等, 许多学者也尝试将高分子化合物应用于土壤的改良中^[8-11], 以改善土壤的理化性能, 例如有研究发现在棉田中使用羟乙基纤维素(hydroxyethyl cellulose, HEC)能有效降低 0~40 cm 土壤盐分, 对于降低土壤中水溶性 K⁺、Na⁺、SO₄²⁻、Cl⁻ 作用明显^[12]; 董传迁等^[13]研究发现壳聚糖分子链上含有大量的氨基和非离子

①基金项目: 国家自然科学基金项目(U1806215)、新疆生产建设兵团科技攻关项目(2019AB038)、江苏省重点研发计划项目(BE2018759)和开封市科技计划项目(1702012)资助。

* 通讯作者(gmliu@issas.ac.cn)

作者简介: 高昊辰(1994—), 男, 安徽芜湖人, 硕士, 助教, 主要从事盐渍土壤改良与高效利用方面的研究。E-mail: ghcnfu@foxmail.com

型羟基等亲水性基团,使其具有良好成膜性,即使在盐水环境下也具有一定的保水性能,总体来看这些高分子化合物的一些特性使其在盐渍土壤改良的应用上具有一定的潜力,同时其相对传统的物理措施,如使用高分子化合物进行改良则有着低成本、易操作等优势,在综合改良过程可以优势互补,这对于丰富盐渍土壤的改良手段、优化已有改良方法的效果有着重要意义^[14-16]。但目前国内将高分子化合物应用于滨海盐渍土壤改良的研究相对较少,因此本研究以滨海盐渍土壤为研究对象,通过在土壤表面喷洒高分子化合物溶液,对其水分运移情况进行探索,分析其土壤理化性质的改变,为高分子化合物改良滨海盐渍土壤提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与土壤

试验所用高分子化合物为:聚丙烯酰胺(polyacrylamide, PAM)、壳聚糖(chitosan, CTS)、羧甲基纤维素(hydroxyethyl cellulose, HEC),其中 PAM 为阴离子型,分子量为 800 万,CTS 为阳离子型,分子量为 30 万,HEC 为非离子型水溶性聚合物,分子量为 37 万;试验所用 CTS 溶液由 1% 醋酸溶解

配制而成,PAM 和 HEC 溶液均由去离子水配制而成,由于不同高分子化合物溶液在同浓度下黏度差异较大,为便于喷洒试验,所用高分子化合物溶液浓度为 PAM 0.2 g/L、CTS 10 g/L、HEC 5 g/L;3 种高分子化合物溶液的制备过程类似,具体制备过程:首先在溶解槽内倒入目标制备量 35% 的溶剂,随后开始搅拌并缓慢定量加入高分子化合物粉末(避免在水中相互黏结、成团),在加入高分子化合物粉末的同时加入溶剂,直到达到目标制备量,随后继续搅拌至溶液均匀透明、无肉眼可见团块,即完成制备。供试土壤采集时土壤表面可见白色盐分结晶,长有盐蒿、沙蓬等植被,其基本理化性质见表 1。

1.2 试验设计

1.2.1 高分子化合物对土壤理化性质的影响 试验通过土壤培养的方式研究不同高分子化合物对于土壤理化性质的影响。试验为双因素完全随机设计,试验选用 PAM、CTS、HEC 3 种高分子化合物,每种高分子化合物溶液设置 5 个不同用量的水平(同种高分子化合物溶液不同用量的水平,均使用相同浓度的溶液),包含一个对照(不喷洒高分子化合物溶液)共 16 个处理,每个处理重复 3 次,具体见表 2。

表 1 供试土壤的主要理化性质
Table 1 Physicochemical characteristics of tested soil

项目	容重 (g/cm ³)	质地	pH	电导率 EC (dS/m)	全盐含量 (g/kg)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
测定值	1.46	粉砂质黏壤土	8.56	1.38	4.81	6.01	18.75	20.34	74.65

表 2 土壤培养试验处理设计
Table 2 Design of soil culture experiment

编号	处理	编号	处理	编号	处理
P1	PAM 2.5 kg/hm ²	K1	CTS 10 kg/hm ²	H1	HEC 10 kg/hm ²
P2	PAM 5 kg/hm ²	K2	CTS 20 kg/hm ²	H2	HEC 20 kg/hm ²
P3	PAM 10 kg/hm ²	K3	CTS 40 kg/hm ²	H3	HEC 40 kg/hm ²
P4	PAM 20 kg/hm ²	K4	CTS 60 kg/hm ²	H4	HEC 60 kg/hm ²
P5	PAM 30 kg/hm ²	K5	CTS 80 kg/hm ²	H5	HEC 80 kg/hm ²
CK	不进行处理				

注:高分子化合物溶液浓度为 PAM 0.2 g/L、CTS 10 g/L、HEC 5 g/L。

试验在人工温室中进行,使用 20 cm × 10 cm × 6 cm 的塑料盒作为培养容器,试验的实施方法为:将供试土壤风干、磨碎、过 2 mm 筛,以 1.36 g/cm³ 的容重进行装填,每个容器装填 1.36 kg 土壤,装填完毕后,根据各处理高分子化合物的类型与用量(依照表 2)在土壤表层喷洒高分子化合物。喷洒完毕后自然放置 60 d,放置过程中每隔 10 d 在土壤表面喷洒 200 ml

去离子水,共喷洒 5 次。

1.2.2 高分子化合物溶液对土壤蒸发的影响 试验为土柱模拟试验,采用双因素完全随机设计,试验处理、供试材料和土壤与试验 1 相同,所用土柱为高 35 cm、外径 10.5 cm、壁厚 0.5 cm 的有机玻璃柱,将底部出水口封闭,使液体无法渗出土柱。试验所用供试土壤经自然风干、磨碎后过 2 mm 筛,然后分层

装入土柱,装填容重为 1.49 g/cm^3 ,装填过程中每 5 cm 压实一次并拉毛表面,土柱内土体总高度为 25 cm 。装填完毕后,每根土柱均灌入 2 g/L 微咸水 900 ml ,微咸水为 $\text{NaCl}:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:1$ 溶液,当所有溶液完全渗入土壤后用保鲜膜封住有机玻璃柱柱口,等待 48 h ,待土壤中水分再分布后揭开保鲜膜,依据表 2 中各处理的高分子化合物类型与用量,在土柱土壤表层喷洒高分子化合物溶液,随后自然蒸发 23 d 。

1.3 样品的采集与分析

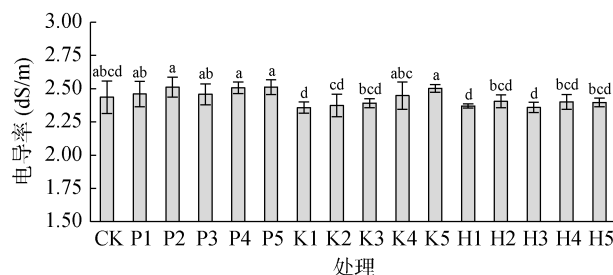
试验一在培养结束后,先用环刀进行取样,测定其孔隙度、饱和导水率。随后将培养容器中剩余的土壤全部收集,风干、磨碎后过 1 mm 筛,用于测定 pH 、 EC 、土壤水溶性盐分含量等指标。试验二在蒸发过程中,于每天上午 $10:00$ 使用称重法测定前一日日的日蒸发量。在蒸发试验结束后,对土柱进行分层取样(每 5 cm 一层)并测定土壤含水率,采集的土壤样品进行风干,磨碎,过 1 mm 筛,测其 pH 、 EC 、土壤水溶性盐分。试验中 pH 采用水土比 $5:1(V:m)$ 浸提电位法测定; EC 采用水土比 $5:1(V:m)$ 浸提电极法测定;全盐量采用质量法测定;孔隙度采用换刀法测定;饱和导水率采用双环刀法测定。以上测定方法参照 LY/T 1215—1999 《森林土壤水分-物理性质的测定》^[17]、 LY/T 1218—1999 《森林土壤渗透率的测定》^[18]、《土壤农化分析》^[19]、《土壤农业化学分析方法》^[20]。

2 结果与讨论

2.1 喷洒不同高分子化合物溶液成膜对土壤物理性质的影响

2.1.1 对土壤 EC 与 pH 的影响 图 1 为不同高分子化合物对土壤电导率的影响。由图可知,在喷洒过高分子化合物后,各处理的电导率与对照均无显著差异。在使用 PAM 的处理中,电导率随着高分子化合物用量的增加而逐渐增大,各处理的电导率较对照提高了 $0.94\% \sim 3.12\%$; 在使用 CTS 的处理中,电导率的变化规律与 PAM 相类似, K1 、 K2 、 K3 处理的电导率相对对照降低了 $1.81\% \sim 3.16\%$,而 K4 、 K5 处理则分别较对照提高了 0.53% 与 2.75% ; 在使用 HEC 的处理中,各处理的电导率变化无明显规律,分别较对照降低了 $1.27\% \sim 3.12\%$ 。从结果来看, PAM 虽然为阴离子型,其能够与土壤中的二价离子(例如 Ca^{2+}) 形成离子桥,即 PAM-Ca^{2+} ^[21],进而使得土壤中阳离子减少,但由于不同土壤中离子组成的差异,在以 Na^+ 、 K^+ 为主要阳离子的滨海盐渍土壤中, PAM 对于降低土壤电导率的作用不明显; CTS 由于为阳离子

型,在酸性溶液中易成盐,因而随着用量的增加可能会导致土壤电导率有所增加;而 HEC 作为一种非离子型的水溶性纤维素醚,对于土壤中的离子无吸附能力。总体来看这 3 种高分子化合物本身并不会导致土壤电导率的巨大改变,其发挥的作用更多的可能是通过改变土壤水分运动,进而影响土壤盐分含量。



(图中小写字母不同表示处理间差异显著($P < 0.05$), 下图同)

图 1 不同高分子化合物对土壤电导率的影响

Fig. 1 Effects of different polymers on soil electrical conductivity

图 2 为不同高分子化合物对土壤 pH 的影响。由图可知,各处理中 P1 最高为 8.50 , K5 最低为 7.93 。在使用 PAM 的处理中, P1 、 P2 的 pH 较对照分别升高了 0.83% 与 0.59% ,但差异不显著,其余处理则降低了 $0.83\% \sim 1.67\%$,其中 P3 、 P5 显著低于对照; 在使用 CTS 的处理中,其 pH 随着 CTS 用量的增加呈先升高后降低的趋势,其中 K4 、 K5 同对照差异显著,分别减低了 3.44% 与 5.93% ,而其余处理与对照无显著差异; 在使用 HEC 的处理中,其 pH 变化规律与 CTS 相类似,其中 H1 、 H2 、 H5 与对照差异显著,降低了 $1.30\% \sim 4.03\%$,而 H3 、 H4 较对照略有提高,但差异不显著。

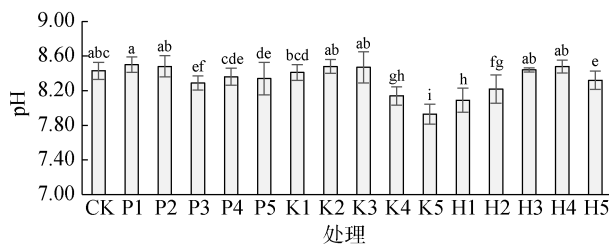


图 2 不同高分子化合物对土壤 pH 的影响

Fig. 2 Effects of different polymers on soil pH

2.1.2 对土壤孔隙度的影响 图 3 为不同高分子化合物对土壤孔隙度的影响。由图可知,在使用 PAM 的处理中,除 P1 、 P2 的总孔隙度、毛管孔隙度低于对照外,其余处理的总孔隙度、毛管孔隙度与非毛管孔隙度均高于对照;总孔隙度与非毛管孔隙度均随着 PAM 用量的增加,呈先增加后降低的趋势,而毛管孔隙度随着 PAM 用量的增加逐渐增加; P4 处理的总

孔隙度(47.51%)与非毛管孔隙度(21.72%)最大,而 P5 的毛管孔隙度最大,为 25.91%。在使用 CTS 的处理中,土壤的总孔隙度、毛管孔隙与非毛管孔隙均随着 CTS 用量的增加,先增加后降低,但均高于对照;其中 K3 的总孔隙度、毛管孔隙度与非毛管孔隙度均为最大,较对照分别增加了 9.84%、4.95% 与 16.37%。在使用 HEC 的处理中,其总孔隙度与毛管孔隙度的变化规律与使用 PAM 相类似,其中 H3 的总孔隙度与毛管孔隙度均为最大,分别为 49.16% 与 26.87%,较对照增加了 11.50% 与 17.95%; H5 的非毛管孔隙度最大,为 22.37%,较对照增加了 18.38%。由于 3 种高分子化合物都具有不同程度絮凝作用,有利于土壤水稳性团聚体的形成,进而增加土壤孔隙度与毛管孔隙度^[22-24]。总体来看,除 P1、P2 外其余各处理的总孔隙度均较对照有显著提升,3 种高分子化合物在不同用量下对于土壤孔隙的提升均有一定的作用,就效果而言 HEC>CTS>PAM,其中 H3 的效果最优。

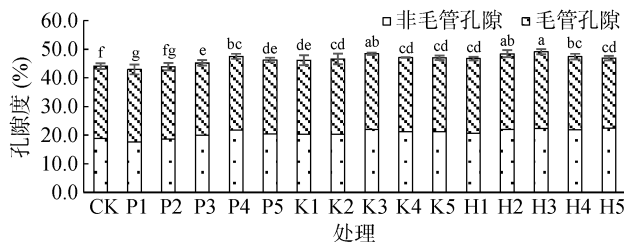


图 3 不同高分子化合物对土壤孔隙度的影响
Fig. 3 Effects of different polymers on soil porosity

2.1.3 对土壤饱和导水率的影响 图 4 为 10 °C 下不同高分子化合物作用下的土壤饱和导水率。由图可知,在使用 PAM 的处理中,土壤饱和导水率随着 PAM 用量的增加,先增加后降低,P2 达到最大值(0.39 mm/min),较对照增加了 12.05%,且差异显著。在使用 CTS 的处理中,土壤饱和导水率随着 CTS 用量的增加,先降低后增加,但各处理与对照差异均不显著;其中 K2、K3 较对照有所降低,K3 达到最低值为 0.31 mm/min,其余处理均高于对照。在使用 HEC 的处理中,土壤饱和导水率的变化趋势与 CTS 相类似,但总体高于 CTS 的各处理;且各处理的饱和导水率均高于对照,较对照增加 0.03%~17.17%,其中 H1 最大,为 0.40 mm/min。由试验结果来看,高分子化合物对于土壤饱和导水率的影响与其用量有较大关系,PAM 的使用中,仅在 5 kg/hm² 的用量时饱和导水率较对照有所增加,其余用量时均低于对照,且随着用量的增加土壤的饱和导水率会不断降低;而 CTS 与 PAM,在用量低于 40 kg/hm² 时土壤饱和导水率会逐

渐降低,但用量高于 40 kg/hm² 后土壤的饱和导水率则随着用量的增加而逐渐升高。从目前已有研究来看,PAM 等高分子化合物能够增加水的黏滞度,当其用量大于一定临界值后,其对于土壤孔隙的填充将增大水流的入渗阻力,并形成局部致密层,进而影响土壤饱和导水率,从而出现高用量下土壤的饱和导水率降低的情况^[25-27]。

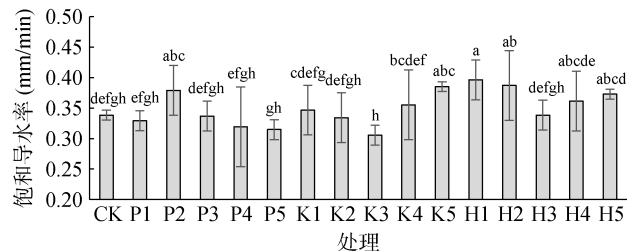


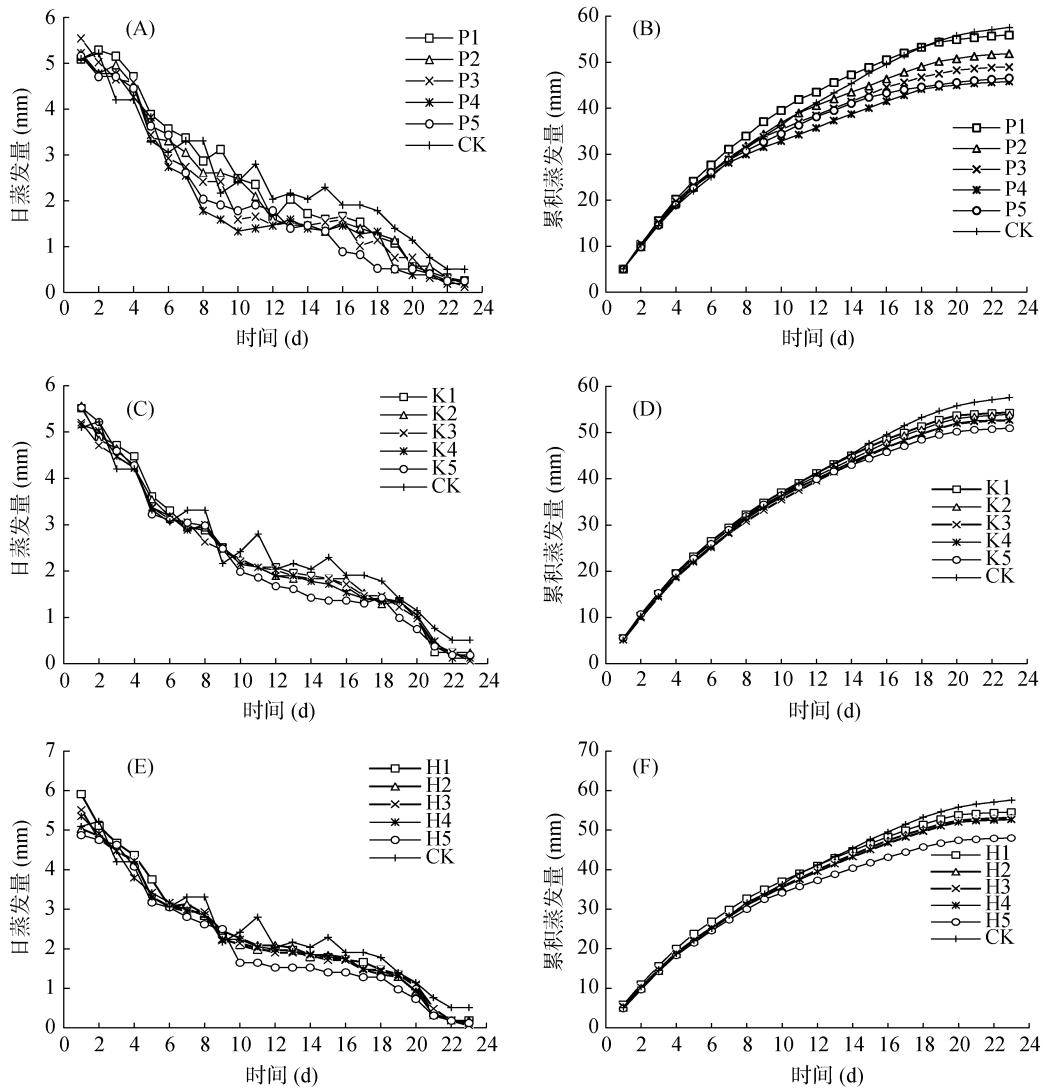
图 4 不同高分子化合物对土壤饱和导水率的影响
Fig. 4 Effects of different polymers on saturated soil hydraulic conductivity

2.2 喷洒不同高分子化合物溶液成膜对土壤水分蒸发的影响

图 5 为各处理的土壤日蒸发量与累积蒸发量。由图可知,在整个蒸发过程中不同处理的日蒸发量随着时间的推移均呈现出递减的趋势,在蒸发前期由于土壤含水率较大各处理间日蒸发量差异不明显,并且出现了部分处理的日蒸发量高于对照,这可能是 PAM、CTS、HEC 的喷施造成表层土壤的含水率高于对照,因而促使蒸发量变大。但在蒸发后期,当表层土壤的水分大量蒸发后,需要更深层土壤水分补给时,各处理的抑制蒸发效果开始显现。

PAM 处理下,当蒸发进行到第 10 天后各用量水平下的日蒸发量均低于对照(图 5A)。从整个蒸发过程的累积蒸发量来看(图 5B),除 P1 处理外,其余处理的累积蒸发量在 11 d 后均低于对照,而 P1 处理的累积蒸发量在第 19 天后才低于对照。在经过 23 d 蒸发后,P4 的累积蒸发最低,为 46.5 mm;P1 最高,为 55.9 mm;各处理累积蒸发大小为 CK>P1>P2>P3>P5>P4,相较于对照各处理累积蒸发量降低了 2.8%~20.4%。

CTS 处理与 HEC 处理下的土壤的日蒸发量(图 5C、5E)与累积蒸发量(图 5D、5F)变化趋势与 PAM 处理相类似,在蒸发前期各处理的日蒸发量差异较小,各处理的累积蒸发量曲线重合度较高,部分处理与对照的日蒸发量曲线产生了多次交叉。其中使用 CTS 的各处理在第 10 天后,日蒸发量均低于对照;通过 23 d 自然蒸发,K5 的累积蒸发量最低,为 51.0 mm,



(A、B 为 PAM 处理；C、D 为 CTS 处理；E、F 为 HEC 处理)

图 5 不同高分子化合物对土壤日蒸发量与累积蒸发量的影响

Fig. 5 Effects of different polymers on daily evaporation and accumulated evaporation of soils

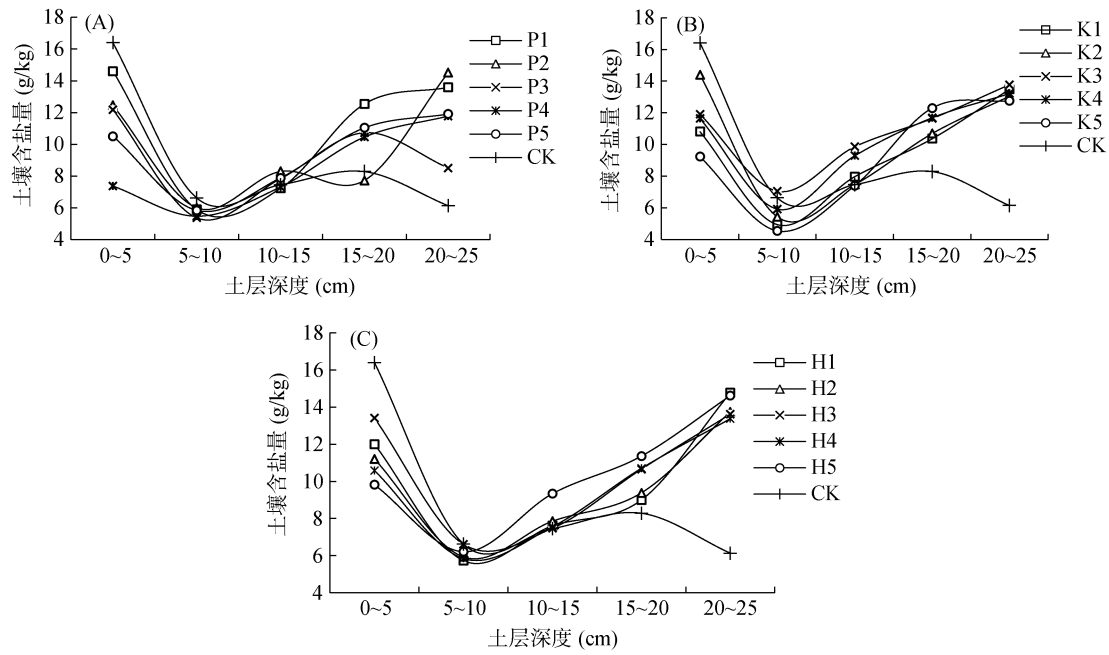
K1 最高为 54.3 mm；各处理的累积蒸发量均低于对照(57.6mm)，整个蒸发过程中各处理的累积蒸发量为 CK>K1>K2>K4>K3>K5，相较于对照各处理累积蒸发量降低了 5.6%~11.4%。而 HEC 处理下，H5 的累积蒸发量最低，为 48.0 mm，H1 最高，为 54.6 mm，各处理累积蒸发量为 CK>H1>H2>H3>H4>H5，相较于对照各处理累积蒸发量降低了 5.2%~16.6%。总体来看 CTS 与 HEC 在不同用量下均有一定的蒸发抑制效果，但高用量下的抑蒸效果弱于 PAM。

2.3 喷洒不同高分子化合物溶液成膜对土壤盐分分布的影响

土壤中盐分分布与其水分运移情况关系密切，而高分子化合物的表面喷洒对抑制土壤的水分蒸发具有一定的效果，因此其对于水分运移的影响必然会反

映到土体中的盐分分布上。图 6 为 3 种高分子化合物处理蒸发完成后各土层的盐分含量。由图可知，使用了高分子化合物的各处理在 0~5 cm 土层的盐分含量均低于 CK，PAM 处理为 7.38~14.62 g/kg、CTS 处理为 9.22~14.38 g/kg、HEC 处理为 9.81~13.41 g/kg，其中 P4 处理表层土壤盐分最低为 7.38 g/kg，相较 CK 降低了 55.1%。各处理 5~10 cm 土层的盐分为所有土层中最低，除 P2、P4、P5 的盐分含量显著低于 CK 外，其余各处理的盐分含量与 CK 相接近，差异不显著。由于抑制了盐分向土表集聚，10~25 cm 土层中各处理的盐分均随着土层深度的增加呈现出了上升趋势。

总体来看，3 种高分子化合物溶液喷施在土壤表面对于抑制土体盐分的向上运移均有一定作用。依据



(A. PAM 处理; B. CTS 处理; C. HEC 处理)

图 6 不同高分子化合物对土壤盐分分布的影响
Fig. 6 Effects of different polymers on soil salt distribution

0 ~ 10 cm 土层盐分含量, 各处理的抑盐效果为: P4>P5>K4>H5>P5>H4>H2>K1>P3>H1>P2>K3>K2>H3>P1。

2.4 基于主成分分析的抑蒸、控盐效果评价

依据高分子化合物对土壤理化性质的改变与水分盐分布影响, 对土壤 pH、EC、容重、毛管孔隙度、累积蒸发量, 0 ~ 5 cm、5 ~ 10 cm 土层含盐量和含水

率进行主成分分析(principal component analysis, PCA), 对各种类高分子化合物及其不同的用量水平的改良效应进行评价。对逆指标使用倒数法转换为正指标, 并采用 Z-score 法对各项数据进行标准化转化。通过数据提取, 并根据提取出的主成分因子, 利用回归估计法计算主成分因子得分。

各处理的主成分得分情况见表 3。由总得分和排

表 3 主成分因子综合得分和排名
Table 3 Factor score of principal components and comprehensive score and ranking

处理	F1	F2	F3	F4	总得分	综合排名
CK	-1.19	-1.77	-1.57	0.74	-1.15	16
P1	-1.00	-1.21	-1.12	-0.70	-1.02	15
P2	0.01	-0.55	0.81	-2.62	-0.25	11
P3	0.12	0.01	-0.11	-1.54	-0.12	10
P4	1.85	-0.56	0.96	0.70	1.13	1
P5	1.02	-1.05	0.04	0.89	0.46	4
K1	-0.80	0.36	0.22	0.11	-0.32	12
K2	-1.01	0.66	-0.14	-0.07	-0.45	14
K3	-1.04	-0.23	0.64	1.26	-0.36	13
K4	0.59	1.06	-0.89	-0.51	0.31	5
K5	1.75	1.03	-1.97	0.23	0.84	2
H1	-0.32	1.46	-0.40	0.16	0.05	8
H2	-0.25	0.94	-0.01	0.59	0.10	7
H3	-0.88	1.02	1.41	0.85	0.04	9
H4	0.15	0.18	1.32	-0.52	0.28	6
H5	0.99	-1.34	0.80	0.43	0.46	3

名可知,使用高分子化合物的各处理改良效果均优于CK。使用PAM的处理中,P4效果最佳,CTS处理中K5效果最佳,HEC处理中H5效果最佳。总体来看,综合改良效果最佳的5种处理为:P4、K5、H5、P5、K4,均为高用量的处理。

3 结论

1)PAM、CTS、HEC这3种高分子化合物能够提高土壤孔隙度,影响土壤饱和导水率,但同时这3种高分子化合物本身不会对土壤可溶性盐的含量产生显著影响,其对于土壤盐分含量的影响更多的是通过改变土壤中的水分运动,进而间接影响土壤中盐分的运移与分布。

2)喷洒高分子化合物溶液成膜能够抑制土壤水分蒸发、提高土壤保水性能,PAM各用量下的土壤水分蒸发量较CK降低了2.8%~20.4%;CTS与HEC,均随着用量的增加,土壤水分蒸发量逐渐降低,其不同用量下的土壤水分蒸发量分别较CK降低了5.6%~11.4%和5.2%~16.6%。

3)针对土壤孔隙度、土壤水分蒸发量、表层土壤抑盐等综合改良效应来看,PAM、CTS、HEC分别在用量为20、80、80 kg/hm²时效果最佳。

参考文献:

- [1] 张长宽,陈君,林康,等.江苏沿海滩涂围垦空间布局研究[J].河海大学学报(自然科学版),2011,39(2):206-212.
- [2] 王会,陈建成,江磊,等.“绿水青山就是金山银山”的经济含义与实践模式探析[J].林业经济,2018,40(1):3-8.
- [3] 李金彪,陈金林,刘广明,等.滨海盐碱地绿化理论技术研究进展[J].土壤通报,2014,45(1):246-251.
- [4] 徐恒刚.中国盐生植被及盐渍化生态治理[M].北京:中国农业科学技术出版社,2004.
- [5] 邵孝侯,刘才良,俞双恩,等.暗管排水对滨海新垦区土壤盐分动态的影响及脱盐效果[J].河海大学学报,1995,23(2):88-93.
- [6] 王遵亲.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
- [7] 高珊,杨劲松,姚荣江,等.改良措施对苏北盐渍土盐碱障碍和作物磷素吸收的调控[J].土壤学报,2020,57(5):1219-1229.
- [8] Su D Y, Fan G S. The effect of gypsum on high saline soil's infiltration capability and soil improvement[J]. Advanced Materials Research, 2011, 183/184/185: 61-64.
- [9] Ziaie-Moayed R, Samimifar M, Kamalzare M. Improvement of shear strength characteristics of saline soil using cement and polymer[J]. International Journal of Geotechnical Engineering, 2011, 5(3): 307-314.
- [10] Ghafoor A, Murtaza G, Rehman M Z, et al. Reclamation and salt leaching efficiency for tile drained saline-sodic soil using marginal quality water for irrigating rice and wheat crops[J]. Land Degradation & Development, 2012, 23(1): 1-9.
- [11] 张健,魏占民,韩冬,等.聚丙烯酰胺对盐渍化土壤水分垂直入渗特性的影响[J].水土保持学报,2015,29(3):256-261.
- [12] 安梦洁,谭兰兰,王开勇,等.高分子化合物降低盐渍化土壤盐基离子效应研究[J].西南农业学报,2018,31(4):802-807.
- [13] 董传迁,尹程程,魏珉,等.控释肥、保水剂和壳聚糖对甜椒穴盘育苗的交互效应研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2015,46(6):801-807.
- [14] 张妙,李秧秧,白岗栓.生物炭和PAM共施对黄绵土水分入渗和蒸发的影响[J].水土保持研究,2018,25(5):124-130.
- [15] 于健,雷廷武,Isaac Shainberg,等.PAM特性对砂壤土入渗及土壤侵蚀的影响[J].土壤学报,2011,48(1):21-27.
- [16] 张春强,冯浩.PAM和尿素混施对土壤入渗特性的影响[J].水土保持学报,2013,27(4):109-113,135.
- [17] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室.森林土壤水分-物理性质的测定:LY/T 1215—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [18] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室.森林土壤渗透率的测定:LY/T 1218—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [19] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:21-188.
- [20] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [21] Laird D A. Bonding between polyacrylamide and clay mineral surfaces[J]. Soil Science, 1997, 162(11): 826-832.
- [22] 张婉璐,魏占民,徐睿智,等.PAM对河套灌区盐渍土物理性状及水分蒸发影响的初步研究[J].水土保持学报,2012,26(3):227-231,237.
- [23] 员学锋,汪有科,吴普特,等.PAM对土壤物理性状影响的试验研究及机理分析[J].水土保持学报,2005,19(2):37-40.
- [24] 张雪辰,陈诚,苏里坦,等.聚丙烯酰胺改良盐渍土壤的适宜用量研究[J].土壤,2017,49(6):1216-1220.
- [25] 刘纪根,雷廷武,蔡强国.施加聚丙烯酰胺后坡长对侵蚀产沙过程的影响[J].水利学报,2004,35(1):57-61.
- [26] 韩凤朋,郑纪勇,李占斌,等.PAM对土壤物理性状以及水分分布的影响[J].农业工程学报,2010,26(4):70-74.
- [27] 马鑫,魏占民,张凯,等.低分子量聚丙烯酰胺对盐渍化土壤水动力参数的影响[J].土壤,2014,46(3):518-525.