

不同覆盖模式下土壤返盐及水盐运移规律

赵文举, 马 宏, 豆品鑫, 郁 文

(兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 干旱地区地表蒸发引起土壤水分的散失是造成盐分表聚的重要原因之一, 土壤表层进行覆盖处理可改变地表结构, 从而影响土壤水分蒸发和盐分迁移过程, 本研究旨在通过野外田间试验, 研究不同覆盖模式下土壤返盐及水盐运移规律。结果表明: 土壤表层进行不同覆盖处理均可有效抑制土壤水分蒸发, 土壤保水效果为: 覆砂 + 覆膜 > 覆秸秆 + 覆砂 > 覆砂 > 覆秸秆 + 覆膜 > 无覆盖 (CK); 随土层深度的增加, 土壤含水率减小的趋势逐渐减缓。不同覆盖处理也可有效抑制土壤盐分表聚, 缩小盐分在土壤中迁移的范围; 覆盖处理的土壤盐分向上迁移主要发生在 0~20 cm 范围内, 无覆盖处理在 0~35 cm 范围内, 覆盖后可较好地抑制土壤返盐。综合考虑认为砂石覆盖模式是较适合该试验区的覆盖模式。

关键词: 覆盖模式; 土壤返盐; 水盐运移; 含水率

中图分类号: S152.7 **文献标志码:** A

Soil resalinization and water-salt movement under different mulching modes

ZHAO Wen-ju, MA Hong, DOU Pin-xin, YU Wen

(School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China)

Abstract: The loss caused by surface evaporation in arid area of soil moisture is one of the important reasons for the crop yield under gravel-sand mulching. Gravel-sand mulching can change the surface structure, thus affecting the evaporation of soil water and water-salt movement. This paper studied soil resalinization and water-salt movement under different mulching modes through a field test. The result showed that the different mulching modes on soil surface could effectively inhibit soil water evaporation. For effect on soil water retention, the significance of different modes was as the follows: sand and plastic film mulching (SM) > straw and sand mulching (JS) > sand mulching (S) > straw and plastic film mulching (JM) > bare land (CK). The trend of soil moisture content became gradually decreased with the increase of soil depth. The different mulching mode could also effectively inhibit top enrichment of soil salt, and reduce the range of salt movement in the soil. Soil salt upward migration occurred mainly in the range of 0~20 cm soil layer, and occurred mainly in the range of 0~35 cm layer without mulching, indicating that mulching inhibited soil resalinization. In conclusion, the sand mulching (S) is a more suitable mulching mode in the test area.

Keywords: mulching mode; soil resalinization; water-salt movement; moisture content

在干旱半干旱地区, 土壤盐渍化和水资源短缺是限制农田资源高效利用和导致农业生产水平低下的直接影响因素^[1]。在这些地区, 土壤蒸发强烈, 灌溉或降雨后水分难以保蓄, 50%左右的农田水分通过蒸发损失^[2], 造成土壤表层与深层之间较大的水力梯度, 这促使深层土壤水分向上运移, 而水分是盐分的载体, 盐分将随水分向土壤表层迁移, 在土壤强烈蒸发过程中, 最终导致大量盐分在土壤表层聚集。“盐随水行, 水去盐留”, 只要能有效控制土壤水

分蒸发, 理论上就可减轻盐分表聚, 从而达到改良的目的^[3]。因此, 如何有效地利用土壤水分, 控制水分蒸发, 成为抑制盐分表聚和改善水盐障碍的重要议题。在农业生产中, 砂石覆盖、秸秆覆盖、塑料薄膜覆盖等是常用的覆盖模式, 通过地面覆盖, 减少地面蒸发, 抑制盐分表聚, 使盐分向地表聚集逐渐减弱, 是盐渍土改良的一种手段^[4]。国内外研究表明, 砂石覆盖可减小地表产流、抑制土壤蒸发、防止土壤次生盐渍化、改善土壤理化性质, 显著提高土壤含水

收稿日期: 2015-07-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51269008); 兰州理工大学红柳青年教师培养计划资助项目(Q201310)

作者简介: 赵文举(1981—), 男, 甘肃永昌人, 博士, 副教授, 主要从事农业水土工程方面的研究。E-mail: wenjuzhao@126.com。

率,最终提高作物产量^[5-6];秸秆覆盖可提高土壤持水能力,促进降雨淋盐,抑制地表返盐,还可改善土壤结构,增加土壤有机质^[7-8];地膜覆盖可保温增温,保水抑盐,改善耕层土壤水热状况,活化土壤养分,促进作物增产^[9-10]。Mathur 等^[11]指出在土壤表层 10 cm 覆砂,并掺和到 15 cm,可显著地降低表层土壤盐分、提高作物产量和土壤含水率;Nassar 等^[12]、Kladivko 等^[13]研究认为,覆盖(包括覆盖秸秆、地膜等)可抑制土壤水分蒸发,影响土壤盐分分布,使土壤生态过程向良性转化;宋日权等^[14]研究了覆砂对土壤入渗、蒸发和盐分迁移的影响,指出土壤表层覆砂可以改变土壤盐分在剖面中的运移,尤其减弱了盐分的表聚;孙博等^[15]研究了秸秆覆盖对盐渍土壤水盐的影响,得出秸秆覆盖盐渍土壤能够减少土壤水分蒸发损失,提高水分利用效率,抑制盐渍化土壤可溶性盐分的表聚作用,对改良盐渍化土壤具有显著效果;赵永敢等^[16]研究指出地膜覆盖可减少土壤水分散失和减弱盐分表聚,而秸秆隔层结合地膜覆盖对潜水蒸发和土壤返盐的抑制效应更强,淡化耕层作用更为明显。上述学者在研究土壤水盐运移方面积累了很多值得借鉴的成果,但针对不同覆盖模式下土壤水盐运移的对比研究还较少。因此,本文作者通过野外田间试验,研究了不同覆盖模式对土壤水盐运移的影响,从而得出更符合在西北旱区推广的抑制土壤水分蒸发和盐分表聚的覆盖模式。同时,掌握土壤水盐、土壤蒸发等信息,对于制定适宜的灌溉方式以防治土壤盐渍化和水分的有效利用,具有重要的科学与现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在景泰县兰州理工大学试验研究基地(104°05′54″E ~ 104°12′54″E, 36°24′54″N ~ 36°33′54″N),该基地位于甘肃省中部的景泰县,海拔高度平均为 1 596 m,地处黄土高原与腾格里沙漠的过渡地带,属温带干旱大陆性气候,主要特点是冬冷夏热,昼夜温差较大,干旱少雨,蒸发量大,风沙日数较多,日照时数长,热量资源丰富。境内地势西高东低,地形地貌大致分为中低山山地、洪积冲积倾斜平原、石质剥蚀丘陵和风沙地四种类型,土壤类型主要为洪积灰棕荒漠土和灰钙土。多年平均降雨量为 185.0 mm,多集中在 7—9 三个月,占全年降雨量的 61.4% 左右,多年平均蒸发量约为 3 038 mm,约为降雨量的 16 倍。无霜期为 141 d 左右,年平均气温为 8.2℃,极端最高温为 36.6℃,极端最低温为 -27.3℃。

1.2 试验设计

试验设在景泰县兰州理工大学试验基地附近的休闲地,选择休闲地土壤盐分分布基本均匀的区域作为试验区域。在试验开始前,先进行一次试验区域的深翻、上下土壤掺合、平整土地、返盐过程。试验于 2014 年 8 月 14 日至 8 月 26 日进行,共 13 d,其中在 8 月 15 日、8 月 21 日和 8 月 23 日有自然降雨发生,降雨量分别为 5.1、4.3、6.7 mm。共设计 5 种覆盖形式,分别为无覆盖(CK)、覆砂(S)、覆砂+覆膜(SM)、覆秸秆+覆膜(JM)和覆秸秆+覆砂(JS)等。覆砂(S)是在土壤表层覆盖 10 cm 厚的砂石;覆砂+覆膜(SM)是先在土壤表层覆盖 10 cm 厚的砂石,再覆盖一层膜;覆秸秆+覆膜(JM)是先在土壤表层覆盖 3 cm 厚的秸秆,再覆盖一层膜;覆秸秆+覆砂(JS)是先在土壤表层覆盖 3 cm 厚的秸秆,再覆盖 10 cm 厚的砂石。由于设计了 5 种覆盖模式,因此,将平整好的试验区铺设为 5 块 1 m×1 m 的小区域,面积为 5 m²,无重复。覆盖砂石和秸秆厚度均参考当地实际的覆砂和秸秆厚度,覆盖砂石厚度为 10 cm,覆秸秆厚度为 3 cm。试验用砂为试验基地附近压砂地表面的覆盖砂石,试验用的秸秆为当年收割晾干并粉碎为 3~5 cm 的小麦秸秆,试验用膜为黑色塑料薄膜,供试砂石颗粒组成见表 1。在进行覆盖前,先在每块区域均匀地灌溉 45 500 ml 的水,水分入渗深度为 50 cm 左右,使水分入渗后再进行相应覆盖物覆盖。

表 1 供试砂石的颗粒组成

Table 1 Granule constitution of the sand tested

砂石组成	Sand composition				
/mm	<0.63	0.63~1.25	1.25~2.5	2.5~5.0	5.0~10.0
砂石 Sand/%	34.62	25.08	19.88	14.93	5.49

1.3 试验内容测定及方法

试验区域土壤进行深翻、上下土壤掺合、平整土地,未灌水前,利用土钻采集 5 种覆盖模式下 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50 cm 这 5 个土层的土壤,经测定,土壤各层初始含水率从上到下分别为 1.98%、2.11%、2.05%、2.16%、2.23%,土壤各层初始含盐量从上到下分别为 0.713、0.726、0.709、0.734、0.740 mS·cm⁻¹。试验开始后,每天 17:00 利用土钻取土测定土壤各层含水率和含盐量,土壤采样前,预先揭去土壤表层覆盖物,取土后分层回填。用烘干法测定土壤各层含水率,利用电导仪测定土壤含盐量(土水比为 1:5 的配比),采用感度为 0.001 kg 的电子秤进行称重。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖模式下土壤水分随时间的变化

由于不同覆盖模式对土壤水分的保蓄能力不

同,导致土壤各层之间的含水率有一定的差异。不同覆盖模式下土壤各层含水率随时间的变化规律如图 1,图中小图为未灌水前土壤各层初始含水率。

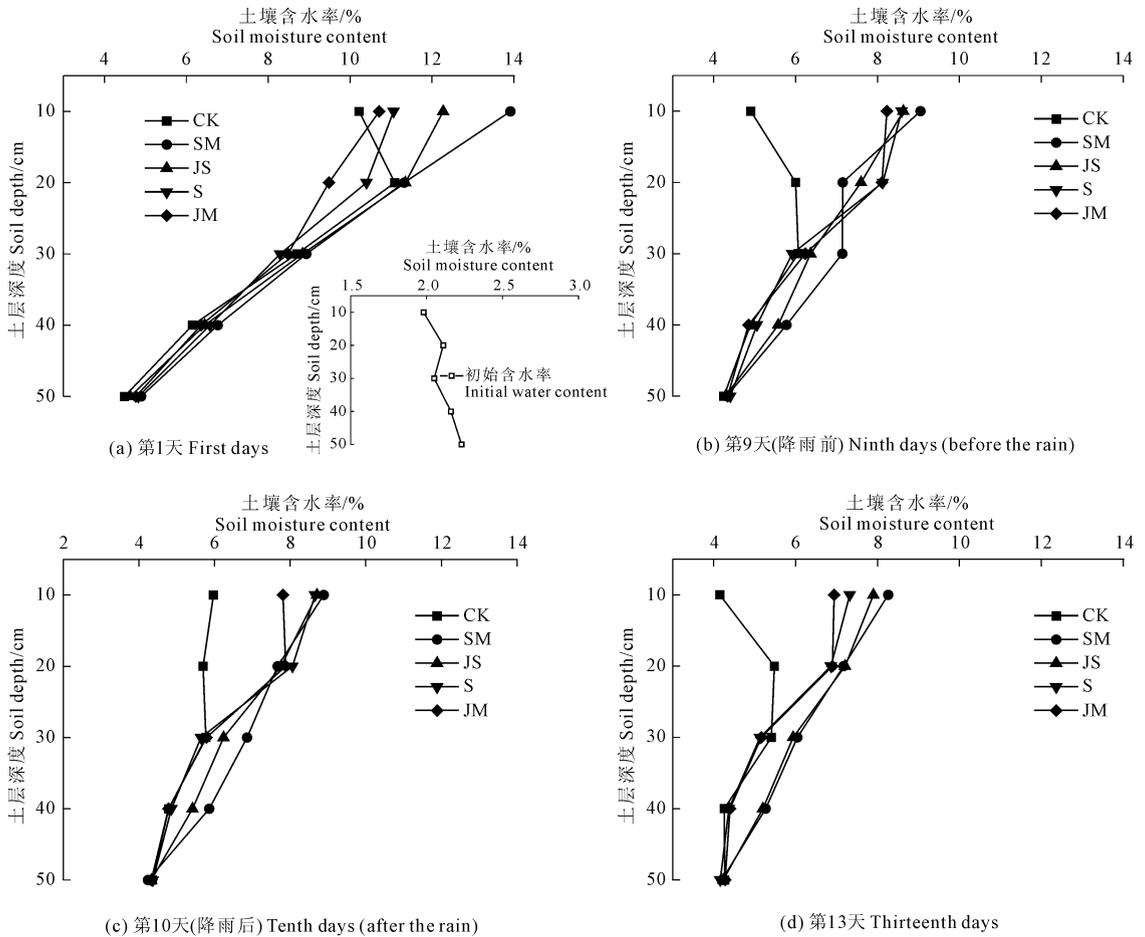


图 1 不同覆盖模式下土壤含水率随深度的变化规律

Fig.1 Changes in the moisture content of soil with depth under different mulching modes

由图 1(a)可知,5 块试验区域灌溉相同水后,与试验前土壤各层含水率相比可知,在重力和毛管力作用下土壤各层含水率都有了增大,且含水率增大随深度的增加而变小。以土壤深度 0~10 cm 内的含水率为例,覆盖 1 天后,CK、SM、JS、S、JM 处理的含水率分别为 10.22%、13.91%、12.27%、11.06%、10.71%,与 CK 相比,SM、JS、S、JM 处理的含水率分别大了 36.1%、20.1%、8.2%、4.8%,说明土壤表层进行不同覆盖处理均有蓄水保墒作用。由图 1(b)、1(c)可知,降雨对土壤表层的含水率有着一定的影响。降雨后,JS、S、CK 覆盖模式下土壤表层含水率有着较小的增加,而 SM、JM 覆盖模式下土壤表层含水率有所减小,这主要是由于在平坦的农田上进行地膜覆盖,降雨大多聚集在膜上,覆膜阻止了水分的入渗,这与文献[17]的结论一致。由图 1

进一步可知,随着试验的进行,土壤各层含水率均呈现出逐渐减小的趋势,且这种变化趋势基本一致,随土层深度的增加,土壤含水率减小的趋势逐渐减缓,而土壤各层含水率基本保持 SM > JS > S > JM > CK 的变化趋势,这几种覆盖模式的蓄水保墒、抑制土壤水分蒸发的效果整体表现为 SM > JS > S > JM。这主要是由于这几种覆盖模式对于抑制土壤水分蒸发的机理不同,砂石覆盖主要是增加土壤的渗透能力,蓄水保墒,降低土壤水分蒸发;秸秆覆盖主要是降低土壤温度以及阻截水分上升能力来降低水分的蒸发;地膜覆盖主要是地膜阻隔了水蒸气向空气中的蒸发,导致膜内水分向两侧运动,从而降低水分蒸发。在整个试验过程中,SM、JS、S、JM 覆盖处理的各层含水率除第一天 0~10 cm 内的差异较显著外,其他时段土壤各层含水率差异不大。从抑制土壤水分蒸发

的效果以及考虑到试验区气候特征和该地区砂石资源容易获取的特点及环保问题,在该地区砂石覆盖是抑制土壤水分蒸发更合理的覆盖模式。

利用方差分析,对 CK ~ SM、CK ~ JS、CK ~ S、CK ~ JM 组合进行显著性分析,在 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平下,分析不同覆盖模式对土壤各层含水率的影响程度。通过 F 统计量值和 P - value 值的分析可知,在土层深度为 0 ~ 10 cm 内,不同覆盖模式的保水效果均极显著,土壤表层覆盖可明显抑制表层土壤蒸发;在土层深度为 10 ~ 20 cm 内,S 和 JM 覆盖模式的保水效果为显著,而 SM 和 JS 的为不显著;在土层深度为 20 ~ 30 cm 内,除 SM 覆盖模式的保水效果为显著外,其他均为不显著;在土层深度为 30 ~ 40 cm 内,除 SM 覆盖模式的保水效果为极显著外,其他均为不显著;而在土层深度为 40 ~ 50 cm 内,SM 和 S

覆盖模式的保水效果为显著,JS 和 JM 为不显著。从抑制土壤水分蒸发的效果和方差分析结果以及考虑到试验区气候特征和该地区砂石资源容易获取的特点及环保问题,在该地区砂石覆盖是抑制土壤水分蒸发较适合的覆盖模式。

2.2 不同覆盖模式下土壤盐分随时间的变化

土壤水分是盐分迁移的重要载体,盐渍化土壤中的盐分随着土壤水分的运动而迁移,一般有两个重要的过程。一是灌水过程中,在水体的携带下,土壤表层的淋洗脱盐过程;二是灌水后,在土壤水势梯度、植物蒸腾、土壤表面蒸发的作用下,随土壤水分再分布而发生的盐分迁移。不同覆盖模式下土壤各层含盐量随时间的变化规律如图 2,图中小图为未灌水前土壤各层初始含盐量。

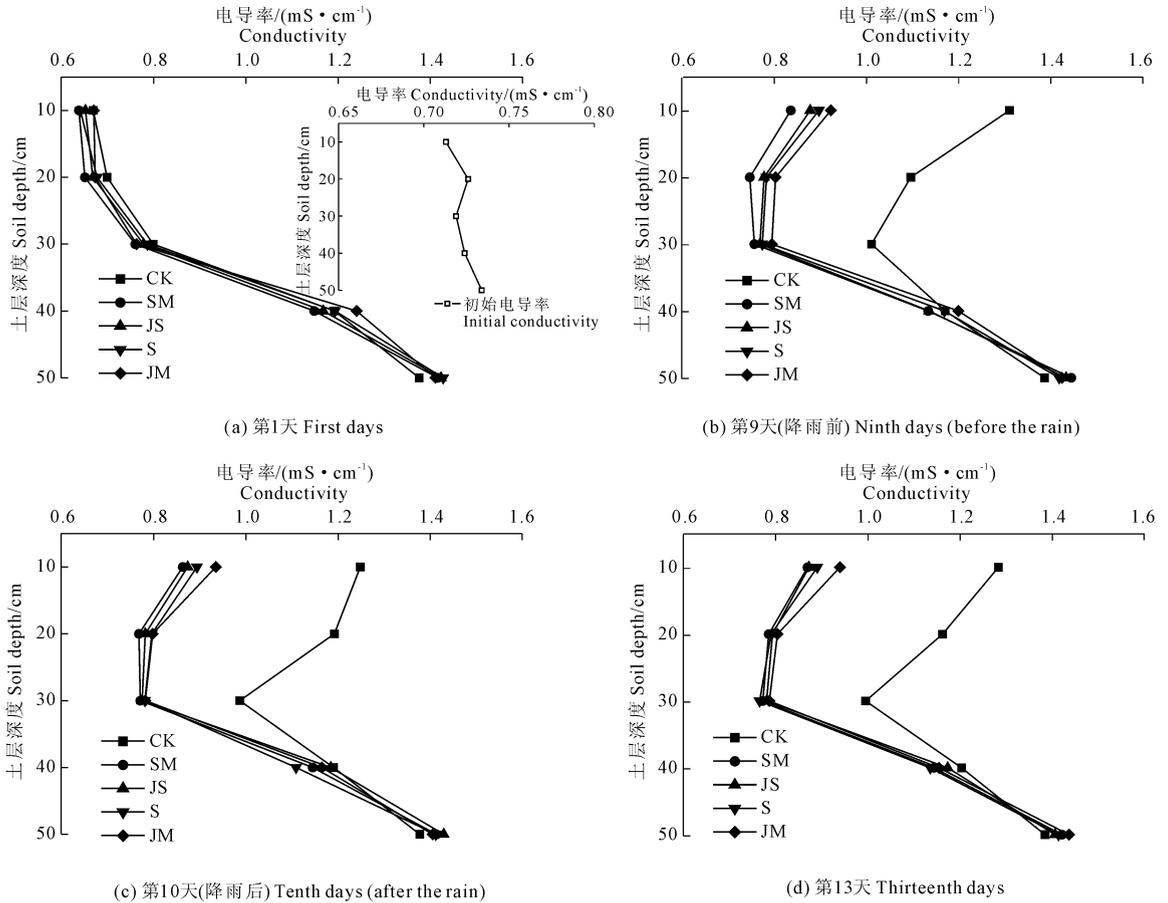


图 2 不同覆盖模式下土壤电导率随深度的变化规律

Fig.2 Changes of the soil conductivity with depth under different mulching modes

由图 2 可知,覆盖 1 天后,土壤深度 0 ~ 20 cm 内的含盐量比灌水前有所降低,说明该土层处于一个淋洗脱盐过程;土壤深度 30 ~ 50 cm 内的含盐量有所增加,说明 5 块试验区域在灌水后,随着水分的入渗,盐分随之下移,该土层处于一个积盐过程。之

后,随着试验进行,在蒸发作用下,盐分随着毛管水的上升、蒸发不断地向表层聚集,呈现出“盐随水走,水去盐留”的特点,不同覆盖模式下土壤盐分均呈现出“C”字型,出现两个峰值,分别位于土层上部 and 下部。由图 2(b)可看出,因土壤表层有无覆盖处理对

土壤各层含水率有明显的影响,土壤各层含盐量也随着发生了明显的变化。在土壤深度 0~20 cm 内的含盐量比第 1 天的都有了增加,CK、SM、JS、S、JM 处理的含盐量平均增大了 76.3%、22.9%、25.6%、27.8%、28.5%,说明土壤表层进行覆盖处理可较好地抑制盐分的表聚;而在土壤深度 30~50 cm 内的含盐量基本没有变化。由图 2(c)可知,在降雨后,除无覆盖处理 0~20 cm 内的含盐量有所变化外,其余含盐量基本没有变化,说明土壤表层进行覆盖处理,可减小降雨对土壤表层的直接冲击,造成盐分的下移,从而可减小因降雨使表层盐分下移对作物根系造成的影响。由图 2 进一步可知,进行覆盖处理的土壤盐分向上迁移主要发生在 0~20 cm 范围内,而无覆盖处理的主要发生在 0~35 cm 范围内,表明土壤表层进行覆盖处理可缩小盐分在土壤中迁移的范围和较好地抑制土壤返盐。

利用方差分析,对 CK~SM、CK~JS、CK~S、CK~JM 组合进行显著性分析,在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下,分析不同覆盖模式对土壤各层盐分的影响程度。通过 F 统计量值和 P-value 值的分析可知,除在土层深度为 30~40 cm 内,CK~S 组合 F 统计量值均大于 F 统计量临界值 4.260, P-value 值大于 0.01 而小于 0.05,CK~JM 组合 F 统计量值均小于 F 统计量临界值 4.260, P-value 值均大于 0.05,有 S 覆盖模式的抑制盐分效果为显著, JM 的为不显著外,不同覆盖模式在其他各层抑制盐分效果均为极显著,表明这几种覆盖模式对土壤各层盐分迁移的抑制作用很明显。

3 结 论

本文通过田间小区试验研究了不同覆盖模式对土壤水盐运移的影响,得出以下结论:土壤表层覆盖处理均可有效地抑制土壤水分蒸发,在整个试验中,随着试验的进行,土壤各层含水率呈现出逐渐减小的趋势,但各个处理的下降幅度不同。其保水效果为:SM>JS>S>JM>CK。同时,土壤表层覆盖处理也均可有效地抑制土壤盐分向表层聚集。覆盖处理的土壤盐分迁移主要发生在 0~20 cm 范围内,而无覆盖处理的土壤盐分主要发生在 0~35 cm 范围内。表明土壤表层进行覆盖处理可缩小盐分在土壤中迁

移的范围和较好地抑制土壤返盐。考虑到试验区气候特征和该地区砂石资源容易获取的特点及环保问题,在该地区砂石覆盖模式是较适合的覆盖模式。

参 考 文 献:

- [1] Qadir M, Ghafoor A, Murtaza G. Amelioration strategie for saline soils: a review[J]. Land Degradation and Development, 2001, 11(6):501-521.
- [2] 周凌云,周刘总,徐梦熊.农田秸秆覆盖节水效应研究[J].中国生态农业学报,1996,7(3):49-52.
- [3] 孙博,解建仓,汪妮,等.秸秆覆盖对盐渍化土壤水盐动态的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):180-184.
- [4] 王维,郑曙峰,路曦结,等.农田秸秆覆盖技术研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(18):8343-8346.
- [5] 王占军,蒋齐,何建龙,等.宁夏环香山地区压砂地土壤肥力特诊分析[J].水土保持学报,2010,24(2):201-204.
- [6] LI X Y, Gong J D, Gao Q Z, et al. Rainfall interception loss by pebble mulch in the semiarid region of China[J]. Journal of Hydrology, 2000,228(3):165-173.
- [7] 毕远杰,王全九,雪静.覆盖及水质对土壤水盐状况及油菜产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):83-89.
- [8] Cook H F, Valdes G S B, Lee H C. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under zea mays L [J]. Soil and Tillage Research, 2006,91(1):227-235.
- [9] 郑力群,陈铭达,刘兆普,等.地面覆盖对盐碱土水热盐运动及作物生长的影响[J].土壤通报,2003,34(2):93-97.
- [10] Bezborodova G A, Shadmanovb D K, Mirhashimovb R T, et al. Mulching and water quality effects on soil salinity and sodicity dynamics and cotton productivity in Central Asia [J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2010,138(1):95-102.
- [11] Mathur O P, Mathur S K, Talati N R. Effect of addition of sand and gypsum to fine-textured salt-affected soils on the yield of cotton and jower (sorghum) under Rajasthan Canal Command Area condition [J]. Plant and Soil, 1983,74:61-65.
- [12] Nassar I N, Robert Horton. Salinity and compaction effects on soil water evaporation and water solute distributions[J]. Soil science Society of America Journal, 2004,63(4):752-758.
- [13] Kladvik E J. Tillage system and soil ecology[J]. Soil and Tillage Research, 2001,61(1):61-76.
- [14] 宋日权,褚贵新,张瑞喜,等.覆砂对土壤入渗、蒸发和盐分迁移的影响[J].土壤学报,2012,49(2):282-286.
- [15] 孙博,解建仓,汪妮,等.秸秆覆盖对盐渍化土壤水盐影响的试验研究[J].水土保持通报,2011,31(3):48-51.
- [16] 赵永敢,王婧,李玉义,等.秸秆隔层与地膜覆盖有效抑制潜水蒸发和土壤返盐[J].农业工程学报,2013,29(23):109-117.
- [17] 殷飞.不同保水措施对降雨入渗的影响研究[J].中国农村水利水电,2013,(11):65-67.