不同种植年限砂田水盐变化与砂田退化初探

王 平[1], 谢成俊[1], 陈 娟[2]
(1. 兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730010; 2. 庆阳市农业科学研究院, 甘肃 庆阳 745000)

摘 要: 随着种植年限的增加,砂田的土砂比、土壤的水分与盐分含量都发生了明显的变化,加速了砂田的退化。对不同种植年限的砂田水盐变化及发生机理进行了分析,并总结了砂田退化的原因。结果表明,随种植年限的增加,提高了砂田的土砂比,砂田的保水、蓄水、抑蒸发、抑盐作用相对减弱,砂田的水盐变化与种植年限、砾石覆盖度、砂砾粒径、砂砾所处土壤表面的位置及地下水位密切相关,在一定程度上影响着砂田的退化。

关键词: 砂田; 不同种植年限; 水盐变化; 砂田退化
文献标识码: A **文章编号:** 1000-288X(2012)02-0251-04 **中图分类号:** S153

Degredation of Sand Fields and Water – Salt Variations with Different Planting Years

WANG Ping[1], XIE Cheng-jun[1], CHEN Juan[2]
(1. *Lanzhou City of Agricultural Technology Extension Center, Lanzhou, Gansu* 730010, *China*;
2. *Qingyang Academy of Agricultural Science, Qingyang, Gansu* 745000, *China*)

Abstract: Over years of planting, soil-to-sand ratio and the contents of soil salt and water in the sand fields changed substantially, and the degradation of the sand lands accelerated. This study addressed the mechanism of water—salt variation and summarized the causes of degradation, providing the basis for sand field maintenance. The results show that the practice of cultivation increased soil-to-sand ratio, however, reduced soil water holding capacity, soil water storage, and soil anti-evaporation capacity. The water—salt variation of the sand land was closely related to the length of planting years, gravel cover thickness, diameter of the gravels, location of gravel on the surface soil, and water table depth. To some extent, the water—salt variation has led to the degradation of the sand fields.

Keywords: sandy field; different planting years; water – salt variation; degradation of sand field

砂田是铺盖地表的一层厚度为 6 ~ 15 cm 卵石、砾、砂的混合体的田地(砂砾是指粒径≥2 mm 的矿物颗粒),这一土壤构型即“砂盖垆”。在铺砂前,先整平地表,耕翻耙磨,压实土壤,然后施足底肥,肥料撒在土壤表面,待冬季土壤冻结后,方可铺砂。耕种时拔开砂石,种于下层土壤,再取砂石掩盖,作物从石缝中或石层间生长结实。砂田是我国西北部干旱、半干旱地区劳动人民在长期与干旱斗争中创造的一种抗旱栽培方式。由于砂田在该地区农业生产中显示出的独特效果,受到了农民、学者与政府的重视。随着砂田种植面积逐年扩大、种植年限增加,砂田的退化成为阻碍砂田产业可持续发展的关键问题。土壤水分和盐分是表征土壤质量的重要状态变量,其动态变化过程是研究土壤质量演变规律和防治土壤盐渍化的重要方面。土壤表面砂砾覆盖,质地的不均一性,一方面,对土壤的蒸发和土壤含水量都有着影响;另一方面,砂砾覆盖使土壤盐分发生了变化。因此,通过研究不同种植年限下的砂田水盐变化特征,以及砂田厚度、掺砂覆砂、不同砂砾粒径等的变化对砂田水盐变化及与退化相关的问题进行分析,提出砂田的水盐变化与退化之间的关系以及影响作用机理,这对砂田的养护、防治土壤盐渍化、提高土壤生产潜力具有重要的现实意义。

1 不同种植年限砂田的土砂含量变化

新砂田过渡到老砂田使砂田砂土结构发生了变化。随着种植年限的增加,砂田覆砂层土砂比和含土量呈上升趋势。研究发现种植 1 ~ 17 a 的土砂比由 0.1 上升至 0.6,含土量由 9.4% 上升至 36.2%[1]。胡景田[2]通过对连续种植 1,3,5,10,15,25 a 的砂田与土田(CK)相比发现,土壤中砂粒含量年均增加 14.6% ~ 19.0%,随着压砂地利用年限的延长土壤含

收稿日期: 2011-11-14 **修回日期:** 2011-11-30
作者简介: 王平(1979—),男(汉族),甘肃省定西市人,研究生,主要从事作物栽培与农业技术推广。E-mail: 369297789@qq.com。
通信作者: 谢成俊(1969—),男(汉族),甘肃省永登县人,副研究员,主要从事作物栽培与农业技术推广。E-mail: xiechenjun2007@163.com。

沙量呈增加趋势;压砂地土壤中粉粒、黏粒组成所占比例分别下降了14.2%~16.7%和8.2%,随着种植年限的增加压砂土壤中粉粒、黏粒含量呈下降趋势。许强[3]等研究表明连续种植36 a砂田可使覆砂层含土量由9.2%增加到36.2%,土砂比由0.1增加到0.6,含砂量由90.8%降低到63.9%。杜延珍[4]研究认为,当砂石层混入土粒超过2/3时,其砂田功效几乎消失。理论与实践研究均表明,种植年限的增加提高了土砂比,改变了砂田土壤结构。土壤垂向剖面中不同土质的排列组合对土壤的水、肥、气、热和水盐运行有着重要的制约作用[5],同时对土壤的理化性状和生产性能造成明显的影响,在同一区域的土壤,由于质地剖面中砂黏性质及厚度的不同,形成了一部分是肥沃的土壤,而另一部分则是盐碱地。

2 不同种植年限砂田的水分变化情况

农田土壤表层覆砂的改良方法,可以改变农田表层土壤的物理性质。砂田砂砾大小不一、形状各异、结构松、空隙大等特点,影响着土壤含水量、水分的入渗及蒸发。随着种植年限的增加,砂田的土壤含水量也发生着相应的变化。新老砂田通过增加水分入渗量和抑制水分蒸发而蓄水保墒,其水分的入渗和抑制蒸发受土壤产流、掺砂量与砂石粒径和砂石与覆盖层下的土壤结构等因素的影响。

2.1 不同年限砂砾覆盖对砂田土壤含水量的影响

新砂田与老砂田相比较各层次含水量明显不同,且随着种植年限的增加而下降。白晓宁[6]等通过对2,10,17和36 a不同种植年限旱砂田的水分含量测定,发现随着种植年限的增加各层次含水量变化明显,与36 a的0~70 cm各层次土壤含水量相比较均有下降,平均土壤含水量下降了5%,随着种植年限的延长,土壤保水蓄水性能下降。许强[7]通过比对一年内砂田各时期的土壤含水量发现砂田不同层次的土壤含水量均高于裸田,土壤不同层次含水量变化明显,4~5月份0~40 cm砂田土壤平均含水量为14.6%,裸田为11.1%,砂田较裸田高出3.5%,相对提高了31.5%;砂田各不同土层中水分含量呈上高下低。砂田覆盖耕作法有明显的蓄水与保水性能,这对雨养旱作区作物的稳产和增产有着重要作用。这可能是砂田所覆砂层阻碍了土壤表层与大气的直接接触,且土壤表层不致受到风吹日晒的影响,毛管水运动至土壤上层减少了水分蒸发;疏松的砂石层切断了土壤的毛细管作用,减少了土壤水分的上升蒸发;砂石层可以接收降落的雨水渗入土壤中,所以砂田上层土壤含水量较高,这有利于作物萌发、出苗与缓解干旱地区春旱。

2.2 不同年限砂田砂砾覆盖对水分入渗的影响

新砂田过渡到老砂田其砂土比明显提高,影响了水分的运移。砂田与土田相比,其水分入渗能力明显增强,其入渗深度较土田深,而随着砂田种植年限的增加,其水分入渗能力会明显减弱。Mathur等人研究表明通过向土壤表层掺砂和覆砂,可以显著地增加水分入渗。李卓等人[8]通过室内模拟不同含砂量条件下的水分运移,研究发现土壤的饱和含水量、持水能力均随砂粒含量的增加而递减,随着砂粒含量的增加,入渗能力呈递增趋势。李卓认为砂粒是土粒中最粗的部分,比表面积小,土壤水分的保持在中低吸力段主要依赖于毛管作用和土壤孔隙大小分布,在较高吸力范围内。砂粒含量越少的土壤毛管孔隙越多,比表面积越大,吸附力越强。土壤各吸力段的持水能力均随砂粒含量增加而减弱,有利于水分的入渗。此外李小雁[9]的试验结果表明,砂砾覆盖能够改变土壤水文过程,提高土壤导水率,从而减少蒸发和产流,提高入渗。土壤产流是因降水使土壤包气带和饱水带基本饱和而产生径流的方式,减少了水分的入渗量,土壤产流与雨强、掺砂量、坡度及砂石粒径有关。已有的研究表明[10],在0.5~4.5 cm粒径范围内,相同的坡度、降雨条件下,抑制土壤产流的能力随粒径的降低而提高;土壤的饱和导水率随着掺砂量的增加而增加,土壤饱和含水量、毛管持水量、田间持水量均随着掺砂量的增加而减小,从而减少蒸发和产流,提高水分入渗量。

2.3 不同年限砂田砂砾覆盖对水分蒸发的影响

砂砾覆盖大幅减弱了土壤水分的蒸发作用。随着种植年限的增加土壤蒸发量增大。王金牛[11]通过对比种植1,5,10,15,20,25和30 a砂田得出,随着种植年限的增加砂田退化加剧,砂田退化对土壤水分蒸发有极大的促进作用,蒸发强度随着砂田退化程度的加重而逐渐增强,无覆盖处理蒸发量约是纯砂砾覆盖蒸发量的3倍,认为砂砾的热容量小,导热性差,其覆盖能够减少土壤水分蒸发而使土壤潜热交换降低,并且砂砾层的阻隔作用降低了空气气流对土壤空气层的水平切应,使覆盖层下受热空气与大气空气的乱流交换受阻。由于砂砾覆盖而阻断了水分沿着毛细管的上升,土壤蒸发被显著抑制,而随着砂层退化程度的加重,土壤毛细管与上层形成的毛细管连通后增加了土壤蒸发。砂田土壤水分蒸发同时还受多种因素影响。通过对不同粒径覆盖处理下的土壤蒸发量

研究发现[12]，覆砂可以显著减少土壤蒸发，未覆砂的对照土壤蒸发量最高，覆盖对蒸发的抑制能力与砂石粒径呈明显的负相关关系，粒径愈小，土壤蒸发愈少，粒径 2 ~ 5 mm 处理的土壤蒸发仅为粒径 20 ~ 60 mm 处理的 61.4%，砂砾石粒径愈大，土壤蒸发占的比例愈大[13]；Corey 与 Kemper 认为[14]，覆盖层砂石的粒径与覆盖层下的土壤结构存在明显的关系，只有覆盖砂石的粒径大于其下层的土壤粒径时，才能够有效抑制土壤蒸发。同时研究发现砂层厚度越大对土壤水分的蒸发抑制作用越明显，掺砂、覆砂对土壤的水分蒸发能力均有抑制作用，随着掺砂量的增加和覆砂厚度的增加，抑制能力加强，且同一用砂量的覆砂比掺砂抑蒸效率更高[15]。因此砂田的蓄水保墒最大能效的发挥还需处理好各个影响因素之间的关系。

3　砂田的盐分变化情况

“盐随水来，盐随水走，水去盐存”是水盐运移的特点。土壤表层的覆砂不仅可以提高土壤的含水量、减小土壤水分的蒸发，还可以减轻土壤盐分的表聚。在干旱和半干旱地区土壤表层进行覆盖是减小土壤水分蒸发防治盐渍化的有效途径。

3.1　不同年限砂砾覆盖对砂田土壤盐分的影响

随着种植年限的增加砂田的全盐含量明显下降，而砂田和土田的盐分含量存在显著差别，砂田土壤的盐分含量各层均低于土田，表层脱盐率最为显著[16]，通过比较种植 1 与 17 a 的砂田全盐含量从 0.2 g/kg 下降到 0.05 g/kg，相差 3.5 倍。许强等[16]研究认为在连续种植 4 ~ 5 a 后砂田的有机质、全氮、速氮等养分达到最高后不断下降，含盐量降低。史文娟认为无论是否受地下水位的影响，土壤表层掺砂、覆砂对土壤表层的盐分聚积具有较强的抑制作用。随着掺砂量和覆砂厚度的增加抑制作用加强，且覆砂的抑制效果好于掺砂，砂层层位越高，返盐强度愈大、返盐量愈多。砂田具有明显的抑盐作用，其抑盐作用是通过切断或者是减弱水分向土表移动从而达到降低土壤表层盐分含量和减小土面蒸发的效果，这对于盐渍土壤的改良、土壤次生盐渍化的防治及其作物的生长非常有利。

3.2　砂砾对砂田盐分迁移的影响

覆砂减弱或切断了土壤的毛管水上升，水分只能以汽态形式扩散。因此，砂砾覆盖大幅削弱了土壤水分的蒸发作用和水分携带的盐分表聚。且这一抑制作用与覆盖厚度成正相关。盐分在土壤中的运动是一个非常复杂的运动过程，其作用机制很多，主要有盐分随水分的运动而产生的毛管对流迁移[17]。由于盐分浓度梯度的存在，多孔介质的分散作用而产生的水动力弥散；盐分在土壤溶液和土壤颗粒之间的转化和迁移，如盐分的结晶和溶解、离子吸附和交换等。通过不同入渗条件研究发现，在水分入渗过程中土壤中的渗透流速越慢，脱盐效果越好；入渗越好排盐效果越好。宋日权[15]研究得出入渗后的蒸发盐分分布呈“C”字形，而潜水蒸发中均质土和掺砂处理的盐分分布潜水蒸发盐分分布呈“I”字形，砂层的存在使盐分在砂土界面附近有较高的含量。无论有无地下水的影响，土壤表层掺砂、覆砂均能有效抑制盐分的迁移。

4　水盐作用与砂田退化的关系

由于人为或种植年限的增加等自然原因会促使砂田退化，使得砂砾层和土层相混后界面模糊，导致砂田的一系列与水肥气热相关的优良特性逐步丧失。通过水盐变化研究砂田退化可作为砂田养护的突破口，倍受广大学者的关注。通过对砂田退化定量模拟研究证实[11]，随着砂田退化程度的加重，砂层中混入土的重量百分比的提高，保墒效应逐渐减弱，土壤蒸发量随着砂层土砂比增加的增加，致使土壤水分丧失严重，蒸发量的增大，土壤表层返盐量增大，导致土壤则易发生板结和盐碱化。

5　结论与建议

(1) 砂田具有保水、蓄水、抑蒸发、抑盐的作用。随着种植年限的增加及不合理的耕作方式，导致砂田土砂比明显的提高，泥土逐渐混入砂石层中，使砂层堵塞、板结，通气性变差，每年随收获的作物带走的养分得不到补偿，砂田的养分含量逐年下降，砂田的功效逐渐减弱，直接影响着砂田的水盐运移，导致砂田退化。

(2) 砂田的退化是多方面的因素造成的，目前主要栽培技术和方法的研究较多，理论研究较少，缺乏系统研究，仅有大量的定性描述和一些调研性质的结论；且目前一些有关的砂田退化的研究偏重于实验模拟理论说明，对于复杂自然环境条件下不同种植年限及不同耕作方式的砂田深层研究较少。

(3) 为了可持续发展与生态防护砂田产业，本研究提出了一些建议。① 根据不同砂田的类型，铺砂厚度、利用年限，探索出规范配套的区域化砂田栽培技术，减缓砂田老化的进度，以达到科学养护砂田的目的；② 探索出适宜砂田种植的施肥方式，减少对砂田砂层破坏，防止土砂比增大；③ 合理的灌溉方式，防止灌溉水盐分的大量累积；④ 加强砂田性能优化

研究，减缓砂田退化的进度。

[参 考 文 献]

[1] 强力. 砂田生态效益及主栽作物西瓜的水肥耦合效应研究[D]. 宁夏 银川: 宁夏大学，2008.

[2] 胡景田. 宁夏中部干旱区压砂利用对土壤质量的影响研究[D]. 宁夏 银川: 宁夏大学，2010.

[3] 许强，吴宏亮，康建宏，等. 旱区砂田肥力演变特征研究[J]. 干旱地区农业研究，2009，27(1)：37-41.

[4] 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(4)：35-39.

[5] 王雄师. 疏勒河项目区土壤结构分类及对盐碱地改良的影响[J]. 甘肃水利水电技术，1998(3)：66-69.

[6] 白晓宁. 香山压砂瓜节水补灌技术应用研究[D]. 宁夏 银川: 宁夏大学，2010.

[7] 许强，强力，吴宏亮，等. 砂田水热及减尘效应研究[J]. 宁夏大学学报，2009，30(2)：179-182.

[8] 李卓，冯浩，吴普特. 砂粒含量对土壤水分蓄持能力影响模拟试验研究[J]. 水土保持学报，2009，23(3)：204-207.

[9] Li Xiangan. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of Northwest China[J]. Catena，2003，52(2)：105-127.

[10] 原翠萍. 砂石覆盖对蒸发和入渗产流过程影响的试验研究[D]. 北京: 中国农业大学，2007.

[11] 王金牛，谢忠奎，郭志鸿，等. 砂田退化对土壤温度和蒸发影响的模拟研究[J]. 中国沙漠，2010，30(2)：388-393.

[12] 陈士辉，谢忠奎，王亚军，等. 砂田西瓜不同粒径砂砾石覆盖的水分效应研究[J]. 中国砂漠，2005，25(3)：432-436.

[13] 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，2008，24(7)：25-28.

[14] Corey A T，Kemper W D. Conservation of soil water by gravel mulches[D]. Fort Collins: Colorado State University，1968.

[15] 宋日权. 绿洲农田表层掺砂、覆砂对土壤水盐运移的影响[D]. 新疆 石河子: 石河子大学，2010.

[16] 许强，吴宏亮，康建宏，等. 旱区砂田肥力演变特征研究[J]. 干旱地区农业研究，2009，27(1)：37-41.

[17] 梁建林，张梦宇. 不同入渗条件下土壤脱盐效果的试验研究[J]. 灌溉排水学报，2008，27(3)：116-117.

(上接第250页)

[参 考 文 献]

[1] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社，2003: 17-21.

[2] 岳天祥. 生物多样性模型研究[J]. 自然资源学报，1999，14(4)：377-380.

[3] 董鸣，王义凤，孔繁志，等. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社，1996: 13-16.

[4] 蒋政权，洪剑明，胡东. 北京市杨镇湿地植物群落多样性及优势种重要值的研究[J]. 湿地科学，2004，2(3)：214.

[5] 娄彦景，赵魁义，胡金明. 三江平原湿地典型植物群落物种多样性研究[J]. 生态学杂志，2006，25(4)：364-368.

[6] 马克平. 生物群落多样性的测度方法，生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社，1994: 141-165.

[7] 张峰. 山西南方红豆杉森林群落的生态优势度分析[J]. 山西大学学报: 自然科学版，1988(3)：82-87.

[8] 张峰，上官铁梁. 山西绵山森林植被的多样性分析[J]. 植物生态学报，1998，22(5)：461-465.

[9] 阎桂琴，赵桂仿，胡正海. 秦岭太白红山群落特征及其物种多样性的研究[J]. 西北植物学报，2001，21(3)：497-506.

[10] 张峰，张金屯，上官铁梁. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植物多样性研究[J]. 植物生态学报，2002，26(S)：46-51.

[11] 彭少麟，周厚诚，陈天杏，等. 广东森林群落的组成数量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报，1989，13(1)：10-17.