西北农业学报 2010,19(2):198-202
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

弃耕砂田造林地土壤水分生态研究*

雷文文,王 辉,王婷婷,冯宜明
(甘肃农业大学 林学院,兰州 730070)

摘 要:通过弃耕砂田人工造林试验,并且以相邻的农作物砂田和原生地裸地为对照,对弃耕砂田造林地土壤水分生态进行观测研究,结果表明:在整个观测期内,弃耕砂田灌木造林地 0~40 cm 层土壤含水量平均为 12.6%,与农作物砂田、原生地裸地含水量相比,分别高出 9.5%和 40.7%,这说明弃耕砂田的保水效果虽较新砂田有所下降,但较原生地裸地仍具有较好的水分保持能力;在整个生长期内,弃耕砂田灌木造林地土壤水分变化虽有上下波动,但总体呈下降趋势,7 月份达到最低。而经过 8~9 月雨季后,土壤含水量得到补充而快速增加;与对照相比,弃耕砂田灌木造林地土壤含水量在(0~10 cm)与农作物砂田和原生地裸地差异不大,但在 10~40 cm 层的土壤含水量均高于农作物砂田和原生地裸地。观测研究初步表明,弃耕砂田具有植被恢复与利用必要的水分基础条件。

关键词:弃耕砂田;造林;土壤水分
中图分类号:S152.7 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-1389(2010)02-0198-05

Study on Soil Water Ecological Process of Abandoned Sandy Afforestation Field

LEI Wenwen, WANG Hui, WANG Tingting and FENG Yiming
(College of Forestry, Gansu Agriculture University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Through artificial afforestation experiment, and setting crop sandy field and bare land as comparison, study on the soil water ecological process under abandoned sandy afforestation field. The results showed as follow, the average soil water content of abandoned sandy afforestation field was 12.6% within 40 cm in observation period, compared with bare land and sandy field, the soil water content of abandoned sandy afforestation field was higher respectively 9.5% and 40.7%. It showed that the water conservation effects of was worse than the new sandy field , but its water conservation benefit was much better than bare land. Although the change of the soil water content of abandoned sandy field was fluctuation, but the overall tendency was drops, and reached the minimum in July. After the rainy season from August to September, the soil water content increased rapidly with water supplement. Compared with the CK, there were no difference about soil water content in farming sandy field and bare land and abandoned sandy field within 10 cm, but that of it was higher than other two field. The observational and primary study showed that the abandoned sandy field has the necessary water condition for revegetation and using.

Key words: Abandoned sandy field; Afforestation; Soil moisture

在中国西北干旱、半干旱地区,由于降水稀少 且分布不均,使得水分条件成为影响当地农业发

* **收稿日期**:2009-07-24 **修回日期**:2009-09-10
基金项目:中国/全球环境基金 GEF/OP12 甘肃项目干旱生态系统土地退化防治"干旱区绿洲综合生态系统管理耦合技术研究"。
作者简介:雷文文(1984-),男,甘肃宁县人,在读硕士,研究方向为荒漠环境生态研究与荒漠化综合防治技术。E-mail:leiwenlover@163.com

展的最主要的限制性因子。砂田是中国西北干旱、半干旱地区一种独特的、传统的抗旱耕作形式,是劳动人民长期与干旱、风蚀斗争,为适应干旱少雨及盐碱不毛之地而创造的一种地表覆盖栽培法。国内外学者通过对砂砾石的覆盖耕作方式[1-2,12]、增温效应[5-6,9]、水分入渗与蒸散[3-8]、补灌增产效果[10-12]等的大量研究表明,砾石和砂覆盖能有效地减少土壤蒸发,提高土壤水分含量,有效缓解干旱区旱作农田土壤水分严重短缺和土地生产力水平低下问题,在防止土壤风蚀、保墒、增温、增产等方面均具有独特的作用。但随着种植年代的加长,旱作砂田的砂层和土层逐渐混合,其保水增温等诸多效应随之退化,农作物种植效益不断下降,许多砂田因此被弃耕或间断性弃耕而变为沙荒地和"人造戈壁"。而利用弃耕砂田营造生态林,既是对弃耕地的再利用,也有利于开拓林业生产用地,增加有林地面积,提高区域的森林覆被率,改善生态环境。水分是决定干旱、半干旱地区人工造林成败的关键因子[10,13-14]。本文通过弃耕砂田的人工造林试验,对弃耕砂田造林地土壤水分生态进行观测研究,以期掌握和揭示弃耕砂田人工造林地的土壤水分动态,为弃耕砂田的再利用和植被恢复提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

试验选在甘肃省景电灌区的寺滩乡进行。景泰县地处黄土高原与腾格里沙漠过渡地带为河西走廊东端门户。海拔 1 650～1 710 m,属温带大陆性季风气候。当地光热资源丰富,日照充足,降水稀少,蒸发强烈,风沙活动频繁;年平均气温 812℃,极端最高气温 36.16℃,极端最低气温 -27.13℃,日照时数 2 725.7 h,无霜期 192 d,年均降水量 184.8 mm,且主要集中在 7－9 月,年蒸发量 3 038.5 mm,是年降雨量的 16 倍。年均风速 3.5 m/s,最大风速 21.7 m/s,年 8 级以上大风 27.9 d,年沙尘暴 21.9 d,地下水位 80 m。砂田土壤属于淡栗钙土亚类的淡栗黄土。寺滩乡位于景电灌区西部,紧邻山区,地势高,所以虽处灌区,但并无灌溉条件,旱作砂田是当地的传统耕作方式,曾占到区域农田面积的 90%左右。但自 2002 年来,已逾 300 hm^2 老砂田及漫水地逐步退耕还林,成为生态林用地。

1.2　试验方法

本研究于 2008 年 3 月中旬,在景泰县寺滩乡选择海拔相近,受水条件均为降水补给,覆砂层厚 10～15 cm,连续种植 30 a 以上且已弃耕 2 a 的弃耕砂田,定植一年生沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)、柽柳(*Tamarix chinensis* Lour.)、柠条(*Caragana korshinskii* Kom.)、花棒(*Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey.)、沙拐枣(*Calligonum mongolicum* Turcz.)等 5 种灌木,观测其成活率和当年保存率。在整个生长季(3－9 月)定点定期观测灌木造林地(由于定植均为 1 a 生灌木苗,种间耗水量差异极小,后文所指灌木造林地土壤含水量是 5 种灌木造林地的平均土壤含水量)土壤水分动态变化,并与种植胡麻、小麦、扁豆的农作物砂田(30 a 以上砂田)和原生地裸地作比较。

土壤取样及测定方法　在各类样地田块中随机选取 6 个样点,取样深度分别为 0～10、10～20、20～30、30～40 cm,每点重复 3 次。取样前先用铲子扒开砂石,扫净,用土钻取样,每份土样重量 30～50 g。土壤水分测定采用烘干称重法:在 105℃的恒温下,将土样烘干 8 h,冷却至室温后称重,计算出质量百分数含水量。

2　结果与分析

2.1　弃耕砂田人工造林的成活率及保存率

由表 1 可以看出,在相同的立地条件下,弃耕砂田人工造林的平均成活率从大到小依次为沙枣、柽柳、柠条、花棒、沙拐枣,分别为 93%、88%、72%、64%、48%(表 1),当年平均保存率以柽柳最高(94.59%),沙枣次之(92.68%),沙拐枣最低(58.33%)。定植试验初步表明,沙枣、柽柳对干旱环境的适应性较强,可作为干旱区弃耕砂田造林的首选树种。柠条、花棒的成活率和保存率虽低于沙枣、柽柳,但仍可作为弃耕砂田造林的相对适宜树种。

2.2　弃耕砂田造林地土壤水分的差异性检验

在整个观测期内,弃耕砂田灌木造林地与农作物砂田、原生地裸地的土壤水分存在显著差异。造林地砂田和农作物砂田 0～40 cm 的土壤含水量平均值分别为 12.6%和 11.4%,而原生地裸地 0～40 cm 的土壤含水量平均仅为 7.5%,弃耕砂田灌木造林地土壤含水量分别比农作物砂田和原生地裸地高 9.5%和 40.7%。说明虽然弃耕砂田

的保水效果较新砂田有所下降，但较原生地裸地仍能保持相对较高的水分状态。这就为弃耕砂田的造林利用和植被恢复提供了必要的水分保障。

表 1 弃耕砂田造林成活率和当年保存率

Table 1 The survival rate and preservation rate of forestation in abandoned sandy field

树种 Species	调查株数 Survey number	成活株数 Survival number	成活率/% Survival rate	当年保存率/% Conservation rate
沙枣	44	41	93.18	92.68
柽柳	42	37	88.10	94.59
花棒	45	29	64.44	86.21
柠条	36	26	72.22	69.23
沙拐枣	25	12	48.00	58.33

由方差分析可知（表 2），观测期内土地利用类型（造林地砂田、农作物砂田、原生地裸地）、季节变化和土壤深度变化对土壤水分动态变化的影响均达到极显著水平（$P<0.01$）。由 F 值可知，土地利用类型对土壤水分变化的影响超过了季节变化对土壤水分变化的影响，而土层深度变化对土壤水分变化的影响最为显著。通过多重比较可看到，造林地砂田与农作物砂田和原生地裸地土壤水分差异极显著，而造林地砂田和农作物砂田土壤水分存在差异，但差异不显著。这可能是因为造林地植被覆盖度较小，地面裸露大，因而与农作物砂田相比，土壤蒸发较大。

表 2 弃耕砂田造林地土壤水分变化方差分析

Table 2 The variance analysis of soil moisture in abandoned sandy forestation field

差异来源 Sources	III 类平方和 Sum of squares	自由度 DF	均方 Mean square	F 值	Sig.
组间 Between groups	7965.323	1	7965.323	685.164**	.000
利用类型 Land type	337.297	2	168..648	14.507**	.000
季节 Seasonal changes	636.731	5	127.346	10.954**	.000
土壤深度 Soil depth	1254.148	3	418.049	35.960**	.000
误差 Errors	709.151	61	11.625		
总变异 Total differences	10902.650	72			

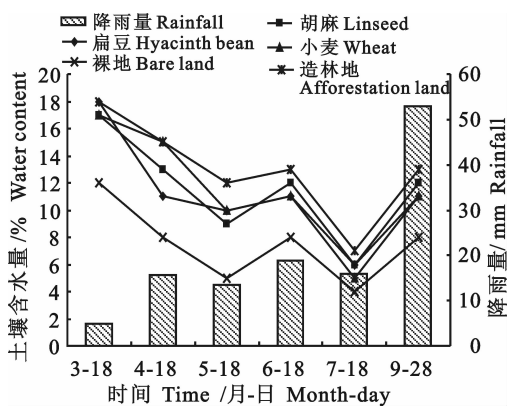
注：** 代表均值在 $P<0.01$ 上差异显著（以下同）。

Note: ** indicated mean square is significant at $P<0.01$ (As follows same).

2.3 弃耕砂田造林地土壤水分动态变化

2.3.1 弃耕砂田造林地土壤水分的季节变化

在整个生长季（3－9 月），对弃耕砂田人工造林地土壤水分的定点定期观测表明（图 1），造林地和对照样地土壤含水量的季节变化趋势基本一致，在 3－5 月中旬，随着春季气温的回升，土壤解冻，土壤表面蒸发逐渐加强，加之处在萌发和生长初期的农作物和树木的蒸腾耗水作用，使土壤含水量呈不断下降趋势；之后，随气温的不断升高和植物的旺盛生长，植物蒸腾和土壤蒸发加大，从而使各类土壤的含水量进一步下降，到 7 月中旬，造林地砂田、农作物砂田、原生地裸地的土壤含水量均下降到最低值。期间虽有几次降雨补充，如 6 月中旬的降雨使各类土壤含水量均有所回升，但土壤含水量的总体下降趋势并没有得到扭转；8－9 月份，随着降雨量的增加，土壤水分开始快速回升；在农作物收获、气温下降、树木落叶等影响下，土壤失水量显著减小，而储存量不断增加。试验区各类用地土壤水分的这种季节变化规律，主要受制于当地降水、气温等因子的季节变化影响。



图中胡麻、扁豆、小麦均指种植这种作物的农作物砂田；造林地土壤含水量为 5 种灌木造林地的平均含水量，下文同此。

The linseed, hyacinth bean and wheat of the figure indicated crop sandy field ; The water content of afforestation is the average level of 5 shrub types afforestation. The same is follow.

图 1 弃耕砂田造林地土壤水分季节变化

Fig. 1 The seasonal variation curve of soil moisture in abandoned sandy forestation field

据此，可将弃耕砂田人工造林地土壤水分变

化按季节划分为 3 个阶段:土壤水分蒸散下降期(3－7 月)、土壤水分补充恢复期(8－9 月)和土壤水分稳定保持期(10 月一次年开春)。

2.3.2　弃耕砂田造林地土壤水分的垂直变化

据 3 月 18 日、4 月 18 日和 5 月 18 日取样分析,造林地砂田、农作物砂田和原生地裸地各深度层次的土壤水分均表现为表层(0～10 cm)的土壤含水量较低,而 30～40 cm 层的土壤含水量较高。这是由于春季气温回升,又为多风季节,使土壤表层的水分蒸发很快。而处在生长初期的植物根系分布较浅,植株对下层水分的消耗较少,各类用地的土壤水分均表现为随深度的增加而增加;但在 6 月 18 日和 9 月 28 日的观测中,土壤含水量随深度的垂直变化表现为中层(10～20 cm)较高而表层和下层较低。分析认为,这不仅与期间的降水补充作用有关,同时也与植物根系向下生长,更多地吸收和消耗下层水分有着直接的作用关系。而 7 月 18 日,经过连续数月的土壤蒸发和植物消耗,土壤含水量降到最低值,各层次间的差异也减弱到最小(图 2)。

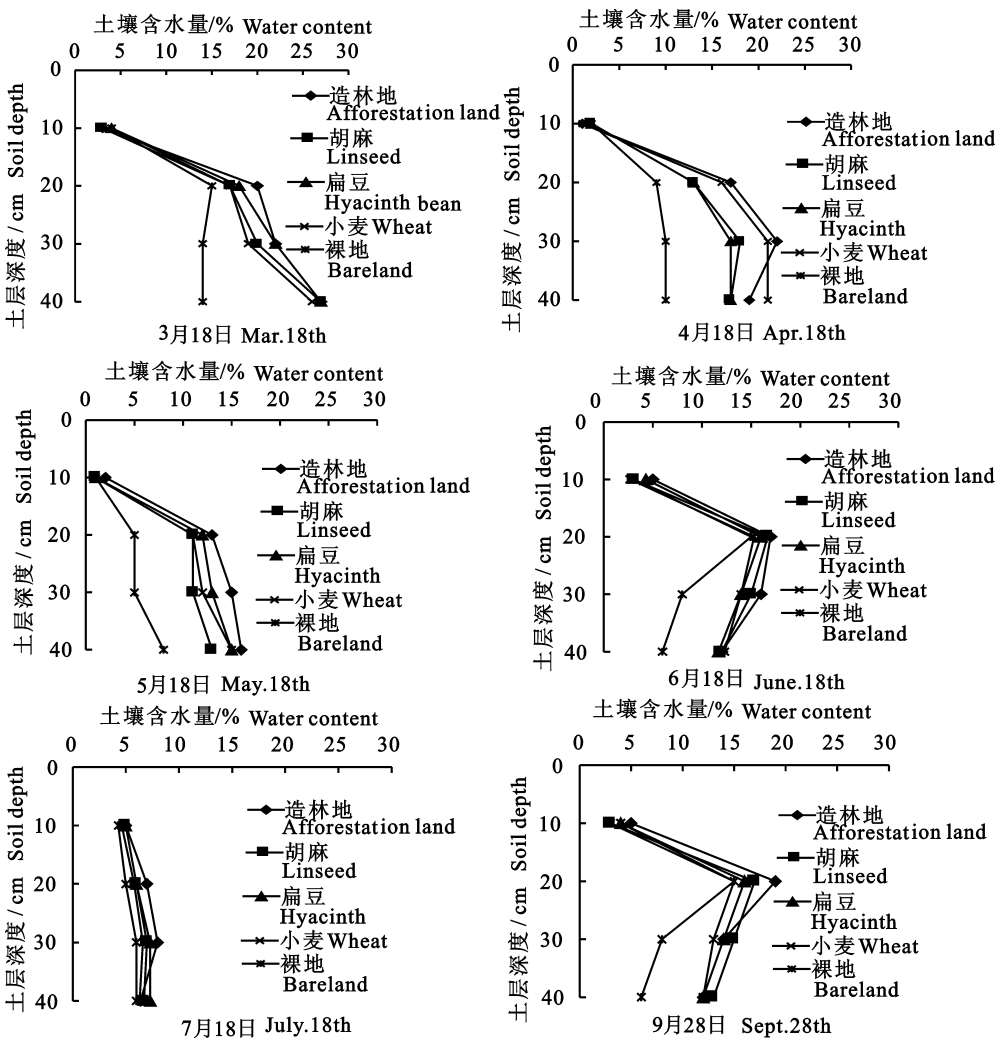


图 2　弃耕砂田造林地土壤水分垂直变化

Fig. 2　Vertical variation of soil moisture in abandoned sandy forestation field

由图 2 还可看出,整个观测期内弃耕砂田造林地表层(0～10 cm)土壤水分与对照农作物砂田和原生地裸地差异不大,均在 2%～4%左右;在 10～20 cm 层,农作物砂田和原生地裸地平均土壤含水量分别为 13.4%和 10.6%,而造林地砂田土壤水分平均为 15.5%,比对照分别高 13.5%和 31.6%;在 20～40 cm 层,农作物砂田和原生地裸地土壤含水量分别为 14.6%和 8.4%,而造林地砂田土壤水分为 15.8%,比对照分别高出 7.5%和 46.7%。可以看出,与对照相比,弃耕砂田造林地土壤含水量在(0～10 cm)与农作物砂田和原生地裸地差异不大,但在 10～40 cm 层的土壤含

水量均高于农作物砂田和原生地裸地。一般情况下,弃耕砂田林地的土壤水分消耗应大于农作物砂田,而这里的试验结果却相反,这是由于造林初期,林地苗木小,土壤水分消耗少,因而,相比之下造林地土壤含水量高于对照。

3 结 论

3.1 弃耕砂田造林地的土壤水分含量与农作物砂田和原生地裸地具有基本相同的变化规律。方差分析表明,季节变化对弃耕砂田造林地土壤水分变化的影响最为显著,土地类型对土壤水分变化的影响次之。

3.2 在整个观测期内,弃耕砂田造林地 0～40 cm 层的土壤水分平均为 12.6%,比原生地裸地含水量高 40.7%,说明虽然弃耕砂田的保水效果较新砂田有所下降,但较原生地裸地仍具有较好的水分保持能力。因此认为,弃耕砂田具有植被恢复与利用必要的水分基础条件。

3.3 在整个生长期内,弃耕砂田造林地土壤水分变化虽有波动,但总体呈下降趋势,7 月份达到最低。而经过 8－9 月雨季后,土壤含水量得到补充而快速增加。这些土壤水分的良好保持就为来年弃耕砂田造林地的树木生长创造了基本条件。

3.4 随林木的生长,林地土壤水分条件将不断发生变化。因此,对弃耕砂田造林地土壤水分生态变化还需进一步跟踪研究。

参考文献:

[1] Paul W. Unger Soil profile gravel layer Π. Effect on growth and water use by a hybrid forage sorghum[J]. Soil Science Society of America Proceeding , 1971, 35: 631-634.

[2] A bdullah Saad Modaih, Robert Ho rton, Don Kirkham. Soil water evaporation suppression by sand mulches[J]. Soil Science, 1985, 139: 357-361.

[3] Hu H J , Gu X Y, Li X P. The method of non2tillage sandy field in China[G]// The Symposium on Farming System. Bei jing: Agriculture Press, 1981:206-217.

[4] Nachtergaele J, PoesenJ W, Van Wesemael B. Gravel-mulching in vineyards of southern Switzerland[J]. Soil and Tillage Research , 1998 , 46 : 51-59.

[5] 胡恒觉. 我国砂田免耕法[G]//耕作制度论文集. 北京: 农业出版社, 1981:206-217.

[6] 成年来,刘东顺,王晓魏. 甘肃砂田的研究与发展[J]. 中国瓜菜,2008(2):29-31.

[7] 赵 燕,李成军,康建宏,等. 砂田的发展及其在宁夏的应用研究[J]. 农业科学研究,2009,30 (2): 35-38.

[8] 王天送, 苏贺昌, 杨世维. 兰州地区砂田土壤的水分特征[J]. 干旱地区农业研究,1991(1):66-69.

[9] 杨来胜. 砂田及其不同覆盖方式下水热效应对白兰瓜生长发育影响的研究[D]. 2004:1-5.

[10] 谢忠奎,王亚军,陈士辉,等. 黄土高原西北部砂田西瓜集雨补灌效应研究[J]. 生态学报,2003 ,23(10):2 033-2 039.

[11] 王亚军,张志山. 甘肃砂田西瓜覆膜补灌效应研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23 (3):300-305.

[12] 陈士辉,王亚军. 砂田西瓜不同粒径砂砾石覆盖的水分效应研究[J]. 中国沙漠, 2005,25(3):433-435.

[13] 冉 伟,谢永生. 黄土高原沟壑区不同种植年限果园土壤水分变化[J]. 西北农业学报, 2008,17(4):229-233.

[14] 李慧成,郝明德,杨 晓,等. 黄土高原苜蓿草地在不同种植方式下的土壤水分变化[J]. 西北农业学报,2009,18(3):141-146.