

陇东黄土高原中沟小流域土壤水分实测数据集(2018)

张 军¹, 邸 利^{1*}, 李小英², 陈徵尼³, 黄海霞⁴, 王安民⁵, 任艺彬⁶,
方书敏¹, 汝海丽⁵, 景贵阳¹, 张晓梅¹, 费俊娥¹

1. 甘肃农业大学资源与环境学院, 兰州 730070; 2. 兰州大学资源与环境学院, 兰州 730000;
3. 甘肃林业科学研究所, 兰州 730000; 4. 甘肃农业大学林学院, 兰州 730070;
5. 平凉市水土保持科学研究所, 平凉 744000; 6. 陇东学院农林科技学院, 庆阳 745000

摘 要: 作者在陇东黄土高原中沟小流域内选取 70 年代中后期大面积种植的人工刺槐林与退耕后自然恢复的草坡植被, 综合考虑不同坡度坡向刺槐林地及不同林龄与不同种植密度的刺槐林等因素, 按照植被类型、林龄、立地特征等变化, 设立了十个林地样地和三个草地样地, 采用烘干法与时域反射仪法(TDR)对所有样地的土壤水分进行了测定。土壤水分测定管的最大埋深可达 3 m, 土钻的最大测定深度达 2 m。2018 年实现了对所有样地的完整观测, 获取了生长季内土壤重量含水量和体积含水量的实测数据。该数据集包括: (1) 样地基本信息表, 包括观测样地的地理位置、地形、林龄、密度、胸径等主要林分结构数据; (2) 2018 年 4–10 月用土钻测得的 13 个样地 0–120 cm 土壤重量含水量数据; (3) 2018 年 4–10 月 TDR 测量的 13 个样地 0–300 cm 土壤体积含水量数据。数据集存储为.xlsx、.shp 和.kmz 格式, 由 9 个数据文件组成, 数据量为 252 KB (压缩为 2 个文件, 238 KB)。该数据集的部分分析研究成果已发表在《干旱区研究》2019 年第 36 卷第 5 期。

关键词: 土壤重量含水量; 土壤体积含水量; 人工刺槐林; 陇东黄土高原; 干旱区研究

DOI: 10.3974/geodp.2019.04.06

1 前言

甘肃东部的陇东黄土丘陵区气候干旱, 降水量少且分配不均, 森林植被覆盖率低, 生态环境恶化, 水土流失严重, 植被与水的关系问题是陇东黄土高原生态恢复与植被建设的核心问题^[1–3]。国家先后在这一区域投入一系列林业重点生态工程, 营造了大面积的刺槐、油松、侧柏、沙棘、柠条等生态林木, 但在早期大面积营造人工林实施植被生态恢复的过程中, 忽视了区域本底自然环境条件及土壤水分时空分布特征, 大片栽种的人工林为了满足植物强烈蒸散发需要, 根系迅速扩展, 无限制地利用深层土壤储水, 而天然降水总量、土壤水分补给深度和总量有限, 导致多年生人工林草地出现了以土壤旱化为主要特征的土壤退化现象^[4]。与此同时, 当初的造林对树种选择不科学, 营造方式也不尽合理, 从而

收稿日期: 2019-09-24; 修订日期: 2019-10-21; 出版日期: 2019-12-24

基金项目: 国家自然科学基金(31660235, 41461112)

*通讯作者: 邸利, 甘肃农业大学, dili@gsau.edu.cn

数据引用方式: [1] 张军, 邸利, 李小英等. 陇东黄土高原中沟小流域土壤水分实测数据集(2018) [J]. 全球变化数据学报, 2019, 3(4): 349–355. DOI: 10.3974/geodp.2019.04.06.

[2] 邸利, 李小英, 陈徵尼等. 陇东黄土高原中沟小流域土壤水分数据集(2018) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2019. DOI: 10.3974/geodb.2019.05.03.V1.

造成树种结构单一，种植密度过大，造林成活率与保存率低，即使得以成活其生长速度也十分缓慢，且提早进入退化期，致使林业生态系统稳定性差，林木生长及更新停滞，生态效应低，土地生产力衰退，土壤干化，地下水位下降等一系列问题相继显现^[5-7]；由于黄土高原区土壤水分的唯一来源是大气降雨，土壤水分消耗量（植被蒸腾和土壤表面蒸发量之和）远大于降水量，导致了土壤水分处于长期亏缺状态^[8]；从而没能达到预期的生态工程建设效果。为此深入研究该区域典型人工林的生态水文过程，确切掌握该区域土壤水分分布状况，对指导该地区人工林植被的恢复和可持续发展具有重要理论意义。

2 数据集元数据简介

《陇东黄土高原中沟小流域土壤水分数据集（2018）》^[9]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表1。

表1 《陇东黄土高原中沟小流域土壤水分数据集（2018）》元数据简表

条目	描述
数据集名称	陇东黄土高原中沟小流域土壤水分数据集（2018）
数据集短名	SoilMoistureLoessPlateau
作者信息	邸利, 甘肃农业大学, dili@gsau.edu.cn 李小英, 兰州大学, lixiaoying@Lzu.edu.cn 陈徵尼, 甘肃林业科学研究所, chen.zhengni@gmail.com 张军 AAA-5731-2019, 甘肃农业大学, 51199973@qq.com 黄海霞, 甘肃农业大学, haixiahuang@gsau.edu.cn 王安民, 平凉水土保持研究所, 593928177@qq.com 方书敏, 甘肃农业大学, fangsm@gsau.edu.cn 汝海丽, 平凉水土保持研究所, 1175332809@qq.com 景贵阳, 甘肃农业大学, 960249539@qq.com 张晓梅, 甘肃农业大学, 2248530337@qq.com 费俊娥, 甘肃农业大学, 943416926@qq.com
地理区域	陇东黄土高原中沟小流域（35°20'N，107°31'E）
数据年代	2018.4-2018.10
数据格式	.xlsx、.shp 和.kmz
数据量	252 KB
数据集组成	（1）样地基本信息；（2）2018年4-10月13个样地0-120 cm的土壤重量含水量； （3）2018年4-10月13个样地0-300 cm体积含水量数据
基金项目	国家自然科学基金（31660235, 41461112）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲11号100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[10]
数据和论文检索系统	DOI, DCI, CSCD, WDS/ISC, GEOSS, China GEOSS

3 研究区概况与数据研发方法

3.1 研究区概况

研究区地处甘肃省平凉市泾川县（图1），属典型的黄土丘陵沟壑区，局部地区有一些破碎塬，坡度范围大致为 10° – 35° ，分为塬面、梁坡、沟台和沟底四种基本地貌地形，黄土塬面为 10° 以下的缓坡，绝大部分被修整为平坦的梯田；黄土梁坡坡度较陡，且陡崖较多， 35° 以下的陡坡多被整治为便于种植的梯田，黄土沟台为原古河床，地势较为平坦；坡向有阳坡、半阳坡、阴坡与半阴坡，其中以半阳坡为主^[11]；该区域气候为典型的大陆性气候，日照时数 2,274 h，年平均气温 10.7°C ，无霜期 174 d，年平均降雨 555 mm，年蒸发量 1,181.6 mm，湿润度 0.81–1.04，干燥度 0.95–1.28^[12]。土壤为黑垆土、黄绵土、褐土，植被类型属于森林草原过渡带，全县现有林地面积 5,420 km^2 ，森林覆盖率达 47.33%，官山林场栽植以刺槐为主的人工林达 132.7 km^2 ^[7]。项目研究试验区就设在官山林场中沟小流域（ $35^{\circ}20'\text{N}$ ， $107^{\circ}31'\text{E}$ ）内，该小流域面积 2.09 km^2 ，海拔 1,072–1,351 m，植被类型属于森林草原过渡带，刺槐林（*Robinia pseudoacacia*）面积占整个林分面积的 92%，大致可分为 20、25、30、35 年四个不同林龄；林分立体结构简单，除主要树种刺槐之外还有杨树（*Populus*spp）、侧柏（*Platycladus orientalis*）、油松（*Pinus tabulaeformis*）、泡桐（*Paulowniaspp*）和旱柳（*Salix matsudana*）等乔木；灌木有紫穗槐（*Amorpha fruticosa*）、山桃（*Prunus davidiana*）、沙棘（*Hippophae rhamnoides*）、柠条锦鸡儿（*Caragana korshinskii*）、铁杆蒿（*Artemisia gmelinii*）、短花针茅（*Stipa breviflora*）、多花胡枝子（*Lespedeza floribunda*）、花叶丁香（*Syringa persica*）、酸刺（*Hippophae rhamnoides* Linn）和文冠果（*Xanthocera sorbifolia*）等；林下草本植物主要有：短花针茅（*Stipa breviflora*）、沙打旺（*Astragalus adsurgens*）、白草（*Pennisetum centrasaticum*）、白羊草（*Bothriochloaischaemum*）、狗尾草（*Setaria faberii*）和藜（*Chenopodium album* L）等^[13–15]。



图1 研究区位置示意图

3.2 原始数据采集

3.2.1 样地基本信息

在综合考虑林分结构立地分异的基础上，我们选择不同坡向、坡度、林龄、密度的刺槐人工林样地 10 个，对照草坡样地 3 个（基本信息见表 2，图 2 为刺槐林常规样地，图 3 为草坡样地）。

3.2.2 土壤水分观测

土壤含水量是土壤中所含水分的数量^[15]，采用时域反射仪法（TDR）及烘干法分别测定土壤体积含水量和土壤重量含水量。

（1）土壤体积含水量测定^[15–16]

利用时域反射仪和 TDR 测管（图 4），根据探测器发出的电磁波在土壤中的传输时

表 2 陇东黄土高原中沟小流域样地基本信息表

样地	林龄 (a)	经纬度	地貌	坡向 (°)	海拔 (m)	坡度 (°)	密度(株 /hm ²)	平均胸 径 (cm)	平均树 高 (m)	平均枝 下高(m)	平均冠幅	郁闭度
1 号 样地	35	35°20'25"N 107°31'2"E	梁坡	233° 半阳坡	1,235	35°	4,563	7.83	5.63	3.38	1.85×1.55	0.87
2 号 样地	30	35°20'32"N 107°31'9"E	塬面	339° 半阴坡	1,251	15°	2,196	13.22	11.9	7.1	7.8×4.3	0.82
3 号 样地	25	35°20'41"N 107°31'11"E	塬面	332° 半阴坡	1,239	13°	750	16.24	13.88	7.9	4.91×5.1	0.80
4 号 样地	25	35°20'47"N 107°31'11"E	塬面	9° 阴坡	1,325	2°	1,600	15.66	12.83	6.95	4.7×4.5	0.83
5 号 样地	20	35°20'44"N 107°31'55"E	沟台	218° 半阳坡	1,127	17°	5,400	9.16	11.07	5.25	3.6×3.0	0.86
6 号 样地	35	35°20'22"N 107°31'6"E	梁坡	227° 半阳坡	1,252	16°	3,780	11.54	8.36	4.1	2.7×3.4	0.82
7 号 样地	25	35°21'1"N 107°31'36"E	塬面	341° 阴坡	1,251	8°	1,227	15.5	14.46	8.54	4.9×4.2	0.80
8 号 样地	25	35°20'56"N 107°31'34"E	塬面	216° 阳坡	1,255	2°	1,625	16.94	13.24	7.14	4.7×4.6	0.79
9 号 样地	25	35°20'51"N 107°31'33"E	塬面	247° 半阳坡	1,243	18°	1,000	14.2	11.96	5.56	4.9×4.8	0.82
10 号 样地	35	35°20'10"N 107°31'7.5"E	梁坡	255° 半阳坡	1,283	29°	3,550	6.15	7.6	4.3	3.2×2.5	0.88
11 号 样地	草地	35°20'42"N 107°31'8.5"E	塬面	239° 半阳坡	1,228	22°	—	—	—	—	—	—
12 号 样地	草地	35°20'44"N 107°31'2"E	梁坡	225° 半阳坡	1,201	35°	—	—	—	—	—	—
13 号 样地	草地	35°20'43"N 107°31'53"E	沟台	257° 半阳坡	1,137	10°	—	—	—	—	—	—

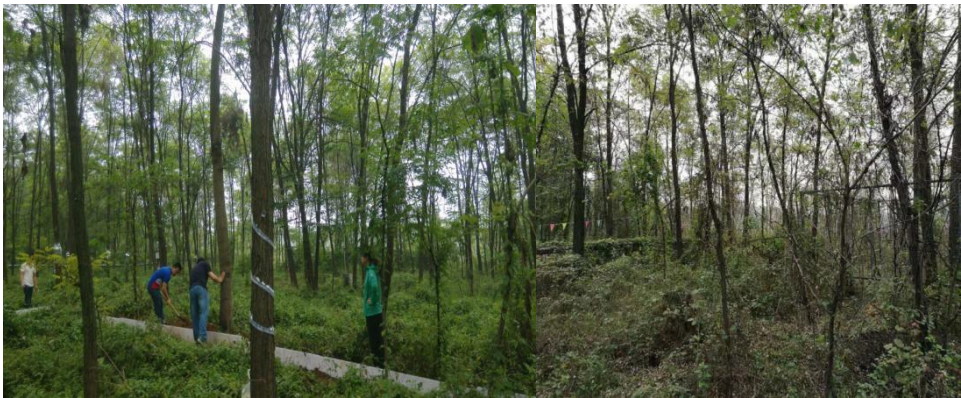


图 2 3 号试验样地

间，测定土壤的体积含水量。采用时域反射仪法测量土壤含水量的优点是操作简便，测量速度快，可连续测量。TDR 既可测量土壤表层水分，也可用于测量剖面水分，测量数据无单位，且易于处理，但 TDR 测管埋设的头三个月会对土体产生扰动而不宜测量，并有时会发生 TDR 测管内进水而影响测定的现象。

方法：前一年将 TDR 测管埋设到所选的 13 个样地中，率定后土壤含水量的测定于次

年4月中下旬树木萌发开始到10月底叶落这个完整的生长季,理论上每隔15天测定一次,雨后加测(实际操作则根据天气条件及与前一次采样的时间间隔状况而定,个别样地会因测管内进水从而无法测定,从而会发生数据缺失状况)。

各个样地的测定深度依据坡度、坡向、林龄与种植密度等因素有所不同,具体设置情况如下:1号、3号、4号、5号样地的每个样地分别埋设了3根3m的TDR测管,2号样地埋设了2根3m的TDR测管,6号、11号样地的每个径流场分别埋设了2根2m的TDR测管,7号、8号、9号样地内每个样地分别埋设了3根2m的TDR测管,10号、12号样地的每个样地分别埋设了1根3m和2根2m的TDR测管,13号样地埋设了2根1.5m的TDR测管。最大测试深度为300cm。测量时把时域反射仪的探头放入观测管内,分别测量0-10、10-20、20-40、40-60和60-80cm,往下每隔20cm读取一个数据并做记录,测量时间基本保持与土钻观测同步。

(2) 土壤重量含水量测定

烘干法是唯一可以直接测量土壤水分的方法,也是目前国际上所采用的标准方法,虽然该方法的采样难度较大且采样具有破坏性等缺点(2018年采样的深度缩减到了1.2m),但作为直接测量土壤水分含量的标准方法,在测量精度上具有其它方法不可比拟的优势。所用仪器包括土钻、铝盒、改锥、烘箱、0.01g精度的电子天平等。

方法:从树木开始萌发的4月中旬到落叶后的10月底,每隔15天测定一次,雨后加测;实际测定时依据天气条件(采样时间会因连续性降水而拉长)及与前一次采样的时间间隔状况进行调整。按不同深度用土钻由上到下依次采取土样(图5),采样深度按0-120cm,按0-10、10-20、20-40、40-60、60-80、80-100与100-120cm分层,每层取3个重复样品在试验室内用精度为0.01g的天平称重,然后在105℃的烘箱内将土样烘6-8小时至恒重,然后测定烘干土样的质量并做详细记录;在3号常规样地内打3个土钻样取其均值。土壤重量含水量的计算公式为:

$$Q = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \quad (1)$$

式中, Q 为土壤重量含水量(%); W_1 为干燥铝盒重(g); W_2 为湿土+铝盒重(g); W_3 为烘干土+铝盒重(g)。



图3 12号草坡样地



图4 时域反射仪观测

4 数据结果

陇东黄土高原中沟小流域土壤重量含水量与体积含水量均为实测数据，测量深度有所不同，其数值可以相互换算。

对该区域刺槐人工林生长季土壤水分季节变化的研究发现，土壤水分变化具有明显的季节性差异（表 3、4）。在 5–10 月的年生长季内，不同密度刺槐人工林样地土壤含水量表现为：1,600 株/hm²（18.75%）>2,196 株/hm²（15.93%）>750 株/hm²（15.92%）>4,563 株/hm²（11.87%）；不同地形部位土壤含水量以塬面刺槐林（上）为最好，塬面刺槐林（下）与沟台刺槐林居中，梁坡刺槐林最差；就坡向而言，土壤水分以阴坡为最好，半阴坡与阳坡居中，半阳坡刺槐人工林土壤水分状况最差。就土壤水分垂直变化而言，普遍表现出表层含水量最大，随土层加深土壤含水量递减而后趋于稳定。就不同地形部位来说，塬面刺槐林（上）土壤水分在各层变异系数最小，土壤水分较为稳定，而梁坡刺槐林土壤水分速变层达 90 cm 之厚，水分状况最差，塬面刺槐林（下）与沟台刺槐林居中；坡向变化为阳坡与半阳坡土壤水分变化比阴坡和半阴坡活跃，其中阳坡比半阳坡稳定，阴坡比半阴坡稳定^[17]。



图 5 土钻法取土样

表 3 2018 年 5 月土壤体积含水量实测数据（节选）

深度（cm）	1 号样地	2 号样地	3 号样地	……	13 号样地
0–20	8.80	15.18	8.47	…	10.57
20–40	6.02	12.87	11.39	…	12.56
…	…	…	…	…	…
180–200	…	…	…	…	13.10
280–300	10.49	10.45	10.75	…	

表 4 2018 年 5 月土壤重量含水量（%）实测数据（节选）

样地编号	采样深度（cm）						
	0–10	10–20	20–40	40–60	60–80	80–100	100–120
1	18.52	9.99	8.53	8.66	9.13	10.13	9.53
2	24.15	19.12	14.44	12.71	14.48	14.99	15.66
3	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…
13	22.54	16.70	12.94	14.19	14.06	13.02	12.90

5 讨论与结论

在干旱少雨且水土流失严重的陇东黄土高原进行土壤水分监测很有必要,其实测数据能够真实具体地反映研究区域内土壤水分的变化状况。对刺槐人工林年生长季土壤水分季节变化的研究发现,刺槐人工林土壤水分变化具有明显的季节性差异,可分为:消耗期(5–6月)、补给期(7月)、消退期(8–9月)与稳定期(10月)。6月份虽降雨增加但土壤水分仍在下降,其原因可能是刺槐生长初期对水分需求加大以及林地蒸发加强,进而导致土壤水分消耗远大于补给;7月份各样地土壤水分出现较大波动,主要是因为强降雨对土壤表层产生了显著影响,使表层土壤水分急剧增大,但随着雨后蒸发加强造成土壤水分的较大变化;就土壤水分垂直变化而言,土壤含水量随降雨量的变化呈现出相似的变化趋势,普遍表现出表层含水量最大,随土层加深土壤含水量递减而后趋于稳定^[17]。连续多年的观测完全可以作为该区域生态环境变化的一项重要指标数据,并作为气候模型、水文模型及植被生长变化分析的基础输入数据。

作者分工: 邸利对试验的布设与数据集的开发做了总体设计;陈徵尼协助试验设计与野外观测布设;李小英主要负责数据分析;王安民、景贵阳、张晓梅等负责数据采集;邸利、张军进行数据验证并撰写数据论文。

参考文献

- [1] 马昌坤. 黄土高原人工刺槐林地生态水文过程研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [2] 张建国. 黄土丘陵区两典型森林群落蒸腾耗水特性研究[D]. 杨凌: 中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心, 2014.
- [3] 王宁, 毕华兴, 孔凌霄等. 晋西黄土区不同密度刺槐林地土壤水分补偿特征[J]. 水土保持学报, 2019, 33(4): 255–262.
- [4] 许鹏辉, 陈云明, 吴芳. 黄土丘陵半干旱区退化刺槐林不同改造方式效果分析[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(4): 109–113.
- [5] 卢森堡, 陈云明, 唐亚坤等. 黄土丘陵区混交林中油松和沙棘树干液流对降雨脉冲的响应[J]. 应用生态学报, 2017, 28(11): 3469–3478.
- [6] 刘潇潇, 何秋月, 闫美杰等. 黄土丘陵区辽东栎群落优势种和主要伴生种树干液流动态特征[J]. 生态学报, 2018, 38(13): 4744–4751.
- [7] 韩春, 陈宁, 孙杉等. 森林生态系统水文调节功能及机制研究进展[J]. 生态学杂志, 2019, 38(7): 2191–2199.
- [8] 刘建立, 程丽莉, 余新晓. 乔木蒸腾耗水的影响因素及研究进展[J]. 世界林业研究, 2009, 22(4): 34–40.
- [9] 张军, 邸利, 李小英等. 陇东黄土高原中沟小流域土壤水分数据集(2018) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2019. DOI: 10.3974/geodb.2019.05.03.V1.
- [10] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017年更新).
- [11] 景贵阳. 陇东黄土高原人工刺槐林枯落物层和土壤层生态水文功能研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [12] 王安民, 任焯, 王彦辉等. 甘肃泾川3种径级刺槐林的冠层截留降雨作用[J]. 林业科学, 2014, 50(3): 16–21.
- [13] 韩芬, 任焯, 王彦辉等. 甘肃泾川刺槐林地穿透雨对降雨的响应[J]. 人民黄河, 2015, 37(7): 90–94.
- [14] 刘兴文, 李宝船, 王云. 泾川林业志[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2016.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 森林生态系统长期定位观测方法 (GB/T 33027—2016) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [16] 王兵, 丁访军. 森林生态系统长期定位研究标准体系[M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.
- [17] 张晓梅, 邸利, 史再军等. 甘肃泾川中沟小流域不同坡位刺槐人工林土壤水分特征[J]. 干旱区研究, 2019, 36(5): 1300–1308.