

# 宁南黄土丘陵区坡向、坡位对苜蓿地 土壤含水量时空变异的影响<sup>\*</sup>

潘占兵<sup>1</sup>, 余峰<sup>2</sup>, 王占军<sup>1</sup>, 李生宝<sup>1</sup>, 张源润<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院, 银川 750002; 2. 宁夏退耕还林办公室, 银川 750002)

**摘 要:** 为了探讨坡向、坡位对苜蓿地土壤含水量的影响程度, 在宁南黄土丘陵区, 采用时域反射仪 TDR 对不同坡向、坡位种植的 7 a 生苜蓿地土壤体积含水量进行了分层动态监测, 分析结果表明: (1) 种植苜蓿 7 a 后, 土壤旱化显现, 土壤水明显分为补水期与耗水期, 3–7 月属于耗水期, 8–10 月为补水期; (2) 各坡向苜蓿地旱化最为严重的土层深度也不同, 西坡(阴坡)为 40–60 cm, 南坡苜蓿地旱化最为严重的土层为 80–100 cm, 东坡(阳坡)为 100–120 cm; 西坡(阴坡)0–180 cm 土壤平均含水量最高(13.8%), 其次为南坡苜蓿地, 东坡(阳坡)最低(12.8%)。 (3) 受降水再分配影响, 上、中、下坡 0–180 cm 平均土壤含水量变化趋势为: 下坡(13.69%) > 中坡(13.61%) > 上坡(12.29%); 土壤含水量最为活跃的 0–100 cm 范围内, 相同层土壤含水量相比, CK > 下坡 > 上坡 > 中坡。这说明种植苜蓿多年后土壤出现旱化现象, 且坡位越高, 土壤旱化越严重。

**关键词:** 土壤含水量; 苜蓿地; 坡向; 坡位

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0141-04

## Effects of Slope Aspect and Position on Temporal and Spatial Variation of Soil Water Content on Alfalfa Land in Loess Hilly Region of South Ningxia Hui Autonomous Region

PAN Zhan-bing<sup>1</sup>, Yu Feng<sup>2</sup>, WANG Zhan-jun<sup>1</sup>, LI Sheng-bao<sup>1</sup>, ZHANG Yuan-run<sup>1</sup>

(1. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China; 2. Department of Returning Farmland to Forest, Ningxia Forestry Bureau, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:** In order to research the effects of slope direction and position on soil water content on alfalfa land in loess hilly region of South Ningxia, the soil volumetric water content on 7-year-old alfalfa lands with different slope directions and positions was dynamically monitored by time domain reflectometer (TDR). The results showed that the soil drying degree was obvious and the status of soil water can be divided into 2 periods: water consumptive period concentration from March to July and water supplemental period concentration from August to October. The driest soil layer depth on alfalfa land with different slope directions showed differences. On west facing slope (shady slope), the depth was 40–60 cm, on south facing slope was 80–100 cm, and 100–120 cm on east facing slope (sunny slope). On west facing slope (shady slope), the average soil water content of 0–180 cm layer was the highest (13.8%), then the south slope, the east facing slope (sunny slope) had the lowest water content (12.8%). Influenced by rainfall redistribution, the order of average soil water content of 0–180 cm layer at different slope positions was downhill (13.69%) > mid-slope (13.61%) > uphill (12.29%). In 0–100 cm soil layer where the water content changed most actively, the order of soil water content in the same layer at different slope positions was CK > downhill > uphill > mid-slope. This suggested that soil became dry after alfalfa planting, and the drying situation was more serious at higher slope positions.

**Key words:** soil water content; alfalfa land; slope direction; slope position

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-09-25

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAC01A07); 宁夏自然科学基金(NZ0854); 宁夏退耕还林工程效益监测与定量评价研究

作者简介: 潘占兵(1975–), 男, 宁夏惠农人, 助理研究员, 主要从事荒漠化防治与生态环境建设方面等研究。E-mail: pan7536@163.com

宁夏地处西北内陆干旱带, 全区现有天然草原 244 万  $\text{hm}^2$ , 占自治区土地总面积的 47. 2%。天然草原不仅是畜牧业发展的重要物质基础, 而且对全区整体环境质量和黄河中游上段的生态环境有着举足轻重的影响。由于长期超载过牧、滥采、乱挖、乱垦等不合理的生产经营活动, 全区天然草原退化面积达到 97%。其中, 中度退化的草原面积达 97. 6 万  $\text{hm}^2$ , 占 46%; 重度退化面积 105. 6 万  $\text{hm}^2$ , 占 43. 2%。草原生态环境的不断恶化, 给农牧业可持续发展造成了极大危害。为了遏制草原退化, 保护生态环境, 促进畜牧业经济发展, 宁夏回族自治区政府以西部大开发为契机, 先后实施了退耕还林还草、退牧还草等工程, 累计完成退耕还林还草面积 75. 9 万  $\text{hm}^2$ , 使人工草地面积达到 53. 3 万  $\text{hm}^2$ , 其中, 以紫花苜蓿为主的多年生人工草地面积迅速增加至 40 万  $\text{hm}^2$ 。宁夏实施退耕还林对改善生态环境和农民生产生活条件, 促进农业结构调整和农民致富, 加快畜牧业发展发挥了重要作用<sup>[1]</sup>。

土壤水分是制约黄土高原地区植被恢复与重建的主要限制因子, 也是决定土地生产力的一个重要因素<sup>[2]</sup>, 在植被建设成为西部大开发中心任务之一的今天, 由于树、草种选择及种植密度不当, 多年生人工林草地土壤旱化和肥力下降为主要特征的土壤退化现象时有发生, 大面积低产、低效甚至死亡林的出现, 已成为人工林草植被建设的重大科学问题之一。土地旱化(荒漠化)最终将导致植物群落衰败和生态系统的退化, 直接威胁到植被的长期稳定, 经济效益和生态效益的持续稳定发挥。近年来, 干旱、半干旱地区人工林草地土壤旱化现象越来越严重, 干层厚度不断增加, 从最初的 2 m 增加到 10 m<sup>[3]</sup>, 旱作苜蓿地土壤旱化、产量低下等现象已引起了各领域学者的广泛关注, 很多学者已经对黄土高原土壤水分进行了大量研究<sup>[4-6]</sup>, 但并未对土壤水分与坡位、坡向之间的关系等进行定量研究。因此, 以影响大气降水再分配的地形为影响因素, 对不同坡向、坡位种植的旱作苜蓿地土壤含水量进行动态研究, 阐明地形对旱作苜蓿地土壤水分时空变异分布规律, 这对恢复坡面植被、改善坡面生态系统具有重要意义。

1 研究区自然概况

研究区隶属宁夏固原市彭阳县白阳镇中庄村, 地理坐标在 105°9′ - 106°58′ E, 34°14′ - 37°04′ N, 地貌类型属黄土高原腹地梁峁丘陵地, 区内梁峁相间, 沟壑纵横, 地形破碎, 平均海拔在 1 600~ 1 700 m 之间; 气候属温带大陆性气候, 夏季潮湿炎热, 冬

季干燥寒冷, 年均气温 7. 5℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$  的积温 2 500 ~ 2 800℃, 年平均蒸发量 1 360. 6 mm, 无霜期 140 ~ 160 d。年均降雨量 442. 7 mm, 降水季节分布很不均匀, 且主要集中在 7- 9 月三个月, 占全年降水的 60%, 而且降水的年际变差系数较大, 雨量集中月份常以暴雨形式出现, 易发生局部地区暴雨洪水, 水土流失、土地退化等成为困扰该区可持续发展和农民脱贫致富的主要问题<sup>[7-8]</sup>。

2 研究方法

供试材料为 7 a 生紫花苜蓿, 为使试验具有可比性, 试验地以坡度相同的东坡、南坡、西坡、北坡, 以及上坡、中坡、下坡紫花苜蓿地为研究对象, 以种植马铃薯的坡耕地与荒坡地为 CK。在 2008 年 3- 10 月采用时域反射仪 TDR 分层(20 cm 为一层)动态测定土壤体积含水量。每月测定 3 次, 分别为 5 号、15 号、25 号。

3 结果分析

3. 1 坡向、坡位对苜蓿地土壤水分动态变化的影响

在干旱、半干旱区, 水分是植物生存、分布和生长的一个重要限制因子, 是生态系统结构与功能的关键因子<sup>[9]</sup>。土壤水分的损失主要是以蒸散形式存在, 它主要受气温、太阳辐射和风速的影响<sup>[4]</sup>。

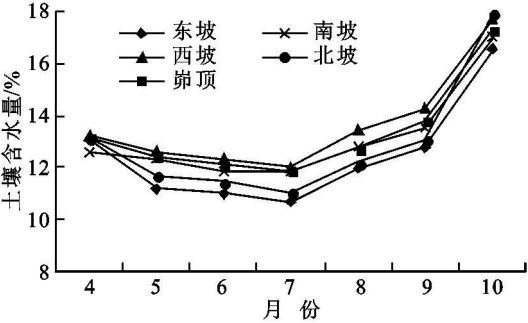


图 1 不同坡向苜蓿地土壤含水量月变化

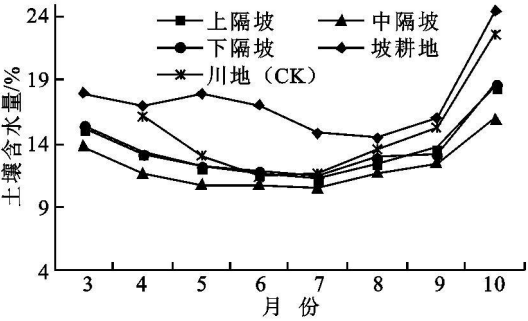


图 2 不同坡位苜蓿地土壤含水量月变化

通过对宁南黄土丘陵区不同坡向、坡位苜蓿地土壤含水量调查, 分析不同坡向、坡位紫花苜蓿地土

壤水分的动态变化规律发现: 苜蓿地土壤含水量的变化受苜蓿生长耗水及大气降水影响较大, 明显分为耗水期与补水期。3– 7 月土壤处于耗水期, 随着苜蓿生长耗水率增加, 加上持续干旱少雨, 土壤含水量不断降低, 土壤水分处于消耗状态, 至 7 月, 土壤含水量达到最低, 此时苜蓿地土壤旱化最为严重; 8 月以后属补水期, 随着大气降水的增加, 以及苜蓿生长耗水量的减小, 苜蓿地土壤水分开始得到补给, 土壤旱化程度减弱, 到 10 月苜蓿生长耗水逐渐降低, 土壤含水量已恢复到高于 3 月时的土壤含水量。

在相同坡度条件下, 由于坡向不同, 地面接受太阳辐射量不同, 从而导致不同坡向地面温度与土壤蒸发量不同, 通常南坡温度高于北坡, 西坡高于北坡, 阴坡土壤含水量明显高于阳坡。东坡、南坡、西坡苜蓿地土壤含水量最高的为西坡(阴坡), 生长季 0– 180 cm 土壤平均含水量为 13.8%, 其次为南坡苜蓿地, 生长季 0– 180 cm 土壤平均含水量为 13.31%, 东坡(阳坡)苜蓿地土壤含水量最低(12.8%)。

在相同坡度条件下, 由于大气降水受坡面径流、垂直入渗、侧渗等影响, 导致在同一坡面, 不同坡位土壤含水量不同。从上、中、下坡 0– 180 cm 平均土壤含水量来看: 在生长季(3– 10 月), 下坡苜蓿地平均土壤含水量最高, 达到 13.69%, 中坡次之, 平均土壤含水量为 13.61%, 下坡最低, 0– 180 cm 土壤平均含水量仅为 12.29%。

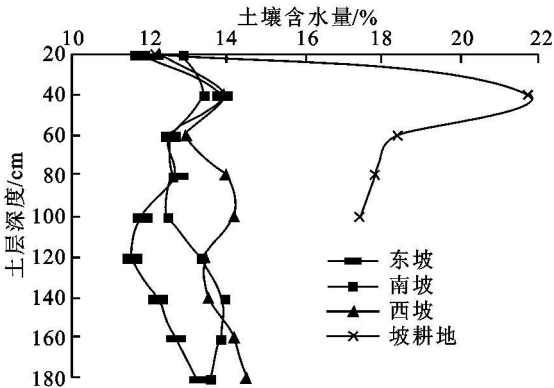


图 3 不同坡向苜蓿地土壤含水量垂直变化

3.2 坡向、坡位对苜蓿地土壤含水量的垂直变化的影响

3.2.1 坡向对苜蓿地土壤含水量的垂直变化的影响 半干旱黄土丘陵区地下水一般埋深达 50~ 200 m, 与近地面土壤水分供应层之间隔着一层深厚的包气带, 植物很难利用。但黄土层深厚疏松, 持水性好, 2 m 深的土层即能储存全年的全部降水量, 所以, 土壤水分是黄土高原地区一项宝贵的资源, 对于

该区旱地农业和植被生长具有重要的意义<sup>[10]</sup>。由于苜蓿根系较深, 可以吸收深层土壤水分, 加上大气降水的垂直入渗, 入渗补给量越来越少, 从而导致苜蓿地土壤含水量变化复杂。

从不同坡向苜蓿地土壤含水量垂直变化来看图 3, 各坡向苜蓿地土壤含水量垂直变化规律相似, 均表现为先增大, 再减小, 再增大的趋势。地表(0– 20 cm)土壤含水量受蒸发影响, 土壤含水量较低, 20– 40 cm 层较高, 随着土层的变深, 各坡向土壤含水量开始呈下降的趋势, 80– 100 cm 层苜蓿地土壤含水量较低, 随着土层的进一步加深, 土壤含水量呈上升的趋势。这说明种植苜蓿对 0– 100 cm 范围内土壤含水量影响最大; 从各坡向苜蓿地旱化最为严重的土层深度来看, 阴坡苜蓿地最浅, 其次为半阴坡, 阳坡苜蓿地最深。阴坡苜蓿地土壤旱化最严重的为 40– 60 cm, 土壤含水量为 12.94%, 阳坡苜蓿地土壤旱化最为严重的土层为 100– 120 cm, 土壤含水量为 11.5%, 半阴坡苜蓿地旱化最为严重的土层为 80– 100 cm, 该层土壤含水量为 12.43%, 说明坡向对苜蓿地土壤含水量影响较大。各坡向苜蓿地相同层土壤含水量相比, 西坡苜蓿地(阴坡)土壤含水量最高, 其次为半阴坡, 阳坡苜蓿地土壤含水量最低。

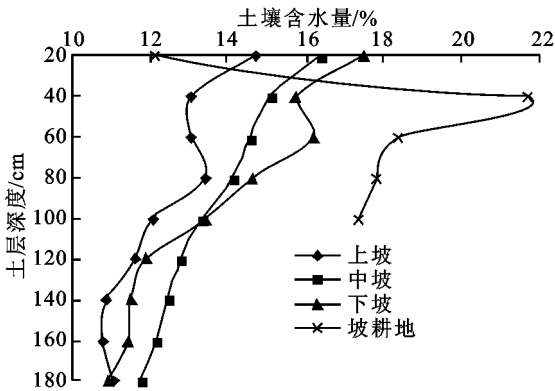


图 4 不同坡位苜蓿地土壤水分垂直变化

3.2.2 坡位对苜蓿地土壤含水量垂直变化的影响

从不同坡位苜蓿地 0– 180 cm 土壤含水量下降幅度来看(图 4) 土壤下坡苜蓿地土壤含水量下降趋势最为强烈, 由表层的 17.49% 降低至 10.93% (180 cm), 中坡苜蓿地土壤含水量由表层的 16.38% 降低至 11.73% (180 cm), 上坡苜蓿地土壤含水量由表层的 14.72% 降低至 11.04% (180 cm)。受降水再分配影响, 降水后, 土壤水分因重力作用, 由上向下运移, 从而造成不同坡位苜蓿地土壤水分的不同。从不同坡位苜蓿地同层土壤水分相比: 土壤含水量最为活跃的 0– 100 cm 内, 上、中、下坡相同层苜蓿地土壤含水量变化趋势呈现上坡< 中坡< 下坡< CK。这说明苜蓿地年均土壤含水量与坡位有关, 苜蓿地土壤水分

与川地(CK)相比,除表层外,上、中下坡苜蓿地各层土壤含水量均低于川地(CK),说明种植苜蓿后土壤出现旱化现象,且坡位越高,土壤旱化越严重。

上述分析表明,坡向、坡位对苜蓿地土壤含水量均有影响,坡位对苜蓿地土壤含水量的影响大于坡向,且坡位越高,土壤旱化越严重。苜蓿地土壤水分与坡耕地相比,除表层外,各层土壤含水量均低于坡耕地,这说明种植苜蓿会加剧土壤旱化。

## 4 结 论

(1)退耕还林还草种植苜蓿不仅增加植被盖度,改善生态环境,缓解天然草场载畜压力,促进生态自然修复,也为群众发展畜牧业提供了饲草料,保障畜牧业经济快速发展,对增加农民收入具有重要的作用与深远的历史意义。

(2)宁南山区种植苜蓿,在一定程度上加剧了土壤旱化,土壤旱化程度明显分为补水期与耗水期。从不同坡向与坡位种植的苜蓿地土壤水分月变化差异差异较大,3–7月属于耗水期,土壤含水量不断降低,7月土壤旱化最为严重;8–10月属于补水期,随着降水的增加,土壤含水量开始得到补充,土壤旱化程度减弱。

(3)苜蓿年生长季节内,不同坡向苜蓿地土壤含水量均发生了变化,东、南、西三个坡向种植的苜蓿地土壤含水量最高的为西坡(阴坡),0–180 cm 土壤平均含水量为 13.8%,次为南坡苜蓿地,东坡(阳坡)苜蓿地土壤含水量最低(12.8%)。各坡向苜蓿地旱化最为严重的土层深度也不同,阴坡苜蓿地土壤旱化最严重的为 40–60 cm,土壤含水量为 12.94%,阳坡苜蓿地土壤旱化最为严重的土层为 100–120 cm,土壤含水量为 11.5%,半阴坡苜蓿地旱化最为严重的土层为 80–100 cm,该层土壤含水量为 12.43%。

(4)受降水再分配影响,上、中、下坡 0–180 cm 平均土壤含水量变化趋势为:下坡(13.69%)>中坡

(13.61%)>上坡(12.29%)。下坡苜蓿地土壤含水量下降趋势最为强烈,由表层的 17.49% 降低至 10.93% (180 cm 层),中坡苜蓿地土壤含水量由表层的 16.38% 降低至 11.73% (180 cm 层),上坡苜蓿地土壤含水量由表层的 14.72% 降低至 11.04% (180 cm 层)。土壤含水量最为活跃的 0–100 cm 内,上、中、下坡相同层苜蓿地土壤含水量变化趋势呈现上坡<中坡<下坡<CK。这说明种植苜蓿后土壤出现旱化现象,且坡位越高,土壤旱化越严重。

参考文献:

- [1] 王占军,蒋齐,刘华,等.宁夏干旱风沙区林药间作生态恢复措施与土壤环境效应响应的研究[J].水土保持学报,2007,21(4):90-93.
- [2] 胡良军,邵明安.黄土高原植被恢复的水分生态环境研究[J].应用生态学报,2002,13(8):1045-1048.
- [3] 王力,邵明安,侯庆春.黄土高原土壤干层初步研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学报,2001,29(4):34-38.
- [4] 孙剑,李军,王美艳,等.黄土高原半干旱偏旱区苜蓿-粮食轮作土壤水分恢复效应[J].农业工程学报,2009,25(6):33-39.
- [5] 杨永东,张建生,蔡国军,等.黄土丘陵区不同立地条件下紫花苜蓿地土壤水分动态变化[J].草业科学,2008,25(10):25-28.
- [6] 万素梅,胡守林,贾志宽,等.黄土高原地区苜蓿生产力动态及其土壤水分消耗规律[J].农业工程学报,2007,23(12):30-34.
- [7] 王思成,王月玲,许浩,等.半干旱黄土丘陵区不同植被恢复方式下土壤理化特性及相关分析[J].西北农业学报,2009,18(1):295-299.
- [8] 巩杰,陈利项,傅伯杰,等.黄土高原丘陵小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响[J].应用生态学报,2004,15(12):2292-2296.
- [9] 徐文铎,邹春静.中国沙地森林生态系统[M].北京:中国林业出版社,1998.
- [10] 王兵,崔向慧.民勤绿洲-荒漠过渡区水量平衡规律研究[J].生态学报,2004,24(2):235-240.