

安塞黄土丘陵区人工草地生产力与土壤水分特征

姜峻¹,王百群¹,曹清玉¹,都全胜²

(¹西北农林科技大学水土保持研究所,陕西杨陵 712100;²安塞县气象局,陕西安塞 717400)

摘要:人工草地建设是半干旱黄土丘陵区生态建设与农业生产的重要组成部分,比较不同类型人工草地生产力、土壤水分差异,可为草地建设中草地类型的选择与管理提供依据。通过比较川地与山地不同类型草地生产力、土壤水分年季变化差异,表现为以下特征:川地人工草地0~100 cm土壤含水量受季节降雨量影响变化较为活跃,为活跃层。100~350 cm土壤含水量与根系利用有关,为次活跃层。350~500 cm季节变化不大,为相对稳定层。柳枝稷与苜蓿草地350~500 cm土层干燥化明显。在2004—2005年,各草地4—9月0~200 cm土壤储水量减少,9—11月0~200 cm储水量增加,200 cm以下各草地间差异明显,但季节变化量接近。山坡不同类型草地0~100 cm土壤含水量表现为秋末高于春季,100~500 cm不同季节均未显示明显的水分亏缺现象。

关键词:黄土丘陵区;人工草地;土壤水分;土壤储水量

中图分类号:S152.7

文献标志码:A

论文编号:2009-1820

Characteristics and the Biomass Production and Soil Water of Sown Pastures in Ansai Loess hilly-gully Region

Jiang Jun¹, Wang Baiqun¹, Cao Qingyu¹, Du Quansheng²

(¹Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100;

²Ansai County Weather Bureau, Ansai Shaanxi 717400)

Abstract: Sown pasture is an important part of ecological construction and agricultural production in semiarid loess hilly-gully region. It is also important for selecting proper sown pasture types and management methods after comparing the biomass production, soil water contents of different sown pastures. The yearly change of the biomass production, soil water and nutrient content were compared between lowland and slope land at Ansai loess hilly-gully region. Soil water characteristics of sown pastures: The change of soil water content in 0–100 cm soil depth of lowland sown pasture was more active, and which was the active layer; soil water content in 100–350 cm soil depth was related with the root system consumption, and was hypo-active layer; the seasonal change of soil water content in 350–500 cm was small, and which was relatively stable layer. The soil drying phenomenon was distinctive in 350–500 cm soil layer of switchgrass and alfalfa. In 2004—2005, the soil water storage in 0–200 cm decreased from April to September, while increased from September to November. There were great differences among pastures in soil depth below 200 cm, but the seasonal change was similar. The 0–100 cm soil water content in late autumn was higher than in springtime at slope pasturelands, and there were no evident soil water stress in 100–500 cm in each pastureland.

Key words: loess hilly-gully region; sown pasture; soil Moisture; soil water content

基金项目:国家科技支撑重点项目“植被优化配置与可持续建设技术”(2006BAD09B03)。

第一作者简介:姜峻,男,1968年出生,汉族,四川省井研县人,在职硕士,研究方向:牧草引种和草地生态研究。通信地址:712100 陕西省杨陵区西农路26号中国科学院水利部水土保持研究所, E-mail: jiangj@cern.ac.cn。

通讯作者:王百群,男,1968年出生,汉族,陕西渭南人,副研究员,研究方向:土壤生态。通信地址:712100 陕西省杨陵区西农路26号中国科学院水利部水土保持研究所, Tel: 029-87012884, E-mail: bqwang@ms.iswc.ac.cn。

收稿日期:2009-09-08, **修回日期:**2009-09-15。

0 引言

造林种草、恢复植被是黄土高原地区防治水土流失的重要措施之一,在黄土高原已治理的面积中,造林种草措施占到80%左右^[1]。但是,在近半个世纪的(1960年后)实践中也发现了新问题,部分人工林草地存在生产力低下,生态和经济效益低等问题,人草地生长衰败后土壤水分恢复和坡地持续利用方式研究尚不够深入^[2-3]。如人工植被下出现“土壤干层”,影响了林草地的持续发展就是其中最重大的问题之一。

“土壤干层”不仅影响人工草地生长和生存,而且,对后续树草种的选择和造林种草的实施也是一种潜在的威胁,从而直接影响到黄土高原林草植被的可持续发展。要以水热等气候因子所决定的植被生物地带性为科学依据^[4-5],结合当地的土壤水分环境条件,进行有理有据的退耕还林(草)。当地主要人工种植的豆科草种包括紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)、沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.)、红豆草(*Onobrychis viciaefolia* Scop.)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica* Schindl.)等,禾本科有白羊草(*Bothriochloa ischaemum* L.)及柳枝稷(*Panicum virgatum*)等。在黄土丘陵沟壑区,降水及立地条件,对林草的生长有着重要的影响,同时,植被类型及其生长状况对土壤水分状况和土壤水库产生明显的影响^[6-9]。因此,植被与土壤水分之间存在相互关联的反馈关系。由于该区降水较少,一些研究者针对地形条件、地表覆盖状况对土壤水分动态与分布的影响进行了观测和研究^[10-14]。

1 站区概况与研究方法

1.1 站区概况

试验在陕西省安塞县墩滩、中国科学院安塞水土保持综合试验站的试验示范区内完成。该站位于陕西省延安市安塞县境内。地理位置属于黄土高原中部,属典型的梁峁状丘陵沟壑区。在土壤类型上处于黄绵土与沙黄土交错区;试验区地理位置为北纬36°43'—36°46',东经109°14'—109°16',海拔1013~1309 m。土壤为黄绵土,年平均气温9.11℃。从1986年有极温统计以来,极端最高温为2005年6月的39.9℃,极端最低温为1994年1月的-27.0℃。多年平均降水量503.99 mm,降雨变幅从最低的1997年的大旱年275 mm到1983年的丰水年688.9 mm。年日照时数为2375.5 h,日照百分率达54%,全年无霜期159天,干燥度1.46。

1.2 研究方法

1.2.1 小区布设及田间观测 田间小区分别布设在安塞站长期监测地的山坡地与川地。山地坡面人工草地

小区6个,规格为5 m×20 m,坡面东北,坡度为33°~34°,人工草地行距为40 cm。川地建立人工草地小区8个,规格为7 m×10 m。草地行距为30 cm,连续监测土壤养分、水分变化。

人工草地生育期观测集中在2005年,地上生物量采用刈割(收获法)方法,就是通过选择一定数量的、有代表性的样方,将样方内植物地上部分从地表全部割取下来,地表的凋落物全部加以收集,把植物体分为当年的部分和1年以上的老枯死体,将当年部分在80℃烘箱内烘干,称重。当生物量较小时,野外可将割下的草装袋,全部带回室内烘干、称重;如果生物量较大,在野外可将各样方刈割下来的草,先称重,获得鲜草总产量。然后分别各取一部分样品,称其鲜重,带回室内烘干、称重,算出干、鲜比。计算出样方内的干物质总量。刈割法一般是在现存量的峰值期,通过实际收获所有地上部分所取得的生物量。用托盘秤分别对鲜重、干重进行称重。

1.2.2 计算方法 2005—2007年连续3年在人工草地生长季初(4月)及生长季末(11月)进行土壤水分测定,测定深度为5 m,步长10 cm,重复3次。将土样称重后,在105℃烘箱内烘干10~12 h,然后称其干重、盒重。土壤含水量采用重量含水量,通过以下公式计算。

$$W = [(W_1 - W_2) / (W_2 - W_0)] \times 100\%$$

W%: 土壤重量含水量。W₀: 土盒重; W₁: 土样湿重; W₂: 土样干重。

土壤贮水量指一定厚度土层内土壤水的总贮量,为与气象资料比较,常用毫米表示,即相当于一定土壤面积,一定土层厚度内有多少毫米厚的水层。计算公式为:

$$Ws = hs \times Ps \times W \times 10(\text{mm})$$

Ws: 土层储水量(mm); hs: 土层厚度(cm)。

2 结果与分析

根据2004—2005年研究区降水量月分布(图1),2004年的降水量为504.4 mm,降水主要分布在6、7、8月3个月中,这3个月的降水量为407.7 mm,占年降水量的80.8%。2005年的降水量为557.4 mm,比2004年降水量高53.0 mm,降水主要分布在5、7、9月,这3个月的降水量为406.5 mm,占全降水的72.9%。2004年与2005年的3个主要降水月份的降水量非常接近。与当地多年平均降水量503.4 mm相比,这2年为常态降水年型。

2.1 人工草地土壤水分动态

2.1.1 川地人工草地土壤水分特征 在川苜蓿地中,100~200 cm土壤剖面中,11月的土壤水分含量高于4

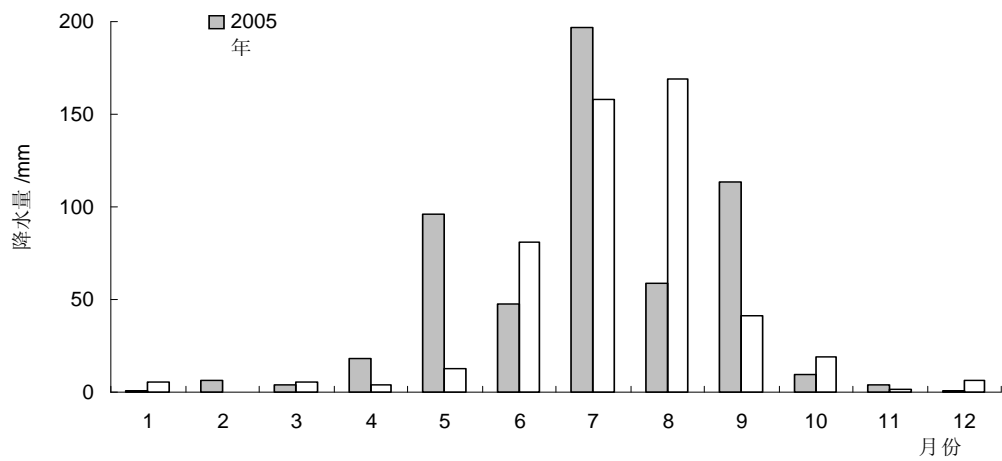


图1 安塞2004—2005年月降水量

月和9月的水分含量。含水量变化较大,变化主要由降雨所决定,为土壤水分变化的活跃层。

200~500 cm 土壤剖面中,4月、9月和11月的土壤水分含量相近(图2),表明在苜蓿地中,这一层次的土壤水分含量相对稳定,土壤含水量较低,在6%左右波动,接近土壤的凋萎含水量。在过渡耗水情况下,土壤含水量处于亏缺状态,经过雨季的入渗补偿深度有限,得不到补偿的土层土壤含水量长期处于较低水平,形

成土壤干层,干层现象较为明显。

在川地沙打旺草地中,100~250 cm 土层中,9月份和11月份的土壤含水量高于4月份的含水量(图3),说明了沙打旺主要利用250 cm 以上土层的水分,降水对250 cm 土层水分有一定的补给作用,土壤水分变化活跃。250~500 cm 土层的土壤水分含量相对稳定,土壤含水量在6%~8%左右波动,形成土壤干层,形成含水量较低的稳定层。

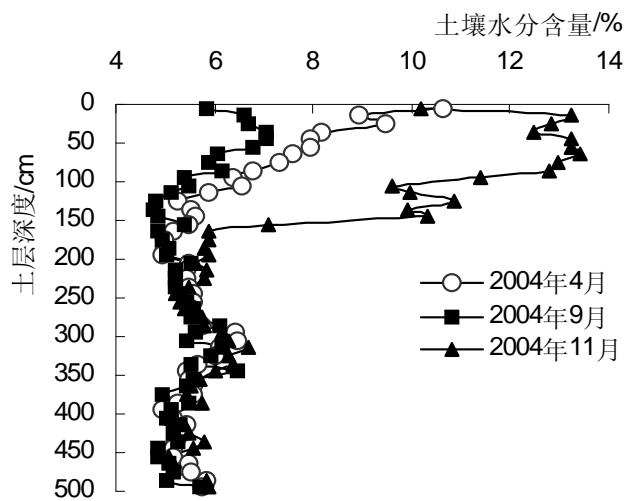


图2 安塞川地苜蓿地土壤剖面水分动态

在红豆草地中,9月份和11月份的土壤含水量低于4月份的含水量(图4),说明红豆草根系发达,消耗一定量的深层土壤水分。降水对0~250 cm 土层水分有一定的补给作用,土壤水分变化活跃。250~500 cm 这一层次的土壤水分含量相对稳定,土壤含水量在5%~8%左右波动,形成含水量较低的稳定层。

而在乡土草种达乌里胡枝子草地中,0~250 cm 土层中,9月份和11月份的土壤含水量低于4月份的含水量且含水量变幅很大,4月的土壤含水量超过10%,

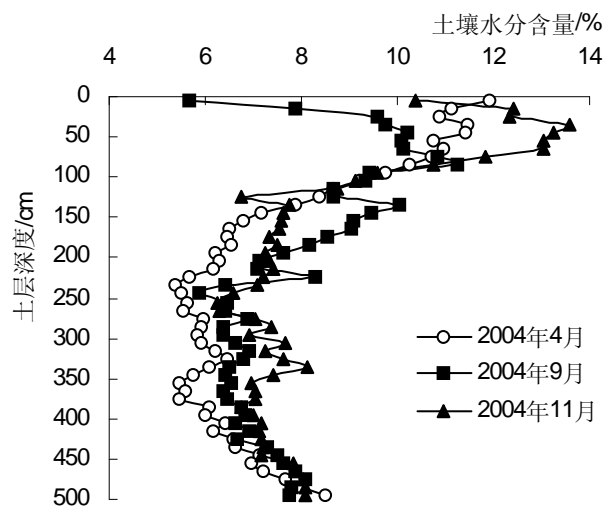


图3 安塞川地沙打旺草地土壤剖面水分动态

说明该层水分变化活跃。在250~350 cm 土层中,9月份和11月份的土壤含水量高于4月份的含水量;变幅较为明显,含水量较高,该层水分变化较为活跃。

350~500 cm 土层中,这3个月的土壤水分含量相近(图5)。说明该层并未被植物所利用,含水量稳定,变幅在8%~10%之间,形成稳定层。

在川地柳枝稷草地中(图6),100~350 cm 土层中,9月份和11月份的土壤含水量低于4月份的含水量;350~500 cm 土层中,这3个月中的土壤水分含量相

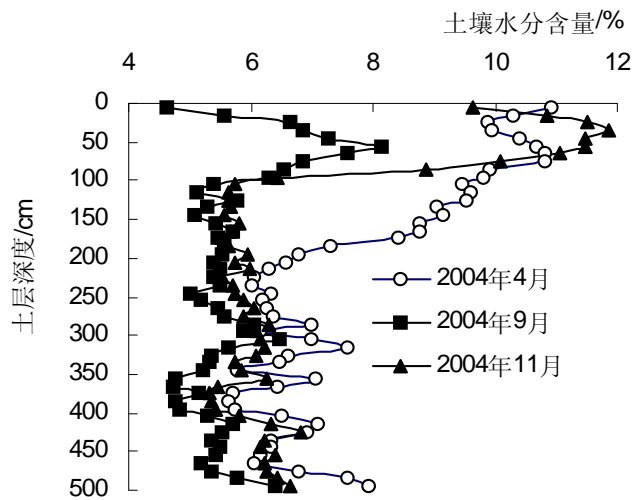


图4 安塞川地红豆草地土壤剖面水分动态

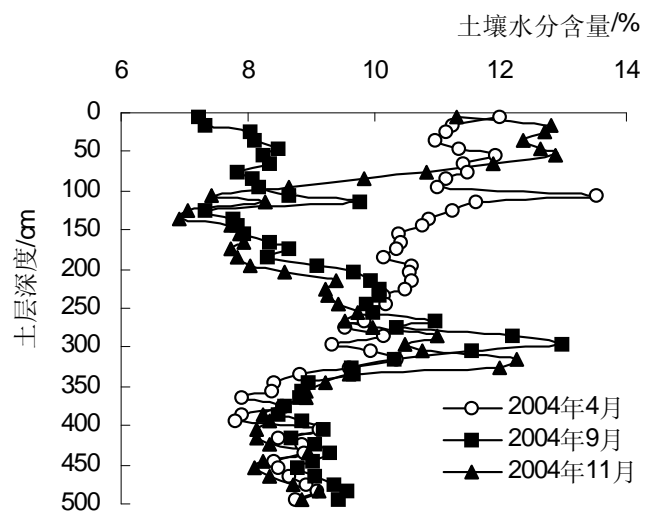


图5 安塞川地达乌里胡枝子草地土壤剖面水分动态

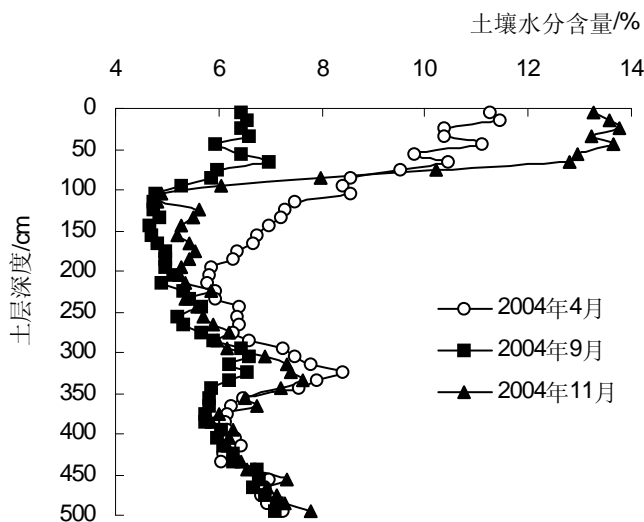


图6 安塞川地柳枝稷草地土壤剖面水分动态

近。说明了柳枝稷可以利用和消耗0~500 cm深度以内的土壤水分。

0~200 cm土壤剖面中,11月的土壤水分含量高于4月和9月的水分含量。含水量变化较大,变化主要受降雨补充影响,表现为活跃层。

而200~320 cm土壤剖面中,4月、9月和11月的土壤水分含量相近(图2),表明了柳枝稷地中,这一层次的土壤水分含量相对稳定,土壤含水量较低,在6%~8%左右波动,接近土壤的凋萎含水量。在330~500 cm土层中,由于柳枝稷的过渡耗水,该层的水分被根系所利用,4月、9月和11月的土壤水分含量几乎一样,土壤含水量严重亏缺,经过雨季的入渗,没有得到明显补偿,土壤含水量处于较低水平,形成土壤干层,干层现象十分明显。

在安塞川地人工豆科草地及禾本科草地中,随着生长进程,土壤剖面中水分含量,显示了明显的动态变化过程。在0~100 cm土层中,9月份各个草地土壤水分含量低于4月份的水分含量。根据当地的气候条件,植物从4月开始生长,5—8月是草本植物旺盛生长的时期,在这一阶段,随草本植物的生长,蒸腾耗水量不断增加,气温不断升高,也促进了土壤水分蒸发的增加;另一方面,随着草地覆盖度增加,可以减少土壤表面水分蒸发,在上述因素的共同作用下,土壤水分蒸发也具有显著的波动性。虽然有一定量的降水补充到土壤(图1),但是,由于草地蒸发散量高于降水对土壤水分的补充量,引起土壤原有的水分消耗,导致了土壤水分含量下降,形成一定程度的土壤干燥层。在11月份,0~100 cm土壤剖面中,土壤水分含量明显高于4月份和9月份的水分含量。进入9月中下旬后,草地生长趋于停止,耗水明显减少,在这一时段,土剖面中水分变化主要取决于土壤表面蒸发与降水量,由于有人工草地的覆盖效应,气温逐步降低,土壤表面水分蒸发量降低,因而,降水量对土壤水分的变化起主导作用。9月中下旬的降水及10月份降水入渗到土壤中,使0~100 cm土层土壤水分得到了一定的恢复(图2~图6)。由此也可以看出,在草地中0~100 cm土层中土壤水分变化活跃。

2.1.2 山地人工草地土壤水分特征 山坡草地中,土壤水分状况决定于降水量、草地蒸散量及坡面径流量等因素,土壤水分含量明显高于川地。在坡面坡度相近的条件下,由于坡面不同种类草本植物生长状况不同,导致地表覆盖度、蒸散量及径流有一定的差异性,所以,不同类型草地土壤中水分含量及其分布有一定的

差别。

在山坡自然草地(荒草地)中(图7),土壤含水量变幅较大,并无明显的土壤干层现象,表明水分条件并未成为制约荒坡草地生长的限制因子。在0~100 cm土层中,2004年11月的土壤含水量高于5月的含水量,同样2005年11月的土壤含水量也高于4月份的含水量,说明植被的生长利用了部分水量,但在生长季末期则可以由降水补给并得到一定恢复。在100~500 cm土层中,2004年5月与11月的土壤含水量相近,其

中,在150~400 cm土层中,2005年4月的土壤水分含量高于11月的水分含量,说明当年用于植被生长的蒸散耗水大于降水补给。在400~500 cm土层中,这两个月的土壤水分含量接近。比较这两年400~500 cm土层中的水分含量可以看出,2005年的土壤水分含量高于2004年的含量,可能主要和这两年的降水量及其分布有关,显示出了,降水可以补给到这个深度的土层中。

在山坡人工达乌里胡枝子草地中(图8),0~100 cm

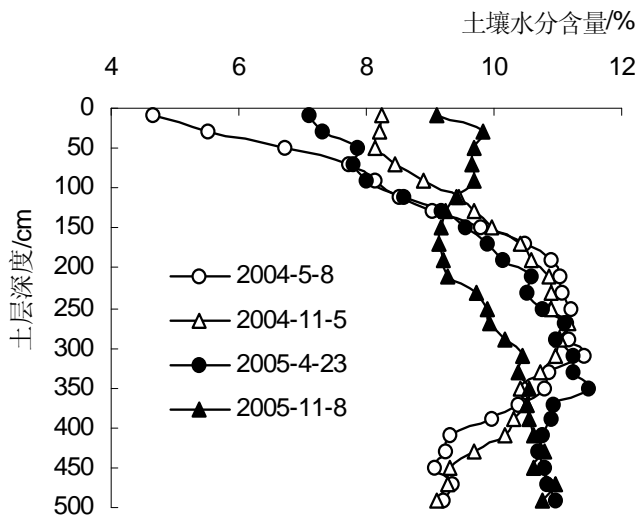


图7 安塞山坡自然草地土壤剖面水分分布动态

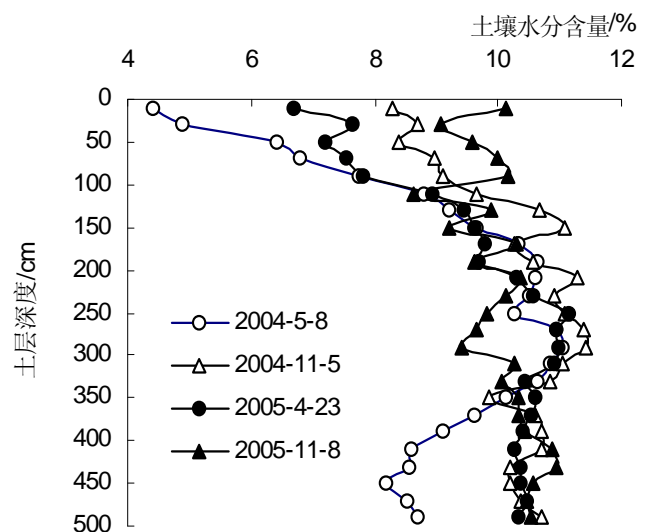


图8 安塞山坡达乌里胡枝子草地土壤剖面水分分布动态

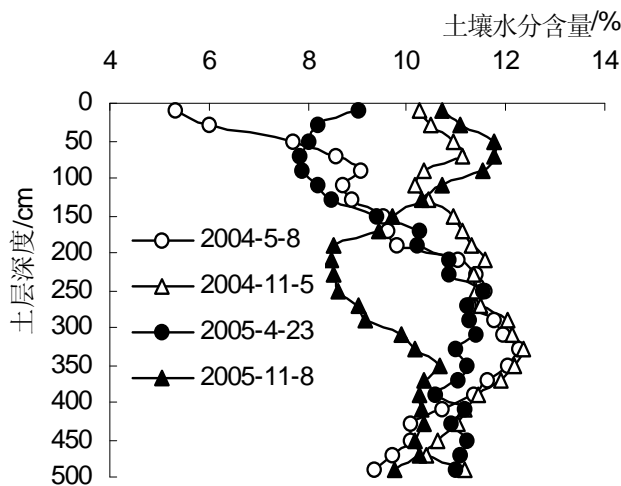


图9 安塞山坡白羊草草地土壤剖面水分分布动态

土层土壤水分动态表现为,2004年11月份的水分含量高于5月份的含量,2005年4月份的水分含量高于2004年5月份的含水量,而低于2004年11月的水分含量,说明在春季,由于风力作用,引起了土壤水分的蒸发损失。2005年11月的水分含量高于2004年11月的水分含量(图8),表明2005年的土壤水分恢复情况较好。在100~350 cm土层中,这2年的土壤水分

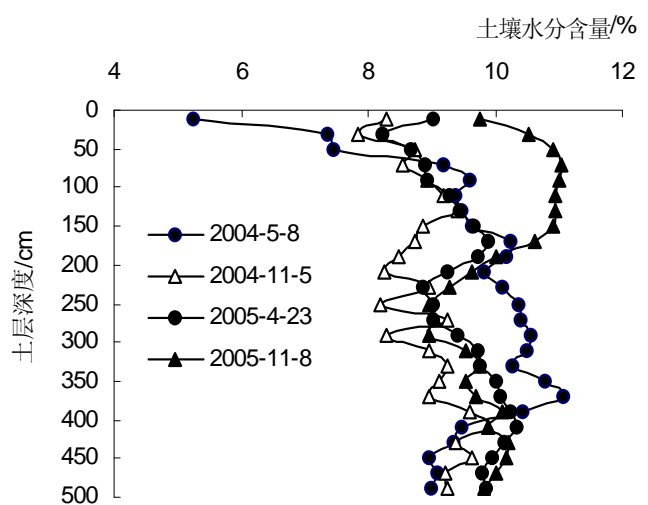


图10 安塞山坡柳枝稷草地土壤剖面水分分布动态

含量接近。在350~500 cm土层中,2004年5月的水分含量低于其他月份的水分含量,表明降水可补充到500 cm深度的土层中。土壤含水量变幅较大,含水量较高,并无明显的土壤干层现象。

在山坡人工白羊草草地中(图9),0~150 cm土层土壤水分动态为,2004年11月份的水分含量高于5月份的含水量,2005年11月的水分含量高于4月份

的含水量,说明生长季末的水分补充成效显著。在150~400 cm土层中,2005年11月土壤水分含量低于2005年4月、2004年5月及2004年11月的水分含量,表明了2005年的土壤水分亏缺大于2004年,而且降水补充的程度不及2004年。在400~500 cm土层中,这4个时段的土壤水分含量接近。并无明显的土壤干层现象。

在山坡地柳枝稷草地中(图10),0~200 cm土层中,2005年11月的土壤水分含量高于其他3个时段的水分含量,说明生长季末期降水可以补充到这一土层。在这一土层中,除过表土外,其他3个时段的土壤水分含量相近。在200~400 cm土层中,2005年4月和11月的土壤含水量相近,二者高于2004年5月的土壤

含水量而低于2004年11月的含水量,说明2005年柳枝稷生长消耗了土壤贮存水;在400~500 cm土层中,2004年和2005年2个时期的土壤含水量分别相近(图10)。

2.2 人工草地土壤剖面中储水量分布及其动态变化

在2005年4月、9月及11月的3个时段,川地草地土壤剖面中100 cm间隔的土层中的储水量,随着土层深度增加,各层的土壤储水量呈现减少趋势(表1)。在4月份中,在0~100 cm土层中,沙打旺和达乌里胡枝草地土壤储水量最高,红豆草和柳枝稷草地的储水量次之,苜蓿地的储水量最低。在0~500 cm土层中总的储水量表现为达乌里胡枝草地>红豆草地>沙打旺草地、柳枝稷草地>苜蓿地(表1)。

表1 安塞川地人工草地土壤储水量动态

| 日期 | 土层/cm | 土壤储水量/mm | | | | |
|------------|-------|----------|-------|-------|--------|-------|
| | | 苜蓿 | 沙打旺 | 红豆草 | 达乌里胡枝子 | 柳枝稷 |
| 2005-04-12 | 0~100 | 104.1 | 140.3 | 133.0 | 146.1 | 130.0 |
| | 0~500 | 391.7 | 480.8 | 499.1 | 647.9 | 479.4 |
| 2005-09-9 | 0~100 | 81.6 | 122.0 | 85.4 | 102.8 | 80.2 |
| | 0~500 | 358.0 | 507.3 | 367.7 | 590.4 | 378.6 |
| 2005-11-11 | 0~100 | 161.6 | 154.5 | 132.6 | 148.9 | 150.6 |
| | 0~500 | 488.3 | 538.4 | 440.6 | 610.8 | 470.5 |

在没有灌溉条件下,草地生态系统中土壤的储水量取决于降水、蒸发散量、地表径流等因素。蒸发散量与植物种类及其生长状况和气象因素有关。在相同降水条件,地表径流受地形条件及植物盖度等因素的影响。土壤储水量与草地生长状况之间有一定的反馈关系。因此,从以上的结果可以看出,在相同的生态环境条件下,草地土壤储水量动态与生长的草的种类及其生

长过程和生长状况具有密切的关系。根据(表1)中各个草地0~500 cm土层的储水量,可以看出,川地生长豆科的苜蓿和禾本科的柳枝稷耗水量大,土壤储水量低。

根据对山坡自然草地与人工草地土壤水分储量的动态监测结果(表2)可以看出,各个草地0~500 cm土层中总储水量的多少为白羊草草地>自然草地柳枝、稷草地>达乌里胡枝子草地。

表2 安塞山坡地人工草地土壤储水量动态

| 日期 | 土层/cm | 土壤储水量/mm | | | |
|-----------|-------|----------|----------|-------|-------|
| | | 自然草地 | 达乌里胡枝子草地 | 白羊草草地 | 柳枝稷草地 |
| 2004-5-8 | 0~100 | 84.7 | 78.2 | 94.9 | 100.4 |
| | 0~500 | 615.0 | 584.8 | 648.0 | 618.0 |
| 2004-11-5 | 0~100 | 108.2 | 112.1 | 137.2 | 109.2 |
| | 0~500 | 642.2 | 667.4 | 725.2 | 579.6 |
| 2005-4-23 | 0~100 | 98.3 | 95.2 | 105.7 | 112.9 |
| | 0~500 | 647.4 | 631.0 | 658.6 | 616.0 |
| 2005-11-8 | 0~100 | 123.8 | 126.9 | 146.7 | 137.3 |
| | 0~500 | 647.6 | 658.9 | 652.3 | 652.3 |

由(表2)结果可以看,在秋季草种生长期及停止生长后,由于降水的补给,在11月份,除白羊草草地土壤0~500 cm土层的储水量与4月份的接近外,其他3类草地土壤0~500 cm土层的储水量明显高于4月份

的储水量,而且,增加储水量主要分布在0~100 cm土层中,说明人工草地因衰败而长势较缓慢。

比较2005年11份的川地与山坡草地土壤0~500 cm土层储水量(表1~表2),可以看出川地草地土壤的

储水量明显低于山坡地的储水量。在山坡草地中,部分降水通过入渗而进入土壤中,另外一部分以地表径流的形式而发生流失,进入土壤中的降水因植物吸收及蒸发而发生损失。因此,在植物生长期长内,降水进入坡面后的循环途为入渗、径流及草地蒸散;在川地草地中,降水几乎全部入渗进入土壤中,进入土壤中的降水,可供植物吸收,同时也通过土面蒸发。所以,在植

物生长期长内,降水进入川地草草地后的循环过程为入渗和蒸散。在植物停止生长后,土壤水分主要通过蒸发过程而损失。在相同降水条件下,川地和山坡草地水分损失的途径不同。川地生长良好,生物量高于山坡,川地植物水分消耗多于山坡的消耗量,所以,引起2005年11月份的川地与山坡草地0~500 cm储水量种差异,主要是由于草地的耗水量不同所致。

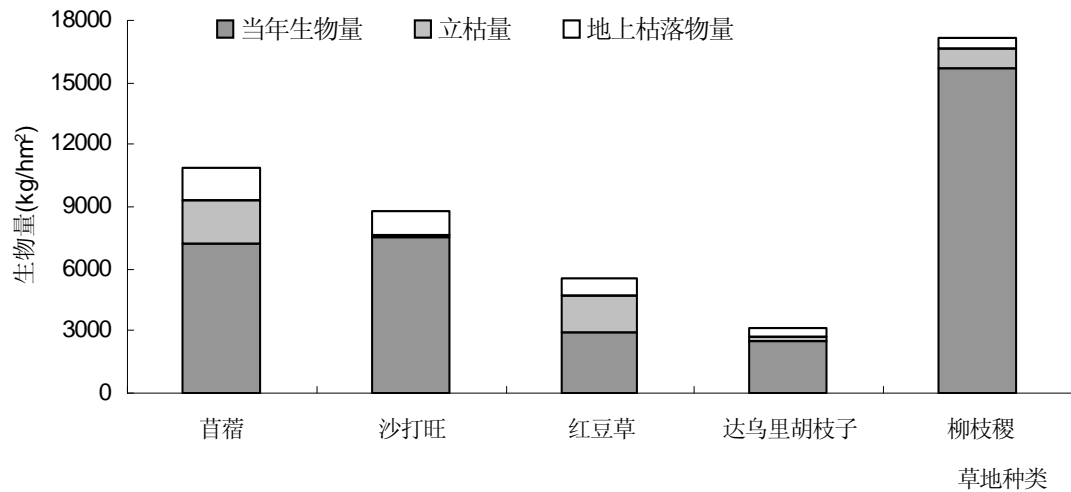


图 11 安塞川地人工草地生物量及其构成

2.3 不同种类人工草地生物量

生物量包括地上生物量及地下根系生物量。根据对川地草地地上的当年生物量、立枯量及地表枯落物量的调查结果(图 11),可以看出,柳枝稷的当年生物量最高,其次为苜蓿,再次为沙打旺生物量,达乌里胡枝子和红豆草的生物量相对较低。

苜蓿地的立枯量最高,其次为红豆草的立枯量,再次为柳枝稷草地的立枯量,沙打旺草地与达乌里胡枝子草地立枯量最少。苜蓿地的地表枯落物量最高,沙打旺和红豆草草地的枯落物量次之,达乌里胡枝子与柳枝稷草地的地表枯落物量最少。草地上全部生物量的顺序

为柳枝稷>苜蓿>沙打旺>红豆草,达乌里胡枝子。

2.4 水分生产效率

植物的水分生产效率为消耗单位水分所生产的干物质质量。植物的水分生产效率与植物种类及其所处的生态环境条件具有密切的关系,从水分生产效率可以表征植物对水分的利用率。在同一生态环境条件下,高光效植物具有较高的水分生产效率。由表 3 可以看出,柳枝稷和苜蓿与沙打旺的耗水量较高,达乌里胡枝子的耗水量次之,红豆草的耗水量较低;水分生产效率的顺序为柳枝稷>苜蓿、沙打旺>达乌里胡枝子、红豆草。

表 3 安塞川地人工种植草地的水分生产效率

| 种类 | 当年生物量/(kg/hm ²) | 耗水量/mm | 水分生产效率/(kg/(hm ² ·mm)) |
|--------|-----------------------------|--------|-----------------------------------|
| 苜蓿 | 7170.6 | 556.6 | 12.9 |
| 沙打旺 | 7499.4 | 580.4 | 12.9 |
| 达乌里胡枝子 | 2542.9 | 496.4 | 5.1 |
| 红豆草 | 2883.4 | 654.4 | 4.4 |
| 柳枝稷 | 15684.3 | 623.7 | 25.1 |

3 小结

1)在安塞川地与山坡草地生态系统中,随着生长进程,土壤剖面中水分含量分布呈现动态变化。在川地草地中,0~100 cm 土层中,3 个时段的土壤水分含量为 11 月>4 月>9 月。含水量的变化主要由降雨量决定

其含水量的高低,表现为变化较为活跃,呈现为活跃层。在 100~350 cm 土层中,不同时段各个草地土壤水分含量差异呈现明显的波动性,与人工草地根系分布有关,呈现为次活跃层。在 350~500 cm 土层中,3 个时段各个草地土壤水分含量较为接近。土壤水分变化

不大,均有一定的土壤干层形成,柳枝稷、苜蓿表现最为明显。

在各个类型的山坡草地0~100 cm土层中,土壤水分含量的动态变化为秋末的水分含量高于春季的水分;在100~500 cm的各土层中,不同时期土壤水分含量差异因草地植物种类不同而变化。

2)在川地各个草地中,不同时期土壤剖面各土层中储水量随着土层深度增加而呈现减少趋势。各个草地土壤0~100 cm和100~200 cm土层中的水分储量变化过程为,从4月到9月,储水量减少,柳枝稷和苜蓿的耗水深度可达到400 cm,从9月到11月各个草地0~100 cm土层的土壤储水量增加,川地草地土壤增加的水分主要储存在0~100 cm土层中。在生长停止后的11月份,红豆草、达乌里胡枝子草地土壤0~500 cm土层储水量到了一定的恢复,苜蓿与沙打旺、柳枝稷草地0~500 cm土层的储水量表现为亏缺。

在山坡草地中,在春季各个草地土壤剖面中土壤储水量的分布特点为,在0~400 cm土层内,土层中的储水量随着土层深度增加而增加,在400~500 cm土层中,储水量呈现降低趋势。2004年和2005年的11月份,各个草地0~100 cm土层储水量增加,各草地100~500 cm各土层水分储量增减幅度呈现波动性。2004年11月,自然草地、达乌里胡枝子草地、白羊草草地土壤0~500 cm土层总储水量增加,土壤水库得到了一定恢复,而柳枝稷草地土壤0~500 cm土层总储水量减少,表现为水分亏缺;2005年11月,自然草地与白羊草草地0~500 cm土层总储水量没有明显变化,土壤水库中水分收支基本平衡;而达乌里胡枝草与柳枝稷草地0~500 cm土层总储水量增加。在相同降水与地形条件下,川地及山坡草地土壤储水量及其分布与草地种类有关,土壤储水量随草地植物生长而发生动态变化。年内草地水分储量动态随着时间进程,表现为消耗减少(春季至初秋)——增加恢复(秋季到冬前)。

3)川地草地上全部生物量的顺序为柳枝稷>苜蓿>

沙打旺>达乌里胡枝子、红豆草。根系生物量随土层深度变化,呈现幂函数关系。

4)柳枝稷的水分生产效率最高,为25.1 kg/(hm²·mm),苜蓿和沙打旺的水分生产效率次之,其值为12.9 kg/(hm²·mm),达乌里胡枝子和红豆草的水分利用效率较低,其值分别为5.1和4.4 kg/(hm²·mm)。

参考文献

- [1] 吴钦孝,杨文治.黄土高原植被建设与持续发展[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 程积民,万惠娥,王静.黄土丘陵区紫花苜蓿生长与土壤水分变化[J].应用生态学报,2005,16(3):435-438.
- [3] 刘沛松,李军,贾志宽,等.宁南旱区苜蓿草地土壤水分消耗规律及粮草轮作土壤水分恢复效应研究[J].中国农学通报,2005,21(9):270-274.
- [4] 于贵瑞,谢高地,王秋凤,等.西部地区植被恢复重建中几个问题的思考[J].自然资源学报,2002,17(2):216-220.
- [5] 山仑.怎样实现退耕还林还草[J].林业科学,2000,36(5):2-4.
- [6] 李洪建,王孟本,柴宝峰.晋西北人工林土壤水分特点与降水关系研究[J].水土保持学报,1998,4(4):60-65.
- [7] 王孟本,李洪建.晋西北黄土区人工林土壤水分动态的定量研究[J].生态学报,1995,15(2):178-184.
- [8] 牛云,张宏斌,刘贤德,等.祁连山主要植被下土壤水的时空动态变化特征[J].山地学报,2002,20(6):723-726.
- [9] 阿拉木萨,蒋德明,范士香,等.人工小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)灌丛土壤水分动态研究[J].应用生态学报,2002,13(12):1537-1540.
- [10] 傅伯杰,杨志坚,王仰麟,等.黄土丘陵坡地土壤水分空间分布数学模型[J].中国科学D辑,2001,31(3):185-191.
- [11] 傅伯杰,王军,马克明.黄土丘陵区土地利用对土壤水分的影响[J].中国科学基金,1999(4):225-227.
- [12] 傅伯杰,马克明,周华峰,等.黄土丘陵区土地利用结构对土壤养分分布的影响[J].科学通报,1998,43(22):2444-2448.
- [13] 杨文治,田均良.黄土高原土壤干燥化问题探源[J].土壤学报,2004,41(1):1-6.
- [14] 王军,傅伯杰,邱扬,等.黄土丘陵区土地利用与土壤水分的时空关系[J].自然资源学报,2001(06):521-524.