

黄土高原半干旱区天然锦鸡儿 灌丛对土壤水分的影响

王志强, 刘宝元, 王晓兰

(北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘要: 本文选择黄土高原半干旱区定西地区的一种地带性植被, 天然甘蒙锦鸡儿灌丛, 将其 0~9.9m 深的土壤水分含量与人工柠条锦鸡儿灌丛、人工杏树林、天然草地、放牧荒坡和农地的土壤水分含量进行了比较。结果发现, 天然锦鸡儿灌丛在 1m 以下土壤各层的水分含量均高于人工柠条灌丛和人工杏树林, 而与放牧荒坡和农地的土壤湿度接近, 略低于农地。天然锦鸡儿灌丛 4m 以上土层的土壤湿度还明显高于天然草地; 天然锦鸡儿灌丛形成的难效—无效水层深度在 2m 土层以上, 而人工柠条灌丛形成的难效无效水层则深达 5.6m, 人工杏树林 4.2m, 天然草地、放牧荒坡分别为 3.6m 和 3.3m, 农地 1m。

关键词: 黄土高原; 半干旱区; 天然锦鸡儿灌丛; 植被类型; 土壤水分

文章编号: 1000-0585(2005)01-0113-08

1 引言

一个地区的土壤水分状况和植被的变化, 主要受大气降雨和温度影响^[1~4], 但在半干旱或干旱地区, 植物也是影响土壤水分含量的主要因素之一^[5~6]。天然植被经过长期演替, 具有空间自组织能力 (spatial self-organization of vegetation), 能够适应一定的土壤水分状况^[7~9]。但人工植被, 尤其是某些多年生深根植物不能很好地适应当地的生物气候条件, 会在较短的时间里改变土壤水分和植被之间的动态平衡关系, 导致生态的不可持续发展^[10~12]。大量研究表明, 许多多年生人工植被具有发达的根系, 能够利用深层土壤水分。多年生豆科牧草紫花苜蓿的根系可以伸到 10m 土层以下^[13], 18 龄苹果树的根系也能伸到 10m 土层^[14]。一般果树的根系至少可以长到 5m 土层的深度^[15]。深根意味着对深层土壤水分的吸收, 即便是在年降雨量为 1700~2700mm 的东亚马孙地区, 次生林可以吸收 6m 以下的土壤水分^[16]。对一些地方, 种植深根高耗水植物是有利的, 如澳大利亚一些地区利用深根植物的高耗水特点以减少降雨入渗, 抑制盐分的上升^[17~18]。多雨地区的丰水年, 深层土壤水分可以得到补偿^[19]。而在干旱半干旱地区, 深层土壤水分一旦消耗, 就很难得到补偿, 长期种植深根植物会导致“土壤水库”的枯竭, 对土地的可持续利用和当地气候造成不利影响^[20~22]。

我国的黄土高原地区, 大多数人工林、人工灌丛和多年生人工豆科牧草植被能造成土壤水分的干燥化^[23~26], 这是黄土高原生态建设中, 土地可持续利用的一个主要制约因素。

收稿日期: 2004-01-08; 修订日期: 2004-05-23

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目“草地与农牧交错带生态系统重建机理及优化生态生产范式 (G2000018605)

作者简介: 王志强(1968-), 男, 宁夏西吉县人, 博士。主要从事植被与土壤水分研究。E-mail: zhiqiwang@163.com

研究既能保护水土、又不恶化土壤水分生态环境的覆被问题,是黄土高原生态恢复和环境建设的一个重大科学问题。在西部开发过程中大面积退耕还林还草的背景下,对该问题的研究更具紧迫性。对这个问题已有学者进行了有益的理论探讨。侯庆春等^[27]强调在植被建设中应给予乡土树种足够的重视。梁一民^[28]认为在黄土高原植被建造中应遵循植被地带性原理。但到目前,对天然地带性植被对土壤水分影响的实证研究较少。作为一种尝试,本文选择位于黄土高原半干旱区甘肃省定西县的天然甘蒙锦鸡儿灌丛(*Caragana opulens* Kom.)、人工柠条锦鸡儿灌丛(*Caragana Korshinskii* Kom.)、人工杏树林(*Prunus dulcis*)以及天然草地、放牧荒坡地和农地,测定其土壤水分含量。甘蒙锦鸡儿与柠条锦鸡儿同属豆科植物的锦鸡儿属(*Caragana* Fabr.)。甘蒙锦鸡儿高可达2m,主要产于察哈尔至甘肃及西康^[27],是该区的一种地带性植被。柠条锦鸡儿也称柠条,高1~3m,主要产于陕甘北部及内蒙古鄂尔多斯、阿拉善等地的沙丘地带^[29],但在黄土高原大多数地区多有人工栽培。黄土高原地区,一年生农作物对土壤水分的消耗主要在2m以上的土层^[30],2m以下土壤的湿度状况,反应了气候与土壤相适应的土壤水分状况,所以农地土壤湿度可以作为研究其他植被对土壤水分影响的土壤水分背景;另外,该区放牧荒坡的土壤湿度要高于人工林草植被^[23],可以用其土壤水分状况辅助分析其他植被对土壤水分的影响程度。本研究的主要目的是通过不同植被类型土壤水分的比较,分析作为地带性植被的天然甘蒙锦鸡儿灌丛对土壤水分的影响。

2 研究区概况和研究方法

2.1 研究区概况

研究区位于黄土高原半干旱区甘肃省定西县城西的仙台山。地理坐标为东经 $35^{\circ}34'$,北纬 $104^{\circ}36'$,平均海拔高度2006m。定西气候属温带半干旱大陆性气候,多年平均降雨量425.1mm,年平均气温 6.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温2239.0 $^{\circ}\text{C}$,干燥度1.97。地貌为黄土长梁丘陵,自然植被为以短花针茅(*Stipa breviflora*)为代表的干草原。坡耕地土壤以黄绵土为主,未受侵蚀的山坡草地和河谷川地分别以山坡麻土和黑麻土为主。土壤质地为中壤,田间持水量为21.2%,凋萎湿度7.2%^[24]。

本研究采样点之一的仙台山是仙台庙所在地,也是定西县城周围重点水土保持治理区之一,据调查封山已达40多年。封山治理区自然植被以短花针茅为建群种,草地中镶嵌着片片纯天然灌丛,建群种为甘蒙锦鸡儿,高度0.5~1.0m,分布面积从几平方米到七八十平方米不等。在没有封育的放牧荒坡上,很难见到成片分布的纯天然灌丛。该区非农作物的人工植被主要为柠条锦鸡儿灌丛和杏树林两种。

2.2 研究方法

本研究在仙台山水土保持封山保护区选择了天然甘蒙锦鸡儿灌丛、人工柠条锦鸡儿灌丛、人工杏树林和天然短花针茅草地。为了避免地貌部位和地形等的不同对土壤水分的影响,以上采样点都选在同一个直型山坡上地貌部位、坡向和坡度相近的地方。天然甘蒙锦鸡儿灌丛分布于天然短花针茅草地群落之中,立地条件与其他植被类型基本一致。在附近山坡选择立地条件与前四者相近的农地和放牧荒坡,作为土壤水分测点。各样点的具体情况见表1。土壤水分测定的样品用土钻取样。土钻由10节1m的钻杆和1个圆凿形钻头组成。将钻头垂直向下压入土壤,可以获得土芯。将土壤从土芯中取出后,立即放入可封闭的铝盒,重复3个。在土深0~3m之间,每20cm测一次水分,3~9.9m之间,每30cm

测一次。当天的土样, 当天用烘干法测定土壤含水量^[31]。土壤水分测定时间为 2002 年 7 月 6 日~8 日, 期间无降雨发生。由于取 10m 深的土样, 打钻比较困难, 本研究对不同植被类型土壤水分采样点没有设重复。但为了保证取样点的代表性, 不同植被类型的采样点, 都选在地貌部位、坡向和坡度都相同或相近的地点。另外, 土壤水分含量还受到土壤有机质含量、土壤结构、土体构型和质地等的影响。但由于黄土的风成特性, 同一地黄土母质的质地、结构等一致,^[32] 所以不同植被类型深层土壤水分含量的差异主要受植被类型的影响。惟有土壤剖面上部, 由于土地利用的不同, 土壤有机质含量和土壤结构等不同, 会引起土壤水分含量的差异。本研究对每一个样点都测定了 0~1m 的土壤有机质含量和土壤容重, 二者都以 20cm 为间隔 (表 2、表 3)。土壤有机质测定用高温外热重铬酸钾氧化——容量法^[33], 土壤容重用环刀法^[34]。由表可以看出, 尽管不同植被类型土壤剖面上部的有机质含量和容重有差别, 但随着土壤深度的增加, 土壤有机质含量和土壤容重的差异逐渐减小。所以不同植被类型 1m 以下土壤水分含量的差异主要受植被类型的影响。本

表 1 土壤水分测点基本情况

Tab. 1 Description of the sample plots

样点名称	地貌部位	坡向	坡度 (°)	生长年限 (年)	植被高度 (m)	地面覆盖度 (%)
农地 (收割)	梁坡中上部	偏东	27		0.5	0
放牧荒坡	梁坡中部	偏东	29		0.3	15
天然灌丛	梁坡中部	偏东	31	20~25	0.8	80
天然草地	梁坡中部	偏东	31	25~30	0.4	90
人工柠条灌丛	梁坡中上部	偏东	29	20	1.2	80
人工杏树林	梁坡中上部	偏东	26	30	4.1	70

表 2 各植被类型样点土壤容重

Tab. 2 Soil bulk density of different vegetation types

土层深度 (cm)	农地 (g/m ³)	放牧荒坡 (g/m ³)	天然草地 (g/m ³)	天然灌丛 (g/m ³)	人工柠条灌丛 (g/m ³)	人工杏树林 (g/m ³)
0~20	1.1	1.16	0.94	0.97	1.03	1.01
20~40	1.24	1.16	0.99	1.04	1.08	1.14
40~60	1.18	1.08	1.00	1.04	1.13	1.14
60~80	1.17	1.21	1.13	1.12	1.14	1.15
80~100	1.15	1.14	1.15	1.14	1.14	1.13

表 3 各植被类型样点土壤有机质含量

Tab. 3 Contents of soil organic matter of different vegetation types

土层深度 (cm)	农地 (%)	放牧荒坡 (%)	天然草地 (%)	天然灌丛 (%)	人工柠条灌丛 (%)	人工杏树林 (%)
0~20	0.94	1.16	1.92	1.78	1.52	1.41
20~40	0.45	0.60	0.58	0.63	0.65	1.02
40~60	0.42	0.37	0.41	0.50	0.53	0.35
60~80	0.25	0.22	0.25	0.31	0.41	0.30
80~100	0.27	0.24	0.22	0.28	0.30	0.32

研究主要对比 1m 以下不同植被类型土壤湿度的差别, 所以, 不再考虑土壤有机质含量、土壤结构等对土壤水分含量的影响。

3 结果与分析

3.1 土壤湿度

图 1 为各种植被类型 0~9.9m 土壤湿度垂直分布曲线。大约在土层 1m 以上, 由于各种植被类型地表覆盖度、土壤有机质含量不同等原因, 土壤湿度规律性不明显。但由于农地农作物已收割, 地表裸露, 加之作物刚收割, 作物对表层水分蒸腾后水分还未得到补偿, 表现出湿度最小。1m 以下, 人工柠条灌丛和杏树林土壤湿度明显低于其他植被类型, 二者在 1~9.9m 的剖面上平均土壤湿度分别为 7.6% 和 8.1% (表 4), 该层内天然灌丛的平均土壤湿度为 10.2%, 农地和放牧荒坡分别为 10.6% 和 10.0%。天然灌丛在农地和放牧荒坡之间, 但相差不大。天然灌丛在 1~9.9m 土层的平均土壤湿度比天然草地高出 1.2 个百分点, 比人工柠条灌丛和杏树林分别高出 2.6 和 2.1 个百分点。

表 4 各植被类型不同土壤层次土壤湿度

Tab. 4 Comparison of soil moisture under different vegetation types

土层深度 (m)	农地 (%)	天然灌丛 (%)	放牧荒坡 (%)	天然草地 (%)	柠条 (%)	杏树 (%)
0~1	5.0	5.8	5.7	5.9	6.7	5.2
1~9.9	10.6	10.2	10.0	9.0	7.6	8.1
0~9.9	9.8	9.5	9.3	8.5	7.4	7.7

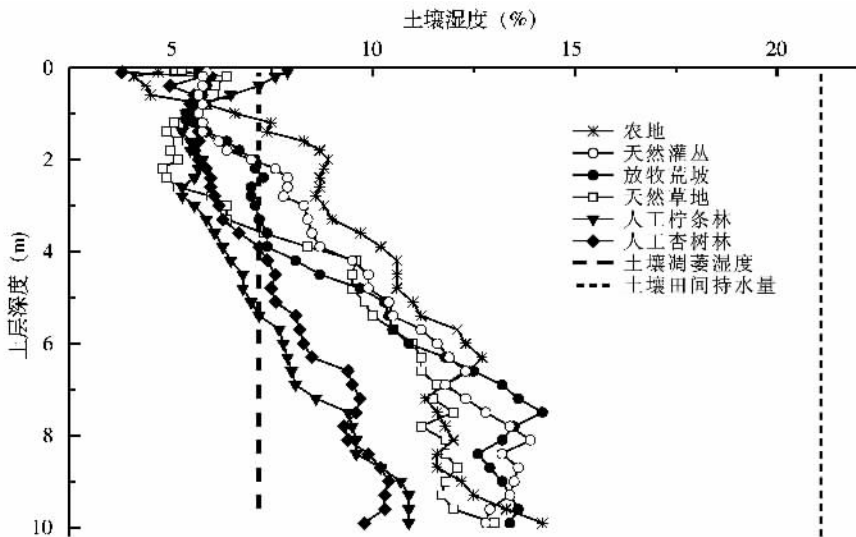


图 1 不同植被类型土壤湿度垂直分布曲线

Fig. 1 Soil moisture of different vegetation types along 0~9.9 m soil profile

由图 1 还可以看出, 天然灌丛和农地土壤湿度在 1m 以下至本次所测定土壤水分的最深处 (9.9m) 都持续显著高于人工柠条灌丛和杏树林。天然灌丛土壤湿度在 1~4m 的土层中还持续高于天然草地, 说明天然灌丛的耗水强度比天然草地小。天然草地在 1~2.5m

的土层范围内, 土壤湿度还低于人工柠条灌丛和杏树林, 向下逐渐升高, 4m 以下与天然灌丛和放牧荒坡接近。1~4m 土层的平均土壤湿度, 按农地、天然灌丛、放牧荒坡、天然草地、人工柠条灌丛和杏树林的顺序分别为 8.3%、7.3%、6.8%、5.5%、5.6%、6.0%。4m 以下, 农地、天然灌丛、放牧荒坡和天然草地的土壤湿度接近, 4 者土壤湿度曲线出现相交现象。4~9.9m 平均土壤湿度, 依前植被类型排列顺序分别为 11.8%、11.9%、11.8%、11.1%、8.7%、9.3%, 前 4 者很接近。通过 4m 上下土层土壤湿度的比较, 说明相对于农地来说, 天然灌丛和天然草地对土壤水分的消耗, 主要在 4m 土层以上, 但天然灌丛的耗水强度低于天然草地。人工柠条灌丛和杏树林相对于农地来说, 耗水深度明显超过了本次所测土壤深度的 9.9m。

已有的研究已经证实, 在黄土高原的其他地方, 一年生农作物和放牧荒坡的土壤湿度高于多年生人工林草植被, 放牧荒坡略低于农地^[23], 这与本次测定的结果一致。但以前的研究很少涉及比较地带性的天然灌丛和天然草地的土壤湿度问题。本次初步测定的结果说明地带性的天然灌丛较其他人工林灌植被耗水要少。

3.2 土壤相对湿度

相对湿度可以反映土壤水分的亏缺程度, 也能反映水分对植物利用的可得性。所以土壤相对湿度可以从另一个角度反映不同植被类型土壤水分干湿程度。根据杨文治等对黄土高原中壤土壤水分有效性的分级标准^[35], 本文将土壤含水量按土壤相对湿度的大小分成难效~无效水和中效水以上两个级别, 既土壤相对湿度小于 35% 时, 土壤水分为难效~无效水; 土壤相对湿度大于等于 35% 时, 为中效水以上级别, 为方便之计, 这里将中效水以上级别的水分统称有效水。相对湿度 35% 所对应的绝对土壤湿度为 7.4%, 与土壤凋萎湿度 7.2% 非常接近。所以实际上, 土壤湿度低于凋萎湿度时, 就是难效~无效水, 高于凋萎湿度时即为有效水。当某个土层土壤湿度持续低于凋萎湿度时, 该土层对植物来说就是无效水层, 持续大于凋萎湿度时为有效水层。由图 1 各植被类型土壤湿度曲线与凋萎湿度线的交点可直观判断各植被类型难效~无效水层和有效水层在 0~9.9m 土壤剖面上的分布情况。各植被类型两种水分级别的土层范围及其平均相对湿度如表 5 所示。

表 5 不同植被类型各土壤水分级别的土层范围及其平均相对湿度

Tab. 5 The soil layers of different soil water availability and corresponding relative soil moisture

植被类型	难效~无效水土层		有效水层	
	土层范围 (m)	平均相对湿度 (%)	土层范围 (m)	平均相对湿度 (%)
农地	0~1.0	26.4	1.0~9.9	51.2
天然灌丛	0~2.0	28.3	2.0~9.9	51.7
放牧荒坡	0~3.3	30.4	3.3~9.9	54.8
天然草地	0~3.6	26.1	3.6~9.9	51.4
人工柠条灌丛	0~5.6	29.2	5.6~9.9	44.7
人工杏树林	0~4.2	27.3	4.2~9.9	44.9

由表 5 可知, 6 种植被类型难效~无效水层的深度, 农地最浅, 为 1m, 天然灌丛为 2m, 放牧荒坡和天然草地分别为 3.3m 和 3.6m, 而人工柠条灌丛深达 5.6m, 人工杏树林为 4.2m。各植被类型难效~无效水层的平均相对湿度都比较接近, 在 26%~30% 之

间。有效水层的平均相对湿度,农地、天然灌丛、放牧荒坡和天然草地接近,在 51%~55%之间。人工柠条灌丛和杏树林低于 50%。包括农地在内的各植被类型有效水层的土壤湿度仅为田间持水量的一半,说明研究区整体土壤水分亏缺较大。

难效~无效水层中的土壤水分对植物来说是难以利用的。如果该层土壤水分不能得到补充,就会对植物的正常生长环境产生不利影响。据已有的研究成果,黄土高原半干旱地区,降雨可以入渗到农地 2m 以下^[24]。但是人工灌丛或林地 2m 土层以下的干燥土层,降雨就很难补偿^[36]。即使将人工柠条灌丛或杏树林砍伐掉,10 几年内土壤水分也不一定能够完全恢复^[21,37]。所以从难效~无效水层深度的角度,也说明了天然灌丛对土壤水分的消耗程度低于人工柠条灌丛和杏树林,也低于天然草地。

4 结 论

本文初步对黄土高原半干旱区定西县的天然甘蒙锦鸡儿灌丛土壤含水量与农地、放牧荒坡、天然草地、人工柠条锦鸡儿灌丛和人工杏树林进行了比较。结果显示,在 1m 土层以下,天然锦鸡儿灌丛土壤湿度略低于农地,与放牧荒坡接近,但显著高于人工柠条灌丛和人工杏树林。4m 以上土层中,天然锦鸡儿灌丛土壤含水量明显高于天然草地,略高于放牧荒坡。4m 以下,天然甘蒙锦鸡儿灌丛、天然草地、放牧荒坡的土壤湿度很接近,也与农地很相近。天然灌丛、天然草地主要消耗 4m 以上土层的水分,人工柠条灌丛和杏树林的耗水深度超过 9.9m。

农地和天然灌丛形成的土壤难效~无效水层分别在 1m 和 2m 土层以上,在年降雨入渗补偿的深度范围内;放牧荒坡和天然灌丛形成的难效~无效水层分别为 3.6m 和 3.3m;人工柠条灌丛和杏树林形成的难效~无效水层深度分别达到 5.6m 和 4.2m,降雨对二者难效~无效水层的水分亏缺补偿已有困难。

本研究显示,作为地带性的天然甘蒙锦鸡儿灌丛对土壤水分的消耗明显低于人工灌丛和杏树林,没有形成难以补偿的土壤干燥化层,这说明从土壤水分可持续利用的角度,该天然植被有一定的优越性。

参 考 文 献:

- [1] Robert G, Kremer E, Raymond H J, *et al.* Simulating vegetational and hydrologic responses to natural climatic variation and GCM-predicted climate change in a semi-arid ecosystem in Washington, U. S. A.. *Journal of Arid Environments*, 1996, 33: 23~38.
- [2] 张军涛,李哲,郑度. 温度与降水变化的小波分析及其环境效应解释. *地理研究*, 21(1): 54~60.
- [3] 满志敏,等. 气候变化对历史上农牧过渡带影响的个例研究. *地理研究*, 2000, 12(2): 141~147.
- [4] 刘俊峰,等. 甘肃平凉地区约 80 万年以来的植被与气候变迁. *地理研究*, 1994, 13(4): 90~97.
- [5] Grason R B, Western A W, Chiew F H S. Preferred states in spatial soil moisture patterns: local and nonlocal controls. *Water Resources Research*, 1997, 33: 2897~2908.
- [6] 罗哲贤. 植被覆盖度对干旱气候影响的数值试验. *地理研究*, 1985, 4(2): 1~9.
- [7] Roelker M, Maarten C B, Frank V L, Reinier HilleRisLambers. Self-organization of vegetation in arid ecosystems. *The American Naturalist*, 2002, 160(4): 524~530.
- [8] Bromley J Brouwer, Barker A P, Gaze S R, *et al.* The role of surface water distribution in an area of patterned vegetation in a semi-arid environment, south-west Niger. *Journal of Hydrology*, 1997, 198: 1~29.
- [9] Klausmeier C D. Regular and irregular patterns in semiarid vegetation. *Science* (Washington D. C.), 1999, 284:

1826~1828.

- [10] Kelly R D, Jose M F. The impact of a novel invasive species, *Orbea variegata* (African carrion flower), on the chenopod shrublands of South Australia. *Journal of Arid Environments*, 1999, 41: 37~48.
- [11] Congbin Fu. Potential impacts of human-induced land cover change on East Asia monsoon. *Global and Planetary Change*, 2003, 37: 219~229.
- [12] Pratap N, Singh R K, Sindhwal N S, *et al.* Water balance and water use efficiency of different land uses in western Himalayan valley region. *Agricultural Water Management*, 1998, 37: 225~240.
- [13] Weaver J E, Zink E. Length of life of roots of ten species of perennial range and pasture grasses. *Plant physiology*, 1945, 21:201~217.
- [14] Wiggans C C. The effect of orchard plants on subsoil moisture. *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, 1936, 33: 103~107.
- [15] Proebsting EL. Root distribution of some deciduous fruit trees in a California orchard. *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, 1943, 43: 1~4.
- [16] Sommer R, Denich M, Vlek P L G. Carbon storage and root penetration in deep soils under small-farmer and-use systems in the Eastern Amazon Region. *Brazil Plant Soil*, 2000, 219:231~241.
- [17] White D A, Dunin F X, Turner N C, *et al.* Water use by contour-planted belts of trees comprised of four Eucalyptus species. *Agricultural Water Management*, 2002,53 (1~3): 133~152.
- [18] Latta R A, Cocks P S, Matthews C. Lucerne pastures to sustain agricultural production in southwestern Australia. *Agricultural Water Management*, 2002,53 (1~3): 99~109.
- [19] Rolf Sommer, Horst Folster, Konrad Vielhauer, *et al.* Deep soil water dynamics and depletion by secondary vegetation in the Eastern Amazon. *Soil Science Society of America Journal*,2003, 67(6):1672~1689.
- [20] Gyenge J E, Fernandez M E, Schlichter T M. Water relations of ponderosa pines in Patagonia Argentina: implications for local water resources and individual growth. *Trees-structure and Function*, 2003, 17(5): 417~423.
- [21] 王志强, 刘宝元, 路炳军. 黄土高原半干旱区土壤干层水分恢复研究, *生态学保*, 2003, 23(9): 1944~1950.
- [22] Timbal B, Power S, Colman R, *et al.* Does soil moisture influence climate variability and predictability over Australia? *Journal of Climate*, 2002, 15(10): 1230~1238.
- [23] 穆兴民, 陈霁伟. 黄土高原水土保持措施对土壤水分的影响. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1999, 5(4): 39~44.
- [24] 杨文治, 余存祖. 区域治理与评价. 北京: 科学出版社, 1992. 241~243.
- [25] 王国梁, 刘国彬, 常兴欣, 等. 黄土丘陵区小流域植被建设的土壤水文效应. *自然资源学报*, 2002, 17(3): 339~334.
- [26] 王志强, 刘宝元, 徐春达, 付金生. 连续干旱条件下黄土高原几种人工林存活能力分析. *水土保持学报*, 2002, 16(4): 25~29.
- [27] 侯庆春, 韩蕊莲, 李宏平. 关于黄土丘陵典型地区植被建设中有关问题的研究——Ⅲ. 乡土树种在造林中的意义. *水土保持研究*, 2000, 7(2): 119~123.
- [28] 梁一民. 从植物群落学原理谈黄土高原植被建造中的几个问题. *西北植物学报*, 1999, 19(5): 26~31.
- [29] 中国科学院植物研究所. 中国主要植物图说(豆科). 北京: 科学出版社, 1955. 320~356.
- [30] 李玉山. 黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响. *生态学报*, 1983, 3(2): 91~101.
- [31] 刘光崧, 蒋能慧, 张连第, 刘赵礼, 等. 土壤理化性质分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996. 121~122.
- [32] 刘东生, 等. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985. 191~400.
- [33] 中国土壤学会编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 107~108.
- [34] 刘光崧, 蒋能慧, 等. 土壤理化性质分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996. 5~7.
- [35] 杨文治, 劭明安. 黄土高原土壤水分研究. 北京: 科学出版社, 2000. 49~115.
- [36] 杨新民, 杨文治. 灌丛的水分平衡研究. *水土保持研究*, 1998, 5(1): 109~118.
- [37] 李细元, 陈国良. 人工草地土壤水系统动力学模型与过耗恢复预测. *水土保持研究*, 1999, 3(1): 166~178.

Effects of natural shrub of *Caragana opulens* Kom. on soil moisture in a semiarid area on the Loess Plateau

WANG Zhi-qiang, LIU Bao-yuan, WANG Xiao-lan

(School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: This study has chosen the shrubs of *Caragana opulens* Kom., a natural zonal vegetation in the semiarid area on northwest Loess Plateau, and compared its soil moisture from 0~9.9m to those of re-vegetated shrubs of *C. korshinskii* Kom., re-vegetated almond forest, natural grassland (protected) dominated by *Stipa breviflora*, intensively grazed grassland and continuous cropland. Soil moistures were measured at the depth over 3m with an interval of 0.2m beneath and with an interval of 0.3m. The purpose was to testify the hypothesis that the zonal natural shrub vegetation consumes less soil water than re-vegetated shrub and forest vegetations.

The results show that the soil moisture of natural shrub of *C. opulens* Kom. was largely higher than those of re-vegetated shrub of *C. Korshinskii* Kom. and almond forest beneath 1m in soil profile, close to those of intensively grazed grassland and cropland, but slightly lower than cropland. The average soil moisture in 0~9.9m soil profiles of natural shrub of *C. opulens*, re-vegetated shrub of *C. korshinskii*, re-vegetated almond forest, natural grassland, intensively grazed grassland and cropland were 9.5%, 7.4%, 7.7%, 8.5%, 9.3% and 9.8%, respectively, and the average soil water moisture from 1~9.9m are 10.2%, 7.6%, 8.1%, 9.0%, 10.6% and 10.0% respectively. The soil moisture of natural shrub land of *C. opulens* was higher than the soil moisture of natural grassland between the soil layer of 0~4m, but beneath 4m, their soil moistures were essentially the same. All vegetation types have resulted in a continuous dry soil layer within which the soil moistures were hard or unavailable to vegetation. The thickness of hard or unavailable water moisture layers of natural shrub of *C. opulens*, re-vegetated shrub of *C. korshinskii*, re-vegetated almond forest, natural grassland, intensively grazed grassland and cropland were 2, 5.6, 4.2, 3.6, 3.3 and 1.0m, respectively. According to previous studies, the layer of unavailable soil moisture above 2m in soil profile is rechargeable by annual precipitation in the study area, but it hardly can be recharged by precipitation for unavailable soil water layers beneath 2m. From this initial study, we concluded that the natural shrubs of *C. opulens* consumes less soil water than re-vegetated shrubs of *C. korshinskii*, re-vegetated almond forest, underlining the importance of the role of zonal vegetation in the vegetation reconstruction in the study area.

Key words: Loess Plateau; semiarid area; natural shrub of *Caragana opulens* Kom.; soil moisture