

文章编号: 1001-1498(2002)02-0143-07

荒漠化地区土壤水分时空格局 及其动态规律研究

王 兵¹, 崔向慧¹, 白秀兰¹, 马全林²

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境研究所, 北京 100091;

2. 甘肃省治沙研究所, 甘肃 武威 733000)

摘要: 本文应用长期定位研究方法对甘肃民勤荒漠化地区土壤水分时空格局及其动态规律进行了研究。研究结果表明:(1)荒漠化地区红柳群落与白刺群落土壤水分年际变化不明显,流动沙丘年际差异较大,最高达 2.538%;(2)根据土壤水分季节变化特点,划分为土壤水分积累期、土壤水分消耗期与土壤水分稳定期;(3)土壤水分含量垂直变化规律是由表层到深层依次递增,受植被、气象、人为等外界因素影响,各群落土壤水分垂直变化范围差异很大;(4)不同坡位土壤水分差异很大,一般下坡位土壤含水量明显高于上坡位与中坡位土壤含水量,前者约是后两者的 2 倍,最高达到 15.408%。

关键词: 甘肃民勤;荒漠化;土壤水分;时空格局;动态规律

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

荒漠化是全球广泛关注的重大环境问题,我国是受其影响最为严重的国家之一^[1]。在干旱、半干旱地区,由于降水少、蒸发强烈,环境总体处于水分亏缺状态,水分是该地区决定生态系统结构与功能的关键因子。土壤水分是生态系统水热平衡中一个重要分量,对整个生态系统的水热平衡起决定作用,土壤水分状况对土壤物理性质和植被生长状况有重要影响。因此,对干旱、半干旱地区土壤水分时空格局及其动态规律进行系统研究,无疑会对研究地区荒漠化防治、退化生态系统的恢复与重建具有重要意义。

因为干旱、半干旱地区降水稀少,且季节分配不均匀,所以土壤水分动态一直是该地区土壤水分的研究重点之一。近年来,有关学者对干旱、半干旱地区土壤水分状况进行了很多研究,但对绿洲与荒漠过渡地带土壤水分动态的连续观测与研究未见报道^[2~5]。本文对甘肃民勤绿洲与荒漠过渡地带土壤水分时空格局及其动态规律进行了系统研究,以期掌握该生态系统的水热平衡规律奠定基础,并为退化生态系统的恢复与重建提供科学依据。

1 研究地区概况

本研究是在甘肃省民勤县西北大约 29 km 的刘家地村(103°15' E,38°38' N)绿洲农业区外缘进行的。从绿洲边缘到流动沙丘之间存在一个宽约 2 000 m 的过渡带,过渡带呈现大量白刺(*Nitraria sibirica* Pall.)、红柳(*Tamarix ramosissima* Ledeb.)等灌丛沙包与丘间地相间分布的

收稿日期: 2001-12-07

基金项目: 国家自然科学基金重大项目“荒漠化发生机制与综合防治优化模式研究”(39990490)的内容之一

作者简介: 王兵(1965-),男,辽宁西丰人,副研究员,在职博士生。

景观。

研究区地处甘肃省西部河西走廊东段北侧的石羊河下游、腾格里与巴丹吉林两大沙漠前缘交汇区,属温带大陆性干旱气候。总的气候特点是,多风沙,温差大,蒸发强烈,降水少,光照充足。多年平均降水量 113.2 mm,主要集中在 7~9 月(占全年的 66.0%);年均蒸发量 2 580.7 mm,为降水量的 23.4 倍;年八级以上大风日数为 27.8 d,年沙尘暴日数为 37 d,风沙危害严重;多年平均气温 7.6。

该地区的地带性土壤为灰棕漠土,包括灰棕漠土、山地灰棕漠土、山地石膏灰棕漠土、盐化灰棕漠土、风化灰棕漠土、钙积灰棕漠土、沙砾质灰棕漠土、灌耕灰棕漠土 8 个亚类。隐域性土壤有盐土、草甸土、风沙土 3 个亚类。天然植被主要是白刺和红柳灌丛;在一些丘间地上,还生长有大量的红砂(*Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim.)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylum* (Bunge.) Maxim.)、花花柴(*Karelinia caspica* (Pall.) Less.)、盐爪爪(*Kalidium foliatum* (Pall.) Moq.)等灌木树种。天然的红柳和白刺灌丛主要以灌丛沙包的形式出现,构成了绿洲外缘大量灌丛沙包与丘间地相间分布的景观。

2 研究方法

2.1 样地选择及其植被特点

2000 年 7 月~2001 年 9 月,以民勤县刘家地村外缘的绿洲与荒漠过渡带为定位研究区域,从绿洲边缘开始,依次选择红柳灌丛沙包、白刺灌丛沙包与流动沙丘作为观测对象。由于距绿洲的距离不同,不同观测对象的植被分布特点也有很大差异(见表 1)。

表 1 不同观测类型植被分布特点

观测类型	红柳灌丛沙包	白刺灌丛沙包	流动沙丘
沙丘植被类型	红柳	白刺	无植被
丘间地植被类型	红砂+花花柴	无植被	无植被
距绿洲距离/m	0~600	600~1 000	1 000
植被盖度/%	15.7	25.6	<5.0

在红柳灌丛沙包与白刺灌丛沙包的样点上,在干沙层(0~13 cm)以下均有根系分布,一般须根系与细根系集中分布在 13~35 cm 的深度范围内,粗根系分布在 45~80 cm 深度。根系的存在改善了土壤的结构,使土壤更疏松,利于水分下渗。另外,在样地土壤表面有 0~1 cm 厚的结皮,尤其在红柳样地上,干沙层中还混杂一定数量的枯枝落叶。而在流动沙丘样点上,由于表层频繁的风蚀作用,土壤颗粒较粗,且有 20 cm 左右的干沙层存在,植被覆盖度很低。

2.2 取样及测定

测定土壤含水量,应用中子水分仪法。在每个选定样点的上坡位、中坡位、下坡位分别埋入中子管,测定每个样点的土壤含水量。从测定开始,每隔 7 d 观测 1 次。另外,在每个样点都安装了自动气象站,用于对空气温湿度、太阳辐射以及降水量与蒸发量等因子的观测。

本文主要研究内容包括:(1)土壤水分的年际差异;(2)土壤水分的月变化与季节动态;(3)各观测类型土壤水分特征对比;(4)按 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100、100~120、120~140、140~160 cm 8 个层次观测土壤含水量垂直动态变化;(5)不同坡位土壤水分差异。

3 结果与分析

3.1 土壤水分年际差异

选择降水量集中的 7~9 月份对 2000、2001 年的土壤含水量进行对比研究。观测结果(见图 1)表明,无论是红柳群落还是白刺群落,2000 年各层土壤平均含水量均比 2001 年高,但差异并不明显,相对变化较小,平缓而稳定;而流动沙丘年际变化较大,在 120~140 cm 处最大相差达 2.538%。主要原因是前两者有植被覆盖,土壤水分变化受气象等外界因素影响很小,而流动沙丘则受降水、蒸发等因子影响明显,土壤水分变化较大。从自动气象站监测资料来看,2001 年降水量相对较低,气候干旱,这也是造成土壤水分年际差异的原因之一。但总体来讲,荒漠化地区土壤含水量年际差异不大,而且随土层深度的增加,年际变化趋势也比较相似。

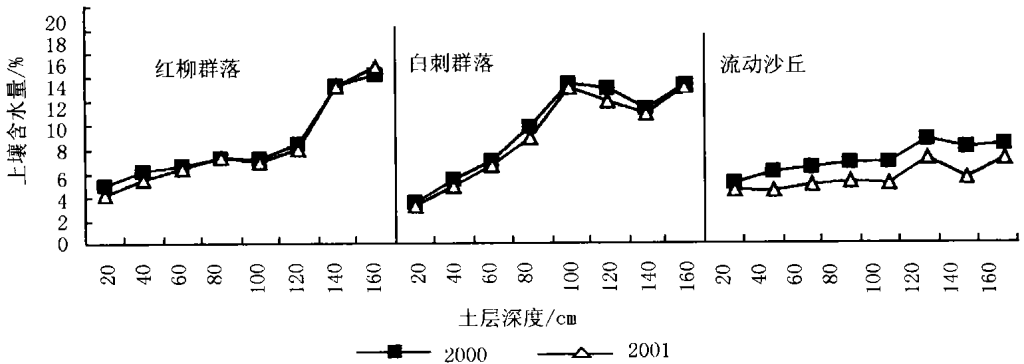


图 1 土壤含水量年际变化

3.2 土壤水分月变化与季节动态

在荒漠化地区,一方面,沙漠中水分向下湿润的深度一般较浅,通常在降雨以后土表立即开始蒸发,湿润层的水分由于蒸发而向下再分配逐渐减少^[6];因为研究地区年降水量平均仅为 113.2 mm,加之蒸发强烈风沙大,所以降水对该地区深层土壤水分影响微弱。另一方面,沙包表面除了有 1 cm 左右的结皮外,还有一定厚度的干沙层,有效阻碍深层水分的大量散失。为了研究土壤水分受多种因素影响而表现出的特征,将各月 0~80 cm 根系分布较集中的土层含

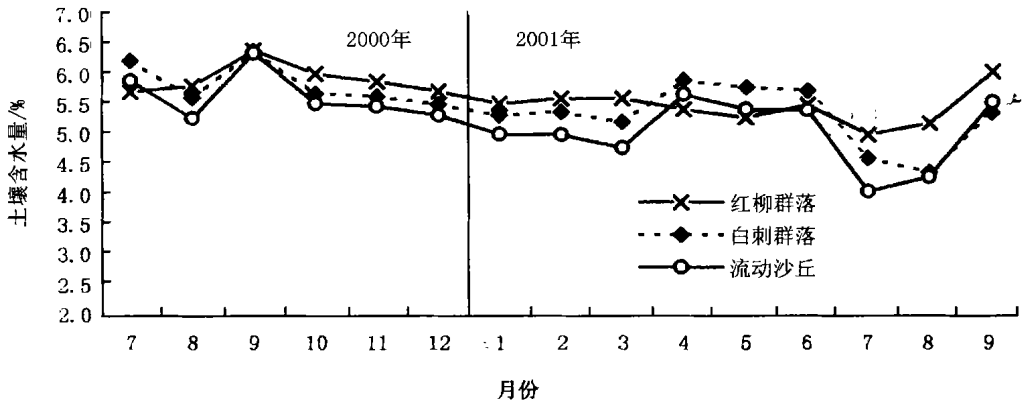


图 2 土壤含水量的季节动态

水量进行平均,得到土壤水分月变化与季节动态(见图2)。

对0~80 cm土层土壤的月平均含水量进行比较,红柳群落、白刺群落与流动沙丘分别为5.607%、5.474%和5.224%,差别很小。由图2可知,土壤最高含水量与最低含水量均出现在9月和7月,最高与最低的差值大小顺序为红柳群落(1.414%) < 白刺群落(2.030%) < 流动沙丘(2.313%)。

在土壤水分的季节变化研究方面,多根据不同季节土壤水分的动态特点,而将其划分为4个时期,即:土壤水分消耗期、土壤水分积累期、土壤水分消退期和土壤水分稳定期,但由于研究地点的不同,各个时期的具体时段划分略有不同^[7,8]。从图2可以看出,除流动沙丘变化幅度较大以外,其他2个群落类型土壤含水量季节变化趋势基本一致,将其划分为3个时期:

土壤水分积累期(4~6、9月):4~6月份是当地积雪融化期,9月份是降雨期,这个时期土壤水分得到了有效的补给,而此时气温适中,植物蒸散与土壤蒸发需水量少,所以土壤含水量有一定幅度的增加过程。

土壤水分消耗期(7、8月):除了降水量与土壤性质是影响土壤水分的主要因素外,另外影响土壤水分的还有植物吸收、蒸散量与气温等因素。在7~8月份,气温升高,植物进入生长盛期,蒸发散大,虽然有一定的降雨,但由于植冠截留与地表结皮的阻碍,沙漠中水分向下湿润的深度一般较浅,通常在降雨以后土表立即开始蒸发,因此土壤含水量出现一个大幅下降过程。

土壤水分稳定期(10月至次年3月):气温降低,植物生长缓慢,逐渐进入休眠期,蒸发散小,土壤水分比较稳定。

3.3 土壤水分的垂直动态

通过对观测数据统计分析,计算出各层次土壤含水量的平均值(见图3)。从土壤层次的垂直变化来看,总的特点是由于有大约20 cm厚干沙层的形成,使得表层土壤含水量最低,一般都在4%左右,在0~120 cm范围内,随着土层深度的增加,土壤含水量从上层向下逐渐增大,但变化平缓(除白刺群落在60 cm后有显著增加外)。这不仅是因为干沙层可以阻碍深层土壤水分的散失,有利于入渗水分的保存,另外深层土壤含有较多粘粒,结构紧密,也使土壤保水效果良好^[9];与之相反,在0~80 cm深度范围内都有不同程度的植物根系存在,因而水分通过植物蒸腾作用有一定数量的消耗。由于以上两种原因,所以在这一土层内,土壤水分垂直变化平缓而稳定。从图3中可以看出,白刺群落土壤水分从80 cm以后开始显著增加,到100~120 cm处达到最大值(12.49%),然后变化平缓并有所下降,这是因为白刺群落在120 cm深度

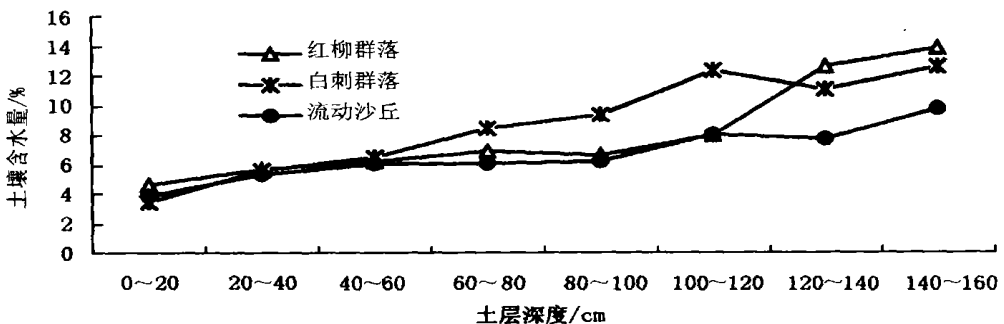


图3 土壤含水量垂直动态

有一粘土层构成的弱透水层,当水分下渗到该层时,土壤水分达到最大值。从图 3 中还可以看出,从 120 cm 深度以后,红柳与白刺群落土壤水分明显高于流动沙丘,最大值差值分别为 4.83 %和 2.57 %。

为了比较不同观测类型土壤水分之间的差异,将每一层土壤含水量的最大值、最小值及其二者差值列于表 2,从中看出,流动沙丘每一层的土壤水分变化幅度最大,白刺群落次之,红柳群落变化最小,这说明红柳群落具有较好的水文效应。

表 2 土壤含水量变化范围

土层深度 /cm	红柳群落			白刺群落			流动沙丘		
	差值	最大值	最小值	差值	最大值	最小值	差值	最大值	最小值
0~20	3.112	6.627	3.515	2.265	4.727	2.462	5.009	7.245	2.236
20~40	1.309	6.211	4.902	1.906	6.662	4.756	2.291	6.422	4.133
40~60	1.031	6.879	5.848	2.334	8.423	6.089	2.436	6.894	4.458
60~80	1.006	7.538	6.532	7.453	15.061	7.608	2.675	7.209	4.534
80~100	1.083	7.485	6.402	1.929	14.613	12.684	4.504	8.739	4.235
100~120	1.593	8.998	7.405	7.661	19.019	11.358	13.809	18.307	4.498
120~140	3.222	10.627	7.405	2.559	13.292	10.733	6.277	10.992	4.715
140~160	2.625	15.211	12.586	3.515	14.637	11.122	12.433	17.049	4.616

3.4 不同坡位土壤水分差异

在不同群落的样地沿上坡位、中坡位、下坡位一条直线埋入中子管观测土壤水分随坡位变化情况(见表 3)。各坡位土壤水分基本呈现出如下变化规律:土壤水分从小到大的顺序是上坡位 < 中坡位 < 下坡位;由于植被覆盖状况、土壤物理性质不同,土壤水分随坡度的变化幅度也有明显差异,红柳群落植被盖度较大,上坡位与中坡位都有红柳覆盖,所以这两个坡位土壤水分变化不明显,而其他两个类型上坡位与中坡位土壤水分则有明显差异;下坡位与上坡位、中坡位相比,土壤水分含量较高,约是后两者的 2 倍,最高分别达到 13.105 %、15.408 %、12.734 %,这是因为下坡位沙漠土壤表面通常起伏不平,低洼的地方能容纳水分,水分在土壤表面的保持和停留,可使水分入渗的时间增加,从而影响土壤含水量的变异性^[10],另外通过对各坡面土壤物理性质分析,下坡位土壤颗粒较细,而细颗粒有利于提高土壤持水性能。

表 3 不同坡位土壤含水量变化

月份	红柳群落			白刺群落			流动沙丘		
	上坡	中坡	下坡	上坡	中坡	下坡	上坡	中坡	下坡
1	5.830	5.810	12.308	6.008	7.506	13.720	4.536	6.291	11.520
2	5.881	5.819	11.483	5.819	8.139	14.560	4.387	6.391	11.426
3	6.079	5.955	11.587	6.073	7.235	13.948	4.473	7.309	10.093
4	5.852	6.429	11.254	5.983	8.031	15.408	5.441	9.455	11.319
5	5.767	5.819	12.118	5.776	6.899	13.559	5.504	9.661	11.133
6	6.159	6.275	12.382	5.988	7.804	13.850	5.814	9.949	12.518
7	6.346	6.610	11.898	5.855	8.083	14.068	5.096	7.321	11.145
8	5.959	6.084	12.707	5.949	7.430	14.274	5.226	6.465	11.782
9	6.049	6.205	13.105	5.909	7.431	13.676	4.602	6.776	12.734
10	5.998	6.157	13.064	6.133	7.964	14.474	4.522	6.485	12.174
11	6.173	6.337	12.816	5.771	7.588	14.250	4.389	6.602	11.404
12	6.675	6.951	12.757	5.876	7.674	14.028	4.517	6.098	10.970

将各月份土壤含水量平均,计算出不同坡位各层土壤水分,各坡位土壤水分随土层深度变化如图4。

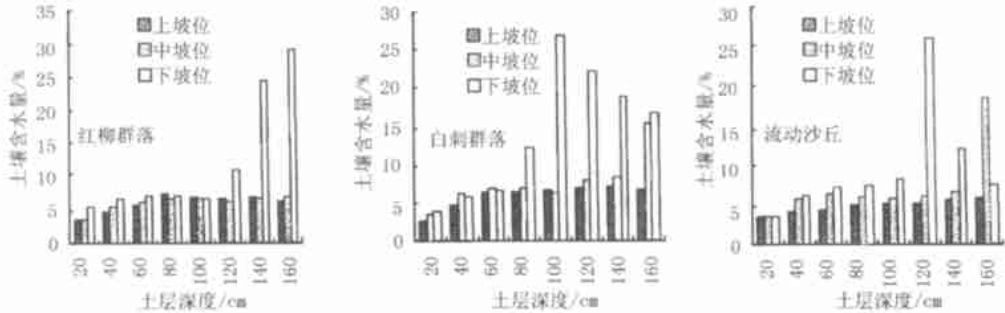


图4 不同坡位土壤含水量随土层深度变化

从图4可知,土壤水分从上而下呈有规律的变化,而且各观测类型都有各自特点。从表层0~20 cm开始,各坡位土壤水分基本随深度增加而平缓增加,在80~100 cm深度后,下坡位土壤水分明显增加,白刺群落、流动沙丘与红柳群落下坡位土壤水分分别在80~100、100~120、140~160 cm处达到最大值。

4 结论

(1) 红柳群落、白刺群落各层土壤平均含水量年际差异不明显,相对变化较小,平缓而稳定;而流动沙丘年际变化较大。主要原因是前两者有植被覆盖,土壤水分变化受气象等外界因素影响很小,而流动沙丘则受降水、蒸发等因子影响明显,土壤水分变化较大。而且土壤水分随土层深度的增加,各群落年际变化趋势也比较相似。

(2) 土壤最高含水量与最低含水量均出现在9月和7月,最高与最低的差值大小顺序为红柳群落(1.414%) < 白刺群落(2.030%) < 流动沙丘(2.313%)。根据不同季节土壤水分的动态特点,将其划分为3个时期:土壤水分积累期(4~6、9月)、土壤水分消耗期(7、8月)和土壤水分稳定期(10月至次年3月)。

(3) 从各群落类型土壤层次的垂直变化来看,总的特点是表层土壤含水量最低,一般都在4%左右,在0~120 cm范围内,随着土层深度的增加,土壤含水量从上层向下逐渐增大,但变化平缓。这是因为干沙层可以阻碍深层土壤水分的散失,有利于入渗水分的保存,另外深层土壤含有较多粘粒,结构紧密,也使土壤保水效果良好。各群落每一层土壤含水量的最大值、最小值及其二者差值表明,流动沙丘每一层的土壤水分变化幅度最大,白刺群落次之,红柳群落变化最小,这说明红柳群落具有较好的水文效应。

(4) 不同坡位土壤水分有很大差异,基本呈现出如下变化规律:土壤水分从小到大的顺序是上坡位 < 中坡位 < 下坡位;由于植被覆盖状况、土壤物理性质不同,土壤水分随坡度的变化幅度也有明显差异,与上坡位、中坡位相比,下坡位土壤水分含量较高,最高达到15.408%,这是因为下坡位沙漠土壤表面通常起伏不平,低洼的地方能容纳水分,水分在土壤表面的保持和停留,可使水分入渗的时间增加,从而影响土壤含水量的变异性,另外通过对各坡面土壤物理性质分析,下坡位土壤颗粒较细,而细颗粒有利于提高土壤持水性能。

(5) 由于气候变化与当地人为活动的干扰,目前荒漠化仍有进一步蔓延的趋势。土壤水分作为灌丛植被维持生命活动的重要水源保证,只有得以合理充分的利用,才能满足当地植被生长的需要,才能维护和建立良好的生态体系,遏止荒漠化的扩展。

参考文献:

- [1] 慈龙骏,吴波. 中国荒漠化气候类型划分与中国荒漠化潜在发生范围的确定[J]. 中国沙漠,1997,17(2):107~112
- [2] 贾宝全,慈龙骏,高志海. 绿洲荒漠化及其评价指标体系的初步探讨[J]. 干旱区研究,2001,18(2):19~24
- [3] 方正三,朱成珙,王伟康. 甘肃民勤沙区的水分初步研究. 全国地理学术会议论文集(自然地理)[C]. 北京:科学出版社,1962
- [4] 张国盛,王林和,董智,等. 毛乌素沙区风沙土机械组成及含水率的季节性变化[J]. 中国沙漠,1999,19(2):145~150
- [5] 李品芳,李保国. 毛乌素沙地水分蒸发和草地蒸散特征的比较研究[J]. 水利学报,2000,(3):17~20
- [6] Daniel D Evans. Water in Desert Ecosystems[M], 1981. 265~271
- [7] 张学利,杨树军. 干旱、半干旱地区林业用地土壤水分研究进展[J]. 辽宁农业科学,2001,(3):28~30
- [8] 刘焯章. 森林生态系统定位研究[M]. 北京:中国林业出版社,1993
- [9] 叶文华. 甘肃民勤沙区土壤水分状况及其与固沙造林和农业生产的关系[A]. 见:中国科学院地理研究所地理集刊(第八号)[C]. 北京:科学出版社,1964. 188~196
- [10] 赵羿. 荒漠生态系统土层的热动态研究[J]. 陆地生态译报,1984,(5):16~23

Research on Temporal and Spatial Patterns and Dynamic Laws of Soil Water Content in Desert Area

WANG Bing¹, CUI Xiang-hui¹, BAI Xiu-lan¹, MA Quar-lin²

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Desert Control Institute, Gansu Province, Wuwei 733000, Gansu, China)

Abstract: Based on long term and position research, the temporal and spatial patterns and dynamic laws of soil water content in Min-qin desert area were studied. Some results are as follows: (1) The change of soil water content in different years is not obviously in *Nitraria sibirica* community and *Tamarix ramosissima* community, but it is great in Shifting sand dune, the maximum is 2.538%; (2) The season dynamic can be divided into three stages: accumulating, consuming and stable; (3) The vertical change of soil water content distribution is obviously, i. e., decrease with the depth; (4) Compared with the bottom of slope and middle slope, the top of slope has higher soil water content, the maximum is 15.408%.

Key words: Min-qin, Gansu; desertification; soil moisture; temporal and spatial patterns; dynamic laws