

半干旱区科尔沁沙地土壤水分时空特征研究^①

刘凯^{1,2}, 高磊¹, 彭新华^{1*}, 张中彬¹

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:采用经典统计和地统计学的方法,分析了2013年半干旱区科尔沁沙地(1.5 hm²)不同植被类型下0~160 cm剖面土壤水分的时空变异特征。结果表明:土壤含水量在剖面上的变异系数在18%~177%之间,属于中等或强变异水平;土壤水分状况影响其变异性,湿季的变异性低于干季。草本植被和灌木通过截留降雨和根系吸水,加剧了土壤水分在空间上的变异。在同一时期,土壤水分的空间自相关性随着深度的增加而不断减小;相同深度的空间自相关性为湿季大于干季。在湿季各层土壤含水量具有较好的空间连续性,而干季各层土壤水分变化均较为剧烈,土壤水分的破碎化程度较高。降雨有促使土壤水分分布趋于均匀及增强空间相关性的效果。

关键词:科尔沁沙地;土壤水分时空变异;地统计学

中图分类号: S152.7

土壤水分是科尔沁沙地植物生长发育的主要限制因子,对土壤-植被-大气传输体中的物质能量迁移转换等一系列水文过程具有重要影响。土壤水分具有高度的时空异质性^[1],其异质性的存在对各种水文过程和土壤形成过程均有显著的影响^[2]。充分认识和把握科尔沁沙地土壤水分的时空变异特征及分布规律,有助于水文模型参数的优化,提高预测精度,制定科学合理的植被布局、配置及管理措施^[3]。

20世纪70年代以来,土壤水分的时空变异逐渐成为水文学和土壤学的研究热点^[2, 4]。随着研究深入,人们对干旱半干旱地区沙地水分状况及其变异特征也有了更多的认识,但多围绕尺度^[5]、土地利用方式^[6]等方面对沙地土壤水分时空变异特征展开研究,并且往往采用统计描述和经典统计学的分析方法关注表层土壤水分的时空变异特征^[1, 7],对于科尔沁沙地植被类型与水分变异性的研究关注较少。本文采用经典统计分析和地统计学的方法,系统地研究了半干旱区科尔沁沙地土壤水分的时空变异特征及其与植被分布类型的关系,以为研究科尔沁沙地水分植被承载力和沙地生态系统恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区位于科尔沁沙地东南缘的中国科学院奈

曼沙漠化试验研究站(42°55'N,120°43'E)。本区属温带半干旱大陆性季风气候,平均海拔345 m,多年平均温度在6.1~6.4℃;多年平均降雨量为366 mm,年内分布不均,主要集中在6—8月;年蒸发量为1937 mm,干燥度为3.9。地貌类型主要以固定沙丘、半固定沙丘以及流动沙丘和甸子地镶嵌分布为主要特征。优势物种有小叶锦鸡儿(*Caragada microphylla*)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*)、黄柳(*Salix gordejewii*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、扁蓿豆(*Melissitus ruthenicus*)、狗尾草(*Setaria viridis*)和沙米(*Agriophy squrosum*)等。地带性土壤为沙质栗钙土,在风的长期作用下退化为风沙土。3种植被类型沙地0~15 cm土壤体积质量(容重)及双环法测得0~20 cm土壤饱和导水率见表1。

1.2 数据获取

在固定沙地内选择一块面积约1.5 hm²的封闭区域,研究区包括裸沙区、草本植被区和灌木区(以10年生小叶锦鸡儿、差巴嘎蒿和黄柳为主),共布设土壤水分测定点84个,其中裸沙区11个、草本区37个、灌木区36个(图1)。用TDR测定每个点0~160 cm的土壤体积含水量,每20 cm测定一层,即每次获取672个土壤水分数据。采样时间为2013年7月至10月,每隔大约15日测定1次,共测定8次。

基金项目:973项目“植物固沙的生态-水文过程、机理及调控”(2013CB429902)资助。

* 通讯作者(xhpeng@issas.ac.cn)

作者简介:刘凯(1988—),男,山东泰安人,硕士研究生,从事土壤水文过程研究。E-mail: kliu@issas.ac.cn

表 1 土壤体积质量及饱和导水率(平均值±标准误差)
Table 1 Soil bulk density and saturated hydraulic conductivity (mean±SE)

参数	生境		
	灌木区	草本植被区	裸沙区
体积质量(g/cm ³)	1.69 ± 0.03	1.54 ± 0.02	1.70 ± 0.01
饱和导水率(mm/min)	7.05 ± 1.18	2.00 ± 0.35	11.43 ± 1.86

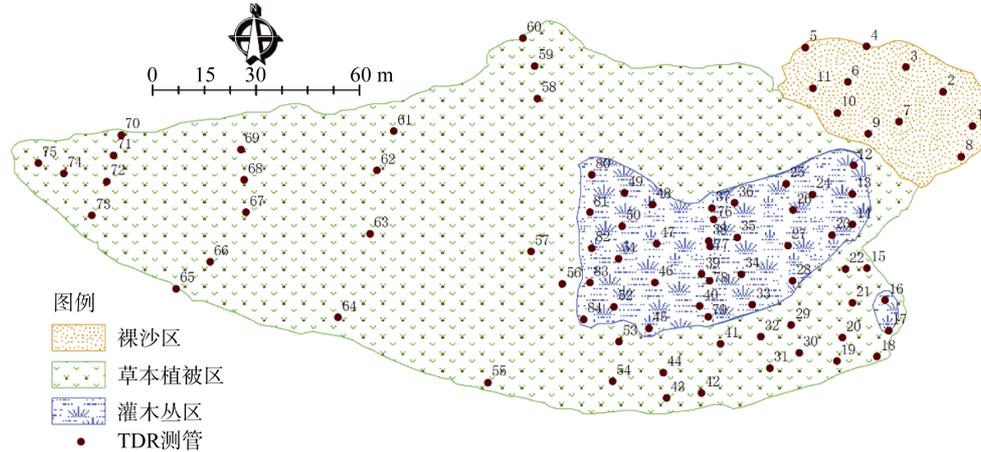


图 1 植被类型分布和土壤水分观测点分布

Fig. 1 Distributions of different types of vegetations and of TDR tubes

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

式中： $\gamma(h)$ 表示滞积距离的半方差函数； $N(h)$ 表示以步长 h 为滞积距离的所有观测点的成对数目； $Z(x_i)$ 、 $Z(x_i+h)$ 分别表示 x_i 和 x_i+h 处的测定值。将得到的 $\gamma(h) \sim h$ 值进行模型拟合，得到3个参数值 C_0 、 C 和 A 。 C_0 代表了块金方差，表示试验或随机部分的空间异质性，是由实验误差和小于试验采样尺度引起的变异。 (C_0+C) 代表基台值，指在不同采样间隔中存在的半方差极大值。 $C_0/(C_0+C)$ 表示块金值与基台值的比值，其值代表了系统变量的自相关部分的空间异质性占总空间异质性的程度，比值<25%、25%~75%、>75%分别表示变量的空间相关性较强、中等、较弱^[10]。变程 A 是区域化变量空间的变异尺度或自相关尺度^[11]。本文假设土壤水分的空间变异规律具有各向同性，用到的理论模型有球状模型、指数模型和高斯模型。以半方差函数的理论模型为基础，采用普通克里格插值法，对未测点进行估计，绘制土壤水分的等值线图。

2 结果与分析

2.1 试验期间降水和气温状况

试验期间共观测到32次降雨事件(图2)，总降雨量为169.4 mm，其中68.8%的次降雨量少于5 mm，其间包括3次较大的降雨事件，分别为7月16日(降

1.3 分析方法

本文采用地统计软件GS+7.0分析研究区土壤水分的空间变异特征。有关地统计学原理参见文献Warrick等^[8]、Rossi等^[9]。在地统计学中，半方差函数是基于区域化变量理论和本征假设，其数学表达如下：

雨量19.8 mm)、7月24日(降雨量20.4 mm)、和8月6日(降雨量15.2 mm)。降雨主要集中在7月和8月，为144.4 mm，9—10月的降雨总量仅为25 mm。因此，本研究将7—8月划为湿季，9—10月为干季。研究区表现为明显的雨热同期。

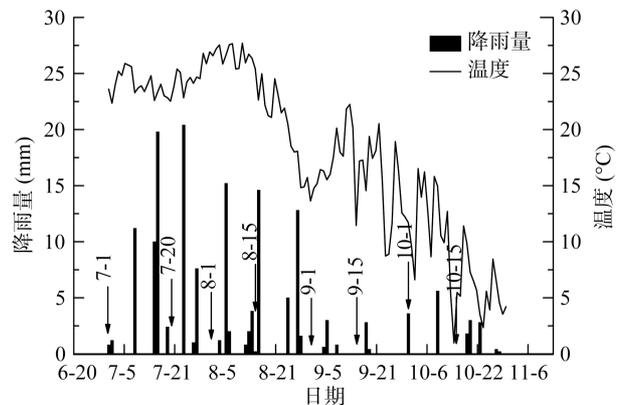


图 2 试验期间降雨及温度状况(箭头表示 TDR 测定日期)

Fig. 2 The precipitation and temperature during the experimental period (Arrows indicate TDR measurements)

2.2 三种植被类型沙地土壤水分特征

土壤水分状况与降水分布密切相关，具有明显的干湿季节变化。不同植被类型对土壤含水量的影响差别显著。由表2可以看出，3种植被类型下土壤含水量：裸沙区>草本植被区>灌木丛区。同一时期，尽管草本植被区和灌木丛区之间的土壤体积质量和饱

和导水率等差异较大,但是土壤含水量的差异不显著 ($P>0.05$),同时均显著低于裸沙区的土壤含水量 ($P<0.05$)。在所研究的尺度上,同一种植被类型,相同时期不同土层的土壤含水量变异系数变化不大,而不同时间的土壤含水量的变异系数差异显著 ($P<0.05$)。较高的土壤含水量对应较低的变异性。相对于土壤深度,土壤水分状况对变异系数的影响更大。这一结果与

Charpentier 和 Groffman^[7]、Bell 等^[12]相一致,而与 Robinson 和 Dean^[13]相反。原因主要是由于降雨提高了沙地的土壤含水量,使得土壤的异质性对水分入渗和持水能力的影响减弱,从而导致土壤水分的变异性减弱^[14];另外,在干季,斑块状植被对土壤水分的消耗加大了其空间变异性,而土壤性质(土壤体积质量、饱和导水率)等则对土壤水分的影响较小。

表 2 3种植被类型下沙地湿季和干季土壤含水量统计(v/v, %)
Table 2 Soil moistures in soil profiles under different vegetation types in wet and dry seasons

土层 (cm)	灌木丛区				草本植被区				裸沙区			
	湿季		干季		湿季		干季		湿季		干季	
	平均值	变异系数 (%)	平均值	变异系数 (%)	平均值	变异系数 (%)	平均值	变异系数 (%)	平均值	变异系数 (%)	平均值	变异系数 (%)
0~20	5.26	45	1.05	173	4.98	48	1.61	115	7.54	28	5.28	48
20~40	3.04	91	0.63	177	3.74	75	1.40	139	7.54	26	4.62	46
40~60	3.25	74	1.20	113	4.19	58	2.28	92	8.15	23	4.63	47
60~80	3.27	74	1.55	117	3.61	69	2.31	109	7.55	27	4.51	54
80~100	3.30	75	1.74	117	4.86	56	3.56	78	7.11	23	4.91	34
100~120	4.04	76	2.58	111	5.79	52	4.24	76	7.24	19	5.78	20
120~140	5.00	60	3.71	80	6.05	54	4.80	63	6.99	18	6.03	21
140~160	5.90	45	4.31	68	6.69	43	5.54	57	7.96	30	6.64	45

由图 3 可以看出,不同的干湿条件下,土壤水分的剖面分布特征有较大差异。从 7 月 1 日到 10 月 15 日,裸沙区各层土壤含水量呈下降趋势,但均高于草本植被区和灌木丛区。8 月中旬是裸沙区土壤含水量变化的分水岭。8 月中旬以前,其垂直剖面的土壤含水量分布呈先增加后减小再增加的倒“S”分布,而 8 月中旬以后则呈先减小后增加趋势。这可能是由

于湿季的降雨对深层土壤进行了水分的补给,表层受到强烈的蒸发条件的影响,土壤含水量下降,下层土壤水分的毛管作用较弱,反而提高了表层以下沙土层的保水作用。湿季过后,随着雨量减少,深层土壤水分的补给减少,裸沙区的土壤含水量呈现整体下降趋势,蒸发与降雨的综合作用使得土壤含水量呈现先减小后增加趋势。

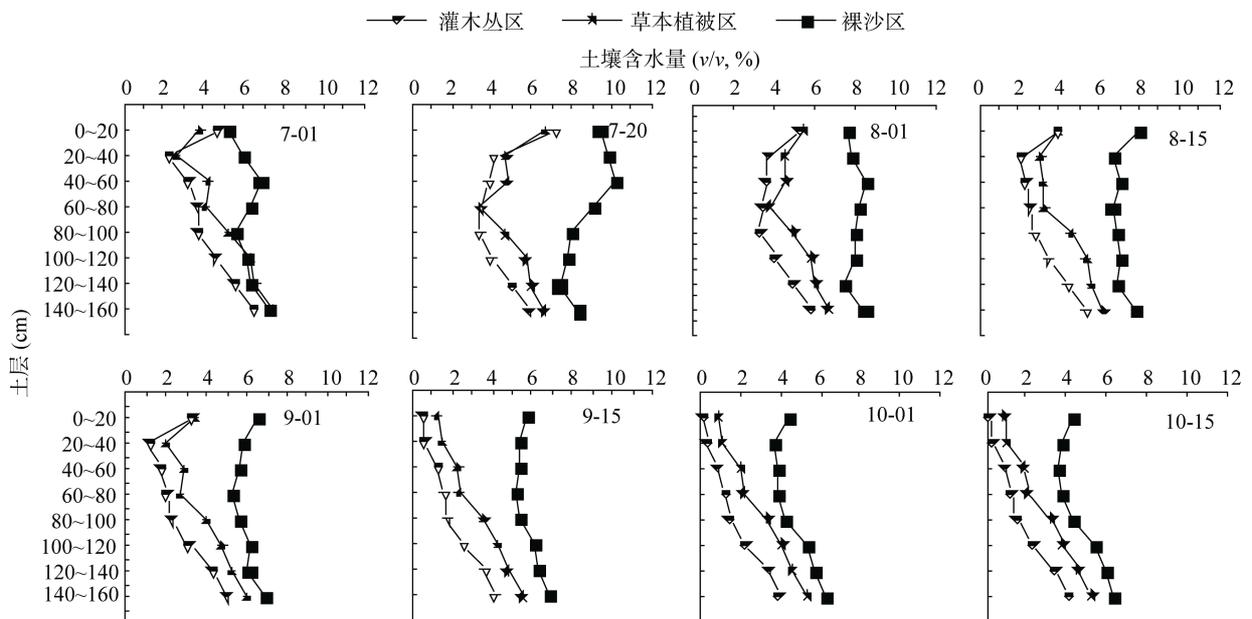


图 3 土壤水分随土壤深度(0~160 cm)的变化分布图
Fig. 3 Distributions of soil moistures in soil profiles(0-160 cm)

由图 3 还可以看出,从 7 月 1 日至 10 月 15 日,草本植被区的各层土壤含水量均高于灌木丛区,但是,灌木丛区和草本植被区土壤含水量的变化趋势基本一致。特别是在 7 月 1 日至 9 月 1 日,两者的土壤含水量变化在垂直剖面上呈现先减小后增加的趋势。出现这种现象的原因一方面可能是由于该地区蒸发强烈,降雨量较少,表层(0~20 cm)受降雨以及蒸发作用影响显著,深层沙土层(>20 cm)的水分补给较少,受蒸发作用影响较小。草本植被以及小叶锦鸡儿、黄柳和差巴嘎蒿等灌木、半灌木的根系主要集中于 10~80 cm,因此,该段土层土壤含水量较低。另一方面,在湿季,草本植被区和灌木丛区具有丰厚的枯枝落叶层,能够截留降水,由苔藓、绿藻、地衣、真菌和细菌以及一些非维管束植物组成的生物土壤结皮^[15],使沙土层形成了“结皮层+细沙层”的二元剖面结构,减少了降雨对结皮层以下沙土层水分的补给^[16-17],提高了沙地表面的土壤持水性^[18-19],从而在雨季形成了“上高-中低-下高”的土壤含水量的剖面分布格局。随着湿季的结束,土壤含水量逐渐下降,在小叶锦鸡儿等高耗水灌木的根系吸水能力显著高于一年生草本植物的条件下,使得在两种植被类型区土壤水分状况相对恶化的同时,草本植被区的土壤含水量明显高于灌木丛区。

通过对比图 3 灌木丛区和草本植被区的水分剖面特征还可以发现,在 7 月 1 日至 9 月 1 日的时间区间,草本植被区的 40~60 cm 垂直剖面出现了明显的水分增加层。土壤含水量呈先减小后增加,再减小后增加的“W”型分布。这种现象可能是由于雨水补给过程中,

灌木对水分的吸收截留高于草本植物,使得到达 40~60 cm 土层的重力水含量不同;而在 60 cm 以下,由于沙土层压实,造成土壤体积质量和机械阻力增加,孔隙度降低,渗透性下降,使得在 40~60 cm 深度形成了明显的干湿界面。这一现象也进一步表明,相对于草本植被,灌木植被更易引起沙地土壤水分状况的恶化。

2.3 土壤含水量的变异函数分析

在地统计学中,变异函数 $\gamma(h)$ 是区域化变量在分隔距离上各样本变异的量度,因此,可作为土壤水分空间变异的分析工具^[20]。在沙地剖面垂直方向,每 20 cm 为一层,在各向同性条件下,获得各层的半方差函数,以表征不同干湿季土壤水分的空间自相关。

表 3 是变异函数的理论模型和相关参数。从半方差函数结果分析发现,在不同的干湿条件下,各层土壤水分均存在着良好的空间结构。湿季,100~120 cm 土层土壤含水量的 $C_0/(C_0+C)$ 值为 0.07,土壤水分的空间相关性较强,其余各层的 $C_0/(C_0+C)$ 值均位于 25%~75%,表明这些层次的土壤含水量其变程范围内由空间自相关部分引起的异质性程度中等。干季,0~20、40~60、80~100、100~120 cm 土层土壤含水量的 $C_0/(C_0+C)$ 值均低于 25%,表明这些层次的土壤含水量在其变程范围内由空间自相关部分引起的异质性程度较强,其余层次相关性中等。

总体来看,湿季和干季土壤含水量的 $C_0/(C_0+C)$ 值均<75%,相关性中等或较强,特别是 40~60 cm 土层土壤含水量的 $C_0/(C_0+C)$ 均位于 25% 左右。同时,湿季的 $C_0/(C_0+C)$ 值要明显高于干季,即在变程范围内,湿季的空间自相关性部分引起的异质性程度

表 3 不同深度土壤含水量的变异函数理论模型及相关参数
Table 3 Semivariogram models and parameters of soil moistures in different soil layers

时间	土层(cm)	模型	C_0	$C/(C_0+C)$	$C+C_0$	$A(m)$	RSS	R^2
湿季	0~20	指数	1.96	0.50	3.92	82.2	3.02	0.492
	20~40	球体	3.48	0.61	8.91	117	4.53	0.890
	40~60	球体	2.25	0.72	8.07	98.8	4.72	0.909
	60~80	高斯	3.69	0.56	8.41	94.2	6.11	0.861
	80~100	指数	2.89	0.58	6.94	59.1	5.65	0.684
	100~120	高斯	0.57	0.93	8.20	10.9	9.65	0.603
	120~140	球体	4.12	0.51	8.45	55.0	9.76	0.694
干季	140~160	指数	3.49	0.50	6.98	56.4	6.53	0.446
	0~20	高斯	1.12	0.80	5.70	80.2	4.57	0.893
	20~40	高斯	1.96	0.66	5.76	91.6	4.91	0.836
	40~60	球体	1.10	0.79	5.28	91.8	3.18	0.887
	60~80	球体	2.84	0.58	6.82	87.2	5.32	0.807
	80~100	指数	1.05	0.85	6.82	26.1	4.91	0.678
	100~120	指数	1.19	0.87	9.16	14.7	6.33	0.525
120~140	指数	4.12	0.50	8.24	49.8	10.3	0.438	
140~160	指数	3.07	0.64	8.46	41.4	7.57	0.682	

要大于干季。这可能与土壤水分状况、植被生长状况以及干季放牧等有关。湿季,土壤含水量较高,灌木、半灌木和一年生草本植物生长旺盛,特别是在 40 ~ 80 cm 的土层,植物根系发达,土壤水分的相关性增强;干季,水分亏缺,植被退化,根系生长受阻,同时地表受到当地放牧的牛羊和野生动物的啃食践踏。因而,湿季和干季的土壤水分空间结构差异显著。

变程 A 代表变量空间自相关性的最大范围。在该范围内,变量具有空间的自相关特性,反之则不存在。因此,变程提供了研究某种属性相似范围的一种测度^[21]。本研究中,相同时期,不同深度的空间自相关范围差异明显,且随着深度的增加不断减小;不

同时期,湿季大于干季。这说明影响土壤水分时空差异的生态过程在不同的尺度上起作用,且受到水分状况的影响。一方面,湿季的降雨能够对表层土壤水分一定的补给,弥补了土壤的异质性造成的水分差异,使得土壤水分的空间自相关性存在于更大的尺度上^[22];另一方面,由于研究区植被根系主要集中于 80 cm 以上,对于水分的空间自相关性影响显著。

2.4 土壤含水量的空间分布特征

为了更直观地反映土壤水分的空间分布特征,利用普通克里格插值方法^[23]绘制土壤水分等值线图(图 4、图 5)。从图中可以看出,湿季和干季不同深度土壤水分的空间变异性差异显著。在湿季,各层土

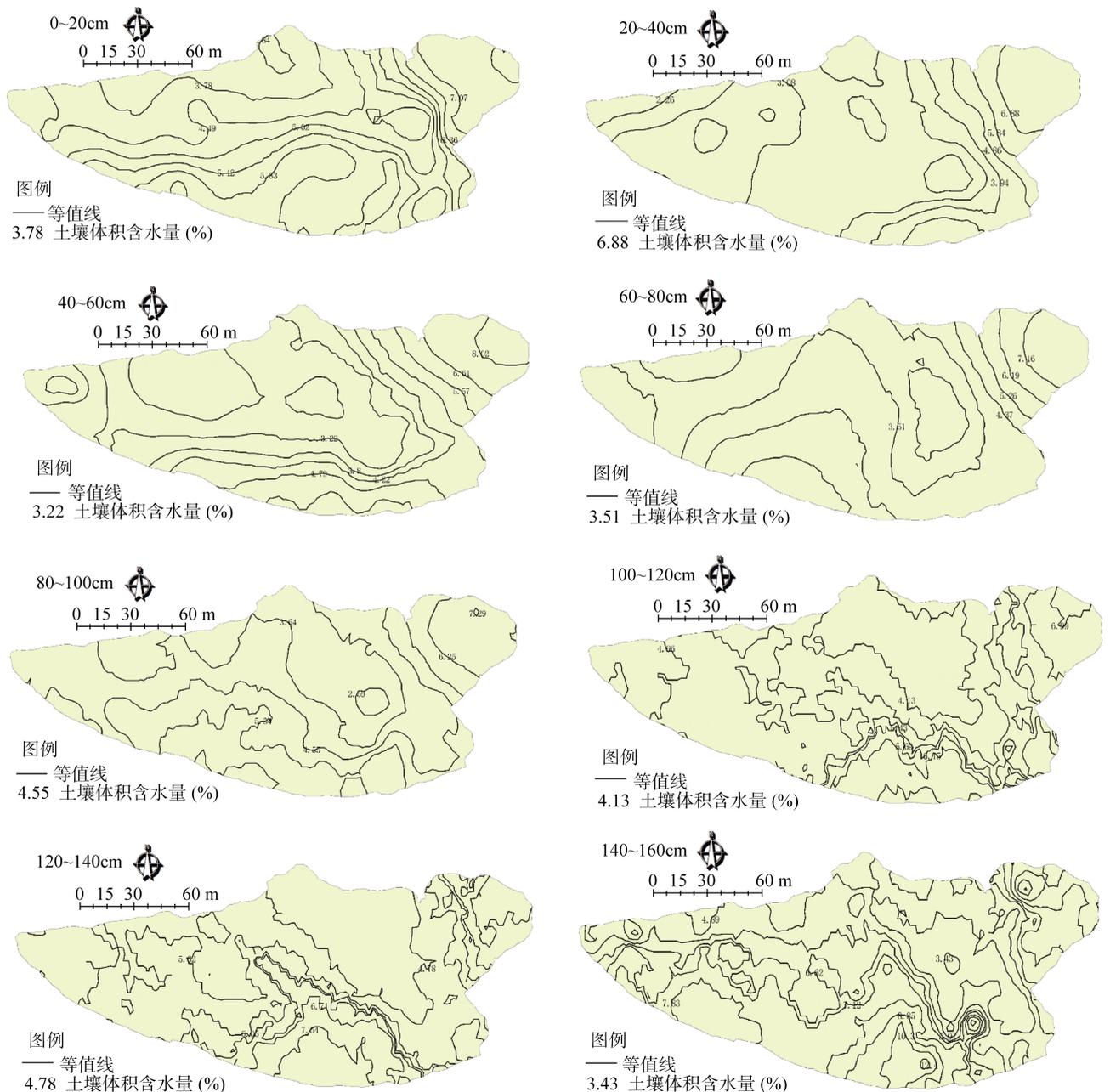


图 4 湿季下 0-160 cm 各层土壤含水量等值线图

Fig. 4 Contour maps of soil moistures in different layers of 0-160 cm in wet season

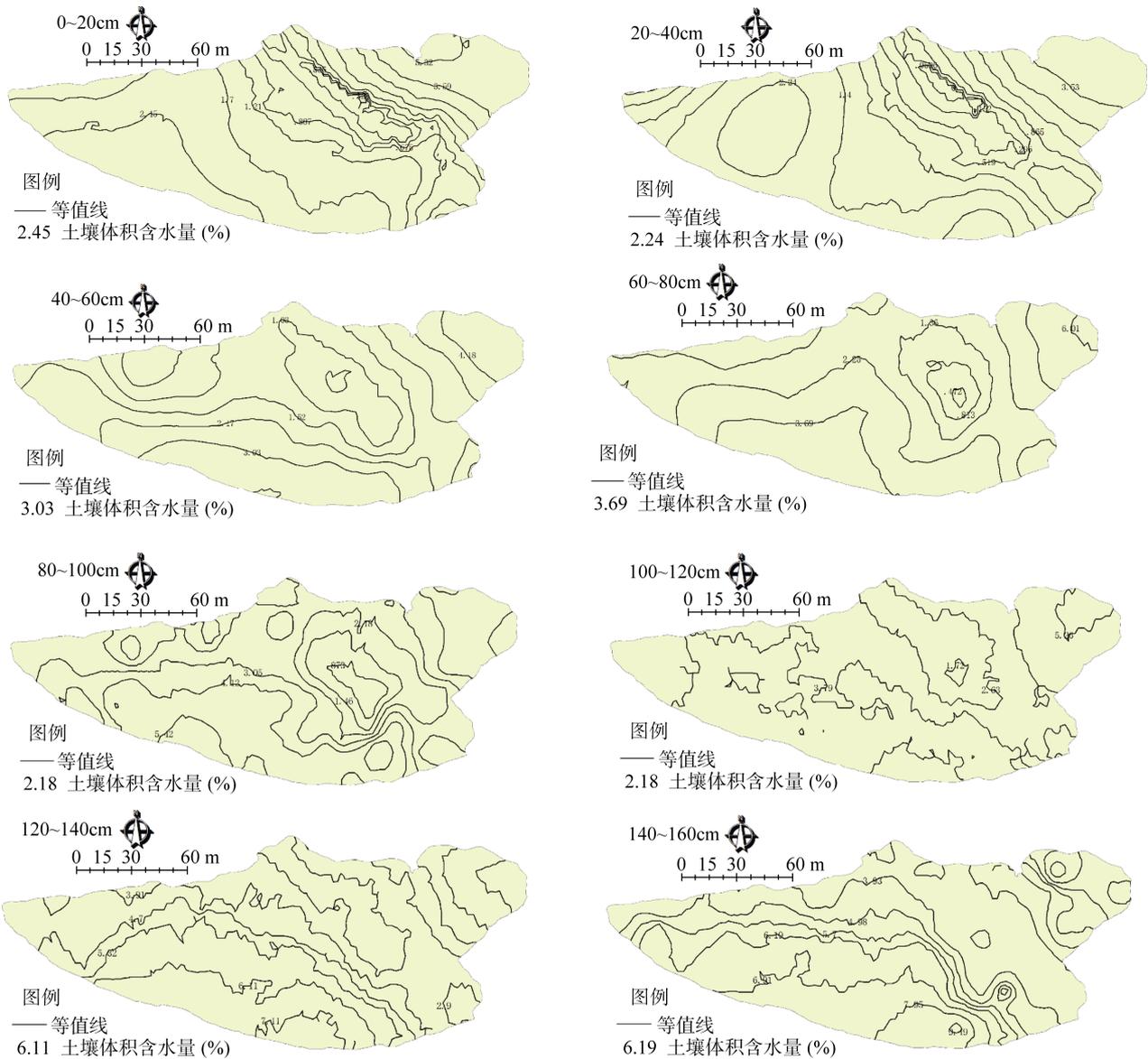


图 5 干季下 0-160 cm 各层土壤含水量等值线图

Fig. 5 Contour maps for soil moistures in different layers of 0-160 cm in dry season

壤水分的空间变异性较弱,土壤含水量具有较好的空间连续性。在干季,各层土壤水分变化均较为剧烈,斑块特征明显,土壤水分的破碎化程度较高,空间变异相对较强。这表明降雨有促使土壤水分分布趋于均匀及空间相关性增强的效应。灌木区土壤含水量相对偏低,土壤水分呈斑块状分布;草本植被区,土壤含水量相对偏高,水分的空间连续性较强,随着深度增加,土壤水分的破碎化程度先减小后增加;裸沙区各层土壤含水量最高,空间连续性最强,空间变异相对最弱。土壤水分的等值线图直观地反映了前面分析的变化规律。

3 结论

1) 在所研究的 3 种植被类型中,草本植被区和

灌木丛区土壤含水量的差异不显著,但是均显著低于裸沙区。土壤含水量在剖面上的变异系数为 18%~177%,属于中等或强变异水平;降雨降低了土壤水分的变异性,而一年生草本植被和灌木植被对降雨的截留和对土壤水分的吸收,引起沙地土壤水分状况的恶化,而且增加了土壤水分的变异性。

2) 土壤水分的异质性在干季不同。在变程范围内,湿季的空间自相关性部分引起的异质性程度大于干季。相同时期,不同深度的空间自相关范围随着深度的增加不断减小;不同时期,相同深度的空间自相关范围,湿季大于干季。这说明影响土壤水分时空变异的生态过程在不同的尺度上起作用,且明显受到沙地水分状况的影响。湿季,各层土壤水分的空间变异性较弱,土壤含水量具有较好的空间连续性;干季,

各层土壤水分变化均较为剧烈,土壤水分的破碎化程度较高。这表明降雨有促使土壤水分分布趋于均匀及空间相关性增强的效果。

致谢:该研究工作得到中国科学院奈曼沙漠化试验研究站的支持,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] Famiglietti JS, Rudnicki JW, Rodell M. Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas[J]. *Journal of Hydrology*, 1998, 210(1-4): 259-281
- [2] Western AW, Zhou SL, Grayson RB, McMahon TA, Blöschl G, Wilson DJ. Spatial correlation of soil moisture in small catchments and its relationship to dominant spatial hydrological processes[J]. *Journal of Hydrology*, 2004, 286(1-4): 113-134
- [3] 王云强, 邵明安, 刘志鹏. 黄土高原区域尺度土壤水分空间变异性[J]. *水科学进展*, 2012, 23(3): 310-316
- [4] Wendroth O, Pohl W, Koszinski S, Rogasik H, Ritsema CJ, Nielsen DR. Spatio-temporal patterns and covariance structures of soil water status in two Northeast-German field sites[J]. *Journal of Hydrology*, 1999, 215(1-4): 38-58
- [5] 胡伟, 邵明安, 王全九. 黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异的尺度性研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(8): 11-16
- [6] 刘贤赵, 衣华鹏. 渭北旱塬土壤水分空间变异性[J]. *山地学报*, 2004, 22(5): 521-527
- [7] Charpentier MA, Groffman PM. Soil moisture variability within remote sensing pixels[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012), 1992, 97(D17): 18 987-18 995
- [8] Warrick AW, Myers DE, Nielsen DR. Geostatistical methods applied to soil science[A] // Klute A. *Methods of Soil Analysis (Part I): Agronomy Monograph No: 9[C]*. Madison, WI: ASA SSSA, 1986: 53-82
- [9] Rossi RE, Mulla DJ, Journel AG, Franz EH. Geostatistical Tools for Modeling and Interpreting Ecological Spatial Dependence[J]. *Ecological Monographs*, 1992, 62(2): 277-314
- [10] Cambardella C, Moorman T, Parkin T, Karlen D, Novak J, Turco R, Konopka A. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1994, 58(5): 1 501-1 511
- [11] Webster R. *Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field//Advances in Soil Science[M]*. New York: Springer, 1985: 1-70
- [12] Bell K, Blanchard B, Schmutge T, Witzak M. Analysis of surface moisture variations within large-field sites[J]. *Water Resources Research*, 1980, 16(4): 796-810
- [13] Robinson M, Dean T. Measurement of near surface soil water content using a capacitance probe[J]. *Hydrological Processes*, 1993, 7(1): 77-86
- [14] Reynolds S. The gravimetric method of soil moisture determination Part III An examination of factors influencing soil moisture variability[J]. *Journal of Hydrology*, 1970, 11(3): 288-300
- [15] Eldridge D, Greene R. Microbiotic soil crusts-a review of their roles in soil and ecological processes in the rangelands of Australia[J]. *Soil Research*, 1994, 32(3): 389-415
- [16] 李守中, 肖洪浪, 宋耀选, 李金贵, 刘立超. 腾格里沙漠人工固沙植被区生物土壤结皮对降水的拦截作用[J]. *中国沙漠*, 2002, 22(6): 612-616
- [17] Fearnough W, Fullen M, Mitchell D, Trueman I, Zhang J. Aeolian deposition and its effect on soil and vegetation changes on stabilised desert dunes in northern China[J]. *Geomorphology*, 1998, 23(2): 171-182
- [18] West NE. Structure and functions of microphytic soil crusts in wildland ecosystems of arid to semi-arid regions[J]. *Advances in Ecological Research*, 1990, 20: 179-223
- [19] Eldridge DJ, Tozer ME, Slangen S. Soil hydrology is independent of microphytic crust cover: Further evidence from a wooded semiarid Australian rangeland[J]. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1997, 11(2): 113-126
- [20] 苏永中, 赵哈林, 崔建垣. 农田沙漠化演变中土壤性状特征及其空间变异性分析[J]. *土壤学报*, 2004, 41(2): 210-217
- [21] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 陈利顶, 余莉. 黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J]. *生态学报*, 2002, 22(8): 1 173-1 178
- [22] 赵学勇, 左小安, 赵哈林, 张铜会, 李玉强, 移小勇. 科尔沁不同类型沙地土壤水分在降水后的空间变异特征[J]. *干旱区地理*, 2006, 29(2): 275-281
- [23] 马风云, 李新荣, 张景光, 李爱霞. 沙坡头人工固沙植被土壤水分空间异质性[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 789-795

Spatio-temporal Variability of Soil Moisture in Horqin Sandy Land

LIU Kai^{1,2}, GAO Lei¹, PENG Xin-hua^{1*}, ZHANG Zhong-bin¹

(1 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences)*, Nanjing 210008, China; 2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, China)

Abstract: The spatio-temporal variation is a ubiquitous feature of natural ecosystems, especially in semi-arid regions of Horqin. The purpose of this study is to characterize variations in moisture content in the 0–160 cm soil layers *in situ* by means of intensive sampling in both space and time. The results indicated that soil moisture content in the 0–160 cm soil layers exhibited a high degree of spatial and temporal variability. The degree of variability was dependent on the water content. The *CV* of mean water content in the 0–160 cm soil layers spanned from 18% to 177%, indicating a level of middle or high variability. The result also suggested that *CV* was dependent more on soil moisture level than on soil depth. A large increase in *CV* for the soil layers was observed in dry condition. The spatial and temporal variations of the water content were related to vegetation types and soil moisture. At a fairly definite range, the heterogeneity of water content caused by spatial autocorrelation was evidently higher in wet season (July-August) than in dry season (September-October). The distance of spatial autocorrelation was different in different seasons and depths. It was more consecutive for spatial trend in wet season than in dry season. Clearly, the consumption of water by shrubs increases the spatio-temporal variability of soil water.

Key words: Horqin sandy land; Soil water content; Spatio-temporal variability; Geostatistics