

强降雨事件对不同演化阶段白刺灌丛 沙堆土壤水分的影响

杜建会^{1,2}, 严平^{1,2}, 俄有浩^{1,3}, 韩富贵³

(1. 北京师范大学资源学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学防沙治沙教育部工程研究中心,
北京师范大学中国沙漠研究中心, 北京 100875; 3. 甘肃省荒漠化防治重点实验室, 甘肃武威 733000)

摘 要: 强降雨事件对于干旱区植被土壤水分空间变异有着很大的影响。通过测定民勤县一次强降雨(47.6 mm)事件前后不同演化阶段白刺灌丛沙堆的土壤水分, 分析了它对不同演化阶段白刺灌丛沙堆土壤水分及其贮量的影响。结果表明, (1) 不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分在 1 m 土层内垂直方向上的变化趋势一致。雏形阶段土壤水分垂直方向上变异最大且变化不稳定, 稳定阶段土壤水分垂直方向上变异最小。(2) 不同演化阶段白刺灌丛沙堆土壤水分补给深度存在很大差异。发育阶段和活化阶段土壤水分补给最大深度为 50 cm, 雏形阶段和稳定阶段土壤水分补给最大深度为 30 cm。(3) 不同演化阶段土壤水分补给总量差异较大。发育阶段补给总量最大, 占总降雨量的 74.66%~90.06%; 稳定阶段补给总量最小, 占总降雨量的 12.27%~12.86%。

关键词: 民勤县; 强降雨; 灌丛沙堆; 水分贮量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)06-0020-05

中图分类号: S152.75

Influence of Heavy Rain Event on Soil Water Content of *Nitraria tangutorun* Nebkhas in Different Succession Periods

DU Jian-hui^{1,2}, YAN Ping^{1,2}, E You-hao^{1,3}, HAN Fu-gui³

(1. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. MOE Engineering Center of Desertification and Blown-sand Control of the Ministry of Education, and Desert Research Center of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Gansu Key Laboratory on Desertification Combating, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: Heavy rain event has a significant influence on soil water content in arid area. Through field investigation on soil water content under *Nitraria tangutorun* nebkhas in different succession periods before and after a heavy rain event (47.6 mm) at Minqin County, its effects on soil water content and reservation of nebkhas were analyzed. Results indicate that (1) soil water content and reservation of nebkhas in different succession periods have a consistent variation trend in 1 m thick soil layer. The range of vertical variation for soil water content is biggest in rudimental period and it has a most unstabilized variation. Stabilized period has another extreme. (2) Soil water content replenishment depths of nebkhas in different succession periods are different from each other. Maximum soil water content replenishment depth of nebkhas in developing and degrading period is 50 cm and in rudimental and stabilizing period, 30 cm. (3) The total amounts of soil water content replenishment in different succession periods are different from each other. The total amount of soil water content replenishment in developing period is the biggest, about 74.66%~90.06% of the total precipitation and in stabilizing period, the smallest, about 12.27%~12.86% of the total precipitation.

Keywords: Minqin County; heavy rain; nebkhas; soil water content

收稿日期: 2007-06-20 修回日期: 2007-07-25

资助项目: 新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-05-148); 甘肃省荒漠化防治重点实验室开放基金(KD200602); 国家科技攻关计划资助项目(2005BA517A06)

作者简介: 杜建会(1982-), 男(汉族), 甘肃省镇原县人, 在读博士。主要从事荒漠地区生态环境保育研究。E-mail: dujh@ires.cn.

通讯作者: 严平(1966-), 男(汉族), 安徽省宁国市人, 教授, 主要从事干旱半干旱地区环境演变, 土壤风蚀等方面的研究。E-mail: yping@bnu.edu.cn.

灌丛沙堆的形成和发育是群落演替过程中植被与环境相互作用的结果,它固定了绿洲外围的大量流沙,阻止了流沙对绿洲的危害,对稳定绿洲环境具有极其重要的作用^[1]。然而由于不合理的人类活动,过度利用水资源和樵采,使得天然植被生存环境恶化,引起位于绿洲—荒漠交错带的灌丛沙堆解体,体积变小,数量增加,对绿洲的危害性加大。白刺(*Nitraria tangutorun*)是民勤沙区目前存活面积最大的天然植被类型,以灌丛沙堆的形式出现。水分条件是制约白刺生长的重要因素。白刺群落的消长不但受降水的影响,还受地下水位的制约^[2]。随着地下水位逐年下降,民勤荒漠区土地旱化,植被生长受到限制,水分因素是荒漠植被变化的主要驱动力^[3-4]。至2004年底,试验区(民勤治沙综合站)地下水位已经从50年代的1~3 m下降到16.43~22.22 m,植物已很难利用^[5]。该区降雨量较小,年际和年内变化大,88.1%的年降雨都以无效降雨(<5 mm)形式出现,植物对于土壤水分的利用只能依靠仅有的几次强降雨事件。

目前对于灌丛沙堆土壤水分特征已有一些研究^[1, 6-7],但关于强降雨事件对不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分补给差异缺乏对比研究。以往的研究结果表明,降雨强度、地形、植被和土壤性质的差异均对土壤水分入渗产生很大的影响,而土壤水分入渗的差异反过来会影响植物的生长状况,进而促使土壤性质出现变异,导致植被出现演替^[8-11]。在地下水无法利用的情况下,不同演化阶段灌丛沙堆由于形态、植被和土壤性质不同,降雨对其补给量可能也会存在差异,而这些差异将是导致不同演化阶段灌丛沙堆逐渐演替的主要动力。

本文通过测定甘肃省民勤地区2006年8月11日一次强降雨(47.6 mm)后不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分,并与7月30日测定的不受降雨影响下该地区不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分进行对比,分析了强降雨对不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分补给量的影响,希望能为该地区生态环境恢复提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

民勤绿洲是河西走廊最东端的一块绿洲,其东、西、北三面被腾格里沙漠与巴丹吉林沙漠包围。该区域气候属温带荒漠气候,多年平均气温7.6℃,盛行风向为西北风。年均降水量113.2 mm,年蒸发量

2 604.3 mm。降水主要分布在6—9月份,占年平均降水量的73.9%。平均年日降水强度 ≥ 5.0 mm的降水日数为6.84 d,占全年降水总天数的11.9%。大部分降雨为无效降雨,日降水强度 ≥ 5.0 mm的降水日数最多年份为13 d,最少年份只有2 d,平均日降水强度 ≥ 5.0 mm的降水量为76.0 mm,占年平均降水量的64.41%^[5]。研究区位于甘肃省民勤县民勤治沙站内16号井附近。该区属民勤绿洲外围白刺集中分布地带,主要地貌类型包括白刺灌丛沙堆、其它固定和半固定沙丘以及以黏土为主的丘间低地,天然优势植物为白刺(*Nitraria tangutorun*),也分布有少量短穗怪柳(*Tamarix laxa*)、沙蒿(*Artemisia arenaria*)以及很少的蒙古沙拐枣(*Calligonum mongolicum*),另外也有20世纪60年代人工栽植的部分梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)等植物。

1.2 研究方法

所测降雨发生在2006年8月11日,降水时间为20:10—08:05,降雨量47.6 mm,降雨强度4.0 mm/h。7月30日之前研究区无降雨,测定的土壤水分可以认为是不受降雨响下的土壤水分^[1]。这2次测定日期之间共有2次降雨,分别为8月5日0.6 mm和8月8日1.0 mm。

由于该地区蒸发量很大,且存在灌层截留,可以认为这2次降雨对土壤水分贡献不大。在降雨结束24 h小时后,选取4个不同演化阶段有代表性的灌丛沙堆各1个,分别在其迎风坡和背风坡的坡中选点,分0—1, 1—10, 10—30, 30—50, 50—70 cm和70—100 cm不同土壤深度进行打钻,做2个重复。锥形阶段、发育阶段、稳定阶段和活化阶段灌丛沙堆高度依次为0.13, 0.46, 0.97和1.24 m(图1),土壤水分测定采用烘干法,土壤容重采用环刀法,105℃条件下烘8 h后在精度为0.01 g的电子天平上称重。数据统计分析采用SPSS 13.0。土壤水分贮量计算公式为^[12]:

$$V = \rho \times w \times h \times 10 \quad (1)$$

式中: V ——不同深度土壤水分贮量(mm); ρ ——该深度土壤容重(g/cm^3); w ——不同深度土壤水分质量百分含量(%); h ——土壤深度(cm)。

根据(1)式的计算结果,降雨补给量可以表示为:

$$\Delta V = V_a - V_b \quad (2)$$

式中: ΔV ——降雨量; V_a ——降雨后土壤水分贮量; V_b ——降雨前土壤水分贮量。

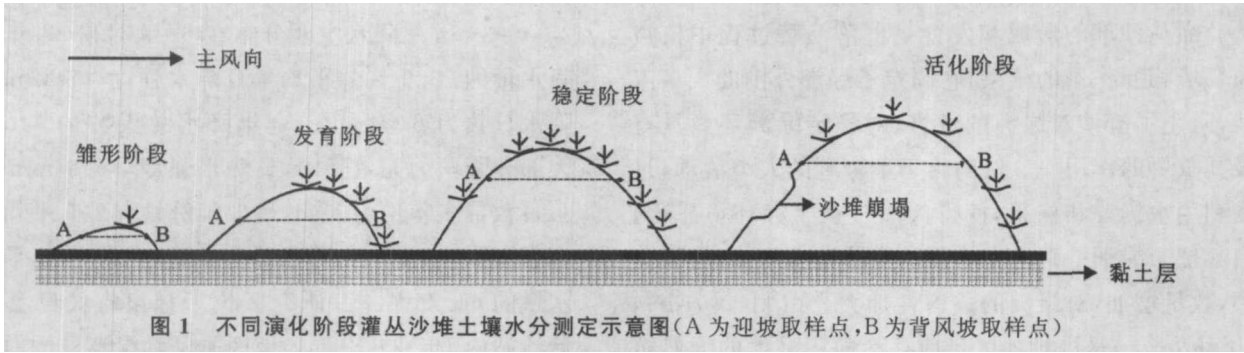


图 1 不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分测定示意图(A为迎风坡取样点,B为背风坡取样点)

2 结果分析

2.1 不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分变化

从不同演化阶段土壤水分含量可以看出(图 2),不同演化阶段土壤水分在 1 m 土层内垂直方向上的变化趋势一致,但不同演化阶段土壤水分最大值和最小值出现的土壤深度不同。

雏形阶段和稳定阶段土壤水分均在 10 cm 深度处出现峰值,30 cm 处出现最小值。而发育阶段和活化阶段均在 30 cm 处出现峰值,50 cm 处出现最小值。雏形阶段和稳定阶段 30 cm 以下土壤水分出现稳定特征,发育阶段和活化阶段 50 cm 以下土壤水分

出现稳定特征,该深度以下土壤水分基本上不受强降雨的影响。

从对不同演化阶段灌丛沙堆垂直方向上的土壤水分含量统计情况来看(表 1),其平均值从大到小依次为雏形阶段、发育阶段、活化阶段和稳定阶段,不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分在垂直方向上的变异比较显著($p < 0.01$),雏形阶段的土壤水分垂直方向上的变异最大,在 0.52%~16.89%之间,土壤水分变化最不稳定,而稳定阶段的土壤水分变化在垂直方向上最小,在 0.45%~4.88%之间,土壤水分变化比较稳定。

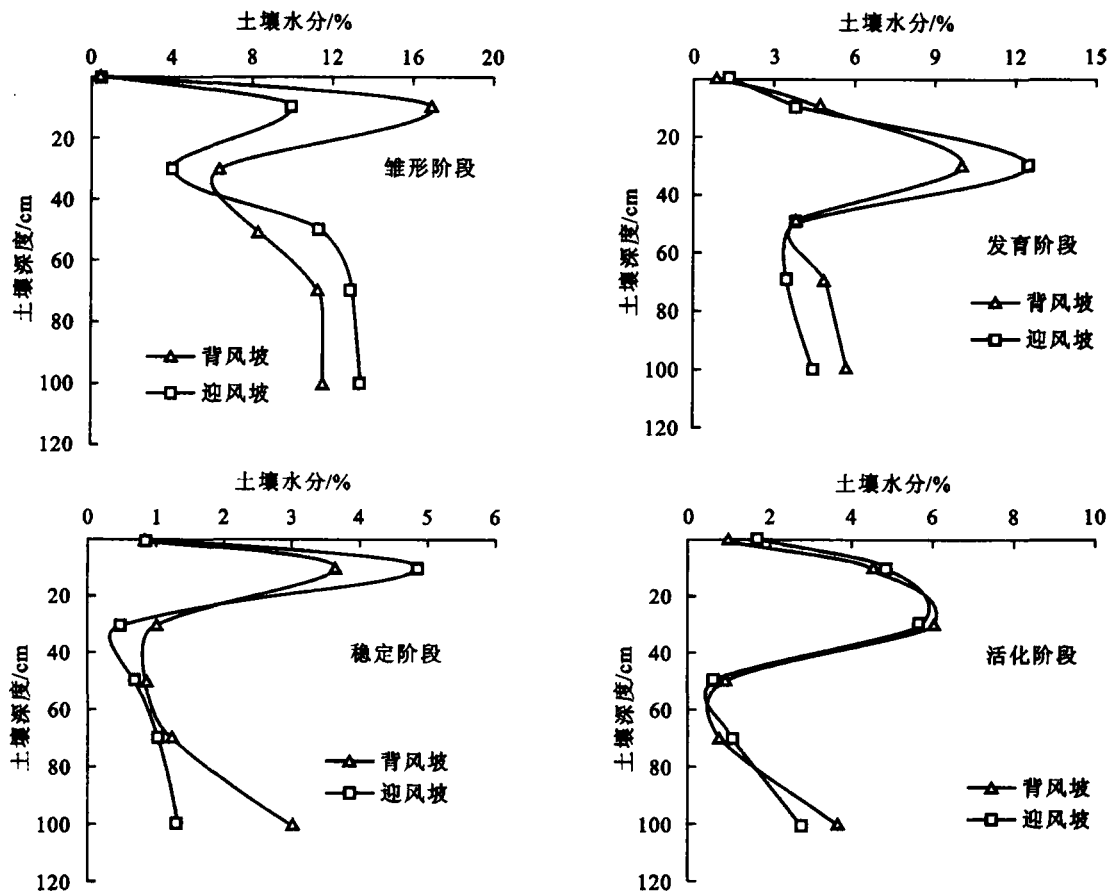


图 2 强降雨后不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分百分含量

表1 强降雨后不同演化阶段灌丛沙堆垂直方向上的土壤水分含量统计 %

演化阶段	坡位	最大值	最小值	平均值
雏形阶段	迎风坡	9.97	0.52	8.67
	背风坡	16.89	0.54	9.15
发育阶段	迎风坡	12.43	1.33	4.90*
	背风坡	9.97	0.92	4.94*
稳定阶段	迎风坡	4.88	0.45	1.54*
	背风坡	3.66	0.89	1.79*
活化阶段	迎风坡	5.72	0.63	2.80*
	背风坡	6.02	0.78	2.81*

注: *表示不同演化阶段土壤垂直方向上的水分含量平均值存在显著差异($p < 0.01$)。

2.2 强降雨对不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分补给量的差异的影响

从对降雨前后不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分贮量分析来看(表2),降雨对不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分补给深度和补给量有所差异。发育阶段和

稳定阶段之间土壤水分贮量差异比较显著($p < 0.05$),而雏形阶段和活化阶段差异不显著($p > 0.05$)。发育阶段和活化阶段的土壤水分补给深度为50 cm,雏形阶段和稳定阶段土壤水分补给深度为30 cm。从不同深度来看,表层土壤水分贮量降雨前后差异不大,变化范围在0~0.14 mm之间,土壤水分补给量最大值出现的土壤深度不同,雏形阶段10 cm处土壤水分补给量最大,最大补给量为19.44 mm。发育阶段30 cm处土壤水分补给量最大,最大补给量为32.12 mm。稳定阶段10 cm处土壤水分补给量最大,最大补给量为5.36 mm。活化阶段30 cm处补给量最大,最大补给量为25.22 mm。

从土壤水分累计净贡献量来看,不同演化阶段差异较大($p < 0.05$)。发育阶段土壤水分补给量最大,补给范围在35.54~42.87 mm,占总降雨量的74.66%~90.06%。稳定阶段补给量最小,补给范围在5.84%~6.12 mm之间,占总降雨量的12.27%~12.86%。

表2 强降雨对不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分净贡献量 mm

土层/cm	雏形阶段		发育阶段		稳定阶段		活化阶段	
	迎风坡	背风坡	迎风坡	背风坡	迎风坡	背风坡	迎风坡	背风坡
0—1	0.00	0.02	0.08	0.03	0.00	0.02	0.14	0.03
1—10	14.04	19.44	4.15	4.51	5.36	3.72	5.03	4.51
10—30	6.93	12.22	32.12	25.22	0.48	2.38	11.19	25.22
30—50	0.09	0.03	6.52	5.78	0.03	0.07	0.41	5.78
50—70	0.06	0.02	0.05	0.03	0.07	0.00	0.06	0.00
70—100	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
累计	20.97	31.68	42.87*	35.54*	5.84*	6.12*	16.77	35.54

注: *表示发育阶段和稳定阶段土壤水分贮量差异显著($P < 0.05$)。

3 结论

(1) 不同演化阶段土壤水分在1 m土层内垂直方向上的变化趋势一致,但其极值出现的土壤深度不同,这与该演化阶段土壤性质、植被分布和形态差异有关。雏形阶段沙堆较小,平均高度为13 cm,沙堆以下为质地坚硬的黏土层,水分不易下渗,导致峰值出现深度较浅。稳定阶段下渗较浅原因在于土壤表层结皮分布较多,且沙堆表面有一定坡度而容易产生径流,减少了土壤水分入渗,同时稳定阶段植被盖度较大,出现灌层截留,导致降水出现再分配^[13]。在30 cm处由于灌丛根系分布较多,消耗了大量水分,使土壤水分达到最低值,70 cm以后灌丛根系密度减小,土壤水分重新恢

复^[12]。发育阶段土壤水分下渗较深与灌丛盖度相对较小且表面无结皮有关,灌丛截流较少,表面无结皮,坡度较缓,有利于土壤水分下渗,活化阶段沙堆表层由于强烈的风蚀崩塌作用,表面结皮破坏,增加了水分入渗^[14],植被严重的自疏作用,使灌丛对于降雨的截流作用减弱,土壤水分下渗深度加大。

(2) 与测定的不受降雨影响情况下的白刺灌丛沙堆土壤水分含量对比发现,强降雨对不同演化阶段土壤水分补给量差异较大。发育阶段土壤水分补给量最大,稳定阶段补给量最小,试验区属于绿洲外围,地下水位截至2002年已下降到9~13 m。贾宝全等认为植被已经很难利用地下水^[1],仅有的几次强降雨成为植物水分利用的惟一来源。强降雨对发育阶段

补给最多,使其生物量迅速增长。当丘间地沙源不足时,灌丛沙堆逐渐稳定,而强降雨对稳定阶段土壤水分补给不足,是导致灌丛沙堆最终活化的主要原因。强降雨对活化阶段土壤水分补给量相对较多,主要与植被自疏以及风蚀作用下结皮破坏而增加降雨入渗有关^[14],因此对稳定阶段灌丛沙堆进行适当人工自疏及破坏表面结皮可能会延缓灌丛沙堆的解体过程。

(3) 不同演化阶段灌丛沙堆由于形态、土壤性质及植被分布格局的影响,使得强降雨对其土壤水分入渗及降水的再分配产生了很大差异。降雨对稳定阶段灌丛沙堆土壤水分补给不足可能是导致该地区灌丛沙堆达到稳定阶段后逐渐活化到最后消失的根本原因。本文通过测定一次强降雨事件后不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分特征,对比分析了强降雨对不同演化阶段灌丛沙堆土壤水分的影响。对于不同演化阶段灌丛沙堆的水分平衡研究,仍然需要长期的定位观测,确定不同演化阶段灌丛沙堆的水分平衡特征,可为该地区的生态恢复提供科学依据。

[参 考 文 献]

- [1] 贾宝全, 慈龙骏, 蔡体久, 等. 绿洲—荒漠交错带土壤水分变化特征初步研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(2): 203—208.
- [2] 杨自辉, 高志海. 绿洲荒漠边缘降水和地下水对白刺群落消长的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(6): 923—926.
- [3] 杨自辉. 民勤沙井子地区 40 年来荒漠植被变迁初探[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 395—397.
- [4] 彭鸿嘉, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 甘肃民勤荒漠区植被演替特征及驱动力研究: 以民勤为例[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 628—633.
- [5] 常兆丰, 赵明著. 民勤荒漠生态研究[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2006. 39.
- [6] 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.
- [7] 常兆丰, 赵明, 仲生年, 等. 民勤沙区植被退化与年际降水量关系的定位研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(7): 1295—1302.
- [8] Nívar J, Bryan R. Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in north-eastern Mexico [J]. Journal of Hydrology, 1990, 115(1): 51—63.
- [9] 郭柯, 董学军, 刘志茂. 毛乌素沙地沙丘土壤含水量特点: 兼论老固定沙地上油蒿衰退原因[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 275—279.
- [10] 肖洪浪, 李新荣, 段争虎, 等. 流沙固定过程中土壤—植被系统演变[J]. 中国沙漠, 2003, 23(6): 605—611.
- [11] 吴希媛, 张丽萍. 降水再分配受雨强、坡度、覆盖度影响的机理研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 28—30.
- [12] 阿拉木萨, 蒋德明, 裴铁璠. 科尔沁沙地人工小叶锦鸡儿植被水分入渗动态研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 56—59.
- [13] Delphis F L, Ethan E F. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems [J]. Journal of Hydrology, 2003, 274: 1—29.
- [14] Ribolzi O, Hermida M, Karambiri H, et al. Effects of aeolian processes on water infiltration in sandy Sahelian rangeland in Burkina Faso [J]. Catena, 2006, 67: 145—154.