

半干旱区农田灌丛沙堆形态及沉积特征

王 乐¹, 李改欣², 王仁德³, 常春平¹, 彭 帅¹

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院 河北省环境演变与生态建设省级重点实验室, 石家庄 050024;
2. 石家庄幼儿高等师范专科学校, 石家庄 050228; 3. 河北省科学院 地理科学研究所, 石家庄 050011)

摘 要:采用野外观测和采样分析的方法对半干旱区农田灌丛沙堆形态及沉积特征进行了研究,结果表明:研究区农田灌丛沙堆水平尺度为 4.4 m,长宽比为 1.5,体积庞大且较为细长,走向与农田垄向相同。农田灌丛沙堆的湿度及硬度随部位的不同而发生变化,沙堆东侧湿度最大,为 10.19%,硬度最小,为 4.12 kg/cm²;南侧湿度最小,为 1.03%,硬度最大,为 15.9 kg/cm²;坡顶湿度较小,硬度较大,沙堆坡底硬度较大。沙堆整体的平均粒径、分选性低于周边农田,从迎风坡坡脚→迎风坡坡中→坡顶→背风坡坡中,平均粒径、分选性逐渐降低。垂直剖面颗粒粒径随着深度的加大有逐渐增大的趋势,分选性变差。除植被盖度、风力强度和沙源 3 个主要因素外,人为耕作也是一个影响农田灌丛沙堆形成演化的重要因素。

关键词:灌丛沙堆; 农田; 野外调查; 半干旱区

中图分类号:P931.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)01-0076-05

Morphology and Sedimentary Characteristics of Nebkhas in Semi-Arid Farmland

WANG Le¹, LI Gai-xin², WANG Ren-de³, CHANG Chun-ping¹, PENG Shuai¹

(1. Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, College of Resources and Environment Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhang 050024, China; 2. Shijiazhuang Preschool Teachers College, Shijiazhang 050228, China; 3. Institute of Geographical Science, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang 050011, China)

Abstract: The morphology and sedimentary characteristics of the Nebkhas in semi-arid farmland was studies by means of field observation and sampling. The results show that the Nebkhas in the area is huge and long and stretches along the ridges, with the horizontal scale of 4.4 m and the length-width ratio of 1.5. The moisture and the hardness of the Nebkhas vary in different parts of the farmland. The moisture in the east of the Nebkhas is the greatest, being 10.19% and the hardness is the smallest, being 4.12 kg/cm²; the moisture in the south is the smallest, being 1.03% and the hardness is the greatest, being 15.9 kg/cm². The top of the Nebkhas is moister and harder and the bottom is harder, too. The average particle size and the sorting of the Nebkhas are lower than those of the surrounding farmland, which gradually decrease in the sequence of windward slope foot- in the windward slope-the top- in the leeward slope. The particle sizes of vertical profile gradually increase with the depth and the sorting reduces. In addition to the three main factors of vegetation cover, wind strength, and sand, farming is an important factor which influences the formation and evolution of farmland nebkhas.

Key words: nebkhas; farmland; field observation; semi-arid area

灌丛沙堆是干旱、半干旱地区一种常见的风沙堆积地貌^[1],它的形成是土壤退化和沙漠化的重要标

志^[2]。我国主要灌丛类型有锦鸡儿、怪柳、白刺等^[3],具有耐干旱、耐盐碱、抗风蚀等特点。20 世纪 80 年

收稿日期:2013-06-19

修回日期:2013-07-09

资助项目:国家自然科学基金青年项目(41101251);河北省自然科学基金项目(2008000183);河北省自然科学基金青年项目(D2013302034);河北省科学院科技计划项目(13109)

作者简介:王乐(1988—),女(回族),河北康保人,在读硕士,研究方向:灾害防治与水土保持。E-mail:wangle-2007@163.com

通信作者:常春平(1969—),男,河北康保人,副教授,硕士生导师,博士,主要从事水土保持、环境评价方面的研究。E-mail:changchunping@126.com

代以来,随着风沙地貌和沙漠化研究的不断深入,灌丛沙堆得到国内外学者的广泛关注,对灌丛沙堆的形态^[1]、沉积特征^[4]、生态学^[5]及形成演变特征等进行了系统的研究^[4]。我国大多数研究都是在西北干旱区进行的^[6-7],对半干旱区灌丛沙堆研究的不够全面,主要对阴山北麓等少数地区灌丛沙堆形态及发育演化等过程进行了观测^[8-9],并且对草地、沙地生境的灌丛沙堆关注较多^[9-10],对农田灌丛沙堆关注较少。农田灌丛沙堆是草原农垦区土地沙漠化突出的风沙地貌特征,其形成、演化与草原开垦过程中的植被变化和土壤风蚀过程有关^[11],灌丛沙堆形成演化研究在解释半干旱、干旱区农田环境演变过程方面有重大意义。本研究以半干旱区典型的小叶锦鸡灌丛沙堆为研究对象,通过野外调查和采样分析,对该地区农田灌丛沙堆的基本特征作初步探讨。

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区选在河北康保县(41°25′—42°08′N,114°11′—114°56′E)北部。该地处于河北省坝上地区,内蒙古高原东南缘。平均海拔 1 450 m,属中温带干旱半干旱季风气候,年均气温 1.2℃,年均降水量 350 mm,年蒸发量 1 700 mm,无霜期 92 d,是北方农牧交错带中部典型区域,土壤风蚀严重。该区土壤以沙质、沙砾质栗钙土为主,土层薄,结构松散,有机质含量低。农作物主要有莜麦、马铃薯、春小麦等耐旱喜凉作物,乔木树种以杨树、榆树居多,灌木有小叶锦鸡、枸杞、沙棘等,主要分布在北部低山丘陵区。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查及测量 于2013年4—5月对康保县农田灌丛沙堆分布情况进行大范围野外调查的基础上,对典型灌丛沙堆的位置、走向、长、宽、高等进行了详细测量。共选择调查点15个,每点设个50 m×50 m的样方,共调查灌丛沙堆217个,详细测量灌丛沙堆25个。为了便于比较,也对周边农田灌丛沙堆附近(100 m×100 m样方)的193个草地灌丛沙堆进行了调查和测量。根据测量结果,计算灌丛沙堆的平均长度、宽度和高度,水平尺度,长宽比等内容。

1.2.2 采样及分析 从调查的灌丛沙堆中选择两个长、宽、高接近平均水平的、具有代表性的典型灌丛沙堆作为试验对象。在典型灌丛沙堆上(长轴4.5 m,宽轴3.9 m,高度0.8 m)选择13个测点(图1),采样并进行土壤湿度、土壤硬度、土壤粒度组成等特征参数的分析。同时,对灌丛沙堆不同深度上土壤粒度组成进行分析。

(1) 土壤含水量测定。使用铝盒采集沙堆表层2 cm厚度内的土壤,称重后在烘箱内105℃条件下烘干24 h,再次称重,利用公式(1)计算土壤含水量。

土壤含水量=(土样湿重-土样干重)/土样干重

(1)

(2) 土壤硬度测定。使用浙江托普仪器有限公司生产的TYD-1型土壤硬度计测定土壤硬度,测定深度3 cm,硬度指示范围为0~500 kg/cm²,每个测点采集10组土壤硬度值,取其平均值。

(3) 表土粒度组成测定。采集表层2 cm深度内的土壤样品500 g左右,在室内自然风干、研磨后,采用干筛筛分法进行粒度分析。粒径组成包括:>2.0 mm,0.8~2.0 mm,0.7~0.8 mm,0.6~0.7 mm,0.5~0.6 mm,0.4~0.5 mm,0.3~0.4 mm,0.2~0.3 mm,0.1~0.2 mm,<0.1 mm。

(4) 不同深度土壤粒度组成测定。在灌丛沙堆中间部位人工挖掘80 cm深的剖面,按照10 cm间隔从上往下等间距采集(编号PM01-08),共采集8个样品。样品处理及粒度分析方法与表土样品相同。

(5) 灌丛沙堆表面湿度与硬度采用等值线图表示。等值线是用来表示具有连续分布特征的自然现象,可以形象、直观地描述沙堆表面湿度与硬度的变化^[12]。等值线图是由ArcGIS软件绘制的,按照实际灌丛沙堆长宽比,将测得的不同部位湿度与硬度值显示在图上,采用插值法确定湿度与硬度随位置变化的快慢。

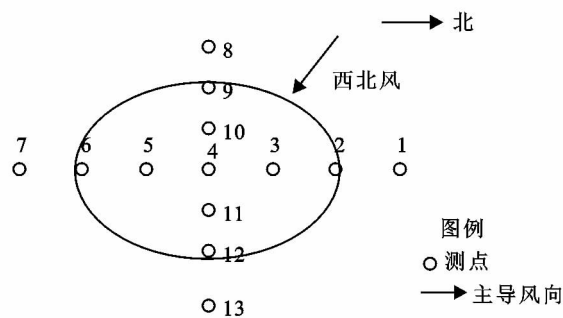


图1 农田灌丛沙堆测点分布

2 结果与分析

2.1 形态特征

根据野外调查结果,研究区内的灌丛沙堆主要分布在农田和灌草荒坡上,主要以小叶锦鸡灌丛沙堆为主,其他种类的灌丛沙堆少见。而农田与草地灌丛沙堆形态差异较大,沙源和人为因素是造成两者差异的主要原因。

灌丛沙堆是椭圆形凸起的沙包,丘顶浑圆,迎风坡稍显陡峭,背风坡坡度较缓,沙堆几乎全部被植被覆盖。农田灌丛沙堆大部分为独立型沙堆,分布较稀

大小也呈现有规律地变化,从迎风坡坡脚→迎风坡坡中→坡顶→背风坡坡中,平均粒径逐渐减小。这是因为风沙流在运行途中,受到沙堆的阻挡,风速降低致使较粗的颗粒首先在迎风坡坡脚发生沉降堆积,相对细粒的物质被搬运至背风坡,气流在背风坡形成回旋流,风速减弱,细粒物质便在背风坡堆积;背风坡中的平均粒径小于背风坡底,是由于重力作用使粗重的颗粒向下累积,因此形成此种分布。

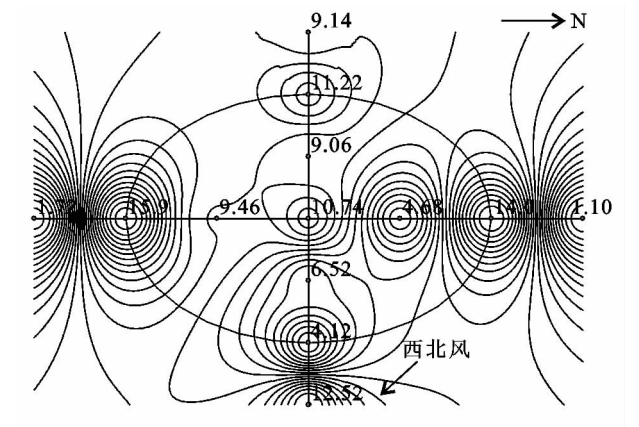


图 4 灌丛沙堆硬度等值线

整个灌丛沙堆的分选系数变化于 0.289~0.089 之间,比周边农田颗粒分选性好。同时,沙堆的不同部位分选性也有差异,背风坡坡脚和坡中较之迎风坡坡脚和坡中分选程度好,这种规律与平均粒径变化趋势一致,反映了气流对分选性的影响,说明沉积作用越强的背风坡,土壤物质分选越好。

表 2 灌丛沙堆表面不同部位土壤粒度特征

编号	位置	平均粒径/ mm	分选 系数	偏态	峰态
BT01	北侧农田	0.340	0.468	1.655	0.357
BT02	北侧坡脚	0.313	0.289	0.323	0.151
BT03	北侧坡中	0.200	0.169	0.092	0.054
BT04	坡顶	0.197	0.175	0.117	0.059
BT05	南侧坡中	0.283	0.186	0.034	0.056
BT06	南侧坡脚	0.290	0.281	0.344	0.119
BT07	南侧农田	0.320	0.377	0.867	0.255
BT08	西侧农田	0.363	0.440	1.206	0.379
BT09	西侧坡脚	0.297	0.280	0.313	0.165
BT10	西侧坡中	0.197	0.186	0.140	0.064
BT11	东侧坡中	0.097	0.089	0.038	0.015
BT12	东侧坡脚	0.127	0.122	0.066	0.023
BT13	东侧农田	0.297	0.283	0.328	0.165

灌丛沙堆偏态的变化规律是迎风坡坡脚<迎风坡坡中<坡顶<背风坡<周边农田,根据福克所划分的偏态等级标准,沙堆背风坡沉积物偏态在-0.1~0.1 之间,近于对称;迎风坡及周边农田属于极正偏。这种变化规律反映了灌丛沙堆表面风沙流蚀积强度空间变化规律,即风力侵蚀作用从坡脚到坡顶逐渐变

弱,粗化过程也相应减小,背风坡沉积作用逐渐增强,细化过程逐渐减弱,这一结论与平均粒径变化趋势一致。

峰态是度量粒度分布的中部和尾部展开之比^[16]。根据福克和沃德制定的峰态等级,灌丛沙堆各部位峰态均小于 0.67,都呈现宽峰态,其中坡顶和坡中宽于坡脚。

2.4 垂向粒度组成特征

对垂向剖面上土壤粒度组成的分析表明(表 3),灌丛沙堆垂直剖面有分层构造,从上到下,沉积物平均粒径逐渐变大,分选性变差,0—20 cm 偏态近乎对称,20—80 cm 呈正偏态,每层沉积物都呈宽峰态,且每层沉积物都含有枯枝落叶,即灌丛沙堆是风季的沙物质沉积和秋季的枯枝落叶层交替沉积发育而成的。大部分研究显示,沙堆垂直剖面不存在层状结构^[8-9]。本研究中,垂向上粒度组成的变化是比较有规律的。分析其原因,可能是因为在沙堆形成的前期,由于沙堆高度较低,一些粒径相对较大的沙粒可以沉积在沙堆的顶部。随着沙堆高度的增加,能够达到并沉积在沙堆顶部的沙尘粒径逐渐变小,沙尘分选型则变好,从而形成这种垂直剖面上粒度组成的变化。

表 3 灌丛沙堆垂直剖面土壤粒度特征

编号	土层深度/ cm	平均粒径/ mm	分选 系数	偏态	峰态
PM01	0—10	0.097	0.099	0.047	0.020
PM02	10—20	0.110	0.103	0.047	0.020
PM03	20—30	0.123	0.142	0.128	0.031
PM04	30—40	0.167	0.168	0.133	0.045
PM05	40—50	0.170	0.180	0.158	0.051
PM06	50—60	0.193	0.193	0.178	0.070
PM07	60—70	0.227	0.213	0.180	0.075
PM08	70—80	0.243	0.227	0.213	0.085

3 讨论

有研究表明,植被盖度、风力强度和沙源是影响灌丛沙堆形成演化的 3 个主要因素^[17]。对于农田灌丛沙堆而言,人为耕作可能也是一个重要的影响因素。在风蚀和退化较严重的地面上首先出现适应性较强的灌丛植物,这是灌丛沙堆形成的基本条件,它们能够忍受沙和风的破坏,使风沙流搬运的沙粒沉积,灌丛沙堆开始发育。同时植被盖度在灌丛沙堆发育过程中也有不可忽视的影响,沙堆上的植被盖度达到 14%时,堆积大于侵蚀^[18],当达到 30%则处于连续堆积状态^[19]。半干旱区农田中供应充足的沙源和风力条件,是沙堆形成的物质基础和动力基础^[11]。强烈的风沙活动使沙堆长和宽成顺风向比例增长,植被通

过覆盖地表、分解风力以及阻挡输沙形式来改变近地面流场^[9],风速在迎风坡前降低,粗颗粒沉积,细颗粒在背风坡堆积。当灌丛沙堆影响到耕作时,沙堆长轴两侧会被削平,使之沿耕作方向发展;沙堆形态达到稳定状态时,体积一般比较庞大,周边农田土壤颗粒粗化,沙堆颗粒较细。这说明农田土壤风蚀加强,土壤养分流失,农田生产力下降。

4 结论

本研究对半干旱区典型地区农田小叶锦鸡灌丛沙堆的形态及沉积特征进行了研究,并通过对沙堆形态、土壤硬度和水分、表面和垂直剖面粒度组成的分析,初步了解了农田灌丛沙堆的基本特征。主要结论包括:

(1) 农田灌丛沙堆单体规模较大,长宽比也较大,沙堆走向与农田走向相同。

(2) 农田灌丛沙堆各部位的湿度与硬度存在较大差异。沙堆东面即背风坡由于积雪的堆积,湿度最大,硬度最小;沙堆南面水分蒸发强烈,湿度最小,硬度最大。相反,沙堆北面土壤能够保存较多水分,湿度较大,硬度较小。坡顶受气流和太阳辐射的影响,湿度较小,硬度较大;沙堆坡底由于重力作用,容重较大,因此硬度较大。

(3) 灌丛沙堆的沉积物属短距离风力搬运、分选的产物,主要由农田中相对细小的颗粒堆积形成。沙堆整体的平均粒径、分选性低于周边农田;从迎风坡坡脚→迎风坡坡中→坡顶→背风坡坡中,平均粒径、分选性逐渐降低,背风坡偏态近于对称。灌丛沙堆垂直剖面颗粒的平均粒径随着深度的加大,有逐渐增大的趋势,分选性变差。

(4) 除植被盖度、风力强度和沙源3个主要因素外,人为耕作也是一个影响农田灌丛沙堆形成演化的重要因素。

参考文献:

- [1] Tengberg A. Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burina Faso [J]. *Journal of Arid Environment*, 1995, 30(3): 265-282.
- [2] 唐艳,刘连友,哈斯.毛乌素沙地南缘3种灌丛形态与阻沙能力的对比研究[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(2): 44-48.
- [3] Yue X L, Ha S, Zhuang Y M, et al. Studies on sandy

grassland Nebkhas: A review [J]. *Journal of desert research*, 2005, 25(5): 738-743.

- [4] Tengberg A, Faso B. A comparative analysis of Nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso [J]. *Geomorphology*, 1998, 22(2): 181-192.
- [5] 贾宝全,蔡体久,高志海,等.白刺灌丛沙包生物量的预测模型[J]. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(1): 96-99.
- [6] 杜建会,严平,俄有浩.甘肃民勤不同演化阶段白刺灌丛沙堆分布格局及特征[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(8): 1165-1170.
- [7] 杜建会,严平,董玉祥.干旱区灌丛沙堆研究现状与展望[J]. *地理学报*, 2010, 65(3): 339-350.
- [8] 赵雪,赵文智,宝音,等.河北坝上脆弱生态环境及其整治[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1997: 55-56.
- [9] 岳兴玲,哈斯,庄燕美,等.沙质草原灌丛沙堆研究综述[J]. *中国沙漠*, 2005, 25(5): 738-743.
- [10] 唐艳,刘连友,杨志鹏,等.毛乌素沙地南缘灌丛沙丘土壤水分与粒度特征研究[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(2): 6-9.
- [11] 郎丽丽,王训明,哈斯,等.灌丛沙丘形成演化及环境指示意义研究的主要进展[J]. *地理学报*, 2012, 67(11): 1526-1536.
- [12] 张维江,李娟,马轶.隆德县降水空间分布式模型研究[J]. *水土保持研究*, 2007, 14(5): 339-341.
- [13] 马士龙,丁国栋,郝玉光,等.单一白刺灌丛堆周围风速流场的试验研究[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(6): 147-149.
- [14] 张萍,哈斯,岳兴玲,等.白刺灌丛沙堆形态与沉积特征[J]. *干旱区地理*, 2008, 31(6): 926-931.
- [15] 杜建会,严平,展秀丽.民勤绿洲白刺灌丛沙堆不同演化阶段表面抗蚀性及其影响因素[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(4): 763-768.
- [16] 陆霞.新疆艾比湖周边典型梭梭沙堆表层沉积物粒度特征研究[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学, 2011.
- [17] 贾晓红,李新荣.腾格里沙漠东南缘不同生境白刺灌丛沙堆的空间分布格局[J]. *环境科学*, 2008, 29(7): 2046-2052.
- [18] Wiggs G F S, Thomas D S G, Bullard J E, et al. Dune mobility and vegetation cover in the southwest Kalahari Desert [J]. *Earth surface processes and landforms*, 1995, 20(6): 515-529.
- [19] Kuriyama Y, Mochizuki N, Nakashima T. Influence of vegetation on aeolian sand transport rate from a back-shore to fore dune at Hasaki, Japan [J]. *Sedimentology*, 2005, 52(5): 1123-1132.