

基于 GIS 的坡耕地数字高程模型的建立与应用

赵龙山, 张青峰, 梁心蓝, 曹伟鹏, 吴发启*

(西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100)

摘 要: 微地形是描述地表起伏状态的重要指标, 也是地表径流和土壤侵蚀过程的重要影响因子。在微尺度上建立了不同耕作措施下黄土坡耕地的数字高程模型 (DEM), 并对其空间特征进行了分析。结果表明, 利用反距离加权插值法建立的微 DEM 模型能正确地再现坡耕地地表形态, 利用其派生的微坡度、微坡向数据可作为研究土壤侵蚀空间差异的重要因子; 微坡度分布特征与耕作措施密切相关, 对于人工锄耕 (CH) 和人工掏挖 (TW) 措施, 微坡度栅格统计数随着微坡度的增大呈先增大, 后减小的变化趋势, 而等高耕作 (DG) 措施下微坡度栅格统计数随着微坡度的增大而增大; TW, CH 和 DG 坡面微坡向的栅格统计数具有明显的差异, 坡度对微坡向的分布影响明显; 利用微 DEM 计算的地表侵蚀量能够反映出坡面侵蚀的大小。为研究微地形条件下土壤侵蚀过程提供了数据资料, 也为进一步研究微地形条件下土壤侵蚀机理的特征提供了参考。

关键词: 侵蚀, 地理信息系统 (GIS), 地形, 黄土坡耕地, 耕作措施, 微地形, 数字高程模型

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.054

中图分类号: S157.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-11-0317-06

赵龙山, 张青峰, 梁心蓝, 等. 基于 GIS 的坡耕地数字高程模型的建立与应用[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 317—322.

Zhao Longshan, Zhang Qingfeng, Liang Xinlan, et al. Establishment and application of DEM for loess slope land based on GIS[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(11): 317—322. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

众所周知, 由于人为管理和土壤侵蚀等环境条件共同作用, 耕地地表呈现厘米级的空间起伏, 这就是微地形。微地形是描述地表起伏状态的重要指标之一, 也是地表径流和土壤侵蚀过程的重要影响因子^[1], 在水力侵蚀中又称为地表糙度^[1-7]。对于不同的耕作方式、作物种类、土壤类型、各种降雨参数以及泥沙输移过程等, 均会导致微地形的空间差异。对坡耕地而言, 耕作方式是微地形形成的主要原因^[1-2]。已有的研究表明^[8-12], 微地形对降雨、土壤入渗、坡面产流及汇流产生影响, 反过来降雨、径流及风蚀等环境因素又会对微地形的时空分布产生影响。但是, 由于受空间数据获取技术的限制, 已有的研究几乎都是在区域 (或流域) 尺度上, 而针对微地形的研究甚少, 严重地影响了人们对微地形在土壤侵蚀过程中作用的理解。

鉴于此, 本文在人工模拟降雨试验过程中, 采用微地形测量方法, 结合地理信息系统 (geography information system, GIS) 技术建立不同降雨时段坡耕地微数字高程

模型 (digital elevation model, DEM), 并对其特征进行分析, 以期对土壤侵蚀机理的研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验土壤

试验选取陕西省杨凌区坡耕地表层土 (0~20 cm) 为试验用土, 杨凌区位于黄土高原南缘, 东经 108.72°, 北纬 34.36°, 属于温带半湿润大陆性季风气候, 年降雨量约为 637.6 mm, 该区土壤为壤土, 灰棕色, 土体较疏松, 有粒状或团块状结构, 机械组成见表 1。

表 1 0~20 cm 试验土壤颗粒组成特征
Table 1 Particle size distribution of experimental soil in 0~20 cm

depth			
粒径/mm	机械组成/%	粒径/mm	机械组成/%
<0.001	36.28	0.05~0.25	2.70
0.001~<0.005	12.89	>0.25	0.12
0.005~<0.01	6.88	物理性黏粒	56.05
0.01~<0.05	41.13		

1.2 试验方法

试验采用室内人工模拟方法进行, 试验土槽大小为 2.0 m×1.0 m×0.5 m。试验以黄土坡耕地农业生产中普遍采用的人工掏挖、人工锄耕和等高耕作作为研究对象, 故在相应的土槽内布设这 3 种耕作措施, 分别模拟不同的微地形条件 (或地表糙度)。

模拟耕作方式的主要过程: 1) 土样准备: 土样风干后, 过筛 (筛孔 0.5 cm), 并分 8 层填装在土槽中 (土壤体积质量 1.30 g/cm³, 含水率 10% 左右); 2) 在不同坡度

收稿日期: 2009-11-02 修订日期: 2010-11-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40871133); 国家重点基础研究发展 “973” 计划 (2007CB407201)

作者简介: 赵龙山 (1985—), 男, 主要从事 GIS 与水土保持方面的研究。
杨凌 西北农林科技大学资源环境学院, 712100。

Email: zls7759989@163.com

*通信作者: 吴发启 (1957—), 博导, 主要从事土壤侵蚀、水土保持方面的研究。杨凌 西北农林科技大学资源环境学院, 712100。

Email: wufaqi@263.net

的坡面模拟不同的耕作方式,包括:①等高耕作(DG):在坡面上垂直于坡面走向进行横向耕作,形成沟和垄,垄高7~10 cm,垄距为30 cm;②人工掏挖(TW):采用镢头掏挖地表,深度5~8 cm,间距20~25 cm;③人工锄耕(CH):沿地表以传统方式锄耕,深度4~5 cm,TW和CH均是从坡底逐渐向坡顶锄挖,形成凹凸相间的小丘和洼地。由于受坡度和耕作方式的影响,耕作形成的垄台和坑洼在空间不具有对称性。为了使布设的耕作措施更接近自然状况,试验中聘请长期从事相同耕作措施农业生产的农民进行操作。用激光扫描仪扫描坡面,获得坡面的高程信息。试验雨强是90 mm/h。试验设计5个坡度(5°、10°、15°、20°、25°),每个坡度2个重复,试验土槽以南坡方向放置。

1.3 高程数据的获取

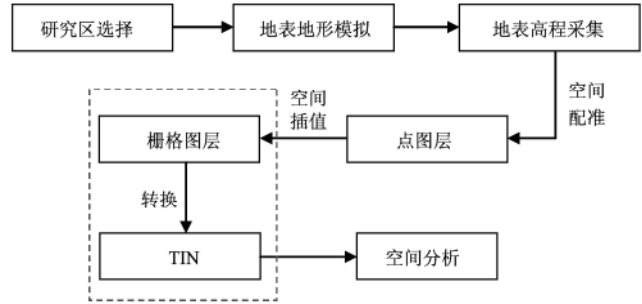
用激光扫描仪测量坡面高程信息,每个小区在降雨前后各测1次。激光扫描仪有3部分组成:1)X-Y工作台;2)激光测距仪(徕卡,垂直误差小于3 mm);3)数据采集及控制系统,其原理类似于针式打印机的传动装置。每次可以扫描坡面1 m×2 m,为了消除边际效应对研究结果的影响,有效面积定为0.57 m×1.74 m,包括3 480个高程点,每个点代表实际地面0.02 m×0.02 m的范围,试验共测得高程点,这些点为坡耕地DEM的构建与应用提供了有力保证。

1.4 坡耕地微DEM表示方法

DEM即数字高程模型,是一种对地球表面空间起伏的连续表示方法,近些年来,随着GIS的发展,DEM已成为区域土壤侵蚀研究的重要数据^[11-13]。

对于坡耕地而言,地表主要有人为管理造成的高低起伏的地形特征(或称为地表糙度),直接影响到产流、汇流和泥沙运动。因此,这种地形特征的研究,对揭示水土流失形成有重要作用。

如图1所示,坡耕地微DEM的建立主要包括:研究区选择、地表地形模拟、地表高程信息采集、点图层生成和DEM构建等过程。利用激光扫描仪获得高程数据,不包括空间坐标,需要进行空间坐标匹配,转换成ArcGIS软件识别的文件,通过ArcGIS软件Tools→Add X Y Data项转换成栅格图层,再用3D Analysis工具将栅格图层转换成相应的TIN表面模型。



注:虚框内为坡耕地微DEM

图1 坡耕地DEM表示方法流程图

Fig.1 Flow chart on digital elevation model (DEM) of sloping field

研究中,选择均方根误差大小作为衡量插值结果好坏的指标,结果见表2。在对不同插值方法进行比较后选择反距离加权插值法为本研究的插值方法,其均方根误差最小(0.018),且实际值拟合曲线与理论拟合曲线吻合度较高。在生成微DEM的过程中反距离加权插值法指数为2,搜索半径内使用最大预测点个数为15,最少为4,区域扇区形状为空,最大搜索半径为1.0 m。

表2 基于均方根误差大小的空间插值方法比较

Table 2 Comparison of spatial interpolation based on root mean square error

插值方法	均方根误差(×10 ⁻³)	回归模型	最优参数
反距离权重插值	18.0	y=0.902x+0.023	指数为2
局部多项式插值法	21.0	y=0.944x+0.012	指数为2
克里格插值	24.6	y=0.852x+0.035	球面模型
径向基函数	46.6	y=0.979x+0.005	样条函数

注:y为预测值;x为观察值。

1.5 研究方法

GIS方法与经典统计方法是本次研究的主要方法,数据处理软件为ArcGIS 9.3和SPSS 17.0。地表糙度的计算采用LS×LD法^[1,5],坡面变化量计算公式如下

$$V = \sum_{i=1}^n [(Z_0(i) - Z_1(i)) \cdot S] \tag{1}$$

式中,V为坡面变化量,m³;Z₀(i)为雨前微DEM第i个栅格的高程;Z₁(i)为雨后微DEM第i个栅格的高程;S为栅格大小的平方;n为栅格总数。

2 结果与分析

2.1 坡耕地微DEM的特征分析

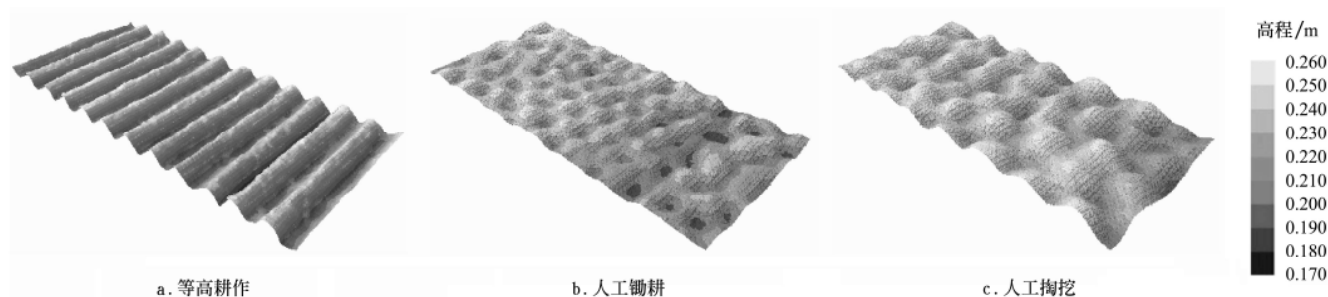
图2表示坡耕地微DEM模型,从图中可以看出,人工锄耕和人工掏挖方式下地表微DEM表现为凹凸相间的小丘和洼地,且分布比较随机;等高耕作为沟垄相间的特征,具有明显的几何特征^[14]。这些特征明显的增大了地表表面积,一方面可以增大地表填注量;另一方面又延长了地表径流路径,对地表径流的演变可能产生阻碍作用,导致不同耕作措施下地表呈现不同的侵蚀特征。

表3给出了坡耕地微DEM的相对高程统计量。从表中可看出,不同耕作措施下微DEM相对高程的变化范围不同,且地表糙度的大小不同,这说明不同耕作方式下地表微DEM具有不同的空间特征。结合图3和表3数据可以得出,微DEM起伏呈现DG>TW>CH的变化规律。

表3 坡耕地微DEM相对高程统计特征

Table 3 DEM elevation statistical of sloping field

措 施	相对高程 Z/m		标准偏差 Sd	变差系数 Cv	地表糙度
	变化范围	均值			
人工锄耕 CH	0.181~0.240	0.217	0.011	0.051	1.237
人工掏挖 TW	0.176~0.260	0.230	0.014	0.061	1.520
等高耕作 DG	0.171~0.260	0.221	0.011	0.050	1.606



注: 试验坡度为 5°

图 2 基于 GIS 的不同耕作措施下坡耕地微 DEM 模型

Fig.2 Sloping field digital elevation model (DEM) under different tillage practice conditions based on GIS

2.2 地形因子提取与分析

DEM 作为 GIS 空间分析的核心数据, 可以进行多种地形因子提取与分析, 本文仅以土壤侵蚀研究中较为重要的坡度、坡向因子为例, 为了和试验坡度、坡向加以区别, 本文将通过坡耕地微 DEM 提取的坡度、坡向定义为微坡度、微坡向。

2.2.1 微坡度提取与分析

利用 ArcGIS 的空间分析工具对坡耕地微 DEM 提取微坡度, 将提取的微坡度分为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 、 $>5^\circ \sim 10^\circ$ 、 $>10^\circ \sim 15^\circ$ 、 $>15^\circ \sim 20^\circ$ 、 $>20^\circ \sim 25^\circ$ 、 $>25^\circ \sim 30^\circ$ 、 $>30^\circ \sim 35^\circ$ 、 $>35^\circ \sim 40^\circ$ 、 $>40^\circ$ 9 个等级, 获得分级后的栅格数字坡度模型, 并统计各等级的栅格数占总栅格数百分比, 结果见图 3。

图 3a、b 表明, DG 坡面微坡度栅格统计数随着微坡度的增大而增加, 微坡度 $>40^\circ$ 的栅格数最多, $0^\circ \sim 5^\circ$ 的栅格数最少, 分别占栅格总数的 21.21% 和 4.98%; 而 TW 和 CH 措施下微坡度栅格统计数呈正态分布趋势, 微坡度在 $>10^\circ \sim 25^\circ$ 之间的栅格统计数占坡面栅格总数的 47.16% 和 46.38%, 其余微坡度的栅格统计数均小于 13%。分析图 3c、d 表明, TW 和 CH 微坡度栅格数的分布具有相似的变化趋势: 1) 随着微坡度的增大, 栅格统计数呈先增大, 后减小的趋势; 2) 随试验坡度的增大, 最大栅格统计数对应的微坡度也增大; 3) 当微坡度小于 $20^\circ \sim 25^\circ$ 时, 其栅格统计数与微坡度呈负相关关系, 当微坡度大于 $20^\circ \sim 25^\circ$ 时二者呈正相关关系。对表 4 分析可以同样得出以上结论。

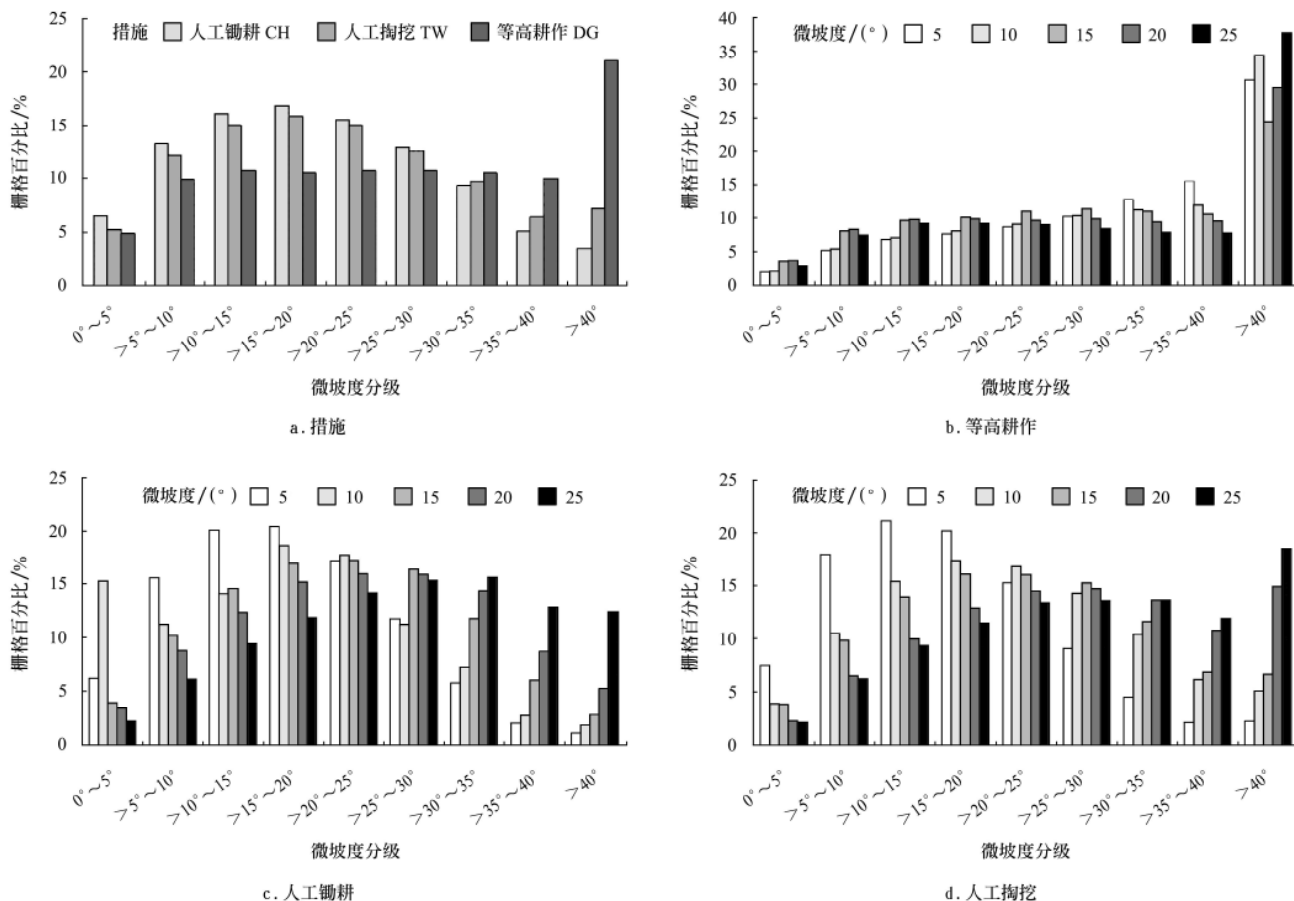


图 3 微坡度分级分布

Fig.3 Distribution plots of micro-slope classification

表 4 不同措施下微坡度分级统计表
Table 4 Statistics of micro-slope classification under different tillage practice conditions

措 施	统计量	0°~5°	>5°~10°	>10°~15°	>15°~20°	>20°~25°	>25°~30°	>30°~35°	>35°~40°	>40°
人工耨耕 CH	均值	6.23	10.36	14.08	16.60	16.45	14.12	10.97	6.49	4.70
	标准偏差	6.82	3.65	4.48	3.23	1.65	2.63	4.17	4.24	4.51
人工耨挖 TW	均值	3.94	10.20	13.94	15.60	15.18	13.37	10.74	7.55	9.48
	标准偏差	2.12	4.58	4.62	3.64	1.96	2.65	3.63	3.72	8.24
等高耕作 DG	均值	2.95	6.94	8.54	9.05	9.51	10.08	10.48	11.08	31.36
	标准偏差	0.90	1.76	1.75	1.24	0.89	1.00	1.92	2.92	6.04

注：表中数据由 5 个试验坡度下各 2 个重复计算得出。

2.2.2 微坡向提取与分析

基于微 DEM 提取坡向时，其定义为：过格网单元所拟合的曲面片上某点的切平面的法线的正方向在平面上的投影与正北方向的夹角^[13]。微坡向也以正北方向为 0°，按顺时针方向（0°~360°），依次为北、东北、东、东南、南、西南、西、西北坡，并统计各微坡向栅格数占总数的百分比，结果见图 4。

图 4a、b 表明，在试验坡度相同的条件下，TW、CH 和 DG 坡面微坡向的栅格统计数具有明显的差异。对于

CH 和 TW 而言，除南坡、东南和西南坡分布较多外，其余微坡向的栅格数相差不大；而 DG 坡向栅格数主要分布在南坡和北坡，占总栅格数的 76.07%，其余坡向下数量较小。CH 措施下平地栅格统计数为 2.96%，而 TW 和 DG 措施下不到 0.1%。

图 4c、d 表明，CH 和 TW 坡向分布趋势相似，依次为：南坡、东南、西南、西坡、东坡、西北、北坡、东北坡、平地，试验坡度对微坡向的分布有一定的影响。对表 5 分析可以同样得出以上结论，且标准偏差不大。

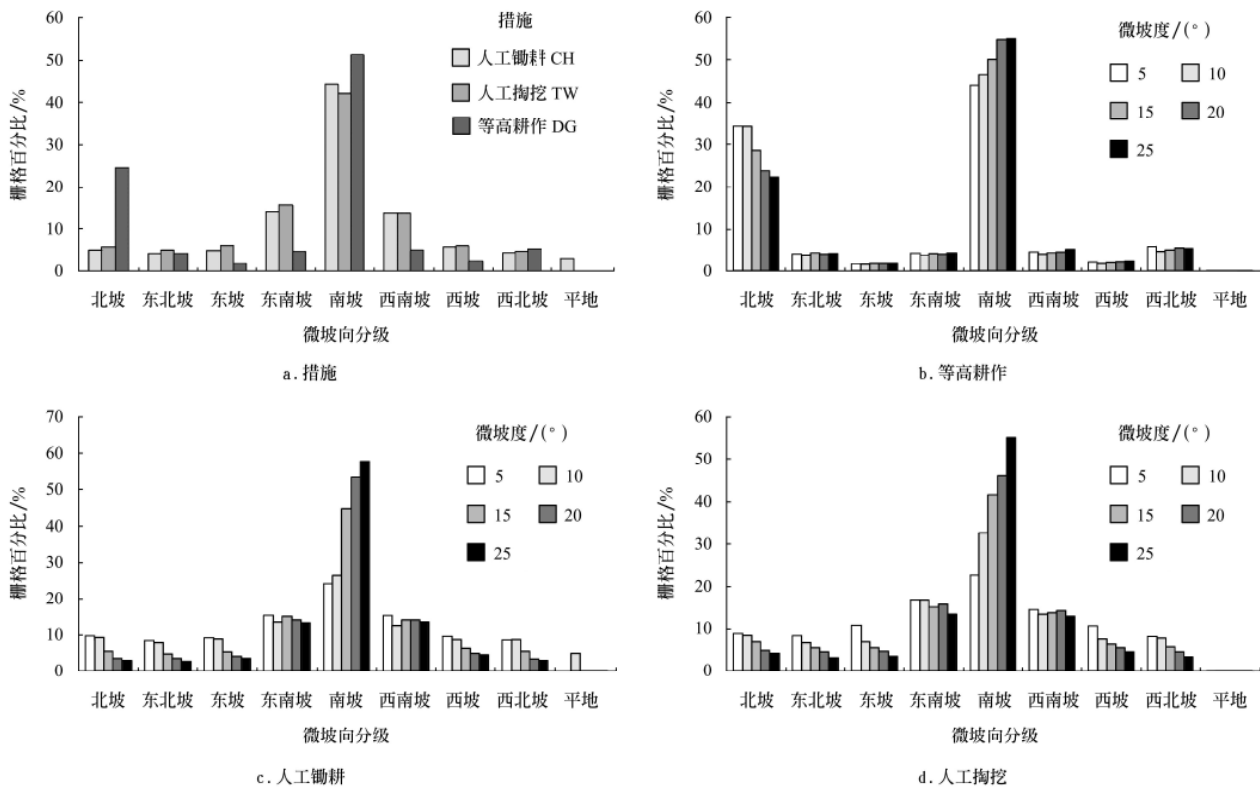


图 4 微坡向分布
Fig.4 Distribution plots of micro-aspect classification

表 5 不同措施下微坡向分级统计量
Table 5 Statistics of micro-aspect classification under different tillage practice conditions

措 施	统计量	北坡	东北坡	东坡	东南坡	南坡	西南坡	西坡	西北坡	平地
人工耨耕 CH	均值	6.06	5.31	6.10	14.15	41.19	13.80	6.72	5.69	0.97
	标准偏差	3.31	2.84	2.81	1.52	15.70	1.71	2.41	2.85	3.06
人工耨挖 TW	均值	6.58	5.59	6.24	15.57	39.63	13.71	6.85	5.83	0.00
	标准偏差	2.58	2.11	2.72	1.97	12.30	1.58	2.36	2.18	0.01
等高耕作 DG	均值	28.62	3.99	1.63	4.00	50.08	4.47	1.94	5.24	0.03
	标准偏差	5.82	0.38	0.19	0.46	4.63	0.64	0.32	0.81	0.02

注：表中数据由 5 个试验坡度下各 2 个重复计算得出。

2.3 侵蚀量计算与分析

图 5 显示 DG、TW 和 CH 措施在降雨过程中侵蚀发生的空间分布特征，图中颜色的深浅代表侵蚀发生的强弱，浅色表示侵蚀发生的程度相对较轻，深色表示较重，对照图例，其值大于 0 的数值表示淤积区，其体积表示淤积量；相反，小于 0 的数值表示侵蚀量。从图中可以

看出，侵蚀依坡位呈不同程度变化，上坡位主要以侵蚀为主，下坡面既有侵蚀的发生，又有较明显的沉积。很明显，DG、TW 和 CH 措施下侵蚀量大于淤积量，且高程变化值大于 0 的栅格统计数大小依次为 $DG > TW > CH$ ，这说明在同一降雨条件下，微地形起伏（或地表糙度）较大时淤积量大，反之，则侵蚀量小。

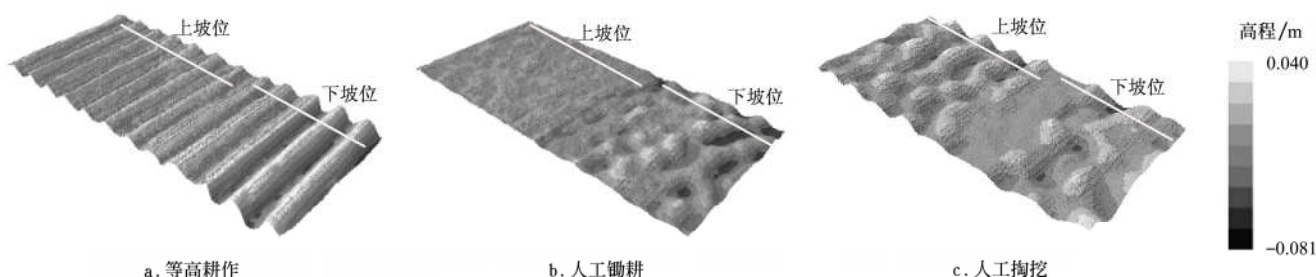


图 5 降雨过程中坡面土壤侵蚀量 DEM 图

Fig. 5 Soil erosion field plots under the process of rainfall

表 6 列出了试验产沙量和通过式(1)计算的侵蚀量，试验产沙量是在降雨过程中收集的实际泥沙量。从表中得出，CH、TW 的侵蚀量非常接近试验产沙量，相对误差小于 10%，虽然 DG 的相对误差为 24.1%，但是其本身的侵蚀量就小，只有 28.2 g，这说明通过微 DEM 模型计算地表侵蚀量是可行的。

表 6 不同耕作措施下坡面侵蚀量计算结果

Table 6 Comparison of simulation and sediment yield under different tillage practices

耕作方式	试验产沙量/g	模拟侵蚀量/g	绝对误差/g	相对误差/%
人工锄耕 CH	480.5	436.2	44.3	9.2
人工掏挖 TW	220.8	210.7	10.1	4.6
等高耕作 DG	28.2	21.4	6.8	24.1

注：表中数据的计算条件：雨强为 90 mm/h，历时 1 h，试验坡度 5°，有效降雨面积 2.0 m×1.0 m，

模拟侵蚀量=雨后土壤体质量×坡面变化量。

3 结 论

1) 利用反距离加权插值法建立的黄土坡耕地微 DEM 模型能够较好地反映地表的实际情况。

2) 微坡度分布特征与耕作措施密切相关。对于人工锄耕 (CH) 和人工掏挖 (TW) 措施而言，微坡度栅格统计数随着微坡度的变化呈先增大，后减小的趋势，且微坡度主要集中在 10°~25°之间；而等高耕作 (DG) 措施下微坡度栅格统计数随着微坡度的增大而增大，微坡度 >40°的栅格数最多，占总数的 21.21%。

3) TW, CH 和 DG 坡面微坡向的栅格统计数具有明显的差异，试验坡度对微坡向的分布影响明显。对于 CH 和 TW 而言，微坡向分布趋势相似，依次为：南坡、东南、西南、西坡、东坡、西北、北坡、东北坡、平地；而 DG 坡向栅格数主要分布在南坡和北坡，占总栅格数的 76.07%，其余坡向下数量较小。

4) 利用微 DEM 变化分析坡面侵蚀的空间变化表明，上坡位侵蚀较下坡位明显，下坡位土壤沉积较上坡位多。

地形洼地是沉积区，而坡面和凸地侵蚀较明显，利用微 DEM 计算的地表侵蚀量能够反映出坡面侵蚀的大小。

[参 考 文 献]

- [1] 吴发启, 赵晓光, 刘秉正. 缓坡耕地侵蚀环境及动力机制分析[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000: 58—60.
- [2] 吴发启, 赵西宁, 崔卫芳. 坡耕地耕作管理措施对降雨入渗的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 115—117.
Wu Faqi, Zhao Xining, Cui Weifang. Effect of tillage management measure on rainfall infiltration[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(3): 115—117. (in Chinese with English abstract)
- [3] Mark W S, Timothy R G, James C A. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science[J]. Soil and Tillage Research, 2008, 99(1): 4—48.
- [4] Liu Q, Singh V P. Effect of microtopography, slope length and gradient, and vegetative cover on overland flow through simulation[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2004, 9: 375—382.
- [5] Kamphorst E C, Jetten V, Guerif J, et al. Predicting depressional storage from soil surface roughness[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64: 1749—1758.
- [6] Sören-Nils Haubrock, Matthias Kuhnert, Sabine Chabrilat, et.al. Spatiotemporal variations of soil surface roughness from in-situ laser scanning[J]. Catena, 2009, 79(2): 128—139.
- [7] Gómez J A, Nearing M A. Runoff and sediment losses from rough and smooth soil surface in a laboratory experiment[J]. Catena, 2005, 59(3): 253—266.
- [8] 游松财, 李文卿. GIS 支持下的土壤侵蚀量估算: 以江西省泰和县灌溪乡为例[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1): 62—68.
You Songcai, Li Wenqing. Estimation of soil erosion supported by GIS: A case study in guanji township, taihe, Jiangxi[J]. Journal of Natural Resources, 1999, 14(1): 62—68. (in Chinese with English abstract)
- [9] 蔡崇法, 丁树文, 史志华, 等. 应用 USLE 模型与地理信

- 息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 19—24.
- Cai Chongfa, Ding Shuwen, Shi Zhihua, et al. Study of applying USLE and geographical information system IDRISI to predict soil erosion in small watershed[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 14(2): 19—24. (in Chinese with English abstract)
- [10] Bull L J, Kirkby M J. Dryland river characteristics and concepts[M]. Bull L J, Kirkby M J. Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels. Wiley and Sons: 3—15.
- [11] 符素华, 张卫国, 刘宝元, 等. 北京山区小流域土壤侵蚀模型[J]. 水土保持研究, 2001, 8(4): 114—120.
- Fu Suhua, Zhang Weiguo, Liu Baoyuan, et al. Beijing mountain area soil erosion model[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2001, 8(4): 114—120. (in Chinese with English abstract)
- [12] Huang Y F, Chen X, Huang G H, et al. GIS-based distributed model for simulating runoff and sediment load in the Malian River Basin[J]. Hydrobiologia, 2003, 49(4): 127—134.
- [13] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 86—88.
- [14] 赵龙山, 梁心蓝, 高树静, 等. 微 DEM 条件下黄土高原人工掏挖地填洼量特征研究[J]. 节水灌溉, 2010, (7): 49—52.
- Zhao Longshan, Liang Xinlan, Gao Shujing, et al. Characteristic of depression storage of Artificial dig sloping field in Loess Plateau based on micro-DEM[J]. Water Saving Irrigation, 2010, (7): 49—52. (in Chinese with English abstract)

Establishment and application of DEM for loess slope land based on GIS

Zhao Longshan, Zhang Qingfeng, Liang Xinlan, Cao Weipeng, Wu Faqi^{*}

(College of Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

Abstract: The paper established a digital elevation model (DEM) of loess slope land under different tillage conditions on the micro-scale, and DEM spatial characteristic was analyzed. The results showed that micro-DEM model established by the method of inverse distance weighted interpolation could correctly reproduce the surface morphology of sloping land. Derived micro-slope and micro-aspect values could be taken as important factors in studying spatial difference of soil erosion. Micro-slope distribution characteristics and tillage measures were closely related. As for artificial hoe and contour measures, grid statistic figures of micro-slope increased at initial then decreased with increasing of micro-slope, while grid statistic figures of micro-slope increased with increasing of micro-slope under the measures of artificial dig. Grid statistic figures of micro-aspect had obviously differences among measures of contour, artificial hoe and artificial dig, and slope had a significant effect on the distribution of micro-aspect. Surface erosion calculated using the micro-DEM could reflect the size of slope surface erosion. This study not only provides data information for the study of soil erosion process under the micro-topographic condition, but also lies the foundation of further study in the mechanism of soil erosion under the micro-topographic condition.

Key words: erosion, geography information systems, topography, loess slope land, tillage practice, micro-relief, digital elevation model (DEM)