

郭力宇,郭昭,王涛,等. 陕西渭河流域近15年土壤侵蚀时空变化分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):185-190.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.049

# 陕西渭河流域近15年土壤侵蚀时空变化分析

郭力宇,郭昭,王涛,张娅

(西安科技大学测绘科学与技术学院,陕西西安 710054)

**摘要:**渭河流域土壤侵蚀与气候变化、生态保护与建设政策、城市扩张等人类活动密切相关,受到广泛关注。基于渭河流域 DEM、土壤类型、2000—2014年渭河流域气象站点逐日降水数据及 MODIS NDVI 数据,采用修正通用土壤侵蚀方程(RUSLE)估算流域土壤侵蚀模数,并分析2000—2014年渭河流域土壤侵蚀时空变化特征。结果表明,渭河流域2000—2014年植被呈改善趋势,其中陕北丘陵沟壑区、渭北高原沟壑区 NDVI 增加明显,分别提高了28.4%、15.1%。2000—2014年渭河流域土壤侵蚀以微度侵蚀和轻度侵蚀为主,共占总面积的61.47%;以2009年为拐点,之前微度侵蚀土壤面积呈增加趋势,而中度以上土壤侵蚀面积呈减少趋势,之后则完全相反。渭河流域不同地貌单元土壤侵蚀强度差异较大,渭河平原区以微度侵蚀为主,占该区域面积的80%以上;陕北丘陵沟壑区的中度及中度以上侵蚀强度的面积则占到了52.7%;渭北高原沟壑区以微度侵蚀和轻度侵蚀为主,占该区域面积的61%;秦岭北坡山区年侵蚀性降雨量较大,以中度及中度以上土壤侵蚀为主,占该区域面积的71%。

**关键词:**土壤侵蚀;RUSLE模型;降雨侵蚀力;MODIS NDVI;渭河流域;水土保持;生态环境保护;政策参考

**中图分类号:** S157.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0185-05

土壤侵蚀是造成土壤肥力流失、土壤退化、河流泥沙淤积等生态环境问题的主要原因,是国内外学者关注的热点问题<sup>[1]</sup>。土壤侵蚀研究过程中,坡面、小流域与流域土壤侵蚀一般会采用不同的监测与研究方法,其中坡面土壤侵蚀多采用定位监测方式,小流域多借助高分辨率遥感影像数据及坡面监测结果进行综合估算,而流域尺度的土壤侵蚀,多结合GIS(geographical information system)与RS(remote sensing)技术,基于土壤侵蚀模型进行定量估算。

Wishneier等根据美国东部上万个径流小区多年观测和试验资料,最早提出通用土壤侵蚀方程(universal soil loss equation, USLE)<sup>[2]</sup>。之后,美国农业部在USLE基础上,推出了更为完善的修正通用土壤侵蚀方程(revised universal soil loss equation, RUSLE)<sup>[3]</sup>。随着土壤侵蚀模型研究的深入,土壤侵蚀模型不断完善,相继产生了多种土壤侵蚀模型,如美国水蚀预报模型(water erosion prediction project, WEPP)<sup>[4]</sup>、荷兰土壤侵蚀模型(Limburg soil erosion model, LISEM)<sup>[5]</sup>、欧洲土壤侵蚀模型(European soil erosion model, EUROSEM)<sup>[6]</sup>。中国学者参考USLE模型的基本形式,结合中国的地貌特征,也建立了若干个土壤侵蚀模型,如刘宝元等建立的中国土壤侵蚀方程(Chinese soil loss equation, CSLE)<sup>[7]</sup>、江忠善等针对

黄土丘陵区建立的沟间地和沟谷地土壤侵蚀模型<sup>[8]</sup>。考虑到模型参数的复杂性以及实用性,USLE/RUSLE模型依然是当前应用较为广泛的土壤侵蚀估算模型。

渭河流域处于黄土高原区域,流域内土质疏松、植被稀疏,夏、秋季降雨集中,是中国土壤侵蚀较为严重的区域之一。已有研究中对渭河流域土壤侵蚀研究相对较少,多集中在黄土丘陵沟壑区小流域范围<sup>[9-11]</sup>,并且主要对某一两个年份的土壤侵蚀进行静态分析<sup>[12-13]</sup>,缺少长时间序列、连续动态变化研究及对渭河流域的综合研究。本研究采用RUSLE模型估算陕西渭河流域2000—2014年土壤侵蚀状况,分析土壤侵蚀时空变化特征及在不同地貌单元分布情况,为流域水土保持及生态环境保护提供参考。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区

陕西省境内渭河流域面积约为6.79万km<sup>2</sup>,涉及到西安、延安等在内的6市54个区(县),是陕西省经济社会发展的核心区域。渭河流域自北而南可划分为陕北丘陵沟壑区、渭北高原沟壑区、渭河平原区以及秦岭北坡山区4个地貌区(图1)。陕北丘陵沟壑区以黄土丘陵沟壑和塬梁沟壑地貌为主,面积约为2.22万km<sup>2</sup>。洛河发源于此,从定边流经吴起、志丹、甘泉、富县以及洛川,向南穿越渭北高原,进入关中盆地,最终流入渭河。渭北高原沟壑区处于陕北黄土高原区以南,关中盆地以北,面积约2.03万km<sup>2</sup>,地势平坦,沟壑纵横,是陕西农业生产的主要区域之一。渭河平原区面积约为1.75万km<sup>2</sup>,渭河由西向东横贯而出,流入黄河。区域内土地肥沃,植被覆盖较好,人口集中,城镇密集,是陕西经济社会发展重要区域。秦岭北坡山区是重要的水源涵养地,降水充沛,植被覆盖度高,面积约7960km<sup>2</sup>,是渭河南岸众多支流的发源地之一。

收稿日期:2017-04-13

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFC0501707);黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室开放基金(编号:A314021402-1616)。

作者简介:郭力宇(1963—),男,陕西临潼人,博士,副教授,主要从事旅游地质研究。Tel:(029)85583176;E-mail:332781731@qq.com。

通信作者:王涛,博士,讲师,主要从事区域环境变化研究。Tel:(029)85583176;E-mail:wh432@163.com。

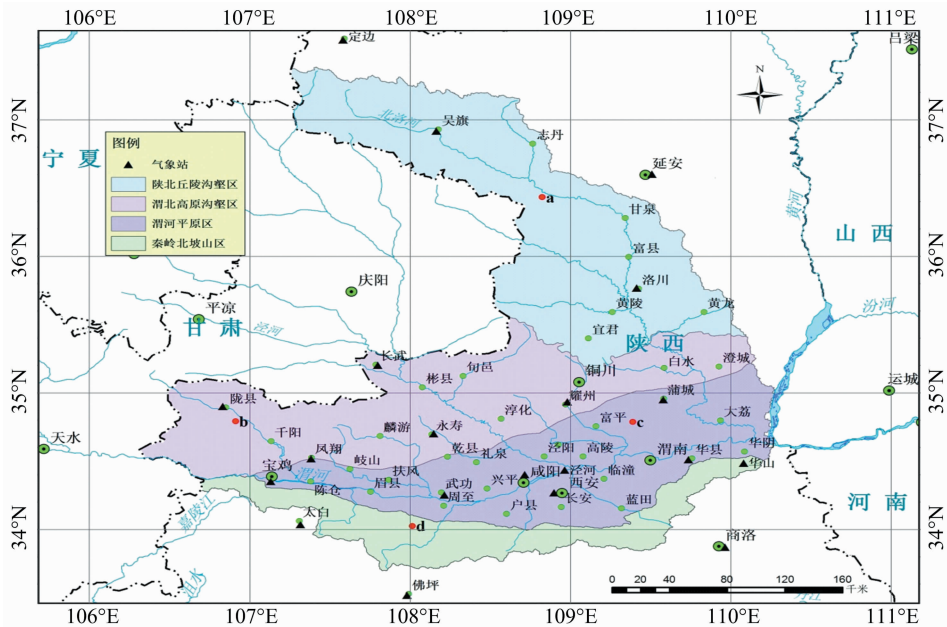


图1 陕西渭河流域范围

## 1.2 数据

研究使用数据包括 30 m 分辨率 GDEMDEM 数据,来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台 (<http://www.gscloud.cn>);渭河流域气象站点 2000—2014 年逐日降水数据,下载自中国气象数据网 (<http://data.cma.cn>),站点分布见图 1;渭河流域 2000—2014 年 16 d 合成的 250 m 分辨率 MODIS NDVI 13Q1 - Level 3 数据,下载自 <http://ladsweb.nasa.gov>; 1 : 50 万渭河流域土壤类型图。

## 1.3 土壤侵蚀计算

RUSLE 使用较为广泛,由降雨侵蚀力因子( $R$ )、土壤可蚀性因子( $K$ )、地形因子( $LS$ )、植被覆盖管理因子( $C$ )和水土保持措施因子( $P$ )构成。 $A$  为单位面积上的年均土壤流失量 [ $t/(hm^2 \cdot 年)$ ]。

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P. \quad (1)$$

降雨侵蚀力因子( $R$ ):降雨是引起土壤侵蚀的最直接的外部因素,降雨侵蚀力是反映降雨对地表土壤侵蚀影响的指标。本研究采用章文波等基于逐日降雨量提出的计算模型<sup>[14]</sup>。

$$R_i = \alpha \sum_{j=1}^k P_j^\beta; \quad (2)$$

$$\alpha = 21.586\beta^{-7.1891}; \quad (3)$$

$$\beta = 0.8368 + 18.144P_{\geq 12}^{-1} + 24.455P_{\geq 12}^{-1.0}. \quad (4)$$

式中: $R_i$  为第  $i$  个半月时段的降雨侵蚀力,单位为  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ;  $k$  为该半月时段内的时间,单位为  $d$ ;  $P_j$  月侵蚀性雨量,为半月时段内第  $j$  天的日降雨量,单位为  $mm$ ,要求日降雨量  $\geq 12 mm$ ,否则赋以 0 值计算,12 mm 与侵蚀性降雨标准对应<sup>[15]</sup>;  $\alpha$ 、 $\beta$  为模型参数;  $P_{\geq 12}$  为日降雨量  $\geq 12 mm$  的平均日降雨量,  $mm$ ;  $P_{\geq 12}$  为日降雨量  $\geq 12 mm$  的年平均降雨量,  $mm$ 。

土壤可蚀性因子( $K$ ):反映地表土壤受到降雨侵蚀的难易程度的指标,采用 EPIC (erosion - productivity impact calculator) 模型<sup>[16]</sup> 计算:

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[0.0256M(1 - \frac{F}{100})]\} \cdot (\frac{F}{N+F})^{0.3} \cdot [1.0 - \frac{0.25T}{T + \exp(3.72 - 2.95T)}] \cdot [1.0 - \frac{0.7\delta}{\delta + \exp(-5.51 + 22.9\delta)}]. \quad (5)$$

式中: $M$ 、 $F$ 、 $N$  分别代表土壤中沙粒、粉沙粒和黏粒的质量分数(%);  $T$  则表示土壤有机碳质量分数(%). 将计算结果乘以 0.1317 从而转化为国际制单位。

地形因子( $LS$ ):地形因子包括坡长因子( $L$ )和坡度因子( $S$ ),是影响地表径流形成侵蚀能力的主要自然要素。根据 Renard 等提出的计算方法<sup>[17-19]</sup>,基于 DEM 提取坡长因子和坡度因子。

$$L = (\lambda/22.13)^\alpha; \quad (6)$$

$$\alpha = \beta/(\beta + 1); \quad (7)$$

$$\beta = (\sin\theta/0.0896)/[3.0(\sin\theta)^{0.8} + 0.56]; \quad (8)$$

$$S = \begin{cases} 10.8\sin\theta + 0.03 & \theta < 5^\circ \\ 16.8\sin\theta - 0.05 & 5^\circ \leq \theta < 14^\circ \\ 21.91\sin\theta - 0.96 & 14^\circ \leq \theta \end{cases} \quad (9)$$

式中: $\lambda$  为坡长,  $\alpha$  为坡长指数,  $\theta$  为坡度。

植被覆盖管理因子( $C$ ):采用李天宏等提出的基于 MODIS NDVI 影像的计算方法<sup>[20]</sup>。

$$AVHRR \text{ NDVI} = 0.18 \text{ MODIS NDVI} + 0.131; \quad (10)$$

$$C = \exp[-\alpha \cdot AVHRR \text{ NDVI}/(\beta - AVHRR \text{ NDVI})]. \quad (11)$$

式中: $\alpha$  和  $\beta$  取值分别为 2、1;利用 MODIS NDVI 计算 AVHRR NDVI,再计算获得  $C$  值。

水土保持措施因子( $P$ ):无量纲,基于 DEM 数据,采用 Lufafa 等提出的计算方法<sup>[21]</sup>。

$$P = 0.2 + 0.03\theta. \quad (12)$$

## 2 结果与分析

根据 RUSLE 计算得到陕西渭河流域 2000—2014 年土壤侵蚀模数,为了便于对比分析,将其单位统一换算为

$t/(km^2 \cdot 年)$ ,并选取渭河流域的一级支流洛河进行结果验证。查阅水利部网站公布的《中国河流泥沙公报》<sup>[22]</sup>,可知洛河下游水文监测站——状头站多年平均输沙模数为 2 850  $t/(km^2 \cdot 年)$ ,计算获得的近 15 年土壤侵蚀模数平均值为 3 213  $t/(km^2 \cdot 年)$ ,计算结果高出监测结果 12%,表明依据 RUSLE 计算的土壤侵蚀模数可用于进一步的分析。

2.1 侵蚀性降雨与降雨侵蚀力

2.1.1 侵蚀性降雨 以 12 mm 降雨量作为侵蚀降雨的划分标准,统计了 2000—2014 年陕西渭河流域 20 个主要气象站点的降水数据,并选取其中站点分布均匀且观测数据连续的 10 个站点进行分析(表 1)。陕西渭河流域侵蚀性降雨量总体呈北少南多,且年侵蚀降雨量、降雨天数呈上升趋势。陕北

丘陵沟壑区南北差异明显,洛川监测站的年均侵蚀降雨量、侵蚀降雨总天数、暴雨总天数比定边监测站均有明显的增加,且洛川监测站 2010—2014 年的年均侵蚀降雨量比 2000—2004 年增多了 8%;渭北高原沟壑区东西差异明显,西部年均侵蚀性降雨量较东部多,其中长武监测站 2000—2014 年均侵蚀性降雨量高于耀县监测站约 7%,且 2010—2014 年较 2000—2004 年增加了 8%;渭河平原区年均侵蚀性降雨量呈现逐步增大的趋势,武功监测站 2000—2004 年的年均侵蚀降雨量为 316 mm,而 2010—2014 年已增长到 458 mm;相较于渭河平原区、渭北高原沟壑区、陕北丘陵沟壑区,秦岭北坡山区年均侵蚀降雨量大,侵蚀降雨和暴雨总天数多,2010—2014 年较 2000—2004 年增长明显。

表 1 2000—2014 年陕西渭河流域主要气象站年侵蚀降雨统计

地貌类型	站点	年均侵蚀降雨量(mm)			侵蚀降雨总天数(d)			暴雨总天数(d)		
		2000至2004年	2005至2009年	2010至2014年	2000至2004年	2005至2009年	2010至2014年	2000至2004年	2005至2009年	2010至2014年
陕北丘陵沟壑区	定边	184	162	212	36	35	47	3	0	1
	吴旗	304	259	299	63	57	65	3	1	4
	延安	299	330	440	65	69	78	3	6	12
	洛川	425	340	460	80	68	81	5	4	9
渭北高原沟壑区	长武	381	294	412	75	66	85	6	3	4
	耀县	302	348	364	71	73	66	1	5	5
渭河平原区	武功	316	402	458	64	79	87	5	5	7
	华山	371	512	514	73	99	96	3	7	7
秦岭北坡山区	佛坪	554	655	747	100	118	130	5	8	13
	商州	445	450	494	90	93	95	6	6	7

2.1.2 降雨侵蚀力 2000—2014 年,陕西渭河流域降雨侵蚀力空间变化上由北到南各地貌单元内呈现出一定的差异性。陕北丘陵沟壑区降雨侵蚀力总体较小,平均为 1 989  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ,2013 年出现最大峰值 3 030  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ;秦岭北坡山区降雨侵蚀力总体最大,均值达到 2 712  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ,2011 年出现最大峰值 4 366  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ;渭北高原沟壑区、渭河平原区的降雨侵蚀力值相近,且时间变化曲线也相似,均值分别为 2 135、2 152  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ,最大峰值同样出现在 2003 年,分别为 3 861、3 595  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ 。

2000—2014 年渭北高原沟壑区、渭河平原区以及秦岭北坡山区的年降雨侵蚀力变化表现出年际间波动较大、整体逐渐增大的趋势,而陕北丘陵沟壑区相对其他地区波动较小,2000 年降雨侵蚀力为 1 690  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ,2008 年达到最低值 1 231  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ ,2014 年增大到 2 255  $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot 年)$ (图 2)。

2.2 植被指数

植物叶片在蓝光和红光波段有较强的吸收能力,而在近红外和绿光波段则反射能力较强<sup>[23]</sup>。因而,植被生长状况越好,植被覆盖度越高,在红光波段的反射越小,在近红外波段的反射越大。利用归一化植被指数 ( $NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$ ),可以有效地检测出研究区内植被覆盖变化。对 16 d 合成的 MODIS NDVI 数据采用 MVC(maximum value composition)方法提取研究区各年份 NDVI 数据,对不同地貌单元内 NDVI 进行统计得到图 3。

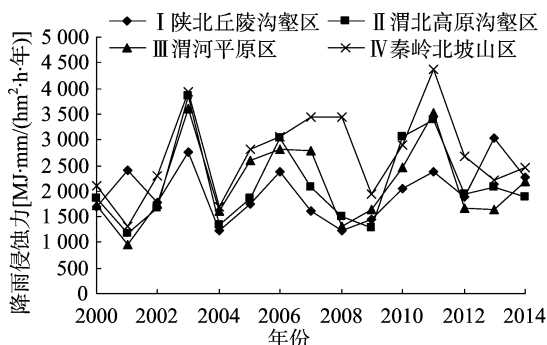


图2 2000—2014年不同地貌单元年降雨侵蚀力变化

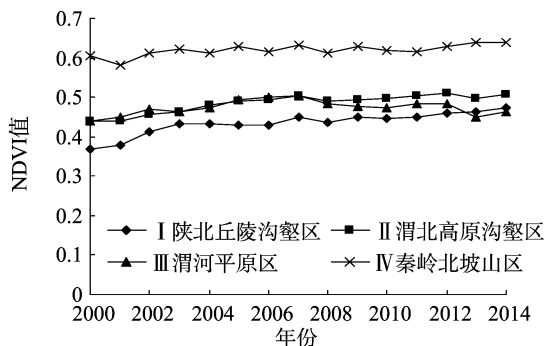


图3 2000—2014年不同地貌单元内 NDVI 值变化

研究区植被平均 NDVI 值逐年增加,反映了植被覆盖度在不断提高。2000—2014 年,陕北丘陵沟壑区平均 NDVI 值增加了 28.4%,其次为渭北高原沟壑区增加了 15.1%,这可能与该 2 类区域实施的退耕还林还草工程引起的区域内坡耕

地大面积减少而草地、林地增加有关<sup>[24]</sup>。渭河平原区平均NDVI值表现为先增后减趋势,2007年达到峰值0.502。秦岭北坡山区总体植被覆盖度高,NDVI值变化小,2014年较2000年仅增加6%(图3)。

### 2.3 土壤侵蚀时空变化

**2.3.1 土壤侵蚀模数变化过程** 统计陕西渭河流域及不同地貌单元年平均土壤侵蚀模数。由图4可知,渭河流域土壤在不同地貌单元间存在较大差异,其中渭河平原区土壤侵蚀模数最小,低于1 000 t/(km<sup>2</sup>·年),2000—2014年总体呈轻微的波动变化过程;秦岭北坡山区土壤侵蚀模数最大,除2001年外,其他年份土壤侵蚀模数均高于3 000 t/(km<sup>2</sup>·年),2011年达到9 000 t/(km<sup>2</sup>·年)以上,2000—2014年该区域土壤侵蚀模数总体呈波动上升趋势,波动幅度较大;陕北丘陵沟壑区、渭北高原沟壑区土壤侵蚀模数较为相近,但略有不同,前者多数年份土壤侵蚀模数在3 000 t/(km<sup>2</sup>·年)以上,而后者多数年份在3 000 t/(km<sup>2</sup>·年)以下,但2000—2014年二者变化过程大体相似。

**2.3.2 土壤侵蚀强度时间变化过程** 根据SL190—2007《土壤侵蚀分类分级标准》<sup>[25]</sup>,将研究区土壤侵蚀划分为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈侵蚀6类,其阈值分别为1 000、2 500、5 000、8 000、15 000 t/(km<sup>2</sup>·年)。基于分级标准得到渭河流域不同土壤侵蚀强度面积及所占比例(表2)。陕西渭河流域以中度以下强度的土壤侵蚀为主。2000—2014年微

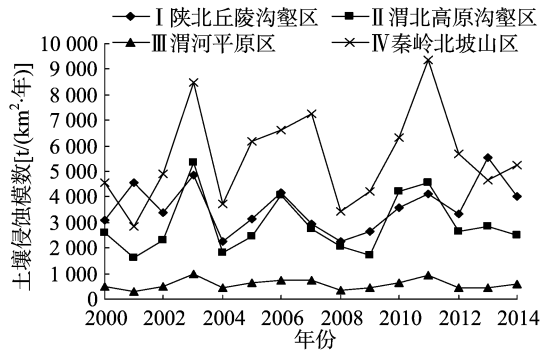


图4 2000—2014年研究区内各分区年均土壤侵蚀模数变化

度侵蚀平均面积为30 547 km<sup>2</sup>,占总面积的44.96%;轻度侵蚀与中度侵蚀的平均面积相近,分别为11 214、12 480 km<sup>2</sup>,占总面积的16.51%、18.37%。中度以上侵蚀平均面积均较少,其中强度侵蚀占总面积的比例约11.36%;极强度侵蚀平均面积更少,约为4 992 km<sup>2</sup>,占比7.35%;剧烈侵蚀平均面积为985 km<sup>2</sup>,占比极小,只有1.45%,且多数年份不足1%。微度侵蚀面积占比2000—2008年波动较大,由46.37%增加到50.89%,2009—2014年,微度侵蚀所占面积下降趋势明显;2000—2014年间轻度侵蚀与中度侵蚀面积变化较为平稳;中度以上侵蚀面积2000—2009年波动变化较大,总体趋向减少,2009—2014年由11.10%增长到21.52%。

表2 陕西渭河流域各级土壤侵蚀强度面积及百分比

年份	微度侵蚀		轻度侵蚀		中度侵蚀		强度侵蚀		极强度侵蚀		剧烈侵蚀	
	面积 (km <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比例 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比例 (%)
2000	31 501	46.37	11 547	17.00	13 549	19.94	7 364	10.84	3 706	5.45	269	0.40
2001	33 186	48.85	12 208	17.97	11 418	16.80	6 604	9.72	4 122	6.07	398	0.59
2002	31 015	45.65	11 202	16.49	13 645	20.08	7 980	11.75	3 904	5.75	190	0.28
2003	25 488	37.52	9 449	13.91	10 064	14.81	9 345	13.76	9 866	14.52	3 724	5.48
2004	34 518	50.81	13 482	19.85	13 838	20.37	4 783	7.04	1 300	1.91	15	0.02
2005	30 432	44.79	11 392	16.77	13 513	19.89	8 083	11.90	3 904	5.75	612	0.90
2006	27 835	40.97	10 060	14.81	11 291	16.62	9 319	13.72	7 717	11.36	1 714	2.52
2007	29 969	44.11	11 316	16.66	13 110	19.30	8 088	11.90	4 479	6.59	974	1.44
2008	34 569	50.89	13 274	19.54	13 679	20.14	5 097	7.50	1 300	1.91	17	0.02
2009	34 013	50.07	12 728	18.73	13 656	20.10	5 611	8.26	1 815	2.67	113	0.17
2010	28 866	42.49	10 234	15.07	11 721	17.25	8 819	12.98	6 765	9.96	1 531	2.25
2011	26 751	39.38	10 108	14.88	10 449	15.38	8 910	13.11	8 762	12.90	2 956	4.35
2012	30 903	45.49	10 523	15.49	13 329	19.62	8 332	12.26	4 284	6.31	565	0.83
2013	29 247	43.05	9 817	14.45	11 397	16.78	8 667	12.76	7 507	11.05	1 301	1.91
2014	29 913	44.03	10 865	15.99	12 540	18.46	8 766	12.90	5 450	8.02	402	0.60
平均值	30 547	44.96	11 214	16.51	12 480	18.37	7 718	11.36	4 992	7.35	985	1.45

**2.3.3 土壤侵蚀强度空间变化过程** 由于渭河流域范围较大,因此在不同地貌单元中,选择固定大小区域(位置见图1中a、b、c和d),绘制其2000年、2005年、2010年和2014年土壤侵蚀变化情况,结果见图5。2000—2014年渭河流域土壤侵蚀强度变化特点明显:不同地貌单元侵蚀强度变化各有不同。陕北丘陵沟壑区微度、轻度、中度及强度侵蚀面积较多,其所占该区域的面积比重相近,2000—2014年土壤侵蚀有所增加,中度以上土壤侵蚀面积增加了2 756 km<sup>2</sup>,其中2010—2014年增幅显著;渭北高原沟壑区2000—2005年微度、轻度

以及中度侵蚀面积变化很小,且中度以上的侵蚀面积有所减少,但2005—2010年微度、轻度与中度侵蚀面积下降趋势明显,减少了3 274 km<sup>2</sup>,到2010—2014年又增加了3 153 km<sup>2</sup>,相应的中度以上的侵蚀面积2005—2014年先增加后减少;渭河平原区土壤侵蚀量很小,微度侵蚀占到该区域的80%以上,2000—2014年微度侵蚀面积略有下降,轻度侵蚀与中度侵蚀增加了390 km<sup>2</sup>;秦岭北坡山区2000—2014年土壤侵蚀强度较大,中度侵蚀占到该区域的29%,且中度以上的侵蚀面积占到该区域的42%,呈现先增后减的变化特点。

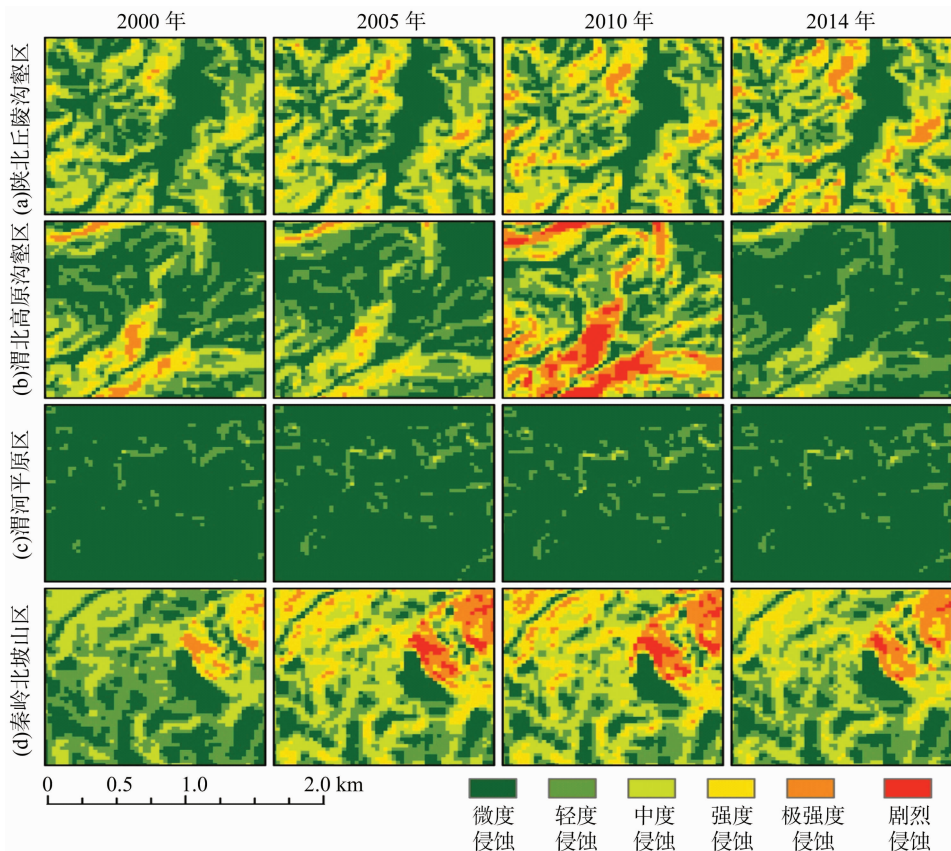


图5 不同地貌单元土壤侵蚀的动态变化

### 3 结论与讨论

基于 RUSLE 计算获得了陕西渭河流域 2000—2014 年土壤侵蚀模数,分析了流域侵蚀性降雨与降雨侵蚀力、植被覆盖变化及土壤侵蚀强度的时空分布特征,结果表明:(1)陕西渭河流域侵蚀性降雨由北向南逐渐增多,2000—2014 年呈现出一定的增长趋势;各地貌单元内植被指数增长明显,尤其是陕北丘陵沟壑区与渭北高原沟壑区植被覆盖度有较大提高。(2)2000—2014 年陕西渭河流域土壤侵蚀强度总体以微度和轻度为主,变化较为平稳,中度以上土壤侵蚀面积略有增加;空间分布上,不同地貌单元土壤侵蚀强度差异明显:陕北丘陵沟壑区各级侵蚀强度的面积均占有一定比例,其中微度、轻度以及中度侵蚀面积均占到该区域面积的 20% 以上;渭北高原沟壑区以微度和轻度侵蚀为主,二者占到该区域面积的 61%,且中度侵蚀面积也占到了将近 20%;渭河平原区微度侵蚀面积最多,占到该区域的 80% 以上;秦岭北坡山区土壤侵蚀强度整体较大,中度以上侵蚀的面积占到了该区域的 42%。

本研究中可能存在的不足在于采用的气象站点数较少,水土保持措施因子采用经验公式得到,对于研究结果的精度会有一些影响;此外,还发现 2000—2014 年降雨侵蚀力的变化曲线与土壤侵蚀模数变化曲线相似,年侵蚀性降雨量的变化对土壤侵蚀模数变化的影响较大,植被覆盖度的提高与水土保持措施对于减少土壤侵蚀量的贡献度仍需要进一步再讨论。

#### 参考文献:

- [1]李占斌,朱冰冰,李鹏. 土壤侵蚀与水土保持研究进展[J]. 土壤学报,2008,45(5):802-809.
- [2]Wischmeier W H,Smith D D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the rocky mountains; a guide for conservation planning[M]//Agriculture Handbook No. 537. Washington,D. C.: USDA,1978:17-34.
- [3]Renard K G,Ferreira V A. RUSLE model description and database sensitivity[J]. Journal of Environmental Quality,1993,22(3):458-466.
- [4]Lafren J M,Lane J L,Foster G R. WEEP a new generation of erosion prediction technology[J]. Journal of Soil and Water Conservation,1991,46(1):34-38.
- [5]De Roo A P J,Wesseling C G,Ritsma C J. LISEM:A single-event,physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins I:theory,input and output[J]. Hydrological Processes,1996,10(8):1107-1117.
- [6]Morgan R P C,Quinton J N,Smith R E,et al. The European soil erosion model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments[J]. Earth Surface Processes and Landforms,1998,23(6):527-544.
- [7]Liu B Y,Zhang K L,Xie Y. An empirical soil loss equation[C]//Proceedings 12th International Soil Conservation Organization Conference,Vol. II: Process of Soil Erosion and Its Environment Effect. Beijing:Tsinghua University Press,2002:21-25.
- [8]江忠善,王志强,刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(1):1-9.
- [9]李勋贵,魏霞. 区域土壤侵蚀演化风险分析——以泾河流域为例[J]. 地理研究,2011,30(8):1361-1369.

张 晗,郭 熙,赵小敏. 基于空间质量差异的县域耕地质量等别监测样点布局研究——以江西省南昌县为例[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):190-197.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.050

# 基于空间质量差异的县域耕地质量等别监测样点布局研究 ——以江西省南昌县为例

张 晗,郭 熙,赵小敏

(江西农业大学江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室/江西农业大学国土资源与环境学院,江西南昌 330045)

**摘要:**以江西省南昌市南昌县为研究区,采用国土资源部最新出台的耕地质量监测方案,参照江西省农用地体系,利用 ArcGIS 空间叠加法划分监测指标限制区,最终在南昌县划分了 5 个耕地质量等别变化类型,分别为逐步干旱型、逐步渍涝型、水土流失型、肥力提升型、沙化型。考虑到南昌县耕地面积和监测类型分布范围,在渐变类型区内共布设 34 个理论监测样点,并对样点进行优化调整。研究表明,运用 Voronoi 图对监测样点的南北空间变异特征进行验证,在变化类型的基础上布控监测样点,保证了监测样点基本覆盖南昌县变化类型区内的国家自然等别、国家利用等别和国家经济等别,该方法具有代表性、科学性、创新性,能有效地反映耕地质量空间变异的细部特征,并建立县域尺度耕地质量监测体系,为今后省级和国家级层面的耕地质量监测管理工作提供参考。

**关键词:**耕地质量;等别;监测类型;监测样点;南昌县

**中图分类号:** F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0190-08

耕地是人类赖以生存和发展的物质基础,是农业生产最基本的不可替代的生产资料,确保足够数量和相当质量的耕

地,不仅是经济发展和社会进步的需要,而且是社会安定和国家安全的重要保障<sup>[1-2]</sup>。耕地质量是构成耕地的各种自然因素和环境条件状况的总和,表现为耕地生产能力的高低、耕地环境状况优劣以及耕地产品质量的高低<sup>[3]</sup>。

目前,国内外学者针对耕地质量等别监测及其监测样点的布设进行了深入的探讨和研究,特别是从 2010 年以来,全国各地陆续开展耕地质量等别监测工作,其中又以耕地质量监测样点的选取与布设方法尤为关键<sup>[4-6]</sup>。吴克宁等基于标准样地国家汇总与耕地质量动态监测体系相结合的方法,对监测样点的选取进行初步探讨<sup>[7]</sup>。杨建宇等运用 Kriging

收稿日期:2016-08-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:41361049);江西省自然科学基金(编号:20122BAB204012)。

作者简介:张 晗(1992—),男,江西永丰人,硕士研究生,主要从事土地利用规划、土地评价和耕地质量监测等研究。E-mail: zhanghan0307@163.com。

通信作者:赵小敏,博士,教授,博士生导师,主要从事土壤遥感与信息、土地资源利用等研究。E-mail: zhaoxm889@126.com。

[10] 李 军,邱海军,郝俊卿,等. 基于 USLE 和 CSLE 的洛川县土壤侵蚀对比分析研究[J]. 生态经济,2013,273(2):403-407.

[11] 钟德燕. 基于 USLE 模型的黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2012:1-59.

[12] 张雪才,崔晨风,王 伟. 陕西境内渭河流域水土流失的风险评估[J]. 水资源与水工程学报,2012,23(4):107-111.

[13] 王 超. 基于 RS/GIS 的渭河流域土壤侵蚀评价研究[D]. 西安:西北大学,2010:1-63.

[14] 章文波,谢 云,刘宝元. 利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究[J]. 地理科学,2002,22(6):705-711.

[15] 谢 云,刘宝元,章文波. 侵蚀性降雨标准研究[J]. 水土保持学报,2000,14(4):6-11.

[16] Sharpley A N, Williams J R. EPIC - erosion/productivity impact calculator;1. model documentation[J]. Technical Bulletin United States Department of Agriculture,1990,4(4):206-207.

[17] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting rainfall erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)[M]//Agricultural Handbook No. 703. Washington D C:USDA,1997:143-182.

[18] McCool D K, Brown L C, Foster G R, et al. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation[J]. Transactions of the ASAE,1987,30(5):1387-1396.

[19] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes[J]. Transactions of the ASAE,1994,37(6):1835-1840.

[20] 李天宏,郑丽娜. 基于 RUSLE 模型的延河流域 2001—2010 年土壤侵蚀动态变化[J]. 自然资源学报,2012,27(7):1164-1175.

[21] Lufafa A, Tenywa M M, Isabirye M, et al. Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using GIS based universal soil loss model[J]. Agricultural systems,2003,76(3):883-984.

[22] 中华人民共和国水利部. 中国河流泥沙公报[EB/OL]. (2016-11-02)[2016-12-09]. <http://www.mwr.gov.cn/zwzc/hygb/zghlnsgb>.

[23] 李文梅,覃志豪,李文娟,等. MODIS NDVI 与 MODISEVI 的比较分析[J]. 遥感信息,2010,11(6):73-78.

[24] 王 涛,雷 刚,刘郁丛,等. 退耕政策对延安地区土壤侵蚀影响[J]. 中国农学通报,2015,31(23):162-170.

[25] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准:SL190-2007[S]. 北京:中国水利水电出版社,2007.