

不同植被指数情况下的中国土壤侵蚀特征分析

杨存建^{1,2}, 张增祥¹, 韩秀珍¹, 赵晓丽¹, 周全斌¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 云南大学 生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091)

摘要: 利用地理信息系统技术对土壤侵蚀空间数据和植被指数等级数据进行了空间叠加统计分析。研究表明,在植被指数等级为 1 时,主要以风蚀为主,占整个侵蚀的 80.7%,在植被指数等级为 2 级时,主要以冻融侵蚀和风蚀为主,分别占 46.9%, 42.2%。在植被指数等级为第 3 级时,水蚀、冻融侵蚀和风蚀所占的比例比较接近,分别为 39.5%, 36.2% 和 24.2%。植被指数等级从 3 到 8,都是以水蚀为主,且随着植被指数的增加,水蚀所占比重逐渐加大,而风蚀和冻融侵蚀所占的比重均逐渐降低。侵蚀强度为极强和剧烈的水蚀,主要分布在植被指数等级为 3 的情况下,侵蚀强度为极强和剧烈的风蚀主要分布在植被指数等级为 1 的情况下。冻融侵蚀主要分布在植被指数等级为 2 级的情况下。重力侵蚀主要分布在植被指数等级为 5 和 6 的情况下。工程侵蚀在各植被指数等级的分布差异不大。

关键词: 地理信息系统; 植被指数; 土壤侵蚀

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)01-0026-04

中图分类号: S157.3

Analysis on Soil Erosion Under Different Vegetation Index Condition of China

YANG Cun-jian^{1,2}, ZHANG Zeng-xiang¹, HAN Xiu-zhen¹, ZHAO Xiao-li¹, ZHOU Quan-bin¹

(1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, PRC;

2. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan Province, PRC)

Abstract The relationship of the vegetation index and soil erosion was discussed by the spatial overlay statistics of the soil erosion and vegetation data. The vegetation index is gotten from NOAA AVHRR, and classified eight grades. The soil erosion data is gotten by visual interpreting LANDSAT TM imagery. It is show that wind soil erosion accounts for 80.7% of all kind of erosion in vegetation grade 1, congeliturbation erosion and wind erosion dominate in vegetation grade 2 respectively accounting for 46.9% and 42.2%, and water erosion dominates from vegetation grade 3 to grade 8. Water erosion above very heavy dominates in vegetation grade 3. Wind erosion with very heavy dominates in vegetation grade 1.

Keywords geographic information system; vegetation index; soil erosion

土壤侵蚀是世界上的主要灾害之一,是土地退化、河道和湖泊淤积的根本原因。全球 83% 的土地退化是由土壤侵蚀引起的^[1]。我国是土壤侵蚀最严重的国家之一,水土流失面积达 $3.67 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占国土面积的 38%, 每年损失 $6.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 耕地, 失掉土壤达 $5.0 \times 10^9 \text{ t}$ ^[2]。我国 1998 年的特大洪水灾害与土壤侵蚀有着密切的关系。

就土壤侵蚀与植被的关系而言,一般认为植被对土壤具有较好的保护作用。土壤在天然植被保护而无人为干扰的条件下,仅存在土壤侵蚀的潜在可能性,建造植被是治理土壤侵蚀和改善生态环境的根本措施^[3]。随着遥感和地理信息系统技术的发展,使得我们能够在大的区域尺度上,探讨诸如土壤侵蚀与植被

的关系,以及在我国这样的自然环境背景情况下,不同植被覆盖条件下的水蚀、风蚀、冻融侵蚀情况,以及各种土壤侵蚀类型之间的结构组成,土壤侵蚀的强度等一些重要问题。这有利于我们更深入地认识植被覆盖和土壤侵蚀的空间关系模式。为此,本文利用全国土壤侵蚀遥感调查的成果数据和全国宏观资源遥感调查项目的背景数据进行了这方面的分析。

2 试验区 and 数据

试验区为整个中国,所使用的数据有 1:10 万的土壤侵蚀数据和反映植被覆盖情况的植被指数数据。土壤侵蚀数据是通过 LANDSAT TM 图像进行目视判读得到的,在判读过程中,充分利用了如地形、地

收稿日期: 2000-12-20

资助项目: 全国土壤侵蚀遥感调查项目 (HX990001); 国土资源背景遥感研究的知识创新项目 (CX000009) 的联合支持

作者简介: 杨存建 (1967-), 男 (汉族), 博士学位。研究方向为遥感和地理信息系统的应用研究。电话 (010) 64889202, E-mail yangcf@www.reis.ac.cn

貌和降雨等辅助数据。根据土壤侵蚀的成因,将土壤侵蚀分为:水蚀、风蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀和工程侵蚀。水蚀和风蚀分别被分为 6 个等级,即微度、轻度、中度、强度、极强和剧烈。冻融侵蚀被分为 4 级,即微度、轻度、中度和强度。在 ARC/INFO 的 GIS 软件环境下,将其栅格化成 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 的 GRID 数据。

植被的覆盖情况可以由归一化植被指数 (NDVI) 来反映。NDVI 是利用 NOAA 气象卫星的 AVHRR 图像的近红外波段与红光波段之差除以二者之和。NDVI 最大值的生成基于每个季节中最低云量时相的图像数据,所采用的 NOAA/AVHRR 数据时段为 1997 年春季至 1999 年春季共 9 个季相的最小云量中国影像数据集。原影像数据集已经过一系列的制图处理过程,包括太阳高度角校正、几何精纠正后的地图投影、基于反射率物理量转换基准上的影像增强处理、数字镶嵌等。这些数据像元尺度为 $1000\text{m} \times 1000\text{m}$ 。根据表 1 将植被指数等级 (I_d) 划分为 8 级,并将该数据插值成 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 的 GRID 数据。

表 1 植被指数分级

植被指数	分级 I_d
- 0.1~ 0.0	1
0.0~ 0.1	2
0.1~ 0.2	3
0.2~ 0.3	4
0.3~ 0.4	5
0.4~ 0.5	6
0.5~ 0.6	7
0.6~ 1.0	8

以上 2 种数据均被统一到统一的坐标系和统一的投影下。所采用的投影为等面积割圆锥投影,并采用全国统一的中央经线和双标准纬线。中央经线为东经 105° ,双标准纬线分别为北纬 25° 和北纬 47° ,所采用的椭球体为 KRASOVSKY 椭球体。所有数据都被统一成 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 栅格大小的 GRID。

3 不同植被指数等级情况下的土壤侵蚀分析

3.1 土壤侵蚀综合指数

为了对不同单元内土壤侵蚀情况比较分析,就需要能反映这些单元内土壤侵蚀强度的一个综合指标,该指标的大小反映土壤受侵蚀的严重程度,可用土壤侵蚀的综合指数 (I_d) 来表示,其计算公式如下:

$$I_d = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} A_{ij}$$

式中: W_{ij} ——第 i 类第 j 级的土壤侵蚀强度的分级值; A_{ij} ——第 i 类第 j 级的土壤侵蚀强度的面积比重。不同土壤侵蚀类型不同强度等级的分级值划分如下,水力和风力侵蚀中的轻度、中度、强度、极强和剧烈的分级值分别为 2, 4, 6, 8, 10, 重力侵蚀的分级值为 8, 工程侵蚀为 4, 微度侵蚀为 0。分级值越高表示对土壤侵蚀的综合指数的贡献越大。

3.2 不同植被指数等级情况下的水蚀分析

将植被指数等级数据与水蚀数据进行叠加统计,得到如表 2 所示的结果。从表中可以看出,当植被指数等级在 2, 3 时,轻度以上侵蚀所占比重均占 58.2% 以上。而在 6, 7, 8 和 1 上,所占比重均在 28.9% 以下。就轻度以上侵蚀所占比重而言,其最大值出现在植被指数等级为第 3 级 (植被指数为 0.1~ 0.2), 最小值出现在第 7 级上 (植被指数为 0.5~ 0.6)。随着植被指数等级从 1~ 3, 水蚀综合指数逐渐增加, 而从 3~ 7 逐渐降低, 在 7 级, 达到最低为 75。在 3 级达到最大, 为 273。轻度以上土壤侵蚀所占百分比的变化趋势也与此相似。

表 2 不同植被指数情况下的水蚀情况 %

I_d	轻度以上	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	I_D
1	28.9	71.1	16.8	11.7	0.3	0.1	0.0	83
2	58.2	41.8	33.9	17.6	3.5	1.8	1.4	187
3	62.4	37.6	23.0	19.5	9.4	6.2	4.3	273
4	47.3	52.7	20.5	17.9	6.2	2.0	0.7	173
5	35.0	65.0	17.0	13.4	3.9	0.6	0.1	117
6	27.5	72.5	14.1	10.2	2.7	0.4	0.1	89
7	23.8	76.2	13.2	7.9	2.2	0.4	0.1	75
8	26.3	73.7	15.5	7.9	2.3	0.5	0.1	82

3.3 不同植被指数等级情况下的风蚀分析

将植被指数等级数据与风蚀数据进行叠加统计,得到如表 3 所示的结果。

表 3 不同植被指数情况下的风蚀情况 %

I_d	轻度以上	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	I_D
1	95.4	4.6	3.3	10.0	18.9	30.5	32.7	731
2	93.9	6.1	13.5	21.4	20.1	12.6	26.3	596
3	78.6	21.4	29.4	27.5	11.1	5.7	4.9	330
4	64.9	35.1	31.7	22.0	6.7	2.5	2.0	232
5	59.3	40.7	40.2	13.0	4.4	1.0	0.7	174
6	59.3	40.7	40.5	9.4	2.3	0.5	0.3	140
7	57.5	42.5	45.7	8.8	2.1	0.5	0.4	147
8	65.3	34.7	40.2	9.5	5.9	1.7	8.0	248

在植被指数等级为 1, 2 级的情况下, 轻度以上侵蚀所占比重最大, 均在 93. 9% 以上。植被指数等级从 1 到 6 级时, 风蚀综合指数和轻度以上侵蚀所占的比重都从高到低。而植被指数等级从 6 到 7 时, 则从低到高。其最低值出现在植被指数等级为 6 级 (植被指数为 0. 4~ 0. 5), 而其最高值则出现在第 1 级。

3. 4 不同植被指数等级情况下的冻融侵蚀分析

将植被指数等级数据与冻融侵蚀数据进行叠加统计, 结果如表 4

表 4 不同植被指数情况下的冻融侵蚀 %

I_d	总面积 / hm^2	轻度以上	微度	轻度	中度	强度	I_D
1	16 182 779	24. 2	75. 8	9. 3	10. 4	4. 5	87
2	92 949 805	63. 2	36. 8	33. 5	22. 4	7. 3	200
3	30 402 887	54. 0	46. 0	32. 1	16. 8	5. 1	162
4	13 806 385	42. 8	57. 2	29. 9	8. 8	4. 1	120
5	9 816 850	38. 7	61. 3	32. 1	4. 5	2. 1	95
6	11 607 116	37. 3	62. 7	34. 9	1. 7	0. 7	81
7	8 786 646	43. 8	56. 2	42. 6	0. 8	0. 4	91
8	1 116 254	48. 5	51. 5	46. 0	1. 9	0. 6	103

在植被指数等级为 2, 3 级的情况下, 轻度以上侵蚀所占比重均在 54% 以上。而在植被指数等级为 1 级时, 轻度以上侵蚀所占的比重最低。在植被指数等

级从 2 到 6 变化时, 冻融侵蚀综合指数和轻度以上侵蚀所占比重均由高到低变化。

3. 5 不同植被指数等级情况下的土壤侵蚀结构分析

将植被指数等级数据与土壤侵蚀数据进行叠加统计, 结果见表 5。在植被指数等级为 1 时, 主要以风蚀为主, 占整个侵蚀的 80. 7%, 在植被指数等级为 2 级时, 主要以冻融侵蚀和风蚀为主, 分别占 46. 9%, 42. 2%。在植被指数等级为第 3 级时, 水蚀、冻融侵蚀和风蚀所占的比例比较接近, 分别为 39. 5%, 36. 2% 和 24. 2%。植被指数等级从 3 到 8, 都是以水蚀为主, 且随着植被指数的增加, 水蚀所占比重逐渐加大, 而风蚀和冻融侵蚀所占的比重均逐渐降低。

3. 6 不同植被指数等级情况下的土壤侵蚀强度分析

将植被指数等级数据与土壤侵蚀强度数据进行叠加统计, 得到如表 6 所示的结果。随着植被指数等级从 1~ 8, 轻度以上侵蚀所占比重逐渐降低, 在植被指数等级为 1, 2, 3 级时, 轻度以上侵蚀所占比重均在 63. 3% 以上, 而植被指数等级在 6, 7, 8 级时, 轻度以上侵蚀所占比重均在 29. 6% 以下。植被指数等级从 1 到 8, 土壤侵蚀综合指数由高到低。最高值出现在 1 级, 为 606。其低值出现在第 7 和 8 级, 分别为 78 和 84。侵蚀强度为极强和剧烈的土壤侵蚀所占的比重随植被指数等级的增加而降低。

表 5 不同植被指数情况下土壤侵蚀的结构情况

hm^2

I_d	总面积	水 蚀		风 蚀		冻 融		重力侵蚀		工程侵蚀	
		面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%
1	108 310 184	4 674 604	4. 4	87 424 932	80. 7	16 182 779	14. 9	0	0. 0	27 869	0. 0
2	198 203 735	21 594 200	10. 9	83 604 981	42. 2	92 949 805	46. 9	677	0. 0	54 072	0. 0
3	84 081 068	33 253 748	39. 5	20 373 913	24. 2	30 402 887	36. 2	3 553	0. 0	46 967	0. 1
4	78 401 171	52 783 071	67. 3	11 719 122	14. 9	13 806 385	17. 7	8 234	0. 0	84 359	0. 1
5	141 599 633	118 371 047	83. 6	13 272 324	9. 4	9 816 850	6. 9	23 156	0. 0	116 256	0. 1
6	190 171 748	168 016 399	88. 3	10 443 922	5. 5	11 607 116	6. 2	22 703	0. 0	81 608	0. 0
7	117 261 382	106 455 007	90. 8	1 982 132	1. 7	8 786 646	7. 5	13 566	0. 0	24 031	0. 0
8	31 908 468	30 604 969	95. 9	179 157	0. 6	1 116 254	3. 5	3 271	0. 0	4 817	0. 0

表 6 不同植被指数等级下的土壤侵蚀强度情况

%

I_d	轻度以上	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	重力侵蚀	工程侵蚀	I_D
1	81. 9	18. 1	4. 9	10. 2	15. 9	24. 6	26. 3	0. 0	0. 0	606
2	75. 6	24. 4	25. 1	21. 4	12. 4	5. 5	11. 2	0. 0	0. 0	366
3	63. 3	36. 7	27. 8	20. 5	8. 2	3. 8	2. 9	0. 0	0. 1	247
4	49. 2	50. 8	23. 8	16. 9	5. 9	1. 8	0. 7	0. 0	0. 1	172
5	37. 6	62. 4	20. 2	12. 8	3. 7	0. 6	0. 2	0. 0	0. 1	121
6	29. 6	0. 4	16. 8	9. 6	2. 7	0. 4	0. 1	0. 0	0. 0	92
7	25. 9	74. 1	15. 9	7. 4	2. 1	0. 4	0. 1	0. 0	0. 0	78
8	27. 3	72. 7	16. 6	7. 7	2. 4	0. 5	0. 1	0. 0	0. 0	84

3.7 不同类型的土壤侵蚀在不同植被指数等级强度下的分布及构成情况

将植被指数等级数据与土壤侵蚀数据进行叠加统计,得到如表 7 所示的不同类型的土壤侵蚀在不同植被指数等级强度下的分布及构成情况。从表中可以看出,水蚀主要分布在植被指数等级为 6、5 和 7 级,其百分比分别为 31.4%、22.1% 和 19.9%。侵蚀强度为极强和剧烈的水蚀,主要分布在植被指数等级为 3 的情况下,它们分别为 36.5%、58.8%。风蚀主要分

布在植被指数等级为 1、2 级的情况下,其百分比分别为 38.2% 和 36.5%。侵蚀强度为极强和剧烈的风蚀主要分布在植被指数等级为 1 的情况下,其百分比分别为 68.6% 和 55.1%。冻融侵蚀主要分布在植被指数等级为 2 级的情况下,其百分比为 50.3%。重力侵蚀主要分布在植被指数等级为 5 的情况下,其百分比为 30.8%,其次是在 6 级,为 30.2%。工程侵蚀主要分布在植被指数等级为 5、4、6、2 和 3 级上,其百分比分别为 26.4%、19.2%、18.5%、12.3% 和 10.7%。

表 7 不同类型的土壤侵蚀在不同植被指数等级强度下的分布及构成情况

%

I_d	水 蚀							风 蚀							冻融侵蚀					重力 工程	
	总体	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	总体	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	总体	微度	轻度	中度	强度	侵蚀	侵蚀
1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.1	0.0	38.2	14.0	8.5	23.1	44.3	68.6	55.1	8.8	14.1	2.6	5.7	7.4	0.0	6.3
2	4.0	2.5	8.2	5.9	4.0	7.1	11.4	36.5	17.7	32.8	47.5	45.2	27.2	42.3	50.3	39.1	53.7	70.5	68.1	0.9	12.3
3	6.2	3.5	8.6	10.1	16.2	36.5	58.8	8.9	15.1	17.4	14.9	6.1	3.0	1.9	16.5	16.0	16.8	17.3	15.6	4.7	10.7
4	9.9	7.8	12.1	14.7	16.8	19.1	14.6	5.1	14.4	10.7	6.8	2.1	0.8	0.4	7.5	9.1	7.1	4.1	5.7	11.0	19.2
5	22.1	21.7	22.5	24.9	23.7	13.2	4.9	5.8	18.7	15.5	4.6	1.6	0.3	0.2	5.3	6.9	5.4	1.5	2.0	30.8	26.4
6	31.4	34.4	26.6	26.6	23.5	13.1	5.1	4.6	17.0	12.3	2.6	0.6	0.1	0.1	6.3	8.4	7.0	0.6	0.8	30.2	18.5
7	19.9	22.8	15.8	13.1	12.0	7.9	3.8	0.8	2.9	2.6	0.5	0.1	0.0	0.0	4.7	5.7	6.5	0.2	0.3	18.0	5.5
8	5.6	6.4	5.3	3.8	3.7	3.0	1.4	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	0.9	0.1	0.1	4.4	1.1

4 结 语

随着植被指数等级从 1 到 3 变化,水蚀综合指数逐渐增加,而当植被指数等级从 3 到 7 变化,水蚀综合指数却逐渐降低,其最大值为 273,最小值 75 出现在植被指数等级为 7 的情况下。就风蚀综合指数而言,随植被指数等级从 1 到 6 级变化时,其值从高到低,其最大值为 731,最小值为 140。就冻融侵蚀而言,在植被指数等级从 2 到 6 变化时,冻融侵蚀综合指数由高到低,最小值为 81,最大值为 200。

在植被指数等级为 1 时,主要以风蚀为主,占整个侵蚀的 80.7%,在植被指数等级为 2 级时,主要以冻融侵蚀和风蚀为主,分别占 46.9%、42.2%。在植被指数等级为第 3 级时,水蚀、冻融侵蚀和风蚀所占的比例比较接近,分别为 39.5%、36.2% 和 24.2%。植被指数等级从 3 到 8,都是以水蚀为主,且随着植被指数的增加,水蚀所占比重逐渐加大,而风蚀和冻

融侵蚀所占的比重均逐渐降低。

侵蚀强度为极强和剧烈的水蚀,主要分布在植被指数等级为 3 的情况下,分别为 36.5%、58.8%。极强和剧烈的风蚀主要在植被指数等级为 1 的情况下,其百分比为 68.6% 和 55.1%。冻融侵蚀主要分布在植被指数等级为 2 级的情况下,其百分比为 50.3%。重力侵蚀主要分布在植被指数等级为 5 的情况下,其百分比为 30.8%,其次是在 6 级,为 30.2%。工程侵蚀在各植被指数等级的分布差异不大。

[参 考 文 献]

- [1] 史德明,韦启藩,梁音,等.中国南方侵蚀土壤退化指标体系研究[J].水土保持学报,2000,14(3): 1-9.
- [2] 李国英.对我国水土保持工作的几点思考[J].中国水土保持,1998(2): 20-23.
- [3] 陈云明,侯喜禄,刘文兆.黄土丘陵半干旱不同类型植被水保生态效益研究[J].水土保持学报,2000,14(3): 57-61.