

## 宁南黄土高原坡面土壤侵蚀与影响因子研究

马 琨<sup>1</sup>, 马 斌<sup>2</sup>, 何宪平<sup>3</sup>, 罗登科<sup>4</sup>, 徐志有<sup>2</sup>

(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 宁夏水利厅水土保持局, 银川 750001;

3. 彭阳县王洼农业科技服务中心, 宁夏 彭阳 756000; 4. 彭阳县王洼水土保持试验站, 宁夏 彭阳 756000)

**摘 要:**通过对宁南黄土高原不同坡度、不同土地利用模式、坡面土壤侵蚀特征及相关影响因素进行分析, 结果表明: 不同土地利用方式下, 土壤侵蚀量和径流量随坡度增加而增加, 土壤侵蚀峰值均出现在 6 月, 6 月的径流量和泥沙量平均可达全年的 29.42%、39.95%。土壤侵蚀量以农作利用方式最高, 在 14.5° 下土壤侵蚀量是 9° 的 4.05 倍, 自然荒坡土壤侵蚀量最低, 只有农地利用模式的 34.41%。相同坡度条件下, 土壤侵蚀量表现为农地 > 苜蓿 + 沙打旺 > 小冠花 > 自然荒坡, 但径流量和泥沙量的变化特征不一致。影响坡面土壤侵蚀的主要因子有次降雨量、雨强、降雨动能和降雨侵蚀力。各因子年间呈波形变动, 以雨强和降雨侵蚀力变异幅度最大, 可达 35.79% ~ 75.86%, 次降雨量和降雨动能变异较小, 只有 25.72% ~ 31.24%。降雨侵蚀力( $R$ )呈单峰型分布,  $R(EI_{30})$ 可以描述区域降雨侵蚀特征。在不同土地利用方式下, 降雨侵蚀力和径流量、泥沙量之间没有明显相关, 而径流量和泥沙量有一定的相关关系。

**关键词:**土壤侵蚀; 影响因子; 宁南黄土高原

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0007-04

## Study on the Effect Factors and Soil Erosion on the Slope in the Loess Plateau of South Ningxia

MA Kun<sup>1</sup>, MA Bin<sup>2</sup>, HE Xian-ping<sup>3</sup>, LUO Deng-ke<sup>4</sup>, XU Zhi-you<sup>2</sup>

(1. Agriculture College of Ningxia University, Yinchuan 750021;

2. Bureau of Soil and Water Conservation in Ningxia, Yinchuan 750001;

3. Agriculture Technology Center of Wangwa, Pengyang, Ningxia 756000;

4. Soil and Water Conservation Experiment Station of Wangwa, Pengyang, Ningxia 756000, China)

**Abstract:** The factor effecting and soil erosion under the different gradient and land use pattern were studied on the Loess Plateau of the south Ningxia. The result showed that the fastigium of soil erosion were both on June, the amounts of runoff and sediment on June were nearly reach to 29.42%, 39.95% of whole year's. The runoff and the soil erosion were increased with the gradient increasing. The soil erosion were the highest under agriculture land use pattern, the amounts of soil erosion were 4.05 times under 14.5 degree compared with 9 degree. The soil erosion under the natural sloping was the lowest, only about 34.41% of agriculture land use pattern. At the same gradient, the tendency of soil erosion were farming land use pattern > *Medicago sativa* L + *Astragalus adsurgens* Pall > *Coronilla varia* L > natural sloping. The change of runoff and sediment were different. The mostly factor effecting of the soil erosion were hypø-rainfall, hypø-rainfall intensity, rainfall kinetic energy and rainfall erosivity. The change of mostly factor affect ing were waved. Hypø-rainfall intensity and rainfall erosivity's variance index had a litter higher, were about 35.79% ~ 75.86%. Hypø-rainfall and rainfall kinetic energy's variance index were lower, were about 25.72% ~ 31.24%. The distribution of rainfall erosivity( $R$ ) were the single peak,  $EI_{30}$  also can be used to describe the rainfall erosivity of the Loess Plateau in the south of Ningxia. There were no obviously correlations between rainfall erosivity and runoff or sediment, but there were some correlations between runoff and sediment except for natural pattern.

**Key words:** soil erosion; effecting factor; the Loess Plateau of South Ningxia

宁南黄土高原彭阳县, 属黄土高原丘陵沟壑第 II 副区, 平均侵蚀模数 6 874 t/(km<sup>2</sup> · a), 是典型的半干旱山区。受降雨时空分布与下垫面的影响, 严重的水土流失和干旱灾害同时发生, 生态环境极为脆弱。坡耕地作为黄土丘陵区土壤流失的主体, 耕作活动导致土壤发生分散、搬运、沉积, 将坡地大

量的土壤运送到有利于水力搬运的部位, 造成土壤从坡地上流失<sup>[1-5]</sup>。由于对坡耕地的掠夺式经营, 土地利用结构失调, 耕地裸露面积大, 时间长, 使宁南黄土高原坡耕地的水土流失和土壤退化问题十分严重。因此, 在针对宁南山区开展退耕还林还草, 以小流域为单元, 开展流域综合治理的条件下。研

\* 收稿日期: 2006-02-21

基金项目: 国家自然科学基金 40401035; 宁夏自然科学基金 NZ0051 资助

作者简介: 马 琨(1972-), 男, 博士, 副教授, 主要从事农业生态与土壤侵蚀研究。

究不同土地利用方式下坡面土壤侵蚀特征及相关影响因子,可为宁南黄土高原水土保持综合治理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

王洼水保试验站设在宁夏彭阳县北部王洼境内,位于东经 106°39',北纬 36°06'。在黄河第四级支流小川河左岸王洼沟中下游处,为黄河水系第六级毛沟,属黄土丘陵第 II 副区。流域内塬、梁、峁、涧和沟壑交错分布,黄土深厚,土质疏松,地形起伏大,呈千沟万壑。坡面广布耕地,间有荒坡和人工林。土壤以因侵蚀发育不良形成的绵黄土为主,土壤熟化程度低,常处于发育-侵蚀-发育的循环过程中,没有明显的剖面发育层次。植被以草地为主,多为禾本科、菊科、莎草科草类。

### 1.2 试验设置及方法

王洼水保站 1980~2003 年径流小区斜坡长度为 20 m,面积为 4 m × 20 m,坡度 9° 和 14°30' 两种组合。植被措施及利用现状见表 1。

表 1 径流小区土地利用状况

| 径流小区  | 土地利用方式        | 坡度     |
|-------|---------------|--------|
| 径流 1# | 苜蓿+沙打旺        | 9°     |
| 径流 2# | 农地(糜子、谷子、马铃薯) | 9°     |
| 径流 3# | 自然荒坡          | 9°     |
| 径流 4# | 小冠花           | 9°     |
| 径流 5# | 农地(糜子、谷子、马铃薯) | 14°30' |
| 径流 6# | 小冠花           | 14°30' |
| 径流 7# | 自然荒坡          | 14°30' |
| 径流 8# | 苜蓿+沙打旺        | 14°30' |
| 径流 9# | 沙打旺           | 14°30' |

### 1.3 径流小区径流泥沙测定方法

径流小区,下设沉沙池,沉沙池内有水准尺,记录径流量。径流结束后,立即于沉沙池中搅匀后取出 1 000 ml 径流液,置于试剂瓶中,加盖。静置一周,倒去上部清液,洗出泥沙,烘干称重,计算泥沙浓度。然后根据径流量的测定结果计算坡面泥沙流失量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 影响坡面土壤侵蚀的相关因子分析

#### 2.1.1 年次降雨量、降雨强度、降雨动能及降雨侵蚀力 $R$ ( $EI_n$ ) 的相关分析

降雨侵蚀力 ( $R$ ) 是降雨引起土壤侵蚀潜在能力的度量<sup>[6,7]</sup>。通常认为,雨滴击溅作用和因降雨产生的径流,是土壤侵蚀最主要的驱动力。但在所有降雨中,只有部分降雨事件能够发生土壤侵蚀,因此,按照 RUSLE 计算时提出的侵蚀性降雨标准:认为一次降雨 12.7 mm 或在 15 min 内降雨量超过 6.4 mm 为侵蚀性降雨<sup>[7]</sup>。根据王洼水保试验站 1980~2005 年观测资料,其中侵蚀性降雨 380 次,平均降水量 267.92 mm,占同年总降水量的 68.73%。

许多学者探讨了降雨侵蚀力指标,这些研究基本以  $EI_n$  ( $I_n$  最大时段雨强) 的组合形式为基础,结合实际径流观测资料,分析不同时段雨强与降雨动能的组合<sup>[6,7]</sup>。通过对宁南黄土高原王洼流域 1980~2005 年降雨侵蚀力组合  $EI_n$  和降雨量、降雨动能、最大  $N$  min 降雨强度相关分析看出(表 2)。降雨侵蚀力和各因子均有显著相关关系。其中和单因子  $E$  (降雨动能) 而言,相关关系最好。其次为降雨强度,降雨侵蚀力和降雨量的相关关系最低,只有 0.65~0.70。这

说明降雨侵蚀力 ( $EI_n$ ) 虽然是由降雨动能和降雨强度共同确定的,但降雨量也会对  $R$  值产生重要影响,其影响能力小于降雨动能。根据土壤侵蚀与时段雨强单因素相关性最大的原则<sup>[7]</sup>,表中  $E$  和  $I_{10} \sim I_{60}$  相关均较好,但考虑到导致黄土高原地区土壤流失的降雨主要是短历时高强度降雨。即使历时较长,其雨量也往往集中在 0.5~1 h 以内。虽然  $I_{10}$ 、 $I_{15}$ 、 $I_{30}$  都较好反映了该地区主要降雨的雨强特点,但  $EI_{30}$  组合相关系数达到 0.77,采用  $EI_{30}$  也便于国际间的对比,引起的地区差异不会太大。因此,在宁南黄土高原采用  $EI_{30}$  描述降雨侵蚀力较为合适。

表 2 降雨侵蚀力组合  $EI_n$  与因子的相关关系分析 ( $n=380$ )

| 降雨量 $P$ | 降雨动能 $E$ | $I_{10}$ | $I_{15}$ | $I_{20}$ | $I_{30}$ | $I_{60}$ |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.66*   | 0.82*    | 0.71*    |          |          |          |          |
| 0.65*   | 0.81*    |          | 0.77*    |          |          |          |
| 0.65*   | 0.81*    |          |          | 0.76*    |          |          |
| 0.65*   | 0.80*    |          |          |          | 0.77*    |          |
| 0.70*   | 0.83*    |          |          |          |          | 0.69*    |

#### 2.1.2 次降雨量、降雨强度、降雨动能及降雨侵蚀力 ( $R$ ) 变化规律

由图 1 可以看出,年次降雨量、降雨动能、降雨强度、降雨侵蚀力随时间的延伸均表现为波动趋势,其震荡幅度大小不一。在 1980~2005 的 26 年间,年次平均降雨量在 10.71~25.48 mm 变动,变化较平缓,有呈现线性变化的趋势,最大次降雨量仅为最小值的 2.38 倍。次降雨动能变动范围在 1.28~3.81 MJ/( $hm^2 \cdot mm$ ),波动幅度基本与次降雨量的变化吻合。次降雨量和降雨动能的统计变异分别为 25.72%、31.24%,变异系数变化较小。分析认为,这是由于降雨动能是一次降雨过程中所有雨滴具有的总能量,是与降雨雨滴的大小和雨滴终点速度的平方成正比。由于降雨动能难以直接测量,在确定降雨动能时采用 Foster (1981),根据 Wischmeier 在 RUSLE 中提出的公式  $em = 0.29f(1 - 0.72 \exp(-0.05im))^2$ <sup>[7]</sup>。所以导致次降雨动能和次降雨量呈现一定比例关系,在次降雨量变化较小的条件下降雨动能也波动较小。

年次降雨强度的变动幅度较大,次降雨强度最大可达 34 mm/h,最小次降雨强度为 10.58 mm/h,最大和最小降雨强度之间相差 3.21 倍,明显高于次降雨量和降雨动能的最大变幅(图 1)。对应于各场降雨的降雨侵蚀力变化特征,明显不同于降雨强度变化,当次降雨强度较高时,并没有表现出较高的降雨侵蚀力。1989 年,次降雨强度平均可达 34 mm/h 为近 26 年来最高,但降雨侵蚀力仅为 42.47 MJ·mm/( $hm^2 \cdot h$ ),和有类似雨强降雨的 1994 年相比,其次平均降雨侵蚀力达 106.80 MJ·mm/( $hm^2 \cdot h$ )。次降雨量和降雨强度相似的 1995、1996 年,其降雨侵蚀力大小也基本相似。在次降雨强度相似的条件下(1994 年和 2000 年),雨量相比增加 1.75 倍,降雨侵蚀力却强度增加 1.93 倍。说明次雨量是影响降雨侵蚀力大小的重要因子。此外,各年间最大次降雨侵蚀力和最小值之间相差 2.51 倍,降雨侵蚀力的震荡幅度远大于次降雨强度的震荡幅度。分析年次平均降雨侵蚀力、降雨强度变异特征也发现,降雨侵蚀力的变异系数为 75.86%,降雨侵蚀力的变异系数是次降雨强度变异系数的 2.12 倍。分析认为,这种差异性是由降雨量和降雨强度的年分布特征造成的。

#### 2.1.3 月降雨量及月降雨侵蚀力的分布特征

月平均降雨量和降雨侵蚀力的分布均表现为单峰型(图 2),两者分布特征基本一致。降雨量的分布主要集中在 6~9 月,6~9 月份降雨量占全年降雨量的 71.2%。降雨量以 8

月份最高,占全年降雨量的 22.9%。降雨侵蚀力的峰值虽然也出现在 8 月份,但占年总降雨侵蚀力的比例为 28.32%,高于同期降雨量所占比例。此外,6~8 月份降雨侵蚀力所占比例 73.24%,也明显高于同期降雨量分布(58.77%)。因此,降雨侵蚀力  $R$  值的季节变化与降雨量的季节分布存在一定的差异。分析认为,降雨侵蚀力与降雨量季节分布的不一致性是由不同时期降雨特性和降雨侵蚀力的构成因素决定的。宁南黄土高原王洼流域 6~8 月多为暴雨,次降雨的平均雨强与最大 30 min 雨强都较大。6~8 月正是宁南黄土

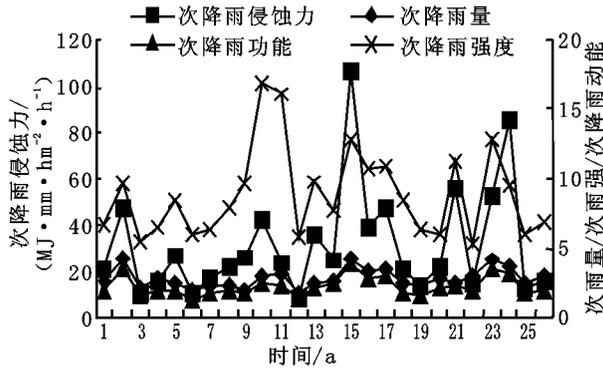


图 1 年次降雨强度/年次降雨量/年次降雨动能/年次降雨侵蚀力的年变化特征

高原部分作物收获和播种、种植的季节,坡面植被覆盖度较低,土壤耕作导致土壤结构破坏。因此,宁南黄土高原流域的降雨侵蚀力特征分布决定了宁南黄土高原,土壤侵蚀多发生在 6~8 月。这就提醒我们应该加强这一段时间的田间管理,通过增加地面覆盖度、降低农业活动频率、土壤的扰动强度来减少土壤侵蚀。

2.2 不同土地利用模式下降雨量与径流量、泥沙量的分布特征

2.2.1 不同土地利用模式下径流量分布特征

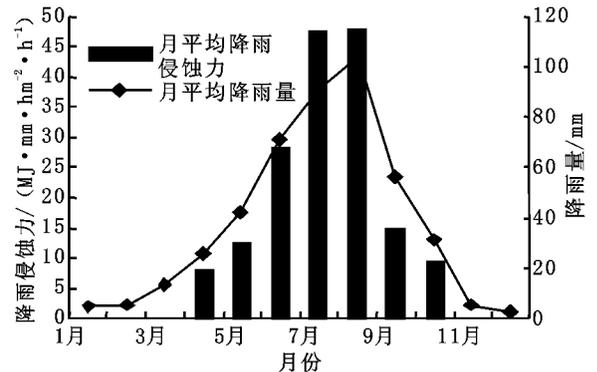


图 2 月平均降雨量与月平均降雨侵蚀力的关系

表 3 不同土地利用方式下平均径流量变化特征

| 月份 | 降雨量/mm | 径流 1#   | 径流 2#   | 径流 3#   | 径流 4#   | 径流 5#   | 径流 6#    | 径流 7#    | 径流 8#    | 径流 9#   |
|----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|
| 5  | 42.52  | 513.57  | 1637.58 | 743.33  | 740.17  | 1915.44 | 1922.74  | 640.65   | 3393.00  | 603.00  |
| 6  | 70.89  | 1343.79 | 2946.53 | 8275.25 | 1097.65 | 9227.58 | 10866.60 | 10102.10 | 4215.74  | 6359.45 |
| 7  | 91.59  | 1625.47 | 3365.76 | 4435.31 | 2330.09 | 5222.78 | 2689.17  | 2836.77  | 4411.56  | 1200.05 |
| 8  | 103.82 | 4049.33 | 7322.70 | 4403.41 | 4398.85 | 5569.83 | 4771.75  | 4256.40  | 9196.08  | 367.00  |
| 9  | 56.37  | 154.58  | 1867.32 | 4745.25 | 1647.95 | 2018.00 | 1061.38  | 5662.99  | 4002.29  | 754.00  |
| 10 | 31.13  | 201.95  | 1011.11 | 196.33  | 532.44  | 697.52  | 641.77   | 701.25   | 19886.35 | 250.35  |

由表 3 可见,不同土地利用方式下地表径流和降雨量月变化规律不相同。虽然不同土地利用模式各月间径流模数差异较大,但各种土地利用模式下径流产生的高峰都主要集中在 6~8 月。6~8 月地表径流量占全年总量依次为 29.4%、15.2%、23.7%。虽然 6 月降雨量仅次于 7、8 月,但各种土地利用方式下径流小区坡面都表现出 6 月有最高的径流量。6 月降雨量仅占到全年降雨量的 17.89%,但不同坡度、不同土地利用方式下的径流量占到全年的 9.35%~66.70%。6 月降雨量所占年降雨量比例,明显低于同期各径流小区平均径流量所占比例的 29.42%。可见,降雨量的

月分布特征和径流变化特征并不一致。

同一种土地利用方式下,均表现为随坡度增加,径流量增加。♂ 坡度下坡面径流量表现为以自然荒坡土地利用模式最高,和相同土地利用方式的自然荒坡(14°30′)比较,径流量仅减少 5.8%。除自然荒坡地土地利用方式以外,径流整体表现为农地(糜、谷、马铃薯) > 苜蓿+沙打旺、小冠花。不同土地利用模式下径流量都表现为♂ 低于 14°30′,同 14°30′ 坡面相比,♂ 径流小区径流模数平均为 2 482.73 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,仅相当于 14°30′ 坡面径流模数的 40.63%。

表 4 不同土地利用方式下月平均泥沙量变化特征

| 月份 | 降雨量/mm | 径流 1# | 径流 2# | 径流 3# | 径流 4# | 径流 5#  | 径流 6# | 径流 7# | 径流 8#  | 径流 9#  |
|----|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 5  | 42.52  | 19.18 | 38.96 | 4.39  | 1.95  | 92.90  | 2.99  | 7.58  | 120.58 | 2.08   |
| 6  | 70.89  | 64.13 | 29.96 | 33.19 | 6.91  | 398.87 | 61.02 | 62.72 | 21.18  | 142.70 |
| 7  | 91.59  | 18.94 | 37.52 | 4.35  | 19.50 | 154.57 | 21.70 | 2.68  | 100.81 | 1.73   |
| 8  | 103.82 | 31.06 | 61.97 | 16.45 | 40.63 | 103.06 | 14.57 | 7.25  | 60.18  | 0.39   |
| 9  | 56.37  | 21.05 | 12.88 | 8.65  | 52.12 | 37.75  | 81.86 | 3.27  | 3.76   | 2.19   |
| 10 | 31.13  | 0.50  | 13.52 | 0.00  | 0.65  | 1.83   | 0.77  | 0.55  | 4.03   | 0.46   |

分析两种坡度下,不同土地利用方式土壤侵蚀特征可以看出(表 4),在♂ 坡度时,土壤侵蚀量以农地(糜、谷、马铃薯)利用方式最高,可达 194.81 t/km<sup>2</sup>。其次为苜蓿+沙打旺(154.56 t/km<sup>2</sup>)和小冠花(121.76 t/km<sup>2</sup>)。自然荒坡利用方式侵蚀量最低,平均只有农地利用模式的 34.41%。当坡度增加到 14°30′ 后,同一土地利用方式下的土壤侵蚀量都高于♂ 坡度下的土壤侵蚀量。在 14°30′ 后,农地(糜、谷、马铃薯)利用方式土壤年均侵蚀量可达 788.98 t/km<sup>2</sup>,和♂ 坡

2.2.2 不同土地利用模式下泥沙量分布特征

度相比,侵蚀量增加了 4.05 倍。土壤侵蚀量最小的自然荒坡地利用方式也增加了 1.25 倍。两种坡度下土壤侵蚀量都表现为农地 > 苜蓿+沙打旺 > 小冠花 > 自然荒坡。苜蓿、沙打旺、小冠花都是多年生深根性豆科作物,在 14°30′ 时,苜蓿、沙打旺搭配种植时,其侵蚀量和单种小冠花、沙打旺相比,分别高出 1.70 倍、2.08 倍。分析原因认为:苜蓿作为豆科植物,饲料利用收割过程中,不可避免的人为扰动土壤和降低坡面植被覆盖度,在遇降雨时,反而加速了土壤侵蚀,导

致土壤侵蚀量高于单一种植小冠花和沙打旺的利用方式。

分析发现:不同坡度下,土壤侵蚀量以 6 月最高,两种坡度下分别达到 33.55 t/km<sup>2</sup> 和 137.30 t/km<sup>2</sup>,占全年侵蚀量的 24.92% 和 45.28%。随坡度的增大,6 月土壤侵蚀量增加幅度是全年各月中最大的,可达 9 坡度下的 4.05 倍。各种土地利用方式下土壤侵蚀量均表现为 6 月 > 7 月、8 月、9 月 > 5 月 > 10 月。比较各月的降雨分布和土壤侵蚀量的相关关系,可以看出,雨量的月分布和土壤侵蚀量的月分布并不完全一致。土壤侵蚀主要发生在 6~8 月,同期侵蚀量占全年的 73.89%,明显高于同期降雨量所占的比例(67.19%)。此外,6 月份的降雨量所占全年降雨量的比例虽然只有 17.89%,但 6 月侵蚀量占全年的比例为 39.95%。国内学者研究认为降雨量的分布和农业利用模式下的土壤侵蚀量有显著相关关系<sup>[8,9]</sup>,但试验中,宁南黄土高原王洼流域降雨分布和土壤侵蚀的分布特征并不完全一致,可能是由于区域性降雨量、降雨强度、降雨侵蚀力的空间分布和不同土地利用方式下农业活动强度综合作用的结果。

对不同土地利用方式下土壤侵蚀模数、径流模数的方差

表 5 降雨侵蚀力与径流量泥沙量的相关关系

| 相关系数  | 径流 1#   | 径流 2#   | 径流 3# | 径流 4#   | 径流 5#   | 径流 6#   | 径流 7#  | 径流 8#  | 径流 9#   |
|-------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
| $R_1$ | 0.229   | 0.06    | 0.29  | 0.666** | 0.535** | 0.484*  | 0.11   | 0.236  | -0.046  |
| $R_2$ | 0.27    | 0.471*  | -0.08 | 0.630** | 0.091   | 0.407   | -0.065 | -0.088 | 0.022   |
| $R_3$ | -0.173  | 0.208   | 0.181 | 0.343   | -0.024  | 0.071   | -0.164 | -0.009 | -0.056  |
| $R_4$ | -0.068  | 0.537** | 0.171 | 0.223   | -0.024  | -0.047  | -0.039 | 0.252  | -0.067  |
| $R_5$ | 0.711** | 0.517*  | 0.262 | 0.821** | 0.135   | 0.558** | 0.259  | 0.113  | 0.915** |

$R_1$  年降雨侵蚀力与径流量的相关关系;  $R_2$  年降雨量与径流量的相关关系;  $R_3$  年降雨侵蚀力与泥沙量的相关关系;  $R_4$  年降雨量与泥沙量的相关关系;  $R_5$  泥沙量与径流量的相关关系

### 3 结 论

(1) 宁南黄土高原王洼流域的降雨侵蚀力分布特征呈现单峰形,影响坡面土壤侵蚀的主要因子有次降雨量、雨强、降雨动能和降雨侵蚀力,各种因子年季间呈现波形变动,以雨强和降雨侵蚀力变异幅度最大,变异可达 35.79%~75.86%,次降雨量和降雨动能变异较小,只有 25.72%~31.24%。

(2) 不同土地利用方式下,土壤侵蚀量和径流量都表现为随坡度的增加而增加,泥沙量的变化趋势表现为农地 > 苜蓿+沙打旺 > 小冠花、小冠花 > 自然荒坡。径流量、泥沙量与降雨量季节分布的不一致性是由不同时期降雨特性和降雨侵蚀力的构成因素决定。因此,降雨侵蚀力分布特征决定宁南黄土高原土壤侵蚀多发生在 6~9 月。

参考文献:

[1] 袁丽侠,雷祥义. 宁夏南部地区水土流失的形成机理与防治对策[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(2): 205-208.

[2] Editorial. Introduction: soil erosion and participatory land use planning on the Loess Plateau in China[J]. Catena, 2003, 54: 1-5.

[3] 王占礼,邵明安. 黄土坡地耕作侵蚀对土壤养分影响的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 63-67.

[4] 徐勇,田均良,刘普灵,等. 黄土高原坡耕地水土流失地形分异模拟[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 18-21.

[5] 陈奇伯,齐实,孙立达,等. 宁南黄土丘陵区坡耕地土壤侵蚀对土地生产力影响研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(1): 34-37.

[6] 王占礼,邵明安,常庆瑞. 黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(4): 101-105.

[7] 刘宝元,谢云,张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.

[8] 左长清,胡根华,张华明. 红壤坡地水土流失规律研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 89-91.

[9] 杨一松,王兆骞,陈欣,等. 南方红壤坡地不同利用模式的水土保持及生态效益研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 84-87.

[10] 傅伯杰,陈利顶,邱扬,等. 黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程[M]. 北京: 商务出版社, 2002.

[11] 字淑慧,吴伯志,段青. 不同草带对坡耕地土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 39-42.

[12] 邓玉林,李春艳,王玉宽. 长江上游典型小流域植被水土保持效应研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 5-8.

显著性分析也证实:径流量、泥沙量以 6 月最高,6、7、8 月之间没有明显差异,和 10 月有显著差异。泥沙量以自然荒坡最小,农地(糜、谷、马铃薯)最高,苜蓿+沙打旺、小冠花利用方式没有差异。土地的开发利用不可避免的要引起坡面地形、植被、土壤结构等方面的改变,而地形、植被与土壤的改变都会影响到土壤侵蚀的发生,尤其在宁南黄土高原 6 月份有较高的降雨量及降雨侵蚀力。因此采用针对 5~9 月的合理的农业技术措施,在作物选择和农业活动上,避开农业活动高峰期,降低农业活动强度,实现降雨和农业活动的错时,可以有效控制土壤侵蚀。

#### 2.2.3 影响因子与径流、泥沙的相关关系

相关分析可以看出(表 5),年降雨侵蚀力、年降雨量和径流小区径流量、泥沙量没有明显的相关关系。这表明除降雨因素外,其他因素,如土地利用方式、坡度、农业活动方式和农作频率和强度都会对农作系统、草灌系统起很大的作用。这种因素的作用强度可能远大于降雨因子的影响能力,它可以减缓或加剧了土壤随降雨的侵蚀。此外,除荒坡草地利用方式外,泥沙量和径流量大部分呈显著正相关。

(3) 不同土地利用方式、不同坡度下径流量和泥沙量的变化特征不一致。农耕地有较高的径流和泥沙量,是由于农田的地表覆盖度比较低,由于耕作、追肥、除草等人类活动,使得黄土的结构被破坏,透水快、蓄水量大的特性消失,抗蚀性降低,降雨不利于下渗,容易产生径流,径流携带泥沙,发生土壤侵蚀<sup>[10]</sup>。所以合理的农业布局及农业配置方式是控制宁南黄土高原土壤侵蚀的主要途径。

(4) 草地利用方式下,地面植被覆盖较好,降雨产生径流时,其地上部密集生长的植株加大了地面糙率,阻缓了径流;地下根系形成了密集的根网,增加了土壤的空隙度、加大了水分渗透,并固持了土壤,同时根部能使拦截的泥沙就近沉积,从而减少了径流量和侵蚀量<sup>[11,12]</sup>。草地利用方式下,土地耕作活动较少,使得地表下垫面状况较好,也可以有效增加植被的截流,减少径流含沙量,从而对土壤侵蚀过程产生影响。