

元谋干热河谷冲沟区植被对微地形的响应

罗 君¹ 周 维¹ 覃发超¹ 邓青春¹ 罗明良¹ 胥 晓¹ 刘刚才² 张 斌^{1*} 李国鸿³

(1. 西华师范大学 ,四川 南充 637009; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 ,四川 成都 610041;

3. 北京航天勘察设计研究院 ,北京 102611)

摘 要: 微地形是影响植被分布格局及多样性的重要因素。在元谋干热河谷冲沟区采集了 1 236 组“土壤 - 坡度 - 坡向 - 植被盖度 - 物种多样性”数据 ,运用统计学方法研究了坡度和坡向这两个地形因子对干热河谷植被盖度及其多样性的影响。结果表明: 在元谋干热河谷冲沟区 ,植被盖度呈现出随坡度增大而减小的趋势 ,变性质土区域活跃性冲沟坡面上有无植被生长的临界坡度是 50° ,而燥红土区域稳定性冲沟的临界坡度为 65°; 受人类活动影响强烈的沟坡区植被生长的临界坡度是 45° ,影响较轻微的近自然状态沟坡区的临界坡度是 65°; 植被盖度分布和植被种类的优势方向同为东北向 ,平均盖度为 40% ,西北向为 28% ,西南为 20% ,东南为 21% ; 植被种类东北向平均为 1.8 ,西北向为 1.4 ,西南向为 1.0 ,东南向为 0.5。研究元谋干热河谷典型立地条件下植被对冲沟微地形条件的响应 ,可以为本区生态恢复提供科学指导。

关键词: 植被; 微地形; 响应; 元谋干热河谷; 生态恢复

中图分类号: Q948.2 ,P935.1

文献标识码: A

地形与植被之间的关系一直是植物地理学研究的经典范畴。地形是包括海拔、坡向、坡度、坡位等因子的多维变量 ,这些因子不仅是描述地貌形态的基本参数 ,也对植被分布及其多样性起着决定性作用^[1-2] ; 而植被覆盖对特定尺度的地貌发育及地表演化过程亦具有重要影响。

1972 年 Johnson 和 Risser 对俄克拉荷马州高山森林中的植被类型与环境关系的研究 ,揭开了地形、地质和环境的差异性对植被类型分布格局影响的序幕^[3] ,植被与地形关系的研究开始受到重视。在区域至全球尺度上 ,地带性气候条件是决定植物种、生活型及植被类型分布的主导因素 ,植被、气候、地形和土壤等环境因子都随着海拔梯度的变化而改变^[4-5] ,且不同地貌类型区植被覆盖情况各异^[6] ; 植物区系地理成分的垂直变化也是植被垂直分带划分

的一个重要参考因素^[7] ,不同植被类型适宜了不同立地类型山地。在景观及更小的尺度上 ,非地带性的环境因子主导着植被的格局 ,尤其是在山区 ,地形控制了太阳辐射和降水的空间再分配 ,因此往往能较好地指示局部生境条件^[8-14]。通过对不同坡位、坡度、坡向和海拔等地形因子的分析 ,可以揭示植被在高程、坡度、坡向等空间上的分布规律^[14] ,更具体地反映植被与各地形因子之间的相互响应关系 ,识别自然与人为的主要因素对植被种群的影响^[15-17]。为了进一步研究植被与地形的关系 ,现多依赖 RS 和 GIS 技术 ,以地形图、植被遥感监测图和大范围的卫星影像为数据源^[18] ,结合实地典型调查 ,建立基于地形 - 植被格局的关系模型^[15] ,以探索地形 - 植被分异与空间格局^[16-17] ,认识生态系统、环境因子和植物群落演替的特征与规律^[18-20]。植被是连接

收稿日期(Received date) : 2012 - 03 - 19; 改回日期(Accepted) : 2012 - 04 - 17。

基金项目(Foundation item) : 国家自然科学基金(41101348/D010701) ; 国家科技支撑计划项目(2006BAC01A11) 。 [Supported by the National Natural Science Foundation of China(41101348/D010701) and National Science and Technology Supporting Program(2006BAC01A11) .]

作者简介(Biography) : 罗君(1985 -) ,男 ,四川省泸县人 ,硕士研究生 ,主要研究方向为生物地理学。 [Luo Jun(1985 -) ,male ,born in Luzhou Sichuan province ,master candidate ,research in Biogeography.] E - mail: luojunxm@ 126. com

* 通讯作者(Corresponding author) : 张 斌(1975 -) ,男 ,四川省南部县人 ,博士 ,教授 ,主要研究方向为生态恢复。 [Zhang Bin(1975 -) ,male , Nanbu Sichuan province. Ph D ,professor ,major Research in Ecological Restoration.] E - mail: envgeo@ 163. com

土壤、大气和水分等要素的自然纽带^[21],通过碳循环在全球变化中充当“指示器”的作用^[22]。而植被盖度是非常重要的生态气候参数,在生态系统稳定性评估、全球及区域数值模拟^[23-24]、全球水循环的能量和水流动^[25]等方面具有不可替代的作用。因此,已有关于地形-植被的研究多基于中观、宏观的尺度,以静态和定性分析法为主,集中于海拔梯度上垂直带谱的划分及多样性的分布格局。而对地貌过程的小尺度或微尺度地形上“地形-植被”定量关系研究还少见报道,微地形单元体系在数米至数十米尺度上与植被相互作用的机制还有待进一步深入研究。

冲沟侵蚀是中国西南山区典型的环境问题^[26],是江河泥沙的主要来源之一。金沙江干热河谷元谋盆地冲沟发育,冲沟侵蚀蚕食耕地,沟底植被盖度越低,冲沟溯源侵蚀越快,最终形成侵蚀劣地,对土地资源危害很大。植被覆盖的改变也严重影响冲沟发育,形成冲沟区植被-地形响应关系。研究该区域微地形条件下植被分布格局,分析冲沟沟坡植被生长的临界坡度,不仅是重要的科学问题,也对当地居民生活生产发展、冲沟退化生态系统的修复^[27]及金沙江治理都具有重要的实践意义。

1 研究区概况

元谋干热河谷地处滇中高原北部,位于金沙江一级支流——龙川江下游河谷,在 $101^{\circ}35' \sim 102^{\circ}06'E$ 、 $25^{\circ}23' \sim 26^{\circ}06'N$ 间,海拔 $980 \sim 1\,400\text{ m}$ (图1)。区内元谋组地层广泛分布,为河流相、湖沼相或河流交替相沉积,易被侵蚀;气候炎热,干湿季分明,年均温度 21.9°C ,年均降水量约 613.8 mm ,年均蒸发量 $3\,640.5\text{ mm}$ 。干热河谷区内土壤类型主要是燥红土和变性土,燥红土是元谋地区的基带土壤,质地为壤土,结构较好;变性土主要分布在丘岗地形上部和中部,其组成主要与母质出露相关^[28]。自然植被为稀树灌草丛,以禾草为主,灌木、乔木零星分布,森林覆盖率仅为 0.06% 。由于特殊的自然地理环境和人类活动干扰,区域内冲沟地形广泛发育,类型繁多,地形破碎,沟蚀极为严重^[29],沟壑总面积达 50 km^2 ,沟壑密度为 $3.0 \sim 5.0\text{ km/km}^2$,土壤侵蚀模数高达 $1.64 \times 10^4\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;主要河流龙川江泥沙含量明显高于金沙江的其他支流,生态恢复与重建困难重重。

2 数据与方法

2.1 数据获取

以元谋县苴林乡金雷村、元马镇沙地村和老城乡茂易村3个冲沟丛集区为调查区。区内冲沟沟坡地乔木极少,草本植物占了绝对优势,故选择 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 样方法采集草被盖度及草本种类;用坡度仪测取样方4个角的坡度并计算平均值,作为样地沟坡坡度;用罗盘测取沟坡坡向;盖度、坡度、坡向作为一组参数记录下来。野外共采集了1 236组数据。

2.2 分析方法

对1 236组采样数据以不同依据进行分组,1. 按采集地分为金雷村、沙地村、茂易村三组;2. 以干扰程度划分为干扰坡和自然坡两组(以人为践踏或生态恢复区分)。基于总体及分组情况,对冲沟坡度与植被、坡向与植被以及坡向与物种丰富度之间的定量关系进行分析。坡度间隔为 1° ;坡向划分为北($337.5^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 、 $0^{\circ} \sim 22.5^{\circ}$)、北东($22.5^{\circ} \sim 67.5^{\circ}$)、东($67.5^{\circ} \sim 112.5^{\circ}$)、南东($112.5^{\circ} \sim 157.5^{\circ}$)、南($157.5^{\circ} \sim 202.5^{\circ}$)、南西($202.5^{\circ} \sim 247.5^{\circ}$)、西($247.5^{\circ} \sim 292.5^{\circ}$)、北西($292.5^{\circ} \sim 337.5^{\circ}$)8个方向。将各组数据中度数相同的所有植被盖度几何平均,得到该坡度的平均盖度,并用Microsoft Excel软件绘图。物种多样性以样方内的草被种类来表示。草被盖度按植被盖度 $\leq 20\%$ 、 $20\% \sim 40\%$ 、 $40 \sim 60\%$ 、 $60 \sim 80\%$ 、 $> 80\%$ 分别划分为高覆盖、较高覆盖、中覆盖、较低覆盖与低覆盖5种类型。

3 结果

3.1 植被盖度与坡度的关系

为获得植被盖度随坡度的准确变化趋势,去掉每组分类中盖度为零的部分,在Microsoft Excel软件中绘制坡度-植被盖度关系图,并用直线进行拟合,结果如图2所示。

3.1.1 不同地点的坡度-盖度关系

图2a、b、c分别展示了金雷、沙地与茂易3个样方区的盖度-坡度关系。

1. 金雷样方区($101^{\circ}50'28.19''E$ 、 $25^{\circ}50'11.82''N$)位于苴林乡金雷村,冲沟横断面呈典型的V型,大多处于快速发育的阶段;土壤类型为变性土,地表

土体开裂严重;植被盖度极差,以矮草为主,孔颖草(*Bothriochloa portusa*)和双花草(*Dichanthium annulatum*)是该区的优势草被。由图2a可以看出,该区植被以低覆盖为主,较低和中等覆盖样本数量次之,较高覆盖样本极少,无高覆盖草本样方;植被盖度在 $<20^{\circ}$ 的冲沟坡地上最大,随之快速下降;坡度 $>50^{\circ}$ 时植被生长的几率极小,植被盖度接近零。

2. 沙地样方区($101^{\circ}52'27.19''\text{E}$ 、 $25^{\circ}41'43.90''\text{N}$)位于元谋县城南沙地村,土壤类型为典型的燥红土;冲沟发育,地表破碎,以深V型断面侵蚀沟为主,深U型侵蚀沟较少,冲沟大多相对稳定。沙地村植被盖度随着坡度的增大而减小,但变化趋势不十分明显,反映在图2b中的直线拟合效果差。低覆盖和较低覆盖样本数量占了样本总量的 $4/5$ 以上,中覆盖样本较少,较高覆盖和高覆盖样本零星分布。 $0^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 沟坡地均有草被分布,其中坡度 $<10^{\circ}$ 的坡地植被盖度最大;在 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 间植被盖度分布随坡度增大而递减,以较低覆盖和中覆盖为主; $>40^{\circ}$ 坡地植被盖度下降明显, 65° 左右植被盖度降到0点。

3. 茂易样方区($101^{\circ}50'37.63''\text{E}$ 、 $25^{\circ}38'33.49''\text{N}$)位于元谋县老城乡茂易村,土壤以燥红土为主,生境破碎;冲沟趋于稳定状态,横断面多呈浅V型。该区冲沟系统内植被覆盖以中覆盖为主,总体随着坡度的增大而降低;植被覆盖样本以较低覆盖和中覆盖最多,低覆盖次之,中等以上覆盖仍有少数样本,高覆盖的样本极少。冲沟坡度在 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 间植被盖度达到最高, $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 间样本稀少,植被盖度略次于 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 间的坡面,表明人为干扰强烈; $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 间的坡面植被覆盖变化平缓,植被盖度随坡度增大而增大的趋势不明显; $40^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 左右植被盖度下降速率较快,当坡度在 65° 左右时植被极少出现。

4. 线性拟合后的金雷村、沙地村、茂易村“坡度-植被盖度分布图”,显示出3个样地冲沟与植被不同的发育特点。将3个样地线性拟合图作对比研究可看出,金雷村比沙地村的拟合效果相对更好,茂易村处于中间状态。各个线性方程的斜率关系,也一定程度反映了该地冲沟系统的发育程度,拟合直线的斜率越小,即表示该地区冲沟系统越年轻,可以看出金雷村的冲沟系统最为年轻,沙地村冲沟系统已经进入稳定时期,而茂易村冲沟的发育程度介于金雷村和沙地村之间,为冲沟发育的中年期。

3.1.2 不同干扰程度的坡度-盖度关系

干扰坡是人类活动及放牧影响严重的坡地;自然坡是人为因素影响相对较小的坡面。自然坡植被变化更大程度上反映自然因素对植被的影响,干扰坡植被变化更多体现人类活动的作用,是自然环境与人类活动叠加耦合的结果。基于干扰因素影响的相对大小,将1236个样本划分为干扰坡和自然坡地,以期发现不同影响方式下元谋干热河谷冲沟系统坡度-植被覆盖的关系,分析图2d、e可以得到:

1. 干扰坡植被盖度依然遵循随坡度增加而降低的趋势,低覆盖占了干扰坡样本总数的70%以上,植被覆盖率极差,人为因素影响强烈。坡度在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 范围内人工干扰严重,随着坡度的增大干扰程度下降,植被盖度随坡度的增大而增大; $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,人工干扰对自然植被生长影响减小,植被盖度随坡度的增加而减小; 45° 以上植被盖度为0。

2. 自然坡上植被覆盖以中低覆盖为主,整体植被覆盖率较低,低覆盖和较低覆盖样本数占有绝对优势。自然坡地植被盖度整体表现出随坡度增加而减小的趋势,在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 范围内,植被盖度随坡度增加而增大的趋势较小,符合元谋干热河谷整体坡

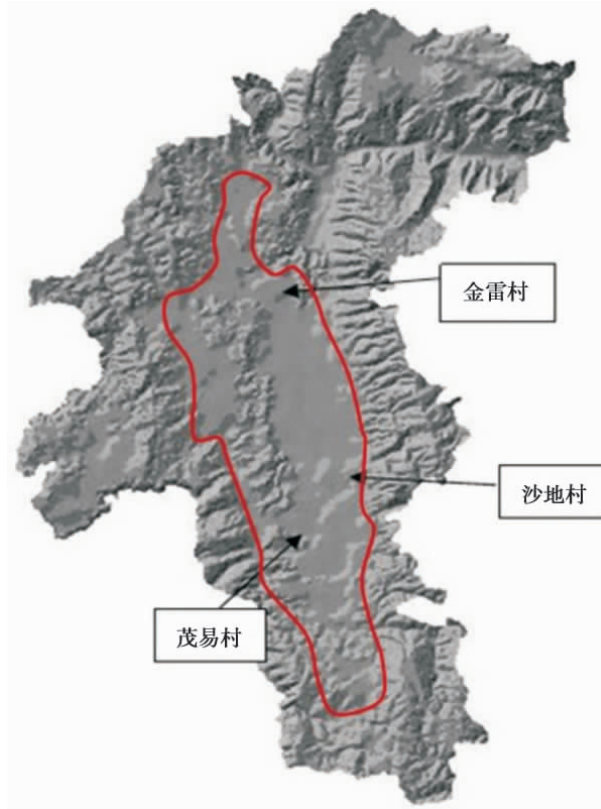


图1 元谋县DEM模型

Fig.1 Yuanmou DEM model

度-植被盖度变化趋势关系; $20^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 部分, 植被盖度随着坡度的增加而迅速减小, 至 65° 左右植被盖度减小到 0; $>65^{\circ}$ 的坡地几乎没有植被生长。

3. 干扰坡与自然坡线性拟合比较可以看出, 在 35° 左右有一个很明显的分界。当坡度 $>35^{\circ}$ 时, 样点聚集在拟合线附近, 当坡度 $<35^{\circ}$ 时, 各点比较分散。由此分析可以得到, 35° 是人为因素的一个临界点。 $>35^{\circ}$ 几乎没有人为因素作用, 样点拟合较好, $<35^{\circ}$ 人为因素及其他相关因素影响严重, 导致了在相同坡度上各样点的植被盖度出现较大的差异。

3.1.3 元谋干热河谷区

把 3 个典型样地数据整合(图 2f), 可从整体上认识元谋干热河谷的“坡度-植被盖度”关系及其统计学规律:

1. 元谋干热河谷冲沟植被盖度整体呈现出随着坡度增大而减小的负相关趋势; 低覆盖样本在总样本中占多数, 较低覆盖样本数次之, 中覆盖样本占总样本的 10% 左右, 较高覆盖以上样本只有 1 个;

整个元谋干热河谷区的植被覆盖状况以低覆盖和较低覆盖的草本为主, 个别地方达到中覆盖。综合分析可以得出, 干热河谷区内, 坡度在 $0^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 左右, 植被盖度随着坡度的增大而增大; $25^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 左右, 植被盖度随着坡度的增加而明显减小, 到 65° 左右植被盖度基本为 0。

2.5 组数据(图 a, b, c, d, e) 的线性拟合效果有较大差异, 除沙地和人工坡 2 组外, 其他组类均显示出相对较高的拟合度。沙地村和干扰坡人为干扰强烈, 拟合效果差, 表现出不同于自然状态下的冲沟沟坡-植被关系。虽然元谋干热河谷冲沟沟坡地形与植被盖度总体呈负相关关系, 但各坡度区间情况有所不同。 $0^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 植被盖度随着坡度的增加而增大, 表现出强烈的人为活动等干扰痕迹-坡度越低, 植被受到人类活动的破坏越强烈; $25^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 区域, 植被盖度随着坡度的增加而减小, 表明该区间人为活动较少, 植被生长以自然状态为主, 该坡度范围将是元谋干热河谷生态恢复的重点。

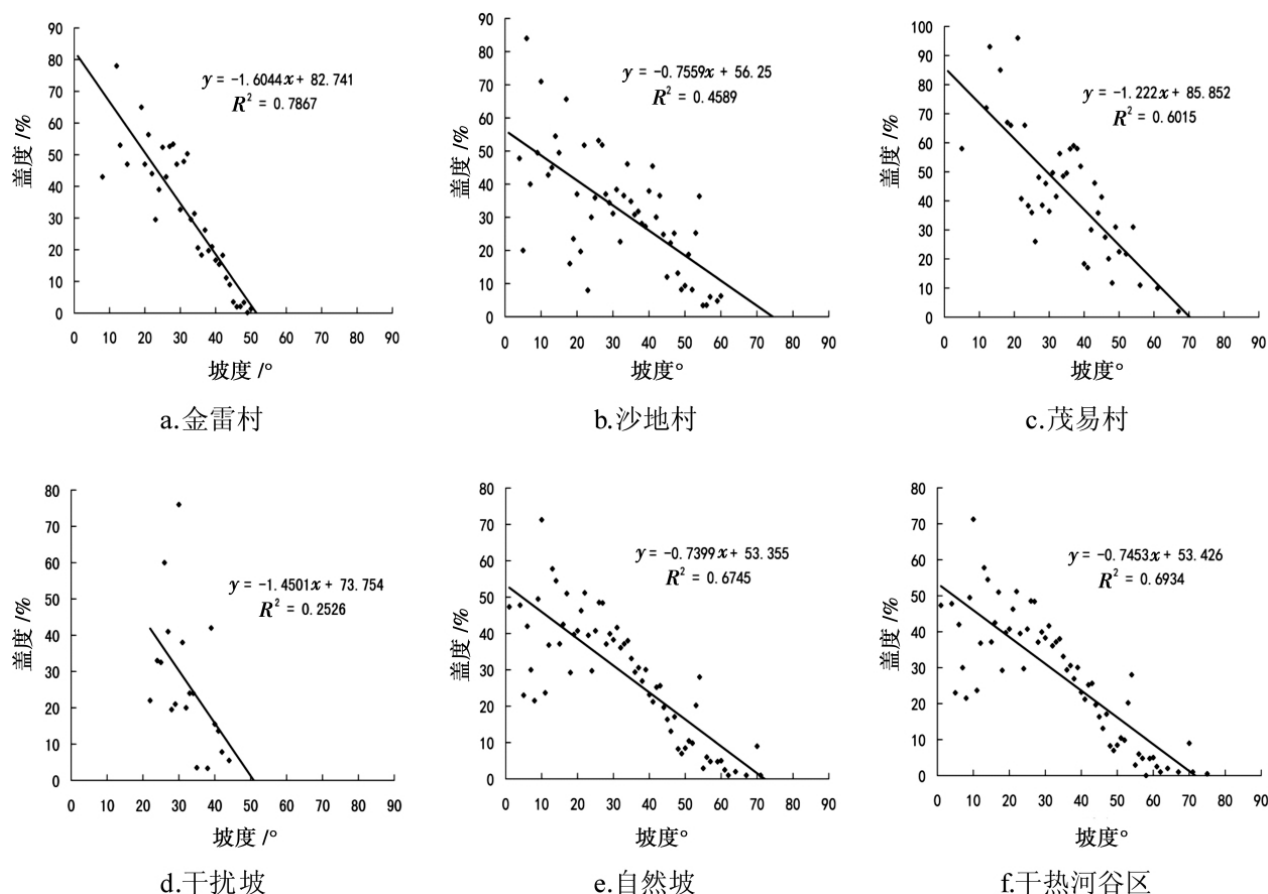


图 2 不同坡度的植被盖度

Fig.2 Vegetation cover in different slopes

3.2 植被盖度和坡向的关系

野外调查中发现,样区冲沟系统内普遍存在冲沟两侧植被覆盖不一的情况,即使在同一条V型沟的两侧,植被盖度也会表现出不同,这都表明坡向在干热河谷地区植被分异中也起到了重要作用。将采集的数据用Microsoft Excel绘制植被盖度-坡向的雷达图,如图3所示。

从图3可知植被盖度在不同坡向上的分异:金雷村以东北向植被覆盖为最多,东向和北向次之,西向和西北向较小,南向、西南向和东南向为最小;沙地村以东北向和南西向为最多,东南向次之,西向和北向较小,南东向为最小;茂易村以东北向为最多,北向和东向次之,西北向和西南向较小,南向为最小;人工坡以南向为最多,北东向和东北向次之,其他各个方向都比较小的格局;自然坡地和干热河谷区类似,以东北向为最高,东北向和东向次之,北向、北西向、西南向和东南向较小,南向最小。

3.3 植被种类与坡向的关系

不同样方区范围的植被种类也有差异,即使在

邻近区域的V型沟或U型沟两侧,不同的样方内也会出现不同种类的植被,这表明坡向在干热河谷地区对植被种类丰度也有影响(图4)。

从图4可得到以上3个样方区的物种在不同坡向上的分布特征:金雷村以东坡为最多(1.8),北坡和北东坡次之,西北坡、西坡和西南坡较少,南坡和东南坡最少;沙地村(2.0)以东北、东南坡(2.0)为最多,南西坡次之,东坡、北坡、西坡、西南坡较少,南东方向最少;茂易村(2.3)、自然坡地(1.8)以及干热河谷区(1.8)都以东北向为最多,北西向、东南向次之,西向、西北向、西南向较少,南向、东南向最少;人工坡(3.4)的物种最为丰富,以东北向为最多,南向和南东向次之,西向、西北向和西南向较少,南西向和北西向最少。

综合图3、图4,近自然生长状态下元谋干热河谷的冲沟沟坡草被多样性和植被盖度的雷达图都向北东方向凸出,生物多样性和植被盖度沿坡向总体呈现出东北向高,南、东南向低的特点,二者的分布规律表现出高度的一致性。

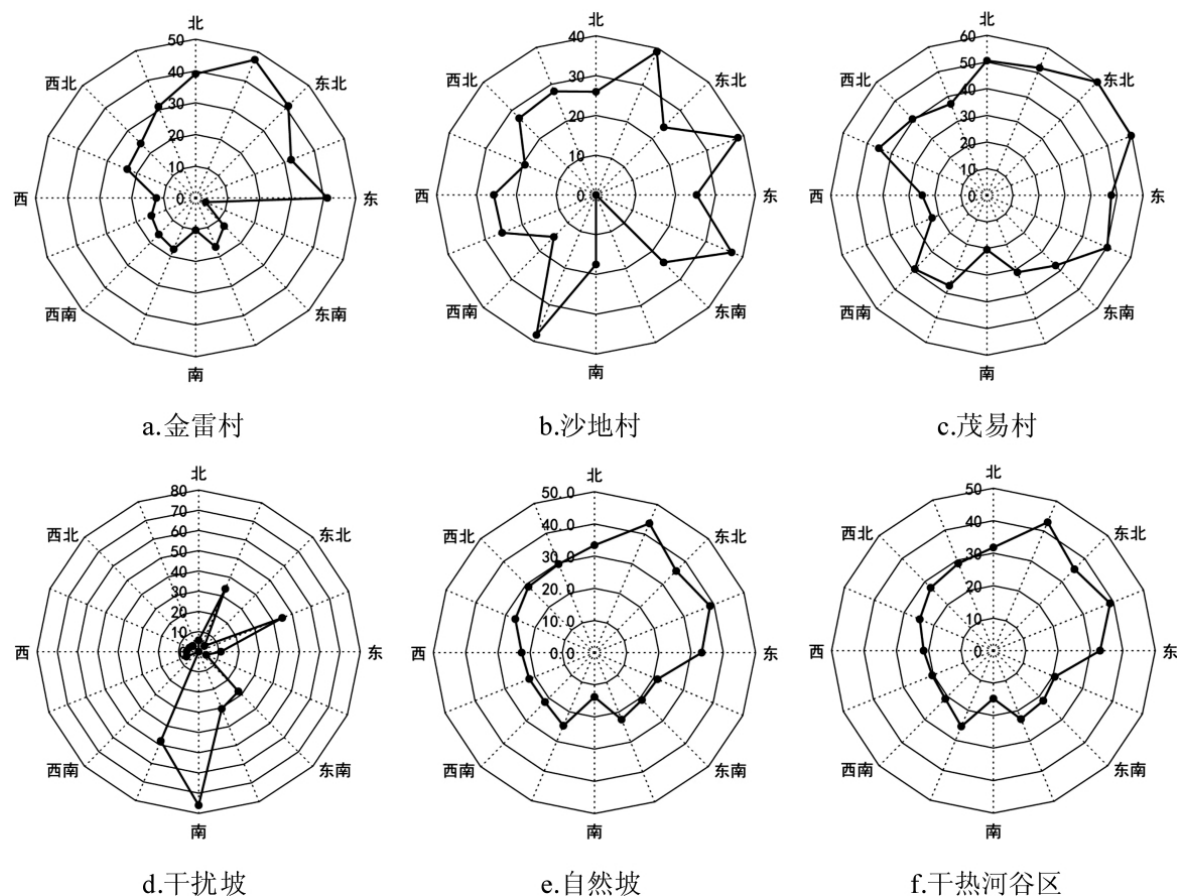


图3 不同坡向的植被盖度

Fig. 3 Vegetation cover in different aspect

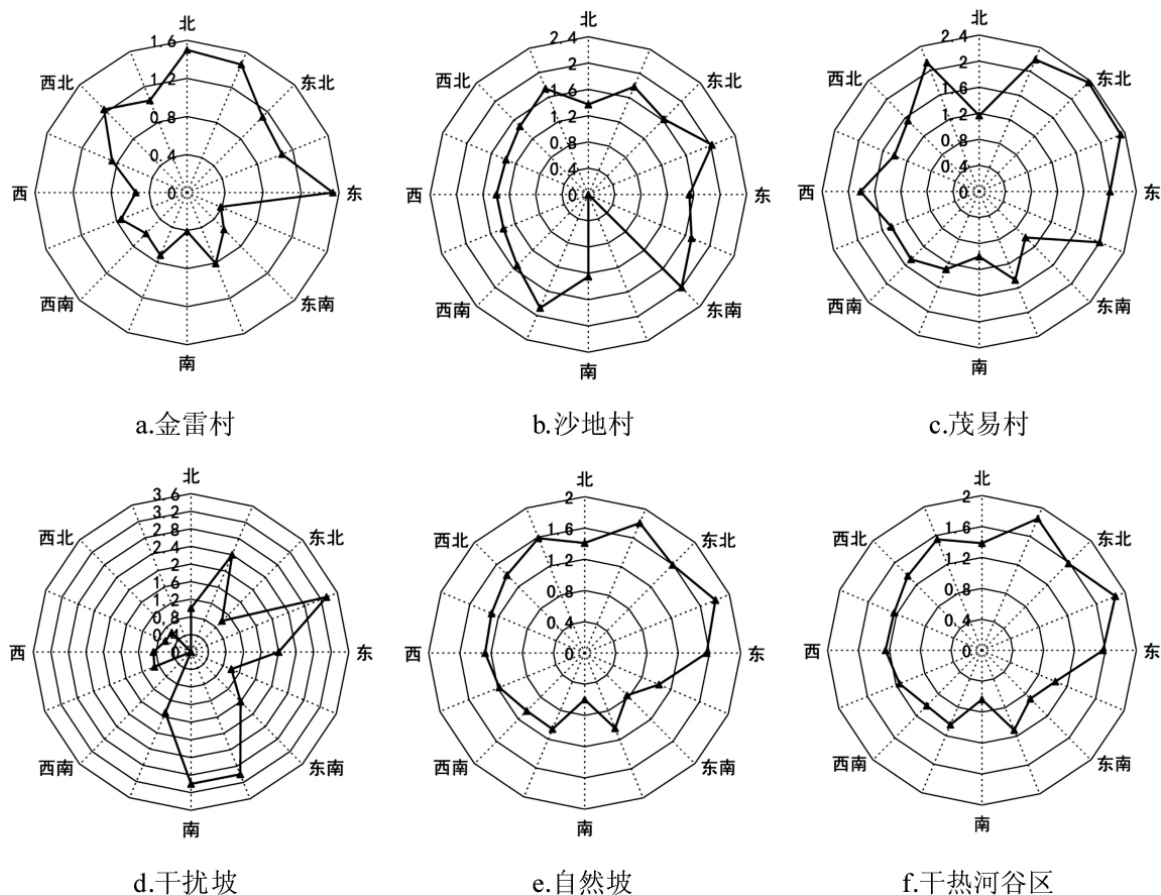


图4 不同坡向的植被种类

Fig. 4 Vegetation species in different aspect

4 结论与讨论

1. 研究表明, 50° 是金雷村冲沟沟坡上是生长植被的临界坡度; 沙地村冲沟系统内植被生长的临界坡度在 65° 左右; 茂易村植被生长的临界坡度是 65° 左右; 元谋干扰坡植被生长的临界坡度为 45° 左右; 65° 是元谋干热河谷区自然坡地植被生长的临界坡度。可知 65° 应该是元谋干热河谷地区冲沟沟坡地形上植被生长的临界坡度, 也是生态恢复的理论坡度上限。

2. 元谋干热河谷典型土壤为变性土与燥红土, 植被盖度整体表现出随着坡度增大而减小的趋势。处于活跃期的变性土区冲沟沟坡植被结构较为单一, 植被盖度整体水平较低, 25° 左右的坡地植被盖度最大, 到 50° 左右已经基本没有植被生长; 区域内冲沟北向、东北向和东向的坡面上植被盖度最高, 草本种类也最多, 南向、东南向植被盖度为最小, 物种多样性也最小, 孔颖草和双花草是其优势草种。处

于稳定期的燥红土区冲沟沟坡植被盖度随坡度增加而减小的趋势也很明显, 65° 左右是坡面植被生长的临界坡度; 东北向植被盖度为最高, 草本种类也最多, 南向植被盖度最小, 草本种类也最少, 植被结构以扭黄茅为优势草种, 其他草种间或分布; 燥红土区域内的植被覆盖水平整体上要比变性土区域好, 表明燥红土质土壤比变性土质土壤更适于植被生长。另一方面, 后者的临界坡度 65° 大于前者坡度 50° , 表明燥红土区域冲沟发育阶段比变性土区域的冲沟发育阶段更老, 已基本趋于稳定。

3. 除干扰坡这一组外, 金雷村、沙地村、茂易村和自然坡地 4 个组的植被-地形分布特征决定了元谋干热河谷总体植被-地形分布规律。整个元谋干热河谷地区植被盖度随着坡度的增大而减小, 坡面上植被生长的临界坡度在 65° 左右; 在 $0^\circ \sim 25^\circ$ 区间, 人类活动干扰强烈, 植被盖度随坡度增大而增大; $25^\circ \sim 65^\circ$ 区间坡面水土流失严重, 植被覆盖率下降迅速, 是元谋干热河谷区土壤侵蚀的源地, 也是植被恢复重点治理区域。元谋干热河谷植被和物种多

样性分布整体表现出东北多南东少的特点,孔颖草和扭黄毛是该地区的优势草种。元谋干热河谷纬度较低,光热能量充足,水分蒸发是影响草被偏向东北方向生长的极少数因子之一,成为该区域范围内草被生长的限制性因素,到底正确与否,还有待进一步验证。另外,关于北东向上植被种类相对丰富的原因也还需要未来进行更深入地研究。

4. 在沙地村,南东向冲沟坡地上植被盖度和物种多样性都接近0,造成这一特殊现象的原因可能有以下几点:由于随机的原因,我们在南东向上采集的数据量可能比较小,致使南东坡向上的代表性不足,结果使南东坡向上植被种类较少,盖度相对较低。另外,沙地村冲沟发育充分,南东方向上数据的缺失也可能反映了南东向就是沙地村冲沟系统发育的主导方向。元谋干热河谷冲沟区微地形极大地影响了植被覆盖,植被覆盖通过阻止水土流失、减少泥沙冲刷等影响冲沟沟坡地形的发育。当坡度大于临界坡度时,缺少植被覆盖的沟坡侵蚀强烈;在植被覆盖较高的区域,冲沟发育受到抑制,植被与地形变化的关系具有对立统一性。

参考文献(References)

- [1] Bai Y, Han X, et al. Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland [J]. *Nature*, 2004, 431(7005): 181–184
- [2] Harrison S, Cornell H. Toward a better understanding of the regional causes of local community richness [J]. *Ecology Letters*, 2008, 11(9): 969–979
- [3] Johnson Flrpg. Some vegetation and environment relationships in the up landforests of Oklahoma [J]. *Journal of Ecology*, 1972, 60: 655–663
- [4] Shibu Jarg, Suman J G. Vegetation responses along edge to interior gradients in a high altitude tropical forest in peninsular India [J]. *Forest Ecology and M anagement*, 1996, 87: 51–65
- [5] Jos M G–R. The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review [J]. *Catena*, 2010, 81(1): 1–11
- [6] Liu Zhihong, Guo Weiling, Yang Qinke, et al. Vegetation cover changes and their relationship with rainfall in different physiognomy type areas of Loess plateau [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2011, 9(1): 16–23 [刘志红, 郭伟玲, 杨勤科, 等. 近20年黄土高原不同地貌类型区植被覆盖变化及原因分析 [J]. *中国水土保持科学*, 2011, 9(1): 16–23]
- [7] Zhu Hua. A discussion on the way of zonation of vegetation on the shade slope of Baihuashan mountain, Bei Jing [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1997, 19(4): 61–65 [朱华. 北京百花山大阴坡植被垂直分带方法的探讨 [J]. *北京林业大学学报*, 1997, 19(4): 61–65]
- [8] Kikuchi T O M. Differentiation in vegetation related to micro-scale landforms with special reference to the lower sides-lope [J]. *Ecological Review*, 1991, 22: 61–70
- [9] Kikuchi T. A DCA analysis of floristic variation of plant communities in relation to micro-landform variation in a hillside area [J]. *Ecological Review*, 1990, 22(1): 25–31
- [10] Zhang Wanqiu, Li Xianhua, Luo Qingzhou, et al. Spatial distribution of vegetation in Tianmu mountain nature reserve based on RS and GIS data [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 06: 21–27 [章皖秋, 李先华, 罗庆州, 等. 基于RS、GIS的天目山自然保护区植被空间分布规律研究 [J]. *生态学杂志*, 2003, 06: 21–27]
- [11] Carmel Y, Kadmon R. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel [J]. *Plant Ecology*, 1999, 145: 243–254
- [12] Urban D L, Miller C, et al. Forest gradient response in Sierran landscapes: the physical template [C]//*Landscape Ecology* 15. 2000: 603–620
- [13] Florinsky I V, Kuryakova G A. Influence of topography on some vegetation cover properties [J]. *Catena*, 1996, 27: 123–141
- [14] Polley H W C S L. Relationship s of vegetation and environment in BuffaloWallows [J]. *American Midland Naturalist*, 1984, 112: 178–186
- [15] Ostendorf B R J R. A model of arctic tundra vegetation derived from topographic gradients [J]. *Landscape Ecology*, 1998, 13: 187–202
- [16] Kong Ningning, Zeng Hui, Li Shujuan. Study on the topographic variation pattern of vegetation distribution WoLong nature reserve, Si–Chuan province [J]. *Acta Scientiarum Naturalum Universitatis Pekinesis*, 2002, 38(4): 543–549 [孔宁宁, 曾辉, 李书娟. 四川卧龙自然保护区植被的地形分异格局研究 [J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 2002, 38(4): 543–549]
- [17] Xu Jianhua, Fang Chuanglin, Yue Wenzhe. An analysis of the mosaic structure of regional landscape using GIS and remote sensing [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 23(2): 1871–1877 [徐建华, 方创琳, 岳文泽. 基于RS与GIS的区域景观镶嵌结构研究 [J]. *生态学报*, 2003, 23(2): 365–375]
- [18] Qiu Yang, Fu Bojie, WangJun, et al. spatiotemporal variability of the soil erosion and its relations to the influencing factors on the loess plateau, china [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1871–1877 [邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土壤侵蚀的时空变异及其影响因子 [J]. *生态学报*, 2004, 24(9): 1871–1877]
- [19] Zhang Wei, Zhang Yili, Wang Zhaofeng, et al. Analysis of vegetation change in MT. Qomolangma natural reserver [J]. *Progress in Geography*, 2006, 25(3): 12–21 + 137 [张伟, 张钰钰, 王兆峰, 等. 珠穆朗玛峰自然保护区植被变化分析 [J]. *地理科学进展*, 2006, 25(3): 12–21 + 137]
- [20] Cheng Shengdong. Distribution characters of vegetation coverage and soil erosion in wenanyi watershed on Loess plateau [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2010. [程圣东. 黄土高原文安驿流域植被覆盖与土壤侵蚀分布特征研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2010.]
- [21] Sun Hongyu, Wang Changyao, Niu Zheng, et al. Analysis of the veg-

- etation cover change and relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA time series data[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(3): 204–210 [孙红雨, 王长耀, 牛铮, 等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系——基于 NOAA 时间序列数据分析 [J]. *遥感学报*, 1998, 2(3): 204–210]
- [22] Li Xiuhua, Shi Qingdong, Chang Shunli, et al. Change of NAVI based on NOAA image in Northwest arid area of China in 1981–2001 [J]. *Arid Land Geography*, 2008, 31(6): 940–945 [李秀花, 师庆东, 常顺利, 等. 1981–2001 年中国西北干旱区 NDVI 变化分析 [J]. *干旱区地理*, 2008, 31(6): 940–945]
- [23] Qin Wei, Zhu Qingke, Zhang Xuexia, et al. Review of vegetation covering and its measuring and calculating method [J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition*, 2006, 34(9): 163–170 [秦伟, 朱清科, 张学霞, 等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2006, 34(9): 163–170]
- [24] Luo Ya, Xu Jianhua, Yue Wenzhe. Research on vegetation indices based on the remote sensing images [J]. *Ecologic Science*, 2005, 24(1): 75–79 [罗亚, 徐建华, 岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法述评 [J]. *生态科学*, 2005, 24(1): 75–79]
- [25] Qi J M R C, Moran M S. Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2000, 105: 55–68
- [26] Hans-Rudolf Bork, Li Yong, Zhao Yongtao, et al. Land use changes and gully development in the upper Yangtze river basin, SW-China [J]. *Journal Mountain Research*, 2001, 19(2): 7 [汉斯-鲁道夫·博克, 李勇, 赵永涛, 等. 长江上游土地利用变化与冲沟发生和演变 [J]. *山地学报*, 2001, 19(2): 7]
- [27] J Poesen J N, G Verstraeten, C Valen TIN. Gully erosion and environmental change: importance and research needs [J]. *Catena*, 2003, 50: 91–133
- [28] McDonald D J C R M, Boucher C. Vegetation environment relationships on a species rich coastal mountain range in the fynbos biome (South Africa) [J]. *Plant Ecology*, 1996, 123: 165–182
- [29] Zhang Bin, Shi Kai, Liu Chunqiong, et al. Changes of seasonal precipitation of Yuanmou Dry-Hot valley in recent 50 years based on method of DFA [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(4): 561–566 [张斌, 史凯, 刘春琼, 等. 元谋干热河谷近 50 年分季节降水变化的 DFA 分析 [J]. *地理科学*, 2009, 29(4): 561–566]

Response of Vegetation to Micro-topography in the Gullied Area of Yuanmou Dry-hot Valley

LUO Jun¹, Zhou Wei¹, QIN Chaofa¹, DENG Qingchun¹, LUO Mingliang¹,
XU Xiao¹, LIU Gangcai², ZHANG Bin¹, LI Guohong³

(1. China West Normal University, Nanchong 637009, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

3. The Geotechnical Institute of Beijing Aerospace (GIBA), Beijing 102611, China)

Abstract: Micro-topography is an important factor affecting the distribution and diversity of vegetation, especially in the Yuanmou dry-hot valley. By collecting 1 236 groups data of the soil-slope-aspect-vegetation coverage-species diversity in the gullied area, combined with statistical methods to study the influence of the two topographic factors—slope and aspect functions on the diversity and vegetation coverage of dry-hot valley. It is showed that in the dry-hot valley gully area, vegetation coverage has a decreasing trend with an increase of slope. The critical slope gradient judging whether there exists the vegetation growth or the vertex soils regional activities to jump on the gully slope is 50°, while the critical slope gradient of the regional stability of dry red gullies is 65°; by the strong influence of human activities, the critical slope gradient of gully vegetation growth is 45°; the critical slope gradient of the gully area which is relatively minor impacted is 65°; the dominant direction of the vegetation cover distribution and vegetation types is northeast, with an average coverage of 40%, the northwest is 28%, Southwest 20%, Southeast 21%; the vegetation types average of northeast is 1.8, northwest 1.4, Southwest 1.0, southeast 0.5. Researching on the response of the dry-hot valley vegetation to the gully micro-terrain environment in the typical site conditions could provides scientific guidance for the ecological restoration.

Key words: vegetation; micro-topography; response; Yuanmou Dry-hot Valley; ecological restoration