

DOI: 10.11766/trxb201804040607

# 喀斯特高原峡谷区顶坛花椒与金银花林地土壤 抗侵蚀特征\*

刘 志 杨 瑞<sup>†</sup> 裴仪岱

(贵州大学林学院, 贵阳 550025)

**摘 要** 喀斯特石漠化综合治理中经济型植物的选择与种植是遏制石漠化发展势头、改善石漠化地区人居环境, 实现当地农民脱贫致富的有效措施。为了探讨喀斯特石漠化综合治理区不同经济型植物的水土保持功能效应, 选择喀斯特高原花江峡谷地区普遍种植的乡土植物顶坛花椒纯林(以下简称花椒林)、金银花纯林(以下简称金银花林)、金银花-花椒混交林(以下简称混交林)和撂荒地(以下简称对照)4种类型作为研究对象, 探讨其林下土壤的抗侵蚀特征。结果表明:(1)不同类型土壤非毛管孔隙度和总孔隙度越大, 土壤入渗能力越好, 而土壤容重增大会导致土壤渗透性变差。(2)不同类型土壤抗冲性系数为金银花林( $2.02 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ )大于混交林( $0.82 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ )大于花椒林( $0.43 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ )大于对照( $0.31 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ )。(3)在土壤的抗蚀性方面混交林的土壤抗蚀性优于金银花林、花椒林和对照。(4)从土壤入渗性能、抗蚀性、抗冲性3方面进行总体评价, 混交林有利于提高土壤的抗侵蚀能力。

**关键词** 生态经济林; 抗侵蚀能力; 土壤; 喀斯特高原

**中图分类号** S157.5 **文献标识码** A

喀斯特地区石漠化是土地退化的一个类型, 通常表现为农业用地数量减少(表土丧失或土体毁灭)和质量降低(土壤物理、化学、生物学方面质量下降), 其主要特征是由于水力及重力作用而造成的土壤流失<sup>[1]</sup>。喀斯特高原花江峡谷区是贵州省喀斯特石漠化问题最为突出的地区之一, 由于降雨较为丰富、山地坡度较大、沟谷地区常常有季节性河流及植被覆盖率不高等因素。因此在夏季降雨时, 地表径流增大时常常伴随着土壤被侵蚀而冲刷搬运至下游, 导致形成“耕作→土壤流失→生态失衡→土地贫瘠→贫穷”的恶性循环。在喀斯特石漠

化生态综合治理中植被恢复与重建, 选择乡土经济植物顶坛花椒、金银花的种植在喀斯特特色农业可持续发展中有着相当不错的经济效益和生态效益<sup>[2-4]</sup>。1980年黄义瑞<sup>[5]</sup>对我国几种主要地面物质抗侵蚀性能进行了初步研究, 讨论了土壤抗蚀、抗冲性能及其分级等问题, 并将我国主要地面物质归并为五个类型。近些年来国内众多学者对土壤的抗侵蚀及入渗过程也进行了研究, 如李红云等<sup>[6]</sup>对济南石灰岩山区4种主要灌木林地土壤的物理性状和抗侵蚀性能进行研究, 得出4种灌木林地土壤抗蚀性能增强作用从大到小为: 黄栌林、连翘林、黄荆林、绣线菊

\* 贵州省重大专项(黔科合重大专项字[2016]3022-06号, 黔科合JZ字[2014]200211号)和贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2016]2610号)资助Supported by the Major Project of Guizhou Province (Qian Ke He Major Project [2016] 3022-06, Qian Ke He JZ [2014] 200211) and the Science and Technology (Qian-ke-he zhicheng Project of Gui zhou Province [2016] 2610)

<sup>†</sup> 通讯作者Corresponding author, E-mail: yr553017@163.com

作者简介: 刘 志(1995-), 男, 贵州息烽人, 硕士研究生, 主要从事森林生态研究。E-mail: 861862613@qq.com

收稿日期: 2018-04-04; 收到修改稿日期: 2018-09-20先数字出版日期(www.cnki.net): 2018-11-02

林。杨贤均等<sup>[7]</sup>对湖南省邵东县红壤三种不同林分的水土保护功能分析得出：栎树、桉木、枫香阔叶混交水土保持林涵养水源、保持水土功能均优于枫香-马尾松、枫香-湿地松针阔混交水土保持林，李超等<sup>[8]</sup>对黄土丘陵区不同撂荒年限土壤入渗及抗冲性研究得出：土壤抗冲系数与容重、有机质、根系生物量、土壤孔隙度均呈极显著相关；相关土壤抗冲系数与初始入渗速率、稳定入渗速率、平均入渗速率均呈极显著正相关。王丹丹等<sup>[9]</sup>对晋西黄土区退耕林地土壤抗冲性研究得出：坡度、枯落物、生物多样性是影响土壤抗冲性的主要因子。卢喜平等<sup>[10]</sup>对两种果草模式根系提高土壤抗蚀性的研究得出：土壤的抗蚀性与土体中根系含量密切相关。何丹等<sup>[11]</sup>土壤入渗特性的空间变异规律及其变异源得出：土地利用方式不仅影响土壤入渗特性的大小，而且影响其变异的空

治理示范区内，为我国典型的喀斯特高原峡谷区，地处贞丰县与关岭县交接处的北盘江河段峡谷两岸，105° 36′ 30″ E ~ 105° 46′ 30″ E、25° 39′ 13″ N ~ 25° 41′ 00″ N。地表岩石裸露且破碎，地势起伏落差大，海拔600 ~ 1 200 m，年均温18.4℃，年均降雨量1 100 mm，且时空分布不均，其中5—10月降水量占全年总降水量的83%。冬春温暖干旱，夏秋潮湿，为亚热带季风湿润气候。该地区土壤为石灰岩发育形成的石灰土为主，基岩裸露率在70%以上，是贵州省石漠化极其严重地区。2015年8月，在研究区内选择广泛种植的顶坛花椒纯林（以下简称花椒林）、金银花纯林（以下简称金银花林）、金银花-花椒混交林（以下简称混交林）和撂荒地（以下简称对照）4种类型作为研究对象，选择土壤类型、坡向、坡位及土地利用情况等（表1）基本一致，分别在不同类型中选择5个取样点，呈“S”型取样。其中土壤入渗采用环刀（200 m<sup>3</sup>）取土，根据土壤剖面层次0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm和20 ~ 30 cm进行原状土取样，分别设3个重复。土壤抗冲性取样在0 ~ 20 cm的土层内用长、宽、高（15 cm × 8 cm × 7 cm）的取样器。土壤抗蚀性取样在0 ~ 20 cm的土层以花椒林、金银花林、混交林、对照为样本设3个重复，用密封袋装袋编号后带回实验室风干完成相关实验。

## 1 材料与方法

### 1.1 样点选择

研究区位于黔西南花江喀斯特石漠化综合

表1 不同取样点基本情况

Table 1 Basic information of the sampling points

类型 Type	土壤类型 Soil type	坡向 Aspect	坡度 Slope/°	坡位 Slope position	海拔 Altitude/m	土地利用 Land use
花椒林 <i>Zanthoxylum planispinum</i> var <i>dintanensis</i> forest	石灰土	东北	31	坡中部	625	退耕地，2012年种植，未施肥、未耕种
混交林 Mixed forest	石灰土	东北	33	坡中部	631	退耕地，2011年种植，未施肥、未耕种
金银花林 <i>Lonicera japonica</i> forest	石灰土	东北	34	坡中部	627	退耕地，2011年种植，未施肥、未耕种
对照 Contrast	石灰土	东北	36	坡中部	626	2011年撂荒至今

### 1.2 测定方法

土壤渗透性采用测定：单环刀法（环刀采用

200 m<sup>3</sup>）测定<sup>[12]</sup>。本研究经过预实验得出土样稳定渗透基本集中于30 min左右，所以试验总时间设

计为60 min, 单位时间为2 min。本研究取每个样地前2 min下渗速率为初始渗透速率, 稳定渗透速率为单位时间内的渗透量趋于稳定时的渗透速率, 60 min平均渗透速率=60min渗透总量/60min。

土壤抗冲性测定: 采用蒋定生<sup>[13]</sup>设计的原状土冲刷水槽法测定。样品浸水12 h后静置2 h。并统一设置其冲刷坡度为30°, 采用年平均降水量换算的2 L·min<sup>-1</sup>的水流速度进行冲刷, 冲刷时间为10 min, 每隔1 min用纱布网过滤取土。用冲失每克土所需时间来表示抗冲性系数, 采用公式:

$$ANS=Q \times T / WLDS \quad (1)$$

式中,  $ANS$  表示土壤抗冲性系数 ( $\text{min} \cdot \text{g}^{-1}$ ),  $Q$  表示单位时间的流量,  $T$  表示冲刷历时 ( $\text{min}$ ),  $WLDS$  表示冲刷流失土壤的干重 ( $\text{g}$ )。

土壤抗蚀性测定: 采用抗蚀性指数<sup>[14-15]</sup>测定。用7 mm、10 mm土壤筛层叠过滤出所需7~10 mm土粒, 每次测定取备50颗, 每一分钟记录一次崩裂的颗数, 试验历时为10 min。采用每分钟未崩解土粒数量 ( $m-n$ ) 与总土粒的比值来表示抗蚀性指数 ( $k$ ), 采用公式:

$$k = (m-n) / m \quad (2)$$

式中,  $k$  表示土壤的抗蚀性指数,  $m$  表示总土粒,  $n$  表示崩解总土粒。

### 1.3 数据处理

采用SPSS、Excel等软件进行统计和分析, 文章中所有的图采用Origin Pro 9.0绘制。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤渗透性能

土壤孔隙是土壤团聚体之间的孔隙, 是土壤结构的重要组成部分, 孔隙度的大小与孔隙数量多少及其连通性反映了土壤的持水保水性能, 并通过影响土壤的通气透水性及根系穿插的难易程度, 对土壤中水、肥、气、热以及生物活性等发挥着不同的作用<sup>[15-16]</sup>。

表2中花椒林土壤的总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度, 随着土层深度增加均呈均匀下降趋势, 而容重随着孔隙的减少而不断增加。金银花林土壤总孔隙度、毛管孔隙度, 虽然随着土层深度的增加均呈下降趋势, 但是从土层深度0~10 cm变至10~20 cm与10~20 cm变至20~30 cm的变化差距

明显变大。因金银花为浅根系植物, 由此可表明植物根系对土壤孔隙度的促进作用。经对不同经济型植物的林下土壤分析, 对容重而言: 对照大于金银花林大于花椒林大于混交林; 对总孔隙度而言: 混交林大于花椒林大于金银花林大于对照; 对毛管孔隙度而言: 混交林大于花椒林大于对照大于金银花林; 对非毛管孔隙度而言: 金银花林大于混交林大于对照大于花椒林; 对土壤稳渗速率而言: 花椒林、混交林均随土层深度增加, 稳渗速率呈下降趋势, 而金银花、对照均出现20~30 cm土层的土壤稳渗速率较10~20 cm速率土层大, 下层土壤渗透速率较上层土壤快, 加快了自由水的流失, 由此得出混交林地更容易保持水分。

毛管孔隙储存的水分可以供植物根系吸收或土壤蒸发, 而非毛管孔隙除为饱和土壤水分提供通道外, 仅只为水分的暂时储存提供空间, 土壤非毛管水也是土壤水下渗的重要通道<sup>[15-16]</sup>。从表2可以看出, 不同植被类型下的初渗速率、稳渗速率、平均渗透速率、总渗透量的变化趋势保持一致, 而与土壤的总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度的变化并不一致。从表2可以看出, 对于平均总渗透量、平均渗透速率、平均稳渗速率、平均初渗速率而言均存在花椒林大于对照大于混交林大于金银花林。

### 2.2 土壤抗冲性

土壤抗冲性是指土壤抵抗径流对土壤的机械破坏和推动下移的性能, 它主要取决于土粒间和微结构间的胶结力和土壤结构体间的抵抗离散的能力。影响林地土壤冲刷的主要原因: 一方面是外营力, 雨滴对地表的溅击和地表径流对地面的冲刷; 另一方面是土壤本身的抗冲性即抵抗径流对地表的机械破坏和推移的能力<sup>[17]</sup>。

由图1和表3可以直观看出不同植被下的原状土在开始冲刷时均较大, 呈现对照大于花椒林大于混交林大于金银花林。冲刷10 min流失量最小的为金银花林。金银花林在10 min冲刷过程中土壤流失总量为9.9 g。混交林的含沙量在10 min几乎趋近于平稳。因此说明混交林下土壤抗冲性较稳定。而花椒林和对照土壤虽然每分钟流失量一直在减少, 但是依旧大于混交林和金银花林的土壤流失量。花椒林、混交林、金银花林、对照在10 min、2 L·min<sup>-1</sup>水流冲刷下, 土壤流失总量分别为45.98、24.39、9.9和63.63 g。

表2 不同林地类型下的土壤渗透性能

Table 2 Soil permeability relative to land types

类型 Type	土层厚度 Soil thickness/ cm	容重 Bulk density/ (g·cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度 Total porosity/%	毛管孔隙度 Capillary porosity/%	非毛管孔隙度 Non capillary porosity/%	初渗速率 Initial infiltration rate/ (mm·min <sup>-1</sup> )	稳渗速率 Steady infiltration rate/ (mm·min <sup>-1</sup> )	平均渗透速率 Average penetration rate/ (mm·min <sup>-1</sup> )	总渗透量 Total permeability/mm
花椒林 <i>Zanthoxylum</i>	0~10	1.08a	58.45a	51.27a	7.18a	67.33	23.35	34.21	7 896
	10~20	1.12a	56.83a	50.17ab	6.66ab	14.12	6.76	8.25	1 904
<i>planispinum</i> var <i>dintanensis</i> forest	20~30	1.13a	54.56a	48.51b	6.05b	9.10	3.38	4.23	977
均值 Mean		1.11	56.61	49.98	6.63	30.18	11.16	15.56	3 592
混交林 Mixed forest	0~10	1.01a	60.79a	52.61a	8.18a	1.56	1.21	1.23	284
	10~20	1.13a	58.63a	50.08b	8.14a	6.63	4.20	4.44	1 025
	20~30	1.17a	57.54a	50.97a	6.56a	7.19	3.68	4.08	943
均值 Mean		1.10	58.99	51.22	7.63	5.13	3.03	3.25	750
金银花林 <i>Lonicera japonica</i> forest	0~10	1.13a	56.80a	45.93a	10.87a	1.86	1.21	1.33	306
	10~20	1.15a	56.11a	44.92a	11.19a	2.51	0.87	0.89	206
	20~30	1.22a	52.65a	42.01a	10.64a	2.04	0.82	0.96	221
均值 Mean		1.17	55.19	44.29	10.91	2.14	0.97	1.06	244
对照 Contrast	0~10	1.07a	58.53a	49.90a	8.63a	16.46	8.32	9.82	2 267
	10~20	1.15a	55.92a	41.77b	14.15a	1.30	0.65	0.73	169
	20~30	1.34b	49.63b	44.54ab	5.09a	2.51	1.30	1.37	316
均值 Mean		1.19	54.69	47.40	7.29	6.76	3.42	3.97	917

注：不同字母表示同一林地不同土层之间差异显著 ( $P<0.05$ )。Note: Different letters indicate significant differences between soil layers in the same land plot ( $P<0.05$ )

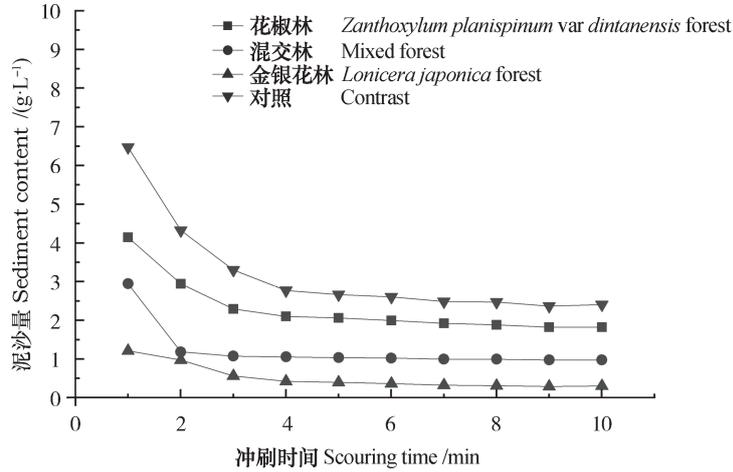


图1 不同林地类型下土壤冲刷泥沙含量变化过程

Fig. 1 Variation of soil erosion and sediment content under relative to land types

表3 不同林地类型下土壤冲刷实验结果

Table 3 Soil scour test relative to land types

类型Type	抗冲性系数ANS/ (min·g <sup>-1</sup> )	冲刷泥沙总重 Gross sediment load/g
花椒林 <i>Zanthoxylum planispinum</i> var <i>dintanensis</i> forest	0.43	45.98
混交林Mixed forest	0.82	24.39
金银花林 <i>Lonicera japonica</i> forest	2.02	9.90
对照Contrast	0.31	63.63

由图2可以较明显看出花椒林和对照的土壤抗冲性系数较低，且比较稳定。说明花椒林虽然对土壤侵蚀量有一定的减少作用，但是侵蚀量依旧很大。而混交林和金银花林的抗冲性系数比较大，其

中金银花的生长趋势最明显。说明金银花林土壤侵蚀量较少，由表3的抗冲性系数可表明恢复类型中土壤抗冲性为金银花林大于混交林大于花椒林大于对照。

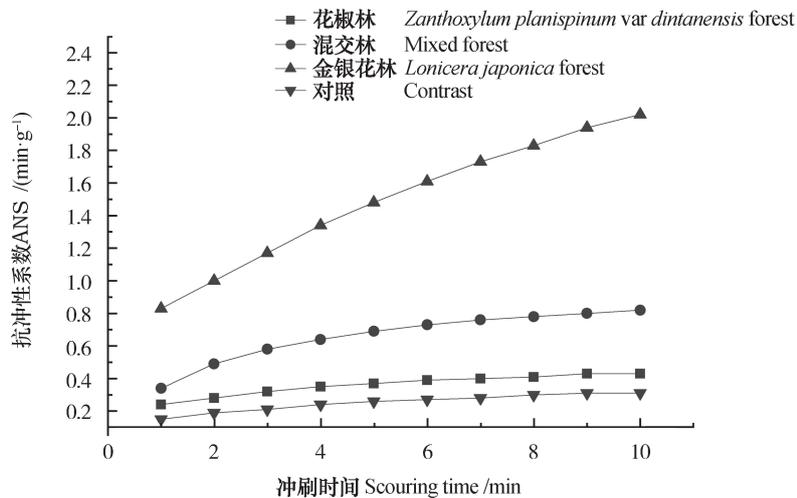


图2 不同林地类型的土壤抗冲性系数

Fig. 2 Soil anti-scour coefficients relative to land types

### 2.3 土壤抗蚀性

土壤抗蚀性是指土壤对抗侵蚀作用的分离和搬运的抵抗能力。土壤抗蚀性与土壤内在的物理和化学性质密切相关。土壤的这些理化性质包括土壤的颗粒组成、团聚体的稳定性、有机质含量、渗透率、紧实度、黏土矿物的性质及化学成分等<sup>[18-20]</sup>。因此评价土壤抗蚀性指标较多，目前常见的主要有土壤有机质含量、水稳性团聚体、平均质量直径、团聚度分散率、抗蚀指数等<sup>[19-22]</sup>，本

文是从抗蚀指数方法进行研究。

通过对花椒林、金银花林、混交林和对照土壤的抗蚀能力进行对比，崩解实验结果如图3所示，10 min混交林崩解的比例高于其他各个恢复类型，混交林大于对照大于金银花林大于花椒林，混交林每分钟的崩解数量前期小于其余林地，后期基本相等。混交林在该实验过程中一直保持每分钟崩解量最小，其次为对照、金银花林和花椒林。

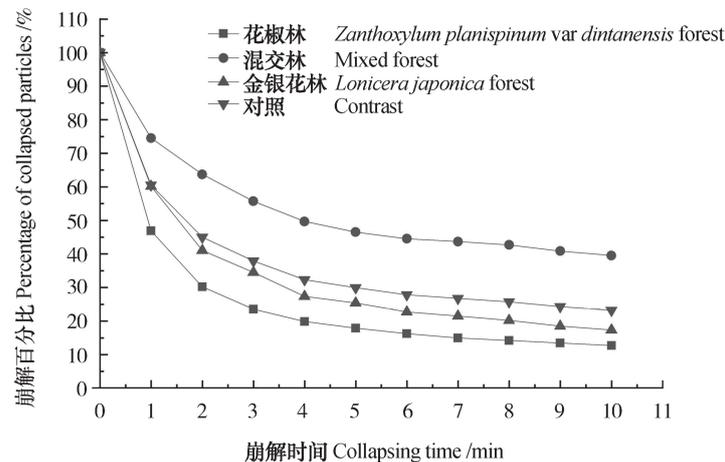


图3 不同林地土壤的崩解过程

Fig. 3 Soil collapsing process relative to land types

## 3 结 论

在贵州喀斯特高原峡谷区，由于各种人为因素的干扰及喀斯特区特殊的生境条件，石漠化情况特别严重，在喀斯特石漠化综合治理过程中，植物的选择与组合搭配方式对遏制喀斯特区石漠化发展势头，改善地区人居环境，保持水土具有重要的作用。土壤抗侵蚀能力的研究是植物保持水土能力至关重要的条件，对于土壤抗侵蚀能力的研究许多学者主要是从土壤抗冲性和抗蚀性两个方面进行分析<sup>[15,23]</sup>，本研究引入土壤渗透能力这一指标，并将三个指标综合进行分析，更好地说明喀斯特高原峡谷地区土壤抗侵蚀能力的特征。本研究通过对喀斯特高原峡谷区不同植被类型下土壤入渗性能、土壤抗冲性、土壤抗蚀性研究发现。土壤入渗性能表现为花椒林大于对照大于混交林大于金银花林；土壤抗冲性表现为金银花林大于混交林大于花椒林大于对照；土壤抗蚀性混交林大于对照大于金银花林大于花椒林。最后针对土壤入渗性能、土壤抗冲

性、土壤抗蚀性三方面数据综合分析，得出混交林的土壤抗侵蚀能力明显优于花椒林、金银花林和对照。因此，在喀斯特高原峡谷地区大力开展顶坛花椒—金银花混交种植模式，它不仅是该地的水土保持经济林的最优模式，而且对地区经济的可持续发展具有重要的指导意义。

### 参 考 文 献

- [1] 黄昌勇. 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 2000  
Huang C Y. Agrology (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press. 2000
- [2] 周玮, 周运超. 北盘江喀斯特峡谷区不同植被类型的土壤酶活性. 林业科学, 2010, 46(1): 136—141  
Zhou W, Zhou Y C. Soil enzyme activities under different vegetation types in Beipan River Karst Gorge District (In Chinese). Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(1): 136—141
- [3] 何腾兵, 刘元生, 李天智, 等. 贵州喀斯特峡谷水保经济植物花椒土壤特性研究. 水土保持学报, 2000, 14(2): 55—59  
He T B, Liu Y S, Li T Z, et al. Soil characteristics

- of *Zanthoxylum bungeanum* with soil and water conservation benefits in Karst Valley of Guizhou Province (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14 (2): 55—59
- [ 4 ] 彭旭东, 戴全厚, 杨智, 等. 喀斯特山地石漠化过程中地表地下侵蚀产沙特征. *土壤学报*, 2016, 53 (5): 1237—1248  
Peng X D, Dai Q H, Yang Z, et al. Sediment yield of surface and underground erosion in the process of rocky desertification of Karst Area (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2016, 53 (5): 1237—1248
- [ 5 ] 黄义瑞. 我国几类主要地面物质抗侵蚀性能初步研究. *中国水土保持*, 1980 (1): 43—45  
Huang Y R. Preliminary study on the resistance of several major ground materials in China (In Chinese). *Soil and Water Conservation in China*, 1980 (1): 43—45
- [ 6 ] 李红云, 李焕平, 杨吉华, 等. 4种灌木林地土壤物理性状及抗侵蚀性能的研究. *水土保持学报*, 2006, 20 (3): 13—16  
Li H Y, Li H P, Yang J H, et al. Study on soil physical properties and anti-erosion capability under four kinds of shrubbery (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20 (3): 13—16
- [ 7 ] 杨贤均, 邓云叶, 段林东. 三种不同林分的保护水土保持功能分析. *水土保持研究*, 2016, 23 (2): 177—182  
Yang X J, Deng Y Y, Duan L D. Analysis on soil and water protection functions of three types of stands (In Chinese). *Research of Soil and Water Conservation*, 2016, 23 (2): 177—182
- [ 8 ] 李超, 周正朝, 朱冰冰, 等. 黄土丘陵区不同撂荒年限土壤入渗及抗冲性研究. *水土保持学报*, 2017, 31 (2): 61—66  
Li C, Zhou Z Z, Zhu B B, et al. Research on soil infiltration capacity and soil anti-scourability on different abandoned land in the Loess Hilly Region (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2017, 31 (2): 61—66
- [ 9 ] 王丹丹, 张建军, 丁杨, 等. 晋西黄土区退耕林地土壤抗冲性研究. *水土保持学报*, 2014, 28 (3): 14—18  
Wang D D, Zhang J J, Ding Y, et al. Research on soil anti-erosion of grain for green mixed forest in Loess Plateau of Western Shanxi Province (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2014, 28 (3): 14—18
- [ 10 ] 卢喜平, 史东梅, 蒋光毅, 等. 两种果草模式根系提高土壤抗蚀性的研究. *水土保持学报*, 2004, 18 (5): 64—67, 124  
Lu X P, Shi D M, Jiang G Y, et al. Study on root system of intercropping orchard-pasture model improving soil anti-erodibility (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18 (5): 64—67, 124
- [ 11 ] 何丹, 马东豪, 张锡洲, 等. 土壤入渗特性的空间变异规律及其变异源. *水科学进展*, 2013, 24 (3): 340—348  
He D, Ma D H, Zhang X Z, et al. Regularity of spatial variability of soil infiltration and its variation sources (In Chinese). *Advances in Water Science*, 2013, 24 (3): 340—348
- [ 12 ] 汪三树, 刘德忠, 史东梅, 等. 紫色丘陵区坡耕地生物埂的蓄水保土效应. *中国农业科学*, 2013, 46 (19): 4091—4100  
Wang S S, Liu D Z, Shi D M, et al. Analysis on the soil and water conservation benefits of four bunds at edges of sloping land in purple hilly area (In Chinese). *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46 (19): 4091—4100
- [ 13 ] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式. 北京: 中国水利水电出版社, 1997  
Jiang D S. Soil erosion and its control model on the Loess Plateau (In Chinese). Beijing: China Water&Power Press, 1997
- [ 14 ] 赵洋毅. 滇中水源区典型林地土壤结构分形特征及其对土壤抗蚀、抗冲性的影响. *水土保持学报*, 2014, 28 (5): 6—11  
Zhao Y Y. Soil structure fractal features of typical forest land and its effect on soil anti-erodibility and soil anti-scourability in Yizhe Watershed, water source area at middle area of Yunnan Province (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2014, 28 (5): 6—11
- [ 15 ] 王计磊, 吴发启. 不同生长期大豆坡耕地土壤抗侵蚀能力特征. *土壤学报*, 2016, 53 (6): 1389—1398  
Wang J L, Wu F Q. Soil erosion resistance of sloping farmland under soybean cultivation relative to growth stage (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2016, 53 (6): 1389—1398
- [ 16 ] 宋林松, 汪京, 王棋, 等. 喀斯特石漠化区顶坛花椒林地土壤水分物理性质变化. *贵州科学*, 2016, 34 (2): 19—25  
Song L S, Wang J, Wang Q, et al. The change of soil water physical properties of *Zanthoxylum bungeanum* var. *dintanensis* in Karst Rocky Desertification Area (In Chinese). *Guizhou Science*, 2016, 34 (2): 19—25
- [ 17 ] 孙梅, 黄运湘, 孙楠, 等. 农田土壤孔隙及其影响因

- 素研究进展. 土壤通报, 2015, 46 (1): 233—238  
Sun M, Huang Y X, Sun N, et al. Advance in soil pore and its influencing factors (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2015, 46 (1): 233—238
- [ 18 ] 田育新, 吴建平. 林地土壤抗冲性研究. 湖南林业科技, 2002, 29 (3): 21—23  
Tian Y X, Wu J P. Study on soil anti impact of forest land (In Chinese). Hunan Forestry Science & Technology, 2002, 29 (3): 21—23
- [ 19 ] 高维森, 王佑民. 土壤抗蚀抗冲性研究综述. 水土保持通报, 1992, 12 (5): 60—63, 58  
Gao W S, Wang Y M. Review of research on soil resistance to corrosion (In Chinese). Bulletin of Soil and Water Conservation, 1992, 12 (5): 60—63, 58
- [ 20 ] 方学敏, 万兆惠. 土壤抗蚀性研究现状综述. 泥沙研究, 1997 (2): 87—91  
Fang X M, Wan Z H. Review of soil anti erosion and impact resistance review of soil anti erodibility research (In Chinese). Journal of Sediment Research, 1997 (2): 87—91
- [ 21 ] 高维森. 土壤抗蚀性指标及其适用性初步研究. 水土保持学报, 1991, 5 (2): 60—65  
Gao W S. Preliminary study on soil anti erodibility indexes and their applicability (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 1991, 5 (2): 60—65
- [ 22 ] 沈慧, 姜凤岐, 杜晓军, 等. 水土保持林土壤抗蚀性能评价研究. 应用生态学报, 2000, 11 (3): 345—348  
Shen H, Jiang F Q, Du X J, et al. Evaluation on soil anti-erodibility of soil and water conservation forest (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11 (3): 345—348
- [ 23 ] 黎建强, 张洪江, 陈奇伯, 等. 长江上游不同植物篱系统土壤抗冲、抗蚀特征. 生态环境学报, 2012, 21 (7): 1223—1228  
Li J Q, Zhang H J, Chen Q B, et al. Anti-scourability and anti-erodibility of soil under different hedgerow systems in upper reaches of Yangtze River (In Chinese). Ecology and Environment, 2012, 21 (7): 1223—1228

## Soil Erosion Resistance Characteristics of *Zanthoxylum Bungeanum* and *Lonicera Japonica* Forest Land in Canyon Areas of Karst Plateau

LIU Zhi YANG Rui<sup>†</sup> PEI Yidai

(Forestry College of Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract** 【Objective】 Rocky desertification in karst areas is a leading problem in Guizhou Province, Southwest China, especially the Huajiang Valley, which is one of the most prominent areas suffering from the problem. In order to address this problem with comprehensive ecological measures, it is of great essence for us to recover forest vegetation so as to promote changes in structure of the eco-environment in karst areas. However, there are still many major issues waiting to be solved in management of the desertification, for example, what kind of ecological as well as economic plants to be selected, how to make reasonable and effective use of natural elements and people's subjective sense of motivation under harmonization between the conditions of local eco-environment and the needs for economical development; how to realize sustainable development of the ecology and economy; how to build a society where people and nature coexist harmoniously; and how to teach people to live coexistently with ecology. Therefore, the paper is aimed to address these issues in an attempt to provide some scientific basis for restoration of water reserving forests and construction of eco-environment. To that end, investigations were made in the Huajiang karst gorge area to explore effects of *Zanthoxylum planispinum* var *dintanensis* forest and *Lonicera japonica* forest controlling soil erosion. Four plots of forests were set up for comparison in effect on soil erosion, i.e. Plot A, a tract of pure *Zanthoxylum planispinum* var *dintanensis* forest; Plot B, a tract of pure, *Lonicera japonica* forest; Plot C, a tract of *Lonicera japonica*-*Zanthoxylum planispinum* var *dintanensis*

mixed forest; and Plot D, a tract of deserted land. The trees are native in the Huajiang karst valley area.

**【Method】** Three key indices of soil erosion resistance, i.e. soil permeability, soil scour resistance and soil erosion durability, were measured. To measure soil permeability, the cutting ring method was adopted. Based on volume of the water(mm) passing through a cutting ring per unit of time, initial-infiltration rate ( $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ), stable-infiltration rate ( $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ), and average-infiltration rate ( $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) of water were worked out, and then soil permeability was. To measure soil scout resistance, the undisturbed soil scouring trough method designed by Jiang, et al. was used. It is mainly expressed by how long it takes for water flow to scour one gram of soil at a flow velocity set in line with mean annual rainfall. And to measure soil erosion durability, soil samples collected from the four plots were sifted trough a stack of sieves (7mm and 10 mm) to get soil particles 7 ~ 10 mm in size, of which 50 were taken out for erosion test that lasted for 10 min. and how many particles were collapsed was recorded every minute for calculation of percentage of the collapsed particles against the total particles tested, the index value of soil erosion durability. **【Result】** 1) In all the soils, regardless of type, the higher the non-capillary porosity and the total porosity, the higher the soil permeability, while, the higher the bulk density, the lower the soil permeability. 2) In terms of soil scour resistance, the four plots displayed an order of Plot A ( $2.02 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ ) > Plot C ( $0.82 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ ) > Plot B ( $0.43 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ ) > Plot D ( $0.31 \text{ min}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 3. In terms of soil erosion durability, Plot C was in the lead among the four. **【Conclusion】** After overall evaluations of soil permeability, soil scour resistance and soil erosion durability of the four plots, a conclusion comes as that mixed forest is the most conducive to improvement of soil erosion resistance.

**Key words** Ecological economic forest; Anti-erosion ability; Soil; Karst plateau

(责任编辑: 檀满枝)