

黄土高原丘陵沟壑区经济作物欧李的水土保持功能

董晓辉¹, 刘林¹, 李金峰¹, 杜俊杰², 王鹏飞², 张建成²

(1. 山西省水土保持科学研究所, 山西太原 030045; 2. 山西农业大学园艺学院, 山西太谷 030801)

摘要: [目的] 研究经济作物欧李在黄土高原丘陵沟壑区的水土保持功能, 为当地推广欧李种植提供理论支撑。[方法] 以山西省吕梁市柳林县4类试样样地为对象, 对欧李种植区土壤持水性、团聚体水稳定性及抗蚀性进行研究。[结果] (1) 欧李种植区土壤容重明显低于其他样地土壤, 其中阳坡欧李Ⅲ号区土壤容重最低, 表层和亚表层分别为 0.954, 1.163 g/cm³, 容重与总孔隙度、毛管孔隙度呈极显著负相关。(2) 欧李在黄土高原丘陵沟壑区适应性极强, 通过种植可以显著改善土壤肥力。(3) 欧李样地土壤 >0.25 mm 风干及水稳性团聚体、土壤团聚体平均重量直径及团聚体水稳性指数均远高于该地区传统水土保持植物样地和撂荒地样地的土壤, 并且团聚体破坏率最低。(4) 欧李样地土壤 0—40 cm 土层平均可蚀性因子 *K* 值最低, 对表层及亚表层土壤保护效果更好。(5) *K* 值与黏粒和有机质含量呈极显著负相关, 与粉粒含量呈极显著正相关, 土壤质地决定土壤抗蚀性能。[结论] 欧李在黄土高原丘陵沟壑区具有很好的适应性, 不仅可以增加农民收入, 更对提高当地水土保持能力, 改善生态环境具有重要意义。

关键词: 欧李; 土壤持水性; 团聚体水稳定性; 土壤抗蚀性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)05-0242-06

中图分类号: S727.22

文献参数: 董晓辉, 刘林, 李金峰, 等. 黄土高原丘陵沟壑区经济作物欧李的水土保持功能[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 242-247. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.05.007

Soil and Water Conservation Function of *Cerasus humilis* in Hilly-gully Region of Loess Plateau

DONG Xiaohui¹, LIU Lin¹, LI Jinfeng¹, DU Junjie², WANG Pengfei², ZHANG Jiancheng²

(1. Shanxi Institute of Soil and Water Conservation, Taiyuan, Shanxi 030045, China;

2. College of Horticulture, Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: [Objective] We aimed to study the soil and water conservation function of *Cerasus humilis*, in order to provide theoretical support for *C. humilis* local planting. [Methods] The water retention, water stability of soil aggregates, soil anti-erodibility of *C. humilis* in 4 different plots were examined in Liulin County, Shanxi Province, China. [Results] (1) The soil bulk density of *C. humilis* was significantly lower than other soil samples, and soil bulk density of *C. humilis* III in sunny slope was the lowest (0.954 g/cm³ in surface, 1.163 g/cm³ in subsurface). It showed a significant negative correlation with soil total porosity and capillary porosity. (2) *C. humilis* displayed strong adaptability to the local conditions, and this was beneficial to improving soil fertility. (3) The soil aggregates and water-stable aggregates (>0.25 mm), the wet-sieving mean weight diameters (MWD) and soil aggregate water-stability index in *C. humilis* plantation were much higher than other plots, and it had the lowest soil aggregate breakage rate. (4) The average soil erodibility factor (*K*) values of 0—40 cm soil layer was the lowest in *C. humilis* plantation, which was effective to prevent soil erosion in surface and subsurface. (5) The value of *K* showed a significant negative correlation with clay and organic matter, while a significant positive correlation with silt. Soil texture determined soil erodibility. [Conclusion] *C. humilis* has a strong adaptability in hilly-gully region of the Loess Plateau, which not only increase the income of farmers, but also improve the local soil and water conservation capacity and environment.

收稿日期: 2015-11-02

修回日期: 2015-11-25

资助项目: 山西省科技重大专项“经济型灌木(钙果)在山西生态脆弱区、工矿区生态恢复重建中的应用研究与示范”(20121101010)

第一作者: 董晓辉(1971—), 男(汉族), 山西省隰县人, 博士, 高级工程师, 主要从事水土保持基础和应用研究。E-mail: dongxiaoh11@126.com.

通讯作者: 杜俊杰(1961—), 男(汉族), 山西省闻喜县人, 硕士, 教授, 主要从事果树种质资源研究与创新。E-mail: dj738@163.com.

Keywords: *Cerasus humilis*; soil water retention; water stability of aggregates; soil anti-erodibility

黄土高原丘陵沟壑区是中国乃至世界水土流失最为严重的地区之一。该区地貌梁、峁起伏,地表支离破碎,年均土壤侵蚀量近 1.50×10^4 t/km²,水土流失面积在 90% 以上^[1]。严重的水土流失使该地区土壤性质不断恶化,耕地面积不断减少,人民生活极度困难,是中国经济发展水平最低的区域之一^[2-3]。因此,探寻和推广既能改善生态环境,又能增加农民收入的农作物具有非常现实的意义。欧李是近些年广泛活跃在市场上的一类经济作物,营养价值相当丰富,且全身是宝,抗寒抗旱性极强,曾在环京津地区防沙治沙工程和“三北”防护林等重点林业生态工程建设中被广泛应用^[4]。目前,关于欧李的研究多集中于生物特性、育种养殖及果品加工等方面,而对其生长适应性、水土保持功能的研究鲜见报道^[5-7]。本次研究拟以黄土高原丘陵沟壑区内欧李种植区土壤为对象,从土壤的持水性、保肥性及抗蚀性等方面对欧李的水土保持功能进行研究,以期为黄土高原丘陵沟壑区推广欧李种植提供理论依据。

1 研究区概况

研究区设在山西省吕梁市柳林县留誉镇的联盛生态农业文化园区内,地理坐标为 110°54′—110°56′E,

37°13′—37°15′N,属于典型的黄土高原丘陵沟壑地貌。该区属于暖温带大陆性气候,年均气温 10.5℃,年均日照时间 2 449.5 h,年无霜期 199 d,年均降雨量 369.4 mm,多集中在 7—9 月,约占全年降水量的 68%。影响植物生长的自然灾害主要是干旱,霜冻和冰雹。研究区地貌以黄土梁峁、沟壑、丘陵为主,地形支离破碎,水土流失严重。土壤类型以第四纪黄土为主,质地疏松,保水保肥力差,易遭水蚀和风蚀,造成水土流失。植被主要以草本植物和灌木为主。本项目引进的品种为山西农业大学改良后的欧李Ⅲ,Ⅳ号品种,种植面积约 66.7 hm²,保存率 95% 以上。

2 材料与方法

2.1 样地设置

选择能够反映研究区欧李生物基本特征且具有代表性的地段为最小化土壤空间异质性因子。根据欧李种植状况,采用空间近似代替方法。尽量选择坡向一致,坡度、坡位大致相似的地段设置为样地,并在其附近选取其他植被条件土壤作为对照样地,共分为 4 类:欧李Ⅲ号种植区(M₁, M₅),欧李Ⅳ号种植区(M₂, M₆),传统水土保持植被种植区(M₃, M₇),撂荒地(M₄, M₈)。各样地基本特征见表 1。

表 1 研究区样地基本特征

| 样地 | 坡向 | 坡位 | 坡度/ (°) | 径流观测 小区规格 | 植被类型 | 平均株高/ cm | 植被覆 盖度/% | 株行距 | 整地 方式 |
|----------------|----|----|------------|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| M ₁ | 阳坡 | 中 | 13 | 10 m×5 m | 欧李Ⅲ号 | 0.61 | 90 | 0.5 m×0.5 m | 自然坡 |
| M ₂ | 阳坡 | 中 | 13 | 10 m×5 m | 欧李Ⅳ号 | 0.62 | 90 | 0.5 m×0.5 m | 自然坡 |
| M ₃ | 阳坡 | 中 | 13 | 10 m×5 m | 沙棘、山毛桃、紫穗槐 | — | 80 | — | 自然坡 |
| M ₄ | 阳坡 | 中 | 12 | 10 m×5 m | 黄刺玫、早熟禾、马先蒿等杂草 | — | 70 | — | 自然坡 |
| M ₅ | 阴坡 | 中 | 17 | 4 m×7 m | 欧李Ⅲ号 | 0.63 | 90 | 0.5 m×0.5 m | 自然坡 |
| M ₆ | 阴坡 | 中 | 17 | 4 m×7 m | 欧李Ⅳ号 | 0.65 | 90 | 0.5 m×0.5 m | 自然坡 |
| M ₇ | 阴坡 | 中 | 16 | 4 m×7 m | 沙棘、山毛桃、紫穗槐 | — | 85 | — | 自然坡 |
| M ₈ | 阴坡 | 中 | 18 | 4 m×7 m | 黄刺玫、早熟禾、马先蒿等杂草 | — | 80 | — | 自然坡 |

2.2 样品采集及分析方法

本研究在样地的径流小区内采用“S”形平均 5 点法进行土壤采样。用硬质塑料饭盒分别采集 0—20, 20—40 cm 土层的原状土约 2 kg,保持原有结构,带回室内,自然风干,去杂、碾磨,测定土壤团聚体、机械组成及养分。土壤风干团聚体含量测定采用沙维诺夫干筛法;水稳性团聚体含量采用 Yoder 湿筛法。

土壤水分物理性质采用环刀法,机械组成采用吸管法,团聚体采用干湿筛法,pH 值采用电位法,全氮采用半微量开氏法,碱解氮采用碱解—扩散法,有效磷采用盐酸—硫酸浸提法,速效钾采用乙酸浸提—火焰光度计法,有机质采用硫酸重铬酸钾法进行测定^[8-9]。

采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 软件进行试验数据统计和分析。

3 结果与分析

3.1 欧李区土壤水分物理性质变化

土壤持水性能是土壤对水分蓄集和保持的能力,与土壤厚度、土壤容重、质地、土壤孔隙度、有机质含量存在紧密联系,是评价植物水土保持功能的重要指标^[10-11]。

通过表 2 可以看出试验区不同植被条件下土壤容重差异显著,撂荒区土壤容重最大,欧李种植区的土壤容重最小,且随着土层深度增加,差异更为明显。其中阴坡撂荒区土壤容重最大,表层为 1.461 g/cm³,亚表层土为 1.497 g/cm³,表明该处土壤结构、通透性比其他样地区差。

土壤孔隙度能反映土壤孔隙状况和松紧程度,与土壤团聚体直径、土壤质地及土壤中有机质含量有密切的关系,直接影响土壤中水、肥、气、热状况及作物产量^[12]。通过表 2 可知,欧李种植区土壤孔隙度明

显高于其他植被条件下的土壤。其中阳坡Ⅲ号欧李区土壤孔隙度最大,表层总孔隙度和毛细孔隙度分别为 41.029%,35.761%,亚表层分别为 41.618%,34.738%。Ⅲ号欧李区土壤平均含水率也最高,分别为表层 10.221%,亚表层 9.907%。反之,撂荒地区土壤的孔隙度、含水率均为最低,这一结果表明通过欧李种植,可以极大程度地改善土壤孔隙状况,完善土壤结构,增强土壤持水能力,有利于土壤涵养水源,保持土壤作用的发挥。

对样地土壤的容重、总孔隙度、毛细孔隙度、含水率进行相关性分析,发现容重与总孔隙度呈极显著负相关($R=-0.596^{**}$, $n=30$),与毛管孔隙度呈极显著负相关($R=-0.697^{**}$, $n=30$);总孔隙度与含水率呈极显著正相关($R=0.881^{**}$, $n=30$),毛细孔隙度与含水率呈极显著正相关($R=0.7941^{**}$, $n=30$),该结果表明欧李种植可以降低土壤容重,使土壤孔隙分布良好,增加土壤蓄水量,有利于土壤保水保土。

表 2 研究区不同样地土壤持水能力变化

| 样地 | 容重/(g·cm ⁻³) | | 总孔隙度/% | | 毛细孔隙度/% | | 土壤平均含水率/% | |
|----------------|--------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm |
| M ₁ | 0.954 ^{Aa} | 1.163 ^{Ab} | 41.029 ^{Eb} | 41.618 ^{Da} | 35.761 ^{Eb} | 34.738 ^{Da} | 10.221 ^{Eb} | 9.907 ^{Da} |
| M ₂ | 0.997 ^{Aa} | 1.155 ^{Ab} | 40.556 ^{Db} | 37.993 ^{Ca} | 34.889 ^{Db} | 34.253 ^{Da} | 9.335 ^{Db} | 9.545 ^{Ca} |
| M ₃ | 1.193 ^{Ca} | 1.231 ^{Bb} | 37.182 ^{Cb} | 32.651 ^{Ba} | 30.333 ^{Bb} | 27.761 ^{Ba} | 8.116 ^{Cb} | 7.628 ^{Ba} |
| M ₄ | 1.388 ^{Da} | 1.405 ^{Db} | 33.517 ^{Ab} | 31.477 ^{Aa} | 24.790 ^{Ab} | 24.277 ^{Aa} | 5.209 ^{Ab} | 5.374 ^{Aa} |
| M ₅ | 0.985 ^{Aa} | 1.206 ^{Bb} | 40.762 ^{Db} | 39.263 ^{Ca} | 33.306 ^{Cb} | 32.557 ^{Ca} | 10.242 ^{Eb} | 9.930 ^{Da} |
| M ₆ | 1.066 ^{Ba} | 1.197 ^{Ab} | 40.577 ^{Db} | 39.530 ^{Ca} | 33.612 ^{Cb} | 32.836 ^{Ca} | 9.584 ^{Db} | 9.667 ^{Ca} |
| M ₇ | 1.211 ^{Ca} | 1.344 ^{Cb} | 35.414 ^{Bb} | 32.544 ^{Ba} | 30.015 ^{Bb} | 28.454 ^{Ba} | 7.388 ^{Bb} | 7.741 ^{Ba} |
| M ₈ | 1.461 ^{Da} | 1.497 ^{Db} | 32.809 ^{Ab} | 31.981 ^{Aa} | 25.402 ^{Ab} | 25.116 ^{Aa} | 5.735 ^{Ab} | 5.796 ^{Aa} |

注:同行不同大小写字母表示 $p<0.05$ 水平差异显著。下同。

3.2 欧李区土壤肥力变化

结合表 2,3 可以看出,不同植被条件下土壤水分物理结构发生变化,通透性、含水率和有机质输入相应变化,土壤有机质、全量养分及速效养分含量也会随之变化。研究区内无论是阳坡还是阴坡欧李种植区土壤肥力的各指标值都明显高于其他 2 类样区土壤同类指标,其保肥、造肥能力明显优于该地区传统的水土保持植物。通过 2012—2015 年成活率调查,不管干旱、高温或低温气候,欧李苗木都能正常生长,成活率一直保持在 95%,这表明欧李在黄土高原丘陵沟壑区具有极强的适应性。欧李根系较为特殊,表现为“根茎一体化”,且根系庞大,根冠比为 8:1~9:1,比苹果大 7 倍。根系集中分布在 10—40 cm 深的土层范围,枝叶密集,凋落后形成枯枝落叶层覆盖

地表,能够保持土壤水分和减少径流冲刷,促进微生物活动,加速有机质的分解和转化。可见,通过欧李种植对干旱、贫瘠地区土壤肥力提高具有显著作用。

3.3 欧李区土壤团聚体稳定性变化

干筛土壤团聚体含量反映土壤团聚体的机械稳定性,即团聚体抵抗外力免被压碎或抵抗外部环境变化而保持原有形态的能力^[13-15]。从表 4 可知,在 0—20 cm 土层中,不同植被环境土壤 >0.25 mm 风干团聚体含量差异显著($p<0.05$)。欧李种植区土壤团聚体含量最高,阴坡欧李Ⅲ,Ⅳ号分别为 92.412%,89.254%,比传统水土保持植被区土壤含量提高了 11.782%,8.624%;比撂荒地提高了 30.117%,26.959%。

表 3 研究区不同样地土壤养分特征

| 样地 | 有机质/% | | 全氮/% | | 碱解氮/(mg·kg ⁻¹) | | 有效磷/(mg·kg ⁻¹) | | 速效钾/(mg·kg ⁻¹) | |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|
| | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm | 0—20 cm | 20—40 cm |
| M ₁ | 0.783 ^{Cb} | 0.702 ^{Ea} | 0.238 ^{Cb} | 0.229 ^{Ca} | 56.419 ^{Db} | 32.310 ^{Da} | 10.781 ^{Cb} | 7.169 ^{Ea} | 70.887 ^{Db} | 55.064 ^{Ca} |
| M ₂ | 0.748 ^{Cb} | 0.690 ^{Da} | 0.276 ^{Cb} | 0.267 ^{Da} | 42.242 ^{Cb} | 30.547 ^{Ca} | 11.309 ^{Db} | 7.773 ^{Ea} | 68.350 ^{DB} | 55.212 ^{Ca} |
| M ₃ | 0.407 ^{Bb} | 0.383 ^{Ba} | 0.148 ^{Bb} | 0.122 ^{Ba} | 30.753 ^{Bb} | 26.199 ^{Ba} | 3.384 ^{Bb} | 1.875 ^{Ba} | 25.456 ^{Bb} | 14.335 ^{Ba} |
| M ₄ | 0.252 ^{Ab} | 0.237 ^{Aa} | 0.078 ^{Ab} | 0.060 ^{Aa} | 7.535 ^{Ab} | 7.069 ^{Aa} | 1.024 ^{Ab} | 0.699 ^{Aa} | 7.448 ^{Ab} | 3.512 ^{Aa} |
| M ₅ | 0.815 ^{Db} | 0.779 ^{Ea} | 0.260 ^{Cb} | 0.245 ^{Ca} | 58.705 ^{Db} | 37.926 ^{Ea} | 12.830 ^{Eb} | 6.554 ^{Da} | 81.238 ^{Eb} | 63.412 ^{Da} |
| M ₆ | 0.791 ^{Cb} | 0.732 ^{Ea} | 0.307 ^{Db} | 0.286 ^{Da} | 47.538 ^{Cb} | 30.902 ^{Ca} | 12.558 ^{Eb} | 6.063 ^{Da} | 78.506 ^{Db} | 55.336 ^{Ca} |
| M ₇ | 0.489 ^{Bb} | 0.445 ^{Ca} | 0.168 ^{Bb} | 0.132 ^{Ba} | 38.799 ^{Bb} | 24.321 ^{Ba} | 3.900 ^{Bb} | 2.052 ^{Ca} | 36.055 ^{Cb} | 17.449 ^{Ba} |
| M ₈ | 0.297 ^{Ab} | 0.266 ^{Aa} | 0.088 ^{Ab} | 0.063 ^{Aa} | 8.144 ^{Ab} | 7.256 ^{Aa} | 1.156 ^{Ab} | 0.841 ^{Aa} | 9.695 ^{Ab} | 3.997 ^{Aa} |

土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量是土壤抵抗雨滴直接冲击、径流分散及悬浮能力的主要影响因素,是衡量土壤抗蚀能力的重要指标。从表 4 可知欧李种植区和传统水土保持植被区的水稳性团聚体含量均很高,和撂荒地相比差异都达到了显著水平 ($p < 0.05$)。在阳坡和阴坡种植区,欧李 III 号区水稳团聚体含量分别为 60.599%,62.576%;欧李 IV 号区含量分别为 58.311%,58.079%;传统水土保持植被区含量分别为 47.206%,50.112%。

土壤水稳性团聚体平均重量直径(MWD)是反映土壤团聚体大小分布状况的综合指标。MWD 值越大,表明团聚体的平均粒径团聚度越高,稳定性越强,抵抗雨滴、径流分散能力越强。结果为:(M₅ > M₁) > (M₆ > M₂) > (M₇ > M₃) > (M₈ > M₄)。欧李

III, IV 号区的土壤 MWD 值最大。

分别从不同样地的表土层取 50 粒风干团聚体采用浸水崩解法测定土壤团聚体水稳性指数,水稳性指数越大,说明土壤团聚体在浸泡状态下破碎所用时间越长,团聚体稳定性越好,抗蚀能力越强。表 3 中 M₆, M₅ 的水稳性指数最大,分别为 37.509% 和 35.882%,分别比 M₇ 增加了 43% 和 37%;分别比 M₈ 增加了 285% 和 268%。

试验结果表明,欧李在黄土高原丘陵沟壑区具有很强的适应性,相比于该地区传统种植的水土保持植被,欧李种植可以显著提高该地区土壤的风干团聚体含量、水稳团聚体含量、MWD 值和团聚体水稳指数,降低团聚体破坏率,从而更有效地增强土壤机械稳定性和抗蚀性,保护表层土壤,降低水蚀影响。

表 4 研究区不同样地土壤团聚体特征

| 样地 | >0.25 mm | >0.25 mm | 团聚体破坏率/% | 团聚体平均重量直径(MWD)/mm | 团聚体水稳性指数/% |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | 风干团聚体/% | 水稳性团聚体/% | | | |
| M ₁ | 90.221 ^E | 60.599 ^E | 28.901 ^A | 1.411 ^D | 34.308 ^D |
| M ₂ | 88.579 ^D | 58.311 ^D | 32.115 ^B | 1.369 ^C | 35.445 ^D |
| M ₃ | 79.231 ^C | 47.206 ^B | 35.695 ^C | 1.008 ^B | 22.098 ^C |
| M ₄ | 59.098 ^A | 30.788 ^A | 43.752 ^D | 0.676 ^A | 7.940 ^A |
| M ₅ | 92.412 ^E | 62.576 ^E | 28.868 ^A | 1.458 ^D | 35.882 ^D |
| M ₆ | 89.254 ^D | 58.079 ^D | 29.447 ^A | 1.377 ^C | 37.509 ^E |
| M ₇ | 80.630 ^C | 50.112 ^C | 35.884 ^C | 1.038 ^B | 26.153 ^C |
| M ₈ | 62.295 ^B | 34.723 ^A | 42.903 ^D | 0.714 ^A | 9.752 ^A |

3.4 欧李区土壤抗蚀性变化

土壤抗蚀性是土壤抵抗外力分散和悬浮的能力,可反映土壤潜在水土流失特征,抗蚀能力取决于土壤颗粒大小及颗粒间的胶结力,与土壤理化性质密切相关^[16]。目前,国际上关于土壤抗蚀能力评价的研究

很多,本次研究选用 EPIC 模型^[17-18] 计算土壤可蚀性因子 K 值,公式:

$$K = [0.2 + 0.3 e^{-0.025 6S_{AN}(1-S_{IL}/100)}] \times [S_{IL}/(C_{LA} + S_{IL})]^{0.3} \times [1.0 - 0.25C/(C + e^{3.722.95C})] \times [1.0 - 0.7S_N/(S_N + e^{-5.51+22.9S_N})]$$

式中: S_{AN} ——沙粒(粒径 $2 \sim 0.05$ mm)含量(%);
 S_{IL} ——粉粒(粒径 $0.05 \sim 0.002$ mm)含量(%);
 C_{LA} ——黏粒(粒径 < 0.002 mm)含量(%); C ——有机碳含量(%); $S_N = 1 - S_{AN} / 100$ 。

K 值的大小可直接反映土壤被冲蚀的难易程度,是定量研究土壤流失量的重要指标^[19]。由图 1 可知, K 值在不同植被条件下差异显著,表层及亚表层土壤表现为: $M_6 < M_5 < M_1 < M_2 < M_7 < M_3 < M_8 < M_4$, M_5 的表层和亚表层 K 值分别为 0.345, 0.349。

K 值的平均离合系数表示表层土壤与亚表层土壤抗蚀能力的差异程度。离合系数越小表示二者差异性越小,两层土壤抗蚀性能越接近。土壤表层和亚表层 K 值的平均离合系数分别为:欧李Ⅲ号 0.68, 欧李Ⅳ号 0.90, 传统水土保持植被 1.74, 撂荒地 2.71。可见,相比其他植被,欧李Ⅲ,Ⅳ号对于土壤表层和亚表层保护效果更好。

相关性分析表明, K 值与土壤中黏粒含量呈极显著负相关($R = -0.807^{**}$, $n = 30$),与粉粒含量呈极显著正相关($R = 0.925^{**}$, $n = 30$),与有机质含量呈极显著负相关($R = -0.752^{**}$, $n = 30$)。结果表明土壤质地是影响土壤的抗蚀性能的重要因素,通过欧李种植可以改善土壤质地,使土壤粒级合理分布,增加养分含量,增强土壤抗蚀性能,对于当地环境是一种行之有效的水土保持植物措施。

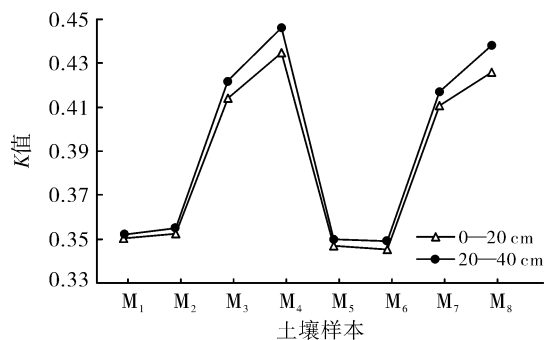


图 1 不同植被条件下土壤的抗蚀性分析

4 结论

(1) 4 类试验样地的土壤容重差异明显,且都随着土层厚度增加而显著递增。欧李种植区土壤容重明显低于其他样地土壤,其中阳坡欧李Ⅲ号区土壤容重最低,表层和亚表层分别为 $0.954, 1.163$ g/cm^3 。相关性分析发现研究区土壤容重与总孔隙度和毛管孔隙度呈极显著负相关,总孔隙度和毛管孔隙与平均

含水率呈极显著正相关,这表明欧李种植可以降低土壤容重,使土壤孔隙分布良好,增加土壤蓄水量,有利于土壤保水保土。

(2) 欧李种植区土壤肥力的各项指标值都明显优于其他 2 类样区土壤,且欧李具有耐高温、抗寒、抗旱,成活率高等特点,这表明欧李在黄土高原丘陵沟壑区具有极强适应性,保肥和造肥能力强于传统的水土保持植被,对改善该地区干旱、贫瘠土壤具有显著作用。

(3) 相对于传统种植的水土保持植被,通过欧李种植可以显著提高黄土高原丘陵沟壑区土壤的风干团聚体含量、水稳团聚体含量、MWD 值和团聚体水稳指数,降低团聚体破坏率,从而可以更有效地增强土壤机械稳定性和抗蚀能力,保护表层土壤,降低水蚀影响。

(4) 4 类样地 0—40 cm 土层平均可蚀性因子 K 值:欧李Ⅲ号种植区 $<$ 欧李Ⅳ号种植区 $<$ 传统水土保持植被种植区 $<$ 撂荒地。相关性分析表明 K 值与黏粒及有机质含量呈极显著负相关,与粉粒含量呈极显著正相关,说明土壤质地决定土壤抗蚀性能。相对于黄土高原丘陵沟壑区传统的水土保持植被,欧李对表层及亚表层土壤保护效果更好,对土壤质地改善效果更为明显,这对于减少当地水土流失,提高农民生活水平具有重要的意义。

综上所述,在黄土高原丘陵沟壑区推广欧李种植不仅可以在很大程度上增加农民收入,更对提高当地水土保持能力,治理山地丘陵区土壤侵蚀,改善生态环境具有重要的意义。

[参 考 文 献]

- [1] 刘林,王小平,孙瑞卿. 半干旱黄土丘陵沟壑区沟道侵蚀特征研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 38-43.
- [2] 虎陈霞,傅伯杰,陈利顶. 浅析退耕还林还草对黄土丘陵沟壑区农业与农村经济发展的影响:以安塞县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(4): 67-72.
- [3] 苏晓芳. 黄土丘陵沟壑区空间贫困及其分异机制研究[D]. 银川:宁夏大学, 2014.
- [4] 张东为,贾天会,舒乔生. 水土保持优良树种欧李的研究进展及今后研究方向[J]. 中国水土保持, 2012, 10(1): 45-47.
- [5] 马建军,于凤鸣,杜彬,等. 欧李叶片过氧化物酶同工酶与叶果生理性状的相关性[J]. 经济林研究, 2011, 29(4): 28-35.
- [6] 孙晓丽,贾艳芳,高仪,等. 欧李增殖培养基的优化研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(31): 118-122.
- [7] 李晓亮. 欧李的营养成分测定与分析[J]. 农学报, 2015, 5(8): 97-100.
- [8] 白秀梅,韩有志,郭汉清. 关帝山不同植被恢复类型土壤

- 抗蚀性研究[J]. 水土保持学报, 2014, 28(2): 79-84.
- [9] 李民义, 张建军, 王春香, 等. 晋西黄土区不同土地利用方式对土壤物理性质的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(3): 125-130.
- [10] 张瑞, 苟晓敏, 赵玉珍, 等. 东北黑土区土壤侵蚀对土壤持水性的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(1): 62-65.
- [11] 孙中峰, 张学培, 刘卉芳, 等. 晋西黄土区坡面林地土壤持水性能研究[J]. 干旱区研究, 2004, 21(4): 343-347.
- [12] 李红, 范素芳, 张光灿, 等. 黄土丘陵区退耕还林后不同林地土壤孔隙与贮水特性[J]. 水土保持通报, 2010, 30(1): 27-30.
- [13] 王小红, 杨智杰, 刘小飞, 等. 天然林转换成人工林对土壤团聚体稳定性及有机碳分布的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(6): 177-182.
- [14] 安韶山, 黄懿梅, 李壁成, 等. 黄土丘陵区植被恢复中土壤团聚体演变及其与土壤性质的关系[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 45-50.
- [15] 何淑勤, 郑子成, 宫渊波. 不同退耕模式下土壤水稳性团聚体及其有机碳分布特征[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5): 229-233.
- [16] 何淑勤, 宫渊波, 郑子成, 等. 不同植被类型条件下土壤抗蚀性变化特征及其影响因素[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 17-22.
- [17] Ghimire S K, Babel M S. Evaluation of erosion productivity impact calculator (EPIC) model for middle mountain region of Nepal[J]. International Journal of Sediment Research, 2004, 19(2): 106-122.
- [18] Sharply A N, Williams J R. EPIC erosion productivity impact calculator(1): Model documentation[M]. Washington D C: Department of Agriculture, 1990: 20-28.
- [19] 马云, 何丙辉, 何建林, 等. 三峡库区皇竹草植物篱对坡面土壤分形特征及可蚀性的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 79-82.

(上接第 241 页)

- [3] 刘希林, 莫多闻, 王小丹. 区域泥石流易损性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001(2): 7-12.
- [4] 赵源, 刘希林. 泥石流灾害损失评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(3): 21-24.
- [5] 徐林荣, 王磊, 苏志满. 隧道工程遭受泥石流灾害的工程易损性评价[J]. 岩土力学, 2010, 31(7): 2153-2158.
- [6] 潘小涛. 泥石流公路防治工程易损性评价[D]. 西安: 长安大学, 2010.
- [7] 曾超, 贺拿, 宋国虎. 泥石流作用下建筑物易损性评价方法分析与评价[J]. 地球科学进展, 2012, 27(11): 1211-1220.
- [8] H Hwang, 刘晶波. 地震作用下钢筋混凝土桥梁结构易损性分析[J]. 土木工程学报, 2004, 37(6): 47-51.
- [9] Maskrey A. Disaster Mitigation: A Community Based Approach[M]. Oxford: Oxfam, 1989.
- [10] Tobin G, Montz B E. Natural Hazards: Explanation and Integration[M]. New York: The Guilford Press, 1997.
- [11] 刘希林, 莫多闻. 泥石流易损度评价[J]. 地理研究, 2002, 21(5): 569-575.
- [12] 刘希林, 唐川, 张松林. 中国山区沟谷泥石流危险度的定量判定法[J]. 灾害学, 1993, 8(2): 1-7.
- [13] 刘希林. 泥石流危险度判定的研究[J]. 灾害学, 1988, 3(3): 10-15.
- [14] 中华人民共和国地质矿产行业标准. DZ/T0239-2004 泥石流灾害防治工程设计规范[S]. 北京: 中国地质调查局, 2004.
- [15] 朱林, 梁昌望, 赵青. 路基路面工程[M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2008.
- [16] Saaty T L. The analytic hierarchy process[M]. New York: Mc Graw-Hill, 1980.
- [17] 胡宝清. 模糊理论基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.