

黄土丘陵区果园生态经济耦合评价 ——以燕沟流域为例

徐勇¹, 党丽娟^{1,2}, 高雅^{1,2}

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要:黄土丘陵区东南部是我国最适宜的苹果栽培区之一。1999 年国家实施退耕还林政策以来, 该地区通过退耕坡地和扩大优质苹果栽培面积, 取得了生态和经济双效成果。为探究黄土丘陵区果园在水土保持和增加农民收入方面的双效功能, 以延安燕沟流域为例, 通过样地测量和构建评价模型, 从果树树冠盖度、果园地表特征以及土壤侵蚀和果品经济收入等方面评价了果园的生态经济耦合状况。结果表明: (1) 燕沟流域的果园主要分布在地形坡度大于 15° 的坡地上, 占流域果园总面积的比重高达 79.06%。果园收入已成为农民现金收入的主要来源, 2006 年来源于果园的收入占农民现金收入的比例高达 59.49%。(2) 果园与森林(有林地)在水土保持方面至少具有同等的功效。流域果园树冠平均盖度达 0.81, 果园鱼鳞坑面积及其可控制坡面面积占果园面积的比例达 38.96%。(3) 果园的生态经济耦合指数与年侵蚀性降雨量的变化趋势一致, 侵蚀性降雨量越大, 果园单位产出付出的土壤侵蚀代价越高; 果园单产越高或苹果市场收购价格越高, 其生态经济耦合指数越低, 生态经济耦合程度越好。

关键词: 果园; 生态经济耦合; 燕沟流域; 黄土丘陵区

中图分类号: S66-33; F316.13

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)02-0030-05

An Assessment on the Orchard Eco-economy Coupling in the Loess Hilly-gully Region —A Case Study of Yangou Watershed

XU Yong¹, DANG Li-juan^{1,2}, GAO Ya^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, CAS, Beijing 100039, China)

Abstract: The southeast of the Loess hilly-gully region is one of the most suitable apple cultivation area in China. The governments implemented the de-farming slope farmland policy since 1999, the area had made great improvement both in ecology and economy by de-farming slope and enlarging the area of orchard. To explore the double effects of the orchard on conservation of water and soil, also on the farmers' income increase, taking the Yangou watershed as an example, the paper assessed the orchard eco-economy coupling situation by measuring the sample plot and constructing assessment model, including the crown of an apple tree, orchard ground surface characteristic, soil erosions and the apple-planting income. Results show that: (1) The orchard mainly distributed over slope-land with gradients more than 15° in Yangou watershed, accounting for 79.06% of the total orchard area. The income of the orchard became the dominant source of the farmers' general earning, accounting for 59.49% of total income in 2006; (2) The orchard has the same effect in conservation of water and soil as the forest. The average crown coverage in the orchard is up to 0.81, the area of fish scale pit and the controllable slope account for 38.96% of the total orchard area; (3) The variation of orchard eco-economy coupling index is consistent with the annual erosive rainfall, the more the erosive rainfall is, the larger the orchard output soil erosion will be. The higher the acquisition price or the yields per unit area, the lower the index and the better the degree of eco-economy coupling will be.

Key words: orchard; eco-economy coupling index; Yangou watershed; Loess hilly-gully region

黄土丘陵区是黄土高原乃至全国水土流失最严重和地地关系矛盾最突出的地区之一^[1-3]。自 1999 年国家实施退耕还林工程以来,各地农村为谋求新的出路,先后涌现出了既能有效控制水土流失,又能使农民增收的多种农业地域模式^[4-5]。黄土丘陵区东南部(大致在多年平均降水量 500 mm 以南)各村镇基于当地海拔高度适中、日温差较大、光照强等优越的苹果栽培条件^[6-7],通过退耕坡地和扩大果园面积,种植优质苹果,经过十多年的努力,已取得了生态和经济双效成果^[8-10]。为探究黄土丘陵区果园在水土保持和增加农民经济收入方面的双效功能,本文试以位于黄土丘陵区腹地的延安燕沟流域为例,通过实地测量和构建评价模型,进而对果树形态、果园地表特征以及果园土壤侵蚀和果品经济收入等展开定量评价,藉此希望能揭示存在于果园背后的生态经济耦合关系。

1 研究地域果园发展概况

1.1 研究地域

黄土丘陵区东南部苹果带横跨陇东、渭北和晋南,地域辽阔,土层深厚,土壤质地疏松,耕性良好,有利于果树根系伸展和对深厚土壤水分、养分的吸收利用。年平均温度 7.7~10.6℃,1 月均温 -7.7~-4.7℃,6-8 月均温 19.5~23.7℃,≥10℃ 积温 2 724~3 863℃。年降水量 483~630 mm,4-9 月降水量占全年降水 90% 以上,年日照时数 2 300~2 586 h。4-9 月日照时数 1 249~1 400 h。海拔高度 523~1 745 m,且大部分在 1 000~1 200 m 之间。无霜期 140~190 d。完全满足苹果的最适生态条件,是我国最适宜的苹果生产基地,也是最大的优质苹果产区之一^[6-7](图 1)。目前黄土丘陵区东南部苹果栽培呈现出规模大,集中连片,所产苹果具有端正、色艳、细腻、香甜、耐贮藏、污染小等特点。

燕沟流域位于 109°20′-109°35′E, 36°28′-36°32′N,沟口距延安市 3 km,属延河二级支流,主沟长 8.6 km,呈东南-西北流向,流域面积约 47.7 km²。流域东南高、西北低,海拔在 986~1 425 m 之间。主沟比降为 2.41‰,沟壑密度 4.8 km/km²,属于典型的黄土丘陵沟壑区。气候具有明显的由半湿润向半干旱过渡特征。年平均气温 9.8℃,多年平均降雨量 558.4 mm。天然植被为次生梢林,破坏严重。人工林主要由刺槐、杨树以及柠条等乔灌组成。土壤以黄绵土(沙性黄土)为主,占 90% 以上,基本处于半熟化状态,肥力低下。1998 年流域水土流失面积 42.55 km²,占总面积 90.72%。据实测资料^[11-12],1998 年

燕沟降雨量为 567.8 mm,洪水径流量 37.83 万 m³,流域输沙模数为 2 900 t/(km²·a);2007 年燕沟降雨量为 662.6 mm,洪水径流量 10.134 万 m³,流域输沙模数为 33.71 t/(km²·a)。流域有 14 个行政村,2006 年底总人口 3 133 人,人口密度为 67.8 人/km²。农村经济以大农业为主体,农果并举,2006 年农村居民人均收入为 2 940 元。

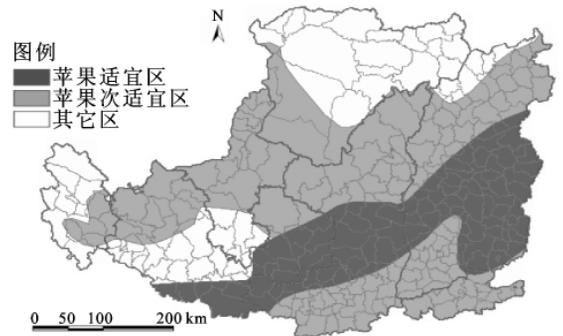


图 1 黄土高原地区苹果种植适宜性分区图

1.2 果园分布与发展概况

燕沟流域的果园建设起始于 20 世纪 80 年代中期,1988 年果园面积为 92.33 hm²,占流域面积的 1.96%;1997 年果园面积为 174.1 hm²,所占比例为 3.65%;到 2003 年面积达到了 651.48 hm²,所占比例达 13.64%。之后果园面积未出现较大变动,基本维持在这个比例水平。根据 2003 年 1:1 万土地利用图和 1:1 万地形坡度分级图叠加数据提取结果,燕沟流域的果园主要分布在地形坡度大于 15° 的坡地上。燕沟流域果园分布的地形坡度构成情况是:分布在 10° 以下的果园面积 72.63 hm²,占流域果园总面积的比重为 11.15%;10°~15° 果园面积 63.76 hm²,比重 9.79%;15°~20° 果园面积 113.51 hm²,比重 17.42%;20°~25° 果园面积 134.23 hm²,比重 20.6%;25° 以上果园面积 267.35 hm²,比重 41.04%。2003 年燕沟流域果园分布见图 2,14 个行政村的果园地形坡度分级数据见表 1。

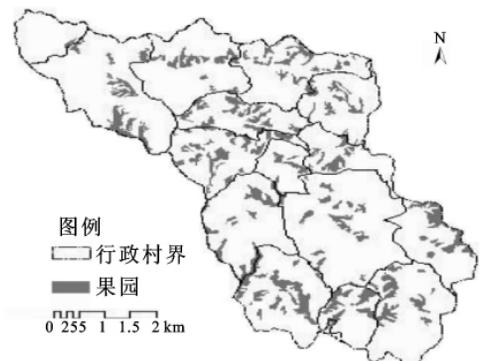


图 2 2003 年燕沟流域果园分布图

表 1 2003 年燕沟流域果园地形坡度分级面积数据

村名	<3°	3°~10°	10°~15°	15°~20°	20°~25°	>25°	合计
沟口	0.00	0.00	0.00	0.29	0.45	1.65	2.39
赵庄	1.97	3.68	11.18	14.59	13.63	17.19	62.24
四岔铺	3.02	2.79	5.87	9.41	9.09	6.61	36.79
吴枣园	1.50	1.40	2.21	6.74	8.81	27.22	47.87
秋树塔	0.95	2.74	2.29	5.21	6.19	14.81	32.19
康圪崂	1.03	2.65	5.72	13.66	12.94	13.65	49.65
庙河	2.33	3.92	3.54	9.15	17.82	26.31	63.07
老庄坪	0.56	0.96	1.76	2.87	5.82	3.91	15.88
鸡蛋峁	0.01	3.26	2.59	4.25	5.73	16.29	32.14
揪沟	5.10	5.46	3.38	8.13	9.38	16.78	48.23
南庄河	0.69	2.51	0.40	4.60	8.06	31.85	48.12
稍塬梁	1.75	0.09	2.82	4.73	7.13	27.57	44.09
麻塔	3.13	9.86	10.58	13.54	13.33	27.39	77.83
石头沟	1.52	2.96	7.22	6.59	5.77	14.23	38.29
杨家畔	2.87	3.88	4.22	9.78	10.07	21.89	52.70
总计	26.46	46.17	63.76	113.51	134.23	267.35	651.48

到 2009 年底,燕沟流域所有果园的树龄都在 6 a 以上。近年来,尽管存在诸如冻害、雹灾以及市场价格不稳定等问题,但果园收入一直是燕沟流域农户经济收入的主要来源之一。根据 2007 年开展的燕沟流域 83 户农户抽样调查结果(数据年份为 2006 年),果园面积合计 47.69 hm²,83 户合计人均果园 0.125 hm²/人;83 户合计现金总收入为 110.33 万元,人均现金收入为 2 913 元/人。现金收入主要来源于卖果品,所占比例高达 59.49%;其次为外出打工,占 14.18%;卖粮菜、政府退耕补贴以及卖畜禽产品收入所占比例分别为 9.27%、8.14%和 4.65%;其余的 4.26%来源于做生意、亲戚赠送等(图 3)。果园收入占农户现金收入比例在不同农户之间差异甚大,低者仅占 2.33%,高者可达 96.77%。

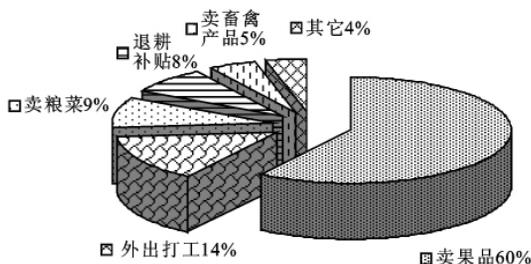


图 3 2006 年燕沟流域农户现金收入构成

2007 年燕沟流域农户调查结果显示,被调查农户 2006 年果园的苹果总产量为 500.55 t,单产为 10 496.7 kg/hm²;若将苹果销售总收入按总产量分摊(包括农户自消费、劣质等未出售的部分),则苹果销售单价为 1.31 元/kg,单位面积果园的经济收入为 13 764.9 元/hm²。根据 2000—2008 年不同年份延安市果园单产平均状况和苹果收购市场价格数据,果

园单产一般为 15 000 kg/hm²,苹果市场收购单价一般在 1.5~2 元/kg 之间,即果园的经济收入一般维持在 2.1~3 万元/hm² 之间,平均 2.7 万元/hm² 左右。

2 果园的水土保持功效

为了搞清果园的水土保持效益情况,2009 年 8 月初对燕沟流域的果园开展了实地调查和样地测量,被测量的 14 块样地分别位于秋树塔、鸡蛋峁和稍塬梁 3 个行政村。测量的基本指标包括样地面积、地表坡度、树冠半径、树基鱼鳞坑的长和宽、鱼鳞坑能控制的坡地的长和宽等,测量的目的在于计算样地树冠面积、树冠盖度、鱼鳞坑面积和鱼鳞坑控制坡面面积(表 2)。各样地的面积在 33~95 m² 之间,地表坡度在 0°~35° 之间。从果园样地测量结果看,样地总面积为 809.97 m²,地表平均坡度为 15.79°,共涉及果树 49 棵,栽培密度为 605 株/hm²,树冠总面积为 687.85 m²(有效面积为 652.31 m²)。从果园树冠盖度看,除位于秋树塔村的 3 号样地树冠盖度仅 0.27 以外,其它样地都在 0.58 以上,14 块样地的平均盖度高达 0.81,远高于我国有林地树冠盖度不低于 0.28 的认定标准(新的标准是 0.20)。另外,14 块样地的鱼鳞坑面积合计为 113.24 m²,可控制的坡面面积为 168.95 m²,两者合计占样地总面积(扣除地表坡度为 0°的 5 号和 6 号样地面积)的比重达 38.96%,即果园鱼鳞坑在控制水土流失方面也能发挥较大的功效。据此,可以认为果园与森林(有林地)在水土保持方面至少具有同等的功效。

表 2 燕沟流域果园样地测量及汇总数据

样地	样地面积/ m ²	地表坡度/ (°)	果树株数/ 株	树冠面积/ m ²	树冠盖度/ %	鱼鳞坑面积/ m ²	鱼鳞坑控制 坡面面积/m ²
1	90.09	13	5	74.32	82.50	17.67	27.77
2	80.66	23	5	47.16	58.47	13.73	27.14
3	54.02	6	4	14.63	27.09	14.31	17.40
4	50.37	13	4	49.20	97.68	10.39	18.52
5	52.50	0	1	(55.39)	(105.50)	—	—
6	33.12	0	2	(46.35)	(139.93)	—	—
7	48.00	35	6	46.10	96.03	13.53	18.62
8	42.92	11	3	27.48	64.01	6.57	9.98
9	36.48	30	3	28.39	77.81	3.84	5.54
10	72.60	16	3	60.82	83.78	3.79	5.98
11	93.60	15	5	90.02	96.18	9.99	10.45
12	82.40	26	4	59.35	72.02	9.18	12.53
13	34.45	20	2	30.46	88.41	4.94	6.42
14	38.76	13	2	(58.18)	(150.11)	5.30	8.60
合计	809.97	15.79	49	(687.85)652.31	(84.92)81.00	113.24	168.95

注:①测量时间为 2009 年 8 月初。②14 块样地中,样地 1—4 位于秋树塔村,样地 5—8 位于鸡蛋峪村,样地 9—14 位于稍塬梁村。③带圆括弧数据的说明:样地 5、6 和 14 的果树树冠面积大于样地面积,原因在于相邻果树的枝条交织在一起。

3 果园生态经济耦合指数

对于黄土丘陵区任何一块具有同质特性的果园而言,经济收入越高且土壤侵蚀量越小,说明其生态经济耦合的程度越好,反之依然。基于生态经济耦合程度与经济收入、土壤侵蚀量之间的这种关系理念,土壤侵蚀量与经济收入的比值即可定义为生态经济耦合指数。换句话说,生态经济耦合指数就是指单位经济收入所付出的土壤侵蚀代价。经济收入可以是货币经济收入,也可以是实物产量。

$$EEC=Q/I \quad (1)$$

式中:EEC——生态经济耦合指数;Q——土壤侵蚀量;I——经济收入。

在果园经济收入已知的情况下,要计算果园的生态经济耦合指数,还需测算果园的土壤侵蚀量。基于“果园与森林(有林地)在水土保持方面至少具有同等功效”的结论,则可将测算果园土壤侵蚀量转换为估算有林地的土壤侵蚀量。本研究根据据彤军、刘普灵等在 2005 年^[16]开展的野外人工降雨实验结果,设计了如下的数理算式:

$$Q=P_Q \cdot (L_t/P_t) \cdot Q_{it} \quad (2)$$

式中:Q——有林地土壤侵蚀模数; P_Q ——年侵蚀性降雨量; L_t ——人工降雨实验产生的平均径流深; P_t ——人工降雨实验过程中的降雨量; Q_{it} ——人工降雨实验过程中单位径流深产生的土壤侵蚀量。

根据王万忠等的研究^[13],黄土丘陵区侵蚀性降雨临界雨量标准分为次降雨量 9.9 mm、10 min 降雨量 5.2 mm 或 30 min 降雨量 7.2 mm 三种。鉴于数据

的可得性,一般采用次降雨量 9.9 mm 的标准,即侵蚀性降雨量是指一年内次降雨量在 9.9 mm 以上的降雨量之和。 L_t 、 P_t 和 Q_{it} 三个参数可根据据彤军、刘普灵等 2005 年 4 月底至 6 月初在燕沟流域所做的野外人工降雨条件下的林地土壤侵蚀实验获得^[14-15]。该实验所选地类为有林地,样地面积为 1 m×5 m,地表坡度 28.5°,坡向为北向(阴坡),植被盖度为 0.6,由刺槐、绣线菊、灰甸子、黄刺玫等林、灌组成。实验重复 6 次,平均降雨量为 53.67 mm(即 $P_t=53.67$ mm),平均降雨历时约 27 min,平均雨强为 2.0 mm/min,平均径流深 7.872 mm(即 $L_t=7.872$ mm),径流平均冲刷量强度为 120 kg/(mm·hm²)即 $Q_{it}=120$ kg/(mm·hm²),降雨产生径流的平均强度为 0.146 67 mm/mm(即为 L_t/P_t 的比值)。按照上述侵蚀性降雨量标准,并以有林地人工降雨实验结果数据为参数,则 2005 年燕沟流域的侵蚀性降雨量为 308.2 mm,侵蚀性径流深为 45.2 mm,果园土壤侵蚀模数为 542.44 t/(km²·a),651.48 hm² 果园的土壤侵蚀总量为 3 534.02 t(果园地表坡度均按 28.5°考虑)。

若以有林地人工降雨实验结果数据为参数,假定 651.48 hm² 果园面积保持不变,采用 2005 年果园土壤侵蚀量估算方法,则 1998—2007 年燕沟流域不同年份的侵蚀性降雨量、侵蚀性径流深、果园土壤侵蚀模数以及果园土壤侵蚀总量的估算数据如表 3 所示。表 3 中,EEC-1 是以农户调查数据为基础计算得到的果园生态经济耦合指数,即果园单产为 10 496.7 kg/hm²、苹果销售单价为 1.31 元/kg、单位面积果园的经济收入为 13 750.7 元/hm²;EEC-2 是在设定果园

单产为 15 000 kg/hm²、苹果销售单价为 1.5 元/kg、单位面积果园的经济收入为 22 500 元/hm² 条件下对应的果园生态经济耦合指数;EEC-3 是在设定果园单产

为 15 000 kg/hm²、苹果销售单价为 2 元/kg、单位面积果园的经济收入为 30 000 元/hm² 条件下对应的果园生态经济耦合指数。

表 3 1998—2007 年燕沟流域果园生态经济耦合指数变化情况

年份	降雨量/ mm	侵蚀性降雨量/ mm	侵蚀性径流深/ mm	果园土壤侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	果园土壤 侵蚀总量/t	EEC-1 (t/万元)	EEC-2 (t/万元)	EEC-3 (t/万元)
1998	567.8	437.5	64.17	770.04	5016.65	5.60	3.42	2.57
1999	494.6	207.5	30.43	365.22	2379.33	2.66	1.62	1.22
2000	367.0	198.6	29.13	349.55	2277.27	2.54	1.55	1.17
2001	551.2	410.3	60.18	722.16	4704.76	5.25	3.21	2.41
2002	496.7	344.0	50.46	605.47	3944.52	4.40	2.69	2.02
2003	657.8	415.6	60.96	731.49	4765.53	5.32	3.25	2.44
2004	411.5	252.1	36.98	443.72	2890.74	3.23	1.97	1.48
2005	475.4	308.2	45.20	542.46	3534.02	3.94	2.41	1.81
2006	441.6	316.8	46.47	557.60	3632.63	4.06	2.48	1.86
2007	662.6	421.3	61.79	741.53	4830.89	5.39	3.30	2.47

从表 3 可以得出以下一些条件性结论或推论:

(1) 果园的生态经济耦合指数与年侵蚀性降雨量的变化趋势一致,受到年侵蚀降雨量的影响,不同年份 EEC 值存在较大差异。在 1998—2007 年 10 a 期间,EEC-1 值高于 5 t/万元的年份有 4 个,分别出现在 1998 年、2001 年、2003 年和 2007 年;EEC-1 值低于 3 t/万元的年份有 2 个,出现在 1999 年和 2000 年;EEC-1 最高值是最低值的 2 倍。

(2) 不同果园单产不同苹果销售价格条件下对应的 EEC 值相差很大;同一果园单产条件下,不同苹果销售价格也影响 EEC 值的大小(如 EEC-2 与 EEC-3)。

(3) 侵蚀性降雨量、果园单产量和苹果市场收购价格是影响果园生态经济耦合指数的关键因素。果园生态经济耦合指数的大小与该年侵蚀性降雨量的多少有一致性,说明侵蚀性降雨量越大,果园单位产出付出的土壤侵蚀代价越高;果园单产越高或苹果市场收购价格越高,其生态经济耦合指数越低,生态经济耦合程度越好。

(4) 由于人工降雨实验数据的局限,本研究尚不能对果园生态经济耦合指数与果园地表坡度之间存在的关系做出有依据的结论,但可以得出的一个推论是:随着果园地表坡度的增大,果园的 EEC 值也会增大,果园的生态经济耦合程度呈现降低趋势。

4 结论

(1) 燕沟流域的果园规模已基本定型,面积达 651.48 hm²,占流域土地面积的比例为 13.64%,果园主要分布在地形坡度大于 15°的坡地上,占流域果园总面积的比重高达 79.06%。果园收入已成为农民现金收入的主要来源,2006 年来源于果园的收入占农民现金收入的比例高达 59.49%。

(2) 果园样地实测结果显示,果园树冠平均盖度达 0.81,远高于我国有林地树冠盖度不低于 0.28 的认定标准;果园鱼鳞坑面积及其可控制坡面面积占果园面积的比例达 38.96%。由此可以认为果园与森林(有林地)在水土保持方面至少具有同等的功效。

(3) 侵蚀性降雨量、果园单产量和苹果市场收购价格是影响生态经济耦合指数的关键因素。果园的生态经济耦合指数与年侵蚀性降雨量的变化趋势一致,侵蚀性降雨量越大,果园单位产出付出的土壤侵蚀代价越高;果园单产越高或苹果市场收购价格越高,其生态经济耦合指数越低,生态经济耦合程度越好。

参考文献:

- [1] 廖克. 黄土高原地区人地关系及其调控初步分析[J]. 地理研究, 1997, 16(增刊):1-9.
- [2] 许炯心. 黄土高原生态环境建设的若干问题与研究需求[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2):10-13.
- [3] 田均良, 刘普灵, 张翼. 治理水土流失再造山川秀美延安: 对中尺度生态环境建设中落实朱总理指示的认识和思考[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2):4-9.
- [4] 徐勇, Roy C Sidle, 景可. 黄土丘陵区生态适宜型农村经济发展模式探讨[J]. 水土保持学报, 2002, 16(增刊):47-50.
- [5] 梁银丽, 徐福利, 杜社妮, 等. 黄土高原设施农业种植制度探析[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2):189-190.
- [6] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区植被资源及其合理利用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991:118-132.
- [7] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区气候资源及其合理利用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991:96-104.

(下转第 43 页)

相对裸地的径流泥沙而言,无论从数量上还是增幅上,油葵种植地的产沙量要比裸地的小得多,反映了种植油葵后,改变了下垫面的条件,增加了下垫面阻力,从而减少了泥沙的产生,具有明显的减少土壤侵蚀的作用。

4 结论

通过野外径流小区实地放水冲刷试验,研究油葵与裸地坡面在不同放水流量条件下土壤水分入渗及油葵减流减沙效应。

(1)油葵与裸地土壤入渗率随着放水流量的增加呈现递增的趋势,与裸地相比,油葵坡面入渗率增加10%,产流产沙时间晚于裸地。

(2)油葵坡面较裸地具有显著的减流减沙效应,

输沙率减少58.52%,径流系数减少22.56%左右,其削减径流作用明显弱于减沙效应。随着放水流量的增加,油葵与裸地输沙率均呈递增趋势。

(3)尽管相同放水量、相同流量条件下,油葵种植地的径流量、产沙率都比裸地的要小,但当流量较大时(例如 $>1.26\text{ L/s}$),油葵地的含沙率也是相当高的。因此,应当充分认识大水漫灌所造成的水土流失,改大水漫灌为节水灌溉,才能从根本上减少水土流失的发生。

参考文献:

- [1] 陈亚宁,贺西安,张小云.流域开发与土地管理模式[J].干旱区地理,2007,30(4):595-600.
- [2] 杨龙,贺光华.伊犁河灌区水土流失防治对策[J].水利发展与研究,2006(6):33-35.
- [3] 陈亚宁,贺西安,张小云.流域开发与土地管理模式[J].干旱区地理,2007,30(4):595-600.
- [4] 王万忠.黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究:关于侵蚀性降雨的标准问题[J].水土保持通报,1984,4(5):58-63.
- [5] 琚彤军,刘普灵,徐学选,等.不同次降雨条件对黄土区主要地类水沙动态过程的影响及其机理研究[J].泥沙研究,2007,51(4):65-70.
- [6] 琚彤军,刘普灵,王栓全,等.黄土区不同地类坡面水沙动态过程及其发生机理的模拟实验研究[J].农业环境科学学报,2007,26(5):1942-1947.
- [7] 贺金红,廖允成,胡兵辉,等.黄土高原坡耕地退耕还林(草)的生态经济效应研究[J].农业现代化研究,2006,27(2):110-114.
- [8] 宋阳,严平,刘连友,等.退耕还林对延安地区农业经济的影响[J].经济地理,2006,26(5):827-830.
- [9] 李世东.黄土高原沟壑区退耕还林优化模式研究[J].林业科学,2004,40(5):71-78.
- [10] 琚彤军,刘普灵,郑世清.燕儿沟流域泥沙监测初报[J].水土保持研究,2000,7(2):176-178.
- [11] 刘普灵,郑世清,琚彤军,等.黄土高原燕沟流域生态环境建设模式及效益研究[J].中国生态农业学报,2007,15(3):175-178.
- [12] 王万忠.黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究:关于侵蚀性降雨的标准问题[J].水土保持通报,1984,4(5):58-63.
- [13] 琚彤军,刘普灵,徐学选,等.不同次降雨条件对黄土区主要地类水沙动态过程的影响及其机理研究[J].泥沙研究,2007,51(4):65-70.
- [14] 琚彤军,刘普灵,王栓全,等.黄土区不同地类坡面水沙动态过程及其发生机理的模拟实验研究[J].农业环境科学学报,2007,26(5):1942-1947.

(上接第34页)

- [1] 李艳春,贾卓,宋乃平.农牧交错带不同类型农牧户农业生态系统结构评价[J].四川农业大学学报,2008,26(1):76-80.
- [2] 莫宏伟,任志远,王欣,等.风沙过渡区耕地生态系统净第一性生产力动态变化研究:以陕西榆阳区为例[J].地理科学,2007,27(4):537-541.
- [3] 焦彩霞,任志远,皇家柱.风沙过渡区土地利用变化及其驱动因素分析:以陕北榆阳区为例[J].水土保持学报,2006,20(2):135-138.
- [4] 莫宏伟,任志远,王欣.植被生态系统防风固沙功能价值

(上接第39页)

- [5] 动态变化研究:以榆阳区为例[J].干旱区研究,2006,23(1):56-59.
- [6] 王博,丁国栋,顾小华,等.毛乌素沙地腹地植被恢复效果初步研究[J].水土保持研究,2007,14(3):237-239.
- [7] 宋云民,刘致远,周泽福,等.毛乌素沙地降水,蒸散时间分布格局及其对土地利用的意义[J].林业科学,2006,42(5):6-10.
- [8] 周会珍,刘绍民,于小飞,等.毛乌素沙地蒸散量的遥感研究:以内蒙古乌审旗为例[J].地理科学进展,2006,25(4):79-88.