

东北低山丘陵区土地适宜性评价与潜力分析

——以吉林省西南部黑牛河流域为例

戴全厚^{1,2}, 刘明义², 王跃邦², 刘国彬¹

(1. 西北农林科技大学 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 吉林省水土保持研究所, 吉林 辽源 136200)

摘要: 通过对东北低山丘陵区典型流域黑牛河流域土地利用现状的调查, 分析研究了该区土地适宜性与生产潜力。黑牛河流域土地生产潜力、人口承载力及土地适应性分析与评价结果表明, 黑牛河 1 531. 55 hm² 土地中, 以宜农地和宜林地为主; 宜园地和宜牧地分别占 0. 74% 和 1. 07%, 另有 5. 44% 的未利用地, 具有潜在的宜林、宜园地利用价值。其中, 宜农地中以中低产田为主, 具有较大的生产潜力。提出了合理利用东北低山丘陵区土地, 加快水土保持步伐, 挖掘潜力, 提高土地生产力的建议。

关键词: 土地适应性评价; 潜力分析; 生产力; 人口承载力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)01-0027-05

中图分类号: F301.24

Land use Adaptability Evaluation and Potential Capability

Analysis of Hilly Region in Northeast China

——An Case Study at Heiniu River Watershed in Southwest Jilin Province

DAI Quan-hou^{1,2}, LIU Ming-yi², WANG Yue-bang², LIU Guo-bin¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry,

CAS, MWR, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. The Soil and Water Conservation

Institute of Jilin Province, Liaoyuan 136200, Jilin Province, China)

Abstract According to the survey of the land use in Heiniu river watershed, the adaptability of the land use is assessed, and the productive potentiality and the population-carrying capacity are analyzed. The results show among the 1 531. 55 hm² land in Heiniu river watershed, there are farming land 45. 64%, forestry land 40. 57%, orchard land 0. 74% and pasture land 1. 07%. In addition, there is 5. 44% of the land, which has not been used but can be used for forestry and orchard. There are 87. 35% of the farming lands which are in middle or low productivity, and have high potential production. A land use plan about rational utilization and improving the land production in hilly region in northeast China is advised.

Keywords land use adaptability evaluation; potential analysis; productivity; population-carrying capability

土地适宜性评价是根据影响土地质量的自然因素和社会经济属性而进行的一项综合性鉴定。随着人口的增长, 城市化进程的加快, 土地退化, 地力下降和环境问题日益加剧, 研究探讨和评价土地资源的适宜性和生产潜力, 处理好开发与保护及人口与资源关系, 走可持续发展之路, 已成为当前的一项重要课题。本文以东北低山丘陵区典型流域黑牛河流域为例, 通过实地调查对流域各类用地进行适宜性及适宜程度的综合评价, 为东北低山丘陵区编制流域土地利用总体规划, 产业结构调整, 建设秀美山川提供科学依据。

试验区位于吉林省东辽县热闹乡东北部, 是东辽

河 2 级支流黑牛河的降水汇流区, 统称为黑牛河流域, 总面积 15. 32 km²。地形结构复杂, 地势起伏, 河流、沟道纵横交错, 海拔高程 425. 5~275 m, 东高西低, 山地多, 平地少, 高差大, 从而形成了丘陵、台地、河谷相间的低山丘陵地貌景观, 具有冬季漫长严寒, 夏季高温多雨, 春秋雨季短促且气温多变的气候特点, 四季分明, 属寒温带半湿润大陆性季风气候。

年均气温 5. 2℃, 年活动积温 2 700℃~2 800℃, 无霜期 137 d, 年总辐射量 5. 02×10⁵ J/cm², 热量资源供作物一年一熟有余。光照充足, 日照百分率为 57%, 年均降水量 658. 1 mm, 年内分配不均, 6~9 月

收稿日期: 2002-08-20

资助项目: 国家重点基础发展规划项目 (G2000018606)

作者简介: 戴全厚 (1969-), 原名代全厚, 男 (汉族), 陕西长武人, 工程师, 在职硕士研究生, 主要从事水土保持与生态环境保育研究, 发表论文 30 余篇。电话 (029) 7010517, E-mail qhdai@sohu.com

份降水占全年的 67.9%。土壤主要有白浆土、灰棕土、草甸土,类型比较单一,土壤质量较低,基本农田少,坡耕地多。由于水土流失,造成土壤养分丧失,结构破坏,保水保土能力低。该流域地处吉林省西南部,属长白山余脉,从地形、气候到社会经济、环境等均有一定的典型性,因而,对这一流域的治理和研究,无疑具有较大范围的示范作用。

1 土地资源评价方法

1.1 评价指标的确定

土地评价是对每个地块单元进行分级,以便对其生产能力和用途进行评价,确定土地生产潜力。考虑东北低山丘陵区地块单元的划分和土地生产力影响的主要因素,确定了 4 个评价指标:坡度、地貌部位、土地利用、侵蚀强度。

1.2 土地评价指标分级

土壤侵蚀强度的区分依据坡度、植被覆盖度、土壤侵蚀模数来划分(见表 1, 2)。

表 1 土地评价指标分级

打分	10分	8分	6分	4分	2分
坡度	0°~ 5°	5°~ 10°	10°~ 15°	15°~ 20°	≥ 20°
地貌部位	河谷	台地	坡地	坡中	坡上
土地利用	水田、梯田	旱田、果园	林地	草地	难利用地
侵蚀	微度	轻度	中度	强度	极强度

1.3 土地评价指标权重的确定^[1]

由于不同的土地评价指标对土地的影响是不同的,因此需要对各种指标设立权重,权重确定的方法采用层次分析法。层次结构模型见图 1 构造判断矩阵、层次单排序及一致性检验见表 3。

$$\lambda_{\max} = 4.107, C_I = 0.036, C_R = 0.04 < 0.10$$

表 4 黑牛河流域土地分级

合成值 $\sum P_i$	> 10	9-10	8-9	7-8	6-7	5-6	< 5
土地等级	1级地	2级地	3级地	4级地	5级地	6级地	7级地
面积 /hm ²	28.21	59.35	506.26	33.75	438.21	294.24	109.36
占流域 /%	1.88	3.88	33.06	2.20	28.61	19.22	7.14

2 结果与分析

2.1 土地适宜性评价

根据土地分级结果和当地实际状况,对不同土地级别的土地适宜性(即土地在一定条件下对发展农、林、牧生产所提供的生态环境的适宜程度)进行评价(见表 5)^[2]。

全流域土地资源(包括交通、居住、厂矿、水流等用地)1531.55 hm²,其中宜农地类 699.00 hm²,占流

表 2 土壤侵蚀强度分级主要判别指标

分级	坡度	植被覆盖度	侵蚀模数 / (t° km ⁻² a ⁻¹)
微度	< 5°(平缓坡)	> 90%	< 500
轻度	5°~ 10°(缓坡)	70%~ 90%	500~ 2500
中度	10°~ 15°(较缓坡)	50%~ 70%	2500~ 5000
强度	15°~ 20°(陡坡)	30%~ 50%	5000~ 8000
极强度	> 20°(较陡坡)	< 30%	> 8000

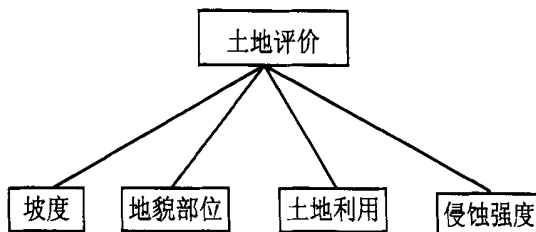


图 1 黑牛河流域土地评价层次结构模型

表 3 判断矩阵 A—B

项目	坡度 B_1	地貌部位 B_2	土地利用 B_3	侵蚀强度 B_4	W_i
坡度 B_1	1	2	3	5	0.460
地貌部位 B_2	1/2	1	3	4	0.311
土地利用 B_3	1/3	1/3	1	3	0.151
侵蚀强度 B_4	1/5	1/4	1/3	1	0.072

1.4 土地等级划分

依据确定的土地评价指标的分级值和各项指标权重,可以得到各土地类型单元的评价指标合成值(合成值 $\sum P_j = \sum$ 土地评价指标的分级值 $P_{ij} \times$ 各项指标的权重 W_i)。经统计将该流域的土地分 7 级(见表 4)。

域总面积的 45.64%,且 87.39%为 3-5 等宜农地(中低产田),主要分布在台地和丘陵上。宜林地类 621.34 hm²,占流域面积的 40.57%,主要分布在丘陵上,且宜林地类中 6-7 等地占总宜林地的 64.95%。宜牧地类 16.33 hm²,占流域面积的 1.07%,主要是 5-7 等地。宜园地类 11.27 hm²,占流域面积的 0.74%,主要是 3-5 等地。未利用地总面积 83.39 hm²,占流域面积的 5.44%,主要分布在丘陵、沟谷。其中,32.06 hm²为宜园地,51.33 hm²为宜林地(图 2)。

表 5 黑牛河流域土地适宜性评价

土地等级	I	II	III	IV	V	VI	VII
面积 / km ²	28.8	59.4	506.3	33.8	438.2	294.2	109.4
玉米	S ₁	S ₁	S ₂ /S ₁	N	N	N	N
水稻	S ₁	S ₁	S ₂ /S ₁	N	N	N	N
大豆	S ₁	S ₁	S ₂ S ₁	N	N	N	N
薯类	S ₁	S ₁	S ₂ S ₁	N	N	N	N
烟草	S ₁	S ₁	S ₂	S ₂ S ₁	S ₃ S ₂	N	N
西瓜	S ₁	S ₁	S ₂	S ₂ S ₁	N	N	N
果园	S ₁	S ₁	S ₁	S ₂	S ₃ S ₂	N	N
蔬菜	S ₁	S ₁	S ₂	S ₃	N	N	N
樟子松	I	I	I	I	S ₁	S ₂	S ₃
刺槐	I	I	I	I	S ₁	S ₂	S ₃
柞树	I	I	I	I	S ₁	S ₂	S ₃
胡枝子	I	I	I	I	S ₁	S ₂	S ₃
紫穗槐	I	I	I	I	S ₁	S ₂	S ₃
苜蓿	I	I	I	I	S ₁	S ₂	S ₃
草木樨	I	I	I	I	S ₁	S ₂	
沙打旺	I	I	I	I	S ₁	S ₂	

注: S₁— 高度适宜; S₂— 中度适宜; S₃— 勉强适宜; S₂/S₁— 中度适宜经修筑梯田,改良后高度适宜; S₃/S₂— 勉强适宜经修筑梯田,等高改垄或果园工程改良后中度适宜; N— 不适宜; I— 不考虑。

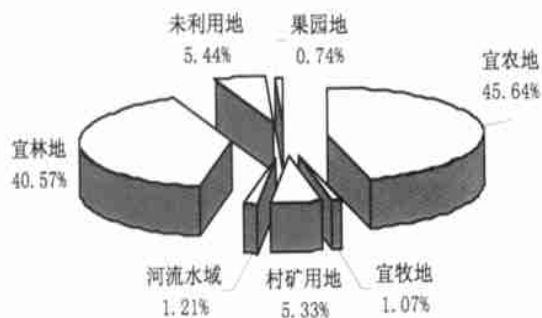


图 2 黑牛河流域土地适宜性评价结果

根据评价结果,黑牛河流域人均土地资源 0.57 hm²,高于吉林省的平均水平,但低于全国平均水平(0.83 hm²);人均宜农地(0.26 hm²)高于全国和吉林省的平均水平;人均宜林地(0.23 hm²)高于全国水平,低于吉林省水平;牧业水平低下,人均耕地面积相当于全国平均水平的 2.6 倍,人均林地面积相当于全国平均水平的 2.1 倍,未利用地(荒山荒沟)已不足总面积的 6%。

由此可见,黑牛河流域人均土地资源较为丰富,宜农地和宜林地人均水平相对较高,但就全国而言,其人均土地资源不高,特别是宜园地和未利用地水平很低,这对发展流域经济和农业生产是一个突出的制约因素,总之,该流域土地后备资源极少或已没有可供利用的后备资源,应引起足够的重视

2.2 土地生产潜力

2.2.1 土地生产潜力估算^[3,4]

土地生产潜力又叫土地的生物生产力,是指土地在一定条件下能够持续生产人类所需的生物产品的潜在能力。排除社会经济因素影响,土地生产力是由光、热、水、土和作物生物学特性共同决定的,它们相互制约,相互影响,构成土地生产潜力的递阶系统:光合生产潜力—光温生产潜力—气候生产潜力—土地生产潜力(亦称气候—土壤生产潜力)。

(1) 光合生产潜力 (Y_P) 光合生产潜力是在其它因素(温度、水分、土壤肥力及农牧业生产措施等)处于最佳状况时,完全由光和有效辐射决定的生产潜力。计算公式为:

$$Y_P = KEQ_P \quad (1)$$

式中: K— 能量转化系数; E— 太阳有效辐射利用率; Q_P— 光合有效辐射。

(2) 光温生产潜力 (Y_T) 光温生产潜力是由光能和温度 2 个因子共同决定的生产潜力。光能资源是形成产量的基础因子,而热量资源是形成产量的限制因子。因此,由光合作用计算出的光合生产潜力,还需要进行温度修正,从而得到光温生产潜力 Y_T。

$$Y_T = Y_P f(t) \quad (2)$$

式中: f(t)— 温度修正系数

对于黑牛河流域,作物及牧草适用于:

$$f(t) = \begin{cases} 0 & (t \leq 10^\circ\text{C}) \\ \frac{t-10}{15} & (10^\circ\text{C} < t < 25^\circ\text{C}) \\ 1 & (t \geq 25^\circ\text{C}) \end{cases} \quad (3)$$

式中: t— 日平均气温。

(3) 气候生产潜力 (Y_C) 气候生产潜力是由光、热、水 3 个因子共同决定的潜力。水分是植物生存的基本因子之一,不仅是光合作用的原料,而且参与生理过程。水分过多或过少,都会阻碍光合作用和其它生理活动顺利进行,从而影响作物产量。因而对光温生产潜力进一步修正而为气候潜力 Y_C。

$$Y_C = Y_T f(k) \quad (4)$$

式中: f(k)— 气候修正系数。

对于水地保灌田,水分条件不受限制, f(k) 取 1, Y_C = Y_T, 光温生产潜力即为其生产上限。而对于旱耕地和草地,主要依靠天然降水,降水量的大小决定作物及牧草的产量,需进行水分修正。我们选用苏联伊万诺夫湿润度(k) 作为修正系数。

$$f(k) = k = R/E_0 = R/0.0018(25+t)^2(100-T) \quad (5)$$

式中: R— 月平均降水量; E₀— 月平均蒸散量;

t —月平均气温; T —月平均相对湿度(当 $k > 1$ 时取 1)。

(4) 气候—土壤生产潜力 Y_s 气候—土壤生产潜力 (Y_s) 是由光、热、水、土 4 个因子共同决定的潜力。土壤是作物生长的基本条件之一,它对作物生产力的核心作用是土壤肥力的高低差异,土壤肥力是土壤各种特性的综合反映,所以对气候生产潜力应进一步修正为气候—土壤生产潜力。

$$Y_s = Y_c f(s) \quad (6)$$

式中: $f(s)$ —土壤肥力修正系数。

根据黑牛河流域的实际情况,我们选用土壤类型

加权平均方法,确定土壤肥力修正系数:

$$f(s) = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n A_i P_i \quad (7)$$

式中: A_i — i 类土壤面积占流域面积百分比;
 P_i — i 类土壤肥力等级值

由以上方法得到的为作物生物学产量,乘其经济系数即可求出耕地与草地的经济产量,作物的经济系数取 0.35,牧草的经济系数取 0.50

光合作用是产量形成的基础,作物生产力大小最终取决于光能大小及光能利用率。光能利用率一般取 8%,在理想条件下可达 12.3% (表 6)。

表 6 黑牛河流域作物及牧草的生产潜力

$10^4 \text{ kg} / \text{hm}^2$

光能利用 率 %	作物产量				经济产量(当地气候条件下产量上限)		
	光合潜力	光温潜力	气候潜力	气候—土壤潜力	旱耕地	水浇地	草地
8.00	14.55	8.69	7.92	5.14	1.80	1.98	2.57
12.30	22.44	13.40	12.21	7.93	2.78	3.05	3.97

由表 6 可知,气候—土壤生产潜力仅为气候生产潜力的 65.04%,光温生产潜力的 59.23%,光合生产潜力的 35.43%。此外,伊万诺夫湿润度 k 对水分的耗损只考虑了蒸散量,而没有计算其它损失,和现实生产还有很大差距,黑牛河流域的坡耕地占耕地面积的 63.74%,水土流失在面积占流域的 51.92%,所以我们又引进了径流系数予以修正。

$$f(k_0) = (1 - T) f(k) \quad (8)$$

式中: T —径流系数随坡度和水土流失强度变化而变化

对于水地、水平梯田、保灌田等基本上不受坡度和侵蚀强度的影响, T 取 0,其它地类的径流系数平均为 $T = 143/658.1 = 0.2173$,故 $f(k_0) = 0.7824$

$f(k)$ 。从而使其生产潜力降低了 21.73%,气候—土壤生产潜力降为光温生产潜力的 37.50%;光合生产潜力的 13.70%;气候生产潜力降为光温生产潜力的 43.31%,光合生产潜力的 32.95%。

由此可见,在黑牛河流域限制土地生产力的主要因子是水土流失。因此,保持水土,减少流失,增加作物土壤肥力,是提高该流域生产力的主要途径。

2.2.2 黑牛河流域土地总生产力及土地人口承载力^[4] 流域每年粮食平均播种面积为 699.00 hm^2 ,水地保灌田每年保持在 65.32 hm^2 左右,并根据该流域的人均消费水平及经济发展趋势,设每人每年用粮 350, 450, 500 kg,光能利用率分别为 8% 和 12.3% 时,土地的年总生产力及土地人口承载力见表 7。

表 7 黑牛河流域土地总生产力及人口承载力

光能利 用率 %	土地年总 生产力 / 10^4 kg	旱耕地		水浇地		土地人口承载力 /人		
		产量 / ($10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	总产 / 10^4 kg	产量 / ($10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	总产 / 10^4 kg	每人每年消费 /粮食 /kg		
						350	450	550
8.00	1 269.95	1.80	1 140.62	1.98	129.33	36 284	28 221	23 090
12.30	1 960.86	2.78	1 761.63	3.05	199.23	56 025	43 575	35 652

注: 全流域旱耕地面积为 633.68 hm^2 ,水浇地为 65.32 hm^2 。

流域草地为 16.33 hm^2 ,当太阳光合有效辐射利用率达到 8% 和 12.3% 时,总生产能力分别可达 $4.20 \times 10^5 \text{ kg}$ 和 $6.48 \times 10^5 \text{ kg}$ 加上秸秆饲草可分别达到 $1.12 \times 10^7 \text{ kg}$ 和 $1.73 \times 10^7 \text{ kg}$ 若每只羊每年啃食饲草 500 kg,则可分别承载 2.24×10^4 和 3.46×10^4 个羊单位,远远大于现有牲畜饲养量。

根据以上分析可以得知,黑牛河流域土地生产力较高,具有较大的生产潜力可挖,但现实的生产力却非常低下,这主要是由于该流域坡的地较多,平地较少,水土流失较严重,致使该流域土地严重退化,地力下降,土层减薄,质地变粗,岩石裸露,肥力低下,I, II 级地仅占流域面积的 5.76%,这在土地生产潜力

的估算中也得到了充分体现,因而必须加快水土流失治理步伐,大力挖掘,发挥土地资源的生产潜力。

3 土地资源可持续利用建议

根据黑牛河流域土地生产潜力、人口承载力及土地适应性分析与评价结果,欲使东北低山丘陵区土地资源得到持续利用,必需做到如下几点

(1) 制定土地利用总体规划,加强土地资源的有效调控。东北属商品粮基地地区,后备资源紧缺,随着经济发展,城镇化水平不断提高,土地制约作用将日益明显。因而,必须根据流域土地实际情况和存在问题,制定土地利用总体规划,合理配置各类用地,加强土地资源有效调控和计划管理,促进流域经济健康、快速、持续发展。

(2) 加强水土保持和地力建设,改造中低产田,挖掘潜力,提高土地生产力。黑牛河流域 3—7 等地数量多,主要分布在台地和丘陵,水土流失严重,1—2 等地基本上都分布在河谷,而这些地又是土地开发的热点,客观上不可避免地会占用部分优质地,造成利用地面积的不断减少,但其土地后备资源极少,因而,要在数量有限且质量不高、环境恶劣的土地上发展粮食和其它作物生产,就必须加强水土保持和地力建设,加以改造。根据黑牛河流域的气候、地形等特点和 3—7 等地存在土壤侵蚀等问题进行土改(修梯田、等高垄作、水平阶、鱼鳞坑等)、肥改(种植绿肥、增施有机肥等)、种改(引进优良品种)和防治病虫害等措施,提高土壤质量和土地生产力。

(3) 发展加工业,让产品增值,推动农业产业化。对于人均只有 0.57 hm^2 土地,其中只有 0.27 hm^2 耕

地的流域经济系统来说,只靠出售初级农产品,虽然风险小,但经济发展的速度和强度却很有限。据流域内酿造业主计算可知,玉米做成酒后,可增值 50% 以上,如果将其它农产品进行加工,其获利会更多。待有一定经济基础后,便可利用系统内其它原料,发展编织业、果品加工业、绿色食品加工业等,充分利用系统内剩余劳动力。大力推动农业产业化。

(4) 开展水产养殖,发展渔业,让水资源产生更大的效益。该流域内有水域面积 18.7 hm^2 ,人均 0.007 hm^2 ,这些水资源用于灌溉、人畜饮用,其功效显著,但这些水资源充分利用起来,发展渔业生产,其增值是显而易见的。根据对渔农调查,每 1 hm^2 鱼塘可产鱼 25 t,产值达 8.75×10^4 元,效益极为可观。

(5) 陡坡退耕还林还草,调整土地利用结构,加快生态环境建设,实现秀美山川。黑牛河流域坡地面积大,水土流失严重,陡坡耕地更是如此,严重地阻碍着生态环境的好转。所以必须进行退耕还林还草,调整土地利用结构,加大林果面积,加速疏林地改造,大力开展生态环境建设,尽早实现秀美山川。

[参 考 文 献]

- [1] 王佑民主编.黄土高原沟壑区综合治理及其效益研究 [M].北京:中国林业出版社,1990.13—25.
- [2] 敖登高娃,巴雅尔.和林格尔县土地适宜性评价研究 [J].内蒙古师大学报 自然科学(汉文)版,2000,29(2): 146—149.
- [3] 吉林省土地管理局编.吉林省土地资源 [M].北京:地质出版社出版,1994.244—252.
- [4] 赵养社,陈国良.宁南山区土地生产力与人口承载量的分析预测 [J].水土保持研究,1996,3(1): 154—165.

(上接第 26 页)

[参 考 文 献]

- [1] Ritchie J C, Mchenry J R. Fallout Cesium-137 in cultivated and uncultivated north central United States watersheds [J]. J. Environ. Qual., 1978, 7(1): 40—44.
- [2] Montgomery J A, Busacia A J, Frazier B E, et al. Evaluating soil movement using cesium-137 and revised universal soil loss equation [J]. Soil Sci. Soc. Am. J. 1997, 61(2): 571—579.
- [3] 王晓燕,田均良.大气散落核素复合示踪在土壤侵蚀科学中的应用 [J].水土保持研究,2001,8(2): 133—137.
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会编.土壤农业化学常规分析方法 [M].北京:科学出版社,1983年 8月. 68, 82, 95.
- [5] 陕西省农业勘察设计院主编.陕西农业土壤 [M].西安:陕西科学技术出版社,1982. 71.
- [6] 《中国农业土壤概论》编委会.中国农业土壤概论 [M].北京:农业出版社,1982. 192.
- [7] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准 [M].北京:中国水利水电出版社,1997. 9—10.
- [8] 江苏省统计局编.江苏统计年鉴 2001 [Z].北京:中国统计出版社,2001. 414.