黄土高原造林地生产力评价方法及其应用的研究*

赵 忠[1], 李 鹏[2], 王乃江[1]
(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 选取对黄土沟坡地自然生产力有重要影响的土壤理化性质和树种根系分布特性, 共 2 大类 9 个指标作为自然生产力的评价指标, 利用层次分析法(AHP)对陕西省淳化县嘴头村和西坡村的坡地自然生产力(NSP)进行了评价。并在此基础上, 选取对沟坡地现实生产力有重要影响的社会经济状况、土壤理化性质和树种特性 3 大类 13 个指标, 对两地的坡地现实生产力(CSP)进行了评价。结果表明, 在影响自然生产力和现实生产力大小的因子中, 树种根系分布深度的贡献率最大, 说明选择适生树种是沟坡开发成功的前提。社会经济因子, 尤其是当地群众对造林树种的接受程度和参与开发的积极性, 对现实生产力的大小具有重要影响, 是沟坡地自然生产力能否得到充分发挥的关键; 造林地生产力的评价必须综合考虑土壤、树种生物学特性和农村社会经济等 3 方面因素, 才能得出客观、准确的结论。

[关键词] 林地自然生产力; 林地现实生产力; 层次分析法(AHP)
[中图分类号] S718. 55+. 7; F307. 224 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2003)06-0019-08

在过去近 30 年的时间里, 造林地和林地生产力评价一直是黄土高原地区林业科学研究工作的重点, 前人曾进行了大量的研究工作[1~4]。目前, 最常见的方法是采用立地指数或数量化立地指数来进行立地质量评价。但是, 由于立地指数自身存在一些无法克服的缺陷, 如只能说明结果, 无法从本质上揭示林地或造林地在生产力方面存在差异的原因等; 而且其评价结果相对滞后, 亟需采用新的方法对土地生产力进行客观合理的评价。

传统上人们习惯将土地生产力与土壤特性、气候因素以及生长于其上的植被联系在一起的。实际中, 土地生产力的大小除了受自然因子影响之外, 还受到社会经济属性的强烈影响。进入 20 世纪 90 年代以来, 随着可持续发展思想的提出和普及, 人口-资源- 环境这一矛盾日益突出, 社会经济因子对土地生产潜力发挥的影响也愈加明显, 因此, 许多人在进行土地生产力评价时, 把社会经济因子也纳入了评价体系[5~10], 相继提出了评价指标选择的原则[10, 11], 并在指标体系的选择和建立、指标量化以及评价方法的选择等方面进行了大量的研究[5, 9, 10, 12~15]。

土地生产力评价的方法可以分为直接评价法和间接评价法 2 大类。直接评价法是通过实验去了解土地对栽植某种植物的适宜性及适宜程度, 目前在林地生产力评价中广泛使用的立地指数法就属于此类。该方法的优点是评价结果较为准确可靠, 但是局限性较大。而间接评价法则是通过分析各种因素对土地利用的影响, 然后加以综合, 来评价土地的生产能力或利用效益。间接评价法又可分为 2 类: 一类是归类法, 又称等级法; 另一类是数值法, 或称参数(指数)法。采用归类法常常会因评价者认识水平、主观意识、知识以及工作背景的差异而引起土地生产力评判结果的差异。数值法由于很好地克服了这些弊端, 而成为国际上较为通用的方法。应用数值法评价土地生产力, 首先要遴选出决定土地生产能力的要素, 根据这些要素的特点定出评价标准, 并对某种土地利用方式的潜力或者适宜性求得不同的指数, 然后对各项指数进行数学运算得出总的评价指数, 对土地生产力进行分级评价。

根系作为林木吸收水分和养分的主要器官, 其形态结构和分布特征直接反映了林木对立地的利用状况, 对林木生长具有决定性作用。根系的生长状况与其地上部分的生长呈正相关, 根系分布特征是树木体生物学特性中最本质的特性。树木根系的分布深度与人工林的产量有密切的关系, 是限制人工林生产力水平高低的关键因素, 例如在干旱的立地上,

* [收稿日期] 2002-12-01
[基金项目] 国家"九五"攻关项目"高原台塬过渡区(淳化)高产型粮果林发展研究"的部分内容
[作者简介] 赵 忠(1958-), 男, 甘肃宁县人, 教授, 博士生导师, 主要从事森林培育学研究。E-mail: zhaozh@nwsuaf.edu.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

深根型树种的生产力大于浅根型树种[16, 17]。

本研究总结和分析了 1997 年以来, 作者对渭北地区造林地生产力的研究结果, 提出了黄土高原沟坡地生产力评价方法的研究思路, 并在陕西省淳化县西坡村和嘴头村沟坡地生产力评价中进行了应用。

1 研究思路与方法

1.1 研究地区概况

研究区位于陕西省渭北黄土高原的淳化县。当地海拔 630～1 809 m, 相对高差 1 200 m 左右。土壤横跨两个地带性土类, 即由褐土带向黑垆土带过渡, 主要土壤类型有黑垆土、黄绵土、石灰性褐土和红胶土, 成土母质均为黄土。土壤 pH 为 7.0～8.55, 有机质含量一般低于 10 g/kg, 肥力状况较差。年均气温 9.6 ℃, 1 月份平均温度 -4.3 ℃, 7 月份平均温度 23.1 ℃, ≥10 ℃的年积温为 3 281 ℃。平均年降水量 600.6 mm, 最多达 822.6 mm, 最少为 409.5 mm, 温度≥10 ℃期间的年平均降水量为 454.0 mm。该地区蒸发量大于降雨量, 干燥度 K 值为 1.10～1.38, 属暖温带半湿润气候的森林草原植被地带。

1.2 评价指标的选择

鉴于淳化县嘴头村和西坡村被评价坡地的立地(坡度、坡向和坡位)及气候条件基本相似(表 1), 在选择坡地生产力评价指标时主要考虑对土地自然生产力有重要影响的土壤理化因子和树种的根系特征因子, 同时还选择了对沟坡地生产潜力发挥, 即现实生产力的大小具有重要影响的农村社会经济因子作为评价指标。

根据层次分析法的基本原理和各评价因子之间的支配关系, 将评价体系划分成 3 个层次, 分别形成了土地现实生产力和土地自然生产力评价的递阶层次结构(图 1, 图 2)。

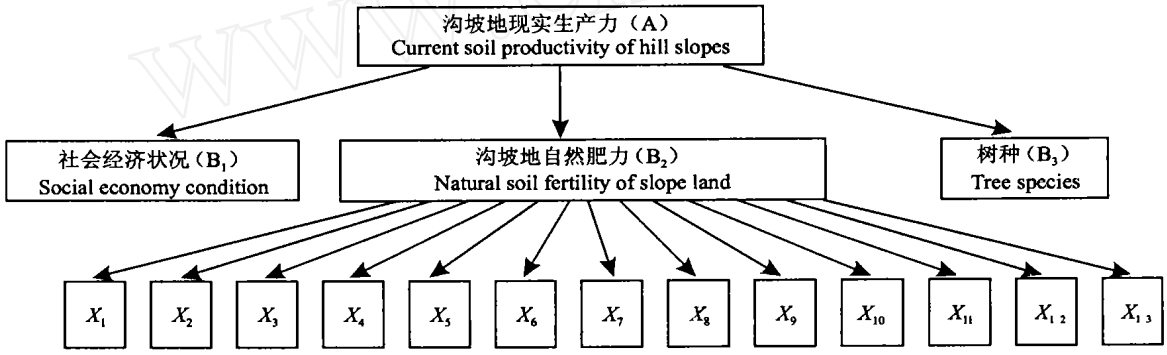

图 1 淳化县沟坡地现实生产力评价因子递阶层次结构

X_1: 劳动力状况; X_2: 家庭债务状况; X_3: 群众对树种的接受态度; X_4: 参与积极性; X_5: 土壤容重; X_6: 全 N 含量; X_7: 全 P 含量; X_8: 速效 N 含量; X_9: 速效 P 含量; X_{10}: 土壤 pH 值; X_{11}: 毛管持水量; X_{12}: 根系垂直分布特征; X_{13}: 根系抗旱性(下同)

Fig. 1 The hierarchy structure of evaluation factors for slope land CSPI in Chunhua county

X_1: Labor condition; X_2: The debt condition of household; X_3: The attitude of people toward tree species; X_4: Enthusiastic participation; X_5: Soil bulk density; X_6: Total nitrogen content; X_7: Total phosphorus content; X_8: Rapidly available nitrogen; X_9: Rapidly available phosphorus; X_{10}: Soil pH value; X_{11}: Capillary moisture capacity; X_{12}: Root vertical distribution; X_{13}: Root drought resistnce ability (The following are the same)

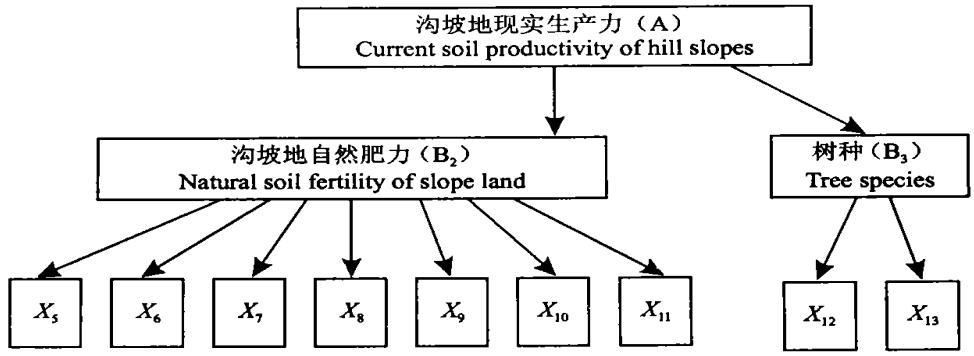

图 2 淳化县沟坡地自然生产力评价因子递阶层次结构

Fig. 2 The hierarchy structure of evaluation factors for slope land NSPI in Chunhua county

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.3　主要造林树种根系分布特征调查

用土钻(Φ= 6.8 cm)分土层(10 cm)钻取根样, 于 1997～1998 年, 对生长在不同沟坡立地上的刺槐以及不同林龄的油松人工林根系分布特征进行了样地调查。同时, 对生长在泥河沟同一坡面上的 10 年生油松、刺槐、侧柏和山杏等 4 个树种的根系垂直分布特征, 进行了样木调查[18]。

按下式分别计算出样地中各土层的根系(分级或距树干不同距离)密度(kg/m^3):

$$\text{根系密度}=\frac{\sum_{1}^{n}\sum_{1}^{k}m}{nk}\cdot\frac{1}{\pi R^2 h\ 1000} \qquad (1)$$

式中, R 为土钻半径(0.034 m); h 为土层厚度(0.1 m); m 为根重(g); n, k 分别为样木总数和样点总数。

1.4　主要造林树种根系抗旱性研究

采用盆栽法, 设置 3 个水分处理梯度, 在不同土壤干旱条件下, 研究刺槐、山杏、油松、侧柏苗木根系活力的变化, 确定其根系抗旱性。设置的 3 个水分处理为: ①整个试验期间使盆栽基质含水量维持在田间持水量的 70%, 即含水量为 14.756%; ②整个试验期间使盆栽基质含水量维持在田间持水量的 40%, 即含水量为 8.432%; ③从试验开始起, 停止灌水直至盆栽苗地上部分枯死[19]。

根系活力采用 TTC 法测定, 用 TTC 还原强度(μg/(g·h))表示。

1.5　土壤样品测定分析

1997 年, 在通神沟西坡村段和泥河沟嘴头村段 13 个不同立地的刺槐林地或采伐迹地上, 分层采集土样, 测定其立地及生产力[18], 结果列于表 1。

鉴于树木对于养分的吸收一般局限于表层土壤, 加之由于客观原因的限制, 仅就 0～50 cm 土层的理化性质进行了调查, 结果见表 2。

表 1　淳化县嘴头村及西坡村沟坡刺槐人工林立地及生产力

Table 1　Site and productivity information of *Robinia plantations* grown in Zuitou and Xipo at Chunhua County

调查地 Investigating location	小班号 Plot No.	海拔/m Elevation	坡向 Slope direction	坡度/(°) Slope gradient	坡位 Slope position	林龄 Stand age	密度/(株·hm^{-2}) Stand density	蓄积量/(m^3·hm^{-2}) Stand volume	年蓄积生长量/m^3 Timber increasing ratio	上层木平均高/m Average tree height	SI 指数预估值/m Predicting site index value
嘴头村 Zuitou village	43	878	W	29	中 Middle	25	825	45.705	1.828	13.30*	13.37
	45	822	W	27	中 Middle	8	1175	16.860	2.108	7.60*	7.57
	46	860	SE	19	中 Middle	17	1075	36.015	2.119	9.20	12.07
	47	851	NW	22	中 Middle	8	3375	38.835	4.854	9.20*	8.23
	50	830	W	29	中 Middle	17	750	11.145	0.656	9.40	11.41
	52	862	W	29	中 Middle	14	1067	30.690	2.192	9.80	10.42
	54	890	W	19	中 Middle	15	1600	28.125	1.875	10.30	11.43
	56	890	SW	10	中 Middle	22	1550	42.765	1.944	10.10	13.44
西坡村 Xipo village	1	1153	W	38	中 Middle	11		22.1	2.01	6.5	10.51
	4	1145	W	33	上 Upper	9		23.5	2.61	7.0	8.90
	9	1115	W	28	上 Upper	8		26.0	3.25	5.5	8.30
	10	1150	W	28	中 Middle	9		30.7	3.41	7.5	9.49
	11	1100	W	23	中 Middle	9		28.7	3.19	7.5	10.15

表 2　淳化县嘴头村及西坡村沟坡地土壤的理化性质

Table 2　Soil physical and chemical characteristics of slope land of Zuitou and Xipo at Chunhua County

调查地 Investigating location	土层深度/cm Soil layer depth	pH	容重/(g·cm^{-3}) Bulk density	最大持水量/% Maximum field moisture content	毛管持水量/% Capillary field moisture content	通气度/% Aeration	全N/(g·kg^{-1}) Total N	碱解N/(mg·kg^{-1}) Rapidly available N	全磷/(g·kg^{-1}) Total P	速效磷/(μg·g^{-1}) Rapidly available P
嘴头村	0～10	8.39	1.322	0.409	0.366	0.358	0.090	2.705	0.099	0.219
Zuitou	10～30	8.49	1.243	0.473	0.402	0.382	0.072	1.874	0.078	0.149
village	30～50	8.45	1.403	0.436	0.331	0.339	0.055	1.356	0.089	0.082
西坡村	0～10	8.44	1.223	0.443	0.311	0.278	0.106	2.713	0.122	0.355
Xipo	10～30	8.50	1.253	0.412	0.293	0.262	0.072	2.068	0.119	0.377
village	30～50	8.51	1.325	0.381	0.300	0.227	0.075	2.094	0.119	0.341

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.6 农村社会经济状况调查

按照预先设计好的问卷内容,在嘴头村和西坡村以农户为单位采用抽样的方法进行调查。调查之前,先根据当地村干部了解的情况,按照家庭收入水平将当地农户大致划分为高、中、低 3 个水平,然后从每个水平中抽取 20 户作为调查对象。将所调查资料进行汇总后(表 3),作为该村的代表资料。

表 3 淳化县嘴头村和西坡村社会经济状况调查结果及量化值

Table 3 Score of social economic conditions in Xipo and Zuitou and its standardized results

调查地 Investigating location	项目 Item	(果园面积/劳动力)/(hm^2·人$^{-1}$) Orchard area/Labor	债务/(元·户$^{-1}$) Debt	参与沟坡开发的积极性 Participating tendency	对造林树种的接受程度 Acceptance to tree species			
					刺槐 *Robinia pseudoacacia*	油松 *Pinus tabuliformis*	侧柏 *Platycladus orientalis*	山杏 *Prunus armeniaca* var. *ansu*
嘴头村 Zuitou village	调查结果 Field data	0.217	14 917	11.1	-0.67	-0.77	-0.13	3.13
	量化值 Normalized data	0.572	0.851	0.381	0.259	0.248	0.319	0.681
西坡村 Xipo village	调查结果 Field data	0.147	4 527	12.37	-1.1	-1.1	0.03	3.93
	量化值 Normalized data	0.770	0.955	0.461	0.211	0.211	0.337	0.77

1.7 评价指标的量化处理

为了消除评价指标的量纲影响,采用隶属度函数法,对图 1 和图 2 中所列的各项评价指标进行量化处理。

1.8 沟坡地生产力评价方法

1.8.1 自然生产力评价 以村为单位,采用隶属度函数法,对表 2 中的土壤理化指标和表 3 中的当地社会经济状况指标进行量化处理,并按照公式(2),计算嘴头村及西坡村沟坡地的自然生产力指标(NSPI, Natural Soil Productivity Index):

$$NSPI = \sum_{i=1}^{n} X_i W_i \qquad (2)$$

式中,i 为评价因子编号;n 为评价因子总数;X_i 为某评价因子;W_i 为某评价因子权重。

1.8.2 现实生产力评价 在对各评价因子进行量化处理的基础上,采用德尔菲专家预测法,构建各层次评价因子的判断矩阵,并用高斯迭代法计算各矩阵的最大特征值 λ_{max} 及相应的标准化特征向量。对各矩阵进行一致性检验,求解各评价因子的单权重、标准权重及各层评价因子的总权重。最终,在完成对总权重一致性检验的基础上,采用公式(2),计算出沟坡地现实生产力指标(CSPI, Current Soil Productivity Index)。

2 造林地生产力评价方法的应用

2.1 评价因子量化结果

为了消除评价指标间的量纲差别,并将其综合成一个能从总体上衡量系统优劣的单指标,根据层次分析法的原理,结合渭北地区(尤其是淳化县)以及所选指标的具体特征情况,各指标的极值主要根据当地生产的现实水平和调查的实际情况来确定[10]。

2.1.1 农村社会经济因子量化结果 根据村社会经济状况的调查,结合每一个指标特性选择隶属度函数量化公式,对嘴头村和西坡村社会经济状况指标进行量化,结果如表 3 所示。从表 3 可以看出,2 个村的社会经济状况存在明显差别。西坡村具有更为丰富的劳动力资源、较少的债务负担和更为强烈的群众参与倾向,因而,在开发沟坡土地生产力的过程中能够表现出更大的积极性和主动性,使沟坡土地的生产力得到更为充分的发挥,从而提高沟坡土地的现实生产力。

2.1.2 土壤因子量化结果 根据土壤因子的调查,结合每一个指标特性所选择的隶属度函数量化公式,对嘴头村和西坡村土壤因子指标进行量化,结果如表 4 所示。

从嘴头村及西坡村沟坡地 0~50 cm 土壤理化性质的量化结果(表 4)来看,西坡村的沟坡地土壤肥力(主要指土壤的化学指标)优于嘴头村;而嘴头村沟坡地土壤则表现出了较好的物理性质。这说明 2 个村的土壤状况各有优劣,具有基本接近的土壤自然状况。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　淳化县嘴头村及西坡村沟坡地土壤理化性质因子量化结果

Table 4　Standardization of soil physical and chemical features of Zuitou and Xipo at Chunhua County

调查地 Investigating location	土层深度/cm Depth	pH	容重 Bulk density	最大持水量 Maximum moisture capacity	全N Total N	碱解N Rapidly available N	全P Total P	速效P Rapidly available P
嘴头村 Zuiyou village	0～10	0.756 4	0.857 1	0.829 5	0.132 3	0.404 9	0.515 0	0.273 3
	10～30	0.500 0	0.742 3	0.333 3	0.079 7	0.173 5	0.238 3	0.149 2
	30～50	0.602 6	0.428 6	0.620 2	0.031 3	0.295 1	0.066 7	0.029 9
	均值 Average	0.619 7	0.676 0	0.594 3	0.081 1	0.291 2	0.273 3	0.150 8
西坡村 Xipo vilage	0～10	0.649 6	0.524 1	0.494 4	0.181 6	0.630 4	0.609 3	0.510 7
	10～30	0.492 9	0.428 3	0.552 1	0.084 1	0.578 5	0.305 2	0.524 7
	30～50	0.455 8	0.643 0	0.664 1	0.184 0	0.560 5	0.261 5	0.461 9
	均值 Average	0.532 8	0.531 8	0.570 2	0.149 9	0.589 8	0.392 0	0.499 1

2.1.3　主要造林树种根系垂直分布特征的量化结果　对刺槐、油松、侧柏和山杏等 4 个主要造林树种根系垂直分布状况的调查结果(表 5)表明, 4 个树种在根系垂直分布特征方面的差异十分明显。在根系抗旱性指标的选择上, 结合对根系活力的测定, 选择了使植物根系开始失去活力时的含水量水平作为评价因子(因为在整个试验中, 根系活力的变化是动态的, 不符合评价指标选择的原则)。采用极大型隶属度函数对上述 4 个树种根系垂直分布特征和根系抗旱能力的量化结果也同样表现出了明显的差异(表 5)。刺槐在根系分布深度上具有最大值, 而侧柏则表现出了最强的耐旱能力。

表 5　渭北黄土高原主要造林树种根系垂直分布特征和根系耐旱性量化结果

Table 5　Standardized results for root distribution character of main tree species planted in the Weibei Loess Plateau

树种 Tree species	根系分布深度/m Root distribution depth		根系抗旱性/($\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$) Root drought resistance ability	
	调查结果 Field data	量化结果 Normalized data	调查结果 Field data	量化结果 Normalized data
刺槐 *Robinia pseudoacacia*	1.4	0.688	4.50	0.719
油松 *Pinus tabuliformis*	1.1	0.500	6.81	0.296
侧柏 *Platycladus orientalis*	0.9	0.375	3.33	0.932
山杏 *Prunus armeniaca* var. *ansu*	1.1	0.500	3.80	0.847

2.2　判断矩阵构建及特征向量计算

2.2.1　判断距阵构建　通过分析每 2 个评价因子之间的相对重要性(重要性的标度值及其定义见表 6), 得到各评价因子的判断距阵, 并求解距阵最大特征根及其对应向量。经多次一致性检验及调整使之满足要求(表 7 所示为沟坡地现实生产力判断矩阵)。

表 6　重要性标度及其意义

Table 6　Scale and definition of importance

标度 Value	定义 Definition
1	表示 2 个因素相比, 具有同等重要性 The two comparing factors have the same importance
3	表示 2 个因素相比, 1 个因素比另 1 个稍微重要 One of the two comparing factors is somewhat more important than the other
5	表示 2 个因素相比, 1 个因素比另 1 个明显重要 One of the two comparing factors is remarkably more important than the other
7	表示 2 个因素相比, 1 个因素比另 1 个强烈重要 One of the two comparing factors is intensely more important than the other
9	表示 2 个因素相比, 1 个因素比另 1 个极端重要 One of the two comparing factors is extremely more important than the other
2, 4	表示 2 个相临判断(1 和 3, 3 和 5)的中值 Average of the two neighbor value (1 and 3; 3 and 5)
6, 8	表示 2 个相临判断(5 和 7, 7 和 9)的中值 Average of the two neighbor value (5 and 7; 7 and 9)

表 7　沟坡地现实生产力判断矩阵

Table 7　Determining matrix for CSPI of slope land

A	B_1	B_2	B_3	贡献率 Contribution rate
B_1	1	3	1/2	0.320
B_2	1/3	1	1/4	0.122
B_3	2	4	1	0.558

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

各层次评价因子的判断距阵总体随机一致性比率为 $CR = 0.048\ 904\ 02 < 0.1$, 满足层次分析法的一致性检验要求, 说明具有较为满意的一致性, 可以用于权重的计算。

2.2.2 评价指标总权重的计算 用高斯迭代法, 求解各层次上的评价因子判断矩阵的最大特征根以及对应的特征向量(使用的求解软件为 Stats), 结果如表 8 所示。

表 8 沟坡地现实生产力各个评价因子权重的计算结果

Table 8 Weighted Results of each evaluating factor

评价因子 Evaluating factors	A 层次权重 Weight on A hierarchy	B_1 社会经济状况 Social economic conditions	B_2 土壤指标 Soil index	B_3 树种特性 Tree species properties	贡献率 Contribution rate	排序 Order
X_1 劳动力状况 Labor	0.320	0.274			0.088	4
X_2 债务状况 Debt		0.128			0.004	6
X_3 对树种的接受程度 Reception to certain tree species		0.538			0.172	2
X_4 参与倾向 Participating tendency		0.060			0.019	8
X_5 土壤容重 Soil bulk density	0.122		0.072		0.009	11
X_6 全 N Total N			0.035		0.043	5
X_7 全 P Total P content			0.044		0.005	12
X_8 速效 N Rapidly available N			0.273		0.033	7
X_9 速效 P Rapidly available P			0.118		0.014	10
X_{10} pH 值 pH value			0.022		0.026	13
X_{11} 田间持水量 Field moisture capacity			0.121		0.015	9
X_{12} 根系分布特征 Root distribution depth	0.558			0.075	0.419	1
X_{13} 根系抗旱性 Root drought-resistance				0.25	0.140	3

由表 8 计算结果可见, 各评价因子的贡献率分别为: 社会经济因子 0.320, 土壤自然肥力 0.122, 树种根系分布特征 0.558。该结果表明, 树种的生物学习性——根系分布深度和根系抗旱性对坡地自然生产力的发挥, 即现实生产力的影响最大, 并再次证明了适生造林树种的选择是沟坡地造林成功的关键因子。表 9 的计算结果也同样说明了这一问题。在现实生产力的计算中, 从各个指标在总评价目标下的贡献率大小(表 9)可以看出, 除了树种的根系分布特征外, 当地群众对沟坡开发参与的倾向和劳动力状况也是影响沟坡地现实生产力发挥的重要因子; 在所有土壤因子当中, 全 N 和速效 N 的含量是最重要的因子。

表 9 土地自然生产力各个评价因子权重的计算结果

Table 9 The calculating results of each evaluating factor's weight for NSPI

评价因子 Evaluating factors	A 层次权重 Weight on A hierarchy	B_2 土壤指标 Soil index	B_3 树种特性 Tree species properties	贡献率 contribution rate	排序 Order
X_5 土壤容重 Soil bulk density	0.400	0.072		0.029	7
X_6 全 N Total Nitrogen		0.350		0.140	3
X_7 全 P Total P content		0.044		0.018	8
X_8 速效 N Rapidly available N		0.274		0.109	4
X_9 速效 P Rapidly available P		0.118		0.047	6
X_{10} pH 值 pH value		0.022		0.009	9
X_{11} 田间持水量 Field moisture capacity		0.121		0.048	5
X_{12} 根系分布特征 Root distribution depth	0.600		0.750	0.450	1
X_{13} 根系抗旱性 Root drought-resistance			0.250	0.150	2

2.3 土地生产力评价结果

2.3.1 嘴头村及西坡村沟坡地自然生产力 NSPI 的计算结果表明(表 10), 西坡村和嘴头村沟坡地上刺槐的自然生产力属于中等稍微偏上水平, 而山杏、油松和侧柏的自然生产力水平则较低。虽然西坡村沟坡地各个树种的自然生产力(NSPI)优于嘴头村, 但是两者相差较小; 西坡村的自然生产力比嘴头村高出的比例均不超过 10%, 这一点与两地沟坡地土壤理化性质分析的结论是相似的(表 2), 即西坡村和嘴头村的沟坡地具有相近的生产潜力和开发价值。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 10　淳化县嘴头村及西坡村沟坡地自然生产力计算结果

Table 10　Natural soil productivity of gully slope land in Zuitou and Xipo at Chunhua County

树种 Tree species	嘴头村 Zuitou village	西坡村 Xipo village	西坡村比嘴头村高出的比例/% Higher percent of CSPI of Xipo village to Zuitou village's
刺槐 *Robinia pseudoacacia*	0.523 9	0.567 2	7.31
油松 *Pinus tabulif orm is*	0.376 5	0.414 7	10.15
侧柏 *Platycladus orientalis*	0.415 6	0.453 9	9.22
山杏 *Prunus armeniaca* var. *ansu*	0.459	0.497 2	8.32

2.3.2　嘴头村及西坡村沟坡地的现实生产力　从表 11 可以看出, 与自然生产力相比, 4 个树种的现实生产力水平发生了较大变化, 其变化与树木根系的分布深度有密切关系(表 5)。其中, 在嘴头村和西坡村的坡地上, 刺槐的自然生产力与现实生产力都表现出了较高水平, 应该成为当地造林的首选树种之一。

表 11　淳化县嘴头村及西坡村沟坡地现实生产力评价结果

Table 11　Current soil productivity of gully slop land in Zuitou and Xipo at Chunhua County

树种 Tree species	嘴头村 Zuitou village	西坡村 Xipo village	西坡村比嘴头村高出的比例/% Higher percent of CSPI of Xipo village to Zuitou village's
刺槐 *Robinia pseudoacacia*	0.567 8	0.605 7	14.60
油松 *Pinus tabulif orm is*	0.420 2	0.446 8	6.33
侧柏 *Platycladus orientalis*	0.454 8	0.483 3	6.27
山杏 *Prunus armeniaca* var. *ansu*	0.569 6	0.619 7	8.80

2.3.3　两种评价方式的比较　从嘴头村和西坡村沟坡地不同树种的自然生产力与现实生产力的评价结果(表 10、11)不难看出, 与嘴头村相比, 油松和侧柏两个树种在西坡村表现出了较高的自然生产力水平, 但是其现实生产力却未表现出相应的较高水平; 刺槐在 2 个村的自然生产力水平有所差异, 但其现实生产力的差异更大; 山杏是在当地比较受欢迎的树种, 因此其自然生产力和现实生产力的差异在 2 个村表现出了相似的变化规律。分析其中原因, 这是由于 2 个村的社会经济状况, 尤其是群众对于树种的接受程度和对沟坡开发参与倾向的差别造成的, 这说明社会经济因子对于土地现实生产力的大小具有比较重要的影响, 在沟坡开发当中应当重视这方面的因素。另外, 实践也证明, 西坡村在沟坡开发方面确实走在了嘴头村的前面, 并且表现出了较高的生产力水平, 取得了良好的社会经济效益。因此, 与土地自然生产力评价相比较, 土地现实生产力评价更能全面地反映当地土地的使用和生产力的实际。

当然, 土地自然生产力与土地现实生产力是密切联系的, 土地自然生产力反映的是土地的自然状况, 说明土地开发的可能性和可行性, 是土地开发工作的前提和基础, 也是土地规划以及土地生产力评价工作中不可缺少的部分。在现实生活中, 可以通过加强科技宣传推广工作, 促进土地使用制度的合理化、科学化, 选择合适的适生树种等方法, 即增加人在土地生产潜力发挥过程中的正面影响, 发挥人的主观能动性, 促使土地潜在的生产力转化为现实生产力, 促进当地经济发展, 使当地经济进入良性循环的发展阶段。

3　结　论

本研究证实, 采用层次分析法(AHP), 将农村社会经济因子纳入土地生产力评价体系, 使得土地生产力的评价和结果更具科学性和实用性, 是一种值得推广的土地生产力评价方法。

对淳化县西坡村和嘴头村沟坡地生产力的评价结果表明, 在自然生产力和现实生产力的影响因子中, 树种根系分布深度的贡献率最大, 提示选择适生树种是沟坡开发成功的关键。社会经济因子, 尤其是当地群众对造林树种的接受程度和参与开发的积极性, 对于现实生产力的大小具有重要的影响, 是沟坡地自然生产力能否得到充分发挥的前提。

造林地生产力的评价, 必须综合考虑土壤、树种的生物学特性和农村社会经济等 3 方面的因素, 才能得出客观、准确的结论。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[参考文献]

[1] 李长智, 赵 明, 卢 鹏, 等. 运用模糊数学理论进行土地生产力分析[J]. 水土保持研究, 1995, 2(1): 85- 90.
[2] 宋如华, 齐 实, 孙保平, 等. 地理信息系统支持下的区域土地资源适宜性评价[J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(4): 57- 63.
[3] 余存祖, 刘耀宗, 彭 琳, 等. 黄土区土壤肥力形成过程与肥力指标[J]. 土壤通报, 1990, 21(5): 197- 201.
[4] 倪 焱. 杉木立地生产力的灰色预测[J]. 中南林学院学报, 1988, 8(2): 132- 137.
[5] 傅伯杰, 陈立顶, 马 成. 土地可持续利用评价的指标体系和方法[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 112- 118.
[6] 王效举, 龚子同. 红壤丘陵小区域水平上不同时段土壤质量变化的评价和分析[J]. 地理科学, 1997, 17(5): 141- 148.
[7] 范志平, 姜凤岐. 西北流失区土壤质量评价与综合治理优化结构的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1997, 28(1): 49- 54.
[8] 周荣荣. 论评价可持续发展生态农业经济效益的指标体系[J]. 当代生态农业, 1998, (1, 2): 14- 17.
[9] 李湘阁, 闵庆文, 梁 平. 南京市农业资源开发效益的评估[J]. 南京气象学院学报, 1997, 20(2): 231- 236.
[10] 朱孔来, 马成霞. 生态农业综合效益评价方法的研究[J]. 生态学杂志, 1991, 10(6): 67- 70.
[11] 马阿滨. 可持续发展及其指标体系研究进展[J]. 林业科技, 1998, 23(6): 1- 9.
[12] 赵其国, 孙 波. 土壤质量与持续环境 Ⅰ. 土壤质量的定义及评价方法[J]. 土壤, 1997, (3): 225.
[13] 周 勇. 武汉狮子山地区土地利用结构变化与肥力评价[J]. 长江流域资源与环境, 1997, (6): 163- 167.
[14] 张大克. 水稻土肥力水平分类中主要土壤肥力因素指标的筛选模型[J]. 农业工程学报, 1997, 13(2): 91- 95.
[15] 张晓萍, 杨勤科, 李 锐. 流域"健康"诊断指标——一种生态环境评价的新方法[J]. 水土保持通报, 1998, 18(4): 57- 62.
[16] Gale M R, Grigal D F, Harding R B. Soil productivity index of site quality for white spruce plantations[J]. Soil Sci Soc Am J, 1991, 55: 1701- 1708.
[17] Jackson R B, Canadell J, Mooney H A. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes[J]. Oecologia, 1996, 108: 389- 411.
[18] 赵 忠, 李 鹏, 王乃江. 渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 37- 39.
[19] 赵 忠, 李 鹏, 王乃江. 黄土高原主要造林树种根系抗旱能力研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(1): 92- 94.

Researches of forestland productivity evaluation and its application on the Loess Plateau

ZHAO Zhong[1], LI Peng[2], WANG Nai-jiang[1]

(1 *College of Forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
2 *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: By using analytical hierarchy process (AHP), 9 indexes of 2 categories including soil physical & chemical features and tree root vertical distribution were selected to appreciate the natural soil productivity (NSP) of slope lands of Zuitou gully and Xipo gully at Chunhua County. Based on this, the current soil productivity (CSP) of the slope lands of the two villages were studied after selecting 3 categories, 13 indexes including social economic condition, soil physical & chemical features and tree root characters as the evaluation indexes which have important effect on CSP. The results indicate that among all the factors affecting NSP and CSP, the root distribution has the largest contribution to NSP, which indicates that selecting suitable tree species is the crux and precondition to the success of slope development. Social economic factors, especially the accepting degree to certain tree species and the initiative to participate of local people, are of great importance to CSP, and are the key point to the exertion of NSP. The factors must be considered in the aspects of soil features, bio-features of the planted tree species and social economic factors when evaluating work will be done on the productivity of afforesting site. Only in this way could the conclusion be made objectively and exactly.

Key words: natural soil productivity of forest land; current soil productivity of forest land; analytical hierarchy process (AHP)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net