

西北干旱区土地资源生态安全评价

——以甘肃省古浪县为例

杨倩倩, 陈英, 金生霞, 赵佳琪

(甘肃农业大学 资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:以古浪县为研究区域,在国内关于区域土地资源生态安全评价研究成果的基础上,依据优化型PSR框架模型,结合西北干旱区的土地利用结构特点,建立古浪县土地资源生态安全评价指标体系。运用熵权法与综合评分法计算古浪县土地资源生态安全值,得出了古浪县不同时段土地资源生态安全的动态变化,并对结果进行对比分析。结果表明:古浪县由1995年和2002年的“风险”状态转变为2009年的“敏感”状态,土地资源生态安全状况稍有好转。

关键词:土地资源生态安全;优化型PSR框架模型;熵权法;古浪县

中图分类号: X821 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0195-05

生态安全是21世纪人类社会可持续发展所面临的一个新主题^[1],是由资源安全、生物安全、环境安全等多方面组成的安全体系,土地资源是人类社会存在和发展的最基本条件。土地资源生态安全是指人类赖以生存和发展的土地资源所处的生态环境,处于一种不受或少受威胁与破坏的健康、平衡状态^[2]。土地资源的生态安全状况是决定一个国家安全程度的重要因素,但国内土地资源生态安全及其评价研究还处于起步阶段^[3]。土地资源生态安全评价成为当前土地资源可持续利用研究的前沿课题,不过在研究的对象、尺度、方法、指标体系以及基础理论体系等方面都有待进一步完善^[4]。目前关于生态脆弱区土地资源生态安全评价的研究,主要涉及到黄土高原生态脆弱区^[5-6]和北方农牧交错生态脆弱区^[7],而对西北干旱区的研究还比较少。

随着人类活动的加剧和对土地资源的不合理开发利用,土地生态问题日益突出,尤其在西北干旱区的河西走廊地带更为明显。古浪县位于河西走廊东端,由于人口数量的增加、地表径流的减少以及不合理的牧业活动等,古浪县出现了很多生态环境问题,如水土流失、盐碱化、沙漠化和草场退化等,导致荒漠化土地面积占全县总面积的85.94%,处于严重荒漠化状态^[8],生态环境极其脆弱,直接影响到社会经济的可持续发展^[9]。本文从土地资源生态安全出发,以古浪县为例,对土地资源生态安全进行评价,进而为高效配置土地资源和促进社会可持续发展等

提供决策支持。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 古浪县概况

古浪县位于甘肃省中部,河西走廊东端,南依祁连山,北靠腾格里沙漠,介于37°09'N~37°54'N,102°38'E~103°54'E之间,属青藏、蒙新、黄土三大高原的交汇地带。全区地处西北干旱区,干燥少雨,蒸发强烈,综合水资源仅为22 421万m³,年平均降水量361.3 mm,蒸发量1 783.8 mm,植被稀少,森林覆盖率仅为14.90%,生态环境脆弱。气候从南到北由祁连山高寒、亚高寒区向干旱荒漠区过渡。地势南高北低,海拔在1 550~3 469 m之间,地貌类型复杂多样,分带现象明显,自南向北依次分布着干旱半干旱中高山地、低山丘陵沟壑区、倾斜平原绿洲农业区、腾格里沙漠荒漠区。南部山区水土流失严重,中部灌溉农业区盐碱化加剧,北部荒漠区风蚀沙漠化尚未得到有效治理。因此,古浪县在生态建设和保护方面,坚持“南护水源、北治风沙、中建绿洲”方针,开展“三北”防护林工程、退耕还林、天然林保护等生态环境建设工程。

1.2 数据来源

研究数据主要来自《古浪县志》^[10]、《中国地理教程》^[11]、中国统计年鉴(1996—2010年)^[12]、甘肃年鉴(1996—2010年)^[13]、甘肃农村年鉴(1996—2010年)^[14]、甘肃省古浪县国民经济统计资料(1996—

收稿日期:2011-11-29

基金项目:甘肃省古浪县土地利用总体规划专项基金

作者简介:杨倩倩(1986—),女,山东泰安人,硕士研究生,研究方向为土地利用与土地资产管理。E-mail: yangqq2009@126.com。

通讯作者:陈英(1969—),男,教授,硕士生导师,研究方向为土地资产管理。E-mail: chenying@gsau.edu.cn。

2010 年)^[15]。

2 区域土地资源生态安全评价

2.1 选取评价因子

评价因子的选取是建立评价指标体系的关键,涉及到土地生态环境状态及对土地资源生态安全有重要影响的自然、经济、社会等各个方面的因素。因

此,从古浪县生态环境及土地利用结构特点出发,根据区域生态安全评价的一般性指标体系,采用能够体现人类对土地生态系统的影响层次与等级的“压力-状态-响应”(PSR)框架模型^[16],并对其进行优化,即采用了优化型 PSR 框架模型,选取了 20 项对土地资源生态安全有重要影响的指标^[17-18],建立了土地资源生态安全评价指标体系(表 1)。

表 1 古浪县土地资源生态安全指标体系

Table 1 Index system of evaluation on land resources ecological security in Gulang County

目标层 Target layer	准则层 Rule layer	准则层 Rule layer	指标层 Index layer
土地资源生态安全 Ecological security of land resources	土地资源生态压力 Pressure of land resources	人口压力 Population pressure	C1 人口自然增长率(%) C1 Natural growth rate of population C2 人口承载力(人/km ²) C2 Population carrying capacity
		土地压力 Land pressure	C3 人均耕地(hm ² /人) C3 Land resources per capita C4 单位耕地面积化肥负荷(kg/hm ²) C4 Fertilizer carrying capacity per unit area
		社会经济压力 Social and economic pressure	C5 经济密度(万元/km ²) C5 Economic density(10 000 yuan/km ²) C6 城镇化率(%) C6 Rate of urbanization
		土地质量状态 State of land quality	C7 土壤有机质含量(%) C7 Content of soil organic matter C8 保灌面积比值(%) C8 Rate of irrigatable area
	土地资源生态状态 State of land resources	土地利用状态 State of land use	C9 耕地面积比值(%) C9 Rate of cultivated land C10 草地面积比值(%) C10 Rate of grassland C11 林地面积比值(%) C11 Rate of forest C12 水域面积比值(%) C12 Rate of water area
		社会经济响应 Social and economic response	C13 人均 GDP(元/人) C13 GDP per capita(yuan) C14 第三产业占国民生产总值比值(%) C14 Rate of tertiary industry in GDP C15 机耕程度(%) C15 Degree of machinery cultivation C16 单位耕地农机总动力(kw/hm ²) C16 Total machinery power per unit area
		自然响应 Natural response	C17 森林覆盖率(%) C17 Rate of forest coverage C18 水土流失比值(%) C18 Rate of soil and water erosion C19 荒漠化面积比值(%) C19 Rate of desertification area C20 盐碱化面积比值(%) C20 Rate of salinization area
	土地资源生态响应 Ecological response of land resources		

2.2 计算安全指数

标准值的选取本文依据国家、行业和地方相关部门规定的标准及国内同等指标的均值进行确定。

(1) 对于正相关性指标(即越大越安全):

当 $X_i \geq S_i$ 时, $P_i = 1$; 当 $X_i < S_i$ 时, $P_i = \frac{X_i}{S_i} \times 1$

(2) 对于负相关性指标(即越小越安全):

当 $X_i \leq S_i$ 时, $P_i = 1$; 当 $X_i > S_i$ 时, $P_i = \frac{S_i}{X_i} \times 1$

其中, X_i 为各项指标的实际值; S_i 为各项指标的标准值; P_i 为各项指标的安全指数。

2.3 确定评价因子权重

土地资源生态安全评价的关键是建立指标体系和确定各指标的权重,本文采用熵权法^[19],对各层指标的相对重要性进行比较和分析,计算各因子的权重 W_i ,并参考国内相关成果及研究区的实际情况采用相关分析法做了部分调整。

2.4 计算各评价因子安全值

$$I = P_i$$

其中, I 为单项指标的安全值。

为比较古浪县土地资源生态安全状况动态变化,考虑到数据资料的可获得性和完整性,本文选取 1995、2002、2009 年的数据,并运用以上数学方法,计算得出不同年份各指标的安全值(表 2)。

2.5 选择综合评价模式

为了使土地生态环境评价既准确又简便,评价模式的选取很重要。本文采用综合评分法,土地资源生态安全值计算公式如下:

$$P = \sum_{i=20}^{i=1} I = \sum_{i=20}^{i=1} P_i \times W_i$$

其中, P 是区域土地生态环境总安全值。利用此评价模型,各单项指标加权求和,对古浪县土地资源生态安全进行综合评分(表 3)。

表 2 古浪县土地资源生态安全评价指标安全值
Table 2 Security values of indexes for evaluating land ecological security in Gulang county

指标 Index	安全 趋向性 Security taxis	实际值 X_i Actual value			标准值 S_i Standard value	标准值来源 Source of security value	安全指数 P_i Security index			权重 W_i Weight	安全值 I Security value		
		1995	2002	2009			1995	2002	2009		1995	2002	2009
C1	负 Negative	8.60	7.91	6.84	1.33	世界平均值 World average value	0.1547	0.1681	0.1944	0.0674	0.0104	0.0113	0.0131
C2	负 Negative	72.10	73.65	78.53	8	国际公认值 Internationally acknowledged value	0.1110	0.1086	0.1019	0.0674	0.0075	0.0073	0.0069
C3	负 Negative	0.36	0.35	0.33	0.05	国际公认值 Internationally acknowledged value	0.1389	0.1429	0.1515	0.0272	0.0038	0.0039	0.0041
C4	负 Negative	3.12	6.63	9.21	17	国际公认值 Internationally acknowledged value	1.0000	1.0000	1.0000	0.0737	0.0737	0.0737	0.0737
C5	正 Positive	7.62	16.05	40.97	98.28	全国平均值 National average value	0.0776	0.1633	0.4169	0.0737	0.0057	0.0120	0.0307
C6	正 Positive	5.05	13.04	25.50	46.60	全国平均值 National average value	0.1084	0.2798	0.5472	0.0737	0.0080	0.0206	0.0403
C7	正 Positive	1.02	1.15	1.37	1.80	全国平均值 National average value	0.5667	0.6389	0.7611	0.0399	0.0226	0.0255	0.0304
C8	正 Positive	26.53	25.72	25.26	48.06	全国平均值 National average value	0.5520	0.5352	0.5256	0.0399	0.0220	0.0214	0.0210
C9	负 Negative	25.60	25.84	25.93	10.26	甘肃省平均值 Average of Gansu Province	0.4008	0.3971	0.3957	0.0105	0.0042	0.0042	0.0042
C10	正 Positive	34.68	34.74	29.58	31.03	甘肃省平均值 Average of Gansu Province	1.0000	1.0000	0.9533	0.0425	0.0425	0.0425	0.0405
C11	正 Positive	3.21	2.74	2.64	11.36	甘肃省平均值 Average of Gansu Province	0.2826	0.2412	0.2324	0.0105	0.0030	0.0025	0.0024
C12	正 Positive	1.37	1.38	1.26	2.94	甘肃省平均值 Average of Gansu Province	0.4660	0.4694	0.4286	0.0277	0.0129	0.0130	0.0119
C13	正 Positive	1057	2019	5214	7543	全国平均值 National average value	0.1401	0.2677	0.6912	0.0566	0.0079	0.0151	0.0391
C14	正 Positive	15.79	28.90	29.68	33.60	全国平均值 National average value	0.4699	0.8601	0.8833	0.0315	0.0148	0.0271	0.0278
C15	正 Positive	3.35	29.93	30.04	47.40	全国平均值 National average value	0.0707	0.6314	0.6338	0.0315	0.0022	0.0199	0.0200
C16	正 Positive	0.94	2.85	3.36	4.24	全国平均值 National average value	0.2217	0.6722	0.7925	0.0315	0.0070	0.0212	0.0250
C17	正 Positive	2.70	5.85	14.90	40.00	全国平均值 National average value	0.0675	0.1463	0.3725	0.0462	0.0031	0.0068	0.0172
C18	负 Negative	42.00	66.00	74.43	37.10	全国平均值 National average value	0.8833	0.5621	0.4985	0.0462	0.0408	0.0260	0.0230
C19	负 Negative	44.00	32.12	31.20	25.00	全国平均值 National average value	0.5682	0.7783	0.8013	0.1012	0.0575	0.0788	0.0811
C20	负 Negative	1.20	2.30	2.70	3.90	全国平均值 National average value	1.0000	1.0000	1.0000	0.1012	0.1012	0.1012	0.1012

表 3 古浪县土地资源生态安全综合评价
Table 3 Evaluation of ecological security of land resources in Gulang County

年份 Year	安全值 Security value			安全综合指数 Comprehensive security index
	土地资源生态压力 Pressure of land resources	土地资源生态状态 State of land resources	土地资源生态响应 Ecological response of land resources	
1995	0.1091	0.1072	0.2346	0.4509
2002	0.1289	0.1090	0.2960	0.5339
2009	0.1688	0.1103	0.3344	0.6136

土地资源生态安全状况分为 5 类,分别是:恶劣 评价标准如表 4 所示。
状态、风险状态、敏感状态、良好状态、理想状态。其

表 4 土地资源生态安全评价标准
Table 4 The evaluation standards of land resources ecological security

安全指标 Security index	等级 Grade	系统 System	特征 Characteristics
≤0.4	I	恶劣状态 In bad state	土地生态系统服务功能几近崩溃,生态过程很难逆转,生态环境受到严重破坏,生态系统结构残缺不全,功能丧失,生态恢复与重建很困难。 The service function of land eco-system is almost collapsed, eco-process is not reversible, eco-environment is seriously damaged, eco-structure is incomplete, and eco-recovery is difficult.
0.4~0.6	II	风险状态 In risky state	土地生态系统服务功能严重退化,生态环境受到较大破坏,功能退化且不全,受外界干扰后恢复困难,生态问题较大,生态灾害较多。 The service function of land eco-system is badly degenerate, eco-environment is seriously damaged and is difficult to recover because of external interference, and eco-disasters occur often.
0.6~0.8	III	敏感状态 In sensitive state	土地生态系统服务功能已有退化,生态环境受到一定破坏,但尚可维持基本功能,受干扰后易恶化,生态问题显现,生态灾害时有发生。 The service function of land eco-system is degenerate, eco-environment is damaged but can maintain its basic function, and it is easily deteriorated by external interference, and eco-disasters occur sometimes.
0.8~0.9	IV	良好状态 In good state	土地生态系统服务功能较为完善,生态环境较少受到破坏,功能尚好,一般干扰下可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大。 The service function of land eco-system is relatively perfect, eco-environment is rarely damaged and its function maintains, and it is recoverable despite of external interference, and eco-disasters occur seldom.
≥0.9	V	理想状态 In ideal state	土地生态系统服务功能基本完整,生态环境基本未受干扰破坏,生态系统结构完整,功能性强,系统恢复再生能力强,生态问题不显著,生态灾害少。 The service function of land eco-system is basically perfect, eco-environment is not damaged and its function maintains strong, and it is easily recoverable, and eco-disasters occur very seldom.

3 结果与分析

3.1 评价结果

从表 3 可以看到,1995 年古浪县土地资源生态安全评价综合得分为 0.4509,属于风险状态;2002 年得分 0.5339,与 1995 年相比,系统状态有所改善,但还是处于风险状态;2009 年得分为 0.6136,比 2002 年高出 0.0797,说明土地生态环境稍有好转,属于敏感状态。

3.2 结果分析

1995 年古浪县土地资源生态安全属于风险状态,这是因为:在 1995 年,古浪县森林覆盖率仅为 2.70%,远低于全国平均值 40.00%;由于人口剧增和移民搬迁,人们在沙区边缘地带打井开垦,地下水被大量开采,土地沙漠化严重,沙漠化面积占全县总面积的 44.00%;水土流失剧烈,水土流失面积比重达 42.00%;古浪县是极其贫困县,老百姓经济来源少,收入水平低,乱砍滥伐、开垦荒地现象时有发生,开发与治理不能协调发展,生态环境失衡。

2002 年古浪县土地资源生态安全稍有好转,属于风险状态,这是因为:景电二期引黄提灌工程建成,全县新增水浇地 1.98 万 hm²;2002 年古浪县被

列为甘肃省退耕还林工程建设区,开展了“三北”防护林工程、退耕还林、天然林保护等生态环境建设工程,全县种草植树面积逐年扩大;对于一些水土流失严重区域,像横梁乡、新堡乡、干城乡、古丰乡,按照“全面规划、综合开发、沟坡兼治、集中治理”的原则,进行集中重点治理,重点治理工程主要有黄羊川镇坡改梯、小流域水土保持、古龙山绿化提灌、黄羊川镇旱坪台提灌、柳条河小流域治理等。

2009 年古浪县土地资源生态安全有所好转,属于敏感状态,这是因为:南部山区加大退耕还林、封山育林、封坡育草力度,北部风沙线扩大种草种树面积,禁樵禁牧,保护植被;2007 年古浪县响应中央、省、市关于石羊河流域综合治理精神,开展水权配置、日光温室建设、重点生态建设工程;在腾格里沙漠南缘的八步沙、明沙咀、芦苇沙、夹墙沙、东沙漠、谭家井等区域连片营造防风固沙林,建起一道长 132 km 的防护林带,配套高标准农田林网。

总体来说,古浪县土地资源生态安全状况较差,离安全状态还有很大差距,这与自然地理因素、现代人类活动、经济发展等因素息息相关,分析其原因如下:

(1) 自然地理因素:特殊的自然地理位置和气

候水文条件决定了研究区土地生态安全状况极为脆弱。古浪县地处我国西北内陆几大自然地理区域划分的交错地带,干燥少雨,蒸发强烈,植被覆盖率低,生态环境恶劣,土地生产力低下;南部山区属石羊河流域上游水源涵养林地,山大沟深,水土流失严重^[20];古浪北靠腾格里沙漠,沙化地区属温带荒漠干旱气候区^[21],风大沙多,土地沙化严重,生态十分脆弱。

(2) 人为因素:不合理的人类活动和土地利用方式是土地生态恶化的重要原因之一。农业人口增长,导致对土地需求的增长,而增加土地的有效手段就是开荒。于是沙漠南缘的黄花滩、海子滩等地开始了大规模的开荒运动,打井抽水灌溉,导致地下水位很快下降;建立大靖峡、十八里堡、曹家湖、石节子、花庄峡及柳条河等水库,截流蓄水量 3 302.3 万 m^3 ,下游地表径流减少,地下水位开始下降,原来依靠地下水生存的天然植被开始退化,导致土地荒漠化的加剧;由于放牧压力、持续干旱,当地人在收集“发菜”时用铁耙进行钩耙,造成植被覆盖度下降,优质牧草减少,种类单一化,草场严重退化。

(3) 经济因素:不发达的经济条件限制了土地资源生态安全状况的改善。近 16 年来,古浪县的经济有了一定的发展,但仍然是国家级贫困县、经济欠发达地区。2009 年全县国民生产总值是 206 757 万元,人均 GDP 为 5 214 元,低于全国平均水平 7 543 元。贫困问题是古浪县一切问题的根源,虽然政府也加大了对水利灌溉、小流域综合治理等生态环境改善工程的投资力度,但是投入有限,并不能彻底解决土地生态安全问题。

4 结 语

1) 本文采用 PSR 优化模型建立古浪县土地资源生态安全评价指标体系,运用熵权法与综合评价法计算古浪县土地资源生态安全值,研究了古浪县不同时段土地资源生态安全的动态变化,并对结果进行对比分析。结果表明:古浪县由 1995 年的“风险”状态转变为 2009 年的“敏感”状态,土地资源生态安全状况稍有好转。

2) 古浪县在 1995—2009 年间,土地资源生态安全状况稍有好转,但还处于敏感状态。分析认为,特殊的自然地理位置和气候水文条件、不合理的人类活动(乱砍滥伐滥樵等)和土地利用方式(过度放牧、粗放经营等)、不发达的经济条件(投入少、片面追求短期经济效益),是制约该地区生态安全状况好转的主要因素。

3) 改善古浪县土地资源生态安全状况,需要加大资金投入力度,加快生态建设,牢固树立土地生态安全的观念,做好宣传教育工作,使保护土地生态安全的观念深入人心;控制人口增长,缓解人地矛盾,做到人与土地资源的协调共处,为实现土地资源生态安全的可持续发展打下坚实的基础。

参 考 文 献:

- [1] 陈 星,周成虎.生态安全国内外研究综述[J].地理科学进展,2005,24(6):8-20.
- [2] 刘 勇,刘友兆,徐 萍.区域土地资源生态安全评价—以浙江嘉兴市为例[J].资源科学,2004,26(3):69-76.
- [3] 杨京平.生态安全的系统分析[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [4] 吴 未,谢颀颀.中国土地生态安全评价研究进展与展望[J].河北农业科学,2010,14(5):99-102.
- [5] 刘世梁,郭旭东,连 纲,等.黄土高原典型脆弱区生态安全多尺度评价[J].应用生态学报,2007,18(7):1554-1559.
- [6] 高清竹,许红梅,康慈道,等.黄河中游砒砂岩地区生态安全综合评价—以内蒙古古长城流域为例[J].资源科学,2006,28(2):132-139.
- [7] 谢花林.基于 GIS 的典型农牧交错区土地利用生态安全评价[J].生态学杂志,2008,27(1):135-139.
- [8] 陈 芳,王继和,蒋志荣,等.古浪县绿洲边缘植被恢复过程中的土地利用变化特征[J].甘肃农业大学学报,2006,41(3):100-103.
- [9] 魏怀东,丁 峰,高志海.基于遥感和 GIS 的古浪县土地利用及荒漠化动态研究[J].遥感技术与应用,2004,19(5):353-358.
- [10] 古浪县志编撰委员会.古浪县志[M].兰州:甘肃文化出版社,1991—2007.
- [11] 王静爱.中国地理教程[M].北京:高等教育出版社,2007:277-307.
- [12] 中国统计局.中国统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,1996—2010.
- [13] 甘肃省统计局.甘肃年鉴[Z].北京:中国统计出版社,1996—2010.
- [14] 甘肃省统计局.甘肃农村年鉴[Z].北京:中国统计出版社,1996—2010.
- [15] 古浪县统计局.甘肃省古浪县国民经济统计资料[Z].古浪:古浪县统计局,1996—2010.
- [16] 左 伟,王 桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67-70.
- [17] 汤 洁,朱云峰,李昭阳,等.东北农牧交错地带土地资源生态安全指标体系的建立与综合评价[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):119-124.
- [18] 刘书楷,曲福田.土地经济学[M].北京:中国农业出版社,2004:200-202.
- [19] 王 倩,刘学录.基于熵权法的兰州市耕地整理潜力综合评价[J].甘肃农业大学学报,2009,44(6):123-127.
- [20] 杨清芳.古浪县南部山区水土流失成因及治理措施[J].甘肃农业科技,2008,(8):34-36.
- [21] 邸 利,傅志峨,孙鹏举.古浪县沙化土地监测及治理对策研究[J].水土保持研究,2005,12(5):172-174.

(英文摘要下转第 241 页)

- 形态鉴定和 ITS rDNA 分析[J].草原与草坪,2010,30(2):33-36.
- [10] 张俊忠,陈秀蓉,杨成德.东祁连山高寒草地土壤可培养真菌多样性分析[J].草业学报,2010,19(2):124-132.
- [11] 陈文峰,陈文新.我国豆科植物根瘤菌资源多样性及应用基础研究[J].生物学通报,2003,38(7):1-4.
- [12] 杨文权,郭军康,冯春生,等.宁夏豆科植物根瘤菌资源调查及其生态分布[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):176.
- [13] 陈卫民,张执欣,张宏昌,等.甘肃中西部豆科植物根瘤菌多样性调查研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):183-186.
- [14] 韦革宏,龚明福,吕双庆,等.中国帕米尔高原根瘤菌-豆科植物共生资源调查[J].西北植物学报,2005,25(8):1618-1622.
- [15] 赵龙飞,邓振山,杨文权,等.我国西北部分地区豆科植物根瘤菌资源调查研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(6):34-39.
- [16] 张琴,张磊,魏世清,等.钙离子对紫花苜蓿及苜蓿根瘤菌耐酸能力的影响[J].应用生态学报,2007,18(6):1231-1236.
- [17] 侯迎,王乃昂,张学敏,等.基于树轮资料重建祁连山东段冷龙岭 1848 年以来的干湿变化[J].山地学报,2011,29(1):12-18.
- [18] 陈华葵,樊庆笙.中国共生固氮研究五十年[M].南京:南京农业大学出版社,1987.
- [19] 常宗强,王金叶,常学向,等.祁连山林区土壤水分与降水的关系分析[J].西北林学院学报,2001,16(S):22-25.
- [20] 王清忠.祁连山(中段)森林景观空间结构及其质量变化特征的研究[D].甘肃:甘肃农业大学,2007.
- [21] 薛晓娟,李英年,张法伟,等.祁连山冷龙岭南麓垂直带植被移地试验中鹅绒委陵菜克隆生长特征[J].西北植物学报,2009,29(10):2070-2075.
- [22] 王卫卫,胡正海.几种生态因素对西北干旱地区豆科植物结瘤固氮的影响[J].西北植物学报,2003,23(7):1163-1168.

Investigation of rhizobium resources of leguminous plants in partial regions of Qilian Mountains

XU Lin^{1,2}, LIU Xian-de³, ZHANG Yong², ZHANG Fen-qing², WEI Ge-hong¹

(1. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. Department of Biology, Hexi College, Zhangye, Gansu 734000, China;

3. Institute of Water Resource Conversation Forest in Qilian Mountains, Zhangye Gansu, 734000, China)

Abstract: An investigation was made on the nodule and nitrogen fixation resources of wild leguminous plants in partial regions of Qilian Mountains, in order to provide valuable germplasm resources of rhizobial for agricultural production and ecological environment construction. Totally 427 nodule samples belonged to 9 genera and 32 species were collected. The results showed: (1) The most nodules were yellow or brown, spherical or claviform and coralliform, distributed on lateral root or fibre. (2) The ecological factors especially the landform, the humidity and fertility of soil were important factors that affected the nodulation.

Keywords: Qilian Mountains; leguminous plants; rhizobium resources; ecological factors

(上接第 199 页)

Evaluation of ecological security of land resources in arid areas of Northwest China

—A case study of Gulang County in Gansu Province

YANG Qian-qian, CHEN Ying, JIN Sheng-xia, ZHAO Jia-qi

(College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Based on research achievement on ecological security of land resources, choosing Gulang County in Gansu Province as research region, combining optimized PSR frame and land use structure in arid area in Northwest China, the index system of evaluation on ecological security of land resources in Gulang County was established. Ecological security indexes of land resources were calculated by entropy method and colligate grade, and dynamic diversification of ecological security of land resources in different period of time was studied. The results indicate that the ecological security of land resources has been improved since 1995, but is still in an alarm state.

Keywords: ecological security of land resources; optimized PSR frame; entropy method; Gulang County