

引用格式: 祖海琴, 赵翠薇. 喀斯特槽谷区耕地利用集约度空间分异及影响因素——以贵州省朗溪槽谷为例 [J]. 山地学报, 2021, 39(3): 415-428.

ZU Haiqin, ZHAO Cuiwei. Spatial differentiation and influencing factors of cultivated land use intensity in karst trough area: a case study of the Langxi valley in Guizhou province, China [J]. Mountain Research, 2021, 39(3): 415-428.

喀斯特槽谷区耕地利用集约度空间分异及影响因素 ——以贵州省朗溪槽谷为例

祖海琴¹, 赵翠薇^{1,2*}

(1. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001; 2. 喀斯特山地生态环境保护与资源利用协同创新中心, 贵阳 550001)

摘要: 研究耕地集约利用对于解决耕地高效利用问题意义重大。喀斯特槽谷区耕地稀缺、经济发展诉求强烈, 从微观尺度以农户视角对地形复杂且经济欠发达的喀斯特地貌区开展耕地集约利用研究较为匮乏。本研究以贵州省朗溪槽谷为例, 基于农户调查数据, 分别测度耕地利用价值形态和实物形态的集约度并分析其空间分异特征, 运用岭回归模型探究不同地貌部位耕地利用集约度的影响因素。结果表明: (1) 价值形态的耕地利用集约度空间差异显著, 不同地貌部位耕地利用集约度由大到小依次为谷顶、谷底、谷坡。其中, 劳动集约度空间分布特征与其一致, 资本集约度谷底最大、谷坡最小, 谷顶的耕地利用集约度平均值为 $71\,739.85\text{元}\cdot\text{ha}^{-1}$, 谷底为 $66\,751.78\text{元}\cdot\text{ha}^{-1}$, 谷坡为 $25\,015.80\text{元}\cdot\text{ha}^{-1}$ 。(2) 实物形态的肥料投入, 谷坡最少; 有机肥投入比例不断增加。(3) 不同地貌部位的耕地利用集约度影响因素存在差异: 谷底主要是家庭劳动力平均年龄、家庭总收入、二三产业收入、劳均耕地面积、经济作物播种面积比重、家庭机械拥有台数; 谷坡为家庭总收入、劳均耕地面积、家庭机械拥有台数; 而谷顶为家庭劳动力平均年龄和离集镇的距离。耕地总面积、农业政策补贴是共同影响因素。研究结论可为优化槽谷区土地利用格局、促进生态和社会经济协调发展提供依据。

关键词: 耕地利用集约度; 农户; 岭回归模型; 喀斯特槽谷; 朗溪槽谷

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

耕地是与人类生存发展关系最为密切的土地资源^[1-2], 具有食物供给、环境保护和生态服务等多种功能^[3], 耕地数量和质量的下降, 直接威胁粮食安全^[4-5]。耕地集约化利用是提高产出、解决粮食问题的有效途径, 但长期高强度的耕作又会对生态环境产生负面效应。合理的耕地集约利用备受关注。

集约利用度可用来表征耕地集约利用水平^[7]。学者围绕耕地集约利用测算方法^[8]、内在机理及驱动机制^[9]、时空分异^[10-11]等进行了研究。从测算

单元上看, 宏观尺度研究多集中在省域^[12]、县域^[11,13]、乡镇^[14]等; 微观层面上, 主要在农户^[7,9]和地块尺度^[15]进行。耕地集约利用的本质正是农户遵循效益最大化的要素配置理念^[7,9], 且农户作为耕地的利用主体, 从农户视角分析逐渐成为当前研究重点^[16-17]。因研究目的不同, 学者分别从产出、投入、价值、实物及综合等方面进行耕地集约度的测度^[8,18], 采用价值形态法^[19]、能值法^[11]、以及实物形态和综合指标相结合的方法^[20]。价值形态指标

收稿日期 (Received date): 2020-09-23; 改回日期 (Accepted date): 2021-03-21

基金项目 (Foundation item): 国家重点研发计划项目 (2016YFC0502300)。[National Key Research and Development Program of China (2016YFC0502300)]

作者简介 (Biography): 祖海琴 (1995-), 女, 贵州威宁人, 硕士研究生, 主要研究方向: 土地利用与规划。[ZU Haiqin (1995-), female, born in Weining, Guizhou province, M. Sc. candidate, research on land use and planning] E-mail: 2842752425@qq.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 赵翠薇 (1968-), 女, 博士, 教授, 主要研究方向: 土地管理与资源开发。[ZHAO Cuiwei (1968-), male, Ph. D., research on land management and resource development] E-mail: 972487901@qq.com

量纲统一,利于进行对比,实物形态指标则较为直观地解释内部组成部分^[17]。影响因素分析采用线性回归模型较多^[17,21]。普通多元线性回归模型要求数据间具有独立性,而岭回归模型对存在较强相关性数据的容忍程度远高于普通回归模型,由此获得回归系数更符合实际的方程^[22]。

地貌作为影响丘陵山区耕地利用的重要因素,研究表明平原、丘陵和山地等宏观地貌类型区的耕地集约利用水平有显著差异^[23],然而,针对微观尺度下不同地貌区的耕地集约利用的差异,尤其是农户视角下地形复杂,经济欠发达喀斯特槽谷地貌耕地利用有怎样的规律特征,已有研究鲜有给出明确回答。喀斯特槽谷区自然条件垂直分异大,耕地资源匮乏的同时坡耕地占比大且细碎^[24],石漠化严重,生态保护和经济发展的矛盾极其尖锐^[25-26],是研究耕地集约利用与自然、社会经济状况协调性的代表性区域。贵州省印江土家族苗族自治县(以下简称印江县)喀斯特地貌分布广泛,经济发展水平较低。本研究选取典型的喀斯特向斜槽谷——朗溪槽谷为研究区,以农户调查数据为基础,分别测度价值形态和实物形态的耕地利用集约度,运用 GIS 技术及岭回归模型,对比分析槽谷区不同地貌部位耕地利用集约度及影响因素,揭示槽谷区耕地利用集约的空间分异规律,为缓解人地矛盾、助力乡村振兴

及优化喀斯特山区土地利用格局提供科学支撑和参考范例。

1 研究区概况

朗溪槽谷地处贵州省印江县东部,距县城约 10 km,土地总面积 146.21 km²。槽谷海拔为 470 ~ 1470 m,碳酸盐岩和碎屑岩交替出露,垂直分异明显,底部和顶部地势较平坦,土层深厚;两侧谷坡地势较陡,基岩裸露,石漠化严重。2019 年槽谷耕地面积 3862.56 ha,占总面积的 26.40%,人口约 2.63 万,人均耕地面积 0.15 ha。自然条件的差异成为不同土地利用方式的基础,谷底以蔬菜大棚、苗圃和精品果园为主,两侧谷坡主要有经果林、耕地和针叶林,谷顶以茶园、中药材和烤烟种植为主,初步形成“山上茶园、山腰果园、山麓菜园、山下菌园”的土地利用模式。但这种土地利用模式的耕地集约利用程度如何、资源要素配置是否合理等问题尚不清晰,故分别在谷底(2 个)、谷坡(4 个)和谷顶(1 个)选取村庄(7 个)进行研究(图 1、表 1)。

槽谷底部地势较低、坡度平缓,河西村平均海拔 679 m,主要种植果树、苗圃,以庭院经济带动乡村旅游发展;昔卜村以培育果苗及发展精品水果为特色。谷坡的 4 个村庄均以种植传统的水稻、玉米、薯类为

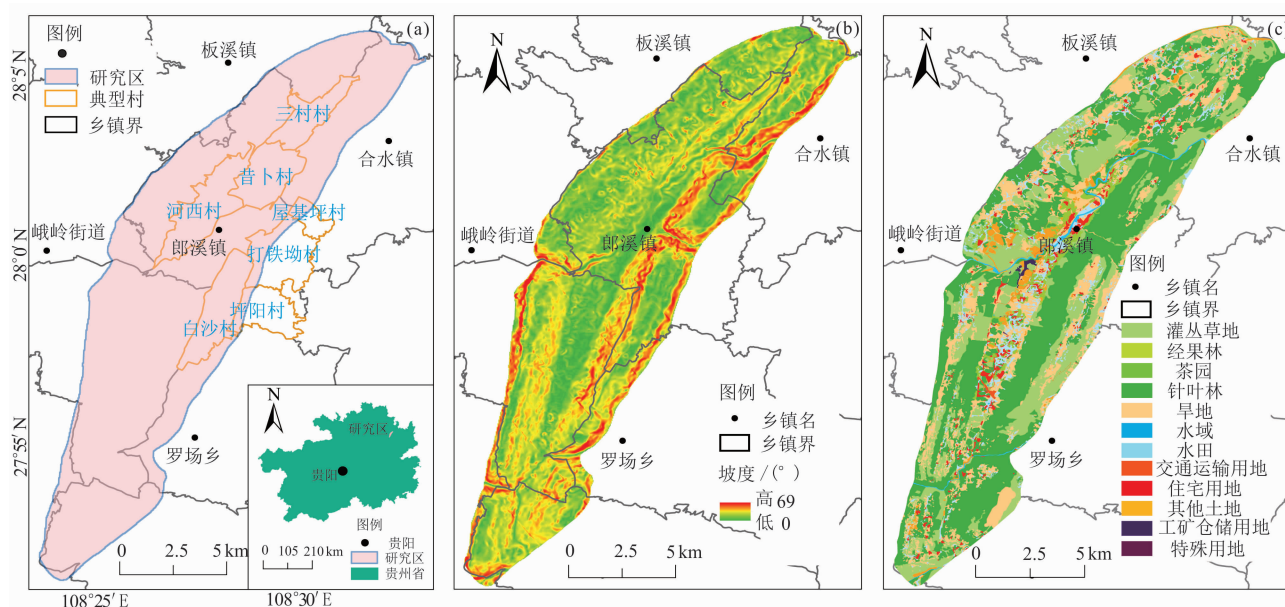


图 1 研究区示意图:(a)研究区位置;(b)研究区坡度;(c)研究区 2019 年土地利用现状

Fig. 1 Schematic diagram of the study area: (a) location; (b) slope; (c) land use in 2019

表 1 典型村庄基本情况
Tab. 1 Basic information of typical villages

典型村	村域面积/ km ²	平均海 拔/m	槽谷 位置	户均耕地 面积/ha	交通区位条件	主要种植情况	主要养殖 情况	从事二三产业 劳动力比例/%
河西村	8.01	679.78	谷底	0.10	距镇政府 0.5 km,304 省道两侧,村 级道路连接,交通便利。	红香柚、保健柑、 苗圃、蔬菜大棚	生猪、蜂	22.61
昔卜村	5.95	718.62	谷底	0.10	距镇政府 3km,304 省道两旁分布, 村级道路连接,交通便利。	红香柚、保健柑、 苗圃、蔬菜大棚	生猪	23.25
三村村	4.73	775.50	谷坡	0.19	距镇政府 5 km,距 304 省道、印江高 速 4 km,交通较便利。基础设施、水 利设施有待完善。	水稻、红香柚、保 健柑、玉米	生态猪、 蛋鸡	25.37
打铁坳村	7.43	812.48	谷坡	0.16	距镇政府 3.5 km,印江高速两侧,交 通较便利。村级公路和农田水利设 施网络有待完善。	水稻、玉米、苗圃	水产	27.62
屋基坪村	1.89	796.57	谷坡	0.17	距镇政府 5 km,304 省道附近,交通 较为便利。农田水利设施待完善。	水稻、玉米、土豆	水产、生猪	27.80
坪阳村	4.86	866.19	谷坡	0.18	距镇政府 6 km,距离 304 省道、印江 高速较远,交通较便利。	水稻、玉米、辣椒	生猪	26.83
白沙村	7.18	1237.58	谷顶	0.26	距镇政府 14 km,唯一一条村级公 路,道路窄、坡度大,交通条件差。	茶叶、中药材、烤 烟	无	31.23

注:数据来源于 2019 年暑假 15 天的农户调查及朗溪镇政府工作报告。

主,其中三村村还发展了经果林、养殖生态猪和蛋鸡;打铁坳村和屋基坪村种植少量的水果和蔬菜;坪阳村人均耕地少,坡耕地比例最大。槽谷西侧顶部的白沙村,平均海拔 1237 m,地势平坦但水资源短缺,主要种植茶叶、烤烟及中药材。

农户人口构成的年龄上,20 岁以下家庭成员比例,谷底、谷坡与谷顶分别占 26.19%、23.53% 和 17.24%;劳动力人数谷底最高,谷坡最低,分别占 61.90% 和 48.87%;老龄人口谷顶最高,谷底最低;受教育程度谷底和谷坡以初中为主,分别占 42.19%、44.27%,谷顶以小学为主,占 34.48%;谷底在家务农人数均多于外出务工人员,谷顶则相反;外出务工人员男性多于女性(表 2)。总体来看,谷底劳动力人口较多且受教育程度较高,谷坡和谷顶多为留守老人,人口空心化、房屋空废化严重。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

朗溪槽谷区 DEM(数字高程模型 30 m × 30 m)由 ALOS 网站下载(https://search.asf.alaska.edu/),2019 年 OLI 遥感影像由地理空间数

据云获取(http://www.gscloud.cn/)。采用 ArcGIS 10.2 对影像进行几何校正、配准和裁剪等预处理后进行人工目视解译,分类标准参照 2017 年全国土地利用分类体系,将研究区划分为 12 个地类。2019 年 8 月分别在谷地北部、中部和南部,选取从谷底到谷顶的 3 条剖面线进行地类的野外核查,获得土地利用现状图(图 1)。农户数据由问卷调查取得,按照全村总户数的 5% 进行随机抽样,总体样本户数为 114(表 3)。共发放问卷 114 份,收回有效问卷 105 份,问卷回收率为 92.10%。问卷内容包含农户家庭基本情况、耕地利用状况(面积、作物种类及产量、种子投入、肥料及劳动力投入、牲畜种类和数量)、农业机械使用、家庭收入和支出等方面。

2.2 耕地利用集约度测算

2.2.1 价值形态测度

耕地利用集约度测算方法有多种^[18],其中,投入测度作为集约度的基本测度,其反映的是耕地利用系统中的资源配置状况。借鉴德国农业经济学家 Brinkmann 的价值测度形式^[8],将耕地利用综合集约度界定为单位面积上资本和劳动力投入的费用总和,包括资本集约度和劳动集约度。公式如下:

表 2 典型村农户基本情况
Tab. 2 Basic information of farmers in typical villages

		谷底		谷坡				谷顶
		昔卜村	河西村	三村村	打铁坳村	屋基坪村	坪阳村	白沙村
年龄构成	0 ~ 20 岁	34	10	4	29	1	18	5
	20 ~ 30 岁	25	5	1	13	6	9	4
	30 ~ 40 岁	18	3	6	5	1	5	5
	40 ~ 50 岁	11	8	4	13	2	13	3
	50 ~ 60 岁	32	2	3	9	5	13	3
	> 60 岁	17	3	21	23	4	13	9
教育水平	学龄前	21	4	15	25	3	23	6
	小学	47	9	13	27	8	17	10
	初中	48	9	8	27	5	16	5
	高中/中专	9	5	2	9	1	13	5
	大学/高职	12	4	1	4	2	2	3
在家务农人数	男性	30	6	7	21	4	17	5
	女性	27	8	14	20	5	18	3
外出务工人数	男性	24	4	6	18	5	13	8
	女性	15	4	5	11	5	4	6

注:数据来源于 2019 年暑假 15 天的农户调查;根据当地实际情况,劳动年龄界定为 20 ~ 60 岁。

表 3 农户调查样本分布情况
Tab. 3 Distribution of samples in farmer survey

典型村	全村 总户数	调查 户数	样本占全村总 户数的比例/%	调查总人数		调查 总人数
				男性	女性	
河西	730	7	0.95	15	16	31
昔卜	544	30	5.50	34	31	65
三村	283	13	4.60	22	14	36
打铁坳	581	18	3.10	54	40	94
屋基坪	122	14	11.48	13	5	18
坪阳	374	17	4.55	40	33	73
白沙	132	15	11.36	8	5	13
合计	2766	114	—	—	—	330

$$I = (A + K) / F \tag{1}$$

式中, I 为耕地利用集约度(元·ha⁻¹); A 为资本投入(元); K 为劳动力投入(元); F 为农户耕地面积(ha)。其中,资本投入包括种子、农药、化肥、有机肥、地膜、小型农机等生产资料的费用总和;劳动投入为农户自身及雇工所产生的费用,劳动日工价、雇佣人数及劳动工时根据《2019 全国农产品成本收益

资料汇编》数据结合实地调研获得。

2.2.2 实物形态测度

耕地投入的实物形态指使用千克、升等实物计量单位对投入进行核算^[20]。因仅获得比较详实的肥料投入量数据,参考张福锁^[27]等《中国主要作物施肥指南》,将投入的化肥和有机肥进行折纯计算后累加,得到投入肥料的折纯量。

计算公式如下:

$$W = W_{\text{Fer}} + W_{\text{Org}} \tag{2}$$

$$W_{\text{Fer}} = \sum^n (W_{\text{Fer}_i} \times s_i) / S \tag{3}$$

$$W_{\text{Org}} = \sum^n (W_{\text{Org}_i} \times s_i) / S \tag{4}$$

式中, W 、 W_{Fer} 、 W_{Org} 分别为单位耕地面积的肥料、化肥、有机肥的投入量(kg·ha⁻¹); W_{Fer_i} 、 W_{Org_i} 分别为第 i 种作物的化肥和有机肥投入(kg·ha⁻¹); s_i 、 S 分别为第 i 种作物种植面积和耕地总面积(ha); n 为农户当年播种的作物种类数。

朗溪槽谷农户投入的化肥主要是尿素和复合肥,有机肥投入以鸡粪、豆粕、猪粪为主。95% 的农户施用三元复合肥,其氮(N)磷(P₂O₅)钾(K₂O)有

效成分比例为 17:23:5,为方便计算,农户施用的化肥养分含量按照三元复合肥的比例计算;有机肥主要来源于三村村蛋鸡养殖场的鸡粪,少部分农户施用猪粪,农户施用的有机肥多简单发酵后使用,故采用各类有机肥鲜基养分含量进行折纯计算^[31],计算结果可能略高于实际情况,但能基本反映有机肥的施用水平。

2.3 耕地利用集约度影响因素分析

2.3.1 影响因素的确定

参照已有研究^[15,17,21]并结合研究区实际,从农户人口特征、收入水平、资源禀赋、地理区位、政策环境等 5 个方面,选取 12 个指标作为耕地利用集约度的影响因素(表 4)。

2.3.2 模型构建

普通线性回归模型要求数据具有独立性,岭回归模型对数据的相关性容忍能力较强,无需对相关性的数据进行剔除处理,能够针对性地解决数据的共线性问题。首先将选取的 12 个指标作为自变量,耕地利用综合集约度为因变量,建立普通多元线性回归模型,其公式为:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}x_{1it} + \beta_{2i}x_{2it} + \cdots + \beta_{12i}x_{12it} \quad (5)$$

$\hat{\beta}_{(k)} = (xx' + kI)^{-1}x'y$ ($k > 0$ 为岭参数) (6)
式中, Y_{it} 为某地貌部位第 t 年的耕地利用集约度; $i = 1, 2, 3$ 分别为谷底、谷坡和谷顶; $t = 1, 2, 3, \cdots, 12$; $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \cdots, \beta_{12i}$ 为自变量 $x_{1it}, x_{2it}, x_{12it}$ 的回归系数; β_{0i} 为常数项; $\hat{\beta}_{(k)}$ 为 β 的岭估计; kI ($k > 0$) 为正常数矩阵。

运用 SPSS 软件进行初步分析时,岭回归模型首先会对全部变量进行标准化处理,若自变量、因变量间存在显著相关,则采用岭回归模型进行岭参数估计。

3 结果分析

3.1 价值形态集约度空间分异特征

3.1.1 耕地利用综合集约度

根据式(1)计算得到耕地利用的资本集约度、劳动集约度及综合集约度。结果显示,价值形态的耕地利用集约度存在显著的空间差异,集约度水平由大到小依次为谷顶、谷底、谷坡。其中,谷顶为 71 739.85 元·ha⁻¹,谷底为 66 751.78 元·ha⁻¹,谷坡为 25 015.81 元·ha⁻¹(表 5、图 2)。

表 4 耕地利用集约度影响因素指标体系
Tab. 4 Index system of influencing factors of cultivated land use intensity

类型	解释变量	变量含义	符号
家庭人口特征	劳动力数量	非劳动力(包括年幼的儿童、年纪较大无劳动力的老年人、适龄劳动力但因各种先后天原因丧失劳动力的)赋值为 0;半劳动力(包括可以做简单农活的老人、小孩及因先后天原因缺乏全劳动能力的人)赋值为 0.50;全劳动力(能正常干农活)赋值为 1	X_1
	劳动力健康状况	健康 = 1;一般 = 0.80;差 = 0.30;很差 = 0	X_2
	劳动力平均年龄	参加农业生产活动的劳动力年龄的均值	X_3
	劳动力受教育平均水平	文盲或学龄前 = 0;小学 = 0.25;初中 = 0.50;高中(中专) = 0.75;大学及以上 = 1	X_4
收入水平	家庭总收入	家庭收入总和/万元	X_5
	二三产业收入	家庭从事二三产业工资性收入总和/万元	X_6
资源禀赋	耕地总面积	家庭实际耕种耕地面积/ha	X_7
	劳均耕地面积	家庭耕种耕地面积除以家庭劳动力数量/ha	X_8
	经济作物播种面积比重	家庭经济作物播种面积除以总播种面积/%	X_9
	家庭农业机械拥有台数	家庭拥有农业机械/台,如:微耕机、喷雾机等	X_{10}
地理区位	离集镇的距离	农户居住村庄距最近集镇的距离/km	X_{11}
政策环境	农业生产补贴	当地政府或公司直接或间接补贴农户用于农业生产的费用总和/万元	X_{12}

表 5 谷底、谷坡及谷顶耕地集约度比较

Tab.5 Comparison of intensive degree of cultivated land at valley bottom, valley slope and valley top

地貌部位	典型村	资本集约度/ (元·ha ⁻¹)	劳动集约度/ (元·ha ⁻¹)	各村耕地利用集 约度/(元·ha ⁻¹)	不同地貌部位耕地利用 集约度/(元·ha ⁻¹)	不同地貌部位 资本集约度占比/%	不同地貌部位劳动 集约度占比/%
谷底	河西	14 305.13	53 337.63	67 642.76	66 751.78	22.08	77.92
	昔卜	15 178.02	50 682.77	65 860.79			
谷坡	三村	4575.15	9974.02	14 549.16	25 015.80	18.34	81.66
	打铁坳	4727.56	28 065.74	32 793.30			
	屋基坪	4135.54	7445.60	11 581.14			
	坪阳	4915.52	36 224.12	41 139.64			
谷顶	白沙	11 985.76	59 754.09	71 739.85	71 739.85	16.71	83.29
研究区	—	8546.10	35 069.14	43 615.23	—	19.59	80.41

总体来看,槽谷农户的土地利用以劳动投入为主,劳动投入占总投入的 77% 以上,资本投入比例不到 30%。一方面,较低的经济发展水平制约了资

本投入能力,印江县属于原武陵山集中连片特困地区,2019 年才实现脱贫摘帽,2019 年农民人均可支配收入为 9843 元,低于贵州省平均 10 756.30 元。资本投入主要为必须的生产资料,农业机械、农田水利建设等投入少,农业机械化水平低,农机的劳动替代弱;另一方面,农业收入在家庭总收入中比重下降,也影响农户的投入积极性。

不同地貌部位的投入构成来看,谷顶的劳动投入占比最大,谷底最小,分别为 83.29% 和 77.92%;谷底的资本投入比例最大,占 22.08%,谷顶最小,为 16.71%。谷底耕地坡度较缓、耕地质量较高、交通便利、外出务工人员少、农业劳动力较为充足。谷顶耕地质量较高,但交通条件差、缺水严重、村庄空心化程度高,只有少数老人居住,土地以公司或大农户经营为主,茶叶采摘、烤烟收割等农忙季节需要雇佣大量劳动力,劳动力成本大大高于谷底和谷坡。谷坡耕地破碎、石漠化严重,土地自然条件差、产出低,青壮年基本上都外出务工,土地利用投入少。

3.1.2 资本集约度

农户耕地的资本集约度空间差异较大(图 3)。谷底村庄的资本投入为 14 305.13 ~ 15 178.02 元·ha⁻¹,平均为 14 741.58 元·ha⁻¹,谷坡 4 个村投入为 4135.54 ~ 4915.52 元·ha⁻¹,平均投入为 4588.44 元·ha⁻¹,谷顶为 11 985.76 元·ha⁻¹(表 5)。差异原因是土地资源差异导致农作物品种和耕种模式的差异,从而使农户投入的必要生产资料不同(图 4)。总体来看,谷底和谷顶的投入占总投入最大,谷坡占总投入最少。谷顶、谷坡和谷底各生

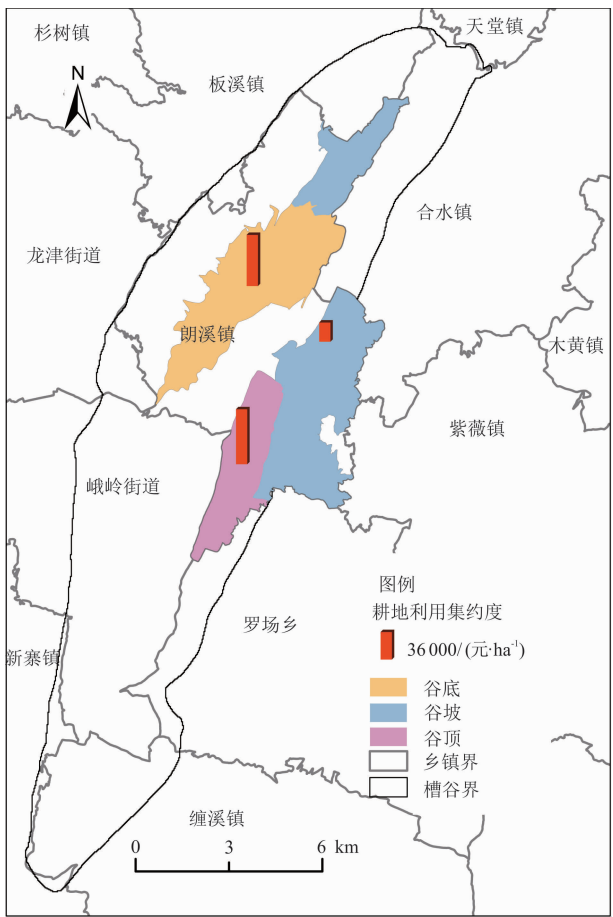


图 2 不同地貌部位耕地利用集约度
Fig.2 Intensity of cultivated land use at different landform positions

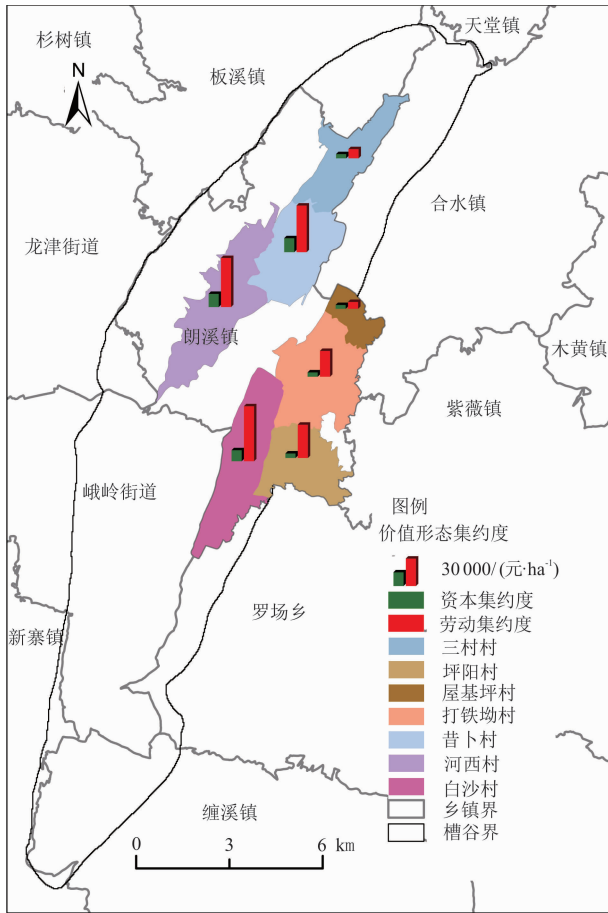


图3 典型村农户价值形态集约度

Fig.3 Intensive degree in value form for farmers in typical villages

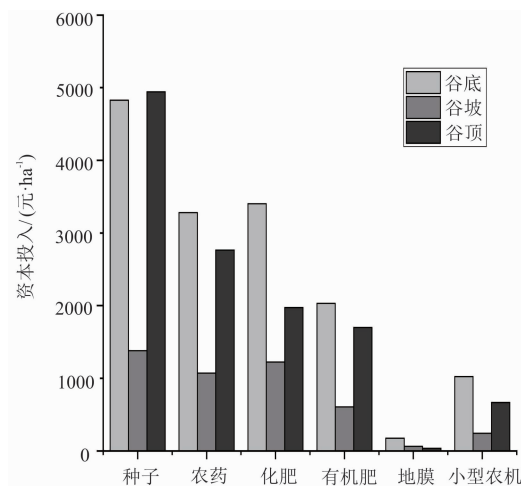


图4 不同地貌部位资本集约度

Fig.4 Capital intensity degree at different landform positions

产资料差异大,其中,种子投入谷顶最大,谷坡最小;农药、化肥及小型农机的投入谷底最多,谷坡最少;地膜投入占总投入最少,谷底和谷坡最多,谷顶最少。谷底和谷顶投入差异最大的是化肥,其余依次

为小型农机、农药、有机肥和地膜。

3.1.3 劳动集约度

劳动集约度存在显著的空间差异,劳动集约度在空间上呈现顶部、底部高,两侧低的特点。谷底2个村的劳动集约度分别为 $50\ 682.77\ \text{元} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、 $53\ 337.63\ \text{元} \cdot \text{ha}^{-1}$,平均投入为 $52\ 010.20\ \text{元} \cdot \text{ha}^{-1}$;谷坡劳动集约度为 $7445.60 \sim 36\ 224.12\ \text{元} \cdot \text{ha}^{-1}$,平均为 $20\ 427.37\ \text{元} \cdot \text{ha}^{-1}$,谷顶则为 $59\ 754.09\ \text{元} \cdot \text{ha}^{-1}$ (表5)。总体来看,三个地貌部位以劳动力投入为主且占总投入的75%~85%,其中谷坡和谷顶劳动力投入占比相当,但谷顶最大,占83.29%,谷底劳动力投入最小,占77.92%(图5)。

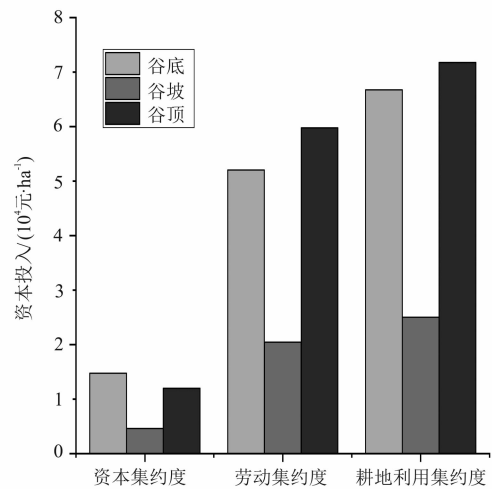


图5 价值形态耕地利用集约度

Fig.5 Intensity of cultivated land use in value form

3.2 实物形态集约度空间分异特征

朗溪农户投入的肥料包括有机肥和化肥,资本投入中,肥料投入占34.45%,在各项投入中占比较大且获得数据较为详实,故以肥料投入测度实物形态的耕地利用集约度。谷底38户中15户施用有机肥,谷坡53户中10户施用有机肥,谷顶均为有机肥和化肥混用。根据式(2)、(3)、(4)计算得到肥料折纯量。

其中,谷底农户化肥施用量多,为 $500 \sim 1100\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,有机肥为 $200 \sim 800\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,谷底约39%农户只施用化肥;谷坡19%农户只施用有机肥,81%农户使用两种肥料,化肥为 $280\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、有机肥为 $200\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 左右;谷顶农户均施用两种肥料,化肥使用量约 $525\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 左右,有机肥约

500 ~ 1000 kg · ha⁻¹ (表 6)。

表 6 农户耕地肥料平均投入水平
Tab. 6 Average input level of fertilizer in cultivated land of farmers

地貌 部位	样本数	肥料折纯量/(kg · ha ⁻¹)		
		化肥	有机肥	合计
谷底	38	753.95	467.57	1221.52
谷坡	53	481.80	146.59	628.39
谷顶	14	755.83	442.64	1198.47

各地貌部位实物形态的农户耕地利用集约度空间差异显著。谷底的肥料投入最高,谷顶次之,谷坡最低,分别为 1221.52 kg · ha⁻¹、628.39 kg · ha⁻¹、1198.47 kg · ha⁻¹。农户投入的肥料主要为化肥,化肥投入比例占肥料投入的 60% 以上,尤其谷坡投入化肥比例最高,达 76.67%。谷坡有机肥投入少,谷底和谷顶的有机肥投入为谷坡的 3 倍以上。化肥使用方便且肥效快,但长期使用会导致土壤板结等

问题,也会影响作物品质,有机肥使用生产成本较高且施用不便,谷顶、谷底和谷坡有机肥施用的差别,说明耕地质量较高的农户,对耕地生产作物种植更为关注(图 6)。

3.3 耕地利用集约度影响因素分析

采用价值形态的耕地利用集约度为因变量,12 个指标做自变量,运用 SPSS 22.0 软件做回归分析。因多重共线性的存在会使回归模型不稳定,首先检验影响因素指标间的 *T - VIF* 值,当数据间存在共线性时,进行岭回归分析。以谷底为例,由表 7 可知,*VIF* 大于 10 的有 4 个变量,故采用岭回归分析。当岭迹图趋于稳定时,以最小岭参数值作为最佳选择值。根据图 7,选取 *K* = 0.20 时的岭参数值进行岭回归分析,谷坡和谷顶的模型拟合过程与谷底相同且 *VIF* 值均有大于 10 的现象,故均采用岭回归模型(表 8)。结果显示,当 *K* 值分别取 0.10 和 0.03 时,谷坡和谷顶的拟合效果最佳。经岭回归 ANOVA 检验后 *p* 值(*sig* 值)均小于 0.05,调整后的 *R*² 分别

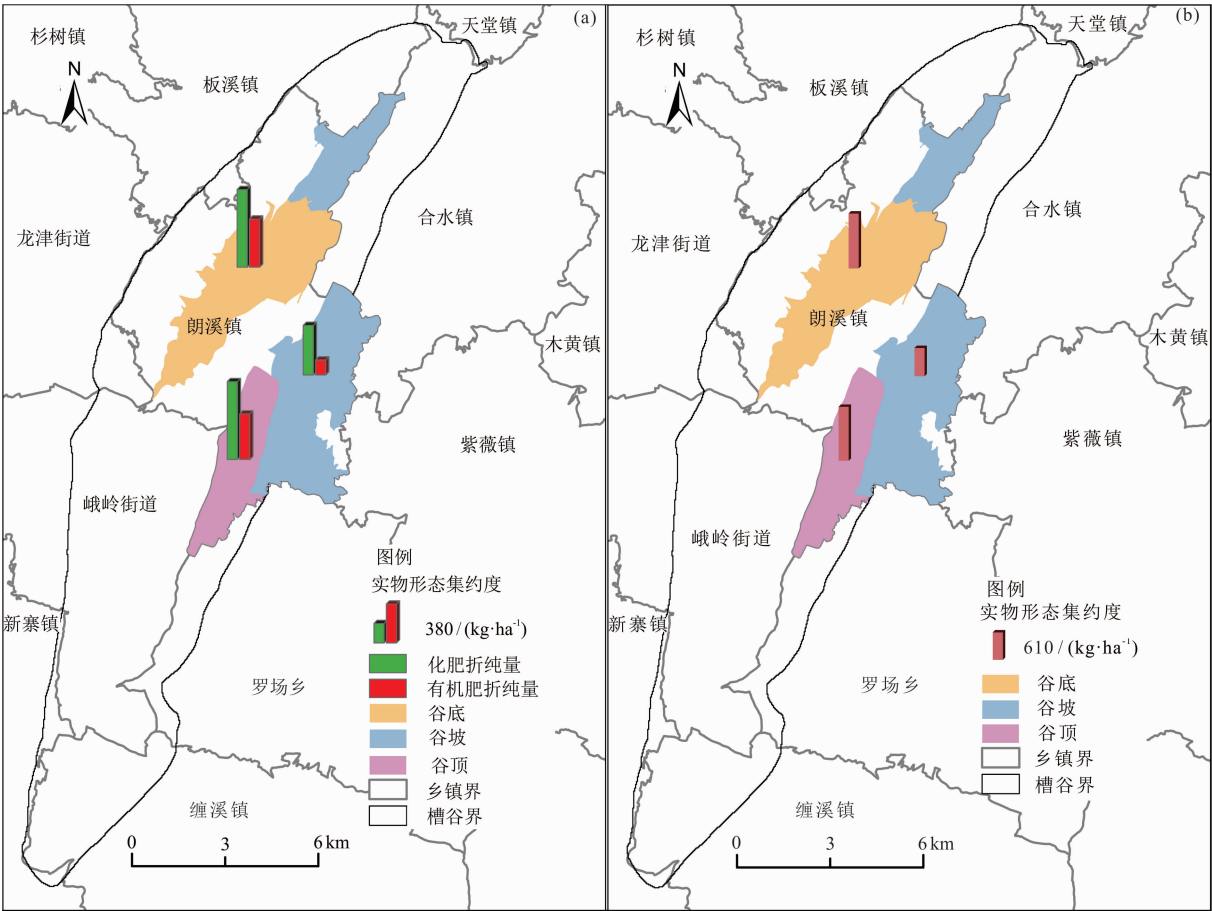


图 6 肥料平均投入水平:(a)化肥和有机肥平均投入;(b)总体投入
Fig. 6 Average input level of fertilizer: (a) chemical fertilizer and organic fertilizer; (b) overall investment level

表 7 谷底耕地利用集约度与影响因素的 $T-VIF$ 检验

Tab. 7 $T-VIF$ test of cultivated land use intensity and influencing factors in valley bottom

$T-VIF$ 值	变量											
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
T	0.35	-0.19	-1.41	-0.93	-0.57	0.33	1.80	1.67	-0.73	-0.59	-1.06	0.78
VIF	6.01	5.95	2.89	3.03	59.05	2.95	522.36	509.18	1.47	4.14	1.59	41.97

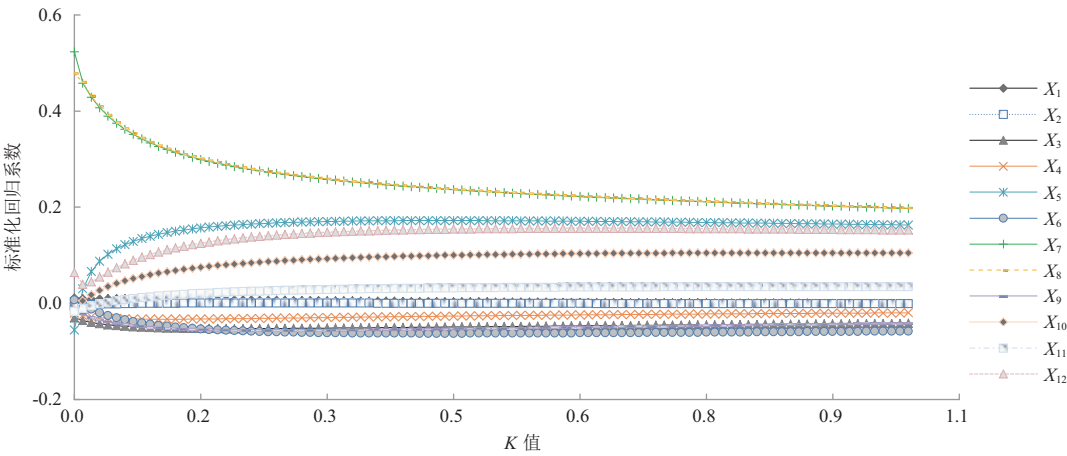


图 7 谷底耕地利用集约度驱动因素的岭迹图

Fig. 7 Ridge diagram of driving factors of cultivated land use intensity at valley bottom

表 8 槽谷各部位耕地利用集约度影响因素岭回归结果

Tab. 8 Ridge regression results of influencing factors of cultivated land use intensity at different geomorphic positions

影响因素	谷底		谷坡		谷顶	
	回归系数	p	回归系数	p	回归系数	p
家庭劳动力数量(X_1)	0.007 (-0.283)	0.780	0.038 (-1.901)	0.065	-0.380 (-1.539)	0.148
劳动力健康状况(X_2)	0.000 (-0.014)	0.989	0.022 (-1.128)	0.266	0.289 (-1.710)	0.111
劳动力平均年龄(X_3)	-0.052 (-2.127*)	0.044*	0.015 (-0.780)	0.440	0.037 (2.475*)	0.028*
劳动力受教育平均水平(X_4)	-0.032 (-1.251)	0.223	-0.026 (-1.218)	0.230	-0.072 (-0.376)	0.713
家庭总收入(X_5)	0.164 (10.011**)	0.000**	0.246 (18.599**)	0.000**	0.052 (-1.253)	0.232
二三产业收入(X_6)	-0.058 (-2.368*)	0.026*	-0.034 (-1.844)	0.073	0.063 (-1.131)	0.279
耕地总面积(X_7)	0.281 (19.218**)	0.000**	0.319 (25.736**)	0.000**	1.440 (5.377**)	0.000**
劳均耕地面积(X_8)	0.282 (19.217**)	0.000**	0.246 (16.345**)	0.000**	-0.845 (-1.076)	0.301
经济作物播种面积比重(X_9)	-0.057 (-2.623*)	0.015*	0.019 (-1.277)	0.209	0.681 (-1.792)	0.096
家庭农机拥有台数(X_{10})	0.083 (3.282**)	0.003**	0.054 (2.507*)	0.016*	-0.008 (-0.037)	0.971

续表 8

影响因素	谷底		谷坡		谷顶	
	回归系数	<i>p</i>	回归系数	<i>p</i>	回归系数	<i>p</i>
离集镇的距离 (X_{11})	0.024 (-1.080)	0.291	0.003 (-0.219)	0.828	0.264 (3.665**)	0.003**
农业生产补贴 (X_{12})	0.136 (7.050**)	0.000**	0.135 (5.946**)	0.000**	0.144 (8.124**)	0.023**
R^2	0.984	—	0.990	—	0.936	—
调整 R^2	0.976	0.986	0.876			

注：*、**分别表示在 5% 和 1% 的统计水平上显著,括号里面为 *t* 值。

为 0.976、0.986、0.876,岭回归模型拟合效果都达到预期。限于篇幅,谷坡和谷顶的检验过程及岭迹图不再一一展示。

岭回归结果显示,谷底耕地利用集约度的影响因素依次为家庭劳动力平均年龄、家庭总收入、二三产业收入、耕地总面积、劳均耕地面积、经济作物播种面积比重、家庭机械拥有台数、农业生产补贴;谷坡是家庭总收入、耕地总面积、劳均耕地面积、家庭机械拥有台数、农业生产补贴;谷顶为家庭劳动力平均年龄、耕地总面积、农业政策补贴、离集镇的距离。

谷底家庭劳动力平均年龄与耕地利用集约度成负相关,谷顶成正相关。谷底耕地劳动力投入以家庭劳动力为主,随着年龄增长,农业劳动能力降低,耕地劳动集约度下降;谷顶因交通不便,异地扶贫搬迁后村子只有少数老年人居住,农业劳动力以雇佣为主,从事农业劳动的以老龄劳动力居多。家庭总收入对谷底和谷坡农户耕地利用集约度均为促进作用,收入增加,投入能力强,投入也就增大,耕地利用集约度提高。但谷底的二三产业收入与耕地利用集约度成负相关,依据“经济人”理论,假设农户为经济人,农户投资需要对比投入产出效率,二三产业收入增加不仅意味着农户收入对耕地的依赖性降低,耕地投入积极性减小;并且,村民利用便利的交通条件、美好的乡村景观,开展农家乐等乡村旅游活动,投入见效快,故更多劳动力、资金投入二三产业。

耕地总面积、劳均耕地面积在谷底、谷坡,与农户耕地利用集约度为正相关关系。说明耕地质量和数量是影响农户投入的因素;谷底农户的经济作物播种面积比重对耕地利用集约度具有抑制作用,谷底种植的红香柚、保健柑等精品果树,一般树龄 3 ~

5 年挂果,调研期间大部分农户种植的果树树龄还处于前期管理阶段,其劳动力和资本投入相对于挂果阶段较低。

家庭机械拥有台数与谷底和谷坡耕地利用集约度成正向影响。近年来,农地多向农业大户、农业企业流转,农业经营面积扩大,为减少劳动力需求量,小型农机购买量增大,单位面积的资本投入提高。交通便利程度是影响耕地集约度的重要因素,一般来说,距离集镇越远,交通便利程度越低。谷底和谷坡的交通较为便利,因此,距离集镇越远的农户,耕地投入的积极性降低,集约度下降。谷顶的情况则不同,耕地利用集约度与离集镇距离成正向关系。谷顶耕地质量较高,但是交通条件差,通往谷顶的道路又陡又窄,增加了生产资料、劳动力运输成本,耕地利用集约度增加。农业生产补贴对槽谷耕地利用集约度总体呈正向影响,国家对农村的扶持力度加大,槽谷农户能享受的补贴有退耕还林、优质种苗种猪、小型农机等,农户生产积极性提高,资本及劳动力投入增大。

4 讨论

已有研究^[21,28-29]表明经济发展水平提升会加大农户的资本投入,从而提高土地利用的集约度。朗溪槽谷研究发现,耕地利用集约度不仅受农户收入水平的影响,还与农户收入结构密切相关。农户的投资决策方式接近“理性人”,综合考量投入产出效益,如谷底、谷坡农户非农经济收入比例较大,非农收入增加反而导致耕地利用集约度下降,而在以农业收入为主的谷顶,却表现为促进作用。此外,孔

祥斌等^[15,30]认为政策环境是集约度产生差异的微观动因。本研究也显示,政府的农业补贴等政策对耕地集约度影响较大,农户耕地面积与集约度关系的研究结论与马聪等^[5]一致,随着耕地面积增大,为节省劳动力,增加投入而提高集约度。

喀斯特槽谷独特的自然地理结构以及较低经济发展水平、劳动力流失严重等问题,进行土地利用设计须兼顾生态、经济与社会效益。耕地集约利用评价结果发现,槽谷耕地利用集约度谷顶、谷底高于谷坡,说明土地资源要素配置受制于耕地资源稀缺和经济发展对农业种植依赖较大的区域本底条件,经济发展中土地资源主要发挥生产功能。从生态保护角度看,槽谷顶部担负水源涵养等重要的生态服务功能,谷顶的土地资源要素配置严重错位,重要的生态地位应减少人类扰动,但耕地利用综合集约度最高,劳动力资源短缺但劳动集约度最高。因此,优化土地资源要素配置是实现经济价值和生态保护的关键。

朗溪槽谷地处贵州重要的旅游线路梵净山东线,距离县城仅 10 km,印江县夏季温度较高,槽谷顶部温度较低,谷顶具有发展为避暑之地的区位优势。土地利用的生态设计,谷底资源要素配置较为合理,耕地质量较高,不易产生水土流失等生态问题,进一步发挥农业生产功能和休闲娱乐功能,提高集约利用程度,种植精品果园、苗圃等,发展庭院经济。谷坡属于喀斯特生态脆弱区,石漠化严重,应降低耕地利用集约度,种植经果林等作物,以观赏为主,减轻人为干扰,加强石漠化治理,实现景观—经济功能。谷顶应降低人类活动强度,适当降低耕地利用集约度,除发展以中药材、茶园等有机农业外,增加林地面积等,增强生态保育功能。通过土地整治等措施,提升景观价值,土地利用模式由有机农业—生态保育型,转化为生态保育—生态产业开发型,发展生态旅游(山地体育、避暑)等产业。探索槽谷区生态价值实现路径,形成生态—社会—经济等多功能价值协调发展的土地利用模式(图 8)。

5 结论

本文利用贵州省郎溪槽谷 7 个村的农户调研数据,运用价值和实物形态测度郎溪槽谷耕地利用集

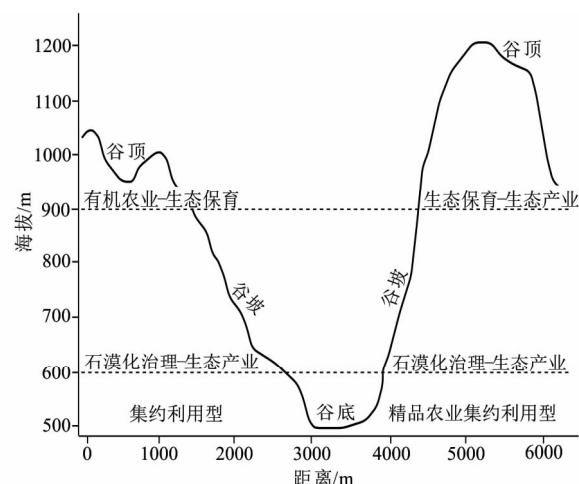


图 8 槽谷横剖面的土地利用生态设计

Fig. 8 land use ecological design of the cross section of a trough

约度并采用岭回归分析揭示集约度差异的影响因素进行探究,结果表明谷底、谷坡和谷顶的耕地利用集约度存在梯度差异,同时得出以下结论:

(1)谷底较多农户种植经济作物,对耕地的资金投入较多。因此就耕地的资本集约度而言,谷底的水平显著高于谷顶和谷坡,且谷底的资本集约度比例最大。总体上呈现谷顶最大、谷坡最小、谷底次之的空间分异特征。

(2)就耕地的劳动集约度来看,整个研究区农户以劳动力投入为主,三个部位的劳动集约度水平相差不大且平均所占比例都在 75% ~ 85% 之间。谷坡及谷顶务农劳动力有老龄化趋势,整体劳动力质量不高,规模机械化水平低,相对而言谷底的劳动力和机械化水平较高。

(3)实物形态集约度方面,呈现谷底最高,谷坡最低的空间分异特点。谷底和谷顶农户的肥料投入均大于谷坡,三个部位均以化肥投入为主,但谷底和谷顶有机肥投入有增加趋势。

(4)耕地总面积和农业政策补贴是影响槽谷农户耕地利用集约度的共同因素。此外,与谷底农户耕地利用集约度相关性较强的因素主要为二三产业收入、劳均耕地面积;与谷坡耕地利用集约度相关性较强的因素有家庭总收入、劳均耕地面积;影响谷顶相关性较强的为耕地总面积和离集镇的距离。

参考文献 (References)

- [1] XIE Hualin, HE Yafen, ZOU Jinlang, et al. Spatio-temporal

- difference analysis of cultivated land use intensity based on emergy in the Poyang Lake Eco-economic Zone of China [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2016, **26** (10): 1412 – 1430. DOI: 10.1007/s11442-016-1335-7
- [2] 徐国鑫, 金晓斌, 宋佳楠, 等. 耕地集约利用对粮食产量变化影响的定量分析——以江苏省为例[J]. *地理研究*, 2012, **31** (9): 1621 – 1630. [XU Guoxin, JIN Xiaobin, SONG Jianan, et al. The impact of intensive use of agricultural land on grain yields: A case study of Jiangsu province [J]. *Geographical Research*, 2012, **31** (9): 1621 – 1630] DOI: 10.11821/yj2012090008
- [3] 杨桂山. 长江三角洲耕地数量变化趋势及总量动态平衡前景分析[J]. *自然资源学报*, 2002, **17** (5): 525 – 532. [YANG Guishan. Cropland area change and the probability of maintaining dynamic balance of its amount in the Yangtze River Delta [J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, **17** (5): 525 – 532] DOI: 10.11849/zrzyxb.2002.05.001
- [4] LI Zijun, YU Yuanhe, JIANG Aixia. Temporal variations and driving factors of cultivated land use intensity in Shandong province from 1980 to 2015 [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2019, **10** (3): 265 – 274. DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2019.03.004
- [5] 马聪, 刘黎明, 袁承程, 等. 快速城镇化地区不同生计类型农户耕地利用集约度评价——以上海市青浦区为例[J]. *中国土地科学*, 2017, **31** (10): 69 – 78. [MA Cong, LIU Liming, YUAN Chengcheng, et al. Evaluation of cultivated land use intensity of different types of rural household livelihood strategies in rapid urbanization area: A case of Qingpu district in Shanghai city [J]. *China Land Sciences*, 2017, **31** (10): 69 – 78] DOI: 10.11994/zgtdkx.20171108.144214
- [6] 吕晓, 牛善栋, 李振波, 等. 中国耕地集约利用研究现状及趋势分析[J]. *农业工程学报*, 2015, **31** (18): 212 – 224. [LYU Xiao, NIU Shandong, LI Zhenbo, et al. Present situation and trends in research on cultivated land intensive use in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, **31** (18): 212 – 224] DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.030
- [7] 吴郁玲, 顾湘, 周勇. 农户视角下湖北省耕地集约利用影响因素分析[J]. *中国土地科学*, 2012, **26** (2): 50 – 55. [WU Yuling, GU Xiang, ZHOU Yong. Factors analysis on intensive use of cultivated land from the viewpoint of farmers in Hubei province [J]. *China Land Sciences*, 2012, **26** (2): 50 – 55] DOI: 10.3969/j.issn.1001-8158.2012.02.009
- [8] 李秀彬, 朱会义, 谈明洪, 等. 土地利用集约度的测度方法[J]. *地理科学进展*, 2008, **27** (6): 12 – 17. [LI Xiubin, ZHU Huiyi, TAN Minghong, et al. Measurement of land use intensity [J]. *Progress in Geography*, 2008, **27** (6): 12 – 17] DOI: 10.11820/dlkxjz.2008.06.002
- [9] 王国刚, 刘彦随, 陈秧分. 中国省域耕地集约利用态势与驱动力分析[J]. *地理学报*, 2014, **69** (7): 907 – 915. [WANG Guogang, LIU Yansui, CHEN Yangfen. Dynamic trends and driving forces of land-use intensification in the cultivated land of China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, **69** (7): 907 – 915] DOI: 10.11821/dlkx201407003
- [10] 张小虎, 张合兵, 赵素霞, 等. 基于三角模型河南省耕地集约利用趋势及时空分异[J]. *土壤通报*, 2013, **44** (2): 277 – 283. [ZHANG Xiaohu, ZHANG Hebing, ZHAO Suxia, et al. Trend and spatial-temporal differentiation of cultivated intensive utilization of farmland in Henan based on triangle model [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2013, **44** (2): 277 – 283] DOI: 10.19336/j.cnki.trib.2013.02.004
- [11] 谢花林, 邹金浪, 彭小琳. 基于能值的鄱阳湖生态经济区耕地利用集约度时空差异分析[J]. *地理学报*, 2012, **67** (7): 889 – 902. [XIE Hualin, ZOU Jinlang, PENG Xiaolin. Spatial-temporal difference analysis of cultivated land use intensity based on emergy in Poyang Lake Eco-economic Zone [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, **67** (7): 889 – 902] DOI: 10.11821/xb201207003
- [12] 安玉娟, 门明新, 霍习良, 等. 河北省耕地利用集约度变化特征[J]. *地理科学进展*, 2009, **28** (4): 611 – 616. [AN Yujuan, MEN Mingxin, HUO Xiliang, et al. The characteristics of the agricultural land use intensity in Hebei based on the production cost [J]. *Progress in Geography*, 2009, **28** (4): 611 – 616] DOI: 10.11820/dlkxjz.2009.04.018
- [13] 乔家君, 吴娜琳, 李德洗. 河南省农田利用集约度时空变化及其影响环境[J]. *地理研究*, 2012, **31** (9): 1598 – 1610. [QIAO Jiajun, WU Nalin, LI Dexi. Temporal and spatial variation and influencing factors of the farmland use intensity in Henan province [J]. *Geographical Research*, 2012, **31** (9): 1598 – 1610] DOI: 10.11821/yj2012090006
- [14] 赵瑞东, 牛志君, 孙英彪, 等. 南和县域耕地集约利用评价及障碍因素分析研究[J]. *河北农业大学学报*, 2017, **40** (4): 101 – 107. [ZHAO Ruidong, NIU Zhijun, SUN Yingbiao, et al. Study on evaluation and obstacle factors of cultivated land intensive use in Nanhe county [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2017, **40** (4): 101 – 107] DOI: 10.13320/j.cnki.jauh.2017.0088
- [15] 孔祥斌, 李翠珍, 王红雨, 等. 冀冀平原地区地块尺度农户耕地集约利用差异对比[J]. *农业工程学报*, 2010, **26** (11): 331 – 337. [KONG Xiangbin, LI Cuizhen, WANG Hongyu, et al. Analysis on arable land intensity difference at plot scale in Jingji plain [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, **26** (11): 331 – 337] DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.z2.11.063
- [16] 贺三维, 潘鹏, 诸云强, 等. 农用地集约利用评价的新模型研究[J]. *自然资源学报*, 2012, **27** (3): 460 – 467. [HE Sanwei, PAN Peng, ZHU Yunqiang, et al. The application of a new model in intensive use evaluation of agricultural land [J]. *Journal of Natural Resources*, 2012, **27** (3): 460 – 467] DOI: 10.11849/zrzyxb.2012.03.012

- [17] 王秀圆, 阎建忠. 山区农户耕地利用集约度及其影响因素——以重庆市 12 个典型村为例[J]. 地理研究, 2015, **34**(5): 895 – 908. [WANG Xiuyuan, YAN Jianzhong. Cultivated land use intensity and its influencing factors of households of different livelihood strategies: A case study of 12 typical villages in Chongqing municipality [J]. Geographical Research, 2015, **34**(5): 895 – 908] DOI: 10.11821/dlyj201505009
- [18] 龙禹桥, 吴文斌, 余强毅, 等. 耕地集约化利用研究进展评述[J]. 自然资源学报, 2018, **33**(2): 337 – 350. [LONG Yuqiao, WU Wenbin, YU Qiangyi, et al. Recent study progresses in intensive use of cropland [J]. Journal of Natural Resources, 2018, **33**(2): 337 – 350] DOI: 10.11849/zrzyxb.20170021
- [19] 刘成武, 楠楠, 黄利民. 中国南方稻作区不同规模农户土地集约利用行为的差异比较[J]. 农业工程学报, 2018, **34**(17): 250 – 256. [LIU Chengwu, NAN Nan, HUANG Limin. Difference comparison on land intensive use of different scale farmers in rice-growing areas in Southern China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, **34**(17): 250 – 256] DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.17.033
- [20] 马聪, 刘黎明. 不同经济发展水平地区耕地利用集约度比较[J]. 资源科学, 2019, **41**(12): 2296 – 2306. [MA Cong, LIU Liming. Cultivated land use intensity in regions with different economic development levels [J]. Resources Science, 2019, **41**(12): 2296 – 2306] DOI: 10.18402/resci.2019.12.13
- [21] 花晓波, 阎建忠, 王琦, 等. 大渡河上游河谷与半山区耕地利用集约度及影响因素的对比分析[J]. 农业工程学报, 2013, **29**(20): 234 – 244. [HUA Xiaobo, YAN Jianzhong, WANG Qi, et al. Comparative analysis on influencing factors of cultivated land use intensity in valley and middle mountain area of upper Dadu River watershed [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, **29**(20): 234 – 244] DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.20.031
- [22] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2013: 121 – 140. [ZHANG Wentong, DONG Wei. Advanced course of SPSS statistical analysis[M]. 2nd. Beijing: Higher Education Press, 2013: 121 – 140]
- [23] 朱传民, 黄雅丹, 吴佳, 等. 不同地貌区耕地集约利用水平空间分异及驱动机制——以江西省为例[J]. 山地学报, 2012, **30**(2): 156 – 164. [ZHU Chuanmin, HUANG Yadan, WU Jia, et al. Spatial disparity of cultivated land intensive utilization and its driving forces based on different types of geomorphology: A case study of Jiangxi province [J]. Mountain Research, 2012, **30**(2): 156 – 164] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.2012.02.002
- [24] 陈爽, 李阳兵, 李明珍. 镇域尺度的规模农地演变特征及其驱动机制研究——以重庆奉节县为例[J]. 山地学报, 2021, **39**(1): 101 – 116. [CHEN Shuang, LI Yangbing, LI Mingzhen. Evolution pattern and driving mechanism in farmland of scale on town level: A case study of Fengjie county in Chongqing, China [J]. Mountain Research, 2021, **39**(1): 101 – 116] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000579
- [25] 李阳兵, 李珊珊, 徐倩, 等. 西南岩溶山地石漠化近 50 年演变——基于 5 个地点的案例研究[J]. 生态学报, 2019, **39**(22): 8526 – 8538. [LI Yangbing, LI Shanshan, XU Qian, et al. The evolution of karst rocky desertification for nearly 50 years in karst mountain, Southwest China based on five cases study [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, **39**(22): 8526 – 8538] DOI: 10.5846/stxb201809021872
- [26] 李汇文, 王世杰, 白晓永, 等. 气候变化及生态恢复对喀斯特槽谷碳酸盐岩风化碳汇的影响评估[J]. 生态学报, 2019, **39**(16): 6158 – 6172. [LI Huiwen, WANG Shijie, BAI Xiaoyong, et al. Effects of climate change and ecological restoration on carbonate rock weathering carbon sequestration in the karst valley of Southwest China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, **39**(16): 6158 – 6172] DOI: 10.5846/stxb201903260581
- [27] 张福锁. 中国主要作物施肥指南[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 161 – 164. [ZHANG Fusuo. Fertilization guidelines for main crops in China [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009: 161 – 164]
- [28] 张琳, 张凤荣, 吕贻忠, 等. 耕地利用集约度的变化规律研究[J]. 中国农业科学, 2008, **41**(12): 4127 – 4133. [ZHANG Lin, ZHANG Fengrong, LV Yizhong, et al. Study on the law of change of arable land use intensity with economic growth [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, **41**(12): 4127 – 4133] DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2008.12.024
- [29] 祝小迁, 程久苗, 费罗成. 安徽省耕地集约利用及其驱动力分析[J]. 中国土地科学, 2009, **23**(2): 11 – 17. [ZHU Xiaoqian, CHENG Jiumiao, FEI Luocheng. Analysis on intensive use of cultivated land and its driving forces in Anhui province [J]. China Land Science, 2009, **23**(2): 11 – 17] DOI: 10.13708/j.cnki.cn11-2640.2009.02.007
- [30] 彭文龙, 吕晓. 农户视角下耕地规模经营与集约利用的耦合关系[J]. 地理与地理信息科学, 2019, **35**(4): 91 – 97. [PENG Wenlong, LYU Xiao. Coupling relationship between scale management and intensive use of cultivated land from the perspective of farmer household: Empirical analysis of 502 questionnaires in Shandong province [J]. Geography and Geo-Information Science, 2019, **35**(4): 91 – 97] DOI: 10.3969/j.issn.1672-0504.2019.04.014

Spatial Differentiation and Influencing Factors of Cultivated Land Use Intensity in Karst Trough Area: A Case Study of the Langxi Valley in Guizhou Province, China

ZU Haiqin¹, ZHAO Cuiwei^{1,2*}

(1. School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001;

2. Collaborative Innovation Center of Ecological Environment Protection and Resource Utilization in Karst Mountain Area, Guiyang 550001)

Abstract: Research on intensive use of cultivated land is of great significance to solve the problem of efficient use of cultivated land in karst trough areas of China. Cultivated lands in karst trough areas are deadly scarce while the demands for sustainable economic development based on proper karst resource exploitations are strong. Whereas, the relevant research on land use in karst trough areas is relatively inadequate to meet the needs of intensive agriculture from a micro perspective, especially from the farmers' views. Based on the survey of farmers located in a karst trough, the Langxi Valley in Guizhou province, China, the intensive degrees of farmland utilizations in valuable and physical form were measured respectively and their spatial differentiation characteristics were analyzed. Ridge regression model was used to explore the influencing factors governing cultivated land use intensity at different landform positions. The results showed as follows: (1) The spatial differentiation of cultivated land use intensity in value form was significant, presenting a descending pattern as in order as order of valley top, valley bottom, and valley slope. Among them, the spatial distribution of labor intensity was consistent with it, but the capital intensity was the largest at the bottom and the smallest at the slope. The average intensity of cultivated land use was 71 739.85 yuan · ha⁻¹ at the valley top, 66 751.78 yuan · ha⁻¹ at the valley bottom, and 25 015.80 yuan · ha⁻¹ at the valley slope. (2) Fertilizer input in physical form was the least at the valley slope; The proportion of organic fertilizer was increasing. (3) There were differences in influencing factors at different geomorphic positions. In the valley floor influencing factors mainly comprised the average age of household labor forces, the total household income, the income of the second and third industries, the average arable land area, the proportion of cash crop planting area, and the number of household machinery units; In the valley slope influencing factors comprised the total income of a family, the cultivated land area per labor, and the number of machinery owned by the family; In the valley top the influencing factors comprised the average age of household labor forces and the distance from the market town. The total area of cultivated land and agricultural policy subsidies were the common influencing factors. The research conclusions can provide a basis for optimizing the land use pattern and promoting coordinated development of ecology, society, and economy in trough and valley areas.

Key words: cultivated land use intensity; household; ridge regression model; karst trough valley; Langxi trough valley