

DOI: 10.5846/stxb201806251395

杨柳, 阎建忠, 王盼, 王宏. 青藏高原气候变化对农牧民开垦的影响. 生态学报, 2019, 39(10): - .

Yang L, Yan J Z, Wang P, Wang H. Impacts of climate change on the reclamation of farmers and herdsmen in the Tibetan Plateau. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(10): - .

青藏高原气候变化对农牧民开垦的影响

杨 柳, 阎建忠*, 王 盼, 王 宏

西南大学资源环境学院, 重庆 400715

摘要:自 1980 年代后期以来, 青藏高原持续变暖趋势明显, 且增温幅度高于我国其他地区。基于遥感数据和种植适宜性模型的一些研究表明, 该地区足够的农业热量资源增加了适宜耕种土地的面积, 为农牧民的开垦行为创造了有利的条件。然而, 对农牧民是否开垦以及开垦原因的实证研究, 以及农牧民如何平衡气候变化带来的开垦机遇、风险和人口压力, 仍然缺少认识。以青藏高原的 3 个典型产粮区域(“一江两河”地区、河湟谷地、壤塘县)为研究区, 利用 605 户农户家庭调研数据, 分析了影响农牧民开垦行为的影响因素。计量结果表明, 农牧民感知冬季持续时间的整体变化趋势、家庭总人口、抚养比与农牧民开垦行为呈显著正相关关系; 农牧民感知降水的整体变化趋势、人均打工年收入、户主受教育水平、是否借贷、居住地距集镇距离与农牧民开垦行为呈显著负相关关系。随着城镇化的不断加快, 农牧民对非农工作的认可度越来越高, 加之政府的管制, 使得开垦现象并不普遍。由于农牧民的开垦对青藏高原的生态环境极有可能造成不可逆的负面影响, 应该提供更多的非农就业机会, 促进农业集约化, 加强监管, 以降低开垦的可能性。

关键词:气候变化; 农牧民开垦; 适应对策; 劳动力析出; 青藏高原

Impacts of climate change on the reclamation of farmers and herdsmen in the Tibetan Plateau

YANG Liu, YAN Jianzhong*, WANG Pan, WANG Hong

College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Since the late 1980s, the Tibetan Plateau has continued to warm, and this trend is higher than in other parts of China. Some studies based on remote sensing data and planting suitability models showed that sufficient agricultural heat resources in the region increased the area suitable for cultivated land and created favorable conditions for farming and herdsmen's reclamation. However, there has been a lack of empirical research on whether and why farmers and herdsmen reclaim these lands and how they balance the opportunities, risks, and population pressures brought by climate change. In this paper, three typical grain producing regions of the Tibetan Plateau (the YNL river region, He Huang Valley, and Zamtang county) were chosen as the research areas, and 605 households' survey data were used to analyze the influencing factors for farmers' and herdsmen's reclamation behavior. The results showed that there was a significant positive correlation between farmers' perception of winter duration, total household population, dependency ratio and farmers' reclamation behavior; there was a significant positive correlation between farmers' perception of precipitation, annual wage per capita, education level of household heads, whether to borrow or not, and the distance from residence to town and farmers' reclamation behavior. With the acceleration of urbanization, the recognition of farmers and herdsmen towards non-agricultural work is increasing. With the government's control, reclamation is not widespread. Because reclamation is likely

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571093, 41761144081)

收稿日期: 2018-06-25; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangjzswu@126.com

to cause irreversible negative impacts on the ecological environment of the Tibetan Plateau, we should provide more non-agricultural employment opportunities, promote agricultural intensification, and strengthen supervision, to reduce the possibility of reclamation.

Key Words: climate change; reclamation of farmers and herdsman; adaptive strategy; labor migration; the Tibetan Plateau

青藏高原是全球气候变化研究热点区域^[1-2],是全球气候变化的启动区和敏感区^[3-4]。该地区在 1980 年后发生了暖突变^[5],持续变暖趋势明显,1971—2011 年期间达到了 $0.039^{\circ}\text{C}/\text{a}$,增温幅度显著高于我国其他地区,且增温以冬季最为明显,主要增温区位于高海拔地区^[6-9]。该地区降水量的变化呈波动式增加,增长率为 $0.67\text{ mm}/\text{a}$,且 1986 年以后降水增加更为显著^[10-11]。同时,降水量空间分布差异十分显著且季节分配不均^[12]。随着气温、降水的变化,该地区在 20 世纪 80 年代中后期气候条件由暖干型向暖湿型突变^[13-14]。此外,该地区极端高温事件(热昼、热夜和持续暖期)频次呈增加态势,极端低温事件(冷昼、冷夜、持续冷期、霜日和冰冻日)频次显著降低,且下降率高于增长率^[2,15-16]。

以变暖为主的气候变化使当地热量资源得以改善,从而使青藏高原适宜耕种的土地面积增加。张戈丽等运用种植适宜性模型,发现西藏适宜耕种面积在 1970—2000 年间增加了 870 km^2 ,适宜耕种土地向原有耕地上限扩张,扩张区域主要分布在农牧交错带上^[17]。利用遥感影像和 GIS 工具,一些研究发现近 30 多年来青藏高原耕地面积扩张明显,且农牧交错带是耕地增加的主要区域。杨春艳等^[18]利用 4 期遥感影像数据,采用土地利用动态度、土地利用区位指数和土地区域差异模型,对 1980—2010 年西藏耕地面积时空变化进行研究,结果表明,耕地面积总体呈增加态势,相对增加较快的是昌都地区,而昌都地区是西藏的主要牧区之一。摆万奇等^[19]运用同样的方法研究了 1976—2011 年西藏拉萨河流域耕地的时空变化,结果也表明耕地增加主要来自草地,且耕地扩张不断向更高海拔和更大坡度的范围推进。同样地,Shen 等^[20]研究了西藏南部地区的作物气候生产力和耕地分布的时空变化,结果表明气候变化使该地区物候作物气候生产力提高,耕地面积增加且向高海拔地区和更北的地方扩张;Wu 等^[21]通过对天祝县的研究也可以发现该地区耕地以每年 2.34% 的速率递增,且增加的耕地主要来源于草地。因此,青藏高原的农牧民有极大的可能性采取开垦策略以适应气候变化。

然而,农牧民也有极大的可能性不选择开垦,主要的原因在于:第一,气候变化带来的负面影响会加剧青藏高原农业的脆弱性,导致作物单产下降^[22]。主要体现在:极端高温事件频发,导致鼠虫草害等自然灾害和干旱发生频率增加;高温不仅增加了作物病虫害的范围和强度^[23-24],还使得作物灌浆期缩短,农作物抗寒能力减弱^[25];气温升高加快了土壤有机质的分解,促使土壤肥力下降^[26]。第二,随着城市化进程的加快,青藏高原同时面临劳动力析出和劳动力价格上涨的问题,农牧民更愿意追求生计多样化,从而导致耕地撂荒现象明显^[27-28]。第三,在青藏高原农区耕地大多处于饱和状态,无地可垦^[29]。第四,开垦耕地需要较高的费用(如追加灌溉、平整土地等投资)。农牧民的行为是风险规避型^[30],为降低风险,他们往往选择集约化利用耕地,而不是开垦。

青藏高原是生态脆弱区,农牧交错带草地的垦殖会导致草地退化和沙漠化,并且不可逆转。研究气候变化背景下青藏高原农牧民是否会采取开垦耕地的适应策略,不仅仅涉及当地农牧民的生计和气候变化适应策略,也和区域的可持续发展息息相关。对于青藏高原气候变化背景下的垦殖,目前虽然有少量区域尺度的模型模拟和遥感调查,但一直缺少对农牧民是否开垦以及开垦原因的实证研究,牧民如何平衡气候变化带来的开垦机遇、风险以及人口压力,仍然缺少认识。本文拟以青藏高原的“一江两河”地区、河湟谷地以及川西地区的壤塘县为研究区,调查气候变化和劳动力析出背景下农牧民的耕地开垦情况,并定量研究气候变化对农牧民开垦耕地的影响。论文由以下几个部分组成,第二部分介绍了研究区的情况和调查方法;第三部分是模型选择与变量设定;第四部分是研究结果;最后是讨论和结论。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

青藏高原(73°19′—104°47′E, 26°00′—39°47′N)幅员面积约 $250 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全国总面积的 26.8%, 平均海拔 4383 m。该地区辐射强, 日照时间长, 气温低且日较差大, 积温少; 干湿分明, 多夜雨; 冬季干冷漫长, 大风多; 夏季温凉多雨, 冰雹多。青藏高原产粮区主要包括西藏自治区、青海省和川西地区, 因此本文选择这 3 个地区的典型区域作为研究区(图 1)。

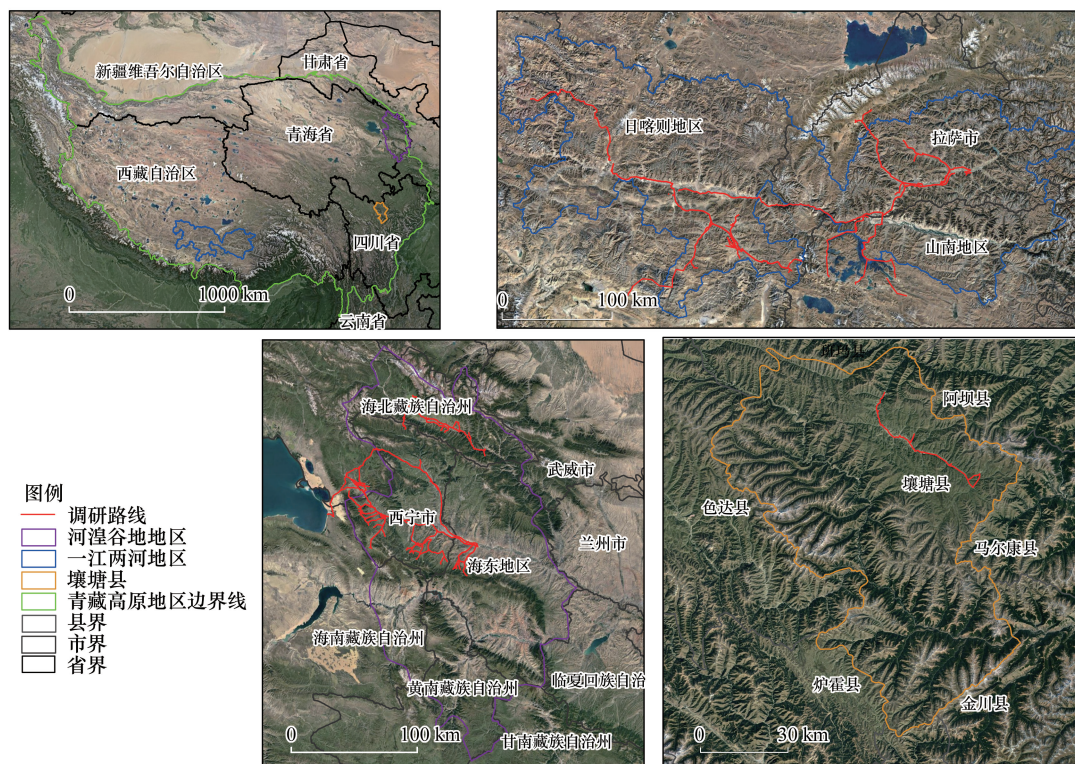


图 1 研究区图及调研路线

Fig.1 Location of the study area & Map of inspection line

“一江两河”地区(87°00′—92°35′E, 28°20′—31°20′N)是指西藏自治区雅鲁藏布江中游及其支流拉萨河和年楚河中下游的河谷地区, 位于藏南湖盆谷地, 幅员面积逾 $6.57 \times 10^4 \text{ km}^2$ (占西藏自治区总面积的 5.47%), 海拔多在 2700—4200 m 之间。气候属于高原温带季风半干旱气候, 年均气温在 4.7—8.3℃ 之间, 全年日照时数为 2800—3300 h, 年降水量在 251.7—580.0 mm 之间, 蒸发量大, 约为降水量的 4—5 倍。该地区下辖拉萨、山南、日喀则 3 个地市的 18 个县(市、区), 农牧业发达, 农作物以青稞、小麦、油菜为主, 牲畜包括牦牛、犏牛、奶牛、马和绵羊。据 2017 西藏统计年鉴可知, 2016 年, 该地区耕地面积达 $16.17 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占西藏总耕地面积的 67.92%; 农作物播种面积为 $16.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占西藏农作物播种总面积的 63.85%; 农业产值为 81.92×10^4 万元, 占西藏农业总产值的 50.43%; 粮食产量为 $93.78 \times 10^4 \text{ t}$, 约占西藏粮食产量的 72.07%。

河湟谷地(100°—103°E, 35°—38°N)地处青藏高原东北缘、青海省的东北部, 位于黄河及其支流湟水河谷地区, 幅员面积 $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ (占青海省总面积的 4.85%), 海拔在 1689—5218 m 之间。该区域属于典型的干旱、半干旱大陆性气候, 年日照时数在 2600—3000 h 之间, 年平均温度在 5—9℃ 之间, 年平均降水量在 252—535 mm 之间。该地区下辖西宁市、海东市、海北藏族自治州、黄南藏族自治州和海南藏族自治州的 17 个区县, 农牧业较发达, 农作物以小麦、青稞、玉米、油菜和枸杞为主, 牲畜主要包括绵羊、山羊和猪。据 2017 青海统计年鉴可知, 2016 年, 该地区耕地面积约为 $41.82 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 约占青海省总耕地面积的 71.07%; 粮食产

量约为 $82.74 \times 10^4 \text{ t}$, 约占青海省粮食总产量的 79.98%; 农业总产值约为 116.71 亿元, 约占青海省农业总产值的 51.94%。

壤塘县 ($100^\circ 30' 57''$ — $101^\circ 29' 16'' \text{ E}$, $31^\circ 28' 14''$ — $32^\circ 41' 38'' \text{ N}$) 是川西北牧区的重要组成部分, 地处青藏高原东南边缘、川西北高原的西北部, 位于大渡河上游。该地区幅员面积 6606 km^2 , 平均海拔 3280 m 以上。该地区气候属于高寒大陆性季风气候, 年均气温在 2.2 — 7.5° C 之间, 年日照数 2607.4—3036h, 年蒸发量 1132.4 mm, 年降水量在 666.9—790 mm 之间, 雨热同期, 干湿季节分明; 无霜期短。该地区耕地 18.82 km^2 , 占全县幅员面积的 0.28%; 天然草原面积 4189 km^2 , 占全县幅员面积的 63.41%。该地区养殖的牲畜主要包括牦牛、藏羊、马、黄牛和藏猪, 农作物主要以青稞、小麦、油菜为主。据 2016 年阿坝州年鉴可知, 2015 年, 农作物实际播种面积 18.42 km^2 , 其中粮食作物播种面积为 15.79 km^2 , 总产量 3114 吨; 经济作物播种面积 1.59 km^2 , 总产量 264 t; 农村经济总收入 26891.51 万元, 农牧民人均纯收入 6413 元。

1.2 数据来源

本文所用数据来自于三轮调查。课题组分别于 2015 年 7 月—8 月、2016 年 7 月—8 月和 2017 年 7 月—8 月对“一江两河”地区、壤塘县和河湟谷地进行入户调查, 采用分层随机抽样的方法。课题组首先在每个调研区进行为期 7 天的预调研, 结合农牧民回答情况, 修改完善问卷, 然后开展正式调研。首先, 与当地农牧局进行座谈, 结合当地社会经济、交通及农业状况确定样本县和样本乡。其次, 通过与负责农牧业的乡长商谈, 在每个乡的农牧交错带上随机抽取了 3—5 个半农半牧村。我们的入户问卷调查分为两步。第一步, 与村长等村干部及相关知情人士进行半结构式访谈, 充分掌握该村的主要情况, 主要包括气候变化情况、自然灾害、耕地变化情况、作物种植情况、牲畜养殖情况等。第二步, 采用参与式农村调查评估法中的半结构式访谈进行农牧民问卷调查。在一江两河地区和壤塘县, 由于调研区域幅员面积较大, 农牧户主要居住在帐篷中, 居住较分散, 访谈难度较大, 因此, 以随机抽样的方式在每个村调查 10 户左右; 在河湟谷地, 由于基础设施建设较为完善, 农牧民分布较为集中, 因此, 在每个村调查 20 户左右。为了避免调查过程中的失误, 在预调研前对每个调查员进行了培训。如, 在问及农牧民感知气候情况时, 调查员给予多项选项 (升高、降低、不变) 供农牧民选择; 由于青藏高原在 20 世纪 80 年代后期发生暖突变, 因此在问及农牧民开垦情况的时间点均在 1980 年以后。为确保问卷质量, 调查对象多为户主, 且年龄多处于 40—50 之间。每户问卷调查时间控制在 1—2 h 之内 (主要为了避免农牧民反感, 时间过长农牧民不愿配合), 同时聘请 3 名藏族学生作为语言翻译。

问卷调查内容主要包括: 人力资本 (家庭人口、受教育水平、年龄等)、自然资本 (经营的耕地块数等)、物质资本 (牲畜数量等)、金融资本 (政府补贴、采集虫草收入、非农收入等)、社会资本 (住宅距集市距离、可否获得借贷机会等)、农牧民感知气候情况 (主要是近 10—30 年的情况) 和农牧民开垦情况等。野外调查在问及农牧民开垦原因时除去了与气候变化相关的选项 (如气候变化会使适宜耕种面积扩大等具有导向型的选项), 这是因为农牧民的受教育程度普遍相对较低, 对气候变化产生的相应结果认识较为薄弱。经清理, 共获得 861 份有效问卷, 考虑到计量分析的必要, 且河湟谷地同村农户相似性较大, 故每村随机选取 10 户作为研究对象。最终, 共获得 605 份问卷, 其中一江两河地区 188 份, 壤塘县 169 份, 河湟谷地 248 份。

2 模型选择与变量设定

2.1 模型的选择

本文旨在基于可持续生计框架研究气候变化背景下农牧民的开垦决策。由于因变量为离散的二值选择型变量, 即开垦或不开垦, 故采用 Probit 模型进行计量分析。基于此, 本文将计量模型设定如下:

$$P(Y_i = 1) = P_i = \Phi \{ \alpha + \beta(X_i) + \gamma(Z_i) + \varepsilon \} \quad (1)$$

式中, Y 是耕地利用方式/农牧民适应策略指标; X 为农牧民感知气候变化指标; Z 为控制变量矩阵, 即各项生计资本指标, 包括自然资本、人力资本、金融资本、物质资本和社会资本, ε 是具有正态分布特征的随机扰动项。

考虑到估计结果的稳健性,本文应用 Robust 进行校正;由于青藏高原具有复杂多样的地形条件,且经济条件也有明显的差异,具体表现在地区之间的差异,故以地区(即“一江两河”地区、壤塘县和河湟谷地)为单位来解决空间自相关问题,并用 Cluster 来进行校正。运用软件 STATA 12.0 进行统计、计量分析。

2.2 变量的设定

2.2.1 解释变量的选取

气候变化通过对生计资本的直接影响,进而影响农牧民所采取的适应策略^[31],故本文以五大类生计资本(人力资本、金融资本、社会资本、自然资本和物质资本)为控制变量进行研究。

虽然农牧民对气候的感知与实测数据不一定一致^[32-33],但诸多研究表明农牧民气候感知是影响其响应行为的关键因素^[34]。当农牧民感知气候变化所带来的风险和适应能力较低时,农牧民参与适应行为的可能性降低;相反,当农牧民感知气候变化强烈时,农牧民便会采取适应策略^[35]。本文将农牧民气候感知分为三类:季节性感知、气象感知、风险感知,并从这三个角度来选取了农牧民感知气候指标。

除了气候变化的影响,在日益增长的人口压力影响下,青藏高原的农牧民不得不开垦以满足对饲草的需求^[29,36-37]。气候变暖导致灌木丛入侵高山草甸,影响了牧草的生长^[38]。且在放牧规模不断扩大,国家禁牧、休牧、轮牧政策的影响下,致使牧草供给十分短缺^[39]。同时,陶娟平等^[40]认为人口数量对土地开垦起着促进作用,人口增加会扩大土地开垦范围。故选取家庭总人口和牲畜数量作为人口压力的指标。

青藏高原越来越多的农民接受和从事非农业活动^[41],这就导致在农忙季节的劳动力短缺。而且,我国农村转移的劳动力以受教育程度较高的青壮年为主^[42-43],这就导致参与农作的劳动力呈现老龄化和女性化的趋势^[44-45],劳动力质量下降^[46],开垦的可能性就会降低。故选取了人均打工月收入为农户家庭参与非农工作的指标。

采集虫草作为青藏高原特有的行业,需要考虑采集虫草与农作之间也存在劳动力竞争的关系,因此,选取了指标采集虫草收入指标。具体地,各研究变量的描述性统计见表 1。

表 1 研究变量描述性统计($n=605$)
Table 1 Characteristics description of variables ($n=605$)

变量类型 Type	变量名称 Variable	变量定义 Description	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Min.	最大值 Max.
被解释变量 Explained variable	农牧民是否开垦	1=开垦,0=不开垦	0.198	0.399	0	1
气候指标变量 Climate indicator	农牧民感知冬季持续时间的整体变化趋势	1=缩短,2=无变化,3=延长	1.757	0.776	1	3
	农牧民感知降水的整体变化趋势	1=减少,2=无变化,3=增多	1.549	0.814	1	3
	农牧民感知春季霜冻的整体变化趋势	1=降低,2=无变化,3=升高	1.922	0.851	1	3
人力资本 Human capital	家庭总人口	家庭人口总数	5.260	2.111	1	14
	户主受教育水平	将文盲/学龄前、小学、初中、高(职)中、大专及以上依次赋值为 1、2、3、4、5	1.666	0.785	1	5
	抚养比	家庭非劳动年龄人数与劳动年龄人数之比,设 15—64 岁之间为劳动力年龄,否则为非劳动力年龄	0.560	0.645	0	5
	接受技能培训比例	家庭中接受技能培训的人员数与家庭总人数之比	0.134	0.183	0	1
金融资本 Financial capital	采集虫草收入	取家庭采集虫草总收入的 ln 值,即 $\ln(\text{采集虫草总收入})$	2.504	3.769	0	9.904

续表

变量类型 Type	变量名称 Variable	变量定义 Description	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Min.	最大值 Max.
社会资本 Social capital	人均打工月收入	取人均月非农收入的 ln 值,即 ln(人均年非农收入)	2.339	3.373	0	8.672
	政府农业生产性补贴	家庭从政府获得的各种农业生产性补贴和资助,包括机械补助、种子和化肥的发放等,取政府农业生产性补贴的 ln 值,即 ln(政府农业生产性补贴)	3.876	3.637	0	11.198
	是否借贷	1=是,0=否	0.625	0.485	0	1
	居住地距集镇距离	农牧民居住地距集镇的距离/km	18.917	29.226	0	170
自然资本 Natural capital	耕作地块平均面积	家庭耕地总面积/耕作地块总数,单位/hm ²	0.320	4.397	0	106.667
物质资本 Physical capital	牲畜数量	千头(以牛为单位,只考虑牛、马、羊、猪这四类牲畜,按市场价值计算,算法:1头牛=1匹马=3只羊=3头猪)	0.058	0.394	0	7.260

2.2.2 解释变量间共线性检验

为防止解释变量间存在多重共线性问题,本文利用 Pearson 相关系数、容忍度 (Tolerance) 和方差膨胀因子 (VIF) 来进行检验。根据 Pearson 相关性分析结果显示,居住地距集镇距离和政府农业生产性补贴之间的相关系数绝对值最高,为 0.3505<0.8;政府农业生产性补贴的容忍度最低,为 0.7105>0.1,而其方差膨胀因子最高,为 1.41<10。综合以上三类检验指标,说明解释变量之间不存在多重共线性问题,不会对模型的分析造成影响。

3 结果分析

3.1 农牧民感知气候变化

除了降水情况和极端低温天气的感知,研究区样本农牧民感知情况与气象站数据基本相符(表 2、图 2、图 3)。农牧民对极端高温天气感知最为准确,干旱增多,而对于极端低温天气感知不明显;对季节性变化感知较为明显,夏季时间延长,冬季时间缩短;对气温变化的感知能力强于对降水变化的感知,94.31%的农牧民感知气温上升,仅有 21.60%的农牧民感知降水增多,这一结果与赵雪雁和侯向阳等的研究结果一致^[47-48]。绝大多数农牧民感知气候条件仍是“暖干型”气候。可能的原因在于以下两个方面:一方面,虽然气象数据显示每

表 2 研究区样本农牧民感知气候变化情况/户
Table 2 Perception of climate change for farmers and herders in study area

气候指标 Climate indicators		降低(减少) Decrease		无变化 No change		升高(增多) Increase	
指标类型 Type	指标名称	户数	比例/%	户数	比例/%	户数	比例/%
季节性感知 Seasonal perception	农牧民感知夏季持续时间	152	25.12	200	33.06	253	41.82
	农牧民感知冬季持续时间	273	45.12	206	34.05	126	20.83
气候要素感知 Perception of climate	农牧民感知气温变化情况	6	0.99	34	5.62	565	93.39
	农牧民感知降水变化情况	398	65.79	82	13.55	125	20.66
	农牧民感知空气湿度变化情况	396	65.45	95	15.70	114	18.84
风险感知 Risk perception	农牧民感知暴风雪变化情况	308	50.91	209	34.55	88	14.55
	农牧民感知春季霜冻变化情况	244	40.33	164	27.11	197	32.56
	农牧民感知干旱变化情况	32	5.29	61	10.08	512	84.63

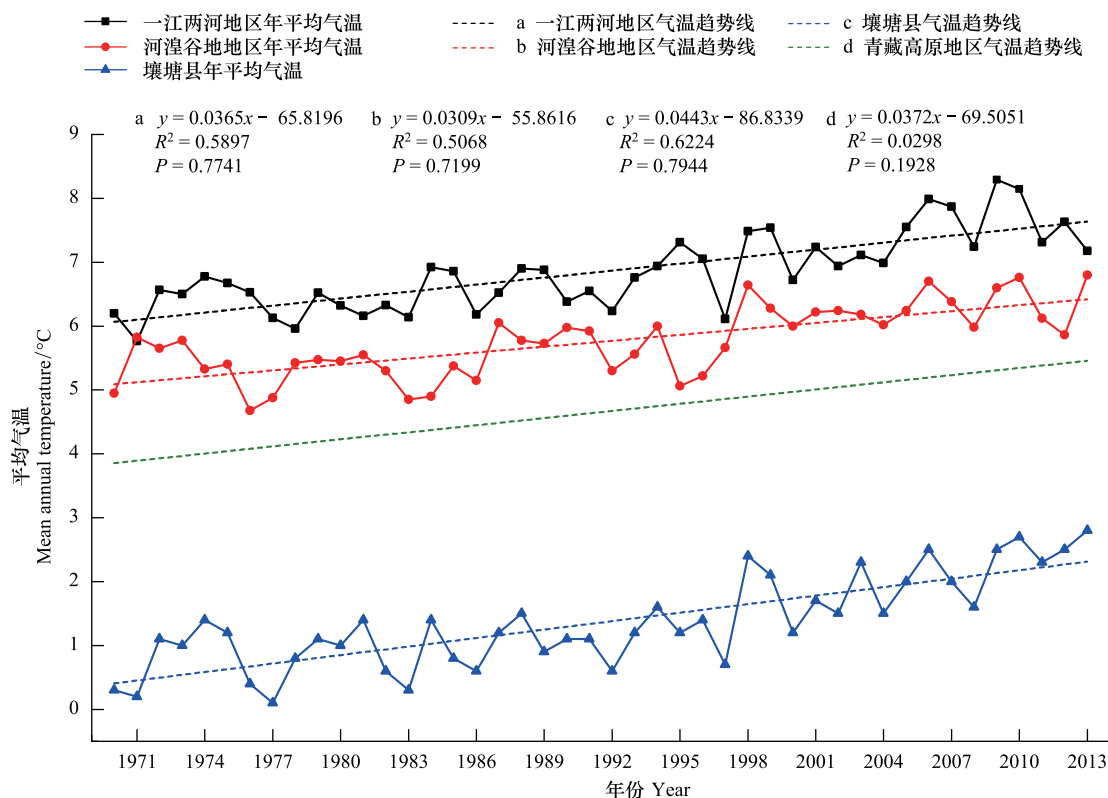


图2 1970—2013年青藏高原温度变化图

Fig.2 Temperature change of the Tibetan Plateau during 1970—2013

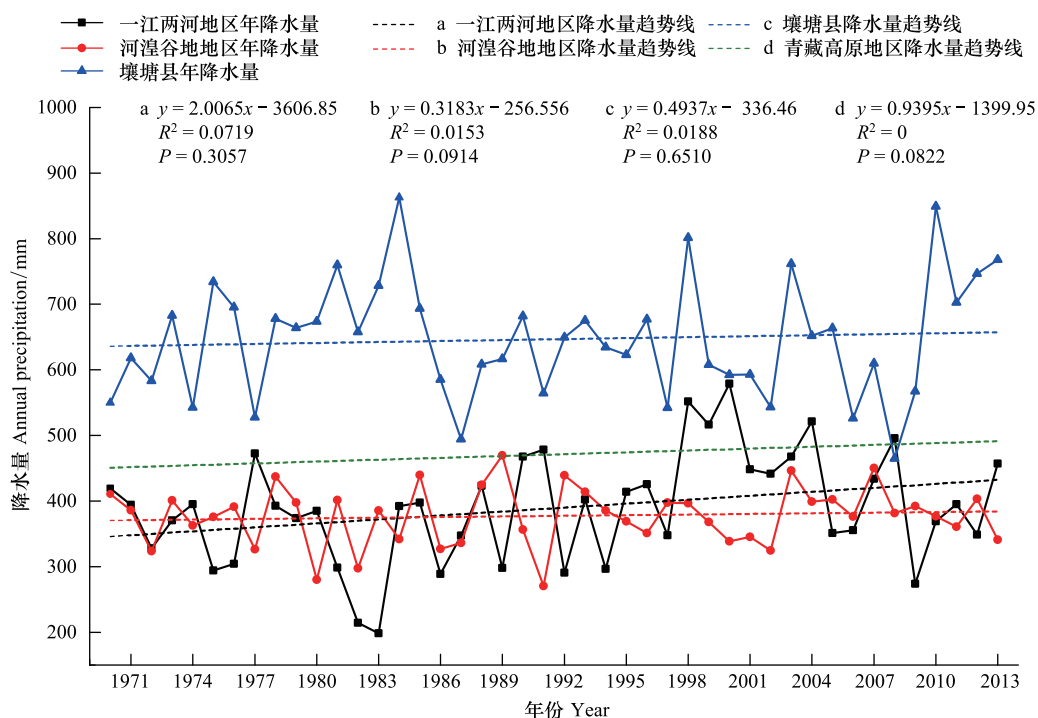


图3 1970—2013年青藏高原降水量变化图

Fig.3 Precipitation change of the Tibetan Plateau during 1970—2013

年降雨量增加,但当地降雨频次降低、降雨强度增加且多为夜雨,因此农牧民感知对降水变化感知不明显;另一方面,农户的气候感知受其记忆时段和参考基准影响,通过实际的降雨量数据我们可以发现每年的平均降雨量不稳定,呈波动式增加态势,且波动幅度较大。

3.2 农牧民实际开垦情况

研究区样本农牧民开垦行为不明显,大多开垦面积较小。调研区域实际开垦的农牧民共有 120 户(占总样本数的 19.80%),开垦总面积为 19.46 hm²。其中,开垦面积在 0.03—0.13 hm²之间的农牧民有 79 户,开垦面积大于 0.13 hm²的有 32 户,开垦面积小于 0.03 hm²的有 9 户。

壤塘县样本农牧民开垦行为最明显,河湟谷地户均开垦面积最大(表 3)。壤塘县的开垦户数最多且开垦面积最大,户均开垦面积为 0.18 hm²。壤塘县地处农牧交错带,为了满足其人口不断地增长与牲畜数量增加而造成的粮食需求,农牧民会开垦较大的面积。河湟谷地虽然开垦户数最少且开垦面积最小,但户均开垦面积最大,为 0.19 hm²。

表 3 研究区样本农牧民实际开垦情况

Table 3 The actual reclamation of farmers and herder in study area

地区 Area	开垦户 The reclamation household		开垦面积 The total reclamation area		户均开垦面积 Per household reclamation area/hm ²
	户数	占总样本 的比例/%	面积/hm ²	占总开垦面积 的比例/%	
全部样本 All samples	120	19.83	19.46	100.00	0.16
一江两河地区 The Yarlung Zangbo River, Nyangqu River, and Lhasa River regions (the YNL river region)	32	17.02	3.37	17.33	0.11
壤塘县 Zamtang county	72	42.60	13.11	67.36	0.18
河湟谷地 The Yellow River-Huangshui River valley (the YHV)	16	6.45	2.98	15.31	0.19

3.3 农牧民开垦与人口压力

样本农牧民大多在 2005—2016 年发生开垦行为,占总开垦农户的 60.83%。壤塘县在 2010—2016 年间开垦户数最多,高达 44 户,这可能与壤塘县 2010—2011 年间人口急剧增多有关(表 4、图 4)。同样地,在 2010 年之后河湟谷地的人口开始下降,也就几乎没有开垦行为了。一江两河地区样本农牧民主要集中在 1995—2009 年开垦,在这几年该地区的人口也处于直线上升状态。

表 4 研究区样本农牧民开垦年份情况

Table 4 Year of reclamation of farmers and herder in study area

地区 Area	1980—1989 年	1990—1994 年	1995—1999 年	2000—2004 年	2005—2009 年	2010—2016 年
全部样本 All samples	16	7	11	13	27	46
一江两河地区 The YNL river region	0	3	6	5	16	2
壤塘县 Zamtang county	5	3	3	7	10	44
河湟谷地 The YHV	11	1	2	1	1	0

研究区样本农牧民开垦是人口压力(主要表现在家庭人口和牲畜数量的增加)导致的结果。问卷调查表明有 88 户(占总开垦农户的 73.33%,表 5)是因为人口压力而开垦(主要是为了自食和养殖牲畜)。同时,农牧民开垦地主要种植燕麦和青稞两种作物(表 6),这也足以说明开垦的原因是人口压力。在壤塘县,有 54 户开垦农牧民种植了饲料性作物,而在一江两河地区,开垦农牧民主要种植粮食作物。

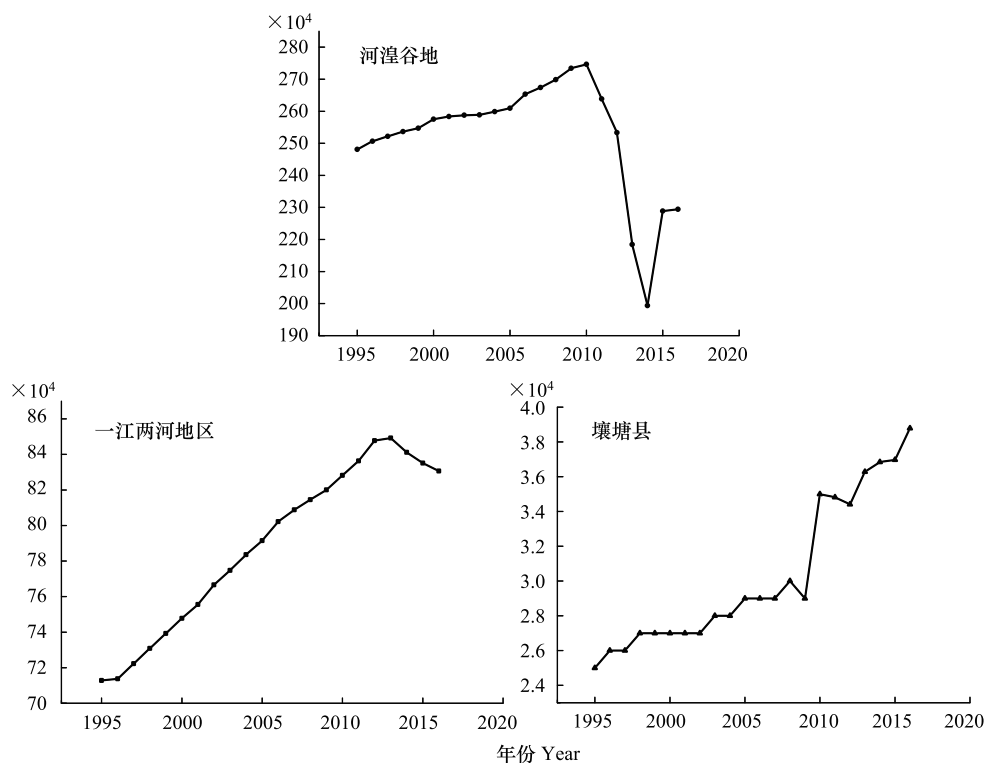


图 4 1995—2016 年青藏高原农村人口变化图

Fig.4 The change of rural population of the Tibetan Plateau in 1995—2016

表 5 研究区样本农牧民因人口压力而开垦的情况

Table 5 Farmers' and herdsmen' reclamation because of the population pressure				
地区 Area	全部样本 All samples	一江两河地区 The YNL river region	壤塘县 Zamtang county	河湟谷地 The YHV
户数 The number of households	88	23	56	9
占总开垦农牧民的比例 Percentage of total reclaimed households /%	73.33	71.88	77.78	56.25

表 6 研究区样本农牧民开垦地种植作物情况/户

Table 6 Crops in reclaimed area of sample farmers and herdsmen in study area				
作物种类 Crop type	全部样本 All samples	一江两河地区 The YNL river region	壤塘县 Zamtang county	河湟谷地 The YHV
燕麦 Oats	53	0	51	2
青稞 Highland barley	41	20	19	2
牧草 Forage grass	29	24	3	2
土豆 Potato	28	4	24	0
白菜 Chinese cabbage	12	2	8	2
豌豆 Peas	11	4	6	1
油菜 Rapeseed	7	0	5	2
春小麦 Wheat	7	3	0	4
萝卜 Radish	3	1	1	1

3.4 农牧民打工及其年收入情况

由于劳动力在农业和非农活动之间存在竞争关系,开垦农户的打工比例明显低于未开垦农户(表 7)。从区域的差异来看,壤塘县的打工比例和打工年收入都是最低。这主要是因为壤塘县的农牧民的文化程度普遍

偏低,多为文盲或者小学学历(占总人口数的 92.90%),且大多数人不会说普通话,只会说藏语,这就导致了当地的农牧民很难非农就业。即使能够非农就业,其工资也处于较低水平的状态。此外,他们仍然抱有只要有饭吃有衣穿,就不愿意到其他地方去打工,或冒风险进入其他非农行业。该区域幅员面积较大,每个农牧民都拥有自己的草场,农牧民即使想从事非农行业,但距集镇距离较远,交通不便利;且由于非农劳动力市场信息不对称,农牧民无法获得非农就业信息,从而导致农牧民非农工作的可获得性低。相反,河湟谷地的打工比例在 50%左右,打工年收入也是最高的。这主要是因为,河湟谷地第二三产业较其他两个地区要发达得多,农牧民的受教育水平较高、普通话好。

表 7 研究区样本农牧民打工及其年收入情况

Table 7 Non-farm income of sample farmers and herdsmen in study area

地区 Area	指标 Indicators	开垦 Reclamation	未开垦 Unreclamation
全部样本 All samples	打工户数	19	188
	比例/%	15.83	38.76
	户均打工年收入/元	2548.33	7227.32
一江两河地区 The YNL river region	打工户数	8	52
	比例/%	25.00	33.33
	户均打工年收入/元	2262.50	4639.42
壤塘县 Zamtang county	打工户数	4	14
	比例/%	5.56	14.43
	户均打工年收入/元	777.78	2183.51
河湟谷地 The YHV	打工户数	7	122
	比例/%	43.75	52.59
	户均打工年收入/元	11087.50	11076.29

3.5 计量结果分析

本文使用 STATA 12.0 统计软件对影响农牧民开垦的因素进行回归分析,模型 1 仅纳入了农牧民感知气候变化情况,模型 2 仅纳入了家庭人均打工年收入情况,模型 3 仅纳入了人口压力相应指标(即家庭总人口及牲畜数量),计量结果如表 8 所示。

农牧民感知冬季持续时间的整体变化趋势与农牧民开垦行为呈显著正相关关系。当农牧民感知冬季持续时间越长时,他们会存储更多的粮食和饲料以满足越冬的需求,因此农牧民会倾向于开垦土地。

农牧民感知降水的整体变化趋势与农牧民开垦行为呈显著负相关关系。可能的解释是由于青藏高原较缺乏灌溉设施,当农牧民感知降水减少,农作物的产量就会降低,农牧民就不得不开垦以保障粮食产量。

人均打工年收入与农牧民开垦行为呈显著负相关关系。可能的解释为:第一,有非农业收入的农牧民不需要从开垦更多的耕地来获得更多的收入。第二,开垦需要较多的劳动力,由于家庭劳动力从事非农工作,从而限制了他们对农业(尤其是开垦)的投入。第三,由于青藏高原不存在农业劳动力市场,农牧民往往在农忙季节进行劳动力交换,因而不可能雇佣农业工人。

家庭总人口与农牧民开垦行为呈显著正相关关系。家庭总人口数量越多,对粮食的需求也就越大,因此农牧民倾向于开垦土地以获得足够多的粮食。

户主受教育水平与农牧民开垦行为呈显著负相关关系。这主要是因为受教育水平越高的农牧民有更大的机会去从事非农工作,从而会有更高的收入。

抚养比与农牧民开垦行为呈显著正相关关系。当家庭中需要抚养的人员比重越大,为了满足非劳动力人员的口粮需求,就增加了开垦耕地的概率。

是否借贷与农牧民开垦行为呈显著负相关关系。农牧民借钱大多是为了治病。当农牧民发生借贷时,就表明他们的健康状况较差,这就造成了农牧民家庭的劳动力短缺。开垦耕地需要大量的劳动力来实施并管

理,劳动力的短缺就使得他们无法开垦更多的耕地。

居住地距集镇距离与农牧民开垦行为呈显著负相关关系。主要原因在于距离集镇较远的地方其海拔相对较高,适宜开垦的耕地较少,因此农牧民开垦的可能性较小。

表 8 影响农牧民开垦的因素估计结果

Table 8 Factors influencing the households' decisions for cropland reclamation

变量 Variable	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4
农牧民感知冬季持续时间的整体变化趋势 Perception of the overall variation in winter duration	0.220 *** (0.023)			0.152 ** (0.073)
农牧民感知降水的整体变化趋势 Perception of the overall variation of precipitation	-0.088 *** (0.028)			-0.150 ** (0.069)
农牧民感知春季霜冻的整体变化趋势 Perception of the overall variation of spring frost	-0.125 (0.172)			-0.044 (0.119)
人均打工年收入 Per capita annual non-farm income		-0.096 ** (0.039)		-0.076 *** (0.012)
家庭总人口 Household size			0.077 * (0.046)	0.065 *** (0.020)
牲畜数量 Number of livestock			-0.112 (0.100)	-0.130 (0.114)
户主受教育水平 Education level of household head				-0.167 * (0.100)
抚养比 Dependency Ratio				0.153 ** (0.071)
技能培训比例 Skill training ratio				-0.492 (0.588)
是否借贷 Loan				-0.146 *** (0.031)
采集虫草收入 Income from gathering <i>cordyceps fungi</i>				0.026 (0.024)
政府农业生产性补贴 Comprehensive subsidies for agricultural means of production				0.027 (0.033)
居住地距集镇距离 Distance from residence to town				-0.006 *** (0.001)
耕作地块平均面积 Average area of cultivated land				-0.000 (0.000)
常数项 Constant	-0.874 (0.665)	-0.668 * (0.364)	-1.259 *** (0.480)	-0.781 (0.795)

***、**、* 分别表示估计系数在 1%、5%、10% 的统计水平上显著;() 中的数值代表 Robust 标准误差

4 讨论

以变暖为主的气候变化使青藏高原适宜耕种的土地面积增加,已有的研究采用气候模型和遥感调查,发现农牧交错带是耕地增加的主要区域^[17-21]。本文利用青藏高原三个主要产粮区的农户调查数据,证实了气候变化驱动了耕地的开垦。受气候变化影响,在有地可垦且非农化程度不高的地区,农牧民开垦才被作为一种主要的适应策略^[29]。在尼日尔,受频繁干旱和强风的影响,土壤肥力低下,但由于长期高温且有可开垦的土地,农户往往扩大种植面积来弥补作物产量下降^[49]。气候变暖,为我国北方地区创造了开垦的有利条件,Dong 等^[50]发现气候变化影响着耕地的变化,尤其是在内蒙古东部和东北地区。在内蒙古,由于草场退化,农

牧交错带上的农牧民会开垦天然草地^[27,39]。

在研究区,人口压力也是开垦耕地的重要原因。气候变暖使当地的牧草退化现象明显,加之受当地政府禁牧政策的影响,农牧民拥有的草场的面积较以往少得多。较大的家庭规模和牲畜数量增加了当地农牧民人口压力,农牧民不得不采取生计多样化或开垦措施。然而,当地农牧民受教育程度较低,且语言不通,往往阻碍了其生计多样化。同时,虽然调研数据表明农牧民借贷现象较为普遍(占总样本农牧民的 65.50%),但多是为了维持日常生活。这与 Yan 等^[41]研究相似,在高原地区,阻碍农牧民从事非农活动的因素在于以下四点:没有技能,文盲,缺乏资金,缺乏社会网络。在其他地区,也有类似发现。在撒哈拉地区,Vliet 等^[29]发现与气候变化、社会经济因素以及土地产权相比,人口的增长是耕地扩张的主要原因。在印度,在人口增长与粮食生产矛盾日益加剧的情况下,农户不断地开垦土地以满足需要^[36]。在内蒙古,由于草地质量下降且放牧规模扩大,农牧民也会采取开垦举措^[39]。

农牧民非农工资越高,其开垦的可能性就越低。这与 Clay 等^[51]、Holden 等^[52]的研究一致,劳动力析出导致非农劳动力与农业劳动力之间存在竞争,且较高的非农收入降低了农牧民从事农牧业的积极性,从而降低了农牧民的开垦意愿。Goldstein 等的研究表明^[53]青藏高原的农牧民已经越来越能够接受高收入的非农工作,而且这种趋势将会继续。

在气候变化背景下,一江两河地区将开垦作为适应策略的较少。这与诸多研究相似,在气候变化背景下,以农业为主导的地区由于存在诸多的非农就业机会或耕地处于饱和状态,农户更多地选择了耕地集约化和生计多样化适应策略^[54-56]。我们还发现壤塘县是开垦户数多、开垦面积最大的区域,而河湟谷地开垦最少。不难理解,壤塘县处于农牧交错带上,农牧民将畜牧业作为主要的生计活动,因此,为了满足牲畜养殖的需要,他们会开垦更多的土地。而河湟谷地的第二、第三产业较发达,农牧民愿意从事更高收入的非农活动,且受国家禁垦管制,他们开垦最少。

在其他国家和地区,气候变化下农牧民更多地采取耕地集约化策略或从事生计多样化。如在尼泊尔朱姆拉区,气候向暖干型变化,加之受资产基础和社会服务较差、适宜种植土地面积锐减等因素的限制,大多数农户选择种植多样化的作物(如种植抗旱作物和蔬菜),且倾向于从事高收入的非农活动,此外,中上等经济条件的农户还会撂荒原有耕地并购买有灌溉设施的土地^[55]。在伊朗,在过去 50 年中经历了近 27 次干旱,为维持并提高农业生产率,农户不得不增加对耕地以及水资源的投资,具体表现在减少种植面积,改善灌溉设施、挖掘或深化水井、平整土地等^[56]。在俄罗斯,农户大量种植抗霜冻和抗病性作物、使用天气预报以及增加对耕地的投资(如增加温室保护措施,引进新技术以保证灌溉,购置农用设备,增加有机肥和杀虫剂的使用等)等^[57]。在加拿大,降水量下降、蒸发蒸腾量大幅度增加、极端事件(热浪和干旱等)更加频繁,大多数农户采取的措施是使用省工型工具、改善灌溉条件、购买农业保险等^[54,58]。其中,俄罗斯和加拿大是气候变化下受益的国家(主要表现在适宜耕种面积的增加)^[59],与其他国家相比,这些地区的农户都更倾向于选择耕地集约化适应策略。

青藏高原是生态脆弱区^[60],土地开垦对该地区造成的影响是不可逆的,因此,我们必须考虑土地开垦的生态效应。诸多研究表明,土地开垦是沙漠化的一个重要原因^[61-62]。Wang 等^[63]和 Zhou^[64]通过对青藏高原东北边缘地区的研究发现,人口压力促进了耕地的扩张,但是耕地的扩大和过度放牧导致草地退化现象严重,进而加剧了当地生态系统的脆弱性。同时,也有研究表明国家实施的禁牧轮牧休牧政策使土地沙化情况得到了改善^[65]。因此,有必要控制农牧民放牧规模以及开垦行为。从我们的调研数据可以发现仅有 120 户(占总样本数的 19.80%)选择开垦,且大多农牧民开垦面积较小,多在 0.03—0.13 hm²之间。然而,今后人口压力是否会增大,是否会促进耕地开垦,其环境效应如何,这些问题仍需开展持续的研究。

在野外调查中,我们和农牧局、乡镇、村组以及农户讨论了耕地开垦的监管问题及解决措施。结合多个尺度的意见以及本文的结果,为了防止耕地开垦,我们提出如下建议:(1)需要为当地农牧民提供非农就业机会,加快生计多样化的步伐;(2)提高灌溉水平,推行集约化农业;(3)政府和村集体对于集体所有的草地要加

强监管,防止开垦;(4)对于贫困牧民,结合精准扶贫措施,提高其生活补助标准,降低其对耕地和草地资源的依赖。

5 结论

对于青藏高原气候变化背景下的垦殖,目前虽然有少量区域尺度的模型模拟和遥感调查,但一直缺少对农牧民是否开垦以及开垦原因的实证研究。本文通过对青藏高原的3个典型产粮区的调查数据分析,证实了农牧民开垦是气候变化和人口压力共同作用的结果。我们的研究还发现该地区农牧民非农收入与农牧民的开垦行为呈显著负相关关系。随着城镇化不断地加快,农牧民对非农工作的认可度越来越高,加之政府的管制,使得开垦现象并不普遍。由于农牧民的开垦对青藏高原的生态环境极有可能造成不可逆的负面影响,应该提供更多的非农就业机会,促进农业集约化,加强监管,以降低开垦的可能性。

参考文献(References):

- [1] Orlowsky B, Seneviratne S I. Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. *Climatic Change*, 2012, 110(3/4): 669-696.
- [2] 吴国雄, 段安民, 张雪芹, 刘屹岷, 马耀明, 阳坤. 青藏高原极端天气气候变化及其环境效应. *自然杂志*, 2013, 35(3): 167-171.
- [3] Liu X D, Chen B D. Climatic warming in the Tibetan plateau during recent decades. *International Journal of Climatology*, 2015, 20(14): 1729-1742.
- [4] 赵志龙, 张德铨, 刘林山, 刘峰贵, 张海峰. 青藏高原湿地研究进展. *地理科学进展*, 2014, 33(9): 1218-1230.
- [5] Johns T C, Carnell R E, Crossley J F, Gregory J M, Mitchell J F B, Senior C A, Tett S F B, Wood R A. The second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: model description, spinup and validation. *Climate Dynamics*, 1997, 13(2): 103-134.
- [6] Duan A M, Xiao Z X. Does the climate warming hiatus exist over the Tibetan Plateau? *Scientific Reports*, 2015, 5: 13711.
- [7] Kuang X X, Jiao J J. Review on climate change on the Tibetan Plateau during the last half century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2016, 121(8): 3979-4007.
- [8] Ye J S, Reynolds J F, Sun G J, Li F M. Impacts of increased variability in precipitation and air temperature on net primary productivity of the Tibetan Plateau: a modeling analysis. *Climatic Change*, 2013, 119(2): 321-332.
- [9] 郑然, 李栋梁, 蒋元春. 全球变暖背景下青藏高原气温变化的新特征. *高原气象*, 2015, 34(6): 1531-1539.
- [10] 胡豪然, 梁玲. 近50年青藏高原东部降水的时空变化特征. *高原山地气象研究*, 2013, 33(4): 1-7, 15-15.
- [11] 李晓英, 姚正毅, 肖建华, 王宏伟. 1961-2010年青藏高原降水时空变化特征分析. *冰川冻土*, 2016, 38(5): 1233-1240.
- [12] 林厚博, 游庆龙, 焦洋, 闵锦忠. 基于高分辨率格点观测数据的青藏高原降水时空变化特征. *自然资源学报*, 2015, 30(2): 271-281.
- [13] 牛涛, 刘洪利, 宋燕, 陈隆勋. 青藏高原气候由暖干到暖湿时期的年代际变化特征研究. *应用气象学报*, 2005, 16(6): 763-771.
- [14] 田柳茜, 李卫忠, 张尧, 田立军, 朱求安, 彭长辉, 陈槐. 青藏高原1979—2007年间的积雪变化. *生态学报*, 2014, 34(20): 5974-5983.
- [15] Cui X F, Graf H F. Recent land cover changes on the Tibetan Plateau: a review. *Climatic Chang*, 2009, 94(1/2): 47-61.
- [16] Yang T, Hao X B, Shao Q X, Xu C Y, Zhao C Y, Chen X, Wang W G. Multi-model ensemble projections in temperature and precipitation extremes of the Tibetan Plateau in the 21st century. *Global and Planetary Change*, 2012, 80-81: 1-13.
- [17] Zhang G L, Dong J W, Zhou C P, Xu X L, Wang M, Ouyang H, Xiao X M. Increasing cropping intensity in response to climate warming in Tibetan Plateau, China. *Field Crops Research*, 2013, 142: 36-46.
- [18] 杨春艳, 沈渭寿, 王涛. 近30年西藏耕地面积时空变化特征. *农业工程学报*, 2015, 31(1): 264-271.
- [19] 摆万奇, 姚丽娜, 张德铨, 王春连. 近35a西藏拉萨河流域耕地时空变化趋势. *自然资源学报*, 2014, 29(4): 623-632.
- [20] Shen W S, Yang C Y, Li Z L. The impact of climate change on cropland ecosystem in Tibet Plateau. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index, Biological and Ecological Engineering*, 2014, 8(8): 5.
- [21] Wu J, Li C B, Zhang D G, Pu X P. Study on land use and land cover change in Tianzhu County, northeast end of Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Agretr Sinica*, 2010, 18(1): 16-20.
- [22] 杨绚, 汤绪, 陈葆德, 田展, 钟洪麟. 气候变暖背景下高温胁迫对中国小麦产量的影响. *地理科学进展*, 2013, 32(12): 1771-1779.
- [23] 韩国军, 王玉兰, 房世波. 近50年青藏高原气候变化及其对农牧业的影响. *资源科学*, 2011, 33(10): 1969-1975.
- [24] 覃志豪, 唐华俊, 李文娟, 赵书河. 气候变化对农业和粮食生产影响的研究进展与发展方向. *中国农业资源与区划*, 2013, 34(5): 1-7.
- [25] 任曙霞, 张旭晖, 张银意, 范晔, 祁欣, 王伯盛. 连云港市大樱桃种植的气候条件分析. *中国农业气象*, 2010, 31(S1): 100-103.
- [26] 李忠辉, 刘实, 郭春明, 王冬妮. 未来气候变化对东北三省水稻产量影响的评估. *中国农业大学学报*, 2015, 20(2): 223-228.
- [27] Shi W J, Tao F L, Liu J Y, Xu X L, Kuang W H, Dong J W, Shi X L. Has climate change driven spatio-temporal changes of cropland in northern

- China since the 1970s? *Climatic Change*, 2014, 124(1/2): 163-177.
- [28] Shi X L, Wang W, Shi W J. Progress on quantitative assessment of the impacts of climate change and human activities on cropland change. *Journal of Geographical Sciences*, 2016, 26(3): 339-354.
- [29] van Vliet N, Reenberg A, Rasmussen L V. Scientific documentation of crop land changes in the Sahel: a half empty box of knowledge to support policy? *Journal of Arid Environments*, 2013, 95: 1-13.
- [30] Cardenas J C, Carpenter J P. Three themes on field experiments and economic development. *Research in Experimental Economics*, 2005, 10: 71-123.
- [31] 赵文娟, 杨世龙, 王潇. 基于 Logistic 回归模型的生计资本与生计策略研究——以云南新平县干热河谷傣族地区为例. *资源科学*, 2016, 38(1): 136-143.
- [32] Deressa T T, Hassan R M, Ringler C, Alemu T, Yesuf M. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 2009, 19(2): 248-255.
- [33] Li X L, Wang Z, Hou X Y, Liu Z Y, Sarula, Yin Y T, Ding Y, Hu J. Herders' perception of climate change does not always fit with actual climate change. *The Rangeland Journal*, 2014, 36(6): 557-564.
- [34] Grothmann T, Patt A. Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 2005, 15(3): 199-213.
- [35] Bryan E, Deressa T T, Gbetibouo G A, Ringler C. Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: options and constraints. *Environmental Science & Policy*, 2009, 12(4): 413-426.
- [36] Qu Y, Wu F, Yan H M, Shu B R, Deng X Z. Possible influence of the cultivated land reclamation on surface climate in India: a WRF model based simulation. *Advances in Meteorology*, 2013, 2013(2/4): 312716.
- [37] 王谋, 李勇, 潘胜, 白宪洲, 黄润秋. 气候变化对青藏高原腹地可持续发展的影响. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(3): 92-95.
- [38] Haynes M A, Yang Y P. Adapting to change: transitions in traditional rangeland management of Tibetan yak herders in northwest Yunnan. *Environment, Development and Sustainability*, 2013, 15(4): 1065-1077.
- [39] 朱利凯, 蒙古军, 刘洋, 周平. 农牧交错区农牧户生计与土地利用——以内蒙古鄂尔多斯市乌审旗为例. *北京大学学报: 自然科学版*, 2011, 47(1): 133-140.
- [40] 陶娟平, 王宇坤, 刘峰贵, 张镡锂, 陈琼, 吴林. 西藏一江两河地区耕地垦殖强度影响因子及其临界值确定. *农业工程学报*, 2016, 32(15): 239-246.
- [41] Yan J, Wu Y, Zhang Y, Zhou S. Livelihood diversification of farmers and nomads of eastern transect in Tibetan Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 2010, 20(5): 757-770.
- [42] 郭剑雄, 李志俊. 劳动力选择性转移条件下的农业发展机制. *经济研究*, 2009, (5): 31-41, 65-65.
- [43] 李志俊, 郭剑雄. 劳动力选择性转移对农村家庭人口生产偏好转变的影响. *中国农村观察*, 2011, (3): 40-49.
- [44] Li M, Sicular T. Aging of the labor force and technical efficiency in crop production: evidence from Liaoning province, China. *China Agricultural Economic Review*, 2013, 5(3): 342-359.
- [45] 胡雪枝, 钟甫宁. 农村人口老龄化对粮食生产的影响——基于农村固定观察点数据的分析. *中国农村经济*, 2012, (7): 29-39.
- [46] 周来友, 饶芳萍, 马贤磊, 石晓平. 丘陵地区非农就业类型对农地流转的影响——基于江西省东北部农户调查数据的分析. *资源科学*, 2017, 39(2): 209-219.
- [47] 侯向阳, 韩颖. 内蒙古典型地区牧户气候变化感知与适应的实证研究. *地理研究*, 2011, 30(10): 1753-1764.
- [48] 赵雪雁. 农户对气候变化的感知与适应研究综述. *应用生态学报*, 2014, 25(8): 2440-2448.
- [49] Ouédraogo M, Zougmore R, Moussa A S, Partey S T, Thornton P K, Kristjanson P, Ndour N Y B, Somé L, Naab J, Boureima M, Diakité L, Quiros C. Markets and climate are driving rapid change in farming practices in Savannah West Africa. *Regional Environmental Change*, 2017, 17(2): 437-449.
- [50] Dong J W, Liu J Y, Yan H M, Tao F L, Kuang W H. Spatio-temporal pattern and rationality of land reclamation and cropland abandonment in mid-eastern Inner Mongolia of China in 1990-2005. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2011, 179(1/4): 137-153.
- [51] Clay D, Reardon T, Kangasniemi J. Sustainable intensification in the highland tropics: Rwandan farmers' investments in land conservation and soil fertility. *Economic Development and Cultural Change*, 1998, 46(2): 351-377.
- [52] Holden S, Shiferaw B, Pender J. Non-farm income, household welfare, and sustainable land management in a less-favoured area in the Ethiopian highlands. *Food Policy*, 2004, 29(4): 369-392.
- [53] Goldstein M C, Childs G, Wangdai P. "Going for Income" in village Tibet: a longitudinal analysis of change and adaptation, 1997-2007. *Asian Survey*, 2008, 48(3): 514-534.
- [54] Bradshaw B, Dolan H, Smit B. Farm-level adaptation to climatic variability and change: crop diversification in the Canadian Prairies. *Climatic*

- Change, 2004, 67(1): 119-141.
- [55] Gentle P, Maraseni T N. Climate change, poverty and livelihoods: adaptation practices by rural mountain communities in Nepal. *Environmental Science & Policy*, 2012, 21: 24-34.
- [56] Keshavarz M, Maleksaeidi H, Karami E. Livelihood vulnerability to drought: a case of rural Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2017, 21: 223-230.
- [57] Kiselev S, Romashkin R, Bobylev S, Solovieva S. The Adaptation Challenge: Key Issues for Crop Production and Agricultural Livelihoods Under Climate Change in the Russian Federation. *Russian Federation: Oxfam Research Reports*, 2012: 7-21.
- [58] Bryant C R, Smit B, Brklacich M, Johnston T R, Smithers J, Chjotti Q, Singh B. Adaptation in Canadian agriculture to climatic variability and change. *Climatic Change*, 2000, 45(1): 181-201.
- [59] Zabel F, Putzenlechner B, Mauser W. Global agricultural land resources - a high resolution suitability evaluation and its perspectives until 2100 under climate change conditions. *PLoS One*, 2014, 9(9): e107522.
- [60] Chen R, Liu J, Kang E, Yang Y, Han C, Liu Z, Song Y, Qing W, Zhu P. Precipitation measurement intercomparison in the Qilian Mountains, Northeastern Tibetan Plateau. *Cryosphere Discussions*, 2015, 9(2): 2201-2230.
- [61] Fullen M A, Mitchell D J. Desertification and reclamation in North-Central China. *Ambio*, 1994, 23(2): 131-135.
- [62] 张宏, 孙保平. 中国干旱、半干旱地区土地开垦对荒漠化的影响——以甘肃民勤县和内蒙古伊金霍洛旗为例. *资源科学*, 1999, 21(5): 71-75.
- [63] Wang H, Zhou X L, Wan C G, Fu H, Zhang F, Ren J Z. Eco-environmental degradation in the northeastern margin of the Qinghai-Tibetan Plateau and comprehensive ecological protection planning. *Environmental Geology*, 2008, 55(5): 1135-1147.
- [64] Zhou X L, Yan Y E, Wang H, Zhang F, Wu L Y, Ren J Z. Assessment of eco-environment vulnerability in the northeastern margin of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Environmental Earth Sciences*, 2011, 63(4): 667-674.
- [65] 王博, 丁国栋, 顾小华, 马士龙. 毛乌素沙地腹地植被恢复效果初步研究——以内蒙古乌审旗为例. *水土保持研究*, 2007, 14(3): 237-238, 242-242.