

# 中国干旱区农户气候变化感知及适应性行为研究

谭灵芝<sup>1</sup>, 马长发<sup>2</sup>

(1. 重庆工商大学 长江上游经济研究中心, 重庆 400067; 2. 新疆财经大学 统计与信息学院, 新疆 乌鲁木齐 830012)

**摘要:** 从农户气候变化感知视角探讨气候变化适应性行为有效性或者缺失, 可以更好地为制定区域性应对气候变化适应性政策提供科学方法和决策依据。利用新疆于田县 600 户农户调研数据, 通过构建 Heckman 选择模型, 定量分析干旱区农户对气候变化的感知及适应性行为的选择偏好的影响因素。研究结果表明, 户主性别、从事农业时长、家庭年均纯收入、社会网络、信息资源信任度、距离水源地远近、气候因素变量对气候变化感知有显著影响, 而户主性别、从事农业时长、家庭年均纯收入、能否获得借贷、社会网络、距离水源地远近、气候因素变量对适应性行为有显著性影响。建议在政策制定和实施过程中, 地方政府应发挥主导作用, 同时制定各种相关政策培育农户应对气候变化的应对能力, 最终实现生态、经济与社会的综合可持续发展。

**关键词:** 气候变化; 感知; 适应性行为; 农户; 干旱区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0220-06

中图分类号: C924.24

## Farmers' Perceptions of Climate Change and Their Adapting Behaviors in Arid Region of China

TAN Ling-zhi<sup>1</sup>, MA Chang-fa<sup>2</sup>

(1. *Research Center for Economy of the Upper Reaches of Yangtze River, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China*; 2. *School of Statistics and Information, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi, Xinjiang 830012, China*)

**Abstract:** In view of the farmers' perceptions of climate change, we discuss the effectiveness or the lack of adaption behaviors which will be in a better position to provide scientific methods and decision-making on the district-level policies for combating climate change. According to the investigated data from 600 farmer households in Yutian County, Xinjiang Wei Autonomous Region, the article quantitatively analyzed the influencing factors on the farmers' perception and the preferences for the adapting behaviors of climate change by building the Heckman model. Results show that some variables have significant impacts on the farmers' perception of climate change, including the gender of householder, time length of engaging in agriculture, annual household net income, social networks, trust in information sources, nearness to water sources and climatic factors. Further, the variables such as the head of household gender, time length of engaging in agriculture, annual household net income, lending capacity, social networks, nearness to the water sources and climatic factors have significant impacts on the adapting behaviors. It is proposed that the local government must play a district-level leading role in the process of policy making and policy implementing. At the same time, the local government should make a variety of relevant policies to cultivate the farmers' self-development ability to combat climate change and ultimately achieve the comprehensively sustainable development of ecological, economy and society.

**Keywords:** climate change; perception; adaptation behavior; farmer; arid region

收稿日期: 2013-03-27

修回日期: 2013-04-27

资助项目: 国家自然科学基金项目“东西部产业转移受阻背景下新疆差异化土地政策构建”(71263049); 教育部人文社科青年项目“三峡库区环境区居民传统环境权利剥夺的生态补偿制度研究”(10YJC790250)

作者简介: 谭灵芝(1976—), 女(汉族), 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人, 博士, 副研究员, 研究方向为气候变化经济学。E-mail: emcwgy@163.com。

通信作者: 马长发(1975—), 男(汉族), 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人, 博士, 副教授, 研究方向为土地经济学。E-mail: changfama@126.com。

气候变化的减缓和适应性要求农户首先感知到气候变化,在此基础上辨识有效的措施并加以实践<sup>[1]</sup>。当前,国外学者围绕农业人口这一气候变化方面脆弱人群的气候风险感知已有了较为丰富的研究成果。许多研究证明,性别、族别、教育程度、生产经验、年龄、收入、媒体信息、地理位置和土壤类型等都是影响气候变化感知的重要因素<sup>[2-7]</sup>。在风险感知的基础上,许多研究者认为良好的市场环境、方便快捷的信贷服务、技术、农户拥有的资产(劳动力、土地和资本)以及农户对相关信息的掌握程度等都是影响农户选择适应性行为的主要因素<sup>[8-11]</sup>。

从研究方法看,早期对发展中国家农户气候变化感知认识和适应性行为的研究,多是采取农户访谈的对比分析或采取焦点小组访谈,结合气象数据,分析农户气候变化感知和适应性行为<sup>[12-13]</sup>。以上研究方法可详细地获知农户对气候变化感知的程度,但无法了解何种因素会影响农户对气候变化的感知和适应性行为的选择过程。现有研究多是基于农户理性分析和效用最大化的原则,采用多元 Probit(MNP)或 Logit(MNL)回归模型分析农户对适应性行为的选择。如 Mendelsohn<sup>[14]</sup>借助 MNL 模型分别检验农户选择的作物和所养殖的牲畜是否对气候变化敏感。Nhemachena<sup>[15]</sup>利用多元 Probit 模型分析了南非农户适应气候变化行为的影响因素。Deressa<sup>[16]</sup>通过 MNL 模型分析了尼罗河谷底农户选择气候变化适应性措施的影响因素。农户是气候变化的直接感知者,也是适应性行为的选择者和受益者,从农户的视角分析其适应性行为对气候变化的有效性或者缺失,其结论更为准确真实。本文借助 Heckman 模型,以新疆于田县为例,探讨影响干旱区农户气候变化风险感知和适应性行为的因素。其研究成果在一定程度上有助于决策者应对气候变化,从多角度分析气候变化的社会经济风险,并据此提供更为公平及由上而下的气候变化风险管理的参与机制。

## 1 研究区选择与数据来源

于田绿洲深处封闭环境之中,生态环境相当脆弱,最易受到外界因素干扰,是绿洲荒漠动态变化最剧烈的地区,也是新疆受气候变化影响最为显著的区域之一。根据于田县气象数据,近 10 a,于田县平均最高温度和最低温度分别增加了 0.15 和 0.2 °C。降雨量也达到了最大变率。根据 2010 年中国科学院的研究报告,到 2050 年该地区温度还会增加 1.6~2.1 °C,到 2080 年则增加 2.3~3.1 °C。此外,许多研究也证实,在过去 10 a,干旱的范围和频率也有所

增加,而且未来仍会继续扩大,因此,选择于田县做为研究区域具有一定典型性。

农业是新疆于田县的主要产业,全县 GDP 的 60%来自于农业部门,超过 70%的人口从事农业生产或者与农业有关的产业,但多是小规模的混合作物和牲畜养殖。依赖传统耕作技术、过度放牧和森林砍伐造成土壤退化,加之缺乏各种应急设备和完善的基础设施、应对灾害的信贷和财政支撑政策不足等原因,由气候变化导致的农户生计脆弱现象很普遍。

调查参考世界卫生组织(WHO)的样本调查数据控制方法,95%置信区间,对于田县 15 个乡镇进行调查,每个乡镇选 3 个行政村,每个村选取同样比率的农户,共 600 人。调查对象主要为 30 岁以上,70 岁以下,在本地居住或农业生产经验超过 25 a 以上的农户。调查对象中 90%以上为维吾尔族,年龄在 40~70 周岁的占 92.9%,初中及以下学历占 96.8%。被调查者的社会经济属性统计数据与新疆统计年鉴中的和田地区社会统计数据基本一致,体现了于田县是少数民族聚居,且以农业生产为主的社会经济特征。调查问卷共发放 600 份,扣除答项有遗漏者,有效问卷 590 份,有效率为 98.3%。

## 2 研究方法与研究假设

### 2.1 实证模型

在二步分析模型中,气候变化感知是农户适应性行为选择的基础,而第二样本是气候变化感知样本的子样本。因此,有可能第二阶段样本是非随机且不同于第一阶段样本(包括那些没有气候变化感知的被调查农户),这就会产生样本偏差的问题。采用 Heckman 模型则可避免样本选择的偏差。

为了检验双重样本选择问题,我们采用 Deressa<sup>[17]</sup>的做法。首先,每一个农户对气候变化的感知是内生的,可以写成标准的 Probit 估计式:

$$y_j^* = x_{j,1}\beta_1 + u_{j,1}$$

其中被解释变量  $y_j^*$  是一个无法观测到的潜在变量,由一组解释变量  $x_1$  决定,包含影响气候变化感知的相关变量。 $\beta_1$  是估计参数, $u_{j,1}$  是误差项。既然潜在变量不能被观测到,我们定义两个示性函数,在是否采用适应性行为的情况下:

$$y_j = 1 \quad (y_j^* > 0)$$

$$y_j = 0 \quad (y_j^* \leq 0)$$

$y_j^* > 0$  表示感知到气候变化,  $y_j^* \leq 0$  表示未感知到气候变化。

与此类似,适应性行为是一个自我选择的过程,也可写成一个标准的 Probit 估计式:

$$S_j^* = x_{j,2}\beta_2 + u_{j,2}$$

式中  $S_j^*$  也是一个无法观测到的潜在变量,由一组解释变量  $x_2$  决定,包含影响适应性选择行为的相关变量。

如果采取适应性行为带来的效用大于不采用的效用,个人将会选择采用适应性行为。 $\beta_2$  是估计参数, $u_{j,2}$  是误差项。选择适应性行为,可观测到  $S_j = 1$ ,如果未选择适应性措施,可观测到  $S_j = 0$ 。选择适应性行为的虚拟变量  $S_j^*$  和  $S_j$  之间的关系是:

$$S_j = 1 \quad (S_j^* > 0)$$

$$S_j = 0 \quad (S_j^* \leq 0)$$

但只有观察到  $y_j = 1$  时,我们才能观测到  $S_j = 1$  或者  $S_j = 0$ 。

## 2.2 数据描述

本文根据调查统计数据,研究文献,相关政策文件的汇总与分析等,选择农户自身特征(个体及其家庭)、社会网络、地理特征、族别等作为解释变量(表 1)。被解释变量包括:气候变化感知(虚拟变量:感知=1,未感知=0)和适应性行为(虚拟变量:选择=1,未选择=0)。

通过对 590 份有效问卷的综合分析,初步得到农户对当地气候变化的感知(表 1)。根据调查,92.7% 的被调查农户感知到气候变化,其中超过 70% 的被调查者认为气温逐年升高,特别是夏季到来的越来越早,沙尘暴次数和持续时间逐年增大。70% 以上被调查者认为降雨量减少,不足 10% 的被调查者认为降雨量有微弱增加。但处在不同地理位置的被调查者对气候变化感知有一定差异。例如绝大多数山区的农牧兼业者认为,近 20 a 夏天“越来越热”,冬季“越来越冷”,但是春夏降雨量增加,沙尘暴次数减少。在城市近郊及克里雅河流域灌区,85% 以上的调查对象认为干旱和风灾有所增加,但降水量却略有增加。而在绿洲—荒漠交错带,超过 90% 的调查对象认为干旱和沙尘暴有增加趋势,且频率和强度远远超过非交错带,但降雨量持续减少。也就是说,绝大多数农户都能感知到气温变化趋势以及极端气候灾害的发生频度。在感知到气候变化的被调查农户中,58% 的农户采取了一种或者几种适应性行为,如改变种植结构,增加灌溉,增加地膜覆盖面积,增加农作物多样性,改变播种期和实施家畜圈养等。

表 1 变量定义及描述性统计

解释变量	变量定义	气候变化感知模型		适应性行为模型	
		均值	标准差	均值	标准差
户主性别	虚拟变量,1=男,0=女	0.42	0.37	0.49	0.33
从事农业时长	连续变量,用年表示	15.64	8.37	19.82	10.64
受教育年限	连续变量,用年表示	6.39	3.64	8.64	5.29
家庭年均纯收入	连续变量,按实际收入计算(万元)	2.18	1.92	2.93	1.07
能否获得借贷	虚拟变量,1=是,0=否	0.41	0.57	0.36	0.22
与村民间交往是否频密	虚拟变量,1=是,0=否	0.63	0.51	0.64	0.47
同村或者邻近乡镇的亲威数量	连续变量,按实际数计算(家)	16.70	8.90	14.20	10.67
政府灾害预警信息服务	虚拟变量,在过去一年内是否收到政府提供的灾害预警信息,1=是,0=否	0.83	0.39	0.89	0.27
对媒体咨询的信任	虚拟变量,对电视、报纸、广播等主要媒体信息源的信任与否,1=是;0=否	0.57	0.29	0.42	0.23
距离水源地远近	连续变量,承包地到水源地的时间(min)	42.70	24.91	49.24	27.06
地区变量	虚拟变量,1=灌区,0=荒漠地区	0.51	0.34	0.39	0.17
维吾尔族	虚拟变量,1=是;0=否	0.87	0.43	0.91	0.58
温度	连续变量,于田县 2011 年平均温度(°C)	12.34	1.27	16.21	6.74
降水	连续变量,于田县 2011 年平均降水量(mm)	42.67	5.34	47.89	10.22

## 3 结果与分析

对于影响农户气候变化感知和适应性行为选择的因素,通过 Heckman 选择模型进行回归分析,结果见表 2。Rho 显著不为零(Wald  $\chi^2 = 167.2, p < 0.001$ ),

说明样本的确存在选择偏差,农户对气候变化的适应性行为确是建立在对感知的基础上,因此,Heckman Probit 选择模型在此处适用。此外,Heckman Probit 模型的似然比检验也是显著的(Wald  $\chi^2 = 14.9, p = 0.001$ ),显示变量有很强的解释能力。

表 2 Heckman Probit 选择模型估计结果

解释变量	气候变化感知模型(I)		气候变化适应性行为模型(II)	
	回归系数	$\rho$ 值	回归系数	$\rho$ 值
常数项	-3.892	0.000	-1.421	0.001
户主性别	-1.212*	0.003	-0.111*	0.000
从事农业时长	0.798***	0.011	0.272***	0.004
受教育年限	0.621	0.033	0.474*	0.007
家庭年均纯收入	$-0.131 \times 10^{-4}$ *	0.011	$1.49 \times 10^{-4}$ **	0.121
能否获得借贷	1.222	0.003	0.783*	0.171
与村民间交往是否频密	1.371***	0.009	0.326**	0.000
同村或者邻近乡镇的亲戚数量	0.707*	0.038	0.211**	0.001
政府灾害预警信息服务	-2.673*	0.010	0.486	0.027
对媒体咨询的信任	1.871*	0.009	0.431	0.001
距离水源地远近	-0.394***	0.012	0.133***	0.076
地区变量	-0.798	0.003	-0.623	0.011
维吾尔族	2.257	0.006	0.969	0.007
温度	0.646***	0.003	0.178***	0.000
降水	-0.079***	0.001	-0.012***	0.000

注:\*\*\*1%水平上显著; \*\*5%水平上显著; \*10%水平上显著; 样本数  $n=590$ 。

从表 2 可见,户主性别对气候变化感知和适应性行为选择呈负向显著,表明女性户主对气候变化更加敏感,也更愿意采取适应性措施。近年来,于田县农村大量男性青壮年劳动力外出就业,农村多剩下妇孺和老人,妇女除需照顾家庭之外,也肩负农业生产的责任。因此,更多的女性逐渐成为家中户主进行各种适应性决策。

户主从事农业时长对气候变化感知和适应性行为决策都呈正向显著性影响,说明农户生产经验越丰富,对气候变化对农业生产的影响感知越强烈,也越愿意采取适应性措施应对气候变化带来的影响。

受教育年限对气候变化感知的影响不显著,但对适应性行为选择有正向显著性影响,说明教育水平不是感知气候变化的必然因素。调查结果表明,受教育程度较低的农户多认为某种极端自然灾害只是暂时现象,经验和简单技术手段基本可以解决气候变化对农业生产的负面影响,因此,对气候变化后果感知不显著。但适应性行为的选择会受到人们的教育程度的影响。在于田地区,初中以上文化水平的农户对气候变化的负面认知更为强烈,也因此更易于接受和采用新的作物品种和耕种方法以应对气候变化。可见,受教育程度较高的农户对气候变化风险和水土保持等更为敏感。同样的结果在 Nhemachena<sup>[15]</sup> 研究结论中也有所体现,即有经验和受教育程度较高的农户多能够采取及时有效的方法,以应对气候变化带来的各种社会经济及环境脆弱性影响。

家庭年均纯收入对气候变化感知呈负向显著,对适应性行为选择有正向显著性影响。在于田地区,脆

弱的自然环境导致基于此的社会经济基础也非常薄弱,收入较低的农户抵御各种气候变化导致的极端灾害能力更弱,其对气候变化的感知也更为敏感。而各种适应性措施的决策与实施,需要一定人力和物力的支持,例如增加地膜覆盖面积前期投资较高,且多属于一次性投资,只有足够资金支持的农户才更倾向于选择增加地膜覆盖面积,从而出现家庭纯收入较高的农户偏向于选择该适应性行为。

能否获得借贷对气候变化感知并不显著,对适应性行为选择通过了 10%水平显著性检验,表明信贷支持是影响农户是否愿意采取适应性措施的重要原因。即适应性措施在可能有效应对气候变化,并带来多元化收入的同时,也因为存在不可预见的风险降低农户的预期收益,而容易获得借贷,则可在较大程度上缓解农户资金约束的压力,并降低未知的农业生产风险。

与村民间交往是否频密和同村或者邻近乡镇的亲戚数量都是表征农户的社会交往网络指标,两个指标对气候变化感知和气候变化适应性行为都呈正向显著,表明社会网络是影响农户对气候变化和适应性行为认知与选择的主要因素之一。在于田县,由于村落较为疏离,现代化传播工具普及率低,加之与外界隔离的生活环境,农户间较城市和其他地区交往更为频密,对一些可能造成地区经济社会损失的信息也愿意彼此交流,并容易互相影响,形成某种共识。一些应对措施通常会在一个大家庭开始使用,如果有效,就会在亲戚朋友和邻居间传播开来,进而可能成为整个社区共同实施的方法或遵守的规范。因此,亲朋好

友和街坊邻居的信息,可以在很大程度上影响公众对气候变化风险的感知及气候变化适应性行为的选择,公众也会遵从社区或宗族的某种“社会规范”,从而改变对某种适应性行为的认知。

政府灾害预警信息服务和对媒体咨询的信任表征,各种资讯社会对气候变化感知和适应性行为有影响,其中政府灾害预警信息服务对气候变化感知呈负向显著性影响,与媒体信息相反,但对适应性行为选择则都不显著。于田县是国家级贫困县,有大量的灾害应急设施建设和灾后重建工作,当地财政难以支撑,而以荒漠内绿洲为核心的团聚式居住方式,交通不便,各种气象和灾害预警信息难以畅达。根据调查,过去 6 a,未收到灾害发生预报信息的家庭数为 63.6%。因为无法在农业有效耕种期内获得及时灾害救助而被迫长期暴露在气候变化风险影响下,滞后和不充分的信息会让农户认为政府没有能力提供正确的气象消息或政府不作为,从而增加对政府信息源的不信任程度,进而提高农户的风险感知。媒体信息多,即时而直观,也易于传播,在于田干旱区,农户逐水而居,居住相对集中,灾害信息一经发布,就会在农户间迅速传开,并会渲染灾害发生后果,农户对媒体信息越信任,对灾害后果预期也越严重,对风险感知度也会越高。

距离水源地远近变量在两个模型中都通过了 1% 显著性检验,表明距离水源地越远的农户,对气候变化感知越显著,也更愿意选择各种措施应对气候变化的影响。新疆农业生产是以水定地,即水资源对于干旱区农户生产生活影响最为显著。当个体面对气候变化风险无法控制时,将会提高风险程度,特别是那些远离水源地的农户,一旦遇到旱灾和风灾等极端自然灾害,就会因为缺乏水源导致生产生活无以为继,使农户被迫暴露在气候变化威胁中,造成越远离水源者,对气候变化印象的强化,进而提高风险感知。而良好适应性措施,如增加灌溉设备、使用抗旱种苗、改变种植结构等都可降低气候变化对农业生产的影响,提高气候变化应对能力。

地区变量在两个模型都没通过显著性检验,但气候变化感知模型系数符号为负,在一定程度上表明处在灌区的农户对气候变化感知并不明显,主要在于城市郊区和灌区普遍有相对较好的适应气候变化的设备和措施,如较为充足的水源,完善的水利设施,便捷的交通和迅速的应急救助等,都在一定程度上抵消或弱化了干旱或风灾等极端自然灾害对农业生产和生活的影响,降低了农户对气候变化的感知和选择适应性行为的偏好。地区变量在模型 II 中的系数符号为

负,说明荒漠地区农户更愿意采取适应性措施以应对气候变化对其生产生活的负面影响。

维吾尔族变量对两个模型的显著性检验都未通过。但其系数显示为正可说明,维吾尔族对气候变化感知较为强烈,但因为其长期生活在干旱地区,已经形成了一套较为有效的适应干旱区环境的生计模式,而适应性措施可能改变其既有的生产方式和模式,也蕴藏着一定风险,经验丰富的维吾尔族农户更愿意采取传统方式应对气候变化风险,降低对适应性行为的选择偏好。温度和降水是表征气候变化的重要指标。根据表 2,温度和降水在两个模型都通过了 1% 的显著性检验,说明温度越高,降水越少,农户对气候变化感知越强烈,也更愿意采取适应性决策应对气候变化。也说明温度和降水是影响干旱区农户生产生活的重要气象要素。在于田地区,极端高温和极端低温共同出现的年份极易发生旱灾和虫灾,也容易出现春夏连旱,对农业生产影响极大。而长时间高温增加了地表水分在烈日下直接蒸发量,降低了植被在防风固沙和降低流沙移动速度方面的作用,从而在一定程度上也增加了风灾和旱灾的发生几率。如果把旱灾和农户对水资源减少的感知结合起来分析,会发现于田绿洲农户对于干旱缺水感知最深,很大一个原因就是这些灾害和负面影响叠加对农户的农业生产影响最大,因此,农户采取适应性行为的可能性也越大。

## 4 结论

本文从农户对气候变化感知微观视角下,尝试分析其对各种适应性政策选择的偏好差异。研究结果表明,户主性别、从事农业时长、家庭年均纯收入、社会网络、距离水源地远近、气候因素等变量对农户气候变化感知和适应性行为有显著性影响。

由于中国政府采取的改革政策,在过去 30 a 多,农户们的生活已发生了很大变化,由过去单一的农业活动转向现在的多种经济活动,这种转变增强了他们对气候变化的应变能力。此外,在种植业生产和对土地利用变化的影响中,政府的作用要远远大于气候变化的影响。由于农民们的生活水平有限,如果没有政府扶持,他们几乎没有可能进行准备,以应付未来的气候变化。因此,对于政府决策者而言,需要把更多的关注放在事前预防,如实施灾害多发区农户的整体搬迁,加强上游流域防灾设施建设和水土流失治理,保证农户可获得足够的资金支持,提高农户教育水平,拓宽信息获取渠道等。此外,政府决策者应该大力发展地区经济,通过增强农户的自我发展能力,进而提高其应对气候变化的水平,这是长效之策。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] Maddison D. The Perception of and adaptation to climate change in Africa[R]. CEEPA Discussion Paper Pretoria, South Africa; Centre for Environmental Economics and Policy in Africa, 2006.
- [2] Anthony Leiserowitz. Climate change risk perception and policy preferences: The role of affect, imagery, and values[J]. *Climatic Change*, 2006,77(2):45-72.
- [3] Ishaya & Abaje I B. Indigenous people's perception of climate change and adaptation strategies in Jema's local government area of Kaduna State, Nigeria[J]. *Journal of Geography and Regional Planning*, 2008,1(8):138-143.
- [4] Gbetloubou G A. Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: The case of the Limpopo Basin, South Africa. IFPRI Discussion Paper No. 00849. Washington, DC: IFPRI[EB/OL]. <http://www.ifpri.org/publication/understanding-farmers-perceptions-and-adaptations-climate-change-and-variability>. 2010.
- [5] Edwards J G, Plassmann K, Harris I M. Carbon footprinting of lamb and beef production systems: Insights from an empirical analysis of farms in Wales, UK[J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2009,147(6):707-709.
- [6] Sampei Y, Aoyagi-Utsui M. Mass-media coverage, its influence on public awareness of climate-change issues, and implications for Japan's national campaign to reduce greenhouse gas emissions [J]. *Global Environmental Change*, 2009,19(2):203-212.
- [7] Akter S, Bennett J. Household perceptions of climate change and preferences for mitigation action: The case of the carbon pollution reduction scheme in Australia[J]. *Climatic Change*, 2011,109(3/4):417-436.
- [8] Bradshaw B, Dolan H, Smit B. Farm-level adaptation to climatic variability and change: Crop diversification in the Canadian prairies[J]. *Climatic Change*, 2004,67(1):119-141.
- [9] Hassan R, Nhemachena C. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis[J]. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2008,2(1):83-104.
- [10] Kurukulasuriya P A. Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on African Cropland[M]. World Bank-free PDF, 2007.
- [11] Mertz O, Mbow C, Reenberg A, et al. Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel[J]. *Environmental Management*, 2009,43(5):804-816.
- [12] Hageback J, Sundberg J, Ostwald M, et al. Climate variability and land-use change in Danangou watershed, China; Examples of small-scale farmers' adaptation[J]. *Climatic Change*, 2005,72(1/2):189-212.
- [13] Thomas D S G, Twyman C, Osbahr H, et al. Adaptation to climate change and variability: Farmer responses to intra-seasonal precipitation trends in South Africa [J]. *Climatic Change*, 2007,83(3):301-322.
- [14] Mendelsohn R, Seo S N. Climate change adaptation in Africa: A microeconomic analysis of livestock choice [J]. *Research Working Papers*, 2007,1(1):1-39.
- [15] Nhemachena C, Hassan R. Micro-level analysis of farmers adaption to climate change in Southern Africa [M]. *Intl. Food Policy Res. Inst.*, 2007.
- [16] Deressa T T, Hassan R M, Ringler C, et al. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia[J]. *Global Environmental Change*, 2009,19(2):248-255.
- [17] Deressa T T, Hassan R M, Ringler C. Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia[J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2011,149(1):23.