

人类感知和适应 气候变化的行为学研究 ——以吉林省敦化市乡村为例

田青 著

Behavioral Science Based Research on
Human Cognition and Adaptation to Climate Change
A case study on rural area in Dunhua City, Jilin Province



中国环境科学出版社

国家自然科学基金资助项目：人类感知和适应气候变化的区域对比研究——
以我国东北地区为例（40501026）

人类感知和适应气候变化的行为学研究

——以吉林省敦化市乡村为例

**Behavioral Science Based Research on Human Cognition and
Adaptation to Climate Change**
—A case study on rural area in Dunhua City, Jilin Province

田 青 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

人类感知和适应气候变化的行为学研究：以吉林省敦化市乡村为例/田青著. —北京：中国环境科学出版社，2011.2

ISBN 978-7-5111-0486-1

I. ①人… II. ①田… III. ①气候变化—适应能力—研究—敦化市 IV. ①P467

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 020135 号

责任编辑 丁 枚
责任校对 尹 芳
封面设计 玄石至上

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 2 月第 1 版
印 次 2011 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 8.75
字 数 160 千字
定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

致 谢

从行为科学角度入手，研究人类对气候变化的感知和适应，自 2002 年开始接触之时，就是一项非常具有挑战性的工作。幸运的是，我遇到了一位人生中很难得才修得到的良师，我的博士生导师方修琦教授。他将我从根本不相信这项研究会是一条未来可行的路，带上了一条现在看来确实是全球追逐的热点和一个崭新的研究领域。走上这条路，天天面临的都是新思想、新问题、新挑战，使人生充满了新鲜，不落俗套。静下来想想，自从开展该领域的工作，确实增加了一些人生的快乐，也出现了很多人生烦恼，烦恼往往是在解决不了问题的时候就开始充满“人间”，但总体上是幸福的，尤其对方老师，一直充满了感激。

建立在典型实证研究基础上的这项研究，所需一手数据的获取至关重要，如果没有敦化市农机局贾非局长慷慨无私的帮助，一手资料的获取几乎不可想象，实证研究也就无从谈起。这里对贾局长所提供的无私帮助表示诚挚的感谢！同时感谢敦化市农机局的徐峰科长，很长一段时间无私地提供各种可能的帮助，感谢敦化市农机局的于立侠女士，赵喜春先生，马洪明科长，还有农机局、气象局、档案局、农业局、统计局等部门的领导和员工们的热情帮助和所提供的资料支持。此外，还要特别感谢江源镇农机站站长赵玉海先生及其助手、红石乡农机站站长张云龙先生、额穆镇农机站站长藏传兴先生、沙河沿镇会计刘景星先生、沙河沿镇农机站站长王铁东先生及其助手、官地镇农机站站长康万良先生及其助手等等，感谢这些敦化市基层农机站领导和乡镇领导与员工们的无私帮助、支持和热情款待，是这些领导和朋友们提供的帮助支持完成了这项研究工作，这些帮助的价值不是简单的数学公式所能计算的。在敦化调查期间所感受到的淳朴的民风更是对久居城市的都市心灵的一次涤荡和清洗，访谈接触到的农户的朴实、厚道和

善良给我留下了深刻而无法磨灭的印象。感谢接受访谈的所有农民朋友，感谢配合填写问卷的所有农民朋友！

还要感谢北师大地理系校友、现陕西宝鸡师范学院文理学院地理系主任周旗教授在行为经济学方面给予的及时指教和点拨。

感谢所在工作单位环境教育中心张兰生先生——我的硕士导师的关心、支持和帮助。还有一直给予我工作上支持和谅解的我的家人们。

田 青

2010 年底

摘要

适应是人类响应气候变化的明智之举。人类对气候变化的适应是人与自然环境关系这一地理学基本问题的具体体现，人类对气候变化的感知和适应行为的研究是人地关系研究中的关键环节。

根据行为心理学、环境心理学和行为经济学的概念、理论和方法，结合敦化乡村地区人类活动的特点，确定了乡村人群感知气候变化的生活活动、生产活动和观察自然现象的要素，依据这些要素和行为学理论设计了研究所需的调查问卷。运用问卷调查和访谈的研究方法，对敦化地区 4 个乡镇的乡村人群感知和适应气候变化的判断和决策行为过程进行调查。对从问卷和访谈中获得的信息和数据进行了研究，获得以下结论。

1. 感知气候变化方面

(1) 人们对于气候与气候变化的认知主要的不是直接形成，而是间接地通过对生活活动、生产活动和观察自然现象的累积认知，而后推断出的结论。在敦化人们主要通过感知生活活动、生产活动和观察自然现象变化，发现四季发生了变化，冬季变短了、暖了，生长季变长了，夏季变长了，从而推断得出气候变化的认知。

在敦化市的生活活动、生产活动和对自然现象观察活动中，对气候变化最敏感的人类活动是生活活动。

敦化市乡村人群感知气候变化最明显的季节是冬季。

(2) 敦化市农民对气候变化感知和认知的途径主要有三条，①在感知环境波动基础上，经过推断形成的气候变化认知。②通过回忆各年代际冷暖的感受形成对年代际气候变化的直接认知。③建立在极端气候年份认知基础上的气候变化认知。

这三条气候变化认知途径中，从逐年极端气候的认知中不能得出正确气候变化的认知。逐年极端气候认知的不准确性最高，不同人群的认知差异也是这三条途径中最大的。对年代际气候变化直接认知的可靠度不如建立在对环境要素感知基础上的气候变化认知。环境要素中从生产活动获得的知觉和认知不如从观察自

然现象获得的知觉和认知准确。

2. 采取适应行为方面

适应气候变暖行为的发生是自发和无意识的个体行为，而不是主动的、有政府指导或专家指导的群体或有组织行为。适应行为由个别个体自发后，其他人仿效发生。这些适应行为更多的是建立在市场变化感知基础上，而不是气候变化感知基础上。只是适应市场认知的行为碰巧符合了适应气候变化认知的行为而已。但是对气候趋势变化的认知和对季节长度变化的认知可能是作为农民判断和决策适应市场的换品种决策行为的依据之一，因为气候条件是种植行为成功的前提和基础。

3. 采取适应行为的判断与决策方面

采取换生长期更长的品种和增减水稻面积的适应气候变化行为的判断与决策，完全建立在经验基础上。判断和决策时所考虑的信息依据并不全面，主要由经验和其他易得性信息构成，判断和决策是建立在决策信息并不充分的基础上的简单经验性决策。

4. 乡村务农人群适应气候变化的行为机理

(1) 农民采取换品种、增减水稻播种面积的适应气候变化的行为，是同时应对气候变化和市场变化两种刺激的反应。

(2) 气候刺激和市场刺激不直接对人们采取适应行为的判断和决策起作用，而是通过对人们的需要、行动目标、经验和对环境的知觉直接起刺激作用后，通过这些中间环节传递出对判断过程和决策过程的影响。

(3) 对灾害情况和单产的认知是以反馈信息的角色出现，起到调节适应行为的刺激作用。而这一调节作用也是通过对需要、目标等中介作用后实现的。其中单产的增加和减少对行为的发生影响显著。

关键词：气候变暖 感知 适应 农业 决策

Abstract

Adaptation is a wise choice for Human in response to climate change. Research on Human adaptation to climate change belongs to the elemental issue of Geography—the relationship between Human and nature. It is the key points to research this relationship from the angle of how Human gaining cognition and adapting to natural environment.

Based on the concepts, theories and methods of Behavioral Psychology, Environmental Psychology and Behavioral Economics, combined with the features of Human activities in Dunhua area, Jilin Province, the element factors in domestic living, laboring and natural phenomena observation for weighing peasants' perception and cognition on climate change are defined. According to these factors and theories of Behavioral Science it is designed for the questionnaire of investigating peasants' both perceptions, cognitions on climate change and judgment, decision-making processes on adaptation behaviors to climate change. The investigation is carried out in 4 towns by applying the methods of questionnaire and interview. The following conclusions are inferred from the information and data from the results of questionnaire and interview.

1. The perception and cognition to climate change

(1) Climate is generally regarded as the reference frame for people to understand physical environment. The cognition to climate change is not mainly formed from people's perceptions of climate change directly, but deduced from the perceptions and cognitions to series small scale environmental fluctuations by the way of domestic living, laboring and natural phenomena observation activities. In Dunhua area, Jilin Province peasants get the perceptions and cognitions on the changes of seasons by the way of domestic living, laboring and natural phenomena observation activities. Winter is shorter and warmer than before. Both growing season and summer are longer. And then the cognition of climate change is inferred.

In Dunhua area the domestic activity is the most sensitive among the three Human

activities to climate change.

Winter is the season that changes greatest in the peasants' cognition in Dunhua area.

(2) There are three paths for peasants to form their climate change cognition. One is that the cognition of climate change is inferred from the perception and cognition on small scale environmental fluctuations. Two is that directly form the cognition of chronological climate change based on information offered by various sensory organs. The third one is that the climate change cognition is built on the cognition of extreme climate years.

From the path 3 the correct climate change cognition cannot be inferred based on the cognition of extreme climate year. The inaccuracy of the cognition on extreme climate year is high. The cognition differences are the biggest among different groups. The authenticity from the cognition of chronological climate change is not better than that from the perception and cognition on small scale environmental fluctuations. The accuracy in environmental factors perception and cognition gaining from laboring activities is not better than that from natural phenomena observation.

2. The adaptation behaviors

The adaptation behaviors to climate change are unconscious individual behaviors without guiding and organizing from government or agricultural experts. The adaptation behaviors occur spontaneously from some individual peasant. Then other peasants imitate. These adaptation behaviors are based on the cognition to market change instead of to climate change. The adaptation behaviors to market change occasionally conform with the adaptation behavior to climate change. The cognition to both the trend of climate change and the length change of seasons are probably one of the bases for the decision-making in adaptation behavior to market change made by peasants. The reason is that climate condition is the base and precondition for successful planting behaviors anywhere.

3. The judgment and decision-making for adaptation behaviors

It builds completely on the experiential bases for the judgment and decision-making of adaptive behaviors to Climate change by the ways of changing both new breed with longer growing period and paddy rice planting areas. The bases information for judgment and decision-making, composed by experiential and others available information, is not enough. The decision is simple experiential decision.

4. The process of the peasants' adaptation behavior to climate change

(1) The peasants' behaviors of changing both new varieties and planting areas are the responses to stimulus both from climate change and market change.

(2) Both stimulations of climate change and market acts to peasants' judgment and decision-making indirectly. These stimulations act directly to peasants' need, aim, experience and environmental perceptions, which are the intermediary links. The intermediary links deliver the influences from stimulus to peasants' judgment and decision-making.

(3) The cognition to disaster and per unit yield is the feedback information for adjustment to adaptation behaviors. The adjustment role is implemented by the intermediary links. The change of per unit yield makes significant influence to adaptation behaviors.

Key Words: Climate change Cognition Adaptation Agriculture Decision-making

目 录

第一章 概述	1
1.1 气候变化的适应是一种行为.....	1
1.2 全球变暖与粮食安全问题	4
1.3 研究框架	6
第二章 相关的行为学理论基础.....	11
2.1 行为心理学	11
2.2 环境心理学中的基本概念和理论.....	12
2.3 行为经济学关于不确定条件下的判断和决策理论.....	22
第三章 敦化乡村人群对气候变化的认知和适应行为的问卷调查.....	28
3.1 调查问卷的设计	28
3.2 问卷调查执行过程	35
3.3 问卷统计分析	37
第四章 敦化乡村人群对气候变化的感知和认知.....	38
4.1 通过对环境感知形成对气候变化的认知.....	38
4.2 乡村人群对 50 年来气候变化的直接认知.....	57
4.3 敦化乡村人群对气候认知的偏差.....	72
第五章 敦化乡村人群适应气候变暖的粮食种植行为的决策过程分析	86
5.1 农民适应气候变暖的粮食种植行为的识别与评价.....	86
5.2 农民改换水稻品种适应气候变暖行为的决策过程.....	94
5.3 农民适应气候变暖行为的判断过程分析.....	100

第六章 结论与讨论	108
6.1 感知气候变化方面	108
6.2 采取适应行为方面	109
6.3 采取适应行为的判断与决策方面.....	109
6.4 乡村人群适应气候变化的行为机理.....	109
6.5 反思	110
6.6 讨论	111
参考文献	112
附 录	116

第一章 概述

IPCC 第三次气候变化评估报告指出，20 世纪全球地表温度增加了 0.6°C ，其中 1976—2000 年是增幅最大的时期之一，20 世纪 90 年代是最暖的 10 年 (IPCC, 2000)。以全球变暖为标志的全球变化是当今研究的一个热点。

“全球环境变化通常被认为包括对地球环境的大范围的自然和人文因素导致的扰动，它影响着土地利用、陆地覆盖、生物多样性、大气成分及气候 (IGBP, 1997)。人类造成的扰乱包括社会的、文化的、经济的、人口和政治的因素。在研究全球环境变化的人文因素时，我们不仅需要理解这些因素如何对地球环境造成影响，也要理解它们如何被环境影响。了解个人和社会缓和与适应环境变化带来的压力的方式也非常重要。从这个意义上讲，全球环境变化既是社会现象，也是自然现象” (Ian Burton, 2002; 叶笃正, 吕建华, 2003)。与全球变化研究有关的内容涉及科学机理和人文因素等多个方面，人类社会的响应乃至适应研究已经开始成为全球变化人文因素研究中关注的热点问题。

1.1 气候变化的适应是一种行为

1.1.1 适应是人类响应气候变化的明智之举，也是一个典型的地理学问题

面对全球变化，“一个十分重要的问题是：人类社会现有的农业、林业、畜牧业的体系，水资源管理体系，能源体系以及经济的宏观布局等，都是根据过去积累的气候和环境状况信息和知识制定出来的。这些体系在全球变化的条件下是否还能适用？如何调整这些体系以适应已经发生和未来将可能发生的变化，以达到趋利避害的目的，就是人类对全球变化的适应问题” (叶笃正, 符淙斌, 董文杰, 2000, 2002, 2003)。

全球变化的适应指人类社会面对预期或实际发生的全球变化的系统功能、过程或结构所产生的影响而采取的一种有目的响应行为。①全球变化适应的认识基础是：全球变化不可能完全避免，但是可认识的，人类对全球变化的反应需

要一定的时间。②适应所针对的主体是人类生态系统（包括资源环境系统、支撑系统和人文系统），目的是通过降低人类对全球变化的脆弱性，减轻不利影响、增强其有利影响，规避风险。③适应所追求的是以有限的投入，换取最大的社会效益、经济效益或最小的损失。适应的方式有多种，适应所需的成本和效果因适应方式的不同而各不相同。④人类有能力选择危害最小/利益最大的适应方式，因此，适应行为可以是自发的或有计划的，适应发生的时间既可以在全球变化达到某一临界值之前，也可以发生在变化发生之后。IPCC 把适应作为减缓气候变化的补充手段，而事实上适应的意义远不止于此。对人类而言，适应不仅与减缓同等重要，而且从可持续发展的角度看，全球变化的适应不仅仅是人类降低系统脆弱性的手段，而且是人类实现社会和自然可持续发展的能力建设（葛全胜，陈泮勤，方修琦等，2004）。

在响应气候变化的研究方面，人们先后提出了阻止、减缓和适应等不同策略。近年的研究工作表明，适应和减缓是并重的。“适应是所有社会层次必须实施的一个战略。适应对于减轻气候变化的不利影响，增强其有利影响具有重要作用”（孙成权，林海，曲建升，2003；叶笃正等，1999，2001，2003；Berrien Moore III，2002）。面对已经发生的和不可避免的变暖事实，适应是人类的明智之举（葛全胜，陈泮勤，方修琦等，2004）。

在全球变暖敏感区的众多人类行为中，哪些是人类对气候变暖的适应行为？识别出过去和现在的这些适应行为，研究揭示其发生机理，对于人类未来有计划、有目的地调整生产和生活策略，适应未来气候的变化、达到趋利避害的目的意义重大。当前的适应研究中，采用模拟手段关注未来气候变暖情境下人类在未来适应气候变暖行为策略的研究较多，而针对过去和当前变暖事实下正在和已经发生的人类适应行为进行实证研究的则相对较少。总结过去和现在发生的这些适应行为中的经验和教训，对于人类未来制定更合理的适应对策有重要的参考价值。

地理学首先是人的地理学（哈特向，1997），人与自然关系的研究是其核心目标和任务。人类适应气候变暖机制的研究处于地理学研究所关注的基本问题“人与自然环境关系”的研究中。土地利用/土地覆盖变化计划（LUCC）的报告指出，LUCC 所面临的挑战是“在了解和预测人类对陆地生态系统的影响时，最根本的障碍就是缺乏全面的、综合的人类—环境关系理论。该理论可以用来解释实验结论，预测新的结果。而土地利用/土地覆盖变化研究正处在人类—环境的关系中”（IPCC，2000；郑金海等，2003；李晓兵，1999，于兴修，杨桂山，2002）。这段话是从人类社会作为土地利用变化驱动力的角度提出的。而在人类响应气候变化的过程中，同样需要研究类似问题，即社会机制如何运作，才能使人类成功地

适应气候变化——即利用了气候变化带来的效益；或者社会机制怎样运作了，才导致了人类没有获得对气候变化的良好适应，反而造成了损失。这本身就是关于人与环境关系的研究。从人类感知自然环境变化的视角入手，是这种关系机制研究的起点。该类研究还涉及人类认知气候变化、人类选择适应气候变化的行为等问题的研究，如此就形成一个完整的有关人与环境关系机制的研究。从这类研究中提炼的理论，必然成为人与自然环境关系理论的有机组成部分。当前很多研究对这种人类—自然环境关系理论的需求已经提到日程上来（IPCC，2000；孙成权，陈晔，1995；李克让，陈育峰，1999；陈宜瑜，1999；任振球，2002；于兴修，杨桂山，2002）。地理学在研究这类选题上有着不可回避的义务和责任。同时这类选题的研究及其成果也是对地理学基础理论的探索和丰富，有重要的理论意义。

1.1.2 知觉和认知是人类采取适应行为的前提和基础

近年的环境变化研究发现，面对同样的环境影响，不同群体的反应不同，有些适应得很好，有些却相反。“研究要关注为什么一些团体和组织能适应环境变化，而其他的显得较为脆弱。……比如，同样的环境条件——某些全球环境的变化可能在一种情况下导致战争，一种情况下导致难民潮，一种情况下导致饥荒，而在第四种情况下却是适应性反应。这不仅暗示着生物物理学危险和社会脆弱性的区别，还体现了各自空间地域上的不同”（IPCC，2000）。为此，“有必要探寻环境变化及其潜在影响的早期预警方法，指出潜在的不安全区域，明确在同样程度的生物物理危险下，为什么有些人群或组织比其他的更脆弱”（孙成权，林海，曲建升，2003）。

如果深究脆弱性问题背后的原因，就会发现不同人群、不同决策者对发生在身边的环境变化的知觉是有差异的；有些时候不同个体或人群对身边发生的环境变化的知觉虽然相同，却又常会对该变化将要产生的影响的判断和认识存在很大差异，这种差异是导致人们形成不同环境变化认知的关键，而不同的环境变化认知则引导人们在制定响应决策和采取响应行动上大相径庭。比如在有关灾害知觉和认知研究领域就发现（灾害可以被看做是一种极端的、突发环境变化），科学家、管理者和普通公众对于灾害的知觉和认知是不同的，并且常常是冲突的，这种差异会对各种减灾措施和策略的绩效判定产生重大影响（Rogers G. O., 1997; Bernard Icohen, 1998; Nick Pidgeon, 1998）。因此，了解人类对环境变化的知觉，重建人类形成环境变化认知的过程，成为研究人类适应全球环境变化机制必不可少的环节。

从目前研究现状看,适应机制方面的研究虽然受到关注,但多是从自然科学视角开展的研究,而从认知过程这一视角入手的研究则相对少见。

虽然已经认识到需要学科交叉解决我们所面临的科学问题和实践问题,但是到目前为止,国内还没有系统研究农业实践者在气候变化知觉和认知方面的研究成果,对民众形成的气候变化错觉和认识偏差及其产生的一系列影响很少关注。

1.1.3 认识适应气候变化行为决策的行为经济学视角

适应实质上是一种选择过程,适应行为的达成需要经过人类主观的判断过程和决策过程,选择了好的适应行为能够帮助人们达到趋利避害的目的(葛全胜,陈泮勤,方修琦等,2004)。因此,全球变化研究需要关注:人类认识到气候变化后,怎样调整自己的政策行为、经济行为、生产行为、生活方式等,以适应气候变化,趋利避害;或者为了增加经济收益,同时在认识到气候变化的事实后,调整人类的政策、经济、生产等行为,以期最高效率地利用变化了的气候资源,获得更大经济收益。

由 Kahneman 和 Tversky 提出的“不确定条件下的判断:直觉与偏差理论”和“不确定条件下的决策:期望理论(Prospect theory)”,从心理学的角度对人们在决策过程中产生的三类认知偏差进行了系统研究(Kahneman D., Tversky A., 1979, 1981, 1986, 1992, 1994),是目前解释人类面对风险时的判断和决策最有效的理论之一。这种行为经济学的理论由于对传统经济学理论和研究方法及其发展方向提出了颠覆性的挑战,而获得 2002 年诺贝尔经济学奖。目前行为经济学被更多地应用于金融投资行为领域,在其他领域的应用成果还相对少见。

本书中,把农业实践者的粮食种植行为当做个人与家庭的一种农业经济行为,适宜采用行为经济学的判断和决策理论,解释过去 20 年来面对气候变化可能带来的农业投资和种植上的风险,农业实践者是如何判断风险的影响进而做出适应行为决策的。

1.2 全球变暖与粮食安全问题

1.2.1 全球变暖对粮食安全的影响

“当人类进入 21 世纪时,面临着三个关键的问题,这就是:环境恶化、贫困及由这二者导致的不安全因素。在局地、国家、地区和全球范围的环境变化,主

要是人类活动的结果，正在改变地球上现存生物的平衡。这种变化的影响包括对健康的负面影响，更大的生物物理危害，对生物多样性的威胁，影响面更大、更频繁的灾害性气候等。同时，我们对安全的传统的、基于‘二战’以来超级大国军备竞赛的定义，随着冷战时代的过去及非军事威胁的严峻现实迅速发展，经济、人口、环境和社会问题逐渐被认为是影响安全的因素”（孙成权，林海，曲建升，2003）。

在未来的 40~50 年内，由于人口增长与经济的发展，世界粮食的需求量至少会翻番。这种世界粮食需求的增长与粮食安全的需求，将在很大程度上影响到全球或区域土地利用与土地覆盖变化的格局（孙成权，林海，曲建升，2003）。

全球变暖影响着人类生产生活的各个方面，其中对农业的影响尤为显著。IPCC（2001）指出，中纬度地区农业生产在气候变暖几度以下，一般为正面影响，超过这个范围为负面影响。“如果全球变暖导致粮食短缺和灾荒，粮食的保障问题就会变成世界上许多地区的一个重要问题。……模拟试验所得到的结果一致认为，随着气候的变暖，粮食产量会下降。由此引起的土壤水分下降将会严重影响粮食生产。在尘暴期间，表土的大量吹失将会使主要谷物产区变得更加干旱。气温的大幅度波动和降水的变幻莫测，将使粮食产量变得很不稳定。即使粮食减产带给加拿大的不利影响不如其他国家那样严重，但这种影响也会由大量生态难民问题而感觉出来，他们会因粮食遭灾减产而被迫移居到世界的其他地方”（IPCC，2001）。

在气候变暖的情况下，粮食作物还会受到多方面的影响。害虫的分布变化会给水果和粮食生产带来很大的影响。有时候，可以将新的作物引种到更适宜的地方，但在另一些时候则会受阻，如小麦栽培区的北移会受到土壤条件的限制。

1.2.2 高寒山区农业对全球气候变化影响的脆弱性

“山地农业系统通常对全球变化的反应十分敏感”（孙成权，林海，曲建升，2003）。“山区受到全球环境变化的影响比其他任何地方都要强烈。由于山地的高度梯度差异，常常会加剧和改变全球环境变化对洼地的影响。也同样是因为坡度梯度，使得物种的分布受全球变化的影响非常之大，而且这可能成为对低地后继影响的敏感指标”（孙成权，林海，曲建升，2003）。“陆地生态系统（如在北极或阿尔卑斯环境下生长的植物状况），通常对环境变化是十分敏感的。由于强烈的地形差异和因此而产生的气候变化，山地成为世界生物多样性热点之一。山地系统总是暴露在极端的环境条件之下，所以它具有很好的适应性”（孙成权，林海，曲建升，2003），因此“找出一种能在山地环境中探测全球环境变化征兆的