

HUANGHUAHAI DIQU

ZHIBEIFUGAI  
BIANHUA  
JIDUIQIHOUYU  
SHUIZIYUAN  
YINGXIANG  
YANJIU



黄淮海地区

# 植被覆盖变化及对气候 与水资源影响研究

◎陈怀亮 著



气象出版社

# 黄淮海地区植被覆盖变化 及对气候与水资源影响研究

陈怀亮 著

气象出版社

## 内容简介

土地利用与土地覆被变化研究(LUCC)一直是国际全球变化研究的热点。黄淮海地区是我国最大的农耕地之一,还含有京津冀经济圈及农牧过渡区,土地利用强度大,人口、资源、环境问题突出。分析、模拟该区的植被覆盖变化及其对气候与水资源的影响规律,对今后合理开发利用土地资源、水资源、气候资源,采取有针对性的生态保护和环境建设措施,促进区域的可持续发展、人与自然和谐等,均具有重要意义。

本书主要利用较长时间序列(1981—2003年)的NOAA/AVHRR GIMMS和Pathfinder NDVI数据与黄淮海地区对应的气象观测数据,围绕黄淮海地区土地覆盖变化与气候、水资源要素变化之间的关系,研究以下几个问题:(1)黄淮海地区植被覆盖变化特征及动态变化规律;(2)黄淮海地区植被覆盖变化与气候因子的关系;(3)黄淮海地区植被覆盖变化驱动力与驱动机制;(4)利用RegCM3区域气候模式,模拟植被覆盖变化对气候、水资源变化的影响状况。

本书可供土地资源、水资源、气象、环境、植物、地理、生态、农业、遥感、地理信息系统等领域的研究人员、政府决策部门行政管理干部和高等院校师生参阅。

## 图书在版编目(CIP)数据

黄淮海地区植被覆盖变化及对气候与水资源影响研究/陈怀亮著.

北京:气象出版社,2008.5

ISBN 978-7-5029-4507-7

I. 黄… II. 陈… III. ①黄淮海平原-植被-覆盖-影响-气候-研究  
②黄淮海平原-植被-覆盖-影响-水资源-研究 IV. P463.22 TV211

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第063247号

Huanghuaihai Diqu Zhibei Fugai Bianhua Ji Dui Qihou Yu Shuiziyuan Yingxiang Yanjiu

## 黄淮海地区植被覆盖变化及对气候与水资源影响研究

陈怀亮 著

责任编辑:吴庭芳 终审:陆同文

封面设计:马 驰 责任技编:都 平 责任校对:赵 媛

出版发行:气象出版社

出版社地址:北京市海淀区中关村南大街46号 邮政编码:100081

总编室:010-68407112

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

发行部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

印刷:北京中新伟业印刷有限公司

版 次:2008年5月第1版

开 本:787mm×960mm 1/16

印 次:2008年5月第1次印刷

印 张:17.25

印 数:1~1000

字 数:260千字

定 价:40.00元

本书如存在文字不清,漏印以及缺页,倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

# 序

随着经济与社会的快速发展,人类面临人口急速膨胀、气候变暖、环境污染、植被破坏、土地退化、物种灭绝和资源匮乏等一系列重大的全球性环境问题,继而引发了社会、经济领域的可持续发展问题。从 1986 年起,全球变化研究正式成为对整个地球系统科学起重要作用的国际前沿科学领域;1995 年,土地利用/覆盖变化(简称 LUCC)研究正式作为 IGBP-IHDP 的核心科学项目启动。

我国是农耕历史悠久的国家,特别是改革开放以来,人们对土地利用的强度和范围也空前增长,人口、环境、资源的压力不断加大。因此我国对土地利用/覆盖变化的研究也十分重视,但目前我国的研究主要集中在几个气候变化敏感区或生态脆弱带,对农耕和经济开发剧烈区的研究相对较少。

黄淮海地区是我国最大的农耕区、经济圈和农牧过渡区之一,由于经济与社会发展和气候变化等原因,区域土地利用与水资源问题十分突出。因此,分析、模拟该区的植被覆盖变化及其对气候与水资源的影响规律,对今后合理开发利用土地资源、水资源、气候资源,采取有针对性的生态保护和环境建设措施,促进区域的可持续发展、人与自然和谐等,均具有重要意义。

陈怀亮博士利用较长时间序列的 NOAA/AVHRR GMMIS NDVI 卫星遥感资料、气候及其他辅助资料,运用趋势诊断、相关分析、EOF、SVD、PCA 及数值模拟等多种方法,从黄淮海地区植

被覆盖时空变化、与气候因子的关系、分类方法与动态变化规律、驱动力与驱动机制、变化影响数值模拟等涉及土地利用/覆盖变化研究的多个领域,开展了较为全面、广泛和深入的研究,得到了许多独到的、有科学与应用意义的结论。他的成果弥补了黄淮海地区植被覆盖变化特征及其影响问题的系统研究的不足,在研究方法、分析手段及其研究结论等方面都有所创新。同时也发现了一些亟待改进的问题,尤其在多源遥感资料的应用、植被覆盖变化驱动力的自然与人为原因的解析以及区域植被特征演变与气候变化的相互影响等,将有助于深化对植被覆盖变化规律的认识及提升数值模式模拟的能力。在此专著出版之际,我衷心祝愿陈怀亮博士在这一新的起点上继续新的探索和尝试,使这一研究深入下去,以激励他取得更新的成果和进展。果然如此,则诚为幸甚。特为序,并推荐给探索土地利用/覆盖变化及其对气候变化影响等难题研究的同仁。



2008年3月3日

---

徐祥德,中国气象科学研究院首席专家、博士生导师。

# 前 言

随着人口增加和经济社会的快速发展,人类对土地利用的强度和范围也空前增长,面临气候变化、环境污染、植被破坏、土地退化、物种灭绝和资源匮乏等一系列重大的全球性环境问题,继而引发了社会、经济领域的可持续发展问题。

进入 20 世纪 90 年代以来,随着全球变化研究的深入展开,土地利用/覆盖变化(Land Use/ Land Cover Change,简称 LUCC)问题引起国际组织和世界各国的普遍关注。

我国位于全球环境变化速率最大的季风区——亚洲季风区内,其环境具有空间上的复杂性、时间上的易变性,对外界变化的响应和承受力具有敏感性和脆弱性的特点,是世界上气候脆弱区之一。尤其是近十几年来,中国的城市化与工业化迅速发展,一方面为中国经济的快速增长创造了奇迹,另一方面对我国的可持续发展造成了一系列严重的环境问题。为此,我国政府对此也极为重视,将土地利用/覆盖变化列入土地资源可持续发展利用的范畴,投入了大量资金进行研究,取得了许多具有中国特色的研究成果,有利于实现我国土地资源的合理利用、开发与保护,达到生态、经济与环境的协调发展。

黄淮海地区主体包括京、津、冀、鲁、豫、皖、苏等 5 省 2 市的 375 个县(市),另外还包括了陕、蒙、辽、鄂 4 省(区)的部分地区,总面积 100 多万平方千米,是我国最大的农业区,粮食总产占全国粮食总产的近 1/4,耕地面积约占全国的 1/5。同时该区西部—西北部也是我国著名的农牧过渡区,西部有大量天然草场存在。该区人类活动最悠久、生产开发最剧烈,而且还拥有京津冀经济圈,其土地利用/覆盖变化受人类活动影响也最大。由于该区处于半湿润向半干旱过渡带,季风气候特征明显,降水主要集中于夏季,干旱等自然灾害较为频繁,加之农业灌溉和人类生产生活长

期超采地下水,从而造成区域水资源问题十分突出。

因此,通过对黄淮海地区的植被覆盖变化的遥感监测与时空变化规律分析,结合气候资料和区域气候模式,分析、模拟其对气候与水资源的影响规律,对今后合理开发利用土地资源、水资源、气候资源,采取有针对性的生态保护和环境建设措施,促进该区的可持续发展、人与自然和谐等,均具有重要意义。

全书共分八章,第一章为绪论。简单介绍了本研究的目的意义,土地利用/覆盖的基本概念,土地利用/覆盖研究的国内外进展,重点介绍了土地利用/覆盖变化遥感监测研究进展、土地利用/覆盖变化对环境影响研究进展及目前 LUCC 研究工作存在的问题及发展趋势,提出了将要研究的几个问题。

第二章为研究的资料和处理方法。介绍了本研究所用遥感、气象、植被、GIS、社会经济等资料的来源和概况,介绍了本研究所用的资料处理和分析方法及软件,重点介绍了 NOAA/AVHRR GIMMS NDVI 资料及黄淮海地区植被分布情况。

第三章为 1982—2003 年黄淮海地区植被覆盖变化特征。本章利用 1981 年 7 月—2003 年 12 月的 GIMMS NDVI 遥感数据和 GIS 数据,结合多种统计、计算方法,分年、季时间尺度和分植被类型定量分析黄淮海地区植被覆盖随时间和空间的变化规律。并用 EOF 方法分析了生长季(4—9)月平均 NDVI 距平场的时空变化规律。

第四章为黄淮海地区植被覆盖变化与气候变化的关系。本章以黄淮海地区为研究对象,运用 15d 最大值合成的 GIMMS NDVI 在和气候资料,综合运用趋势、相关、SVD 等多种分析方法,分析区域 NDVI 与降水、温度、蒸发、相对湿度等气候因子的相互关系、时空的变化规律及其与植被类型的关系以及产生差异的原因等,同时分析了植被生长季变化对气候变化的响应特征等,为了解这一地区植被覆盖变化特征以及对气候和环境变化的影响奠定了基础。

第五章为黄淮海地区植被覆盖分类及变化状况。本章基于 Holdridge 生命地带指标法和非监督分类法,利用研究区 1982—2003 年气候资料、NDVI 序列数据、中国植被图集、全国 DEM 数据以及相关地理信息基础数据,以 ArcGIS9.2 为平台,在对多源数据进行主成分变换、数据融合以

及归一化后,进行分类。经过分类后处理、空间分析后得到本研究数据,在通过多种方法进行数据挖掘后,得出黄淮海地区的 1982—1992、1992—2002 及 1982—2002 年的植被覆盖变化特征,并分析了其变化原因。

第六章为黄淮海地区植被覆盖变化驱动机制。本章基于主成分分析法(PCA)和逐步回归法,利用黄淮海地区 1982—2003 年的 GIMMS ND-VI 遥感数据、气候资料和社会经济统计资料,从气候、社会经济两方面定量分析了区域农田植被区(分一年一熟、一年两熟或两年三熟、水旱一年两熟三种)、自然植被区(分林地为主的自然植被区、灌丛植被区、草原植被区三种)植被覆盖变化的驱动力和驱动机制,并建立了相关驱动力模型。

第七章为植被变化对黄淮海地区气候与水资源影响的数值模拟。本章应用 RegCM3 区域气候模式,分大范围城镇化和农田化两种状况,通过控制试验和敏感试验,在保证积分时间(5a)的情况下,输出降水、蒸发、温度、湿度、土壤水分、径流、整层水汽含量等资料,通过敏感试验和控制试验输出量的差值,来分析植被覆盖变化对气候和水资源要素的影响情况。

第八章为结论与讨论。在本书的研究内容和研究结论基础上,总结了本书的主要研究结论,指出了本研究的不足和有待深入研究的问题,并对本研究将来要进一步开展的工作进行了展望。

本书的主要内容是笔者在南京信息工程大学和中国气象科学研究院攻读博士期间所做的毕业论文。论文研究的完成,首先要感谢我的导师徐祥德研究员和刘玉洁研究员,从选题、资料收集、研究思路制定、分析解决问题到论文写作与修改,甚至答辩准备,都凝聚了导师的许多心血。在成书付印之际,徐老师还为本书欣然作序。笔者在此表示深深的谢意。

本研究得到中国气象局气候变化专项项目“黄淮海地区土地覆盖变化及对气候变化的影响研究”(CCSF2006—15)、“十一·五”国家科技支撑计划重点项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”(2006BAD04B00)的 01 课题“北方农业干旱监测预警技术研究”(2006BAD04B01)、国家重点基础研究发展规划项目“首都北京及周边地区大气水土环境污染机理与调控原理”(G1999045700)和河南省气象局重大课题“郑州市土地沙化和森林覆被遥感监测研究”(Z2003013)等项目资助,特此感谢。

我的同事邹春辉、杜子璇、李飞、刘忠阳、江清霞等人也为我的论文完成进行了资料、计算、绘图等方面的支持；国家气候中心的王兰宁博士、史学丽博士等人为我解答、解决了 RegCM3 模式计算方面的问题；北京师范大学毛睿博士帮助解决了 SVD 计算与绘图问题；国家气象中心的延昊博士、张国平博士、何延波博士、王建林研究员、毛留喜研究员等人在遥感、GIS 应用及农业气象资料收集与分析方面给予了帮助；国家卫星气象中心杨忠东博士、朱小祥研究员、李贵才博士、韩秀珍博士及宁夏区气象科研所原所长王连喜研究员和李剑萍高工在卫星遥感资料收集、处理等方面给予帮助。

感谢我的室友和同学周顺武博士，和他的交流使我受益匪浅；此外，在研究和撰写论文期间，得到了翁永辉、张胜军、苗秋菊、柏晶瑜、施晓辉、施小英、姚文清、程兴宏、陈斌、许建明等师兄弟、师姐妹的大力帮助，得到“973 城市环境”项目组于淑秋、滑桃女士和丁国安、王继志、张光智研究员等人的大力支持，这是一个团结、和谐、高效、认真、乐观、活泼的团队，能成为其中的一员，是我莫大的荣幸。

得到河南省气象局局长胡鹏，原局长张绍本，副局长刘金华、彭广、赵国强，纪检组长王万田，人事教育处处长王世涛，河南省气象科学研究所原所长董官臣等领导的支持，为我求学、论文写作创造了很好的条件。

5 年的博士求学生涯，还得到南京信息工程大学研究生部杜秉玉、朱伟军、钱翼梅、梁成、马革兰等老师和中国气象科学研究院研究生部孟玉巧、王欣、陆业传、王赫等老师的帮助。

在此，谨对上述老师、领导、同事、同学、同志给予我的帮助和支持，表示最诚挚的谢意！

最后，还要特别感谢气象出版社的吴庭芳编辑，他为本书的出版也付出了大量心血。

由于水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

陈怀亮

2008 年 2 月 29 日

## 摘 要

本研究针对我国主要农耕区、经济快速发展区,以及气候和地形过渡区的黄淮海地区的植被覆盖变化及其对气候与资源的影响展开,具有重要的科学意义和应用价值。

利用较长时间序列(1981.07—2003.12)的 NOAA/AVHRR GMMIS NDVI、气候及其他辅助资料,运用趋势、相关、EOF、SVD、PCA 及数值模拟等多种方法,分析了黄淮海地区植被覆盖变化的时空特征及与气候因子的关系;通过对植被覆盖进行遥感分类,分析了 20 多年来土地覆盖类别及相互转化情况;基于植被平均 NDVI 资料,利用社会经济因素和气候因子,分析了植被覆盖变化的驱动力和驱动机制,并建立了驱动力模型;运用 RegCM3 区域气候模式,模拟了植被覆盖在大范围城镇化和农田化情况下,对气候与水资源要素变化的影响情况。主要结论如下:

### (1)黄淮海地区植被覆盖的时空变化特征

1982—2003 年,黄淮海地区植被 NDVI 年际上变化总体表现为略微增加的趋势,但局部也存在负变化趋势;植被负变化除发生在经济快速发展区外,在部分森林等自然植被区也有明显发生。

黄淮海地区农业植被的 NDVI 年内变化多为双峰型(一年一熟粮作除外),而自然植被为单峰型。草原植被和一年一熟、一年水旱两熟农业植被年平均 NDVI 年际间上升趋势最明显,针叶林、阔叶林、灌丛等林地植被上升趋势较小,草甸植被和一年两熟农业植被的上升趋势介于两者之间。

从不同时段不同级别 NDVI 像元数年际变化看:高覆盖林地植被像元不断增加,而中覆盖农业和草原、草甸植被像元均有所减少,稀疏植被和低覆盖植被像元变化较小。从不同植被类型动态变化趋势像元看:林地为主的自然植被未变化像元占主导地位;草甸类自然植被和所有农业植被的未变化像元比例比增加像元比例略偏多;而草原自然植被则以增加变化趋势为主。

## (2) 黄淮海地区植被 NDVI 与气候因子的关系

对全区整体植被而言,全年温度、降水、相对湿度对植被 NDVI 动态变化具有正效应,而蒸发具有负效应;年均温度是敏感性最强的气候因子,其次是年降水、年蒸发;从季尺度上看,温度、降水的敏感性最强,湿度、蒸发的敏感性稍弱。其中秋季的气候条件对全区年均 NDVI 的高低影响最大。

农业植被对温度的敏感性最强,降水次之;自然植被对降水的敏感性最强,其次是温度。按植被类型具体来讲,农业植被中:一年一熟粮作植被对降水的敏感性最强,温度、蒸发次之;大部分具备灌溉条件的一年两熟或者两年三熟旱作农业植被,也对温度最敏感,对降水、蒸发的敏感性要弱一些;一年水旱两熟粮作植被对温度最敏感,蒸发、降水次之。自然植被中:草原、草甸、灌丛对降水因子更敏感,针叶林、阔叶林次之;阔叶林、针叶林对温度最敏感,灌丛次之,而草原、草甸对温度的敏感性稍弱。

通过绿波、褐波推移研究,结果表明:随着气候的变化,黄淮海地区植被生长季有所延长,每 10 a 约延长 10.9 d。

## (3) 黄淮海地区土地覆盖变化监测与分析

基于多时相 NDVI、Holdridge 生命地带指标和辅助数据,采用 PCA 和非监督分类法,对 1982、1992、2002 年的植被分类均达到很准确的精度水平。分析发现,区域 20 a 间植被覆盖分布总体上没有发生明显改变,且大部分植被变化率有所减缓。其中自然植被中,针叶林变化最大,总体呈减少趋势,但减少速度趋缓;阔叶林变化次之,总体呈增加趋势,但增加速度趋缓;灌丛、草原、草甸植被整体均呈减少趋势,但变化率较小。农业植被中,一年一熟粮作植被变化较大,总体呈略微减少趋势;一年两熟粮作植被总体处于增加趋势,增加速度趋缓;一年水旱两熟植被总体处于减少趋势,且减少速度趋大。受气候影响,区域内植被类型变化比较剧烈的地区主要分布在二、三级地形阶梯交界及 400 mm 左右年降水量线处、山东低山丘陵以及淮河下游地区;平原农作区植被类型变化较为和缓。

## (4) 黄淮海地区植被覆盖变化驱动力与驱动机制研究

不同植被覆盖类型,其 NDVI 变化的驱动力不同:一年一熟粮作区植被覆盖变化受到气候因子和社会经济因素的共同驱动,但以气候因子驱动为主;一年两熟或两年三熟旱作区植被覆盖变化受到社会经济因素和

气候因子的共同驱动,但在主要驱动因子中,社会经济因素的影响更大一些;一年水旱两熟粮作植被覆盖变化主要受气候因子驱动,同时,社会经济因素也会在一定程度上影响植被 NDVI 的变化。以林地为主的自然植被区植被覆盖变化,主要受到气候因子驱动;灌丛和萌生矮林变化,也主要受到气候因子驱动;而草原和稀树灌木草原区植被覆盖变化则主要受到人文因素的驱动。

不同植被区其 NDVI 变化的驱动机制有很大差别:对一年一熟粮作区,年均温度和相对湿度、春冬季温度、春季降水和相对湿度,以及社会经济因素为正驱动,而夏季温度、秋季降水和相对湿度为负驱动;对于一年两熟或两年三熟旱作区植被覆盖变化,秋季相对湿度、秋季降水、耕地面积以及年末总人口为负驱动,而秋、冬季温度为正驱动;一年水旱两熟粮作区植被覆盖变化,年相对湿度、秋季相对湿度、秋季降水为负驱动,而粮食产量为正驱动。对于以林地为主的自然植被区植被覆盖变化,主要受到春季降水、春季湿度和年均湿度的正驱动。黄淮海地区的北部主要为干旱、半干旱区,因此春季降水偏多会利于植被生长;灌丛和萌生矮林区,秋季降水和秋季湿度对其植被 NDVI 变化呈负驱动;草原和稀疏灌木草原区植被覆盖的变化,耕地面积、作物播种面积对之为负驱动,而其他社会经济因素则为正驱动。

总的来说,区域内各类型植被区植被覆盖变化尽管大都受到气候和人类活动的共同驱动,但主要驱动力为气候因子,人类活动在局部区域能够产生较大作用,而大范围区域植被 NDVI 的变化或改变,主要受气候变化的影响。

#### (5) 植被变化对黄淮海地区气候与水资源影响的数值模拟

利用 RegCM3 区域气候模式,通过 2001—2005 年共 5 a 数值模拟试验,模拟了黄淮海地区植被覆盖在城镇化和农田化的极端变化情况下,对气候和水资源要素的影响。发现城镇化进程会造成黄淮海地区季风环流减弱,出现局地反气旋流场,降水减少、气温升高、空气湿度减小、水资源总量减少、土壤含水量减少,地表径流增加,更易发生秋旱,夏季地表径流趋于增多,直接导致局地洪涝灾害趋于严重。同时植被改变造成了土壤蓄水能力不足,土壤含水量减少又加快了植被的退化,从而导致该地区的气候异常和水资源短缺进一步加剧。而农田化进程对气候环境及水资源

要素的影响与城镇化进程造成的影响趋向一致,只是其影响程度比城镇化略弱,但影响范围更大。可见,无论大范围城镇化进程还是农田化进程,均造成了气候及水资源要素的变化,使得生态环境趋于脆弱。

综上所述,本研究填补了对黄淮海地区进行植被覆盖变化特征及其对气候和水资源影响整体研究的不足。从植被覆盖时空变化、与气候因子的关系、分类方法与动态变化规律、驱动力与驱动机制、变化影响数值模拟等涉及土地利用/覆盖研究的多个领域,开展了全面、广泛和深入的研究,取得了部分有所创新的研究结论。同时也发现了一些亟待改进的问题,如在数值模拟研究中应考虑植被与气候的相互作用等,这些问题的改进将有助于对植被覆盖变化规律的进一步认识及提高受其影响的数值模拟的精度。

**关键词:**植被覆盖;气候;水资源;驱动力;遥感;NDVI;数值模拟;黄淮海地区

# Variations of Vegetation Cover and Its Impact on Climate and Water Source in Huanghe-Huaihe-Haihe Zone

## Abstract

Aiming at the Huanghe-Huaihe-Haihe (HHH) zone, which was the main agricultural area, the quick economic development area, and the common boundary from one to two step terrains in China, the studies of vegetation cover variation and its impact on regional climate and water resource had been carried out. The results had important scientific significances and applied values.

In terms of the analysis methods of trend, correlation, EOF, SVD, PCA and numerical simulation etc., the temporal & spatial characteristics of vegetation cover variations and the relationship between the climate factors and the ones in HHH zone were analyzed based on the longer term NOAA/AVHRR GIMMS NDVI data (1981. 07 — 2003. 12). The types of vegetation cover and their transforming each other more than 20 years were conducted by remote sensing classification on the cover. By using the social economic and climate factors, the driving forces and driving mechanism of the change of vegetation cover in HHH zone were researched on the basis of mean NDVI. The numerical simulations on the impact of the urbanization and the farming vegetation variation on regional climate and water resource of HHH Zone by use of RegCM3 for 5 years (2001—2005) were carried out. The main conclusions included:

(1) The temporal & spatial variations of vegetation cover in HHH zone

The vegetation NDVI had an indistinct increase trend in whole HHH zone in 1982 — 2003, but there was a negative change trend in

parts of area. The negative change trend existed not only in the quick economic development areas but also in parts of forest areas.

In HHH zone, the annual NDVI variation of agriculture vegetation was bi-peak style (except annual harvest crop), but the natural vegetation was single peak style. The annual mean NDVI had a obvious rise trend in grassland, annual harvest crop and biannual irrigated & dry harvest crop vegetation, a less rise trend in needle leaf forest, board lead forest and shrub etc. forestland, a middle rise trend in meadow and biannual harvest crop.

According to the yearly variation of NDVI pixel numbers for the different periods of time and different level, the pixel numbers of higher cover forestland increased continuously, the middle cover agriculture vegetation, grassland and shrub pixel numbers had decreasing trends, and sparseness vegetation and lower cover vegetation had little variation. Considering dynamic change trend of pixel number for different vegetation, the no change pixels for forest priority to natural vegetation occupied the dominant status, the no change pixels were little much than the increasing pixels for shrub and all agriculture vegetation, and the increasing level pixels were the main for grassland.

(2) The relationship between vegetation and climate factors in HHH zone

For the whole vegetation in HHH zone, yearly mean temperature was the strongest sensitivity factor, the follow was yearly precipitation and evaporation. To the seasonal scale, temperature and precipitation were the most sensitive factors, but the sensitivities of humidity and evaporation were weaker relatively.

The sensitivities of temperature was the strongest, precipitation was the follow for the agriculture vegetation. But the sensitivities of precipitation was the strongest, temperature was the follow for the natural vegetation. Partitioning the detail vegetation types, in the agricultural vegetation, annual harvest crop had a strongest sensitivity to precipitation,

the follow was temperature and evaporation. Biannual harvest crop part of which could be irrigated or biyearly tri-harvest dry crop had a strongest sensitivity to temperature, the follow was precipitation and evaporation. Biannual irrigation & dry harvest crop had a strongest sensitivity to temperature, the follow was evaporation and precipitation. In natural vegetation, the precipitation was the most sensitive factor to grassland, meadow and shrub, the follows were needle leaf forest and board lead forest. And the temperature was the most sensitive factor to the board leaf forest and needle lead forest, the follow was shrub, but it was the weakest to the grassland and meadow.

The movement rules of green wave and brown wave for vegetation were analyzed. The results showed that vegetation growth season prolonged about 10.9 d/10a in HHH zone with the climate change.

### (3) Vegetation cover changes monitoring and analyzing in HHH zone

Based on the data of multi-yearly NDVI, Holdridge bio-region index and other supplementary data, the vegetation types of 1982, 1992 and 2002 in the HHH zone were classified by the ways of PCA and unsupervised classification methods, and the classification accuracy was very high. The results showed that the whole vegetation cover situation in HHH zone during in the last 20 years had no distinct changes, and its change rate had a little decline, while looking at the internal variation of annual bi-harvest crops exhibited a rise trend during 20 years, but the change speed was slowing. Annual irrigation & dry bi-harvest farming and brushwood vegetation had a declining trend during in the last 20 years. By the influence of climate, the changes of dramatically situate were in common boundary of the II and III step and around 400 mm annual rainfall line, hilly area in Shandong province and the downstream of Huaihe river in HHH zone. But the vegetations changes in plain zone were slower.

### (4) Study on the driving forces and driving mechanism of the change

of vegetation cover in HHH zone

The farmland vegetation area received the common drive of climate and the society factors, but climate factors were the main driving forces for annual harvest crop or biannual irrigated and dry harvest crop, and society factors were the main driving forces for biannual harvest crop or biyearly tri-harvest dry crop.

In annual harvest crop area, the averaged temperature, yearly relative humidity, temperature, precipitation, and relative humidity of spring season, temperature of winter and society factors are positive driving forces, but temperature of summer, precipitation and relative humidity of autumn are negative driving forces. For biannual harvest crop, the precipitation and relative humidity of autumn, the farmland area and the total population are negative correlate to the change of NDVI, while the temperature of autumn and winter is positive correlate to the variance of NDVI. For biannual harvest irrigated and dry land crop, the precipitation and relative humidity of autumn, the yearly relative humidity are the negative driving forces, and the society factors are positive driving forces.

In natural vegetation area, where mainly are forest land, the yearly relative humidity and precipitation of spring are the driving forces to the change of NDVI. In brush and shrub area, the change of NDVI is driven by the precipitation and relative humidity of autumn. In grassland and rare tree bush grassland district, the main driving forces are human factors, and the driving mechanism is that farmland and cropping sown area are negative to the change of NDVI, but society factors are positive.

(5) Numerical simulation on the impact of vegetation variation on regional climate and water resource of HHH Zone

Numerical simulations had been carried out over HHH zone by using RegCM3 for 5 years (2001—2005). The results showed that the large scale vegetation variation in the zone had notable effect on regional climate and water resource. Neither the urbanizing nor the farming could