

中图分类号:

UDC:

学校代码: 10055

密级: 公开

南开大学
硕士学位论文

保护性耕作技术的综合效益评价研究

Study On The Evaluation Of Comprehensive Benefits Of
Conservation Tillage Technology

论文作者 刘思宇

指导教师 单春艳 副教授

申请学位 工程硕士

培养单位 环境科学与工程学院

学科专业 环境工程

研究方向 大气污染控制与防治技术

答辩委员会主席 姬亚芹

评阅人 姬亚芹 王宝庆

南开大学研究生院

2013 年 5 月



Y2420468

南开大学学位论文使用授权书

根据《南开大学关于研究生学位论文收藏和利用管理办法》，我校的博士、硕士学位获得者均须向南开大学提交本人的学位论文纸质本及相应电子版。

本人完全了解南开大学有关研究生学位论文收藏和利用的管理规定。南开大学拥有在《著作权法》规定范围内的学位论文使用权，即：(1)学位获得者必须按规定提交学位论文(包括纸质印刷本及电子版)，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生学位论文，并编入《南开大学博硕士学位论文全文数据库》；(2)为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆等场所提供校内师生阅读，在校园网上提供论文目录检索、文摘以及论文全文浏览、下载等免费信息服务；(3)根据教育部有关规定，南开大学向教育部指定单位提交公开的学位论文；(4)学位论文作者授权学校向中国科技信息研究所及其万方数据电子出版社和中国学术期刊(光盘)电子出版社提交规定范围的学位论文及其电子版并收入相应学位论文数据库，通过其相关网站对外进行信息服务。同时本人保留在其他媒体发表论文的权利。

非公开学位论文，保密期限内不向外提交和提供服务，解密后提交和服务同公开论文。

论文电子版提交至校图书馆网站：<http://202.113.20.161:8001/index.htm>。

本人承诺：本人的学位论文是在南开大学学习期间创作完成的作品，并已通过论文答辩；提交的学位论文电子版与纸质本论文的内容一致，如因不同造成不良后果由本人自负。

本人同意遵守上述规定。本授权书签署一式两份，由研究生院和图书馆留存。

作者暨授权人签字： 刘思宇

2013 年 5 月 10 日

南开大学研究生学位论文作者信息

论文题目	保护性耕作技术的综合效益评价研究				
姓 名	刘思宇	学号	2120110560	答辩日期	2013 年 5 月 12 日
论文类别	博士 ☐ 学历硕士 ☐ 硕士专业学位 ☒ 高校教师 ☐ 同等学力硕士 ☐				
院/系/所	环境科学与工程学院		专业	环境工程	
联系电话	13920066265		Email	liusiyumangomm@163.com	
通信地址(邮编)：天津市南开区南开大学理化楼					
备注：无			是否批准为非公开论文		否

注：本授权书适用我校授予的所有博士、硕士的学位论文。由作者填写(一式两份)签字后交校图书馆，非公开学位论文须附《南开大学研究生申请非公开学位论文审批表》。

南开大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或者没有公开发表的作品的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：刘思宇2013 年 5 月 10 日

非公开学位论文标注说明

(本页表中填写内容须打印)

根据南开大学有关规定，非公开学位论文须经指导教师同意、作者本人申请和相关部门批准方能标注。未经批准的均为公开学位论文，公开学位论文本说明为空白。

论文题目			
申请密级	☐ 限制(≤2 年) ☐ 秘密(≤10 年) ☐ 机密(≤20 年)		
保密期限	20 年 月 日至 20 年 月 日		
审批表编号		批准日期	20 年 月 日

南开大学学位评定委员会办公室盖章(有效)

注：限制★2 年(可少于 2 年);秘密★10 年(可少于 10 年);机密★20 年(可少于 20 年)

中文摘要

城市周边的农田土壤风蚀会引起城市风沙尘，风沙尘导致的沙尘暴是城市空气颗粒物 $PM_{2.5}$ 的主要来源，严重的土壤风蚀使大气颗粒物污染加剧。因此，采用保护性耕作技术能有效防治土壤风蚀，改善城市空气质量。本研究以防治农田土壤风蚀起尘功能为重点，综合考虑保护性耕作技术的生态效益、社会效益和经济效益，构建了保护性耕作技术综合效益评价指标体系，选取确定了具体评价指标；验证评价指标体系的可行性，同时通过查阅资料和问卷调查的方法，对华北 4 省 13 地农民实施保护性耕作技术的情况进行了调查，分析农民自身因素对保护性耕作技术的实施意愿的影响。

主要结论如下：

1. 构建了一个保护性耕作技术评价指标体系，该评价指标体系将生态效益、社会效益和经济效益设定为 3 个一级评价指标，整体指标体系由 9 个二级评价指标、20 个三级评价指标和 8 个四级评价指标构成。

2. 以天津市大港区苏家园村为例，选取相应指标并给予赋值，对深耕、免耕和传统耕作方式进行评价。运用隶属度函数和均方差法求出每一个指标的影响权重，最后对指标的隶属度值和权重进行加权求和，得出不同保护性耕作技术的综合评价得分。选取 26 个指标对三种耕作模式进行评价，综合效益高低依次为：免耕覆盖>深耕覆盖>传统耕作。

选取集中于生态效益的 12 个指标进行评价得出综合效益依次为：深耕覆盖>免耕覆盖>传统耕作，并且三者之间得分值相差很大以集中于评价生态效益的 12 个指标所得的综合评分来看，深耕覆盖得分最高，其次是免耕覆盖，最后是传统耕作，并且三者之间得分值相差很大，由此可见，从保护生态环境的角度来看，更应大力提倡推广深耕覆盖等保护性耕作方式。

3. 在华北地区的 13 个县（村）调查了农民对保护性耕作技术认知情况，农民认为能否节省劳动力是选择耕作模式的关键。形成长效宣传模式、加大教育科研人员投入以及农用补贴、以产学研相结合的方式，能更快实现保护性耕作技术的全面有效推广。

关键词：保护性耕作；效益评价；土壤风蚀；颗粒物；农户认知

Abstract

The soil wind dust was one of the most important erosion sources for ambient PM₁₀ and PM_{2.5}, and the serious soil wind dust aggravated the atmospheric particulates pollution in the cities. Therefore, scientific and rational use of the cultivated mode can effectively control soil wind dust, improve the city's air quality. At the same time by means of access to information and questionnaire survey, the 13 district (county) implementation of conservation tillage technology were investigated. It analysis the impact of the implementation on farmers' willings.

The main conclusions are as follows:

1. Construct a tillage evaluation index system of technical protection, which ecological benefit, social benefit and economic benefit are set to 3 first class indexes, 9 level two indexes, 20 level three indexes and 8 level four indexes.

2. The paper uses membership function and variance method calculating every index' weight. Comprehent evaluation of different conservation tillage technology score. As follows: no-tillage mulching > deep coverage > conventional tillage.

3. In order to score a comprehensive focus on 12 indexes, evaluating the ecological benefits of the income. Deep cover scored is the highest, followed by no-tillage, finally is the traditional farming and the three values vary greatly. Therefore, from the perspective of protecting the ecological environment, it should be more vigorously promoted to deep cover protective tillage.

4. 13 counties in North China (Village) survey of farmers awareness shows that, farmers will select key cultivation patterns based on labor forceis. The formation of long-term publicity mode, increases the education scientific research personnel input and agricultural subsidies, with organic combination way, fully promotes faster implementation of conservation tillage technology.

Key words: conservation tillage; evaluation index; evaluation system; technical efficiency; the farmers' cognition

目录

第一章 引言	1
第一节 研究背景和选题意义.....	1
第二节 研究内容和技术路线.....	3
第三节 保护性耕作研究现状.....	4
1.3.1 保护性耕作技术的研究进展.....	4
1.3.2 保护性耕作技术评价指标研究概况	5
第二章 保护性耕作技术评价指标体系的构建.....	6
第一节 评价指标体系构建的方法.....	6
第二节 体系构建和指标选取.....	7
2.2.1 生态效益评价指标.....	9
2.2.2 社会效益评价指标.....	12
2.2.3 经济效益评价指标.....	12
第三节 评价方法	13
2.3.1 常用评价方法介绍.....	13
2.3.2 模糊隶属度函数	14
2.3.3 均方差法确定权重.....	15
第三章 保护性耕作技术评价体系实例应用	15
第一节 研究对象概述.....	15
第二节 问卷调查及部分指标参数的确定.....	16
3.2.1 调查方法	16
3.2.2 结果分析和参数确定	17
第三节 实例评价	18
3.3.1 评价指标隶属度的确定	18

3.3.2 评价指标权重的确定	22
3.3.3 评价结果及分析	24
第四章 保护性耕作技术的农户认知分析	27
第一节 研究目的与方法	27
第二节 调查结果统计分析	28
4.2.1 样本的区域分布	28
4.2.2 调查问卷统计分析	29
4.2.2 讨论	36
第三节 小结	37
第五章 结论和建议	38
第一节 研究结论	38
第二节 创新点	39
第三节 建议	39
参考文献	40
致谢	47
附录 A	48
个人简历	49

第一章 引言

第一节 研究背景和选题意义

土壤风蚀是在以风力为主要作用力的情况下,地面上的尘土和沙,被风带起飞扬、滚动,扩散后影响周围环境的侵蚀过程^[1]。土壤风蚀对空气质量产生影响的方式有两种:一种是当风力通过地面的时候,由于气流的作用引起沙粒的起动和吹扬,这种称为吹蚀;另一种则是风力在作用时卷起的地面沙粒,对地面对地面产生一定程度的摩擦力和冲击力,这种形式称为磨蚀。从目前情况来看,绝大部分的土壤风蚀是磨蚀,因为由风卷起的沙尘会主要集中在近地面 30 公分的范围之内,也就是说,近地范围内,大多数情况下发生的均为磨蚀^[2]。

目前在我国,土壤风蚀是城市沙尘暴的诱因之一,也是部分沙尘暴发生的初始作用^[3]。土壤风蚀是一个已经引起全球各个国家广泛关注的环境问题。当土壤风蚀加剧时,土壤质量会遭到严重的破坏,这将直接引起土壤中有机质和微生物含量的大幅度降低,造成土壤减产,农作物质量下降或者死亡,直接影响农民的经济收入^[4];并且,当土壤风蚀作用发生以后,由于风和空气的流动性,沙尘和颗粒会飞扬和流动,这将对当地环境、城市近郊环境和城市环境造成不良影响,沙尘的增多直接影响人的身体健康,生活居住区环境质量也将随之下降,从而影响人们的生活质量。

现阶段,我国许多城市 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 浓度都较大,城市空气颗粒物的水平和发达国家相比较总体数值过高,这其中很大一部分原因是由裸露地表的风蚀尘引起的^[5]。因此,若想要进一步降低空气颗粒物的浓度,必须首先降低作为背景颗粒物主要来源之一的地表风蚀开放源。目前有很多研究集中在土壤风蚀防治技术上,比较成功的有保护性耕作技术、在农田架网覆盖以及使用生态高效的化学抑尘剂等^[6]。防治土壤风蚀,能科学有效地降低空气中颗粒物的浓度和数量,从而改善城市的空气质量,美化城市和城市近郊的居住环境;与此同时,随着尘土和沙的减少,城市环境质量的提升,城市居民人体健康受到的危害也将进一步减少,从而提升人们对城市的认同感和归属感,扩大了城市的竞争力和影响力^[7]。

国内外现阶段集中于土壤风蚀防治技术的研究有很多,提出的对策和措施

也非常多,比较成功的有工程措施、植物措施、土地管理措施和化学措施等^[8]。工程措施主要是指采用草方格、沙障、下导风栅板、输沙断面、阻沙堤等方式,保护交通沿线、城镇居民生活区以及重要的工矿设施,避免遭遇风沙灾害。植物措施防治土壤风蚀的技术主要有保护和恢复天然植被和植树造林。由于化学措施成本较高并且对环境会造成相当程度的污染,所以目前,我国化学措施防治土壤风蚀还处在小面积试验探索的阶段。土地管理措施防治可以分为两个方面,第一个方面是选取具体的土地利用方式,即对不同类型的土地采用不同的抗风蚀措施;第二方面是关于土地利用的结构问题,在确定土地利用的格局时,一定要本着科学合理高效的原则,对土地的利用格局进行优化^[9]。其中保护性耕作技术是应用最为广泛、研究最为普遍、最具发展前景的土地管理技术措施。大力发展和推广保护性耕作技术,可以有效减少风蚀尘,从而降低沙尘暴发生的可能性^[10],沙尘暴的减少,会有效缓解灾害天气发生的频率,降低由灾害天气引起的对人体健康的危害,并且从根本上提升土壤的质量,从而提升农作物的质量,因此,保护性耕作技术的研究、发展和推广对于城市及城市近郊的大气环境、空气质量和人们的生活质量都有非同凡响的意义。

目前的研究中,保护性耕作技术的研究较多,但是针对保护性耕作技术综合效益评价的较少,很多保护性耕作技术效益的评价都是从单方面入手的,例如农作物年产量^[11]、投入成本和产值^[12]、土壤理化性质^[13]、用工^[14]等,缺乏一套完整的评价体系,将这些方面综合起来,所以很难全面完整地评价保护性耕作技术的综合效益,而综合效益(即环境效益、经济效益和生态效益)才是评价某种保护性耕作技术好坏的关键。目前保护性耕作技术在降低大气中颗粒物浓度中,具有非常重要的作用,所以开发并建立一套完整的土壤风蚀防治技术的综合评价指标体系与方法具有重要的现实意义和研究价值。本文将针对保护性耕作技术的综合效益进行全面的评价,在选取评价指标方面,尽可能全面地反应保护性耕作技术效益的各个层面,然后将各个评价指标综合起来,建立一个完整的保护性耕作技术综合效益评价体系,运用科学的评价方法,确定影响保护性耕作技术效益的因子,并得出各种耕作模式的最终得分,进行比较,以期帮助保护性耕作技术得以更广泛的应用。同时,本文还将以农户对保护性耕作技术的实施意愿为研究对象,在调查区域内随机发放调查问卷,在调查问卷的基础上,分析农户对保护性耕作技术的认知情况,以期为保护性耕作技术再农户中的进一步推广和应用提供合理化建议。

“城区外地表风蚀起尘对城市空气质量的影响及关键防治技术研究和示范”(200909005)这一科研项目是本论文完成的项目依据。该项目在试验区域内采用可移动式风蚀风洞测定待测地表的风蚀量,以此作为实验数据,进而为筛选和优化保护性耕作措施提供科学合理的依据,为降低城市及近郊大气颗粒物浓度提供相关的技术支持。因此,本文也是该项目实施的理论基础和应用拓展。

第二节 研究内容和技术路线

通过收集整理历史文献资料与数据,找出影响保护性耕作技术效益的主要因素^[15-25],确定保护性耕作技术综合效益评价体系的各项评价指标,初步构建保护性耕作技术综合效益评价体系,运用模糊数学评价等方法,采用文献数据和入户调查法,利用天津苏家园地区保护性耕作部分指标验证评价指标体系,从而确定保护性耕作技术综合效益评价体系的实用性和可操作性。同时对获得的入户调查数据进行综合分析,得出在农户认知影响下的保护性耕作技术实施和推广效果,并对农户产生较大影响的因子进行分析和评价。最后为保护性耕作技术的进一步推广和实施提出合理化建议。总体研究技术路线见图 1.1。

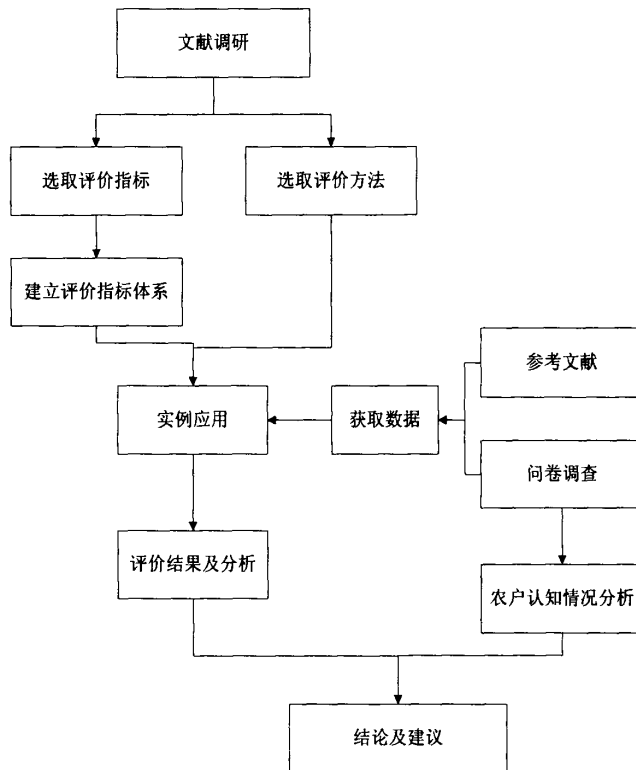


图 1.1 论文研究技术路线

第三节 保护性耕作研究现状

1.3.1 保护性耕作技术的研究进展

保护性耕作技术是一种新型的农业耕作技术模式，它与传统耕作模式先比，技术上的变化主要体现在通过少耕、深耕、免耕、化学除草、秸秆覆盖、秸秆还田以及留茬等^[26]，达到防治土壤风蚀、提升土壤质量和改善城市及城市近郊空气质量的作用，与此同时，保护性耕作技术也可以提高农民的收入，达到增产创收的经济效果^[27]。发展保护性耕作技术可以减少沙尘暴，从而降低大气中可吸入颗粒物 PM_{10} 以及 $PM_{2.5}$ 的含量和浓度，降低可吸入颗粒物对人体健康带来的危害，所以发展保护性耕技术对于城市大气环境的影响具有重要意义。

1.3.2 保护性耕作技术评价指标研究概况

国内外大量研究结果表明,保护性耕作技术在较多方面均比传统耕作技术具有优势^[28-38]。例如采用深耕技术,可以改善土壤内部的水循环,提高土壤内部水分的渗透率,从而达到保水和提升土壤肥力的作用^[39]。采取适宜的保护性耕作技术措施,可以增加农作物产量,同时还能改善土壤的耕作环境。另外,保护性耕作技术可以增加土壤有机磷、有机碳、有机氮等有机质的含量^[40]以及微生物的数量^[41]。因此,保护性耕作技术的发展和推广,将为经济、社会和环境带来非常大的好处。保护性耕作技术效益的综合评价是各个地区选择保护性耕作技术具体耕作模式的重要参考。

生态效益评价指标方面,邵景安^[42]、徐阳春^[43]、张舒^[44]等研究发现,在土壤内部,各种生物和微生物之间,实施保护性耕作技术以后,能够建立更平衡的关系,这种平衡,能有效地抑制农田土壤病虫害的发生,与此同时,土壤中微生物数量的增多,能大幅度提升土壤的肥力^[49],达到增产创收的效果。另外,保护性耕作技术不仅能够提升微生物含量,还能提高酶的活性^[45-46],这项可以应用在冬季,以提升农作物在冬季的发芽率和成活率。保护性耕作技术很可能会改变土壤的微生物组合情况^[47],即土壤在实施保护性耕作技术后,会在不同的阶段,形成不同的微生物区系。保护性耕作技术能更好地抑制病虫害的发生,因为保护性耕作技术会帮助土壤保存杀虫剂^[48],并减少除草剂的使用^[50],从而降低农民的投入成本。

经济效益评价指标的研究有很多。王亚伟^[52]研究后认为经济投入是保护性耕作技术效益高低的首要评价指标。汤秋香^[53]则在农民认知的基础上,得出作物产量是影响农民选择保护性耕作技术的首要因素。许多既有研究还发现^[54-59]保护性耕作技术能提高农民的农用机械使用强度。机械化使用强度的提升能节省大量的时间和劳动力,同时随着机械化使用强度和农民使用农用机械熟练程度的提高,农民的经济收益将会增加,并且保护性耕作技术的应用,能使农民选出最适合其土地农作物的栽培方式。保护性耕作技术有利于培育优质品种^[60]。田淑敏^[55]建立了一个经济效益评价指标体系,朱钟麟^[56]则构建了四层次、三大类、24项指标的评价体系。这两个指标体系能够较合理地反映保护性耕作技术的经济效益,是本文重要的参考思路之一。文献中指标仅对本文起参考作用。

社会效益评价指标的既有研究也很多。高旺盛^[61]提出保护性耕作“三少两高”评价原则，陈源泉^[62-63]在其基础上，设定了 5 个二级指标和 12 个具体指标。提出了“综合保护度”综合反映指标，评价不同模式的优缺点。农民人之过程 and 实际行为也是影响因素^[64]。稻农是否参加农业技术培训、受教育程度、是否兼业劳动力数量、未成年人数量显著影响保护性耕作的实施效果。国家政策和补贴是推进该技术的重要手段^[65]。保护性耕作技术的实施，对利用可再生资源^[66]、减少 CH₄ 排放^{[67][69][70]}、节能减排^[68]上意义重大。

既有研究对保护性耕作技术效益的综合研究较少。原君静^[71]将保护性耕作不同技术适应性分 I、II、III、IV、V 5 个等级。李洪泽^[72]选择对保护性耕作有显著影响的因素作为评价指标。王敏^[73]提出了“四层次”(目标层→效果层→指标层→因子层)、24 指标评价体系。李成军^[80]提出 4 层 13 面评价体系。研究普遍认为，保护性耕作综合效益巨大^[74-79]。

第二章 保护性耕作技术评价指标体系的构建

第一节 评价指标体系构建的方法

当前保护性耕作技术评价指标体系多是针对某一单一方面，如只生态效益进行评价，这样的评价只能反映保护性耕作技术模式在某一方面的效益优劣，无法对保护性耕作技术模式进行综合评价，这将影响保护性耕作模式的选取。所以本文综合考虑了环境、生态、经济等方面的影响，针对保护性耕作的综合效益进行评价，建立了一个综合的评价指标体系，以期对各项保护性耕作技术给予一个相对客观的评价。

在本论文中，将按照以下几个步骤，完成保护性耕作技术综合效益评价指标体系的构建。

1. 查阅和搜集历史资料

查阅、搜集和整理总结国内外保护性耕作技术评价领域的相关理论知识，进行深度的了解和学习，尽可能全面地掌握该保护性耕作技术效益评价的基本状况，借鉴文献中的研究方法和研究经验，制定出初步的评价工作流程和框架。

2. 选取评价指标

指标的选取,对后期评价的科学性至关重要。如果指标选取的不合理,那么评价结果的正确性就很难保证,因此,在选择评价指标时,要遵循科学合理、具有层次性和易于评价的原则。即最终选择的指标要科学、客观并合理地反应保护性耕作评价指标体系的层次结构,并保证指标参数易于获取、易于测算、易于比较、易量化和具有可操作性,此外还要保证每个评价指标之间是相互独立的,并在满足上述所有条件的情况下尽量精简评价指标的个数。本研究在评价指标的选取过程中完全依据上述原则,在大量查阅文献资料的基础上,选出运用较多或已经被基本被公认的指标,以及那些较为重要的评价指标,较为广泛地向相关专家或学者征求对所选取指标的意见和建议,去掉那些明显不适宜的指标,精简后确定指标体系,然后再运用选取好的数学模型等一些定量分析方法对指标进行量化判断,最终确定保护性耕作技术的评价指标体系。

3. 确定评价方法,进行评价

在查阅相关文献资料以后,经过筛选,本文最终确定用模糊数学综合评价法。用模糊数学综合评价法,得出各种耕作模式的最后得分,以此来比较它们的综合效益,给出得分排名,希望为保护性耕作技术的推广提供参考依据。

对保护性耕作不同耕作模式的综合效益模糊数学评价可以分为以下几个步骤:首先根据每个指标的指标参数,按照隶属度计算公式计算出各指标的隶属度;然后计算出各个指标的影响权重,本研究运用均方差法确定权重;之后再各指标隶属度值与权重相乘,通过加和,求出各种耕作模式的模糊综合得分;比较各个结果后,给出各种保护性耕作技术模式的得分排名,为以后的评价提供科学合理的参考依据。

第二节 体系构建和指标选取

本文综合了保护性耕作技术生态效益、经济效益和环境效益,将这三个效益综合在评价指标体系里,以提高评价指标体系的完整性和科学性。

本文借鉴以往研究的经验^[81-103],依据指标选择的原则,并结合实际情况,确定了针对生态、社会、经济三方面效益进行评价,将生态效益、社会效益和经济效益设定为3个一级评价指标,整体指标体系由9个二级评价指标、20个三级评价指标和8个四级评价指标构成(详见表2.1--2.3)。生态效益评价指标包括土壤理化性质、土壤能力(包括保水能力和土壤抗风蚀能力)、土壤内部组成

（包括土壤有机质含量和土壤微生物量）、以及其他指标（包括杂草种类、杂草密度、病虫害种类、保苗率、出苗率）四类二级指标。社会效益评价指标包括农业机械使用强度、公众认可度两类二级指标。经济效益评价指标包括投入、产出和产投比三类二级指标。

表 2.1 保护性耕作生态效益评价指标

指标分类	评价因子	
土壤理化性质C11	土壤容重C111	
	土壤温度C112	
	土壤PH C113	
	土壤电导率C114	
土壤能力C12	土壤保水能力C121	土壤含水率C1211
		土壤水分蒸发率C1212
	土壤抗风蚀能力C122	土壤风蚀深度C1221
		土壤抗风蚀效率C1222
		土壤起尘量C1223
土壤内部组成C13	土壤有机质含量C131	土壤碱解氮C1311
		土壤速效磷C1312
		土壤速效钾C1313
	土壤微生物量C132	
其他指标C14	杂草种类C141	
	杂草密度C142	
	保苗率C143	
	出苗率C144	
	病虫害数量C145	

表 2.2 保护性耕作社会效益评价指标

指标分类	评价因子
农业机械使用强度C21	农膜使用强度C211
	机械化强度C212
公众认可度C22	

表 2.3 保护性耕作经济效益评价指标

指标分类	评价因子
投入C31	投入用工C311
	投入农业机械器具与油耗C312
	其他投入C313
产出C32	单位面积作物产量C321
	单位面积作物产值C322
产投比C33	

2.2.1 生态效益评价指标

生态效益评价指标包括土壤理化性质 C11（包括土壤容重 C111、土壤温度 C112、土壤 pH C113、土壤电导率 C114）、土壤能力 C12（包括土壤保水能力 C121 和土壤抗风蚀能力 C122）、土壤内部组成 C13（包括土壤有机质含量 C131 和土壤微生物量 C132）、以及其他指标 C14（包括杂草种类 C141、杂草密度 C142、病虫害种类 C143、保苗率 C144、出苗率 C145）四类二级指标。

2.2.1.1 土壤理化性质 C11

包括土壤容重 C111、土壤温度 C112、土壤 PH C113、土壤电导率 C114 四类三级指标。

土壤容重 C111：指一定单位体的积内，所含有的原状土壤的干重，单位为 g/cm^3 ^[104]。土壤容重能够很好地反应土壤的肥力，因为土壤容重值的大小，与土壤透水性能的高低、土壤的孔隙度直接有关联；并且土壤容重也能在一定程度

上反应土壤的疏松度，当土壤疏松度、孔隙度高并且透水性能好时，土壤保水保肥的能力就会随之增强，这样就有利于土壤及土壤环境的水土保持。

土壤温度 C112: 指地表以下土壤的温度，主要是指与花木、种子生长发育直接相关的地表以下土壤浅层内的温度。土壤温度会直接影响农作物的生长和发育情况。农作物的种子只有在适宜的土壤温度范围内才能萌发。直接用土壤温度计和土壤温度记录仪即可获得土壤温度的准确数据。

土壤 pH C113: 土壤的 pH 将会影响到土壤中各种养分的存在状态、转化过程和存在的有效性。土壤 pH 的测定方法包括比色法和电位法两种，后者的精确度较高一些。①混合指示剂比色法，该方法是指在比色磁盘孔里滴入指示剂，然后紧跟着放入待测的土壤样本，在二者充分混合后，将所显现出来的颜色和比色卡进行对比，用肉眼观察即可，精度较低但是操作方便。②电位测定法是指将待测土壤取样两份，在烧杯内分别加入 KCl 溶液以及无 CO₂ 的蒸馏水，间歇搅拌或摇动 30 分钟，放置 30 分钟后，用酸度计进行测定。

土壤电导率 C114: 土壤溶液的导电性是土壤性能的一个重要反应，土壤电导率表示土壤导电能力的强弱。土壤电导率可以用来测定土壤水溶性盐的多少，而土壤水溶性盐又是土壤的一个重要理化属性，是判定土壤中盐类离子是否限制农作物生长的重要因素。

2.2.1.2. 土壤能力 C12

包括土壤保水能力 C121 和土壤抗风蚀能力 C122 两类三级指标。

(1) 土壤保水能力 C121

具体包括土壤含水率 C1211 和土壤水分蒸发率 C1212 两个评价因子。

土壤含水率 C1211: 用来衡量土壤中水分含量多少的指标，单位为%。土壤中的水分具有把土壤颗粒粘结在一起的功效，土壤含水率的增加可以提高土壤的粘聚力，从而增强土壤的抗风蚀性。

土壤水分蒸发率 C1212: 土壤水分蒸发是指土壤中的水分通过蒸发和汽化两个重要过程，从土壤表面进入到大气里，而这一过程的速率即为土壤水分蒸发率。

(2) 土壤抗风蚀能力 C122

包括土壤风蚀深度 C1221、土壤抗风蚀效率 C1222、土壤起尘量 C1223 三个四级评价因子。

土壤风蚀深度 C1221: 土壤风蚀是指地表物质在风力的作用下离开原地的过程, 其深度单位一般用厘米表示。

土壤抗风蚀效率 C1222: 传统耕作模式下, 会有一个土壤风蚀量, 保护性耕作模式下, 会产生一个新的风蚀量, 二者相比的减少量和传统耕作模式下土壤风蚀的基准两之比, 就是土壤抗风蚀效率。土壤抗风蚀效率的计算公式为:

计算公式为式中: Q_1 ——传统耕作农田的风蚀量, 单位 g; Q_2 ——保护性耕作农田的风蚀量, 单位 g; μ ——保护性耕作农田的抗风蚀效率, 单位%。

土壤起尘量 C1223: 在一定风速下, 单位面积农田一定高度下的起尘总量。

2.2.1.3 土壤内部组成 C13

包括土壤有机质含量 C131 和土壤微生物量 C132 两类三级评价指标。其中土壤有机质含量 C131 包括土壤碱解氮 C1311、土壤速效磷 C1312、土壤速效钾 C1313 三个评价因子。

土壤碱解氮 C1311: 也叫土壤有效氮、土壤水解性氮, 土壤碱解氮的含量是衡量土壤内部有机质的重要指标, 因为含氮量的高低将直接影响土壤肥力的土壤重要的理化性质。土壤碱解氮既包括铵态氮、硝态氮等无机形态的氮, 有包括氨基酸酰胺和易水解蛋白质等有机态的氮。其测定时, 运用硼酸吸附法。

土壤速效磷 C1312: 也称为土壤有效磷, 是指在当季土壤中, 可以被植物吸收消化的土壤内部的磷元素, 有效磷的存在形式比较多, 既有水溶性磷, 又有吸附态磷, 某些土壤内部还有沉淀的磷元素。具体测定方法包括生物测定法和化学测定法, 相对来说生物测定法更可靠一些, 具体就是同位素稀释测定法; 化学测定法则是用提取液, 提取土壤中的有效磷, 针对不同形态的磷需使用不同的提取液。

土壤速效钾 C1313: 也称为土壤有效钾, 是指在土壤内部, 那些能被植物吸收和利用的钾元素。具体测定方法为火焰光度法, 实验原理是浸提土壤, 将胶体表面的钾离子全部吸附并提取。

2.2.1.4 其它指标 C14

包括杂草种类 C141、杂草密度 C142、保苗率 C143、出苗率 C144 和病虫害数量 C145 五个评价因子。

杂草密度 C142: 单位面积农田中所含杂草的平均面积。

保苗率 C143: 出苗后, 能栽培出粮食作物的种子数量占种子总数的百分比。

出苗率 C144: 种子播种后, 出苗的种子数量占种子总数的百分比。

2.2.2 社会效益评价指标

社会效益评价指标包括农业机械使用强度 C21、公众认可度 C22。

农业机械使用强度 C21 包括农膜使用强度 C211、机械化强度 C212 两个评价因子。

2.2.2.1 农膜使用强度 C211

农膜又叫地膜, 也称为塑料薄膜。农膜种类很多, 目前市面上的农膜主要成分是聚乙烯。农膜的作用比较多, 应用也比较广泛, 比如可以提高地表的温度、保证种子发芽和幼苗成长的环境温度和湿度等等。农膜的使用还能在一定程度上抑制外来物种(主要为杂草)对农作物的干扰。但是农膜在使用过后的处理可能会引起一定程度的环境污染。

2.2.2.2 机械化强度 C212

机械化强度主要是指农民在劳动过程中, 在播种、收割等重要阶段, 使用农用机械的频率以及这些农用机械的作业效率。

2.2.3 经济效益评价指标

经济效益评价指标包括投入 C31、产出 C32 和产投比 C33 三类。

2.2.3.1 投入 C31

包括用工投入 C311、投入农业机械器具与油耗 C312、其他投入 C313。

2.2.3.2 产出 C32

包括单位面积作物产量 C321 和单位面积作物产值 C322。

单位面积作物产量 C321: 指单位面积农田生产的农作物产量, 单位为 kg/hm^2 , 能够从产量层面较为直观的反应某种耕作模式带来的经济效益

单位面积作物产值 C322: 指一定的单位面积的农田, 在某一段时间内, 生

产的农作物所带来的经济价值，单位为元/hm²。单位面积作物产值能够直接反应农作物在当季所带来的收支情况，并且能从农民认知层面上探寻保护性耕作技术的经济效益。

2.2.3.3 产投比 C33

产投比指总收入与总支出之比，是评价技术项目经济效益的一项重要指标，该指标值越大说明经济效益越好。

第三节 评价方法

2.3.1 常用评价方法介绍

在环境管理工作中，能够采用的评价方法有很多，其中常用的有：

综合指数法：环境是个广义概念，它是包含影响人类生存和生活的诸多因素的复杂整体，所以如果从单因素出发，就很难全面、客观地进行评价。综合指数法能在一定程度上克服这种单因素分析打来的的片面性和不确定性。使用综合指数法的时候，通常根据实际情况对环境体系中的各个影响因素赋予不同的权重值。在权重值确定后，得到一个反映环境总体质量状况的综合指数[105-106][115]。

模糊数学方法：模糊数学评价法是一种运用模糊变换分析以及评价模糊系统的法,通过构造等价模糊子集，对环境指标进行量化，而后根据模糊变换的原理综合各个评价指标，从而得到评价结果[107-108]。

灰色系统理论：灰色系统理论是指通过分析系统内部各个因素之间关系强弱、大小以及次序，定量分析系统内部结构之间的联系，进而确定关联对象的相关性。因为灰色系统理论在解决有限数据、不确定性问题方面具有独特优势，所以灰色系统理论已经在农业、经济、气象、生物、环境等众多领域得到广泛的研究和应用[109-110][115-116]。

层次分析法：基本思路是，将复杂问题按照主次或支配关系分解成互相关联的、有序的递阶层次，并且这个过程中一定要保证层次的系统化和条理化，然后定量分析每一层次中每两个不同因素的相对重要性，并将它们进行比较、判断和赋值，然后得出所有相关因素的权重值，最后通过对排序结果进行分析、

比较来解决问题。层次分析法的关键是构成有序的低阶层次^{[111-112][115-116]}。

集对分析法：集对是指具有一定联系的两个集合，组成的一种元系统。集对分析方法的基本思路是，从同(同一性)、异(差异不确定性)以及反(对立性)3个侧面入手，研究每一个元系统中两个集合在给定问题背景下的确定性联系和不确定性联系的可变和转化，并用一个能充分反映上述情况的同异反联系数较为直观地进行反应。集对分析的关键是构建有联系、高效的元系统^[113-116]。

经过对比，本研究选择模糊隶属度函数和均方差法来评价保护性耕作模式所带来的效益，以评价的结果为评价指标体系的验证提供参考依据。

2.3.2 模糊隶属度函数

模糊隶属度函数法能快速有效地解决客观事物的差异在中间过渡时的不明确性。模糊隶属度的计算方法为：对于任意一个 u ，都指定了一个数 $\mu_A(u) \in [0,1]$ ，称之为 u 对 A 的隶属程度，映射 $\mu_A: U \longrightarrow [0,1] \quad U \longrightarrow \mu_A(u)$ ，叫做 A 的隶属函数^[107]。即指将各个评价指标值通过一定的方法转换为 0~1 之间的评价值，目前通常采用线性函数来计算指标的绝对隶属度。本文在评价保护性耕作技术不同耕作模式的得分时，将从以下 4 个方面进行：（1）通过赋值和计算，得出每个指标的隶属度；（2）确定各个指标权重系数的分配方案；（3）计算每个指标的模糊得分；（4）计算同一处理中，不同耕作模式的模糊综合得分；其中隶属度函数、权重系数分配方案的确定二者是模糊综合评价的重点，权重系数的确定是关键。

模糊隶属度函数法在本文中的应用较多，该方法在具体计算时将不同指标归一化是一个难点，本文在计算时，运用两种不同的公式即最大最优和最小最优两种，对不同的指标进行分析和具体的计算。

在步骤（1）和步骤（2）两个步骤里，将对不同评价指标、评价因子的数值进行归一化整理和计算，在（1）的计算中，会在文献中进行取值，并且考虑文献的地理条件和气候等因素，选择较为接近的地区数值进行计算。

2.3.3 均方差法确定权重

一般来说，由于初始数据来源不同，在确定每个指标的权重时，主要有主观赋值和客观赋值两种方法。主观赋值法主要是由专家根据经验主观判断而确定获得，如古林法、Delphi 法、层次分析法（The Analytic Hierarchy Process 简称 AHP）等，这些方法均比较成熟，但是其客观性较差。客观赋值法是根据原始数据，运用统计方法计算其权重值，不依赖于人的主观判断，客观性较强，如离差法、均方差法、主成分分析法等。本文中采用均方差法确定指标权重，因为该方法比较客观，而且精度高，更科学合理。具体方法如下：首先计算出隶属度函数下随机变量的均方差，然后归一化这些均方差的值，最后的结果即为各个评价指标的权重系数。

第三章 保护性耕作技术评价体系实例应用

本文中以天津市大港区苏家园村为例，验证评价指标体系应用的可行性，同时希望通过评价结果来得出华北地区综合效益最好的保护性耕作技术。指标体系中的一些指标可以通过已有文献的调研和整理获取，另外一部分指标通过实际的调查分析获取。

第一节 研究对象概述

天津市大港区位于天津市的东南部，东部靠近渤海湾，与塘沽区接壤，南部临近河北黄骅市，西部邻近静海县，北部靠近津南区、西青区。全区地貌主要为滩涂、水库以及农田，农田主要集中在西部和西南部。大港紧靠渤海，所以会在很大程度上受到环流季风的影响，气候是典型的温带大陆性气候。四季分明。主导风向为：夏季是南南西向，冬季则为北北西向，秋季东向。年均气温为 12.1℃，1 月平均气温为 -4℃，7 月份平均气温为 26℃，无霜期约 211 天，年平均降水量约为 593.6mm，多集中在 6 月份和 7 月份。全区总面积 1113.83km²，可利用荒地 70.49km²，大港地区内部内陆水域面积是 36 万亩，耕地总面积则为 197712 亩，其中水田占了 10590 亩，旱田为 187122 亩。全区总

人口数为 32 万，其中非农业人口占到了 67%。主要种植作物为小麦、玉米和水稻。

本研究的具体区域对象为大港苏家园村。该地区主要作物类型为玉米，土壤盐碱性较大，肥力不高，保土性相对较差。

其它指标，由于在大港苏家园村未获得数据，选取了其它文献中的相关数据，所选数据其来源环境与天津类似，在本文中均有具体介绍。

第二节 问卷调查及部分指标参数的确定

指标参数的获取是评价保护性耕作技术综合效益的关键。本研究通过实地问卷调查获取大港苏家园村的一些评价指标数据。

3.2.1 调查方法

为了了解研究区域农民耕作的生产、社会以及经济收入等基本情况，并获得前面提出的评价指标体系中的部分指标的数据，本研究设计了调查问卷，并在天津市大港区苏家园村开展了入户调查。

所设计的问卷包括四部分内容，见表 3.1。第一部分是接受问卷调查者的基本情况，第二部分是调查者的耕作情况，第三部分是调查者的资金投入情况，第四部分则是调查者对保护性耕作技术的认知度调查。通过此问卷的调查可以获得上一章指标体系中 C212 机械化强度、C311 用工投入、C312 投入农业机械器具与油耗、C313 其他投入、C321 单位面积作物产量、C322 单位面积作物产值和 C33 产投比 7 个指标个指标。

调查方法为入户调查。入户调查法是指研究人员，随机或者指定地到被调查者家中，针对索要了解和调查的情况，面对面地与调查者接触，利用事先设计好的结构式问卷，直接获取有效信息，并记录好调查者的回答后期进行研究的一种调查方式。

本文入户调查的调查时间为 2012 年 7 月 10 日，采用随机方式的入户问卷调查。一般选取中午农户回家休息等时间段，对所有农户的经济条件进行分类并调查。具体调查问卷见附录 A。

3.2.2 结果分析和参数确定

在参与调查的 14 位村民中,男性 11 位,女性 3 位,其年龄主要集中在 50-70 岁间;文化水平偏低,除一名年龄最小者达到初中学历,其余都为小学以下;在调查中发现,村民对保护性耕作的认知度极低,在所有被访者中,只有一名听说过保护性耕作,而这名被访者的学历也是其中最高的。

所种作物以玉米为主,其次为冬枣。保护性耕作多为少耕、免耕结合秸秆覆盖模式,但大量的秸秆处理和频繁的田间作业成为农业生产的主要矛盾;免耕面积较少,主要由于许多地区秸秆覆盖量不足,免耕会使土壤板结从而导致减产,而只有保证足够的秸秆覆盖的情况下,免耕土壤才具有自我疏松能力^{[117][118]}。所调查的农户,大多把务农收入作为收入的主要来源。农业劳动是一种生活方式,还是一种经商手段,对保护性耕作的推广有直接作用。

在实地调查中发现:保护性耕作的社会效益主要在于减少了作业工序,降低了能耗,节约了能源;同时节省用工,解放更多的农村劳动力,促进了劳动力的转移。所有的农民对保护性耕作技术都不知道,但是他们采用的耕作方式已经属于保护性耕作技术的范畴;农民的农机器具主要是租赁;全部农民采用深松、不留茬耕作方式;平均费用为 296.55 元/亩;主要农作物为玉米;只有一家农户自家养驴一头;除了一家农户雇人耕作且耕地面积较大外,其余调查农户均为自行耕作,且均在外打工;大型农用机一辆,且为国家补贴购置。

通过调查,获得各项指标的具体数值为:免耕覆盖模式下,C212 机械化强度为 57.1%、C311 用工投入为 60 元/人·天、C312 投入农业机械器具与油耗为 63.89 元/亩、C313 其他投入为 223.86 元/亩、C321 单位面积作物产量为 871.45 斤/亩·年、C322 单位面积作物产值为 1116 元/亩·年,C33 产投比为 4.376;传统耕作模式下,C212 机械化强度为 15.36%、C311 用工投入为 40 元/人·天、C312 投入农业机械器具与油耗为 58.77 元/亩、C313 其他投入为 200.15 元/亩、C321 单位面积作物产量为 785.66 斤/亩·年、C322 单位面积作物产值为 1080 元/亩·年,C33 产投比为 3.582。

第三节 实例评价

3.3.1 评价指标隶属度的确定

3.3.1.1 计算方法与公式

由于所选的各评价指标的单位差异较大，无法进行直接标胶，所以需要
指标进行无量纲化处理，统一成同一个类型的指标才具有可比性，本研究采用
模糊隶属度函数的方法进行量化。对于不同影响产量因素的指标，可以将指标的
隶属度函数可分为两种类型：

越大越优型：

$$Y_{ij} = \frac{U_{ij} - U_{i\min}}{U_{i\max} - U_{i\min}} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n) \tag{3.1}$$

越小越优型：

$$Y_{ij} = \frac{U_{i\max} - U_{ij}}{U_{i\max} - U_{i\min}} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n) \tag{3.2}$$

式中： $U_{i\max}$ 与 $U_{i\min}$ 分别为第 j 个指标的最大值和最小值；

Y_{ij} 表示， i 层次下指标 j 相对于 $U_{i\max}$ 的隶属度。

3.3.1.2 指标赋值

本研究通过问卷调查、文献调研，对于部分可操作的评价指标给予赋值。
基于数据可获取情况，本研究只针对传统耕作、免耕覆盖和深耕覆盖两种保护
性耕作方式进行综合评价。对于免耕覆盖和传统耕作两种方式共有 26 个指标可
以赋值。由于深耕覆盖有些指标更难获取数据，因此对于传统耕作、免耕覆盖
和深耕覆盖三种耕作方式共有 12 个指标被赋值，这十二个指标都属于对生态效
益进行评价的因子，具体数值详见表 3.3。

表 3.3 保护性耕作技术实施效益评价指标体系实际应用赋值表

指标	单位	免耕覆盖	深耕覆盖	传统耕作
C111	g/cm ³	1.479	1.43	1.373
C112	℃	19.8	19	20.7

第三章 保护性耕作技术评价体系实例应用

C113	--	6.67	--	6.24
C114	cmol • kg ⁻¹	7.13	7.54	6.08
C1211	%	17.4	16.4	14.6
C1212	%	14.74	12.07	23.82
C1221	cm	3.1	2.8	5.6
C1222	%	88	--	60
C1223	g	3.8	2.6	4.7
C131	g/kg	11.62	--	10.42
C1311	g/kg	45.4	--	43.4
C1312	g/kg	9.8	--	8.7
C1313	g/kg	136	--	128
C132	μg • g ⁻¹	250.69	280.61	224.39
C142	--	0.005	0.006	0.003
C143	%	92	96	89
C144	%	85	89	82
C145	苞/丛	25	20	18
C211	%	22.21	--	15.36
C212	%	57.1	--	38.0
C311	元/人 • 天	60	--	40
C312	元/亩	63.89	--	58.77
C313	元/亩	223.86	--	200.15
C321	斤/亩 • 年	871.45	--	785.66
C322	元/亩 • 年	1116	--	1080
C33	--	4.376	--	3.582

备注：“—”表示数据欠缺

以上评价指标中, C111 土壤容重、C1211 土壤含水率两个指标数据借鉴了时均莲论文中的数据, 时均莲的这篇论文主要介绍了天津市几种常见的保护性耕作技术; C112 土壤温度这个指标借鉴了李成军的研究数据, 该文献主要研究了夏回族自治区红寺堡开发区试验田实施保护性耕作后对土壤温度的影响; C113 土壤 pH 指标借鉴王靖在胶州市胶东镇国家保护性耕作试验基地实施保护性耕作对土壤理化性质的研究中的实验数据; C114 土壤电导率和 C1212 土壤水分蒸发率这两个指标的计算数据, 分别来自于毛乌素沙地南缘不同耕作措施土壤质量评价及经济效益研究中第五章——不同耕作措施土壤肥力质量评价中和第七章——结论与展望; C1221 土壤风蚀深度和 C1222 抗风蚀效率的数据, 是笔者在借鉴大港风洞实验区风向风速数值及起尘实验数据基础上, 计算得出; C131 土壤有机质含量 C1311 土壤碱解氮、C1312 土壤速效磷和 C1313 土壤速效钾四个指标, 借鉴刘月楼在小麦保护性耕作增产增效的研究中所得数据; C132 土壤微生物量指标是范丙全在研究保护性耕作与秸秆还田对土壤微生物及其溶磷特性的影响中选取的, 该实验在河北省衡水市邓庄乡中加实验站进行, 其土壤为壤质潮土, 与天津类似; C142 杂草密度、C143 保苗率、C144 出苗率和 C145 病虫害种类的数据, 是玉米保护性耕作研究种的实验数据, 其中杂草种类为马唐、病虫害为玉米粘虫; C211 农膜使用强度数据, 是薛坤才对重庆市西南部永川区玉米试验田的研究所得数据;

C212 机械化强度、C311 用工投入、C312 投入农业机械器具与油耗、C313 其他投入、C321 单位面积作物产量、C322 单位面积作物产值和 C33 产投比 7 个指标, 均是本研究问卷调查数据计算所得。

3.3.1.3 隶属度的计算

本实例研究选取的 26 个指标中, C111 (土壤容重)、C1212 (土壤水分蒸发率)、C1221 (土壤风蚀深度)、C1223 (土壤起尘量)、C142 (杂草密度)、C145 (病虫害数量)、C211 (农膜使用强度)、C311 (用工投入)、C312 (投入农业机械器具与油耗)、C313 (其他投入) 是越小越优越型指标; C114 (土壤电导率)、C1211 (土壤含水率)、C1222 (土壤抗风蚀效率)、C131 (土壤有机质含量)、C1311 (土壤碱解氮)、C1312 (土壤速效磷)、C1313 (土壤速效钾)、C132 (土壤微生物量)、C143 (保苗率)、C144 (出苗率)、C212 (机械化强度)、C321 (单位面积

作物产量)、C322(单位面积作物产值)、C33(产投比)是越大越优越型指标;C112(土壤温度)、C113(土壤PH)根据不同土壤性质的不同情况而定,在本研究中将根据指标来源文献的土壤性质决定这C112(土壤温度)为越小越优越型指标,C113为越大越优越型指标。由公式3.1和公式3.2得出这26个指标的隶属度,见表3.4。为了使下面描述更加清晰,同时表3.5也列出了三种耕作方式都有数据的12个评价指标的隶属度。

表 3.4 不同耕作模式下评价指标隶属度(26个指标)

指标	免耕覆盖	深耕覆盖	传统耕作
C111	0.000	0.462	1.000
C112	0.529	1.000	0.000
C113	1.000	--	0.000
C114	0.719	1.000	0.000
C1211	1.000	0.643	0.000
C1212	0.830	1.000	0.000
C1221	0.893	1.000	0.000
C1222	1.000	--	0.000
C1223	0.429	1.000	0.000
C131	1.000	--	0.000
C1311	1.000	--	0.000
C1312	1.000	--	0.000
C1313	1.000	--	0.000
C132	0.468	1.000	0.000
C142	0.611	1.000	0.000
C143	0.667	1.000	0.000
C144	0.492	1.000	0.000
C145	0.000	0.714	1.000
C211	0.000	--	1.000
C212	1.000	--	0.000
C311	0.000	--	1.000
C312	0.000	--	1.000

C313	0.000	--	1.000
C321	1.000	--	0.000
C322	1.000	--	0.000
C33	1.000	--	0.000

备注：“—”表示数据欠缺

表 3.5 不同耕作模式下评价指标隶属度（12 个指标）

指标	免耕覆盖	深耕覆盖	传统耕作
C111	0.000	0.462	1.000
C112	0.529	1.000	0.000
C114	0.719	1.000	0.000
C1211	1.000	0.643	0.000
C1212	0.830	1.000	0.000
C1221	0.893	1.000	0.000
C1223	0.429	1.000	0.000
C132	0.468	1.000	0.000
C142	0.611	1.000	0.000
C143	0.667	1.000	0.000
C144	0.492	1.000	0.000
C145	0.000	0.714	1.000

3.3.2 评价指标权重的确定

指标权重是用来反映每一个评价指标在评价中，在整体里所占有的相对重要程度。某一评价指标，它权重越大就表示这个指标在整体评价里越重要。本研究采用均方差法确定权重。均方差是统计学中常用的一种方法，它多被用来反映随机变量的离散程度。均方差法能够很好地反映出指标参数的数字特征，然后进行指标权重的计算。

具体计算方法如下：

求随机变量的均值 $E(I_j)$: $E_{(I_j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ij}$

错误!

未找到引用源。（3.3）

求 I_j 的均方差 Q (I_j): $Q(I_j) = \{\sum_{i=0}^n [Y_{ij} - E(I_j)]\}^{0.5}$

错误! 未找

到引用源。 (3.4)

指标 I_j 的权重系数 W_j: $W_j = \frac{Q(I_j)}{\sum_{i=0}^n Q(I_j)}$

错误!

未找到引用源。 (3.5)

根据 26 个指标的隶属度，代入公式 3.3、3.4 和 3.5，得出指标的权重。从表 3.6 中的数据可以看出：26 个指标中，评价生态效益的指标权重值最大，为 0.691；其次为评价经济效益的指标，权重为 0.228；评价社会效益的指标权重最小，为 0.076。单个指标相比，C1211 土壤风蚀深度权重最大，为 0.053；其次为 C1211 土壤含水率，为 0.040；其他指标相对权重相差不大。这说明在此评价体系中，土壤保水抗风能力的影响最大。

表 3.6 评价指标权重（26 个指标）

总体指标	权重	主体指标	权重	群体指标	权重
生态效益	0.691	土壤理化性质	0.153	土壤容重	0.038
				土壤温度	0.033
				土壤 PH	0.038
				土壤电导率	0.039
		土壤保水抗风能力	0.205	土壤含水率	0.040
				土壤水分蒸发率	0.036
				土壤风蚀深度	0.053
				土壤抗风蚀效率	0.038
				土壤起尘量	0.038
		土壤有机质含量	0.114	土壤碱解氮	0.038
				土壤速效磷	0.038
土壤速效钾	0.038				
土壤微生物量				0.038	
其他	0.181	杂草种类	-----		

第三章 保护性耕作技术评价体系实例应用

				杂草密度	0.037	
				保苗率	0.039	
				出苗率	0.037	
				病虫害数量	0.039	
社会效益	0.076	农业机械使用强度	0.076	农膜使用强度	0.038	
		机械化强度		0.038		
		公众认知度			-----	
经济效益	0.228	投入	0.114	用工投入	0.038	
				投入农业机械器具与油耗其他投入		0.038
						0.038
		产出	0.076	单位面积作物产量	0.038	
单位面积作物产值	0.038					
		产投比			0.038	

再以 12 个指标的隶属度为依据，计算出各个指标的权重。从表 3.7 数据可以看出：在这 12 个评价生态效益的指标中，C1211 土壤风蚀深度权重最大，为 0.085，远远高于其他指标的权重。

表 3.7 评价指标权重（12 个指标）

指标	土壤容重	土壤起尘量	土壤水分蒸发率	出苗率	土壤电导率	杂草密度	土壤温度	土壤含水量	土壤风蚀深度	保苗率	土壤微生物量	病虫害数量
权重	0.082	0.081	0.077	0.079	0.084	0.079	0.070	0.085	0.114	0.083	0.081	0.084

3.3.3 评价结果及分析

为了充分利用已有数据，尽可能对所选用指标进行分析和研究，下面分别使用 26 个指标和 12 个指标对三种耕作方式进行效益评价分析。

3.3.3.1 三种耕作方式 26 个指标综合得分的计算

求出 26 个指标的隶属度与对综合效益的影响权重后，采用加权平均的方法求得不同耕作技术的综合效益评价得分。

免耕覆盖模式综合得分为：

$$0.000 \times 0.038 + 0.529 \times 0.033 + 1.000 \times 0.038 + 0.719 \times 0.039 + 1.000 \times 0.040 + 0.830 \times 0.036 + 0.893 \times 0.053 + 1.000 \times 0.038 + 0.429 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.114 + 0.468 \times 0.038 + 0.611 \times 0.039 + 0.667 \times 0.037 + 0.492 \times 0.029 + 0.000 \times 0.39 + 0.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 = 0.701$$

深耕覆盖模式综合得分为：

$$0.462 \times 0.038 + 1.000 \times 0.033 + 1.000 \times 0.039 + 0.643 \times 0.040 + 1.000 \times 0.036 + 1.000 \times 0.053 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.37 + 1.000 \times 0.039 + 1.000 \times 0.037 + 1.000 \times 0.029 + 0.714 \times 0.039 = 0.412$$

传统耕作模式综合得分为：

$$1.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.033 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.039 + 0.000 \times 0.040 + 0.000 \times 0.036 + 0.000 \times 0.053 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.114 + 0.000 \times 0.039 + 0.000 \times 0.037 + 0.000 \times 0.029 + 1.000 \times 0.039 + 1.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 1.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 + 0.000 \times 0.038 = 0.230$$

3.3.3.2 三种耕作方式 12 个指标综合得分的计算

求出 12 个指标的隶属度与对综合效益的影响权重后，采用加权平均的方法求得不同耕作技术的综合效益评价得分。

免耕覆盖模式综合得分为：

$$0.000 \times 0.082 + 0.529 \times 0.070 + 0.049 \times 0.081 + 1.000 \times 0.085 + 0.830 \times 0.077 + 0.893 \times 0.114 + 0.000 \times 0.079 + 0.611 \times 0.083 + 0.667 \times 0.079 + 0.492 \times 0.084 + 0.719 \times 0.084 + 0.468 \times 0.084 = 1.0482$$

深耕覆盖模式综合得分为：

$$0.462 \times 0.082 + 1.000 \times 0.070 + 1.000 \times 0.081 + 0.643 \times 0.085 + 1.000 \times 0.077 + 1.000 \times 0.114 + 1.000 \times 0.081 + 1.000 \times 0.083 + 1.000 \times 0.079 + 1.000 \times 0.084 + 1.000 \times 0.084 + 0.714 \times 0.084 = 0.9064$$

传统耕作模式综合得分为：

$$1.000\times0.082+0.000\times0.070+0.000\times0.081+0.000\times0.085+0.000\times0.077+0.000\times0.14+0.000\times0.083+0.000\times0.079+0.000\times0.084+0.000\times0.079+0.000\times0.084+0.000\times0.084=0.082$$

3.3.3.3 结果分析

使用均方差法求得的综合效益得分中，26 个指标的综合得分中，对于深耕覆盖部分欠缺数值，均以其没有比较优势计算，即按照默认值计算。结果表明以免耕覆盖模式得分最高，其次为深松覆盖模式，最后为传统耕作模式，也就是说以综合效益的高低为序排列，依次为：免耕覆盖>深耕覆盖>传统耕作。以集中于评价生态效益的 12 个指标所得的综合评分来看，深耕覆盖得分最高，其次是免耕覆盖，最后是传统耕作，并且三者之间得分值相差很大，深耕覆盖得分要高出传统模式很多，说明保护性耕作与传统耕作相比较，生态效益非常明显。由此可见，从保护生态环境的角度来看，更应大力提倡推广深耕覆盖等保护性耕作方式。

第四章 保护性耕作技术的农户认知分析

第一节 研究目的与方法

保护性耕作技术与传统耕作技术比较优势明显，在我国已有较大程度的推广，但是关于农民对保护性耕作技术的知晓程度、熟练程度和满意度情况的相关研究并不多见，本文对此设计问卷，对农民实施保护性耕作的意愿、实施保护性耕作后的相关情况进行调查。通过此调查分析，旨在了解保护性耕作的实施情况和农民对其认知和接受程度，分析主要在 4 省 13 地区大范围推广实施保护性耕作的可行性以及主要影响因素。

问卷设计方法即使针对保护性耕作技术的相关内容对农民进行提问，问题设计简单易懂，对于一些专业性知识也进行了解释。具体问卷同本文第三章第二节的问卷大体相同，但是针对第 9 题（您愿意在农作物收割后留茬吗？），在不同地区发放问卷的时候，针对不同地区进行了改动，如在河北省邯郸市魏县发放的问卷中，该题目改成了：您愿意在农作物收割后深耕吗？即针对不同

的耕作方式进行了不同的提问。这道题可以反映出农民在以后是否愿意继续实施保护性耕作技术。

问卷调查采取随机抽样的方法，以入户一对一调查和请同学协助随机发放两种方式共同进行。在问卷回收后，进行统计分析，探索出影响农民实施保护性耕作技术的因素，以及各因素之间的关系，以对保护性耕作技术的进一步推广提出合理化建议。

第二节 调查结果统计分析

2012 年 7 月至 2013 年 3 月期间，在 4 省 13 地区的不同地区，随机发放保护性耕作技术调查问卷 110 份，获得有效问卷 80 份，分别来自于 13 个县（村）。在这 13 个县（村），主要的耕作方式以玉米秸秆还田、深耕播种玉米和免耕直播小麦三种为主。同时华北平原也是保护性耕作技术的主要实验推广区。以下研究均以 80 份有效问卷为基础。

4.2.1 样本的区域分布

可用的 80 份有效问卷中，天津市静海县获得有效问卷 10 份、天津市大港苏家园村获得有效问卷 14 份、天津市武清区汉沽港镇西肖庄村获得有效问卷 6 份、天津市武清区汉沽港镇泗村店获得有效问卷 5 份、河北省邯郸市邯郸县获得有效问卷 5 份、河北省邯郸市魏县获得有效问卷 6 份、河北省邯郸市磁县白土镇大水头村获得有效问卷 5 份、河北省衡水市枣强县张秀屯乡张秀屯村获得有效问卷 5 份、甘肃省天水市甘谷县获得有效问卷 5 份、河南省焦作市温县东辛村获得有效问卷 4 份、河南省焦作市温县南张羌镇杨沟村获得有效问卷 4 份、河南省焦作市温县招贤乡古城村获得有效问卷 6 份、河南省南阳市淅川县马蹬镇获得有效问卷 5 份。在本文的以下分析中各地区的标记见表 4.1。

表 4.1 调查地区标记表

标记	调查地区	有效问卷数量
A1	天津市静海县	10
A2	天津市大港苏家园村	14

A3	天津市武清区汊沽港镇西肖庄村	6
A4	天津市武清区汊沽港镇泗村店	5
A5	河北省邯郸市邯郸县	5
A6	河北省邯郸市魏县	6
A7	河北省邯郸市磁县白土镇大水头村	5
A8	河北省衡水市枣强县张秀屯乡张秀屯村	5
A9	甘肃省天水市甘谷县	5
A10	河南省焦作市温县东辛村	4
A11	河南省焦作市温县南张羌镇杨沟村	4
A12	河南省焦作市温县招贤乡古城村	6
A13	河南省南阳市淅川县马蹬镇	5

4.2.2 调查问卷统计分析

第 1 题（您的年龄是多少）中样本年龄最小为 45 岁，最大为 75 岁，描述性统计见表 4.2。样本年龄集中在 45 岁—75 岁之间，所调查县（村）的劳动人口多集中在中老年人群。在调查过程中，也会发现，所调查区（县）现阶段青壮年都在外打工，不以农务劳动为谋生手段。

表 4.2 样本年龄描述性统计

	N	极小值	极大值	均值	标准差
年龄	80	45.00	75.00	55.90	7.964

第 2 题（您的性别是（）A.男 B.女）中男性为 58 人，占总样本的 72.5%，女性 22 人，占总样本的 27.5%。由此可以看出，调查的县（村）内，劳动力大多为男性。

第 3 题（你的家庭住址是哪里）的回答中家庭住址在天津市的有 35 份、河北省 21 份、甘肃省 5 份、河南省 19 份。由于问卷的发放一部分是入户调查，一部分是通过同学帮助发放调查，所以样本的地址可能在某一地较集中，而在某一地较少。但是，这并不影响本文的研究，因为问卷的获取都是以村为单位的，即例如甘肃的 5 份问卷均来自于同一个村，并且每个村由于地理位置、土

壤条件、气候条件和种植农作物基本一致，所以调查问卷对每一个地方来说都具有可行性和代表性。

第 4 题（您个人拥有的耕地面积是多少亩）、第 5 题（您每月的个人收入是多少元）、第 16 题（您每亩地每年的纯收益是多少元）和第 17 题（您每亩地每年的各种农作物产量是多少公斤）将综合起来进行分析。由初始数据算得各个调查地区各样本的单位面积农作物年产值，具体数据见图 4.1。

由图 4.1 可以看出，各个地区单位面积农作物年产值直观看相差不大，造成这种情况的可能原因一是各地由于种子等前期投入大致相同，二是由于后期买卖过程市场价格相差不大。由于国家的宏观调控和市场机制的存在，农民不论在前期还是后期，买卖阶段的价格均受到自身因素无法控制的影响，并且调查的 13 个地区并无贫困县（村）或者特别富裕的县（村）存在，所以单位面积农作物的年产值差异不大。

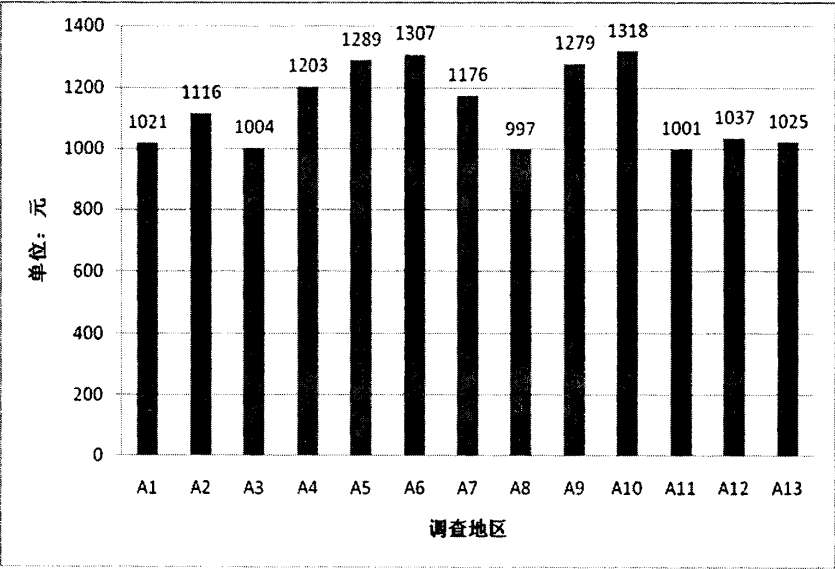


图 4.1 调查地区单位面积农作物年产值

第 6 题（您的教育程度是什么 A.小学及以下 B.初中 C.高中（含中专、中技） D.大学专科或本科 E.研究生及以上）的回答中，样本的受教育程度均集中在小学及以下、初中和高中三类上。其中受教育程度为小学及以下共 69 人，占总样

本的 86.25%；受教育程度为初中的共 10 人，占总样本的 12.5%；受教育程度为高中的有 1 人，占总样本的 1.25%（图 4.2）。从有效可用的 80 份调查问卷来看，样本的受教育程度普遍偏低，这对农民对保护性耕作技术知识的认知可能会产生一定影响。

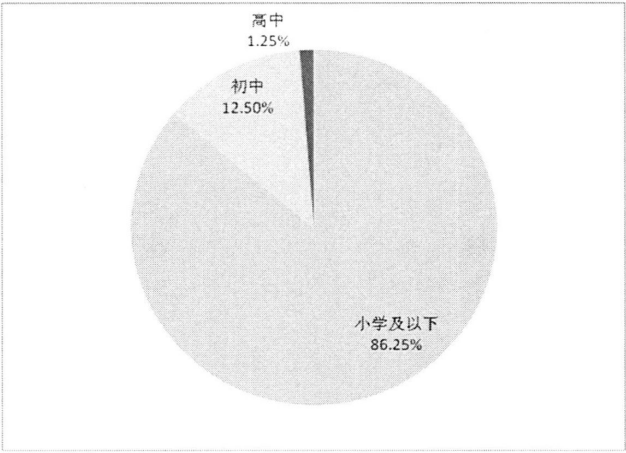


图 4.2 样本受教育程度分布

第 7 题（您以往收割农作物后，是否留茬？A.经常 B.偶尔 C.从不）的回答均为经常留茬，即 80 份问卷的回答均是 A 选项，也就是说不论是免耕留茬还是深耕留茬，农民均已经使用保护性耕作技术。第 8 题（您都种植哪些农作物？）的回答中，以每个村为单位，每个村里的农民种植农作物相同，村与村之间虽然有地域差异，但是种植农作物差异不大，均集中在玉米、白菜和大枣这三类。

第 9 题（您愿意在农作物收割后留茬吗？A 愿意 B 不愿意）的回答全部是 A 选项，即农民在以后也将继续留茬。

第 10 题（您留茬的目的是什么 A.节省劳动力 B.减少了农药、化肥的使用和花费 C.节省劳动时间 D.改善土壤质量，保水保肥 E.防风固沙 F.没想过）的回答中，36 人选择了 A，18 人选择了 B，19 人选择了 A 和 B，7 人选择了 F。从回答上来看，有 55 人认同 A 选项，即 55 人认为保护性耕作技术会节省劳动力，37 人认同 B 选项，即农药、化肥等的费用减少，19 人同时认同这两个选项，而另 7 个人则从来没想到过这个问题。

第 11 题（您使用哪些机器帮助您耕作？如果留茬，在第二年耕种时需要使

用哪些机器？）在使用的农用器具方面，均为播种机、联合收割机、拖拉机和粉碎机交叉混合使用。

第 12 题（您使用这些机器的频率是多少？A.经常用，基本已经代替人工操作 B.偶尔使用，但仍以人工操作为主 C.从不用，一直是人工操作）80 份问卷回答均为 A 选项，即全部经常使用农用机械。

第 13 题（您对这些机器的使用熟练吗？A.熟练，可以独立操作，没有任何困难 B.还可以，掌握基本操作，但会经常请人指导 C.基本不会）机械使用熟练程度选择 A 选项的共 72 人，占总样本的 90%；选择 B 选项的共 7 人，占总样本的 8.8%；选择 C 选项的只有 1 人，占总样本的 1.2%。具体见图 4.3。

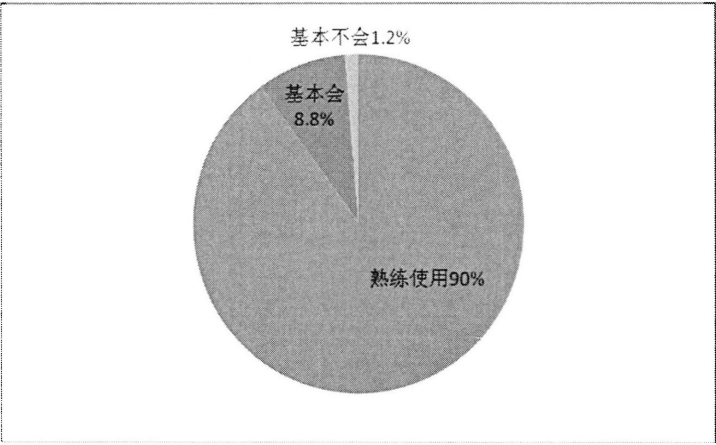


图4.3机械使用情况

从第 11 题、第 12 题和第 13 题的回答来看，受调查者的农民在实施保护性耕作技术后，已经全部使用机械操作。虽然对机械的熟练程度略有不同，可是这并不影响农民第 9 题的回答，也就是不影响农民对保护性耕作技术的实施意愿。

第 14 题在农民的各项花费上，在得到初始数据后，对各个地区的各项花费进行了均值计算，以便与比较和分析。

图 4.4 为调查地区化肥费用均值图。

由图 4.4 可以看出各地化肥费用相差不大，化肥的费用差异可能与种植农作物、土壤条件等相关。

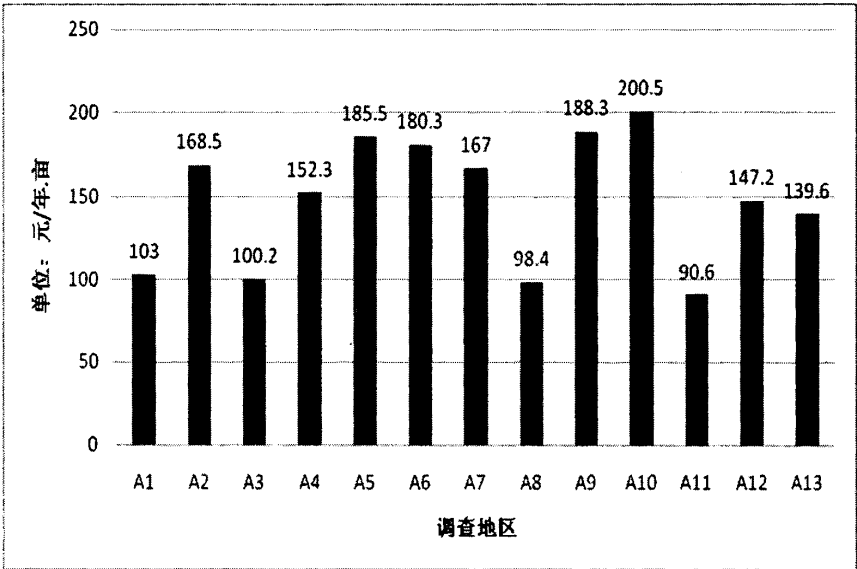


图4.4 调查地区化肥费用均值图

图 4.5 为调查地区农药费用的均值图。

由图 4.5 可以发现，各个地区农药花费相差不大，这与种植的农作物相对较一致有关。

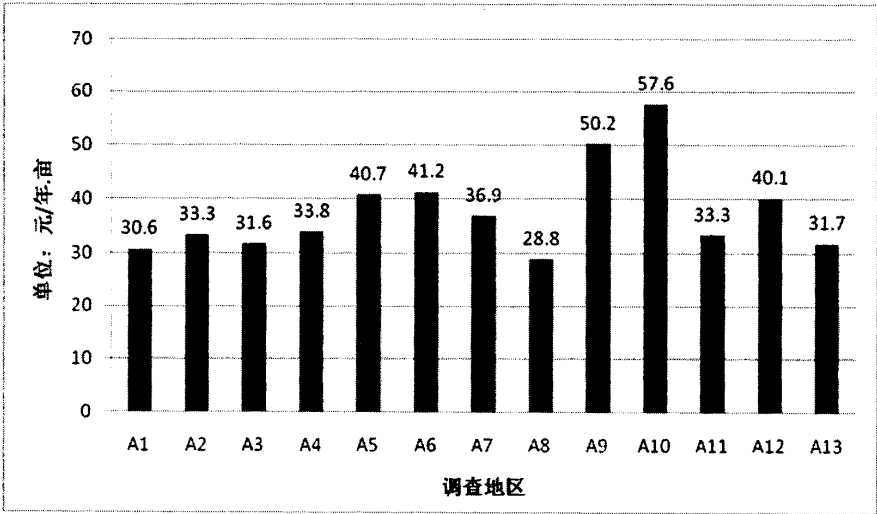


图4.5 调查地区农药费用均值图

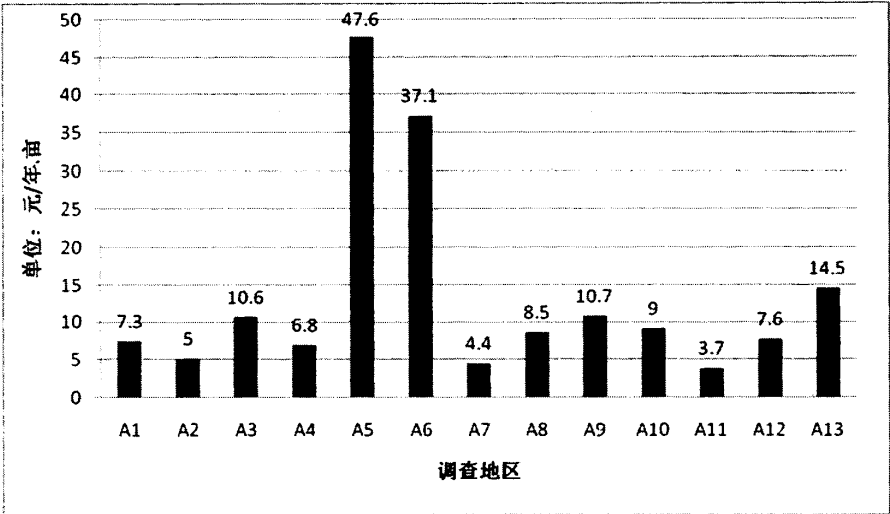


图4.6 调查地区燃油费用均值图

图 4.6 为调查地区燃油费用均值图。

从图 4.6 可以看出，燃油费用 A5 和 A6 两个地区偏高，A13 较高，剩下地区差异不大。造成这种结果的原因是在河北省邯郸市邯郸县（A5）和河北省邯郸市魏县（A6）的被调查者都使用了农用机械（秸秆粉碎机、播种机、联合收割机），且农用机械均为自有型，所以燃油消耗较高；河南省南阳市淅川县马蹬镇(A13)获得的有效调查问卷中，农用机械自有强度也较高，所以其均值也较高；其它地区，农用机械一般为国家补贴且每个村数量有限，农用机械多为租用的形式，所以费用并没有算在燃油消耗里。

图 4.7 为调查地区除草剂费用均值图。

除草剂费用从图中直观来看相差不大，除草剂费用的差异原因可能在土壤的理化条件和当地的气候条件上。

图 4.8 为调查地区种子费用均值图。

由图 4.8 可以看出个调查地区种子费用相差不大。

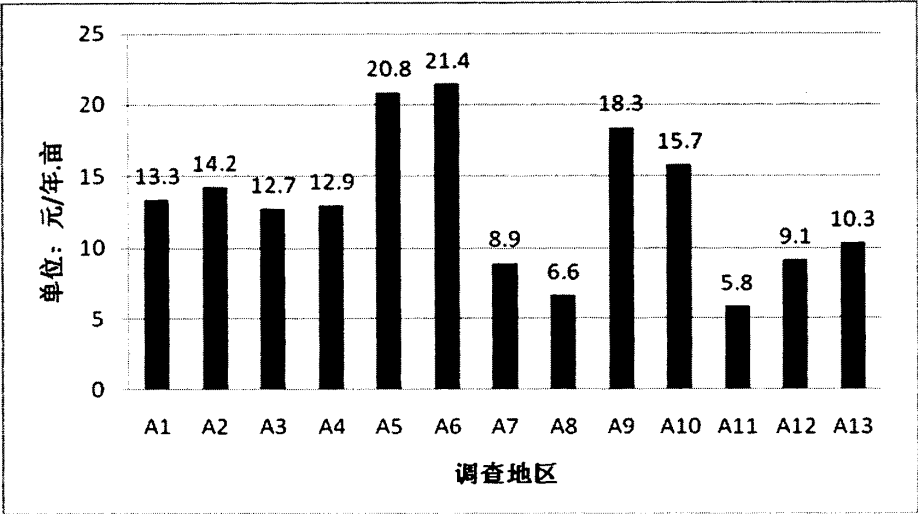


图4.7 调查地区除草剂费用均值图

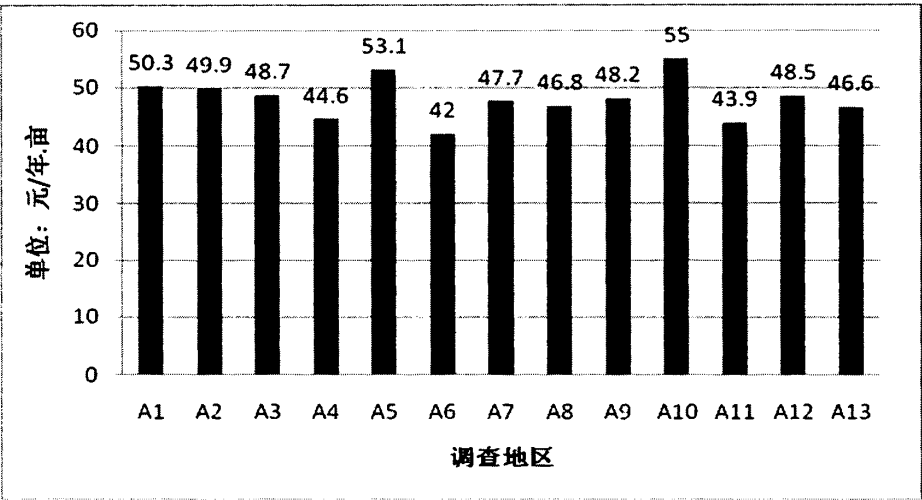


图4.8 调查地区种子费用均值图

第 15 题（您多长时间购买一次燃油？您经常购买的是汽油还是燃油？您每次购买多少升？您每次购买的燃油能用多久？）的答案中，68 份均为空白，6 份填写的“有别人帮着买”，5 份只填写了第 2 问，答案为燃油，1 份填写的为“租用”。虽然在第 14 题中，大部分人给出了燃油的费用情况，但是从第 15 题来看，多数人对燃油的具体情况不了解，或者与已经填写过多问题从而产生稍许不良

情绪有关。

第 18 题（您知道保护性耕作吗？A.知道 B.听过但不知道什么意思 C.从没听过）的回答中，80 人的选项均为 A 选项，即样本的 80 个被调查者均不知道保护性耕作技术。由此可以看出，虽然保护性耕作技术在这些地区已经广泛使用，但是农民并不知道保护性耕作技术。

第 19 题（您觉得保护性耕作和传统的耕作方式相比有哪些好处？A.节省劳动时间 B.节省劳动量 C.减少耕作次数后，机器磨损减少 D.节省燃油 E.能改良土壤，提高土壤的耕作性 F.增加土壤有机质含量 G.防止地表水分流失，提高水分利用率 H.防风固沙，提高空气质量）的回答中，73 人选择了 A 和 B 两个选项，4 人只选择了 B 选项，3 人未进行选择。由此题可以发现，农民在比较耕作方式好处的时候，多集中在在是否能节省劳动时间和劳动量上，对生态和环境效益并未进行考虑。

综合以上各题来看，农民在今后选择保护性耕作技术的意愿，从回答上来看，回收的有效问卷中，所有农民都选择了继续留茬，这说明农民虽然不知道保护性耕作技术，但是却愿意选择保护性耕作技术，原因应该是跟产投比的提高以及劳动力负担的减少有关。而影响农民选择保护性耕作技术的主要因素为节省劳动力，也就是机械化强度的提高，使农民更倾向于选择保护性耕作技术，而花费为次要的因素。至于其它方面，例如保护性耕作的生态效益、环境效益等均没有在农民的考虑范围之内。但是目前调查区域内所用农户已经使用了保护性耕作技术，只不过并不知道这种技术称之为保护性耕作，也就是说农民选择保护性耕作技术并不是在充分了解它的好坏的情况下，而是在耕作实践中以实际经验探索出来的。

4.2.2 讨论

从以上情况来看，农户的个人属性因素对保护性耕作技术的认知和使用影响不大，并且本文调查的问卷数量有限，从 80 分样本的回答来看，本文认为若想进一步大范围地实施和推广保护性耕作技术，就要从政府的政策层面着手。

首先，加大对保护性耕作技术相关知识及其所带来好处的宣传力度，提升保护性耕作技术示范区内农民对保护性耕作技术的关注度，从而提高农民对保护性耕作技术的认知度。

其次，由于调查区域内农民对保护性耕作技术相关知识和技能的了解程度低，并且在学习新知识和技能方面存在缺陷，这就决定了若想深层次地推广保护性耕作技术，最好的方法是组织科学技术人员到农村去，以共同学习、共同劳作的实践教学形式在农民中普及保护性耕作技术的相关知识和技能，使农民最终能真正认识到保护性耕作技术的好处，并将平时的耕种劳作实践与理论联系起来，最大程度上提升保护性耕作技术效益。

再次，若农用机械使用不熟练，那么保护性耕作技术的实施和推广进程会变慢，但是这种问题的解决方式较容易，因为会使用的农民占大多数，不会使用的农民在经常耕种劳作同时，会逐渐学会使用农用机械，农用机械在设计制造上简单易于上手操作，而且在使用几次后，就可熟练操作。

在经济补贴方面，可以由国家补贴更多的农用机械设备，这样可以节省农民的开支，从而使弄农民更好的应用保护性耕作技术。

第三节 小结

本章在问卷调查的基础上，研究了农民对保护性耕作技术的的认知情况，研究表明：

（1）在华北地区的 13 个调查县（村），被调查者均不知道保护性耕作技术，但是均已经广泛使用保护性耕作技术，并认为能否节省劳动力是选择耕作模式的关键。

（2）在华北地区的 13 个调查县（村），提高宣传力度，形成长效宣传模式，加大教育科研人员投入和国家补贴，以产学研有机结合的方式，能更快实现保护性耕作技术的全面有效推广。

第五章 结论和建议

第一节 研究结论

本研究以保护性耕作技术的防治土壤风蚀起尘功能为重点,综合考虑保护性耕作技术的生态效益、社会效益和经济效益,构建了保护性耕作技术综合效益评价指标体系,选取确定了具体的评价指标;并以天津市大港区苏家园村为例,验证评价指标体系应用的可行性,并得出华北地区保护性耕作技术综合效益明显高于传统耕作技术。另外,通过查阅资料和问卷调查的方法,对华北 13 个区(县)农民实施保护性耕作技术的情况进行了调查,分析农民自身因素对保护性耕作技术的实施意愿的影响。

研究主要结论如下:

(1) 构建了一个保护性耕作技术综合效益评价指标体系。本文构建的保护性耕作技术效益评价指标体系将生态效益、社会效益和经济效益设定为 3 个一级评价指标,整体指标体系由 9 个二级评价指标、20 个三级评价指标和 8 个四级评价指标构成。生态效益评价指标包括土壤理化性质、土壤能力(包括保水能力和土壤抗风蚀能力)、土壤内部组成(包括土壤有机质含量和土壤微生物量)、以及其他指标(包括杂草种类、杂草密度、病虫害种类、保苗率、出苗率)四类二级指标。社会效益评价指标包括农业机械使用强度、公众认可度两类二级指标。经济效益评价指标包括投入、产出和产投比三类二级指标。

(2) 以天津市大港区苏家园村为例,选取相应指标并给予赋值,对深耕、免耕和传统耕作方式进行评价。计算出每一个指标的隶属度函数,然后运用均方差法求出每一个指标的影响权重,最后对指标的隶属度值和权重进行加权求和,得出不同保护性耕作技术的综合评价得分。

(3) 选取 26 个评价指标对于三种耕作模式进行模糊综合评价,以综合效益的高低为序排列,依次为:免耕覆盖>深耕覆盖>传统耕作。

选取集中于评价生态效益的 12 个指标,对于三种耕作模式进行评价得出:深耕覆盖得分最高,其次是免耕覆盖,最后是传统耕作,并且三者之间得分值相差很大,深耕覆盖得分要高出传统模式很多,说明保护性耕作与传统耕作相

比较,生态效益非常明显。由此可见,从保护生态环境的角度来看,更应大力提倡推广深耕覆盖等保护性耕作方式。

(4) 在华北地区的 13 个调查县(村),被调查者均不知道保护性耕作技术,但是均已经广泛使用保护性耕作技术,并认为节省劳动力是选择耕作模式的关键。所以若想进一步推广实施保护性耕作技术,应该从政府以及政策角度入手,形成长效宣传模式,加大教育科研人员投入以及农用补贴,以产学研有机结合的方式,能更快实现保护性耕作技术的全面有效推广。

第二节 创新点

(1) 构建了一套系统的、完整的保护性耕作技术综合效益的评价体系,为合理评价不同耕作措施带来的效益提供了理论基础与方法。

(2) 分析了农民对保护性耕作技术的认知情况,为保护性耕作技术的进一步实施和推广提出了合理化建议。

第三节 建议

(1) 本文构建了一个保护性耕作技术效益评价指标体系,在用这个体系对保护性耕作技术进行评价时,部分指标值缺失,并且指标数值的选择来源于不同地区。由于保护性耕作技术已经在多地展开,建议以后能运用来自于同一地区的所有指标值进行评价,这就要求对每个实施保护性耕作技术的地区要对保护性耕作技术效益进行全面和综合的数值统计。有更全面的数值代入评价体系中进行评价,得出的结果将更能准确显示出各种保护性耕作模式的综合得分,为数据来源区提出合理化建议。

(2) 由于时间和条件限制,本文只获得了 80 个有效样本,要想全面了解农民对保护性耕作技术实施意愿的情况,需要大量的数据,也就是要进行大规模的问卷调查,进行长时间和持续性的调查分析,所以建议以后对影响农民选择保护性耕作实施意愿的因素进行大量的、长时间的调查,以便得到更多有效的可用数据,对那些影响农民选择保护性耕作技术较大的因素,提出更具有针对性的可行性合理化建议。

参考文献

- [1] Hevia, Graciela G.,Mendez M, et al .Tillage affects soil aggregation parameters linked with wind erosion. *Geoderma*, 2007, 140:90~96
- [2] Michaelides K, Lister D , Wainwright J , et al .Linking runoff and erosion dynamics to nutrient fluxes in a degrading dryland landscape. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*. 2012 ,117 :99~101
- [3] Gao L, Qiu YJ, Zou XY , et al . Study on soil erosion by wind tunnel experiment of Semi-arid steppe in Inner Mongolia . *Advance in Environmental Science and Engineering*, 2012, 518-523: 4766~4770
- [4] Temur C , Tiryaki O , Uzun O , et al . Adaptation and validation of quechers method for the analysis of trifluralin in wind-eroded soil, *Journal of Environmental Science and Health Part b-pesticides Food Contaminants and Agriculture Wastes*, 2012,47(9):842~850
- [5] Gardner T , Acosta-Martinez V , Zobeck TM , et al . Pyrosequencing Reveals Bacteria Carried in Different Wind-Eroded Sediments, *Journal of Environmental Quality*, 2012,41(3):744~753
- [6] Gendugov VM , Glazunov GP, Nazarov NF, et al . Use of the mass exchange theory for describing soil erosion by water and wind, *Eurasian Soil Science*, 2012,45(2):182~188
- [7] China S, James DE. Influence of pavement macrotexture on PM10 emissions from paved roads: A controlled study, *Atmospheric Environment*, 2012,(63):313~326
- [8] 马月存,陈源泉,隋鹏,等.土壤风蚀影响因子与防治技术.生态学报.2006,25 (11) :1390~1394
- [9] 王升堂,程宏,赵延治. 我国旱作农区土壤风蚀过程、影响因素及其防治技术措施. 土与自然资源研究.2005,(3):36
- [10] 郝敬芝. 保护性耕作推广成效探析. 农用机械学报. 2009,(8):47
- [11] 刘月楼,种旭东,刘桢,等. 保护性耕作在小麦生产上的增产增效试验, 内蒙古农业科技, 2010 (3): 46
- [12] 周景奎,隋淑霞,文剑飞. 机械化保护性耕作技术经济效益分析, 农村牧区机械化,2002,(4):74
- [13] 林本喜,黄祖辉,邓启明. 基于 AHP 的县域高效生态农业综合评价——以浙江富阳市为例,福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2009, 12(2) : 50~54
- [14] 杨爱民,刘孝盈. 发展保护性耕作技术 有效防治耕地土壤侵, 中国水土保持科学,2010, 8(6): 47~52
- [15] 陈佑启,陶陶. 论可持续农业的评价指标, 农业现代化研究, 2000,21(5):33
- [16] Das R, Bauer S. Bio-economic analysis of soil conservation technologies in the mid-hill region of Nepal, *Soil & Tillage Research*, 2012,121:38~48
- [17] Zhang XR, Guo L, Li HW, et al. Experiment on the Anti-blocking Technology in No-tillage Wheat Seeding, *Advanced Manufacturing Technology*, 2012,472-475:55~59
- [18] Kumar S, Sharma KL, Kareemulla K, et al. Techno-economic feasibility of conservation

- agriculture in rainfed regions of India, *Current Science*, 2011,101(9) : 1171~1181
- [19] Singh VP, Neeta T, Kumar A. Resource Conservation Technology in Rice-Wheat Cropping System: An Ecological and Sustainable Approach, *Research Journal of Chemistry and Environment*, 2011,15(2) : 365~371
- [20] Angin I, Yaganoglu AV. Effects of Sewage Sludge Application on Some Physical and Chemical Properties of a Soil Affected by Wind Erosion, *Journal of Agriculture Science and Technology*, 2011,13(5) : 757~768
- [21] Masek J, Kroulik M, Novak P. Crop Residue Management by Different Soil Tillage, *Rural Development in Global Changes*, 2011,5(1) : 373~378
- [22] Avci, Muzaffer . Conservation Tillage in Turkish Dry land Research, *Sustainable Agriculture*, 2011,351~361
- [23] Vanova M, Matusinsky P, Javurek M, et al. Effect of soil tillage practices on severity of selected diseases in winter wheat, *Plant Soil and Environment*, 2011,57(6) : 245~250
- [24] He J, Li HW, Wang QJ, et al. The adoption of conservation tillage in China, *Ecological Complexity and Sustainability*, 2010,1195(S1) :E96~E106
- [25] Masek J, Kroulik M, Kviz Z, et al. Conservation Soil Tillage Technologies, *Trends in Agriculture Engineering*, 2010, 48:429~433
- [26] Sandal SK, Datt N, Sharma RP, et al. Effect of resource conservation technologies with common weed biomass and fertilizer levels on soil moisture content, productivity and nutrient content and uptake of maize (*Zea mays*) in wet temperate zone of Himachal Pradesh, *Indian Journal of Agriculture Science*, 2009,79(7) : 545~548
- [27] Gunderson, Paul D. North American agriculture--implications for the health and safety of North American producers. *Journal of agromedicine*, 2008,13(4)219~224
- [28] Masek J, Prochazka P, Kviz Z, et al. Machines in Conservation Soil Tillage Technologies, 7th International Science Conference-Engineering For Rural Development Proceedings, 2008 :131~135 丛书: Engineering for Rural Development
- [29] Hassan G, Khan, Naqib U, et al. Efficacy of herbicides on weed density and grain yield of no till wheat, *International Journal of Biology and Biotechnology*, 2006,3(1):209~213
- [30] Sayadi S, Calatrava Requena J, Guirado Sanchez E. Innovations favouring environmental sustainability in avocado orchards: an analysis of the Spanish Mediterranean coastlands, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2005,3(2):168~174
- [31] Chellemi DO. Integrating soil disinfestation programs into crop production systems, *Proceedings of the VIth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*, 2005,(698)105~144
- [32] Perez B, Minguez R, Guanche R. Offshore wind farm layout optimization using mathematical programming techniques, *Renewable Energy*, 2013,53:389~399
- [33] Krishnamurthy R, Calhoun R, Billings B, et al. Mesoscale model evaluation with coherent Doppler lidar for wind farm assessment, *Remote Sensing Letters*, 2013,4(6):579~588

- [34] Pei SC, Lee WJ, Zhang GP, et al. Development of anti-zearalenone monoclonal antibody and detection of zearalenone in corn products from China by Elisa, *Food Control*, 2013, 31(1):65~70
- [35] Voort M, Charlier J, Lauwers L, et al. Conceptual framework for analysing farm-specific economic effects of helminth infections in ruminants and control strategies. *Preventive veterinary medicine*, 2013, 109(3-4):228~35
- [36] Delrue J, Bydekerke L, Eerens H, et al. Crop mapping in countries with small-scale farming: a case study for West Shewa, *International Journal of Remote Sensing*, 2013, 34(7):2566~2582
- [37] Martinez-Garcia E, Sanchez-Jerez P, Aguado-Gimenez F, et al. A meta-analysis approach to the effects of fish farming on soft bottom polychaeta assemblages in temperate regions, *Marine pollution bulletin*, 2013, 69(1-2):165~71
- [38] Gibreel TM. Crop commercialization and adoption of gum-arabic agroforestry and their effect on farming system in western Sudan, *Agroforestry Systems*, 2013, 87(2):311~318
- [39] Gouttenoire L, Courmut S, Ingrand S. Participatory modelling with farmer groups to help them redesign their livestock farming systems, *Agronomy For Sustainable Development*, 2013, 33(2):413~424
- [40] Olivella MA, Fernandez I, Cano, et al. Role of Chemical Components of cork on Sorption of Aqueous Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, *International Journal of Environmental Research*, 2013, 7(1):225~234
- [42] Musikavong C, Wattanachira S. Identification of dissolved organic matter in raw water supply from reservoirs and canals as precursors to trihalomethanes formation, *Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 2013, 48 (7):760~771
- [42] Shao JA, Tang XH, Wei CF, et al. Effects of conservation tillage on soil organic matter in paddy rice cultivation. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4434~4442
- [43]徐阳春, 沈其荣. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. *土壤学报*, 2002, 39(1): 89~95.
- [44]张舒, 张巧玲, 陈小山, 等. 不同栽培方式对水稻主要病虫害发生的影响. *华中农业大学学报*, 2009, 28(4): 426~430.
- [45]符冠富, 王丹英, 徐春梅, 等. 稻田冬季保护性耕作条件下的土壤酶活性与水稻成熟期叶片衰老和籽粒产量之间的关系. *中国水稻科学*, 2009, 23(1): 43~50.
- [46]李华兴, 卢维盛, 刘远金, 等. 不同耕作方法对水稻生长和土壤生态的影响. *应用生态学报*, 2001, 12(4): 553~556.
- [47]巩杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究. *干旱地区农业研究* 2003, 21(3): 69~73
- [48]姚雄, 廖敦秀, 唐永群, 等. 稻田保护性耕作的生态效应研究进展与发展建议. *生态环境学报*, 2011, 20(2): 372~378
- [49]安道渊, 黄必志, 吴伯志. 间作牧草的经济生态效益研究进展. *四川草原*, 2005(2): 10~13
- [50]吴玉红, 田霄鸿, 南雄雄, 等. 基于因子和聚类分析的保护性耕作土壤质量评价研究. *中国*

生态农业学报2010,18(2): 223~228

[51]雷金银,吴发启,李健宏,等. 风沙区保护性耕作种植冬小麦的生态经济效益研究. 中国农学通报2010,26(20):293~298

[52]王亚伟, 张香伟, 韩珂. 河南农业循环经济发展评价研究. 广东农业科学2010,9 (3): 299~301

[53]汤秋香, 谢瑞芝, 章建新,等. 典型生态区保护性耕作主体模式及影响农户采用的因子分析. 中国农业科学 2009,42(2):469~477

[54]吕杰,马丽,韩晓燕,等. 保护性耕作与传统耕作经济效益差异分析——基于阜新试验区和农户调查研究. 农业经济2010,8:27~28

[55]田淑敏,刘瑞涵,侯富强. 京郊农田保护性耕作技术实施效益的评价指标体系研究. 2006,21(4):50~53

[56]朱钟麟, 陈建康, 刘晓军,等. 四川丘陵区节水农业效益综合评价指标体系与评价模型 山地学报 2007,25 (4): 483~489

[57]王淑慧,汪春,王熙. 大豆精准生产技术系统经济效益评价. 2010

[58]李向东,汤永禄,隋鹏,等. 四川盆地稻田保护性耕作制可持续性评价研究. 作物学报2007, 33(6): 942~948

[59]盛婧,郑建初,等. 现阶段作物生产的生态与经济效益评估——以江苏省为例. 中国生态农业学报2007,15(4):154~160

[60]赵小蓉,赵燮京,陈先藻,等. 保护性耕作对土壤水分和小麦产量的影响. 农业工程学报 2009,25(1):6~9

[61]高旺盛. 论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2702~2708.

[62]陈源泉,李媛媛,隋鹏,等. 不同保护性耕作模式的技术特征值及其量化分析. 农业工程学报2010,26(12):161~167

[63]陈源泉, 高旺盛, 隋鹏. 保护性耕作技术界定指标探讨. 中国农作制度研究进展2008. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2008: 280~284.

[64]喻永红, 韩洪云. 农民健康危害认知与保护性耕作措施采用——对湖北省稻农IPM采用行为的实证. 分析农业技术经济2012,2:54~62

[65]赵旭强,穆月英,陈阜. 保护性耕作技术经济效益及其补贴政策的总体评价——来自山西省农户问卷调查的分析. 2012

[66]李建兴. 保护性耕作技术与经济效益浅析. 农业装备与车辆工程2009,217(8):67~69

[67]陈苇,卢婉芳,段彬伍,等. 稻草还田对晚稻田甲烷排放的影响. 土壤学报,2002,39(2): 170~176.

[68]谭淑豪,张卫建. 中国稻田节能减排的技术模式及其配套政策探讨. 科技导报,2009, 27(23): 96~100.

[69]彭世彰,李道西,缴锡云,等. 节水灌溉模式下稻田甲烷排放的季节变化. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2006,32(5):546~550.

[70]董红敏,李玉娥,陶秀萍,等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策. 农业工程学报,

2008,24(10): 269~273.

[71]原君静,李洪文.保护性耕作适应性评价与模式选择方法研究.农机化研究,2009,7(7): 10~13

[72]李洪泽,朱孔来.生态农业综合效益评价指标体系及评价方法.中国林业经济 2007,86(5):19~38

[73]王敏,张锋伟.甘肃省保护性耕作的发展现状及效益分析.湖北农业科学 2009,48(1):244~246

[74]王育红,姚宇卿,蔡典雄,等.豫西旱坡地长期定位保护性耕作研究——综合效益分析.干旱地区农业研究,2010,28(5):53~57

[75]张佰珍,史蕾.推广保护性耕作技术提高经济、社会、生态效益——郑州市惠济区保护性耕作技术推广纪实,科技推广2007,11:62~63

[76]王丽学,汪可欣.保护性耕作措施在辽宁地区节水保肥增产效应的分析.灌溉排水学报 2009,28(3):112~128

[77]马其芳,黄贤金,彭补拙.区域农业循环经济发展评价及其实证研究.自然资源学报2005, 20(6):891~898.

[78]XueMing Y, WANDER MM. Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. Soil & Tillage Research, 1999, 52(1/2): 1~9.

[79]张国盛, Chan K Y, Li G D, et al. 长期保护性耕作方式对农田表层土壤性质的影响. 生态学报, 2008,28(6): 2722~2728.

[80]李成军,吴宏亮.保护性耕作现状分析及宁夏发展保护性耕作的前景.农业科学研究 2009,30(2):65~69

[81] Norton GJ, Adomako EE, Deacon CM, et al. Effect of organic matter amendment, arsenic amendment and water management regime on rice grain arsenic species. Environmental pollution, 2013, 177:38~47

[82]董全胜,崔长星.保护性耕作对生态环境和农业发展的影响.农机使用与维修 2007,3(3):3~5

[83] Zhao Q, Baoshan X, Peidong T, et al. Effect of freeze-thawing cycles on aging behavior of phenanthrene, pyrene and their mixture in soil. The Science of the total environment, 2013,452-453:246~52

[84] Jianzhong L, Jing F, Xi X, et al. Kinetics, equilibrium, and mechanisms of sorption and desorption of 17alpha-ethinyl estradiol in two natural soils and their organic fractions. The Science of the total environment, 2013,452-453:404~10

[85] Shan YN, Chen JH, Wang L, et al. Influences of adding easily degradable organic waste on the minimization and humification of organic matter during straw composting. Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agriculture Wastes, 2013,48(5): 384~392

[86] Tingqiang L, Cheng feng, Han Xuan, et al. Mobilization of cadmium by dissolved organic matter in the rhizosphere of hyperaccumulator *Sedum alfredii*. Chemosphere, 2013,91(7): 970~6

- [87] Li QQ, Yue TX, Wang CQ, et al. Spatially distributed modeling of soil organic matter across China: An application of artificial neural network approach, *Catena*,2013,104:210~218
- [88] Ruiz-Colmenero M, Bienes R, Eldridge DJ, et al. Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain, *Catena*,2013,104:153~160
- [89] Wang X, Cammeraat LH, Wang Z, et al. Stability of organic matter in soils of the Belgian Loess Belt upon erosion and deposition, *European Journal of Soil Science*,2013,64(2):219~228
- [90] Senapati N, Smith P, Wilson B, et al. Projections of changes in grassland soil organic carbon under climate change are relatively insensitive to methods of model initialization, *European Journal of Soil Science*,2013,64(2):229~238
- [91] 伍芬琳,张海林,李琳,等. 保护性耕作下双季稻农田甲烷排放特征及温室效应. *中国农业科学*, 2008,41(9): 2703~2709.
- [92] 吕军杰,丁志强,李俊红. 长期定位试验下农田保护性耕作的效益分析. 2009, 23(1):42~44
- [93] 李治国,张学敏,翟金津,等. 北京市保护性耕作技术模式及发展对策研究. *农机化研究* 2009,9(9):249~252
- [94] Ouyang W, Xinfeng W, Fanghua H. Long-term soil nutrient dynamics comparison under smallholding land and farmland policy in northeast of China, *The Science of the total environment*, 2013,450-451:129~39
- [95] Salazar-Ordóñez M, Pérez-Hernández PP, Martín-Lozano JM. Sugar beet for bioethanol production: An approach based on environmental agricultural outputs, *Energy Policy*, 2013,55:662~668
- [96] Shutian L, He Ping, Jiyun J. Nitrogen use efficiency in grain production and the estimated nitrogen input/output balance in China agriculture. *Journal of the science of food and agriculture*, 2012,93(5):1191~7
- [97] Shen JB, Li CJ, Mi GH, et al. Maximizing root/rhizosphere efficiency to improve crop productivity and nutrient use efficiency in intensive agriculture of China. *Journal of Experimental Botany*,2013,64(5):1181~1192
- [98] Carof M, Colomb B, Aveline A. A guide for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers' expectations. *Agriculture Systems*,2013,115:51~62
- [99] Tanure S, Nabinger C, Becker JL. Bioeconomic model of decision support system for farm management. Part I: Systemic conceptual modeling. *Agriculture Systems*,2013,115:104~116
- [100] 王靖,林琪,倪永君,等. 不同保护性耕作模式对冬小麦产量及土壤理化性状的影响. *青岛农业大学学报(自然科学版)* 2009,26(4): 276~281
- [101] Tiedemann T, Latacz-Lohmann U. Production Risk and Technical Efficiency in Organic and Conventional Agriculture - The Case of Arable Farms in Germany. *Journal of Agriculture Economics*, 2013,64(1):73~96
- [102] D'Archivio AA, Incani A, Ruggieri F. Cross-column prediction of gas-chromatographic retention of polychlorinated biphenyls by artificial neural networks. *Journal of Chromatography A*,

2011,1218(48):8679~8690

[103] Jat HS, Meena LR, Mann JS, et al. Relative efficiency of different cropping sequences in a farmers participatory research programme in semi-arid agro-ecosystem of Rajasthan. *Indian Journal of Agronomy*, 2011,56(4):321~327

[104] 陈祯.土壤容重变化与土壤水分状况和土壤水分检测的关系研究.节水灌溉.2010,(12):47

[105] 林芳秀,王慧.基于 MATLAB 实现模糊综合指数法在水质评价中的应用研究.江淮水利科技.2011,(1):41

[106] 王迎春,李永志,王冲.综合指数法在生态环境影响评价中的应用.民营科技.2009,(2):101

[107] 王守兰,武少华,焦倩.清洁生产评价方法——模糊数学法.北京工业大学学报.2005,31(1):108~110

[108] 杨英.模糊数学法在大气环境质量评价中的应用方法探讨.合肥工业大学学报.2005,28(6): 29

[109] 岳洪江,刘思峰.灰色系统理论的发展、应用与扩散特征研究. *Journal of Systems Science*, 2008,16(4):24

[110] 赵晓芬.灰色系统理论概述.吉林省教育学院学报.2011,27(3):28

[111] 郭金玉,张忠彬,孙庆云.层次分析法的研究与应用.中国安全科学学报.2008,18(5):9

[112] 马东辉,郭小东,苏经宇,等.层次分析法逆序问题及其在土地利用适宜性评价中的应用.系统工程理论与实践.2007,(6):17

[113] 李圣男,孙利清.集对分析法在呼和浩特市地下水水质评价中的应用.内蒙古科技与经济.2012(8):14

[114] 余阿治.集对分析法在福州市集中式生活饮用水地表水源地水质评价中的应用.化学工程与装备.2012,(6):222

[115] 冯长根,李彦周.综合评价方法在环境评价中的应用.安全与环境学报.2008,8(5):112~115

[116] 陈宏亚.关于审计管理绩效评价体系的构想.管理荟萃.2009,(1):25~26

[117] 汤秋香,谢瑞芝,章建新,等.典型生态区保护性耕作主体模式及影响农户采用的因子分析.中国农业科学 2009,42(2):469~477

[118] 郑曙峰,王维,徐道青,等.覆盖免耕对棉田土壤物理性质及棉花生理特性的影响.中国农学通报 2011,27(7):83-87

致谢

论文即将收笔之际，在此要对支持和帮助过我的老师、父母、同学和朋友表示我中心的感谢！

首先要感谢我的导师单春艳副教授。在南开大学攻读硕士研究生期间，单老师严谨的治学与教学态度、活跃发散的学术思想以及投身科研事业的献身精神都使我受益颇多，对我今后走向社会有非常大的帮助。感谢这两年来单老师在学习、科研以及生活的方方面面给予我的耐心教诲，她就像我的家人一样给予我无微不至的关怀与帮助，让我研究生的生活丰富而多彩，在此谨向恩师表示我最衷心的感谢和最诚挚的敬意！在论文的撰写过程中，单老师耐心细致的指导使我记忆犹新，正事在单老师的指导和帮助下，这篇论文才得以顺利完成。在此再次向您表示最中心的感谢！

随着论文的完成，我的研究生生活也接近尾声。两年来的生活仿佛昨日，每一幕都历历在目。曾经给予我帮助的每一位老师和同学都一一浮现在我的脑海，他们的指导和帮助，使我顺利完成了毕业论文，感激之情溢于言表。

感谢马晓萌同学、甄蒙蒙同学、范昔颖同学在论文数据获取阶段的热心帮助；感谢张雷波同学在实地调查时的帮助和鼓励；感谢刘博群同学在论文撰写过程中的支持与帮助；感谢我的父母在我遇到瓶颈和困难时做我的坚强后盾和脊梁！

这两年是我成长最快的两年。单老师德才兼备，我从恩师身上学到了太多的优秀品质，这将让我终生受益；同学们友善热情，能结交这么多的朋友，彼此之间珍贵的友情，是我这一辈子的宝贵财富。感谢我的良师益友，感谢你们的支持、关心与帮助，这份恩情我终生难忘！

最后祝各位师长、同学和朋友身体健康，事事如意！

刘思宇
2013年4月

为了了解保护性耕作相关情况，南开大学环境科学与工程学院展开本次问卷调查。本次调查严格遵循保密原则，所得资料纯粹用于科学研究，请放心作答。感谢您的配合！

1、您的年龄

2、您的性别 () A. 男 B. 女

3、您的家庭住址是

4、您个人拥有的耕地面积 亩

5、您每月的个人收入是 元

6、您的教育程度是 ()

A. 小学及以下 B. 初中 C. 高中 D. 大学专科或本科 E. 研究生及以上

7、您以往收割农作物后，是否留茬？（ ）

(留茬指农作物收割后用留下的短茎、根、农作物秸秆及残茬覆盖地表)

A. 经常 B. 偶尔 C. 从不

8、您都种植哪些农作物？

9、您愿意在农作物收割后留茬吗？（ ）

A. 愿意 B. 不愿意

10、您留茬的目的是什么？（ ）（可多选）

A. 节省劳动力 B. 减少了农药、化肥的使用和花费

C. 节省劳动时间 D. 改善土壤质量, 保水保肥

E. 防风固沙 F. 没想过

11、您使用哪些机器耕作？如果留茬，在第二年耕种时需要使用哪些机器？

12、您使用这些机器的频率是多少？（ ）

A. 经常用, 基本已经代替人工操作 B. 偶尔使用, 但仍以人工操作为主

C. 从不用，一直是人工操作

13、您对这些机器的使用熟练吗？（ ）

- A. 熟练，可以独立操作，没有任何困难
- B. 还可以，掌握基本操作，但会经常请人指导
- C. 基本不会

14、下列费用，在留茬和不留茬的两种情况下各是多少？如果您不留茬，请填写您去年（2011年）的费用情况；如果你留茬，请填写您最近一次留茬当年的费用情况。

	不留茬	留茬
化肥费用		
农药费用		
燃油费用		
除草剂费用		
种子费用		

15、（1）您多长时间购买一次燃油？

（2）您经常购买的是汽油还是柴油？

（3）您每次购买多少升燃油？

（4）您每次购买的燃油能用多久？

16、您每亩地每年的纯收益是（ ）元

（纯收益是指土地总收益扣除总费用后的余额）

17、您每年的农作物产量为多少斤？

18、您知道保护性耕作吗？（ ）（例如免耕、少耕都属于保护性耕作，并且较多地使用农用机械）

- A. 知道
- B. 听过但不知道什么意思
- C. 从没听过

19、您觉得保护性耕作（比如留茬就是保护性耕作的一种）和传统的耕作方式相比有哪些好处？（ ）（可多选）

- A. 节省劳动时间
 - B. 节省劳动量
 - C. 减少耕作次数后，机器磨损减少
 - D. 节省燃油
 - E. 能改良土壤，提高土壤的耕性
 - F. 增加土壤有机质含量
 - G. 防止地表水分流失，提高水分利用率
 - H. 防风固沙，提高空气质量
- 问题结束!! 感谢您对本问卷调查的支持配合!!

个人简历

刘思宇，女，25岁，南开大学环境科学与工程学院2011级工程硕士

1. 国家973项目气颗粒物致健康效应基础研究——

空气颗粒物来源与人体暴露表征研究 研究内容：老年人群个体环境、室内空气样品采集

2. 环保公益性行业科研专项（200909005）

天津大港苏家园区风洞实验项目研究

研究内容：保护性耕作环境社会效益

3. 参与编制《参与型交通规划》一书 单春艳著 化学工业出版社