保护性耕作适应性评价与模式选择方法研究

原君静，李洪文

（中国农业大学 工学院，北京　100083）

摘　要：构建了保护性耕作适应性评价指标体系，利用该指标体系，可以快速评价免耕、浅松、深松、平作、垄作、碎秆覆盖、整秆（立秆）覆盖、整秆（倒秆）覆盖、留茬覆盖等关键技术的适应性等级与得分，根据适应性状况，区别独立方案和互斥方案两种不同条件，确定适合的保护性耕作模式。

关键词：保护性耕作；适应性评价；模式选择方法；互斥方案；独立方案

中图分类号：S345　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1003－188X(2009)07－0010－04

0　引言

农田保护性耕作是一种区别于传统耕作的新的农业生产技术，其核心是在保证种子发芽的前提下，通过少耕、免耕、化学除草、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施，从而减少农田土壤水蚀、风蚀，保护农田生态环境，并获得生态效益、经济效益及社会效益协调发展的可持续农业技术[1-2]。

保护性耕作适应性是指保护性耕作技术或方法适合客观条件和内外部各种需要，并与之保持一致、协调发展的能力。

对保护性耕作适应性评价的目的，通过对影响保护性耕作效果的自然、社会、经济等各种因素的综合分析和客观评价，为准备进行保护性耕作试验和推广的地区快速、科学地选择合理的耕作模式提供依据。但是，目前还没有一套完善的保护性耕作适应性评价指标体系和模式选择方法，因此加强适应性指标体系和模式选择方法的研究与探讨，对不同地区保护性耕作模式的确立具有重要的现实意义和理论指导意义。

1　构建保护性耕作适应性评价指标体系的原则、方法和步骤

适应性评价，是评价某一系统与另一系统或大系统的某一分系统与大系统的相适应问题，需要采用系统工程的观点从整体上多方面地进行评价。目前常用的适应性评价方法有：专家评价法、人工神经网络法、层次分析法、主成分分析法和模糊综合评判方法等。专家评价法简单方便，易于使用，但是主观性太强；人工神经网络法具有自组织性和自适宜性，但其本身是一个黑箱系统，各参数的物理意义不明确；主成份分析法能够消除指标间信息的重叠，但过分依赖于客观数据；层次分析法能够把问题层次化，但评价结果很大程度上由人的主观意志所决定；模糊综合评判方法突破了精确数学的逻辑和语言，能够较好地解决综合评价中的模糊性（如事物类属间的不清晰性，评价专家认识上的模糊性等），适宜于评价因素多、结构层次多的对象系统，能够对涉及模糊因素的对象系统进行综合评价[3-4]。

保护性耕作适应性本身也是一个模糊概念，评价的“模糊性”主要表现在适应性等级的综合定级划分上，基于此，采用模糊综合评判方法对保护性耕作的适应性进行评价。

为了使保护性耕作适应性评价指标体系更加科学、实用、完善，在体系构建过程中应遵循以下原则[5]：因地制宜的原则、综合性原则、实用性原则、定性与定量结合的原则、可持续性原则、动态性原则等。

评价指标体系的构建流程，如图 1 所示。

2　保护性耕作适应性评价指标体系

2.1　适应性评价指标的选取

根据保护性耕作技术的特点，在查阅相关文献及听取多名专家经验和意见的基础上，依据显著性、实际性、区域性及可操作性等指标选取原则，从耕作与播种、播种后地表形式、秸秆覆盖方式等 3 个方面，选择对保护性耕作有显著影响的因素作为评价指标，构建保护性耕作适应性评价指标体系，如图 2 所示。

收稿日期：2008－10－14

基金项目：国家“十一五”科技支撑项目（2006BAD28B04）

作者简介：原君静（1973－），女，山东威海人，博士生，（E－mail）yuan.junjing@163.com。

通讯作者：李洪文（1968－），男，江苏泗阳人，教授，博士生导师，山东理工大学“泰山学者”，特聘教授，（E－mail）Lhwen@cau.edu.cn。

万方数据

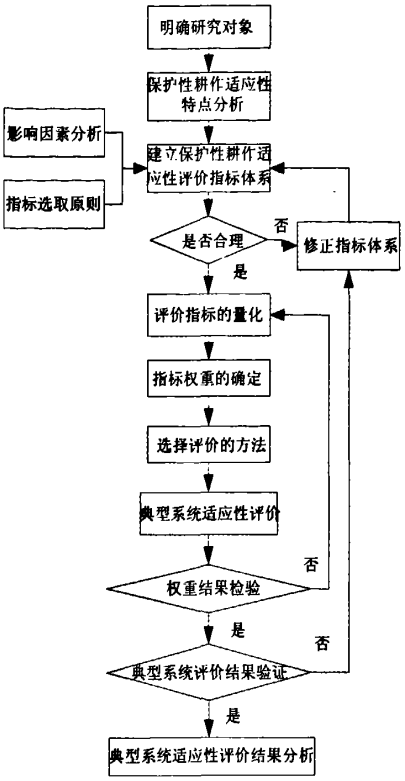

图 1　保护性耕作适应性评价流程图

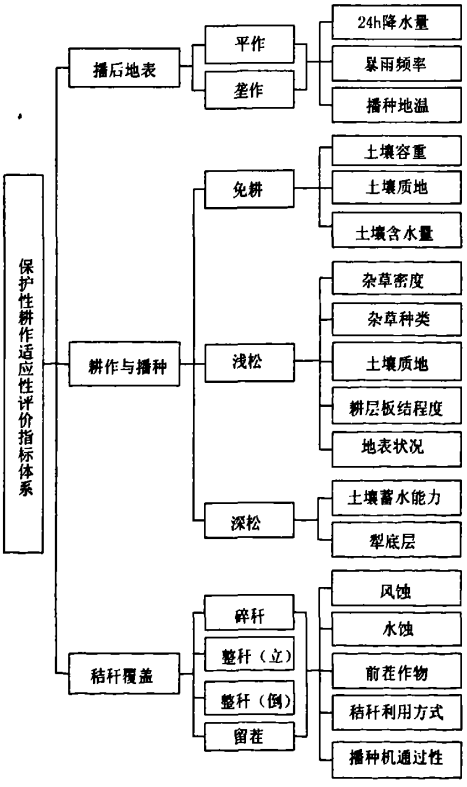

图 2　保护性耕作适应性评价指标体系

2.2　适应性评价等级划分

适应性评价指标是用来测量和评价免耕、浅松、深松、平作、垄作、碎秆覆盖、整秆覆盖、留茬覆盖等保护性耕作技术是否适应的工具和手段，这些指标具有计量性、具体性、时间性等特点。本文根据保护性耕作技术的应用实践，依据专家意见及保护性耕作研究中心的研究基础，将保护性耕作不同技术或方法的适应性分为 5 个等级，分别为 I，II，III，IV，V 5 个等级。其中，I 级表示该技术或方法的适应性最好，即在该地区最适合采用此类保护性耕作技术；V 级表示适应性最差，即在该地区无法采用此类保护性耕作技术或者方法。

2.3　评价指标类型一致化与无量纲化[6]

保护性耕作技术或方法适应性评价指标可分为 4 种类型：效益型指标、成本型指标、中间型指标、区间型指标。效益型指标取值越大，保护性耕作某项技术或方法的适应性相对越好；成本型指标则是取值越小，适应性相对越好；中间型指标取值越居中，适应性相对越好；区间型指标的取值居于某一确定区间时，则适应性相对越好。为了更加科学便捷地评判综合评价函数与保护性耕作技术的适应性的关系，在进行适应性评价之前，需要对评价指标的类型进行一致化处理。

令 x 为指标 X 的值，M 为指标 X 的允许上限，m 为指标 X 的允许下限，(p,q) 为指标 X 的最佳区间，当指标 X 分别为成本型指标、中间型指标和区间型指标，可以通过以下变换将其转化为效益型指标 X^*。当指标 X 为成本型指标时，令

$$X^* = M - X \tag{1}$$

当指标 X 为中间型指标时，令

$$X^* = \begin{cases} \dfrac{2(x-m)}{M-m} & m \leqslant x \leqslant \dfrac{x-m}{2} \\ \dfrac{2(M-x)}{M-m} & \dfrac{x-m}{2} \leqslant x \leqslant M \end{cases} \tag{2}$$

当指标 X 为区间型指标时，令

$$X^* = \begin{cases} 1 - \dfrac{p-x}{\max(p-m, M-q)} & x < p \\ 1 - \dfrac{x-q}{\max(p-m, M-q)} & x > q \end{cases} \tag{3}$$

保护性耕作适应性评价指标涉及范围较广，各种指标的单位和量级差异性很大，因此将指标类型统一成效益型指标后，需要对统一后的指标进行无量纲化处理，从而解决指标的不可公度性。无量纲化是通过数学变换来消除原始指标的单位和量纲的影响，也称作指标数据标准化。本文采用最常用的“中心化”方法对指标值进行无量纲化处理，设 x_{ij} 为第 i 个样本的第 j 个指标值，$\bar{x}_j$ 和 s_j 分别为第 j 个指标的样本均值

万方数据

和样本标准差;无量纲处理后,x_{ij}^* 的均值为 0,方差为 1,则

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \tag{4}$$

2.4 指标权重的确定方法[7-8]

保护性耕作适应性评价体系是对保护性耕作的不同技术、方法和模式的合理抽象与模拟,各个指标对系统的贡献大小是不同的,用权重表示。确定指标权重的方法很多,本文运用三标度法对所有指标进行两两比较,构建了模糊一致性矩阵,一方面增强了判断矩阵的逻辑性,避免了判断矩阵的一致性检验,另一方面降低了专家的判断难度,使指标权重的确定不仅科学合理,而且简单易行。设 $B_1,B_2,\cdots,B_n$ 是目标 A 下的同一层次的 n 个指标,B_m 是第 m 个专家运用三标度法建立的比较矩阵 B_m,设参与评分的专家有 s 个,则可以得到 s 个比较矩阵,即

$$B_m = \begin{vmatrix} 1 & b_{m12} & \cdots & b_{m1n} \\ b_{m21} & 1 & \cdots & b_{m2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{mn1} & b_{mn2} & \cdots & 1 \end{vmatrix}$$

$$m = 1,2,\cdots,s \tag{5}$$

$$b_{mij} = \begin{cases} 2 & B_i \text{ 比 } B_j \text{ 重要} \\ 1 & B_i \text{ 和 } B_j \text{ 同等重要},(i,j = 1,2,\cdots,n), \\ & \text{并且 } b_{ii} = 1(i = 1,2,\cdots,n),\text{即指标本身} \\ & \text{的比较结果为 1} \\ 0 & B_i \text{ 不如 } B_j \text{ 重要} \end{cases}$$

计算各指标的重要性排序指数 r_i,第 m 个专家的排序指数为 r_{mi},综合 s 个专家的意见,得到专家综合意见 r_i。则

$$r_{mi} = \sum_{j=1}^{n} b_{mij} \qquad i = 1,2,\cdots,n \tag{6}$$

$$r_i = s\sqrt{\prod_{m=1}^{s} r_{mi}} \qquad i = 1,2,\cdots,n \tag{7}$$

各个指标重要性排序指数的大小反映了指标间的重要程度关系,如果 $r_i > r_j$,表明因素 B_i 比因素 B_j 重要,如果 $r_i = r_j$,表明因素 B_i 和因素 B_j 同等重要。

对 r_i 进行数学变换,可得到模糊一致性矩阵 R,即

$$r_{ij} = \frac{r_i - r_j}{2(n-1)\times 2} + 0.5$$

$$i = j = 1,2,\cdots,n \tag{8}$$

$$R = \begin{vmatrix} 0.5 & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & 0.5 & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & 0.5 \end{vmatrix}$$

$$i,j = 1,2,\cdots,n \tag{9}$$

用方根法求得矩阵 R 的最大特征根所对应的特征向量 $W_{AB} = (w_{B_1},w_{B_2},\cdots,w_{B_n})$ 即为指标 $B_1,B_2,\cdots,B_n$ 相对于目标层 A 的权重。

3 保护性耕作模式选择

保护性耕作模式是由不同的技术或方法组合而成,每一组技术或方法可以看作是一组独立方案或者是一组互斥方案。所谓独立方案是指各个备选方案是独立的,任何一个方案的取舍都不影响其它方案取舍的一组方案,因此在独立方案情况下,保护性耕作技术或方法的取舍仅仅取决于该技术或方法自身的适应性。所谓互斥方案是指互相关联、互相排斥的方案,即一组方案中的各个方案彼此可以互相代替,采纳方案组中的某一方案,就会自动排斥这组方案中的其他方案,即互斥方案具有排他性。在多个互斥方案比较决策的情况下,保护性耕作技术或方法的取舍是在每一个入选方案的适应性满足条件的前提下,比较各个方案的优劣,从若干备选方案中最终选出一个最优方案的过程。

在独立方案决策情况下,根据以上保护性耕作适应性评价的结果,在适应性等级达到 III 级或优于 III 级条件下,选择所有符合条件的技术或方法组合为适合当地的保护性耕作模式,此时可以得到若干组符合条件的保护性耕作模式。例如,可能的保护性耕作模式包括:垄作免耕碎秆覆盖,平作免耕留茬覆盖,平作浅松碎秆覆盖,垄作深松整秆(倒秆)覆盖等模式。

在互斥方案比较决策情况下,根据以上保护性耕作适应性评价的结果,在适应性等级达到 III 级或优于Ⅲ级条件下,选择最佳的技术或方法组合为适合当地的保护性耕作模式,此时得到唯一的、最优的一种保护性耕作模式。

1) 耕作与播种模式选择:根据免耕播种、浅松播种、深松播种等 3 种方式的适应性得分和等级,选择出最佳的耕作与播种方式。当 3 种方式得分相当时,基于成本与劳动力节约的原则,应优先选用免耕播种方式。

2) 播种后地表状况选择:根据垄作与平作的适应性评价结果,选择适应程度高的方式,当两种方式的适应性相同时候,基于成本与劳动力节约的原则,优先选用平作模式。

3) 秸秆覆盖方式选择:根据碎秆覆盖、整秆(立秆)覆盖、整秆(倒秆)覆盖、留茬覆盖等各种秸秆覆盖方式的适应程度大小,选择最佳的秸秆覆盖方式。当

万方数据

各种秸秆覆盖方式的适应性相同时候，基于土壤改良与成本节约的原则，优先采用整秆（立秆）覆盖方式。

4 结论

1）构建保护性耕作适应性评价指标体系，有利于科学、快速地评价耕作与播种、播种后地表形式、秸秆覆盖方式等保护性耕作技术或方法的适应性。

2）采用三标度法确定适应性评价指标权重，科学合理，简单易行；对指标重要性排序指数进行数学变换后得到模糊一致性矩阵，无需进行一致性检验。

3）根据适应性评价结果，区别独立方案和互斥方案两种情况，有利于选择适当的保护性耕作模式。

参考文献：

[1] 张海林，高旺盛，陈阜，等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报，2005，10(1)：16－20.

[2] 赵海涛，师帅兵. 机械化保护性耕作技术的效益分析[J]. 农机化研究，2006(8)：74－76.

[3] 潘家财. 基于模糊综合和模糊推理的搜救系统适应性评价[D]. 大连：大连海事大学，2003.

[4] 刘明亮. 云理论对粗糙集方法的改进—以土地适宜性评价为例[D]. 武汉：武汉大学，2004.

[5] 唐丽华. 区域森林主要灾害与空间结构关系的适应性评价方法研究[D]. 北京：北京林业大学，2006.

[6] 陈英义. 露天煤矿排土场植被恢复空间决策支持系统研究—以海州矿为例[D]. 北京：中国农业大学，2008.

[7] 祁兴会，陈晓楠，邱林，等. 基于三标度法的模糊物元模型在湖泊水质评价中的应用[J]. 节水灌溉，2007(3)：38－40.

[8] 沈晓娟，徐向阳. 基于三标度法的区域水资源综合评价[J]. 水资源保护，2006，22(4)：36－39.

[9] 李洪杰，李胜亭，徐恒醒. 三标度法在 Fuzzy 判断中的应用[J]. 临沂师专学报，1998，20(3)：1－3.

Study on Suitability Evaluation Hierarchical System and Model－selection Methods of Conservation Tillage

Yuan Junjing, Li Hongwen

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper established hierarchical system of suitability evaluation indices of conservation tillage, which is convenient to evaluate the suitability of no－tillage, surface－tillage, subsoiling, flatten－cultivation, ridge－cultivation, crushed stalk－mulch, whole stalk－mulch and stubble－mulch. According to the suitability of different techniques of conservation tillage, and distinguish the mutually exclusive projects and independent projects, the author conformed the suitable model of conservation tillage.

Key words: conservation tillage; suitability evaluation; methods of model－selection; mutually exclusive projects; independent projects

万方数据

保护性耕作适应性评价与模式选择方法研究

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 原君静， 李洪文， Yuan Junjing， Li Hongwen
作者单位： 中国农业大学,工学院,北京,100083
刊名： 农机化研究 PKU
英文刊名： JOURNAL OF AGRICULTURAL MECHANIZATION RESEARCH
年，卷(期)： 2009,31(7)

参考文献(9条)

1. 张海林;高旺盛;陈阜 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[期刊论文]-中国农业大学学报 2005(01)

2. 赵海涛;师帅兵 机械化保护性耕作技术的效益分析[期刊论文]-农机化研究 2006(08)

3. 潘家财 基于模糊综合和模糊推理的搜救系统适应性评价[学位论文] 2003

4. 刘明亮 云理论对粗糙集方法的改进-以土地适宜性评价为例[学位论文] 2004

5. 唐丽华 区域森林主要灾害与空间结构关系的适应性评价方法研究[学位论文] 2006

6. 陈英义 露天煤矿排土场植被恢复空间决策支持系统研究-以海州矿为例 2008

7. 祁兴会;陈晓楠;邱林 基于三标度法的模糊物元模型在湖泊水质评价中的应用[期刊论文]-节水灌溉 2007(03)

8. 沈晓娟;徐向阳 基于三标度法的区域水资源综合评价[期刊论文]-水资源保护 2006(04)

9. 李洪杰;李胜亭;徐恒醒 三标度法在Fuzzy判断中的应用 1998(03)

本文读者也读过(6条)

1. 贾树龙.孟春香.张执欣 保护性耕作在河北省的区域适应性[期刊论文]-华北农学报2003,18(z1)

2. 孔德军.王世学.高焕文.陈君达 1QJ-120型浅松机的研究设计[期刊论文]-农机化研究2004(2)

3. 辛存岳.郭青云.魏有海.郭良芝.翁华.XIN Cun-yue.GUO Qing-yun.WEI You-hai.GUO Liang-zhi.WENG Hua 干旱地区农田浅耕对杂草控制及土壤水分、养分的影响[期刊论文]-中国农业科学2006,39(8)

4. 杨有刚.薛少平.杨青.党小选.卢博友.Yang Yougang.Xue Shaoping.Yang Qing.Dang Xiaoxuan.Lu Boyou 2BSSF-3型浅松间歇施水播种机的试验研究[期刊论文]-农业工程学报2008,24(2)

5. 焦伟华.陈源泉.隋鹏.刘海军.高旺盛.Jiao Weihua.Chen Yuanquan.Sui Peng.Liu Haijun.Gao Wangsheng 保护性耕作技术适宜性区划的指标体系初探——以免耕为例[期刊论文]-中国农学通报2007,23(10)

6. 孔德军.高焕文.张永康.徐云峰.Kong Dejun.Gao Huanwen.Zhang Yongkang.Xu Yunfeng 保护性耕作条件下浅松作业的试验[期刊论文]-农业机械学报2006,37(5)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhyj200907003.aspx