

基于层次分析法的烤烟烘烤工场评价指标体系研究

宋朝鹏^{1,2}, 冀新威³, 王胜雷⁴, 张勇刚¹, 官长荣¹

(1 河南农业大学 烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南 郑州 450002; 2 南京农业大学 农学院, 江苏 南京 210095;

3 云南省烟草红河州公司, 云南 红河州 652300; 4 福建省烟草农业科学研究所, 福建 福州 350003)

[摘要] **【目的】**建立合理的评价系统,以期在建设现代烟草农业的背景下,实现专业化烘烤模式中烘烤工场推广综合效果的定量评价。**【方法】**针对烟叶生产影响因素的不确定性和烘烤工场构建与推广中经常遇到的政策导向问题,将层次分析法和模糊数学中的隶属度函数相结合应用于烘烤工场综合评价,即运用层次分析法构造评价指标的判断矩阵,求出各评价指标的总权重,并利用隶属度函数对各指标在评价体系中的价值进行数量化的模糊变换,再进行评价,最后进行实证分析。**【结果】**建立了烤烟烘烤工厂综合效果评价指标体系和评价模型,采用该模型对贵州毕节烘烤工场综合效果进行评价,可知毕节市基础年和评价年烘烤工场综合指数分别为 0.220 3 和 0.567 1,表明该地区烘烤工场属于初步专业化阶段。**【结论】**将层次分析法和隶属度函数相结合用于烤烟烘烤工场综合评价是可行的。

[关键词] 烘烤工场;评价指标;层次分析法;隶属度函数;权重

[中图分类号] S572

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)11-0079-06

Research on synthesis evaluation for flue-cured tobacco curing workshop based on analytical hierarchy process method

SONG Zhao-peng^{1,2}, JI Xin-wei³, WANG Sheng-lei⁴,
ZHANG Yong-gang¹, GONG Chang-rong¹

(1 Key Laboratory for Tobacco Cultivation of Tobacco Industry, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2 College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

3 Honghe Tobacco Company of Yunnan, Honghe, Yunnan 652300, China;

4 Fujian Tobacco Research Institute, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: **【Objective】** The research was done in order to implement the quantitative evaluation of curing workshop promotion in the specialization curing mode under the scene of constructing modern tobacco agriculture. **【Method】** According to the uncertainty of the influencing factors of tobacco production and the occurrence of the problems of group decision-making in the construction and promotion of curing workshop, analytical hierarchy process and degree of membership function method were combined in the evaluation of comprehensive effect of curing workshop. Analytical hierarchy process was used as a tool, firstly to make a judgment matrix of the evaluating index, and to calculate the total weight of every evaluating index, then to evaluate by degree of membership function method. Finally, the empirical analyses were performed. **【Result】** The index system and evaluation model for comprehensive evaluation of curing workshop were established. The evaluation of curing workshop in Bijie County Guizhou Province using the model indicated that the comprehensive index of foundation year and appraisal year of curing workshop in Bijie was 0.220 3

* [收稿日期] 2009-03-13

[基金项目] 国家烟草专卖局科技攻关项目(3300806156)

[作者简介] 宋朝鹏(1978—),男,河南邓州人,讲师,在读博士,主要从事烟叶烘烤研究。E-mail: ycszp@163.com

[通信作者] 官长荣(1948—),男,河南南阳人,教授,主要从事烟草调制生理研究。E-mail: gongchr009@126.com

and 0.567 1 respectively, which showed that curing workshop in this area belonged to the period of preliminary specialization. 【Conclusion】 The combined use of analytical hierarchy process and degree of membership function method in the synthesis evaluation of curing workshop promotion was feasible.

Key words: curing workshop; evaluating index; analytical hierarchy process(AHP); degree of membership function; weight

随着建设现代烟草农业和“一基四化”的提出,我国烤烟生产组织形式发生了重大转变,加之农业结构调整和农村耕地流转机制的提出,为新型烟叶生产组织模式的发展提供了良好的物质条件和政策保障^[1-3]。鉴于此,许多烟叶产区都在积极探索不同的烟叶生产组织模式^[4]。通过近几年的试验调查与分析,烤烟烘烤工场取得了较好的效果^[5-7]。但是,随着烘烤工场的大范围推广,由于缺乏必要的评价体系,致使部分地区烘烤工场推广滞后或超前,严重影响了烤烟生产的经济效益和社会效益。同时,烤烟生产属于劳动密集型,存在诸多不确定因素,加之在构建烘烤工场推广评价体系过程中,各评价指标具有一定的模糊性和量纲的不统一性,定性评价易,定量评价则较难。因此,本研究在建立烘烤工场综合效果评价指标体系的基础上,采用层次分析法与

模糊数学中的隶属度函数相结合的方法,对烘烤工场的综合效益进行分析与评价,以期在专业化烘烤推广过程中,结合各地的实际情况进行客观评价,制定行之有效的政策,促进烤烟增收增效,实现烟叶生产的可持续发展。

1 烘烤工场综合效果评价指标体系的建立

1.1 指标体系构建的原则与方法

评价指标体系的建立,是一个复杂的系统工程,指标体系选择的优劣,直接关系到评价的精确性和科学性。所以,在建立评价指标体系时,需遵循主导性,定量与定性相结合,简单、易获取性,可操作性的原则^[8]。

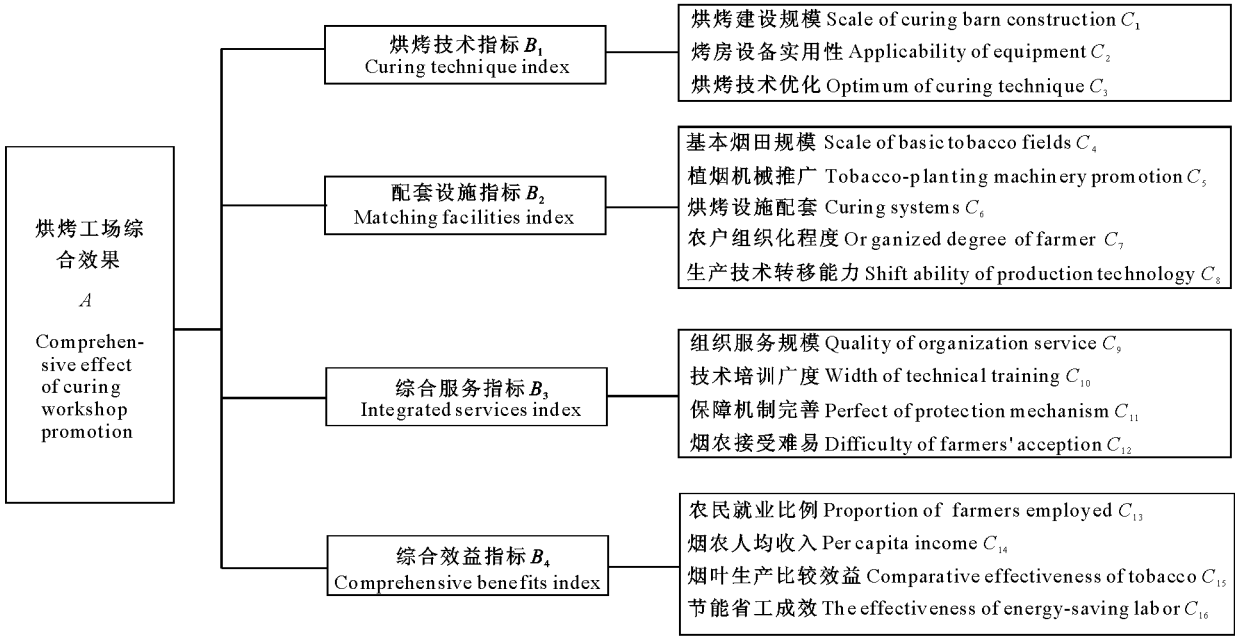


图 1 烘烤工场综合效果评价指标体系

Fig. 1 Index system for the evaluation of the curing workshop

层次分析法^[9] (Analytic Hierarchy Process, AHP)是美国著名的运筹学专家 Thomas L Saaty 于 20 世纪 70 年代提出来的,它是一种有效处理难以完全用定量方法来分析复杂问题的手段。AHP

作为一种系统分析工具,根据问题的性质和要达到的总目标,将问题分解为不同的组成因素,按照因素间的相互关联以及隶属关系,将因素按不同层次聚集组合,形成一个多层次的分析结构模型,并最终把

系统分析归结为最底层(供决策的方案、措施等)相对于最高层(总目标)相对重要性权值的确定和相对优劣次序的排序问题。为此,本研究采用层次分析法构建评价指标体系。

1.2 评价指标体系层次结构的建立

烘烤工场是将烟叶种植与烟叶烘烤分离,采用先进的烘烤设备和烘烤工艺技术进行专业化烟叶调制,并且通过烘烤技术的优化配置,依靠科学的组织管理及先进技术成果的应用,实现烟叶烘烤、分级和销售一体化、商品化、规模化、集约化经营。烟叶烘烤工场综合效果是一系列烘烤资源优化指标的集合,包括先进烘烤技术的应用、烘烤资源的配置、烘烤服务体系的完善和社会、经济效益的增量,是一个有机协调和统一的整体。因此,在建立综合效果评价指标体系时,以烘烤工场运行机制为纽带,以系统

链中各子系统的协调和统一为依据,结合专业化的实际,建立评价指标体系(图 1)。

2 烘烤工场综合效果评价指标权重值的确定

根据烘烤工场综合效果评价指标体系,结合层次分析法确立评价指标的权重。本研究将指标体系划分为 3 层,第 1 层为战略层 A,第 2 层为目标层 B,第 3 层为指标层 C。

2.1 单一准则下各个评价指标权重值的确定

根据战略层(A)与目标层(B)间的关系,两两之间比较其重要性,采用 1~9 的数字标度,由相关专家和有实践经验的技术人员以及烟农代表对重要性进行对偶比较打分,得到判断矩阵 $P^{[10-11]}$,结果见表 1。

表 1 A—B 判断矩阵
Table 1 A—B judgment matrix

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B ₁	1	1/7	1/3	1/5
B ₂	7	1	5	3
B ₃	3	1/5	1	1/3
B ₄	5	1/3	3	1

2.2 各层次特征根及特征向量的求解

先计算判断矩阵 P 的每一行元素乘积的 n 次方根 $\bar{\omega}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, i = 1, 2, \cdots, n$, 得到 $\bar{\omega} = (\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \cdots, \bar{\omega}_n)^T$, 然后将其归一化处理, 计算公式为 $\omega_i = \bar{\omega}_i / \sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i, i = 1, 2, \cdots, n$, 则 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_n)^T$ 为所

求特征向量的近似值,其也是各因素的相对权重。再利用公式 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n (p\omega)_i / n\omega_i$, 其中 $(p\omega)_i$ 为向量 $p\omega$ 的第 i 个元素,求得最大特征值 $\lambda_{\max}$ 。各层的特征根及其对应的特征向量见表 2。

表 2 各层的 $\lambda_{\max}$ 及其特征向量
Table 2 $\lambda_{\max}$, characteristic vector

A—B $B_{i(k)}$	$B_1 - C_i$ $C_{i(k)}$	$B_2 - C_i$ $C_{i(k)}$	$B_3 - C_i$ $C_{i(k)}$	$B_4 - C_i$ $C_{i(k)}$
B ₁ 0.055	C ₁ 0.105	C ₄ 0.439	C ₉ 0.380	C ₁₃ 0.091
B ₂ 0.565	C ₂ 0.637	C ₅ 0.264	C ₁₀ 0.413	C ₁₄ 0.360
B ₃ 0.118	C ₃ 0.258	C ₆ 0.089	C ₁₁ 0.147	C ₁₅ 0.409
B ₄ 0.262		C ₇ 0.146	C ₁₂ 0.060	C ₁₆ 0.139
		C ₈ 0.061		
$\lambda_{\max}$ 4.117	$\lambda_{\max}$ 3.038	$\lambda_{\max}$ 5.127	$\lambda_{\max}$ 4.021	$\lambda_{\max}$ 4.250

2.3 判断矩阵的一致性检验

检验公式为: $CR = CI / RI, CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, 其中 RI 为矩阵的平均随机一致性指标, CR 为随机一致性比值。当 $CR \leq 0.1$ 时, 认为判断矩阵的一

致性可以接受, 否则需要重新调整判断矩阵。当 $n \leq 2$ 时无需进行一致性检验^[12-14]。1~9 阶判断矩阵的 RI 值见表 3。经检验计算, 以上构造的 5 个判断矩阵全部满足一致性, 即 $CR < 0.1$ (表 4)。

表 3 判断矩阵平均随机一致性指标 RI 的取值
Table 3 Average consistency index of judgment matrix

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

表 4 各层的随机一致性比值(CR)
Table 4 Consistency ratio of different layers

$A-B$ $B_{i(k)}$	B_1-C_i $C_{i(k)}$	B_2-C_i $C_{i(k)}$	B_3-C_i $C_{i(k)}$	B_4-C_i $C_{i(k)}$
0.043	0.033	0.029	0.008	0.093

3 烘烤工场综合效果评价指标总权重的确定

3.1 评价指标总权重的确定

C 层在各个准则下的总权重 C_i^* 采用下式计算:

$$C_i^* = \sum_1^k b_{i(k)} C_{i(k)}。$$

式中: $b_{i(k)}$ 为上层(准则)的单权重, $C_{i(k)}$ 为各评价指标在相应准则下的单权重。当指标 $C_{i(k)}$ 与上层(准则)无关联时,则定义 $C_i^* = 0$ 。

表 5 烘烤工场综合效果评价指标的总权重

Table 5 Total weight of the synthesis evaluation index of curing workshop

C_i	C_i^*	名次 Rank	C_i	C_i^*	名次 Rank
C_1	0.005 8	16	C_9	0.044 8	9
C_2	0.405 8	1	C_{10}	0.048 7	8
C_3	0.014 2	14	C_{11}	0.021 6	13
C_4	0.248 0	2	C_{12}	0.007 1	15
C_5	0.069 7	6	C_{13}	0.023 8	12
C_6	0.050 3	7	C_{14}	0.094 3	4
C_7	0.082 5	5	C_{15}	0.167 3	3
C_8	0.034 5	11	C_{16}	0.036 4	10

3.2 评价指标总权重的一致性检验

采用 $CR=CI/RI$ 进行评价指标总权重值的检验,若 $CR<0.1$,即认为达到满意的一致性。

$$CI=\sum_1^k b_{i(k)} C_{i(k)},$$
$$RI=\sum_1^k b_{i(k)} RI_{(k)},k=1,2,\cdots,n。$$

其中, $RI_{(k)}$ 值参照表 3。经计算, $CR<0.1$,说明各个评价指标总权重达到满意的一致性。

4 烘烤工场综合效果评价模型的构建

根据确定的各指标权重值,采用综合指数法进行烘烤工场综合效果的计算分析与评价。定义综合指数为线性加权和函数:

$$U_i=\sum_1^n C_i^* B_{(e_i)},i=1,2,\cdots,n。(1)$$

式中: U_i 表示线性加权和函数,即烘烤工场综合指数; C_i^* 表示第 i 个评价指标的总权重值; $B_{(e_i)}$ 表示第 i 个评价指标的隶属度函数值。

从确定的烘烤工场综合效果函数可见,各评价指标的量纲及烘烤工场综合效果函数的关系不同,各个指标之间不具有直接可比性,用传统数学方法

从图 1 所示的评价指标体系及层次分析方法可以看出,计算某层次的总权重,必须利用上一层次的总权重和本层次的单权重,而第二层对第一层的单权重同时就是第二层的总权重,因此总权重要从最高层到最低层逐层进行计算。从表 5 可以看出,各项指标对于烘烤工场综合效果的作用程度,其中权重值位于前 6 位的分别为烘烤设备实用性 C_2 、基本烟田规模 C_4 、烟叶生产比较效益 C_{15} 、烟农人均收入 C_{14} 、农户组织化程度 C_7 和植烟机械推广 C_5 。

无法综合成单一的数值,以衡量烘烤工场综合效果的优劣,故借助隶属度函数 $B_{(e_i)}$ 对某一指标在评价体系中的价值进行数量化模糊变换,以便进行评价。

4.1 指标值的量化

设某一系统的指标函数为: $e_i=f_i(x)(i=1,2,\cdots,n)$,某一指标的最大值与最小值分别为 M_i 和 m_i ^[15-16]。根据各指标对总目标的影响程度及其关系,评价指标的隶属度函数采用线性函数:

$$B_{(e_i)}=\frac{e_i-m_i}{M_i-m_i}=\begin{cases} 1, & e_i\geqslant M_i; \\ \frac{e_i-m_i}{M_i-m_i}, & m_i<e_i<M_i; \\ 0, & e_i\leqslant m_i。 \end{cases} \quad (2)$$

4.2 评价指标优劣值的确定及模糊变换

M_i 和 m_i 的确定是评价指标值量化过程中(即模糊变换)的基础和关键,按照下述几种情况分别确定:1) 理论上有明确的优劣标准,即可直接引用理论标准;2)理论上可明确优劣的方向、趋势,但最优、最劣的具体量值是多少不易确定的,故采用实测(或调查)数据的平均值加减 2 倍的标准差作为其优劣值;3)有行业规范和标准的,按其行业规范或标准确定^[17-18]。经综合分析,本研究选取贵州省毕节

市作为实证分析,应用建立的评价模型对该地区烘烤工场综合效果进行整体评价。其中优劣值和基础年实测值来源于毕节市烟草局和市统计局 2004—2008 年 5 年统计数据,评价年实测值为 2008 年统

计数据。确定的烘烤工场综合效果评价指标优劣值见表 6。将各个评价指标的实测值代入公式(2),求得隶属度函数值 $B_{(e_i)}$ 。

表 6 烘烤工场综合效果指标量化值
Table 6 Quantification value of the index of curing workshop

指标 C_i Index C_i	优劣值 Fit and unfit quality value		实测值 e_i Actual value e_i		量化值 $B_{(e_i)}$ Quantification value $B_{(e_i)}$	
			基础年 Foundation year	评价年 Appraisal year	基础年 Foundation year	评价年 Appraisal year
	M_i	m_i				
$C_1/(\text{座} \cdot \text{hm}^{-2})$	0.7	0	0.112	0.387	0.160 0	0.552 9
$C_2/\%$	80	10	32	45	0.314 3	0.500 0
$C_3/\%$	40	5	12	18	0.200 0	0.371 4
$C_4/(\times 10^4 \text{ hm}^2)$	5	0.8	0.9	1.7	0.023 8	0.214 3
$C_5/\%$	60	15	24	35	0.200 0	0.444 4
$C_6/\%$	55	20	29	34	0.257 1	0.400 0
$C_7/\%$	50	10	15	37	0.125 0	0.675 0
$C_8/\%$	65	5	5	19	0	0.233 3
$C_9/\%$	50	15	23	40	0.228 6	0.714 3
$C_{10}/\%$	90	30	45	69	0.250 0	0.650 0
$C_{11}/\%$	75	13	31	45	0.290 3	0.516 1
$C_{12}/\%$	68	24	28	36	0.090 9	0.272 7
$C_{13}/\%$	80	45	47	51	0.057 1	0.171 4
$C_{14}/(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2})$	18 000	13 000	13 500	16 900	0.100 0	0.780 0
$C_{15}(1/n)$	1/1	1/3	1/3	1/2	0	0.055 6
$C_{16}/\%$	60	10	18	43	0.160 0	0.660 0

4.3 评价标准的确定

由于专业化的评价研究在我国还不系统、不完善,特别是有关烟叶烘烤专业化综合效果评价方法的文献更少。因此,初步拟定贵州毕节烘烤工场综合效果评价标准:若综合指数 $U_i < 0.5$ 时,则为非专业化阶段; $0.5 \leq U_i \leq 0.7$ 时,则为初步专业化阶段; $U_i > 0.7$ 时,则为完全专业化阶段。

采用线性加权和函数计算可知,贵州毕节市基础年和评价年烘烤工场综合指数分别为 0.220 3, 0.567 1,表明贵州毕节地区烘烤工场属于初步专业化阶段。由此说明毕节市提出的集中力量抓好产业发展和基础设施配套建设,拓宽烟农增收渠道,稳步推进专业化烘烤中烘烤工场初级阶段的试验推广工作,是毕节地区建设现代烟草农业的有效措施,符合国家的政策导向和现代烟草农业的发展规律,决策具有科学依据,论证充分而且合理。

5 讨 论

烘烤工场作为一种新的烟叶生产组织模式,有效地实现了专业化和集约化,促进了烟叶生产的可持续发展。结合权重值分析结果和生产实际,烟草公司需要加大烘烤配套设施的配备和完善综合服务

质量,着重加强烘烤技术培训和烘烤设备的监管力度,适当提高烟叶生产与其他作物的比较效益,逐步完善风险保障机制,扩大宣传和引导等。同时,也不能忽略政府的指导及政策的支持导向作用,依靠农村土地流转机制,实现土地相对集中、规模化经营,从而获得土地的规模效益,达到增加烟农收入和节能增效的目的。

目前,国家烟草专卖局提出的建设现代烟草农业,为专业化烘烤的推广提供了良好的政策支持,烤烟烘烤工场作为一种有效模式,将在各烟叶产区迅速推广。而烘烤工场的推广进度,关系到现代烟草农业的可持续发展。本研究提出的评价指标体系和评价模型,可以用于横向比较,具有合理有序、便于操作的优点,结合实例研究得到的较为客观的评价结果,在评价指标构建及评价模型建立上具有一定的借鉴意义,可为地方政府及烟草公司指导烟叶生产提供科学的建议,并为烘烤工场推广提供科学的理论依据和决策支持。

本研究将层次分析法引入到烘烤工场综合效果的评价中,并尝试将层次分析法与模糊数学中的隶属度函数法结合使用,既充分利用了 AHP 处理不确定因素的优势,又借助隶属度函数法对原始数据

进行模糊量化,构造线性加权和函数模型,符合烘烤工场推广中需要进行群决策的实际情况,所得结论更为准确,且更具实用性。但笔者在研究中还发现,对于如何提高线性加权和函数的约简效率及准确性,还应进行更为深入的研究。

[参考文献]

- [1] 朱显灵,王能如,陆继锋.论建设现代烟叶生产经营制度[J].安徽农业科学,2008,36(5):1905-1907,1922.
Zhu X L, Wang N R, Lu J F. Discussion on the establishment of modern tobacco production system [J]. Anhui Agri Sci, 2008, 36(5):1905-1907, 1922. (in Chinese)
- [2] 郭全伟,侯跃亮,王乐三,等.烤烟“种烤分离”生产模式研究与探讨[J].中国烟草科学,2007,28(1):10-13.
Guo Q W, Hou Y L, Wang L S, et al. Study on tobacco production pattern of “separation of planting from curing” [J]. Chinese Tobacco Science, 2007, 28(1):10-13. (in Chinese)
- [3] 李发新.从现代农业看烟叶生产的可持续发展[J].中国农学通报,2007,23(11):431-434.
Li F X. Sustainable development of the tobacco produce in the eye of the modern agriculture [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(11):431-434. (in Chinese)
- [4] 柴建国.大户种植对烟叶生产可持续发展的影响[J].中国烟草学报,2008,14(5):59-63.
Chai J G. Effects of large scale growers on sustainable development of tobacco leaf production [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2008, 14(5):59-63. (in Chinese)
- [5] 李 新.全国烤房建设现场会[EB/OL]. [2007-11-06]. http://www.tobacco.gov.cn/html/48/4801/65742_n.html.
Li X. The National curing barn construction site meeting [EB/OL]. [2007-11-06]. http://www.tobacco.gov.cn/html/48/4801/65742_n.html. (in Chinese)
- [6] 辽宁省烟草专卖局(公司)办公室.辽宁省局(公司)召开集约化烟叶烘烤工场现场培训交流会[EB/OL]. [2008-08-28]. http://www.tobacco.gov.cn/html/31/3103/644577_n.html.
Liaoning Tobacco Monopoly Bureau Office. Liaoning tobacco monopoly bureau convened the exchange meeting of on-spot teaching training intensive flue-cured tobacco curing workshop. [EB/OL]. [2008-08-28]. http://www.tobacco.gov.cn/html/31/3103/644577_n.html. (in Chinese)
- [7] 江 凯,宋朝鹏,李光民.烟叶烘烤工场建设应注意的问题[EB/OL]. [2009-03-02]. <http://www.yntsti.com/utilitytech/view.asp?id=26522>
Jiang K, Song Z P, Li G M. Some problems needing attention in construction of tobacco curing workshop [EB/OL]. [2009-03-02]. <http://www.yntsti.com/utilitytech/view.asp?id=26522>. (in Chinese)
- [8] 许树柏.实用决策方法——层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1986:6-22.
Xu S B. Practical decision method-The Analytic Hierarchy Process——AHP [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1986: 6-22. (in Chinese)
- [9] 赵焕臣,许树柏,和金生.层次分析法——一种建议的新决策方法[M].北京:科学出版社,1986.
Zhao H C, Xu S P, He J S. Analytic Hierarchy Process——a new approach of decision making [M]. Beijing: Science Press, 1986. (in Chinese)
- [10] 贾士靖,刘银仓,王丽丽.我国农业循环经济发展水平模糊综合评价[J].农机化研究,2008(10):1-4.
Jia S J, Liu Y C, Wang L L. The fuzzy comprehensive evaluation for the level of agricultural recycling economy in China [J]. Agricultural Mechanization Research, 2008(10):1-4. (in Chinese)
- [11] 邢廷铤.我国南方草地资源开发利用模式的探讨[J].草业科学,2002,19(5):1-5.
Xing T X. Study on the exploiting model of grassland resources in Southern China [J]. Pratarultural Science, 2002, 19(5):1-5. (in Chinese)
- [12] 张风荣,齐 伟,薛永森,等.持续土地利用管理评价方法的研究[J].中国农业大学学报,2002,7(1):40-46.
Zhang F R, Qi W, Xue Y S, et al. The methods for evaluating sustainable land management [J]. Journal of China Agricultural University, 2002, 7(1):40-46. (in Chinese)
- [13] Herrera-Ulloa A F, Charles A T, Noroeste S E. A regional-scale sustainable development index: the case of baja California sur, Mexico [J]. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2003, 10:353-360.
- [14] Rigby D, Woodhouse P, Young T, et al. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice [J]. Ecological Economics, 2001, 39:463-478.
- [15] 王 芬,吴建军,卢剑波,等.区域农业生态系统可持续发展指标体系及其应用[J].自然资源学报,2003,18(4):453-458.
Wang F, Wu J J, Lu J B, et al. A study on the sustainable development indicator system and its application for evaluation of regional agro-ecosystems [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(4):453-458. (in Chinese)
- [16] 赵占平.农业产业化经营评价指标体系及数学模型[J].山东科技大学学报,2002,21(3):66-69.
Zhao Z P. An evaluation index system and mathematical model of the agricultural industrial management [J]. Journal of Shandong Inst of Min&Tech, 2002, 21(3):66-69. (in Chinese)
- [17] 张忠根,应凤其.农业可持续发展评估理论、方法与应用[M].北京:中国农业出版社,2003.
Zhang Z G, Ying F Q. The theory, method and application of sustainable agriculture [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003. (in Chinese)
- [18] Shu-hsien L. Technology management methodologies and applications: A literature review from 1995 to 2003 [J]. Technovation, 2005(25):381-393.