

# 基于熵权-耦合协调度模型纺织经济-资源-环境复合系统协调发展研究

孟小璐

(福州外语外贸学院,福建 福州 350202)

**[摘要]** 研究纺织经济-资源-环境之间的协调发展关系,对促进纺织业可持续发展有积极的作用。以福建纺织业为例,运用熵权-耦合协调度模型研究2007—2018年纺织经济、资源和环境三个子系统的综合发展水平和耦合协调发展情况。研究结果发现,三个子系统的综合发展水平整体呈现上升的趋势,其中经济子系统虽然开始起点低,但后续势头发展更快。三个子系统间存在较高的耦合关系,且它们在协调发展过程中存在一定的互相促进、相互制约的关系。复合系统的综合发展水平与耦合度和协调度相比,都显得相对低,说明在保持子系统间协调稳定发展的同时,需要注意提高各子系统的综合发展水平。

**[关键词]** 经济-资源-环境;熵权;耦合协调;复合系统

**[中图分类号]** F424

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 2095-7602(2022)08-0132-07

纺织业是我国国民经济的传统支柱型产业和重要的民生产业,在繁荣市场、扩大出口、吸纳就业、增加农民收入、促进城镇化发展等方面发挥着重要作用。“十三五”规划期间,纺织业在我国产业发展中具有较高质量发展基础和规模,规模以上纺织企业工业增加值年均增速达7%左右<sup>[1]</sup>。但是,产业在稳定发展的同时也面临着诸多压力。近年来,在资源需求方面,不管是劳动力、生产原料的价格的提高,还是因产业改造升级的需要对研发投入、技术人员、智能设备需求的增加,都增加了产业对资金、技术、人力、能源等各项资源需求的投入和能源的消耗<sup>[2]</sup>。在生态环境方面,我国倡导的生态文明建设、节能减排、产业绿色发展等要求都给纺织业带来了环保生产的压力<sup>[3]</sup>,纺织业作为高污染行业之一,平衡好经济发展和环境污染之间的关系就变得尤为重要。产业要做到绿色发展、可持续发展,就需要平衡与资源、环境之间的关系,资源和环境既能促进产业经济发展,也能制约产业经济发展<sup>[4-6]</sup>。因此,本文从产业经济、资源、环境三个方面入手研究三者之间的耦合关系、协调发展情况,以期能为产业持续发展提供参考。

## 1 文献研究

段文平<sup>[4]</sup>、朱芬华<sup>[5]</sup>、李国柱等<sup>[6]</sup>都提出经济与环境、资源之间存在紧密关联,目前大部分学者主要研究的是区域经济与资源、环境之间的耦合关系,王羽和王宪恩<sup>[7]</sup>基于生态文明理念,分析了经济社会与资源环境耦合模式与演化过程,提出区域经济社会与资源环境系统耦合协调发展的对策。朱沁夫和巩慧琴<sup>[8]</sup>对海南经济、资源和环境发展进行耦合分析。张超和杨军<sup>[9]</sup>构建区域经济-社会-资源环境耦合协调发展的评价体系,对重庆市三大系统的发展水平进行分析。王蕾等<sup>[10]</sup>基于经济、社会、资源、环境对北疆主要地区城市化发展进行评价,并利用耦合协调度模型和ARMA模型对北疆地区的经济、社会、资源、环境进行耦合协调度分析和预测。王宪恩等<sup>[11]</sup>构建图们江地区经济社会与资源环境耦合协调发展模型,分析图们江地区经济社会

**[收稿日期]** 2021-12-06

**[基金项目]** 2021年度福建省中青年教育科研项目“基于熵权-耦合模型纺织经济-资源-环境复合系统协调发展研究”(JAT210541)。

**[作者简介]** 孟小璐,女,讲师,硕士,从事信息分析与挖掘、数据分析、产业经济发展研究。

和资源环境的协调发展水平,研究该地区经济社会和资源环境的协调发展趋势,为促进区域可持续发展提出对策建议。胡彪等<sup>[12]</sup>构建天津市经济-资源-环境系统评价指标体系,并采用主成分分析法、回归分析法和隶属度函数测算三个系统之间的协调度,分析经济、资源、环境之间的协调发展情况。也有少部分学者研究产业经济、环境、资源之间关系,如马金书和李海江<sup>[13]</sup>利用灰关联法测度云南各产业与经济增长、资源消耗及污染物排放的关联度。张唯佳和饶良懿<sup>[14]</sup>依据资源-环境-经济系统协调发展理论和压力-状态-响应框架模型构建了荒漠化治理技术产业化资源-环境-经济系统协调发展评价指标体系。杨月梅<sup>[15]</sup>利用综合相对势模型从经济、资源和环境方面对中国2012年产业结构合理性进行评价。徐升华和吴丹<sup>[16]</sup>基于系统动力学研究产业、经济和资源的内在关系。王雪芹和盛武<sup>[17]</sup>建立煤炭产业经济-资源-环境系统耦合协调度评价指标体系,分析煤炭产业经济、资源和环境之间的协调关系。

从现有的研究来看,更多的学者是探讨区域经济、环境和资源的关系,对产业经济、资源和环境之间的关系研究还是比较少,且研究维度也相对单一。而且,研究纺织产业经济、资源和环境三者之间关系的更是缺乏。纺织产业作为我国重要的民生产业,其发展与生态环境、资源利用等方面有很大关联,讨论纺织产业经济与资源、环境的关系对促进产业可持续发展有重要的参考作用。因此,本文将构建纺织产业经济-资源-环境系统,从多维度研究产业经济、资源、环境之间的二元系统耦合关系和三元复合系统耦合关系,深入分析其交互耦合的运行机理,为产业可持续发展提供参考依据。

## 2 耦合协调度模型构建

### 2.1 构建指标体系

本文借鉴已有的研究成果<sup>[4,18]</sup>,并遵循指标体系构建原则和方法,从纺织业的经济、资源、环境三个方面选取具有代表性且易获取的16个指标,用来评价系统间的协调发展情况。文中用正负性来表示每个指标对系统的影响,“+”表示正向影响,“-”表示反向影响,如下表1所示。

表1 纺织业经济-资源-环境复合系统协调发展评价指标体系

子系统	指标/单位	正负性
经济( $u_1$ )	总产值/亿元	+
	增加值/亿元	+
	利税总额/亿元	+
	纺纱、织物、制成品及有关产品出口总额/万美元	+
	服装及衣着附件出口总额/万美元	+
资源( $u_2$ )	综合能源消费量/吨标准煤	+
	工业用水量/亿立方米	+
	科技支出占政府财政支出比重/%	+
	就业人员/人	+
环境( $u_3$ )	固定资产投资总额/亿元	+
	工业污染治理投资总额/亿元	+
	工业废水排放量/万吨	-
	工业废气排放总量/亿立方米	-
	工业二氧化硫排放量/万吨	-
	工业烟(粉)尘排放量/万吨	-
	工业固体废物综合利用率/%	+

### 2.2 数据来源及处理

本文以福建纺织业为例进行相关数据收集,数据来源于2008—2019年《福建统计年鉴》《福建经济普查年鉴》《中国劳动统计年鉴》和《中国统计年鉴》。同时对收集的指标数据进行标准化处理,以消除因量纲不同造成的影响。指标处理方式如下:

正向影响指标参照如下公式计算:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (1)$$

反向影响指标参照如下公式计算:

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}, \quad (2)$$

其中,  $x_{ij}$  是第  $i$  年第  $j$  个指标的实际值,  $x'_{ij}$  是处理后的指标数值。

### 2.3 采用熵权法计算指标权重

本文采用熵权法来计算指标权重, 以避免因人为主观判断而产生的干扰。计算步骤如下:

第一, 对各系统指标进行同度量化, 计算第  $j$  个指标每一年的比重  $R_{ij}$ 。

$$R_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}}. \quad (3)$$

第二, 计算各指标的熵值  $e_j$ 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n R_{ij} \ln R_{ij}. \quad (4)$$

第三, 计算各系统的指标的权重  $w_j$ 。

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)}. \quad (5)$$

### 2.4 计算综合评价指数

采用综合评价模型<sup>[19]</sup>计算纺织业经济、资源、环境三个子系统的综合评价指数, 通过各子系统综合评价指数来说明各子系统的发展水平。计算公式如下:

$$u_k = \sum_{i=1}^n w_j x'_{ij}, \quad (6)$$

其中,  $k=1, 2, 3$ ,  $u_k$  表示各子系统综合评价指数, 即  $u_1, u_2, u_3$  分别为经济子系统、资源子系统和环境子系统的综合评价指数, 以反映各子系统的综合发展水平。

### 2.5 耦合协调度模型构建

#### 2.5.1 耦合度模型

耦合度主要是体现子系统间的相互作用、相互影响的强度。本文借鉴张翔等<sup>[20]</sup>采用的耦合度模型研究子系统之间两两二元耦合关系及经济-资源-环境三元复合系统的耦合关系。下面为二元耦合度和三元耦合度计算公式:

$$C = \left[ \frac{u_1 \times u_2}{\left( \frac{u_1 + u_2}{2} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

$$C' = \left[ \frac{u_1 \times u_2 \times u_3}{\left( \frac{u_1 + u_2 + u_3}{3} \right)^3} \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (8)$$

其中,  $C$  和  $C'$  分别为二元和三元系统的耦合度, 反映子系统之间耦合程度。耦合度值越大, 子系统之间关联性越大, 系统之间发展越协调。

#### 2.5.2 耦合协调度

为了更好地评价各子系统的耦合协调程度, 引入耦合协调度函数:

$$D = \sqrt{C \times T}, \quad (9)$$

$$T = \alpha u_1 + \beta u_2 + \gamma u_3, \quad (10)$$

其中,  $D$  为耦合协调度,  $T$  为复合系统综合发展指数。参考文献[17], 本文计算三元复合系统和二元系统的综合发展指数时, 公式(9)中的系数值分别取  $\frac{1}{3}$  和  $\frac{1}{2}$ 。同时, 为了更好地评价和比较子系统之间的协调水平, 对耦合协调度进行等级划分<sup>[21]</sup>, 如表2所示。

表 2 耦合协调度等级划分标准

协调发展状态	耦合协调度类型	耦合协调度
失调阶段	极度失调	[0,0.1)
	严重失调	[0.1,0.2)
	中度失调	[0.2,0.3)
	轻度失调	[0.3,0.4)
过渡阶段	濒临失调	[0.4,0.5)
	勉强协调	[0.5,0.6)
协调阶段	初级协调	[0.6,0.7)
	中级协调	[0.7,0.8)
	良好协调	[0.8,0.9)
	优质协调	[0.9,1]

### 3 结果与分析

#### 3.1 综合发展水平分析

基于上述综合发展指数的计算方法,得到不同年份三个子系统的综合发展指数,各子系统综合发展指数变化如图 1 所示。

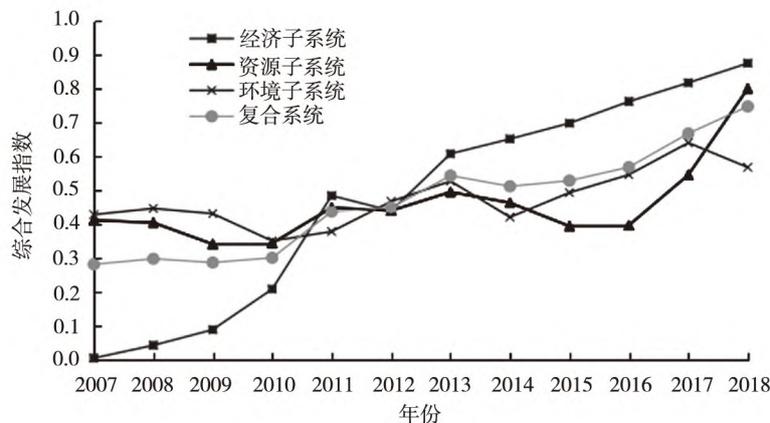


图 1 三个子系统的综合发展水平

根据图 1 可知,三个子系统的综合发展水平总体均呈现上升趋势,三个子系统间的相互影响,使得复合系统的综合发展水平也在不断地上升。其中,纺织业经济子系统的综合发展水平总体呈现不断上升趋势。但相较于其他两个子系统,经济子系统的综合发展水平起点较低,说明了福建省纺织业资源供应和生态环境方面基础都较好。2012 年经济子系统的综合发展水平出现小幅度下降,主要是因为当年纺织业的总产值、增加值和利税总额都出现下降,且这三个指标在经济子系统权重较大,导致该子系统的综合发展水平在 2012 年出现下降。资源子系统的综合发展水平在 2007—2013 年稳定增长;在 2013—2016 年下降幅度较大,主要是经济快速发展,增加了对资源的消耗,如能源消耗、科技投入、固定资产投资等;2016—2018 年呈大幅度上升,是由于资源子系统和环境子系统发展水平的提升促进经济发展。环境子系统的综合发展水平呈现循环波动,在 2007—2012 年波动幅度较小,主要是前期生态环境基础较好,但随着产业经济发展,忽略环境生态保护,导致发展水平有小幅度的下降;在 2013—2018 年虽然有波动,但整体是上升的,主要是因为污染治理投入的增加,工业二氧化硫排放量的减少,工业固体废物综合利用率的提高,提升了环境子系统的综合发展水平。2018 年相较于其他两个子系统,环境子系统的综合发展水平较低,且还有下降趋势,说明该子系统发展势头不足,需提高警惕,注意相关因素的影响。

### 3.2 耦合协调度分析

#### 3.2.1 二元系统耦合协调度分析

根据系统耦合协调度的计算公式得到二元系统的耦合协调度(图2)。

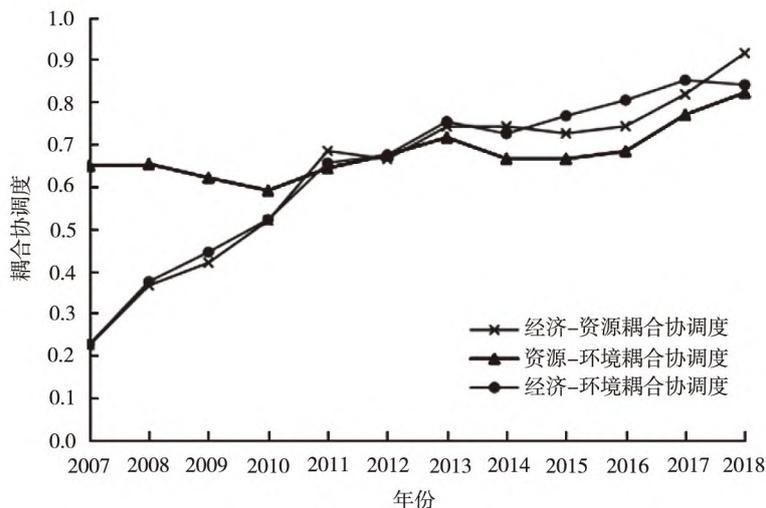


图2 二元系统的耦合协调度

##### 3.2.1.1 经济-资源系统

2007—2018年,经济-资源系统的耦合协调度呈持续增长趋势,说明两者间耦合度较高,呈有序协调发展。2007—2009年由失调阶段发展到过渡阶段,主要是经济增加带动资源的发展,2010—2011年由过渡阶段发展到协调阶段,主要是在此期间,经济子系统和资源子系统的发展水平同时在不断提升,减小了两系统间的差距,整体协调发展。

##### 3.2.1.2 资源-环境系统

2007—2018年,资源-环境系统的耦合协调度呈波动性增长,增长幅度不大,主要是因为资源子系统和环境子系统的综合发展水平在这期间都产生波动,且他们的发展水平差距不大导致的。在2010年有所下降是受环境子系统影响。2014—2016年下降的主要是因为两子系统间的耦合关系变化导致的,但后期随着两子系统综合发展水平的回升,带动两子系统耦合协调度的提升,使得协调有序发展。

##### 3.2.1.3 经济-环境系统

2007—2018年,经济-环境系统的耦合协调度整体呈现增长趋势,说明两者间耦合度较高,呈有序协调发展。2018年有小幅下降,主要是受环境子系统发展水平下降的影响,虽然有波动,但总体上两子系统间耦合度还是比较高,两者间的协调发展良好。

#### 3.2.2 三元复合系统耦合协调度分析

三元复合系统的耦合协调度计算结果如表3所示。

表3 三元复合系统耦合协调度

年份	复合系统协调度	协调类型	协调发展状态
2007	0.319 5	中度失调	失调阶段
2008	0.446 7	濒临失调	过渡阶段
2009	0.486 7	濒临失调	
2010	0.542 1	勉强协调	
2011	0.660 2	初级协调	协调阶段
2012	0.670 6	初级协调	
2013	0.736 4	中级协调	
2014	0.709 6	中级协调	
2015	0.717 6	中级协调	
2016	0.741 3	中级协调	
2017	0.812 0	良好协调	
2018	0.858 0	良好协调	

由表3可知,2007—2018年,经济-资源-环境复合系统的协调度不断提升,复合系统整体上呈现协调、有序发展。2007年复合系统的耦合关系水平较低,导致系统间的协调度不高,处于失调阶段;随着各子系统发展水平提升,子系统间的耦合关系也在不断地改善,使得复合系统从原先失调阶段发展到过渡阶段。从2010年开始,复合系统就步入协调发展阶段,整体耦合发展呈现良好的势态;在这期间2014年出现小幅度的下降,主要是受资源子系统和环境子系统综合发展水平下降的影响,即使经济子系统还是处于上升,但是其他两个子系统影响较大,导致复合系统协调度下降。后续随着资源子系统和环境子系统发展水平提升,复合系统的协调度也逐步提高。

#### 4 结论

本文以福建纺织经济-资源-环境为研究对象,研究其在2007—2018年间的综合发展水平和耦合协调发展情况,研究发现:三个子系统的综合发展水平整体呈现上升的趋势,其中经济中子系统虽然起点低,但后续势头发展更快;通过对二元系统和三元复合系统的耦合协调度分析可知三个子系统间存在较高的耦合关系,且相互协调发展。它们在协调发展过程中存在一定的互相促进、相互制约的关系;同时,在这期间复合系统的综合发展水平与耦合度和协调度相比,都显得相对低,说明在保持子系统间协调稳定发展的同时,需要注意提高各子系统的综合发展水平。通过所构建模型的分析结果,为促进纺织产业可持续发展提供参考依据,同时也可对其他产业的发展分析提供借鉴。

#### [参考文献]

- [1] 中国纺织工业联合会. 中国纺织工业发展报告 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2021.
- [2] 李岳. “一带一路”环境下纺织业经济发展机遇和挑战 [J]. 纺织报告, 2020(7): 38-39.
- [3] 梁龙. 绿色纺织 责任未来 [J]. 中国纺织, 2017(11): 36-38.
- [4] 段文平. 纺织业可持续发展的影响因素分析 [J]. 科技管理研究, 2010(3): 126-128, 132.
- [5] 朱芬华. 绿色发展理念视域下经济发展与资源环境耦合协调发展的实证研究 [J]. 安徽商贸职业技术学院学报(社会科学版), 2018(1): 7-11.
- [6] 李国柱, 郝婷婷, 赵可鑫. 我国沿海地区海洋经济与资源环境耦合协调发展分析 [J]. 吉林师范大学学报(人文社会科学版), 2018(2): 81-87.
- [7] 王羽, 王宪恩. 基于生态文明理念的区域经济社会与资源环境耦合协调发展 [J]. 环境保护, 2018(6): 59-61.
- [8] 朱沁夫, 巩慧琴. 海南经济、资源和环境耦合协调发展研究 [J]. 江淮论坛, 2020(2): 73-78.
- [9] 张超, 杨军. 经济-社会-资源环境耦合协调发展分析与预测——以重庆市为例 [J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2018(9): 73-84.
- [10] 王蕾, 孜比布拉·司马义, 杨胜天, 等. 北疆城市化发展的经济社会资源环境耦合协调关系分析 [J]. 数学的实践与认识, 2019(4): 43-53.
- [11] 王宪恩, 赵婧辰, 张为程, 等. 图们江地区经济社会和资源环境耦合协调发展评价 [J]. 商业经济研究, 2015(22): 141-142.
- [12] 胡彪, 于立云, 李健毅, 等. 生态文明视域下天津市经济-资源-环境系统协调发展研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2015(5): 18-23.
- [13] 马金书, 李海江. 促进云南生态文明建设的产业结构调整——基于各产业与经济增长、资源及环境的灰色关联分析 [J]. 中共云南省委党校学报, 2008(2): 89-92.
- [14] 张唯佳, 饶良懿. 荒漠化治理技术产业化资源-环境-经济系统协调发展评价指标体系研究 [J]. 环境生态学, 2020(5): 47-53.
- [15] 杨月梅. 基于经济、资源和环境的产业结构合理性评价方法 [J]. 现代经济信息, 2014(22): 12-13, 19.
- [16] 徐升华, 吴丹. 基于系统动力学的鄱阳湖生态产业集群“产业-经济-资源”系统模拟分析 [J]. 资源科学, 2016(5): 871-887.
- [17] 王雪芹, 盛武. 区域煤炭产业经济-资源-环境系统耦合协调发展分析 [J]. 煤炭工程, 2018(10): 196-200.
- [18] 孟小璐, 张宁, 高大伟. 福建省纺织业可持续发展预警研究——基于遗传算法-支持向量机模型 [J]. 科技促进发展, 2020(10): 1204-1211.
- [19] 唐萌. 陕西农业经济-生态-社会复合系统耦合协调发展研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2019.
- [20] 张翔, 李金燕, 郭娇. 基于熵权-耦合协调度模型的水源地可持续发展能力评价 [J]. 生态经济, 2020(9): 164-168, 174.
- [21] 宋宇萌. 基于耦合理论的陕西公路运输业-区域经济-生态环境协调发展研究 [D]. 西安: 长安大学, 2018.

**Research on the Coordinated Development of Textile Economy-Resource-Environment System:  
Based on Entropy Weight-Coupling Coordination Degree Model**

MENG Xiao-lu

( Fuzhou University of International Studies and Trade, Fuzhou 350202, China)

**Abstract:** Researching on the coordinated development relationship between textile economy, resources and environment plays a positive role in promoting the sustainable development of textile industry. Taking textile industry of Fujian Province as an example, the entropy weight-coupling coordination degree model was used to study the comprehensive development level and coupling coordination of the three subsystems of textile economy, resource and environment from 2007 to 2018. The research results show that the comprehensive development level of the three subsystems presents an upward trend. Although the economic subsystem has a low starting point, its comprehensive development level improves faster in the later stage. There is a high coupling relationship among the three subsystems, and they promote and restrict each other in the process of coordinated development. Compared with the coupling degree and coordination degree of the composite system, the comprehensive development level of the composite system is relatively low, which indicates that attention should be paid to improving the comprehensive development level of each subsystem while maintaining the coordinated and stable development among subsystems.

**Key words:** economy-resource-environment; entropy weight; coupling coordination; composite system

---

( 上接第 111 页)

**Optimization of Extraction Methods and Content Comparison of Total Flavonoids from Leaves,  
Raw Roots and Ripe Roots of *Taraxacum mongolicum* in Cold Regions**

LI Fu-sen<sup>1</sup>, ZHANG Yong<sup>2</sup>, SONG Ji-ling<sup>1</sup>, GAO Wei<sup>1</sup>, WANG Zhan-wei<sup>1</sup>, WANG Yu-ya<sup>1</sup>, CHEN Li-na<sup>1</sup>

( 1. The Central Laboratory, Changchun Normal University, Changchun 130032, China;

2. Honghuagang Nanguan Middle School of Zunyi, Zunyi 563000, China)

**Abstract:** In this paper, *T. mongolicum* from Changbai mountain in Jilin Province is taken as the research object, the content of total flavonoids as the index, optimize the extraction process of total flavonoids from leaves, roots and mature roots by ultrasonic method and reflux method, the content of total flavonoids in different parts of dandelion ( leaves, roots) and different treatment methods of *T. mongolicum* roots ( raw roots and ripe roots) were compared. The results showed that ultrasonic extraction method was better than reflux method in the extraction of total flavonoids, and the content of total flavonoids was raw roots, ripe roots, leaf of *T. mongolicum*. This paper provided an experimental basis for the comprehensive development of dandelion.

**Key words:** *Taraxacum mongolicum*; total flavonoids; ultrasonic assisted extraction; reflux extraction