

差示苯酚-硫酸法结合 DNS 法测定红芪多糖 (HPS) 含量

张小荣^{1,2}, 黄钰芳^{1,2,3}, 何海^{1,2}, 赵沙沙^{1,2}, 郭玫^{1,2,3,4}, 邵晶^{1,2,3,4*}

(1. 甘肃中医药大学, 甘肃兰州 730000; 2. 西北中藏药协同创新中心, 甘肃兰州 730000; 3. 甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室, 甘肃兰州 730000; 4. 甘肃省中药药理与毒理学重点实验室, 甘肃兰州 730000)

摘要 [目的]优化建立差示苯酚-硫酸法结合 DNS 法测定红芪多糖含量的方法。[方法]采用单因素试验筛选考察差示苯酚-硫酸法的检测波长、显色剂用量、反应时间等条件;通过线性关系、精密度、稳定性、重复性、加样回收率分别对差示苯酚-硫酸法和 DNS 法进行方法学考察。[结果]差示苯酚-硫酸法测得的红芪样品中以葡萄糖计的总糖含量平均值为 72.49%, DNS 法测得样品中以葡萄糖计的还原性单糖含量平均值为 8.13%, 以葡萄糖计的多糖含量平均为 64.36%, RSD 均小于 4%。[结论]该研究采用所建立的差示苯酚-硫酸法结合 DNS 法测定了红芪多糖的含量, 结果显示此方法较准确稳定、重复性较好, 在一定程度上减少游离还原糖及杂质的干扰, 降低了由于操作等带来的系统误差, 使样品中多糖含量的测定结果更接近真实值, 为红芪多糖等中药多糖的含量测定提供更好的参考方法。

关键词 红芪多糖; 差示苯酚-硫酸法; DNS 法; 含量测定

中图分类号 R 284 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)04-0186-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.048

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Differential Phenol-Sulfuric Acid Method Combined with DNS Method to Determine the Content of Hedysarum Polysaccharides (HPS)**ZHANG Xiao-rong^{1,2}, HUANG Yu-fang^{1,2,3}, HE Hai^{1,2} et al (1. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou, Gansu 730000; 2. Northwest Collaborative Innovation Center for Traditional Chinese Medicine, Lanzhou, Gansu 730000; 3. Key Laboratory of Chemistry and Quality for Traditional Chinese Medicines of the College of Gansu Province, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract [Objective] To optimize the establishment of a differential phenol-sulfuric acid method combined with DNS method for the determination of HPS content. [Method] Single factor experiment was used to screen and investigate the detection wavelength, developer dosage, reaction time and other conditions of the differential phenol-sulfuric acid method; the differential phenol was determined by linear relationship, precision, stability, repeatability and sample recovery. Sulfuric acid method and DNS method for methodological investigation. [Result] The average total sugar content in the *Hedysari* radix sample measured by the differential phenol-sulfuric acid method was 72.49%, and the average reduction monosaccharide content in the sample measured by the DNS method was 8.13%, which was calculated as the glucose. The average content of polysaccharides was 64.36%, and the RSD was less than 4%. [Conclusion] The study uses the established differential phenol-sulfuric acid method combined with the DNS method to determine the HPS content. The results show that this method is more accurate, stable and has good repeatability. It reduces the interference of free reducing sugars and impurities to a certain extent, and reduces the system error caused by operation, etc., makes the determination result of polysaccharide content in the sample closer to the true value, which will provide a better reference method for the determination of polysaccharide content in traditional Chinese medicine such as HPS.

Key words Hedysari polysaccharides (HPS); Differential phenol-sulfuric acid method; DNS method; Content determination

中药多糖作为天然产物,近年来在疾病预防及保健品开发方面有广阔的应用前景。但多糖分子量大、组成和结构复杂,且多糖的活性往往是由混合总糖共同作用的结果,又由于生长环境、制备工艺等不同,使中药多糖这一混合物不具备单体化合物那样准确的评价标准,其含量测定的方法和准确性也一直是个难题。

对于总糖的含量测定,现大多还是采用苯酚-硫酸^[1-3]、蒽酮-硫酸、3,5-二硝基水杨酸(DNS)等传统比色法,其中最常用的是 Dubois 等^[4-5]在 1951 年提出的苯酚-硫酸法,其操作简便、应用广泛。但传统苯酚-硫酸法不能排除样品中可直接与硫酸显色的非多糖杂质及还原性单糖的干扰,且反应温度、时间、试剂等条件对测定结果的稳定准确有影响。而贺福元等^[6]提出的差示苯酚-硫酸法将苯酚和 H₂SO₄ 先配制

成显色液,以样品与显色液反应测定的吸光度与样品和浓硫酸反应完全冷却再加苯酚测定的吸光度的差值进行计算,在一定程度上减少了杂质干扰及系统误差,且避免了显色过程中由 H₂SO₄ 放热反应而导致的误差;而 DNS 法可直接测定还原性单糖含量。

红芪是豆科植物多序岩黄芪 (*Hedysarum polybotrys* Hand.-Mazz) 的干燥根,具有补气升阳、固表止汗、利水消肿、生津养血的功效^[7],其主要活性部位红芪多糖(hedysari polysaccharide, HPS)具有免疫调节、抗肿瘤、抗氧化、抗糖尿病等药理作用^[8-9]。该研究结合差示苯酚-硫酸法和 DNS 法的特点,建立了测定红芪多糖的方法^[10],以为红芪多糖等中药多糖的含量测定提供更好的参考方法。

1 材料与方法

1.1 仪器 紫外分光光度计(UV-3300 型,上海美谱达仪器有限公司);1/10000 电子分析天平(AL104 型,上海梅特勒-托利多仪器有限公司);超声仪(SB-5200DTD 型,宁波新芝生物科技股份有限公司)。

1.2 试药 红芪原料药材购自甘肃省陇南市瑞达中药材专业合作社,产地甘肃省陇南市武都区柏林镇乡楼下村,经甘肃中医药大学晋玲教授鉴定,系豆科植物多序岩黄芪

基金项目 兰州市城关区科技计划项目(2020-2-2-2);甘肃省科技厅自然科学基金项目(17JR5RA163);甘肃省中药制药工艺工程研究中心开放课题(ZYGY202004);中医药公共卫生服务补助专项课题(2305191901);甘肃省中药药理与毒理学重点实验室开放基金项目(ZDSYS-KJ-2018-005)。

作者简介 张小荣(1992—),女,甘肃庆阳人,硕士研究生,研究方向:中药药效物质基础与质量标准。* 通信作者,博士,教授,硕士生导师,从事中药药活性物质基础与质量控制研究。

收稿日期 2021-05-11

(*Hedysarum polybotrys* Hand. - Mazz) 的干燥根;红芪多糖(HPS),前期筛选优化的提取纯化工艺制得;D-无水葡萄糖标准品(上海源叶生物科技有限公司,纯度 $\geq 99\%$,批号B21882);蒸馏水;苯酚、硫酸、3,5-二硝基水杨酸、酒石酸钾钠等其他试剂均为国产化学纯。

1.3 方法

1.3.1 差示苯酚-硫酸法测定总糖含量的方法建立^[11-13]。

1.3.1.1 对照品溶液的制备。以蒸馏水配制浓度为0.428 mg/mL的葡萄糖对照品溶液。

1.3.1.2 供试品溶液的制备。样品粉末10 mg以蒸馏水40℃超声20 min使其溶解,定容于25 mL容量瓶。

1.3.1.3 试液的制备。①显色剂的配制。将50 mL浓硫酸缓缓加入10 mL蒸馏水中,冷至室温后加苯酚0.6 g,搅拌溶解,低温保存,6 h内使用。②50 g/L苯酚溶液的配制。精密称取苯酚晶体5 g于棕色瓶,加100 mL蒸馏水溶解即得(该试液需新鲜配制,低温保存,6 h内使用)。③83.3%硫酸溶液的配制。精密量取50 mL浓硫酸加入10 mL蒸馏水中,摇匀,即得。

1.3.1.4 检测波长的选择。精密量取对照品溶液、样品溶液各1.0 mL分别置具塞试管,加蒸馏水补至2.0 mL,加显色剂5.0 mL,沸水浴反应30 min,取出,迅速冷至室温,精密加蒸馏水1.0 mL,摇匀,以相应试剂为空白,在400~800 nm扫描,得A1图。另精密量取对照品溶液、样品溶液各1.0 mL分别置具塞试管,加83.3% H₂SO₄溶液5.0 mL,沸水浴反应30 min,迅速冷至室温,精密加50 g/L苯酚溶液1.0 mL,摇匀,以相应试剂为空白,在400~800 nm扫描,得A2图。

1.3.1.5 显色条件的考察。

(1)显色剂用量的考察。精密量取多糖样品溶液7份于具塞试管中,0.6 mL/份,加蒸馏水补至2.0 mL,分别依次加入显色剂1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 mL,沸水浴加热反应30 min,取出,迅速冷却至室温,精密加入蒸馏水1.0 mL,摇匀。以相应试剂为空白,按照分光光度法在“1.3.1.4”项下确定的检测波长处测定吸光度。

(2)反应时间的考察。精密量取多糖样品溶液7份于具塞试管中,0.6 mL/份,加蒸馏水补至2.0 mL,分别精密加入显色剂5.0 mL,置于沸水浴中,分别依次加热10、15、20、25、30、35、40 min,取出,迅速冷却至室温,精密加入蒸馏水1.0 mL,摇匀。以相应试剂为空白,按照分光光度法在“1.3.1.4”项下确定的检测波长处测定吸光度。

1.3.1.6 方法学考察。

(1)线性关系考察。精密量取葡萄糖对照品溶液0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL,分别加蒸馏水补至2.0 mL,加显色剂5.0 mL,沸水浴反应30 min,取出,速冷至室温,精密加蒸馏水1.0 mL,摇匀,以相应试剂为空白,在“1.3.1.4”项下确定的检测波长处测定吸光度A₁。另精密吸取对照品溶液0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL于具塞试管中,分别加蒸馏水补至2.0 mL,精密加入83.3% H₂SO₄溶液5.0 mL,沸水浴反应30 min,取出,速冷至室温,精密加入50 g/L苯酚溶液1.0 mL,

摇匀,以相应试剂为空白,在“1.3.1.4”项下确定的检测波长处测定吸光度A₂,分别计算得 ΔA ($\Delta A = A_1 - A_2$)。以葡萄糖质量浓度为横坐标、 ΔA 为纵坐标绘制标准曲线,进行线性回归。

(2)精密度试验。取同一样品溶液,按“1.3.1.6”线性关系考察中的方法连续测定6次,分别得A₁、A₂,计算 ΔA 、RSD值。

(3)稳定性试验。取同一样品溶液,按“1.3.1.6”线性关系考察中的方法在0、10、20、30、40、60 min测定A₁和A₂值,并计算 ΔA 和RSD值。

(4)重复性试验。取同一多糖样品5份,按“1.3.1.6”线性关系考察中的方法测定A₁和A₂值,并计算 ΔA 和RSD值。

(5)加样回收率试验。分别精密称取对照品2.36、2.95、3.54 g各3份,加至样品中,按“1.3.1.6”线性关系考察中的方法测定,并计算含量及加样回收率。

1.3.1.7 样品测定。精密量取各供试品溶液1 mL分别置具塞试管中,按“1.3.1.6”线性关系考察中的方法测定A₁、A₂,计算 ΔA ,代入线性方程计算样品溶液的质量浓度C(mg/mL),并按下式计算样品中总糖含量:多糖含量=(C×D)/W×100%,式中,D为稀释倍数,W为样品质量(mg)。

1.3.2 DNS法测定还原性单糖含量的方法建立^[14-17]。

1.3.2.1 对照品溶液的制备。以蒸馏水配制浓度为0.1 mg/mL的葡萄糖对照品溶液。

1.3.2.2 供试品溶液的制备。样品粉末100 mg以蒸馏水40℃超声20 min使其溶解,定容于25 mL容量瓶。

1.3.2.3 DNS显色试剂的配制。3,5-二硝基水杨酸3.15 g、NaOH 10.5 g,充分溶解于250 mL蒸馏水中(水先煮沸10 min后冷却);再加四水酒石酸钾钠91.0 g、苯酚2.5 g(50℃水中融化)、2.5 g无水Na₂SO₃,搅拌使溶解,定容至500 mL,避光低温放置7~10 d后使用。

1.3.2.4 方法学考察。

(1)标准曲线的绘制。精密吸取葡萄糖对照品溶液1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0 mL分别置干燥具塞试管,加蒸馏水补至6 mL,分别精密加入DNS试液2 mL,混匀,置沸水浴反应5 min,取出,立即冷却至室温,以蒸馏水补至8 mL,摇匀。以相应试剂为空白,在500 nm处测定吸光度A,绘制标准曲线。

(2)精密度试验。取同一样品溶液,按“1.3.2.4”标准曲线绘制项下方法连续测定6次,计算RSD值。

(3)稳定性试验。取同一样品溶液,分别于0、10、20、30、40、60 min按“1.3.2.4”标准曲线绘制项下方法测定吸光度,计算RSD值。

(4)重复性试验。取同一样品5份,按“1.3.2.4”标准曲线绘制项下方法测定吸光度,计算RSD值。

(5)加样回收率试验。取同一样品9份,分别精密称取对照品2.24、2.80、3.36 g各3份,加至样品中,按“1.3.2.4”标准曲线绘制项下方法测定,计算RSD值。

1.3.2.5 样品测定。精密量取各供试品溶液1 mL,按照“1.3.2.4”标准曲线绘制项下方法测定、计算,即得供试品中

以葡萄糖计的还原性单糖浓度 C (mg/mL),按下式计算样品中还原性单糖含量:还原性单糖含量 = $(C \times D) / W \times 100\%$,式中, D 为稀释倍数, W 为样品质量 (mg)。

1.3.3 样品中多糖含量的计算。按“1.3.1”差示苯酚-硫酸法测得 5 批样品中以葡萄糖计的总糖含量,以及按“1.3.2”DNS 法测得各样品以葡萄糖计的还原性糖含量,即可得各样品中以葡萄糖计的多糖含量。

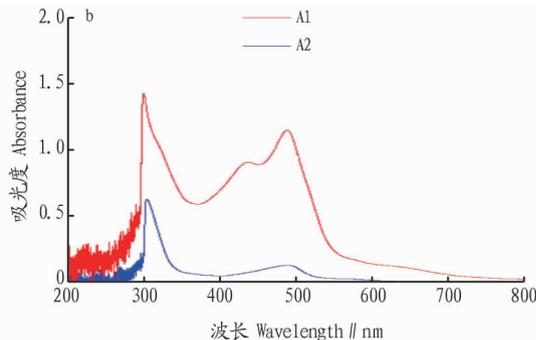
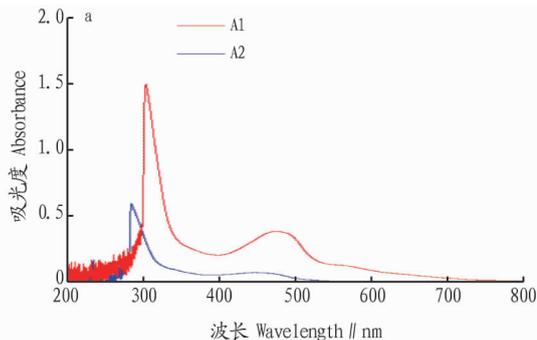


图1 葡萄糖对照品(a)和红芪多糖样品(b)的全波长扫描

Fig.1 The full-wavelength scan of glucose reference substance (a) and hedysarum polysaccharide sample (b)

2.1.2 显色条件的考察。

(1) 显色剂用量的考察。从图 2 可以看出,随着显色剂用量的增加,吸光度逐渐增加,5.0 mL 时吸光度最大。因此,确定显色剂最佳用量 5.0 mL。

(2) 反应时间的考察。从图 3 可以看出,水浴加热 30 min 时,吸光度最大,说明多糖已完全水解并反应,因此,选择 30 min 为最佳反应时间。

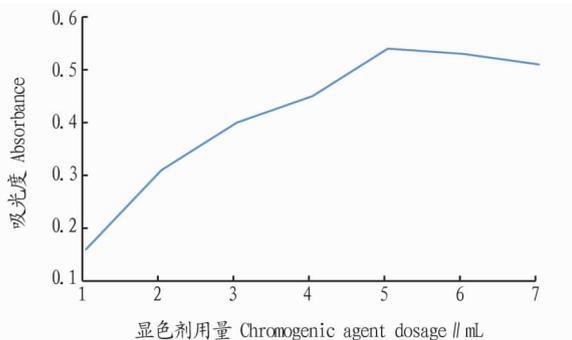


图2 显色剂用量的考察

Fig.2 Investigation of chromogenic agent dosage

2.1.3 方法学考察。

(1) 线性关系考察。按照“1.3.1.6”中方法操作,以葡萄糖质量浓度为横坐标、 ΔA 为纵坐标绘制标准曲线,进行线性回归,得线性回归方程 $\Delta A = 0.002C + 0.054$ ($r = 0.9930$),表明葡萄糖质量浓度在 42.8~428.0 $\mu\text{g/mL}$ 线性关系良好。

(2) 精密度试验。按照“1.3.1.6”中方法操作,连续测定 6 次,分别得 A_1 、 A_2 ,计算 ΔA ,RSD 为 0.32%,表明仪器精密度良好。

(3) 稳定性试验。按照“1.3.1.6”中方法操作,在 0、10、20、30、40、60 min 分别测定 A_1 和 A_2 值,并计算 ΔA ,RSD 为 1.37%,表明以差示苯酚-硫酸法显色后的样品溶液在 1.0 h 内稳定性良好。

2 结果与分析

2.1 差示苯酚-硫酸法测定总糖含量

2.1.1 检测波长的选择。由差示苯酚-硫酸法全波长扫描图(图 1)可见,对照品与样品的 A_1 、 A_2 扫描图均在 490 nm 处有吸收,且对照品与样品的 A_1 图在 490 nm 处的吸收明显强于 A_2 图,因此,选择 490 nm 作为测定波长。

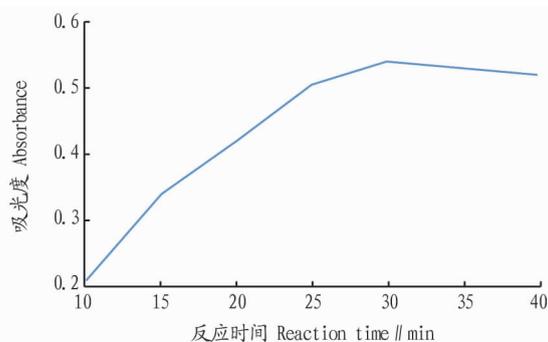


图3 反应时间的考察

Fig.3 Investigation of reaction time

(4) 重复性试验。按照“1.3.1.6”中方法操作,计算得 RSD 为 1.65%,表明重复性良好。

(5) 加样回收率试验。按照“1.3.1.6”中方法操作,由表 1 可见,总糖的平均回收率为 96.14%,RSD 为 2.35%,表明该方法回收率较好,方法可行。

2.2 DNS 法测定还原性单糖含量

2.2.1 标准曲线的绘制。按照“1.3.2.4”中方法操作,以相应试剂为空白,在 500 nm 处测定吸光度 A ,得出标准曲线的方程为 $A = 12.84C + 0.0301$ ($r = 0.9971$),结果表明葡萄糖浓度在 0.2~1.2 mg/mL 与吸光度线性关系良好。

2.2.2 精密度试验。按照“1.3.2.4”中方法操作,连续测定 6 次,RSD 为 0.12%,表明仪器精密度良好。

2.2.3 稳定性试验。按照“1.3.2.4”中方法操作,分别于 0、10、20、30、40、60 min 测定,RSD 为 2.01%,表明以 DNS 法显色后的样品溶液在 1 h 内稳定。

2.2.4 重复性试验。按照“1.3.2.4”中方法操作,测得 RSD 为 1.97%,表明 DNS 法检测样品中还原性单糖的重复性良好。

2.2.5 加样回收率试验。按照“1.3.2.4”中方法操作,由表 2

可见,还原性单糖的平均回收率为 97.36%,RSD 为 1.34%,表明 DNS 法测定还原性单糖的准确度较好。

表 1 差示苯酚-硫酸法检测总糖的加样回收率试验结果

Table 1 Differential phenol-sulfuric acid method to detect the sample recovery test results of total sugar

取样量 Sampling amount//mg	含有量 Content//mg	加标量 Adding amount mg	测得量 Measured amount//mg	回收率 Recovery rate//%	平均回收率 Average recovery rate//%	RSD %
4.4	3.075	2.36	5.402	98.60	96.14	2.35
4.5	3.136	2.36	5.392	95.59		
4.4	3.075	2.36	5.395	98.31		
4.3	3.015	2.95	5.893	97.56		
4.6	3.196	2.95	5.898	91.59		
4.5	3.136	2.95	5.923	94.47		
4.4	3.075	3.54	6.523	97.40		
4.4	3.075	3.54	6.509	97.01		
4.5	3.136	3.54	6.490	94.75		

表 2 DNS 法检测还原性单糖的加样回收率试验结果

Table 2 Test results of sample recovery rate for detecting reducing monosaccharides by DNS method

取样量 Sampling amount//mg	含有量 Content//mg	加标量 Adding amount mg	测得量 Measured amount//mg	回收率 Recovery rate//%	平均回收率 Average recovery rate//%	RSD %
41.2	3.096	2.24	5.301	98.44	97.36	1.34
40.9	3.071	2.24	5.243	96.96		
41.3	3.102	2.24	5.310	98.57		
41.2	3.096	2.80	5.739	94.39		
41.1	3.083	2.80	5.801	97.07		
41.1	3.090	2.80	5.833	97.96		
41.1	3.090	3.36	6.360	97.32		
41.0	3.077	3.36	6.389	98.57		
41.3	3.102	3.36	6.358	96.90		

2.3 样品中多糖含量的计算 从表 3 可以看出,差示苯酚-硫酸法测得的红芪样品中以葡萄糖计的总糖含量在 68.26%~75.83%,平均值为 72.49%;DNS 法测得样品中以葡萄糖计的还原性单糖含量在 7.36%~9.05%,平均值为 8.13%;以葡萄糖计的多糖含量在 60.90%~67.14%,平均为 64.36%;RSD 均小于 4%。

表 3 各样品中多糖含量(n=3)

Table 3 Polysaccharide content in each sample %

批号 No.	差示苯酚-硫酸法测得样品中以 Glc 计的总糖含量 Differential phenol-sulfuric acid method to determine the total sugar content in the sample as Glc	DNS 法测得样品中以 Glc 计的还原性单糖含量 DNS method measures the content of reducing monosaccharides in the sample as Glc	样品中以 Glc 计的多糖含量 Glc content of polysaccharide in the sample	RSD
1	68.26	7.36	60.90	2.35
2	70.31	7.51	62.80	1.92
3	75.83	8.69	67.14	2.68
4	74.69	8.03	66.66	3.03
5	73.37	9.05	64.32	2.66
平均 Mean	72.49	8.13	64.36	2.53

3 结论

该研究结合差示苯酚-硫酸法和 DNS 法 2 种方法的特点,建立了差示苯酚-硫酸法结合 DNS 法测定红芪多糖含量的方法。结果显示,对通过筛选优化的提取纯化工艺制得的

5 个批次红芪多糖样品各平行检测 3 份,差示苯酚-硫酸法测得的红芪样品中以葡萄糖计的总糖含量平均为 72.49%,DNS 法测得样品中以葡萄糖计的还原性单糖含量平均为 8.13%,以葡萄糖计的多糖含量平均为 64.36%;RSD 均小于 4%。该研究所建立的差示苯酚-硫酸法结合 DNS 法测定多糖含量的方法较准确稳定、重复性较好,在一定程度上减少了杂质干扰及系统误差,以差示苯酚-硫酸法测得的总糖含量减去 DNS 法测得的还原性单糖含量,使样品中多糖含量的测定结果更接近真实值,为红芪多糖的进一步研究提供了数据支撑,也为中药多糖的含量测定提供了参考方法。

参考文献

- [1] 王法琴,陆兔林,毛春芹,等.3 种比色法测定五味子中多糖[J].中成药,2015,37(4):814-818.
- [2] 文喜艳,邵晶,王兰霞,等.正交设计结合 3 种比色法优选黄芪多糖提取工艺[J].中华中医药杂志,2018,33(4):1562-1566.
- [3] 张聪,樊丽博,杨会鲜,等.五加芪粉中总糖的含量测定[J].安徽农业科学,2018,46(33):147-148,160.
- [4] DUBOIS M,GILLES K A,HAMILTON J K,et al.A colorimetric method for the determination of sugars[J].Nature,1951,168(4265):167.
- [5] DUBOIS M,GILLES K A,HAMILTON J K,et al.Colorimetric method for determination of sugars and related substances[J].Anal Chem,1956,28(3):350-356.
- [6] 贺福元,罗杰英,刘平安,等.差示苯酚硫酸法的建立及对五子衍宗颗粒剂中多糖测定比较研究[J].中医药导报,2006,12(1):2-5.
- [7] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:2020 年版一部[S].北京:中国医药科技出版社,2020:159.
- [8] 雷文晖,李洁.红芪多糖的药理作用研究进展[J].实用药物与临床,2019,22(9):976-979.
- [9] 赵昱波,陈俊,许俊,等.红芪的化学成分及抗肿瘤作用研究进展[J].中草药,2015,46(22):3434-3440.

距进一步拉大,造成未来农村发展空间受限的现实问题,应进一步完善相关配套政策,切实维护农村发展权。一方面,加快完善村级规划,合理确定村庄未来发展方向和用地需求,并为村庄发展预留充足的发展空间;另一方面,应遵循“优先满足集体建设用地需求”的原则,复垦后形成的指标应优先满足农村基础设施和公共服务设施建设,余下的指标才进入市场交易。

3 结论

该研究在总结当前地票研究内容和方法的基础上,运用头脑风暴法和特尔斐法识别地票制度存在的风险并构建评价指标体系,采用模糊 Borda 数法确定各指标的风险值。结果表明:

(1)地票制度共存在 7 大风险,按照风险权重从大到小分别是:农民权益保障的风险(0.292)、耕地保护风险(0.229)、政府管理风险(0.216)、统筹城乡发展风险(0.122)、对房地产市场的影响(0.073)、生态环境质量下降风险(0.028)、自身的风险(0.040)。

(2)地票制度中农民权益保障的风险、耕地保护风险、政府管理风险、统筹城乡发展风险等风险权重较大,是影响地票制度的关键风险因素,因此应切实维护农民在地票制度中的主体地位,从数量和质量上保护耕地,政府应做好规划并加大对土地宏观调控的力度,着眼于城市和乡村长远利益,统筹城乡同步发展。

(3)采用模糊 Borda 数法评价地票制度的风险,既考虑

了各风险指标间定性的序关系又能反映出风险指标之间的定量差别,能够很好地体现评价者的意愿。

(4)采用模糊 Borda 数法得到了地票制度各风险指标的权重,但是并没有进一步研究整个地票制度所处的风险阶段,结合其他风险评价方法从整体上综合评价地票制度所处的风险阶段值得研究。

参考文献

- [1] 岳彩申,张晓东.证券化视角的地票交易制度创新及立法路径[J].重庆社会科学,2011(9):57-63.
- [2] 余欢.增减挂钩指标市场化政策研究:以重庆地票制度为例[J].农村经济与科技,2021,32(5):56-57,123.
- [3] 黄美均,诸培新.完善重庆地票制度的思考:基于地票性质及功能的视角[J].中国土地科学,2013,27(6):48-52.
- [4] 杨庆媛,鲁春阳.重庆地票制度的功能及问题探析[J].中国行政管理,2011(12):68-71.
- [5] 苏为华,陈骥.模糊 Borda 法的缺陷分析及改进思路[J].统计研究,2007,24(7):58-64.
- [6] 杨季美,史本山.群体评价中的并合方法[J].系统工程理论与实践,1992(1):49-51.
- [7] 程世勇.“地票”交易:模式演进和体制内要素组合的优化[J].学术月刊,2010,42(5):70-77.
- [8] 刘燕,杨庆媛.地票制度下贫困地区土地生态功能的拓展:以重庆的实践为例[J].中国土地,2020(12):36-38.
- [9] TVEITDAL S. Urban-rural interrelationship: Condition for sustainable development [J]. United nations environment programme, 2004, 19(2): 145-167.
- [10] 王守军,杨明洪.农村宅基地使用权地票交易分析[J].财经科学,2009(4):95-101.
- [11] 郭苏文,吴徐雯.地票制度对农民财产性收入的影响研究[J].农业经济,2020(7):84-86.
- [12] 岳彩申,张庆东.证券化视角的地票交易制度创新及立法路径[J].重庆社会科学,2011(9):57-63.
- [13] 余欢.增减挂钩指标市场化政策研究:以重庆地票制度为例[J].农村经济与科技,2021,32(5):56-57,123.
- [14] 黄美均,诸培新.完善重庆地票制度的思考:基于地票性质及功能的视角[J].中国土地科学,2013,27(6):48-52.
- [15] 杨庆媛,鲁春阳.重庆地票制度的功能及问题探析[J].中国行政管理,2011(12):68-71.
- [16] 苏为华,陈骥.模糊 Borda 法的缺陷分析及改进思路[J].统计研究,2007,24(7):58-64.
- [17] 杨季美,史本山.群体评价中的并合方法[J].系统工程理论与实践,1992(1):49-51.
- [18] 程世勇.“地票”交易:模式演进和体制内要素组合的优化[J].学术月刊,2010,42(5):70-77.
- [19] 刘燕,杨庆媛.地票制度下贫困地区土地生态功能的拓展:以重庆的实践为例[J].中国土地,2020(12):36-38.
- [20] TVEITDAL S. Urban-rural interrelationship: Condition for sustainable development [J]. United nations environment programme, 2004, 19(2): 145-167.
- [21] 王守军,杨明洪.农村宅基地使用权地票交易分析[J].财经科学,2009(4):95-101.
- [22] 郭苏文,吴徐雯.地票制度对农民财产性收入的影响研究[J].农业经济,2020(7):84-86.
- [23] 毛淑敏,许家珍,周帅飞,等.苯酚-硫酸法联合 DNS 法测定金银花不同花期多糖的含量[J].中南药学,2015,13(1):65-67.
- [24] 魏舒畅,王继龙,李昶,等.改良差示酚磺法测定红芪粗多糖的方法研究[J].中成药,2013,35(3):634-636.
- [25] 陈晖,闫治攀,陈方圆,等.改进差示苯酚-硫酸法测定维血宁颗粒多糖含量[J].中国中医药信息杂志,2014,21(3):84-86.
- [26] 王薇薇,张曜武,龙堂荣,等.改良差示酚磺法测定红松松塔多糖的含量[J].西北药学杂志,2013,28(4):340-342.
- [27] 彦繁鹤,周金梅,吴如春. DNS 法测定甘蔗渣中还原糖含量[J].食品研究与开发,2015,36(2):126-128.
- [28] 王俊丽,聂国兴,李素贞,等. DNS 法测定还原糖含量时最适波长的确定[J].河南农业科学,2010,39(4):115-118.
- [29] 江建丽. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定五味子还原糖含量的适宜条件[J].海峡药学,2014,26(1):57-60.
- [30] 广洁容,陈伯丛,梁晓燕. DNS 法测定木瓜中多糖的含量及不同炮制品的比较[J].北方药学,2019,16(7):1-3.
- [31] 王志娟,钟敏.营销渠道力对我国农民专业合作社经济组织竞争力影响实证分析[J].物流科技,2016,39(2):92-95.
- [32] 李雨明,班靖波.广西提升农产品竞争优势的规范化管理政策[J].中国集体经济,2020(20):31-32.
- [33] 阿尔弗雷德·马歇尔.经济学原理[M].朱志泰,陈良璧,译.北京:商务印书馆,1991.
- [34] 姚春玲.农业产业集群与农产品区域品牌竞争力提升策略[J].农业现代化研究,2013,34(3):318-321,327.
- [35] 李博伟,徐翔.农业生产集聚、技术支撑主体嵌入对农户采纳新技术行为的空间影响:以淡水养殖为例[J].南京农业大学学报(社会科学版),2018,18(1):124-136,164.
- [36] 赵丹丹,李霜,马媛媛.农业生产集聚:影响研究及政策启示[J].金陵科技学院学报(社会科学版),2020,34(1):31-35,40.

(上接第 189 页)

- [10] 毛淑敏,许家珍,周帅飞,等.苯酚-硫酸法联合 DNS 法测定金银花不同花期多糖的含量[J].中南药学,2015,13(1):65-67.
- [11] 魏舒畅,王继龙,李昶,等.改良差示酚磺法测定红芪粗多糖的方法研究[J].中成药,2013,35(3):634-636.
- [12] 陈晖,闫治攀,陈方圆,等.改进差示苯酚-硫酸法测定维血宁颗粒多糖含量[J].中国中医药信息杂志,2014,21(3):84-86.
- [13] 王薇薇,张曜武,龙堂荣,等.改良差示酚磺法测定红松松塔多糖的含

(上接第 248 页)

- [6] 倪冰莉.“互联网+”时代农业全产业链发展模式创新[J].商业经济研究,2020(21):85-88.
- [7] 刘遗志,田靖雯,卢旋.全产业链视域下农产品电商发展的运作模式及问题对策研究[J].物流工程与管理,2020,42(9):111-113.
- [8] 翁伯琦,马宏敏,仇秀丽,等.农业科技重点研发方向与协同创新的对策思考:以福建省为例[J].福建农业科技,2016(5):62-66.
- [9] 许玉兰.农作物种子与农产品质量安全的关系探析[J].种子科技,2019,37(4):21.
- [10] 张利真,周坤超,张明,等.我国特色农产品标准体系建设研究[J].标准科学,2020(4):46-50.
- [11] 罗涛,谢如鹤.农业产业化与农产品物流关系的实证研究[J].北方园艺,2019(12):161-171.