

· 化学与分析 ·

基于 TOPSIS 模型对平顺县潞党参多指标综合评价

黄瑜^{1,2}, 秦姣², 张德全¹, 叶世碧², 黄艳萍¹, 周浓^{1,2*}

(1. 大理大学 药学与化学学院, 云南 大理 671000;

2. 重庆三峡学院 生物与食品工程学院, 三峡库区道地药材绿色种植与
深加工重庆市工程实验室, 重庆 404120)

[摘要] 目的:运用逼近理想解排序法(TOPSIS)对潞党参的5个指标进行质量的综合评价,以筛选优质潞党参的栽培基地。方法:利用水溶性浸出物测定法、醇溶性浸出物测定法、紫外-可见分光光度法、高效液相色谱法的检测技术,分别测定不同栽培地潞党参中的水溶性浸出物、醇溶性浸出物、总皂苷、党参炔苷、总多糖5个指标含量,并结合熵权 TOPSIS 数学模型综合评价山西省平顺县潞党参的品质。结果:S1(青羊镇老马岭村)的最优解欧式贴近度(C_i)值为0.837 4,整体质量高于其他栽培基地,而S7(杏城镇黑虎村河湾)的 C_i 值为0.535 7,相对来说整体质量是较差的。S1,S4(龙溪镇南小沟村驮言角),S6(龙溪镇淙上村) C_i 分别为0.837 4,0.824 0,0.810 5,在所有样品中排名前3,表明这3个地点所产药材质量较优,可作为栽培潞党参的优选之地。结论:TOPSIS 评价模型是将多维问题转化为一维问题,具有科学性、准确性和客观性,其理论完善、计算简便、易于操作,因此该模型适合用于评价最优的货源基地,为制药企业对潞党参栽培基地的选择提供参考依据。同时此评价模型也可推广应用于其他中药材多指标的综合质量评价。

[关键词] 潞党参;栽培基地;多指标分析;质量评价;TOPSIS 模型

[中图分类号] R284.1;R289;R22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)15-0077-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfx.20181514

Multi-index Comprehensive Evaluation of *Codonopsis pilosula* in Pingshun County Based on TOPSIS Model

HUANG Yu^{1,2}, QIN Jiao², ZHANG De-quan¹, YE Shi-bi²,

HUANG Yan-ping², ZHOU Nong^{1,2*}

(1. College of Pharmacy and Chemistry, Dali University, Dali 671000, China;

2. College of Biology and Food Engineering, The Chongqing Engineering Laboratory for Green

Cultivation and Deep Processing of the Three Gorges Reservoir Area's Medicinal Herbs,

Municipal Development and Reform Commission, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404120, China)

[Abstract] **Objective:** To comprehensively evaluate the quality of five indicators of *Codonopsis pilosula* by using technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS), and select the good cultivation base for *C. pilosula*. **Method:** Contents of 5 indexes (water-soluble extracts, alcohol-soluble extracts, total saponins, lobetyolin, and total polysaccharide) for *C. pilosula* were determined by methods of water-soluble extract determination, alcohol-soluble extract determination, ultraviolet-visible (UV-VIS) spectrophotometry and high performance liquid chromatography (HPLC) in different cultivated lands. Then the entropy TOPSIS mathematical model was used to evaluate the quality of *C. pilosula* in Pingshun county, Shanxi province. **Result:** The C_i value of S1 (Laomaling village in Qingyang town) was 0.837 4, with an overall quality superior to other regions; on the

[收稿日期] 20180109(006)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81260622)

[第一作者] 黄瑜,在读硕士,从事分子生药学研究,E-mail:information93@163.com

[通信作者] *周浓,教授,硕士生导师,从事药用植物栽培与质量控制研究,Tel:023-58576130,E-mail:erhaizn@126.com

contrary, the C_i value of S7 (river bay in Heihu village, Xingcheng town) was 0.535 7, with a relatively poor quality. The C_i values of S1, S4 (Xiaogou village, Longxi town), and S6 (Congshang village, Longxi town) were top 3 among all the samples (0.837 4, 0.824 0, 0.810 5 respectively), indicating that these samples in the three regions had better medicinal quality, and these regions could be selected as preferred origins for *C. pilosula*. **Conclusion:** The TOPSIS evaluation model could transform multiple dimensions into one dimension, which is scientific, accurate and objective. It is perfect in theory, simple in calculation and easy in operation, so it could be used to evaluate the optimal cultivation base, providing basis for selection of cultivation area for *C. pilosula*. Meanwhile, this TOPSIS evaluation model could also be applied to the comprehensive evaluation of other traditional Chinese medicines.

[**Key words**] *Codonopsis pilosula*; cultivation base; multi-index analysis; quality evaluation; TOPSIS model

党参味甘、性平,具有健脾益肺、养血生津之能,为常用的补气中药,为桔梗科植物党参(及其同属多种植物的干燥根^[1])。党参含有糖类、炔苷、腺苷、甾体类、生物碱、三萜类等化学成分^[2-4]。现代药理学研究表明,党参中的炔苷成分具有抗胃黏膜损伤^[5],还可有效促进卵巢颗粒细胞(granulosa cells)分泌雌二醇(E_2),因此可能用于治疗女性绝经后骨质疏松、提前进入更年期等疾病^[6];党参中的粗多糖具有增强免疫细胞活性的能力^[7],从党参总多糖中分离的两种党参多糖具有抗肿瘤活性^[8];党参中的总皂苷具有抗氧化、抑制缺血再灌注后大脑皮质神经细胞坏死和凋亡过程等作用^[9-10]。

山西省长治市平顺县位于山西省东南部,地处太行山脉南段西半侧,属于暖温带大陆性季风气候,一般海拔在 1 000 ~ 1 800 m,有党参、忍冬、连翘等多种药用植物^[11]。据本草考证,潞党参种植历史悠久,清代就有潞党参临床应用的历史记载,历来被认为是党参的道地产区,同时从近年的多种活性成分含量的比较来看也证实了这一点^[12-14]。平顺县作为潞党参原产地之一,其地理环境与潞党参生长环境比较相符,且栽培的潞党参具有含量高、品质好、重金属残留低于国家标准限量值的特点^[14-16]。由于平顺县众多条件符合要求,所以吸引大批制药企业来此壮大党参栽培量。

逼近理想解排序法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)是一种多指标决策分析方法。本文测定了潞党参醇溶性浸出物、党参炔苷、水溶性浸出物、总多糖以及总皂苷 5 个指标,通过利用 TOPSIS 数学模型综合评价潞党参质量的优劣,以期建立一种对潞党参综合评价的方法,并对优质栽培基地的筛选提供研究基础。

1 材料

潞党参新鲜根均采集于山西省平顺县,由重庆三峡学院生物与食品工程学院周浓教授鉴定为桔梗科植物党参 *Codonopsis pilosula* 的干燥根,均为人工栽培样品,见表 1。

表 1 本研究中潞党参药材样品的采集信息

Table 1 Collecting information of samples of *Codonopsis Radix* in this study

No.	采集地点	生长年限/年
S1	青羊镇老马岭村	2
S2-1	虹梯关乡界畔蛟村	1
S2-2	虹梯关乡界畔蛟村	2
S2-3	虹梯关乡界畔蛟村	3
S3	龙溪镇南小沟村小井上	2
S4	龙溪镇南小沟村驮言角	2
S5	龙溪镇南小沟村侯凹	2
S6	龙溪镇淙上村	2
S7	杏城镇黑虎村河湾	2
S8	杏城镇黑虎村西郊沟	2
S9	杏城镇黑虎村前小沟	2
S10	杏城镇达驼村东沟	2
S11	杏城镇达驼村北沟	2
S12	杏城镇浦水村	2
S13	杏城镇西罗村	2

LC-20A 型高效液相色谱仪(日本岛津公司), DZF-6050MBE 型电热恒温真空干燥箱(上海博讯实业有限公司), SB-5200DTN 型超声波清洗仪(宁波新芝生物科技股份有限公司), UV-2450 型紫外-可见分光光度计(日本岛津公司), CP225D 型分析天平(德国 Sartorius 公司)。

乙腈色为谱纯(美国 Fisher 公司),其他试剂均为分析纯,水为娃哈哈牌纯净水。党参炔苷, *D*-无水葡萄糖,人参皂苷 Re 对照品(购自中国食品药品检定研究院,批号分别为 111732-201206, 110833-201205, 110754-201525, 供含量测定用)。

2 方法与结果

2.1 潞党参水溶性浸出物测定^[1] 精密称定潞党参粉末(过 50 目筛),各约 2.0 g,置于 250 mL 圆底烧瓶,精密加蒸馏水 50 mL,密塞静置 1 h,然后将圆底烧瓶连接回流冷凝管,加热至沸腾,并保持 1 h,放冷过滤,加蒸馏水定容至 50 mL 量瓶中,放置于干燥至恒重的蒸发皿中,在水浴上蒸干,于 105 °C 干燥 3 h,再置于干燥器中冷却 30 min,迅速精密称定质量,减去称量瓶的质量,即得。结果见表 2。

表 2 不同产地潞党参中 5 个指标的质量分数

Table Contents of 5 indexes in different habitats of Codonopsis Radix

No.	水溶性浸出物/%	醇溶性浸出物/%	总皂苷 /mg·g ⁻¹	党参炔苷 /mg·g ⁻¹	总多糖 /mg·g ⁻¹
S1	64.926	61.142	79.515	3.661	46.057
S2-1	67.076	66.025	57.639	2.489	51.313
S2-2	46.938	58.786	48.459	2.440	47.344
S2-3	41.285	55.252	32.161	2.027	36.523
S3	60.990	54.964	31.159	3.581	48.469
S4	63.746	61.558	79.516	3.160	47.484
S5	65.805	65.610	87.675	3.746	28.744
S6	66.287	64.865	45.970	4.620	39.366
S7	62.112	55.428	42.991	4.595	22.657
S8	72.290	66.463	61.447	3.637	29.690
S9	69.130	66.683	50.961	2.924	25.870
S10	66.122	61.227	63.531	5.174	27.293
S11	59.841	62.665	81.676	5.781	25.436
S12	63.780	65.577	31.602	3.833	35.609
S13	59.994	60.045	65.579	2.018	33.800

2.2 醇溶性浸出物测定^[1] 按 2.1 项步骤进行试验,将蒸馏水换成 45% 乙醇,即得。结果见表 2。

2.3 总皂苷含量测定

^[17]

2.3.1 对照品溶液制备 精密称取减压干燥至恒定质量的人参皂苷 Re 对照品适量,加甲醇,配成质量浓度为 0.50 g·L⁻¹ 的溶液,置于 4 °C 的冰箱内,供分析用。

2.3.2 供试品溶液制备 精密称取潞党参粉末

(过 50 目筛)1.0 g,置于 100 mL 具塞锥形瓶中,加入甲醇 30 mL,室温下超声提取 90 min(超声功率 300 W,工作频率 40 kHz),过滤,挥干溶剂,残渣加 10 mL 蒸馏水溶解,以等量的石油醚(60~90 °C)萃取 3 次,下层液(水层)用等量正丁醇萃取 3 次,合并萃取液,挥干正丁醇,残渣用甲醇定容至 100 mL 量瓶中,摇匀,即得。

2.3.3 标准曲线制备 精密量取 2.3.1 项下对照品溶液 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mL, 分别置于 25 mL 具塞刻度试管中,水浴挥干溶剂。以甲醇 1 mL 作为空白对照,加入 5% 香草醛-冰乙酸溶液 0.2 mL,再加入高氯酸溶液 0.8 mL,摇匀后置于 60 °C 水浴中,静置 30 min,取出,立即置冰水冷却 5 min 至室温后,精密加入冰乙酸 5.0 mL,摇匀,放置 30 min。在紫外-可见光分光光度计 536 nm 的波长下测定,得线性回归方程 $A = 0.7255C - 0.0359$ ($r = 0.9997$)。结果表明,人参皂苷 Re 对照品在质量浓度 0.25~2.50 g·L⁻¹ 呈良好的线性关系。

2.3.4 样品含量测定 每个样品取 3 份,分别按 2.3.2 项下方法制备供试品溶液。精密吸取各供试品溶液 0.1 mL,按 2.3.3 项下方法,自“加入 5% 香草醛-冰乙酸溶液 0.2 mL”起,依法测定吸光度 *A*,从标准曲线上读出供试品溶液中人参皂苷 Re 的质量(mg),计算,即得。结果见表 2。

2.4 潞党参炔苷含量测定

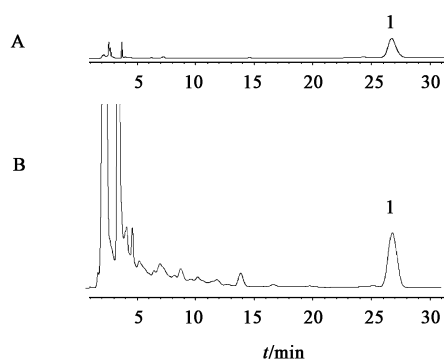
^[18]

2.4.1 色谱条件 采用 Venusil XBP C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),流动相乙腈-水(20:80),流速 1.0 mL·min⁻¹,检测波长 267 nm,进样量 20 μL,柱温 30 °C。按照上述色谱条件进行分析,各成分分离度良好,对照品和样品 HPLC 色谱图见图 1。

2.4.2 对照品溶液的制备 精密称取减压干燥至恒定质量的党参炔苷对照品适量,加甲醇溶解,配成质量浓度为 204.0 mg·L⁻¹ 的溶液,置于 4 °C 的冰箱内,临用前以 0.22 μm 微孔滤膜滤过,供分析用。

2.4.3 供试品溶液的制备 取潞党参粉末 0.50 g,精密称定,加无水乙醇 20 mL,室温下超声提取 30 min(超声功率 300 W,工作频率 40 kHz),放冷,滤过,重复操作 3 次,减压回收溶剂至干,残渣用甲醇溶解并定容至 10 mL 量瓶中,摇匀,即得。

2.4.4 线性关系考察 分别精密吸取 2.4.2 项下党参炔苷对照品溶液 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mL,分别置于 6 个 10 mL 量瓶中,加甲醇定容至刻度,摇匀,即得不同质量浓度的党参炔苷对照品



1. 党参炔苷

图 1 党参炔苷对照品(A)及样品(B)的 HPLC

Fig. 1 HPLC chromatogram of lobetyolin standard substances (A) and Codonopsis Radix sample (B)

溶液,在 2.4.1 项下色谱条件下测定,以对照品的峰面积(A)对相应的质量浓度(C)进行线性拟合,得回归方程 $A = 2\ 481.1C + 11\ 053$ ($r = 0.999\ 6$)。结果表明,党参炔苷在 $10.2 \sim 204.0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 呈良好的线性关系。

2.4.5 样品含量测定 每个样品取 3 份,分别按 2.4.3 项下方法制备供试品溶液。精密吸取各供试品溶液 $20\ \mu\text{L}$,按 2.4.1 项下色谱条件进行测定,用外标两点法计算出含量,结果见表 2。

2.5 总多糖含量测定^[17]

2.5.1 对照品溶液制备 精密称取减压干燥至恒定质量的 D-无水葡萄糖对照品适量,加蒸馏水,配成质量浓度为 $0.500\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液,置于 $4\ ^\circ\text{C}$ 的冰箱内,供分析用。

2.5.2 供试品溶液制备 精密称取潞党参粉末(过 50 目筛) $0.5\ \text{g}$,置于 $100\ \text{mL}$ 具塞锥形瓶中,加蒸馏水 $50\ \text{mL}$, $70\ ^\circ\text{C}$ 条件下超声提取 $35\ \text{min}$ (超声功率 $300\ \text{W}$,工作频率 $40\ \text{kHz}$),过滤,用蒸馏水定容至 $100\ \text{mL}$ 量瓶中,摇匀,即得。

2.5.3 标准曲线制备 精密量取 2.5.1 项下对照品溶液 $0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0\ \text{mL}$,分别置于 $25\ \text{mL}$ 具塞刻度试管中,加蒸馏水至 $1\ \text{mL}$ 。以蒸馏水作为空白对照,加入 5% 苯酚溶液 $1\ \text{mL}$,摇匀,迅速加入浓硫酸 $5\ \text{mL}$,摇匀,冷却至室温后沸水浴加热 $15\ \text{min}$,取出,置于冰水冷却至室温。在紫外-可见光分光光度计 $490\ \text{nm}$ 的波长下测定,得线性回归方程 $A = 9.718\ 9C - 0.035\ 4$ ($r = 0.999\ 4$)。结果表明,葡萄糖对照品在质量浓度 $0.05 \sim 0.50\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 呈良好的线性关系。

2.5.4 样品含量测定 每个样品取 3 份,分别按 2.5.2 项下方法制备供试品溶液。精密吸取各供试

品溶液 $0.5\ \text{mL}$,按 2.5.3 项下方法,自“加入 5% 苯酚溶液 $1.0\ \text{mL}$ ”起,依法测定 A,从标准曲线上读出供试品溶液中 D-无水葡萄糖的质量(mg),结果见表 2。

2.6 TOPSIS 模型分析步骤^[19-22]

2.6.1 初始化决策矩阵建立 样本 A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) 在指标 B_j ($j = 1, 2, \dots, n$) 下的测量值为 X_{ij} ,初始决策矩阵 X 见①。

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{21} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{pmatrix} \quad \text{①}$$

2.6.2 初始化决策矩阵的归一化处理 指标越大越优型归一化处理公式及指标越小越优型归一化处理公式见②③。

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})} \quad \text{②}$$

$$X_{ij}^* = \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})} \quad \text{③}$$

2.6.3 加权决策矩阵的构建 本文采用熵权权重模型,计算权重。计算第 j 项指标的熵值(E_j)见公式④⑤;计算第 j 项指标的权重(ω_j)见公式⑥;计算加权决策矩阵(Z),将归一化处理的决策矩阵与各指标的权重(ω_j)相乘,即得到 Z,见公式⑦。

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \left(\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad \text{④}$$

$$f_{ij} = \frac{1 + X_{ij}^*}{\sum_{i=1}^m (1 + X_{ij}^*)} \quad \text{⑤}$$

$$\omega_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{i=1}^m E_j} \quad (0 \leq \omega_j \leq 1, \sum_{i=1}^m \omega_j = 1) \quad \text{⑥}$$

$$Z = (\omega_j \times X_{ij}^*)_{m \times n} \quad \text{⑦}$$

2.6.4 加权决策矩阵 最优向量(Z^+)和最劣向量(Z^-)的确定见公式⑧;计算每个对象与 Z^+ 和 Z^- 的距离 D_i 见公式⑨;计算各对象的最优解欧式贴近度(C_i)见公式⑩。

$$\begin{aligned} Z_j^+ &= \max(Z_{1j}, Z_{2j}, \dots, Z_{mj}), \\ Z_j^- &= \min(Z_{1j}, Z_{2j}, \dots, Z_{mj}) \end{aligned} \quad \text{⑧}$$

$$\begin{aligned} D_i^+ &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \omega_j (Z_{ij} - Z_j^+)^2}, \\ D_i^- &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \omega_j (Z_{ij} - Z_j^-)^2} \end{aligned} \quad \text{⑨}$$

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad \text{⑩}$$

2.7 数据分析

2.7.1 各指标测定值

2.7.2 熵权 TOPSIS 模型评价潞党参质量分析结果

本文有 15 个样本,以测定的二年生潞党参中 5 种成分含量(水溶性浸出物、醇溶性浸出物、总皂苷、党参炔苷、总多糖)作为指标,用于建立评价潞党参质量熵权 TOPSIS 模型的初始矩阵。本文数据属于越大越优型,所以按 2.6.2 项中②式计算归一化决策矩阵 X_{ij}^* 。按 2.6.3 项计算,得权重 $\omega_j = (0.084\ 3, 0.175\ 7, 0.242\ 1, 0.184\ 5, 0.313\ 4)$ 。按 2.6.4 项公式计算,得 Z^+ 和 Z^- ($Z^+ = 0.190\ 8, 0.198\ 1, 0.203\ 4, 0.198\ 8, 0.209\ 0$; $Z^- = 0, 0, 0, 0, 0$)。每个对象与 Z^+ 和 Z^- 的距离 D_i 及 C_i 计算结果见表 3。

表 3 潞党参质量评价排序

Table 3 Relative ordering of quality evaluation of Codonopsis Radix

No.	D_i^+	D_i^-	C_i	排名
S1	0.079 7	0.410 4	0.837 4	1
S2-2	0.131 1	0.341 1	0.722 3	10
S3	0.157 8	0.314 0	0.665 5	12
S4	0.088 2	0.412 8	0.824 0	2
S5	0.099 9	0.374 7	0.789 6	4
S6	0.085 8	0.366 9	0.810 5	3
S7	0.169 7	0.195 8	0.535 7	13
S8	0.099 6	0.346 4	0.776 6	5
S9	0.132 5	0.301 9	0.695 0	11
S10	0.106 9	0.322 4	0.751 0	7
S11	0.108 3	0.355 3	0.766 4	6
S12	0.122 1	0.321 7	0.724 9	9
S13	0.117 1	0.309 4	0.725 4	8

利用 TOPSIS 模型分析不同地区二年生潞党参的 5 个指标数据,从表 3 的结果可以看出,S1 综合评价排名最高,说明从水溶性浸出物、醇溶性浸出物、总皂苷、党参炔苷和总多糖这 5 个指标出发评价,S1 整体质量高于其他地区,而 S7 相对来说较差。S1,S4,S6 这 3 个地点所产药材质量较优,可作为栽培潞党参的优选之地。

3 讨论

3.1 测定指标分析

S2-1,S2-2,S2-3 为同一地点平顺县虹梯关乡界畔蛟村的一、二、三年生潞党参,从表 2 可以看出,水溶性和醇溶性浸出物、总皂苷、

党参炔苷、总多糖都是随着年份增加而含量下降。水溶性和醇溶性浸出物、总多糖的变化趋势与李达^[23]对川党参水溶性和醇溶性浸出物研究结果和贺玉林等^[24]对不同年限的党参还原糖与多糖研究的结果不一致,可能是品种不同、产地不同等因素导致,需进一步采集更多的样本进行验证;总皂苷、党参炔苷、总多糖变化规律的结果与窦武宇^[25]对甘肃党参总皂苷含量测定结果、王文秀等^[26]对山西党参炔苷的研究结果一致。

依据贺玉林等^[24]对党参中还原糖和多糖随着年份增加两类糖的含量也增加的研究结果表明,三年生的党参质量为佳。王秀文等^[26]对不同生长年限山西党参的指纹图谱研究结果表明,潞党参的采收年限为二年生较好。这 2 篇文献对党参的研究分别基于糖和党参炔苷,研究比较单一,给出的建议也值得重新思考,而本文对党参同时测定了 5 个指标,其中 5 个指标呈现随年份增加而下降的规律;戴敬等^[27]对不同栽培年限潞党参中党参苷 I 的研究表明,党参苷 I 随着年份增加而下降;同时《中国药典》(2015 年版)对党参的评价以醇浸出物的含量为标准,而本文研究结果表明,随着年份增加醇浸出物下降;所以从这 6 个指标结果及经济效益来看,二年生潞党参较佳。

3.2 TOPSIS 模型结果分析

第一组(S10,S11)和第二组(S3,S4,S5)为杏城镇达驼村和龙溪镇南小沟村采集的样品,这两组的 C_i 分别为 0.751 0, 0.766 4, 0.824 0, 0.789 6, 0.810 5, 结果表明这两组内的潞党参综合评价质量较接近。第三组(S7,S8,S9)为杏城镇黑虎村采集的样品,这组的 C_i 值分别为 0.776 6, 0.695 0, 0.751 0, 表明 S8 与 S7,S9 相差较大,在相似的生境下,这种结果可能是因为不同基地栽培技术不同导致了这种差异。

从表 3 的结果显示,S1 综合质量排名第一,可能是由于生境和栽培技术 2 种因素造成,运用 TOPSIS 模型评价出最优的栽培地区和栽培技术,为制药企业对潞党参栽培基地的选择提供依据。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:264-265.

[2] ZHANG Y J, ZHANG L X, YANG J F, et al. Structure analysis of water-soluble polysaccharide CPPS3 isolated from *Codonopsis pilosula* [J]. Fitoterapia, 2010, 81(3): 157-161.

[3] 孙政华, 邵晶, 郭玫. 党参化学成分及药理作用研究

- 进展[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(33): 174-176.
- [4] LI C Y, XU H X, HAN Q B, et al. Quality assessment of Radix Codonopsis by quantitative nuclear magnetic resonance [J]. J Chromatogra A, 2009, 1216(11): 2124-2129.
- [5] 宋丹, 王峥涛, 李隆云, 等. 党参炔苷对胃溃疡模型大鼠胃黏膜损伤保护作用的研究[J]. 中国中医急症, 2008, 17(7): 963-964, 986.
- [6] 唐晓静, 江涛, 徐斯凡. 党参炔苷对雌性大鼠卵巢颗粒细胞增殖分化的影响及其作用机制[J]. 生殖与避孕, 2015, 35(9): 587-592, 639.
- [7] 张雅君, 梁忠岩, 张丽霞. 党参粗多糖的组成及其免疫活性研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(7): 199-202, 208.
- [8] 杨丰榕, 李卓敏, 高建平. 党参多糖分离鉴定及体外抗肿瘤活性的研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(12): 2876-2878.
- [9] 孙耀贵, 程佳, 温伟业. 党参总皂苷抗氧化作用研究[J]. 中兽医医药杂志, 2010, 29(3): 37-39.
- [10] 张壮, 闫彦芳, 韦颖, 等. 党参总皂苷缺氧缺糖再给氧诱导大鼠皮质神经细胞凋亡的作用[J]. 中国临床康复, 2005, 9(1): 131-133.
- [11] 《平顺县志》编撰委员会. 平顺县志[M]. 北京: 海潮出版社, 1997: 3.
- [12] 毕红艳, 张丽萍, 陈震, 等. 药用党参种质资源研究与开发利用概况[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(5): 590-594.
- [13] 吴晓俊, 张小波, 郭兰萍, 等. 党参药材分布区划研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(22): 4368-4372.
- [14] 关琳静, 连云岚, 李建宽, 等. 潞党参 HPLC 特征图谱研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(14): 2854-2861.
- [15] 杨红飞, 刘萍. 党参高效栽培管理技术[J]. 农民致富之友, 2014, 21(6): 174.
- [16] 张德伟, 胡娟娟, 孟瑞丽, 等. 山西平顺县道地药材潞党参中重金属残留量分析[J]. 中国药房, 2016, 27(24): 3417-3419.
- [17] 彭锐, 马鹏, 莫让瑜, 等. 川党参药材质量标准研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(3): 578-581.
- [18] 王润生, 刘养清, 郭继龙, 等. 山西党参药材中党参炔苷的含量分析[J]. 药物分析杂志, 2007, 27(8): 1229-1231.
- [19] 王明伟, 李硕, 李敏, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型对当归不同栽培品种(品系)药材质量的综合评价[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(5): 63-68.
- [20] 李运, 张霖, 徐福荣, 等. 多指标决策分析 TOPSIS 对三七的质量评价研究[J]. 中草药, 2017, 48(22): 4764-4771.
- [21] 于江泳, 黄绮韵, 周苏娟, 等. 基于灰色关联-TOPSIS 法的干姜质量评价[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(18): 56-59.
- [22] 周苏娟, 麦小梅, 赵斌, 等. TOPSIS 与灰色关联分析在不同产地炒茺蔚子质量评价中的应用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(15): 40-43.
- [23] 李达. 党参生药品质比较研究[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2012.
- [24] 贺玉林, 李先恩, 潘广州, 等. 党参质量变异研究[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(9): 1727-1728.
- [25] 窦武宇, 崔治家, 侯嘉, 等. 甘肃不同产地党参药材总皂苷含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(6): 59-62.
- [26] 王秀文, 赵慧辉, 刘养清, 等. 不同生长年限山西党参的 RP-HPLC 指纹图谱研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2010, 17(3): 45-46.
- [27] 戴敬, 冯丽, 韩桂茹, 等. 台党参与不同栽培年限潞党参中党参甙 I 含量研究[J]. 中草药, 1995, 2(4): 185-224.

[责任编辑 顾雪竹]