

深绿卷柏和江南卷柏的质量控制和抗氧化活性比较研究

轩良爽¹, 牟文荣¹, 李雪菊¹, 孙友田¹, 王笛¹, 纪宝玉^{1,2}, 裴莉昕^{1*}

1. 河南中医药大学 药学院, 河南 郑州 450046

2. 天津大学 药物科学与技术学院, 天津 300072

摘要: 目的 对深绿卷柏和江南卷柏的质量控制和抗氧化活性进行比较。方法 对深绿卷柏和江南卷柏进行性状鉴别、显微鉴别和薄层色谱鉴别, 采用 HPLC 法测定其中的穗花杉双黄酮, 测定石油醚、醋酸乙酯和正丁醇部位的 DPPH 自由基清除率、ABTS⁺清除能力。结果 深绿卷柏和江南卷柏的性状、显微特征均有差异, 薄层色谱中具有相同黄绿色荧光斑点, 也有差异性; 江南卷柏中穗花杉双黄酮的质量分数高于深绿卷柏; 不同萃取部位的抗氧化活性的能力高低为醋酸乙酯>正丁醇>石油醚, 且江南卷柏醋酸乙酯部位抗氧化活性优于深绿卷柏。结论 深绿卷柏和江南卷柏有显著差异, 江南卷柏要比深绿卷柏抗氧化活性更好。

关键词: 深绿卷柏; 江南卷柏; 性状鉴别; 显微鉴别; 薄层色谱; 穗花杉双黄酮; 抗氧化活性

中图分类号: R286.02 文献标志码: A 文章编号: 1674-5515(2023)04-0820-07

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2023.04.010

Comparison on quality control and antioxidant activity between *Selaginella doederleinii* and *S. moellendorffii*

XUAN Liang-shuang¹, MU Wen-rong¹, LI Xue-ju¹, SUN You-tian¹, WANG Di¹, JI Bao-yu^{1,2}, PEI Li-xin¹

1. College of Pharmacy, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

2. School of Pharmaceutical Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract: Objective To compare quality control and antioxidant activity between *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*. **Methods** The character identification, microscopic identification, and TLC identification of *S. doederleinii* and *S. moellendorffii* were carried out. The contents of amentoflavone were determined by HPLC method, and the DPPH free radical scavenging rate and ABTS⁺ scavenging capacity of petroleum ether, ethyl acetate and *n*-butanol fractions were measured. **Results** *S. doederleinii* and *S. moellendorffii* had differences in characters and microscopic characteristics, and TLC results of them had the same chartreuse fluorescent spots, but also have differences. The contents of amentoflavone in *S. moellendorffii* were higher than those in *S. doederleinii*. The antioxidant activities of different fractions were as follows: ethyl acetate > *n*-butanol > petroleum ether, and the antioxidant activity of the ethyl acetate fraction of *S. moellendorffii* was better than that of *S. doederleinii*. **Conclusion** There is a significant difference between *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*, and *S. moellendorffii* has more antioxidant activities than *S. doederleinii*.

Key words: *Selaginella doederleinii* Hieron.; *Selaginella moellendorffii* Hieron.; character identification; microscopic identification; TLC; amentoflavone; antioxidant activity

石上柏为蕨类植物门卷柏科植物深绿卷柏 *Selaginella doederleinii* Hieron. 或江南卷柏 *S. moellendorffii* Hieron. 的干燥全草, 临床常用于咽喉疼痛、目赤肿痛、外伤出血、风湿痹痛、结膜炎等疾病^[1-4], 具有调血糖、抗氧化^[5-8]、抗病毒^[1]、抗肿

瘤作用^[9-13]。深绿卷柏一直被认为是石上柏的正品来源, 虽然江南卷柏曾被认为是石上柏的伪品, 但其也被用作正品来源收录在地方标准中, 如《广西中药材标准》《广西壮族自治区壮药质量标准(第二卷)》《广西壮族自治区瑶药材质量标准(第二卷)》

收稿日期: 2023-02-03

基金项目: 河南省药品监督管理局科技计划项目(2020DB057)

作者简介: 轩良爽, 女, 硕士研究生, 从事生药鉴定学研究工作。E-mail: m18203675687@163.com

*通信作者: 裴莉昕, 女, 副教授, 博士, 从事中药质量评价工作。E-mail: xlp@aliyun.com

《江西省中药饮片炮制规范(2008年版)》均将深绿卷柏和江南卷柏列入石上柏的正品来源。深绿卷柏和江南卷柏中化学成分具明显差异性^[14]。本课题组调查发现,卷柏科植物大多外观相似,市场伪品混用难以区分,市场上大多数石上柏为深绿卷柏和江南卷柏,也有较多其他伪品。因此本研究对深绿卷柏和江南卷柏进行鉴定,并抗氧化活性比较,以规范石上柏中药材市场并为控制其质量提供实验依据。

1 实验材料

MS105DU 型万分之一天平(瑞士梅特勒-托利多集团),电热 DUG-914008 型恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司),G7129A 型高效液相色谱仪(安捷伦科技有限公司),FW135 型粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司),GoodLook-1000 型薄层色谱成像系统(上海科哲生化科技有限公司),SP-20E 型全自动薄层色谱点样仪(上海科哲生化科技有限公司),KQ-500DE 型数控超声波清洗

器(昆山市超声仪器有限公司),TS-20E 全自动定量喷雾系统(上海科哲生化科技有限公司),TH-II 型薄层加热器(上海科哲生化科技有限公司),酶标仪(Thermo Fisher),马弗炉。

乙腈(一级色谱纯)、磷酸缓冲溶液(一级色谱纯),天津四友精细化学品有限公司;DPPH(批号 C12193480)、ABTS(批号 C12193480),上海麦克林生化科技有限公司;甲酸(色谱纯),天津市大茂化学试剂厂;其余试剂均为分析纯。江南卷柏对照药材(上海源叶生物科技有限公司,批号 N22HB202067),江南卷柏对照药材(中国食品药品检定研究院,批号 121146-201302),穗花杉双黄酮对照品(上海源叶生物科技有限公司,批号 P01D11F132895)。

10 批石上柏样品均经河南中医药大学纪宝玉教授鉴定为卷柏科卷柏属植物深绿卷柏 *Selaginella doederleinii* Hieron.、江南卷柏 *S.moellendorffii* Hieron.的干燥全草,见表 1。

表 1 样品信息

Table 1 Sample information

样品编号	样品名称	收集地点	收集时间
SLJB-1	深绿卷柏	安徽广和中药股份有限公司	2020-10-20
SLJB-2	深绿卷柏	安徽省万生中药饮片有限公司	2020-10-20
SLJB-3	深绿卷柏	亳州市市沪谯药业有限公司	2020-10-20
SLJB-4	深绿卷柏	亳州市永刚饮片厂有限公司	2020-09-15
SLJB-5	深绿卷柏	广西	2020-10-22
JNJB-1	江南卷柏	安徽普仁中药饮片有限公司	2020-10-09
JNJB-2	江南卷柏	北京	2020-10-21
JNJB-3	江南卷柏	北京同仁堂郑州药店	2020-09-15
JNJB-4	江南卷柏	广西玉林	2020-10-24
JNJB-5	江南卷柏	河南绿禾药业有限公司	2020-10-20

2 方法与结果

2.1 性状鉴别

深绿卷柏和江南卷柏的相同点:根细而少,黄褐色;具稀疏而整齐排列的叶或叶痕,多分枝;叶为羽状复叶,多向内卷曲皱缩;叶二型,密生,按交互覆瓦状排列;孢子囊穗顶生,四棱形。茎质脆,易折断,体轻,味甘、淡。性状差异:深绿卷柏颜色为深绿色;茎扁柱形,具棱;背叶呈卵状矩圆形状顶端钝;腹叶呈矩圆形,顶端具短刺头,边缘有锯齿。江南卷柏颜色为深,茎圆柱形,卵状三角形

的叶疏生;卵状三角形的叶疏生背叶呈卵圆状的三角形,顶端短尖;腹叶呈斜卵圆形,顶端锐尖,下侧全缘。见图 1。

2.2 显微鉴别

取深绿卷柏和江南卷柏粉末各少许,置载玻片上,滴加水合氯醛,在火焰上微微加热透化,加热时需续加水合氯醛液至透化清晰为度,透化后滴加稀甘油少许,再加盖玻片进行显微观察。结果显示两者粉末均呈黄绿色;叶表皮细胞绿色或浅黄色,有的胞腔内含叶绿体;气孔不定式,圆形或椭圆形,

副卫细胞 4~8 个。薄壁细胞类椭圆形或多角形；木薄壁细胞类长方形。显微特征差异：深绿卷柏花粉粒呈类三角形，可见点状纹理；管胞呈梯纹或网纹；叶表皮细胞壁呈正方形波状弯曲，深波状。江南

卷柏花粉粒呈类球形，四分体，表面有颗粒状凸起；管胞多呈梯纹；叶表皮细胞壁多呈长方形波状弯曲，浅波状。深绿卷柏和江南卷柏显微鉴别的整体图和局部图见图 2。

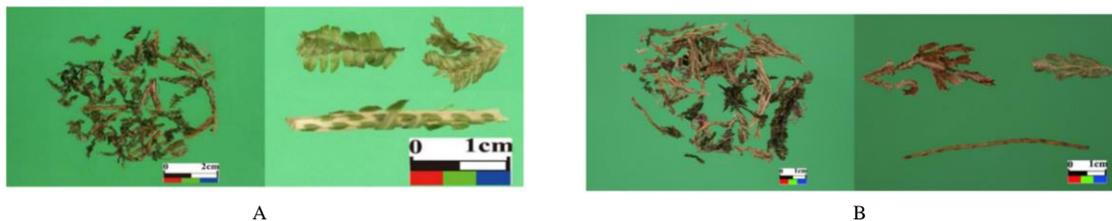
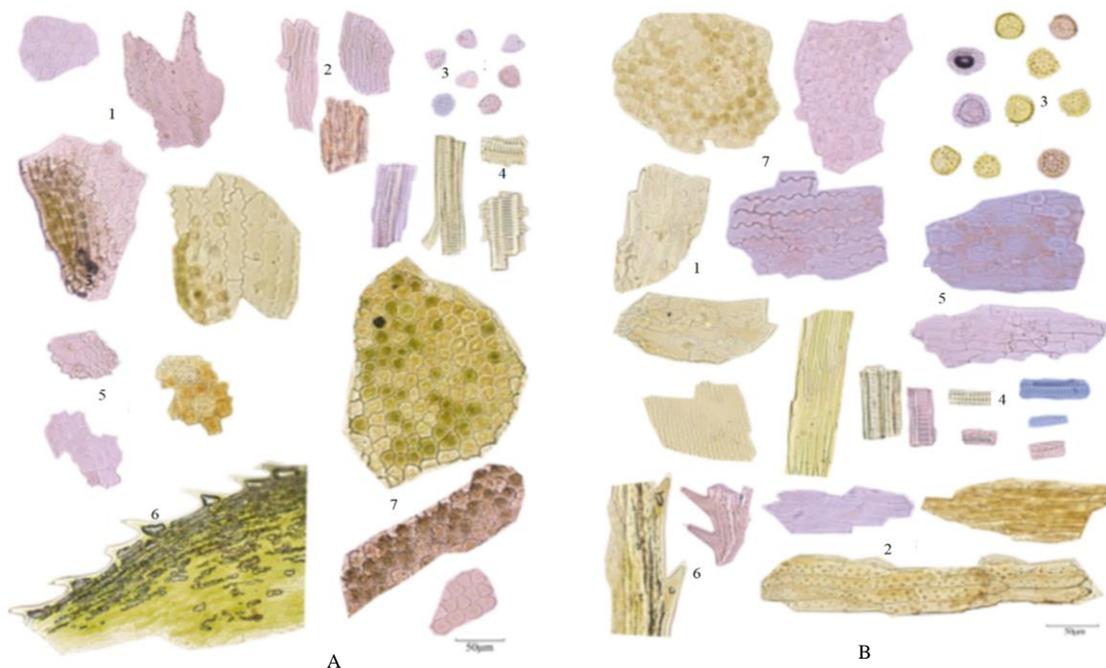


图 1 深绿卷柏 (A) 和江南卷柏 (B) 整体图与局部图
Fig. 1 Overall and local plots of *S. doederleinii* (A) and *S. moellendorffii* (B)



1-叶表皮细胞 2-木薄壁细胞 3-孢子 4-管胞 5-气孔 6-单细胞非腺毛 7-薄壁细胞
1-leaf epidermal cell 2-wood parenchymatous cell 3-spores 4-tracheid 5-blow-hole 6-single cell non-glandular hairs 7-thin-walled cells

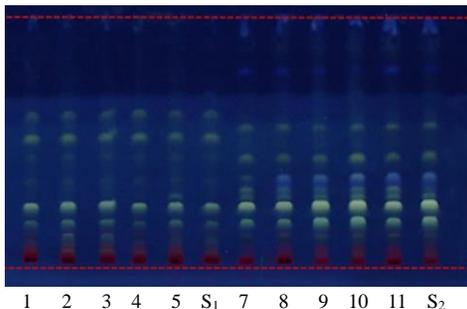
图 2 深绿卷柏 (A) 和江南卷柏 (B) 的粉末鉴别
Fig. 2 Powder identification of *S. doederleinii* (A) and *S. moellendorffii* (B)

2.3 薄层色谱鉴别

参考《广东省中药材标准第二册》。取深绿卷柏和江南卷柏样品粉末各 0.5 g，加甲醇 20 mL，超声处理 (500 W, 80 kHz) 30 min，滤过，滤液蒸干，残渣加 1 mL 无水乙醇使溶解，作为供试品溶液。另取深绿卷柏和江南卷柏对照药材各 0.5 g，同法制成对照药材溶液。照薄层色谱法 (《中国药典》2020 年版四部通则 0502) 试验，吸取上述两种溶液各 2 μL，分别点于同一聚酰胺薄膜板，以丁酮 - 甲醇 -

甲酸 - 水 (3 : 5 : 1 : 4) 为展开剂，展开，取出，晾干，喷以 5% 三氯化铝乙醇溶液，晾干，于 80 °C 下加热 2 min，置紫外光灯 (365 nm) 下检视。结果供试品色谱中，在与对照药材色谱相应位置上显相同颜色的荧光斑点。深绿卷柏和江南卷柏均在 R_f 值为 0.15、0.23 处具有相同的黄绿色荧光斑点，提示二者具有一定的相似性。深绿卷柏在 R_f 值为 0.5、0.59 处具有 2 个淡黄色荧光斑点，而江南卷柏则在 R_f 值为 0.35、0.53、0.75 具有不同颜色的荧光斑点，

提示深绿卷柏和江南卷柏具有差异性。Rf 值为 0.45 处, 10 批样品均具有特征性荧光点, 但深绿卷柏在此处的斑点不清晰, 江南卷柏较清晰, 表明深绿卷柏中该成分的含量比江南卷柏低。见图 3。



1~5-深绿卷柏 S1-深绿卷柏对照药材 7~11-江南卷柏 S2-江南卷柏对照药材
1—5-*S. doederleinii* S1-control medicinal material of *S. doederleinii*
7—11-*S. moellendorffii* S2-control medicinal material of *S. moellendorffii*

图3 深绿卷柏和江南卷柏的薄层色谱图

Fig. 3 TLC chromatograms of *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*

2.4 HPLC 法测定深绿卷柏和江南卷柏中穗花杉双黄酮^[15]

2.4.1 色谱条件 Agilent Zorbax C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 以乙腈-0.1%甲酸水为流动相, 梯度洗脱 (0~5 min, 45%乙腈; 5~15 min, 50%乙腈; 15~25 min, 60%乙腈; 25~30 min, 45%乙腈); 检测波长为 330 nm; 体积流量: 0.6 mL/min; 柱温: 25 °C。理论塔板数按穗花杉双黄酮计算应不小于 2 000。

2.4.2 对照品溶液的制备 精密称取穗花杉双黄酮的对照品 0.5 mg, 加甲醇至 1 mL, 制成 0.5 mg/mL 对照品溶液。

2.4.3 供试品溶液的制备 取样品粉末 (过三号筛) 5.0 g, 精密称定, 置于具塞锥形瓶, 加甲醇 50

mL, 称定质量, 超声 (功率 500 W, 频率 80 kHz) 30 min, 放至室温, 称定质量, 加甲醇补足质量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 经 0.45 μm 微孔滤膜滤过, 即得。

2.4.4 线性关系考察 精密吸取 0.5 mg/mL 穗花杉双黄酮对照品溶液 500、250、125、63、31、15 μL, 分别放入 2 mL 量瓶中, 加甲醇至刻度。精密吸取各 10 μL, 注入液相色谱仪测定峰面积值, 结果线性方程为 $Y=21\ 201 X-20.427$, $R^2=0.9994$, 线性范围为 0.003 75~0.125 00 mg/mL。

2.4.5 精密度试验 取 0.5 mg/mL 穗花杉双黄酮对照品溶液, 连续进样 6 次, 测定峰面积, 结果其 RSD 值为 0.74%。

2.4.6 重复性试验 分别取编号 SLJB-1 深绿卷柏样品 6 份, 每份 5.0 g, 精密称定, 制备供试品溶液, 进样, 测定穗花杉双黄酮峰面积, 计算得其质量分数的 RSD 值为 1.88%。

2.4.7 稳定性试验 取编号 SLJB-1 深绿卷柏样品制备的供试品溶液, 分别在制备后 0、2、4、8、12、24 h 进样测定穗花杉双黄酮峰面积, 结果得其 RSD 值为 0.67%, 表明供试品溶液在 24 h 内是稳定的。

2.4.8 回收率试验 精密称取编号 SLJB-1 深绿卷柏样品 6 份, 每份 2.5 g, 加入 26.5 μg/mL 穗花杉双黄酮对照品 2 mL, 制备供试品溶液, 进样测定穗花杉双黄酮峰面积, 计算加样回收率, 结果平均加样回收率为 98.80%, RSD 值为 1.69%。

2.4.9 测定结果 采用外标法计算深绿卷柏和江南卷柏中穗花杉双黄酮的质量分数, 色谱图见图 4。由表 2 可知深绿卷柏和江南卷柏 10 种样品中穗花杉双黄酮的质量分数具有显著差异, 质量分数高低顺序为: JNJB3>JNJB4>JNJB1>JNJB5>JNJB2>SLJB5>SLJB4>SLJB1>SLJB2>SLJB3。通过数据比较可知, 江南卷柏中穗花杉双黄酮的质量分数高于深绿卷柏。

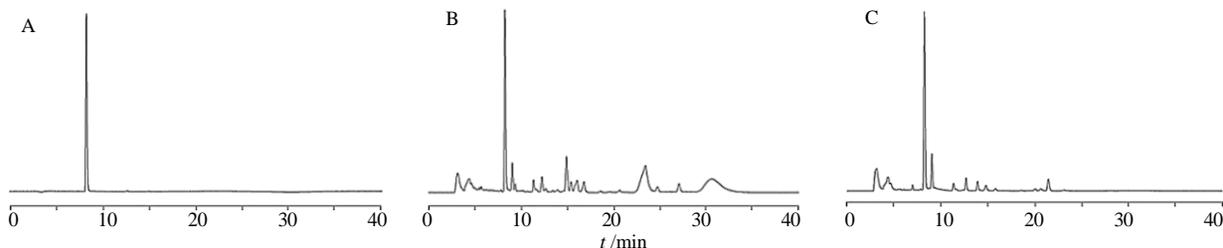


图4 穗花杉双黄酮对照品 (A)、深绿卷柏 (B) 和江南卷柏 (C) 的 HPLC 图谱

Fig. 4 HPLC chromatograms of amentoflavone reference substance (A), *S. doederleinii* (B), and *S. moellendorffii* (C)

表 2 深绿卷柏和江南卷柏中穗花杉双黄酮的测定结果 (n=3)

Table 2 Determination of amentoflavone in *S. doederleinii* and *S. moellendorffii* (n=3)

样品编号	穗花杉双黄酮/%
SLJB-1	0.021 2
SLJB-2	0.016 5
SLJB-3	0.011 2
SLJB-4	0.024 0
SLJB-5	0.027 6
JNJB-1	0.047 9
JNJB-2	0.034 1
JNJB-3	0.116 5
JNJB-4	0.100 8
JNJB-5	0.040 3

2.5 抗氧化活性比较

2.5.1 石油醚、醋酸乙酯和正丁醇部位的制备 取深绿卷柏和江南卷柏粉末各 100 g, 依次加入 75% 乙醇 800、600、600、600 mL, 各加热回流 1 h, 收集滤液, 共提取 4 次。将滤液旋至浸膏状, 加 500 mL 蒸馏水溶解浸膏, 移至分液漏斗中。依次用石油醚、醋酸乙酯和正丁醇溶液进行萃取, 分别萃取 4 次, 收集萃取部位, 放入瓶中。旋至浸膏状, 移

入空瓶内放置, 挥干。将适量粉末加去离子水溶解, 转至蒸发皿中, 至混悬状态。封膜放入-80 °C 的冰箱冷冻过夜。经冷冻干燥机处理后得粉末 (各部位的粉末以生药计均相同)。

2.5.2 DPPH 自由基清除率的测定^[3] 深绿卷柏和江南卷柏各部位用无水乙醇分别稀释至质量浓度为 0.2、0.5、1、2、3、3.5 mg/mL, 配制乙醇样品液。用维生素 C 作阳性对照, 分别配制相同浓度的溶液。精密称取 1.97 mg DPPH 粉末, 加入无水乙醇 25 mL, 即得 DPPH 溶液, 避光放置。取 160 μL DPPH 溶液和 40 μL 不同质量浓度的深绿卷柏和江南卷柏样品液在 96 孔板内混匀, 在避光位置放置 30 min, 设置波长为 517 nm, 测定吸光度 (A), 记为 A_i, 将无水乙醇代替样品液, 测得 A₀, 以维生素 C 为阳性对照测定 A 值。每组均同一时间测 3 次, 计算均值, 计算 DPPH 清除率[清除率 = (A₀ - A_i) / A₀]^[3], 用 Graphpad 9 软件做柱状图, 计算半抑制浓度 (IC₅₀), 见图 5、表 3。可见江南卷柏醋酸乙酯部位 DPPH 清除能力优于深绿卷柏, 深绿卷柏正丁醇部位 DPPH 清除能力优于江南卷柏, 江南卷柏石油醚部位 DPPH 清除能力优于深绿卷柏优于深绿卷柏。IC₅₀ 值的比较可得出一致的结果。

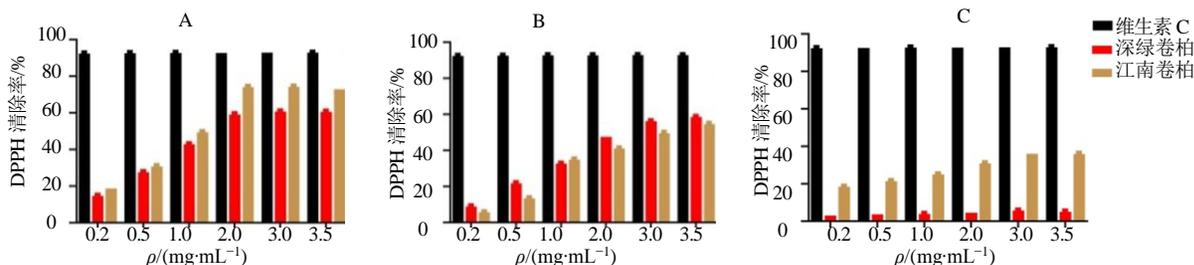


图 5 深绿卷柏和江南卷柏醋酸乙酯部位 (A)、正丁醇部位 (B)、石油醚部位 (C) 的 DPPH 清除率

Fig. 5 DPPH clearance rates of ethyl acetate part (A), *n*-butyl alcohol part (B), and petroleum ether part (C) of *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*

表 3 深绿卷柏和江南卷柏的 DPPH 清除率 IC₅₀ 值

Table 3 IC₅₀ values of DPPH scavenging rate of *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*

部位	IC ₅₀ /(pg·mL ⁻¹)	
	深绿卷柏	江南卷柏
醋酸乙酯	863.1	776.0
正丁醇	969.7	973.4
石油醚	1 191.0	1 054.0

2.5.3 ABTS⁺清除能力的测定^[3] 深绿卷柏和江南卷柏用无水乙醇分别稀释至质量浓度为 0.1、0.2、0.4、0.8、1.2、1.5 mg/mL, 配制乙醇样品液。维生素 C 为阳性对照, 分别配制相同质量浓度的溶液。将 7.00 mmol/L ABTS 溶液与 140 mmol/L K₂S₂O₈ 溶液等体积混合均匀, 避光静置 12~16 h, 以磷酸盐缓冲液 (0.20 mol/L、pH 7.4) 稀释混合液, 使其在 734 nm 时 A 值达到 0.70±0.02, 形成墨绿色 ABTS⁺工作液。取 30 μL 深绿卷柏和江南卷柏样品溶液, 加入 170 μL ABTS⁺测定液, 避光振荡 2 min,

常温避光静置 8 min 后测定溶液在 734 nm 处的 A 值。空白管用乙醇代替样品, 对照管用磷酸盐缓冲液代替 ABTS⁺·测定液, 用维生素 C 作阳性对照, 根据 A 值计算 ABTS⁺·清除率, 用 Graphpad 9 软件做柱状图, 计算 IC₅₀^[16], 见图 6、表 4。

$$\text{ABTS}^+\cdot\text{清除率}=[A_0-(A_1-A_2)]/A_0$$

A₀为空白管的 A 值; A₁为样品管的 A 值; A₂为对照管

的 A 值

可知江南卷柏醋酸乙酯部位的 ABTS⁺·清除能力优于深绿卷柏, 深绿卷柏正丁醇部位的 ABTS⁺·清除能力优于江南卷柏, 江南卷柏石油醚部位 ABTS⁺·清除能力优于深绿卷柏。不同萃取部位的抗氧化活性大小为: 醋酸乙酯>正丁醇>石油醚。IC₅₀值的比较可得出一致的结果。

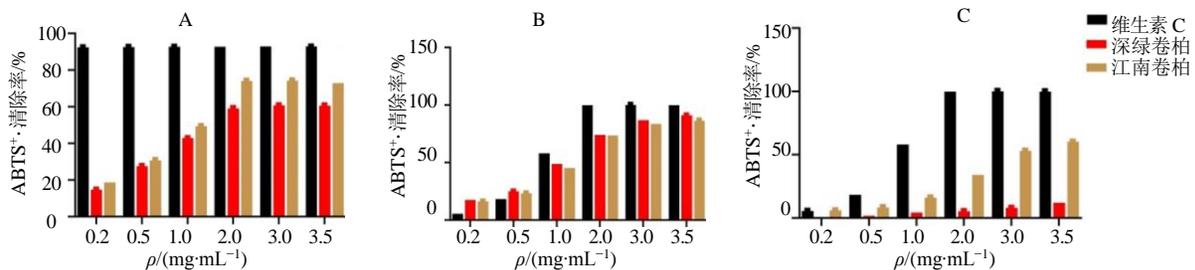


图 6 深绿卷柏和江南卷柏醋酸乙酯部位 (A)、正丁醇部位 (B)、石油醚部位 (C) 的 ABTS⁺·清除率

Fig. 6 ABTS⁺ clearance rate of ethyl acetate part (A), *n*-butyl alcohol part (B), and petroleum ether part (C) of *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*

表 4 深绿卷柏和江南卷柏 ABTS⁺·清除率 IC₅₀ 值

Table 4 IC₅₀ value of ABTS⁺ scavenging rate of *S. doederleinii* and *S. moellendorffii*

部位	IC ₅₀ (pg·mL ⁻¹)	
	深绿卷柏	江南卷柏
醋酸乙酯	296.7	261.6
正丁醇	443.0	447.9
石油醚	973.3	726.3

3 讨论

深绿卷柏和江南卷柏虽同出一科, 但在外观性状、显微特征、薄层色谱、有效成分和体外抗氧化活性方面有显著差异, 可用于石上柏基原药材的真伪鉴别; 同种卷柏中穗花杉双黄酮具有显著差异, 表明产地对石上柏药材中活性成分具有一定的影响。石上柏的基原考证可循本草较少, 卷柏科植物外观性状具有较高的相似度, 混用现象颇多, 如同属的薄叶卷柏、布朗卷柏、翠云草等^[17]。目前, 在各省市地方标准中, 石上柏的基原以江南卷柏和深绿卷柏为主。本研究可为市场上石上柏伪品混用现象提供参考依据。

研究表明, 石上柏醋酸乙酯部位在抗氧化过程中起重要作用^[9, 18], 氧化应激产生大量的活性氧、活性氮、活性硫和活性氯^[18], 抗氧化剂可通过清除活性氧来治疗机体损伤^[19]。本研究对深绿卷柏和江南卷柏的抗氧化活性进行了比较, 结果证明 2 种卷

柏不同萃取部位的抗氧化活性的能力高低为醋酸乙酯>正丁醇>石油醚, 提示石上柏抗氧化活性成分主要存在于中等极性 or 低极性部位中, 且江南卷柏醋酸乙酯部位抗氧化活性优于深绿卷柏。石上柏中起关键抗氧化作用的活性成分是穗花杉双黄酮, 结果显示在江南卷柏中该成分含量较高, 这些都体现了江南卷柏醋酸乙酯部位具有较强的抗氧化活性, 表明江南卷柏要比深绿卷柏更具有发展潜力。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 刘宗昆, 张怀楠, 张争强, 等. 石上柏的化学成分及药理作用的研究进展 [J]. 影像研究与医学应用, 2017, 1(8): 241-243.
- [2] 李三华, 黎丹, 蒋永梅, 等. 石上柏抗肿瘤活性与其红外指纹图谱的谱效研究 [J]. 遵义医学院学报, 2017, 40(6): 603-608.
- [3] 王刚, 才谦, 李三华, 等. 石上柏双黄酮类和酚酸类成分体外抗氧化和抗肿瘤活性研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2018, 20(7): 5-8.
- [4] 贾敏如, 李星炜. 中国民族药志药 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2005: 558-559.
- [5] 王佳芷. 深绿卷柏乙酸乙酯部位抗肿瘤活性及其作用机制研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2015.
- [6] Kang F H, Zhang S, Chen D K, et al. Biflavonoids from *Selaginella doederleinii* as potential antitumor agents for intervention of non-small cell lung cancer [J]. *Molecules*, 2021, 26(17): 5401.

- [7] Wang G, Li S H, Zhou H L, *et al.* Comparison of antioxidant and anticancer of the extracts from various habitats of *Selaginella doederleinii* [A] // 2016 5th International Conference on Environment, Materials, Chemistry and Power Electronics [C]. Sydney: Asia-Pacific Chemical, Biological & Environmental Engineering Society, 2016: 231-235.
- [8] 黄建勇, 李少光, 李宇翔, 等. 石上柏抗肿瘤活性部位及其化学成分研究 [J]. 福建医科大学学报, 2013, 47(1): 1-5.
- [9] Sui Y X, Li S G, Shi P Y, *et al.* Ethyl acetate extract from *Selaginella doederleinii* Hieron inhibits the growth of human lung cancer cells A549 via caspase-dependent apoptosis pathway [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 190: 261-271.
- [10] Yao H, Chen B, Zhang Y Y, *et al.* Analysis of the total biflavonoids extract from *Selaginella doederleinii* by HPLC-QTOF-MS and its *in vitro* and *in vivo* anticancer effects [J]. *Molecules*, 2017, 22(2): 325.
- [11] Juniarti A, Rosiyana L, Setyani A, *et al.* Nanoparticles of *Selaginella doederleinii* leaf extract inhibit human lung cancer cells A549 [A]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2016, 31(1): 012029.
- [12] 黄建勇, 李少光, 李宇翔, 等. 石上柏的研究概况 [J]. 海峡药学, 2013, 25(7): 18-21.
- [13] 汪晓露, 赵勇, 左新河, 等. 氧化应激对甲状腺癌的影响及中药单体体外干预的研究进展 [J]. 上海中医药杂志, 2021, 55(10): 79-83.
- [14] 徐燃, 丁奇, 万定荣, 等. 深绿卷柏和江南卷柏 HPLC 指纹特征及 3 种成分的含量测定研究 [J]. 中药材, 2017, 40(7): 1638-1642.
- [15] 蒋永梅, 田雨佳. 不同产地石上柏中 3 种双黄酮含量测定 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2018, 20(11): 34-37.
- [16] 周媛媛, 肖媛. 菌酶联合反应制备兔血抗氧化低聚肽 [J]. 保鲜与加工, 2021, 21(4): 59-66.
- [17] 陈璞, 贺雅琴, 李圣妍, 等. 民族药翠云草与同属 6 种植物药的比较鉴定及 HPLC 指纹特征分析 [A] // 第八届中国民族植物学学术研讨会暨第七届亚太民族植物学论坛会议文集[C]. 呼和浩特: 中国植物学会民族植物学分会、中国科学院昆明植物研究所, 2016: 138-139.
- [18] Huang H, Hao J, Pang K, *et al.* A biflavonoid-rich extract from *Selaginella moellendorffii* Hieron. induces apoptosis via STAT3 and Akt/NF- κ B signalling pathways in laryngeal carcinoma [J]. *J Cell Mol Med*, 2020, 24(20): 11922-11935.
- [19] Ahmadi A, Shadboorestan A. Oxidative stress and cancer: the role of hesperidin, a citrus natural bioflavonoid, as a cancer chemoprotective agent [J]. *Nutr Cancer*, 2016, 68(1): 29-39.

[责任编辑 解学星]