

## 不同生境和套种模式对多花黄精根茎主要成分含量的影响

吴国华<sup>1</sup>, 叶建华<sup>1</sup>, 周众灵<sup>1</sup>, 刘跃钧<sup>2</sup>

(1. 龙泉市林业技术总站, 浙江 龙泉 323700; 2. 华东药用植物园科研管理中心, 浙江 丽水 323000)

**摘要:** 为探究不同生境和套种模式对多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* 根茎中主要营养成分的影响, 通过蒽酮-硫酸紫外分光光度法、凯氏定氮法、硝酸铝比色法、索氏抽提法和等离子体光谱仪法, 分别测定了浙江省龙泉市 5 个不同生境和套种模式样地的 1 年生多花黄精根茎中的多糖、蛋白质、黄酮、粗脂肪和 9 种矿物质元素 (Na、Ca、P、K、Cu、Mg、Mn、Zn、Fe) 含量。结果表明: A 样地 (兰巨乡南山村油茶林) 多花黄精根茎中的多糖和蛋白质含量最高, 分别为  $97.50 \pm 6.41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $12.40 \pm 0.42 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ; B 样地 (安仁镇大舍村香榉林) 多花黄精根茎中的粗脂肪含量最高, 为  $6.10 \pm 0.38 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ; C 样地 (上垟镇泗源村毛竹林) 多花黄精根茎中的黄酮含量最高, 为  $7.22 \pm 0.77 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。5 个样地多花黄精根茎中的 9 种矿物质元素含量存在较大差异, 互有高低。以上结果说明生境和种植模式对多花黄精根茎的主要成分产生了较大影响。

**关键词:** 多花黄精; 套种模式; 生境; 根茎; 营养成分

中图分类号: S567.23 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776 (2024) 01-0019-06

## Effect of Different Interplanting Mode on Main Components from Rhizome of *Polygonatum cyrtonema*

WU Guohua<sup>1</sup>, YE Jianhua<sup>1</sup>, ZHOU Zhongling<sup>1</sup>, LIU Yuejun<sup>2</sup>

(1. Longquan Forestry Extension Station of Zhejiang, Longquan 323700, China; 2. Scientific Research Management Center of East China Medicinal Plant Garden of Zhejiang, Lishui 323000, China)

**Abstract:** In March 2021, rhizome segments of *Polygonatum cyrtonema* were interplanted in 5 sample plots under *Camellia oleifera* stand, *Torreya grandis* 'Merrillii' and *Phyllostachys edulis* forest in Longquan, Zhejiang province. In April 2022, rhizomes from different sample plots were harvested and determinations were carried out on contents of polysaccharide, protein, flavone, crude fat, and 9 mineral elements. The results showed that the content of polysaccharide and protein from rhizome under *C. oleifera* was the highest,  $97.50 \pm 6.41 \text{ mg/g}$  and  $12.40 \pm 0.42 \text{ g/100g}$  respectively. The crude fat content from that under *T. grandis* 'Merrillii' forest was the highest, up to  $6.10 \pm 0.38 \text{ mg/g}$ . The content of flavonoids from that under *Ph. edulis* was the highest, up to  $7.22 \pm 0.77 \text{ mg/g}$ . There was a wide variation in the content of the nine mineral elements in rhizomes from the five sample plots.

**Key words:** *Polygonatum cyrtonema*; interplanting mode; habitat; rhizome; nutritional composition

多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* 为百合科 Liliaceae 黄精属 *Polygonatum* 多年生草本植物<sup>[1]</sup>, 主要生长在北半球, 在我国四川、贵州、湖南、湖北、浙江、福建等地均有大面积分布, 具有极高的药用价值<sup>[2]</sup>。因长期过

收稿日期: 2023-05-02; 修回日期: 2023-12-25

基金项目: 省林业专项重点项目林下生态种植黄精技术示范与推广 (浙林规〔2021〕9号)

作者简介: 吴国华, 高级工程师, 从事林下经济研究; E-mail: lqzywgh@163.com。通信作者: 刘跃钧, 教授级工程师, 从事林下中药材栽培利用研究; E-mail: 714117012@qq.com。

度采挖，导致野生多花黄精资源稀少，不能满足社会的大规模需求<sup>[3]</sup>。随着人工栽培技术的成熟，人工种植多花黄精的规模迅速扩大，如今在我国南方有着广泛的种植<sup>[4]</sup>。多花黄精的根茎中含有多种营养物质，主要包括多糖、蛋白质、黄酮、皂苷、粗脂肪、维生素及各种矿物质元素等多种成分<sup>[5]</sup>。多花黄精主要营养成分与品种、地理环境、种植模式等因素密切相关，由于种植样地的不同，各产地黄精内的各组分含量也不同，黄精多糖含量一般在 4.5% ~ 21.3%，蛋白质含量一般在 5.79% ~ 9.93%，黄酮含量一般在 5.00 ~ 10.30 mg·g<sup>-1</sup>，其营养价值和药用功效也存在较大差异<sup>[1,6-8]</sup>。目前，国内对多花黄精的品质研究主要集中在对多糖含量进行定量评价，对多花黄精中的蛋白质、黄酮、皂苷、粗脂肪及各种矿物质元素等多种成分的研究较少<sup>[9]</sup>。多花黄精中的黄酮、氨基酸和脂肪酸等多种生物活性成分对其营养价值和药用功效十分重要，因此客观评价不同产地多花黄精的品质应该采取多指标评价的方法<sup>[10]</sup>。本研究采集了浙江省龙泉市 5 个不同生境和套种模式样地的多花黄精根茎，对其多糖、蛋白质、总黄酮、粗脂肪和 9 种矿物质元素含量进行测定，分析各组分含量的差别和变化，综合评价不同样地多花黄精的品质，旨在为多花黄精在不同种植模式和地理环境下的品质提供更多参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试材料 待检测的多花黄精根茎分别采自浙江省龙泉市 5 个不同生境的林地。以根茎苗为种苗进行种植，种植时间为 2021 年 3 月中旬，采集时间为 2022 年 4 月上旬。一年生长期黄精每株根茎的鲜质量为 10 ~ 30 g，每个样地采取随机采样方式采集 20 ~ 40 株，根茎总鲜质量约为 500 g。采后及时将多花黄精根茎洗净，切成约 2 mm 厚的薄片，置于 60 ℃烘箱中烘干至恒质量，将烘干后的黄精切片打碎成粉末，密封后置于 4 ℃冰箱保存备用，每个样品粉末需用 5 g 来测定相关成分指标。5 个采样样地的基本信息见表 1。

表 1 不同样地种植模式基本信息  
Tab. 1 Information of different sample plots of *P. cyrtonema* interplanting under different forest at different places

编号	采样样地	树龄/a	郁闭度	坡向	海拔/m	栽培技术要点
A	兰巨乡南山村油茶林	11	0.50	东	500	种植前按株行距 50 cm×50 cm，穴深 15 cm，每穴施有机肥 20 g 后植苗，苗高 30 cm。每年 5 月撒施复合肥 75 kg·hm <sup>-2</sup> 追肥 1 次，秋季抚育 1 次
B	安仁镇大舍村香榧林	8	0.15	南	610	种植前按株行距 50 cm×50 cm，穴深 20 cm 后植苗，苗高 30 cm，未施底肥。夏季撒施复合肥 300 kg·hm <sup>-2</sup> 追肥一次，秋季抚育 1 次
C	上垟镇泗源村毛竹林	5	0.75	东	460	种植前撒施有机肥 30 t·hm <sup>-2</sup> ，按株行距 60 cm×60 cm，穴深 15 cm 后植苗，苗高 30 cm。每年 5 月撒施尿素 750 kg·hm <sup>-2</sup> 追肥 1 次，秋季抚育 1 次
D	竹垟乡五四村油茶林	8	0.30	南	460	种植前按株行距 50 cm×50 cm，穴深 20 cm 植苗，苗高 30 cm，未施底肥。每年 3 月撒施复合肥 750 kg·hm <sup>-2</sup> 追肥 1 次，秋季抚育 1 次
E	安仁镇大丘另村油茶林	7	0.30	北	320	种植前按株行距 30 cm×30 cm，穴深 15 cm，穴施有机肥 250 g 后植苗，苗高 30 cm。每年 5 月劈草抚育 1 次，后撒施复合肥 225 kg·hm <sup>-2</sup> 追肥 1 次

注：油茶 *Camellia oleifera*、香榧 *Torreya grandis* ‘Merrillii’、毛竹 *Phyllostachys edulis*。

有机肥为福建华远达生物科技有限公司生产的纤维粒状有机肥，有机质≥45%，N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O≥5.0%；复合肥为湖北省新洋丰农业科技股份有限公司生产的高氮高钾型复合肥料，总养分≥51%，N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=25-10-16。

1.1.2 主要试剂 浓硫酸、盐酸、芦丁标准品、石油醚、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、葡萄糖、蒽酮、无水乙醇等，均为生工生物工程（上海）股份有限公司生产的分析纯试剂。

1.1.3 主要仪器 索式抽提器（上海祗美电子科技有限公司，型号：YC-SXT-04）、水浴锅（常州国华电器有限公司，型号：HH4）、分析天平（上海菁海仪器有限公司，型号：FA2204M）、刀式研磨仪（蚂蚁源科学仪器（北京）有限公司，型号：AM600）、紫外分光光度计（北京普析通用仪器有限责任公司，型号：T6）、等

离子体光谱仪(赛默飞世尔科技(中国)有限公司, 型号: iCAP™ 7400 ICP-OES), 自动凯氏定氮仪(北京优谱通用科技有限公司, 型号: UPK-K1600A)。

## 1.2 检测方法

(1) 多糖含量检测: 配制  $0.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度葡萄糖标准液, 分别取标准液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 mL, 加水补至 2 mL, 摇匀, 于冰水浴中滴加 0.2% 硫酸蒽酮至 10 mL, 冷却。沸水浴加热 10 min, 冷却, 室温静置 10 min, 于 620 nm 波长处测定吸光值, 绘制标准曲线。称取干燥的多花黄精粉末 0.25 g, 加 80% 乙醇 150 mL,  $90^\circ\text{C}$  水浴回流提取 1 h, 过滤, 得待测黄精多糖样品溶液, 后续按照标准曲线绘制方法操作, 同时设置空白实验组。

(2) 蛋白质含量检测: 准确称取干燥的多花黄精粉末 0.5 g 于凯氏烧瓶中, 加入 0.3 g 硫酸钾-硫酸铜接触剂, 缓慢加入 10 mL 98% 浓硫酸。在通风橱中先以小火加热, 待泡沫消失后加大火力消化至透明且无黑粒后, 加热硝化 30 min, 待样品呈绿色状态停止。加入 50 mL 45% 氢氧化钠溶液, 连接定氮球, 开始蒸馏, 待吸收液变色后再蒸馏 40 min 左右。用 pH 试纸在冷凝管的出气口处检查, 待试纸不显蓝色, 停止蒸馏。用  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸滴定, 待样品呈灰红色时停止滴定, 同时设置空白实验组。

(3) 黄酮含量检测: 配制  $0.07 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  的芦丁标准液, 分别移取芦丁标准液 0.5、1.0、2.0、4.0 mL, 加入 0.3 mL 5% 亚硝酸钠, 摇匀, 静置 5 min。加入 2.5 mL 的 4% 氢氧化钠, 用 70% 乙醇定容至 10 mL, 静置 15 min, 于 510 nm 波长处测定吸光度, 绘制标准曲线。称取 0.5 g 干燥后的多花黄精粉末, 分别加入 25 mL 的 60% 乙醇溶液, 超声提取 20 min。取上层液,  $3500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 5 min, 收集上清液。取上清液 1 mL 于 25 mL 具塞比色管中, 后续按照标准曲线绘制方法操作, 同时设置空白实验组。

(4) 粗脂肪检测: 采用索式抽提法测定, 称量蒸馏烧瓶质量, 称取干燥的多花黄精粉末 2.5 g 于滤纸桶内, 将滤纸桶放入到抽提筒中, 向圆底烧瓶内加入 150 mL 石油醚。于  $55^\circ\text{C}$  水浴锅中回流 6 h, 在通风处挥发石油醚, 于  $95^\circ\text{C}$  烘箱中烘干, 冷却后, 称量并记录。

(5) 矿物质元素含量的检测: 称取固体样品 0.2 ~ 0.5 g (精确至 0.001 g) 于微波消解内罐中, 加入 5 ~ 10 mL 硝酸, 加盖放置 1 h 或过夜, 旋紧罐盖, 按照微波消解仪标准操作步骤进行消解。冷却后取出, 缓慢打开罐盖排气, 用少量蒸馏水冲洗内盖, 将消解罐放在控温电热板上, 于  $100^\circ\text{C}$  加热 30 min, 用蒸馏水定容至 25 mL, 混匀备用, 同时做空白试验。消解液用 iCAP™ 7400 ICP-OES 等离子体光谱仪进行测定, 钠、钙、磷、钾、铜、镁、锰、锌、铁共 9 种元素的检测参照 GB 5009.268—2016 (第三法)。

## 1.3 数据分析

所有分析均测定 3 次, 结果用平均值 标准差表示, 数据分析采用 SPSS 25.0, 柱状图绘制使用 GraphPad Prism 8。

# 2 结果与分析

## 2.1 多糖含量分析

5 个样地多花黄精根茎中的多糖含量测定结果见图 1。由图 1 可知, 不同样地样品中的多糖含量由高到低依次为  $A > C > E > B > D$ 。A 样地样品中的多糖含量为  $97.50 \pm 6.41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 显著高于其他 4 个地样品中的多糖含量 ( $P < 0.05$ ), B、C、D、E 4 个样地样品中的多糖含量水平相近。

## 2.2 蛋白质含量分析

5 个样地多花黄精根茎中的总蛋白含量测定结果见图 2。由图 2 可知, 总蛋白含量由高到低依次为  $A > C > E > D > B$ 。其中, A 样地样品中的蛋白质含量最高, 为  $12.40 \pm 0.42 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , 分

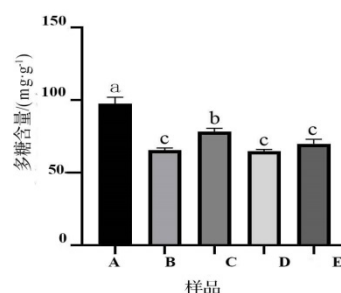


图 1 不同样品的多糖含量

Fig. 1 Polysaccharide content from *P. cyrtonema* in different sample plots

注: 同一图中不同小写字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 下同。

别是 B、D、E 样地样品中的蛋白质含量的 2.27、1.75 及 1.52 倍; B 样地样品中的蛋白质含量最低, 为  $5.45\pm 0.03\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ; C 样地与 A 样地样品中的蛋白质含量接近, 为  $12.20\pm 0.33\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ , 两地样品中的蛋白质含量显著高于其他三地样品中的蛋白质含量 ( $P<0.05$ )。

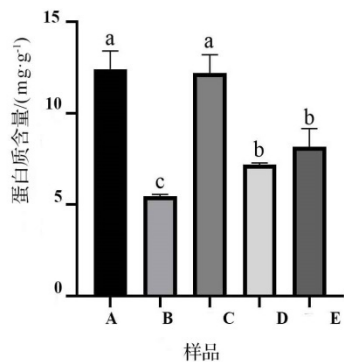


图 2 不同样品的蛋白质含量

Fig. 2 Protein content from *P. cyrtonema* in different sample plots

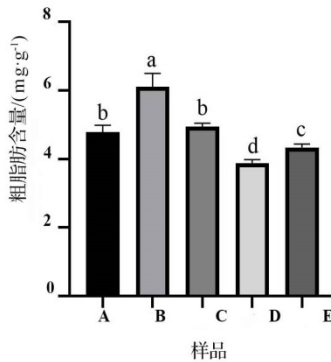


图 3 不同样品的粗脂肪含量

Fig. 3 Crude fat content from *P. cyrtonema* in different sample plots

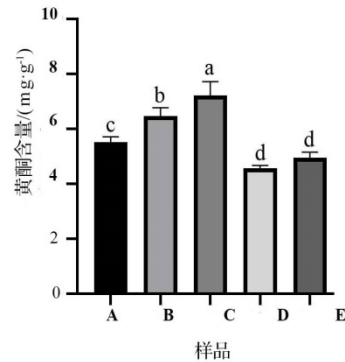


图 4 不同样品的黄酮含量

Fig. 4 Flavonoid content from *P. cyrtonema* in different sample plots

2.3 粗脂肪含量分析

5 个样地多花黄精根茎中的粗脂肪含量测定结果见图 3。由图 3 可知, 粗脂肪含量由高到低依次为  $B>C>A>E>D$ 。其中, B 样地样品中的粗脂肪含量显著高于其他四地样品中的粗脂肪含量 ( $P<0.05$ ), 为  $6.10\pm 0.38\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其粗脂肪含量分别是 A、C、D 和 E 样地样品中粗脂肪含量的 1.28、1.23、1.57 及 1.40 倍; D 样地样品中粗脂肪含量最低, 为  $3.88\pm 0.12\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

2.4 黄酮含量分析

5 个样地多花黄精根茎中的总黄酮含量测定结果见图 4。由图 4 可知, 黄酮含量由高到低依次为  $C>B>A>E>D$ 。其中, C 样地样品中的黄酮含量显著高于其他四地样品中的总黄酮含量 ( $P<0.05$ ), 为  $7.22\pm 0.77\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其黄酮含量分别是 A、D 和 E 样地样品中总黄酮含量的 1.31、1.58 及 1.46 倍; D 样地样品中的黄酮含量最低, 为  $4.57\pm 0.12\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

2.5 矿物质元素含量分析

对 5 地多花黄精根茎中的 9 种矿物质元素进行检测, 并对检测结果进行显著性差异分析, 结果见表 2。由表 2 可知, 在 B 样地样品中的 Na、Ca 含量均最高, 分别为  $32.31\pm 1.25\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $3.72\pm 0.02\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; C 样地样品中的 Zn、K 和 Mn 含量最高, 分别为  $71.21\pm 1.97\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $7.53\pm 0.02\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $207.23\pm 2.00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 其中 Zn、Mn 含量显著高于其他样地样品中的 Zn、Mn 含量 ( $P<0.05$ ), 而 C 样地样品中的 Mg 含量则处于最低水平, 仅为 D 样地样品中的 Mg 含量的 60%; D 样地样品中的 Cu、Mg 和 P 含量最高, 分别为  $6.58\pm 0.15\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.45\pm 0.02\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $2.25\pm 0.02\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 其中 P 含量显著高于其他样地样品中的 P 含量 ( $P<0.05$ ), 而 Mn 含量则是最低水平, 为  $14.71\pm 0.36\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; E 样地样品中的 Fe 含量最高, 为  $393.28\pm 12.17\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 显著高于其他样地样品中的 Fe 含量 ( $P<0.05$ ), 而 Ca 含量则是最低水平, 为  $2.60\pm 0.01\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。相较于以上 4 个样地样品, 9 种矿物质元素含量在 A 样地样品中并没有出现最高值。

表 2 不同样品的矿物质元素含量  
Tab. 2 Mineral element content from *P. cyrtonema* in different sample plots

编号	Cu/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Zn/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Mg/(g·kg <sup>-1</sup> )	Na/(mg·kg <sup>-1</sup> )	P/(g·kg <sup>-1</sup> )	Fe/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Ca/(g·kg <sup>-1</sup> )	K/(g·kg <sup>-1</sup> )	Mn/(mg·kg <sup>-1</sup> )
A	2.42±0.06d	27.14±1.11b	1.16±0.01c	14.05±0.56d	0.61±0.01d	57.22±1.71e	3.05±0.027c	4.29±0.01e	98.32±0.56b
B	2.60±0.22d	28.05±1.05b	1.04±0.01d	32.31±1.25a	0.84±0.01c	198.33±7.94c	3.72±0.02a	4.63±0.01d	91.20±0.50c
C	5.86±0.39b	71.21±1.97a	0.87±0.01e	17.06±1.15c	0.82±0.01c	271.06±13.00b	3.24±0.01b	7.53±0.02a	207.23±2.00a
D	6.58±0.15a	16.30±0.70d	1.45±0.02a	16.11±0.70cd	2.25±0.02a	93.34±2.65d	2.81±0.01d	6.54±0.02b	14.71±0.36e
E	3.67±0.16c	22.90±1.06c	1.25±0.01b	24.32±1.48b	0.99±0.01b	393.28±12.17a	2.60±0.01e	5.05±0.01c	28.31±0.78d

注: 同一列不同小写字母表示显著性差异 ( $P<0.05$ )。

### 3 讨论

本研究对 5 个样地多花黄精根茎中的多糖、蛋白质、粗脂肪、黄酮及 9 种矿物质元素含量进行了测定,发现 5 个样地多花黄精根茎中各类活性成分和营养成分均较为全面。多糖作为基础能源,对多花黄精自身的生长和营养具有重要作用,其含量是衡量多花黄精的功效益价值的一个关键指标<sup>[11]</sup>。A 样地多花黄精根茎中的多糖含量为  $97.50 \pm 6.41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,高于其他样地根茎中的多糖含量,具有明显优势。林建忠等<sup>[12]</sup>发现油茶林土壤表层的含碳率较毛竹林高,A 样地为油茶林,能为多花黄精内部多糖和蛋白质的合成提供更充足的原料。A、C、E 样地根茎中的多糖含量总体上高于 B、D 样地根茎中的多糖含量,A、C、E 样地在种植多花黄精时都施有底肥,而 B、D 样地在种植多花黄精时没有施加底肥,说明底肥的施加能显著增加多花黄精根茎的多糖含量,这与郭妮等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。A、C 样地根茎中的蛋白质含量分别为  $12.40 \pm 0.42 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 、 $12.00 \pm 0.33 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ,高于其他三个样地根茎中的蛋白质含量,这与种植地点的朝向存在一定关系。方乐霞等<sup>[7]</sup>研究发现分布在东、西、北三个方向的多花黄精的总氨基酸含量较高,氨基酸作为蛋白质的基本组成单位,为多花黄精内部的蛋白质合成提供了充足的原料<sup>[14]</sup>。A、C 样地朝向为东,利于多花黄精的生长和内部蛋白质的合成,导致 A、C 样地根茎中的蛋白质含量高于 E 样地根茎中的蛋白质含量,同时受底肥的影响,A、C、E 样地根茎中的蛋白质含量总体大于 B 和 D 样地根茎中的蛋白质含量。B 样地根茎中的粗脂肪含量最高,为  $6.10 \pm 0.38 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,多糖、蛋白质和黄酮指标均处于中间水平,与其他样品相比没有显著优势,矿物质元素中的 Na 和 Ca 含量最高。C 样地根茎中的黄酮含量最高,为  $7.22 \pm 0.77 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,高于其他样地根茎中的黄酮含量,张传海等<sup>[8]</sup>通过自由基清除试验,发现毛竹林下套种的多花黄精根茎中总黄酮含量最高。C 样地为毛竹林,根茎中的黄酮含量最高且显著高于 A、D、E 样地根茎中的黄酮含量。黄酮作为多花黄精中的重要活性成分,既是主要的营养因子,又是药理因子。研究表明,黄酮为一种强抗氧化剂,可有效清除体内的氧自由基<sup>[15]</sup>,黄酮类成分具有减缓衰老、抗菌、抗炎、抗癌等作用,能够起到生理保健的功效益<sup>[16]</sup>。由此可见,C 样地根茎有较高的营养价值和药用价值。D、E 样地根茎的多糖、蛋白质、粗脂肪和黄酮含量均低于 A 样地根茎,A、D、E 三样地都为油茶林下套种多花黄精,初步推测是由于 A 样地油茶林的郁闭度更适合多花黄精的生长。A 样地油茶林的郁闭度为 0.5,D、E 样地油茶的郁闭度均为 0.3,林下套种栽培多花黄精的郁闭度一般大于 0.4 较适合其生长,这与刘跃钧等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。

不同样地多花黄精根茎的矿物质元素含量存在较大的差异,B 样地根茎中的 Na、Ca 含量最高,C 样地根茎中的 Zn、K、Mn 含量最高,D 样地根茎中的 Cu、Mg 和 P 三种矿物质元素含量均为最高,E 样地根茎的 Fe 含量为最高。研究发现,黄精中 Na、Zn 的含量与海拔高度呈现正相关性,与林分郁闭度呈现负相关性<sup>[18]</sup>。B 样地在所有样地中海拔最高且林分郁闭度最低,这与该样地多花黄精样品中 Na 含量最高、Zn 含量居第二位的结果是一致的。C 样地林分郁闭度最高,海拔处于中位,但该样地多花黄精根茎中的 Zn 含量却最高,这可能因为种植前撒施有机肥提升了土壤中的有机质含量,而土壤中 Zn 等金属元素的含量与有机质含量呈正相关<sup>[19]</sup>。总的来说,影响多花黄精中矿物质含量的因素很多,除了受海拔、郁闭度、土壤有机质含量影响外,还受到施肥方式、土壤养分等因素的影响<sup>[20]</sup>。

上述结果表明生长环境的不同,会影响多花黄精营养成分的含量,因此 5 个样地多花黄精根茎中的主要成分含量存在较大差异,这与王天梅等<sup>[21]</sup>、涂明峰等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。综合考虑多花黄精根茎中关键营养成分,如黄精多糖、黄酮以及蛋白质含量等,A、C 样地的黄精品质要高于其他样地的黄精品质,具有一定的推广价值。

### 4 结论

本研究采集了浙江省龙泉市 5 个不同生境和套种模式下的 1 年生多花黄精根茎,分别测定了多糖、蛋白质、粗脂肪、黄酮和 9 种矿物质元素含量。研究发现,A 样地多花黄精根茎中的多糖和总蛋白含量最高,主要营养成分最为丰富;C 样地多花黄精根茎中的黄酮含量最高,并且多糖和总蛋白含量也处于较高水平,具有较高的

营养价值和药用价值; B 样地多花黄精根茎中的粗脂肪含量最高。而在矿物质元素含量上, 不同样地多花黄精根茎中的含量互有高低, 存在较大差异。总的来说, A、C 样地多花黄精根茎在关键营养成分的含量上具有一定的优势。上述研究结果表明不同样地的多花黄精根茎中各组分含量都会存在一定的差异, 受产地的土壤和气候、不同林下套种、种植过程差异等多方面因素的影响, 多花黄精根茎中的多糖、蛋白质、粗脂肪、黄酮和矿物质元素的含量产生变化。本研究仍存在需要改进的地方, 主要是缺乏对多花黄精中不同矿物质元素含量关系的深入研究以及对土壤养分的监测。因此, 后期不仅需要探究多花黄精的各矿物质元素的含量关系及影响因素, 还需对土壤的养分等进行分析测定。

## 参考文献

- [1] 范佐旺, 柯晓燕, 陈靓雯, 等. 多花黄精的化学成分及药理研究进展[J]. 中医药信息, 2020, 37(5): 119-126.
- [2] 罗敏, 章文伟, 邓才富, 等. 药用植物多花黄精研究进展[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(06): 1467-1469.
- [3] 赖春仙. 多花黄精栽培技术与经济效益分析[J]. 江西农业, 2018, 14(05): 5-8.
- [4] 徐忠传, 何俊蓉, 郁达, 等. 多花黄精的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(01): 78.
- [5] 宁火华, 袁铭铭, 邬秋萍, 等. 多花黄精化学成分分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(22): 77-82.
- [6] 焦劫, 陈黎明, 孙瑞泽, 等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材, 2016, 39(3): 519-522.
- [7] 方乐霞, 郭宣宣, 张玲, 等. 可见分光光度法测定不同产地黄精中总氨基酸含量[J]. 安徽中医学院学报, 2018, 37(05): 71-74.
- [8] 张传海, 林志奎, 李宝银, 等. 闽北林下种植多花黄精的总黄酮含量分析及其生物活性评价[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(02): 225-231.
- [9] 王聪. 多花黄精多糖提取分离分子量测定及其粗多糖的初步药效研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2012.
- [10] 涂明锋, 叶文峰, 彭靖, 等. 不同产地多花黄精化学成分含量比较分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(08): 198-200.
- [11] 郑春艳. 九华山多花黄精皂甙和多糖的分离与纯化[D]. 合肥: 安徽师范大学, 2010.
- [12] 林建忠. 毛竹与油茶人工林生态系统碳贮量及其分配特征[J]. 亚热带农业研究, 2014, 10(03): 168-171.
- [13] 郭妮. 栽培措施对林下多花黄精产量和品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [14] 杨天友, 杨传东, 卢志宏, 等. 武陵黄精营养成分分析[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(03): 155-158.
- [15] 王倩, 常丽新, 唐红梅. 黄酮类化合物的提取分离及其生物活性研究进展[J]. 河北联合大学学报(自然科学版), 2011, 33(01): 110-115.
- [16] 高嫣. 多花黄精的活性成分及药理作用研究进展[J]. 福建农业科技, 2021, 52(08): 39-44.
- [17] 刘跃钧, 曾岳明, 叶征莺, 等. 多花黄精栽培技术研究进展[J]. 中国现代中药, 2022, 24(04): 715-720.
- [18] 曾岳明, 严邦祥, 徐美青, 等. 多花黄精‘丽精1号’营养成分与海拔、郁闭度相关性研究[J]. 浙江中医药大学学报, 2021, 45(01): 64-69.
- [19] 刘芳枝, 胡俊良, 刘劲松, 等. 南岭泡金山矿产集采区土壤重金属空间分布及风险评价[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(01): 86-95.
- [20] 苏海兰, 李希, 唐建阳, 等. 不同栽培模式对多花黄精生物量分配及其品质的影响[J]. 福建农业学报, 2018, 33(12): 1237-1241.
- [21] 王天梅, 陈松树, 李丹丹, 等. 不同产地黄精主要成分比较研究[J]. 特产研究, 2021, 43(04): 44-48, 52.