

## 不同施肥处理对连翘果实生长及药用成分含量的影响

彭毅丹<sup>1</sup>, 郭嘉瑜<sup>1</sup>, 邝芳芳<sup>1</sup>, 李 铂<sup>2</sup>, 孙 静<sup>1</sup>, 陈 莹<sup>1</sup>, 张雨曲<sup>1</sup>, 杨新杰<sup>1</sup>

- (1. 陕西中医药大学药学院 陕西省秦岭中草药应用开发工程技术研究中心“秦药”研发重点实验室, 陕西 咸阳 712046;  
2. 陕西中医药大学 陕西省中药资源产业化协同创新中心, 陕西 咸阳 712083)

**摘要:** 试验以陕西省柞水县连翘种植基地的6 a生连翘植株为试材, 设置对照、有机肥、叶面肥以及3种不同浓度复合肥(50 g/株、100 g/株、150 g/株)共6个处理, 于果实成熟期采集样品进行测试分析。结果表明: 施肥后连翘果实部分生长指标普遍高于未施肥对照组, 但各施肥组间差异不明显; 施肥处理后除复合肥(150 g/株, F3)组外, 其他组中连翘果实的黄酮类含量均略微下降; 施肥处理后连翘果实中的苯乙醇苷类、木脂素类及绿原酸含量普遍高于对照组, 且叶面肥(YM)组处理下的苯乙醇苷类和木脂素类含量均为最高、增长效果最显著。综上所述, 连翘果实发育前期喷施叶面肥有助于提高药用成分含量, 进而提高药材质量。

**关键词:** 连翘; 施肥; 有效成分含量; 药材质量

中图分类号: S365 文献标识码: A 文章编号: 0488-5368(2025)02-0017-06

## Effects of Different Fertilization Treatments on Growth and Content of Medicinal Components in Fruits of *Forsythia suspensa*

PENG Yidan<sup>1</sup>, GUO Jiayu<sup>1</sup>, KUANG Fangfang<sup>1</sup>, LI Bo<sup>2</sup>, SUN Jing<sup>1</sup>, CHEN Ying<sup>1</sup>, ZHANG Yuqu<sup>1</sup>, YANG Xinjie<sup>1</sup>

(1. Shaanxi Engineering Research Center for Application and Development of Chinese Medicine in Qinling Mountains, Key Laboratory of "Qin Medicine" Research and Development, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang, Shaanxi 712046, China; 2. Shaanxi Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang, Shaanxi 712083, China)

**Abstract:** This study explores the effects of different fertilization treatments on the growth and content of medicinal components in fruits of *Forsythia suspensa*, aiming to provide a reference for the scientific cultivation and fertilization management of *Forsythia suspensa*. Six-year-old *Forsythia* plants grown in Zhashui County, Shaanxi Province, were used as the experimental material. Six treatments were set up: a control (no fertilization), organic fertilizer, foliar fertilizer, and three different concentrations of compound fertilizer (50 g/plant, 100 g/plant, 150 g/plant). Samples were collected during the fruit maturation period for testing and analysis. After fertilization, the growth indicators of *Forsythia* fruits were generally improved compared to the control group, although the differences among fertilization treatments were not statistically significant. Fertilization treatments generally increased the contents of phenylethanoid glycosides, lignans, and chlorogenic acid in the fruits, with the highest increases in phenylethanoid glycosides and lignans observed in the foliar fertilizer (YM) group. However, flavonoid content decreased slightly in most fertilization groups, except for the high-concentration compound fertilizer treatment (150 g/plant, F3). The results indicated that spraying foliar fertilizer during the early developmental stage of *Forsythia* fruit promotes the accumulation of medicinal components, thereby improving medicinal quality. These findings provide valuable insights for the scientific cultivation and fertilization management of *Forsythia suspensa*.

收稿日期: 2024-05-29 修回日期: 2024-07-09

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFC1712605、2021YFD1601004); 陕西省中医药管理局专项(2021-QYZL-02); 中医药创新能力提升和资源保护利用揭榜挂帅项目(17301022301); 西安市科技计划项目: 中药生产过程关键技术研究(23CXLHTJSGG0004-2023)。

第一作者简介: 彭毅丹(2000-), 女, 硕士研究生, 研究方向为中药资源开发与利用。

通信作者: 杨新杰。

**Key words:** *Forsythia suspensa*; Fertilization; Contents of active ingredients; Medicinal materials quality

中药连翘为木犀科植物连翘 (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl) 的干燥果实<sup>[1]</sup>, 多见栽培于中国山西、河南、陕西等地。其药理作用主要表现为抗菌、抗肿瘤、抗炎、保肝、抗氧化等活性<sup>[2]</sup>。连翘为临床常用的大宗药材, 市场需求量较大, 青翘每年用量约 6 000~7 500 t, 老翘每年用量约 1 500~2 000 t<sup>[3]</sup>。然而连翘野生资源存在提前采摘现象而不能满足入药要求, 故优质连翘药材需人工种植。

连翘种植过程中密度、水分、施肥等因素均可影响其果实的品质, 其中肥料作为连翘植物生长养分主要来源之一, 对果实的质量有着较大影响。目前已有研究报道施肥对中药材的品质与产量有着显著影响, 如贯叶连翘<sup>[4]</sup>、三七<sup>[5]</sup>、七叶一枝花等<sup>[6]</sup>。张晓虎<sup>[7]</sup>研究认为, 施用连翘肥料时采取氮磷钾的配合施用方法可促进连翘生长和提高产量; 宋丽华<sup>[8]</sup>研究得到, 氮磷钾配比为 1.5 : 1.5 : 1 时施肥对促进宁夏大学土壤条件下的连翘生长效果最佳; 郭晓霄等<sup>[9]</sup>研究得出施肥处理对改善连翘苗木生理特性效果最优。关于连翘施肥的研究主要以产量和生理特性为主, 而对于常用的有机肥料类型没有进行过针对性研究。因此, 该研究选择在实际生产中常用的几种肥料, 通过与不施肥对比, 研究其对连翘果实品质的影响, 从而揭示连翘果实的施肥需求规律, 并为实现连翘药材的科学施肥和高品质栽培技术提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验仪器

高效液相色谱仪(华谱科仪(北京)科技有限公司 S3000)。

### 1.2 试材及试验地概况

有机肥(河北德沃多生物科技有限公司, 有机质含量 $\geq 25\%$ )、叶面肥(河北德沃多生物科技有限公司,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  含量 $\geq 99\%$ )、复合肥(湖北三宁化工股份有限公司, 氮、磷、钾总养分 $\geq 45\%$ ); 甲醇、磷酸均为色谱级, 娃哈哈纯净水; 连翘酯苷 E(纯度 99.69%)、绿原酸(纯度 99.82%)、连翘酯苷 I(纯度 98.26%)、松脂醇- $\beta$ -D-葡萄糖苷(纯度 98.78%)、芦丁(纯度 99.04%)、连翘苷(纯度 99.09%)、槲皮素(纯度 98.85%)、连翘脂素(纯度 98.17%)购自昆明珏登商贸有限公司, 连翘酯苷 A(纯度 98.08%)购自上海源叶生物科技有限公司。

试验地位于陕西省商洛市柞水县连翘种植基地

(33°68'N, 109°10'E)。基地年平均气温 18.2 °C, 年平均降水量 692 m, 土壤为扁白泡土, pH 值 6.5~6.8, 有机质含量 1.38%, 全氮 0.097%, 碱解氮 69 mg/kg, 速效钾 137 mg/kg。连翘植株经陕西中医药大学药学院中药鉴定教研室颜永刚教授鉴定为木犀科植物连翘 (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl)。

### 1.3 施肥设置

试验共设计 5 个施肥处理组和 1 个空白对照组 (CK), 每个处理组平行设置 3 个重复, 每组 30 株连翘树, 于 2023 年 6 月初连翘发育的幼果期施肥。有机肥组施肥标准为 1 kg/株(记为 YJ), 叶面肥组施肥标准为 0.5 L/株(浓度 1 g/L, 记为 YM), 复合肥组设置 3 个浓度进行施肥, 施肥浓度分别为复合肥 1 (50 g/株, 记为 F1)、复合肥 2 (100 g/株, 记为 F2) 和复合肥 3 (150 g/株, 记为 F3)。施肥完成后于 2023 年 8 月中旬收集各处理组青翘果实样品, 所有样品均隔水蒸 15 min 作杀青处理。

### 1.4 项目测定

1.4.1 生长指标测定 于每个处理组随机选取 50 个果实, 除去杂质后用游标卡尺(精度 0.02 mm)和电子天平(精度 0.01g)测量表型性状, 包括果实长度、直径、单果鲜重和干重。

### 1.4.2 主要药用成分含量测定

(1) 样品制备: 取粉碎过筛的样品粉末 0.5 g, 置 50 mL 锥形瓶中, 精密称定(精度 0.000 1g), 随后加入 10 mL 的 90% 甲醇溶液, 称定重量。超声提取 25 min (500 W, 40 kHz), 待静置至室温后, 补足失重。留上清液, 通过 0.22 mm 微孔滤膜过滤, 以备后续测定。

(2) 制备对照品溶液: 精密称取适量的连翘酯苷 E、绿原酸、连翘酯苷 I、松脂醇- $\beta$ -D-葡萄糖苷、连翘酯苷 A、芦丁、连翘苷、槲皮素及连翘脂素对照品, 分别置于 5 mL 棕色容量瓶中, 甲醇定容至刻度。于上述容量瓶中各自吸取对照品溶液制成含连翘酯苷 E、绿原酸、连翘酯苷 I、松脂醇- $\beta$ -D-葡萄糖苷、连翘酯苷 A、芦丁、连翘苷、槲皮素、连翘脂素各 0.20 mg/mL、0.06 mg/mL、0.04 mg/mL、0.048 mg/mL、0.16 mg/mL、0.06 mg/mL、0.08 mg/mL、0.06 mg/mL、0.10 mg/mL 的混合对照品储备液, 4 °C 保存, 用前过 0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜。

(3) 色谱条件: 流动相为甲醇 (A) - 1% 磷酸水 (B); 流速 0.8 mL/min; 检测波长 229 nm; 柱温 25 °C; 进样量 10  $\mu\text{L}$ ; 梯度洗脱 (0~8 min, 7%~28% A; 8

~13 min, 28%~35%A; 13~23 min, 35%~38%A; 23~38 min, 38%~48%A; 38~53 min, 48%~52%A; 53~57 min, 52%~45%A; 57~62 min, 45%~10%A)。在此

条件下9种对照品色谱图见图1以及供试品的色谱图见图2。

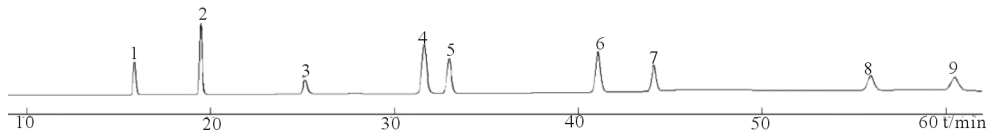


图1 对照品色谱图

注: 1. 连翘酯苷 E; 2. 绿原酸; 3. 连翘酯苷 I; 4. 松脂醇-β-D-葡萄糖苷; 5. 连翘酯苷 A; 6. 芦丁; 7. 连翘苷; 8. 槲皮素; 9. 连翘脂素。下同

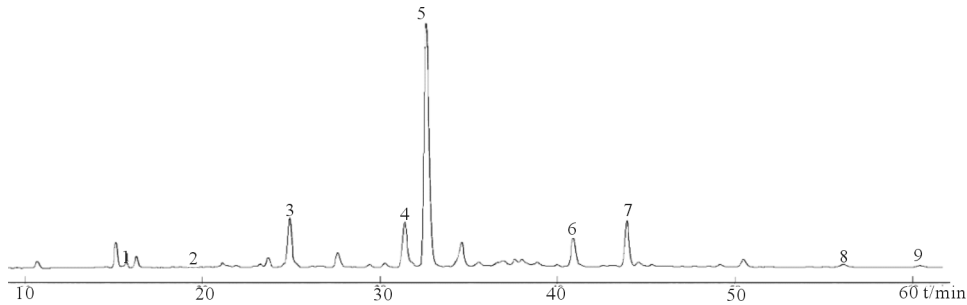


图2 连翘果实中9种化学成分样品色谱图

(4)方法学考察:于1.4.2项中取混合对照溶液,并按照相同的样品测定色谱条件。分别进样2 μL、5 μL、10 μL、15 μL、20 μL,并记录峰面积值。将

峰面积作为纵坐标(y)、质量作为横坐标(x)进行线性回归。得到回归方程,见表1。

表1 9种成分的线性关系和线性范围

对照品	回归方程	R <sup>2</sup>	线性范围/μg
连翘酯苷 E	$y = 1\,000.688\,4x - 99.427\,7$	R <sup>2</sup> = 0.999 8	0.56~4.44
绿原酸	$y = 313.496\,6x - 23.324\,9$	R <sup>2</sup> = 0.999 9	0.42~3.33
连翘酯苷 I	$y = 11\,172.200\,4x - 1\,877.899\,7$	R <sup>2</sup> = 0.999 8	0.58~4.62
松脂醇-β-D-葡萄糖苷	$y = 5\,335.562\,1x - 1\,813.886\,8$	R <sup>2</sup> = 0.999 3	0.25~2.04
连翘酯苷 A	$y = 5\,674.903\,1x - 457.809\,5$	R <sup>2</sup> = 0.999 9	1.72~13.75
芦丁	$y = 678.963\,5x - 10.068\,8$	R <sup>2</sup> = 0.999 7	1.98~15.90
连翘苷	$y = 11\,008.298\,3x - 361.303\,0$	R <sup>2</sup> = 0.999 8	0.16~1.28
槲皮素	$y = 3\,642.348\,9x + 189.044\,8$	R <sup>2</sup> = 0.999 5	0.14~1.16
连翘脂素	$y = 799.219\,2x - 45.200\,4$	R <sup>2</sup> = 0.999 5	0.38~3.04

精密密度实验:取1.4.2项下混合对照溶液,照样品相同测定色谱条件,重复进样6次,得到连翘酯苷 E、绿原酸、连翘酯苷 I、松脂醇-β-D-葡萄糖苷、连翘酯苷 A、芦丁、连翘苷、槲皮素及连翘脂素峰面积的 RSD 值分别为 1.89%、1.73%、0.89%、0.94%、0.73%、0.55%、0.86%、1.21%和 1.55%,表明试验所用仪器精密密度良好。

稳定性试验:制备供试品溶液后,于第0 h、2 h、4 h、8 h、12 h、24 h 分别进样,得到连翘酯苷 E、绿原酸、连翘酯苷 I、松脂醇-β-D-葡萄糖苷、连翘酯苷 A、

芦丁、连翘苷、槲皮素及连翘脂素峰面积的 RSD 值分别为 1.51%、1.31%、1.23%、1.01%、1.34%、1.30%、0.86%、1.54%和 1.24%,表明供试品溶液 24 h 内稳定性良好。

重复性实验:精密称定同一样品6份,制备成供试品溶液,分别进样,得到连翘酯苷 E、绿原酸、连翘酯苷 I、松脂醇-β-D-葡萄糖苷、连翘酯苷 A、芦丁、连翘苷、槲皮素及连翘脂素峰面积的 RSD 值分别为 0.97%、1.71%、1.05%、1.86%、1.55%、1.43%、0.94%、1.96%和 1.43%,均在规定的范围内。

表 2 加样回收率

成分	平均回收率/%	RSD/%
连翘酯苷 E	96.63	3.51
绿原酸	98.50	2.91
连翘酯苷 I	97.23	2.99
松脂醇- $\beta$ -D-葡萄糖苷	97.10	1.53
连翘酯苷 A	96.67	2.34
芦丁	100.59	1.76
连翘苷	100.83	3.43
槲皮素	95.67	3.27
连翘脂素	100.17	2.23

加样回收率试验:取已知含量的连翘样品,称定 6 份,每份精密加入连翘酯苷 E 0.07 mg、绿原酸 0.01 mg、连翘酯苷 I 2.57 mg、松脂醇- $\beta$ -D-葡萄糖

苷 0.08 mg、连翘酯苷 A 3.04 mg、芦丁 0.07 mg、连翘苷 0.42 mg、槲皮素 0.90 mg 及连翘脂素 0.16 mg,进样测定。9 个成分的平均回收率见表 2,RSD 值在规定范围内。

(5)数据分析:单因素方差分析采用 SPSS 26.0 软件进行。

## 2 结果分析

### 2.1 不同施肥处理对果实外观性状的影响

连翘不同施肥处理对果实外观性状影响的试验结果见表 3。结果表明,施肥后连翘果实部分生长指标普遍高于未施肥对照组,但各施肥组间的差异性不明显。

表 3 不同施肥处理对外观性状的影响( $\bar{x}\pm S, P<0.05$ )

施肥处理	平均长度/mm	平均直径/mm	单果鲜重/g	单果干重/g	折干率/%
F1	21.34 $\pm$ 2.47ab	9.77 $\pm$ 0.85b	0.53 $\pm$ 0.03b	0.16 $\pm$ 0.01b	30.19
F2	21.56 $\pm$ 1.63ab	10.04 $\pm$ 0.42ab	0.56 $\pm$ 0.03b	0.18 $\pm$ 0.01b	32.14
F3	21.13 $\pm$ 2.53ab	10.30 $\pm$ 0.58a	0.63 $\pm$ 0.03a	0.17 $\pm$ 0.02b	26.98
YJ	22.83 $\pm$ 1.87a	10.32 $\pm$ 0.69a	0.67 $\pm$ 0.02a	0.22 $\pm$ 0.01a	32.84
YM	23.13 $\pm$ 1.20a	10.23 $\pm$ 0.49a	0.66 $\pm$ 0.02a	0.20 $\pm$ 0.01b	30.30
CK	20.87 $\pm$ 2.68b	9.73 $\pm$ 0.74b	0.53 $\pm$ 0.03b	0.14 $\pm$ 0.01c	26.42

注:不同字母表示不同处理之间差异显著( $P<0.05$ ),字母相同表示无差异。下同。

### 2.2 不同施肥处理对有效成分含量的影响

2.2.1 不同施肥处理对 9 种化学成分含量的影响 不同施肥处理对 9 种化学成分含量的影响结果见表 4。据 2020 版药典规定,各施肥组中的连翘苷(不得少于 0.15%)和连翘酯苷 A(不得少于 3.50%)的含量均达到药典标准。与空白组相比,

YM 处理下的连翘酯苷 A、连翘酯苷 E 和绿原酸含量最高;同时 YM 处理下的槲皮素、连翘脂素在各处理组中含量最高但略低于空白组;YJ 处理下的连翘酯苷 A 含量最低;F1 处理下连翘苷含量最高,其次是 YJ、YM,F2 处理下连翘苷含量最低。

表 4 不同施肥处理对 9 种化学成分含量的影响( $\bar{x}\pm S, P<0.05, n=3$ )

(% )

施肥处理	连翘酯苷 E	绿原酸	连翘酯苷 I	松脂醇- $\beta$ -D-葡萄糖苷	连翘酯苷 A	芦丁	连翘苷	槲皮素	连翘脂素
F1	0.59 $\pm$ 0.00d	0.05 $\pm$ 0.01ab	5.84 $\pm$ 0.05a	2.49 $\pm$ 0.03b	6.26 $\pm$ 0.06d	0.20 $\pm$ 0.01b	0.86 $\pm$ 0.01a	0.06 $\pm$ 0.00c	0.13 $\pm$ 0.01cd
F2	0.52 $\pm$ 0.01e	0.05 $\pm$ 0.00b	5.43 $\pm$ 0.01b	2.15 $\pm$ 0.02c	7.13 $\pm$ 0.02b	0.20 $\pm$ 0.01b	0.69 $\pm$ 0.00c	0.06 $\pm$ 0.01c	0.14 $\pm$ 0.01c
F3	0.74 $\pm$ 0.00b	0.06 $\pm$ 0.00a	5.37 $\pm$ 0.02bc	2.59 $\pm$ 0.03a	6.62 $\pm$ 0.02c	0.23 $\pm$ 0.01a	0.75 $\pm$ 0.01b	0.09 $\pm$ 0.01b	0.10 $\pm$ 0.03d
YJ	0.63 $\pm$ 0.01c	0.05 $\pm$ 0.00b	4.16 $\pm$ 0.03d	2.10 $\pm$ 0.02d	5.74 $\pm$ 0.05e	0.20 $\pm$ 0.00b	0.84 $\pm$ 0.01a	0.09 $\pm$ 0.00b	0.19 $\pm$ 0.03b
YM	0.84 $\pm$ 0.03a	0.06 $\pm$ 0.01a	5.34 $\pm$ 0.03c	2.58 $\pm$ 0.01a	7.51 $\pm$ 0.07a	0.22 $\pm$ 0.00a	0.78 $\pm$ 0.03b	0.09 $\pm$ 0.00b	0.22 $\pm$ 0.02ab
CK	0.47 $\pm$ 0.01f	0.05 $\pm$ 0.01c	3.55 $\pm$ 0.06e	1.97 $\pm$ 0.03e	5.00 $\pm$ 0.07f	0.20 $\pm$ 0.01b	0.62 $\pm$ 0.05d	0.12 $\pm$ 0.00a	0.24 $\pm$ 0.01a

### 2.2.2 不同施肥处理对黄酮类化合物含量的影响

由图 3 可知,施肥处理后连翘果实中的黄酮类化



合物含量除 F3 外均略低于于对照,表现为  $F3 > CK > YM > YJ > F1 > F2$ 。F3 处理下连翘果实的黄酮类化合物含量最高,为 0.32%。

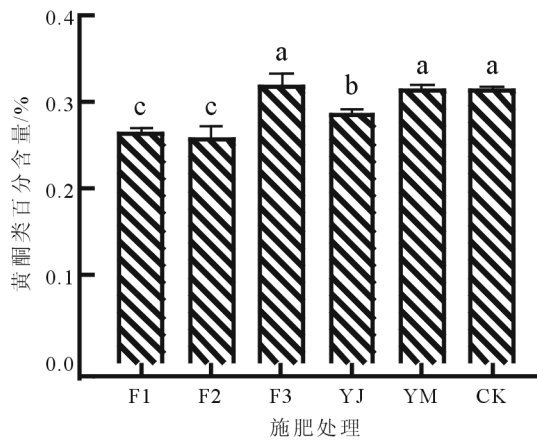


图3 不同施肥处理对连翘黄酮类化合物含量的影响

2.2.3 不同施肥处理对木脂素类化合物含量的影响 由图4可知,施肥处理后连翘果实中的木脂素类化合物含量普遍高于对照,表现为  $YM > F1 > F3 > YJ > F2 > CK$ ,YM 和 F1 处理下连翘果实的木脂素类化合物含量最高,分别为 3.84% 和 3.77%。

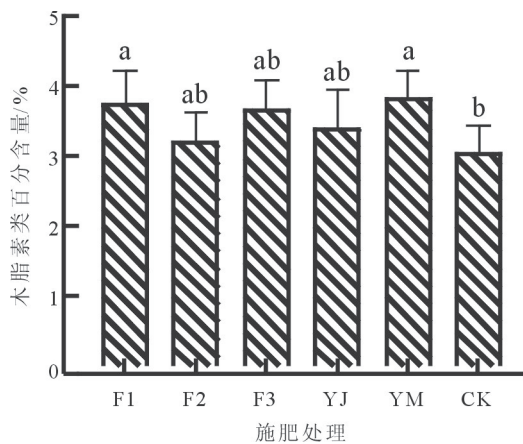


图4 不同施肥处理对连翘木脂素类化合物含量的影响

2.2.4 不同施肥处理对苯乙醇苷类化合物含量的影响 由图5可知,施肥处理后连翘果实中的苯乙醇苷类化合物含量均显著高于对照,表现为  $YM > F2 > F1 > F3 > YJ > CK$ 。YM 处理下连翘果实的苯乙醇苷类化合物含量最高为 13.56%,其次为 F2 处理,含量为 13.12%。

2.2.5 不同施肥处理对绿原酸含量的影响 由图6可知,施肥处理后连翘果实中的绿原酸含量均略高于对照,表现为  $F3 > YM > F1 > YJ > F2 > CK$ 。F3 处理下连翘果实的绿原酸含量最高,为 0.06%。

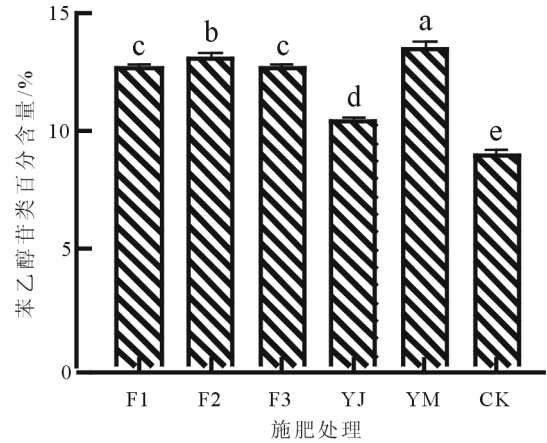


图5 不同施肥处理对连翘苯乙醇苷类化合物含量的影响

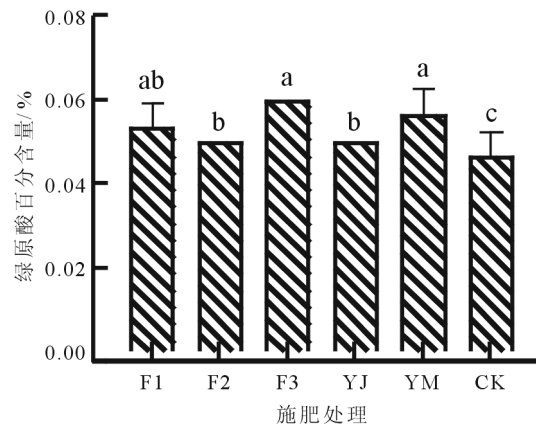


图6 不同施肥处理对连翘绿原酸含量的影响

### 3 讨论

连翘作为一味大宗药材,2020 版药典规定评价其药材品质的标准为连翘苷和连翘酯苷 A<sup>[1]</sup>。连翘苷和连翘酯苷 A 分属于木脂素类和苯乙醇苷类化合物,该研究得到施肥对连翘果实中木脂素类和苯乙醇苷类含量均有一定的正向影响,其中叶面肥对二者含量的促进作用最为显著。表明叶面肥有助于连翘果实提高药用成分含量,与张迪等<sup>[10]</sup>研究叶面肥影响北柴胡品质及产量的结果一致。不同浓度的复合肥在影响各类化合物含量方面效果略差于叶面肥且存在差异,但对于黄酮类化合物和绿原酸含量,趋势均表现为  $F3 > F1 > F2$ ,这可能与二者本身含量不高导致复合肥施用浓度对其影响不大。根据已有研究,复合肥可有效促进巴西人参幼苗的生长和发育<sup>[11]</sup>。因此,在中药材生长过程中,可以考虑施用复合肥来改善中药材的产量和品质。

随着施肥技术研究的深入,研究人员发现根部

肥料施用难以满足植物在生长过程中对营养素的需求,特别是某些微量元素的需求,而叶面施肥的引入有效的解决了这一问题<sup>[12]</sup>。叶面肥的施用方式为人工喷施,相当于一种作用于连翘果实表面的外源物质,已有研究表明在连翘叶片上喷施一定浓度的外源物质(MeJA)可明显促进连翘叶次生代谢产物的积累<sup>[13]</sup>。该研究中叶面肥的主要成分磷酸二氢钾是一种高效复合肥,具有含量高、水溶性强、吸收率高、见效快等优点,在果树上应用广泛<sup>[14]</sup>。喷施磷酸二氢钾调控植株生长和产量已有研究,如甘薯<sup>[15]</sup>、水稻<sup>[16]</sup>和南方红豆杉<sup>[17]</sup>等。因此,在连翘幼果期施加磷酸二氢钾以提高连翘药材质量是可行的。此外,后续在连翘施肥的研究中可针对磷酸二氢钾的最佳施用浓度和施用时间来展开。

科学而适当的施肥是植物培育中至关重要的管理实践之一,它能够有效地促进植物的生长发育,确保丰收并提升水肥利用效率。目前有关提高连翘药材质量的研究多以 N、P、K 配比施肥为主<sup>[7,18]</sup>,而较少探究不同有机肥料对于连翘果实中药用成分的影响。故该研究选择 3 种有机肥料及 3 种浓度的复合肥探讨不同施肥对连翘药材质量的影响,填补了道地产区不同类型有机肥料对连翘种植研究的短缺,同时为陕西省秦岭一带连翘的种植施肥提供依据。连翘人工种植研究可进一步考虑从果实发育初期施加磷酸二氢钾试验入手,该研究可为连翘药材的生态设计、人工培育以及种源改良等提供参考。

## 4 结论

施肥处理后,连翘果实的平均长度、直径、鲜重及干重均较对照有一定提高,但各施肥组之间差异不明显。同时,与对照(不施肥)相比,施肥能显著增加连翘果实药用成分含量,且不同施肥组之间差异较大。其中,施用叶面肥对于增加连翘果实有效成分含量的效果最为明显,复合肥和有机肥效果次之。因此,于连翘果实发育前期施肥能明显促进其有效成分含量的提高,使其高质高产,且采用叶面肥效果更佳。

## 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,2020,178.
- [2] 张天锡,史磊,刘雯,等. 连翘化学成分、药理活性现代研究[J]. 辽宁中医药大学学报,2016,18(12):222-224.
- [3] 强亭燕,李香串,房信胜,等. 连翘挥发油化学成分、药理作用及其开发利用研究进展[J/OL]. 中国现代中药,2024(4):1-15.
- [4] 吕金林,王宇超,毛祝新,等. 不同施肥处理对贯叶连翘生长及药用成分含量的影响[J]. 北方园艺,2023(8):94-100.
- [5] Ou X, Cui X, Zhu D, *et al.* Lowering nitrogen and increasing potassium application level can improve the yield and quality of *Panax notoginseng*[J]. *Frontiers in plant science*, 2020(11):595 095.
- [6] 苏海兰,郑梅霞,陈宏,等. 氮磷钾配方施肥提高林下七叶一枝花产量和重楼皂苷含量[J]. 植物营养与肥料学报,2024,30(1):128-136.
- [7] 张晓虎. 商洛连翘施肥配方技术研究[J]. 陕西农业科学,2017(6):5-10.
- [8] 宋丽华,谢飞. 不同配方施肥对 4 种园林植物幼树生长的影响[J]. 西北林学院学报,2013(2):26-31.
- [9] 郭晓霄,王小华,侯爱民. 不同氮磷钾施用量对连翘生理特性的影响[J]. 山东林业科技,2019,49(4):71-74.
- [10] 张迪,顾旭鹏,张韶珂,等. 不同复配叶面肥对北柴胡品质的影响[J]. 时珍国医国药,2024,35(2):445-449.
- [11] 杨炳,刘素青. 不同肥料处理对林下巴西人参早期生长发育的影响[J]. 绿色科技,2023,25(23):74-79.
- [12] 杨相,宋庆燕,崔洁,等. 黄芪叶片营养吸收特点与专用叶面肥研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2018,20(4):144-146.
- [13] 陶娟,宋小锋,周圆圆. MeJA 对连翘叶片光合作用及次生代谢的影响[J]. 河南农业科学,2021,50(6):54-60.
- [14] 夏静. 磷酸二氢钾在果树上的增效使用[J]. 西北园艺(果树),2020(4):38-40.
- [15] 裴世娟. 喷施磷酸二氢钾对甘薯生长与产量的影响[D]. 秦皇岛:河北科技师范学院,2022.
- [16] 宋伟丰,韦庆慧,刘凯,等. 芸苔素甾醇复配磷酸二氢钾对耐盐碱水稻产量影响的研究[J]. 现代农药,2022,21(2):62-64,72.
- [17] 李文杨,王震,孟祥盈,等. 磷酸二氢钾叶面肥对南方红豆杉生长的影响[J/OL]. 中药材,2023(9):2136-2141.
- [18] 阮飞虎,杜拥军. 连翘“3414”肥料效应试验研究[J]. 陕西农业科学,2014,60(3):43-45.