

彭 桐,王引权,李 钦,等. 不同施肥处理对当归药材质量的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(10):126–131.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2021.10.023

# 不同施肥处理对当归药材质量的影响

彭 桐<sup>1</sup>,王引权<sup>1,2</sup>,李 钦<sup>1</sup>,荔淑楠<sup>1</sup>,魏丽娟<sup>3</sup>,党昇荣<sup>3</sup>

(1. 甘肃中医药大学药学院,甘肃兰州 730000; 2. 甘肃省中药质量与标准研究重点实验室培育基地,甘肃兰州 730000;  
3. 甘肃省绿能农业科技股份有限公司,甘肃天祝 733200)

**摘要:**以不施肥为对照,探究单施有机肥、施用生物有机肥加复合肥、单施复合肥,研究不同施肥处理对当归药材质量的影响,为当归栽培的合理施肥提供理论依据。参照 2020 年版《中华人民共和国药典》中四部方法测定当归水分、总灰分、酸不溶性灰分和醇溶性浸出物含量,采用甲苯法测定当归中多糖含量;采用高效液相色谱法(HPLC)测定当归中阿魏酸、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯 I 等 7 种化学成分的含量。结果表明,单施有机肥可显著降低当归药材的水分含量,提高浸出物含量;生物有机肥+复合肥处理可降低总灰分和酸不溶性灰分含量并提高浸出物含量;4 种施肥处理之间当归多糖含量并无显著性差异;根据主成分分析结果,单施复合肥和单施有机肥可促进当归中 7 种主要药效成分含量的提高。综合来看,本研究中国归的最佳施肥条件为单施有机肥 4 797.6 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**施肥;当归;质量;HPLC;主成分分析

**中图分类号:**S567.23+9.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2021)10–0126–06

当归为伞形科植物当归 [*Angelica sinensis* (Oliv.) Diels.] 的干燥根,有补血活血,调经止痛和润肠通便的功效<sup>[1]</sup>。目前临床上使用的当归药材多为栽培品,甘肃省定西市岷县、漳县、陇南市宕昌县等地为当归药材的道地产区<sup>[2]</sup>,占全国市场流通量的 70% 以上<sup>[3]</sup>。目前,在当归种植过程中由于连作和大量施用化肥,造成土壤板结、土壤质量下降,土壤特性不稳定等问题,从而影响了当归品质。有研究证实恰当施肥不仅能促进当归的生长发育,提高药材产量,还可改善药材品质<sup>[4]</sup>。鉴于此,笔

者所在课题组研究设计了单施有机肥、单施复合肥、有机肥与复合肥配施 3 种施肥方式,以不施肥为对照,对当归药材的质量影响进行试验研究。本研究以当归药材中当归多糖的含量和有机酚酸类(阿魏酸、阿魏酸松柏酯)跟苯酐类(洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、洋川芎内酯 A、藁本内酯、欧当归内酯)7 种化学成分的含量<sup>[5–6]</sup>作为评价指标。同时结合当归的水分、总灰分、酸不溶性灰分和醇溶性浸出物的含量对当归药材质量进行综合分析比较,为确定最佳施肥方案提供科学依据。以期当归的生态化种植及质量控制提供参考和依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

本试验于 2019 年 4—11 月在甘肃省定西市岷县蒲麻镇包家沟村进行,海拔约 2 600 m,二阴区坡地,地块较平坦,前茬为燕麦。试验地于 4 月中旬移栽当归前翻地。翻地后,抢墒覆膜,膜宽 0.6 m,垄

收稿日期:2020–09–01

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFC1700705);甘肃省高校协同创新科技团队支持计划(编号:2016C–05)。

作者简介:彭 桐(1995—),女,河北石家庄人,硕士研究生,主要从事药用植物资源保护与利用研究。E-mail: PengTong1828@163.com。

通信作者:王引权,博士,教授,博士生导师,主要从事药用植物资源保护与利用研究。E-mail: kikkpp@163.com。

[13] 赵 阳,黄 韬. 秋水仙素在园艺植物多倍体育种中的应用研究进展[J]. 上海蔬菜,2010,24(2):29–31.

[14] 闫 炯. EMS 诱导小麦突变及突变的鉴定和筛选[D]. 保定:河北农业大学,2007.

[15] 魏 卓,张先昂,张 越,等. 黄心中华猕猴桃多倍体诱导及鉴定[J]. 分子植物育种,2020,18(12):4036–4040.

[16] 武姬歌,赵建华,宋晓飞,等. 欧洲温室型黄瓜同源四倍体新种

质的创制与鉴定[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):141–145.

[17] 王宇婷,张雅倩,杨青杰. 秋水仙素对渥丹百合种子多倍体诱导的影响[J]. 贵州农业科学,2019,47(7):5–9.

[18] 张艳萍,蒲秀琴. 秋水仙素诱导马铃薯野生种 *S. acaule* 多倍体的初步研究[J]. 中国种业,2018,37(6):66–68.

[19] 邵冰洁,王思琦,刘江森,等. 黑果枸杞和宁夏枸杞的多倍体诱导和鉴定[J]. 分子植物育种,2018,16(8):2593–2599.

间距 30 cm。并按地块条件划定小区。

### 1.2 试验样品

供试当归种苗选用 2018 年合作社繁育的当归苗,移栽时按 DB62/T 2549 — 2014《中药材种苗 当归》标准挑选一级苗(茎粗 3 ~ 5 mm,试验随机取 10

株当归苗进行苗长、苗鲜质量、茎基直径、分叉数测定)。挑选好的当归苗用甘肃省科学院开发的微生物菌剂浸苗 15 min,晾干种苗表皮水分后移栽。供试肥料信息见表 1。

表 1 供试肥料养分

供试肥料	公司	养分
有机肥	甘肃绿能农业科技股份有限公司	$N + P_2O_5 + K_2O \geq 5\%$ , 有机质含量 $\geq 45\%$ , 水分含量 $\leq 30\%$ , pH 值为 5.0 ~ 8.5
复合肥	成都市新都化工股份有限公司	总养分 $\geq 51\%$ , $N - P_2O_5 - K_2O = 17 : 17 : 17$
生物有机肥	甘肃绿能农业科技股份有限公司	$N + P_2O_5 + K_2O \geq 5\%$ , 有机质含量 $\geq 40\%$ , 水分含量 $\leq 30\%$ , pH 值为 5.0 ~ 8.5

### 1.3 仪器及试剂

高效液相色谱仪(型号:Agilent1200,美国安捷伦公司);电子分析天平(型号:BT125D,赛多利斯科学仪器北京有限公司);超纯水系统(型号:Smart - N15VF,上海力康医疗设备有限公司)。

乙腈(天津市大茂化学试剂厂,批号 20180618,色谱纯),甲醇(天津市大茂化学试剂厂,批号 20160307,色谱纯),冰乙酸(天津市大茂化学试剂厂,批号 20170205,色谱纯)。对照品溶液均购于上海源叶生物科技有限公司,具体有阿魏酸对照品(批号 H27J7L16718)、洋川芎内酯 I 对照品(批号 P02F9F54166)、洋川芎内酯 H 对照品(批号 P02F9F54165)、洋川芎内酯 A 对照品(批号 P23A9F68613)、正丁基苯酚对照品(批号 S09J9D65229)、Z 型藁本内酯对照品(批号 Y17S9L70462)、欧当归内酯对照品(批号 P24A9S68617)、阿魏酸松柏酯对照品(批号 Z24D9B78131)。

### 1.4 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,3 次重复,每小区面积为  $2.4\text{ m} \times 12.5\text{ m} = 30\text{ m}^2$ 。总占地  $400\text{ m}^2$ 。试验共设 4 个处理,处理 1:单施有机肥  $4\ 797.6\text{ kg/hm}^2$ ;处理 2:生物有机肥  $1\ 799.1\text{ kg/hm}^2 +$  复合肥  $1\ 199.4\text{ kg/hm}^2$ ;处理 3:单施复合肥  $7\ 496.3\text{ kg/hm}^2$ ;处理 4:不施肥(CK)。各处理小区均在播种前施肥,生育期间不施肥。

### 1.5 试验方法

1.5.1 常规指标测定方法 参照 2020 年版《中华人民共和国药典》四部方法中的通则 0832 第四法测定当归药材水分、通则 2302 测定总灰分和酸不溶性灰分含量和通则 2201 测定醇溶性浸出物含量。

1.5.2 多糖含量的测定 (1)对照品储备液的制

备。将葡萄糖对照品于  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  下烘干至完全失去水分,精密称取干燥恒质量后的葡萄糖对照品  $5.3\text{ mg}$  放入  $50\text{ mL}$  容量瓶中,加水摇匀定容,得葡萄糖对照品储备液。(2)供试品溶液的制备。称取过 60 目筛后的当归样品粉末约  $1\text{ g}$ ,加入 80% 乙醇  $100\text{ mL}$  后加热回流  $1\text{ h}$ ,过滤得滤渣加  $100\text{ mL}$  蒸馏水加热回流  $2\text{ h}$ ,滤液浓缩后加 80% 乙醇沉淀,静置过夜后离心,沉淀用温水溶解后定容至  $100\text{ mL}$  容量瓶,精密量取上述溶液  $1\text{ mL}$  定容于  $25\text{ mL}$  量瓶中得供试品溶液。于干燥具塞试管中,依次加入供试品溶液  $1.0\text{ mL}$ ,  $1.0\text{ mL}$  蒸馏水,  $2.0\text{ mL}$  5% 苯酚溶液,  $7.0\text{ mL}$  浓硫酸,混匀后沸水浴加热  $20\text{ min}$  进行显色。显色后的溶液需自来水水浴冷却  $5\text{ min}$  后再测定其吸光度。

1.5.3 高效液相色谱法(HPLC)测定当归中 7 种化学成分的含量 (1)色谱条件。Merk RP -  $C_{18}$  柱 ( $250\text{ mm} \times 4.6\text{ mm}$ ,  $5\text{ }\mu\text{m}$ ),流动相为 1% 乙酸(A):乙腈(B),梯度洗脱: ( $0 \sim 20\text{ min}$ , 19% B;  $20 \sim 60\text{ min}$ , 19% ~ 95% B;  $60 \sim 75\text{ min}$ , 95% ~ 100% B);检测波长 260、280、300 nm;流速  $1.0\text{ mL/min}$ ;柱温  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;进样量  $20\text{ }\mu\text{L}$ 。在该色谱条件下,选择波长为 280 nm 时色谱峰峰形与分离度良好。(2)对照品溶液的制备。精密称取阿魏酸对照品  $0.006\ 45\text{ g}$ ,阿魏酸松柏酯  $0.003\ 01\text{ g}$ ,洋川芎内酯 I  $0.000\ 75\text{ g}$ ,洋川芎内酯 H  $0.000\ 72\text{ g}$ ,洋川芎内酯 A  $0.004\ 23\text{ g}$ ,欧当归内酯  $0.000\ 96\text{ g}$ ,分别加甲醇定容于  $5\text{ mL}$  容量瓶中作储备液,称取藁本内酯  $0.005\ 43\text{ mg}$ ,定容至加甲醇  $1\text{ mL}$  容量瓶内,作为储备液。精密移取洋川芎内酯 H 储备液  $0.3\text{ mL}$ ,欧当归内酯  $0.2\text{ mL}$ ,藁本内酯储备液  $1\text{ mL}$ ,其余各储备液分别移取  $0.5\text{ mL}$  于同一容量瓶,定容至  $5\text{ mL}$  容量瓶内得混合对照品溶液,对照品溶液在注入液相色谱仪前需

经 0.22 μm 微孔滤膜过滤。绘制标准曲线,见图 1。  
(3)供试品溶液的制备。精密称取过 2 号筛后的当  
归药材粉末 0.500 g 于 150 mL 锥形瓶中,加入 70%  
甲醇 20 mL 后称质量,将锥形瓶口密封后置于超声  
仪器内,在 220 W,80 Hz 条件下超声 40 min,取出后  
冷却并称质量,70% 甲醇补足质量,抽取混匀溶液后

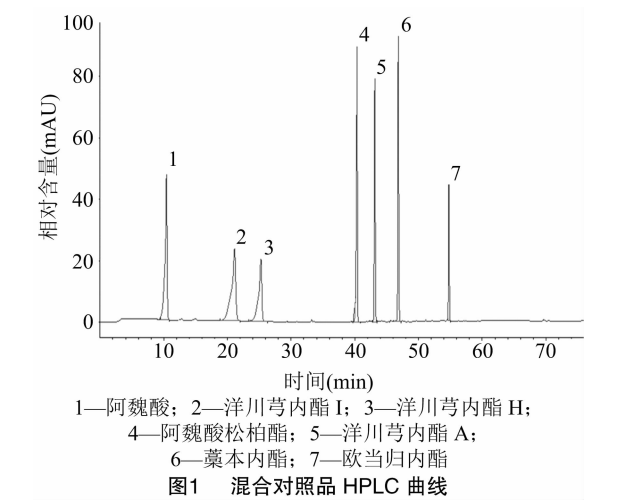


表 2 不同施肥方式的当归药材水分、总灰分、酸不溶性灰分、浸出物含量测定结果

序号	施肥处理	水分含量 (%)	总灰分含量 (%)	酸不溶性灰分含量 (%)	浸出物含量 (%)
1	单施有机肥	10.35 ± 0.26b	6.01 ± 0.19a	1.73 ± 0.29a	60.00 ± 1.78a
2	生物有机肥 + 复合肥	11.36 ± 0.09a	4.78 ± 0.11c	0.91 ± 0.16c	61.19 ± 0.46a
3	单施复合肥	11.34 ± 0.10a	5.37 ± 0.13b	1.28 ± 0.18bc	59.41 ± 0.47ab
4	不施肥	11.26 ± 0.15a	5.28 ± 0.07b	1.41 ± 0.09ab	57.36 ± 1.13b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。表 3、表 4、表 5 同。

2.2 多糖含量测定分析

2.2.1 标准曲线的制备 移取葡萄糖对照品储备液 0.2、0.4、0.6、0.7、0.8 mL,分别置于 10 mL 试管  
中进行显色,待冷却后在 490 nm 下测定其吸光  
度<sup>[7]</sup>,以空白溶液为对照。以吸光度( $Y$ )对葡萄糖  
溶液浓度( $X$ )进行线性回归,得回归方程  $Y =$   
 $68.461X + 0.0253 (R^2 = 0.9994)$ ,线性范围为 2.12 ~  
8.48 mg/L。  
2.2.2 稳定性试验 按“1.5.2”节供试品溶液的  
制备方法制备处理 1 当归样品进行显色后,分别在  
0、10、20、30、40、50、60 min 测定吸光度,测定结果  
 $RSD$  为 3.1%,说明供试品溶液在 1 h 内稳定。  
2.2.3 重复性试验 取过筛后处理 1 当归样品共  
6 份,按“1.5.2”节供试品溶液的制备方法制备供试  
液,显色后测定吸光度。测定结果  $RSD$  为 4.5%,说

明重复性良好。

用 0.22 μm 微孔滤膜过滤,即得到供试品溶液。供  
试品溶液需在 4 ℃ 冰箱内储藏。

1.6 统计方法

使用 Excel 2013 软件进行数据的初步换算和  
处理,试验数据采用 SPSS 21.0 软件进行主成分  
分析、显著性检验 ( $P < 0.05$ ) 和 Duncan's 多重  
比较。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理的当归药材水分、总灰分、酸不  
溶性灰分、浸出物含量测定分析

从表 2 可以看出,各施肥处理下当归药材的水  
分均小于 15.0%,总灰分含量小于 7.0%,酸不溶性  
灰分含量小于 2.0%,浸出物含量均超过 45.0%,均  
达到 2020 年版《中华人民共和国药典》标准。单施  
有机肥可显著降低药材水分含量,提高浸出物含量,  
该处理下药材总灰分和酸不溶性灰分含量较高。生  
物有机肥 + 复合肥处理下与不施肥相比,总灰分和酸  
不溶性灰分含量分别降低了 9.47%、35.46%。

明重复性良好。

2.2.4 精密度试验 吸取“1.5.2”节对照品溶液  
0.6 mL 并显色,依法连续测定 6 次吸光度,当归多  
糖吸光度的  $RSD$  为 0.8%,表明精密度良好。

2.2.5 回收率试验 取处理 1 的当归样品粉末共  
9 份,每份称定约 1 g,分为 3 组,各组分别加入葡萄  
糖对照品 5.0、8.0、10.0 mg,进行测定,得当归多糖  
的平均回收率分别为 98.37%、96.02%、98.97%,  
 $RSD$  为 1.72%。

2.2.6 样品测定 取各当归样品,制备供试品溶液  
并测定,结果见表 3。

由表 3 可知,不同施肥处理下当归多糖含量为  
处理 2 > 处理 4 > 处理 1 > 处理 3。处理 2 比不施肥  
当归多糖含量增加了 5.62%,但各处理间没有显著  
性差异。

表 3 不同施肥处理下当归样品中多糖含量

处理	肥料种类	多糖含量 (%)
1	单施有机肥	1.75 ± 0.21a
2	生物有机肥 + 有机无机的混肥	1.88 ± 0.19a
3	单施复合肥	1.58 ± 0.11a
4	不施肥	1.78 ± 0.11a

表 4 当归中 7 种化学成分的回归方程、相关系数以及线性关系

待测成分	回归方程	r 值	线性范围 (mg/mL)
阿魏酸	$y = 14\ 874x - 11.509$	0.999 1	0.004 031 ~ 0.129 00
洋川芎内酯 I	$y = 209\ 000x - 25.48$	0.999 8	0.000 938 ~ 0.015 00
洋川芎内酯 H	$y = 124\ 253x - 14.362$	0.999 7	0.000 540 ~ 0.008 64
阿魏酸松柏酯	$y = 28\ 181x - 11.887$	0.999 9	0.001 881 ~ 0.060 20
洋川芎内酯 A	$y = 16\ 880x - 7.300\ 9$	0.999 9	0.002 644 ~ 0.084 60
藁本内酯	$y = 94\ 86.8x - 45.14$	0.999 9	0.034 375 ~ 1.100 00
欧当归内酯	$y = 87\ 253x - 0.594\ 3$	0.999 3	0.000 240 ~ 0.007 68

2.3.2 重复性试验 称取 6 份处理 1 的当归粉末, 每份 0.5 g, 按照“1.5.3”节方法制备供试品溶液, 并在色谱条件下进行测定, 计算其峰面积, 结果按照出峰时间先后顺序阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯 A、藁本内酯、欧当归内酯含量的  $RSD (n = 6)$  依次为 3.45%、3.24%、4.64%、0.62%、3.32%、3.83%、1.09%。 $RSD$  值均小于 5%。说明本方法重复性良好。

2.3.3 精密度试验 取一份混合对照品溶液, 按照“1.5.3”节的色谱条件, 连续不间断进样测定 6 次, 考察仪器精密度。结果阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯 A、藁本内酯、欧当归内酯的精密度  $RSD (n = 6)$  分别为 4.09%、1.06%、3.70%、1.82%、0.54%、0.47%、0.55%。 $RSD$  值均小于 5%。说明该仪器精密度良好。

2.3.4 稳定性试验 吸取“1.5.3”节下混合对照品溶液, 按照色谱条件分别在 0、2、4、6、8、12、24 h 测定, 记录各成分峰面积。各成分峰面积  $RSD (n = 6)$  值分别为 4.97%、2.93%、0.70%、0.16%、

## 2.3 HPLC 测定当归中 7 种化学成分的含量

2.3.1 线性关系考察 吸取“1.5.3”节混合对照品溶液, 按照一定浓度梯度稀释成 6 个不同浓度的混合标准品溶液, 经 0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤后按照“1.5.3”节色谱条件进样测定。以峰面积为纵坐标 ( $Y$ ), 对照品进样浓度为横坐标 ( $X$ ) 进行线性回归分析, 回归方程及线性范围结果见表 4。

1.17%、0.09%、2.06%。 $RSD$  值均小于 5%。说明该供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.3.5 加样回收率测定 称取已知含量的 6 份当归粉末 0.5 g, 分别加入一定量的阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯 A、藁本内酯、欧当归内酯。按“1.5.3”节方法制备供试品溶液, 按照色谱条件测定, 计算出 7 种化学成分的加样回收率, 分别是 97.49%、100.31%、101.57%、98.27%、101.66%、97.01% 和 97.45%。 $RSD$  分别是 3.77%、1.28%、0.65%、1.81%、0.32%、0.48% 和 0.39%, 说明该测定方法的准确性较好。

2.3.6 样品测定 由表 5 和图 2 可知, 不同施肥处理对当归中 7 种药效成分含量均有显著影响, 单施有机肥有助于当归中阿魏酸和藁本内酯的积累, 生物有机肥 + 复合肥处理下当归中阿魏酸的含量较不施肥处理增加了 98.3%。与单施有机肥、生物有机肥 + 复合肥相比, 单施复合肥对当归中洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯和欧当归内酯的积累有促进作用。

表 5 不同施肥处理下当归中 7 种成分含量的测定结果

处理	阿魏酸含量 (mg/g)	洋川芎内酯 I 含量 (mg/g)	洋川芎内酯 H 含量 (mg/g)	阿魏酸松柏酯 含量 (mg/g)	洋川芎内酯 A 含量 (mg/g)	藁本内酯含量 (mg/g)	欧当归内酯 含量 (mg/g)
单施有机肥	1.24 ± 0.18a	0.02 ± 0.00d	0.01 ± 0.00d	0.64 ± 0.31b	0.10 ± 0.00c	21.61 ± 0.73a	0.02 ± 0.00b
生物有机肥 + 复合肥	1.17 ± 0.04a	0.03 ± 0.00c	0.01 ± 0.00b	0.47 ± 0.03b	0.09 ± 0.00c	17.89 ± 0.08c	0.02 ± 0.00b
单施复合肥	0.69 ± 0.01b	0.05 ± 0.01b	0.02 ± 0.00a	1.33 ± 0.01a	0.39 ± 0.01a	19.67 ± 0.43b	0.03 ± 0.00a
不施肥	0.59 ± 0.03b	0.06 ± 0.00a	0.02 ± 0.00a	1.55 ± 0.02a	0.25 ± 0.00b	17.88 ± 0.11c	0.03 ± 0.00a

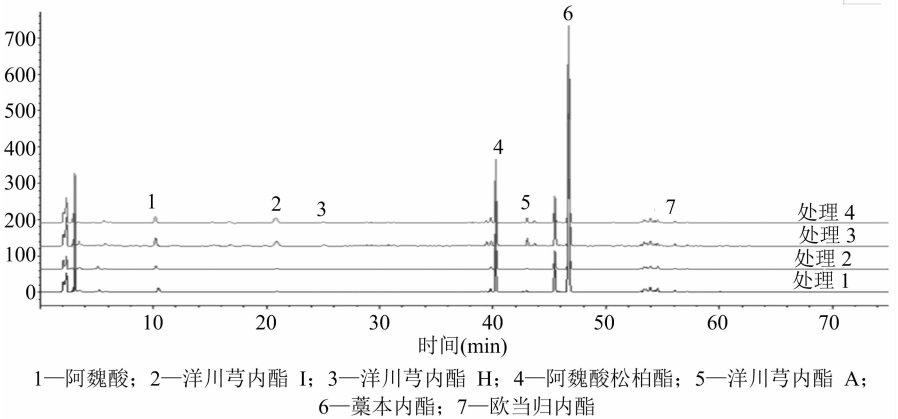


图2 供试品溶液 HPLC 色谱

2.3.7 主成分分析 (1)相关性分析。运用 SPSS 21.0 统计分析软件,对 4 个不同施肥处理当归药材中 7 种化学成分进行主成分分析,结果见表 6、表 7。提取标准为特征值大于 1,前 2 个成分的累积方差贡献率达到 95.446%,前 2 个成分可以代表当归药材中的绝大部分信息。根据表 7,第 1 主成分的信息主要由欧当归内酯、洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯和洋川芎内酯 I 组成,第 2 主成分主要由阿魏酸、洋川芎内酯 A 和藁本内酯组成。(2)不同施肥处理的当归药材有效成分含量的综合评价。根据表 8 得到因子得分表达式: $W_1 = -0.173X_{\text{阿魏酸}} + 0.168X_{\text{洋川芎内酯I}} + 0.175X_{\text{洋川芎内酯H}} + 0.168X_{\text{阿魏酸松柏酯}} + 0.155X_{\text{洋川芎内酯A}} - 0.070X_{\text{藁本内酯}} + 0.175X_{\text{欧当归内酯}}$ ;  $W_2 = 0.030X_{\text{阿魏酸}} - 0.217X_{\text{洋川芎内酯I}} + 0.093X_{\text{洋川芎内酯H}} + 0.118X_{\text{阿魏酸松柏酯}} + 0.330X_{\text{洋川芎内酯A}} + 0.889X_{\text{藁本内酯}} + 0.093X_{\text{欧当归内酯}}$ 。式中: $X$  为各成分的含量,方差贡献率为权重。以 2 个主成分对当归药材进行综合评价,计算其综合评价的函数为  $W = 80.851F_1 + 14.595F_2$ ,并对结果进行排序,综合得分排序结果见表 9。从当归药效成分积累角度看,单施复合肥的当归质量最好,其次为单施有机肥。不施肥和有机肥 + 复合肥质量排名靠后。

表 6 当归成分特征值、方差贡献率及累积贡献率

主成分	特征值	方差贡献率 (%)	累积方差贡献率 (%)
1	5.660	80.851	80.851
2	1.022	14.595	95.446
3	0.210	2.998	98.444
4	0.079	1.129	99.573
5	0.025	0.356	99.929
6	0.005	0.071	100
7	0.000	0.000	100

表 7 当归成分矩阵

化合物	成分矩阵	
	第 1 主成分	第 2 主成分
欧当归内酯	0.990	0.095
洋川芎内酯 H	0.990	0.095
阿魏酸	-0.981	0.030
阿魏酸松柏酯	0.951	0.121
洋川芎内酯 I	0.948	-0.221
洋川芎内酯 A	0.880	0.338
藁本内酯	-0.397	0.908

表 8 当归成分得分系数矩阵

化合物	成分	
	第 1 主成分	第 2 主成分
阿魏酸	-0.173	0.030
洋川芎内酯 I	0.168	-0.217
洋川芎内酯 H	0.175	0.093
阿魏酸松柏酯	0.168	0.118
洋川芎内酯 A	0.155	0.330
藁本内酯	-0.070	0.889
欧当归内酯	0.175	0.093

3 结论与讨论

3.1 不同施肥处理对当归药材水分、总灰分、酸不溶性灰分、浸出物含量的影响

从表 2 可以看出,各施肥处理下当归药材的水分均小于 15.0%,总灰分小于 7.0%,酸不溶性灰分小于 2.0%,浸出物含量均超过 45.0%,均达到 2020 年版《中华人民共和国药典》标准。中药材中含水量过高会容易出现虫害、霉变、潮解、走味等变质现象,直接影响药材的质量。本试验结果表明,当归水分含量在处理 1 显著低于其他处理。从药材

表 9 不同施肥处理当归样品主成分值、综合得分与排序

序号	处理	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W	排序
3	单施复合肥	-1.195 23	17.786 77	162.962 367 4	1
1	单施有机肥	-1.595 59	19.355 46	153.487 891 6	2
4	不施肥	-1.035 69	16.170 05	152.265 307 6	3
2	有机肥 + 复合肥	-1.351 51	16.020 75	124.551 911 2	4

中的灰分含量可以直观地看出药材的纯度,药材生长环境、种植方式等会影响药材灰分变化,本研究不同施肥处理下药材总灰分含量均为处理 2 显著低于其他处理,酸不溶性灰分含量也是处理 2 最低。研究证明,药材中醇溶性浸出物含量和药效成分含量具有一定的正相关性,浸出物可反映药材的内在品质,在处理 1 和处理 2 下浸出物含量高于其他处理。由此说明,增施有机肥可降低药材水分、灰分、酸不溶性灰分含量,提高醇溶性浸出物含量。

### 3.2 不同施肥处理对当归多糖含量的影响

当归多糖具有造血、抗肿瘤、抗氧化、增强免疫能力等丰富的生理功效<sup>[8]</sup>。本试验结果表明,不同施肥处理下当归多糖含量大小为处理 2 > 处理 4 > 处理 1 > 处理 3。但各处理之间当归多糖含量并无显著性差异。

### 3.3 利用主成分分析法评价不同施肥处理对当归中 7 种化学成分含量的影响

据研究,阿魏酸、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯类化合物、藁本内酯和欧当归内酯在诸多方面均具有良好的药理活性<sup>[9-11]</sup>。阿魏酸是 2020 年版《中华人民共和国药典》中当归的指标性成分。故本研究采用 HPLC 同时测定当归中阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯 A、藁本内酯和欧当归内酯 7 种成分。以往的研究学者在中药质量评价时大多对指标进行逐一分析,各指标权重和成分之间的联系并不明确,而主成分分析法恰好可以弥补上述问题<sup>[12]</sup>。主成分分析结果表明,从 7 种有效成分含量的角度看,单施复合肥和单施有机肥可促进当归有效成分的提高。因为复合肥中的总养分较高( $\geq 51\%$ )且施用量较大,所以可提高当归中药效成分含量。若长期大量施用化肥,必然会造成土壤的肥力减弱,地力下降,土壤的理化性质退化,以及会导致土壤盐渍化、病虫害发生严

重等一些其他问题的出现。施用有机肥可使土壤养分含量更全面,肥效更稳定和持久,对有效成分含量积累也有一定的促进作用。

综上所述,不同施肥处理对当归药材品质均有一定影响。本研究中,当归的最佳施肥条件为单施有机肥 4797.6 kg/hm<sup>2</sup>,由于不同施肥处理对当归中不同药效成分的积累能产生不同影响,市面上常见以阿魏酸、藁本内酯或洋川芎内酯为主要成分的各类药物、护肤品等,可针对不同需求结合本研究结果按需施肥。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京:中国医药科技出版社,2015:133-134.
- [2] 赵锐明,陈 垣,郭凤霞,等. 甘肃岷县野生当归资源分布特点及其与栽培当归生长特性的比较研究[J]. 草业学报,2014,23(2):29-37.
- [3] 孙红梅. 当归药材资源调查与品质特征的研究[D]. 北京:中国协和医科大学,2010.
- [4] 丁丹丹,李西文,陈士林,等. 优质中药材栽培合理施肥探讨[J]. 世界科学技术-中医药现代化,2018,20(7):1114-1122.
- [5] 曹颜冬. 当归化学成分及药理作用的分析[J]. 世界最新医学信息文摘,2019,19(2):93,95.
- [6] 李 曦,张丽宏,王晓晓,等. 当归化学成分及药理作用研究进展[J]. 中药材,2013,36(6):1023-1028.
- [7] 吕洁丽,陈红丽,段金廛,等. 不同加工方法对当归多糖的影响[J]. 中国中药杂志,2011,36(7):846-849.
- [8] 王利华,王菲菲,刘 悦,等. 当归多糖的研究进展[J]. 天津药学,2017,29(3):67-70.
- [9] 左爱华,王 莉,肖红斌. 藁本内酯药理学和药代动力学研究进展[J]. 中国中药杂志,2012,37(22):3350-3353.
- [10] 李韶菁,张迎春,苏培瑜,等. 阿魏酸松柏酯的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(3):229-231.
- [11] 张艳花. 欧当归内酯 A 诱导结肠癌细胞凋亡的作用及机制研究[D]. 太原:山西大学,2019.
- [12] 杨明星,石学敏. 试论主成分分析在中药研究中的应用[J]. 辽宁中医杂志,2008,35(8):1219-1221.