

摘花对不同种源不同生长时期浙贝母不同部位中 3种生物碱含量的影响

王丹, 李金金, 杨青山, 许凌峰, 周游*, 周浓*

(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:研究摘花对不同种源浙贝母在不同生长时期的不同部位中3种生物碱含量的影响。方法:采用超高效液相色谱-蒸发光散射(UPLC-ELSD)法, ACQUITY UPLC BEH C₁₈色谱柱(2.1 mm×150 mm, 1.7 μm);流动相0.02%三乙胺水溶液(A)和甲醇(B)梯度洗脱(0~2 min, 45%A; 2~5 min, 45%~25%A; 5~7 min, 25%A; 7~17 min, 25%~10%A; 17~20 min, 10%A), 流速0.20 mL·min⁻¹, 柱温35 °C, 样品室温度20 °C, 漂移管温度45 °C;喷雾器参数40%, 进样量为3 μL, 同时测定不同生长时期不同种源摘花处理及未摘花的浙贝母鳞茎、须根、茎和叶中贝母素甲、贝母素乙和贝母素的含量。结果:摘花处理可以明显提高不同种源浙贝母的产量($P<0.05$);现蕾期种源为浙江宁波、浙江磐安和江苏南通的浙贝母摘花处理后鳞茎中生物碱含量较未摘花有明显提高($P<0.05$),种源为重庆奉节的浙贝母摘花与未摘花处理鳞茎中生物碱含量差异无统计学意义;花期种源为江苏南通的浙贝母摘花处理后鳞茎中生物碱含量明显高于未摘花处理($P<0.05$),种源为浙江磐安和重庆奉节的浙贝母摘花后鳞茎中生物碱含量明显低于未摘花处理($P<0.05$),种源为浙江宁波的浙贝母摘花与未摘花处理鳞茎中生物碱含量差异无统计学意义;鳞茎膨大期种源为浙江宁波和浙江磐安的浙贝母摘花处理后鳞茎中生物碱含量明显高于未摘花处理($P<0.05$),种源为江苏南通的浙贝母摘花后鳞茎中生物碱含量明显低于未摘花处理($P<0.05$),种源为重庆奉节的浙贝母摘花与未摘花处理鳞茎中生物碱含量差异无统计学意义;收获期除种源为浙江磐安的浙贝母摘花处理后鳞茎中生物碱含量明显高于未摘花处理外($P<0.05$),其余种源的浙贝母摘花后鳞茎中生物碱含量均明显低于未摘花处理($P<0.05$);各处理的不同种源浙贝母叶中生物碱含量在各生长时期均明显高于鳞茎($P<0.05$)。结论:人工摘花处理可以提高浙贝母产量,摘花后多数浙贝母现蕾期鳞茎生物碱含量高于未摘花处理而收获期鳞茎生物碱含量低于未摘花处理,种源为浙江磐安的浙贝母摘花后产量及生物碱含量均明显提高,浙贝母地上部分具有潜在开发价值。

[关键词] 浙贝母; 种源; 摘花; 生物碱含量; 超高效液相色谱-蒸发光散射(UPLC-ELSD); 不同生长时期

[中图分类号] R284.2; R289; R22; R2-031; R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2022)08-0159-08

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20220517

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20220221.1349.002.html>

[网络出版日期] 2022-02-21 15:21

Effect of Flower Removal on Content of Three Alkaloids in Different Parts of *Fritillaria thunbergii* from Different Regions and at Different Growth Stages

WANG Dan, LI Jin-jin, YANG Qing-shan, XU Ling-feng, ZHOU You*, ZHOU Nong*

(Chongqing Engineering Laboratory for Green Planting and Deep Processing of
Genuine Medical Materials in Three Gorges Reservoir Area, College of Biology and Food Engineering,
Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404120, China)

[Abstract] **Objective:** To study the effect of flower removal on the content of three alkaloids in

[收稿日期] 2021-12-01

[基金项目] 重庆市技术创新与应用示范项目(cstc2018jcsx-msybX0367)

[第一作者] 王丹, 在读硕士, 从事药食同源植物资源开发利用研究工作, E-mail: wd21171103@163.com

[通信作者] *周游, 讲师, 从事药用植物栽培学与耕作学研究工作, Tel: 023-58102522, E-mail: zhyou0119@163.com;

*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

different parts of *Fritillaria thunbergii* from different regions and at different growth stages. **Method:** The content of peiminine, peimine, and peimisine in the bulb, root, stem, and leaf of *F. thunbergii* after flower removal and with flower un-removed at different growth stages and in different regions were determined simultaneously by ultra-performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection (UPLC-ELSD) method. The UPLC was conducted on ACQUITY UPLC BEH C₁₈ column (2.1 mm × 150 mm, 1.7 μm) with the mobile phase of 0.02% triethylamine aqueous solution (A) and methanol (B) elution gradient (0-2 min, 45%A; 2-5 min, 45%-25%A; 5-7 min, 25%A; 7-17 min, 25%-10%A; 17-20 min, 10%A), flow velocity of 0.20 mL·min⁻¹, column temperature 35 °C, sample room temperature of 20 °C, and injection volume of 3 μL. The ELSD was carried out at drift tube temperature 45 °C and with the sprayer parameter of 40%. **Result:** The flower removal significantly increased the yield of *F. thunbergii*. At the budding stage, the alkaloid content in the bulb of *F. thunbergii* from Ningbo in Zhejiang, Pan'an in Zhejiang, and Nantong in Jiangsu after flower removal were significantly higher than that of flowering un-removal treatment, while it showed no significant difference between the flower removal and un-removal treatments for the samples from Fengjie in Chongqing. At the flowering stage, the alkaloid content in the bulb of *F. thunbergii* from Nantong in Jiangsu after flower removal was significantly higher than that of flower un-removal treatment, while it showed an opposite trend for the samples from Pan'an in Zhejiang and Fengjie in Chongqing and had no significant difference between the two treatments for the samples from Ningbo in Zhejiang. At the bulb expansion stage, the alkaloid content in the bulb of *F. thunbergii* from Ningbo in Zhejiang and Pan'an in Zhejiang after flower removal were significantly higher than that of flower un-removal treatment, which was opposite for the samples from Nantong in Jiangsu and had no significant difference between the treatments for the samples from Fengjie in Chongqing. At the harvest stage, except for the samples from Pan'an in Zhejiang, the samples from the rest 3 regions showed decreased alkaloid content in the bulb after flower removal compared with that of flower un-removal treatment. The alkaloid content in the leaf was higher than that in the bulb of *F. thunbergii* at all growth stages and from different origins. **Conclusion:** Flower removal can increase the yield of *F. thunbergii*. The alkaloid content in the bulb of *F. thunbergii* with flower removed was higher than that with flower un-removed at the budding stage, while this trend was reversed at the harvest stage. Both the yield and the alkaloid content of *F. thunbergii* from Pan'an in Zhejiang were increased by flower removal. The above-ground part of *F. thunbergii* has a potential development value.

[Keywords] *Fritillaria thunbergii*; origins; flower removal; alkaloid content; ultra-performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection (UPLC-ELSD); different growth stages

浙贝母为百合科多年生草本植物,其鳞茎是浙江省著名传统中药材“浙八味”之一^[1]。研究表明,其具有止咳化痰、清热散结等多种功效,能抗炎、抗肿瘤、降血压及抗氧化等^[2-3]。近年来,随着市场需求的不断提高,浙贝母的种植面积也在不断增加,目前,除原产地浙江省外,江西、江苏、陕西及重庆等地均有浙贝母的种植^[4]。浙贝母的主要有效成分是以贝母素为代表的各种生物碱,2020年版《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)一部规定,入药的浙贝母中贝母素含量不得少于0.08%,其中贝母素甲、贝母素乙和贝母辛含量是评价其品质的主要指标^[5]。同种药材在不同种源及不同部位化学成分存在差异从而会影响其功效^[6]。浙贝母的入药部

位为其鳞茎,其地上部分在采收后会被丢弃。对浙贝母叶及花的醇提取物进行研究后发现,浙贝母叶和花的提取物同样具有明显的止咳、化痰及平喘的生理活性。还有研究表明,浙贝母地上部分也含有较多的生物碱^[7-10],因此具有潜在利用价值。此外,张鹏葛等^[11]对8种贝母属药用植物地上部分与鳞茎中生物碱的含量进行了测定,结果发现贝母植株中3种生物碱含量因种类及部位不同而存在差异,某些种类地上部分中生物碱的含量甚至高于鳞茎入药部位。因此,研究浙贝母地上部分中活性成分的分布规律对于浙贝母的有效开发利用具有重要意义。

浙贝母在种植过程中通常需要摘花打顶^[12],即

在浙贝母开花初期将花序摘除以保证其鳞茎更好地生长。植物的生殖生长和营养生长是相互协调和制约的,对以营养器官为主要收获部位的植物进行摘花处理可以明显提高其产量^[13]。目前,关于人工摘花的研究主要集中于其对植物生长状况和产量的影响^[13-17],对人工摘花影响浙贝母有效成分含量的研究还鲜有报道。

本研究主要探讨了人工摘花处理对浙贝母各个部位生物碱含量的影响,对浙贝母地上部分(茎和叶)、地下部分(鳞茎和须根)的3种生物碱(贝母素甲、贝母素乙、贝母辛)含量进行了测定,为浙贝母的采收、加工及开发利用提供了参考依据。

1 材料

1.1 仪器 ACQUITY UPLC H-Class型超高效液相色谱仪(美国Waters公司),ACQUITY UPLC BEH C₁₈色谱柱(2.1 mm×50 mm, 1.7 μm),XP204型1/1万电子天平(梅特勒-托利多上海有限公司),SB-5200DTN型超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司),HSY-26型水浴锅(上海跃进医疗器械有限公司)。

1.2 试剂 贝母素甲、贝母素乙、贝母辛对照品(成都曼思特生物科技有限公司,批号分别为23496-41-5、18059-10-4、19773-24-1,纯度均≥98%);甲醇及三乙胺(色谱纯,德国默克公司);其余试剂均为分析纯。水为怡宝牌纯净水。

1.3 药材 大小一致的浙贝母种球分别采自浙江省宁波市前祥镇、浙江省磐安县新镇、江苏南通市张芝山镇、重庆市奉节县冯坪乡种植基地,经三峡库区地道药材绿色种植与深加工重庆市工程实验室(重庆三峡学院)周浓教授鉴定均为百合科贝母属浙贝母 *Fritillaria thunbergii* 的新鲜鳞茎。于2018年10月至2019年5月在重庆市万州区龙驹镇梧桐村浙贝母种植基地进行露天栽培,不同种源材料种植条件一致,行距及株距均为20 cm。摘花处理于孕蕾期进行,并在现蕾期(T1)采集鳞茎、叶、须根、茎;花期(T2)采集鳞茎、叶、须根、茎;鳞茎膨大期(T3)采集鳞茎、叶、须根、茎;采收期(T4)采集鳞茎,于45℃条件下烘干至恒重后粉碎。浙贝母不同产地及处理见表1。

2 方法

2.1 对照品溶液的制备 精密称取贝母素甲、贝母素乙、贝母辛对照品适量,加甲醇溶解制成每1 mL含贝母素甲0.955 mg、贝母素乙0.360 mg、贝母辛0.900 mg的溶液,保存在4℃冰箱中,备用。

表1 浙贝母不同产地及处理方法

Table 1 Information of different treatments and producing areas of *Fritillaria thunbergii*

编号	处理	种源
S1	摘花	浙江宁波
S2	未摘花	浙江宁波
S3	摘花	重庆奉节
S4	未摘花	重庆奉节
S5	摘花	江苏南通
S6	未摘花	江苏南通
S7	摘花	浙江磐安
S8	未摘花	浙江磐安

2.2 供试品溶液的制备 样品粉碎后过80目筛,精密称取1.0 g,置于50 mL具塞锥形瓶中,加浓氨试液2.0 mL浸润2 h,精密加入三氯甲烷-甲醇(4:1)混合溶液20.0 mL,混匀,于水浴锅中80℃加热回流2 h,冷却过滤,减压蒸馏至干,残渣加甲醇溶解并定容至2 mL量瓶中,摇匀,经0.22 μm微孔滤膜,备用。

2.3 色谱条件^[18] 根据文献方法稍加改进。采用ACQUITY UPLC BEH C₁₈色谱柱(2.1 mm×50 mm, 1.7 μm);流动相0.02%的三乙胺水溶液(A)-甲醇(B),梯度洗脱(0~2 min, 45%A; 2~5 min, 45%~25%A; 5~7 min, 25%A; 7~17 min, 25%~10%A; 17~20 min, 10%A),流速0.20 mL·min⁻¹,进样量3 μL,柱温35℃,样品室温度20℃。采用蒸发光散射检测器(ELSD)检测,漂移管温度45℃,喷雾器参数40%,增益值200,气体压力30 psi(1 psi≈6.895 kPa)。色谱图见图1。

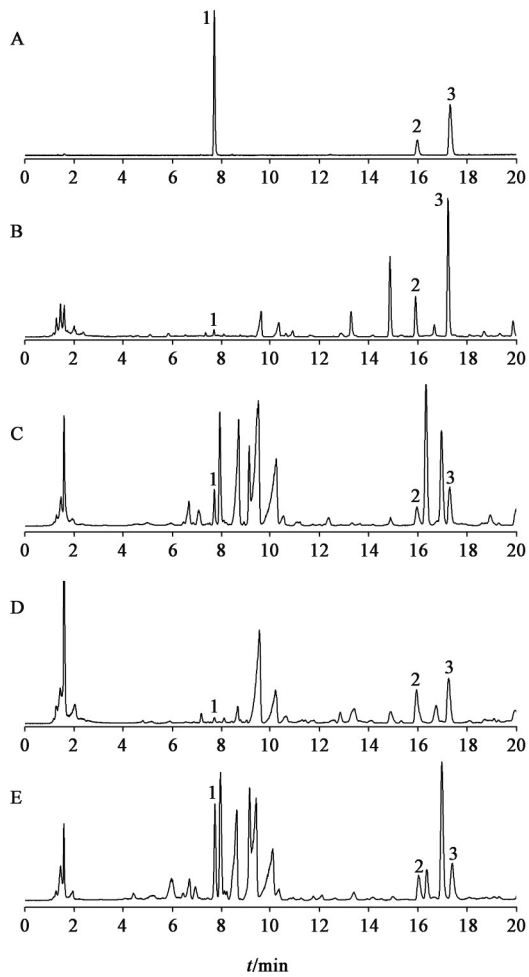
2.4 样品测定 取不同种源、不同时期及不同部位的浙贝母粉末,按2.2项下方法制备供试品溶液,并按2.3项下色谱条件测定其中贝母素甲、贝母素乙和贝母辛的含量。

2.5 数据分析 采用Excel 2003进行数据处理,SPSS 25.0软件进行方差分析,以P<0.05表示差异具有统计学意义。

3 结果与分析

3.1 方法学考察

3.1.1 标准曲线考察 取上述贝母素甲、贝母素乙、贝母辛对照品溶液适量,逐级稀释,在上述色谱条件下进行测定,以对照品浓度自然对数为横坐标(X),以峰面积自然对数为纵坐标(Y),绘制标准曲线。得三者回归方程分别为 $Y=0.690\ 6X-9.664\ 74$ ($R^2=0.999\ 2$), $Y=0.698\ 5X-9.757\ 5$ ($R^2=0.999\ 4$),



注:A. 混合对照品;B. 浙贝母鳞茎;C. 浙贝母茎;D. 浙贝母根;E. 浙贝母叶;1. 贝母辛;2. 贝母素乙;3. 贝母素甲

图1 混合对照品和样品溶液UPLC色谱

Fig. 1 UPLC chromatogram of mixed reference and sample solution

$Y=0.9433X-11.927(R^2=0.9998)$ 。结果表明,贝母素甲、贝母素乙、贝母辛对照品分别在0.207~3.108、0.243~3.654、0.082~1.242 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 呈良好线性关系。

3.1.2 精密度、重复性实验 取贝母素甲、贝母素乙、贝母辛混合对照品溶液,按2.3项下方法连续进样6次,得贝母素甲、贝母素乙、贝母辛3种生物碱色谱峰面积的RSD分别为1.1%、1.9%、1.2%,表明仪器的精密度良好。精密称S1鳞茎粉末1.0 g,按2.2项下方法制备供试品溶液,平行制备6份,按2.3项下进样测定,贝母素甲、贝母素乙、贝母辛3种生物碱色谱峰面积的RSD分别为1.0%、1.3%、1.8%,表明本实验所用测定方法的重复性良好。

3.1.3 稳定性实验 取同一供试品溶液(鳞茎, S1),分别放置0、4、8、12、16、24 h进样测定,计算3种生物碱类成分峰面积的RSD。结果得出贝母素甲、贝母素乙、贝母辛测量值的RSD依次为0.8%、

2.4%、1.4%,表明在24 h内供试品溶液的稳定性良好。

3.1.4 加标回收率考察 精密称取已知含量的鳞茎样品6份,每份取约0.5 g,分别精密加入各对照品溶液适量,按2.2项下方法制备供试品溶液,按2.3项下进样测定,计算出平均回收率及RSD($n=6$)。结果得出各元素的平均回收率分别为99.98%、101.82%、99.97%,且RSD分别为2.8%、1.3%、1.3%,表明本实验用此方法准确可靠。

3.2 摘花处理对浙贝母折干率、产量的影响 5月份收获浙贝母后,对不同种源及处理的浙贝母鳞茎生物量进行测定,每个处理组5个重复。分别置35℃烘箱中干燥至恒重,计算折干率,折干率=干燥至恒重鳞茎质量(g)/新鲜鳞茎质量(g) $\times 100\%$ 。由表2可知,浙江宁波和浙江磐安的浙贝母鳞茎折干率在摘花后较未摘花有明显提高($P<0.05$),重庆奉节的浙贝母鳞茎折干率摘花后较未摘花有明显降低($P<0.05$),江苏南通的浙贝母鳞茎折干率摘花与未摘花差异无统计学意义。畦总产鲜重的测量结果显示,不同种源地的浙贝母在摘花后每畦(10 m^2)的总产鲜重较未摘花均有明显提高($P<0.05$),其中浙江磐安种源地的浙贝母摘花后畦总产鲜重最高,见表2。

表2 摘花对不同种源浙贝母折干率和畦总产鲜重的影响($\bar{x}\pm s, n=5$)

Table 2 Effect of flower removal on drying rate and total fresh weight per 10 m^2 of *Fritillaria thunbergii* from different origins ($\bar{x}\pm s, n=5$)

种源	处理	畦总产鲜重/kg	折干率/%
重庆奉节	摘花	5.160 \pm 0.325 ^d	25.113 \pm 1.565 ^c
	未摘花	4.990 \pm 0.312 ^e	28.196 \pm 2.828 ^b
江苏南通	摘花	5.100 \pm 0.302 ^e	33.112 \pm 3.295 ^a
	未摘花	3.390 \pm 0.256 ^f	35.664 \pm 2.965 ^a
浙江磐安	摘花	7.680 \pm 0.528 ^a	33.866 \pm 2.493 ^a
	未摘花	6.310 \pm 0.542 ^b	24.531 \pm 1.717 ^d
浙江宁波	摘花	5.940 \pm 0.496 ^c	27.632 \pm 1.160 ^b
	未摘花	5.640 \pm 0.428 ^d	23.620 \pm 2.500 ^d

注:不同的小写字母代表样品间存在明显差异($P<0.05$)(表3-表6同)

3.3 摘花处理对T1期不同种源浙贝母不同部位中生物碱含量的影响 如表3所示,T1期(现蕾期)除重庆奉节(S3、S4)的浙贝母以外,其余3个种源地的浙贝母鳞茎中3种生物碱总含量在摘花后均明显高于未摘花($P<0.05$),浙江宁波(S1、S2)、江苏南通

(S5、S6)和浙江磐安(S7、S8)鳞茎中贝母素甲含量在摘花后明显高于未摘花,而种源地为重庆奉节的浙贝母鳞茎中贝母素甲含量在摘花前后差异;除江苏南通种源地的浙贝母鳞茎中贝母素乙含量在摘花后明显高于未摘花外,其余种源地浙贝母鳞茎中贝母素乙在摘花前后差异无统计学意义或摘花后明显低于未摘花;浙江磐安和重庆奉节种源的浙贝母摘花后鳞茎中贝母辛含量明显低于未摘花,而浙江宁波和江苏南通的浙贝母摘花后鳞茎中贝母辛含量明显高于未摘花;江苏南通的浙贝母鳞茎中3种生物碱的总含量在各处理中最高。所有处理的不同种源地浙贝母叶中生物碱含量均明显高于鳞茎,并且叶中3种生物碱的含量在各部位中均为最高;多数处理的浙贝母须根中生物碱含量明显高于鳞茎而茎中生物碱含量低于鳞茎。

3.4 摘花处理对T2期不同种源浙贝母不同部位中生物碱含量的影响 由表4可知,在T2期(花期),浙江宁波(S1、S2)的浙贝母经摘花处理后鳞茎中3种生物碱总含量与未摘花处理差异无统计学意义,江苏南通的浙贝母(S5、S6)经摘花处理后鳞茎中3种生物碱总含量明显高于未摘花处理($P<0.05$),重庆奉节(S3、S4)和浙江磐安(S7、S8)种源的浙贝母鳞茎中3种生物碱总含量在摘花后明显低于未摘花处理($P<0.05$)。除江苏南通的浙贝母摘花处理后鳞茎中贝母素甲含量明显高于未摘花处理外,其余种源的浙贝母摘花后鳞茎中贝母素甲的含量均明显低于未摘花处理($P<0.05$);浙江宁波的浙贝母摘花后鳞茎中贝母素乙含量与未摘花处理差异无统计学意义,江苏南通的浙贝母鳞茎中贝母素乙含量摘花处理后明显高于未摘花处理($P<0.05$),重庆奉节和浙江磐安种源的浙贝母鳞茎中贝母素乙含量经摘花处理后明显低于未摘花处理($P<0.05$);浙江磐安的浙贝母摘花处理后鳞茎中贝母辛含量明显低于未摘花处理外,其余种源的浙贝母摘花处理后鳞茎中贝母辛含量均明显高于未摘花处理。从总体上看,不同种源不同处理的浙贝母叶中生物碱含量明显高于鳞茎,并且各部位中叶的生物碱含量最高;除江苏南通的浙贝母外,多数其他种源的浙贝母未摘花处理鳞茎中生物碱含量高于须根,而摘花后鳞茎中生物碱含量低于须根;多数不同种源不同处理的浙贝母鳞茎中生物碱含量均高于茎中生物碱含量。

3.5 摘花处理对T3期不同种源浙贝母不同部位中生物碱含量的影响 如表5所示,在T3期(鳞茎膨

表3 摘花处理对T1期不同种源浙贝母不同部位生物碱含量的影响($n=3$)

Table 3 Effect of flower removing on the alkaloids content in different parts of *Fritillaria thunbergii* from different origins in T1 period ($n=3$)

编号	部位	贝母素甲	贝母素乙	贝母辛	合计
S1	鳞茎	1.863±0.002 ^f	0.796±0.004 ^j	1.863±0.004 ^d	4.523±0.025 ^h
	须根	2.339±0.002 ^c	1.893±0.003 ^f	0.689±0.002 ⁱ	4.922±0.021 ^h
	茎	0.919±0.003 ^m	0.654±0.002 ^k	0.919±0.001 ^h	2.492±0.023 ^m
S2	鳞茎	1.773±0.003 ^g	0.750±0.003 ^j	0.350±0.003 ^k	2.873±0.016 ^k
	须根	1.398±0.002 ^j	1.143±0.004 ⁱ	3.091±0.003 ^b	5.632±0.024 ^f
	茎	1.009±0.003 ^m	0.674±0.002 ^k	1.009±0.003 ^h	2.693±0.025 ^l
S3	鳞茎	1.684±0.004 ^h	0.440±0.001 ^m	0.189±0.001 ⁿ	2.313±0.015 ^m
	须根	1.653±0.003 ^h	1.171±0.002 ^f	0.089±0.004 ^o	2.914±0.016 ^k
	茎	1.504±0.002 ⁱ	0.956±0.001 ⁱ	1.504±0.002 ^c	3.964±0.018 ⁱ
S4	鳞茎	1.687±0.001 ^h	0.542±0.003 ^l	0.358±0.003 ^k	2.587±0.013 ^l
	须根	1.358±0.001 ^k	1.314±0.004 ^h	0.193±0.003 ⁿ	2.866±0.021 ^k
	茎	1.494±0.002 ⁱ	0.981±0.001 ⁱ	1.494±0.002 ^c	3.970±0.021 ⁱ
S5	鳞茎	3.848±0.002 ^a	1.626±0.003 ^g	0.671±0.003 ⁱ	6.144±0.025 ^f
	须根	1.737±0.001 ^g	1.703±0.005 ^f	0.243±0.003 ^m	9.683±0.023 ^c
	茎	1.460±0.001 ⁱ	1.342±0.002 ^h	1.460±0.001 ^e	4.261±0.021 ^h
S6	鳞茎	2.206±0.002 ^d	0.951±0.003 ⁱ	0.302±0.003 ^l	3.459±0.026 ⁱ
	须根	1.730±0.004 ^g	1.623±0.003 ^g	0.202±0.001 ^m	3.556±0.021 ⁱ
	茎	1.408±0.004 ^j	0.928±0.002 ⁱ	1.408±0.003 ^f	3.745±0.015 ⁱ
S7	鳞茎	2.345±0.002 ^c	0.637±0.002 ^k	0.342±0.002 ^k	3.324±0.013 ^j
	须根	1.313±0.003 ^k	0.763±0.001 ^j	0.170±0.002 ⁿ	2.246±0.015 ^m
	茎	1.102±0.004 ^m	0.543±0.004 ^l	1.102±0.002 ^h	2.747±0.021 ^k
S8	鳞茎	1.931±0.003 ^e	0.690±0.003 ^k	0.402±0.003 ^j	3.023±0.022 ^k
	须根	1.988±0.004 ^e	1.278±0.002 ^h	0.227±0.003 ^m	3.493±0.019 ^j
	茎	1.205±0.001 ^l	0.549±0.003 ^l	1.205±0.002 ^g	2.959±0.016 ^k
S9	鳞茎	0.951±0.003 ^m	2.316±0.003 ^e	2.374±0.002 ^e	5.641±0.026 ^f
	须根	1.205±0.001 ^l	0.549±0.003 ^l	1.205±0.002 ^g	2.959±0.016 ^k
	茎	1.205±0.001 ^l	0.549±0.003 ^l	1.205±0.002 ^g	2.959±0.016 ^k

大期),种源为浙江宁波(S1、S2)和浙江磐安(S7、S8)的浙贝母鳞茎中3种生物碱总含量在摘花后明显高于未摘花处理($P<0.05$),重庆奉节(S3、S4)的浙贝母鳞茎中3种生物碱总含量在摘花处理前后差异无统计学意义,江苏南通(S5、S6)的浙贝母摘花处理后鳞茎中3种生物碱总含量明显低于未摘花处

表4 摘花处理对T2期不同种源浙贝母不同部位生物碱含量的影响 ($\bar{x}\pm s, n=3$)

Table 4 Effect of flower removal on alkaloids content in different parts of *Fritillaria thunbergii* from different origins in T2 period ($\bar{x}\pm s, n=3$)

编号	部位	贝母素甲	贝母素乙	贝母辛	合计
S1	鳞茎	0.746±0.003 ^f	1.047±0.002 ^d	0.438±0.003 ^g	2.231±0.021 ^g
	须根	1.245±0.004 ^d	1.241±0.003 ^e	0.458±0.003 ^g	2.943±0.023 ^d
	茎	1.025±0.003 ^d	0.541±0.003 ^j	0.166±0.002 ^l	1.732±0.015 ⁱ
	叶	2.158±0.003 ^a	1.768±0.003 ^a	0.737±0.002 ^e	4.663±0.023 ^a
S2	鳞茎	0.846±0.004 ^e	0.993±0.002 ^d	0.378±0.003 ^h	2.216±0.025 ^g
	须根	1.107±0.001 ^d	0.889±0.005 ^f	0.219±0.001 ^k	2.215±0.016 ^g
	茎	0.583±0.004 ^h	0.253±0.004 ^l	0.054±0.002 ⁿ	0.891±0.026 ^m
	叶	1.773±0.001 ^b	1.008±0.002 ^d	0.344±0.002 ^h	3.125±0.029 ^d
S3	鳞茎	0.674±0.002 ^g	0.920±0.002 ^e	0.461±0.003 ^g	2.055±0.026 ^h
	须根	1.322±0.002 ^c	1.124±0.003 ^d	0.346±0.002 ^h	2.792±0.025 ^e
	茎	0.876±0.003 ^c	0.392±0.003 ^k	0.201±0.003 ^k	1.469±0.012 ^j
	叶	1.520±0.002 ^c	0.871±0.002 ^f	1.844±0.001 ^b	4.235±0.024 ^b
S4	鳞茎	1.216±0.001 ^d	1.092±0.002 ^d	0.501±0.002 ^f	2.810±0.024 ^e
	须根	1.215±0.001 ^d	0.675±0.003 ^h	0.328±0.005 ⁱ	2.217±0.026 ^g
	茎	1.079±0.004 ^d	0.727±0.003 ^g	0.245±0.004 ^h	2.051±0.026 ^h
	叶	1.187±0.002 ^d	0.661±0.003 ^h	0.516±0.002 ^f	2.364±0.024 ^g
S5	鳞茎	0.811±0.001 ^e	1.053±0.002 ^d	0.451±0.003 ^g	2.315±0.023 ^g
	须根	1.019±0.003 ^d	0.942±0.002 ^e	0.187±0.003 ^l	2.147±0.018 ^h
	茎	1.185±0.001 ^d	0.396±0.002 ^k	0.287±0.002 ^j	1.867±0.023 ⁱ
	叶	1.485±0.002 ^c	0.897±0.002 ^e	1.244±0.003 ^c	3.627±0.025 ^c
S6	鳞茎	0.628±0.001 ^g	0.621±0.003 ⁱ	0.271±0.003 ^j	1.521±0.023 ^j
	须根	1.164±0.002 ^d	1.081±0.003 ^d	0.287±0.001 ^j	2.532±0.022 ^f
	茎	0.820±0.002 ^e	0.253±0.001 ^l	0.187±0.004 ^l	1.260±0.013 ^k
	叶	1.624±0.001 ^b	1.447±0.003 ^b	1.607±0.001 ^b	4.677±0.018 ^a
S7	鳞茎	0.482±0.004 ^l	0.630±0.005 ⁱ	0.313±0.003 ⁱ	1.425±0.014 ^k
	须根	1.486±0.003 ^c	1.174±0.003 ^c	0.897±0.003 ^d	3.557±0.024 ^c
	茎	1.241±0.003 ^d	0.253±0.004 ^l	0.097±0.003 ^m	1.591±0.025 ^j
	叶	0.513±0.003 ⁱ	0.251±0.003 ^l	2.758±0.003 ^a	3.522±0.023 ^c
S8	鳞茎	0.633±0.004 ^g	1.054±0.003 ^d	0.813±0.004 ^e	2.500±0.023 ^f
	须根	0.798±0.002 ^e	0.517±0.001 ^j	0.299±0.003 ⁱ	1.614±0.015 ⁱ
	茎	0.506±0.002 ⁱ	0.363±0.002 ^k	0.200±0.002 ^k	1.069±0.012 ^l
	叶	1.417±0.003 ^c	1.418±0.002 ^b	1.110±0.004 ^e	3.946±0.023 ^b

理($P<0.05$)。浙江宁波的浙贝母鳞茎中贝母素甲和贝母素乙的含量在摘花处理后明显高于未摘花处理,贝母辛的含量在摘花处理后明显低于未摘花处理;重庆奉节的浙贝母鳞茎中3种生物碱的含量在摘花处理前后差异均无统计学意义;江苏南通的浙贝母鳞茎中贝母素甲的含量在摘花处理前后差异

无统计学意义,贝母素乙含量在摘花处理后低于未摘花处理,贝母辛含量在摘花处理后高于未摘花处理;浙江磐安的浙贝母鳞茎中3种生物碱含量在摘花处理后均高于未摘花处理。多数处理的浙贝母叶中生物碱含量高于鳞茎,并且各部位中以叶中生物碱含量最高;各处理浙贝母鳞茎中生物碱含量高于须根和茎。

表5 摘花处理对T3期不同种源浙贝母不同部位生物碱含量的影响 ($\bar{x}\pm s, n=3$)

Table 5 Effect of flower removal on alkaloids content in different parts of *Fritillaria thunbergii* from different origins in T3 period ($\bar{x}\pm s, n=3$)

编号	部位	贝母素甲	贝母素乙	贝母辛	合计
S1	鳞茎	1.614±0.001 ^c	0.928±0.004 ^e	0.424±0.004 ^j	2.966±0.026 ^f
	须根	0.656±0.004 ^g	0.229±0.002 ^l	0.120±0.001 ^o	1.004±0.012 ^m
	茎	0.684±0.003 ^g	1.668±0.004 ^b	0.494±0.003 ⁱ	2.845±0.025 ^f
	叶	2.095±0.003 ^b	2.459±0.003 ^a	1.702±0.003 ^e	6.256±0.026 ^b
S2	鳞茎	1.111±0.003 ^e	0.603±0.001 ^h	0.585±0.002 ^h	2.298±0.023 ^h
	须根	0.448±0.001 ⁱ	0.231±0.001 ^l	0.192±0.003 ⁿ	0.871±0.013 ⁿ
	茎	0.155±0.003 ⁿ	0.042±0.003 ^p	0.034±0.003 ^p	0.232±0.018 ^s
	叶	1.108±0.003 ^c	1.418±0.003 ^b	1.389±0.003 ^e	3.915±0.029 ^d
S3	鳞茎	1.534±0.001 ^c	0.964±0.002 ^d	0.521±0.002 ⁱ	3.019±0.026 ^f
	须根	0.575±0.002 ^h	0.255±0.001 ^k	0.336±0.002 ^k	1.166±0.015 ^k
	茎	0.297±0.005 ^k	0.384±0.004 ⁱ	0.286±0.003 ^l	0.968±0.008 ^m
	叶	1.979±0.003 ^b	1.124±0.003 ^c	2.029±0.001 ^c	5.132±0.024 ^c
S4	鳞茎	1.549±0.002 ^c	1.004±0.003 ^d	0.492±0.003 ⁱ	3.045±0.024 ^f
	须根	0.586±0.004 ^h	0.200±0.002 ^m	0.119±0.004 ^o	0.904±0.012 ^m
	茎	0.278±0.002 ^l	0.076±0.002 ^p	0.049±0.003 ^p	0.404±0.009 ^f
	叶	1.533±0.003 ^c	1.328±0.004 ^b	0.798±0.002 ^f	3.660±0.019 ^e
S5	鳞茎	1.311±0.003 ^d	0.841±0.002 ^f	0.566±0.003 ^h	2.719±0.024 ^g
	须根	0.321±0.003 ^k	0.149±0.003 ⁿ	0.058±0.003 ^p	0.528±0.008 ^p
	茎	0.361±0.002 ^j	0.215±0.002 ^m	0.500±0.002 ⁱ	1.075±0.012 ^l
	叶	0.800±0.003 ^f	0.343±0.002 ^j	3.009±0.001 ^b	4.152±0.026 ^d
S6	鳞茎	1.377±0.002 ^d	0.975±0.002 ^d	0.507±0.003 ⁱ	2.859±0.019 ^f
	须根	0.352±0.003 ^j	0.211±0.002 ^m	0.051±0.003 ^p	0.614±0.011 ^o
	茎	0.238±0.004 ^m	0.413±0.003 ⁱ	0.406±0.003 ^j	1.056±0.023 ^l
	叶	2.605±0.004 ^a	1.144±0.002 ^c	4.067±0.003 ^a	7.816±0.029 ^a
S7	鳞茎	1.277±0.004 ^d	0.655±0.002 ^g	0.393±0.003 ^j	2.325±0.014 ^h
	须根	0.315±0.003 ^k	0.103±0.004 ^o	0.055±0.002 ^p	0.473±0.005 ^q
	茎	0.238±0.003 ^m	0.113±0.002 ^o	0.264±0.001 ^m	0.616±0.008 ^o
	叶	0.541±0.002 ^h	0.287±0.001 ^k	0.649±0.002 ^g	1.478±0.012 ^j
S8	鳞茎	0.944±0.002 ^f	0.563±0.002 ^h	0.246±0.001 ^m	1.753±0.021 ⁱ
	须根	0.351±0.002 ^j	0.160±0.003 ⁿ	0.120±0.003 ^o	0.631±0.007 ^o
	茎	0.485±0.002 ⁱ	0.432±0.003 ⁱ	0.624±0.003 ^g	1.541±0.015 ^j
	叶	1.022±0.003 ^e	0.216±0.004 ^m	0.303±0.003 ^l	1.541±0.013 ^j

3.6 摘花处理对T4期不同种源浙贝母鳞茎中生物碱含量的影响 由表6可知,在T4期(收获期),除种源为浙江磐安(S7、S8)的浙贝母摘花处理后鳞茎中3种生物碱总含量高于未摘花处理外,其余种源浙贝母鳞茎中3种生物碱总含量在摘花处理后低于未摘花处理。浙江磐安的浙贝母鳞茎中3种生物碱含量在摘花处理后均高于未摘花处理,而其余种源浙贝母中3种生物碱含量在摘花处理后均低于未摘花处理。重庆奉节未经摘花处理的浙贝母(S4)鳞茎中各种生物碱含量最高。

表6 摘花处理对T4期不同种源浙贝母鳞茎生物碱含量的影响 ($\bar{x}\pm s, n=3$)

Table 6 Effect of flower removal on alkaloids content in bulb of *Fritillaria thunbergii* from different origins in T4 period ($\bar{x}\pm s, n=3$)

mg·g ⁻¹				
编号	贝母素甲	贝母素乙	贝母辛	合计
S1	2.006±0.001 ^b	0.659±0.003 ^c	0.421±0.006 ^d	3.086±0.026 ^c
S2	2.081±0.001 ^b	0.751±0.004 ^b	0.465±0.008 ^c	3.297±0.023 ^b
S3	1.817±0.001 ^c	0.571±0.005 ^c	0.352±0.009 ^f	2.740±0.021 ^c
S4	2.710±0.001 ^a	1.028±0.004 ^a	0.705±0.005 ^a	4.443±0.028 ^a
S5	1.457±0.001 ^c	0.447±0.006 ^e	0.235±0.012 ^b	2.139±0.021 ^e
S6	1.864±0.001 ^c	0.609±0.002 ^d	0.423±0.007 ^d	2.896±0.019 ^d
S7	1.531±0.004 ^d	0.655±0.006 ^c	0.494±0.007 ^b	2.680±0.021 ^f
S8	1.161±0.003 ^f	0.522±0.006 ^f	0.313±0.010 ^e	1.996±0.015 ^e

4 讨论与结论

4.1 摘花处理对不同种源浙贝母鳞茎产量、折干率的影响 前人研究结果表明,摘花处理可以调节植物营养物质运输累积过程中的源库比,使更多的光合产物流向营养器官及地下部分,提高植物的产量^[13]。在经过摘花处理后,大兴安岭桔梗的根长及根粗有明显增加,根重可增加达37.1%^[13];摘花和喷施多效唑处理可使百合鳞茎产量增加28.42%^[14];育苗移栽与人工摘花处理相结合可以使丹参的鲜重增加22.82%^[15];安徽贝母在摘花处理后鳞茎较未摘花可增重24.35%^[16];湖北麦冬块根产量在经过摘花处理后也可以明显增加^[17]。本研究中不同种源地的浙贝母在经过摘花处理后每畦鳞茎总产量较未摘花处理均有明显增加,表明摘花处理调整了浙贝母生长期的营养分配,促进了鳞茎的生长,此结果与前人在其他药用植物上的研究一致。还有研究显示,植物细胞快速生长过程中,干物质的累积并不与细胞体积及数量的增长速度一致^[18]。同时,不同种源地的药用贝母在也存在着不同的物质累积

周期,影响着药用贝母的产量及干重。以上发现可以解释本研究中种源为重庆奉节的浙贝母在摘花处理后折干率较未摘花处理有所下降的原因,因此,摘花处理需要配合适时的采收及合适的水肥管控以保证浙贝母增产的同时提高干物质的产量。

4.2 摘花处理对浙贝母生物碱含量的影响 有研究表明,摘花处理可以造成植物各部位的异速生长,经摘花处理后,多花黄精一年生块茎的生物量及有效成分含量明显高于地上部分^[20]。但由于植物品种、苗龄、采收期及有效成分种类的不同,摘花处理对药用植物有效成分含量的影响差异很大,某些植物在摘花处理后产量增加而有效成分含量有所下降。张绪元等^[21]和罗燕春等^[22]研究发现,不同品种及生长阶段的秋葵经摘花处理后,叶片生长量和净光合速率均有明显提高,但部分品种在特定生长时期叶片中活性成分叶黄素和β-胡萝卜素明显降低。本研究中不同种源摘花与未摘花处理的浙贝母在不同生长时期鳞茎中生物碱含量差异较大,在T1期(现蕾期)多数摘花处理的浙贝母中生物碱含量高于未摘花处理,而在T4期(收获期)多数摘花处理的浙贝母中生物碱含量低于未摘花处理,但种源地为浙江磐安的浙贝母在摘花后生物碱含量明显高于未摘花处理。同时,种源为浙江磐安的浙贝母在经过摘花处理后的每畦总产量及折干率均高于未摘花处理,因此该种源较适合利用人工摘花处理增产增质。本研究中不同浙贝母地上部分叶中生物碱含量均明显高于鳞茎,而茎中生物碱含量低于鳞茎,与之前的文献报道^[11,23-25]一致,表明浙贝母地上部分具有开发价值。

综上所述,人工摘花处理可以提高浙贝母的产量,不同种源的浙贝母经摘花处理后鳞茎生物碱含量具有明显差异,摘花后多数浙贝母现蕾期鳞茎生物碱含量高于未摘花处理而收获期鳞茎生物碱含量低于为摘花处理,因此需适时进行采收以保证入药品质。种源地为浙江磐安的浙贝母经摘花处理后产量及生物碱含量较未摘花明显提升,适宜利用人工摘花处理。浙贝母地上部分生物碱含量同样较高,具有潜在的开发价值。本研究为浙贝母的采收、加工及开发利用提供参考依据。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

[参考文献]

[1] 廖海兵,李云霞,邵晶晶,等. 连作对浙贝母生长及土壤性质的影响[J]. 生态学杂志,2011,30(10):2203-

- 2208.
- [2] 王云飞,顾政一,何承辉. 浙贝母属植物化学成分与药理活性研究进展[J]. 西北药学杂志,2015,30(4): 436-440.
- [3] HE J, HE Y, ZHANG C. Determination and visualization of peimine and peiminine content in *Fritillaria thunbergii*bulbi treated by sulfur fumigation using hyperspectral imaging with chemometrics [J]. *Molecules*,2017,22(9):1402.
- [4] 姜娟萍,宗侃侃,王松琳,等. 浙江省浙贝母生态种植模式及效益[J]. 浙江农业科学,2021,62(3): 536-537.
- [5] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国科技出版社,2020.
- [6] 李燕,蒙慧彤,韩忠耀,等. 不同采收期和不同药用部位黔产千里光中总生物碱含量动态比较[J]. 黔南民族医学学报,2016,29(4):235-237.
- [7] 王翰华,杨晓春,崔明超. 浙贝母叶与浙贝母花醇提物的止咳、化痰及平喘活性研究[J]. 天津医药,2016,44(10):1225-1228.
- [8] 崔明超. 基于植物代谢组学的浙贝母花止咳化痰活性成分及作用机制研究[Z]. 浙江:浙江医药高等专科学校,2017-12-28.
- [9] 崔明超,程斌,陈宏降,等. 贝母花的定性鉴别及含量测定研究[J]. 中医药信息,2014,31(4):20-22.
- [10] PENG W, HAN T, LIU Q C, et al. Chemical constituents of the flower of *Fritillaria thunbergii*[J]. *Chem Nat Compd*,2012,48(3):491-492
- [11] 张鹏葛,盛萍,任慧梅. 新疆贝母属8种药用贝母地上部位与鳞茎生物碱含量差异研究[J]. 中国野生植物资源,2016,35(1):12-15.
- [12] 王声森,杨刚,黎东兴,等. 浙贝母水稻一年两熟高产高效栽培技术[J]. 农技服务,2013,30(11):1157-1159.
- [13] 万群芳,赵光磊,信小娟,等. 人工摘花对大兴安岭地区桔梗产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2016,44(23):114-115,150.
- [14] 陈立德. 摘花和喷施多效唑对百合鳞茎产量与品质的影响[D]. 长沙:湖南农业大学,2010.
- [15] 唐慧骥. 育苗移栽、密度及摘花对丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bunge)产量及有效成分积累影响的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2007.
- [16] 徐世安. 摘花对贝母产量和生长的影响[J]. 中药通报,1987,12(3):12-13.
- [17] 瞿宏杰,赵劲松,别运清,等. 移栽期与摘花梗对湖北麦冬生长发育的影响[J]. 中药材,2004,27(9): 629-630.
- [18] 胡向尚,许海涛,郭海斌,等. 氮肥对高氮效玉米品种干物质累积分配与籽粒含水量的影响[J]. 山东农业科学,2021,53(9):83-88.
- [19] 魏云洁,刘兴权,孔祥义,等. 成龄伊贝母不同物候期总生物碱含量及折干率测定[J]. 中国林副特产,1998(1):12.
- [20] 杨清平,陈双林,郭子武,等. 摘花和打顶措施对毛竹林下多花黄精块茎生物量积累特征的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2021,45(2):165-170.
- [21] 张绪元,刘国道,罗燕春,等. 摘花对黄秋葵叶黄素和 β -胡萝卜素产量及相关性状的影响[J]. 草业科学,2008,25(4):130-134.
- [22] 罗燕春,黎军平,韦吉,等. 叶龄与摘花对黄秋葵叶黄素和 β -胡萝卜素含量的影响[J]. 热带农业科学,2008,28(4):50-53.
- [23] 陈文君,郑卫红,项颖华. 浙贝母花地上茎与鳞茎三种生物碱总量总皂苷含量测定的比较[J]. 医科大学学报,2008,32(4):530-531.
- [24] 崔明超,张加余,陈少军,等. 浙贝母植株各部位中生物碱和黄酮的LC-LTQ-Orbitrap MSⁿ分析[J]. 中国中药杂志,2016,41(11):2124-2130.
- [25] 罗静,母茂君,王骞,等. 不同氮素形态和浓度水平对浙贝母产量和品质的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2020,26(16):168-174.

[责任编辑 顾雪竹]