

团风射干栽培品质相关研究

马昊辰¹, 徐建中², 李小军³, 刘合钢¹, 汪文杰^{1*}

(1 湖北中医药大学 药学院, 武汉 430065; 2 湖北卫尔康现代中药有限公司, 湖北 黄冈 438000;
3 中南民族大学 药学院, 武汉 430074)

摘要 通过研究团风射干种植全过程的干物质积累、矿质营养元素吸收、根茎直径、颜色和主要活性成分积累变化规律, 为射干配方施肥和建立更加科学的质量评价体系提供理论依据。以同一大田分别种植的二、三、四年生团风射干为研究对象, 结果表明: 在整个采样期, 射干的干物质积累量随着生长年限的增长而增加。根茎中, 三年生5月野鸢尾黄素含量最高, 次野鸢尾黄素三年生5月和四年生7月的含量高于其他阶段, 四年生5月六种黄酮类成分总量达到整个采样期的峰值。射干根茎在4—9月稳步增粗, 根茎颜色和4种黄酮类成分含量呈显著正相关($P < 0.01$)。研究探明了不同年限射干在不同时期的干物质和养分积累规律, 为后续射干不同阶段营养配方的制定奠定了基础。团风射干质量评价标准可增设根茎颜色等项目, 代表黄色的色度值b应大于15.18, 相同直径下色黄者佳。单一用次野鸢尾黄素不足以评价射干的品质优劣, 应在团风射干质量评价标准中增设另5种黄酮类成分作为限制指标, 以确保地道药材团风射干的品质。

关键词 射干; 干物质; 矿质元素; 直径; 颜色; 黄酮

中图分类号 R282.2; R927.2; R33 文献标志码 A 文章编号 1672-4321(2025)05-0601-07

doi: 10.20056/j.cnki.ZNMDZK.20240751

Research on the quality of cultivated product of *Tuanfeng Belamcanda chinensis*

MA Haochen¹, XU Jianzhong², LI Xiaojun³, LIU Hegang¹, WANG Wenjie^{1*}

(1 College of Pharmacy, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China; 2 Hubei Weierkang Modern Traditional Chinese Medicine Co., Ltd., Huanggang 438000, Hubei China; 3 School of Pharmaceutical Sciences, South-Central Minzu University, Wuhan 430074, China)

Abstract By studying the changes in dry matter accumulation, mineral nutrient uptake, rhizome diameter, color and accumulation of major active ingredients during the whole process of Tuanfeng *Belamcanda chinensis* planting, to provide theoretical basis for the formula fertilization of *Belamcanda chinensis* and the establishment of a more scientific quality evaluation system. Tuanfeng *Belamcanda chinensis* at the second, third, and fourth years were planted separately in the same field, and the dry matter accumulation of each organ, mineral element content, rhizome diameter, color and flavonoid content in rhizome were determined at different periods. The results showed that throughout the sampling period, the amount of dry matter accumulation in *Belamcanda chinensis* increases with the number of years of growth. In the rhizomes, the highest content of tectorigenin were found in May of the third year of life, and the levels of sub-wild iris flavonoids were higher in May of the third year of life and July of the fourth year of life than in the other stages of life, with the total amount of the six flavonoids reaching a peak in May of the fourth year of life for the entire sampling period. Irisflorentin in May for the third year and July for the fourth year, exceeded that in other stages, reaching the peak of the total flavonoid content in May for the fourth year. The diameter of the rhizomes steadily increased from April to September, and a

收稿日期 2024-02-05

* 通信作者 汪文杰(1979-), 男, 副教授, 研究方向: 中药资源及其品质研究, E-mail: 1053944087@qq.com

基金项目 刘合钢全国名老中医药专家传承工作室项目(国中医药人教函[2022]75号); 湖北卫尔康现代中药有限公司研究生工作站项目(湖北中医药大学中医校[2022]125号)

significant positive correlation ($P<0.01$) was observed between the color of the rhizome and four flavonoid constituents. The dry matter and nutrient accumulation patterns in different periods of different ages of tectorigenin *Belamcanda chinensis* were explored, laying a foundation for the formulation of nutritional formulas for different stages of subsequent *Belamcanda chinensis*. The quality evaluation standard of Tuanfeng *Belamcanda chinensis* can add rhizome color and other items, which means that the chromaticity value b of yellow should be higher than 15.18. For the same diameter, the yellower the color, the better the quality. The singular use of irisflorentin is insufficient to assess the quality of *Belamcanda chinensis* rhizomes. Therefore, five additional flavonoid components should be included as limiting indicators in the quality evaluation criteria to ensure the quality of authentic medicinal Tuanfeng *Belamcanda chinensis*.

Keywords *Belamcanda chinensis*; dry matter; mineral elements; diameter; color; flavonoids

射干 *Belamcanda chinensis* (L.) DC. 为鸢尾科射干属多年生草本植物,以根茎入药,具清热解毒、化痰利咽之功效,在国内外广泛分布^[1]. 现代药理学表明,从根茎中分离出的有效成分异黄酮^[2]、黄酮醇、黄酮等黄酮类化合物具有抗氧化、抗癌、抑菌、抗炎^[3]等生物活性^[4],在临床上常以射干麻黄汤用于慢性咽炎、支气管炎和哮喘等的治疗. 近年来,随着射干在临床应用上的不断增加,射干种植面积不断扩大,并形成了湖北、湖南、河南等道地产区. 其中,湖北黄冈、孝感等地为核心产区,黄冈市团风县所产射干为道地药材,习称“团风射干”. 目前对团风射干的需肥规律尚未进行深入研究^[5],主要体现在,研究未涵盖团风射干种植的全过程(1年育苗,移栽后再种植2到3年). 因此研究药用植物生长发育全过程需肥规律,才能创制适合射干的专用肥. 中药材富含的微量元素直接影响中药材的疗效;微量元素在中药材各部位分布的不同能导致功效各异;道地药材的产地与疗效关系密切^[6-7]. 合理施肥是保证作物高产优质的关键技术措施之一,而矿质元素吸收累积规律是指导作物合理施肥的重要依据. 开展干物质及矿质元素积累动态和分配规律研究还可探明射干不同生长时期的养分需求规律,为团风射干种植过程中有限度施用化肥奠定基础. 此外,测色技术可以实现中药外观色泽量化研究与其品质相关联,为实现射干品质评价和质量控制提供重要理论依据^[8-9]. 另外,射干根茎直径的大小与生长年限、化肥施用量和膨大素等生长调节剂的使用有关,对射干的品质质量影响较大. 因此,本研究以二年生、三年生、四年生射干为研究对象,对干物质、矿质元素、根茎直径、根茎颜色以及根茎中6种黄酮类成分进行测试分析,以期掌握射干的需肥规律,为建立团风射干的质量评价体系和进一步完善团风射干的科学栽培及施肥管理体系提供理论依据.

1 材料与仪器

1.1 供试材料

射干样品取自湖北省黄冈市团风县田生中药材种植专业合作社种植基地,经湖北中医药大学刘合钢教授鉴定为射干 *Belamcanda chinensis* (L.) DC.

1.2 仪器

高效液相色谱仪(20AD型,日本岛津);电子天平(NewClassicMF型,瑞士梅特勒-托利多);分光光度计(TU-1901型,北京普析公司);色差仪(CR-410型,日本柯尼卡);粉末测试盒(日本柯尼卡);超声波提取机(THC型,济宁天华);电热恒温鼓风干燥箱(DHG-914385-M,上海新苗);消解仪、凯氏定氮仪、数字瓶口滴定仪、SpectraMax190全波长酶标仪(美国MD);质谱仪(Agilent7900,美国安捷伦);超级微波消解仪(意大利 Milestone).

1.3 试剂

对照品鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素、芒果苷、鸢尾苷、野鸢尾黄素(上海源叶,HPLC归一化法检测,纯度均 $\geq 98\%$);乙腈(色谱纯,湖北弗顿);磷酸(色谱纯)、甲醇(分析纯),均购自国药集团;水为娃哈哈纯净水.

2 实验方法

2.1 实验设计

分别于2019年3月、2020年3月和2021年3月分3次在团风县杜皮乡田生中药材种植专业合作社(以下简称合作社)苗圃用种子育苗,每次所育种苗均于翌年4月移栽于同一块试验田种植,面积各0.5亩,试验田总面积1.5亩,建立二、三、四年生射干试验田. 试验田后续施肥、除草等田间管理按照合作社相关操作统一执行,保持一致性. 2022年4月中旬开始取样,每月定时取样至2022年9月,共采集

样品6次,因二年生射干于2022年4月刚移栽,单株生物量小,短期内不会从土壤中大量吸收矿质元素,故二年生射干从2022年6月开始采样。采样方法采用“S”形取样法,不同年限不同月份射干单株生物量差异较大,故每个样品的采样株数有所不同,但不少于5株,重复3次。

2.2 干物质含量测定

采挖后的射干,洗净泥沙,自然晾干表面水分后将根茎、须根和地上部分分开制样,将各样品中的每一株3个部位分别进行编号,其中地上部分经105℃杀青30 min,样品再统一经烘箱60℃烘干至恒重后,称其干重。烘干后的样品经打粉机粉碎,过四号筛,密封保存至-20℃冰箱备用。

2.3 金属元素的测定

用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法^[10]测9种金属元素:钾、钙、镁、铁、锰、铜、锌、钼、镍的含量。

2.4 氮和磷的测定

凯氏定氮法测全氮含量,钼锑抗比色法测全磷含量^[11]。

2.5 根茎直径测定

洗净烘干后的射干根茎,用游标卡尺测单株横切面最大直径,即为根茎最大直径。

2.6 根茎色度测定

将样品粉末置于色差仪的测试盒2/3处,光源D65,标准观测角度2°,照明口径50 mm^[12]。测定L、a、b值,根据色差公式 $E=(L^2+a^2+b^2)^{1/2}$ 计算总色差值,其中L表示亮度,a表示红绿色度,b表示黄蓝色度,E为色度。每个样品重复测量3次。

2.7 根茎黄酮类成分测定

HPLC法对射干中黄酮类成分含量进行测定^[13]。

2.7.1 标准溶液的制备

称取鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素、芒果苷、鸢尾苷、野鸢尾黄素^[14]标准品适量,溶于75%甲醇,配置成6种浓度为1 mg·mL⁻¹的母液备用。

2.7.2 供试品溶液制备

精密称取射干样品粉末(过60目筛)0.10 g于离心管中,加入75%甲醇10 mL,超声提取30 min,3000 r·min⁻¹离心5 min,上清液移入25 mL移液管,残渣再重复提取一次,合并上清液,冷却至室温后,0.45 μm微孔滤膜过滤,取滤液作为供试品溶液。

2.7.3 色谱条件

建立了同时测定射干中6种黄酮类成分的方法。色谱柱:Welch Ultimate XB-C18(4.6 mm×250 mm, 5 μm),柱前加入保护柱,流动相:乙腈(B)及0.4%冰醋

酸(A),梯度洗脱程序(表1);流速:1.0 mL·min⁻¹;检测波长:269 nm;柱温:30℃;进样量:20 μL。

表1 梯度洗脱程序
Tab. 1 Gradient elution

时间/min	0.4%冰醋酸(A,%)	乙腈(B,%)
0~20	88~70	12~30
20~30	70~55	30~45
30~37	55~45	45~55
37~40	45~45	55~55
40~42	45~5	55~95
42~50	5~5	95~95
50~52	5~88	95~12
52~57	88~88	12~12

2.7.4 标准曲线制备

取6种对照品溶液母液适量,置于同一容量瓶中,加入甲醇定容至刻度,摇匀,按比例进行稀释,获得5个系列浓度混合对照品溶液,按照“2.7.3”色谱条件进样20 μL测定。以峰面积y为纵坐标,浓度x(μg·mL⁻¹)为横坐标绘制标准曲线,可以得到回归方程和线性相关系数(R²)以及线性范围(表2)。

表2 回归方程、相关系数、线性范围

Tab. 2 Regression equations, coefficients, and line ranges

待测物	标准曲线	R ² (n=5)	线性范围/ (μg·mL ⁻¹)
鸢尾黄素	y=117794x+38673	0.9998	0.83~70.00
白射干素	y=20259x-3854.4	0.9998	0.83~20.83
次野鸢尾黄素	y=119438x-8035.7	0.9999	0.33~16.67
芒果苷	y=41871x-14639	0.9998	0.83~41.67
鸢尾苷	y=82741x+3476.5	0.9999	1.67~80.00
野鸢尾黄素	y=88238x+95185	0.9993	0.83~80.00

2.7.5 精密度试验

取制备好的同一供试品溶液按“2.7.2”方法制样,按“2.7.3”的色谱条件连续进样6次,测定其日内精密度,采用标准曲线法进行含量计算,鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素、芒果苷、鸢尾苷、野鸢尾黄素含量的RSD分别为1.52%、1.94%、1.49%、1.53%、1.02%、1.10%,证明其精密度良好。

2.7.6 稳定性试验

根据“2.7.2”方法,取供试品溶液分别于配置后的0、2、4、10、12、24 h按“2.7.3”的色谱条件进行测定,同“2.7.4”方法进行计算,RSD分别为2.95%、2.38%、1.97%、2.31%、1.31%、2.56%,证明供试品溶液的稳定性良好。

2.7.7 重复性试验

精密称取同一供试品射干根茎粉末共6份,按

“2.7.2”方法制备溶液,按“2.7.3”的色谱条件分别进样,按标准曲线计算 6 种成分含量,RSD 分别为 1.94%、3.13%、0.60%、1.57%、1.37%、2.51%,说明方法重复性好。

2.7.8 加样回收试验

取已知含量的供试品 0.05 g 制备溶液,加入已知浓度的混合对照品溶液适量,制备 3 份,分别测定加样回收率及 RSD 值. 根据《中国药典》(2020 版)规定,加样回收率需大于等于 95%,RSD 均不超过 3%^[15]. 经测定,6 种对照品的加样回收率为 98.2%~103%,RSD 均小于 3%,说明结果符合规定。

2.8 数据处理和分析

单株矿质元素积累量(g/株)=Σ(各器官干物质积累量×各器官矿质元素含量);根茎直径、颜色和黄酮类成分含量的相关性利用 SPSS26.0 进行 Pearson 相关性分析。

3 结果与分析

3.1 干物质积累与分配规律

3.1.1 干物质积累规律

不同年限不同月份射干的 3 个不同部位干物质积累规律见图 1. 二年生植株 6—9 月干物质积累缓慢,6 月底整株干物质积累量仅为 11.69 g/株. 7—8 月二年生射干地下部分开始明显生长,9 月底达到整年干物质最高值 27.12 g/株;三年生和四年生植株的生长趋势相似,4—6 月气温合适,整株积累量普遍上升,尤其地上部分开始迅速生长,茎秆和叶片数量增多,6 月开始开花,地下根茎和须根稳步增长. 7—9 月黄冈气温高、雨水多,植株密度大,通风变差,地上部分长势明显下降,根茎和须根仍然保持增长,三年生射干的整株干物质积累量在 9 月底达到全年峰值 123.55 g/株,根茎干物质积累量在此时达到整个采样周期的峰值 37.45 g/株;7 月后,干旱导致地上部分枯萎掉落,养分往下运输,根茎部分逐渐变大. 四年生射干在 7 月达到干物质积累峰值 140.54 g/株,9 月后天气转凉,干旱情况缓解,地下根茎的干物质积累量也在此时达到该年限的峰值 39.58 g/株. 10 月时地上部分枯萎,开始倒苗,数据采集截止。

3.1.2 干物质分配规律

二年生 6 月根茎干物质占比 21.73%,地上部分干物质占比为 59.50%,6~9 月各器官分配比例为地

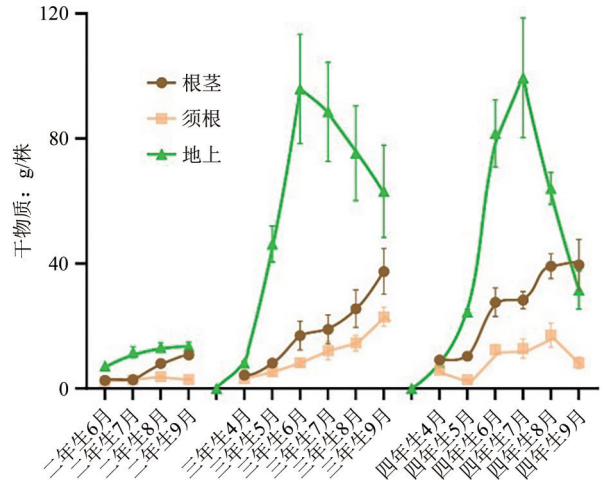


图 1 不同年限的射干各器官不同时期干物质积累规律($\bar{x}\pm s, n=3$)
Fig. 1 Dry matter accumulation pattern of each organ of different ages *Belamcanda chinensis* at different periods ($\bar{x}\pm s, n=3$)

上部分>根茎>须根;三年生射干 4—9 月各器官分配比例为地上部分>根茎>须根,9 月时三年生根茎达到整个采样时期的最大占比 30.31%;四年生射干根茎在 4 月就到达整个采样周期的较大占比 39.28%,此时四年生射干各器官分配比例为根茎>地上部分>须根,4 月之后,由于生长年限较长,四年生根茎生长空间不大,在整株干物质中占比逐渐下降;地上部分在 4—7 月迅速生长,7—8 月经历干旱导致下降. 从 8 月开始,四年生根茎稳步变得粗壮坚实,干物质含量逐步累积,分配量回升,达到 32.56%,此时各器官分配比例地上部分>根茎>须根. 9 月时四年生根茎达到全年最大比例 49.92%,各器官分配比例为根茎>地上部分>须根(图 2)。

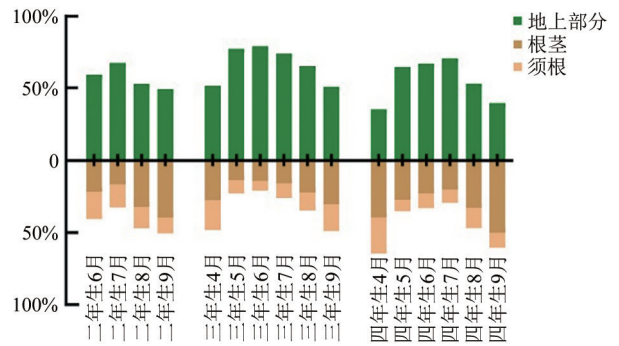


图 2 不同时期射干各部位干物质在整株中的分配比
Fig. 2 Distribution ratio of dry matter of each part of *Belamcanda chinensis* in the whole plant at different periods of time

3.2 营养元素的吸收规律

不同时间矿质元素的吸收动态存在显著差异,见图 3 所示. 二年生射干的营养物质吸收较少. 二年生射干从 6 月起营养元素逐步积累,7 月时营养消

耗,除氮、铁、铜、锌、镍元素在9月达到积累量峰值以外,其他元素在8月到达峰值;三年生射干在4—6月迅速生长,6月时植株高大,枝叶繁多,整株营养元素积累量逐步升高,氮、磷、钾、镁、锰、铜、锌、镍元素在6月到达第一个峰值,分别为1485.35、290.60、3575.18、408.87、7.97、0.70、3.33、1.36 mg/株;7—8月干旱导致整株积累量有一个波动,先下降后8月回升,到8月时三年生射干全株中钙、镁、铁、铜、

镍积累量达到整个采样周期的峰值(168.98、514.12、272.97、0.13、2.75 mg/株),随后9月氮、磷、钾到达第二个峰值(1338.27、281.08、2620.50 mg/株);四年生射干全株积累量在4—7月开始升高,7月时氮、钾、钙、镁、锰、锌、铜元素达到峰值,分别为1623.17、4522.51、221.18、620.28、17.34、3.62、0.09 mg/株,8月时磷、铁、铜和镍达到峰值237.31、458.54、1.37和3.38 mg/株,随后各元素含量下降。

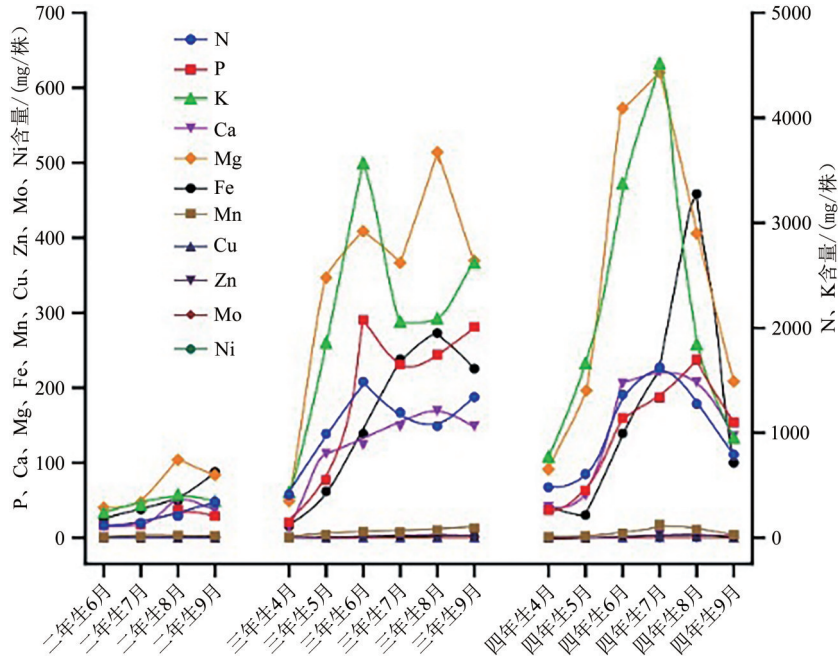


图3 射干不同时间矿质元素的吸收动态($\bar{x} \pm s, n=3$)

Fig. 3 Dynamics of mineral element uptake at different times in *Belamcanda chinensis* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

3.3 不同年限不同时期射干的根茎直径

将采集到的所有根茎直径进行测量(图4),二年生射干在6月初直径达到10.85 mm,在8—9月逐渐变粗,达到二年生射干的最大值12.04 mm. 三年生和四年生射干根茎在4—6月都迅速变大,6—9月基本稳定,不再迅速生长. 其中三年生植株4—9月直径分别为11.16、11.73、12.29、12.38、12.59、12.65 mm;四年生植株4—9月直径分别为11.21、11.78、12.82、12.85、12.86、12.98 mm.

3.4 色泽测定结果

色泽是部分中药材品质的重要评价标准,射干根茎的颜色变化如图5所示. 三年生的射干4月和8月的E、L、b都出现最大值,证明根茎在三年生四月时最亮、最黄. 6—7月黄色逐渐变淡,8月又逐渐回升.

3.5 不同年限及时期黄酮类成分含量的动态变化

不同时期射干根茎的黄酮类成分含量见图6. 含量分布区间分别为鸢尾黄素0.89~3.28 mg·g⁻¹,白射

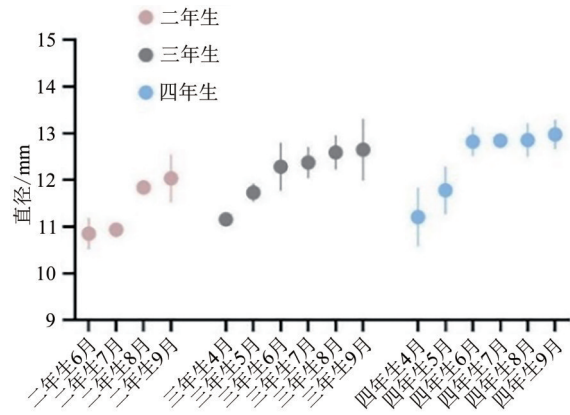


图4 射干不同年限不同时期根茎直径($\bar{x} \pm s, n=3$)

Fig. 4 Rhizomes diameter at different times of the year for *Belamcanda chinensis* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

干素1.04~2.76 mg·g⁻¹,次野鸢尾黄素1.22~2.30 mg·g⁻¹,芒果苷1.19~2.01 mg·g⁻¹,鸢尾苷1.53~12.70 mg·g⁻¹,野鸢尾黄素6.42~14.18 mg·g⁻¹. 三年生5月野鸢尾黄素含量最高;四年生5月鸢尾苷含量最高;鸢尾黄素在4—5月迅速积累达到高峰,次野鸢尾黄素三年生

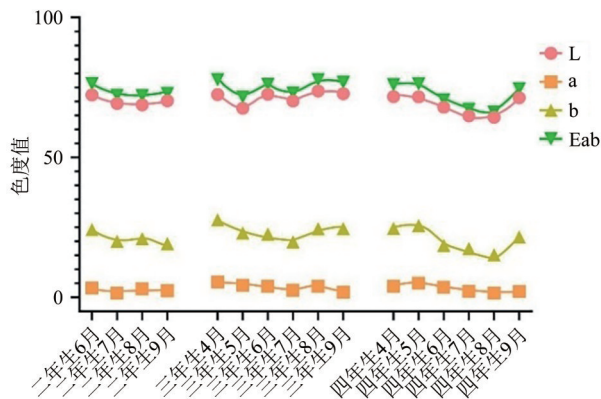


图5 射干根茎颜色变化($\bar{x}\pm s, n=3$)

Fig. 5 Color change of rhizomes of *Belamcanda chinensis* ($\bar{x}\pm s, n=3$)

5月和8—9月、四年生4—5月和7—8月含量高于其他阶段. 四年生射干5月六种黄酮类成分总量达到整个采样期的峰值.

3.6 射干根茎直径、颜色、含量的关联分析

将不同时期不同年限射干直径、颜色和6种黄

酮类成分含量进行关联分析(表3),可以发现,黄酮类成分中,鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素和芒果苷的含量都和根茎直径存在显著正相关;射干根茎颜色和根茎直径亦呈显著正相关;代表射干根茎黄色的**b**值和鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素和芒果苷的含量也存在显著正相关. 这表明,在合理施用化学肥料和未使用膨大素等植物生长调节剂的前提下,在一定范围内根茎直径越大,则根茎黄色越深,鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素和芒果苷的含量越高.

4 讨论

4.1 射干干物质积累与分配规律

二年生射干总体干物质含量较低;三年生射干开始迅速生长,根茎变粗变重,植物地上部分开始

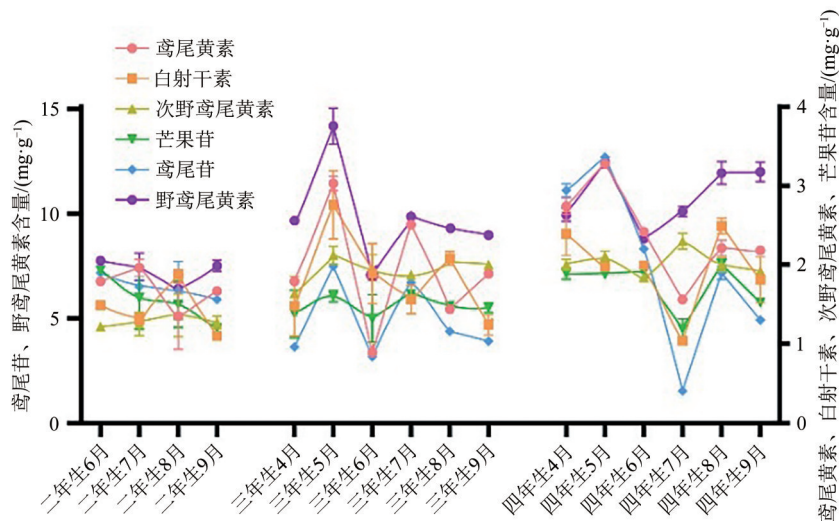


图6 不同时期射干根茎的黄酮类成分含量($\bar{x}\pm s, n=3$)

Fig. 6 Flavonoid content in rhizomes of *Belamcanda chinensis* at different periods ($\bar{x}\pm s, n=3$)

表3 射干根茎颜色、直径、含量的关联分析

Tab. 3 Correlation analysis between color, diameter and content of *Belamcanda chinensis* rhizome

	直径	L	a	b	Eab	鸢尾黄素	白射干素	次野鸢尾黄素	芒果苷	鸢尾苷
L	0.989**									
a	0.763**	0.811**								
b	0.940**	0.976**	0.883**							
Eab	0.986**	1.000**	0.820**	0.980**						
鸢尾黄素	0.837**	0.839**	0.734**	0.827**	0.840**					
白射干素	0.746**	0.739**	0.705**	0.718**	0.740**	0.779**				
次野鸢尾黄素	0.913**	0.873**	0.687**	0.830**	0.872**	0.811**	0.727**			
芒果苷	0.794**	0.821**	0.490*	0.711**	0.817**	0.795**	0.571*	0.664**		
鸢尾苷	0.383	0.468	0.472	0.467	0.472	0.830**	0.505*	0.35	0.764**	
野鸢尾黄素	0.244	-0.283	0.187	0.035	-0.194	0.742**	0.549*	0.668**	0.304	0.308

注:** $P<0.01$,* $P<0.05$.

长高,分蘖数量增多.在此年6月达到干物质积累量的第一个高峰,但此时根茎仅占整株植物干重的13.66%,6月后根茎开始继续生长,在整株植物中占比逐渐变大,9月达到整株干重占比的30.31%.四年生射干持续生长,在7月达到整个采样期的干物质积累量峰值,但是根茎的占比普遍比三年生高,在9月达到整个采样周期的最大占比49.92%.这表明,如仅考虑射干产量,最佳采收年限应定为4年.

4.2 射干矿质元素积累规律

矿质元素是药用植物获得高产优效的基础.本研究中11种矿质元素的积累量差异显著,在整个采样周期中对氮和钾的需求量较大,其中植株从土壤中吸收各元素的积累量从高到低顺序为:钾>氮>镁>铁>磷>钙>锰>锌>镍>铜>钼.因此在生产上,应主要以钾肥和氮肥为主,适量增加磷肥.为保证射干植株养分需求,二年生射干前期对矿质元素的需求量不大,可在7月底开始少量追肥.三年生射干应在4月底和7月底分别进行一次追肥,以保证后续营养供给.四年生射干从5月开始迅速积累营养元素,因此在4月底进行施肥有利于保证营养供给.此外,如不考虑留种,可在6月进入迅速生长期之前进行打顶,防止射干地上部分迅速生长时消耗过多养分.

4.3 射干根茎直径、颜色和黄酮类成分关联分析

本草典籍记载射干以身干质坚、体重、条肥壮、肉色黄、无须根者为佳^[6].而《中国药典》2020版(一部)仅对其含水量、总灰分、次野鸢尾黄素含量等作了限定.在新版GAP实施的大背景下,为制定更合适的团风射干质量评价体系,特引入了本草典籍中限定指标:根茎颜色.研究了射干根茎直径、颜色和黄酮类成分并进行关联分析,结果表明,黄酮类成分中,鸢尾黄素、白射干素、次野鸢尾黄素和芒果苷的含量都对根茎直径产生正面影响,即在合理施用化学肥料和未使用膨大素等植物生长调节剂的前提下,根茎直径越大,这四种黄酮类成分的含量越高;此外,射干根茎的直径与黄色深度呈显著正相关,即在合理施用化学肥料和未使用膨大素等植物生长调节剂的前提下,根茎直径越大,颜色越深.综合分析,团风射干相同直径下色黄者质佳,根茎颜色的色度值范围需满足 $b>15.18$.

参 考 文 献

- [1] 凌悦,陈金鹏,叶晴,等.射干的研究进展及其质量标志物的预测分析[J].中草药,2022,53(5):1595-1608.
- [2] 尹江涛,王晓月,顾希,等.黄芩射干汤中异黄酮类成分与MAPK信号通路的分子对接研究[J].中华中医药学刊,2020,38(10):52-54,269-270.
- [3] 包玉龙,甘雨,范英兰,等.射干止咳胶囊抗炎作用初探[J].实验动物科学,2021,38(6):16-19.
- [4] 张孝宇,孟凡娟,韩辉,等.射干的化学成分、生物活性及分子研究进展[J].中华中医药学刊,2023,41(9):179-183.
- [5] 李金鑫,刘雨,郭超伟,等.射干养分需求规律分析[J].中国实验方剂学杂志,2022,28(23):128-134.
- [6] 程龙,任永申,李艳秋,等.不同采收期对野菊花质量的影响[J].中南民族大学学报(自然科学版),2022,41(6):663-667.
- [7] 张亚丽,王东青,尹晓峰.微量元素与中药功效关系探讨[J].国医论坛,2012,27(6):20-21.
- [8] 殷放宙,吴晓燕,毛春芹,等.光谱颜色科学研究进展及其在中药领域中应用前景分析[J].光谱学与光谱分析,2013,33(9):2315-2320.
- [9] 陈诗,陈盛虎,王云龙,等.基于“辨状论质”木瓜性状与主要成分含量的相关性研究[J].中南民族大学学报(自然科学版),2024,43(3):332-337.
- [10] 杨连潭,黄建辉,潘青山.全自动石墨消解-电感耦合等离子体质谱法测定土壤中12种重金属元素的含量[J].理化检验-化学分册,2023,59(10):1202-1207.
- [11] 马雅莉,高荣,刘喜东,等.白于山区不同植物群落土壤碳氮磷空间分布及化学计量特征[J].中南林业科技大学学报,2023,43(9):116-125.
- [12] 张爱松,林敏,段功豪,等.基于多质量参数的菝葜趁鲜切片工艺优选研究[J].中草药,2023,54(12):3834-3841.
- [13] 周洪旭,张毅,杨新勇,等.一测多评法测定川射干中8个异黄酮类成分的含量[J].药物分析杂志,2022,42(6):1072-1080.
- [14] 郭焱.HPLC法测定不同产地川射干中6个活性成分的含量[J].中国药师,2021,24(4):759-762.
- [15] 郭敏,梁德颖,黄蓉,等.一测多评法在四神丸中9种成分含量的测定及质量评价中的应用[J].中南民族大学学报(自然科学版),2023,42(2):174-179.
- [16] 苏颂(宋),编撰,尚志钧辑校.本草图经[M].合肥:安徽科学技术出版社,1994.

(责编&校对 姚春娜)