

基于文献计量学的夏枯草植物学特性、种植管理及药理作用研究进展

陈明龙¹, 覃 桂^{2,3}, 张兴明⁴, 李荣胜⁴, 葛锦蓉^{2,3*}, 汪 波^{2,3*}

1. 湖北中医药大学药学院, 湖北 武汉 430065

2. 湖北省药品监督检验研究院, 湖北 武汉 430075

3. 国家药品监督管理局中药质量控制重点实验室, 湖北 武汉 430075

4. 上海黄海制药有限责任公司, 上海 200942

摘 要: 夏枯草 *Prunellae Spica* 系唇形科夏枯草属多年生草本植物。作为《中国药典》2020 年版收录的经典药材, 其清热泻火、明目散结之功效在中医临床实践中得到充分验证。现代研究表明, 夏枯草在抗菌、抗炎、抗肿瘤及调节免疫等方面显示出良好的治疗效果。从物质基础层面, 其活性成分主要集中于三萜类及酚酸类, 这 2 类成分通过多靶点协同作用机制发挥核心药理活性。在产业化应用方面, 夏枯草已形成跨领域开发格局, 食品工业中作为知名凉茶品牌的核心原料, 其清热降火功效通过现代工艺实现规模化生产; 医药领域突破传统给药方式, 研制出多种剂型。运用文献计量学方法, 结合中国知网和 Web of Science 数据库近 20 年研究数据, 从资源分布特征、植物学特性、种植管理及药理作用机制 4 个维度构建研究框架, 系统梳理学科交叉研究进展, 为建立规范化种植标准、开发功能导向型产品及制定循证医学用药方案提供理论支撑, 促进传统药用植物的现代化转型。

关键词: 夏枯草; 文献计量学; 植物学特性; 药食同源; 种植管理

中图分类号: R285 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)16-6017-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.16.029

Research progress on botanical characteristics, cultivation management, and pharmacological effects of *Prunellae Spica* based on bibliometrics

CHEN Minglong¹, QIN Gui^{2,3}, ZHANG Xingming⁴, LI Rongsheng⁴, GE Jinrong^{2,3}, WANG Bo^{2,3}

1. College of Pharmacy, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China

2. Hubei Institute for Drug Control, Wuhan 430075, China

3. Key Laboratory of Quality Control of Chinese Medicine, National Medical Products Administration, Wuhan 430075, China

4. Shanghai Huanghai Pharmaceutical Co., Ltd., Shanghai 200942, China

Abstract: Xiakucao (*Prunellae Spica*) derived from the perennial herb of the Lamiaceae family, is a representative species within the genus *Prunella*. As a time-honored medicinal herb included in the 2020 edition of *Chinese Pharmacopoeia*, it has been widely validated in clinical practice for its efficacy in clearing heat, purging fire, improving vision, and dissipating nodules. Contemporary pharmacological studies have further revealed its remarkable therapeutic potential in antibacterial, anti-inflammatory, antitumor, and immunomodulatory domains. At the level of material basis, its bioactive constituents are predominantly triterpenoids and phenolic acids, which exert core pharmacodynamic effects through multi-target synergistic mechanisms. In terms of industrial application, *Prunellae Spica* has evolved into a cross-sector development model: in the food industry, it serves as a key ingredient in popular herbal teas, with its heat-clearing properties realized through modern mass production techniques; in the pharmaceutical sector, it has transcended traditional modes of administration with the development of diverse dosage forms. Employing bibliometric analysis based on two decades of data from China National Knowledge Infrastructure and Web of Science, this study constructs a comprehensive research framework encompassing resource distribution, botanical characteristics, cultivation practices, and pharmacological

收稿日期: 2025-04-17

基金项目: 2024 年度湖北省技术创新计划重大项目 (2024BCA002)

作者简介: 陈明龙, 硕士研究生, 研究方向为分子生药学。E-mail: 1010207793@qq.com

*通信作者: 葛锦蓉, 主管药师, 从事中药检验与质量控制技术。E-mail: gejinrong@hubyjs.org.cn

汪 波, 副研究员, 从事分子生药学研究。E-mail: wangbo@hubyjs.org.cn

mechanisms. The findings offer theoretical guidance for the establishment of standardized cultivation protocols, the innovation of function-oriented products, and the formulation of evidence-based therapeutic strategies, thereby contributing to the modernization and revitalization of traditional medicinal plants.

Key words: *Prunellae Spica*; bibliometrics; botanical characteristics; homology of medicine and food; seed and planting management

夏枯草 *Prunellae Spica* 系唇形科植物夏枯草 *Prunella vulgaris* L. 的干燥果穗，具有悠久的药食两用历史。其药用记载最早可追溯至《神农本草经》，被列为下品，其载有“主寒热、瘰癧、鼠瘻、头疮、破症、散瘰结气、脚肿湿痹”的功能描述^[1]。历代医家对其临床应用多有拓展，《本草纲目》进一步明确其“味苦、辛，性寒，归肝、胆经”的性味归经特征，确立其清热泻火、明目散结的核心功效。现代临床研究表明，夏枯草在高血压、甲状腺疾病、乳腺疾病、淋巴结结核及肺结核等疾病的治疗中具有显著疗效^[2-6]。其化学成分研究显示，夏枯草富含多种活性成分，包括三萜类（齐墩果酸、熊果酸）、酚酸类（迷迭香酸、咖啡酸）、黄酮类（芦丁、金丝桃苷）、甾醇类（ β -谷甾醇、豆甾醇）、糖类（单糖、杂多糖）及挥发油类（ α -蒎烯、桉叶素）^[7-13]。值得注意的是，其特有的三萜类和酚酸类成分被认为是关键药效成分。

作为典型的药食同源植物，夏枯草的应用得到多元化发展。在食品领域，其幼苗及嫩茎叶经脱苦处理后可作为野菜食用，《救荒本草》记载：“焯熟换水浸淘，油盐调食”的食用方式^[14]。现已被开发出蜜饯、保健茶饮等新型食品。在凉茶产业中，夏枯草作为核心原料被加多宝、王老吉等品牌广泛采用，其清热降火功效得到产业化应用。此外，夏枯草提取物作为天然抗氧化剂已成功用于功能饮料、强化谷物食品等产品的开发。在医药领域，基于其抗炎特性已开发出片剂、胶囊剂、颗粒剂、口服液及膏剂等内外制剂。夏枯草中含有的三萜类（齐墩果酸、白桦木酸、熊果酸、 $2\alpha,3\alpha$ -二羟基乌苏-12-烯-28-酸和 $2\alpha,3\alpha$ -熊果酸）、黄酮类及鞣质酸成分被开发为具有减轻牙龈炎症疗效的牙膏^[15]。环保领域创新性研究发现，其药渣制备的生物炭对水中 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 和 Zn^{2+} 等重金属的吸附容量可达 163.1、58.0、47.1 和 40.6 mg/g，具备良好的资源化利用前景^[16]。

现阶段研究已建立“成分分析-活性评价-机制解析”的系统研究模式，但在以下方面仍需突破：近年来关于夏枯草的研究已有了较为丰富的文献

资料，但并未对其进行文献系统的文献计量及分析；夏枯草中活性成分的构效关系及多组分协同机制尚未完全阐明。基于此，本文从夏枯草文献计量学、植物学特性、资源分布、种植管理、药理作用等方面梳理夏枯草的研究现状，为其种植规范、创新产品的开发及临床合理用药提供科学依据，以规范人工种植丰富药材蕴藏量，提升中药质量，辐射至临床疗效的提升，从中医事业的“药材好”到“药才好”，并促进传统药用植物的现代化转型。

1 文献计量学研究

1.1 数据来源与检索方式

中国知网数据库（CNKI）和 Web of Science 数据库（WOS）作为 2 个重要的学术文献数据库，其收录的文献数量变化趋势能够反映不同地区或领域的科研动态。在 CNKI 中，以“夏枯草”或“*Prunella vulgaris* L.”或“Xiakucao”为关键词检索，收集 2005 年 1 月 1 日—2025 年 2 月 22 日的文献，检索得到 2 226 条结果。在 WOS 中，以“*Prunella vulgaris* L.”或“Xiakucao”为主题进行检索，筛选论文和综述文献类型，收集相同时间段的文献，得到 233 条结果，2 数据库排除会议、新闻、报纸等文献，最终纳入 1 933 篇中文文献、233 篇英文文献。

1.2 发文趋势

基于文献计量学方法，夏枯草发文量中文占比 89.2%，英文占比 10.8%，见图 1-A，二者构成明显的中英文研究体量差异。从 2005—2025 年国内、外文献发布数量变化趋势见图 1-B。国内发文章的变化可按峰谷和峰高值分为 3 个主要阶梯，2005—2014 年为第 1 阶梯，最高发文为 2009 年（141 篇）；2014—2018 年为第 2 阶梯，最高发文量在 2017 年（119 篇）；2018—2025 年为第 3 阶梯，最高发文量在 2021 年（112 篇）。相比 2009 年 CNKI 数据库的文献发布数量达到峰值（141 篇），之后文献发布数量呈现波动下降趋势。这可能预示着研究领域的重大变化，或是数据收集的不完整性。相比之下，WOS 的文献发布数量在整个时间段内相对稳定，2010 年后维持在 10 篇左右，偶有波动，但整体呈现缓慢上升的趋势，表明国外期刊刊载夏枯草的文献呈现上

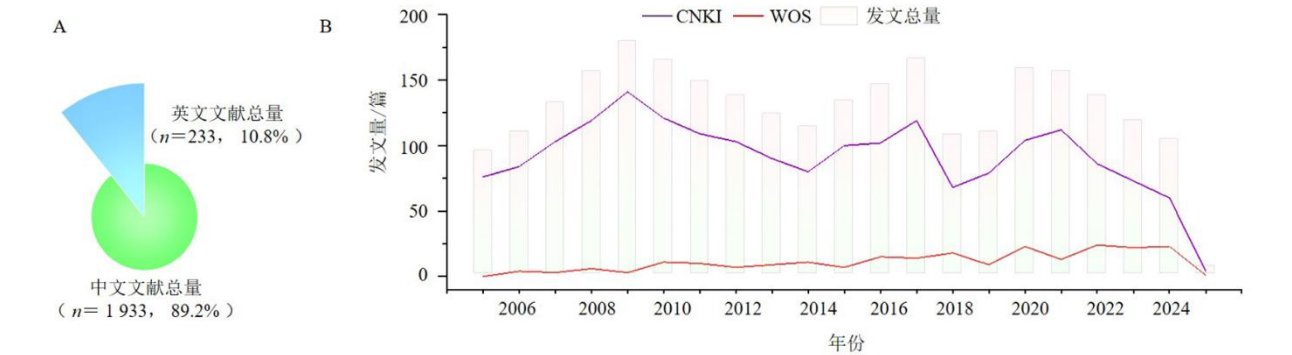


图 1 2005—2025 年夏枯草相关研究中英文发文量统计
Fig. 1 Statistics of Chinese and English publications on *Prunellae Spica* related research from 2005 to 2025

升趋势或受关注。综合分析可知，夏枯草研究发文数量在 2009 年综合发文量最大，自此之后总体呈现下降趋势，这种下降可能与研究领域的饱和、资金减少或研究重点转移有关。未来的研究可能需要关注导致这种趋势变化的原因，并探索新的研究方向以促进文献发布数量的回升。

1.3 期刊分布情况

研究统计了 CNKI 中夏枯草研究领域近 20 年内发文的学术期刊，并筛选出了刊载量前 20 的期刊，见表 1，载文量最多的期刊为《实用中医药杂

志》为 41 篇，其次为《中国中药杂志》和《光明中医》38 篇，排名前 3 的期刊总发文量占比 23.7%。夏枯草的研究在中药领域有较高的影响力和认可度，同时在该领域研究具有较好的学术规范性。此外，食品类期刊也有部分对夏枯草的研究，结合国家卫生健康委员会 2020 年将夏枯草列入药食同源目录的政策背景，提示其功能食品开发已成为新兴研究方向。

研究统计了 WOS 中近 20 年内发文的学术期刊，筛选出了刊载量前 20 的期刊，见表 1，载文量

表 1 CNKI 和 WOS 中夏枯草载文量前 20 的期刊

Table 1 Top 20 journals with highest publication volume of <i>Prunellae Spica</i> research literature in CNKI and WOS					
序号	CNKI	发文量/篇	序号	WOS	发文量/篇
1	实用中医药杂志	41	1	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	10
2	光明中医	38	2	<i>Frontiers in Pharmacology</i>	9
3	中国中药杂志	38	3	<i>Molecules</i>	6
4	中国中医药现代远程教育	33	4	<i>Food Function</i>	5
5	陕西中医	29	5	<i>Pakistan Journal of Botany</i>	5
6	新中医	27	6	<i>Scientific Reports</i>	5
7	湖南中医杂志	24	7	<i>Analytical Methods</i>	4
8	中国民间疗法	23	8	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	4
9	河北中医	23	9	<i>Natural Product Communications</i>	4
10	浙江中医杂志	22	10	<i>Pharmaceutical Biology</i>	4
11	四川中医	21	11	<i>Plant Cell Tissue and Organ Culture</i>	4
12	江苏中医药	21	12	<i>Biological Research</i>	3
13	中华中医药杂志	20	13	<i>Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine</i>	3
14	中国实验方剂学杂志	20	14	<i>Hortscience</i>	3
15	辽宁中医杂志	19	15	<i>Journal of Functional Foods</i>	3
16	中草药	19	16	<i>Acta Alimentaria</i>	2
17	中医杂志	19	17	<i>American Journal of Chinese Medicine</i>	2
18	山东中医杂志	19	18	<i>Applied Biochemistry and Biotechnology</i>	2
19	中国中医药信息杂志	18	19	<i>Artificial Cells Nanomedicine and Biotechnology</i>	2
20	时珍国医国药	18	20	<i>Asian Pacific Journal of Cancer Prevention</i>	2

前 2 位的期刊为 *Journal of Ethnopharmacology* (10 篇) 和 *Frontiers in Pharmacology* (9 篇), 占英文文献总量的 23.3%。中文期刊数量和刊载量都明显高于英文, 说明国内夏枯草的研究内容更丰富, 研究认可度更高; 尽管国外期刊夏枯草文献数量较少, 但多年来篇数持续稳定, 且伴有增加趋势。

1.4 关键词分布情况

在 WOS 中显示, 我国是研究夏枯草最多的国家, 发文量 149 篇, 其次是韩国和美国均为 15 篇, 土耳其为 14 篇, 且各个国家的合作强度较低, 多是国内合作, 这可能与夏枯草在全球的分布和国家的使用率相关。在 CNKI 中, 共得到 534 个中文关键词, 夏枯草 (694 次)、名医经验 (77 次)、迷迭香酸 (69 次)、熊果酸 (56 次)、数据挖掘 (52 次)、

用药规律 (47 次) 等关键词出现频次较高。在 WOS 中选择 keywords, 设置最小频次为 1 次, 出现最多的关键词包括 *Prunella vulgaris* L. (夏枯草, 130 次)、rosmarinic acid (迷迭香酸, 43 次)、*in vitro* (体外, 28 次)、growth (发育, 25 次)、apoptosis (细胞凋亡, 20 次)、antioxidant (抗氧化, 19 次) 等。采用 CiteSpace 6.3.R1, 对出现频次大于 10 次的关键词绘制共现网络视图 (图 2)。同时, 通过韦恩图对 2 个数据库中频次超过 20 次的关键词进行交集分析, 结果显示夏枯草和迷迭香酸是 2 个共同出现的高频关键词。迷迭香酸是夏枯草的重要指标成分, 同时具有抗炎、抗菌、抗肿瘤等生物活性^[17]。由文献计量学分析结果可知, 夏枯草当前研究多集中于其中医临床应用、化学成分及药理作用机制。

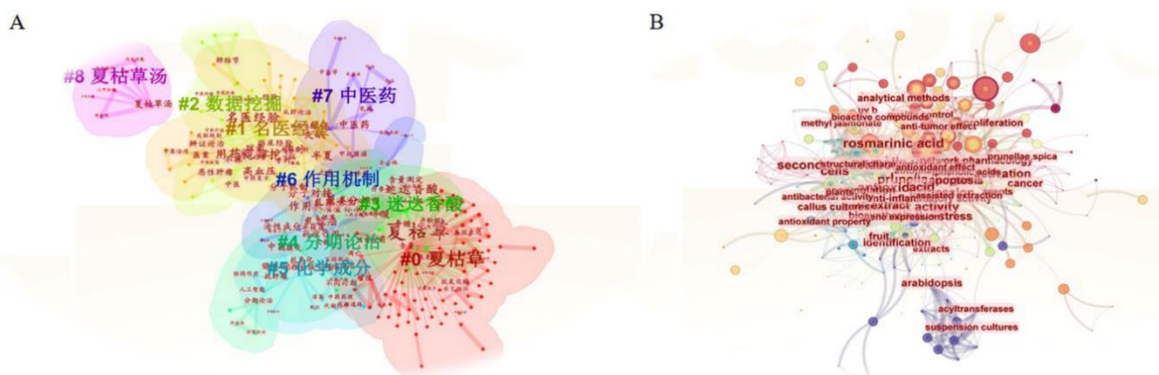


图 2 CNKI (A) 和 WOS (B) 中文关键词出现网络

Fig. 2 Keywords appearing in CNKI (A) and WOS (B) literature

基于文献计量学方法, 使用 CiteSpace 对 2005—2025 年 CNKI 与 WOS 中的夏枯草文献进行分析, 结果显示国内夏枯草研究热度高于国外, 中文期刊数量超过英文期刊, 研究机构多为国内高校。从关键词分析来看, 研究热点多为临床应用、药理作用、化学成分。然而化学成分方面的总结较为完善, 对于植物学特征及资源分布、种植规范及质量标准的制定研究薄弱。另外种植管理作为药用价值保证的根本, 近年来也慢慢备受关注, 文献综合讨论比较少。因此, 本文对植物学特性、资源分布、种植管理及最新报道的药理研究进行了细致归纳总结, 为夏枯草提供可持续发展的种植方法, 提高中药材质量, 为其更好参与临床应用及药食同源应用奠定基础, 充分发挥其作用价值。

2 植物学特征及资源分布

通过《中国植物志》唇形科 (Labiatae) 夏枯草属 *Prunella* Linn. 项下记载, 对夏枯草属植物学分类

进行整理 (图 3), 我国夏枯草属植物有 4 种 3 变种, 其中 1 种 (大花夏枯草) 为引种栽培^[18]。此外硬毛夏枯草 *P. hispida* 虽作为独立种, 亦有观点认为是属种内变异^[18]。夏枯草的俗名在不同书籍和不同地域称呼存在差异, 如牛低代头、灯笼草、古牛草、羊蹄尖、六月干等^[19-21]。

夏枯草凭借其形态多样性、强适应性和独特物候特性^[22], 成为兼具药用、食用及生态价值的典型草本植物。夏枯草资源分布广泛, 产于陕西、甘肃、新疆、河南、湖北、湖南、江西等地, 欧洲各地、北非、苏联西伯利亚、西亚、印度、巴基斯坦、尼泊尔、不丹均广泛分布, 澳大利亚及北美洲亦偶见。生于荒坡、草地、溪边及路旁等湿润地上, 海拔高达 3 000 m, 此外, 我国河南确山县、江苏南通、安徽亳州、广东肇庆等地区凭借独特的自然条件和规范化种植技术, 成为夏枯草的代表性道地产区。其生物学特征与分布、生存环境高度匹配, 为其种

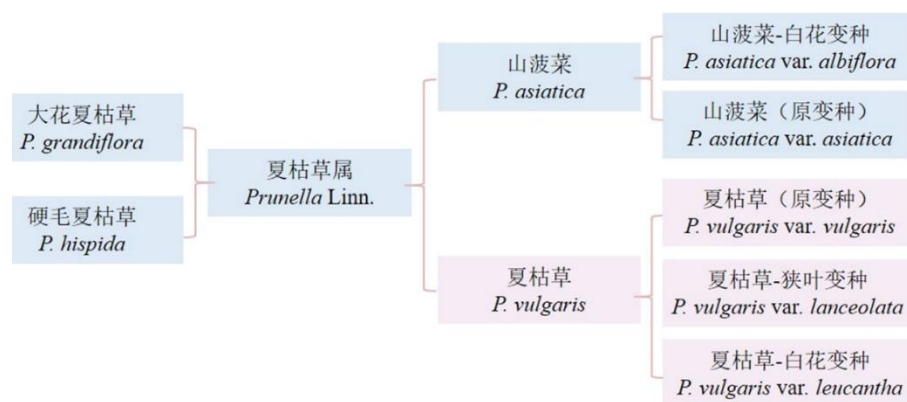


图 3 夏枯草属植物种类

Fig. 3 Species of plants in genus *Prunella* Linn.

质资源保育、规模化栽培及资源综合利用提供了理论基础。然而，当前分类系统仍存在界定模糊，亟需构建多证据整合的分类框架，如通过次生代谢产物谱分析揭示化学分类标记，结合全基因组测序解析系统发育关系，辅以 DNA 条形码技术建立快速鉴定体系，最终形成精准的分类。

3 种植管理对夏枯草品质的影响因素

3.1 影响夏枯草种子萌发的因素

种子萌发受外部因素与内部因素影响，其中内部因素包括种子的成熟度、含水量及中胚发育状态等；外部因素如外部环境因素及拌种剂或外源激素等的使用、播种与覆土厚度、种子播种前处理等均会对种子萌发质量产生影响。

3.1.1 采集与处理对种子品质影响 夏枯草种质资源采集与处理过程对种子萌发具有重要作用，确定夏枯草种子采集及处理是把控夏枯草种质资源稳定的重要因素。研究表明夏枯草采收期对种子质量存在明显的影响，其中熊果酸含量、种子千粒重和发芽率均随果穗成熟度的增加而提高，至果穗全黄时达到峰值^[23-24]。不同地区由于其经纬度差异，其外界环境（如光照、温度等）不同，对种子成熟期必然产生一定影响；有研究表明夏枯草种子资源成熟期呈现显著纬度梯度差异，北方地区（北纬 35° 以北）一般 6 月中下旬~7 月上旬，而南方地区多

在 9~10 月采收，其种子品质较佳。此外，研究表明夏枯草种子采摘后晾晒处理对质量也具有一定影响，种子含水量低于 14% 时入库保存，更有利于后期萌发^[25-28]。因此科学的贮藏管理是维持种子生命活力的关键环节，长期储存则密封置于 -20 °C 冷冻保存，更有利于长时间的留种。郭巧生等^[29]通过对夏枯草种子进行分级探究种子萌发差异，分别从净度、千粒重、发芽率、相对电导率及含水量进行了初步的分类（表 2），研究表明合理的分级更有利于优质种质的优势遗传及中药材质量的提升和稳定。

3.1.2 外界因素对夏枯草种子萌发条件影响 栽培过程中外界环境温湿度、光照、栽培深度及覆土面积、土壤湿度、酸碱性等因素对种子萌发均具有影响。研究表明环境温度在 19~21 °C 下，更有利于夏枯草种子萌发；当温度过低或过高时，夏枯草发芽率明显下降，但在此情况下光照对种子萌发具有一定调节作用^[30-31]。此外，栽培前浸种对种子萌发也具有一定影响；研究表明在浸种时间为 12~36 h 时，随着浸种时间的延长，夏枯草种子的发芽率呈下降趋势^[30-31]，并以浸种 12 h 发芽率最高。有研究表明，栽培过程中土壤含水量对夏枯草种子萌发也具有一定影响，在土壤含水量 80% 时更有利于种子萌发；并且不同播种深度下夏枯草种子的发芽率

表 2 夏枯草种子质量评级

Table 2 Quality rating of *Prunellae Spica* seeds

级别	净度/%	千粒重/g	发芽率/%	相对电导率/%	含水量/%	外部特征
1	≥92	≥0.66	≥88	≤22	≤8.9	饱满有光泽大小均匀干燥无杂质
2	90~92	0.59~0.66	65~88	22~30	8.9~9.4	较饱满略有光泽大小较均匀有少许瘪粒和杂质
3	89~90	≥0.55	≥40	≤35	≤9.4	种子瘦、瘪无光泽大小不均匀有瘪粒和杂质

存在差异,在覆砂厚度 0~1.5 cm 时,覆砂厚度越大,夏枯草种子的发芽率越低^[32]。此外,郝国宝等^[33]模拟酸雨胁迫,发现 pH<3.5 时抑制种子发芽, pH 在 4.0~4.5 时促进种子发芽。

在非生物逆境胁迫下,夏枯草种子萌发可通过外源诱导实现代谢调控优化,以提升种子的发芽率。祁瑞林等^[34]研究表明 20%~25% 聚乙二醇 (polyethylene glycol, PEG) 协同 0.6%~0.8% H₂O₂、0.6%~1.8% KNO₃-KH₂PO₄ 的溶液组合处理夏枯草种子,可使不同贮藏年限种子发芽率有所提升;同时在选择诱导剂浓度为 20% PEG、0.6% H₂O₂、1.8% KNO₃-KH₂PO₄ 处理当年采收、贮藏 1、2 年的夏枯草种子均具有较好的萌发效果。张利霞等^[35]发现在 10 mmol/L NaCl 处理下种子萌发指数较对照明显提升。朱文彬等^[36]发现以 400~550 mg/L 赤霉素引发的出苗率效果最佳。蒋丽阳等^[37]以 5-氨基乙酰丙酸和赤霉素混合使用同样可提高夏枯草种子发芽率和活力,促进种子萌发。但过高浓度的外源性诱导处理液也会降低其种子萌发效果^[38]。

3.2 栽培与管理对夏枯草品质及产量的影响

药材品质因产地而异,不同产地其气候环境及栽培管理差异会直接影响药材品质;适宜产地的选择是影响夏枯草产量及质量的重要因素。研究表明,夏枯草最适生长环境在海拔 700 m 以下平地或低山丘陵地区,以阳光充足,排水良好的沙质壤土为优选^[39]。经上文外界因素对夏枯草种子影响因素探究,不同温度对夏枯草种子萌发具有显著影响作用,喻志东等^[40]研究发现在适宜栽培期栽培的夏枯草成熟后的植株单株质量和产量显著高于其他播种期。同时,在夏枯草生长过程中合理的水肥调控,能有效提高夏枯草产量。陈宇航^[41]发现氮磷钾 (150~75~75 kg/hm²) 配比配合 300 kg/hm² 有机复合肥,可提升果穗产量与品质。并且氮素对果穗产量的边际贡献率最高,配合施用特定参数有机复合肥 (有效活菌数≥0.5 亿 cfu/g,有机质≥25%,氮-磷-钾为 8:5:6, pH 为 7.16) 2 312.5~2 687.5 kg/hm²,可显著提高夏枯草果穗产量。

此外在夏枯草种植过程中通过种植模式优化创新可提高经济效益。田花丽等^[27]通过夏枯草与玉米等粮食作物的精准茬口衔接,形成“药用-粮食”周年轮作模式。该模式充分体现光温资源错峰利用,养分需求互补,氮素利用率提高,同时经济效益倍增,单位面积净收益增加。

3.3 采收和加工对夏枯草质量的影响

中药材的适宜采收期通常依据药用部位有效成分积累动态和生物产量变化规律综合确定。陈宇航^[41]对夏枯草不同采收期的化学成分动态变化研究表明,其总黄酮、总多糖及齐墩果酸、熊果酸、迷迭香酸等主要活性成分在花蕾期含量达到峰值。随着生育进程推进,上述成分呈现梯度递减规律,至果穗枯萎期各指标均降至最低值。这一研究为确定夏枯草最佳采收期提供了科学依据。

初加工环节需及时开展采收后处理:采用自然晾晒 2~3 d 或 40~50 °C 低温干燥脱水处理。干燥后经筛选、风选等工序清除泥沙、枯枝败叶等夹杂物,保证药材净度符合要求。药材及饮片质量须满足《中国药典》2020 年版相关检验项下标准,包括:药材性状应符合“本品呈圆柱形,略扁,表面淡棕色至棕红色。”等形态学特征,迷迭香酸含量不得低于 0.20% 等量化指标^[21]。生产企业需通过高效液相色谱法等检测手段进行质量监控,确保有效成分达标,从而保证夏枯草的质量和疗效。

4 药理作用

夏枯草作为传统药用植物,现代药理学研究证实其具有多维度生物活性,主要作用机制涉及分子调控、免疫调节及代谢干预等多个层面^[42]。本部分系统整理归纳其核心药理作用及作用机制。

4.1 抗菌

夏枯草在抗微生物活性研究领域取得重要进展。有实验证明,夏枯草的多种煎剂对伤寒沙门氏菌、真菌、伤寒杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等均有抑制作用^[43],见图 4。如水煎剂对真菌有抑制作用,而乙醇提取物对铜绿假单胞菌有抑制作用^[44]。不同溶剂的煎液及不同浓度的夏枯草液对不同种类的微生物抑制作用存在明显差异。Özbek 等^[45]采用甲醇、正己烷和醋酸乙酯溶剂提取夏枯草,结果显示,甲醇提取物对蜡样芽孢杆菌效果最佳为 1.56 µg/mL,正己烷提取物对鼠伤寒沙门氏菌效果最佳为 1.56 µg/mL,而醋酸乙酯提取物对酿脓链球菌效果最佳为 0.195 µg/mL。在另一项研究中,甲醇提取物中的酚酸类起到较强的抗菌活性,对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌和肺炎克雷伯菌有较强的抑制作用^[46]。Yoon 等^[44]发现夏枯草甲醇提取物对小麦叶锈菌、疫霉和稻瘟病菌具有较强的抗真菌和抗放线菌活性。此外,不同部位的夏枯草提取液存在差异。Groşan 等^[47]证明水提液和醇提

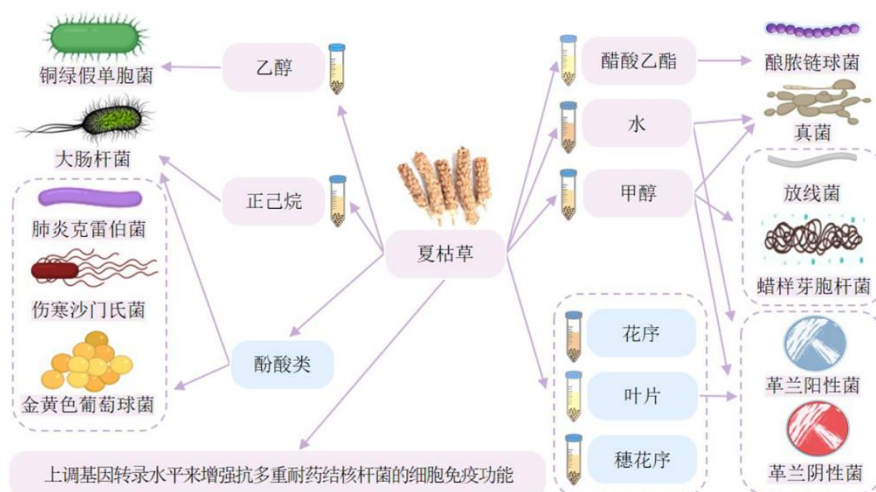


图 4 夏枯草的抗菌类型

Fig. 4 Antibacterial types of *Prunellae Spica*

液中,花序提取物对大多数细菌的抑菌效果都优于叶片提取物。穗花序浓缩提取物对临床分离革兰阳性菌和多重耐药革兰阴性菌均有较好的抑制作用,同时发现迷迭香酸对革兰阳性菌表现出巨大的抗菌活性^[44]。另外报道在多重耐药结核杆菌诱导的大鼠细菌感染实验中,夏枯草的提取物通过上调基因转录水平来增强抗多重耐药结核杆菌的细胞免疫功能^[48]。

4.2 抗氧化

氧化应激的形成机制涉及活性氧自由基代谢失衡,其本质在于自由基生成系统与清除系统,包括超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、抗坏血酸过氧化物酶和过氧化氢酶等酶促防御体系间的动态平衡失调。有实验证明,夏枯草中酚酸类物质则通过调节内源性抗氧化防御体系,特别是影响谷胱甘肽代谢通路,显著降低实验小鼠血液中还原型谷胱甘肽的消耗速率,此过程中主要发挥抗氧化作用的物质为迷迭香酸^[49]。同时,夏枯草的不同提取溶剂对抗衰老有一定的作用,乙醇提取物可通过调节氧化还原稳态,显著改善氟化钠诱导的氧化应激损伤^[50],也可减少肝细胞中的细胞周期依赖性蛋白激酶抑制剂 2A(cyclin-dependent kinase inhibitor 2A, p16INK4A),减少血浆中的肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α),增加 T 细胞数量来达到抗衰老的功效^[51]。Feng 等^[52]根据 1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)和铁还原抗氧化能力测定,结果发现 60%乙醇提取物显示出较强的抗氧化活性。另外夏枯草

多糖类和黄酮类具有显著的抗氧化活性,对 DPPH 和羟基自由基均表现出剂量相关性清除效应,从而达到抗衰老效果。

4.3 抗炎

炎症是机体对损伤产生的一种非特异性防御反应,其典型特征包括局部血流速度加快、血管舒张、白细胞浸润及组织液渗出。现代药理学研究表明,夏枯草富含的多糖类成分不仅具有免疫调节功能,还能显著抑制炎症反应^[53]。该植物的抗炎活性物质广泛分布于全株各器官,包括地上部分、茎叶及果穗等。

在细胞水平的研究中,夏枯草水提物对视网膜色素上皮细胞和 Balb/c 小鼠均显示出显著的抗炎作用,其分子机制涉及对核因子- κ B(nuclear factor- κ B, NF- κ B)信号通路的精细调控有关,既通过稳定 I κ B α /NF- κ B 复合物抑制炎症信号传导,又阻断 p65 亚基核转位来减少促炎因子的转录表达^[54]。

深入研究发现,夏枯草不同提取部位具有差异化的抗炎特性。其果穗挥发油和甲醇提取物能抑制脂多糖诱导的细胞中 TNF- α 、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)等炎症介质的释放,而乙醇提取物中的迷迭香酸则通过阻断前列腺素 E₂(prostaglandin E₂, PGE₂)合成发挥抗炎作用^[55-57]。在胰腺 β 细胞保护方面,夏枯草水提物通过调节 NF- κ B 活性,减轻了 IL-1 β 诱导的细胞凋亡^[58]。多药耐药蛋白小鼠自发性伤寒结肠炎实验进一步证实,夏枯草乙醇提取物能显著降低多种炎症相关基因的表达,对肠道炎症具有明显的改善作用^[59]。值

得注意的是,夏枯草的抗炎作用与其抗氧化特性密切相关。研究表明,该植物提取物不仅能降低氧化应激指标,还能提升机体的总抗氧化能力。其活性成分主要为酚类和黄酮类化合物,可通过协同调控 NF- κ B 和丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinase, MAPK) 信号通路,实现抗炎与抗氧化的双重保护。在乳腺组织研究中,夏枯草提取物通过增强紧密连接蛋白表达,有效维护了血乳屏障的完整性^[60-61]。这些系统的研究为深入理解夏枯草的抗炎机制及其临床应用提供了坚实的理论基础。

4.4 免疫调节

夏枯草对特异性免疫系统的调控作用及其机制研究取得新进展。它能选择性抑制促炎型 M1 巨噬细胞的活化,同时促进抗炎型 M2 巨噬细胞的极化,这种双向调节作用使其在炎症性疾病的治疗中具有重要应用前景^[62]。近年研究表明,其免疫调节活性主要与多糖类成分息息相关^[63]。其水提物可以上调单核细胞的免疫应答,还能激活 T 淋巴细胞的增殖并抑制脂多糖刺激的巨噬细胞中一氧化氮的产生,呈剂量相关性,且无细胞毒性^[64-65]。在自身免疫性甲状腺炎 (autoimmune thyroiditis, AIT) 的病理进程中,夏枯草展现出多靶点干预特性,夏枯草提取物可显著促进甲状腺组织结构修复,具体表现为腺体体积缩小,同时具有双向调节作用,既能降低甲状腺局部促炎因子 (TNF- α 、IL-6) 浓度,又可提升血清甲状腺球蛋白抗体水平^[66]。在妊娠期 AIT 模型中,夏枯草通过调控辅助性 T 细胞 (T helper cell, Th) 亚群平衡,即抑制 Th1/Th17 免疫应答并诱导调节性 T 细胞增殖,实现免疫稳态重建^[67]。值得注意的是, Li 等^[63]通过热水浸提法获得的多糖组分显示出独特的免疫激活特性:该成分能特异性结合 Toll 样受体 2/4 及补体受体 3,且在 pH 4.0~10.0 内,温度在 121 °C 以下保持稳定的生物活性,这为其临床应用提供了重要的参考依据。在海洋生产领域,以夏枯草醇提物添加至饲料时,可以增强褐牙鲷对海洋尾丝虫的非特异性免疫反应和抗病能力,从而提高存活率^[68]。

4.5 抗肿瘤

夏枯草蕴含多种抗肿瘤活性的成分,包括迷迭香酸、熊果酸、齐墩果酸等三萜类化合物,及多糖类、黄酮类及其衍生物等^[69-71],这些成分通过多靶点作用机制发挥抗肿瘤效应,能够诱导肿瘤细胞周期阻滞,抑制 DNA 合成,激活线粒体介导的半胱

氨酸天冬氨酸蛋白酶-3 (cystein-aspartate protease-3, Caspase-3) /促凋亡的 B 淋巴细胞瘤-2 (B-cell lymphoma-2, Bcl-2) 相关 X 蛋白 (Bcl-2 associated X protein, Bax) 凋亡信号通路,同时抑制血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 介导的肿瘤血管生成,还能够拮抗苯并芘等致癌物的促癌作用。

体外实验表明,夏枯草提取物对多种癌细胞呈现显著抑制作用,且呈剂量相关性。当剂量达到 0.1 g/mL 时,对人肺癌 A549 细胞和人肝癌 HepG2 细胞的增殖抑制率显著^[72]。值得注意的是,70%甲醇提取物在抑制人乳腺癌 MDA-MB-231 细胞迁移的同时 [半数抑制浓度 (half maximal inhibitory concentration, IC₅₀) = 82.3 μ g/mL],对正常细胞影响较小 (IC₅₀ > 200 μ g/mL) ^[47]。

最新研究揭示了夏枯草的多通路调控特性:(1)通过抑制基质金属蛋白酶 2/9 活性,降低肝癌细胞侵袭能力;(2)调控腺苷酸活化蛋白激酶/哺乳动物雷帕霉素靶蛋白/Unc-51 样自噬激活激酶 1 (unc-51 like autophagy activating kinase 1, ULK1) 自噬通路抑制甲状腺乳头状癌生长^[13];(3)下调雌激素受体 (estrogen receptor, ER) /孕激素受体 (progesterone receptor, PR) 表达阻断激素依赖性肿瘤进展;(4)通过磷脂酰肌醇 3-激酶 (phosphatidylinositol-3-kinase, PI3K) /蛋白激酶 B (protein kinase B, Akt) 信号轴抑制垂体瘤细胞增殖^[73]。网络药理学分析显示其活性成分可协同作用于表皮生长因子受体、Akt1、VEGFA 等关键靶点,调控受体酪氨酸激酶和雌激素信号通路^[74]。

临床实践证实,夏枯草消瘤合剂可有效抑制肺癌进展^[72],其水提物与紫杉醇联用治疗乳腺癌显著提升病理缓解率,并能降低化疗相关中性粒细胞减少症发生率^[75]。值得注意的是,超临界 CO₂ 萃取物在子宫肌瘤治疗中展现出双重机制:体外通过细胞 G₀/G₁ 期阻滞诱导细胞凋亡,体内则通过下调 survivin 抑制蛋白/Bcl-2、上调 Bax/Caspase-3 表达实现促凋亡效应^[76]。除传统提取物外,夏枯草内生真菌的醋酸乙酯提取物在胃癌治疗中显示出剂量相关性抑制作用,这为开发新型抗肿瘤制剂提供了新方向。其独特的多组分协同作用模式可能规避传统单体药物的耐药性问题^[77]。

现有证据表明,夏枯草通过多成分-多靶点-多通路的协同作用机制 (图 5),在肿瘤预防、治疗及

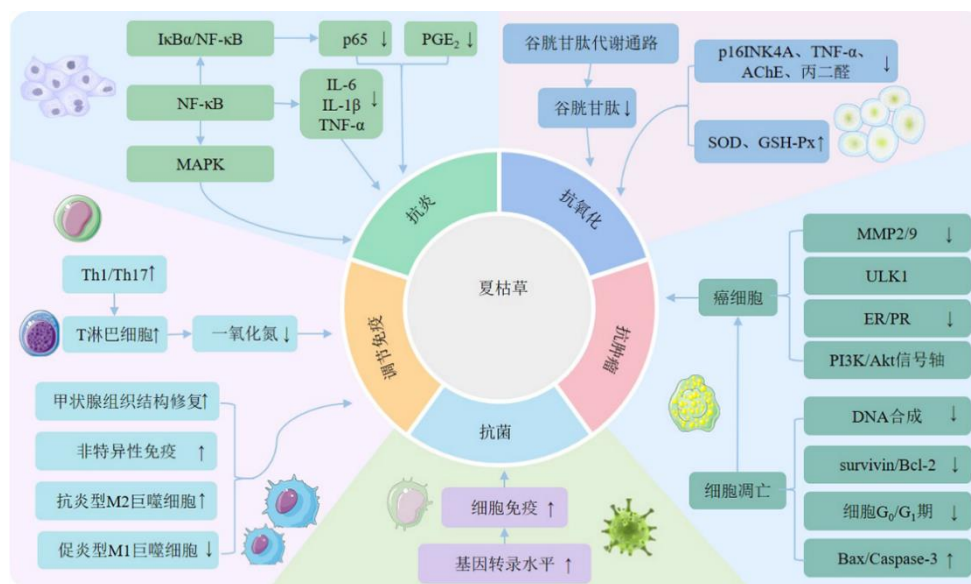


图 5 夏枯草的主要药理作用

Fig. 5 Main pharmacological effects of *Prunellae Spica*

化疗辅助方面具有重要价值。其独特的“抑增殖-促凋亡-抗转移”三重作用特征，及减轻化疗不良反应的特性，使其成为肿瘤综合治疗中极具开发潜力的天然药物。

4.6 其他药理作用

最新研究表明，夏枯草在抗病毒、神经调节、代谢性疾病及肝脏保护治疗方面展现出多维度药理活性。在抗病毒方面，Li 等^[12]通过体内-外联合实验证实，夏枯草甲醇提取物对传染性造血坏死病毒有显著的抑制作用，其活性成分熊果酸表现出强效抗病毒特性 ($IC_{50}=8.0 \mu\text{mol/L}$)。夏枯草水提取物中的鞣质酸成分抑制人类免疫缺陷病毒 1 型活性^[78]。神经调节方面，Lin 等^[79]运用药效导向分离技术，从乙醇提取物中鉴定出芒果苷、迷迭香酸和异迷迭香酸 3 种有效成分，实验显示该组分可使戊巴比妥钠诱导的睡眠潜伏期缩短，延长睡眠时间。在骨代谢调控方面，Xi 等^[80]研究揭示夏枯草可通过激活 Smad 信号通路拮抗糖皮质激素的骨破坏效应，其提取物使地塞米松处理的间充质干细胞成骨标志物碱性磷酸酶、Runt 相关转录因子 2、骨钙素和转录因子 Sp7 mRNA 表达恢复至正常水平，同时维持磷酸化 Smad1/5/9 蛋白水平表达。针对糖尿病及其并发症，Raafat 等^[62]证实夏枯草中咖啡酸和迷迭香酸能够抑制 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶活性，降低糖化血红蛋白水平，并显著改善神经病理性疼痛阈值。

在肝脏保护方面，Rao 等^[81]发现水提取物通过激活过氧化物酶体增殖物激活受体 α /肉碱棕榈酰转移酶 1 α 通路，使酒精性肝病模型大鼠血清中丙氨酸氨基转移酶、天门冬氨酸氨基转移酶水平下降，肝组织脂质沉积减少。这些实验为夏枯草的深入了解，提供了强有力的科学依据。

此外，结合上文文献计量学关键词分析，采用韦恩图对中、英文文献关键词出现频次分析，获得最高的共有关键词为夏枯草与迷迭香酸，迷迭香酸作为夏枯草中关键的药效成分，对其药理作用进行了归纳总结（表 3），为更好开发夏枯草其他药理作用或对单体成分的药物开发提供参考。

5 结语与展望

夏枯草作为传统中药材，在我国呈现典型的南北双线分布格局。南方传统产区集中于长江流域的安徽大别山区、湖北恩施、云南及湖南等地，这些区域凭借湿润气候和丘陵地貌优势，形成规模化种植基地，其中云南高海拔地区产出的药材品质尤为突出。北方适应性分布带以陕西、河南等地的山区半阴环境为主，虽气候相对干燥，仍维持着稳定的野生种群。此外，东亚邻国（日本、韩国、朝鲜）也存在野生种群，在欧美地区多作为野生草本植物存在。该物种具有显著的生态适应特征，生存海拔为 500~3 000 m，喜温凉湿润但兼具耐寒特性，常见于山坡、草地等多样化生境。其独特的轮伞花序结构和宿存花萼特征，不仅具有植物分类学辨识价

表 3 迷迭香酸的药理作用
Table 3 Pharmacological effects of rosmarinic acid

研究对象	剂量	药效	文献
MDA-MB-231 细胞	97.19 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	细胞毒和抗迁移活性	47
C57BL/6 小鼠	/	抗氧化, 抑制肿瘤生长	52
RAW264.7 细胞	7 $\mu\text{mol}\cdot\text{mg}^{-1}$	减少炎症反应	56
Swiss-Webster 小鼠 (T1D)	/	降低血糖水平, 改善在活体内的氧化应激、增加血清胰岛素含量	63
Wistar 大鼠	233.09 $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$	减轻东莨菪碱诱导的脑衰老及神经炎	82
ICR 小鼠	5~20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	缩短睡眠潜伏期, 延长戊巴比妥钠产生的睡眠时间	83
不可预见应激抑郁大鼠	5~10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	抗抑郁	80
大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和枯草芽孢杆菌	0.8~1.1 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	抗细菌	84
人脐静脉内皮细胞	50~200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	抗血管生成	85
Smad3 基因敲除小鼠	100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	抑制体内长期压力超负荷后的心肌纤维化	86
斑马鱼	1~10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	抗动脉粥样硬化	87
疫霉菌	6 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	抗真菌	88
肝纤维化 SD 大鼠	5~10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	抗肝纤维化	89

值, 同时具备一定的观赏价值, 更为机械化采收提供了形态学基础。值得注意的是, 不同地理种群的表型可塑性研究尚待深入, 这可能为优良种质选育提供新方向。

目前研究已鉴定出三萜类、黄酮类、酚酸类等百余种化合物, 其中夏枯草皂苷 A、熊果酸、芦丁、异槲皮苷、迷迭香酸、异迷迭香酸苷等特征成分显示出明确药理活性。但存在以下研究瓶颈: 首先能代表夏枯草的标志物缺乏, 现有含量测定指标与临床疗效关联性不足; 其次微量成分研究滞后, 含量低于 0.01% 的活性组分尚未系统解析, 缺乏定量研究。除《中国药典》指标性成分外, 还应建立夏枯草多维度综合质量评价体系, 如开发近红外光谱快速检测技术、引入生物效价检测指标、制定道地药材 DNA 指纹鉴定标准等。确保夏枯草药材的质量和稳定性, 为临床用药的安全性和有效性提供保障。

种植技术优化方面, 进一步完善夏枯草的规范化种植技术, 包括精准施肥、灌溉、病虫害绿色防控等, 提高夏枯草的产量和质量, 降低生产成本, 实现夏枯草种植的可持续发展。考虑不同部位(根、茎、叶、花)的成分差异及动态积累规律, 为资源开发提供依据。结合产地、采收期、加工工艺等因素, 制定道地药材的质量标准, 优化栽培技术及采收策略, 通过不同部位成分动态积累确认最佳采收期, 提升资源利用率。研究夏枯草与其他作物的间作、套种等生态种植模式, 实现农业生态系统的良性循环, 减少环境污染, 提高农业综合效益。在资

源利用方面, 加强对夏枯草野生资源的保护和合理开发, 同时探索夏枯草的其他利用途径, 如将其开发为饲料添加剂、天然色素等, 提高其附加值。同时研究开发中应考虑资源的可持续利用发展, 合理规划和管理药用植物资源, 实现夏枯草资源的可持续利用, 保护生态环境。

现代药理学研究系统揭示夏枯草具有“三降”(血糖、血压、血脂)调节效应及“三抗”(抗菌、抗病毒、抗肿瘤)核心药理活性。其作用机制通过 NF- κ B、MAPK 等多通路调控炎症反应, 并通过 PI3K/Akt 等代谢相关信号转导网络发挥系统性调节功能。然而, 目前夏枯草研究的痛点在于对于夏枯草的药效物质基础、作用机制等方面还不够深入; 临床转化受限, 缺乏大规模、多中心的人体试验数据。因此, 有必要进一步对夏枯草物质基础及多成分协同效应深入研究。

作为药食同源物质的典型代表, 夏枯草的应用价值已突破传统中药范畴, 正向功能性食品、特医膳食等大健康产品矩阵延伸。建议建立基于地理信息系统的种质资源库, 实施生态足迹动态评估, 并通过规范化生产体系建设, 建立药材全生命周期管理系统, 确保这一传统药用资源的可持续发展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 向润清, 张艳娇, 黄宽, 等. 夏枯草提取物的药理作用和研究进展 [J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(8): 37-42.

- [2] 林艳, 闫庆梓, 李亚梅, 等. 夏枯草抗乳腺癌最佳组分筛选及其作用机制研究 [J]. 中草药, 2019, 50(21): 5298-5306.
- [3] 栗栗, 陈红跃, 武红园, 等. 夏枯草通过调控 MicroRNA-146b-3p 对 *BRAF^{V600E}* 基因突变型甲状腺乳头状癌细胞生物学特性的影响 [J]. 时珍国医国药, 2023, 34(5): 1084-1088.
- [4] 罗敏, 何婷, 龚磊, 等. 夏枯草中 16 种酚类化合物含量的测定及其与抗氧化活性的相关性分析 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(1): 299-306.
- [5] 武少茹. 夏枯草不同部位化学成分及活性研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2022.
- [6] 刘月新, 林艳, 谢菁琛, 等. 基于夏枯草不同生长发育时期化学成分的动态监测阐释“夏枯质优”的科学内涵 [J]. 中草药, 2021, 52(7): 2082-2090.
- [7] 范保瑞, 马逢伯, 刘卉, 等. 半仿生法提取夏枯草中熊果酸和齐墩果酸 [J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2019, 39(6): 605-610.
- [8] 尹震花, 张娟娟, 郭庆丰, 等. 夏枯草多糖的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(18): 334-339.
- [9] Ahmad G, Masoodi M H, Tabassum N, et al. In vivo hepatoprotective potential of extracts obtained from floral spikes of *Prunella vulgaris* L [J]. *J Ayurveda Integr Med*, 2020, 11(4): 502-507.
- [10] Chen Y H, Zhang X R, Guo Q S, et al. Effects of UV-B radiation on the content of bioactive components and the antioxidant activity of *Prunella vulgaris* L. *Spica* during development [J]. *Molecules*, 2018, 23(5): 989.
- [11] Groșan A. Study of the potential antiulcerous action of hydroalcoholic extracts from *Prunella vulgaris* L. of Romanian origin [J]. *Farmacia*, 2020, 68(5): 870-881.
- [12] Li B Y, Hu Y, Li J, et al. Ursolic acid from *Prunella vulgaris* L. efficiently inhibits IHNV infection *in vitro* and *in vivo* [J]. *Virus Res*, 2019, 273: 197741.
- [13] Song J, Zhang Z B, Hu Y K, et al. An aqueous extract of *Prunella vulgaris* L. inhibits the growth of papillary thyroid carcinoma by inducing autophagy *in vivo* and *in vitro* [J]. *Phytother Res*, 2021, 35(5): 2691-2702.
- [14] 田花丽, 周青辉, 渠元春, 等. 南阳地区夏枯草产业高质量发展建议 [J]. 园艺与种苗, 2022, 42(12): 56-58.
- [15] Adámková H, Vicar J, Palasová J, et al. *Macleya cordata* and *Prunella vulgaris* in oral hygiene products - their efficacy in the control of gingivitis [J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2004, 148(1): 103-105.
- [16] Yang X Y, Liang D, Li Q, et al. A novel biochar derived from *Prunella vulgaris* L. residue of Chinese herbs for eco-efficient removal of four heavy metals from water: Optimization, mechanism, assessment and recycle [J]. *Process Saf Environ Prot*, 2024, 192: 79-92.
- [17] 龙苗苗, 程贤, 赵振东, 等. 迷迭香酸药理作用及其递送系统的研究进展 [J]. 中草药, 2023, 54(11): 3715-3724.
- [18] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-第六十六卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1977.
- [19] 汪晓河, 马明华, 张婧婷, 等. 中药夏枯草药用概况 [J]. 中国现代应用药学, 2019, 36(5): 625-632.
- [20] 殷寻嫣, 叶卫东, 方向明. 中药夏枯草文献考证 [J]. 亚太传统医药, 2021, 17(8): 184-186.
- [21] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 292-293.
- [22] 杨伟. 夏枯草的繁殖及生长特性研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [23] 江建铭, 徐建中, 任江剑. 夏枯草采收时期对果穗与种子质量影响的研究 [J]. 中国野生植物资源, 2010, 29(2): 25-27.
- [24] 刘日林, 张丽芬, 江建铭, 等. 夏枯草采收时期对果穗与种子质量的影响 [J]. 浙江林业科技, 2009, 29(5): 38-40.
- [25] 刘宵宵, 简美玲, 毛润乾. 夏枯草药材栽培技术研究进展 [J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(3): 134-138.
- [26] 王贞. 确山县夏枯草生物学特性与绿色栽培技术 [J]. 河南农业, 2021(1): 40.
- [27] 田花丽, 汪鑫, 陈培育, 等. 河南夏枯草-玉米轮作栽培模式探索 [J]. 黑龙江农业科学, 2024(10): 124-128.
- [28] 吴唐娟, 朱静静, 王源秀, 等. 拟南芥 BDR6 的生物信息学分析及调控种子寿命的互作蛋白鉴定 [J]. 植物生理学报, 2024, 60(10): 1548-1560.
- [29] 郭巧生, 张贤秀, 王艳茹, 等. 夏枯草种子品质检验及质量标准初步研究 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(7): 812-816.
- [30] 蒋盛岩, 李炳, 潘国强. 不同温度对夏枯草种子发芽的影响 [J]. 邵阳学院学报: 自然科学版, 2008, 5(2): 87-89.
- [31] 郭巧生, 刘丽, 赵荣梅, 等. 夏枯草种子萌发特性的研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(13): 1045-1047.
- [32] 蒋盛岩, 陈立德, 段林东, 等. 夏枯草种子的某些萌发特性 [J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(4): 732-734.
- [33] 郝国宝, 常青山, 张利霞, 等. 模拟酸雨胁迫对夏枯草种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 种子, 2020, 39(8): 72-75.
- [34] 祁瑞林, 张红瑞, 彭涛, 等. 不同引发剂对贮藏夏枯草种子引发效果的影响 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59(2): 283-286.
- [35] 张利霞, 常青山, 侯小改, 等. 不同钠盐胁迫对夏枯草种子萌发特性的影响 [J]. 草业学报, 2015, 24(3): 177-186.
- [36] 朱文彬, 王长林. 种子引发对盐碱地夏枯草出苗质量

- 的影响 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(4): 106-108.
- [37] 蒋丽阳, 曹腾, 瓮强, 等. ALA 与 GA₃ 对夏枯草种子发芽特性的影响 [J]. 种子, 2011, 30(12): 88-89.
- [38] 张利霞, 常青山, 侯小改, 等. 水杨酸对干旱胁迫下夏枯草种子萌发的影响 [J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2016, 37(6): 72-76.
- [39] 庞德斗. 商丘市睢阳区夏枯草栽培技术初探 [J]. 今日国土, 2023(5): 25-26.
- [40] 喻志东, 曹晶晶, 刘少华, 等. 播种期对夏枯草产量的影响 [J]. 现代农业科技, 2021(6): 67-68.
- [41] 陈宇航. 夏枯草规范化种植技术及其药材质量控制 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [42] Bai Y B, Xia B H, Xie W J, *et al.* Phytochemistry and pharmacological activities of the genus *Prunella* [J]. *Food Chem*, 2016, 204: 483-496.
- [43] Rasool R, Ganai B A, Akbar S, *et al.* Phytochemical screening of *Prunella vulgaris* L. - An important medicinal plant of Kashmir [J]. *Pak J Pharm Sci*, 2010, 23(4): 399-402.
- [44] Yoon M Y, Choi G J, Choi Y H, *et al.* Effect of polyacetylenic acids from *Prunella vulgaris* on various plant pathogens [J]. *Lett Appl Microbiol*. 2010, 51(5): 511-517.
- [45] Özbek O, Sağlam B, Usta N C, *et al.* GC-MS analysis and anti-microbial activity of *Prunella vulgaris* L. extracts [J]. *J Indian Chem Soc*, 2022, 99(6): 100460.
- [46] Mir R H, Bhat M F, Sawhney G, *et al.* *Prunella vulgaris* L: Critical pharmacological, expository traditional uses and extensive phytochemistry: A review [J]. *Curr Drug Discov Technol*, 2022, 19(1): e140122191102.
- [47] Groșan A, Vari C E, Ștefănescu R, *et al.* Antibacterial and antitumor activity of the species *Prunella vulgaris* L [J]. *Rev Rom De Med De Lab*, 2020, 28(4): 405-417.
- [48] Lu J, Qin R, Ye S, *et al.* *Prunella vulgaris* L. extract improves cellular immunity in MDR-TB challenged rats [J]. *J Med Coll PLA*, 2011, 26(4): 230-237.
- [49] 冯伟红, 李春, 信伟梅, 等. 生物测定法用于中药质量评价的探索研究: 以夏枯草抗氧化活性与总酚酸含量相关性的研究为例 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(14): 2660-2668.
- [50] Li L, Lin L M, Deng J, *et al.* The therapeutic effects of *Prunella vulgaris* against fluoride-induced oxidative damage by using the metabolomics method [J]. *Environ Toxicol*, 2021, 36(9): 1802-1816.
- [51] Li P, Lv X, Wang J R, *et al.* Research on the anti-ageing mechanism of *Prunella vulgaris* L [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 12398.
- [52] Feng L, Jia X B, Zhu M M, *et al.* Antioxidant activities of total phenols of *Prunella vulgaris* L. *In vitro* and in tumor-bearing mice [J]. *Molecules*, 2010, 15(12): 9145-9156.
- [53] Fang X Y, Yu M M, Yuen W H, *et al.* Immune modulatory effects of *Prunella vulgaris* L. on monocytes/macrophages [J]. *Int J Mol Med*, 2005, 16(6): 1109-1116.
- [54] Kim J, Cho K, Choung S Y. Protective effect of *Prunella vulgaris* var. L extract against blue light induced damages in ARPE-19 cells and mouse retina [J]. *Free Radic Biol Med*, 2020, 152: 622-631.
- [55] 雷思敏. 夏枯草果实的成分分析及其抗炎抗氧化活性研究 [D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2019.
- [56] Kim M. The effect of *Prunella* on anti-inflammatory activity in RAW264.7 mouse macrophage cells [J]. *Food Nutr Sci*, 2012, 3(9): 1290-1295.
- [57] Zdařilová A, Svobodová A, V Š, *et al.* *Prunella vulgaris* extract and rosmarinic acid suppress lipopolysaccharide-induced alteration in human gingival fibroblasts [J]. *Toxicol Vitro*, 2009, 23(3): 386-392.
- [58] Wu H P, Gao M, Ha T Z, *et al.* *Prunella vulgaris* aqueous extract attenuates IL-1 β -induced apoptosis and NF- κ B activation in INS-1 cells [J]. *Exp Ther Med*, 2012, 3(6): 919-924.
- [59] Haaberg K M, Wymore Brand M J, Overstreet A C, *et al.* Orally administered extract from *Prunella vulgaris* attenuates spontaneous colitis in mdrla^{-/-} mice [J]. *World J Gastrointest Pharmacol Ther*, 2015, 6(4): 223-237.
- [60] Luo H S, Li Y M, Xie J C, *et al.* Effect and mechanism of *Prunella vulgaris* L. extract on alleviating lipopolysaccharide-induced acute mastitis in protecting the blood-milk barrier and reducing inflammation [J]. *J Ethnopharmacol*, 2024, 328: 117998.
- [61] Mirza C M, Mirza T V, Odagiu A C M, *et al.* Phytochemical analysis and antioxidant effects of *Prunella vulgaris* in experimental acute inflammation [J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(9): 4843.
- [62] Raafat K, Wurglics M, Schubert-Zsilavecz M. *Prunella vulgaris* L. active components and their hypoglycemic and antinociceptive effects in alloxan-induced diabetic mice [J]. *Biomed Pharmacother*, 2016, 84: 1008-1018.
- [63] Li C, You L J, Fu X, *et al.* Structural characterization and immunomodulatory activity of a new heteropolysaccharide from *Prunella vulgaris* [J]. *Food Funct*, 2015, 6(5): 1557-1567.
- [64] Sebnem Harput U, Saracoglu I, Ogihara Y. Effects of two *Prunella* species on lymphocyte proliferation and nitric oxide production [J]. *Phytother Res*, 2006, 20(2): 157-159.
- [65] Xu H X, Lee S H, Lee S F, *et al.* Isolation and characterization of an anti-HSV polysaccharide from

- Prunella vulgaris* [J]. *Antiviral Res*, 1999, 44(1): 43-54.
- [66] 李嫚, 涂瑞沙, 余书勇, 等. 夏枯草胶囊对自身免疫性甲状腺炎大鼠 NF- κ B 通路及免疫指标的影响 [J]. 解放军医药杂志, 2020, 32(4): 88-92.
- [67] Zhu Q, Muyayalo K P, Xu Q H, *et al.* *Prunella vulgaris* can improve the pregnancy outcomes of experimental autoimmune thyroiditis rats by inhibiting Th1/Th17 immune responses [J]. *J Reprod Immunol*, 2022, 149: 103469.
- [68] Harikrishnan R, Kim J S, Kim M C, *et al.* *Prunella vulgaris* enhances the non-specific immune response and disease resistance of *Paralichthys olivaceus* against *Uronema marinum* [J]. *Aquaculture*, 2011, 318(1/2): 61-66.
- [69] 马丽萍, 赵培荣, 田爱琴, 等. 夏枯草对 Eca109 细胞的影响 [J]. 肿瘤基础与临床, 2006, 19(3): 199-200.
- [70] Lin W, Zheng L P, Zhuang Q C, *et al.* *Spica Prunellae* promotes cancer cell apoptosis, inhibits cell proliferation and tumor angiogenesis in a mouse model of colorectal cancer via suppression of STAT3 pathway [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2013, 13: 144.
- [71] Pan H C, Jiang Q, Yu Y, *et al.* Quercetin promotes cell apoptosis and inhibits the expression of MMP-9 and fibronectin via the Akt and ERK signalling pathways in human glioma cells [J]. *Neurochem Int*, 2015, 80: 60-71.
- [72] 马明华, 汪晓河, 戴媛媛, 等. 夏枯草消瘤合剂对 Lewis 肺癌小鼠的药效作用 [J]. 药学实践杂志, 2020, 38(1): 57-62.
- [73] Meng J H, Ni P, Cao Y L, *et al.* Network pharmacology to explore the mechanism of *Prunella vulgaris* L. against prolactinoma [J]. *Pharmacogn Mag*, 2024, 20(1): 127-136.
- [74] Zhang X B, Shen T, Zhou X, *et al.* Network pharmacology based virtual screening of active constituents of *Prunella vulgaris* L. and the molecular mechanism against breast cancer [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 15730.
- [75] Zhao J X, Ji D G, Zhai X J, *et al.* Oral administration of *Prunella vulgaris* L improves the effect of taxane on preventing the progression of breast cancer and reduces its side effects [J]. *Front Pharmacol*, 2018, 9: 806.
- [76] Lin Y, Yang C, Tang J, *et al.* Characterization and anti-uterine tumor effect of extract from *Prunella vulgaris* L [J]. *BMC Complement Med Ther*, 2020, 20(1): 189.
- [77] 韦云妮, 杨斌, 梁丽莉, 等. 不同浓度复方夏枯草制剂对人非小细胞肺癌细胞移植裸鼠的瘤体生长影响及机制探讨 [J]. 山东医药, 2019, 59(3): 35-38.
- [78] Liu S W, Jiang S B, Wu Z H, *et al.* Identification of inhibitors of the HIV-1 gp41 six-helix bundle formation from extracts of Chinese medicinal herbs *Prunella vulgaris* and *Rhizoma cibotae* [J]. *Life Sci*, 2002, 71(15): 1779-1791.
- [79] Lin T F, Qiu J N, Zhang S, *et al.* Screening out the anti-insomnia components from *Prunella vulgaris* L. based on plasma pharmacochrometry combined with pharmacodynamic experiments and UPLC-MS/MS analysis [J]. *J Ethnopharmacol*, 2021, 279: 114373.
- [80] Xi L, Zhang Y F, Zhao Z J, *et al.* *Prunella vulgaris* L protects glucocorticoids-induced osteogenesis inhibition in bone marrow mesenchymal stem cells through activating the Smad pathway [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2020, 24(10): 5691-5696.
- [81] Rao P L, Shen Y H, Song Y J, *et al.* *Prunella vulgaris* L. attenuates gut dysbiosis and endotoxin leakage against alcoholic liver disease [J]. *J Ethnopharmacol*, 2024, 319(Pt 2): 117237.
- [82] Qu Z, Zhang J Z, Yang H G, *et al.* *Prunella vulgaris* L., an edible and medicinal plant, attenuates scopolamine-induced memory impairment in rats [J]. *J Agric Food Chem*, 2017, 65(2): 291-300.
- [83] 晋翔, 刘鹏, 张雅红. 迷迭香酸对大鼠抑郁样行为的作用及其机制研究 [J]. 解放军医药杂志, 2014, 26(5): 14-18.
- [84] Zhang J H, Cui X, Zhang M, *et al.* The antibacterial mechanism of *Perilla rosmarinic acid* [J]. *Biotechnol Appl Biochem*, 2022, 69(4): 1757-1764.
- [85] Huang S S, Zheng R L. Rosmarinic acid inhibits angiogenesis and its mechanism of action *in vitro* [J]. *Cancer Lett*, 2006, 239(2): 271-280.
- [86] Zhang X, Ma Z G, Yuan Y P, *et al.* Rosmarinic acid attenuates cardiac fibrosis following long-term pressure overload via AMPK α /Smad3 signaling [J]. *Cell Death Dis*, 2018, 9(2): 102.
- [87] 林晓琳, 张凌云. 迷迭香酸抗动脉粥样硬化作用研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(4): 652-658.
- [88] Widmer T L, Laurent N. Plant extracts containing caffeic acid and rosmarinic acid inhibit zoospore germination of *Phytophthora* spp. pathogenic to *Theobroma cacao* [J]. *Eur J Plant Pathol*, 2006, 115(4): 377-388.
- [89] Li G S, Jiang W L, Tian J W, *et al.* *In vitro* and *in vivo* antifibrotic effects of rosmarinic acid on experimental liver fibrosis [J]. *Phytomedicine*, 2010, 17(3/4): 282-288.

[责任编辑 赵慧亮]