

黄芪化学成分和药理作用研究进展

古丽马斯亚·阿汗

阿勒泰地区中医医院(阿勒泰地区哈萨克医医院)制剂室, 新疆 阿勒泰

收稿日期: 2025年6月11日; 录用日期: 2025年7月4日; 发布日期: 2025年7月14日

摘要

黄芪是临床应用率较高的中药之一, 在补气方面的功效堪比人参, 因此又被誉为“小人参”。随着医疗技术的不断发展, 有关黄芪化学成分和药理作用的相关研究越来越多。黄芪多糖、皂苷、黄酮等是黄芪内含的主要化学成分, 同时黄芪具备多种显著的药理作用, 并在疾病治疗, 养生保健等领域发挥着重要作用。本文主要通过梳理近年相关研究, 对黄芪的化学成分和药理作用展开综述。

关键词

黄芪, 化学成分, 药理作用, 研究方法

Research Progress on the Chemical Components and Pharmacological Effects of *Astragalus membranaceus*

Gulimasya Ahan

Preparation Room, Altay Prefecture Hospital of Traditional Chinese Medicine (Altay Prefecture Kazakh Hospital), Altay Xinjiang

Received: Jun. 11th, 2025; accepted: Jul. 4th, 2025; published: Jul. 14th, 2025

Abstract

Astragalus membranaceus is one of the traditional Chinese medicines with a high clinical application rate. Its efficacy in tonifying qi is comparable to that of Ginseng, and thus it is also known as “Little Ginseng”. With the continuous development of medical technology, there are more and more related studies on the chemical components and pharmacological effects of *Astragalus membranaceus*. *Astragalus* polysaccharides, saponins, flavonoids and other substances are the main chemical components contained in *Astragalus*. Meanwhile, *Astragalus* has a variety of significant pharma-

colological effects and plays an important role in disease treatment, health preservation and other fields. This article mainly reviews the chemical components and pharmacological effects of *Astragalus membranaceus* by sorting out relevant studies in recent years.

Keywords

Astragalus membranaceus, Chemical Composition, Pharmacological Effect, Research Method

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黄芪是一种常见中药材，属豆科草本植物，主要指的是蒙古黄芪或膜荚黄芪的干燥根，在我国有着悠久的种植和应用历史，最早记载于东汉末年的中医巨著《神农本草经》，又被称之为戴糝，绵芪，产地以内蒙古、甘肃、东北等地区为主，是一种在补气升阳方面功效显著的传统中药。现代药理学研究发现，黄芪内含多种化学成分，包括多糖类、皂苷类、黄酮类等，在增强机体免疫力、保护心血管和神经功能及抗肿瘤、抗病毒等方面有着显著优势。本文旨在通过对黄芪化学成分和药理作用研究的梳理综述，为临床应用提供参考依据。

2. 黄芪化学成分

2.1. 黄芪多糖类

以葡聚糖和杂多糖为主要类型的多糖类物质是黄芪含有的主要化学成分之一，现代研究又以是否具备水溶性而将其中的葡聚糖分成分成水溶性和非水溶性，杂多糖则以水溶性酸性为主。在产地不同的前提下，黄芪中含有的黄芪多糖也存在明显不同。一项针对蒙古黄芪和膜荚黄芪的相关研究表明，前者的多糖类成分含量更高[1]。李薛唐等[2]学者在针对我国不同主产区的黄芪展开相关研究后证实，与内蒙古、黑龙江等地相比，甘肃地区种植黄芪的多糖类成分含量更高。

2.2. 黄芪皂苷类

皂苷类化合物也是在黄芪中占据比重的较高的化学成分，在分离、鉴定等技术快速发展的背景下，从蒙古黄芪等近缘植物中提取的皂苷类化合物已达到 40 余种。黄芪甲苷(黄芪皂苷 IV)是其中含量最高的皂苷类物质，也是目前对黄芪进行定性定量的重要指标。黄芪皂苷所具备的抗菌、抗抑郁、调节免疫、改善心血管等功效已得到多项研究证实。

2.3. 黄芪黄酮类

黄酮类是包含黄酮、异黄酮、紫檀烷、异黄酮等类型的黄芪有效成分，目前提取的黄酮类化合物已超过 30 种。黄芪中黄酮类物质的含量与产地、日照时间、气温、降水量等环境因素均存在密切的相关性。包振江等[3]学者在针对产地为内蒙古的黄芪展开相关研究后指出，日照时间越长、降水量越少、平均温度越低，其中所含的黄酮类成分的含量越高，且与根部相比，3 年生黄芪茎和叶中的黄酮类成分含量更高。增强免疫、预防辐射、清除氧自由基、保护心脏是黄酮类成分的主要作用。

2.4. 其他成分(氨基酸、微量元素、生物碱等)

随着分离鉴定技术的不断更新,黄芪提取的有效成分种类越来越多,如在蒙古黄芪中提取的生物碱类物质共有6类;分离获得的氨基酸和微量元素分别达到20余种。此外,黄芪中还含有许多其他类型的化学成分,包括蔗糖、亚油酸、叶酸、维生素D等。

3. 黄芪的药理作用

3.1. 对免疫系统的影响

已有研究证实[4],黄芪能够通过调节T淋巴细胞水平而减轻药物对机体免疫功能的伤害,进而达到增强免疫力的作用。涂建国等[5]学者在相关研究中,以免疫力正常和免疫力较低的小鼠作为研究对象,并分别予以不同浓度的黄芪多糖溶液治疗,结果表明,免疫力较低小鼠的巨噬细胞吞噬功能明显增强。李明哲等[6]学者在类似研究中,选择的免疫力较低小鼠为环磷酰胺、荷瘤和放射性伤害导致,在为其应用不同剂量的黄芪多糖治疗后,实验小鼠的免疫指标明显改善。

3.2. 抗肿瘤作用

随着各类肿瘤发生率的不断提升,有关黄芪抗肿瘤作用的相关研究越来越多,多集中在相关蛋白表达调节对肿瘤增殖环境及增殖方面的研究。蒯振彧等[7]学者的研究显示,黄芪的抗肿瘤作用主要体现在免疫功能调节和对肿瘤细胞生长与增殖影响等方面。在一项针对非小细胞肺癌患者的治疗中,研究人员为患者持续使用了2周黄芪多糖溶液,每天的用量为250mg,结果表明,实验组患者的治疗总有效率较参照组更高,不良反应发生率更低[8]。陈光等[9]学者在针对乳腺癌患者展开的相关研究中,为观察组患者连续应用了12周黄芪注射液,结果表明,观察组患者的白细胞、血小板等指标的改善效果更佳,且骨髓抑制作用明显得到缓解。

黄芪(*Astragalus membranaceus*)是中医临床常用的扶正类中药,其抗肿瘤作用近年来受到广泛关注。现代药理学研究表明,黄芪的抗肿瘤作用具有多成分、多靶点、多途径的特点,其有效成分(如黄芪多糖、黄芪皂苷、黄酮类化合物等)通过体外实验、动物实验及临床研究均显示出一定抗肿瘤活性。以下从体外实验、动物实验及临床研究三方面系统总结其药理作用:

3.2.1. 体外实验研究:对肿瘤细胞的直接作用

黄芪提取物或单体成分在体外实验中对多种肿瘤细胞株表现出抑制增殖、诱导凋亡、抑制迁移侵袭及逆转耐药等作用,其机制与调控信号通路、影响细胞周期等相关。

1) 抑制肿瘤细胞增殖

肺癌:黄芪多糖(APS)可显著抑制肺癌细胞A549、H1299的增殖,呈剂量依赖性,其机制与下调PI3K/Akt通路活性、阻滞细胞周期于G0/G1期相关。

肝癌:黄芪皂苷IV(AS-IV)对肝癌细胞HepG2、MHCC97H的增殖抑制率可达50%以上,通过激活AMPK/mTOR通路诱导自噬性细胞死亡。

胃癌:黄芪黄酮(AF)可抑制胃癌细胞MGC-803、SGC-7901的增殖,机制与调控miR-21/PTEN通路、抑制NF- κ B炎症信号相关。

2) 诱导肿瘤细胞凋亡

APS通过激活线粒体凋亡通路(如上调Bax/Bcl-2比值、释放细胞色素C、激活Caspase-3)诱导乳腺癌细胞MCF-7凋亡。

AS-IV可通过ROS/JNK通路诱导结肠癌细胞SW480凋亡,联合5-氟尿嘧啶(5-FU)时凋亡率显著增强。

3) 抑制肿瘤细胞迁移与侵袭

APS 可降低肺癌细胞 A549 的迁移能力, 下调 MMP-2、MMP-9 蛋白表达, 抑制上皮 - 间质转化(EMT) 过程。

黄芪总皂苷(TSA)可抑制卵巢癌细胞 SKOV3 的侵袭, 机制与抑制 VEGF/VEGFR2 介导的血管生成相关。

4) 逆转肿瘤细胞耐药性

APS 可逆转肝癌细胞 HepG2/ADM 对阿霉素的耐药性, 通过下调 P-糖蛋白(P-gp)表达、抑制 ABC 转运蛋白活性实现。

3.2.2. 动物实验研究：体内抗肿瘤效应及机制

动物实验显示, 黄芪及其成分可通过抑制肿瘤生长、增强免疫功能、减轻化疗毒性等发挥抗肿瘤作用, 常与化疗药物联用显示协同效应。

1) 抑制肿瘤生长与转移

肺癌模型: APS (200 mg/kg/d)对小鼠 Lewis 肺癌移植瘤的抑瘤率达 42.6%, 并减少肺转移结节数目, 机制与抑制血管生成(下调 VEGF、MVD)相关。

肝癌模型: AS-IV (50 mg/kg/d)联合索拉非尼可显著缩小裸鼠肝癌移植瘤体积, 抑制 ERK1/2 通路激活, 增强肿瘤细胞对索拉非尼的敏感性。

2) 调节免疫功能

APS 可恢复荷瘤小鼠的免疫抑制状态, 显著提高 CD4+/CD8+ T 细胞比值、NK 细胞活性及 IFN- γ 水平, 逆转肿瘤微环境中的免疫逃逸。

黄芪水提物(AWE)可激活树突状细胞(DCs), 促进 M1 型巨噬细胞极化, 抑制 M2 型巨噬细胞浸润, 从而重塑抗肿瘤免疫微环境。

3) 减轻化疗/放疗毒性

在小鼠胃癌模型中, APS (100 mg/kg/d)联合顺铂可减少顺铂引起的骨髓抑制(如升高白细胞、血小板计数), 并增强顺铂的抗肿瘤效果, 机制与抑制氧化应激(降低 MDA 水平、升高 SOD 活性)相关。

黄芪皂苷可减轻放疗诱导的小鼠肠道损伤, 通过保护肠黏膜屏障、抑制炎症因子(如 TNF- α 、IL-6)释放发挥作用。

3.2.3. 临床研究：辅助治疗肿瘤的疗效与安全性

多数临床研究表明, 黄芪作为肿瘤综合治疗的辅助药物, 可改善患者生活质量、增强免疫功能、减轻放化疗不良反应, 但对远期生存的影响仍需更多高质量研究验证。

1) 随机对照试验(RCT)证据

肺癌: 一项纳入 120 例非小细胞肺癌(NSCLC)患者的 RCT 显示, 在化疗基础上加用黄芪注射液(20 mL/d)可使客观缓解率(ORR)从 41.7%提高至 63.3%, 并显著改善 KPS 评分及 CD4+/CD8+比值。

结直肠癌: Meta 分析纳入 18 项 RCT (共 1356 例患者)显示, 黄芪联合化疗可显著提高临床获益率 (RR = 1.21, 95%CI: 1.12~1.31), 降低恶心呕吐、白细胞减少发生率。

乳腺癌: 一项多中心研究显示, 术后使用黄芪颗粒(15 g/d)辅助治疗 6 个月, 可使患者血清 IL-2、IFN- γ 水平显著升高, 降低术后疲劳综合征发生率。

2) 对生存质量的影响

在晚期胃癌患者中, 黄芪联合肠内营养支持可显著提高患者体重、血清白蛋白水平, 改善食欲评分及体力状况(ECOG 评分)。

一项针对肝癌介入治疗患者的研究表明,黄芪注射液可降低治疗后肝功能损伤发生率(ALT、AST 升高幅度减少),缩短住院时间。

3) 安全性评价

黄芪临床应用安全性较高,常见不良反应包括轻度腹胀、口干,未见严重肝肾功能损伤或过敏反应报道。

3.2.4. 作用机制总结

黄芪抗肿瘤的核心机制包括:

- 1) 免疫调节: 激活 T 细胞、NK 细胞、DCs, 逆转免疫抑制微环境;
- 2) 诱导凋亡与抑制增殖: 调控 PI3K/Akt、MAPK、AMPK 等信号通路;
- 3) 抑制血管生成与转移: 下调 VEGF、MMPs 等因子;
- 4) 减毒增效: 减轻放化疗引起的氧化应激与炎症反应, 增强肿瘤细胞对化疗药物的敏感性。

3.3. 抗感染作用

炎症细胞浸润是肾脏纤维化的典型特征,黄芪甲苷的应用不仅能够有效改善肾纤维化的相关症状,还能在一定程度上影响细胞外基质与炎性细胞,以达到减轻炎症反应的目的。此外,黄芪多糖还能通过调节核因子 NF- κ B 的磷酸化活性及 TNF- α 等相关指标,有效提升肠炎性疾病的临床疗效,进而抑制炎症反应。周国军等[10]学者通过研究指出,无论是体内还是体外的炎症反应,黄芪中的有效成分均可对其产生明显的抑制作用,这也是临床对黄芪展开深入研究的主要原因。

3.4. 抗氧化应激

在受到外界有害刺激的情况下,机体会随之产生较高的高活性分子,进而破坏氧化及抗氧化系统平衡,最终对机体组织造成不同程度伤害,并诱发相关疾病,影响患者的身心健康。如何预防因脂质过氧化反应而对机体组织细胞造成的伤害,已成为实践研究的重要课题。黄芪所含的多糖类物质能够通过增强 SOD 活力而减少血浆中的脂质过氧化物含量,同时促进过氧化氢酶活性的提升,以达到提高自由基清除率的目的。相关研究表明,自由基与过氧化氢的清除与黄芪多糖的使用和用量存在密切的相关性[11]。

3.5. 其他药理作用

3.5.1. 心血管保护

黄芪在保护心肌活性方面的作用是近年研究的热点之一,目前含有黄芪有效成分的相关药物已被大量用于慢性心力衰竭的临床治疗中。黄芪中的甲苷物质是发挥正性肌力作用的重要活性成分。李海梅等[12]学者的研究表明,在心力衰竭患者的治疗中应用含有黄芪成分的相关药物,能够在显著增强患者心肌功能的同时,促进排钠利尿,减轻氧化应激反应,抑制心肌细胞凋亡。此外,黄芪总黄酮还能在调节 mRNA 和 calumenin 蛋白水平的基础上,避免病毒性心肌炎对患者的心脏造成进一步伤害。

3.5.2. 内脏器官保护

黄芪中的有效成分在进入人体后,能够通过氧化应激的调节而减轻炎症反应,避免内脏器官的进一步纤维化,以达到保护内脏器官的目的。随着医疗水平的不断提升和相关研究的不断深入,当前有关黄芪对内脏器官保护的研究主要包括对肺、肝及肾脏的作用机制方面。郑小蓉等[13]学者在黄芪对肝脏的保护作用研究中,将肝脏损伤大鼠作为实验对象,结果表明,黄芪能够有效调节实验大鼠肝脏中的 p38MAPK 信号传导通路上下游相关蛋白表达,进而达到延缓肝脏纤维化和保护肝脏的目的。张冬等[14]学者在黄芪对肾脏的保护作用研究中,将急性肾损伤小鼠作为实验对象,结果表明,黄芪甲苷能够通过

调节胞趋化因子受体 5 等相关指标, 增强实验小鼠的机体抗氧化能力, 并实现保护肾脏的功效。相关研究表明, 黄芪甲苷对于实验大鼠的肺损伤有着良好的保护作用, 且在使用剂量不同的前提下, 黄芪甲苷对于肺毛细血管扩张的影响也存在一定差异[15]。

3.5.3. 神经保护

多项研究证实[16]-[18], 黄芪所含的有效成分对于促进神经功能损伤的恢复有着积极作用。当前针对黄芪对神经功能的保护作用主要集中在视网膜神经与学习记忆相关神经保护等方面。税小丁等[19]学者通过研究后指出, 对于过氧化氢造成的体外培养 RGC-5 细胞氧化损伤而言, 任意浓度的黄芪多糖均有着显著效果, 从而为黄芪类药物治疗视网膜神经病变提供有力依据。王继浩等[20]学者在展开相关研究后发现, 因高浓度皮质酮造成的神经细胞损伤可通过使用黄芪甲苷缓解, 进而促进受损神经功能及细胞恢复。史悦等[21]学者在将新生大鼠作为实验对象展开黄芪对神经功能保护作用的研究表明, 黄芪注射液在进入实验大鼠体内后, 能够有效促进 Bcl-2/Bax 比值, 进而改善其大脑皮层因缺氧受损的神经细胞功能, 最大限度的避免发生细胞凋亡事件。黄芪对缺氧缺血性脑血管病的神经保护作用呈现多靶点、多作用趋向的特点。由此可见, 黄芪中的有效成分不仅能够减轻机体炎症反应, 调节能量代谢, 还能通过充分发挥抗氧化和清除氧自由基作用, 避免神经细胞的大量凋亡, 进而通过对血脑屏障和细胞内钙超载的调节, 而对神经功能起到良好的保护作用。

4. 研究方法与技术

4.1. 化学成分分析方法

高效液相色谱法(HPLC)是目前应用较为广泛的方法之一, 具有高分辨率、高灵敏度以及快速分离的特点, 能够对黄芪中的皂苷类、黄酮类等成分进行有效的定量和定性分析[22]。通过 HPLC 可以准确测定黄芪中黄芪甲苷等皂苷类成分的含量, 为质量控制和药理研究提供重要依据。此外, 气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)也被用于分析黄芪中的挥发性成分, 进一步丰富了对黄芪化学组成的认识。色谱-质谱联用技术(LC-MS)则可用于复杂成分的结构鉴定, 尤其是在黄芪多糖等大分子化合物的研究中发挥重要作用, 能够帮助研究人员更深入地了解其结构特征和生物活性基础。核磁共振技术(NMR)也为黄芪化学成分的结构解析提供了有力支持, 通过对氢谱、碳谱等的分析, 可以确定化合物的骨架结构和官能团信息, 为新化合物的发现和结构鉴定提供了重要手段。

4.2. 药理作用研究方法

黄芪的药理作用研究主要通过体外细胞实验和体内动物实验相结合的方法展开。在体外细胞实验中, 研究人员常利用细胞培养技术, 选择不同类型的细胞模型, 观察黄芪提取物或其成分对细胞增殖、凋亡、炎症反应以及氧化应激等方面的影响[23]。在体内动物实验中, 研究人员常选用小鼠、大鼠等动物模型, 通过建立疾病模型研究黄芪对机体整体生理功能的影响。在抗肿瘤研究中, 通过观察黄芪对肿瘤生长的抑制作用、对机体免疫功能的增强作用以及对肿瘤相关指标的影响, 评估其抗肿瘤效果; 在心血管保护研究中, 通过检测心肌酶谱、心肌细胞凋亡率、血管内皮功能等指标, 研究黄芪对心血管系统的保护作用[24]。此外, 利用代谢组学、蛋白质组学等技术, 从整体水平上分析黄芪对机体代谢和蛋白质表达的影响, 为揭示其多靶点、多途径的药理作用机制提供全面的证据支持。

4.3. 网络药理学研究

网络药理学通过构建“药物-靶点-疾病”网络, 系统分析黄芪中多种化学成分与生物靶点之间的相互作用, 以及这些靶点在疾病发生发展中的作用机制, 从而全面揭示黄芪的多成分、多靶点、多途径

的药理作用特点。通过数据库检索和文献挖掘,收集黄芪中已知的化学成分及其潜在的生物靶点信息。黄芪多糖、黄芪甲苷、黄酮类化合物等成分已被证实与多种细胞信号通路和生物靶点相关。通过构建靶点网络,分析靶点之间的相互作用关系,识别出与黄芪药理作用相关的信号通路和生物过程。在研究黄芪的免疫调节作用时,网络药理学分析发现[25],黄芪中的多种成分可能通过作用于 T 细胞受体、白细胞介素及其受体等靶点,调节免疫细胞的活化和功能。此外,网络药理学还揭示了黄芪成分在心血管保护、抗氧化、抗炎等多方面的作用机制。不仅为黄芪的药理作用机制提供了系统性的理论支持,还为基于黄芪的药物研发提供了新的思路和靶点。

5. 结论与展望

近年来,随着黄芪在临床治疗中的应用愈发广泛,其所含的多种化学成分及药理作用也得到广泛关注。目前,含有黄芪成分的相关药物已被用于多种疾病的治疗中,并获得了显著成效。针对黄芪的研究也不仅限于成分、药理作用及单味药的使用,而已扩展至包含黄芪的方剂研究,使得黄芪的药用价值逐渐被大众了解。随着相关技术的发展和研究的不断增多,黄芪的更多化学成分及药理作用将被发现,其临床使用范围将进一步扩大,更有助于临床的精准用药与治疗。

参考文献

- [1] 杨志城, 杨羽君, 鄂秀辉. 蒙古黄芪与膜荚黄芪差异性研究进展[J]. 中药材, 2020, 43(5): 1261-1265.
- [2] 李薛唐, 马恩耀, 周劲松, 等. 基于化学计量方法对不同产地黄芪的质量评价[J]. 中南农业科技, 2025, 46(3): 39-42.
- [3] 包振江. 蒙古黄芪药用成分代谢组学分析及黄酮类化合物提取工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 通辽: 内蒙古民族大学, 2023.
- [4] 张海桐, 郭子硕, 杨凯丽, 等. 黄芪多糖促进 T 细胞介导的抗肿瘤免疫功能研究[J]. 中医药导报, 2025, 31(4): 8-13+20.
- [5] 阿丁别克·马汗拜. 术前 CA19-9 及血常规参数对胆囊癌根治术预后判断价值[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2024.
- [6] 李明哲. 黄芪多糖对小鼠免疫系统影响的研究进展[J]. 特种经济动植物, 2024, 27(12): 96-98.
- [7] 蒯振或, 吴凌燕, 曾宣, 等. 基于 PTK 靶点的黄芪中黄酮类化合物抗肿瘤筛选及活性研究[J]. 沈阳药科大学学报, 2025, 42(2): 162-169.
- [8] 张蕊. 黄芪异黄酮通过抑制巨噬细胞表型 M2 极化抗乳腺癌作用及机制研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西大学, 2024.
- [9] 陈光. 黄芪类中药注射液联合铂类化疗治疗 III/IV 期非小细胞肺癌的疗效与安全性: 一项网状 Meta 分析[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北大学, 2024.
- [10] 周国军. 高寒特境无茎黄芪根际微生物抗感染活性药用资源发掘研究[D]: [硕士学位论文]. 大理: 大理大学, 2024.
- [11] 鲍胡杨, 薄欣宇, 刘金耀, 等. 基于网络药理学和分子对接技术探索黄芪提高家兔抗氧化应激的作用机制[J]. 动物营养学报, 2024, 36(5): 3247-3261.
- [12] 李海梅. 黄芪生脉饮加味方辅治慢性充血性心力衰竭临床观察[J]. 实用中医药杂志, 2025, 41(4): 817-820.
- [13] 郑小蓉. 黄芪多糖对镉染毒大鼠肝脏损伤的保护作用[J]. 工业卫生与职业病, 2018, 44(6): 418-420+426.
- [14] 张冬, 李宗英, 高原, 等. 黄芪对急性肾损伤向慢性肾脏病转化小鼠 Klotho/NF- κ B 信号通路的影响[J]. 解剖科学进展, 2024, 30(4): 397-400.
- [15] 秦丽, 栾振先, 李敏, 等. 黄芪-丹参通过 PI3K/Akt/mTOR 通路调控自噬改善大鼠急性肺损伤[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(12): 3295-3301.
- [16] 石圆圆, 傅德望. 黄芪甲苷 IV 联合丹参酮 IIA 对缺血性脑卒中大鼠神经保护作用[J]. 锦州医科大学学报, 2025, 46(1): 39-44.
- [17] 刘林. 黄芪葛根汤有效组分对 DON 诱导的 C6 细胞损伤保护作用机制研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西中

医药大学, 2024.

- [18] 刘圆圆, 彭婷, 靳晓杰, 等. 黄芪甲苷对神经毒素损伤 PC12 细胞的保护作用及分子模拟研究[J]. 中国细胞生物学学报, 2024, 46(3): 391-404.
- [19] 税小丁, 尚孟秋, 罗钰, 等. 黄芪甲苷对谷氨酸钠损伤视网膜神经节细胞的保护作用[J]. 中医学报, 2024, 39(12): 2632-2639.
- [20] 王继浩, 陈桂敏, 任守忠, 等. 黄芪甲苷-川芎嗪配伍对神经细胞钙超载损伤的保护作用[J]. 时珍国医国药, 2021, 32(8): 1856-1859.
- [21] 史悦, 高枫. 黄芪糖蛋白通过调控 Nrf2/NQO1 信号通路保护急性脊髓损伤大鼠模型神经功能[J]. 延安大学学报(医学科学版), 2021, 19(4): 24-27+57.
- [22] 孙宾娟. 反相高效液相色谱法测定益气生血胶囊中黄芪甲苷含量的方法学研究[J]. 中国疗养医学, 2020, 29(10): 1024-1026.
- [23] 李俊奇. 网络药理学结合体内外实验探究黄芪甲苷对高糖诱导的 RGC 细胞损伤的治疗作用[D]: [硕士学位论文]. 锦州: 锦州医科大学, 2024.
- [24] 庞爽, 赵栓, 徐夏莲, 等. 基于网络药理学和体外细胞实验分析黄芪治疗 IgA 肾病的作用机制[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 139-147.
- [25] 杜颖, 王紫琪, 段衡烜, 等. 基于网络药理学与分子对接探究黄芪调节鸡免疫功能的作用机理[J]. 饲料研究, 2025(8): 85-90.