中图分类号：R965；R927.1　　文献标志码：A　　文章编号：1006－4931(2025)14－0127－05
doi:10.3969/j.issn.1006－4931.2025.14.029

马蔺子化学成分及抗肿瘤作用研究进展

李庆霞，辛萨如拉△，阿　荣，马　楠，陈　娟

（内蒙古自治区兴安盟食品药品检验检测中心，内蒙古 兴安盟　137400）

摘要：目的　总结马蔺子主要化学成分及抗肿瘤作用研究进展。**方法**　采用计算机检索中国知网和 PubMed 数据库中 1980 年 1 月至 2024 年 12 月发表的与马蔺子相关的文献，总结马蔺子中的主要化学成分和抗肿瘤作用。**结果**　马蔺子中已分离得到多种化学成分，主要包括苯醌类、萘类、黄酮类等。现代药理学研究表明，苯醌类化合物马蔺子素为马蔺子中主要的活性成分。马蔺子素作为一种天然的广谱抗肿瘤药，在抗肿瘤研究中表现出显著的药理活性，其通过抑制肿瘤细胞 DNA 合成、干扰 DNA 损伤修复机制，并诱导细胞凋亡，对乳腺癌、胰腺癌、肺癌、食管癌、卵巢癌、宫颈癌等恶性肿瘤具有明确的抗增殖、抗侵袭和抗转移作用。此外，马蔺子素可增强肿瘤细胞对放射治疗（简称放疗）和化学治疗（简称化疗）的敏感性，可作为增敏剂，提高局部控制率，并减少肿瘤复发和转移。同时，马蔺子素在联合放疗或化疗时，不仅疗效显著，且毒性较低，未出现明显的骨髓抑制等不良反应，并展现出独特的抗多药耐药肿瘤活性。临床研究证实，马蔺子素能有效改善患者的短期疗效，提高长期生存率和生活质量。**结论**　马蔺子素作为一种天然抗肿瘤成分，疗效确切、安全性高，具有广阔的临床应用前景。本研究有助于进一步挖掘马蔺子的药理价值，同时为天然抗肿瘤药物的开发提供科学依据。

关键词：马蔺子；马蔺子素；化学成分；抗肿瘤作用；化学治疗；放射治疗；研究进展

Research Progress on Chemical Composition and Antitumor Effect of *Iris lactea* Seeds

LI Qingxia, XIN Sarula, A Rong, MA Nan, CHEN Juan

(Xing'an League Food and Drug Inspection and Testing Center, Xing'an League, Inner Mongolia, China　137400)

Abstract: Objective　To summarize the research progress on the main chemical constituents and antitumor effects of *Iris lactea* seeds. **Methods**　The literatures related to *Iris lactea* seeds published from January 1980 to December 2024 in CNKI and PubMed databases were searched by computer to summarize the main chemical components and antitumor effects of *Iris lactea* seeds. **Results**　A variety of chemical constituents have been isolated from *Iris lactea* seeds, including benzoquinones, stilbenes, flavonoids and so on. Modern pharmacological studies have shown that the benzoquinone compound pallasone is the main active ingredient in *Iris lactea* seeds. As a natural broad－spectrum antitumor drug, pallasone has shown significant pharmacological activity in antitumor research. It has a clear anti－proliferation, anti－invasion and anti－metastasis effect on malignant tumors such as breast cancer, pancreatic cancer, lung cancer, esophageal cancer, ovarian cancer, and cervical cancer by inhibiting tumor cell DNA synthesis, interfering with DNA damage repair mechanisms, and inducing apoptosis. In addition, pallasone can enhance the sensitivity

第一作者：李庆霞，女，大学本科，副主任中药师，研究方向为药品检验与质量管理，（电子信箱）962146543@qq.com。

△**通信作者：**辛萨如拉，蒙古族，女，大学本科，副主任蒙药师，研究方向为药品检验、质量评价及方法确认，（电子信箱）3007782763@qq.com。

has anti－inflammatory and antioxidant effects and affects the NF－κB/STAT3 pathway via TRPV1 in acne[J]. J Functional Foods, 2023, 110: 105823.

[43] NGUYEN MT, PHAM AV. Early small bowel obstruction as a complication of abdominal drain in colon cancer surgery: a case report and literature review[J]. Ann Med Surg (Lond), 2023, 85(11): 5804－5808.

[44] LIANG Q, WANG JW, BAI YR, et al. Targeting TRPV1 and TRPA1: A feasible strategy for natural herbal medicines to combat postoperative ileus[J]. Pharmacol Res, 2023, 196: 106923.

[45] 司昕蕾，边甜甜，牛江涛，等. 花椒不同提取方法传导麻醉作用及成分鉴定[J]. 中华中医药杂志，2020，35(5)：2311－2315.

[46] 周　敏. 花椒麻素对肝癌细胞生理功效及机理研究[D]. 重庆：西南大学，2014.

[47] 聂霄艳，邓永学，王进军，等. 花椒精油和麻素对赤拟谷盗成虫的控制作用[J]. 中国粮油学报，2008，23(4)：185－188.

[48] NAVARRETE A, HONG E. Anthelmintic properties of alpha－sanshool from *Zanthoxylum liebmannianum*[J]. Planta Med, 1996, 62(3): 250－251.

[49] TSUNOZAKI M, LENNERTZ RC, VILCEANU D, et al. A′ toothache tree′ alkylamide inhibits Aδ mechanonociceptors to alleviate mechanical pain[J]. J Physiol, 2013, 591(13): 3325－3340.

[50] 陈文文，汤丹丹，张　青，等. 花椒提取物羟基－α－山椒素通过调节 Nrf2/HO－1 通路减轻心肌损伤[J]. 中药药理与临床，2024，40(7)：48－56.

[51] 王　雪，黄　硕，杨　羚，等. 基于蛋白质组学探讨羟基－α－山椒素对糖尿病心肌病的作用机制[J]. 中国药理学通报，2024，40(3)：537－544.

（收稿日期：2025－02－08；修回日期：2025－05－06）

of tumor cells to radiotherapy and chemotherapy, and can be used as a sensitizer to improve local control rate and reduce tumor recurrence and metastasis. Furthermore, when combined with radiotherapy or chemotherapy, pallasone not only showed remarkable efficacy but also had low toxicity, no obvious adverse reactions such as bone marrow suppression, and exhibited unique anti-multidrug resistance tumor activity. Clinical studies have confirmed that pallasone can effectively improve patients' short-term outcomes, long-term survival rates, and quality of life. **Conclusion** As a natural anti-tumor component, pallasone has definite curative effect and high safety, and has broad clinical application prospects. This study is helpful to further explore the pharmacological value of *Iris lactea* seeds and provide scientific basis for the development of natural antitumor drugs.

Key words: *Iris lactea* seeds; pallasone; chemical composition; antitumor effect; chemotherapy; radiotherapy; research progress

马蔺子始载于《神农本草经》，为鸢尾科植物马蔺 *Iris lactea* Pall. var. chinensis (Fisch.)的干燥成熟种子[1-2]，别名马棟子、马莲子等[3-5]，蒙医称其为查黑勒德格、查黑勒达格因-乌热，具有清热利湿、解毒杀虫、止血定痛等功效[6]，临床主治黄疸、大小便不利、胃痉挛、痈肿等症状[7]，药用价值显著。现代药理学和药物化学研究表明，马蔺子中含苯醌类、黄酮类、芪类等有效活性成分[8-12]。其中苯醌类化合物马蔺子素为广谱抗肿瘤药物，对食管癌、肺癌、鼻咽癌等均有较好疗效，并有增强肿瘤细胞对放射治疗(简称放疗)敏感性的作用，是我国自主研制的首个抗癌放射增敏剂[13]，且低毒、高效，是马蔺子化学成分研究的主要方向[14-16]。芪类化合物具有抗肿瘤、抗氧化、保护神经、保肝等药理活性[17]。黄酮类化合物作为药用植物中广泛存在的活性成分，具有调血脂、抗炎、保肝等显著的药理作用[18]。为此，本研究中检索中国知网和PubMed数据库中1980年1月至2024年12月相关文献，总结马蔺子中的化学成分和抗肿瘤作用，旨在为马蔺子的后续深入研究和应用提供理论参考。现报道如下。

1 化学成分

1.1 苯醌类

牛剑钊等[14]采用高效液相色谱法从马蔺子中分离纯化得到化合物**1**(马蔺子甲素)和化合物**2**(6-甲氧基-2-十七烷基-1,4-苯醌，即马蔺子乙素)2个主要成分。吴寿金等[19]利用乙醚回流提取方法从马蔺子种皮中分离出1种亮黄色鳞片状晶体，经鉴定结构式为6-甲氧基-2-Δ^{10}顺十七烯-1,4-苯醌(即化合物**1**)。吴寿金等[20]再次用乙醚回流技术从马蔺子种皮的乙醚浸膏中分离得到黄色(化合物**2**)和橙红色(化合物**3**)2种针状晶体，均为新发现的苯醌类化合物。侯微[21]采用乙醇回流提取技术从马蔺子中分离出淡黄色粉末(化合物**4**)和橙黄色针状结构(化合物**5**)。详见表1。

1.2 芪类

侯微[21]用95%的乙醇对马蔺子粉末连续回流提取12 h，制得马蔺子粗提物浸膏，分离纯化浸膏得到苍白色的棕褐色粉末(化合物**6**)和黄色非晶态固体(化合物**7**)2种化合物。LYU等[22]用85%的乙醇对马蔺子种仁的提取物粗样进行高速逆流色谱分离，纯化获得4个低聚芪类单体化合物(化合物**8-11**)。进一步采用盐酸对马蔺子种仁的5%氢氧化钠碱提物进行沉淀，得到的粗提物进行高速逆流色谱分离，纯化得到3个二苯乙烯类化合物(化合物**12-14**)[23]。详见表1。

表1 马蔺子中分离出的3类化合物成分

Tab. 1 Three compounds isolated from *Iris lactea* seeds

化合物	编号	英文名称	中文名称	参考文献
苯醌类	1	pallasone A	马蔺子甲素	[14][19]
	2	pallasone B	马蔺子乙素	[14][20]
	3	pallasone C	马蔺子丙素	[20]
	4	3-hydroxyirisquinone	3-羟基马蔺子甲素	[21]
	5	2-methoxy-6-pentadecyl-1,4-benzoquinone	2-甲氧基-6-十五烷基-1,4-苯醌	[21]
芪类	6	trans-ε-viniferin	白藜芦醇二聚体	[21]
	7	*R*-2-viniferin	白藜芦醇四聚体	[21]
	8	ε-viniferin		[22]
	9	vitisin A		[22]
	10	vitisin B		[22]
	11	vitisin C		[22]
	12	*cis*-vitisin A		[23]
	13	vitisin D		[23]
	14	ampelopsin B		[23]
黄酮类	15	(-)-catechin	表儿茶素	[21]
	16	catechin	儿茶素	[22]
	17	procyanidin B1		[22]
	18	procyanidin B3		[22]
	19	procyanidin B7		[22]
	20	prodelphinidin B3		[23]

1.3 黄酮类

侯微[21]对95%乙醇提取马蔺子的粗提物进行分离纯化得到一种白色粉末(化合物**15**)。LYU等[22]对马蔺子的种皮粉末进行乙酸乙酯和正丁醇萃取，梯度洗脱，再用高速逆流色谱技术对洗脱得到石油醚-乙酸乙酯组分进行分离纯化，成功得到化合物**16-19**，再进一步分离纯化获得化合物**20**[23]。详见表1。

1.4 挥发性物质

李明等[24]采用气相色谱质谱联用(GC-MS)法及

检索质谱的美国国家标准与技术研究院(NIST)标准图库进行检索并参考相关文献,对马蔺子乙醚提取物中的化学成分进行定性定量分析,确认了25种化合物,其中马蔺子甲素、马蔺子甲素反式异构体和马蔺子乙素等含量较高。化合物的类型主要包括饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸、芳香酯等,详见表2。

2 抗肿瘤作用

大量研究表明,马蔺子素主要药用活性成分为马蔺子甲素、马蔺子乙素和马蔺子丙素,其中马蔺子甲素和马蔺子乙素是抗癌增敏剂的主要有效成分,且马蔺子甲素疗效和安全性更佳。主要原因为马蔺子素可抑制肿瘤细胞DNA合成且对断裂后的修复有阻断作用,因而对多种肿瘤的生长增殖有显著抑制作用[25-30]。马蔺子甲素在处理72 h后对不同肿瘤细胞株的半数抑制浓度 < 26.70 nmol / mL,表明马蔺子对多种肿瘤细胞的生长具有抑制作用。且进一步研究发现,马蔺子甲素能将恶性白细胞K562阻滞在G_0 / G_1期,有效阻断恶性肿瘤生长[31]。马蔺子甲素常见抗肿瘤场景如下。

乳腺癌:研究表明[32],马蔺子素能有效提升放射线对乳腺癌细胞的杀伤效能,使肿瘤细胞对放射线更敏感,进而提升放疗效果。谯凤等[33]利用^{18}F-FLTmicro PET / CT评估了马蔺子素对裸鼠乳腺癌的放射增敏作用,结果显示,单纯放疗组最大标准摄取值(SUV_{max})和Ki-67表达量下降,但马蔺子素+放疗组下降更明显,表明马蔺子素对裸鼠乳腺癌具有放射增敏作用。

胰腺癌:张思宇等[34]的研究表明,马蔺子甲素可

表2 马蔺子中的挥发性成分

Tab. 2 Volatile components in *Iris lactea* seeds

编号	英文名称	中文名称	t_R(min)	相对分子质量	质量分数(%)
21	1,3,5-trioxane	三氧六环	6.88	84.03	0.20
22	diethyl ether hydroperoxide	二乙醚过氧化物	4.12	106.12	
23	2,3-dihydrobenzofuran	2,3-二氢苯并呋喃	8.38	120.15	0.26
24	carbamide	碳酰二胺	7.46	60.06	0.36
25	hexadecanoic acid	棕榈酸	13.08	256.42	0.48
26	1,13-tetradecadiene	十四碳双烯	11.22	194.36	0.23
27	hexadecanoic acid ethyl ester	棕榈酸乙酯	13.31	284.48	0.16
28	9-octadecenoic acid(*Z*)	顺式十八碳-9-烯酸	14.27	282.46	0.2
29	1,2-epoxyoctadecane	1,2-环氧十八烷	13.91	268.48	0.15
30	2-cyclohexen-1-one,4-hydroxy-3,5,5-trimethyl-4-(1-methyl-3-oxo-1-butenyl)	4-羟基-3,5,5-三甲基-4-(1-甲基-3-氧代-1-丁烯基)-2-环己烯-1-酮	22.77	236.31	0.14
31	2-methoxy-6-pentyl-1,4-benzoquinone	2-甲氧基-6-戊烷基-1,4-苯醌	23.99	346	4.87
32	pallasone B	马蔺子乙素	24.75	348.52	4.01
33	pallasone A	马蔺子甲素	32.91	374.56	47.43
34	(*E*)irisquinone isomer	马蔺子甲素反式异构体	32.32	374.56	13.60
35	stigmastan-3,5-diene	豆甾烷-3,5-二烯	41.44	396.69	0.81
36	5-[(*Z*)-heptadec-10′-eny]-3,4-dime thoxyphenol	5-[(*Z*)-十七碳-10′-酯-3,4]-二甲氧基苯酚	36.342	390.60	2.80
37	anthraergostatetraenol p-chlorobenzoate	对-氯苯甲酸-3a,6-二甲基-3-[(2*E*)-1,4,5-三甲基-2-己烯基]-2,3,3a,4,5,7,8,9,10,11b-十氢-1H-环戊烷[a]蒽-9-酯	44.436	533.18	0.58
38	stigmasta-5,22-dien-3-ol	豆甾醇	45.96	224.55	0.34
39	androstan-17-ol,4-[1-naphthyl]	4-[1-萘基]-雄甾烷-17-醇	44.91	402.61	0.46
40	2,2,4-trimethyl-3-(3,8,12,16-tetramethyl-heptadeca-3,7,11,15-tetraenyl)-cyclohexanol	2,2,4-三甲基-3-(3,8,12,16-四甲基-十七碳-3,7,11,15-四烯基)-环己醇	46.43	222.37	1.33
41	aceticacid,3-hydroxy-7-isopropenyl-1,4a-dimethyl-2,3,4,4a,5,6,7,8-octahydronaphthalen-2-yl ester	乙酸-3-羟基-7-异丙烯基-1,4a-二甲基-2,3,4,4a,5,6,7,8-八氢化萘-2-酯	47.17	278.39	0.42
42	beta-sitosterol	β-谷甾醇	46.69	414.71	1.54
43	lupenone	羽扇烯酮	47.88	424.70	0.87
44	1-acetyl-4-isopropylidene-cyclopentene	1-乙酰-4-异丙叉环戊烯	48.30	222.37	0.89
45	urs-12-en-28-al	乌苏-12-烯-28醛	53.34	424.7	0.49
46	betulin	白桦脂醇	54.04	442.72	0.37

抑制胰腺导管细胞增殖，侵袭及转移，在药物浓度为25 μmol/L时，马蔺子甲素可达到最大抑瘤效应。进一步研究发现，马蔺子甲素可选择性降低恶性肿瘤细胞内谷胱甘肽含量，从源头上抑制潜在通路的信号转导，这可能是其发挥抗肿瘤作用的关键分子机制之一。

肺癌：研究表明，马蔺子素本身具有强大的肺癌治疗活性，且有较强抑制肺癌侵袭、迁移作用[35]。王璐瑶等[36]的研究结果表明，马蔺子素对非小细胞肺腺癌NCI－H1975细胞的增殖具有浓度及时间依赖性的抑制作用。随着药物浓度的增加，细胞凋亡率逐渐上升，凋亡相关蛋白的表达也发生相应变化。同时，研究还发现，马蔺子素能下调凋亡抑制因子（IAPs）家族相关蛋白的表达，并上调线粒体促凋亡蛋白的表达。提示马蔺子素可能通过作用于IAPs靶点来诱导NCI－H1975细胞的凋亡。王寒蕾等[37]发现，马蔺子对放射性肺损伤具有防护作用。且马蔺子可提高大鼠受损肺部的生存率并减轻病理变化。这种保护作用可能与马蔺子的抗氧化和抗炎作用有关，能清除自由基并抑制炎性因子的产生。此外，研究还发现，适当的给药时间和剂量对治疗效果至关重要。马蔺子通过上调抗氧化酶和抗炎因子的表达，并抑制促炎症因子的表达，从而增强肺部的自我修复能力。

食管癌：李艾恩等[38]的研究证实，马蔺子素联合放疗对食管癌的治疗效果优于单纯放疗。马蔺子素能对食管癌产生放射增敏作用，从而有效杀灭抗放疗的肿瘤细胞，提高局部控制率，并有效防止转移和复发。此外，联合治疗具有毒副作用小、无明显骨髓抑制等优点，疗效确切，不仅能改善近期疗效，且能提高食管癌患者的远期生存率和生存质量。

卵巢癌：熊康萍[39]的研究（采用四甲基偶氮唑盐法，并以已上市的天然乏氧细胞增敏剂马蔺子素为阳性对照）结果表明，4种黄酮类化合物及马蔺子素在常氧和乏氧条件下均对卵巢癌细胞生长有抑制作用，且马蔺子素的放射增敏作用最强。

宫颈癌：王士贤等[40]探讨了马蔺子甲素对宫颈癌U_{14}小鼠血浆和组织中环核苷酸的影响，结果表明治疗组与对照组在肿瘤、胸腺和脾组织中的环磷酸腺苷（cAMP）和环磷酸鸟苷（cGMP）含量无显著差异，但治疗组血浆中含量显著提高。表明马蔺子甲素与某些细胞毒性药物不同，其抗癌机制可能与增强小鼠免疫功能有关。

多药抗药性肿瘤：多药耐药（MDR）肿瘤是指肿瘤细胞对多种药物产生抗药性的现象，使得传统化学治疗（简称化疗）药物难以发挥作用。符立梧等[41]研究发现，马蔺子甲素具有独特的抗MDR肿瘤活性。与传统化疗药物不同，马蔺子甲素不会增加MDR肿瘤细胞内的药物积累。表明不受MDR肿瘤细胞内药物转运蛋白或药物代谢酶的影响，可保持治疗效果。此外，MDR肿瘤对马蔺子甲素未展现抗药性，进一步证明了马蔺子甲素具有开发为抗MDR肿瘤药物的前景。

联合化疗药物：谭珵等[42]研究发现，马蔺子素与多柔比星、5－氟尿嘧啶等化疗药物联合对A549肺癌细胞具有协同增效作用，主要通过阻滞细胞在G_0/G_1期，诱导细胞凋亡实现，明显抑制了肿瘤细胞的增殖，有望作为化疗增敏剂与化疗联合用于治疗肿瘤。

3 总结与展望

马蔺子作为传统的药用植物资源，在全国范围内广泛分布，资源极为丰富[43]，其含有多种有效的活性成分，其中，苯醌类化合物马蔺子素是目前研究马蔺子化学成分及药理活性的主要成分。马蔺子素通过抑制肿瘤细胞的DNA合成和修复，并干扰DNA损伤后的修复机制，对多种肿瘤细胞显示出抑制活性。在肺癌、胰腺癌中可诱导肿瘤细胞凋亡，具有抗增殖、抗侵袭和抗转移作用。此外，马蔺子素还能与化疗药物联合，对乳腺癌、卵巢癌、食管癌等有放射增敏作用，有效控制肿瘤细胞的生长，提高局部控制率，并能预防肿瘤的转移和复发。同时，马蔺子素联合放疗，毒性小，无明显不良反应，具有抗MDR肿瘤活性。且能改善短期疗效，提高患者长期存活率和生活质量，为抗癌治疗方法的选择提供了新的可能，有望发展成为一种安全、有效、毒副作用低的广谱抗肿瘤药物和放化疗增敏剂，具有广阔的应用前景。但目前对马蔺子的药理作用主要局限于马蔺子素，未来仍需进一步挖掘马蔺子的药用价值、拓展其临床应用。

参考文献

[1] 张宏斌，谢　明，孙婉萍，等. 马蔺子本草考证[J]. 亚太传统医药，2023，19（4）：185－188.
[2] 孙星衍，孙冯翼. 神农本草经[M]. 太原：山西科学技术出版社，1991：63.
[3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京：科学出版社，1997：157－158.
[4] 徐恒刚，董志勤，单　敏. 马蔺在城市绿化中的作用及前景[J]. 内蒙古科技与经济，2002（9）：60－61.
[5] 孙燕山. 马蔺繁殖生态学研究[J]. 农业科技与信息，2022（4）：95－98.
[6] 蒙古学百科全书医学卷编辑委员会. 蒙古学百科全书·医学卷[M]. 呼和浩特：内蒙古人民出版社，2002：918.
[7] 李东悦，何丽娟，芦　清. 蒙药马蔺子素药理活性研究进展[J]. 黑龙江科技信息，2017（4）：18.
[8] 郭晓霞，徐　宁，李冬华，等. 马蔺子HPLC特征图谱和3个成分含量测定[J]. 中国现代中药，2024，26（11）：1886－1891.

[9] 王　昕,秦民坚,黎　路,等. 马蔺地下部分的化学成分[J]. 中国药科大学学报,2005,36(6):517-519.
[10] 边　亮,陈华国,周　欣. 植物多糖的抗肿瘤活性研究进展[J]. 食品科学,2020,41(7):275-282.
[11] 李　楠,毛培春,郑明利,等. 马蔺种质资源花瓣抗氧化能力综合评价[J]. 草原与草坪,2024,44(5):88-98.
[12] 王　健,张珍珍,梅秀珍,等. 黄酮类化合物的抗菌作用及机制研究进展[J]. 江苏农业科学,2023,51(1):1-8.
[13] 张舒敏,马宇衡,赵　岩,等. 马蔺子甲素合成路线图解[J]. 中国药物化学杂志,2022,32(1):74-78.
[14] 牛剑钊,刘怀林,张启明. 马蔺子素化学成分的研究[J]. 中国新药杂志,2011,20(22):2251-2253.
[15] 孟　宇,谢国勇,石　璐,等. 马蔺化学成分和药理活性研究进展[J]. 中国野生植物资源,2017,36(3):42-49.
[16] MOCAN A, ZENGIN G, MOLLICA A, et al. Biological effects and chemical characterization of *Iris schachtii* Markgr. extracts: A new source of bioactive constituents[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 112: 448-457.
[17] 于甬华,陈延条,于金明. 马蔺子素在食管癌放疗中增敏作用的临床研究[J]. 中华放射医学与防护杂志,1999,19(5):313-315.
[18] 牛剑钊,堪建峰,张启明. 马蔺子素研究进展[J]. 中国药事,2010,24(8):825-827.
[19] 吴寿金,杨企铮. 马蔺子化学成分的研究[J]. 化学学报,1980(2):156-161.
[20] 吴寿金,张　丽,杨秀肾,等. 马蔺子化学成分的研究Ⅱ,马蔺子乙素和马蔺子丙素的分离及其化学结构的研究[J]. 化学学报,1981(21):767-770.
[21] 侯　微. 马蔺子中天然化合物的分离鉴定及其活性研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2012.
[22] LYU HH, OUYANG J, WANG XY, et al. Separation and purification of four flavan-3-ols from *Iris lactea* Pall. Var. chinensis (Fisch.) Koidz by high-speed counter-current chromatography with flow-rate gradient[J]. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2015, 38(15): 1486-1493.
[23] LYU HH, WANG H, HE YY, et al. Separation and purification of four oligostilbenes from *Iris lactea* Pall. Var. chinensis (Fisch.) Koidz by high-speed counter-current chromatography[J]. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci, 2015, 988: 127-134.
[24] 李　明,魏宁漪,牛剑钊. 马蔺子种皮乙醚提取物化学成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(8):108-110.
[25] 李雅静,张富赓. 马蔺子素在抗肿瘤方面的研究现状[J]. 中国临床药理学杂志,2017,33(8):757-759.
[26] 散初拉,布仁巴图. 蒙药吉当嘎-7 化学成分及药理作用研究进展[J]. 赤峰学院学报自然科学版,2024,40(2):31-35.
[27] ASCRIZZI R, FLAMINI G. Iris lutescens on serpentine soil: Volatile emission profiles in different organs of its two colour morphs[J]. Plant Biosystems - an International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology, 2020, 155(2): 406-414.
[28] MILLER KD, NOGUEIRA L, DEVASIA T, et al. Cancer treatment and survivorship statistics, 2022[J]. CA Cancer J Clin, 2022, 72(5): 409-436.
[29] ZHAI XR, FU JX, REN X. Malinzi, a traditional medicinal plants: Comprehensive review of botany, medical application, chemical composition, and pharmacology[J]. Heliyon, 2024, 10(3): e24986.
[30] WANG H, ZHANG Y, YU WJ, et al. Radiosensitizing effect of irisquinone on glioma through the downregulation of HIF-1α evaluated by ^{18}F-FDG and ^{18}F-FMISO PET/CT[J]. Nucl Med Commun, 2016, 37(7): 705-714.
[31] 张富赓,李德华,齐　静,等. 马蔺子甲素体外抗癌及其诱导白血病细胞 K562 凋亡的作用[J]. 中国药学杂志,2010,45(22):1716-1719.
[32] 谯　凤. ^{18}F-FETNIM micro PET/CT 评价马蔺子素对裸鼠 MDA-MB231 乳腺癌放射增敏作用的实验研究[D]. 合肥:安徽医科大学,2018.
[33] 谯　凤,徐慧琴,汪　会,等. ^{18}F-FL Tmicro PET/CT 显像评估马蔺子素对裸鼠乳腺癌的放射增敏作用[J]. 中国药理学通报,2018,34(10):1430-1433.
[34] 张思宇,王　超,陈　炼,等. 马蔺子甲素对人胰腺癌细胞株 PANC-1 增殖、迁移、侵袭的影响及其机制[J]. 山东医药,2023,63(12):12-15.
[35] 梁　莉,刘叙仪,王　洁,等. 马蔺子甲素对耐顺铂人肺腺癌细胞系 A549DDP 耐药逆转及可能机制[J]. 中华医学杂志,2001,81(22):1392-1393.
[36] 王璐瑶,沈洪昇,谭　理,等. 马蔺子素以 IAPs 为靶点诱导人非小细胞肺腺癌 NCI-H1975 细胞凋亡的机制研究[J]. 中药材,2022,45(2):427-431.
[37] 王寒蕾,毛　艳,梁　洁,等. 马蔺子素对大鼠放射性肺损伤的防护作用[J]. 中国实验方剂学杂志,2016,22(5):151-159.
[38] 李艾恩,林玉宗,胡燕华. 马蔺子素联合放射治疗食管癌的临床观察[J]. 中国肿瘤临床与康复,2001,8(4):25.
[39] 熊康萍. 黄酮类化合物对乏氧卵巢癌 SKOV3 细胞 HIF-1α 表达的影响及其放射增敏作用研究[D]. 武汉:湖北中医药大学,2016.
[40] 王士贤,刘美芳,袁　玲,等. 马蔺子甲素对宫颈癌 U14 小鼠血浆及肿瘤等组织中环核苷酸的影响[J]. 中国肿瘤临床,1986(4):241-243.
[41] 符立梧,李小波,梁永钜,等. 马蔺子甲素抗多药抗药性肿瘤作用及其机制探讨[J]. 中国药理学通报,2001,17(2):234-236.
[42] 谭　理,张博凯,李雅静,等. 马蔺子素联合化疗药对肿瘤细胞增殖和凋亡的影响[J]. 现代药物与临床,2019,34(4):949-954.
[43] 张　燕. 祁连山鸢尾属植物种质资源及开发利用现状调查[J]. 青海畜牧兽医杂志,2024,54(3):16-22.

(收稿日期:2024-06-04;修回日期:2025-01-26)