

# 蓖麻植物化学成分及生物活性研究进展

代梦媛<sup>1</sup>, 高梅<sup>1</sup>, 赵明辉<sup>2</sup>, 李文昌<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>云南省农业科学院经济作物研究所, 昆明 650205; <sup>2</sup>衡水京华化工有限公司, 衡水 053000

**摘要:**蓖麻(*Ricinus communis* L.)为大戟科蓖麻属植物,其整株可作为传统中药和民族药使用,具有治疗跌打损伤、泻下通滞和消肿拔毒等功效。化学研究表明,蓖麻具有多种化学成分,类型涉及萜类、甾醇类、黄酮类、脂肪酸类、生育酚类、生物碱类、酚酸类和香豆素类,而且提取物及单体成分具有广泛的药理活性,包括抗肿瘤、抗糖尿病、抗氧化、消炎镇痛、抗生育、神经抑制、抑菌和杀虫等。本文旨在综述蓖麻的化学成分和生物药理活性,以期在蓖麻的后续研究和综合开发利用提供科学依据。

**关键词:**蓖麻;化学成分;生物活性;研究进展

中图分类号:R284;R285

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2023)7-1265-17

DOI:10.16333/j.1001-6880.2023.7.017

## Research advances on chemical constituents and biological activities of *Ricinus communis*

DAI Meng-yuan<sup>1</sup>, GAO Mei<sup>1</sup>, ZHAO Ming-hui<sup>2</sup>, LI Wen-chang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Industrial Crops Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

<sup>2</sup>Hengshui Jinghua Chemical Co., Ltd., Hengshui 053000, China

**Abstract:** *Ricinus communis* L., a plant of *Ricinus* genus (Euphorbiaceae family), are commonly used as traditional Chinese medicine and ethnomedicine for relieving constipation by purgation, treating traumatic injuries, detoxification, etc. Recent research revealed that the *R. communis* possessed a number of chemicals, including terpenoids, sterols, flavonoids, fatty acids, tocopherols, alkaloids, phenolic acids, and coumarins, which exhibited extensive biological and pharmacological activities, such as antimicrobial, insecticidal, antioxidant, anti-inflammatory, antineoplastic, antidiabetic, anti-fertility and hepatoprotective activities. This paper aims to summarize the research progress on the chemical components and biological activities of *R. communis*, which could provide a basis for the further research and comprehensive development and utilization.

**Key words:** *Ricinus communis* L.; chemical constituents; biological activity; research progress

蓖麻(*Ricinus communis* L.)为大戟科蓖麻属植物,单属种,一年生粗壮草本或草质灌木,原产非洲,生长适应性强,现广泛分布于热带及温带地区,在我国作为油料作物栽培的蓖麻为一年生草本,海拔20~2300m的华南和西南地区的野生蓖麻呈多年生灌木<sup>[1]</sup>。蓖麻油可制备生物柴油,因其优良特性可以代替石油制造产品,广泛用于医药、化工、航空、航海、电子及机械制造等诸多领域<sup>[2]</sup>。蓖麻作为一种

药用植物由来已久,《本草纲目》记载蓖麻子性甘辛,味平,有小毒,主治水瘕,叶有毒,治脚气。《中华人民共和国药典(2020年版)》记载蓖麻子功能主治消肿拔毒、泻下通滞、用于痈疽肿毒、喉痹、瘰疬、大便燥结;蓖麻油功能主治滑肠、润肤,主肠内积滞、胀、便秘,疥癣癬疮,烫伤。傣药记载蓖麻根、叶用于黄疸型肝炎,根用于疲劳,叶用于跌打损伤;基诺药记载蓖麻根治跌打损伤,叶炒热外敷太阳穴治头痛<sup>[3]</sup>。现代研究发现蓖麻叶、果实、种子、茎等部位含有蓖麻油、蓖麻毒素和蓖麻碱等多种化学成分,其中蓖麻油作为处方药治疗肠燥便秘,蓖麻毒素被广泛地用来制备抗体导向的抗肿瘤药物<sup>[4]</sup>。本文对蓖麻不同部位的化学成分及其生物活性的研究进展进行综述,以期在蓖麻的后续研究和综合开发利用

收稿日期:2022-10-13 接受日期:2023-05-17

基金项目:云南省科技厅“建设面向南亚东南亚科技创新中心专项”2022年云南省国际科技特派员(法人)(202203AJ140002);昆明市国际(对外)科技合作基地项目“昆明国际经济作物科研中心”(GHJD-2021018)

\*通信作者 Tel:86-871-65895034;E-mail:lwc@yaas.org.cn

提供科学依据。

## 1 化学成分

国内外均有蓖麻化学成分研究相关报道,主要分为挥发油和非挥发油成分两大部分。目前,已经分离得到的蓖麻非挥发油化学成分类型包括萜类、甾醇类、黄酮类、脂肪酸类、生育酚类、生物碱类、酚酸类和香豆素类等,其中萜类和甾醇类为其主要成分。

### 1.1 挥发油成分

通过 GC-MS 从蓖麻叶片及地上部分的挥发油中分析鉴定了 49 个化合物(见表 1),挥发油成分中

包括 1 个倍半萜类化合物(1)、15 个单萜及其衍生物(2~16)、8 个芳香类化合物(17~24)、18 个烯炔类化合物(25~42)和 7 个烷烃类化合物(43~49)。Kadri 等<sup>[6]</sup>发现蓖麻挥发油的五个主要成分中  $\alpha$ -侧柏酮(6)和 1,8-桉树脑(3)含量最高,分别为 31.71% 和 30.98%、其次是  $\alpha$ -蒎烯(2)和樟脑(4),含量分别为 16.88% 和 12.98%,蒎烯(5)含量最低为 7.48%。Sbihi<sup>[7]</sup>提取两个不同品种蓖麻叶的挥发油,产率分别为 0.8% 和 1.2%,而两种蓖麻的挥发油成分和含量各不相同。蓖麻挥发油成分可能受品种和种植地环境影响。

表 1 蓖麻中挥发油类化合物  
Table 1 Compounds of essential oil from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. | 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|---|------------|------------|-----------|---|------------|------------|
| 1         | $\beta$ -石竹烯 $\beta$ -Caryophyllene                             | 叶          | 5          | 26        | 糠醛 Furfural   | 叶          | 7          |
| 2         | $\alpha$ -蒎烯 $\alpha$ -Pinene                                   | 叶、地上部分     | 5,6        | 27        | 5-甲基糠醛 5-Methylfurfural                                       | 叶          | 7          |
| 3         | 1,8-桉树脑 1,8-Cineole   | 叶、地上部分     | 5,6        | 28        | Isoaleprolic acid   | 叶          | 7          |
| 4         | 樟脑 Camphor  | 叶、地上部分     | 5,6        | 29        | 顺式-茉莉酮 Cis-Jasmone  | 叶          | 7          |
| 5         | 蒎烯 Camphene   | 叶、地上部分     | 6          | 30        | 4-环戊烯-1,3-二酮<br>4-Cyclopenten-1,3-dione                       | 叶          | 7          |
| 6         | $\alpha$ -侧柏酮 $\alpha$ -Thujone                                 | 叶、地上部分     | 6          | 31        | 2-丁酰呋喃 2-Butanoyl furan                                       | 叶          | 7          |
| 7         | $\alpha$ -水芹烯 $\alpha$ -Phellandrene                            | 叶          | 7          | 32        | 隐品酮 Cryptone  | 叶          | 7          |
| 8         | D-柠檬烯 D-Limonene  | 叶          | 7          | 33        | 1-二十烯 1-Eicosene  | 叶          | 7          |
| 9         | $\beta$ -沉香醇 $\beta$ -Linalool                                  | 叶          | 7          | 34        | 反式 2-乙烯醛 trans-2-Hexenal                                      | 叶          | 7          |
| 10        | $\alpha$ -松油醇 $\alpha$ -Terpinol                                | 叶          | 7          | 35        | 反式 3-壬烯-2-酮 trans-3-Nonen-2-one                               | 叶          | 7          |
| 11        | 藏花醛 Safranal  | 叶          | 7          | 36        | 2-壬烯-4 酮 2-Nonen-4-one  | 叶          | 7          |
| 12        | Dihydroactinidiolide  | 叶          | 7          | 37        | 反式香叶丙酮 trans-Geranylacetone                                   | 叶          | 7          |
| 13        | o-伞花烃 o-Cymene  | 叶          | 7          | 38        | 6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮<br>6,10-Dimethyl ? 5,9-undecadien-2-one | 叶          | 7          |
| 14        | 波斯菊萜 Cosmene  | 叶          | 7          | 39        | 6-甲基-5-庚烯-2-酮<br>6-Methyl-5-hepten-2-one                      | 叶          | 7          |
| 15        | $\beta$ -大马烯酮 $\beta$ -Damascenone                              | 叶          | 7          | 40        | 6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮<br>6-Methyl-3,5-heptadien-2-one              | 叶          | 7          |
| 16        | 顺式 $\beta$ -紫罗酮 trans- $\beta$ -Ionone                          | 叶          | 7          | 41        | 油酸甲酯 Methyl oleate  | 叶          | 7          |
| 17        | 苯乙醛 Benzeneacetaldehyde   | 叶          | 7          | 42        | 5-乙基-2-癸烯-4-酮 5-Ethyl-2-decen-4-one                           | 叶          | 7          |
| 18        | 苯甲醛 Benzaldehyde  | 叶          | 7          | 43        | 叔戊醇 Tert-amyl alcohol   | 叶          | 7          |
| 19        | 3-亚甲基-1-氧杂螺[4.5]癸-2-酮<br>3-Methyl-1-phenyl-2-butanone           | 叶          | 7          | 44        | 6,10,14-三甲基-2-十五烷酮<br>6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone       | 叶          | 7          |
| 20        | 芹菜脑 Apiol   | 叶          | 7          | 45        | 3-己酮 3-Hexanone   | 叶          | 7          |
| 21        | 邻苯二甲酸二丁酯 Dibutylphthalate                                       | 叶          | 7          | 46        | 2-十七烷酮 2-Heptadecanone  | 叶          | 7          |
| 22        | 邻苯二甲酸二异丁酯 Diisobutyl phthalate                                  | 叶          | 7          | 47        | 十五醛 Pentadecanal  | 叶          | 7          |
| 23        | 邻苯二甲酸二异辛酯 Diisooctyl phthalate                                  | 叶          | 7          | 48        | 棕榈酸甲酯 Methyl palmitate  | 叶          | 7          |
| 24        | 邻苯二甲酸双十三酯 Ditridecyl phthalate                                  | 叶          | 7          | 49        | 硬脂酸甲酯 Methyl stearate   | 叶          | 7          |
| 25        | 3-亚甲基-1-氧杂螺[4.5]癸-2-酮<br>3-Methylene-1-oxaspiro[4.5]decan-2-one | 叶          | 7          |           |   |            |            |

## 1.2 非挥发油成分

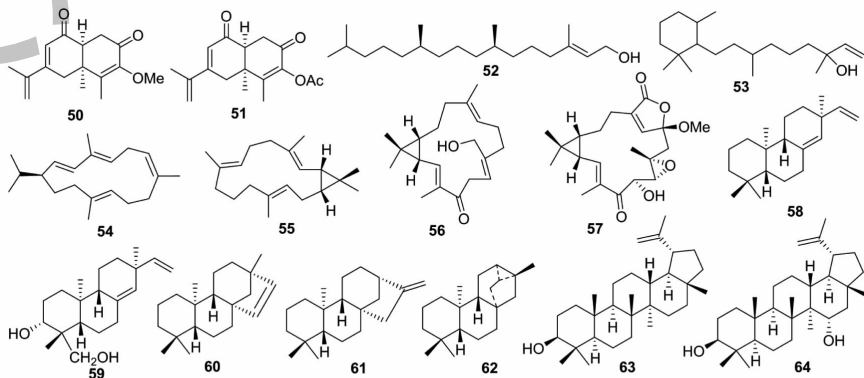
### 1.2.1 萜类

非挥发性萜类是蓖麻提取物中主要化学成分(名称见表2,结构见图1),目前已分离得到23个萜类化合物(50~73),包括倍半萜(50和51),二萜

(52~62)和三萜类(63~73)。二萜类成分类型涉及链状(52)、视黄烷型(53)、大环类(54~57)、海松烷型(58和59)、贝叶烷型(60)、贝壳杉烷型(61)和阿替烷型(62)。三萜类成分类型涉及羽扇豆烷型(63~67)、齐墩果烷型(69~70)和乌苏烷型(71)。

表2 蓖麻中萜类化合物  
Table 2 Terpenoids from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound  | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|--|------------|------------|
| 50        | Ricinusoids A  | 整株         | 8          |
| 51        | Ricinusoids B  | 整株         | 8          |
| 52        | 植醇 Phytol  | 地上部分       | 9          |
| 53        | Callyspinol  | 地上部分       | 9          |
| 54        | (+)-Cembrene   | 幼苗         | 10         |
| 55        | Casbene  | 幼苗         | 11         |
| 56        | (3E,7Z,11E)-19-Hydroxycasba-3,7,11-trien-5-one   | 地上部分       | 12         |
| 57        | 6 $\alpha$ -Hydroxy-10 $\beta$ -methoxy-7 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -epoxy-5-oxocasbane-20,10-olide   | 地上部分       | 12         |
| 58        | (+)-Sandaracopimaradiene   | 幼苗         | 10         |
| 59        | 3 $\alpha$ ,19-Dihydroxyl-ent-pimara-8(14),15-diene  | 根茎         | 13         |
| 60        | (+)-Beyerene   | 幼苗         | 10         |
| 61        | (-)-Kaurene  | 幼苗         | 10         |
| 62        | (-)-Trachylobane   | 幼苗         | 10         |
| 63        | 羽扇豆醇 Lupeol  | 地上部分、根、茎   | 9,14-16    |
| 64        | 羽扇豆-20(29)-烯-3 $\beta$ ,15 $\alpha$ -二醇 Lup-20(29)-en-3 $\beta$ ,15 $\alpha$ -diol   | 地上部分、叶     | 9,17       |
| 65        | 羽扇豆-20(29)-烯-15 $\alpha$ -醇-3-酮 Lup-20(29)-en-15 $\alpha$ -ol-3-one  | 地上部分       | 12         |
| 66        | 30-降羽扇豆-3 $\beta$ -醇-20-酮 30-Nor-lupan-3 $\beta$ -ol-20-one  | 地上部分       | 9          |
| 67        | 3 $\beta$ -Hydroxy-20-oxo-30-norlupane   | 叶          | 17         |
| 68        | 3-O-乙酰齐墩果酸 3-O-Acetyloleanolic acid  | 叶          | 17         |
| 69        | 油酮酸 Acetylaleuritic acid   | 地上部分       | 9          |
| 70        | 3-O- $[\beta$ -D-Glucuronopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucopyranosyl]-4 $\alpha$ ,20 $\alpha$ -di(hydroxymethyl)olean-12-en-28-oic acid | 种子         | 18         |
| 71        | Erandone (urs-6-ene-3,16-dione)  | 根          | 14         |



续图1(Continued Fig.1)

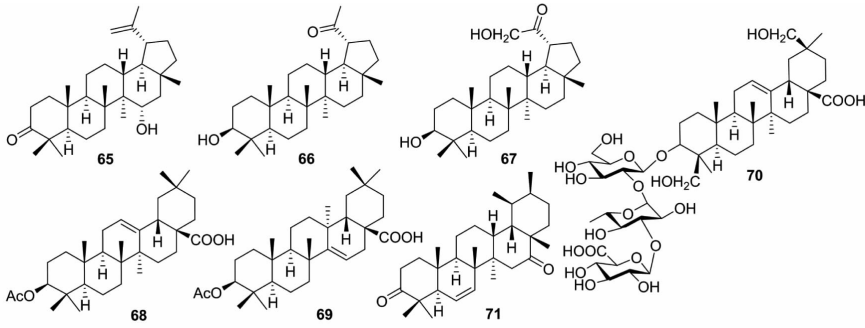


图1 蓖麻中萜类化合物结构

Fig. 1 Chemical structures of terpenoids from *R. communis*

## 1.2.2 甾醇类

蓖麻中甾醇类成分主要为谷甾醇类(72~75)、豆甾醇类(76~85)、燕麦甾醇类(86和87)、麦角甾醇类(88~90)和胆固醇类(91)及其相关苷类(名称

见表3,结构见图2)。GC-MS分析蓖麻种子油中 $\beta$ -谷甾醇(72)含量最高,其次依次为豆甾醇(76)、菜油甾醇(88),而 $\Delta^7$ -燕麦甾醇(86)、 $\Delta^7$ -豆甾醇(81)和胆固醇(91)成分仅占总甾醇含量的2%~3%<sup>[7]</sup>。

表3 蓖麻中甾醇类化合物  
Table 3 Sterols from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|---|------------|------------|
| 72        | $\beta$ -谷甾醇 $\beta$ -Sitosterol  | 籽油         | 7          |
| 73        | $\beta$ -谷甾醇-7-酮 7-Oxo- $\beta$ -sitosterol   | 茎          | 16         |
| 74        | $\gamma$ -谷甾醇 $\gamma$ -Sitosterol  | 种子         | 19         |
| 75        | 3-O- $\beta$ -D-糖基谷甾醇 3-O- $\beta$ -D-Glycosylsitosterol  | 叶          | 20         |
| 76        | 豆甾醇 Stigmasterol  | 种子、籽油      | 7, 15, 19  |
| 77        | 3-O- $\beta$ -D-糖基豆甾醇 3-O- $\beta$ -D-Glycosylstigmasterol  | 茎、叶        | 16, 20     |
| 78        | 豆甾醇二十碳酸酯 Stigmasterol arachidate  | 根          | 21         |
| 79        | 豆甾醇油酸酯 Stigmasterol oleate  | 根          | 21         |
| 80        | 豆甾醇硬脂酸酯 Stigmasterol stearate   | 根          | 21         |
| 81        | $\Delta^7$ -豆甾醇 $\Delta^7$ -Stigmasterol  | 籽油         | 7          |
| 82        | 豆甾-4,22-二烯-6 $\beta$ -醇-3-酮 Stigmasta-4,22-dien-6 $\beta$ -ol-3-one   | 叶、根茎       | 13, 17     |
| 83        | 豆甾-4-烯-3-酮 Stigmast-4-en-3-one  | 地上部分       | 9          |
| 84        | 豆甾-4-烯-6 $\beta$ -醇-3-酮 Stigmast-4-en-6 $\beta$ -ol-3-one   | 地上部分       | 9          |
| 85        | 豆甾-4-烯-3,6-二酮 Stigmast-4-en-3,6-dione   | 地上部分       | 9          |
| 86        | $\Delta^7$ -燕麦甾醇 $\Delta^7$ -Avenosterol  | 籽油         | 7          |
| 87        | 岩藻甾醇 Fucosterol   | 叶、种子、籽油    | 7, 17, 19  |
| 88        | 菜油甾醇 Campesterol  | 种子、籽油      | 7, 19      |
| 89        | 麦角甾-7,22-二烯-3 $\beta$ ,5 $\alpha$ ,6 $\alpha$ -三醇 Ergosta-7,22-diene-3 $\beta$ ,5 $\alpha$ ,6 $\alpha$ -triol | 叶、根茎       | 13, 17     |
| 90        | 过氧化麦角甾醇 Ergosterol peroxide   | 根茎         | 13         |
| 91        | 胆固醇 Cholesterol   | 籽油         | 7          |

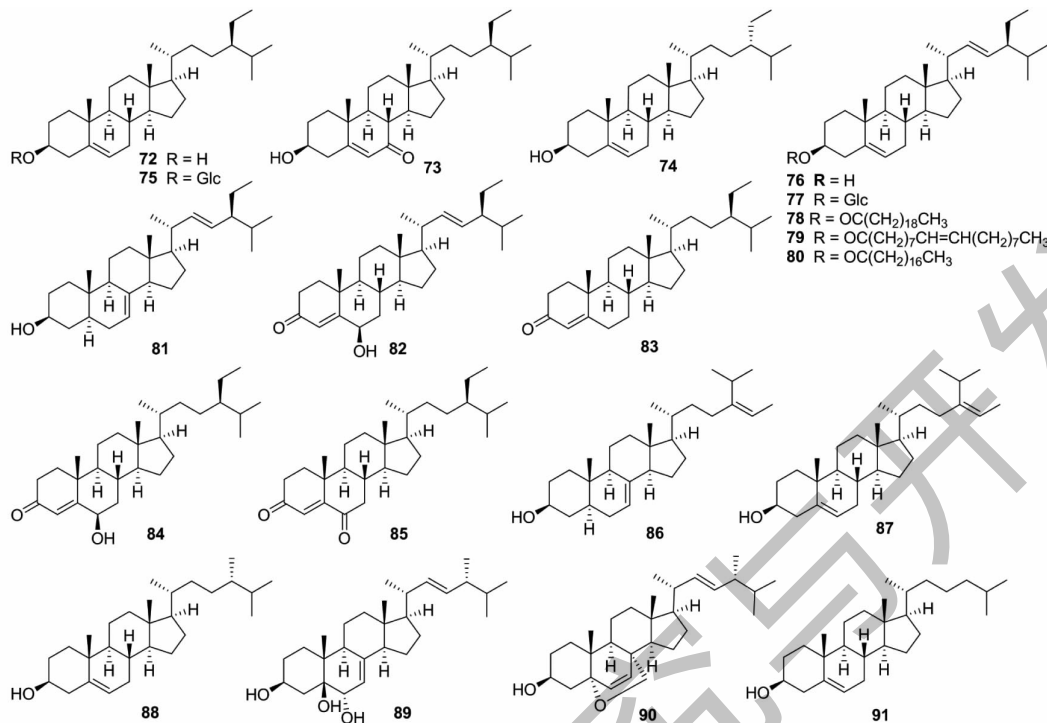


图2 蓖麻中甾醇类化合物结构

Fig. 2 Chemical structures of sterols from *R. communis*

### 1.2.3 黄酮类

黄酮类是蓖麻的主要活性成分之一,富含于叶片中,常以黄酮苷元及糖苷形式存在。目前从蓖麻中共分离得到16个黄酮类化合物,包括黄酮型(92~103)、二氢黄酮醇(104和105)和二氢黄酮型

(106和107)及其苷类(名称见表4,结构见图3)。槲皮素和山柰酚是蓖麻中常见的黄酮苷元,与D-吡喃葡萄糖苷、D-芸香糖苷、D-木吡喃糖苷等组成单糖或二糖类黄酮苷化合物。

表4 蓖麻中黄酮类化合物

Table 4 Flavonoids from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|---|------------|------------|
| 92        | 槲皮素 Quercetin   | 叶、根        | 17,22,23   |
| 93        | 槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷/异槲皮素<br>Quercetin-3-O-β-D-glucopyranoside/isoquercitrin    | 叶、根、茎      | 13,23,24   |
| 94        | 槲皮素-3-O-β-D-芸香糖苷/芦丁<br>Quercetin-3-O-β-D-rutinoside/rutin                     | 叶          | 22-24      |
| 95        | 槲皮素-3-O-β-D-木吡喃糖苷 Quercetin-3-O-β-D-xylopyranoside                            | 叶          | 24         |
| 96        | 槲皮素-3-O-(6''-乙酰)-β-D-吡喃葡萄糖苷<br>Quercetin-3-O-(6''-acetyl)-β-D-glucopyranoside | 叶          | 17         |
| 97        | 槲皮甙 Quercetrin  | 叶          | 23         |
| 98        | 山柰酚 Kaempferol  | 叶          | 17         |
| 99        | 山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷/紫云英苷<br>Kaempferol-3-O-β-D-glucopyranoside/Astragalgin     | 叶          | 17,24      |
| 100       | 山柰酚-3-O-β-D-芸香糖苷 Kaempferol-3-O-β-D-rutinoside                                | 叶          | 24         |

续表 4(Continued Tab. 4)

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound  | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|--|------------|------------|
| 101       | 山柰酚-3-O-β-D-木吡喃糖苷<br>Kaempferol-3-O-β-D-xylopyranoside | 叶          | 17,24      |
| 102       | 木犀草素 Luteolin  | 根          | 15         |
| 103       | 牡荆素 Vitexin  | 叶          | 25         |
| 104       | 儿茶素 Catechin   | 叶          | 25         |
| 105       | 表儿茶素 Epicatechin                                       | 叶          | 22,25      |
| 106       | 柚皮苷 Naringin   | 叶          | 25         |
| 107       | Narigenin-7-O-β-D-(3''-p-coumaroyl)glucopyranoside     | 叶          | 17         |

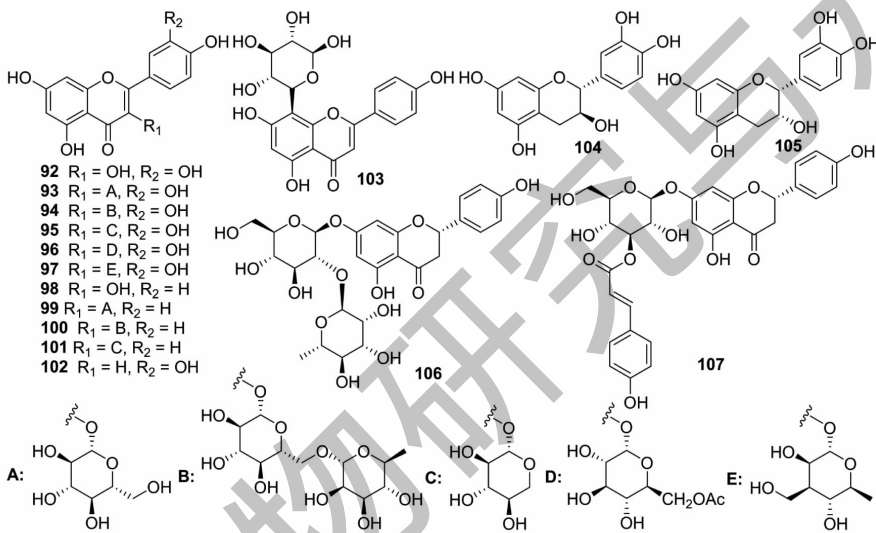


图 3 蓖麻中黄酮类化合物结构

Fig. 3 Chemical structures of flavonoids from *R. communis*

#### 1.2.4 脂肪酸类

蓖麻种子含油量高达 60%，种子及种子油中共分离得到 9 个脂肪酸类化合物(名称见表 5, 结构见图 4), 而蓖麻油中 85% 的脂肪酸成分是蓖麻油酸

(115), 由于其独特的理化性质, 用于制备表面活性剂、增塑剂、润滑油添加剂、癸二酸、庚酸等, 是蓖麻工业运用价值的主要体现。另外从蓖麻叶片、根和茎中分离得到 6 个脂肪酸类化合物。

表 5 蓖麻中脂肪酸类化合物  
Table 5 Fatty acids from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound    | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|--------------------|------------|------------|
| 108       | 棕榈酸 Palmitic acid  | 籽油、叶和根、根茎  | 7,13,15,25 |
| 109       | 硬脂酸 Stearic acid   | 籽油、叶       | 7,25       |
| 110       | 油酸 Oleic acid      | 籽油         | 7,25       |
| 111       | 二十碳烯酸 Gondoic acid | 籽油         | 7,25       |
| 112       | 亚麻酸 Linolenic acid | 籽油、叶       | 7          |
| 113       | 亚油酸 Linoleic acid  | 种子和籽油、叶    | 7,25,26    |

续表 5 (Continued Tab. 5)

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|---|------------|------------|
| 114       | 亚油酸甲酯 Methyl linoleate  | 种子         | 26         |
| 115       | 蓖麻油酸 Ricinoleic acid  | 种子和籽油      | 7,25,26    |
| 116       | 蓖麻油酸甲酯 Methyl ricinoleate   | 种子         | 26         |
| 117       | 油酮酸 Aleuritic acid  | 叶、根茎、根     | 13,15,17   |
| 118       | 1-棕榈酸甘油酯 1-Palmitic acid glycerol ester                               | 叶          | 20         |
| 119       | 1-棕榈酸甘油-2,3-二甲基缩酮酯 2-1-Palmitic acid glycerol-2,3-dimethylketal ester | 叶          | 20         |
| 120       | Tetracosanoic acid-2,3-dihydroxypropyl ester                          | 根茎         | 13         |
| 121       | 蓖麻三甘油酯 Ricin triglyceride   | 根          | 15         |

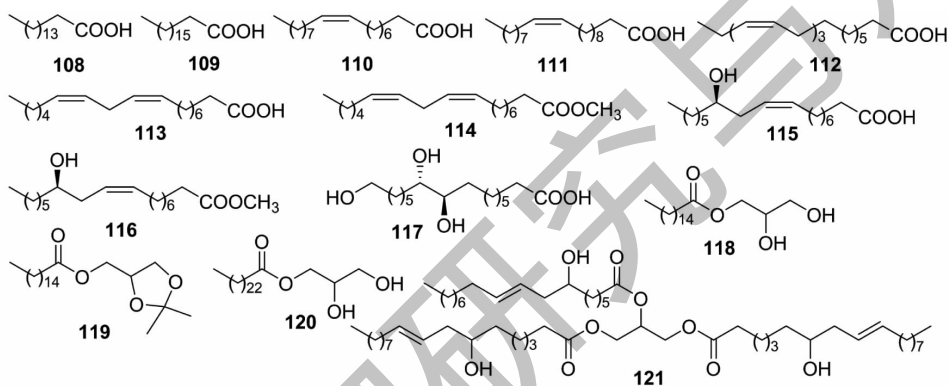


图 4 蓖麻中脂肪酸类化合物结构

Fig. 4 Chemical structures of fatty acids from *R. communis*

## 1.2.5 生育酚类

生育酚类化合物见表 6, 结构见图 5。化合物 122 是从蓖麻地上部分分离得到的一种无色油状物

质。化合物 123 ~ 128 是从蓖麻种子油中检测出的, 其中  $\delta$ -生育酚 (126) 含量最高, 其次是  $\gamma$ -生育酚 (125), 以上二者占生育酚类总量的 96% 以上。

表 6 蓖麻中生育酚类化合物

Table 6 Tocopherols from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound  | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|--|------------|------------|
| 122       | (2 <i>R</i> ,4 <i>aR</i> ,8 <i>aR</i> )-3,4,4 <i>a</i> ,8 <i>a</i> -Tetrahydro-4 <i>a</i> -hydroxy-2,6,7,8 <i>a</i> -tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-2 <i>H</i> -chromene-5,8-dione | 地上部分       | 12         |
| 123       | $\alpha$ -生育酚 $\alpha$ -Tocopherol   | 籽油         | 7          |
| 124       | $\beta$ -生育酚 $\beta$ -Tocopherol   | 籽油         | 7          |
| 125       | $\gamma$ -生育酚 $\gamma$ -Tocopherol   | 籽油         | 7          |
| 126       | $\delta$ -生育酚 $\delta$ -Tocopherol   | 籽油         | 7          |
| 127       | $\alpha$ -生育三烯酚 $\alpha$ -Tocotrienol  | 籽油         | 7          |
| 128       | $\delta$ -生育三烯酚 $\delta$ -Tocotrienol  | 籽油         | 7          |

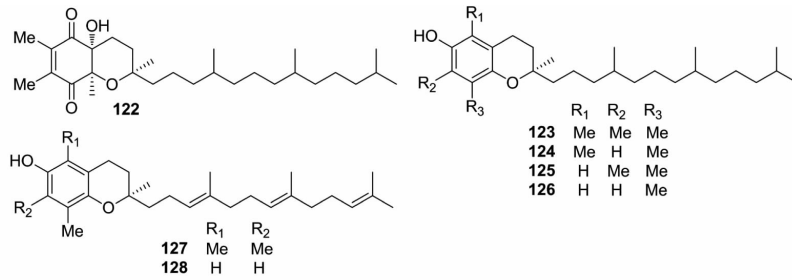


图5 蓖麻中生育酚类化合物结构

Fig. 5 Chemical structures of tocopherols from *R. communis*

## 1.2.6 生物碱类

生物碱类化合物见表7,结构见图6。3-氰基-4-甲氧基-*N*-甲基-吡喃酮又名蓖麻碱(129),属于哌啶类生物碱,是蓖麻主要毒素之一,几乎存在蓖麻的

各个部位。化合物130和131是蓖麻碱的两种代谢物,化合物132是从蓖麻新鲜叶片中分离的蓖麻碱羧酸衍生物,化合物135是蓖麻叶片中新发现的一种生物碱。

表7 蓖麻中生物碱类化合物  
Table 7 Alkaloids from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part    | 文献<br>Ref.              |
|-----------|---|---------------|-------------------------|
| 129       | 蓖麻碱 Ricinine  | 叶、根、茎、花、果皮、种子 | 13,15-17,20,23,24,27-31 |
| 130       | <i>N</i> -去甲基蓖麻碱 <i>N</i> -Demethylricinine                                     | 叶             | 17,24,30-32             |
| 131       | <i>O</i> -去甲基蓖麻碱 <i>O</i> -Demethylricinine                                     | 叶             | 32                      |
| 132       | 3-羧基-4-甲氧基- <i>N</i> -甲基-2-吡喃酮 3-Carboxy-4-methoxy- <i>N</i> -methyl-2-pyridone | 叶             | 29                      |
| 133       | Methyl 5-(3-cyano-1-methyl-2-oxo-1,2-dihydropyridine-4-yl)-pentanoate           | 种子            | 33                      |
| 134       | 1-Methyl-4-(4-methylpentiloksi)-pyridine-2(1 <i>H</i> )-on                      | 种子            | 33                      |
| 135       | Ricicomin A   | 叶             | 30                      |
| 136       | 4-[2-Formyl-5-(methoxymethyl)-1 <i>H</i> -pyrrol-1-yl] butanoic acid            | 叶             | 30                      |

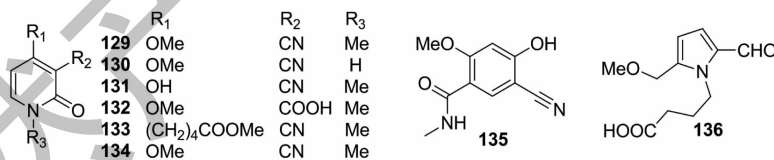


图6 蓖麻中生物碱类化合物结构

Fig. 6 Chemical structures of alkaloids from *R. communis*

## 1.2.7 酚酸类

从蓖麻中分离鉴定出15个酚酸类化合物(名称见

表8,结构见图7),其中化合物137~142、149~151以苯甲酸为母核,化合物143~148以桂皮酸为母核。

表8 蓖麻中酚酸类化合物  
Table 8 Phenolic acids from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref.     |
|-----------|-------------------|------------|----------------|
| 137       | 没食子酸 Gallic acid  | 叶、根、种子     | 15,17,22,25,34 |
| 138       | 龙胆酸 Gentisic acid | 叶、根        | 22,25          |



续表 8 (Continued Tab. 8)

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound   | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|---|------------|------------|
| 139       | 香草酸 Vanillic acid   | 根          | 25         |
| 140       | 3,4-二羟基苯甲酸甲酯 Methyl-3,4-dihydroxy benzoate                | 根          | 15         |
| 141       | 没食子酸甲酯 Methyl gallate                                     | 种子、地上部分    | 34,31      |
| 142       | 没食子酸乙酯 Ethyl gallate                                      | 叶          | 17         |
| 143       | ( <i>E</i> )-3-(4-Hydroxyphenyl)-acrylic acid             | 种子         | 34         |
| 144       | ( <i>E</i> )-3-(3,4-Dihydroxy phenyl)-acrylic acid        | 种子         | 34         |
| 145       | ( <i>E</i> )-3-(3-Hydroxy-4-methoxyphenyl)-acrylic acid   | 种子         | 34         |
| 146       | Ficusic acid  | 地上部分       | 9          |
| 147       | ( <i>E</i> )-Docosyl-3-(4-hydroxyphenyl)-acrylate         | 种子         | 34         |
| 148       | ( <i>E</i> )-Nonyl-3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)-acrylate | 种子         | 34         |
| 149       | 短叶酸羧酸乙酯 Ethyl brevifolin carboxylate                      | 叶          | 17         |
| 150       | 鞣花酸 Ellagic acid  | 叶          | 22         |
| 151       | 叶下珠素 D Phyllanthusiin D                                   | 叶          | 17         |

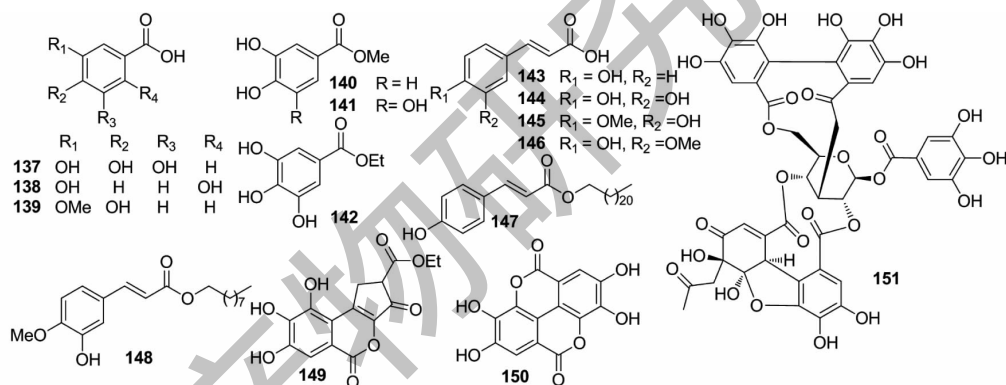


图 7 蓖麻中酚酸类化合物结构

Fig. 7 Chemical structures of phenolic acids from *R. communis*

## 1.2.8 香豆素类

从蓖麻中分离得到 5 个香豆素类化合物(名称

见表 9, 结构见图 8), 其中化合物 152 和 153 为苯丙香豆素, 其他为简单香豆素。

表 9 蓖麻中香豆素类化合物

Table 9 Coumarins from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound  | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|--|------------|------------|
| 152       | 黄花草木脂素 D Cleomiscosin D                                  | 叶          | 17         |
| 153       | 黄花草木脂素 A Cleomiscosin A                                  | 地上部分       | 31         |
| 154       | 东莨菪内酯 Scopoletin   | 叶、地上部分     | 20,31      |
| 155       | 异秦皮啶 Isofraxidine  | 叶          | 20         |
| 156       | 3,4-二甲氧基-6,8-二羟基香豆素 3,4-Dimethoxy-6,8-dihydroxy coumarin | 花          | 35         |

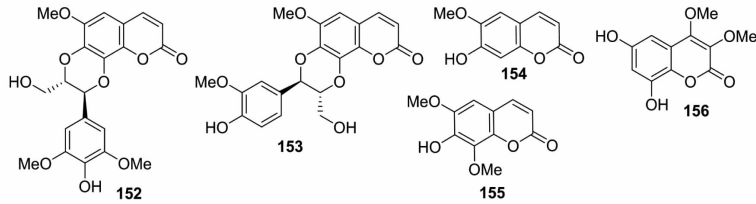


图8 蓖麻中香豆素类化合物结构

Fig. 8 Chemical structures of coumarins from *R. communis*

### 1.2.9 其他化合物

除以上类型化合物外,蓖麻中还含有许多其他类型化合物包括糖类及其衍生物(157、166、175、176、181、183、184和188)、酯类(158、160~163和

167~170)、烷烃类(159和165)、醇类(164、172和185~187)、醌类(171)、有机胺类(173)、羧酸类(174和177~179)和氨基酸类(180和182)等(见表10)。

表10 蓖麻中其他类化合物

Table 10 Other compounds from *R. communis*

| 编号<br>No. | 化合物<br>Compound  | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. | 编号<br>No. | 化合物<br>Compound            | 部位<br>Part | 文献<br>Ref. |
|-----------|--|------------|------------|-----------|----------------------------|------------|------------|
| 157       | Arachidoyl arabinoside                                 | 根          | 21         | 173       | 6-Hydroxymethylumazine     | 叶、茎和根      | 36         |
| 158       | <i>n</i> -Butyl ricicommunioate                        | 根          | 21         | 174       | 油酸钠 Sodium oleate          | 叶、茎和根      | 36         |
| 159       | <i>n</i> -Hexatriacont-14-ene                          | 根          | 21         | 175       | 葡萄糖酸 Gluconic acid lactone | 叶、茎和根      | 36         |
| 160       | Methyl communioate                                     | 根          | 21         | 176       | 葡萄糖醛酸 Glucuronic acid      | 叶、茎和根      | 36         |
| 161       | <i>n</i> -Heptacosanyl oleate                          | 根          | 21         | 177       | 甘油酸 Glyceric acid          | 叶、茎和根      | 36         |
| 162       | 短叶苏木酚酸乙酯<br>Ethyl brevifolincarboxylate                | 根          | 15         | 178       | 莽草酸 Shikimic acid          | 叶、茎和根      | 36         |
| 163       | 9-Hydroxytridecyl docosanoate                          | 根          | 15         | 179       | 琥珀酸 Succinic acid          | 叶、茎和根      | 36         |
| 164       | 二十八烷醇 Octacosanol                                      | 根          | 15         | 180       | 别苏氨酸 Allothreonine         | 叶、茎和根      | 36         |
| 165       | 正十八烷 Octadecane  | 根          | 15         | 181       | 木糖醇 Xylitol                | 叶、茎和根      | 36         |
| 166       | 蟾蜍色胺- <i>O</i> -葡萄糖苷<br>Bufotenine <i>O</i> -glucoside | 叶、茎和根      | 36         | 182       | 刀豆氨酸 Canavanine            | 叶、茎和根      | 36         |
| 167       | Germanicol cinnamate                                   | 叶、茎和根      | 36         | 183       | 果糖 Fructose                | 叶、茎和根      | 36         |
| 168       | Pubesanolide   | 叶、茎和根      | 36         | 184       | 葡萄糖 Glucose                | 叶、茎和根      | 36         |
| 169       | all- <i>trans</i> -Retinyl linolate                    | 叶、茎和根      | 36         | 185       | 甘油 Glycerol                | 叶、茎和根      | 36         |
| 170       | 苜蓿内酯 Medicagol   | 叶、茎和根      | 36         | 186       | 甘露醇 Mannitol               | 叶、茎和根      | 36         |
| 171       | 叶绿醌 Phylloquinone                                      | 叶、茎和根      | 36         | 187       | 苏糖醇 Threitol               | 叶、茎和根      | 36         |
| 172       | Momordol   | 茎和根        | 36         | 188       | 苏阿糖 Threose                | 叶、茎和根      | 36         |

## 2 生物活性

药理活性研究表明蓖麻提取物及单体成分具有广泛的药理活性,主要包括抗肿瘤、抗糖尿病、抗氧化、消炎镇痛、抗生育、神经抑制、抑菌和杀虫等活性。

### 2.1 抗肿瘤活性

蓖麻叶片提取物处理乳腺癌细胞 MCF7 后,与癌症形成和转移有关的重要基因 PIK3R3、致癌基因 MAF、肿瘤坏死因子受体基因 TNFRSF19 表达下

调<sup>[37]</sup>,同时调节在转移过程中发挥作用的 MMP-9、uPA、VEGF 和 TGF- $\beta$ 1 等多种蛋白的表达,并抑制 MCF7 细胞迁移、粘附、侵袭和 MMP-2 活性<sup>[38]</sup>。另外,蓖麻果实提取物对乳腺癌细胞 MCF-7 和 MDA-MB-231 也具有强大的抗转移活性,显著抑制两种细胞系中基质金属蛋白酶的迁移、粘附、侵袭和表达,并介导细胞凋亡<sup>[39]</sup>。随着抗癌药物研究的深入,新材料新技术用于癌症治疗药物载体,利用富含酚类物质的蓖麻叶提取物合成金纳米颗粒,通过生成

ROS 和激活介导靶蛋白裂解的 caspase-3 蛋白活性,显著抑制结直肠癌细胞 HT29 和 SW480 增殖<sup>[40]</sup>;蓖麻精油中的萜类化合物对多种人肿瘤细胞具有剂量依赖的细胞毒性,20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  可诱导人黑色素瘤细胞 SK-MEL-28 凋亡<sup>[5]</sup>,利用纳米乳化技术制备蓖麻精油纳米乳,以 Cas-3 基因表达和细胞周期状态作为抗癌指标测定其对 HepG2 细胞毒性活性,结果 81.4 nm 液滴能显著降低 HepG2 细胞活性<sup>[41]</sup>。

研究证明蓖麻种子提取物有潜力作为一种新的抗癌候选药物。蓖麻种子粗提物抑制肺癌细胞 A549 细胞迁移和自噬,通过激活 caspase-9 和 caspase-3 介导 A549 凋亡<sup>[42]</sup>。Shafiq 等<sup>[34]</sup>从蓖麻种子中分离出 5 种酚酸类化合物对 HepG2 具有抗癌活性。然而,蓖麻种子中提取的蓖麻毒素作为一种核糖体失活蛋白对人和动物具有很高的毒性,同时对多种类型的癌细胞均有毒性。Trung 等<sup>[43]</sup>研究发现蓖麻种子中提取的蓖麻毒素低浓度 ( $< 3 \text{ ng}/\text{mL}$ ) 可以减小肿瘤形成大小和促进黑色素瘤皮肤癌 SKMEL28 细胞凋亡,而对正常细胞 HaCaT 细胞无影响。蓖麻毒素对人体细胞高毒性的局限性仍然是一个需要克服的巨大挑战。而在肿瘤靶向治疗中,利用蓖麻毒素与能特异性识别肿瘤细胞的抗体或生长因子偶联起来构建重组蛋白毒素,进入体内后选择性杀死肿瘤细胞<sup>[4]</sup>。

## 2.2 抗糖尿病活性

Gad-Elkareem 等<sup>[44]</sup>以蓖麻叶片提取物饲喂链脲佐菌素诱导的糖尿病大鼠,与正常对照组、糖尿病对照组和标准药物格列本脲组进行比较,结果显示提取物能抑制糖尿病大鼠体重下降、维持正常状态、降低血糖水平。深入研究发现蓖麻中的部分萜类和生物碱类具有抗糖尿病活性。羽扇豆烷型三萜化合物 30-降羽扇豆- $3\beta$ -醇-20-酮(**66**)和羽扇豆-20(29)-烯- $3\beta$ ,15 $\alpha$ -二醇(**64**)对小鼠和人  $11\beta$ -羟基类固醇脱氢酶( $11\beta$ -HSD1)具有显著的抑制活性,对小鼠  $11\beta$ -HSD2 具有良好的选择性,对人  $11\beta$ -HSD2 选择性差,而抑制  $11\beta$ -HSD 的活性可使糖尿病患者的代谢作用正常<sup>[19]</sup>。20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  浓度的三种生物碱 3-羧基-4 甲氧基-N-甲基-2-吡啶酮(**134**)、蓖麻碱(**131**)、N-去甲基蓖麻碱(**132**)对蛋白酪氨酸磷酸酶 1B (PTP-1B)的抑制率分别为  $(6.34 \pm 1.79)\%$ 、 $(16.99 \pm 15.04)\%$  和  $(4.74 \pm 0.80)\%$ ,而 PTP-1B 是抗 2 型糖尿病和肥胖症的新靶点,N-甲基生物碱的抗糖尿病活性最强<sup>[17]</sup>。

## 2.3 抗氧化活性

研究发现蓖麻的抗氧化活性物质多为酚类和黄酮类化合物<sup>[22,25]</sup>。利用蓖麻水提取物合成的银纳米颗粒,测定证实酚类和黄酮类化合物与银结合后对 DPPH 自由基的清除能力(60.54%)显著高于水提物(44.49%)<sup>[45]</sup>。富含黄酮类化合物芦丁的蓖麻提取物具有清除 DPPH 和 ABTS 自由基的活性,能有效减轻地塞米松诱导的 C2C12 细胞肌管萎缩和线粒体氧化损伤<sup>[46]</sup>。此外蓖麻叶片中的鞣花酸、儿茶素和蓖麻毒素<sup>[47]</sup>以及低浓度蓖麻油<sup>[26]</sup>有显著的抗氧化活性。Abbas 等<sup>[48]</sup>发现蓖麻叶片和种子的抗氧化活性高于根、茎和果实,蓖麻甲醇提取物抑制了  $\text{H}_2\text{O}_2$  和 UV 对 pBR322 质粒 DNA 的氧化损伤,可用于自由基引起的疾病的防治。

## 2.4 抗炎和镇痛活性

Hussain 等<sup>[49]</sup>发现蓖麻叶片提取物中总酚和总黄酮含量较高,具有抗氧化活性,同时对二甲苯诱导的大鼠耳水肿以及鸡蛋蛋白、角叉菜胶诱导的足水肿具有抗炎活性。Valderramas 等<sup>[50]</sup>以从蓖麻油中提取的聚合物作为一种抗炎药,对大鼠耳水肿和足趾水肿两种模型局部涂抹八天后均有明显减轻水肿的作用。Srivastava 等<sup>[14]</sup>发现蓖麻根中分离的羽扇豆醇(**63**)及 erandone(**71**)在 100 mg/kg 剂量下对角叉菜胶诱导的小鼠后足水肿模型具有显著的抗炎活性,其中 Erandone(**71**)活性较强,羽扇豆醇(**63**)的抗炎作用是由于诱导促炎介质上调和角化细胞增殖。

在小鼠醋酸扭体实验中,蓖麻化学成分 Ricinoids A(**50**)和 Ricinoids B(**51**)两种倍半萜类化合物都能显著降低醋酸引起的扭体反应,镇痛效果呈剂量依赖性<sup>[8]</sup>。蓖麻镇痛活性化合物可能与中枢和外周抗痛觉作用相关,通过抑制前列腺素的合成抑制外周疼痛<sup>[51]</sup>。

## 2.5 抗生育活性

临床避孕药物大多作用于蜕膜组织,研究发现蓖麻种子中的甾醇类化合物体外抑制大鼠蜕膜基质细胞(DSC)的活力<sup>[19]</sup>。蓖麻对雄性动物的抗生育活性研究是近年来的关注点。Bhakta 等<sup>[52]</sup>发现蓖麻种子与两种植物的混合水提物饲喂雄性小鼠可以改变睾丸组织形态,避孕率达 75%;Sandhyakumary 等<sup>[53]</sup>发现蓖麻根提取物可以降低雄性大鼠的生殖性能,且停药后可逆转,对肝脏无损伤;McNeil 等<sup>[54]</sup>发现雄性大鼠腹腔注射蓖麻种子提取物给药后持续

6周抑制精子产生和精子活力,第7周后恢复正常,表明蓖麻种子提取物是一种有效但可逆的抗生精剂。蓖麻种子提取物对雄性大鼠具有可逆的抗生育及抗雄激素特性,可能通过降低雄性大鼠睾丸激素分泌而干扰雄性大鼠的生殖活动,机制可能位于下丘脑-垂体-性腺轴<sup>[55]</sup>。蓖麻可以作为一种潜在的男性避孕药,进而减轻女性的生育负担。

## 2.6 神经抑制剂活性

蓖麻果皮提取物对小鼠具有典型的中枢神经系统刺激作用,低剂量提取物改善巩固记忆,进一步分离出的蓖麻碱低剂量可以改善记忆,高剂量诱发癫痫,因此蓖麻碱有潜力成为治疗人类健忘症的药物,该研究发现蓖麻碱以外的化合物具有神经抑制剂的特性<sup>[27]</sup>。然而有研究发现口服蓖麻碱(60 mg/kg BW)对白化小鼠癫痫发作的抑制率为82.07%,与标准药物地西泮(30 mg/kg BW)的88.89%癫痫发作抑制率相比效果相当<sup>[28]</sup>。蓖麻碱的神经抑制剂活性有待进一步明确作用机理。Attanayake等<sup>[56]</sup>发

现蓖麻提取物中的生物碱对乙酰胆碱酯酶(AChE)有抑制活性,而阿尔茨海默病的治疗药物主要为AChE抑制剂,所以生物碱是合成新型抗胆碱酯酶药物的主要次生代谢物,是开发治疗阿尔茨海默病的候选新型药物制剂。除生物碱外,萜类化合物也具有神经抑制剂活性。倍半萜类化合物 ricinusoid A(**50**)和 ricinusoid B(**51**)的所有剂量都使小鼠自主活动显著降低,总体镇静效果呈剂量依赖性<sup>[8]</sup>。

## 2.7 抑菌作用

蓖麻的种子油、挥发油以及有机溶剂提取物对细菌和真菌具有抑制作用(见表11)。蓖麻叶片中类黄酮和单宁可能是抑菌活性的主要化合物,类黄酮与微生物细胞膜上的膜蛋白相互作用,破坏细胞膜及其通透性,而细胞膜转运蛋白和微生物黏附蛋白的失活可能是单宁抗菌活性的机制<sup>[57,58]</sup>。作为天然产物,蓖麻提取分离的成分能有效抑制病原菌,不会产生耐药性,具有替代抗生素的潜力。

表 11 蓖麻抑菌作用及活性成分

Table 11 Antimicrobial effects and active components of *R. communis*

| 菌种<br>Strains                           | 活性成分<br>Active component  |
|---|---|
| 金黄色葡萄球菌<br><i>Staphylococcus aureus</i> | 蓖麻油 <sup>[59]</sup> 、甲醇叶提取物 <sup>[57,58]</sup> 、蓖麻碱乙酰蓖麻酸衍生物 <sup>[60]</sup> 、三萜皂苷( <b>70</b> ) <sup>[18]</sup> 、齐墩烯三萜( <b>71</b> ) <sup>[14]</sup> 、甲醇果实提取物 <sup>[61]</sup> 、叶水提物合成纳米银粒子 <sup>[45]</sup> 、种子甲醇提物合成纳米金粒子 <sup>[62]</sup> 、种子蛋白水解物(抗菌肽) <sup>[63]</sup> |
| 粪肠球菌<br><i>Enterococcus faecalis</i>    | 蓖麻油 <sup>[59]</sup>   |
| 枯草芽孢杆菌<br><i>Bacillus subtilis</i>      | 蓖麻油 <sup>[59]</sup>   |
| 大肠杆菌<br><i>Escherichia coli</i>         | 蓖麻油 <sup>[59]</sup> 、甲醇叶提取物 <sup>[57,58]</sup> 、蓖麻碱乙酰蓖麻酸衍生物 <sup>[60]</sup> 、三萜皂苷( <b>70</b> ) <sup>[18]</sup> 、齐墩烯三萜( <b>71</b> ) <sup>[14]</sup> 、甲醇果实提取物 <sup>[61]</sup> 、叶水提物合成纳米银粒子 <sup>[45]</sup> 、种子甲醇提物合成纳米金粒子 <sup>[62]</sup> 、种子蛋白水解物(抗菌肽) <sup>[63]</sup> |
| 铜绿假单胞菌<br><i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 蓖麻油 <sup>[59]</sup> 、甲醇叶提取物 <sup>[57,58]</sup> 、乙醇根提取物 <sup>[36]</sup> 、叶水提物合成纳米银粒子 <sup>[45]</sup> 、种子甲醇提物合成纳米金粒子 <sup>[62]</sup>  |
| 伤寒沙门氏菌<br><i>Salmonella typhi</i>       | 蓖麻油 <sup>[59]</sup> 、种子甲醇提物合成纳米金粒子 <sup>[62]</sup>  |
| 肺炎克雷伯菌<br><i>Klebsiella pneumoniae</i>  | 甲醇叶提取物 <sup>[57,58]</sup> 、三萜皂苷( <b>70</b> ) <sup>[18]</sup> 、齐墩烯三萜( <b>71</b> ) <sup>[14]</sup> 、甲醇果实提取物 <sup>[61]</sup> 、种子甲醇提物合成纳米金颗粒 <sup>[62]</sup>  |
| 蜡样芽孢杆菌<br><i>Bacillus cereus</i>        | 种子甲醇提物合成纳米金颗粒 <sup>[62]</sup>   |
| 白色念珠菌<br><i>Candida albicans</i>        | 甲醇叶提取物 <sup>[7,57]</sup> 、乙醇根提取物 <sup>[36]</sup> 、甲醇果实提取物 <sup>[61]</sup>   |
| 霍乱弧菌<br><i>Salmonella choleraesuis</i>  | 乙醇叶片提取物 <sup>[36]</sup>   |
| 烟曲霉<br><i>Aspergillus fumigatus</i>     | 三萜皂苷( <b>70</b> ) <sup>[18]</sup>   |
| 黄曲霉<br><i>Aspergillus flavus</i>        | 水叶提物 <sup>[57]</sup> 、甲醇果实提取物 <sup>[61]</sup> 、蓖麻碱 <sup>[64]</sup>  |

续表 11 (Continued Tab. 11)

| 菌种<br>Strains                            | 活性成分<br>Active component                        |
|--|---|
| 黑曲霉 <i>Aspergillus niger</i>             | 蓖麻碱 <sup>[64]</sup> 、甲醇叶提取物 <sup>[65]</sup>     |
| 镰刀菌 <i>Fusarium species</i>              | 甲醇叶提取物 <sup>[57]</sup> 、甲醇果实提取物 <sup>[61]</sup> |
| 葡萄孢菌 <i>Botrytis cinerea</i>             | 蓖麻碱 <sup>[64]</sup>                             |
| 帚霉变种 <i>Scopulariopsis</i> sp.           | 蓖麻碱 <sup>[64]</sup>                             |
| 芒植毛癣菌 <i>Trichophyton mentagrophytes</i> | 蓖麻碱 <sup>[64]</sup>                             |
| 红毛癣菌 <i>Trichophyton rubrum</i>          | 蓖麻碱 <sup>[64]</sup>                             |
| 烟草赤星病菌 <i>Alternaria alternata</i>       | 三萜皂苷(70) <sup>[18]</sup>                        |
| 黑线炭疽菌 <i>Colletotrichum dematium</i>     | 三萜皂苷(70) <sup>[18]</sup>                        |

## 2.8 杀虫活性

蓖麻富含酚类、萜类等杀虫活性物质,其提取物已广泛用作杀虫剂,对威胁人类健康蚊虫、寄生虫及植物害虫具有杀成虫、幼虫、抑制产卵、抑制羽化成

虫等活性(见表 12)。这些植物化学物质具有高度特异性、快速可生物降解、生态友好、对人体健康毒性较小的特点,可作为一种有效的、环境可持续的天然生物杀虫剂。

表 12 蓖麻杀虫活性成分及作用

Table 12 Insecticidal effects and active components of *Ricinus communis*

| 害虫<br>Insect                                      | 活性成分及作用<br>Active component and effect        |
|---|---|
| 埃及伊蚊 <i>Aedes aegypti</i>                         | 甲醇种子提取物/杀 4 龄幼虫 <sup>[66]</sup>               |
| 库态按蚊 <i>Anopheles culicifacies</i>                | 甲醇种子提取物/杀 4 龄幼虫 <sup>[66]</sup>               |
| 冈比亚按蚊 <i>Anopheles gambiae</i>                    | 蓖麻碱、3-羧基-4 甲氧基-N-甲基-2-吡啶酮/杀成虫 <sup>[29]</sup> |
| 尖音库蚊 <i>Culex pipiens</i>                         | 叶片水提取/杀 4 龄幼虫 <sup>[67]</sup>                 |
| 高粱蚜 <i>Melanaphis sacchari</i>                    | 叶片中提取的肉豆蔻酸、硬脂酸/杀虫 <sup>[68]</sup>             |
| 小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i>                    | 蓖麻油乳剂/杀幼虫、抑制产卵、诱导高比例雄性后代 <sup>[69]</sup>      |
| 蓖麻粉虱 <i>Trialeurodes ricini</i>                   | 叶片中分离的酚类、萜类、单宁类化合物/趋避作用 <sup>[70]</sup>       |
| 条纹粉蚧 <i>Ferrisia virgata</i>                      | 叶片中分离的萜类、单宁类化合物/趋避作用、引诱作用 <sup>[70]</sup>     |
| 木槿曼粉蚧 <i>Maconellicoccus hirsutus</i>             | 饼稻水提取物/防治作用 <sup>[71]</sup>                   |
| 扇头微小牛虻 <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> | 乙醇叶片提取物/杀虫、抑制产卵 <sup>[72]</sup>               |
| 婴儿利什曼虫 <i>Leishmania infantum</i>                 | 乙醇叶片提取物/抑制无鞭毛体和前鞭毛体 <sup>[73]</sup>           |
| 疟原虫 <i>Plasmodium berghei berghei</i>             | 蓖麻籽水提取物/抑制活性 <sup>[74]</sup>                  |

## 2.9 其他药理活性

蓖麻提取物还具有抗病毒、抗溃疡、创伤愈合、平喘、护肝等活性。在抗病毒方面, Wang 和 Ng<sup>[75]</sup> 研究发现蓖麻凝集素直接抑制 HIV-1 逆转录酶活性对  $\alpha$ -和  $\beta$ -葡萄糖苷酶有抑制作用, HIV-1 逆转录酶

对 HIV 病毒复制至关重要,  $\alpha$ -和  $\beta$ -葡萄糖苷酶在高尔基体中与 HIV 病毒蛋白质加工有关,前者与 HIV 糖反应有关;最新研究发现蓖麻叶片提取物有较强的抗甲型肝炎病毒(HAV)复制活性<sup>[23]</sup>。在抗溃疡方面,蓖麻叶片提取物对阿司匹林诱导的家兔胃溃

疡的保护作用为 69.25%, 而标准药物雷尼替丁的保护作用为 72.17%, 对非甾体抗炎药患者具有胃保护作用<sup>[76]</sup>。在创伤愈合方面, 由于蓖麻提取物中富含抗炎、抗氧化活性物质, 对 MDCK 正常细胞系有显著的细胞活性, 在孵育 3~9 h 后, 诱导的 MDCK 细胞系创面直径显著减小, 12 h 后创面完全愈合<sup>[77]</sup>。在平喘方面, Taur 等<sup>[78]</sup>发现蓖麻根乙醇提取物降低了牛奶诱导的小鼠白细胞增多和嗜酸性粒细胞增多, 能稳定抗原诱导的肥大细胞, 抑制过敏反应中组胺的释放, 并具有抗过敏作用, 对哮喘有良好的治疗作用, 结合植物化学分析结果认为蓖麻根提取物的平喘活性成分可能是黄酮或皂苷。在护肝方面, 蓖麻碱(131)和 *N*-去甲基蓖麻碱(132)对半乳糖胺诱导的大鼠肝损伤有显著的保护活性, *N*-去甲基蓖麻碱(132)的活性更强<sup>[79]</sup>; 而 Babu 等<sup>[80]</sup>以蓖麻叶片甲醇提取物处理由 *D*-半乳糖胺诱导的大鼠急性肝炎后, 肝脏的酶活性、谷胱甘肽和丙二醛水平均有显著改变, 组织病理学观察也显示提取物对肝脏具有明显的保护和治疗作用。另外, 蓖麻油用作外用滴眼液, 临床上明显改善眼表疾患的症状和临床体征、副作用极小或无副作用, 在治疗睑缘炎、睑板腺功能障碍和干眼方面具有潜力<sup>[81]</sup>。

### 3 毒性研究

蓖麻中的有毒成分包括: 蓖麻毒素、蓖麻碱、血球凝集素和蓖麻变应原。其中蓖麻毒素毒性最强, 由抑制蛋白质合成的 A 链和与动物细胞膜表面半乳糖配体相连的 B 链构成, 对小鼠致死 LD<sub>50</sub> 为静脉注射 2~8 μg/kg BW, 腹腔注射 2.4~36 μg/kg BW, 人的致死剂量是 5~10 μg/kg BW, 而蓖麻毒素是可溶性白色粉末, 正常环境下稳定, 在 80 °C 下加热 10 min 或 50 °C 加热 1 h 降解<sup>[82]</sup>。蓖麻碱毒性次于蓖麻毒素, 熔点高达 200 °C, 不能通过热处理灭活, 蓖麻碱可诱发严重的神经系统疾病, 引起小鼠亢进、癫痫、呼吸停止至死亡, 对小鼠致死 LD<sub>50</sub> 为腹腔注射 340 mg/kg, 口服 3 g/kg, 蓖麻碱稳定存在于尿液中, 因此是检测蓖麻毒素的指标<sup>[83]</sup>。蓖麻变应原是一种糖蛋白, 具有强烈过敏性, 1 mg/kg 的变应原水溶液对过敏患者有阳性反应, 过敏反应症状包括眼睛发红、鼻子烫疼、气喘, 但不会致死<sup>[112]</sup>。蓖麻凝集素与蓖麻毒素高度同源, 其 A 链同源性超过 93%, B 链同源性超过 84%, 但毒性是蓖麻毒素的百分之一, 蓖麻凝集素对红细胞有亲和力, 导致凝集和溶血, 只有静脉注射才引起临床溶血<sup>[84]</sup>。

蓖麻毒素主要存在于种子中, 叶片也含有较低的蓖麻毒素, 蓖麻鲜叶提取物饲喂小鼠导致肝脏和肾脏切片的组织病理学改变, 伴随血清丙氨酸转氨酶、碱性磷酸酶和天门冬氨酸转氨酶水平均显著升高<sup>[85]</sup>。有研究发现蓖麻各个部位的甲醇提取物对牛的红细胞具有轻度到中度的细胞毒性<sup>[48]</sup>。在误食蓖麻叶片、种子、果皮后的山羊中观察到蓖麻碱中毒死亡率低、无明显病变, 但蓖麻毒素和蓖麻碱的共同作用会导致山羊出现急性中毒症状<sup>[86]</sup>。

### 4 结语与展望

本文对蓖麻的化学成分和药理活性进行总结, 从蓖麻中分离鉴定及检测出近两百个化合物, 包括挥发油成分、萜类、甾醇类、黄酮类、脂肪酸类、生育酚类、生物碱类、酚酸类和香豆素类等, 这些化合物具有抗糖尿病、抗炎、护肝、镇静、抑菌等药理作用。蓖麻生物活性大多是基于蓖麻粗提物的活性研究, 对于多数分离出的单体化合物的药理作用机制研究不全面, 深入研究单体化合物的生物活性及作用机理, 突破蓖麻粗提物中有毒成分的限制, 更利于发掘蓖麻的药效成分。而蓖麻有毒成分也有较高的药用价值, 蓖麻碱有潜力作为神经抑制剂, 蓖麻毒蛋白在临床上具有广谱的抗肿瘤活性, 结合纳米技术用于靶向治疗。蓖麻在抑菌和杀虫方面活性显著, 对人类健康无危害, 对生态环境无污染, 有潜力开发成为植物源杀菌剂和绿色农药。

蓖麻作为一种传统的药用植物, 多被用作中医药方或民间偏方治疗疾病, 虽然已有少数药用产品开发上市, 蓖麻还有巨大的药用价值开发潜力。现今蓖麻油的工业衍生产品已有两千多种, 产业发展生机勃勃, 如果充分利用蓖麻籽以外的生物量, 增加附加值, 有利于推动国内蓖麻种植业发展。总之, 深入研究蓖麻的化学成分和及其药理作用机制, 对蓖麻综合开发利用具有重要意义。

### 参考文献

- 1 Flora of China Editorial Committee of Chinese Academy of Sciences. The Flora of China (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1996, 44: 88-89.
- 2 Sun ZJ, et al. Castor industry development: from cultivation to product exploitation [J]. J Chin Agric Univ (中国农业大学学报), 2012, 17: 204-214.
- 3 Jia MR. Chinese National Medicine Records (中国民族药志要) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2005, 519-520.

- 4 Li CH. Detection and application in targeting antitumor of ricin [D]. Chongqing: Southwest University (西南大学), 2018.
- 5 Darmanin S, et al. An extract from *Ricinus communis* L. leaves possesses cytotoxic properties and induces apoptosis in SK-MEL-28 human melanoma cells [J]. Nat Prod Res, 2009, 23:561-571.
- 6 Kadri A, et al. Chemical composition and *in vitro* antioxidant properties of essential oil of *Ricinus communis* L. [J]. J Med Plants Res, 2011, 5:1466-1470.
- 7 Shih H, et al. Hexane and ethanol extracted seed oils and leaf essential compositions from two castor plant (*Ricinus communis* L.) varieties [J]. Ind Crop Prod, 2018, 122:174-181.
- 8 Farooq U, et al. Sedative and antinociceptive activities of two new sesquiterpenes isolated from *Ricinus communis* [J]. Chin J Nat Med, 2018, 16:225-230.
- 9 Li SH, et al. Terpenoids and sterols from *Ricinus communis* and their activities against diabetes [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2014, 39:448-452.
- 10 Robinson DR, et al. Biosynthesis of cyclic diterpenes in extracts from seedlings of *Ricinus communis* L. identification of diterpene hydrocarbons formed from mevalonate [J]. Biochemistry, 1970, 9:70-79.
- 11 Sitton D, et al. Casbene: An anti-fungal diterpene produced in cell-free extracts of *Ricinus communis* seedlings [J]. Phytochemistry, 1975, 14:1921-1925.
- 12 Tan QG, et al. Three terpenoids and a tocopherol - related compound from *Ricinus communis* [J]. Helv Chim Acta, 2009, 92:2762-2768.
- 13 Zhang SN, et al.  $3\alpha, 19$ -Dihydroxyl-ent-pimara-8 (14), 15-diene, a new diterpenoid from the rhizomes of *Ricinus communis* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2019, 21:522-527.
- 14 Srivastava P, et al. New anti-inflammatory triterpene from the root of *Ricinus communis* [J]. Nat Prod Res, 2014, 28:306-311.
- 15 Tang ZN, et al. Chemical constituents from roots of *Ricinus communis* [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2012, 43:15-19.
- 16 Ohishi K, et al. Ricinine: a pyridone alkaloid from *Ricinus communis* that activates the Wnt signaling pathway through casein kinase  $1\alpha$  [J]. Bioorgan Med Chem, 2014, 22:4597-4601.
- 17 Tan YN, et al. Pyridone alkaloids from the leaves of *Ricinus communis* and their inhibitory effect against protein tyrosine phosphatase 1B [J]. Chem Nat Compd +, 2019, 55:395-397.
- 18 Acharya C, et al. A triterpenoid saponin from the seeds of *Ricinus communis* and its antimicrobial activity [J]. Chem Nat Compd +, 2013, 49:54-57.
- 19 Zhang X, et al. Bioassay-guided fractionation of antifertility components of castorbean (*Ricinus communis* L.) seed extracts [J]. Nat Prod Res, 2007, 21:982-989.
- 20 Bigi MFM, et al. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* [J]. Pest Manag Sci, 2004, 60:933-938.
- 21 Mittal A, et al. New phenolic methyl esters and arachidonyl arabinoside from the roots of *Ricinus communis* L. [J]. Der Pharm Lett, 2012, 4:1461-1466.
- 22 Singh PP, et al. Activity guided isolation of antioxidants from the leaves of *Ricinus communis* L. [J]. Food Chem, 2009, 114:1069-1072.
- 23 Elkousy RH, et al. Antiviral activity of castor oil plant (*Ricinus communis*) leaf extracts [J]. J Ethnopharmacol, 2021, 271:113878.
- 24 Kang SS, et al. Alkaloids and flavonoids from *Ricinus communis* [J]. J Nat Prod, 1985, 48:155-156.
- 25 Wafa G, et al. Larvicidal activity, phytochemical composition, and antioxidant properties of different parts of five populations of *Ricinus communis* L. [J]. Ind Crop Prod, 2014, 56:43-51.
- 26 Oloyede GK. Antioxidant activities of methyl ricinoleate and ricinoleic acid dominated *Ricinus communis* seeds extract using lipid peroxidation and free radical scavenging methods [J]. Res J Med Plant, 2012, 6:511-520.
- 27 Ferraz AC, et al. Pharmacological evaluation of ricinine, a central nervous system stimulant isolated from *Ricinus communis* [J]. Pharmacol Biochem Be, 1999, 63:367-375.
- 28 Tripathi AC, et al. Phytochemical investigation characterisation and anticonvulsant activity of *Ricinus communis* seeds in mice [J]. Nat Prod Res, 2011, 25:1881-1884.
- 29 Wachira SW, et al. Toxicity of six plant extracts and two pyridone alkaloids from *Ricinus communis* against the malaria vector *Anopheles gambiae* [J]. Parasite Vector, 2014, 7:312.
- 30 Pham NKT, et al. Ricicomin A, a new alkaloid from the leaves of *Ricinus communis* Linn [J]. Nat Prod Res, 2022, 36:1973-1979.
- 31 Deng Q, et al. Chemical constituents from *Ricinus communis* and their activities against diabetes [J]. West China J Pharm Sci (华西药学杂志), 2015, 30:442-444.
- 32 Lee HJ, et al. Ricinine metabolism and translocation in *Ricinus communis* [J]. Phytochemistry, 1972, 11:965-973.

- 33 Rumape O, et al. Isolating antifidan compounds of keypar castor seeds(*Ricinus communis* L.) to the beetle *Epilachna varivestis* mulsant (Coleoptera: Coccinelidae). [J]. Int J ChemTech Res, 2014, 6; 3784-3790.
- 34 Shafiq N, et al. Structure-based experimental and theoretical analysis of *Ricinus communis* for their HepG2 human carcinoma cell line inhibitors[J]. Process Biochem, 2021, 104; 152-160.
- 35 Khafagy SM, et al. Coumarins and flavonoids of *Ricinus communis* growing in Egypt[J]. Planta Med, 1979, 37; 191.
- 36 Santos PM, et al. Identification of antioxidant and antimicrobial compounds from the oilseed crop *Ricinus communis* using a multiplatform metabolite profiling approach[J]. Ind Crop Prod, 2018, 124; 834-844.
- 37 Hajrah NH, et al. Gene expression profiling to elucidate the pharmacological and toxicological effects of *Ricinus communis* L. leaf extract in mammalian cells[J]. Biotechnol Biotec Eq, 2019, 33; 397-407.
- 38 Mabasa R, et al. *Ricinus communis* butanol fraction inhibits MCF-7 breast cancer cell migration, adhesion, and invasiveness[J]. Integr Cancer Ther, 2021, 20; 1534735420977684.
- 39 Majumder M, et al. *Ricinus communis* L. fruit extract inhibits migration/invasion, induces apoptosis in breast cancer cells and arrests tumor progression *in vivo*[J]. Sci Rep-UK, 2019, 914493.
- 40 Soto KM, et al. Gold nanoparticles synthesized with common mullein(*Verbascum thapsus*) and castor bean (*Ricinus communis*) ethanolic extracts displayed antiproliferative effects and induced caspase 3 activity in human HT29 and SW480 cancer cells[J]. Pharmaceutics, 2022, 14; 2069.
- 41 Javanshir A, et al. The antioxidant and anticancer potential of *Ricinus communis* L. essential oil nanoemulsions[J]. J Food Meas Charact, 2020, 14; 1356-1365.
- 42 Herawati IE, et al. Cytotoxicity, apoptosis, migration inhibition, and autophagy-induced by crude ricin from *Ricinus communis* seeds in A549 lung cancer cell lines[J]. Med Sci Monit Basic, 2022, 28; e936683-1.
- 43 Trung NN, et al. Effects of ricin extracted from seeds of the castor bean(*Ricinus communis*) on cytotoxicity and tumorigenesis of melanoma cells[J]. Biomed Res Ther, 2016, 3; 1-12.
- 44 Gad-Elkareem MA, et al. Potential antidiabetic effect of ethanolic and aqueous-ethanolic extracts of *Ricinus communis* leaves on streptozotocin-induced diabetes in rats[J]. PeerJ, 2019, 7; e6441.
- 45 Attanayake AP, et al. Acetylcholinesterase inhibitory activity and antioxidant activity of selected medicinal plant extracts used against cognitive dysfunction and memory loss in Sri Lankan traditional medicine[J]. Asian J Pharm Res Dev, 2018, 6; 16-25.
- 46 Mintiwab A, et al. Evaluation of phytochemical components, antioxidant and antibacterial activities of silver nanoparticles synthesized using *Ricinus communis* leaf extracts[J]. Vegetos, 2021, 34; 606-618.
- 47 Lee H, et al. Castor oil plant(*Ricinus communis* L.) leaves improve dexamethasone-induced muscle atrophy via Nr2 activation[J]. Front Pharmacol, 2022, 13; 891762.
- 48 Vasco-Leal JF, et al. Valorization of Mexican *Ricinus communis* L. leaves as a source of minerals and antioxidant compounds[J]. Waste Biomass Valori, 2021, 12; 2071-2088.
- 49 Abbas M, et al. Mutagenicity, cytotoxic and antioxidant activities of *Ricinus communis* different parts[J]. Chem Cent J, 2018, 12; 3.
- 50 Hussain A, et al. *In vitro* Antioxidant activity and *in vivo* anti-inflammatory effect of *Ricinus communis* (L.) and *Withania somnifera* (L.) hydroalcoholic extracts in rats[J]. Braz Arch Biol Techn, 2022, 64; e21200783.
- 51 Valderramas AC, et al. Antiinflammatory activity of *Ricinus communis* derived polymer [J]. Braz J Oral Sci, 2008, 7; 1666-1672.
- 52 Hussain A, et al. Antipyretic and antinociceptive potential of *Ricinus communis* L. and *Withania somnifera* L. hydroalcoholic extracts in Wistar rats; a comparative study [J]. Pak J Pharm Sci, 2021, 34; 1879-1884.
- 53 Bhakta S, et al. Herbal contraceptive effect of *Abrus precatorius*, *Ricinus communis*, and *Syzygium aromaticum* on anatomy of the testis of male Swiss albino mice[J]. J Adv Biotechnol Exp Ther, 2019, 2; 36-43.
- 54 Sandhyakumary K, et al. Antifertility effects of *Ricinus communis* (Linn) on rats[J]. Phytother Res, 2003, 17; 508-511.
- 55 McNeil RT, et al. *Ricinus communis*-Linn (castor plant), male contraceptives and reproductive health of women [J]. Afr J Reprod Health, 2021, 25; 135-141.
- 56 Raji Y, et al. Effect of methanol extract of *Ricinus communis* seed on reproduction of male rats[J]. Asian J Androl, 2006, 8; 115-121.
- 57 Charity MU, et al. Evaluation of antimicrobial activity of methanolic leaf extract of *Ricinus communis* against some clinical isolates[J]. Pharmacologyonline, 2021, 3; 428-436.
- 58 Kebede B, et al. *In vitro* antibacterial and antifungal activities of extracts and fractions of leaves of *Ricinus communis* Linn against selected pathogens [J]. Vet Med Sci, 2022, 8; 1802-1815.
- 59 Awatif AM, et al. Antibacterial activity and fatty acid compo-



- sition of sudanese castor bean (*Ricinus communis* L.) seed oil [J]. Arab J Med Arom Plants, 2018, 4: 1-8.
- 60 El-Naggar MH, et al. Antimicrobial and anti-quorum-sensing activity of *Ricinus communis* extracts and ricinine derivatives [J]. Nat Prod Res, 2018, 33: 1556-1562.
- 61 Khan ZU, et al. Antimicrobial and antioxidant activities of *Ricinus communis* L. fruit [J]. Nat Volatiles Essent Oils, 2021, 8: 8585-8588.
- 62 Rahman TU, et al. Phytochemical screening, green synthesis of gold nanoparticles, and antibacterial activity using seeds extract of *Ricinus communis* L [J]. Microsc Res Techniq, 2022, 85: 202-208.
- 63 Raharjo T, et al. Antibacterial peptides from tryptic hydrolysate of *Ricinus communis* seed protein fractionated using cation exchange chromatography [J]. Indones J Pharm, 2021, 32: 74-85.
- 64 Saravana Kumar P, et al. Rapid isolation of ricinine, a pyridone alkaloid from *Ricinus communis* (L.) with antifungal properties [J]. J Biol Act Prod Nat, 2022, 12: 33-41.
- 65 Carolina A, et al. Antifungal activity of castor (*Ricinus communis* L.) leaves methanolic extract on *Aspergillus niger* [J]. Int Food Res J, 2019, 26: 595-598.
- 66 Sogan N, et al. Larvicidal activity of *Ricinus communis* extract against mosquitoes [J]. J Vector Dis, 2018, 55: 282.
- 67 Aouinty B, et al. Toxicity investigation of aqueous extract from different parts of *Ricinus communis* against *Culex pipiens* larvae [J]. Am J Innov Res Appl Sci, 2018, 6: 35-40.
- 68 Sotelo-Leyva C, et al. Insecticidal compounds in *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) to control *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) [J]. Fla Entomol, 2020, 103: 91-95.
- 69 Kodjo TA, et al. Bio-insecticidal effects of plant extracts and oil emulsions of *Ricinus communis* L. (Malpighiales; Euphorbiaceae) on the diamondback, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) under laboratory and semi-field conditions [J]. J Appl Biosci, 2011, 43: 2899-2914.
- 70 Helmi A, et al. Repellency effect of some biochemical extracts of castor bean leaf on two sap-sucking insect pests [J]. J Appl Biosci, 2011, 43: 2899-2914.
- 71 Holtz AM, et al. Toxicity aqueous extract of castor bean (*Ricinus communis*) to *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) [J]. J Exp Agric Int, 2019, 38: 1-6.
- 72 Ghosh S, et al. Acaricidal properties of *Ricinus communis* leaf extracts against organophosphate and pyrethroids resistant *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* [J]. Vet Parasitol, 2013, 192: 259-267.
- 73 Rondon FC, et al. *In vitro* effect of *Aloe vera*, *Coriandrum sativum* and *Ricinus communis* fractions on *Leishmania infantum* and on murine monocytic cells [J]. Vet Parasitol, 2011, 178: 235-240.
- 74 Ubulom PM, et al. *In vivo* antiplasmodial potential of aqueous seed extract of *Ricinus communis* [J]. J. Herbmed Pharmacol, 2019, 8: 133-138.
- 75 Wang HX, et al. Examination of lectins, polysaccharopeptide, polysaccharide, alkaloid, coumarin and trypsin inhibitors for inhibitory activity against human immunodeficiency virus reverse transcriptase and glycohydrolases [J]. Planta Med, 2001, 67: 669-672.
- 76 Bari MU, et al. Phytochemical analysis and evaluation of ameliorating potential of *Ricinus communis* leaves extract against aspirin-induced gastric ulcer in rabbits [J]. Pak J Agr Sci, 2021, 58: 1635-1642.
- 77 Khafaji DAAL, et al. Effect of *Ricinus communis* aqueous leaf extract on the healing of wound. an *in vitro* study in the cell line [J]. J Pharm Negat Result, 2022, 13: 395-402.
- 78 Taur DJ, et al. Antiasthmatic activity of *Ricinus communis* L. roots [J]. Asian Pac J Trop Bio, 2011, 1: S13-S16.
- 79 Visen P, et al. Hepatoprotective activity of *Ricinus communis* leaves [J]. Int J Pharmacol, 1992, 30: 241-250.
- 80 Babu PR, et al. Hepatoprotective role of *Ricinus communis* leaf extract against *D*-galactosamine induced acute hepatitis in albino rats [J]. Biomed Pharmacother, 2017, 88: 658-666.
- 81 Sandford EC, et al. Therapeutic potential of castor oil in managing blepharitis, meibomian gland dysfunction and dry eye [J]. Clin Exp Optom, 2021, 104: 315-322.
- 82 Bradberry SM, et al. Ricin poisoning [J]. Toxicological reviews, 2003, 22: 65-70.
- 83 Verougstraete N, et al. Lethal Injection of a castor bean extract; ricinine quantification as a marker for ricin exposure using a validated LC-MS/MS method [J]. J Anal Toxicol, 2019, 43: e1-e5.
- 84 Franke H, et al. Ricin and *Ricinus communis* in pharmacology and toxicology-from ancient use and “Papyrus Ebers” to modern perspectives and “poisonous plant of the year 2018” [J]. N-S Arch Pharmacol, 2019, 392: 1181-1208.
- 85 Gebeslassie H, et al. Biochemical and pathological assessment of *Ricinus communis* leaf extract administration on liver and kidney in mice [J]. Int J Med Biomed Stud, 2019, 3: 126-133.
- 86 Machado M, et al. Neurological and gastrointestinal manifestations of spontaneous poisoning by *Ricinus communis* in goats [J]. Toxicon, 2022, 214: 74-77.