

# 植物皂苷生物活性研究进展

李佳, 王成章, 严学兵, 吕超, 刘艳娜, 许来俊

(河南农业大学牧医工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**植物皂苷广泛分布于自然界且资源丰富,因其具有抗肿瘤、提高动物免疫力、能调节脂类代谢等多种生物活性,而具有很大的研究价值和开发前景。本研究综述了植物皂苷的结构、生物功能和在动物生产中的应用价值,旨在为进一步的开发利用提供科学参考。

**关键词:**皂苷;生物活性;应用

**中图分类号:**Q94      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-0629(2012)03-0488-07

药物残留问题制约着养殖业的发展,寻求生物活性广泛且无毒害的替代品已成为当务之急,在这种大环境下植物提取物的研究备受关注。皂苷(Saponins)是一类天然植物的提取物,且在植物茎、叶和根中都有发现。皂苷结构复杂,它的水溶液振荡时能产生大量持久的蜂窝状泡沫,与肥皂相似,故名皂苷<sup>[1]</sup>。常见的植物如苜蓿(*Medicago sativa*)、大豆(*Glycine max*)等,一些中草药如人参(*Panax ginseng*)、三七(*P. notoginseng*)、绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)及海洋生物中都含有大量皂苷<sup>[2]</sup>。近年来,随着提取与分离技术的不断提高,人类对皂苷的化学结构和生物活性的认识取得了很大进展;又因其是天然植物提取物而具有无残留、毒副作用小、不会对动物产生抗药性等优点。本研究从植物皂苷的结构、生物活性以及在动物生产中的最新应用进展等方面做一综述,以期推进植物皂苷在实际生产中的应用。

## 1 皂苷的结构与分类

皂苷是由皂苷元、糖和糖醛酸(或其他有机酸)组成。组成皂苷常见的糖有葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖及其他戊糖类<sup>[3]</sup>。根据其皂苷元可将皂苷分为三萜皂苷与甾体皂苷。三萜皂苷的皂苷元由30个碳原子组成,基本骨架为齐墩果烷,已发现含三萜皂苷的植物有600多种,在豆科、报春花科、五加科、葫芦科、伞形花科等植物中比较普遍。其中以五环三萜为常见,许多中草药如人参、三七等都有不等含量;四环三萜型皂苷中以达玛烷型

(Dammarane Type)研究较深入,其生理活性也被较多关注。甾体皂苷的皂苷元由27个碳原子组成,其基本骨架称为螺旋甾烷(Spirostane)及其异构体异螺旋甾烷(Isospirostane)<sup>[4]</sup>。在植物中已发现的甾体皂苷元有近百种,主要存在于单子叶植物百合科的丝兰属、菝葜科、龙食兰科、薯蕷科等,双子叶植物中也有发现,如豆科、茄科、玄参科等。

皂苷的复杂性与多样性是由糖链的结构差异决定的。皂苷中的糖链一般较短,含2~5个糖基且组成比较简单,主要包含的糖基有D-葡萄糖(D-Glc)、D-木糖(D-Xyl)、D-半乳糖(D-Gal)、D-岩藻糖(D-Fuc)、L-阿拉伯糖(L-Ara)、L-鼠李糖(L-Rha)、D-葡萄糖醛酸(D-GlcA)和D-半乳糖醛酸(D-GalA)等,但其结构变化非常多,同时皂苷糖链上的自由羟基经常有修饰基,如乙酰基、硫酸基或其他有机酸(如桂皮酸、阿魏酸)等。很多研究报道,糖链的连接方式与组成不同导致了皂苷在生物活性上的差异<sup>[5]</sup>。

## 2 皂苷的生物活性

### 2.1 抗肿瘤活性及机制

**2.1.1 抑制肿瘤细胞的增殖与诱导凋亡** 在正常的生物体中,细胞的增殖与凋亡是动态平衡的,一旦细胞分裂失控,将会引起无限增殖与生长,而细胞凋亡不足也是肿瘤的发病原因之一。加拿大学者 Rao<sup>[6]</sup>研究发现,大豆皂苷能抑制人结肠癌 HCT-15 细胞株为靶细胞的生长,揭示大豆皂苷有抑制癌细胞增

收稿日期:2011-08-05      接受日期:2011-12-06  
基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-35)  
作者简介:李佳(1985-),女,河南新乡人,在读硕士生,主要从事动物营养与饲料方面的研究。E-mail:lijiahnd@163.com  
通信作者:王成章 E-mail:wangchengzhang@263.net

殖的作用。王吉等<sup>[7]</sup>用透射电子显微镜观察到,人参皂苷 Rg3 作用于体外培养的中分化胃癌细胞株 SGC-7901 24 和 48 h 时,该癌细胞株均发生凋亡且呈现典型的凋亡细胞结构。随着时间延长,凋亡细胞数量明显增多,提示人参皂苷 Rg3 也能通过诱导细胞凋亡发挥抗肿瘤作用。人参皂苷 Rh2 也能抑制白血病细胞 HL60 的增殖且促进其分化作用<sup>[8]</sup>。以上研究表明,植物皂苷能有效抑制癌细胞的增殖与诱导癌细胞的凋亡,其主要通过这种途径发挥抗肿瘤活性。

**2.1.2 抑制肿瘤转移** 淋巴道转移是肿瘤转移的重要途径,许多肿瘤早期转移大部分以淋巴道转移为主,新生血管为肿瘤的生长与转移提供营养。李明秋等<sup>[9]</sup>发现,人参皂苷 Rg3 明显抑制体外培养的淋巴管内皮细胞的生长、增殖、游走与迁移,推测其机制可能是阻断内皮细胞膜受体与条件培养液中的淋巴管形成因子结合,从而抑制内皮细胞增殖和迁移。植物皂苷通过抑制淋巴管内皮细胞的生长从而降低早期肿瘤经淋巴道转移的概率,间接减少早期肿瘤发生发展的可能性。

**2.2 免疫功能的调节** 植物皂苷通过促进免疫器官、细胞及细胞因子的功能来提高机体的免疫力。Yen 等<sup>[10]</sup>报道,腹腔注射柴胡皂苷的小鼠胸腺、脾脏质量增加,巨噬细胞聚集且吞噬作用加强,并刺激了 T、B 淋巴细胞的免疫调节,增强了特异性与非特异性免疫。人参皂苷 Rg3 能明显提高正常小鼠胸腺的质量,增大腹腔巨噬细胞吞噬百分比和吞噬指数;也明显提高荷瘤小鼠脾细胞对脂多糖(Lipopolysaccharide, LPS)的增殖反应,推断人参皂苷 Rg3 通过增加小鼠胸腺的质量来促进 T 细胞增殖,可能具有促进细胞免疫的功能。免疫细胞主要包括淋巴细胞、单核/巨噬细胞、粒细胞等,它是参与免疫应答或与免疫应答相关的细胞。Ikemoto 等<sup>[11]</sup>研究表明,苦瓜皂苷能促进小鼠白介素-2(IL-2)的分泌与 CD4<sup>+</sup> CD8<sup>+</sup> 双阳性 T 细胞的成熟,增强 CD8<sup>+</sup>-T 细胞的增殖活性,加强对胸腺细胞的反馈调节,改变 T 细胞亚群的组成,使机体免疫状态趋向年轻化。

**2.3 对心血管的保护作用** 心肌细胞的减少与凋亡加重心力衰竭、冠状动脉等疾病的恶化。因此,寻找减少心肌细胞凋亡的研究备受关注。吴金红和刘宇娜<sup>[12]</sup>报道,人参皂苷 Rg1 显著降低经 4Gy<sup>60</sup>Co

照射过的 SD 仔鼠心肌细胞的凋亡,且凋亡相关基因 *caspase-3*、*Bax* 的表达明显下降,其机制可能是通过抑制 *caspase-3*、*Bax* 的基因表达来减少心肌细胞的凋亡。Meng 等<sup>[13]</sup>发现,黄芪皂苷 IV 能抑制异丙肾上腺素所致大鼠心肌细胞损伤模型的氧自由基与脂质过氧化物的生成,减轻氧自由基引起的心肌损伤。促进心肌血管再生是目前治疗心血管疾病的研究热点。植物皂苷促进众多血管生长因子的生成,从而增加心肌血流量,减少心肌细胞死亡。张荣和刘咏芳<sup>[14]</sup>报道,人参皂苷 Rg1 注射于急性心肌梗死的大鼠,其心肌组织中微血管密度、血浆血管内皮生长因子(Vascular Endothelial Growth Factor, VEGF)蛋白浓度和心肌 VEGF 蛋白表达水平均明显高于同一时间点的对照组(单纯心肌梗死组),揭示人参皂苷 Rg1 能促进急性心肌梗死大鼠缺血心肌微血管再生,通过促进 VEGF 在缺血心肌局部的表达增加血液供应,来保护心肌、改善心功能。以上报道揭示植物皂苷有效地减少了心肌细胞的凋亡、抑制凋亡基因的表达且促进心肌血管的再生从而达到对心血管的保护作用。

**2.4 调节脂质代谢** 高脂血症可以引起动脉粥样硬化(Atherosclerosis, AS),也是导致心脑血管疾病发生的元凶。血脂异常中胆固醇升高又是重要的致病因素,降低血浆胆固醇水平对于心脑血管患者是必要的。植物皂苷可以通过调节脂类的代谢,影响胆固醇的合成、吸收和排泄,抑制脂质过氧化等的发生,从而控制血脂的升高,降低心血管疾病的发生与发展<sup>[15]</sup>。

**2.4.1 皂苷降低脂质及胆固醇** 李家贵等<sup>[16]</sup>发现,蒺藜皂苷明显提高了高脂饲料诱导的小鼠肝脏中肝脂酶(Hepaticlipase, HL)及脂蛋白脂酶的活性(Lipoprotein Lipase, LPL)。HL、LPL 的作用是清除、水解体内 LDL、VLDL 与乳糜微粒。张翼冠等<sup>[17]</sup>报道,应用三七总皂苷明显减少了大鼠动脉粥样硬化模型的脂肪酸合成酶(Fatty Acid Synthase, FAS)mRNA 的表达量,降低幅度为 72.0%,FAS 是体脂肪酸合成过程的限速酶,揭示三七皂苷通过抑制 FAS 表达控制脂肪的沉积。有研究指出,过氧化物酶增殖物激活受体(Peroxisome Proliferator-Activated Receptor, PPAR)表达的降低会引起脂肪代谢相关酶基因表达下降,导致肝内脂肪堆积。胡

巢凤等<sup>[18]</sup>发现,人参茎叶皂苷能增强脂肪肝模型小鼠的PPAR mRNA水平,揭示其通过加强脂肪代谢相关酶基因的表达来减少脂肪沉积,最终降低AS的发病几率。以上报道说明植物皂苷通过改变脂肪、胆固醇合成与分解关键酶的活性来调控体内胆固醇的含量,保持胆固醇的平衡。

苜蓿皂苷降低胆固醇的机理已得到广泛研究。William等<sup>[19]</sup>报道,苜蓿皂苷在哺乳动物正常的消化道中不被吸收,从而降低体内外源性胆固醇吸收并增加其排泄量。Malinow等<sup>[20]</sup>用苜蓿皂苷饲喂猴子发现,苜蓿皂苷降低了肠道内胆固醇的吸收,增加了粪中内源性、外源性胆固醇和胆酸的排泄量。Konjufca等<sup>[21]</sup>研究发现,苜蓿皂苷降低胆固醇主要是通过降低HMG-CoA还原酶(胆固醇生成限速酶)与提高7-羟化酶(胆汁酸生成限速酶)的活性发挥作用。总的来说,皂苷类物质降低胆固醇的机理是:调节胆固醇生成、代谢酶的活性及mRNA的表达,进而从基因水平上控制胆固醇的生成;与胆固醇形成不溶于水的复合物,阻止外源性胆固醇在肠道的吸收;抑制肝肠循环,减少胆固醇的重吸收;促进胆固醇转变为胆汁酸排出体外。

**2.4.2 皂苷具有抗氧化活性** 脂质氧化损伤在高脂血症的发生、发展过程中起关键作用。LDL易被超氧阴离子氧化成氧化型低密度脂蛋白(Oxidized Low Density Lipoprotein, OX-LDL),过量的OX-LDL导致高脂血症和AS的发生<sup>[22]</sup>。研究表明,绞股蓝总皂苷、人参皂苷能抑制LDL的氧化从而起到降低血脂的作用<sup>[23]</sup>。Ohminami<sup>[24]</sup>报道,大豆皂苷抑制血清中脂类物质的氧化与过氧化脂质的生成,并能降低血液中胆固醇和甘油三酯的含量。体外试验证实<sup>[25]</sup>,柴胡皂苷降低了经CCL4损伤的肝细胞中乳酸脱氢酶(Lactate Dehydrogenase, LDH)的释放,减少了脂质氧化产物丙二醛(MDA)的形成。三七皂苷能提高血清超氧化物歧化酶(SOD)、还原型谷胱甘肽(GSH-PX)、过氧化氢酶(Catalase, CAT)水平,说明其具有较强的抗自由基、抗氧化作用。在苦瓜皂苷的研究中也发现了同样的结果。植物皂苷因具有抑制脂质过氧化的发生从而保护动物肝脏等器官不受损伤,通过发挥正常功能维持血液及动物体内的稳态。

**2.5 抗血小板凝集、抗血栓** 皂苷能降低血小

板黏附聚集与凝血活性从而减少血栓的形成。大豆皂苷可以减少Wistar雄鼠血小板和血纤维蛋白原,抑制内毒素引起的纤维蛋白的聚集与凝血酶引起的血栓纤维蛋白的形成,表明大豆皂苷具有抗血栓作用<sup>[26]</sup>。有研究显示<sup>[27]</sup>,血小板血栓素 $A_2$ (TXA<sub>2</sub>)生成过多、血管内合成前列腺素 $I_2$ (PGI<sub>2</sub>)减少也是动脉粥样硬化和冠心病等发生和发展的重要因素, TXA<sub>2</sub>是血小板聚集和释放反应的强诱导剂,它决定着血小板聚集的生理途径。人参Rb组皂苷对急性血瘀模型大鼠灌注发现,其显著降低模型大鼠全血黏度、血浆黏度和血浆TXA<sub>2</sub>含量( $P < 0.05$ ),改善血液流变,明显增高PGI<sub>2</sub>含量及PGI<sub>2</sub>/TXA<sub>2</sub>值。以上研究表明,植物皂苷具有很好的抗血栓作用,它主要通过减少血小板的凝集、血小板血栓素与前列腺素的生成来发挥作用。

**2.6 抗病毒** 近年来发现皂苷类物质具有抗病毒的生物活性,其为治疗艾滋病、疱疹、SARS和禽流感等病毒性疾病提供了新的思路和研究方向。相继发现黄芪皂苷能抑制I型人疱疹病毒(HSV-1)、HSV-2、柯萨奇B3(CVB3)病毒性心肌炎。大豆皂苷I、II可对抗HSV-1<sup>[28]</sup>。据Nakashima等<sup>[29]</sup>研究,大豆皂苷还对人类艾滋病病毒和细胞活性具有一定的抑制作用。苦瓜皂苷提取物能抑制艾滋病病毒HIV的表面活性并选择性杀死被HIV感染的淋巴细胞和巨噬细胞,因此,认为它在艾滋病的防治上可能具有积极作用。Chiang等<sup>[30]</sup>报道,柴胡皂苷c可显著减少已感染乙肝病毒人肝细胞的乙肝抗原(HBeAg)浓度( $P < 0.05$ ),抑制乙肝病毒HBV-DNA的复制,尽管不能抑制乙肝病毒的增殖,但能阻止乙型肝炎向肝纤维化的转化。艾滋病与乙肝等病毒病是困扰全世界的医学难题,目前西药对病毒病疗效不显著且存在价格昂贵等问题,而植物皂苷却以其药源广泛、提取方便及毒副作用小等优点可作为将来研究对抗病毒病的主攻方向。

**2.7 抗糖尿病** 皂苷及其衍生物有一定的降血糖、减缓糖尿病作用,其机制还不十分明确,但相关研究正日趋深入。胰岛素是人体胰腺B细胞分泌的身体内唯一的降血糖激素,胰岛素能促进全身组织对葡萄糖的摄取和利用,并抑制糖原的分解和糖原异生。Norberg等<sup>[31]</sup>通过Wistar大鼠体外和体内试验发现,绞股蓝皂苷能刺激胰岛细胞释放胰岛

素,呈现剂量依赖性,玉米须皂苷、罗汉果皂苷能降低糖尿病模型小鼠的血糖值,明显对抗部分 $\beta$ 细胞萎缩,说明它们能很好改善胰岛细胞的损伤。

**2.8 溶血作用** 皂苷有溶血作用,一般认为是其和红细胞中的胆固醇相互作用导致细胞膜去稳定性、渗透性被破坏,细胞崩解所致,这种毒性限制了含皂苷类植物在饲料中的应用。Griminger 和 Fisher<sup>[32]</sup>曾报道,皂苷和胆固醇形成稳定的络合物,皂苷水溶液注入血液,低浓度时即产生溶血作用,毒性极大。但并不是所有皂苷都具有溶血性,且溶血性的大小还与皂苷的浓度及空间结构有关。邓元荣等<sup>[33]</sup>发现油茶皂苷在低浓度时无溶血作用,大于一定浓度时才有,强度与浓度呈剂量依赖性。因此,不能片面认为所有皂苷不论剂量如何都有溶血作用,虽然其限制了皂苷作为药物的发展,但有必要进一步研究皂苷的溶血机制,减少其不利影响,为皂苷在新药的开发与在饲料的应用提供科学依据。

### 3 皂苷在动物生产中的应用

皂苷因造成反刍动物瘤胃胀气而被认为是抗营养因子。但大量试验证明这种观点是片面的,适量的皂苷不仅可以提高单胃动物的生长性能,且在改善畜舍环境卫生方面也有重要作用,故对单胃动物来说也是其活性成分。

**3.1 皂苷对鱼类的影响** 皂苷对鱼的呼吸道上皮细胞有毒害作用,故认为其对鱼会产生强毒性作用,它也是许多传统毒鱼物质的有效成分。当水中含有低浓度皂苷时,鱼将出现应激反应。Roy 和 Datta Munshi 等<sup>[34]</sup>发现鲈鱼(*Anabas testudineus*)在每升水含有 5 mg 皂苷中生存 24 h 后,其红血球、血红蛋白与氧气摄入量都有增加。Bureau 等<sup>[35]</sup>报道皂苷树皂苷对沙门鱼和鲑鱼的肠黏膜有损害作用。日粮中含有 150 mg·kg<sup>-1</sup>皂苷树皂苷时,鲤鱼和罗非鱼的生长速度和养分利用率均有提高。饲料中持续供给皂苷树皂苷的鲤鱼生长会比对照组有显著增加,而丝兰皂苷对鲤鱼的生长却无促进作用。50~200 mg·kg<sup>-1</sup>的三七总皂苷能显著提高罗非鱼的体质量增加率、生长率、蛋白质效率与干物质表观消化率,显著降低饲料系数<sup>[36]</sup>。

**3.2 皂苷对单胃动物的影响** 用 63 mg·kg<sup>-1</sup>丝兰皂苷饲喂 28~51 d 肉仔鸡,可显著提高其体质量

日增加量<sup>[37]</sup>。肉仔鸡饲料中分别添加 10、15 和 20 mg·kg<sup>-1</sup>的人参茎叶皂苷,肉仔鸡 3 周龄与 7 周龄的体质量极显著高于不添加组( $P<0.01$ );7 周龄的成活率和饲料报酬显著高于不添加组,半/全净膛率、胸肌率和腿肌率也均有提高,表明皂苷可促进动物的生长<sup>[38]</sup>。在肉仔鸡基础日粮中添加 0.1% 的苜蓿总苷,49 日龄时其体质量日增加量较不添加组有所提高,耗料量与料肉比降低<sup>[39]</sup>。禽类中的部分蛋白质饲料经过一系列分解代谢最终变为尿酸排出体外,尿酸的多寡是反映蛋白饲料利用率的指标之一;另一方面也会产生部分氨气,严重危害禽类的健康。在肉鸡饲料中加入 60 和 120 mg·kg<sup>-1</sup>的丝兰皂苷,肉鸡小肠、大肠及排泄物中尿酸的含量和肉鸡蛋白质分解代谢率均显著提高,排泄物氨气产生量降低,提示丝兰皂苷可促进蛋白质饲料的消化吸收,通过减少氨气的排放降低对禽类的毒害作用<sup>[40]</sup>。

对于产蛋鸡,绞股蓝皂苷能降低鸡蛋中胆固醇含量,但产蛋率却略有下降,料蛋比升高,一定程度上降低了蛋鸡的生产性能。苜蓿皂苷对蛋雏鸡的生长性能有促进作用,0~6 周龄分别添加 200、400 和 600 mg·kg<sup>-1</sup>苜蓿皂苷,蛋雏鸡各阶段的体质量和体质量增加量均高于不添加组且降低了蛋雏鸡的料重比<sup>[41]</sup>。饲料中添加 30、60 和 90 mg·kg<sup>-1</sup>苜蓿皂苷饲喂 400 日龄海蓝褐蛋鸡 60 d,蛋鸡产蛋率、蛋质量与不添加相比均有所提高,料蛋比比对照组分别降低了 1.8%、3.7% 和 3.1%<sup>[42]</sup>。绞股蓝与苜蓿皂苷研究结果的差异性可能因其本身的活性差异、皂苷纯度、饲料配方及饲养环境的不同而造成的,其具体机制有待于进一步的研究。Al-Bar<sup>[43]</sup>的研究表明,在后备来航鸡日粮中添加丝兰皂苷 125 mg·kg<sup>-1</sup>,畜舍内氨气浓度能下降 68.56%;当丝兰皂苷饲喂量在 31~155 mg·kg<sup>-1</sup>时可提高笼养母鸡产蛋率并降低鸡舍的氨浓度。

在断奶仔猪基础日粮中添加 0.25% 和 0.50% 的苜蓿皂苷,仔猪的体质量日增加量显著提高;当添加 1% 的苜蓿皂苷,体质量日增加量高出不添加组 7.39%;干物质、粗脂肪、粗灰分的消化率也有不同程度的提高;仔猪的腹泻率、腹泻频率与腹泻指数均有随苜蓿皂苷的添加量增大而减小的趋势<sup>[44]</sup>。用 200 g·t<sup>-1</sup>丝兰皂苷饲喂体质量 34 kg 的生长猪 41 d,可明显促进猪生长和提高饲料转化率,且显著抑制猪粪尿的氨态

氮和挥发性脂肪酸浓度。法国与荷兰的两个牧场给 5 780 和 900 头猪饲料中添加  $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  丝兰皂苷后发现,牧场氨浓度分别降低了 28.5% 与 42.5%,且饲料转化率提高,疾病发生率减少。饲料中添加  $65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的丝兰皂苷饲喂仔猪 2 个月,猪舍的氨气挥发量较不添加组降低了 26%<sup>[45]</sup>。

**3.3 皂苷对反刍动物的影响** 反刍动物研究中的关键问题是如何最大限度地利用非蛋白质的氮源,降低其在瘤胃中的降解速度,减少  $\text{CH}_4$  等温室气体的产生及能量的损失,并尽可能地将氮转变为菌体蛋白,从而提高利用率。一般认为,瘤胃内 10%~20% 的产  $\text{CH}_4$  菌依附于原虫,减少瘤胃的原虫将间接地减少  $\text{CH}_4$  气体的产量;皂苷对原虫的抑制作用也能减少原虫对有益细菌的吞噬,从而减少无效氮循环,增加十二指肠的微生物蛋白质(Micro-protein, MCP),MCP 是反刍动物小肠蛋白质的主要成分,占小肠总可吸收蛋白质的 50%~80%。皂苷树皂苷能增加体外瘤胃微生物蛋白质的合成效率、降低饲料蛋白的降解率;饲喂以粗料为主的日粮时,皂苷可提高瘤胃微生物蛋白质产量,降低  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  的排放,从而促进动物生长,提高饲料利用率<sup>[46]</sup>。皂苷对动物的生长促进作用因性别而异。Bosler 等<sup>[47]</sup>报道,基础日粮中添加  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  皂苷树皂苷,雌性和雄性羔羊的平均体质量日增加量较不添加组均有显著增加,但雄性羔羊的体质量日增加量显著高于雌性羔羊,此外皂苷还增加了雄性羔羊肾脏周围的脂肪沉积却降低了雌性羔羊相同部位的脂肪沉积。体外瘤胃液添加丝兰皂苷能显著降低  $\text{CH}_4$  的产生量与环境污染,减少能量损失。刘春龙<sup>[48-49]</sup>研究发现,添加丝兰皂苷 100、200 和  $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的绵羊瘤胃内原虫数量分别比不添加组减少了 5.99%、10.63% 和 20.90%,且纤维素酶活性提高了 5.17%、8.53% 和 16.73%;有机物质、干物质、蛋白质、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)较不添加组均有提高;添加丝兰皂苷  $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理组的有机物质、干物质和 NDF 显著高于不添加组。Hussain 和 Cheeke<sup>[50]</sup>、Ryan 和 Leek<sup>[51]</sup>分别在肉牛和绵羊日粮中添加丝兰皂苷,结果肉牛和绵羊瘤胃中  $\text{NH}_3$  浓度极显著降低,尿素浓度与乙酸浓度显著下降,丙酸浓度显著增加。丝兰皂苷可降低瘤胃氨浓度,当瘤胃内氨浓度高时,丝兰

皂苷可与氨结合,而当瘤胃内氨浓度低时可释放氨,从而为瘤胃内微生物蛋白合成提供持续、充足的氨供给。茶皂素与丝兰皂苷都能减少山羊瘤胃原虫的数量,改变原虫各种属的比例,增加乙酸、丙酸、丁酸以及总挥发性脂肪酸(TVFA)的浓度,提高细菌真蛋白产量;体外产气试验表明,两种皂苷的混合物提高了体外产气量<sup>[52]</sup>。苜蓿皂苷对绵羊瘤胃原虫有较好的驱虫作用,且随剂量的增加而增加,这种作用在添加前期的 2 d 与后期的 11 d 均有产生<sup>[53]</sup>。Lu 和 Jorgensen<sup>[54]</sup>发现,驱虫作用还与绵羊的日粮类型有关,在以精料为主的日粮中添加 2% 和 4% 的苜蓿皂苷可减少原虫 33% 和 76%;在以粗料为主的日粮中添加 2% 和 4% 的苜蓿皂苷可减少原虫 34% 和 47%。35 kg 内蒙古半细毛羯羊饲料中添加 8、16 和  $32 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$  的苜蓿皂苷,绵羊体质量日增加量分别比不添加组增加 150.0%、107.5% 和 22.2%;可消化氮较不添加组有提高,苜蓿皂苷对氮消化率有明显影响;且添加量为  $8 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$  时绵羊体质量日增加量及氮沉积效果最好,NDF 与 ADF 在瘤胃内的表现降解率也最高<sup>[55]</sup>。

#### 4 结语

皂苷是从植物中提取的天然活性物质,随着结构的阐明,它向人们展示了强大的生物活性及功能,也为其广泛应用提供了前提。如开发抗衰老的保健品;抗肿瘤、保护心血管、降脂、降胆固醇、抗血栓、抗菌、抗糖尿病等药物的研究也都很有价值。但是,皂苷的具体作用机制还没被完全阐明,又因其具有的溶血等毒性限制了皂苷在动物生产中的应用。在今后的工作中更深入地研究皂苷作用的分子机制和如何消除其不利影响,将具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 樊文娜,王成章,史鹏飞,等.苜蓿皂甙的研究应用进展[J].草业科学,2008,25(11):65-69.
- [2] 王松柏.苜蓿总甙提取纯化工艺的研究[D].北京:中国农业科学院研究生院,2005.
- [3] Oleszek W,Marston A. Saponins in food, feedstuffs and medicinal plants [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,2000.
- [4] 李广,李浩波,刘璐,等.皂甙的生理活性及其应用研究进展[J].中国农学通报,2003,19(6):3-6.
- [5] Chwalek M, Ple K, Voutquenne-Nazabadioko L. Syn-

- thesis and hemolytic activity of some hederagenin diglycosides[J]. *Chemical Pharmaceutical Bulletin*, 2004, 52(8):965-971.
- [6] Rao A V, Sung M K. Saponins as anticarcinogens[J]. *Nutrition*, 1995, 125(3):717-724.
- [7] 王吉, 史桂英, 袁耀宗, 等. 人参皂甙 Rg3 在体外对胃癌细胞生长和凋亡的影响[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2009, 29(11):1336-1340.
- [8] 姚云, 陈雪松, 赵英侠, 等. 人参皂苷 Rh2 调节白血病细胞增殖分化的作用[J]. *解剖学杂志*, 2011, 34(4):469-479.
- [9] 李明秋, 腾诚毅, 杨春壮, 等. 人参皂甙 Rg3 对淋巴管内皮细胞生成的影响[J]. *解剖学研究*, 2009, 31(2):81-84.
- [10] Yen M H, Lin C C, Yen C M. The immunomodulatory effect of saikosaponin derivatives and the root extract of *Bupleurum kaoi* in mice [J]. *Phytotherapy Research*, 1995, 9(5):351-358.
- [11] Ikemoto S, Kamizuru M, Wada S, *et al.* Changes in lymphocyte subsets following administration of interleukin 2 and cyclophosphamide in mice with tramitonal cell carcinoma [J]. *Oncology Research*, 1997, 9(2):71-75.
- [12] 吴金红, 刘宇娜. 人参皂甙 Rg1 抑制<sup>60</sup>Co 照射诱导心肌细胞凋亡[J]. *医学综述*, 2008, 14(21):3332-3334.
- [13] Meng D, Chen X J, Bian Y Y, *et al.* Effect of astragalosides on intracellular calcium overload in cardiac myocytes of neonatal rats [J]. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2005, 33(1):11-20.
- [14] 张荣, 刘咏芳. 人参皂甙 Rg1 对大鼠急性心肌梗死后血管再生及心功能的影响[J]. *重庆医学*, 2009, 38(7):805-807.
- [15] 王虎根, 周淡宜, 徐水祥, 等. 复方红曲制剂调节血脂作用的实验研究 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(5):540-541.
- [16] 李家贵, 瞿伟菁, 魏善巧, 等. 蒺藜皂苷对预防小鼠高脂血症中肝脂酶和脂蛋白脂酶的作用及意义[J]. *中成药*, 2007, 29(6):808-811.
- [17] 张翼冠, 李晓辉, 樊继山, 等. 三七总皂苷通过抗炎和调血脂作用抑制大鼠动脉粥样硬化形成[J]. *现代生物医学进展*, 2007, 7(11):1601-1603.
- [18] 胡巢凤, 陆大祥, 孙丽萍, 等. 人参茎叶皂苷对小鼠脂肪肝的作用及机制研究[J]. *中国药理学通报*, 2009, 25(5):663-667.
- [19] William D W, Clair R W, Clarkson T B, *et al.* A study of atherosclerosis regression in *Macaca mulatta* [J]. *The American Journal of Pathology*, 1980, 100(3):633-650.
- [20] Malinow M R, Connor W E, McLaughlin P, *et al.* Cholesterol and bile acid balance in *Macaca fascicularis*. Effects of alfalfa saponins [J]. *Clinical Investigation*, 1981, 67(1):156-162.
- [21] Konjufca V H, Pesti G M, Bakalli R I. Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper [J]. *Poultry Science*, 1997, 76(9):1264-1271.
- [22] 窦晓兵. 姜黄素对肝细胞 LDLR 表达作用的分子机理研究[D]. 北京:北京中医药大学, 2007.
- [23] Niu X L, Ichimofu K, Yang X, *et al.* Tanshinone II-A inhibits low density lipoprotein oxidation *in vitro* [J]. *Free Radical Research*, 2000, 33(3):305-312.
- [24] Ohminami H. Effect of soyasaponins on lipid metabolism [J]. *Wakanyaku Shijojumu*, 1981, 41:157-166.
- [25] Fan J H, Li X, Li P, *et al.* Saikosaponin-d attenuates the development of liver fibrosis by preventing hepato-cyte injury [J]. *Biochemistry and Cell Biology*, 2007, 85(2):189-195.
- [26] Kubo M, Matsuda H, Tani T, *et al.* Effects of soyasaponin on experimental disseminated intravascular coagulation. I [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1984, 32(4):1467-1471.
- [27] 舒秋霞, 石元刚, 聂磊, 等. 大豆皂甙对大鼠血脂代谢及血浆 TXA<sub>2</sub> 和 PCI<sub>2</sub> 的影响 [J]. *华南国防医学杂志*, 2009, 23(5):9-11.
- [28] Hayashi K, Hayashi H, Hiraoka N, *et al.* Inhibitory activity of soyasaponin II on virus replication *in vitro* [J]. *Planta Medica*, 1997, 63(2):102-105.
- [29] Nakashima H, Okubo K, Honda H, *et al.* Inhibitory effect of glycosides like saponin from soybean on infectivity of HIV *in vitro* [J]. *AIDS*, 1989, 3(10):655-658.
- [30] Chiang L C, Nq L T, Liu L T, *et al.* Cytotoxicity and anti-hepatitis B virus activities of saikosaponins from *Bupleurum speies* [J]. *Planta Medica*, 2003, 69(8):705-709.
- [31] Norberg A, Hoa N K, Liepinsh E, *et al.* A novel insulin-releasing substance, phanoside, from the plant *Gynostemma penta phyllum* [J]. *Biological Chemistry*, 2004, 279(40):41361-41367.
- [32] Griminger P, Fisher H. Dietary saponin and plasma cholesterol in the chicken [J]. *Experimental Biology and Medicine*, 1958, 99(2):424-426.
- [33] 邓元荣, 卓仪荣, 王玲. 油茶皂苷的体外溶血试验研究

- [J]. 海峡药学, 2008, 20(12): 29-32.
- [34] Roy P K, Datta Munshi J. Effect of saponin extracts on oxygen uptake and haematology of an air-breathing climbing perch, *Anabas testudineus* (Bloch)[J]. Freshwater Biology, 1989, 1(2): 167-172.
- [35] Bureau D P, Harris A M, Cho C Y. The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of chinook salmon and rainbow trout [J]. Aquaculture, 1998, 161(1-4): 27-43.
- [36] 杨志刚, 忻晨, 郑剑伟, 等. 三七总皂苷在罗非鱼饲料中的应用试验[J]. 饲料研究, 2008(10): 51-52.
- [37] Johnston N L, Quarles C L, Fagerberg D J, et al. Evaluation of yucca saponin on broiler performance and ammonia suppression [J]. Poultry Science, 1981, 60(10): 2289-2292.
- [38] 王亚军, 王秀丽. 人参茎叶皂苷对肉仔鸡生长性能和屠体品质的影响[J]. 中国家禽, 2007, 29(10): 38-40.
- [39] 张勇, 汪傲, 林东康. 苜蓿总甙对肉仔鸡抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(11): 11-15.
- [40] 步长英. 丝兰皂苷、芽孢杆菌对肉鸡生产性能、氮代谢和排泄物氨气散发量的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- [41] 潘俊良. 苜蓿皂甙在产蛋鸡及蛋雏鸡饲料中的应用研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [42] 侯永刚, 陈辉, 黄仁录, 等. 苜蓿皂甙对蛋鸡生产性能、屠体指标、胆固醇及血清脂质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(17): 30-33.
- [43] Al-Bar. Effect of dietary yucca schidigera extract on nitrogen metabolism in rabbits[J]. Animal Feed Science and Technology, 1993, 71: 162.
- [44] 王彦华, 王成章, 高永革, 等. 苜蓿皂苷对断奶仔猪生产性能、消化率及血液生化指标的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 115-122.
- [45] Farlance J Mc. 丝兰属提取物有助于粪便处理[J]. 国外畜牧科技, 1990, 17(6): 426.
- [46] Makkar H P S, Sen S, Blummel M, et al. Effects of fractions containing saponins from *Yucca schidigera*, *Quiuaja saponiria* and *Acacia auriculoformis* on rumen fermentation[J]. Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(10): 4324-4328.
- [47] Bosler D A, Bluemmel M, Bullerdieck P, et al. Influence of a saponin containing feed additive on mass development and carcass evaluation of growing lambs [J]. Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology, 1997(6): 46.
- [48] 刘春龙, 李杰. 丝兰皂甙对绵羊瘤胃原虫数目及酶活性的影响[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(2): 214-218.
- [49] 刘春龙, 李杰. 丝兰皂甙对绵羊全混日粮养分表观消化率的影响[J]. 江苏农业学报, 2005, 21(2): 123-126.
- [50] Hussain I, Cheeke P R. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood nitrogen parameters in steers fed concentrate or roughage based diets [J]. Animal Feed Science and Technology, 1993, 71(1): 287-295.
- [51] Ryan J P, Leek B F. Effect of *Yucca schidigera* and its mechanism of action in reducing ammonia levels in a biologically filtered environment[J]. Animal Feed Science and Technology, 1993, 71(1): 91.
- [52] 陈旭伟. 不同皂苷对山羊瘤胃原虫和细菌种属变化以及纤维降解的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2009.
- [53] Klita P T, Mathison G W, Fenton T W, et al. Effect of alfalfa root saponins on digestive function in sheep [J]. Animal Science, 1996, 74(5): 1144-1156.
- [54] Lu C D, Jorgensen N A. Alfalfa saponins affect site and extent of nutrient digestion in ruminants[J]. Nutrition, 1987, 117(5): 919-927.
- [55] 胡明. 苜蓿皂甙对绵羊瘤胃发酵及其他生理功能影响的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.

### Advances on biological activities of plant saponin

LI Jia, WANG Cheng-zhang, YAN Xue-bing, LV Chao, LIU Yan-na, XU Lai-jun

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Hennan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Plants saponins were widely distributed in nature and rich in resources, which had huge research values and exploitation prospects because of their multiple biological activities. This review summarized the structure, biological activity and application in animal production of plant saponins, which will provide necessary information for improving the research work in the future.

**Keywords:** saponin; biological activity; application