

三七皂苷成分及其影响因素研究进展*

尉广飞^{1,2}, 杨 锋², 许亚茹^{2,3}, 王欢欢^{2,3}, 苏丽丽^{2,3}, 袁 灿^{2,4}, 董林林^{2**}

(1. 山东中医药大学 济南 250355; 2. 中国中医科学院中药研究所 北京 100700;
3. 鲁东大学 烟台 264025; 4. 四川省农业科学院经济作物育种栽培研究所 成都 610300)

摘要:三七是我国传统中药材之一,药理作用广泛,临床疗效显著,需求量逐年增加。皂苷是三七的主要药效成分,具有止血散瘀等功效。皂苷含量的高低受部位、品种和产地等因素影响。本文主要对三七皂苷成分在不同部位的分布规律,及品种和产地等因素对其皂苷含量影响进行综述。通过建立规范标准的三七栽培体系,培育高产优质的三七品种,为高含量三七资源的获得提供途径。本文将为三七资源的合理开发利用提供科学依据和参考价值。

关键词:三七 皂苷 产地 品种 药理作用

doi:10.11842/wst.2018.10.026 中图分类号:R284.1 文献标识码:A

三七(*Panax notoginseng* (Burk.) f. H. Chen)又名田七、血参、人参三七等,具有“金不换”、“南国神草”等美誉,为五加科人参属多年生草本植物的干燥根及根茎,主要分布于我国云南、广西等地,具有散瘀止血、滋补壮阳等功效,常用于跌打损伤、外伤出血等疾病。三七化学成分主要包括皂苷类和非皂苷类两大类,皂苷类成分主要为达玛型四环三萜,而非皂苷类成分主要有氨基酸类(主要为三七素)、蛋白质类、多糖类、黄酮类、炔、醇类、挥发油、微量元素及其一些其他的成分^[1]。三七药理作用主要表现在血液系统、中枢神经系统、脑血管系统、免疫调节系统等方面^[2,3]。三七药理作用广泛,作为血塞通、复方丹参滴丸、云南白药等制剂的主要成分之一,市场需求量大,是有重要经济价值的中药材,其种植产业和加工技术已成为云南省发展经济的重要支柱。三七生长环境喜阴湿,周期长,易出现连作障碍问题,导致其产量和质量均下降^[4]。除此之外,品种、采收期、施肥、加工、产地、田间管理、提取工艺等很

多因素影响三七的品质及其种植产业的发展。

三七皂苷的种类以及分布规律仍不确切,有待进一步深入的研究。本文主要对三七皂苷种类和分布、影响皂苷含量的因素进行归纳总结,为实际应用中正确选择三七用药部位提供基础,也为后续三七质量控制及合理开发利用提供研究思路。

1 皂苷类成分

三七植物中化学成分主要分为皂苷类成分及非皂苷类成分,其中皂苷类是主要的化学成分,也是主要的药效成分。皂苷大致可分为人参皂苷、三七皂苷和七叶胆皂苷等^[1]。目前学者已在三七根、茎、叶、种子和果实中分离出多种达玛烷型皂苷类化合物(表1)。

根及根茎为三七的主要药用部位,富含多种皂苷。Yoshikawa等^[5-6]从根中分离出9种新达玛烷型三萜皂苷,分别为三七皂苷A、B、C、D、E、G、H、I和J。随后,5,6-二脱氧人参皂苷Rd和5,6-二脱氧人参皂苷Rb₁也从根中分离出来^[7]。另外,有学者用HPLC/ESI-MS鉴定了151个皂苷,其中有56个新化合物^[8]。Fu等^[9]

收稿日期:2018-06-06

修回日期:2018-07-06

* 国家自然科学基金委青年基金项目(81603238):三七北方根结线虫flps基因靶向防治的研究,负责人:董林林;北京市科委北京市科技新星项目(Z181100006218020):西洋参根腐病生防菌生防机制研究及研发,负责人:董林林;云南省科技厅云南省重大科技专项(生物医药)-克服三七连作障碍技术体系构建及应用(2016ZF001-001):三七连作障碍机理研究,负责人:董林林。

** 通讯作者:董林林,博士,副研究员,主要研究方向:中药资源与分子生物学研究。

表1 三七不同部位皂苷成分

分离部位	皂苷成分	主要特性	文献来源
根	23种成分,其中包括三七皂苷A、B、C、D、E、G、H、I和J等新化合物	9种新化合物	[5,6]
	5,6-二脱氧人参皂苷Rd和5,6-二脱氧人参皂苷Rb ₁	新化合物	[7]
	151个皂苷,其中有56个新化合物	56个新化合物	[8]
	3种已知化合物和6-O-β-D-吡喃葡萄糖基-20-O-β-D-吡喃葡萄糖基-20(S)原人参二醇	1个新化合物	[9]
根茎	人参皂苷Rb ₁ 、Rd、Re、Rh ₁ 、Rh ₄ 和三七皂苷R ₁ 、S、T	人参皂苷Rh ₄ 首次从三七分离得到	[10]
	人参皂苷F ₁ 、F ₂ 、II和三七皂苷T ₅ 、E	人参皂苷II首次从三七中分得	[11]
	三七皂苷Rw ₁ 和Rw ₂	新化合物	[12]
叶	人参皂苷Rb ₁ 、三七皂苷Fc、Fa,和绞股蓝总苷XV、XVII 2个新化合物	2个新化合物	[13]
	16个化合物,其中人参皂苷Rh ₂ 、七叶胆皂苷XIII、甘草素、芹糖甘草苷为首次从三七中获得	4个化合物首次从三七中获得	[14]
	新型20(S)-25-甲氧基-原人参二醇型化合物	新型化合物	[15]
花	人参皂苷Rb ₁ 、Rb ₂ 、Rc、Rd和F ₂	首次从花中分得	[16]
	人参皂苷Rb ₃ 、Rc,三七皂苷Fe、绞股蓝皂苷IX、胡萝卜苷、U-谷甾醇	首次花中分得	[17]
	9种已知皂苷和三七皂苷O、P、Q、S和T等5种新型化合物	5种新化合物	[18]
	5个已知的三萜皂苷和花三七皂苷A、B、C、D4种新化合物	4个新化合物	[19]

从根中分离出一种新型原人参二醇型人参皂苷,6-O-β-D-吡喃葡萄糖基-20-O-β-D-吡喃葡萄糖基-20(S)原人参二醇,和3种已知的化合物。曾江等^[10]从根茎中分离得到8个化合物,分别为人参皂苷Rb₁、Rd、Re、Rh₁、Rh₄和三七皂苷R₁、S、T,其中人参皂苷Rh₄首次从该植物中分离得到。宋建平等^[11]在根茎中分离出了5种化合物,分别为人参皂苷F₁、F₂、II和三七皂苷T₅、E,其中人参皂苷II首次从三七中分得。Cui等^[12]在根茎中分离出了两种新型化合物,为三七皂苷Rw₁和Rw₂。

三七叶中富含皂苷类成分,20世纪80年代,就有学者从叶中分离出人参皂苷Rb₁、三七皂苷Fc、Fa,绞股蓝总苷XV、XVII等化合物^[13]。李海舟等^[14]从叶中分离到16个化合物,分别鉴定为人参皂Rb₁、Rb₃、Rc、Rd、Re、Rg₁、Rg₃、Rh₂、F₂,七叶胆皂苷XIII、IX、XVII,三七皂苷R₁、Fa,甘草素,以及芹糖甘草苷。Zhao等^[15]在叶子中发现新型化合物—20(S)-25-甲氧基-原人参二醇。三七叶具有镇静安神和抗衰老作用,已开发出“七叶安神片”等安神镇静药。

三七花除了具有清热、降压之功效,还有保健作用。三七花中含有丰富的人参二醇型皂苷,人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Rd和F₂等首先被Taniyasu S分离出来^[16]。左国营等^[17]发现花蕾含有人参皂苷Rb₃、Rc,三七皂苷Fe、绞股蓝皂苷IX、胡萝卜苷、U-谷甾醇等多种成分。Yoshikawa等^[18]从花中分离出5种新型化合物—三七皂苷O、P、Q、S和T,还有9种已知的原人参二醇型皂

苷。Wang等^[19]随后也在花中分离出了4种达玛烷型三萜皂苷—花三七皂苷A、B、C、D和5个已知的三萜皂苷。

三七种子的化学成分研究甚少,仅从三七种子中分离出一些脂溶性成分,并未发现皂苷类成分^[20-21]。

2 影响皂苷的关键因素

三七皂苷含量受多种因素的影响,如种质、产地、部位、采收及加工等。种质是影响中药材产量和质量的首要因素。道地产区对其品质具有重要的作用。不同部位对药效也有很大的影响,而最佳采收期可保证药材产量与质量。此外加工过程对皂苷含量的影响也是不能忽视的。

2.1 品种对三七皂苷含量的影响

中药材种质不同,其产量与质量均不同。三七种植已有700多年历史,在种植过程中种质出现了明显的分化,植株形态特征及药材产量和质量均出现了显著的差异。如孙玉琴等^[22]采用HPLC法测定了7种不同变异类型三七中3种单体皂苷(三七皂苷R₁、人参皂苷Rg₁和Rb₁)的含量,发现紫根、复叶柄平展型、长形根、宽叶等4种变异类型三七的皂苷量高,双茎三七的皂苷量低于单茎三七。陈中坚等^[23]对三年生紫茎和绿茎三七进行了比较,发现紫茎三七总皂苷比绿茎三七高48.52%。赵昶灵等^[24]研究三年生紫三七和绿三七两个品系,发现紫三七中总花色苷含量较高且达到显著水平;紫三七的总花色苷、总皂苷、三七皂苷R₁、人参皂苷Rd和人参皂苷Re含量分别比绿三七高204.85%、

表2 三七不同部位皂苷种类和含量差异

部位	皂苷类型	分布差异	文献来源
茎、叶、种子、主根、根茎、须根	三七总皂苷	根茎与须根,茎与叶均有较大的化学相似性,种子差异较大	[33]
茎、叶、花、根、须根、剪口、筋条	三七皂苷R ₁ 、人参皂苷Rg ₁ 、Rb ₁	花和叶有特有指纹区,根部指纹区相似	[34]
茎、叶、花、种子、根、须根、根茎	三七皂苷R ₁ 、人参皂苷Rg ₁ 、Re、Rf、Rg ₂ 、Rb ₁ 、Rc、Rb ₂ 、Rb ₃ 、Rd、Rg ₃	根中含有大部分皂苷成分,叶和花只含有Rg ₁ 、Re、Rf、Rg ₂ 成分,而种子没有任何皂苷类成分	[35]
主根、根茎、支根、须根	三七皂苷R ₁ 、R ₄ 、Fa、K和人参皂苷Rg ₁ 、Rb ₁ 、Rd、Re、Rf、Rg ₂ 、Rh ₁	各成分(除人参皂苷R ₄)含量在根茎中最高,在须根中含量最低	[36]
主根、支根、须根	三七皂苷R ₁ 、人参皂苷Rg ₁ 、Re、Rb ₁ 、Rc、Rb ₂ 、Rb ₃ 、Rd	8个成分均在根茎中含量最高,须根最低	[37]

33.86%、16.03%、10.83%和5.39%;绿三七的人参皂苷Rg₁和Rb₁含量比紫三七高,但差异相对较小,仅约0.93%和3.33%。

2.2 产地对三七皂苷含量的影响

三七对环境要求比较特殊,要有特定的温度、光照、水分,种植范围较小,仅分布在北纬23°30′附近的中高海拔地区,主要为云南、广西等地。Li等^[25]测定了不同产地三七的皂苷的含量,发现不同产地三七皂苷含量存在显著差异,6种成分(三七皂苷R₁、人参皂苷Rg₁、Rb₁、Rg₂、Rh₁和Rd)总含量在云南省文山州最大,在江苏苏州最小。Guan等^[26]测定了11个不同产地三七皂苷含量,发现不同产地的皂苷成分含量存在差异,其中三七皂苷R₁在云南砚山和文山州三七含量较高,分别为17.07 mg·g⁻¹、15.46 mg·g⁻¹,人参皂苷Rd也在砚山三七中最高(8.77 mg·g⁻¹)。魏莉等^[27]比较了云南文山不同产地三七花蕾中总皂苷和单体皂苷Rb₁和Rb₃的含量,结果显示不同产地三七花蕾中总皂苷和单体皂苷含量差异较大,总皂苷含量以麻栗坡大坪镇三年生三七中最高,单体皂苷Rb₁和Rb₃含量以砚山干河乡马鞍山基地三年生三七中较高。孙玉琴等^[28]比较了云南省11个产区的三七中人参皂苷Rb₁、Rg₁和三七皂苷R₁的含量,发现不同产地三七中皂苷含量有较大差异,3种皂苷(R₁+Rg₁+Rb₁)含量最高的是文山州丘北县腻脚乡,达10.84%。王元忠等^[29-31]也发现不同产地的三七皂苷含量存在显著差异性。综上均说明了三七道地产区的重要性。

2.3 不同部位对三七皂苷含量的影响

三七植株不同部位所含的化合物种类及含量均存在差异性(表2)。孙玉琴等^[32]对三七植株间的性状差异进行了调查,发现三七植株的不同部位茎、块根、休眠芽、花序、叶、果实性状存在明显差异。不仅不同部位的植株性状具有差异,化学成分指纹图谱和含量

也均存在极大的差异性^[33,34]。Wan等^[35]对根、须根、根茎、茎、叶、花、种子7个部位中皂苷含量进行了测定,发现不同部位中各成分含量存在差异,地下部分(根、根茎和须根)含有20(S)-原人参三醇型和20(S)-原人参二醇型两种类型皂苷,地上部分(叶和花)含有20(S)-原人参二醇型皂苷,而种子中没有检测出皂苷类成分。Jia等^[36]检测了三七主根、根茎、支根、须根中11个皂苷成分,发现除了人参皂苷R₄以外,其他成分含量在根茎中最高,在须根中含量最低。Wang等^[37]运用定量比较和代谢图谱相结合的方法对三七根部不同部位皂苷成分的含量进行了分析,8个皂苷成分含量及其总含量均在根茎中最大,其次是主根、支根,须根最低;并且显示根茎与其他部位存在较大差异,主根和支根比较相似,可以合用。

2.4 生长年限和采收季节对三七皂苷含量的影响

生长年限影响三七皂苷的含量。Jia等^[36]发现三七中11个单体皂苷和总皂苷含量均随生长年限的升高而增加。朱伟伟等^[38,39]也发现三七皂苷含量与生长年限明显相关,3年生的三七中总皂苷含量高于2年生的三七。同时,采收季节也是三七采收过程中需要重视的一个问题。崔秀明等^[40]结果发现4-7月三七皂苷含量减少,8-12月三七皂苷含量增加,说明三七以10-12月份为最佳采收期。龙扬等^[41]比较了2月和10月三七中三七皂苷R₁、人参皂苷Rg₁、Rb₁的含量,发现10月皂苷总量比2月高,同样提示以秋季采收较好。结果表明生长年限和采收季节影响三七产量与质量,因此确定三七的最佳采收期对保证药材产量与质量是至关重要的。

2.5 加工对三七皂苷含量的影响

加工是药材生产重要的环节之一,对药材质量有很大的影响。药材的加工包括初加工和干燥两个阶段。三七药材的初加工阶段主要包括分选、清洗、修剪

表3 不同干燥方法的优点和缺点

干燥方法	优点	缺点	文献来源
自然干燥法	环保,能源成本低,易于药材在加工过程的揉搓等	受天气影响大,周期长,易受虫蚁、雨水侵蚀,	[46]
微波干燥法	加热方式为内加热,加热速度快,改变传统的单一加热模式	可使皂苷类化合物降解,造成药效成分的损失	[43]
热风循环烘箱干燥法	工艺参数稳定,温度可控,耗时短,有效成分几乎不受影响	加工过程中不利于样品揉搓,消耗能源成本高	[44]
太阳能大棚干燥法	能源清洁、环保,对有效成分含量影响最小	受天气影响较大,加工耗时仅弱于自然干燥	[44]
木炭烘干法	干燥强度大,干燥时间短,热效率高	温度容易过高导致药效成分损失	[46]
真空冷冻干燥	加工过程温度低,隔绝空气,有效地保护有效类成分不发生降解	一次性投入成本较大,且工艺操作比较复杂	[45]
热风干燥法	温度高,干燥时间缩短	高温使有效成分发生降解,挥发性成分损失严重	[45]
真空干燥法	由于压力低,可避免有效成分发生氧化变质	所需时间长,造成有效成分降解	[45]

等。如曾宪彩等^[42]研究了干燥前三七剪口不同的清洗方式(锉刀打磨、流水冲洗、清水浸泡)对三七皂苷含量的影响,三七剪口中3种皂苷成分(三七皂苷R₁、人参皂苷R_g、R_b)总含量顺序为流水冲洗>锉刀打磨>空白组>清水浸泡,提示在三七清洗过程中只需用流水冲洗掉表面的泥土、重金属、杂质等,切勿打磨或浸泡以免药效成分的损失。

三七干燥方式众多,从传统的日光自然晒干到大型干燥设备的使用,对三七药材的质量影响程度不同,各有利弊(表3)。高明菊等^[43-44]首先发现微波辐射后三七主要皂苷成分的量均降低;后来又发现不同方法干燥的三七皂苷含量顺序为大棚干燥>55℃烘干>自然干燥>45℃烘干>传统烘干>75℃烘干>65℃烘干,说明太阳能大棚干燥为最佳加工方法。周国燕等^[45]研究发现真空冷冻干燥得到的三七切片成品人参皂苷R_g含量(2.37%)显著高于真空干燥(1.30%)和热风干燥(1.11%)。马妮等^[46]发现不同干燥方法对三七切片皂苷含量均有不同程度的影响,日光照晒和50℃烘干皂苷含量高,其余两种干燥方法(微波干燥和100℃干燥)对皂苷损失较大。

3 展望

三七制品越来越多,需求量越来越大,但品种匮乏、连作障碍等问题阻碍三七种植产业的可持续发展。培育高产优质的新品种和解决连作障碍问题是推动三七产业的一项重大工程。通过建立无公害栽培体系和无公害质量标准,培育高产优质三七新品种进而保障三七可持续发展。

3.1 推广三七无公害栽培体系保障三七药材原料

三七为多年生草本植物,生长周期长,生长过程中受众多因素的影响,如生长环境、灌溉、摘蕾、施肥等。规范化、无公害栽培体系是健康药用植物生长的必要

条件,也是保障高产优质药材原料的重要途径,主要包括:培育抗病、抗逆的高品质三七品种;选择适宜的产地和环境;采取适当的管理措施和农艺操作(灌溉、除草、追肥、打顶、摘蕾等);建立健全的病虫害防治技术等等来保障三七药材原料。

3.2 建立三七无公害质量标准获得优质三七药材

为获得优质三七药材,不仅有抗性优质三七品种、规范化栽培体系,还要有相应的质量标准共同控制三七药材质量^[47]。首先,制定三七种子种苗的质量及分级标准,提高种子种苗的质量。研究表明,不同级别的三七种子及种苗对三七生长、产量及质量的影响是极其明显的,且优质种苗能在很大程度上抑制根腐病的发生^[48,49]。其次,制定三七加工技术的标准操作及质量标准,加强三七加工技术的规范化。将传统加工方法和新型加工技术相结合,优化三七的加工工艺,尽量避免三七药效成分受不规范加工操作影响而造成较大的损失。将三七无公害栽培体系与无公害质量标准相结合,可获得优质三七药材。

3.3 现代组学研究推动三七新品种选育

次生代谢产物是植物长期进化中为适应生态环境,在体内形成的并非生长发育所需的小分子有机化合物,具有重要的生理活性及药理作用。皂苷类物质是药用植物三七主要的次生代谢物质,在三七不同器官和组织部位中分布不均匀,严重影响三七的临床疗效^[50]。系统选育和杂交育种周期长、受外界因素影响大等缺点,导致三七育种进展缓慢。现代分子生物技术可加快三七育种进程,培育高产优质新品种。通过三七根茎转录组数据分析,克隆皂苷合成途径中关键酶的编码基因,为培育高皂苷含量三七新品种提供依据^[51,52]。运用分子标记法辅助三七抗病新品种的选育,极大缩短育种周期,培育三七抗病新品种^[53,54]。现代组学技术加快三七新品种的选育,为三七产业可持续发展提供种质保障。

参考文献

- 夏鹏国, 张顺仓, 梁宗锁, 等. 三七化学成分的研究历程和概况. 中草药, 2014, 45(17): 2564-2570.
- 居乃香, 孙静. 三七药理作用的研究进展. 北方药学, 2014, 11(11): 90-91.
- 冯陆冰, 潘西芬, 孙泽玲. 三七的药理作用研究进展. 中国药师, 2008, 11(10): 1185-1187.
- 张子龙, 李凯明, 杨建忠, 等. 轮作对三七连作障碍的消减效应研究. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(8): 39-46.
- Yoshikawa M, Murakami T, Ueno T, et al. Bioactive saponins and glycosides. VIII. Notoginseng (I): new dammarane-type triterpene oligoglycosides, notoginsenosides- A, -B, -C, and -D, from the dried root of *Panax notoginseng* (Burk.) F.H. Chen. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 1997, 45(6): 1039-1045.
- Chen Y, Sorensen L K. Determination of marker constituents in radix *Glycyrrhizae* and radix *Notoginseng* by near infrared spectroscopy. *Fresenius J Anal Chem*, 2000, 367(5): 491-496.
- Wan J B, Zhang Q W, Hong S J, et al. 5, 6-Didehydroginsenosides from the roots of *Panax notoginseng*. *Molecules*, 2010, 15(11): 8169-8176.
- Liu Y, Li J, He J, et al. Identification of new trace triterpenoid saponins from the roots of *Panax notoginseng* by high-performance liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Rapid Commun Mass Spectrom*, 2009, 23: 667-679.
- Fu H Z, Zhong R J, Zhang D M, et al. A new protopanaxadiol-type ginsenoside from the roots of *Panax notoginseng*. *J Asian Nat Prod Res*, 2013, 15(10): 1139-1143.
- 曾江, 崔秀明, 周家明, 等. 三七根茎的化学成分研究. 中药材, 2007, 30(11): 1388-1391.
- 宋建平, 曾江, 崔秀明, 等. 三七根茎的化学成分研究(II). 云南大学学报(自然科学版), 2007, 29(3): 287-290, 296.
- Cui X M, Jiang Z Y, Zeng J, et al. Two new dammarane triterpene glycosides from the rhizomes of *Panax notoginseng*. *J Asian Nat Prod Res*, 2008, 10(9-10): 845-849.
- Wei J X, Liangyu C, Jufen W, et al. Two new dammaran saponins from leaves of *Panax notoginseng*. *Planta Med*, 1982, 45(3): 167-171.
- 李海舟, 张颖君, 杨崇仁. 三七叶化学成分的进一步研究. 天然产物研究与开发, 2006, 18(4): 549-554.
- Zhao Y, Wang W, Han L, et al. Isolation, structural determination, and evaluation of the biological activity of 20(S)-25-methoxyl-dammarane-3beta, 12beta, 20-triol[20(S)-25-OCH₃-PPD], a novel natural product from *Panax notoginseng*. *Med chem*, 2007, 3: 51-60.
- Taniyasu S, Tanaka O, Yang T R, et al. Dammarane saponins of flowers buds of *Panax notoginseng*. *Planta Med*, 1982, 44(2): 124-125.
- 左国营, 魏均娴, 杜元冲, 等. 三七花蕾皂苷成分的研究. 天然产物研究与开发, 1991, 3(4): 24-30.
- Yoshikawa M, Morikawa T, Kashima Y, et al. Structures of new dammarane-type triterpene saponins from the flower buds of *Panax notoginseng* and hepatoprotective effects of principal ginseng saponins. *J Nat Prod*, 2003, 66(7): 922-927.
- Wang J R, Yamasaki Y, Tanaka T, et al. Dammarane-type triterpene saponins from the flowers of *Panax notoginseng*. *Molecules*, 2009, 14(6): 2087-2094.
- 周家明, 崔秀明, 曾江, 等. 三七种子脂溶性化学成分的研究. 现代中药研究与实践, 2008, 22(4): 8-10.
- 宋建平, 崔秀明, 曾江, 等. 三七种子脂溶性化学成分研究. 时珍国医国药, 2010, 21(3): 565-567.
- 孙玉琴, 陈中坚, 黄天卫, 等. 三七不同变异类型中皂苷的差异研究. 中草药, 2010, 41(6): 993-996.
- 陈中坚, 王勇, 曾江, 等. 三七植株的性状差异及其对三七产量和质量影响的调查研究. 中草药, 2001, 32(4): 71-73.
- 赵昶灵, 杨生超, 陈中坚. 紫、绿三七的总花色苷和总皂苷含量及皂苷单体组成. 中药材, 2014, 37(10): 1749-1753.
- Li L, Zhang J L, Sheng Y X, et al. Simultaneous quantification of six major active saponins of *Panax notoginseng* by high-performance liquid chromatography-UV method. *J Pharm Biomed Anal*, 2005, 38(1): 45-51.
- Guan J, Lai C M, Li S P. A rapid method for the simultaneous determination of 11 saponins in *Panax notoginseng* using ultra performance liquid chromatography. *J Pharm Biomed Anal*, 2007, 44(4): 996-1000.
- 魏莉, 杜奕, 周浩. 不同产地和生长年限三七花蕾中总皂苷及单体皂苷的含量测定. 上海中医药杂志, 2008, 42(4): 76-78.
- 孙玉琴, 向飞军, 曾江, 等. 云南省不同产地三七皂苷含量的比较. 文山学院学报, 2013, 26(6): 8-10.
- 王元忠, 钟贵, 张霖, 等. 紫外指纹图谱结合化学计量学对不同产地中药三七的鉴别研究. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(6): 1789-1793.
- Dong T T, Cui X M, Song Z H, et al. Chemical assessment of roots of *Panax notoginseng* in China: regional and seasonal variations in its active constituents. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(16): 4617-4623.
- 丁永丽. 三七紫外指纹图谱研究. 昆明: 云南中医学院硕士学位论文, 2013.
- 孙玉琴, 陈中坚, 李一果, 等. 三七的植株性状差异观察. 现代中药研究与实践, 2003, (增): 16-17,8.
- 丁永丽. 三七紫外指纹图谱研究. 昆明: 云南中医学院硕士学位论文, 2013.
- 张英, 黄明辉, 柏干荣, 等. 三七的18SrRNA, matK基因序列和HPLC化学指纹图谱分析研究. 药品评价, 2005, 2(1): 23-30.
- Wan J B, Yang F Q, Li S P, et al. Chemical characteristics for different parts of *Panax notoginseng* using pressurized liquid extraction and HPLC-ELSD. *J Pharm Biomed Anal*, 2006, 41(5), 1596-1601.
- Jia X H, Wang C Q, Liu J H, et al. Comparative studies of saponins in 1-3-year-old main roots, fibrous roots, and rhizomes of *Panax notoginseng*, and identification of different parts and growth-year samples. *J Nat Med*, 2013, 67(2): 339-349.
- Wang J R, Yau L F, Gao W N, et al. Quantitative comparison and metabolite profiling of saponins in different parts of the root of *Panax notoginseng*. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(36): 9024-9034.

- 38 朱伟伟, 王齐. 高效液相色谱法测定不同年限三七根中皂苷含量. 安徽农业科学, 2012, 40(3): 1407-1408, 1651.
- 39 王振峰, 高云涛, 张文斌, 等. 不同生长年限三七中总皂苷含量的变化特征. 安徽农业科学, 2012, 40(15): 8458-8459, 8463.
- 40 崔秀明, 陈中坚, 王朝梁, 等. 三七皂苷积累规律的研究. 中国中药杂志, 2001, 1(1): 25-26.
- 41 龙扬. HPLC法测定不同采收期三七中有效成分含量. 亚太传统医药, 2015, 7(4): 24-25.
- 42 曾宪彩, 朱美霖, 蒋艳雪, 等. 不同清洗处理方式对三七剪口中重金属及药效成分的影响. 2015, 25(8): 9-12.
- 43 高明菊, 冯光泉, 曾鸿超, 等. 微波干燥对三七皂苷有效成分的影响. 中药材, 2010, 33(2): 198-200.
- 44 高明菊, 冯光泉, 曾鸿超, 等. 三七产地加工方法研究. 时珍国医国药, 2011, 22(1): 198-199.
- 45 周国燕, 王春霞, 胡晓亮, 等. 干燥方法对三七切片有效成分和感官特性的影响. 食品科学, 2011, 32(22): 1-5.
- 46 马妮, 高明菊, 周家明, 等. 不同干燥方法对三七切片皂苷含量的影响. 特产研究, 2010(3): 40-43.
- 47 王勇, 余育启, 陈士林, 等. 三七药材及饮片农药残留与重金属含量限量标准研究. 世界科学技术—中医药现代化, 2016, 18(11): 1955-1963.
- 48 崔秀明, 王朝梁, 陈中坚. 种苗分级对三七生长和产量的影响. 中药材, 1998, 21(2): 60-61.
- 49 陈昱君, 王勇, 伍忠翠. 种苗质量与三七根腐病关系. 中药材, 2002, 25(5): 307-308.
- 50 Wei G F, Dong L L, Yang J, et al. Integrated metabolomic and transcriptomic analyses revealed the distribution of saponins in *Panax notoginseng*. *Acta Pharm Sin B*. 2018, 8(3): 458
- 51 Luo H M, Sun C, Sun Y Z, et al. Analysis of the transcriptome of *Panax notoginseng* root uncovers putative triterpene saponin- biosynthetic genes and genetic markers. *BMC Genomics*, 2011; 12: S5.
- 52 Niu Y Y, Luo H M, Sun C, et al. Expression profiling of the triterpene saponin biosynthesis genes FPS, SS, SE, and DS in the medicinal plant *Panax notoginseng*. *Gene*, 2014, 533: 295-303.
- 53 陈中坚, 马小涵, 董林林, 等. 药用植物DNA标记辅助育种(三)三七新品种——“苗乡抗七1号”的抗病性评价. 中国中药杂志, 2017, 42(11): 2046-2051.
- 54 董林林, 陈中坚, 王勇, 等. 药用植物DNA标记辅助育种(一): 三七抗病品种选育研究. 中国中药杂志, 2017, 42(1): 56-62.

Study Progress of Components of Notoginsenoside and the Affecting Factors

Wei Guangfei^{1,2}, Yang Feng², Xu Yaru^{2,3}, Wang Huanhuan^{2,3}, Su Lili^{2,3}, Yuan Can^{2,4}, Dong Linlin²

(1. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Ji'nan 250355, China; 2. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medicinal Sciences, Beijing 100700, China; 3. Ludong University, Yantai 264025, China; 4. Industrial Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610300, China)

Abstract: *Panax notoginseng* is a traditional Chinese medicinal herb in China. Due to its widespread pharmacology and significant clinical effect, the demand of *Panax notoginseng* is increasing surprisingly. Saponins are effective components in Radix Notoginseng. It has the effect of stopping bleeding and dispelling blood stasis. The content of saponins is affected by the factors such as location, variety and origin. This paper mainly introduced the notoginsenoside in different parts, the factors (origin and varieties) affecting the contents of notoginsenoside. A standard and pollution-free cultivation system of *Panax notoginseng* was established to help to cultivate the high-yield, high-quality and pollution-free *P. notoginseng*, which can provide the basis for choosing reasonable administration parts and provide the references for the development and utilization of *Panax notoginseng*.

Keywords: *Panax notoginseng*, saponins, origin, varieties, pharmacological activities

(责任编辑:周哲琦, 责任译审:王 昭)