

文山三七中 As 分配规律及其对皂苷和黄酮含量的影响

孙晶晶¹, 祖艳群^{1*}, 马妮², 闵强¹, 冯光泉², 吴炯¹, 冉江峰¹, 罗健¹, 李元¹

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南昆明 650201; 2. 文山学院文山三七研究院, 云南文山 663000)

摘要 [目的]探讨文山三七中 As 分配规律及其对皂苷和黄酮含量的影响。[方法]通过野外大田调查和室内分析相结合的方法研究云南文山三七主要种植区不同年份三七(二年生和三年生)不同部位(主根、须根、剪口)As 分配规律,探讨 As 元素对三七主要药效成分黄酮和皂苷含量的影响。[结果]砷含量在三七各部位分布依次为:须根>剪口>主根。三七须根中 As 含量最高,为 0.31~0.33 mg/kg。3 年生三七须根和主根的砷含量较 2 年生高。三七中黄酮含量为 3.45~11.10 mg/g,2 年生三七黄酮含量大于 3 年生三七。三七须根中黄酮含量与须根中 As 含量呈显著的负相关关系。总皂苷和单体皂苷含量在剪口和主根中较高,三七总皂苷含量为 4.08%~13.51%,人参皂苷占总皂苷的 90.53%~97.79%。3 年生三七的总皂苷和单体皂苷含量大于 2 年生三七。须根中三七皂苷 R₁ 含量与须根中 As 含量呈显著的正相关关系;剪口中总皂苷含量、R_{g₁} 含量和 R_{b₁} 含量均与剪口中 As 含量呈显著的负相关关系。[结论]因此,三七 As 含量对药效成分的影响与不同部位和不同皂苷类型有关,As 能导致须根中皂苷含量的累积,须根中黄酮和剪口中皂苷含量的下降。

关键词 三七(*Panax notoginseng*); 皂苷; 黄酮; As

中图分类号 S567 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)12-03511-05

Distribution of As in *Panax notoginseng* and Its Effects on Saponin and Flavonoid Contents in Wenshan Prefecture, Yunnan Province

SUN Jin-jin, ZU Yan-qun et al (College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract [Objective] To discuss As distribution law in *Panax notoginseng* and its effects on saponin and flavonoid contents in Wenshan Prefecture, Yunnan Province. [Method] Field investigation and lab analysis were conducted in order to understand As distribution in different parts (main root, fibrous root and rhizome) of *P. notoginseng* with two-year old and three-year old and its effects on saponin and flavonoid contents in *P. notoginseng* plantation area in Wenshan Prefecture, Yunnan Province, China. [Result] The results showed that: The sequence of As contents in different parts of *P. notoginseng* was fibrous root > rhizome > main root. The highest As content was 0.31-0.33 mg/kg in fibrous root. As contents in *P. notoginseng* with three-year old was higher than that in *P. notoginseng* with two-year old. Flavonoid content in *P. notoginseng* was 3.45-11.10 mg/g. Flavonoid content in *P. notoginseng* with two-year old was higher than that in *P. notoginseng* with three-year old. Significant negative relationship between flavonoid and As contents in fibrous root was observed. Total saponin and three single saponins (R₁, R_{g₁}, R_{b₁}) contents in main root and rhizome were higher than in fibrous root. Total saponin content was 4.08% - 13.51%. Ginsenoside (R_{g₁}, R_{b₁}) contents occupied 90.53% - 97.79% of total saponin. Total saponin and three single saponins contents in *P. notoginseng* with three-year old was higher than that in *P. notoginseng* with two-year old. Significant positive relationship between notoginsenoside R₁ and As contents in fibrous root was observed. Significant negative relationships between total saponin and two ginsenoside (R_{g₁}, R_{b₁}) and As contents in rhizome were observed. [Conclusion] Therefore, effects of As on saponin and flavonoid are dependent on different parts and saponins types. With As increasing, contents of saponin in fibrous root increased, contents of flavonoid in fibrous root and saponin in rhizome decreased.

Key words *Panax notoginseng*; Notoginsenoside; Flavonoid; As

砷(As)是一种常见的环境毒物和人类致癌物,土壤砷污染导致的环境污染问题日益突出^[1-3]。全球每年向土壤输入的砷含量可达 9.4×10^7 kg^[4]。我国的砷矿主要分布在湖南、云南、广西和广东等省,在云南昆明红壤中砷的含量达到 16.40~19.20 mg/kg,均值为 17.80 mg/kg^[5]。农田土壤中 As 超标或污染使农作物产量和品质受到影响^[6-10]。三七 [*Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen] 为五加科人参属 (*Panax*) 多年生阴性宿根草本植物,作为云南省名贵的地道中药材,在云南省文山州具有 600 多年的栽培历史和广泛的栽培面积,三七活血化瘀和消肿定痛的功效与其最主要的药效成分皂苷和黄酮有关,块根和根茎是主要的药用部位;茎叶也作药用;花则是最好的保健饮品;果实和种子主要作为繁殖体。三七花采收年限为 2 年生以上,根部和茎叶采收年限为 3 年生。因此,三七的研究年限一般为 2 年和 3 年。

文山三七 2011 年的种植面积 6 527 hm²,年产量达到

470.7 万 kg,占全国三七种植面积和总产量的首位,占我国总产量的 98% 以上。文山州由于地壳原始分化成分的作用、含砷矿的开采和含砷农药的长期使用,使三七种植区存在普遍的土壤砷污染和三七砷含量超标的现象^[11-13]。皂苷和黄酮含量是三七质量控制的重要指标,三七中单体皂苷 R_{g₁} 和 R_{b₁} 为人参皂苷,三七皂苷 R₁ 为三七特有,R₁、R_{g₁} 和 R_{b₁} 为三七中主要的单体皂苷,总皂苷含量常用三者之和表示。三七砷含量及其与三七皂苷和黄酮含量之间的关系的研究较少^[14-16],随着三七制品的生产和发展,对三七的需求量不断增加,研究 2 年生和 3 年生三七的皂苷和黄酮含量对砷元素胁迫的响应具有主要的意义,对于指导三七的生产和三七品质的提高具有一定的实践和理论意义。因此,笔者通过野外大田调查和室内分析相结合的方法研究云南文山三七主要种植区不同年份三七(2 年生和 3 年生)不同部位(主根、须根和剪口)As 分配规律,探讨 As 元素对三七主要药效成分黄酮和皂苷含量的影响,以期对三七的进一步开发利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象。于 2012 年 11 月在文山州三七主要种植

基金项目 国家自然科学基金(41261096)。

作者简介 孙晶晶(1988-),女,安徽怀远人,硕士研究生,研究方向:土壤重金属污染及修复。*通讯作者。

收稿日期 2014-04-11

区文山县、丘北县、砚山县、广南县进行大田采样 30 个(图 1)。

1.2 方法

1.2.1 大田调查和采样方法。试验采用大田调查采样的方法,于 2012 年 11 月在文山州三七主要种植区文山县、丘北县、砚山县、广南县进行大田采样 30 个,由于三七以 1 年生苗为主要移栽对象,而收获对象主要以 2 年生和 3 年生为主。因此,选择年份为 2 年生和 3 年生三七,包括 2 年生(19 个样品)和 3 年生(11 个样品)三七植物样品及对应表层土壤样品(0~15 cm),取样点以 GPS 精确定位,各采样位点的分布如图 1。采样点纬度为 23°28′04.9″~24°10′36.4″,经度为 103°53′47.3″~104°53′48.4″,海拔为 1 429~2 021 m。采样点土壤 pH 值 4.2~7.1、有机质含量 3.9~39.02 g/kg、CEC 为 24.42~52.40 cmol/kg,土壤类型以粘壤土和壤质粘土为主。对应表层土壤样品通过室内分析,As 含量的变化范围为 14.24~63.56 mg/kg。

新鲜的植物样品用自来水清洗干净后用去离子水清洗,将三七植株分为剪口、主根、须根 3 个部位,在 105 °C 下杀青 30 min,然后 65~70 °C 烘干至恒重,待冷却后磨碎待用。测定剪口、主根、须根中 As 含量、单体皂苷 R_1 、 R_{g1} 和 R_{b1} 含量、黄酮含量。计算总皂苷含量($R_1 + R_{g1} + R_{b1}$)。

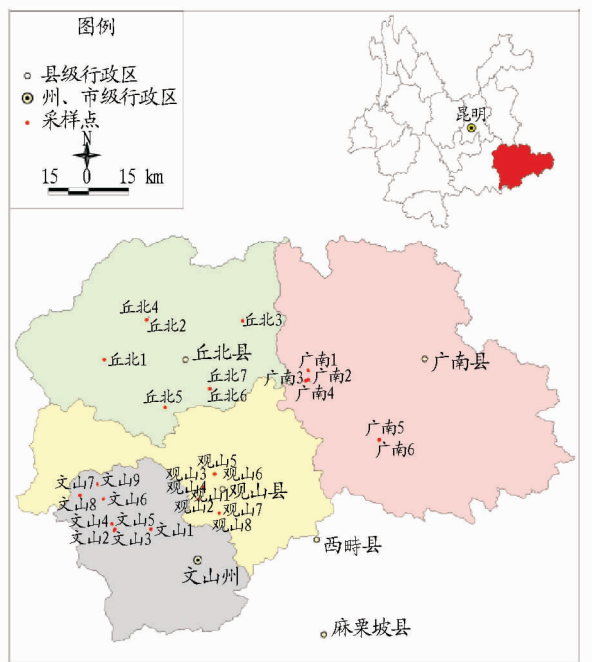


图 1 云南文山三七种植区大田调查采样分布

1.2.2 指标测定。植物样品通过硝酸-高氯酸(4:1, V/V)消煮后,采用银盐法测定 As 含量^[17]。植物样品中黄酮含量的测定方法采用紫外分光光度法^[18-19]。植物样品中单体皂苷含量的测定的采用高效液相色谱法^[14,20]。

1.2.3 统计分析方法。采用 SPSS(11.0)数据处理系统进行相关性分析,用 Excel 2000 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同年份三七各部位 As 含量特征 计算得三七剪口和主根均为 0.15 mg/kg,须根为 0.32 mg/kg。总的来讲,砷

含量均低于优质三七砷的限量标准 ≤ 1.0 mg/kg(GB19086-2003)。砷在三七各部位的含量分布为:须根 > 剪口 > 主根。

其中,2 年生三七的各部位砷含量分别剪口 0.15 mg/kg,主根 0.14 mg/kg,须根 0.31 mg/kg。砷在 2 年生三七各部位的含量分布为:须根 > 剪口 > 主根(图 2)。2 年生三七剪口中砷含量与主根中砷含量之间呈显著的负相关关系($Y = 0.20 - 0.35X, R = 0.4626, P < 0.05, N = 19$)。3 年生三七剪口为 0.15 mg/kg,主根为 0.17 mg/kg,须根为 0.33 mg/kg。砷在 3 年生三七各部位的含量分布为:须根 > 主根 > 剪口(图 2)。

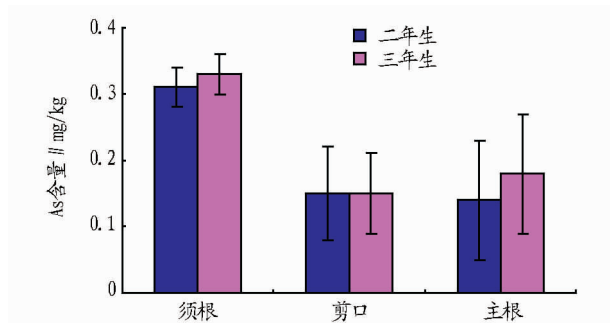


图 2 不同年份三七各部位 As 含量

2.2 不同年份三七各部位黄酮含量特征 计算得全部三七样品须根的黄酮平均含量为 7.26 mg/g,剪口的黄酮平均含量为 5.04 mg/g,最低的主根的黄酮平均含量为 3.54 mg/g。黄酮在三七各部位的含量分布为:须根 > 剪口 > 主根。

其中,2 年生三七须根的黄酮含量为 7.25 mg/g,剪口的黄酮含量为 5.25 mg/g;主根的黄酮含量为 3.60 mg/g(图 3)。三七各部位黄酮含量的较高的为须根、剪口,最低为主根(图 3)。2 年生三七的剪口、主根和须根的黄酮含量变异系数分别为 15.09%、22.85% 和 9.68%。3 年生三七的须根的黄酮含量为 7.27 mg/g,剪口的黄酮平均含量为 4.67 mg/g,主根的黄酮含量为 3.45 mg/g(图 3)。

3 年生三七各部位黄酮含量的较高的为须根、剪口,最低为主根。黄酮在 2 年生和 3 年生三七各部位的含量分布规律一致。2 年生三七剪口和主根的黄酮含量大于 3 年生三七,而须根的黄酮含量 2 年生和 3 年生三七基本相同。

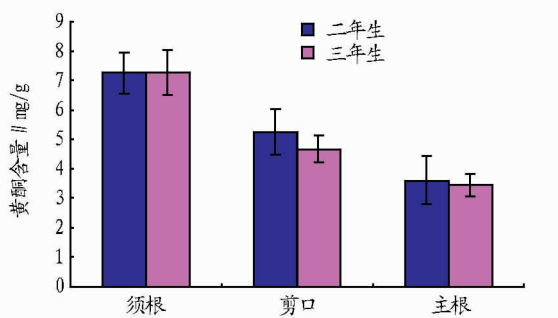


图 3 不同年份三七各部位黄酮含量

2.3 不同年份三七各部位皂苷含量特征 计算得全部样品的剪口中总皂苷($R_1 + R_{g1} + R_{b1}$)平均含量为 13.51%,其中三七皂苷 R_1 含量为 1.27%,人参皂苷 R_{g1} 含量为 6.99%,人参皂苷 R_{b1} 含量为 5.24%。主根中总皂苷含量为

10.74%, 其中 R_1 含量为 0.98%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 5.65%, 人参皂苷含量为 4.11%。须根中总皂苷含量为 4.08%, 其中 R_1 含量为 0.45%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 2.43%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 1.56%。剪口中总皂苷和单体皂苷 R_1 、 R_{g_1} 、 R_{b_1} 含量均大于主根, 最低的是须根(表 1)。

其中, 2 年生三七的剪口中总皂苷平均含量为 12.95%, 其中 R_1 含量为 1.16%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 6.85%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 4.94%。相关分析表明, 剪口中总皂苷和单体皂苷 R_{b_1} 含量与剪口中 As 含量呈显著的负相关关系。主根中总皂苷含量为 10.12%, 其中 R_1 含量为 0.89%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 5.42%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 3.81%。须根中总皂苷含量为 3.61%, 其中 R_1 含量为 0.38%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 2.19%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 1.03%, 须根中 R_1 含量与须根中 As 含量之间呈显著的正相关关系(表 2)。2 年生三七的剪口中总皂苷和单体皂苷 R_1 、 R_{g_1} 、 R_{b_1} 含量均大于主

根, 最低的是须根。 R_{g_1} 和 R_{b_1} 含量大于 R_1 含量。 R_{b_1}/R_{g_1} 比值在剪口、主根和须根中分别为 0.72、0.70 和 0.47。人参皂苷与三七皂苷的比值 $[(R_{b_1} + R_{g_1})/R_1]$ 在剪口、主根和须根中分别为 10.16、10.37 和 8.50。

3 年生三七的剪口中总皂苷含量为 14.46%, 其中 R_1 含量为 1.47%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 7.24%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 5.75%。主根中总皂苷含量为 11.80%, 其中 R_1 含量为 1.12%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 6.05%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 4.64%。须根中总皂苷含量为 4.91%, 其中 R_1 含量为 0.57%, 人参皂苷 R_{g_1} 含量为 2.83%, 人参皂苷 R_{b_1} 含量为 2.49%(表 1)。

3 年生三七的剪口中总皂苷和单体皂苷 R_1 、 R_{g_1} 、 R_{b_1} 含量均大于主根, 最低的是须根。并且 3 年生三七的剪口、主根和须根中总皂苷和单体皂苷 R_1 、 R_{g_1} 、 R_{b_1} 含量均大于 2 年生三七。

表 1 不同年份三七各部位皂苷含量

%

年份	皂苷含量	剪口				主根				须根			
		R_1	R_{g_1}	R_{b_1}	总皂苷*	R_1	R_{g_1}	R_{b_1}	总皂苷	R_1	R_{g_1}	R_{b_1}	总皂苷
总体	平均值	1.27	6.99	5.24	13.51	0.98	5.65	4.11	10.74	0.45	2.43	1.56	4.08
	标准差	0.33	0.93	0.92	1.80	0.28	1.49	1.23	2.86	0.14	0.61	2.02	1.11
	中值	1.25	7.05	5.40	13.70	1.00	5.75	4.20	10.85	0.40	2.40	1.10	3.90
	偏度	1.90	0.05	-0.39	-0.51	0.27	0.50	0.25	0.31	1.06	1.07	5.11	1.07
	峰度	5.99	-0.44	0.71	-0.17	0.08	0.04	-0.66	-0.29	0.17	1.33	27.17	1.16
2 年生	平均值	1.16	6.85	4.94	12.95	0.89	5.42	3.81	10.12	0.38	2.19	1.03	3.61
	标准差	0.20	1.05	0.93	1.88	0.28	1.76	1.26	3.21	0.07	0.47	0.28	0.74
	中值	1.20	6.70	5.20	13.10	1.00	5.20	3.50	9.70	0.40	2.10	0.90	3.50
	偏度	0.07	0.35	-0.50	-0.17	0.54	0.87	0.81	0.83	0.34	0.72	0.49	0.64
	峰度	-0.20	-0.53	-0.38	-0.42	0.57	-0.11	0.27	0.12	-0.82	-0.18	-0.54	-0.04
3 年生	平均值	1.47	7.24	5.75	14.46	1.12	6.05	4.64	11.80	0.57	2.83	2.49	4.91
	标准差	0.41	0.65	0.68	1.20	0.24	0.73	1.02	1.79	0.16	0.64	0.47	1.17
	中值	1.30	7.20	5.50	14.20	1.10	5.80	4.70	12.10	0.60	2.60	1.40	4.50
	偏度	1.80	-0.15	1.45	-0.26	0.63	-0.13	-0.59	-0.26	-0.03	1.27	3.20	0.87
	峰度	3.63	-0.50	1.86	-0.49	0.64	-0.72	0.43	-0.17	-1.88	0.65	10.43	-0.28

*注:总皂苷 = $R_1 + R_{g_1} + R_{b_1}$ 。

表 2 三七各部位黄酮含量与 As 含量的相关性分析

Y	X	方程	R	F	P	N
须根中黄酮含量	须根中砷含量	$Y = 8.26 - 3.31X$	0.589 1	14.87	<0.01	30
3 年生三七须根黄酮含量	3 年生三七须根砷含量	$Y = 8.59 - 3.97X$	0.706 4	8.98	<0.05	11
3 年生三七剪口黄酮含量	3 年生三七须根砷含量	$Y = 5.57 - 2.70X$	0.760 9	12.35	<0.01	11
剪口 R_{g_1} 含量	剪口砷含量	$Y = 7.82 - 5.40X$	0.391 2	5.04	<0.05	30
剪口 R_{b_1} 含量	剪口砷含量	$Y = 6.21 - 6.37X$	0.465 8	7.77	<0.01	30
剪口总皂苷含量	剪口砷含量	$Y = 15.45 - 12.70X$	0.475 4	8.19	<0.01	30
须根 R_1 含量	须根砷含量	$Y = 0.30 + 0.46X$	0.430 1	6.37	<0.05	30
2 年生三七剪口 R_{b_1} 含量	2 年生三七剪口砷含量	$Y = 6.17 - 8.07X$	0.601 7	9.66	<0.01	19
2 年生三七剪口总皂苷含量	2 年生三七剪口砷含量	$Y = 13.24 - 15.04X$	0.552 3	7.45	<0.05	19
2 年生三七须根 R_1 含量	2 年生三七须根砷含量	$Y = 0.31 + 0.21X$	0.407 4	3.37	<0.05	19
3 年生三七须根 R_1 含量	3 年生三七须根砷含量	$Y = 0.31 + 0.80X$	0.688 5	8.11	<0.05	11

3 讨论与结论

3.1 讨论 2 年生和 3 年生三七的剪口的砷含量没有明显的差异, 可能由于剪口的生长周期均是在 1 年内, 都是当年新生长的部位, 所以 2 年生和 3 年生的剪口对土壤中 As 的吸收过程和吸收规律是相同, 主根和须根是属于多年生器

官, 3 年生三七的主根和须根的砷含量均比 2 年生的主根和须根的砷含量有所增加。可见 As 的累积是一个长期的过程, As 能储存在主根和须根中。阎秀兰等研究也表明, 主根是三七中砷的主要储存部位^[12]。相关性分析表明 2 年生三七的剪口砷含量与主根中砷含量表现出显著的负相关性。

可见,2年生三七剪口中As能转移到主根中储存,从而保证了剪口的生长和来年的萌发,三七对土壤As胁迫环境具有其独特的适应方式和途径,该特征对于研究三七对As胁迫的响应机理具有主要的意义。

As在三七各部位的含量分布为须根>剪口>主根,地下部位须根、剪口和主根是砷的主要分布区,三七作为一种多年生药材,一般生长3年后收获,特别是须根中As含量的2年生和3年生三七中均表现出最高,须根中As含量是其他部位的1.82~3.30倍,须根较容易吸收土壤中的As^[12]。所以,3年生三七的砷在主要收获部位须根、主根和剪口的累积应该加以关注。

黄酮在2年生和3年生三七各部位的含量分布规律均为须根>剪口>主根。魏均娴等研究了根和叶中的黄酮成分为槲皮素、山柰酚和槲皮素-3-O-槐糖苷^[21-23]。黄酮含量与三七的产地和三七的质量大小有关^[18]。对于黄酮的分配规律研究较少^[15]。2年生三七剪口和主根的黄酮含量大于3年生三七,而须根的黄酮含量2年生和3年生三七基本相同,其原因可能与3年生三七的生物量大于2年生三七,对黄酮含量具有稀释作用的结果。

一方面,黄酮作为三七的药效成分,对三七的生理活性具有主要的作用,另一方面,在环境胁迫条件下,植物通过增加植物体内黄酮化合物来防御环境胁迫,黄酮是植物综合防御体系的一部分。黄酮具有一定的清除氧自由基的作用,能降低亚硝酸盐对细胞的损伤,对细胞具有防护功能^[24-25]。三七茎叶能通过增加黄酮的含量来增强对As胁迫的适应。环境胁迫能使植物体内的黄酮含量增加,主要是由于环境胁迫可诱导黄酮的生物合成的关键酶苯丙氨酸解氨酶和查尔酮合酶的活性和数量的上升,已在灯盏花、草珊瑚和毛地黄等中药材中得到了证实^[3,26-27]。三七查尔酮合酶的表达受UV照射、真菌侵染和微量元素等条件诱导,增加酶活性和含量,提高黄酮含量^[5,28]。但是,地下部位须根、剪口和主根作为三七主要的收获部位和药效部位,黄酮含量的较低。三七黄酮产量受到很多条件的影响,与三七生长发育阶段、部位和生理活动等有关^[6,29]。相关分析表现三七须根中黄酮含量与须根中As含量呈显著的负相关关系,2年生三七须根和剪口中黄酮含量均与须根中As含量也表现出显著的负相关关系(表3),可见须根中较高的As含量对须根和剪口中黄酮的累积具有明显抑制作用。研究表明黄酮合成的调控基因查尔酮合酶的表达基因在不同生物体具有不同的时空调节模式,在不同组织和器官、不同时期具有表达的特异性^[30-32]。因此,As胁迫对三七地上部分和地下部分黄酮的影响差异需要进一步深入的研究。

皂苷是一类由甾体皂苷元或三萜皂苷元与糖或糖醛酸缩合而成的苷类化合物,分为甾体皂苷和三萜皂苷,广泛存在于薯蓣科、百合科、五加科、伞形科、豆科、桔梗科、远志科和葫芦科等植物中,具有去痰、镇痛、抗炎、抗疲劳、抗菌和促进核酸和蛋白质合成等作用。三七总皂苷($R_g + R_b + R_1$)平均含量在剪口、主根和须根中分别为13.51%、10.74%和

4.08%,除须根外,剪口和主根中的总皂苷含量均是2005年版药典中规定的不低于5%的2倍以上^[33]。

从三七中已经分离得到70多种单体皂苷成分,这些单体皂苷成分大多数为达玛烷型人参皂苷,其中三七皂苷 R_1 为三七特有,人参皂苷 R_g 和 R_b 含量最高, R_b 在三七根、剪口、叶、花中的比例分配为1.8:3.23:0.03:0.4^[34-36]。三七中人参皂苷 R_g 和 R_b 含量是三七中皂苷的主要成分,分别占剪口、主根和须根总皂苷的90.53%、90.88%和97.79%,而且 R_g 含量高于 R_b 含量,与杨崇仁等的研究一致。而三七皂苷 R_1 含量仅占总皂苷的9.47%、9.21%和2.21%^[16]。 $R_g:R_b:R_1$ 在剪口、主根和须根中分别为5.8:4.2:1.0;5.5:4.1:1.0和5.4:3.5:1.0。2年生和3年生三七的剪口中总皂苷和单体皂苷 R_1 、 R_g 、 R_b 含量均大于主根,最低的是须根,分配规律在2年生和3年生三七中一致。并且3年生三七的剪口、主根和须根中总皂苷和单体皂苷 R_1 、 R_g 、 R_b 含量均大于2年生三七,因此,从三七主要的药效成分皂苷的含量累积的角度,3年生三七作为主要收获阶段具有主要的意义。

环境因子的改变能在一定程度上改变植物皂苷基因的表达和皂苷的合成,影响皂苷产量^[37-38]。土壤As在低浓度时,可以刺激三七的生长,提高某些单体皂苷的含量,同时其他单体皂苷含量降低,且三七块根中的单体皂苷 R_1 、 R_b 和 R_g 之和也随着外源As的增加而降低^[14]。相关分析表现剪口中总皂苷含量、 R_g 含量和 R_b 含量均与剪口中As含量呈显著的负相关关系,2年生三七剪口中总皂苷含量和 R_b 含量也表现出与剪口中As含量呈显著的负相关关系(表3)。而须根中三七皂苷 R_1 含量与须根中As含量呈显著的正相关关系,而且2年生和3年生三七的须根中三七皂苷 R_1 含量与须根中As含量均表现出显著的正相关关系。可见,皂苷含量的变化不仅与单体皂苷类型有关,也与不同部位的响应有关。特别是人参皂苷 R_b 和三七皂苷 R_1 对As胁迫的响应的差异,需要进一步深入的研究。

比较须根As含量与须根黄酮和皂苷含量的相关分析,二者具有相反的相关性,随着须根中As含量的增加,须根中黄酮含量逐渐下降,而 R_1 含量逐渐增加。对须根中皂苷和黄酮含量进行相关分析,表明须根中须根黄酮含量均与 R_1 含量($Y=1.01-0.078X$, $R=0.3834$, $F=4.48$, $P<0.05$, $N=30$)和总皂苷含量($Y=7.78-0.51X$, $R=0.3256$, $F=4.56$, $P<0.05$, $N=30$)呈显著的负相关关系。黄酮与 R_1 代谢的不同是否是由于对As胁迫响应的差异引起的还需要进一步深入探讨。黄酮与三七皂苷 R_1 是植物经一相反应后的代谢物在尿苷二磷酸葡萄糖醛酸基转移酶等催化下,与O-葡萄糖醛酸和糖类结合产生,次生代谢产物通过苯丙氨酸途径和异戊二烯途径形成^[39],从而可能产生对As胁迫的响应差异。

3.2 结论 通过大田调查不同年份三七不同部位对As元素的累积特征及其对三七主要药效成分黄酮和皂苷含量的影响,可以看出文山三七主要生产区三七的As含量低于优质三七对As含量(<1.0 mg/kg)的限度,地下部位须根、剪

口和主根是砷的主要分布部位,须根中 As 含量是其他部位的 1.82~3.30 倍。三七黄酮含量最低的是主根,须根中黄酮含量与 As 含量的相关性相反。三七总皂苷含量大于药典中规定的 5%,总皂苷和单体皂苷含量在剪口和主根中较高,剪口和须根中皂苷含量与 As 的相关性相反,人参皂苷 Rb₁ 和三七皂苷 R₁ 对 As 胁迫的响应不同。

因此,三七药效成分对 As 元素的响应,不同的年份的影响较小,主要是与不同的部位、不同单体皂苷成分有关。三七药效成分对 As 元素的响应,黄酮表现出地上部位和地下部位的差异,皂苷表现出人参皂苷和三七皂苷的差异。

参考文献

- [1] DUDKA S, ADRIANO D C. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review [J]. *Journal of Environmental Quality*, 1997, 26: 590-602.
- [2] 廖晓勇, 陈同斌, 肖细元, 等. 污染水稻田中土壤含砷量的空间变异特征[J]. *地理研究*, 2003, 22(5): 635-643.
- [3] FENG Y, ZU Y Q, ZHU Y, et al. Responses of total flavonoid yield in *Eriogonum Breviscapus* (Vant.) Hand.-Mazz. to enhanced UV-B radiation [M]// LI S C. *Progress in Environmental Science and Technology*. Beijing: Science Press, 2009: 2426-2431.
- [4] KUMPIENE J, LAGERKVIST A, MAURICE C. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments-A review [J]. *Water Management*, 2008, 28: 215-225.
- [5] WALTER M H. The induction of phenylpropanoid biosynthetic enzymes by ultraviolet light or fungal elicitor in cultured parsley cells is overridden by a heated-stock treatment [J]. *Planta*, 1989, 177: 1-8.
- [6] 崔秀明, 陈中坚, 王朝梁, 等. 三七皂苷积累规律研究[J]. *中国中药杂志*, 2001, 26(1): 27-28.
- [7] 冯光泉, 刘云芝, 张文斌, 等. 三七植物体重金属残留特征研究[J]. *中成药*, 2006, 28(12): 1796-1798.
- [8] 蔡立梅, 黄兰椿, 周永章, 等. 东莞市农业土壤和蔬菜砷含量及其健康风险分析[J]. *环境科学与技术*, 2010, 33(1): 197-200.
- [9] 陈磊, 梁巧凤, 杜葱远, 等. 福建铁观音茶园土壤中的砷及其向茶叶转移的规律[J]. *福建农林大学学报: 自然科学版*, 2010, 39(1): 37-41.
- [10] 肖细元, 陈同斌, 廖晓勇, 等. 中国主要含砷矿产资源的区域分布与砷污染问题[J]. *地理研究*, 2008, 27(1): 201-212.
- [11] 李卫东. 文山三七 GAP 种植区环境质量状况调查[J]. *云南环境科学*, 2004, 23(S1): 168-170.
- [12] 阎秀兰, 廖晓勇, 于冰冰, 等. 药用植物三七对土壤中砷的累积特征及其健康风险[J]. *环境科学*, 2011, 32(3): 880-885.
- [13] 张文斌, 曾鸿超, 冯光泉, 等. 不同栽培地区的三七总砷及无机砷含量分析[J]. *中成药*, 2011, 33(2): 291-293.
- [14] 曾鸿超, 张文斌, 冯光泉, 等. 土壤砷污染对三七皂苷含量的影响[J]. *特产研究*, 2011(4): 25-27.
- [15] 李媛, 李强, 姜泽. 三七中黄酮类成分的研究进展[J]. *齐鲁药事*, 2012,

31(2): 109-111.

- [16] 杨崇仁, 王东, 苏梅, 等. 无量山三七的种植模式与皂苷成分分析[J]. *云南中医学院学报*, 2013, 35(3): 1-5.
- [17] 鲍士旦. 土壤化学分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [18] 崔秀明, 陈中坚. 三七药材道地性研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
- [19] 张志良, 翟伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [20] 卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典一部[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2005.
- [21] 万梦雪, 王敏, 周馥荔, 等. 砷对绿豆和黑豆种子萌发的影响[J]. *湖北大学学报: 自然科学版*, 2013, 35(3): 288-293.
- [22] 魏均娟, 王杰芬. 三七叶黄酮类成分的研究[J]. *中国中药杂志*, 1987, 12(11): 31-32.
- [23] 魏均娟, 杜元冲. 三七-现代科学研究及应用[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996.
- [24] 付煜荣, 姚荣章. 景天三七中总黄酮提取条件和含量分析[J]. *河北北方学院学报: 医学版*, 2010, 27(1): 13-15.
- [25] 杨雪莹, 何瑞, 曹玉广. 构树叶总黄酮对表皮细胞防护作用研究[J]. *环境与健康杂志*, 2004, 21(3): 134-136.
- [26] 乔小燕, 马春霞, 陈亮. 植物类黄酮生物合成途径及重要基因的调控[J]. *天然产物研究与开发*, 2009(21): 354-360, 207.
- [27] 苏虎, 周春丽. 不同逆境胁迫条件对草珊瑚总黄酮含量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(17): 7995.
- [28] 王军妮, 黄艳红, 牟志美, 等. 植物次生代谢物黄酮类化合物的研究进展[J]. *蚕业科学*, 2007, 33(3): 499-505.
- [29] 和凤美, 朱永平, 杨晓红. 不同年龄三七根皂苷合成相关基因的差减 cDNA 文库构建[J]. *分子植物育种*, 2010, 8(1): 145-150.
- [30] CHEN X Y, LIU P. Molecular biology and genetic engineering of plant secondary metabolism [J]. *Life Science*, 1996, 2(8): 8-11.
- [31] WINKEL-SHIRLEY B. Evidence for enzyme complex in the phenylpropanoid and flavonoid pathway [J]. *Physiology Plant*, 1999, 107: 142-149.
- [32] 邹凤莲, 寿森炎, 叶艺芝, 等. 类黄酮化合物在植物胁迫反应中作用的研究进展[J]. *细胞生物学杂志*, 2004, 26(1): 39-44.
- [33] 卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典一部[S]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [34] 刘廷强, 何璐璐, 鱼红闪, 等. 三七提取中人参皂苷的转化[J]. *大连工业大学学报*, 2009, 28(2): 111-114.
- [35] 张文斌, 陶尚贵, 曾鸿超, 等. HPLC 法测定血塞通胶囊中人参皂苷 Rg₁, Rb₁ 和三七皂苷 R₁ 的含量[J]. *特产研究*, 2010(4): 49-51.
- [36] 石磊, 葛锋, 刘迪秋, 等. 三七总皂苷生物合成与关键酶调控的研究进展[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(11): 2358-2364.
- [37] 张语迟, 宋凤瑞, 刘志强, 等. 等离子体光辐射-磁场综合作用处理种子对人参皂苷含量的影响[J]. *应用化学*, 2009, 26(3): 311-315.
- [38] 吴耀生, 朱华, 李坤, 等. 三七鲨烯酶基因在三七根、茎、芦头中的转录表达与三萜皂苷合成 [J]. *中国生物化学与分子生物学报*, 2007, 23(12): 1000-1005.
- [39] 杜丽娜, 张存莉, 朱玮, 等. 植物次生代谢合成途径及生物学意义[J]. *西北林学院学报*, 2005, 20(3): 150-155.

(上接第 3510 页)

地需要如下生长环境:最低温度不低于 8℃,最高温度不高于 45℃;需要好的光照条件;夏天 7~8 月 10:00~15:00 需要用 50% 遮阳网遮阳;栽植基质配比为 2 份青石、1 份进口泥炭、1 份赤玉土、1 份草木灰;空气湿度 50~60%;土壤含水量 10%。

(2) 百岁兰长寿与其生长速度有很大的关系,从上面分析可知:随着年龄的增长,其生长量越来越低,而极低生长量是百岁兰长寿特有的。

(3) 作为植物界的“活化石”,笔者已成功探索出百岁兰从育苗到栽培管理的一整套技术,为百岁兰在国内引种栽培和物种保存提供技术支持。

参考文献

- [1] 王成聪. 仙人掌与多肉植物大全 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011.
- [2] 朱成章. 活化石百岁兰 [J]. *中国花卉盆景*, 2012(6): 35.
- [3] 汪琳. 大自然中的奇迹之花 [J]. *科技信息(山东)*, 2013(8): 55-56.
- [4] 王世积. 世界上最长寿的叶子 [J]. *少儿科技*, 2004(4): 33.