

产地对三七皂苷含量的影响研究

周润泽,吴毓苗,周玉厚,王宝婕,马晓惠,李维蛟,郑国伟,徐福荣*

云南中医药大学中药学院,昆明 650500

摘要:由于连作障碍和需求量的增加,三七的种植区不断向道地产区以外扩散,为了阐明不同产地三七的生长及其皂苷含量,为三七的种植和道地性提供理论依据。本研究分析了三七道地产区和非道地产区的土壤理化性质,以及三年生三七采收期的生长状况、主根和剪口中4种单体皂苷及其总皂苷含量。结果表明,5个不同产地的三七生长及其皂苷积累状况存在显著差异,文山州砚山县的表型生物量最小,皂苷含量的百分比最大。5个产地三七总皂苷含量均高于2015版《中国药典》标准。产地土壤有机质、全氮和全磷含量与主根和剪口中总皂苷含量呈负相关关系,而全钾和缓效钾与主根和剪口中总皂苷含量呈正相关关系。因此,三七种植具有明显的道地性,三七在种植过程中应控制氮磷肥施用,增加钾肥的施用。

关键词:三七;表型生物学性状;土壤;皂苷;相关性

中图分类号:R282.2

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2019)Suppl-0015-08

DOI:10.16333/j.1001-6880.2019.S.004

Influences of provenances on the content of saponins in *Panax notoginseng*

ZHOU Run-ze, WU Yu-miao, ZHOU Yu-hou, WANG Bao-jie,

MA Xiao-hui, LI Wei-jiao, ZHENG Guo-wei, XU Fu-rong*

Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China

Abstract: Due to continuous cropping obstacles and the demand of *Panax notoginseng* is increasing, *P. notoginseng* has been spreading to other no genuine producing area. In order to elucidate the growth and saponins content of *P. notoginseng* from different places and provide theoretical basis for the cultivation and the genuine producing authenticity of *P. notoginseng*. In the present study, we investigated the physical and chemical properties of the soil in Wenshan and other *P. notoginseng* growing areas and the development and content monomer saponins in roots of three years old *P. notoginseng*. The results showed that the content of saponins was higher in genuine producing area grown seedlings than other areas, and the level of the saponins of other four producing areas was also higher than that required by Chinese Pharmacopoeia. There were significant differences in the growth and development of *P. notoginseng* in the five producing areas. The growth and development were negatively correlated with the contents of total saponins in main root and rhizome of *P. notoginseng*. Soil organic matter, total nitrogen and total phosphorus were negatively correlated with saponin of the main root and rhizome, while total potassium and slow-acting potassium were positively correlated with saponin of the main root and rhizome. Therefore, the cultivation of *Panax notoginseng* has obvious authenticity, and the application of nitrogen, phosphate and potassium fertilizer should be controlled during the cultivation of *Panax notoginseng*.

Key words: *Panax notoginseng*; phenotypic biological characters; soil; saponins; correlation

三七 *Panax notoginseng* (Burk) F. H. Chen 为五加科人参属多年生药用植物,药用部位为根及根茎^[1],具有600年左右的药用历史^[2,3],是我国特有的名贵中药材,有“金不换”、“南国神草”之美誉^[4],

是“云南白药”、片仔癀、复方三七口服液等常见中药制剂的主要成分。其性温、味微苦,具有散瘀止血,消肿定痛等功效。主要用于治疗咯血、吐血、衄血、便血、崩漏、外伤出血、胸腹刺痛、跌扑肿痛等。《本草纲目拾遗》中称“三七颇似人参,人参补气第一,三七补血第一,味同而功亦同”^[5]。现代研究表明,三七总皂苷是三七中主要的生理活性成分,对治

疗冠心病、心绞痛、糖尿病和血栓等心脑血管具有确切的临床疗效^[6-14]。

早在唐代,人们就认识到产地生态环境是影响中药品质的关键因素,《唐本草》孔志约序云:“离其本土,则质同而效异”^[15]。现代研究认为,产地对于植物次生代谢产物(其中很多是生物活性成分)的影响十分显著^[16]。中药品质的形成是生态环境与人文环境综合作用的结果,而生态环境起主要作用^[17]。中药药性是药用植物秉承自然环境中各元素的变化形成的,是气候、土壤、生物和地形等环境因子综合作用的结果^[18-20],具有400多年栽培历史的三七对温度、光照、湿度、土壤等生态因子十分敏感。三七的分布仅局限于N23°30'附近的中高海拔地区,云南文山州是公认的三七道地主产区。可是,由于三七忌连作,栽培过三七的土壤要间隔7~10年才可再次种植三七,否则病虫害严重,导致产

量骤降甚至绝收^[21,22]。目前,道地主产区文山州土地资源紧缺,三七种植不断向文山州以外的红河州、昆明市、曲靖市、玉溪市、大理州和保山市等地扩张,并已形成一定的种植规模。然而,针对不同产地三七皂苷含量的研究鲜有报道。因此,我们对云南省大面积种植三七的5个代表性产地的三七皂苷含量进行了研究,以期为三七的种植生产及道地性研究提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 供试植株

本研究的供试植株为2017年11月在文山州砚山县等5个代表性产地采收的三年生三七,三七样品详见表1。每个产地采集样品20株,共100株。将三七洗净后分为主根及剪口于烘箱中40℃烘至恒重,保存备用。

表1 三七样品产地信息
Table 1 Provenance information of *P. notoginseng*

编号 No.	产地 Test points	海拔 Altitude (m)	经度 Longitude	纬度 Latitude
1	文山州砚山县	1 524	103°42'21"E	23°50'58"N
2	文山州丘北县	1 669	104°6'28"E	23°50'16"N
3	昆明市石林县	1 905	103°32'24"E	24°37'44"N
4	昆明市倘甸一	2 160	103°1'30"E	25°51'20"N
5	昆明市倘甸二	2 380	103°1'41"E	25°52'27"N

1.1.2 供试土壤

用五点取样法采集5个不同产地三七的根际土壤,于室内晾干后用四分法取适量风干土样,碾碎过筛,储存备用。

1.2 仪器与试剂

1.2.1 仪器

电子分析天平、电热鼓风干燥箱、游标卡尺、高效液相色谱仪(型号Agilent 1260 II, USA)、超声波清洗机。

1.2.2 试剂

标准品:三七皂苷R₁、人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁(北京莱耀生物科技有限公司)、人参皂苷Rd(中国食品药品检定研究院)、甲醇、乙腈、超纯水、成套缓冲剂(天津市科密欧化学试剂有限公司)、重铬酸钾(天津市化学试剂研究所)、浓硫酸、硫酸亚铁、硫酸铜、硫酸钾、碳酸氢钠、乙酸铵、硝酸、氯化

钾、氢氧化钠等。

1.3 实验方法

1.3.1 生物学性状测定

共分析了株高、茎基粗、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重等6种表型生物学性状。

1.3.2 主根及剪口中皂苷含量测定

三七皂苷含量测定参照2015版中国药典一部三七高效液相色谱检测^[1],采用Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈色谱柱。将烘干后的主根和剪口,分别磨成细粉,过40目筛。精密称取三七样品于试管中,加入甲醇溶液进行超声提取之后,用0.45 μm有机滤膜过滤,得到供试品溶液。精密称取三七皂苷R₁、人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁和人参皂苷Rd对照品,加入甲醇溶液,制成混合标准品溶液,得到标准曲线。

根据标准曲线计算三七的皂苷含量。皂苷含量

(%) 的计算方法是: $(c \times V) / M \times 100\%$, 其中 c 为提取液浓度, V 为提取液体积, M 为样品量。单株三七根的皂苷产量计算方法是: 主根含量 (mg/g) × 主根干重 (g) + 剪口含量 (mg/g) × 剪口干重 (g)。

1.3.3 土壤中营养元素的测定

共测定了 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、水解性氮、有效磷、速效钾、缓效钾、铵态氮、硝态氮和水分等 12 项土壤营养指标。

1.3.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 和 SPSS 19.0 软件对实验数据进行处理和分析, 结果以 “ $\bar{x} \pm s$ ” 表示。

2 结果与分析

2.1 不同产地三年生三七采收期表型生物学性状

5 个不同产地三年生三七采收期株高等 9 个表

表 2 5 个不同产地三年生三七采收期表型生物学性状 ($n=20$, $\bar{x} \pm s$)

Table 2 Phenotypic biological characters of *P. notoginseng* in five pilots at harvest period ($n=20$, $\bar{x} \pm s$)

性状 Character	株高 Plant height (cm)	茎基粗 Stem base width (mm)	地上部鲜重 Aboveground fresh weight (g)	根鲜重 Root fresh weight (g)	全株总鲜重 Total fresh weight of whole plant (g)	根干重 Root dry weight (g)	主根总皂苷 Total saponins (%)	剪口总皂苷 Total saponins (%)	三七皂苷 产量(株) <i>Panax notoginseng</i> saponin (g)
产地 Origin									
1	39.67 ± 2.17 ^b	7.84 ± 0.29 ^b	23.14 ± 1.25 ^c	40.47 ± 1.91 ^b	64.84 ± 3.33 ^b	10.64 ± 1.20 ^b	12.67 ± 1.08 ^a	16.23 ± 0.48 ^a	0.77 ± 0.04 ^c
2	51.53 ± 0.99 ^a	10.13 ± 0.30 ^a	39.78 ± 1.04 ^b	70.06 ± 2.75 ^a	109.84 ± 3.60 ^a	22.18 ± 0.92 ^a	10.14 ± 0.52 ^b	14.33 ± 0.30 ^b	1.48 ± 0.09 ^a
3	48.30 ± 1.52 ^a	10.72 ± 0.39 ^a	39.74 ± 1.15 ^b	74.97 ± 3.29 ^a	114.71 ± 4.15 ^a	23.52 ± 1.05 ^a	9.83 ± 0.31 ^b	15.81 ± 0.46 ^a	1.70 ± 0.10 ^a
4	48.07 ± 1.11 ^a	11.05 ± 0.29 ^a	45.29 ± 1.67 ^a	79.58 ± 3.68 ^a	124.87 ± 4.93 ^a	25.81 ± 1.04 ^a	7.49 ± 0.24 ^c	13.63 ± 0.30 ^b	1.64 ± 0.08 ^a
5	43.73 ± 2.45 ^b	10.62 ± 0.29 ^a	38.48 ± 1.25 ^b	74.84 ± 3.76 ^a	113.32 ± 4.60 ^a	21.33 ± 2.31 ^a	7.69 ± 0.58 ^c	14.27 ± 0.60 ^b	1.06 ± 0.15 ^b

注: 每列数据上标不同字母表示有统计学意义 ($P < 0.05$)。

Note: In the same column, values with different superscripts indicated significant difference ($P < 0.05$).

2.2 不同产地三七根中皂苷含量分析

5 个不同产地的三七主根中 4 种皂苷成分及其总皂苷含量详见图 1, 结果显示, 三七主根中总皂苷含量以产地 1 为最高, 且极显著高于其他 4 个产地, 依次为产地 1 (12.67%) > 产地 2 (10.14%) > 产地 3 (9.83%) > 产地 5 (7.69%) > 产地 4 (7.49%)。4 种主要皂苷成分以人参皂苷 Rg_1 含量为最高, 人参皂苷 Rd 含量为最低, 其中, 三七皂苷 R_1 和人参皂苷 Rd 均以产地 3 为最高, 显著或极显著高于其他 4 个产地, 变幅分别为 0.94 ~ 1.63%、0.64 ~ 0.9%; 而人参皂苷 Rg_1 和人参皂苷 Rb_1 均以产地 1 为最高, 显著或极显著高于其他 4 个产地, 变幅分别为 3.41 ~ 7.03%、2.16 ~ 3.83%。

5 个不同产地的三七剪口中 4 种皂苷成分及其

型性状基本信息详见表 2, 结果显示, 株高、茎基粗、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重、根干重和三七皂苷产量等 7 个性状的表型值均为产地 1 显著低于其它产地, 其中, 株高变幅为 39.67 ~ 51.53 cm, 茎基粗变幅为 7.84 ~ 11.05 mm, 地上部鲜重变幅为 23.14 ~ 45.29 g, 根鲜重变幅为 40.47 ~ 79.58 g, 全株总鲜重变幅为 64.84 ~ 124.87 g, 根干重变幅为 10.64 ~ 25.81 g, 三七皂苷产量变幅为 765.95 ~ 1702.94 mg。然而, 主根和剪口的总皂苷含量均以产地 1 为最高, 主根的总皂苷含量变幅为 7.49% ~ 12.67%, 剪口的总皂苷含量变幅为 13.63% ~ 16.23%。综上, 不同产地三七的生长及其皂苷积累状况存在显著差异, 产地 1 的表型生物量最小, 而皂苷含量的百分比却最大。

总皂苷含量详见图 2, 结果显示, 三七剪口中总皂苷含量以产地 1 为最高, 产地 1 和产地 3 极显著高于其他 3 个产地, 依次为产地 1 (16.23%) > 产地 3 (15.81%) > 产地 2 (14.33%) > 产地 5 (14.27%) > 产地 4 (13.63%)。4 种主要皂苷成分以人参皂苷 Rg_1 含量为最高, 人参皂苷 Rd 含量为最低, 其中, 三七皂苷 R_1 以产地 5 为最高, 显著或极显著高于其他 4 个产地, 变幅为 2.85 ~ 1.36%; 人参皂苷 Rg_1 和人参皂苷 Rb_1 均以产地 1 为最高, 显著或极显著高于其他 4 个产地, 变幅分别为 6.64 ~ 8.92%、3.36 ~ 4.83%; 人参皂苷 Rd 均以产地 3 为最高, 显著或极显著高于其他 4 个产地, 变幅为 1.12 ~ 1.42%。

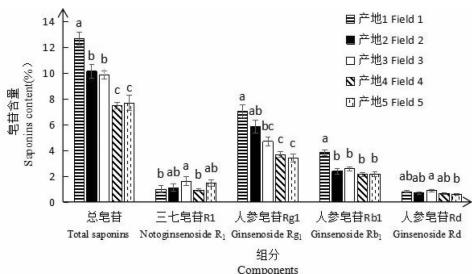


图1 采收期五个产地三七主根中皂苷含量

Fig. 1 Comparison of content of saponins in the main root of *P. notoginseng* in five sites at harvest period

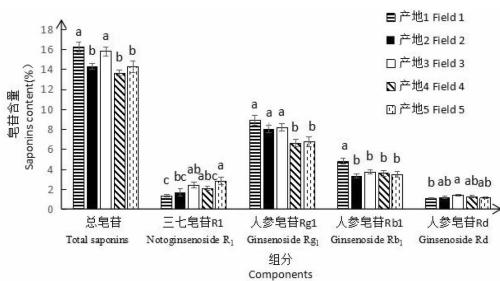


图2 采收期五个产地三七剪口中皂苷含量分布比较

Fig. 2 Comparison of the content distribution of saponins in the rhizome of *P. notoginseng* in five sites at harvest period

2.3 不同产地的土壤营养元素

5个产地采收期土壤中营养元素含量详见表3,结果显示,pH值、有机质和全氮均以产地4为最高,变幅分别为5.97~8.06 g/kg、21.72~33.11 g/kg和1.09~1.66 g/kg;全磷以产地5为最高,变幅为0.93~2.17 g/kg;全钾以产地1为最高,变幅为6.00~12.49 g/kg;水溶性氮以产地3为最高,变幅为42.29~92.63 mg/kg;有效磷为产地4为最高,变幅为31.27~128.44 mg/kg;速效钾以产地5为最高,变幅为72.62~385.74 mg/kg;缓效钾以产地1为最高,变幅为159.72~781.00 mg/kg;硝态氮以产地2为最高,变幅为7.49~77.56 mg/kg;铵态氮以产地5为最高,变幅为2.34~8.52 mg/kg。综上表明,5个不同产地的土壤营养状况各异。

2.4 生物学性状与皂苷含量的相关性分析

三七采收期生物学性状与皂苷含量的相关性详见表4,结果显示,主根中总皂苷含量与株高、茎基粗、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重以及根干重均呈极显著负相关,相关系数分别为-0.348、-0.415、-0.441、-0.467、-0.468和-0.607;主根中三七皂苷R₁与株高和茎基粗呈正相关,而与地上部鲜重、根鲜

表3 五个试点采收期土壤中营养元素含量

Table 3 Nutrient content in soil in five pilots at harvest period

测定指标 Determination index	计量单位 Measurement unit	试点 Test point				
		1	2	3	4	5
pH 值 pH value	水土比 = 2.5:1	7.81	6.27	6.47	8.06	5.97
有机质 Organic matter	g/kg	21.72	27.20	24.96	33.11	27.21
全氮 Total nitrogen	g/kg	1.09	1.40	1.16	1.66	1.54
全磷 Total phosphorus	g/kg	0.93	1.50	1.66	1.93	2.17
全钾 Total potassium	g/kg	12.49	11.84	6.40	6.48	6.00
水解性氮 Hydrolyzable nitrogen	mg/kg	88.60	74.51	92.63	42.29	78.53
有效磷 Available phosphorus	mg/kg	31.27	125.02	95.24	128.44	127.95
速效钾 Available potassium	mg/kg	72.62	161.15	139.84	223.44	385.74
缓效钾 Slowly available potassium	mg/kg	423.24	781.00	356.03	206.31	159.72
硝态氮 Nitrate nitrogen	mg/kg	20.70	77.56	7.49	24.30	19.50
铵态氮 Ammonium nitrogen	mg/kg	2.34	5.29	3.26	3.90	8.52

重、全株总鲜重和根干重呈负相关,均未达显著水平;主根中人参皂苷R_{g1}与株高、茎基粗、地上部分鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重均呈极显著负相关,相关系数分别为-0.368、-0.468、-0.451、-0.469、-

0.473和-0.608;主根中人参皂苷R_{b1}与株高、茎基粗、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重呈极显著负相关,相关系数分别为-0.331、-0.349、-0.391、-0.392、-0.400和-0.504;主根中人参皂苷

Rd 与株高、茎基粗、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重呈负相关。

剪口中总皂苷含量与茎基粗和根干重呈显著负相关,相关系数分别为-0.293 和-0.307,与株高、地上部鲜重、根鲜重和全株总鲜重呈负相关;剪口中三七皂苷 R₁ 与株高和茎基粗分别呈极显著、显著正相关,相关系数分别为 0.320 和 0.268,与地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重呈正相关;剪口中人参皂苷 R_{g1} 与茎基粗和根干重呈极显著负相关,

相关系数分别为-0.342 和-0.307,与地上部分鲜重、根鲜重和全株总鲜重呈显著负相关,相关系数分别为-0.288、-0.308 和-0.308,与株高呈负相关;剪口中人参皂苷 R_{b1} 与茎基粗呈显著负相关,相关系数为-0.230,与株高、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重呈负相关;剪口中人参皂苷 Rd 与株高、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重和根干重呈极显著正相关,相关系数分别为 0.329、0.384、0.445、0.434 和 0.393,与茎基粗呈显著正相关,相关系数为 0.242。

表 4 采收期生物学性状与皂苷含量的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of biological characters and saponins content at harvest period

测定指标 Determination index	总皂苷 Total saponins	三七皂苷 R ₁ Notoginsenoside R ₁	人参皂苷 R _{g1} Ginsenoside R _{g1}	人参皂苷 R _{b1} Ginsenoside R _{b1}	人参皂苷 Rd Ginsenoside Rd
株高 Plant height	-0.348 ** -0.025	0.078 0.320 **	-0.368 ** -0.126	-0.331 ** -0.230	-0.068 0.329 **
茎基粗 Stem base width	-0.415 ** -0.293 *	0.126 0.268 *	-0.468 ** -0.342 **	-0.349 ** -0.263 *	-0.118 0.242 *
地上部鲜重 Aboveground fresh weight	-0.441 ** -0.236	-0.019 0.177	-0.451 ** -0.288 *	-0.391 ** -0.215	-0.078 0.384 **
根鲜重 Root fresh weight	-0.467 ** -0.228	-0.099 0.166	-0.469 ** -0.308 *	-0.392 ** -0.174	-0.074 0.445 **
全株总鲜重 Total fresh weight of the plant	-0.468 ** -0.235	-0.075 0.173	-0.473 ** -0.308 *	-0.400 ** -0.191	-0.077 0.434 **
根干重 Root dry weight	-0.607 ** -0.307 *	-0.108 0.208	-0.608 ** -0.371 **	-0.504 ** -0.231	-0.198 0.393 **

注:每个性状后的相关系数上行为主根,下行为剪口。** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关;* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: The correlation coefficient after each trait, the upper row is the main root, while the lower one is the rhizome. ** Significant correlation at 0.01 level (bilateral). * Significant correlation at 0.05 level (bilateral).

2.5 土壤养分与皂苷含量的相关性分析

三七采收期土壤中营养成分与皂苷含量的相关性详见表 5,结果显示,主根中总皂苷含量与土壤中全磷含量呈极显著负相关,相关系数为-0.972,与全氮和有效磷呈显著负相关,相关系数为-0.890 和-0.884,与 pH 值、全钾、水解性氮、缓效钾和硝态氮呈正相关,与有机质、有效磷、速效钾和铵态氮呈负相关;主根中三七皂苷 R₁ 与全磷、水解性氮、有效磷、速效钾和铵态氮呈正相关,与 pH 值、有机质、全氮、全钾、缓效钾和硝态氮呈负相关,但均达显著水平;主根中人参皂苷 R_{g1} 与全磷呈极显著负相关,相关系数为-0.978,而与全钾呈显著正相关,相关系数为 0.933,与 pH 值、水解性氮、缓效钾和硝态氮呈正相关,与有机质、全氮、有效磷、速效钾和铵态氮呈负相关;主根中人参皂苷 R_{b1} 与有效磷和全磷呈极显

著、显著负相关,相关系数分别为-0.987 和-0.919,与 pH 值、全钾、水解性氮和缓效钾呈正相关,而与有机质、全氮、速效钾、硝态氮和铵态氮呈负相关;主根中人参皂苷 Rd 与 pH 值、全钾、水解性氮和缓效钾呈正相关,而与有机质、全氮、全磷、有效磷、速效钾、硝态氮和铵态氮呈负相关。

剪口中总皂苷含量与全氮含量、有机质和有效磷呈极显著、显著负相关,相关系数分别为-0.979、-0.917 和-0.884,与 pH 值、全钾、水解性氮和缓效钾呈正相关,而与全磷、速效钾、硝态氮和铵态氮呈负相关;剪口中三七皂苷 R₁ 与全磷呈显著负相关,相关系数为 0.893,而与全钾呈显著负相关,相关系数为-0.903,与有机质、全氮有效磷、速效钾和铵态氮呈正相关,而与 pH 值、水解性氮、缓效钾和硝态氮呈负相关;剪口中人参皂苷 R_{g1} 与全氮和全磷为显

著负相关,相关系数分别为-0.944 和-0.921,与 pH 值、全钾、水解性氮、缓效钾和硝态氮呈正相关,而与有机质、速效磷、速效钾和铵态氮呈负相关;剪口中人参皂苷 Rb₁ 与有效磷呈极显著负相关,相关系数为-0.973,与 pH 值、全钾和水解性氮呈正相关,而与有机质、全氮、全磷、速效钾、缓效钾、硝态氮和铵态

氮呈负相关;剪口中人参皂苷 Rd 与有机质、全磷和有效磷呈正相关,而与 pH 值、全氮、全钾、水解性氮、速效钾、缓效钾、硝态氮和铵态氮呈负相关。综上表明,三七总皂苷积累与土壤有机质、全氮、全磷、有效磷和速效钾含量呈负相关关系,而与全钾、水解性氮和缓效钾呈正相关关系。

表 5 采收期土壤中营养成分与皂苷含量的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of nutrient components in soil and saponins content at harvest period

测定指标 Determination index	总皂苷 Total saponins	三七皂苷 R ₁ Notoginsenoside R ₁	人参皂苷 Rg ₁ Ginsenoside Rg ₁	人参皂苷 Rb ₁ Ginsenoside Rb ₁	人参皂苷 Rd Ginsenoside Rd
pH 值 pH value	0.209 0.070	-0.738 -0.569	0.244 0.079	0.428 0.571	0.064 -0.027
有机质 Organic matter	-0.849 -0.917 [*]	-0.385 0.343	-0.725 -0.858	-0.803 -0.682	-0.617 0.222
全氮 Total nitrogen	-0.890 [*] -0.979 ^{**}	-0.338 0.447	-0.767 -0.944 [*]	-0.813 -0.691	-0.862 -0.099
全磷 Total phosphorus	-0.972 ^{**} -0.741	0.291 0.893 [*]	-0.978 ^{**} -0.921 [*]	-0.919 [*] -0.796	-0.567 0.236
全钾 Total potassium	0.829 0.397	-0.460 -0.903 [*]	0.933 [*] 0.745	0.696 0.515	0.169 -0.545
水解性氮 Hydrolyzable nitrogen	0.643 0.838	0.689 -0.032	0.491 0.726	0.535 0.398	0.649 -0.001
有效磷 Available phosphorus	-0.884 [*] -0.884 [*]	0.071 0.625	-0.783 -0.814	-0.987 ^{**} -0.973 ^{**}	-0.601 0.211
速效钾 Available potassium	-0.828 -0.664	0.246 0.820	-0.837 -0.852	-0.723 -0.603	-0.748 -0.191
缓效钾 Slowly available potassium	0.545 0.154	-0.184 -0.624	0.684 0.595	0.215 -0.054	0.225 -0.139
硝态氮 Nitrate nitrogen	0.104 -0.379	-0.406 -0.418	0.319 0.096	-0.175 -0.384	-0.332 -0.359
铵态氮 Ammonium nitrogen	-0.632 -0.578	0.298 0.690	-0.611 -0.644	-0.640 -0.624	-0.723 -0.357

注:每个指标后的相关系数上行为主根,下行剪口。^{**} 在 0.01 水平(双侧)上显著相关,^{*} 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: The correlation coefficient after each index, the upper row is the main root, while the lower one is the rhizome. ^{**} Significant correlation at 0.01 level (bilateral). ^{*} Significant correlation at 0.05 level (bilateral).

3 结论

本研究选取三七的道地产区文山州以及其他产区等 5 个代表性产地,对采收期三七的株高等表型生物学性状及皂苷积累状况进行研究。结果表明,不同产地的三七生长及其皂苷积累状况存在显著差异,产地 1(文山州砚山县)三七的株高等表型生物量最小,而其主根和剪口中的总皂苷含量均为最高。相关性分析表明,主根中总皂苷含量与株高、茎基

粗、地上部鲜重、根鲜重、全株总鲜重以及根干重均呈极显著负相关,即生物学产量越高,皂苷含量越低。产地 1 作为三七的传统道地产区,其皂苷含量高于产地 2 和产地 3,且显著高于产地 4 和产地 5。总之,本研究结果表明三七的种植具有显著的道地性。这与罗群等^[23]认为由于不同产区土壤等生态环境不同,对三七的质量产生一定的影响;Guo HongBo 等^[24]研究认为云南省文山州为其传统道地

产区,种植产地主要分布于海拔1 200~2 000米的山区相一致。

道地性作为中医理论在长期实践过程中提炼出来的对中药质量控制的客观评价标准,栽培地环境的变化对植物次生代谢产物的影响极为显著^[25,26]。刘方舟等^[27]通过对不同产地丹参的性状和化学两个方面对比,得出道地产区山东的丹参质最优。郝鹏飞等^[28]通过对不同产地的14种菊花进行品质评价,发现以道地产区南阳菊花质最优。但是,根据2015年版《中国药典》中要求的人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁和三七皂苷R₁总量不低于5.0%。本研究选取的5个产地的主根中人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁和三七皂苷R₁的总量分别为:产地1(11.86%)>产地2(9.41%)>产地3(8.93%)>产地5(7.04%)>产地4(6.80%);5个产地的剪口中人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁和三七皂苷R₁总量分别为:产地1(15.11%)>产地3(14.39%)>产地2(13.14%)>产地5(13.12%)>产地4(12.35%)。结果表明5个不同产地的三七总皂苷含量均达到药典标准,且三七总皂苷含量为剪口显著高于主根,即三七剪口的品质显著好于主根,其产生原因须进一步研究。

由于土壤中的矿质营养元素对植物的生长发育及次生代谢产物的积累产生重要影响。本研究发现,土壤中氮、磷、有机质含量高的三七产地,三七的生物性状产量显著较高。主根中总皂苷含量与土壤中全磷含量呈极显著负相关,相关系数为-0.972,与全氮和有效磷呈显著负相关,相关系数为-0.890和-0.884,而与全钾和缓效钾呈正相关,相关系数分别为0.829和0.545。剪口中总皂苷含量与全氮含量、有机质和有效磷呈极显著、显著负相关,相关系数分别为-0.979、-0.917和-0.884,而与全钾和缓效钾呈正相关,相关系数分别为0.397和0.154。这与张良彪等^[29]和王羽梅等^[30]研究认为高钾有利于三七生长,也有利于三七块根的积累,钾可使叶片增大变厚,从而促进光合作用,进行有机物的积累,且认为三七是一种对钾的需求量较大的植物,是典型的喜钾植物的研究结果相一致。因此,在三七的种植过程中应适当控制氮磷肥施用,可以适当增加钾肥的施用。

本研究发现不同产地的三七生长状况及其皂苷含量具有显著差异,三七种植具有明显的道地性,三七道地产区文山州种植的三七总皂苷含量最高,但

是,不同产地的三七均达到药典标准。同时,三七在种植过程中应控制氮磷肥施用,增加钾肥的施用。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部) [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2015:240-241.
- 2 Uzayisenga R, Ayeka PA, Wang Y. Anti-diabetic potential of *Panax notoginseng* saponins (PNS): a review [J]. Phytotherapy Res, 2014, 28(4):510-516.
- 3 Wang Z, Chen Y, Pan H, et al. Saponin accumulation in flower buds of *Panax notoginseng* [J]. Chin Herbal Med, 2015, 7:179-184.
- 4 Yao J, Yang KH, Peng ER. The analysis and control of influencing factors on *Panax notoginseng* [J]. Guangdong Agric Sci(广东农业科学), 2011, 38:22-24.
- 5 Chen DF, Li L, Zhang CQ, et al. Study on anti-fatigue effect of radix et rhizoma ginseng and radix notoginseng extracts in mice [J]. J Anhui Agric Sci(安徽农业科学), 2011, 39: 4536-4537.
- 6 Ye ZG, Xue BY, Dai BQ, et al. Comparative study on pharmacological action of ginseng saponins and notoginseng saponins [J]. China J Chinese Med Inf, 1996, 3(5):11-14.
- 7 Liu Y, Xie MX, Kang J, et al. Studies on the interaction of total saponins of *Panax notoginseng* and human serum albumin by fourier transform infrared spectroscopy [J]. Spectrochimica Acta Part A, 2003, 59:2747-2758.
- 8 Wang M, Fan JM, Liu XY, et al. Effect of total saponins of *Panax notoginseng* on transdifferentiation of rats' tubular epithelial cell induced by IL-1 α [J]. Chin J Integr Med(中国中西医结合杂志), 2004, 24:722-725.
- 9 Chan P, Thomas GN, Tromlinson B. Protective effects of trilinolein extracted from *Panax notoginseng* against cardiovascular disease [J]. Planta Med, 2002, 68:1024-1028.
- 10 Tang XD, Jiang JQ, Dai CW, et al. Experimental study on effects of total saponins of *Panax notoginseng* on activation of NF- κ B and infiltration of PMN in myocardial ischemic-reperfusion Injury [J]. J Chengdu Univ Tradit Chin Med(成都中医药大学学报), 2002, 25(3):3.
- 11 Ng TB. Pharmacological activity of sanchi ginseng (*Panax notoginseng*) [J]. J Pharmacy Pharmacol, 2006, 58: 1007-1019.
- 12 Zhao GR, Xiang ZJ, Ye TX, et al. Antioxidant activities of *Salvia miltiorrhiza* and *Panax notoginseng* [J]. Food Chem, 2006, 99:767-774.
- 13 Gao RL, Xu WH, Lin XJ, et al. Up regulation of transcription

- factors GATA-1 and GATA-2 induced by panax notoginsides in hematopoietic cells [J]. Chin J Hematol(中华血液学杂志), 2004, 5: 28-31.
- 14 Zang YY, Li WH, Guo XJ, et al. Effects of *Panax Notoginseng* saponins on the expression of TGF- β and VEGF from cultured brain microvascular endothelial cells on the hypoxia induced damage *in vitro* [J]. J Yunnan Univ Tradit Chin Med (云南中医学院学报), 2016, 39(2): 14.
- 15 Zhu Y, Cui XM, Shi LP. Progress in the study of the origin and geology of Chinese medicinal materials [J]. Res Pract Chin Med(现代中药研究与实践), 2006, 20(1): 58-61.
- 16 Sanada S, Shoji J. Comparative studies on the saponins of ginseng and related crudendrugs (I) [J]. Japanese J Pharmacol, 1978, 32: 96-99.
- 17 Liu Y, Zhang ZS, He YL, et al. Research progress on the relationship between quality and ecological factors of medicinal materials [J]. Mod Tradit Chin Med Materia-Matera-World Sci Tech(世界科学技术-中医药现代化), 2007, 1: 65-69.
- 18 Tang SH, Yang HJ, Huang LQ. Discuss on effect of physical environmental factors on nature of Chinese materia medica [J]. Chin J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2010, 35: 126-128.
- 19 Xie CX, Suo FM, Zhou YQ, et al. Quantitative study on ecological suitability of Chinese herbal medicine based on GIS [J]. Chin J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2011, 36: 379-382.
- 20 Luo MJ. Effect of light on growth, photosynthesis characteristics and effective components of *Panax Notoginseng* [D]. Yangling: Northwest A&F University(西北农林科技大学), 2014.
- 21 Ding YF, Deng DS, Su M, et al. Notoginseng industry development based on technology innovations [J]. Mod Tradit Chin Med Materia-Matera-World Sci Tech(世界科学技术-中医药现代化), 2014.
- (上接第4页)
- 5 Feng RH, Yan HY, Ma ZQ, et al. Study on 6 insecticidal podophyllotoxin compounds from the berries of *Sabina vulgaris An* [J]. J Northwest A&F Univ: Nat Sci Ed(西北农林科技大学学报:自然科学版), 2007, 35: 117-122.
- 6 Feliciano AS, Corral JMMD, Gordaliza M, et al. Acidic and phenolic lignans from *Juniperus sabina* [J]. Phytochem, 1991, 30: 3483-3485.
- 7 Feliciano AS, Miguel DCJM, Gordaliza M, et al. Lignans from *Juniperus sabina* [J]. Phytochem, 1990, 29: 1335-1338.
- 8 Hou ZF, Liang YH, He LB, et al. Chemical constituents changes in *Tripterygium wilfordii* after ganoderma bidirection- al solid fermentation [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2012, 43: 234-237.
- 9 He WJ, Fu ZH, Han HJ, et al. Benzoic acid allopyranosides and lignan glycosides from the twigs of *Keteleeria evelyniana* [J]. Z Naturforsch B, 2011, 66: 733-739.
- 10 Ivo JCV, Elaine RF, Virginia RF, et al. A new sesquiterpene from *Trichilia casarettii* (Meliaceae) [J]. Am J Anal Chem, 2010, 270-272.
- 11 Zhou B, Wan CX. Chemical constituents from aerial parts of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2016, 47: 21-25.
- 中医药现代化). 2012, 14: 2255-2259.
- 22 Xiao H, Zeng Y, Li JT, et al. Study on the method of relieving the obstacle of continuous cropping of *Panax Notoginseng* [J]. Res Pract Chin Med(现代中药研究与实践), 2010, 24(3): 5-7.
- 23 Luo Q, You CM, Guan HL. Analysis of influences of environmental factors on the growth of *Panax notoginseng* [J]. Sci and Tech of West China(中国西部科技), 2010, 9(9): 7-8.
- 24 Guo HB, Cui XM, An N, et al. Sanchi ginseng (*Panax notoginseng* (Burkhill) FH Chen) in China: distribution, cultivation and variations [J]. Genet Resour Crop Ev, 2010, 57: 453-460.
- 25 Xiao XH, Chen SL, Huang LQ, et al. Survey of investigations on Daodi Chinese medicinal materials in China since 1980s [J]. Chin J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2009, 34: 519-523.
- 26 Zhao Z, Guo P, Brand E. The formation of daodi medicinal materials [J]. J Ethnopharmacol, 2012, 140: 476-481.
- 27 Liu FZ, Li YB, Li M, et al. Systematic evaluation and analysis on genuine regional drug *Salvia Miltiorrhiza* [J]. J Liaoning Univ Tradit Med(辽宁中医药大学学报), 2019, 21: 119-125.
- 28 Hao PF, Zhang SY, Du ZH, et al. Herbal textual research on genuine medicinal materials "Deng Ju" and quality evaluation of Nanyang Chrysanthemi Flos [J/OL]. CJETMF(中国实验方剂学杂志), 2019.
- 29 Zhang LB, Sun YQ, Wei ML, et al. Effects of potassium supplement level on the growth and yield of *Panax notoginseng* [J]. Spec Wild Eco Anim Plant Res(特产研究), 2008, 4: 46-48.
- 30 Wang YM, Wang Y, Hao CY. Analysis of nutritional components of Carrot [J]. J North Agric(内蒙古农业科技), 1996, S1: 34-35.