

# 环境生态因子对药用植物皂苷成分的影响

曾燕<sup>1,2</sup>, 郭兰萍<sup>2</sup>, 杨光<sup>1,2</sup>, 陈保冬<sup>3</sup>, 王继永<sup>4</sup>, 黄璐琦<sup>2\*</sup>

(1. 北京师范大学资源学院 资源生态与中药资源研究所, 北京 100875;  
2. 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700; 3. 中国科学院生态环境研究中心城市  
与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 4. 中国药材公司, 北京 100195)

**[摘要]** 分析药用植物生长过程中主要的环境因子对药用植物皂苷成分的影响。分别从药材产地、药材采收期、光照和温度、栽培措施几个方面举例分析各个环境因子对药用植物皂苷成分的影响, 分析其中的机制, 寻找相关因子对药用植物皂苷成分影响的理论依据。药用植物产地、采收季节、生长年限、生长过程中的光照和温度及其栽培中的水肥管理等因素对药用植物皂苷成分都产生了很大的影响, 这些现象具有一定的理论依据。优质药材的生产需考虑其栽培适宜区, 确定合理的采收时间, 同时在栽培过程中科学的栽培措施是提高药材产量和有效成分含量的有效手段。对药用植物采取适当的短期胁迫是优化栽培条件, 提高药材质量的好方法。

**[关键词]** 环境因子; 药用植物; 皂苷; 环境胁迫

**[中图分类号]** R282 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2012)17-0313-06

**[网络出版地址]** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20120704.1732.004.html>

**[网络出版时间]** 2012-07-04 17:32

**[收稿日期]** 20120312(233)

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81130070, 81072989); 国家中医药管理局行业科研专项(201107009); 国家科技重大专项(2009ZX09502-026, 2009ZX09301-005); 中国中医科学院课题(ZZ20090302. 发改办高技[2010]1196); 国际科技合作项目(2009DFA31660); 云南省科技计划项目(2008IF025-4)

**[第一作者]** 曾燕, 博士, 从事中药资源研究, Tel:010-64014411-2956, E-mail: zyzy1221@126.com

**[通讯作者]** \* 黄璐琦, 研究员, 从事中药资源与鉴定研究, Tel:010-64014411-2955, E-mail: huangluqi@263.net

- [23] Peiju Qiu, Huashi Guan, Ping Dong. The p53-, Bax- and p21-dependent inhibition of colon cancer cell growth by 5-hydroxy polymethoxy flavones [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2011(55):613.
- [24] Curtis O Green, Andrew O Wheatley, Barrie Hanchard. Histopathological alterations in organ structures of hypercholesterolemic rats fed Ortanique peel polymethoxylated flavones [J]. *Basic Appl Pathology*, 2011(4):71.
- [25] Yen Jui Hung, Weng Ching Yi, Li Shiming. Citrus flavonoid 5-demethyl nobiletin suppresses scavenger receptor expression in THP-1 cells and alters lipid homeostasis in HepG2 liver cells [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2011(55):733.
- [26] Han Zhang, Yumiko Toyohira, Susumu Ueno. Dual effects of nobiletin, a citrus polymethoxy flavones catecholamine secretion in cultured bovine adrenal medullary cells [J]. *J Neurochem*, 2010(114):1030.
- [27] E Bas, M C Recio, R M Giner. Demethylnobiletin inhibits delayed-type hypersensitivity reactions, human lymphocyte proliferation and cytokine production [J]. *British J Pharmacol*, 2007(152):1272.
- [28] JOHN A, MANTHEY, PHILIP BENDELE. Anti-inflammatory activity of an orange peel polymethoxylated flavone, 3',4',3,5,6,7,8-heptamethoxy flavone, in the rat carrageenan/paw edema and mouse lipopolysaccharide challenge assays [J]. *J Agric Food Chem*, 2008(56):9399.
- [29] Tomohiro Itoh, Kenji Ohguchi, Munekazu Iinuma. Inhibitory effects of polymethoxy flavones isolated from Citrus reticulata on degranulation in rat basophilic leukemia RBL-2H3: Enhanced inhibition by their combination [J]. *Bioorganic Medicinal Chem*, 2008(16):7592.
- [30] Yui Yamamotoa, Norifumi Shiodaa, Feng Han. Nobiletin improves brain ischemia-induced learning and memory deficits through stimulation of CaMKII and CREB phosphorylation [J]. *Brain Res*, 2009(1295):218.
- [31] Li Tao Yi, He Li Xu, Jing Feng. Nvolvedment of monoaminergic systems in the anidepressant-like effect of nobiletin [J]. *Physiology & Behavior*, 2011(102):1.
- [32] 单杨, 李高阳, 李忠海. 柑橘皮中多甲氧基黄酮的体外抗氧化活性研究 [J]. *食品科学*, 2007, 28(8):100.

[责任编辑 邹晓翠]

## Effect of Environmental Ecological Factors on Saponins of Medicinal Plant

ZENG Yan<sup>1,2</sup>, GUO Lan-ping<sup>2</sup>, YANG Guang<sup>1,2</sup>, CHEN Bao-dong<sup>3</sup>, WANG Ji-yong<sup>4</sup>, HUANG Lu-qi<sup>2\*</sup>

(1. State Key Laboratory of Resource Ecology and Traditional Chinese Medicine Resources, Beijing 100875, China;

2. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

3. Soil Ecology and Ecosystem Restoration, State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

4. China National Corp. of Traditional & Herbal Medicine, Beijing 100095, China)

**[ Abstract ]** To analysis the affect on the saponins of the medicinal plants bring by the major environmental factors. We analysis the relationship between the environmental factors and the composition of the saponins of the medicinal plants. the environmental factors, such as origin, harvest time, light, temperature, and cultivation measures etc. analysis the mechanism to find the theoretical basis for these phenomenons. The environmental factors such as origin, harvest season, growth years, light and temperature in the prosess of growth, and the regulate of the fertilizer or water in the prosess of cultivation, all of these have significant impact on the saponin of the medicinal plant. These results have certain theoretical support. The production of high quality of Chinese herbal medicines should consider the suitable area for the cultivation, and to determine the reasonable harvest time. The scientific cultivation practices in the cultivation is the effective means of to improve production and active ingredients of the medicinal plants. It is als a good way to take the appropriate short-term stress during the progress of optimize the cultivation conditions.

**[ Key words ]** environmental factors; medicinal plants; saponin; environmental stress

皂苷(saponins)是许多药用植物中大量存在的一种次生代谢产物,在很多药用植物体内作为结构性成分出现,是中药材重要的药效成分。然而,药用植物体内的皂苷是动态变化的,很多环境因子如气候、光照、温度、湿度和土壤肥力、栽培方式等都能影响植物皂苷含量和组成。研究表明,外部环境的突发改变,如光照温度的变化等会诱发皂苷的合成。在生产上,如何利用环境因子的改变增加药用植物皂苷含量,从而获得高皂苷含量的优质中药材,是中药现代农业的重要研究方向。本文介绍了各种环境因子对皂苷含量的影响,以期采取相应的农艺措施提高药材中皂苷含量,生产出优质药材提供指导<sup>[1-3]</sup>。

### 1 产地的影响

同种药用植物有不同的分布区或产区,无论外观形状还是药材质量都有差异,自古以来人们很重视药材的产地来源,是否为道地产区来源的药材是药材优劣的一个评价指标。同样,来源于不同产区的同种中药材,其含有的特定的药效成分皂苷含量就可能不同,包括皂苷总含量和皂苷组成。

三七 *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen 是一种中国独有的重要中药材,栽培历史超过 600 年,目前都是栽培品种。以前云南和广西是三七的主要分布区,现在主要在云南栽培。传统上认为云南文山是三七的道地产区,低纬度高海拔的特殊环境是形成云南文山道地三七的重要生态因素<sup>[4]</sup>。对云南和广西三七进行皂苷含量的比较分析,发现

云南三七皂苷含量比广西高<sup>[5]</sup>。张之申等<sup>[6]</sup>对云南、广西、贵州等产地的三七进行了药材的商品性状评价,认为云南三七质量明显比广西和贵州产三七要好,造成这种差异的原因可能是不同产区土壤中常量及微量元素不同。崔秀明等<sup>[7]</sup>发现,不同产区的土壤背景和三七皂苷含量具有相关性,土壤类型不同,三七皂苷含量有明显差异,皂苷含量最高的火山岩红壤,可能是与该类土壤中含大量的沸石有关。碳酸盐岩黄红壤皂苷含量较低,文山州三七分布最广的泥质岩黄红壤三七总皂苷居中,平均总皂苷含量达 7.46%。从而认为,选择适宜的土壤类型栽培三七是提高三七内在质量的有效措施。同时人参属的其他几个重要的药用植物如人参和西洋参也有类似的情况。如不同地区所产西洋参在各个皂苷成分的相对比值存在一定的差异,这种差异是因为产区存在的不同环境背景造成的,对比美国马里兰地区 2 个不同区域的野生和栽培西洋参,发现其中 5 个皂苷成分的相对比例相差很大,甚至可以形成不同的化学型<sup>[8]</sup>。也有研究表明韩国产人参质量优于其他国家人参,从而认为产地的不同导致的质量差异<sup>[9]</sup>。

三岛柴胡(saikosaponin)在日本也做中药柴胡用。日本的霜川等发现,从不同产地引种来的栽培 1 年生的三岛柴胡,皂苷含量不同。日本的山口、静岗所产的皂苷含量高,香川所产的含量低<sup>[10]</sup>。可能由于静岗所产三岛柴胡植物叶面大,光合能力强的原因<sup>[11]</sup>,这些植株特性的差异应该和不同区域的环境气候很有很大关系。

盾叶薯蓣 *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright 是我国特有种和重要的医药原料。朱延钧等(1998)对湖北武当山地区分布在不同海拔高度的药用植物盾叶薯蓣中的薯蓣皂苷配基进行了相关性分析,发现 150~450 m 层次内的平均含量为 2.9%,451~750 m 层次的平均含量为 3.54%,750 m 以上的平均含量为 3.20%。3 个海拔层次中,其海拔 451~750 m 层次内生长的盾叶薯蓣皂苷配基含量最高。因此,在野生状态下,不同海拔高度与盾叶薯蓣根茎中的皂苷配基含量有一定相关性<sup>[12]</sup>。李钧敏等调查发现,一年生盾叶薯蓣的枝、茎、根等器官中的皂苷含量随海拔高度的升高,含量有下降的趋势,其中根部总皂苷含量与海拔高度之间存在及显著负相关,同时坡向的不同,居群的不同,其某些器官中的总皂苷含量也可以达到显著差异。同时调查了土壤因子对夏腊梅总皂苷的影响,发现土壤中 P 含量对夏腊梅叶片总皂苷含量起负相关作用,土壤 N、有机质、土壤 pH 均起正相关作用<sup>[13]</sup>。

绞股蓝 *Fiveleaf gynostemma* Herb 是菊科植物多年生药用植物。张涛等对我国 10 个省区的绞股蓝中的皂苷含量进行了比较分析,发现绞股蓝根部皂苷含量变化范围为 0.68%~7.75%,茎部皂苷含量变化范围为 1.02%~4.65%,叶部中皂苷含量变化范围为 2.03%~6.86%,认为地区差异导致的环境因子多样性是皂苷含量差异的主要原因<sup>[14]</sup>。

药用植物对生境条件的应答导致的植物器官中皂苷含量的升高或减少,这一现象的调节机制尚不清楚。假马齿苋 *Bacopa monnieri* Penn. 是印度的一种传统草药,具有安神、强心、利尿的作用,地上部分含量有大量的皂苷。研究者对 24 个假马齿苋进行基因多样性分析,样品采集于印度的不同地区,其中只有一种来源于较远的马来西亚。不同气候地区的样品,其外部形态差异很大,包括生长率、叶的大小、花色,其地上部的三萜皂苷也随之而变化。然而,随机扩增 DNA 多态性分析表明,这些不同表型和化学型的植物基因有超过 80% 的相似性,表明这些样品低水平的生物多样性,这主要是因为植物繁殖的营养模式和生境环境的相似性的交互作用造成的,因为所有这些植物都生长在近水域的地方<sup>[15]</sup>。与此相反,应用随机扩增 DNA 多态性分析(AFLP)对来自于云南省同一个栽培场地的 17 个随机 3 年生三七样品进行分析,发现其具有很高的遗传多样性。这些基因上的多样性导致了皂苷含量(包括皂苷风度和单个皂苷间的比例)的变化,这些皂苷包括人参皂苷、三七皂苷和绞股蓝皂苷(ginsenosides, notoginsenosides and gypenosides)。对于这种具有悠久栽培历史的植物,了解其生物多样性是很有意义的。要实现这一目的,就要求对植物中的皂苷进行系统分析,把同一基因的品种种植在不同地理区域;或把不同基因品种栽培在同一地块上<sup>[16]</sup>。

## 2 采收期的影响

中药材的采收时间和药材质量有密切的关系。因为药材在其生长发育的不同时期其药用部位所含有的有效成分

各不相同。孙思邈《千金要方》云:“早则药势未成,晚则盛时已歇。”《千金翼方》也谓:“夫药采取,不知时节,不以阴干,虽有药名,终无药实,故不依七时采取,与朽木不殊,虚费人工,卒无裨益”。强调了药材采收期对于保证药材质量的重要性<sup>[17]</sup>。采收期包括对药材的不同生长阶段的采收时间及药材不同生长年限的采收时间。

开展药材采收期的对比研究不仅仅是为了选取最好的药材原料,也是为合理的采收时间提供一个理论依据,从而采用一种可持续的方法去采收日益减少的药用资源。由于过度采挖,很多野生药用资源正处于濒危阶段,如远志 *Polygala tenuifolia* Willd. 药材用量增大,其野生资源日益紧张。为了缓解这种局面,一些研究人员已经着手开展远志的栽培技术研究,同时分析远志各个植物器官中有效成分的含量,以便综合利用这种药用植物资源。在不同季节,研究人员对远志不同营养器官中的齐墩果酸型三萜皂苷含量进行了测定,发现这些化合物含量在生长季节里(4~10月)变化非常大,开花初期含量很高,初花期和初果期含量下降,在果实成熟期含量达到最高,此时根部含量可以达到干重的 5.2%,叶和茎中可达到干重的 1.3%。对于整个植株而言,当地上部分开始枯萎时,其皂苷成分含量达到了最低。因此,为了充分利用远志,应该在 8 月份收割全株<sup>[18]</sup>。类似的,也研究了柴胡 *Bupleurum chinense* DC 中柴胡皂苷含量变化。柴胡是多年生草本,主产于河北、河南、辽宁、湖北等省。柴胡是清虚热中药,用于感冒发热、寒热往来、疟疾、肝郁气滞、胸肋胀痛、脱肛、子宫脱落、月经不调等。研究人员对柴胡生长期中的柴胡皂苷含量进行测定,发现开花前期具有很高的皂苷含量,然后在花期皂苷含量急剧下降到最低含量(下降近一半),然后在果实形成和果实成熟期持续上升,接着在枯萎又下降。所以,柴胡采收的最佳时间是果实成熟期的 10 月份的后 20 天,皂苷含量可高达总干重的 2.5%<sup>[19]</sup>。决定药材最佳采收期的,除了考虑有效成分含量外,还要考虑其他因素,如总产量等因素。牛膝 *Achyranthus bidentata* Blume 是传统的中药材,具有抗炎、抗风湿的功能,其齐墩果酸型三萜皂苷主要在营养器官中分布,苷元含量最高时是在 8 月份,此时根部为 7.76%,茎部为 4.09%,叶部 4.13%。到 8 月下旬时,植物进入生殖生长期,皂苷含量在花期和果期开始下降,9 月的盛果期降到了最低值(1.03%)。同时,茎中的皂苷含量也显著地下降(4.09%~2.76%),然而在盛果期又增加到 7.73%。结果说明,皂苷含量下降和植物的生殖发育有关。暗示为了得到最大质量的根部,可以去掉花从而抑制植物生殖器官的生长发育。在果实逐渐成熟过程中,根部皂苷的总量又逐渐增加,当到地上部分开始枯萎的 10 月份,期含量到达 2.95%,然后趋于稳定,11 月时叶片中的皂苷含量非常低(0.06%)。虽然 8 月份牛膝根部具有最高含量的皂苷,但 11 月生物量最大,所以 11 月采收更好<sup>[20]</sup>。基隆山药 *Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto 是台湾的一种多年生药用植物,能补脾胃、益肺肾,是一种很好的滋补品。其中薯蓣皂苷是其重要的有效成分。三月栽培,然

后从 11 月到次年的 3 月采收。不同时间采收的基隆山药,其皂苷含量变化非常大,在收获期的 5 个月,每个月对基隆山药各个器官(叶、肉质块茎、块茎皮层和茎)皂苷含量进行测定,发现从 11 月到次年的 1 月,皂苷含量是增加的;然后皂苷含量开始下降,直到春节来临。在 1 月份,皂苷含量最高,到 3 月含量下降<sup>[21]</sup>。

药用植物皂苷在生长期除了受到季节变化的影响外,生长年限也是影响皂苷含量的一个重要因素。一般来说,随着植物生长年限的增加,其皂苷含量也增加。例如,从 1 年生到 5 年生,人参和西洋参的总皂苷含量一般是增加的<sup>[22]</sup>。但是,并不能说所有植物的根中的皂苷含量和生长年限具有很强的相关性。比如远志 *P. tenuifolia* 其根部皂苷含量随着根的生长年限而持续下降,而含量最高的是 1 年生的远志根<sup>[18]</sup>。日本的霜川等发现,三岛柴胡根中的柴胡皂苷,柴胡皂苷 a、d 他和柴胡总皂苷(除了柴胡皂苷 c 外),都是 1 年的根比 2 年根含量高。可能是由于一年生柴胡根中的皮层的厚角组织所占的比例高的原因,而皂苷主要在厚角组织内<sup>[23]</sup>,但考虑到生物量的问题,还是认为采收,3 年生的柴胡具有最高的经济效益<sup>[19]</sup>。

总之,植物不同部位中皂苷含量随植物的发育阶段,以及不同的生长年限,其含量呈现持续的变化。不同的植物根中皂苷随季节变化的波动的模式有所不同,其皂苷含量或出现增加或出现下降。

不光是药用植物皂苷成分受到了采收期的影响,其他的很多药用植物都有类似的情况,如麻黄秋季时麻黄碱含量最高,槐花在花蕾时芦丁含量最高,青蒿中青蒿素含量花蕾出线的 7、8 月份最高等。中药材的采收很注意采收的时间,这是中药学的基本研究内容,正所谓“三月茵陈四月蒿,五月六月当柴烧”,采收时间的不恰当,可能导致药材适量达不到要求,甚至没有治疗作用。

### 3 气候和土壤因子的影响

光照和温度是影响药用植物生长发育的最重要环境因子,光照对药用植物生理生化都有重要的影响。光的可利用度、强度和光质都能影响药用植物皂苷的含量。黄芩中含有的黄芩苷是其重要的药效成分。陈顺钦等研究了光照对黄芩悬浮细胞中黄芩苷的积累及相关基因表达的影响,发现光照对黄芩悬浮细胞中有效成分的积累有显著的促进作用,与黑暗条件相比,细胞生长 13 d 后黄芩苷含量显著增加了 7 倍之多, PAL 基因在光照条件下的转录水平高于在黑暗条件,从而认为光诱导对黄芩悬浮细胞中有效成分的积累有显著促进作用,光诱导刺激了与有效成分的积累相关基因的表达<sup>[24]</sup>。西洋参中含有人参皂苷成分主要是主要的药效成分。西洋参原产于美国北部到加拿大南部一带,现在世界各地很多地方都有栽培。Fournier 等研究了西洋参中皂苷含量受光照的影响,发现随着季节的变化,林下的西洋参受到的光照强度发生了变化,假如增加的太阳辐射不高于先前的自然情况下光照的 35%,则西洋参暴露在太阳光中时间越长,其根部人参皂苷含量越高(1、2 年生分别增加了 48%、62%)。太阳

光照超过 36%,不仅将导致人参皂苷积累的减少,还将导致植物的光抑制。光质,也就是红光、远红外光和不同的红光和远红外光的比率,都显著地影响了 2 年生西洋参个体中人参皂苷的含量(Rd、Rc 和 Rg<sub>1</sub>)<sup>[25]</sup>。崔秀明等认为,光照时数和光照强度是影响三七皂苷含量的主导因子。在一定范围内,光照强度增加,气温和土壤温度也随之增加,三七皂苷含量先增加后降低。说明合理的遮荫透光度不仅影响三七的产量,而且影响三七质量。因此,通过调整遮荫棚透光度是提高三七产量和质量的重要措施<sup>[4]</sup>。

在自然情况下,一般光照强度的增加也伴随着环境温度的增加,这两个因素往往同时对药用植物的皂苷成分产生影响。日本的霜川等发现,高温不利于柴胡皂苷 d 的积累,其他皂苷却变化不明显,这可能是低温有利于光合产物向根部运转,使得根量增加,从而增加柴胡皂苷含量<sup>[26]</sup>。Jochum 等在温室内开展研究增加 5℃ 的温度对西洋参生长和皂苷含量的影响。结果发现,由于温度的增加,西洋参根部皂苷含量显著增加了,但是由于受温度胁迫的影响,西洋参总生物量和根部生物量显著减少,从而导致总的人参皂苷产量没有发生变化<sup>[27]</sup>。我们在药材生产的时候,当采用胁迫措施来提高药材质量时,应该同时考虑总产量和药材有效成分含量,确定适度的胁迫,从而获得最高的经济效益。

其他的,如土壤因子对药用植物皂苷也有很重要的影响。土壤因子和栽培区域有关,因为栽培区域不同,其土壤背景差异可能很大,土壤中的营养元素和微生态环境就可能有差异,这些因素都可能对药用植物的皂苷成分产生影响,相关的一些研究实例已在前面阐述<sup>[6-7,13]</sup>。

### 4 栽培措施的影响

栽培措施主要指药材栽培过程中,在既定的土壤背景和环境区域内,使用一定的农艺措施,对栽培过程中各种影响药用植物生长的因素进行人为控制,优化药材生产环境,从而提高药材质量的一种方法。众所周知,药用植物次生代谢产物是对环境胁迫的一种反应,栽培过程中的农艺措施,如遮荫、搭棚等方法,水分和养分供给量等都能影响药用植物的生长条件,使得药用植物生长中的光照、温度、水分、养分等发生变化,从而影响药用植物的药用成分。

许多药用植物生长在热带地区,该地区基本营养不充足,特别是氮和磷肥。有机肥可以增加土壤肥力,但是有机肥较缺乏,但可以用化肥来弥补。总序天冬 *Asparagus racemosus* Willd 是一种产于印度的药用植物,在印度常用于治疗胃溃疡和传染性疾病,这种植物含有甾体的呋喃固醇皂苷和螺甾烷醇皂苷。研究者研究了氮、磷和钾肥对总序天冬的影响,发现使用不同肥力的化肥,能使其根部天冬皂苷含量增加了 1.66 ~ 1.75 倍<sup>[28]</sup>。崔秀明等研究发现,一定范围内,随着土壤速效 K 含量的增加,三七总皂苷含量有增高的趋势,这可能与三七对 K 需要量较大有关<sup>[7]</sup>。

化肥对栽培药材如柴胡中柴胡皂苷含量的影响也有研究。研究人员以 2 年生柴胡为材料,采用不同 N 肥(0.15 或 0.3 g·kg<sup>-1</sup>)和 P 肥(0.2 或 0.4 g·kg<sup>-1</sup>)的对比对柴胡药材

产量和柴胡皂苷 a 及柴胡皂苷 b 的影响,结果发现,和不施加肥料相比,使用低剂量的 N 和 P 肥均显著地增加了总柴胡皂苷总产量。当 N 和 P 肥同时施加时,皂苷含量增加得最多。当在施加高肥力时,皂苷总量反而减少。Ndamba 等在一种商陆科药用植物 *Phytolacca dodecandra* 上的实验也发现,牛粪和灌溉的联合使用可以得到最高的浆果和皂苷产量<sup>[29]</sup>。由此可见,优化肥料之间的配比是促进药用植物生长,增加总皂苷量的重要农艺措施,同时需要考虑过度施肥的有害性,所以土壤背景的调查及实验过程总结出来的肥料的指导用量,这对于药用植物的栽培管理非常重要<sup>[30]</sup>。

研究人员考察了肥料和水胁迫联合使用对柴胡皂苷的影响,发现适量的水胁迫增加了柴胡皂苷 a 和 b 的含量,但是减少了根部生物量。相反,和供水正常的比较,高强度水胁迫导致皂苷含量减少了约 70%。然而,研究中发现供水和供肥处理存在一明显的交互作用。通过优化 N 和 P 肥的用量,可以部分消除水胁迫带来的负面影响。这些结果提示我们这种可能性,在药材栽培过程中,考虑到土壤背景的情况下,需要一个合理的施肥量,通过合理的水肥控制,优化农业管理措施,这就可以实现增加皂苷总产量<sup>[30]</sup>。

光照、土壤营养、植物激素、施肥量等诸多因素对药用植物的品质形成都有交互影响,但这些因素的综合效益却研究的较少。魏云洁等在人参上开展过相关的研究,他们选取土壤有机质、玉米素(2ea)、PP333、复合叶肥、光照共 5 个因素,每个因素 5 个水平,考察了这些因素水平对人参中人参皂苷含量的影响,结果发现,各因素对皂苷合成与积累的贡献率为:玉米素(2ea) > 土壤养分 > 叶肥 > 光照 > PP333。根据这些因素的综合影响,结合产量性状、经济投入和田间工作量,确定了提高人参皂苷含量的适宜农艺措施,即:土壤有机质含量 > 6.53%, 荫棚透光率 > 22%; 田间管理中,在展叶、绿果和红果期各叶面施 1 次 400 g·mL<sup>-1</sup> 的 zea 和 200 倍液(5 g·kg<sup>-1</sup>) 的复合叶肥。利用这些研究,为高品质的人参适宜栽培模式提供了技术支持<sup>[31]</sup>。

其他的一些传统的农艺措施,常用来优化农作物生长的方法,如剪枝、打顶、摘心等,有时这些方法对中药材生产也有一定的好处。如日本的霜川等发现,对 1 年生和 2 年生的三岛柴胡进行摘心处理,这种农艺措施会抑制生殖生长,促进营养生长和光合产物向根部运输,增加了根部生物量,虽然皂苷含量没有发生变化,但柴胡皂苷总产量增加<sup>[10]</sup>。

通过合理的农艺设施,把药用植物暴露在一个可控的环境下,刺激皂苷的合成,或许可作为高产栽培的一种方法。野生药材具有较好的质量,现在很多栽培的药材质量都较差,如何通过适当的农艺措施,开展优质中药材的栽培呢? 受以上研究实例的启发,我们或许可以通过对栽培药材采取一些合适的栽培措施,从而得到高含量有效成分的优质药材。

## 5 结语与展望

药用植物次生代谢产物具有其各种化学生态学功能,这些固有的或被诱导的次生代谢产物受药用植物自身生理和

各种环境因子的影响,如本文所提及的产地、生长年限、光照、温度、土壤因子和栽培措施对药用植物皂苷成分的影响。在明确这些环境因子对药用植物皂苷成分的影响的基础上,我们就可以采取一些农艺措施,在适当的时候采取适当的方法,就可以获得质量较优的中药材原料。

由于产区的不同,药用植物皂苷含量有所差异。特定的产区,其环境气候因子比较独特,具体的因子如温度、光照、土壤肥力等因素交错影响药用植物皂苷成分,所以这个过程是极其复杂的。环境因子改变时,特别是当药用植物遇到一些胁迫时,其皂苷含量会增加,说明诱导产生的皂苷可能参与到植物对逆境条件中来<sup>[32]</sup>。在药用植物的繁殖期,植物器官中的皂苷含量增加,这可能是应对此时容易出现有害因子而增加的,如害虫和不良气候的出现,这样也是为了植物繁育后代,从而认为这些皂苷具有化学保护功能<sup>[21]</sup>。实际上,在自然环境中,药用植物所面对的各种环境因子常常同时出现,植物对外部环境条件变化产生应对,从而导致其皂苷成分的波动,这些现象的分子机制还不清楚。植物皂苷的生物合成过程很复杂,这涉及到不同分子水平上的复杂的调节过程<sup>[33-34]</sup>。由于这些因素的复杂性,从而很难从单因素的实验去说明某个因子的作用,从而很难对这些现象提供一种通用的解释方法。为了保证中药材质量,科学合理的采收期研究是必要的。很多情况下,药用植物皂苷成分的积累和植物生长发育阶段紧密相关,但综合考虑药材产量、用药部分,经济投入等因素,所以有时并不是皂苷含量最高时对药材进行采收最为合理。

随着人们对中药材资源的需求日益增加,野生药用资源日益减少,而栽培药材质量和产量都难以满足需求,人们需要完善现有的栽培技术,从质量和产量上下手,利用相关技术,提高产量的同时,保证药材质量。应用环境因子对药材有效成分的影响的知识,控制环境胁迫用于优化中药材的生产,这种方法具有良好的应用前景。

## [参考文献]

- [1] Tava A, Odoardi M, Oleszek W. Seasonal changes of saponin content in five alfalfa (*Medicago sativa*) cultivars[J]. *Agric Med*, 1999, 129:111.
- [2] 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]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51: 4617.
- [3] Lim W, Mudge K W, Vermeylen F. Effects of population, age and cultivation methods on ginsenoside content of wild American ginseng (*Panax quinquefolium*) [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53: 8498.
- [4] 崔秀明,陈中坚,王朝梁,等. 生长环境与三七皂苷含量[J]. *中药材*, 2001, 24(2):81.
- [5] 王淑琴,于洪军,官廷荆. 中国三七[M]. 昆明:云南

- 民族出版社, 1993: 250.
- [ 6 ] 张之申, 朱梅年, 闻家政. 不同产地三七的生态环境观察和微量元素研究 [J]. 中国中药杂志, 1991, 16 (6): 334.
- [ 7 ] 崔秀明, 陈中坚, 王朝梁. 土壤环境条件对三七皂苷含量的影响 [J]. 人参研究, 2000, 12(3): 18.
- [ 8 ] Ko S K, Cho O S, Bae H M, et al. Change of ginsenoside composition of various American ginseng roots [J]. J Korean Soc Appl Biol Chem, 2009, 52: 198.
- [ 9 ] Park J D, Rhee D K, Lee Y H. Biological activities and chemistry of saponins from *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. Phytochem Rev, 2005, 4: 159.
- [ 10 ] 霜川由志子. ミシマサイコの栽培と育種-6-ミシマサイコの地理的変異 [J]. Japan J Pharm, 1980, 34 (3): 239.
- [ 11 ] 宋长铤. 柴胡皂苷的定量分析方法及环境因子对其含量的影响 [J]. 植物生理学通讯, 1984, 1: 31.
- [ 12 ] 朱延钧, 张立华, 张国才. 武当山盾叶薯蓣生态环境及其分布规律 [J]. 资源开发与市场, 1998, 14 (3): 124.
- [ 13 ] 李钧敏, 金则新, 朱小燕. 濒危植物夏蜡梅总皂苷含量及其环境因子相关性研究 [J]. 西北林学院学报, 2006, 21(5): 147.
- [ 14 ] 张涛, 张育松, 张顺萍, 等. 我国 10 个省区绞股蓝的皂苷含量分析 [J]. 热带作物学报, 2008, 29(6): 814.
- [ 15 ] Darokar M P, Khanuja S P S, Shasany A K, et al. Low levels of genetic diversity detected by RAPD analysis in geographically distinct accessions of *Bacopa monnieri* [J]. Genet Resour Crop Evol, 2001, 48: 555.
- [ 16 ] Hong D Y Q, Lau A J, Yeo C L, et al. Genetic diversity and variation of saponin contents in *Panax notoginseng* roots from a single farm [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 8460.
- [ 17 ] 高学敏. 中药学 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007.
- [ 18 ] Teng H M, Fang M F, Cai X, et al. Localization and dynamic change of saponin in vegetative organs of *Polygala tenuifolia* [J]. J Integr Plant Biol, 2009, 51: 529.
- [ 19 ] Tan L L, Cai X, Hu Z H, et al. Localization and dynamic change of saikosaponin in root of *Bupleurum chinense* [J]. J Integr Plant Biol, 2008, 50: 951.
- [ 20 ] Li J, Hu Z. Accumulation and dynamic trends of triterpenoid saponin in vegetative organs of *Achyranthus bidentata* [J]. J Integr Plant Biol, 2005, 51: 122.
- [ 21 ] Lin J T, Chen S L, Liu S C, et al. Effect of harvest time on saponins in Yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto) [J]. J Food Drug Anal, 2009, 17: 116.
- [ 22 ] Shi W, Wang Y, Li J, et al. Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng* [J]. Food Chem, 2007, 102: 664.
- [ 23 ] 霜川由志子, 大桥裕. ミシマサイコの栽培と育種-5-年生, 根の大きさと saikosaponin 含量の關係 [J]. Japan J Pharm, 1980, 34(3): 235.
- [ 24 ] 陈顺钦, 袁媛, 罗毓健, 等. 光照对黄芩黄酮类活性成分积累及其相关基因表达的影响 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(6): 682.
- [ 25 ] Fournier A R, Proctor J T A, Gauthier L, et al. Understory light and root ginsenosides in forest-grown *Panax quinquefolius* [J]. Phytochemistry, 2003, 63: 777.
- [ 26 ] 霜川由志子. ミシマサイコの栽培と育種-3-2 年生植物の根収量, saikosaponin 含量におよぼす摘心の効果 [J]. Japan J Pharm, 1980, 34(3): 221.
- [ 27 ] Jochum G M, Mudge K W, Thomas R B. Elevated temperatures increase leaf senescence and root secondary metabolite concentration in the understory herb *Panax quinquefolius* (Araliaceae) [J]. Am J Bot, 2007, 94: 819.
- [ 28 ] Vijay N, Kumar A, Bhoite A. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on biochemical contents of *Asparagus racemosus* (Willd.) root tubers [J]. Res J Environ Sci, 2009, 3: 285.
- [ 29 ] Ndamba J, Robertson I, Lemmich E, et al. Berry productivity and molluscicidal saponin yield of *Phytolacca dodecandra* (Phytolaccaceae) under different sunlight, watering and nutrient conditions [J]. Econ Bot, 1996, 50: 151.
- [ 30 ] Zhu Z, Liang Z, Han R, et al. Growth and saikosaponin production of the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. under different levels of nitrogen and phosphorus [J]. Ind Crop Prod, 2009, 29: 96.
- [ 31 ] 魏云洁, 王英平, 张连学, 等. 人参皂苷合成与积累的适宜环境条件模型研究 [J]. 特产研究, 1995, 4 (3): 27.
- [ 32 ] Copaja S V, Blackburn C, Carmona R. Variation of saponin contents in *Quillaja saponaria* Molina [J]. Wood Sci Technol, 2003, 37: 103.
- [ 33 ] Haralampidis K, Trojanowska M, Osbourn A E. Biosynthesis of triterpenoid saponins in plants [J]. Adv Biochem Eng Biotechnol, 2002, 75: 31.
- [ 34 ] Kalinowska M, Zimowski J P, czkowski C, et al. The formation of sugar chains in triterpenoid saponin and glycoalkaloids [J]. Phytochem Rev, 2005, 4: 237.

[责任编辑 邹晓翠]