

人参皂苷量变异的研究进展

李翔国, 全炳武, 李虎林, 朴仁哲, 金大勇

延边大学农学院 农学系, 吉林 延吉 133002

摘要: 人参 *Panax ginseng* 为五加科植物, 是传统的名贵中药材。人参皂苷是人参的主要药效成分之一, 人参所表现出的大部分药理活性与人参皂苷密切相关, 因此, 人参皂苷量被认为是衡量人参内在质量的重要指标之一。归纳总结了导致人参皂苷量变异的多种因素, 对最新的相关实验结果及文献资料进行了整理, 同时从人参不同部位、栽培条件、采收期、生长年限、产地、提取条件、加工条件、类型等方面阐述了多种因素与人参皂苷量变异的关系。

关键词: 人参; 人参皂苷; 药效成分; 变异; 栽培

中图分类号: R284 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2012)11-2300-05

Research progress in variation of ginsenoside

LI Xiang-guo, QUAN Bing-wu, LI Hu-lin, PIAO Ren-zhe, JIN Da-yong

Department of Agronomy, Agricultural College of Yanbian University, Yanji 133002, China

Key words: *Panax ginseng* C. A. Meyer; ginsenoside; medicinal components; variation; cultivation

人参皂苷(ginsenoside)是人参的药效物质基础, 人参根的皂苷量约为4%。目前已分离到人参皂苷 Ra₁、Ra₂、Ra₃、Ra₄、Ra₅、Ra₆、Rb₁、Rb₂、Rb₃、Rc、Rd、Re、Rf、Rg₁、Rg₂、Rg₃、Rh₁、Rh₂、Ro 和 F4 等, 已确定结构的有40余种^[1-2]。在人参根中, 人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Re、Rg₁ 6种皂苷的质量分数占总皂苷的90%以上^[3]。人参皂苷根据结构可分为达玛烷型(dammarane-type)四环三萜皂苷和齐墩果烷型(oleanane-type)五环三萜皂苷两种类型, 水解后分别生成皂苷元人参二醇(panaxadiol)或人参三醇(panaxatriol)及皂苷元齐墩果酸。

大量科学实验已证实了人参所表现的大部分药理活性与人参皂苷有密切关系, 因此, 人参皂苷量是衡量人参品质的重要指标之一。本文根据国内外最新的研究资料, 将影响人参皂苷量的多种因素进行总结, 从人参不同部位、栽培条件、采收期、生长年限、产地、提取条件、加工条件、类型等方面阐述了多种因素与人参皂苷量变异的关系。

1 不同部位人参皂苷量的比较

人参根中皂苷主要集中在表皮部位, 故表皮面

积越大皂苷量越高。研究表明, 须根的皂苷量大概为主根的4倍、支根的2倍左右, 这是因为须根的直径虽比支根和主根小, 表皮所占的比重则比支根和主根大^[4]。笔者通过试验也证实了这一点, 在同一部位中, 皂苷量与直径成反比^[5]。Shi等^[6]对5年生人参根、叶、根毛、根茎、茎的总皂苷和单体皂苷的量进行了比较, 结果总皂苷量(mg/g)由高到低的顺序为根毛(85.90) > 叶(69.85) > 根茎(38.33) > 根(36.41) > 茎(9.79); 人参皂苷 Re 在人参叶和根毛中的量为人参皂苷 Rg₁ 的5倍, 但是在人参根中则低于人参皂苷 Rg₁, 人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc 和 Rd 在人参根毛中的量最高, 在人参茎中没有检测到 Rb₃ 和 Rc。Ko等^[7]的研究表明, 4年生人参果肉和种子的总皂苷量为9.09%、3.30%, 较人参根(1.87%)分别高79.43%和43.33%。Hu等^[8]研究比较了4年生人参根和种子的总皂苷和单体皂苷量的差异, 结果人参种子的总皂苷量为86.8 mg/g, 为人参根(31.1 mg/g)的2.5倍; 人参种子的单体皂苷 Re 的量为49.4 mg/g, 占总皂苷量的56.9%, 而在人参根中单体皂苷 Re 的量仅占总皂苷量的27.3%, 人参皂苷 Rg₁、Re、Rb₂、Rd 在人参

收稿日期: 2012-05-07

基金项目: 吉林省外专局项目——平原耕地人参优质栽培技术研究(L20062200029)

作者简介: 李翔国(1980—), 男, 吉林省延吉市人, 讲师, 博士, 延边大学农学院作物栽培与耕作学教研室, 从事人参栽培、育种、有效成分提取及定量分析研究。Tel: (0433)2435586 E-mail: xglee2003@hotmail.com

种子中的量大于其在根中的量。孙成贺等^[9]用 HPLC-ELSD 法测定了人参茎、叶、根中的 7 种人参皂苷的量,结果人参皂苷的量由高到低的顺序为叶>根>茎。李闯等^[10]采用 HPLC 法测定人参不同部位的总皂苷和单体皂苷的量,结果总皂苷量由高到低的顺序为须根(7.56%)>果肉(7.52%)>叶片(6.94%)>支根(6.26%)>芦头(2.79%)>种皮(2.44%)>根皮(2.21%)>果柄(1.82%)>果茎(0.88%)>小叶柄(0.76%)>根心(0.66%)>茎(0.57%)>大叶柄(0.26%)>种仁(0.03%);人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc、Rd 量在须根和支根中较其他部位高,其中 Rb₂、Rd 量在叶和果肉中较高,人参皂苷 Rg₁ 仅在叶中量较高,人参皂苷 Re 在叶和果肉中量约为总皂苷量的 50%。常建涛等^[11]测定了敦化产 4 年生白参参头、主根和须根的皂苷量,结果参头、须根、主根的总皂苷质量分数分别为 0.781%、0.308%、0.068%,人参皂苷 Rb₁ 等 7 种单体皂苷量由高到低的顺序为参头>须根>主根。

2 不同栽培条件下人参皂苷量的比较

2.1 不同土壤条件对人参皂苷量的影响

土壤是人参赖以生存的物质基础,人参根系通过与土壤接触进行物质交换。人参为多年生宿根植物,故人参的生长发育与土壤的理化特性密切相关。刘哲等^[12]分析了 2 种土壤环境下种植的 4、5 年生人参皂苷的量,结果农田土栽种的人参总皂苷的量及 8 种人参单体皂苷量均低于腐殖土。因此,人参在平地或农田栽培时需施用有机肥、畜粪等来调节土壤环境。

2.2 施肥对人参皂苷量的影响

施肥可以提高土壤肥力,是改善土壤环境条件直接有效的方法。虽然人参在生长过程中所需的营养元素比一般大田作物低,但是适当的施肥对人参的良好生长发育是十分必要的。张亚玉等^[13]将多功能微生物制剂与大田常用肥料用于农田栽参,并对皂苷的量进行了比较,结果多功能微生物制剂以 150 g/m² 施用皂苷的量增加最多,且多功能微生物制剂施入土壤前用水浸泡 24 h 效果最佳。平安等^[14]比较了稀释 200、300、400 倍的木醋液与清水对照对 4 年生人参根总皂苷和单体皂苷量的影响,结果 200、300、400 倍木醋液处理后总皂苷的量分别为 0.917%、0.746%、0.676%,其中 200、300 倍木醋液分别比对照提高了 35.85%、10.52%;200 倍木醋液处理后 7 种单体皂苷量均高于对照,300、400

倍木醋液处理后除了人参皂苷 Rd 和 Re 的量低于对照外,其余 5 种均高于对照。故多功能微生物肥料与木醋液可以作为新的肥料来源,有利于提高人参根的皂苷量。

2.3 不同光照条件对人参皂苷量的影响

光照参与植物体内物质积累和代谢过程,影响植株形态。人参为阴性植物,光照过强会使植株中叶绿素受到破坏,气孔关闭,光合作用受到影响。Lee 等^[15]分析了 4 年生人参叶在受光率为 5%、10%、20%、30% 时人参根总皂苷量的差异,结果总皂苷量随受光率的增大而增加,而在 30% 受光率时略显降低。Kim 等^[16]比较了光量子分别为 19、39、26、35 $\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 的蓝色、红色、1:1 蓝红混合光 LED 及荧光灯对 2 年生人参总皂苷量的影响,结果总皂苷量(mg/g)由高到低的顺序为蓝色 LED(46.1)>荧光灯(45.3)>1:1 蓝红混合光 LED(40.2)>红色 LED(40.1),但各种光源间无显著差异。不同国度、不同地区对于人参适宜光照强度结论不一,这主要是由于使用的遮阴材料不同和各地的环境差异所造成的,因此单纯地讨论某一光照强度适于提高皂苷的量是不够全面的。

2.4 遮阴棚的颜色对人参皂苷量的影响

人参属阴性植物,栽培人参需要搭棚,以充分地利用光能和水分。由于遮阴棚的颜色、材料不同,人参植株所受的光照强度也不同,进而影响人参的产量和质量。Mok 等^[17]比较了红、蓝、黑色遮阴棚对 2 年生人参总皂苷及单体皂苷量的影响,结果粗皂苷和总皂苷量(%)由高到低依次为红色(3.30、2.81)>蓝色(2.25、2.08)>黑色(2.10、1.26),红、蓝色与黑色间具有显著差异;人参皂苷 Rb₁ 等 6 种单体皂苷的量也是红色>蓝色>黑色。Lee 等^[18]比较了蓝色和黄色遮阴棚对 4 年生人参总皂苷及单体皂苷量的影响,结果主根的总皂苷量分别为 1.074%、1.144%,支根 2.617%、2.182%,须根 6.234%、5.907%,支根和须根在蓝色遮阴棚下总皂苷量较黄色遮阴棚显著增加;主根的单体皂苷除了 Rd 和 Rf 外,Rb₁、Rb₂、Rc、Re、Rg₁、Rg₂ 的量在黄色遮阴棚下高于蓝色,但只有 Rg₁ 具有显著差异,支根和须根测试的 8 种单体皂苷量均为蓝色遮阴棚高于黄色。因此,确定适合于本地区的遮阴棚颜色来调节受光率,是提高人参皂苷量行之有效的办法。

2.5 不同栽培方式对人参皂苷量的影响

人参的栽培方式大体上分为直播和移植栽培 2

种方式,直播栽培因密植而导致地上部受光量不足,光合成量减少,人参根重减轻。Lee 等^[19]比较了直播栽培和移植栽培4年生人参胴体、支根的粗皂苷量,结果直播参和移植参胴体粗皂苷量分别为3.1%、3.7%,移植参稍高于直播参,支根粗皂苷量均为6.2%。Li 等^[20]对直播栽培与移植栽培5年生人参的总皂苷及单体皂苷量进行了比较,结果直播参的主根及支根的总皂苷量为23.8、40.9 mg/g,高于移植参的22.2、35.7 mg/g,而须根则移植参(83.1 mg/g)高于直播参(78.8 mg/g),结合干物质量计算出的直播参与移植参的皂苷量分别为722.1、1 142.9 mg;单体皂苷Rb₂、Rb₃、Rf与测试的3个部位无关,直播参均高于移植参,而Rd和Rh₁则相反,直播参均低于移植参。从参根形状上看,直播参的胴体长,而移植参则支根与须根发达,因此根据对人参所需的目的来选择栽培方式。

2.6 不同栽植位置对人参皂苷量的影响

人参因在遮阴棚下生长,即使是在同一适宜的荫棚条件下所栽的人参,也会因棚的前、中、后檐位置的不同(荫棚前部受光时间长,后部较短),使人参根质量的生长有所差异。Li 等^[21]对以20 cm×12 cm行株间距移植栽培在韩国忠南大学人参圃内的5年生高丽参Yunpoong及紫茎种进行了分析,根据遮阴棚由高到低,栽植在前柱的1~2行作为前行、中间的3~5行作为中行、后柱的6~7行作为后行比较了前、中、后行的高丽参总皂苷及单体皂苷的量,结果栽植在前行的Yunpoong主根与中、后行的主根间总皂苷量有显著差异;栽植在前、中、后行的紫茎种的各个部位总皂苷量均随栽植位置无显著差异。对于单体皂苷而言,Yunpoong主根的Rb₁、支根和须根的Rd在前行与中后行间,主根的Rb₂、Rc、Rd在各行间存在显著差异;紫茎种主根的Rb₁、Rb₂、Rd及支根的Rd在前行与中、后行间存在显著差异。人参皂苷量随栽植位置的差异是由于人参叶片在不同栽植位置受光量有差异,因而前行的叶面积指数明显大于后行,且皂苷又与光照有紧密的相关。

3 不同采收期对人参皂苷量的影响

不同的采收期对人参皂苷量的影响较大,适时采收不仅能提高皂苷的量,还对人参的产量与加工后的质量也有影响。An 等^[22]对4月18日、5月15日、6月18日、8月18日、9月18日、10月18日采收的4年生人参的总皂苷和单体皂苷量进行了

比较,结果总皂苷量分别为2.52%、4.09%、1.92%、2.14%、1.82%、1.75%,总皂苷量在5月15日最多,之后随采收期的延长而逐渐减少,且各采收期间具有显著差异;人参皂苷Re等7种单体皂苷的量也在5月15日最多,变化趋势与总皂苷量的变化趋势相似。Choi 等^[23]的研究表明,4月15日、4月25日、5月5日、5月25日采收的5年生人参叶的总皂苷量分别为97.29、66.42、67.61、36.24 mg/g,人参茎为13.32、9.85、8.00、4.65 mg/g,人参花为141.09、143.84、139.25、133.47 mg/g,3个部位的总皂苷量均随采收期的延长而降低,尤其人参叶和茎的降低幅度明显;人参皂苷Rb₁等6种单体皂苷量也随采收期的延长而降低。

由于人参皂苷的量与当地的土壤、光强、气候、降水量等生长条件都有密切关系,因此各地应因地制宜地选择各自的采收期。

4 不同生长年限对人参皂苷量的影响

栽培人参多以6年生作为人参的采收年限,很多研究者对6年生是否为人参皂苷积累的最佳年限进行了研究,但研究结果有差异。Lee 等^[24]研究结果表明,4年生人参根的粗皂苷和总皂苷量分别为1.258%、0.957%,5年生根1.113%、0.778%,6年根0.956%、0.766%,4年生根的粗皂苷和总皂苷量最高,但人参皂苷量随其生长年限无显著性差异;单体皂苷Rb₂、Rc、Rd、Re、Rg₁及Rh₁的量均为4年根>5年根>6年根。Shi 等^[6]研究表明,人参根中总皂苷,单体皂苷Rb₂、Rb₃、Rc、Re量随生长年限的增加而增多,Rb₁、Rd、Rg₁则随生长年限的增加而增多到4年生,5年时略显降低;Rb₁等7种单体皂苷量在人参叶中随生长年限没有一定的变化趋势,总皂苷量则随生长年限的增加而减少;7种单体皂苷和总皂苷量在人参根毛中随生长年限的增加而增多。多数研究表明,人参皂苷在前4年积累增加较快,后2年较慢,因此,仅考虑皂苷的量时是否有必要栽培至6年后收获是值得商榷的。

5 不同产地间人参皂苷量的比较

不同产地由于生态条件、栽培技术等不同,导致人参皂苷量相差很大。Han 等^[25]将从3个地区采收的林下参进行了总皂苷量的比较,结果Palbongsan(0.936%)>Sobaeksan(0.535%)>Gangwon-do(0.520%)。李义志等^[26]测定了不同产地红参中总皂苷及人参皂苷Rb₁、Re、Rg₁的量,结果表明总皂苷量由高到低的顺序为吉林集安>辽

宁抚顺>吉林靖宇, 人参皂苷 Rb_1 、 Re 、 Rg_1 的顺序为吉林集安>吉林靖宇>辽宁抚顺。不同产地的人参皂苷的量存在着差异, 这是由于不同产地之间温度、水分、光照、土壤等环境条件有差异, 还有栽培技术和方式也不同。

6 不同提取条件下人参皂苷量的比较

人参皂苷因提取方法、提取溶剂、提取时间等的不同其提取收率也不同。Shi 等^[6]比较了用微波辅助提取法和索氏提取法提取的人参皂苷 Rg_1 等 7 种单体皂苷量的差异, 结果用微波提取法提取 15 min 的 7 种单体皂苷的量均显著高于用索氏提取法提取 300 min 的皂苷量。Kim 等^[27]比较了 n -BuOH 环流提取法等 4 种提取方法提取 4 年生人参皂苷量的差异, 结果总皂苷量由高到低的顺序为 50% MeOH 环流提取-SPE 前处理法 (2.408%) > n -BuOH 环流提取法 (2.208%) > 50% MeOH 超声波提取-SPE 前处理法 (2.206%) > 70% EtOH 环流冷却提取法 (2.103%)。刘继菊^[28]选用提取时间、温度和料液比来研究人参总皂苷的最佳提取工艺条件, 结果人参总皂苷的最佳提取条件为乙醇体积分数 70%, 料液比 1:20, 70 °C 回流提取 3.0 h。

7 不同加工条件下人参皂苷量的比较

人参皂苷量和皂苷种类因加工方法、加工时所采用的温度、时间、次数等不同会在加工过程中发生较大的变化。Choi 等^[29]研究了拨皮时间对 5 年生人参粗皂苷和总皂苷量的影响, 结果拨皮 5、10、15 min 后的粗皂苷量分别为 4.77%、4.12%、3.30%, 总皂苷量分别为 0.73%、0.69%、0.61%, 拨皮 15 min 后粗皂苷和总皂苷量较未拨皮的 5.82%、0.94% 分别减少了 43.30%、35.11%。Sun 等^[30]研究比较了 4 年生白参、红参、黑参的总皂苷和单体皂苷量的差异, 结果白参、红参、黑参的总皂苷量分别为 11.89、19.03、14.32 mg/g, 红参最多; 黑参的单体皂苷 Rg_3 的量为 7.51 mg/g, 占总皂苷量的 51.89%, 为红参 Rg_3 量的 20 倍之多。

8 不同人参类型人参皂苷量的比较

在国内, 根据人参根的形态不同, 把人参划分为不同的类型。董万超等^[31]研究结果表明, 不同类型人参的皂苷量由高到低的顺序为集安长脖参 (6.68%) > 左家黄果 (5.89%) > 抚松大马牙 (5.78%) > 抚松长脖 (5.62%) > 集安二马牙 (5.56%) > 集安圆膀圆芦 (5.50%) > 集安大马牙 (5.06%) > 抚松二马牙 (4.99%) > 桓仁竹节芦

(4.82%)。

在韩国, 目前根据人参根、茎、果实等的形态及颜色不同, 将高丽参分为 8 个类型。Ahn 等^[32]比较分析了 Chunpoong 等 5 种类型 6 年生人参根的总皂苷单位量 (mg/g) 和总量 (mg), 结果由高到低的顺序为 Gopoong (18.9、596.0) > Yunpoong (16.5、509.1) > Gumpoong (13.6、361.0) > Seonpoong (12.8、340.4) > Chunpoong (8.0、209.5)。Lee 等^[33]比较了在排水等级不同的水田中栽培的不同类型 2 年生人参总皂苷量的差异, 结果排水条件良好的水田中栽培的 4 种类型人参总皂苷量由高到低的顺序为 Yeonpoong (1.71%) > Cheonpoong (1.34%) > Jakyonjong (1.19%) > Hwangsookjong (0.81%), 排水条件差时则为 Yeonpoong (1.60%) > Jakyonjong (1.21%) > Cheonpoong (1.13%) > Hwangsookjong (0.68%), 不管排水条件好坏, Yeonpoong 的总皂苷量最高。

9 结语

人参皂苷量作为衡量人参品质的重要指标之一, 国内外进行了很多的研究, 但是, 最近的绝大部分研究进展均是针对其药理作用方面。近几年发表的有关人参皂苷的研究进展的文献, 大多数是有关药理活性研究方面, 其次是生物转化人参皂苷研究方面。张连学等^[34]曾经对影响人参皂苷量的主要因素进行过综述, 但其后未见对国内外近年来的研究进行全面的总结。本文对近 5 年来影响人参皂苷量的各种因素从农学的角度进行了综述, 为人参栽培者和加工者提供理论依据。

参考文献

- [1] 肖培根. 新编中药志 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 黎阳, 张铁军, 刘素香, 等. 人参化学成分和药理研究进展 [J]. 中草药, 2009, 40(1): 164-附 2.
- [3] Sollorz G. Quality evaluation of ginseng roots. Quantitative HPLC determination of ginsenosides [J]. *Dtsch Apoth Ztg*, 1985, 125(41): 2052-2055.
- [4] Kim M W, Ko S R, Choi K J, et al. Distribution of saponin in various sections of *Panax ginseng* root and changes of its contents according to root age [J]. *Korean J Ginseng Sci*, 1987, 11(1): 10-16.
- [5] Li X G, Kang S J, Han J S, et al. Effects of root diameter within different root parts on ginsenoside composition of Yunpoong cultivar in *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2009, 17(6): 452-457.
- [6] Shi W, Wang Y T, Li J, et al. Investigation of ginsenosides

- in different parts and ages of *Panax ginseng* [J]. *Food Chem*, 2007, 102: 664-668.
- [7] Ko S K, Bae H M, Cho O S, *et al.* Analysis of ginsenoside composition of ginseng berry and seed [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2008, 17(6): 1379-1382.
- [8] Hu J N, Lee J H, Shin J A, *et al.* Determination of ginsenosides content in Korean ginseng seeds and roots by high performance liquid chromatography [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2008, 17(2): 430-433.
- [9] 孙成贺, 王英平. HPLC-ELSD 法测定人参茎、叶、根中7种人参皂苷含量 [J]. 特产研究, 2009(4): 54-55.
- [10] 李 闯, 王 义, 张美萍, 等. 人参不同部位皂苷成分的HPLC测定 [J]. 吉林中医药, 2010, 30(4): 347-349.
- [11] 常建涛, 富瑶瑶, 吴 迪, 等. 敦化人参各部位皂苷组分的比较 [J]. 大连工业大学学报, 2011, 30(1): 43-45.
- [12] 刘 哲, 王 南, 武晓林, 等. 不同土壤环境下种植的人参皂苷含量的比较分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(2): 737-739.
- [13] 张亚玉, 孙 海, 吴连举, 等. 多功能微生物制剂对农田栽参土壤容重及人参皂苷的影响研究 [J]. 特产研究, 2010(1): 35-37.
- [14] 平 安, 杨国亭, 高 方, 等. 木醋液叶面喷洒对人参产量及人参皂苷含量的影响 [J]. 华北农学报, 2010, 25(4): 235-238.
- [15] Lee J C, Choi J H, Cheon S K, *et al.* Studies on the optimum light intensity for growth of *Panax ginseng* II. Effect of light intensity on the contents of saponin and free sugar in the ginseng leaf [J]. *Korean J Crop Sci*, 1983, 28(4): 497-503.
- [16] Kim M J, Li X G, Han J S, *et al.* Effect of blue and red LED irradiation on growth characteristics and saponin contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2009, 17(3): 187-191.
- [17] Mok S K, Cheon S K, Lee S S, *et al.* Effect of shading net colors on the growth and saponin content of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) [J]. *Korean J Ginseng Sci*, 1994, 18(3): 182-186.
- [18] Lee S W, Kim G S, Lee M J, *et al.* Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2007, 15(3): 194-198.
- [19] Lee S W, Cha S W, Hyun D Y, *et al.* Comparison of growth characteristics, and extract and crude saponin contents in 4-year-old ginseng cultured by direct seeding and transplanting cultivation [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2005, 13(6): 241-244.
- [20] Li X G, Kan S J g, Han J S, *et al.* Comparison of growth increment and ginsenoside content in different parts of ginseng cultivated by direct seeding and transplanting [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2010, 18(2): 70-73.
- [21] Li X G, Nam K Y, Choi J E. Difference of the ginsenosides contents according to the planting location in *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Korean J Crop Sci*, 2009, 54(2): 159-164.
- [22] An Y N, Lee S Y, Choung M G, *et al.* Ginsenoside concentration and chemical component as affected by harvesting time of four-year ginseng root [J]. *Korean J Crop Sci*, 2002, 47(3): 216-220.
- [23] Choi J E, Li X G, Ha Y H, *et al.* Changes of saponin contents of leaves, stems and flower-buds of *Panax ginseng* C. A. Meyer by harvesting days [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2009, 17(4): 251-256.
- [24] Lee C R, Whang W K, Shin C G, *et al.* Comparison of ginsenoside composition and contents in fresh ginseng roots cultivated in Korea, Japan, and China at various ages [J]. *Korean J Food Sci Technol*, 2004, 36(5): 847-850.
- [25] Han S T, Shin C G, Yang B W, *et al.* Analysis of ginsenoside composition of woods-grown ginseng roots [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2007, 16(2): 281-284.
- [26] 李义志, 毛春芹, 陆兔林, 等. 不同产地红参中总皂苷及人参皂苷 Rg₁、Re、Rb₁ 的含量比较 [J]. 中国实用医药, 2008, 28(3): 1-3.
- [27] Kim G S, Hyun D Y, Kim Y O, *et al.* Extraction and preprocessing methods for ginsenosides analysis of *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Korean J Med Crop Sci*, 2008, 16(6): 446-454.
- [28] 刘继菊. 人参总皂苷提取工艺条件优化研究 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2010(14): 200-201.
- [29] Choi J E, Nam K Y, Li X G, *et al.* Changes of surface color formation and constituents of white ginseng prepared with peeling by using barker [J]. *Korean J Crop Sci*, 2008, 53(4): 369-375.
- [30] Sun B S, Gu L J, Fan Z M, *et al.* Determination of 11 ginsenosides in black ginseng developed from *Panax ginseng* by high performance liquid chromatography [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2009, 18(2): 561-564.
- [31] 董万超, 张 先. 人参不同类型的皂甙分析 [J]. 特产科学实验, 1986(4): 47-50.
- [32] Ahn I O, Lee S S, Lee J H, *et al.* Comparison of ginsenoside contents and pattern similarity between root parts of new cultivars in *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *J Ginseng Res*, 2008, 32(1): 15-18.
- [33] Lee S W, Kim C G, Yeo B Y, *et al.* Varietal difference in growth response and ginsenoside contents of two-year-old ginseng grown in paddy field with different drainage conditions [J]. *Korean J Crop Sci*, 2008, 53(4): 401-406.
- [34] 张连学, 黄朝晖, 魏云洁, 等. 影响人参中人参皂苷含量的主要因素 [J]. 特产研究, 1998(3): 47-52.