



· 综述 ·

# 人参、西洋参化感作用研究进展

雷锋杰, 张爱华, 张秋菊, 张连学\*

(吉林农业大学 中药材学院, 吉林 长春 130118)

**[摘要]** 人参、西洋参忌连作, 作者报道近年来国内外从化感作用角度研究人参和西洋参的连作障碍问题。综述了人参、西洋参化感作用的最新研究进展, 从化感物质的收集提取到其对人参、西洋参种子萌发, 幼苗生长和抗氧化酶活性及病原菌和愈伤组织的影响等方面综合分析了人参、西洋参中的化感作用, 认为化感作用是人参、西洋参连作障碍的主要影响因子之一。并在此基础上指出人参、西洋参化感作用研究中存在的主要问题: 研究成分是混合物, 具体起作用的成分和物质尚不明确; 以单个化感物质为研究而忽视了化感物质间的相互作用。今后应深入开展人参和西洋参特有的化感物质及化感物质间相互作用的研究, 以及人参、西洋参化感物质与环境影响因子的互作关系, 特别是化感物质在土壤中的迁移和转化等环境化学行为, 化感物质与土壤微生物的相互关系及共同对人参和西洋参生长的影响。

**[关键词]** 人参; 西洋参; 连作障碍; 化感作用

人参 *Panax ginseng* C. A. Mey、西洋参 *P. quinquefolium* L. 是名贵的药材。二者均是多年生宿根植物, 在生产过程中忌地性极强。人参、西洋参发生连作障碍, 轻则减产、减收, 重则绝收, 严重制约了人参产业的可持续发展<sup>[1]</sup>。人参和西洋参忌连作是一个世界性的技术难题, 更是长期以来一直困扰着我国参业稳定发展的一个主要问题, 并多有报道<sup>[2]</sup>。

人参和西洋参是五加科人参属中重要的 2 种药用植物, 西洋参的自然环境条件与人参相似, 只是西洋参对温度适应范围较广, 生长发育比人参快, 但抗寒性弱于人参。在生产中人参和西洋参的生长特性及田间管理有许多共同之处。在我国东北产区, 人参、西洋参主要在林地栽培, 栽过一茬参的地要 30 年后才能再栽参。为了种参, 我国吉林省平均每年要砍伐 7 000~9 000 hm<sup>2</sup> 的森林, 抚松、靖宇、集安等老参区已基本无林可伐<sup>[3]</sup>。虽然栽(种)参的同时还林, 但由于树种单一, 造成森林生态系统失衡, 生物多样性丧失、水土流失明显增加、涵养水源能力降低、土壤肥力下降、山体滑坡时有发生等一系列生态问题, 对长白山的生态环境已构成严重威胁, 发展参业和发展林业形成尖锐的矛盾冲突。因此, 解决人参、西洋参忌连作问题, 缩短参业土地资源再生周期, 不

仅十分必要, 而且非常迫切。

迄今, 人们从多个不同的角度对其连作障碍机制进行了广泛而深入的研究, 并且取得了许多有价值的研究结果。早在 20 世纪 80 年代, 有学者对栽参前后土壤微量元素<sup>[4-6]</sup>、土壤理化性状<sup>[7]</sup>、土壤微生态及土壤酶活性变化<sup>[7-10]</sup> 等开展了大量研究, 以求对人参、西洋参的连作障碍机制作出合理的解释。国内外以往研究报道多侧重于外部环境条件对人参、西洋参忌连作的影响, 认为外界环境条件变化是导致人参、西洋参忌连作的主要原因, 尝试通过土壤改良和灭菌能有效缓解连作障碍, 结果是病害重、产量低等问题仍很突出。近年来, 随着化感作用研究的深入, 人参、西洋参等强忌连作植物的化感作用研究逐渐引起了学者的重视。

## 1 人参、西洋参化感物质的收集提取

化感物质的研究方法对研究结果至关重要, 尽管根系分泌物的收集方法多种多样, 但是由于人参、西洋参其对生态环境和管理栽培技术比较严格, 所以适合收集人参和西洋参根系分泌物的方法并不多, 目前学者多采用土培、水培、基质培等方法收集人参、西洋参的化感物质。

陈长宝<sup>[11]</sup> 等采集栽参土壤用蒸馏水提取浓缩后通过 XAD-4 大孔吸附树脂柱, 依次用水、20% 甲醇和 90% 甲醇洗脱收集各自洗脱液并浓缩得人参根际土壤提取物。李勇<sup>[12]</sup> 等利用老参土及人参根际土, 用甲醇浸提法并浓缩得人参根际分泌物。李勇<sup>[13]</sup> 同时采用营养液培养的方法收集人参根系分泌物, 对人参根系进行间歇式供氧, 每隔 4 d 更换 1 次营养液。培养一段时间后, 收集得到的营养液通过 XAD-4 大孔吸附树脂柱, 用甲醇洗脱得人参根系分泌物。王玉萍<sup>[14]</sup> 等采用全营养水培方法培养四年生西洋参, 将更换下来的培养液通过预先处理好的 XAD-4 树脂柱, 以吸附其中的疏水性物

**[稿件编号]** 20100319008

**[基金项目]** 国家“十一五”科技支撑计划子课题(2006BA109B04-02, 2007BA138B01); 高等学校博士学科点专项科研基金(20050193005)

**[通信作者]** \* 张连学, Tel: (0431) 84532952, Email: zk863@163.com

**[作者简介]** 雷锋杰, 主要从事药用植物资源学研究, Tel: (0431) 84532952, Email: fengjie\_lei@163.com

质,而后用甲醇洗脱,得淡黄色洗脱液减压蒸干,得到褐色的西洋参疏水性根系分泌物。Robert W Nicol<sup>[13]</sup>等采用 Tang & Young设计的根系分泌物收集系统,从西洋参根际土壤中收集其根系分泌物,经过 HPLC-ESI/MS分析确定这些根系分泌物中含有皂苷成分。

## 2 人参、西洋参化感物质的种类

化感物质的确定是植物化感作用研究的核心,植物化感物质是植物次生代谢的产物,种类繁多,结构多样,主要是通过莽草酸和异戊二烯代谢途径产生的。Rice<sup>[19]</sup>把

高等植物中的化感物质分为 15 类:①简单的水溶性有机酸、直链醇、脂肪醇、脂肪醛和酮,②脂肪酸和聚乙炔,③简单的酚、苯甲酸及其衍生物,④肉桂酸及其衍生物,⑤香豆素类,⑥单宁,⑦萜类和甾族化合物,⑧氨基酸和多肽,⑨生物碱和氰醇,⑩简单的不饱和内酯,醌类,黄酮类,糖苷硫氰酸酯,嘌呤和核苷,其他化合物。目前国内报道的人参、西洋参化感物质主要是有机酸类、醇类、酯类、烷烃类、萜类和甾族化合物以及少量杂环类化合物等<sup>[11-20]</sup>,见表 1。

表 1 人参、西洋参化感物质种类

成分	种类
简单的水溶性有机酸、直链醇、脂肪醇、脂肪醛和酮	2 丁烯酸(巴豆酸)、3 十三醇、4 羟基-1 甲基丁酮、4 羟基-4 甲基戊酮、3 羟基丁酸、丙三醇、丙二酸、丁二酸、1, 2 甲基丁二酸、2, 3 二羟基丙酸、癸醇、二异丙基己二酸、2 甲基戊二酸、己二酸、庚酸、十四醇(肉豆蔻醇)、辛酸、十八酸、1-(2 呋喃)-4 甲基-2 戊酮
脂肪酸和聚乙炔	(Z, Z)-9, 12 十八碳二烯酸、十五(烷)酸甲酯、二十烷酸、8 氧甲基癸酸、十二酸、十三酸、十四酸(肉豆蔻酸)、十五酸、9 十六烯酸(棕榈酸)、十六酸、十七酸、二十酸(花生酸)癸酸、4 氧代癸酸、12 甲基十三酸、十五烯酸、10 甲基十四酸、12 甲基十四酸、14 甲基十五酸、2 己基环丙辛酸、亚油酸、油酸、油酸异构体、十八酸
简单的酚、苯甲酸及其衍生物	邻苯二甲酸双异辛酯、甲基-17 甲基对苯二酚、二十二(烷)基邻苯二甲酸盐、苯甲酸、苯乙酸、2, 6 二叔丁基苯酚、2, 4 二叔丁基苯酚、酚苯甲酸酯、邻苯二甲酸酯、苯衍生物、4, 6 二羟基苯甲酸、邻苯二甲酸二辛酯、邻苯二甲酸、邻苯二酚
肉桂酸及其衍生物	3 苯基-2 烯丙醇
香豆素类	苯并呋喃类
单宁	香草酸、丁香酸、阿魏酸、香豆酸
萜类和甾族化合物	弗瑞德齐墩果-3 酮、(3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 24S) 豆甾-7 烯-3 醇、豆甾-4 烯-3 酮、软木三萜酮、4, 4 二甲基胆甾-5 烯-3 酮、石竹烯、雪松烯醇、倍半萜醇类、月桂酸、雪松醇、原人参三醇型皂苷 R <sub>g1</sub> 和 R <sub>e</sub> 、原人参二醇型皂苷 R <sub>b1</sub> , R <sub>c</sub> , R <sub>b2</sub> , R <sub>d</sub> 和 F <sub>11</sub>
氨基酸和多肽	3, 7, 11 三甲基色氨酸-2, 4, 6, 10 四烯
生物碱和氰醇	4-(3, 4 二甲氧苯亚基)-1-(4 硝基苯)-3 苯基-2 吡啶啉-5 酮、2 丁烯醇-4 苯基-2-(甲氧基吡咯烷-2 酮)、吡啶类
其他化合物	棕榈酸甲酯、硬脂酸邻苯二甲酸酯、双环[10, 8, 0]二十烷、二十三烷、5, 6 四亚甲基四氢-1, 3 噻-2 硫-4 环己烷、十七烷酸双(2 乙基己基)酯、二十五烷、1, 2 二甲基环己二烯、苯基脱水乙缩醛-3, 4 二甲氧基- $\alpha$ -(2 丙烯基氧) 呋、4, 6, 7 三甲基色氨酸-9-(3, 4-(二氧亚甲基)苯基)萘(2, 3-C)呋喃-1(3H) 酮、14 甲基十五(烷)基酸甲酯、14 甲基十七烷酸甲酯、(Z)-9 十八碳烯酸甲酯、(Z)-15 十八碳烯酸甲酯、10 甲基十八烷酸甲酯、环丙烯辛酸-2 辛基甲酯、7, 9 十八碳二烯、硬脂酸甲酯、己二酸二异辛酯、乙基环己烷、顺-13 十二碳烯酸甲酯、2, 6, 10, 14, 18 五甲基-2, 6, 10, 14, 18 二十五碳五烯、蛇床烯、7, 8 双去氧-4, 5 环氧-17 甲基-3, 6 双[(三甲基硅烷基)氧-5 $\alpha$ , 6 $\alpha$ ] 二苯甲酮-2, 4, 5 三羧基三甲酯、二十烷、正二十四烷、二十六(烷)酸、二十七烷、二十二烷、9 二十六碳烯、二十九烷、10 庚基-10 辛基、3(E) 二十碳烯、三十烷、三十二烷、E-6 十八烷醋酸酯、十八烷酸、十四烷、丁二酸二异丁酯、苯胺、十二烷、环烯炔、N 苯基 萘胺、二苯胺、2, 2 二(4 羟基) 苯基丙烷

陈长宝<sup>[11]</sup>和李勇<sup>[13]</sup>分别检测到的根系分泌物中含有邻苯二甲酸二丁酯,关于此物质有不少学者认为不应该将其归入化感物质,因为该物质是人工合成,系塑料产品生产过程中的增塑剂。应该是田间使用塑料薄膜或是样品处理时混入的。同时陈长宝检测到的五氯硝基苯作者也认为不属于化感物质,可能是老参地土壤中残留的农药所致。人参、西洋参的根系分泌物随着其生长阶段的变化而产率和化学成分也有所变化。王玉萍<sup>[19]</sup>等报道西洋参在营养生长阶段中

的根系分泌物中含有 N 苯基 萘胺类成分,而生殖生长阶段(花果期)的根系分泌物中没有检出此类成分。

### 3 对人参、西洋参的化感效应

3.1 对种子萌发的化感效应 种子萌发实验是化感作用研究中最重要、应用最广泛的生物测定方法之一。该测定方法简单、快速、条件易控制,需要较少的化感物质。常常被用于检测所收集提取的物质是否具有化感作用。对于化感物质的生物测定多采用通过观察受体对根系分泌物中化感物质



不同程度的反应,从而判断根分泌物中化感物质生物活性的大小。

李勇<sup>[21]</sup>等报道人参根际土浸提物对人参种子生长的抑制作用最强,老参地土浸提物对萌芽人参种子的生长有一定影响,表现为低浓度促进、高浓度抑制的特点。未栽参的新林土对萌芽人参种子生长的抑制作用不明显。赵杨景<sup>[22]</sup>等报道,西洋参茎叶和须根水提取物对已萌发的西洋参种子生长有较强的抑制作用,提取物对西洋参根的化感作用主要发生在乙醚层,而正丁醇和水层与对照的差异不显著。张爱华等<sup>[23]</sup>研究不同浓度外源人参皂苷对人参种子萌发,幼苗根长、鲜重的影响。发现人参皂苷对人参种子萌发,幼根生长和鲜重均有抑制作用,且抑制程度随处理浓度的升高而增强。陈长宝等<sup>[24]</sup>报道老参地土壤浸提物对人参种子发芽率及根伸长均有极显著影响,随提取物浓度的增加不仅发芽率降低,而且主根、须根的发育受到的抑制也逐渐增强。外观表现为幼芽生长畸形,根尖发黑甚至坏死,须根全部脱落。在人参种子发芽过程中,土壤提取物对其淀粉酶活性有极显著抑制作用。由此可见,人参根际土壤和老参地土中存在自毒性化学物质,对人参种子生长的抑制作用与其浓度有密切关系。

**3.2 对幼苗生长的化感效应** 幼苗生长发育对化感物质的敏感性高于萌发种子,测定结果更加准确,可信度更高。幼苗生长发育实验是化感作用研究中常用的生物测定方法之一,幼苗生长发育实验的缺点是需要较多的化感物质。

王玉萍<sup>[19]</sup>等研究西洋参根系分泌物在 0.1% 时对白菜和西洋参初生根的生长已有明显影响。赵杨景<sup>[25]</sup>等研究表明,西洋参的茎叶和根中含有化感物质,其根中的化感物质对植株生长的化感作用强于茎叶中的化感物质。在水培条件下,这些化感物质在较低的浓度下西洋参植株迅速死亡;而在土培条件下,若土壤中化感物质含  $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,西洋参就几乎不能生长;即使含  $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,其存苗率降低 25% 以上,严重影响西洋参的生长。黄小芳<sup>[26]</sup>研究了人参根系分泌物中苯甲酸、邻苯二甲酸二异丁酯、丁二酸二异丁酯、棕榈酸和 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷在  $1, 0.1, 0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时对人参幼根总皂苷含量的影响。结果表明,化感物质对人参幼根皂苷的积累有影响。其中,高浓度的苯甲酸和低、高浓度的棕榈酸以及中高浓度的 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷均能极显著降低皂苷含量;邻苯二甲酸二异丁酯在高浓度时能显著降低皂苷含量,但在中低浓度时却表现了增加皂苷含量的作用,且作用达极显著水平;丁二酸二异丁酯在所设 3 种浓度下均有升高皂苷含量的作用,只有在高浓度时作用显著。许世泉<sup>[29]</sup>等研究发现经化感物质处理的人参根系活力受到抑制,其根系脱氢酶活性下降,吸收养分能力降低,生长缓慢,生长发育受阻。

**3.3 对幼苗抗氧化系统和亚细胞结构的化感效应** 近来,有关植物对环境胁迫中的抗氧化系统研究倍受青睐。环境

胁迫导致活性氧自由基过度产生而引起的细胞膜氧化损伤增加和植物生长受抑制,也是化感作用机制之一<sup>[27]</sup>。据刘文雄研究<sup>[28]</sup>,化感植物分泌的一些多酚类化合物会破坏膜的功能,化感物质抑制受体植物的 SOD 和 CAT 酶活性,导致体内活性氧增多,启动膜质过氧化,破坏膜的结构。

张爱华等<sup>[23]</sup>研究了不同浓度外源人参皂苷对人参小苗幼根中抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响。结果表明不同皂苷处理后均伴随着 MDA 含量的升高,而 3 种抗氧化酶活性变化规律不一,但最终导致人参细胞内无法建立活性氧的产生与清除的平衡系统,细胞自身的自我保护机制不能发挥作用,使得细胞无法进行正常生理代谢,从而抑制了人参生长。化感物质对人参、西洋参幼苗的影响是比较明显的,许世泉<sup>[29]</sup>通过电镜观察人参幼苗的根系超微结构后发现,经化感物质处理的幼苗根尖分生区细胞内出现不同程度的淀粉颗粒空泡化现象,并逐渐解体,核仁核膜出现解体、消失,细胞丧失正常的功能,不能完成正常的生命活动。

**3.4 对人参、西洋参愈伤组织的化感效应** 陈长宝<sup>[30]</sup>报道人参根际土壤提取物对人参根源愈伤组织效应大于茎源和叶源愈伤组织效应,提取物对人参愈伤组织生长有明显的抑制作用,并引起愈伤组织褐化,抑制作用在培养初期较明显,后期逐渐减弱,但最终根愈伤组织的重量明显低于对照。植物生长与植物生长激素显著相关。现已证明,许多酚酸类化感物质(如萘苊灵、绿原酸、肉桂酸和苯甲酸等)能够对植物生长激素吲哚乙酸(IAA)产生影响<sup>[31]</sup>。陈长宝等<sup>[30]</sup>报道提取物对人参愈伤组织内源 IAA 含量有影响,经提取物处理的参根愈伤组织内源 IAA 的含量明显低于对照,培养第 7 天,添加提取物的根愈伤组织中 IAA 含量为对照的 51.9%;到第 20 天,添加提取物的根愈伤组织中 IAA 含量降到对照的 22.4%。由此可见,各提取物通过减少愈伤组织内源 IAA 的含量,抑制其生长发育。

**4 人参、西洋参化感物质对人参、西洋参病原菌的化感效应**

大量研究发现,根系分泌物中的氨基酸、多糖、脂类等成分能够为土传病原菌生存提供必要的碳源和氮源,对病原菌的繁殖或孢子萌发有明显促进作用,有助于病害的发生及为害程度的加重<sup>[32-33]</sup>。根系分泌物的化感作用和病原菌侵染是导致人参连作障碍产生的 2 个主要因素,而且重茬人参发病率的普遍升高与根系分泌物对土传病原菌菌落生长及孢子萌发的促进作用有关。

李勇<sup>[34]</sup>研究了不同浓度人参根系分泌物成分苯甲酸、邻苯二甲酸二异丁酯、十六酸和 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷对人参致病菌和绿色木霉菌菌落生长及孢子萌发的化感效应,发现 4 种根系分泌物的等量混合物浓度与人参致病菌及拮抗木霉菌菌落生长速率呈负相关。不同浓度人参根系分泌物成分对人参致病菌及绿色木霉菌的化感效应存在显著差异,见表 2。



表 2 人参根系分泌物对人参致病菌及木霉菌的化感效应

成分	立枯丝核菌	黑斑菌		疫病菌	菌核菌	锈腐菌		绿色木霉菌
	菌落	孢子	菌落	菌落	菌落	孢子	菌落	菌落
苯甲酸	负相关	负相关	正相关	低高抑中促	负相关	负相关	负相关	正相关
邻苯二甲酸二异丁酯	负相关	负相关	负相关	低中抑高促	负相关	低高抑中促	低高抑中促	负相关
十六酸	正相关	中抑	正相关	正相关	低促	负相关	正相关	正相关
2,2-二(4-羟基苯基)丙烷	负相关	负相关	负相关	负相关	中促高抑	负相关	中促高抑	负相关

人参根系除分泌可溶性糖和氨基酸以外,还分泌人参特有的物质——人参皂苷。杨靖春<sup>[29]</sup>报道,人参皂苷对人参根际的黑曲霉和青霉有较明显地刺激作用,但对镰刀菌、木霉和黑斑病菌等刺激作用不明显。在植物与病原菌间相互作用中,皂苷起着中间媒介的作用<sup>[39]</sup>。Robert<sup>[13]</sup>和 Nicol RW<sup>[39]</sup>等通过根系分泌物收集系统对盆栽西洋参根系分泌物进行收集,收集到多种皂苷,经过进一步体外试验,发现皂苷作为化感因子能够促进西洋参主要土传病害——锈腐菌和疫霉菌的生长,而对其拮抗菌——哈茨木霉菌的生长有抑制作用。

酚酸类物质中的香草酸、丁香酸、阿魏酸和香豆酸等是作物及土壤中常见的化感物质,已有报道其对多种作物具有抑制作用<sup>[37-38]</sup>。He<sup>[39]</sup>进一步研究发现,它们能够抑制西洋参幼苗的生长,并在老参地土壤达到活性浓度,是引起西洋参连作障碍的原因之一。杨家学等<sup>[17]</sup>选择香草酸、丁香酸、阿魏酸和香豆酸,测定这些物质对西洋参致病菌立枯丝核菌、根腐菌菌丝生长的作用,结果显示浓度为  $0.1 \sim 1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的丁香酸对西洋参立枯丝核菌菌丝生长具有促进作用,香草酸也有一定的促进作用,但不呈浓度效应,浓度在  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  以上的香豆酸对其有显著的抑制作用,阿魏酸也有一定抑制作用;对于西洋参根腐菌,阿魏酸对其生长有明显促进作用,香豆酸也有一定促进作用,香草酸表现为低浓度促进,高浓度抑制作用。 $0.1 \sim 1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  丁香酸对其生长基本无影响。

由此可见,人参、西洋参根系分泌物中的化感物质对人参、西洋参病原菌有不同程度的影响,不仅与物质种类有关,而且与浓度关系密切,主要影响孢子萌发和菌落生长。

### 5 人参、西洋参化感作用研究存在问题与展望

植物化感作用的研究是国内外植物化学生态学领域的研究热点。大多数学者集中于大田作物和经济作物,而对药用植物的化感作用研究报道较少。由于药用植物的特殊性,它们含有特定的生理活性物质,而这些化学物质又往往是植物的次生代谢产物,并分布在药用植物的各个器官,而植物产生的化感物质也属于次生代谢产物,所以药用植物更易发生化感作用。人参、西洋参的化感作用在药用植物的化感作用中是较为突出的。尽管已经取得了一定的研究成果,但仍存在一些问题:如目前所得到的化感物质均为混合物,具体起作用的化学成分,尤其它们的特有的化感物质尚不明确;

或以单个化感物质为研究而忽视了化感物质间的相互作用。

尽管人参、西洋参的连作障碍问题是一个非常复杂的问题,但目前已经形成一个共识,即化感作用、土壤理化性质、病原菌三方面的共同作用是其连作障碍的主要原因。因此今后人参和西洋参的化感作用研究应重点从以下几方面开展研究:第一,人参、西洋参化感物质种类及相互关系的研究。人参、西洋参忌连作如此突出是否与其有特殊的化感物质有关系,尽管目前已经从人参、西洋参中分离、鉴定出多种化感物质,但其特有的化感物质仍不明确,此外,这些化感物质中哪些起主要作用,哪些为辅助作用,以及他们的协同作用也不明确,所以化感物质种类及其相互关系的研究仍是人参和西洋参化感作用研究的重点。第二,人参、西洋参化感物质的生物合成与释放途径。研究人参、西洋参化感物质的生物合成与释放途径,探明化感物质是直接抑制了人参、西洋参的生长发育,还是通过影响土壤微生物群落间接地影响了它的生长发育,是提出相应的调控措施的基础研究,具有重要的应用价值,应给予高度重视。第三,环境因子对人参、西洋参化感作用的影响。重点研究环境因子对人参、西洋参的化感物质在土壤中迁移、转化等化学行为的影响,特别要重视微生物,尤其是病原菌和化感物质的相互作用。

人参和西洋参化感作用的深入研究将有利于人参和西洋参连作障碍的彻底破解,改进人参、西洋参的栽培方式,促进其耕作系统的可持续发展。这些研究结果对于解决人参属其他经济作物如三七、日本竹节参等的忌连作,以及深层次探讨人参属植物资源濒危的原因有指导和借鉴作用,同时,相关研究结果也将对解决其他中药材的连作障碍问题具有参考价值。

### [参考文献]

- [1] 赵曰丰. 人参西洋参忌地形成机制[J]. 特产研究, 2001(1): 40.
- [2] 李晓明, 赵曰丰, 张亚玉, 等. 老参地栽参问题的研究进展[J]. 特产研究, 1997(2): 31.
- [3] 杨利民, 陈长宝, 王秀全, 等. 长白山区参后地生态恢复与再利用模式及其存在的问题[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(5): 546.
- [4] 于德荣, 王韵秋, 孟繁莹, 等. 新林土和老参地土壤微量元素的测定[J]. 土壤通报, 1983(4): 44.
- [5] 赵曰丰, 李晓明. 土壤中  $\text{Al}^{3+}$  对人参的危害[J]. 特产研究, 1998(3): 38.



- [ 6 ] 窦森,张晋京,江源,等.栽参对土壤化学性质的影响[ J ].吉林农业大学学报, 1996, 18( 3 ): 67.
- [ 7 ] 张梦昌,金裕姬,马晶,等.老参地改良后微生物生态类的变化[ J ].吉林农业大学学报, 1990, 12( 4 ): 42.
- [ 8 ] 杨靖春,张丽华,辛华,等.老参地轮作不同年限的紫穗槐对人参土壤微生物区系的影响研究[ J ].东北师大学报:自然科学版, 1985( 2 ): 101.
- [ 9 ] 代连奎,张大克,赵万智.参地土壤酶活性及泥炭土壤改良剂对参地土壤酶活性的影响[ J ].土壤肥料, 1989, 6: 45.
- [ 10 ] 于慧瑛,吕国忠,孙晓东.不同生长年限人参根际土壤真菌种类及数量的初步研究[ J ].人参研究, 2006( 4 ): 9.
- [ 11 ] 陈长宝,刘继永,焉石,等.人参根际土壤中化感物质鉴定[ J ].特产研究, 2006, 28( 2 ): 21.
- [ 12 ] 李勇,黄小芳,丁万隆,等.不同土壤提取物对人参种子生长的化感效应及其化学组成[ J ].生态环境, 2008, 17( 3 ): 1173.
- [ 13 ] 李勇,黄小芳,丁万隆.营养元素亏缺对人参根分泌物成分的影响[ J ].应用生态学报, 2008, 19( 8 ): 1688.
- [ 14 ] 王玉萍,赵杨景,邵迪,等.西洋参根系分泌物的初步研究[ J ].中国中药杂志, 2005, 30( 3 ): 229.
- [ 15 ] Robert W Nicol, Lina Yousefa, James A Traquair, et al. Ginsenosides stimulate the growth of soilborne pathogens of American ginseng[ J ]. Phytochemistry Florida, 2003, 64( 1 ): 257.
- [ 16 ] Rice E L. Allelopathy[ M ]. Orlando, Florida: Academic Press, 1984: 207.
- [ 17 ] 杨家学,高微微.酚酸类化感物质对两种西洋参病原真菌的作用[ J ].中国农学通报, 2009, 25( 9 ): 207.
- [ 18 ] 韩东,黄耀阁,李向高,等.西洋参果实中发芽抑制物质——二苯胺的分离鉴定[ J ].吉林农业大学学报, 2001, 23( 4 ): 60.
- [ 19 ] 韩东,李向高,黄耀阁,等.西洋参果实不同部位发芽抑制物质的研究[ J ].特产研究, 2001( 2 ): 13.
- [ 20 ] 杨靖春,李治平,酒井斐子.人参根系分泌物及其对人参根际微生物作用的研究[ J ].东北师大学报:自然科学版, 1982( 1 ): 71.
- [ 21 ] 李勇,朱殿龙,黄小芳,等.不同土壤浸提物对人参种子生长抑制作用的研究[ J ].中草药, 2008, 39( 7 ): 1070.
- [ 22 ] 赵杨景,杨峻山,王玉萍,等.西洋参、紫苏籽和薏苡根水提取物的化感作用[ J ].中草药, 2004, 35( 4 ): 452.
- [ 23 ] 张爱华,雷锋杰,许永华,等.外源人参皂苷对人参种子萌发和幼根抗氧化酶活性的影响[ J ].生态学报, 2009, 29( 9 ): 4934.
- [ 24 ] 陈长宝,刘继永,王艳艳,等.人参根际化感作用及其对种子萌发的影响[ J ].吉林农业大学学报, 2006, 28( 5 ): 534.
- [ 25 ] 赵杨景,王玉萍,杨峻山,等.西洋参参与紫苏、薏苡轮作效应的研究[ J ].中国中药杂志, 2005, 30( 1 ): 12.
- [ 26 ] 黄小芳,李勇,刘时轮,等.五种化感物质对人参幼根皂苷含量的影响[ J ].世界科学技术——中药现代化, 2009, 11( 1 ): 71.
- [ 27 ] T L Weir, S W Park, J M Vivanco. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals[ J ]. Curr Opin Plant Biol, 2004, 7( 4 ): 472.
- [ 28 ] 林文雄,熊君,周建军,等.化感植物根际生物学特性研究现状与展望[ J ].中国生态农业学报, 2007, 15( 4 ): 1.
- [ 29 ] 许世泉,艾军,王英平,等.人参化感物质对人参根尖组织结构的影响研究[ J ].特产研究, 2008( 2 ): 36.
- [ 30 ] 陈长宝,许世泉,刘继永,等.人参化感物质对人参愈伤组织生长的影响[ J ].同济大学学报:医学版, 2006, 27( 5 ): 37.
- [ 31 ] 孔垂华,胡飞.植物化感作用及其应用[ M ].北京:中国农业出版社, 2004: 154.
- [ 32 ] Ye S F, Yu J Q, Peng Y H, et al. Incidence of fusarium wilt in *Cucumis sativus* L. is promoted by cinnamic acid—an autotoxin in root exudate[ J ]. Plant Soil, 2004, 263( 1 ): 143.
- [ 33 ] Scheffknecht S, Manmerler R, Steinkellner S, et al. Root exudates of mycorrhizal tomato plants exhibit a different effect on microconidia germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* than root exudates from non-mycorrhizal tomato plants[ J ]. Mycorrhiza, 2006, 16( 5 ): 365.
- [ 34 ] 李勇,刘时轮,黄小芳,等.人参( *Panax ginseng* )根系分泌物成分对人参致病菌的化感效应[ J ].生态学报, 2009, 29( 1 ): 161.
- [ 35 ] Carter J P, Spink J, Cannon P F, et al. Isolation, characterization, and avenacin sensitivity of a diverse collection of cereal root-colonizing fungi[ J ]. Appl Environ Microbiol, 1999, 65( 8 ): 3364.
- [ 36 ] Nicol R W, Traquair J A, Bemards M A. Ginsenosides as host resistance factors in American ginseng ( *Panax quinquefolius* ) [ J ]. Can J Bot, 2002, 80( 5 ): 557.
- [ 37 ] 甄文超,王晓燕,孔俊英,等.草莓根系分泌物和腐解物中的酚酸类物质及其化感作用[ J ].河北农业大学学报, 2004, 27( 4 ): 74.
- [ 38 ] Kong C H, Li H B, Hu F, et al. Allelochemicals released by rice roots and residues in soil[ J ]. Plant Soil, 2006, 288( 1/2 ): 47.
- [ 39 ] Chun Nian He, Wei Wei Gao, Jia Xue Yang, et al. Identification of autotoxic compounds from fibrous root of *Panax quinquefolium* L. [ J ]. Plant Soil, 2009, 318( 1/2 ): 63.

## Advances in research on allelopathy of ginseng and American ginseng

LEI Fengjie ZHANG Aihua ZHANG Qiuju ZHANG Lianxue\*

( College of Chinese Medicinal Materials Jilin Agricultural University Changchun 130118 China)

[ Abstract ] Both ginseng and American ginseng can not be replanted on the same soil consecutively. The article reviews the development and progress of studies on the replant failure of ginseng and American ginseng with a special focus on allelopathy in recent years. The allelopathy effect in ginseng and American ginseng is reviewed from following aspects: collecting and extracting allelochemicals, effects of such allelochemicals on seeds germination, seedlings growth, antioxidant enzyme activities in ginseng roots, growth of ginseng pathogens and ginseng callus, and more. It is presumed that inhibitory allelopathy is one of the many possible factors contributing to the replant failure of ginseng and American ginseng. Based on that, the paper points out problems in current researches on the allelopathic effect of ginseng and American ginseng: the allelochemicals are consist of a mixture, which one plays the specific role is not clear, concentrating on a single allelochemical while ignoring the interaction among allelochemicals. It is suggested that further study for this area should be focused on the interactions among allelochemicals and interactions between allelochemicals and environmental impact factors. Another area of needed research is that of the migration and transformation of allelochemicals in soil and microbial involvement in allelopathy on the growth of ginseng and American ginseng.

[ Key words ] ginseng; American ginseng; continuous cultivation; obstruction; allelopathy

doi: 10.4268/cjcm.20101701

[ 责任编辑 吕冬梅 ]