

• 综 述 •

四氢呋喃型木脂素类化合物研究进展

孙彦君¹, 王 雪², 陈 辉¹, 郝志友¹, 冯卫生¹, 赵 璇¹, 张艳丽¹, 王俊敏^{1*}

1. 河南中医学院药学院, 河南 郑州 450046

2. 天津中新药业 研究中心, 天津 300450

摘 要:天然来源的四氢呋喃型木脂素是由两分子的苯丙素单元氧化聚合而成的次生代谢产物, 主要存在于樟科、木兰科、胡椒科、葫芦科、肉豆蔻科、瑞香科、菊科、木犀科、忍冬科、马兜铃科等植物中。其具有较强的生物活性, 包括抗肿瘤、抗氧化、抗炎、神经保护、杀虫、雌激素样作用等, 已逐渐引起药学工作者的广泛关注。经系统文献调研, 从提取分离、结构特点、植物来源等方面对四氢呋喃型木脂素类化合物进行综述, 为其深入研究及合理开发利用提供参考依据。

关键词:四氢呋喃型木脂素; 木脂素类化合物; 次生代谢产物; 抗肿瘤; 抗氧化

中图分类号: R284 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2013)21-3067-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.21.024

Research progress on tetrahydrofuranoid lignan compounds

SUN Yan-jun¹, WANG Xue², CHEN Hui¹, HAO Zhi-you¹, FENG Wei-sheng¹, ZHAO Xuan¹, ZHANG Yan-li¹, WANG Jun-min¹

1. School of Pharmacy, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

2. Zhongxin Pharmaceuticals, Tianjin 300450, China

Key words: tetrahydrofuranoid lignans; lignan compounds; secondary metabolite; antitumor; anti-oxidation

四氢呋喃型木脂素是木脂素中数量比较多的一类, 具有多样的结构和广泛的生物活性。目前已在80余种植物中有报道。该类化合物具有抗肿瘤^[1]、抗氧化^[2]、抗炎^[3]、神经保护^[4]、杀虫^[5]、雌激素样^[6]等作用。富含四氢呋喃型木脂素类化合物的植物在民间有着相当长的药用历史, 如草胡椒属植物石蝉草用于治疗咳嗽、麻疹、疮毒、癌肿等症^[7-8]。随着现代提取分离手段、结构鉴定方法及高通量筛选技术的广泛应用, 越来越多的四氢呋喃型木脂素类化合物及其生物活性被相继报道, 这类成分已逐渐引起国内外学者的广泛关注。本文从提取分离、结构特点、植物来源等方面对四氢呋喃型木脂素类化合物进行综述, 为其深入研究提供依据。

1 提取分离

四氢呋喃型木脂素大多数为无色, 以结晶、粉末、油状物的形式存在; 多呈游离型, 少数与糖结

合成单糖苷、双糖苷。一般用乙醇或甲醇等亲水性有机溶剂提取。吸附色谱是分离四氢呋喃型木脂素的主要手段, 常用的吸附分离材料为硅胶^[3,7-8], 以环己烷-醋酸乙酯、环己烷-丙酮、石油醚-醋酸乙酯、石油醚-丙酮、二氯甲烷-甲醇、三氯甲烷-甲醇、三氯甲烷-丙酮等溶剂系统进行梯度洗脱。对于结构相近的四氢呋喃型木脂素或其立体异构体, 可以采用制备高效液相色谱技术进行分离纯化^[3,9]。近几年, 采用气质联用技术鉴定了一系列落叶松脂酚及其衍生物的异构体^[10]。

2 结构特点

根据国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)推荐的木脂素类天然产物的命名原则^[11], 结合结构中2个C₆-C₃单元的C-3部分不同的环合位置, 天然四氢呋喃型木脂素类化合物可分为以下3种亚型: 7-O-7'型(I)、9-O-9'型(II)、7-O-9'型(III)。它们

收稿日期: 2013-07-12

基金项目: 河南中医学院博士科研启动基金(BSJJ2011-13)

作者简介: 孙彦君(1978—), 女, 讲师。Tel: (0371)65962746 E-mail: sunyanjunily@126.com

*通信作者 王俊敏, 女, 讲师。Tel: (0371)65962746 E-mail: wjmhzz@163.com

的基本骨架和结构中碳原子的编号见图1。

两个 C₆-C₃ 单元中苯基的取代模式主要有单取代模式、双取代模式、三取代模式,其中以双取代和三取代模式最为常见(图2)。具体如下:(1)单取代模式有 4-羟基苯基(Ph₁)、4-甲氧基苯基(Ph₂);(2)双取代模式常见的有 3,4-二羟基苯基(Ph₃)、3-甲氧基-4-羟基苯基(Ph₄)、3,4-二甲氧基苯基(Ph₅)、3,4-亚甲二氧基苯基(Ph₆)、4-O-β-D-葡萄糖基-3-甲氧基苯基(Ph₇)、3-羟基-5-甲氧基苯基(Ph₈)、4-O-(6-O-咖啡酰基)-葡萄糖基-3-甲氧基苯基

(Ph₉)、4-O-(4,6-二-O-咖啡酰基)-葡萄糖基-3-甲氧基苯基(Ph₁₀)、3-甲氧基-4-[3-羟基-3-(3,4-亚甲二氧基苯基)]-异丙氧基苯基(Ph₁₁)、3-甲氧基-4-[3-羟基-3-(3,4-二氧基苯基)]-异丙氧基苯基(Ph₁₂)、3-甲氧基-4-[1,3-二羟基-3-(4-羟基苯基)]-异丙氧基苯基(Ph₁₃);(3)三取代模式有 6-羟基-3,4-二甲氧基苯基(Ph₁₄)、4-羟基-3,5-二甲氧基苯基(Ph₁₅)、3,4,5-三甲氧基苯基(Ph₁₆)、5-甲氧基-3,4-亚甲二氧基-苯基(Ph₁₇)、5-羟基-3,4-二甲氧基苯基(Ph₁₈)、4-O-β-D-葡萄糖基-3,5-二甲氧基苯基

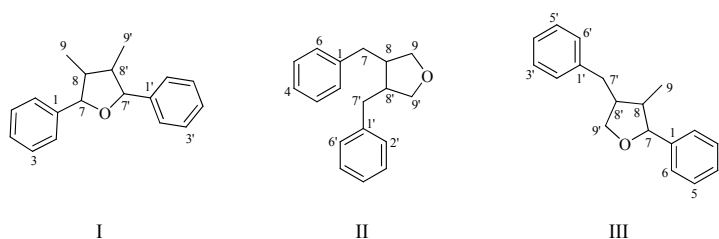


图1 四氢呋喃型木脂素的结构类型

Fig. 1 Structures of tetrahydrofuranoid lignans

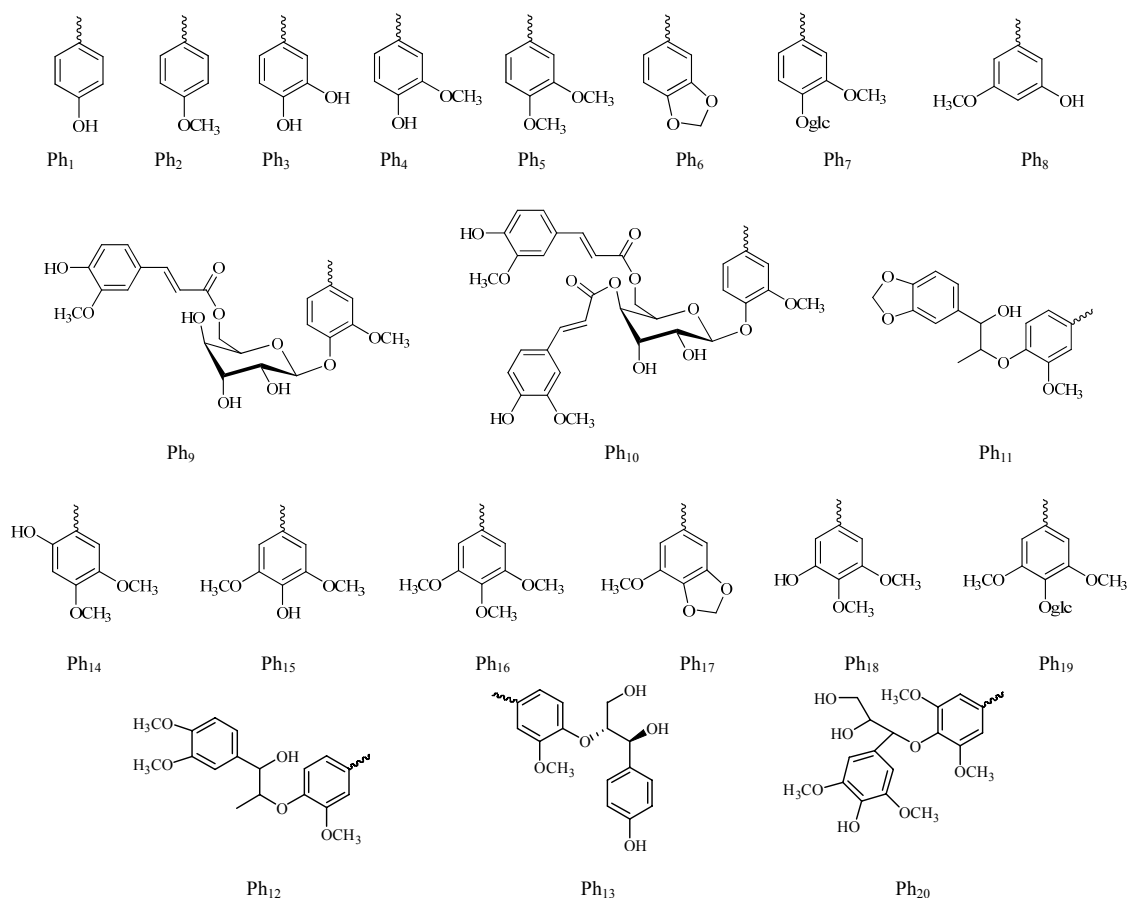


图2 四氢呋喃型木脂素苯基的取代模式

Fig. 2 Substitute mode of phenyl of tetrahydrofuranoid lignans

(Ph₁₉)、4-[α -(1, 2-二羟乙基)-3, 5-二甲氧基-4-羟基苯基]-3, 5-二甲氧基-4-羟基苯基 (Ph₂₀)。

2.1 7-O-7'型^[12]

7-O-7'型四氢呋喃型木脂素类化合物结构中2个完整的正丙基苯残基(C₆-C₃单元)通过C-8和C-8'位碳碳键相互偶联的同时,C-7和C-7'经过氧化环合形成7, 7'-环醚, 且具有2, 5-二苯基-3, 4-二甲基四氢呋喃结构的一类比较常见的木脂素类化合物(图3)。结构变化的位点主要有:(1) C-9和C-9'是否氧化;(2) 构成四氢呋喃环的C-7、C-7'、C-8、C-8'4个手性中心的构型不同;(3) 2个C₆-C₃单元中苯基的取代模式不同。按照四氢呋喃环上每个C₆-C₃单元的C-9甲基(羟甲基)与C-6单元、2个C-6单元、2个C-9甲基(羟甲基)之间的相对取向, 分为:(1) 反-反-顺-顺(化合物1~8、

49~51); (2) 反-反-反-反(化合物9~13、32~41); (3) 反-顺-顺-反(化合物17~23、30、43~48); (4) 反-顺-反-顺(化合物24~26、42); (5) 顺-顺-顺-顺(化合物27~29)。根据C-9和C-9'是否氧化, 将7-O-7'型四氢呋喃型木脂素分为C-9和C-9'无氧化形式和C-9和C-9'氧化为双羟基的形式^[12]。

在C-9和C-9'无氧化形式的7-O-7'型四氢呋喃型木脂素类化合物中, 含有一个C₆-C₃单元, 其C-9位甲基与C-6单元苯环在四氢呋喃环上处于反式取向(化合物1~26); 而另一个C₆-C₃单元的C-9位甲基与C-6单元苯环在四氢呋喃环上既有处于反式的(化合物1~13), 也有处于顺式的(化合物14~26); 少见有2个C-9位甲基与C-6单元苯环在四氢呋喃环上均处于顺式取向(化合物

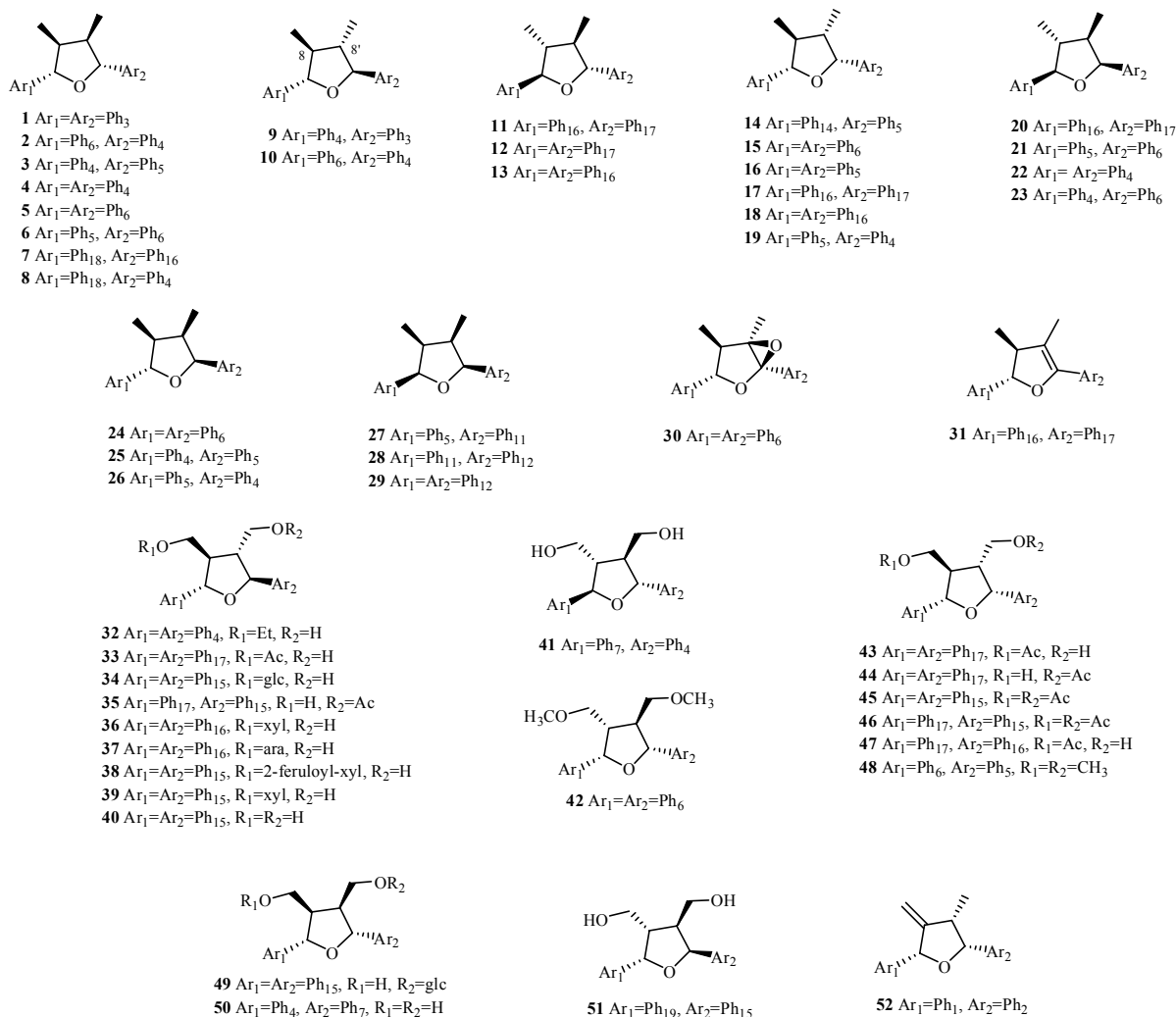


图3 7-O-7'型四氢呋喃型木脂素的结构

Fig. 3 Structures of 7-O-7' tetrahydrofuranoid lignans

27~29)。化合物 30 和 31 分别是罕见的 C-7' 和 C-8' 被氧化和四氢呋喃环去氢化的 7-O-7' 型四氢呋喃型木脂素类化合物。

在 C-9 和 C-9' 双羟基的 7-O-7' 型四氢呋喃型木脂素类化合物中, 绝大多数化合物的 C-9 和 C-9' 氧化为羟基后, 羟基再乙酰化、甲醚或乙醚化、糖苷化 (化合物 32~39、42~49)。化合物 51 是目前唯一的以 C-9, 9' 游离羟基形式且四氢呋喃环上的取代基具有顺-顺-反-反相对构型的 7-O-7' 型四氢呋喃型木脂素类化合物。化合物 52 是目前唯一的 C-8, 9 以双键形式存在的 7-O-7' 型四氢呋喃型木脂素类化合物

2.2 9-O-9'型^[12]

9-O-9' 型四氢呋喃型木脂素结构中 2 个完整的正丙基苯残基 (C₆-C₃ 单元) 通过 C-8 和 C-8' 碳碳键相互偶联的同时, C-9 和 C-9' 经过氧化环合形成

9, 9'-环醚且具有 3, 4-二苄基四氢呋喃结构的木脂素类化合物 (图 4)。迄今为止, 9-O-9' 型四氢呋喃型木脂素相对数量比较少。结构变化的位点主要有: (1) C-7 和 C-7'、C-9 和 C-9' 是否氧化; (2) 构成四氢呋喃环的 C-8、C-8'、C-9、C-9' 4 个手性中心的构型不同; (3) 2 个 C₆-C₃ 单元中苯基的取代模式不同。根据 C-7 和 C-7' 是否氧化, 将 9-O-9' 型四氢呋喃型木脂素分为: (1) 无氧化型 (化合物 53~54、60~70、73~76), 其中化合物 60~70、74~76 的 C-9 或 C-9' 位被氧化成缩醛或半缩醛。化合物 76 是由 2 分子 9-O-9' 型四氢呋喃型木脂素单体通过醚键相连而成; (2) 单氧化型, 化合物 55~56; (3) 双氧化型, 化合物 57~59, 其中化合物 57 的 C-7 和 C-7' 分别被氧化成羰基和羟基, 而化合物 58、59 的 C-7 和 C-7' 分别被氧化成羟基后以乙酸酯的形式存在。

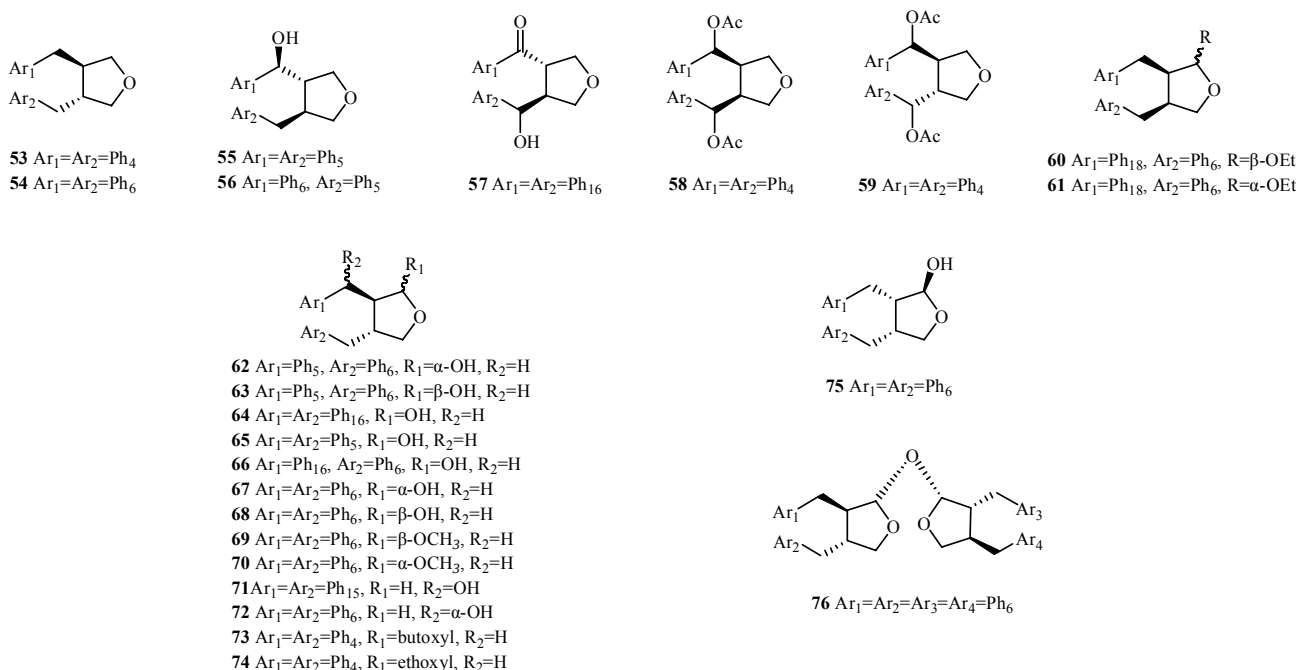


图 4 9-O-9'型四氢呋喃型木脂素的结构

Fig. 4 Structures of 9-O-9' tetrahydrofuranoid lignans

2.3 7-O-9'型^[12]

7-O-9' 型四氢呋喃型木脂素类化合物结构中 2 个完整的正丙基苯残基 (C₆-C₃ 单元) 通过 C-8 和 C-8' 碳碳键相互偶联的同时, C-7 和 C-9' 经过氧化环合形成 7, 9'-环醚且具有 2-苄基-3-甲基-4-苄基四氢呋喃结构的木脂素类化合物 (图 5)。这类木脂素的共同特点是 C-9 均被氧化, 并以醇、乙酸酯、对羟

基苯甲酸酯、苷的形式存在。结构变化的位点主要有: (1) C-7'、C-8、C-8' 是否氧化; (2) C-7、C-8、C-8' 3 个手性中心的构型不同; (3) 2 个 C₆-C₃ 单元的 C-6 苯基的取代模式不同。根据 C-7'、C-8、C-8' 的氧化程度的变化分为: (1) 无氧化型, 化合物 77~106、142; (2) C-7' 单氧化型, 化合物 107~131、143~146; (3) C-8、C-8' 单氧化型, 化合物 132~

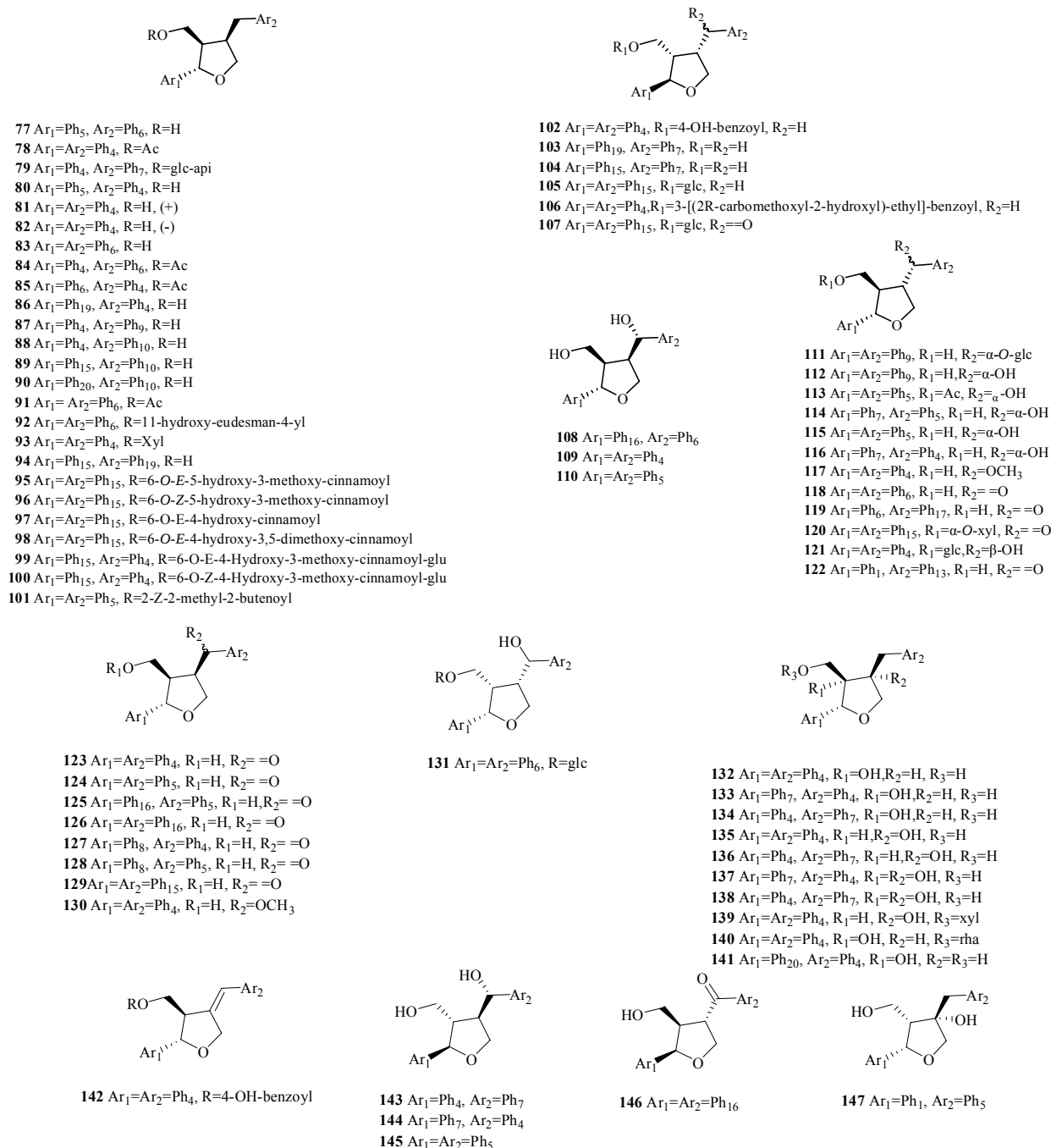


图5 7-O-9'型四氢呋喃型木脂素的结构

Fig. 5 Structures of 7-O-9' tetrahydrofuranoid lignans

136、139~141、147; (4) C-8、C-8'双氧化型, 化合物 137、138。化合物 142 是 C-7'与 C-8'之间形成双键的 7-O-9'型四氢呋喃型木脂素。化合物 147 是 C-8'被氧化的同时 C-7 位上的苯基与 C-8'位上的羟基以顺式形式存在的 7-O-9'型四氢呋喃型木脂素。

3 植物来源

四氢呋喃型木脂素在植物中的分布比较广泛, 以苷元和苷的形式主要存在于樟科、木兰科、胡椒

科、葫芦科、肉豆蔻科、瑞香科、菊科、木犀科、忍冬科、马兜铃科等植物中, 少见於蒺藜科、肉豆蔻科、三白草科、柏科、唇形科、龙胆科、大戟科、爵床科、小檗科、露兜树科、兰科、莲叶桐科、卫矛科、芸香科、楝科、败酱科、松科、漆树科、大麻科、萝藦科、茜草科、毛茛科、茄科、木通科、防己科、马鞭草科、桑科、伞形科、玄参科、夹竹桃科、半日花科等植物中(表1)。

表1 四氢呋喃型木脂素的植物来源

Table 1 Plant origins of tetrahydrofuranoid lignans

序号	化合物名称	植物来源	科	文献
1	rel-meso-(7S, 7'S, 8S, 8'S)-3, 3', 4, 4'-tetrahydroxy-7, 7'-epoxylignane	三齿拉瑞阿 <i>Larrea tridentata</i>	蒺藜科 Zygophyllaceae	13
2	红楠木脂素 F	红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	樟科 Lauraceae	14
3	甘蜜树木脂素 A	红楠	樟科	14
4	甘蜜树木脂素 B	红楠	樟科	14
5	rel-(7S, 7'R, 8S, 8'R)-3, 4 : 3', 4'-bismethylenedioxy-7, 7'-epoxylignane	指肉豆蔻 <i>Myristica dactyloides</i>	肉豆蔻科 Myristicaceae	15
6	futokadsurin C	风藤 <i>Piper futokadsura</i>	胡椒科 Piperaceae	16
7	schinlignin A	五味子 <i>Schisandra chinensis</i>	木兰科 Magnoliaceae	17
8	schinlignin B	五味子	木兰科	17
9	(7S, 8S, 7'S, 8'S)-3', 4, 4'-三羟基-3-甲氧基-7, 7'-环氧木脂烷	三齿拉瑞阿	蒺藜科	13
10	盖裂木木脂素	褐色盖裂木 <i>Talauma hodgsonii</i>	木兰科	18
11	rel-(7R, 8R, 7'R, 8'R)-3, 4, 5, 5'-tetramethoxy-3', 4'-methylenedioxy-7, 7'-epoxylignane	索姆西安胡椒 <i>Piper solmsianum</i>	胡椒科	19
12	rel-(7S, 8R, 7'R, 8'R)-5, 5'-dimethoxy-3, 4 : 3', 4'-dimethylenedioxy-7, 7'-epoxylignane	索姆西安胡椒	胡椒科	19
13	grandisin	南五味子 <i>Kadsura longipedunculata</i>	木兰科	20
14	rel-(7S, 7'R, 8S, 8'S)-2-hydroxy-4, 5, 3', 4'-tetramethoxy-7, 7'-epoxylignane	大河甘蜜树 <i>Nectandra megapota mica</i>	樟科	21
15	rel-(7S, 7'R, 8S, 8'S)-2-tetramethoxy-7, 7'-epoxylignane	指肉豆蔻	肉豆蔻科	15
16	三白草环氧木脂素	三白草 <i>Saururus chinensis</i>	三白草科 Saururaceae	22
17	beilschmin A	网脉琼楠 <i>Beilschmiedia tsangii</i>	樟科	23
18	beilschmin B	网脉琼楠	樟科	24
19	futokadsurin A	风藤 <i>Piper futokadsura</i>	胡椒科	16
20	(7R, 7'S, 8R, 8'R)-2-羟基-3, 4, 3', 4'-四甲氧基-7, 7'-环氧木脂烷	索姆西安胡椒	胡椒科	25
21	futokadsurin B	风藤	胡椒科	16
22	odoratisol C	芳香润楠 <i>Machilus odoratissima</i>	樟科	26
23	odoratisol D	芳香润楠	樟科	26
24	祖奥宁木脂素	日本扁柏 <i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i>	柏科 Cupressaceae	27
25	rel-(7S, 7'S, 8S, 8'R)-4-hydroxy-3, 3', 4'-trimethoxy-7, 7'-epoxylignane	大河甘蜜树	樟科	21
26	rel-(7S, 7'S, 8S, 8'R)-4'-hydroxy-3, 3', 4'-trimethoxy-7, 7'-epoxylignane	大河甘蜜树	樟科	21
27	saucerneol B	三白草	三白草科	28
28	manassantin B	三白草	三白草科	28
29	manassantin A	三白草	三白草科	28

续表 1

序号	化合物名称	植物来源	科	文献
30	7 β , 8 β -环氧祖奥宁木脂素 A	日本扁柏	柏科	27
31	beilschmians C	网脉琼楠	樟科	23
32	美丽红豆杉木脂素	台湾杉 <i>Taxus mairei</i>	红豆杉科 Taxaceae	29
33	rel-(7S, 7'S, 8R, 8'R)-5, 5'-dimethoxy-3, 4 : 3', 4'-dimethylenedioxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9-acetate	石蝉草 <i>Peperomia dindygulensis</i>	胡椒科	7
34	(7R, 7'R, 8S, 8'S)-icariol A ₂ -9-O- β -D-glucopyranoside	欧活血丹 <i>Glechoma hederacea</i>	唇形科 Labiatae	30
35	7-(4-hydroxy-3, 5-dimethoxyphenyl)-7'-(5'-methoxy-3', 4'-methylenedioxyphenyl)-8-acetoxymethyl-8'-hydroxymethyltetrahydrofuran	蒙自草胡椒 <i>Peperomia heyneana</i>	胡椒科	31
36	(7S*, 8R*, 7'S*, 8'R*)-4, 4'-dimethoxyhuazhongilexin-9-O- β -D-xylopyranoside	棒锤瓜 <i>Neosalsomitra integrifoliola</i>	葫芦科 Cucurbitaceae	32
37	(7S*, 8R*, 7'S*, 8'R*)-4, 4'-dimethoxyhuazhongilexin-9-O-R-L-arabinopyranoside	棒锤瓜	葫芦科	32
38	(7S*, 8R*, 7'S*, 8'R*)-huazhongilexin-9-O-(2-feruloyl)- β -D-xylopyranoside	棒锤瓜	葫芦科	32
39	icariol A ₂ -9-O- β -D-xylopyranoside	棒锤瓜	葫芦科	32
40	华中冬青素	棒锤瓜	葫芦科	32
41	(7R, 7'R, 8S, 8'S)-(+)-neo-olivil-4-O- β -D-glucopyranoside	日本獐牙菜 <i>Swertia japonica</i>	龙胆科 Gentianaceae	33
42	叶下珠木脂素	叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i>	大戟科 Euphorbiaceae	34
43	rel-(7S, 7'R, 8R, 8'R)-5, 5'-dimethoxy-3, 4 : 3', 4'-dimethylenedioxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9-acetate	石蝉草	胡椒科	7
44	rel-(7S, 7'R, 8R, 8'R)-5, 5'-dimethoxy-3, 4 : 3', 4'-dimethylenedioxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9'-acetate	石蝉草	胡椒科	7
45	rel-(7S, 7'R, 8R, 8'R)-4, 4'-dihydroxy-3, 3' : 5, 5'-tetramethoxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9, 9'-diacetate	草胡椒 <i>Peperomia pellucida</i>	胡椒科	35
46	rel-(7S, 7'R, 8R, 8'R)-4'-hydroxy-3', 5, 5'-trimethoxy-3, 4-methylenedioxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9, 9'-diacetate	石蝉草	胡椒科	7
47	rel-(7S, 7'R, 8R, 8'R)-3', 4', 5, 5'-tetramethoxy-3, 4-methylenedioxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9-acetate	石蝉草	胡椒科	7
48	(-)-黄珠子草木脂素	黄珠子草 <i>Phyllanthus virgatus</i>	大戟科	36
49	rel-(7S, 7'R, 8R, 8'S)-4, 4'-dihydroxy-3', 4', 5, 5'-tetramethoxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-9(or9')-O- β -glucopyranoside	老鼠筋 <i>Acanthus ilicifolius</i>	爵床科 Acanthaceae	37
50	桃儿七素 C	鬼臼 <i>Sinopodophyllum emodi</i>	小檗科 Berberidaceae	9
51	rel-(7S, 7'S, 8S, 8'S)-4, 4'-dihydroxy-3', 3', 5, 5'-tetramethoxy-7, 7'-epoxyligna-9, 9'-diol-4-O- β -glucopyranoside	石生棉毛菊 <i>Phagnalon rupestre</i>	菊科 Compositae	38
52	三齿拉瑞阿木脂素	三齿拉瑞阿 <i>Larrea tridentate</i>	蒺藜科	39
53	4, 4'-二羟基-3, 3'-二甲氧基-9, 9'-环氧木脂烷	臭叶露兜树 <i>Pandanus odoratissimus</i>	露兜树科 Pandanaceae	40
54	(-)-去氢莨菪茄木脂素	土尔巴森式甘蜜树 <i>Nectandra turbacensis</i>	樟科	41
55	美丽马兜铃木脂素 B	美丽马兜铃 <i>Aristolochia elegans</i>	马兜铃科 Aristolochiaceae	42

续表 1

序号	化合物名称	植物来源	科	文献
56	美丽马兜铃木脂素 C	美丽马兜铃 <i>Aristolochia elegans</i>	马兜铃科	42
57	心叶米仔兰木脂素 K	心叶米仔兰 <i>Aglaia cordata</i>	樟科	43
58	木脂杉吉素 A	独蒜兰 <i>Pleione bulbocodioides</i>	兰科 Orchidaceae	44
59	木脂杉吉素 B	独蒜兰	兰科	44
60	rel-(8R, 8'S, 9S)-9-ethoxy-5-hydroxy-3, 4-dimethoxy-3', 4'-methylenedioxy-9, 9'-epoxylignane	盾三角马兜铃 <i>Aristolochia peltato-deltaidea</i>	马兜铃科	45
61	rel-(8R, 8'S, 9R)-9-ethoxy-5-hydroxy-3, 4-dimethoxy-3', 4'-methylenedioxy-9, 9'-epoxylignane	盾三角马兜铃	马兜铃科	45
62	rel-(8R, 8'R, 9R)-9-hydroxy-3, 4-dimethoxy-3', 4'-methylenedioxy-9, 9'-epoxylignane	瓜哇长果胡椒 <i>Piper chaba</i>	胡椒科	46
63	rel-(8R, 8'R, 9S)-9-hydroxy-3, 4-dimethoxy-3', 4'-methylenedioxy-9, 9'-epoxylignane	瓜哇长果胡椒	胡椒科	46
64	(-)-荜澄茄木脂素	荜澄茄 <i>Piper cubeba</i>	胡椒科	47
65	(-)-显脉寇木木脂醇	显脉寇木 <i>Virola venosa</i>	肉豆蔻科	48
66	非洲胡椒木脂素醇	盾莲叶桐 <i>Hernandia peltata</i>	莲叶桐科 Hernandiaceae	49
67	α -荜澄茄脂素	细毛蔻木 <i>Virola surinamensis</i>	肉豆蔻科	50
68	β -荜澄茄脂素	细毛蔻木	肉豆蔻科	50
69	β -O-甲基荜澄茄脂素	细毛蔻木	肉豆蔻科	50
70	α -O-甲基荜澄茄脂素	细毛蔻木	肉豆蔻科	50
71	tripterygiol	雷公藤 <i>Tripterygium wilfordii</i>	卫矛科 Celastraceae	3
72	isocubebin	滇瑞香 <i>Daphne feddei</i>	瑞香科 Thymelaeaceae	51
73	4, 4'-dihydroxy-3, 3'-dimethoxy-9-butoxy-9, 9'-epoxylignan	滇瑞香	瑞香科	51
74	4, 4'-dihydroxy-3, 3'-dimethoxy-9-ethoxy-9, 9'-epoxylignan	滇瑞香 <i>Daphne feddei</i>	瑞香科	51
75	(8S, 8'R, 9S)-cubebin	<i>Aristolochia pubescens</i>	马兜铃科	52
76	(8R, 8'R, 8''R, 8'''S, 9R, 9''S)-bicubebin	<i>Aristolochia pubescens</i>	马兜铃科	52
77	3, 4-二甲氧基-3', 4'-亚二甲氧基-7, 9'-环氧木脂烷-9-醇	小三叶花椒 <i>Zanthoxylum culantrillo</i>	芸香科 Rutaceae	53
78	落叶松脂酚乙酯	绵毛米仔兰 <i>Aglaia tomentosa</i>	楝科 Meliaceae	24
79	4'-O- β -D-葡萄糖基-9-O-(6"-去氧蔗糖基)-橄榄树脂素	缬草 <i>Valeriana officinalis</i>	败酱科 Valerianaceae	54
80	4-羟基-3', 4', 5-三甲氧基-7', 9-环氧木脂烷-9'-醇	油瑞香 <i>Daphne oleoides</i>	瑞香科	55
81	(+)-落叶松脂酚	云南铁杉 <i>Tsuga dumosa</i>	松科 Pinaceae	56
82	(-)-落叶松脂酚	芫花 <i>Daphne genkwa</i>	瑞香科	57
83	双氢芝麻素	日本扁柏 <i>Chamaecyparis obtuse</i>	柏科	58
84	异细叶黄肉楠木脂素	日本扁柏	柏科	59
85	细叶黄肉楠木脂素	细叶黄肉楠 <i>Actinodaphne longifolia</i>	樟科	60
86	conicaoside	肿柄雪莲 <i>Saussurea conica</i>	菊科 Compositae	61
87	(-)-落叶松脂酚-4'-(6"-O-咖啡酰基)- β -D-吡喃葡萄糖苷	罗氏盐肤木 <i>Rhus javanica</i>	漆树科 Anacardiaceae	62

续表 1

序号	化合物名称	植物来源	科	文献
88	(-)-落叶松脂酚-4'-(4'', 6''-二-氧-咖啡酰基)- β -D-吡喃葡萄糖苷	罗氏盐肤木 <i>Rhus javanica</i>	漆树科	62
89	5, 5'-二甲氧基落叶松脂酚-4'-(4'', 6''-二-氧-咖啡酰基)- β -D-吡喃葡萄糖苷	罗氏盐肤木	漆树科	62
90	4-O-[α -(1, 2-二羟乙基)-紫丁香基]-5, 5'-二甲氧基落叶松脂酚-4'-(4'', 6''-二-氧-咖啡酰基)- β -D-吡喃葡萄糖苷	罗氏盐肤木 <i>Rhus javanica</i>	漆树科	63
91	9-O-acetyldihydrosesamin	日本扁柏	柏科	63
92	9-O-(11-hydrox-yeudesman-4-yl)-dihydrosesamin	日本扁柏	柏科	63
93	落叶松脂酚-9-O- β -吡喃木糖苷	葎草 <i>Humulus japonicus</i>	大麻科 Cannabaceae	64
94	manglieside E	<i>Manglietia phytoensis</i>	木兰科	65
95	(8R, 7'S, 8'R)-5, 5'-二甲氧基落叶松脂酚-9'-O- β -D-(6-O-E-4-羟基-3-甲氧基-肉桂酰基)-吡喃葡萄糖苷	马利筋 <i>Asclepias curassavica</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	66
96	(8R, 7'S, 8'R)-5, 5'-二甲氧基落叶松脂酚-9'-O- β -D-(6-O-Z-4-羟基-3-甲氧基-肉桂酰基)-吡喃葡萄糖苷	马利筋	萝藦科	66
97	(8R, 7'S, 8'R)-5, 5'-二甲氧基落叶松脂酚-9'-O- β -D-(6-O-E-4-羟基肉桂酰基)-吡喃葡萄糖苷	马利筋	萝藦科	66
98	(8R, 7'S, 8'R)-5, 5'-二甲氧基落叶松脂酚-9'-O- β -D-(6-O-E-4-羟基-3, 5-二甲氧基-肉桂酰基)-吡喃葡萄糖苷	马利筋	萝藦科	66
99	(8R, 7'S, 8'R)-5'-甲氧基落叶松脂酚-9'-O- β -D-(6-O-E-4-羟基-3-甲氧基-肉桂酰基)-吡喃葡萄糖苷	马利筋	萝藦科	66
100	(8R, 7'S, 8'R)-5'-甲氧基落叶松脂酚-9'-O- β -D-(6-O-Z-4-羟基-3-甲氧基-肉桂酰基)-吡喃葡萄糖苷	马利筋	萝藦科	66
101	leoligin	高山火绒草 <i>Leontopodium alpinum</i>	菊科	67
102	藿香木脂酚	藿香 <i>Agastache rugosa</i>	唇形科	68
103	7S, 8R, 8'R-(-)-5-甲氧基-落叶松脂酚-4, 4'-双-O- β -D-吡喃葡萄糖苷	拉拉藤 <i>Galium sinaicum</i>	茜草科 Rubiaceae	69
104	小木通木脂苷	小木通 <i>Clematis armandii</i>	毛茛科 Ranunculaceae	70
105	5, 5'-二甲氧基-9-O- β -D 吡喃葡萄糖基落叶松脂酚	库西紫云菜 <i>Strobilanthes cusia</i>	爵床科 Acanthaceae	71
106	hyosmin	天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i>	茄科 Solanaceae	72
107	(7R, 8R, 8'S)-aketrilignoside	三叶木通 <i>Akebia trifoliata</i>	木通科 Lardizabalaceae	73
108	大籽蒿木脂醇	大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	菊科	74
109	7-羟基落叶松脂酚	向日葵 <i>Helianthus annuus</i>	菊科	75
110	7S, 8R, 7'S, 8'R-3, 4, 3', 4'-tetramethoxy-9, 7'-dihydroxy-8, 8', 7, 7'-O, 9'-lignan	望春花 <i>Magnolia fargesii</i>	木兰科	76
111	向日葵木脂苷	中华青牛胆 <i>Tinospora sinensis</i>	防己科 Menispermaceae	77
112	向日葵木脂醇	向日葵 <i>Helianthus annuus</i>	菊科	75
113	9'-O-乙酰基-(7R, 8S, 7'R, 8'S)-(-)-望春花木脂醇	皱叶木兰 <i>Magnolia praecocissima</i>	木兰科	78
114	中华青牛胆木脂苷 B	中华青牛胆 <i>Tinospora sinensis</i>	防己科	77

续表 1

序号	化合物名称	植物来源	科	文献
115	(-)-望春花木脂醇	皱叶木兰	木兰科	78
116	neoarctin A	牛蒡 <i>Arctium lappa</i>	菊科	79
117	(-)-tanegool-7'-methyl ether	鬼臼	小檗科	9
118	芝麻素酮	夜香木兰 <i>Magnolia coco</i>	木兰科	80
119	高山牡荊木脂酮	高山牡荊 <i>Vitex altissima</i>	马鞭草科 Verbenaceae	81
120	(8R*, 7'S*, 8'R*)-5, 5-dimethoxy-7-oxolariciresinol-9'-O-β-D-xylopyranoside	棒槌瓜 <i>Nealsomitra integrifoliola</i>	葫芦科	32
121	(7S, 8R, 7'R, 8'S)-4, 9, 4', 7'-四羟基-3, 3'-二甲氧基-7, 9'-环氧木脂烷-9-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	丹桂 <i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	木犀科 Oleaceae	82
122	chushizisins H	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	桑科 Moraceae	83
123	维拉木脂二醇 D	云南铁杉 <i>Tsuga dumosa</i>	松科 Pinaceae	56
124	望春花木脂酮 A	望春花 <i>Magnolia fargesii</i>	木兰科	84
125	望春花木脂酮 B	望春花	木兰科	84
126	seselinone	<i>Seseli annuum</i>	伞形科 Umbelliferae	85
127	forsythialan A	连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	木犀科	86
128	forsythialan B	连翘	木犀科	86
129	aketrilignoside B	三叶木通	木通科	73
130	(+)-7'-甲氧基落叶松脂酚	鬼臼	小檗科	9
131	肉果草木脂苷 A	肉果草 <i>Lancea tibetica</i>	玄参科 Scrophulariaceae	87
132	(-)-橄榄木脂二醇	水母雪兔子 <i>Saussurea medusa</i>	菊科	88
133	水母雪兔子木脂苷 A	水母雪兔子	菊科	89
134	橄榄木脂二醇-4'-O-β-D-葡萄糖苷	缬草 <i>Valeriana officinalis</i>	败酱科	84
135	橄榄树脂素	旋花羊角拗 <i>Strophanthus gratus</i>	夹竹桃科 Apocynaceae	90
136	(-)-橄榄树脂素-4'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	无梗接骨木 <i>Sambucus sieboldiana</i>	忍冬科 Caprifoliaceae	91
137	(-)-马索木脂醇-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	无梗接骨木	忍冬科	91
138	(-)-马索木脂醇-4'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	无梗接骨木	忍冬科	91
139	olivil-9-O-β-D-xyloside	桂叶岩蔷薇 <i>Cistus laurifolius</i>	半日花科 Cistaceae	92
140	berchemol-9-O-rhamnoside	桂叶岩蔷薇	半日花科	92
141	gentioluteol	黄龙胆 <i>Gentiana lutea</i>	龙胆科 Gentianaceae	93
142	藿香木脂烯醇	藿香 <i>Agastache rugosa</i>	唇形科	68
143	lanicepside A	绵头雪莲花 <i>Saussurea laniceps</i>	菊科	94
144	lanicepside B	绵头雪莲花	菊科	94
145	7R, 8S, 7'S, 8'R-3, 4, 3', 4'-tetramethoxy-9, 7'-dihydroxy-8, 8', 7, 9'-lignan	望春花	木兰科	76
146	(+)-arborone	兰屿胡椒 <i>Piper arborescens</i>	胡椒科	95
147	santolinol	<i>Salvia santolinifolia</i>	唇形科	96

4 结语

四氢呋喃型木脂素是一类由 2 分子苯丙素衍生物通过侧链 β 碳原子聚合而成的且结构中具有 C₇-O-C_{7'}、C₉-O-C_{9'}或 C₇-O-C_{9'}等醚键形成的四氢呋喃环的木脂素。由于具有较强的生物活性,天然来

源的四氢呋喃型木脂素已逐渐引起药学工作者的广泛关注,如代表性成分抗癌候选药物 grandisin 从抗肿瘤作用机制、化学全合成、体内代谢途径、化学全合成、构效关系等方面进行了较深入的研究工作,取得了突破性进展。四氢呋喃型木脂素结构变化大、

立体异构体多, 其化学全合成、结构修饰及其构效关系的研究仍是后续研究的重要方向。随着现代提取分离技术、结构研究方法以及药理作用机制研究的不断发展, 必将为四氢呋喃型木脂素的开发应用提供更加广阔的空间。

参考文献

- [1] Hahm J C, Lee I K, Kang W K, et al. Cytotoxicity of neolignans identified in *Saururus chinensis* towards human cancer cell lines [J]. *Planta Med*, 2005, 71(5): 464-469.
- [2] Eklund P C, Langvik O K, Warna J P, et al. Chemical studies on antioxidant mechanisms and free radical scavenging properties of lignans [J]. *Org Biomol Chem*, 2005, 3(18): 3336-3347.
- [3] Ma J, Dey M, Yang H, et al. Anti-inflammatory and immunosuppressive compounds from *Tripterygium wilfordii* [J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(8): 1172-1178.
- [4] Zhai H, Inoue T, Moriyama M, et al. Neuroprotective effects of 2, 5-diaryl-3, 4-dimethyltetrahydrofuran neolignans [J]. *Biol Pharm Bull*, 2005, 28(2): 289-293.
- [5] Bernardes L S C, Kato M J, Albuquerque S, et al. Synthesis and trypanocidal activity of 1, 4-bis-(3, 4, 5-trimethoxy-phenyl)-1, 4-butanediol and 1, 4-bis-(3, 4-dimethoxyphenyl)-1, 4-butanediol [J]. *Bioorg Med Chem*, 2006, 14(21): 7075-7082.
- [6] 徐 苏. 草珊瑚和毛豆瓣绿化学成分与药理活性研究 [D]. 上海: 中国科学院上海药物所, 2006.
- [7] Wu J I, Li N, Hasegawa T, et al. Bioactive tetrahydrofuran lignans from *Peperomia dindygulensis* [J]. *J Nat Prod*, 2005, 68(11): 1656-1660.
- [8] 李桂秀, 林梦感, 杨国红, 等. 草胡椒属植物中木脂素类化合物及其生物活性研究进展 [J]. *中草药*, 2012, 43(9): 1858-1865.
- [9] Sun, Y J, Li, Z L, Chen H, et al. Four new cytotoxic tetrahydrofuranoid lignans from *Sinopodophyllum emodi* [J]. *Planta Med*, 2012, 78(5): 480-484.
- [10] Yamamoto S, Otto A, Simoneit B R T. Lignans in resin of *Araucaria angustifolia* by gas chromatography/mass spectrometry [J]. *J Mass Spectrom*, 2004, 39(11): 1337-1347.
- [11] Moss G P. Nomenclature of Lignans and Neolignans (IUPAC Recommendations 2000) [J]. *Pure Appl Chem*, 2000, 72(8): 1493-1532.
- [12] 石建功. 木脂素化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [13] Abou-Gazar H, Bedir E, Takamatsu S, et al. Antioxidant lignans from *Larrea tridentate* [J]. *Phytochemistry*, 2004, 65(17): 2499-2505.
- [14] Lee G, Woo C S, Lee M H, et al. Lignans from the bark of *Machilus thunbergii* and their DNA topoisomerases I and II inhibition and cytotoxicity [J]. *Biol Pharm Bull*, 2004, 27(7): 1147-1150.
- [15] Herath H M T B, Priyadarshani A M M. Two lignans and an aryl alkanone from *Myristica dactyloides* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 42(5): 1439-1442.
- [16] Konishi T, Konoshima T, Daikonya A, et al. Neolignans from *Piper futokadsura* and Their Inhibition of Nitric Oxide Production [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 53(1): 121-124.
- [17] Xue Y B, Zhang Y L, Yang J H, et al. Nortriterpenoids and lignans from the fruit of *Schisandra chinensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2010, 58(12): 1606-1611.
- [18] Vieira L M, Kijjoa A, Silva A M. S, et al. 2, 5-Diaryl-3, 4-dimethyltetrahydrofuran lignans from *Talauma hodgsonii* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 48(6): 1079-1081.
- [19] Martins R C C, Lago J H G, Albuquerque S, et al. Trypanocidal tetrahydrofuran lignans from inflorescences of *Piper solmsianum* [J]. *Phytochemistry*, 2003, 64(6): 667-670.
- [20] Pu J X, Gao X M, Lei C, et al. Three new compounds from *Kadsura longipedunculata* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2008, 56(8): 1143-1146.
- [21] Da Silva Filho A A, Albuquerque S, Silva M L, et al. Tetrahydrofuran lignans from *Nectandra megapotamica* with trypanocidal activity [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67(1): 42-45.
- [22] 马 敏, 阮金兰, Rao K V. 三白草的化学成分研究 [J]. *中草药*, 2001, 32(1): 9-11.
- [23] Chen J J, Chou E T, Duh C Y, et al. New cytotoxic tetrahydrofuran-and dihydrofuran-type lignans from the stem of *Beilschmiedia tsangii* [J]. *Planta Med*, 2006, 72(4): 351-357.
- [24] Martins R C C, Latorre L R, Sartorelli P, et al. Phenylpropanoids and tetrahydrofuran lignans from *Piper solmsianum* [J]. *Phytochemistry*, 2000, 55(7): 843-846.
- [25] Giang P M, Son P T, Matsunami K, et al. New neolignans and lignans from Vietnamese medicinal plant *Machilus odoratissima* NEES [J]. *Chem Pharm Bull*, 2006, 54(3): 380-383.
- [26] Kuo Y H, Chen C H, Lin Y L. New lignans from the heartwood of *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2002, 50(7): 978-980.
- [27] Seo, C S, Lee, Y K, Kim Y J, et al. Protective effect of lignans against sepsis from the roots of *Saururus chinensis* [J]. *Biol Pharm Bull*, 2008, 31(3): 523-526.
- [28] Shen Y C, Chen C Y, Lin Y M. A lignan from roots of *Taxus mairei* [J]. *Phytochemistry*, 46(6): 1111-1113.
- [29] Yamauchi H, Kakuda R, Yaoita Y, et al. Two new glycosides from the whole plants of *Glechoma hederacea* L. [J]. *Chem Pharm Bull*, 2007, 55(2): 346-347.
- [30] Zhang G L, Li N, Wang Y H, et al. Bioactive lignans from *Peperomia heyneana* [J]. *J Nat Prod*, 2007, 70(4): 662-664.
- [31] Su D M, Tang W Z, Hu Y C, et al. Lignan glycosides from *Neosomitra integrifoliola* [J]. *J Nat Prod*, 2008,

- 71(5): 784-788.
- [32] Kikuchi M. Studies on the constituents of *Swertia japonica* MAKINO II. On the structures of new glycosides [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 53(1): 48-51.
- [33] Chang C C, Lien Y C, Liu K C, et al. Lignans from *Phyllanthus urinaria* [J]. *Phytochemistry*, 2003, 63(7): 825-833.
- [34] Xu S, Li N, Ning M M, et al. Bioactive compounds from *Peperomia pellucida* [J]. *J Nat Prod*, 2006, 69(2): 247-250.
- [35] Huang Y L, Chen C C, Hsu F L, et al. A new lignan from *Phyllanthus virgatus* [J]. *J Nat Prod*, 1996, 59(5): 520-521.
- [36] Kanchanapoom T, Kamel M S, Kasai R, et al. Lignan glucosides from *Acanthus ilicifolius* [J]. *Phytochemistry*, 56(4): 369-372.
- [37] Góngora L, Máñez S, Giner R M, et al. Phenolic glycosides from *Phagnalon rupestre* [J]. *Phytochemistry*, 2002, 59(8): 857-860.
- [38] Konno C, Lu Z Z, Xue H Z, et al. Furanoid lignans from *Larrea tridentate* [J]. *J Nat Prod*, 1990, 53(2): 396-406.
- [39] Jong T T, Chau S W. Antioxidative activities of constituents isolated from *Pandanus odoratissimus* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(7): 2145-2148.
- [40] De Carvalho M G, Yoshida M, Gottlieb O R, et al. Lignans from *Nectandra turbacensis* [J]. *Phytochemistry*, 1986, 26(1): 265-267.
- [41] Wu T S, Tsai Y L, Damu A G, et al. Constituents from the root and stem of *Aristolochia elegans* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(11): 1522-1525.
- [42] Wang B G, Ebel R, Wang C Y, et al. Aglacins I-K, Three highly methoxylated lignans from *Aglaia cordata* [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67(4): 682-684.
- [43] Bai L, Yamaki M, Takagi S. Lignans and a bichroman from *Pleione bulbocodioides* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(2): 341-343.
- [44] Freitas Da Silva A P, Palmeira Junior S F, Conserva L M, et al. Two dibenzylbutyrolactol derivatives and other chemical constituents from *Aristolochia peltato-deltaidea* [J]. *J Brazilian Chem Soc*, 1999, 10(2): 122-126.
- [45] Bhandari S P S, Babu U V, Garg H S. A lignan from *Piper chaba* stems [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(7): 1435-1436.
- [46] Prabhu B R, Mulchandani N B. Lignans from *Piper cubeba* [J]. *Phytochemistry*, 1985, 24(2): 329-331.
- [47] Kato M J, Yoshida M, Gottlieb O R. Flavones and lignans in flowers, fruits and seedlings of *Virola venosa* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(1): 283-287.
- [48] Pettit G R, Meng Y, Gearing R P, et al. Antineoplastic Agents. 522. *Hernandia peltata* (Malaysia) and *Hernandia nymphaeifolia* (Republic of Maldives) [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67(4): 214-220.
- [49] Blumenthal E E D A, Da Silva M S, Yoshida M. Lignoids, flavanoids and polyketides of *Virola surinamensis* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 46(4): 745-749.
- [50] Liang S, Shen Y H, Tian J M, et al. Phenylpropanoids from *Daphne feddei* and their inhibitory activities against NO Production [J]. *J Nat Prod*, 2008, 71(11): 1902-1905.
- [51] De Pascoli I C, Nascimento I R, Lopes L M X. Configurational analysis of cubebins and bicubebin from *Aristolochia lagesiana* and *Aristolochia pubescens* [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67(7): 735-742.
- [52] Cuca L E S, Martinez J C, Delle Monache V F. 7, 9'-Epoxylignan and other constituents of *Zanthoxylum culantrillo* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(7): 1437-1439.
- [53] Brader G, Vajrodaya S, Greger H, et al. Bisamides, lignans, triterpenes, and insecticidal cyclopenta [b]. benzofurans from *Aglaia* species [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61(12): 1482-1490.
- [54] Schumacher B, Scholle S, Hölzl J, et al. Lignans isolated from *Valerian*: Identification and characterization of a new olivil derivative with partial agonistic activity at A1 adenosine Receptors [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(10): 1479-1485.
- [55] Ullah N, Ahmad S, Anis E, et al. A lignan from *Daphne oleoides* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 50(1): 147-149.
- [56] 赵友兴, 罗晓东, 周俊. 云南铁杉中的木脂素成分 [J]. 云南植物研究, 2004, 26(2): 229-233.
- [57] Okunishi T, Umezawa T, Shimada M. Isolation and enzymatic formation of lignans of *Daphne genkwa* and *Daphne odora* [J]. *J Wood Sci*, 2001, 47(5): 383-388.
- [58] Takaku N, Choi D H, Mikame K, et al. Lignans of *Chamaecyparis obtuse* [J]. *J Wood Sci*, 2001, 47(6): 476-482.
- [59] Takaku N, Mikame K, Okunishi T, et al. New lignan, isoactifolin, from *Chamaecyparis obtusa* cv. *Breviramea* [J]. *J Wood Sci*, 2001, 47(6): 493-496.
- [60] Tanaka H, Nakamura T, Ichino K, et al. A lignan from *Actinodaphne longifolia* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28(3): 952-954.
- [61] Fan C Q, Zhu X Z, Zhan Z J, et al. Lignans from *Saussurea conica* and their NO production suppressing activity [J]. *Planta Med*, 2006, 72(7): 590-595.
- [62] Ouyang M A, Wein Y S, Kuo Y H. Four new lariciresinol-based lignan glycosides from the roots of *Rhus javanica* var. *roxburghiana* [J]. *Helv Chim Acta*, 2007, 90(6): 1099-1106.
- [63] Kuroyanagi M, Ikeda R, Gao H Y, et al. Neurite outgrowth-promoting active constituents of the Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) [J]. *Chem Pharm Bull*, 2008, 56(1): 60-63.
- [64] Yu B C, Yang M C, Lee K H, et al. Two new phenolic constituents of *Humulus japonicus* and their cytotoxicity test *in vitro* [J]. *Arch Pharm Res*, 2007, 30(11): 1471-1475.
- [65] Kiem P V, Tri M D, Tuong L V D, et al. Chemical constituents from the leaves of *Manglietia phuthoensis* and their effects on osteoblastic MC3T3-E1 cells [J].

- Chem Pharm Bull*, 2008, 56(9): 1270-1275.
- [66] Warashina T, Shikata K, Miyase T, *et al.* New cardenolide and acylated lignan glycosides from the aerial parts of *Asclepias curassavica* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2008, 56(8): 1159-1163.
- [67] Reisinger U, Schwaiger S, Zeller I, *et al.* Leoligin, the major lignan from Edelweiss, inhibits intimal hyperplasia of venous bypass grafts [J]. *Cardiovasc Res*, 2009, 82(3): 542-549.
- [68] Lee C, Kim H, Kho Y. Agastinol and agastenol, novel lignans from *Agastache rugosa* and their evaluation in an apoptosis inhibition assay [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(3): 414-416.
- [69] Gamal A A E, Takeya K, Itokawa H, *et al.* Lignan bis-glucosides from *Galium sinaicum* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 45(3): 597-600.
- [70] 黄文武, 孔德云, 杨培明. 小木通木脂素成分研究 [J]. *中国天然药物*, 2003, 1(4): 199-203.
- [71] Tanaka T, Ikeda T, Kaku M, *et al.* A new lignan glycoside and phenylethanoid glycosides from *Strobilanthes cusia* Bremek [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(10): 1242-1245.
- [72] Begum A S, Verma S, Sahai M. Hyosmin, a new lignan from *Hyoscyamus niger* L [J]. *J Chem Res*, 2006(10): 675-677.
- [73] Guan S H, Xia J M, Lu Z Q, *et al.* Structure elucidation and NMR spectral assignments of three new lignan glycosides from *Akebia trifoliata* [J]. *Magn Reson Chem*, 2008, 46(2): 186-190.
- [74] Tan R X, Tang H Q, Hu J. Lignans and sesquiterpene lactones from *Artemisia Sieversiana* and *Inula Racemosa* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(1): 157-161.
- [75] Macías F A., López A, Varela R M, *et al.* Bioactive lignans from a cultivar of *Helianthus annuus* [J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52(21): 6443-6447.
- [76] Lee J, Lee D, Jang D S, *et al.* Two new stereoisomers of tetrahydrofuranoid lignans from the flower buds of *Magnolia fargesii* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2007, 55(1): 137-139.
- [77] Li W, Koike K, Liu L, *et al.* New lignan glucosides from the stems of *Tinospora sinensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(5): 638-640.
- [78] Takahashi H, Yoshioka S, Kawano S, *et al.* Lignans and sesquiterpenes from *Magnolia praecocissima* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2002, 50(4): 541-543.
- [79] Yong M, Kun G, Qiu M H. A new lignan from the seeds of *Arctium lappa* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2007, 9(6/8): 541-544.
- [80] Yu H J, Chen C C, Shieh B J. The constituents from the leaves of *Magnolia coco* [J]. *J Chin Chem Soc*, 1998, 45(6): 773-778.
- [81] Sridhar C, Rao K V, Subbaraju G V. Flavonoids, triterpenoids and a lignan from *Vitex altissima* [J]. *Phytochemistry*, 2005, 66(14): 1707-1712.
- [82] Machida K, Yamauchi M, Kurashina E, *et al.* Four new lignan glycosides from *Osmanthus fragrans* Lour. var. *aurantiacus* Makino [J]. *Helv Chim Acta*, 2010, 93(11): 2164-2175.
- [83] Mei R Q, Wang Y H, Du G H, *et al.* Antioxidant lignans from the fruits of *Broussonetia papyrifera* [J]. *J Nat Prod*, 2009, 72(4): 621-625.
- [84] Jung K Y, Kim D S, Oh S R, *et al.* Magnone A and B, novel anti-PAF tetrahydrofuran lignans from the flower buds of *Magnolia fargesii* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61(6): 808-811.
- [85] Vuckovic I, Trajkovic V, Macura S, *et al.* A novel cytotoxic lignan from *Seseli annuum* L [J]. *Phytother Res*, 2007, 21(8): 790-792.
- [86] Piao X L, Jang M H, Cui J, *et al.* Lignans from the fruits of *Forsythia suspensa* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2008, 18(6): 1980-1984.
- [87] Su B N, Yuan C S, Jia Z J. A new lignan glucoside from *Lancea tibetica* [J]. *Chin Chem Lett*, 1999, 10(1): 37-38.
- [88] Duan H, Takaishi Y, Momota H, *et al.* Immuno-suppressive constituents from *Saussurea medusa* [J]. *Phytochemistry*, 2002, 59(1): 85-90.
- [89] Fan C Q, Yue J M. Biologically active phenols from *Saussurea medusa* [J]. *Bioorg Med Chem*, 2003, 11(5): 703-708.
- [90] Cowan S, Stewart M, Abbiw D K, *et al.* Lignans from *Strophanthus gratus* [J]. *Fitoterapia*, 2001, 72(1): 80-82.
- [91] Machida K, Takano M, Kakuda R, *et al.* A new lignan glycoside from the leaves of *Sambucus sieboldiana* (Miq.) Blume ex. Graebn [J]. *Chem Pharm Bull*, 2002, 50(5): 669-671.
- [92] Sadhu S K, Okuyama E, Fujimoto H, *et al.* Prostaglandin inhibitory and antioxidant components of *Cistus laurifolius*, a Turkish medicinal plant [J]. *J Ethnopharmacol*, 2006, 108(3): 371-378.
- [93] Ando H, Hirai Y, Fujii M, *et al.* The chemical constituents of fresh gentian root [J]. *J Nat Med*, 2007, 61(3): 269-279.
- [94] Zhou Z W, Yin S, Wang X N, *et al.* Two new lignan glycosides from *Saussurea laniceps* [J]. *Helv Chim Acta*, 2007, 90(5): 951-956.
- [95] Tsai I L, Lee F P, Wu C C, *et al.* New cytotoxic cyclobutanoid amides, a new furanoid lignan and anti-platelet aggregation constituents from *Piper arborescens* [J]. *Planta Med*, 2005, 71(6): 535-542.
- [96] Mehmood S, Riaz N, Ahmad Z, *et al.* Lipxygenase inhibitory lignans from *Salvia santolinifolia* [J]. *Polish J Chem*, 2008, 82(3): 571-575.