

· 综述 ·

白及资源研究现状及长产业链开发策略

刘京宏¹, 周利¹, 钟晓红¹, 曾建国^{1,2*}

[1. 湖南农业大学 国家中药材生产(湖南)技术中心, 湖南 长沙 410128;

2. 湖南省植物功能成分利用协同创新中心, 湖南 长沙 410128]

[摘要] 本文对白及资源与生态环境、种苗繁育与栽培技术、化学成分与活性分析、产业综合利用与开发等方面进行讨论, 以此促进白及资源的高效开发利用与产业规模化发展。

[关键词] 白及; 资源; 长产业链

Research Progress in *Bletilla striata* Resource and Development Strategy for Long Industry ChainLIU Jinghong¹, ZHOU Li¹, ZHONG Xiaohong¹, ZENG Jianguo^{1,2*}

(1. National Chinese Medicinal Herbs(Hunan) Technology Center, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. Hunan Collaborative Innovation Center for Utilization of Functional Ingredients from Botanicals, Changsha 410128, China)

[Abstract] With the development of the traditional Chinese medicine in China, the *Bletilla striata* as the main components of important drug in the pharmaceutical market is in short supply. And the supply is still mainly wild *B. striata*, while *B. striata* has been listed in the state of endangered Chinese traditional medicine. The seed germination rate of *B. striata* was quite low without endosperm under natural condition. The article reviews the research progress in resources environment, breeding and cultivation techniques, chemical composition and activity analysis aiming at promoting development resources and more efficient utilization of industrial scale.

[Keywords] *Bletilla striata*; resources; industrial chain

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.2017.10.027

白及 *Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f. 为《中华人民共和国药典》收载品种, 属兰科白及属, 又名连及草、甘根、白给、朱兰等。味苦、甘、涩, 性微寒。有收敛止血、消肿生肌的功能^[1]。白及不仅药用价值高, 而且作为兰科植物极具观赏价值, 同时也是我国现代医药工业和化妆品工业的重要原材料。近年来, 随着我国中药产业的发展, 白及在临床上的应用范围不断扩大, 目前在药用市场上已供不应求。但自然条件下白及种子萌发困难, 而分株生长周期长, 如今虽已解决其繁殖效率低的技术瓶颈, 目前市场供应仍主要以野生白及资源维持, 短时间很难满足中国医药市场的需求, 因此白及价格疯涨, 从原来的每千克干品 20 元涨到了近 1000 元。本文从白及资源环境、种苗繁育、化学成分分析、产业综合利用与开发 4 个方面进行综述, 以此促进白及资源的高效开发利用与产业规

模化发展。

1 白及资源与生态环境

全球白及属共有 6 个种, 产于我国有 4 种, 分别是白及 *Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f.、小白及 *Bletilla formosana* (Hayata) Schltr.、黄花白及 *Bletilla ochracea* Schltr. 和华白及 *Bletilla sinensis* (Rolfe) Schltr.。另产于东亚的有 *Bletilla foliosa* (King & Pantl.) Tang & F. T. Wang 和 *Bletilla chartacea* (King & Pantl.) Tang & F. T. Wang。

白及在我国分布较广, 各省均有栽培。湖南、贵州、四川、湖北、陕西、安徽、河南、云南、广西、浙江等省区均产。白及野生于海拔 500~1500 m 的山坡、沟谷、溪边及疏林下, 忌阳光直射。喜生于较阴凉湿润且排水性良好的腐殖土及肥沃的砂质壤土^[2]。

* [通信作者] 曾建国, 教授, 研究方向: 中药资源与综合利用; Tel: (0731)84673824, E-mail: zengjianguo@hunau.edu.cn

2 优良品种选育

通过现代高科技生物技术手段,选育出性状优良的白及品种,提高白及苗成活率及产量,是有效解决白及资源匮乏的有效方法^[3]。安徽巨茎白及,是皖南山区引种的野生白及,通过多年选育而成的植株高大(约60~90 cm)、含花量多(5~25朵)、假鳞茎粗大的白及新品种,其明显性状为地下假鳞茎较原种增大1倍多,年产量也有较大提高。良宝大白及1号是2016年云南省专家组共同选育的白及新品种,平均产干品约9777 kg·hm⁻²,长势优良,抗逆性强。

3 种苗繁育

3.1 有性繁殖

3.1.1 大田基质直播繁育 自然条件下,由于白及花器结构特殊,种子小且发育不全,在缺乏必要共生真菌等条件时,很难发育成苗。*Epulorhiza* sp. (DYXB-G001)和*Sebacina* sp. (QZPS-G018)这两种菌根真菌都能与萌发的白及种子形成菌根共生关系,促进种子萌发率的提高。在大棚中,采用适宜大田基质直播育苗(苗期约4个月),再进行大田驯化(约8个月),也可成栽培苗源。

3.1.2 组培基质直播繁育 研究表明^[4],加入白及所需的必要共生菌和培育基质,能提高白及苗成活率,对白及的生根壮苗起到了重要作用。蔗糖和维生素B是十分关键的物质,它们直接影响了白及胚状体的发育质量。白及种子在组培基质中生长(4~5个月),移至大棚炼苗(7~8个月),可成为栽培苗源。

3.2 无性繁殖

3.2.1 块茎繁殖 白及自然条件下主要为块茎繁殖,一般每年9—10月收获时,选当年生无病虫害、且具有嫩芽的优质块茎及其与先年的老鳞茎毗连接生处切下,按行株距各25 cm左右开穴,深10~13 cm,每穴栽种3个,每块需有芽1~3个,呈三角形平放穴中。栽后施猪粪水,并盖拦有猪粪水的草木灰或腐熟堆肥。

3.2.2 组织培养 白及组培有种子组培、茎尖和侧芽组培、叶片组培、幼根组培、块茎组培。种子组

培是白及组织培养最主要的方式,成活率高、育苗速度快,操作也最为简易。此外,通过白及茎尖和侧芽、幼根、块茎也能较好进行组培快繁。但用叶片作为外植体,大多实验未能获得组培苗,石云平等^[5]采用组织培养技术对白及进行离体快速繁殖,同时指出白及叶片只在一个培养基中诱导出了愈伤组织,且诱导率仅为3.3%左右。田翠英等^[6]采用白及幼根作为外植体材料诱导出白及原球茎,研究发现6-苄氨基嘌呤(6-BA)对于原球茎的诱导具有极为显著的作用。目前已解决适宜基质的直播技术,但组培育苗实际上并未取得规模化推广。

3.2.3 生物反应器培养 生物反应器进行白及组织培养,扩繁速度快,能有效脱除种传病害;减少甚至消除了玻璃化现象,使组培苗更加健康;充分进行气体交换,为植株的呼吸作用提供充足氧气;营养物质得到充分的混合和渐次利用,能根据设计完成不同生长发育阶段;半自动化操作,降低劳动力的投入;避免反复传代,减少污染率。生物反应器培养有低能耗、低人工成本、低物耗的优点,但该方法还处于研究阶段,并未规模化推广。

3.2.4 组培基质的“人工种子”繁育技术 人工种子^[7]指将适宜的植物繁殖体包裹在含有养分且具保护功能的物质中,从而能在适宜条件下萌发出苗的繁殖体。李伟平等^[8]表明以4.0%海藻酸钠+0.2 mol·L⁻¹CaCl₂+0.4 mg·L⁻¹青霉素+0.3%多菌灵粉剂+0.2%苯甲酸钠为人工种皮基质,MS+1.0 mg·L⁻¹NAA+2.0 mg·L⁻¹KT作为人工胚乳成分制成的人工种子,其生长速度和成苗率最好。目前种子繁殖可通过组培基质进行培育,但并没有规模化实施。

湖南、贵州、陕西等地许多专家已进行工厂化组培基质有性繁殖和大田基质育苗,利用普通塑料大棚驯化,对白及进行种苗繁育,已经解决了白及种苗繁育的问题,但种苗繁育的管理要求极高,要做好水分、温度、湿度、光照、病虫害的管理。

4 白及栽培技术

张美等^[9]设计了6个不同栽培时期,测定白及收获后其产量和多糖含量,结果表明不同栽培时期对白及产量和质量影响显著,10月中旬到11月中旬为最佳栽种期。张伦梅等^[10]报道白及最佳种植密

度：按株距 15 ~ 20 cm、行距 26 ~ 30 cm 种植，每公顷用苗量 12 万 ~ 15 万株。最佳选地：种植的地块宜在海拔 600 ~ 1500 m，土壤疏松肥沃、富含腐殖质、温暖潮湿、排水良好的砂壤土，宜选择半阳半阴的地块。整地：移栽前深翻土地，作 1.2 ~ 1.3 m 的厢，厢高约 20 cm，行道宽约 30 cm，四周开好排水沟，施足底肥，细耕后平整畦面，以便栽种。栽种前翻土约 30 cm，施腐熟农家肥 4.5 万 ~ 4.8 万 kg · hm⁻² 及复合肥 750 kg · hm⁻²，耙细整平。张秀玥等^[11]报道了白及生长年周期中宜选择在 5 月初、6 月初、7 月初各除草 1 次，有利于白及的生长发育。黄永亮^[12]报道第 1 次除草在 4 月白及出齐苗后，第 2 次是在 6 月白及旺长期，第 3 次在 8 月，第 4 次在 10 月；中耕时宜浅，铲尽杂草即可，避免伤其根。防晒：白及喜阴湿，所以需经常保持水土湿润，可用遮阳网覆盖防晒，或林下栽培。追肥：主要是优化氮、磷、钾及微量元素的施肥量^[13]。

5 白及采收

韩学俭^[14]报道，白及采收加工一般在种后第四年的秋末，当其茎叶枯黄采挖，此时地下块茎已长成 12 ~ 18 个，已相当拥挤，过晚采收会导致生长不良。采挖时宜用平铲将假鳞茎连土挖起，然后清洗泥土，剥去粗皮，投入沸水中烫(或蒸) 3 ~ 5 min，至内无白心时取出，待冷却后去掉须根，晒至半干，除去外皮。投入沸水中蒸煮可能因为含黏液质等成分较多，直接难于干燥，加热后容易干燥，且比较透亮美观。李道济^[15]报道白及是 1 年长 1 个块茎，

若为多年生的白及块茎以 3 个为最佳，超过 3 个以后的块茎加工后粉性低、色泽差。

6 白及化学成分与活性

日本学者 YAMAKI 最先对白及开展系统的化学成分研究，并分离得到一系列菲类衍生物。据目前文献报道的情况看，白及的主要化学成分有菲类(phenanthrenes)、联菲类(biphenanthrenes)、联菲醚类(dihydrophenanthrene ethers)、联苄类(bibenzyls)、以及甾体(steroids)和三萜类(triterpenes)、糖苷(glycoside)等化合物。此外，还含有少量黏液质、挥发油、白及甘露聚糖、葡萄糖等。

6.1 白及胶糖类

白及含葡甘露聚糖和葡萄甘露聚糖，见图 1。

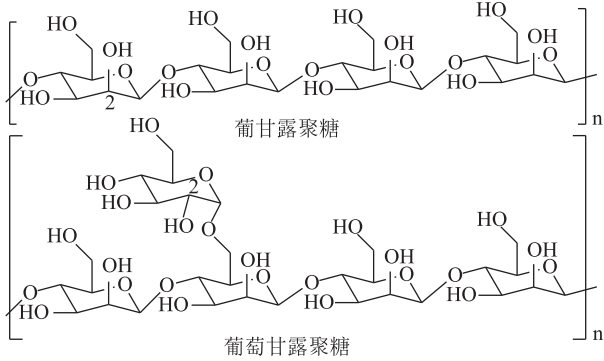


图 1 葡甘露聚糖和葡萄甘露聚糖化学结构

6.2 菲类与双氢菲类

白及属植物含有的菲类与双氢菲类化合物见表 1。

6.3 联菲类及联菲醚类

白及属植物中联菲类及联菲醚类化合物见表 2。

表 1 白及属植物中菲类与双氢菲类化合物

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
1	2,3,4,7-tetramethoxyphenanthrene	I	R ₁ = R ₆ = H, R ₂ = R ₃ = R ₄ = R ₅ = OMe	16
2	2,4,7-trimethoxyphenanthrene	I	R ₁ = R ₄ = R ₆ = H, R ₂ = R ₃ = R ₅ = OMe	16
3	2,7-dihydroxy-3,4-dimethoxyphenanthrene	I	R ₁ = R ₆ = H, R ₂ = R ₅ = OH, R ₃ = R ₄ = OMe	17
4	3,7-dihydroxy-2,4-dimethoxyphenanthrene	I	R ₁ = R ₆ = H, R ₂ = R ₄ = OH, R ₃ = R ₅ = OMe	17
5	2,7-dihydroxy-4-methoxyphenanthrene	I	R ₁ = R ₄ = R ₆ = H, R ₂ = R ₅ = OH, R ₃ = OMe	28
6	2,7-dihydroxy-1-(p-hydroxybenzyl)-4,8-dimethoxyphenanthren	I	R ₁ = R ₃ = OMe, R ₂ = R ₅ = OH, R ₆ = CH ₂ -C ₆ H ₄ -OH	18
7	2,7-dihydroxy-1-(p-hydroxybenzyl)-4-methoxyphenanthrene	I	R ₁ = R ₄ = H, R ₂ = R ₅ = OH, R ₃ = OMe, R ₆ = CH ₂ -C ₆ H ₄ -OH	19

表 1(续)

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
8	2, 7-dihydroxy-1, 8-bis (p-hydroxybenzyl) -4-methoxyphenanthrene	I	$R_1 = R_6 = CH_2-C_6H_4-OH, R_2 = R_5 = OH, R_3 = OMe, R_4 = H$	20
9	2, 4, 7-trimethoxy-9, 10-dihydrophenanthrene	II	$R_1 = R_3 = R_5 = OMe, R_2 = R_4 = R_6 = H$	21
10	2, 7-dihydroxy-4-methoxy-9, 10-dihydrophenanthrene	II	$R_1 = R_3 = R_5 = OMe, R_2 = R_4 = R_6 = H$	16
11	2, 7-dihydroxy-3-(p-hydroxybenzyl) -4-methoxy-9, 10-dihydrophenanthrene	II	$R_1 = R_5 = OH, R_3 = OMe, R_2 = R_6 = H, R_4 = CH_2-C_6H_4-OH$	16
12	2, 7-dihydroxy-1-(p-hydroxybenzyl) -4-methoxy-9, 10-dihydrophenanthrene	II	$R_1 = R_5 = OH, R_3 = OMe, R_2 = R_4 = H, R_6 = CH_2-C_6H_4-OH$	19
13	2, 7-dihydroxy-1, 3-bis (p-hydroxybenzyl) -4-methoxy-9, 10-dihydrophenanthrene	II	$R_1 = R_5 = OH, R_3 = OMe, R_2 = H, R_4 = R_6 = CH_2-C_6H_4-OH$	19
14	2, 7-dihydroxy-1, 6-bis (p-hydroxybenzyl) -4-methoxy-9, 10-dihydrophenanthrene	II	$R_1 = R_5 = OH, R_3 = OMe, R_4 = H, R_2 = R_6 = CH_2-C_6H_4-OH$	16

注：母核 I、II 见图 2。

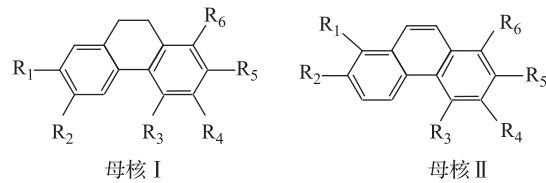


图 2 白及属植物中菲类与双氢菲类化合物母核结构

表 2 白及属植物中联菲类及联菲醚类化合物

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
15	4, 4'-dimethoxy-9, 9', 10, 10'-tetrahydro-[1, 1'-biphenanthrene]-2, 2', 7, 7'-tetrol	见图 3		16
16	4, 4'-dimethoxy-9, 10-dihydro-[1, 1'-biphenanthrene]-2, 2', 7, 7'-tetrol	见图 3		16
17	4, 4'-dimethoxy-[1, 1'-biphenanthrene]-2, 2', 7, 7'-tetrol	见图 3		16
18	4, 4'-dimethoxy-9, 9', 10, 10'-tetrahydro-[1', 3-biphenanthrene]-2, 2', 7, 7'-tetraol	见图 4		19
19	4', 5-dimethoxy-8-(p-hydroxybenzyl) -9, 9', 10, 10'-tetrahydro-[1', 3-biphenanthrene]-2, 2', 7, 7'-tetraol	见图 4		19
20	4', 5-dimethoxy-8-(p-hydroxybenzyl) -9, 10-dihydro-[1', 3-biphenanthrene]-2, 2', 7, 7'-tetraol	见图 4		19
21	Blestrin A	III	$R_1 = OMe, R_2 = H, R_3 = OH$	22
22	Blestrin B	III	$R_1 = H, R_2 = OH, R_3 = OH$	22
23	Blestrin C	IV	$R_1 = OMe, R_2 = H$	22
24	Blestrin D	IV	$R_1 = H, R_2 = OMe$	22

注：母核 III 见图 5、母核 IV 见图 6。

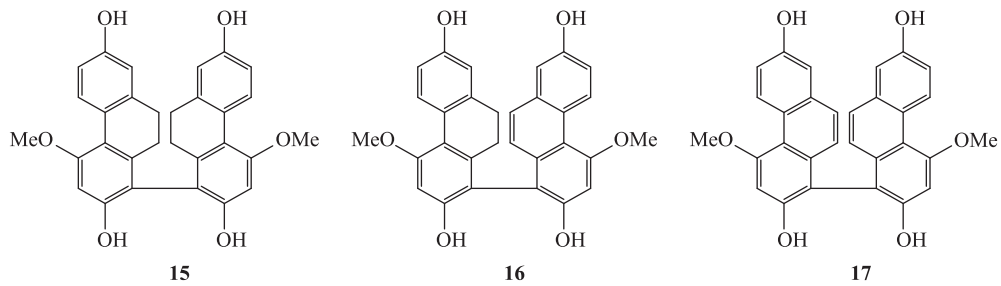


图 3 白及属植物中联菲类化合物 15 ~ 17 结构

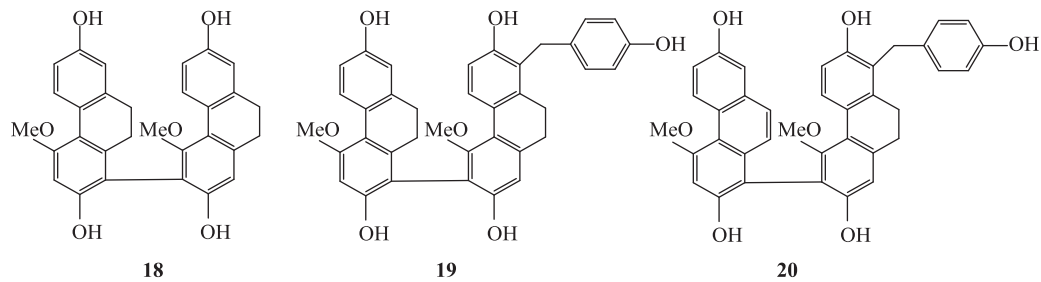


图 4 白及属植物中联菲醇类化合物 18 ~ 20 结构

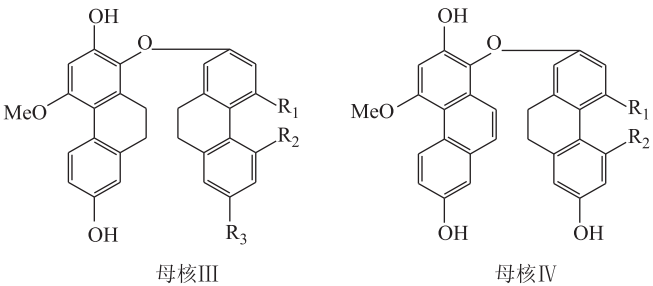


图 5 白及属植物中联菲醚类母核化合物结构

6.4 其他菲类

白及属植物中含有的其他菲类化合物信息见表 3。

6.5 联苳类

白及属植物中联苳类化合物见表 4。

表 3 白及属植物中的其他菲类化合物

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
25	Blespirol	见图 6		23
26	Bletilol A	见图 7	R = OMe	24
27	Bletilol B	见图 7	R = H	24
28	Bletilol C	见图 7		24
29	2,7-dihydroxy-4-methoxy-phenanthrene-2-O-glucoside	见图 8	R ₁ = Glu, R ₂ = H	25
30	2,7-dihydroxy-4-methoxy-phenanthrene-2,7-O-diglucoside	见图 8	R ₁ = Glu, R ₂ = Glu	25
31	3,7-dihydroxy-2,4-dimethoxyphenanthrene-3-O-glucoside	见图 8		25

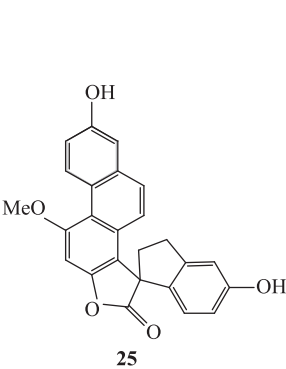


图 6 Blespirol(25) 结构

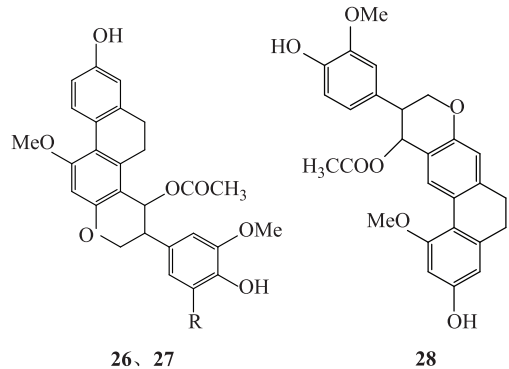


图 7 化合物 26 ~ 28 结构

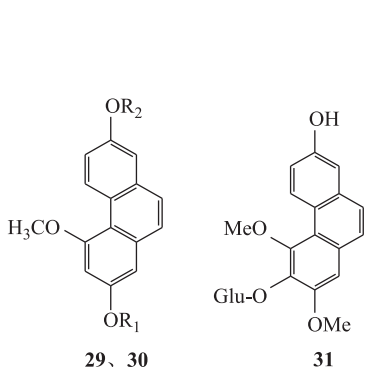


图 8 化合物 29 ~ 31 结构

表 4 白及属植物中联苳类化合物

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
32	3,5-dimethoxybibenzyl	V	$R_1 = \text{Me}, R_3 = \text{OMe}, R_2 = R_4 = R_5 = \text{H}$	26
33	3,3',5-trimethoxybibenzyl	V	$R_1 = \text{Me}, R_3 = R_4 = \text{OMe}, R_2 = R_5 = \text{H}$	26
34	3',3-dihydroxy-5-methoxybibenzyl	V	$R_1 = \text{Me}, R_3 = R_4 = \text{OH}, R_2 = R_5 = \text{H}$	27
35	3,3'-dihydroxy-5,4'-dimethoxybibenzyl	V	$R_1 = R_3 = \text{H}, R_4 = \text{OH}, R_2 = R_5 = \text{OMe}$	27
36	3'-O-methylbatatasin III	V	$R_1 = R_2 = R_5 = \text{H}, R_3 = R_4 = \text{OMe}$	28
37	3'-hydroxy-5-methoxybibenzyl-3-O-β-D-glucopyranoside	V	$R_1 = \text{Me}, R_3 = \text{O-Glu}, R_2 = R_5 = \text{H}, R_4 = \text{OH}$	17
38	3,3'-dihydroxy-2-(p-hydroxybenzyl)-5-methoxybibenzyl	VI	$R_1 = \text{H}, R_2 = \text{OMe}, R_3 = \text{OH}$	17
39	3',5-dihydroxy-2-(p-hydroxybenzyl)-3-methoxybibenzyl	VI	$R_1 = \text{H}, R_2 = \text{OH}, R_3 = \text{OMe}$	29
40	Gymconopin D	VI	$R_1 = \text{Me}, R_2 = \text{OMe}, R_3 = \text{OH}$	28
41	Bulbocol	VI	$R_1 = \text{Me}, R_2 = \text{OH}, R_3 = \text{OMe}$	28
42	Blestritin B	VII	$R_3 = R_4 = \text{H}, R_1 = \text{OMe}, R_2 = \text{OH}$	28
43	2',6'-bis(4-hydroxybenzyl)-5-methoxybibenzyl-3,3'-diol	VII	$R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = \text{H}$	28
44	3,3'-dihydroxy-5-methoxy-2,5',6-tris(p-hydroxybenzyl)bibenzyl	VII	$R_1 = R_2 = R_4 = \text{H}, R_3 = \text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$	28
45	Blestritin C	VII	$R_1 = R_3 = R_4 = \text{H}, R_2 = \text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$	28
46	Bulbocodin	VII	$R_1 = R_3 = R_4 = \text{H}, R_2 = \text{OH}, R_3 = \text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$	28
47	Blestritin A	VII	$R_1 = \text{Me}, R_2 = R_3 = \text{H}, R_4 = \text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$	28
48	Bulbocodin D	VII	$R_1 = R_3 = R_4 = \text{H}, R_2 = \text{OH}, R_5 = \text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$	28

注：母核 V ~ VII 见图 9。

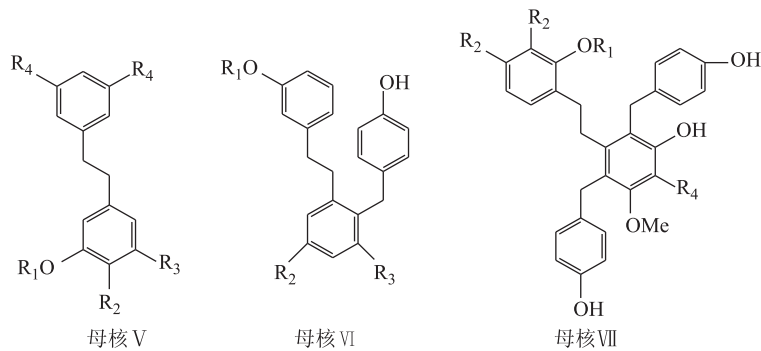


图 9 白及属植物中联苳类化合物母核结构

6.6 三萜及皂苷类

白及属植物中三萜及皂苷类化合物见表 5。

6.7 黄酮类

白及属植物中黄酮类化合物见表 6。

表 5 白及属植物中三萜类及皂苷类化合物

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
49	cyclobalanone	VIII	$R = \text{O}$	30
50	cyclonelitso	VIII	$R = \text{OH}$	30
51	cyclomargenone	IX	$R = \text{O}$	30
52	cyclomargenol	IX	$R = \text{OH}$	30
53	bletilnoside A			31
54	bletilnoside B			31

注：母核 VIII、IX 见图 10。

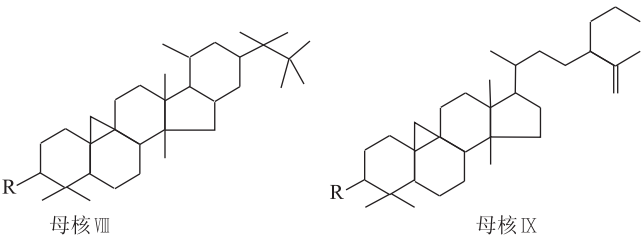


图 10 白及属植物中三萜类化合物母核结构

表 6 白及属植物中黄酮类化合物

编号	化合物名称	母核	取代基	文献
55	8-C-p-hydroxybenzylkaempferol	见图 11		20
56	apigenin	X	$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = OH$	20
57	6-methoxykaempferol	X	$R_1 = R_3 = R_4 = OH, R_2 = OMe$	20
58	kaempferol	X	$R_1 = OH, R_2 = R_3 = R_4 = H$	20
59	isorhamnetin	X	$R_1 = OH, R_2 = R_3 = H, R_4 = OMe$	20
60	kaempferol 7-O-glucoside	X	$R_1 = OH, R_2 = R_4 = H, R_3 = Glc$	20

注：母核 X 见图 11。

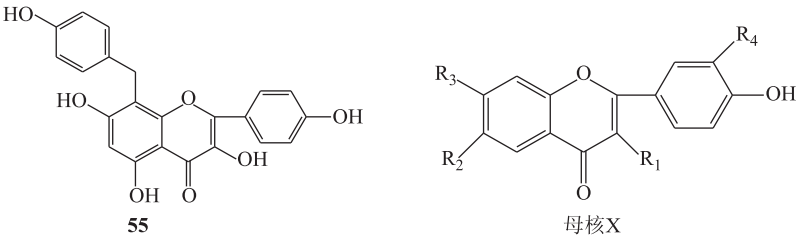
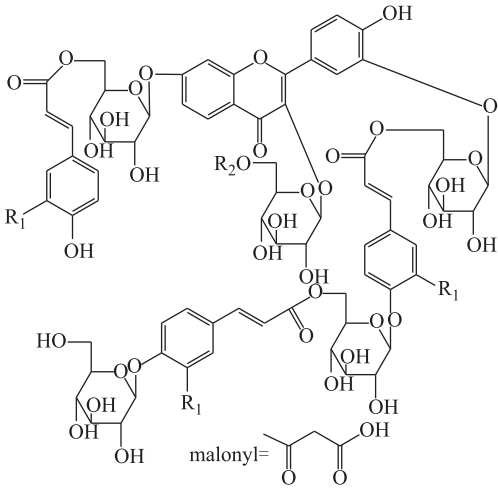


图 11 白及属植物中黄酮类化合物母核结构

6.8 糖苷类

从白及属植物中主要分离得到 4 个酰化花色素苷类化合物(56~59)(见图 12)^[32-33]、此外还有β-D-glucopyranoside(60)、dactylorhin E(61)、gymnoside I(62)、gymnoside II(63)^[28]、formoside(64)、gymnoside IV(65)^[34]。



56 R₁=H, R₂=malonyl 57 R₁=O, R₂=H
58 R₁=OH, R₂=malonyl 59 R₁=OH, R₂=H

图 12 白及酰化花色素苷类化合物

7 白及药理作用

7.1 止血作用

白及胶主要成分为多糖，被认作有止血作用。对其止血作用机制的研究表明，白及胶能增强血小板第Ⅲ因子的活性，加快凝血酶形成，从而有效抑制纤维蛋白酶活性，促进细胞凝聚，形成人工血栓达到了止血目的。白及块根浸出液经动物实验表明^[35]，其有效成分对动物肝、脾、血管出血、肌肉外用止血效果良好。

7.2 对消化系统的影响

7.2.1 抗溃疡作用 白及块茎多糖成分具有抗溃疡活性，经研究表明^[36]，白及多糖成分对幽门结扎型、束缚水浸应激型溃疡有良好的治疗效果。实验过程中给大鼠灌服 1% 的白及煎剂，平均每只灌喂量为 1.5 mL，可以对盐酸损伤所引起的胃黏膜有良好的保护作用，溃疡抑制率达 94.3%。

7.2.2 预防肠粘连 通过给家兔灌胃白及溶胶，实验结果表明白及能对家兔手术后肠粘连有明显的防治作用。另有研究发现^[37]，白及胶对日本大耳白兔

胆管成纤维细胞活性有抑制作用。

7.3 抗菌作用

研究表明^[38],白及乙醇浸液对黄色葡萄球菌、枯草杆菌及人型结构杆菌都有抑制作用。通过白及化合物的抗菌活性与其结构的关系发现,当化合物中含有甲氧基时,其抗菌作用会变弱,而对羟基苯化合物的抗菌活性则增强。马世宏等^[39]将白及水提醇沉物与丹皮酚制成牙膏,用于防治口腔溃疡、牙周炎、牙龈炎等口腔疾病,这与白及多糖有关。

7.4 抗肿瘤作用

白及提取物和白及胶均能用作血管栓塞剂,因其能有效切断供给肿瘤的营养,对肝癌具有显著的作用。郑传胜等^[40]研究表明白及粉粒具有强大的持久性,是一种较理想的肝癌血管栓塞剂。白及提取物可能通过抑制肿瘤血管内皮生长因子与其受体的结合从而抑制肿瘤血管生成。研究表明^[41],通过二甲氨基偶氮苯(DAB)诱发大鼠肝癌,白及葡萄糖注射液能对肝癌有明显的抑制作用,并通过进一步研究其抗癌有效成分为白及块茎中的多糖成分。

7.5 促进伤口愈合作用

小鼠皮肤器官培养法培养SD小鼠皮片的实验结果表明,白及提取液可提前大鼠背部切割伤创面的愈合时间,同时还能提高创面细胞组织中的羟脯氨酸含量和蛋白质含量,并提高伤口巨噬细胞数量。这种促进伤口愈合作用主要与其含有多糖成分有关。白及胶是天然高分子化合物,将白及胶作为外源性重组进行人表皮生长因子载体实验,表明白及胶也能显著促进伤口创面表皮细胞的合成,加速伤口愈合时间^[42]。

7.6 其他作用

白及胶可制成白及代血浆,对动物失血性休克有一定疗效。同时,白及多糖抗氧化、抗衰老作用已得到高度关注,具有很好的美白护肤效果。白及甘露糖可用作吸收性局部止血药,动物实验表明,用药后动物身体局部地区止血效果明显^[43]。

8 白及综合利用与开发

8.1 白及原料极限成本预判

目前,我国白及经营模式仍以药企与当地众多中小农户以土地及药材种植的承包运营方式进行,供货以野生白及为主。但受过度滥挖和自然灾害的

影响,野生白及产量急剧下降,供需矛盾日益扩大,白及产量难以满足医药市场要求,因此价格一路飙升(见图13)。

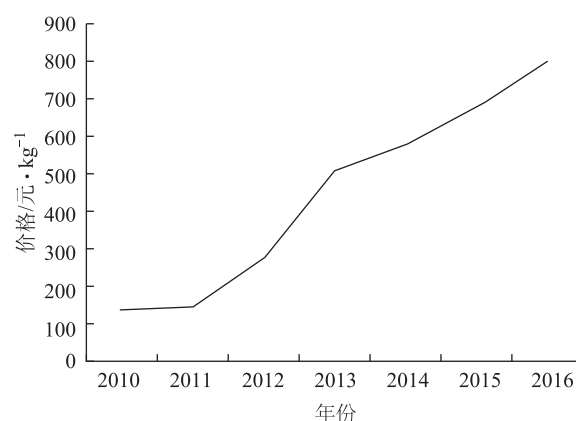


图13 白及近年价格走势

8.1.1 白及种植效益分析 白及种植成本=地租费+田间管理费(人工和机械)+农药、肥料费+种苗成本。目前,种植户多数以种苗生长3年采收(种苗培育1年,实为4年),种植1亩(1亩=666.67 m²)白及,3年成本约27 800元(地租费用约1800元,种苗成本约1000元,第1年田间管理费与农药肥料费约8000元,第2、3年田间管理费与农药肥料费年均约3000元)。若按第4年采收,种植成本比第3年采收仅多出2200元(增加地租费及田间管理费、农药肥料费)。白及常为分株繁殖,按芽头3倍增长推算,如苗期时白及芽头为2个,生长1年后,白及地下块茎约6个,第二年,地下块茎约18个(实际约为8~12个),第三年,地下块茎约54个(实际约为18~28个),白及种植四年后,白及地下块茎能达162个(实际约为34~50个)。由于地下部分会过于拥挤,影响块茎生长发育,使得种植4年后白及地下块茎已趋于饱和,因此我们认为种植第4年(种苗培育1年,实为5年)为最佳采收期。按4年种植成本来推算,当白及亩产量(鲜重)为1000 kg时,成本价为30元·kg⁻¹;亩产量为2000 kg时,成本价为15元·kg⁻¹;亩产量为3000 kg时,成本价为10元·kg⁻¹;亩产量为4000 kg时,成本价为7.5元·kg⁻¹。通过初加工,平均4~5 kg白及鲜品能得1 kg白及干品,从目前白及产量规模计算,当白及鲜品亩产量在3000~5000 kg时,能获得干品600~800 kg,此时白及干品成本能控制在30~50元·kg⁻¹,利润非常可观。目前白及价格的虚高,主要是由于野生资源匮乏,人工栽培技术尚

不成熟引起;从目前白及种植情况来看,随着白及规模化人工繁殖与培育技术的提高,价格将会理性下降。

据调查了解,当前市场上一般的白及种苗价格为1~1.5元/株,较好的白及种苗价格甚至在2元/株以上,因此白及种苗的高价格也成为制约白及产业发展的重要因素。但随着白及人工繁殖的规模化和培育新技术的发展,未来预计白及种苗会降至0.1~0.3元/株(甚至更低),1亩地的白及种苗成本约下降10 000元,即每亩地白及种苗成本费1000~2000元。按上述白及种植效益分析,理论上白及干品的极限成本可控制在20~30元·kg⁻¹,可实现白及种植最大化收益。

8.2 白及饮片药材初加工

白及提取物作为天然高分子化合物,其有效成分具有有效性、缓释性、无刺激性、无毒性等优点,使其在临床上得到了广泛的应用^[44],可用于止血、咳血、吐血、疮疡肿毒、皮肤皲裂、口腔溃疡等症状,治疗效果显著。此外,白及还被制成各种中成药,如云南白药、白及颗粒、白及糖浆、白及饮片、快胃片、复方白及膏等。

8.3 白及胶提取及生物胶产品开发

白及胶是白及块茎中经水提醇沉后所得的一种黏液质。主要成分为多糖,为高分子化合物,其主要结构由葡甘露聚糖和1分子葡萄糖组成的葡萄甘露聚糖,还结合了少量金属离子。一般认为白及多糖相对分子质量在10~20万左右,误差来源于提取和纯化方法的不同^[45]。

白及胶传统制备工艺为水提醇沉法,提取率较低且杂质较高。如何提高白及胶制备提取率和纯度,成为了白及胶综合利用开发的重点。张寒等^[46]研究提出白及胶最佳工艺为以碱水pH=8.5为提取溶剂,三次提取固液比为1:6:5:5,温度为90℃,提取时间为2h;提取液过LSA-21柱后进行盐酸脱蛋白,然后加入0.5%的活性炭进行脱色;再用4倍量的乙醇沉淀,连沉3次,80%乙醇洗渣,多糖含量达80%以上。

除了在医药方面,白及胶在工业上也是应用广泛,可作为高级香烟滤嘴的黏合剂、裱中国文物字画的黏合剂、胃镜检查保护剂、美白面膜的添加剂等,还能作为化妆品天然植物添加剂^[47]、水果保鲜膜、制备复方养阴生肌散等膜剂、助悬剂、乳化剂、

膜剂的膜化材料。军工方面,白及胶可制成止血绷带,具有自黏性,止血抑菌效果明显。

9 白及长产业链开发研究策略

9.1 实现白及品种多元化

对诱导成功或变异的优良白及品系,可以重点对其块茎部分进行化学成分测定与亩产量比较测定,从而挑选出优良性状的白及品系,使其不仅观赏价值高,而且使其有效化学成分含量也有所提升,具较强抗病虫害性能。杂交育种,发挥杂交优势,选取品种优良性状通过交配集中一起,经过选择和培育获得新的品种,可以有效提高白及的亩产量。此外,还可通过多倍体育种,通过细胞染色体组加倍获得白及多倍体育种材料,用以选育符合市场需要的优良白及品种。

9.2 实现白及人工栽培规模化

白及价格的虚高主要与社会需求量、白及种植成本、人工栽培技术有关。若进行大田块茎种植,可通过加强栽培技术提高种植效率,计划性分配种植空间,防控病虫害(根腐病、褐斑病、灰霉病、地老虎、金针虫等),降低田间管理成本,以农家肥为主,合理控制种源费。若是白及组培种子种植,通过改善组培基质、提高白及苗萌发率与出苗时间,预期将白及苗组培的2年时间压缩至1年,提高大田栽培技术,合理施肥,防控病虫害,控制田间管理与肥料费。若进行大田种子种植,通过人工授粉,改良白及种质,提高种子萌发率,防控病虫害,降低田间管理成本,肥料可适量添加适宜菌种与基质。

9.3 综合利用开发实现白及产品化

白及化合物多具有药理活性,白及作为重要药品的主要成分,从白及药材初加工、白及胶产品的综合开发、白及小分子代谢产物3个方面进行合理综合开发,并积极构建和拓展白及药用市场的流通渠道,加强绿色加工助剂及加工设备开发,提升加工装备水平,兼顾规模化与分散加工业,充分考虑成本和能耗,从而实现白及产品多元化。

10 展望

白及是我国兰科传统中药,具有广泛的药用价值和观赏价值,且无毒无副作用。但白及种子无胚乳,正常自然条件下萌发率低,而通过人工栽培,栽培面积少,生长周期长。因此医药市场仍主要以

野生白及维持。近年受苛刻自然条件、人工过度滥挖、白及种质退化等影响,目前白及供应量难以满足医疗市场的需求,白及资源匮乏成了制约白及产业发展的重大难题。因此,应保护白及种质资源、培育白及新品种、攻克栽培关键技术,有效合理综合利用白及有效成分,从而实现白及资源长产业链开发。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2015:103.
- [2] 石晶,罗毅波,宋希强. 我国白及市场调查与分析[J]. 中国园艺文摘,2010(8):48-51.
- [3] 和志娇,吕丽芬,杨丽云,等. 白及种质资源遗传多样性的ISSR分析[J]. 西南农业学报,2008,21(4):1081-1086.
- [4] 李姣红. 白及营养特性与施肥效应研究[D]. 贵阳:贵州大学,2007.
- [5] 石云平,李锋,凌征柱,等. 白及组织培养与快速繁殖技术研究[J]. 广西农业科学,2009,40(11):1408-1411.
- [6] 田翠英,袁雄强. 白及组织培养快繁技术[J]. 江苏农业科学,2006(4):75-77.
- [7] 宋进明. 人工种子的生产技术研究与应用前景分析[J]. 农业技术与装备,2010(3):42-44.
- [8] 李伟平,田莎莎,鲁光耀. 利用人工种子技术快速繁殖白及[J]. 中国中药杂志,2012,37(22):3387-3390.
- [9] 张美,周先建,胡平. 四川省白及最佳栽培期研究[J]. 现代农业科技,2016(4):77-78.
- [10] 张伦梅,熊云杰,谭林彩. 白芨高产栽培技术[J]. 现代农村科技,2011(24):5.
- [11] 张秀玥,李明荣,张启东,等. 不同微肥施用量对白及产量及品质的影响[J]. 贵州农业科学,2009(4):31-32.
- [12] 黄永亮. 元江县野生白芨人工驯化栽培技术初探[J]. 林业规划调查,2013,38(3):124-126.
- [13] 张亦诚. 白及的生物特性及栽培技术[J]. 农业科技与信息,2007(10):45.
- [14] 韩学俭. 白芨药用及栽培技术[J]. 农村经济与科技,2004(10):31-32.
- [15] 李道济. 白及的采集与加工[J]. 中国中药杂志,1990,15(11):29.
- [16] Masae Y, Kato T, Bai L, et al. Methylated stilbenoids from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1991, 30:2759-2760.
- [17] Han G X, Wang L, Zhang W, et al. Study on chemical constituents of *Bletilla striata* [J]. Acad J Second Military Med Univ, 2002, 23:443-445.
- [18] Tuchinda P, Udchachon J, Taylor W, et al. Benzylated phenanthrenes from *Eulophinuda* [J]. Phytochemistry, 1989, 28:2463-2466.
- [19] Bai L, Kato T, Yamaki M, et al. Blestrianol A, B and C. biphenanthrenes from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1991, 30:2733-2735.
- [20] Lin Y L, Chen W P, Macabalang A D, et al. Dihydrophenanthrenes from *Bletilla formosana* [J]. Chem Pharm Bull, 2005, 53:1111-1113.
- [21] Kizu H, Kaneko E, Tomimori T, et al. Studies on Nepalese crude drugs. XXXVI. Chemical constituents of Panch aunle the roots of *Dactylorhiza hatagirea* D. Don [J]. Chem Pharm Bull, 1999, 47:1618-1625.
- [22] Bai L, Kato T, Yamaki M, et al. Blestrin A and B, bis(dihydrophenanthrene) ethers from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1990, 29:1259-1260.
- [23] Yamaki M, Bai L, Kato T, et al. Blespirol, a phenanthrene with a spiro lactone ring from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1993, 33(6):1497-1498.
- [24] Yamaki M, Bai L, Kato T, et al. Biphenanthrene ethers from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1992, 31(11):3985-3987.
- [25] Masae Y, Kato T, Bai L, et al. Phenanthrene glucosides from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1993, 34(2):535-537.
- [26] Yamaki M, Kato T, Bai L, et al. Methylated stilbenoids from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1991, 30(8):2759-2760.
- [27] Bai L, Kato T, Inoue K, et al. Stilbenoids from *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1993, 33(6):1481-1483.
- [28] Feng J Q, Zhang R J, Zhao W M. Novel bibenzyl derivatives from the tubers of *Bletilla striata* [J]. Helv Chim Acta, 2008, 91(3):520-525.
- [29] Bai L, Kato T, Yamaki M, et al. Stilbenoids from *Bletilla striata*. Phytochemistry, 1993, 33:1481-1483.
- [30] Yamaki M, Honda C, Kato T, et al. The steroids and triterpenoids from *Bletilla striata* [J]. Nat Med, 1997, 51(5):493.
- [31] Park J E, Woo K W, Choi S U, et al. Two new cytotoxic spirostane-steroidal saponins from the roots of *Bletilla striata* [J]. Helv Chim Acta, 2014, 97(1):56-63.
- [32] Saito N, Ku M, Tatsuzawa F, et al. Acylated cyanidin glycosides in the purple-red flowers of *Bletilla striata* [J]. Phytochemistry, 1995, 40(5):1523-1529.
- [33] Tatsuzawa F, Saito N, Shigihara A, et al. An acylated cyanidin 3, 7-diglucoside in the bluish flowers of *Bletilla striata* [J]. Jap Soc Hort Sci, 2010, 79(2):215-220.
- [34] 陈盈君,李宗徽,洪惠娟,等. 台湾白及(*Bletilla formosana* (Hayata) Schltr.)假球茎发育与成分分析[J]. 台中区农业改良场研究汇报, 2009(103):31-39.

(下转第1504页)

- [27] Hawkins K M, Smolke C D. Production of benzyloquinoline alkaloids in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Nat Chem Biol*, 2008, 4(9):564-573.
- [28] Trenchard I J, Smolke C D. Engineering strategies for the fermentative production of plant alkaloids in yeast [J]. *Metabolic Engineering*, 2015, 30:96-104.
- [29] Galanie S, Smolke C D. Optimization of yeast-based production of medicinal protoberberine alkaloids [J]. *Microbial Cell Factories*, 2015, 14(1):44.
- [30] Galanie S, Thodey K, Trenchard I J, et al. Complete biosynthesis of opioids in yeast [J]. *Science*, 2015, 349(6252):1095-1100.
- [31] Pj. F. ALKALOID BIOSYNTHESIS IN PLANTS; *Biochemistry, Cell Biology, Molecular Regulation, and Metabolic Engineering Applications* [J]. *Plant Biology*, 2001, 52(52):29-66.
- [32] 卿志星, 程辟, 曾建国. 博落回中生物碱质谱裂解规律研究进展 [J]. *中草药*, 2013, 44(20):2929-2939.
- [33] 左姿, 郑亚杰, 梁之桃, 等. 博落回根中生物碱的组织化学定位研究 [J]. *中草药*, 2016(10):1785-1790.
- [34] Zuo Z, Zheng Y, Liang Z, et al. Tissue-specific metabolite profiling of benzyloquinoline alkaloids in the root of *Macleaya cordata* by combining laser-microdissection with ultra-high performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry [J]. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2017, 31(5):397-410.
- [35] 刘金凤, 黄鹏, 柳亦松, 等. 博落回 Mc TYDC 基因的克隆与实时定量表达分析 [J]. *分子植物育种*, 2017(2):501-506.
- [36] 黄鹏, 刘金凤, 卿志星, 等. 博落回中四氢小檗碱氧化酶 Mc STOX 基因的克隆及表达分析 [J]. *基因组学与应用生物学*, 2017(6):2458-2463.
- [37] 黄鹏, 刘金凤, 卿志星, 等. 博落回去甲乌药碱合成酶基因的克隆及表达分析 [J]. *分子植物育种*, 2017(2):454-459.

(收稿日期 2017-02-20)

(上接第 1494 页)

- [35] 吕小波, 黄春球, 武正才, 等. 白及多糖对胃溃疡大鼠防治作用的实验研究 [J]. *云南中医学院学报*, 2012, 35(1):30-32.
- [36] Ke Y C, Zhao C J. Effects of *Bletilla striata* Polysaccharides on Ulcerative Colitis [J]. *China Pharmacy*, 2011, 22:2132-2134.
- [37] Huang Y, Sun Q H, Hu X J. Effects of *Bletilla striata* polysaccharides on animal gastric ulcer [J]. *Modern Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine*, 2009, 18:612-613.
- [38] Takagi S, Yamaki M, Inoue K. Antimicrobial agents from *Bletilla striata* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(4):1011-1015.
- [39] 马世宏, 金玲, 王守香, 等. 中药白及在牙膏中的应用研究 [J]. *中国野生植物资源*, 2009, 28(3):32-36.
- [40] Zheng C S, Feng G, Zhou R, et al. New use of *Bletilla striata* as embolizing agent in the intervention treatment of hepatic carcinoma [J]. *China J Oncol*, 1996, 18:305-307.
- [41] Wu Z B, Ruan Y B. Electron-microscopic observations of effect during the induction of hepatocellular carcinoma in rats [J]. *Medical Journal of Wuhan University*, 1978(2):121-122.
- [42] Qiu H M, Zhang Y, Zhou Q Z, et al. Regulatory Effect of *Bletilla striata* Polysaccharide on Immune Function of Mice [J]. *China J Biologicals*, 2011, 24:676-678.
- [43] Sun R S, Chen X H, Cheng T M, et al. Some factors of *Bletilla striata* in wound healing [J]. *Chinese Journal Clinical Rehabilitation*, 2003, 7(29):3927-3929.
- [44] 雷震, 常明泉, 陈黎, 等. 白及的临床应用研究进展 [J]. *中国药师*, 2013, 16(8):1240-1242.
- [45] 孙达峰, 史劲松, 张卫明, 等. 白及多糖研究进展 [J]. *食品科学*, 2009(30):296-298.
- [46] 张寒, 郝保华, 徐花荣, 等. 白及多糖的提取工艺的研究 [J]. *陕西中医*, 2007(28):223-225.
- [47] 王军, 王春宏, 任晓玲, 等. 白及胶的临床运用 [J]. *中国医院药学杂志*, 2004, 24(9):556-557.

(收稿日期 2017-02-20)