

· 药材 ·

芦荟属植物叶的结构与蒽醌类物质的关系

胡正海, 沈宗根, 李景原*

(西北大学植物研究所, 陕西 西安 710069)

摘要: 目的 蒽醌类物质是芦荟属植物的重要药用成分, 主要存在于叶内, 研究叶的结构与蒽醌类物质关系有重要意义。方法 应用植物解剖学、组织化学和植物化学方法研究 11 种芦荟属植物叶。结果 芦荟属植物叶的基本结构类似, 维管束韧皮部内具大型薄壁细胞为该属的结构特征, 是蒽醌类物质的主要贮存场所; 不同种植物叶内及同种植物叶的不同部分中蒽醌类物质的含量不同与维管束分布密度、大型薄壁细胞所占比率及同化组织厚度成正比相关。结论 研究结果可为选育芦荟良种及合理采收提供依据。

关键词: 芦荟属; 叶; 结构; 蒽醌类物质

中图分类号: S567 文献标识码: A 文章编号: 0253-2670(2001)04-0347-04

Relationship between leaf structures of *Aloe* L. and its anthraquinone content

HU Zheng-hai, SHEN Zong-gen, LI Jing-yuan

(Institute of Botany, Northwest University (Xi'an Shanxi 710069, China))

Abstract Object Anthraquinones present in the leaves of *Aloe* L. are the main active principle for medical purposes. Therefore, to study their relationship is of great interest to the medical profession.

Methods Leaves of 11 species of *Aloe* L. were studied by phytotomy, histochemistry and phytochemistry. **Results** The structures of the aloe leaves were basically similar as characterized by the presence of the large, well developed parenchymatous cells in the phloem pole where anthraquinones were stored. Some positive correlations exist between the contents of anthraquinones in the leaves of different species and different parts of leaves of the same species, and some phytotomic factors including the density of vascular bundles, the ratio of large parenchymatous cells in phloem and the thickness of the chlorenchyma.

Conclusion Results of the study may provide references during purchasing and for the selection and breeding of new improved species.

Key words *Aloe* L.; leaf; structure; anthraquinones

芦荟属 (*Aloe* L.) 隶属百合科, 原产非洲南部, 全世界约 450 余种, 我国仅 1 变种——中华芦荟 *Aloe vera* L. var. *chinensis* (Haw.) Berg.^[1] 《中国药典》1990 年版一部记载, 芦荟胶具有清肝热、通便之功效^[2]。芦荟属植物含有多种药用成分, 其中主要的是蒽醌类物质和多糖, 前者主要含芦荟素、高那特芦荟素、芦荟大黄素、芦荟宁和芦荟苦素等, 而后者主要是甘露聚糖^[3-5]。近年来的药理和临床试验表明, 芦荟胶具有抗炎、抗紫外线辐射、抗病毒、提高人体免疫机能及滋养皮肤和毛发等功能, 并对肿瘤细胞和爱滋病毒也有抑制作用^[6-9]。因此, 芦荟叶泌出物在医药和化妆品工业中备受国内外重视。由于芦荟的蒽醌类物质和多糖等活性物质主要含在叶的泌

出物中, 为此, 深入研究芦荟属植物叶的结构与这些次生产物的关系, 具有重要的理论和实践意义。我们主要报道芦荟属植物叶的结构特点, 蒽醌类物质产生和贮存的场所以及该属植物叶的结构上的差异与蒽醌类物质含量的关系。

1 材料及方法

1.1 研究材料及其来源: 见表 1

1.2 研究方法

1.2.1 植物解剖学方法: 选取以上材料的同龄健壮叶片, 分别从叶片的上、中、基部取材, 用 50% 乙醇配制的 FAA 固定, 石蜡法制片, 染色, Leica-DM LB 显微镜观察并照相。

1.2.2 组织化学试验: 取中华芦荟叶片按上法取

* 收稿日期: 2000-11-03

资助项目: 陕西省教委专项基金资助课题 (编号: 00JK139)

作者简介: 胡正海 (1930-), 男, 浙江湖州人, 西北大学生命科学学院教授, 博士生导师, 长期从事药用植物学教学、科研工作, 已在该领域发表学术论文 100 余篇, 出版专著 2 本, 获省部级科技进步奖 5 项。

表 1 芦荟属植物研究的种类及材料采集地点

序号	植物学名	采集地点
1	<i>Aloe vera</i> L. var. <i>chinensis</i> (Haw.) Berg. (中华芦荟)	西北大学生物园
2	<i>A. vera</i> L. (库拉索芦荟)	
3	<i>A. arborescens</i> Mill. (木立芦荟)	
4	<i>A. saponaria</i> Haw. (皂叶芦荟)	
5	<i>A. barbadensis</i> Mill. (翠叶芦荟)	以色列本古里安大学沙漠所
6	<i>A. cameronii</i> Hensley	
7	<i>A. austancna</i> Mill.	
8	<i>A. mitriformis</i> Mill.	
9	<i>A. mutabilis</i> Pillans	
10	<i>A. hereroensis</i> Engler	
11	<i>A. cryptopada</i> Baker	

材,先在 5% 的 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 中固定 6 h,然后转移到 FAA 固定液中,石蜡法制片,观察照相。新鲜材料徒手切成 15~20 μm 切片,直接置显微镜下观察其贮存物质情况,然后滴加 2%~5% NaOH 溶液处理 30 s~1 min,观察其变化

1.2.3 植物化学试验:选取供试种类的 4 片成年叶片。每一叶按上、中和基部各 1/3 的比例切成 3 份。用榨汁器收集叶汁,立即置于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 下冷藏,然后在 -60 $^{\circ}\text{C}$ 下真空干燥。干粉用于成分分析。取 2~10 mg 样品溶在 1 mL 甲醇中。彻底溶解后用滴管滴在薄层 TLC 硅胶-60 板上。干燥后移入具下列溶剂(乙酸乙酯:甲醇:水=100:16.5:13.5)的玻璃缸中层析,25~30 min 后从层析缸中移出层析板,干燥后在位移值 $R_f=0.31\sim 0.35$ 处收集芦荟素,并溶在 5~10 mL 甲醇中。然后用 Hewlett Packard 8452A 分光光度计测定吸收光谱。用标准曲线计算其占叶干重的百分含量^[9]。

所有以上的实验结果用单因子 ANOVA 和 Fisher PLSD 检验其差异的显著性

2 研究结果

2.1 芦荟属植物叶的结构特征:根据国内引种栽培较普遍的 4 种药用芦荟(中华芦荟、库拉索芦荟、木立芦荟和皂叶芦荟)叶的上、中、基部的解剖学研究结果,其叶片的内部结构都由表皮、叶肉及排列成环状的维管束构成(图 1)

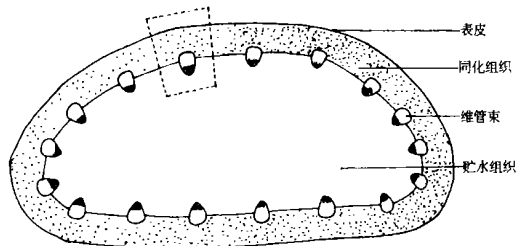


图 1 芦荟叶横切面轮廓图

2.1.1 表皮:叶的最外层是表皮,都由 1 层细胞组成。其外覆盖较厚的角质层。细胞厚 25~40 μm ,其中以皂叶芦荟最厚,库拉索芦荟次之,中华芦荟最薄。每一种植物叶的表皮细胞从叶基到叶尖厚度变化不明显。上、下表皮都有气孔分布,分布密度基本相似,为 10~12 个/平方毫米,气孔复合体由 2 个保卫细胞和 4~5 个副卫细胞组成。气孔下陷,具有较大的孔下室。气孔下陷幅度以皂叶芦荟为最大,依次为库拉索芦荟,而中华芦荟气孔下陷幅度最小。叶缘表皮下都有厚角组织,在皂叶芦荟中,厚角组织细胞达 8~10 层。

2.1.2 叶肉:4 种植物中均可明显分为同化薄壁组织和储水组织两部分。同化薄壁组织细胞由 6~10 层细胞组成,厚 430~625 μm 不等,其中库拉索芦荟细胞层数最多,木立芦荟最少。同化薄壁组织细胞层数在叶基部大于中、上部。同化薄壁细胞近方形,叶绿体数目众多,有的细胞中含草酸钙结晶,栅栏组织和海绵组织分化不明显。

储水组织占叶片横切面的 60%~70%,由大型薄壁细胞组成。此类细胞直径为 230~650 μm ,以木立芦荟和中华芦荟的最大,皂叶芦荟最小。储水组织细胞直径都呈现叶上部>中部>基部特点。

2.1.3 维管束:4 种植物叶内都具有维管束一轮,位于同化薄壁组织和储水组织之间。此轮维管束的数量在叶各部分各不相同,通常在叶中、上部的维管束数多于叶基部。维管束有一层薄壁组织细胞所组成的鞘,韧皮部处于同化组织细胞包围之中,而木质部则紧邻储水组织细胞。韧皮部纤维少,薄壁组织发达,其中有数个大型的薄壁细胞和周围细胞明显有别(图 2)。木质部的管状分子加厚式样较原始,主要是环纹和螺纹加厚。此外,中华芦荟叶的基部,除上述一轮维管束外,在贮水组织中还有另一轮维管束,但数量较少。其结构与外轮维管束的区别在于:维管束直径小得多,韧皮薄壁组织不发达,没有大型薄壁细胞。

2.2 中华芦荟叶的结构与蒽醌类物质的关系:中华芦荟叶的结构与其他芦荟属植物类似,都由表皮、叶肉和一轮呈环状排列的维管束构成,但其叶基部的贮水组织中还有另一轮较小的维管束。芦荟属植物叶中维管束的韧皮部外侧具有多个大型薄壁细胞,为该属植物显著的结构特征。据观察,中华芦荟同一植株的不同叶片间维管束的密度不同,幼叶高,老叶低;同一叶片的不同部位维管束的密度也不同,叶上部高,中部次之,基部最低(表 2)。

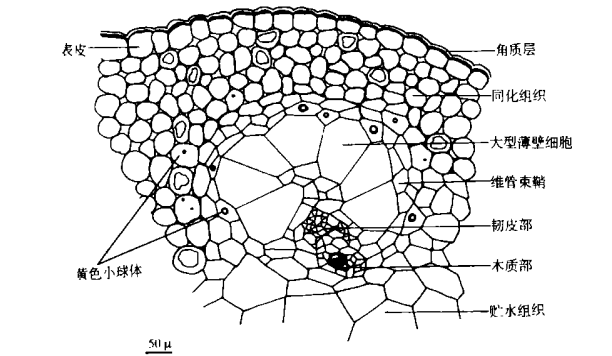


图 2 芦荟叶横切面的一部分

表 2 叶不同部位和不同叶位中维管束密度的比较

叶部及叶序	维管束密度平均值 (/m ²)	P 值
上部 (Top)	2. 88± 0. 12	Top vs. Middle= 0. 000 4
中部 (Middle)	2. 63± 0. 14	Middle vs. Base= 0. 000 7
基部 (Base)	2. 40± 0. 12	Top vs. Base= 0. 000 1
叶序号 L1	3. 00± 0. 17	L1 vs. L2= 0. 000 3
L2	2. 70± 0. 12	L1 vs. L3& L1 vs. L4= 0. 000 1
L3	2. 43± 0. 15	L2 vs. L3= 0. 000 6
L4	2. 40± 0. 12	L2 vs. L4= 0. 000 3;
		L3 vs. L4= n. s

在 5% Pb (CH₃COO)处理的叶片中,可观察到维管束韧皮部中的大型薄壁细胞内存在许多特殊的结晶,而其他细胞内缺乏。并发现此种结晶的数量在幼叶中多,老叶内少,同一叶片中则上部多,中部和基部依次减少,而叶基部的第二轮维管束中未出

现此种结晶 新鲜材料切片滴加 2%~ 5% NaOH溶液后,维管束韧皮部的大型薄壁细胞的内容物发生从淡黄色到浅红色到深红色的颜色反应。

中华芦荟叶的 TLC分析结果表明,其蒽醌类物质主要为芦荟素。同一叶片不同部位样品中,叶上部的平均含量最高,中部次之,基部最低(表 3) 同一植株不同叶的样品中,第 1片 (L1)幼叶含量最高,依次降低,第 4片 (L4)含量低(表 3)。

表 3 不同叶位和叶不同部位中芦荟素含量的比较

叶部及叶序	芦荟素含量平均值 (干重的百分比)	P 值
上部 (Top)	2. 40± 0. 27	Top vs. Middle= 0. 000 4
中部 (Middle)	1. 25± 0. 19	Middle vs. Base= 0. 000 7
基部 (Base)	0. 60± 0. 08	Top vs. Base= 0. 000 1
叶序号 L1	1. 97± 0. 67	L1 vs. L2= 0. 0049 8;
		L1 vs. L3= 0. 006 5,
L2	1. 57± 0. 55	L1 vs. L4= 0. 002 7
L3	1. 30± 0. 44	L2 vs. L3& L3 vs. L4= n. s
L4	1. 17± 0. 43	L2 vs. L4= 0. 048 0

2. 4 叶的结构与蒽醌类物质的关系: 根据蒽醌类物质的含量和成分不同的 9种具商业用途的芦荟属植物叶的比较解剖,并结合其蒽醌类物质含量分析,结果: 9种植物叶的结构都由表皮、叶肉(同化组织和贮水组织)和维管束组成,但不同植物之间各部分结构存在一定差异(表 4)。

9种植物叶应用 TLC法分析测定的结果表明,

表 4 芦荟属 9种植物叶的解剖特征比较

组号	植物学名	表 皮		同化组织				维管束							储水组织	
		角质膜	角质膜	细胞	厚度*	细胞	分化	晶体类	密度	直径	大细	大细胞	大细胞	细胞	占叶横	
		厚度	表面	厚度	(μ m)	层数	情况	型 /长度	(个 /毫米)	(μ m)	胞数	直径	与维管	轮数	直径	切面比
		(μ m)		(μ m)				(μ m)				(μ m)	束之比		(μ m)	(%) ^{***}
I	<i>Aloe vera</i> var. <i>chinensis</i>	8~ 10	具微突	35	900~ 1 000	8~ 10	不分化	细针晶 /70	2~ 2.2	300~ 350	3~ 4	60~ 70	1.1~ 1.3	1/2 [*]	250~ 300	60~ 70
	<i>A. barbadensis</i>	15~ 18	平滑	25	950~ 1 000	8~ 10	不分化	短针晶族 /50	1.9~ 2	320~ 400	3~ 4	80~ 100	1.4~ 1.5	1	300~ 350	62~ 75
	<i>A. cameronii</i>	10~ 12	具微突	100	550~ 600	8~ 10	不分化	针晶束 /300	1.7~ 1.8	300~ 400	3~ 4	80~ 100	1.1~ 1.4	1	200~ 250	55~ 65
II	<i>A. castanena</i>	18~ 20	具钝乳突	50	1 450~ 1 500	10~ 12	不分化	单晶柱 /300~ 500	2.3~ 2.5	550~ 600	5~ 6	120	1.4	1	250~ 300	72~ 78
	<i>A. mitriformis</i>	22~ 25	具不明显微突	80	1 200~ 1 400	16~ 18	不分化	针晶束 /250~ 300	1.7~ 1.8	900~ 950	6~ 7	200~ 250	4~ 5	1	300~ 320	50~ 60
	<i>A. mutabilis</i>	15~ 18	具钝乳突	25	1 000~ 1 050	8~ 10	具栅栏状组织	针晶束 /100	2.5~ 3	320~ 350	3~ 4	80~ 90	1.0~ 1.2	1	250~ 300	75~ 80
III	<i>A. hererocensis</i>	20~ 22	具尖突	50	950~ 1 000	16~ 18	不分化	针晶束 /100~ 120	2.8~ 3.2	410~ 470	4~ 5	145~ 170	2.5~ 3	1	250~ 280	70~ 80
	<i>A. cryptopada</i>	30~ 32	平滑	85	1 300~ 1 350	12~ 14	具不显著的栅栏组织	针晶束 /100	4~ 4.2	450~ 500	5~ 6	140~ 180	2.8~ 3.2	1	250~ 300	55~ 65
	<i>A. arborescens</i>	18~ 20	具细微突	30	1 350~ 1 400	8~ 10	具栅栏状组织	针晶束 /120	2.5~ 3	450~ 500	5~ 6	80~ 100	1.6~ 2	1	300~ 320	70~ 75

* 指在叶中部 1/3处上下两层组织的平均厚度;* * 仅在叶基部存在第二轮维管束,位于储水组织之中;* * * 指叶中部 1/3处的比值。其中 4种主要含芦荟素,3种主要含高那特芦荟素,而 2种含以上 2种成分。蒽醌类物质的含量在 9种植物中相差显著,可划分为 50%以上、10%~ 25%及 9%以下 3组(表 5)。

对 9种植物叶的比较解剖结果与其蒽醌类物质含量测定结果结合分析,发现两者间存在一定的相

关性(表 6)。

3 小结和讨论

3.1 根据芦荟属 11种植物叶的解剖学研究结果表明,该属植物叶的结构都由表皮、叶肉(同化组织和贮水组织)和 1轮维管束组成,仅见中华芦荟叶的基部的贮水组织内尚有第二轮维管束。叶的结构都具有较典型的旱生多浆液植物的特征,这是该属植物长期适应原产地南部非洲的干旱、炎热的生态环境的结果。但不同种植物之间叶内部结构的 3个组成部分的结构存在一定差异,这些结构特征的综合应用,可为该属植物的种间分类提供解剖学依据。

3.2 我们的研究表明,芦荟属植物叶的维管束

表 6 芦荟属 3组植物叶的结构与蒽醌类含量的关系*

组 号	维管束的分布密度 个/平方毫米	大型薄壁细胞占 维管束体积的比值	同化组织厚度 (μ m)	蒽醌类物质含量 (叶泌出物干重%)
I	1.38	1.38	830	8.5
II	2.4	1.8	1100	22.2
III	3.4	3.1	1240	63

*表中各组的数据都是 3种植物所测结果的平均值。

韧皮部中都具有大型薄壁细胞,是该属植物显著的解剖学特征。Beaumont等(1986)曾研究了东非产的 19种芦荟属植物叶的维管组织,指出维管束中的大型薄壁细胞是该属植物特征性化学成分芦荟素及其苷类的合成和贮存场所,并将它称为芦荟素细胞^[11]。我们应用 5% Pb(CH₃COO)₂溶液预处理材料和 2%~3% NaOH溶液处理徒手切片等测定蒽醌类物质的组织化学方法^[12],试验结果表明,维管束的大型薄壁细胞中都产生显色反应,而其周围细胞及无大型薄壁细胞的第二轮维管束内都无此反应。实验证明此种大型薄壁细胞是中华芦荟叶内蒽醌类物质的主要贮存场所。Chaaser-Volfson和 Guterman(1997)曾报道,芦荟叶中芦荟素的含量在不同部分内存在差异。植物解剖学和植物化学测定结果表明,中华芦荟叶内维管束的密度,上部>中部>基部,其芦荟素的含量也呈上部>中部>基部,两者呈正相关(表 3)。从而进一步证明,其叶内蒽醌类物质的含量与维管束密切相关。

3.3 芦荟属植物叶内所含的蒽醌类物质为其主要药用成分之一。我们比较研究了生长在中国和以色列的 9种蒽醌类物质的成分和含量不同的芦荟属植物叶的结构和蒽醌类物质的含量,两者的研究结果经相关性分析表明,芦荟属植物叶内维管束的分布密度、维管束内大型薄壁细胞所占比率以及同化薄壁组织的厚度与其蒽醌类物质的含量成正相关(表

表 5 9种芦荟属植物叶的泌出物中主要蒽醌类物质的含量比较

组号	植物学名	蒽醌类物质的种类及含量 (叶泌出物干重%)	
		芦荟素	高那特芦荟素
I	<i>Aloe vera</i> var. <i>chinensis</i>	3.6	
	<i>A. barbadensis</i>	8.8	
	<i>A. cameronii</i>	5.7	7.3
II	<i>A. castanena</i>	18.5	
	<i>A. mitriformis</i>		24.7
	<i>A. mutabilis</i>	10.3	13.3
III	<i>A. hereroensis</i>		50.0
	<i>A. cryptopada</i>		55.0
	<i>A. arborescens</i>	84.0	

5)。为此,以上 3项结构特征可以作为今后选育高含量的药用芦荟品种的解剖学指标。

参考文献:

[1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. (第 14卷). 北京: 科学出版社, 1980.

[2] 中国药典[S]. 1990年版. 一部.

[3] 金万志, 乔悦昕. 芦荟属植物化学成分的研究[J]. 中草药, 1989, 30(2): 151-153.

[4] Nobuyuki O., Masami A., Noriko H. *et al.* High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in *Aloe* species [J]. J. Chromatogr. A, 1996, 746: 225-231.

[5] Park M. K., Park J. H., Kim N. Y. *et al.* Analysis of 13 phenolic compounds in *Aloe* species by high performance liquid chromatography [J]. Phytochemical Analysis, 1998, 9: 186-191.

[6] Yamamoto M., Masai T., Sugiyama K. *et al.* Anti-inflammatory active constituents of *Aloe arborescens* Millr. [J]. Agri Bio Chem, 1991, 55: 1627-1629.

[7] Soeda M., Otomo M., Ome M. *et al.* Studies on anti-bacterial and anti-fungal activity of Cape *Aloe* [J]. Nippon Saikingaku Zasshi, 1996, 21: 609-614.

[8] Montaner J. K., Gill J., Singer J. *et al.* Double-blind placebo-controlled pilot trial of acemannan in advanced human immunodeficiency virus disease [J]. Human Retrovir, 1996, 12: 153-157.

[9] Reynolds T., Dweck A. C. *Aloe vera* leaf gel: a review update [J]. J. Ethnopharmacol, 1999, 68: 3-37.

[10] Chauser-Volfson E., Guttenman Y. Content and distribution of anthrone C-glycosides in the South African arid plant species *Aloe mutabilis* growing in Negev Desert of Israel [J]. J. Arid Environ, 1998, 40: 441-451.

[11] Beaumont J., Cutler D. F., Reynolds T. *et al.* Secretory tissues in the East African shrubby *Aloes* [J]. Bot. J. Linn. Soc., 1986, 92: 399-403.

[12] 刘文哲, 胡正海. 贯叶连翘的分泌结构及其与金丝桃素积累的关系[J]. 植物学报, 1999, 41(4): 369-372.