

GC-MS 分析苦豆子总碱中的 13 种生物碱

万传星,刘明月,孙红专,刘文杰,张利莉

(塔里木大学新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护与利用重点实验室,新疆阿拉尔 843300)

摘要: 目的 定性、定量分析苦豆子中的生物碱。方法 采用 732 强酸性阳离子交换树脂法、Hydromatrix 为基质的固相萃取法和有机溶剂液液萃取法制备新疆苦豆子总碱,并用 GC-MS 法分析总碱中生物碱的组分及相对含量。结果 3 种方法提取的苦豆子总碱中各生物碱单体的组分类型相同;GC-MS 法共检出 13 种生物碱,主要为槐定碱、槐果碱、苦参碱、异槐果碱、野啶碱、Lamprolobine 和槐胺碱,占 13 种生物碱的相对百分含量分别为 32.63%、19.99%、12.52%、9.25%、8.47%、6.16%、4.11%。结论 GC-MS 法能够快速准确地检测苦豆子中槐定碱、苦参碱等多种生物碱成分。

关键词: 苦豆子;生物碱;GC-MS;阳离子交换法;固相萃取法

中图分类号:R284

文献标志码:A

文章编号:1006-0103(2009)06-0587-04

Qualitative and quantitative analyses of 13 constituents of alkaloids from *Sophora alopecuroides* by GC-MS

WAN Chuan-xing, LIU Ming-yue, SUN Hong-zhuan, LIU Wen-jie, ZHANG Li-li

(Key Laboratory of Protection & Utilization of Biological Resources in Tarim Basin of Xinjiang Production and Construction Groups, Tarim University, Alar, Xinjiang, 843300 P. R. China)

Abstract: **OBJECTIVE** To investigate constituents of alkaloids from *Sophora alopecuroides* by qualitative and quantitative analysis. **METHODS** Cation exchange method with 732 sulfuric acid resin, solid phase extraction method with Chemtube-hydromatrix and liquid-liquid extraction methods with organic solvents were used to prepare total alkaloids from *S. alopecuroides*. The total alkaloids prepared by different methods were subjected to GC-MS analysis in quality and relative quantity. **RESULTS** 13 quinolizidine alkaloids constituents were identified from total alkaloids prepared by the three methods, among which sophoridine (32.63%), sophorcarpine (19.99%), matrine (12.52%), isosophorcarpine (9.25%), cytisine (8.47%), lamprolobine (6.16%), and sophoramine (4.11%) were main components. **CONCLUSION** GC-MS method was suitable for qualitative and quantitative analysis of alkaloids from *S. alopecuroides*.

Key words: *Sophora alopecuroides*; Alkaloids; GC-MS; Cation exchange method; Solid phase extraction

CLC number: R284

Document code: A

Article ID: 1006-0103(2009)06-0587-04

苦豆子 *Sophora alopecuroides* L. 属于豆科槐属多年生草本植物,集中分布在北纬 37°~48°、东经 75°~110°的新疆、甘肃、内蒙等省区的荒漠化草原地带和荒漠区湿润地段^[1]。苦豆子的药用活性成分为生物碱,包括苦参碱、氧化苦参碱、槐定碱、氧化槐定碱、槐果碱、氧化槐果碱、槐胺碱、莱曼碱、野啶碱和苦豆碱等。苦豆子中的生物碱具有抗肿瘤、抗肝癌、抗病毒等药理作用^[2]。检测苦豆子中生物碱的方法有 HPLC、HPCE、LC-MS 法等^[3-13],作者尝试采用 GC-MS 法对苦豆子中系列生物碱进行了定性、定量分析。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

AI/AS 3000 Trace GC 2000 DSQ 气相色谱质谱

联用仪(Finnigan 公司);732 阳离子交换树脂(上海山浦化工有限公司);固相萃取用基质 Chemtube-hydromatrix(Varian 公司)。无叶假木贼碱对照品(Sigma 公司);苦参碱、槐定碱、槐果碱、槐胺碱、氧化苦参碱(宁夏紫荆花药业股份有限公司);野啶碱、异槐果碱(自制);Silica gel 60 F₂₅₄(Merck 公司);苦豆子种子于 2007 年 3 月采自新疆阿拉尔棉田排碱渠边的野生植物。

1.2 苦豆子总碱的提取

1.2.1 苦豆子总碱 I 的提取 采用 732 磺酸型阳离子交换树脂法,准确称取 10 g 苦豆子种子粉末,用 80% 乙醇冷浸提取至显色剂不显色为止,减压浓缩、挥干乙醇后得苦豆子乙醇浸膏,加少量酸调 pH3~4,过滤,滤液过阳离子交换树脂色谱柱(25 g 树脂质量),充分交换后,倒出树脂,烘干,浓氨水碱

基金项目:新疆生产建设兵团工业科技攻关计划项目(2008GG28);新疆高校科研计划创新研究群体基金项目(XJEDU2005G07)

作者简介:万传星(1972—),男,湖南澧县,讲师,主要从事天然产物的研究工作。Email: wanchuanxing@163.com

化后用氯仿充分萃取,减压浓缩、挥干氯仿后得到 0.196 g 苦豆子总碱 I (M_1),收率为 1.96%。

1.2.2 苦豆子总碱 II 的提取 采用 Hydromatrix 为基质的固相萃取法,按照“1.2.1”项操作,制得苦豆子乙醇浸膏,加 10 mL 0.5 mol·L⁻¹ 盐酸,过滤,滤液用浓氨水调 pH8~9,过以 Hydromatrix 为基质(16 g)的固相萃取柱,静置 30 min,待充分吸收水分后用氯仿萃取至无生物碱为止,得 0.323 g 苦豆子总碱 II (M_2),收率为 3.23%。

1.2.3 苦豆子总碱 III 的提取 采用有机溶剂液液萃取法,按“1.2.1”项操作,制得苦豆子乙醇浸膏,加 10 mL 0.5 mol·L⁻¹ 的盐酸,过滤,滤液用浓氨水调 pH11~12 后用氯仿进行液液萃取,得到 3.57 g 苦豆子总碱 III (M_3),收率为 3.57%。

表 1 苦豆子种子中生物碱 GC-MS 的定性分析结果

Table 1 Alkaloids identified in total alkaloids from seeds of *S. alopecuroides* by GC-MS

No.	t_R /min	Alkaloids	Molecular formular	Characteristic ions m/z (relative abundance, %)
1	10.46	anabasine	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	162(M^+ ,30),161(29),147(5),133(47),119(43),106(57),105(70),92(24),84(100),78(27),65(22),51(40)
2	24.37	N-methylcytisine	C ₁₂ H ₁₆ N ₂ O	204(M^+ ,9),160(3),146(3),58(100)
3	27.21	cytisine	C ₁₁ H ₁₄ N ₂ O	190(M^+ ,43),160(20),148(24),147(70),146(89),134(15),117(12),109(18),93(12),82(13),65(15),53(10),44(100)
4	27.83	5,6-didehydrolupanine	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	246(M^+ ,20),203(3),136(2),135(3),98(100),97(33),55(14)
5	29.30	luprolobine	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	264(M^+ ,15),263(10),235(2),222(11),152(37),138(85),136(55),124(19),110(57),98(43),97(65),96(35),83(54),55(100)
6	31.59	unknownA	UnknownA	246(M^+ ,55),245(100),218(53),204(24),189(15),176(19),175(18),150(3),96(2),55(24)
7	32.77	lehmannine	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	246(M^+ ,100),245(75),218(5),217(15),204(25),203(73),160(10),150(33),137(15),136(13),108(17),98(17),96(50),55(25)
8	33.42	matrine	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O	248(M^+ ,100),247(95),219(20),206(40),205(93),192(25),177(26),176(12),162(27),150(70),137(40),136(35),122(27),120(27),110(16),98(59),96(94),55(99)
9	33.75	sophocarpine	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	246(M^+ ,60),245(100),231(2),217(7),204(2),203(22),177(16),160(10),150(40),138(34),136(20),122(18),110(12),98(17),96(58),68(53),55(20)
10	33.96	isosophocarpine	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	246(M^+ ,68),245(100),231(15),217(9),204(4),203(11),177(90),176(7),160(10),150(50),138(19),137(4),136(25),122(23),110(8),98(7),96(79),55(23)
11	34.21	sophoridine	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O	248(M^+ ,62),247(100),219(8),206(13),205(35),192(10),177(25),176(7),162(14),150(62),137(15),136(36),122(20),120(14),110(10),98(23),96(73),55(61)
12	34.73	unknownB	UnknownB	244(M^+ ,53),243(100),216(24),202(10),188(8),175(30),147(9),134(8),121(8),106(4),93(4)
13	34.91	unknownC	UnknownC	246(M^+ ,100),245(71),231(17),218(18),204(26),190(24),175(19),161(15),148(35),134(19),120(15),106(15),93(21),80(20),68(29),55(24)
14	35.35	unknownD	UnknownD	244(M^+ ,65),243(100),229(9),215(15),201(10),187(6),175(17),160(23),148(35),146(36),136(40),134(45),118(15),106(23),93(22),80(26),68(56),53(22)
15	35.87	unknownE	UnknownE	244(M^+ ,70),243(100),216(16),202(7),188(5),176(60),175(61),159(5),148(20),147(19),134(18),121(10),91(8),77(9),68(10),53(5)
16	36.09	unknownF	UnknownF	246(M^+ ,55),245(100),218(21),217(12),204(8),190(11),176(29),175(25),160(4),148(18),134(11),121(7),91(6),77(8),65(7)
17	40.00	isosophoramine	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	244(M^+ ,70),243(100),215(20),201(5),186(2),172(13),160(5),159(10),149(35),136(48),134(20),122(13),109(12),96(22)
18	40.55	anagryne	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	244(M^+ ,26),160(5),146(21),98(100)
19	41.84	neosophoramine	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	244(M^+ ,70),243(75),215(13),201(4),186(5),172(20),160(15),159(20),149(5),146(22),136(100),134(15),122(15),109(15),95(25)
20	42.19	sophoramine	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	244(M^+ ,70),243(66),215(20),201(10),186(6),172(15),160(20),159(15),149(35),146(25),136(100),134(22),122(15),109(30),96(16)

1.3.3 苦豆子生物碱组分的 GC-MS 定性分析 采用 GC-MS 法共检出苦豆子中 13 种已知生物碱成分(表 1)。检测鉴定的 13 种已知生物碱均属于双稠哌啶类生物碱,按其结构及其质谱的裂解规律可以归结为五大类型。第一类为苦参碱 matrine 系列,包括苦参碱、槐定碱、莱曼碱、槐果碱、异槐果碱、

1.3 苦豆子中生物碱的定性分析

1.3.1 色谱、质谱条件 采用 Thermo TR-35 MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),载气为氮气,恒流 1.0 mL·min⁻¹,进样量为 1 μL,分流比为 20:1,进样口温度为 250℃;升温程序的起始温度 100℃、保持 1 min,由 10℃·min⁻¹ 升至 200℃、保持 1 min,再 2℃·min⁻¹ 升至 250℃、保持 3 min,然后 10℃·min⁻¹ 升至 280℃、保持 2 min;离子源温度为 250℃,接口温度为 250℃,电子轰击能为 70 eV,50~350 amu 质量范围全扫描。

1.3.2 生物碱定性的判定 通过比对标准品的质谱图及相对保留时间来确定苦参碱、槐定碱、槐果碱、异槐果碱、槐胺碱、野啶碱的色谱峰;通过检索 NIST 谱库、比对质谱文献来确认其他生物碱。

槐胺碱、异槐胺碱和新槐胺碱。苦参碱和槐定碱的质谱主要特征离子为 m/z 248、247、219、205、192、177、150、137、136、98、96、83,其分子离子峰为基峰或较强峰。苦参碱与槐定碱的区别在于苦参碱的基峰是 M^+ 峰,而槐定碱的基峰是 $(M-1)^+$ 峰;莱曼碱、槐果碱和异槐果碱因 D 环含有一个双键,主要

碎片离子质荷数较苦参碱或槐定碱少 2。因莱曼碱与苦参碱的立体构型相同,故其分子离子峰 m/z 246 为基峰;而槐果碱和异槐果碱与槐定碱的立体构型相同,其基峰则为 $(M-1)^+$ 峰。异槐果碱与槐果碱的主要区别在于其 m/z 177 峰特强;槐胺碱、异槐胺碱和新槐胺碱因 D 环含有 2 个双键,主要碎片的离子质荷数较苦参碱或槐定碱少 4, m/z 136 峰为基峰或次强峰;槐胺碱与异槐胺碱、新槐胺碱的区别在于其 M^+ 峰强于 $(M-1)^+$ 峰;异槐胺碱与新槐胺碱的不同在于异槐胺碱 m/z 149 峰强而 m/z 136 峰相对较弱。第二类是野啮碱 cytisine 系列,包括野啮碱和 N-甲基野啮碱,其质谱的主要特征离子是 m/z 160、146。第三类是臭豆碱 anagryne 系列,其质谱的主要特征离子是 m/z 160、146、98。第四类是羽扇烷宁 lupanine 系列,包括 5,6-二氢羽扇豆碱,其质谱主要特征是 m/z 98 为基峰。第五类是羽扇豆碱 lupinine 系列,包括 Lamprolobine,主要碎片离子包括 m/z 152、138、110、97、83,这类生物碱的主要特点是 m/z 138 峰较强。Unknown A 由质谱裂解方式推测为苦豆子中所含的苦参碱系列未知新化合物。Unknown B、C、D、E、F 在总碱中用锌粉还原后消失,表明其可能为氧化类生物碱,但其质谱图又和氧化类生物碱的质谱图有显著差别,用氧化苦参碱标准品进样后,其色谱图出现多个峰;除发现苦参碱的色谱峰外,主要还有 Unknown C、F 的色谱峰。据此初步判定:Unknown B、C、D、E、F 是氧化类生物碱在毛

细管柱中高温条件下部分分解脱氧、同时在 A 或 B 环脱氢造成的。

1.4 苦豆子中生物碱的定量分析

1.4.1 样品的配制与测试 精密称取 10 mg 不同方法制备的苦豆子总碱溶于 0.5 mL 氯仿中,再加入 1 mg 无叶假木贼碱(内标)混匀,配制成含内标 $0.5\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的样品溶液。

1.4.2 定量的计算方法 以“1.4.1”项的溶液为参照,通过苦豆子生物碱单体与内标含量的对比,用其总离子图中峰面积的比计算各生物碱单体的含量。主要生物碱占 13 种生物碱的相对百分含量是 3 种提取方法所得含量的平均值。

1.4.3 苦豆子生物碱组分的 GC-MS 定量分析 GC-MS 法能直接检测分析苦豆子中含有的 13 种已知生物碱及其含量(表 2)。其中,槐定碱、槐果碱、苦参碱、异槐果碱、野啮碱、lamprolobine 和槐胺碱为主要生物碱,占所检出 13 种生物碱中的相对百分含量(3 种方法平均)分别为 32.63%、19.99%、12.52%、9.25%、8.47%、6.16% 和 4.11%。3 种提取制备苦豆子总碱的方法用于苦参碱系列生物碱的定量分析,方法间差异不大;相对传统的酸提碱沉有机溶剂液液萃取法,离子交换树脂法更易提取野啮碱,以 lamprolobine、hydromatrix 为基质的固相萃取法则相反,这与吸附剂的特性、各生物碱的极性 & 提取制备时的溶剂环境及 pH 密切相关。

表 2 苦豆子种子中生物碱 GC-MS 的定量分析结果

Table 2 Components and concentrations of Alkaloids from seeds of *S. alopecuroides* as quantified by GC-MS

No.	Alkaloids	Area/%			Content/ $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$		
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₁	M ₂	M ₃
1	anabasine	13.22	14.06	12.55	0.50	0.50	0.50
2	N-methyleytisine	1.60	1.17	1.10	0.06	0.04	0.05
3	cytisine	9.52	3.69	6.90	0.36	0.13	0.28
4	5,6-didehydro lupanine	0.48	1.02	1.04	0.02	0.04	0.04
5	lamprolobine	1.75	6.50	6.39	0.07	0.23	0.25
6	unknown A	1.06	1.18	1.32	0.04	0.04	0.05
7	lehmannine	0.49	0.47	0.89	0.02	0.02	0.04
8	matrine	10.08	10.90	8.85	0.38	0.39	0.35
9	sophocarpine	16.71	16.93	14.00	0.63	0.60	0.56
10	isosophocarpine	7.27	7.48	7.23	0.27	0.27	0.29
11	sophoridine	26.97	25.48	25.24	1.02	0.91	1.00
12	unknown B	0.66	0.71	0.93	0.02	0.03	0.04
13	unknown C	0.62	0.82	1.29	0.02	0.03	0.05
14	unknown D	1.19	1.59	2.74	0.05	0.06	0.11
15	unknown E	0.97	1.26	1.47	0.04	0.04	0.06
16	unknown F	1.60	1.65	1.98	0.06	0.06	0.08
17	isosophoramine	0.28	0.37	0.50	0.01	0.01	0.03
18	anagryne	0.67	0.49	0.60	0.03	0.02	0.03
19	neosophoramine	1.61	1.26	1.57	0.06	0.04	0.06
20	sophoramine	3.24	2.98	3.41	0.12	0.11	0.14

M₁ means cation exchange method; M₂ means solid phase extraction method; M₃ means liquid-liquid extraction method

2 讨论

3种方法制备的苦豆子总碱中,各生物碱单体的组分类型相同。GC-MS检测苦豆子各主要生物碱单体的含量由高到低排序为:槐定碱>槐果碱>苦参碱>异槐果碱>野啶碱>Lamprolobine>槐胺碱。相对于传统的酸提碱沉以氯仿为有机溶媒的液液萃取法,以Hydromatrix为基质的固相萃取法避免了液液萃取过程中的乳化现象,可使总碱的制备简便易行。但固相萃取所用吸水基质价格昂贵,适合少量样品的快速精准分析。732磺酸型阳离子交换树脂法是中国苦豆子总碱工业化制备中最常用的方法,快速简便,且总碱纯度高,所用树脂成本较低,适合大量样本分析。

与HPLC法相比,GC-MS法具有可同时检测分析苦豆子中苦参碱、槐定碱、槐果碱、槐胺碱、羽扇豆碱、野啶碱等多种生物碱的优势,但对氧化类生物碱(如氧化苦参碱、氧化槐定碱)的分析只能通过用还原剂和不用还原剂还原两种方法相比较还原后各生物碱单体的增加量而间接推算。更加精密的方法应该用各种生物碱标品分别建立标准曲线来测定,这里仅用新烟碱为内标作简便处理,得出一个相对含量值。总之,GC-MS法可快速分析苦参碱、槐定碱等生物碱,在苦豆子、苦参及其生物碱相关药物的质量控制方面具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 周立华. 苦豆子生物学特性的研究[J]. 植物学报, 1979, 22(4): 380-382.

- [2] 黄秀梅, 李波. 苦豆子类生物碱的药理学研究进展[J]. 中国药事, 2002, 16(3): 175-178.
- [3] 古丽娜·沙比尔, 阿吉艾克拜尔·艾萨, 石明辉, 等. HPLC同时测定苦豆子中槐定碱、氧化槐果碱和氧化苦参碱的含量[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(24): 2619-2622.
- [4] 吴迪, 梁健, 廉建伟, 等. RP-HPLC法同时测定复方苦参注射液氧化槐果碱、氧化苦参碱和苦参碱的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2006, 23(4): 220-223.
- [5] 陈睿, 顾雪中, 吴芳. 反相高效液相色谱同时测定苦参栓中苦参碱和氧化苦参碱的含量[J]. 上海中医药杂志, 2007, 41(7): 66-68.
- [6] 乔华, 王婷, 梁莉, 等. 苦豆子总碱注射液中苦参碱和槐果碱的含量测定[J]. 兰州大学学报: 医学版, 2007, 33(3): 59-61.
- [7] 王桂芳, 张守尧, 郭正国, 等. 高效毛细管电泳法测定苦参药材及其制剂夜夜安洗液中3种生物碱的含量[J]. 药物分析杂志, 2000, 20(5): 331-333.
- [8] 罗明, 贺平, 吴孟超, 等. 高效毛细管电泳法测定苦参碱和氧化苦参碱[J]. 中草药, 1999, 30(4): 260-263.
- [9] 饶毅, 魏惠珍, 王义明, 等. 毛细管电泳法同时测定复方苦参注射液中三种生物碱含量[J]. 分析科学学报, 2003, 19(3): 225-227.
- [10] 刘倩, 张宏桂, 刘永刚, 等. HPLC-MS法分析复方苦参注射液的化学成分[J]. 中成药, 2006, 28(10): 1488-1491.
- [11] 刘斌, 李金亮, 元英进. 苦豆子种子中生物碱的分离及Lehmannine的结构确定[J]. 中草药, 2001, 32(4): 293-296.
- [12] Monakhova TE, Tolkachev ON, Kabanov VS, et al. Alkaloids of *Sophora alopecuroides*, neosophoramine, a new isomer of sophoramine[J]. Khimiya Prirodnikh Soedinenii, 1974, 4: 472-476.
- [13] Vul'fson NS, Ziyavidinova ZS, Zaikin VG. Comparative mass-spectrometric investigation of quinolizidine alkaloids and cytosine, sparteine, and matrine derivatives[J]. Khimiya Geterotsiklicheskikh Soedinenii, 1974, 2: 251-260.

收稿日期: 2008-12

《华西药学杂志》2010年征订征稿启事

《华西药学杂志》是由中华人民共和国教育部主管、四川大学和四川省药学会联合主办的药学综合性学术刊物。国内外公开发行人, CN 51-1218; ISSN 1006-0103; CODEN HYAZE2; 广告许可证: 5100004000262。

本刊从1988年至今被中国科技情报研究中心作为科技论文期刊源期刊; 1993年起被美国《化学文摘》(CA)收录并进入千刊表; 2006年起被俄罗斯《文摘杂志》收录; 被《中国药学文摘》《中国医学文摘》和《中国生物学文摘》等摘录; 《华西药学杂志》为药学类中文核心期刊、中国科技核心期刊; 2008年被皇家化学学会系列数据库收录; 数次被评为四川省优秀期刊; 入选中国期刊方阵双效期刊。

本刊涉及内容有: 药物化学、天然药物化学、中药、药剂学和生物药剂学、药理与毒理、药物分析、生化药物及部分边缘学科。同时, 报道国内外药学领域的最新研究成果、动向及信息。本刊包括了药学领域的科研、生产和临床等方面的内容, 适应范围广、内容丰富。有利于医药学工作者的知识更新与业务水平提高。欢迎从事药物研究的科学工作者、医药院校的师生、药厂工程技术人员、医师、药师及其他药学工作者订阅和投稿。

本刊为双月刊, 大16开本, 96个版面, 逢双月20日出版, 2010年每册定价10.00元。如需订阅, 请: 1. 到当地邮局办理订购手续, 代号62-79。2. 可直接汇款到编辑部订购, 全年定价60元。3. 为准确投递, 务须工整书写详细地址、姓名、邮政编码。编辑部地址: 成都市武侯区人民南路3段17号(610041); 电话: 028-85501400; Email: hxyxzz@scu.edu.cn。

论文降重，论文修改，论文代写加微信:18086619247或QQ:516639237

论文免费查重，论文格式一键规范，参考文献规范扫二维码：



相关推荐：

[GC/MS-SIM测定烟草中的生物碱](#)

[GC/MS/MS在烟草生物碱分析中的应用研究](#)

[GC/MS分析大蒜中的挥发油](#)

[GC/MS分析尿液中的乘晕宁](#)

[GC-MS和GC-FID在定量分析中的差异](#)

[破壁灵芝孢子中生物碱和脂溶性成分GC/MS分析](#)

[GC-MS分析苦豆子总碱中的13种生物碱](#)

[苦豆子生物碱生产工艺优化](#)

[GC-MS分析长春花中的主要吲哚生物碱](#)

[应用SPME与GC/MS测定烟叶中的生物碱](#)