

18

搭棚藤植物中的蜕皮激素*

Q948.777.1

朱伟明^{1,2}, 杨小生¹, 何红平¹, 郝小江^{**}

Q946.885

(1 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204; 2 云南师范大学化学系, 云南 昆明 650092)

摘要: 从搭棚藤 (*Porana discifera* Schneid.) 分离到 10 个植物蜕皮激素, 它们分别是 β -蜕皮激素 (1) 及其 2-乙酸酯 (2)、3-乙酸酯 (3)、25-乙酸酯 (4)、2, 3-异丙亚二氧基 β -蜕皮激素 (5)、20, 22-异丙亚二氧基 β -蜕皮激素 (6)、2-去氧 β -蜕皮激素 (7)、2-去氧-20, 22-异丙亚二氧基 β -蜕皮激素 (8)、2-去氧 β -蜕皮激素-3-葡萄糖甙 (9) 和甲基暗红牛漆甾酮 (posterone, 10)。化合物 8 和 9 的碳谱系首次报道。昆明小鼠的体内活性测定表明, 化合物 1~7 没有镇静、镇痛、抗惊厥、抗炎以及抗脑缺氧方面的活性。

关键词: 搭棚藤; 旋花科; 植物蜕皮激素; 生物活性

中图分类号: Q 946 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2700(2000)03-0351-07

Phytoecdysones from *Porana discifera*ZHU Wei-Ming^{1,2}, YANG Xiao-Sheng¹, HE Hong-Ping¹, HAO Xiao-Jiang¹

(1 Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China;

2 Department of Chemistry, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstracts: From the aerial parts of *Porana discifera*, 10 phytoecdysones, β -ecdysterone (1) and its 2-acetate (2), 3-acetate (3), 25-acetate (4), 2, 3-acetonide (5), 20, 22-acetonide (6), and 2-deoxyecdysterone (7) and its 20, 22-acetonide (8), 3-O- β -D-glucopyranoside (9) and posterone (10) were isolated. They have no anti-inflammatory, analgesic, sedative, anti-convulsant and anti-cerebra-hypoxic activities in animal testing with Kunming mice.

Key words: *Porana discifera*, Convolvulaceae; Phytoecdysones; Bioactivities

蜕皮激素 (ecdysteroids) 是一类具有昆虫蜕皮活性的天然甾体化合物, 首先从家蚕的蛹中分离到 (Butenadt 等, 1954), 尔后在植物界大量发现, 通称为植物蜕皮激素。它们除具有昆虫蜕皮活性外, 还发现对高等动物有广泛的药理作用 (Saatoov 等, 1994), 如降血糖、促进体内蛋白质合成、阻断自由基氧化反应等。搭棚藤系旋花科飞蛾藤属植物, 主要分布于云南中部及南部 (中国科学院昆明植物所, 1979), 该植物的化学成分未见报道。我们从其地上部分分离鉴定了 10 个蜕皮激素 (总收率 0.69%), 并研究了其部分生物活性。

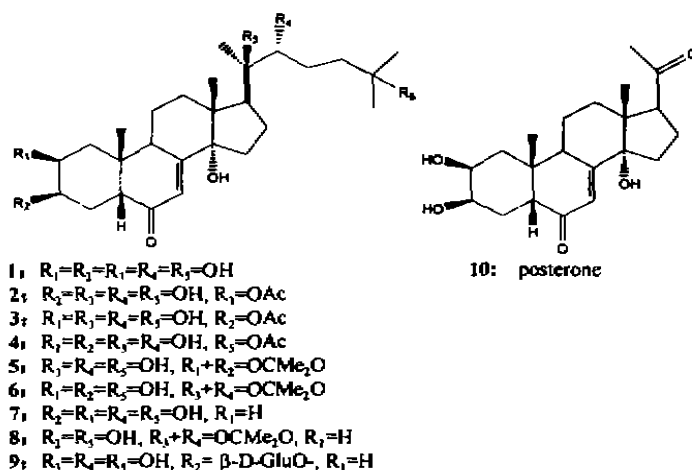
* 基金项目: 国家杰出青年基金资助项目

** 通讯联系人, E-mail: xjha0@mail.kib.ac.cn

收稿日期: 1999-10-20; 1999-12-14 接受发表

结果与讨论

从搭棚藤地上部分的酒精提取物中分离鉴定了如下 10 个蜕皮激素 (1~10)。



β -蜕皮激素 (1) 曾从多种植物中分离得到, 是一种分布广的蜕皮激素。与文献值 (Calcagno 等, 1995) 比较 ^{13}C NMR, 并与标准品硅胶薄层层析对照 (聂瑞麟等, 1978), 确定了其结构。

化合物 2~4 的 ^{13}C NMR, 比 β -蜕皮激素 (1) 多了两个吸收信号 (1 个 CH_3 及 1 个酯羰基), 甲基质子的信号为 δ_H 1.9~2.1, FAB $^-$ -MS m/z $[M-H]$ 均为 521, 由此推断它们是 β -蜕皮激素 (1) 的单乙酸酯。化合物 2 在 C-2、化合物 3 在 C-3、化合物 4 在 C-25 有酯化效应, 对碳谱数据的影响见表 1, 氢谱 δ_{H-2} dt 峰移向低场 (2: 4.17 $\rightarrow$ 5.26), δ_{H-3} 宽单峰移向低场 (3: 4.23 $\rightarrow$ 5.48)。因此, 化合物 2~4 分别是 β -蜕皮激素 (1) 的 2-位、3-位及 25-位乙酸酯。

与 1 相比, 化合物 5 和 6 都多两个甲基及一个缩酮碳信号 (106~108), 表明均为 1 的邻二醇羟基与丙酮的缩合物。此外, 化合物 5 的 δ_{C-2} 与 δ_{C-3} 向低场位移, 而化合物 6 则是 δ_{C-20} 与 δ_{C-22} 移向低场 (表 1)。相应 δ_H 也移向低场 (分别为 4.18 $\rightarrow$ 4.20, 4.12 $\rightarrow$ 4.23, 3.88 $\rightarrow$ 3.94)。故它们分别是化合物 1 的 2, 3-及 20, 22-丙酮缩合物。

化合物 7, FAB $^-$ -MS 示其分子量为 463, 表明它比化合物 1 少 1 个氧。EI-MS 出现了 C-20—C-22 邻二醇键断裂的质谱碎片峰 m/z 347 及其脱水碎片峰 m/z 329, 故在甾环上脱氧; 又其 C-1, C-2 及 C-3 δ_C 有明显向高场的位移, 推测脱氧在 C-2 或 C-3 上。但由于未观察到 C-9 的信号, 给结构鉴定带来一定困难。为此, 我们将其乙酰化, 生成其 3, 22-二乙酸酯 11, 其碳谱仍不出现 C-9 的信号。化合物 7 的碳谱与文献 (Santov 等, 1984) 值基本吻合 (除 δ_{C-9} 34.2 未出现外)。由此鉴定化合物 7 为 2-去氧 β -蜕皮激素。

化合物 8 与化合物 7 的碳谱相似, 多了 1 个丙叉结构单元 [δ 值 27.2, 29.9, 106.9 相应于 $-O-C(CH_3)_2-O-$], 且 δ_{C-20} 及 δ_{C-22} 移向低场 (分别从 76.9 及 77.6 移到 85.2 及 82.6); 氢谱中 δ_{H-22} 也发生了相应的位移 (3.89 $\rightarrow$ 3.95), 故鉴定化合物 8 为 7 的 20, 22-丙酮缩合物。

表 1 化合物 1~11 碳谱数据
 Table 1 ^{13}C NMR data for compound 1~11

	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^b
C-1	38.1	33.8(-4.3) ^c	38.7	38.0	38.1	38.1	29.5	29.5	29.6	38.0	24.4
C-2	68.1	72.6(+4.5) ^c	66.3(-1.8) ^c	68.2	72.6	68.2	29.2	29.2	27.5	68.1	25.7
C-3	68.1	65.3(-2.8) ^c	72.6(+3.5) ^c	68.1	72.2	68.1	64.2	64.2	72.4	68.1	68.3
C-4	32.4	32.7	29.8(-2.6) ^c	32.5	27.1	32.5	33.2	33.2	29.6	32.4	*
C-5	51.4	51.2	52.1	51.4	51.6	51.4	51.8	51.6	51.7	51.4	52.1
C-6	203.4	202.7	202.4	203.6	202.2	203.5	203.3	202.7	203.7	203.4	203.5
C-7	119.9	121.7	121.6	121.8	121.2	121.8	121.6	121.6	121.5	122.1	121.4
C-8	166.0	166.2	166.6	166.2	168.2	165.6	166.4	165.8	166.5	164.2	166.4
C-9	34.5	34.2	34.6	34.6	35.2	34.5	*	*	*	34.8	*
C-10	38.7	38.8	38.8	38.8	38.3	38.7	37.0	36.9	36.8	38.7	36.7
C-11	21.2	21.5	21.6	21.2	21.2	21.1	21.6	22.2	21.6	21.1	21.6
C-12	31.8	31.8	31.8	31.8	31.6	31.7	31.6	31.5	31.6	31.9	31.6
C-13	48.2	48.1	48.2	48.2	48.5	47.9	48.6	48.8	48.5	48.2	49.6
C-14	84.3	84.3	84.3	84.3	84.2	84.3	84.5	84.2	84.4	84.0	84.3
C-15	32.1	32.1	32.1	32.2	32.1	31.8	32.3	32.0	32.2	30.5	32.2
C-16	21.5	21.5	21.6	21.5	21.5	22.2	21.6	22.2	21.6	21.9	21.6
C-17	50.2	50.1	50.2	50.2	50.2	50.1	50.2	50.1	50.2	59.4	50.5
C-18	17.9	17.9	18.0	18.0	17.9	17.4	17.9	17.4	17.9	17.1	17.9
C-19	24.5	24.3	24.4	24.5	23.9	24.5	24.4	24.4	24.0	24.4	24.1
C-20	76.9	76.9	77.0	76.9	76.9	85.2	76.9	85.2	76.9	209.3	76.3
C-21	21.7	21.7	21.8	21.7	21.7	22.5	21.7	22.4	21.7	31.1	22.3
C-22	77.6	77.6	77.7	77.6	77.6	82.6	77.6	82.6	77.6	-	80.5
C-23	27.5	27.5	27.5	26.9	27.5	24.5	27.5	24.4	27.5	-	26.1
C-24	42.6	42.6	42.6	39.4(-3.2) ^c	42.6	42.2	42.6	42.2	42.6	-	41.7
C-25	69.6	69.6	69.8	82.5(+13.1) ^c	69.6	49.4	69.7	69.3	69.7	-	69.2
C-26	30.1	30.2	30.2	26.4(-3.7) ^c	30.1	30.1	30.1	30.1	30.2	-	30.1
C-27	30.1	30.0	30.1	26.2	30.1	29.9	30.0	30.1	30.0	-	29.7
酯	-	170.5	170.7	170.4	-	-	-	-	-	-	170.1
C=O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170.3
Me	-	21.2	21.3	22.4	-	-	-	-	-	-	20.1
											21.2
缩醛	-	-	-	-	108.2	107.0	-	106.9	-	-	-
Me	-	-	-	-	26.7	27.3	-	27.2	-	-	-
Me	-	-	-	-	28.9	29.5	-	29.9	-	-	-
糖 C-1'	-	-	-	-	-	-	-	-	103.3	-	-
C-2'	-	-	-	-	-	-	-	-	75.3	-	-
C-3'	-	-	-	-	-	-	-	-	78.3	-	-
C-4'	-	-	-	-	-	-	-	-	71.8	-	-
C-5'	-	-	-	-	-	-	-	-	78.8	-	-
C-6'	-	-	-	-	-	-	-	-	62.9	-	-

a: in $\text{C}_3\text{D}_5\text{N}_3$; b: 化合物 7 的乙酰化产物, in CDCl_3 ; c: 酯化效应; * 未观察到

化合物 9 与化合物 7 的碳谱也相似,但在 δ_c 62~110 区域内多出 6 个碳的吸收峰; FAB⁺-MS m/z [M-H]⁺ 625, 179 进一步表明它系 7 的六碳糖甙。又由于其 δ_{c-3} 及 δ_{H-3} 均向低场位移 (分别是 64.2→72.4, 4.12→4.14), 故为化合物 7 的 3-糖甙。缩醛碳的 δ_H 4.50 (d, 7.7) 及 δ_c 103.3 表明糖是 β -D-吡喃型的 (Saatoov 等, 1986), 从而鉴定了化合物 9 的结构。

化合物 10 的碳谱中只出现 21 个碳的信号, 其中 3 个甲基峰及 2 个羰基峰; 氢谱 δ_H 在 2.1 出现乙酰基的甲基峰, 故推测是 posterone。其碳谱与文献值 (Krepinsky 等, 1977) 一致。因此, 其结构鉴定为 posterone。

基于蜕皮激素可被用于治疗肝炎等多种活性的报道 (Saatoov 等, 1994), 我们测定了化合物 1~7 在昆明小鼠体内对镇静、镇痛、抗惊厥、抗炎 (肿胀) 以及抗脑缺氧方面的活性 (表 2), 结果显示它们没有上述活性。

表 2 化合物 1~7 的活性筛选结果*

Table 2 Bioactivities of compound 1~7 in Kunming mice

化合物 compose	剂量 (dose) mg/kg. sc	抑制 (Inhibition) %				延长 (Delay death) %
		镇静 Sedation	镇痛 Analgesia	抗惊厥 Anti-convulsion	肿胀 Anti-inflammation	抗脑缺氧 Anti-cerebra-hypoxia
1	10	-	-	-	-	0
	20	-	-	-	0	-
	30	1.5	21.0	0	-	28.9
2	10	-	0	-	-	4.5
	20	-	0	-	0	-
	30	0	20.7	0	-	12.9
3	10	-	-	-	-	11.8
	20	-	-	-	0	-
	30	0	24.1	0	-	0
4	10	-	-	-	-	29.1
	20	-	-	-	0	-
	30	12.1	23.2	0	-	21.3
5	10	-	-	-	-	22.9
	20	-	-	-	0	-
	30	0	18.2	0	-	12.9
6	10	-	0	-	-	30.4
	20	-	0	-	0	-
	30	0	20.6	0	-	33.5
7	10	-	0	-	-	25.4
	20	-	0	-	0	-
	30	0	2.7	0	-	0

* 抑制或延长 (Inhibition or delay death): <30% 无效 (Ineffective), >40% 弱效 (Moderate), >60% 显效 (Effective)

实验部分

测试仪器及方法 植物样品于 1997 年 11 月采自西双版纳; 薄层层析及柱层析硅胶均为青岛海洋化工厂厂品; NMR 用 Bruker AM-400 仪测定 (TMS 内标), 旋光由 JASCO-20 仪测定, IR 用 Bio-Rad FTS 仪测定, MS 用 VG Auto Spec-3000 测定, mp 用 XRC-1 熔点

仪测定(温度未校正)。镇静: 光电管记录自发活动; 镇痛: 对抗 ip 0.7% HOAc 的扭体反应; 抗惊厥: 对抗电刺激产生最大休克惊厥; 抗炎: 对抗二甲苯对小鼠耳壳致肿作用; 抗脑缺氧: ip NaNO_2 225 mg/kg 延长产生的死亡时间。

提取分离 2.5kg 搭棚藤地上部分的干粉, 用 95% 工业乙醇浸泡 (10L/次, 4d/次, 共 4 次)。浸提液减压浓缩至 1000 mL, 以 30~60℃ 石油醚脱脂, 经硅胶柱层析, 依次用乙酸乙酯、乙酸乙酯-丙酮 (10:1, 5:1, 1:1) 及丙酮洗脱, 收集对 3% 香兰醛显色的部分。再经反复硅胶柱层析, 得 β -蜕皮激素 (1) 14.36 g (0.57%) 及其 2-乙酸酯 (2) 160 mg (0.0064%)、3-乙酸酯 (3) 150 mg (0.006%)、25-乙酸酯 (4) 200 mg (0.008%)、2, 3-丙酮缩合物 (5) 40 mg (0.0016%), 20, 22-丙酮缩合物 (6) 56 mg (0.0022%), 2-去氧蜕皮甾酮 (7) 2.32g (0.093%) 及其 20, 22-丙酮缩合物 (8) 10 mg (0.004%)、3- β -D 吡喃葡萄糖甙 (9) 40 mg (0.0016%), 甲基暗红牛漆甾酮 (10, posterone) 6 mg (0.0002%)。

化合物 1, 无色结晶, $\text{C}_{27}\text{H}_{44}\text{O}_7$ (M480), mp 246~248℃, $[\alpha]_D^{20} + 62.15$ (c 0.362, MeOH); FAB⁻-MS m/z 479; $^1\text{H NMR } \delta$ ($\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): 1.06 (s, H-19), 1.22 (s, H-18), 1.36 (s, H-26, H-27), 1.59 (s, H-21), 3.00 (t, 10.2, H-9), 3.88 (d, 9.6, H-22), 4.18 (m, H-2), 4.23 (br. s, H-3), 6.26 (s, H-7)。

化合物 2, 无色结晶, $\text{C}_{29}\text{H}_{46}\text{O}_8$ (M522), mp 88~90℃, $[\alpha]_D^{25} + 43.27$ (c 0.570, MeOH); FAB⁻-MS m/z 521; $\text{IR}_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 3428 (OH), 1724 (酯羰基), 1655 ($\text{C}=\text{C}=\text{O}$), 1255 (酯), 1050 (醇); $^1\text{H NMR } \delta$ ($\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): 1.08 (s, H-19), 1.21 (s, H-18), 1.40 (s, H-26, H-27), 1.58 (s, H-21), 1.97 (s, 乙酰基之甲基 H), 2.99 (t, 9.3, H-17), 3.04 (dd, 3.9, 9.3, H-5), 3.66 (t, 8.2, H-9), 3.88 (d, 9.2, H-22), 4.30 (br. s, H-3), 5.26 (dt, 3.4, 11.2, H-2), 6.26 (d, 2.3, H-7)。

化合物 3, 无色结晶, $\text{C}_{29}\text{H}_{46}\text{O}_8$ (M522), mp 128~131℃, $[\alpha]_D^{21} + 50.00$ (c, 3.85, MeOH); FAB⁻-MS m/z 521; $\text{IR}_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 3430 (OH), 1728 (酯羰基), 1648 ($\text{C}=\text{C}=\text{O}$), 1260 (酯), 1045 (醇); $^1\text{H NMR } \delta$ ($\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): 1.06 (s, H-19), 1.20 (s, H-18), 1.037 (s, H-26), 1.43 (s, H-27), 1.58 (s, H-21), 2.01 (s 乙酰基之甲基 H), 2.64 (dd, 4.0, 9.2, H-5), 2.96 (t, 9.2, H-17), 3.45 (t, 9.2, H-9), 3.85 (d, 9.2, H-22), 4.30 (dt, 3.2, 11.6, H-2), 5.48 (br. s, H-3), 6.21 (d, 2.2, H-7)。

化合物 4, 无色结晶, $\text{C}_{29}\text{H}_{46}\text{O}_8$ (M522), mp 134~136℃, $[\alpha]_D^{21} + 51.40$ (c 0.761, MeOH); FAB⁻-MS m/z 521; $\text{IR}_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 3418 (OH), 1715 (酯羰基), 1650 ($\text{C}=\text{C}=\text{O}$), 1282 (酯), 1056 (醇); $^1\text{H NMR } \delta$ ($\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): 1.06 (s, H-19), 1.21 (s, H-18), 1.43 (s, H-26), 1.50 (s, H-27), 1.61 (s, H-21), 1.95 (s, 乙酰基之甲基 H), 2.95 (dd, 4.0, 9.4, H-5), 2.99 (dd, 3.6, 9.2, H-17), 3.57 (t, 8.2, H-9), 3.83 (d, 9.8, H-22), 4.16 (dt, 3.6, 11.4, H-2), 4.23 (br. s, H-3), 6.23 (d, 1.7, H-7)。

化合物 5, 无色结晶, $\text{C}_{30}\text{H}_{48}\text{O}_7$ (M520), mp 242~245℃, $[\alpha]_D^{21} + 60.63$ (c 0.367,

MeOH); FAB⁻ - MS m/z 519; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3460 (OH), 1639 (C = C - C = O), 1600 (C = C), 1245 (缩酮), 1057 (醇); EI - MS m/z (%): 520 (4), 505 (12), 403 (68), 385 (87), 327 (60), 290 (42), 269 (40), 173 (52), 121 (55), 55 (100); ¹H NMR δ (C₅D₅N): 1.03 (s, H-19), 1.20 (s, H-18), 1.37 (s, H-26, H-27), 1.59 (s, H-21), 1.33s, 1.56 (s, 缩酮之两个甲基 H), 2.99 (t, 9.0, H-5), 3.18 (t, 8.6, Hz, H-9), 3.86 (d, 8.8, H-22), 4.20 (dt, 4.9, 10.2, H-2), 4.12 (br. s, H-3), 6.18 (d, 2.2, H-7).

化合物 6, 无色结晶, C₃₀H₄₈O₇ (M520), mp 185 ~ 187°C, $[\alpha]_D^{25} + 51.28$ (c 0.273, MeOH); FAB⁻ - MS m/z 519; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3491, 3419 (OH), 1654 (C = C - C = O), 1222 (缩酮), 1056 (醇); EI - MS m/z (%): 502 [M - H₂O]⁺, 469 (1), 427 (8), 363 (50), 345 (22), 329 (13), 143 (35), 59 (100); ¹H NMR δ (C₅D₅N): 1.01 (s, H-19), 1.03 (s, H-18), 1.35 (s, H-26, 1.36 (s, H-27), 1.54 (s, H-21), 1.33s, 1.46 (s, 缩酮之两个甲基 H), 3.54 (t, 8.8, H-9), 3.98 (dd, 3.5, 9.7, H-5), 3.94 (dd, 2.3, 9.2, H-22), 4.16 (dd, 3.5, 11.5, H-2), 4.22 (br. s, H-3), 6.24 (d, 2.0, H-7).

化合物 7, 无色结晶, C₂₇H₄₄O₆ (M464), mp 247 ~ 249°C, $[\alpha]_D^{25} + 90.32$ (c 0.310, MeOH); FAB⁻ - MS m/z 463; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3355 (OH), 1650 (C = C - C = O), 1064 (醇); EI - MS m/z (%): 464 (1), 446 (2), 428 (7), 347 (61), 329 (76), 285 (44), 234 (50), 175 (41), 143 (38), 55 (100); ¹H NMR δ (C₅D₅N): 1.05 (s, H-19), 1.23 (s, H-18), 1.37 (s, H-26, H-27), 1.61 (s, H-21), 3.00 (m, H-5), 3.06 (t, 9.2, H-17), 3.89 (d, 9.6, H-22), 4.12 (br. s, H-3), 6.25 (s, H-7).

化合物 8, 无色结晶, C₃₀H₄₈O₆ (M 504), mp 108 ~ 110°C, $[\alpha]_D^{21} + 75.1$ (c 0.210, MeOH), FAB⁻ - MS m/z 503, IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3421 (OH), 1653 (C = C - C = O), 1252 (缩酮), 1043 (醇); ¹H NMR δ (C₅D₅N): 1.03 (s, H-19), 1.35 (s, H-18), 1.36 (s, H-26, H-27), 1.55 (s, H-21), 1.46 (s, 缩酮之两个甲基 H), 3.95 (dd, 2.3, 9.7, H-22), 4.11 (br. s, H-3), 6.26 (s, H-7).

化合物 9, 白色粉末, C₃₃H₅₄O₁₁ (M 626), mp 258°C (分解), $[\alpha]_D^{25} + 80.11$ (c 0.283, MeOH); FAB⁻ - MS m/z 625; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3387, 3340 (OH), 1647 (C = C - C = O), 1075, 1030 (醇); ¹H NMR δ (C₅D₅N): 1.19 (s, H-19), 1.42 (s, H-18), 1.37 (s, H-26, H-28), 1.57 (s, H-21), 4.13 (br. s, H-3), 4.37 (dd, 5.2, 11.8, H-22), 4.50 (d, 7.7, H-1'), 6.21 (s, H-7).

化合物 10, 无色结晶, C₂₁H₃₀O₅ (M 362), mp 258 ~ 260°C, $[\alpha]_D^{21} + 48.90$ (c 0.280, MeOH); IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3420 (OH), 1703 (酮), 1654 (C = C - C = O), 1056 (醇); EI - MS m/z (%): 362 (14), 344 (30), 334 (28), 301 (21), 263 (47), 250 (100), 231 (25), 215 (36), 175 (23), 163 (21), 147 (23), 55 (100); ¹H NMR δ (C₅D₅N): 0.67 (s, H-18), 0.97 (s, H-19), 2.14 (s, H-21), 3.57 (t, 8.0, H-9), 4.17 (dt, 3.5, 11.6, H-2), 4.62 (br. s, H-3), 6.20 (d, 2.2, H-7).

致谢 光谱数据由中科院昆明植物研究所仪器组测试, 植物材料由云南热带植物园王洪高级工程师及昆明植物所方瑞征研究员鉴定, 活性由中科院上海药物所药理一室 8031 课题组测定。

[参考文献]

- 中国科学院昆明植物所编, 1979. 云南植物志第 2 卷 [M], 科学出版社, 北京, 623 ~ 624
- 裴瑞麟, 许祥普, 何敏等, 1978. 露水草中蜕皮激素的分离和鉴定 [J]. 化学学报, 36 (2): 138 ~ 141
- Butenadt A, Karlson P, 1954. The isolation in crystalline form of a metamorphosis hormone of insects [J]. *Z Naturforsch*, 9b: 389 ~ 391
- Calcagno M P, Caraps F, Coll J, *et al*, 1995. Acetylated ecdysteroids from *Ajuga reptans* var. *atropurpurea* [J]. *Eur J Entomol*, 92 (1): 287 ~ 293
- Krepinsky J, Findlay J A, Danieli B, *et al*, 1977. Concerning carbon - 13 NMR spectroscopy of 5 β -hydroxylated phytoecdysones. [J] *Org Magn Reson*, 10: 255 ~ 257
- Saatov Z, Syrov V N, Manatkhonov A U, *et al*, 1994. Phytoecdysteroids of *Ajuga* and their biological activity [J]. *Chem Nat Compd*, 30: 138 ~ 145
- Saatov Z, Gorovits M B, Abdullaev N D, *et al*, 1984. Phytoecdysteroids from plants of the genus *Silens* [J]. *Khim Priir Soedin*, (4): 467 ~ 470
- Saatov Z, Abdullaev N D, Gorovits M B, 1986. Phytoecdysteroids from plants of the genus *Silens* [J]. *Khim Priir Soedin*, (4): 439 ~ 441