

## 乱用薬物ハルマラの鑑定と *Peganum harmala* 中の harmaline 及び harmine 含量

荒金眞佐子<sup>a</sup>, 中嶋順一<sup>b</sup>, 福田達男<sup>a</sup>, 吉澤政夫<sup>a</sup>, 鈴木幸子<sup>a</sup>, 北川重美<sup>a</sup>, 安田一郎<sup>\*,b</sup>  
東京都健康安全研究センター <sup>a</sup>薬用植物園, <sup>b</sup>生薬研究室

### Identification of Harmala Used as Abuse Drugs and Contents of Harmine and Harmaline in *Peganum harmala*

Masako Aragane<sup>a</sup>, Junichi Nakajima<sup>b</sup>, Tatsuo Fukuda<sup>a</sup>, Masao Yoshizawa<sup>a</sup>, Yukiko Suzuki<sup>a</sup>,  
Shigemi Kitagawa<sup>a</sup> and Ichiro Yasuda<sup>\*,b</sup>

<sup>a</sup>Medicinal Plant Garden, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health  
21-1, Nakajima-cho, Kodaira-shi, Tokyo, 187-0033, Japan

<sup>b</sup>Pharmacognosy Division, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health  
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjyuku-ku, Tokyo, 169-0073, Japan

(Received March 30, 2007)

In this country, Harmala seeds are the object of the interest of some youths as illegal drugs. This study identified that the plant origin of Harmala seeds was *Peganum harmala* L. by cultivation of seeds in the package. *Peganum harmara* was glabrous, perennial herbaceous 30-60 cm. Hairless. Leaves were alternate, deeply and irregularly pinnatisect, with widths of 1.5-3 mm, and a disagreeable odor when rumped. Opposite to leaves were solitary white flowers with green veins. Capsules 7-10 mm. Angular brownish seeds bearing alveolate structure on surface and the longer axis x the minor axis : 2.9-3.3 mm x 1.5-1.8 mm. *Peganum harmala* contained harmine and harmaline, members of the beta-carboline chemical class; both are potent reversible inhibitors of the enzyme monoamine oxidase (MAO). Harmine ranged 27.2-105.9 mg/g while harmaline ranged 55.8-119.2 mg/g in the seeds, and harmine ranged 27.5-34.4 mg/g while harmaline range 0.4-0.5 mg/g in the roots.

When we judge the Harmala seeds used as abuse drugs, it is necessary to confirm the following: the dimensions of the longer axis and the minor axis, the brown to blackish brown color, the triangular shape, the small concave structure appearance observable with a substance microscope or a scanning electron microscope, and harmine and harmaline analysis by TLC or HPLC.

**Keywords:** Harmala seeds, abuse drugs, *Peganum harmala*, Judgement, harmine, harmaline, TLC, HPLC

近年, 乱用薬物の1つとして植物系ドラッグ・ハルマラ  
Harmala が, 輸入雑貨店やアダルトショップあるいはイン

ターネット上で販売されている。ハルマラは植物種子で,  
原植物は *Peganum harmala* L. とされているが, *P. harmala*

はこれまで国内では薬用または園芸植物などで導入された経緯がなく、植物の詳細についての報告がない。

*Peganum harmala* は北アフリカ、中東、地中海沿岸から東アジアの乾燥地に生育するハマビシ科(Zygophyllaceae)の植物で<sup>1-5)</sup>、古くから医療や呪術を用いた宗教行事などに用いられている<sup>6-8)</sup>。種子や根には幻覚成分であるharmalineやharmineなど多数の $\beta$ -carbolinesを含み<sup>9-14)</sup>、モノアミンオキシダーゼ(MAO)の阻害活性や、脳の中枢神経への作用が報告され<sup>15-18)</sup>、人による中毒事故の他、*P. harmala*の自生地ではラクダ等の家畜による中毒例が報告されている<sup>19)</sup>。薬物として乱用されるこの種子が、他の植物種子と鑑別あるいは鑑定が可能か否かは明白ではない。

そこでドラッグとして市販されている種子と種子交換で海外から導入した*P. harmala*の種子を同じ条件で播種・育成し、その形態を比較して、その同定作業を進める一方、本種子の鑑定方法について考察した。さらに本植物による中毒事例も海外から報告されることから、種子をはじめ葉や根などのharmaline及びharmineの分析を行い、その有害性について検討した。

## 実験材料及び方法

### 1. 実験材料

ドラッグとして販売されていたハルマラ H-1~4 は、2003年から2005年にかけて都内の輸入雑貨店等で購入した(Table 1)。*P. harmala*の種子 S-1~6 はいずれも2004年に、海外の植物園などから種子交換で導入した(Table 2)。

### 2. 形態観察

H-1~4及びS-1~6の種子の形態観察を実体顕微鏡で行った。表面構造については走査型電子顕微鏡(日立製作所S-800型)で観察した。試料は乾燥種子をイオンスパッタ法により白金パラジウムで金属蒸着した。

種子重量(20粒重)の計測は各材料につき2~5反復、大きさ(長径×短径)の計測は10反復行った。

また、植物の形態観察には、H-1~4及びS-1~6の種子を、園芸用土壌を充填した1/2,000 aワグネルポットに播種し、発芽後各成長段階での形態を観察した。播種は各試料3ポットで行った。

Table 1. Harmala sold as an abuse drug and used for experiments

Sample	Locality	Year	Sales place
H-1	Shibuya 渋谷	2003	Specialty store
H-2	Shimokitazawa 下北沢	2004	Specialty store
H-3	Shinjyuku 新宿	2004	Roadside stand
H-4	Shibuya 渋谷	2005	Specialty store

Table 2. *Peganum harmala* used for experiments

Sample	Acquisition place	Year
S-1	Bonn, Germany	2004
S-2	Kiev, Ukraina	2004
S-3	Padova, Italia	2004
S-4	Lyon, France	2004
S-5	Zagreb, Croatia	2004
S-6	Leipzig, Germany	2004

### 3. 成分分析

標準品：harmaline は harmaline 塩酸塩二水和物  $C_{13}H_{14}N_2O \cdot HCl \cdot 2H_2O$  (和光純薬工業製、化学用)、harmine は harmine 塩酸塩  $C_{13}H_{12}N_2O \cdot HCl$  (和光純薬工業製、化学用)を用いた(Fig. 1)。

試料粉末の作製：H-1~4及びS-1, S-4, S-6の種子を粉末にした。1年生株の根、茎及び葉は2003年6月に3株掘り上げ、水洗後凍結乾燥し、全量を粉末にした。枯死した茎及び葉は2004年1月に採取し、天日乾燥後粉末とした。2年生株の根、茎及び葉は2004年6月に3株掘り上げ水洗後凍結乾燥し全量を粉末にした。種子は同年9月に播種し、天日乾燥後粉末にした。

定性分析用試料溶液の調製：各試料500mgをメタノール100mlで15分間超音波抽出した。抽出液を減圧下濃縮し得られたエキスを0.1N塩酸水溶液30ml及びクロロホルム30mlに溶かし、液-液分配を行なった。次に水層を分取し、1Nアンモニア水でアルカリ性とした後、クロロホルム30mlを加え再度分配した。クロロホルム層は少量の水で洗浄した後、無水硫酸ナトリウムで脱水した。硫酸ナトリウムをろ過し、そのろ液を減圧留去しTLC用試料とした。

TLCによる確認試験：薄層版はKieselgel 60 F<sub>254</sub> pre-coated, 10cm×20cm, 0.25mm(メルク社製)、展開溶媒はクロロホルム：メタノール：アンモニア水=50：5：1。検出は暗所下UV365nm及び254nmで観察後、ドラージェンドルフ試薬を噴霧し、陽性スポットを調べた。

定量分析用試料溶液の調製：試料50mgを移動相(メタ

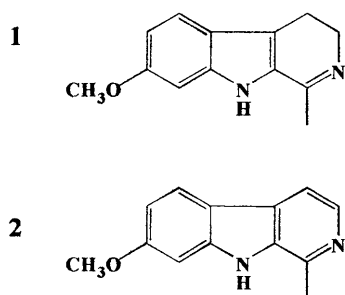


Fig. 1. Chemical structures of Harmaline (1) and Harmine (2)

ノール：水：SDS・リン酸混合液) 45ml で 30 分間超音波抽出を行ない、冷後正確に 50ml とした。そしてその一部を 0.45  $\mu\text{m}$  のフッ素樹脂メンブランフィルターに通し、定量用試料とした。

HPLC による定量：ODS カラムを使用した HPLC で、harmaline 及び harmine をピーク高さ法で定量した。  
HPLC condition：Column；TSK gel ODS-80T<sub>S</sub> 5  $\mu\text{m}$  4.6  $\times$  250 mm, Column temp.；40 $^{\circ}\text{C}$ , Solvent；MeOH：H<sub>2</sub>O：SDS：H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (770 ml：230 ml：6 g：1 ml), Flow；1.0 ml/min, Det.；PDA (340 nm).

## 実験結果

### 1. 種子の形態

市販ドラッグ H-1~4 は、いずれもビニール袋に入った植物の種子でわずかに茎と果皮が混入していた。種子の形状は褐色から黒褐色で三稜形を呈し(Fig. 2-A, Fig. 3), 実体顕微鏡及び走査型電子顕微鏡で表面を観察したところ、いずれも細かい凹状構造を示した (Fig. 2-B)。各試料の 20 粒重は 63.1  $\pm$  1.9mg から 65.9  $\pm$  2.3mg で、形状は長径が 3.4  $\pm$  0.2mm から 3.5  $\pm$  0.2mm, 短径が 1.7  $\pm$  0.1mm から 1.8  $\pm$  0.1mm であった (Table 3)。

海外から導入した *P. harmala* の種子 S-1~6 も同様の形態を示し(Fig. 3), その表面もいずれも細かい凹状構造を示した。各試料の 20 粒重は 53.7  $\pm$  2.9mg から 59.0  $\pm$  2.3mg, 形状は長径が 3.2  $\pm$  0.1mm から 3.9  $\pm$  0.3mm, 短径が 1.7  $\pm$  0.2mm から 1.9  $\pm$  0.2mm であり、市販ドラッグよりやや軽量であったが形状はほぼ同等であった (Table 4)。

### 2. 植物の形態観察

H-1 の種子は播種後 1 週間から 2 週間で発芽し(Fig. 2-

Table 3. Size and 20-grain weight of *Peganum harmala*

Sample	Long length (mm)	Short length (mm)	20-grain weight(mg)
S-1	3.2 $\pm$ 0.1	1.7 $\pm$ 0.2	53.7 $\pm$ 2.9
S-2	3.9 $\pm$ 0.3	1.9 $\pm$ 0.2	55.3 $\pm$ 2.9
S-3	3.4 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.1	53.9 $\pm$ 2.3
S-5	3.4 $\pm$ 0.2	1.9 $\pm$ 0.2	59.0 $\pm$ 2.3

Table 4. Size and 20-grain weight of Harmala sold as an abuse drug

Sample	Long length (mm)	Short length (mm)	20-grain weight(mg)
H-1	3.4 $\pm$ 0.3	1.7 $\pm$ 0.2	65.0 $\pm$ 2.8
H-2	3.4 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.1	65.7 $\pm$ 3.6
H-3	3.5 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.1	65.9 $\pm$ 2.3
H-4	3.5 $\pm$ 0.2	1.7 $\pm$ 0.1	63.1 $\pm$ 1.9

C), さらに、1 週間程度で本葉を展開した。茎は直立し、高さ 30~60cm になり、基部から四方に分枝し(Fig. 2-D), 断面は円形で稜があり、植物体は無毛でもむと異臭を發した。葉は互生し(Fig. 2-E), 線形または披針状線形で 3~5 裂に全裂し(Fig. 2-F), 裂片長は 1~3.5mm, 裂片幅は 1.5~3mm であった。花は単生し、白色から淡黄緑色で到卵状楕円形の花弁を 5 枚付けた(Fig. 2-G)。花期は 6 月~7 月上旬, 7 月下旬には 7~10mm の果実を形成し(Fig. 2-H), 8 月には種子が成熟した。その他の H-2~4 についても同様に栽培したところ H-1 と同様の形態を示した。また、S-1~6 も生育や、草姿、草丈、茎、葉などは、H-1 と変わらず、また、開花した S-4 の花の形態も同一であった。

*P. harmala* の形態は中国植物誌<sup>1)</sup> 及び中国高等植物<sup>2)</sup> には、植物体は無毛、葉は線形または披針状線形で 3~5 裂に全裂し、裂片長は 1~3.5mm, 裂片幅は 1.5~3mm と記載される。同属植物である *P. nigellastrum* は、やや小さく、草丈 10~25cm, 短く硬い毛で被われ、葉は 2~3 回線形に深裂し、裂片長は 0.7~10mm で幅は 1mm に満たなく、*P. harmala* と明らかに異なる。またかつて *P. harmala* の亜種とされた *P. harmala* L. var. *multisecta* Maxim. は、現在 *P. multisectum* と称されるが、幼植物期に毛で被われる特徴があり、茎は倒伏し、葉は 2~3 回線形に深裂し、裂片基部と葉軸が直角に交わると記述される。裂片長も 6~12mm, 幅も 1~1.5mm で細長く、*P. harmala* とは明らかに識別

可能な形態である。

以上の形態観察から、これらの市販ドラッグ H-1~4 及び導入した植物 S-1~6 はいずれも *P. harmala* と同定した。

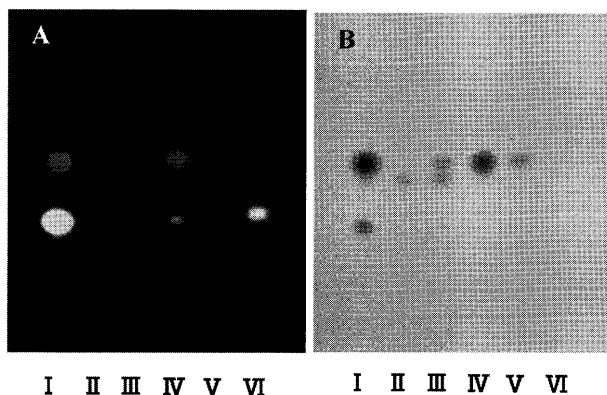


Fig. 4. TLC patterns of various organ of H-1

Development:  $\text{CHCl}_3$ -MeOH-28% $\text{NH}_4\text{OH}$ , 50:50:1,  
Detection : A, UV 365 nm; B, UV 254 nm.

I : Seed, II : Leaf, III : Stem, IV : Root,  
V : Harmine , VI : Harmaline

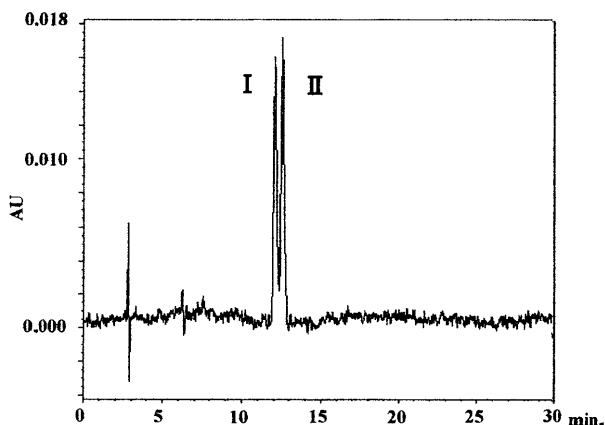


Fig. 5. HPLC of harmine and harmaline extracted from H-1

HPLC condition : Column ; TSK gel ODS-80<sub>TS</sub> 5 mm  
4.6 × 250 mm, Column temp. ; 40°C, Solvent ; MeOH :  
 $\text{H}_2\text{O}$  : SDS :  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (770 ml : 230 ml : 6 g : 1 ml),  
Flow ; 1.0 ml/min, Det. ; PDA (340 nm).

I : Harmaline, II : Harmine

### 3. harmaline 及び harmine の確認

H-1 について、種子、葉、茎及び根のアルカロイド成分を TLC で検討した。種子からは Rf 値 0.5 に暗所で、UV 365 nm を照射すると青白色の蛍光を発する harmaline のスポット、Rf 値 0.6 に、UV 365 nm を照射すると青色の蛍光を発し、UV 254 nm を照射すると青紫色を示す harmine のスポットを検出した (Fig. 4)。また、両スポットは、ドラー

ゲンドルフ試薬を噴霧するといずれも朱色を呈した。根は種子と同様に 2 成分が検出されたが、茎は harmine のみで harmaline は検出されなかった。葉については、6 月に採取した 1 年生株、2 年生株からは 2 成分とも検出されなかったが、1 月に採取した枯死した株からは harmine を検出した。

HPLC 分析でも種子及び根には Rt 12.1 min, 12.6 min に、harmaline と harmine のピークが検出され (Fig. 5), PDA から得られた UV スペクトルはそれぞれ標準品の UV スペクトルと一致した。しかし茎からは harmine のみであり、harmaline 検出されなかった。また生育株の葉からは 2 成分とも検出されないが、枯死した株の葉からは茎と同様に harmine のみを検出した。

### 4. harmaline 及び harmine の定量

harmaline 塩酸塩二水和物 0.0041~0.52  $\mu\text{g}$  を HPLC に注入し、ピーク高さ法により 4 点検量線を作成したところ  $y = 107.8x + 230.0$   $r = 0.999$  の直線性が得られた。harmine 塩酸塩の 0.041~0.51  $\mu\text{g}$  を HPLC に注入し、ピーク高さ法により 4 点検量線を作成したところ  $y = 223.5x + 356.4$   $r = 0.9999$  の直線性が得られた。

以上のことから、harmaline 及び harmine の定量分析は可能と判断し、市販ドラッグ (H-1, 2, 3, 4) 及び *P. harmala* (S-1, 2, 3) の種子、さらに H-1 を栽培し得られた 1 年生株の葉、茎、根、2 年生株の種子、葉、茎、根に含まれる harmaline 及び harmine の定量分析を行った。

その結果、都内で購入した市販ドラッグと種子交換で導入した *P. harmala* の種子の harmaline 及び harmine 含量は、前者は harmaline 含量が 55.8mg から 83.1mg、平均 67.6 mg、harmine 含量が 27.2mg から 70.9mg、平均 45.0 mg であった。後者は harmaline 含量が 87.0mg から 119.2mg 平均 105.0mg で、harmine 含量が 39.7mg から 105.9mg 平均 65.8 mg であり、市販ドラッグの含量がいずれも低い値を示した (Table 5)。

市販ドラッグ H-1 を発芽させ成長させた植物の各器官の harmaline 及び harmine 含量は、根では 1 年生株の harmaline 含量が  $0.4 \pm 0.4\text{mg}$  で、2 年生株が  $0.5 \pm 0.4\text{mg}$  であった。harmine 含量は 1 年生株が  $27.5 \pm 2.6\text{mg}$  で、2 年生株が  $34.4 \pm 5.4\text{mg}$  で根には両成分が含まれていた。根におい

Table 5. Contents of harmaline and harmine in Harmala (H-1 ~H-4) sold as abuse drugs and the seeds of *Peganum harmala* (S-1, S-4, S-6)

Sample	No.	Contents of (mg/g)	
		Harmaline	Harmine
H-1~H-4	4	67.6±11.1*	45.0±18.8*
S-1, S-4, S-6	3	105.0±16.4*	65.8±35.2*

\*Average±SD

Table 6. Contents of harmaline and harmine of each organ of *Peganum harmala* cultivated from H-1

	Organ	Date of collection	Contents of (mg/g)*	
			Harmaline	Harmine
One year old plant	Leaf	Jun. 2003	N.D.	N.D.
	Stem	Jun. 2003	N.D.	1.0±0.2
	Root	Jun. 2003	0.4±0.4	27.5±2.6
	Dead leaf	Jan. 2004	N.D.	0.97
	Dead stem	Jan. 2004	N.D.	0.93
Two years old plant	Seed	Sep. 2004	95.7±5.6	55.7±7.4
	Leaf	Jun. 2004	N.D.	N.D.
	Stem	Jun. 2004	N.D.	0.2±0.4
	Root	Jun. 2004	0.5±0.4	34.4±5.4

\*Average±SD of 3 individuals

ては, harmaline より harmine が高含量であった (Table 6) .

茎では harmine 含量が 1 年生株 1.0±0.2mg であり, 枯死した株では 0.93mg であった. 2 年生株の茎では 0.2±0.4mg であり, いずれも低含量であった. また, harmaline は茎では検出されなかった. 葉については 1 年生株, 2 年生株で harmaline 及び harmine 共に検出されなかったが, 枯死した葉からは harmine が僅かに検出された.

種子は 2 年目の 9 月に収穫したが, その分析結果は harmaline が 95.7±5.6mg, harmine が 55.7±7.4mg で共に高含量であった (Table 6).

### 考 察

乱用薬物ハルマラとして入手した植物種子はいずれも *P. harmala* を原植物であることを, 今回種子を播種させ, 生育にともなう形態観察から証明した. 市販ドラッグ及び種子交換で入手した *P. harmala* 種子はいずれも三稜形を呈し, 文献記載<sup>1,2)</sup>と一致するものである. 中国に自生する他の *Peganum* 属植物である *P. multisectum* Bobr. 及び *P. nigellastrum* Bunge の種子は, 前者が三角形, 後者が紡錘形であり, *P. harmala* と明らかに異なると考察している.

ハルマラの鑑定方法としては以下の確認が必要である.

①種子の大きさ, 長径, 短径, 褐色~黒褐色の三稜形を確認する (Fig. 2-A, Fig. 3). ②種子表面を実体顕微鏡あるいは走査型電子顕微鏡で観察し, 細かい凹状構造を確認する (Fig. 2-B). また, harmaline 及び harmine が高含量であることから, ③これらの薬物をクロマトグラフィーで分析し確認する. などである. 特に TLC 分析は Fig. 4 に示すように harmaline 及び harmine が特異な蛍光スポットとして出現する優れた鑑別法と考える.

また, 市販ドラッグ及び種子交換で入手した種子について harmaline 及び harmine 含量を調べたところ, Table 5 に示すように市販ドラッグの方が低い値を示した. 熟した果実は harmaline 及び harmine 含量が高くなると, Degtyarev らは報告<sup>12)</sup>している. これから類推すると, 市販ドラッグにも, 未熟な種子が含まれていた可能性は否定できない.

Harmaline, harmine などの  $\beta$ -carbolines は幻覚作用の他, 脳の特定部位に蓄積し<sup>20)</sup>, 中枢神経系の海綿状変性や肝細胞のうっ血などを引き起こす<sup>21)</sup>と報告されている. その一方で,  $\beta$ -carbolines は MAO 阻害剤として DMT 等の薬物作用の増強を図ることが知られている<sup>7, 15, 22-24)</sup>.

Table 6 に示すように, 他の植物器官に比べ種子には極めて高含量に存在するが, その含量変動は大きく, 一定ではない. 乱用薬物として興味本位に, harmaline, harmine 含量の高い成熟した種子を服用すれば, 予想もしない健康被害が懸念される.

### 引用文献

- 1) 中国科学院中国植物誌編集委員会, 中国植物誌第 43 巻第 1 分冊, 科学出版社, 北京, 1998, p123-125.
- 2) 傅立国, 陳潭清, 郎階永, 洪 涛, 林 祁, 中国高等植物第 8 巻, 青島出版社, 青島市, 2001, p51-453.
- 3) Tutin, T. G., Flora of Europaea II, Cambridge University Press, London, 1980, p204-205.
- 4) Zohary M., Feinbrun N. Flora Palaestina, The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, Israel, 1972, p.245.
- 5) El-Bahri, L., Chemli, R., *Vet. Hum. Toxicol.* **33**, 276-277 (1991).

- 6) 上海科学出版社, 中薬大辞典第4巻, 小学館, 東京, 1998, p2644-2645.
- 7) Callaway, J. C., McKenna D. J., Grob, C. S., Brite, G. S., Mash, D. C., *J. Anal. Toxicol.*, **20**, 492-497 (1996).
- 8) Shapira, Z., Terkel, J., Egozi, Y., Nyska, A., Friedman, J., *J. Ethnopharmacol.*, **27**, 319-325 (1989).
- 9) 船山信次, アルカロイド, 共立出版, 東京, 1998, pp.81-83.
- 10) 島峯望彦, 高橋一徳, 大野昌子, 衛生試験 **99**, 79-83 (1981).
- 11) Airaksinen, M. M., Kari, I., *Med. Bio.* **59**, 21-34 (1981).
- 12) Degtyare, V. A., Sadykov, Y. D., Aksenov, V. S., *Chem. Nat. Com.* **20**, 240-241 (1984).
- 13) Al-Shamma, A., Drake, S., Flynn, D. L., Mitdsher, L. A., Park, Y. H., Raa, G. S. R., Simpson, A., Swayze, J. K., Veysoglu, T., Wu, T.-S., *J. Nat. Pro.* **44**, 745-747 (1981).
- 14) Kartal, M., Altun, M. L., Kurycu, S., *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **31**, 263-269 (2003).
- 15) Pranzatelli, M. R., Snodgrass, S. R., *Exp. Neurol.* **96**, 703-719 (1987).
- 16) Abdel-Fattah, A. F., Matsumoto, K., Gammaz, H. A., Watanabe, H., *Pharmacol. Biochem. Behav.* **52**, 421-426 (1995).
- 17) Stratton, S. E., Lorden, J. F., *Neuroscience*, **41**, 543-549 (1991).
- 18) O'Hearn, E., Molliver, M. E., *Neuroscience*, **55**, 303-310 (1993).
- 19) Massoud M., Hossein J., Pirooz S. *Iranian J. Pharma. & Thera.* **1**, 1-4 (2002).
- 20) Moncrieff, J., *J. Chromatogr.* **496**, 269-278 (1989).
- 21) Lamchouri, F., Settaf, A., Cherrah, Y., Hamidi, M. El., Tligui, N. S., Lyoussi, B., Hassar, M., *Ann. Pharm. Fr.*, **60**, 123-129 (2002).
- 22) 丸山卓郎, 川原信夫, 吹春俊光, 横山和正, 牧野由紀子, 合田幸広, 食衛誌 **46**, 49-54 (2005).
- 23) Nakagawasai O., Arai Y., Satoh S., Satoh N., Neda M., Hozumi M., Oka R., Hiraga H., Tadano T. *Neuro Taxi.* **25**, 223-231 (2004).
- 24) Brush D. E., Bird S. B., Boyer E. W. *J. Toxi.* **42**, 191-195 (2004).

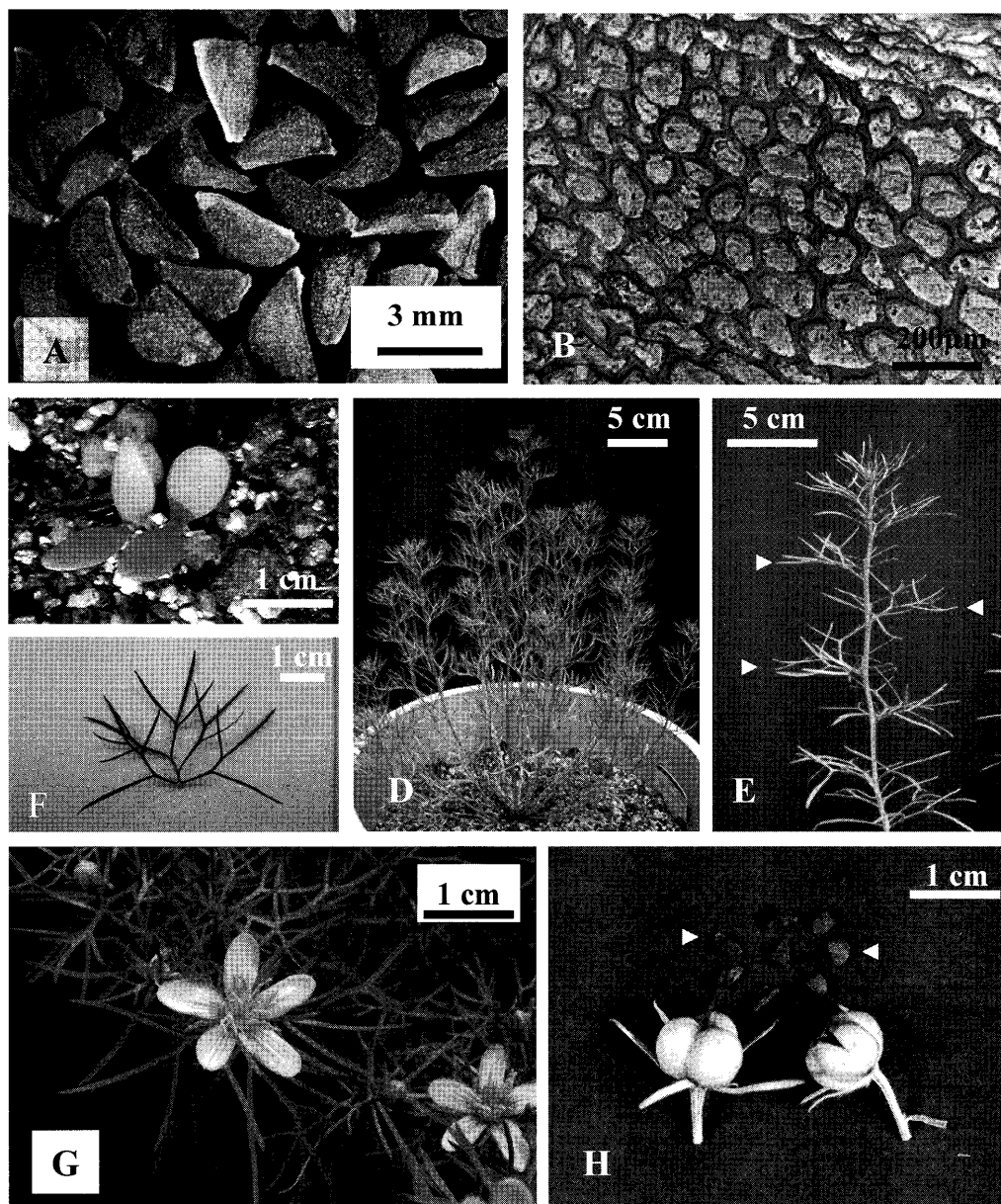


Fig. 2. Morphological characteristics of Harmala used as an abuse drug (H-1) and plant body of *Peganum harmala* cultivated from H-1

A: Angular brownish seeds, B: Alveolate structure on surface of seeds, C: Seedlings, D: Erect, glabrous, perennial herbaceous and terete below, angled above, much-branched stems, E: Leaves alternate (arrows), F: Deeply and irregularly pinnatisect leaves, G: Flower (from June to early July), H: Capsules and seeds (arrows)

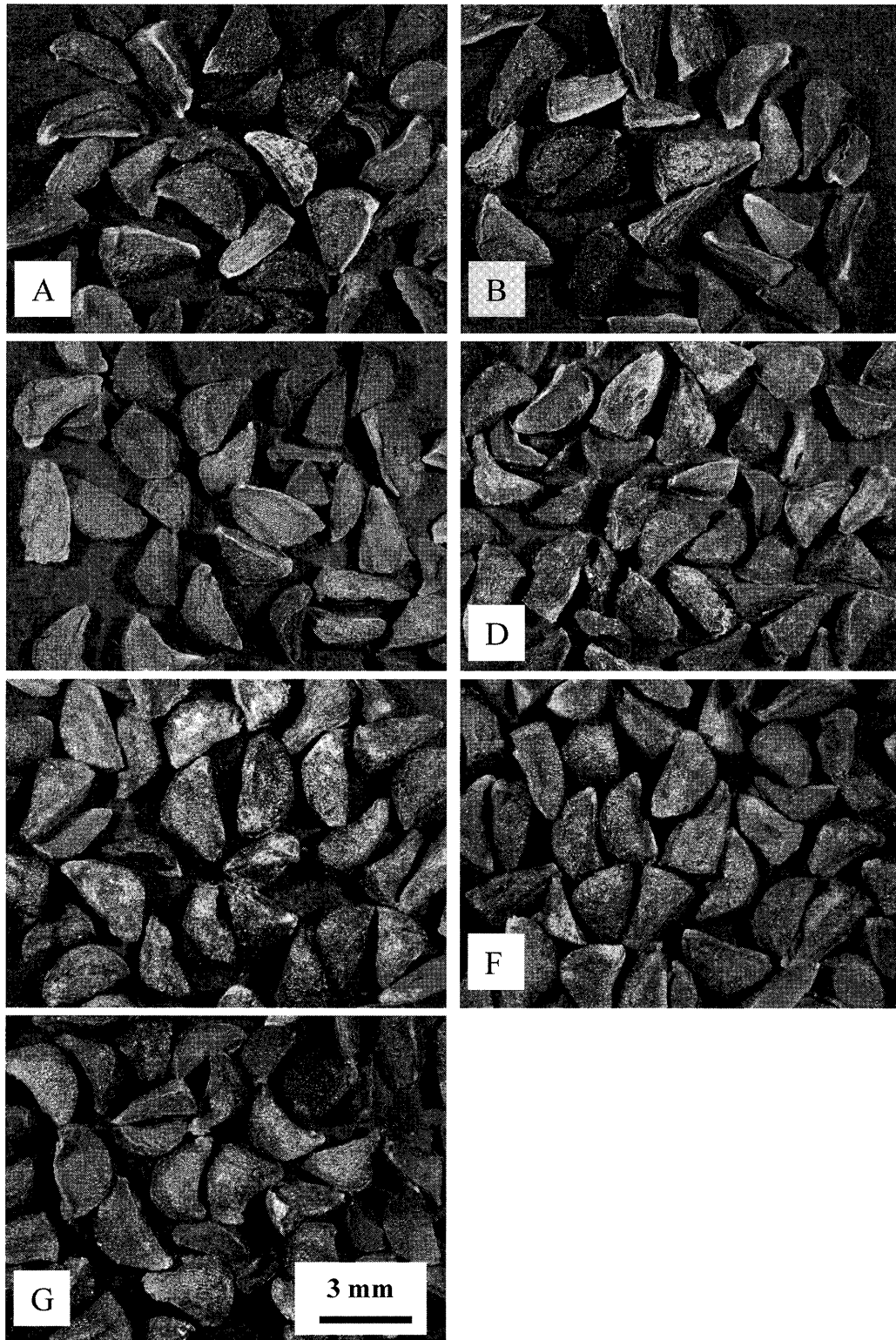


Fig. 3. Seeds of *Harmala* used as an abuse drug and *Peganum harmala*

A: H-2, B: H-3, C: H-4, D: S-1, E: S-2, F: S-3, G: S-5