

中子活化分析法及超微量分析技術檢驗中藥微量重金屬

Determination of Trace Elements in Chinese Medicines by Neutron Activation Analysis and Trace Analysis Techniques

門立中

核能研究所

摘要

建立中藥材內微量重金屬元素，如 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb 及 Zn 等之檢測數據，以及不同產地之重金屬差異，對未來從事國內中藥檢驗與管制非常有助益。本計畫擬利用中子活化分析及 ICP 等方法，針對 52 種常用中草藥材，進行微量元素之分析與量測。

關鍵詞：中藥微量元素、中子活化分析、感應耦合電漿光譜儀

ABSTRACT

Trace elements like As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, and Zn in Chinese medicines will be determined by Neutron Activation Analysis and Inductively Coupled Plasma Spectrometry. 52 Chinese medicines are chosen for this project. Trace elements content in different Chinese medicines and different area will be discussed in this report.

Keywords : Chinese medicine, NAA, ICP

壹、前言

中草藥材在中國已有數千年的歷史，根據本草綱目的記載總數約有四千多種，過去這些生長在大自然中的藥材，因無農藥污染或環保問題，故含重金屬之微量元素，並不是管制上的一項課題，但時至今日，一方面土地栽種普遍使用農藥或殺蟲劑，再方面由於酸雨，水源之工業污染等環保問題影響，中草藥材內含重金屬等微量元素，就是一項大眾關切的問題，適時建立相關調查數據，則是一項相當重要的課題。

一般而言，中草藥材內除含有各項維生素如鈉、鉀、鈣、鐵、鋁等外，也包含一些與地質土壤相關之稀土族元素，以及可能對身體有害之重金屬，如銅、汞、鎘、鉛、砷等元素。這些有害身體之重金屬含量，即便是在微量(ppm左右)的範圍內，亦有可能對身體造成傷害。此外這些重金屬的含量也都會因產地的污染不同，或使用農藥/殺蟲劑的差異，而導致不同的變化，故針對不同地區之中草藥材調查其重金屬微量元素的含量，則是建立中草藥重要參考數據。

國內食品衛生法規對重金屬之限量，已就水、油、米、天然色素等食品中訂定容許量，而中草藥材方面則尚未訂定。學術研究方面，針對中草藥材內元素之檢測，國外學者曾就無機元素從事分析，國內學者亦曾就十全大補湯及驚風散等從事過初步測量，而大陸也曾就 15 種中草藥材對 29 種元素從事過中子活化分析。但就整體性通用的中草藥及考量不同產地的影響等數據，則至今尚未見系統建立與公佈。

微量元素的檢測，目前科技能力可從事的方法，一般而言主要有兩大類，其一是原子吸收/放射光譜(AAS/ICP)，其二則是中子活化分析(NAA)，前者主要將樣品做適當處理後，再由特性光譜上，對特定元素檢測其含量。而後者則是藉由非破壞檢測，以及中子活化樣品內元素，再由特性 γ 譜線來檢定其量。中子活化分析，因不須前置處理，故具備零污染的特徵，而且一次可同時對多種元素從事高靈敏度的測量，故是一項快速方便高科技的檢測方式，尤其對大量樣品的檢測，則更具步驟簡單且靈敏度高等之優點，只是這項檢測必須具備有足夠強度的中子源始可進行，而核研所的微功率反應器則可勝任此項工作。

此外中子活化分析對 As、Cd、Cr、Hg 及 Zn 等元素，均可在 ppm ($\mu\text{g/g}$) 的檢測靈敏度內從事測量，另外藥材中 Cu、Ni 及 Pb 的分析不能採用 NAA 法分析，因此必須先經化學前處理步驟將 Cu、Ni 及 Pb 溶解出來然後用 ICP 測

定。在以 ICP 測定 Cu、Ni 及 Pb 含量時，可以微波消化或低溫灰化等前處理步驟先將藥材消化溶於酸中，再配合適當的分析條件選擇較靈敏的特性光譜加以檢測，唯其濃度甚低，則需以較多的樣品量減少稀釋倍率。

貳、材料與方法

中藥材料為中醫藥委員會中藥組提供，中藥中微量元素的分析方法本計畫建立三種不同方法，即酸分解感應耦合電漿光譜法、中子活化分析法及高溫灰化感應耦合電漿質譜法，三種方法分別敘述與討論。

一、中藥中微量銅、鎘、鎳、鉻、鋅、鉛之酸分解感應耦合電漿光譜定量法

(一)原理

中藥先經過烘乾、切片、研磨、粉碎、過篩、混合再烘乾，稱取試樣以混酸、溶解，蒸至冒白煙將有機物破壞，再以酸溶解，藉由感應耦合電漿光譜儀將液態試樣導入霧化器霧化，經過電漿火炬高達 8000°K 高溫電漿，將元素激發成激發態原子，返回低能狀態時發出特有之光譜線，經過分光儀選擇適當的光譜線，以偵檢器偵知該光譜線強度，再利用電子設備將偵測訊號放大，根據訊號波長及強度而進行元素之定性及定量。

(二)適用範圍

1. 本法適於中藥中重金屬元素 $\mu\text{g/g}$ 濃度以上。
2. 試樣中鋁、鈣含量超過 1% 會影響到試樣溶解和定量。
3. 試樣溶解需將有機物破壞完全，否則會干擾 ICP 之試樣導入系統影響流速（產生氣泡阻塞）。

(三)儀器與試藥

1. 儀器

- (1) JOBIN-YVON S-35 感應耦合電漿光譜儀 (ICP)
- (2) PYREX 燒杯 (250 mL)
- (3) 研磨機
- (4) 切片機
- (5) 電熱板
- (6) 25 mL 量瓶
- (7) 表玻璃蓋
- (8) 100 mesh 篩網
- (9) 300 mL PE 瓶

(10)烘箱

(11)防潮箱

2.試藥配製

(1)硝酸：超純酸級 Assay = 69.4 %， Density 1.42 g/mL

Residue < 1 ppm E. Merck 公司出品。

(2)硫酸：超純酸級 Assay = 95.0%， Density 1.83 g/mL

Residue < 2 ppm E. Merck 公司出品。

(3)混酸 (1+3)：取一份硫酸加入三份硝酸混合而成。

(4)SRM 標準樣品：1575 松針。

(5)標準單一金屬元素溶液：鋅、銅、鉻、鎘、鉛、鎳 (100ppm) ICP/MS
級單一元素標準溶液 Accstandard 公司出品，經過 NIST 追溯，並
有分析值之確認書及真值。

(四)分析步驟

- 1.將中藥編號，稱取約 50 克左右，放入 250mL 燒杯中，移入烘箱設定溫度為 70℃烘 12 小時。
- 2.再將樣品切片，以研磨機粉碎，研磨成粉末狀，經過 100 mesh 篩網過篩，收集放入 300 mL PE 瓶中，混合均勻放入防潮箱中備用。
- 3.精稱樣品 0.5000 g，另稱取 (SRM) 標準樣品 0.5000 g，移入 250 mL 燒杯中。
- 4.加入少量水潤濕均勻，加入 4 mL 混酸 (1 份 H₂SO₄+3 份 HNO₃) 混合均勻，蓋上表玻璃，放在電熱板上慢慢加熱至沸騰。
- 5.一直到白煙發生，將有機物質破壞完全，如無法完全破壞則重覆 4、5，放冷後，加入 10 mL 水加熱溶解放冷，以 Whatman 42 號濾紙過濾，並收集濾液至 25mL 量瓶中。
- 6.如上之操作條件做一個空白試驗，作為背景值參考。
- 7.以感應耦合電漿光譜儀定量試樣中鎘、鉛、銅、鉻、鋅、鎳等微量重金屬之含量。
8. ICP 之分析條件如下：

(1)儀器設定

- | | |
|---------------------|--------------|
| • R.F Forward power | 1200W |
| • R.F Control Type | Free Running |
| • Argon Flow Rate | |
| • Outer Tube Gas | 12 L/min |

- Inner Tube Gas 0.5L/min
- Nebulizer Pressure 42 PSI
- Peristaltic Pump Flow Rate 1.0 mL/min
- Nebulizer Type Concentrate
- Spray Chamber Type Modify Greenfield
- Observation Height Fixed 20 mm

(2)元素分析光譜線

Zn : 213.856 nm

Pb : 220.353 nm

Cd : 228.802 nm

Ni : 231.604 nm

Cr : 267.716 nm

Cu : 324.754 nm

(五)計算及討論

1.計算：

$$M = \frac{A \times D}{S}$$

M：微量元素含量(μ g/g)

A：儀器偵測值(μ g/mL)

D：稀釋容器體積(mL)

S：樣品之重量(g)

2.標準樣品(SRM 1575 松針)分析結果

Element	Certificate (μ g/g)	1	2	3	AV	Recovery
Pb	10.8	8.9	10.1	10.0	9.7	90
Cd	<0.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	--
Cu	3.0	3.3	2.9	3.2	3.1	103
Cr	2.6	2.4	2.6	2.5	2.5	96
Ni	3.5	3.4	2.9	3.2	3.1	90
Zn	--	50	49	51	50	--

二、中藥中微量鎘、砷、鋅、鉻及汞之中子活化分析法

(一)原理

儀器中子活化分析法 (INAA) 乃是一種利用中子照射穩定元素使其產生(人造)放射性核種，進而利用該放射性核種之特性進行元素分析的方法，它的優點為高靈敏度、樣品本身不易被污染、且操作步驟簡單、準確性高。

本方法是以外熱中子(Epithermal neutron)照射，利用儀器中子活化分析法來測定中藥材微量元素之含量，可降低能譜分析之干擾。因為生物體樣品經照射後，含有大量的 ^{24}Na 、 ^{42}K 、 ^{65}Zn 及 ^{59}Fe 等核種，這些核種所產生的康普吞散射 γ -線(Compton scattered γ -rays)，會干擾處於低能量範圍($\leq 400\text{keV}$)之目的核種之能峰。這些核種的半化期分別為 ^{24}Na 14.959hr、 ^{42}K 12.360hr、 ^{65}Zn 244.26d 及 ^{59}Fe 44.503d，後二者之半化期皆甚長，對於長半化期核種之定量，冷卻時間對背景之降低無效，只有化學分離技術才能降低該干擾之背景。然而外熱中子(epithermal neutron)照射可降低康普吞效應所引起之能峰干擾而使目的核種之波峰顯出，可得更低的偵測下限。

(二)儀器及試藥

- 1.計測儀器：加馬能譜之分析是使用美國 CANBERRA 公司出品 Model GX-3020 XtRa Ge Detector，連接 CANBERRA Series 90 MCA(Multichannel Analyzer)，作為加馬能譜分析之用。
- 2.標準樣品：取用德國 MERCK 公司出品之高純度光譜分析用標準樣品及美國國家標準與技術研究所(National Institute of Standard and Technology，簡稱 NIST)出品之 SRM-1573(Tomato Leaves)、SRM-1575(Pine Needles)及 SRM-1566a(Oyster Tissue)等作為標準樣品。

(三)分析步驟

- 1.配製各元素之標準樣品：取用德國 MERCK 公司出品之高純度光譜分析用標準樣品滴於濾紙上，然後低溫烘乾，PE 袋包裝。又 NIST 出品之 SRM-1573、SRM-1575 及 SRM-1566a 等標準樣品，則精稱後置入 PE 管容器內，封口。
- 2.稱取約 1g 之中藥材，置入 PE 管容器內，封口，作為分析樣品。
- 3.將標準樣品與分析樣品包裝為一體，放入反應器內進行照射。
- 4.照射前將(3)項之樣品裝入 1 mm 厚的鎘盒內，在核研所之微功率反應器 (ZPRL)內進行中子照射 2 小時，中子通量率為 $4 \times 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

2. s^{-1} ，照射完了之後，進行 Cd、As、Zn、Cr、Hg、等元素之分析。

(四)計算及討論

1.選用下列各核種之加馬能峰為定量之用。

核 種	半化期	定量時選用之加馬能峰(keV)
$^{115m}\text{In}(\text{Cd})$	4.486h	336.2
^{69m}Zn	13.76h	438.6
^{76}As	26.32h	559.1
^{51}Cr	27.702d	320.1
^{203}Hg	46.612d	279.2

2. 計數率，C (cps) 之計算

$$C = \frac{N(\text{net counts})}{T(\text{s})}$$

$$\text{又 } C = C_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

式中

C : 計測時目的核種之計數率，cps。

N : 目的核種之淨計數

T : 計測時間，秒。

C_0 : 照射終了時目的核種之計數率，cps。

λ : 蛻變常數 = $0.693 / T_{1/2}$

$T_{1/2}$ 為目的核種之半化期。

t : 蛻變時間。

3. 目的元素含量之計算：

分析樣品中目的元素的含量 $W(\mu\text{g})$ 可由下式求出。

$$W = W_{\text{std}} \times \frac{C}{C_{\text{std}}}$$

式中

W_{std} : 為標準樣品中目的元素的含量(μg)。

C_{std} : 為標準樣品中目的核種的計數率,cps。

C : 為分析樣品中目的核種的計數率，cps。

4.標準樣品之分析結果

樣品名稱	SRM-1573(Tomato Leaves)		SRM-1575 (Pine Needles)		SRM-1566a (Oyster Tissue)	
分析樣品取量(g)	0.1231		0.1784		0.1594	
分析元素	分析值($\mu\text{g/g}$)	認證值($\mu\text{g/g}$)	分析值($\mu\text{g/g}$)	認證值($\mu\text{g/g}$)	分析值($\mu\text{g/g}$)	認證值($\mu\text{g/g}$)
As	0.3	(0.27)	0.2	0.21 $\pm$ 0.04	14	14.0 $\pm$ 1.2
Cd	3.3	(3)	<0.5	(<0.5)	4.1	4.15 $\pm$ 0.38
Cr	4.6	4.5	2.6	2.6 $\pm$ 0.2	1.5	1.43 $\pm$ 0.46
Hg	0.2	(0.1)	0.1	(0.15 $\pm$ 0.05)	<0.1	0.0642 $\pm$ 0.0067
Zn	60	62	--	--	828	830 $\pm$ 57

三、中藥中微量鉻、鋅、鎘、鉛、鎳、銅之高溫灰化感應耦合電漿質譜定量法

(一)原理

試樣先經過烘乾、切片、粉碎、過篩等先前處理，再經過灰化、酸化溶解，以高解析度感應耦合電漿質譜儀 (ICP/MS) 定量微量元素；試樣導入霧化器霧化，經過電漿火炬高達 8000 °K 高溫電漿將元素激發成離子態，以元素質量數作為定性和定量之依據，本方法不受其它基質干擾，且可獲得較低的偵測極限，達到快速、方便，準確之好處。

(二)儀器與試藥

1.儀器及設備

- (1) Micromass Plasma Tracer 2 高解析度感應耦合電漿質譜儀 (ICP/MS)
- (2) Sciex elan 250 感應耦合電漿質譜儀 (ICP/MS)
- (3) 研磨機
- (4) 切片機
- (5) 電熱板
- (6) 高溫爐
- (7) 烘箱
- (8) 防潮箱
- (9) 10 mL 量瓶
- (10) 100 mL 燒杯 (PYREX)
- (11) 表玻璃蓋
- (12) 300 mL PE 瓶
- (13) 100 mesh 篩網

2.試藥配製

- (1) 硝酸：超純酸級 Assay=69.4%，Density 1.42 g/mL
Residue < 1 PPM，E·Merck 公司出品。
- (2) 硝酸 (1+1)：取一份硝酸和一份蒸餾水混合而成。
- (3) SRM 標準樣品：SRM (1575) 松針及 SRM (1571) 蘭花葉。

(三)分析步驟

1. 將中藥編號，稱取約 50 g 左右，放入 250 mL 燒杯中，移入烘箱設定溫度為 70°C 烘 12 小時。
2. 再將樣品切片，以研磨機粉碎，研磨成粉末狀，經過 100 mesh 篩網過篩，收集放入 300 mL PE 瓶中，混合均勻放入防潮箱中備用。
3. 精確稱取粉末試樣 0.2000 g，置於 100 mL 燒杯內。
4. 另精確稱取 (SRM) 標準樣品 0.2000 g，置於 100 mL 燒杯內。
5. 移入高溫爐中第一階段設定溫度為 150°C 1 小時，第二階段設定溫度為

250°C 1 小時，第三階段設定溫度為 400°C 1 小時，第四階段定溫度為 500°C 2 小時。

6. 每當溫度升高一個階段，需將樣品以細玻璃棒翻攪均勻。
7. 放冷後，移出高溫爐，放在電熱板上，蓋上表玻璃加 3mL (1+1)硝酸，慢慢加熱溶解，蒸至約 0.5mL 時，再加入 5 mL 蒸餾水加熱至沸騰後取出放冷。
8. 以 Whatman 42 號濾紙過濾，將濾液收集在 10 mL 量瓶中，並以蒸餾水稀釋至刻度。
9. 如上之操作條件做一個空白試驗，作為背景值參考。
10. 以感應耦合電漿質譜儀定量，試樣中微量重金屬鎘、鉛、銅、鉻、鋅、鎳之含量。
11. 感應耦合電漿質譜儀(ICP/MS)之分析條件如下：

(1) ICP-MS Instrument Operation Condition (Micromass)

• RF power (W)	1350
• Gas flow rate (L/min)	
• Coolant	18.1
• Auxiliary	1.3
• Nebulizer	0.91 mL/min(32psi)
• Ion sampling depth	a
• Ion lens setting	b
• Dwell time	20 ms
• Resolution	400~10,000
• Scanning mode	Peak hopping transient
• Sampling cone	Nickel (1.0 mm)
• Skimmer	Nickel (0.5 mm)
a.	Adjusted in order to obtain maximum signal intensity.
b.	Adjusted in order to obtain maximum signal intensity and signal to noise ratio.

(2) ICP-MS Instrument Operation Condition (Sciex)

• RF Power	1050 Watts
• CEM Voltage	3100 kV
• Sample Uptake	2 mL/min
• Plasma Flow	14.5 mL/min
• Nebulizer Flow	0.5 mL/min
• Auxiliary Flow	1.8 L/min

- Sweeps/Reading 1
- Readings/Replicate 1
- Number of replicates 10
- Points Across Peak 5
- Resolution Normal
- Scanning Mode Peak Hop
- Baseline Time (ms) 0
- Transfer Frequency Replicate
- Polarity +

(3)元素偵測質量數

元素	質量數
Cr	52
Ni	60
Cu	63
Zn	66
Cd	114
Pb	208

(四)計算及討論

1.計算

$$M = \frac{A \times D}{S}$$

M：微量元素含量 ($\mu\text{g/g}$)

A：儀器偵測值 ($\mu\text{g/mL}$)

D：為稀釋容器體積 (mL)

S：樣品之重量 (g)

2.標準樣品分析之結果

(1)標準樣品 SRM(1571 蘭花葉)分析結果

元素	確認值($\mu\text{g/g}$)	分析值($\mu\text{g/g}$)	回收率(%)
Pb	45	44	98
Cd	0.11	0.1	91
Cu	12	11	92
Ni	1.3	4.3	--
Zn	2.5	2.4	96
Cr	2.3	2.1	91

(2)標準樣品 SRM(1575 松針)分析結果

元素	確認值($\mu\text{g/g}$)	分析值($\mu\text{g/g}$)	回收率(%)
Pb	10.8	10.7	99
Cd	<0.5	<0.5	--
Cu	3.0	3.5	117
Ni	3.5	3.2	91
Zn	--	51	--
Cr	2.6	2.8	108

參、結果與討論

一、各種中藥外觀照像存檔

圖一、圖二為不同批次之中藥樣品，不同批次同名之藥材其外觀及微量元素含量比較整理如附件一，本計畫為三年期程，目標之一為收集不同產地之藥材作外形及微量元素含量比較。

二、各種中藥微量元素含量

表一為樣品中微量元素分析結果，每樣品至少分析兩次以上，如兩次分析結果誤差較大，則進行第三次分析，以確保分析數據之準確性。

不同批次或不同產地之同名藥材分析結果及微量元素含量圖形比較整理如附件一，例如編號 10 及 48 兩種藥材，同為枸杞子，但 10 號產地為內蒙，48 號產地為河南，其微量元素含量如表二，其中 Zn 含量差異頗大，其微量元素含量圖形比較如圖三及圖四，將來產地區分可否用微量元素 Zn 作指標，值得進一步研究探討。

肆、結論與建議

- 1.各種不同產地之各類中藥微量元素含量資料庫之建立，可以作為中藥中

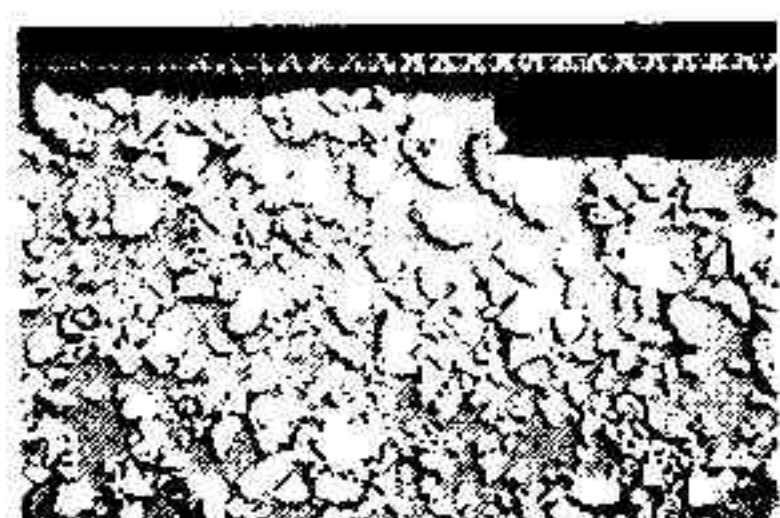
微量元素(含有毒元素)規範訂定之參考依據，資料庫數據愈多則愈容易作判斷。

- 2.同種藥材不同產地中微量元素如有顯著之差異，可以作為產地區分之參考，如內蒙產之枸杞鋅元素含量特高。
- 3.微量元素砷和汞前處理時易揮發損失，故不適用酸分解前處理或高溫灰化前處理，以中子活化分析較簡便準確。
- 4.以中子活化方法分析銅和鎳為短半化期核種，目前現有反應爐與實驗室之距離較遠，計測上有困難且誤差較大，故不建議以中子活化分析方法測定；此外，鉛無法以中子活化分析方法測定。
- 5.本報告所述三種方法均以 NIST 標準品作測定元素之回收率探討，在 90%~117%之間，三種方法均可視需求選用。
- 6.不同產地中藥材之收集，有其專業性與困難度，期望下年度之樣品收集能順利完成。

伍、參考文獻

1. 行政院衛生署中醫藥委員會八十八年度中醫藥科技研究發展計畫申請作業手冊，行政院衛生署中醫藥委員會編印，民國 86 年 12 月
2. “食品衛生法規彙編”，行政院衛生署編印，中華民國 84 年 3 月。
3. M. Saiki and M. B. A. Vasconcellos, “Determination of Inorganic components in Brazilian Medicinal Herbs by Neutron Activation Analysis”, Int Conf. Nucl Anal. Meth. in the Life Sci., Ses.15, Gaithersburg, Maryland, U.S.A., April 17-21, 1989.
4. C.F.Wang, M.J.Duo, E.E.Chang,J.Y.Yang ”Essential and Toxic Trace Elements in Chinese Medicine”, J. of Radioanal and Nucl. Chem.**211**, 333(1996).
5. Y.W.Chi,S.L.Chen,M.H.Yang,M.H.Hwang,” Survey of Heavy Metals in Traditional Chinese Medicinal Preparations”, Chin.Med **50**, 400-405(1992)
6. 中子活化分析實驗室著,“中子活化分析在環境學、生物學和地質學中的應用”, 原子能出版社(1992)
7. T. L. Rucker “Methodologies for the Practical Determination and Use of Method Detection Limits”, J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles, **192**,345 (1995).
8. D Sandhya and M.S.S.Ubramanian, “ Determination of Mercury by Substoichiometric Isotope Dilution Analysis” Radiochimica Acta, **65**, 105(1994).
9. R. L. Mitchell, D. Purves. R.O.Scoll and R.C.Voss. Spectrochemical Methods for the Analysis of Soil, Plant and Other Agricultural Materials. The Macaulay Institute for Soil Research, (1971).

10. J.R.W. Woittiez, et. al., "Aspects of Accuracy and Precision in the Determination of As, Sb and Hg in Biological Materials by Neutron Activation Analysis", Int Conf. Nucl Anal Meth. in the Life Sci., Ses. 11, Gaithersburg, Maryland, U.S.A., April 17-21, 1989.
11. W. D. Morgan, et. al., "In-Vivo Measurements of Cadmium and Lead in Occupationally-Exposed Workers and in an Urban Population", Int. Conf. Nucl. Anal. Methods in the Life Sci., Ses. 8, Gaithersburg, Maryland, U.S.A., April 17-21, 1989.
12. G. S. Zhuang, et. al., "Preliminary Study on Distribution of Toxic Elements As, Cd, Hg, in Human Hair and Tissues by NAA", Int. Conf. Nucl. Anal. Methods in the Life Sci., Ses. 8, Gaithersburg, Maryland U.S.A., April 17-21, 1989.
13. Myint et.al., "Determination of Arsenic in Some Myanmar Indigenous Medicines by Neutron Activation Analysis", J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters 187, 399(1994).
14. 林浩潭、翁懷慎、李國欽, "作物中重金屬含量調查及我國國民對重金屬取食量之探討", 中國農業化學會誌, 30, 463, (1992)。
15. 劉純妃、鄭秋真, "台灣地區市售養殖魚類中重金屬含量之調查", 藥物食品檢驗局調查研究年報, 8, 189(1990)。
16. 彭通均、吳金松、門立中, "利用中子活化分析法測定中藥材中微量元素之含量" 核能研究所 INER-1742(1998)。



01 茯苓 浙江



02 山藥 廣西



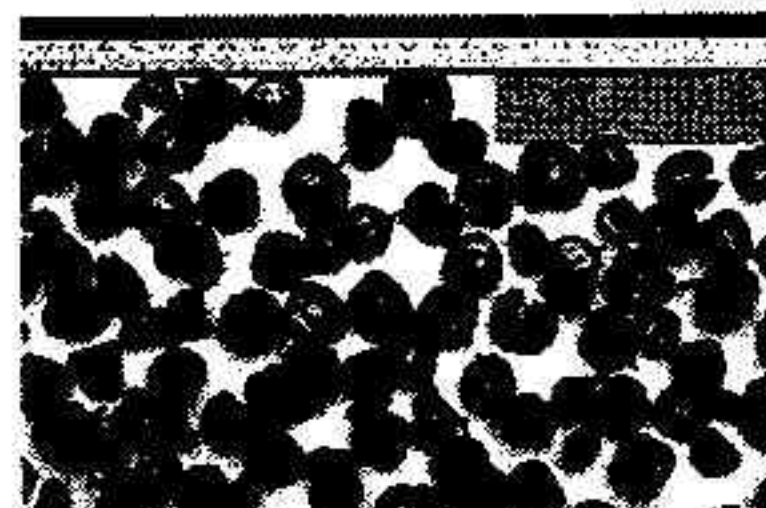
03 延胡索 浙江



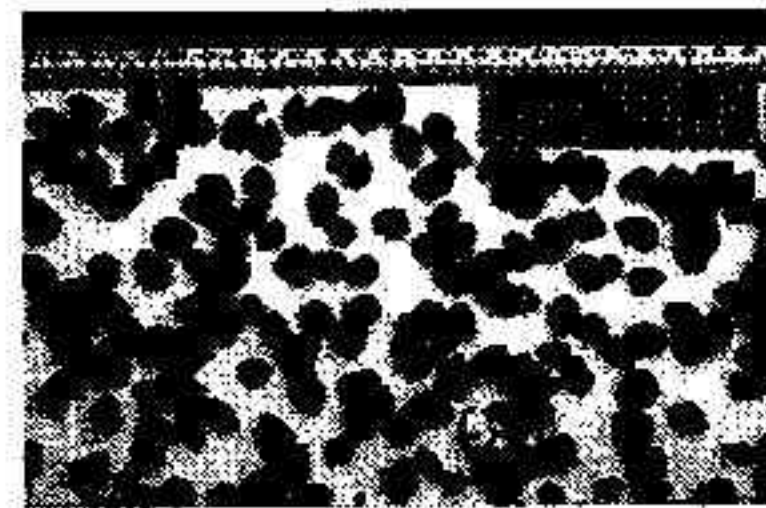
04 桔梗 內蒙



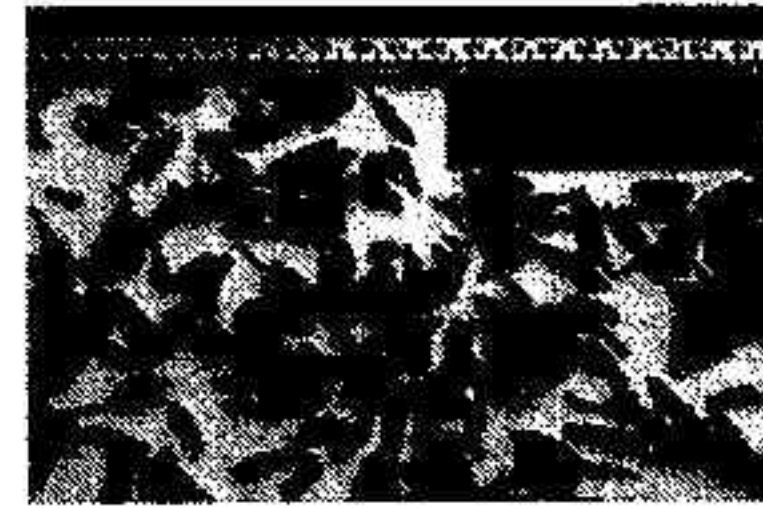
05 晉耆 甘肅



06 山楂 山東



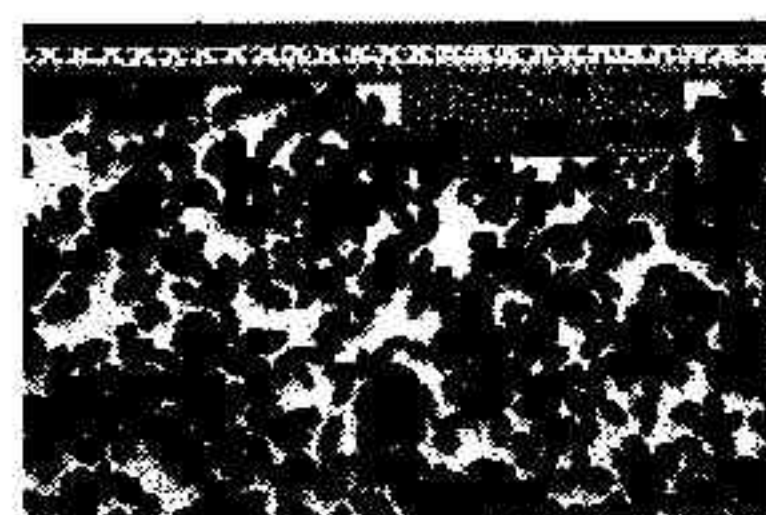
07 杏仁 河北



08 麥門冬 四川



09 五味子 遼寧



10 枸杞子 內蒙



11 續斷 四川



12 當歸 甘肅



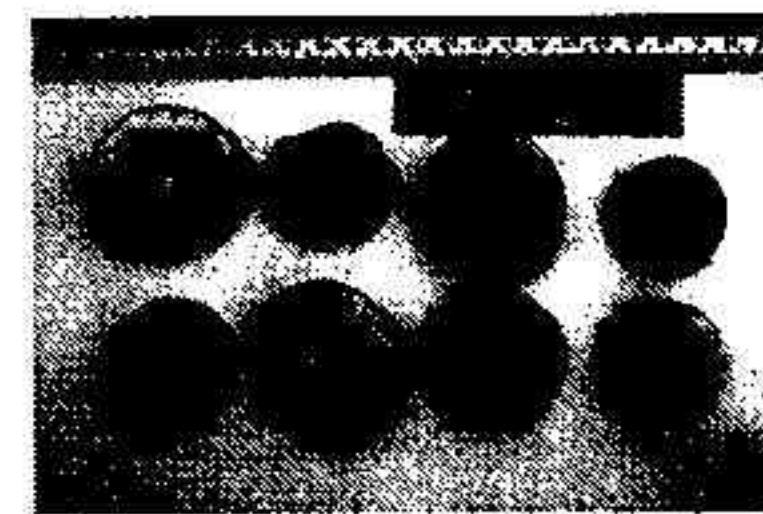
13 白朮 浙江



14 丹蔘 安徽



15 白芍 安徽



16 枳殼 四川



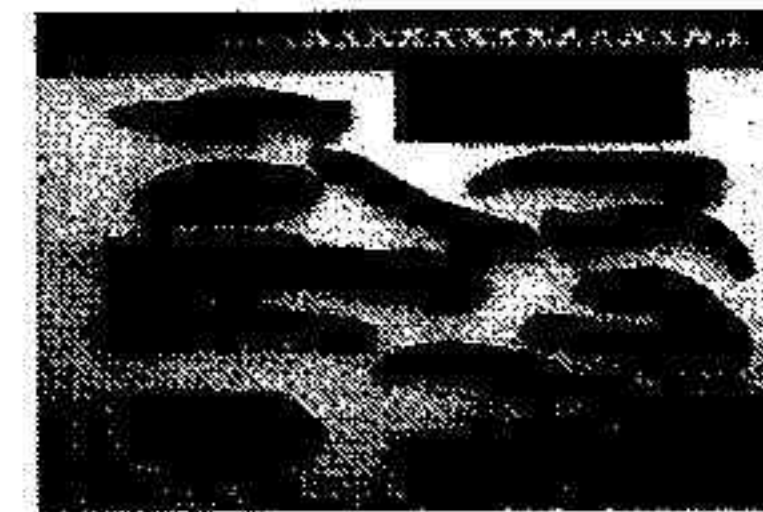
17 黃芩 山西



18 赤芍 內蒙



19 白芷 四川



20 人蔘 吉林



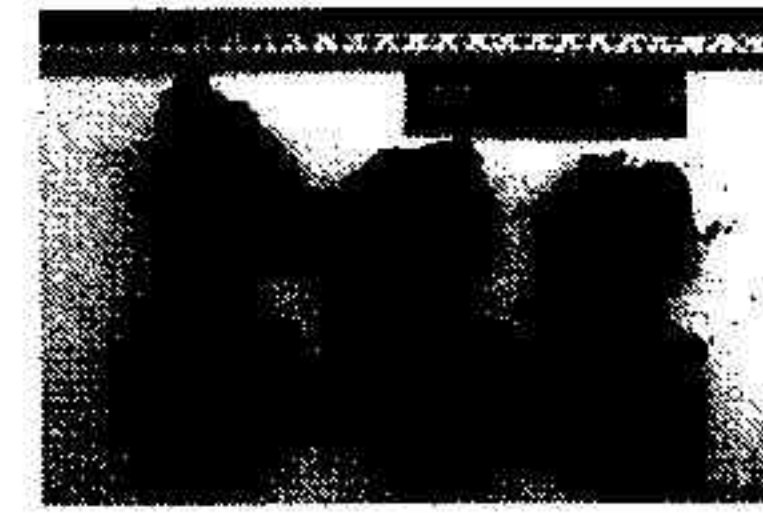
21 柴胡 陝西



22 浙貝母 浙江

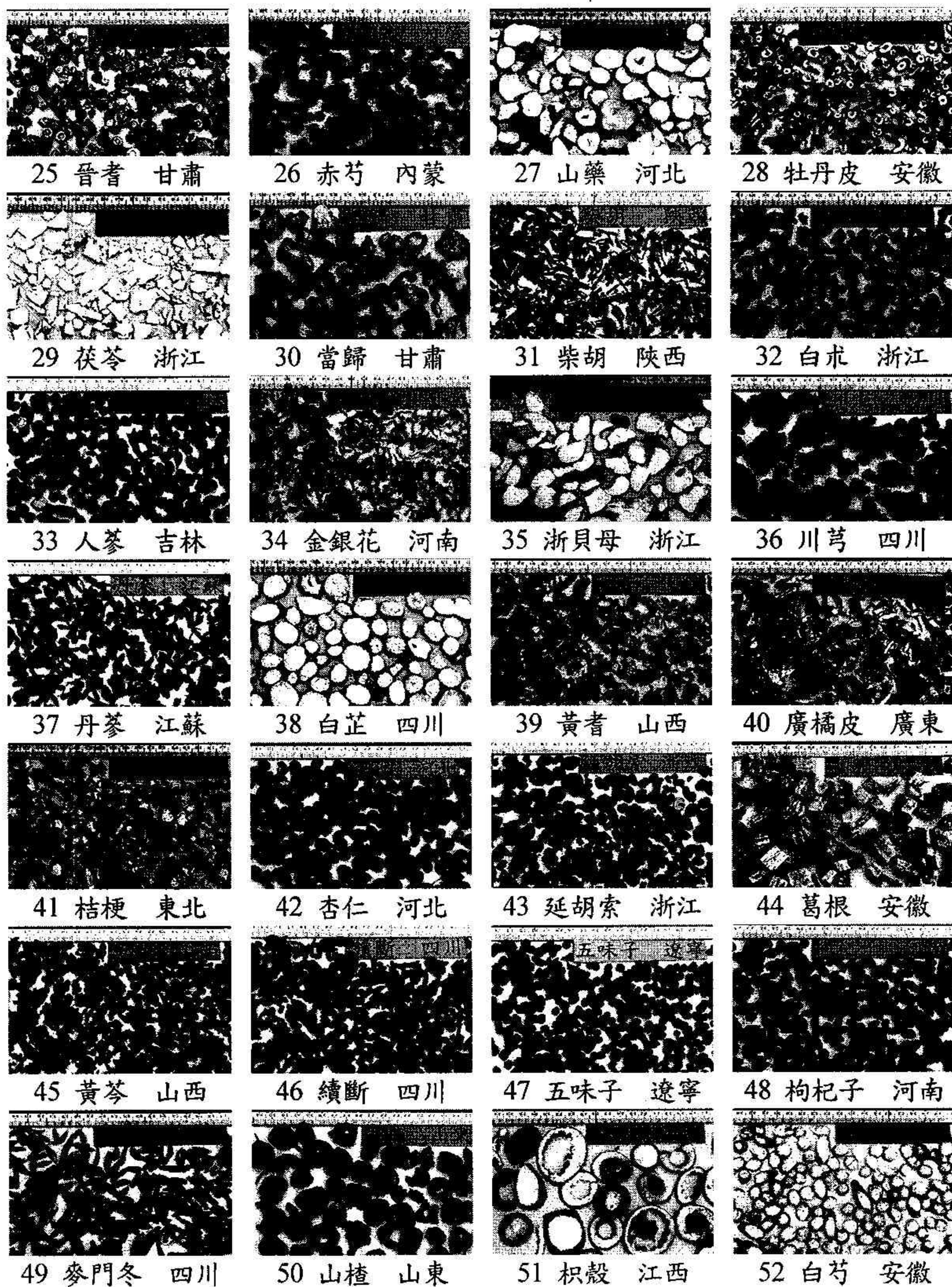


23 牡丹皮 安徽

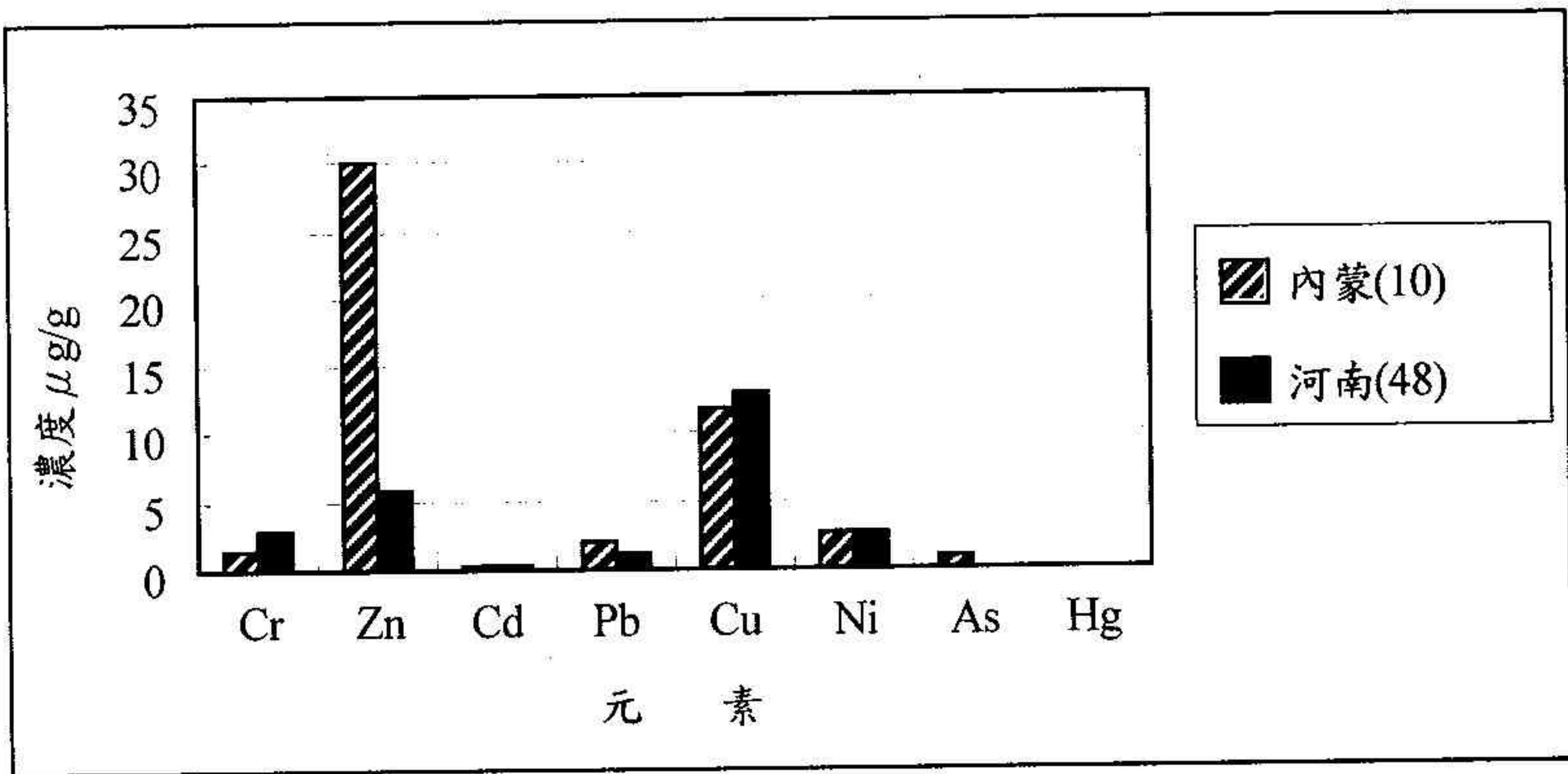


24 川芎 四川

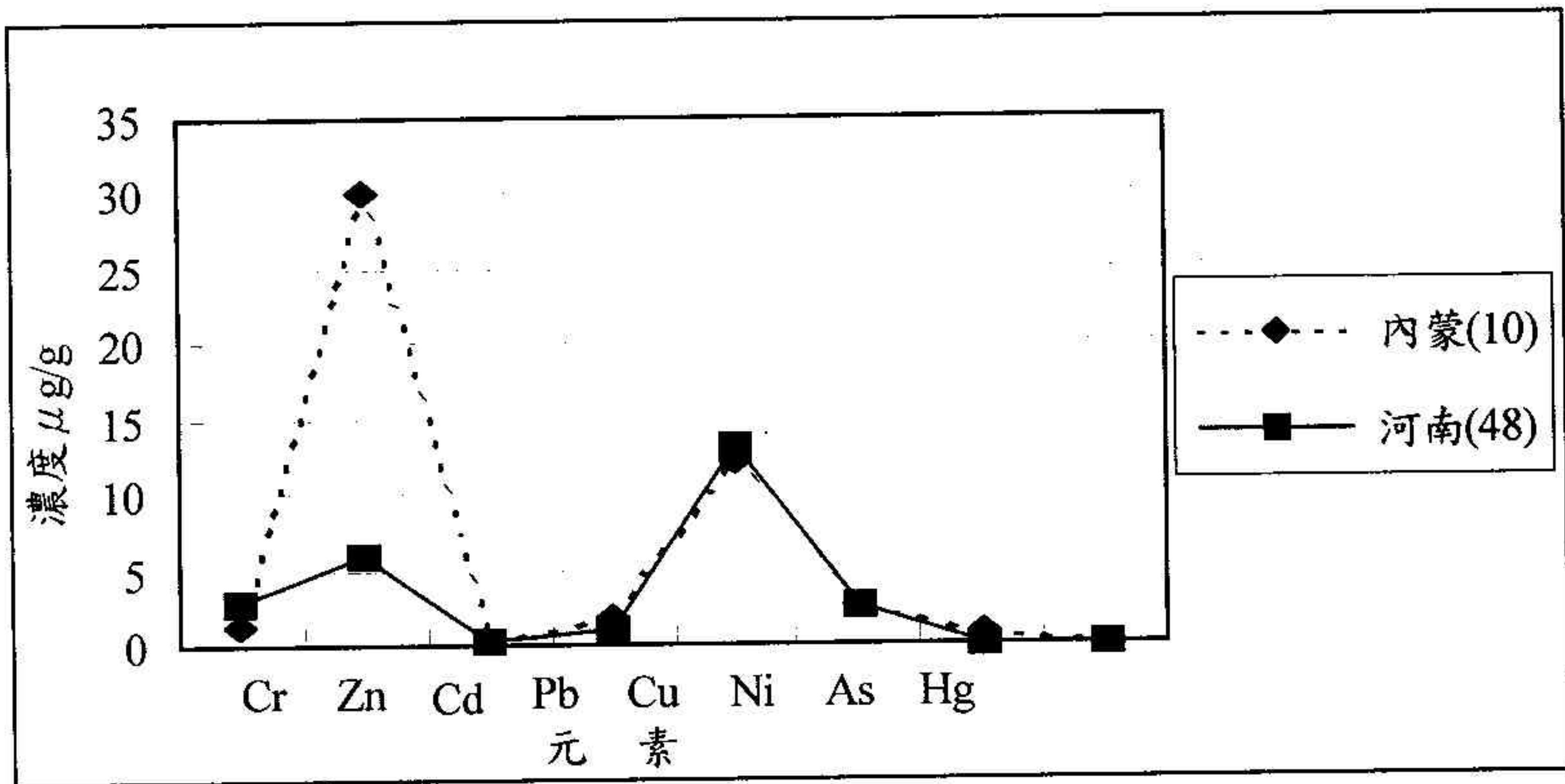
圖一 第一批樣品 八十八年三月九日



圖二 第二批樣品 八十八年五月二十日



圖三 不同產地枸杞子



圖四 不同產地枸杞子

表一 中藥材微量元素分析結果($\mu\text{g} / \text{g}$)

編號	元素		Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
	產地藥名									
1	浙江	茯苓	0.8	9.7	0.1	2.2	2.9	1.5	<0.1	<0.1
2	廣西	山藥	0.5	11	0.1	1.2	6.4	1.1	0.3	<0.1
3	浙江	延胡索	1.3	34	0.3	1.7	3.4	2.1	<0.1	<0.1
4	內蒙	桔梗	1.3	25	0.2	1.9	5.3	1.8	<0.1	<0.1
5	甘肅	晉耆	2.5	15	0.2	1.3	5.9	4.0	0.2	<0.1
6	山東	山楂	3.4	7.2	0.2	0.8	5.2	2.8	<0.1	<0.1
7	河北	杏仁	1.2	61	0.4	2.0	11	3.3	<0.1	<0.1
8	四川	麥門冬	1.2	7.2	0.2	2.4	2.6	1.6	0.3	<0.1
9	遼寧	五味子	3.0	215	0.4	1.6	7.3	5.0	0.2	<0.1
10	內蒙	枸杞子	1.4	30	0.2	1.9	12	2.5	0.8	<0.1
11	四川	續斷	5.2	48	0.4	2.7	12	6.7	0.4	<0.1
12	甘肅	當歸	4.1	24	0.2	1.8	8.6	2.6	0.2	<0.1
13	浙江	白朮	1.2	32	0.7	2.2	13	3.0	<0.1	<0.1

分析方法：中子活化分析及感應耦合電漿質譜法

表一 中藥材微量元素分析結果($\mu\text{g} / \text{g}$)

編號	元素		Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
	產地藥名									
14	安徽	丹蔘	2.8	20	0.2	2.4	8.5	2.3	0.3	<0.1
15	安徽	白芍	0.9	15	0.1	1.9	4.5	2.2	0.1	<0.1
16	四川	枳殼	1.6	17	0.3	2.7	3.7	3.1	<0.1	<0.1
17	山西	黃芩	1.5	20	0.2	2.2	12	1.9	0.1	<0.1
18	內蒙	赤芍	4.9	32	0.2	2.6	4.3	11	0.2	<0.1
19	四川	白芷	4.5	26	0.3	2.5	12	3.9	0.9	<0.1
20	吉林	人蔘	1.0	15	0.2	1.6	6.2	1.9	1.5	<0.1
21	陝西	柴胡	16	29	0.2	1.8	7.4	7.2	0.4	<0.1
22	浙江	浙貝母	0.5	31	0.3	1.0	2.6	1.1	0.2	<0.1
23	安徽	牡丹皮	1.6	15	0.5	3.5	6.7	3.2	0.3	<0.1
24	四川	川芎	3.6	24	0.3	2.1	11	3.9	0.3	<0.1
25	甘肅	晉耆	1.0	19	0.1	0.8	6.7	5.0	0.2	<0.1
26	內蒙	赤芍	1.1	33	0.1	0.7	3.4	10	0.2	<0.1

分析方法：中子活化分析及感應耦合電漿質譜法

表一 中藥材微量元素分析結果($\mu\text{g} / \text{g}$)

編號	產地藥名		元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
	產地	藥名									
27	河北	山藥		0.2	7.6	0.1	1.0	5.0	0.5	0.6	<0.1
28	安徽	牡丹皮		1.1	21	0.6	3.8	8.1	4.3	0.8	<0.1
29	浙江	茯苓		0.6	8.5	0.1	0.6	2.7	0.4	<0.1	<0.1
30	甘肅	當歸		2.8	36	0.1	1.5	10	2.3	0.4	<0.1
31	陝西	柴胡		8.1	42	0.2	1.7	8.2	5.6	0.6	<0.1
32	浙江	白朮		1.4	46	0.3	1.5	12	4.5	0.3	<0.1
33	吉林	人蔘		0.6	16	0.2	0.8	5.9	1.5	0.4	<0.1
34	河南	金銀花		16	24	0.1	7.1	15	9.6	10	<0.1
35	浙江	浙貝母		<0.1	34	0.1	2.8	2.0	1.0	0.2	<0.1
36	四川	川芎		4.7	33	0.3	1.4	9.1	6.6	0.2	<0.1
37	江蘇	丹蔘		4.3	28	0.1	5.0	11	3.6	0.4	<0.1
38	四川	白芷		1.5	22	<0.1	3.9	9.7	2.7	0.2	<0.1
39	山西	黃耆		11	26	<0.1	3.2	7.1	9.3	0.4	<0.1

分析方法：中子活化分析及感應耦合電漿質譜法

表一 中藥材微量元素分析結果($\mu\text{g} / \text{g}$)

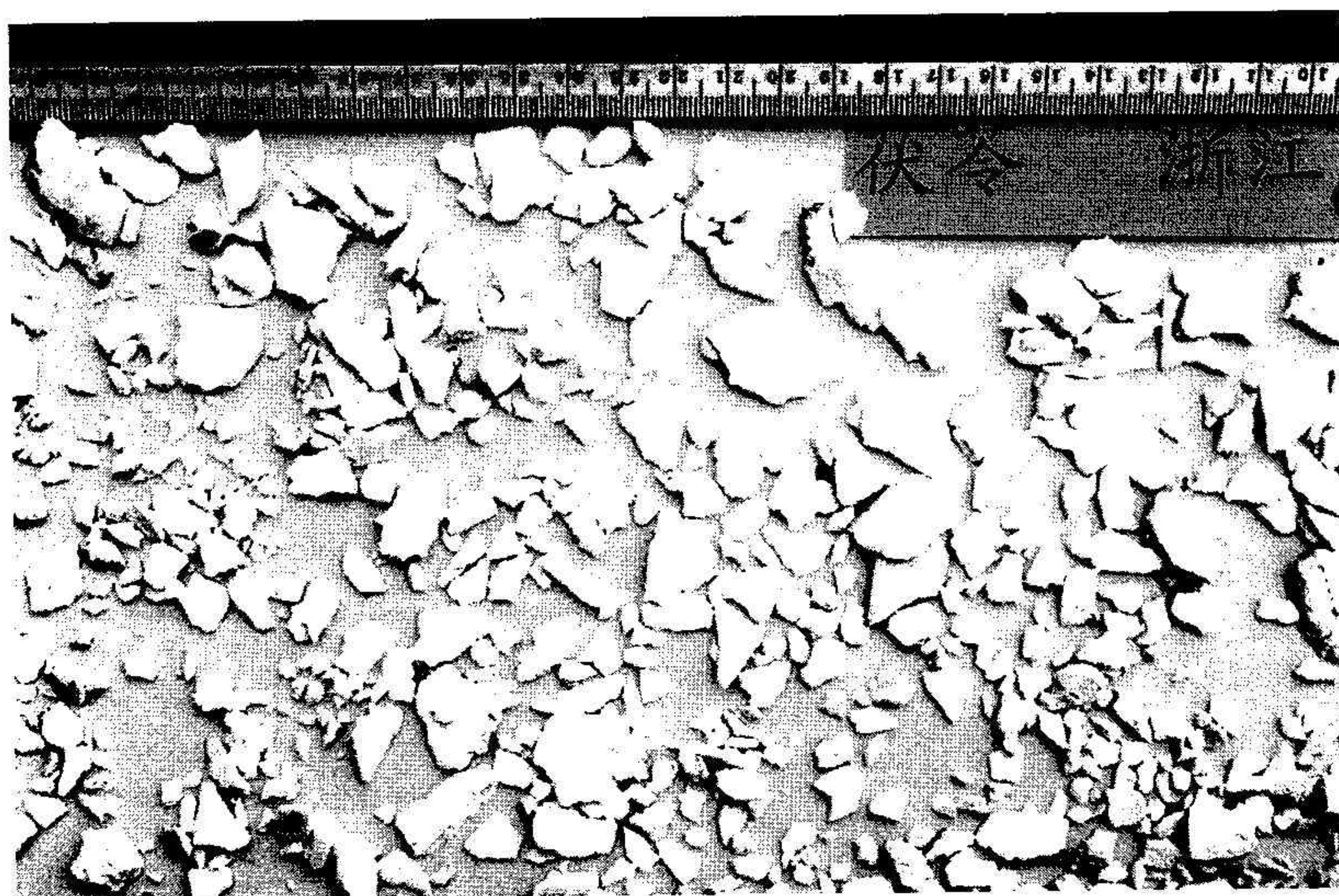
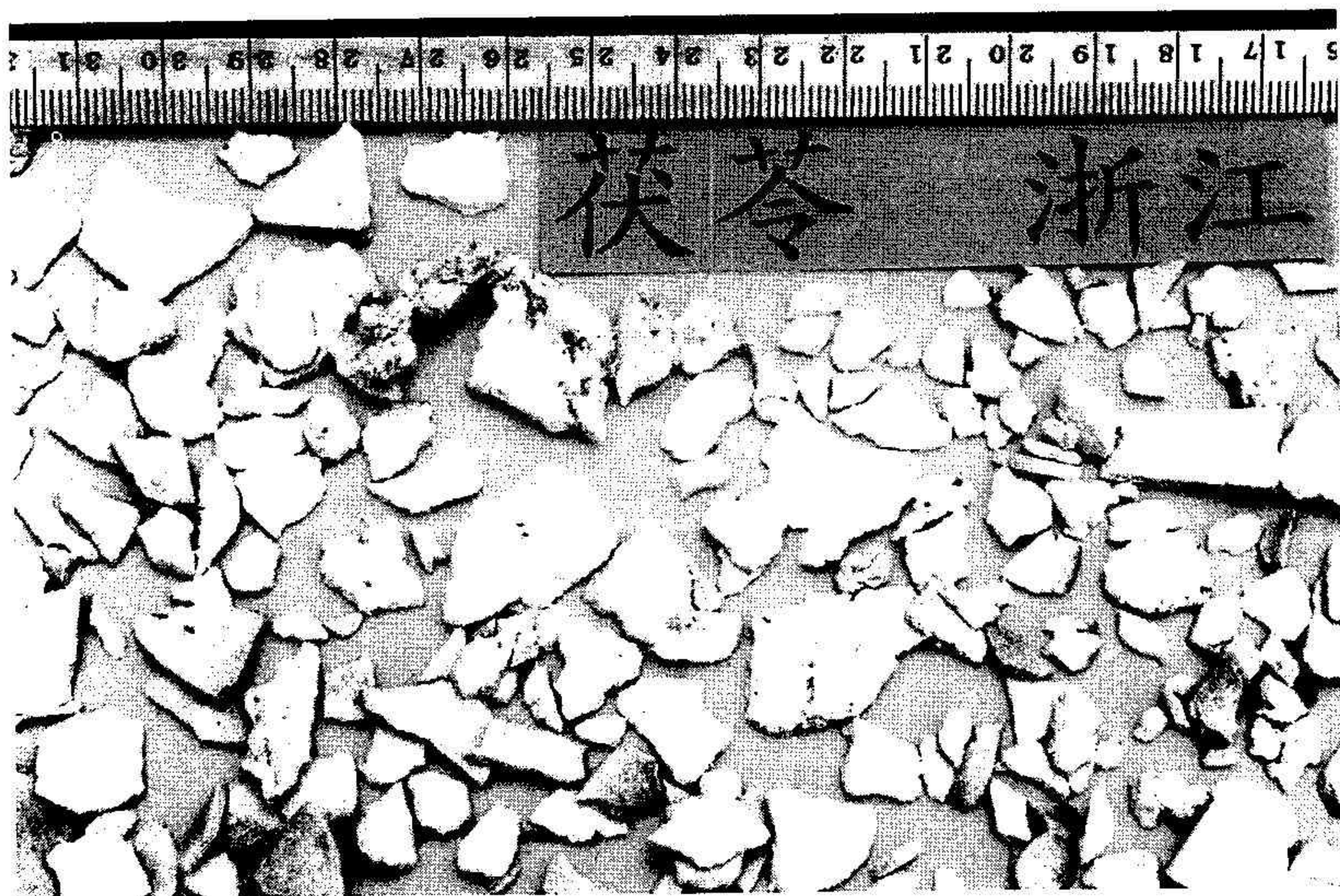
編號	元素		Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
	產地藥名	元素								
40	廣東	廣橘皮	1.3	14	0.1	5.9	3.6	3.3	0.2	<0.1
41	東北	桔梗	1.1	30	0.1	2.0	4.0	2.6	0.9	<0.1
42	河北	杏仁	1.0	48	0.2	1.3	12	2.1	0.4	<0.1
43	浙江	延胡索	1.0	41	0.2	5.3	4.9	2.4	0.1	<0.1
44	安徽	葛根	1.7	12	0.1	1.6	3.4	3.5	<0.1	<0.1
45	山西	黃芩	1.1	20	<0.1	1.8	9.0	3.2	0.2	<0.1
46	四川	續斷	9.7	51	0.2	2.8	13	11	1.3	<0.1
47	遼寧	五味子	2.1	21	<0.1	1.9	5.7	6.6	0.5	<0.1
48	河南	枸杞子	2.9	5.8	0.2	1.1	13	2.5	<0.1	<0.1
49	四川	麥門冬	2.4	7.0	0.1	1.3	3.6	2.2	0.1	<0.1
50	山東	山楂	1.4	10	<0.1	1.3	4.5	4.0	2.2	<0.1
51	江西	枳殼	1.4	8.8	<0.1	0.9	3.5	3.9	0.8	<0.1
52	安徽	白芍	0.2	19	<0.1	1.2	4.2	3.4	0.3	<0.1

分析方法：中子活化分析及感應耦合電漿質譜法

表二 枸杞子

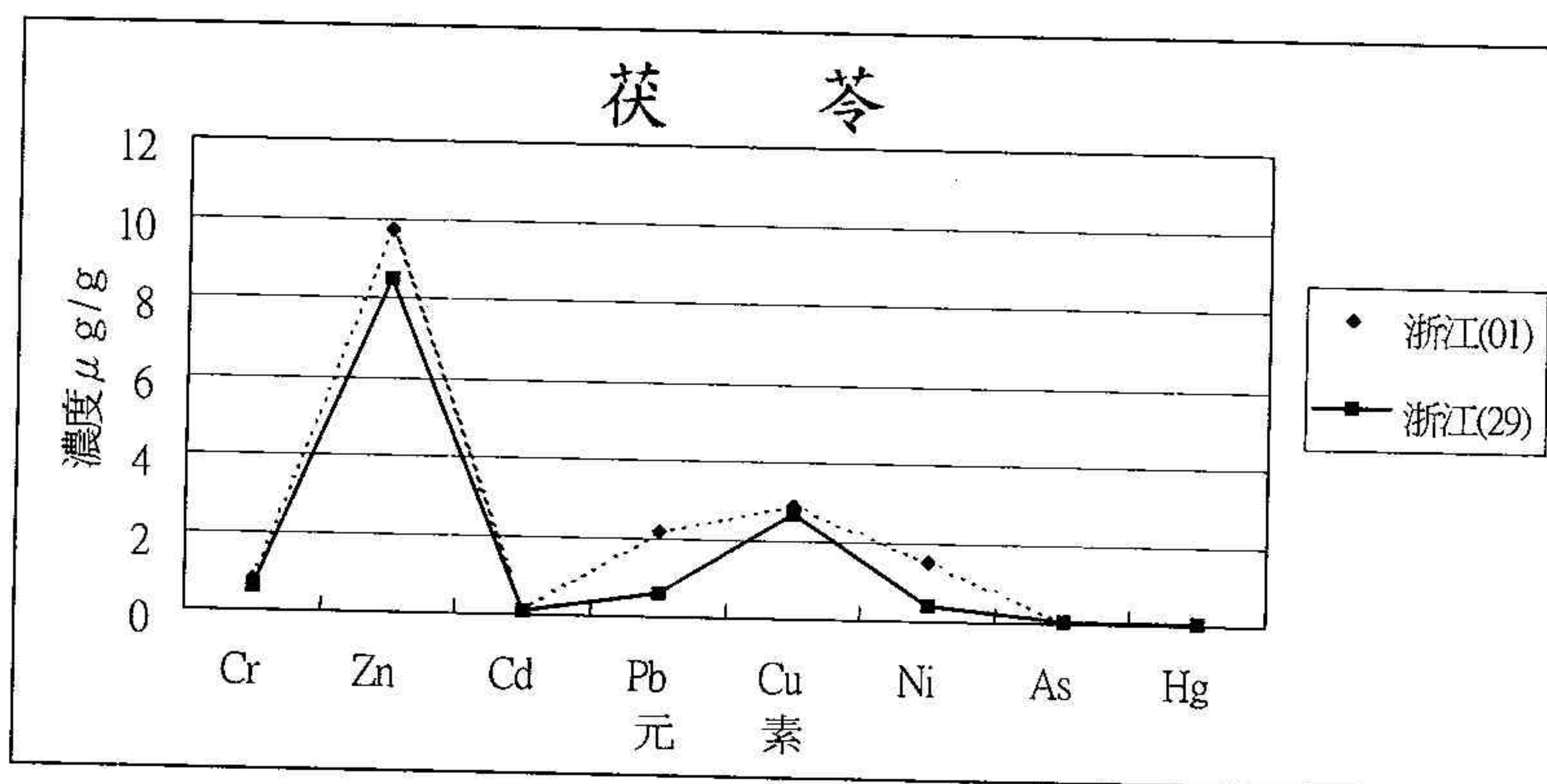
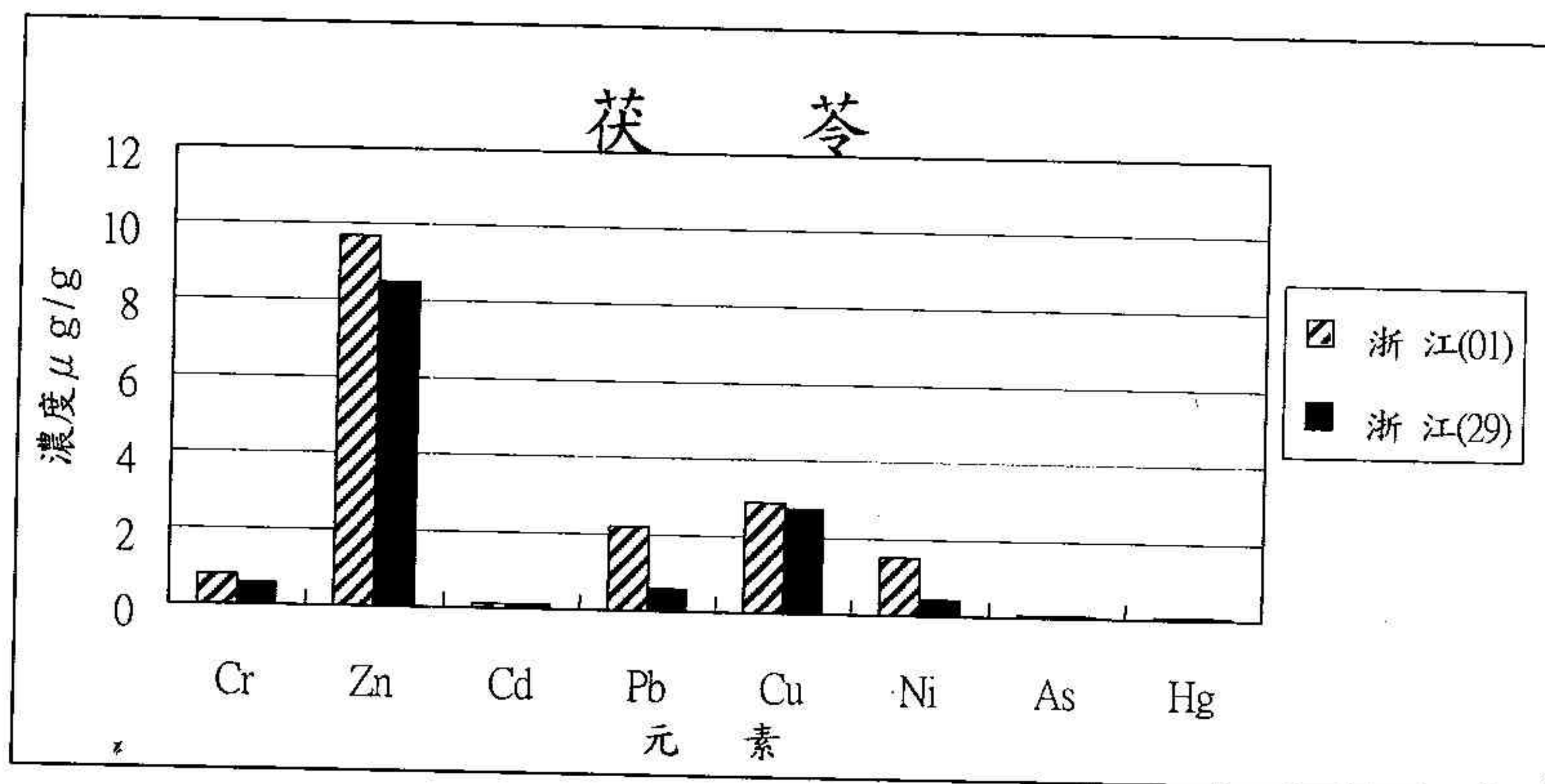
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
內蒙(10)	1.4	30	0.2	1.9	12	2.5	0.8	<0.1
河南(48)	2.9	5.8	0.2	1.1	13	2.5	<0.1	<0.1

附件一 不同產地外觀，微量元素含量及其比較圖形



茯苓

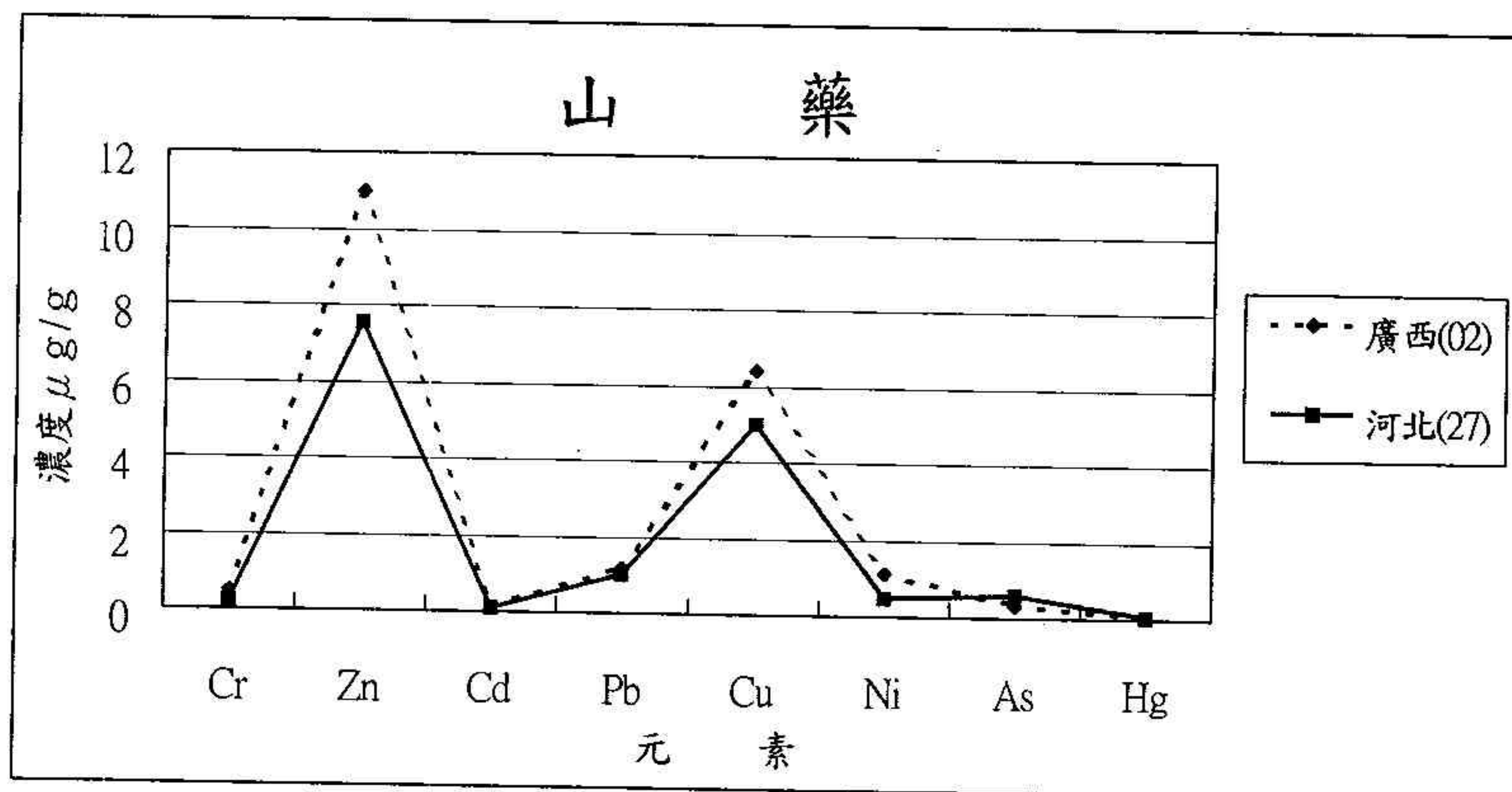
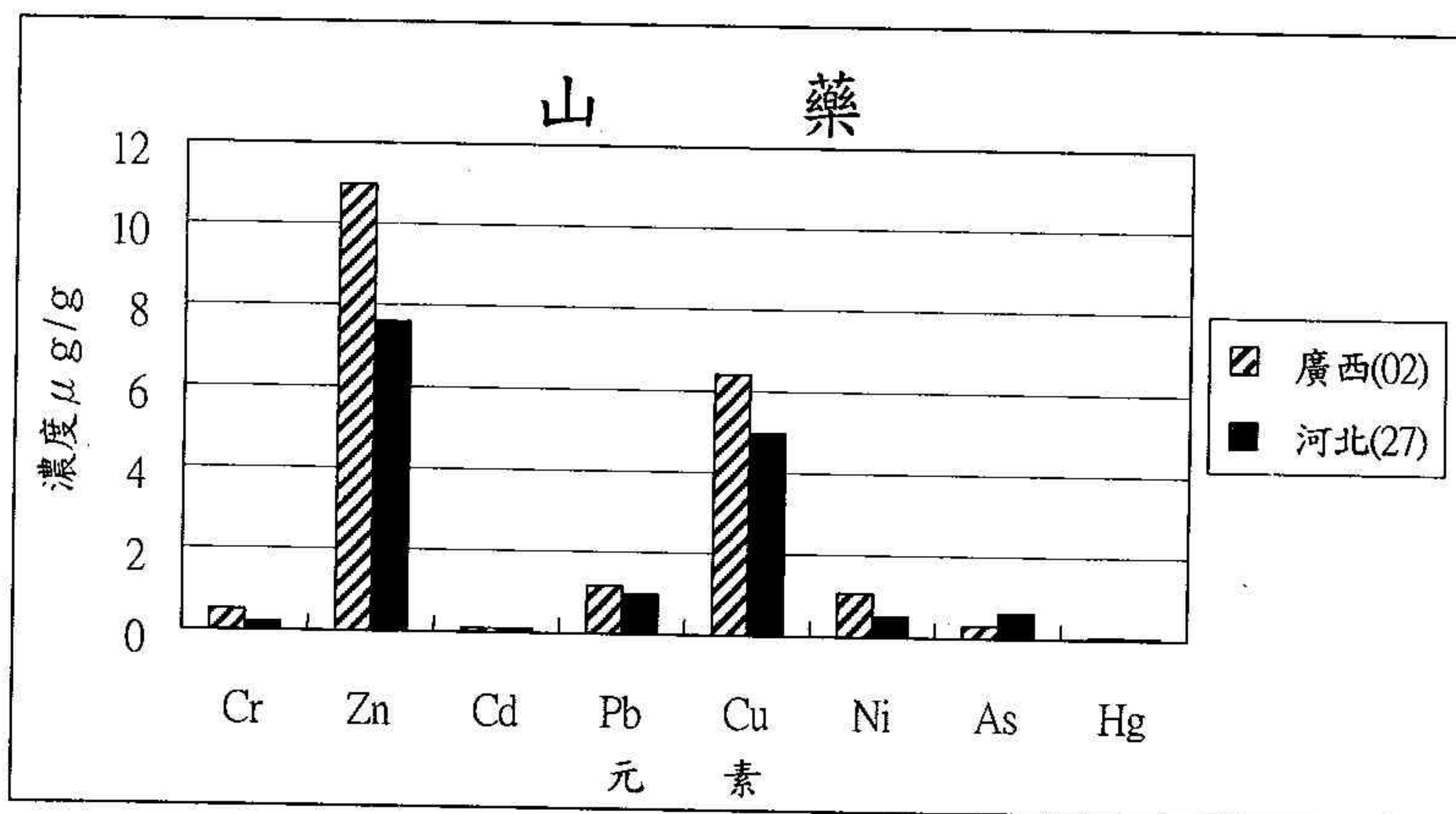
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
浙江(01)	0.8	9.7	0.1	2.2	2.9	1.5	<0.1	<0.1
浙江(29)	0.6	8.5	0.1	0.6	2.7	0.4	<0.1	<0.1

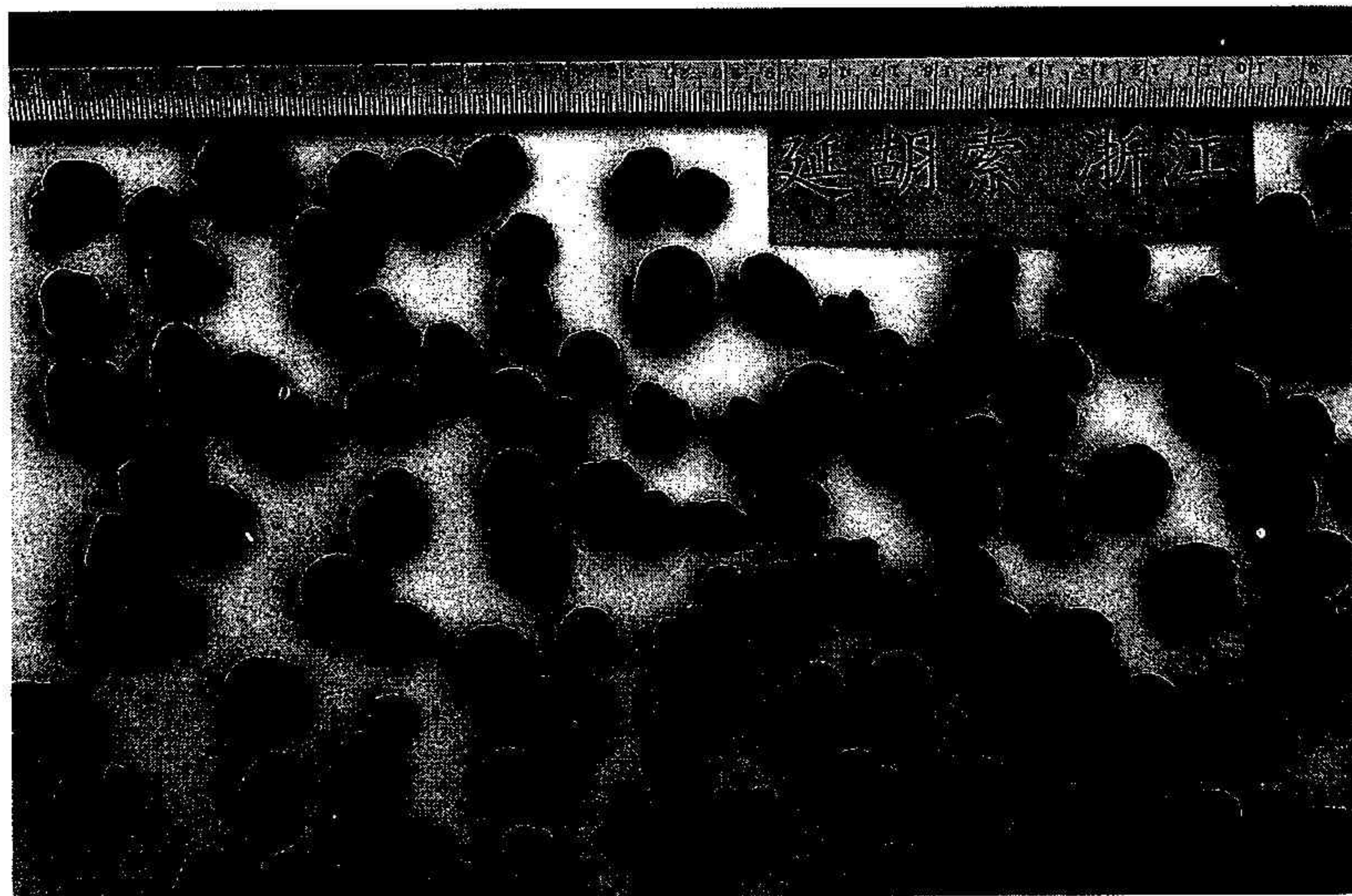
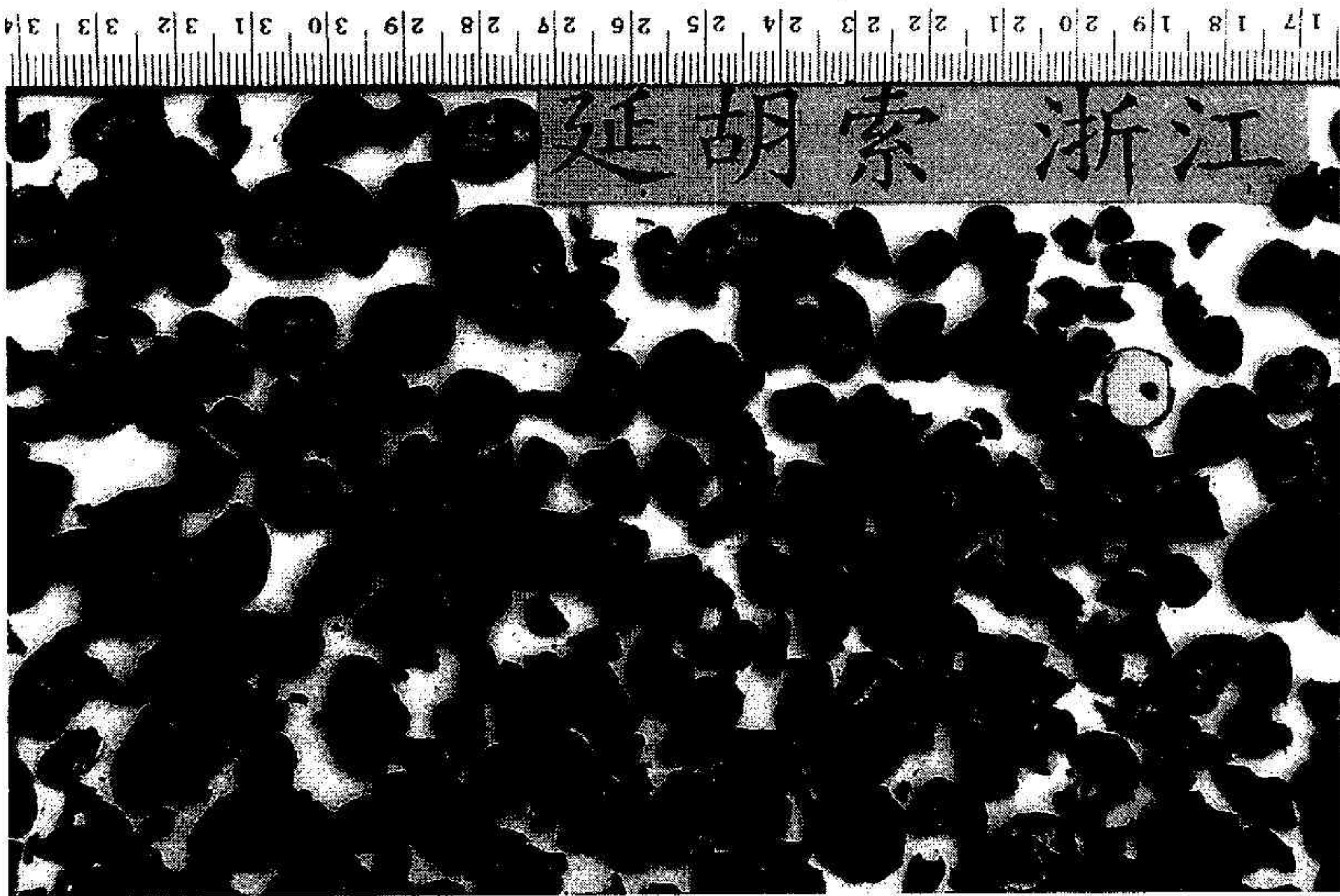




山藥

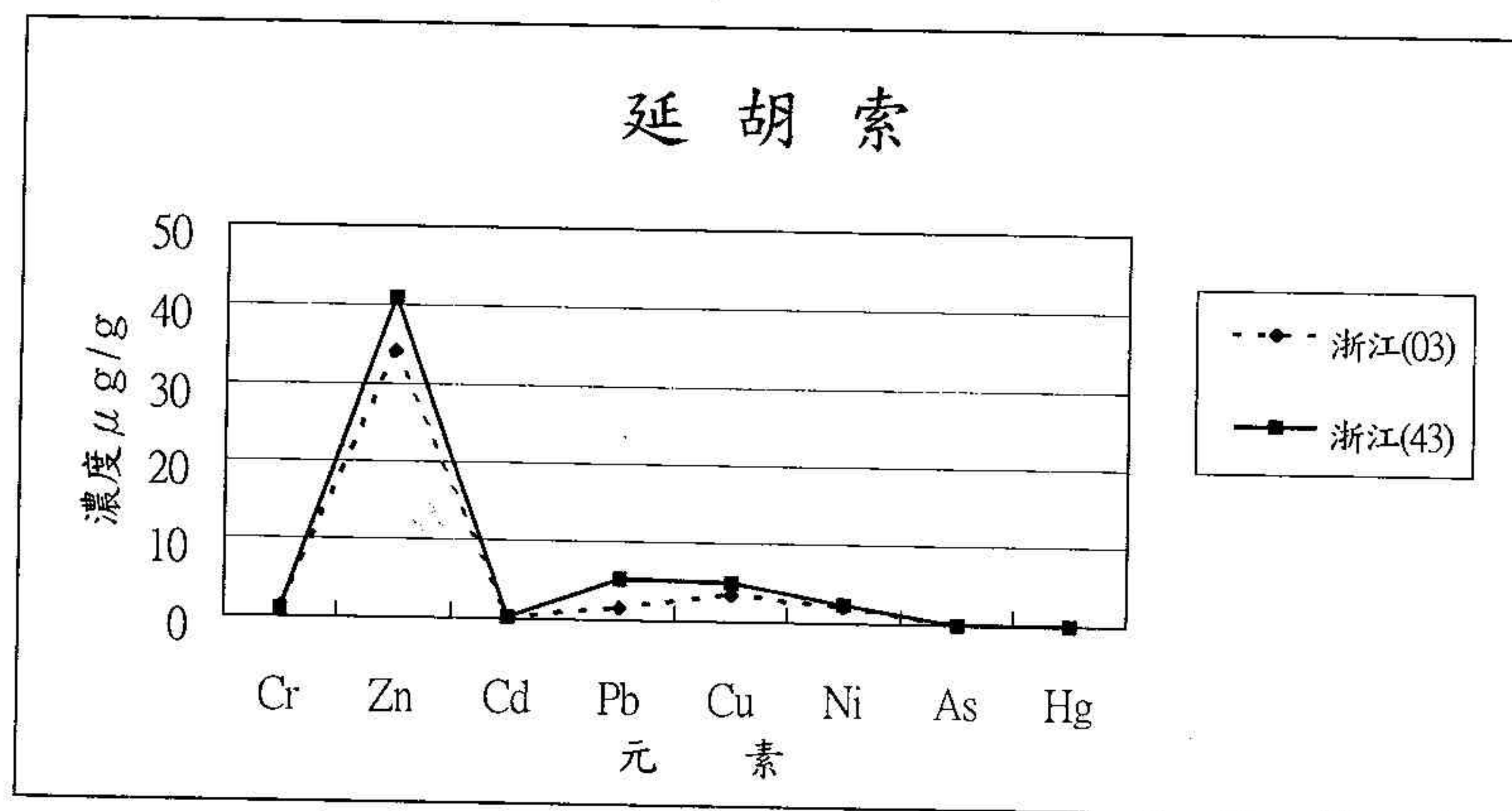
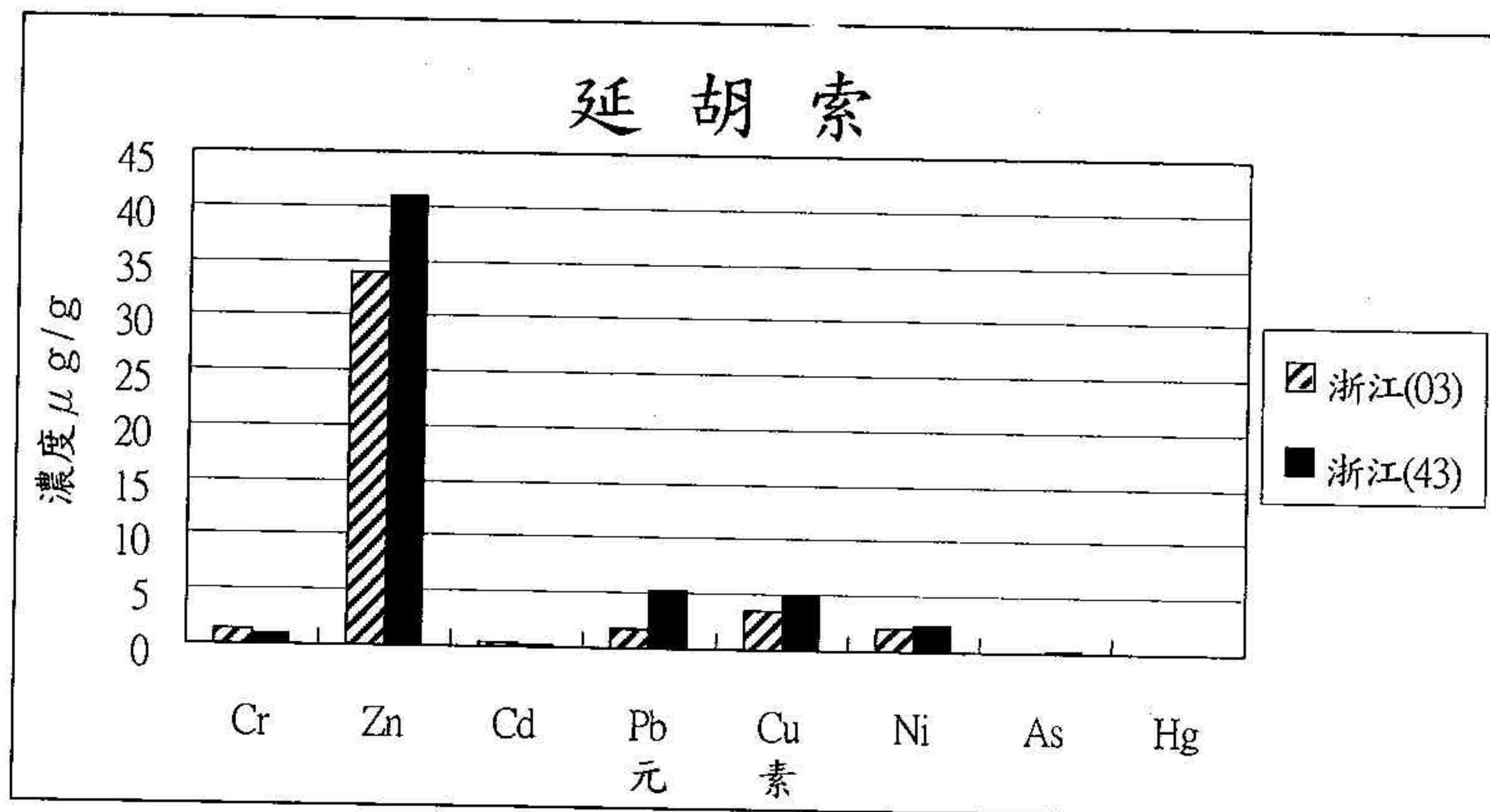
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
廣西(02)	0.5	11	0.1	1.2	6.4	1.1	0.3	<0.1
河北(27)	0.2	7.6	0.1	1.0	5.0	0.5	0.6	<0.1

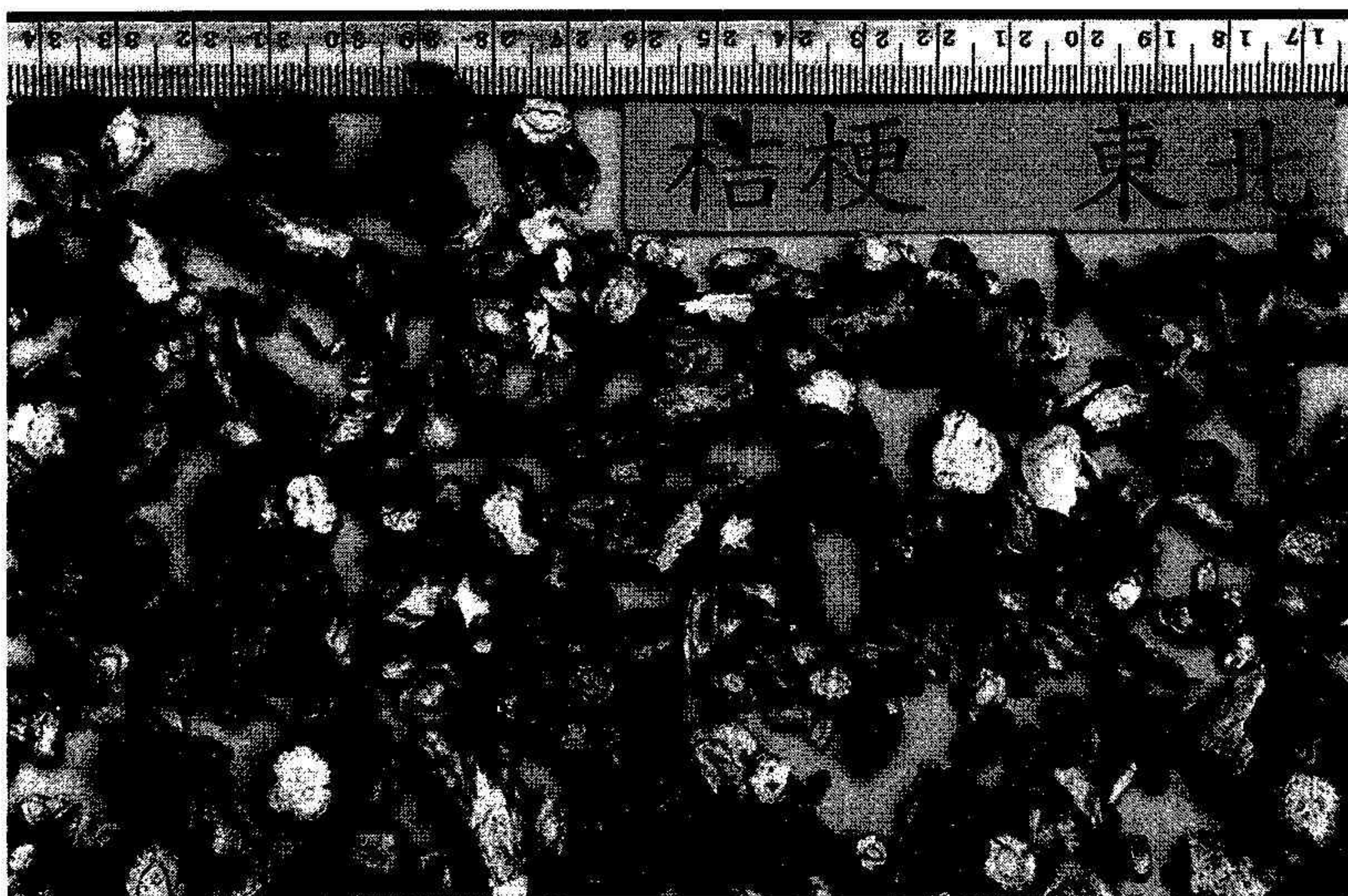




延胡索

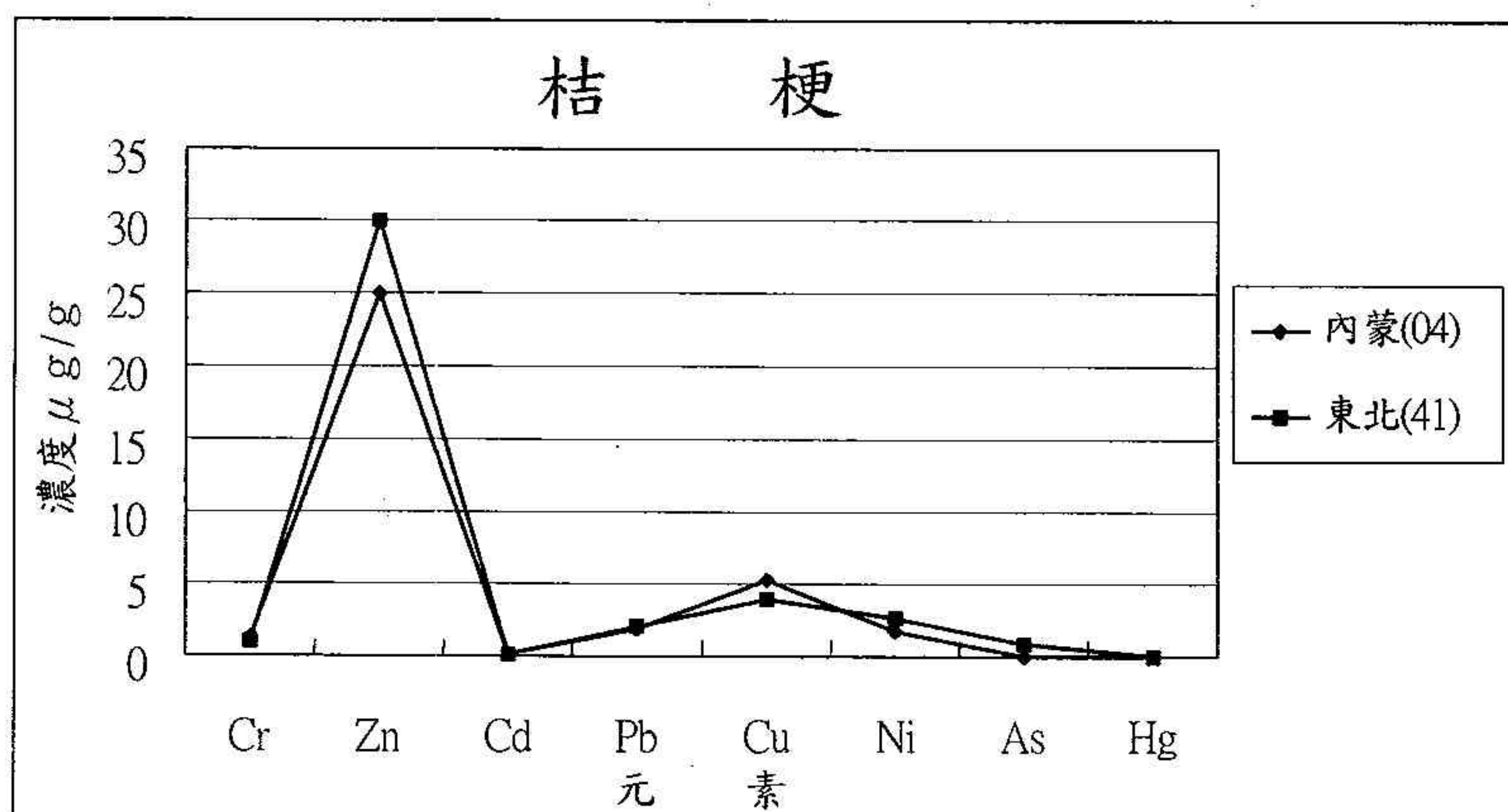
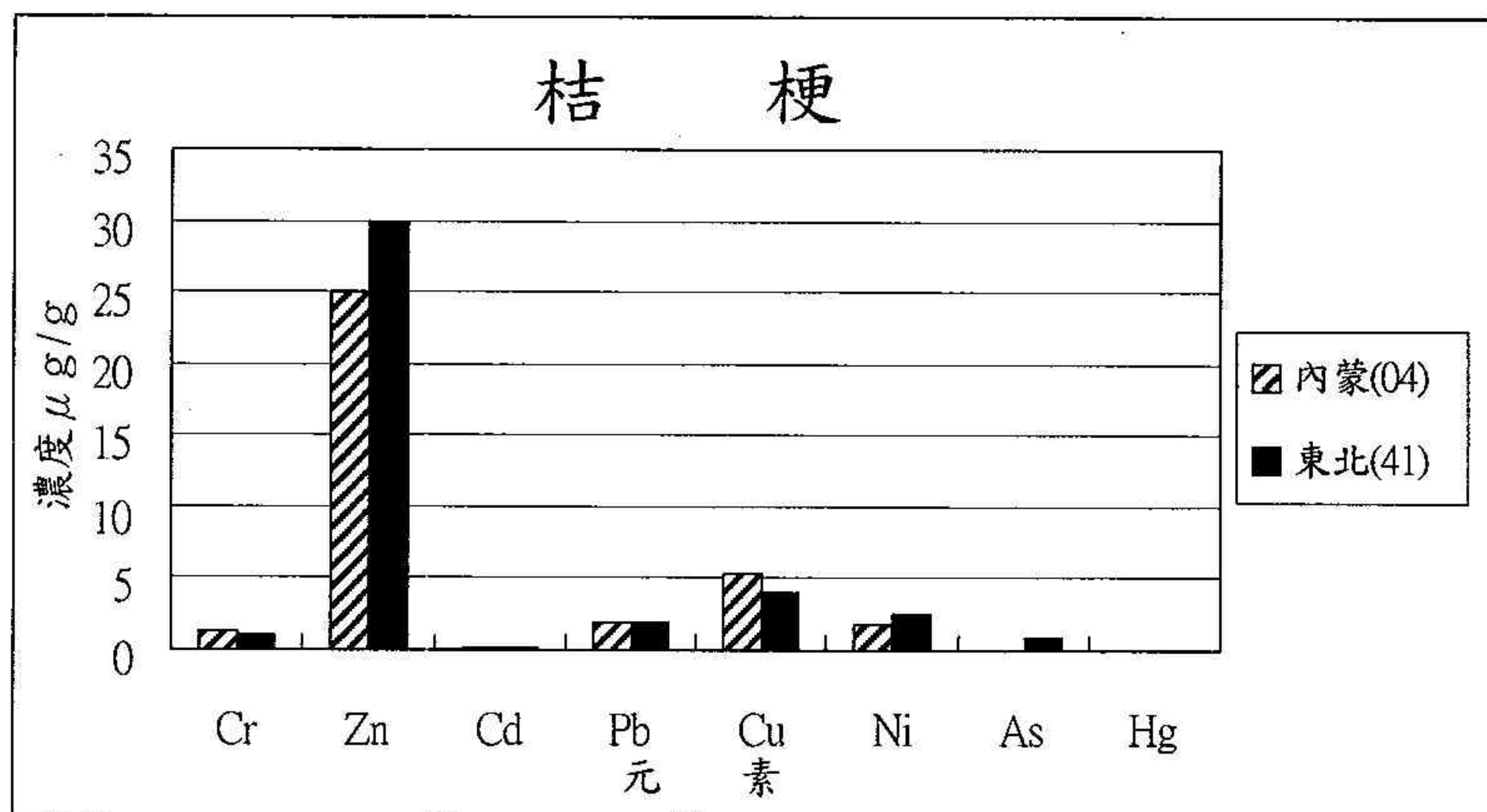
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
浙江(03)	1.3	34	0.3	1.7	3.4	2.1	<0.1	<0.1
浙江(43)	1.0	41	0.2	5.3	4.9	2.4	0.1	<0.1

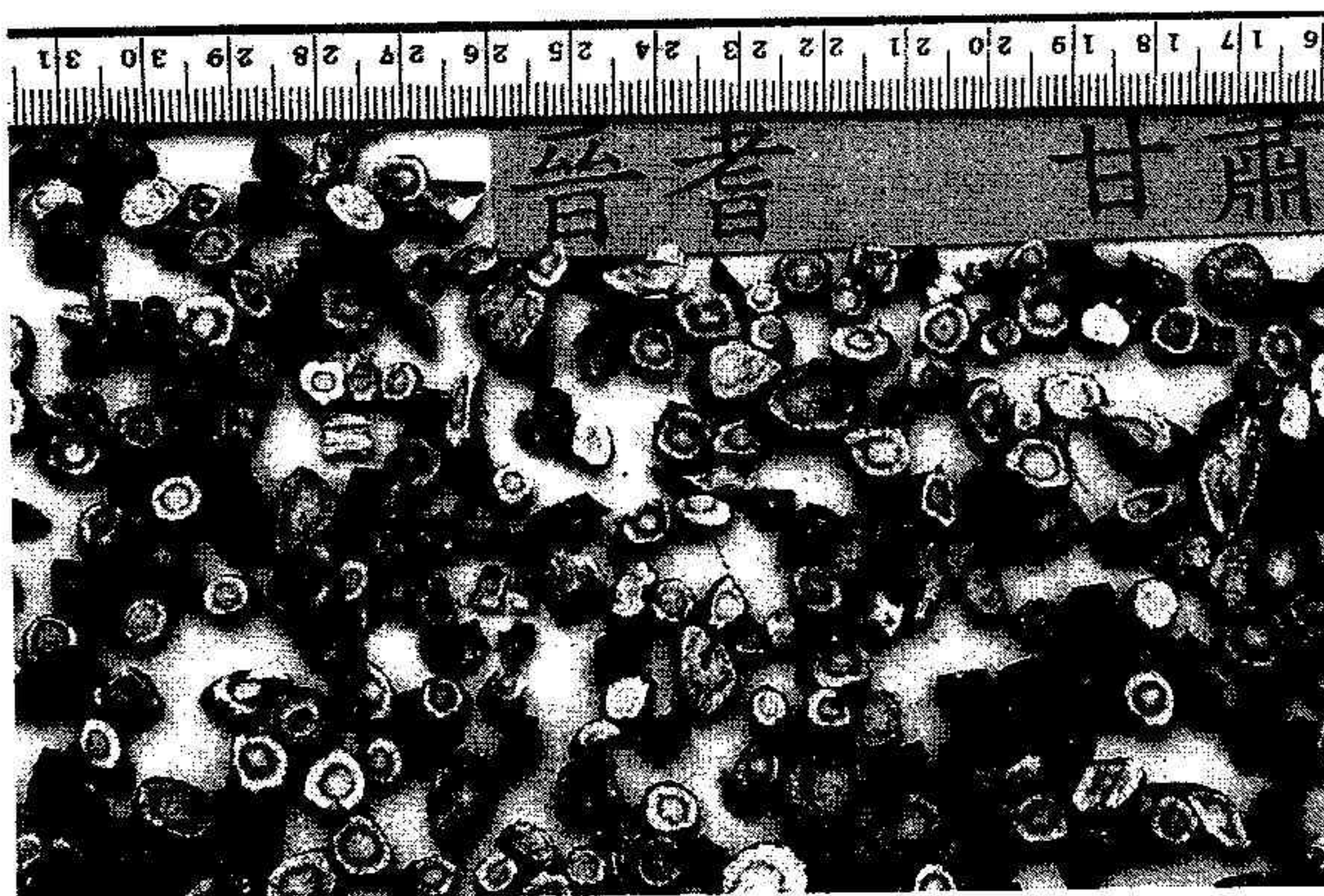
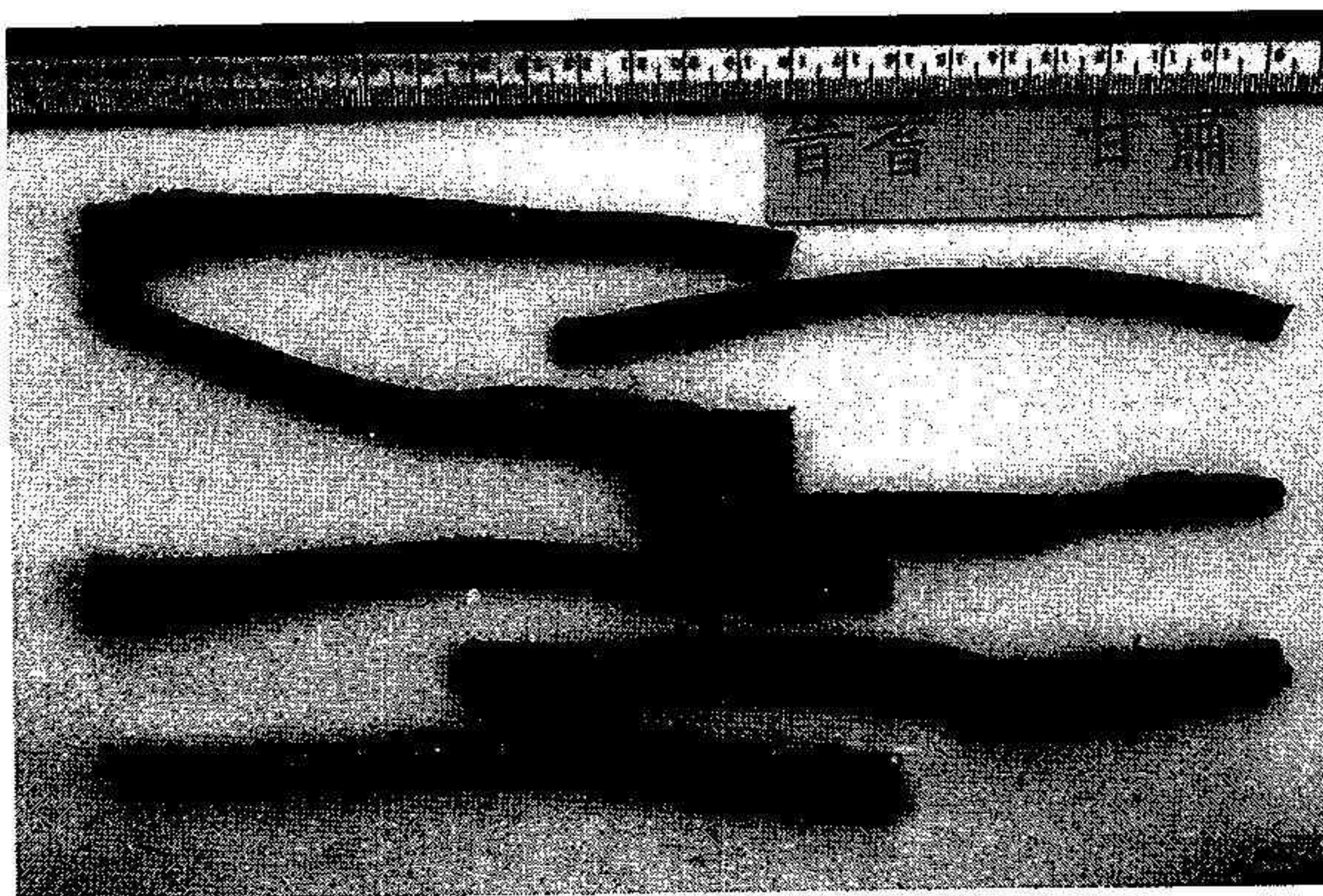


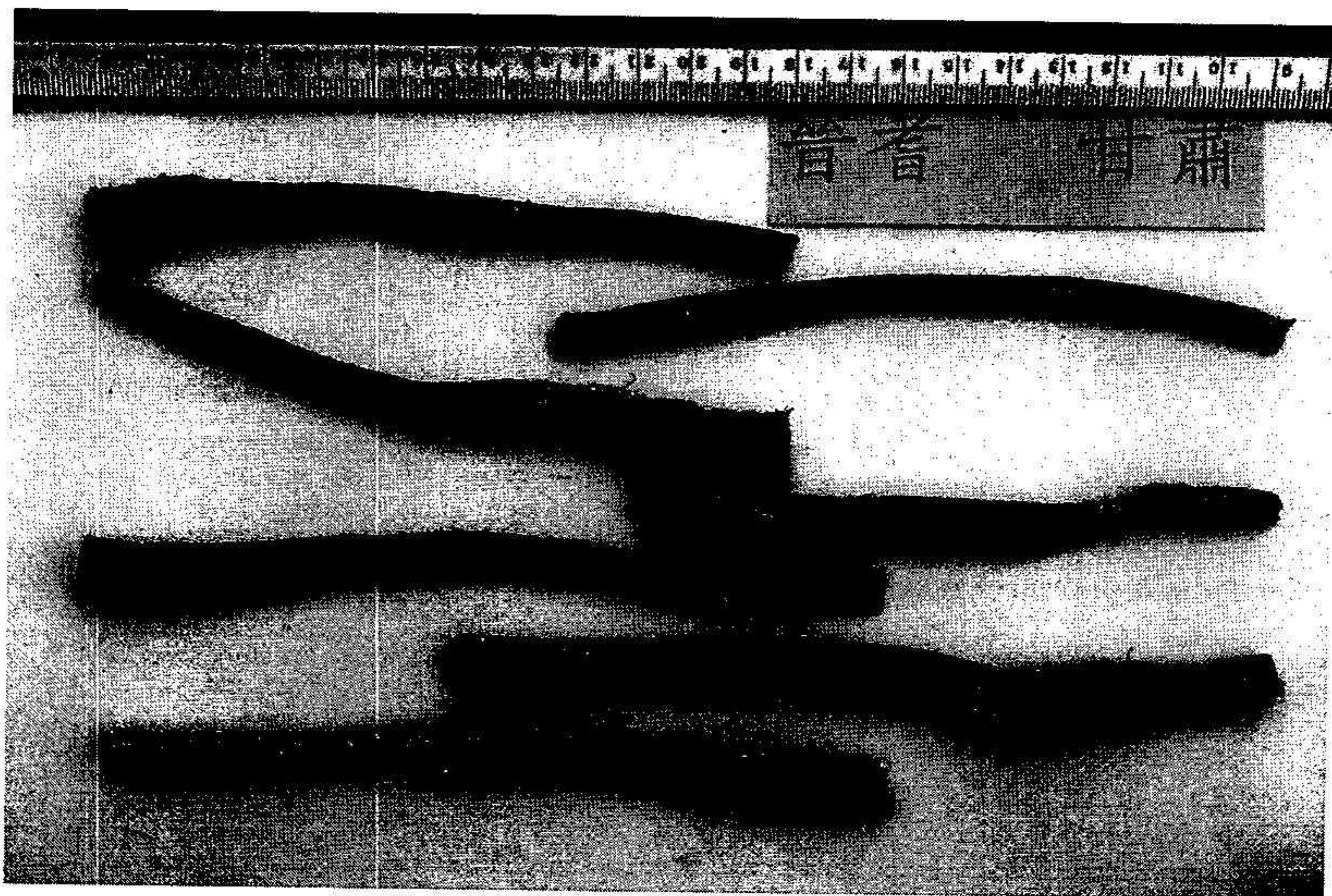
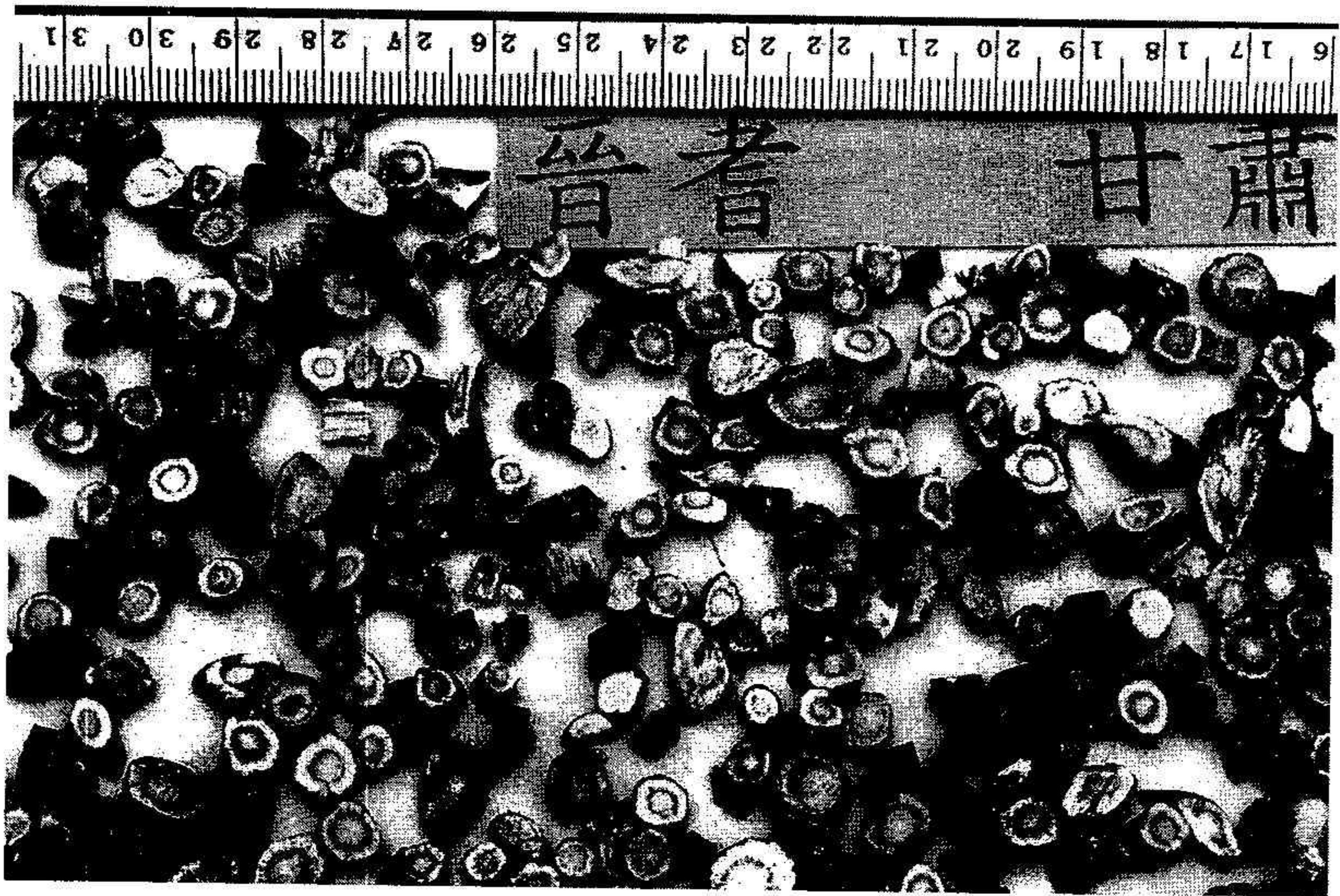


桔 梗

產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
內蒙(04)	1.3	25	0.2	1.9	5.3	1.8	<0.1	<0.1
東北(41)	1.1	30	0.1	2.0	4.0	2.6	0.9	<0.1

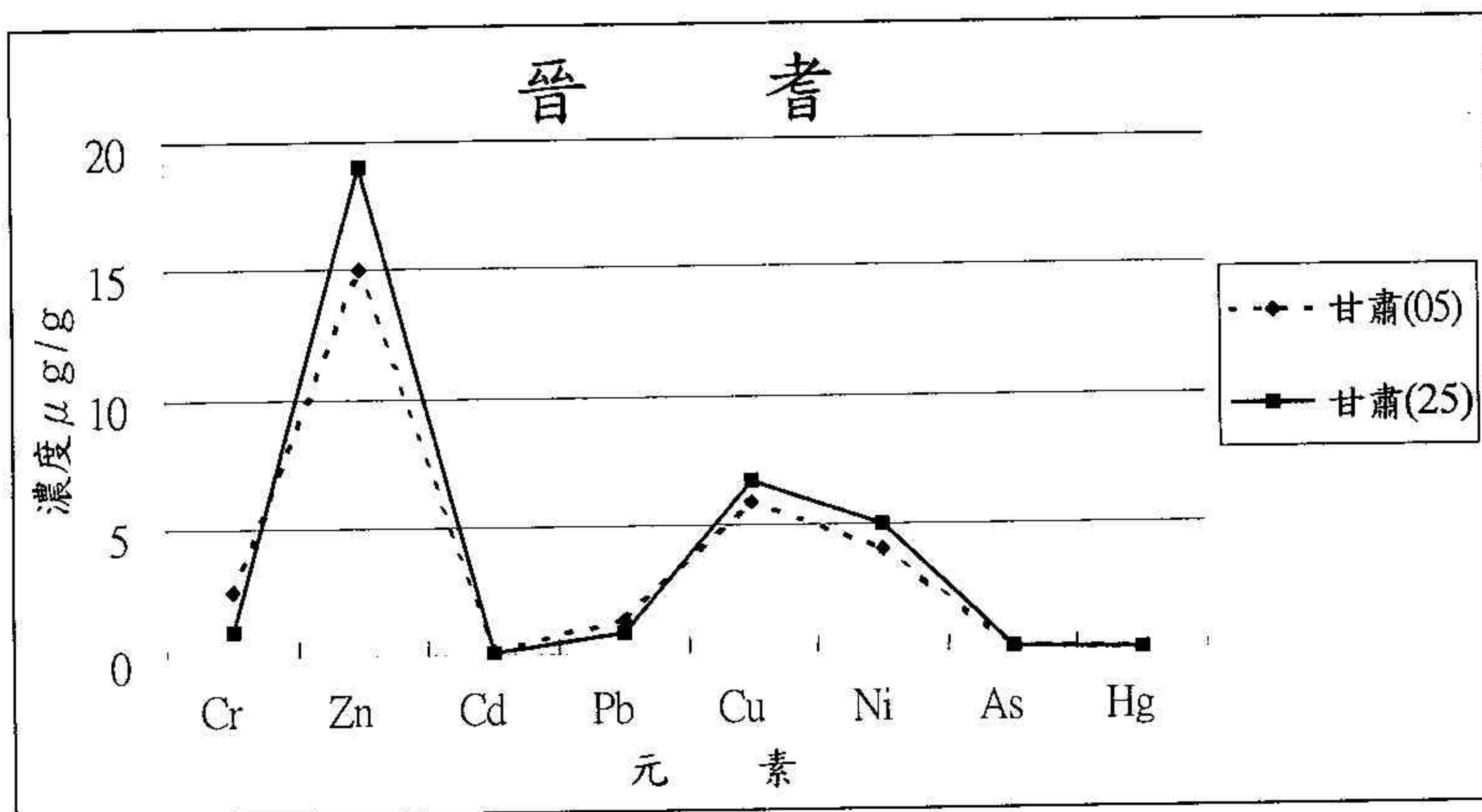
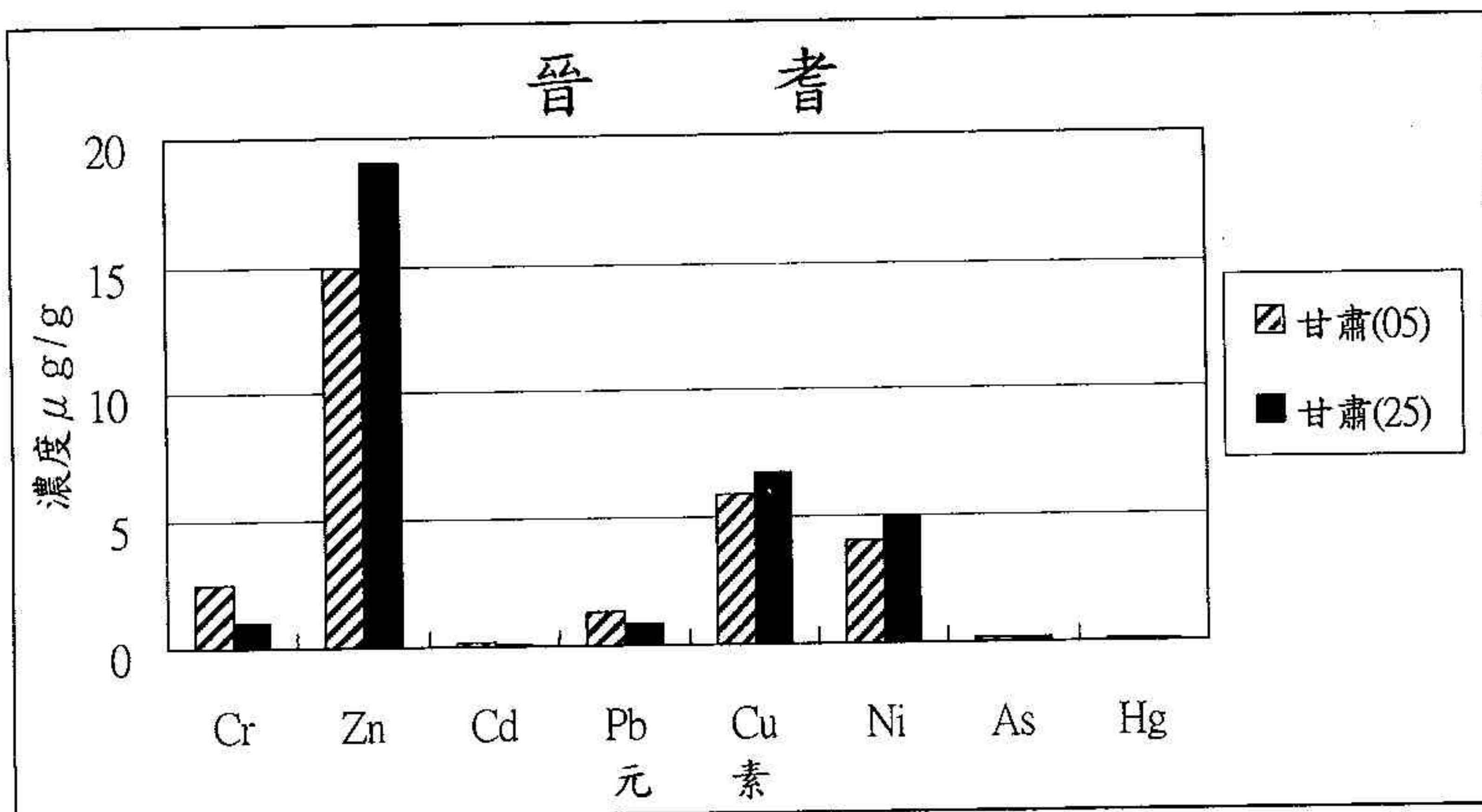


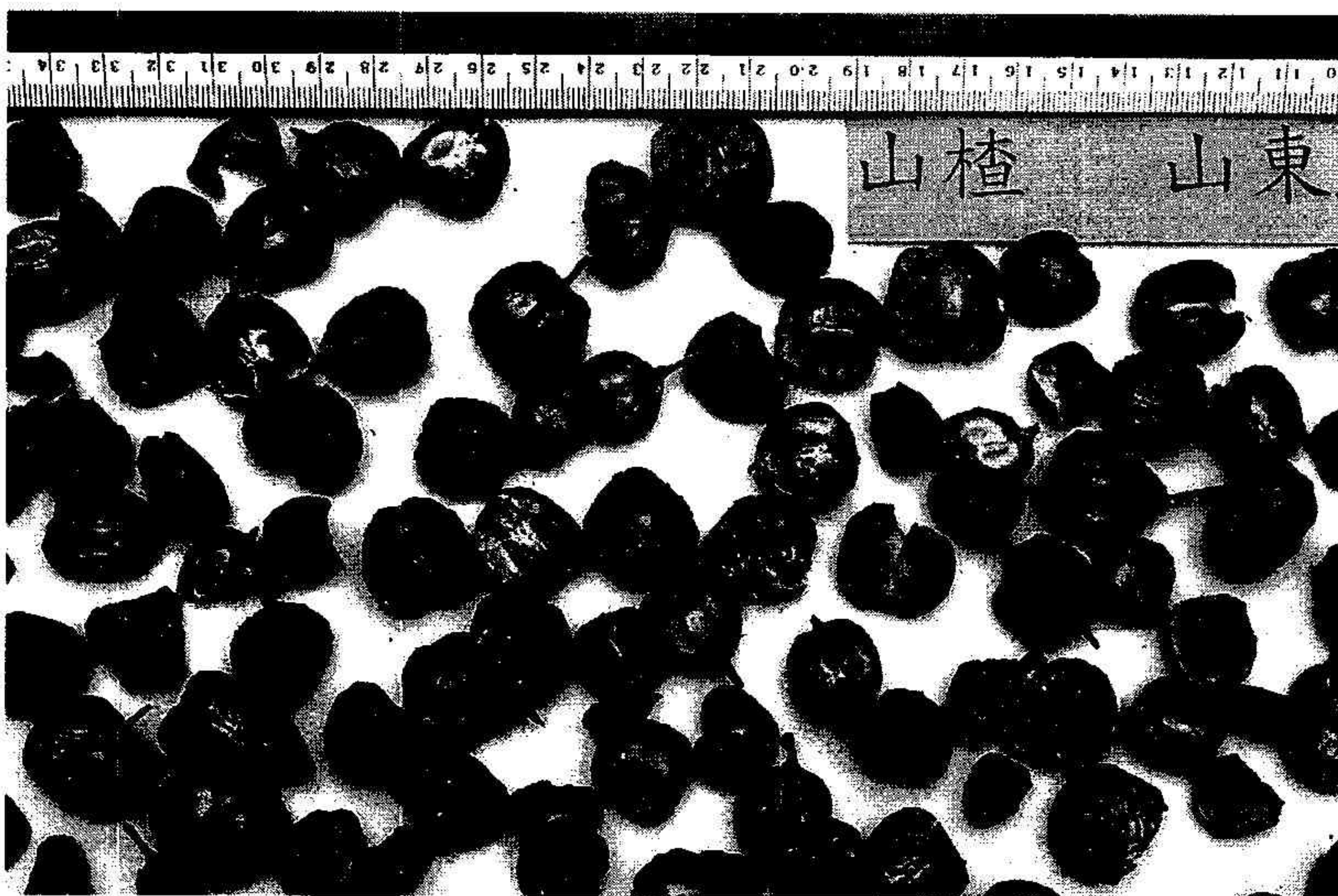
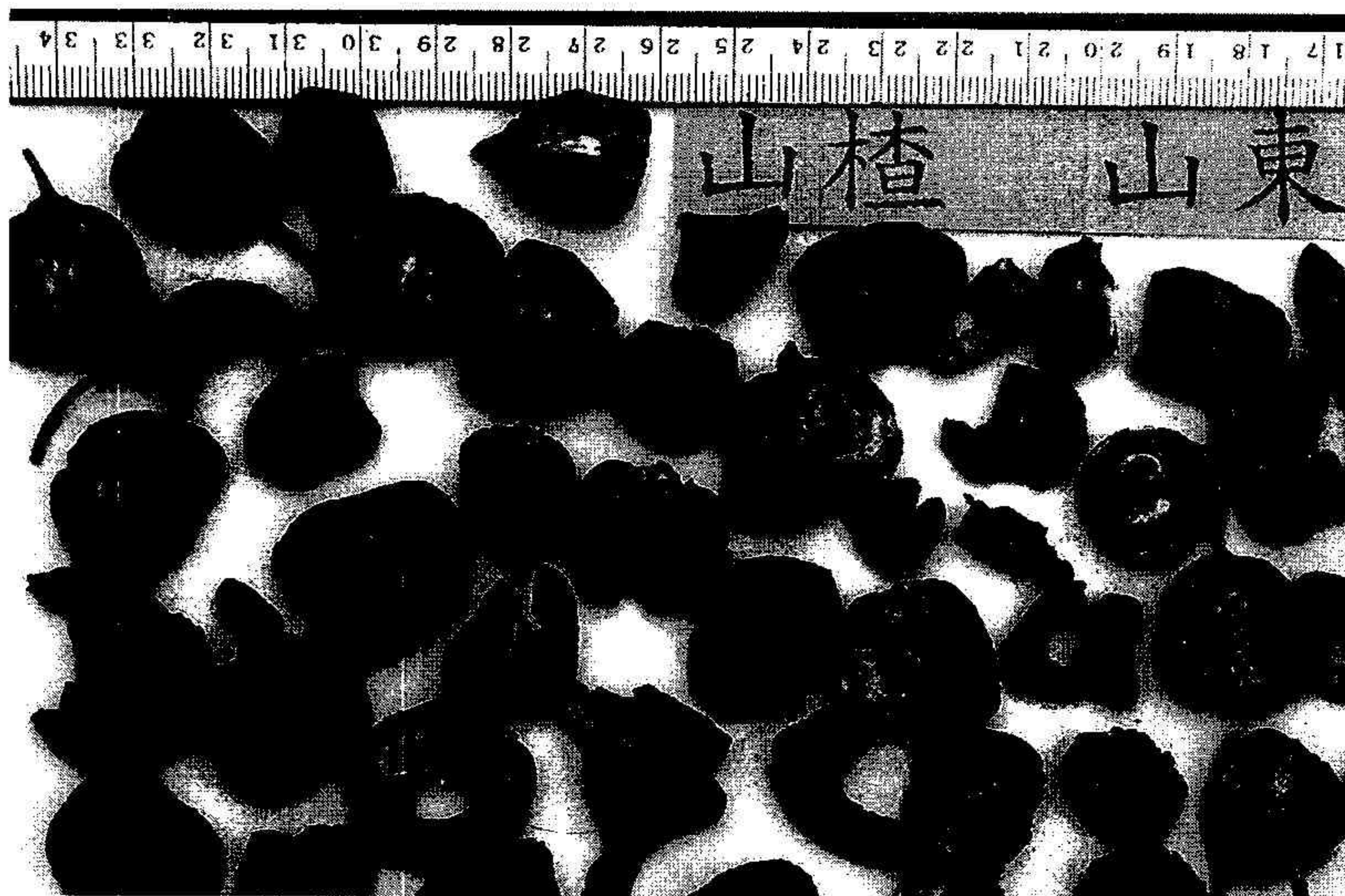




晉 耆

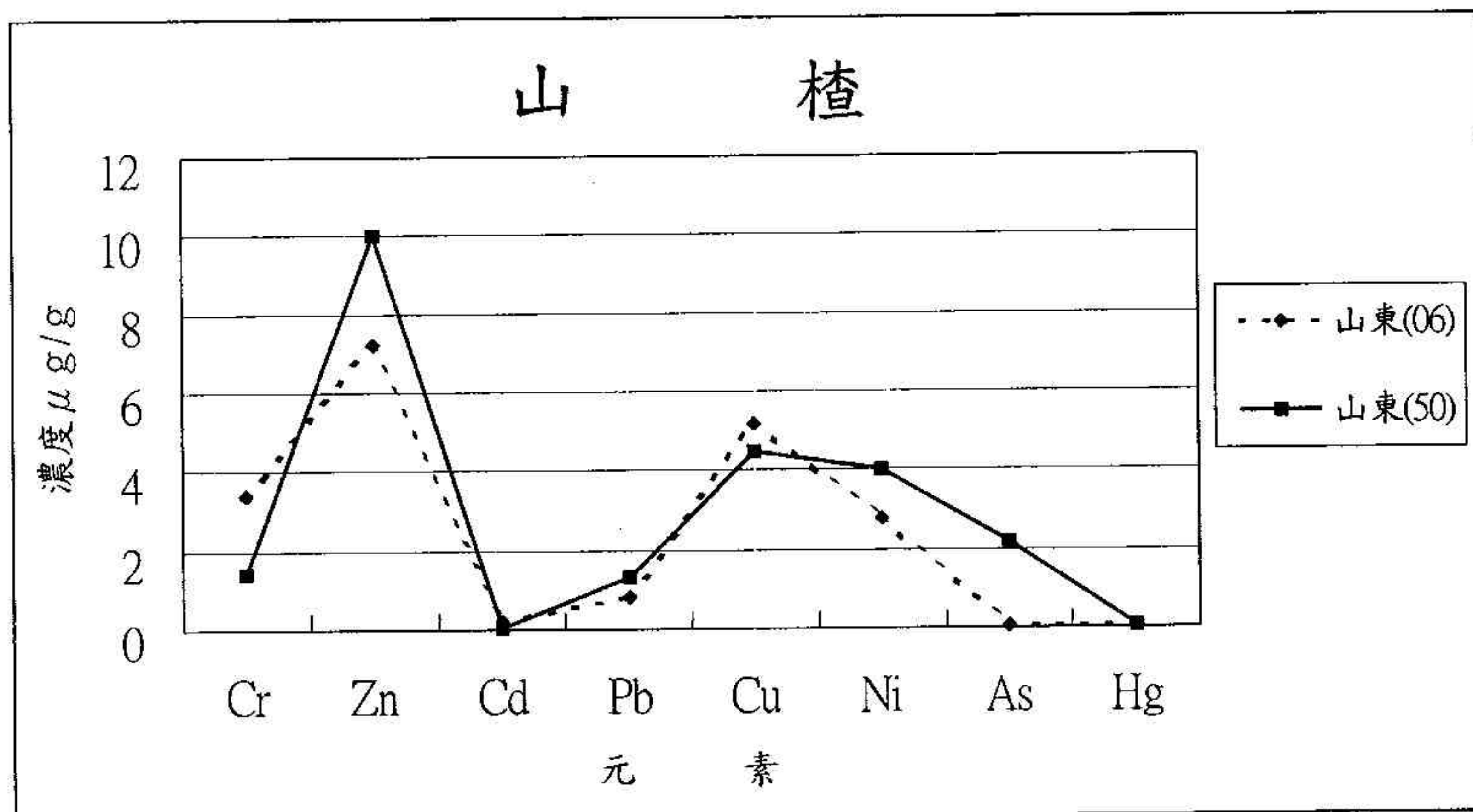
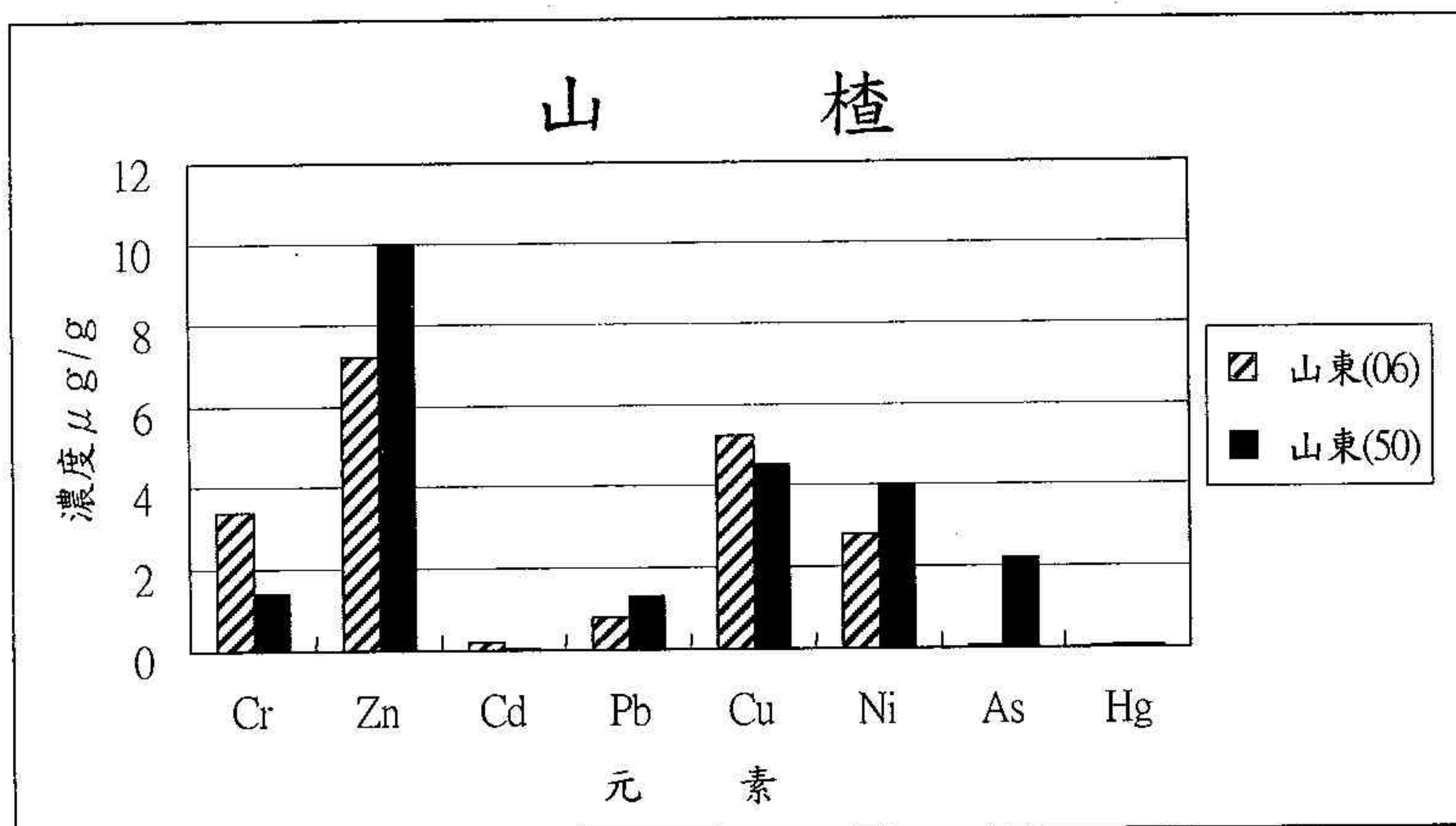
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
甘肅(05)	2.5	15	0.2	1.3	5.9	4.0	0.2	<0.1
甘肅(25)	1.0	19	0.1	0.8	6.7	5.0	0.2	<0.1

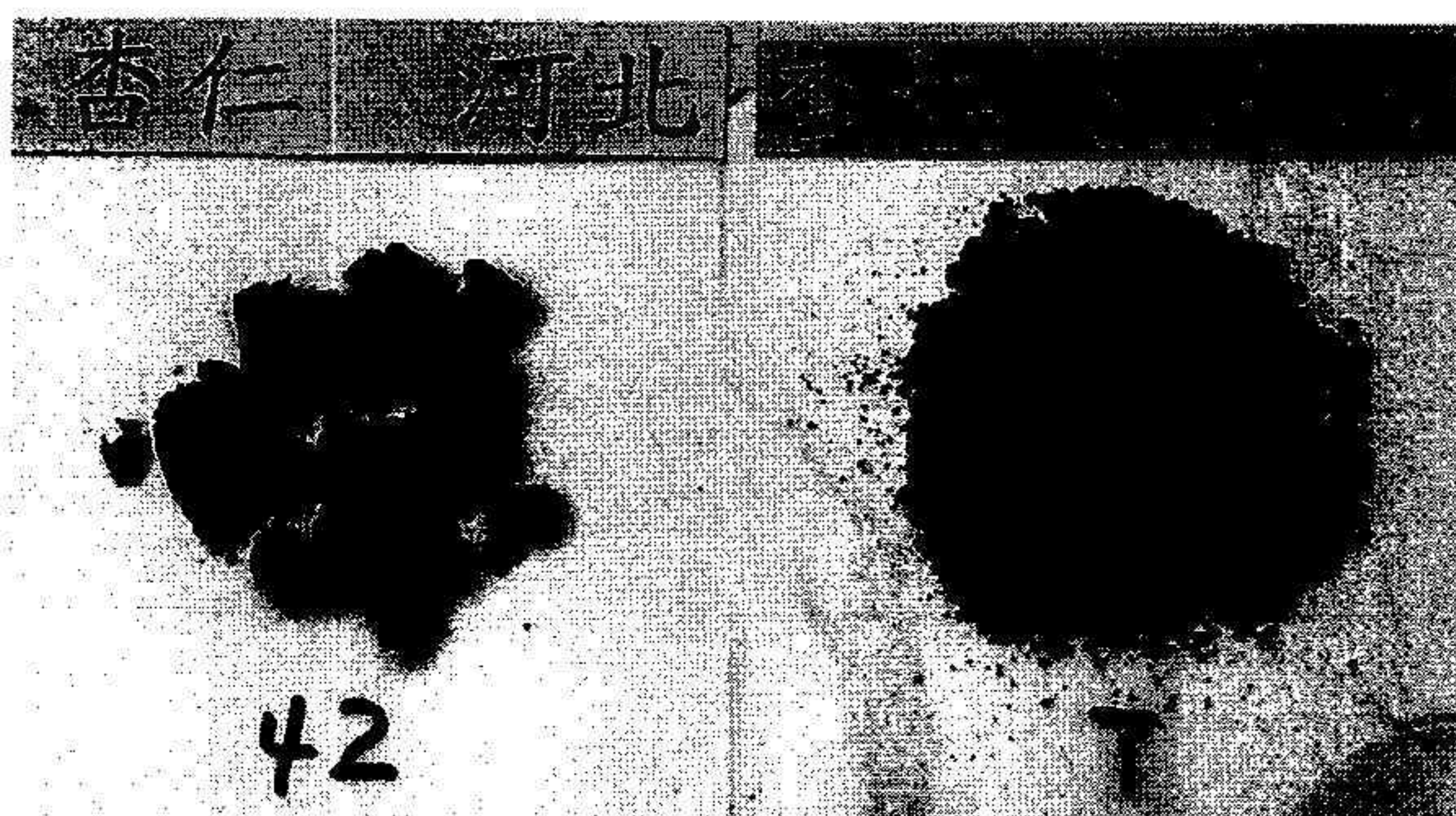
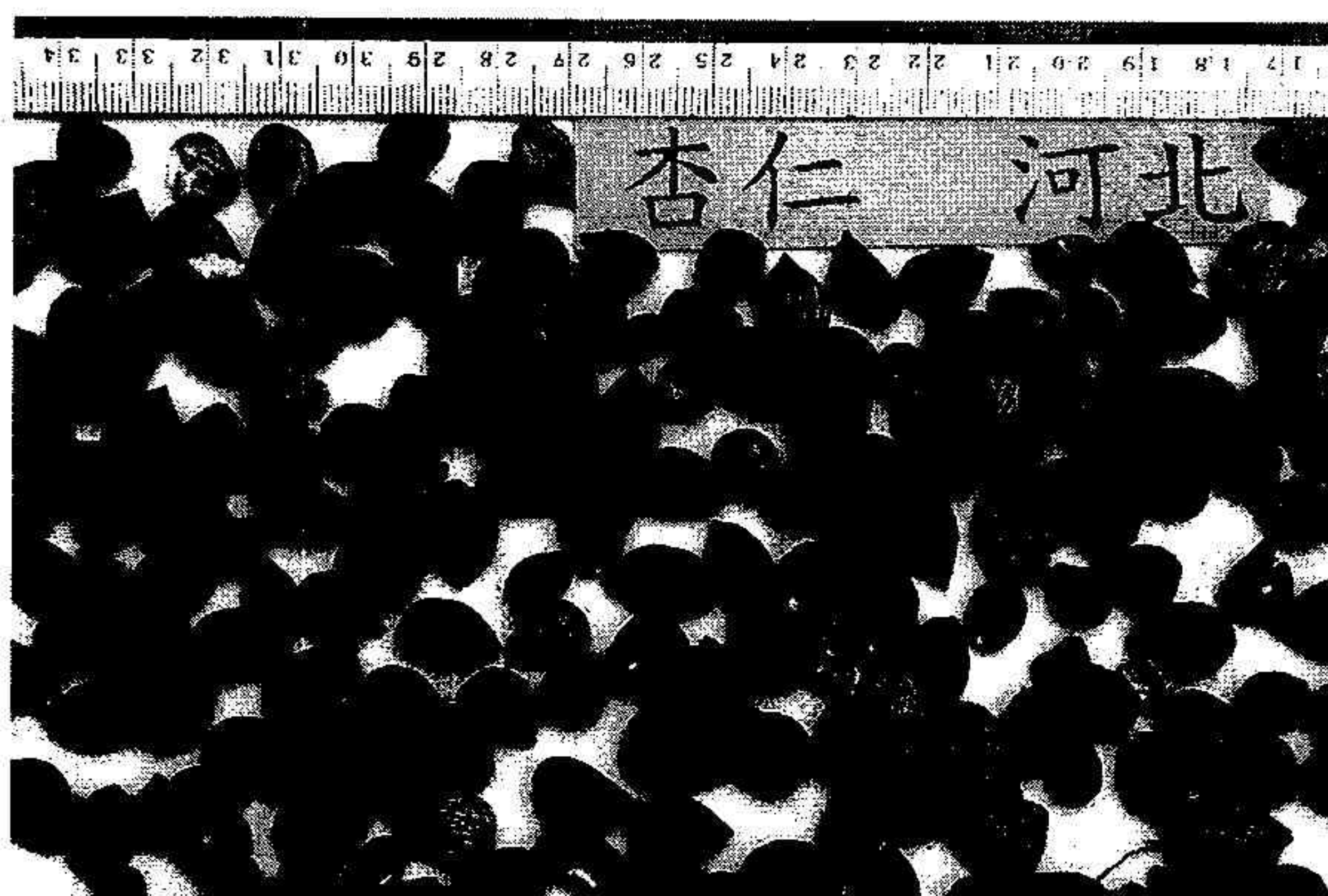
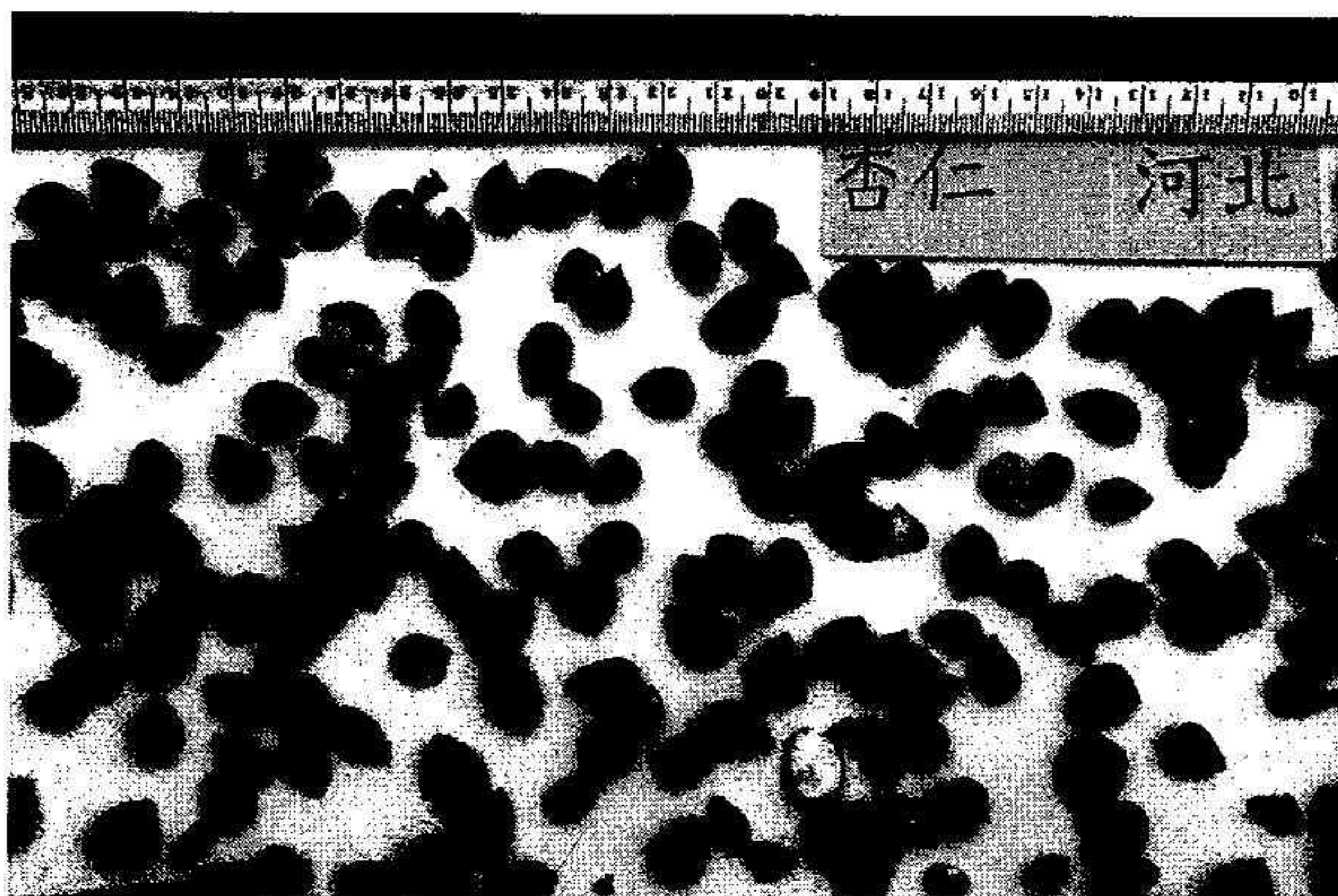


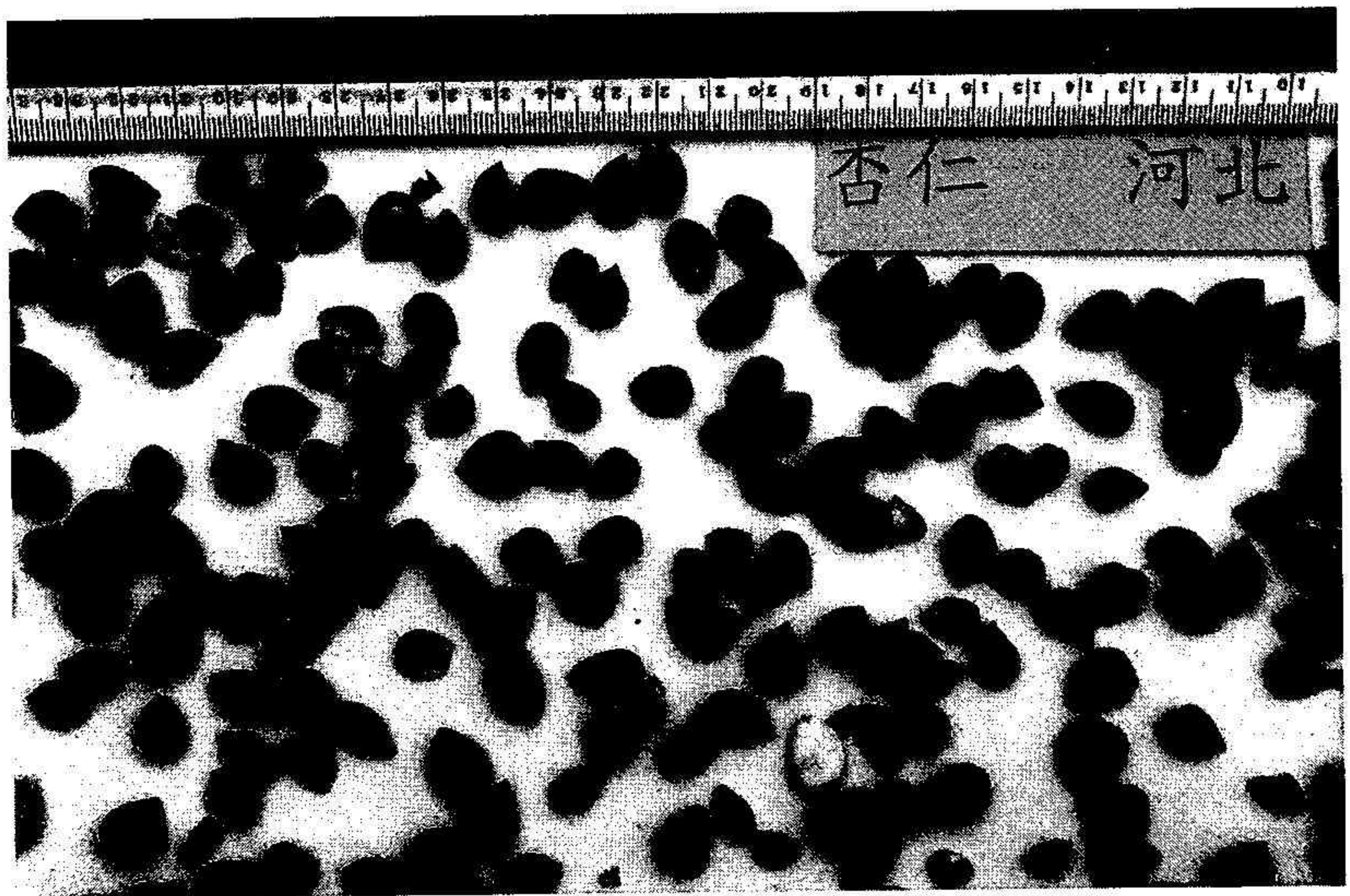
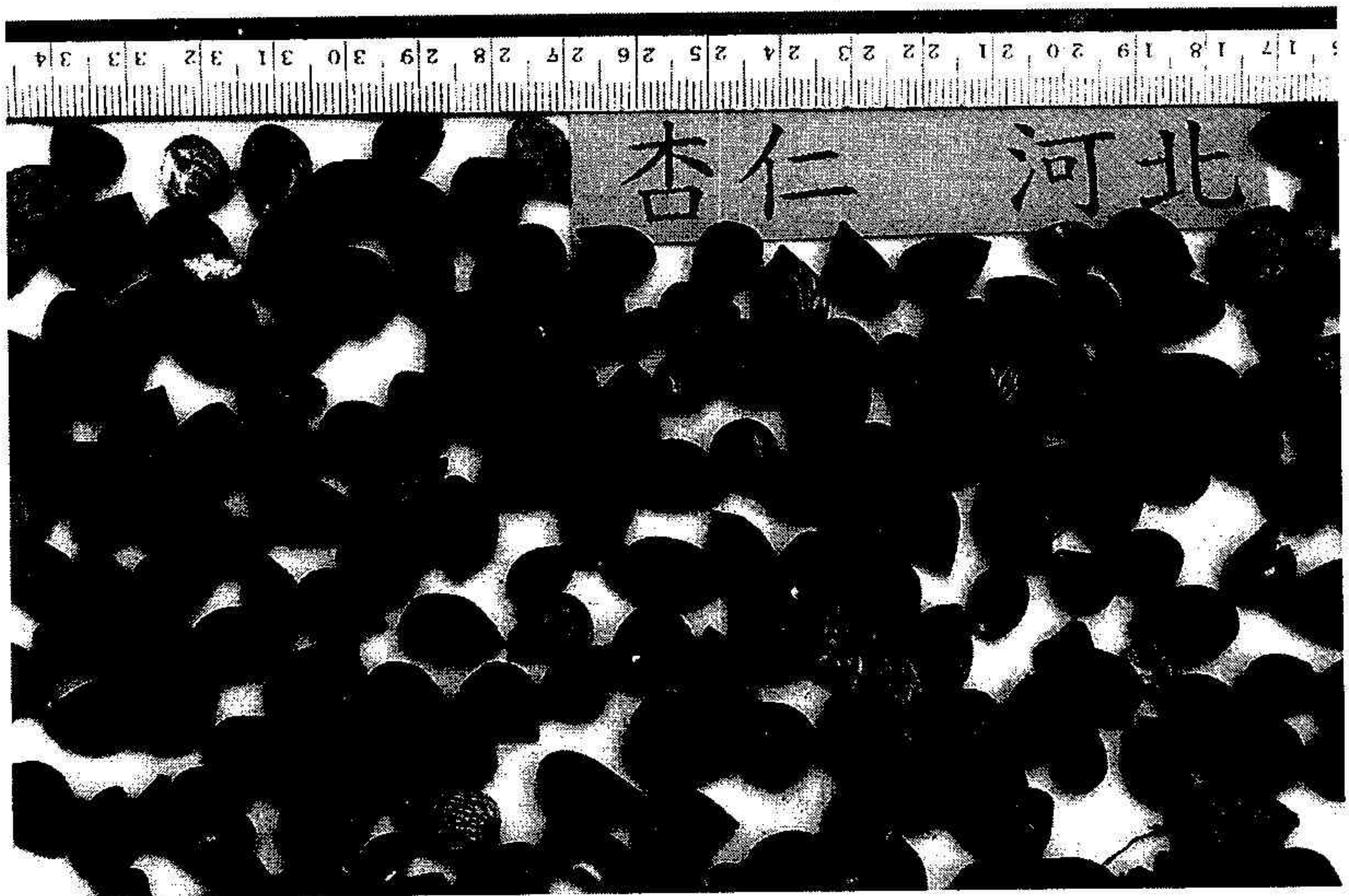


山 楂

產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
山東(06)	3.4	7.2	0.2	0.8	5.2	2.8	<0.1	<0.1
山東(50)	1.4	10	<0.1	1.3	4.5	4.0	2.2	<0.1

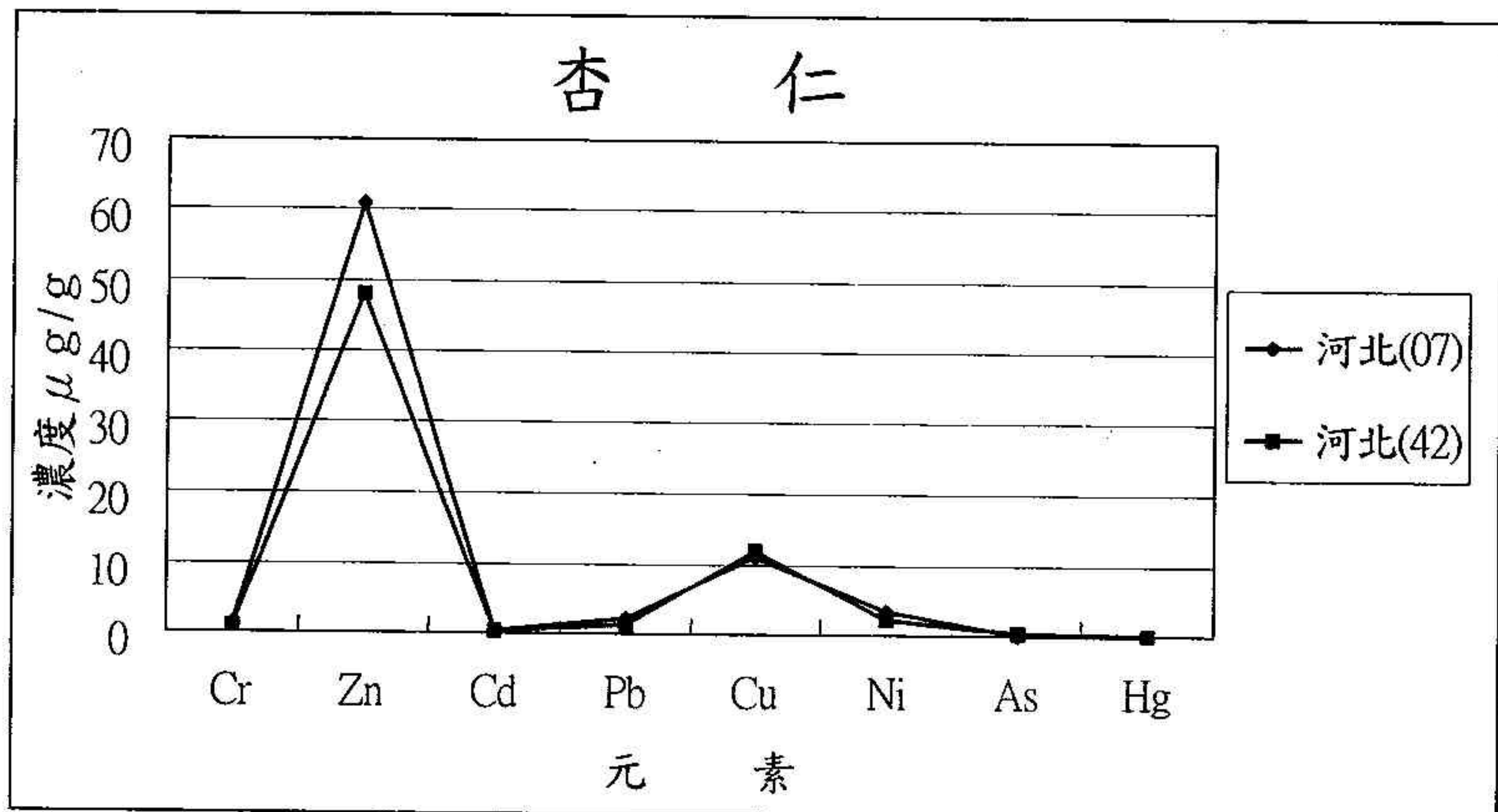
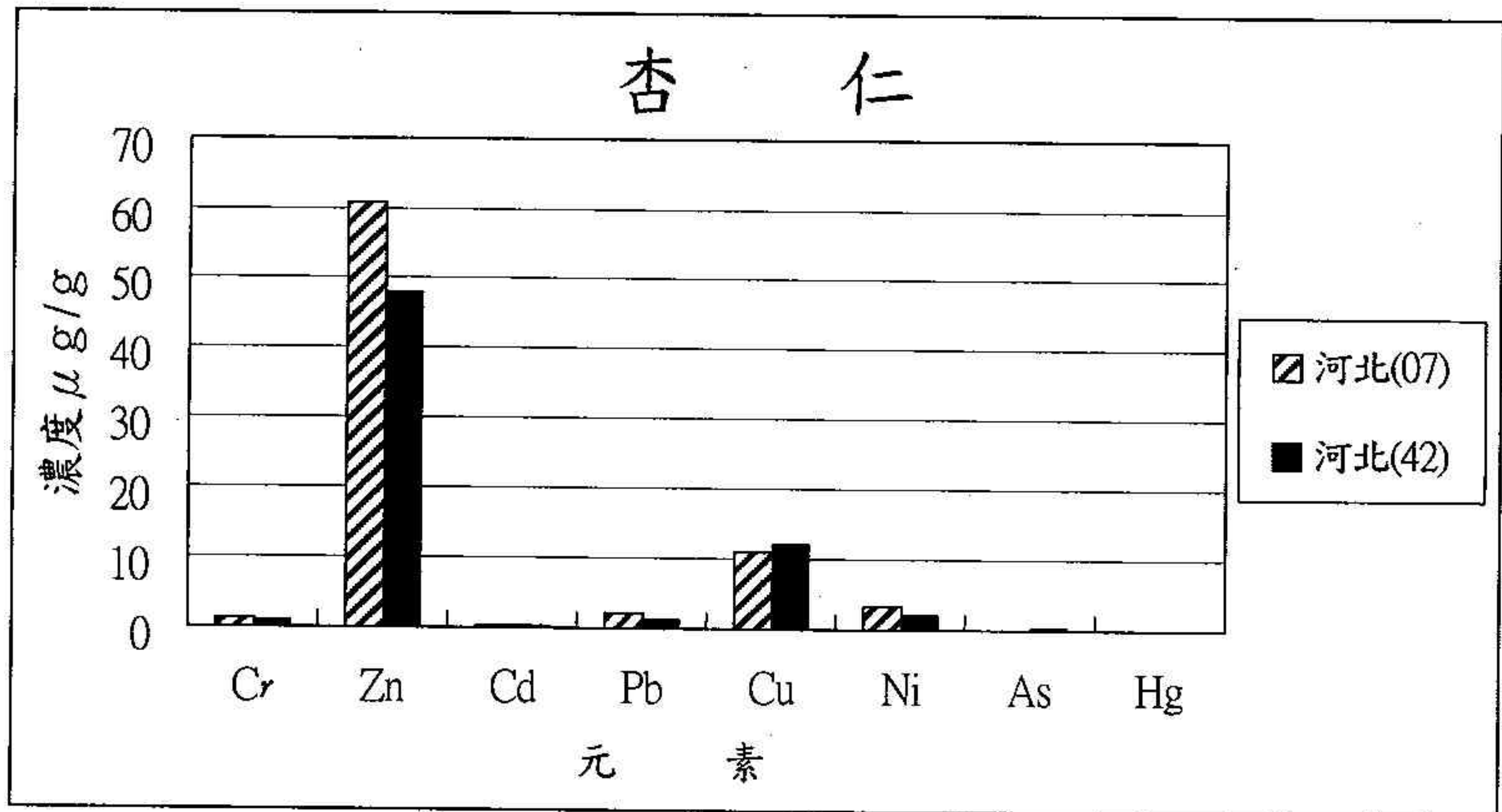


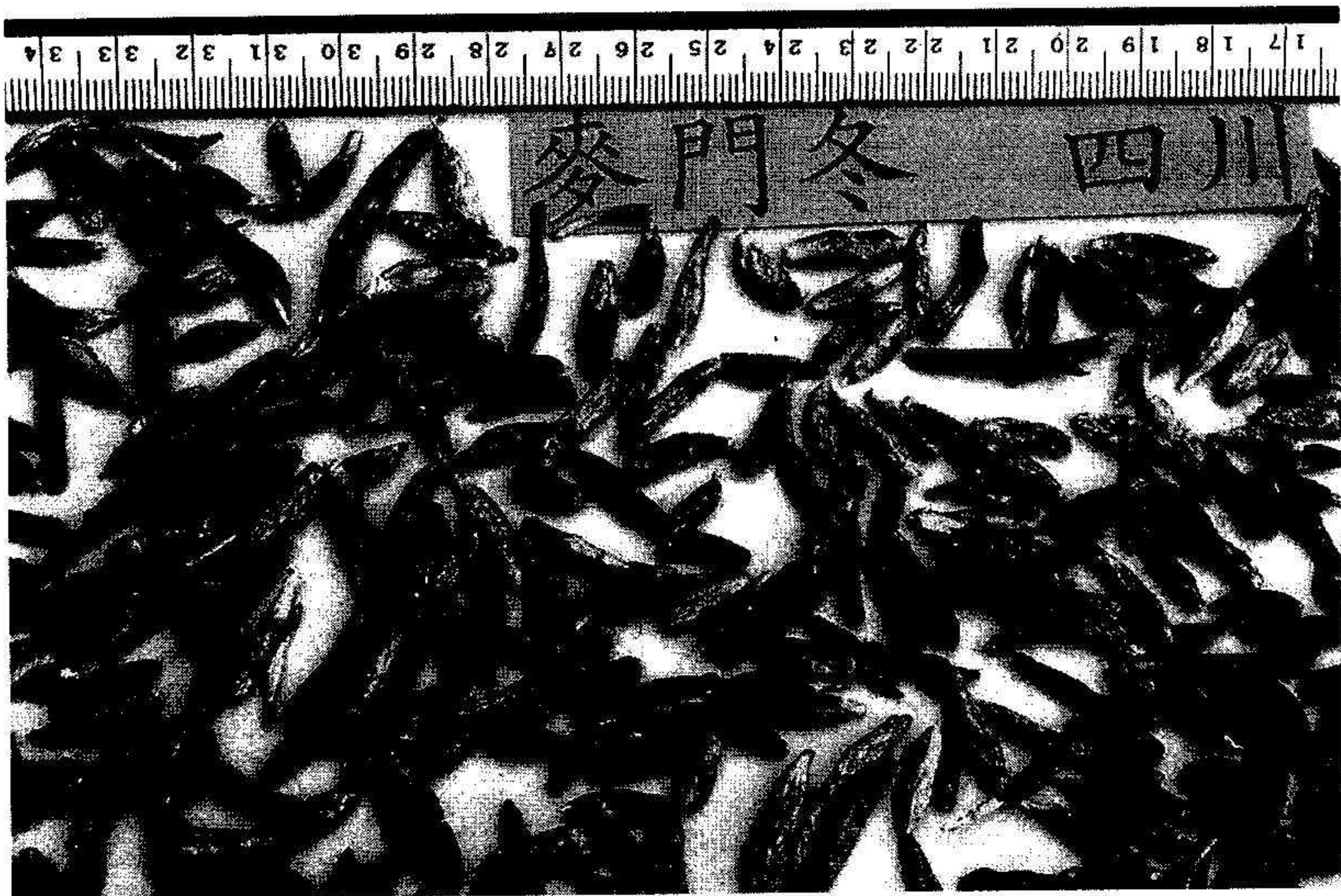




杏 仁

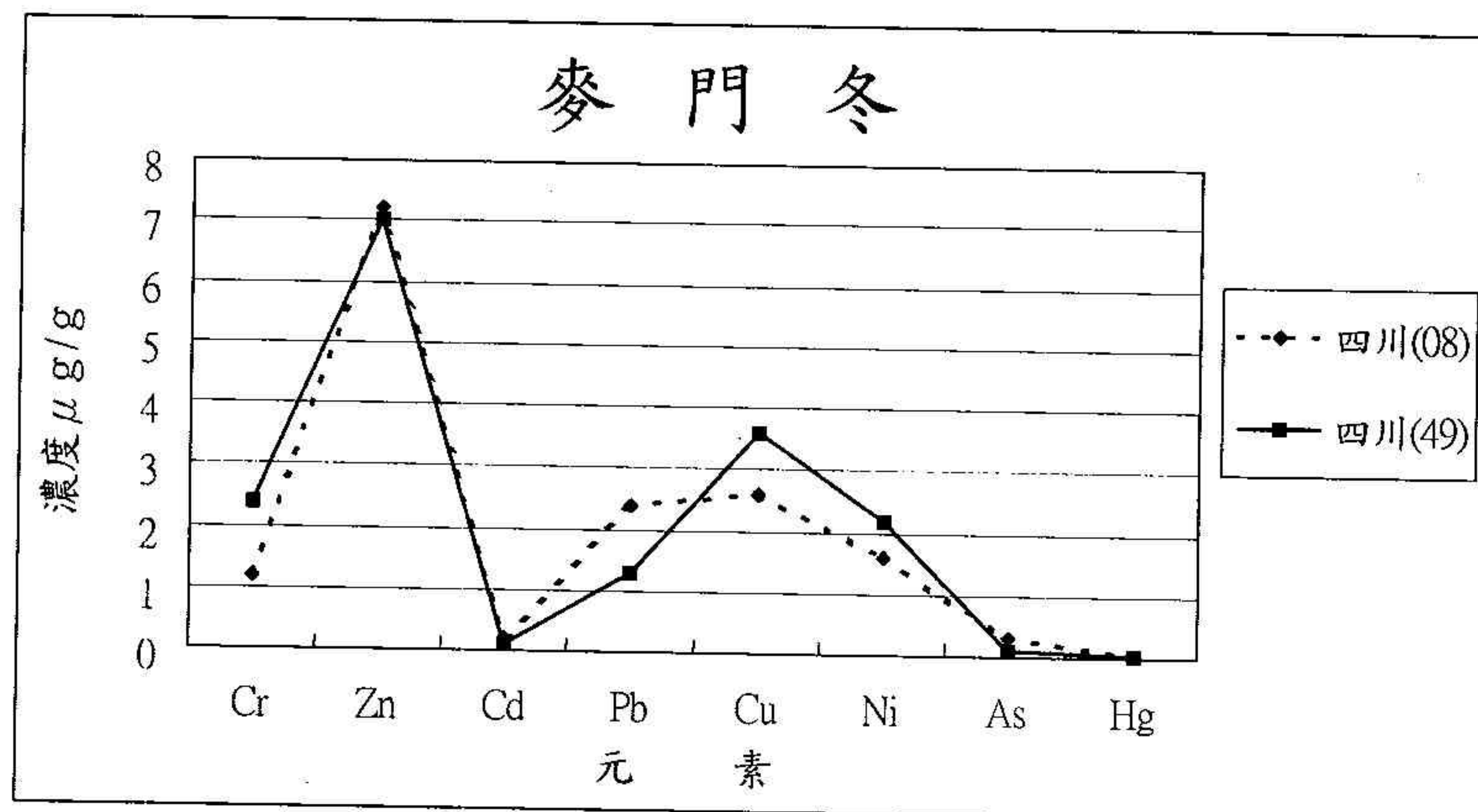
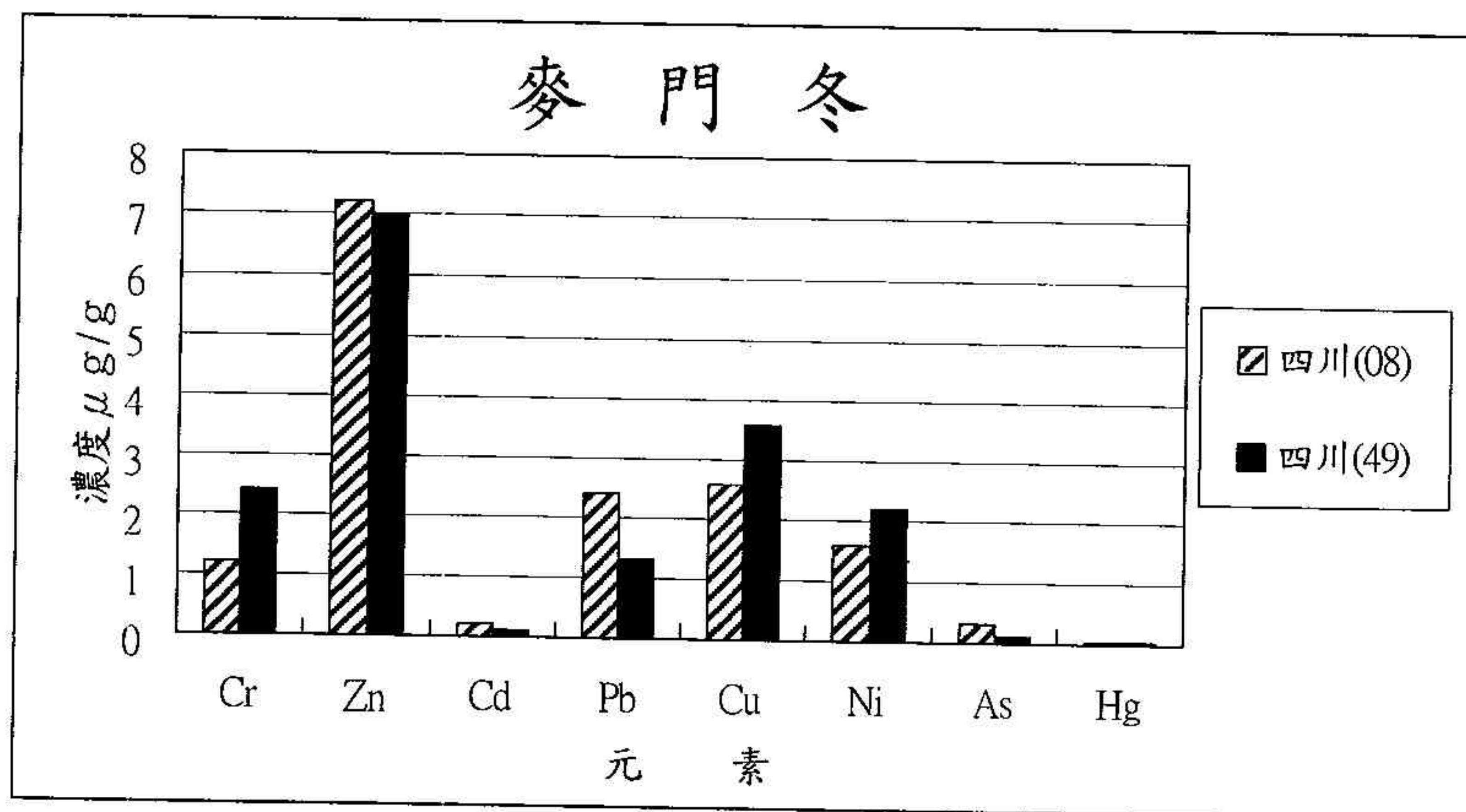
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
河北(07)	1.2	61	0.4	2.0	11	3.3	<0.1	<0.1
河北(42)	1.0	48	0.2	1.3	12	2.1	0.4	<0.1

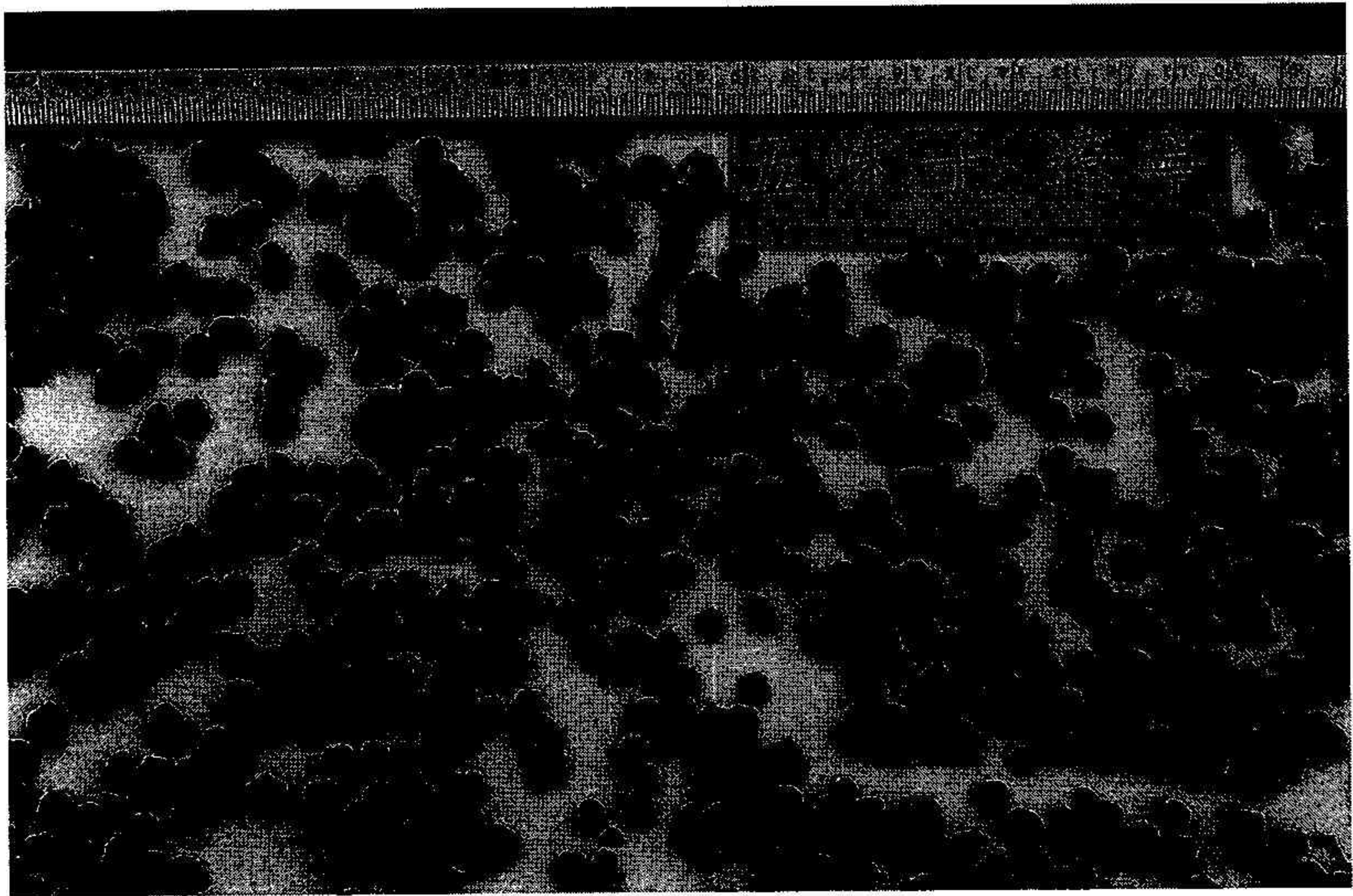
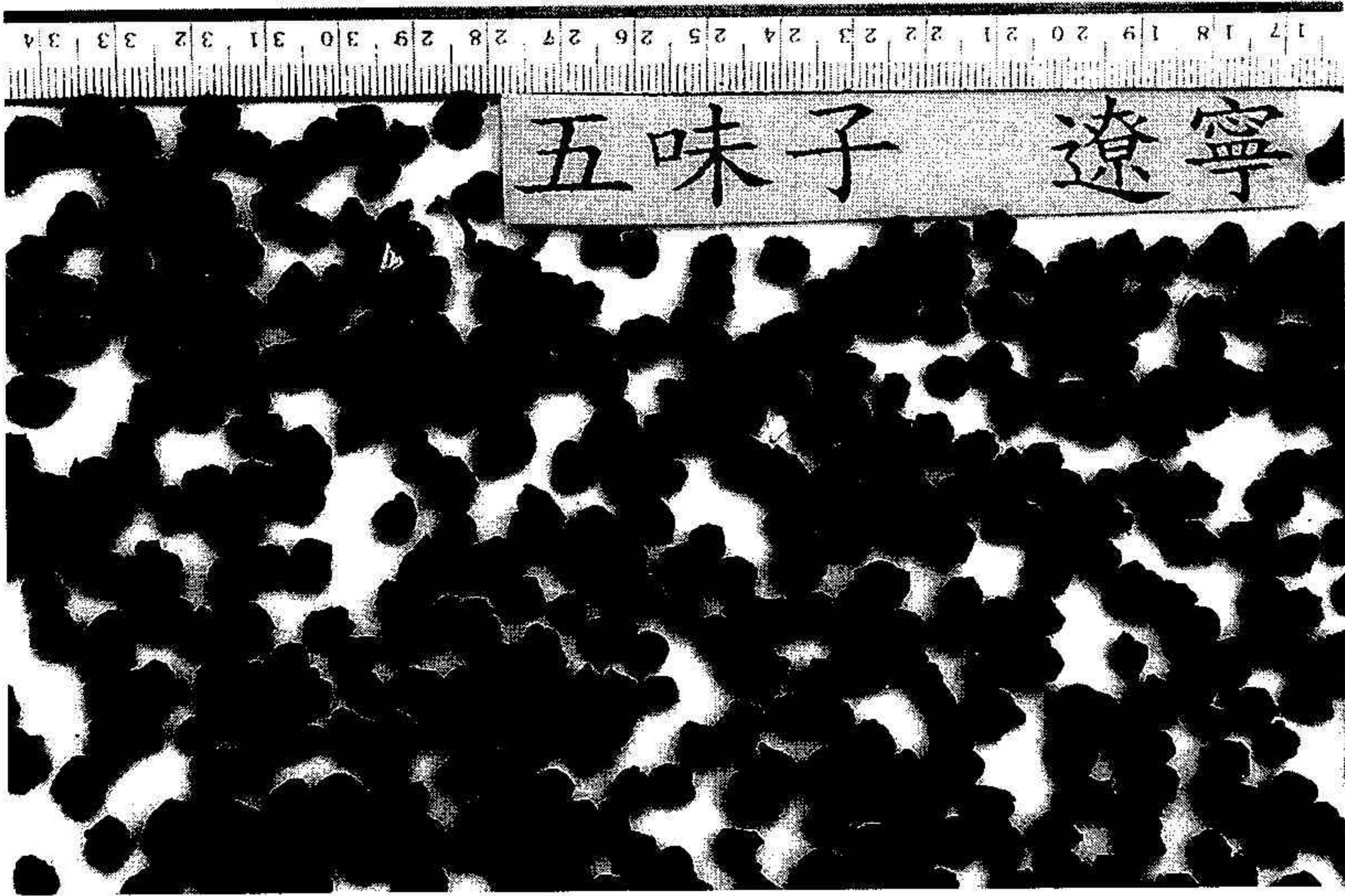




麥門冬

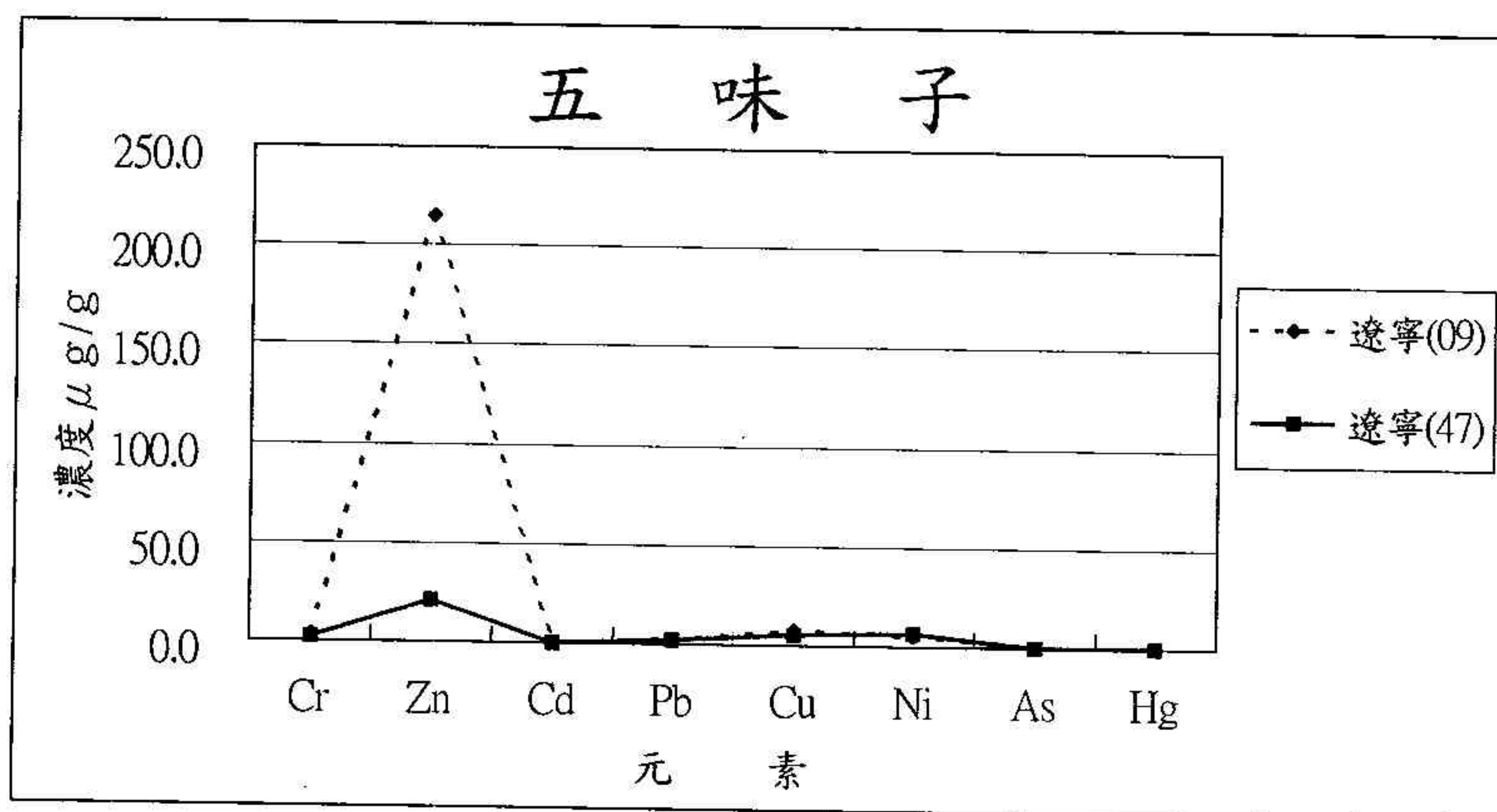
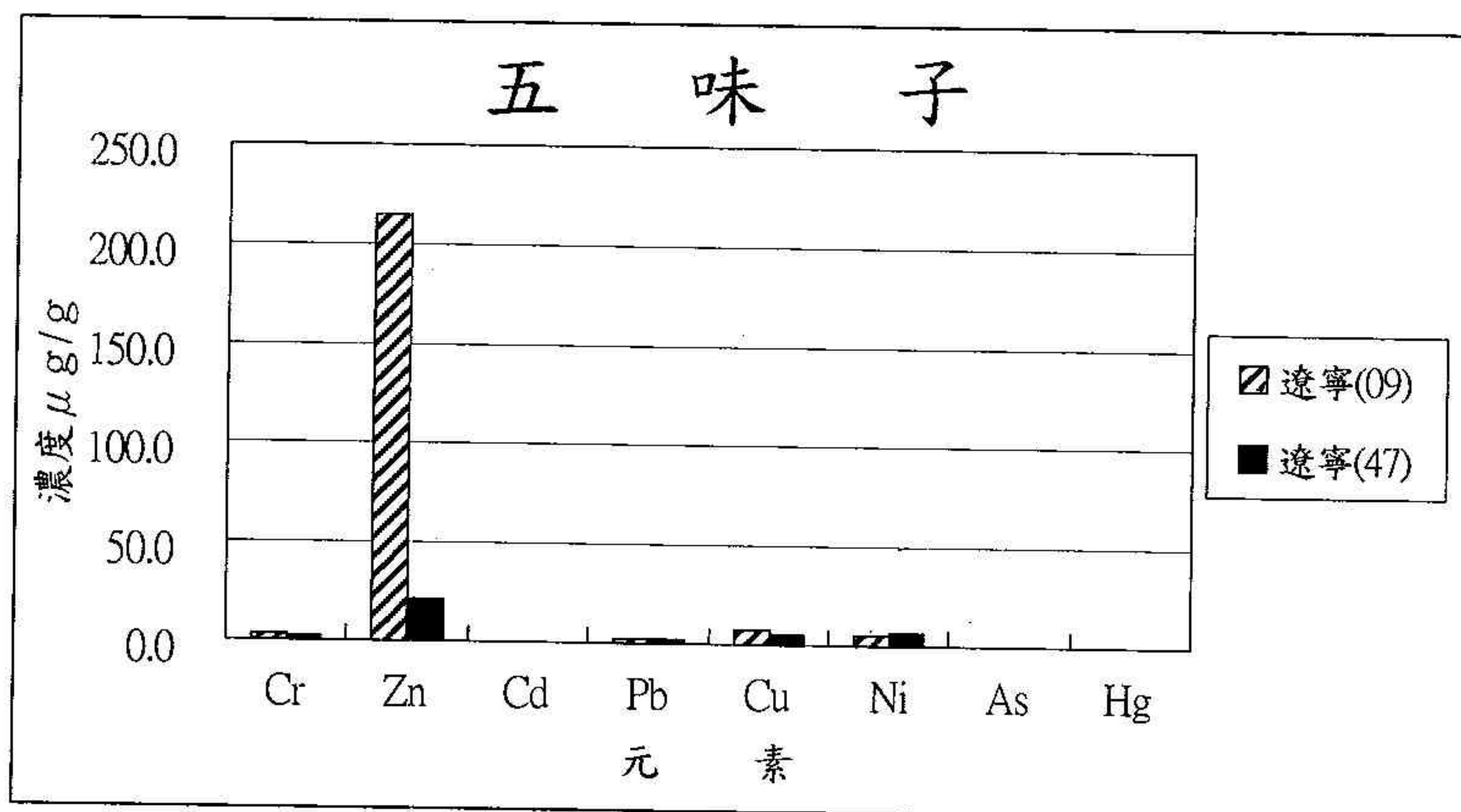
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
四川(08)	1.2	7.2	0.2	2.4	2.6	1.6	0.3	<0.1
四川(49)	2.4	7.0	0.1	1.3	3.6	2.2	0.1	<0.1

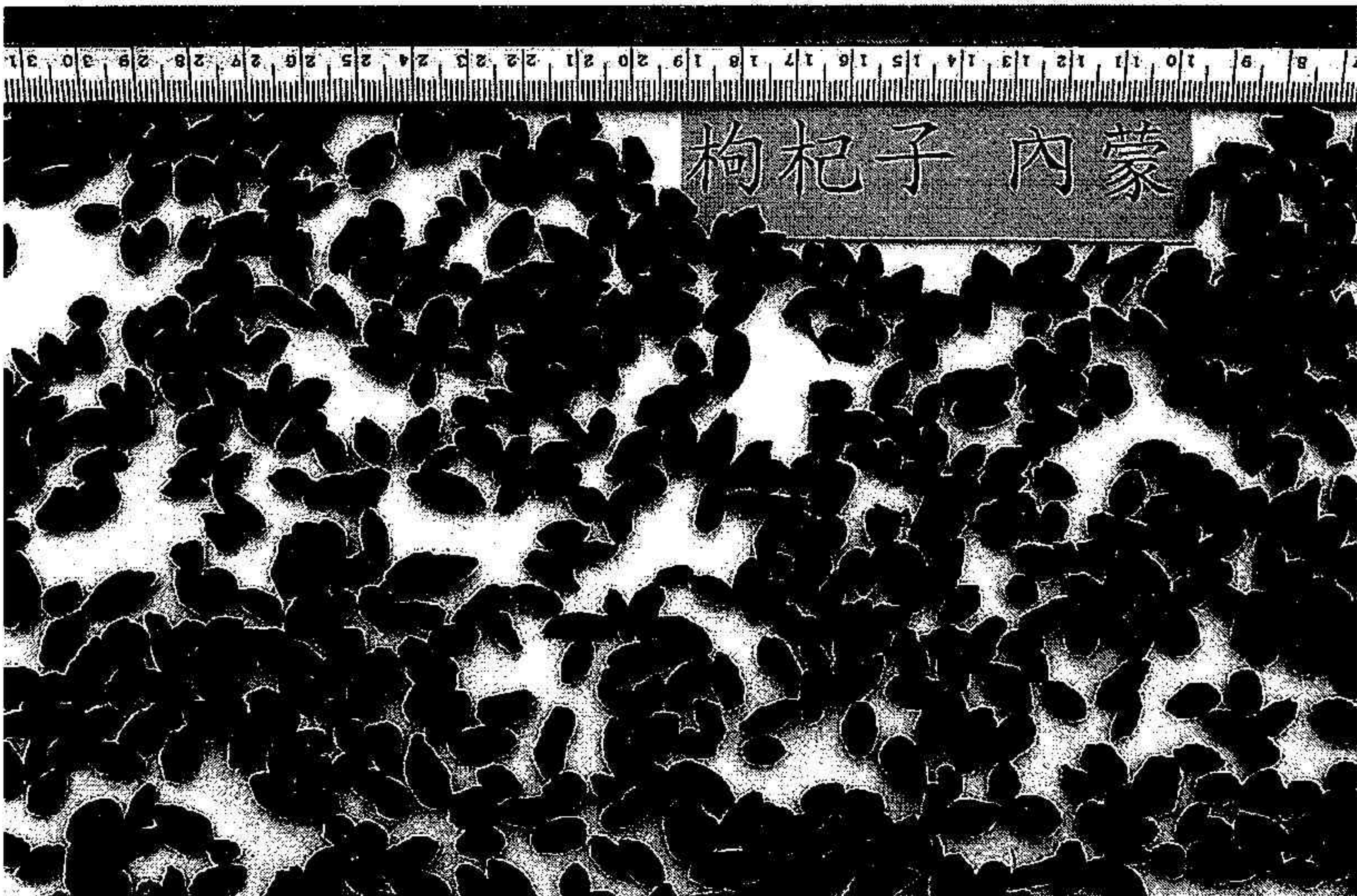
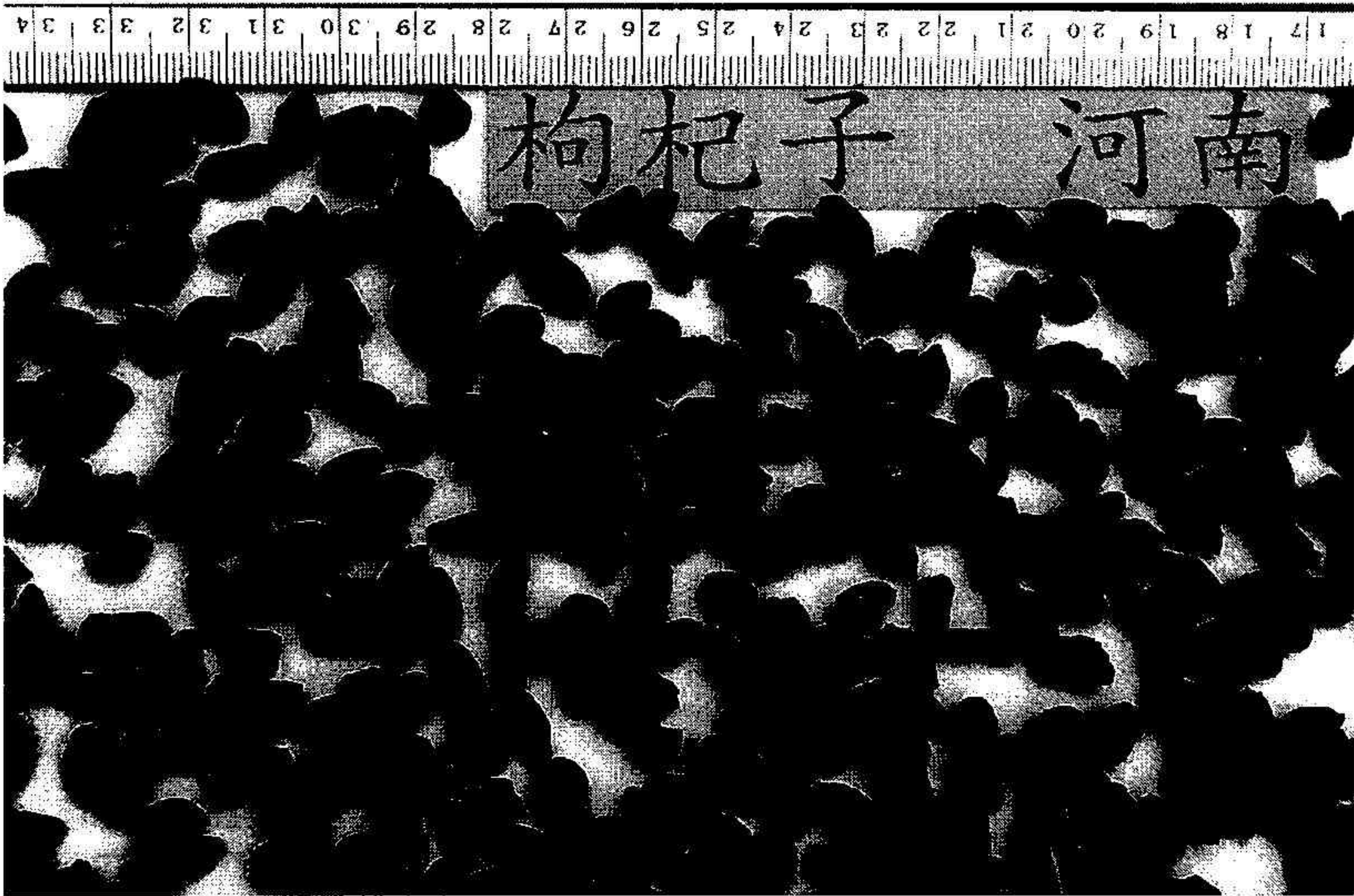




五味子

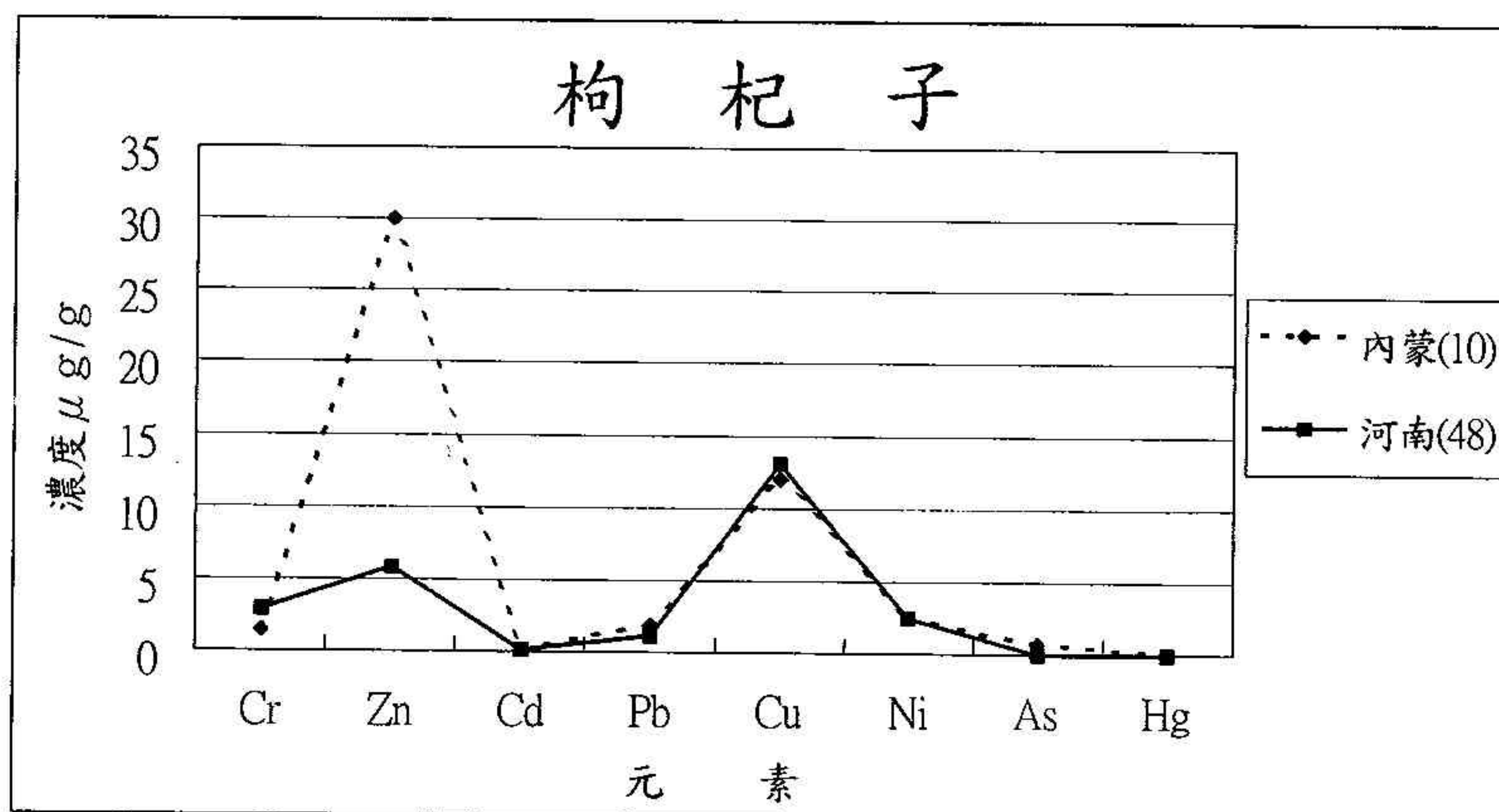
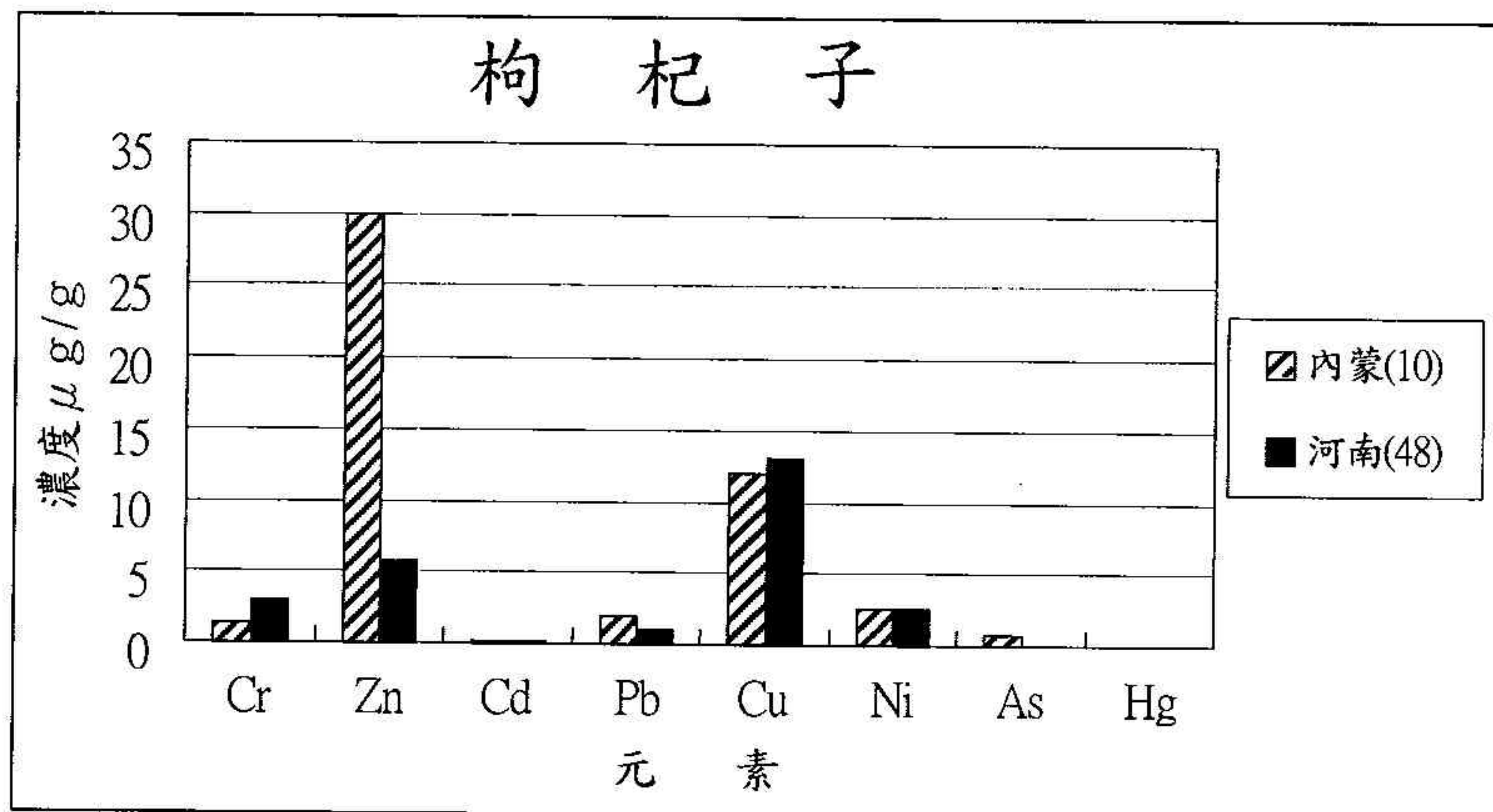
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
遼寧(09)	3.0	215	0.4	1.6	7.3	5.0	0.2	<0.1
遼寧(47)	2.1	21	<0.1	1.9	5.7	6.6	0.5	<0.1

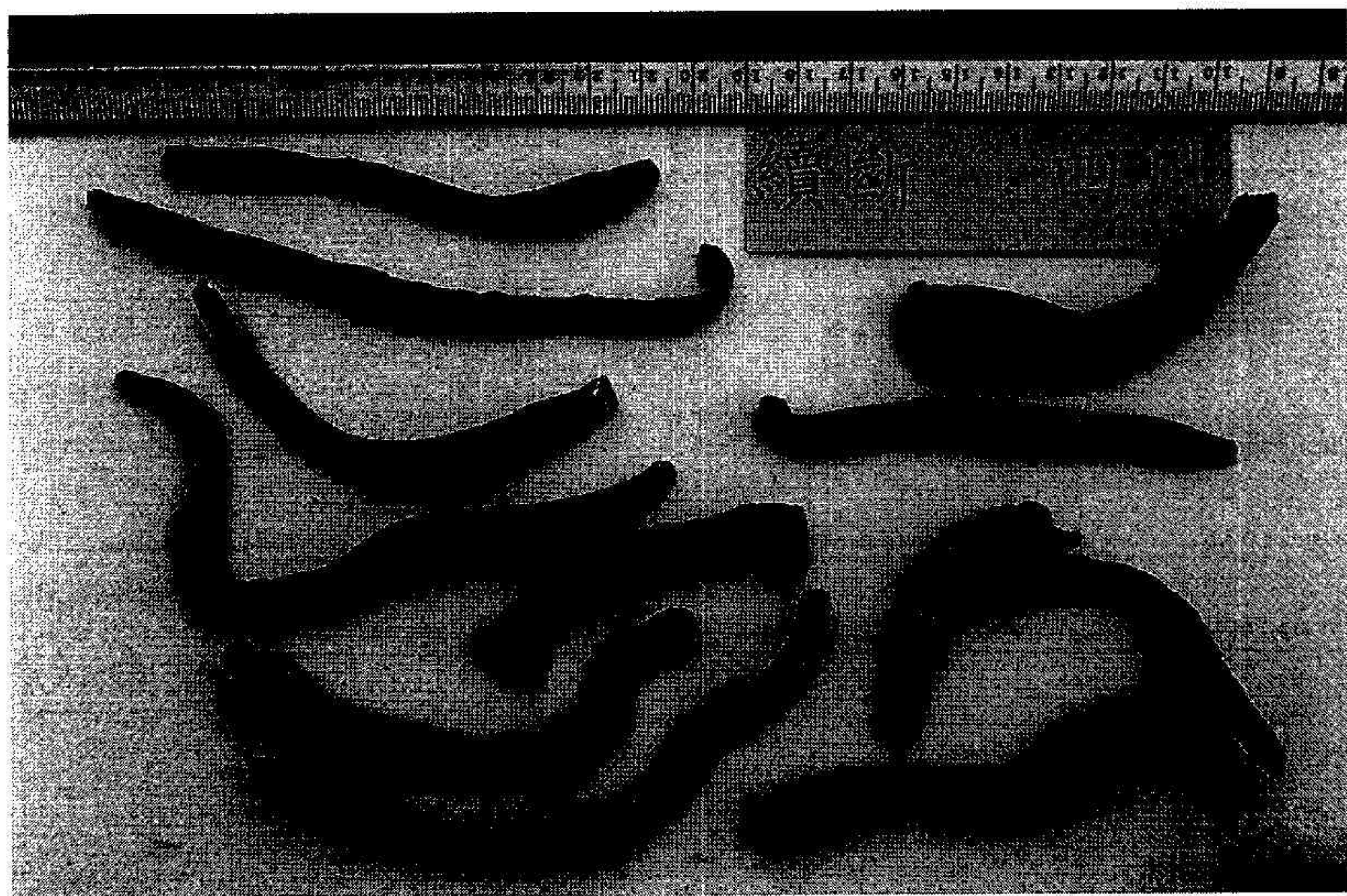
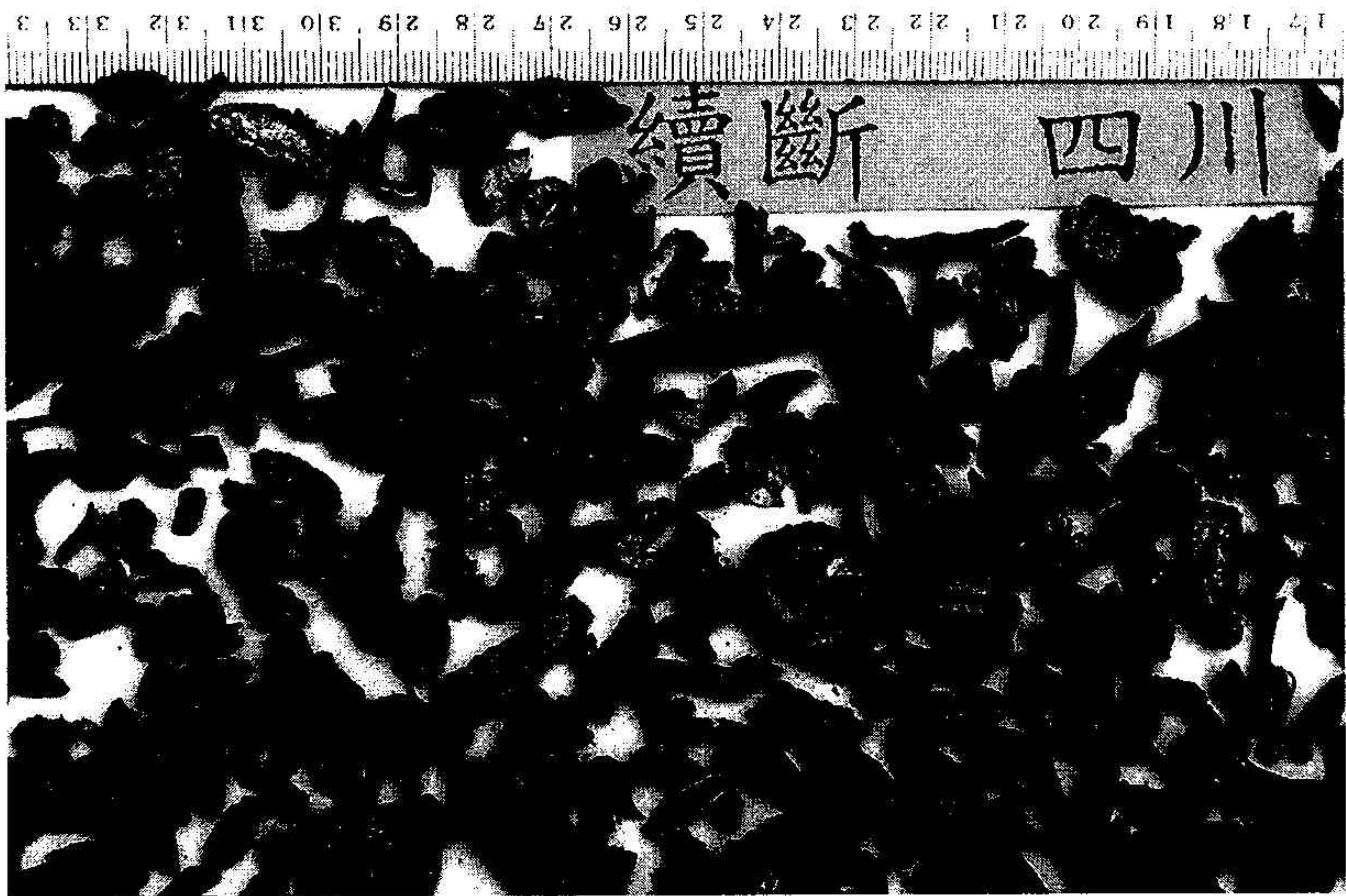




枸杞子

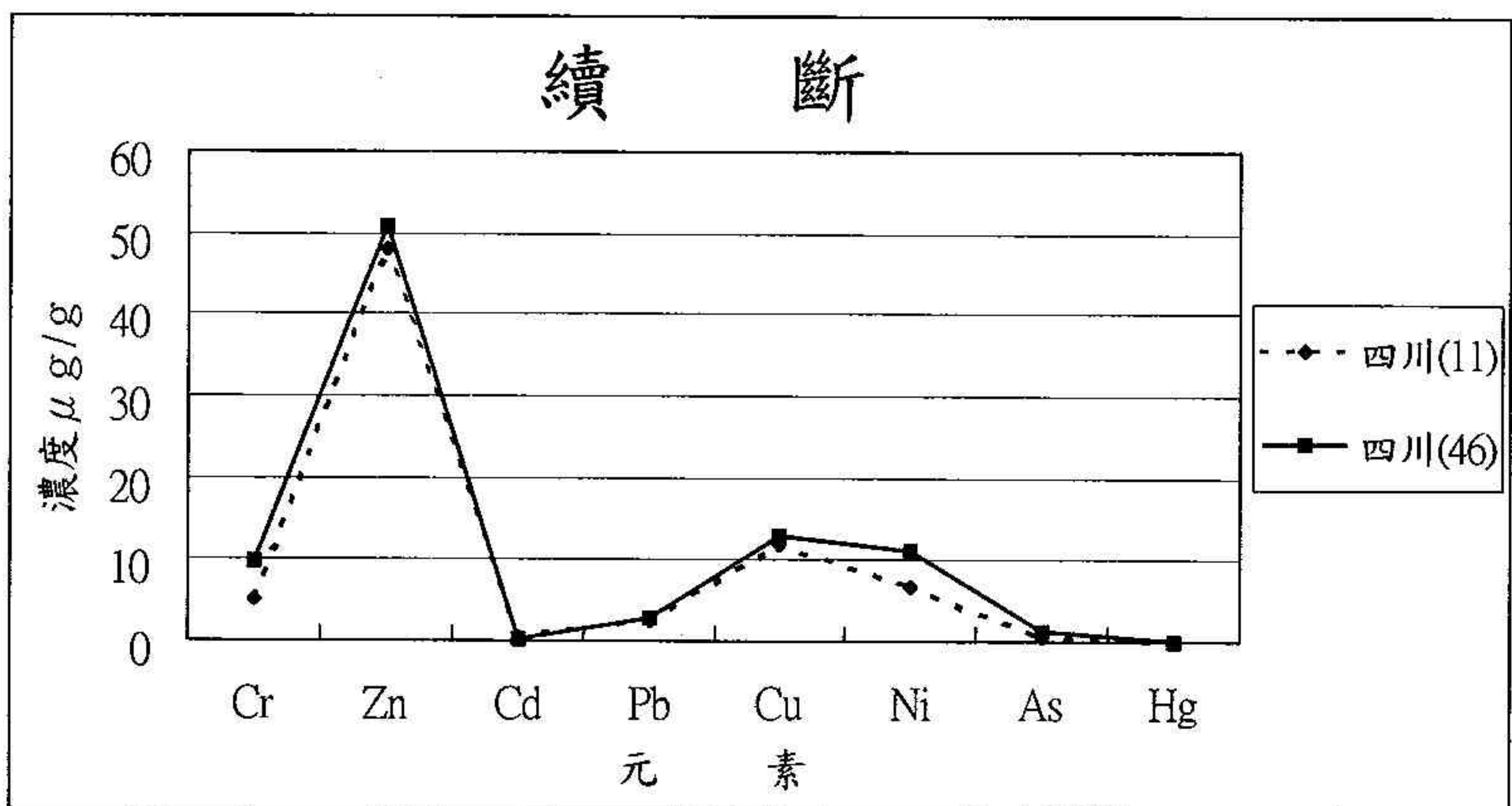
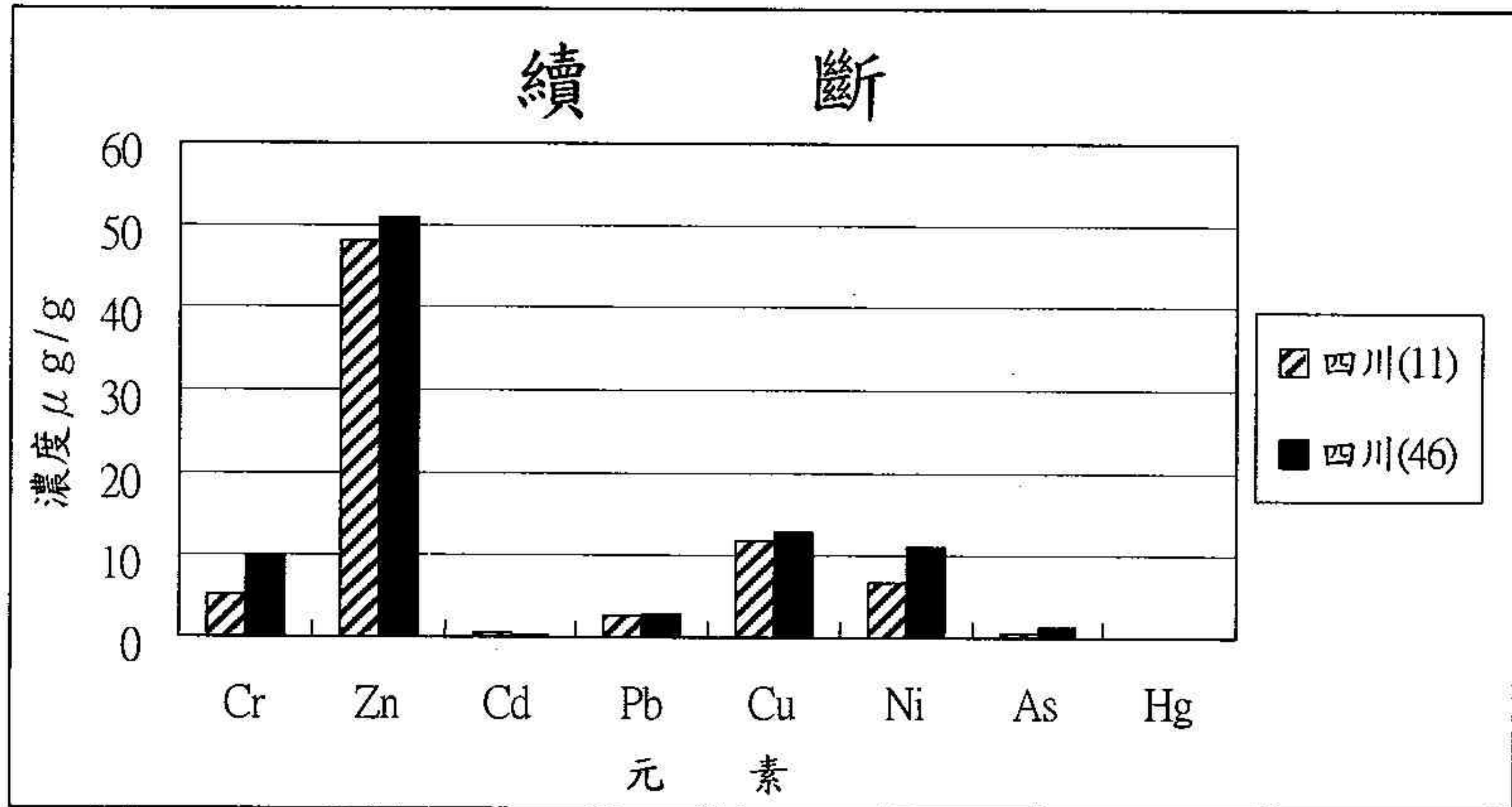
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
內蒙(10)	1.4	30	0.2	1.9	12	2.5	0.8	<0.1
河南(48)	2.9	5.8	0.2	1.1	13	2.5	<0.1	<0.1

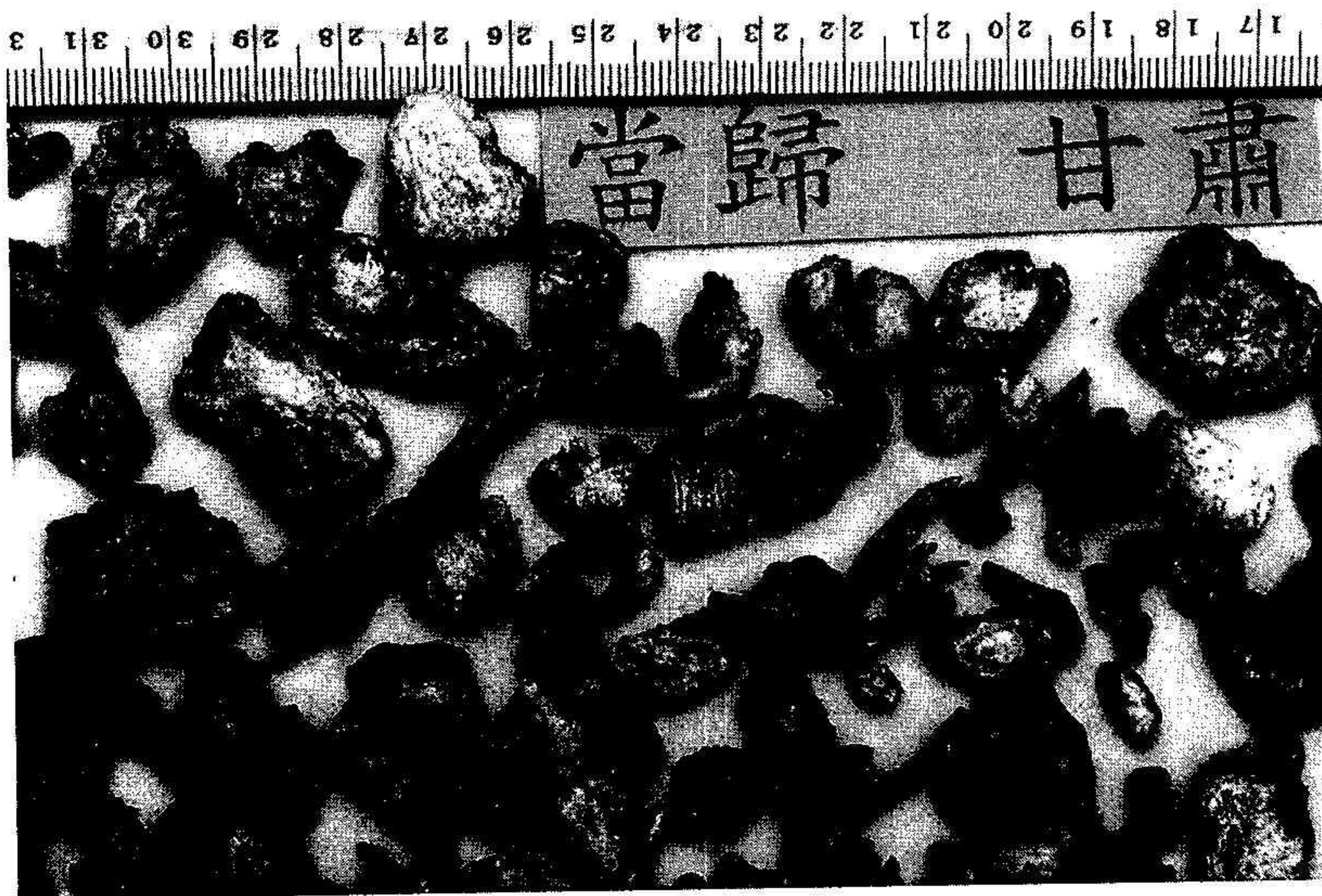




續 斷

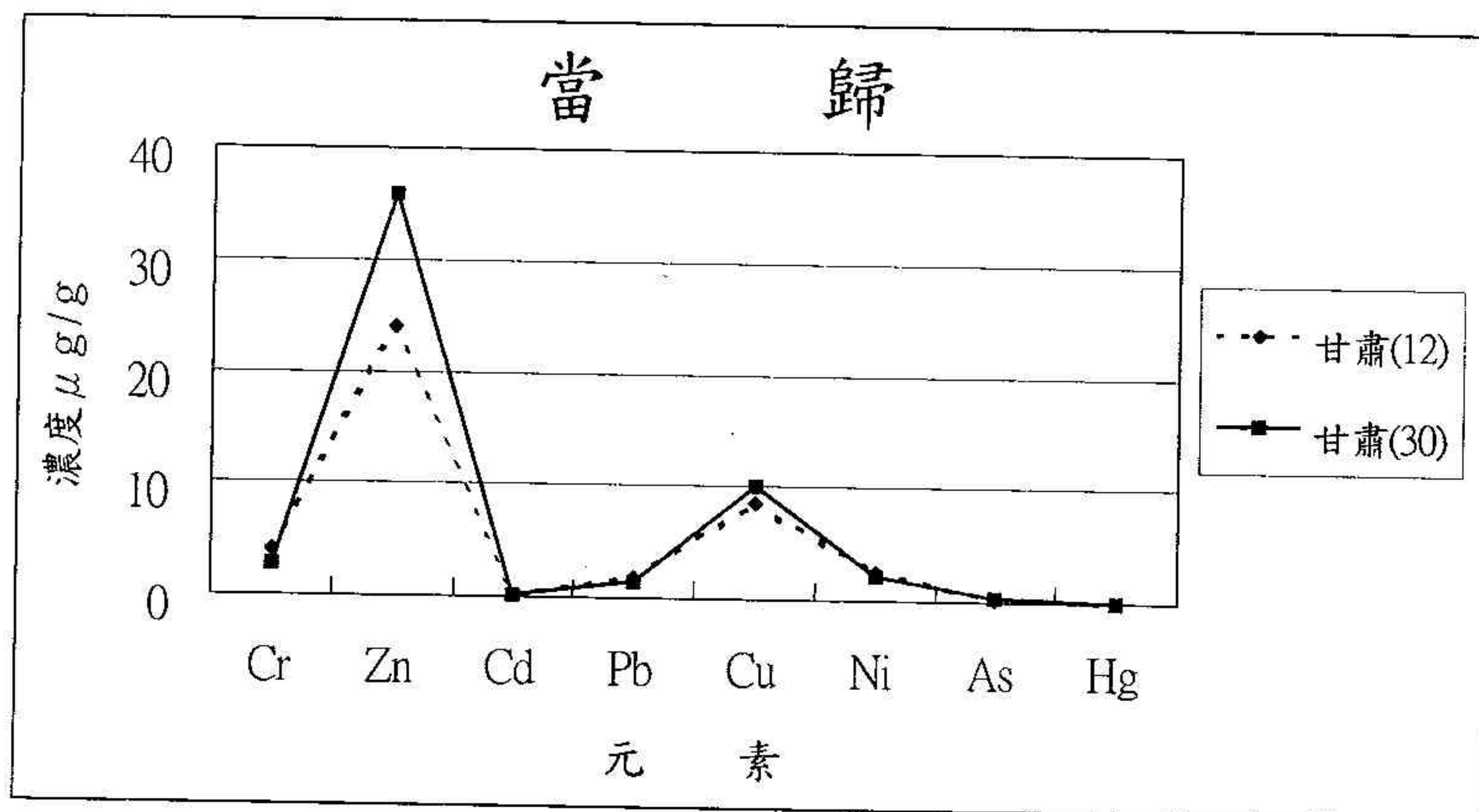
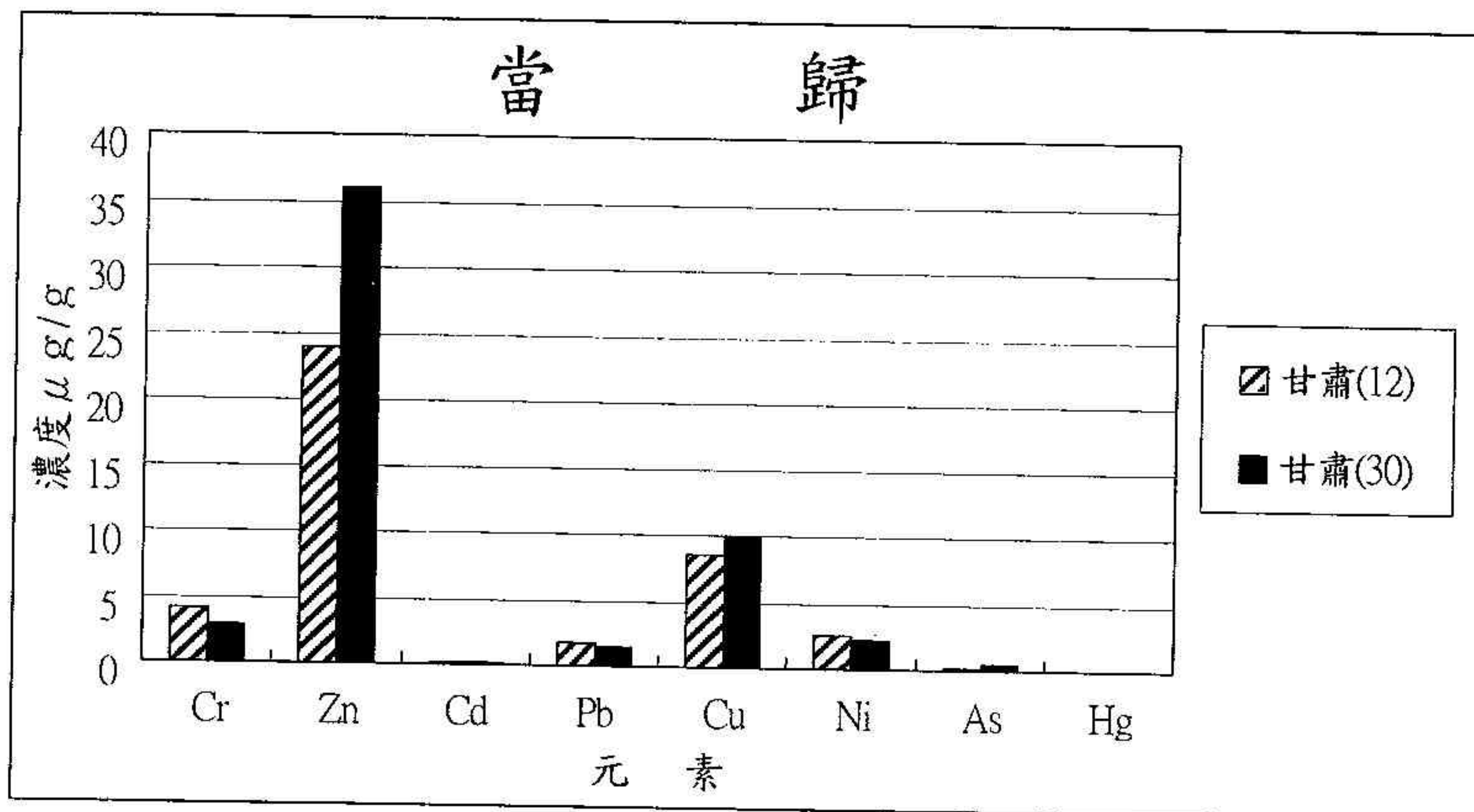
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
四川(11)	5.2	48	0.4	2.7	12	6.7	0.4	<0.1
四川(46)	9.7	51	0.2	2.8	13	11	1.3	<0.1

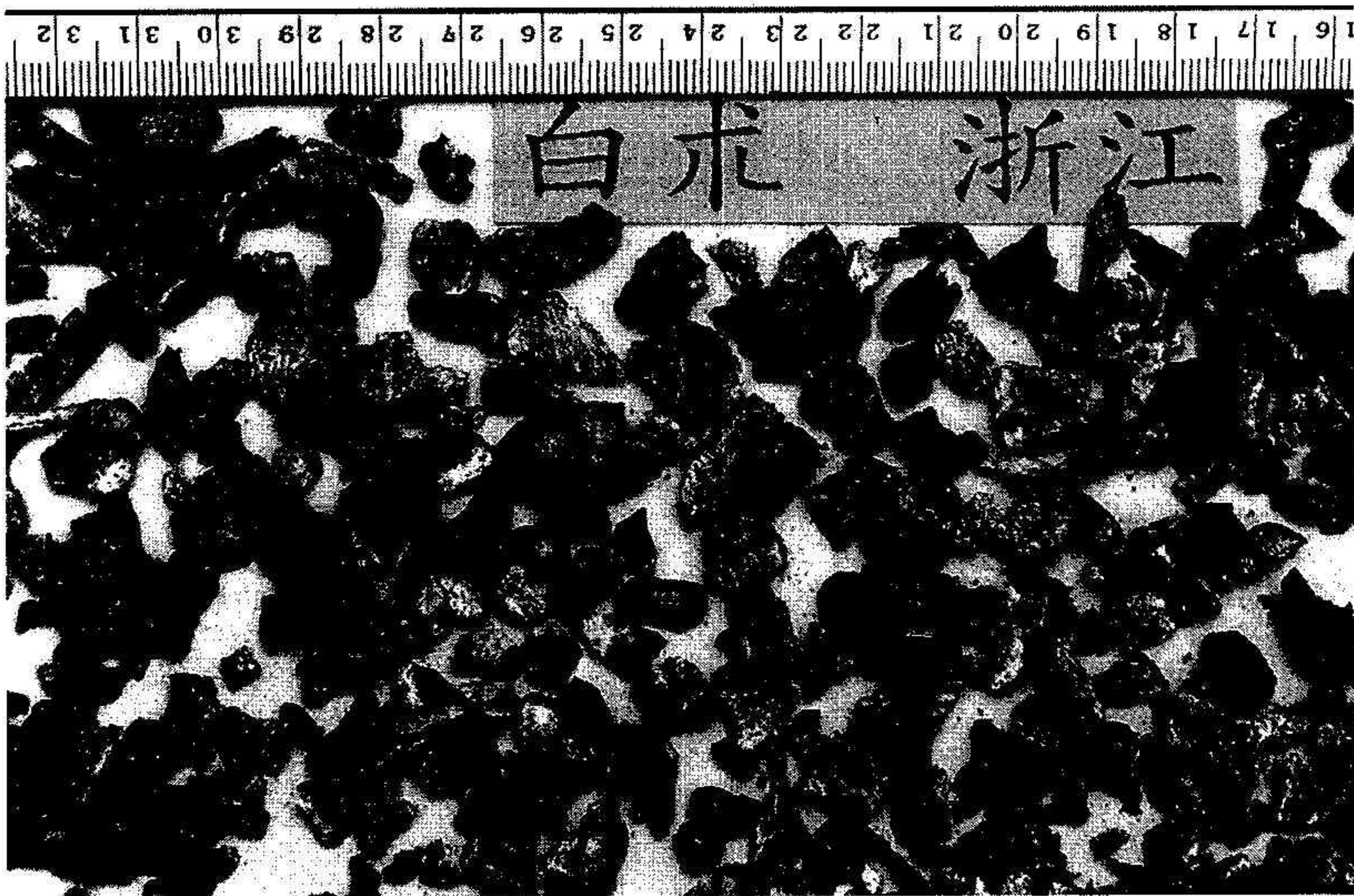




當 歸

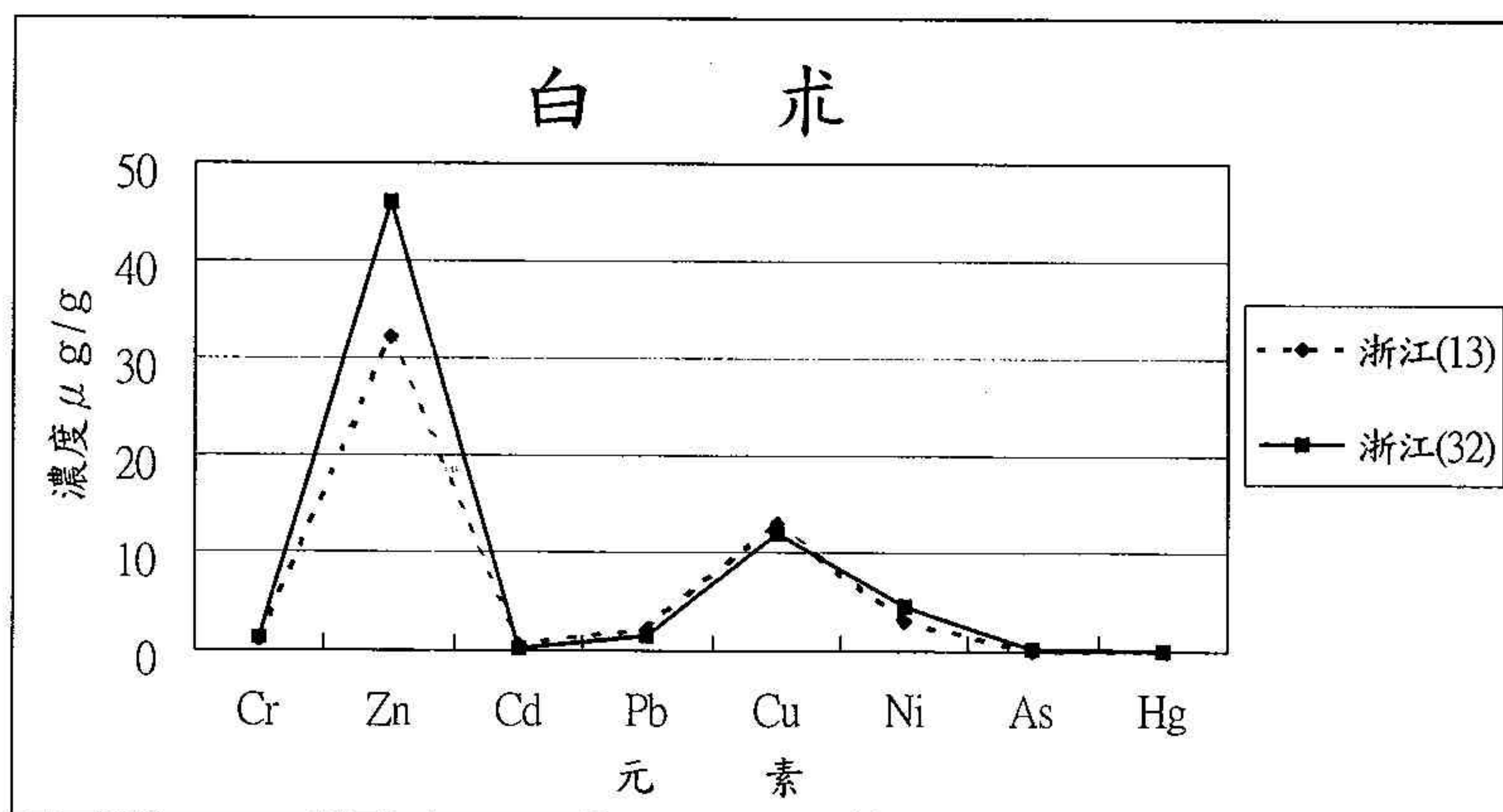
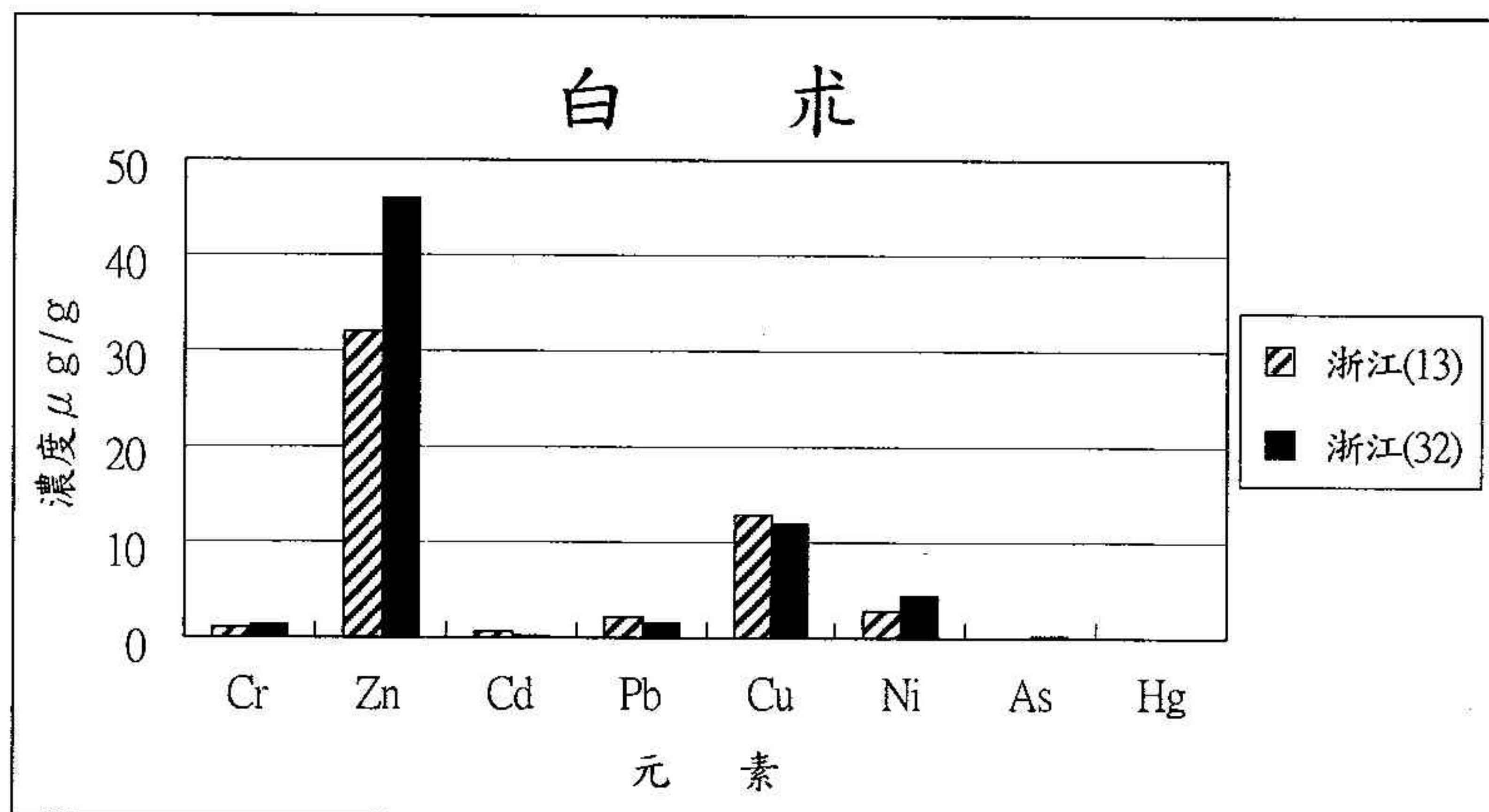
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
甘肅(12)	4.1	24	0.2	1.8	8.6	2.6	0.2	<0.1
甘肅(30)	2.8	36	0.1	1.5	10	2.3	0.4	<0.1

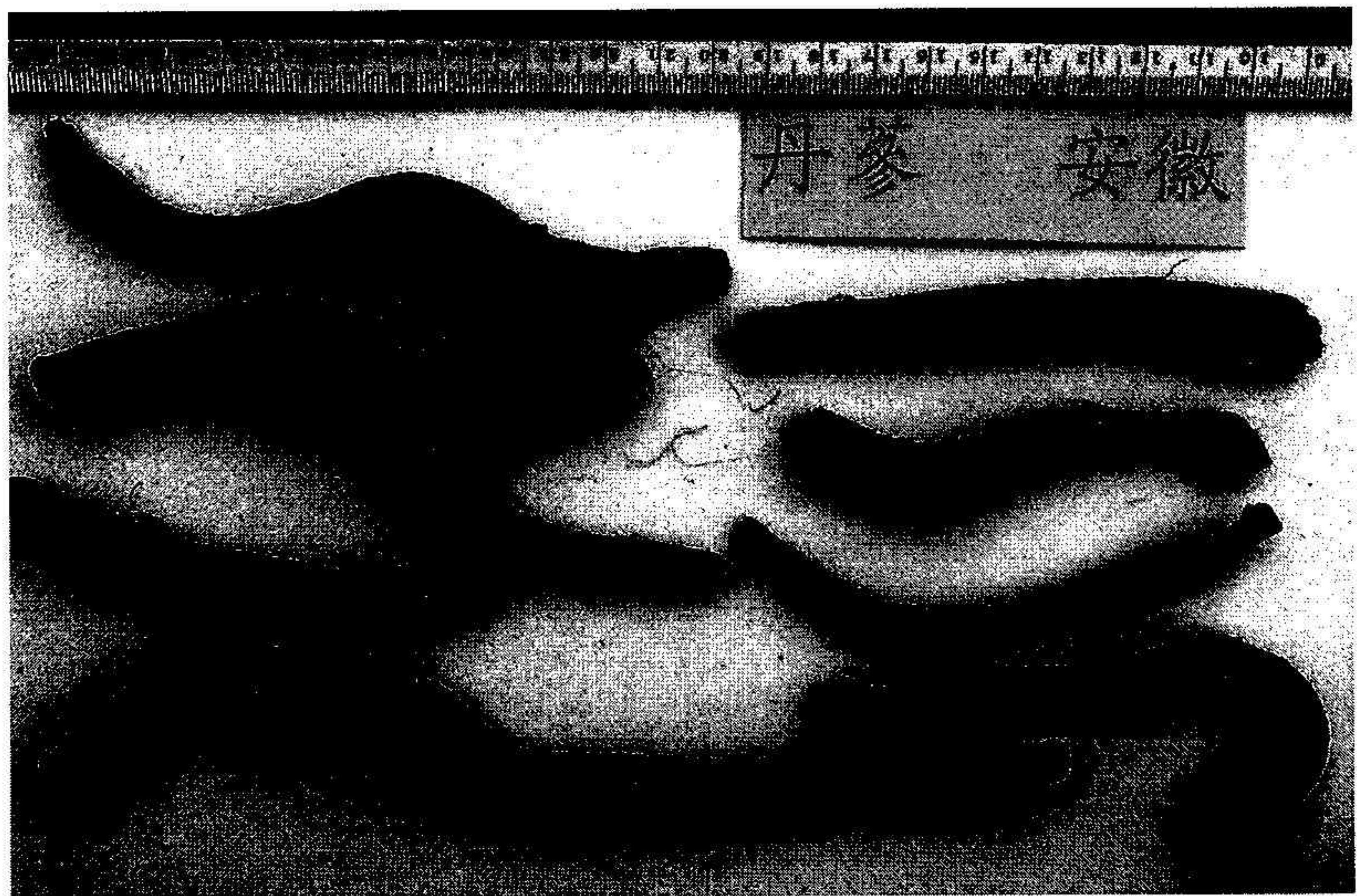




白 朮

產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
浙江(13)	1.2	32	0.7	2.2	13	3.0	<0.1	<0.1
浙江(32)	1.4	46	0.3	1.5	12	4.5	0.3	<0.1

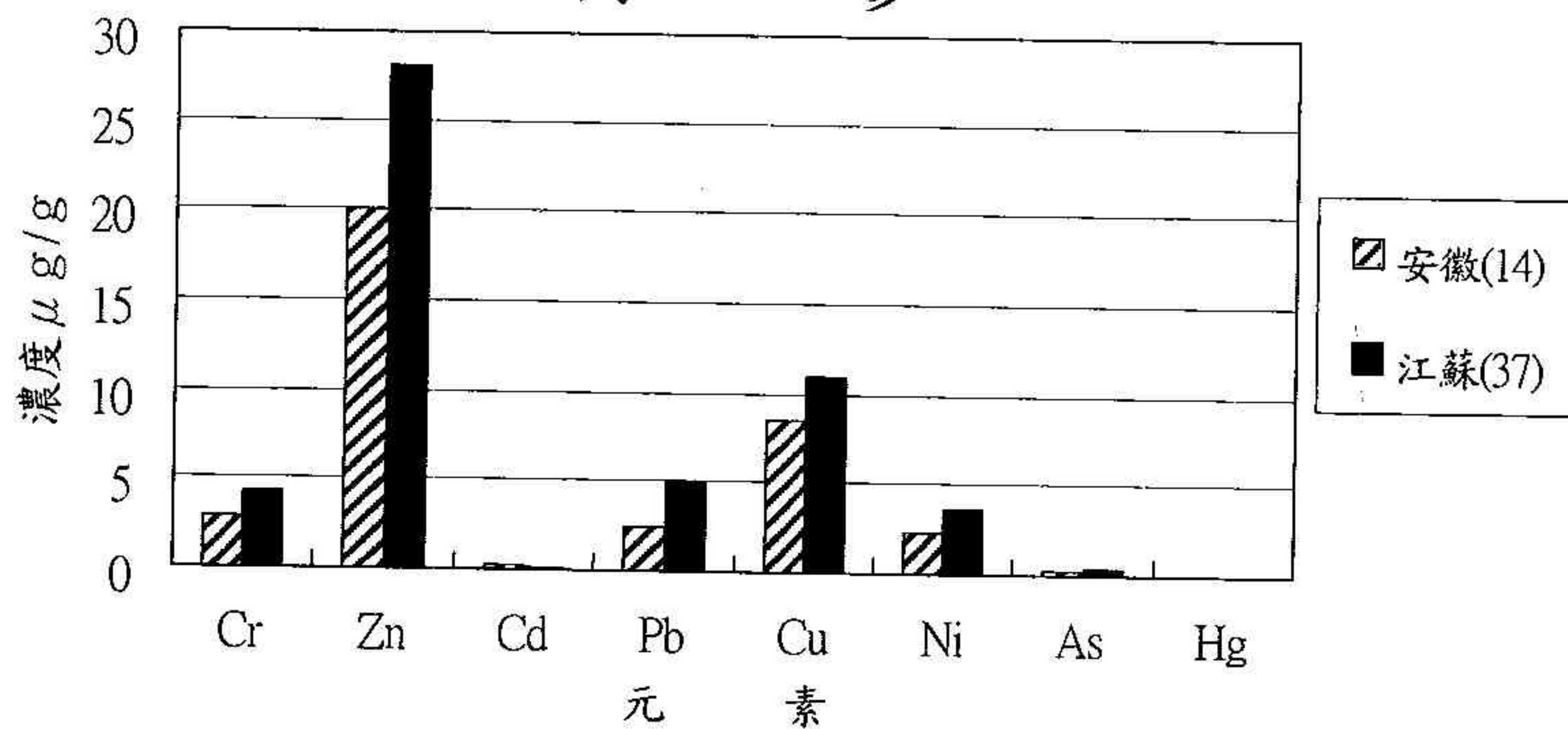




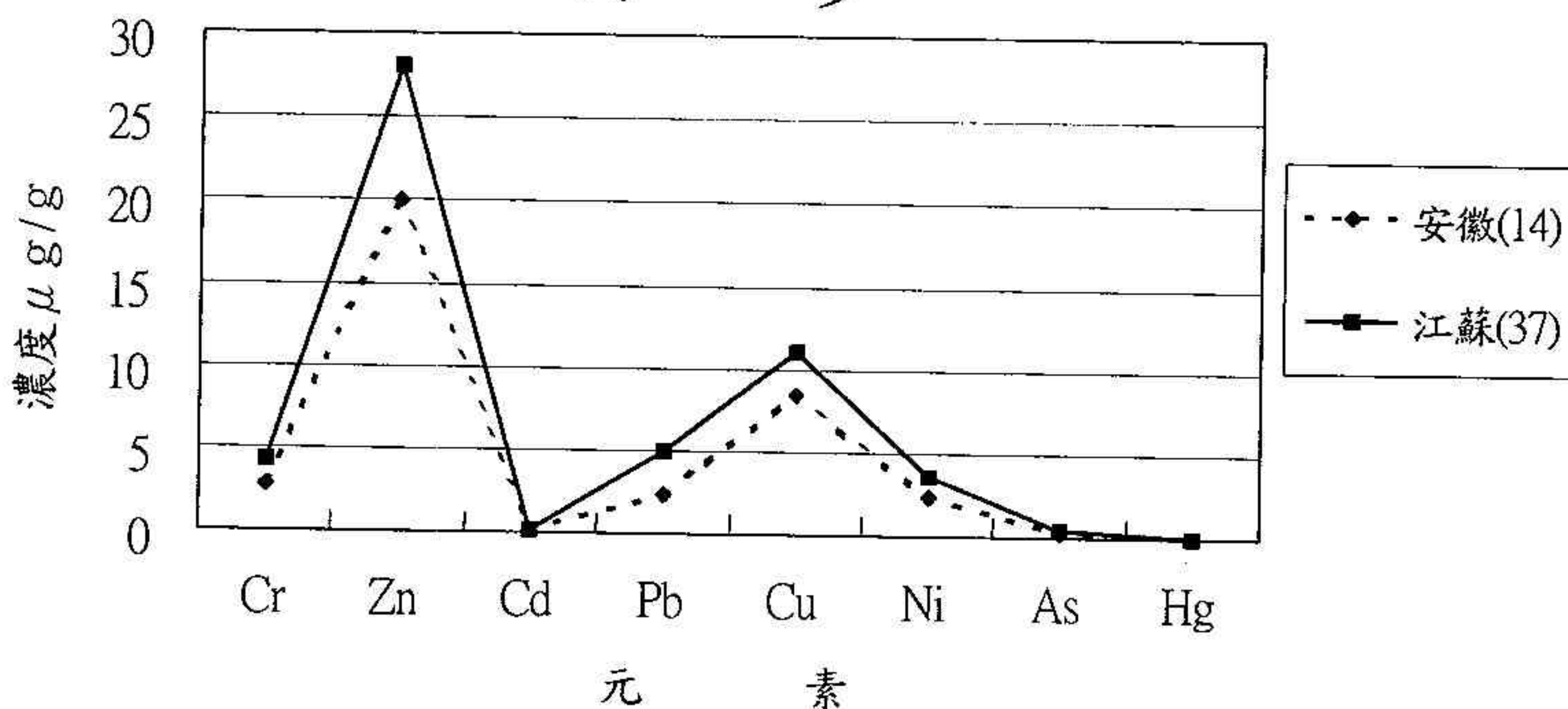
丹 蔘

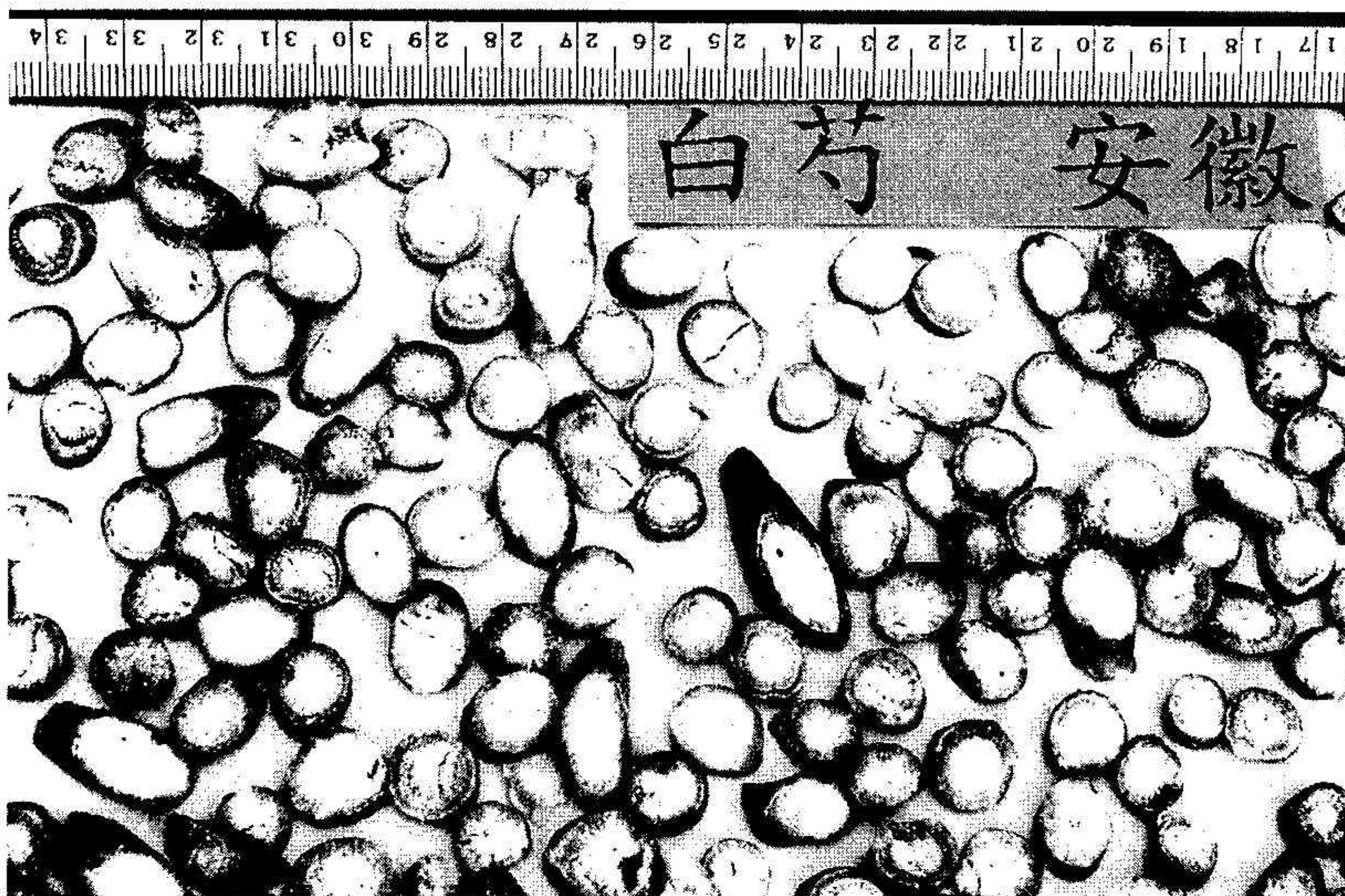
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
安徽(14)	2.8	20	0.2	2.4	8.5	2.3	0.3	<0.1
江蘇(37)	4.3	28	0.1	5.0	11	3.6	0.4	<0.1

丹 蔘



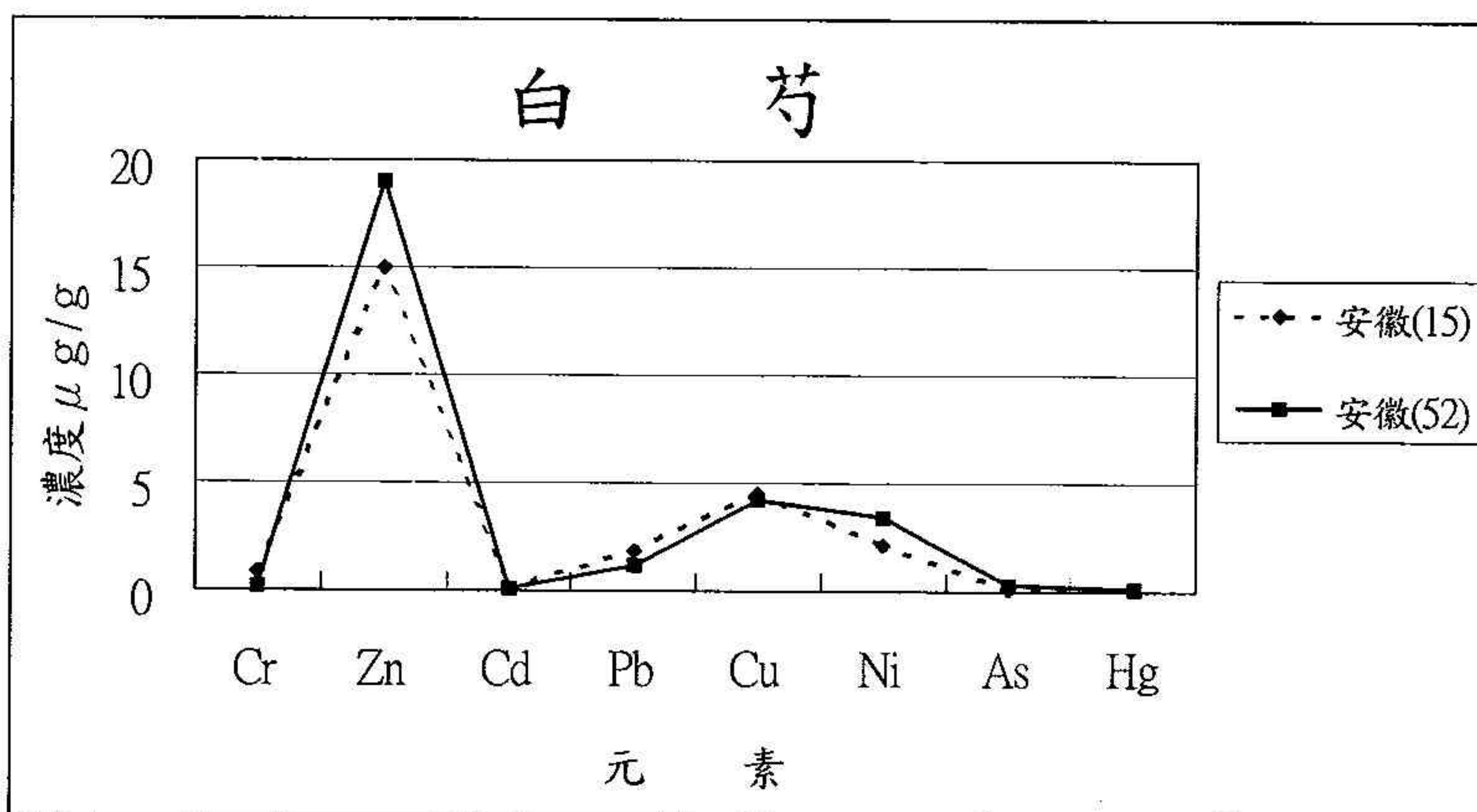
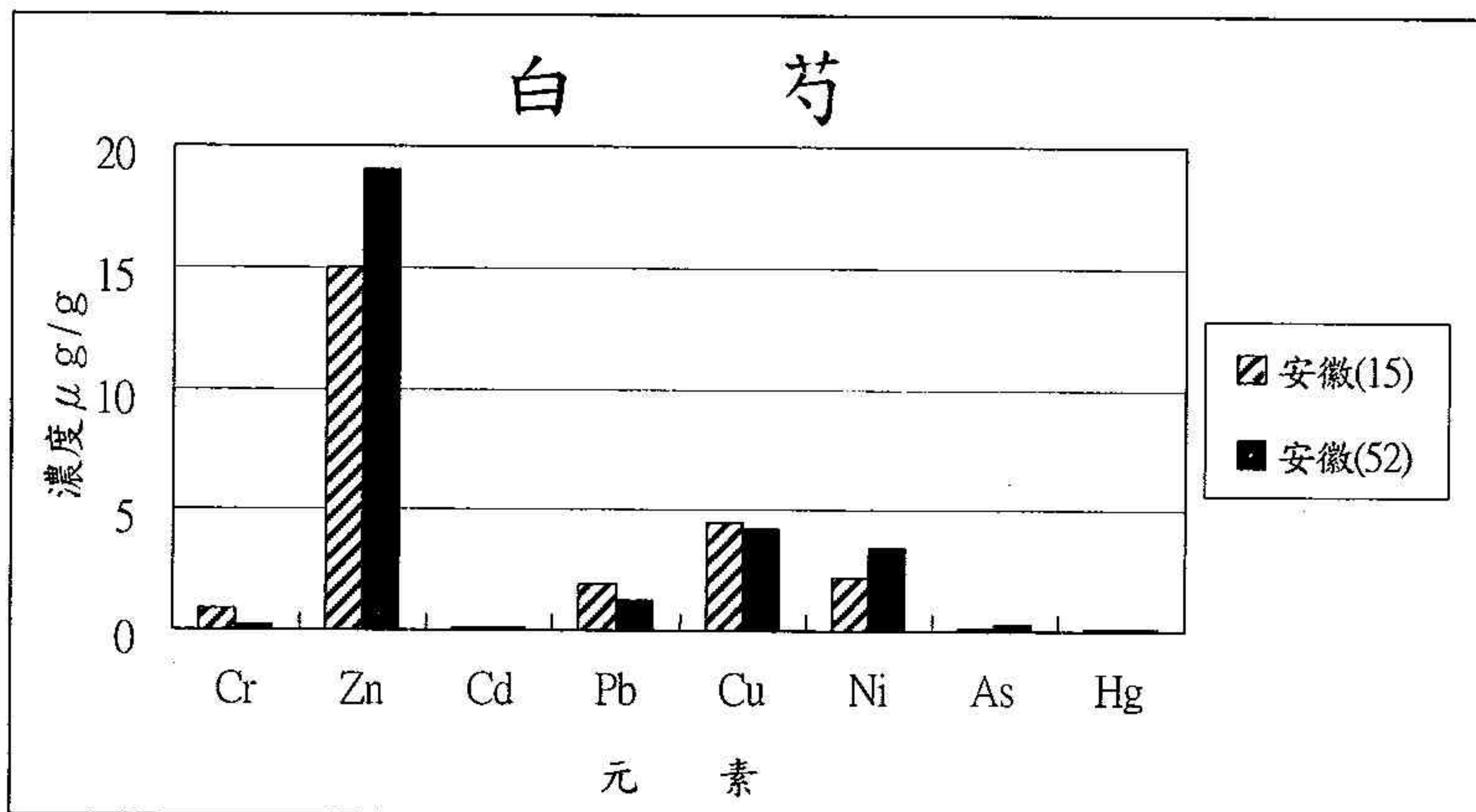
丹 蔘

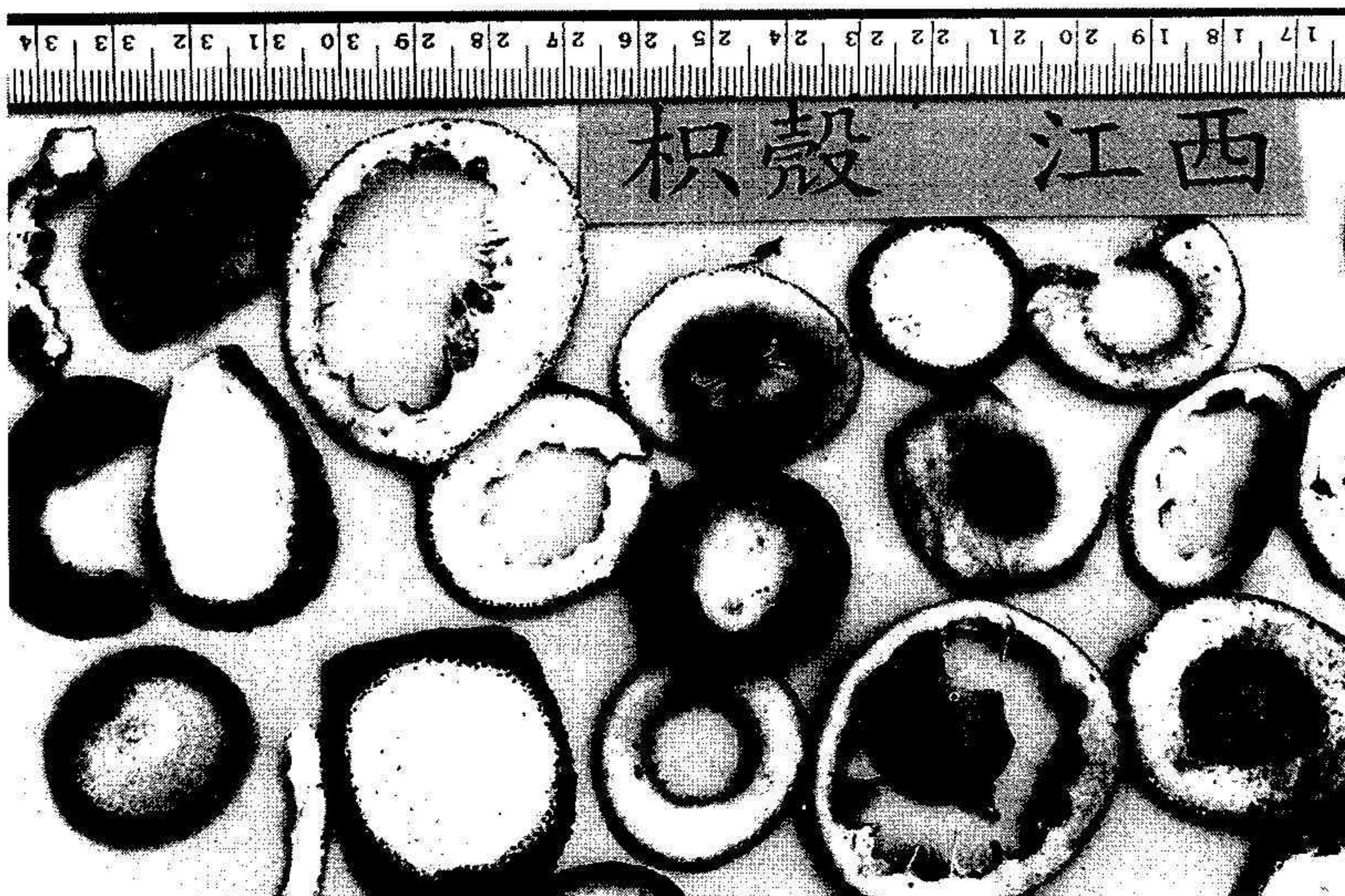




白 芍

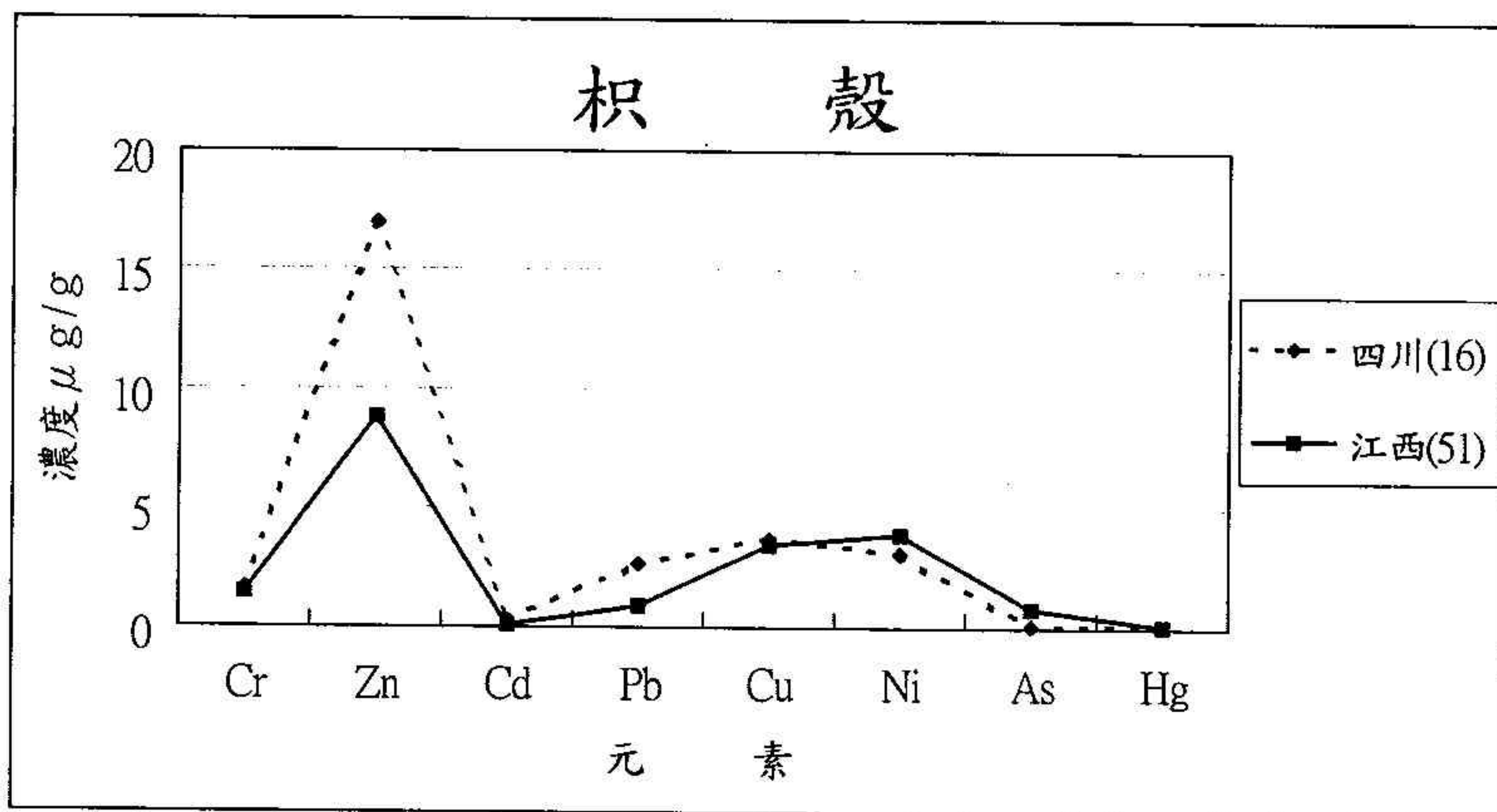
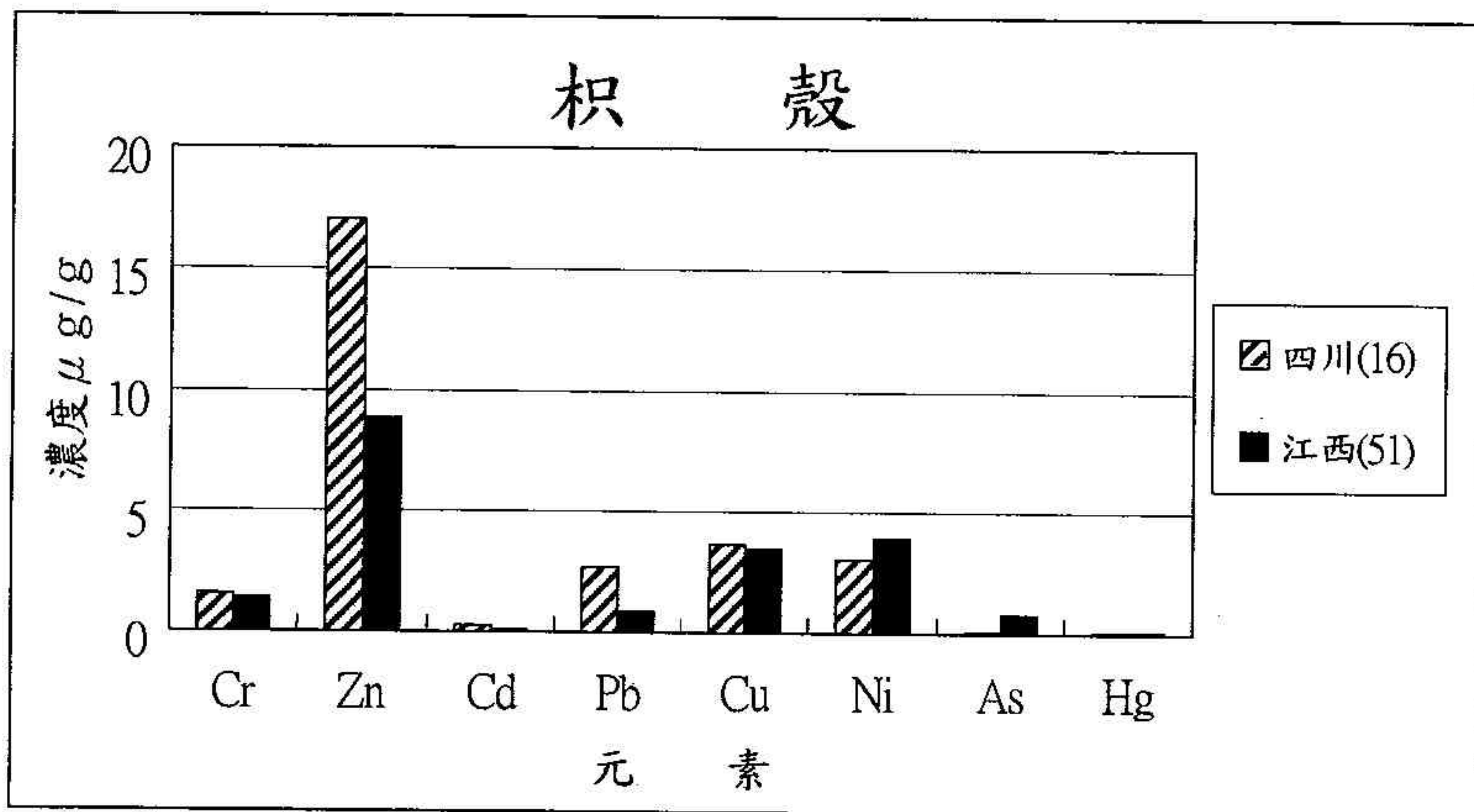
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
安徽(15)	0.9	15	0.1	1.9	4.5	2.2	0.1	<0.1
安徽(52)	0.2	19	<0.1	1.2	4.2	3.4	0.3	<0.1

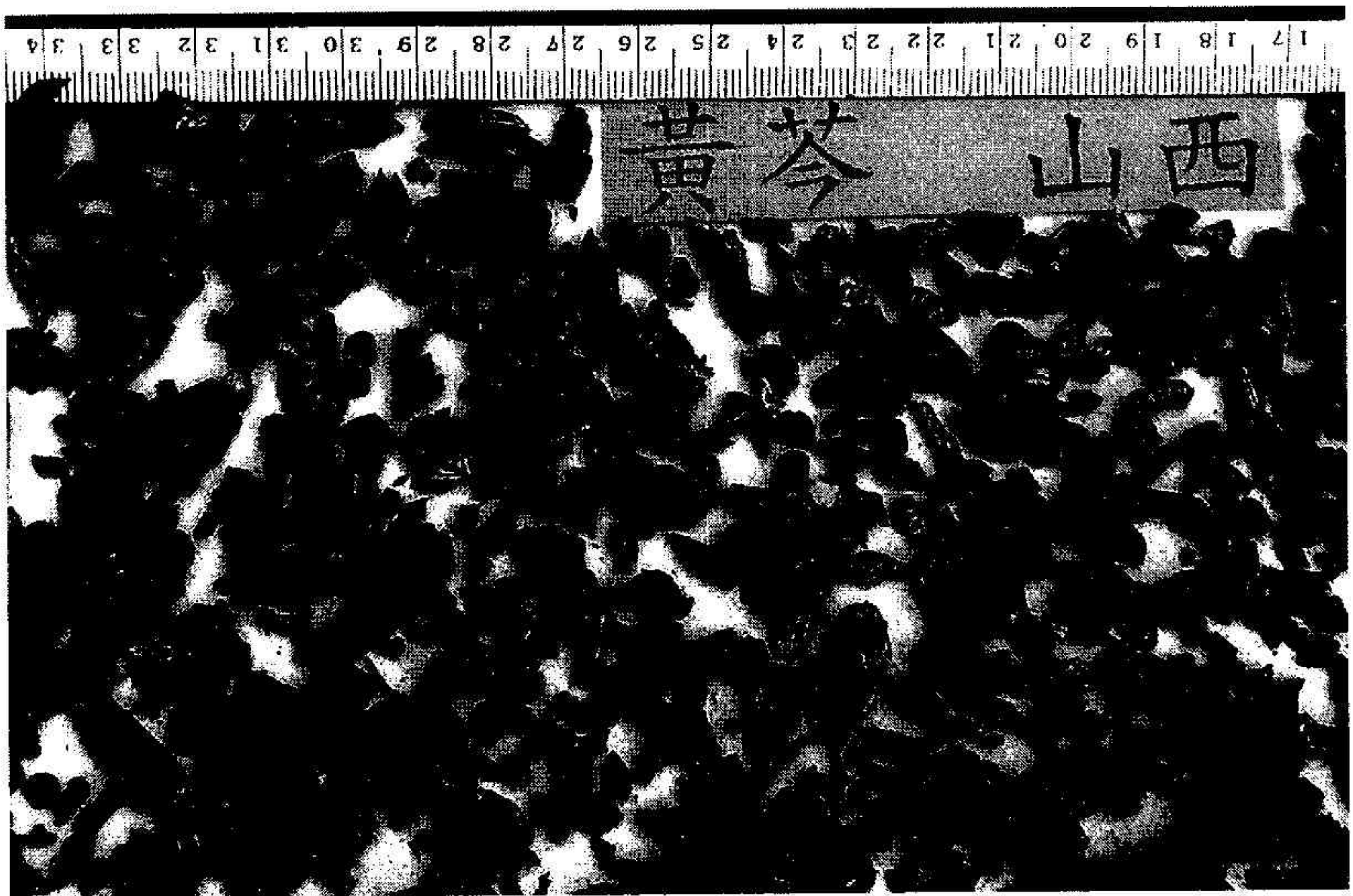




枳 殼

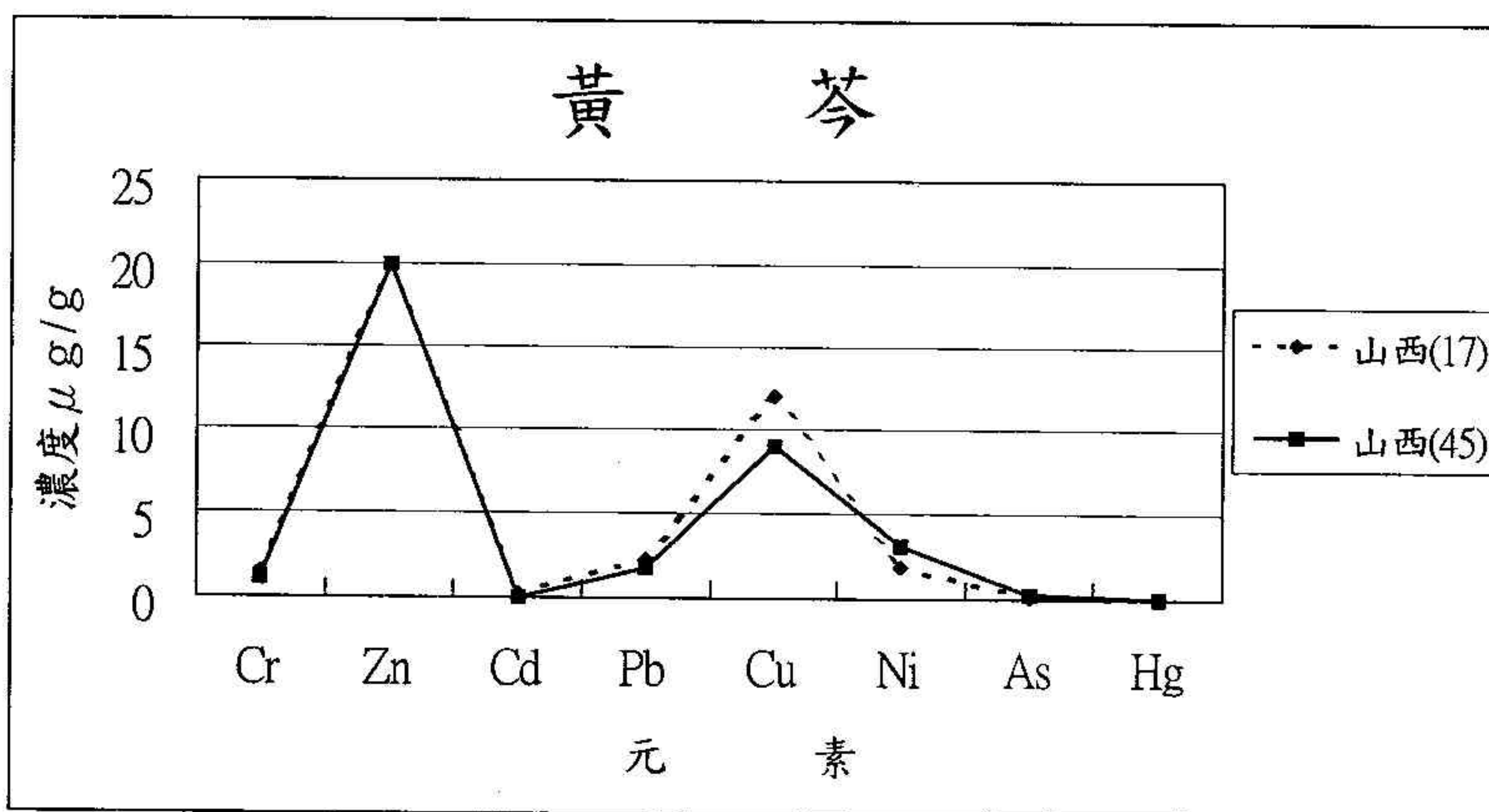
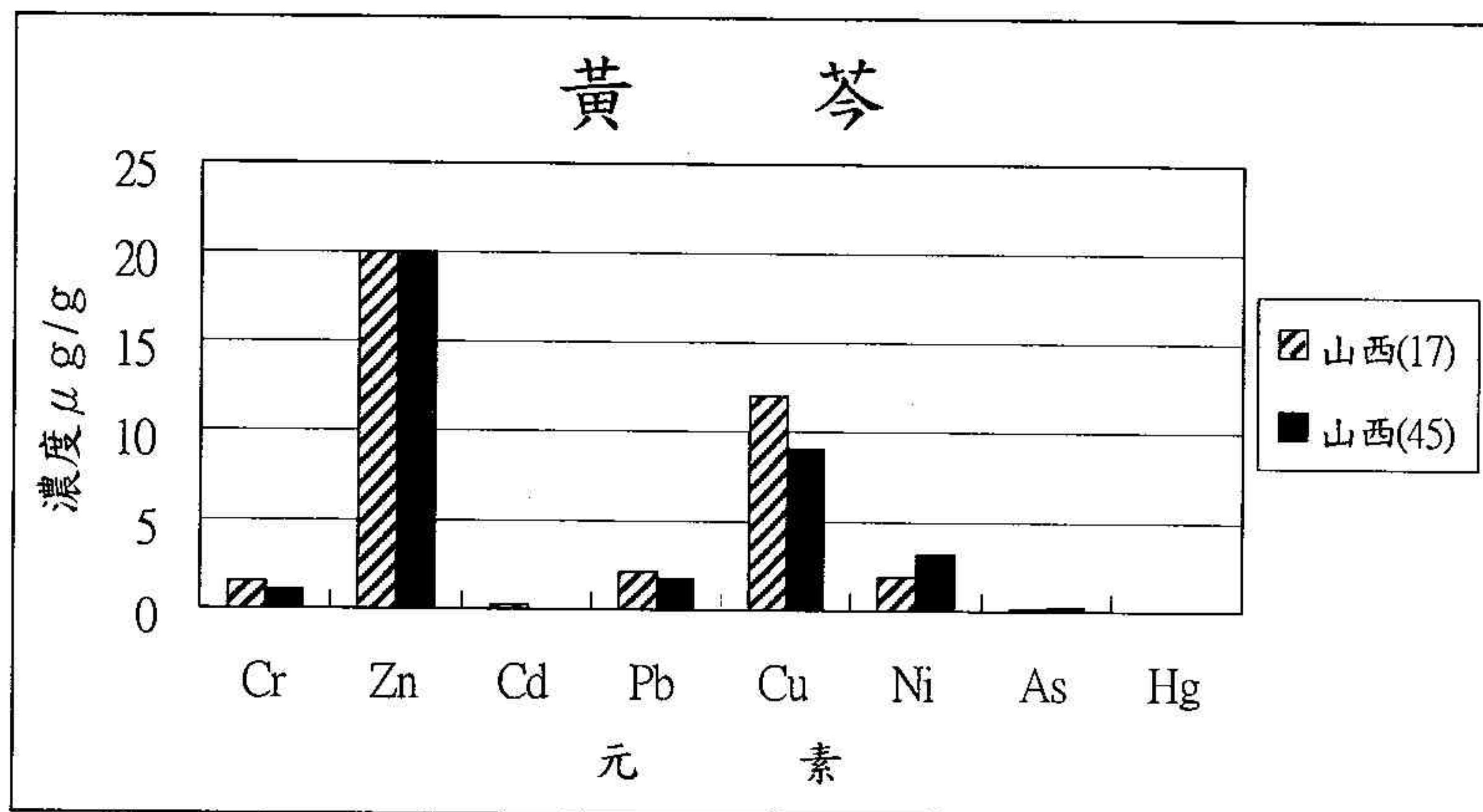
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
四川(16)	1.6	17	0.3	2.7	3.7	3.1	<0.1	<0.1
江西(51)	1.4	8.8	<0.1	0.9	3.5	3.9	0.8	<0.1

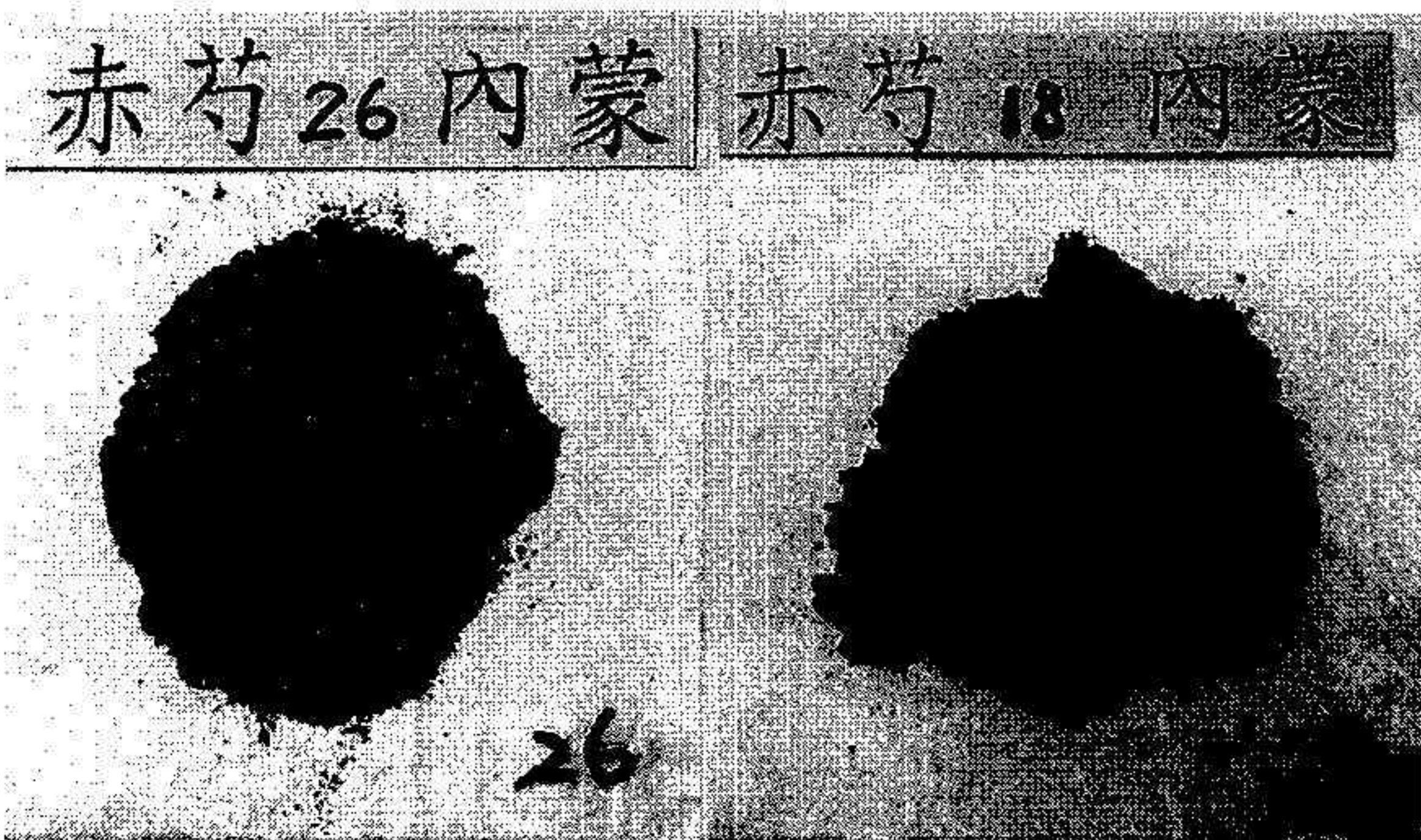
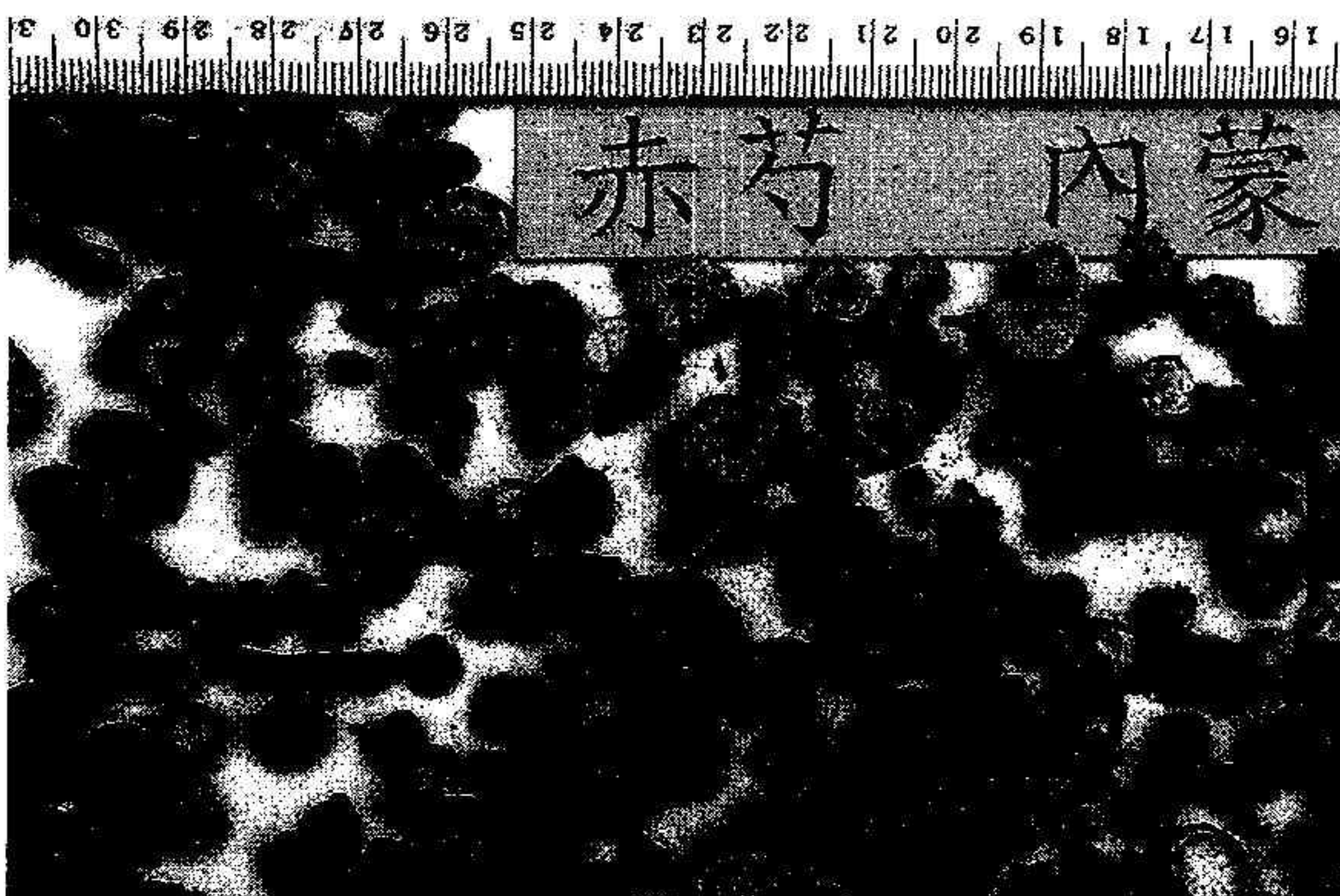


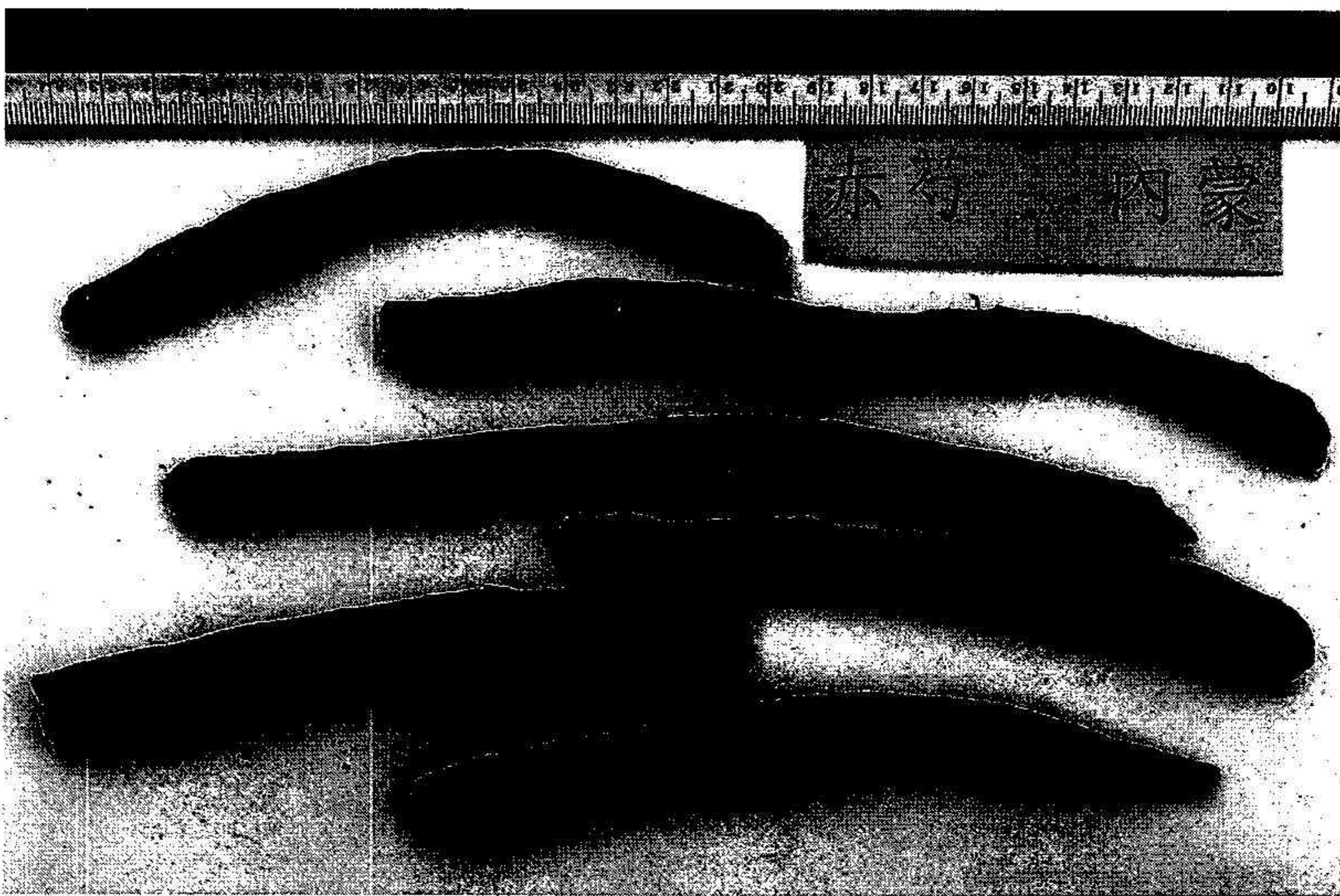
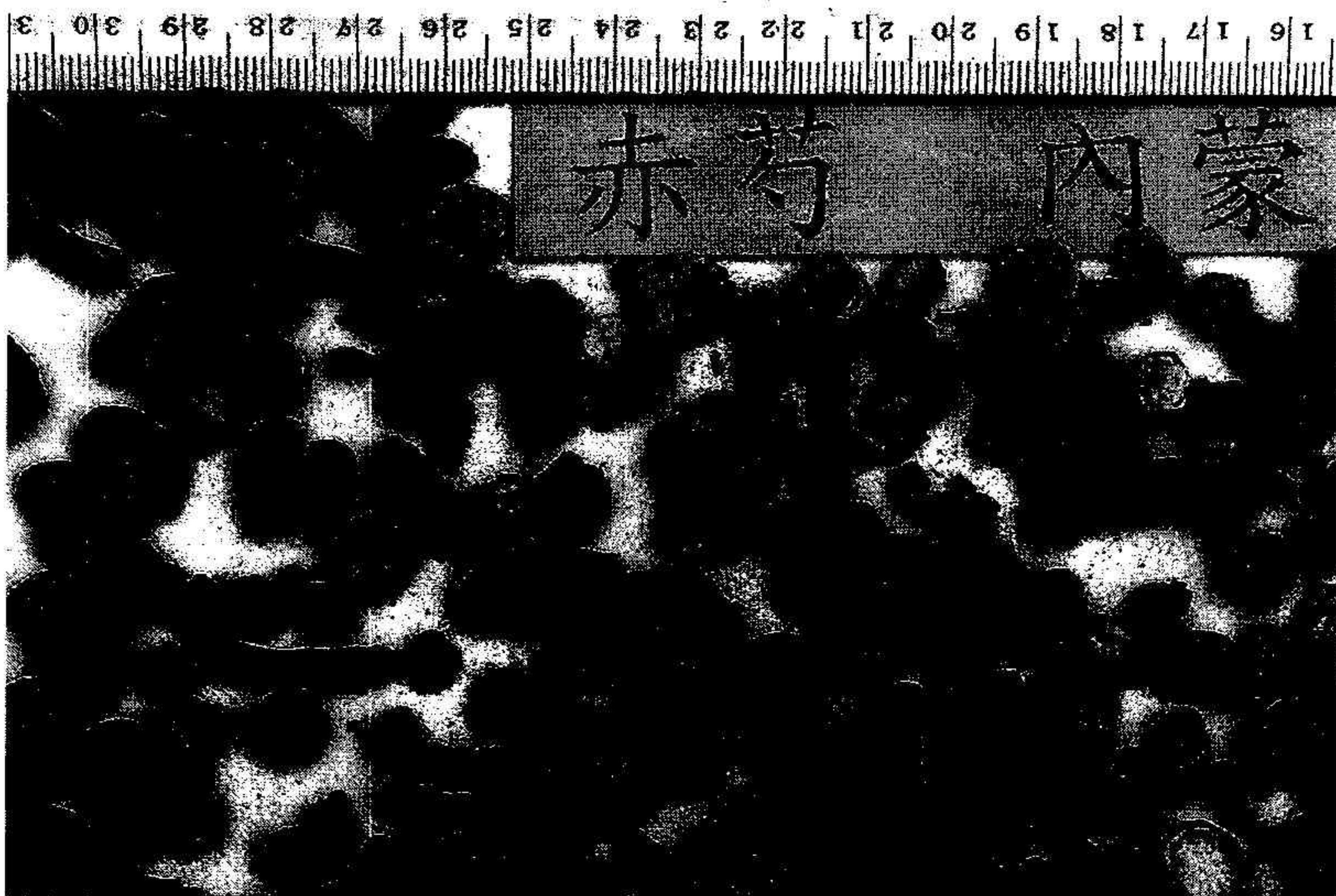


黃 芩

產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
山西(17)	1.5	20	0.2	2.2	12	1.9	0.1	<0.1
山西(45)	1.1	20	<0.1	1.8	9.0	3.2	0.2	<0.1

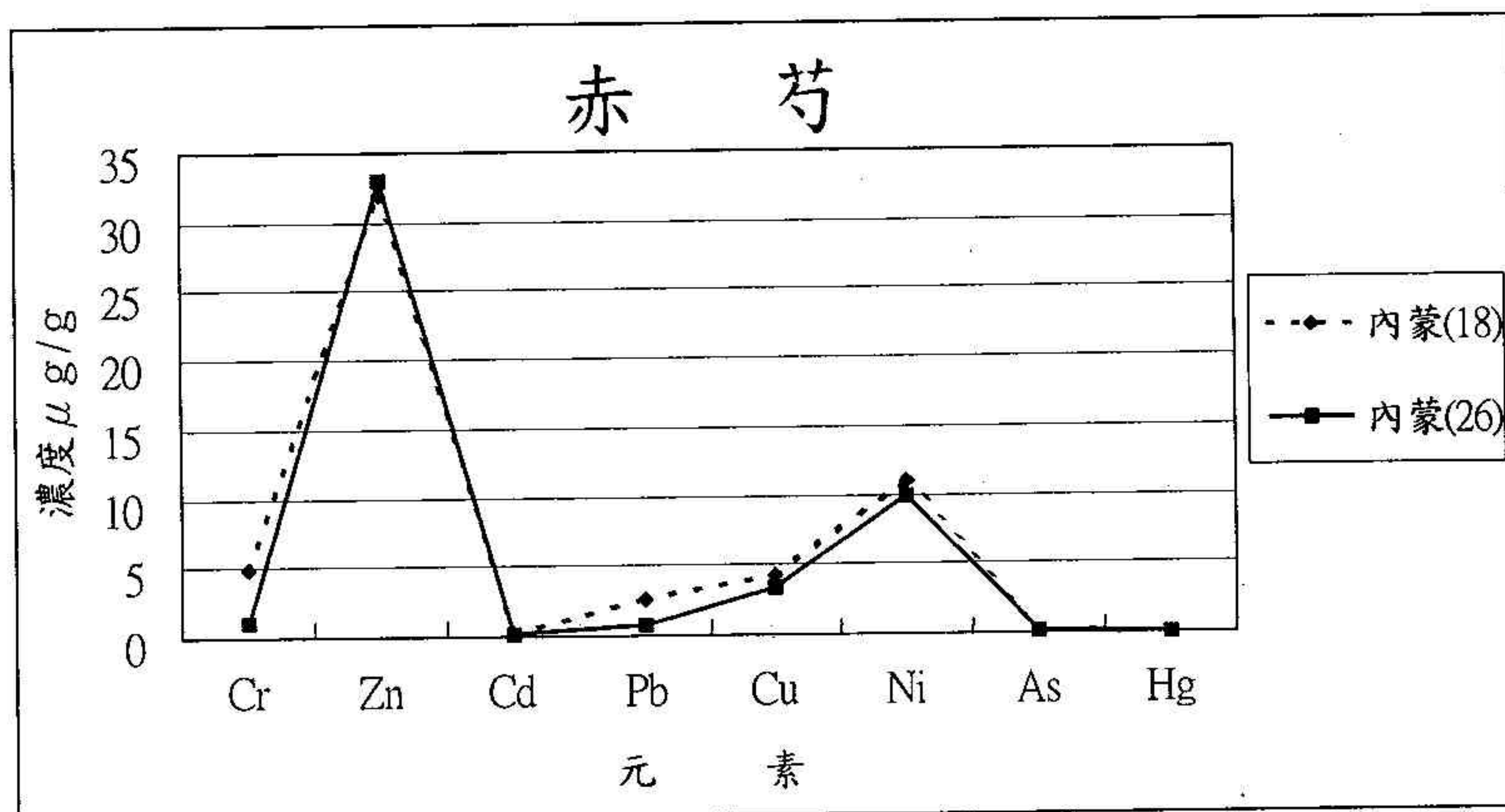
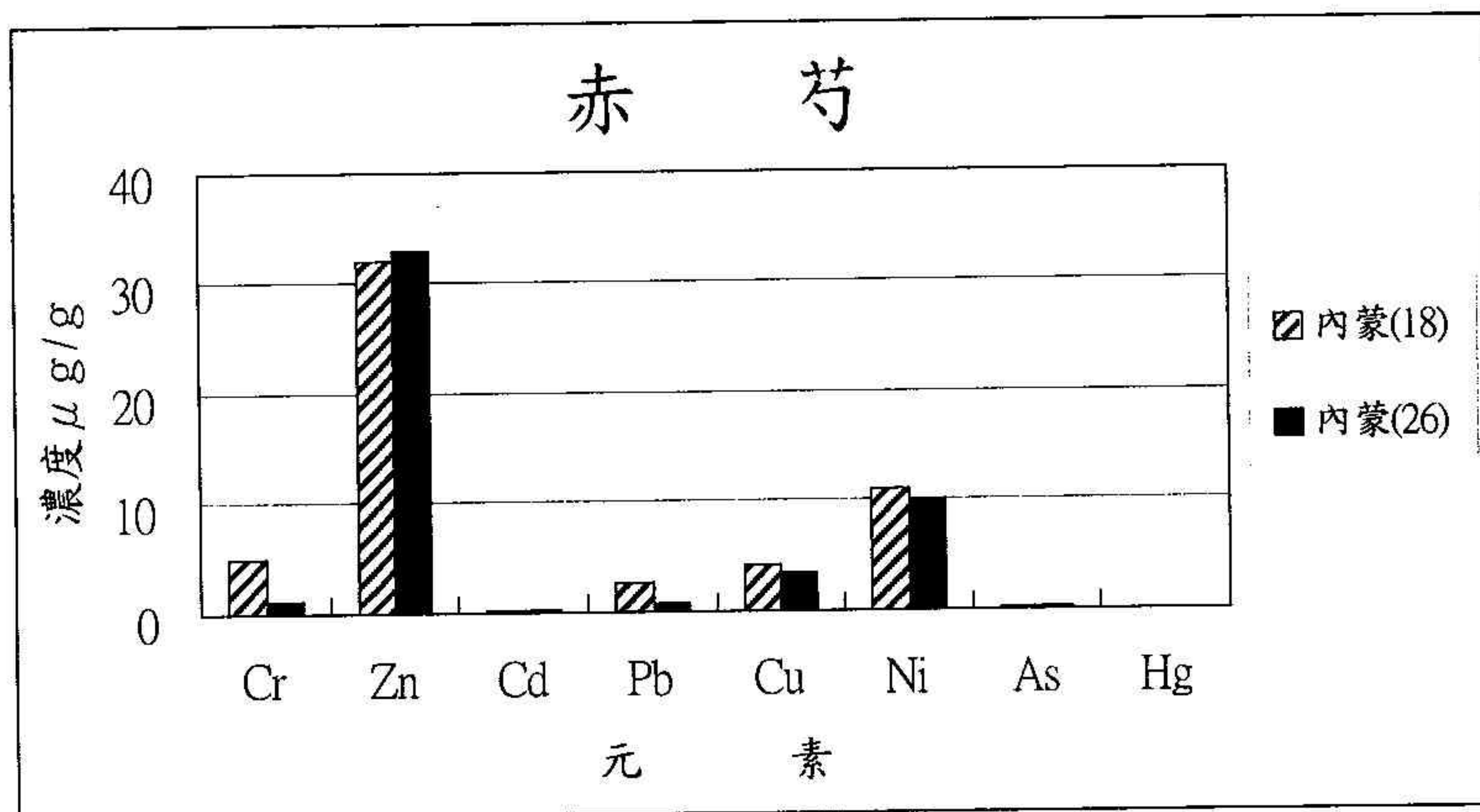


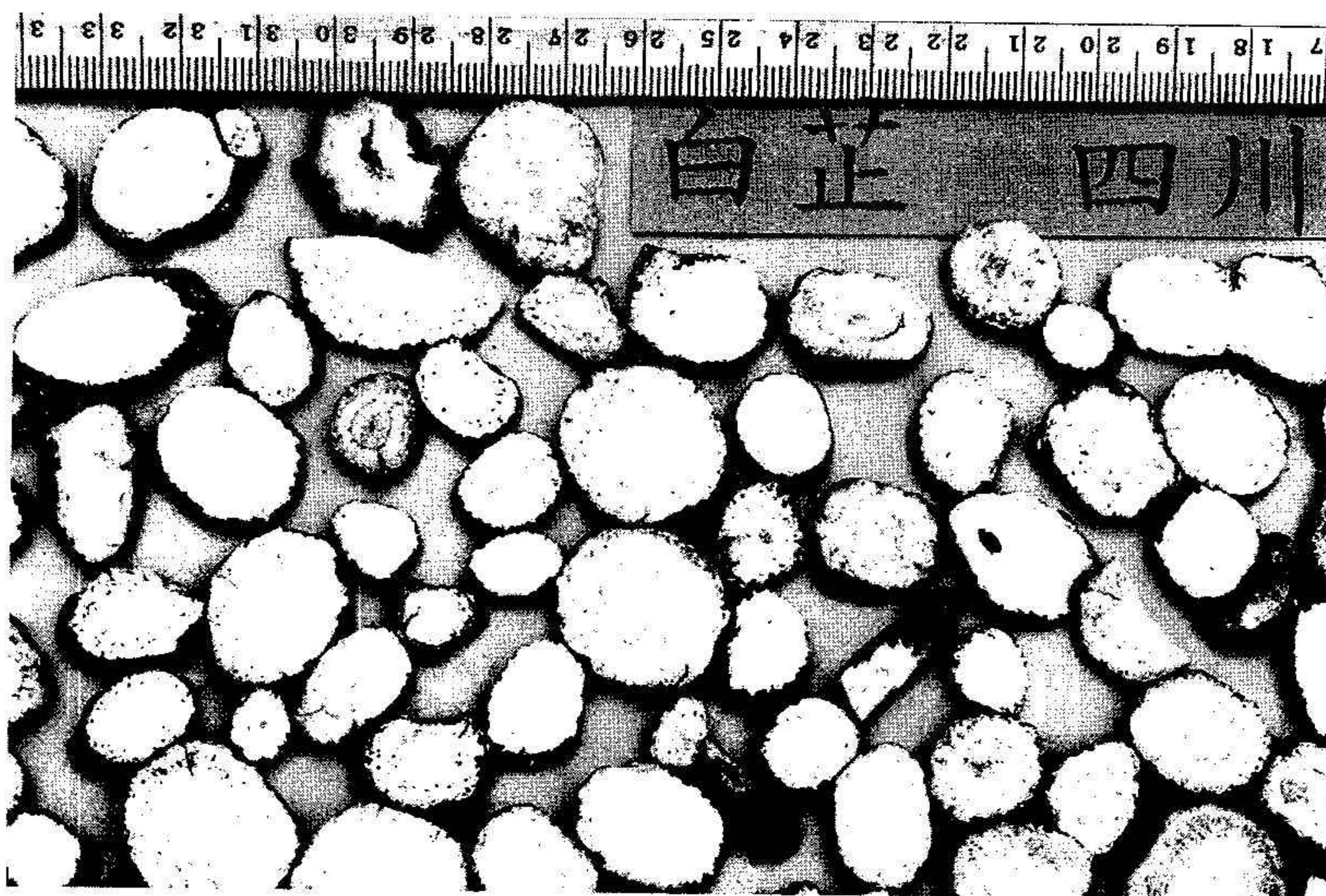




赤芍

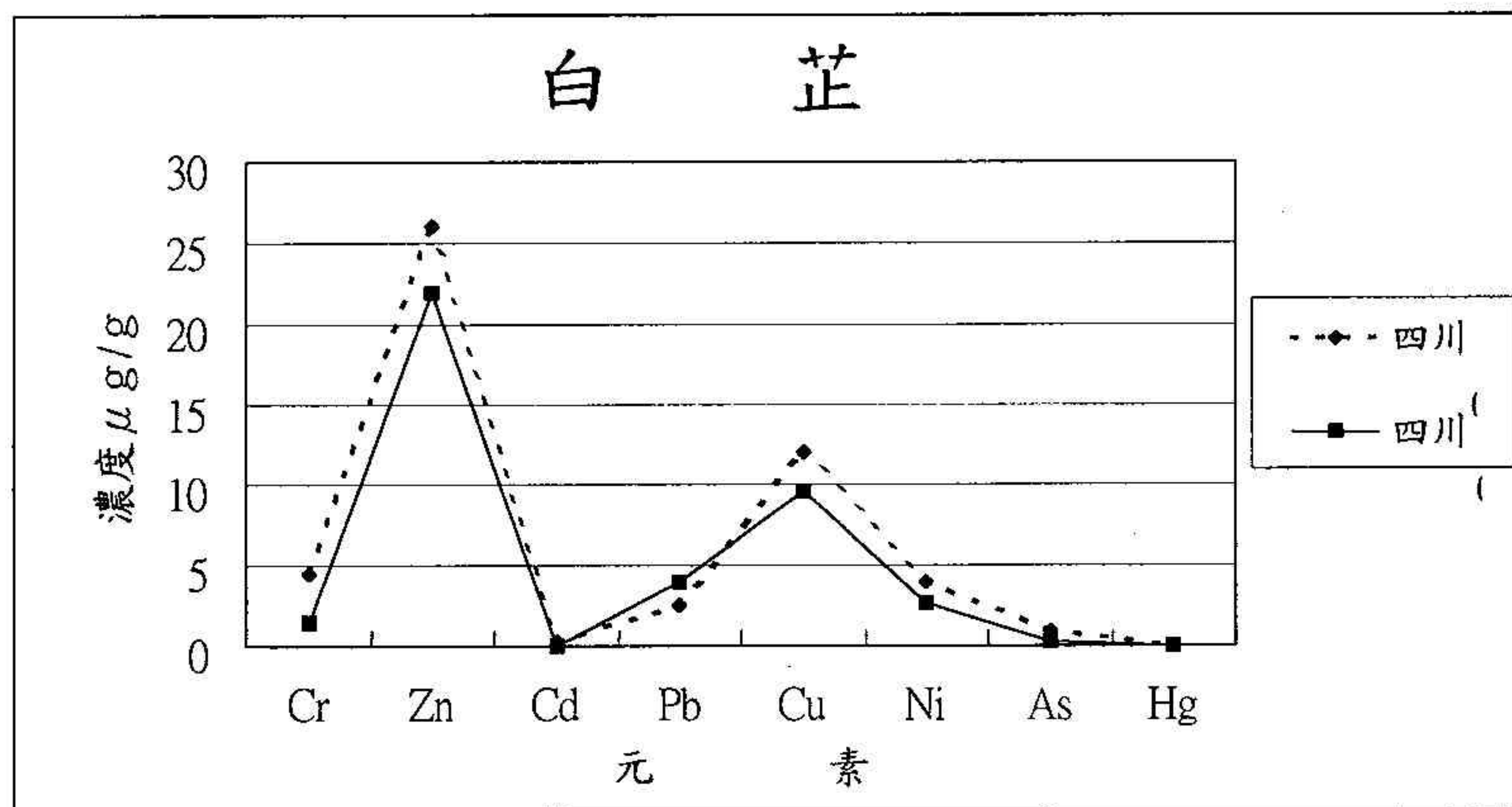
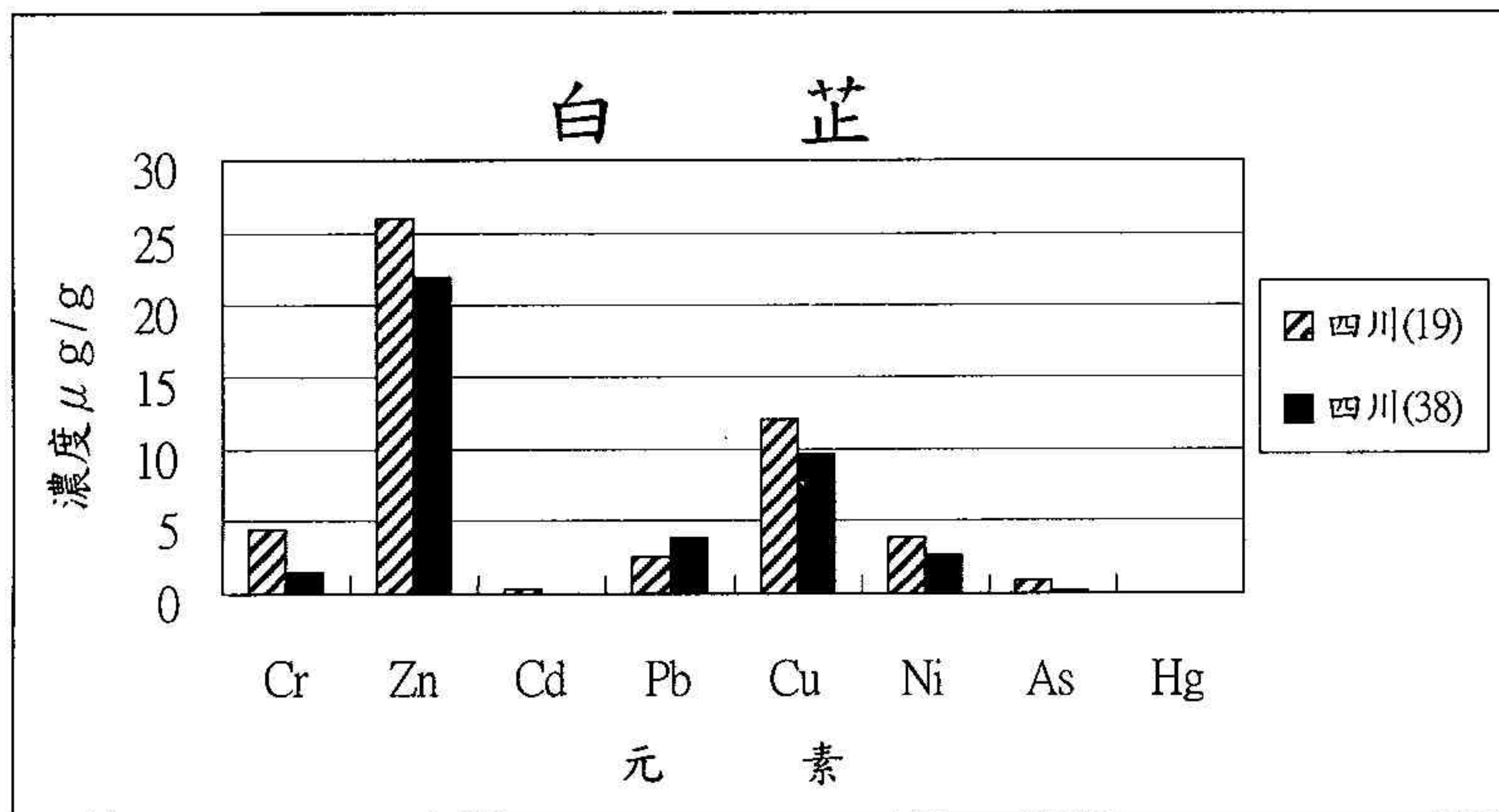
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
內蒙(18)	4.9	32	0.2	2.6	4.3	11	0.2	<0.1
內蒙(26)	1.1	33	0.1	0.7	3.4	10	0.2	<0.1

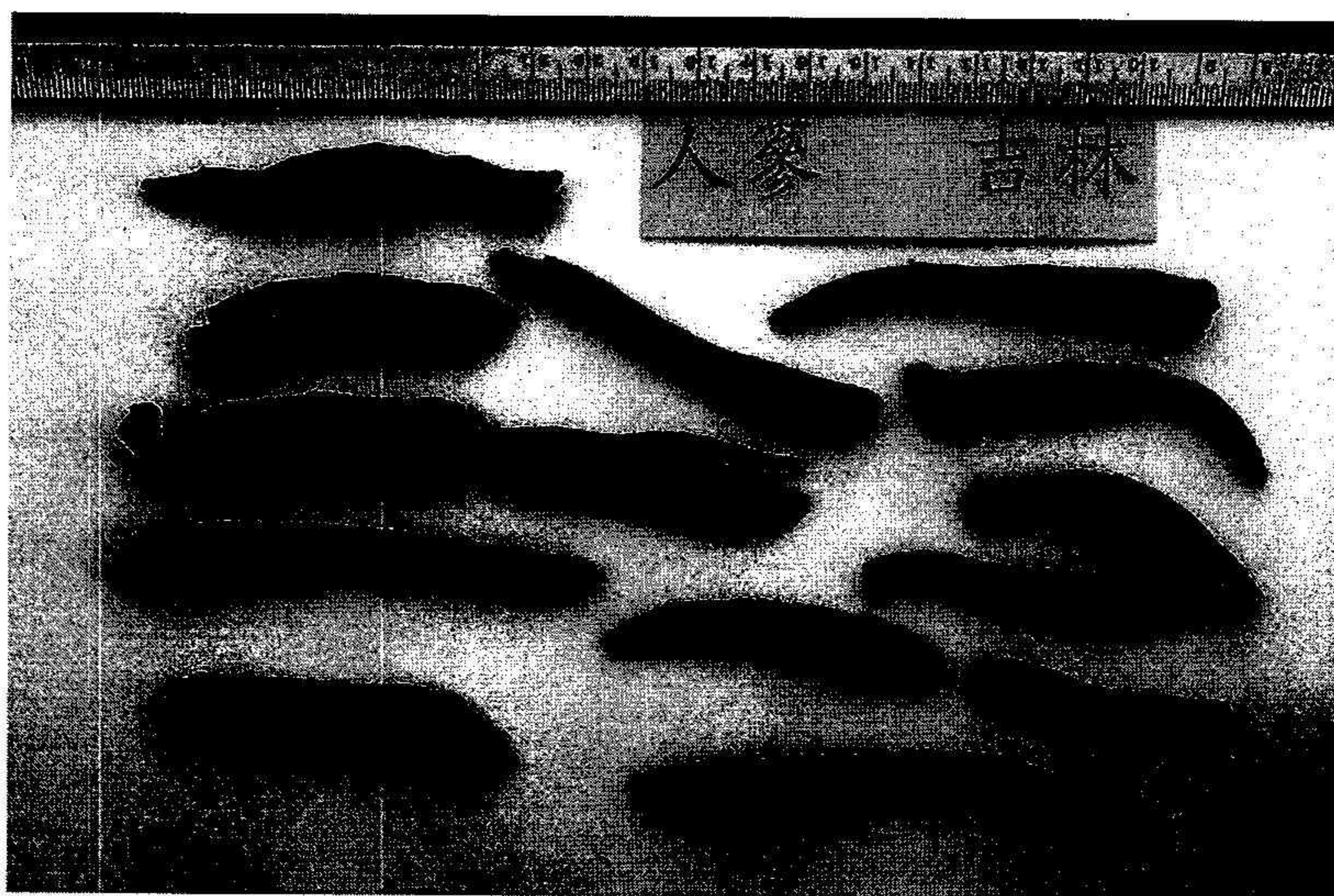
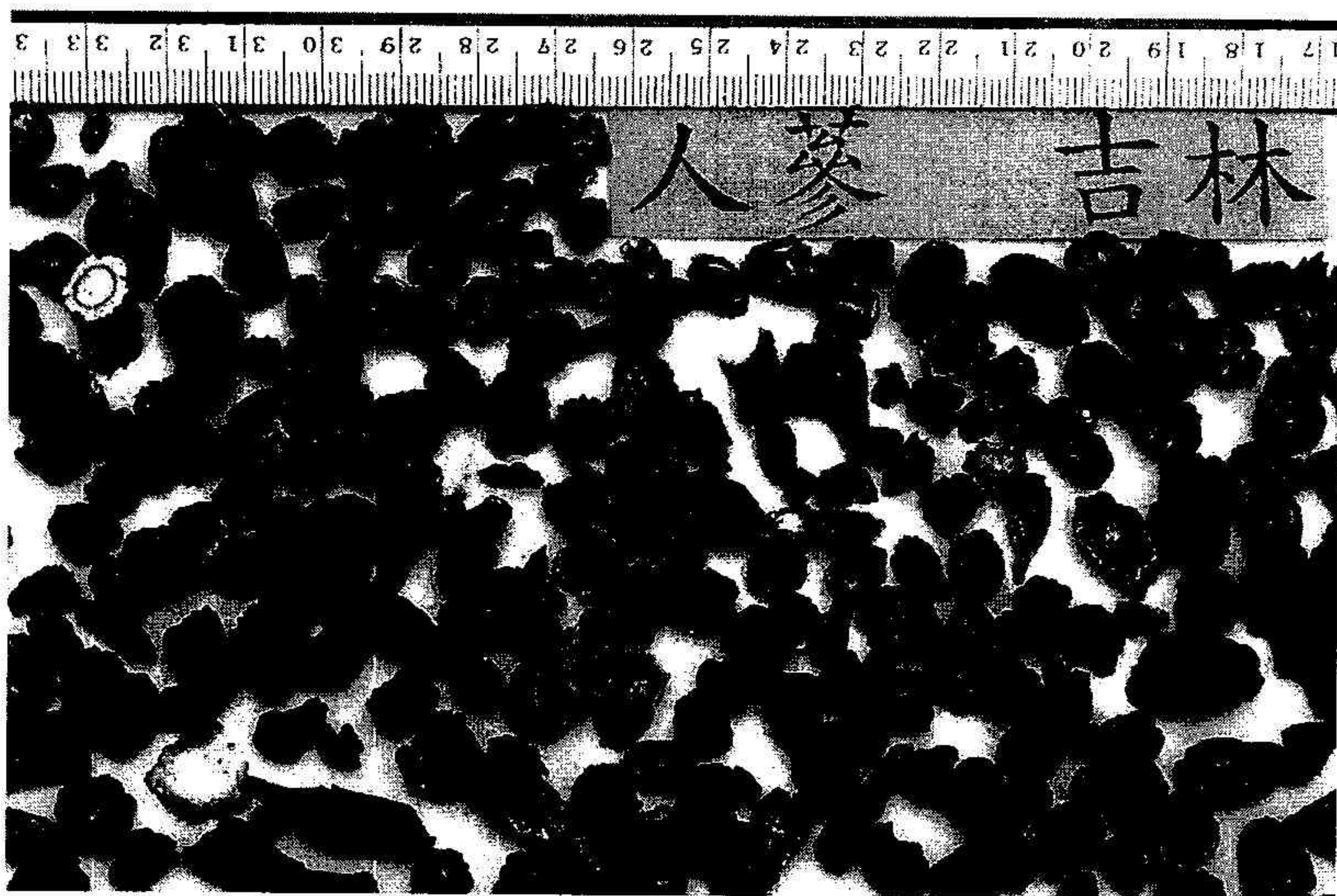




白 芷

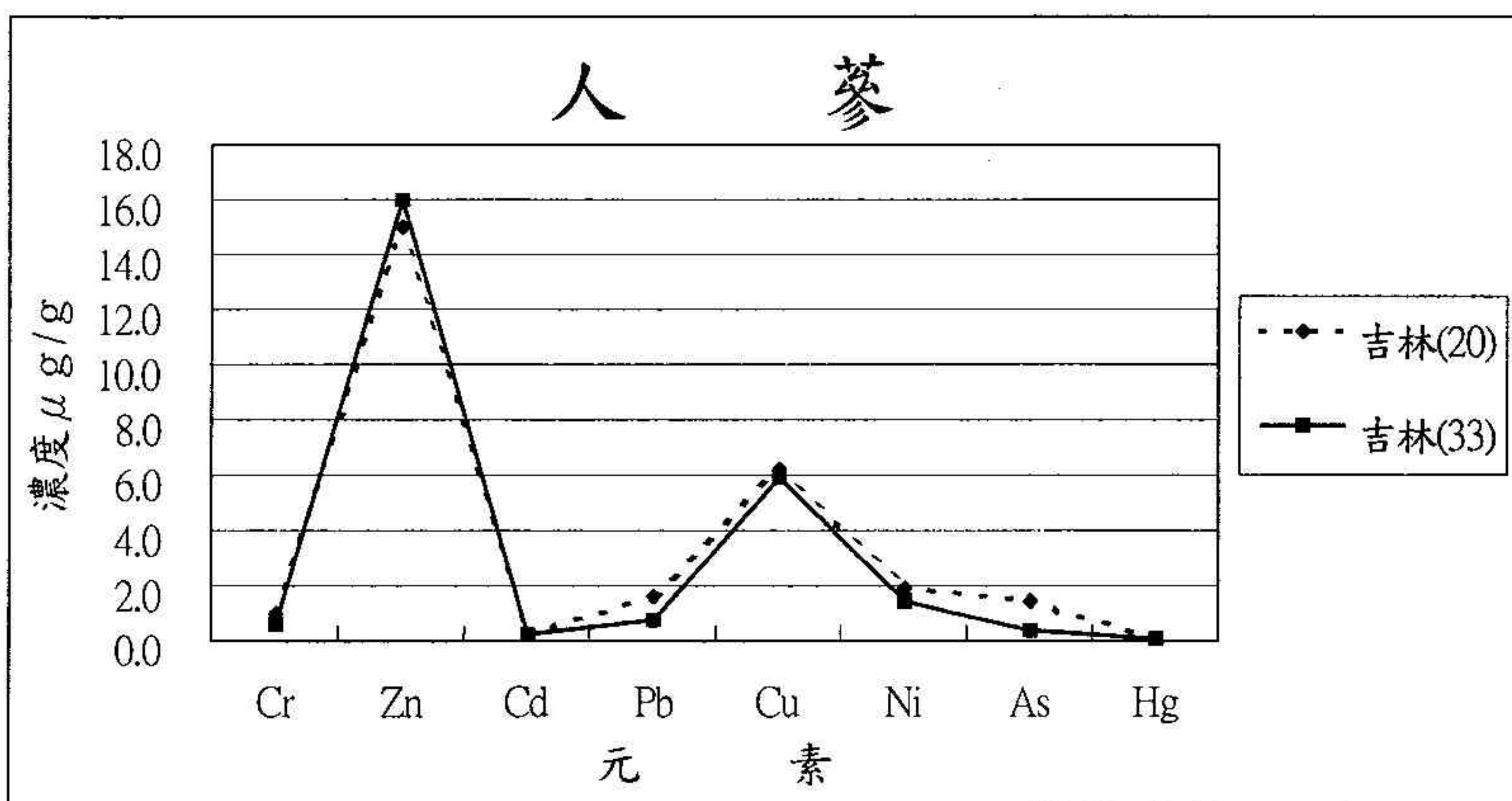
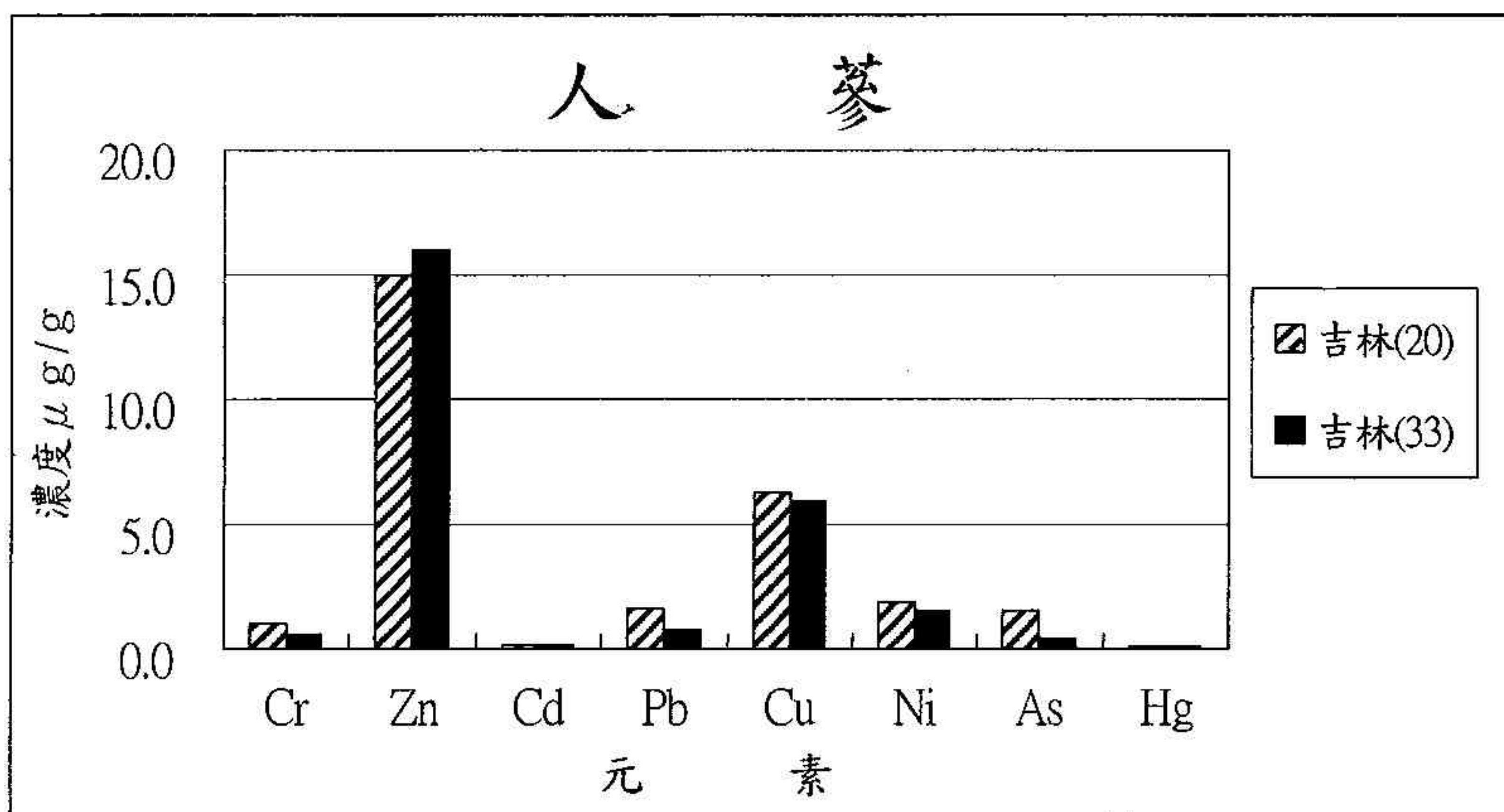
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
四川(19)	4.5	26	0.3	2.5	12	3.9	0.9	<0.1
四川(38)	1.5	22	<0.1	3.9	9.7	2.7	0.2	<0.1

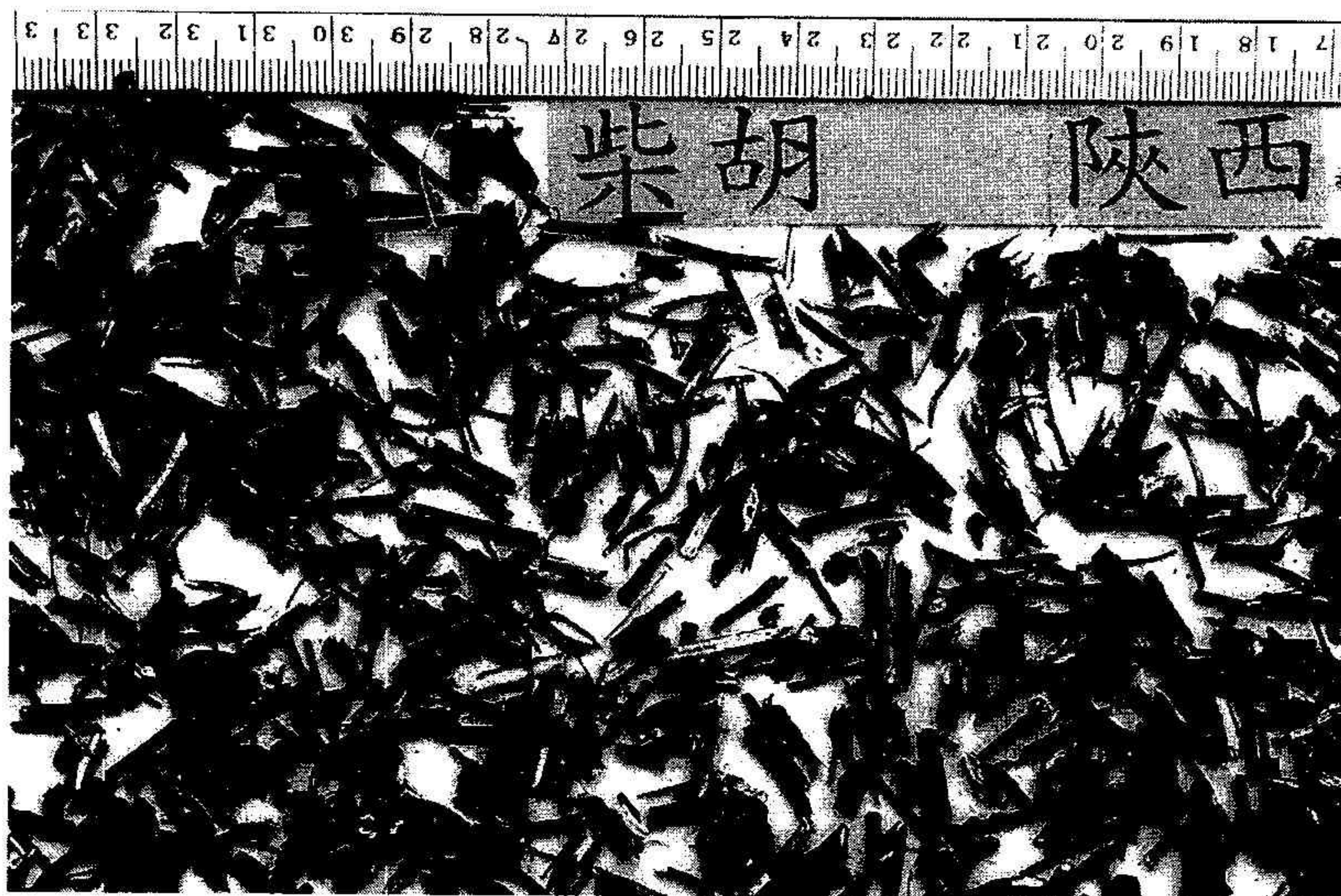




人 蔘

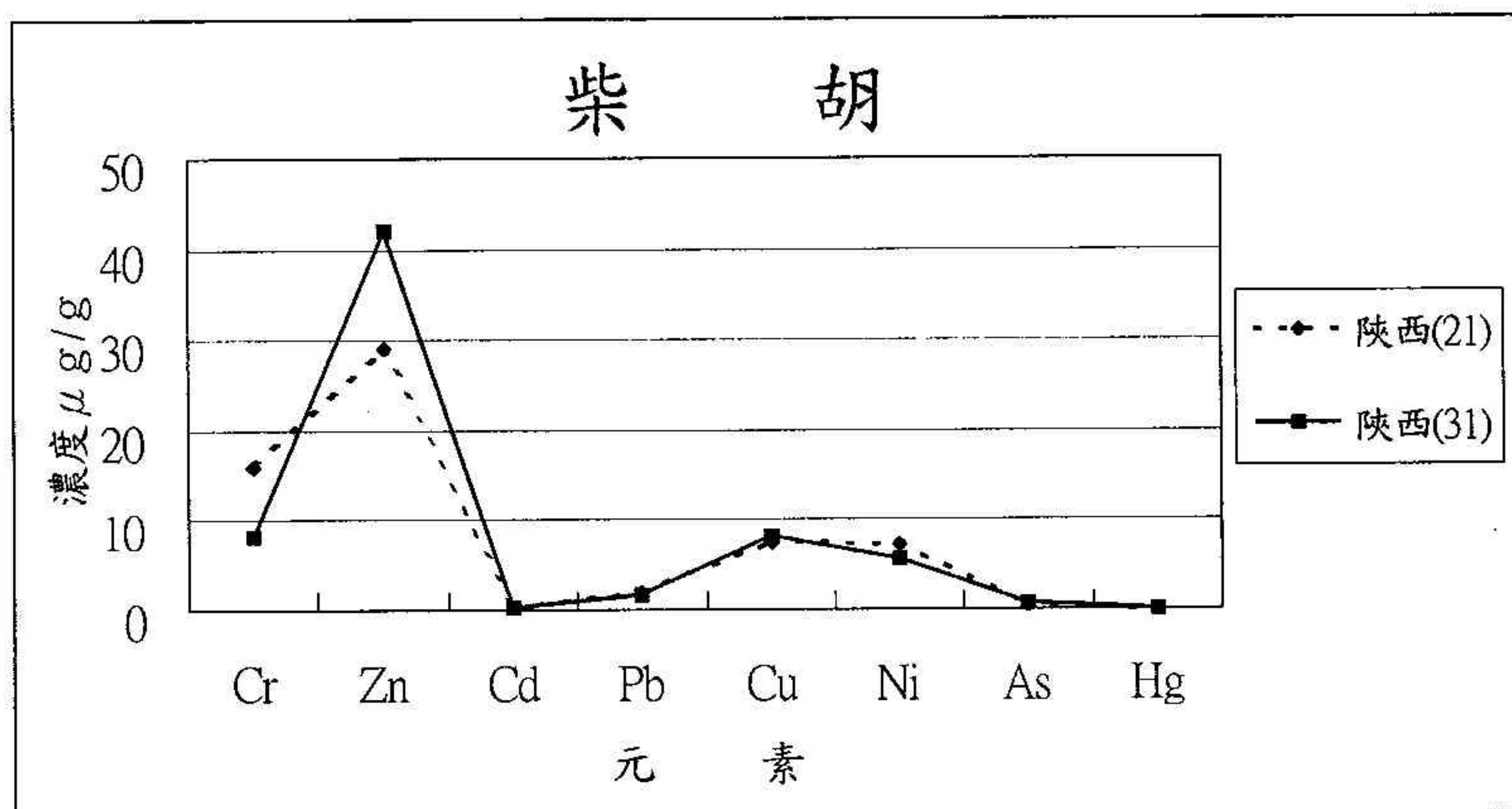
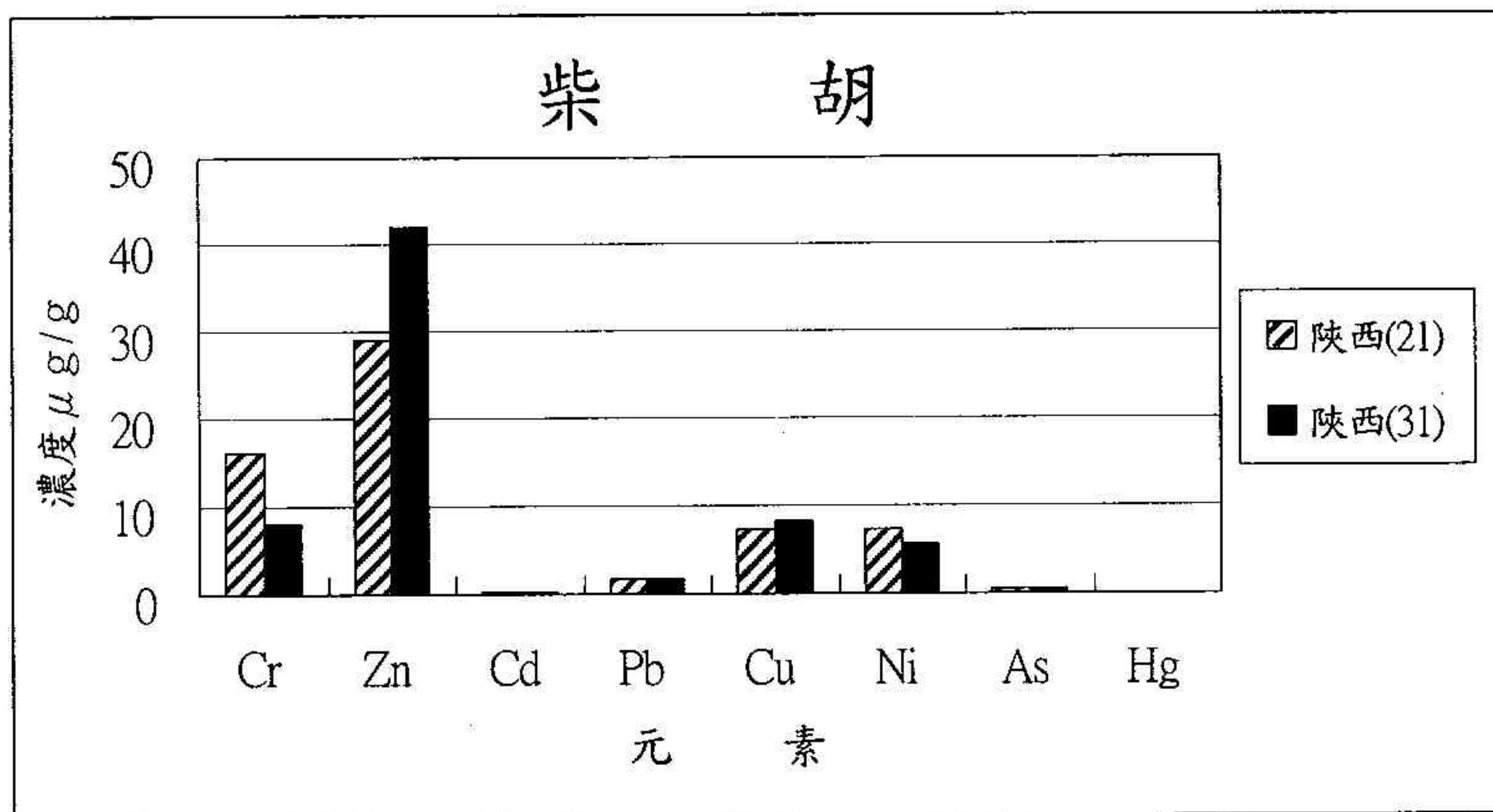
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
吉林(20)	1.0	15	0.2	1.6	6.2	1.9	1.5	<0.1
吉林(33)	0.6	16	0.2	0.8	5.9	1.5	0.4	<0.1

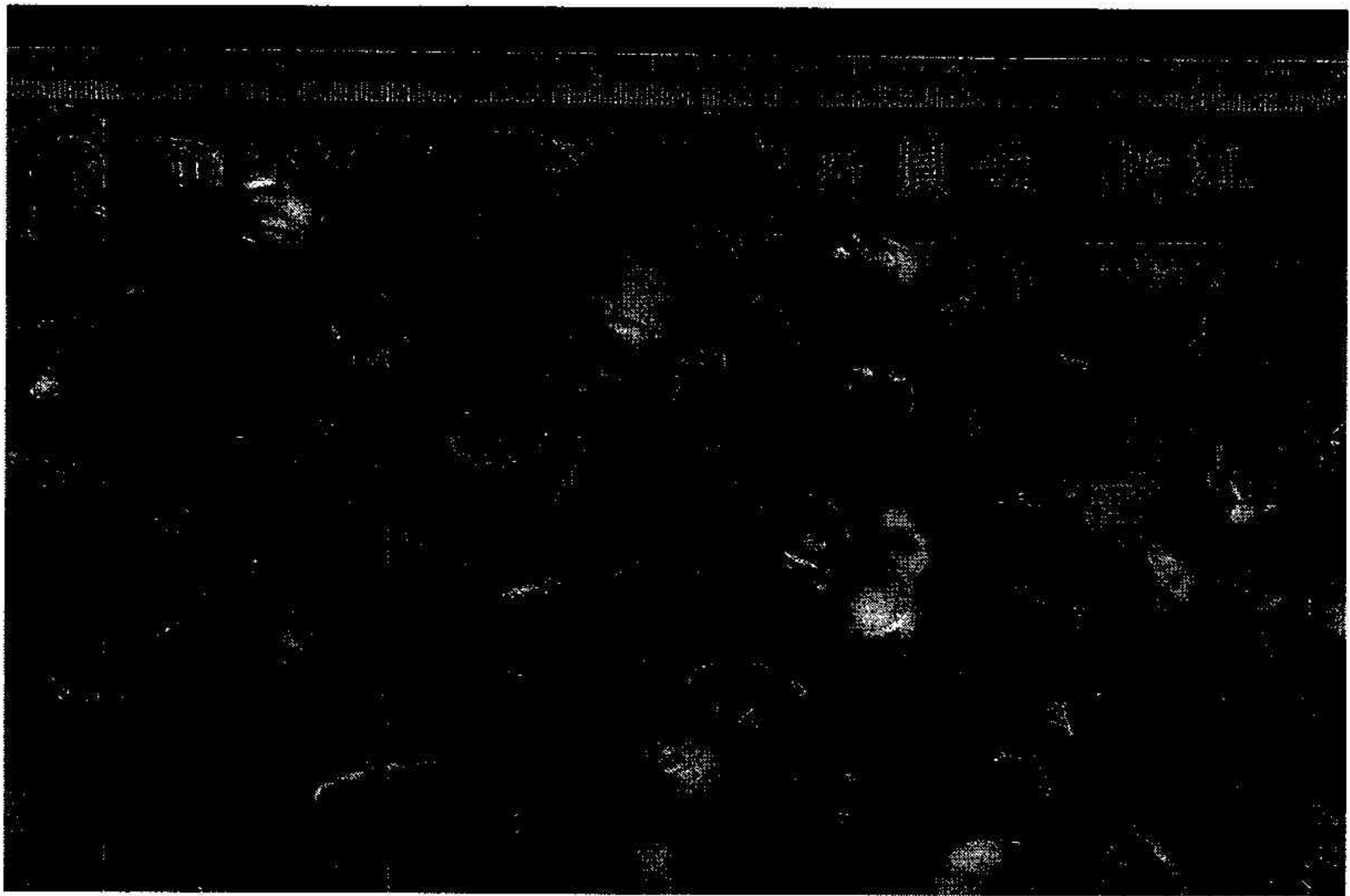




柴 胡

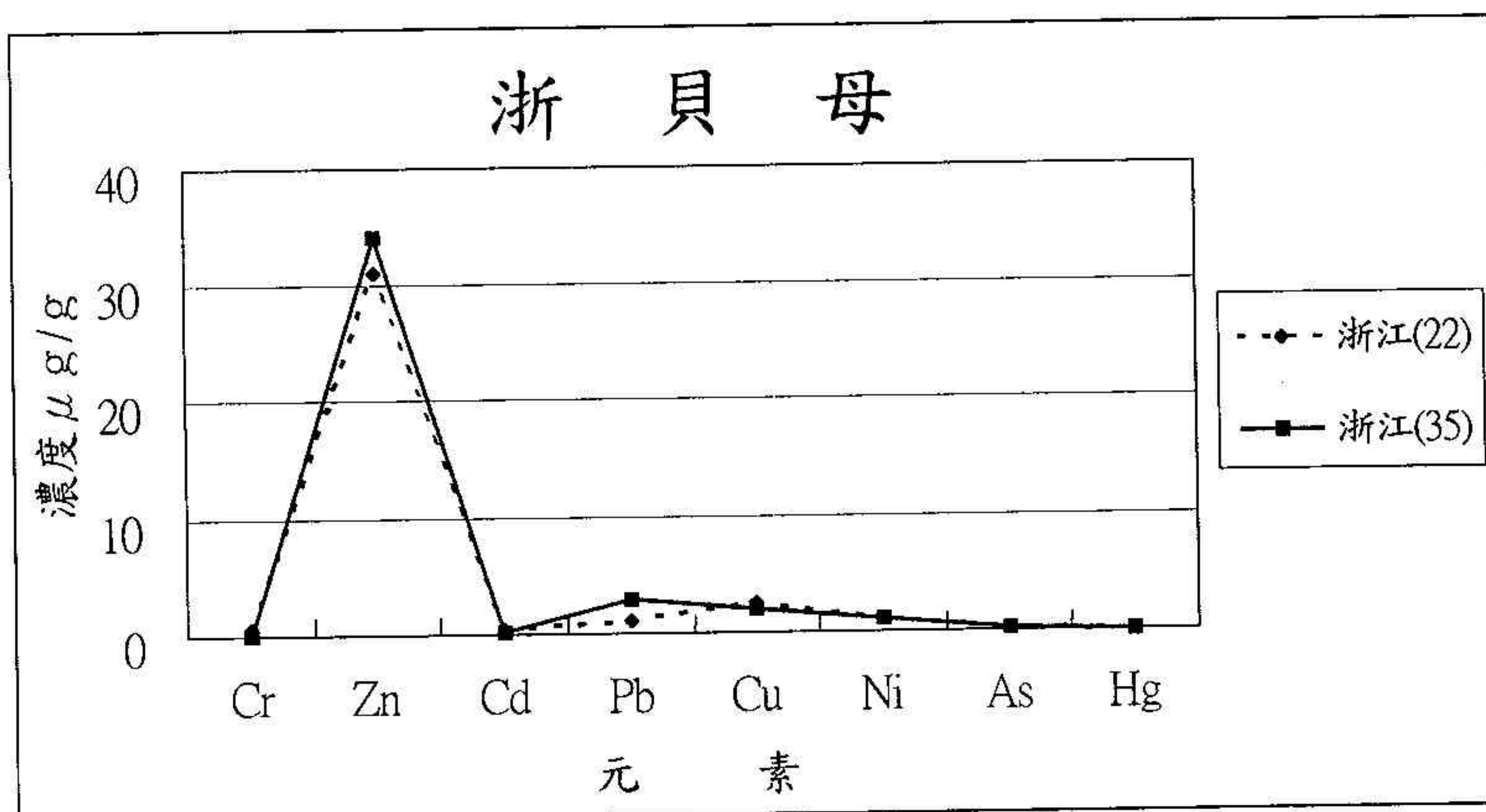
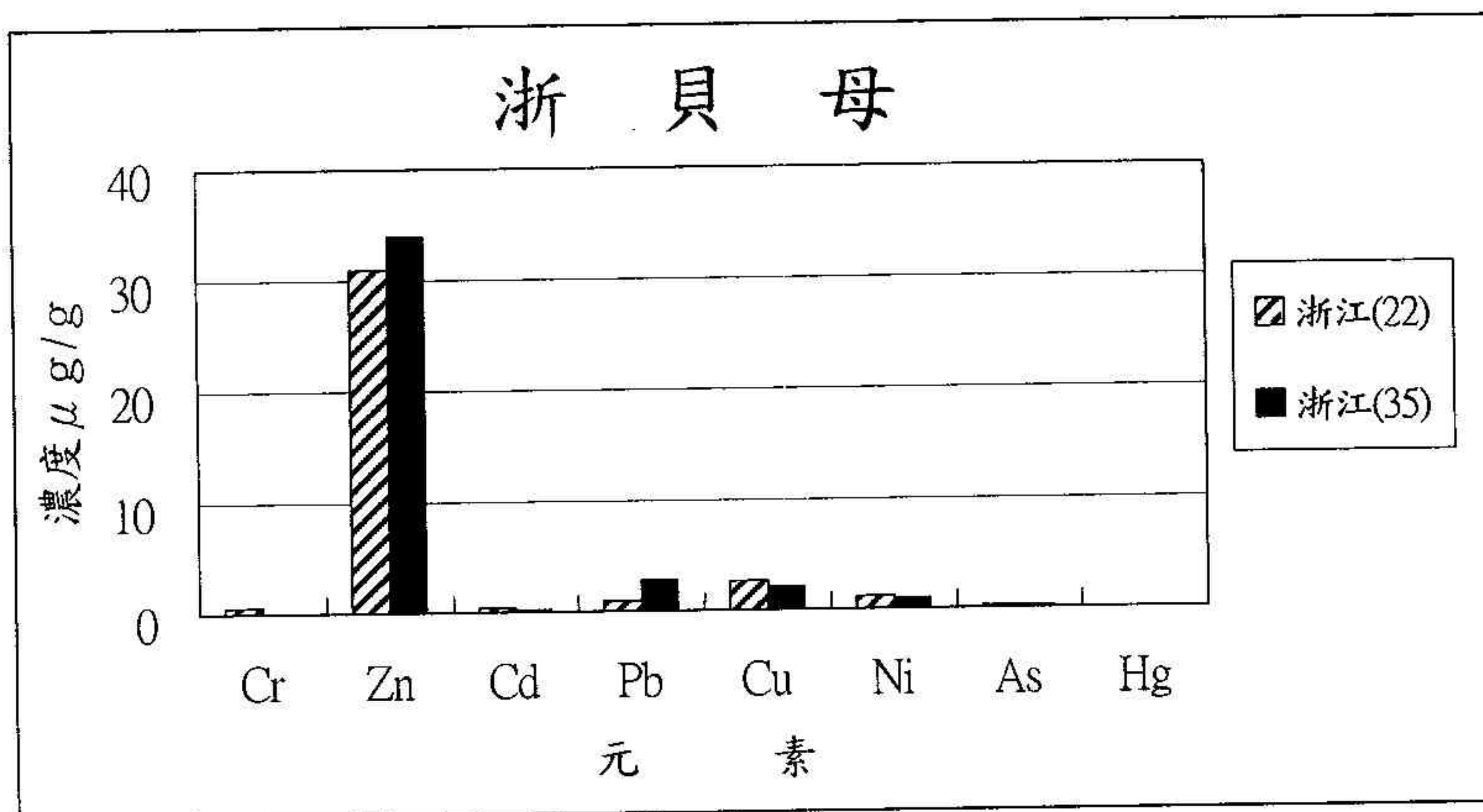
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
陝西(21)	16	29	0.2	1.8	7.4	7.2	0.4	<0.1
陝西(31)	8.1	42	0.2	1.7	8.2	5.6	0.6	<0.1

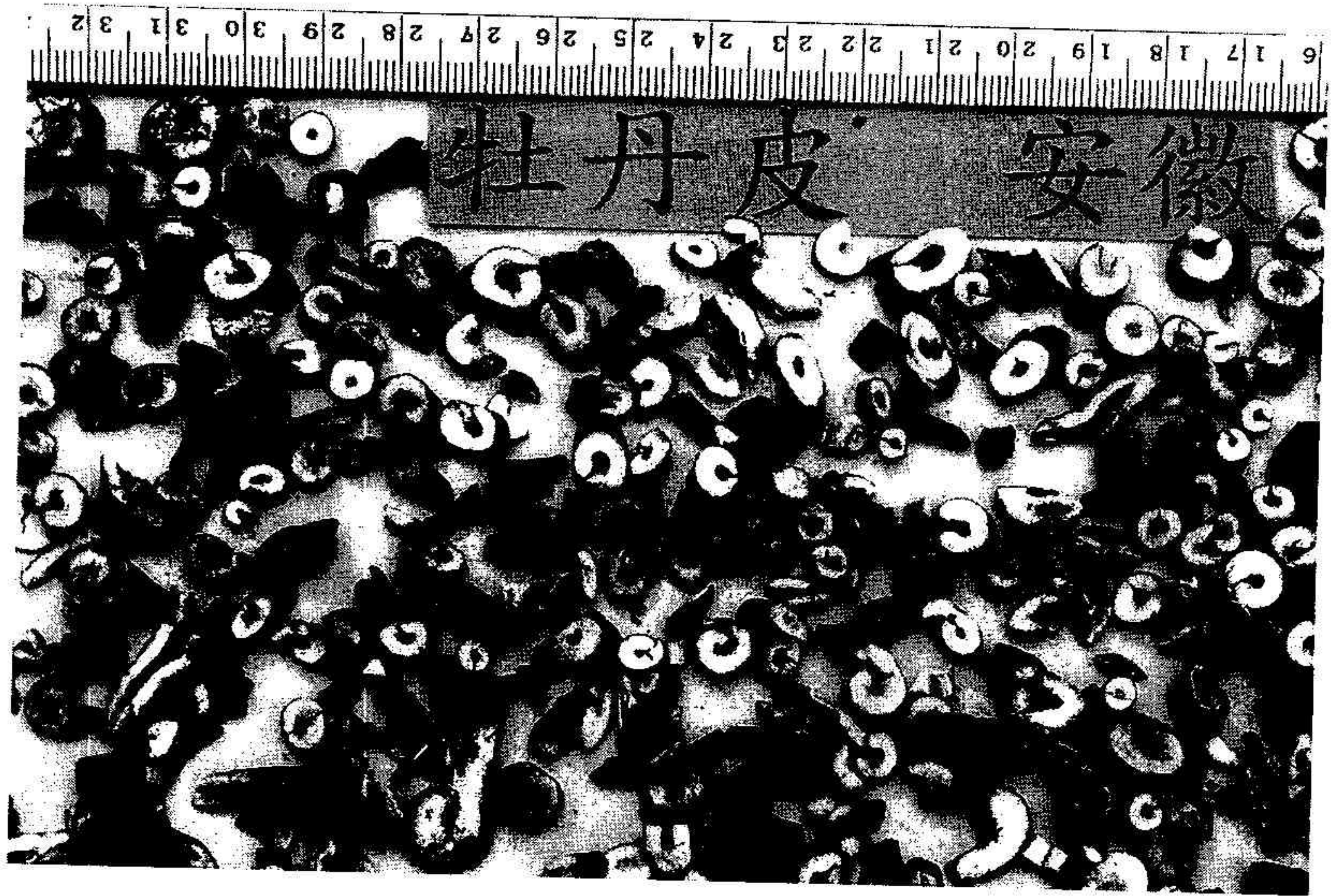




浙貝母

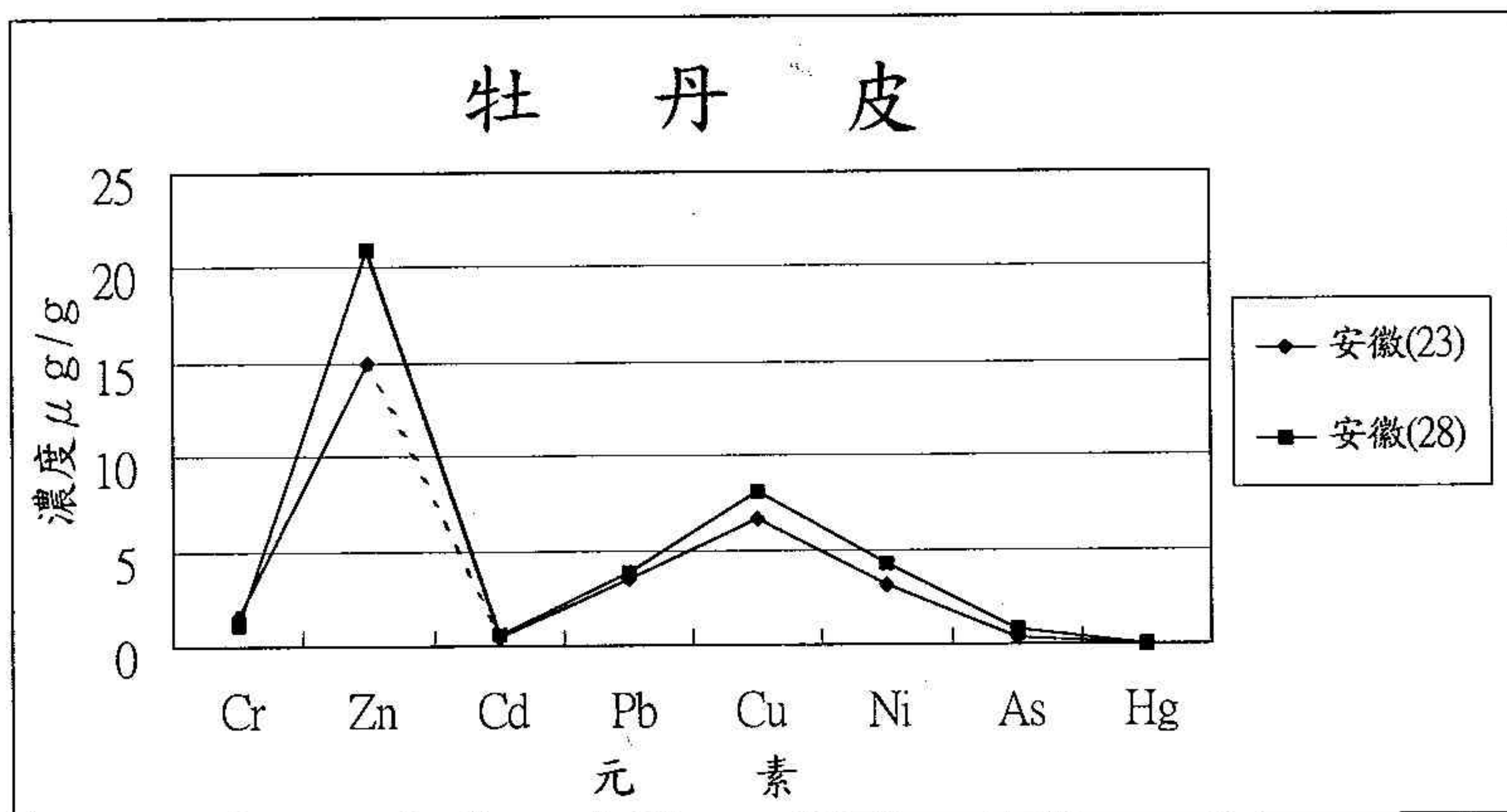
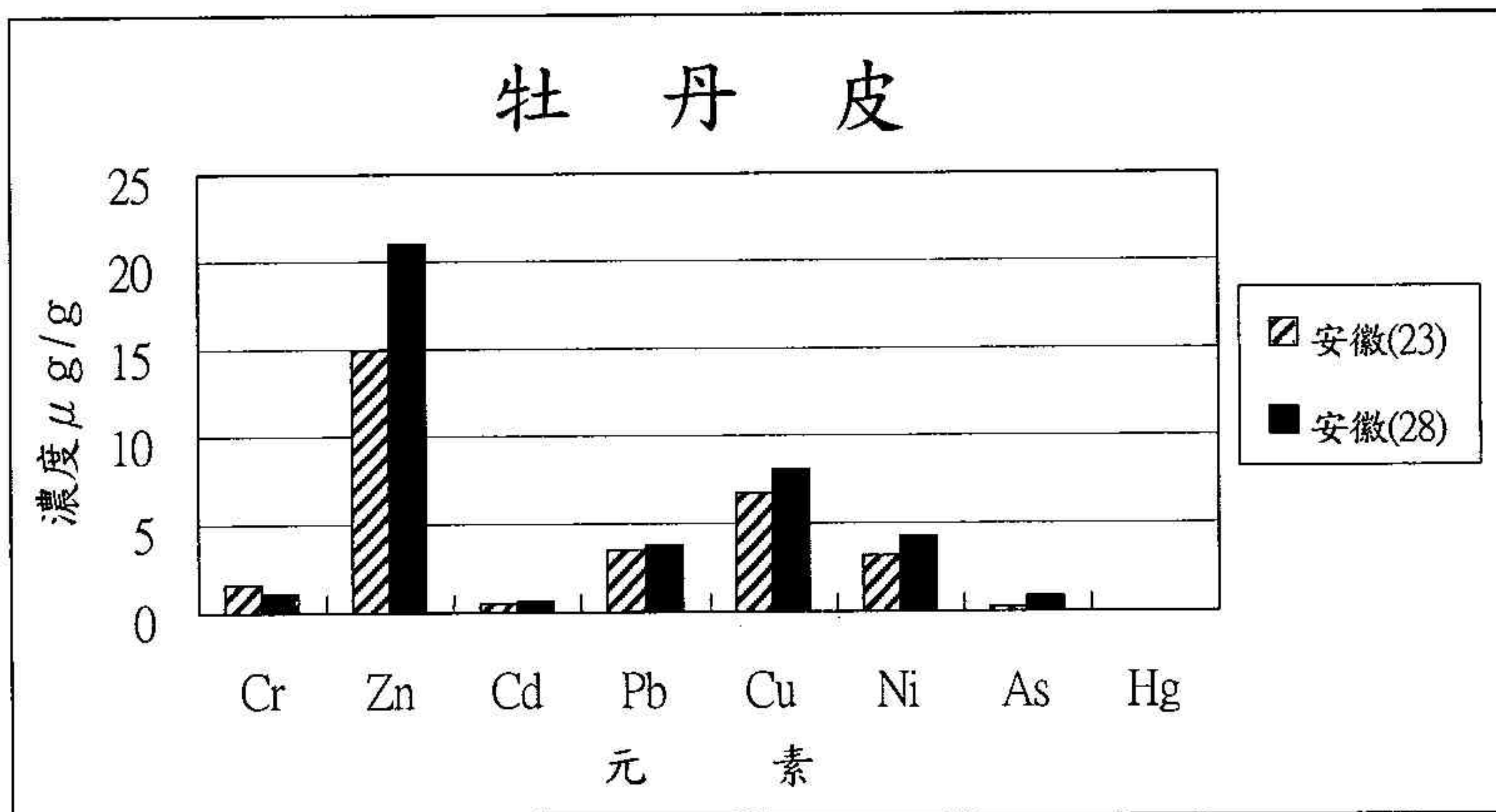
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
浙江(22)	0.5	31	0.3	1.0	2.6	1.1	0.2	<0.1
浙江(35)	<0.1	34	0.1	2.8	2.0	1.0	0.2	<0.1

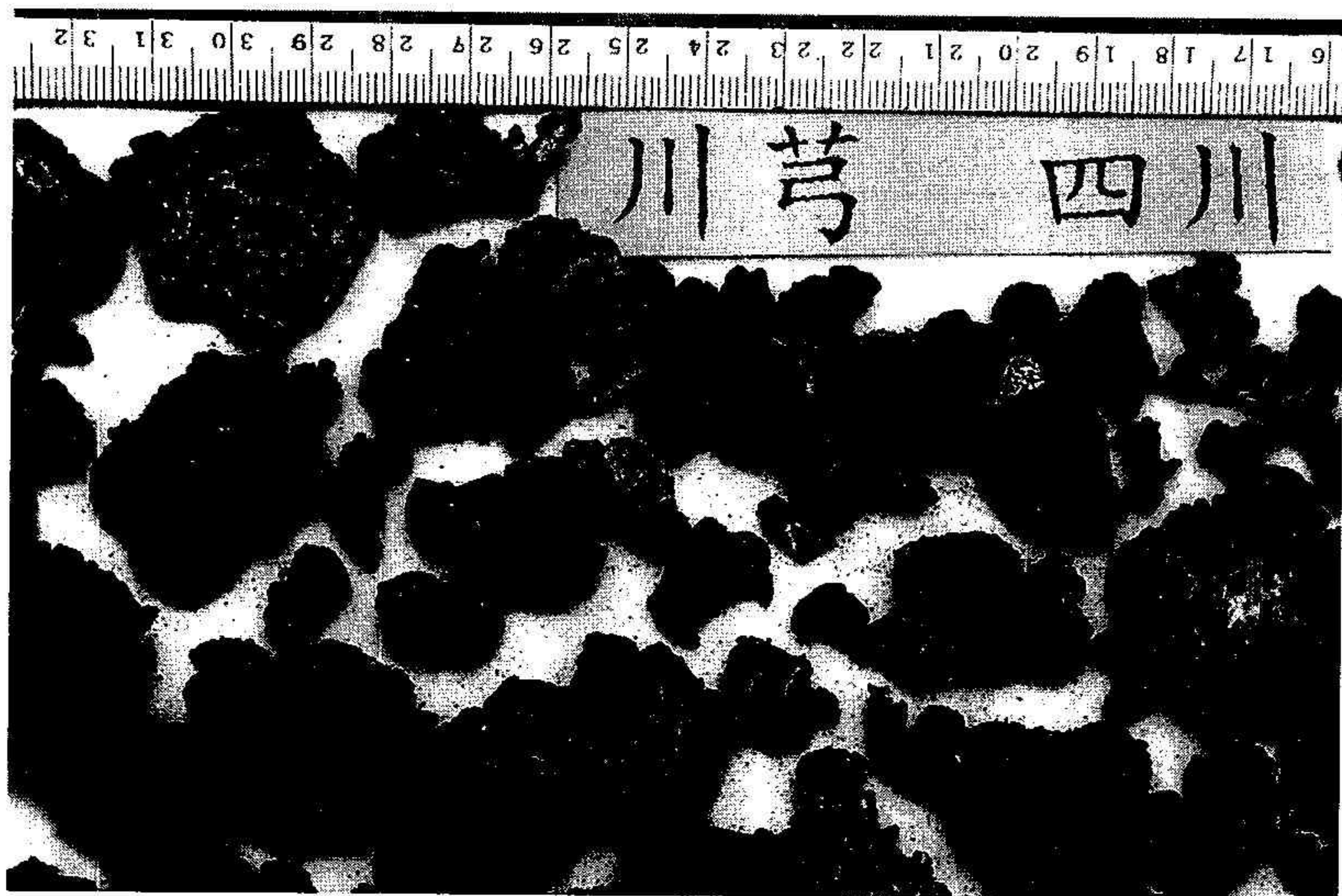




牡丹皮

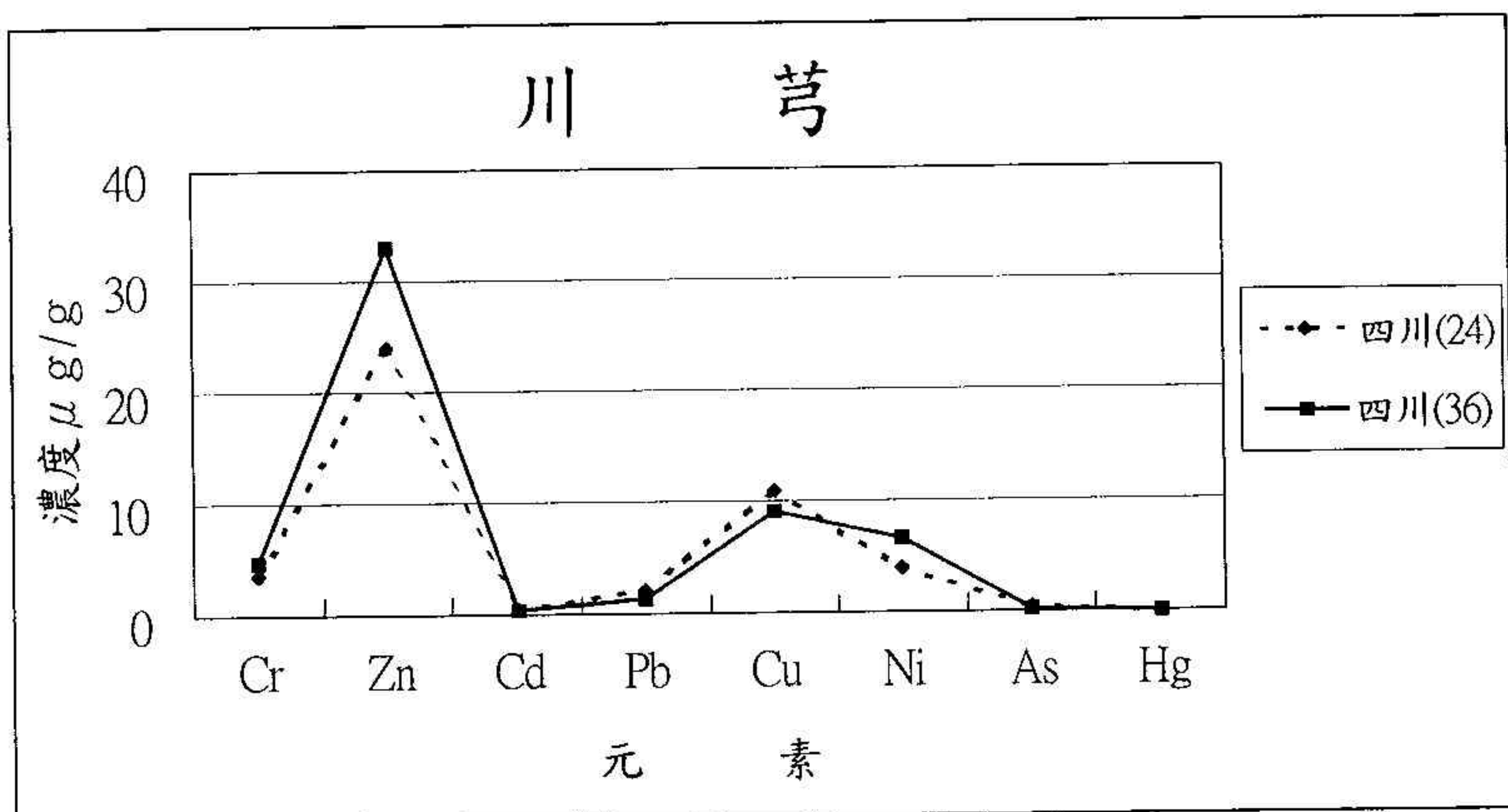
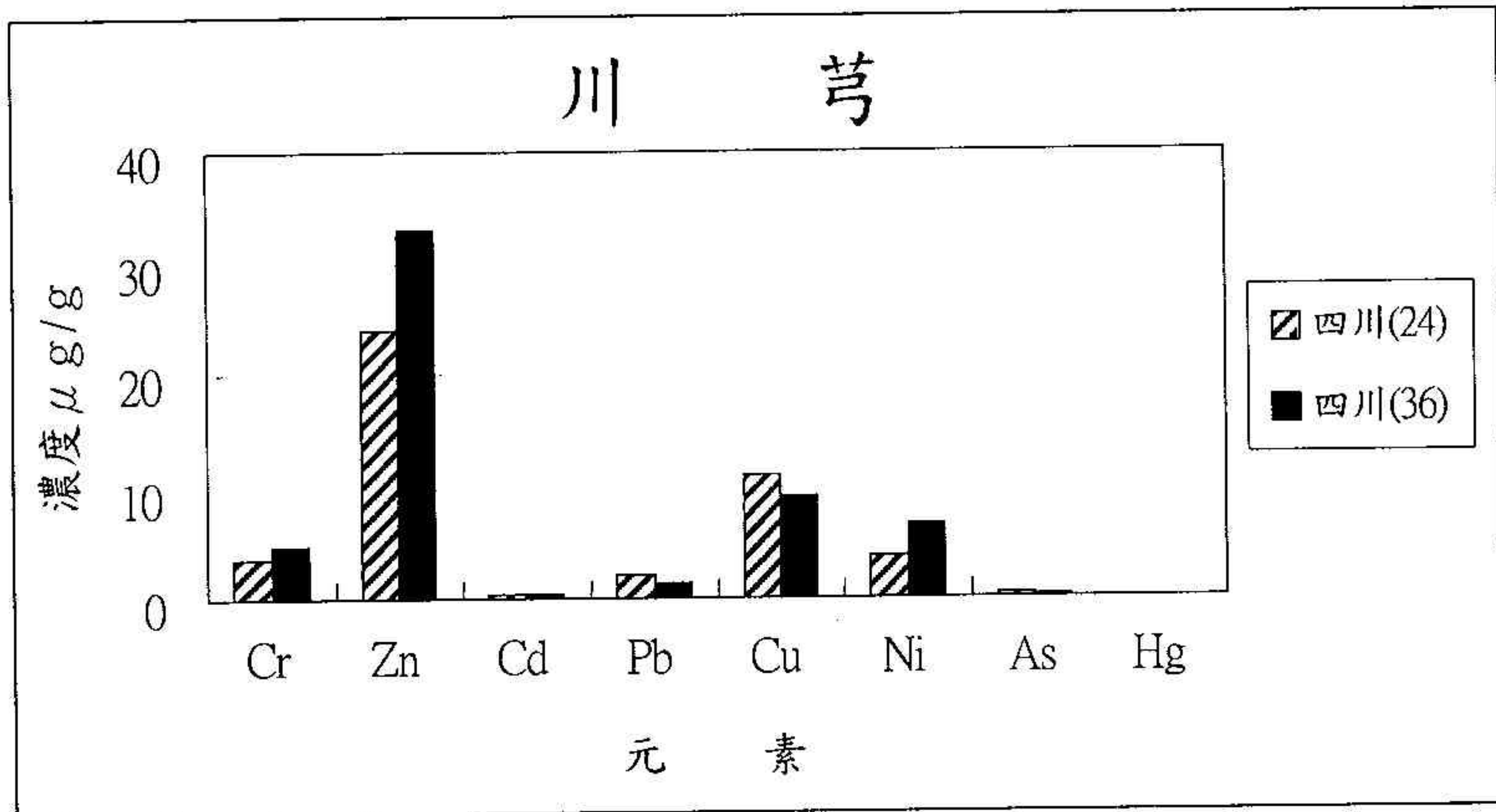
產地編號 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
安徽(23)	1.6	15	0.5	3.5	6.7	3.2	0.3	<0.1
安徽(28)	1.1	21	0.6	3.8	8.1	4.3	0.8	<0.1





川 芎

产地编号 \ 元素	Cr	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	As	Hg
四川(24)	3.6	24	0.3	2.1	11	3.9	0.3	<0.1
四川(36)	4.7	33	0.3	1.4	9.1	6.6	0.2	<0.1



72

73

74

75

76

77