

銅鑛指示植物海州香薷

謝學錦 徐邦樑

(地質部南京辦事處化學實驗室)

作者等在安徽某區發現一種植物,茂盛地生長在含多量銅分的有毒土壤中,土壤中最高含銅量可達 4000—5000 r/g, 這種植物經中國科學院植物研究所南京工作站裴鑑教授鑑定為海州香薷 (*Elscholtzia haichowensis* Sun)。作者等分析了植物灰份中的含銅量,考察了海州香薷在該區各處分佈和土壤中銅分的關係,確定這種植物是一種銅鑛指示植物,對銅鑛的勘探可能有很大幫助。

一、緒 言

植物的發育和生長與土壤中金屬微跡有很密切的關係,某些植物能忍受在含多量某種金屬的有毒土壤內生長,而其他植物,在這些地方則無法生存。我們把這類植物叫作指示植物,因為它們茂盛單獨在一個地區生長,往往指示了這個地區土壤中含多量某種金屬的可能性。

最近三十年來利用地球化學方法 (Geochemical method) 或生物地球化學方法 (Biogeochemical method) 勘探金屬鑛的技術有了很大的發展。這些方法主要是分析土壤中、或在其上生長的普通植物灰份中金屬微跡的量,找尋出高含量的不正常區 (anomalies), 研究這些不正常區內金屬微跡的散佈型式 (dispersion pattern), 從而追蹤探尋地下的礦體。但是在野外利用這些方法工作,需要相當的設備,在一個不大的地區中,往往要作幾千個分析,工作相當繁重。指示植物的效用是能使探礦家在廣大區域查勘時,靠它來找出高含量金屬的不正常區,這樣就節省了許多分析工作和時間,增加了更多發現礦體的機會。用指示植物探鑛的方法叫作地球植物方法 (Geobotanical method)。

金屬鑛的指示植物中,指示鋅的有 *Viola calaminaria et Zinci*^[1] (堇菜屬植物) 常生長在中歐鋅鑛廢堆上,在它灰份中,氧化鋅的含量可高達 4 %。 *Thalyspi calamzate*^[2] (十字花科蔴蕒屬植物) 生長在德國和瑞典,灰份中含鋅高達 16 %。

Beath^[3] 發現 *Astragalus Xylorrhiza* (豆科黃耆屬植物)、*Oonopsis* (菊科植物無中文屬名) 以及 *Stanleya* (無中文譯名,) 只生長在含硒的土壤中, 它們灰份中最高含硒量達 15000 g/ton.*

1942 年, Vogt 和 Braadlie^[4,5] 發現了兩種植物, *Viscaria alpina* (石竹科植物, 無中文屬名) 和 *Melandrium dioecum* (女婁菜屬), 生長在 Roros 區域的銅礦上, 土壤中最高含銅量為 6500 g/ton, 而普通土壤中的含銅量不過 10--20 g/ton.

1951 年秋季, 作者等在安慶西北月山區域作地球化學勘探工作, 首先在犁頭尖地區發現一種開紫紅色花的小草, 盛長在這個區域的廢銅鑛堆上, 而在廢堆上其他草木都很少生長。這種奇異的現象引起了我們的注意。隨後我們觀察了月山區域的十幾個廢鑛堆和鑛渣堆, 都遍生這種野草。我們又發現了好幾處既沒有廢堆, 也沒有銅鑛露頭的地方, 這種草生長得很茂盛, 這些地區的土壤經過分析, 發現含銅量都極高。整個月山區域, 除了一個例外地區 (將在後面討論), 這種野草總是生長在含銅量極高的土壤中, 而在其他含銅量低的土壤中, 一株也沒有找到過。

二、海州香薷

這種植物經中國科學院植物研究所南京工作站裴鑑教授鑑定為海州香薷, 屬香薷屬。香薷屬植物的分佈以亞洲之北溫帶為最多, 其餘各洲亦有, 但很少。在我國這一屬植物共有二十多種, 分佈地區以雲南、貴州、四川、西康為多, 江蘇、浙江、湖北、甘肅、陝西、山西、河北次之, 廣東、廣西、湖南、江西、河南、吉林亦有。多生長在山坡上, 平地較少。

作者等所發現的這種指示植物——海州香薷——最初標本係由孫雄才先生在海州採集, 是草本植物, 莖基部木質化, 多分枝, 略呈方形。莖外面是暗紫紅色, 密被白色的短柔毛。葉為對生, 呈綫狀披針形, 長 1.5—3 厘米, 寬 2—5 毫米, 兩邊具有 2—5 頭向方的鋸齒, 基部漸狹, 兩面和邊緣也都有白色短柔毛, 背面具有下凹的油點, 葉柄細短, 亦有毛。秋季, 枝梢的一側出花, 呈穗狀花序, 長 3—5 厘米, 花卵圓狀三角形, 先端尖, 邊緣有白色長緣毛, 基部半圓形或截形, 兩面光滑無毛, 每苞內着生一至數花, 花小, 紫紅色, 萼圓筒狀, 長約 2.5 毫米, 外面密佈短柔毛, 萼齒有五個, 三角形, 先端漸尖, 與萼筒等長, 上三齒稍短, 花冠筒狀, 長約萼筒的

* g/ton 相當於 r/g

一倍半，具有二唇，上唇三裂，兩側的裂片先端圓形，中裂片較大，先端微凹，邊緣有細毛緣毛，下唇外展，略呈腎形或半圓形，筒內光滑；雄蕊有四，伸出於花冠，花絲細長，基部着生於花冠筒內，花藥平展；花柱絲狀，亦伸出於花冠，但較雄蕊稍短，先端二裂（參看圖版 1）。

三、海州香薷在月山區分佈情況

1. **犁頭尖至鐵鋪嶺區域：**黃馬青紫色頁岩與閃長岩的接觸地帶，其間斷斷續續共有大小廢鑛堆五六處，所有廢鑛堆上，海州香薷都生長得非常茂盛。在鐵鋪嶺，海州香薷在幾個大廢堆間、古人所開的槽內生長非常濃密，很明顯可以看出，由於四周坡上的冲刷，這裏是銅份最聚集的地方。

2. **銅牛井區域：**閃長岩和花崗岩區域，有三個極深的大水塘，大概是古代所開的礦井。水塘邊緣，還可以看見銅鑛殘存部分和石英細脈。水塘前面有五六個大廢鑛堆，海州香薷開得非常燦爛。大廢堆上的銅份被水冲刷下來造成山脚下土壤中的沾污，因此在山下不遠的池邊以及田塍上處處可見海州香薷斑斑點點的紫色。

3. **楊柳凹和小園壩區域：**楊柳凹三疊紀黃馬青紫色頁岩層中，有一處廢鑛堆，海州香薷沿堆兩側生長，中央部分坡度較陡，冲刷較烈，土粒銅份都不易存留，形成不毛之地。另外在這廢鑛堆以北，有兩個地方盛開海州香薷，這兩個地方沒有廢堆痕跡，也看不到露頭。但取這兩個地方土壤分析，含銅份都很高。小園壩區域是閃長岩，在一個古人挖過的半圓形銅鑛坑，邊上也遍生這種野草，另外一個沒有廢堆也沒有露頭，但土壤中銅份極高的地方也有這種野草在生長。

其他還有許多地區如譚家板、虎形山、銅塘洲等較小的廢鑛堆或鑛渣堆上都遍生這種野草。

總之，凡有礦堆之處，幾乎沒有其他植物，只有海州香薷在獨霸。而凡是海州香薷單獨盛開之處，即使沒有鑛堆或露頭，土壤中銅份亦必然很高，作者等發現了好幾處這樣的地區，深覺可以槽探一下。大廢堆附近的土壤常常受到廢堆上銅份的沾污，也因為如此，就有海州香薷在這些地方生長。看到地上和田塍上疏疏落落的海州香薷，常可預測到一個大鑛堆定在附近不遠。並且海州香薷的紫紅色很鮮豔注目，很遠就可以看見。作者等曾在小園壩遙見遠處山上一片紫紅色，結果在兩里多路外發現了一個大廢鑛堆。

四、海州香薷內銅分的分析

1. 實驗步驟：作者等大部分分析係用苯肼硫羰偶氮苯 (diphenylthiocarbazone) 作浸提滴定 (extractive titration) ^[9]，將植物樣品置於坩鍋中，在高溫電爐內加熱至 500°C，並繼續維持在 500°C，直至全部灰化為止。

稱出一定量的植物灰，加 5 毫升鹽酸及 5—10 毫升水，加熱溶解，蒸乾，再加酸及水，過濾，濾液在量瓶內稀釋至一定的體積。將已稀釋好的樣品液置於 10 毫升的滴定管內，由滴定管內放一定量的樣品液於有玻塞的 20 毫升試管中，加茴香藍 (Thymol blue) 一滴，加 1 N 的銨水，直至溶液由紅變黃，再加 0.5—1 毫升 10% 檸檬酸銨溶液，然後加 0.0008% 苯肼硫羰偶氮苯的四氯化碳液 5 毫升，劇烈震盪一分鐘後，由四氯化碳液所呈顏色計算銅量，另配三個標準液與它比較，三個標準液，一含銅 4r (藍綠色)，一含銅 5r (藍紫色)，一含銅 6r (紫紅色)，配製手續與樣品液同。如樣品顏色尚未達到藍紫色，則可再自滴定管內放下少量樣品液重複震盪，直到試管中樣品液顏色與含銅 5r 的標準液相等為止。

海州香薷含銅量與土壤中銅份的比較

產地	實驗室編號	r/g 銅 (植物灰)	r/g 銅 根部土壤	土壤中 pH 值
銅牛井	1a	3630	4200	5.48
”	2a	4460	—	—
”	3a	2480	—	—
”	4a	2600	—	—
虎形山	6a	1750	—	—
楊柳凹	7a	1070	—	—
”	8a	1930	800	5.50
”	9a	2720	—	—
”	10a	4700	4200	5.67
小園埧	11a	2080	1900	4.55
犁頭尖	12a	5320	2200	6.45
”	13a	1590	—	—
鐵舖嶺	14a	2950	—	—
”	15a	3200	—	—

2. 海州香薷各部分含銅的比較

爲了研究銅份究竟聚集在海州香薷那一部分，我們特將植物的根、莖、葉、花分別加以分析，結果知道銅份主要聚集在根部，莖葉次之，花中所含最低，根的灰份中，含銅量最高可達 3 %。現將分析結果列表如下。

產 地	根		莖		葉		花	
	編號	灰份中銅 r/g	編號	灰份中銅 r/g	編號	灰份中銅 r/g	編號	灰份中銅 r/g
銅 牛 井	1b	9830	1c	2040	1d	2500	1e	1120
”	2b	7420	2c	3130	2d	2700	2e	1770
”	3b	30020	3c	3920	3d	4610	3e	390
”	4b	19010	4c	3340	4d	3080	4e	1130
”	5b	15170	5c	3270	5d	3920	5e	1330
虎 形 山	6b	2760	6c	1680	6d	1350	6e	1130
楊 柳 凹	7b	2970	7c	1690	7d	1320	7e	850
”	8b	8590	8c	2270	8d	2510	8e	1120
”	9b	5480	9c	2320	9d	2530	9e	1400
”	10b	5190	10c	1680	10d	3170	10e	1090
小 園 壩	11b	3950	11c	3530	11d	2130	11e	1220
犁 頭 尖	12b	17240	12c	3700	12d	6580	12e	1740
”	13b	5230	13c	1310	13d	870	13e	760
鐵 鋪 嶺	14b	13440	14c	1660	14d	2240	14e	930
”	15b	28630	15c	4380	15d	2250	15e	940

五、海州香薷爲銅份的聚集植物

我們在月山區觀察海州香薷的生長與土壤中銅份的關係時，只發現一個例外，就是黑凹山地區，那裏海州香薷生長很茂盛，但土壤中銅份很低。

黑凹山位於月山南七、八公里，山坡大都被農民開墾種山薯，但因山上有成羣野猪出沒，夜內常來挖掘山薯偷吃，農民照顧不過來，因此一部分已墾過的山坡又都放棄。這些荒廢的土地俱已墾鬆，而且下過許多草灰、豆餅及人尿等肥料，因此上面野草長得很茂盛，海州香薷也摻雜在其他野草內生長。我們在這個海州香薷生長茂盛之處採了二十幾個土樣，分析結果，含銅僅達 6—8r/g，和整個月山區

一般普通土壤內含銅量相似。把黑凹山區海州香薷生長情況和其他含銅區相比較，就可以發現：凡是只有海州香薷生長，而無其他植物雜生之處，土壤中銅份必高，海州香薷與其他植物雜生之處，土壤中銅份可能不高，這點探礦家必須加以注意。

根據 Lundegardh 研究，^[7] 用大量植物不需要或有害的金屬離子來灌溉時，植物無法抗拒這些有害的金屬離子，因為植物根部表面帶負電，吸引一切陽離子，沒有選擇能力。但是有些植物對某些土壤中的金屬有特別強的吸收能力，這類植物可以叫作聚集植物 (concentrator plant)。Robinson ^[8] 描寫了兩種植物 *Thymus Serpyllum* (譯名不詳，似與海州香薷同屬) 和蒲公英 (dandelion)，生長在含銅 0.2—0.4 r/g 的土壤中，而它們灰份中含銅竟高達 200 r/g 以上。爲了研究海州香薷在含銅量低的土壤中的吸收能力，我們分析了一個黑凹山所採的樣品，結果如下：

r/g 銅 (植物灰)	r/g 銅 (土壤)	濃 縮 因 數
218	8	27

因此，海州香薷不但在高銅土壤中能忍受銅毒而生存，而且在低銅土壤中，對銅有很大吸收能力。作者等在此次工作中，未採集在黑凹山與海州香薷雜生的其他植物，因此不能將其他植物灰份中銅量與海州香薷相比較。

由上面的一些不完全的數據也可看出，在土壤中銅份爲 8 r/g 時，海州香薷的濃縮因數爲 27，當土壤中銅份超過 1000 r/g 時，濃縮因數變化極小，大約是 1—2 左右。作者等缺乏自 8 r/g—1000 r/g 間的數據，如能種植海州香薷，並以各種濃度銅水灌溉，再作分析，定可得出“濃縮因數—土壤中銅份”的曲綫。

六、其他地區情況

爲了要進一步證實海州香薷與銅份的關係，就必須在許多其他地區作觀察，首先是海州香薷生長很多的揚子江流域作觀察。作者等在月山區的發現初步提出後，馬鞍山技術室篠田恭三，以及地質部許多先生就陸續在湖北大冶、安徽銅官山、江蘇江甯銅井各地區發現這種植物與銅份的密切關係，使海州香薷在探鑛上應用價值大大增加。現將他們觀察所得略述於後。

1. 湖北大冶陽新情況： 篠田先生赴石灰窰，一下碼頭就看到江邊鐵鑛石堆

上開滿紫花。象鼻山、獅子山、龍洞、紗翅帽、鐵門坎各處，海州香薷也開得非常燦爛，這些地區的鐵鑛含銅份大約在 0.2%—0.3% 之間，亦即 2000 r/g—3000 r/g 之間。在大冶銅綠山以及陽新銅礦區內，謝家榮、黃懿等先生見到這種植物也分佈極廣。鄂城、靈鄉的鐵鑛向以含銅極低著稱，在那個地區，一株海州香薷也找不到。由此可知，這種植物與銅有極密切關係，與鐵沒有關係。

2. 江甯銅井情況：有十餘處廢堆及小銅鑛都開滿海州香薷。

3. 銅官山情況：殷維翰、張緯言、劉宗琦等先生曾注意到這種植物生長在閃長岩石灰岩接觸帶——石榴石帶，特別是在筆山，有三處只長海州香薷而不生其他植物的地段，但他們沒有想到它與銅份的關係。1951 年底，謝家榮先生將作者等的發現消息帶至銅官山，就與他們在老山、寶山、白家山、天鵝抱蛋山以及東西獅子山、白芒山一帶，凡是有接觸帶並含有銅綠的地方，都發現長滿這種植物。相反的，在鷄冠山，不含銅綠的鐵鑛地帶，就找不到這種植物。

各地區海州香薷含銅量分析如下：

產 地	r/g 銅 (植物灰)	r/g 銅 (土壤)
大 冶	2278	2500
銅 井	941	—

七、結 論

根據上面的討論，可得出結論如下：

(1) 海州香薷是銅鑛的指示植物，已在許多地區，初步證實。

(2) 海州香薷的分佈相當廣泛，它所分佈的許多地方像揚子江下游等地，都是有希望發現金屬鑛的區域，故希望野外調查家隨地注意這個問題，並建議有關地質機構能把這種植物的重要性和詳細描寫備文各級人民政府，依靠羣衆的力量找出許多海州香薷茂盛生長的地區，採集這些地方的植物和土壤樣品送交化學分析室分析，如果分析出銅份高，就可以派出野外工作人員前去考察。要是能好好組織這工作，可能根據植物的綫索，發現新的銅鑛。

(3) 必須是只有海州香薷單獨生長，或只有海州香薷茂盛生長，其他植物很少生長的地區才有注意的價值。並且根據作者等的數據，這種植物都是生長在 pH 7 以下的酸性土壤中。另外作者等觀察了月山區馬鞍山生長在石灰岩內的銅

鐵地帶，沒有找到一株海州香薷，因此可以初步斷定在 pH 很高的含銅土壤中，這種植物可能不會生長。

(4) 可以利用這種植物和土壤的分析材料，在已知或未知銅鑛區，決定鑽眼和槽探的位置。

(5) 香薷屬植物據裴鑑先生說，在我國有二十種之多，是否只有這一種植物與銅鑛有關係，其他種植物情況如何，值得研究。

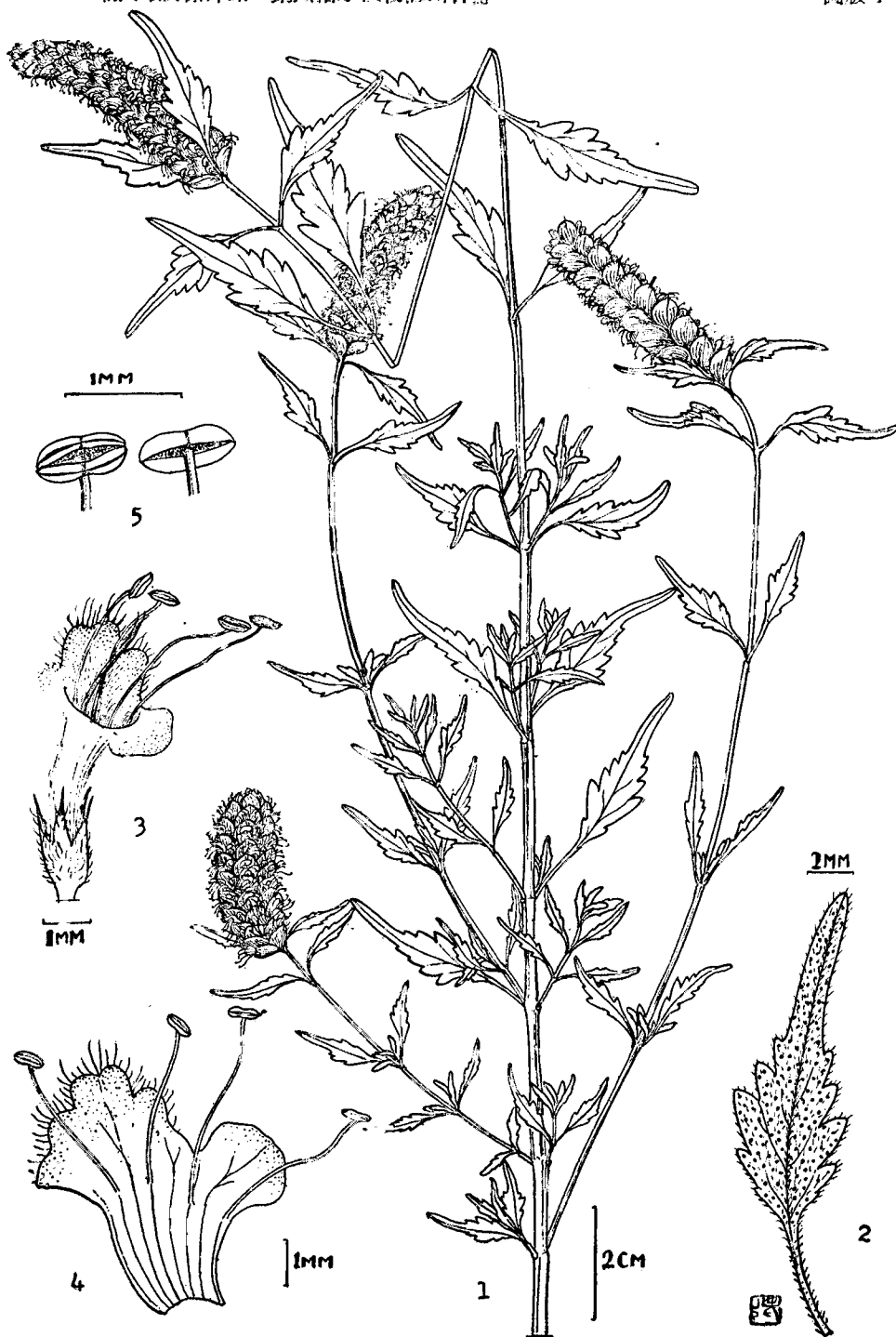
(6) 要繼續在海州香薷分佈地區，雲南、貴州、四川、西康、甘肅及揚子江流域等銅鑛地區作觀察，來進一步證實海州香薷與銅鑛的密切關係。

× × ×

本文寫成蒙中國科學院植物研究所南京工作站裴鑑教授熱心協助，代作鑑定，周太炎先生代擬植物形態說明，韋光周先生代繪植物形態圖，特此致謝。

參 考 文 獻

- [1] Rankama, K., and Sahama, Th. G., 1949, *Geochemistry*, p. 334.
- [2] ———, ———, 1949, *Ibid.*, p. 714.
- [3] Beath, O. A., Gilbert, C. S., and Eppson, H. F., 1941, The use of indicator plants in locating seleniferous areas in Western United States. IV. Progress report. *Am. J. Botany*, **28**, 887.
- [4] Vogt, Thorolf, 1942, *Geokjemisk og geobotanisk malmleting II. Viscaria alpina* (L) G. Don som "kisplante." *Kgl Norske Videnskab. Selskabs Forh.* **15** (2), 5 (as quoted in Rankama and Sahama, *Geochemistry*).
- [5] Vogt, Thorolf, og Brandlie, O., *Geokjemisk og geobotanisk malmleting IV. Plantevekst og jordbunn ved Rrosmalmene.* *Kgl. Norske Videnskab. Selskabs Forh.* **15** (7), 25 (as quoted in Rankama and Sahama, *Geochemistry*).
- [6] Sandell, E. B., 1944, *Colorimetric determination of traces of metals*. p. 85, footnote.
- [7] Rankama, Kalervo, 1947, Some recent trends in prospecting. Chemical, bio-geochemical, and Geobotanical methods. *Mining and Met.* **28**, 282.
- [8] Robinson, W. O., and Edington, Glen., 1948, Minor elements in plants and some accumulator plants. *Soil Science*, **60**, 15.



海州香薷 (*Elsholtzia haichowensis* Sun, nom. nud.) 形態圖

1. 着花的枝 2. 葉背面, 示油點 3. 花的全形 4. 剖開的花冠, 示着生的雄蕊 5. 花藥

我國首次化探實驗部份成果

銅矿指示植物海州香薷

謝學錦

徐邦棟

1952 年