

# 111-113年度紙菸菸葉中重金屬含量之監測調查

詹易穎 洪甄敏 廖安德 葉灝文 彭冠智  
沈盈如 張淑涵 黃守潔 林美智 曾素香

衛生福利部食品藥物管理署研究檢驗組

## 摘要

紙菸菸葉中含有重金屬，濃度過高或長期蓄積會產生毒害，故本研究以微波消化系統進行樣品前處理，以銻(Ge)、銠(Rh)及鉍(Bi)為內部標準品，續以感應耦合電漿串聯質譜儀(Inductively Coupled Plasma/tandem Mass Spectrometer, ICP-MS/MS)分析，檢驗紙菸菸葉中重金屬含量。鉻(Cr)、鎳(Ni)、砷(As)、硒(Se)、鎘(Cd)及鉛(Pb)等重金屬之標準曲線濃度範圍0-25 ng/mL，而汞(Hg)之標準曲線範圍0-10 ng/mL，其相關係數均達0.999以上。準確度分析以標準參考物質INCT-OBTL-5之檢測值與標準值比值進行管控。本檢驗方法之定量極限，鉻、鎳、鎘及鉛均為0.5 mg/kg，砷、硒及汞均為0.05 mg/kg。本調查計畫於111-113年度檢測128件菸品檢體，檢體產地包含國產、進口(南韓、印度、印尼、荷蘭、德國、保加利亞等地)及中國，菸葉中各元素含量範圍，鉻為0.58-4.10 mg/kg、鎳為1.18-4.43 mg/kg、砷為0.06-0.51 mg/kg、硒為N.D.-0.18 mg/kg、鎘為N.D.-4.55 mg/kg、汞為N.D.-0.05 mg/kg及鉛為N.D.-2.10 mg/kg。結果顯示不同來源菸草之重金屬含量具差異，這可能係菸葉產地來源之自然環境及地質成分不同所致。本調查檢驗結果將有助於菸葉中重金屬背景值資料庫之建立，可提供主管機關作為菸害防制之參考。

**關鍵詞：**菸葉、重金屬、微波消化系統、感應耦合電漿串聯質譜儀

## 前言

重金屬係指比重大於5之金屬，其種類眾多。其中對生物之成長發育及生理機能有影響者稱為必需元素(如鋅、鐵、銅等)，然而，必需元素要在適當濃度範圍內才能發揮效益，過低會妨礙生長及影響生理功能，但當濃度高於生物體所能承受的負荷量時亦會產生毒害；而不為生物生長所需要的元素則稱為非必需元素(如鎘、鉛、汞等)，生物對低量的非必需元素通常具有容忍力，但長期蓄積或是濃度過高，則會使生物體產生毒性反應甚至造成死亡<sup>(1)</sup>。

菸葉中之重金屬可能是由土壤、肥料或農藥中吸收<sup>(2)</sup>，而與影響健康最具相關的金屬包括砷、鎘、鉻、鎳及鉛<sup>(3)</sup>。世界衛生組織所屬之國際癌症研究機構(International Agency for Research on Cancer, IARC)依據物質之流行病學、動物毒理實驗證據，區分其致癌等級為1級至4級(Group 1, group 2A, group 2B, group 3, group 4)，而鉻、砷及鎘被列為Group 1，屬於人類確定致癌因子，且人類流行病學證據充分；鎳及鉛被列為Group 2B，屬於人類疑似致癌因子，人類流行病學證據有限，且動物實驗證據有限或不足；硒及汞則被列為Group 3，

屬於無法歸類為致癌因子，人類流行病學證據不足，且動物實驗證據亦不足或無法歸入其他類別<sup>(4)</sup>。依據菸害防制法，菸品製造及輸入業者，應向中央主管機關申報菸品相關資料。其中菸葉中鉻、鎳、砷、硒、鎘、汞及鉛列為需申報項目<sup>(5)</sup>。

鉻分為三價與六價鉻，三價鉻是人體必需的微量元素，六價鉻是具有毒性的，而菸草中的鉻燃燒後會產生六價鉻<sup>(6)</sup>，本研究以感應耦合電漿串聯質譜儀(Inductively Coupled Plasma/tandem Mass Spectrometer, ICP-MS/MS)檢測菸葉中總鉻含量。鎳屬地表上高含量的金屬之一，國際癌症研究署已認定部分鎳化合物為致癌物<sup>(6)</sup>。鎳常用於不銹鋼製作，鎳與硫、氫或氧等元素結合會形成含鎳化合物，可用於鍍鎳、陶瓷上色及電池等。砷是自然界分佈極廣且具有毒性之類金屬元素，菸農過去曾使用含有砷酸鉛之殺蟲劑噴灑在菸葉上以降低蟲害，菸葉上殘留砷會大幅提升吸菸者暴露於砷的風險<sup>(7)</sup>。硒是地球自然存在的固態成分，植物則可經由高硒濃度地區的土壤及水中吸收硒，當人體攝入該植物，即可能導致硒污染物的間接暴露，當硒的含量過高時，則會對人體造成中毒危害。鎘為有銀白色光澤且具毒性的金屬，菸草會吸收土壤中來自地質或被污染的廢水、廢泥中之鎘，導致含鎘成分<sup>(8)</sup>。汞是地殼中相當稀少的一種元素，可在生物體內積累的毒物<sup>(9)</sup>。鉛是一種有毒的金屬，WHO指出若人體一天抽20支菸，估計人體約可吸入1-5  $\mu\text{g}$  之鉛含量<sup>(10)</sup>。

目前重金屬檢測以感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)及感應耦合電漿串聯質譜儀(ICP-MS/MS)為檢驗趨勢。本研究利用全自動超壓微波消化系統(UltraCLAVE)進行樣品前處理，以感應耦合電漿串聯質譜儀搭配氧氣質量轉移法去除雙電荷離子干擾，並透過位移質量數解除干擾以增加試驗之準確度<sup>(11)</sup>。依所建立之方法於111-113年間檢驗分析128件市售菸品中鉻、

表一、本調查計畫之重金屬元素及元素符號對照表

	中文名稱	元素符號
目標元素	鉻	Cr
	鎳	Ni
	砷	As
	硒	Se
	鎘	Cd
	汞	Hg
	鉛	Pb
內標元素	鍺	Ge
	銠	Rh
	鉻	Bi
其他元素	鋯	Zr
	鉬	Mo

鎳、砷、硒、鎘、汞及鉛等7種重金屬含量(表一)。檢驗結果可運用於建立背景值資料庫，提供主管機關作為菸害防制之參考。

## 材料與方法

### 一、檢體來源<sup>(12-14)</sup>

由衛生福利部國民健康署提供之申報販售紙菸廠商清單，分別於111年抽驗40件、112年抽驗49件及113年抽驗39件，共計128件檢體。

### 二、材料與試劑

#### (一)對照標準品

多元素標準品(鉻、鎳、砷、硒、鎘及鉛等元素，100  $\text{mg/L}$ )及汞(Hg)標準品皆購自德國Merck公司(Darmstadt, Germany)。多元素內部標準品(含鉻、鍺及銠等元素，100  $\text{mg/L}$ )，購自美國Agilent公司(Santa Clara, CA, USA)。金(Au)標準品購自美國AccuStandard公司(New Haven, CT, USA)。

#### (二)試藥及試劑

硝酸採用超純級，購自美國Mallinckrodt Baker公司(Phillipsburg, NJ, USA)。標準參考物質Oriental basma tobacco leaves (INCT-OBTL-5)，購自波蘭Institute of Nuclear Chemistry and Technology (INCT) 產品。各種溶液之配製均使用由美國Millipore Milli-Q製造，比電阻於25°C可達18MΩ·cm之去離子水。質譜儀調校溶液購自美國Agilent公司。

(三)5%硝酸溶液及標準溶液之調製

1. 5% (w/w)硝酸溶液

取硝酸(超純級) 25 mL，緩緩加入去離子水400 mL中，再加入去離子水使成500 mL。

2. 多元素內部標準原液

精確量取100 mg/L之多元素內部標準品0.5 mL，以5%硝酸溶液定容至50 mL，供作多元素內部標準原液(1 μg/mL)。

3. 多元素標準原液

精確量取100 mg/L之多元素標準品0.5 mL及1,000 mg/L之汞標準品0.05 mL，以5%硝酸溶液定容至50 mL，供作多元素標準原液(1 μg/mL)。

4. 金標準原液

精確量取1,000 mg/L之元素標準品0.5 mL，以5%硝酸溶液定容至50 mL，供作金標準原液(10 μg/mL)。

5. 多元素標準溶液

精確量取多元素標準原液與汞元素標準原液，添加內部標準原液與金標準原液，以5%硝酸溶液稀釋成濃度為0-25及0-10 ng/mL(含內部標準溶液10 ng/mL；金標準溶液100 ng/mL)，供作多元素標準溶液，臨用時調製。

### 三、儀器與器具

(一)微波消化系統(UltraClave, Milestone, Italy)<sup>(註1)</sup>，儀器參數見表二。

(二)感應耦合電漿串聯質譜儀(8900 ICP-MS/MS, Agilent Technologies, USA)，儀器參數見表三。

(三)酸蒸氣清洗裝置(TraceCLEAN, Mileston, Italy)

(四)去離子水製造機(Milli-Q, Millipore, USA)

(五)濾膜：孔徑0.45 μm，PTFE材質<sup>(註2)</sup>

註1：微波消化使用石英玻璃消化瓶組、漏斗、定量瓶、吸量管等玻璃器具均為派勒斯(Pyrex)材質，使用前均

表二、微波消化系統之微波消化條件

步驟	微波功率 (W)	加熱時間 (min)	內部溫度(°C)	外部溫度(°C)	內部壓力 (bar)
1	1,000	5	70	60	100
2	1,000	12	110	60	130
3	1,000	17	140	60	160
4	1,200	8	210	60	160
5	1,200	11	240	60	160
6	1,200	10	240	60	160

表三、感應耦合電漿串聯質譜儀之儀器參數

Parameter	Condition
RF power	1,500 W
Sample depth	10.0 mm
Nebulizer gas	0.91 L/min
Dilution gas	0.1 L/min
He gas flow rate	4.5 mL/min
O <sub>2</sub> gas flow rate	30%
Nebulizer pump	0.10 rps
Mass (m/z)	<sup>52</sup> Cr, <sup>53</sup> Cr <sup>60</sup> Ni, <sup>58</sup> Ni <sup>75</sup> As, <sup>91</sup> AsO <sup>78</sup> Se, <sup>80</sup> Se, <sup>94</sup> SeO, <sup>96</sup> SeO <sup>114</sup> Cd, <sup>111</sup> Cd, <sup>112</sup> Cd <sup>202</sup> Hg, <sup>200</sup> Hg <sup>208</sup> Pb, <sup>206</sup> Pb, <sup>207</sup> Pb <sup>74</sup> Ge <sup>103</sup> Rh <sup>209</sup> Bi

先以洗劑清洗，經清水洗滌後，以酸蒸氣清洗裝置，蒸氣酸洗2小時後，取出並將附著之硝酸以去離子水沖洗乾淨，乾燥備用。

註2：微波消化定量後檢液以濾膜過濾，與標準液均以低汞含量的PP儲存瓶盛裝。

## 四、試驗方法

### (一)檢液之製備

紙菸檢體去除菸紙及濾嘴部分，將菸葉混合均勻後精確稱取檢體0.4 g，置於石英玻璃消化瓶組中，加入濃硝酸6 mL，添加500  $\mu$ L之內部標準原液及500  $\mu$ L之金內部標準原液後，靜置30分鐘以微波消化系統進行消化，消化條件如表二。消化冷卻後以去離子水定容至50 mL，供作檢液，並將上述檢液再以5%硝酸進行5倍體積稀釋，後續上機分析。

### (二)定量分析

取上述檢液、空白檢液(試劑空白)及標準溶液，針對鉻、鎳、砷及硒以鋒為內部標準品，鎘及汞以銻為內部標準品，鉛以鉻為內部標準品，配合感應耦合電漿串聯質譜儀檢測，並依下列計算式求出檢體中各重金屬之含量(mg/kg)。

檢體中重金屬含量(mg/kg)

$$= \frac{(C - C_0) \times V_d \times D}{W_s \times 1000}$$

C：由標準曲線中求得檢液之重金屬濃度(ng/mL)

$C_0$ ：由標準曲線中求得空白檢液之重金屬濃度(ng/mL)

$V_d$ ：檢液定容之體積(mL)

D：稀釋倍數

$W_s$ ：取樣分析檢體之重量(g)

(三)ICP-MS/MS系統之線性範圍

針對鉻、鎳、砷、硒、鎘、汞及鉛等元素之分析，將濃度0-25 ng/mL多元素標準溶液，以感應耦合電漿串聯質譜儀進行分析，以內標法計算其線性方程式及相關係數。線性迴歸方程式之相關係數不應低於0.99，檢液中待測物濃度應在標準曲線之線性範圍內。

## 五、品質管制分析

每批次(少於20個檢體)或每20個檢體分析時，均進行空白、重複及添加回收分析。空白分析為直接取實驗試劑，依檢驗方法步驟與待測檢體同時進行檢驗分析，管制範圍為分析值須低於1/2倍方法定量極限。

重複分析為同一檢體分取三份，在相同條件下進行分析，計算其變異係數(CV)，管制範圍為變異係數須低於20%。添加分析為檢體中添加已知量之待測物，經檢測並計算其回收率，管制範圍為回收率須介於80-120%。查核物質分析取標準參考物質Oriental basma tobacco leaves (INCT-OBTL-5)約0.4 g，精確稱定，消化後經ICP-MS/MS檢測並計算其回收率，管制範圍為回收率須介於80-120%。因標準參考物質僅含鉻(6.3 mg/kg)、鎳(8.5 mg/kg)、砷(0.668 mg/kg)、鎘(2.64 mg/kg)及汞(2.01 mg/kg)，並無硒及鉛之元素，故需額外添加硒(5 mg/kg)及鉛(5 mg/kg)之標準品以進行品質管制分析。

## 結果與討論

### 一、檢體之分析

#### (一)111-113年紙菸菸葉中重金屬之檢驗結果

111至113年依產地國家分類之菸葉中各種重金屬平均含量與分布範圍分別如表四與圖一，其中111年檢驗40件，鉻之中位數(範圍)為1.77 mg/kg (1.03-3.90 mg/kg)；鎳之中位數(範圍)為2.29 mg/kg (1.23-4.43

表四、111-113年紙菸菸葉中重金屬之檢驗結果

年度	產地	含量(mg/kg)						
		Cr	Ni	As	Se	Cd	Hg	Pb
113	臺灣 (n=8)	平均值 <sup>b</sup>	1.43	1.79	0.15	0.06	1.28	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.82	1.21	0.10	N.D. <sup>a</sup>	0.67	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	2.05	2.47	0.20	0.07	3.45	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.51	1.82	0.15	N.D. <sup>a</sup>	0.88	N.D. <sup>a</sup>
進口 <sup>c</sup> (不含中國) (n=29)		平均值 <sup>b</sup>	1.68	2.09	0.19	0.08	1.63	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.58	1.20	0.09	N.D. <sup>a</sup>	0.64	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	4.10	3.87	0.49	0.18	4.43	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.48	1.94	0.16	0.05	0.97	N.D. <sup>a</sup>
中國 (n=2)		平均值 <sup>b</sup>	1.13	1.86	0.19	0.06	3.29	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	1.03	1.26	0.15	N.D. <sup>a</sup>	3.18	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	1.23	2.45	0.22	0.06	3.40	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.13	1.86	0.19	0.03	3.29	N.D. <sup>a</sup>
全部檢體 (n=39)		平均值 <sup>b</sup>	1.60	2.01	0.18	0.08	1.64	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.58	1.20	0.09	N.D. <sup>a</sup>	0.64	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	4.10	3.87	0.49	0.18	4.43	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.46	1.92	0.16	0.05	0.97	N.D. <sup>a</sup>
112	臺灣 (n=12)	平均值 <sup>b</sup>	1.59	2.09	0.19	0.06	1.28	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.69	1.24	0.10	N.D. <sup>a</sup>	0.66	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	2.24	3.15	0.27	0.08	4.02	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.60	1.98	0.21	N.D. <sup>a</sup>	0.77	N.D. <sup>a</sup>
進口 <sup>c</sup> (不含中國) (n=33)		平均值 <sup>b</sup>	1.37	1.91	0.17	0.08	1.35	0.05
		最小值	0.78	1.18	0.06	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	2.36	3.24	0.36	0.15	3.39	0.05
		中位數 <sup>b</sup>	1.30	1.94	0.16	0.06	0.95	N.D. <sup>a</sup>
中國 (n=4)		平均值 <sup>b</sup>	0.94	1.78	0.34	0.09	4.12	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.62	1.30	0.30	0.07	3.01	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	1.70	2.91	0.36	0.12	4.55	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	0.71	1.45	0.34	0.08	4.46	N.D. <sup>a</sup>
全部檢體 (n=49)		平均值 <sup>b</sup>	1.39	1.95	0.19	0.08	1.57	0.05
		最小值	0.62	1.18	0.06	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	2.36	3.24	0.36	0.15	4.55	0.05
		中位數 <sup>b</sup>	1.38	1.92	0.16	0.06	0.95	N.D. <sup>a</sup>

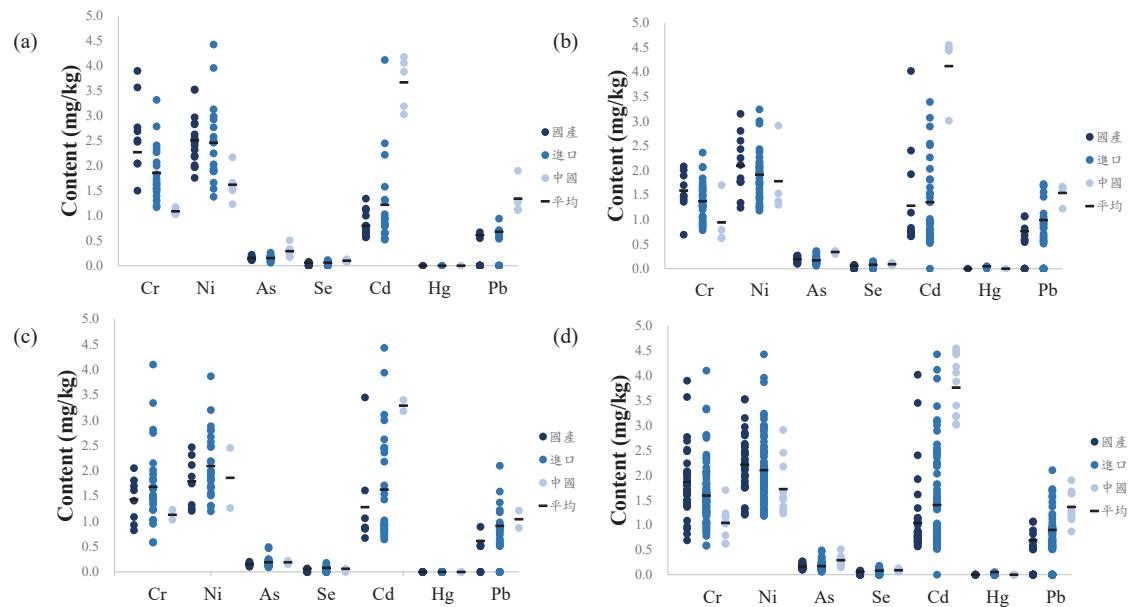
表四、(續)

年度	產地	含量(mg/kg)						
		Cr	Ni	As	Se	Cd	Hg	Pb
111	臺灣 (n=16)	平均值 <sup>b</sup>	2.27	2.51	0.15	0.06	0.80	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	1.50	1.76	0.11	N.D. <sup>a</sup>	0.57	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	3.90	3.53	0.22	0.07	1.34	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	2.04	2.44	0.14	0.05	0.73	N.D. <sup>a</sup>
	進口 <sup>c</sup> (不含中國) (n=19)	平均值 <sup>b</sup>	1.86	2.46	0.15	0.06	1.22	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	1.17	1.38	0.06	N.D. <sup>a</sup>	0.52	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	3.32	4.43	0.26	0.11	4.12	N.D. <sup>a</sup>
	中國 (n=5)	平均值 <sup>b</sup>	1.09	1.62	0.29	0.10	3.67	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	1.03	1.23	0.17	0.07	3.03	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	1.17	2.17	0.51	0.13	4.18	N.D. <sup>a</sup>
	全部檢體 (n=40)	平均值 <sup>b</sup>	1.06	1.55	0.26	0.09	3.88	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	1.93	2.38	0.16	0.07	1.36	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	1.03	1.23	0.06	N.D. <sup>a</sup>	0.52	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	3.90	4.43	0.51	0.13	4.18	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.77	2.29	0.15	0.06	0.84	N.D. <sup>a</sup>
111-113	臺灣 (n=36)	平均值 <sup>b</sup>	1.86	2.21	0.16	0.06	1.07	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.69	1.21	0.10	N.D. <sup>a</sup>	0.57	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	3.90	3.53	0.27	0.08	4.02	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.80	2.19	0.15	N.D. <sup>a</sup>	0.79	N.D. <sup>a</sup>
	進口 <sup>c</sup> (不含中國) (n=81)	平均值 <sup>b</sup>	1.59	2.10	0.17	0.08	1.40	0.05
		最小值	0.58	1.18	0.06	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>
		最大值	4.10	4.43	0.49	0.18	4.43	0.05
	中國 (n=11)	中位數 <sup>b</sup>	1.48	1.97	0.16	0.06	0.94	N.D. <sup>a</sup>
		平均值 <sup>b</sup>	1.04	1.72	0.29	0.09	3.76	N.D. <sup>a</sup>
		最小值	0.62	1.23	0.15	N.D. <sup>a</sup>	3.01	N.D. <sup>a</sup>
	全部檢體 (n=128)	最大值	1.70	2.91	0.51	0.13	4.55	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.04	1.53	0.30	0.09	3.88	N.D. <sup>a</sup>
		平均值 <sup>b</sup>	4.10	4.43	0.51	0.18	4.55	0.05
		最小值	1.62	2.10	0.18	0.07	1.52	2.10
		最大值	0.58	1.18	0.06	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>	N.D. <sup>a</sup>
		中位數 <sup>b</sup>	1.51	0.99	0.16	0.06	0.94	N.D. <sup>a</sup>

<sup>a</sup> N.D.：低於定量極限(砷、硒及汞之定量極限為0.05 mg/kg；鉻、鎳、鎘及鉛之定量極限為0.5 mg/kg)

<sup>b</sup> 平均值僅以檢出之數值計算，而中位數計算包含未檢出

<sup>c</sup> 111年進口菸品檢體包含保加利亞、阿拉伯聯合大公國、印度、塞爾維亞、南韓、日本及印尼；112年進口菸品檢體包含南韓、印尼、阿拉伯聯合大公國、匈牙利、菲律賓、越南、印度及保加利亞；113年進口菸品檢體包含印度、南韓、荷蘭、印尼、越南、阿拉伯聯合大公國及保加利亞



圖一、111年(a)、112年(b)、113年(c)、三年總計(d)國內外紙菸菸葉中重金屬含量分布圖

mg/kg)；砷之中位數(範圍)為0.15 mg/kg (0.06-0.51 mg/kg)；硒之中位數(範圍)為0.06 mg/kg (N.D.-0.13 mg/kg)；鎘之中位數(範圍)為0.84 mg/kg (0.52-4.18 mg/kg)；汞皆為未檢出；鉛之中位數(範圍)為N.D. (N.D.-1.90 mg/kg)。

112年檢驗49件，鉻之中位數(範圍)為1.38 mg/kg (0.62-2.36 mg/kg)；鎳之中位數(範圍)為1.92 mg/kg (1.18-3.24 mg/kg)；砷之中位數(範圍)為0.16 mg/kg (0.06-0.36 mg/kg)；硒之中位數(範圍)為0.06 mg/kg (N.D.-0.15 mg/kg)；鎘之中位數(範圍)為0.95 mg/kg (N.D.-4.55 mg/kg)；汞之中位數(範圍)為N.D. (N.D.-0.05 mg/kg)；鉛之中位數(範圍)為0.59 mg/kg (N.D.-1.72 mg/kg)。

113年檢驗39件，鉻之中位數(範圍)為1.46 mg/kg (0.58-4.10 mg/kg)；鎳之中位數(範圍)為1.92 mg/kg (1.20-3.87 mg/kg)；砷之中位數(範圍)為0.16 mg/kg (0.09-0.49

mg/kg)；硒之中位數(範圍)為0.05 mg/kg (N.D.-0.18 mg/kg)；鎘之中位數(範圍)為0.97 mg/kg (0.64-4.43 mg/kg)；汞皆為未檢出；鉛之中位數(範圍)為0.57 mg/kg (N.D.-2.10 mg/kg)。

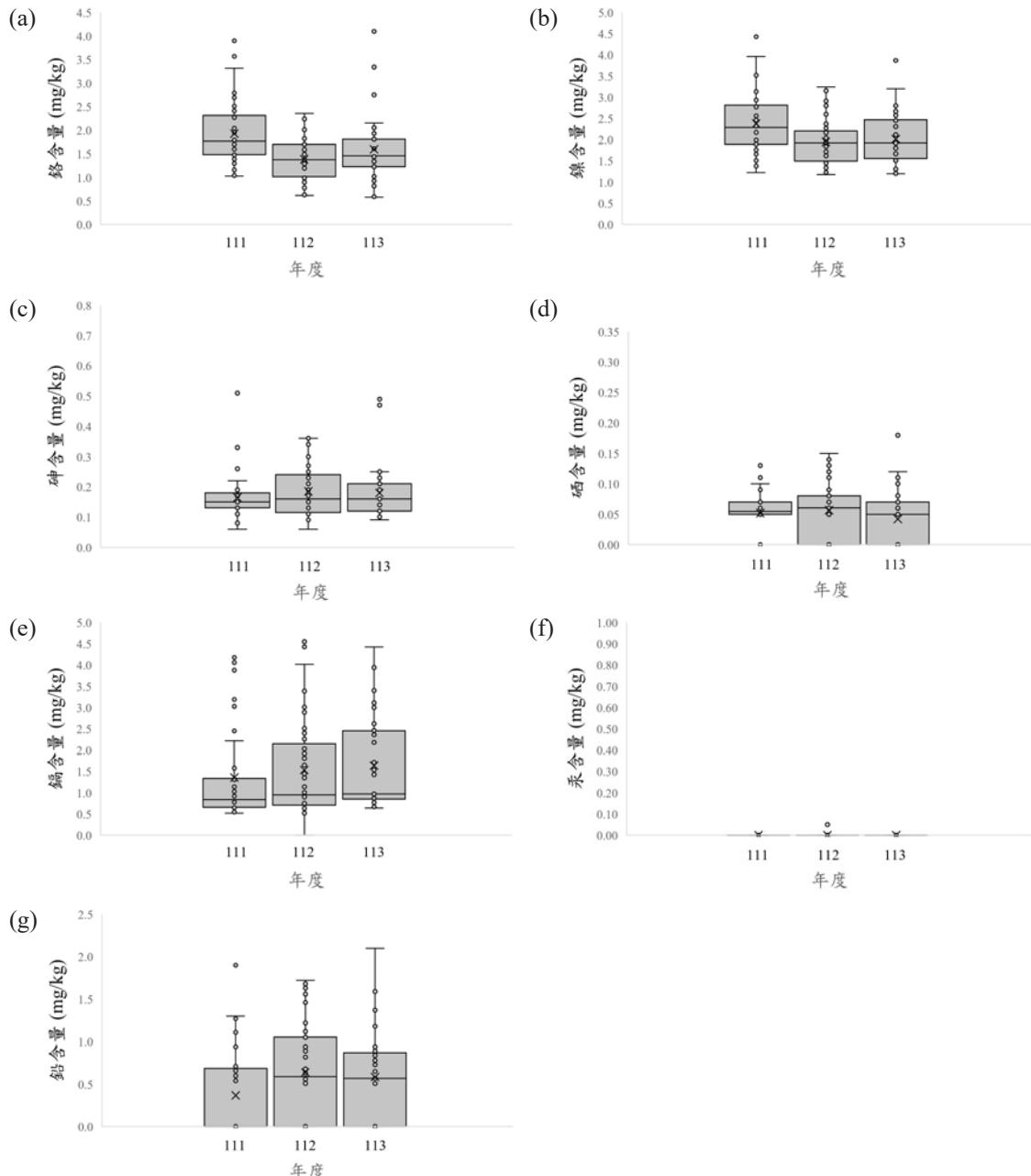
三年檢驗共計128件，鉻之中位數(範圍)為1.51 mg/kg (0.58-4.10 mg/kg)；鎳之中位數(範圍)為1.99 mg/kg (1.18-4.43 mg/kg)；砷之中位數(範圍)為0.16 mg/kg (0.06-0.51 mg/kg)；硒之中位數(範圍)為0.06 mg/kg (N.D.-0.18 mg/kg)；鎘之中位數(範圍)為0.94 mg/kg (N.D.-4.55 mg/kg)；汞之中位數(範圍)為N.D. (N.D.-0.05 mg/kg)；鉛之中位數(範圍)為0.55 mg/kg (N.D.-2.10 mg/kg)。

由圖一(d)顯示，不同來源菸品各元素濃度分散程度不同，整體來看紙菸菸葉中汞、硒及砷含量較低且濃度集中，鉻、鎳及鎘濃度較高且濃度分佈範圍大。不同菸葉種類、產地及製程皆可能為菸葉中重金

屬含量不同之原因。惟依本研究之菸品產品資訊尚無法探知菸葉來源國是否與製造國相同。

(二)不同年度之菸葉中重金屬含量比較

將近年(111-113年)紙菸菸葉中各重金屬含量相比(圖二)，鉻含量中位數每年稍有不同；鎳、鎘、鉛含量中位數於112-113年無較大差異，惟111年鎳之含量中位數較



圖二、111-113年紙菸菸葉中重金屬鉻(a)、鎳(b)、砷(c)、硒(d)、鎘(e)、汞(f)、鉛(g)含量比較

該2年為高，鎘、鉛則較低；砷及硒含量中位數皆趨近一致；而汞含量檢測值大多低於定量極限。

## 二、品質管制之評估

每批次品質管制之空白分析均低於儀器定量極限。添加分析及查核物質分析之回收率均介於 80-120%之間，且重複分析之變異係數(CV)均低於10%，結果顯示每批次之品質管制皆在管制範圍內，可確保檢驗結果之準確性。

## 結 論

以微波消化系統進行樣品前處理搭配感應耦合電漿串聯質譜儀，利用氧氣質量轉移法剔除會干擾砷與硒之離子，以增加試驗之準確度，且本試驗方法符合衛生福利部食品藥物管理署公布之「食品化學檢驗方法之確效規範<sup>(15)</sup>」。依所建立之方法於111-113年間檢驗分析128件菸品檢體，結果發現不同來源菸草之重金屬含量不同，這可能和菸葉種類、產地來源之自然環境及地質成分，或生產製程不同所致。本研究結果將有助於菸葉中重金屬背景值資料庫之建立，提供主管機關作為菸害防制之參考。

## 誌 謝

本研究經費由衛生福利部國民健康署運用菸品健康福利捐支應，特誌謝忱。報告內容不代表衛生福利部意見。

## 參考文獻

- Perez-Bernal, J.L., Amigo, J.M., Fernandez-Torres, R., Bello, M.A. *et al.* 2011. Trace-metal distribution of cigarette ashes as marker of tobacco brands. *Forensic Sci. Int.* 204: 119–125.
- Talio, M.C., Luconi, M.O. and Fernández, L. P. 2011. Determination of nickel in cigarettes smoke by molecular fluorescence. *Microchem. J.* 99: 486-491.
- Caruso, R.V., O'Connor, R.J., Stephens, W. E., Cummings, K.M. *et al.* 2014. Toxic metal concentrations in cigarettes obtained from U.S. smokers in 2009: Results from the International Tobacco Control (ITC) United States Survey Cohort. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 11(1): 202–217.
- 財團法人安全衛生技術中心。菸品物質毒性摘要：菸草 (Tobacco)。  
[[https://tobacco-information.hpa.gov.tw/UploadFolder/upload/files/%E8%8F%B8%E5%93%81%E6%88%90%E5%88%86\\_%E8%8F%B8%E8%8D%89.pdf](https://tobacco-information.hpa.gov.tw/UploadFolder/upload/files/%E8%8F%B8%E5%93%81%E6%88%90%E5%88%86_%E8%8F%B8%E8%8D%89.pdf)]
- 衛生福利部。2023。菸害防制法。112.02.15華總一義字第11200010211號。
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2012. Toxicological profile for chromium.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological profile for arsenic.  
[<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=22&tid=3>]
- Lugon-Moulin, N., Martin, F., Krauss, M.R., Ramey, B.R. *et al.* 2006. Cadmium concentration in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Chemosphere* 63: 1074–1086.
- United States Environmental Protection Agency. 1997. Mercury study report to congress volume 1: executive summary. EPA 452/R-97-003.
- Ashraf, M.W. 2011. Concentrations of cadmium and lead different cigarette brands

- and human exposure to these metals via smoking. *J. Arts Sci. Commerce* 2(2): 140-147.
11. 安捷倫科技有限公司。2019。Agilent 8800 和8900 ICP-MS/MS應用手冊。  
[[https://www.agilent.com/cs/library/brochures/appcompendium\\_icp-qqq-5991-2802zh-cn-agilent.pdf](https://www.agilent.com/cs/library/brochures/appcompendium_icp-qqq-5991-2802zh-cn-agilent.pdf)]
12. 馬詠舜、葉灝文、劉師維、楊舒涵等。2022。111年菸品檢測暨研究發展計畫。衛生福利部食品藥物管理署。
13. 馬詠舜、施宇哲、廖安德、洪甄敏等。2023。112年菸品檢測暨研究發展計畫。衛生福利部食品藥物管理署。
14. 郭敬安、施宇哲、李方瑋、詹易穎等。2024。113年菸品檢測暨研究發展計畫。衛生福利部食品藥物管理署。
15. 衛生福利部食品藥物管理署。2021。食品化學檢驗方法之確效規範。  
[<http://www.fda.gov.tw/TC/siteList.aspx?sid=4115>]

# Survey of Heavy Metal Contents Monitoring in Tobacco Leaf of Cigarette from 2022 to 2024

YI-YING CHAN, JEN-MIN HUNG, AN-TE LIAOW, CHING-WEN YEH,  
GUAN-JHIH PENG, YING-RU SHEN, SHU-HAN CHANG,  
SHOU-CHIEH HUANG, MEI-CHIH LIN AND SU-HSIANG TSENG

Division of Research and Analysis, TFDA, MOHW

## ABSTRACT

Tobacco leaves contain heavy metals, and high concentration or long-term accumulation pose risks to smokers' health. In this study, the tobacco leaves sample was treated by autoclave style microwave digestion and analyzed over an inductively coupled plasma/tandem mass spectrometer (ICP-MS/MS) for heavy metals, such as chromium (Cr), nickel (Ni), arsenic (As), selenium (Se), mercury (Hg), cadmium (Cd) and lead (Pb). Germanium (Ge), rhodium (Rh) and bismuth (Bi) were used as the internal standards. The calibration curves of heavy metals were in the range of 0-25 ng/mL (0-10 ng/mL for Hg), and their correlation coefficients were all above 0.999. The accuracy of the method was verified using a certified reference material INCT-OBTL-5. The limits of quantification for Cr, Ni, Cd and Pb were all 0.5 mg/kg, and those for As, Se and Hg were all 0.05 mg/kg. 128 tobacco samples, from domestic, imports (South Korea, India, Indonesia, the Netherlands, Germany, Bulgaria) and China, were analyzed from 2022 to 2024. The contents of heavy metals were found ranging from 0.58 to 4.10 mg/kg, 1.18 to 4.43 mg/kg, 0.06 to 0.51 mg/kg, N.D. to 0.18 mg/kg, N.D. to 4.55 mg/kg, N.D. to 0.05 mg/kg, and N.D. to 2.10 mg/kg for Cr, Ni, As, Se, Cd, Hg and Pb, respectively. The levels of heavy metals varied across various tobacco sources, which may be attributed to differences in natural environment and geological compositions of the tobacco leaf origin. The results of this study will facilitate the establishment of a background value database and provide the administrative authority as a reference for the hazard prevention of tobacco products.

**Key words:** tobacco leaf, heavy metals, microwave digester system, inductively coupled plasma/tandem mass spectrometer