

# 土壤重金屬鉻污染現況

陳鴻堂

## 摘 要

鉻是人體必需的微量元素也是重金屬，但目前尚未被證實是植物必需的營養元素，鉻在動物肌體的糖代謝和脂代謝中發揮特殊作用，人體對無機鉻的吸收利用率極低，不到 1%；人體對有機鉻的利用率可達 10~25%。鉻在天然食品中的含量較低、均以三價的形式存在，正常健康成人每天尿裡流失約 1  $\mu\text{g}$  鉻。美國國家科學會建議每日鉻的攝取量 50~200  $\mu\text{g}$  如果每日攝取量大於 50  $\mu\text{g}$ ，吸收率約為 0.4~2.8%。臺灣地區 5 類主要農耕土壤(紅壤、黃壤、砂頁岩沖積土、粘板岩沖積土、片岩沖積土)中全量鉻平均為 73.1~155  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，而 0.1 M HCl 可抽出之鉻則均小於 0.5  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，農田自然含量表土 0.22 底土 0.13  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，當土壤含鉻高達 50  $\text{mg Kg}^{-1}$  時，能造成植物中毒死亡，在 5~50  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，許多作物的根功能受抑制，生長緩慢且葉片捲曲與褪色之徵狀，一般植物不容易自土壤吸收鉻，因此推測鉻不容易進入食物鏈，影響人體健康。但由於人類文明與鉻被廣泛使用於各種材料及器具，因而增加鉻污染機率。由於三價的鉻是人體有益的元素且行政院衛生福利部並未訂定農產品重金屬鉻之限量標準，但行政院環境保護署訂定全量鉻濃度在一般土壤污染管制標準值為 250  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，土壤污染監測標準值為 175  $\text{mg Kg}^{-1}$ 。只要土壤全量鉻含量大於 250  $\text{mg Kg}^{-1}$  管制標準值時，則該土壤依法將被公告為污染控制場址，並依土壤及地下水污染之相關法令進行必要措施。

## 前 言

鉻是一種藍白色多價金屬元素，原子序數 24，比重 7.19  $\text{g cm}^{-3}$ ，較一般密度大於 5.0  $\text{g cm}^{-3}$  就可歸納為重金屬之密度更高。Cr 是地球上含量第七豐富的元素，1797 年才被法國化學家沃克蘭(Vauquelin L. N.)發現，並得到鉻的拉丁名稱 Chromium 和元素符號 Cr。鉻是人體必需的微量元素，而且無法自行合成，必須從食物或飲用水攝取。三價的鉻幾乎是無毒的，也是對人體有益的元素，一般而言，

人體內有 20~30  $\mu\text{g L}^{-1}$  之鉻，主要分佈在紅血球及血漿內。目前所知鉻不是植物生長所需的必要元素，但因地殼岩石鉻含量豐富，使得該岩石風化後形成之土壤有其相對之含量稱為背景濃度值，臺灣鉻全量的平均背景濃度 50  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，植物生長於此土壤必自土壤吸收鉻，並累積在植物體中，土壤含量超過植物可忍受濃度時，則造成重金屬鉻汙染與作物受害。

## 內 容

全世界每年生產約  $10^7$  噸的鉻，60~70%使用的合金，包括不銹鋼、15%則用於化工工業、主要皮革鞣制、顏料和電鍍。臺灣不產鉻，幾乎所有的鉻都從國外以不同型式的鉻製品進口。臺灣主要的鉻進口貨品分為二類，一類是鉻及氧化鉻，另一類是金屬鉻鹽。鉻在工業用途大體可分為六大項，一、鉻電鍍工業：鉻在電鍍工業用量最多(佔鉻用量 43.2%)，二、顏料、染料和媒染劑：鉍鉻黃( $\text{ZnO} \cdot 2\text{CrO}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )和鉻黃( $\text{PbCrO}_4$ )是工業上兩種重要的顏料，它們是油漆、噴漆等主要的呈色劑(佔鉻用量 40.5%)。三、鞣製皮革：重鉻酸鈉( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )等重鉻酸鹽是製革工業用來鞣製牛皮、豬皮等的重要工業原料(佔鉻用量 3.4%)。四、玻璃和陶瓷器製造以及大理石、玉石等磨光：三氧化鉻是玻璃及陶瓷器製造業之重要綠色顏料，同時也是大理石、玉石等加工業不可或缺的磨光劑(佔鉻用量 2.9%)。五、鋁材及其他金屬表面處理：鋁材經硫酸陽極處理、水封等過程後的產品，就是日常所見之銀白色鋁門窗材料(佔鉻用量 0.1%)。六、其他用途(佔鉻用量 9.9%)：製藥和催化劑、煙火和炸藥、防腐蝕劑和膠黏劑、偽版印刷合金版及照相製版等。因鉻的廣泛被使用已造成 Cr 嚴重污染的空氣、土壤和水。無污染的水域中的鉻濃度變化從 0.1 到 0.5  $\text{mg L}^{-1}$  在淡水水域和從 0.0016 至 0.05  $\text{mg L}^{-1}$  在大洋水域，但紙磨污水中發現鉻的含量高達 80 ppm。因用途廣相對地容易造成污染，根據環保署規定之放流水標準規定，事業、污水下水道系統及建築物污水處理設施之放流水中所含之六價鉻含量不得超過 0.5  $\text{mg L}^{-1}$ ，總鉻的含量也必須低於 2.0  $\text{mg L}^{-1}$ 。飲用水水源水質標準也規定，地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源，或作為社區自設公共給水、包裝水、盛裝水及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之飲用水水源者，其鉻含量不得超過 0.05  $\text{mg L}^{-1}$ 。飲用水水質標準中，總鉻的含量也不得高於 0.05  $\text{mg L}^{-1}$ 。一般工業廢水中，主要的三價鉻有

$[\text{Cr}^{+3}]$ ， $[\text{CrOH}^{+2}]$ ， $[\text{Cr}(\text{OH})_2^+]$ 和 $[\text{Cr}(\text{OH})_4^-]$ 等四種離子；主要的六價鉻有 $[\text{CrO}_4^-]$ 和 $[\text{Cr}_2\text{O}_7^-]$ 等兩種離子。

鉻是動物也是人體必需的微量元素，而且無法自行合成，必須從食物或飲用水攝取。人體對無機鉻的吸收利用率極低，不到 1%；人體對有機鉻的利用率可達 10~25%。美國國家科學會建議每日鉻的攝取量 50~200  $\mu\text{g}$  如果每日攝取量大於 50  $\mu\text{g}$ ，吸收率約為 0.4~2.8%。天然食品中鉻的含量較低、且均以三價的形式存在。正常人血清中鉻濃度介於 0.3 及 1.0  $\mu\text{g L}^{-1}$  之間。尿液中鉻濃度小於 40  $\mu\text{g L}^{-1}$ 。過度暴露者血中鉻濃度常大於 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ ，24 小時尿液總量常大於 40  $\mu\text{g}$ 。鉻的生理功能是與其它控制代謝的物質一起配合起作用，如激素、胰島素、各種酶類、細胞的基因物質(DNA 和 RNA)等。鉻對人體的生理功能主要有 1.是葡萄糖耐量因子的組成部分，對調節體內糖代謝、維持體內正常的葡萄糖耐量起重要作用。2.影響機體的脂質代謝，降低血中膽固醇和甘油三酯的含量，預防心血管疾病。3.是核酸類(DNA 和 RNA)的穩定劑，可防止細胞內某些基因物質的突變並預防癌症。研究顯示：重度高血糖組及輕度高血糖組的血液中鉻含量比正常血糖組低，呈統計上之顯著差異，血液中的鉻含量與空腹血糖及胰島素濃度量呈顯著負相關( $r=-0.9931$ ； $-0.9529$ )，血液中鉻含量與低密度脂蛋白膽固醇及三酸甘油酯濃度也呈極顯著負相關( $r=-0.8504$ ； $-0.9894$ )，正常健康成人每天尿裡流失約 1  $\mu\text{g}$ 。美國國家科學學會建議每日攝取量為 50~200  $\mu\text{g}$ 。臺北醫學大學保健營養學研究所，進行第 2 型糖尿病患者的飲食中，添加含鉻的燕麥，了解對其血糖和血脂質的影響，試驗組的空腹血糖濃度、飯後血糖濃度在補充 4 週和 8 週後與對照組比較有統計上之差異。實驗組在補充 4 週後的空腹血糖濃度較補充前時下降 7.5%，在補充 8 週後的空腹血糖濃度較補充前時下降 7.3%。飯後血糖濃度在補充 4 週後較補充前時下降 11.5%，在補充 8 週後的飯後血糖濃度較補充前時下降 10.1%。由以上結果可知飲食中添加鉻燕麥對第 2 型糖尿病患者空腹和飯後血糖有顯著的改善。各種食物中以啤酒酵母、廢糖蜜、乾酪、蛋、肝、蘋果皮、香蕉、牛肉、麵粉、雞以及馬鈴薯等為鉻的主要來源。

臺灣地區 5 類主要農業土壤(紅壤、黃壤、砂頁岩沖積土、粘板岩沖積土、片岩沖積土)中鉻全量平均為 73.1~155  $\text{mg Kg}^{-1}$ ，而 0.1 M HCl 可抽出之鉻，則均小於 0.5  $\text{mg Kg}^{-1}$  之偵測極限，雖然植物不容易自土壤吸收鉻，鉻又是人體與動物必需之微量元素，行政院衛生福利部並未訂定農產品重金屬鉻之限量標準，而行政院

環境保護署訂定全量鉻濃度在一般土壤污染管制標準值為  $250 \text{ mg Kg}^{-1}$ ，土壤污染監測標準值為  $175 \text{ mg Kg}^{-1}$ 。鉻、銅、鋅、鎳等重金屬對作物之毒性高於對人體或家畜之毒性，因此土壤中雖含高量之鉻、銅、鋅、鎳等重金屬，也不容易生產出足以使人體或家畜中毒之食物，亦即，不可能經由作物而轉入食物鏈中。土壤含鉻高達  $50 \text{ mg Kg}^{-1}$  時，能造成植物中毒死亡，在  $5\sim 50 \text{ mg Kg}^{-1}$ ，許多作物的根功能受抑制，生長緩慢且葉片捲曲與褪色。在水稻盆栽試驗中，發現水稻所吸收的鉻可轉移至莖葉及穀米中，吸收量依序是稻草  $>$  稻穀  $>$  糙米。進入稻株的鉻約有 92% 累積在莖葉，5% 在稻穀中。又水稻對六價鉻吸收較為容易，且易從莖葉轉移至糙米中。從空氣和水及食物鏈比較起來，植物中的鉻是進入人體的主要來源。最近日本有報告指出，分析日本與中國生產之梅果種仁鉻元素含量，也能提供做為鑑別梅子產地之參數，有關重金屬鉻所扮演的角色是應該從多方面去探討。因此，不論如何，過量的鉻將對人體與作物造成毒害。

## 結 語

鉻是人體與動物必需的微量元素，在肌體的糖代謝和脂代謝中有其特殊作用。但不是植物必需的元素，由於人類文明與鉻被廣泛使用於各種材料及器具，因而增加鉻污染機率。在鉻的化合物中，三價鉻幾乎是無毒的，但六價鉻卻具有很強的毒性，特別是鉻酸鹽及二鉻酸鹽的毒性最強，通常鉻先以六價鉻的形式滲入細胞，然後在細胞內還原為三價鉻而構成“終致癌物”，與細胞內大分子相結合，引起遺傳密碼的改變，進而引起細胞的突變和癌變。總之，微量吸收鉻對人體有益，若超過人體需求量時，將對人體產生健康之風險。

## 參考文獻

1. 土壤及地下水汙染整治網-國內場址列管情形 <http://sgw.epa.gov.tw/public/>。
2. 王銀波、趙震慶 1990 重金屬對土壤共生菌之效應 p.195-209 第二屆土壤污染防治研討會論文集。
3. 何建仁、吳雅婷 2007 參加第 8 屆東亞及東南亞土壤科學聯盟國際研討會議暨參訪行程出國報告書 行政院及所屬各機關出國報告。
4. 李錦地 1980 臺灣工業的鉻污染 科學月刊 11(2): 63-65。

5. 林浩潭、李國欽、賴七仙 1992 臺灣地區不同作物對土壤中重金屬吸收之探討 p.293-308 第三屆土壤污染防治研討會論文集 國立中興大學土壤學系 臺中、臺灣。
6. 林浩潭、翁愷慎、李國欽 1992 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(4): 463-470。
7. 林浩潭 1997 市售化學肥料中重金屬含量 土壤肥料通訊 62: 30-32。
8. 林浩潭、陳素文、沈季蓉、翁愷慎 2005 重金屬污染土壤以本土植物復育之探討 植物保護學會會刊 47: 241-250。
9. 胡念之、陳昱宏、沉仲達 2009 三價鉻在糖尿病治療的角色 家庭醫學與基層醫療 24(10): 362-364。
10. 徐玉標 1989 重金屬污染知多少 科學月刊 20(5): 349-352。
11. 許正一 2011 土壤重金屬知多少 科學發展 468: 54-59。
12. 陳文英 2009 鉻對胰島素訊息傳遞及肝損傷之研究 中興大學獸醫學系暨研究所學位論文。
13. 陳尊賢、陸瑩、黃東亮、吳芳娥 1992 臺灣地區主要農業土壤中重金屬之鹽酸抽出量與全量之相關性 p.125-140 第三屆土壤污染防治研討會論文集 國立中興大學土壤學系 臺中、臺灣。
14. 連深、郭鴻裕、朱戩良 1990 臺灣地區土壤重金屬自然含量調查 p.97-112 第二屆土壤污染防治研討會論文集 國立臺灣大學農業化學系 臺北、臺灣。
15. 楊盛行、鍾仁賜、陳婉君、魏嘉碧、張則周、林鴻祺、黃山內 1992 有機肥料重金屬含量及其對作物之影響 p.219-232 第三屆土壤污染防治研討會論文集 國立中興大學土壤學系 臺中、臺灣。
16. <http://zh.wikipedia.org/>。
17. 劉巨濤、朱志國、華瑞年、劉曉偉、劉新 2000 中老年糖尿病輕重度患者血清中的鐵鉻鈷鎳 光譜學與光譜分析 20(1): 87-88。
18. 盧婉玲 2007 飲食中添加加鉻燕麥對第 2 型糖尿病患者血液生化值之影響 臺北醫學大學保健營養學研究所 碩士論文。
19. 賴明宏、黃千玲、許重輝、鄭心嫻 2000 糖尿病患者血液中三價鉻與葡萄糖及脂質濃度之相關性 臺灣營養學會雜誌 25(3): 140-147。

20. 井上博道、梅宮善章、中村ゆり 2005 ウメ干しの仁の微量元素濃度による日本産と中國産の判別 日本土壤肥料學雜誌 76: 6 875-890。
21. Adel M. Zayed and NorMan Terry 2003. Chromium in the environment : factors affecting biological remediation. *Plant and Soil* 249: 139-126.
22. Alloway B. J. 1990. Soil Processes and Behavior of Metals. p7-28. *in* B.J. Alloway (ed), *Heavy Metals in Soils*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
23. Cary, E. E., W. H. Alloway, and O. E. Olson. 1977. Control of chromium concentrations in food plants. I . Absorption and translocation of chromium by plants. *J. Agric. Food Chem.* 25: 300-304.
24. Khairiah J., Yu Huay Yin, Khairul Nadiyah Ibrahim, Ang Wee Wee, A,Aminah, A. Maimon, M. K. Zalifah and Gerk A.K. Giber 2002 Bioavailability of Chromium in vegetables of Selected Agricultural Areas of Malaysia. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(4): 471-473.