

摘要

天然動情激素 (E_2) 與其代謝物—雌素酮 (E_1)、雌素醇 (E_3)，以及人工合成雌性激素—乙炔動情激素 (EE_2) 具有生物活性，可能廣泛影響環境水體生態。目前針對減少這類化合物排放之探討，著重在污水處理廠之移除效率；然而對於以河水、水庫作為飲用水水源的我們，對飲用水處理單元是否能夠有效去除雌激素所知極為有限。

本研究以淨水場之原水為基質，添加 100 或 500 ng/L 之雌激素標準品，然後於實驗室模擬前加氯、混凝沉澱、快濾及後加氯等典型之淨水程序，以瞭解各處理單元對於移除類固醇雌激素之效率；並同時調查台北市長興淨水場原水及清水中雌激素的濃度。樣本以固相萃取結合液相層析/質譜/質譜儀進行定量分析。

在前加氯單元， E_1 、 E_2 、 EE_2 及 E_3 之平均去除率約在 20—40%；混凝沉澱則可移除 17—52% 的雌激素；快濾單元部份，除 E_3 外，其餘皆有 95% 以上的去除率；在後加氯方面，四種化合物之去除率變異較大，去除率約在 17—44%。顯然地，快濾機制的移除效果遠優於其他淨水單元 ($p < 0.001$)。另外經全流程處理之後， E_1 、 E_2 和 EE_2 的去除率皆大於 88%， E_3 去除效果較差，低於 84%。

濃度對去除率的影響， E_1 和 E_3 在四個處理單元的去除率皆無明顯差異； E_2 在前加氯及混凝/沉澱二個單元則有統計上之差異 ($p < 0.05$)，前加氯單元以高濃度時去除效果較佳，混凝/沉澱單元則反之； EE_2 的移除只在後加氯單元受濃度差異之影響 ($p = 0.002$)； E_3 之移除率在快濾及後加氯單元雖未達顯著差異 ($p = 0.053$ 與 0.059)，但平均去除率皆相差約 9%。全流程處理後，只有 E_3 受濃度差異之影響 ($p = 0.002$)。

各化合物間去除趨勢顯示，在 500 ng/L 濃度，前加氯單元，E₂ 去除效果顯著大於 E₃ ($p = 0.031$)；混凝/沉澱單元中四種化合物間均未達統計上之差異；快濾單元及全流程單元，E₃ 去除率亦顯著小於 E₁、E₂ 及 EE₂ ($p \leq 0.001$)；後加氯單元中此四者間亦無達統計上之差異。在 100 ng/L 濃度部分，四種化合物在各處理單元之去除趨勢並無一致，除混凝/沉澱單元中 E₂ 去除效果顯著大於 EE₂ 外 ($p = 0.028$)，其餘皆無統計上之顯著差異。

淨水場之原水有些樣本可偵測到微量之 E₁、E₂、EE₂ 及 E₃；在高於偵測極限的樣本中，平均濃度為 1.57–2.37 ng/L；但是在淨水場出水樣本中，四個化合物含量皆低於偵測極限 ($<0.06-0.15$ ng/L)。

本研究顯示淨水場各處理單元移除雌激素之效率的確有所差異；整體而言，淨水流程可去除大部份的雌激素，且原水中之含量屬極微量，因此民眾經由此途徑之暴露應可忽略。

關鍵字：去除效率、固相萃取、液相層析/質譜/質譜儀、前加氯、
混凝/沉澱、快濾、後加氯