

## 去除豬場廢水中雌激素化合物

環境中之雌激素化合物(estrogenic compounds)，會影響水生生物體內分泌的正常功能。雌激素主要來自脊椎動物，並經由廢水處理廠排放到河流，另外來源是由雨水將農地上的家畜排泄物沖入水中。

雌激素化合物會受到特別重視，是因為家畜排泄物是環境水中雌激素的主要來源，在美國由牛和豬產生的這類化合物，較城市污水處理廠排出的還多。每年由農場的動物(包括牛、豬、羊和雞)排泄物產生的雌激素，估計在歐盟和美國分別可達 39 噸和 41 噸之量。

分析流過牛場雨水至池塘的水樣， $\beta$ E2(17 $\beta$ 雌二醇，一種雌激素)的濃度在每公升 0.05 到 7.4 奈克(ng/L)之間，這樣的濃度已經會影響池塘中烏龜的正常繁殖情況。事實上，來自農業生產的廢水中，所含雌激素的濃度比城市污水高 3 到 4 倍。

在鄰近豬場的井水曾測出 E1(雌酮，一種雌激素)濃度為每公升 4.5 奈克的紀錄，故農業生產不僅會影響到地面水也會影響到地下水。對於許多與牧場相關活動排放出的類固醇激素問題，卻很少有研究。此外，在去除這類化合物上，對於牧場活動排放廢水處理的衝擊及其需求的程度，都還是未知。

日本農林水產省在 2004 年 12 月修定牧場廢水回收再利用的法律，試圖將家畜牧場的廢水對環境的衝擊降到最低。一般建造廢水處理工廠來處理牧場廢水，目標是降低排放水的生化需氧量(BOD)、懸浮固體(SS)、氣味、氮和磷。然而，對於雌激素化合物和其他有毒物質的排放及處理，並未加以特別的規範。

最近有研究利用細胞株的基因表現，作為體外的生物活性測試，並以液相層析質譜儀(LC/MS 或 LC/MS/MS)來鑑定及定量可能的雌激素化合物。利用這兩個工具來偵測豬場廢水及廢水處理過程中，各步驟的雌激素物質產生量，證實豬場廢水是環境中雌激素化合物的部分來源。

雌激素的活性及化合物本身，可經由一系列的上流式厭氧污泥床(up-flow anaerobic sludge blanket; UASB)處理過程及生物滴濾池(Trickling filter)裝置去除。比較流入(未經處理之養豬廢水)及流出的水樣，處理過程可將 44% 至 99% 的雌激素化合物除去，特別是天然的雌激素，如雌酮(E1)、17 $\beta$ -雌二醇( $\beta$ E2)、17 $\alpha$ -雌二醇( $\alpha$ E2)、雌素醇(estriol, E3)及馬雌酚(equol, EQO)，移除的效率為 96% 至 99%。豬場廢水中少量合成的雌激素化合物如 4-壬基酚(NP)、4-三級辛基酚(OP)和雙酚 A(BPA)等酚衍生化合物，則去除的效率較差，移除的效率在 46% 至 85% 之間。

使用體外培養細胞的基因表現偵測雌激素活性，以層析質譜儀分

析測定雌激素化合物，是得知廢水中關鍵性的污染物的有效方法，並可鑑別存在水中的未知化合物。研究結果說明，對於牧場來源及處理後釋出的有毒物質必須加以監控。

(顏重河摘譯/林志勳審 Environmental Science & Technology, 40(24):7896-7902, Dec. 2006)

AMIA