

## 黴菌毒素之影響及控制

黴菌毒素主要屬於 *Aspergillus*、*Fusarium* 及 *Penicillium* 等真菌類之二次代謝產物。在適當環境條件下，真菌類產生黴菌毒素所造成之危害，可因飼料不同濃度的汙染，採食動物之不同品種、期間、年齡、營養及健康情況而定。

### ■對健康和生產力的影響

一般而言，豬對於黴菌毒素極為敏感，因此黃麴毒素(Aflatoxins)在豬的研究甚多，其危害包括哺乳豬、生長肥育豬甚至種豬皆有中毒的報告。臨床及病理變化有飼料採食量減退、增重速率降低、飼料效率變差，以及中毒性肝炎、腎臟及全身性出血。黃麴毒素亦可由懷孕母豬經其子宮傳給仔豬，進而影響仔豬正常的免疫反應。黃麴毒素對豬隻的影響，主要取決於飼料內毒素的濃度、動物年齡以及採食飼料時間之長短而異。

嘔吐毒素(Deoxynivalenol，或 Vomitoxin)源自於豬隻採食發黴的玉米所致。臨床上可見豬隻拒食(因毒素造成穀物適口性差)、生長遲緩或體重減輕、疾病感染機會增加、消化障礙(包括下痢及嘔吐)，故名嘔吐毒素。其他症狀包括母豬發情不正常，生產性能降低；保育豬隻死亡率升高、年幼豬隻易有消化道炎症或急性下痢等症狀，解剖

後可見腹腔有出血現象。

T-2 毒素(Trichothecenes；新月毒素)是另一個危害豬隻的黴菌毒素，田間試驗發現採食飼料中含 200ppb 或更少的量，即可造成繁殖障礙。若豬隻採食 1-2ppm 的 T-2 毒素，則可能因子宮及卵巢受損而造成不孕。

F-2 毒素(Zearalenone；F-2 toxin)對豬隻造成的危害也是以繁殖障礙為主，此毒素對豬場經濟效益影響最為嚴重。當豬隻採食超過 0.1-5ppm 則可引發動情素症候群(Oestrogenic syndrome)，臨床症狀有母豬外陰部腫脹、水腫及乳腺肥大，在年幼雄豬則造成睪丸萎縮現象，年少女豬對 F-2 毒素極為敏感，中毒時可見其子宮脫出。

赭麴毒素 A (Ochratoxin A；OTA)主要傷害豬隻之腎臟，通常可在屠宰時發現豬隻有腎病。採食極高濃度赭麴毒素 A 可影響種公豬生育率及形成畸胎。赭麴毒素 A 可透過胎盤阻礙胎兒生長，造成剛出生仔豬尾巴壞死。採食汙染飼料後，不但豬隻健康和生產力造成損害，而且屠宰後豬隻部份屠體廢棄，造成經濟損失。因為赭麴毒素 A 與血清蛋白結合速率高，且其半衰期長，故可能殘留在豬肉和肉製品內，進而對消費者造成影響。

伏馬鏈孢毒素 B1 (Fumonisin B1)主要造成豬隻呼吸道及心臟功能傷害，引起豬隻肺水腫(porcine pulmonary oedema；PPE)。

## ■清除污染之方法

黴菌毒素的污染可能發生在田間收成前或貯存期間。清除黴菌毒素主要可以分成物理性、化學性及生物性三種方法。

### 物理方法

去除黴菌毒素主要是著重在清潔，機械式分類、分離、清洗、加熱不活化、放射線、微波、超音波及溶劑萃取。物理方法分離黴菌毒素有一定的效用，但部份毒素仍殘留於原料中，黴菌毒素的殘留將影響飼料營養成份，大部份黴菌毒素對熱皆穩定，故加熱無法提供為清除黴菌毒素的好方法。

### 化學方法

不同的化學物品對黃麴毒素和其他黴菌毒素有不同的降解效果，這些化學物品包括酸類、鹼類、氧化劑、還原劑、氯化劑、鹽類及甲醛等。使用化學品來去除黴菌毒素必須先經過乾燥及清潔等過程，所以花費較多的時間及金錢。雖然某些化學去毒方法有效，但它無法符合所有要求，尤其是相關除黴產品之安全性和處理後飼料中營養分之改變。

### 生物方法

生物性清除黴菌毒素主要是依靠特異的微生物、酵素破壞個別的黴菌毒素，或以吸附劑與毒素結合而使其不活化。例如 HSCAS

(hydrated calcium sodium aluminosilicate) 為一種吸附劑，根據研究結果顯示，它能保護家畜免於黃麴毒素中毒，但是對伏馬鏈孢毒素、嘔吐毒素、T-2 毒素及赭麴毒素 A 則無效。因此，科學家研發天然礦物質與有機化合物組成，包括有 C18-分子的特異性化學品，這類粘著劑叫"Organoclays"，許多研究報告指出，在體外試驗中它可以吸附大多數的黴菌毒素。

2001 年 Lembke 等人以二種 organoclays 與 F-2 毒素 (Zearalenone) 結合，進行老鼠子宮重量評估試驗。飼料中投與 0.25% organoclays 對老鼠並不會產生任何負面作用，但也不能抑制飼料中含 F-2 毒素所引起動情素效應。當飼餵 0.5% organoclays 則會減少增重，不論單獨飼餵 F-2 毒素或 F-2 毒素加 organoclays，對子宮重量兩者並沒有明顯的差異。相對的，子宮與體重比，organoclays 加 F-2 毒素組比單獨飼餵 F-2 毒素組則有明顯的增加。

使用微生物或酵素皆可清除黴菌毒素。這方法的特色是可以降解或改變黴菌毒素，使其減輕或不具毒性。之前有些微生物被用來降解黴菌毒素活性，第一個能清除黃麴毒素的菌屬為 *Flavobacterium aurantiacum*。好氧菌 *Phenyllo-bacterium* 可用來降解赭麴毒素 A。近年，有學者研發飼料添加劑來清除飼料中新月毒素群，它自牛瘤胃分離出來，屬於真菌屬之細菌，此微生物主要在小腸再吸收毒素之前

作用，可清除新月毒素群。

## ■ 黴菌毒素之控制策略

科學家發現，某些粘著劑能有效使黃麴毒素不活化(如 bentonites、zeolithes 及 diatomites)

，其吸附能力與不同的 pH 值有關。有許多粘著劑在 pH 6.5 (模擬小腸內 pH 值)環境之吸附能力最好，只有少部份粘著劑在 pH 3.0 (模擬胃內 pH 值)環境之吸附能力最好。由此結果可知，若將不同的粘著劑混合使用，將可得到較好的效果。

有超過 80 種礦物質用來進行結合新月毒素群試驗，只有 8% 能與嘔吐毒素結合，而最大吸附率僅 6%，表示這些粘著劑不適合用於清除新月毒素群之用。後來有科學家在瘤胃內分離到一株新細菌，為 Eubacterium 菌屬，命名為 BBSH797，這種厭氧菌能產生 epoxidase-reductase，有能力將新月毒素群破壞。在淋巴球增殖及酵母菌生物分析試驗中，發現此菌之代謝產物對淋巴球和酵母菌並無毒性。另外，體外試驗發現此粘著劑與赭麴毒素 A 之結合，須在 pH 3.0 環境才能有 80% 的結合能力，如果在 pH 6.5 則結合效力不佳，與其他粘著劑做比較，可知結合能力與 pH 值有關。

學者使用二種 organoclays 在肉雞進行試驗，評估其 EEf (European Efficiency Factor)，在試驗 35 天之後，二種 organoclays

的 EEF 分別為 193 及 224。EEF 較差的原因可能因為 organo-clays 也與維生素及其他必需的營養份結合所致。故由這試驗可知，這二種 organoclays 並不適用於清除飼料中赭麴毒素 A。

篩選牛隻瘤胃、豬或昆蟲腸道內容物以及土壤樣本的微生物是否有能力降解赭麴毒素 A，到目前為止有超過 20 種可以清除赭麴毒素 A 的細菌及酵母菌被分離出來。大部份的菌株都能降解赭麴毒素 A 成為無毒的 Ochratoxin  $\alpha$ 。目前實驗發現最佳降解赭麴毒素 A 的菌株是 *Trichosporon mycotoxinivorans*。此菌對人類及動物無害，在試驗中 *T. mycotoxinivorans* 也有能力降 F-2 毒素。

#### ■ 黴菌毒素不活化之策略

柏林大學使用 Mycofix Plus 進行母豬繁殖性能之評估，發現對於小豬高動情素、耳朵與尾巴及乳頭壞死、皮膚水腫均有明顯改善。雅典農業大學研究赭麴毒素 A 與 *T. myco-toxinivorans* 對肉雞的影響。肉雞給與 0.5ppm 赭麴毒素 A，六週後平均重量為 1804 克，然而投與赭麴毒素 A 加 *T. mycotoxinivorans*，最後平均重量為 1893 克，對照組 42 天後平均重量為 1885 克，由此發現 *T. mycotoxinivorans* 可以減輕赭麴毒素所造成的負面作用。

#### ■ 結論

使用飼料添加物來不活化黴菌毒素的策略有許多，不活化黃麴毒

素 B1 對於牧場經濟效益有很大的幫助。從牛瘤胃分離之新菌株(BBSH 797)，可以使用於清除嘔吐毒素和其他新月毒素群。另外一株酵母菌 (T. mycoto-xinivorans)，可以作為飼料添加物，有效的降解赭麴毒素 A 及 F-2 毒素。

(鍾玉東摘譯 / 吳繼芳審 International Pig Topics, 19(4):  
11-15, 2004)