第三章 基本理論

3.1 毒性試驗終點種類

一般而言，藻類毒性試驗終點可分為兩種：(一)利用含有藻類溶液的溶氧濃度變化(Delta DO，△DO)，討論有機物毒性對藻類光合作用的影響(二)利用藻細胞顆粒數的變化，討論有機物毒性對藻類 growth rate 和 final yield 的影響。以下說明各種抑制率的算法：

(1)以溶氧濃度變化為觀測終點時，毒物對藻類△DO 的抑制率算法：

$$\text{Inhibition rate on }\triangle\text{DO} = 1-\frac{\Delta DO_t}{\Delta DO_c}$$

$\triangle DO_t$表示有添加毒物的處理組藻類於四十八小時後的溶氧變化值

$\triangle DO_c$表示無添加毒物的控制組藻類於四十八小時後的溶氧變化值

(2) 本研究進行藻類毒性試驗初期的植種藻細胞數為 15000 cells/ml，因此以藻細胞顆粒數的變化為觀測終點時，毒物對藻類 growth rate 的抑制率算法：

$$\text{Inhibition rate on growth rate} = 1-\frac{\ln(N_t/15000)}{\ln(N_c/15000)}$$

N_t表示有添加毒物的處理組藻細胞顆粒數

N_c表示無添加毒物的控制組藻細胞顆粒數

(3)本研究主要針對有機物毒性對藻類 final yield 的影響，在不同濃度下，有機物對藻類 final yield 的抑制率算法如下：

$$\text{Inhibition rate on final yield} = 1-\frac{N_t-15000}{N_c-15000}$$

N_t表示有添加毒物的處理組藻細胞顆粒數

N_c表示無添加毒物的控制組藻細胞顆粒數

3.2 毒性預測模式

進行生物毒性試驗時，生物體受毒性物質影響或死亡之百分率，會隨著毒性物質濃度的變化，而呈現S型曲線形狀，此曲線稱為劑量反應曲線(Dose-response curve)；在劑量反應曲線座標中，通常x軸代表毒性物質的濃度，而y軸代表毒性物質對受測生物體的抑制率。在毒性試驗過程中，受測生物受毒性影響造成 50%抑制或死亡，稱為EC_{50} (50% Effect Concentration) 或LC_{50} (50% Lethal Concentration)。生物體受毒性物質影響的劑量反應關係如圖 3.1 所示。虛線與實線分別代表受測生物體A與B的劑量反應曲線，可以看出虛線的斜率大於實線的斜率，表示生物體A對毒性物質的容忍範圍較小，亦說明了生物體A對毒物濃度的變化較敏感：微量的濃度變化即可導致抑制率的明顯改變。而在抑制率為 0.5 處，延伸至兩曲線所對應的毒性物質濃度，即為毒性物對生物體所造成的半至死濃度(EC_{50})。

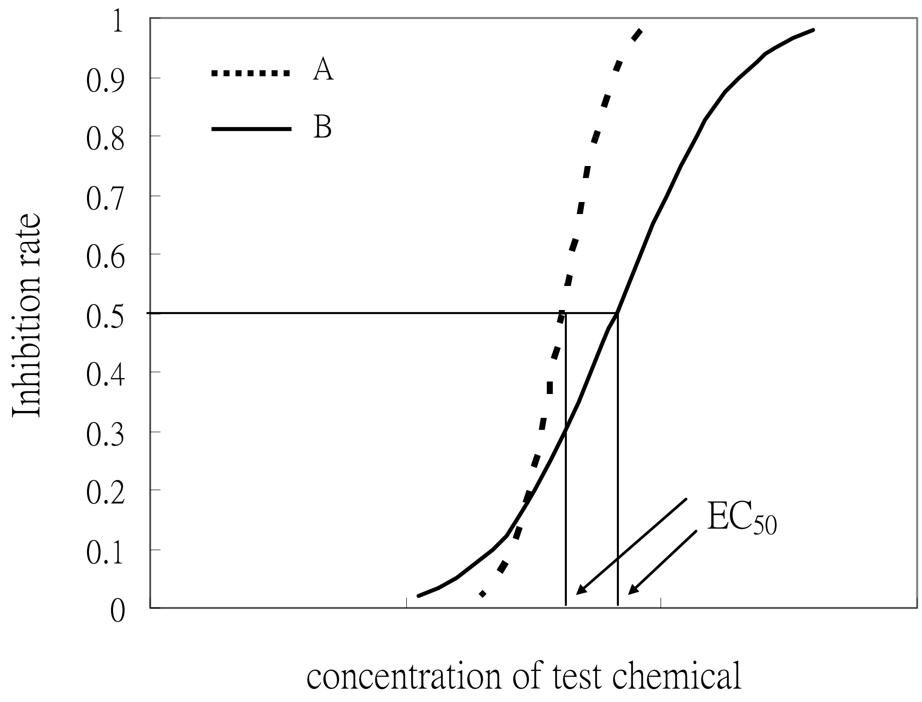

圖 3.1 典型的毒性試驗劑量反應曲線

由於欲從原來數據直接求得EC_{50} 並不容易，通常必須藉由模式的轉換而求得，此種數學轉換模式便稱為劑量-反應關係模式。本研究所選用的模式為Probit，其假設生物對毒性物質的容忍度分佈為常態分佈 (Normal distribution)，此模式為許多文獻中 (Di Marizo et al., 2001, Akers et al., 1999, Davies et al., 2004)用來分析水體生物毒性試驗結果時，最常使用的模式。在Probit轉換式中，毒性物質之S型濃度反應曲線先轉換成NED （Normal Equivalent Deviation）scale之直線，其中 50 % 抑制率（P）對應至NED scale上時為 0，而 84.1% 則對應為 1，而NED scale的座標值加上 5 即為Probit座標之概率單位Y值（Y＝NED＋5），當Y＝5 時表示一半的測試生物受到毒性物質抑制，此時對應的毒物濃度就是EC_{50}。在表 3.1 中說明了Probit 模式的容忍度分佈公式：

表 3.1 Probit 容忍度分佈公式

Transformation	**Probability density**
$Y = \alpha + \beta \log(z)$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{t^2}{2})$
Probability of no-response Q	**Transform vs. P**
$\int_{Y-5}^{\infty} \exp(-\frac{t^2}{2})dt = \frac{1}{2}(1 - erf(\frac{Y-5}{\sqrt{2}}))$	$Y = 5 + \sqrt{2} erf^{-1}(2p-1)$
Probability of response P	**Transform vs. Q**
$\int_{-\infty}^{Y-5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{t^2}{2})dt = \frac{1}{2}(1 + erf(\frac{Y-5}{\sqrt{2}}))$	$Y = 5 + \sqrt{2} erf^{-1}(1-2Q)$