

112 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試
類 科：農業技術
科 目：土壤學

劉明老師解題

一、請定義陽離子交換能力 (cation exchange capacity, CEC) 和鹽基飽和度 (base saturation)，以及列出主導土壤 CEC 的土壤組成與影響土壤 CEC 值大小的因子。(20 分)

1. 《考題難易》：★★★★
2. 《解題關鍵》：了解土壤陽離子交換能力和鹽基飽和度定義及影響因子
3. 《命中特區》：土壤學講義 II PP. 14 至 PP. 18 與土壤學題庫講義 PP. 177 題 47

【擬答】：

(一)

1. 陽離子交換能力之定義：

每 100 克的烘乾土所含每一種可交換性陽離子的毫克當量數 (寫成 m.e./100g) (按： $\text{milligram} = 1/1,000\text{g}$ ， $\text{milligram equivalent} = \left[\frac{\text{質量}(\text{mg}) \times (\text{離子價數})}{(\text{原子量或分子量})} \right] / 100$ 克之烘乾土) 加起來的總數，稱為陽離子交換能力 (cation exchange capacity，簡稱 C.E.C.) 為土壤營養鹽的總量，可大略表示土壤的肥力。

2. 鹽基飽和度：

$$\text{鹽基飽和度}(\%) = \frac{[\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}]}{[\text{可交換性陽離子總量}] = \text{CEC}} \times 100\%$$

係指能在土壤溶液中解離的鹼根(base)離子，一般稱即是指 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 、 Na^{+} 、 K^{+} 四者，其當量毫克數 (m.e./100g) 的總和與 CEC 的比值稱為「鹽基飽和度」。

土壤中鹽基飽和度 (base saturation) 的大小，端視土壤膠體所吸附之可交換性鹼根離子種類與數量的多寡。鹽基飽和度通常是決定土壤呈現鹼性反應的重要關鍵，亦為植物生長所需的重要元素，故鹽基飽和度比陽離交換能力 (CEC)，更具有顯示土壤肥沃度的功能。土壤 pH 常與鹽基飽和度有密切關係，pH 低者鹽基飽和度亦低；少雨地區土壤的 pH 常在 7 以上，鹽基飽和度接近 100%。

(二) 主導土壤 CEC 的土壤組成：

1. 土壤中所含膠體的比例：

凡土壤含膠體量愈多，則整體顆粒越細，則比面積愈大，離子的吸附與交換能力愈大，則 CEC 愈大。

2. 土壤所含膠體的種類：

有機膠體因表面常帶負電，有助於吸附大量的陽離子，自然可交換的能量也就愈高，故其 CEC 常大於無機膠體。

3. 粘粒的所佔土壤質地的比例與粗細：

土壤中粘粒的比例愈高，相對土壤膠體比例通常也就愈高，自然 CEC 有趨於愈大；粒子愈細則表面積愈大，膠體吸附或交換離子能力愈強，CEC 愈大。

4. 粘土礦物的種類：

同一種陽離子在不同類型的粘粒上，其交換性有所差異，2:2 型的粘土礦物 (如綠泥) 即較 1:1 型的粘土礦物 (如高嶺石) 等，有較大的比面積可供陽離子交換，故其 CEC 也較大，如高嶺石類之 CEC 為 2-5me/100g、伊來石類為 15-40、膨潤石類為 80-120、蛭石類為 100-180、綠泥石類為 10-40。

(三) 影響土壤 CEC 值大小的因子：

1. 溫度的影響：

一般而言，溫度增高有降低 CEC 之趨勢，因加溫有助於陽離子向內移動至晶格中，較不

易被交換出而解離。

2. 粘粒磨細的影響:

粒子經過磨細後因表面積增加，有助於離子的相互吸附與交換，故 CEC 增大。

3. 風化與 pH 對 CEC 的影響:

土黏土風化越大會降低土壤的 CEC，但會增加土壤之 AEC 如圖 1。土壤的 pH 值增加會增加土壤之 CEC 如圖 2。有機質體的 CEC 最大。

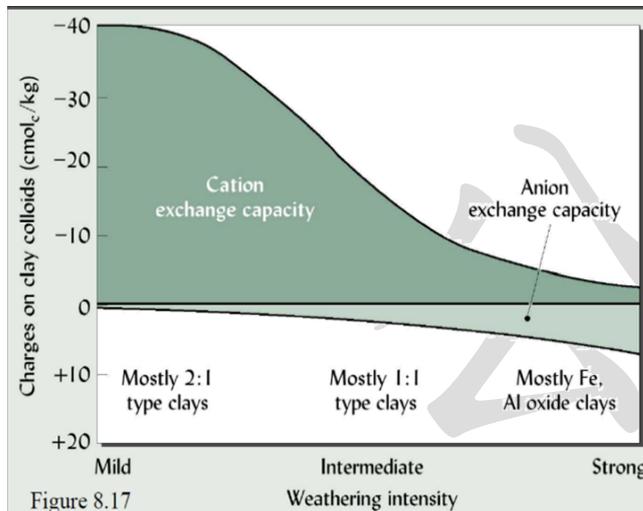


圖 1 土黏土風化對土壤 CEC 的關係

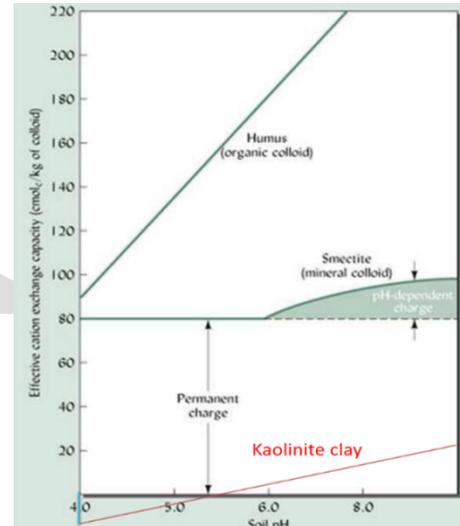


圖 2 pH 值對 CEC 的影響圖

二、何謂酸性土壤？土壤酸度的來源有哪些？請說明改良酸性土壤的方法。(20 分)

1. 《考題難易》：★★★★

2. 《解題關鍵》：了解土壤酸度的來源與改良酸性土壤的方法。

3. 《命中特區》：土壤學講義 1I PP. 29 至 PP. 30 與 PP. 33 及土壤學題庫講義 PP. 186 題 60

【擬答】：

(一)酸性土壤:

酸性土壤是指 pH 以降低到不適合植物生存，此時需要管理。

酸性土壤問題：

1. 強酸情形下，鋁、鐵、錳、鋅、銅等微量元素之溶解度均增加，植物生長可能遭受此類元素溶解度增加之毒害。
2. 磷之有效性降低，鈣、鎂缺乏。
3. 在酸性條件下，細菌、放射菌活性降低，影響微生物參與反應

(二)土壤酸度的來源:

1. 多雨:

鹼性離子長期受淋溶作用而脫離；有機質受微生物之分解作用產生有機酸、碳酸、硫酸、磷酸及硝酸等，其中以碳酸（雨水）最重要。若有酸雨的產生（主要為 SO_2 及 NO_x 等）。

2. 排水不良之低窪沼澤區:

排水不良之低窪沼澤區土壤中常含硫化鐵(FeS_2)礦物，排水改善後產生硫酸根：
 $\text{Al}^{+2} \rightarrow \text{Al}^{+3}$ ； $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ ； $\text{S}^- \rightarrow \text{S}^{-2}$ 。

3. 施用酸性肥料如硫酸銨、磷肥、氮肥等。

(1) 5 加入含銨(NH_4^+)肥料



(2) 加入含硫(S)肥料



4. 上游地區雨水帶入酸性物質。

5. 植物吸收陽離子(Plant uptake of cations)：

當植物的根吸收陽離子時，由於電荷之平衡根會釋出 H^+ 。

公職王歷屆試題 (112 地方特考)

三、土壤的形成最初始於岩石或各種沉積物的風化作用，再受到環境的影響。請詳細說明於自然環境中，土壤主要的育化作用。(20分)

- 1. 《考題難易》：★★★★
- 2. 《解題關鍵》：了解土壤的主要生成育化作用。
- 3. 《命中特區》：土壤學講義 1 PP. 40 至 PP. 46

【擬答】：

(一)土壤生成化育:

岩石經風化作用所產生的固體岩屑物質(Regolith)，加上植物和動物遺物經腐植化作用遺留之腐植質(Humus) (屬有機質)，經過充分的時間受各種自然力的作用，化育而形成土壤。這種自然力將土壤母質造成土壤的作用，稱為成土作用(soil forming)。土壤化育(soil genesis)係指個階段土壤生成的過程。成土作用泛指各種土壤的形成過程中的各種作用因子，包括：風化作用、淋溶作用、洗入作用、洗出作用、灰壤作用、紅棕化作用、鈣化作用、聚鐵作用、鹽土作用、鹼土退化作用、黏化作用、有機物聚化作用等作用在內，一個土壤的成土作用可能同時包涵數個化育過程。

四個土壤形成的過程為外在物質的加入(Additions)如有機質，內在物質的流失(Losses)如洗出作用，土壤礦物的轉變(Transformations)與土壤礦物的上下移動(Translocations or transfers)，此過程如圖圖 4-4(The natural soil- Brady. Etc pp.75)

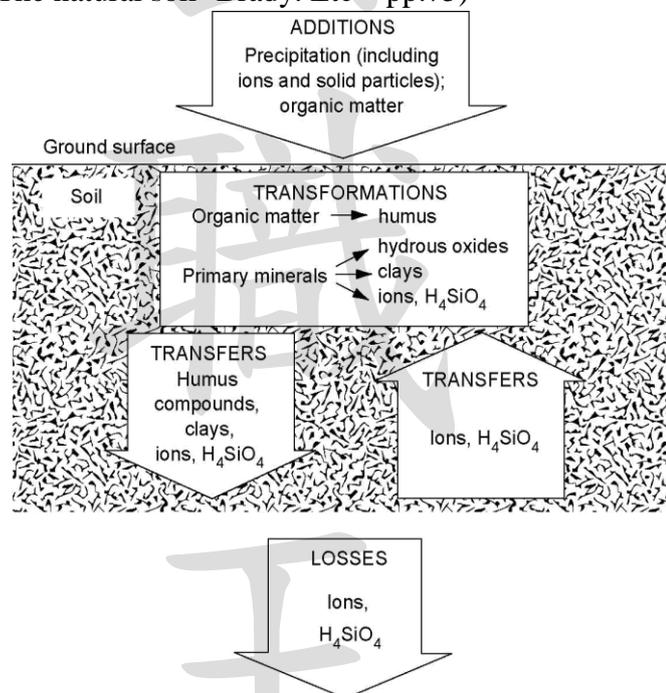


圖 4-4 土壤形成的過程

志光 學儒 保成 為你絕佳助攻

5大衝刺課程 帶你直攻高普考

測驗易點通
埋頭苦練 不如讓老師點通學習之路
常考題型知識強化 易錯題型觀念釐清

題庫班
讀書精熟 + 答題精準 = 快速上榜
題庫演練 精準教學 解題技巧

作文實戰班
作文學得好 同時提升寫作能力與論述邏輯
高分寫作指引 強化論述深度 架構分層演練 新式作文教戰

階段複習課
圖像精要複習鍛鍊 把重要考點烙印腦中
心智圖圖解運用 透過圖解複習 破解考題陷阱 針對考點分析

總複習
考點update! 時事修法update!
關鍵考點 最新考情 考前複習 短期密集

依各區規劃為主，請洽全國門市

而上述土壤形成的過程表示如下：

- ◆淋溶作用(leaching)：可溶性物質自土壤中移出之過程。
- ◆洗出作用(eluviation)：土壤中可溶性或懸浮性物質，隨水由上層移至下層之作用。
- ◆洗入作用(illuviation)：自上層土壤洗出之土壤物質澱積於下層土壤中。

(二)土壤主要的生成化育作用如下：

1. 灰(壤)化作用(Podzolization)：

灰壤化作用生成於低溫多雨的氣候，植生以森林為主且排水良好的土壤。由於多雨的環境， Ca^{+2} ， Mg^{+2} ， K^{+} ， Na^{+} 等離子多被淋溶帶走，故鹽類含量較小且酸性強。且由於天然森林所形成的有機質常分解成酸性腐植質，並溶解土壤中的含鐵、鋁化合物，向下移動。有色礦物被洗去原有的土壤因而形成顏色淺淡呈灰白色的灰壤。

2. 鈣化作用(Calcification)：

土壤的鈣土化作用主要發生於少雨區，故植生多為草原或灌木，土壤母岩則以含鈣較多的地層較易發育。主要原因是由於雨量不大，故在岩石風化過程中，所生成的 Ca^{2+} ， Mg^{2+} ， K^{+} ， Na^{+} 等離子，常以碳酸鹽形式被淋溶至表層下。 Ca^{2+} 為主要的離子，形成聚鈣土。

3. 紅壤化作用(Laterization)：

紅壤化作用多分佈於熱帶至亞熱帶地區，主要的氣候條件為高溫多雨。由於高溫的現象，使有機質分解容易，故土壤有機質的含量很少。低價的鐵化合物(Fe^{2+})氧化為高價鐵化合物(Fe^{3+})而多雨的現象使土壤中的 Ca^{2+} ， Mg^{2+} ， K^{+} ， Na^{+} 等鹽類被淋溶掉，而留下鐵與鋁的氧化物。

4. 鐵鋁化作用 Ferrallitization：

在熱帶至亞熱帶多雨的氣候下，土壤受強烈淋溶作用，大量的鐵鋁氧化物類（如 Fe_2O_3 ， Al_2O_3 ）積聚在土層的B層，此過程稱為鐵鋁質化作用。

5. 鹽土化作用(Salinization)：

6. 鹽土化作用指可溶性鹽類積聚於土壤中之過程。地表的可溶性鹽類聚積於土壤中，由於水分的蒸發，使土壤呈鹽土化作用。

其他作用：鹼土退化作用、黏化作用等。

四、土壤是一個包含礦物質、有機物、水和空氣的混合物，請定義土壤質地、土壤構造與土壤孔隙，以及申論三個土壤物理特性對於水分與養分在土壤之移動，以及對植物生長之影響。(25分)

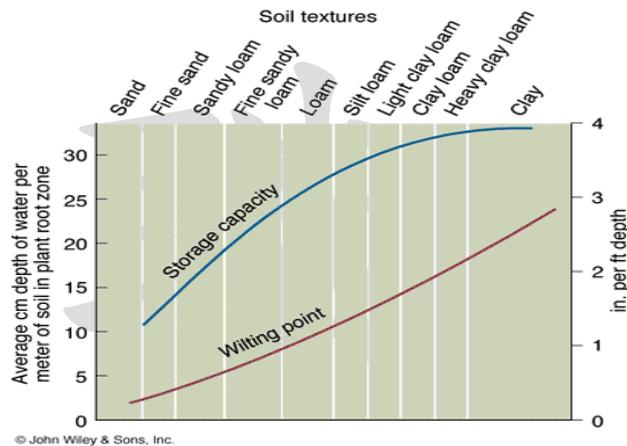
- 1. 《考題難易》：★★★★
- 2. 《解題關鍵》：了解土壤質地、土壤構造與土壤孔隙對於水分與養分在土壤之移動，以及對植物生長之影響。
- 3. 《命中特區》：土壤學講義 1 PP. 121 ，PP. 129 與 PP. 136 及土壤學題庫講義 PP. 125 題 53

【擬答】：

土壤質地、土壤構造與土壤孔隙三個土壤物理特性之定義及其對於水分與養分在土壤之移動，以及對植物生長之影響說明如下：

(一)土壤質地：土壤質地(Soil texture)是指土壤粗細的程度或土壤中大小土粒之分布。水分與養分在土壤之移動，以及對植物生長之影響說明如下：

土壤質地 (soil texture) 對土壤中植物有效水分 (plant available water) 含量影響如下圖，有效水分是指植物能吸收的土壤水分含量的範圍，其為田間容量(Storage capacity)減去凋萎係數(Wilting point)如下圖兩條線中的水分，由下圖可知壤土(loam)常是最佳的質地。它對於水及養分的涵養量較砂土(sand)好，同時它的排水性通氣性及農耕性質也比黏土(clay)來的合適。



志光 學儒 保成 快速考取 WinWay

五大學習方式 上課超便利

- 現場面授**
名師現場面對面 即時互動解答疑惑
- 直播教學**
即時登入直播跟課 掌握進度免等待
- 視訊課程**
手機APP預約上課 輔導期間 無限重覆看課
- WIFI看課**
專屬WIFI教室 讓你學習時間更彈性
- 在家學習**
使用在家補課點數 即可在家複習上課 (以老師授權科目為主)

依各區規劃為主，請洽全國門市

(二)土壤構造：是指土壤顆粒間互相結合或排列以組成團粒之情形。良好之土壤構造對水分與養分在土壤之移動，以及對植物生長之影響說明如下：

- 1.發育良好之構造，可減少水分蒸發，使土壤有適當的保水力，以供作物長期吸收水分。
- 2.發育良好之構造，使作物獲得適於吸收水分與養分之環境。
- 3.發育良好之構造，使土壤通氣良好，便於植物根部之呼吸及有益微生物之活動與繁殖。
- 4.發育良好之構造，使植物根容易伸展與穿透。發育良好之構造，有減低土壤侵蝕的功用，進而減少土壤養分的流失。
- 5.發育良好之構造，使土壤有良好的透水性而不致黏閉與積水。
- 6.發育良好之構造，使土壤有適宜的孔隙與孔隙率。
- 7.作物之生長需要土壤有良好的構造使其通氣良好與透水性佳

(三)土壤孔隙：土壤中固體粒子或粒團間的空隙稱為孔隙(pores)，孔隙中常為水與空氣共存狀態。孔隙的大小與孔隙的多寡，受到土壤質地、構造良好與否、水分含量等因素的影響，而孔隙大小與多寡決定了土壤中通氣的狀態、保持有效水的含量、有效養分的轉變與儲藏、種子的發芽率、根系的發展等因素。不同孔隙大小對水分與養分在土壤之移動，以及對植物生長之影響說明如下：

- 1.粗孔隙 (macropores)：又稱非微細管孔隙 (non-capillary pores)，指孔隙直徑在 0.06mm (60 μm) 以上的土壤孔隙，其性質為通氣容易與透水迅速。在土壤水分的管理上，扮演「排水」及「通氣」的角色(功能)。(根可進入)
- 2.細孔隙 (micropores)：又稱微管孔隙 (capillary pores)，指孔隙直徑在 0.06mm 以下的土壤孔隙，毛細管作用明顯，其水份的移動不受地心引力影響，係依靠微管作用移動。在土壤水分的管理上，扮演「保水」及「保肥」的角色(功能)。

志光 學儒 保成 做你的學習靠山

快速考取班

掌握考取節奏
安心學習無負擔

公職輔考第一品牌 只給你最好的

學費
省很大

全年課程不間斷，
一次繳清學費輔導
至考取

課程
最完整

完整課程循環，基
礎班→正規班→專
題課→總複習…等

上榜
賺獎金

報名考取班第一年
考取同職等考試，
頒發獎學金

加選
最超值

輔導期間加選其它科
目增加考試機會，另
享專案優惠

公約
有保障

考取班簽訂公約，
保障您的權利與義
務至考取為止

依各區規劃為主，請洽全國門市

公職王歷屆試題 (112 地方特考)

五、土壤物化特性影響污染物在土壤中之變化：

(一)以無機污染物而言，土壤對於無機污染物的主要作用機制為何？(8分)

(二)以有機污染物而言，土壤對於有機污染物的主要作用機制為何？(7分)

1.《考題難易》：★★★★

2.《解題關鍵》：了解土壤有機與無機污染物的主要作用機制。

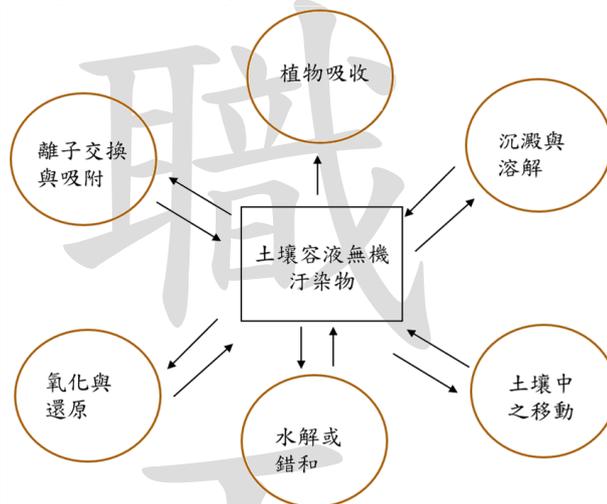
3.《命中特區》：土壤學講義 11 PP. 123 與 PP. 131

【擬答】：

(一)當無機污染物進入土壤後，其主要作用機制如下：

1. 氧化與還原：利用化學藥劑之注入，產生氧化、還原或中和反應，降低重金屬之毒性、移動性或使其沉澱。
2. 離子交換與吸附：重金屬可由帶負電之土壤膠體吸附。
3. 水解或錯和：土壤溶液中之重金屬被轉換其水解物或利用重金屬與陰離子結合成錯合物。
4. 植物之吸附：植物根部所分泌的根圈分泌物及所吸收的營養源可以提供根圈微生物生長所需，而微生物則可以增加植物根部的吸收面積及植物吸收累積的污染物濃度，因此對於重金屬污染土壤的整治而言。
5. 沉澱與溶解：重金屬與土壤溶液中之陰離子結合而沉澱而減少其移動性。
6. 土壤中之移動：無機污染物在土壤中之移動主要為質流(mass flow)與擴散(diffusion)，故了解無機污染物在土壤中之移動之影響因子可控制無機污染物之傳輸。

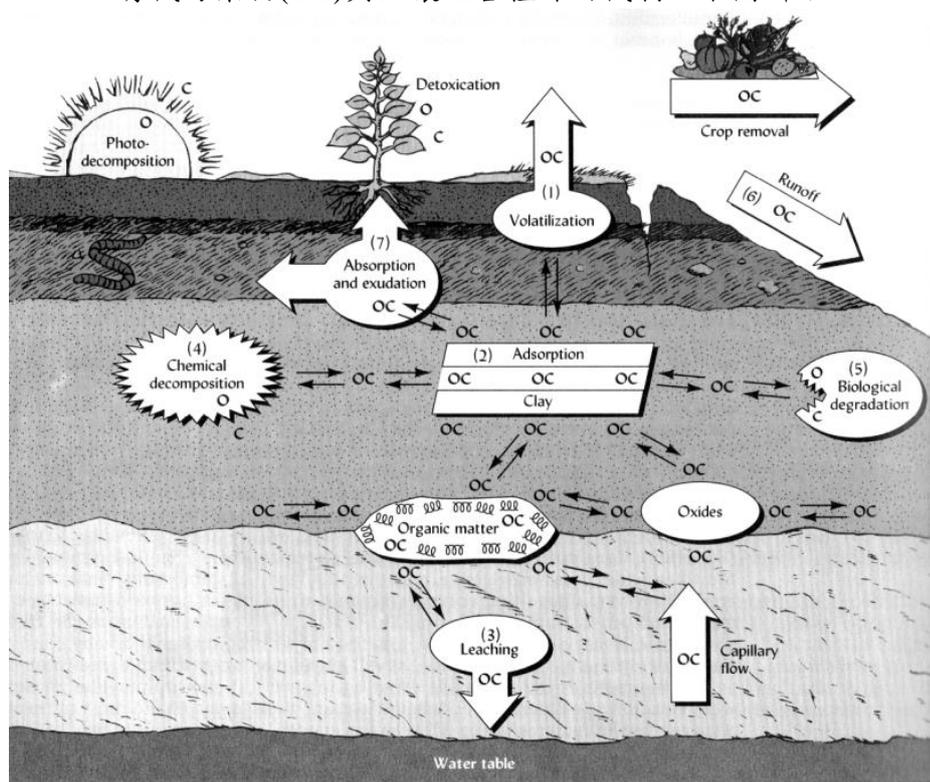
無機污染物與土壤之六種作用機制如下圖所示：



(二)當有機污染物(農藥)進入土壤後，其主要作用機制如下：

1. 表面之揮發(Volatilization)：未被吸附有機污染物會因揮發作用而逸入空氣。
2. 化學與生物分解(Chemical and biological decomposition)：利用微生物分解化學物質的能力，使土壤所含的污染物質無害化的技術。所花費的能源較少，但處理時間較長。
3. 土壤之吸附(Adsorption by soil solids)：有機污染物可由帶負電之土壤膠體吸附。
4. 植物之吸附 Absorption by plants：植物根部所分泌的根圈分泌物及所吸收的營養源可以提供根圈微生物生長所需，而微生物則可以增加植物根部的吸收面積及植物吸收累積的有機污染物濃度。
5. 在沖蝕土壤中之傳輸 Transport on eroded soil particles：有機污染物之傳輸。
6. 土壤溶液中之洗出(In solution, by leaching or in surface runoff)：藉由水的向下移動或水蝕而帶走有機污染物。

有機污染物(OC)與土壤之各種作用機制如下圖所示:



職
王