

113 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：農業技術

科 目：土壤學

考試時間：2 小時

劉明老師

一、請說明可增加土壤碳匯量之機制並列舉其相對應之農耕操作方式。(25 分)

1. 《考題難易》：★★★★
2. 《解題關鍵》：了解土壤碳匯之機制及土壤碳匯的方法。
3. 《命中特區》：土壤學講義 1 PP. 90 與土壤學題庫講義 I PP. 52 題 1

【擬答】：

(一)增加土壤碳匯量之機制:

土壤儲碳的方式，是將大氣中的二氧化碳，一部分儲存於樹幹最後再進入在土壤中。土壤中的碳又可分為有機型態的碳與無機型態的碳，有機碳來自生命體，主要來源是枯枝落葉、根的殘留物與分泌物，其次為動物、微生物的殘骸與排洩物等，這些含有碳的殘留物儲存在土壤中就稱為有機碳。而無機碳為大氣中的二氧化碳在土壤中成為碳酸根，再與鈣、鎂、鈉等陽離子沉澱成而為碳酸鹽，主要是碳酸鈣，少量碳酸鎂或碳酸鈉，不過遇水容易淋洗而流失。以上兩者皆為所謂的土壤碳匯。有機碳普遍存在各類型的土壤中，但碳酸鈣等無機碳主要集中在降雨量低於蒸發散量的乾燥地區。臺灣地區潮濕多雨，土壤中儲存的碳，絕大多數是有機碳，唯有西部近海平原的鹼性土壤，才會有碳酸鈣存在。因此當我們在臺灣就土壤的減碳與儲碳議題來說，應該圍繞在有機碳的型態。

如果目標是為了儲碳，則應採行低碳農法（或稱再生農法，regenerative farming），這是一種有機農業的操作模式，除了原本有機農業注重生態平衡，不施用化學肥料與農藥外，也以減少耕犁、提高生物多樣性、施用堆肥或生物碳與覆蓋表土等措施，在不影響作物產量與品質下，達到提高土壤的健康（soil health）以及碳存量（C stock）。同時持續的減少外部資源（指原本不屬於土壤中的資源，例如肥料、農藥）的投入，最終以維持高的生物多樣性、土壤生產力、改善水的循環及極大化生態系統服務價值（ecosystem service）為目標[2]。因此在考量農業減碳策略時，需要綜合性的考量，一如稻田浸水，可抑至有機碳的分解，但較易生成甲烷，因此若能使用再生農法生產能源作物（例如：水稻、狼尾草），增加土壤固碳能力，並將能源作物轉制為生物炭或其他生質燃料，可使農業生產過程的固碳效應大於排放，就可落實淨零碳排的策略。

(二)碳匯之農耕操作方式

碳匯的保育農法之三項原則:

碳儲存：透過植物的作用與農業灌溉施肥等方式，增加土壤中的碳儲存，把大量的碳留存在土壤中，以下列舉 3 種可提高土壤碳儲存之管理策略

1. 例如農地免耕或減少耕犁、覆蓋作物和使用有機肥、應用適當灌溉、種植深根作物及施用穩定有機肥等。
2. 不直接焚燒有機廢棄物，透過土壤微生物的分解、聚合、轉化作用，形成中不易分解的腐植物，以及將有機廢棄物加工製成穩定有機質或有機肥，施入農業土壤中，都是碳儲存的方式。這樣的「土壤碳儲存」，保存時間可達數百至數千年。
3. 使用有機質肥料的過程中，若導入可抗分解、成為穩定有機物質的技術，不僅能增進農業地力、解決環保問題，還可有效增加土壤碳儲存，加速達成碳中和目標，擁有多重效益。在技術應用上，以全球生產糧食的土地約 49 億公頃計算，每公頃的 15 公分土層若增加 1% 的土壤有機質含量，將可蓄存 46.9 公噸的二氧化碳，等於蓄存 12.79 公噸的碳。

- 1.《考題難易》：★★★
 2.《解題關鍵》：了解土壤腐植物質之性質及其形成機制
 3.《命中特區》：土壤學講義 1 PP.91 與 100 及土壤學題庫講義 I PP.81 題 31

【擬答】：

(一)土壤腐植物質之性質及其功效如下表：

表：土壤腐植物質(有機質)的性質與功效

腐植物質的性質	說明	對土壤的功效
有深顏色	許多土壤的顏色較黑是由於有機質的影響，尤其在土壤浸水下更易顯現。	較易吸熱，提高地溫，有助早春耕種作物。
有保水力	有機質的質地鬆，可保持水分，可吸水增重達 20 倍。	增加土壤的保水力，尤其砂質土壤更重要，可防止土壤乾縮。
有聚結作用	土壤有機質多高分子量之成分，有聚結土粒的能力，形成團粒狀構造。	增加土壤的粒團穩定性及有助土壤通氣性與導水性。
有親水性但不易溶於水	土壤有機質為親水性，但與土壤粒子結合形成不溶性。	有機質不易淋洗。
有鉗合作用	形成金屬元素的複合物，包括 Cu^{+2} 、 Mn^{+2} 、 Zn^{+2} 及其他多價正離子。	增加微量元素對植物的有效性。
有正離子交換作用	土壤有機質具有帶陰離子之作用基，使正離子有交換的位置，正離子交換能力可達 300-400mg/100g。	增加土壤正離子交換能力，可佔土壤總量的 20-70%，有助保肥能力。
有緩衝作用	土壤有機質具有吸收氫離子（緩衝酸）及氫氧離子（緩衝鹼）的能力。	緩和土壤酸鹼，避免因酸鹼突然劇烈變化對農作物造成毒害。
能被礦質化及被分解。	被分解釋放出氮、磷、硫、 CO_2 等無機物質及其他小分子有機質。	提供土壤微生物及作物的營養來源。
能結合有機分子	影響農用化學物質分解，累積殘存與生物活性。	改善農用化學物質的毒性，影響有毒物質的分解及累積。

資料來源：中興大學土壤調查中心，1991：《土壤管理手冊》，頁 161。

(二)土壤腐植物質形成之機制

1. 土壤腐植質 (humus)

腐植質是一個複雜及較有抵抗力，呈暗棕色至黑色的非結晶膠體聚合物質，其生成乃由原植物組織經過某些改變，及由各種土壤生物所合成。

2. 土壤腐植質形成：

有機物的轉換過程（腐植化過程）

- (1)有機質的獲得：生物體的合成，主要為植物體，其次為動物排泄物，再其次為動物體腐化的產物。
- (2)腐植化作用(humuification)：動植物殘體物質經由土壤生物之分解、合成，轉變成腐植質之作用。
- (3)礦質化作用(mineralization)：腐植質緩慢分解而最後形成 CO_2 、 H_2O 、 NH_3 、 H_2PO_4^- 、 SO_4^{2-} 等無機化合物的過程。礦質化作用分為兩個階段完成：

- ①有機質的降解階段：有機物質被微生物體外^{②8}，逐步降解成為複雜有機質的基礎化合物，即將大分子降解成為小分子的有機質，例如：蛋白質→多醣→醣→氨基酸。
- ②有機質分解階段：微生物將前一階段分解形成的簡單有機化合物吸收至體內，其中一部份用於建造微生物的自身軀體；另一部份則被氧化為最終分解產物。在這一過程中，微生物同時也獲得了其生命活動所必需的能量。

志光×學儒×保成
為你絕佳助攻

5大衝刺課程

帶你直攻
地方特考

測驗常考易錯 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	總複習 考點update! 時事修法update! 關鍵考點 考前複習 最新考情 短期密集
題庫班 各科名師專業訓練 審題神速、答題神準 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

三 請說明農耕系統中可能自土壤產生之溫室氣體種類、形成條件與參與反應之微生物作用機制。
(25 分)

1. 《考題難易》：★★★★
2. 《解題關鍵》：了解土壤產生之溫室氣體種類、形成條件與參與反應之微生物作用機。
3. 《命中特區》：土壤學講義 1 PP. 90 與土壤學題庫講義 I PP. 60 題 8

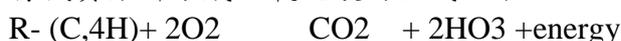
【擬答】：

(一)

溫室氣體或稱溫室效應氣體，是指大氣中促成溫室效應的氣體成分。自然溫室氣體包含水蒸氣 (H₂O)、二氧化碳 (CO₂) 大約佔所有溫室氣體的 26%，甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (又稱笑氣，N₂O)。若按照氣體別而言 (2019 年)，二氧化碳(CO₂)為我國所排放溫室氣體中最大宗，約占 95.28%，其次分別為氧化亞氮(N₂O) 1.71%、甲烷(CH₄) 1.67%。此三種溫室氣體，請其生成機制說明如下：

1. 二氧化碳是人類活動中最經常排放的溫室氣體，主要來自涉及燃燒煤及天然氣等化石燃料的活動。除海洋與地下的岩層外土壤是最大的碳儲存庫，因土壤下的生物與微生物的呼吸作用分解有機質使得有大量的二氧化碳排入大氣，此二氧化碳是主要的溫室氣體。此外人類在開發農地時大量得犁耕，也會加速有機質的氧化造成二氧化碳排入大氣，此都為農地土壤溫室氣體排放之原因。

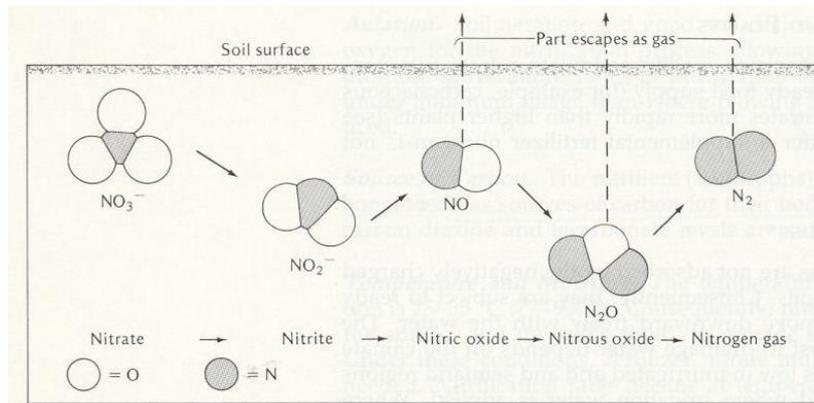
有機質分解形成二氧化碳的公式如下：



2. 使用銨態氮肥(NH₄)，如下圖之土壤之淺層處，其為好氧環境(Aerobic-氧氣供應充足)，有利於硝化作用(Nitrification)之進行，銨態氮肥(NH₄)會經作用硝化作用(Nitrification)變成硝酸態氮肥(NO₃)極易流失。因它會經由向下的擴散作用(Diffusion)進入土壤之深層處，再藉

公職王歷屆試題 (113 高考三級)

由脫氮作用(Denitrification)或淋洗作用(Leaching)而流失而產生氧化亞氮如下圖。「脫氮作用」(或稱「反硝化作用」)為與硝化作用相反的微生物(細菌及真菌)轉變作用,把硝酸化合物還原成為 NO_2^- 、 N_2O 、 NO 等氣體而揮發出去如下方程式所示。由於脫氮作用是無氧或缺氧條件下進行,這一過程通常是透過較差的土壤中進行的,故容易在排水不良或浸水的底土層中進行。



3. 全球甲烷排放源的首位是牛羊,牠們反芻呼出的氣體與糞便發酵(微生物作用)都產生甲烷,約占總排放量的卅一%。其次是天然氣開採、運輸與使用過程中的洩漏,約占廿六%。此外,稻田、垃圾掩埋場、煤礦開採及廢水處理也會產生甲烷(是無氧或缺氧條件下進行)。

(二)

田間與土地管理的方式來降低該溫室氣體的排放:

1. 碳儲存:透過植物的作用與農業灌溉施肥等方式,增加土壤中的碳儲存,把大量的碳留存在土壤中,以下列舉 3 種可提高土壤碳儲存之管理策略
 - (1)例如農地免耕或減少耕犁、覆蓋作物和使用有機肥、應用適當灌溉、種植深根作物及施用穩定有機肥等。
 - (2)不直接焚燒有機廢棄物,透過土壤微生物的分解、聚合、轉化作用,形成中不易分解的腐植物,以及將有機廢棄物加工製成穩定有機質或有機肥,施入農業土壤中,都是碳儲存的方式。這樣的「土壤碳儲存」,保存時間可達數百至數千年。
使用有機質肥料的過程中,若導入可抗分解、成為穩定有機物質的技術,不僅能增進農地力、解決環保問題,還可有效增加土壤碳儲存,加速達成碳中和目標,擁有多重效益。
2. 國內鼓勵沼氣回收發電、推動廢棄物零掩埋政策、興建焚化廠及實施資源回收與垃圾減量等工作,近年來甲烷(CH_4)排放量已大幅減少;
3. 政府推廣提昇氮肥技術和我國氮施肥量減少,使得氧化亞氮(N_2O)排放量近年來亦呈現緩步下降趨勢。

四、請試述下列名詞之意涵:(每小題 5 分,共 25 分)

- (一) Soil particle density
- (二) Salt-replaceable acidity
- (三) Particulate organic matter
- (四) Rhizobacteria
- (五) Soil distribution coefficient

1. 《考題難易》:★★★★
2. 《解題關鍵》:了解土壤各名詞的定義。
3. 《命中特區》:(一)土壤學講義 1 PP. 115,(二)土壤學講義 11 PP. 22 ,(四)土壤學講義 1 PP. 82。

【擬答】：

(一) Soil particle density

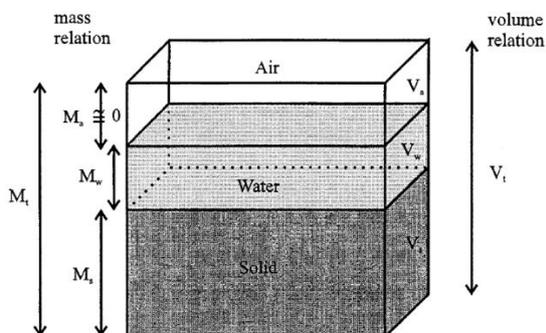
土壤顆粒密度 (soil particle density) 定義如下:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

一般礦物 $\rho = 2600 \sim 2850 \text{ kg/m}^3$ 平均值 2700 kg/m^3

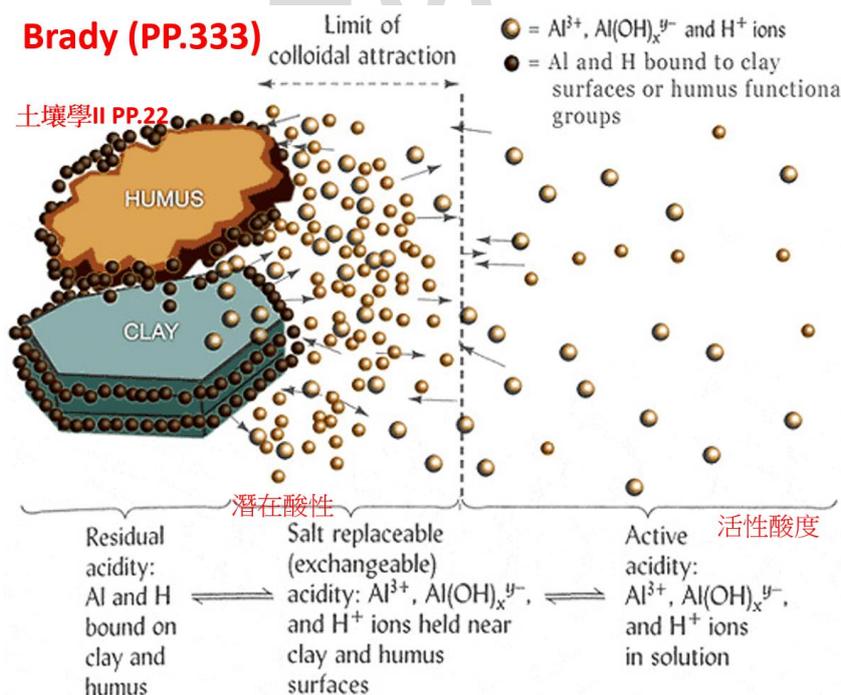
其中 M_s 是土壤顆粒的質量

V_s 是土壤顆粒的體積(如下圖)



(二) Salt-replaceable acidity

Salt-replaceable acidity 是屬於潛在酸性係指由土壤膠體或吸附性複合體的交換性 H^+ 和 Al^{3+} 所引起的酸度。它一般並不顯示其酸度，只有在被其他陽離子交換而轉入土壤溶液之後才顯示其酸度如下圖潛在酸性中的 Salt-replaceable acidity。



(三) Particulate organic matter(顆粒狀有機物)

顆粒狀有機物是總有機物的分數，其可操作地定義為不通過通常為 0.053 毫米至 2 毫米的尺寸範圍的過濾器孔徑的有機物。顆粒狀有機碳是經常與 POM 互換使用的密切相關的術語。POC 特別是指顆粒狀有機物質中的碳的質量，而 POM 是指顆粒狀有機物質的總質量。除碳外，POM 還包括有機物中其他元素的質量，例如氮，氧和氫。

(四) Rhizobacteria(根圈細菌)

根圈細菌是與根相關的細菌，會對植物生長產生有害(寄生)、中性或有益的影響。這個名字來自希臘語 rhiza，意思是根。根圈細菌通常與許多植物形成共生關係(互利共生)的細菌。根圈細菌通常被稱為促進植物生長的根圈細菌

