

了解水田土壤·改進施肥技術！

馮明彬

水田土層有氧化還原兩種

銨態氮全層施肥效力最高

水田土壤和旱田土壤不同的地方，就是水田土壤當水稻生育期間內多置在水中，空氣不能自由通入土壤中，致使水田土壤缺少空氣的供給。

水田土壤，一般較比旱田富於有機物，當水田土壤浸於水中；土壤溫度增高時，微生物活動旺盛，迅速地分解有機物。微生物分解有機物時，必需消耗土壤中的氧氣，但水田土壤中本來缺少空氣供給，所以微生物分解有機物時，不但把水田土壤中的游離氧氣消耗，同時把和鐵錳等化合在一起的氧氣也取出利用，於是，黃棕色的土壤轉變為藍灰色的土壤；這是因為氧化鐵被微生物奪去部份氧氣後變為氧化亞鐵，藍色即為亞鐵離子所呈的顏色。這種帶有藍色的土層叫做「還原層」。

然而，水田的水會繼續不斷地向下滲漏，滲漏速度的快慢，和土壤質地有關；砂性者較快，而粘重者較慢。水面因和大氣接觸，或因水生植物（如藻類）行光合作用時放出氧氣等，溶有少量氧氣，這種溶有氧氣的水向下滲漏時，會把氧氣帶入土壤中，但是由於數量很少，不足以補充整個耕型層中微生物分解有機物時所消耗的氧氣量，只足以彌補上面一薄層土壤內被消耗的氧氣量，使它維持氧化狀態而呈黃棕色。這一黃棕色的土層，叫做「氧化層」。氧化層的厚度，在通常情形下，約有一至二公分，但在夏季溫度高，有機物分解旺盛時，則只有數毫米（公釐）至一公分。

水田土壤分化成上下兩種土層，是一項重要的特性，和水田施用氮肥的種類與方法，有很大的關係。

氮素化學肥料有多種形態：如硫酸銨和氯化銨

等含有銨態氮的；硝酸鈉和硝酸鈣等含有硝態氮的；尿素和氫氮化鈣等含有有機態氮，經分解後轉變為銨態氮的等等。施用於水田中的化學氮肥，以含有銨態氮或經分解後轉變為銨態氮的較佳；因為銨態氮帶有陽電荷，可被帶有陰電荷的土壤膠體吸着，然後再慢慢放出以供作物吸收利用，流失較少。原則上硝酸態氮肥不宜施用於水田，因為硝酸態氮所帶的電荷，和土壤膠體所帶的電荷相同，都是陰性的，所以當硝酸態氮肥施用於水田時不會被土壤膠體吸着，因而易於流失。硝酸態氮流失的途徑有二：一為隨着田面水流動而流失；另一為隨着田面水向下滲漏流入還原層中，或繼續向下流入地下水而流失。當硝酸態氮流入還原層時，會遭受嫌氣性微生物的作用，失去氧氣而變成游離，向空中逸失。這種作用，叫做「脫氮作用」，是硝酸態氮施用於水田土壤中，肥效較低的主要原因。

水田既以施用銨態氮肥，或施用經分解後轉變為銨態氮的肥料較佳，但施用銨態氮肥時，因為施用於土壤之位置不同，肥效差異也很大。如把銨態氮肥施用在「氧化層」時，會遭受到活動旺盛的硝化細菌的作用，而轉變為硝酸態氮，然後隨水的流動流失；或滲漏到「還原層」，再經脫氮作用而逸失，肥效較低。如把銨態氮肥施用在「還原層」時，因為硝化細菌不能在還原狀態下活動，不會把銨態氮轉變成硝酸態氮，所以施用在「還原層」的銨態氮肥是安定的，肥效較高。這是水田施銨態氮肥時為甚麼需要進行「全層施肥」之理論在此。

施用有機物有「利」有「弊」

水稻室息病乃因此而發生

水田土壤中有機物的分解，一般較旱田土壤為慢，所以水田土壤有機物的含量，較比旱田為高。

水田土壤中有機物含量多少，和土地肥力有密切的關係，但對水稻生長的影響，却有「利」和「弊」兩種。在「利」的一面

是有機物分解後，可釋放出各種養分，供水稻吸收利用。分解殘餘的腐植質，可影響土壤的理化性質。「弊」的一面，是有機物在高溫時迅速分解，大量地消耗水田土壤中的氧氣，使土壤呈極度還原狀態，產生許多對水稻根部有毒的還原性產物（如硫化氫和有機酸等），妨害根部的呼吸作用，影響到根部對各種養分的呼吸，甚至嚴重時，引起根腐現象而罹「室息病」。當「利」的一面超過「弊」的一面時，有機物便有增產的效果；反之，則減低產量。水田生產力高低，土壤肥沃度固然重要，但是土壤環境能否使根部健全發育，也應注意。因為有了健全的根部，才能充分吸收養分。

所有植物根部吸收養分和水時，必需進行呼吸作用，而行呼吸作用時，必需要有氧氣的供給。旱田土壤除非太過粘重或密實者外，空氣可自由進入土壤中，所以旱田作物行呼吸作用時，可自土壤空氣中獲得充足的氧氣。水田土壤因在水稻生育期間內保持浸水狀態，空氣幾乎無法進入土壤，然而在浸水狀態下，水稻為甚麼仍能行呼吸作用而吸收養分和水呢？這是因為水稻和其他沼澤植物相同，具有通氣組織，可從葉部輸送氧氣到根部，以供根部行呼吸作用，同時可分泌到根的外圍，使根圍保持着氧化狀態，維持適於根部生長的環境。我們通常看到健全的水稻根部，常包被着黃棕色的氧化鐵，就是由葉部輸送到根部並排出到根外的氧氣和亞鐵所生成的氧化鐵。這種氧化鐵具有保護水稻根部，避免根部在還原狀態下遭受硫化氫的為害因為硫化氫接近水稻根部時，黃棕色的氧化鐵，便和硫化氫作用，生成硫化鐵的黑色沉澱，可解除硫化氫的為害。當根的氧氣分泌力旺盛時，所生成的硫化鐵，可再被氧化轉變而成氧化鐵。如果硫化氫的生成旺盛，而土壤中又缺少游離鐵時，所生成的硫化鐵

