

農業上的氮

空氣的組成中大部分是氮氣，
但談到氮，除了氮氣之外，
你還知道什麼？氮是生物體的主要成分，
然而農業或生活中對於氮的不當使用，
卻造成了許多環境的問題，甚至影響到人體健康。

■ 賴鴻裕 · 劉程煒 · 陳柏青

空氣及土壤中的氮

生物的生存少不了空氣，而空氣的組成中約有百分之七十九是氮氣，其次才是氧氣。陸地中的氮含量遠低於空氣，而且多貯存在土壤中。以1公頃（1萬平方公尺）的土地來說，土地上方空氣中的氮約有7萬5千公噸，但土壤中的氮含量約7公噸，僅是空氣中的萬分之一。

土壤中部分的氮可以直接被植物的根部吸收，進而利用。至於空氣中的氮，除非是透過特定微生物的「固氮作用」，否則無法直接被植物利用。

除了豆科以外，並非所有植物都可以固定空氣中的氮氣。因此很多農民在水稻收割後，會繼續在農田中種植豆科植物，利用豆科植物吸收空氣中的氮氣，再將其翻入土壤中。如此一來，空氣中的氮便可進到土壤中，下次再種植水稻時，就能減少氮肥的使用量了。

氮與植物

人類需要吃不同種類的食物來維持營養均衡，植物的生長也需要攝取不同的養分，做為生長及發育所需，這些養分包含氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯、鎳等。其中，氮、磷及鉀是農民施肥管理上最重要的元素，對植物的生長及發育的影響也最大，被稱為肥料三要素。

氮肥對於葉菜類作物的生長非常重要，許多農民為了增加作物的產量，施用了過多含氮的肥料，導致很多作物生產區的土壤中含有過多的氮。

氮是植物組成的重要元素，例如胺基酸的主要組成元素就是氮，由胺基酸可以合成蛋白質。另外，舉凡與光合作用有關的葉綠素，與生物活動有關的酵素，以及與遺傳有關的核酸等，都與氮有密不可分的關係。健康植物的葉片中通常含有百分之二到四的氮，氮可以讓穀類作物的穀粒飽滿，也可以使萵苣或蘿蔔鮮美多汁。對於蔬菜，氮肥的施用尤其重要，因為氮會使葉片又大又綠。

氮在農業上的使用

氮肥對於葉菜類作物的生長非常重要，許多農民為了增加作物的產量，施用了過多含氮的肥料，導致很多作物生產區的土壤中含有過多的氮。作物的產量與肥料使用量兩者間有非常密切的關係，通常肥料使用量越高，作物的產量就越高，販售作物所得的收入也就越好，當然肥料的成本也會隨著變高。

值得注意的是，作物的產

量並不會因為施肥而無止盡地增加，過多的肥料甚至會造成作物生長的毒害。當作物的產量到達最高點後，如繼續增加肥料的施用，則會因為毒害而使產量下降，可見最大施用量並不等於最高獲利。農民若要獲得較高的利潤，就必須仔細考慮肥料的使用量，否則會造成肥料資源無謂的浪費。

除了利潤的考量之外，研究也發現由於氮會在環境中轉變及移動，若使用過多氮肥，則可能對生態、環境及人體健康產生負面的影響。

氮在土壤中的轉變

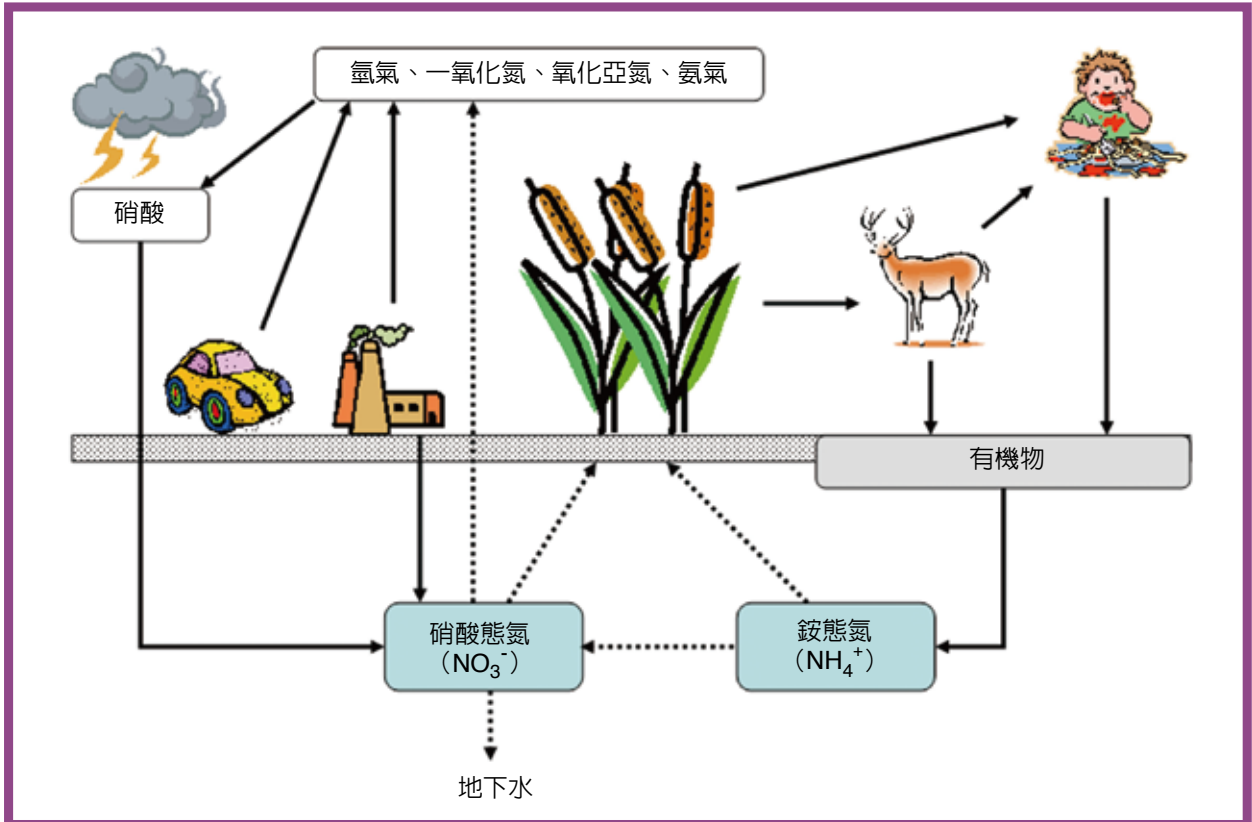
土壤中的氮有超過百分之九十五是與碳結合在一起的，稱為有機態氮。多數植物無法直接吸收有機態氮，必須先把它轉變成銨態氮或硝酸態氮等無機態氮，才能被植物吸收利用。這兩種型態的氮也是農民最常使用的氮肥，經植物吸收後的氮又會轉變成有機態氮。

銨態氮帶正電，硝酸態氮帶負電，由於土壤帶負電的關係，會吸附帶正電的銨態氮，因此被土壤吸附的銨態氮不容易移動。但土壤並不會吸附帶負電的硝酸態氮，造成硝酸態氮比銨態氮容易移動，且在有氧氣的環境中，銨態氮會經由微生物的作用轉變成硝酸態氮。因此無論農民使用的氮肥種類為何，施用於通氣良好的旱田之中時，多數的銨態氮會轉變成硝酸態氮。硝酸態氮也是除了有機態氮之外，土壤中氮的主要型態。

在缺乏氧氣的環境中，硝酸態氮會轉變成氣體型態，這些氣體包含一氧化氮、氧化亞氮、氮氣等。這些含氮的氣體除了氮氣以外，都會對環境造成不良的影響。

氮的損失

經由土壤中氮的轉變過程可以知道，如果農民施用的含氮肥料沒有全部被作物吸收，過多的氮就容易變成硝酸態氮往土壤下



● 氮具有不同型態且彼此之間會轉變，除了氮氣之外，含氮氣體會導致酸雨及溫室效應，人體攝取過量的含氮化合物或硝酸態氮進入地下水中，都會造成健康的威脅或產生環境汙染問題。

層移動，甚至進入地下水中，或變成含氮的氣體進入空氣中。

無論是何種轉變過程，對農民而言，這些沒有直接被作物吸收的氮就是資源的浪費，因而增加了生產成本。但除了經濟上的考量外，現階段大家更關心的是氮對生態、環境及人體健康的影響。

硝酸態氮對空氣的影響

當土壤中的硝酸態氮轉變成氣體型態後，一氧化氮及氧化亞氮會與水反應形成硝酸，隨著降雨回到陸地便形成酸雨，使湖泊及河流的酸鹼值下降，嚴重的話會導致魚、蝦及貝類死亡。酸雨也會破壞建築物，甚至導致橋梁斷裂等問題。一氧化氮及氧化亞氮更可

能與地表上的其他物質反應形成臭氧汙染物，危害人體健康。

另一方面，溫室效應也是目前大家關心的環境議題。由於溫室氣體會吸收長波輻射導致溫室效應，因此各國都致力推動節能減碳，呼籲多種植樹木以減少空氣中二氧化碳的濃度。但或許大家不知道，一氧

對農民而言，沒有直接被作物吸收的氮就是資源的浪費，因而增加了生產成本。但除了經濟上的考量外，大家更關心的是氮對生態、環境及人體健康的影響。

當大量的硝酸態氮進入湖泊或河流中時，會造成藻類大量繁殖，使水中的氧氣含量降低，嚴重時甚至導致魚蝦等水生生物死亡。

化氮吸收長波輻射的能力是二氧化碳的300倍，會使溫室效應更形惡化。

除了一氧化氮之外，氧化亞氮會破壞大氣中的臭氧層，臭氧層破洞使動物照射紫外線的機會增加，提高罹患白內障及皮膚癌的機率。

硝酸態氮對健康的衝擊

在山坡地或降雨較多的地區，由於坡度較陡使降雨容易流失，地表的逕流量也較大，土壤中多餘的硝酸態氮可能隨著逕流往湖泊或河流移動。硝酸態氮是植物生長必需的養分，當大量的硝酸態氮進入湖泊或河流中時，會造成藻類大量繁殖，使水中的氧氣含量降低，嚴重時甚至導致魚蝦等水生生物死亡。

在水庫或湖泊的上游地區，農民常會開墾山坡地種植蔬菜或果樹。如果氮肥的使用管理不當，過多的氮會進入這些水體中，並經由直接飲用進入人體。

使用過多的氮肥會使硝酸態氮往土壤下層移動，最後導致地下水中的硝酸鹽含量增加。許多農業種植區都出現地下水中硝酸態氮濃度過高的問題，生長在土

壤中的作物體內也會累積過多的硝酸態氮。砂質地的土壤由於水分容易往下移動，更須注意氮肥的使用，以避免硝酸態氮進入地下水中。

實驗室中常以管柱實驗探討硝酸態氮在土壤中的垂直移動。首先把土壤裝填在管柱中，在土壤表層加入不同型態或不同量的氮肥，並由管柱上方定期加水模擬降雨。經過適當時間之後，進行不同深度土壤的採樣與分析，以了解硝酸態氮在管柱中的移動深度，藉以評估在特定環境與氣候條件下，氮肥施用型態或施用量的合理性。

由於人體攝取過多的硝酸態氮會造成健康上的危害，世界各國對於飲用水中的硝酸態氮含量都有規範，部分國家甚至考量到作物中的硝酸態氮含量。

人體如果直接飲用或食用含硝酸態氮過高的水或作物，所攝取的硝酸態氮會轉變成亞硝酸態氮，後者會降低血液中血紅素攜帶氧氣的能力。氧氣含量若降低會使血液顏色偏藍，尤其對年齡在3個月以下的嬰兒影響更明顯，因此也稱作「藍嬰兒症候群」。除此之外，攝取過量硝酸

態氮在體內會形成高毒性的亞硝酸胺，可能導致許多癌症的發生。

蔬菜中的硝酸態氮

硝酸態氮大多累積在作物的葉片中，較少累積於花或果實內，因此葉菜類蔬菜的硝酸態氮含量特別受到重視。除了含氮肥料的使用量會影響作物中的硝酸態氮含量外，由於作物中硝酸態氮的轉變與光合作用有關，因此光的強度及採收的時間也會對累積的硝酸態氮濃度造成影響。

在清晨太陽未出來之前所採收的蔬菜，由於尚未進行光合作用，因此蔬菜中硝酸態氮含量較高。中午過後由於蔬菜已進行了一段時間的光合作用，累積的硝酸態氮已轉變，所採收的蔬菜硝酸態氮含量會較低。

種植在溫室設施中的蔬菜由於照光的強度低於露天栽培者，因此前者所生產的蔬菜中，硝酸態氮含量會高於後者。此外，水耕栽培法由於蔬菜較容易攝取水溶液中的氮，所累積的硝酸態氮含量也會高於種植於土壤中的。民眾若能正確掌握這些原則，可以避免因攝取過多蔬菜中的硝酸態氮而危及健康。

氮肥是農業上常使用的肥料，但很多人並不知道，施用過量的氮肥會對人體及環境造成危害。

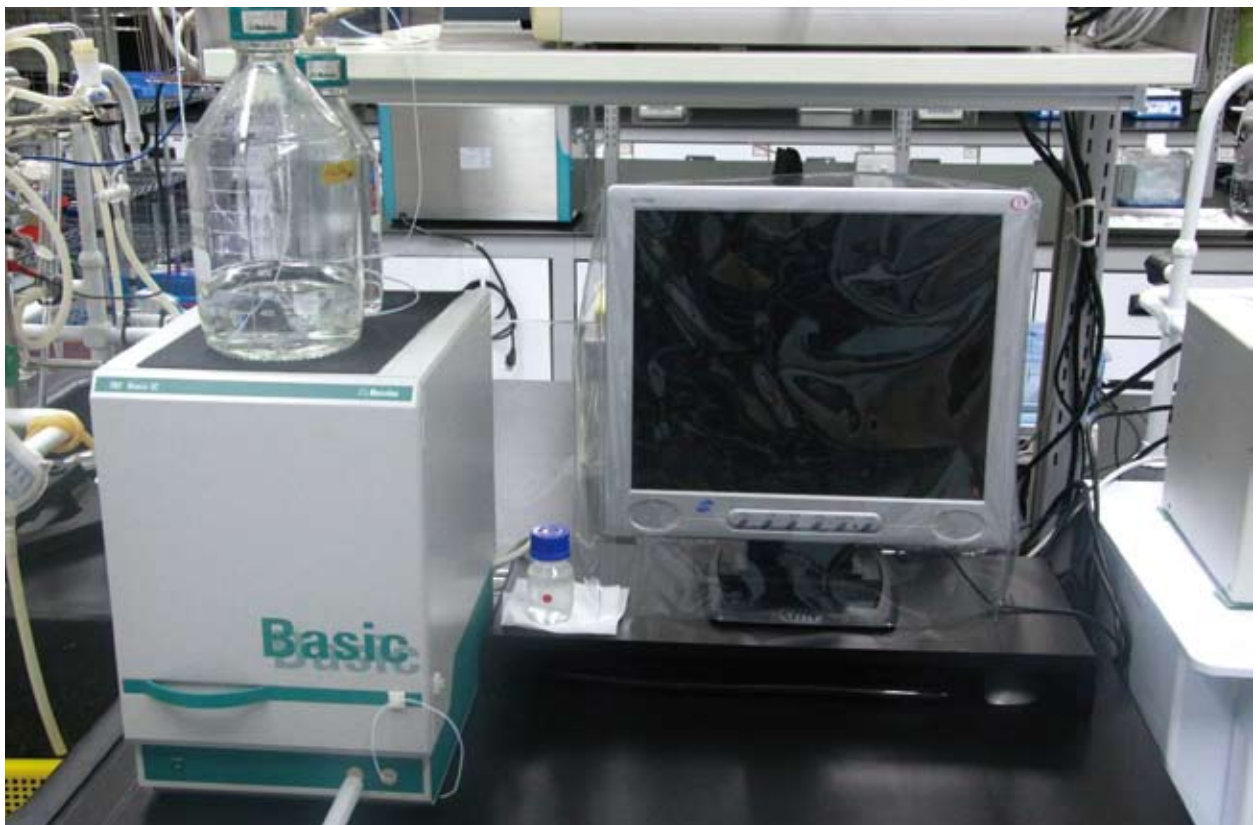
蔬菜的硝酸鹽含量

人體每天攝取的硝酸態氮約有百分之九十來自蔬菜，因此若能控制蔬菜中的硝酸鹽含量，將可有效降低人體的攝取，減少罹患癌症的風險。要了解蔬菜中硝酸態氮的含量，

可經由離子層析、蒸餾或比色等方式分析，但是離子層析及蒸餾都需要精密的儀器設備，所需配製的藥品較多，操作步驟也比較繁瑣。

較為簡單的方式就是利用硝酸鹽試紙。方法是採集蔬

菜可以食用的部位，置入果菜汁機中並加入適當體積的水，攪拌打成汁液後，放入試紙呈色，並以肉眼作顏色的比對，判定硝酸態氮的含量。或是把試紙放入儀器中，以檢測硝酸鹽的含量。



● 液體中的硝酸鹽濃度可以藉由儀器分析得知，離子層析儀是實驗室中常用於分析硝酸鹽的設備，但價格較高，並不適合民眾使用。



● 蒸餾法是傳統上用來檢測氮含量的方法，把汁液中的氮轉變成氨氣，氨氣經冷凝後會形成氨水，再以滴定的方法得知汁液中的硝酸鹽含量。



● 把試紙放入由蔬菜可以食用的部位所打成的汁液中，經過一分鐘之後，可以直接利用顏色的變化，以肉眼比對得知汁液中的硝酸鹽濃度，再以蔬菜及水的比例換算成蔬菜中的硝酸鹽含量。但由於每個人對於顏色的敏感度不同，判讀所得的數值也可能出現差異。



● 試紙除了可以用肉眼進行顏色比對得知蔬菜中的硝酸鹽含量外，把呈色之後的試紙放入儀器中判讀，可以增加數值的準確性。

由於每個人對顏色的敏感度不同，利用肉眼判讀出的數值可能因人而異。以儀器判讀雖可增加準確性，但對於多數家庭而言，要花錢購買儀器並不容易也不易推廣。至於利用試紙先檢測再食用，似乎又太大費周章。因此建議在挑選蔬菜時可掌握上述的幾個原則，例如購買照光之後所採收的蔬菜，則所攝取的硝酸鹽應會較少。

氮與永續環境

氮肥是農業上常使用的肥料，但很多人並不知道，施用過量的氮肥竟然會對人體及環境造成這麼多的危害。

我們只有一個地球，雖然對酸雨或溫室效應來說，農業上的氮肥所造成的負面效應並非最大，但是了解氮的影響層面之後，更應透過合理的肥料施用，以減緩或改變目前環境上所遭遇

的問題，未來環境才有永續發展的可能。

賴鴻裕·陳柏青

明道大學精緻農業學系

劉程焯

明道大學生物科技學系