

植物根部的功能及重要性

根部是植物的營養吸收和運輸器官，並有呼吸及支撐整棵植物的功能，因其絕大部份隱身於泥土之中而常被忽視。根部實際上在整棵植物中所扮演的角色，足以影響植株的健康及存亡。一般來說，根部和葉片之間是相互依賴、相互供養的關係。

根部的重要功能

植物根部的主要功能包括吸收養分、呼吸作用、固定支撐、能量運輸儲藏四大方面，其中吸收主要是吸取水分及養分，根系吸收水分需要消耗能量，這需要透過呼吸作用來提供氧氣。植物主要透過根系吸收水分和養分，植物在吸收了水分與養分後，根系會往上運輸提供給需要的地方，以及完成蒸散作用；而葉片在光合作用後產生的養分可以向下運輸至根系貯藏。根系的另一個作用是固定與支持，讓植物屹立於土壤中不會翻倒。這些作用都與介質（土壤）息息相關，根系的吸收需透過這介質作為媒介來取得，因此怎麼維持土壤中水與空氣的平衡是很重要的。

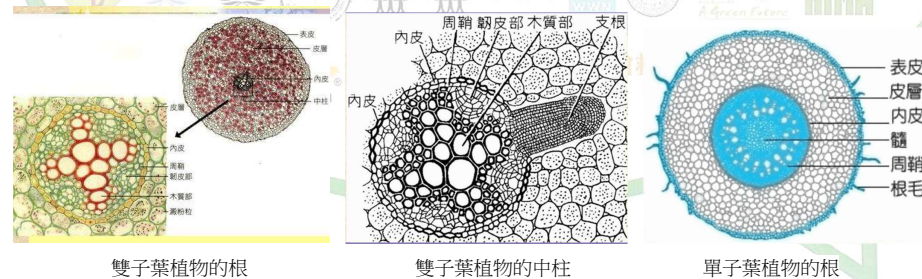


根系的類型及型態

植物體所有的根總稱根系，可分為軸根系和鬚根系兩種類型。一般雙子葉植物的種子萌發時，先長出初生根，然後出生根發育成主根，再由主根分生出許多支根，有明顯粗細差異的根系，稱為軸根系(直根系)；而單子葉植物的初生根在生長一段時間後，會停止生長或枯萎消失，並在幼莖的基部長出許多不定根，而形成粗細相似的根系，稱為鬚根系。

大多數植物的根尖由頂端往上一次可分為根帽、根尖分生組織、延長部和成熟部四部分。根帽覆蓋於根的最頂端，又稱根冠，可保護根尖分生組織，避免於穿透土壤時受損；根尖處以根尖分生組織的細胞分裂最頻繁，可使根持續生長，一部分形成延長部的細胞，另一部分補充脫落的根帽細胞。延長部的細胞迅速長大而伸長，並逐漸分化，成熟部的細胞則不再延長，且以分化成不同的構造，例如有些表皮細胞形成根毛，有些中央部分的細胞分化成維管束。

成熟根的構造由外而內分為表皮(Épiderme)、皮層(Cortex)和中柱(Péricycle)三個部分；表皮位於根的最外層，具有保護及吸收的功能；靠近根尖成熟部，表皮細胞會向外凸出而形成根毛，可增加吸收的表面積，是植物水和無機鹽的主要區域；而遠離根尖、較粗的成熟根中，其表皮則以保護功能為主。皮層的細胞排列較為疏鬆，具有儲存的功能，皮層最內側常有一層排列緊密的細胞，稱為內皮，具管制水和無機鹽進入中柱的功能。內皮以內的部分統稱為中柱，包括周鞘[或稱中柱鞘](Péricycle)和維管束(Faisceaux vasculaires)。周鞘位於中柱的外層，其細胞仍具有分裂的能力，支根即由此處產生；周鞘內側有木質部(Xylème)和韌皮部(Phloème)，兩者常呈放射狀交錯排列，分別具有輸送水分和養分的功能。雙子葉植物與單子葉植物根的組成大致相似，但單子葉植物根在中柱的中央還具有髓。

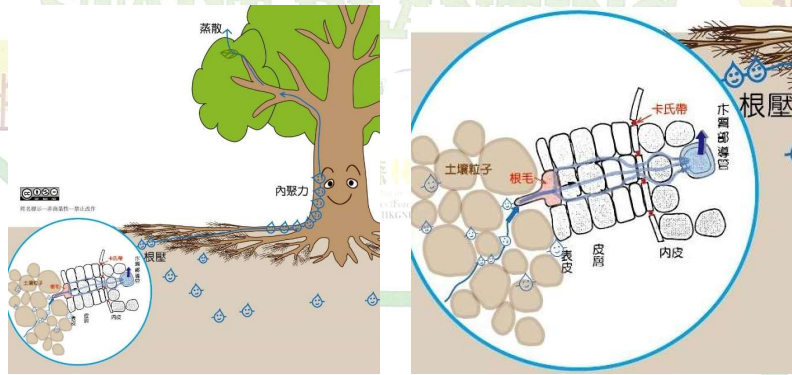


一些植物演化出不同型態與功能的變態(變種進化)根，以適應不同的生長環境，例如玉米從接近地面的節長出支持根，可加強固著能力，避免被風吹倒；生存在河口鹹淡水交界沼澤的紅樹林植物，大部份時間無法從缺氧的土壤中獲得足夠的氧，因而發展出伸出地面的呼吸根；有些附著於樹幹或石壁的上生長的蘭花，具有氣生根，可協助植物體附著，並吸收空氣中的水分及儲存；日常食用的胡蘿蔔，其軸根儲存大量養分，屬於儲存根。

土壤直接關乎根系的健康

根系在土壤中生存和生長需要水也需要空氣；植物的根也需要呼吸，而土壤中的水分、空氣、溫度、團粒結構等都是影響根系生長的要素。如果土壤管理不善，根系的生長便會首當其衝，而土壤是植物根部獲得適當比例的水、空氣和養分的媒介物，這關係土壤中水與空氣的平衡；因此樹木生長與環境因素之間的關係非常大。

根系透過根壓吸收水分；根系需要透過呼吸來產生能量，才能進行主動運輸吸收水分。這樣的過程非常耗能與耗氧，必須要提供根系可以呼吸及生長的條件，這就是氧氣充足的「有效土壤」。根系吸收的水分是土壤粒子間的水分，因此土壤粒子間必須含氧，根系才能呼吸與吸收水分；而輾壓、踩踏、硬化的土壤，其粒子間隙排列緊密，缺乏氧氣可存在的空間，根系吸水較困難，長期下來使土壤逐漸密實缺乏孔隙，成為缺氧硬實的無效土壤層，造成土壤中氧氣不足，使樹木根系更容易長期徘徊在易受病菌入侵、抵抗能力弱、樹勢逐漸衰弱的環境下生長；城市街道旁的鋪面、花臺、路緣石工程會使這情況經常出現；而樹木的健康衰弱與死亡，也源於根系潰爛及土壤的問題，並非地上部枝條的問題；因此在植樹、養樹時要注重樹木的根部，從土壤環境上先著手，為根系提供可以健康生長的環境。在植樹時，通常除了準備和整理好足夠深度和合適的土壤介面外，在植樹後的初期，足夠的澆水也十分重要，可使新種的樹苗根部可以向土壤深處發展，從而加強了未來根部對整棵樹木的穩定性以及水份養份供應。



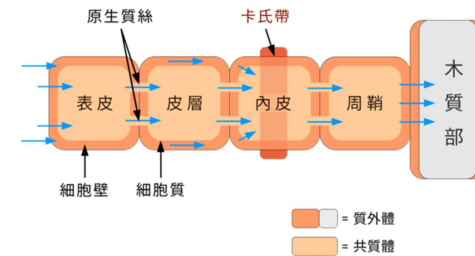
植物有其把關的機制；水份與礦物質進入根系後，由原生質絲(Plasmodesmas)互交流細胞質，形成一個連續系統，稱為共質(Symplaste)；水可經由根表皮細胞進入皮層，通過共質體系統，從某個皮層細胞轉移到下一個皮層細胞。當水份進入內皮層細胞前會受到卡氏帶(Bande casparienne)[或稱凱氏帶]阻擋，穿過卡氏帶才得以由木質部將水往上運送。卡氏帶就像控制閘門的角色，為帶狀不透水增厚區域，其成分主要為木質素，而寬度則隨物種不同而異；卡氏帶可控制水分與礦物質進入木質部，經由細胞間空隙和細胞壁上的洞隙，在不同細胞間穿梭流動，也可阻止維管束內的水倒流回皮層，讓水與礦物質能一直進入樹體往上運送；當水分進入植物根部中柱內的木質部後，便開始進行長程的運輸。

表皮細胞溶解物質的濃度，通常比土壤水溶解物質的濃度高，而土壤水的溶質是比較稀釋的。由於細胞內的滲透濃度，高於細胞外的環境，因此周遭的水會穿越細胞膜進入細胞；一旦水分與溶解的物質進入表皮細胞，它們便可經由原生質絲轉移到其他細胞，毋需穿越細胞膜。水分能夠經由共質體系統，持續地穿越根皮的皮層細胞，抵達中柱。因為離子運動，中柱內含物質的離子濃度低於皮層細胞，因此中柱的滲透濃度梯度低於皮層，造成內皮層離子濃度高於外面，水分自然會隨著濃度梯度從皮層往中柱流動，進入木質部，被往上引導到植物的其他器官；當植物的根吸收水分時，會將土壤水中的離子，主動運輸到根的表皮與皮層細胞，因此根部能夠一直維持其物質濃度高於土壤的濃度梯度。離子是主動運輸進入根部的，經由共質體系統，在皮層細胞間的移動，直到穿越內皮層細胞，進入中柱為止；內皮層的卡氏帶能防止離子從中柱擴散回皮層；而水分則是被動地滲透進根，水分沿著濃度梯度移動，從水分濃度較高的外皮與皮層，移往水分濃度較低的中柱。水一旦進入中柱，水和溶質就進入木質部傳輸系統，輸送到植物體的其他部分。

整個植物體都是連通的系統，這個連通各細胞的網絡，由細胞壁上的洞孔和細胞間隙組成，稱為非原生質體系(Apoplaste)；但非原生質體聯絡網被內皮(Endoderme)阻擋中斷，水沒辦法穿越內皮層之間隙，因為內皮細胞有卡氏帶形成阻隔水的障壁。所有的溶質與水都必須穿越活的內皮細胞，才能進入維管束循環系統。水能夠自由地穿越皮層與內皮到木質部，而礦物質的進入則受到內皮的控制；內皮細胞與旁邊的韌皮細胞的細胞膜，控制一切要流到中柱的溶質。

根壓、蒸散作用和內聚力

水分能向上運輸主要是因為根壓、蒸散作用和內聚力的存在；根壓的產生主要是因為植物中柱與土壤間的滲透壓差異，而這個差異產生的原因又與內皮層上的卡氏帶有關。因為卡氏帶的阻擋，礦物質分子被根部細胞以主動運輸的方式送入中柱，因而增加了中柱的滲透壓，同時也造成水分被動流入中柱。進入中柱的水分，又因卡氏帶阻擋無法任意向外擴散回皮層，於是在中柱的導管中便產生了一股正壓，將水柱沿著導管向上推升，此即為根壓。根壓可以在切斷植物的莖時觀察到，水分由莖部切口冒出來的現象，就是根壓造成的。但因為根壓的力量並不是很大，通常只在小型的草本植物與少數木本植物可以觀察得到，對於大型的木本植物的木質部運送影響很少；一般根壓介乎於 0.05-0.5MPa。



蒸散作用是植物體內水分上升最主要的動力，稱為蒸散拉力。當水分由葉底的氣孔(Stoma)蒸散出去時，會造成鄰近葉片部位的水分含量減少；蒸散作用會使該處(根)壓力下降而形成負壓，因此對維管束中水柱產生一股吸引力，只要水柱是連續的，此負壓可以經由葉脈傳遞到根部，將水份一直由根部向上供應至葉肉細胞中。蒸散作用會在晚上減緩，這時候卡氏帶之不透水性質將無機養分留在內皮層之內，以至不會因濃度梯度的擴散作用使養份散失；到了清晨蒸散作用再增加，這時候樹木的直徑開始縮小，此種現象最先出現於上側靠近葉片處，然後逐漸往下傳遞，這是因為莖本身具有輕微的彈性，當水柱產生向上的吸引力時，將導管內壁向內拉，使得樹木的直徑縮小；蒸散拉力佔了植物約 90%的吸水力，因此一旦樹木缺乏葉片，便會馬上失去了蒸散作用，同時失去約 90%的吸水力。

水分子與水分子之間會互相連結，如水珠與水珠會聚在一起，這稱為內聚力；樹木木質部的導管道內，水分子就像是手拉著手往前進。另一方面，由於木質部的導管管徑很細小，因此毛細作用也有助於使水柱上升；毛細作用主要源自於水分子與管壁間的附著力、和水分子本身的表面張力(水分子的內聚力)兩者有關，當水分子被管壁上的極性分子向上吸引而向上流時，水分子本身強大的內聚力則會使毛細管腔中的水也往上拉。若要維持蒸散作用所產生的拉力，重點在於木質部內水柱的完整性，若是導管內出現水泡或空氣泡打斷了水分子間的內聚力時，將使得水柱無法繼續上升，從而影響樹木的吸水能力。

傳訊及教育宣傳科 -

(聯合國環境署) 國際百萬森林計劃(包括十億樹木行動及地球植林計劃) - 香港區委員會
(Le comité du projet et du réseau mondial de million d'arbres, la campagne pour un milliard d'arbres, le programme de 'plantons pour la planète', sous le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement / PNUE – la division hongkongaise / CIMTPNHK – Committee of International Million Trees / Forest Project – Hong Kong Region, with the "Billion Trees Campaign" and the "Plant for the planet" Program, under the framework of United Nations Environment Program / UNEP);
暨 香港綠色自然聯盟
(L'association d'écologie de Hong Kong / HKGNU – Hong Kong Green Nature Union);
暨 國際植林綠化事務環境教育委員會(I CARE)(香港區);
(暨 La fondation de HIMA – Hong Kong / The HIMA Foundation HK);
暨 地球植林計劃基金 / La fondation de 'plantons pour la planète' – Hong Kong / The Plant-for-the-planet Foundation HK (FPPLPHK-PFTPFHK)

二零二四年(民國 113 年)七月