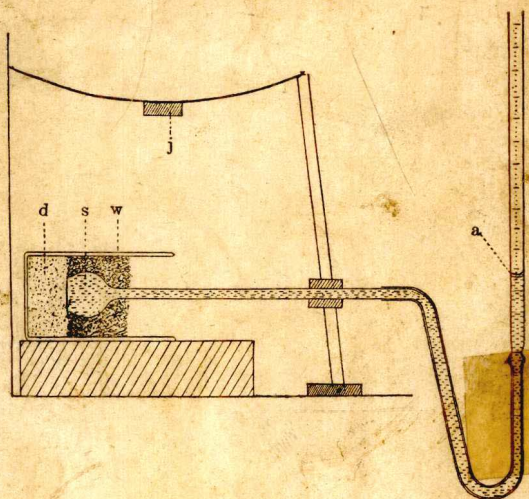


自然科學小叢書

植物與水分

額額理一郎著
謝循貫譯

王雲五周昌壽主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

植物與水分

額理一郎著
謝循貫譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發

中華民國二十五年十月初版

朱

(54277·2)

自然科學
小叢書
植物與水分
一冊

每冊實價國幣貳角

外埠酌加運費匯費

原著者 顏 理 一 郎

譯述者 謝 循 貫

主編者 王 雲 五 壽

發行人 王 雲 五

印刷所 上海河南路 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

* 有 所 權 版 *
* 究 必 印 翻 *

(本書校對者林仁之)
通

目錄

緒言.....

一

第一章 水之吸收.....

二二

一 細胞之吸水作用.....

五

二 根之吸水作用與土壤關係.....

一二

第二章 蒸散作用.....

三二

一 蒸散作用之物理的考察.....

三四

二 蒸散作用與關係的蒸散作用.....

四五

三 蒸散量之表示與其意義.....

五一

第三章 水之通道……………五五

一 根壓的溢液現象之機構……………五九

二 蒸散作用時水液上升之機構……………六四

植物與水分

緒言

無水之地則不能生育植物。水爲生物生活條件中不可缺乏之一種養料，且占極重要之地位，此固不待言矣。蓋植物界系統發生上經過之初期，卽水生下等植物，逐漸經營陸地生活，而後進化爲高等植物，此種見解已爲一般植物學者所承認，故任何一種陸生植物體中，其生活上所以不能全然與水斷緣者，足證其中有因果關係之意義在焉。

水生植物等常有豐富水分量之供給，故不受水分不足之脅威，而陸地上生長之植物則不然，對於水分需用供給之關係上，遂發生一大變調，卽其體外之水如何攝取之，如何使必要程度之水分保存於體內，此等作用實爲植物生活上最重要之問題。其一、陸生植物生長之處，水分量之供給甚少，其二、植物之地上部分露出於大氣中，其體內水分常被外界所奪取，此種現象亦物理之當然。

植物體內常含若干水量，其枝體露出於大氣中，常依物理現象而起蒸發作用，以消失其體內之水分。就植物廣義之營養上而論，其吸收水分爲一種養分之外，爲由此種原因所消失之水分，故不得不吸收多量水分以補充之。

植物體吸收水分之部分，與水分消費及消失部分之間，有若干距離相隔，由水分吸收器官至消耗器官間，必有通導水分作用。蓋植物由體外吸收水分，滲入體內而通導各部，旋向體外排除，其吸水與排水之程度，又因時間與環境有關係，不論何種植物體內，常有此種生活現象。植物對於水分之關係，約有三種主要現象，而此等現象互相關係，其將水分貯藏，或調節水分之消失，以及耐乾力之亢進等種種現象，所以植物與水分之關係，實表現多邊立體形之複雜狀態。

本書解說植物與水分之關係，換言之即說明吸收、通導、排除等三種主要現象之互相關係作用。今以水分吸收、蒸散、通導等三種作用爲中心，而總括近世學界諸問題之大綱，且努力介紹最新學說之精髓，以是內容記載有關係之事項，偏傾注於一方，故不能如教科書之普遍敘述，幸讀者有以諒之。

第一章 水之吸收

欲理解植物對於水之吸收現象(Absorption des Wasser)，須先求植物細胞吸水現象之根本原因。植物細胞接觸水分時，自然有起吸收水分作用之事實，宜要明晰。多細胞體之高等植物，其體內組織器官起分化作用之結果，尤其關於水及水中溶解物質等，有吸收使命關係之吸收組織(Absorptionsgewebe)，乃至吸收器官之發達模樣，以及高等植物吸收器官之根，並其附屬主要吸收器官之根毛等作用，均宜銳意觀察之，又與根毛相類似之假根，亦須加以審察。此外更有特殊的吸收水分器官，如氣根之作用亦宜明瞭，或有若干普通植物葉上，附着特別吸水器官之發達，其利用雨水起吸收作用，尤宜注意觀察之。自然界中植物體之吸水現象，以其如何隨機應變，與巧妙作用，應一一明察其現象以爲第一步之概念。

其次如種種吸水器官之發達模樣及其作用，與植物需要吸水程度之關係如何，須作有系統

之考察，種種吸水器官構造上共通之性質，在可能範圍內擴大其吸水面積，而使達到作用上能率增高之目的，以表現其符合目的發達之特徵，宜細心注意考察之，尤其植物界之吸水器官類中，認為最高能率之根毛，其在土壤粒子間，如何發揮吸水能力之狀態，務須力求充分了解。

普通植物亦有時於普通葉面上有吸水作用。據 K. Metsel 氏（一九二四）之報告，葉面之角皮層（Kutikula）雖在極發達之際，尚能吸收葉面上之濡溼水分，如凋萎葉面上之吸水作用，亦物理當然之現象，似有普通舉行之事實。但此現象於植物生理上含有意義之程度如何，殆無何等程度之可言，若凋萎葉面上不時加以濡溼之，反而增高其蒸散作用，有促成速達危害之事實，故不得不加注意。且植物之吸水作用，依外界種種條件如何，而受其影響尤為顯著，所以吸水現象有時從生態方面考察，或由實用生理方面考察，均宜慎思審別之。

關於植物之水分吸收問題，若以一般教科書之解說，則其範圍甚廣，本章中所包含之問題僅如下列二項，（一）細胞之吸水作用，（二）根之吸水作用與土壤關係。此二項問題，在近世植物生理學界中為最注目之問題，以下依此兩項問題為主體而敘述之。

一 細胞之吸水作用

植物細胞之構造，似若囊中填充膠狀物質模樣，其形成膜壁之細胞膜，使不經第二次理化學之變化作用時，水分可以自由通過，所以植物細胞接觸水分之際，其皮膜內含有水膨性膠狀物質之原形質，當然有吸收水分作用，依原形質水膨性能力之大小，能支配細胞吸收水量之多寡，此是當然之現象。

植物細胞能逐漸生長，所謂永久細胞之內容，大抵有液腔存在其中，而該液腔中充滿細胞液，細胞液中常含若干滲透作用之溶解物質，故此種植物細胞接觸水分時，自然起滲透現象而吸收水分。而且液腔周圍由原形質所形成之膜壁，所謂半滲透性之原形質膜，具有滲水作用機能，是以細胞起強大之吸水能力，可謂當然之趨向。

植物細胞接觸水分時，依其原形質之水膨能力，與細胞液之滲透壓等原因，而起吸收水分作用。然而在某狀態觀察之下，其細胞吸水能力之表現，究屬何種原因作用，在事實上極難闡明，故不

敢遽然加以武斷。茲據 H. Walter 氏 (一九二四) 之見解，原形質之水膨現象 (Quellung) 與細胞液之滲透現象 (Osmose)，兩者原無本質上差異，因兩者作用互相關聯，似無區別之必要。但細胞之吸水作用，原形質之水膨現象宜加以考慮，從來以此為細胞滲透現象之主體者，亦無須改變之必要。然而從來誤信細胞之吸水，單由細胞液之滲透壓作用，此種大錯誤務須改正之。其細胞液之濃度愈高，則吸水能力亦愈大，此固不待言矣。假定包圍細胞液外之皮膜，若得無限制的伸張時，細胞之吸水能力，當然與細胞液濃度成正比例，但植物細胞膜之伸展度有限制，不能任意擴大，僅依其彈性所許範圍之內，可得自由伸縮，而且老成細胞膜起硬化作用後，雖具有如何濃度之細胞液，在該細胞容積內含水至某程度時，不能復有吸水作用。

今舉一個植物細胞投入水中時，細胞內外之液體，依滲透關係，水能滲入細胞，細胞因水浸入而逐漸膨大，此是細胞內內容物質之吸收水分，原來是一種物理之壓力對外作用，故細胞容積隨之而增大。此時從原形質方面而考察之，所謂水膨壓作用 (Quellungsdruck)，若依細胞液方面而考察之，即稱為滲透壓作用 (osmotischer Druck)，再由細胞內內容物質全體而考察之，總稱為細胞

之膨壓作用 (Turgordruck)。然而細胞內因水分侵入漸次增加，細胞容積亦漸次增大，細胞膜之伸展度因是擴張，結果細胞膜達至不能伸展之界限點爲止。此時細胞體已達最大之容積，同時細胞膜至最大之伸展度，即在細胞內容物質亦達至不能吸收外部水分之限度。

細胞之吸水作用達至界限點時，水分出入關係上，已成立一種平衡狀態，不能再有吸水與排水作用。此際平衡狀態，即以細胞內吸水作用，更欲其體容積增大之力，與細胞膜之收縮力相抵抗之表現，此時細胞內對外作用之力，稱爲膨壓力，與此相抗而對內作用之力，即細胞膜之收縮力，所謂壁壓力 (Wanddruck) 是也。然而細胞內容物質之膨壓力，其與細胞膜壁壓力之對抗關係，不一定達至界限點時始能成立，隨細胞吸水作用之消長，常呈若干強度時即可成立。

今取一個細胞投入濃度溶液中，使其體內水分被濃度溶液所奪取，於是細胞體容積逐漸縮小，細胞內原形質膜分離 (Plasmolyse) 達至界限點時，細胞膜已達極限之縮小度，細胞內容物質對外之壓力即膨壓爲最小，直等於零度，此時細胞膜對內之壓力即壁壓亦等於零度。當此狀態之細胞，使移入純水中時，復行吸水作用，考察其體容積逐漸增大之經過中，最初時之膨壓由零度

漸次增大，同時細胞膜因亦隨之而伸展，壁壓作用由此漸增強大。今以此種變化之經過瞬息間，觀察膨壓與壁壓之對抗關係；則兩者以互相等力作用，能保持其平衡狀態。若膨壓增加為二倍時，壁壓亦增加二倍，如膨壓減少二分之一時，壁壓亦同樣減去二分之一，故膨壓之強弱，常與同程度之壁壓相等。而膨壓與壁壓等，其成立之來源雖異，但動與反動之關係上，常呈同一強度之壓力作用。

觀察細胞吸水時所表現之膨壓，其由來出自細胞內之滲透壓，而細胞內所以有此種滲透壓者，其根本原因歸於細胞液之滲透作用。然而細胞液表示其滲透壓之消長，與膨壓之消長間必有某種關係存在。當原形質膜分離至界限點時，細胞液濃度已達正常細胞（即不起原形質膜分離現象之普通細胞）之最大限度，故細胞液之滲透壓，亦為正常細胞之最大限度。細胞吸水而逐漸增大其體容積時，細胞液濃度逐漸減退，故滲透壓之值亦因此而減少。細胞吸水達至最大體容積時，細胞內細胞液之滲透壓已達最小限度。但此際細胞液尚有若干濃度，故仍有與此濃度相當之滲透壓遺存。

正常細胞內由原形質膜分離點達至最大容積為止，其間吸水現象之消長關係，在某狀態時

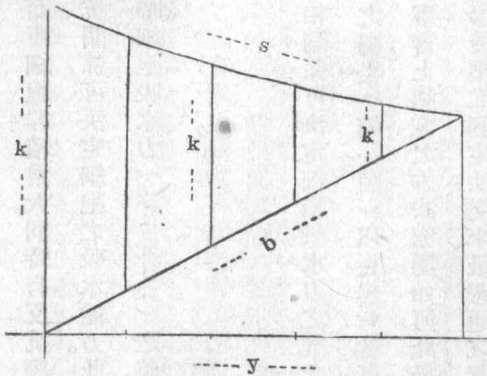
吸水之努力，與滲透壓之值相當，此際由膨壓作用而使細胞容積增大，同時有反抗細胞膜伸展度之壁壓，而起排水作用之努力，依此兩種壓力之對抗關係，可決定細胞之吸水能力。此際壁壓作用之值，以同時膨壓作用之值可得代表之，故此狀態時細胞吸水力 (Saugkraft) 之值，即滲透壓與膨壓之差。

$$(\text{滲透壓}) - (\text{膨壓}) = (\text{吸水力})$$

據上之說明，細胞吸水現象與諸種壓力之互相關係，可決定細胞吸水力之概念，為解釋此種具體概念起見，特附 K. Höfler 氏 (一九二〇) 之圖表 (第一圖) 以資參考，益可明瞭。然而此種解說細胞之吸水力，不過依理論上之考察，若從事實上測定之方法究屬如何，此仍依上述之方程式，以測定滲透壓與膨壓之關係為標準。細胞內滲透壓之測定法，從來最普通之實驗，即原形質膜分離之方法，而其法單由原形質膜分離至界限點時為標準，此僅知其滲透壓而已，但不能表示在某狀態時細胞內之滲透壓，故仍不可適用。所以選用一種與滲透現象無關係之液體，如流動石蠟油 (Paraffinöl) 中浸置細胞，放在顯微鏡下測定其體容積，次移入原形質膜分離劑中，觀察原

形質膜分離之狀態，而測定細胞體之容積，同時當原形質膜分離達至界限點時，亦可測定細胞液之滲透壓。據此方法則原形質膜將起分離之際，又可觀察細胞體容積減少之程度，再由原形質膜已起分離時，其細胞液之滲透壓，及原形質膜未起分離之前，即最初時細胞液之滲透壓，均可計算。

一方細胞膨壓之測定，可以壁壓測定之值代用之。細胞內原形質膜起分離時，壁壓等於零度，而細胞內吸水至充分時，壁壓為最大，此種狀態為細胞液所示之滲透壓相同，故此際依測定滲透壓之值，可推而知。而壁壓之值由零度至最大值為止，其間變化之表示，與細胞吸水時之體容積變化相平行。故在某狀態時細胞之容積，與原形質膜分離時及吸水十分時細胞之容積等，其間若得測定其容積變化之正確比例，則在某



第一圖 膨壓作用時，細胞膜之伸展度(y)，細胞之膨壓(b)，細胞液之滲透壓(s)，以表示細胞吸水力，(k)等之互相消長關係的模式圖。(K. Höfler, 1920)。

狀態時壁壓之值，由充分吸水時之壁壓值中可得計算之。

然而此法頗爲繁複，反而不如第二方法之簡單且便利。以利用不得透過原形質膜之物質，如蔗糖溶液中將細胞投入時，而求其與細胞體容積不增不減，互相平衡關係之溶液濃度，該濃度溶液所示之滲透壓，以爲測定細胞吸水力之方法。如此則我等測定細胞之吸水力，亦比較容易。細胞之吸水作用，以昔日單稱爲細胞液滲透壓之時代比較之，可見近時學術上已有長足之進步，而闡明此種事實者，歸於 A. Ursprung, G. Blum 兩氏（一九一六——一九三〇）之功績居多。

如此以單一細胞於某狀態時，可得測定其吸水力，若多細胞結合之組織，或器官之吸水力等，當然可依同樣方法而測定之。例如某種組織之切片投入各種濃度之溶液中，觀察其組織之容積不增不減者，卽知其滲透壓與該溶液之濃度相當。但測定組織容積之變化不甚容易，或者以重量變化之測定法代之，亦得近似之結果。若細長組織或器官等之測定，僅觀察其長度之變化，可代用體容變化觀測之，大體相近似，且無甚差別（A. Ursprung, 一九一三）。故利用此種方法，於某狀態時可測定植物根之吸水力。

細胞或組織之吸水力等，假定依此法可以測定其性質時，結果其吸水力有因細胞內水分變化之關係，而受其變化之影響，亦容易理解。即細胞或組織內水分含量愈多，其吸水力愈小，反之水分含量愈小，則吸水力愈增大，此種理由自能了解。所以凋萎狀態之植物，其比普通植物之吸水力爲大者，即是故耳。

二 根之吸水作用與土壤關係

乾燥土壤當接觸水分時，即行吸收之，此種吸水現象全是物理化學之現象，其與植物組織之吸水現象不可並論。然而植物組織之吸水現象，大部分亦由理化學之法則作用，故土壤之吸水現象與根之吸水現象間，當然有一脈相連之共通點。

普通土壤原是一種多孔體狀態，依毛管現象吸收水分之力甚大。如腐植土等含蓄多量有機物質之土壤，其膨水現象之吸水作用尤爲顯著。假使該土壤中已有溶液存在時，更能依滲透作用而吸收水分。觀此則土壤之吸水作用與植物之吸水作用兩者本質顯然互相類似。若土壤構成之