

光在植物生活中的作用

[苏联]A. Ф. 克列什宁著



科学普及出版社

光在植物生活中的作用

[苏联] A. Ф. 克列什宁著

傅 世 耀 译

科学普及出版社

1957年·北京

本書提要

植物在人类生活中占着極其重要的地位。而对于植物的生長和發育，除了土壤、溫度、空氣和水分之外，光也是一个極其重要的条件。

在这本小冊子里說明了植物叶子的構造和生理性能，說明植物怎样通过叶子吸收光，怎样利用它；什么样的光才是植物最需要的，需要量又怎样；哪种光是有害的，对这种光植物如何适应等。

書中还講到各式各样的“人造太陽”——人工光照。有了它，我們可以打破岁序的更替，巧夺天工地培育出我們所需要的植物来。

总号：528

光在植物生活中的作用

РОЛЬ СВЕТА В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

原 著 者： А. Ф. КЛЕШНИН

原 編 者： ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО ПО
РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИ-
ЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

原出版者： ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
1955

譯 者： 傅 世 鑒

出版者： 科 学 普 及 出 版 社

(北京市西便門外都郵街)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091号

發 行 者： 新 華 書

印 刷 者： 北 京 市 印 刷

(北京市西便門大街11号)

开本：787×1092 1/32

1957年9月第1版

1957年9月第1次印刷

印張：1

字數：22,000

印數：4,100

統一書号：13051·48

定 价：(9)1角4分

5
K.

目次

植物和太陽能·····	2
植物怎样吸收光能·····	4
植物怎样利用光能·····	12
光对于植物生長和發育的作用·····	16
植物需要怎样的光·····	18
植物需要多少光·····	19
用人工光照栽培植物·····	22

地球上的植物界是非常丰富多样的。地球上很难找到一个不生植物的地方。在沙漠上灼热的砂粒中，在極圈內的积雪里，在表層土壤的深处，在大气的高層，在深海中和高山上，到处都生長着各种不同的植物有机体。

能够适合植物生長的条件是很广泛的。北極曠野中永远冻结着的冰層上，乍看起来似乎是不可能生命的，但是正是在这种冰層上，只要太陽晒得着，就会出现大批小紅藻。这种小紅藻把积雪塗上了奇妙的、棕褐的色彩。綠藻在攝氏零度左右的温度下，能够在雪上正常地發育，而某些藍綠藻，却能够在接近攝氏 70 度的温泉中生長。

可可树在攝氏零上 12 度时便会死亡，而苏联許多乔木树种的幼芽，却能忍耐攝氏零下 40 度的严寒。白蓮花和浮萍——淡水池里普通的植物——只能够在水中生活，而非洲沙漠上的一种可供食用的地衣却能够完全失去水分，并且在这种气干状态下經過一个很長的干旱期（有时是一年或者更長），仍然能保持生命。

植物的外形和大小也是多种多样的。許多細菌的直徑不超过 0.5 微米^①，整个軀体只是一个結構相当簡單的細胞；澳洲桉树高达 156 米，若干美洲世界爷的圓周有 46 米；而水生显花植物——無根浮萍，它整个構造复杂的多細胞軀体不超过 1 毫米。

早春植物——中亞細亞沙漠地区特有的一种短命植物，只能活 3—4 个星期，春季在干旱来临以前，它們就能發芽，長到一定大小，开花并結出成熟的种子。俄罗斯風景画上所慣見

● 1 微米=0.001 毫米。

的树木——樺树，可以活到100—150年，松树可以活到400年，榧树——1,200年，世界爷——4,000年以上，而猕猴桃——将近6,000年。

当然，上述例子只是在很小的程度上反映出植物界的多样性。根据现代的資料，在地球上約有500,000个左右的植物种。

植物和太陽能

現在我們撇开植物的多样性不談，而來說明一下可以作为植物界的表征，并使植物区别于动物的普遍而主要的現象吧。

恩格斯写道：“生命是蛋白体的存在方式，这个存在方式的重要因素是在于与其周圍的外部自然界不断的新陈代谢……”^①。生命是無止境的运动，只有在不断供給能量的情况下，生命才能够实现。

这种能量究竟是从哪里得来的呢？使有机体完成了复杂的进化途徑，并使無限多样的生物因而产生出来的总能源，究竟在什么地方呢？

地球上整个动植物界的唯一能源就是太陽。

但是，并不是所有生物有机体都能够直接利用太陽能。太陽能一定要通过綠色植物，才能被生物界所吸收。

植物有机体对光能的依賴关系，太陽和地球上植物間的联系，在很早以前，就已被人类看出来了。古代各民族的許許多多傳說都証明了这一点。正因为人类对这些現象間的因果关系进行了最初的观察，所以才产生了远古以来有关死神和活神的概念，而这些神就是太陽的化身。腓尼基人的秋天死亡、春天复

① 恩格斯：“自然辯証法”，人民出版社1955年版，第256頁。——譯者

活的植物神阿东尼斯，埃及人的太陽神奥西里斯，古波斯人的太陽神兼植物神米特拉，就是这样的例子。

体内含有綠色物質（叶綠素）的植物，能够吸收陽光并利用光能把碳酸气和水造成有机物質。这一个过程叫做碳酸气同化作用，或者叫做光合作用。

綠色植物在光合作用过程中吸收及同化空气中的碳酸气，并由根部吸取土壤中的水分与矿物元素，結果就在体内造成各种有机物質——碳水化合物、蛋白質、脂肪和其他复杂的化合物。以植物或其他动物为营养的动物，能够改变这些物質的形态，并用它們構成自己的軀体。在呼吸过程①中，有机物質重新分解，同时放出碳酸气和水分。

显然，光合作用是世界上可以用来儲存太陽光能、以有机物質的化学能的形态保存太陽光能的唯一过程。

因此，綠色植物是地球上能在光合作用过程中儲存太陽能的唯一有机体。植物的真正巨大的宇宙作用就在这一点。所有其余的生命现象——动物的机械运动、植物的生長及其他——都是依靠綠色植物所儲存的太陽能来进行的。

过去各地質时期被植物所合成而以煤、泥煤、石油等形式儲存起来的有机物，是各个工業部門动力原料的巨大儲备。

1879年 K.A. 季米里亞捷夫在俄国第六届自然科学家和医生代表大会上的發言中曾經說过：“在地球表面上所發生的任何一种过程，再也沒有象陽光照射在綠叶上时叶子中所發生的过程那样值得注意的，而这一过程，现在还远未被認識透②。

① 呼吸作用是一个和光合作用相反的过程，它在于分解有机物質，放出二氧化碳并产生能量。因此呼吸作用是有机体内进行所有其他过程的能源。

② 目前主要依靠苏联科学家的研究，已經闡明了光合作用过程的一系列的化学作用問題，这些問題季米里亞捷夫当时是不知道的。

从化学观点来看，这是無机物質（碳酸气和水）变成有机物質的过程；从物理学、动力学观点来看，这是日光的动能变成化学能、变成潜能的过程。無論从那一种观点来看，地球上的一切生命現象，以至于人类的物質福利，归根到底都要依賴这一过程。”^①

在地球表面上，植物每年約能合成 26,050 亿吨有机物。其中在海洋里合成的有 23,200 亿吨，占 90%，陆地上合成的有 2,850 亿吨，占 10%；在这个 10% 中，森林合成的有 1,910 亿吨，栽培植物合成的有 700 亿吨，草原植物合成的有 200 亿吨，沙漠植物合成的有 40 亿吨左右。換句話說，植物每年能够以有机物質的化学能的形态积蓄 100,000,000,000 亿大卡或 120,000,000 亿瓩小时^②的太陽能。这个数量的能，足以使地球表面上所有海洋、湖泊和河流中的水的温度升高攝氏 7.5 度。

植物怎样吸收光能

以太陽光綫的形式投射到地球上的光能，它的数量是極其巨大的，每一秒鐘就有 300,000 亿大卡或 350 亿瓩小时。这超过了古比雪夫和斯大林格勒水电站全年發出的电能总和 50% 以上。全年到达地球上来的光能等于 10,000,000,000 亿瓩小时，相当于 1,000,000 亿吨石油或 1,300,000 亿吨煤（焦煤）中所含有的能量。只要人类能学会把投射到地球上的光能的 1% 用在技术上，那么按照目前的經濟水平來說，这种能量的一年的总量够用 700 年之久。

① 季米里亞捷夫全集，俄文版，第一卷，343—344 頁。苏联国立农業書籍出版社，1937 年。

② 瓩小时通常叫做“度”，是电功單位，指功率为 1 瓩的机器在 1 小时內所做的功。1 瓩小时相当于 1.36 馬力小时。——譯者

投射到地面上的太陽光綫，主要是紅外線。這種紅外線占全部光綫的50%左右。此外，可見光綫占45%，而紫外綫占5%。植物必須有可見光綫，才能生活。紫外綫和紅外線能够影响植物的生活，但并不是它們生存的必要条件。沒有這些光綫，植物也完全能够生活。

只有在有顏色的物質——色素的参与下，植物才能吸收太陽光。

大家知道，植物的花、果实和叶子的顏色是多种多样的，而顏色的配合又非常复杂。在植物界中所能看到的色調是十分細致而多采的。

但是，無論花朵、枝梢或果实的顏色是怎样鮮艳多采，在植物界中，綠色总是占着主要的地位。而各种叶子的綠色又有深淺和鮮艳度的不同。大多数一年生植物的枝条也是綠色的，花蕾被綠色的复盖物包着，幼嫩的果实也帶綠色，甚至露出在土壤上面的胡蘿卜的肉質直根和馬鈴薯的塊莖，在日照下也会很快地变成綠色。

什么东西决定着植物的顏色呢？为什么在植物中綠色占有主要地位呢？

植物所有的器官——叶、枝条、根、花和果实——毫無例外地基本上都是由無色的物質（水分、碳水化合物、脂肪和蛋白質）構成的。正常执行机能的植物組織內，含有80—90%的水分，碳水化合物（纖維素、淀粉和糖分）占4.5—9%，蛋白質占1.5—3%，其余的4—8%是脂肪、矿物元素及其他。所有这一切都是很少吸收或完全不吸收可見光綫的物質；但事实上，像我們已經指出的，正是可見光綫在植物生活中起着最大的作用。

为了吸收可見光綫，植物在进化过程中形成了一种特殊的

物質——色素，也就是这种色素使植物的組織有了顏色，使它們具有各种不同的色調。

植物的色素总共可以分为三大类：**質体色素**①、**花青素**和**黃鹼素**。整个綠色植物的質体里都含有質体色素，而其他兩类色素則是高等植物所特有的。花青素溶解在細胞液中，而黃鹼素則能使細胞壁着色。

黃鹼素主要含在营养器官的組織內，它使果实、叶、花、根、鱗莖、肉質直根、树皮着色。橡树春天的幼叶呈褐色，鼠李树皮和漿果呈黑色，檸檬和其他柑桔类植物的果实呈鮮黃色——所有这一切都是由于細胞壁里含有黃鹼素的緣故。

所有爱花的人都知道花青素，因为花朵顏色的多样性，几乎都是由这种色素决定的。植物叶子里常有这种色素，在果实里也有很少一部分。郁金香的鮮艳色澤，秋海棠和紫鴨跖草叶子的淡紅色彩，淺藍雪花屬鱗莖和女貞屬果实的淡褐色，甜菜肉質直根和叶子的紅色——所有这一切，都决定于細胞液中的花青素。

但是所有这些色素中，質体色素——**叶綠素**和**类胡蘿卜素**——起着最重要的作用。由于有叶綠素存在，就决定極大多数植物是綠色的，而由于有类胡蘿卜素存在，就决定叶子、果实和莖是鮮黃色和紅色的。

植物叶子里叶綠素的总量并不多，平均約为叶子干重的1%，或为叶子鮮重的0.1%。在1.5—2平方米的植物叶面中通常含有1克叶綠素。換言之，一公頃土地上的叶綠素平均“产量”約为12.5—30公斤。

叶綠素分布在叶綠体的表面上，在每一叶綠体上平均有16.5亿个叶綠素分子，这些分子形成極其纖薄的一層，說得更

① 植物細胞內某种参与新陈代謝的特殊蛋白体，叫做質体。有的質体有顏色（在其成分中具有色素），有的沒有顏色。

确切些，形成一層極薄的薄膜。曾經計算過，高等植物的葉綠體表面，每一平方厘米上約共含有葉綠素 0.2 毫克。

類胡蘿卜素也和葉綠素一起分布在葉綠體的表面上。每三個葉綠素分子中，通常有一個類胡蘿卜素分子。

色素的主要作用就是吸收投射到叶子上的光能。在陽光直接照射下，叶子平均吸收全部投射到它上面的光能之的 50—60%。

地面上高等植物的叶子和藻类的細胞每年可以吸收 2,000,000,000,000 亿大卡或 2,400,000,000 亿瓩小时的光能。这相当于使 3,000,000 亿吨水（即地球上所有海洋和河流、湖泊中的水的 25%）的温度从攝氏零度升高到 100 度并开始蒸發所需要的能量。

在被吸收的全部光能中，可見光綫約占 45%，而其余的 55% 是不可見的紫外綫和紅外綫。

照射在叶子上的日光中的紫外綫，差不多完全被叶子所吸收，而且这种吸收作用主要是在叶子的表皮細胞里發生的，特别是如果它們含有花青素和黃鹼素的話。因此，这种光綫不会到达植物生理上最重要的、含有葉綠素（紫外綫能破坏它）的叶子內層，所以花青素和黃鹼素又叫做保护色素。这种色素能够防止叶子的同化組織受到紫外綫的有害影响。这正說明了生長在高山上的高山植物保护色素含量高的原因，因为大家知道，高山上紫外綫是很多的。

几乎占太陽光的 50% 的紅外綫，植物吸收得很少，它主要是被叶子里所含的水分所吸收。紅外綫主要是引起叶組織的温度升高和蒸騰作用，即蒸發水分。

質体色素——葉綠素和類胡蘿卜素——主要是吸收可見光綫，它能吸收这种光綫的 70—80%，而其中葉綠素吸收的光能

占80%，其余20%被类胡萝卜素所吸收。

植物的叶绿素和类胡萝卜素所吸收的光线是植物一切生命现象——光合作用、发育、生长和形态形成——的能源。叶绿素是生理学上的支柱，它维持着整个有机界。达尔文早就说过：“也许叶绿素就是有机物中最重要的物质。”

植物的整个地上部分内都含有叶绿素，因此，植物的所有绿色部分和器官都能够吸收可见光线。

但是所有高等植物都具有特殊的光合作用器官——叶子，它们的质量不大，但是总面积却很大。叶子是植物界在进化过程中形成的一种专门器官，它适于吸收以太阳光的形式投射到地球上的辐射能。

常到田野或森林里去的人，都会注意到植物是有着各种不同形态的叶子的，如松树或云杉的针形叶，槭树的阔掌状叶，橡树美丽的似雕刻过的浅裂叶，花椒稀疏的羽状叶，细辛属的黑色肾形叶，禾本科植物和藁属植物窄狭的直线条形叶等等。

不论各种植物的叶片是怎样不同，但是它们的内部构造几乎在任何情况下都是相类似的，而且都是与执行叶部的主要机能相联系着的。

在大多数情况下，叶子是150—500微米(0.15—0.5毫米)厚的薄片，分布在叶柄上或直接着生在莖上。由于有叶子，便大大地增大了植物的面积，这就使植物不仅能吸收直射的日光，而且能吸收散射的日光。一棵春小麦植株的叶子总面积等于500—750平方厘米，一棵甜菜植株的叶子总面积为3,000—6,000平方厘米，马铃薯——5,000—6,000平方厘米，玉米——5,000—7,000平方厘米，向日葵——5,000—8,000平方厘米，南瓜——100,000—200,000平方厘米。一公顷小麦的叶面积可以达到2—3公顷，玉米——2—3.5公顷，马铃薯——2.5—3公

頃，南瓜——2—5公頃，向日葵——2.5—5公頃，糖用甜菜——3—5公頃，而闊葉林——3—7.5公頃。換句話說，植株的葉子的面積超過了作物所占土地面積2—3倍。

植物的葉子都以垂直於太陽光的方向分布於莖部的不同高度上，而且分布得極少彼此遮掩，它們形成了所謂葉子的鑲嵌現象(圖1)。這樣使植物能夠最充分地吸收和利用照射在植株上的太陽光綫。



圖1 槭樹葉子的鑲嵌現象。葉子分布得彼此互不遮掩。

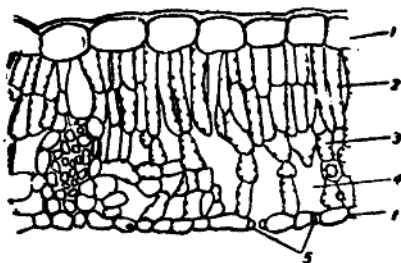


圖2 葉片內部構造：

- 1—表皮；2—柵狀組織(組織中有葉綠體)；
3—海綿組織；4—細胞間隙；5—氣孔。

任何植物葉片的上下面都被細胞的保護層——表皮復蓋着，而葉子內部充滿了所謂同化組織，這種組織的細胞都能夠吸收光能。與上表皮直接相連的是一層彼此嚴格平行排列的長方形細胞層，這一層叫做柱狀組織或柵狀組織。柵狀組織與下表皮之間有一層疏松的組織，這一層組織的細胞分布得不規則，它叫做海綿組織。在海綿組織的細胞間有許多空室——細胞間隙，它們依靠叫作氣孔的許多特殊小孔與周圍環境相溝通(圖2)。碳酸氣通過氣孔進入葉內，而在細胞間隙的表面上所產生的水蒸汽則通過它向外逸出。

氣孔是長10—15微米、寬2—3微米的狹縫。通常一個氣孔的面積是30—90平方微米。每1平方厘米的葉子上平均

約有 10,000—30,000 个气孔。气孔的总面积通常不超过叶面积的1%，一株小麦植株的气孔总面积約为 5—7.5 平方厘米，糖用甜菜——30—60平方厘米，馬鈴薯——50—60平方厘米，玉米——50—70平方厘米，向日葵——50—80平方厘米，而每一个南瓜植株上差不多有 2,000 平方厘米。

在同化組織的細胞里，原生質層內，有綠色質体，这种綠色質体叫做叶綠体或叶綠粒。它們是圓盤形或扁豆形的；由于在它們里面具有綠色色素（叶綠素），所以它們的顏色是綠的。

远在1871年，K.A.季米里亞捷夫在談到叶綠体时，就曾写道：“現在不容置疑，叶綠粒是一种能把無机物質（碳酸气 and 水分）轉化成有机物質的機構；叶綠粒是宇宙空間的中心点，在它里面太陽光的动能可以轉化成化学能，并且积累、貯存起来，以备后来在动植物有机体的各种运动現象中漸漸釋放出来。因此，叶綠粒是一切有机体运动的起点，是所謂生命現象的起点。”^①

高等植物的叶綠体很小，用肉眼是看不見它們的，只有在顯微鏡下才看得見。觀賞植物金蓮花屬的叶綠体平均長 3.9 微米，寬 2.9 微米，厚 1.6 微米；丁香屬叶綠体的長度在 3.6—7.4 微米之間，寬 3.1—4.9 微米，厚 1.9—2.3 微米。換句話說，叶綠体的大小是：每 1 立方厘米的空間中可以容納 30—200 亿个叶綠体。

質体主要分布在柵狀組織的細胞內，在海綿組織的細胞里只有很少一部分。向日葵和菜豆的柵狀組織中含有 80% 的叶綠体，而海綿組織中只有 20% 的叶綠体。蓖麻的柵狀組織中含有

① 季米里亞捷夫全集，俄文版，第二卷，27—28 頁。

85%，而海綿組織中只有15%。

每一个叶細胞中，通常都含有几十个叶綠体。例如，蓖麻每一个棚狀組織的細胞中有36个叶綠体，而海綿組織中有20个叶綠体。因为每1平方厘米叶子中有3—5千万个細胞，所以就不难算出，每1厘米叶面有10—15亿个質体。

高等植物叶綠体的面积是千差万別的。例如，有一种苔类，它的叶綠体的面积是28平方微米左右，而丁香屬的叶綠体面积是在96—236平方微米之間，它因叶子的年齡大小而不同。由于叶綠体的緣故，叶子用来吸收光能的內部面积便大大地增加了。1平方厘米的叶子里所包含的叶綠体总面积可以达到1,000—2,000平方厘米。这就是說，每1公頃草地或林地上，叶綠体的总面积可达2,500—10,000公頃。

照射到叶子上的太陽光綫，通过叶子細胞和組織的不同部分时是强烈地扩散的，所以甚至到达上部叶子中叶綠体的太陽光綫也不是直射形式的，而是散射形式的。在叶組織內光綫向各种不同方向傳播，这就是說植物的叶綠体实际上只能得到散射光。

为了适于最大限度地利用这种散射光，植物在进化过程中就产生了叶綠体的运动。叶綠体按照光照的性質，在細胞中采取不同的位置（圖3）。而且它們总是分布得彼此互不遮掩，

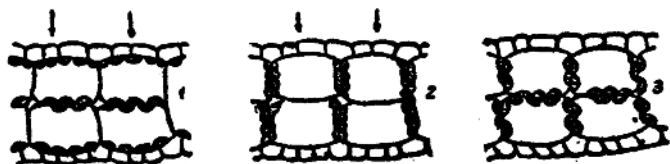


圖3 浮萍叶細胞中叶綠体的运动：

1—在散射光下；2—在直射陽光下；3—在黑暗中。

也不致受到陽光直射。其所以要避免受到陽光直射，是因為直射陽光，特別是紫外綫，能迅速破壞葉綠素。由此可見，葉綠体的位置移动是一种特殊的保护反应。

在光綫較弱时，葉綠体移动到細胞的前壁，并且以寬的一面与光綫方向相垂直。在直射光綫强烈时，它們便往細胞的深部移动，排列在細胞側壁上，并且分布得彼此互不遮掩，以便能够最大限度地吸收在細胞里面散射的日光。

植物怎样利用光能

每1厘米叶子每分鐘平均能吸收0.15—0.25卡的太陽光能。如果这种能不被叶子利用，那末叶子的温度每3—5分鐘便要升高 50°C 。但是实际上在自然条件下，叶子的温度与气温相比，譬如在苏联中部地帶，通常不高过 $2-10^{\circ}\text{C}$ ，只有在伏尔加河流域的干旱地区或中亞細亞沙漠上，叶子的温度才超过气温 $6-10^{\circ}\text{C}$ 。

叶子之所以不会过热，是因为它所吸收的光能被植物利用到蒸騰作用、光合作用和許多其他过程中去了的緣故。

任何物体都有一种特性，如果它的温度超过了周圍空間的温度，就会自动冷却。这种特性叫做散热作用。散热作用是和能量散布到周圍空間，有連帶关系的。叶子也具有这种特性。例如在夏季，在叶子过热 2°C 的情况下，一株小麦植株通常每一分鐘便要發散8—13小卡的热到周圍空間中去，糖用甜菜——50—100小卡，馬鈴薯——85—100小卡，玉米——85—120小卡，向日葵——85—135小卡。缺乏水分的时候，叶子通常会过热 $6-10^{\circ}\text{C}$ ，它所發散的能量就增加2—4倍。在散热过程中，植物可以消耗叶子所获得的能量的85%左右。

但是蒸騰作用（植物的叶子蒸發水分的作用）却是消耗叶

子所吸收的能量的主要过程。因为植物体内所进行的大多数生理过程，都只有在植物組織內飽含水分时才能进行。在光合作用过程中，碳酸气和水转化成为有机物质；水分是实现正常的呼吸过程所必不可缺的；而矿物质的吸收、移动和利用，也只有在植物組織飽含水分时才能实现。植物体内酶的活动也只有在水介质中才是可能的。水分是植物生长所必需的，因为細胞的伸展，实质上就是充滿水分的液胞——極細微的空腔——的产生和增大。因此，組織中飽含水分是植物正常生命活动的必要条件。正因如此，所以叶組織內經常含有80%左右的水分。

由于叶組織內有气孔和很高的含水量，就引起了不断的蒸發。水分从細胞間隙的表面蒸發，通过气孔的孔口外逸。一株向日葵或玉米植株在生长期內要蒸發掉200公斤左右的水分。棉花在一季內每株蒸發的水分是在100—300公斤之間。1公頃的玉米一个夏季要消耗3,000吨以上的水分，而1公頃棉田則要消耗4,000—8,000吨水分。在光合作用过程中，植物平均每形成1公斤有机物质要消耗300公斤左右的水分；玉米和黍在这方面的耗水量是在150—300公斤之間，而小麦和大麦則在250—700公斤之間。

通常在夏季日間1平方米叶面每小时要蒸發15—250克的水分。香堇菜的蒸騰强度等于每小时每平方米40克，菜豆的蒸騰强度达到200克/小时·平方米，向日葵——270克/小时·平方米，而曼陀蘿——335克/小时·平方米。

在温度为20°C时，蒸發1克水分要耗費586卡热能。通常在自然条件下，叶子所吸收的太陽光能有10—95%耗費在蒸騰作用上。一株玉米在一季中消耗在蒸騰作用上的这种能量为120,000大卡，而棉花則为60,000—180,000大卡。这个能量等于燃燒12—36公斤上等煤时所放出的热量。1公頃棉花