

科學譯叢

植物的光合作用

科學出版社



植物生理學
植物的光合作用

● ● ● ● ●

科學譯叢

植物的光合作用

A. A. 尼啓波羅維奇等著

畢 黎 等 譯

科 學 出 版 社

內 容 提 要

此書共收入三篇文章，第一篇“季米里亞捷夫對於光合作用研究的貢獻”主要是介紹蘇聯偉大科學家——季米里亞捷夫在植物光合作用的研究工作中，對於提高植物科學的理論上，有着重要的貢獻；不但如此，他對於達爾文主義的發展，也有重大的功績。第二篇是蘇聯科學院季米里亞捷夫植物生理研究所光合作用研究室主任尼啓波羅維奇的著作，他著重地介紹了新近蘇聯科學家們在植物光合作用研究工作的新進展以及新的成就；第三篇是蘇聯科學院巴赫生物化學研究所克柳柯娃所著的“植物透過根吸收二氧化碳”一文，她以種種實驗的結果，證明綠色植物在光合作用過程中，不僅從葉面吸收二氧化碳，同時也能透過根吸收相當分量的二氧化碳氣體。

此書可供生物學工作者、農學工作者、中等學校生物學教師等的參考資料。

植物的光合作用

原著者	尼啓波羅維奇、克柳柯娃等 (А. А. Ничипорович и Н. Н. Крюкова)
翻譯者	畢 黎 孫 濟 中
出版者	科 學 出 版 社 北京東四區帽兒胡同2號
印刷者	啓 智 印 刷 廠 上海自忠路239弄23號
總經售	新 華 書 店

書號: 0139	1955年3月第一版
(譯) 084	1955年3月第一次印刷
(開) 0001—4, 270	開本: 737×1092 1/32
字數: 22,000	印張: 1 $\frac{1}{8}$

定價：一角九分



K. A. 季米里亞捷夫 (1843—1920)

目 錄

季米里亞捷夫對於光合作用的貢獻……汪振儒	(1)
植物的光合作用……A. A. 尼啓波羅維奇	(8)
植物透過根吸收二氧化碳……H. H. 克柳柯娃	(29)

季米里亞捷夫對於光合作用研究的貢獻

汪 振 儒

(北京林學院)

克里門特·阿爾卡捷維契·季米里亞捷夫 (Климент Аркадьевич Тимирязев) 在 1843 年 5 月 22 日誕生於彼得堡(現在的列寧格勒),出身於一個沒落的貴族家庭。他的父親的思想在當時也較進步,反對沙皇而贊成民主。他的母親給他很好的法文與英文的文字訓練,並給以很好音樂與美學的教育。他的兄長是一個農業與工業的統計專家,授給他以基礎的自然科學知識而開始引導他走向研究植物學的道路。他在當時又受到有名的俄國革命家及民主主義者如赫爾岑、車爾尼雪夫斯基及杜布洛柳波夫等思想的影響。在他成年以後,他不僅是一個傑出的科學家,並還是一個積極參加政治活動的進步的革命戰士,而對於文學與藝術也有很高的修養。他在科學上的貢獻也是多方面的,如對於達爾文主義的傳播,對於植物生理學在農業上的應用,以及對於反動遺傳學說的駁斥,都有輝煌的成績,他曾翻譯過達爾文的“物種起源”一書,並親自撰寫序文(該序文的中文譯文已發表在生物學通報 1954 年 7 月號)。但本文只就他一生中工作的一部分,即將他對於光合作用的研究加以介紹。他關於光合作用的第一個試驗工作在 1867 年發表,

而最後的一個研究則刊佈在 1895 年，前後近 30 年，共發表長短論文 21 篇。其中除在俄國國內發表的以外，還有用英德法三國文字所寫的分別在各該國的科學期刊上刊載。1903 年他受英國聘請在倫敦皇家學會用“綠色植物的宇宙作用”的題目作學術講演，其內容主要就是他 30 多年來對於光合作用研究的總結。是在當時關於光合作用最重要的文獻。在這以前還曾分別在 1874 年於意大利翡冷翠(Firenze)舉行的，及在 1884 年於彼得堡舉行的國際植物學會議上作了關於葉綠素在光合作用中效能的講演，但季米里亞捷夫對於光合作用的研究雖到晚年還是一直維持着很大的興趣，直到他臨終的那一年(1920)還在爲準備出版的文集，題目爲“太陽、生命與葉綠素”寫了很長的序言，但沒有寫完，就不幸去世了。他寫這篇序言的用意就在要將 150 年來關於光合作用工作加以總結。季米里亞捷夫去世後，這書已在 1923 年由蘇聯國家出版局出版，後來又收在蘇聯國家農業出版局在 1948 年出版的季米里亞捷夫選集中，作爲該集 4 卷中的第 1 卷(科學出版社將出版此選集的中譯本)。

他的試驗工作離開現在已近 60—90 年，在這一時期中，各門的自然科學都在不斷地進步與改變。無論是在化學、物理學或生物學的領域中都增加了新的更有效的研究設備與方法，伴隨着基礎科學的改變，關於光合作用的理論解釋自然也發生了改變。現代的關於這一過程的實質及反應變化的理論解釋，自然已與在上世紀末葉季米里亞捷夫作試驗研究的時期不同，已有了相當的發展。雖然如此，他的試驗研究就是在現在也還沒有失去它應有的重大意義。

他的工作對於我們這時代的意義，首先就在於這些試驗研究從根本上改變了當時關於光合作用研究的發展方向。季米里亞捷夫的研究為這種改變打下真正的科學基礎，而只有在這樣的基礎上，關於光合作用的現代研究才能獲得發展，所以他所做的工作是非常重要的。現代關於光合作用研究的重要問題，如化學機構的問題，能量需要的問題，葉綠素的作用問題等，在這些問題上季米里亞捷夫所作的研究工作有很多是替現代的理論解釋樹立了基礎。這些研究都是經典的文獻，對於現代的植物生理學家來說，就必須詳細地研讀這些著作，熟識其內容。

為了更進一步了解季米里亞捷夫對光合作用研究的意義，必先回溯在他那一個時代對於光合作用研究已完成的情況，因為與現在相比是完全不同的。就現代來講，多數的中學畢業生都已了解光合作用的意義是，水與二氧化碳被植物吸收後在葉中受了葉綠素與日光的作用合成了葡萄糖並釋放出氧氣的碳素同化作用。從普利斯特雷(Priestley)發現綠色植物能使污濁空氣復變為清新的時期開始(1771)到十九世紀的三十年代的期間，由於其他科學家如殷金豪士(Ingen-Housz)、辛涅比葉(Senebier)、及德叟叙(de Saussure)研究結果，雖已知道綠色植物能在日光下將水及二氧化碳合成為有機物，但對於碳素同化與釋放氧氣間的關係，及光與植物綠色素間存在着怎樣的物理關係，仍然不明瞭，對於綠色植物在宇宙間的重要意義也不了解。一直到季米里亞捷夫開始作研究的六十年代為止，總的說來對於這樣一個具有非常重大意義的生命過程注意是非常不夠的，而所有的知識也非常膚淺，對於成為這一過程基礎的重

要原理與規律也絲毫沒有任何建立在科學基礎上的探討。所以他在他的“葉綠素的光譜分析”(1871)論文中講到當時的情況是：“即使我們對於植物同化碳素這一過程的一般了解有些進展，但由於物理與化學的最新進步，使我們對於這一過程的真正機構現在還幾乎一無所知，同在一百年前一樣。”同時又寫道：“可以說自從德叟叙的時期以後，科學上就再沒有注意過這個問題。”而他就將自己的才能與精力放在研究這個問題上，並以對光合作用機構的基本特點作出解釋作為自己的任務，在當時這是一個非常困難的，自然也是非常重要的任務。

他不僅選擇了生物界最重要的作用作為研究的命題，而在這非常複雜的問題之中又選其中最主要的關鍵加以解決，就是關於葉綠素與光合作用關係的問題。達爾文曾對季米里亞捷夫說過：“葉綠素很可能是地面上最有趣的物質之一。”在十九世紀的前半葉雖已有些科學家對綠葉中色素的酒精提取液進行了研究，知道其成分含有幾種不同的色素，能吸收太陽光譜的紅光與藍光，並表現有螢光現象等，對這些事實不僅沒有解釋並且也沒指示出葉綠素有直接參與光合作用的效用。針對着這樣的情況，季米里亞捷夫認為：“在進行研究關於綠葉中光的吸收與光化學過程相互關係的基本問題以前，必須對葉綠素的及與之最相近的組成部分的吸收光譜作出比到現在已作過的更為精確的研究。”他首先改變了測定葉綠素吸收光譜的儀器，使之更為完善，其精確的程度顯著超過當時在這方面研究的技術水平，首先創立了光譜照相的方法來研究吸收光譜，為近代的光譜分析法樹立了基礎。我們現在對綠葉中所含色素的吸收光

譜能有正確的知識就開始於季米里亞捷夫的工作。

在對葉綠素吸收光譜建立了正確精密的研究方法之後，他即開始着手解決光合作用在當時最爲重要的問題，就是能量不滅定律能否應用於植物的光合作用。這一問題的解決關係着當時在科學界中勝利是否應屬於唯物論的問題。因爲按照唯心論者的看法，以爲光合作用是生物的生命活動，因當受着“生命力”的支配，所以不能用能量不滅定律來解釋；而唯物論者的看法正相反，光合作用中包含着有能量轉變的過程，所以應該同樣也服從於自然界的這一基本定律。季米里亞捷夫即從事於解釋光合作用的能量來源在那裏，而光與這種作用的進行又有什麼關係。如不弄清這一問題，對於光合作用的實質與機構就必然會產生唯心的解釋，認爲植物的生活能力是永不消失的、非物質的而且是不可知的。

這種唯心論解釋的危機在當時是正在滋長着。經過葉綠素的光譜分析研究之後，我們已知道日光被葉綠素吸收量最多的是紅光與藍光部分。但當時美國的物理學家德萊培爾（Draper）根據他對測定在不同波長光照下光合作用強度的觀察試驗，却證明植物光合作用強度最高是在光譜的黃色部分，即是說在對於人的視覺最爲明亮的部分，因此光合作用強度與葉綠素對日光能量吸收之間沒有任何關係，若再作進一步的推論就是說光合作用的能力來源不是日光。德萊培爾的主張並爲當時一些西歐著名的植物生理學家，如薩赫斯（Sachs）、帕斐佛爾（Pfeffer）等所支持，認爲光照對於光合作用僅能看作是一種刺激劑。這種反科學的、形而上學的結論如不予以徹底的反駁與摧毀，則對於光

合作用的唯物主義觀點將無法樹立，因而也就不能產生對於光合作用機構的現代見解。

季米里亞捷夫在當時還是一個年青的科學家，但已看出來這種錯誤唯心論解釋的危險性，並且沒有被當時那些享有盛名的、但具有唯心主義趨向的歐美科學家所嚇倒，經過了幾年艱苦、頑強、精密的科學研究之後，在 1874 年提出了以“關於植物對於光的同化作用”為題的博士論文，正確地指出光照與葉綠素對於光合作用的關係。他用實驗證明植物生活綠葉的吸收光譜與葉綠素的吸收光譜是完全符合的，而葉綠素又是實際綠葉中能大量吸收日光的唯一物質，所以光合作用必然是一個光化學的反應過程，因而也就必須服從於能量不滅的定律。他並進一步證明光照對於光合作用的效應不能看做是一種刺激劑，而在葉綠素對於日光能量的吸收與光合作用的強度之間有着數量上的關係，並指出德萊培爾的結論是建立在錯誤的、粗枝大葉的試驗方法之上的，他所用來作試驗的不同波長的光照並不是真正單純僅有一種波長的光照，而是許多波長混淆在一起的光照，因而他所作的不同波長光照對於光合作用強度影響的試驗便不能成立。季米里亞捷夫根據了自己的設計作出了能獲得日光光譜中任何一種波長的純粹光照，並創造了能測定極微量氣體的分析儀器，因而可以測定在不同波長光照下，植物或綠葉在光合作用中所吸收或放出的任何微量的二氧化碳或氧氣。他在這樣的精密試驗下，證明了只有能被葉綠素所吸收的波長的光照才能引起光合作用，而光合作用的強度與所吸收光照的強度成比例，只有在紅光與藍光光照部分，光合作用才是最強，而不是黃光部分。根

據這種科學的、精密的試驗結果便完全可以說明能量不滅定律同樣能用來解釋光合作用的過程，而光合作用的光化學反應性質也就很明白了。季米里亞捷夫就這樣粉碎了德萊培爾的唯心論調，而給光合作用的研究開闢了新的、光明的無限前途。而也只有根據了這樣對於光合作用的了解上，才能正確估計到綠色植物在宇宙間的正確地位與作用，而更好的來發展我們的農林植物生產事業。

季米里亞捷夫對於光合作用的光輝貢獻就在於他肯定了科學中的唯物主義立場，粉碎了唯心主義的錯誤論斷，創立新的更精確的實驗方法，發掘了更多的生物界中所蘊藏的奧秘，而使人類對於掌握植物生命活動的規律上前進一步，並確定了自季米里亞捷夫以後直到現代為止在這一研究領域中工作上的正確方向。

由於季米里亞捷夫的關於光合作用的經典著作，對於證明生物界和非生物界之間存在着相互聯系，證明自然界的統一性的巨大意義，而作出了巨大的貢獻。他明白地揭示了陽光、空氣、土壤、植物、動物等之間的極密切的聯系。動物靠着植物生活，而植物要吸收太陽的能，才能發育與生長。他判明了綠色植物與太陽間的不可分割的、極重要的聯系，進而證明了生物與非生物的相互聯系、相互依賴和相互作用，已遠遠地擴展到地球範圍以外，它們已帶有宇宙的性質。在這裏我們可以深深體會到季米里亞捷夫的研究工作，對於達爾文學說的發展，確有巨大的貢獻。

（原載於“生物學通報”，1954年11月號，1—3頁）

植物的光合作用

A.A. 尼啓波羅維奇

(蘇聯科學院季米里亞捷夫植物生理研究所)

К. А. 季米里亞捷夫(Тимирязев)在他的一篇名著“論葉綠素在生理上的意義”中寫道：“當太陽光線降落到綠葉表面上時，在綠葉中發生一種異常令人難測的過程；在地球上所進行的任何一種過程，恐怕不會有像它那樣的受到普遍的注意了。從化學上的觀點看來，這就是一種無機物、碳酸氣和水轉變成有機化合物的過程。從物理學上的、動力學上的觀點看來，這就是一種太陽射線的動能轉變成化學潛能，轉變成功(work)的積儲量。從各方面看來，這是一種過程，所有在地面上的生命的表現，因此還有全人類的幸福，都依依存於這個過程而獲得最後的判決。”¹⁾

季米里亞捷夫在這方面的輝煌研究，啓示了此後繼續在真正科學唯物主義基礎上研究植物吸收光的養料——研究光合作用——的無限希望。

可是季米里亞捷夫，這一位科學為人民的熱烈宣揚者，不僅做過光合作用的實驗工作，並且以卓絕無倫的技巧，普及宣傳光合作用的知識。有很多俄國科學家，追隨季米里

¹⁾ 見季米里亞捷夫選集第1卷，農業出版社1948年版，第257頁。

亞捷夫所指出的路線，去研究這個近代自然科學的最重要的問題，提供了豐富的貢獻。

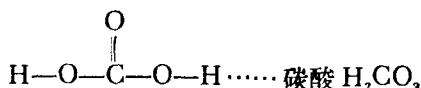
著名的俄國科學家們，像 А. Н. 巴赫 (Бах)、М. С. 茲維脫 (Цвет)、К. О. 波里耶維奇 (Пуриевич)、В. В. 薩波茹尼科夫 (Сапожников)、Ф. Н. 克拉舍寧尼科夫 (Крашенинников)、А. А. 黎赫契爾 (Рихтер)、В. Н. 柳皮明科 (Любименко)、С. П. 科斯蒂契夫 (Костычев) 等人在這方面的研究工作，都有相當的價值。

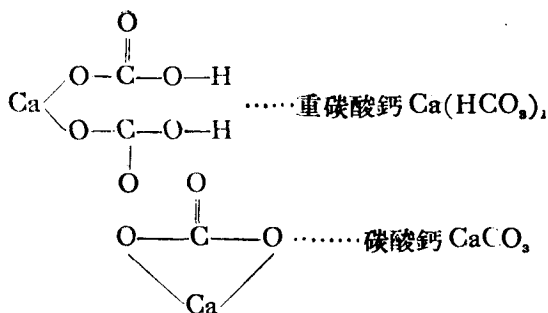
這一問題有相當的重要，就是在今天，還必須繼續和擴大研究季米里亞捷夫所開端的事業，並且廣泛普及光合作用的知識。

光合作用——這是綠色植物在受到光線照射時吸收碳素的過程。碳素是有機物質的一部分；在生物（植物或動物）身體內的乾物質數量中，它的含量佔達 40—45%。

碳素在地球上成為兩大類化合物而存在着。第一類——這就是無機的含碳物質。這一類的主要化合物，就是二氧化碳 (CO_2)。二氧化碳在空中成為氣體狀態，空氣的一部分（碳酸氣），並且也在江河及海洋的水中成為溶液。二氧化碳的衍生物就是碳酸 (H_2CO_3) 和下面的鹽類：碳酸鹽類和重碳酸鹽類。

成為這些化合物一部分的碳素，受到充分的氧化，它祇和氧原子相結合，例如：



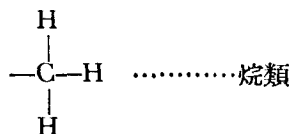
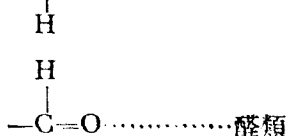
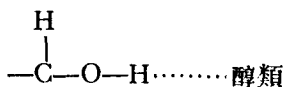


地球上的大部分碳素，都成為二氧化碳和碳酸鹽類。

第二類的含碳物質——這就是有機化合物。

在極大多數的情形中，有機化合物是一種複雜的分子，其中碳原子互相結合成鏈狀和環狀，聯結成串，數目可達數百個原子。碳原子除了互相結合外，還把氫、氧、有時是氮和硫等結合在周圍。

成為有機物質界最複雜部分的碳素化合物的主要種類如下：



以及 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ -\text{C}- \\ | \\ \text{H} \end{array}, \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ -\text{C}- \end{array}$ 等等。

真的，在有機化合物中，也可以遇見到有 C—C, C—O 或 C—O—H 等聯結的種類；在這類的分子中，碳原子和氫原子不聯結在一起。其中最主要的種類，是有機酸所含有

的碳酸基 $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$ 和酮類所含有的酮基 $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}- \end{array}$ 。可

是，這些種類是成為具有還原碳素的鏈的一部分而存在着；並因此，這些有機化合物全部都是一種含有還原碳素的還原化合物。

所以，碳素的無機化合物和有機化合物之間的主要和根本的差別（純碳所成的煤、石墨和金剛石不在其內），就在於前面一類碳素中已充分氧化，而後面一類中則多少被還原了（即一部分與氧素脫離了聯系，或與氫素相化合了）。

由於這一點，無機化合物便缺乏化學能，不活潑和在化學方面變得穩定。相反地，有機化合物就富於化學潛能的儲量、反應靈敏、在化學方面較不穩定，而尤其是易於氧化和能夠燃燒，而從它們的分子中除去氫原子並且和氧化合起來。

有機化合物充分氧化結果，就形成無機化合物：水——是氫的氧化產物，還有二氧化碳——是碳的氧化產物。在氧化有機物質時，化學潛能的儲量就釋放出來，通常就成為熱能的形態。