

季米里亞捷夫與 光合作用的研究

A.A.尼啓波洛維奇

科學出版社

季米里亞捷夫與 光合作用的研究

原名爲“季米里亞捷夫是現代的關於光合作
用的機制研究工作學派的創始人”

A. A. 尼啓波洛維奇著
周 邦 立 譯

科 學 出 版 社

1956年10月

內 容 提 要

這本書原來是A.A.尼啓波洛維奇教授所寫的一篇文章,原題爲“季米里亞捷夫是現代的關於光合作用的機制研究工作學派的創始人”,原來是作爲附錄,刊登在H.A.馬克西莫夫主編的“關於葉綠素和植物吸收光的著作選集”裏。它是研究植物的光合作用方面的一個重要文獻,也是研究季米里亞捷夫關於這方面的著作的一個必須研讀的材料。

內容綜合講述了季米里亞捷夫關於光合作用的研究工作的要點,指出了這些工作對進一步發展這方面知識的意義,並且還講到季米里亞捷夫以後關於光合作用的研究工作的發展情形和現代狀況。

季米里亞捷夫與光合作用的研究

Тимирязев—Основоположник современного
направления работ по изучению механизма
фотосинтеза

原 著 者 [蘇] A. A. 尼啓波洛維奇
[A. A. Ничипорович]

翻 譯 者 周 邦 立

出 版 者 科 學 出 版 社

北 京 朝 陽 門 大 街 117 號

北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

印 刷 者 北 京 新 華 印 刷 廠

總 經 售 新 華 書 店

1956年10月第 一 版

1956年10月第一次印刷

(京)0001-5,148

書號: 0570 印張: 1 3/8

開本: 850×1168 1/32

字數: 34,000

定價: (10)0.25 元

譯 者 前 言

這本書原來是 A. A. 尼啓波洛維奇所寫的一篇文章，原題爲“季米里亞捷夫是現代的關於光合作用的機制研究工作學派的創始人”（Тимирязев—основоположник современного направления работ по изучению механизма фотосинтеза），登載在 Н. А. 馬克西莫夫（Максимов）院士編輯的“關於葉綠素和植物吸收光的著作選集”（Избранные работы по хлорофиллу и усвоению света растением）一本書第 297—347 頁的“附錄”裏面；這本選集是由蘇聯科學院出版社在 1948 年出版的；裏面所選的文章八篇，也就是“季米里亞捷夫選集第一卷”中的主要文章八篇：“研究葉的空氣營養用的儀器和人工光照對這種研究的應用方法”（原書 7—16 頁）、“葉綠素的光譜分析”（17—84 頁）、“論植物吸收光”（85—211 頁）、“光化現象對於光波振幅的依存關係”（212—218 頁）、“可見光譜兩端部分光線的光化作用”（219—225 頁）、“人造的原葉綠酸”（226—229 頁）、“生活的植物體裏面的原葉綠酸”（230—233 頁）和“植物的宇宙作用”（234—295 頁）。

因爲這篇文章不僅綜合講述了季米里亞捷夫關於光合作用的研究工作的要點，指出了這些工作對進一步發展這方面知識的意義，而且還講到季米里亞捷夫以後關於光合作用的研究工作的發展情形和現代狀況，所以譯者認爲有把它譯出來的必要。

在這篇文章裏所寫到的“這本選集”就是指上面所說的載有這篇文章的原書；而在註文中所寫的“季米里亞捷夫全集”，則是指 1937 年蘇聯農業書籍出版社出版的十卷集。除此以外，還有一種用方括弧來標明的號碼，是指原來附在這篇文章後面的參考文獻的號碼。

引 言

像季米里亞捷夫那樣兼有如此多種多樣的卓越品質的人，正是世界上稀有的了。

他是一位卓越的實驗家與演講家、空前的科學知識普及工作者、熱烈擁護社會生活中與科學中的民主、進步的戰士，同時又擁有了生物學的最繁多的部門中的廣博知識。他很清楚地知道並且卓越地研究了自然科學的發展史。1864—1865年，在他還是21—22歲的大學旁聽生的時候，他就首先在俄國闡述了偉大的科學家查理士·達爾文所發表不久的生物進化學說的內容。此後在半世紀內，季米里亞捷夫在俄國始終一貫地和天才地宣傳並發展了達爾文主義，替達爾文主義開闢了第二個祖國。

他是蒲生谷的學生，並且成為一位在俄國發展實驗農學、農業化學和推廣盆栽法的創始人和堅忍不拔的宣傳家。

他也是我國最初研究乾旱問題的科學家之一，曾經詳盡地評估了乾旱對植物的影響一問題的狀況，並且擬定了許多防止這種災害的措施。

他是俄國植物生理學的創立人，由於他的不朽著作“植物的生活”一書而在科學的這個部門中創造了廣大的聲譽。

季米里亞捷夫對生物進化問題有極顯著的興趣，而且特別注意到這方面的一個最主要的問題，也就是一個使他非常激動的問題：有機體的遺傳性質是不是會發生任意變異，根據實驗家與育種實踐家的處理是不是會去“塑製有機體類型”？

如果只是考慮到上面所說的季米里亞捷夫的事業中的這一方面，那末這也就足以在很多後代中樹立起他的永垂不朽的光榮來了。

可是，這只不過是這位卓越人物的豐多而輝煌的事業的一部分罷了。

他由於研究“最重要的生理現象”¹⁾——光合作用——的工作而使自己獲得了全世界聞名的科學家的光榮。

在這本選集中，就編進了季米里亞捷夫的最重要的研究著作和演說稿。

季米里亞捷夫在 1867 年完成了第一個關於光合作用的試驗工作，而在 1895 年則完成了最後的試驗工作。

季米里亞捷夫關於這個問題的最重要的公開演講，是在 19 世紀 70—80 年代和 20 世紀初年舉行的；在這時候，他曾經做了一個最著名的克隆演講（1903 年，“植物的宇宙作用”）。可是，季米里亞捷夫直到他逝世前為止，始終沒有停止過他對光合作用的最强烈的研究興趣。例如，在他逝世的這一年（1920 年）內，他就準備付印他的關於這方面的著作、演說與講演的文集；這本書後來在 1923 年出版，書名叫做“太陽、生命和葉綠素”（國立出版社，1923 年，莫斯科—列寧格勒版）。

當時身患重病的季米里亞捷夫，專門為這個文集寫了一篇序文；可是他沒有完成這篇序文，在擱下這篇著作以後八天，他就離開世界而去了。

這篇序文的目的，是要去總結一百五十年來關於光合作用的研究工作。

序文的內容明顯地證明了季米里亞捷夫的研究興趣的持久與深入的情形：在這篇序文中，他寫述了關於這個對象的全部經過情形和他親自的研究工作；他寫得如此的熱情奔放，如此的博學多聞，如此的對問題的重要性的確信無疑，正也像他在逝世前 20—50 年最活動的試驗工作期間內所說和所寫的情形一樣。

到現在，季米里亞捷夫的試驗工作已經有了 50—80 年的時效。

在這個時期內，所有的自然科學部門也有了大大的進展。

化學和物理學等科學部門的蓬勃發展，使人類具有完全新的掌

1) “太陽、生命和葉綠素”，題詞（“季米里亞捷夫全集”，第 1 卷，第 173 頁）。

握與控制天然富源及自然力的方法；由於物理學、化學和生物學的幾個部門的進展，使科學家們增多了那些研究無生物界與生物界的規律性、現象及過程的新的有效方法；自然科學的進展不僅發展了與確定了過去知識與觀念的範圍，而且在許多情形下就使完全新的關於自然界的基本範疇——物質、能量、時間、空間等——的本質的觀念產生出來。

當然，在自然科學的基本部門普遍進展的同時，也有很多關於光合作用的觀念發生了變化。

現代關於這個過程的本質、機制的觀念，已經是和 19 世紀末年（在季米里亞捷夫對這方面積極地工作着的時候）的觀念大不相同了。

可是，不管這一點，季米里亞捷夫的研究工作即使到現在還是沒有失却它們的巨大意義。

這些工作對現代的意義，首先就在於它們當時在光合作用的知識發展方面創造了根本的變革。它們就成為這個部門內的一些派別的發展的真正科學基礎，而這些派別在現代研究工作中也是最重要的。我們注意到光合作用的機制、力能的問題，關於葉綠素的綠色素參加這個過程的本質與機制的問題。季米里亞捷夫在這個部門內所得出的結果，有很多就成為現代觀念的基石。我們現在已經習以為常地知道了季米里亞捷夫當時曾經如此確信地用試驗來論證的並且如此熱烈地與天才地在刊物上、演講和公開演說中所衛護的很多原理，並且認為它們好像是不言自明的了；我們往往不能很清楚地了解，在他那時候究竟要用多麼巨大的努力、頑強精神和天才，去證明它們的規律性，去使大家承認它們。

例如，關於下面的觀念就有這樣的情形：能量不滅定律是光合作用的基礎，在被吸收的光的能量、光照時所產生的化學功和植物所積儲的能量之間有着嚴格的關係。

季米里亞捷夫的研究工作，在他當時的光合作用的力能與機制的研究方面創造了新的真正科學的基礎。它們就是經典性的研究工作，並且這一點決定了對於每個現代生物學家、尤其是對於植物生理

學家，有詳細認識它們的必要。

在評估這些工作方面，必須首先考慮到它們的歷史意義。

可是，同時還有它們的內容、令人驚奇的技巧和技術（它們就藉助於這種技術而被完成的）、思想傾向、英勇和熱情（研究家就用這些來堅持自己的觀點），也應該自身成為研究的對象，去指點給每個科學家、尤其是蘇聯科學家那些在自己的工作中應該走的途徑。

我們在談到季米里亞捷夫的研究工作對現代的意義時，就不能不回憶到一點，就是他本人曾寫述了關於光合作用的研究工作的創始者之一——薛耐比——的著作的情形。

也可以用這些話來充分地說明季米里亞捷夫本人的研究工作：“他在着手研究特殊的現象時，在作出他的發現時，從來沒有忽略過那個關於自然界的實驗研究的方法論方面，並且把它看作是一種高級的實際的邏輯經驗。”¹⁾

季米里亞捷夫本人的所有研究工作都是極端地具有着這個特點；它使他的研究工作對於現代的詳細研究方面變得如此重要，正也像半世紀以前所做到的那樣。

在再度回憶到季米里亞捷夫夫人由於評估薛耐比的著作而說的話時，我們也可以說，我們應該在我們的偉大的本國科學家的研究工作方面學習到下面一點：“要去鍛鍊自己的腦力，要在……自然研究的學校中培養自己的真誠感；在這裏，每一種思想都要用事實來校對；在這裏，每個人都要比任何另一個知識部門內的人，更加正確地學會最高度的技術，學會那種無論在科學中或者在生活中都是必需的技術，——就是要學會一種探求與發現真理的技術。”²⁾

現在這篇文章的目的，着重於那些應該促進正確評估季米里亞捷夫的研究工作的事實和狀況。對於這一點，首先就必須去注意到

1) “植物為什麼和由於什麼而變成綠色的？”（“季米里亞捷夫全集”，第1卷，第258頁）。

2) “季米里亞捷夫全集”，第1卷，第259頁[參看“植物和太陽能”一文的末段文字——譯者註]。

光合作用知識在 19 世紀的最後三分之一世紀內的情況，就是在季米里亞捷夫對光合作用方面進行得最緊張的試驗工作的時期內的情況。

季米里亞捷夫對於光合作用的研究工作及其 對於光合作用知識的進一步發展的意義

現在每一個中學畢業生都具有一個堅強的信念，就是：綠色植物在吸收空氣中的碳酸氣；它們用碳酸氣分子和水分子來合成有機物，同時釋放出游離氧，並且用這個方法來引起還原功；葉綠素的綠色素在吸收光能，使它去引起 CO_2 和 H_2O 分子發生化學變化；光能在引起這種化學變化時，並不消失，也不減弱，而是轉變成為化學能，並且以新形成的有機物的潛能形態被保存起來。

現在每個中學畢業生都具有一個明確的觀念，就是：物理學與化學的定律是光合作用的生理過程的基礎；它嚴格地符合於物質與能量不減定律而進行着；差不多地球上的一切有機體的生活都依從這個最複雜的與最重要的生理過程為轉移；由於這個過程的結果，首先就產生出有機物來，而此後則產生出生活物質來，所以這個過程為生命的唯物觀提供了最明顯的和確實的資料。

所有上述的原理到現在還沒有受到懷疑；它們被教師講授給學生們，並且被學生們接受作為完全明確的材料，此後在他們的意識中又成為一種確定不移的東西，好像是每個文明人所必備的智囊的一部分。

在 19 世紀的 60—70 年代，就是在季米里亞捷夫開始他的研究工作的時期裏面，情況決不是這樣的。

到這時候，已經是約瑟夫·普里斯特利發現光合作用（1771）以後的一百年了。

在 1771 年到 19 世紀 30 年代的期間內，由於應根哈斯、薛耐比和沙斯修爾的研究工作的結果，已經確定了植物在用碳酸氣和水製造有機物；這個過程只有在光照之下，並且只有在綠色植物或者它們

的含有綠色素的器官受到光照作用的情形下，才能够進行下去。

可是，在這個期間內，還不能使人清楚地知道，空氣中的碳酸氣就是綠色陸生植物的基本的碳素來源。

那時還沒有下面幾個明顯的觀念，就是：一方面吸收碳酸氣和釋放氧的過程之間的聯系的物理作用、機制是怎樣的，另一方面光和植物的綠色之間的聯系的物理作用、機制是怎樣的。

同時也沒有關於那些後來被季米里亞捷夫稱做“植物的宇宙作用”的清楚的觀念。19世紀最初三分之一世紀內的自然科學家們還沒有清楚地知道，綠色植物在和太陽能量結合在一起時，最初就製造出一種對於所有其他有機體的生活所必需的有機物來。反之，在19世紀的上半紀內，泰爾(Тер)的“腐植質理論”(гумусная теория)却受到了廣泛的承認；按照這個理論說來，植物用碳素作為營養，並且從土壤中吸收那些構成腐植質的有機物。

因此，當時關於碳循環和關於地球上的有機物的平衡的問題，或者是還沒有被提出來，或者是完全不適合於事物的真實情況而被解決的。

尤其是那時候還沒有搞清楚關於光合作用的能量方面的重要性和關於能量的循環的問題；綠色植物在推動着這種循環，吸收太陽能量和把它轉化；由於這方面的結果，就使地球上的全部生物可以生存下去。

在19世紀中葉，由於能量不滅定律的創立人之一羅勃脫·梅伊爾的研究工作以及李比黑與蒲生谷的研究工作，使有關這些問題的觀念發生了根本的變化。

著名的科學家李比黑在和泰爾的腐植質理論進行猛烈的戰鬥時，就提出了一個關於怎樣去解決地球上的有機物的平衡的問題，並且衛護了下面一個觀點，就是：綠色植物的一個基本的和特徵性的特點，就在於它們並不是以腐植質裏面的有機物為營養，而是以礦質化的碳素化合物為營養，同時就用它們製造出有機物來，這些有機物後來又被其他有機體所利用(1840)。

而腐植質裏面的有機物，則本身就是植物性起源的物質。

羅勃脫·梅伊爾首先(1845)發表了一個原理，就是：綠色植物藉助於日光的能量，用碳酸氣和水來合成有機物，同時把這種能量固定起來，並且以化學能的形式儲藏起來，使它能被其他有機體在其生命活動過程中所利用。

這樣就產生了關於綠色植物的“宇宙作用”的觀念基礎；綠色植物最初把太陽能量以一種使它易於被地球上所有其他有機體接受的形式儲藏起來。

現代植物生理學與農業化學的創始人蒲生谷（季米里亞捷夫認為自己是他的學生），用一系列的卓越試驗（1864、1874）來證明道，空氣中的碳酸氣實際上就是綠色植物的碳素營養的唯一來源。

就這樣到 19 世紀的 70 年代，開始使人清楚地知道了光合作用過程在自然經濟中的巨大意義；也清楚地知道了在綠色植物的葉子中正在進行着一種過程；這種過程對全部生命界的存在有着特別重要的意義，因而也就是對人類的生存與幸福有着特別重要的意義。

季米里亞捷夫還在大學生的時代，就表現出了一種令人驚奇的直覺和從無數科學成就中挑選出最重要、最有意義的成就來的能力。

光合作用的問題和生物進化的問題——這是自然科學的兩個基本部分；季米里亞捷夫曾經用卓越的遠見來評估它們是最重要的，並且在他的一生中始終沒有改變這個信念。

在研究這些問題時，他在人類對自然界的依存關係表現得特別強烈的地方，看出了一種認識自然界的最大秘密和學會控制自然力的方法。

在研究這些問題時，他看出了一種去和反動的與形而上學的觀念鬥爭、去和生機論鬥爭的有力和有效的辦法。

普利斯特利、應根哈斯、薛耐比、沙斯修爾、羅勃脫·梅伊爾、蒲生谷的研究工作，使季米里亞捷夫確信光合作用是“最重要的生理現象”。

可是，這些研究工作只是提供了一般關於這種過程的特點及其

在自然經濟中的意義的觀念。

至於說到那些使這個過程得以實現的最重要的原理和規律性，那末可以老實說，在那時候還絲毫沒有一些經過科學論證的關於這個問題的觀念。

季米里亞捷夫本人在他的研究工作開頭時，曾經確定關於這個問題的狀況如下：“……如果由於物理學和化學的最新進展，使我們也能够多少更進一步去全面理解這個過程——植物的碳素同化過程——那末這個過程的歷程本身，在我們看來，即使到現在還是好像在一百年以前一樣地模糊不清。”¹⁾

“可以說，自從沙斯修爾的時代起，科學還絲毫沒有在這個現象的理解方面進展一步。”²⁾

季米里亞捷夫也把自己的天才和力量放在查明光合作用機制的基本特點方面，因為這是一個任務——雖然是困難的任務，但同時也是最重要的任務。

季米里亞捷夫仍舊能够從全部有關這個問題的複雜的問題總體中，以卓越的直覺來挑選出那個最重要的問題來。

從應根哈斯的研究工作時候起，早已使人清楚地知道，進行光合作用的能力是靠了某種方法和一種可以被酒精浸取出來的存在於植物體內的綠色素發生聯系的。

別爾澤里烏斯、弗烈米、勃留斯脫爾、斯托克斯以及其他在 19 世紀前半紀內的研究家們曾經確定道，酒精萃液的色素是由幾種成分所構成的，它們吸收着光譜中的紅色和藍色光線，並且在溶液中具有發生熒光的能力。

可是，這些知識的總和，不僅沒有去說明，而且甚至也沒有去證明葉綠素直接參加光合作用過程的情形。

1) “葉綠素的光譜分析”(這本選集的第 17—18 頁)[參看這篇文章的第三段——譯者註]。

2) 這本選集的第 8 頁[參看“研究葉的營養用的儀器和人工光照對這種研究的應用方法”的第六段——譯者註]。

如果確定了光合作用只有在那些被葉綠素所吸收的光譜線中進行下去這個事實，那末就可以把它作為一個直接證明了。

在季米里亞捷夫以前，就有人企圖去確定光合作用對於光波波長的依存關係；在這些人裏面，也有著名的物理學家德拉派爾。德拉派爾根據自己的試驗得出結論道，在黃色光線內，也就是在最明亮的、人眼所感受到最強烈的光線內，就可以觀察到光合作用的極大強度。

這個觀點當時就獲得了普遍的公認，並且被那些像沙克斯、范佛爾以及其他很多科學家的權威者們所擁護。

因為在德拉派爾的試驗中，光合作用強度的極大值的位置和葉綠素吸收光的極大值的位置不相符合，所以上述的研究家們就作出了結論道，光對光合作用的作用也好像是和刺激素的作用一樣的。

因此，在德拉派爾這方面，第一就有了試驗資料，第二則有了當時最著名的物理學家的權威。

可是，始終不渝的唯物主義的直覺，使季米里亞捷夫有可能去看出德拉派爾試驗的錯誤，看出後者的推論有缺點。

季米里亞捷夫的論斷的目的大約如下：生活的綠葉所產生的吸收光譜，是和葉綠素溶液的吸收光譜互相符合的。因此，葉綠素實際上是葉子中的唯一的、能够在顯著數量時吸收光（光譜的紅色及藍色部分中的光）的物質。

光合作用過程，也像任何其他的光化過程一樣，無疑地應該嚴格符合於能量不減定律而進行下去的。

因此，那些認為光只是一種對於光合作用的刺激劑和在葉子吸收光能與光合作用過程的強度之間沒有嚴格的互相符合情形的說法，就是一種反科學的、形而上學的和毫無根據的說法。

對於植物方面看來，並沒有像人眼所看到的光一樣的光。

對於植物方面看來，光是一種由不同波長的光波所構成的能量流（поток энергии）。

那些被葉子所吸收去的光波，也應該引起光合作用的過程來。

因為葉子差不多整個藉助於葉綠素來吸收光，所以葉綠素正也就是光合作用過程的基本參加者。這一點正是符合於赫歇耳原理；根據這個原理，光化反應只有在光的吸收時和在那些被一定物質或物質系所吸收去的光線參加之下才能夠進行下去。

因為在光合作用的過程中，碳酸氣和“最可能的是水”¹⁾受到了化學變化，它們本身對於光線是透明的，所以葉綠素不僅是能量的吸收者，而且也是能量的傳送者，就是它也起有光學敏化劑的作用。

因此，季米里亞捷夫不顧德拉派爾的研究工作和沙克斯學派以及當時很多其他科學家的權威所建立起來的關於這個問題好像已經是十分明確了這一點，却清楚地看出了這些觀點毫無根據，並且着手去進行研究工作，對於工作的目的與任務抱有着清楚的觀念，還充分有把握地預料到工作的結果。

在這一次，他表現出了研究工作的那種必需品質與條件的卓越榜樣；他親自用下面的話來規定了這種品質與條件。“他（生物學研究家）爲了要解決自己的複雜問題，就應該先向後退，——去認識那些成爲他所研究的生命現象的基礎的化學過程和物理過程。”²⁾

季米里亞捷夫如此確實有據地完成了這個認識工作，而作出了一個合理的圖解來：這個圖解的完善程度不僅是遠遠地超過了他當時的植物學家，而且也超過了物理學家。

可是，作出近乎真實的圖解這一點，還決不是全部必需的工作。

季米里亞捷夫就用下面的話來確定他的進一步的任務道：“爲了證明我的觀點正確起見，在我的面前有了一個雙重的任務：要證明他們（指上面所說的研究家：德拉派爾、沙克斯等人）的事實不正確，並且去用新的更加準確的試驗來實際證明我的邏輯上正確的觀點是正確的。”³⁾

1) 這本選集的第 8 頁。[參看“研究葉之營養用的儀器和人工光照對這種研究的應用方法”的第三段——譯者註]。

2) “季米里亞捷夫全集”，第 1 卷，第 244 頁。[參看“植物和太陽能”的第二章第二節第一段——譯者註]。

3) “季米里亞捷夫全集”，第 1 卷，第 190 頁。

季米里亞捷夫也像他過去輝煌地把關於問題狀況的資料作了邏輯上的分析一樣，去輝煌地解決了這個任務。

他藉助於較不複雜的試驗，證明了德拉派爾在其試驗中把通向稜鏡去的光通經了一條太寬的光縫，因而獲得了不純粹的光譜。

在這種情形下，正是在黃色部分內，不僅有純粹的黃色光線，而且也有其相隣各區段內的光線總加在一起，在所得到的光譜的這個部分內不僅產生出最大的亮度來，而且也產生出能量流的最大強度來。

季米里亞捷夫在把光縫縮小以後，就開始獲得了純粹光譜；可是這一點又關聯到這個方法所獲得的光譜的各個部分內的光通量的強度降低方面。爲了闡明光合作用對於光線波長的依存關係一問題起見，就應該把葉子分別放置在光譜的不同區段內，並且去計算它們的光合作用的強度。

可是，光線通經狹縫後，必然會使光的強度變得較小，因此這一點也就決定了葉子的光合作用的強度減低。

在這些條件下，只有在研究家能够掌握到一種很精密的和靈敏的計算光合作用本身的方法的時候，才能够得出確實可靠的結論來。

季米里亞捷夫在他最初的試驗工作時，也去精密地研究了這種方法。

因此，他在 1868 年就已經寫出了一篇文章，叫做“研究葉的空氣營養用的儀器和人工光照對這種研究的應用方法”¹⁾；這種儀器按其精密程度，遠遠地超過了當時一切其他研究者們所用的儀器。

在以後的年代中，季米里亞捷夫又繼續不斷地改進了光合作用的計算方法，使它們的靈敏度和準確度達到非常高的水平。

他本人（也注意到研究葉綠素特性的工作）就用下面的話來講到自己的研究工作的特點道：“我從所有可能達到的各方面去研究了這個問題，越來越精確地去限定它，使研究方法多樣化和完善化，並且

1) 這本選集的第 7 頁。

利用物理學和化學的隣接部門裏面的每個新的成就來說明它。”¹⁾

因此，從季米里亞捷夫的最初研究工作起，他在光合作用方面表現出了研究家的幾個卓越的品質如下：(1)按照有進步情緒的和具有人類的寬廣視野的唯物主義者的直覺，他為自己的研究工作挑選了一個最重要的和最有意義的生物學問題。直覺並沒有欺騙季米里亞捷夫：光合作用問題，即使是在現代的無數複雜的生物學問題中間，仍舊佔有着中心的地位之一；(2)在進行試驗工作以前，季米里亞捷夫細緻地和周到地研究了問題的狀況，並且創造了邏輯上的嚴整的方案；這個方案批判地評估了過去的研究結果，擬定了邏輯上的正確的原理，並且清楚地確定了他本人的研究工作的必需路線；(3)最後，為了推行研究工作起見，他創設了一個在當時說來是完備的物質基礎：在工作過程中，獲得了純粹光譜，並且藉助於那個被他專門研究出來的高度靈敏的和精密的方法來計算了光合作用過程的進程本身。

那些使工作一定能獲得輝煌成就的保證的必需條件，正就是在於全部上述的各點。堅定不移的和逐步前進的完成這些條件的行動，正表徵出了季米里亞捷夫這一位按其品質說來是卓越的人物與研究家的性格。

最後結果，季米里亞捷夫的研究工作就把光合作用的機制方面的研究建立在堅強的科學基礎上了。

由於這些研究的結果，所有那些被季米里亞捷夫早在工作開始以前根據邏輯上的設想而認為正確的原理，現在就獲得了實驗上的證明。季米里亞捷夫的研究工作證明出，光合作用正是在那些被葉綠素所吸收的光線中實現的。同時，那些被葉綠素所吸收去的光線的生理活動，依從它們所挾帶的能量儲藏量為轉移。由於這一點，在分解太陽光線而得到的光譜中，光合作用顯出是在太陽光譜的紅色部分內進行得最強烈。

季米里亞捷夫在發展這個從實驗上來證明的原理時，就企圖去

1) “我們關於葉綠素機能的知識的現在狀況”，“季米里亞捷夫全集”，第1卷，第388頁[參看這篇文章的最後一段——譯者註]。

表明出太陽能量在光合作用過程中被固定下來的數量部分。

季米里亞捷夫就把幾種植物的總燃燒熱量去和輻射到田地上或林地上的太陽能量作比較，於是斷定道，植物只是把大約百分之一的太陽能量（在它全部生長期內以太陽光的形態輻射到播種地面上的能量）以化學能的形態固定和儲藏起來。

可是，綠葉所吸收的光能的總量要大幾倍，大約佔輻射到葉面的能量流的 25%。

除了那個直接用來實現光合作用過程並以化學能形態固定在新形成的有機物內的能量以外，其餘被綠葉所吸收去的能量部分究竟到什麼地方去了呢？

季米里亞捷夫得出結論道，這個剩餘的光能部分轉變成了熱能，把葉子加熱，並且使水分蒸騰而耗用去了大量水分。

因此，按照季米里亞捷夫的肯定說法，陸生的綠色植物正面臨着兩個互相矛盾的問題：一方面，爲了保證光合作用的進行，它們應該具有那種適應於極度良好地與外界環境作氣體交換的葉子的結構；另一方面，在吸收很多能量時，它們就時常要處在緊張的水量平衡的狀況下，時常由於這個平衡的破壞和由於器官的過分受熱而受苦。

植物由於蒸騰作用而必須蒸騰和吸取大量水分，因此這種蒸騰作用對植物方面與其說是有機體所必需的過程，倒不如說是它的“不可避免的災害”；這一點是從下面的雙方相互關係中得出來的：一方面是植物本身的一定特性以及其生命有關的問題，另一方面則是那些使它不得不居住於其中的環境條件的特性。

季米里亞捷夫在這一系列的論斷中還表現出了下面的一個卓越的品質來：善於把最複雜的和似乎是純理論的問題（在這一次，就是光合作用和光的品質與強度之間的依存關係的問題）去和實際的任務與需要密切地結合起來。

實際上，那個早在 19 世紀內就被季米里亞捷夫如此精明地集中注意過的原理，即使到現在仍舊還具有着最切要的意義：農業植物只從巨大的太陽能量流中利用了極微小的一部分去合成有機物，去把