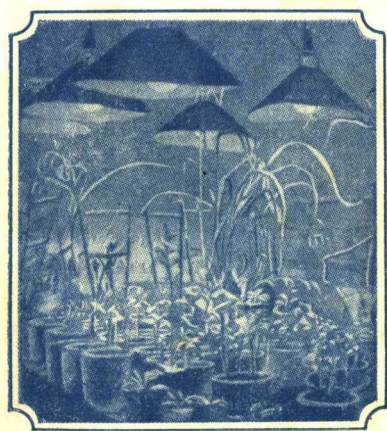


人工光照下的 植物栽培

莫什可夫著



农业出版社

3
5

內 容 提 要

本書系闡述使用人工光照以延長短促的冬季日照，提高光照強度，以及在完全沒有日光的條件下栽培植物，並進一步研究可以達到完全控制為植物生活所必需的一切外界環境因素的人工光照條件。書中主要介紹 1946—1951 年期間蘇聯農業物理研究所光生理學實驗室所進行的工作情況。可供農業科學工作者、高等農業院校師生研究參考。

Б. С. Мошков
ВЫРАЩИВАНИЕ РАСТЕНИЙ
НА ИСКУССТВЕННОМ
ОСВЕЩЕНИИ

Государственное издательство
сельскохозяйственной литературы
Москва 1953 Ленинград

根據蘇聯國立農業書籍出版社
1953 年莫斯科列寧格勒俄文版本譯出

人 工 光 照 下 的 植 物 栽 培

〔蘇〕莫什可夫著
曾 聲 濤 譯

*

農業出版社出版

(北京西便布胡同 7 號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 108 號

上海奎記印刷廠印刷 ． 新華書店發行

*

*

850×1168 1/32 · 6 5/8 印張 · 153,000 字

1958 年 6 月第 1 版

1958 年 6 月上海第 1 次印刷

印數：1—2,100 定價：(9) 0.85 元

統一書號：16144.23 53.5.京製

人工光照下的植物栽培

莫什可夫著

曾声濤譯

农 業 出 版 社

目 录

序言	3
第一章 人工光照在植物栽培的理論和实践上的意义	5
第二章 在人工光照下栽培植物的效果	15
第三章 在人工光照下栽培植物的物理学基础	52
第一节 日光	52
第二节 电光光照	61
第三节 辐射的测量	77
第四节 植物对光的反射、透过和吸收	82
第四章 在电光光照下植物栽培的生物学基础	88
第一节 辐射流光譜成分的意义	88
第二节 被植物所获得的辐射能量的意义	149
第三节 外界环境的主要因素对植物利用光的影响	183
第五章 在人工光照下栽培植物的前途	206
参考文献	210

序 言

苏联共产党第十九次代表大会的指示規定：“要增加莫斯科和列宁格勒郊区、烏拉尔、頓巴斯、庫茲巴斯各城市郊区以及其他工业中心和大城市郊区的蔬菜、馬鈴薯和畜产品的生产；在新工业地区建立馬鈴薯、蔬菜和畜产品的基地。”^①在我們祖国北部地区，特别是在冬季，栽培需要量日益增長的蔬菜，沒有人工光照是行不通的。人工光照可应用于各种不同的目的：延長短促的冬季日照，提高光照强度，以及在完全沒有日光的条件下栽培植物。在所有这些情况下，特别是在最后一种情况下，必须具备一些不在人工光照条件下进行專門研究就不可能得到的知識。这本书，正与它的名称相符合，是旨在闡述 1946—1951 年期间农业物理研究所光生理学实验室所进行的工作。

不具备植物生長和發育过程所依据的規律性的精确知識，就不可能建立一种以农业生产为基础的完善的农业技术。关于这点，季米里亞捷夫和威廉斯都曾經不断地指出过。

最近几年来，我們祖国的植物生理学已有很大的进步。过去虽已做得不少，但今后应更进一步多加努力。因此，在可以达到完全控制为植物生活所必需的一切外界环境因素的人工光照条件下来研究植物，正是这种新的研究途径之一。

充分闡明这一原理就是本书的目的。本书既不追求、也不解

^① “苏联共产党(布)第十九次代表大会关于 1951—1955 年苏联發展第五个五年计划的指示”，人民出版社 1952 年版，第 15 頁——譯者。

决任何其他的问题。它并非一篇有关植物光照栽培的许多著作的总彙,相反地,由于这些著作通常都是为专家们所深知的,所以在大多数情况下并未涉及这些著作。

除了阐述有关完全在电光光照下栽培植物的实际材料之外,同时,也留出足够的篇幅来阐明生物学和物理学的基本规律,这些规律是当在人工创造的条件下载培植物时不能不重视的。

至于谈到在人工光照下载培植物的经济方面,在这一种新的极其集约的植物栽培的生物学方面的可能性尚未阐明以前,还未加以研究,而且也不可能进行研究。

总之,必须记住:所有现有的光照设备,包括光生理学实验室的设备,距离要达到的完善程度还很远。但是,改善这种设备是完全可能和必需的,因为它可以使在植物栽培上所消耗的电力大大地减低。这就是光生理学实验室全体工作人员最近进行研究的任务。

在进行本书的编写时,实验室的全体工作人员和研究生都参加了工作,特别是卡尔马诺夫(В. Г. Карманов)、卡兹米娜(А. К. Казмина)、古得可娃(М. К. Гудкова)、貢茶罗夫(Б. П. Гончаров)、波罗维可娃(А. П. Боровикова)、普姆潑揚斯卡雅(С. Л. Пумпянская)、阿列克謝也娃(А. И. Алексеева)和巴利博克(Т. А. Парибок)等,对本书的得以完成做了更多的工作。

他們在为編成这本书提供了可能性的研究过程中各自分担了一部分工作,而著者对于卡尔马诺夫同志尤須致謝,他曾对以光生理学实验室工作为基础的一系列原理上的问题作了探討,并且成为这一部分的共同著作者。

我們相信,無論这本书本身和对它的严格而又客觀的批評,都会使新的光生理学的研究活躍起来,無論在理論方面,或者,主要在实践方面,都会大大地向前迈进一步。

第一章

人工光照在植物栽培的理論和 實踐上的意义

“大地上發生的任何过程，不一定就象
陽光照射在綠叶上面所發生的那种还未被
查明的过程一样受到普遍注意”。

“季米里亞捷夫全集”，第1卷，第343
頁，1937年版。

假使你把如上面所引証的季米里亞捷夫的在內容与形式上独具卓見的名言加以深思熟慮，那末，你对研究光生理学的特別重要的任何怀疑，自然就会消失了。因此，發現这些还未被查明的測定宇宙間植物机能的过程，正是我們最重要的任务。

由植物所合成的物質是極其多种多样的。这些物質中，如蛋白質、碳水化合物、脂肪和維生素，对人类和动物的营养，都有很大的作用。其他一些物質則是用来治疗各种各样疾病的葯剂。

假使我們对于植物能够产生如纖維、橡膠、鞣質和染料、树脂、香精油等原料这一点加以回想，就可以明显地断定对植物合成作用的規律以及其全部生活的研究，几乎不仅是农業生物学，而且是整个自然科学的重要使命。

整个有机界与植物生命活动是不断联系着的。植物的生命活动完全有充分的根据被称为有机界生存的基础。有植物的地方，生物界的另一些生物就会發展起来；沒有植物的地方，生命也就沒

有了。

光合作用是植物的主要机能，它与光的作用是联系着的。没有光，植物就会丧失成为绿色和起光合作用的基本能力，也就是丧失依靠化学元素和太阳放射能来构成有机物质的能力。太阳的放射能在光合作用的过程中，依照季米里亚捷夫的说明，是有利于保存的，因此我们人类就必须通过植物利用阳光来作为营养；而植物本身是直接依靠阳光来营养的。

根据我们下面将要谈到的种种理由，我们对于阳光在进行着光合作用的绿色植物有机体的生命活动中的作用所作的报导是很不完善的，而且是十分不够的。这些报导中的某些部分，例如植物的色泽与阳光光照关系的概念，一般说来，要远溯到远古时代。早在古代自然科学研究者中已经不仅提到那些事实，而且还作出接近现代的说明。如，在卢克莱茨（Лукреций）“论物性”这一规律性史诗中写道：“……没有光就没有颜色……因为在漆黑中能有怎样的颜色呢？不但如此，阳光直接照射在各种物体上面，或间接照射在物体上面的时候，阳光的本身就能改变物体的色泽。”在维吉尔（Вергилия）“农事传”这一诗篇中，可以找到关于植物需要阳光、也就是关于光照生长运动的报导。总之，在自然界中可以毋需通过专门的生理学实验而能观察出来的一切事物，早已被观察到阳光在植物生活中作用的古代农民从实践中发现出来了。因此整个农业劳动早就与太阳发生了联系，而且太阳历书曾是农历。这种思想在维吉尔是由下面几句话表明的：“当改变着十二星宿时，金黄色的太阳支配着被分为许多相等部分的整个世界”。

但是光合作用的发现是相当迟的，仅仅在 18 世纪才由卜李司特尔、雪涅比耶、英格古兹、梭许尔等人的著述确定下来。这个时期也就被承认是研究植物学的独立的生理学这一科目的正式诞生。

从那个时候起不少年代过去了，这段时期在季米里亞捷夫的光輝著作内被标志为最近两个世紀的交合点，季米里亞捷夫引起以物理研究方法来解决植物生理学的問題。他在“克罗尼昂講稿”（Крунианская лекция）中还預見到一种光生理学的發現：植物从生長到繁殖的过渡关系，植物每晝夜光照延續時間的过渡关系，或者一般說，白晝和黑夜的長度的过渡关系。季米里亞捷夫在这部講稿中写道：“我很想指出某些結論，这些結論可以从在运用关于植物的地理分布和生物学特性的一些重要事实中依光强度为轉移的碳素吸收規律得到。对于完成一定的植物發育阶段來說，高緯度的植物比低緯度的植物需要較短的時間間隔，这一事实是大家很熟悉的。人們通常把它認作是晝間延續時間較長。但是太陽在那个时候并不很高，甚至在假定光的作用同光强度成正比的时候也不很高，这个說明是显然不能令人滿意的。現在我們認識到正午直射的太陽，可能大約只有一半被利用的时候，我們就不难了解在太陽不高的一个較長的时期，要比在太陽較高的一个較短的时期更为有用。”①

关于光周期性实验的發現和接着这种發現以后这方面的工作，都已使光生理学的实验显著地活躍起来了，并且最重要的是从实践方面补充了这些实验。但是植物生理学中的季米里亞捷夫的方向，差不多是合乎我們当前的趋向，在科学历史上也是合乎今天的。

現在我們無意中就發生一个为什么有关闡明植物利用陽光照射的規律的知識發展得那样迟緩的問題。要知道，这些知識是揭露从非生活物質創造有机界的規律的基础。显而易见，只有这个重大的原因才会阻碍这样重要的自然科学部門的發展。这个原因頗大的程度上是在于使得布置必要的研究發生困难的天然太陽光

① “季米里亞捷夫全集”，第1卷，第440頁。

照的不穩定。甚至根据植物与光的关系的簡單測定来判断植物的喜光性,也遭遇到很大的困难。馬克西莫夫写道:“到目前为止,对各种植物的喜光程度,我們还不可能用准确的数字来表示,这是因为在自然条件下,植物是在光照的条件不断改变的情况下發育起来的,而这种光照程度之改变,又視天气以及太陽輻射的晝夜和一年内的变动而定。”^①

假使我們在利用自然光照时,对作出各植物种喜光性的客观評價感到困难,那末,从陽光照射的光譜成分来闡明植物的需要的研究,自然更会感到困难。要是沒有相当長的时期在一定的光譜成分与光能的色光下栽培植物,就不可能解决这个問題,而这种变化無常的太陽輻射是不可能有什么保証的。除此而外,在天气最穩定的南方地区,完全沒有陽光照射的夜間,不可能不妨碍这种研究过程。虽然如此,但是由于恆定玻璃濾溫器制造技术的發展,这些裝置自然光照的試驗已經开始实行了。这些試驗的特点就是期限長。再則这些試驗只是查明寬的光譜区的影响,而不是查明个别的光譜段的影响。至于根据謝涅比耶的例子,使用染色液体来划分个别可見光譜部分的研究工作,通常只用它来測定光合作用。

季米里亞捷夫較后期由于利用玻璃三稜鏡分析陽光所获得各段色光的研究工作,同样不能进行長時間的試驗,尤其是在三稜鏡光譜的这些光段里栽培植物是更不可能的。因此季米里亞捷夫曾被追在他自己的研究工作中,只限于查明叶綠素吸收光譜的情况和測量在短時間的試驗內各別叶子的光合作用。

不要忘記,正如往往这样發生的情形一样,任何光照条件并不独自地为植物所接受,也不是与形成植物生理状态的其它外界因素分离来接受的。我們必須記得每个被研究的植物种的發生史,

① 馬克西莫夫:“植物生理学簡明教程”,第158頁,1941年版(參閱1948年第8版中文譯本,上册第178頁,財政經濟出版社出版)。

这些植物种并不是在某些一般性的因素，而是在特定的因此是不同的因素影响之下形成的。要知道，光照条件对全部植物种，在任何地方和任何时期都不会相同而且也不可能相同。森林植物、草地植物、山地植物和平原植物是经常处在不同质量与不同数量的光的影响下的。因此我们不可以仅从單純的演繹的概念出發，而認為所有的植物都需要同一質量的光。

在各种不同的光照条件下载培植物的結果，可以得出植物与光的質量的关系的較客觀指标。而这种指标比較叶綠素酒精提出物的光学特征的材料，或者短時間內在关闭的容积中观察个别叶子气体交換的結果都要客觀得多。

叶綠素标本有同样特性無論如何也不可能說明植物有同样的需要。要知道，植物决不是叶綠素。因为光对其它的色素，对活的原生質，对每晝夜新陈代謝，簡單地說，比較对整个的植物有机体全体所起作用的时间要短促些。所以，完全在單色的条件下，或者在接近于單色条件下来栽培植物的試驗，会得出与当进行研究植物叶綠素的光学特性或气体交換时所获得的結果相异的結果；这是没有什么可惊异的。

由于实验家充分掌握了以人工光照代替自然光照的一系列的試驗，为用日光光照来解决植物学上主要問題的困难工作上帶來了希望。

最初的这类企圖之一是 1865 年俄罗斯学者法明邨 (A. C. Фаминцын) 所作的。当他敘述他在煤油灯光照的条件下进行关于栽培直生水綿 (*Spirogyra orthospora* Neeg.) 試驗时，他写道：“我認為人工光比日照好，因为人工光比日照有兩種重要的优越性：第一，人工光比日照更能經常固定；第二，人工光不論日間和夜間，一年中不論任何時間，都可以保持。”^①

① 法明邨：“光对藻类和其它相似藻类有机体的影响”，1865 年彼得堡版。

因此,这是很显明的,在电灯光照發明以后,就很快地在各种植物种的栽培中就日益广泛地应用到各种不同的目的。当还在电光栽培植物的早期,季米里亞捷夫結束他自己的关于这一問題的演講时,同时,注意到他在用植物在电光光照条件下分析二氧化碳的驗證性試驗时,他才抛弃了这种帶預言性的,現在在我国实现了的思想。他說:“我推想这是一种为了要充分証明若干新的、意外的实例,我們可以借助于电灯光来展开植物生活的研究。”^①

由此可見,人工光照对于与闡明光在各种植物生命活动中的意义有联系的植物栽培根本理論問題的解决是非常重要的。要知道,植物有机体生产效能增加的唯一方法是在于不断地被植物有机体所联系的輻射能数量的提高。所以在最后总结中,我認为关于提高收获这方面的全部努力还是要归结于为植物所扩大利用落在它們上面的輻射流。至于任何农業技术措施,保护地的利用,育种等等——所有这些方法,都必须經過現有輻射处理的有效作用系数提高之后,方可达到增加植物栽培收获的目的。并非偶然,威廉斯曾指出:“改造陽光的动能为潜能,就是农業生产的主要任务。”^②

陽光不仅确定植物有机物質的形成,并且正因为如此,它还是形成植物有机体全部生命活动依之为轉移的生理状态的外界环境因素。物理的因素和其中形成植物生理状态居首位的光,必然都可以变成强大的控制植物种發育和收获的杠杆。这就是由我国的农業生物科学泰斗季米里亞捷夫、米丘林、威廉斯、李森科諸人的努力所創造出来的农業生物科学主要問題之一。

人工光照对于这些农業生物学的重要任务的解决來說,当然具有重大的意义,因此我們認为在电光光照的条件下来进行光生

① “季米里亞捷夫全集”,第3卷,第330頁,国立农業書籍出版社1937年版。

② 威廉斯:“土壤学”,第12頁,1949年,第6版。

理學研究工作是完全正確的。

在缺乏或者完全缺乏陽光光照的情況下，這些研究工作的結果，尤其是近來，已經充分地為我們在獲得植物產物的直接實踐中越來越多地利用起來了。早在 19 世紀之末，季米里亞捷夫就已寫道：“……為了在冬季月份里保存栽培在溫室內比較健康形狀的植物，尤其是當我們這裡的植物由於缺乏陽光而遭受損害的時候，這種電光光照可能就會找到它的应用。”^①人所共知，他的這個預見已經實現了，並且日益廣泛地適用到我們祖國保護地的植物栽培的實踐中去。在蘇聯北部，有半年的时间自然光照對於植物正常的生長來說是很不夠的一些省份中，秋冬與早春時期採用以電燈光補充光照來栽培蔬菜作物、漿果作物和觀賞植物等。不僅如此，而且根據人工補充光照的可能性，在國家的許多地區里建立了若干旨在終年不停地供給人民蔬菜和漿果的巨型溫室溫床的聯合製造廠。同時有一些這樣的製造廠建立在莫斯科和列寧格勒的附近，還有些製造廠是建立在高爾基和斯維爾德洛夫斯克等城市，以及其它的地方。

在位於北緯 50 度到 60 度之間的蘇聯大部分領域，冬季的白晝短促，主要是在這些地方，光照是不夠的。因此，在上述的條件下，電光照往往是被用來延長白晝的時間和提高白晝光的強度。至於利用人工光照來補充微弱的自然光照的這些方法，就是所謂補充光照，現在已經確定這種方法是一種非常正確的方法，特別是在電力價格不很高昂的地方。為了栽培植物秧苗與收穫成熟產品起見，也利用這種補充光照的方法。在北緯 65 度範圍以外的地方，冬季幾乎完全沒有光照。終年為長久的北極寒夜所籠罩着，新鮮的蔬菜尤其需要光照。只有完全利用人工光照的方法才能栽培蔬菜。這種任務是一種比較困難並且是一種過去做得較少的任務。

① “季米里亞捷夫全集”，第 3 卷，第 327 頁，國立農業書籍出版社 1937 年版。

在任何黑暗地方，不管太陽光照是怎樣，解決這種栽培植物的任務是能做得到的。其中如在地下鐵道的車站上能建造地下花園。為了栽培蔬菜植物，我們必須完全更詳細地了解在光照條件下，每一植物種對光的要求，同時我們又必須善于控制其他為植物生命活動所必需的、並且還能對為植物所吸收光的过程有影響的外部環境因素。

為了達到這種同樣的目的，這種完全使用人工光照的方法，所選定的農作物的種與品種相對喜光性比較的評價是合乎我們的願望的。因植物所需要的陽光愈少，那這種植物就愈能在較小的輻射流能力條件下栽培；而電力的消耗愈少，那最後結果，植物的電光栽培，就會比較更為合理。我們必須知道下面擬出這些在電光照下栽培植物措施的最低限度，應認識到如下幾點：

1. 怎樣的不同的電燈輻射流的累積能力對於一定植物種的栽培是最適合的。

2. 為了保證輻射流更好地利用起見，輻射流光譜的成分，應當是怎樣的。

3. 由於能力與光譜成分所決定的每晝夜的輻射流對植物發生影響的延續時間應該是怎樣的。

4. 每晝夜的光與黑暗的時刻里的溫度環境應該是怎樣的。在前一種情況下，這種環境確定輻射流本身對植物所起影響的特性，而在第二種情況下這種溫度環境確定新陳代謝暗反應的強度。

5. 對於最強烈的光合作用的過程來說，空氣的成分與空氣里二氧化碳的數量應該是怎樣的。

6. 植物為了最好地利用光，因而在植株中水的供給和水的消耗是怎樣進行的。

7. 使用人工光照方法栽培植物所需要的無機養料，應該是哪些。這裡首先就發生一個土壤栽培和水培的比較評價的問題。

在米丘林生物学面前产生了最快和最全面地阐明植物与光的相互作用的必要。这种相互作用不仅取决于光的特性(光谱成分、光流强度、光作用的延续时间),并且取决于参与各种植物种形成其生理状态的外界环境其它因素的总体。“我们对于有机体与外界环境条件的相互联系了解得越深刻,——李森科写道——我们就越能利用调节与创造外界环境条件的可能性,来控制有机体。”^①假若我们为了在电光光照下合理地栽培植物,就比任何地方都更加“需要了解有机体与外界环境条件的相互联系”,从而在这种场合下外界环境条件就为人类所创造出来时,那末,人工光照本身就應該促使揭發綠色植物有机体利用光的規律性。

往往許多科学研究机关在栽培植物时采用电光光照来延長自然日照。所謂“長日照”植物种的加速發育就是这种日照延長的目的。这是很有趣的,当时無論何人也不会發生疑問。即使沒有任何直接証据来証明这一原理,但是电光同样也是与自然光一样應該起着作用。

自然,对于利用电光光照来控制植物繁殖器官發育过程的植物栽培学家來說,电光光照作用的效果比起引起这种作用的原因是重要得多的。但是这个问题,对于光生理学來說不是沒有区别的。

今后我們必須指出:从实际上說来,不是任何种类的光都会引起長日性植物的开花,同时又必須指出,在日光光照,或者对于白熾灯的輻射方面的一般的光周期現象的規律性,在利用被普遍实际应用的日光灯(日光)的情况下,常常是另一种規律。

因此,在这种情况下,植物利用光的規律性的知識是非常必要的。

^① 李森科:“农業生物学”,第299頁,1949年版(參閱中文譯本第393頁,科学出版社1956年版)。

当时威廉斯指出：“有机物質的积累就是一种生物学在它积累期要求一定時間的数量的生物学过程。这种过程的加速仅在提高宇宙因素流入（приток）的強度，或者在扩大它們流入時間的延續性（晝夜周期）情况下才可能达到。同时这种过程的加速用在保护地栽培植物的方法，或者采用栽培植物育种材料的方法可达到。”^①当决定上述所拟定的任务，同时我們又掌握与植物联系的輻射能的宇宙过程的方向之后，我們就能不是偶然地，也不是自發地，而是根据这种植物生命活动的生理学过程和为了实现它必需的物理因素的正确知識而大大地深入一步。

① 威廉斯：“土壤学”，第6版，第285頁，国立农业書籍出版社1949年版。

第二章

在人工光照下栽培植物的效果

“我們不能等待自然的恩賜；我們的任务是向自然爭取。”米丘林：“六十年工作總結”，第74頁，1949年出版。

“人工光在社會發展里所起的作用是非常偉大的和特殊的”。瓦威洛夫（С. И. Вавилов）著，論熱和冷的光，第5頁，1949年版。

在人工光照下栽培植物的新方法，是我們应当向自然索取的恩賜。事實上這就是為什麼當人類學會了利用篝火來代替太陽的光和熱，然後才用電力，並且還要準備過渡到更加完善的狀態——原子能——之時，人類還不能克服對自然的依賴，即使在得到最有價值的植物產品時，要是沒有太陽的光照也是不可能的。經驗證明：這是完全可能的。完全使用人工光照的方法栽培植物所獲得的一些效果，使我們得以考慮，能夠向對於人類最有利的方面來控制植物的合成作用，這些效果在人工光照條件下比較在自然界里要迅速些。這樣一來，我們就能夠開辟獲得甚至具有巨大潛能的新有機化合物的道路。同時這種宏偉的科學任務不能認為是一種幻想的果實，相反地，在各種類型的電光光照下栽培植物的事實，會引導我們提出這種任務。

自然，從最初利用人工光照的企圖到可能考慮關於植物定向