

2019年9月26日

植物看世界

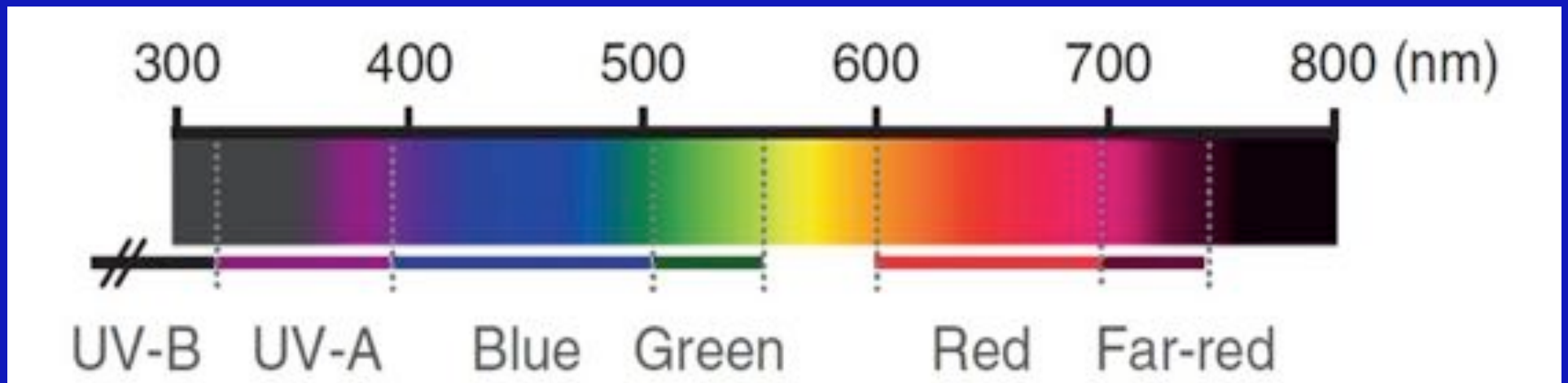
邓兴旺

北京大学现代农学院

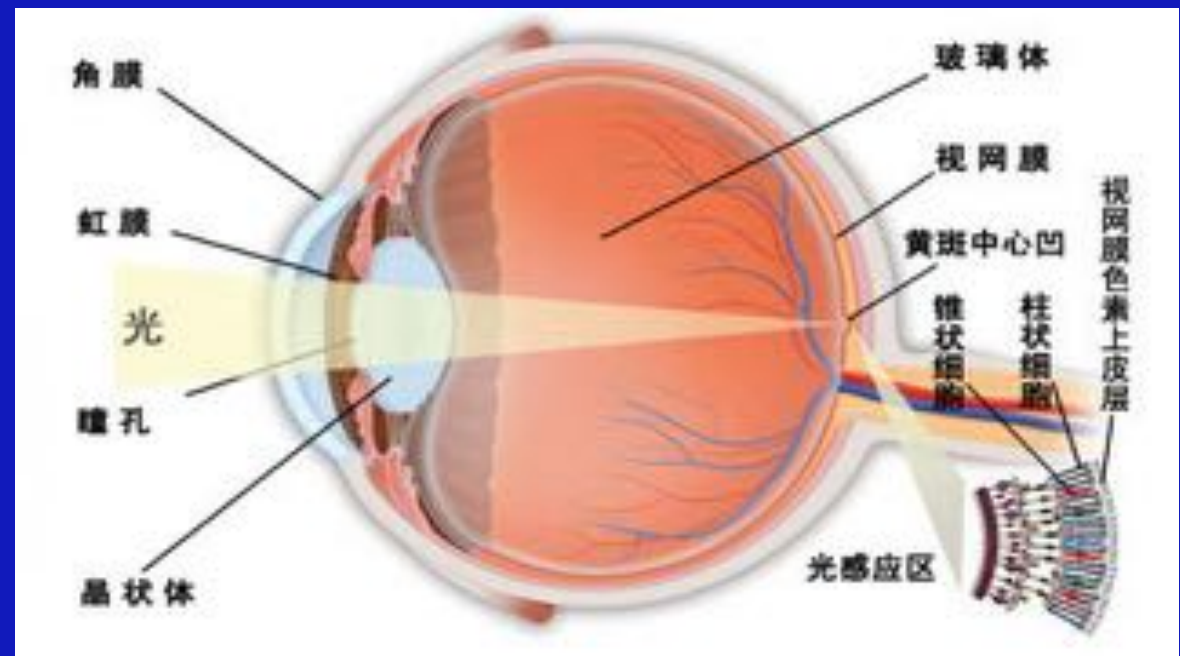
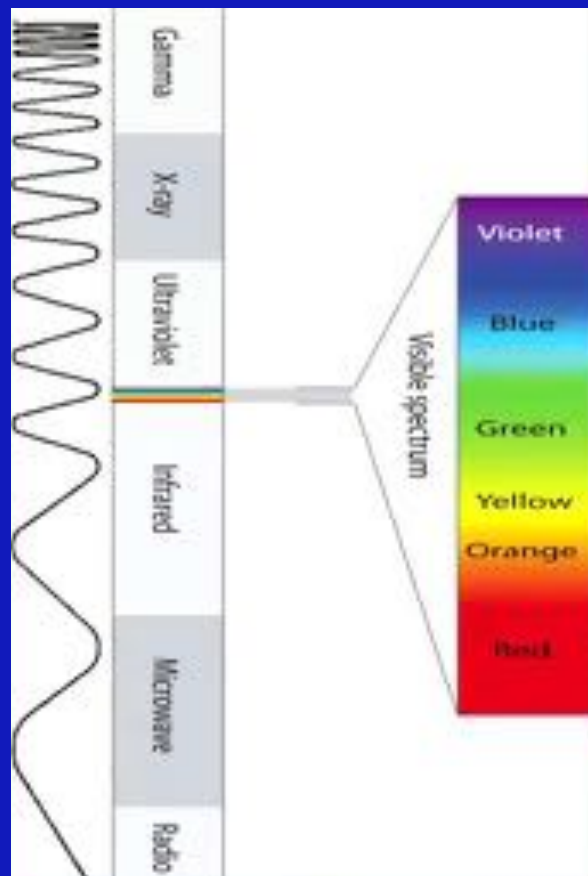
光与植物

- 光为植物并进而为所有其它生命体提供能量来源
- 植物由此进化出了复杂的机制来使它们收集光能的能力达到最优化

太阳光的可见光部分



人类视觉知多少？



植物看世界

我们眼中的世界 植物怎看世界？



“太阳花” 银莲花，毛茛科



光与植物



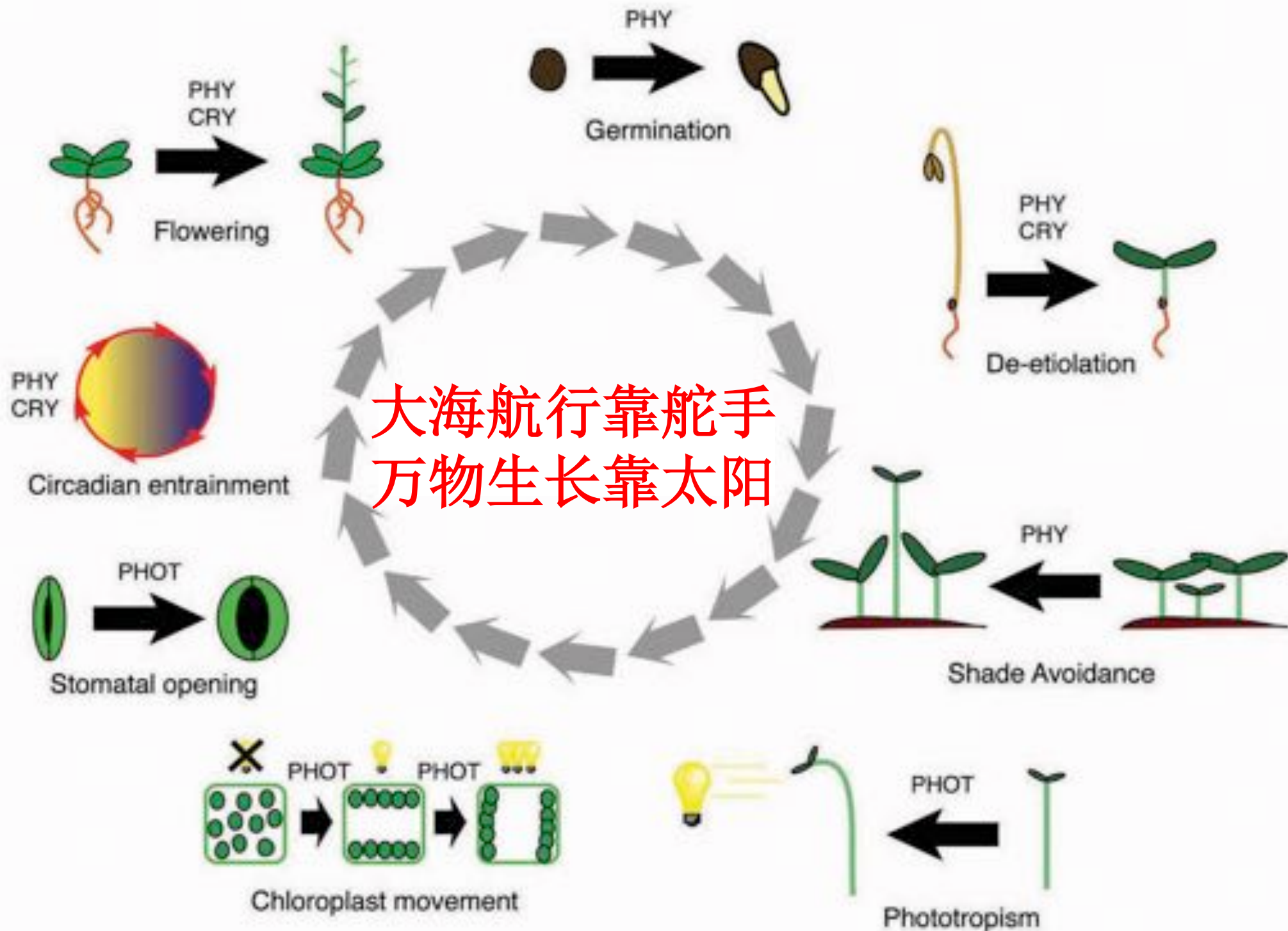
光与植物



How do we know that plants see?



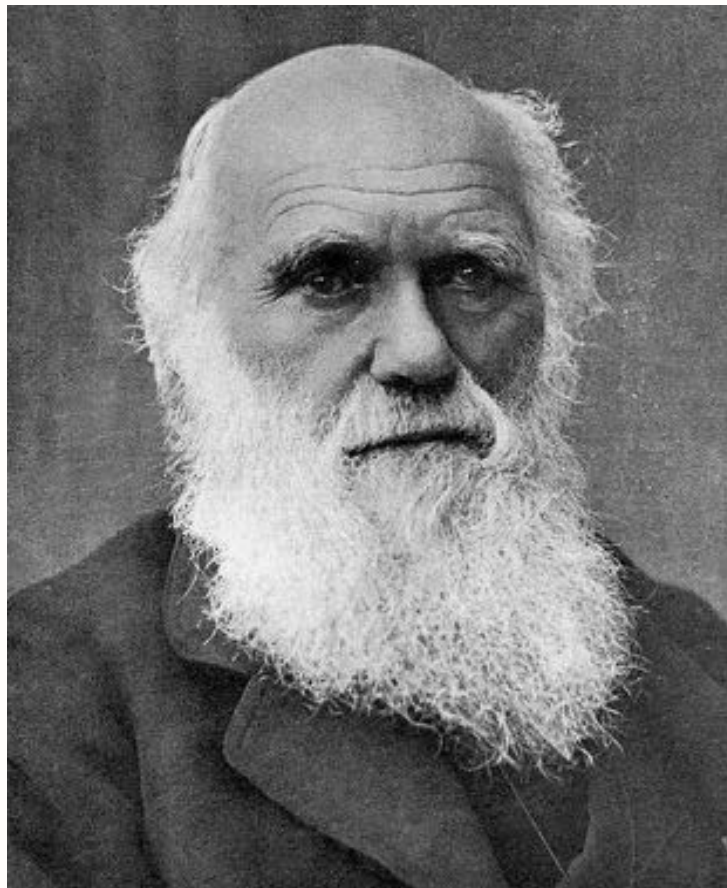
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=1YU8i3gaVe
Tropism Experiment by Cameron Wright



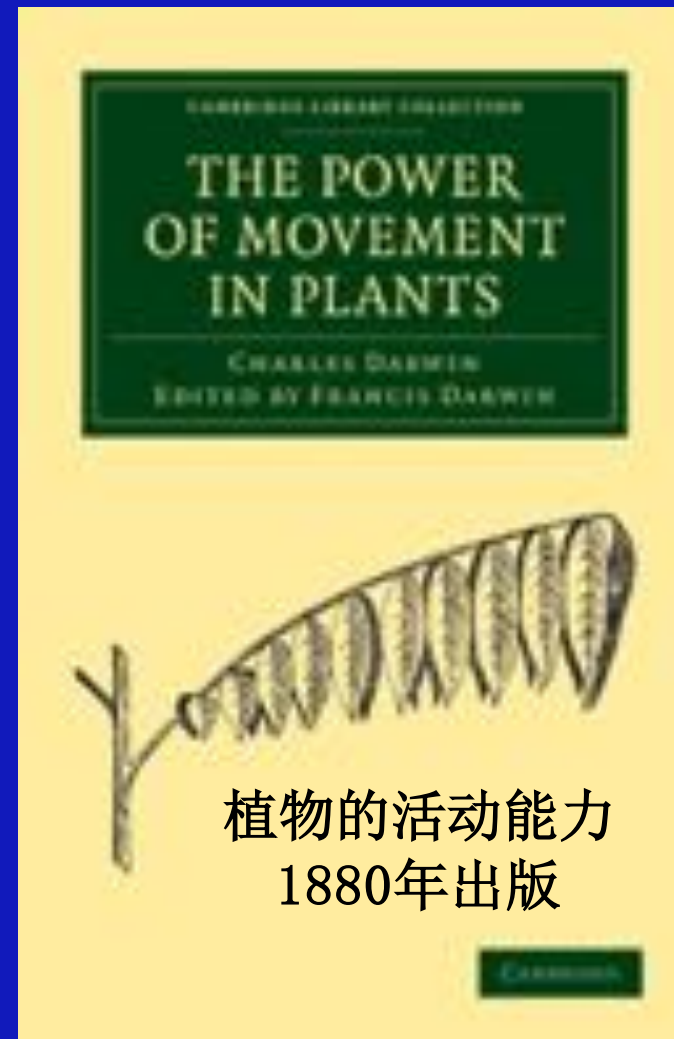
植物怎样看世界（光环境）

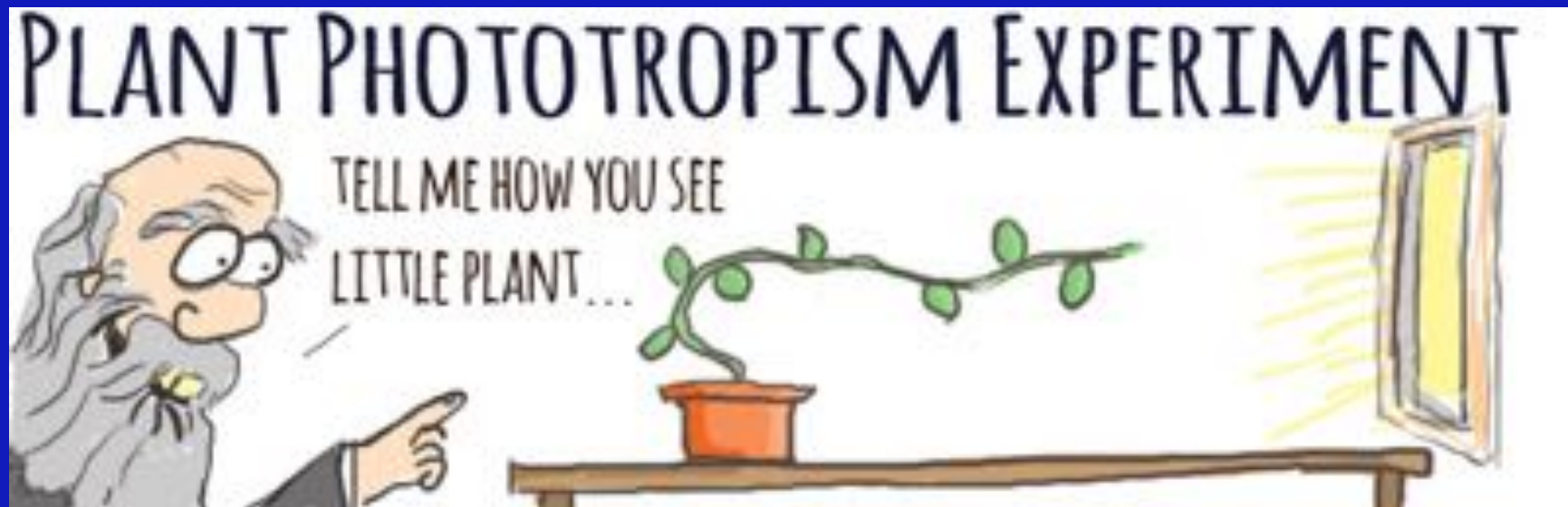
- 光强度
- 不同波长（颜色）的光强度分布
- 光方向
- 光昼夜周期

最早研究植物视觉的科学家



查尔斯·罗伯特·达尔文





植物的向光性：

植物生长器官受单方向光照射而引起生长弯曲的现象称为向光性。

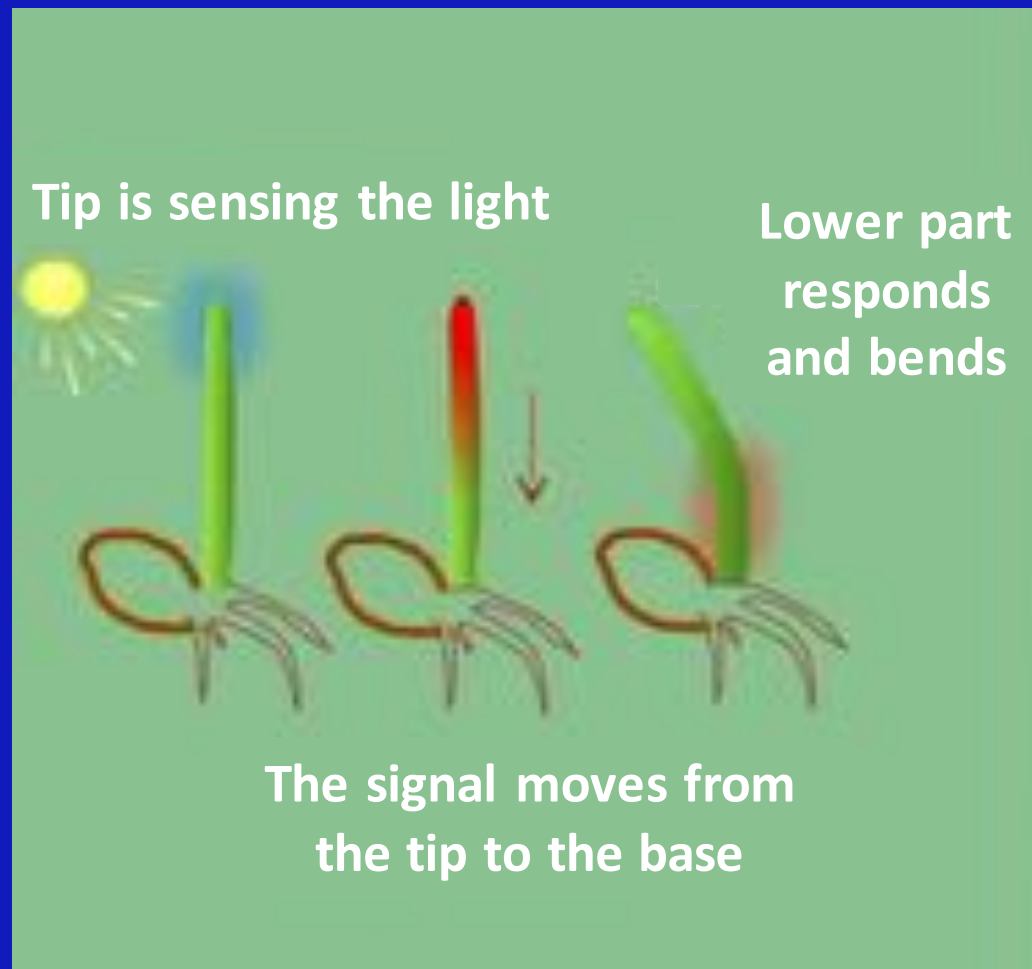
达尔文实验 (1880)

SCIENCEphotoLIBRARY

达尔文实验（1880）

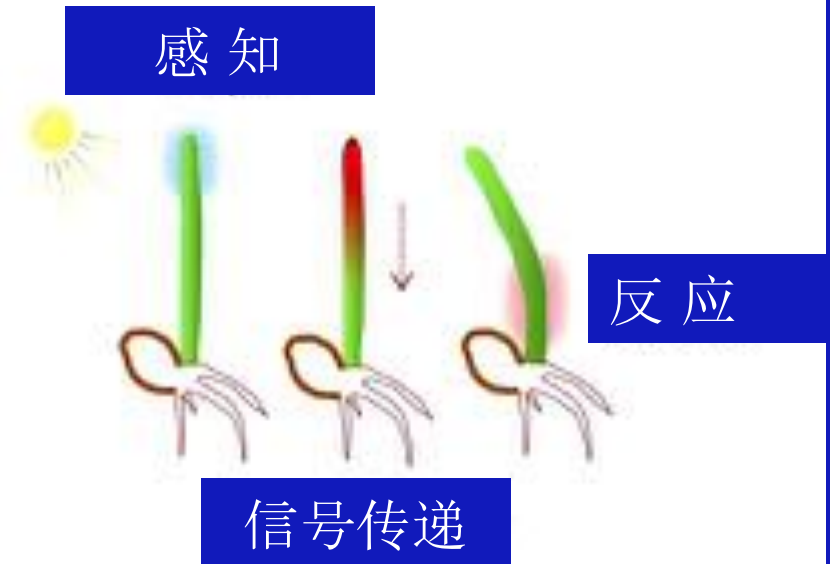
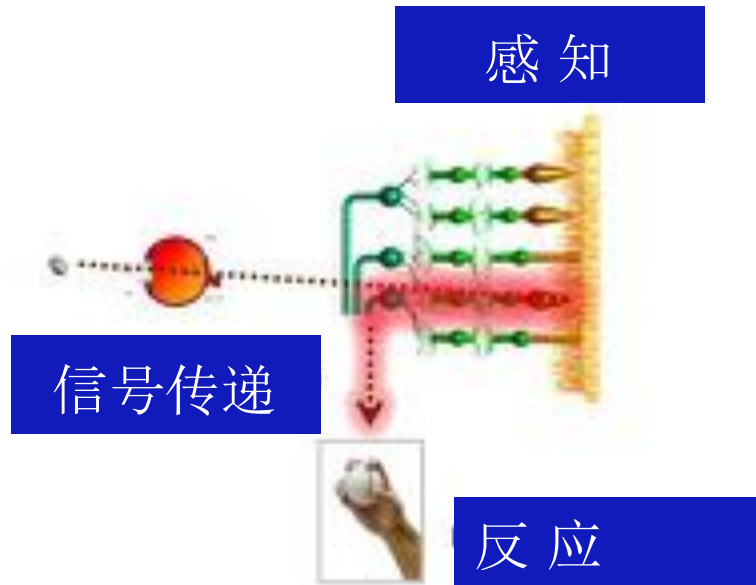
- 问题：植物的哪个部位看到光？
- 达尔文的假设：植物的顶端看到光
- 实验验证：
 1. 去掉顶端的植物不向光弯曲？
去掉顶端植物死掉了...
 2. 罩着黑色罩子的植物不向光弯曲？
帽子太重植物弯不动了...
 3. 罩着透明罩子的植物向光弯曲？
- 结论：植物幼苗顶端看到光，把信息传递到植物的中部，使它向着光的方向弯曲。

达尔文实验 (1880)



我们的视觉传递

植物的视觉传递



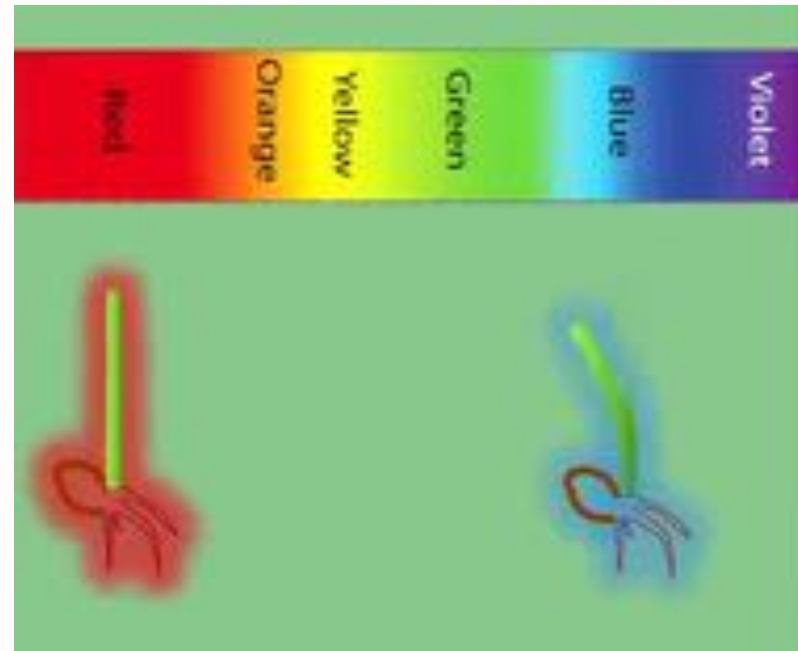
✓ 植物能够感受光。

➤ 植物能否区分颜色呢？

萨克斯实验 (1887)



朱利叶·冯·萨克斯



结论：植物可以分辨不同颜色的光。只有蓝光能引起植物的向光性生长。

Winslow Briggs (1928.4.29–2019.2.11): 发现向光素受体(Phototropin)及其感光机制

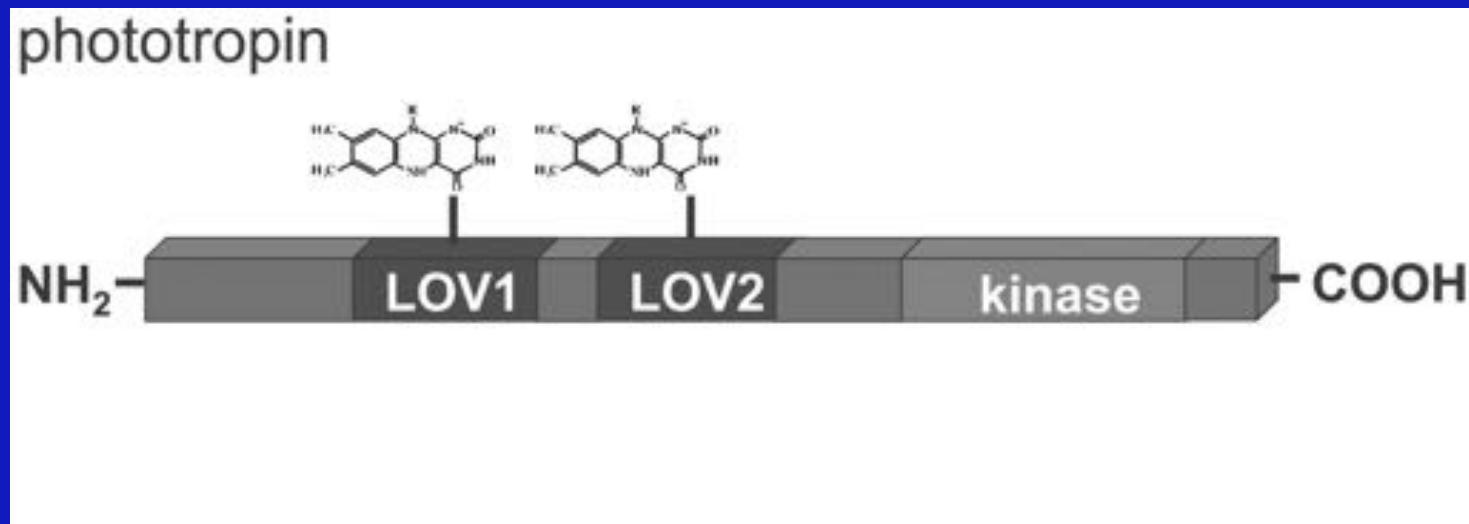


学术三代人
摄于2018年4月19日，Briggs教授（中）90大寿庆祝会，右为Peter Quail教授，左边是我。

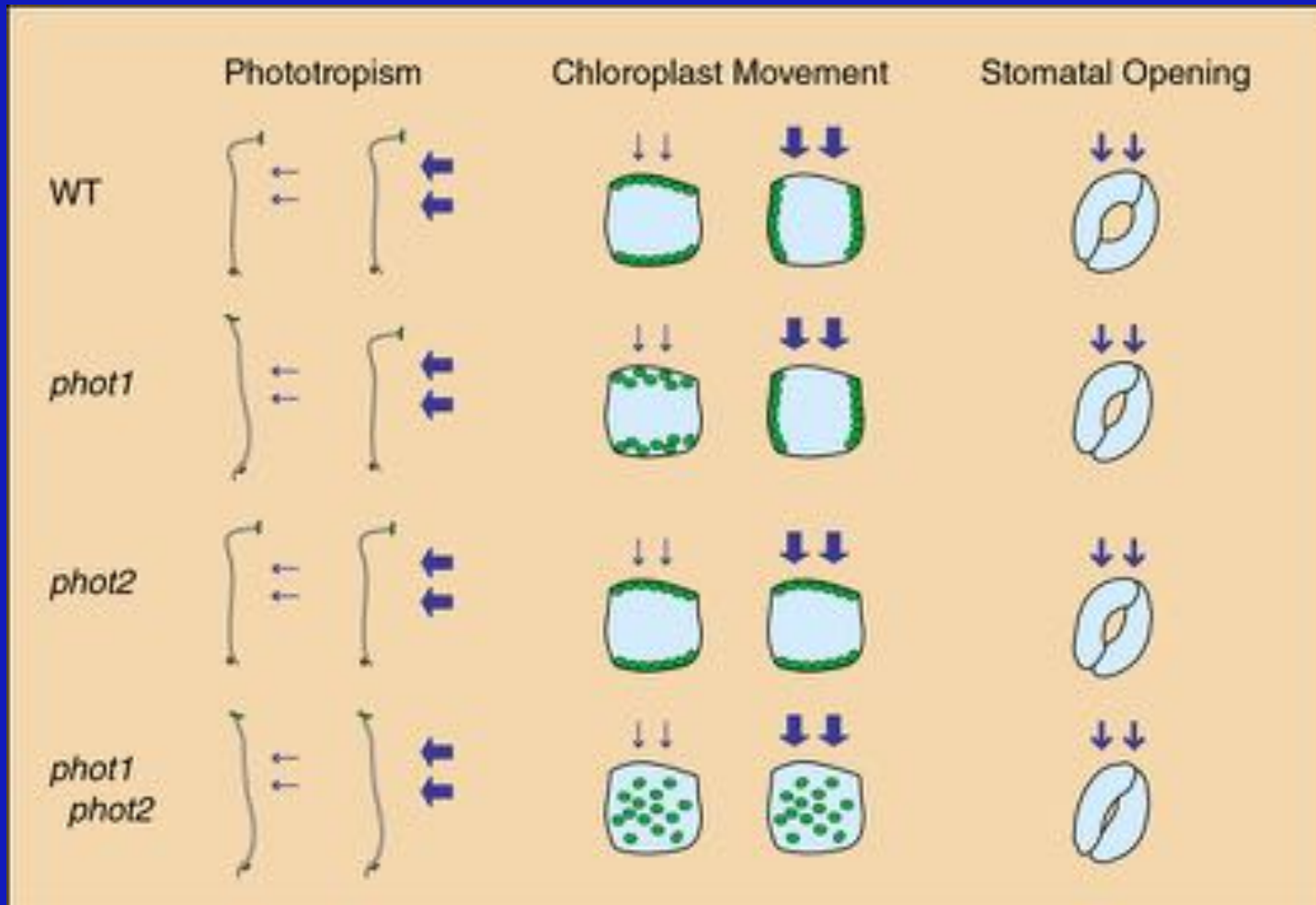


2006年，在丽江第六届植物生物学前沿国际会议期间Briggs教授等参会人员与少数民族同胞一起跳舞。

The blue light phototropin receptor with two chromophores



Some roles of two phototropin blue light receptors



马里兰巨人 (Maryland Mammoth)

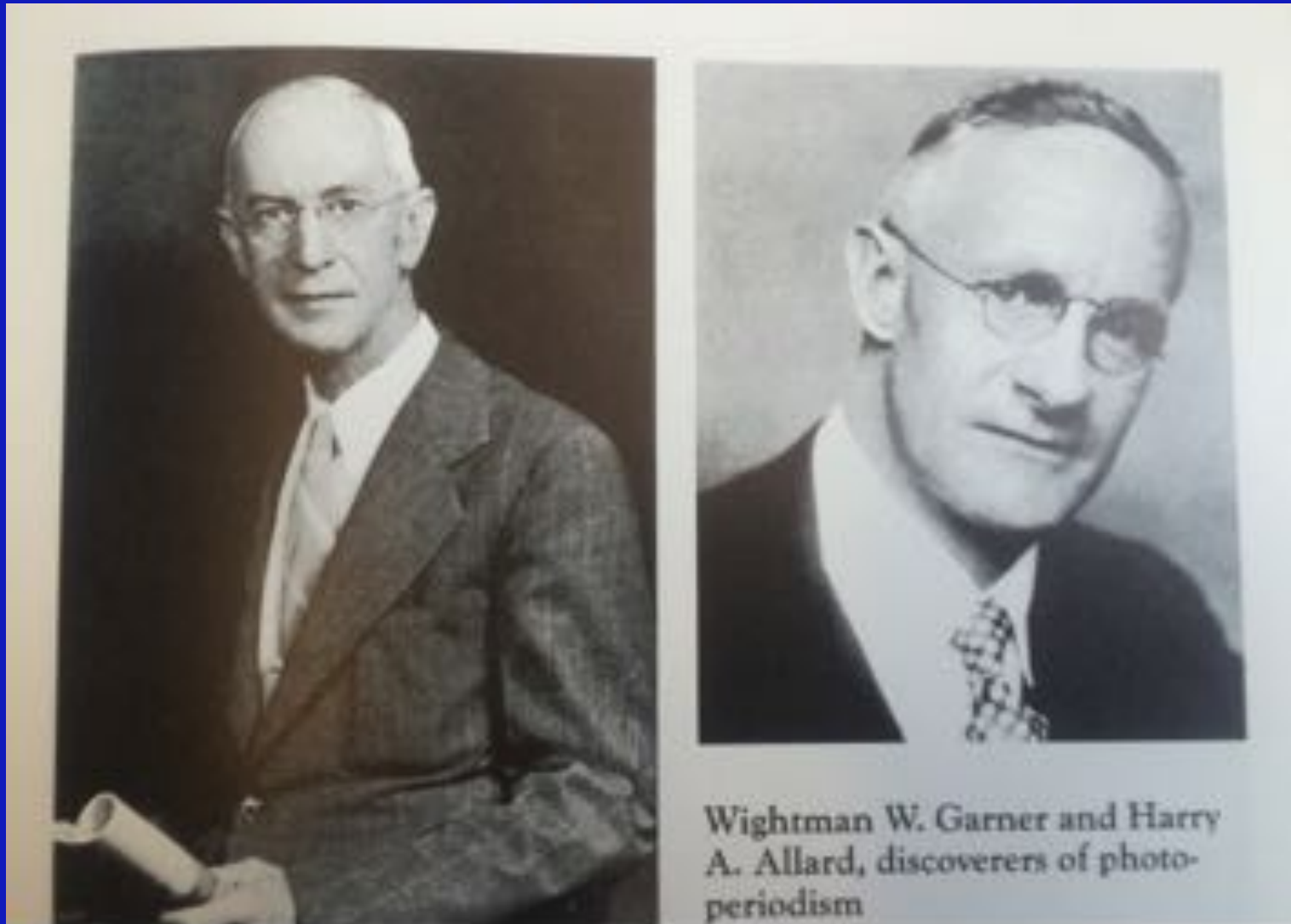


1. 1906年，研究者在美国马里兰州发现一个烟草新品种。正常的烟草植株在长出20片叶子后开花，而这个品种生长无休无止，还迟迟不开花结种，直到长出超过100片叶子，然后被早冬的霜冻杀死。

2. 与此同时，种植大豆的农民向美国农业部抱怨：当他们试图通过每两周种植一次的方式来拉开他们收获大豆的时间，所有的植株却在同一时间开花和结种。

光周期现象的发现

- 由于在冬天只能通过温室中种植突变体来获得种子，因此农民获得该种子受到了限制。美国政府要求USDA（农业部）为农民解决这个问题。
- 在那个时期，种植大豆的农民向美国农业部抱怨：当他们试图通过每两周种植一次的方式来拉开他们收获大豆的时间时，所有的植株却在同一时间开花和结种。
- 美国农业部Beltsville实验室的生理学家Wightman Garner和植物学家Harry Allard接手了这些问题。他们调查了在当时被认为影响植物发育的所有因子（诸如营养、温度、湿度和光强），但是在10年时间内（1906-1917）没能找到原因。
- 至1918年，唯一他们没有检查的因素是那个季节中夜晚和白天的相对长度。



美国农业部Beltsville实验室生理学家
Wightman Garner和植物学家**Harry Allard**

UDSA植物日照长度试验（1918）



测试夜晚和白天的长度：在下午将植物从田间转移到没有窗户的棚屋中，直到第二天早晨才将植物移回田间的阳光下，让烟草和大豆遭受特别短的白天。

UDSA植物日照长度试验 (1918)



短日照

长日照

植物光周期

- 植物光周期：一天中白天与黑夜的相对长度就是光周期。
- 植物光周期现象：不同植物对于白天和黑夜的相对长度做出不同的反应就是光周期现象。

根据不同植物对光周期作出的反应也不同，可将植物大体分为**长日照**（日照期必须大于一定时间才能开花）植物、**短日照**（黑暗期必须大于一定时间才能开花的植物）植物和**日中性**植物（任何日照条件下均能开花的植物）。



光周期现象的发现

- 这在当时是一个巨大的科学发现，后来，发现许多植物的开花都需要特定的白昼（或夜晚）长度。这种对白昼和夜晚相对长度的反应被称为光周期现象。这导致此后20年内人们对光周期现象的广泛研究。
- 至于Maryland Mammoth烟草，其种子作物很快于在南佛罗里达州（短白昼的冬天，无霜冻）的田间得到了种植。

植物测量的是白天的长度
还是夜晚的长度？

光敏色素的发现

- 1938年，Karl Hamner和James Bonner（加州理工）发现，对于需要相对较短的白昼时间来开花的植物，实际上，更关键的是夜晚的长度。例如，只要大豆遭受至少10.5小时的夜晚（持续黑暗），则无论光照时间为多长，它都能开花。重要的是，即使短至30秒的单次、低强度的光照都将干扰夜晚并阻止开花。这被称为“**夜间断（night break）**”现象。

夜间断实验 (1938)



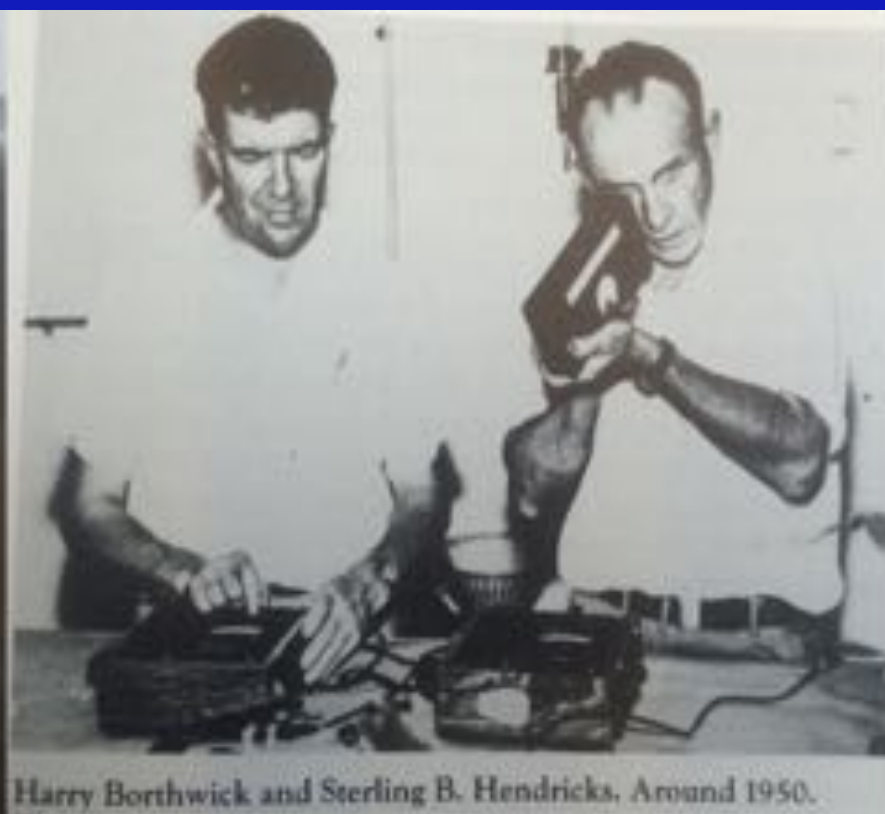
植物测量的是**夜晚**的长度！

植物看见的是什么颜色

的光？

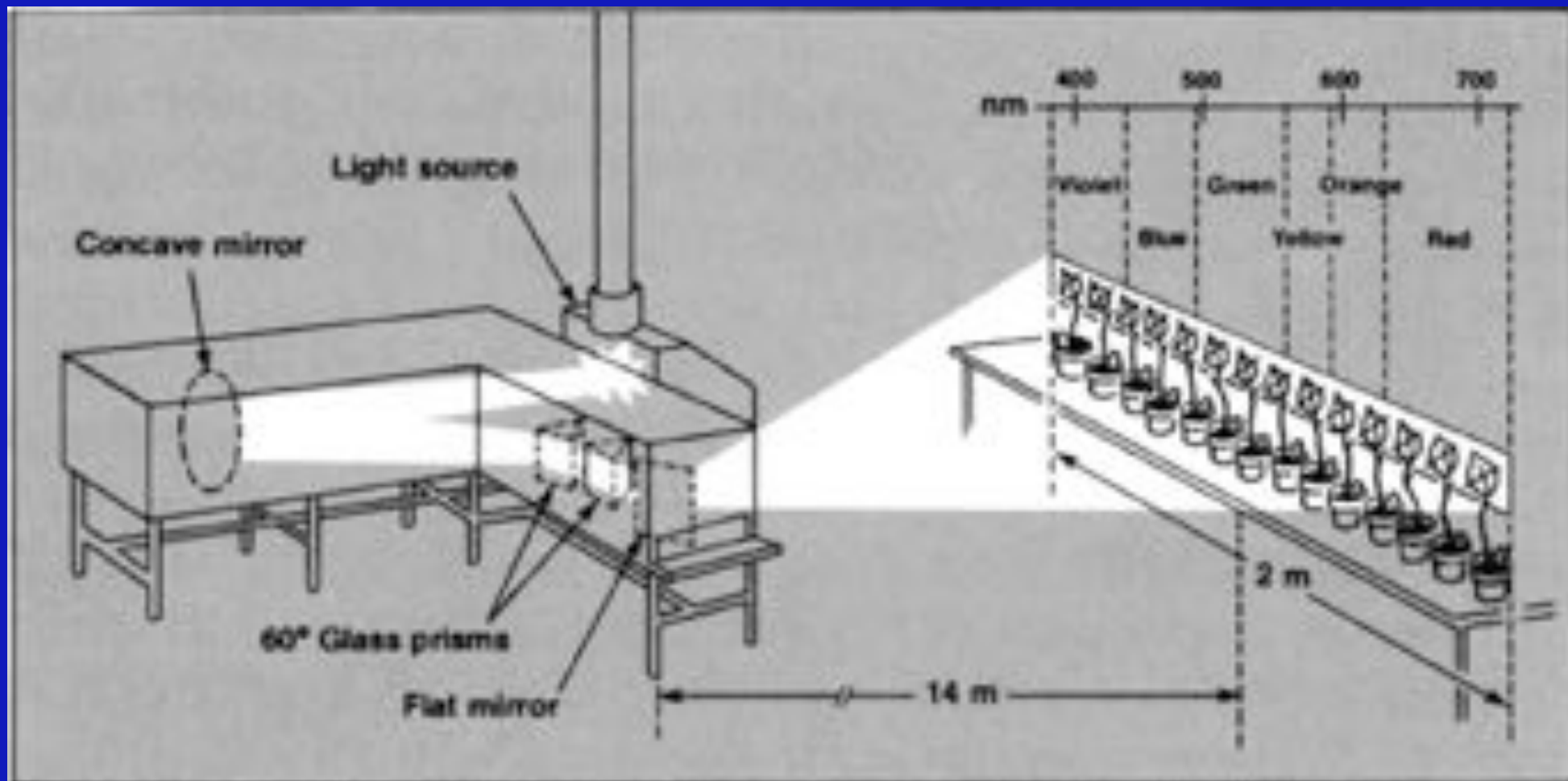


Marion Parker



Harry Borthwick and Sterling B. Hendricks, Around 1950.

光敏色素的发现



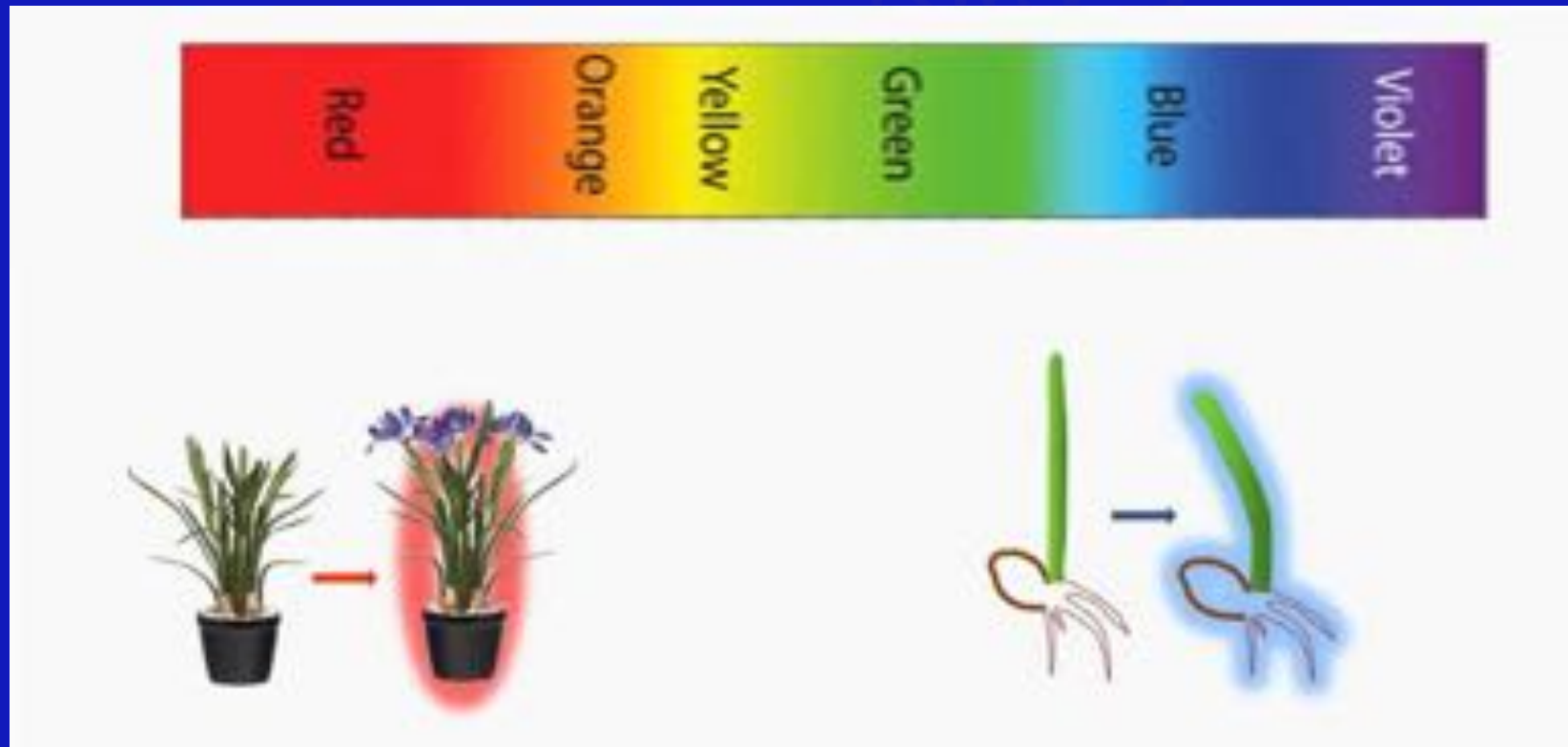
- 用于测定“夜间断”效应的作用光谱的光谱仪。
- **作用光谱**：即不同波长的光对规定反应的相对效果

“夜间断”的有效光是红光



1945年，他们报道，红光是最有效的，因此，光受体必须最有效地吸收红光（由此，光受体应该是绿色或蓝色的）

植物看见的是什么颜色的光？



植物可以区分红光和蓝光！



Eben和Vivan Toole夫妇研究光对种子萌发的效应

光敏色素的发现

- 在与光谱仪相邻的实验室，Eben和Vivian Toole研究光对种子萌发的效应。他们发现，红光也对促进莴苣种子萌发最有效。1951年，他们与Borthwick及Hendricks 合作检测了促进莴苣种子萌发的作用光谱。结果显示，用于调节萌发和开花的光受体相似或完全相同。
- 最重要的新发现是，远红光不仅不能促进种子萌发，实际上它反而抑制种子萌发。通过重新检测开花中“夜间断”效应的作用光谱，证实了远红光在开花中也起到类似作用。
- 1954年发现了红光和远红光间的可逆转性！！

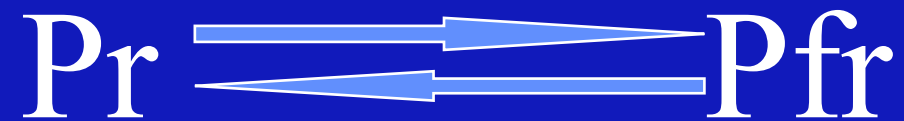
红光与远红光对种子萌发的可逆调控

Control of lettuce seed germination by red and far-red light

Irradiation	Percentage germination
Red	70
Red/far-red	6
Red/far-red/red	74
Red/far-red/red/far-red	6
Red/far-red/red/far-red/red	76
Red/far-red/red/far-red/red/far-red	7
Red/far-red/red/far-red/red/far-red/red	81
Red/far-red/red/far-red/red/far-red/red/far-red	7

光敏色素的发现

- 红光与远红光间的可逆转性暗示，起初的光反应是可逆的。这导致了里程碑式的推测，即所涉及的光受体以两种不同的形式存在：



其中Pr是红光吸收形式(660nm)，Pfr是远红光吸收形式(735nm)。

- 这种特性应该在对光受体的光谱测定中检测到，而不需要知道光受体的分子组成。确实，在经过几年的尝试后，1959年6月中旬，由W. Butler领导的USDA实验室在暗中生长的芜菁幼苗中检测到了具有预期特性的光受体。1960年初，提出了“光敏色素”的名称。



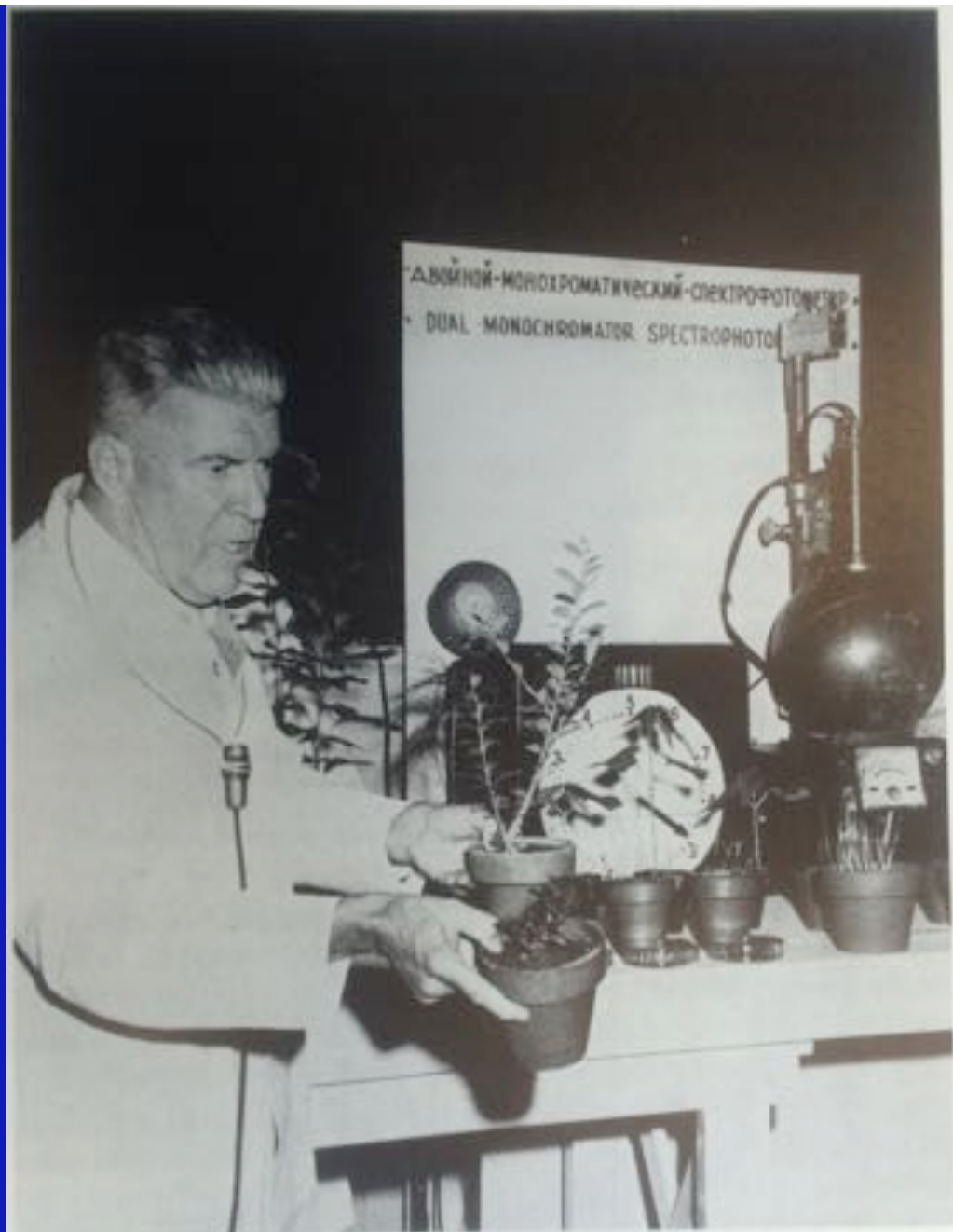
由Warren L. Butler领导的实验小组在暗中生长的茺菁幼苗中检测到了具有预期特性的光受体

光敏色素的发现

- 为了宣布他们激动人心的发现，他们计划在于1959年8月在蒙特利尔举行的第9届国际植物学大会上展示。所有事情都得到很好计划和执行。他们在汽车行李舱中携带于黑暗中生长的植物并驱车前去参会。后来发现，唯一的问题是，他们每次停车加油时，都会打开行李舱检查植物是不是没问题。不幸的是，展示失败了。这导致发现了光敏色素在黑暗生长中的植物中见光后是不稳定的。

光敏色素的发现和世界政治

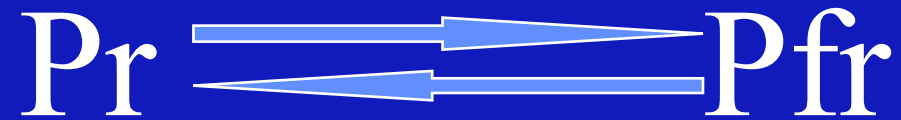




美国农业部的Harry Borthwick向赫鲁晓夫演示
光周期现象及光受体的检测

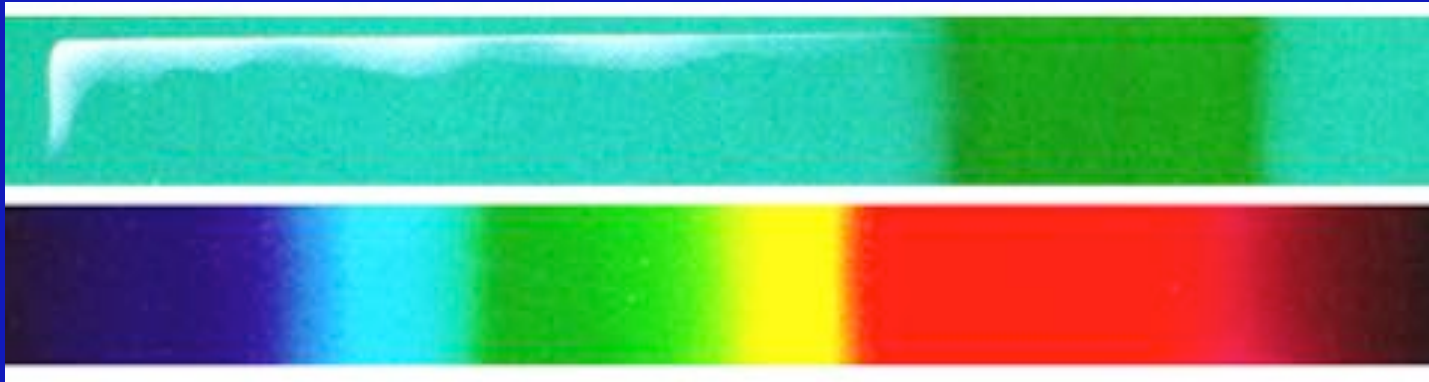
光敏色素

- 光敏色素光受体以两种不同的形式存在：



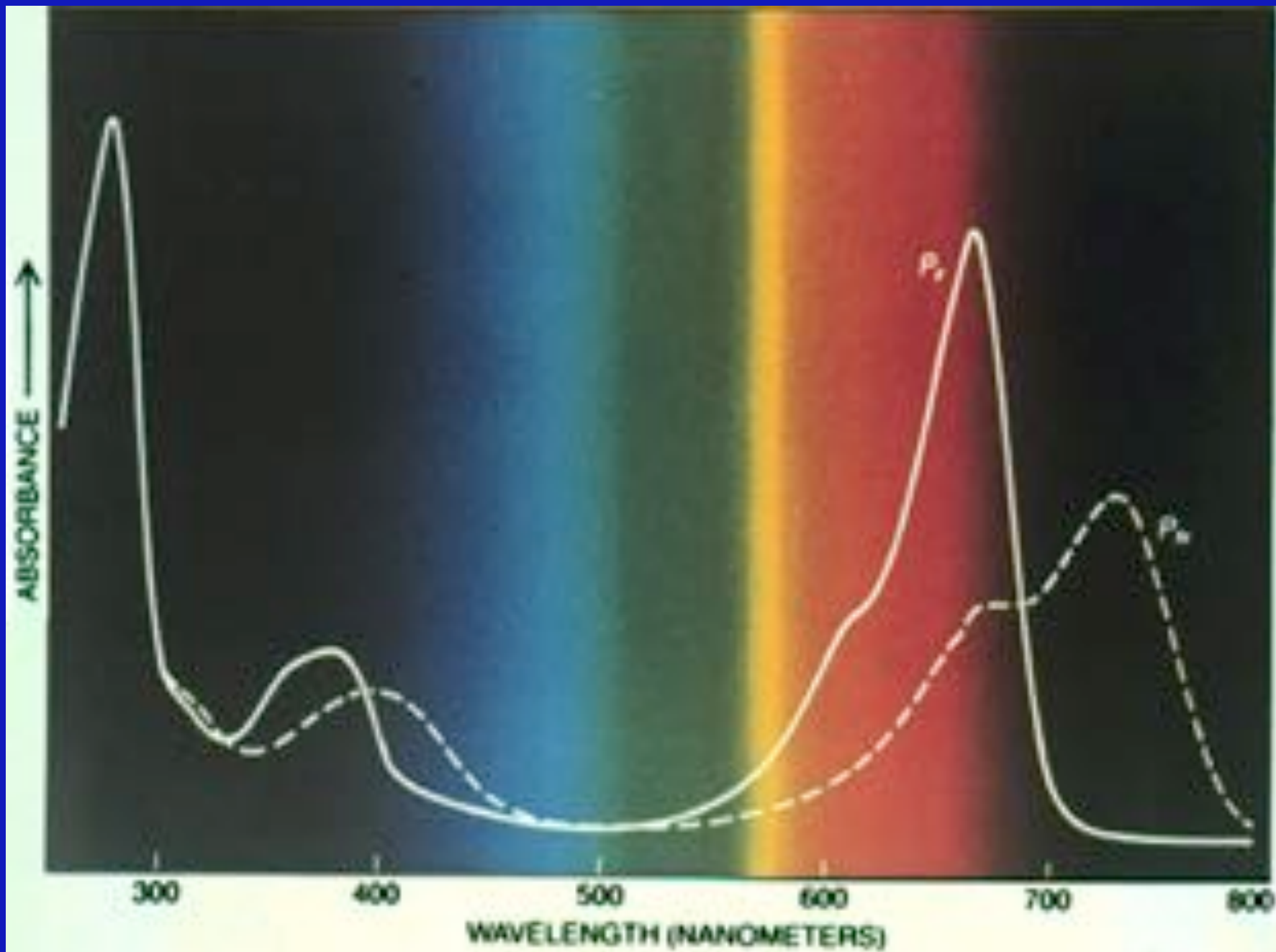
其中Pr是红光吸收形式(660nm)，Pfr是远红光吸收形式(735nm)。

试管中纯的光敏色素

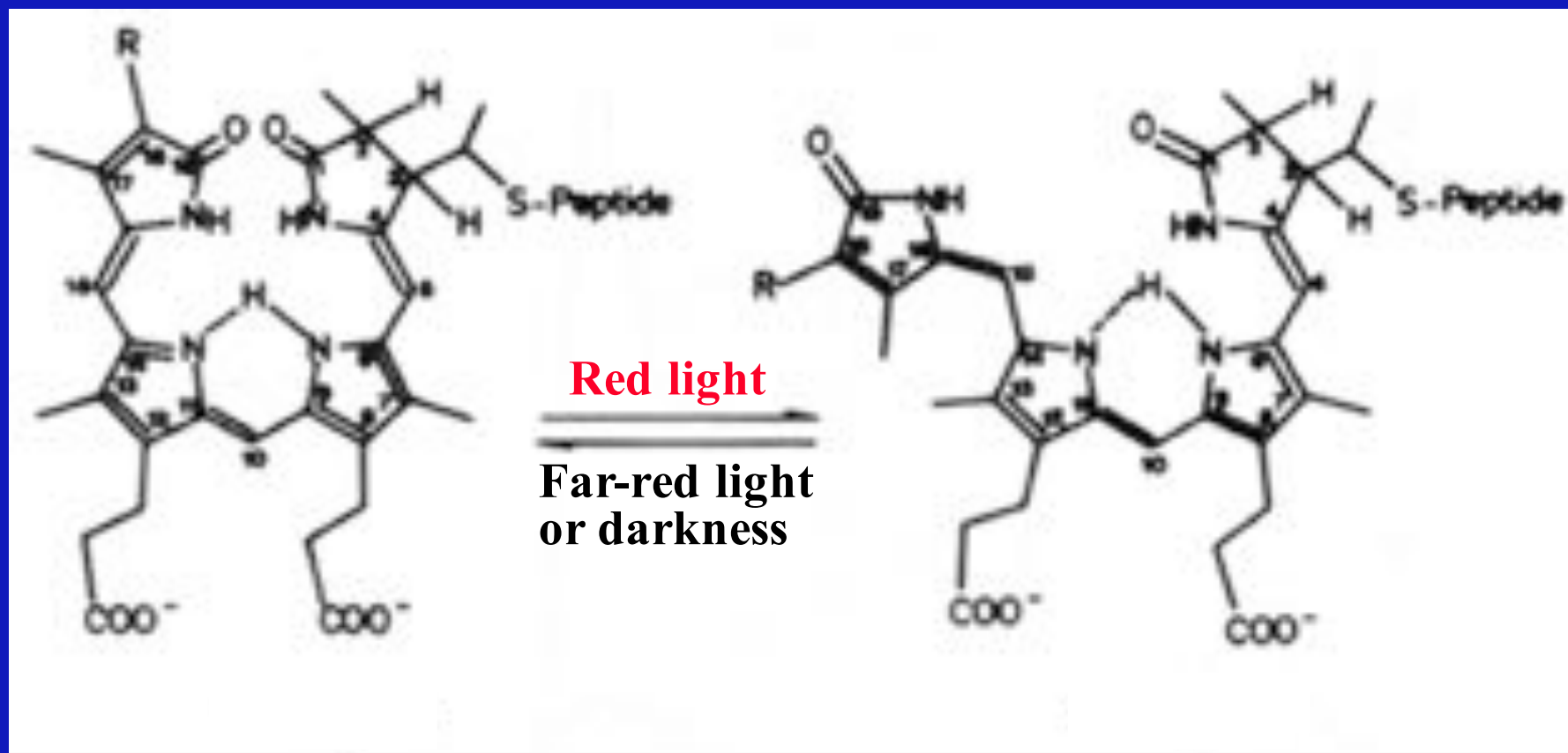


- 光敏色素吸收红光，因此呈现为绿色

两种形式光敏色素的吸收谱

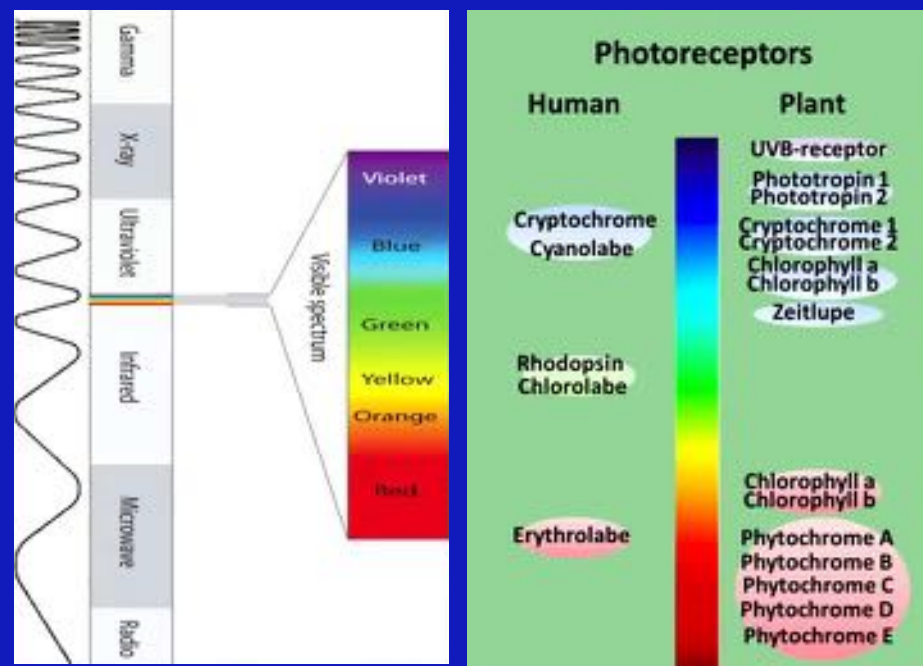


光敏色素的发色团



每个植物体都有同一个光敏色素的发色团，但有多
个基因编光敏色素的蛋白部分，**拟南芥**有5个基因编
光敏色素的蛋白。每个基因功能有分工。

植物与人的光受体



人：400-700nm；植物：200-800nm