

日照与作物生育的关系

地球表面上所有能量的源泉基本上都是来自太阳的光能。植物能够利用太阳光能将水和二氧化碳合成为碳水化合物，这一过程称为光合作用。通过光合作用合成的碳水化合物在植物体内进一步转化为淀粉、氨基酸、蛋白质、脂肪等有机物质，形成植物的组织器官或作为养分储存在植物体内。因此，没有太阳光，植物和以其为食物的动物就无法生存。日照的各项指标支配了光合作用所合成的碳水化合物的数量。

所谓日照是指太阳光（太阳的直射光线）照射到地球表面的状态。对作物生长和栽培环境影响较大的日照指标是照度、辐射量和日照时数。

照度（光线强度）是表示照射到物体表面的光线亮度的物理数值。太阳光的照度很大程度上受到天空中有无云雾的存在以及地球纬度的影响。例如，夏至期间（6月21日至22日），日本北半球日照时间为最长时，赤道正下方的照度约为139,000 lx，但位处北纬40度的东京照度为110,000 lx，北纬60度的挪威首都奥斯陆市的照度只有69,400 lx，仅为赤道正下方照度的50%。

太阳辐射量（光能量）表示一定时间内太阳光带来的光能总量。辐射量直接支配了地温和地表附近的气温。日照时数则是指太阳光的照射时间。太阳辐射量和日照时数也受纬度的强烈影响。与赤道附近的低纬度地区相比，高纬度地区的辐射量和日照时数在夏季不会有太大的差异，但在冬季就大大低于低纬度地区。作为参考，表1是日本南端的冲绳县那霸市、北端的北海道带广市和位于中间的东京都在6月和12月的日平均辐射量和平均日照时数。

表1. 冲绳县那霸市、东京都、北海道带广市的6月和12月的日平均辐射量和日照时数

月份	冲绳县那霸市		东京都		北海道带广市	
	辐射量 (MJ/m ²)	日照时数 (h)	辐射量 (MJ/m ²)	日照时数 (h)	辐射量 (MJ/m ²)	日照时数 (h)
6月	27.7	12.2	26.6	13.1	29.4	13.8
12月	15.3	9.8	12.4	9.1	8.3	8.5

数据来源：国立研究开发法人新能源・产业技术综合开发机构

那霸市和带广市在初夏6月的辐射量和日照时数上没有太大差异，但冬季12月带广市的日照时数比那霸市少14%，但太阳辐射量只有那霸市的60%。这就是纬度对太阳辐射量和日照时数的影响。

对于作物栽培来说，照度、辐射量和日照时长是非常重要的影响因素。下面讲解一下照度、太阳辐射量、日照时长对农作物生长的影响。

1. 照度（光线强度）

照度直接影响着植物能否进行光合作用和光合速率。照度对植物光合作用的影响主要表现在光补偿点和光饱和点上。光补偿点是指当植物通过光合作用吸收的二氧化碳量或放出的氧气量分别等于同时吸收的氧气量或放出的二氧化碳量时的照度。即作物在光补偿点的照度下几乎不产生任何光合产物。照度高于光补偿点时植物可以利用太阳光能合成光合产物，供应植物的生长。而照度低于光补偿点时，植物不仅不能合成光合产物，新陈代谢活动还会消耗储存在植物体内的养分。

影响植物光合作用的另一个重要因素是光饱和点。植物的光合速率随着照度的增加而增加，但照度增加到一定值以后，光合速率就会达到饱和，不再随着照度的增加而增加。此时的照度称为光饱和点，照度在光饱和点时的植物光合速率称为饱和光合速率。

光补偿点和光饱和点根据作物类型的不同而有所不同。这基本是因作物原产地的环境条件以及随后的品种适应过程和品种改良所决定的。通常，根据作物对阳光的反应，可区分为喜欢直射阳光，在背阴处不能生长的“阳生植物”，则喜欢背阴处的散射光线，在阳光直射下容易出现灼伤叶片的“阴生植物”，和介于阳生植物和阴生植物之间，喜欢半阴半阳环境的“半阴生植物”。

一般来说，可以生长在背阴处的阴生植物的光补偿点和光饱和点都较低，而需要生长在向阳面的阳生植物的光补偿点和光饱和点则较高。不过也有例外。阳生植物、半阴生植物和阴生植物的特征如表 2 所示。

表 2. 阳生植物、半阴生植物和阴生植物的特征

分类	特征
阳生植物	光补偿点在 1,000lx 以上，光饱和点 40,000~70,000lx，需要生长在阳光直射的地方，每日需要照射 6 小时以上的阳光。在背阴处因光照不足而会出现生育不良或枯死现象。 代表性作物：水稻，小麦，玉米，大豆，西红柿，西瓜，南瓜，红薯，包心菜，白菜等
半阴生植物	光补偿点 500~1000lx，光饱和点 20,000~40,000lx，介于阳生植物和阴生植物之间。每日若能照射到 3~4 小时的阳光，就能正常生长。最合适生长在有少量树叶遮盖，日照强度有所衰减的半阴半阳环境。 代表性作物：草莓，菠菜，生菜，芋头，葱等
阴生植物	光补偿点 100~500lx，光饱和点 10,000~20,000lx，喜欢生长在没有直射阳光的半阴的地方。长期受到强烈阳光的直射时叶片会出现晒伤·严重时会干枯。 代表性作物：三叶菜，豆瓣菜，茗荷（日本生姜），水菜，紫苏等

大多数主要农作物都属于阳生植物或半阴生植物，但只有少数特殊的蔬菜属于阴生植物。在种植时需要预先确认作物对日照条件的要求，将作物种植在日照条件能够与其匹配的耕地上，才能正常生长，得到预期的收获。

照度不仅控制着作物的光合速率，同时也影响了作物种子的发芽。生菜、紫苏、芹菜、菊花、大白菜、牛蒡等种子需要有一定的光线的环境才能发芽，如果播种后给种子覆盖上一层厚土，完全遮盖了光线的话，种子的发芽就会受到严重抑制，导致发芽日数延长，不发芽的种子增多，发芽率下降。此类作物的种子称为光发芽性种子（喜光性种子）。有些作物如萝卜、大葱、洋葱、茄子、番茄、辣椒、苦瓜等种子则恰恰相反，在有强烈光线照射的环境下很难发芽，需要在播种后覆盖较厚的泥土来遮挡光线。此类作物的种子称为暗发芽性种子（厌光性种子）。图1显示了紫苏种子（光发芽性种子）和萝卜（暗发芽性种子）在播种后不同的覆土的条件下的发芽状态。

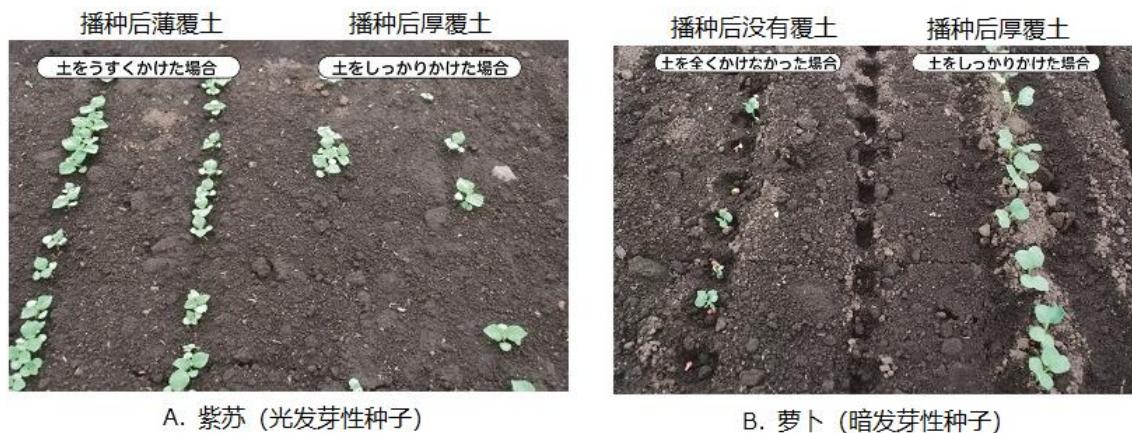


图1. 光发芽性种子（紫苏）和暗发芽性种子（萝卜）在播种后有无覆土的条件下的发芽状态
(引自(株)トーホク的网页)

因此，在播种育苗时，为了使发芽齐一，提高发芽率，长出茁壮的幼苗，必须提前查明该作物的种子是光发芽性还是暗发芽性，来决定播种后的覆土厚度。

2. 辐射量（太阳光能量）

辐射量是指一定时间内地面接受到的太阳光能的总量。辐射量对植物光合作用合成的光合产物有定量上的影响。简单来说，辐射量越大，植物能够合成的光合产物就越多。特别是光饱和点高的阳生植物，光合作用合成的碳水化合物的量在一定范围内随着辐射量的增加而呈直线式的增加。

辐射量由照度和日照时长所决定。辐射量不足，往往会使农作物软弱徒长，容易发生病害，导致产量降低、子实不饱满、品质变差。辐射量不足的原因是太阳光线因某些原因难以到达地球表面，导致照度降低和日照时间的缩短。最主要的原因是云层过厚和降雨遮挡了太阳光线。近年来经常发生的异常气候容易造成作物生长不良，减产减收的原因是异常气候带来的持续阴雨天气减少了辐射量。即使在正常年景，梅雨季节亦会因阴雨天气较多，晴天偏少，往往会使蔬菜生长受到抑制，收获量减少，造成市场的蔬菜价格飞涨。空气污染也是影响辐射量的另一个原因。因空气污染造成的高浓度雾霾会阻碍太阳光的通过，减少了辐射量。

辐射量不足可以采用 LED 和荧光灯的人工照明来补充辐射量，以及选择性种植半阴生作物和阴生作物。但人工照明因为性价比问题，不可能大规模普及，而主要农作物大都是阳生作物，难以用半阴生作物和阴生作物来取代。

3. 日照时长和光周期

日照时长是指每天的太阳光的照射时间。光周期则是指随着季节变化，日照时间所出现的变化。日照时长除了上述可以直接影响太阳的辐射量之外，亦在许多作物的花芽分化上发挥着重要的作用。尤其是对于需要开花结果的果实类蔬菜以及不需要开花的叶菜类和根菜类蔬菜的栽培来说，光周期即日照时间的长短变化是决定其是否开花的极其重要的影响因素。

根据日照时间对植物花芽分化的影响，可将作物分为长日照植物、短日照植物和日中性植物。

长日照植物是指从早春到夏至，随着日照时间的增长（黑暗时间的缩短），超过其临界日照时间后就会出现花芽分化，开始开花的植物，常见于从春季到初夏这段期间内开花的作物。十字花科是典型的长日照植物。通常，萝卜、卷心菜和大白菜等十字花科蔬菜多在秋季种植，越冬后的翌春 3 月前后天气开始变暖，日照时间变长后抽苔开花。其他长日照作物还有菠菜和小麦等。

短日照植物则是从夏至起到冬至期间随着日照时间的变短（黑暗时间的增加），当日照时间低于其临界日照时间后就会出现花芽分化开始开花的植物，它常见于盛夏至秋季开花的作物。代表性的作物有水稻和大豆等。

日中性植物的花芽形成和开花与日照时间的长短和变化趋势无关，只要经过一定的生长期间，达到特定的生长阶段后会开始花芽分化，然后开花。大多数作物属于日中性植物，例如玉米、黄瓜、西红柿、豌豆和向日葵。这些作物只要体内的养分累积足够或成长到达成熟期后，就可以随时开花。

经研究发现，日照时间（光周期）的变化影响植物开花的原因是植物体内能否生成一种被称为成花素（florigen）的开花激素有关。随着日照时间的增长能够生成成花素的植物为长日照植物，而随着日照时间的缩短才能够生成成花素的植物则为短日照植物，成花素的生成不受光周期变化影响的植物则属于日中性植物。在种植农作物时，必须注意该作物的花芽分化特性，选择适合其光周期的季节进行栽培。

可以人为地对日照时间进行调节来控制作物的开花。通过使用 LED 或荧光灯来延长光照时间可推迟短日照植物的花芽形成或加速长日照植物的花芽形成，称为长日照处理。而通过使用遮光膜等遮拦阳光、延长黑暗期来促进短日照植物的花芽形成或延缓长日照植物的花芽形成，则称为短日照处理。人为地对日照时间进行调节的方法已经实际应用在多种花卉的栽培上了。

选择适合当地太阳照射条件（照度，辐照量和各个季节的日照时长）的作物类型并决定整个种植模式（播种、种植、收获时期等）是非常重要的工作。

引进新的作物种类或品种时，需要事先通过栽培试验来确认该作物的生长条件是否适合当地的太阳照度，辐照量或光周期变化，以免失败。