

农业技术中的物理原理

李早东

农业生产的实质是将太阳能转化为化学能，其途径是通过植物的光合作用，即绿色植物在太阳的照射下，将二氧化碳和水转化为糖，并吸收转化光能为化学能，同时放出氧气的作用。光合作用是大自然利用无机物制造有机物的化学过程，自从发现了它的机制后，人们就围绕着协调水、肥、气、热，改善作物生长环境，提高光能利用率等采取了很多技术措施。光能利用率是指单位土地面积上单位时间内作物光合产物中贮存的能量占太阳照射到地面能量的百分率。一般作物约为1%~2%，很低。如果以光合作用每同化1分子二氧化碳所需光子数及所形成的碳水化合物中累积的能量来做理论推算，光能利用率可达10%左右，说明有很大提高空间。人们采取的各项技术措施中不乏利用了物理原理的，本文采撷几项试论之。

复种 在同一块地上，一周年内播种一茬以上生育季节不同的作物叫复种。复种考虑了作物生长发育对热量的需求以及所在地区的光热资源满足能力，即光照时间长短和有效积温多少。有效积温是指作物某一生育时期或全生育期中有效温度的和。作物生长发育所需的其他因子都得到满足时，在一定温度范围内，其生长发育速度与气温成正相关，且只有当温度累积到一定量时，才能正常成熟。描述作物生长对热量需求有活动温度和有效温度两个指标，均以作物生物学零度温度（即作物生长最低温度，各作物不一）为起点计算。活动温度是高于生物学零度温度的日平均温度，有效温度是活动温度与生物学零度温度之差。如小麦，生物学零度为 3°C ，设10月7日播种，8、9两天日平均温度分别为 14°C 和 12°C ，则对小麦而言，这两天的活动温度分别是 14°C 和 12°C ，活动积温就是 $14+12=26^{\circ}\text{C}$ 。而这两天的有效温度分别是 $14-3=11^{\circ}\text{C}$ 和 $12-3=9^{\circ}\text{C}$ ，有效积温就是 $11+9=20^{\circ}\text{C}$ 。假设10日阴雨，日平均温度 2°C ，则该日没有活动温度，更无有效温度，因它低于小麦的生物学零度温度 3°C 。如笔者老家山东，采用“一年两熟”复种模式，以冬小麦为上茬，夏玉米为下茬，收了小麦，接茬播种玉米。前者耐寒，从播种（10月7日前后）到收获（翌

年6月10日前后）， $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 的有效积温有 1500°C 即可；后者喜温，从种到收需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 1600°C 以上才行。而当地的年光热资源总量及时空分布恰好与这两种作物的生育期需求吻合。现在农业机械化了，播种、收割、晾晒、储运省时省力，农耗积温大幅度减少，使得复种面积不断扩大，复种指数也有提高。

套种 两种生长季节不同的作物，在前作物即将收获的半月二十天里，于其行间播种后作物叫套种。套种也是复种的一种形式，它解决上茬作物收获后再播种下茬，下茬作物生育期内获得的有效积温不足的问题。套种使两种作物有一段共同生长期，充分利用空间和时间。是从空间上争取时间，从时间上利用空间，增加有效积温，最大限度地利用光能。



图1 小麦套种玉米

间作 在同一块地里，间隔一行或若干行种植两种或两种以上生长期相近的作物叫间作。间作以株高差异显著者相搭配，以充分利用空间。矮秆作物生长的地方成为高秆作物透光通风的“走廊”。高秆作物的中、下部可以接受阳光直射，同时由于矮秆作物的反射，其上部接受的漫射光也增加了；通风则可加强作物群体内的乱流，补增作物层内二氧化碳气体浓度，提高光合强度（即每小时每平方米叶面积所吸收的二氧化碳毫克数）。因二氧化碳是光合作用合成有机物质的原料，在郁闭的田间作物层内，其浓度会随着光合作用的进行而降低，作物会感到二氧化碳匮乏，光合强度下降。



图2 玉米间种大豆（来源：<http://jrb.dali.gov.cn>）

中耕 作物生长期中，在植株之间进行锄草松土叫中耕。中耕除了灭草，还有保墒提温作用，所以农谚有“锄头有水也有火”之说。土壤是个多孔体，土粒、土壤团聚体之间以及团聚体内部，均有孔隙。直径在 0.001~0.1 毫米之间的孔隙叫毛细管，毛细管具有毛细现象，水分可借毛管弯月面力保存其内，并因毛细作用向上移动。中耕可切断毛细管，阻止水分沿毛细管上升，达到减少蒸发，保护墒情之目的。“锄头有火”是说锄地能提高地表层温度。土壤是由固、液、气三相组成的，这三相的容积热容量（即 1 立方厘米的体积增温 1℃ 时所需热量卡数）以气相最低为 0.0003 卡/（立方厘米·度），导热率（即相距 1 厘米两侧温差为 1℃ 时，1 平方厘米截面上，在 1 秒钟内通过的热量卡数）也以气相最小为 0.00005 卡/（厘米·度·秒）。锄地使表土变松，孔隙度增大，土壤气相比例大了，所以增温快。

镇压 用碌碡在田间滚轧以沉实土壤，弥封裂缝叫镇压。与中耕的作用恰恰相反，镇压是增加毛细管数量并使上下毛细管连接，以吸引提升土体深层的水分供作物根系吸收。这项技术多用在春天小麦返青前，春风刮走了麦田表层水分，而深层水分又难以向上运动时。也见过农民种豆子，前面下种，后面覆土，紧跟着于每穴当顶踩上一脚的，那是为防止土壤过垡，垡块架空，踩踏可使种子与土壤紧密接触，有利于吸水萌发和根系生长。

灌溉 土壤自干燥状态吸水，随着水分含量增加，历经吸湿水、膜状水、毛管水和重力水四种形态。各形态过渡点的含水量分别叫作凋萎含水量、分子持水量和田间持水量。凋萎含水量是判断灌溉的临界指标，此时土壤与水之间的引力为 16 个大气压，而植物的吸水力通常为 15 个大气压，植物的吸水力小于土壤的持水力，于是细胞失水植株萎蔫，

警示要立即灌溉补水。田间持水量是排涝的临界指标，此时土壤对水的吸力已减小到 0.1 个大气压，所有孔隙都充满了水，土壤中没了空气，植物根系呼吸困难，再不排涝就憋死了。

使用厩肥 厩肥进入农田后，经过土壤微生物分解再合成一种大分子胶体物质，即腐殖质。腐殖质可以使土粒胶结在一起，形成水稳性团粒结构，从而协调土壤中水、肥、气、热之间的矛盾，创造作物生长发育的良好环境。另外，腐殖质的深暗色，说明它吸热能力强，可提高地温，对种子发芽、微生物活动均有明显的促进作用。腐殖质的阳离子代换量高于黏土颗粒，能够吸附更多养分离离子，同时它又是亲水胶体，吸水率是黏土颗粒的 10 倍，所以能起到保肥保水的作用。

塑料大棚 将聚乙烯（俗称塑料）薄膜覆盖在大棚上，棚内形成温暖环境，于冬天进行蔬菜反季节生产，以丰富人们的菜篮子。太阳辐射的可见光波段透过薄膜进入大棚，棚里的土壤、墙壁和支架等物体吸收阳光而变暖，变暖的物体又会以辐射的形式散发热量。不过，这些物体的温度并不高，它们发出的不是可见光，仅仅是红外线。这些红外线，只有很少一部分会再次透过薄膜散发到棚外，大部分则被反射回来。结果能量在棚里积聚，棚内温度越来越高。正因为如此，植物能在棚外温度足以把它们冻死季节里在棚内生长。冬天的北方，棚外枯枝败叶，满目萧条；棚内却叶绿花红，生机盎然。可见，塑料大棚类似于温室，这种因可见光容易透进薄膜，红外线很不容易透出薄膜而使棚内热量累积的效应，就是温室效应，塑料大棚正是利用了温室效应。



图3 塑料大棚（来源：<http://www.qzjbsl.cn>）

地膜覆盖 作物播种后，将聚乙烯薄膜贴地覆

盖在垄或畦面上，谓之地膜覆盖，这项技术在我国北方地区已广泛应用。春季低温期间覆盖地膜后，白天在阳光照射下，表层 10 厘米深的土壤温度比露地高 1~6℃，夜间也能高 1~2℃。由于薄膜的气密性强，覆盖后水分蒸发显著减少，表层 20 厘米深的土壤含水量比露地高 50%，并能长期保持湿润，有利于根系生长。这种增温保湿作用，还特别有利于土壤微生物新陈代谢，加速有机质腐殖化和养分释放，供作物吸收。覆盖地膜避免了因灌溉或雨水冲刷而造成的板结障碍，使土壤疏松，通透性好，同时减少肥料养分的淋溶、流失和挥发，利用率提高。薄膜反射的部分阳光，使植株中、下部叶片接受更多光照，增加光合产物。银白色的反光效果更有避蚜作用，减少病虫危害，可谓一举多得。



图 4 地膜覆盖（来源：<http://www.hcx.gov.cn>）

杀虫灯 人们早就知道“飞蛾扑火”现象。蛾，即昆虫的蛹或若虫蜕皮羽化而成的成虫。蛾之所以扑火，是因为它有趋光性。与人不同（人眼能看到波长为 390~770nm 的光），昆虫能看到波长为 250~700nm 的光，也就是说，它不能看到人眼看到的红光，却能看到人眼看不到的紫外光，许多夜出性昆虫对紫外光敏感。根据这一脾性，设计制造波长 360nm 的灯管，并在灯管周围缠绕高压电网，在夜里引诱飞蛾靠近。高压电网将蛾击昏或杀死，掉落到下方口袋里。在果园中使用可诱杀金龟子、天牛、蜡蛾、潜叶蛾、黑刺粉虱、蝇类等 50 多种鳞翅目有害蛾，减少落卵量七成以上，降低下代或下年虫口基数。利用太阳光控技术，天黑自动开灯，天亮自动关灯。减轻了农民劳动强度，降低了农药使用量，减少了面源污染自不必说。更有趣的是，死亡害虫收集起来可以饲鸡喂鱼，鸡蛋黄更黄，鱼儿膘更肥，营养价值更高，天然、有机、绿色。



图 5 频振式杀虫灯（来源：<http://www.jiaduo.com>）

捕虫板 原理与杀虫灯相同，区别是杀虫灯诱杀夜出性害虫，捕虫板则诱杀昼出性害虫。根据害虫对光的选择趋向性，利用反射光波长在 570nm 和 430nm 左右的物料及特殊胶黏物质制成黄色、蓝色板，悬挂在田间，高度与作物顶端齐。当害虫趋光飞去并撞击板时，胶将其粘住，不久便会死亡，从而达到捕虫目的。诱捕蚜虫、粉虱、美洲斑潜蝇等用黄板，蓟马、菜粉蝶等用蓝板，不必喷洒农药，没有污染之虞，现已广泛用于蔬菜生产、花卉种植和果树栽培等。



图 6 捕虫板（来源：<http://detail.china.alibaba.com>）

环剥 环剥是修剪果树的一种方法。研究发现，果树根系从土壤中吸收的矿物质及水分，在蒸腾拉力下，沿木质部导管向上运动到叶片和花、果等器官，而叶片从空气中捕获的二氧化碳与水结合，在光合作用下，生成碳水化合物，即营养物质。营养物质一部分贮藏到果实中，果实长大。另一部分被分配给叶、茎、根等器官，供植株自身生长发育。人们收获果实，希望花芽饱满，坐果率高，果实硕大，也就是希望更多营养物质分配给花，贮藏至果。环剥技术因需而生，在树体基部，围绕主干用刀环剥树皮，深至韧皮部，切断筛管。因筛管是从叶向

根输送营养的通道。通道被切断，营养走投无路，便顺从了人们的意愿，掉头去了果实。



图7 果树环剥(来源: <http://www.sciencenet.cn/blog>)

选种、晒种、浸种 下地的种子，要求干净饱满整齐均匀。生产中使用风选、筛选、比重选等方法淘汰秕瘦、损伤、虫蛀子粒和草籽、杂质等。风选用簸箕，通过上下扇动、左右晃动、前后抖动等技法，簸扬去尘土、糠皮、秆屑、轻粒、小粒、坏粒并分离砂子，一个里手能将种子选纯到99%。筛选用筛子，根据种子粒径大小选择筛目型号，一阵操作过后，种子与杂质便分离于筛子上、下。比重法用水缸，根据浮力原理，种子的比重不同，浮选液的比重也有别。例如，用来选稻种的盐水比重，有芒粳稻是1.05~1.10；无芒粳稻是1.11~1.13。秕粒草籽杂质上浮在水面，饱满成实种子下沉到缸底，捞出丢弃上浮的，避净晾干下沉的。晒种是将种子摊在干燥地上或席子上晾晒，一来利用太阳紫外线杀灭附着在种子表面的病菌；二来提高种子下地后吸水力，增强发芽势。浸种是用51~54℃的水温烫种子或无性繁殖器官（如甘薯）10分钟，杀死侵入其中的病原菌。原理是50多度的温水能使病菌的蛋白质变性，丧失生命力，而种子本身安然无恙，从而提高播种质量，苗齐苗旺。

打药 作物区域规模化种植后，改变了生物多样性环境，破坏了自然生态平衡，使得有害生物失去了天敌，危害加重。为了防治病、虫、草害，人们选择了喷洒农药。将农药稀释到一定浓度装进喷雾器，利用打气筒将空气压入器内药液上方空间，药液便承受了压力。在压力下，药液进入喷管形成高速液流，液流到达喷头处碰到螺旋式出口，由直流改为涡流，裂成小液滴喷出。极微小的液滴看上去就是雾。以上是利用了流体力学原理。接下来，人们希望用药量少且能均匀地喷布在靶标上。但植

物叶面和害虫体表都有一层疏水的蜡质，而小液滴又有表面张力，两者共同作用使药雾汇聚成珠，滚落入地。将表面活性剂添加到农药中，药液的表面张力随即降低，附着力、浸润展着性和渗透性增加，于是，用药量减少了，药效也提高了。

扬场 《现代汉语词典》上说，把打下来的谷物、豆类等用机器、木锨等扬起，借风力吹掉较轻的颖壳和尘土，分离出干净的籽粒叫扬场。其实，较籽粒更重的秸棒秆渣、砂子石砾等借惯性也与籽粒分离，区别是轻者分离到下风处，重者分离到上风处，籽粒留在了中间。

在生产实践中，上述各项技术既可独立使用，也可组装配套，但最终目的都是健康作物生长，提高粮、油、果、菜的产量和质量，保障人们食物需求。其作用或直接，或间接，却都是不可或缺的，都是劳动人民智慧的结晶，从中我们也窥见了物理原理所蕴藏的巨大生产潜力。

(烟台市农业技术推广中心 264001)



北京同步辐射谱学研究取得重大成果

上海交通大学医学院附属瑞金医院上海血液学研究所/医学基因组学国家重点实验室（以下简称上海血研所）陈竺和陈赛娟院士领导的研究组于2010年4月9日在国际权威杂志《科学（Science）》上发表了三氧化二砷治疗急性早幼粒细胞性白血病（APL）分子机制的最新研究成果，该研究揭示了癌蛋白PML-RAR α 是砷剂治疗APL的直接药物靶点。该成果是利用北京同步辐射1W1B实验站的X射线吸收谱学（XAS）技术和其近边定量拟合计算获得的。

这一研究成果重要意义在于：第一，全反式维甲酸和砷剂分别靶向结合到同一癌蛋白的不同区域而发挥协同作用，诱导白血病细胞分化凋亡，为肿瘤治疗的新策略提供了理论和实践依据。第二、砷剂是一种具有2000多年历史记载的古老中药，用现代科学手段揭示中药的分子作用机制，将促进我国科学家对祖国传统医学宝库进行深入探索和挖掘。第三，这一研究成果是多学科多研究领域的整合和交叉的结果，为临床科学研究开拓了新的途径。