

激光育种中的若干生物物理问题*

何 淑 文

(广西科学院应用物理研究所)

摘 要

本文提出了在激光育种研究中的若干生物物理问题

激光诱变育种简称激光育种,是利用激光照射种子使其染色体发生突变,从而产生变异而培育选择出优良的作物新品种的过程。我区激光育种协作组成立于1975年,十多年来已取得了一定成绩。在激光育种的过程中我们初步探索了一些特殊的规律性问题,现就几个生物物理问题小结于下:

一、激光辐照的剂量问题

关于辐射与物质相互作用的剂量问题,按传统的定义应为:单位质量物质所吸收的能量。但是,由于激光束的特点:方向性好,光强度高且呈高斯分布(多数如此),单色性、相干性都很好。且一般光斑直径只有2—3mm,被照射的部位只是种子的芽或生长点,仅占种子的一小部分,若按传统的辐射剂量概念来衡量,显然是不恰当的。因而在激光育种上,一般都采用下列办法来表示“剂量”。即对于连续激光输出,如H—N₂激光,CO₂激光,通常只测量其输出功率W(mw或w),再乘以辐照时间t,表示照射时间内种子吸收激光的能量: $E = wt$ 。而对于脉冲激光输出,则累计其单一光脉冲的能量(mJ或J),n个光脉冲的总能量 $E = nj$ (j为每个光脉冲的能量)。高重复率脉冲激光输出则取其平均值 \bar{E} 。由此可见激光辐照的剂量概念,已经回避了质量,而只论其被照射种子整体吸收激光的总能量了。对于连续激光输出功率一定时只要计其照射时间长短便可,对于高重复率激光如N₂分子激光,也常取其作用时间来计量其平均作用能量。对于脉冲激光如红宝石激光、钕玻璃激光,才按其输出激光脉冲数来计其作用总能量。

激光育种中“剂量”概念等效于激光作用能量大小的问题,是否恰当呢?显然有待于进一步探讨。因为育种中不仅激光只作用于种子的极小部分,且激光与物质相互作用,除热效应外,更重要的是存在非热效应。(如,单光子、双光子相互作用,超高压、强电磁场相互

* 本文为1988年6月11日收到。

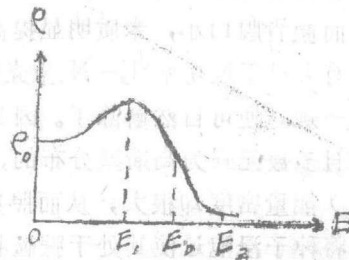
作用等)。前者与能量的均匀化有关,而后者都与光量子的特性及转化有关。这些效应恰好是引起染色体突变的主要因素,所以,在激光育种中若只考虑作用能量大小或能量的积累作用,似乎尚欠全面。但是,在未有新的更确切的计量方法之前,只好仍照习惯沿用了。

二、激光波长的选择问题

如前所述,激光有连续输出和脉冲输出(包括高重复率脉冲输出)之别,这只论作用形式不同而已。在激光育种中选用激光器最值得注意的乃是激光的波长。由于激光单色性好,每种激光器基本上只输出一个(或少数几个)波长的激光。如H-N激光波长 6328\AA , CO_2 激光波长 10.6μ ,红宝石激光波长 6943\AA ,铍玻璃、YAG激光波长 1.06μ 等。由于不同物质对光的选择性吸收波长不同,因而必须尽量对号选择激光器,以利引起共振吸收作用,最大限度地利用激光作用能量等特性;另一方面,波长不同,其对应的单光子能量 $h\nu$ ($\nu = \frac{C}{\lambda}$ —光频, C—光在真空中的速度)也不同,因而作用也有区别,一般是紫外光单光子效应强,引起突变的几率大。但也不能忽视强光效应时可能出现的双光子吸收作用,即 $\nu + \nu_2 = \nu$ (二个低能光子结合成一个高能光子)。光突变育种过程是在 10^{-9} — 10^{-12} 秒的瞬间进行的,所以,调Q(10^{-9} 秒)和锁模(10^{-12} 秒)激光器应是个育种的好武器,另外,波长连续可调输出的激光器是个更好的育种工具。

三、最佳突变阈是否存在?

在激光育种初期往往是凭经验和碰机会工作的,由于机理不明因而影响了激光育种的开展。即是否能取得有利的突变心中无数。这就存在一个最佳突变阈是否存在以及如何确定它的问题。由于物种千变万化,同一物种也会变异,因而未必有相同的阈值。但是,对于选定的物种和选定波长的激光及其作用方式(如脉冲、连续式调Q)来说,应存在一个最佳的能量作用区域(指区域而非定值)。当然,对于不同波长的激光或不同物种的作用这个区域是不同的。最佳能量作用区域可通过实验确定。若用某一波长的激光照射某类种子,则从大量的试验实践中观察到如下规律:即待处理种子有一定的发芽率 ρ_0 ,当用激光处理时,发芽率将 ρ 随激光作用能量 E 而变化,其函数关系如下图所示:



当 E 从 0 — E_1 时,起初激光照射对种子影响不大,逐渐进入促进种子发芽率提高阶段,超过 E_1 后,便进入抑制、损伤和致死阶段即 E_1 — E_2 。达 E_2 后几乎全部抑制或致死。因而, E_1 — E_2 的区域便是可能发生突变的能量作用区域,但是靠 E_1 端抑制的几率大些,而靠 E_2 端则致死的几率更大些,取其中值 E_0 ,则较佳的突变阈可视与在 E_0 附近,又因突变几率大相应取得有利突变的机会就多,因而可以认为 E_0 附近为最佳突变区域。即对于某类种子,只要作些定性的试探性实验,取得 E_0 域,便可在该值附近大量辐照,以利取得最佳突变效

果。这组实验，关外种及种群的干量比种群的干量而，关外种比种群的干量而。这组实验，关外种及种群的干量比种群的干量而，关外种比种群的干量而。

四、辐射损伤与光修复问题

在激光育种过程中曾经多次做过光修复现象的实验观察，即将谷种和黄豆等先用 ^{60}Co 致死剂量辐照，然后再用 N_2 激光 (3371Å) 或钕玻璃激光 (1.06μ) 再次进行辐照，(N_2 激光复照 3—5 分钟，钕玻璃激光复打几个激光脉冲，约几焦耳即可)，明显观察到与对照组相比有大量的复苏 (致死辐照，即辐照超过一定剂量后种子不能发芽，复苏即在激光再次照射后，种子又能发芽了，说明存在光修复作用)。这种光修复现象，早已被人们所发现，但是其机理如何，尚难弄清楚。激光的光修复现象特别明显，更有利于探明光修复机理的研究。

目前观察到的现象是：以波长较短的辐射的致死剂量照射后，需要以波长比它长的激光来复照才有修复作用。光修复过程一定与光生化、光生理效应密切相关，所以有必要探索其微观机理。

显然，光修复作用本身启示着所谓“致死剂量”，可能意味着仅是使种子处于高度抑制状态的剂量，而非真正的致死。因若确已致死，当然无法回生。而只有抑制状态，才可能解除其抑制而使其复苏。具有实际意义的是：复苏后的种子生态会发生新的变异，因而就为辐射、激光结合育种开辟了新的途径，以求取得更大的择优突变几率，更有利于育出新的品种！

五、低功率激光能否引起突变呢？

经过多年的协作攻关，广西农学院陈芳远老师首先培育成功水稻“激青”新品种。它是由高产低质的广选三号通过与 5mw 的 $\text{H}_1\text{-N}_2$ 激光照射而获得突变选育的。其宏观性状与广选三号相比有许多明显的变异，如广选三号无芒，而激青却有芒；广选三号米质差 (三号米)，而激青腹白小，米质明显提高 (接近 1 号米)。

曾有人对于低功率 $\text{H}_1\text{-N}_2$ 激光能否引起突变发生疑问；但是，若探究一下激光的特点，这一疑问便可自然解除了。因为激光束方向性好，光斑很小，高光强能量集中于小光斑区，并且多数光强为高斯型分布的，虽然其总功率不大，但其光斑的中心部位 (对应高斯曲线峰区) 能量密度却很大，从而照射作用也就很大；同时，种子被照射的部位多取其基部，又常先将种子浸泡过使其处于膨涨状态，更有利于促进其变化。此外，激光非热效应的作用是非常重要的因素等。总观起来低功率激光也有许多引起突变的有利因素，因而就有引起突变的几率，那怕这个几率只有万分之一，但也意味着实验有取得成功的可能性；所以，在激光育种机理尚未探明之前，用常规的低功率激光的开展激光诱变育种也可能取得成功就不奇怪了。

我区激光育种协作组，曾经发现过不少好苗头，如激光处理过的苕子 (绿肥) 在抗旱条件下比对照增产 6 倍，激光辐照的桑苗出现过三个子叶的特异苗，还有激光培育的木瓜、西红柿长得特别大等。全国各地激光育种也已取得了一批好成果，如上海县的激光油菜，安

激光棉花，激光水蜜桃，四川的激光桔子，湖南、湖北的激光优质水稻，……等，这些事实就是上述观点的例证。

总之，以上仅就激光育种中遇到的若干重要的生物物理问题作了定性的初步的认识。其中每个问题都可以作为一个独立的课题加以深入探讨。一旦其奥秘被揭开，规律被探明，则激光育种的机理问题也就可以认为是解决了。要达到这一目的，就必须从宏观和微观两个方面同时入手研究；此外，也必须进一步加强协作攻关，扩大协作队伍，组织拥有生理、生化及生物物理研究近代设备（如电子显微镜、核磁共振仪、激光光谱分析仪等）的单位的科技人员共同协作，才可能较快地取得成效。

SEVERAL BIOPHYSICS PROBLEMS IN LASER BREEDING

He Shuwen

(The Applied Physics Research Institute

Guangxi Academy of Sciences)

ABSTRACT

In this paper the author introduces several biophysics problems in laser breeding.