

辐射诱变改良作物的综合技术及应用

Synthetical Technique & Application of Induction Mutation for Crop Improvement

王琳清

(中国农业科学院原子能利用研究所, 研究员)

提 要 本文阐述了我国利用辐射诱变改良作物的主要成就。以提高诱变效率为中心, 研究提出辐射诱变改良作物的综合技术, 并应用于育种。探讨了辐射创造作物种质的新途径, 拓宽了辐射诱变的应用范围。

辐射诱变具有诱发植物遗传基因突变、染色体畸变, 促进基因重组, 提高重组率等特点, 是创造植物新种质, 选育新品种的有效途径。诱发突变方法的改进、综合技术的研究、利用和拓宽, 对提高诱变育种效率和水平具有重要的理论和实践意义。

主要育种成就

根据联合国粮农组织 (FAO)/国际原子能机构 (IAEA) 联合处不完全统计, 截至1990年, 已有49个国家在103种农作物上诱变育成推广了852个品种, 促进了农业增产。如, 捷克60年代中期推广了优质、矮秆、高产大麦突变品种“Daimant”, 以及各国利用它作亲本育成的108个品种, 种植面积 (3 840万公顷) 占全欧大麦面积的54.6%; 美国加州利用辐射育成的水稻矮秆品种“Calrose 76”及其作亲本育成的十多个半矮秆品种, 种植面积占该州水稻面积的74%, 对水稻矮化育种发挥了重要作用; 意大利利用辐射诱变获得的新种质, 育成了以“Creso”为首的十几个制作通心粉的硬粒小麦品种, 并已大面积推广, 使全国硬粒小麦生产达到自给, 取得了显著的经济效益和社会效益。

我国利用辐射诱变改良作物的研究起步比国外晚30年, 但发展很快, 已取得了瞩目的成就。据不完全统计, 截至1991年, 已在29种作物上育成推广了333个品种, 约占世界各国突变品种的

1/3, 种植面积超过900万公顷。年种植面积在70万公顷以上的品种有6个, 9个品种获国家级发明奖, 其中获发明一、二等奖的5个。棉花“鲁棉一号”最大年种植面积曾达到200万公顷, 是我国自育棉花品种种植面积最大的。水稻“浙辐802”是80年代继“原丰早” (最大年种植面积为110万公顷) 之后育成的优良品种, 种植面积突破140万公顷, 是我国目前种植面积最大的水稻品种。小麦“山农辐63”种植面积曾达120万公顷。近年辐射诱变育成的冬小麦“原冬3号”兼具抗三种锈病和白粉病、蚜虫等北方主要病虫害, 抗干热风 and 抗盐碱力强等特点, 是北方麦区多抗稳产的优良品种。

我国辐射诱变育成推广的品种数量、种植面积和取得的经济和社会效益均居世界各国之首, 对促进农业增产发挥了积极作用。实践证明, 辐射诱变是改良作物的重要途径, 也是常规育种的重要补充和难以取代的一种手段。

为了进一步提高诱变育种的效率和水平, 近年来国内许多单位以提高辐射诱变效率为中心, 以主要农作物为对象, 对辐射诱变育种的各个重要技术环节作了系统研究, 提出了辐射诱变改良作物的综合技术并应用于育种, 拓宽了辐射诱变的应用范围。

辐射诱变改良作物的综合技术及应用

1. 选用辐射敏感型材料作亲本

辐射敏感性是评定作物对辐射作用的重要指

标,亦是选用辐照亲本、确定诱变因素和剂量,以及处理方法的依据。国外对植物科、属、种、品种、组织、细胞等的辐射敏感性差异研究较多,认为辐射敏感性受遗传控制。我国从育种实践出发,研究了多种农作物的辐射敏感性,并进行了科学分类。近年来采用形态学、细胞学、生物化学和农学等多种指标,并运用模糊聚类分析数学方法将小麦、大麦、水稻品种的辐射敏感性分为极敏感型、敏感型、中间型、迟钝型和极迟钝型五类,其分布呈正态曲线。小麦农家品种和辐射育成的品种在迟钝和极迟钝型品种中占比例较大,杂交育成的品种多属中间型。皮大麦和二棱大麦的辐射敏感性大于裸大麦和四棱、六棱大麦;糯稻辐射敏感性大于粳稻,粳稻又大于籼稻。

作物品种的辐射敏感性强弱与诱发突变频率的高低表现出明显的对应关系。

单细胞系统材料(如雌、雄配子和合子)辐射敏感性比种子强得多,合子又强于配子。不同发育时期的单细胞辐射敏感性亦有差异。例如,小麦合子细胞辐射敏感高峰期,用 ^3H -胸腺嘧啶核苷标记和放射性自显影技术判定为合子细胞DNA合成期。在这时期辐照,后代突变频率比非高峰期辐照的提高30%以上,相当于辐照种子的2.5倍。辐照单细胞还能够避免嵌合体形成和二倍体选择,早代即可获得均质突变。用 $^{32}\text{P}\beta$ 射线在合子期辐照,已育成早熟、矮秆小麦品种“龙辐麦5号”。

作物的外植体、愈伤组织辐射敏感性亦强,低剂量的 γ 射线能诱发产生单倍体花粉细胞突变,突变性状当代即能显现,避免了显隐性干扰,突变频率大大提高。用 γ 射线辐照红粒小麦品种“丰抗8号”的幼穗外植体,育成了白粒突变系。

选用辐射敏感型材料辐照,提高了诱变频率的育种效果。

2. 选择优良杂合基因型作辐照亲本

亲本的基因型对突变性状的表现和诱变效果有重要影响。选择辐照亲本一般多以拟改良的良好品种种子为对象。选用杂合基因型辐照,仅前苏联和保加利亚在小麦和棉花上有过成功的报道。我国辐照杂合基因的研究及育种成就显著。笔者分析了多种作物178个突变品种,71个是辐照杂合基因型育成的,占突变品种的1/4,其中小麦、大豆、棉花尤为突出,分别占该作物突变品种的47.3%,48.0%,33.3%。著名的小麦品种“山农辐63”和“原冬3号”,大豆“铁丰18”和“黑农26”,棉花“鲁棉一号”等就是辐照杂合材料育成的。辐照杂合基因型能够提高突变频率,扩大突变谱,已为辐射诱变育种所证实。初步探明,辐照杂种后代性状变异频率高和变异谱宽与其根尖细胞和花粉母细胞分裂期断片、双着终点、桥等染色体二击畸变

类型增多有明显的对应关系,从而为提高染色体易位和交换率、促进遗传基因重组、获得更多的变异个体提出了细胞学实验依据。辐照的杂种后代的过氧化物酶和酯酶同工酶谱也出现了亲本和杂种所没有的新酶带。说明辐照杂种的诱变效率不是辐射诱变与杂交重组的简单相加,而是产生了量 and 质的新变化。

3. 改进诱变方法、条件和开拓新诱变源

γ 射线、X射线、中子和化学诱变剂是诱变育种利用的主要诱变源。改进诱变方法和条件,开拓利用高效新诱变因素,近期取得了新进展,提高了诱变育种效率。

(1) γ 射线慢性照射。 γ 射线急性照射是广为应用的手段,但有 γ -田(或 γ -温室等)设施的国家用 γ 射线慢性照射的较多。日本利用 γ -田慢照射育成了抗黄花叶病毒病的大麦突变系,并利用慢照射促成了远缘杂交。我国80年代以来在四川、浙江、黑龙江省相继建成 γ -田、 γ 种植房和 γ 温室后,研究了麦类、水稻、大豆、部分无性繁殖作物和观赏植物生育期间慢照射的方法和诱变效果。在适宜条件下,有效地提高了诱变效率,并已育成“西辐7号”小麦新品种;四川农科院育成了配合力高的水稻恢复系“丛矮”,并开始在杂种优势育种中利用。此外,还育成了多种花卉新品系。 γ 射线慢照射技术的建立和应用填补了我国的一项空白。

(2)理化诱变因素复合处理。物理和化学诱变因素复合处理。能够发挥各自的特异性,相互配合提高诱变效率,获得良好的结果。保加利亚利用 γ 射线和化学诱变剂甲基磺酸乙酯(EMS)复合处理大豆,育成品质优良的新品种“Boriana”。近年来我国研究了主要理化诱变剂对稻、麦、豆类等作物复合处理的方法和诱变效果。研究出在一定剂量范围内的最佳剂量组合、诱变效果和预测指标。适宜剂量的组合处理,表现出明显的累加或协合诱变效应。如小麦经组合处理后,诱变一代的幼苗高度约为对照组的一半,活力指数约为对照组的1/4。理化因素复合处理已育成水稻、小麦、大豆、甘薯等11个品种。

(3)开拓利用新诱变因素。随着科学技术的发展,新诱变因素如激光、电子束、离子束等逐步应用于育种。激光育种是近20年发展起来的,前苏联曾育成蕃茄、棉花新品种(系),但进展不快。我国70年代发现激光能诱发出类似于 γ 射线诱发的突变,目前已在小麦、水稻、黄瓜上育成12个优良品种推广,如“浙麦3号、4号”小麦、“露地1号”黄瓜等。还获得了早熟突变种质,作为“早源”在育种上利用。

电子束是由直线和回旋加速器产生的诱变因素,曾用于多种作物的处理。电子束对 γ 射线

线的相对生物学效应(RBE)值约小于1,在适宜剂量范围内处理时,生物学损伤轻,诱发突变频率大于中子,更大于 γ 射线,是一种有利用价值的诱变源,已育成1个水稻品种,诱变获得了不育性稳定、恢复源较宽的普通小麦细胞质的突变型新雄性不育系“85EA”。离子注入是80年代中期我国首先研究并用于作物育种的新诱变因素,亦具有生物学损伤轻,诱发突变频率高,突变谱宽的优点。利用其高激发性、剂量集中和可控制性,可望发展成为一种有应用前景的新诱变源。

(4)改善辐照时的外界条件。辐照时的外界条件如温度、相对湿度、种子含水量和辐照后的贮存时间和条件等对诱变效果均有影响。在一定剂量范围内,高剂量具有较高的突变频率,但往往导致严重的生物学损伤,影响后代群体和选择。但如大麦、水稻等在极低温(-196°C , -76°C)或热冲击($30\sim 60^{\circ}\text{C}$)或二者结合的条件下辐照,均表现出明显的辐射保护效应,诱发的突变频率比在常温下辐照明显提高,突变谱拓宽。又如小麦种子含水量在 $13\sim 19\%$ 范围外,含水量的微小变化均能引起辐射效应的很大变化。这些因素既相互联系又相互制约,不同有机体对其反应亦有差异,因此在诱变育种中必须综合考虑。这种技术简便易行,已在诱变育种中应用。

4. 采用高效快速鉴定筛选突变体的技术

改进突变体的鉴定筛选方法是提高选择效率的重要环节。在采用常规方法筛选可见突变体的基础上,近年来研究建立了理化诱变与植物离体培养和生化方法结合鉴定抗病、抗逆、品质、生理特性等突变体的方法和程序,在人为控制条件下用较小的空间对较大的群体进行不同水平的抗性筛选,有效地提高了选择效率。80年代后期FAO/IAEA联合处组织了辐射与离体培养结合改良作物抗病性的国际合作研究,取得了进展。日本利用X射线辐照与含毒素培养基培养结合的方法,选育出抗黑斑病的梨树新品种。黑龙江利用 γ 射线处理小麦的胚,在含根腐病毒素的培养基上离体培养,筛选出抗根腐病的优良株系。

又如,根据作物细胞膜损伤程度和分蘖节细胞液浓度变化与抗旱性的关系,研制成功细胞渗透势测定仪,提高了筛选抗旱、抗寒突变体的效果。依据作物花粉中淀粉类型与籽粒淀粉类型存在的相关性,建立了筛选作物直链和支链淀粉品质突变体的碘液检验法,使田间条件下预选糯、粳型品质突变体的可靠性高达 $98\sim 99\%$ 。方法简便,效果好,现已用于诱变育种。

拓宽辐射诱变的应用范围

1. 创造优良突变种质和扩大应用范围

作物育种的发展和水平的提高,在很大程度上取决于掌握和利用种质资源的数量和质量。理化诱变能够诱发遗传基因突变,创造新种质。根据FAO/IAEA联合处1991年资料,世界各国已在150多种植物上获得了数以万计的突变种质资源,其中许多已用于育种,并取得了明显的育种成效。利用突变体作亲本杂交育成的品种占全部突变品种的40.2%。突变种质资源的收集、研究、利用和保存已受到重视。例如,瑞典自1928年以来的60多年间,已诱发、收集、研究了近万份大麦突变种质资源。这些宝贵资源保存于北欧基因库,并广泛应用于大麦育种。

我国30多年来,诱变获得了大量的优异类型的作物突变种质资源。目前已收集了24种植物突变种质资源1700余份,完成了整理性鉴定,编制了突变种质资源名录。对优异的早熟、矮秆、抗病、优质等资源的特性作了遗传分析和育种价值评价,提供全国育种单位利用。其中较突出的有:水稻“辐农709”,“辐竹”;小麦“辐66”,“原冬96”;玉米“原武02”,“辐746”;高粱“晋辐1号”;花生“辐狮”,等等。全国利用突变资源已育成71个品种,占突变品种的21.3%,近8年育成的突变品种41.7%是利用突变体作亲本杂交育成的。这些突变品种的累计种植面积已超过600万公顷。突变种质资源的杂交利用也是诱变育种发展的重要趋势之一。

2. 拓宽辐射诱变改良植物的范围

我国诱变育种过去主要集中于粮、棉、油等一二年生的主要农作物,尤以禾本科和豆科作物最多。近十多年来,随着诱变育种和国民经济发展的要求,诱变育种技术又进一步扩大到蔬菜、瓜果、糖用、药用、工业原料等经济价值较高的作物。多年生无性繁殖植物因其高杂合性、生育期长,并与其他杂交障碍及可利用不定芽技术等特点,利用诱变育种也有很大潜力,发展亦快。此外,饲料作物、观赏价值高的观赏植物诱变育种均有了新发展。目前除取得诱变育种成效的35种植物外(农作物29种、观赏植物6种),利用诱变育种的植物,已扩展到75种。

近5年来,中国农科院原子能所,浙江,山东农科院和广东农科院生物所研究并确定了40种植物的辐射诱变剂量范围。它们是:粮食作物2种(绿豆、红小豆)、油料1种(芝麻)、蔬菜作物9种(花椰菜、芹菜、豇豆、大蒜、大葱等),瓜果7种(草莓、葡萄、山楂、荔枝、银瓜、苦瓜等)、药用植物3种(板兰根、人参、薏仁),经济作物5种(烟草、荻、玫瑰、橡胶等),观赏植物13种(山茶、水仙、杜鹃、君子兰

(下转第12页)

不仅技术创造能力强,而且办事效率高,应变方法活,许多优势往往为大所大院大厂所不及。因此,在发展技术及技术产品出口过程中,在发挥国家级科研实力优势的同时,要重视调动地方和民间两个积极性,充分发挥他们在发展技术出口方面的创造潜力。应借鉴韩国的经验,由国家、地方、行业举办专业培训班,帮助科研企业培养外贸经营型专业人才,培养国际型科技商人,特别是国家级科研机构、高等院校,既要培养高水平的科技人才,也要培养高层次的科技经营人才,以尽快适应未来技术及技术产品出口对专业经营人才的需求。

其五,制定优惠政策,鼓励发展技术及技术产品出口。为了发展技术出口产业,现在许多国家都在制定相应的政策措施。印度之所以能够在技术出口方面取得突破性进展,也正是政府采取了在不危害国家利益前提下的“不干预”政策的结果。因此,我们要发展技术及技术产品出口,必须在现有的政策基础上进一步采取必要的鼓励扶持措施。在外汇分成方面要解决比例不当,兑现挂帐问题。即使一时无法调整外汇分成比例,也应当首先保证分成外汇如数兑现。在外汇使用方面,要赋予创汇的企事业单位以一定用汇自主权,只要是用于技术及技术产品出口方面,而且是比较合理的,用之有度,就应当放行,简化程序;对暂时虽没有创汇实绩,但有创汇可能和前途的科研单位和企业,应当在外汇使用方面开些口子,为他们提供方便条件。在信贷投放方面,应当对技术及技术产品出口专门立项,有重点地给予扶持。技术出口比较集中的城市应建立科技专业银行,以适应发展技术生产与贸易的要求,同时规范科技信贷的使用与管理。在税收方面,可实行“放水养鱼”,尤其是对新发展技术和技术产品出口的单位可采取不缴或少缴税收的办法。在分配制度上,也应当体现合理与适度原则,对技术出口实绩显著的企事业单位和科技人员应放宽分配政策,建立专项贡献基金制度;同时要建立风险基金,对因开发技术出口产品而造成单位得利少,国家和地方收益大的单位,给予适当的风险性补偿,以保护培养其积极性。

(责任编辑 宋义荣)

(上接第26页)

等)。其中17种国际上尚未见报道。同时建立采用了用活力指数下降50%(VID50)为指标确定辐照适宜剂量的新方法,准确、快速、重复性好,能够大幅度提高工作效率。已在全国范围内推广使用,取得了良好效果。

3. 开辟创造突变种质的新途径

射线辐照对提高作物染色体易位频率,促成

远缘杂交,实现外源基因转移获得新种质有着独特的作用和效果。利用低剂量 γ 射线辐照改变作物育性,克服远缘杂交不亲和性,促成小麦与黑麦、偃麦草、山羊草等杂交均有成功的报道。日本利用 γ -田在丰产不抗病的栽培种蕃茄和抗病不丰产的野生种蕃茄花芽分化期进行长时期的慢照射,促成了远缘杂交,育成丰产抗病优质的新品种“强力玲光”。我国用低剂量 γ 射线辐照小黑麦、小麦的子房和花粉,结实率比未经辐照的提高3倍以上,杂种植株结实率显著提高,建立了诱发鉴定筛选小黑麦易位系的方法和程序。育成了易位系品种“龙辐麦4号”;在小麦和大麦品种花粉母细胞减数分裂期至籽粒灌浆期,用 γ -田慢照射条件进行小麦与大麦正、反交,克服了杂交不亲和性,授精率提高了50%以上,通过离体培养获得了杂种植株。

利用射线辐照实现外源基因转移或性状转移,国外,近十年来在烟草、水稻、玉米、小麦、大麦、蕃茄等十几种作物上作了有益的探索,取得了一定进展。我国研究起步较晚,但在辐射与杂交和组织培养结合克服杂交不亲和性,提高杂交结实率和实现异源植物性状转移,获得新种质资源等方面已取得初步结果。例如,小麦近缘属大赖草具有一些有价值的基因,用常规方法与小麦杂交难度很大。我们在精心选择小麦母本基因型的基础上,用低剂量的 γ 射线辐照大赖草花粉,然后授粉,再对杂种幼胚进行离体培养,提高了杂交获得率,获得了具有某些大赖草特征的普通小麦,经过细胞学观察和过氧化物酶同工酶谱分析,杂种染色体数与普通小麦相同,但出现了多种染色体畸变类型;同时在杂种中发现了大赖草特征酶带,获得了单纯杂交方法难以得到的结果。辐射诱变与其他新的良种手段结合可能为创造优异作物种质资源开辟新途径。

(责任编辑 刘先曙)

(上接第15页)

点、定位相互对应可比的系统关系,使两者有机地联系起来。从遥感图象可以及时获取地面的地理信息,便于地面资料的实时监测,而真实感地图是由地面资料编制的,便于地理条件的控制、利用和改造。两者利用不同的手段,为了同一应用目的,相辅相成、相互补充和验证的作用,对于突破遥感图象模式识别的技术关键,建立模式识别模型,进行遥感估产、灾害预报、生态环境监测、农业科学管理等,推动遥感应用技术的发展,具有重要的理论和使用价值。

本期封面、封二、封底彩图即为用CGSS系统绘制的我国全国及部分地区的地图。

(责任编辑 肖庆山)