—成分育種を重点にして†—

茨城県那珂郡大宮町

一方、人為突然変異の歴史は浅く、1929年にマラー教授が放射線によるショウジョウバエの突然変異誘起に成功して以来40年あまりが経過したにすぎない。しかしこの短期間に突然変異育種は目ざましい発達をとげ、現在世界でこの方法によって育成された作物の品種は100以上といわれておりそのなかにはわが国で育成された水稻品種レイメイのように広い普及面積を占めたものも少なくない。また近時放射線以外にも突然変異を誘起する多くの化学物質が発見され、これによって育成された新品種も見られはじめた。このように突然変異育種が品種改良の重要な役割りを果たすようになったので、その現状について概説するとともに将来発展するであろうと思われるいくつかの分野について説明したい。

従来この方法で改良されてきた作物の特性は、はなはだ広範囲におよんでいる。禾穀類、豆類などの主要食糧作物では、安定した多収を得るための農業特性の改良が目標とされ、早熟化、耐倒伏化、耐病化などが重点となっており、ナタネなどでは高含油化など成分に着目されている。一方観賞用植物では、花や葉の色や形の変化が主要な目標となっている。参考までに、禾穀類での突然変異直接利用によって育成された新品種について、1969年の FAO/IAEA の資料にもとづいて表に記述した。またわが国のこの分野の研究は、やや立ちおくれたにもかかわらず相当数の品種が普及しているので、その要約を表2に示した。

突然変異体の多くは生産性などで劣悪化しそのまま経済品種として利用できない。一般には直接利用が可能な変異体の出現率は全変異体の 10^{-3} 以下とされている。しかしこのような劣悪な変異体であっても、特定

† Mutation Breeding in Plants—Improving Plant Protein and Oil by Nuclear Techniques. Sachihiro TANAKA: Institute of Radiation Breeding, Ministry of Agriculture and Forestry, Ohmiya, Ibaraki-ken.

表1 突然変異直接利用により育成された新品種（禾穀類）

作物名	品種名	育成国、年次	誘起源	処理年次	主要特性
パン小麦	N.P. 836	インド, 1961	X線	1955	多収, 耐病性
"	Shabati Somora	インド, 1967	γ線	1963	早生, 短稈, 良質, 高リジン
"	Lewis	米国, 1964	中性子		耐病性, 早生, 多収
"	Stadler	米国, 1964	中性子		早生, 強稈, 耐寒性
"	Sinvalocho Gama	アルゼンチン, 1962	γ線	1956	耐病性
"	ゼンコウジコムギ	日本, 1969	γ線	1959	早生, 短稈, 多収
"	Novosirskaia 67	ソ連, 1969/1970	γ線		耐倒伏性, 良質
デュラム小麦	Casteleporziano	イタリア, 1968	中性子	1956	耐倒伏性, 多収
"	Castolfusan	イタリア, 1968	中性子	1956	耐倒伏性, 多収
"	Castel de Monte	イタリア, 1969	中性子		耐倒伏性, 多収
大麦	Vienna	オーストリア, 1959	X線	1951	多収, 耐病性, 耐倒伏性
"	Pennrad	米国, 1963	中性子	1959	耐寒性, 多収
"	Jutta Milns Golden	ドイツ, 1955	X線	1944	多収, 耐倒伏性, 耐寒性
"	Promis	英国, 1966	γ線	1956	短強稈, 良質
"	Luther	米国, 1967	dES	1960	短稈, 耐倒伏性
"	Diamant	CSSR, 1965	X線	1956	多収, 短稈
"	Pallas	スウェーデン, 1965	X線	1946	強稈
"	Mari	スウェーデン, 1926	X線	1949	早生, 強稈
エンバク	Florad	米国, 1959	中性子	1954	耐病性, 良質, 強稈
"	Alamo-X	米国, 1961	X線	1953	耐病性
イネ	SH 30-21	中国, 1957	X線		多収, 早生
	KT 20-74	中国, 1957	X線		多収, 早生
	レイメイ	日本, 1966	γ線	1959	短稈, 耐倒伏性

注：他，豆類14，ナタネ，カラシナ3，タバコ，モモ各1，観賞用植物等29品種については省略する（FAO/IAEA,1969）。

表2 わが国における突然変異直接利用による新品種

作物名	新品種名	原品種名	誘起源	特性	育成地	育成年次
イネ	レイメイ	フジミノリ	γ線	短稈, 耐倒伏性	青森農試（藤坂）	1966
コムギ	ゼンコウジコムギ	伊賀筑後オレゴン	γ線	早生, 耐倒伏性	長野農試	1969
ハダカムギ	早生神力	赤神力	γ線	早生, 短稈, 大粒	静岡農試	
ビールムギ	ガンマー4号	キリン直1号	γ線	短稈, 耐倒伏性	キリンビールKK	1965
"	あまぎ二条1号	ふじ二条	X線	早生, 短稈, 耐倒伏性	キリンビールKK	1970
ダイズ	ライデン	ネマシラズ	γ線	早生, 短稈, 耐倒伏性	東北農試	1966
"	ライコウ	ネマシラズ	γ線	早生, 短稈, 耐倒伏性	東北農試	1967
レタス	エバーグリーン	バターヘッド	β線	耐暑性	兵庫農試	
"	ジャイアンツグリーン	バターヘッド	β線	耐暑性	兵庫農試	

の形質の突然変異が誘起されていて、そのすぐれた特性を支配する遺伝子を交配によって経済品種に取りこませていくことが可能な場合がある。また突然変異体の直接利用で育成した品種を他の突然変異体や経済品種と交配してよりすぐれた品種を育成することも可能である。このような観点から、いままで突然変異体を

交配親にして育成された品種を変異体の直接利用と別にして表3にまとめた。

表に見られるように、突然変異育種の歴史が浅いにもかかわらず、すでにかなりの品種が育成されており、今後この方法で育成される品種が急激に増加することが予測される。またこの表のなかで特記すべきも

表 3 突然変異を交配親として育成された品種

作物名	品 種 名	育成国, 年次	組 合 せ	主 要 特 性
大 麦	Midas	英国, 1970	RM 759/10×Milns Golden Promise*	短強稈, 立穂, 耐病性
"	Hellas	スウェーデン, 1967	Pallas*×Herta	耐倒伏性, 多収
"	Kristina	スウェーデン, 1969	Domen×Mari*	耐倒伏性, 多収, 良質
"	にらさき二条 8 号	日本, 1965	ガンマー 4 号×早生突然変異**	早生, 短稈, 耐倒伏性
エンバク	Florida 500	米国, 1965	Florad*×Coker 58-7	Frorad の耐病性導入
"	Florida 501	米国, 1967	Florad*×Coker 58-7	Frorad の耐病性導入
イ ネ	YH-1	中国, 1963	台中 1 号×SH* 30-21	多収, 早生

注 * 突然変異体直接利用による品種

** 突然変異体で直接経済品種として利用不可能な系統

のとしてわが国で育成に成功したガンマー 8 号 (のちににらさき二条 8 号と改名) の育成経過があげられる。すなわち, 同一品種から得られた短稈多収系統のガンマー 4 号と, 早生突然変異系統の交配により, 両突然変異系統の長所を組み合わせた早生短稈多収系統を得て新品種として普及したことは, 突然変異遺伝子の間接利用の有効性を立証したものと高く評価すべきものと思われる。このように, 突然変異遺伝子を交雑育種における遺伝子源として活用していくことは, 将来の育種に重要な役割りを果たすものと考えられる。そこでこの方法適用の現況と可能性について, 主要農業特性別に概説するとつぎのようになる。

成熟期: 作物の生育期間を短縮することにより, 病気の発生や台風などの災害から回避して安定した収量を得ることが可能となる。また一方では, 同一品種を起源とした熟期の異なる品種を育成すれば, 広域に適應する経済品種群を普及することが可能になり, 生産流通の両面で多大の利点を生ずる。幸いにして熟期の突然変異は比較的高頻度で誘起され, 変異幅も広い。たとえば稲では親品種より 40 日以上も早生化する例は珍らしくなく, また極晩化して通常の状態では出穂を見ないものも出現する。その変異はほとんどが感光性に関与する遺伝子によっており, 時に基本栄養生長性に関与する遺伝子の場合もあるが, いずれにせよ主動因子の劣性突然変異に起因するものがほとんどといえる。これらの突然変異遺伝子を経済品種に取り込ませて新品種育成に成功した実績もあり, この形質での突然変異遺伝子の間接利用は, きわめて有望かつ有効なものの 1 つといえよう。

耐倒伏性: どんな作物にとっても倒れにくいという特性は重要であるが, とりわけ米穀類の育種では必須条件の 1 つである。倒伏性には 2 つの要因が関係している。すなわち稈を短くして重心を低くし倒れにくく

することと, もう 1 つは稈質を強めて挫折抵抗力を増すことである。この 2 つの特性は相補なって耐倒伏性を発揮するが, それぞれの特性に関与する遺伝子は必ずしも連鎖関係にはなく, むしろ互いに独立した関係をもつと考えられる。そのため突然変異遺伝子の利用を考えた場合, 短稈化の場合は下部節間の短縮率が高くなる遺伝子源を, また強稈化の場合は稈が組織的に良質化していて稈の太さの増加にともなう挫折抵抗を相補って強稈となるような遺伝子源を利用することが望ましい。耐倒伏性における突然変異遺伝子の間接利用は成熟期におけるそれと同様にすでにいくつかの実績がある。また稈長, 稈質に対する突然変異率は他形質のそれに比べてかなり高いので, これらに関与する突然変異遺伝子の利用は今後ますます増加するものと考えられ, また最も有効な方法の 1 つと言える。

耐病性: 農業経営の変化に伴い, 耐病性品種の育成は目下の急務となった。しかも施設内での高度の収約的農法では, 従来の耐病性を支配する遺伝子源では到底役に立たず, 新耐病性遺伝子を栽培種のみならず近縁野生種に求めたり, 探険を繰り返したりしなければならなくなるという事態も当然考慮しておかねばならない。また場合によっては, 長年の自然淘汰のため, 求めようとする遺伝子源はすでに地球上に存在しないかもしれない。このように考えると, 耐病性突然変異を人為的に誘起しうることが, 今後の農業の発展にきわめて有意義であるとともに, 人為突然変異が耐病性育種に果たす役割りが大きいことが予想される。現在まで多くの病気に対し抵抗性遺伝子が発見されている。また, 大麦のウドンコ病, イネのイモチ病, 小麦の赤サビ病などでいずれも人為的に耐病性遺伝子突然変異を誘起しうることが立証されている。しかしながらこれらの突然変異遺伝子を経済品種に導入して新品種を育成するまでには至っていない。今後これら遺伝子の

育種素材としての価値について十分の検討をおこないながら精力的にその利用を推進すべきであろう。

成分：従来の育種はもっぱら生産性の向上が主目標とされてきたが、近時食糧の多様化と、作物の主要成分抽出技術の発展にともなって、量のみならず質的な向上が重大な社会的要請となってきた。とくに高成分、高栄養価の品種育成は、保健上の問題として大きく取り上げられ、各国とも重点課題の1つとして強力に推進している。先進国では、動物性食品の取りすぎにより成人病が増えることを懸念し、後進国では栄養失調を克服しようとして良質な植物性食品に着目しているがなかでも植物タンパクおよび植物油の改良が急務とされている。近時、アミノ酸構成や油構成を変える突然変異遺伝子がつぎつぎと発見されるに及んで、研究の急激な進展がみられているので、その模様を成分別にさらに詳述したい。

タンパク質：植物タンパクは動物タンパクに比べて含有量、栄養価ともに劣るので、一般には動物を通して高含有率化高栄養化を行なったのち、食品として利用しているが、動物の飼料中のタンパク利用率は低くそのうえ肉にはコレステロール等を含んでいるため保健上問題がある。またタンパク食品といえは動物性食品を考えがちであるが、1部の先進国を除けば植物タンパクが全摂取タンパクに占める割合は高い。日本人の場合を例にとると、植物タンパク摂取量は動物からのそれに比べてはるかに多く、米だけでも全摂取量の1/4をこえている。しかも近時しだいに動物タンパクの取りすぎの傾向がみられ、いまの状態以上に動物性タンパクを取れば、保健上問題があることが指摘されている。米麦のように一般に穀粉作物と考えられている禾穀類も主食として用いる場合には大きなタンパク源ともなるので、現在タンパク改良がなされつつある。そのなかのおもな作物についてそれぞれの育種目標、突然変異遺伝子の利用状況など記述してみよう。

表4 穀類および大豆のタンパク質

品名	タンパク含有率(%)	人に対する生物価	不足する必須アミノ酸
白米	7	74	リジン, スレオニン
小麦	12	42	リジン, スレオニン
トウモロコシ	10	54	リジン, トリプトファン
大豆	40	56	メチオニン, トリプトファン

この表の数値は岩田、大西らの資料から引用したものである。

ので、人に対する生物価とは全卵を100とした場合の相対的な栄養価である。

米は表に見られるように量的には他作物よりも劣るが、質的にはかなり良好で穀類中最高の栄養価を示している。もしリジンなどの必須アミノ酸を少量添加するか、リジン含有率の高い品種を育成することができれば、肉に匹敵する良質のタンパク源とすることが可能である。いまのところ、リジンの工業的な添加は、米の調理法とも関連して実用化されるに至っていないし、高リジン品種も育成されていない。イネのアミノ酸構成を考える突然変異遺伝子の探索は、いままで日本はもちろん、米国、フランス、印度、中国、フィリピン、韓国など米が重要な作物である国では例外なく大規模に行なってきたが、近縁種や野生種を含めても優良な遺伝子源は発見されていない。その原因は米には特異的にプロタミン要素が少ないためと言われている。しかしさきにも述べたように、米のタンパクは質的にかなりすぐれているので、アミノ酸構成が変わらず栄養価の向上が不可能であっても、タンパク含有率を増すことによって安定したすぐれたタンパク源とすることが可能である。そのため各国の研究は現在ではアミノ酸構成を変える遺伝子を発見するよりも、しだいにタンパク含有率の高い品種を育成する方向に重点が傾斜してきた。国際イネ研究所では高タンパク品種の育成に明るい見通しを得ているしわが国でも高タンパク突然変異の誘起に成功しているが、これの育種素材としての価値については、耐病性変異の場合と同様十分な検討が必要と考えられる。

小麦は、栄養の見地よりむしろパン適性の改良が要求され必然的に高タンパク品種の育成が望まれている。したがって品種改良の歴史は古く、成果もあがっているが現在問題とされている最も重要なことは、高タンパク化するに伴って収量が低下する傾向が明らかである。一般に子実タンパクはその合成経過から考えれば、量が増加するに伴って澱粉、脂肪の蓄積が妨げられることは生理的にやむを得ない事情にある。しかしこの負の相関を破って少しでも高タンパクで多収な品種が得られるように努力することが育種家に与えられた宿命でもあるので今後とも良質品種の育成は強力に推進されるべきものと思われる。一方アミノ酸構成を変える突然変異については大麦の場合のような主動遺伝子は発見されていないが放射線照射によって得られた突然変異体を直接利用して経済品種として普及した品種のなかにかかなり高いリジン含有率をもつものがあり、今後この方面の研究の進展が望まれる。

大麦では用途によりタンパクに対する要求が異なる。すなわち、ビール用では低タンパク品種がモルトの良質化をもたらすため、永年にわたって低タンパク品種の育成が続けられてきた。一方飼料用では逆に高タンパク良質品種の育成が続けられてきたが、少数の高タンパク品種が普及するにとどまっている。この原因はやはり小麦の場合と同様に、高タンパクと多収を両立させることが至難なことにあるものと考えられる。このような状態が続けてきたが、1970年にリジン含有率を著しく増加させる突然変異遺伝子がスウェーデンで発見され、育種事情は急激に変化し高タンパク高栄養大麦品種の育成は世界共通の重要課題となった。この遺伝子は、世界の大麦のコレクションをもっているスウェーデン種子協会で、リジン簡易分析法をつかって全保存品種の分析をして発見したもので、リジン含有率を約30%増加することが可能である。しかもアミノ酸構成のみに関与する遺伝子であるのでタンパク含有率とは独立した遺伝様式をもつことも考えられる。したがって高タンパク高リジン大麦を育成することの可能性もある。このような品種の育成について、発見元のスウェーデンでは近い将来に発表を予定している品種が得られたと報じており、ドイツ、デンマーク、米国などでも育種素材としての利用価値が高いことを認めている。わが国においてもこの突然変異遺伝子が発表された直後に遺伝子源を導入しているが、いまだ品種育成の見通しは立っていない。

トウモロコシでは高タンパク化の歴史は比較的長く、また精力的な研究が続いている。放射線による突然変異を利用して成分育種を行なうことが有効な事例としてよくトウモロコシの育成経過が紹介されているが、この育成事情も1964年と1965年にそれぞれリジン含有率をいちじるしく増加する突然変異遺伝子が発見されるに及んで急変した。アメリカでは、これら遺伝子の発見と同時に、それまでに得られている高タンパク系統にこの遺伝子を導入することを手がけ、1967年には高タンパク高リジン系統を育成して学校給食を行ない、児童の体位が向上したことを報じている。同時にこの遺伝子源は、FAOなどの国際機関を通して広く各国に配布され、高タンパク高リジン品種育成の素材にすることが提案された。しかしその後の各国での結果は若干期待外れで、いずれも高タンパク高リジン系統の作出には成功しているがいまままでに広い普及面積を占める経済品種の育成をみていない。その原因としては、収量が低下することおよび小粒化して商品価値がさがることなどがあげられている。

大豆は元来タンパク作物として改良されてきたので、タンパク含有率はかなり高い。しかし表にも示したように、含硫アミノ酸が不足し栄養価を落としている。日本人は豆腐や味噌などで大豆を食べるほか、人造肉として食肉加工の原料にもなっているため、その摂取量は相当多量となり、大豆の栄養価を高めることは重要である。最近、大豆の含硫アミノ酸のなかで最も不足するアミノ酸であるメチオニンの含有率が高い突然変異が見出されたとの報告があるが、その含有率を支配する遺伝子の遺伝様式さらには育種素材としての利用価値などまだ検討する段階に至っていない。今後これらの遺伝子についての検討を進めるとともに、引続き人為突然変異の誘起をも試みる必要があろう。

植物タンパク質については上述の作物のほかエンドウ、そ菜などが対象となっている。また飼料作物のタンパク含量を増し良質化することも研究されているが、いまのところ経済品種を育成するに至っていない。

食用油：タンパク質改良の場合と同様に、その背景には保健上の問題と経済上の問題とが存在する。現況ではとくに需要の多いマーガリン原料油の安価な供給源作物の品種改良が強く要望されている。バターは、動物性タンパクと同じ理由で保健上好ましくないといわれはじめてからマーガリンがこれに代わって急速に進歩した。その間に嗜好にまで変化が現われて、バターの重厚な味よりもマーガリンの軽い感じが好まれるようになり、E. C. の例に見られるようにバターの在庫は漸増する傾向があらわれ始めた。マーガリンの原料となる植物油としては、トウモロコシ油や大豆油のようにエルシン酸含有率が低いものが要求される。この点ナタネ油はエルシン酸含量が多く難点があるので、ナタネ油にエルシン酸のない品種を育成することが望まれている。たまたまカナダで、このエルシン酸含量が著しく少なくなる突然変異遺伝子が発見して以来、ヨーロッパ各地でこの遺伝子を経済品種に導入することが行なわれはじめてが現在まで経済品種の育成には成功していない。このように油成分構成をかえて油の質的な向上を図る目的での育種はまだ緒についたばかりであるが、油含量そのものを向上させる育種はそれぞれの油料作物で古くから行なわれてきた。表1にも示されたように放射線による突然変異体の直接利用では1950年から1962年にかけてスウェーデンでナタネ、カラシナ等の高含油品種が育成されている。食料油は用途により特定の油成分構成が要求されるので、この面の研究はもちろん重点的にすすめていかねばな

らないが同時に量的にも改良していくことが必要と考えられ、この場合突然変異遺伝子は量質両面で品種改良に大きな役割りを演ずるものといえる。

有毒成分：植物のなかには、毒成分をもつために利用価値が激減したり、未利用のまま放置されるものが多数ある。その多くはアルカロイドの状態の毒であり、比較的少数の遺伝子が毒成分の合成に関与している場合も少なくない。すなわち毒成分合成過程の1部をブロックする突然変異遺伝子があれば毒成分は生成されないことになる。この1例としてドイツで無毒なルーピンの突然変異を発見し、飼料用ルーピン品種の育成に成功した実績がある。この場合とよく似ているが、ナタネ粕は良質なタンパク飼料として着目されているためこれのもつ毒性を失わせる研究が行なわれている。また豆類のなかには毒成分が強く調理に特殊な方法が要求されるものがあり、そのなかには東南アジア、印度などで救荒備蓄食として利用されているものも多いのでこの毒性を除く研究も行なわれている。これらの研究はいずれも突然変異に期待することが大きく、またいままでにある程度毒性を少なくすることは可能であることが立証されているので、今後さらに研究が進むものと考えられる。

上述のように、成分育種の最近の急速な進歩は、成分に関与する突然変異遺伝子の相次いで発見が大きな原動力となっていることはいふまでもないが、同時に育種のための安価で迅速な成分検定法が考案されてきたことも大きく貢献している。育種を進めるには多数の資料の分析が不可欠であり、とくに突然変異を選抜するには $10^3 \sim 10^4$ にも及ぶ点数を短期間にこなす必要がある。最近の分析法の進歩はめざましいものがあり、タンパク分析では、ケルダール法、ビュレット法、D.B.C.法、アミノ酸分析法、微生物利用法などがある。育種のために改良されている。国際イネ研究所では、ケルダール法を自動化して300点/8時間の分析を行っており、スウェーデンではD.B.C.法で200点/6時間の点数を処理している。また非破壊分析法として放射化分析や赤外線分析も試みられ、選抜した高タンパク種子をそのまま播種することが可能になっている。またD.B.C.法もしたいに改良され、いまでは胚乳の1部をごく少量切りとって分析し、高タンパク種子または基礎アミノ酸含有率の高い種子を選んで播種する方法も適用されている。油成分についてはガスクロマトグラフィによる分析が普遍的で、この場合も子葉の半分をとって分析し残りを播種する方法も用いられている。このように分析法は日進月歩の状態にあるので、

今後は成分育種もかなり容易に実施されることが期待される。

最後に成分育種に関係の深い市場価格について言及したい。生産物から主要成分だけを抽出して利用する場合には、価格は成分量によって単純に算出されるはずである。にもかかわらず、わが国の穀粉原料としてのサツマイモの例のように、高穀粉品種の売買は必ずしも生産者側に有利でない場合もある。その辺の事情は各国ともまちまちで、一般的に言えば先進国ほど成分に対する認識が深く、経験者の勘に頼る査定は通用しなくなって簡易な測定器を市場に備えつけるなどの措置がなされている。成分抽出原料の場合ですら複雑な市場価格が適用されている現状であるから、総合的な判断が要求される食品の価格となると成分問題はなほだ影が薄くなる。時には成分によって価格差をつけるか否かが疑問なものもでてくる。そのうえ作物の成分には環境の影響をうけやすく再現性に乏しいものもあり問題をますます複雑にしている現状である。さきほどから強調しているように、成分育種は保健上からも経済上からもきわめて重要、かつ緊急な課題の1つであることは疑いないので、今後価格問題を逐次解決し、着実な発展がなされることを強く要望したい。

3. 放射線の交雑育種への利用

突然変異や染色体異常は、交雑育種にとっても有力な助けとなるし、また放射線や化学物質の処理は変異を起こすに足らないエネルギーであっても交雑に対して何らかの影響を与えることは容易に想像される。近時この分野の研究が進み、今後放射線の交雑育種への利用場面もますます多岐にわたるものと思われるので、若干専門的にすぎるが現況を紹介したい。

花粉—花柱不和合性の緩和：自花不和合性には、受精不能、胚の形成不能、胚のよう折などがあり必ずしも単純でない。これらの現象はいずれも純系を得るうえに大きな障害となっているが、胚がよう折するような場合には、花粉の形成過程で放射線処理し、不和合性突然変異を誘起して正常な胚を发育させうることが立証されている。

遠縁交雑への利用：一般に遠縁なものほど雑種を得ることが困難であるが、耐病性などの特性を導入する場合には遠縁なものに遺伝子源を求めざるを得ない場合が多い。通常の状態では雑種が得られない遠縁交雑では、しばしば放射線の助けをかりて雑種種子を得ることが可能となる例が見られる。放射線育種場ではトマトのウイルス耐病性遺伝子をもつ野生種と栽培トマ

トとを支配するのに、野生種の花粉形成前後に放射線照射を行なって交配に成功し、従来絶望視されていた雑種を得ている。また牧草の種間雑種で不稔性の F_1 に放射線を照射し稔実種子を得ることに成功した。このように放射線照射はますます要求の強まる遠縁交雑に対し将来大きな貢献をするものと考えられる。

無性生殖性の打破：植物には通常では有性生殖を行なわないで、母体の細胞群が種子となるものがある。このため遺伝子源に制限をうけ、優良因子の蓄積を困難にしているわけであるが、このような性質をもつ植物も放射線を照射することにより有性生殖を行なうようにすることが可能なことが立証され、今後の利用が期待されている。

性転換：作物のなかには雌雄異株でありその利用価値が性によって異なるものもある。この場合、放射線の照射により性転換をおこさせて、利用価値を高め得ることも明らかにされている。

以上のほか、染色体異常を利用した交雑育種への貢

献は、広い分野にわたって行なわれている。しかしその利用に当っては、交雑育種法そのものの進歩なしには成果を期待することはできない。また同時に、農学におけるすべての分野の発展なしには、放射線利用による品種改良の有効性は向上しない。したがって、つねに他分野で確立された新しい手法、技術に着目し、育種効率を高めていくことが重要と考えられる。たとえば近時急速に進歩した組織培養や花粉培養なども放射線育種を進めるうえにきわめて好つごうなものといえる。これらの培養中の単細胞に放射線を照射することにより、キメラの解消や半数体の突然変異誘起など新しい育種技術が見出されるであろうし、それに伴ってきわめて短期間で経済品種を育成することも実現するかもしれない。このように放射線育種は無限の可能性を秘めた重要な新技術であるので、今後さらに急速に発展し人類のために大きく役立つことをねがうものである。