

# バイオテクノロジーと作物育種

## Biotechnorogy and Crop Breeding

志 賀 敏 夫\*

Toshio Shiga

### 1. は し が き

食料生産量は作物を栽培する耕地の面積と、栽培される作物の生産能力と、土壌条件、気象条件、栽培技術を含む作物の生育に影響を与える環境条件とによって決まる。爆発的な人口の増加、単一作物の連作に伴う耕地土壌の劣悪化、頻発する異常気象は、世界規模での砂漠化の進行となり、耕地面積を減少させ、作物の栽培環境を劣化させている。このような耕地面積の減少をくい止め、食料の生産に影響を及ぼす環境条件を改善していくことは、非常に困難であると考えられる。食料生産量を増加させる残された方法は、栽培される作物の生産能力を高めることである。作物の生産能力を高める方法とは作物育種である。

作物育種は、人類が野生植物を馴化させ、作物を作り出す過程で、さらにそれらの原始的な作物をより能力の高い作物としていく過程で、有史以来宮々として続けられてきた。特に、メンデルの法則の再発見後、作物の改良の方法が確立し、非常にめざましい発展をとげた。最初は現在栽培している作物集団の中から優秀な個体を選抜する系統選抜育種法がとられ、次に栽培されている主要な品種間の交配や、主要栽培品種と特定の形質を持った品種との間の交配等によって変異を拡大し、その中から希望型を選抜する交雑育種法が広く行われた。さらに、近縁野生種から優れた遺伝子をとりとこむ種間、属間雑種利用育種法が行われた。とくに胚培養技術の開発によってそれまで雑種を作ることの不可能であった野生種との雑種が多く得られた。またコルヒチンやPFP等を用いて染色体を倍化したり、減少させたりする倍数体育種法や、放射線や突然変異誘起剤によって突然変異を誘起させ、その中から希望型を選抜する突然変異育種法が行われてきた。しかし、主要作物については改良が限界に近づいてきて、新し

い手法の導入の必要にせまられて来ている。

### 2. バイオテクノロジーの発展

メンデルが「植物雑種の実験」を発表したのが1866年であるが、1900年にメンデルの法則の再発見があり、実験遺伝学は大きく進みだした。そして細胞核の有糸分裂の行動と対立形質の分離の様式との類似性から遺伝子が染色体上に存在するものと考えられるようになった。一方で、核酸が動物・植物体内に存在することが認められ、構成成分として磷酸、4種類の塩基と5炭糖を含んでおり、5炭糖としてデオキシリボースを含むもの(DNA)とリボースを含むもの(RNA)とがあることが分った。さらにDNAを特異的に染色する方法が開発され、DNAは動物、植物共に核の染色体に存在することが明らかとなった。

遺伝子がDNAであるという考えに達するまでにはかなりの時間が必要であった。1953年に、ワトソンとクリックによってDNAの二重らせんモデルが提出され、それに対する遺伝学的解釈がなされた。このことは、遺伝現象を分子レベルで理解する分子生物学を発展させることとなった。1960年代には遺伝子暗号が解読され、遺伝子の機能が理解された。タンパク質を作る道筋としてDNAから伝令RNA、伝令RNAからタンパク質へと遺伝情報が転写され翻訳されていく過程が理解された。これらの研究は主として原核生物で進められたが、1970年代に入って真核生物で行われるようになった。

DNAは主として核の染色体に含まれているが、核外にもDNA分子が含まれていることがメンデル遺伝学が研究され始めた頃から知られていた。色素体やミトコンドリアにはDNAが含まれ、これら細胞小器官の種々の形質の一部を支配する遺伝子を荷っている。さらにこれらの細胞器内のDNAの他に、細胞質内に裸のDNA分子の状態で存在する自己増殖を行う遺伝因子プラズミットが知られている。プラズミットの中にはそ

\* 農水省農業生物資源研究所細胞育種部部長  
〒305 茨城県筑波郡谷田部町

れを保持している細胞から保持していない細胞へ移行することができ、移行したプラスミットが染色体のDNAに組み込まれた状態になる。染色体に組み込まれたプラスミットは自己複製機能を失い、染色体のDNAの一部として染色体DNAの自己複製機能の制御を受けて複製を行うようになる。このような現象が現在の遺伝子工学技術の基礎となった。

遺伝子をクローン化する技術は遺伝子産物の大量生産に対してばかりでなく、遺伝子の構造を解析するためにも非常に有力な手段である。遺伝子のクローン化とは染色体中に多数存在する遺伝子群の中から、特定の遺伝子またはある範囲の染色体領域を選び分け、染色体とは別に細胞内で増殖して、その数を増やすことである。クローン化には自己増殖装置をそなえた染色体DNAより小さな、染色体DNAと容易に分けられるプラスミットに組み込む方法がとられた。

1970年代の初めには組み換えDNA技術が確立し、バイオテクノロジーの中の中心的な技術となった。組換えDNA技術は次のような手順で行われる。目的とする特定の遺伝子を持つ生物、供与体からDNAを抽出し、制限酵素と呼ばれる酵素で断片化する。次に目的とする遺伝子を取り込ませる生物宿主に断片化したDNAを移入する。その方法としてそのDNAを宿主の中で自己増殖できる小型のDNA、プラスミット、に結合させる。この小型DNAはベクターと呼ばれている。供与体と宿主—ベクター系によって、特定の遺伝子を

生物から生物に移入することが可能となった。この組換えDNA技術は、大腸菌の中に人間のインシュリンを作る遺伝子を取り込ませ、大腸菌にインシュリンを生産させることに成功しているが、最近、高等植物で供与体、宿主—ベクター系が見い出され、作物の育種にも使用できるようになりつつある。

### 3. 細胞培養技術の発達

高等植物を試験管内 (in vitro) で培養しようとする試みは19世紀末から始まったとされている。挿穂の切口附近の細胞が分裂し、組織が盛り上ってくる現象は古くから知られている。この細胞塊はカルス(Callus)と呼ばれた。このカルスを試験管内で培養しようとする技術が徐々に進んできて、植物の細胞は生命を維持する単小の単位で、どの細胞も完全な植物体を形成し、生活還を全うするのに必要な全ての情報を持っていると考えられた。このような能力を分化全能性 (totipotency) と呼ばれた。

1930年代に植物の培養組織が増殖するのが確認され、White (1939) によって、未分化状態のカルスを液体培地に移すと不定芽の分化することが観察され、分化全能性の仮説が証明された。その後、植物の組織や器官をオーキシンやサイトカイニンの適当に入った培地で培養するとカルスが誘導され、上記ホルモンの比率を変えると不定芽、不定根が形成され、それを生育させると完全な個体が得られた。これを不定芽形成、不

表1 植物育種に用いられる細胞・組織培養技術

素材	培養系	育成される物	目 標	開発を必要とする技術	
植物体	茎頂	植物体	大量増殖	・培養技術 ・再分化技術	
	腋芽				
	生長点等	胚	カルス	ウィルス・フリー化 遺伝子の保存	
	花	胚	カルス	半数体の作成 ウィルスフリー化 変異体の選抜	・再分化技術 ・変異体の選抜技術
植物体	(受精)胚	雑種植物	雑種植物の作成	・試験管内受精技術	
	胚珠	胚	半数体 変異体	半数体の作成 ウィルス・フリー化 変異体の選抜	・培養技術 ・再分化技術 ・変異体選抜技術
	胚	胚	半数体 変異体	半数体の作成 ウィルス・フリー化 変異体の選抜	・培養技術 ・再分化技術 ・変異体選抜技術
	細胞	胚	植物体 変異体	変異の拡大 変異体の選抜	・再分化技術 ・変異体選抜技術
染色体DNA等	プロト	植物体 変異体	変異の拡大 遺伝子操作 変異体の選抜	・プロトプラスト作成技術 ・プロトプラスト培養技術	
	カルス	植物体 変異体	変異の拡大 遺伝子操作 変異体の選抜	・プロトプラスト作成技術 ・プロトプラスト培養技術	
	(融合)カルス	雑種植物	体細胞雑種植物の作成	・細胞融合技術 ・融合細胞選抜技術 ・雑種細胞・カルス選抜技術 ・脱分化・再分化技術 ・雑種植物での染色体・細胞質の安定化技術	
	プロトプラスト	雑種植物	体細胞雑種植物の作成	・細胞融合技術 ・融合細胞選抜技術 ・雑種細胞・カルス選抜技術 ・脱分化・再分化技術 ・雑種植物での染色体・細胞質の安定化技術	
			変異の拡大 遺伝子の組換え 染色体の添加	・ベクターの開発 ・形質発現 ・クローン化 ・染色体の分離技術 ・形質転換 ・染色体注入技術	

表2 細胞育種に用いられる細胞操作技術と用いられる培養系

育種の手順	使用する技術	使用する培養系
1 育種対象作物の決定	カルス、プロトプラストからの再分化能についての報告の調査、遺伝子情報の収集	
2 育種目標の設定	その目標達成のため細胞育種が有効かどうかの検討	
3 育種素材の収集		
4 収集した素材の評価	実生・幼苗検定により優良特定品種を選定 カルス・プロトプラストの再分化能についての評価	
5 育種法・育種技術の決定		
6 変異の拡大	細胞融合 相換えDNA 核移植	プロトプラスト、単細胞、胚珠
	遠縁雑種作成 変異体作成	受精卵・胚珠、試験管内受精 花粉、胚珠、胚、プロトプラスト、細胞、カルス
7 変異・選抜	細胞選抜	細胞、プロトプラスト、カルス、花粉、胚珠、体細胞、雑種細胞
8 選抜系統・固定	半数体作成	薬、花粉、細胞
9 選抜系統の種子生産	人造種子作成	カルス、細胞
10 選抜系統の増殖	大量増殖	茎頂
11 選抜系統の維持	ウィルスのフリー化	茎頂、プロトプラスト
12 選抜系統の保存	試験管内保存 凍結保存	茎頂、カルス、プロトプラスト

定根形成と呼ばれる。また、カルスをホルモン類を除いた培地に移すと受精卵からの胚発生に類似した形態を経て植物体が形成される。これを不定胚形成と呼ばれる。

作物の育種に用いられる培養系は表1のように分けることができる。第1の系は茎頂、腋芽、生長点、などから直接に、あるいはその他の器官、茎、根、種子などからカルスを誘導し、カルスから不定芽や不定根を再分化させたり、不定胚を経由して植物体を再分化させる培養系である。この培養系は種苗の大量増殖、ウィルスのフリー化、遺伝子源の保存などに用いられる。第2の系は、半数性の生殖細胞、花粉と胚珠を培養し、カルスを経由したり、胚状体を経由して半数体を得る培養系である。この培養系は半数体の作出を目標とするが、ウィルスのフリー化や半数体レベルでの変異体の選抜に用いられる。試験管内で胚珠に花粉を受精させて雑種植物を得ることを試験管内受精と呼ばれる。第3の系は受精卵又は子房を培養する系で、雑種植物を得るのに用いられる。第4の系は単細胞又はプロトプラストからカルスを経由したり、不定胚を経由して植物体を再分化させる培養系で、変異の拡大、変異体の選抜、遺伝子操作などに用いられる。プロトプラストを融合させる体細胞雑種を作ることにも可能となった。

このように細胞培養系は作物の育種のいろいろの段階で、これまでの手法とは異った広い可能性を持って用いることができるようになった(表2)。

#### 4. 細胞融合

1960年にE. C. Cockingが木材腐朽菌を培養しセルラーゼを抽出し、トマトの根端からプロトプラストを単離した。1968年に建部らによって、日本の市場で入手可能な酵素によって、タバコの葉肉組織より活性の高いプロトプラストが単離された。この実験系の確立が前述したように、高等植物でのバイオテクノロジーの適用の可能性を産むことになった。

プロトプラストの単離技術の確立は遺伝情報を持つ高分子を細胞内に取り込むことと、プロトプラストが相互に融合することを可能にした。特に後者は細胞融合(cell fusion)と呼ばれ、それによって作出される体細胞雑種(somatic hybrid)は、次のようなことが可能となり、新しい育種法として注目を集めている。

(1) 性的に不適合を示す種間の雑種を作出し、稔性のある複2倍体を作ること。この形の体細胞雑種が容易に得られれば、雑種後代を安定して得ることが可能であり、後代は融合した両親のゲノムを持っているので、両親の持っている形質を保持していると考えられる。

(2) 融合した両種の核内遺伝情報の一部を持った体細胞雑種を作出すること。異種・異属間の植物で細胞融合を行うと、融合後一方の親の染色体が消失する現象が多く報告されている。しかし、この間に一部核内遺伝子の移入によって体細胞雑種が生ずる。この形の体細胞雑種は雄性・雌性生殖細胞とも不稔であったり、雄性不稔であったりすることが多く、雑種後代が得られないので、どちらかの親への戻交合法や戻交配法などを考えなければならない。

(3) 融合した両親の細胞質の遺伝情報を持った体細胞雑種を作ることである。これまで一方の親に連続的に戻交雑することによって核置換を行い、細胞質を交換する手法がとられて来たが、体細胞雑種では両親の細胞質を継承した雑種(Cybid)の作出が可能となる。しかし、両親の中間の細胞質を持つ雑種は少ないとされている。

細胞融合によって得られた体細胞雑種は、Y.Y.Gheba and K.M.Sytrik (1984)<sup>2)</sup>の総説によれば、種内雑種26、種間雑種41、属間雑種1、族間雑種1、科間雑種3である。種内雑種26のうち、*Nicotiana*属で20、*Datura*属で1、*Petunia*属で1とナス科に属するものが大部分で種属科間の雑種でも*Nicotiana*属の雑種が33、*Datura*属が5、*Solanum*属が5、*Ly-*

*copersicon*属が1でナス科に属するもので大部分が作出されており、ナス科以外ではアブラナ科、セリ科、マメ科の作物で極く僅かに作出されているにすぎない。

Melchers (1978)<sup>8)</sup>らによるトマトとジャガイモの成功は細胞融合をあまりにも夢多いものにした。これまでに得られた体細胞雑種のうち二、三示すと、Kao (1977)<sup>5)</sup>によるダイズ+*Nicotiana glauca*, Gleba and Hoffman (1978)<sup>11)</sup>による*Arabidopsis thaliana*+*Brassica campestris*の間の体細胞雑種「アラビドブラシカ」、Krumbiegel and Schieder (1979)<sup>7)</sup>による*Datura innoxia*+*Atropa belladonna*, Kameya等 (1981)<sup>4)</sup>によるニンジン+*Daucus capillifolius* Schenck and Röbbelen (1982)<sup>16)</sup>による*Brassica oleracea*+*B. campestris*等をあげることができる。体細胞雑種が作出された場合に、雑種植物は両親の核のゲノムと細胞質ゲノムを保有することになるが、核ゲノム、細胞質ゲノムの行動についてはそれを説明できるほど研究は進んでいない。一般に両親の分類学上の近縁の程度によって大きく影響され、両親の染色体が完全に維持される場合、それらの一部が失われる場合、片親の染色体の殆んど失われる場合などがある。体細胞雑種で稔性を持つものが少ないことから、細胞融合では、両親の両方の形質を持つものを作ろうとするより一方の親の形質の一部を導入しようとする考え方が強くなっている。最近、長尾(1985)<sup>11)</sup>によってトマトとトマトの野生種 (*Lycopersicon peruviaum*) によって種子稔性を持つ雑種植物の作出に成功した。この成功例は今後の細胞融合の研究の一方を示すことになるであろう。

細胞融合は作物育種に利用可能な技術として位置づけられているが、前述のように実用化までの道は非常に遠い。細胞融合を行うには、まず、融合させようとする作物のプロトプラストが分離・培養され、植物体を再分化されなければならない。世界の研究者によって、多くの作物でプロトプラストから植物体を再分化させる系の作出のための研究が進められ、ナス科以外の作物でも植物体再分化の成功例が報告されるようになってきた。しかし、報告の再現性とばしものが多い、安定的に再分化植物が得られる作物は少ない。とくに、主要穀類である、イネ、コムギ、オオムギ、トウモロコシ、ダイズなどはプロトプラストの培養が困難である。

わが国における研究も非常に大きく進展し、体細胞雑種の作出は、前述の NagaoやKameyaの成功例の

他に、Nagaoによって*Nicotiana tabacum*+*N.glutinosa* (1979)<sup>9)</sup> *N.tabacum*+*N.alata* (1979)<sup>9)</sup> *N.tabacum*+*Salpiglossis sinuata* (1982), *N.tabacum*+*N.repanda* (1982) などがあり、Uchi miya(1982)<sup>17)</sup>による*N.tabacum*+*N.glutinosa*があり、果樹試験場とキッコーマン醤油との間の共同研究によるオレンジ+カラタチが作られたという。また、雑種植物の再分化には成功していないが、北海道農試のジャガイモ+ジャガイモ野生種や、新関らによりイネ+ダイズなどの雑種細胞の培養に成功している。

細胞融合に至ってはいないが、プロトプラストからの植物体の再分化は、Oka and Ohyama (1985)<sup>13)</sup>による木本作物コウゾ、大野ら (1985)<sup>14)</sup>による主要穀類作物であるイネ、大沢・高柳 (1983)<sup>15)</sup>によるハクランなどで報告されている。

細胞融合を阻害している最も大きな要因はプロトプラストから植物体が容易に再分化させることができない点にある。この要因がどのような手法で解決されるかわからないが、多くの研究者の努力で、非常に困難とされてきた作物でも少しずつ進展しているので、近い将来により安定した再分化系が確立するものと思われる。再分化系の確立した作物から細胞融合が試めされることになるが、融合方法、雑種細胞の培養法、雑種細胞の選抜法、得られた雑種植物の選抜法など育種法として実用化するまでには超えなければならない技術の壁は厚い。

## 5. 組換えDNA

植物細胞の持つ分化全能性は非常に大きな特徴であることは前述した。この植物細胞培養系の持つ特徴は、若し細胞を培養しているうちに遺伝的な修飾を行うことができれば、再分化した植物体にその遺伝的修飾を認めることが可能であろうという考えを生みだした。しかし、植物細胞は厚い細胞壁を持っているため、遺伝的修飾は不可能であった。これを可能にしたのは、前述した細胞壁を酵素によって除去しプロトプラストを分離し、それを培養して植物体を再分化させる技術を確認したことである。プロトプラストから植物体の再分化系の確立については、前項で詳しく述べた。再分化植物が安定的に得られるのはナス科の一部の作物であるが、高等植物における組換えDNA技術の適用は現実性を示してきた。この可能性がバイオテクノロジーと作物育種を強く結びつけることになった。

遺伝子組換えの操作は大きく2つの段階に分けて行われている。第1段階はある植物(供与体)の希望の遺伝子をクローニングすることで、第2段階はクローニングした遺伝子を取り込ませたい植物(受容体)へ移入させることである。

第1段階は遺伝子のクローニングと呼ばれ、基本的な方法は2の項で述べた。供与体の希望の遺伝子のDNAを切り出し、適当なベクターにつないで、そのベクターを宿主に入れてベクターと共に希望遺伝子のDNAを増殖させ大量のコピーを作る操作である。植物遺伝子のクローニングには大腸菌—プラスミット系が用いられている。

DNAの遺伝情報転写されて伝令RNAが形成され、試験管内に取り出された伝令RNAから逆転写酵素によって伝令RNAに相補的なcDNAが作られ、これがクローニングに用いられる。プラスミット(ベクター)のDNAとクローニングしようとするcDNAとを同じ制限酵素によって切断し、合成酵素(リガーゼ)の作用によって切断端を結合させる。貯蔵タンパク遺伝子のように、特定器官で特定の成育期に活性が高いと、伝令RNAも多く、目的とする遺伝子のcDNAの含量の高い全cDNAが抽出できるので、目的とするcDNAも得やすくなる。しかしこのような遺伝子は少ないので、植物遺伝子でクローニングされているものは、ファゼオリン(インゲンマメ)、レグミン(エンドウ)、等極く限られている。

第2段階はクローニングした遺伝子を受容体植物へ導入することである。そのために受容体植物へ導入するためのベクターの探索が研究の中心である。ベクターの候補としては、形質転換能を持つものとしてTi, Riプラスミット、細胞内での自己増殖能を持つものとしてカリフラワーモザイクウィルス(CaMV)やジェミニウィルスが検討され、植物で見い出されているトランスポザブルエレメントも候補として考えられている。

植物と共生現象を示す *Agrobacterium*, *Rhizobium* 等でプラスミットが見い出され、そのうち *Agrobacterium tumefaciens* のTiプラスミットが最も良く研究が進んでいる。このプラスミットは宿主細菌の双子葉植物への感染を通じて植物体に腫瘍を形成し、外来のDNAを挿入して感染植物のDNAを移入させる働きを持っているT-DNAを持っている。各国でこのプラスミットのベクターとしての不要な部分を除去したり、染色体に組み込まない部分を出来るだけ

小さくし、マーカーを付けるなどの改良が行われている。農業生物資源研究所で新しく作製されたバイナリベクターはTiプラスミットを植物細胞に移行させるのに必要なVIR領域を含む部分と外来遺伝子を染色体に組み込むために必要なT-DNAを持つ部分とに分けた2つの独立したプラスミットからなるもので、大きな遺伝子の組み込みと形質転換効率が著しく向上すると期待されている。

Tiプラスミットを用いた遺伝子の移入とその発現はN.Muraiら(1983)のインゲンマメのファゼオリン遺伝子のヒマワリへの移入や、L.Herra-Estrellaら(1984)のエンドウのRuBPCase遺伝子のタバコ細胞への移入など成功例は少ない。さらに大きな問題は、Tiプラスミットは単子葉植物にはベクターとして働かない点である。多くの研究者が単子葉植物にも使えるような改善が考えられている。

組換えDNA技術は非常に夢の大きな技術であるが、これからの研究の蓄積によって大きく発展していくものと考えられる。

## 6. 細胞選抜

作物育種は基本的技術として種々の手法によって変異を拡大し、拡大した変異の中から希望型を選抜する方法が用いられている。前述の細胞融合、組換えDNA技術もこれまで考えていた範囲を越えた変異を作出する方法である。しかし、これらの手法が実際の育種に使用されるようになるためには、基礎となる研究の蓄積が必要である。

植物細胞を培養条件におくと非常に多くの作物で染色体などに変異が認められる。培養細胞における染色体変異は55の種で報告されており、4n, 8n, 16nなどの倍数体の出現するときと、3n, 5n, 7nなどの異数体が出現するときがある。染色体の形態的変異、細胞分裂の異常などの報告もある。一方、培養細胞が遺伝的に安定であるとの報告もある。

再分化した植物でも染色体の変異を示すとする報告が多い。しかし、培養細胞に見られた種々の倍数性や異数性が再分化個体では2倍体に復原していたとする報告もある。一般に再分化個体やその次代での突然変異が高頻度に出現することから、これを育種的に利用しようとする試みがなされている。

さらに、積極的に培養条件下で変異を誘起し、それに種々のストレスを加えて選抜し、その残った細胞を再分化させて利用しようとする育種のシステムを細胞

選抜と呼び、新しい育種法として注目をあびている。培養細胞で発現した形質が再分化植物で発現するかどうかの確認が必要である。

細胞選抜は培地に物理的、化学的、あるいは生物的条件を与えることによって、突然変異細胞と他の細胞との反応、生長、致死などの差を用いて選抜する。培養組織より変異体を選抜するには、カルスまたは単細胞を用いる。単細胞はカルスの振とう培養によって遊離細胞を作る。また花粉培養によって単細胞由来の細胞群を得ることが出来る・葉肉細胞やカルスなどからプロトプラストを分離すると完全な単細胞を得ることが出来る。

細胞選抜を行うには、選抜に用いる細胞の増数性について考慮する必要がある。2倍体細胞を用いると優性の突然変異を選抜することができる。半数体より2倍体の方が淘汰圧に対して抵抗するが、選抜が成功すれば実用上は非常に有用である。

細胞レベルで選抜された突然変異は変異の発現の程度によって4つに分けることができる。(1)耐性、抵抗性などの選抜形質が培養細胞で発現するが、1~数回の淘汰圧のない状態で継代培養すると特性が失われる場合、(2)淘汰圧を除いて数代継代培養しても選抜形質が保持される場合、(3)選抜形質が淘汰圧のない状態の培養細胞や、再分化植物でも安定して発現し、再分化植物から再び誘導したカルスや細胞でも形質が発現する場合、(4)耐性、抵抗性などの細胞選抜が細胞レベル、再分化植物で安定であり、再分化植物の後代にも遺伝し、交配実験によって遺伝様式を明らかにすることができる場合、栄養繁殖作用では、(3)の場合でも利用が可能である。種子繁殖作物では、(4)の場合の突然変異でないと利用することが出来ない。

細胞選抜がどれだけの成果を上げることができるかについては、今後の研究の蓄積が必要であるが、報告されている成功例を示すと、病害毒素抵抗性、除草剤抵抗性、雑草剤耐性、抗生物質耐性、耐塩性、炭水化物代謝、プリンおよびピリジン代謝、アミノ酸代謝、栄養要求性などについて選抜され、遺伝様式が明らかにされている。

## 7. 半数体利用育種

Guha and Maheshwari (1964, 1966)<sup>3)</sup>が *Datura innoxia* の薬培養によって花粉起源の半数体を作り出すことに成功してから、我が国でもタバコ(中田, 田中, 1968)<sup>11)</sup>とイネ(Niizeki and Oono, 19

68)<sup>12)</sup>で薬培養によって半数体が得られ、その後半数体を利用した育種が進められた。半数体利用育種は、薬培養または花粉培養、あるいは未受粉の胚珠培養によって半数体を作出し、半数体をコルヒチンによって培化して2倍体を作り、短時間のうちに遺伝的にホモな純系を作出する方法である。

半数体利用育種法は中国において多数の品種がこの育種法によって育成された。しかし、この育種法は広く育種家に受け入れられている方法ではない。第1の理由はイネ、ムギ、トウモロコシなどの主要なイネ科の作物で半数体作出の効率が低く、多数の半数体を作出するのに非常に多くの労力を必要としているからである。また、半数体からの倍化の過程も簡単に進まない。作出された半数体に突然変異が誘起されているのではないかという問題や、多数のアルビノ個体の出現などの問題がある。

オオムギでは *Hordium bulbosum* と花粉親としたとき、この種の染色体は後代で淘汰され、栽培オオムギの染色体のみが残され、胚培養によって半数体を得ることができる(Kasha and Kao, 1974)<sup>6)</sup>。この方法は薬や花粉培養に比較して高い頻度で半数体を作ることができるので、ムギ類では *Hordium bulbosum* を用いる方法が広く行われるようになった。

わが国においても薬培養を見なおす気運が生じ、イネを材料として北陸農試、上川農試、古川農試などかなりの規模で薬培養が実施されるようになり、近い将来に薬培養によってイネの品種が育成されたものと考えられる。

## 8. あとがき

作物育種はバイオテクノロジーとの結びつきによって、非常に大きな成果を上げる可能性が生まれた。しかし現段階ではどれだけの成果を上げることができるかについては全く分らない。細胞融合、組換えDNA、細胞選抜、などが実際の育種に利用されるようになり、これまでの育種法では作ることの不可能であった作物が短い年月に作出されるようになれば、作物の食糧生産能力を飛躍的に発展させることが期待される。

## 引用文献

- 1) Gleba, Y. Y. and F. Foffman (1978) Mol. Gen. Genet. 165, 257-264.
- 2) Gleba, Y. Y. and K.M. Sytnik (1984) Protoplast fusion. p. 220. Springer Verlag.
- 3) Guha, S. and S.C. Maheshwari (1966) Nature 212, 97-

- 98.
- 4) Kameya, T., M.E. Horn and J.M. Widholm (1981) Z. Pflanzenphysiol. 104, 459-466.
- 5) Kao, K.N. (1977) Mol. Gen. Genet. 150, 225-230.
- 6) Kasha, K.J. and K.N. Kao (1974) Nature 225, 874-875.
- 7) Krumbiegel and O. Schieder (1979) Planta 153, 466-470.
- 8) Melchers, G., M.D. Saristan and A.A. Holder (1978) Carlsberg Res. Commun. 43, 203-218
- 9) Nagao, T. (1979) Japan Crop Sci. 48, 385-392.
- 10) 長尾照義 (1985) 私信
- 11) 中田和男・田中正雄 (1968) 遺雜 43, 65-71.
- 12) Niizeki, H. and K. Oono (1968) Proc. Japan Acad. 44, 554-557.
- 13) Oka, S. and K. Ohyama (1985) J. Plant Physiol. 119, 455-460.
- 14) 大野清春・菊池尚志・高岩文雄 (1985) 育雜 35(別1), 54-55.
- 15) Oosawa, K. and K. Takayanagi (1983) Cruciferae News Letter 8, 54-55.
- 16) Schenck, H.R. and G. Röbbelen (1982) Z. Pflanzenzüchtg. 89, 278-288.
- 17) Uchi miya, H. (1982) Theor. Appl. Genet. 61, 69-72.

### 新刊洋書紹介

### 第5回カナダ バイオエネルギーR&Dセミナー

- <原 題> Fifth Canadian Bioenergy  
R & D Seminar
- <編 者> Hannain, S.
- <発行所> Elsevier Applied Science  
Publishers (London)
- <体 裁> A 4 判, V + 602 ページ, 図表 338
- <発行年> 1984 年
- <ISBN> 0-85334-318-7
- <価 格> £ 60

本書は1984年3月26~28日にオタワで開催された標記セミナーの講演集である。このセミナーは、バイオエネルギー関係者の情報交換と技術移転をはかるとともに、研究者間のネットワーク形成を目的として開催されたもので、カナダをはじめ各

国から300名を超える参加者があった。

本書には、席上発表された9件の特別講演と124件の一般発表が、つぎの11章に分類して収録されている。

1. 資源評価
2. 植林学
3. 環境への影響
4. エネルギー生産高
5. 社会・経済・技術的研究
6. 逆浸透
7. 栽培・収穫・集積
8. 取扱・運搬・前処理
9. 共溶剤および化学薬品
10. 燃料と飼い葉の同時生産
11. バイオガス