

トウモロコシ薬培養研究の現況と育種への展望

雪印種苗(株) 中央研究農場 高橋 哲也

はじめに

トウモロコシはコムギ、イネと並ぶ世界3大作物の一つで、栽培面積は約1億3千万haにも及びます。また、日本では飼料(サイレージ)用だけで12.5万ha作付けされており、その面積は単一作物ではイネ(208.7万ha)、コムギ(28.2万ha)、ダイズ(16.2万ha)に次いで第4位となっています(いずれも昭和63年のデータ)。このように重要な作物であるトウモロコシは、育種方法の変革によって栽培品種のほとんどがF₁になっています。また、日本で栽培されている品種の9割以上は外国からの導入品種となっています。

当社では、以前より国産の優良F₁品種の開発をめざして、独自に品種改良を行なっていますが、その効率を高めるために、昭和58年からトウモロコシ薬培養の研究に取り組んでまいりました。

そこで、ここではトウモロコシの薬培養とは何か、その研究の現況と育種への展望について紹介させていただきます。

1 薬培養とトウモロコシの育種

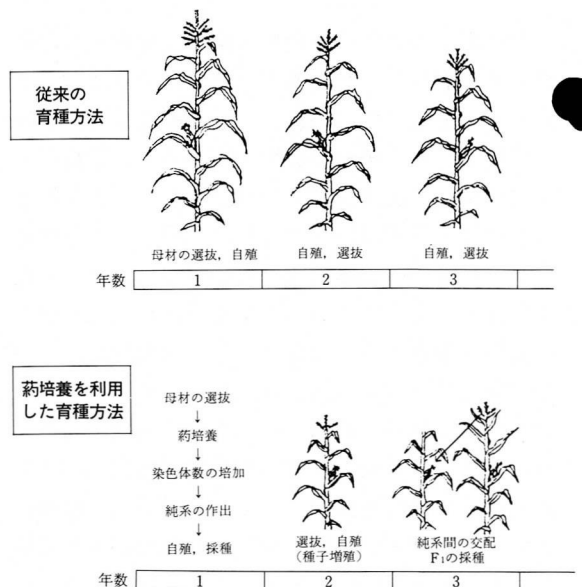
植物の細胞は生きてい限り、単独状態でも適当な条件下に置かれれば分裂と増殖を行い、1個の植物体に至るまで发育する能力を持っています。これを植物細胞の分化全能性と言い、この性質が植物の組織・細胞培養を可能にしています。

薬培養とは植物組織培養技術の一つで、一般的に「薬(おしべの先端にある花粉の入った袋)を無菌的に培養し、植物体を復元する技術」と定義されています。培養条件が適切であれば、薬培養で得られる植物体は父親(花粉)からの染色体だ

けを持つ半数体になります。これを薬品(コルヒチンなど)を用いて染色体数を倍加すれば純系(ホモ個体)となり、形質が遺伝的に完全に固定します。

この薬培養がトウモロコシの品種改良に役立つ技術であることを理解するには、F₁トウモロコシの育種プロセスを知る必要があります。F₁品種とは雑種第一代が品種として利用されるもので、自殖系統間の交配によって作られます。したがって、F₁品種を育成するためには、まず、両親となる自殖系統を作り出さなければなりません。トウモロコシの場合、図1に示したように、従来の方法では遺伝的に安定した自殖系統を育成するために、最初に選抜した母材から出発して最低6回は自殖(同一個体内で受粉させること)を繰返す必要があります。

図1 F₁トウモロコシの育種プロセス(例)



ます。

これに対して、薬培養を利用した場合は、最初の1年で従来法の自殖系統に相当する純系を得ることができ、その特性の調査と種子の増殖を含めても2年で済むこととなります（薬培養の1年目を除いて冬期間の栽培、世代促進を行わず、組合せ能力の検定を考えない場合）。以上のことから分かるように、薬培養の最大のメリットは育種年限を確実に短縮できることにあります。このことは、品種を実際に利用されるユーザーの方々にとっても、ニーズに合った品種を従来より早く入手できるようにするという点で、有益な技術であると思います。

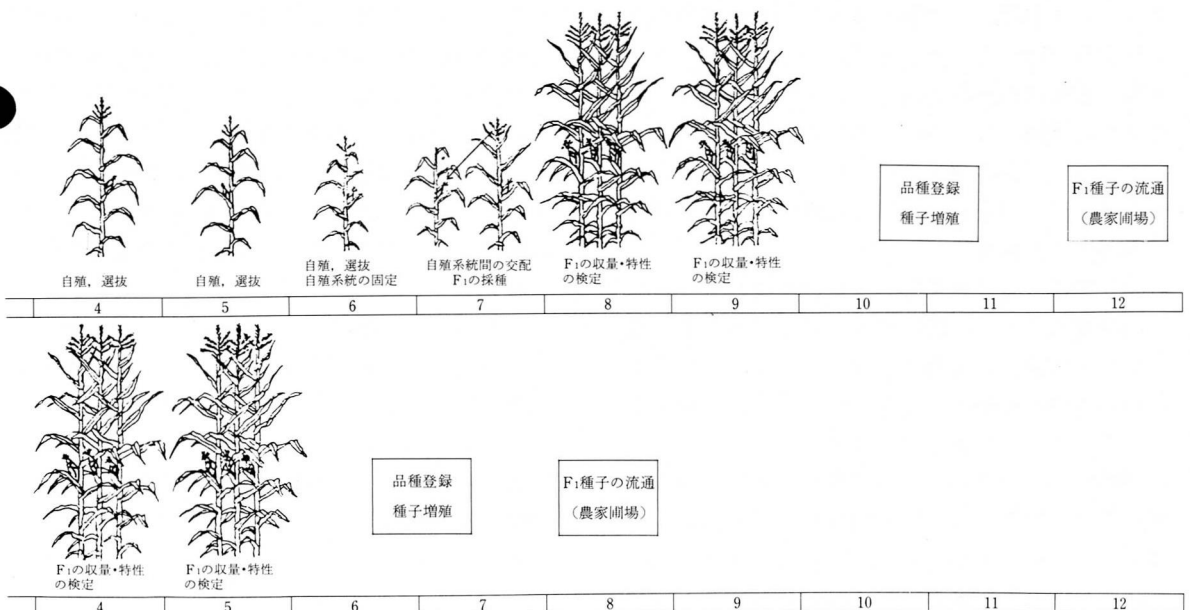
その他のメリットとしては、以下のようなことがあげられます。

- (1) 従来法で作出される自殖系統と比べ、形質が100%固定した純系が得られるため、それらの交配によって得られるF₁も遺伝的に均一となり、個体間の揃性が向上します。
- (2) (1)に関連して、純系では劣性遺伝子に支配される形質も直ちに表現型として現われるため、容易に選抜ができます。
- (3) 材料を栽培するわずかなほ場、実験室および温室があれば純系を作出することが可能で、自殖系統の育成に必要なほ場面積を節減できます。

2 トウモロコシ薬培養研究の歴史と現況

トウモロコシの薬培養研究は1970年ころから始められたと思われます。1972年に京都府立大の村上道夫らは、世界で初めて薬培養で花粉由来のカルス（癒傷組織：未分化状態の不定形の細胞塊）を誘導し、それから根を分化させることに成功しました。その後、舞台は中国へと移り、1975年に花粉由来のカルスから半数体を分化させることに成功し、1977年には薬培養で作出した半数体の染色体数を倍加し、自殖の結果種子を得ることに成功しました。その後、1980年代の後半からは薬培養由来の純系間の交配によって、実際にF₁品種が育成されたようです。

一方、中国以外の国々では、1981年にフランスのNitscheらにより、また、1982年にアメリカのGenovesiとCollinsによって、薬培養の成功例が発表されました。日本では農林水産省の草地試験場と当社が、それぞれ1983年（昭和58年）に本研究に着手しました。なお、現在、研究成果を積極的に発表している中心的研究機関としては、アメリカのユナイテッド・アグリシード社とフランス国立農業研究所（INRA）のクレルモンフェラン植物育種試験場をあげることができます。しかし、



今のところ薬培養を利用したトウモロコシの実用的F₁品種の育成例は報告されていません。

3 トウモロコシ薬培養の実際と問題点

トウモロコシ薬培養の実際の過程は、以下のようになります(表紙②参照)。

- (1)材料(系統, 品種, 集団)の選定, 栽培。
- (2)雄穂の採取。
- (3)花粉の発育ステージの確認, 雄穂の予冷処理。
- (4)雄穂の滅菌, 薬の置床および培養(誘導培地)。
- (5)胚様体, カルスの形成。
- (6)再分化培地への移植, 培養。
- (7)胚様体の発芽またはカルスからの植物体再分化。
- (8)植物体生育培地への移植, 培養。
- (9)鉢上げ, 馴化(高湿度から低湿度へ)。
- (10)ポット(土壌)への移植(温室)。
- (11)染色体数の倍加(コルヒチン処理)。

これらのうち、最も問題になるのは(1)の材料です。トウモロコシの場合、薬培養反応性に関する系統間差は極めて大きく、まったく反応しないものが多数あります。これを解決する方法の一つは、反応性の低い材料に高い材料を交配し、その後代を培養してある程度目的にかなった純系を得ることです。薬培養に対する反応性は複数の優性遺伝子に支配されていると考えられ、反応性の高い系統を育成するのは比較的容易のようです。実際、フランスのINRAでは薬培養で得られた純系間の後代を再び薬培養することで、薬当たり45%という高い胚様体形成率を出しています。しかし、現在までに選抜された高反応系統の大部分は、農業上不良な形質を多数備えており、これらを仲介役として薬培養で優良な純系を獲得することは極めて困難と思われます。

当社では、育種素材として特性の優れる材料から薬培養によって直接優良な純系を得ることを基本とし、培養が不可能な素材については、前者で得られた優良な純系と交配したものを薬培養することで対応しようとしています。

次に問題となるのは(5)の胚様体形成率の向上です。これには様々な要因が関与し、材料によって最適条件が異なる傾向が認められています。当社では薬の低温前培養の実施(1987年～)により大

きな効果をあげ、また、基本培地組成、培養温度、添加物などの条件にも毎年改良を加えて着実に形成率が高まっております。

さらに、大きな問題点としては(11)の染色体数の倍加効率の低さがあげられます。薬培養における自然倍加個体の割合は、トウモロコシの場合、材料によって異なりますが、およそ20~30%のようです。この数字はイネと同程度と思われませんが、薬当たりの植物体形成率がイネよりかなり低いことを考えると、コルヒチン処理によって確実に倍加することが望めます。コルヒチン処理のチャンスは雄穂の予冷処理時から培養で得られた植物体の雄穂抽出約20日前まであります。しかし、トウモロコシは雌雄異花のため、自殖によって採種するには可能な限り早い時期に倍加させる必要があります。ただし、処理作業の煩雑さを考えると、培養中の処理を大規模に行うことは難しいと思われます。当社では、現在、(9)と(10)の段階を主体に処理を行っており、自然倍加とコルヒチン処理による倍加(部分可稔を含む)は合計約50%となっています。

おわりに

目的とするすべての育種素材について、薬培養によって直接多数の純系を作出できる状態をもって薬培養技術の確立とするなら、現況はそれに、ほど遠いと言わざるを得ません。しかし、当社では薬培養各段階における様々な条件を改良することによって、成功率は着実に高まっております。現在では遺伝的背景の異なる材料を新規に供試した場合でも、約8割が反応を示すようになっています。また、薬培養で得られた純系の中から、いくつかの優良系統が選抜され、一部は組合せ能力の検定を実施しています。

さらに、反応性の低い優良素材に優良な純系を掛け合わせるという手段をとるならば、薬培養の実用性はかなり高まると考えられます。

いずれにせよ、トウモロコシ薬培養については、まだまだ解決すべき問題点があることは事実で、今後も更に積極的に研究を続けていきたいと思っております。