

林木のバイオテクノロジーの現状と将来への展望

林業試験場 齊藤 明

1. はじめに

バイオテクノロジー、この言葉は非常に範囲の広い科学技術の領域まで含んでおり、この言葉を定義づけることは難しいが、現在の一般的な考え方としては、「生物がもつ生理反応を私達人間の生活に役立てる生物利用技術」であると理解できるようである。したがって、今日言われるところのバイオテクノロジーは、正しくはニューバイオテクノロジーであると言われる所以でもある。

ここでは、「林木のバイオテクノロジーの現状と将来への展望」という課題にそって概説を試みたいが、どちらかという、組織培養に焦点をしばったかたちで話をしたいと思う。将来展望ということになると、また世界の学者が確たる答えをこれに与えていない状況にあり、その意味では独断的な面があることをお許しいただきたい。

2. 育種素材としての体細胞

今日の林業を取り巻く情勢にはなかなか厳しいものがあり、林業は一つの大きな転換期にさしかかっていると言えるでしょうか。

林業の果たすべき役割を考えると、やはり木材の供給は勿論必要であるが、一方では空気中の炭酸ガスの蓄積の場としての森林、この森林のもつ公益的機能も忘れてはならない今日である。このように考えてみると、気象害、病虫害あるいは大気汚染の害等、こういった多岐にわたる劣悪環境にも耐える林木を育種あるいはバイオテクノロジー（バイテク）によって創出する必要があると言える。その意味で、今日ほど育種に対する期待が大きい時代はかつて無かったように思えてならない。育種目標も不ずと多様化してくるであろう。育種素材を十分に獲得しておく必要性から、遺伝資源の収集保存のための体制作りも要請されてくる所以でもある。したがって、この時期に育種のための技術開発のための各種問題点を十分に探索する必要がある。ここで、バイテクが登場する。バイテク、これは育種そのものであって、その最大の利点は育種素材と

して体細胞をも、その対象にすることができるようになったことである。バイテクは、たとえば育種年限の短縮は勿論のこと、種子の改良による多収性、耐病虫害性あるいは優良品種の創出等を目的として、組織培養、細胞融合、遺伝子組み換え等によるあらゆる可能性を追求するための新しい技術として活用されようとしている。しかし、あくまでも従来の育種技術とのドッキングがあってはじめてその目的も達せられると考えられる。

3. 組織培養の新しい展開

組織培養は、バイテクの中でも、その主要技術として位置づけられるが、それが必ずしも新しい技術でない。その組織培養が今日のような新しい展開をみせたのは、それなりの背景があったからだと考えられる。たとえば、分子生物学の急速な発展、組織培養技術の発達、環境汚染のない化学工業への脱却、再生産可能な資源としてのバイオマスの利用、価値観の推移による品種の単一化、ならびに顕微技術の著しい発達等が考えられる。こういった背景の中で、植物の体細胞等から大量に活性の高いプロトプラストを分離することができるようになったことが、最大の要因であったと言える。このプロトプラスト一個に個体復元能力が秘められているところに面白さがある。これによって、細胞選抜（細胞育種）あるいは細胞融合による体細胞雑種の作出等、こういった応用の道も開けてきた。

4. 林木における組織培養の技術領域

林木の場合にも、他の植物の場合と同等異なるものではなく、胚培養、やく・花粉培養、茎端等各種器官の培養、カルス培養、プロトプラストの分離と培養、体細胞雑種の作出、ならびに人工種子の作出等が、その技術領域であると言える。

5. 林木の組織培養研究の現状

林木の組織培養研究は、その報告例が極めて少なく、まだ未開拓の分野であると言えるが、簡単に組織培養研究の現状についてふれてみたいと思う。組織培養研

究は、ここ 20 年来かなり集中的に行なわれてきた。

(1) 胚培養

胚培養ではストーンの報告が 1950 年に出されている。彼は葉ふるい病に強いチョウセンゴウ等をサトウマツと交雑して得られた胚から苗木を育てた。

(2) やく・花粉培養

針葉樹で 11 種、広葉樹で 4 種の報告があるにすぎない。

(3) クローン増殖

世界的には、1970 年代に入ってから急に報告例が多くなった。針葉樹では 9 科 48 種、広葉樹では 50 科 1 属、185 種、単子葉では 13 種の報告例がある。但し、その外植体として芽ばえを用いた場合が多いのが特徴である。

(4) カルス培養

カルスからの器官再分化が針葉樹では難しいようで、広葉樹での報告例がほとんどである。34 種で報告されている。

(5) プロトプラストの分離と培養

プロトプラストから植物体が再生した樹種としては、広葉樹での 9 種しか見当たらない。しかし、植物体の再生までは誘導できなかったものの、プロトプラストの分離、培養によってコロニー形成、カルス形成をみたのはかなりの数にのぼる。

(6) 体細胞雑種の作出

細胞融合で体細胞雑種の作出に成功したのは、まだ 3 例しか見当たらない。

(7) 人工種子の開発

人工種子は、人工的に作られた胚様体、えき芽等培養物を人工膜で包みこみ、培養物の運搬等を簡単にしたいというのがねらいである。とかく、培養物はその訓化（環境順化）が難しい中にある、これを容易にするという利点もある。

6. 木本性植物に特有の阻害要因

ここで、簡単に組織培養における木本性植物特有の阻害要因に一寸ふれてみたい。たとえば、

- ポリフェノール性物質の含有量が多い
- 有機酸の含有量が多い
- 各種雑菌による汚染が認められる
- 脂質の含有量が多い

この中で、特にとりあげたいのが、各種雑菌による汚染が著しいということである。一般に多く見出されるのが土壌細菌由来のバチルスと一種の腐朽菌エルウィニアである。ここで、一つの特徴的な現象として、これらの細菌によって汚染されている外植体を用いると、培養、とくに不定芽の分化が非常に容易だということを観察することが多いということである。

したがって、これより先き、植物体と細菌との関係即ち共生関係に関する問題が大きくクローズアップされてくるであろうし、重要なポイントを提起していると思える。

本来、植物体は無菌状態にすると、有菌状態での生長習性とは異なる反応を示すところに難しさがあることに留意する必要がある。

例えば、その良い例として、人工気象室で植物を栽培すると、たしかに生長は良いが、これは雑菌との共生関係をみているにすぎないと言えます。

さらに、もう一つの重要な阻害要因として、チロースの存在がある。現在、クヌギ、コナラ等の増殖を試みているが、なかなか思うように進まない、これは、チロースの生成によることが十分に考えられる。

7. 急を要する技術開発課題

組織培養の育種の利用が軌道に乗るためには、急を要する技術開発課題が多い。例えば、生命現象の分子的理解、器官再分化機構の解明、培養物のエージング機構の解明、交雑不和合性の回避、交雑による抵抗性の遺伝解析、開花制御技術の確立、特定形質のスクリーニング技術、及び生殖質等の長期保存技術の開発等があり、その他にも種々の課題がある。

8. 林木の育種目標と組織培養研究

組織培養の育種への利用の成否は、対象樹種によって決定される。ご承知のように、林木には実験植物としての条件を満たす樹種がないので、誠に辛い。したがって、裸子植物よりは被子植物、遺伝的解析の容易な樹種、生理的解析が容易な樹種、細胞レベルの操作が容易な樹種等をさしあたり対象にして、次いで対象樹種を拡大するという方向が適切かと考えられる。

ちなみに、組織培養側からみた育種目標とでも言える事象を列記すると、

- 材生産のための高生長量
- 材質・繊維長等を考慮した優良材の生産
- 幹の通直な個体の作出
- 耐病虫害性個体の作出
- 耐酸性、耐アルカリ性、耐塩性等個体の作出
- 耐寒性、耐凍性、耐乾性、耐湿性等個体の作出
- 耐薬性個体の作出
- 耐陰性個体の作出
- 遠縁間雑種の作出
- 半数体の作出
- 倍数性個体の作出
- 生長習性の制御
- 環境浄化機能の向上
- 光合成機能の向上

窒素固定能の獲得

優良形質個体の急速大量増殖

等が考えられる。

9. クローン増殖の弱点とその克服

一般に、最近クローン増殖が注目されているのでここでとりあげてみたい。俗に言うクローン林業で留意しなければならない事は、諸害に対する耐性が欠落している時には、その森林が全滅の危機に陥ることである。そのために、遺伝的な多様性を高めることが必要条件であり、単一クローンよりは複合クローン、実生集団が適していることは当然である。そこで、組織培養によるクローン増殖の位置づけ、こういった観点からみると、優良形質個体を多数選抜し、増殖し、事業造林の中で事後検証的に次代検定を行う方式が浮上してくる。

このクローン増殖には、いろいろな利用価値がある。例えば、

各種形質個体の増殖

発根困難樹種・系統

幼令苗

半数体

育種母材

バイオマスエネルギー

耐病虫害性個体

胚培養によって得られた雑種

体細胞雑種

不稔性個体

採種用の親系統

胚様体等の人工種子の取扱

優良形質の維持

継代培養のくりかえしによる保存

作業に季節を選ばない

育種年限の短縮

ヘテロ個体の品種化

遺伝資源の保存・増殖

こういった利用価値を総合すると、決して無視はできないと考えられる。

10. バイテクによる変革の行方

早い話が、21世紀には、林業領域でもバイオテクが重要な位置を占めていることが十分に考えられる。バイオテクが21世紀で活用され、定着した状況を予想すると、病虫害に強く、多数で、かつ形質の良い林木が登場し、収益性の高い経済林の育成を目的にした森林が存在している事も考えられるであろう。

とくに、種苗の生産の場では、自然条件下での不安定な生産から環境制御下での安定的生産、周年生産、オートメーション化等が、バイオテク時代の到来と共に可能になっているであろう。

育種新時代を迎えたとも言える今日、また違ったバイオテクの利用の場が開けてくるかもしれない。とくに、こんにち、空気中の炭酸ガス濃度が高まり、地球の温室効果云々という話、またフロンガスの乱用による紫外線直射光云々という物騒な話が、新聞、雑誌等で報道されている。このような多岐にわたる劣悪環境に耐える林木を育種で作り出し、これを速やかに大量増殖する必要も生じてくる。

11. おわりに

私たちは、林業の発展のためにも、また地球の緑化のためにも、育種に力を注ぎ、今日の育種目標の多様化にそなえる必要を痛感する。地球上の砂漠化防止、生態系の維持による公益的機能の向上、これが今日の私たちに課せられた最大の宿題であると更えられる。

標題にそって一応の概説を試みたが、不満足であったかもしれない。皆々様のご批判をいただければ幸いである。