遺傳学的 농작물育種과 植物組織培養

李 榮 日
韓國에너지研究所
放射線農学研究室・農学博士

◇ 緒 論

오늘날 物質文明이 급속도로 발전하고 있어 인간이 처해 있는 生活環境은 예측할수 없이 변화되어 가고 있다. 인류가 탄생한 後 생존을 위해서 끊임없이 자연과 싸워 왔지만 오늘날같이 긴박감을 느끼면서 살고 있었던 때도 없었을 것이다.

農業分野에서도 栽培技術이나 優良品種育成에 있어서 쉴새 없이 그 기술의 발전을 위해 노력해 왔던 결과 지난 50년동안 고도의 수준에 도달한 것은 주지의 사실이고, 国家間의 技術隔差도 다른 어느 분야보다 좁혀져 있다고 할 수 있지만, 공통적으로 느끼고 있는 것은 앞으로 이 분야를 개발해 나가야 할 여지를 감안해 볼 때 보다 심각한 스트레스를 느끼게 된다.

기존 育種技術에 의한 품종개량은 家畜이나 農作物分野에서 지대한 발전을 해 왔고 앞으로도 인간이 욕구하는 食糧資源의 확보를 위해서는 계속되어져야 할것은 부정할 수 없는 사실이며 더욱 중요한 역할을 담당하게 될것이다. 그러나 既存育種技術은 현시점에서 ①品種育成에 요하는 기간이 너무 긴편이고, ② 自然界에 존재하는 遺伝子源(gene pool)을 이용하기 때문에 因子源의 고갈을 느끼고 있으며, ③ 交雜에 의한 우수한 특성의 因子導入에 있어서는 劣悪한 특성을 지닌 因子까지도 link되어 있어 쉽게 分離할 수 없는 不利한 점등의 제약조건 때문에 금후 이 방법만을 이용한 품종개량은 크게 향상을 기대할 수 없다고 한다.

장차 育種의 효과를 懸隔히 높여 인간이 요구하는 품종을 육성코자 하는 기술혁신이 절실히 요청되어지고 있는 가운데 최근 소위 「제3의 혁명」이라고 일컬어지는 遺伝工学(Genetic Engeneering)이 등장하게 되었고, 既存育種法과 병행해서 새로운 革新的 育種技術로 전망되고 있다. 遺伝子操作은 세포 또는 分子 level에서 다루어지기 때문에 器内培養技術을 토대로 해야만이 가능한 것이기 때문에 현재 식물에서는 이

분야의 연구가 급진적으로 확대되어 가고 있다. 本稿에서는 植物組織培養과 관련된 육종의 가능성 내지 遺伝工学的側面에서 개발되어질 育種分野중 農作物부분만을 언급해 보았다.

◇ 遺伝工学과 組織培養技術開発의 필요성

遺伝工学은 微生物의 DNA操作에서 특히 eukaryote에 속하는 酵母菌의 DNA를 制限酵素로 적당한 크기로 짤라내어 prokaryote인 Bacteria에 삽입시켜 酵母菌이 갖는 DNA의 特性形質을 Bacteria에서 発現케 하는 것으로 혹자는 「遺伝工学이란 遺伝子를 人工操作하여 새로이 유용한 생명체를 개조 또는 創生하는 工学技術」이라고 했다. 그러나 요즈음 그 범위가 대폭 넓어져 인간의 정자와 난자를 시험관에 受精시켜 胎盤에 이식시키는 것에서부터 식물의 試験管受精作業까지도 총괄해서 이 부분에 묶어버리고 있다.

식물의 일부 組織이나 세포를 떼어내어 배양하는 것은 器内에서 이루어지기 때문에 器内培養(in vitro culture)이라 일컬어 지고 있는데 일반적으로 組織培養이라 칭하게 되었다. 여하간에 組織培養이 遺伝工学이라고 할수는 없겠으나 遺伝工学을 공부하거나 이 분야를 研究利用하려면 불가피하게 器内培養技術을 익혀야만 소기의 목적을 달성할 수 있는데 식물에서는 器官이나 조직을 떼어 大量増殖하고자 할때는 간단하고 비교적 쉬운 培養技術이 되어 별문제가 없겠으나 単細胞 또는 原形質体培養 단계까지는 많은 어려움이 따르고 최근에는 細胞内에 존재하는 Chloroplast, mitochondria와 같은 小器管(organelle) 培養技術까지 극도로 분화되어 가고 있어 선진국의 組織培養技術習得 내지는 自体技術開発이 시급하다.

酵母菌이나 Bacteria같은 微生物의 배양은 아주 간단하고 그 技術習得이 쉽기 때문에 微生物을 대상으로 하는 遺伝子操作은 培養 그 자체가 별 문제가 안되지만 高等植物의 배양은 식물의 종류에 따라 모든 배양목적에 따라 배양방법이 달라지는가 하면 培養基의 종류도 多技化되어 가고 있어 실제 組織培養을 하자면 어려운 벽에 부디치고 만다. 가령 葯培養(花粉培養)을 하더라도 그 基本培養基의 종류가 20여가지 이상 알려져 있고 生長 Hormon과 生長 調節剤의 組合도 배양코자 하는 材料에 따라 다르고, 葯의 成熟度에 따라 반응이 달라지는 등 또는 葯으로부터 半数性 植物体 또는 callus가 나오는지 아니면 培数体가 나오는 것인지의 判別등 아주 정교한 기술이 요하게 되는데 이러한 과정은 어떤 化学分析처럼 공식화된것이 아니고 오랫동안의 경험을 토대로 이루어지기 때문에 고도의 전문성을 띄고있다.

◇ 植物組織培養의 특성과 이용범위

動物組織은 特定器管에서 조직을 떼어내어 배양하게되며 그 조직의 특성을 유지하여 (약간의 변화는 있을수 있음) 그 특성을 지닌 조직의 増殖에 불과하지만 식물은 어느 器管이나 그 조직의 일부를 떼어 배양하더라도 줄기, 뿌리, 잎, 꽃이 분화되고 열매가 맺는 완전한 植物体로 분화하는 全体形成能(Totipotency)을 지니고 있는데 현재까지 알려진 바로는 모든 식물에서 가능한 것이 아니고 일반적으로 草本보다 木本에서 또 短年生보다 多年生植物에서 이 全体形成能이 낮은 것으로 나타나고 있으나 植物体를 재분화시킬 수 있는 培養基의 발달 또는 培養技術의 향상으로 점차 이 능력을 가지는 식물의 종류가 매년 증가하고 있기 때문에 식물에서의 全体形成能은 더욱더 범위가 넓어질 전망이 밝다.

植物組織도 単細胞로 器内培養이 가능하기 때문에 일반 육종에서 취급하는 植物体単位의 量的 부피가 細胞単位로 축소된 상태임으로 손바닥 만한 試験접시나 주먹만한 flask 内에서도 놀랄만큼 많은 개체의 세포를 취급할 수 있고 이 세포 하나 하나에서 植物体를 만들수가 있어 일반 육종에서 처럼 넓은 면적을 요하지 않고도

室內에서 많은 집단을 제공받을 수가 있다.

채소나 화훼등 他家受精作物은 오랫동안 품종개량을 해온 결과 잎이나 꽃잎만이 극도로 발달해서 種子生産이 안되거나 종자로 번식해도 H-etero의 특성을 지니고 있어 애써만든 特性形質이 分離되어 버리기 때문에 營養体를 無性的으로 증식시킬 수 밖에 없고 특히 草本植物에서 어려움을 겪게되나 조직배양을 통한 生長点培養이나 Meristem－tip, 기타 조직을 배양함으로서 간단히 이문제를 해결할 수가 있다. 이와 관련해서 營養繁殖作物은 대개가 Virus에 감염되어 있어 收穫量이 낮은 편인데 生長点에는 virus가 감염되어 있지 않다는 사실이 밝혀지게 되었고 또 얼마동안의 器內培養을 계속하면 virus無病狀態로 된다는 것이 밝혀져 조직배양에 의한 virus無病株生産은 이미 실용화가 多数의 작물에서 이루어지고 있다.

一代雜種生産에 있어서 雄性不稔個体의 維持增殖은 F_1種子生産에 중요한 요인이 되어 왔는데 雄性不稔個体를 얻었다 하더라도 이에 맞는 花粉親이 없을 때에는 인위적으로 核置還에 의해 만들어야 하는데 오랜 기간이 걸려 사실상 雄性不稔個体의 增殖維持가 어렵다. 그러나 雄性不稔個体의 조직을 器內培養하여 無性的으로 無限增殖시킬수 있다.

既存育種은 넓은 圃場에 播種해서 수확기까지의 장기간 觀察과 成績의 분석을 통해 有用変異体를 선발하기 때문에 기껏해야 年1회 내지 2회의 世代밖에 육성할수 없을 뿐만아니라 後代検定을 몇년동안 계속해야 하기 때문에 오랜 기간이 소요되는데 반해 세포의 器內培養은 年中계속할수가 있고 細胞単位에서 이루어지기 때문에 微生物育種에서 처럼 짧은 기간에 変異細胞를 골라낼수가 있고 既存育種에 의하여 1世代를 거치는 기간동안에도 細胞培養은 많은 世代를 거듭할수가 있어 育種年限을 大巾短縮 할수가 있다. 이것은 半数体誘起에 의한 育種年限短縮과는 차원이 다르다.

최근에는 조직배양기술에 의한 遺伝子源의 장기보존이 활발히 연구되고 있는데 기왕의 보존방법은 종자를 低温保存하는 式이였으나 종자를 更新해야 하고 更新때마다 栽培管理와 純度維持에 비용과 노력이 많이 드는 결점을 가지고 있었다. 그러나 細胞level또는 DNA sequence 단위로 冷凍保存하는 방법은 更新할 필요가 없게 되며 부피가 극도로 작아지기 때문에 자그마한 冷凍機에 수많은 種類集団을 보존할수 있게 될것이다.

◇ 単細胞培養을 통한 育種의 가능성

●營養分組成의 개량

穀類에는 lysine, tryptophane, methionine, threonine등의 必須amino酸의 함양이 부족한데 각종 amino酸의 analog들을 사용해서 이들 amino酸의 함량이 높은 돌연변이를 선발할 수 있게 되었다. 器內培地에 이 analog를 첨가해서 세포를 배양하면 해당 amino酸의 합성이 높은 세포만이 자라게 되므로 이 세포를 선발해서 植物体로 再分化시키면 된다. 물론 이때 세포의 核相이 문제가 되기는 하지만 담배, 당근등의 2倍性体細胞에서 突然変異体를 얻는데 성공한 바 있고 次代에까지 그 특성이 유지한다는 보고가 있다. 이때에 突然変異誘起源으로 방사선이나 화학약품을 사용하면 효과는 더욱 높아진다. 이의 理論的背景은 amino酸의 生合成의 경로에 관여하는 enzyme의 system을 바꾸어 줌으로써 特定amino酸의 합성을 증대시키는 것이다.

●光合成效率의 증대

光合成能力이 높은 突然変異細胞를 선발해내는 것인데 葉緑体를 대상으로 光合成能力이 높은것을 선발하든가 光合成能力이 높다고 알려진 chlorella와 같은 식물의 葉緑体를 꺼내어 光合成能力이 낮은 작물의 세포에 이식시켜 주는 것도 한 방법이라 하겠다. 前者의 경우는 선발방법을 확립해야 할것이고 後者는 原形質体培養에 의해 간단히 해결될 수 있다. 또한 光合成에 의해 얻어진 産物은 호흡에 의해 소모되고

있는데 이것은 生合成에 꼭 필요한 ATP合成이외의 酸化作用을 방지하는 것이다. 이것은 mitochondria內에서 이루어지고 있는 호흡 chain의 변경을 유도한것인데 실제로 KCN, antimycin A, carboxin등에 抵抗性인 세포는 plo ratia가 높다는 것이 알려졌고 이러한 세포에서植物体를 분화시킨 결과 光合成効率이 증대되었던 것으로 今後 농작물의 품종개량이나 Biomass생산에 기대되는 분야라고 하겠다.

● 耐災害性品種選抜

식물의 病原菌이 내는 pathotoxin이나 이에 상응하는 analog를 첨가한 培地에 세포를 배양하여 抵抗性인 세포를 선발하고 이 세포에서 植物体를 얻었던 결과 耐病性을 나타냈고, 後代에 分離는 하지만 抵抗性인 Homo個体를 얻을 수가 있었다. 耐塩, 耐寒, 耐署등의 突然変異 個体도 이와 같은 방법으로 얻을 수 있음이 입증되고 있다. 최근 노동력의 부족으로 除草剤에 의한 省力栽培가 불가피한데 除草剤는 잡초뿐만 아니라 농작물에도 피해를 주기 때문에 除草剤에 대한 抵抗性品種育成에도 주목되고 있는데 細胞培養에 의한 抵抗性品種育成에 연구를 경주하고 있다. 특히 우리 여건상 耐塩性品種育成은 조속한 시일내에 이루어 질수 있도록 강구되어야 할것이다.

◇ 原形質体培養에 의한 新種合成

植物細胞를 遊離시켜 単細胞로 만들고 細胞膜을 제거함으로써 原形質体를 얻을수 있는 기술이 개발되었는데, 이 原形質体는 物理的으로 같은 種이나 異種屬間에 融合이 가능하여 無性的으로 体細胞雜種(somaticcell hybrid)를 만들 수가 있다. 담배에서 染色体数가18개인 것과24개인 種間 体細胞雜種을 얻는데 성공했고, 최근 pomatoes(감자+토마도)屬間雜種植物을 만듬으로써 여러 종류의 식물에서 이 연구가 시도되고 있다. 심지어는 동물세포와 식물세포를 融合시키는 실험들이 수행되어지고 있다. 그러나 아직 pomatoes와 같은 잡종식물이 地上部는 토마도가, 地下部는 감자가 달리는 理想的 雜種植物이 되지는 못했지만 종래의 育種概念과는 범주가 다른 차원의 기술인 것만은 사실이고 今後 이 방향의 연구는 核物質의 融合機構面에서 많은 연구가 수행되어질 것이고 그 성과의 기대도 클것으로 전망된다.

◇ 形質轉換(Transformation)

細胞膜을 제거해버린 原形質体는 外來의 물질을 쉽게 집어넣을 수가 있다. virus, phage, plasmid등이 原形質体에 들어오면 이들의 DNA가 寄主体内에서 形質発現을 할수가 있어 본래의 形質에 변화가 일어난다. 이 形質轉換의 기술은 遺伝工学의 尖端分野가 되는데 이외에도 葉緑体, mitochondria, ribosome등의 小器管을 집어 넣을 수도 있고 染色体의 断片이나 DNA의 分子를 삽입할 수가 있다. 原形質体内에 들어온 異物質은 自家増殖力을 유지하면서 세포가 분열할때 똑같이 나누어지는 것이 일반적인 현상이나 核物質과 同化(integration)되는 경우도 밝혀지고 있어 이 기술의 발달은 작물의 특성을 유지하면서 결점만 보완할 수 있는데 큰 역할을 하게 될것으로 전망된다.

◇ 結　　論

育種의 효과를 보다 懸隔히 높이기 위해서는 既存育種方法과 현대의 遺伝子操作技術을 병행해야 한다는 것은 명백해진 사실이고 이러한 복잡한 遺伝子操作을 위해서는 細胞培養, 또 原形質体培養이 필수조건이 되기 때문에 조직배양기술을 보다 광범위하게 遺伝学, 生理学, 生化学, 生物理学, 分子生物学, 病理学등의 측면에 연구개발되어야 하겠고, 이 개발된 기술을 育種学者가 종합해서 응용할 수 있도록 되어야 소기의 목적을 달성할 수 있을 것이다.