

園芸作物における細胞分子育種技術の実用化・普及に関する 調査研究

東京農工大学大学院農学研究院 鈴木 栄

研究の目的

組織培養や遺伝子組み換え技術を利用した植物細胞分子育種法は、画期的な品種改良技術として注目され様々な園芸作物において研究開発が進められてきた。日本でもこれまでに、多数の観賞用または食用園芸作物について優れた育種技術が確立されたが、その多くは実用化まで到達していないのが現状である。各研究機関で確立されたこれらの新品種改良技術は、農業生産現場で利用されることではじめて社会に還元できる形となる。細胞分子育種技術が普及しなかった原因を解明し改善できれば、新育種技術と農業生産が直結する体系づくりが期待できる。また、効率的かつ短期的な農業生産への技術移転システムが構築されれば、研究機関と農業生産現場が柔軟に接続できる相互関係や情報交換網が構築され、無駄のない研究開発が可能になる。

本調査研究の目的は、「園芸作物の細胞分子育種技術」と「農業生産への実用化」を直結させ、効率的な品種改良や農業生産体制の構築を実現するために、現在の問題点や改善すべき点を調査・整理し明確化することである。

園芸作物の細胞分子育種技術に関する現状調査

作物の新品種改良法である植物細胞分子育種法は、組織培養技術と遺伝子組み換え技術に大別され、必要に応じて遺伝子解析技術が付加される。我が国では前者の組織培養技術の発達により、様々な園芸作物において、苗の大量増殖、ウイルスフリー苗の作出、突然変異育種、遠縁交雑育種などの技術が確立され、一部の作物では実用化されている。サツマイモ、イチゴ、カーネーションなどでは、苗の大量増殖やウイルスフリー苗の作出、リンゴやキクなどでは突然変異育種による新品種作出、キャベツ、ハクサイなどのアブラナ科野菜やユリなどでは、遠縁交雑育種による新品種作出が行われている。しかし、各研究機関で長期間にわたり研究開発されてきた組織培養技術の中には、実用化されずに学術成果としてとどまっているものが多い。

また、後者の遺伝子組み換え技術は、世界的に見て組織培養技術と共に近年急速に進展した技術である。トウモロコシ、ダイズ、ナタネなどの主要遺伝子組み換え農作物は、22カ国で栽培されその栽培面積は日本の耕作地面積の20倍以上に相当する1億haを越えている。しかし日本では、観賞用の青いカーネーションやバラの販売を除き、安全性や消費者心理の観点からほとんど実用化されていないのが現状である。一方、各研究機関では、組織培養技術と同様に多くの園芸作物における遺伝子組み換え技術が成果として蓄積しているが、日本の現状ではその実用化は困難である。これまでに蓄積されてきた植物細胞分子育種技術を最大限に活用し、日本の農業生産を活性化するためには、まず国内の植物細胞分子育種に関する問題点を洗い出しそれを詳細に解析する必要がある。

1) 国立研究機関、農業研究所、大学などからの資料収集

(a) 独立行政法人農業生物資源研究所

イネ、トウモロコシ、ダイズを中心とし、有用遺伝子を導入した遺伝子組換え作物の作出技術およびDNAマーカーを用いた交配育種技術などを行っている。遺伝子組換え作物の開発のための基盤的技術研究としては、特にイネについて遺伝子導入法の改良、部位・時期特異的プロモーター開発、選抜マーカー開発、新品種作出のためのツール整備などが行われている。隔離ほ場や閉鎖系温室で栽培試験が行われている遺伝子組換え作物は、花粉症緩和米、糖尿病対策米、高血圧抑制米、血清コレステロール低下米などの、いわゆる「消費者にメリットのある遺伝子組換え作物」が中心となっている。一方、DNAマーカーを用いた交配育種技術開発では、イネが本来保持する抵抗性形質を最大限に引き出すDNAマーカーを探索し、いもち病抵抗性イネの作出を検討している。

(b) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

隔離ほ場や閉鎖系温室で栽培試験が行われている有用遺伝子を導入した遺伝子組換え作物は、トリプトファン高含有飼料用イネ、ディフェンシン遺伝子導入イネ(耐病性)、アスコルビン酸パーオキシダーゼ遺伝子導入イネ(耐冷性)となっており、イネが中心である。これらのイネは、やはり「消費者にメリットがある」または効率的な農業生産に寄与するものである。その他複数の遺伝子組換え作物を作出しているが、遺伝子の機能解析が目的である。また、非食用の観賞用作物やバイオマス生産用作物における、収量・品質・病虫害抵抗性・環境ストレス耐性の向上を目的とした遺伝子組換え作物も研究課題となっている。

(c) 国内の植物関連学会

日本植物生理学会をはじめとする以下の賛同学会、園芸学会、植物化学調節学会、日本育種学会、日本植物細胞分子生物学会、日本農芸化学会は、遺伝子組換え作物の開発やその利用に関与している専門家集団として、「遺伝子組換え植物の社会における適切な受容を進める体制を求む」とする提言を2005年に発表している。この提言は、政府に対し、関連各省庁や自治体関係者等の調整を図り、遺伝子組換え植物の基礎研究に対する過度の規制を防ぐとともに、遺伝子組換え作物や食品に関する科学的根拠に基づいた知識を社会に向けて積極的に情報発信できる体制を作るべきであるとしている。また、これらの学会では、一般向けにシンポジウムや市民講座等を開催し、植物細胞分子育種への理解を求めてきた。

(d) 国内の大学

国内の各種大学等における植物細胞分子育種の研究例は多種多様であり、多くの成果・技術が蓄積されている。大学、研究室、研究者により、植物細胞分子育種の方向性や考え方に多少の違いはみられるが、遺伝子組換え技術などを含む植物細胞分子育種法は、これまでの伝統的な交配育種を補う重要なツールのひとつであるというスタンスは変化していない。報告者自身が所属する2つの学会のうち、日本植物細胞分子生物学会では、年一回開催される学会大会のほとんどが植物細胞分子育種に関する報告である。また、園芸学会では、これまで園芸作物の栽培技術や従来育種技術の開発・改良などを中心に報告してきたが、組織培養、遺伝子組換え、遺伝子単離・解析に関する最近の報告の割合は以下のようにになっている。平成22年・春：口頭発表 39/211(18.5%)、ポスター

発表 42/221(19.0), 平成 22 年・秋:口頭発表 41/248 (16.5%), ポスター発表 45/272(16.5%), H23 春:口頭発表 47/225 (20.9%), ポスター発表:51/229 (22.3%). 年 2 回開催される全ての大会で約 2 割が植物細胞分子育種に関連しており, 近年さらに増加傾向となっている.

2) 植物細胞育種技術の実用化・普及への今後の課題

アメリカを発端として世界各国で栽培面積が増加している除草剤耐性や害虫耐性作物は, 日本で安全性が認められているにもかかわらず, 国内では安全性への不安や懸念が多い. このような背景から, 国の研究期間である農業生物資源研究所や農業・食品産業技術総合研究機構では, 市場価値のあるイネなどを中心とした食用作物について研究開発を続けているが, 病虫害抵抗性や低温耐性などの環境ストレス耐性よりも, 花粉症緩和や糖尿病対策などの消費者にメリットのある遺伝子組換え作物の作出に主眼がおかれている. このような研究の方向性は欧米でもすでにはじまっており, 食用植物ワクチンなどの医薬用作物が盛んに研究されている. また, この分野は今後, 世界的な競争の激化が予想されており, 日本でも国や民間企業との連携による開発や安全性評価を早期に遂行し, 市場への投入を見据えた長期計画を立てる必要がある. しかし, 国内では遺伝子組換え作物が消費者に受け入れられる段階ではないのが現状である. 日本を含めた世界の研究者における植物細胞育種技術に対する理解の多くは, これまで人類が行ってきた交配育種を発展させた技術であり, 深刻な問題を持つ危険な技術ではないというものである. 日本政府も遺伝子組換え作物に対する国民理解促進の取り組みを継続しており, 農水省設置機関の農林水産技術会議では, 「遺伝子組換え農作物等の研究開発の進め方に関する検討会」(平成 20 年)などで議論を公開している. また, ホームページ上では一般向けにわかりやすく遺伝子組換え作物を解説している. このような日本政府の努力がありながら国内ではマイナスイメージのみが先行しており, 植物細胞育種技術の普及には相当の時間を要すると考えられる. 「遺伝子組換え技術による研究開発成果の普及に関する意識調査」(平成 20 年)では, 中学・高校教員, 研究者, 自治体職員, マスコミに共通のアンケート調査を行っている. その中で, 中学・高校教員は, 遺伝子組換え技術について中立の立場で授業を行っているが, 「安全性評価の根拠」を示す内容が少なく教えるのが難しく回答している. このような調査からもわかるように, 学校教育環境においても植物細胞育種技術に関する正確かつ充実した内容の情報を公表して行くべきである. 現在の状況を打開する方法のひとつは, 食用作物ではなく観賞用作物を中心として植物細胞育種技術を普及・実用化していくことである. 国内市場に流通している唯一の遺伝子組換え作物である青いバラとカーネーションは, 幸いなことに消費者に受け入れられている. 現在の国立研究機関では, 世界的な市場価値の高いイネを中心とした開発を進めているが, まずは観賞用作物を全面に出した研究と普及を行い, 日本国内で植物細胞育種技術が広く認知される方策を考えるべきである. さらに重要な点は, 実際の農業生産現場を詳細に調査し, 日本国内で植物細胞育種技術が果たせる役割を議論・精査する必要がある. 企業, 政府, 大学だけが中心の議論では, 高度な技術であっても生産現場で活用できるかを厳密に評価するのは困難である. したがって, 植物細胞育種技術を早期に実用化するためには, 現場立脚型の研究・普及計画も必要であると考えられる.

当研究室では、以上のような視点に立った園芸作物における植物細胞育種技術開発のひとつとして、植物用わい化農薬の使用量削減を目的とした形質転換ビオラ（パンジー）の作出を試みている（添付資料参照）。本技術は、通常のビオラ栽培で使用される農薬を全く使用せずにビオラをわい化させることができ、生産者および消費者が農薬に触れることがなくなり、農薬による環境負荷の低減にも貢献できる。また、本技術で使用している遺伝子組換えは、国内の土壌細菌（本来は土壌病原微生物）を利用した天然の遺伝子導入システムであるため、カルタヘナ法（遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律）による厳しい規制をほとんど受けない。植物細胞育種技術をこのような園芸観賞用作物から一般的に広めることは非常に効果的であると考えられる。一方、今後の植物細胞育種技術の実用化を踏まえた、各種園芸作物の栽培技術の改良や向上についても検討している（添付資料参照）。将来的には、植物細胞育種技術が実用化される段階でこれらの新しい栽培技術を同時に導入することが望まれる。

添付資料は、本調査研究の情報収集および情報発信・成果発表のため参加した園芸学会の発表要旨である。

「野生型 *Agrobacterium rhizogenes* を用いたビオラへの矮性形質の導入」伊藤隆博・鈴木栄（他2名），園学研 9(別 2)516, 2010

「青,緑および赤色 LED をイチゴ個葉に照射したときの光合成特性」関口紗央里・鈴木栄(他 4名), 園学研 9(別 2)480, 2010

「根量および根の活性に着目した多収性イチゴ‘紅ほっぺ’の解析」望月佑哉・鈴木栄（他2名），園学研 9(別 2)479, 2010

「ブルーベリーにおける果実の着生強度と果肉および果皮硬度の評価」星野裕昭・鈴木栄（他2名），園学研 9(別 2)398, 2010

「デンドロメーターを用いたイチゴ果実肥大の日変化」二宮伸哉・鈴木栄（他4名），園学研 9(別 2)481, 2010

最後に、財団法人新技術新興渡辺記念会を通じ研究助成して頂いた、理事長をはじめ関係の皆様
に、心より感謝申し上げます。