

# マイクロチューバー (MT) の 生産・流通の現状と課題

キリンホールディングス(株)フロンティア技術研究所  
主幹研究員

大西 昇

## 1. 背景

MTは、組織培養の無菌条件下にて作成される極小塊茎である(図1)。1960年代に初めて報告がなされた後、遺伝資源の保存・配布、種いも生産等への利用の検討が国内外にて行われてきた。通常の塊茎に比してサイズが非常に小さいため、コストと共に圃場での生育性にはハンディがあるが、高い増殖効率や、貯蔵・流通の簡便性等のメリットが実用場面で確認されてきている。MT作成に必要となる要素技術と技術レベルは、目標とする生産規模によって異なる。我々は、1990年代に、年間数十万個のMT作成に対応し得る生産技術を確立

した。並行してコストや圃場での生育性のハンディを補う対応策(技術面、事業面)を模索し、現在まで事業に不可欠な技術としてMTを利用してきている(1999年より、試験的な位置づけにて、MTの原原種としての利用が可能となっている)。

現在の事業構造においては、特に、新品種の評価期間の短縮、導入・普及期の必要量の種いも確保の場面にて、MTの急速増殖性の効果が大きくなっている。種いも生産に事業的に用いられているMT技術は公開されている情報が殆どないため、我々の事例を開発経過の一部を含めて以下に紹介する。

## 2. MTの生産技術

組織培養環境の利用は、無病性・高い増殖率を担保しやすい一方、付加的なコストが短所となる。そのため、MTの生産技術の開発においては、容器当たりのMT形成効率の改善を最低条件として、各工程の作業性を簡略化・効率化する総合的な技術確立が必須となる。我々は、MT生産性の高い植物形態の確立、その植物形態に適した作業性の良い新容器の開発、作業の効率化をサポートする機器の開発、の順で検討を進めた。



図1 マイクロチューバー (MT)



図2 MT形成形態

#### (1) MT生産に適した植物形態：培養容器当たりのMT形成効率の向上

自然条件下では、塊茎は植物体の地下部に形成される。また、通常の培養条件では、MTは培地表面近辺のみに2次元的に形成される。培養容器当たりのMTの形成効率を高めるためには、3次元的に、即ち植物体の気相部にもMTが誘導されることが望ましい。培地条件の変更によるMTが形成されやすい組織（茎）の誘導、気相部のガス環境の調整によるMT形成の促進等により、MTが気相部に鈴なりに形成される形態が可能となった（図2）。また、気相部から得られたMTは、培地近辺に形成されるMTに比して、貯蔵性が顕著に優れることも判明した（貯蔵中の消耗や微生物汚染の発生頻度が低い）。この様に気相部へのMT形成は、その程度には品種間差はあるものの、形成効率と歩留まりの両面から増殖効率の改善に大きく寄与した。

#### (2) 培養容器：低コスト生産を可能とする容器の開発

MT生産に用いる容器については、生産性の観点からは大型化することが望まし

い。同時に、初期投資の規模、生産コストへの影響、微生物汚染時のリスク、必要となる作業者の熟練性、作業の安全性も重要な検討要因となる。容積1.5 t程度までのスケールアップを行い上記要因を検討した結果、最終的には、人手で持ち運べる程度の容量（5～8リットル）で、取扱いが容易な単純化された培養槽が最も有利であると判断し、条件を満たす培養槽を開発した。この培養槽は、安価、軽量で破損し難く、滅菌やリサイクルも容易である。使用時の安全性も高い。現在、1培養サイクル当たり数百個の培養槽を用いている。前提となる生産体制や条件によって最適な培養槽のタイプは異なると思われるが、上記タイプの培養槽は1つの開発方向であろう。

#### (3) 周辺工程：作業効率化をサポートする機器の開発

生産量が数万個程度の規模では必要性が低いが、数十万個以上の生産を目標とした場合には、培養の周辺工程の効率化が必須である。大量の培地の滅菌作業とMT形成以降の作業の簡略化である。前者については、オートクレーブによる蒸気滅菌に替えて、簡易・安価で信頼性の高い濾過滅菌法を確立した。将来の自動無菌充填も考慮した条件となっている。後者については、既存機器の改造により、MTの収穫機、分別機（重量選別）、計数機の作成が可能であった。収穫機については適用できる品種に制約があり更に改良が必要であるが、分別機、計数機の完成度は高い。分別機については、0.5 g単位での分別に実用上の問題はない。

### 3. MTの圃場での生育性

MTのサイズは、小豆～ミニトマト大で

ある。通常塊茎に比して数十分の一のサイズであるため初期生育の遅延は避けられず、不良環境（土壌、気候）からの影響も受けやすい。一方、MTの特性を考慮した条件においては、萌芽は早く、初期生育の遅延も最小限に抑えられる。増殖率は重量ベースで数百倍となり、そのサイズからは想像以上の塊茎の再生産が比較的容易に可能である（図3）。条件によっては、通常塊茎に近い収量（種いも規格収量等）が得られる場合もある。MTの生育に特に影響を及ぼす要因は、MTの休眠覚醒の状態、齢、浴光育芽の程度、植付けの深さ、初期の雑草対策である。必要条件ではないが、霜害の回避を含めた初期生育の確保・促進には、パオパオ等による被覆栽培が有効である。作業性の観点からは機械による植え付けが不可欠である。種いも用ポテトプランタの若干の改良によって、実用上、許容範囲のレベルでの機械播種が可能となっている。細部の栽培条件は、地域や作型によって異なり、農業試験場等での体系的な取組みも行われている。この様に、通常塊茎に比して栽培の安定性、生産性のハンディは避け得ないが、事業に用い得るレベルにて



図3 MT栽培状況（青森県黄金崎農場、品種「シンシア」）

再現性のある塊茎の再生産が可能となっている。

#### 4. MT生産の事例

1990年代の開発場面においては、培養槽の大規模な微生物汚染を含め様々な培養トラブルが発生したが、原因究明とその対策実施により、1999年のMTの実用生産の開始以来今日まで、年初の生産計画に支障が出る様な問題の発生はない。年間10～30万个程度のMT生産を安定的に継続できている。MT形成効率に品種間差は存在するが、現在は優先度の高い課題にはなっていない。生産コストの低減には、前述の生産技術、サポート機器の開発の他に、培養母本の維持や各培養作業の準備手順など、細かな定常作業の効率化も必須であった。その様に総合的な改善を進めた結果、生産に必要な要員も年々減少し、現在では2人以下の体制にて上記規模の生産が可能となっている。公表されている範囲では、これらの生産規模、効率を示している例はなく、現在でも競合優位性は保っていると判断している。

MT自体は周年生産が可能であるが、安定した圃場での生育にはMTの完全な休眠覚醒が必須条件となるため、実生産においてはその点を考慮する必要がある。年間スケジュールは生産量にも依存するが、20万个程度の生産の場合、初回の培養槽への植付けは毎年5～6月頃の実施となる。休眠期間の長い品種から順次培養を行う。1回の培養サイクルは約3ヵ月である。短休眠の品種を含め、基本的に12月までに収穫を終えることとしているが、必要に応じて、最長2月まで培養を行う。その場合には、

人為的な休眠覚醒処理が必須となる。変温条件に加え、エチレンによる休眠覚醒促進を行う。MTはサイズが小さいため、それら休眠覚醒処理の作業も容易である。栽培先の条件、希望によって、発送時の萌芽の状態を確定し必要に応じた処理を施す。出荷に際しては、原原種として指示された表示を行う。収穫時期を基準とした生産ロット毎に出荷する。サイズの分類は、0.3～0.5 g、0.5～1 g、1～3 g、3 g 以上、としている。グラム単位の僅かな差異ではあるが、特に、萌芽から初期段階の生育については各サイズ間で明瞭な差異があり、サイズ毎に播種することが栽培管理を効率化する。0.3～0.5 g サイズは、状況によっては2粒植えて用いる。全ロットについて一部のMTは保管し、栽培地での播種期にあわせて温室または圃場に播種を行う。品質管理の観点から、萌芽率、無病性、品種特性(true type)の確認を行う。

MTは増殖率が高いため、ウイルスなどの病害の汚染を見逃すと影響は甚大となる。そのため、培養母本の確立には細心の注意が必要となる。海外からの導入品種の場合、導入先にまず無病性の担保を求める。日本への導入の過程において、定められたプロセスにて必要十分な検査が実施される。MT作成に用いる前に、社内のチェックに加え、第三者機関に検査を依頼する(検査対象は日本で発生歴のある全てのウイルス)。国内で育成された品種については、同様に社内と第三者機関にて検査を行う。それら検査を定期的実施する。

圃場での栽培法も基本的には確立されているが、より良い技術に向けて関係者の努力が毎年続けられている。天候からの影響、

サイズのハンディは依然残るものの、それらの改善によって事業的な利用が継続できていることは、意義が大きい。

2011年も新品种、普及期の品種を中心に、19品種、約23万個のMT生産を進めている。一部の品種は生産拡大前の評価段階のものである。新品种を無病性の確認の後に即座にMT化することにより、一定規模での試作実施までに要する期間を短縮することができる。試作栽培したMTから、定められたプロセスを経て、各地での品種評価に用いる試験用塊茎が生産される。数年の品種評価を経て販売が確定した品種については普及段階となるが、最終的な定着の判断には更に数年を要する。その期間に必要な種いもの量は変動が大きくなるため、その段階でもMTの利用が効果的である。品種の定着が見通せた段階にて、独立行政法人種苗管理センターへ原原種生産を申請する。品種によっては予期しないニーズが発生することもあるが、その場合には(独)種苗管理センターからの原原種に加えて急速増殖したMTも利用する。過去数年においても、急速増殖の対象となった品種は3～4品種になる。2011年作成中のMTは、全量が青森県内にある(株)黄金崎農場での原種、採種生産に用いられ、得られる種いものは(株)ジャパンプテト社から販売される。

## 5. 今後におけるMT生産の課題

コストや圃場での栽培の安定性は、MTに不可分の課題である。それらの達成レベルは、前述したとおりMTの長所を活用した事業的利点から判断されるため、通常塊茎が必ずしも規準となる訳ではないが、引き続き改善は必要である。貯蔵、輸送、植

付け場面でのエネルギーは低減されるが(数ha分のMTも小規模の冷蔵庫で貯蔵が可能である、等)、その効果を具体的に検証することも必要である。受注量と実際の生産量の乖離を必要最小限にすることは、コスト低減に即効的な課題である。微生物汚染などの突発的なトラブルは発生しなくなっているが、受注量の確実な確保に向け、仕込み量が多くなる傾向がある。数量の少ない品種で特に乖離が大きくなりやすい。2011年3月の東日本大震災では栃木県内にあるMT生産設備も大きな被害を受けた。幸い、貯蔵中のMTや培養母本への影響はなかったが、より高いレベルでのリスク管

理の必要性を痛感している。母本の無病性や品種特性(true type)の確認についても、常に最新技術の適用を考える必要がある。

開発段階を含めこれまでの取組みにより、MTの生産、MTからの種いも生産が、長期・安定的・商業的に達成可能であることは明らかとなった。特に、新品種の展開の場面での利用が効果的であることも、この10年に実証されてきた。MTのハンディと利点を良く理解し、活用機会の拡大への努力を行い、国内ジャガイモの生産・消費における貢献場面を増やすことが今後の最大の課題と考えている。

#### □ 寄稿のお願い □

(財)いも類振興会では、サツマイモ、ジャガイモなどいも類の振興と消費拡大を図る一助として、「いも類振興情報」(季刊)を発行しています。いも類に関する総説、調査・研究解説、産地情報、海外情報、商品情報、料理・文化などの寄稿をお願いします。原稿の執筆要領は、下記のとおりです。

1. 原稿はパソコンのワープロ・ソフトを用いて作成し、E-mailの添付ファイルで送付下さい。なお、手書き原稿でもかまいません。
2. 編集の都合上、OSはWindows、使用ソフトは次のものを使用下さい。  
本文はWord(一太郎、テキストも可)。図表などはWord、Excel、PowerPoint。
3. 掲載1回分の頁数(1頁で約1,200字)は、図表・写真を含めて概ね6頁以内となります。
4. 編集の都合上、原稿の一部を割愛、修正する場合がありますので、予めご了承下さい。掲載原稿には、規定の原稿料と掲載誌を若干部お送りします。
5. 原稿の送付先

〒107-0025 東京都港区赤坂 6-10-41 ヴィップ赤坂 303 財団法人 いも類振興会  
E-mail: imoshin@fancy.ocn.ne.jp TEL: 03-3588-1040 FAX: 03-3588-1225