

ジベレリンを用いたリンゴ苗木の新梢伸長促進技術

農研機構果樹茶業研究部門
果樹生産研究領域
馬場 隆士

はじめに

植物ホルモンの一種であるジベレリンは、園芸生産の現場では植物成長調節剤として様々な目的で使用されている。果樹の苗木をみると、ナシ、モモ、スモモ、ウンシュウミカンでは、ペースト剤を頂芽の基部に1～3回塗布することで新梢伸長の促進に用いることができる。またウンシュウミカンや他のカンキツでは、花芽抑制による樹勢の維持という液剤の使用法もある。一方、リンゴの苗木ではこれまでジベレリンの農薬登録がなかった。従来フェザー苗の側枝発生促進に使われてきたベンジルアミノプリン（サイトカイニン）も樹高を大きくする効果はないことから、大苗の育成では育苗期間の延長やかん水・施肥等の工夫といった手段に頼っている。ジベレリンは様々な植物に対して発芽や新梢伸長を促進する機能をもつことから、リンゴでも同様の機能が想定され、適切な用法を整理・検証することで育苗時の生育促進に利用できると期待された。

リンゴでは、新品種‘紅つるぎ’（系統名：盛岡74号）が育成されたことで話題となったカラムナー性の発現メカニズムにもジベレリンが関与している（岡田2022）。カラムナー性は円筒状のコンパクトな樹形を自然と形成する形質で、‘旭’の枝変わり突然変異に由来する。カラムナー性の遺伝子をもつ樹では、活性型のジベレリンが減少することで枝が伸びにくくなって

おり、その結果、主幹などの立ち上がった骨格に短い側枝が多数着生した樹形となる。そのため、カラムナー性の品種にジベレリンを施用すると発芽や新梢伸長が促進されて非カラムナー性の品種と類似した生育特性を示すようになる（Okada *et al.* 2020）。カラムナー性のリンゴは、整枝せん定が簡単で平面状の樹列をつくりやすいことから、省力栽培やスマート農業に利用しやすいと期待されている（図-1）。しかし、その性質は伸長成長の抑制に起因するため、枝が伸びにくく育苗に時間がかかるという欠点にも繋がっている。

これらの背景を踏まえ、農研機構果樹茶業研究部門ではリンゴの育苗時におけるジベレリンの施用効果を検討した。そこで一定の効果が認められ、適用性試験が実施された結果、ジベレリ

ンペーストとジベレリン液剤に「りんご（苗木）／新梢および副梢の伸長促進」の登録が2025年5月14日付で拡大された（表-1, 表-2）。本稿では、特にカラムナー性をもつリンゴへの利用に着目しつつ、リンゴ苗木に対するジベレリンの効果と利用法について紹介する。

1. ジベレリンの効果的な施用法

2018年～2020年にかけて、カラムナー性と非カラムナー性の品種に対して、ジベレリンペーストの効果を検討した（馬場ら2022）。試験では、新梢先端（頂芽）の直下に100mgの剤を生育期間中最大3回塗布するという他樹種と類似した体系を踏襲



図-1 高密度植栽培に適したリンゴの樹形
非カラムナー性品種では側枝の下垂誘引など整枝せん定に手間がかかる（‘ふじ’、左）が、カラムナー性品種ではわずかな整枝剪定で簡単に壁状に仕立てられる（‘紅つるぎ’、右）

表-1 ジベレリンペーストの登録内容

薬剤名	作物名	使用目的	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	ジベレリンを含む農薬の総使用回数
住友ジベレリンペースト	りんご(苗木)	新梢および副梢の伸長促進	100mg/1枝	新梢伸長期	5回以内	新梢先端部に塗布	10回以内

使用上の注意事項：処理時が高温の場合や弱樹勢苗木では新梢先端部が枯死する可能性があるため、注意すること。

表-2 ジベレリン液剤の登録内容

薬剤名	作物名	使用目的	使用濃度	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	ジベレリンを含む農薬の総使用回数
住友ジベレリン液剤	りんご(苗木)	新梢および副梢の伸長促進	ジベレリン 300~500ppm	1枝当たり 5~10mL	新梢伸長期	10回以内	新梢先端部に散布	10回以内

使用上の注意事項：処理時が高温の場合や弱樹勢苗木では新梢先端部が枯死する可能性があるため、注意すること。

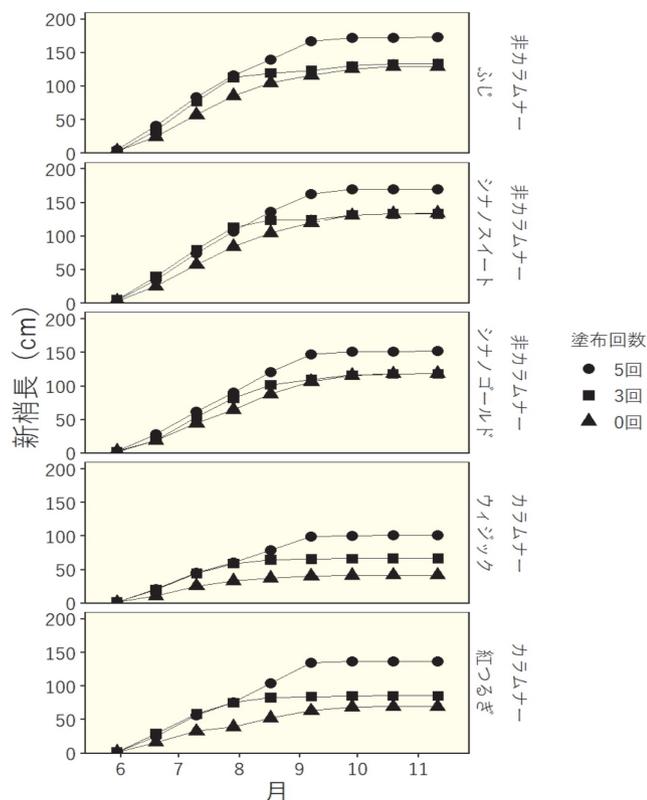


図-2 ジベレリンペーストの塗布が接ぎ木当年生苗の新梢伸長(副梢長を除く)に及ぼす影響
馬場ら(2022)の調査に基づく。3回塗布では5/30, 6/19, 7/10に, 5回塗布ではさらに7/30, 8/18にペースト剤を塗布した



図-3 ジベレリンペーストを塗布して育成した‘紅つるぎ’の接ぎ木当年生苗
左より無施用, 3回塗布, 5回塗布

し、塗布量や塗布回数等の条件を変え、一本棒状に仕立てた接ぎ木当年生苗へペースト剤を施用した。2019年までの調査では、‘ふじ’(非カラムナー性)や‘ウィジック’(カラムナー性)で施用により新梢伸長が促進されることを確認できた。ただ、無施用の苗木でも伸長が優れる条件下では、‘ふじ’における塗布の効果がやや不明瞭で、副梢

の数はよく増えたものの主幹となる新梢の長さには差が認められなかった。

そこで2020年には、塗布回数が0回、3回、5回の試験区を設け、接ぎ木した穂木が十分活着して伸長しはじめた5月下旬から3週間間隔で100mgの剤を塗布する体系で試験を実施した。その結果、供試した全5品種において、5回塗布することにより3

回や0回塗布と比べて新梢長が有意に増加し、カラムナー性品種では60~70cmほど、非カラムナー性品種では40~50cmほど苗木が長くなった(図-2, 図-3)。カラムナー性品種では、ジベレリンを塗布しない接ぎ木当年生苗の最終新梢長は30~70cmであったため、その伸長量は塗布により2~3倍となっている。また品種

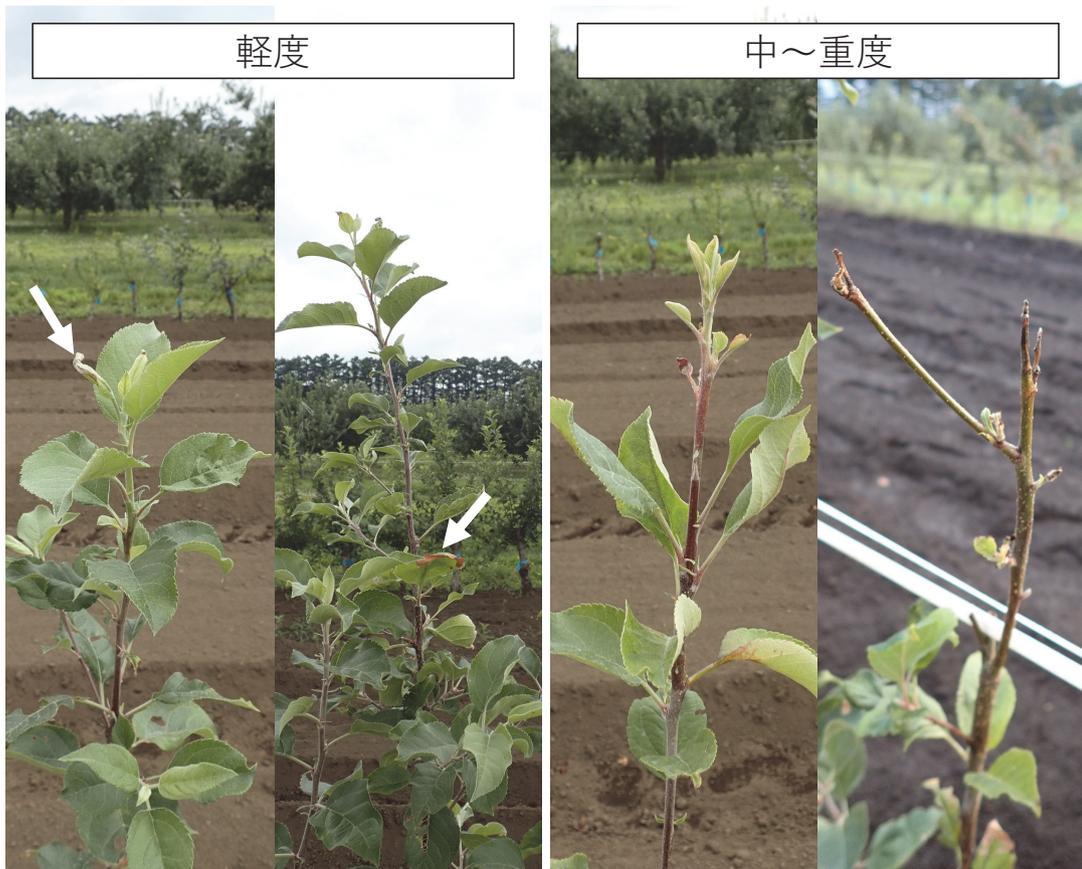


図-4 ジベレリン処理により生じた葉害
軽度では葉やけ(矢印)が生じるが新梢は勢いよく伸長し続ける

間差はあるものの、‘ふじ’でみると5回塗布で10本程の副梢が発生しており、側枝の数が増える副次的効果も確かに認められることがわかった。

他の果樹とはやや異なり、リンゴの新梢伸長を促進するには3回以下の塗布では不十分なことが多いようである。図-2に示した新梢伸長の推移をみると、3回塗布では施用を継続していた7月中までは5回塗布と同様よく伸長していたが、その後伸長速度が維持できず、特に非カラムナー性品種において0回塗布と伸長量に差がなくなっている。ジベレリンペーストは、新梢先端の直下から離れた位置に塗布しても伸長は促進されず、伸長に応じて塗布部位から先端が遠くなってしまふ。そのため、効果を持続させるには定期的な塗布が必要である。また、園のある地域にもよるが、著者らの調査

圃場では、9月に入ると気温の低下に伴い伸長速度も低下するのでそれ以降の塗布は想定しにくい。作用期間をしっかりと確保して枝の充実を図るという観点からも、新梢が伸びにくくなる前に最後の塗布を済ませておくのが望ましいと考えられる。

これらの試験結果に基づき、リンゴ苗木に対するジベレリンの適用性試験が設計・実施され、結果的にペースト剤は5回まで使用できることとなった。また、本試験では液剤についても検討され、効果が認められている。品種等の条件にもよるが、著者らが実施した範囲では、500ppmの濃度の液剤を1週間程度の間隔で10回新梢先端付近に噴霧することで、ペースト5回塗布と同程度の効果が得られた(馬場ら2024)。

2. 施用時の注意点

リンゴでは処理回数が多いこともあり、ジベレリンの施用に関する注意点として葉害が挙げられる。葉害には、施用部付近に葉やけが生じるものの新梢自体は成長し続ける軽度のもの、新梢先端が先細りになり伸長停止あるいは枯死した後腋芽が伸長する中度のもの、そして新梢先端が枯死し腋芽が伸長しないか伸長しても再度枯死する重度のものが認められる(図-4)。新梢の枯死を伴わない葉やけは基本的に問題とならないため、ここでは新梢の枯死を伴う中～重度の葉害について述べる。

葉害の多くは7～8月以降に認められることから、夏季の高温が発生に関与していると考えられる。さらに、樹勢が強い苗と弱い苗で比較すると弱

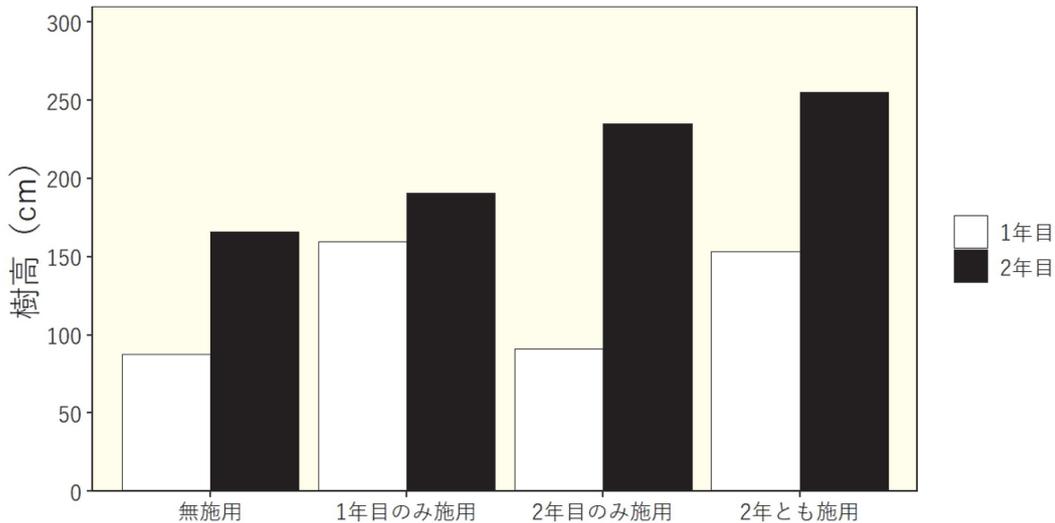


図-5 ジベレリンペーストの施用年次が‘紅つるぎ’の樹高に及ぼす影響
馬場ら（2024）の調査に基づく。各年にペースト剤を5月下旬から約3週間間隔で施用して育苗した

い苗での発生が多い。そのため、登録内容では高温時や弱樹勢苗木への施用時に注意を促している。著者の経験では、8月以降1週間で2 cm程度も伸びないような弱い苗（注：無施用の苗での伸長量）にペーストを塗布すると高頻度で葉害が発生する。また、(1)より少ない塗布回数で伸長促進効果が得られないか検討するために8月頃から施用開始した試験において一次伸長の停止と処理開始が重なった場合や(2)1本の苗木から生じた多数の新梢に対して処理した場合にも葉害の発生が認められた。

ここで重要と考えられるのは、夏季の高温にしても弱樹勢にしても、伸長速度の低下や新梢伸長の停止（頂芽の休眠）と関連していることである。同一苗から生じた多数の新梢への処理において貧弱な枝でよく葉害が発生したことから推察すると、ジベレリンによる伸長促進効果はあくまで健全・旺盛に伸長している新梢に対して働くものなのであろう。なんらかの要因で休眠しかけている新梢先端では、成長に必要な要素が整わないままにジベレリン処理が発芽・伸長を誘発してしまい、結果として充実できなかつた伸長部位

が枯死しているのではないかと思える。

以上から、リンゴの育苗でジベレリンを効果的に使用するためには、苗木の健全な生育が確保されていることが前提条件といえる。自然に発想すると、弱樹勢の苗の生育を補うために施用したくなる。しかし、例えば、水や肥料の不足、いや地、たん水、異常気象というような普通の苗でも伸長に支障をきたす要因が想定できる場合は使用するべきではないだろう。近年、リンゴの生産現場でも温暖化の様々な影響が懸念されており、頻繁に高温が卓越するようになると、より注意を要するようになるかもしれない。なお、著者がこれまで上述の5回施用の体系で施用したケースでは、健全な圃場であれば、わい性台に接いだ‘ふじ’等できらに樹勢を抑えるために地上部台木長を40 cm程とした苗でも葉害の発生は確認されていない。ただし、‘JM1’や‘M.9’のようなわい化程度が強い台木では新梢伸長が抑制されやすく、圃場の土質等によって期待できる伸長程度も大きく異なるため、土壌改良を十分実施した上で使用し、はじめは少量の苗に施用して様子を見るといったステップを経るのが良いだろう。

3. カラムナー性品種における利用 — ①育苗時

著者らは、今後の‘紅つるぎ’の苗木の流通開始に備えてカラムナー性リンゴを用いた効率的な栽培法の確立に取り組んでいる。前述のように、カラムナー性のリンゴではジベレリン施用によって大きな成長促進効果を得ることができ、これが早期成園化の達成する上でも重要なポイントになり得る。ここではカラムナー性リンゴの栽培におけるジベレリンの活用について紹介したい。

現在のリンゴの育苗では、主に接ぎ木後当年の生育終了まで育成する1年育苗が行われている。一方、2年生以上の大苗は樹冠拡大や花芽の着生が早く、早期成園化に有利である。カラムナー性品種のように生育が遅い苗でも複数年にわたって育苗するケースが想定される。そこで著者らは、‘紅つるぎ’に対して2年間の育苗期間の中でジベレリンペーストをどう施用するのが良いかを検討した（馬場ら2024）。まず、2年目の生育終了後の苗のサイズをみると、2年連続で施用

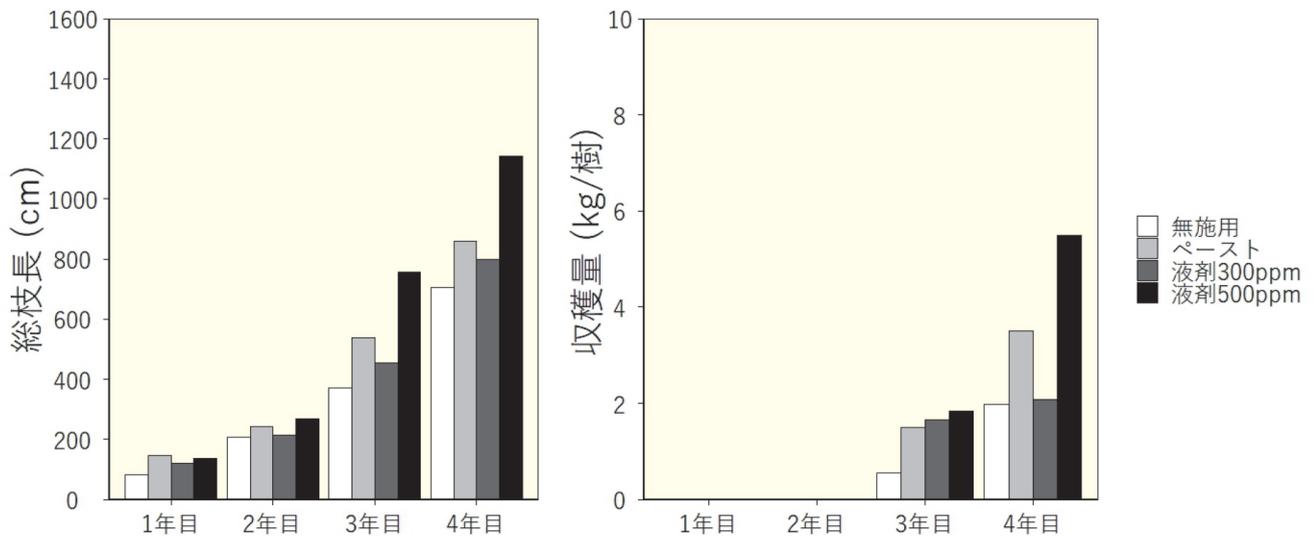


図-6 育苗1年目のジベレリンの施用が‘紅つぎ’の樹冠拡大と初期収量に及ぼす影響
馬場ら (2024) で定植した苗を継続して調査した

した際に最も樹高が大きくなった (図-5)。一方、1年だけ施用する場合だと、1年目と2年目で効果が異なり、2年目に施用した方が最終的な樹高が大きくなった。1年目のみ施用した苗と無施用の苗を比較すると、育苗2年目の主幹延長枝の伸長が1年目の施用により抑制されており、伸長量の「前借り」のような状態となっていることがわかる。ジベレリンを施用すると苗の枝がよく伸びる代わりに根の成長は抑制される傾向が確認されており、このような苗の部位間での成長バランスの変化といった要因が翌年の伸長量に影響しているのかもしれない。ただし、後述のように定植に用いた場合を含めて、1年目のみ施用した場合でも2年目生育終了後の樹高は無施用の苗よりも大きくなるため、1年目施用でも伸長促進効果はある程度維持される。そのため完全に伸長量の前借りになるわけではないが、施用年数を少なくしたいのであれば、後年に施用する方がよさそうだ。

他方、側枝や花芽の増加に対する効果をみると、少々結果が異なる。どの施用体系であっても2年目生育終了時点の側枝は同程度増えていたが、花芽

の数や割合を増加させたのは1年目の施用であった。リンゴでは幼果の種子で生産された内生のジベレリンが花芽形成を阻害すると考えられている。外生のジベレリンも同様に当年の花芽形成を阻害する可能性が高く、施用により伸長促進された新梢から伸びた副梢は花芽形成しにくいと考えられる。しかし、2年間の施用期間を考えた場合、1年目の施用で形成された側枝上には花芽を形成できるため、ジベレリン施用は結果として3年目の花芽を増やす効果をもつ。後述のように、同様の傾向が幼木期管理の研究においても確認されており (守谷ら 2023)、施用は初期収量の増加にも繋がる。ただし、育苗時点で着生した花芽は定植後に摘み取ることになるため、掘り上げて定植するならば後年に施用する方がよいということになる。

4. カラムナー性品種における利用 — ②定植後のパフォーマンスや幼木期管理

ジベレリンを用いて育成した‘紅つぎ’は定植後も優れた生育パフォーマンスを発揮することができるのだろうか。ジベレリンペーストや液剤を施

用して育成した1年生苗を用いた試験では、500ppmの液剤やペーストを施用して育成した苗は定植1年後、無施用の苗よりも樹高が大きく側枝数や花芽数が多かった (馬場ら 2024)。その後の経過を観察してみても、ジベレリンで育成した苗は、樹冠拡大が早く、初期収量も多い傾向を示した (図-6)。そのため、カラムナー性品種では育苗時にジベレリンを施用することで成園化を早めることができると考えられる。カラムナー性品種は、普通のリンゴ品種と比べて枝が横に張り出さないため、大苗でも比較的にかさばりにくいというメリットがある。トールスピンドルシステムのような高樹高で栽植密度の高い栽培方式であれば、育苗期間中に必要となる樹高にできるだけ近づけておき、定植後早々に樹冠を完成させ迅速な成園化を図るといった工夫も可能かもしれない。

ジベレリンの効果は育苗のみならず、幼木期の管理でも有用である。例えば、複数の主枝をV字型に斜立させる樹形において、ジベレリンペーストを施用することで樹冠が完成されるまでの期間を短縮できることが既に報告されている (守谷ら 2023)。カラ

ムナー性品種を効率的に生産する上でどのような仕立て方が優れているのかは今後さらに検討していく必要があるが、例えば上方誘引型ジョイント樹形のような多数の側枝を骨格として立たせる樹形を作る場合でも、同様にジベレリンを利用できると考えられる。上述のV字栽培方式の例では、施用により頂芽や花芽の数を早期に増やせることが示唆されており、初期の収量増大や安定化にも寄与すると期待される。

おわりに

本稿では、著者がこれまで取り組んできた研究をベースとして、リンゴの新梢伸長促進を目的としたジベレリンの活用法について紹介した。これから現場で使用可能になるというタイミングであるため、できるだけ使用局面や注意点がイメージできるように、薬害

への注意点など、多少経験的な内容等も含めて解説した。一方、実際的な利用を想定した部分については、カラムナー性品種の話が中心となったため、使用時のイメージに結びつけにくい部分もあると思う。ただ、当年生接ぎ木苗への効果（馬場ら 2022）をみれば、非カラムナー性リンゴでも大苗育成や樹冠拡大等、同様に利用できる可能性は高いと考えられる。カラムナー性品種とは異なり、副梢への作用はフェザー苗の育成にも活用できると考えられ、サイトカイニンとの混合施用によりフェザー数を増加させられることも報告されている（Okada *et al.* 2024）。最近表面化している苗木不足といった諸問題に立ち向かう一助として本技術が活用・発展されていくことを期待したい。

引用文献

- 馬場隆士ら 2022. ジベレリンペーストによる当年生リンゴ苗の新梢伸長の促進効果. 園芸学研究 21(2), 149-156.
- 馬場隆士ら 2024. カラムナー性をもつリンゴ盛岡 74 号において当年生苗へのジベレリン施用が翌年の新梢伸長と花芽形成に及ぼす影響. 園芸学研究 23(1), 1-6.
- Okada, K. *et al.* 2020. Columnar growth phenotype in apple results from gibberellin deficiency by ectopic expression of a dioxygenase gene. *Tree Physiology* 40(9), 1205-1216.
- 岡田和馬 2022. 省力樹形として期待されるリンゴのカラムナー性のメカニズム. 植調 56(8), 215-218.
- Okada, K. *et al.* 2024. Repeated applications of a mixture of gibberellin A3 and 6-benzyladenine increase the feather number on apple nursery trees in the current year of grafting. *The Horticulture Journal* 93(1), 33-41.
- 守谷友紀ら 2023. カラムナータイプリンゴ盛岡 74 号の V 字栽培方式に適した幼木期管理の検討. 園芸学研究 22(2), 155-162.