

トマト早期果実の維管束形成における塩ストレスの影響

岡野 美聡（筑波大学生物学類）

指導教員：岩井 宏暁（筑波大学生命環境系）

【背景・目的】

植物は動物と異なり、移動することができないため、生育過程で環境による多くの脅威に直面する。植物の生育を阻害する非生物ストレスの一つである塩ストレスは、浸透圧ストレスとイオン毒性の二つの要因を引き起こす。浸透圧ストレスは水ポテンシャルの低下によって水利用効率が低下する現象であり、イオン毒性は塩のイオンが植物に有害な影響を及ぼすことである。これらの影響により、植物の生育や代謝に支障が生じる。トマト果実においては、塩ストレスが引き起こす浸透圧ストレスにより水分含有量が減少し、果実の拡大速度が低下することが報告されている。さらに、塩ストレス条件下で栽培されたトマト果実では、収量の低下や果実サイズの減少といった生育阻害が観察され、農業作物としての収穫量や品質に大きな被害をもたらす。果実サイズの減少には、果実成長が維管束を通じて供給される水量などに依存していることが関係している。

トマト果実は被子植物であり、受粉を契機に子房が果実へと変化する。果実は果実形成過程と果実成熟過程を経て発達する。着果から成熟前段階（Mature Green ステージ：MG）までを果実形成過程と呼び、この間に急激な細胞分裂と細胞肥大が進行し、果実サイズが増加する。MG以降は果実成熟過程とされ、色の変化や細胞壁分解による果実の軟化が起こる。この過程では果実の大きさは変化しないため、果実サイズの変化を理解するには、細胞分裂と細胞肥大が進行する果実初期形成過程における維管束の形成を解析する必要がある。

トマト果実に供給される水分の約 75%は維管束を通じて運ばれることが明らかになっている。塩ストレスは維管束の発達を阻害する要因として広く知られているが、一方で塩ストレス下において果実の頂端側で発達した維管束が観察されることや、塩ストレスが活性酸素を発生させ、それが維管束の発達を誘導する可能性が示唆されている。このように、塩ストレスは維管束の発達を抑制するだけでなく、促進する要因としても作用する可能性がある。しかし、果実初期形成過程における維管束の発達が塩ストレス下でどのように変化するのかについては、依然として十分に解明されていない。

本研究では、果実初期形成過程における維管束形成が塩ストレスによってどのように変化するかを明らかにすることを目的として研究を行った。

【材料・方法】

栽培・サンプリング方法

トマト（品種：Micro Tom）を 24℃のインキュベーター内で水耕栽培した。水に濡らした濾紙にトマト種子を滅菌播種し、子葉が出た後、ロックウールに植え替えた。塩処理は花が咲き始めた時点で花を全て落としてから開始した。徐々に濃度を上昇させることで馴化させ、最終的に塩濃度は 150 mM になるように水耕液を調整した。サンプリングは、開花直後の日数（Days post anthesis

以下、DPA と略す）を、1 DPA、3 DPA、5 DPA、および開花直前の -1 DPA に着目して、実験に用いた。

BF-170 による道管細胞の二次細胞壁の可視化

BF-170 (Sigma-Aldrich) は、20 mM の濃度で DMSO に溶解し、ストック溶液を作成した後、-20℃ で保管した。使用時には、このストック溶液を 1:2000 に希釈し、基部を切断した -1DPA、1DPA、3DPA、5DPA の果実の切断面に投与した。その後、GFP フィルターを用いて蛍光顕微鏡により観察を行った。

【結果・考察】

道管細胞の二次細胞壁を高感度で標識できる BF-170 (Nurani AM et al. 2020) を用い、果実初期形成過程における維管束形成の観察と塩ストレスの影響の調査を行った。

コントロール条件下では、受粉前の -1DPA において、果実の輪郭を形成する子房周縁部で二次細胞壁の強いシグナルが確認された。また、受粉直後の 1DPA では、子房周縁部に加え、内部で胚珠に伸びる網状のシグナルが強く観察された。これらの結果から、受粉前は果実の果皮となる子房周縁部の維管束形成が促進され、子房から果実へ転換する初期形成過程においてサイズ拡大の準備が整えられていることが示唆された。さらに、受粉直後には胚珠につながる維管束形成が促進され、これにより胚珠での種子形成に必要な無機栄養が供給されている可能性が考えられる。

一方、塩ストレス条件下では、受粉前の -1DPA および受粉直後の 1DPA において、コントロール条件で観察された子房周縁部および内部のシグナルが確認されなかった。塩ストレスによる浸透圧ストレスが引き起こす水分含有量の減少が、受粉前後という極初期段階から果実形成に強い影響を及ぼしていることが示唆された。

果実が肥大し始める 3DPA および 5DPA の観察では、コントロール条件下では内部の二次細胞壁のシグナル以外はほとんど観察されなかった。一方、塩ストレス条件下では、子房周縁部に二次細胞壁の強いシグナルが確認され、これはコントロール条件の -1DPA と類似したパターンであった。この結果から、果実の肥大が始まる時期において、コントロール条件下では新たな維管束形成が活発ではない一方、塩ストレス条件下では 3DPA 時点でコントロール条件より遅れて果実初期形成過程におけるサイズ拡大の準備が進行している可能性が示唆された。

本研究により、受粉前後における維管束形成の動態と塩ストレスによる維管束形成の遅延が明らかとなった。この結果は、果実形成過程における塩ストレスの影響が受粉前後という極初期段階から現れることを示している。

【引用文献】

Nurani AM et al. (2020) Plant & cell physiology 61(2) 255–264