

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K08016

研究課題名(和文)恣意的にホルモンバランスを崩した異種間接ぎ木によるトマト高糖度化

研究課題名(英文)A technique for producing high sugar content in tomatoes by disrupting the hormonal balance between scion and rootstock

研究代表者

松嶋 卯月(Matsushima, Uzuki)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：70315464

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文): 外生のオーキシンを穂木に与え、根量変化を調査したところ、オーキシン投与区と対照区には有意差はなかった。逆にオーキシンの過剰が台木根量の減少要因と仮定し、オーキシン輸送阻害剤を投与し対照区と比較したところ、ナス台トマトナス穂木区において、投与区と非投与区に有意差はなかった。すなわち、オーキシン過剰によって、ナス台トマト穂木における根量の縮小は、オーキシンの過剰によるものではない。一方、すべてのトマト穂木の苗では、オーキシン輸送体の阻害でみられる形態変化を示した。ナス穂木とトマト穂木に対するオーキシン輸送体の阻害に差が生じたことから、ナスとトマトのオーキシン輸送のシステムは異なると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ユニークな糖度トマトの生産方法としてトマト穂木をナス台木に接ぐことで高糖度トマトを生産する方法が試みられている。本研究では、ナス穂木とトマト穂木に対するオーキシン輸送体の阻害に差が生じたことから、ナスとトマトのオーキシン輸送のシステムは異なることを明らかにした。すなわち、穂木によって台木に対するホルモン輸送システムが異なって根量に変化し、それによる地上部の水ストレスが高糖度トマトを生産させる。従って、将来的に、まずオーキシン輸送システムを調査し、仕組みが異なる台木と穂木を選択することによって、さらなるトマト果実の高糖度化を目指すことが可能となる。

研究成果の概要(英文): When we investigated root volume changes in scion plants treated with exogenous auxin, there were no significant differences between the auxin-treated and control areas. Conversely, when an auxin transport inhibitor was administered and compared with the control, there was no significant difference between the treated and non-treated areas in the eggplant stand and tomato scion areas, assuming that excess auxin was the cause of the reduction in root mass of the rootstock. In other words, the reduction in root mass of eggplant peduncle tomato scions due to auxin excess was not caused by auxin excess. On the other hand, all tomato scion seedlings showed the morphological changes seen in the inhibition of auxin transporters. The difference in auxin transporter inhibition between eggplant and tomato scions suggests that the auxin transport systems of eggplant and tomato are different.

研究分野：栽培施設学

キーワード：トマト果実の高糖度化 接ぎ木不親和

1 研究開始当初の背景

灌水制限や養液栽培の培養液濃度を高めることで、高糖度トマトを生産する技術は広く知られ、普及している。一方、ユニークな方法として1990年代には四日市市などの農家らによってトマト穂木をナス台木に接ぐことで高糖度トマトを生産する方法が試みられていた。それに先行して大塚はトマト、トウガラシ、チョウセンアサガオ等の間で接ぎ木を試み、トウガラシは他のナス科との接ぎ木に親和性がないこと、トマト台木で穂木が最も早く育つこと、接ぎ木をした植物はカルシウム欠乏を起こしやすいことなどを明らかにした。さらにOdaらは、ナスの台木にトマトを接ぐことで高糖度トマトが得られるが収量が低下することを解明し、その原因は接ぎ木部の不親和による通水性の低下であると説明した。それに対し、著者らはナス台木とトマト穂木、および、前者の逆のトマト台木とナス穂木の接ぎ木を行い、ナス穂木に接いだトマト台木の根の乾物重は自根トマトの根に比べて2倍に肥大し、トマト穂木に接いだナス台木の根の乾物重は自根ナスの1/3に萎縮する結果を得た。一方、接合部の通水抵抗は、トマト台木ナスのほうが、その逆の組み合わせよりも遙かに大きかった。すなわち、ナス台木に接いだトマトにおける果実糖度上昇および生長抑制は、接合部の不親和が主因ではなく、根の萎縮による吸水減少に伴う水ストレスが原因であった。著者らは、根の生長に必要な茎頂で生成されるホルモンの作用が異種間接ぎ木によってアンバランスになり、根量の変化が引き起こされると考えた。すなわち、穂木によって台木に対するホルモンの作用が異なって根量が変化し、その結果、地上部の水ストレスが変わる。従って、ホルモン作用を栽培目的に合うよう変化させる台木と穂木の組み合わせを選べば、果実糖度を高めることもできるし、糖度は下がるが収量を高めることもできる。

2 研究の目的

本研究では、異種間接ぎ木において、穂木が生来つくりだすオーキシシンと、台木が本来受けるオーキシシンとのアンバランスにより、根量がどの程度変化(萎縮・肥大)するのか、その変化のメカニズムについて解明した。本論は、まず、第1節でオーキシシン投与が異種間接ぎ木の穂木、台木のアンバランスに与える影響について述べる。次に、第2節で、第1節とは逆にオーキシシン輸送阻害剤を異種間接ぎ木に投与した結果を述べる。また、第3節で異種間接ぎ木における根の量とその水供給能力について、植物にかかる水ストレスの発生要因から調査を行った結果について述べる。

3 研究の方法

(1) トマト穂木へのオーキシシン投与がナス台木の生長に与える影響

穂木台木間で種や品種が異なる接ぎ木を行うと、組織癒合が不完全になる接ぎ木不親和がおこり、水ストレスが生じるとされている。Odaらは、ナス台木にトマト穂木を接ぐことで起こる水ストレスで、果実糖度が増加することを明らかにした。一方、新井らは、ナスとトマトの異種間接ぎ木により、トマト穂木ナス台木では根の萎縮が、ナス穂木トマト台木では根の肥大が起こるとした(2015 果実糖度の増加に関与する異種間接ぎ木でみられた根の萎縮には、頂部や葉で生産され、不定根形成に関与する植物ホルモンであるオーキシシンが関与すると考えられる。そこで、トマト穂木が接がれたナス台木にとって、穂木から与えられるオーキシシンが過剰なのか、不足なのかを明らかにするため、穂木部にオーキシシンを与えることで根の生育等に生じる影響について調査した。トマト'麗夏'とナス'千両二号'はそれぞれ、本葉が出始め、1段目の本葉が出揃った後、接ぎ木を行い、養生後、実験に供試可能な苗を選別した。接ぎ木の組み合わせは、トマト穂木とナス台木(ナス台トマト)、トマト穂木とトマト台木(供台トマト)、自根トマトとした。処理区には全9回のオーキシシン投与を行い、トマトに出蕾が認められた後に栽培を終了した。本実験ではオーキシシン処理としてIAA区に250 μ M、対照区に0 μ Mの異なるオーキシシン濃度をもつ2処理区を設け、それぞれの処理区に対して、ナス台トマト、供台トマト、自根トマト、の苗をそれぞれ1本ずつ用意し、2反復で実験を行った。植物ホルモンのオーキシシン的一种であるインドール酢酸(IAA)を投与するオーキシシンとして用いた。投与するオーキシシンはIAAを溶質にジメチルスルホキシド(DMSO)を溶媒にし、濃度が対照区でDMSOのみの0 μ M、IAA区で250 μ Mになるように調整した。投与する頻度は3日おきとし、1回あたり10 μ L/個体をマイクロ

シリンジで、接ぎ木の部位から約 2 mm 上の穂木部に投与した。投与した IAA 溶液が植物内に注入されたことを確認するため、染色液のメチレンブルーを IAA 投与時と同じように投与し、投与部位の直下部断面を光学顕微鏡で観察した。栽培期間中は、草丈、SPAD 値をそれぞれ週に 2 回測定した。栽培終了後は、植物試料の地上部の生体重と乾物重、根域の乾物重を測定した。

(2) 穂木にオーキシン輸送体阻害剤を投与が台木根の形態に与える影響

異種間接ぎ木の穂木にオーキシンを投与しても、異種間接ぎ木における根の形態変化に影響を及ぼさないことが明らかになった。そこで本節では、穂木にオーキシン輸送体阻害剤を投与することで人工的にオーキシン輸送を妨げ、根の形態がどのように変化するか調査した。供試植物であるナス‘千両二号’の播種、トマト‘麗夏’は本葉第一葉が出揃った後、接ぎ木を行った。オーキシン輸送体阻害剤として 1-ナフチルフタラミン酸 (NPA) を与えた。NPA 投与は全 9 回を行い、投与により生長が停止した苗が確認された時点で栽培を終了した。本実験では処理区として NPA 区に濃度 3 μ M, 10 μ M, 対照区に濃度 0 μ M の 3 処理区を設け、それぞれの処理区に対して接ぎ木区としてトマト自根、ナス自根、供台トマト、供台ナス、ナス台トマト、トマト台ナスの苗を用意し 3 反復で実験を行った。NPA を投与する頻度は 3 日おきとし、一回の投与量を 10 μ L/個体とした。マイクロシリンジで接ぎ木苗の場合、接ぎ木部から約 2 mm 上の穂木に、自根苗の場合は初生葉から約 2 mm 上に投与した。栽培期間中、NPA 投与と同日に草丈、SPAD 値、莖径を測定し、栽培終了後に根の長さ、根の生体重と乾物重、地上部の生体重と乾物重、不定根の数、生体重、乾物重を測定した。

(3) 異種間接ぎ木で生じる水ストレス発生要因の解明

トマトおよびナスの異種間接ぎ木においては、オーキシン輸送システムが異なるために根の生長に齟齬が生じることが明らかになった。本説では、通導組織の複雑化と根の萎縮が、異種間接ぎ木における植物体内の水移動を調査することで、異種間接ぎ木で生じる水ストレスの発生要因について調査した。供試植物であるナス‘千両二号’およびトマト‘麗夏’は、本葉第一葉が出揃った後接ぎ木を行った。処理区は、異種間接ぎ木のナス台トマト (T/N)、トマト台ナス (N/T)、同種間接ぎ木の共台トマト (T/T)、共台ナス (N/N)、対照区として自根トマト (TO)、ナス (NO) の 6 つの組み合わせを用意した。栽培期間の 3 日に 1 度、草丈、莖径比、気孔コンダクタンスを測定した。栽培終了前日に天秤法を用いて蒸散量を測定した。栽培終了後は、根から接ぎ木部上部までの木部圧ポテンシャル、接ぎ木部分の通水抵抗、試料植物の地上部と地下部の生体重と乾物重を測定した。気孔コンダクタンス、蒸散量、根圧の測定前、環境調節チャンバーで設定温度 25 $^{\circ}$ C、暗期 17 時間後、植物栽培用 LED 照明 (VGL1200) を 30 分照射し測定を行った。

4 研究成果

(1) トマト穂木へのオーキシン投与がナス台木の生長に与える影響

ナス台トマトにおける根の乾物重は、供台トマトおよび自根トマトにおける根の乾物重と比べ萎縮した (図 1)。また、IAA を与えたナス台トマトにおける根の乾物重は対照区の乾物重とほぼ同じであった。しかし、IAA を与えた供台トマトにおける根の乾物重は対照区と比較して重くなり、自根トマトでは軽くなった。つまり、トマト穂木へのオーキシン投与は、ナス台木の根に起こる萎縮を止めることはなく、一方で、供台トマトの根には肥大、自根トマトの根には萎縮の変化を与えた。IAA を与えたナス台トマトについて、地上部の乾物重は、対照区の乾物重と変わらず (図 2)、その生育は、供台トマト、自根トマトよりも遅かった。一方で、IAA を与えた供台トマトおよび自根トマトの乾物重は、対照区と比較して重くなった。すなわち、穂木部にオーキシンを投与したにも関わらず、ナス台トマトにおける地上部の生育はほとんど促進されなかった。一方で、供台トマトおよび自根トマトでは穂木部へのオーキシン投与で生育が促進された。

本実験の結果では、ナス台トマト穂木に 250 μ M のオーキシンを投与しても台木の根や穂木の生長に影響は見られなかった。一方で、供台トマトおよび自根トマトは 250 μ M のオーキシンを投与すると、根や穂木の生長が変化した。仮に、トマト穂木とナス台木の接ぎ木不親和による影響で台木に届くオーキシンが不足し、ナス台木の根が萎縮

したならば、過剰なオーキシンを与えられた根は対照区よりも生長するはずであるが、そのナス台木の根の大きさは対照区と変わらなかった。また、穂木にオーキシンを投与したにも関わらず、ナス台に接ぎ木したトマト穂木にも影響が見られなかった。つまり、ナス台トマトの異種間接ぎ木における根の萎縮は、台木に届くオーキシンが不足しているためではないと考えられる。十分な量のオーキシンが与えられているにも関わらず、根の萎縮が起こる要因としては、オーキシン過剰による根の生育阻害、および、トマトとナスでオーキシントランスポーターが異なるためオーキシン輸送が行えないことが考えられるが、今後さらに台木の根が萎縮するメカニズムを解明する必要がある。

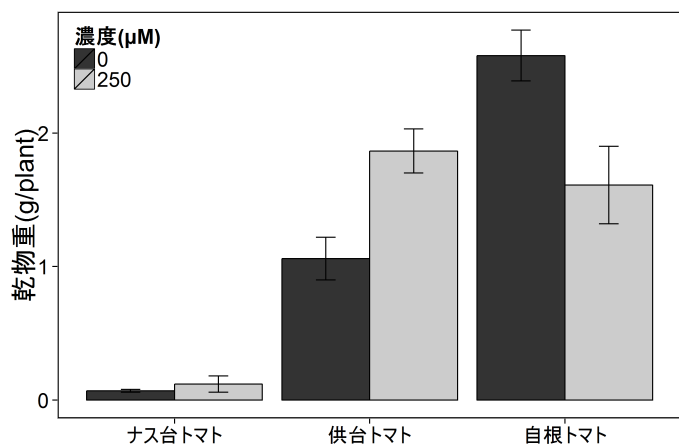


図 1: IAA 投与が根の乾物重に与える影響

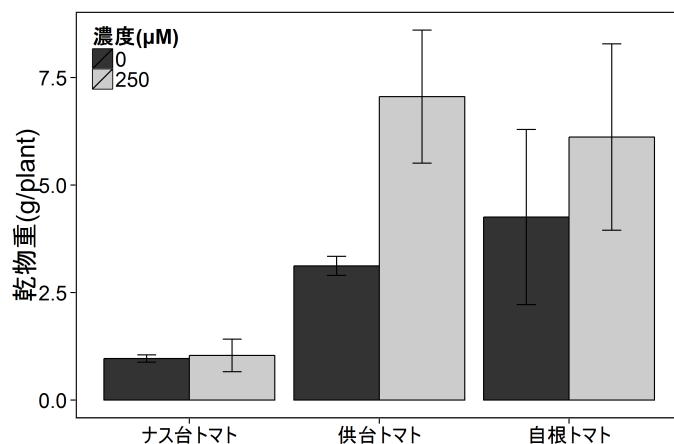


図 2: IAA 投与が地上部の乾物重に与える影響

(2) 穂木にオーキシン輸送体阻害剤を投与が台木根の形態に与える影響

オーキシン輸送体の阻害で植物に表れる形態変化は三つ知られている。一つ目はオーキシン不足による根の生長抑制である。トマト穂木をもつすべての接ぎ木区とナス自根の NPA10 μ M 区における根の乾物重は、対照区と比較し有意に減少した。対して、供台ナス、トマト台ナスにおける根の乾物重は、対照区と NPA 区に有意差が生じなかった。二つ目はオーキシン蓄積による地上部の矮性化である。トマト穂木をもつすべての接ぎ木区において NPA10 μ M 区における地上部の乾物重は、対照区と NPA10 μ M 区で有意な差が生じた。一方、ナス穂木をもつすべての接ぎ木区の地上部の乾物重には有意な差が生じなかった。三つ目は不定根形成の抑制である。トマト自根と供台トマトの穂木の接ぎ木区において、NPA10 μ M 区の不定根数は対照区と比較し、その発生が抑制された。しかし、ナス台トマトとナス穂木をもつすべての接ぎ木区で NPA10 μ M 区と対照区に変化は表れなかった。ナス穂木をもつ接ぎ木区ではオーキシン輸送体の阻害でみられる形態変化はほとんどみられなかった。一方で、トマト穂木の苗では、すべての項目でオーキシン輸送体の阻害でみられる形態変化を示した。これは、トマト穂木のオーキシン輸送体は NPA により阻害されたことを示す。したがって、ナス穂木とトマト穂木に対するオーキシン輸送体の阻害に差が生じたことから、ナスとトマトのオーキシン輸送のシステムは異なっていると考えられ、異種間接ぎ木により穂木-台木間のオーキシン輸送が異常になることで根の形態変化が生じると示唆された。

(3) 異種間接ぎ木で生じる水ストレス発生要因の解明

ナス台トマトと、自根トマトの通水抵抗には有意差は見られなかった(図3)。一方、トマト台ナスの通水抵抗は、他の実験区より有意に高かった。全乾物重当たりの蒸散速度では、各区画に違いはみられなかった。これより、ナス台トマトの蒸散要求量はトマト自根と同程度であり、蒸散要求量は植物体の大きさに影響を受けていたと考えられる。一方、ナス台トマトにおける地下部乾物重当たりの蒸散量は、ナス自根よりも有意に大きく、単位重さ当量で考えるとナス台トマトのほうがナス自根よりも、根の吸水能力が高いことが予想された。また、ナス台トマトの台木における木部圧ポテンシャルは、他の区画よりも低い傾向がみられた(図4)。以上より、ナス台トマトでは地上部の蒸散要求量はトマト自根と同等であるが、根量が少ないため地下部の木部圧ポテンシャルが低下した。すなわち、異種間接ぎ木で生じる水ストレスの発生要因は通水抵抗の増大ではなく根量の減少である。

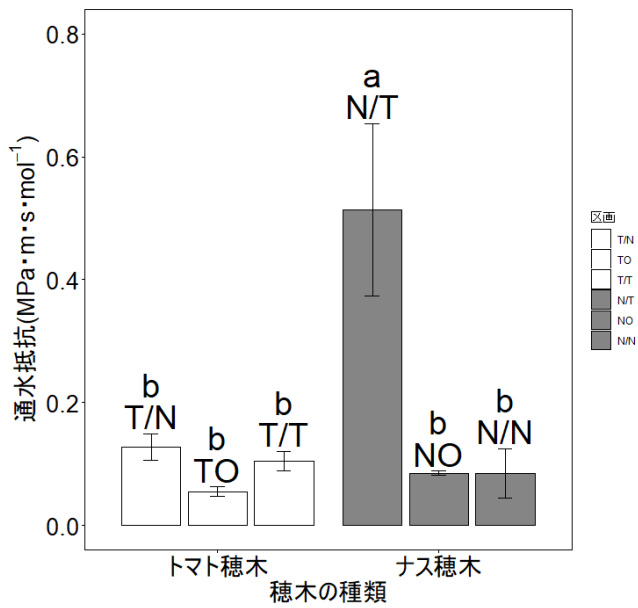


図 3: 接ぎ木部の通水抵抗

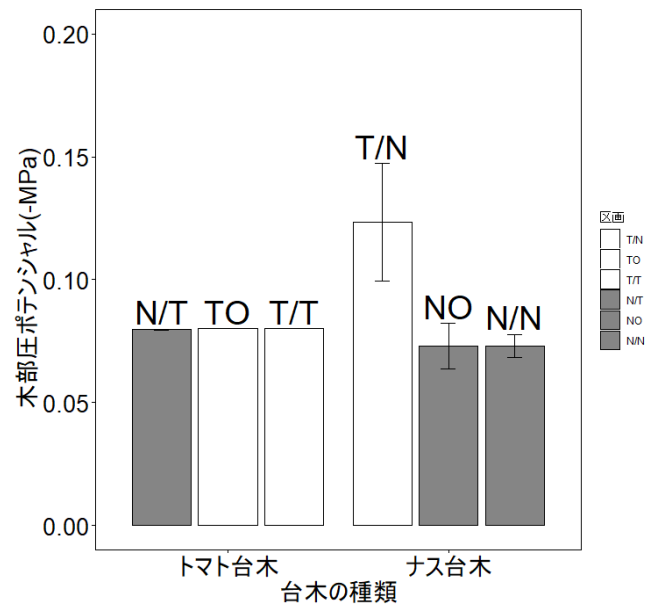


図 4: 木部圧ポテンシャル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松嶋卯月, 佐藤文佳, 庄野浩資
2. 発表標題 赤外線および重水トレーサを用いた植物細胞内における水移動可視化
3. 学会等名 日本農業気象学会2020年全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松嶋卯月
2. 発表標題 トマトとナス相互の接ぎ木がそれぞれの果実糖度に与える影響
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会合同大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------