水耕栽培条件下における酸化型グルタチオンの
ミニトマト初期成長への影響

堀　蒼太

要旨

本研究では、水耕栽培条件下において酸化型グルタチオン （GSSG） がミニトマトの初期成長に及ぼす影響を検証した。GSSG を 3.3×10^{-5} mol/L で添加した区と無添加区を比較し、草丈、葉数、根長などを測定した。その結果、草丈や根長に大きな差は見られなかったが、処理区では分枝数の増加および葉色の濃化が確認された。これより、GSSG の成長促進効果は栽培環境によって現れ方が異なり、水耕条件下では地上部の形態形成に影響を与える可能性が示唆された。

キーワード：水耕栽培・酸化型グルタチオン・抗酸化物質

Ⅰ. はじめに

植物は光合成やミトコンドリアでのエネルギー代謝の過程で電子が酸素に漏れることで活性酸素を生成する。この活性酸素は毒性があるため基本的に植物にとって有害であり、SOD(スーパーオキシドディスムターゼ)によって O_2^- は H_2O_2 に変換され、H_2O_2 はアスコルビン酸グルタチオン回路によって無毒化される。しかし、小川(2002)によってグルタチオンはただの抗酸化物質ではなく、成長に関わる酵素の制御因子として働くことが示された。また、小川(2012)の実験で GSSG(酸化型グルタチオン)処理を行うことで根系の顕著な発達を含む成長促進効果が見られた。成長促進効果は、グルタチオンが光合成においてカルビン回路を活性化させたことによる影響であると示された。

そこで、根を発達させる必要性の少ない水耕栽培ではグルタチオンによるカルビン回路の活性化の効果が根ではなく葉や茎に向かい、より効果的な成長促進が見られるのではないかと考え、この論文では水耕栽培でグルタチオンがどのような効果を示すのか実験を行い考察することを目的とする。

Ⅱ. 手法

２つの水耕栽培用ポットを用いて、酸化型グルタチオンの投与の有無で対照実験を行う。使用する植物は市販のミニトマト(学名:Solanum lycopersicum 品種:プレミアムルビー)を使用する。また、栽培にあたって肥料としてハイポネックスジャパン社の園芸用液体肥料「ハイポネックス原液」を 500 倍希釈した。トマトの栽培にあたってカリウムが不足する可能性があったので KCl を先の液体肥料 1L あたり 0.16g 足したものを共通の栽培液として用いた。2025/10/23 に種を水に播種し発芽させ、13 日後から肥料を用いた栽培に切り替えた。この時点から、片方のポットの養液に GSSG を 3.3×10^{-5} mol/L になるように与え、一週間ごとに栽培液の入れ替えを行う。このとき投与する GSSG の量は先行研究に基づき、効果が見られるであろう量として設定した。次の栽培液の交換までの一週間の間は、根が乾燥しないよう水のみを足して水量を維持する。ポット一個あたり 8 株から途中で２株間引きを行い、最終的にポット一個あたり 6 株に調整した。光量は平均 3330 lux の光を 12 時間光を当てて、12 時間光を当てないのを繰り返した。

実験結果は以下の通りである。

III. 結果

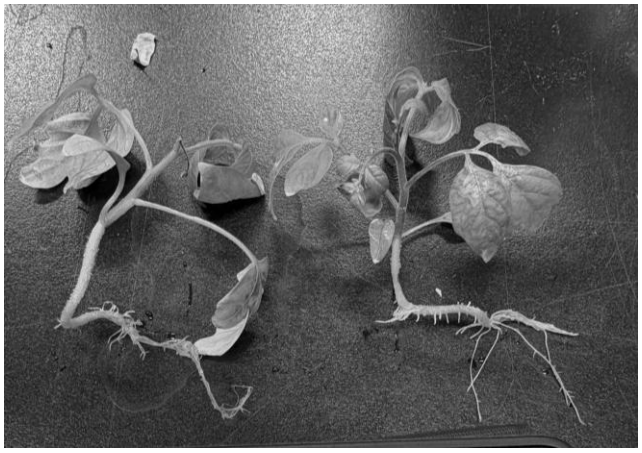
2025/10/23 から 2025/12/18 まで栽培し記録を行った。グルタチオンを使用した場合もしていない場合もどちらも開花、結実には至らず、成長の比較のみを行った。
下の表は葉の枚数の変化をまとめたものである。
上部の記録がグルタチオン処理区、下部の記録が

日付	株数	総枚数	平均枚数	標準偏差(枚)
11月25日	8	77	9.6	記録なし
12月4日	8	103	12.9	2.7
12月18日	6	86	14.3	3.4
11月25日	8	62	7.8	記録なし
12月4日	8	72	9	1.4
12月18日	6	55	9.2	1.5

対照区である。

表 1

また、2025/12/3 時点で根の長さを除く草丈を測定した。グルタチオン処理区の平均の草丈は 7.5cm、対照区の草丈の平均値は 7.3cm であった。標準偏差は 1.77cm と 1.02cm でグルタチオンを使用した場合はばらつきが少し大きいことがわかる。最大値は 10cm と 9cm である。
また、下の画像は 2025/12/18 に間引きした個体の画像を比べたものだ。画像 1 はグルタチオンを使用した個体で、画像 2 は使用していない個体である。画像の画角はほぼ同様で、画像 2 のグルタチオンを使用していない個体の方が大きさが小さいことがわかる。



画像 1



画像 2

根の長さ自体には、ほとんど差が見られなかった。他に、グルタチオン処理区の個体の方が分枝回数が多い傾向にあり、対照区と比べてクロロフィル含量増加を示唆する濃緑化傾向が見られた。
実験より、以上の結果を得ることができた。

IV. 考察

本実験では、水耕栽培条件下における GSSG の成長促進効果の検証を行った。グルタチオンは植物細胞内で活性酸素を除去する抗酸化物質として働くだけでなく酵素の活性を調節する役割を持つことが知られている。特に、光合成においてカルビン回路の酵素は酸化還元反応による細胞内のレドックス状態の変化に伴って活性が変化するため、GSSG を投与したことで細胞内のレドックス状態が変化し光合成効率が高まった可能性がある。
葉の色が濃く観察されたことはクロロフィル量の増加を示していると考えられる。光を吸収する色素であるクロロフィルが増加することで光合成での光エネルギーの吸収能力が上がり光合成速度の上昇に繋がったのではないかと考えられる。また、クロロフィル分子には窒素が含まれていて、クロロフィル量が多いことは同時に窒素同化の活性化、つまり代謝の活性化を示している可能性がある。したがって、分枝回数の増加は光合成でより多く生成された糖が側枝成長に使われているた

め、と結びつけて考えられる。
次に、根の長さに明確な差が見られなかったという点で、グルタチオンによる成長促進効果が作用するのは環境依存である可能性がある。先行研究では GSSG 処理区の根系の顕著な発達が見られていた。土壌では養分や水分が不均一であり根をより多く伸ばすことが重要であるが、水耕栽培では基本的に養分は均一であるため探索の必要性が低く根を伸ばす必要も低くなる。そのため、GSSG によって増加した同化産物は根の発達ではなく側枝の分化に向けられたと考えられる。これによって GSSG がただの酵素の活性化による成長促進効果だけではなく資源配分の変化に影響を与える可能性があることが示唆できる。
例えばトマトのように地上部に収穫物があるタイプの植物の栽培では、GSSG の使用により根に分配される栄養素の分配割合を減らし果実に分配される割合を増やすことも可能かもしれない。
ただし、本研究では個体数が限られており統計的な有意差検定を行っていない。また、光合成速度やクロロフィル量を直接測定して居ないため、作用機構については推測の段階にとどまってしまう。さらに 3330 lux という光量がトマトの栽培として十分であったか、GSSG の効果の発揮に影響はなかったかという点でも検討の余地がある。
GSSG が光合成の活性化をもたらすならそれに伴って必要となる光量も増加している可能性があるからだ。
今後の研究で明らかにできる点としては、GSSG 濃度を複数段階に分けて実験を行う、葉緑素量や乾燥重量の測定を行うことでより定量的な考察ができるだろう。また、水耕栽培と土壌栽培を同じ条件下で行えばグルタチオンが根系と地上部どちらに強く影響するのか明確にできると考えられる。光条件の変更を行なって実験を行うことで GSSG の効果が光強度に依存するかどうかも検証できるだろう。
また初期成長のみではなく実際に開花・結実にあたってどのような影響が出るかという点が最も検証する余地があると考えられる。

V. 結論

本研究では水耕栽培条件下における酸化型グルタチオン(GSSG)のミニトマト初期成長への影響を調べた。その結果、草丈や根長には大きな影響は見られなかったが分枝数の増加や葉色の濃化が確認された。これより、GSSG は水耕条件下において根よりも地上部の成長に影響を与える可能性が示唆された。

謝辞　市川学園生物科教員の皆様、実験・研究へのご協力誠にありがとうございます。

文　献

小川健一(2002)：活性酸素で植物が元気に成長する 抗酸化物質グルタチオンの新機能
小川健一(2012)：グルタチオン農業