

【研究報告】

イチヨウ剪定枝を用いたトマトの養液栽培に関する研究

小原廣幸¹・歌川尚彦¹・赤柴皓太¹・村田祥一¹・佐々木智丈¹・菅野 樹¹・植松駿太¹・櫻井博基¹

要 約

現在、養液栽培において広く普及しているロックウールが、無機質であり使用後の処理が困難であるため、環境負荷の少ない有機質の代替培地が必要となっている。持続的農学の観点から、現在、多くが廃棄または焼却処分されているイチヨウの剪定枝に注目し、粉碎した剪定枝の代替培地としての可能性について検討した。

本実験より得られた給液プログラムは、剪定枝を粉碎したイチヨウチップを大塚ハウスSA処方EC2.0, pH5.6の養液に浸漬処理し、プラスチックプランターの8割ほど充填する。本葉が2枚以上の苗を1プランターに2株ずつ等間隔に定植する。定植後にEC2.0, pH5.6に調整した養液を給液する。定植から約2週間、株元に1株あたり11.9 ml/日を給液する。第1花房開花まで株元に1株あたり71.4 ml/日、第2花房開花まで株元に1株あたり166.6 ml/日を給液、第3花房開花まで株元に1株あたり333.2 ml/日を給液、第4花房開花まで株元に1株あたり499.8 ml/日を給液する。このプログラムで栽培することにより糖度が高く、収量の多い、高品質なトマトの生産が可能になると考えられた。

イチヨウチップ培地を用いたトマト栽培では、本研究より提案した給液プログラムの成長段階に合わせた給液により使用する培養液の量を削減し、生産コストを低くおさえることができる。また、余剰液を出さないことで環境負荷を減らし、糖度が高い高品質なトマトを持続的に生産することができると考えられる。

キーワード：養液栽培，イチヨウ剪定枝，イチヨウチップ，高糖度トマト，給液プログラム

緒言

世界人口の増加にともない農地が増加するため、限られた投入量で食料を生産する独自のシステムが必要である (Khan, 2018)。養液栽培は、土以外の培地あるいは無培地で隔離床を用いて大地と離れた状態で、作物の生育に必要な養分を水に溶かした液状肥料を培養液として与えて栽培する方法である (小川, 1996; 加藤, 2002; 小川, 2012)。この栽培方式を用いることによって、根の張る土壌条件と無関係に、あるいは土のないところでも、栽培が可能となる (遠藤, 2000)。培養液を閉鎖系で管理すれば、肥料や水分の利用効率を高められ、環境負荷を軽減することも可能で持続的な食料生産をおこなうことができる (池田, 2002; 西尾, 1983)。養液栽培は設置コストが高いが、水や作物の不足している地域でも多くの人々を養う能力があり、世界のどこにでも適応できることから、この技術が、食糧問題を解決する重要

な役割を果たすと考えられる。

養液栽培の固形培地耕で最も多く利用されているロックウールは、化学的に不活性で成分の溶出や吸収が少なく、緩衝能がないことや保水力が高く、水は作物が吸収しやすい状態にあることなどが特徴である (Tanaka and Yasui, 1992; Terabayashi et al., 2004)。ロックウールは、普及するにつれ使用済みロックウールの廃棄処理の問題が顕在化し (深山ほか, 2004; 岩崎, 2005; 岩崎・三枝, 2001; 飯村ほか, 2001; 佐々木・長根, 2002)、ロックウールにかわる培地が求められるようになってきた。

全国の街路樹本数は、2017年3月31日現在で約670万本で (飯塚・舟久保, 2019)、全国の樹種別本数では、最も多いイチヨウは54万本で、東京都では、街路樹で一番多く植樹されている (藤原ほか, 2004)。景観保持のための剪定により大量に発生する街路樹のイチヨウの剪定枝は、堆肥化されるなど、有効利用する事業が各地で広まりつつあるが (藤原, 1986; 袴田, 1998; 邑瀬ほ

¹ 玉川大学農学部環境農学科 東京都町田市玉川学園6-1-1
責任著者：小原廣幸 koharahi@agr.tamagawa.ac.jp

か、2004)、多くは産業廃棄物として処理されている。街路樹のイチオウの剪定枝は、培地資材として一定供給が可能な資材で、持続的農業における未利用資材の可能性あることから、本大学ではロックウールに替わる代替有機培地とし研究を進めてきた。

養液栽培の固形培地耕では天然有機系培地の粒状の資材として、もみ殻やオガクズが用いられる(加藤, 2006)ことから、玉川学園内に植栽されているイチオウの街路樹の剪定枝を石川造園の工場(東京都町田市小野路町)にてオガクズに加工して使用した。イチオウオガクズ培地におけるトマトの生育は、初期生育不良が見られた(小原ほか, 2010; 山路ほか, 2010)。これはロックウールとイチオウオガクズ培地の保水性の違いによる水分ストレスが原因であるとした(小原ほか, 2011)。また、イチオウオガクズは未発酵の新鮮な有機物であるために、窒素飢餓による生育不良(妹尾, 2001; 田近, 1993; 佐藤, 1985)も、もう一つの原因と考えられた。

イチオウオガクズ培地の培養液濃度を高いEC 1.2 mS/cmで栽培したところ、窒素飢餓の影響が少なく初期の生育不良が改善する傾向が見られた(小原ほか, 2012)が、給液回数を増やすことによる改善はできなかった(小原・宮林, 2013)。培地内の硝酸態窒素濃度は、定植後3週目のイチオウオガクズ培地で下がっていた(小原・宮林, 2013; 福井・小原, 2014)ことから、培養液濃度を定植時から第1花房開花までEC 2.5 mS/cmにすることで、窒素飢餓を最小にし、肥料コストを下げるができた(福武・小原, 2015; Lemaire, 1996)。

イチオウオガクズ培地においては、培養液濃度を高くすることによって窒素飢餓を改善し、高品質なトマトを作出することができた。循環式の栽培装置は養液を循環させるための配管や培地に傾斜が必要となるが、掛け流し式であれば養液を戻す配管が不要で、構造は簡単になる。培養装置を簡略化するために培養液の循環式から掛け流し式に変更し、給液時間1日あたり3分にして、余剰液を少なくすることで、より高品質な高糖度トマト化(Munns, 2002; Shahnaz et al., 2008; 村松, 1999)することがわかった(小原・大川, 2023)。

高品質なトマトを栽培するためにイチオウオガクズを用いた養液栽培として環境負荷を最小限にする栽培方法を確立するため、かつ、装置が複雑な循環式から経費コストが低く抑えられる掛け流し式への検討が必要である。このことから、イチオウオガクズ培地での給液方法と給液濃度について検討し、その結果を基に循環式から栽培装置のシンプルな掛け流し式を導入するための培養

液の濃度と給液回数について検討した。また、掛け流し式から発生する余剰液は、環境に負荷をかけることとなるため給液時に培地から出る余剰液をださない給液方法を検討した。剪定枝を特殊な加工をして入手していたイチオウオガクズは、普及しにくいことから、より入手しやすくするために剪定枝を粉碎するチップパーによって加工したチップへの変更の可能性を検討した。

材料および方法

培養装置、供試したトマト品種、測定方法、分析方法等については実験1～3まで共通とした。栽培装置については、プランターの勾配が1/40になるように4列設置した。装置は雨樋(三菱大型雨樋U-230 4000×230×250 mm)を土台にし、雨樋の中に白黒ダブルマルチを敷き、マルチの上に支柱(2.1 m×2本)を置き、最後にプラスチックプランター(60×18×18 cm)の順で設置した。プラスチックプランターは、排水口を従来のより上に設定し、培養液がプランターの底に溜まる湛液プランターにした。培養液槽(75 ℓ)から培養液をポンプ(レイシー水陸両用ポンプRSP-10A レイシー株式会社)で培養液槽から汲み上げ供給するようにした。培養液は大塚SA処方培養液を用い、pHは5.2に調節した。

定植後は、トマトの株元に培養液槽のポンプにつながっている給液チューブ(エバーフローA型 三井化学プラスチック株式会社)を設置し、白黒ダブルマルチで覆った。培養液は、培養液槽からポンプで給液チューブを経て培地に供給され、余剰液がプランターの排水口から流れ出て余剰液用バケツにたまるようにした。温室内の最低温度は18℃以上になるように管理し、窓側は25℃、天窓は25℃で開閉するようにした。

供試品種はパーミキュライトを詰め湿らせた128穴セルトレーに、ハウス桃太郎または桃太郎ピースを播種した。灌水は底面灌水で行い、発芽前は農業用水、発芽後は大塚ハウスSA処方EC 0.5 mS/cm, pH5.8に調整した培養液を使用した。1処理区当たり1プランター2株植え、1列(6プランター)に12株定植した。栽培管理は5段支立てとし、摘花は行わず、交配は花を揺らして受粉させた。生育調査は1週間ごとに行い、莖長と葉数を測定した。各株で花房ごとに結果数を4果以下になるように摘果をした。果実は、9割ほど赤くなった完熟したものを随時収穫した。

収穫した果実は、果重、縦径と横径を測定した。品質調査は各果房の第1果の硬度、果肉厚、硬度、Brix糖度、

酸度とした。硬度は、果実硬度計（FR-5105: Lutron）を用いて赤道面を無作為に3か所測定し平均した。果肉厚は果実の赤道面を輪切りにして3か所選り測定した。

Brix糖度は、トマト果実をデジタル屈折糖度計（ポケット糖度計PAL-1:株式会社アタゴ）で測定した。酸度は、0.01Nの水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定を行い、滴定量をクエン酸含量に換算した。各障害果率は、全収穫果実から障害果を種類ごとに計測し、各処理区の株数で割ったものを使用した。商品化率は50 g以上の果実が含まれる割合を示した。収穫終了後の茎径は、第1果房、第3果房、第5果房の直下を葉の葉緑素含有量は、第3果房直下の葉を葉緑素計（SPAD-502: コニカミノルタ株式会社）で3回測定し平均した。葉と茎の新鮮重と乾物重は、株を葉、茎、根に分けて測定した。

栽培期間中、コナジラミ、葉カビ病、ウドンコ病、ハモグリバエ、スス病が見られたため、ディアナ、オーソサイド、ダコニール1000、ハチハチ乳剤を適宜散布した。

実験1 イチヨウオガクズを用いた循環式養液栽培とトマトの生育

1) 培養液の給液回数がトマトの生育に及ぼす影響

イチヨウオガクズ培地における第一花房開花期以降の給液回数を調査するために、給液回数をかえて生育に及ぼす影響を調査した。2017年3月18日に本葉が5枚になった苗を定植し、生育初期の第一花房開花期までの培養液の給液は4回とし、給液時間は1回15分間給液、培養液濃度EC 2.0 mS/cm, pH5.8に調整し、循環式とした。

第一花房開花期以降の培養液濃度をEC 1.0 mS/cm, pH5.8に調整し、給液回数を変更した。給液回数は4回、3回、2回、2回に分け、処理区は、給液時間、循環式と掛け流し方でイチヨウ4回区、イチヨウ3回区、イチヨウ2回区、かけ流し区とした。イチヨウかけ流し区については1回の給液量を培地内に保持できずに流れでくる余剰液を量るため、イチヨウ2回区と同様の栽培方法とした。

実験2 イチヨウオガクズを用いた掛け流し式養液栽培とトマトの生育

1) 培養液の給液時間および給液回数がトマトの生育に及ぼす影響

イチヨウオガクズ培地における1日あたりの給液回数が確定してきたが、1回あたりの給液量を変更することにより1日あたりの給液回数を変更し循環式と掛け流し式の可能性を検討した。1日あたりの給液時間を同じに

して給液回数と給液量を変更して調査した。定植は2018年3月9日に行い、発芽後本葉2～3枚程度まで生育した苗を用いた。第1果房開花期までの培養液濃度はEC 2.0 mS/cm, pH5.8に調整した。

第1花房開花期以降は、培養液濃度をEC 1.0 mS/cm, pH5.8に調整し、全ての区で1日の総給液時間を6分とし、給液量が同じになるように溜めなし区、手動灌水区、1分6回区、2分3回区の4処理区を設置した。溜めなし区では培養液を溜めない通常プランターに給液時間1分、給液回数を6回に設定、1分6回区では溜めた湛液プランターに給液時間1分、給液回数を6回に設定、2分3回区では溜めた湛液プランターに給液時間2分、給液回数を3回に設定した。

培養液の使用量を量るため、じょうろを使い1プランターずつ余剰液が出ないように灌水する手動灌水区を設置した。手動灌水区には溜めた湛液プランターを用いて、約5 cmほどに切ったホースをプランター内に立てて固定し、プランター内に培養液が溜まっているかを確認するようにした。また、培地内に保持できず流れ出る余剰液を量るため、手動灌水区以外の処理区は4月13日の第1花房開花期以降に余剰液測定用のバケツを設置し、かけ流し式へ変更した。

2) 培養液の濃度と給液量がトマトの生育に及ぼす影響

イチヨウオガクズ培地における給液時間と給液回数の組み合わせを検討した。定植は2019年3月25日に行い、発芽後本葉3～4枚程度まで生育した苗を使用した。第1花房開花期までは給液回数4回、給液時間15分とした。培養液濃度はEC 2.0 mS/cm, pH5.8に調整した。

第1花房開花期以降も培養液濃度をEC 2.0 mS/cm, pH5.8で維持し、給液時間と給液回数を変更した。処理区は1分4回区、2分2回区、1分6回区、2分3回区とし、全処理区において培養液を溜める湛液プランターで掛け流し式に変更した。培地内に保持できず流れ出る余剰液を量るため、全個体で第1花房開花が確認し4月26日に余剰液測定用のバケツを設置した。

3) 培養液の濃度が余剰液量およびトマトの品質に及ぼす影響

イチヨウオガクズ培地における培養液濃度が余剰液量に及ぼす影響を検討した。2020年3月上旬に本葉2～3枚ほどで行い、循環式の培養液濃度はEC 2.0, 掛け流し式では2.0, 3.0, 4.0 mS/cmに調整し、pHは5.8になるようにした。給液回数は1日4回とした。給液時間は1回

につき1分間で行い、初期から栽培終了まで同じECで栽培し作業の省略化を目指した。

実験3 イチョウチップを用いた掛け流し式養液栽培と果実品質の関係

1) イチョウチップのサイズとトマトの生育

イチョウオガクズからイチョウチップに変更し生育の可能性について検討した。実験1および2のイチョウオガクズは石川造園の工場（東京都町田市小野路町）でイチョウの剪定枝をオガクズ状に加工したものを使用していた。しかし、機械の老朽化によって入手が困難になったことと培地を容易に得るために、剪定枝を処理するときに用いられているチップパー（共立シュレック KS80-4 新興和産業株式会社）や小枝粉碎機（粉碎プロ N-813 ニシガキ）でチップを作成したものを温室で乾燥させてイチョウオガクズの代替培地として用いた。

チップサイズは、大、中、小の3段階とした（表1-1）。給液回数は1日4回、給液時間は各1分とした。また、チップサイズの大は、保水性が劣る可能性があったので給液回数を1回増やした1日5回区を加えた。培養液濃度はEC 2.0, pH5.8に調整したものを給液した。イチョウチップは、EC 2.0, pH5.6の養液で浸漬処理した、このチップをプランターの8割ほど充填させて使用した。2021年3月15日に本葉が2枚以上になった苗を定植した。

2) イチョウチップを用いた栽培における給液量とトマトの生育

過去の報告と実験1～3の結果を考慮したイチョウチップ培地を用い、養液管理をトマトの生育ステージによって変更し、余剰液がでない環境負荷を低減した栽培プログラムを検討した。

2022年3月11日に本葉が2枚以上になった苗を定植し、培養液濃度をEC 2.0, pH5.6に調整し給液した。給液は、成長に合わせて量や回数をかえた。3月11日から余剰液が出なくなった3月24日まで、株元にジョウロで全処理区に1ℓを週1回給液した。3月25日から余剰液が出なくなった4月10日まで、株元にジョウロで全処理区に6ℓを週1回給液した。

4月11日から余剰液が出なくなった4月25日まで、全処理区を1日に1回、1回あたりの給液時間を1分で総給液量を1日に約2ℓ培養液槽からポンプで給液するように設定した。4月26日から余剰液が出なくなった5月1日まで2回区、3回区、4回区を1日に2回、1回あたりの給液時間を1分で総給液量を1日に約4ℓとした。5月

2日から5月11日まで3回区、4回区を1日に3回、1回あたりの給液時間を1分で総給液量を1日に約6ℓとした。5月12日以降から4回区を1日に4回、1回あたりの給液時間を1分で総給液量を1日に約8ℓとした。処理区は最終的に給液回数が1日1回になる区を1回区、1日2回になる区を2回区、1日3回になる区を3回区、1日4回になる区を4回区と設定した。

結果

実験1 イチョウオガクズを用いた循環式養液栽培とトマトの生育

1) 培養液の給液回数がトマトの生育に及ぼす影響

栽培期間中の培養液は3月20日～4月18日までEC 2.0 mS/cmとしたため、培養液内のECはおおよそ1～2.0 mS/cmを示していた。5月初旬からはEC1.0 mS/cmにしたので、5月から栽培期間終了までおおよそEC 1.0 mS/cmとなった。

茎長は、各処理区とも5月初旬まで同様に伸長をしたが、5月初旬以降は差が見られた。葉数は4月～5月まで、各処理区とも同様に増加した。栽培終了後の生体重量と乾物重量は、葉部と茎部ともにイチョウ4回区、イチョウ3回区、かけ流し区、イチョウ2回区の順に重かった（表2-1）。各処理区の果実の糖度はイチョウ2回区で6.3%となったが、かけ流し区とイチョウ3回区には有意差がみられず、イチョウ4回区は最も糖度が低かった（表2-2, 2-3）。

栽培期間中のかけ流し区の余剰液量は、栽培初期から6月中旬にかけて減少傾向にあったが、7月7日～7月24日にかけては増加傾向を示した。5月8日には、余剰液が13ℓと最も多く、6月5日には0ℓになる時も見られた。

実験2 イチョウオガクズを用いた掛け流し式養液栽培とトマトの生育

1) 培養液の給液時間および給液回数がトマトの生育に及ぼす影響

1株の1日あたりの培養液使用量は、栽培期間中0.3ℓ～0.8ℓの間を推移し、処理区間にも差が見られなかった。余剰液量は5月下旬までは全処理区で0.3ℓ～0.6ℓの間を推移し差は見られなかった。それ以降、溜めなし区と1分6回区に0.3ℓ～0.9ℓで推移し増加傾向が見られ、2分3回区では0.1ℓ～0.6ℓで推移し減少傾向が見られた。1株当たりの1日の手動灌水量は、5月の初旬まで0.1ℓ～0.4ℓを推移し増加傾向が見られたが、それ以

降は減少し0.1ℓ～0.2ℓで推移した。

茎長は4月25日以降に溜めなし区、1分6回区、2分3回区で同様の推移し、手動灌水区との間に大きな差が見られた。生体重は葉部、茎部ともに、溜めなし区で最も重く、1分6回区、2分3回1分6回区、2分3回区、手動灌水区の順に大きくなった（表3-1）。果実の縦径は、溜めなし区の第1、4、5果房で最も大きく、第2、3花房では1分6回区が最も大きくなった。横径は、第1、2花房では溜めなし区が最も大きく、第3、4、5花房では1分6回区が最も大きかった。横径も縦径と同様に給液時間が1分6回の処理区で大きくなる傾向が見られた（表3-2）。糖度は糖度が7以上にはならなかったが、手動灌水区で最も高く、溜めなし区、1分6回区、2分3回区となったが差は見られなかった（表3-3）。

2) 培養液の濃度と給液量がトマトの生育に及ぼす影響

1株当たり1日の培養液使用量は、栽培期間中約0.2～0.6ℓで推移した。余剰液量は5月以降に1分4回区および2分2回区で0ℓとなり、栽培終了（7月31日）まで維持した。1分6回区の余剰液量は7月27日に1度だけ0ℓとなったが、栽培終了には約0.5ℓであった。2分3回区の余剰液は5月上旬に0ℓとなり、同下旬まで維持した。

茎長はかけ流し式に切り替えた4月26日以降に処理区間にわずかに差が見られたが、全処理区で同様に推移した（表4-1）。栽培終了時には、2分3回区、1分4回区、2分2回区、1分6回区の順に長くなった。果実重は全花房において1分6回区が最も重くなり、1分4回区では最も低くなった（表4-2）。果実のゼリー部の糖度は2分2回区の第1と第5果房、1分6回区の第5果房、2分3回区の第2果房にて高糖度トマトの指標である糖度7以上となった。果肉部の糖度は2分2回区の第2と第5果房で糖度7以上となった。最も高かったのは、2分2回区の第1果房ゼリー部の7.3と2分2回区第2果房果肉部の7.1であった（表4-3）。

3) 培養液の濃度が余剰液量およびトマトの品質に及ぼす影響

余剰液量は、EC4区で4月17日に、EC2区とEC3区で4月28日から6月25日まで0ℓになった。7月24日にEC2区とEC3区では約5ℓまで増加し、EC4区では14ℓとなった。生育終期にはEC2区とEC3区では1ℓ以下、EC4区では7.5ℓまで減少した。6月25日以降にはEC4区は、他のかけ流し区よりも多くなった。

茎長はEC2c区が最大となり、EC4区が最小になった

（表5-1）。茎の新鮮重量はEC2c区が最大となり、EC3区が最小になったが、大きな差は無かった。EC2c区では166.4gで最も重くなったが、他の区との有意差はみられなかった。乾燥重量はEC2c区が最大となり、EC3区が最小となった。葉の新鮮重量はEC2c区が最大となり、EC2区で最小になった。EC2c区とそれ以外の区の間には、有意差が認められた。

果実重はEC2区が100.5gで最大となったが、すべての区で有意差が見られなかった（表5-2）。糖度はEC4区が最大の8.0となり、EC2区が最小の6.5となった。EC2c、EC2、EC3区の間では有意差が見られなかったが、EC4区と他の区の間には有意差が見られた。循環式養液で栽培したEC2c区は、かけ流し式養液栽培で栽培した区よりも生育速度が速くなったが、循環区とかけ流し区で果実品質の差はみられなかった。しりぐされ果の発生量は、循環式養液で栽培したEC2c区での発生量が圧倒的に多くなった。余剰液はEC2区とEC3区が少なくなり、糖度はEC4区とEC3区で糖度が7%以上となった。

実験3 イチョウチップを用いた掛け流し式養液栽培と果実品質の関係

1) イチョウチップのサイズとトマトの生育

主茎の新鮮重量は大5回給液区と大4回給液区で有意差があり、最も重かったのも大5回給液区であり、最も軽かったのは大4回給液区であった。葉の新鮮重量も主茎と似たような傾向が見られた。主茎と葉の乾物重には有意差はみられなかった（表6-1）。

着果数は中4回給液区が最も多く、小4回給液区が最も少なかったが、処理区間に有意差は見られなかった。商品果率は大4回給液区と中4回給液区で有意差が見られた。果実重量の第1花房は、小4回給液区が最も重く、中4回給液区が最も軽くなり、有意差が見られなかった。全体的な傾向として第3花房を除いて、花房が上がるにつれて果実重量が減少する傾向が見られた（表6-2）。糖度は全体的な傾向として、上位段になる度に糖度も上昇する傾向がみられ（表6-3）、小4回給液区が最も高く、大4回給液区が最も低くなった。

2) イチョウチップを用いた栽培における給液量プログラムとトマトの生育

茎長は、1回区が5月上旬に他の処理区よりも短い傾向がみられ、5月下旬に3回区と4回区が2回区よりも伸長し、4回区の草丈が最も長くなった。葉数は、全ての処理区間で6月上旬まで増加傾向がみられ、4回区が最

も多い26枚となった。栽培終了時の各花房直下の莖径の長径と短径では、1回区、2回区、3回区の長径では第1花房と第5花房が細く、第3花房が太い傾向が見られた。4回区で、第1花房が太く、次に第3花房が太く、第5花房が最も細い傾向が見られた。新鮮重量では4回区が最も重く、1回区が最も軽く有意差が見られた（表7-1）。

果実重量と縦径、横径は4回区が最も大きく、次に3回区、1回区と2回区が小さく有意差が見られた（表7-2）。糖度は1回区が最も高く、4回区が最も低く、酸度は第1花房の1回区と3回区が高く有意差が見られた（表7-3）。着果数は4回区が最も多く、1回区が最も少なく有意差が見られたが、商品果率では有意差が見られなかった。

考察

イチヨウオガクズを用いた循環式養液栽培

莖長と葉数は4月～5月までの間、各処理区同じような推移を示した。栽培期間中のかけ流し区における余剰液量は、栽培初期から6月中旬にかけて減少傾向にあったが、7月に入り増加傾向を示していた。各処理区の果実の糖度はイチヨウ2回区で6.3%となり、かけ流し区とイチヨウ3回区には差がみられなかった。イチヨウ4回区は最も糖度が低かった。莖長や葉数から、窒素飢餓による生育不良は本実験ではみられなかった。

このことから、栽培初期の定植から1カ月間における培養液濃度EC 2.0 mS/cmによる栽培は可能であり、窒素飢餓を改善できると考えられる。トマトの生育段階に応じて給液回数や給液量を制限し、摘心後はさらに制限した給液回数でも栽培は可能であると考えられる。糖度では給液量が少ない処理区で糖度が高くなったことから、余剰量の低減ならびに高糖度化トマトの生産システムを確立できると考えられる。余剰液の低減と果実生産を考慮した場合、イチヨウオガクズ培地では1日3回、1回あたり2分の給液が最も良いと考えられる。

イチヨウオガクズを用いた掛け流し式養液栽培とトマトの生育

培養液の給液時間及び給液回数の実験では、湛液プランターを用いて過去の研究より最適とされた給液時間2分、給液回数3回の条件を基に給液の時間を短く多頻度で行う栽培を行なった。生体重量は葉部、莖部ともに、栽培終了時に1分6回区、2分3回区、溜めなし区、手動

灌水区の順で大きくなった。糖度は糖度7以上の高糖度トマトを作ることではできなかったが、手動灌水区で最も高く、溜めなし区、1分6回区、2分3回区で差は見られなかった。タイマー灌水では1日1株当たり0.8ℓの給液であり、栽培期間中の余剰液は0.3ℓ～0.6ℓで安定していた。また、水分ストレスによる植物体への影響は見られたが強い萎れは確認されなかった。余剰液が低減でき、生育も最も良かった2分3回区0.3ℓ～0.6ℓに給液量を生育ステージにともない変える掛け流し式栽培が適していると考えられる。

培養液の濃度と給液量の実験では、総給液時間4分、6分、次に給液回数を2回、3回、4回、6回行う栽培を行った。本研究では1分4回区と2分2回区にて余剰液量を持続的に0ℓにできた。収量では2分3回区が最も多く、生育では1分4回区、2分2回区、1分6回区、2分3回区となったが有意差は見られず、2分2回区で余剰液が最少であった。糖度は7以上の高糖度トマトを作ることができ、2分2回区が最も高かった。しかし、2分2回区は商品果率が最も低かった。1分4回区は処理区間において糖度、商品果率が2番目に高くなったが、余剰液量は2番目に少なかったことから、余剰液量（環境への負荷）、糖度（嗜好性）、商品果率（生産性）を総合的に考慮した結果、1分4回給液するのが最も生育に良いと考えられる。

培養液の濃度と余剰液量の実験では循環式のEC 2.0 mS/cmのEC2c区と、かけ流し式のEC 2.0, 3.0, 4.0 mS/cmに調整した4処理区で行った。余剰液はEC2区とEC3区が少なくなり、糖度はEC4区で糖度が8付近になり、EC3区は糖度が7付近となった。標準的なトマトの糖度は5～6である。EC3区は高糖度トマトを生産しつつ余剰液量を抑えることができた。高糖度トマトの生産と余剰液の低減、安定した商品果の生産を目的としてトマトを栽培する際には、かけ流し式養液栽培で培養液をEC 3.0 mS/cmに調整し給液回数を4回に給液時間を1分に調整するのが良いと考えられる。

イチヨウチップを用いた掛け流し式養液栽培と果実品質

培地チップサイズをチップーと小枝粉碎機を用いて大処理区、中処理区、小処理区の3処理区で栽培を行った。全ての処理区で給液時間を1分、給液回数を1日4回で給液した。大処理区は、1回の給液時間を1分、給液回数を1日4回の大4回給液区と給液回数を1日5回の大5回給液区で実験を行った。莖長は大5回給液区以外の処

理区で同じ傾向がみられ、葉数は5月中旬まで増加傾向が見られた。5月中旬から6月上旬にかけて葉数の大幅な増加は見られなかった。

着果数にも処理区間で有意差は見られなかったが、中4回給液区が最も多く、小4回給液区が最も少なかった。商品果率は中4回給液区と中4回給液区で有意差が見られた。中4回給液区が最も大きく中4回給液区が最も低くなった。糖度は全体的な傾向として上位段になると糖度も上昇する傾向が見られた。処理区間では小4回給液区が最も高く、中4回給液区が最も低くなった。Brix糖度は過去の研究のものより高くなったが、これは培地チップのサイズを変更したこと、給液回数を制限したことでトマトに有効的に水ストレスをかけられたことが大きな要因と考えられる。培養液についてもEC 2.0 dS/cmと比較的高い濃度であったので、塩ストレスもかかっていたと考えられる。

糖度が高かった処理区は小4回給液区だったが、その次に高かった中4回給液区でも第1花房以外で糖度7以上であり、商品果率も中4回給液区の方が9%以上高かった。余剰液についても中4回給液区が最も少なかったことから、総合的にチップサイズが中粒の培地に1日あたりの4回給液、給液時間を1回あたり1分にするのが最も良いと考えられる。

イチオウチップを用いて高品質なトマトを栽培するための生育段階によって給液量をプログラムし、余剰液を最低限にするように給液量を調整し、トマトの生育を調査した。加えて、高品質なトマトを生産するために必要な給液量を、成長段階に合わせて調査した。処理区は最終的に給液回数が1日1回になる区を1回区、1日2回になる2回区、1日3回になる3回区、1日4回になる4回区に設定した。

ハウス促成栽培における高糖度化の栽培では、茎の太さを12 mm以下にする必要がある。本実験の栽培終了時の各花房直下の茎径の長径と短径では、12 mm以上にはならなかったことから良好の生育をしていたと考えられる。果実重量と縦径、横径は4回区が最も大きく、次に3回区、1回区と2回区となった。糖度は1回区が最も高く、4回区が最も低くなった。着果数は4回区が最も多く、1回区が最も少なくなったが、商品果率では有意差がみられなかった。このことから、給液回数が多くなると、果実重量と縦径、横径が大きくなり、着果数が増え、糖度が低くなる。しかし、給液回数が少なくなると、果実重量と縦径、横径、着果数が小さくなり、糖度が高くなることがわかった。糖度が高く、収量の多い3回区が、高

糖度の高品質なトマトの生産に適していると考えられる。

本研究のイチオウオガクズ培地に用いた循環式の栽培では、給液回数が1日3回で1回あたり2分の給液でトマトの栽培が可能となった。循環式から培養装置の簡略化した掛け流し式でも1日3回で1回あたりの給液時間が2分でも高糖度化を進めることができた。掛け流し式では余剰液は環境負荷をかけることから、高品質である高糖度を維持した管理方法として、培養液をEC 3.0 mS/cmにし給液回数を4回に給液時間を1分にすることで達成することができた。イチオウをオガクズに加工するには特殊な機械が必要となり、より簡易的にできるチップをもちいたチップによる栽培では、チップサイズが中粒の培地に培養液の濃度をEC 2.0 mS/cm、1日あたりの4回給液、給液時間を1回あたり1分にするのが最も良いことがわかった。

これらの結果を基にしたイチオウチップをもちいた養液栽培の生育ステージにあわせた培養液の管理プログラムは以下のとおりである。イチオウチップを事前に培養液濃度をEC 2.0、pH5.6の培養液に浸漬処理し、プラスチックプランターの8割ほど充填させる。本葉が2枚以上になった苗を1プランターに2個体ずつ等間隔に定植する。定植後、培養液槽に大塚ハウスSA処方EC 2.0、pH5.6に調整し給液する。定植から2週間程、株元に1株あたり11.9 ml/日を給液する。次に、第1花房開花まで株元に1株あたり71.4 ml/日を給液する。次に、第2花房開花まで株元に1株あたり166.6 ml/日を給液する。次に、第3花房開花まで株元に1株あたり333.2 ml/日を給液する。次に、第4花房開花まで株元に1株あたり499.8 ml/日を給液する。

イチオウチップ培地で、成長段階に合わせた給液をすることで、使用する培養液の量が減ることは、コストを低くおさえられる。余剰液が出ないので環境負荷を与えず、環境にも優しい。加えて本研究より提案した給液プログラムを用いれば、水ストレスを与えることで、余剰液を減らした糖度が高い、高品質なトマトを生産できると考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くの学生が卒業研究に従事し、多大なるデータを収集してくれた学生諸氏に感謝する。またこの実験をスタートとするにあたって玉川大学農学部農場の有山浩司、山路利英技術指導員には大変お世話になった。ここに感謝申し上げる。総合生物環境コース、生物環境システム学科、持続的農学領域の

学生ならびに教員のみなさまには、常に協力いただいたことに厚くお礼申し上げます。

文献

- 遠藤由紀夫. 2000. 複合営農における養液栽培の導入についての2, 3の考察. 新潟県農業総合研究所研究報告書. 2: 49-62.
- 藤原俊六郎. 1986. 街路樹の剪定屑の堆肥化について. 神奈川県農業総合研究所研究報告 128: 67-80.
- 藤原宣夫, 山岸裕, 田中隆, 新島啓司, 中居恵子. 2004. 剪定管理が都市緑化樹木のCO₂固定に与える影響に関する考察. 日本緑化工学会誌 29(1): 45-50.
- 福井一樹, 小原廣幸. 2014. イチヨウオガクズ培地を用いた循環式養液栽培における培養液の初期濃度がトマトの生育におよぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 21(1): 41-42.
- 福武心, 小原廣幸. 2015. イチヨウオガクズ培地を用いた閉鎖型循環式養液栽培における培養液の濃度がトマトの生育に及ぼす影響について. 農業生産技術管理学会誌 22(1): 19-20.
- 袴田哲司. 1998. 街路樹枝条粉碎物を利用したきのこ栽培. 静岡県林業技術センター研究報告 26: 1-10.
- 飯村勉, 武井昌英, 小山田勉. 2001. イチゴ高説採描法におけるモミガラ培地適応性. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 9: 9-16.
- 池田秀男. 2002. 養液栽培の新マニュアル. 誠文堂新光社. 東京. pp.48-49.
- 飯塚康雄, 舟久保敏. 2019. 全国の街路樹における種類と本数の現況と推移. 樹木学研究 23(2): 110-111.
- 妹尾哲史. 2001. 土壌の反応. 土壌学概論. 株式会社 朝倉書店, 東京. pp.37-50.
- 岩崎泰永. 2005. 固形培地の理化学性と作物の生育, 養液土耕と液肥・培地管理. 株式会社. 博友社. 東京. pp.29-64.
- 岩崎泰永, 三枝正彦. 2001. 培養液のNO₃N/NH₄N比がやし穀繊維を培地とする循環式養液栽培における培養液組成とトマトの生育・収量に及ぼす影響. 土壤肥料学雑誌 72(2): 214-222.
- 加藤俊博. 2002. 養液栽培の新マニュアル. 誠文堂新光社. 東京. pp.14-26, 220-227.
- 加藤俊博. 2006. 特集 養液栽培用培地 養液栽培の各種培地とその特性. ハイドロポニック 20(1): 19-29.
- Khan, F.A. 2018. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. Internal Journal of Agriculture, Environment and Food Science 2 (2): 59-66.
- 小原廣幸, 宮林彩智子. 2013. イチヨウオガクズを用いた循環式養液栽培における培養液の給液回数がトマトの生育に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 20(1): 39-40.
- 小原廣幸, 大川達也. 2023. イチヨウオガクズ培地を用いた閉鎖型非循環式養液栽培における培養液の給液時間がトマトの生育におよぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 30(1): 50-51.
- 小原廣幸, 山路利英, 綾部可穂. 2011. 環式養液栽培におけるイチヨウオガクズ培地への定植時の灌水がトマトの生育に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 18(1): 38-39.
- 小原廣幸, 山路利英, 水橋桃子. 2010. 循環型養液栽培におけるイチヨウ, クスノキの剪定枝オガクズ培地がトマトの生育に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 17(1): 22-23.
- 小原廣幸, 山路利英, 山田麻人. 2012. イチヨウオガクズ培地を用いた循環式養液栽培における培養液の濃度がトマトの生育に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 19(1): 36-37.
- Lemaire, F. 1996. The problem of the biostability in organic substrates. In International Symposium Growing Media and Plant Nutrition in Horticulture 450: 63-70.
- 深山陽子, 米山裕, 衣巻巧, 土屋恭一. 2004. トマト循環式養液栽培におけるロックウール代替培地としてのもみがらの検討. 神奈川県農業総合研究所研究報告 (145): 27-33.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.
- 村松安男. 1999. 高品質・高糖度のトマトづくり—低水分管理のしくみと実際—. 一般社団法人 農山漁村文化会. 東京. pp.10, 24-25, 63.
- 邑瀬章文, 江波戸宗太, 米林甲陽, 安井輝雄. 2004. 整枝剪定クズ堆肥化物を培地として野菜の栽培. 日本緑化工学会誌 30(2): 428-430.
- 西尾道徳. 1983. 連作障害の発生について. 日本土壌肥料学雑誌 54: 64-73.
- 小川茂男. 1996. 養液栽培の手引き. 誠文堂新光社. 東京.
- 小川雄一. 2012. 養液栽培のすべて. 誠文堂新光社. 東京.
- 佐々木和也, 長根誠二. 2002. バラ養液栽培におけるロックウール代替培地の比較. 東北農業研究. 55: 251-252.
- 佐藤駿. 1985. 木質物の堆肥化過程の解析と木質系堆肥の熟度の基準値策定に関する研究. 林業試験場研究報告 334: 53-146.
- Shahnaz, S., Y. Kiriwa, M. Endo, S. Uchino and A. Nukaya. 2008. Possibility of High Soluble Solid Content Tomato Production under Water Stress Conditions Controlled by Matrix Potential. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 77. (3): 251-258.
- 田近克司, 高野了一, 水口吉則. 1993. 樹皮の土壌改良材としての利用(第2報) 農業用高品質広葉樹パーク堆肥の製造. 富山県林業技術センター木材試験場研究報告 7: 49-56.
- Tanaka, K., Yasui, H. 1992. Studies on practical application of rockwool culture for fruit vegetables. Bulletin of the National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea A5:1-36.
- Terabayashi, S., I. Muramatsu, S. Tokutani, M. Ando, E. Kitagawa, T. Shigemori, S. Date and Y. Fjime. 2004. Relationship between the Weekly Nutrient Uptake Rate during Fruiting Stages and Fruit Weight of Tomato Grown Hydroponically.

Journal of the Japanese Society for Horticultural Science
73(4): 324-329.
山路利英, 小原廣幸, 安田友美. 2010. 循環式養液栽培にお

けるイチヨウ, クスノキのオガクズ培地が2作目のトマト
栽培に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会誌 17(1): 24
-25.

表1-1. イチヨウオガズ培地を用いた循環式栽培における培養液の給液回数がトマトの生体重量及び乾物重量に及ぼす影響

処理区	生体重量(g)		乾物重量(g)	
	葉部	茎部	葉部	茎部
イチョウ4回	167.2 ± 68.9 *a**	119.9 ± 50.2a	28.8 ± 6.4a	22.0 ± 4.5a
イチョウ3回	140.7 ± 52.1 ab	107.4 ± 34.2a	23.5 ± 8.8b	18.3 ± 9.0ab
イチョウ2回	96.5 ± 39.0 b	84.0 ± 29.9a	15.8 ± 4.4c	13.4 ± 4.2b
かけ流し	111.7 ± 54.8 ab	93.6 ± 34.9a	18.2 ± 5.9bc	15.8 ± 4.9ab

*平均±標準偏差

**Tukey検定の多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表1-2. イチヨウオガズ培地を用いた循環式栽培における培養液の給液回数が果実重および大きさに及ぼす影響

処理区	着果数(個)	1果実重(g)	縦径(mm)	横径(mm)
イチョウ4回	26.4 ± 11.3 *a**	77.1 ± 12.5a	43.2 ± 2.5a	51.7 ± 2.5a
イチョウ3回	23.6 ± 12.8 a	70.6 ± 10.9a	42.8 ± 1.9a	49.2 ± 3.3a
イチョウ2回	16.2 ± 11.8 a	63.4 ± 24.7a	41.1 ± 6.8a	47.6 ± 8.1a
かけ流し	21.4 ± 12.9 a	73.4 ± 16.5a	43.6 ± 2.8a	50.8 ± 4.7a

*平均±標準偏差

**Tukey検定の多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表1-3. イチヨウオガズ培地を用いた循環式栽培における培養液の給液回数がトマトの果実品質に及ぼす影響

処理区	Brix糖度(%)	硬度(kg)	果肉圧(cm)	酸度(%)
イチョウ4回	5.3 ± 0.32 *b**	0.8 ± 0.06a	3.7 ± 0.59a	0.58 ± 0.18a
イチョウ3回	5.9 ± 0.28 ab	0.9 ± 0.08a	3.9 ± 0.65a	0.64 ± 0.21a
イチョウ2回	6.3 ± 1.07 a	0.8 ± 0.04a	3.3 ± 0.31a	0.69 ± 0.23a
かけ流し	5.9 ± 0.26 a	0.7 ± 0.06a	3.6 ± 0.18a	0.62 ± 0.28a

*平均±標準偏差

**Tukey検定の多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表2-1. イチヨウオガズ培地を用いた非循環式養液栽培における培養液の給液回数および給液時間が生体重と乾物重に与える影響

処理区	生体重(g/株)		乾燥重(g/株)	
	葉部	茎部	葉部	茎部
溜めなし区	235.9 ± 29.2 *a**	137.3 ± 13.1a	48.9 ± 3.9a	27.9 ± 2.2a
手動灌水区	24.0 ± 26.4 c	40.1 ± 11.2c	5.6 ± 3.4c	8.3 ± 1.9c
1分6回区	153.8 ± 25.3 b	104.0 ± 11.4ab	29.6 ± 3.4b	21.1 ± 1.9b
2分3回区	150.5 ± 25.3 b	102.0 ± 11.4b	28 ± 3.4b	19.7 ± 1.9b

*平均±標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット感には5%水準で有意差あり

表2-2. イチヨウオガクズ培地を用いた非循環式養液栽培における培養液の給液回数および給液時間が果実重と大きさに与える影響

	処理区	第1果房	第2果房	第3果房	第4果房	第5果房
縦径(mm)	溜めなし区	46.4 ± 1.2 * a **	44.3 ± 1.7ab	43.9 ± 2.1ab	48.3 ± 1.8a	44.9 ± 2.7a
	手動灌水区	37.7 ± 1.5 b	38.0 ± 2.2c	33.6 ± 3.6c	35.1 ± 5.3b	—
	1分6回区	43.4 ± 1.2 a	46.2 ± 1.7a	47.9 ± 1.4a	46.0 ± 1.1ab	44.0 ± 3.6a
	2分3回区	44.4 ± 1.4 a	41.0 ± 1.5bc	42.3 ± 1.5b	42.4 ± 1.5b	42.0 ± 3.6a
横径(mm)	溜めなし区	53.6 ± 1.2 a	53.6 ± 1.7a	51.3 ± 2.5ab	52.3 ± 1.9a	48.6 ± 3.6a
	手動灌水区	43.5 ± 1.4 b	43.5 ± 2.1b	36.1 ± 5.3b	39.0 ± 5.7b	—
	1分6回区	50.2 ± 1.2 a	53.1 ± 1.6a	54.0 ± 1.7a	53.7 ± 1.2a	51.5 ± 4.1a
	2分3回区	50.7 ± 1.3 a	49.4 ± 1.5a	49.9 ± 1.7a	49.9 ± 1.8ab	47.9 ± 4.1a
果実重(g)	溜めなし区	77.5 ± 12.2 a	77.3 ± 6.1a	62.2 ± 9.9ab	75.3 ± 6.9a	81.1 ± 17.3a
	手動灌水区	38.9 ± 14.8 b	40.7 ± 8.0c	24.6 ± 17.1b	29.5 ± 20.0b	—
	1分6回区	85.3 ± 12.4 a	74.2 ± 6.1ab	83.5 ± 6.8a	73.8 ± 4.4a	68.9 ± 22.9a
	2分3回区	64.5 ± 13.8 ab	59.6 ± 5.3bc	61.0 ± 7.0b	60.6 ± 6.0ab	57.1 ± 22.9a

*平均±標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット感には5%水準で有意差あり

表2-3. イチヨウオガクズ培地を用いた非循環式養液栽培における培養液の給液回数および給液時間が果実の糖度と酸度に与える影響

	処理区	第1果房	第2果房	第3果房	第4果房	第5果房
ゼリー部の Brix糖度	溜めなし区	4.51 ± 0.26 * ab **	4.08 ± 0.23b	3.82 ± 0.32b	3.80 ± 0.33b	4.72 ± 0.34a
	手動灌水区	5.03 ± 0.26 a	5.50 ± 0.25a	5.85 ± 0.50a	7.60 ± 0.66a	—
	1分6回区	4.77 ± 0.23 a	4.32 ± 0.23b	4.32 ± 0.24b	4.40 ± 0.23b	4.17 ± 0.43a
	2分3回区	4.03 ± 0.24 b	4.18 ± 0.21b	4.18 ± 0.27b	4.38 ± 0.27b	4.57 ± 0.43a
果肉部の Brix糖度	溜めなし区	4.41 ± 0.23 b	4.33 ± 0.19b	4.33 ± 0.31b	4.35 ± 0.28b	4.28 ± 0.21a
	手動灌水区	5.43 ± 0.23 a	5.70 ± 0.20a	5.70 ± 0.49a	6.00 ± 0.56a	—
	1分6回区	4.75 ± 0.21 b	4.56 ± 0.19b	4.56 ± 0.23b	4.46 ± 0.20b	4.10 ± 0.29a
	2分3回区	4.19 ± 0.22 b	4.20 ± 0.17b	5.20 ± 0.26b	4.33 ± 0.23b	4.66 ± 0.29a
酸度%	溜めなし区	0.51 ± 0.03 b	0.53 ± 0.03ab	0.53 ± 0.05a	0.38 ± 0.05a	0.42 ± 0.03a
	手動灌水区	0.62 ± 0.03 a	0.59 ± 0.03a	0.59 ± 0.08a	0.59 ± 0.09a	—
	1分6回区	0.63 ± 0.03 a	0.51 ± 0.03ab	0.51 ± 0.04a	0.45 ± 0.03a	0.37 ± 0.05a
	2分3回区	0.50 ± 0.00 b	0.44 ± 0.03b	0.44 ± 0.04a	0.47 ± 0.04a	0.49 ± 0.05a

*平均±標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット感には5%水準で有意差あり

表3-1. イチヨウオガクズ培地を用いたかけ流し式養液栽培における茎長、葉数生体重量及び乾燥重量

処理区	茎長	葉数	生体重量(g/株)		乾燥重量(g/株)	
			葉部	茎部	葉部	茎部
1分4回区	131.1 ± 23.2 * a **	16.0 ± 3.0a	269.7 ± 106.0a	169.8 ± 46.2a	41.9 ± 16.1a	27.3 ± 8.2a
2分2回区	130.4 ± 8.6 a	16.0 ± 3.0a	210.1 ± 82.6a	156.9 ± 40.2a	37.3 ± 10.3a	28.3 ± 6.4a
1分6回区	124.7 ± 17.3 a	13.0 ± 3.0a	188.2 ± 108.1a	168.5 ± 51.9a	42.7 ± 12.1a	25.5 ± 5.8a
2分3回区	134.9 ± 18.0 a	13.0 ± 4.0a	267.7 ± 101.2a	188.9 ± 45.5a	47.3 ± 16.6a	30.2 ± 8.8a

*平均±標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表3-2. イチヨウオガクス培地を用いたかけ流し式養液栽培における果実重 (g)

処理区	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
1分4回区	74.7 ± 35.0 *b**	79.8 ± 41.1c	101.3 ± 54.8a	100.3 ± 57.5a	75.7 ± 66.8a
2分2回区	81.7 ± 51.9 ab	83.8 ± 38.1c	109.1 ± 70.5a	118.9 ± 56.0a	94.1 ± 67.6a
1分6回区	104.6 ± 43.7 a	151.1 ± 48.7a	118.2 ± 47.4a	143.6 ± 56.3a	111.4 ± 44.8a
2分3回区	100.9 ± 37.5 a	117.3 ± 49.9b	115 ± 50.6a	136.8 ± 64.7a	93.0 ± 23.8a

*平均 ± 標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表3-3. イチヨウオガクス培地を用いたかけ流し式養液栽培における果実の糖度及び酸度

	処理区	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
ゼリー部の Brix糖度(%)	1分4回区	6.5 ± 1.2 *a**	6.8 ± 0.9 a	6.1 ± 0.6 a	6.7 ± 0.8 ab	6.2 ± 0.7 a
	2分2回区	7.3 ± 1.5 a	6.4 ± 0.9 a	6.5 ± 0.6 a	6.9 ± 0.9 a	7.0 ± 1.1 a
	1分6回区	6.2 ± 0.5 a	6.9 ± 0.7 a	6.4 ± 0.5 a	5.5 ± 0.7 b	7.1 ± 1.4 a
	2分3回区	5.8 ± 0.5 a	7.0 ± 0.8 a	5.8 ± 0.8 a	5.9 ± 1.1 ab	6.9 ± 0.9 a
果肉部の Brix糖度(%)	1分4回区	5.2 ± 2.3 a	6.5 ± 1.3 a	5.4 ± 0.8 ab	6.8 ± 1.2 a	6.3 ± 0.5 a
	2分2回区	5.8 ± 2.2 a	7.1 ± 2.0 a	6.6 ± 0.4 a	6.4 ± 1.5 ab	7.0 ± 0.8 a
	1分6回区	5.0 ± 1.1 a	5.6 ± 0.7 a	5.5 ± 1.3 ab	4.8 ± 1.3 b	5.6 ± 0.8 a
	2分3回区	4.0 ± 0.7 a	5.8 ± 1.0 a	5.1 ± 0.9 b	5.8 ± 0.8 ab	6.7 ± 1.2 a
酸度(%)	1分4回区	0.46 ± 0.37 ab	0.36 ± 0.26a	0.61 ± 0.26ab	0.51 ± 0.22b	0.56 ± 0.24ab
	2分2回区	0.49 ± 0.15 b	0.34 ± 0.13a	0.48 ± 0.04b	0.46 ± 0.12b	0.54 ± 0.19b
	1分6回区	0.91 ± 0.31 ab	0.22 ± 0.22a	0.76 ± 0.26a	0.61 ± 0.20ab	0.69 ± 0.28ab
	2分3回区	0.94 ± 0.20 a	0.28 ± 0.25a	0.83 ± 0.19a	0.81 ± 0.10a	0.91 ± 0.16a

*平均 ± 標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表4-1. イチヨウオガクス培地を用いた養液栽培における培養液のECの違いが生育終了後の茎長、葉数、新鮮重、乾物重に及ぼす影響

処理区	葉数	茎長	新鮮重		乾物重	
			茎部	葉部	茎部	葉部
EC2c	19 ± 2.4 *a**	154.7 ± 5.5a	166.4 ± 13.2a	697.0 ± 11.0a	33.6 ± 9.3a	87.0 ± 15.1a
EC2	19 ± 1.0 a	141.3 ± 13.6ab	160.8 ± 4.8a	405.3 ± 69.1b	36.1 ± 3.4a	58.2 ± 7.0c
EC3	19 ± 1.3 a	139.7 ± 3.8b	160.7 ± 5.6a	470.1 ± 160.1b	23.6 ± 2.8a	69.9 ± 18.2c
EC4	18 ± 1.5 a	131.5 ± 7.5b	164.7 ± 10.0a	526.8 ± 154.1b	32.8 ± 6.1a	78.5 ± 16.7b

*平均 ± 標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表4-2. イチヨウオガクズ培地を用いた養液栽培における培養液のECの違いが果実重, 大きさ, 糖度に及ぼす影響

処理区	果実重(g)	縦径(mm)	横径(mm)	糖度(Brix)
EC2c	93.5 ± 44.9 ^a **	43.5 ± 11.4a	66.6 ± 11.8a	6.7 ± 0.6a
EC2	100.5 ± 41.3 a	47.4 ± 5.0a	61.5 ± 8.9a	6.5 ± 0.7a
EC3	94.3 ± 42.4 a	44.4 ± 7.3a	59.6 ± 12.9a	7.0 ± 0.5a
EC4	81.3 ± 47.9 a	41.2 ± 8.0a	57.5 ± 13.5a	8.0 ± 0.8b

*平均±標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表5-1. チッパーによる処理で加工したイチヨウチップの大きさの割合

	～1 cm (g/g)	1～3 cm (g/g)	3～5 cm (g/g)	5 cm～ (g/g)
大	12.0 ± 8.8 ^b **	63.6 ± 5.3a	21.1 ± 10.3a	3.2 ± 4.4a
中	50.1 ± 5.7 a	47.9 ± 5.7b	2.1 ± 0.9b	0.0 ± 0.0a
小	58.3 ± 8.5 a	39.9 ± 7.5b	1.4 ± 1.1b	0.3 ± 0.7a

*平均±標準偏差

**Turkeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表5-2. 非循環式養液栽培における給液回数と培地サイズの違いが三相分布に及ぼす影響

処理区	固相(%)	液相(%)	気相(%)
大5回給液区	21.6 ± 1.2 ^x **	20.0 ± 4.5x	58.4 ± 5.5x
大4回給液区	20.4 ± 1.9 x a ^{***}	23.4 ± 6.4xa	56.2 ± 5.4xa
中4回給液区	16.0 ± 0.9 b	22.7 ± 4.9 a	61.3 ± 4.3 a
小4回給液区	17.6 ± 1.9 ab	23.4 ± 3.6 a	59.0 ± 5.2 a

*平均±標準偏差

**大5回給液区と大4回給液区においてt検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

***Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表5-3. 非循環式養液栽培における給液回数と培地サイズの違いがトマトの新鮮重量と乾物重量に及ぼす影響

処理区	新鮮重量		乾物重量	
	主茎(g)	葉(g)	主茎(g)	葉(g)
大5回給液	275 ± 77 ^x **	672 ± 216x	37.2 ± 9.9x	77.4 ± 21.5x
大4回給液	213 ± 47 y a ^{***}	475 ± 134ya	32.2 ± 7.7xa	61.1 ± 15.4xa
中4回給液	228 ± 67 a	493 ± 126 a	33.3 ± 8.1 a	67.7 ± 16.1 a
小4回給液	246 ± 43 a	513 ± 113 a	39.5 ± 10.3 a	73.6 ± 18.4 a

*平均±標準偏差

**大5回給液区と大4回給液区においてt検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

***Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表5-4. 非循環式養液栽培における給液回数と培地サイズの違いがトマトの果実重量に及ぼす影響

処理区	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
大5回給液	115.78 ± 46.89 ^{*x**}	76.15 ± 44.39x	93.69 ± 63.62x	72.70 ± 31.47x	55.93 ± 22.79x
大4回給液	121.66 ± 54.01 ^{x ab***}	101.18 ± 47.61xa	101.98 ± 24.63xa	85.19 ± 37.68xa	88.87 ± 37.99ya
中4回給液	91.69 ± 44.98 ^b	67.18 ± 35.04 ^b	81.06 ± 36.85 ^a	69.90 ± 38.85 ^a	60.12 ± 28.90 ^b
小4回給液	128.29 ± 67.28 ^a	93.85 ± 43.91 ^a	88.32 ± 43.20 ^a	61.97 ± 33.42 ^a	62.34 ± 29.44 ^b

*平均±標準偏差

**大5回給液区と大4回給液区においてt検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

***Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表5-5. 非循環式養液栽培における給液回数と培地サイズの違いがトマトの果実の糖度と酸度に及ぼす影響

処理区	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
糖度 (Brix %)					
大5回給液区	6.9 ± 0.2 ^{*x**}	6.8 ± 1.1 ^x	8.0 ± 1.0 ^x	7.0 ± 1.5 ^x	8.6 ± 0.8 ^x
大4回給液区	6.3 ± 0.5 ^{y a***}	7.1 ± 1.0 ^{xa}	7.6 ± 0.3 ^{xa}	7.7 ± 0.8 ^{xb}	7.5 ± 1.0 ^{yb}
中4回給液区	6.4 ± 1.4 ^a	7.2 ± 0.8 ^a	8.0 ± 0.9 ^a	8.1 ± 1.0 ^{ab}	8.5 ± 0.6 ^a
小4回給液区	6.6 ± 0.4 ^a	7.6 ± 0.9 ^a	8.6 ± 1.2 ^a	9.4 ± 1.7 ^a	9.0 ± 0.3 ^a
酸度 (%)					
大5回給液区	0.58 ± 0.04 ^x	0.71 ± 0.20x	0.72 ± 0.18x	0.91 ± 0.14x	1.07 ± 0.14x
大4回給液区	0.46 ± 0.07 ^{y a}	0.60 ± 0.08xa	0.65 ± 0.14xa	0.74 ± 0.16xa	0.75 ± 0.13xa
中4回給液区	0.51 ± 0.09 ^a	0.63 ± 0.11 ^a	0.72 ± 0.15 ^a	0.77 ± 0.14 ^a	0.80 ± 0.12 ^a
小4回給液区	0.49 ± 0.05 ^a	0.57 ± 0.13 ^a	0.73 ± 0.13 ^a	0.85 ± 0.18 ^a	0.85 ± 0.18 ^a

*平均±標準偏差

**大5回給液区と大4回給液区においてt検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

***Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

表6-1. イチヨウチップ培地を用いた非循環式溶液栽培における廃液を出さない給液量がトマトの生体重・乾物重に及ぼす影響

処理区	生体重(g)	乾物重(g)	
		茎	葉
1回区	119.2 ± 35.5 ^{*b**}	9.28 ± 2.82b	16.51 ± 5.03b
2回区	237.7 ± 24.0 ^{ab}	13.43 ± 3.60b	22.52 ± 5.33b
3回区	278.0 ± 73.3 ^a	20.60 ± 5.05a	33.62 ± 8.84a
4回区	287.8 ± 92.2 ^a	20.41 ± 6.76a	41.61 ± 14.83a

*平均±標準偏差

**Tukeyの多重検定による異なるアルファベット間には5%で有意差あり

表6-2. イチョウチップ培地を用いた非循環式溶液栽培における廃液を出さない給液量がトマトの果実重量 (g) に及ぼす影響

処理区	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
1回区	53.28 ± 22.53 * a **	41.15 ± 17.16b	32.90 ± 13.96b	33.08 ± 16.46b	——
2回区	61.22 ± 31.82 a	51.12 ± 25.43b	32.84 ± 17.64b	31.01 ± 12.76b	27.17 ± 15.13a
3回区	74.60 ± 41.89 a	57.24 ± 26.78b	48.98 ± 32.23ab	34.40 ± 9.75b	25.37 ± 2.54a
4回区	66.50 ± 35.88 a	87.26 ± 26.93a	65.44 ± 20.98a	73.13 ± 37.43a	27.75 ± 2.37a

* 平均 ± 標準偏差

** Tukey の多重検定による異なるアルファベット間には5%で有意差あり

表6-3. イチョウチップ培地を用いた非循環式溶液栽培における廃液を出さない給液量がトマトの果実の糖度と酸度に及ぼす影響

	処理区	第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房
糖度(Brix)	1回区	8.60 ± 1.89 * a **	12.55 ± 1.45a	13.23 ± 1.21a	13.30 ± 1.91a	——
	2回区	7.78 ± 0.92 a	8.57 ± 0.50b	9.55 ± 1.00b	9.90 ± 1.25b	10.02 ± 1.37a
	3回区	7.38 ± 1.49 a	9.04 ± 1.42b	9.12 ± 1.28b	9.59 ± 0.99b	9.44 ± 2.05a
	4回区	6.88 ± 1.47 a	7.24 ± 1.02b	8.43 ± 1.11b	8.31 ± 1.20b	8.66 ± 1.37a
酸度(%)	1回区	0.98 ± 0.13 a	0.86 ± 0.16a	0.83 ± 0.11a	1.15 ± 0.19a	——
	2回区	0.73 ± 0.17 b	0.86 ± 0.22a	0.88 ± 0.24a	0.85 ± 0.22a	0.80 ± 0.24a
	3回区	0.95 ± 0.18 a	0.74 ± 0.07a	0.86 ± 0.33a	1.07 ± 0.25a	1.04 ± 0.12a
	4回区	0.77 ± 0.13 ab	0.76 ± 0.13a	0.52 ± 0.21a	0.91 ± 0.20a	1.06 ± 0.14a

* 平均 ± 標準偏差

** Tukey の多重検定による異なるアルファベット間には5%で有意差あり

Study on Nutrient Solution Culture of Tomatoes Using Ginkgo Prunings

Hiroyuki Kohara¹, Naohiko Utagawa¹, Kota Aakashiba¹, Shouichi Murata¹, Tomotake Sasaki¹,
Tatsuki Kanno¹, Hiroki Sakurai¹

Abstract

Rockwool is widely used in solid media cultivation, the mainstay of widespread nutrient solution culture. However, rockwool is difficult to dispose of after use. Organic media are required that are easy to process and have a low environmental impact. Therefore, from a sustainable agriculture point of view, attention is paid to ginkgo pruning. An easy, environmental impact, organic medium is required. The possibility of alternative media for rockwool was discussed. Prunings were processed into sawdust and chips. The potential of ginkgo sawdust and chips as an alternative medium was investigated.

Ginkgo chips were treated with Otsuka House SA formula at EC 2.0, pH 5.6, followed by soaking and 80% filling of the plastic planters. Seedlings with two or more true leaves are planted in one planter with two seedlings planted at equal distances from each other in a row.

After planting, the Otsuka House SA formula is adjusted to EC 2.0 and pH 5.6 and nutrient management is based on the application of 11.9 ml/day per plant at the base of the plant for approximately 2 weeks after planting. Nutrient solution was applied at a rate of 11.9 ml/day per plant per day for approximately 2 weeks after planting, followed by 71.4 ml/day per plant per day at the base of the plant until the first flower cluster flowered. Then 71.4 ml/day per plant is applied to the base of the plant until the first flowering of the first flower cluster. The water supply until the second flowering should be 166.6 ml/plant/day at the base of the plant. Next, the water supply until the third flowering should be 333.2 ml/plant/day at the base of the plant. Next, the water supply until the fourth flowering should be 499.8 ml/plant/day at the base of the plant.

This program can be used to produce high quality tomatoes with high sugar content and high yields.

Keywords: the culture medium cultivation, ginkgo prunings, ginkgo chips, high-sugar tomatoes, feeding program

¹ Department of Agri-Environmental Sciences, College of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawagakuen, Machida, Tokyo, 194-8610, Japan

Corresponding Author : Hiroyuki Kohara koharahi@agr.tamagawa.ac.jp