

Root

Research

Japanese Society for Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.31, No.3
September 2022

目 次

【巻 頭 言】

会員の皆様へ 81

【原著論文】

干しいも加工用サツマイモ栽培時のポリエチレンマルチ畦被覆と被覆期間が塊根形質
ならびに干しいもの特性に及ぼす影響

藏之内利和・高田明子・藤田敏郎・片山健二・西中未央・田口和憲 83

パルプ培地がダットンソバスプラウトの根および地上部の生育にあたえる影響

中井勇介・渡辺慎一 90

【情 報】

菜根譚 野菜の根の話 17. 根っこに「えら」がある？

中野明正 98

【報 告】

第 55 回根研究集会に参加して

金子祥也 100

8th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plant

(第 8 回国際樹木根会議)に参加して

今若舞 101

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



事務局からのお知らせ

1. 2023 年の根研究集会

・2023年度の集会

第57回根研究集会（春）を2023年5月末に神奈川県川崎市の明治大学（生田キャンパス、塩津文隆実行委員長）で開催する予定です。

第58回根研究集会（秋）の開催地は未定です。

2. 電子版会誌のダウンロードについて

2022 年度から根研究学会ホームページおよび J-Stage から電子版会誌をダウンロードするためのパスワードを変更しました。ご注意ください。なお、ユーザー名の変更はありません。

根研究学会電子版会誌の URL <http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>

J-Stage の URL <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/rootres/-char/ja>

3. 「根の研究」への投稿にテンプレートをご使用ください！

著者の執筆負担軽減と校正・編集作業の効率化のため、根の研究のテンプレートを整備しました。テンプレートの word ファイルは根研究学会ホームページ「根の研究 投稿規定」(<http://www.jsrr.jp/rspnsv/rule.html>) からダウンロードできます。こちらにしたがって原稿を作成していただきますようお願いいたします。なお、テンプレート中の青字は投稿に関する規定や記載例です。投稿時には削除してください。

4. 「苺住」国内研修支援の募集

- ・本支援は、根研究学会所属の若手会員（申請時の年齢が40歳以下）の国際的な活躍を支援するため、海外の学会等に参加して根に関する研究成果を公表したり調査に出向いたりするための渡航経費の一部を補助するものです。
- ・新型コロナウイルスの国際的な感染状況を考え、今回は会員間の横のつながりを強めることを目的に、ポスドク・学生会員向けに根に関する研究方法習得のためなどの国内研修の旅費として年間4件程度（前後期各1～2件、1件3万円を目安）を助成します。期間は前期を1月～6月、後期を7月～12月とします。受付は随時行い、各期間で採択数に達した時点で終了とします。

※詳細は根研究学会ホームページ（<http://www.jsrr.jp/img/q6e9B3H4.pdf>）でご確認ください。

5. 学生会員の研究集会への参加費は無料です

学生会員の研究集会への参加費は無料です！学生会員は集会受付で学生証の提示をお願いいたします。この機会に是非、根研究学会にご加入いただけますよう、関係学生の皆さんにご周知いただけますようお願いいたします。なお、一般会員の研究集会への参加費は有料です。また、非会員の参加費は、一般・学生に関係なく、一般会員より1,000円程度高くなります。

6. 根研ロゴの使用について

これまで「根研」のロゴを入れた T シャツなどのグッズを事務局が製作し、研究集会で販売することで、その収益を特別会計の収入としていました。しかし、売れ残りが生じると特別会計の赤字になってしまうため、なかなかグッズを積極的に製作できませんでした。そこで、会員の皆様が使用料を支払うことで根研ロゴを使用したグッズを自由に製作できるようにしています。

会員の皆様により気軽に根研ロゴを使用いただくため、2021 年 10 月 1 日からの使用料を 1 製品につき 100 円に値下げしました！これを機に、会員の皆様オリジナルの「根研」のロゴを入れた T シャツ、グッズを着て、根研究集会、職場や研究室のイベントに参加しませんか？積極的なご利用を期待しています！詳しくは事務局（neken2022@jsrr.jp）までお問い合わせください。

次ページに続く

7. 名簿データ更新のお願い

根研究学会では、会員の皆様にデータ登録をお願いしております。これは、会誌発送を確実にするとともに、会員相互の交流を目的とするものです。特に異動など変更が生じた方は、お手数ですが根研究学会ホームページ (<http://www.jsrr.jp/>) の「諸手続—名簿データ更新」の入会・登録変更フォームより、データを入力してください。なお、この名簿データをもとにして、隔年で会員名簿を皆様にお届けいたします。次回の名簿発行は 2023 年 6 月の予定です。

8. 会費納入のお願い

2022 年度の会費をまだお支払いいただいていない方は、下記の郵便振替口座に納入をお願いします。請求書等の伝票をご希望の方は、事務局までお知らせください。

年会費（2022 年）： 電子版個人 3,000 円，冊子版（＋電子版）個人 4,000 円，冊子版団体 9,000 円
（年度は 1 月－12 月です）

郵便振替口座 口座名義（加入者名）：根研究学会， 口座番号：00100－4－655313

〔他の銀行から振り込みの場合：ゆうちょ銀行 〇一九店（ゼロイチキョウテン）「当座」0655313 〕

根研究学会所在地・連絡先： 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

（株）共立内 根研究学会事務局 TEL：03-3551-9891／FAX：03-3553-2047

・メールアドレス 事務局：neken2022@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長：editor2022@jsrr.jp
Plant Root 編集委員長：editor2022@plantroot.org

・Web サイト 根研究学会：<http://www.jsrr.jp/> 『根の研究』オンライン版：<http://root.jsrr.jp/>
Plant Root：<http://www.plantroot.org/>

干しいも加工用サツマイモ栽培時のポリエチレンマルチ畦被覆と被覆期間が塊根形質ならびに干しいもの特性に及ぼす影響

藏之内利和¹⁾・高田明子²⁾・藤田敏郎³⁾・片山健二⁴⁾・西中未央⁵⁾・田口和憲^{*5)}

1) 農研機構作物研究部門

2) 農研機構遺伝資源研究センター

3) 農研機構九州沖縄農業研究センター

4) 農研機構北海道農業研究センター

5) 農研機構中日本農業研究センター

要 旨：干しいも加工用サツマイモ栽培時のマルチ畦被覆が、土壤水分やサツマイモ塊根の諸特性並びに加工特性に与える影響を、マルチ畦被覆区、収穫1か月前除去区、同2か月前除去区および無マルチ区の4種類の処理区を設け、晩植栽培により5か年にわたり調査した。サツマイモ栽培時にポリエチレンマルチにより畦を被覆することにより、降雨や乾燥に伴う畦内土壤水分量の変動が抑制されていることが確認された。晩植栽培において、マルチ畦被覆によって塊根の収量は増加することが明らかとなった。「タマユタカ」の無マルチ区は他の試験区よりも裂開発生率が有意に高く、生育初期のマルチ畦被覆によって裂開発生率は低くなると考えられた。また、「タマユタカ」では土壤水分の多い年次に裂開の増加が認められたが、この傾向は「ほしこがね」では認められなかった。干しいもの肉質は無マルチ区で最も粘質の傾向であり、収穫の約2か月前にマルチ被覆を除去すると干しいもの肉質がやや粘質化する可能性が示唆された。しかし、収穫の約1か月前に除去した場合は、干しいもの肉質に与える影響は小さいと考えられた。

キーワード：塊根、サツマイモ、土壤水分、干しいも、マルチ被覆。

Effects of polyethylene mulch ridge coverage and coverage period on tuberous root characteristics and characteristics of “hoshi-imo” steamed and dried sweetpotato slices during sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) cultivation : Toshikazu KURANO¹⁾, Akiko TAKADA²⁾, Toshiro FUJITA³⁾, Kenji KATAYAMA⁴⁾, Mio NISHINAKA⁵⁾ and Kazunori TAGUCHI^{*5)} (¹⁾National Agriculture and Food Research Organization, Institute of Crop Science, ²⁾National Agriculture and Food Research Organization, Research Center of Genetic Resources, ³⁾National Agriculture and Food Research Organization, Kyushu-Okinawa Agricultural Research Center, ⁴⁾National Agriculture and Food Research Organization, Hokkaido Agricultural Research Center, ⁵⁾National Agriculture and Food Research Organization, Central Region Agricultural Research Center)

Abstract : The effects of mulch ridge covering during sweetpotato cultivation for “hoshi-imo” steamed and dried slices on soil moisture, properties of sweetpotato tuberous roots, and processing characteristics were investigated for five years by late planting in four treatment plots: mulch ridge covering plot, removal plot one month before harvest, removal plot two months before harvest, and no mulch plot. It was confirmed that the variation of soil moisture content in the ridge caused by rainfall and drying was suppressed by covering the ridge with polyethylene mulch during sweetpotato cultivation. In the late planting culture, the yield of tuberous root was increased by the mulch ridge covering. The dehiscence rate of “Tamayutaka” without mulch was significantly higher than that of other test plots, and it was considered that the dehiscence rate was lower by mulch ridge covering in the initial growth stage. And, in “Tamayutaka”, the increase of the dehiscence was recognized in the year with much soil moisture, but this tendency was not recognized in “Hoshikogane”. The texture of the “hoshi-imo” tended to be the most viscous in the non-mulching plot, and it was indicated that the texture of the “hoshi-imo” became a little viscous when the mulching coating was removed about 2 months before the harvest. However, when it was removed about one month before harvest, the effect on the texture of the “hoshi-imo” seemed to be small.

Keywords : Mulching with polyethylene film, Soil moisture, Steamed and dried sweetpotato, Sweetpotato, Tuberous root.

緒言

干しいも（蒸切干）加工用サツマイモは、茨城県北部を中心として国内各地で栽培され、干しいもは重要な地域特産物となっている。しかし、2000年代に安価な外国産製品が多く輸入されるようになり、国産製品の品質向上が重要な課題の一つとなってきた。干しいも加工時に製品品質や歩留まりを低下させる要因としては、干しいもに発生するシロタ障害（以下シロタと記す）や塊根の裂開があげられる。シロタは中白とも称され、干しいもの一部に白色不透明な部分を生じ（第1図）、外観や食感等の品質を損なう障害であり（いも類振興会, 2016）、十数年前から発生が大きな問題となってきたため、その軽減対策が重要である。シロタの発生部位では、干しいもの乾燥工程で、でん粉ゲルの収縮に伴って生じたと考えられる多数の空隙を有する細胞や、元々でん粉粒の著しく少ない細胞などがあることが、走査電子顕微鏡観察により判明している（佐藤ら, 2004；大西ら, 2006）。このシロタの発生には塊根内の水分挙動が深く関わっていることが指摘されており（中村ら, 2007）、塊根内の水分欠乏によって加工時にでん粉の糊化不良が発生することや、塊根肥大時に細胞内のでん粉蓄積に異常をきたすことなどが誘因になっていることが推測されている。一方、生理的な裂開については塊根肥大時に土壌が乾燥したり低温に遭遇したりすることで発生が増加することが指摘されている（小柳ら, 1988）。裂開は干しいも加工用のサツマイモにおいても重要な障害の一つであり（第2図）、製品歩留まりの低下に大きく関わってくる。しかしながら、発生要因の解明は近年もあまり進んでいない状況にあるといえる。

干しいも加工用サツマイモの生産地では従来は無マルチ栽培が多かったが、近年はマルチ畦被覆栽培が広まってきている。畦のマルチ被覆は、地温上昇、土壌水分保持および肥料分の流亡抑制などの効果があり、これらの相乗効果として無マルチ条件よりも初期生育が促進されて収量増につながることが報告されている（内村, 1975）。しかし、マルチ被覆の有無が干しいも加工用サツマイモの収量や干しいも品質に与える影響についての調査は少なく、藏之内ら（2010）による白黒マルチを用いた報告などにとどまっている。それによると、収量性はマルチ被覆によって高まること、シロタ発生はマルチ被覆の影響が一定でないこと、干しいもの肉質はマルチ被覆により粉質傾向に変化することなどが示されている。また、裂開については、マルチ被覆によって変化すると考えられる土壌水分等との関係が未調査となっている。なお、干しいも加工用サツマイモには肉質が粘質～やや粘質の品種が多く用い



第1図 干しいものシロタ障害の例。
品種：「タマユタカ」、上：正常片、下：シロタ障害発生片、白く見える部分が発生部。



第2図 塊根の裂開症状の例。
10月の収穫時に撮影。皮が裂けて内部が露出するが、右端の塊根は比較的軽症。

られており、粉質の場合には硬くなって食感を損なう。

以上から、マルチ被覆が加工用サツマイモ塊根の諸特性に及ぼす影響を、検討不十分である裂開を中心に、重要特性である収量性、干しいものシロタ発生や肉質も含めて検討を加えることとした。供試品種としては、裂開が比較的発生しやすい品種の中から、シロタの発生しやすいものと、発生しにくいものを選定することとした。また、栽培中のどの段階でマルチ被覆の影響が大きいのかも併せて検討することとし、被覆を栽培中に除去する処理も加えることとした。さらに、裂開に関連が深いと考えられる土壌水分についても調査し、検討を加えることとした。

材料と方法

本試験は農研機構谷和原畑圃場（茨城県つくばみらい市、表土は黒ボク土）において、2010年から2014年の5か年にわたり実施した。供試品種は、干しいも加工に用いられている「タマユタカ」（小野田ら、1970）と「ほしこがね」（藏之内ら、2015）であった。「タマユタカ」はシロタが発生しやすいこと、「ほしこがね」はシロタがほとんど発生しないことが確認されており、両品種は比較的裂開が発生しやすいことも分かっている（藏之内ら、2010；藏之内ら、2015）。

試験は、「マルチ畦被覆区」、収穫約1か月前に被覆を除去した「収穫1か月前除去区」、収穫約2か月前に被覆を除去した「収穫2か月前除去区」を設け、さらに「無マルチ区」（作畦直後にマルチ被覆を除去）の4処理を設けた。

畦間は100 cmで株間は25 cmとし、1区あたりの株数は16（1区面積は4 m²）とし、乱塊法2反復で試験を実施した。なお、マルチ被覆資材には白黒ダブルマルチ（みかど加工株式会社製）を用いた。植付けは6月下旬、収穫は10月下旬の晩植栽培とした。これは、茨城県内の生産地で晩植栽培により塊根の裂開が多発した情報を得たためである。施肥については、N、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ3%、12%、10%含む化成肥料（「さつま化成」、株式会社ことぶき製）を4 kg/aの割合で全量基肥として施用した。

畦内の土壌水分は、土壌水分計（Daiki製 DIK-311A型、センサー部のProbe ML2Xをマルチまたは土表面に挿して測定、センサー長は約60 mm）を用い、Mineralモードに設定し、原則として毎週金曜日に、マルチ畦被覆区と無マルチ区の各試験区内で4点を測定し、2反復の測定値を平均した。

収穫後、塊根は個々に秤量するとともに裂開の有無を調査した。なお、50 g以上の塊根を上いもとした。塊根は貯蔵庫にて保存後、11月下旬から10日間程度の低温処理を8℃で実施し糖化を促進させた。その後、12月上旬に、水洗した塊根を2時間30分程度蒸煮し、剥皮後に1.1 cm厚で縦方向に薄切りした。さらに、そのスライス片をガラス室内に設置した干し網上に並べ、約1週間の自然通風乾燥を行い、干しいもを得た。各干しいもサンプルについて、少しでもシロタ症状の見られたものをシロタ発生片とし、その発生率を調査した。さらに官能調査により、肉質を1（粘質）～5（粉質）の5段階で調査した。

上いも重、上いも数および干しいもの肉質については、年次と各処理区の2要因とみなした分散分析を行い、年次、各処理および交互作用の有意性を解析した。分散分析で有意差の認められた形質については、各処

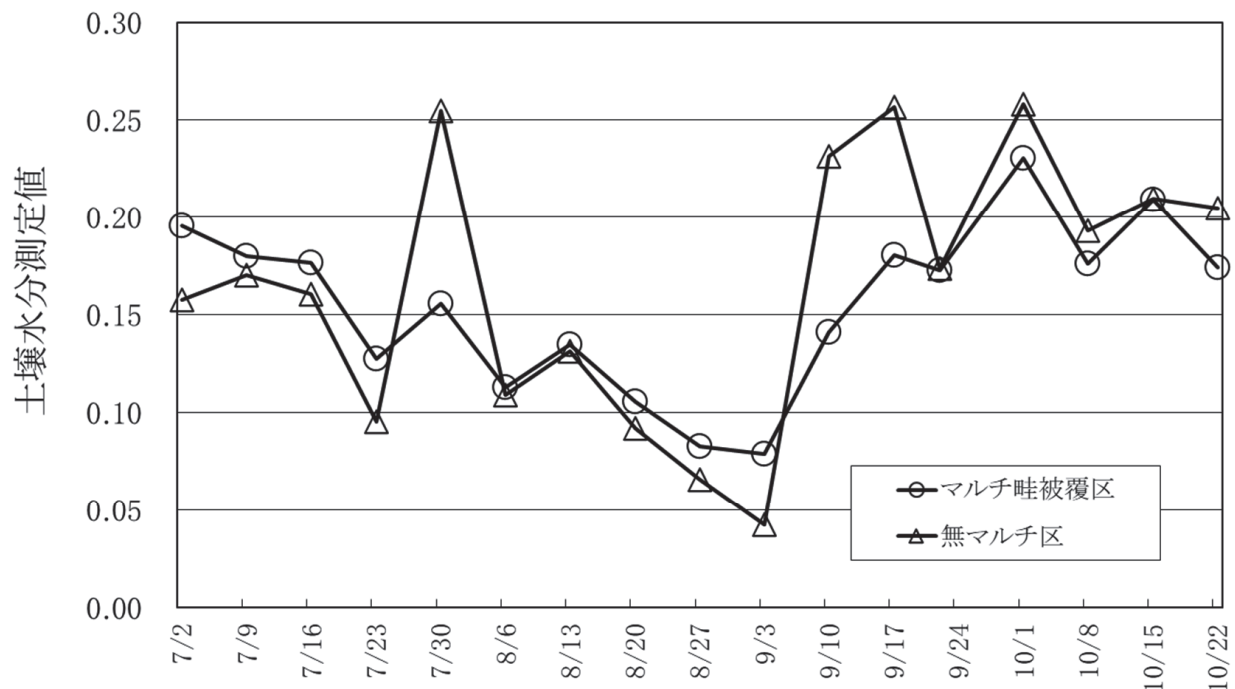
理間について Tukey の多重検定法によって有意差を判定した。なお、シロタ発生率や裂開発生率については、逆正弦 (Arcsin) 変換してから統計解析を実施した。

結果と考察

畦内の土壌水分量は、財津ら（1976）の報告にあるように、マルチ被覆によって多雨直後の上昇抑制および乾燥期での低下抑制が観察され、増減の変化が少なくなる傾向が各年次とも確認できた。例として2010年度の土壌水分の変化を第3図に示した。無マルチ区では7月下旬と9月上旬の豪雨の後、急激な土壌水分の上昇が認められ、さらに9月以降は全体的にマルチ畦被覆区よりも高く推移する傾向が認められた。一方、マルチ畦被覆区では土壌水分の上昇が小さく、生育期間を通じて変化が小さかった。また、各年における土壌水分の変動の程度を標準偏差や変動係数で比較したところ、無マルチ区の方が常に大きな値を示し、降雨や乾燥が土壌水分の変動に与える影響がマルチ畦被覆では緩和されているものと考えられた（第1表）。

塊根の収量性を5か年の上いも重で比較すると、「タマユタカ」と「ほしこがね」とともに無マルチ区が他の試験区よりも有意に低収であった（第2表）。したがって、晩植栽培においても、藏之内ら（2010）の報告にあるように、マルチ被覆による収量向上が確認された。また、無マルチ区以外では両品種の収量はほぼ同等な水準であった。上いも数は、「タマユタカ」において、無マルチ区が低い傾向がみられ、収穫2か月前除去区との間には有意差がみられた。一方、「ほしこがね」では有意差が認められるには至らなかった。両品種の収量や上いも数で無マルチ区が最も小さな値であったことについては、生育初期にマルチ畦被覆されることで土壌の一時的な過乾燥が抑制されて活着促進につながったことが原因の一つに考えられる。また、藏之内ら（2010）は加工用サツマイモ栽培時においてマルチ畦被覆されることで地温が高まることを確認しているが、特に生育初期においてマルチ畦被覆によりサツマイモの生育が促進されて増収につながったことも考えられる。これらの点は、マルチ畦被覆を栽培の途中で除去した場合にも明らかな収量差を生じなかったことから裏付けられる。

裂開発生率を品種別にみると、「タマユタカ」では無マルチ区で裂開の発生率が他の試験区よりも有意に高かった（第3表）。このことから、「タマユタカ」における裂開の多くは、生育初期におけるマルチ畦被覆の有無の影響を大きく受け、マルチ畦被覆によって裂開発生が低減していると考えられる。一方、「ほしこがね」では処理間差が明瞭ではなかった。なお、年次別データは示していないが、両品種とも発生率の年次間差が



第3図 マルチ被覆の有無と土壌水分の推移の例 2010年.

使用機材: Daiki 製 DIK-311A 型 (センサー部 Probe ML2X). 測定値は Mineral モードで表示される体積含水率で示す. 横軸は調査日 (1 週ごとに測定) を示す.

第1表 マルチ畦被覆区と無マルチ区における栽培期間中の土壌水分測定値の変動パラメータ.

試験区		2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
マルチ畦被覆区	平均値	0.155	0.199	0.131	0.172	0.216
	標準偏差	0.0431	0.0341	0.0438	0.0466	0.0560
	変動係数 (%)	27.9	17.1	33.3	27.0	25.9
無マルチ区	平均値	0.165	0.210	0.129	0.180	0.234
	標準偏差	0.0677	0.0539	0.0614	0.0715	0.0744
	変動係数 (%)	41.1	25.7	47.8	39.8	31.8
測定回数		17	17	17	15	16

土壌水分測定値は体積含水率の表示値で示す.

大きく、有意差が認められた。また、処理間差の傾向が2品種間で異なったことから、裂開発生へ及ぼすマルチ畦被覆の影響は品種によって異なると考えられた。

マルチ畦被覆によって土壌水分が無マルチと差異を生じることを先に述べた。ここでは、土壌水分が塊根の裂開発生に及ぼす影響を明らかにするため、生育期前半と生育期後半における各年の土壌水分の平均値や変動の大きさと、裂開発生率との相関関係を解析した。その結果、「タマユタカ」において無マルチ区の土壌水分と裂開発生率との間に、生育期後半 (9月～10月) で1%水準の有意な正の相関関係が認められた (第4図)。また、生育期前半 (7月～8月) でも弱い正の相関関係が示唆された。一方、マルチ区でも正の相関関係が生育期後半で伺えたものの、有意性を示すまでに

は至らなかった。以上から、生育期間の土壌水分が多い年では、「タマユタカ」の裂開が増加する傾向にあると考えられる。一方、「ほしこがね」ではこのような傾向は観察されなかった。したがって、裂開発生に及ぼす土壌水分の影響は品種によって異なることが考えられる。なお、裂開には土壌の乾燥が原因の一つに指摘されているが (小柳ら, 1988)、一部の品種では土壌水分の多い状況によっても増加する可能性が示唆された。今後は、乾燥や土壌水分の多い状況が、どの生育ステージにおいて裂開への影響が大きいのか、解明することも重要であろう。

次いで、急速な土壌水分の増加が裂開に影響するか検討するため、「タマユタカ」における土壌水分の変動の大きさと裂開発生率との関係を同様に解析した。その結果、無マルチ区での生育期後半における土壌水分

第2表 マルチ被覆処理が上いも重、上いも数および干しいもの肉質に及ぼす影響 2010-2014 年.

品種名	処理区	上いも重 t/10a	上いも数 個/株	干しいもの肉質 ¹⁾
タムユタカ	マルチ畦被覆	3.40 b	2.99 ab	2.8 bc
	収穫1か月前除去	3.45 b	3.02 ab	2.9 c
	収穫2か月前除去	3.39 b	3.24 b	2.7 b
	無マルチ	3.14 a	2.66 a	2.3 a
	分散分析 年次間	**	—	**
	処理区間	*	*	**
	交互作用	—	—	**
ほしこがね	マルチ畦被覆	3.52 b	3.85	2.1 b
	収穫1か月前除去	3.29 b	3.78	2.2 b
	収穫2か月前除去	3.38 b	3.67	1.9 ab
	無マルチ	2.76 a	3.33	1.6 a
	分散分析 年次間	**	**	**
	処理区間	**	—	**
	交互作用	—	—	—

1) 1: 粘〜5: 粉の5段階で判定. 異なるアルファベットの間には5%水準で処理区間に有意差がある (Tukey の多重検定法). 分散分析の結果, * は5%水準で, ** は1%水準で, それぞれ有意差がある.

第3表 マルチ被覆処理が塊根の裂開および干しいものシロタ発生に及ぼす影響 2010-2014 年.

品種名	処理区	裂開発生率 (%)	シロタ発生率 (%)
タムユタカ	マルチ畦被覆	4.84 a	34.4
	収穫1か月前除去	6.48 a	30.6
	収穫2か月前除去	4.58 a	21.8
	無マルチ	11.84 b	22.0
	分散分析 年次間	**	*
	処理区間	**	—
	交互作用	—	—
ほしこがね	マルチ畦被覆	7.97	0.0
	収穫1か月前除去	6.71	1.2
	収穫2か月前除去	5.11	0.7
	無マルチ	6.62	1.7
	分散分析 年次間	**	—
	処理区間	—	—
	交互作用	—	—

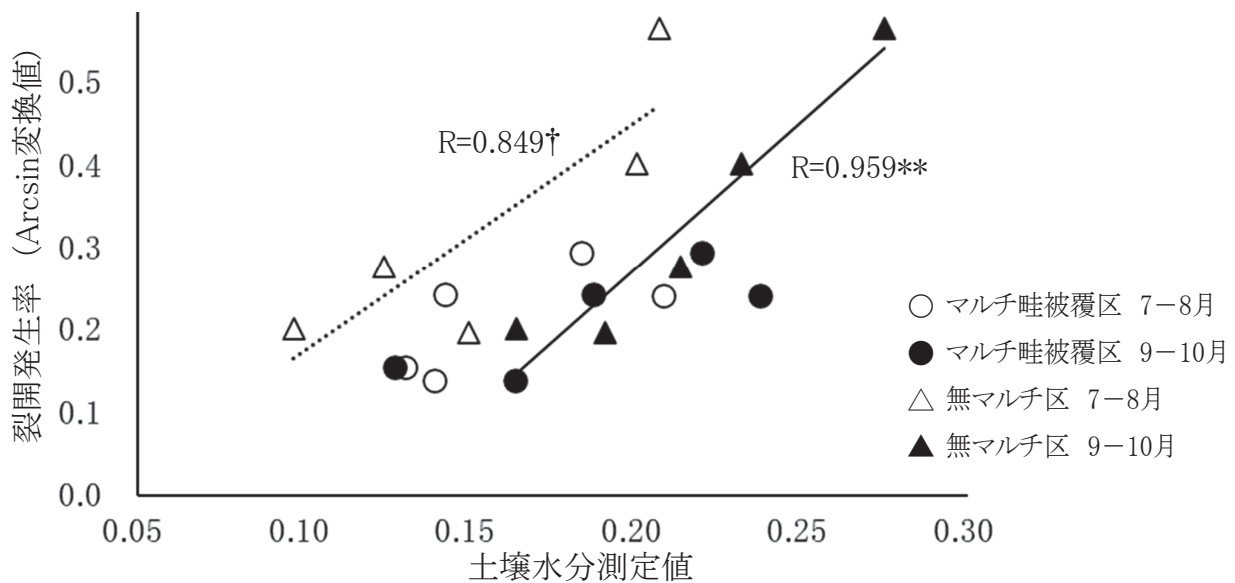
裂開発生率及びシロタ発生率の分散分析は Arcsin 変換した数値を用いて実施した. 異なるアルファベットの間には5%水準で処理区間に有意差がある (Tukey の多重検定法). 分散分析の結果, * は5%水準で, ** は1%水準で, それぞれ有意差がある.

の変動の大きさと、裂開発生率とに弱い相関関係が示唆されたものの、全体的には明らかな相関関係は認められなかった (第5図). また、各期間の土壌水分の最高値と最低値との差についても、同様に裂開発生率との関係を解析したが、明らかな相関関係は認められなかった. したがって、「タムユタカ」においては、土壌水分の変動の大きさが直ぐには裂開発生につながらないことが推察された.

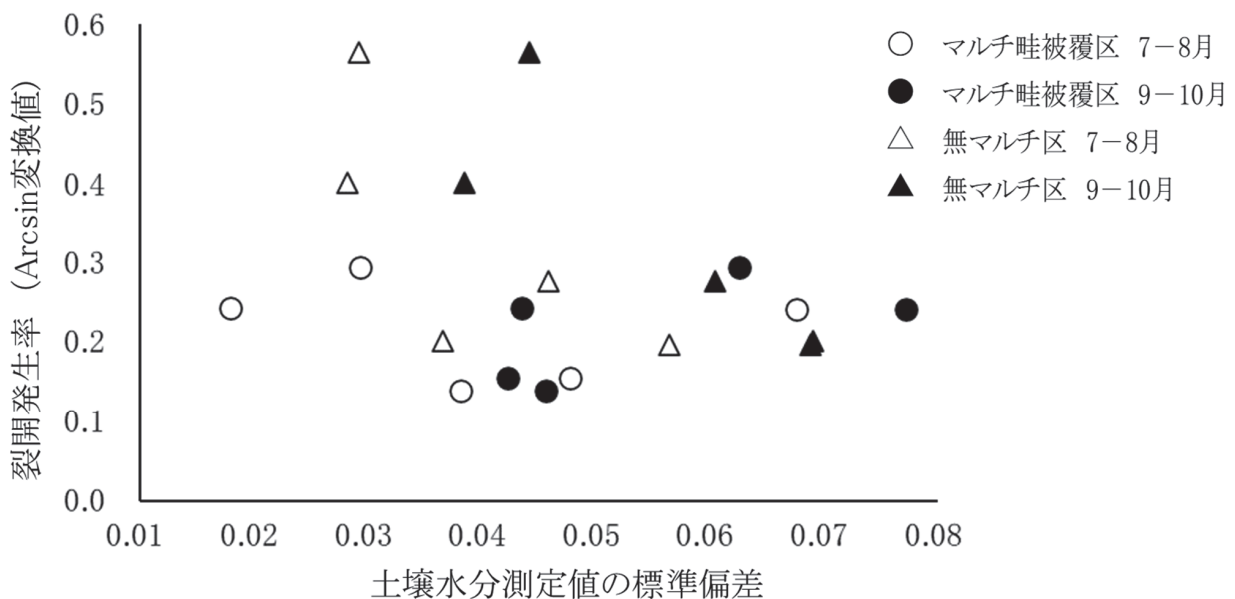
先に述べたように、「タムユタカ」の無マルチ区で裂開が多発したのは、水分量としての影響が大きいものの、その変動の大きさについては、即座に裂開に結び

つくとは考えにくかった. このことから、降水のパターンや温度条件など他の環境要因が絡んで発生していることも推察され、今後はより多くのデータを多面的に得て、多変量解析のような手法で解明することが必要と考えられる.

干しいものシロタ発生は「タムユタカ」のみで顕著に認められ、「ほしこがね」ではほとんど認められなかった (第3表). これは過去の報告 (蔵之内ら, 2010; 蔵之内ら, 2015) と同様であった. 「タムユタカ」での5年間の平均では、マルチ畦被覆区よりも収穫2か月前除去区と無マルチ区がやや低い傾向が示唆され



第4図 土壌水分と塊根の裂開発生率との関係 (「タマユタカ」).
土壌水分の測定機材と測定値は第3図に準ずる. 2010-2014年の5年間. 土壌水分値は7-8月と9-10月の各平均値で解析. †と**は, それぞれ10%水準, 1%水準で有意な相関があることを示す.



第5図 土壌水分の変動値と塊根の裂開発生率との関係 (「タマユタカ」).
土壌水分の測定機材と測定値は第3図に準ずる. 2010-2014年の5年間. 土壌水分の変動は7-8月と9-10月の各期間の値で解析.

たが, 有意差は認められなかった. 一方, 各年次別にみると発生率の大きさには有意差が認められた. 同様の結果は, 前報 (藏之内ら, 2010) でも認められており, シロタ発生は年次の影響が大きいことが確認された. また, マルチ畦被覆区, 次いで収穫1か月前除去区でシロタ発生がやや多くなる可能性が示唆されたが, 本試験が晩植栽培であることも考慮すると, マルチ畦被覆およびその除去がシロタ発生に与える影響については, 今後さらに調査データを積み重ねて検討を進める

ことが重要である. また, さらに調査を積み重ねることで, 多発年に絞った解析が可能となり, マルチ被覆の影響をより明らかにできる可能性もあろう.

干しいものの肉質は, 藏之内ら (2010) の報告と同様に, 「タマユタカ」では無マルチ区で有意に値が小さく, 粘質傾向となった. 次いで, 収穫2か月前除去区が続き, 各年次別にみても同様の傾向の年が多かった. 「ほしこがね」では, 無マルチ区がマルチ畦被覆区・収穫1か月前除去区よりも有意に粘質方向の値となっ

た。「タマユタカ」では年次と処理区の交互作用が認められたが、これは収穫2か月前除去区の値が年次によって振れたためと考えられた。いずれの品種でも、収穫1か月前除去区とマルチ畦被覆区との差が認められなかったことから、収穫1か月前から収穫期までの被覆状態が肉質に与える影響は小さい可能性が示された。なお、干しいもの肉質に関連する形質として、塊根のでん粉に関わる特性があげられるが(蔵之内ら, 2002; 中村ら, 2007), この機作の詳細については、影響を与えることが予想される畦内の地温との関係を含めて今後の検討課題である。

以上から、本報告で明らかになった点は次のようにまとめられよう。

1. 晩植栽培においても、マルチ畦被覆によって塊根の収量は増加する。2. 「タマユタカ」では生育初期のマルチ畦被覆が裂開発生の低減をもたらすと考えられるが、その機作についてはさらに検討が必要である。3. 「タマユタカ」では、土壌水分の多い年次に裂開が増加する傾向にある。一方、「ほしこがね」では、この傾向は認められなかった。4. 無マルチ栽培では、干しいもの肉質は既報と同様にマルチ畦被覆栽培よりも粘質方向となる傾向であった。マルチ被覆の除去が肉質に及ぼす影響では、明瞭な差を示すには至らなかったが、収穫2か月前除去区では粘質化の可能性があり、収量性維持や裂開・シロタの発生率の低さを加味すれば、今後さらに検討を加えることが有用であろう。

謝辞

本報告の各試験の推進にあたり、材料の養成や圃場試験では観音台第3業務科畑作技術チーム職員ならびに同チーム契約職員の各位に、各調査にあたっては次世代作物開発研究センター畑作物研究領域カンショ・資源作物育種研究ユニット(現 中日本農業研究セン

ター温暖地野菜研究領域栽培管理グループ) 契約職員の各位に、それぞれ多くのご協力をいただいた。ここに記して深く謝意を表する。

引用文献

- いも類振興会 2016. 干しいもの外観. 3 シロタとクロタ. いも類振興会編 干しいもの事典. いも類振興会, pp. 57.
- 蔵之内利和, 中村善行, 高田明子, 田宮誠司, 中谷誠, 熊谷亨 2010. サツマイモ蒸切干加工用品種の収量・品質関連形質に及ぼすマルチ被覆および気象の影響. 日作紀 79: 491-498.
- 蔵之内利和, 中村善行, 田宮誠司, 片山健二, 中谷誠 2002. サツマイモ蒸切干加工時の品質関連特性における品種・系統間差. 育種学研究 (別 2): 424.
- 蔵之内利和, 高田明子, 中村善行, 藤田敏郎, 中谷誠, 熊谷亨, 片山健二 2015. 品質が良好で多収性の蒸切干加工用サツマイモ品種「ほしこがね」の育成. 作物研報 15: 1-28.
- 中村善行, 蔵之内利和, 石田信昭, 熊谷亨, 中谷誠 2007. サツマイモ蒸切干の中白障害「シロタ」発生に関わる塊根のでん粉および水分の含量. 日作紀 76: 576-585.
- 大西麻衣子, 松田智明, 新田洋司, 蔵之内利和, 中村善行, 中谷誠 2006. 栽培土壌水分の違いが蒸切干サツマイモの「シロタ」発生とその構造に及ぼす影響. 日作紀 75 (別 1): 250-251.
- 小野田正利, 福田俊夫, 大田陽一郎, 知識敬道, 豊田芳松, 鈴木惣一, 石川博美, 竹股知久 1970. 甘しょ新品種「クリマサリ, タマユタカ, コナセンガン」について. 農事試研報 14: 167-194.
- 小柳敦史, 中谷誠, 渡辺泰 1988. カンショ塊根裂開症に関する研究. 農研七研報 9: 33-53.
- 佐藤美子, 松田智明, 新田洋司, 蔵之内利和, 中村善行, 中谷誠 2004. 蒸切干しサツマイモにおける「シロタ」の構造的特徴に関する走査電子顕微鏡観察. 日作紀 73 (別 1): 192-193.
- 内村力 1975. マルチ条件下における甘しょの生育収量の変化と養分吸収ならびに2・3の土壌環境要因について. 鹿児島県農試研報 3: 1-11.
- 財津昌幸, 井口武夫, 沢畑秀 1976. マルチ栽培における環境変化と生育 第2報 土壌水分の変化について. 日作九支報 42: 16-19.

パルプ培地がダッタンソバsproutの根および地上部の生育にあたる影響

中井勇介*・渡辺慎一

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター

要 旨 : 近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染が問題となっている。人工光型植物工場においても作物を栽培する際、プラスチック発泡体の一種であるポリウレタンフォームなどが培地（ポリウレタンフォーム培地）として用いられていることから、可能な限り海洋生態系への悪影響が少ない資材を原料とした培地候補の選定が必要と考えられた。そこで我々は、間伐材を主な原料とするパルプ培地に着目し、機能性成分を含有するダッタンソバsproutの根の発達および地上部の生育にあたる影響を調査することで、人工光型植物工場でのsprout生産にパルプ培地が利用可能か検討した。その結果、ダッタンソバsproutをパルプ培地上で栽培するとポリウレタンフォーム培地と比較して、総根長、最長根長、根長密度、比根長、出液速度、地上部新鮮重量、根の新鮮重量および根の乾物重量が有意に増加することが判明した。また、パルプ培地の含水量や三相分布を調査した結果、含水量はポリウレタンフォーム培地よりも3.89倍高く、三相分布（気相、液相、固相）の割合がポリウレタンフォーム培地よりも作物栽培に適していた。以上から、パルプ培地は人工光型植物工場におけるダッタンソバsproutの栽培において適した培地であり、ポリウレタンフォーム培地に替わりえる培地候補であると考えられた。

キーワード : 人工光型植物工場, sprout, ダッタンソバ, パルプ培地, ポリウレタンフォーム培地.

Effect of wood pulp medium on root and shoot growth of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) sprouts : Yusuke NAKAI and Shin-ichi WATANABE (Kyushu Okinawa Agricultural Research Center (KARC), National Agriculture and Food Research Organization (NARO))

Abstract : Microplastics constitutes one of the serious marine environmental problems. In many cases, polyurethane resin, which is a type of plastic, is commonly used as a growth medium in sprout production. Consequently, industrial waste composed of a mixture of polyurethane media and roots would also contribute to marine microplastic pollution. Because of that, it was necessary for us to examine polyurethane resin replacement as a new medium and we focused on recyclable wood pulp medium prepared from lumber. This study aimed to evaluate the growth of roots and shoots of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) sprouts on a wood pulp medium in a closed plant factory under artificial light. Total root length, longest root length, root length density, specific root length, bleeding sap rate, fresh weight of shoots, hypocotyl length, and fresh and dry weight of roots were significantly greater when grown on wood pulp medium than on polyurethane medium. In addition, wood pulp medium could retain 3.89 times the amount of water compared with polyurethane medium. Furthermore, the three-phase distribution (gas, solid, and liquid phases) of wood pulp medium was improved compared with that of polyurethane medium. Conversely, dry weight of shoots did not differ significantly between wood pulp medium and polyurethane medium conditions. These results suggest that wood pulp medium may promote growth of tartary buckwheat sprouts in a closed plant factory with artificial light.

Keywords : Closed plant factory with artificial light, Polyurethane foam, Sprout, Tartary buckwheat, Wood pulp.

緒言

機能性成分やビタミン類を豊富に含有するsprout類 (Takaya et al., 2003; 澤井ら, 2014; 前田ら, 2008) を食事に取り入れることが注目されている。sprout類は水と光のみで栽培可能なことから、人工光型植物工場においてもランニングコストやイニシャルコストを低減できる可能性があると報告されており

(渡辺ら, 2016), 社会のニーズに応じて多様な作物種を人工光型植物工場でsprout化するための栽培技術の開発が望まれている。現在、かいわれ大根やブロッコリーなど採種量の多い作物がsproutとして栽培されることが多く、かいわれ型のsprout栽培用培地として石油化学製品に分類される発泡性樹脂のポリウレタンフォーム培地が主に利用されている。一方で、脱石油に向けた取り組みやマイクロプラスチックによ

る海洋汚染などが問題となっている。人工光型植物工場においてもスプラウト類や葉菜類を栽培する際には主にポリウレタンフォーム培地が用いられていることから、人工光型植物工場由来の産業廃棄物からマイクロプラスチックが発生する可能性も懸念される。そのため、人工光型植物工場での作物生産活動が海洋汚染問題の一因とならないようポリウレタンフォーム培地に替わる培地の選定が必要と考えられた。そこで我々は、ポリウレタンフォーム培地に替わるかいわれ型スプラウトの栽培用培地候補として、間伐材などを原料とし和紙の製造にも使用されているバージンパルプ（パルプ培地）に着目した。

パルプ培地の作物生産への利用を検討した先行研究として、シート状に加工した培地や水に懸濁し栽培容器に充填した培地がベビーリーフの生産（山本ら、2013）やタマネギ、ハツカダイコンなどの育苗用培地として検討されている（Trollove et al., 2005）。また、人工光型植物工場では、ルビーかいわれ大根の栽培にパルプ培地を用いた際の生育や一般生菌数を調査した報告（渡辺ら、2016）やダッタンソバ（*Fagopyrum tataricum* Gaertn.）の発芽特性に関する研究が報告されている（中井・渡辺、2019）。しかし、人工光型植物工場内において、パルプ培地を用いてスプラウト類を栽培した時の作物の根の発達や地上部の生育への影響については解明されていない。そこで本研究では、ダッタンソバを研究材料にパルプ培地上での栽培がダッタンソバスプラウトの根および地上部の生育に与える影響を調査した。

材料と方法

1. 供試品種および栽培条件

本研究は中井・渡辺（2019）の報告を参考に農研機構育成のダッタンソバ品種‘満天きらり’を用いて、農研機構九州沖縄農業研究センター暖地畑作物野菜研究領域（福岡県久留米市）の人工光型植物工場内で行った。本研究に用いたパルプ培地およびポリウレタンフォーム培地の調製からセルトレイへの設置までの簡易的な工程を第1図Aに示した。栽培に用いたセルトレイは底面に穴が開いている20穴セルトレイ（1穴64 mm 角×深さ50 mm）を用いた。パルプ培地はKitazaki et al. (2015) や渡辺ら（2016）の報告を参考にバージンパルプ（商品名：エコ培地、日本スプラウト協会）を用い、約0.0125 g/mLで水道水に懸濁したものを1セルに160 mL 充填し、約5 mmの厚さで成形した（64 mm 角×深さ約5 mm）。ポリウレタンフォーム培地はカイワレダイコンの生産に用いられている64 mm 角×深さ5 mmの市販品を用い1セルに1枚設置した。

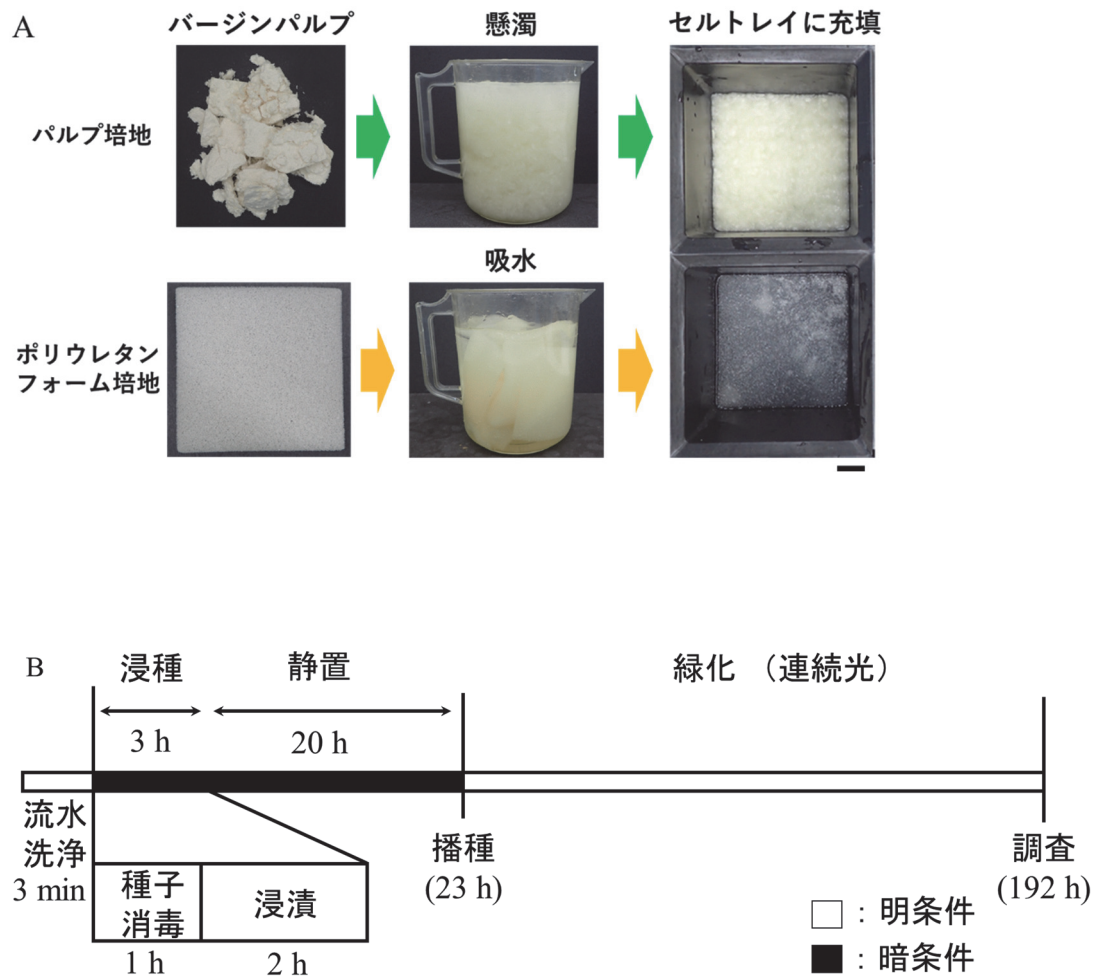
ダッタンソバスプラウトの栽培工程表を第1図Bに示した。ダッタンソバ種子は約3分間水道水を用いて流水洗浄した後、水温25℃の微酸性電解水（微酸性電解水生成装置 PURESTER ミュークリーン II、森永乳業（株））に1時間浸漬し殺菌処理を行った。その後、水温25℃の水道水（約4000 mL）に2時間浸漬し吸水処理を行った。種子の吸水処理中は遮光し水温が±0.5℃の範囲内になるよう維持した。吸水処理終了後の種子は室温25℃、相対湿度70%、暗条件下で20時間静置した後、事前に準備した栽培用培地入り容器の1セルあたりに30粒播種した。播種後の栽培は、渡辺ら（2016）の報告を参考に気温25℃、相対湿度75%、セルトレイ上面の光合成有効量子束密度（PPFD）約70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の連続光条件で8日間行った。栽培に用いた光源はHf三波長（昼白色）蛍光灯（FHF32EX-N-PD、東芝ライテック（株））を用いた。また、ダッタンソバスプラウトを蛍光灯のみで栽培すると子葉が展開せず種皮（そば殻）が残存することから、種皮の脱落を促進するために遠赤色蛍光灯（FL20S-FR-74：FR-FL、東芝ライテック（株））を併用照射した（Kitazaki et al., 2015）。灌水は播種24時間経過後から1日2回（9時および17時）、噴霧器（MUS052D 株式会社マキタ）を用いた頭上灌水とし、栽培8日目の午前まで行った。灌水量は1セル当たり1回に約24 mLとした。本報では5回の再現実験を行い、各実験で得られたデータの平均値と標準誤差を図に示した。

2. 出液速度の測定

出液速度は森田・阿部（1999）の方法を参考に測定を行った。播種から8日目のダッタンソバスプラウトに灌水を行い、セルごとに各培地表面から約5 cmの位置でダッタンソバスプラウトの胚軸を剪定バサミで水平に刈り取り、事前に重量を測定した脱脂綿を切断面に接触するように載せ1時間出液を採取した。出液採取中はセルトレイに黒色プラスチックトレイを用いて遮光した。出液採取が終了した後、直ちに脱脂綿の重量を微量電子天秤で測定し、各セルの総発芽個体数で除し1個体あたりの出液速度を算出した。

3. パルプ培地がダッタンソバスプラウトの根系に与える影響

パルプ培地またはポリウレタンフォーム培地上で8日間栽培したダッタンソバスプラウトの総根長、最長根長を測定した。1セル分の根を切らないように培地から分離した後、根の解析用の画像をビジネスページプリンター（EPSON LP-M5600A、セイコーエプソン（株））のスキナー機能を用いてJPG形式、解像度350 dpiで取得した。総根長および最長根長の評価は画



第1図 ダットンソバスの栽培工程および試験に用いた各培地。

(A) パルプ培地 (上段) およびポリウレタンフォーム培地 (下段) の調製からセルトレイへの設置までの工程を示した。スケールバーは 10 mm を示す。(B) 人工光型植物工場におけるダットンソバスの栽培工程を示した。白抜きのは明条件、黒塗りのは暗条件での栽培を示している。

像解析ソフトウェア ImageJ を用いて行った (田島, 2014)。また、根長密度は総根長を 1 セル当たりの培地体積で除すことにより算出した。本研究では 1 セルごとに総発芽個体数で除すことで 1 個体あたりの総根長を算出した。

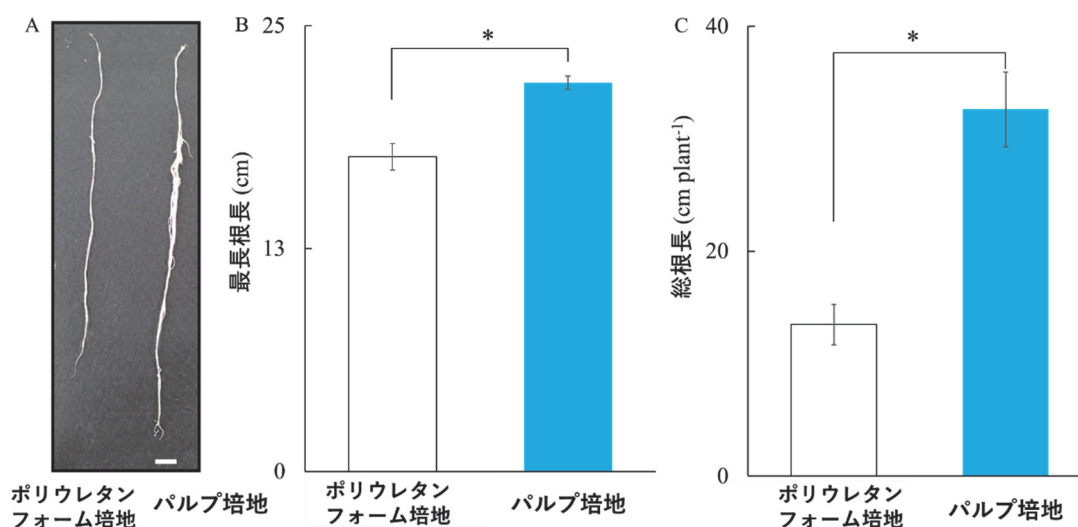
4. パルプ培地がダットンソバスの成長に与える影響

パルプ培地またはポリウレタンフォーム培地上で 8 日間栽培したダットンソバスの胚軸長、新鮮重量、乾物重量を測定した。新鮮重量および乾物重量は地上部 (子葉および胚軸) と根を分離し個別に測定した。胚軸長は発芽した個体をセルごとにデジタルノギスで測定し平均値を算出した。新鮮重量はセルごとに微量電子天秤を用いて測定した。乾物重量は新鮮重量測定後の植物体を 80℃ に設定した恒温乾燥機に 48 時間静置した後、微量電子天秤を用いて測定した。新

鮮重量、乾物重量ともに総発芽個体数で除すことで 1 個体あたりの重量を算出した。

5. 培地の含水量および間隙率の測定

武田 (2003) の報告を参考にパルプ培地およびポリウレタンフォーム培地の含水量、間隙率 (固相率、気相率) を測定した。パルプ培地は約 0.0125 g/mL に調製したバージンパルプ (エコ培地, 日本スプラウト協会) を 20 穴セルトレイ (1 穴 64 mm 角 × 深さ 50 mm) の 1 セルに約 160 mL 充填後、成形し試験に供した。パルプ培地の体積は、培地の形が崩れないようセルトレイをハサミなどで分解し取り出した後、ノギスを用いて各辺を計測し算出した。成形したパルプ培地の体積は平均約 20.5 cm³ であった。ポリウレタンフォーム培地はカイワレダイコンの生産に用いられる 64 mm 角 × 深さ 5 mm (約 20.5 cm³) に調整されたものを用いた。各培地の湿重量は 1 セルあたり約 24 mL の灌水を



第2図 パルプ培地での栽培がダットンソバプラウトの根系の発達にあたる影響。

各培地で栽培したダットンソバプラウトの(A)根の写真、(B)最長根長および(C)1個体あたりの総根長の平均値を示した(n=5)。Aのスケールバーは10 mmを示す。エラーバーは標準誤差を示す。*は5%水準で有意差有り。

行い、室温25℃の栽培室に24時間静置後、電子天秤で測定した。乾重量は湿重量測定後の培地を90℃に設定した恒温乾燥機で48時間処理した後、電子天秤で測定した。各培地の真比重はゲーリュサック型の広口ピクノメーター(LG-700B-50, 三洋試験機工業)および蒸留水を用いて測定した。各培地の含水量(式1)、液相率(式2)、固相率(式3)、気相率(式4)は以下の計算式で算出した。液相率の計算に必要な水の密度は1.0 g/cm³と仮定した。

含水量(g) = 培地湿重量(g) - 培地乾重量(g) (式1)

液相率(%) = (含水量(g)/水の密度(g/cm³))/培地容量(cm³) × 100 (式2)

固相率(%) = (培地乾重量(g)/培地の真比重(g/cm³))/各培地体積(cm³) × 100 (式3)

気相率(%) = 100 - (液相率 + 固相率) (式4)

6. 1日当りの灌水量がダットンソバ種子の発芽率に与える影響

パルプ培地またはポリウレタンフォーム培地上に播種したダットンソバ種子の発芽率を測定した。1日当りの灌水量や栽培環境は、上記の条件(1. 供試品種および栽培条件)に従った。発芽率は、中井・渡辺(2019)の報告を参考に栽培試験の最終日である8日目の総発芽個体数から下記の式(式5)より算出した。

発芽率(%) = (8日目の総発芽個体数/播種数) × 100 (式5)

7. 統計解析

本研究ではF検定による解析後にT検定の解析手法を選択し有意差判定を行った。割合で示した第6図CのデータはArc-sin変換後に統計解析を行った。F検定の結果、第2図、第5図Aおよび第5図Dは等分散であったことから、Student's t-testにより解析した。また、第3図、第4図および第6図A、Cは不等分散であったため、Welch's t-testにより解析した。有意差検定は5%水準とした。

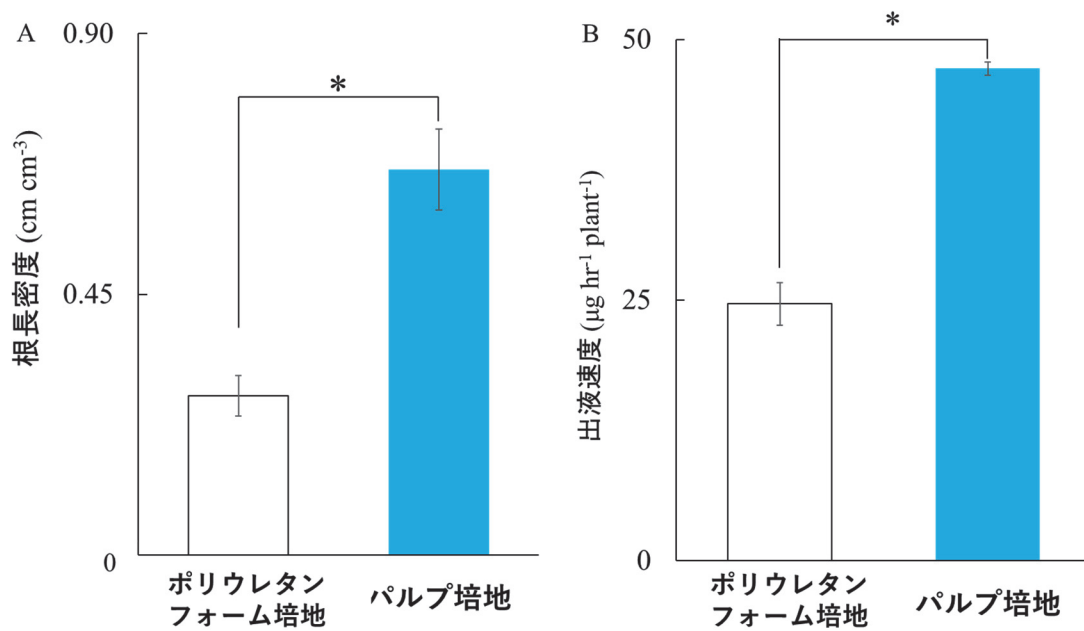
結果

1. パルプ培地での栽培がダットンソバプラウトの根系にあたる影響

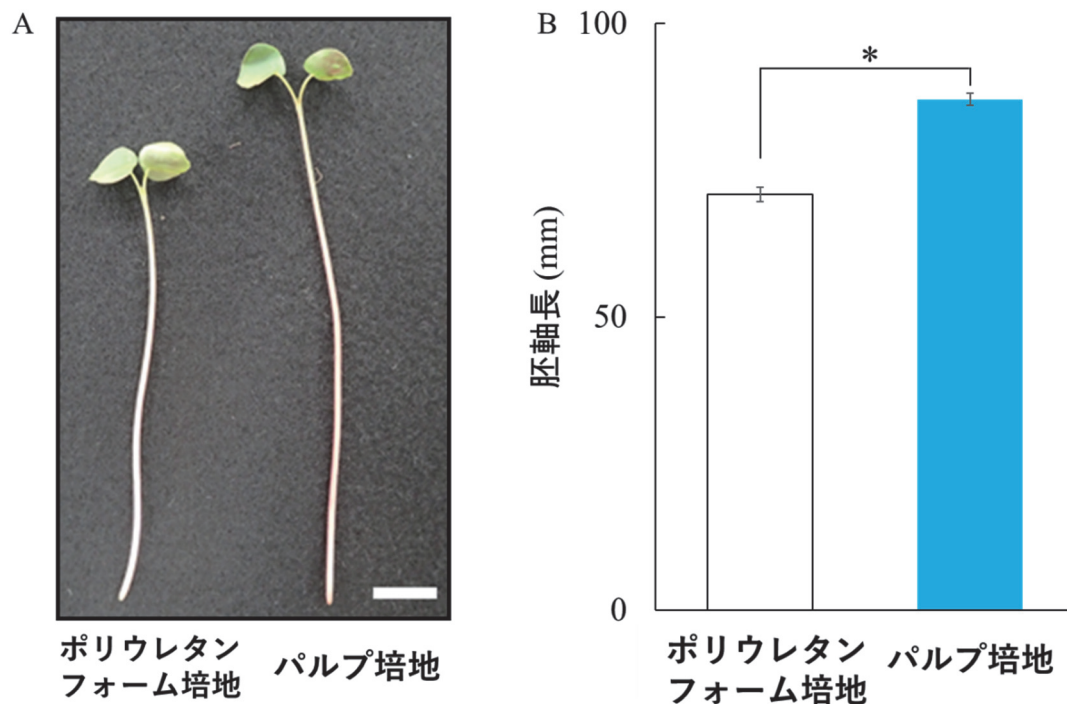
パルプ培地またはポリウレタンフォーム培地を用いることでダットンソバプラウトの根の生育が受ける影響を調査した結果を第2図および第3図に示した。ダットンソバプラウトの最長根長はポリウレタンフォーム培地よりもパルプ培地を用いて栽培することで有意に増加した。具体的には、パルプ培地の最長根長はポリウレタンフォーム培地と比較して1.2倍(第2図A,B)、総根長は2.5倍に増加した(第2図C)。また、試験区の根長密度はポリウレタンフォーム培地での栽培と比較して、2.5倍(第3図A)、出液速度は1.9倍に増加した(第3図B)。

2. パルプ培地での栽培がダットンソバプラウトの成長にあたる影響

パルプ培地またはポリウレタンフォーム培地で栽培したダットンソバプラウトの可食部(胚軸および子葉)、根の新鮮重および乾物重の調査結果を第4図お



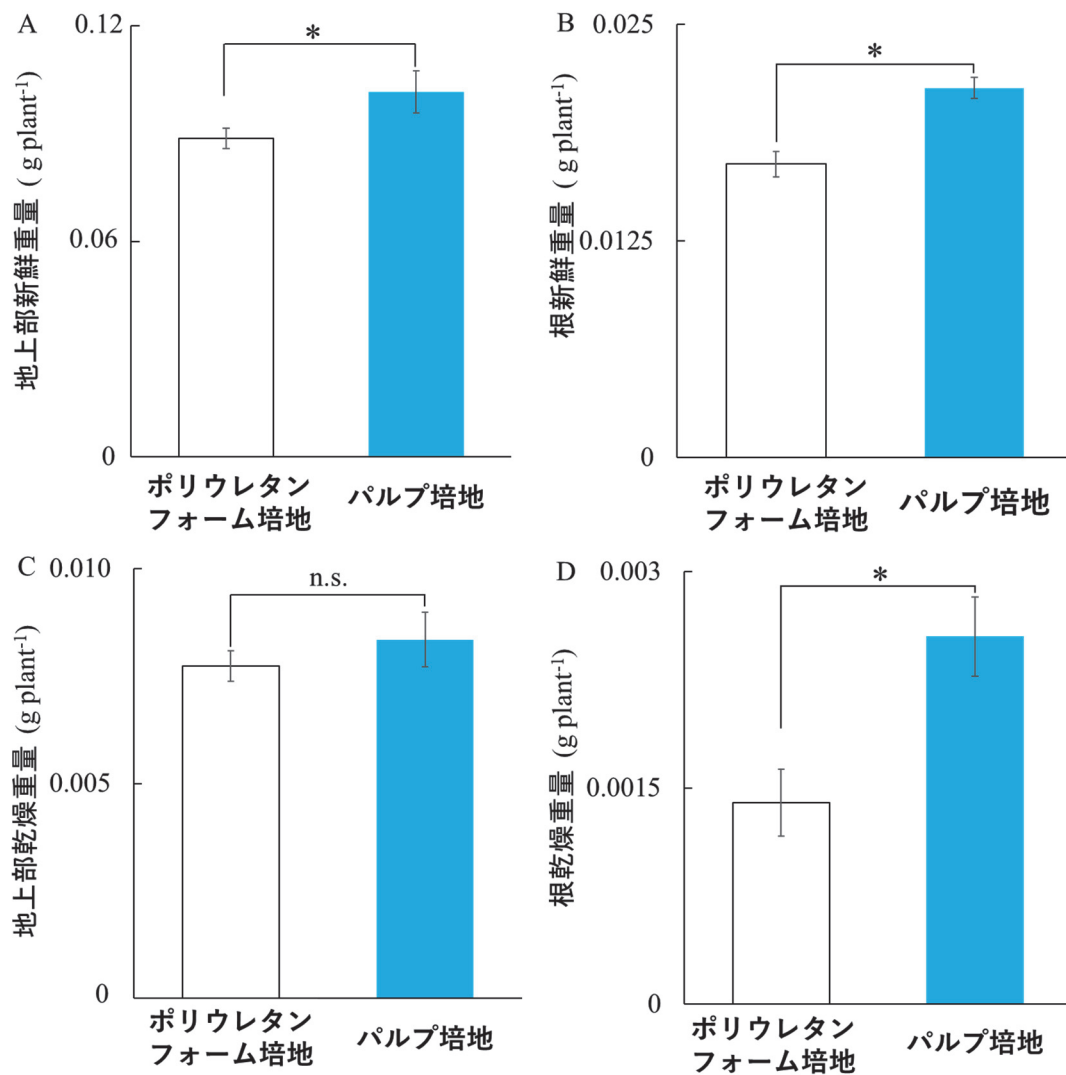
第3図 パルプ培地での栽培がダクトンソバプラウトの根長密度や出液速度にあたえる影響。
(A) 各培地で栽培したダクトンソバプラウトの根長密度および (B) ダクトンソバプラウトの1時間当たりの出液速度の平均値を示した ($n=5$). エラーバーは標準誤差を示す. *は5%水準で有意差有り.



第4図 パルプ培地での栽培がダクトンソバプラウトの胚軸伸長にあたえる影響。
(A) 各培地で栽培したダクトンソバプラウトの地上部の写真および (B) 胚軸長の平均値を示した ($n=5$).
Aに示したスケールバーは10 mmを示す. エラーバーは標準誤差を示す. *は5%水準で有意差有り.

よび第5図に示した. パルプ培地で栽培を行った時のダクトンソバプラウトの胚軸長はポリウレタンフォーム培地を用いた時と比較して16.0 mm有意に増加した(第4図). また, パルプ培地で栽培を行った時

の地上部新鮮重量はポリウレタンフォーム培地を用いた時と比較して1個体あたり0.01 g(第5図A), 根の新鮮重量は0.04 g(第5図C), 根の乾物重量は0.0012 g(第5図D)有意に増加した. 一方で, 地上部乾燥重



第5図 バルブ培地での栽培がダットンソバの生育に与える影響。

各培地で栽培したダットンソバプラウトの (A) 地上部の新鮮重量, (B) 根の新鮮重量, (C) 地上部の乾燥重量および (D) 根の乾燥重量の平均値を示した (n=5). エラーバーは標準誤差を示す. *は5%水準で有意差有り. n.s.は5%水準で有意差無し.

量には有意差はみられなかった (第5図C).

3. バルブ培地の土壌物理特性

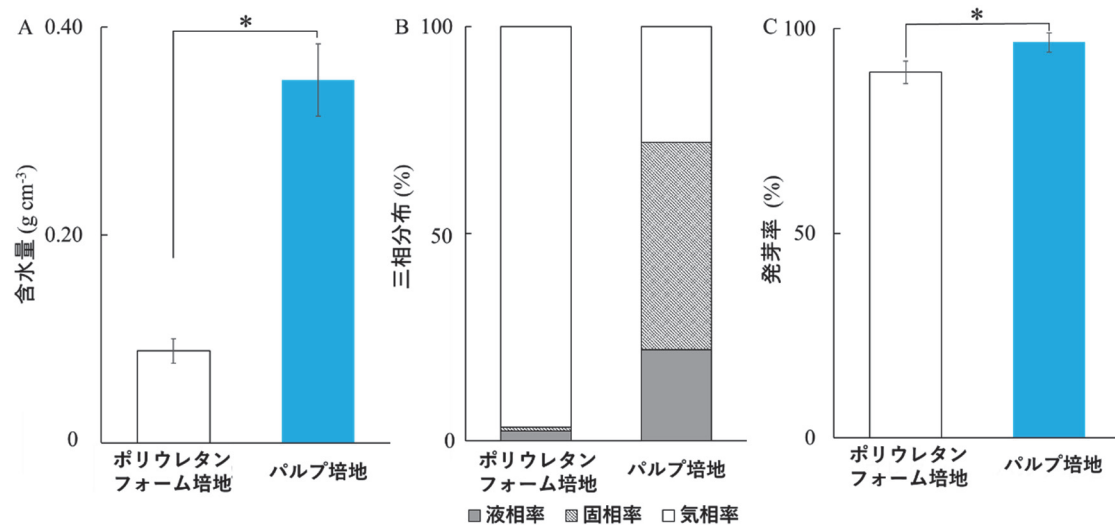
バルブ培地ならびにポリウレタンフォーム培地の土壌物理特性を第6図A, Bに示した. バルブ培地の体積あたりの含水量はポリウレタンフォーム培地と比較して3.89倍であった (第6図A). また, 各培地の固相率, 液相率, 気相率を調査したところ, ポリウレタンフォーム培地は気相率が最も高く (96.8%), 液相率 (2.1%), 固相率 (1.1%) の割合は低かった. 一方で, バルブ培地は固相率が最も高く (49.9%), 次いで気相率 (28.1%), 液相率 (22.0%) の順に占める割合が高いという結果が得られた (第6図B).

4. 灌水量がダットンソバ種子の発芽率に与える影響

1日当りの灌水量 (1日2回, 1回あたり24mL/セル) が, バルブ培地またはポリウレタンフォーム培地に播種したダットンソバ種子の発芽率に与える影響を第6図Cに示した. バルブ培地に播種した時のダットンソバ種子の発芽率 (95.6%) はポリウレタンフォーム培地上での発芽率 (89.7%) と比較して5.9%有意に増加した.

考察

本研究から, バルブ培地を用いてダットンソバプラウトを栽培するとポリウレタンフォーム培地での栽培と比較して根量や地上部が有意に増加することが判明した. 根や地上部の発達は培地中に含まれる酸素量や水分量のバランスの影響を受けることや作物の生育



第6図 各培地の土壌物理学的特性および発芽率。

(A) 各培地の含水量, (B) 三相分布および, (C) 発芽率の平均値を示した (n=5)。第6図Bの灰色塗りつぶしは液相率, 網掛けは固相率, 白抜きは気相率を示す。エラーバーは標準誤差を示す。*は5%水準で有意差有り。

に適した三相分布 (固相 40-50%, 気相 20-30%, 液相 20-30%) が報告されている (金子, 1984; 武田, 2003)。人工光型植物工場でのダッタンソバプラウトの栽培に最適な三相分布については、今後さらに検討する必要があるが、ポリウレタンフォーム培地よりもパルプ培地の三相分布や含水量 (第6図A, B) がダッタンソバプラウトの根の発達にとって、より好適な条件であったため最長根長や根重、出液速度が増加したと考えられた。次に、パルプ培地で栽培したダッタンソバプラウトの胚軸長 (第4図) および地上部新鮮重量 (第5図A) はポリウレタンフォーム培地での栽培結果と比較して増加した一方で、地上部の乾物重量に有意差はみられなかった。カイワレダイコンは含水量の多い培地で栽培を行うと胚軸伸長の促進や新鮮重量が増加すると報告されている (松本ら, 2009) ことや、根は水や栄養塩などを吸収し地上部に送ることによって光合成や成長などを支えているなどの報告がある (巽, 2013) ことから、パルプ培地で栽培を行うことで根の発達が促進され、水分を吸収する能力が向上し、パルプ培地から十分な水分がダッタンソバプラウトに供給された結果、胚軸長や新鮮重量が増加したと考えられた。以上から、人工光型植物工場でのダッタンソバプラウト栽培において、水の制御が重要な役割を果たす可能性が示唆された。そこで、本研究で設定した1日当りの灌水量 (1日2回, 1回あたり 24 mL/セル) がパルプ培地およびポリウレタンフォーム培地に播種したダッタンソバ種子の良好な発芽条件を満たしているか検討するため、両培地上におけるダッタンソバ種子の発芽率を調査した。その結果、パルプ培地上での発芽率 (95.6%) はポリウレタンフォーム培地上

での発芽率 (89.7%) よりも有意に増加した (第6図C)。パルプ培地はポリウレタンフォーム培地と比較して培地中の水分を保持できる時間が長い (渡辺ら, 2016) ことから、発芽や生育に必要な量の水分が安定してダッタンソバに供給された結果、パルプ培地上に播種したダッタンソバ種子の発芽率や胚軸長が増加したと考えられた。また、ポリウレタンフォーム培地上に播種したダッタンソバ種子の発芽率は農産物規格規定 (農林水産省告示第 797 号) に記されている種子そばの発芽率合格基準 (90%) とほぼ同等であったことや、栽培条件は異なるが暗条件下で栽培されたダッタンソバプラウトの胚軸長 (鶴永ら, 2008) がほぼ同等であったことから、本研究の栽培環境条件や灌水条件は両培地において発芽や成長に良好かつ十分であったとみなされた。

スプラウト類の消費は増加傾向である。一方、栽培用培地には発泡性樹脂の一種であるポリウレタンフォーム培地が使用されているため、廃棄時に生じる環境への負荷が懸念される。本研究で検討を行ったパルプ培地の原料は主に間伐材などが用いられているため、収穫後の根と培地が混在した廃棄物は微生物による資源循環に供することが可能であると推察でき、海洋汚染の原因となるマイクロプラスチックが排出される懸念も少ないと考えられる。また、パルプ培地はポリウレタンフォーム培地よりも含水量が多いことから、人工光型植物工場内でスプラウト類を栽培する際、水の使用量を低減できることが期待できるため、省資源での作物栽培技術にもつながる可能性が考えられる。以上のことから、パルプ培地は効率的な資源利用や環境負荷の軽減につながる有望なスプラウト栽培用

培地の1つの候補であると考えられた。また、人工光型植物工場内でパルプ培地を用いてルビーかいわれ大根を栽培した報告(渡辺ら, 2016)やダッタンソバの発芽特性を調査した報告(中井・渡辺, 2019)がある一方で、パルプ培地とポリウレタンフォーム培地を用いてスプラウト類を栽培し、根の発達や地上部の生育を比較した研究は本報が初報である。パルプ培地がダッタンソバスプラウトの根と地上部の発達にあたえる影響を調査した本研究は、人工光型植物工場に関する学術分野にも貢献できたと考えられる。

謝辞

本研究遂行にあたり(国研)農研機構九州沖縄農業研究センターの永松万由美氏にダッタンソバスプラウトの栽培管理に関するご協力をいただいた。ここに深謝の意を表します。

引用文献

- 金子文宜 1984. 調査・分析項目の意味と診断. 農業技術大系 土壤肥料編 4: 86-88.
- Kitazaki, K., Watanabe, S., Okamoto, A., Matsuo, M., Furuya, S., Sameshima, K. 2015. Far-red light enhances removal of pericarps in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) sprout production under artificial lighting. *Sci. Hort.* 185: 167-174.
- 前田智雄, 前川健二郎, 戸田雅美, 大島千周, 角田英男, 鈴木卓, 大澤勝次 2008. ブロッコリースプラウトの生育およびポリフェノール含量に及ぼす補光光質の影響. *植物環境工学* 20: 83-89.
- 松本恵子, 多田雄一, 清水浩, 澁澤栄 2009. カイワレダイコン (*Raphanus sativus* L. 'Kaiwaredaikon (Japanese radish sprout)') の生育および抗酸化活性に与える給水量の影響. *植物環境工学* 21: 79-85.
- 森田茂紀, 阿部淳 1999. 出液速度の測定・評価方法. *根の研究* 8: 117-119.
- 中井勇介, 渡辺慎一 2019. ダッタンソバ種子への吸水処理が発芽および成長に与える影響. *植物環境工学* 31: 203-209.
- 澤井祐典, 沖智之, 西場洋一, 奥野成倫, 須田郁夫, 渡辺慎一 2014. アブラナ科スプラウトのアスכולビン酸含量. *食科工誌* 61: 218-222.
- 田島亮介 2014. ImageJ を用いた画像解析による根長の評価. *根の研究* 23: 75-81.
- Takaya, Y., Kondo, Y., Furukawa, T., Niwa, M. 2003. Antioxidant constituents of radish sprout (Kaiware-daikon), *Raphanus sativus* L. *J. Agric. Food Chem.* 51: 8061-8066.
- 武田健 2003. 武田方式 診断と改善—物理性と塩基バランス重視—. 農業技術大系 土壤肥料編 4: 347-355.
- 巽二郎 2013. イネの根の成長と地上部・地下部の関係. *作物研究* 58: 9-13.
- Trolove, S. N., Reid, J. B. 2005. Comparing wood pulp and sawdust as media for field crops and the glasshouse. *Agronomy N. Z.* 35: 118-128.
- 鶴永陽子, 松本敏一, 田中大介, 鈴木芳孝 2008. UV-B 照射によるソバスプラウトの生育とフラボノイド精製に及ぼす品種間差異の影響. *日食保蔵誌* 34: 209-214.
- 渡辺慎一, 松尾征徳, 北崎一義, 鮫島國親, 澤井祐典, 諸岡譲, 篠崎正俊, 田中健一郎, 田中達也, 河野智謙, 吉田敏 2016. 人工光型植物工場の簡易栽培システムにおける木材パルプ培地でのカイワレダイコン (*Raphanus sativus* L.) の生育および一般生菌数. *植物環境工学* 28: 29-34.
- 山本泰久, 田中健一郎, 河野智謙 2013. ベビーリーフ栽培における植物パルプの利用. 日本生物環境工学会高松大会講演要旨: 176-177.

菜根譚 野菜の根の話

中野明正

千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構

17. 根っこに「えら」がある？

「Root Hairs: The 'Gills' of Roots…」という本がある。魚の「えら」に喩えられている「根毛」は構造上1つの細胞が伸びた毛のような器官である。実際その太さは髪の毛の直径ぐらいになる(0.05 mm ぐらい)。魚の「えら」は複雑に入り組んで表面積を増やすことにより水中の酸素を効率的に取り込む役割を担っている。植物の「えら」でもある根毛も表面積を増やし養分や水分や酸素を効率的に吸収することに一役買っているのであらう。一方で、植物に必要な養分を養液に溶かして与え、酸素は通気により供給する、いわゆる水耕栽培では土耕栽培に比べ根毛は発生しにくい。十分な養水分と酸素があれば「えら」はいらなくなるのだろうか？しかし通常は自然環境は過酷である。発芽しても、たいてい養水分は十分でないだろう。そのため幼根では根毛を発生させ初期の成長を促進しさせる。

維管束植物の根毛形成パターンは3タイプあり、根のすべての表皮細胞からランダムに根毛が形成される Type1、根毛細胞と非根毛細胞が縦横交互に市松模様のように形成される Type2、根毛細胞列と非根毛細胞

列が主根の軸に沿って交互にストライプ状に形成される Type3 がある。モデル植物のシロイヌナズナは Type3 であり根毛形成に関与する遺伝子が明らかとなっている。まず野生型のシロイヌナズナに比べ極端に根毛が少ない突然変異体 *caprice (cpc)* (気まぐれにしか根毛が出ないの意) の解析から制御の一端が解明された。根毛発達を抑制する *GL2* 遺伝子は下流の根毛発達遺伝子群を抑制している。転写因子複合体 (WER と GL3) が *GL2* 遺伝子の転写を活性化するため、非根毛細胞となる。一方で CPC が非根毛細胞から根毛細胞に移行し、WER の代わりに GL3 と複合体を形成すると転写因子複合体が遺伝子に結合せず、*GL2* 遺伝子の発現が抑制され、根毛が形成される。

さらに、このような根毛が伸びる仕組みもシロイヌナズナで明らかになってきた。GTL1 という転写因子が根毛の成長を止める機能を担った。そして *ROOT HAIR DEFECTIVE SIX-LIKE 4 (RSL4)* という遺伝子が GTL1、DF1 によって抑制される。さらに、RSL4 は GTL1 の遺伝子発現を促進すること、RSL4 はアクセル、GTL1 はブレーキとして機能し根毛の成長を制御していることが明らかとなった。



図 噴霧耕で発達する根毛

左上：地上部（トマト）、左下：地下部、右：拡大したもの、根の表面がギザギザに見えるのは、根毛が発達しているためである。（写真提供：霧のいけうち）

先述した養液栽培でも「噴霧耕」では、根毛が発達する場合もある(図)。つまり、根圏環境により根毛の発達も大きく異なる。今回示した制御因子などが、アクセルとブレーキの役目を果たしつつ、根毛の発生と伸長を制御しているのであろう。

ちなみに、似て非なるものが、動物の「毛根」である。今回の成果はヒトの「毛生え薬」にはつながらないだろう。

参考文献

- Tominaga, R., Iwata, M., Okada, K., Wada, T. 2007. Functional Analysis of the Epidermal-Specific MYB Genes *CAPRICE* and *WEREWOLF* in Arabidopsis. *The Plant Cell* 19: 2264-2277.
- Shibata, M., Breuer, C., Kawamura, A., Clark, N. M., Rymen, B., Braidwood, L., Morohashi, K., Busch, W., Benfey, P. N., Sozzani, R., Sugimoto, K., 2018. GTL1 and DF1 regulate root hair growth through transcriptional repression of *ROOT HAIR DEFECTIVE 6-LIKE 4* in Arabidopsis. *Development* doi: 10.1242/dev.159707

第 55 回根研究集会に参加して

金子祥也

名古屋大学大学院環境学研究科

第 55 回根研究集会は、2022 年 6 月 4 日千葉大学にてオンラインで開催されました。根を研究する方々が全国から集まり、招待講演 2 題の他、口頭発表 10 題、ポスター発表 10 題が行われ、発表終了後には懇親会が行われました。参加者の研究分野は多岐にわたっており、根の成長や構造に関するものから土壌環境と根の生理的機能との関わりといったものがありました。どの研究も地球環境との関わりの深いものでした。

根の水分屈性のメカニズム解明に関する研究や低温環境における活性酸素種の関与といった自分と異なる研究分野の話聞き、根研究の奥深さを実感した一方、地中レーダを用いた斜面崩壊防止といった自分の研究分野に近い話も聞くことができ、非常に充実した一日となりました。私は口頭発表において「二周波地中レーダを用いたスギ根系と石礫の同時検出」という題目で発表しました。様々な分野の方々から質問をいた

だき、今後の研究の取り組み方について新たな学びを得ることができました。

本集会は oVice というウェブアプリを用いて行われました。自分自身がアイコン表示されていてそのアイコンを動かして椅子に座ることによってつながって話を聴くことができるため、口頭発表ではオンラインでありながらあたかもその場にいるような雰囲気を味わうことができました。ポスター発表では、自由に会場を行き来することができ、発表者にその場で質問することで様々な議論を交わすことができました。また、発表終了後にはオンラインでの懇親会が行われ、興味を持った分野の方々や発表の際に質問しきれなかった内容を深めるといった交流をすることができました。

今回、集会への参加は初めてでしたが、根研究の最先端に触れることができ、貴重な経験となりました。ありがとうございました。



Ovice を用いた集会の様子

8th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plant (第8回国際樹木根会議)に参加して

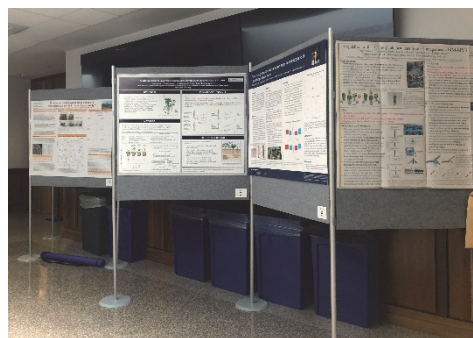
今若舞

兵庫県立大学大学院環境人間学研究科

2022年7月10日から14日の5日間にわたり、8th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plant (第8回国際樹木根会議)がアメリカ合衆国ペンシルベニア州にあるペンシルベニア州立大学で開催されました。この会議は3年ごとに行われており、本来は2020年6月に開催予定となっていました。しかし新型コロナウイルスの影響を受けて延期となり、今年の開催の運びとなりました。今回は初の試みとして現地に参加する対面型と離れた場所から参加するオンライン型の融合であるハイブリット形式で行われ、80名ほどが参加しました。口頭発表とポスター発表の2つの形態で発表が行われ、それぞれ活発な議論がなされました。日本からは口頭発表2名、ポスター発表5名の参加がありました。私自身も現地に赴き、ポスター発表をさせて頂きました。

口頭発表では根の機能特性や植物の地下部における炭素消費など6つのセッションが設けられました。そしてそれぞれのセッションはテーマに沿ってゲストスピーカーの講演から始まり、続いて各研究発表が行われました。樹木根に限らず農作物の根に関するものなど幅広く根に関する発表が行われました。英語が不慣れなため発表内容を全て理解することは難しかったですが、とても興味深い研究ばかりとなっていました。特に Alexia Stokes 教授の講演は樹木根の形態に関するものでとても勉強になりました。ポスター発表ではポスター掲示場が設けられ、学会期間中は常時見ることが可能となっていました。また現地参加者にはそれぞれ発表時間が設けられ、興味を持った方に対し、直接発表を行うことができました。学会期間中には多くの人たちとの間に会話が生まれ、久しぶりの再会を喜ぶ声や新たな研究プロジェクトの計画が持ち上がるなどとても活気に満ち溢れていました。私にとっては初

めての国際学会であることに加え、対面式の学会参加自体も初めてでした。なので参加前は非常に不安でしたが、参加することで非常に大きな経験を得ることができました。最後になりますが学会に参加するにあたり指導教官である大橋瑞江教授をはじめ、多くの方にご協力頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。ありがとうございました。



ポスター掲示場所



口頭発表会場

Root Research 根の研究

編集委員長	福澤加里部	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
副編集委員長	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	松波 麻耶	岩手大学農学部
編集委員	岩崎 光徳	農研機構・果樹茶業研究部門
	宇賀 優作	農研機構・作物研究部門
	亀岡 笑	酪農学園大学循環農学類
	神山 拓也	宇都宮大学農学部
	檀浦 正子	京都大学大学院農学研究科
	辻 博之	農研機構・北海道農業研究センター
	仲田(狩野)麻奈	名古屋大学農学国際教育研究センター
	松村 篤	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
	南 基泰	中部大学応用生物学部
	山崎 篤	農研機構・東北農業研究センター
	山本 岳彦	農研機構・東北農業研究センター
上級編集補佐	島村 聡	農研機構・東北農業研究センター

事務局 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F
株式会社共立内 根研究学会事務局
Tel : 03-3551-9891
Fax : 03-3553-2047
e-mail : neken2022@jsrr.jp

根研究学会ホームページ <http://www.jsrr.jp/>

年会費 電子版個人 3,000 円, 冊子版 (+ 電子版) 個人 4,000 円, 冊子版団体 9,000 円

根の研究 第31巻 第3号 2022年9月15日印刷 2022年9月20日発行
発行人：中野明正 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-2-1
千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構
印刷所：株式会社共立 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

Root Research

Japanese Society for Root Research

Original Paper

Effects of polyethylene mulch ridge coverage and coverage period on tuberous root characteristics and characteristics of “hoshi-imo” steamed and dried sweetpotato slices during sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) cultivation

Toshikazu KURANOCHI, Akiko TAKADA, Toshiro FUJITA, Kenji KATAYAMA, Mio NISHINAKA

and Kazunori TAGUCHI 83

Effect of wood pulp medium on root and shoot growth of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) sprouts

Yusuke NAKAI and Shin-ichi WATANABE 90