

ワインパミスと生分解性プラスチックを用いた大豆栽培に関する研究

－ 地域の未利用資源を持続可能な農業に活かす生徒主体の活動 －

実施担当者 東洋大学附属牛久高等学校
教諭 片岡 佑輔

1 はじめに

日本遺産 牛久シャトーは日本初の本格的ワイン醸造場であり、現在もワインの生産を行っている。しかし、ワイン醸造の過程で副産物として生じるワインパミス（ブドウの皮や種）は、産業廃棄物として有料で焼却処理されており、有効に活用されていないのが現状である。

そこで本研究では、この未利用資源であるワインパミスを堆肥として活用することで、廃棄に伴う二酸化炭素排出量の削減を図り、地球温暖化の抑制に貢献したいと考えた。また、2030年にはタンパク質の需要が供給を上回る世界的な「タンパク質危機」が予測されている。そこで、環境負荷の小さい方法でタンパク質含有量の高いダイズを栽培することにより、将来の食料問題の解決に貢献できると考えた。さらに近年、マイクロプラスチックによる環境汚染が深刻化しており、その対策として生分解性プラスチックが注目されている。農業分野においても、生分解性プラスチック製マルチの利用が期待されているが、収量面で従来のマルチと同等の効果が得られるかについては、十分な検証が必要である。

そこで本研究では、ワインパミスを発酵させて作製した堆肥を用いてダイズを栽培し、通常のプラスチックマルチと生分解性プラスチックマルチを使用した区画を設定することで、収量や生育への影響を比較・検討することを目的とした。



図1 日本遺産牛久シャトーのワイン貯蔵庫

2 ワインパミスの堆肥化と堆肥の性質

2-1 ワインパミスの堆肥化の方法

牛久シャトーより 360 kg のワインパミスの提供を受けた。本研究では、ワインパミスの堆肥化に関する先行研究である長谷川ら（2010）を参考に堆肥化条件を検討した。長谷川らは家畜排せつ物（豚ふん）を用いて堆肥化を行っているが、本研究では牛久市において入手が容易な地域の未利用資源を活用する点に特徴がある。

具体的には、青山きのご園から菌床 70 kg（有機物分解に關与する微生物源）、地元農家から米糠 90 kg（微生物の栄養源）、粃殻 60 kg（通気性および物理構造の改善）を収集し、ワインパミスと混合した。これらの材料は、有機物分解の促進、C/N 比の調整、および通気性の確保を目的として組み合わせたものである。混合した材料を用いて 2024 年 10 月より堆肥化を開始し、発酵期間中は週 1 回を目安に切り返しを行い、約 8 か月間発酵させた。発酵初期には温度の上昇が確認され、好気性微生物の活動による有機物分解が進行し、発酵が適切に進んでいることが示唆された。



図2 学校でのワインパミスの堆肥化

2-2 ワインパミスの性質の評価

発酵させた堆肥の性質を評価するために、農大式簡易土壌診断キット「みどりくん」を用いて、植物の生育に重要な pH、窒素 (N)、リン (P)、カリウム (K) の数値を測定した。

ダイズ栽培において、窒素は葉や茎の成長を促進し、光合成能力を向上させる役割をもつ元素である。しかし、ダイズは根粒菌との共生により窒素を自給することが可能であるため、他の作物と比較して窒素施肥は控えめにすることが重要である。次に、リンは開花や結実に関与し、花数や着莢数の増加に寄与する元素である。そのため、リンの不足は収量低下の要因となると考えられる。さらに、カリウムは気孔の開閉を通じた水分調整や、病害虫に対する耐性の向上、ならびに代謝制御を通じたストレス耐性の向上に関与する元素である。

茨城県が発行している「茨城県における標準施肥の考え方」に掲載されているダイズ栽培の理想値と比較をすることで、堆肥の性能の評価を行った。その結果が表 1 である。

表 1 ワイン堆肥の性質

項目	理想範囲	測定値	単位	備考
pH	6.0-6.5	4.5	—	消石灰で 6.0 に調整
硝酸態窒素 (NO ₃ ⁻ -N)	3	60	kg/10a	20 倍
リン酸 (P ₂ O ₅)	8	25-50 (32 と仮定)	kg/10a	4 倍
カリウム (K ₂ O)	9	10-25 (18 と仮定)	kg/10a	2 倍

測定の結果、pH は 4.5 と理想範囲よりも低い値であったため、消石灰を用いておよそ 6.0 に調整を行った。一方で、硝酸態窒素は理想値の 20 倍、リン酸は 4 倍、カリウムは 2 倍という結果であった。来年度の堆肥については、リン酸とカリウムをこれらの改良を行うことで、よりダイズ栽培に適した堆肥作りを行うことができるように調整を行っていくこと必要である。

2-3 ワインパミス粉砕液を用いた微生物培養の試み

本研究では、ワインパミスを粉砕して得た抽出液を培地として使い、*Cupriavidus necator* を培養し、生分解性プラスチックである PHA (ポリヒドロキシアルカン酸) を生成する実験も併せて計画した。農業用の生分解性マルチとして一般的に使用されている PLA (ポリ乳酸) は、主に高温・高湿条件下で分解が進むのに対し、PHA はより広い環境条件下で分解が進行しやすい特徴を有する。ワインパミス抽出液にはポリフェノールなどのコロイド状粒子が含まれており、強い着色および懸濁が見られたため、微生物の増殖を視覚的に確認することが困難であった。そこで、まず活性炭処理を行い脱色を試みたところ、着色は大きく低減したが、懸濁は残存した。さらに、ポリフェノール吸着剤であるポリクラール VT を添加した結果、抽出液はほぼ無色透明となり、培地としての使用に適した状態に調整することができた。

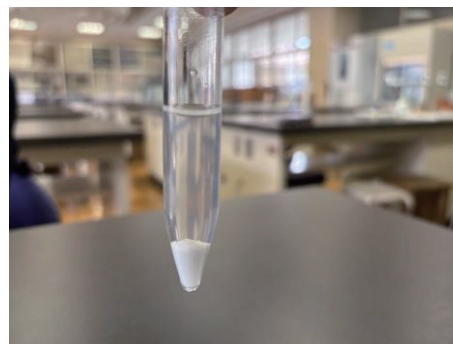


図 3 無色透明のワインパミス破砕液

しかしながら、NITE より購入した *Cupriavidus necator* 株は、インキュベーターでの培養中にコンタミネーションが発生し、純培養の維持ができなかったため、本実験には使用できなかった。今後は無菌操作の徹底および培養条件の再検討を行い、来年度以降に再度実験を実施する予定である。

3 ワイン堆肥と生分解性マルチを活用したダイズ栽培

3-1 ダイズ栽培の方法

学校近隣の畑を地域住民の方から借用し、本校 SDGs Lab の生徒 15 名程度でダイズの栽培を行った。使用した畑の面積は約 250 m²であった。

ダイズ栽培に効果的な条件を検証するため、肥料の種類、マルチの色、マルチの生分解性の有無の 3 要因に着目し、5 つの条件区を設定して栽培を行った。まず、肥料については、通常の化成肥料である国産普通化成 8-8-8 と、私たちが作成したワイン堆肥を用いた。次に、マルチの色については、黒マルチとシルバーマルチを用いた。黒マルチは光を吸収しやすく地温が上昇しやすい一方、シルバーマルチは光を反射するため地温の過度な上昇を抑える効果が期待される。また、シルバーマルチにはアブラムシなどの害虫飛来を抑制する効果も期待されるため、本研究ではシルバーマルチを採用した区を多く設定した。さらに、近年はマイクロプラスチック汚染が大きな社会問題となっており、農業用マルチもその一因とされている。そこで本研究では、環境負荷低減の観点から生分解性シルバーマルチも使用した。



図 4 学校近隣の畑で栽培したダイズの収穫

- | | |
|-----|-------------------------|
| 条件① | 化成肥料×シルバーマルチ |
| 条件② | 化成肥料×黒マルチ |
| 条件③ | ワイン堆肥 (P,K 追加) ×シルバーマルチ |
| 条件④ | ワイン堆肥×シルバーマルチ |
| 条件⑤ | 化成肥料×生分解性シルバーマルチ |

なお、ダイズの品種には茨城県の推奨品種である「里のほほえみ」を用いた。2025 年 6 月 12 日に播種を行った。その後、7 月中旬に開花が確認され、8 月中旬には莢の形成が見られた。収穫は 10 月下旬から開始した。栽培期間中、条件⑤ (ワイン堆肥 × 生分解性シルバーマルチ) を中心にハダニの発生が確認されたため、防除の目的で農薬を散布した。

3-2 ダイズ栽培の結果と考察

生育の指標として草丈を測定し、毎週木曜日の同時刻に各区の 28 株全ての測定を行い、その平均値を算出した。さらに、収穫したダイズの総重量を区画ごとに測定した。これらの結果を表 2 に示す。

表 2 ダイズ栽培の結果

条件	肥料	マルチ	7/3 平均 草丈(cm)	8/28 平均 草丈(cm)	問題のない ダイズ(kg)	問題のある ダイズ(g)	割合 (%)
①	化成肥料	シルバー	24.9	110.3	3.40	242.6	6.66
②	化成肥料	黒	24.2	96.5	3.95	452.0	10.27
③	ワイン堆肥 (P,K 追加)	シルバー	20.1	112.4	3.00	160.4	5.07
④	ワイン堆肥	シルバー	22.9	110.6	1.80	302.1	14.37
⑤	化成肥料	生分解性 シルバー	19.1	92.2	3.05	139.3	4.37

収穫したダイズは、「品質に問題がないダイズ」と「品質に問題があるダイズ」に分類し、それぞれの重量を測定した。分類に際しては主観の影響を抑えるため、2～3名で判定を行った。ダイズの表面の一部が紫色に変色する紫斑病の個体については、実際に商取引に用いられていることから「品質に問題がないダイズ」として扱った。一方で、既に発芽しているものや、極端に小さく硬い豆については「品質に問題があるダイズ」として分類した。28株合計の収量を比較した結果、「品質に問題がないダイズ」は条件②>条件①>条件⑤>条件③>条件④の順で多くなった。一方、「品質に問題があるダイズ」は条件②>条件④>条件①>条件③>条件⑤の順であった。

条件①と②の比較より、シルバーマルチよりも黒マルチの方が収量は多かった。このことから、黒マルチは地温上昇を通じてダイズの生育を促進した可能性が示唆される。一方で、条件②では「品質に問題があるダイズ」の割合が高かったことから、黒マルチによる高温や乾燥などのストレスが品質に影響を与えた可能性がある。

次に、条件①と④の比較より、ワイン堆肥よりも化成肥料の方が収量は多かった。ワイン堆肥は成長に必要な窒素が多いのに対して着莢数の増加に寄与するリンやストレス耐性に寄与するカリウムの濃度が少ない。そのため、最終的な草丈は化成肥料とほぼ同等であったが、最終的な収穫量に差が生じたと考えられる。一方、条件③のようにリンおよびカリウムを補給することで、化成肥料との差は縮小した。しかしながら、依然として差が見られた理由として、ダイズは開花から着莢期にストレスを受けると花や莢を維持できず収量が低下することが知られている。ワイン堆肥はセルロース繊維を多く含むため、土壌の保水性が高まり、過湿状態となった可能性がある。その結果、根へのストレスが増大し、花や莢の脱落が生じた可能性が考えられる。

さらに、条件①と⑤の比較より、生分解性シルバーマルチよりも通常のシルバーマルチの方が収量は多かった。条件⑤では9月頃にハダニが大量発生し、防除が不十分であったことに加え、葉を摘み取ったことが収量低下の要因であると考えられる。また、生分解性マルチの分解により土壌が露出し、光反射による害虫抑制効果が低下したことも、ハダニ発生の一因となった可能性がある。

4 まとめと今後の課題

本研究では、地域の未利用資源を混合して作製したワイン堆肥を用いたダイズ栽培を行い、化成肥料には及ばないものの、リンおよびカリウムを補うことで一定の収量を確保できることを示した。来年度は、有機資材のみで化成肥料を上回る収量の達成を目標とし、牡蠣殻による pH 調整およびリンの補給、草木灰によるカリウムの補給を行う予定である。一方、課題として、条件⑤ではハダニの被害が確認されたため、適切な防除を行った上で収量の再検証が必要である。また、本年度は1区あたり27株の合計収量で比較を行ったが、来年度は1株ごとの収量を測定し、そのデータに基づいて平均値の比較や分散分析などの統計解析を実施する。さらに、本年度は台風および害虫被害への対応が遅れたことが収量に影響した可能性があるため、来年度は事前に添え木の設置や適切な時期での防除を行い、より科学的信頼性の高いデータの取得を目指す。加えて、JICA 農業研修員との交流を通して循環型大豆生産モデルの知見を共有し、国際的視点の育成にも取り組む。

謝 辞

本研究は中谷財団の助成を受けて実施した。ワインパミスをご提供いただいた牛久シャトー様、菌床をご提供いただいた青山きのご園様、米糠および穀殻をご提供いただいた地元農家の皆様、ならびに畑をお貸しいただいた河村様に、心より感謝申し上げます。

参考文献

長谷川達也・森智和・吾郷健一ほか：ブドウ搾り滓を活用した家畜排せつ物の堆肥化および環境負荷低減化技術の開発（その3），山梨県総合理工学研究機構研究報告書，第5号，pp.1-19，2010。
茨城県：茨城県における標準施肥の考え方 2022年3月 <https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/suishitsu/documents/ibarakikennhyoujunnsehi.pdf>(2026年3月31日閲覧)
茨城県：主要農作物等奨励品種特性表（令和7年度） <https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/sansin/nosan/documents/r7tokuseihyou.pdf>（2026年3月31日閲覧）