

令和 2 年 7 月 12 日現在

機関番号：85301

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2017～2019

課題番号：17KT0152

研究課題名(和文) 農産副生物の活用による農資源利用の多様性と資源循環型農業の構築

研究課題名(英文) Construction of the resource circulation type agriculture using by-product on the agricultural production process

研究代表者

鳴坂 真理 (NARUSAKA, Mari)

岡山県農林水産総合センター生物科学研究所・その他部局等・特別流動研究員

研究者番号：80376847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：農資源利用の多様性を図るため、非可食性植物および農産副生物などの未利用な資源をバイオスティミュラントとして有効活用することで資源循環型農業の構築への貢献をめざした。本研究の結果、未利用資源であるショウガの茎葉、非可食性植物の月桃およびタケの抽出物から作物の病害を防除する物質を発見した。今後は、これら病害防除物質の植物および病原体に対する作用機作を明らかにし、バイオスティミュラントとしての社会実装をめざす。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多くの資源を輸入に頼っている日本において、豊富なバイオマスおよびバイオ技術による高機能品生産技術の開発は喫緊の課題である。本課題では、非可食性植物および農産物の生産過程で未利用な資源(農産副生物)をバイオスティミュラント(バイオ農薬、バイオ肥料)として有効活用する。これにより自然の力を生かした環境低負荷型の病害防除法および栽培法を提案して、高収量で、安心安全な農産物を生産することを目的とする。本成果は、非可食性植物の新たな農資源としての開発や、農産物の生産とその工程で生じる農産副生物の農資源化を統合した資源循環型農業の構築に貢献する。

研究成果の概要(英文)：In this study, we tried to utilize unused resources, such as inedible plants and agricultural by-products as biostimulants. In the results, we have found plant disease controlling agents which are derived from extracts of ginger stems and leaves, *Alpinia zerumbet*, and bamboo. In the future, we will clarify the mechanisms of action of these agents on plants and pathogens, and then we will develop them as biostimulants.

研究分野：植物免疫学、植物分子生物学

キーワード：病害抑制 バイオスティミュラント 作物病害 植物免疫 資源循環型農業

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

農産物の生産過程では多くの農産副生物が産出され、大量に破棄されている。その多くは堆肥や土壌へのすき込みにより処理されているものの、スギ、ヒノキの木くずや、キノコ栽培後の菌床、農産物を収穫後の残渣の廃棄は大きな問題である。これらの焼却による二酸化炭素の排出も懸念されており、これら農産副生物の有効な活用法の開発は喫緊の課題である。農業生産および食料生産と農産副生物のリサイクルを統合した資源循環型農業はバイオサイクルと定義でき、環境にやさしく、持続的な生産活動を確立するものとして注目されている。

菜の花プロジェクトで見られるバイオサイクルの取組みは、循環型農業の構築のほか、農地の保全、景観の美化、地域づくり、食料自給率の向上や地産地消の推進にもつながっている。しかし、このような取り組みはまだ限定的であり、地域社会が独自に取り組むことは、資金のおよび業務的にも困難を伴う。

これまで、農業および食料生産上の農産副生物の多くは、肥料や家畜の飼料として利用されている。しかし、農産副生物の輸送および処理コストは農産副生物を排出する事業者の大きな負担になっている。この問題を解決するため、農産副生物の高付加価値化が求められている。本研究の特色は、私たちが有する独自のバイオスティミュラント開発技術により、農産副生物のバイオスティミュラントとしての高付加価値化および農資源化をめざし、新規なバイオサイクルを構築することである。

バイオスティミュラントとは、様々な有機物からなる植物の活力を高める資材であり、植物ホルモン、栄養素、有機酸、ビタミン、微生物、植物エキスなどがある。植物のストレス期や生育期に正の効果を示す資材と定義できる。具体的には、植物が本来有している免疫力を高める作用を持つもの（バイオ農薬）や、生育を促進するもの（バイオ肥料）として活用される。

病害虫により喪失する作物は、世界の食料生産の約30%に相当する。病害は作物の安定生産を阻害する最大の要因であり、また、農資源の循環効率を低減させる原因にもなっている。化学肥料だけでは植物の生産性を劇的に向上させることは困難であり、遺伝子組換えによる植物の改変は将来必要な技術ではあるが、現在の社会情勢では速効性の解決策とは必ずしも言えない。また、従来の技術で病害を完全に克服しようとするれば、より大量の殺菌性農薬を圃場へ投入する必要がある。しかしながら、農薬の安全性に関する科学的な議論を超えて、消費者の意向が重視される傾向にあり、安心安全で、環境にやさしい価値観を満たすことが要求されている（農薬開発の動向、山本出 監修）。

近年、ヒトの免疫と同様に、植物も類似した免疫機構を有することが明らかになってきている。本研究では、農産副生物を活用し、植物自身が持つ防御システムを活性化させる病害防除剤であるバイオスティミュラントの開発を試みる。また、バイオスティミュラントは、病原体を標的とする殺菌性農薬とは異なり、薬剤耐性菌が出現しないことによる効果の持続性と、さまざまな病原体に対する広範な防除作用を持つという特色を有する。

このような植物自身が持つ病気に対する“抵抗力”を強化することで病気にかかりにくくなり、病害防除による生産量損失の抑制と、従来の殺菌性の農薬の使用量を大幅に削減することが期待される。これにより、環境への負荷を軽減しつつ、植物を通じた循環型社会の構築が期待できる。

2. 研究の目的

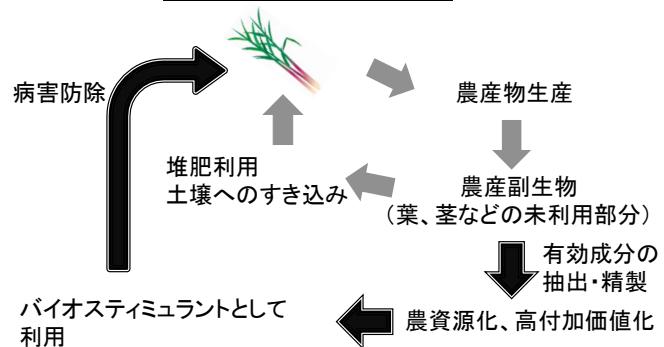
本課題は、農資源利用の多様性を図るため、農産物の生産過程で未利用な資源(農産副生物)をバイオスティミュラント(バイオ農薬、バイオ肥料)として有効活用する。これにより自然の力を生かした環境低負荷型の病害防除法および栽培法を提案して、高収量で、安心安全な農産物を生産することを目的とする。本成果は、農産物の生産とその工程で生じる農産副生物の農資源化を統合した資源循環型農業の構築に貢献する。

特に、本課題では、植物のウイルス病を防除する物質に注目した。作物のウイルス病の被害は、世界において年間6兆円を超えると見積もられているが、有効な化学農薬は存在せず、媒介生物(害虫)の防除、栽培法、環境制御、抵抗性品種の利用などにより植物ウイルス病の被害を軽減させているのが実情である。このように植物ウイルス病により食料の安定供給が脅かされている中、早急な対策が求められている。本課題により、植物ウイルス病の感染を予防する資材を発見し、これらの成分を利用した植物ウイルス防除剤の開発に貢献する。

3. 研究の方法

(1) エノキダケの石づき部分は非可食部分であり、産業利用されていない。そこで石づき部分に

農産副生物の活用による農資源利用の多様性と 資源循環型農業の構築



(1) エノキダケの石づき部分は非可食部分であり、産業利用されていない。そこで石づき部分に

着目し、有効成分の抽出方法の検討を行った。エノキダケの石づき部分に水を添加して破碎し凍融解した。その後、オートクレーブによる熱処理を行い、エノキ抽出物を得た。次いで、本抽出物がバイオスティミュラントとして活用可能かどうかを検討するため、100倍希釈した抽出物をモデル実験植物シロイヌナズナに噴霧処理後、継時的に防御応答遺伝子 (*AtPRI* および *AtPDF1.2*) の発現を解析した。シロイヌナズナはアブラナ科植物であり、シロイヌナズナに感染する病原菌として、アブラナ科野菜類炭疽病菌 (*Colletotrichum higginsianum*) およびアブラナ科黒斑細菌病菌 (*Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*) が知られている。そこで、シロイヌナズナおよびハクサイ幼苗に抽出物を処理して2日後にこれら病原菌を接種し、その感染量を定量した。

(2) 非可食性植物の月桃 (ゲットウ, *Alpinia zerumbet*) は、鹿児島県の南部を北限とし、沖縄、台湾および東南アジアなどに分布するショウガ科ハナミョウガ属の多年生植物であり、茶、薬用、香料、繊維などとして伝統的に活用されてきたが、産業利用は限られている。近年、月桃を新たな農資源として活用する試みが始まっており、沖縄の産業への貢献が期待されている。そこで、非可食性植物である月桃の茎葉から搾汁機を用いてエキスを抽出した。本抽出物をナス科作物のモデル実験植物ベンサミアーナタバコに茎葉散布し、24℃、16時間明下8時間暗下に静置した。処理3日後にトマトモザイクウイルス (ToMV) を機械接種し、24℃、16時間明下8時間暗下にて静置した。接種3日後に接種葉の病斑をカウントし、感染量を定量した。

(3) ショウガは地下茎が利用されているのみであり、地上部の茎葉は活用されていない。そこで、農産物の生産過程で未利用な資源 (農産副生物) であるショウガの茎葉から搾汁機を用いてエキスを抽出した。本抽出物をナス科作物のモデル実験植物ベンサミアーナタバコに茎葉散布し、24℃、16時間明下8時間暗下に静置した。処理3日後にToMVを機械接種し、24℃、16時間明下8時間暗下にて静置した。接種3日後に接種葉の病斑をカウントし、感染量を定量した。

(4) 近年、プラスチック製品の普及による竹材需要の減少や安価なタケノコの輸入により竹林が放置され、繁茂竹林による竹害が深刻化している。森林の竹林化を防止するため、タケの有効活用法の開発は喫緊の課題である。タケからバイオスティミュラント候補剤を作製するため、有効成分の抽出を試みた。タケを粉状に粉碎したもの (竹粉) に水を加えて1日間振とうした。または、竹粉に水を加え、さらに鉄を添加して1日間振とうした。振とう後、エキスを抽出し、本抽出物をナス科作物のモデル実験植物ベンサミアーナタバコに茎葉散布し、24℃、16時間明下8時間暗下にて静置した。処理3日後にToMVを機械接種し、24℃、16時間明下8時間暗下にて静置した。接種3日後に接種葉の病斑をカウントし、感染量を定量した。

4. 研究成果

(1) エノキダケの石づきからの抽出物は、処理1日後にはジャスモン酸/エチレン経路のマーカー遺伝子である *AtPDF1.2* が顕著に誘導され、2日後にはサリチル酸経路のマーカー遺伝子である *AtPRI* の誘導が認められた。本抽出物により、サリチル酸経路およびジャスモン酸/エチレン経路の複数の経路を活性化することが示唆された。次いで、アブラナ科植物のシロイヌナズナに感染する病原菌として、アブラナ科野菜類炭疽病菌およびアブラナ科黒斑細菌病菌に対する感染抑制効果を検討した。シロイヌナズナに抽出物を処理して2日後に黒斑細菌病菌を接種し、その感染量を定量した結果、抽出物処理により感染が抑制された。また、炭疽病菌についても同様の結果が得られた。さらに、アブラナ科作物のハクサイ幼苗についても、同様の処理を行ったところ、1/100以下に病原菌の感染量が抑制され、黒斑細菌病菌に対する感染抑制効果が認められた (図1)。

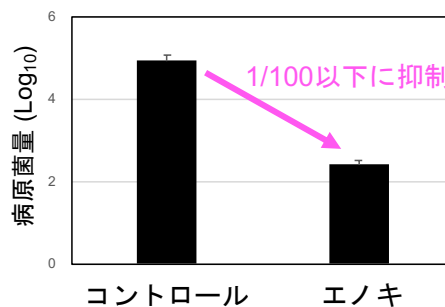


図1.ハクサイにおける黒斑細菌病感染抑制効果

(2) 非可食性植物の月桃から調製した抽出精製物が、トマトの重要病害であるToMV、ナス科植物に感染するタバコモザイクウイルス (TMV) などの植物ウイルスに対して防除活性を示すことを明らかにした。私たちは、月桃の主たる抗植物ウイルス成分を同定し特許出願した。

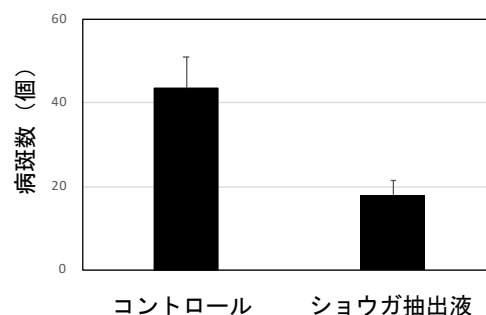


図2.ベンサミアーナタバコにおけるToMV感染抑制効果

(3) ショウガ茎葉抽出物の抗ウイルス効果を評価した結果、有意に発病抑制が認められた (図2)。また、本抽出物をモデル実験植物シロイヌナズナに散布し、処理3日後にアブラナ科野菜類炭疽病菌を接種した結果、本菌の感染を抑制した。さらにトマトにおいても、病原細菌 *Pseudomonas syringae* に対する感染抑制効果が認められた (図3)。

(4) タケ抽出物の抗ウイルス効果を評価

した結果、有意に発病抑制が認められた。特に、鉄を添加して振盪したものは、発病抑制効果の向上が認められた。また、本抽出物をモデル実験植物シロイヌナズナに散布し、処理 3 日後にアブラナ科野菜類炭疽病菌を接種した結果、本菌の感染を抑制した。さらにトマトにおいても、病原細菌 *Pseudomonas syringae* に対する感染抑制効果が認められた (図 3)。本結果は、繁茂竹林を“やっかいもの”から“新たな農資源”へ転換することにも貢献する。

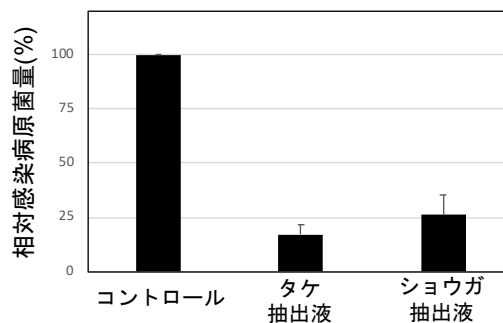


図3. トマトにおける*Pseudomonas syringae*感染抑制効果

まとめ

2050 年には地球人口が 98 億人に達すると予想されており、食糧の安定供給は最も重要な課題の一つである。作物の生産において、病害虫の問題は最重要要素であり、病害虫の防除において農薬は大きな役割を担っている。しかし、多くの剤への薬剤耐性菌が発生し、十分な防除効果を有する殺菌性農薬は限られている。また、細菌病やウイルス病に対する有効な農薬の不足、マイナー作物においては登録農薬が無いなどの解決すべき課題が少なくない。また、世界人口の増加にともなう食糧の不足、地球環境変動に対応した農業技術の開発、化学合成農薬・肥料の使用に伴う環境負荷など、“持続可能な開発目標 (SDGs; Sustainable Development Goals)” の観点においても、農法の大きな転換期に来ていることがうかがえる。一方、消費者のニーズとしては、有機無農薬あるいは減農薬栽培の要望は強い。

本研究により、未利用資源であるエノキの石づき、ショウガの茎葉、ショウガ科植物の月桃およびタケに病害防除効果や、植物の免疫を向上する物質があることを発見した。これらの物質は、これまでの病害防除剤の常識を覆し、植物ウイルス病、糸状菌病および細菌病の全てに防除効果を示した。今後は、これら病害防除成分の植物および病原体に対する作用機作を明らかにし、バイオスティミュラントまたは環境負荷低減型の新規農薬としての活用をめざす。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Narusaka Mari, Yamaji Yasuyuki, Uraji Misugi, Hatanaka Tadashi, Narusaka Yoshihiro	4. 巻 37
2. 論文標題 Inhibitory effects of Alpinia zerumbet extract against plant virus infection in solanaceous plants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 93~97
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5511/plantbiotechnology.19.1228a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 鳴坂真理, 鳴坂義弘	4. 巻 -
2. 論文標題 植物の免疫力を向上し, かつ, 生育を促進する新規バイオスティミュラントの開発研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 93-95
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鳴坂真理, 鳴坂義弘	4. 巻 2
2. 論文標題 バイオスティミュラントによる環境保全型農業の構築	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鳴坂真理, 鳴坂義弘	4. 巻 2
2. 論文標題 農産副生物の活用による資源循環型農業の構築	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 100-102
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Narusaka Mari、Narusaka Yoshihiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Thienopyrimidine-type compounds protect Arabidopsis plants against the hemibiotrophic fungal pathogen Colletotrichum higginsianum and bacterial pathogen Pseudomonas syringae pv. maculicola	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15592324.2017.1293222	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 鳴坂義弘、山次康幸、高野義孝、畑中唯史、谷口伸治、石川美友紀、紀岡雄三、野口勝憲、鳴坂真理
2. 発表標題 植物の免疫力を向上して病害を防除するバイオスティミュラントの開発研究
3. 学会等名 第37回日本植物細胞分子生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴坂義弘、畑中唯史、山次康幸、高野義孝、谷口伸治、石川美友紀、紀岡雄三、野口勝憲、吉岡美樹、吉岡博文、鳴坂真理
2. 発表標題 新規病害防除剤バイオスティミュラントの開発研究
3. 学会等名 令和元年度日本植物病理学会関西支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴坂義弘、畑中唯史、山次康幸、鳴坂真理
2. 発表標題 月桃を利用した植物ウイルスの防除技術の開発研究
3. 学会等名 令和2年度 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳴坂真理、高野義孝、谷口伸治、石川美友紀、藤澤英司、野口勝憲、吉岡美樹、吉岡博文、鳴坂義弘
2. 発表標題 新規病害防除剤バイオスティミュラントの開発研究
3. 学会等名 令和2年度 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳴坂義弘, 山次康幸, 高野義孝, 畑中唯史, 鳴坂真理
2. 発表標題 植物の免疫力を向上するバイオスティミュラントの開発研究
3. 学会等名 第36回日本植物細胞分子生物学会(金沢)大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鳴坂義弘, 高野義孝, 山次康幸, 畑中唯史, 鳴坂真理
2. 発表標題 新規植物活力剤バイオスティミュラントの開発研究
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鳴坂義弘, 山次康幸, 吉岡美樹, 吉岡博文, 裏地美杉, 畑中唯史, 鳴坂真理
2. 発表標題 低分子化合物および未利用資源によるバイオスティミュラントの開発研究
3. 学会等名 第40回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 抗ウイルス剤	発明者 鳴坂義弘、畑中唯史、鳴坂真理	権利者 岡山県
産業財産権の種類、番号 特許、特願：2019-194142	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 シヨウガまたはタケの精製物を含む植物病害の防除剤および抗動物ウイルス剤	発明者 鳴坂義弘、畑中唯史、鳴坂真理、大原利章	権利者 岡山県
産業財産権の種類、番号 特許、特願：2019-54641	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 植物病害の防除剤	発明者 鳴坂義弘、畑中唯史、鳴坂真理、裏地美杉	権利者 岡山県
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6635524号	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

〔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
研究協力者	鳴坂 義弘 (NARUSAKA Yoshihiro)		
研究協力者	畑中 唯史 (HATANAKA Tadashi)		