

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06033

研究課題名(和文) シソ科植物の混植による植物生長促進機構解明及び新規植物成長改善法への応用

研究課題名(英文) Mechanism on plant growth promotion with companion planting of Lamiaceae plants and establishment of new plant growth regulation method

研究代表者

松原 陽一 (Matsubara, Yoichi)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：40301212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：シソ科植物の混植による植物成長促進機構については科学的に明らかにされていない点が多い。本研究は、1次・2次代謝成分変動解析を主体に行った。トマトでは数種ハーブの混植により、2次代謝成分及び遊離アミノ酸増大に起因する成長促進効果が確認された。一方、シソ科植物の茎葉水抽出液等により、イチゴ・メロンでは成長促進、耐病性、高温障害軽減がみられ、菌根菌併用処理によりそれらの効果が増大する場合もあった。以上のことから、シソ科植物を用いた新規成長改善法及び菌根菌併用による宿主植物代謝成分のプライミング作用が存在し、プライミングによる成長・環境ストレス応答改善が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、シソ科植物(ハーブ)混植による植物体成長促進には、主に2次代謝成分変動によるプライミング作用が密接に関わっていることを示唆した。また、シソ科植物の抽出液等処理により、混植せずに植物体成長促進、収量性向上、環境ストレス耐性向上を図れることを明らかにした。一方、これらの効果は、有用微生物である菌根菌の併用処理によって高まることも示唆された。これらの成果は、化学肥料及び化学農薬の低減化を図る手法として、植物栽培全般に貢献出来る手法に繋がると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The mechanisms on companion planting with Lamiaceae plants have been scientifically still unclear. This study mainly concentrated on the changes in secondary metabolites. Growth promotion and increase in secondary metabolites and free amino acids were confirmed in tomato plants with several herb companion. In strawberry and melon, water extract etc. of Lamiaceae plants induced growth promotion, yield increase, disease and heat stress tolerance in strawberry and melon; these effects further increased with the use of mycorrhiza. From these findings, new cultivation methods using priming effect by secondary metabolites of Lamiaceae plants have been established for plant growth promotion, increasing the yields and environmental stress tolerance.

研究分野：園芸植物栽培学

キーワード：シソ科ハーブ 混植 成長促進 環境ストレス耐性 2次代謝成分 メタボローム 遊離アミノ酸 パイオスティミュラント

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

野菜類の栽培において、同伴植物（コンパニオンプランツ）を用いた混植により、近傍栽植された主植物及び同伴植物の両者において、植物成長促進、病虫害軽減等の効果が現れることが知られている。混植は生産現場及び家庭菜園レベルでも実際に用いられつつあるが、その農学的な重要性に対し科学的に作用機序が検討されている事例はごく僅かで、大部分が経験的に利用されているのが現状である。混植についてはシソ科植物の事例が多く知られており、バジル・トマトの混植は特に有名である。しかし、バジル・トマトの混植では、植物成長促進、収量増といった効果が学術的にも報告されているが、混植による植物成長促進における生物・化学的因子の作用機構については未だに不明な点が多い。また、シソ科植物では揮発性2次代謝成分の精油が主な研究対象とされるが、それ以外の茎葉・根・根圏における植物代謝成分と混植による植物成長促進及び根圏微生物相変動との関連についても解明されていない点が多い。一方、野菜の実栽培における混植では養分競合・受光態勢不良による成長悪化、複数植物の栽培管理面の煩雑さといったデメリットが生じる場合がある。しかし、混植による植物成長促進機構に関する生物・化学的因子が解明された場合、混植をせずに、それら因子に基づく新たな植物成長改善法へ応用できる可能性があると考えられる。一方、申請者はこれまでに有用微生物であるアーバスキュラー菌根菌による数種野菜における植物成長促進効果を見出している。菌根菌は植物根に感染し、主に土壌中のリン吸収を促し宿主成長を促進する共生菌で、地力増進法により政令指定され、リン資源の有限性も背景として利用が推奨されている。しかし、シソ科植物の混植と併用した場合の植物成長への影響については明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、シソ科植物の混植による植物成長促進機構について、植物代謝成分変動、菌根菌と混植の相互作用に着目した生物・化学的作用機序解明を行う。また、それらの作用機序に基づく野菜の新規成長改善法の確立を目的とする。

3. 研究の方法

(1) シソ科植物の混植による植物成長及び代謝成分変動解析

トマト（‘桃太郎8’）をモデル植物とし、シソ科ハーブ5種（バジル、レモンバーム、セージ、ペパーミント、ヒソップ）を滅菌育苗土（生物因子を排除）を用いて個別ポットで1:1、1:4、1:8の割合で混植（メッシュによる根域隔離区も設定）した（図1、2）。続いて、成長促進効果が確認された組合せ・混植法について、主植物・同伴シソ科植物の1次代謝成分（遊離アミノ酸）分析及び2次代謝成分のメタボローム解析をLC-MS（UPLC-MS/MS）により行った。

(2) シソ科植物代謝成分処理が野菜の成長・収量性及び環境ストレス耐性に及ぼす影響

シソ科植物（オレガノ、レモンバーム、大葉）の2次代謝成分含有水抽出液・パウダー処理が数種野菜（トマト、メロン等）の成長、収量性、環境ストレス耐性（耐病性、高温ストレス耐性）に及ぼす影響について調査した。この場合、アーバスキュラー菌根菌との併用が及ぼす影響も含めて検討した。

4. 研究成果

(1) シソ科植物の混植による植物成長及び代謝成分変動解析

1:1混植区において、バジル、ペパーミント、ヒソップ混植区のトマト地上部乾物重と、セージ、ヒソップ混植区のトマト地下部乾物重が単独区に比べ有意に増加した(図3)。これらのことから、トマトの成長促進効果には根の接触刺激といった物理的因子は関連しておらず、滅菌育苗土使用により生物的因子は除外され、ハーブ由来の植物代謝成分といった化学的要因が関連していると考えられた。続いて、1:1混植区のバジル、ペパーミント、ヒソップ、トマトにおいて2次代謝成分のメタボローム解析をLC-MS(UPLC-MS/MS)により行った。その結果、単独区と比較してハーブ処理区では根・茎・葉全ての部位において数種二次代謝成分増大がみられた。また、供試したハーブ間で混植により増大した共通成分が確認された。一方、一次代謝成分である遊離アミノ酸含量は、トマトの1:1混植区において、茎では大部分のアミノ酸で増加し、葉ではヒスチジン、GABA、バリンなどの一部アミノ酸において増加がみられた。以上のことから、数種ハーブの混植によりトマトの成長促進効果が確認され、バジル以外のシソ科ハーブによっても同様の効果がみられることが明らかとなった。一方、混植による成長促進効果には、化学的因子として植物代謝成分である数種2次代謝成分および1次代謝成分である遊離アミノ酸の増大が関連していることが示唆された。



図1 トマト及びシソ科ハーブ

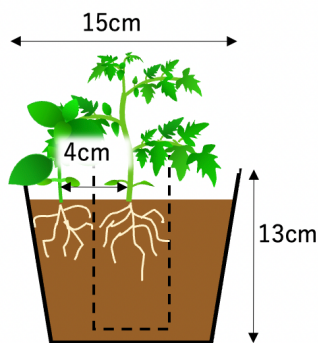


図2 混植法

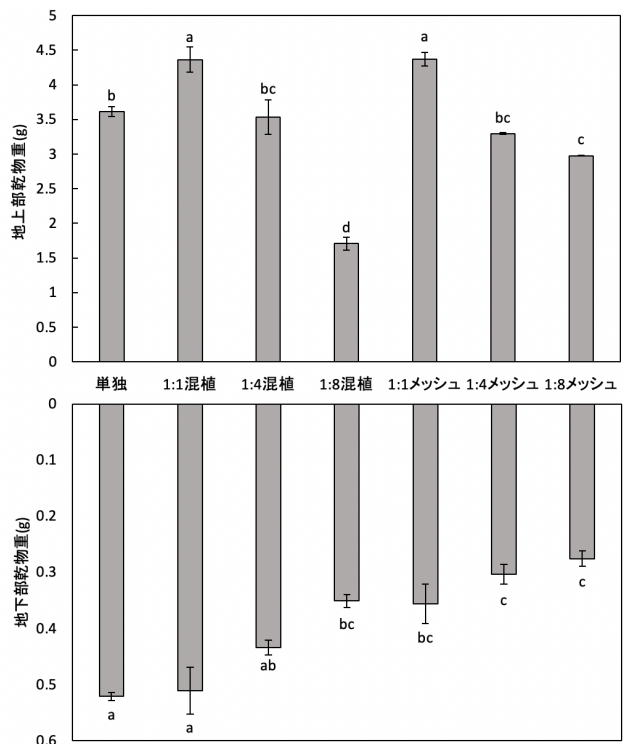


図3 トマトの地上部及び地下部乾物重
異なるアルファベット間に有意差あり
($p < 0.05$, Tukey)

(2) シソ科植物代謝成分処理が野菜の成長・収量性及び環境ストレス耐性に及ぼす影響

シソ科植物(オレガノ、レモンバーム、大葉)の2次代謝成分含有水抽出液(10%, w/v)・パウダー処理(1g/個体)により、イチゴでは、四季成り・一季成り性品種において成長促進、耐病性、高温障害軽減(ヒートショックプロテインを含むタンパク増大:プロテオーム解析, 収量増効果が確認された(図4, 5)。この場合、シソ科植物処理区では根圏病原菌密度の低下がみられ、菌根菌併用処理によりそれらの効果が増大する場合もみられた。また、収穫果実成分では、処理による数種遊離アミノ酸(GABA を含)増大が確認された。また、メロンではシソ科植物(バジル、レモンバーム、セージ、オレガノ)処理と菌根菌併用により、植物体成長促進、つる割病耐性が各単独処理区より増強される特徴がみられた。一方、シソ科植物混植代替処理(2次代謝成分抽出液・パウダー処理)による植物体代謝成分変動を解析(UPLC-MS/MS)したところ、イチゴ・メロンとも混植代替処理による数種2次代謝成分(シアニジン等のフラボノイド成分が主体)及び数種遊離アミノ酸(GABA, アスパラギン, フェニルアラニン, グリシン, ヒスチジン等)増大がみられた(図6)。また、シソ科大葉処理ではDPPHラジカル捕捉能の増大も確認され、シソ科植物含有抗酸化物質の外部投与による植物体内含有レベル増大が示唆された。これらの変動は、シソ科植物処理によるプライミングと携えられる。一方、シソ科植物処理と菌根菌処理による植物体代謝成分変動については、遊離アミノ酸・2次代謝成分において共通する増大特徴がみられる場合が多かった。

これらのことから、シソ科植物を用いた新規成長改善法及び菌根菌の併用による宿主植物代謝成分のプライミング作用が存在し、プライミングによる成長・環境ストレス応答改善がみられることが示唆された。このように、シソ科植物を混植せずに混植と同等の成長促進(環境ストレス耐性誘導)や植物体1次・2次代謝成分変動を誘導できる総合的成長改善法を確立できることが明らかとなった。

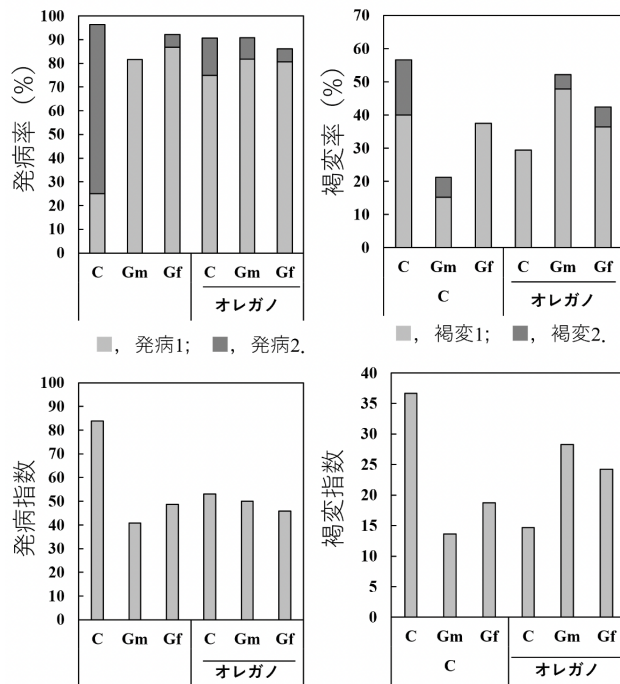


図4 シソ科ハーブ及び菌根菌処理がイチゴ萎黄病の発病(左)及び高温障害(右)に及ぼす影響

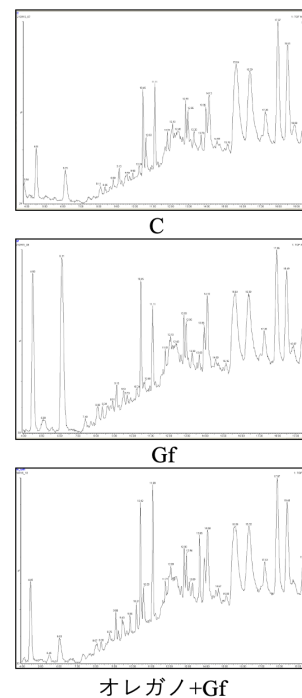


図6 シソ科ハーブ及び菌根菌(Gf)処理したイチゴ茎葉部2次代謝成分のクロマトグラム

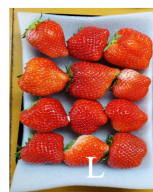
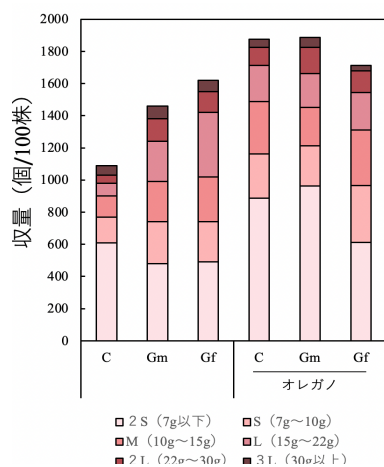
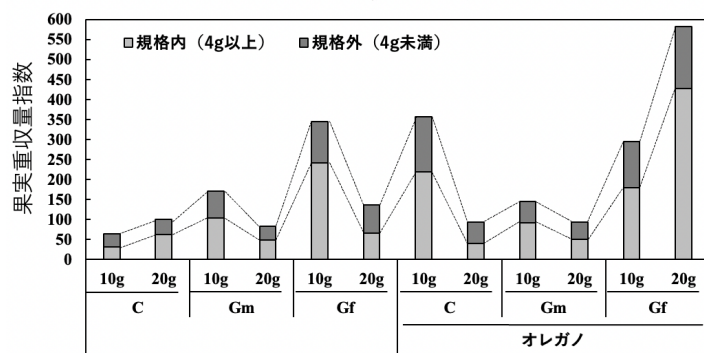


図5 シソ科ハーブ及び菌根菌処理がイチゴ(上: 四季成り性品種‘すずあかね’, 下: 一季成り性品種‘紅ほっぺ’)の収量性に及ぼす影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hasib, A., Kobayashi, M. and Matsubara, Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Changes in secondary metabolites and free amino acid content in tomato with Lamiaceae herbs companion planting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Am. J. Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 1878 ~ 1889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ajps.2020.1112134	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 Hasib, A. and Matsubara, Y.	4. 巻 127
2. 論文標題 Antifungal effect of Lamiaceae herb water extracts against Fusarium root rot in asparagus.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Plant Dis. Prot.	6. 最初と最後の頁 229-236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41348-019-00293-x	査読の有無 有
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 Hasib, A. and Matsubara, Y.	4. 巻 89
2. 論文標題 Effect of lemon balm water extract on Fusarium wilt control in strawberry and antifungal property of secondary metabolites.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hort. J.	6. 最初と最後の頁 175-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-121	査読の有無 有
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 Hasib, A. and Matsubara, Y.	4. 巻 49
2. 論文標題 Suppression of Fusarium wilt in cyclamen by using sage water extract and identification of antifungal metabolites.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Austr. Plant Pathol.	6. 最初と最後の頁 213-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13313-020-00689-6	査読の有無 有
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 Matsubara, Y., Sei, M. and Hasib, A.	4. 巻 27
2. 論文標題 Fusarium wilt control in strawberry by water extracts of several Lamiaceae herbs and antifungal potential of secondary metabolites.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. JSATM.	6. 最初と最後の頁 53-60
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 有
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 Hasib, A. and Matsubara, Y.	4. 巻 89
2. 論文標題 Suppression of anthracnose in strawberry using water extracts of Lamiaceae herbs and identification of antifungal metabolites.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hort. J.	6. 最初と最後の頁 359-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-165	査読の有無 有
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 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 伊藤拓巳・松原陽一・山村友宏
2. 発表標題 シソ科大葉によるイチゴの生育改善および萎黄病抑制並びに抗菌性2次代謝成分
3. 学会等名 園芸学会令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤拓巳・松原陽一・山村友宏
2. 発表標題 シソ科大葉2次代謝成分によるメロンの生育改善およびつる割病抑制
3. 学会等名 農業生産技術管理学会R3年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦朱里・松原陽一・寺井信晴・竹下靖雄・湖口正裕
2. 発表標題 シソ科ハーブによる四季成性イチゴのブライミングと総合的生育改善及び収量性
3. 学会等名 農業生産技術管理学会令和3年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原陽一
2. 発表標題 環境に優しい園芸作物生産～野菜・ハーブの機能性と減農薬・減化学肥料栽培へのアプローチ～
3. 学会等名 放送大学岐阜公開講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤拓巳・松原陽一・山村友宏
2. 発表標題 葉抽出成分のメタボローム解析並びに抗菌性2次代謝物質によるメロンつる割病抑制
3. 学会等名 園芸学会令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Hasib, A. and Matsubara, Y.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Nova Sci. Publ., New York	5. 総ページ数 334
3. 書名 Variation of secondary metabolites in Lamiaceae herbs water extracts. The Lamiaceae Family: An Overview. Alexander Adler eds.	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 シソ目シソ科シソ属の植物を原料とする植物生体活性剤	発明者 松原陽一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-000292	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

園芸植物栽培学研究室 https://www1.gifu-u.ac.jp/~ymatsu/

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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------