

植物の競争応答を利用した 水耕栽培における生産性向上技術の開発

所属：弘前大学農学生命科学部研究科森林生態学専攻

助成対象者：山尾 僚

概要

本研究では、「野菜工場等で水耕栽培されている野菜に、競争相手として他種の野菜の根浸出液（培養液）を与え、競争者が存在していると誤認識させることで、生産性を向上させる」という仮説を実証することで、植物の競争応答を利用した水耕栽培における生産性向上技術の開発を試みた。その結果、いくつかの作物において他種の存在を示すシグナルを人為的に与えることで、競争応答を引き起こして単位時間あたりの成長率を高めることができることを明らかにした。加えて、作物の組み合わせによってビタミンなどの栄養素や機能性成分としてしられるポリフェノール含有量を操作可能であることも発見した。

abstract

In this study, we tested our hypothesis that we can increase the productivity of vegetables by induce the competitive response for other species. As a result, we found that in some vegetable species increased their productivity caused by cues of other species vegetables. Moreover, we found that some functional materials such as vitamin C and polyphenols also can control by the cues of other species vegetables.

研究内容

「背景」

水耕栽培技術を利用した室内型野菜工場は、衛生面が管理しやすく、無農薬栽培や安定的な供給が可能であること、一般栽培法と比べ水の使用を最大で9割以上も減らすことができること、さらに、広大な農地を必要としないため都市での栽培が可能であり、輸送費

を大幅に削減できるなど多くのメリットがあるため、次世代型農業として注目されている。また、宇宙開発分野においても持続的な食糧供給システムとして研究が進められている。しかしその一方で、畑を利用する従来型農業に比べて光熱費などの設備維持管理費用が嵩むため、生産効率の改善が求められている現状にある。このような背景の中、室内型野菜工場における植物栽培技術の改善については国内外において主に光環境の改善や、培養液中の栄養塩組成や酸素濃度などの物理的な環境要因に着目して精力的に取り組まれ、一定の成果をあげているが、実用化や普及においてはさらなる生産性の改善が求められている。

近年、申請者による研究をはじめとした野生の植物を対象とした研究において、植物が他種や遺伝的に離れた同種を認識し、競争者に対して様々な競争応答を発現することが明らかにされている (Yamawo 2015; Yamawo et al. 2017)。例えば、多くの植物は競争相手が存在する条件下では、土壌中の栄養獲得効率を高めるために、根を発達させたり、光を巡る競争に有利となるように同化器官である葉を発達させ、資源を巡る競争に対して有利になるよう応答する。そのような競争応答の結果、植物が競争相手となる植物と共に生育する場合には過剰生産とよばれる成長促進効果が報告されている。近年、申請者はこれらの競争応答が、植物の根浸出液により引き起こされていることを発見した (Yamawo et al. 2017)。つまり、植物は競争相手となる植物の根から放出される水溶性の化学物質群を自身の根で受容し、競争応答を発現しているのだ。このような背景から、申請者は「**野菜工場等で水耕栽培されている野菜に、競争相手である植物の根浸出液を与え、競争者が存在していると誤認識させることで、生産性を向上することができる**」という発想に至った。

本研究では、この仮説を主要な水耕栽培作物であるサニーレタスを主な対象として検証した。

「目的」

水耕栽培技術を用いた室内型野菜工場は、衛生管理面や水資源利用の効率化、輸送コストの大幅削減などの利点から次世代型農業として着目されているが、その普及にはコストの大幅削減および生産性の向上が求められている。近年、申請者は野生の植物が競争相手となる植物の根浸出液を認識し、競争応答を示すことで根や葉の生産性が向上することを明らかにしてきた。本研究では、「**野菜工場等で水耕栽培されている野菜に、競争相手として他種の野菜の根浸出液（培養液）を与え、競争者が存在していると誤認識させることで、生産性を向上させる**」という仮説を実証することで、植物の競争応答を利用

した水耕栽培における生産性向上技術の開発を試みる。

「方法」

【材料】

本研究では、水耕栽培を利用した室内型野菜工場で生産される主要作物である、レタス、サニーレタス、サラダ菜、ターサイ、ミズナ、バジル、ルッコラ、チンゲンサイの8種類の作物を対象に実験を実施した。

【栽培実験】

各作物に対して培養液（蒸留水＋液体肥料）（コントロール処理）、同種の根浸出液（同種処理）、他種7種類それぞれの根浸出液を与える（他種処理）合計9処理区を設けた。

- ① プラスチックバットに苗用のセルを重ね合わせて設置したものを栽培器具とし（図1）、セル内に脱脂綿と栽培対象の作物の種子を設置した。各セルには種子を1粒ずつ播種する。1つのバットで24株の栽培とした。
- ② バット内を5cmの深さまで培養液で満たし、25℃12L12Dの環境下で2週間栽培し、苗を作成した。この時、根浸出液を与える側と受け手側をそれぞれ準備した。
- ③ 15日後に実験を開始する。受け手側となる作物のバット中の培養液を捨て、処理、同種処理、他種処理×7の合計9処理を実施した。常に新しい根浸出液を供給するために、同様の水の入れ替えを実験が終了する60日後まで毎日実施した。
- ④ 60日後に、簡易クロロフィル測定器（SPAD502）を用いて葉のクロロフィル含有量を測定した。
- ⑤ 実験終了後に全ての植物を収穫し、個体毎に地上部と根の湿重量を測定した。その後、凍結乾燥器を用いて乾燥させ、地上部と根の乾燥重量も測定した。
- ⑥ 湿重量、乾燥重量および地上部と地下部の資源投資比を一般化線形混合モデルにより、種毎に9処理間で比較する解析した。



図1. 実験装置で生育するレタスの地上部と地下部. 予備実験により本実験装置で良好な状態で水耕栽培が可能になることがわかる.

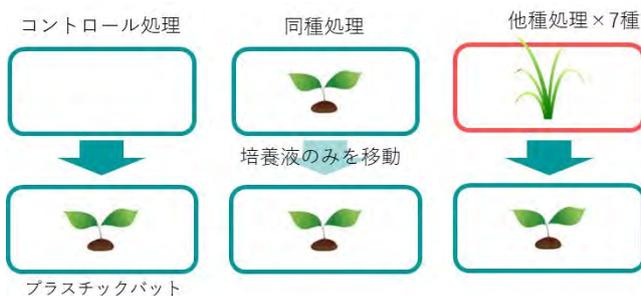


図2. 実験デザインの概要. 1つのプラスチックバットで24株を栽培する.

【成分分析】

葉の有効成分として一般的に知られる、アントシアニン、ポリフェノール、ビタミンCなどの栄養素を中心に分析を実施した。アントシアニンの定量は、凍結乾燥後の葉をから1%塩酸メタノール溶液により抽出し、530nmで吸光度測定をおこなう。ポリフェノールは、50%メタノールで抽出後、フォーリン・チオカルト法により定量する。ビタミンCは、HPLCを用いて定量した。

「結果」

レタス、サニーレタス、サラダ菜、ターサイを用いた実験では、バジルを除く他種の根浸出液によって成長速度（図1）、クロロフィル含有量、ビタミンC含有量が増加することが明らかになった。中でも成長量については最大で1.8倍もの成長速度の増加がみられた。また、抗酸化活性は、どの作物の根浸出液を当てるのかによって増減が異なることが判明した（図2）。一方、ミ

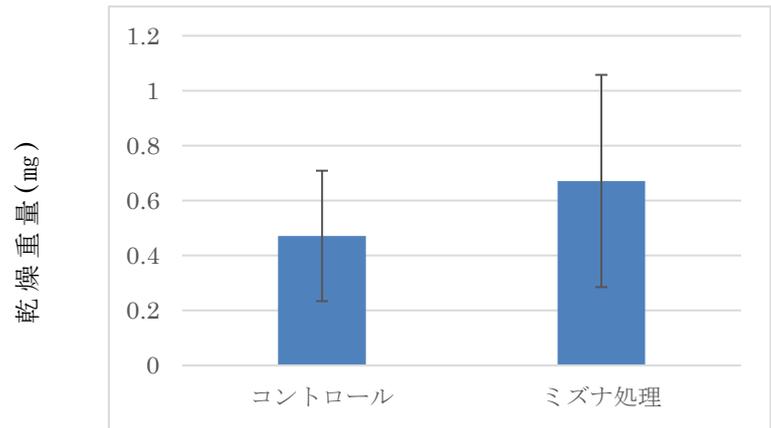


図1 ミズナの根浸出液を与えた場合のレタスの成長量。

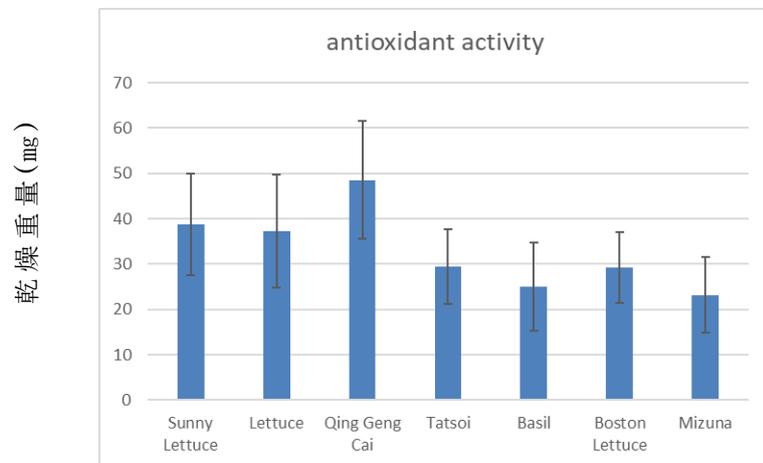


図2 異なる作物の根浸出液を与えた際のレタスの抗酸化活性。

ズナとバジルについては他種の根浸出液の効果は、他種の種依存的であり、相性が悪く成長速度が低下するものも発見された。しかし、それらの条件であっても抗酸化作用をもつ葉のポリフェノール含有量を高める効果があることが実証され、機能性食品としての価値を高める可能性があることが示された。ルッコラとチンゲンサイについては他種の根浸出液の効果を検出することはできなかった。

「今後の展望」

今回の研究から、水耕栽培において野菜の競争応答を引き起こすことで成長速度の増加に加えて機能性成分の調節まで可能であることが示された。その一方で、その効果は他種の野菜の種類に依存していることも明らかになってきた。今後は、水耕栽培が盛んな野菜

種を中心に最適な組み合わせを明らかにしていくことで、野菜工場での実用化が可能になると考えられる。

引用文献

Yamawo A., Sato M., Mukai H. (2017) Experimental evidence for benefit of self discrimination in roots of a clonal plant. *AoB PLANTS*. 9: plx049.

Yamawo A.*(2015) Relatedness of neighboring plants alters the expression of indirect defense traits in an extrafloral nectary-bearing plant. *Evolutionary Biology*, 42: 12-19.

本助成に関わる成果物

本研究内容は、特許取得の可能性を秘めているため、成果の発表を控えている。