

戦略的創造研究推進事業(ALCA)
技術領域(プロジェクト名)「革新技術領域」「バイオ
テクノロジー分科会」
課題名「難培養性硝化菌の可培養化と資源循環型
有機養液栽培に有用な硝化微生物コンソーシアの
デザイン」

終了報告書

研究開発期間 平成28年11月～令和5年3月

研究開発代表者:安藤 晃規
(所属:国立大学法人京都大学大学院
農学研究科応用生命科学専攻、役
職:助教)

○報告書要約 (和文)

研究開発代表研究者 : 京都大学 助教 安藤 晃規

研究開発課題名 : 難培養性硝化菌の可培養化と資源循環型有機養液栽培に有用な硝化微生物コンソーシアのデザイン

1. 研究開発の目的

本研究開発の目的は、硝化菌の可培養化と、病害抑制効果を示す硝化微生物コンソーシアの構築、即効性・拡張性・持続性を有した土壌創製の技術創出である。「土壌」の重要な機能は植物に窒素成分を供給することにある。二酸化炭素固定の主役である植物の機能は、十分な窒素供給により最大化が望める。土壌における窒素供給機能は、有機物の分解、続く硝化反応を基盤としている。本研究開発では、土壌担体への硝化能の付与を土壌創製と定義した。

土壌創製により、流亡土壌の回復、植物生育域の拡大により、大幅な CO₂ 削減が見込める。また、作物栽培と共役させ、経済的に持続可能な土壌の緑化、生産地の拡大が望め、食糧増産と CO₂ 削減を両立させ、持続的な低炭素社会構築への貢献が可能となる。また、バイオ炭の活用による CO₂ の固定や、化学肥料の低減による CO₂ 削減効果も期待できる。加えて、森林の間接的な保護にも繋がり、低炭素社会実現へ地球規模での多面的な寄与が期待できる。

2. 研究開発の概要

(1)内容: 植物による二酸化炭素固定の最大化には、硝化微生物群の理解と制御が不可欠である。しかし、硝化菌が難培養性であること、大量培養が困難であること、硝化反応が複合微生物系であることがボトルネックであった。これまでに土壌を微生物源として、硝化微生物群を水系にて構築する手法を確立し、有機質肥料を活用した養液栽培技術を開発している。本栽培法は、高施肥性や根圏病害抑制効果を示す。本研究では、硝化菌群の可培養化、大量培養法の開発、有機養液栽培の高施肥性、根部病害抑制のメカニズム解明、人工土壌の創製に取り組んだ。

(2)成果: 京都大学 G は、硝化菌の短時間でのコロニー化に成功し、また、長期保存法を開発した。さらに、人工担体に土壌様の硝化能を再現し、人工土壌の創製を実現した。硝化微生物群の大量培養系の構築に取り組み、培養時間の短縮に成功した。また、富山 G と協同し、人工土壌による植物苗の構築と栽培に成功した。さらに、もみ殻くん炭の大規模人工土壌化に成功した。

慶應義塾大学 G と富山県立大学 G は、硝化微生物群と植物の相互作用を解析できるモデル系を構築し、根圏バイオフィームから根毛・側根成長促進物質の単離に成功した。また、硝化養液中の植物の生育に影響を及ぼす化合物を明らかにし、化合物の同定、養液中での動態解析を行った。農研機構 G は、単一の菌では効果は示さないが、複数の菌で病害抑制効果を発揮する現象を発見し、根部病害抑止効果を示す人工土壌の創出を実現した。また、病原性フザリウム以外の青枯病菌や、かいよう病菌に対しても効果を示すことを明らかにした。

名古屋大学 G は、人工土壌担体の X 線 CT による構造評価系を構築し、硝化菌の活性と面密度や平均フラクタル次元等の構造の複雑さの指標が硝酸態窒素回収率との相関を示す可能性を明らかにした。また、ライフサイクルアセスメントを用いて、人工土壌化したもみ殻くん炭による栽培時の CO₂ 排出量削減効果を算出した。

(3)今後の展開:

本技術の普及に向けデザインした硝化微生物群による大規模土壌創製に関するデータの取得とプロトコール化に取り組む。微生物資材の開発と提供、人工土壌化したバイオ炭の開発、バイオ炭による CO₂ 固定効果の実証・評価等に取り組んでいく。また、ベンチャー企業、企業との共同研究を通じた本技術の普及にも積極的に取り組み大幅な CO₂ に貢献する。

○Report summary (English)

Principal investigator: Kyoto University assistant professor Akinori ANDO
R & D title: Study on cultivation of nitrifying bacteria and design of nitrifying microorganism consortium useful for resource-recycling organic hydroponic

1. Purpose of R & D

The purpose of this research is cultivation of nitrifying bacteria and to create a nitrifying microorganism consortium that can show disease suppression effects, and to develop a new technology for artificial soil creation technology with immediate, scalable, and sustainable effects. An important function of soil is to supply nitrogen to plants. The function of plants, which are the main players in carbon dioxide fixation, can be maximized with an adequate nitrogen supply. The nitrogen-supplying function of soil is based on the decomposition of organic matter, followed by nitrification. In this research, we define soil creation as the addition of nitrification capacity to the soil carrier.

Soil creation is expected to significantly reduce CO₂ emissions by restoring soil that has been washed away and expanding the area for plant growth. In addition, by combining soil creation with crop cultivation, economically sustainable greening of soil and expansion of production areas can be expected, which will contribute to both increased food production and CO₂ reduction, thereby contributing to the creation of a sustainable low-carbon society. In addition, CO₂ fixation through the use of biochar and reduction of chemical fertilizers could be also expected to reduce CO₂ emissions. In addition, the project will indirectly protect forests, and is expected to make a multifaceted contribution to the realization of a low-carbon society on a global scale.

2. Outline of R & D

(1) Contents: It is to understand and control the nitrifying microbiota is essential for maximizing carbon dioxide fixation by plants. However, there were the bottlenecks that nitrifying bacteria are difficult to cultivate, mass cultivation is difficult, and the nitrification reaction is a complex microbial system. We have established a method of constructing a nitrifying microbial ecosystem in an aqueous system using soil as the microbial source and have developed a liquid culture technique using organic fertilizers. This cultivation method has demonstrated high fertilizer application and rhizosphere disease suppression. In this research, we have worked on the development of a method for culturing nitrifying microorganisms in a large quantity, the elucidation of the mechanism of high fertilizer application and plant root disease suppression in organic nutrient cultivation, and the creation of artificial soil.

(2) Achievements: Kyoto Univ. Group has succeeded in the rapid colonization of nitrifying bacteria and developed a long-term preservation method. In addition, we have succeeded in establishing a mass culture system for nitrifying microorganisms and shortened the culture time. In collaboration with Toyama Group, we succeeded in constructing plant seedlings in artificial soil and cultivating them. In addition, we succeeded in the large-scale preparation of artificial soil.

Keio Univ. and Toyama Prefectural Univ. Group constructed a model system that can analyze the interaction between nitrifying microorganisms and plants and succeeded in isolating root hair and lateral root growth promoting substances from root biofilms. They also clarified compounds that affect plant growth in nitrifying nutrient solution, identified the compounds, analyzed their dynamics in the nutrient solution.

NARO group discovered a phenomenon in which a single bacterium does not show an effect, but multiple bacteria show a disease suppression effect, and developed the artificial soils that show root disease suppression effects. They also found that it is effective against bacterial wilt disease and bacterial canker.

Nagoya Univ. Group evaluated a structural of artificial soil carriers using X-ray CT and clarified the possibility that the activity of nitrifying bacteria and indicators of structural complexity such as areal density and fractal dimension correlate with nitrate nitrogen recovery rate. In addition, the life cycle assessment was used to calculate the reduction of CO₂ emissions during crop cultivation with rice husk charcoal.

(3) Future developments: We will work on data acquisition and protocol development for large-scale soil creation using nitrifying microorganisms designed to promote the widespread use of this technology. We will work on the development and provision of microbial materials, the development of artificial soil-derived biochar, and the demonstration and evaluation of the CO₂ fixation effect of biochar. In addition, we will actively engage in joint research with venture companies and corporations to disseminate this technology and contribute to a significant reduction in CO₂ emissions.