

氏 名	NGO THUY AN		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	7 1 4 1	号
学位授与の日付	2 0 2 4 年 9 月 2 5 日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)		
学位論文の題目	Sustainable Practice for Water-Scarce Agriculture: Enhancing Soil Water Retention and Plant Growth Efficiency with Cellulose Nanofibers (持続可能な節水型農業の実践：セルロースナノファイバーによる土壌保水と植物生育効率の向上)		
論文審査委員	教授 諸泉 利嗣	教授 西村 伸一	教授 森 也寸志
学位論文内容の要旨			
Water scarcity and soil degradation challenge sustainable agriculture and food security worldwide, driven by climate change and extensive human activities. Therefore, innovative agricultural practices are essential to address these issues. One such innovation is the development and use of superabsorbent polymers (SAPs) in agriculture. Among these polymers, cellulose nanofibers (CNF), derived from natural cellulose, offer outstanding water retention capabilities and are biodegradable, sustainable, and environmentally friendly. This PhD thesis, titled “Sustainable Practice for Water-Scarce Agriculture: Enhancing Soil Water Retention and Plant Growth Efficiency with Cellulose Nanofibers,” aims to optimize CNF application in agriculture, assess their effectiveness under various conditions, and ensure their safe and sustainable use. The objectives include investigating CNF preparation methods, examining environmental factors affecting CNF efficiency, assessing CNF longevity in soil, and evaluating CNF’s impact on soil health, germination, and plant growth. Laboratory and greenhouse experiments demonstrated that CNF significantly improved soil water retention and aggregate stability. CNF dried at 5°C enhanced soil water content by up to 98% and prolonged water retention by 22 days in paddy soils. CNF increased plant-available water (PAW) by up to 110% in sandy soils and 88% in silty loam soils. The addition of CNF improved germination and plant growth under water stress, with germination index enhancements of up to 214% under severe water stress conditions. Furthermore, CNF addition allowed plants to maintain similar heights and weights under water-stressed conditions compared to full irrigation, while using 50% less water. Irrigation water use efficiency (IWUE) also significantly increased, with enhancements of up to 169% under moderate water stress. The findings highlight the potential of CNF as a multifaceted soil amendment, offering practical solutions for water conservation, soil health improvement, and increased crop resilience in water-scarce regions. CNF’s ability to retain water and promote soil stability makes it a valuable tool for sustainable agricultural practices. Future research should focus on developing environmentally friendly CNF production methods from agricultural residues, evaluating CNF’s role as a nutrient carrier, and testing CNF’s effectiveness in enhancing crop resistance to drought, alum contamination, and salinity. These efforts aim to further advance CNF application in agriculture, contributing to more resilient and sustainable farming systems.			

論文審査結果の要旨

近年の地球温暖化や気候変動の影響として、極端な降水と極端な渇水になる場所が存在し、それぞれの場所に対する対処が必要となっている。東南アジアは本来雨に恵まれ、肥沃な大地で営農を行うことができる場所であるが、ベトナムをはじめとする一部の場所では渇水が予測されており、その場合、灌漑水が不足し、植物の生長が悪くなり、また耕作期間が短縮される可能性があり、環境保全対策が必要である。

本研究では、植物由来のセルロースナノファイバー（CNF）を土壌に施用し、灌漑水が不足する中で、保水能を上げ、植物生長を促し、灌漑効率を最大限に上げて従来の耕作を維持することを考えた。農学分野でこれまで使われてきた高分子材料は工学的に精製されており環境負荷が高いが、CNFは自然由来で、用途を終えた後は分解し自然に還ることがわかっている。農学分野への適応は始まったばかりで、新しい取り組みとして、この新規材料の特性を明らかにし、実際に作物を栽培し、その効果を評価した。

CNFは液状で提供されるため、土壌に効果的に施用するためには粉末にすることが必要である。そこで3つの温度環境下で粉末を精製すると、最も低い温度である5℃において、高い保水能を有す事がわかった。団粒化が促進されており、FTIR分析では親水基が多く残り、SEM画像では細かな構造が維持されていることがわかった。灌漑水の質が悪く、電気伝導度の高い濁水では保水能が下がることがわかったが、それでもCNFを加えない土壌よりも高い保水性を示し、渇水対策として有効な材料となることがわかった。

次いで、CNFの施用率を0.1、0.5、1.0%と変え、灌漑水量を100%、50%、25%と変えて小松菜を栽培すると、発芽を促進する効果が得られ、発芽に対する否定的因子は無いことがわかった。また、CNFの施用率が1%あれば、灌漑水が50%不足しているときでも100%の時と同じ収量が得られることがわかった。保水をしなくても、吸着が強すぎれば植物が吸水できないが、有効水分として計測される水分量は倍近くになり、保水した多くの水が植物に対する有効水分として機能することがわかった。

新規材料としての特性を明らかにして、農地への施用の条件を明らかにしたこと、さらに植物栽培を行い、灌漑水が不足する条件下でも収量が得られることを示した成果は非常に新規性と有用性が高い。今後の発展性が期待される成果であり、博士論文に相応しい学問的意義と価値を有すると判断した。