

下水汚泥を用いたバチルス属細菌と自活性線虫を豊富に含む土壌改良資材の開発

長岡技術科学大学 (学) ○池田匠児 (正) 幡本将史 (正) 渡利高大 牧慎也 (正) 山口隆司
群馬工業高等専門学校 (正) 青井透

1. はじめに

現在、農作物を栽培する上で連作障害が大きな問題となっている。連作障害とは同一の土壌で同一の作物の栽培を繰り返すことで、農作物の生育不良が発生する現象のことである。主な原因として、土壌中の病原菌(フザリウム等のカビ菌)による病害と植物寄生性線虫(体長 0.3~1 mm の線形動物)による被害が挙げられている。特に、植物寄生性線虫による農作物被害が大きな問題となっており、被害額は全世界で年間 15 兆円以上にものぼると試算されている¹⁾。現在の主な対処法は土壌燻蒸剤を用いて原因微生物を根絶やしにする方法だが、土壌燻蒸剤は人に有害であり、また有益な微生物まで殺してしまうデメリットがある。

植物寄生性線虫の被害に対して、自活性線虫の線虫を捕食する能力を利用することで、生物防除が可能であることがわかっている²⁾。我々の研究グループでは、バチルス属細菌を豊富に含む土壌改良資材中に自活性線虫も多く生息していることを確認しており、バチルス属細菌が自活性線虫の良好な餌である可能性が高いと推察している。また、バチルス属細菌は抗菌・抑菌作用を持つことが知られており、微生物農薬として市販化されている。さらに、これまでの調査でいくつかの下水及びし尿処理場の活性汚泥内にバチルス属細菌が 10^8 CFU/g-MLSS 程度と高濃度で存在していることを明らかにしている³⁾。したがって、これらの施設から発生する余剰汚泥は土壌改良資材を製造するための優れた原材料であると考えた。

このような背景のもと、本研究では、連作障害抑止効果のある土壌改良資材の開発を目的とし、バチルス属細菌を多く含む下水汚泥を用いて各種配合条件により土壌改良資材を作製し、バチルス属細菌と自活性線虫が増殖するための最適条件を検討した。

2. 試験方法

2.1 試験材料

本試験における土壌改良資材の作製材料は、バチルス属細菌接種材として下水処理場由来の脱水汚泥 (バチルス属細菌数 1.9×10^8 CFU /g-Dry Matter (D.M.)), 乾燥汚泥(バチルス属細菌数 3.9×10^6 CFU /g-D.M.)を、自活性線虫接種材として市販のバーク堆肥 (線虫数: 376 頭/10g-D.M.)を使用した。また、バチルス属細菌の増殖に必要なセルロース成分を含むもみ殻、含水率調整材として乾燥させた牛糞堆肥を添加した。

2.2 試験条件

表 1 に各土壌改良資材の配合条件を示す。試験区は 2.1 に示した全ての材料を混合した条件 (試験区 1)、もみ殻無しの条件 (試験区 2)、下水汚泥無しの条件 (試験区 3)、バーク堆肥無しの条件 (試験区 4) を用意し、バチルス属細菌と自活性線虫の増殖に必要な材料及び配合を検討した。各試験区、湿潤重量で 10 kg となるように混合し、容積 30 L の生ごみ処理器により培養を行った。作製日数は 28 日間とし、室温 $24 \pm 3^\circ\text{C}$ で行った。また、含水率は $64 \pm 4\%$ を維持するように散水を行った。測定項目は、温度、pH、バチルス属細菌数、線虫数とした。温度は温度センサーにより、pH は土壌養分分析法に従い測定した。また、バチルス属細菌数は平板培養によるコロニーカウント法、線虫数はベールマン法を用いて抽出し顕微鏡観察により測定した。

表 1 土壌改良資材の配合条件

試験区	乾燥重量 (%)				
	牛糞堆肥	脱水汚泥	乾燥汚泥	バーク堆肥	もみ殻
1	20	5	35	30	10
2	30	5	35	30	
3	60			30	10
4	50	5	35		10

3. 試験結果・考察

図 1 に土壌改良資材の各試験区における温度と経日変化の関係を示す。試験区 1, 2 及び 4 では、作製 0-3 日目で温度が上昇し、最大でそれぞれ 41.4°C , 36.0°C , 36.5°C であった。この結果より試験区 1, 2 及び 4 で好気発酵による温度上昇を確認した。試験区 3 は培養 0-28 日目まで室温と同程度であり温度上昇は見られなかった。試験区 3 は、バチルス属細菌接種材である脱水汚泥及び乾燥汚泥を入れていないため土壌改良資材中の有機物量が少なかった。そのため、好気発酵

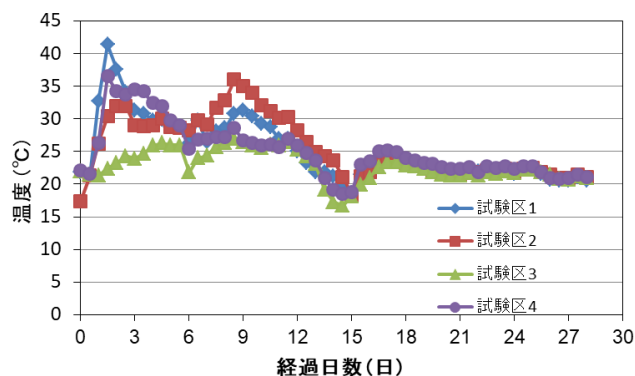


図 1 土壌改良資材中の温度と経日変化

キーワード 廃棄物, 再資源化, 資源循環, 食糧生産

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境研究室 TEL0258-47-1611

が行われず温度上昇しなかったと考えられる。

図 2 に土壤改良材の各試験区における pH の経日変化を示す。試験区 1, 2 及び 4 では、作製 0-6 日目で pH が上昇し、最大でそれぞれ、7.6, 7.8, 7.8 であった。これは、好気発酵によりアンモニアが生成されたため、pH が上昇したと考えられる。また、試験区 3 は温度と同様に大きな変化は見られなかった。このことより、好気発酵が進んでいないことが示唆された。試験区 1, 2 及び 4 では、最終的に pH6.0 付近となった。

図 3 に土壤改良材の各試験区におけるバチルス属細菌数の経日変化を示す。最終バチルス属細菌数は、試験区 1 で $9.0 \times 10^7 \pm 6.1 \times 10^6$ CFU/g-D.M., 試験区 2 で $1.6 \times 10^7 \pm 3.6 \times 10^6$ CFU/g-D.M., 試験区 3 で $3.8 \times 10^6 \pm 8.7 \times 10^5$ CFU/g-D.M., 試験区 4 で $9.9 \times 10^7 \pm 2.0 \times 10^7$ CFU/g-D.M. であった。試験区 1, 2 及び 4 はバチルス属細菌数 10^7 CFU/g-D.M. 以上と高濃度を維持した。試験区 3 は作製 0-28 日目でバチルス属細菌数徐々に減少していった。これは、バチルス属細菌の至適温度 (32-37°C) まで温度が上昇しなかったことが影響していると考えられる。

図 4 に土壤改良材の各試験区における自活性線虫数の経日変化を示す。試験区 1 と 2 では作製 13 日目、試験区 4 では作製 25 日目に線虫数が 15 万頭/10g-D.M. 以上となり、増殖を確認した。試験区 4 には、バーク堆肥を入れてないことから、初期線虫数が元々少なかったため、増殖に時間がかかったと考えられる。また、試験区 3 では、作製 0-28 日目で線虫数に大きな変化がなかった。このことより、自活性線虫は下水汚泥内の細菌を捕食することで増殖したと考えられる。

これらの結果から、バチルス属細菌が多く存在する下水汚泥を用いることで、土壤改良資材中のバチルス属細菌の濃度が高まり、それに伴い自活性線虫も増殖することが明らかとなった。また、本試験では試験区 1 のバチルス属細菌数の濃度が高く、自活性線虫の増殖速度も速かった。よって、試験区 1 の配合条件がバチルス属細菌と自活性線虫の増殖するための最適条件であることが示唆された。

4. おわりに

本試験では、バチルス属細菌を多く含む下水汚泥を用いて土壤改良資材を作製し、バチルス属細菌と自活性線虫が増殖するための最適条件を検討した。その結果、バチルス属細菌を多く含む下水汚泥を用いることで、自活性線虫が増殖することが明らかとなり、バチルス属細菌と自活性線虫を豊富に含む土壤改良資材の作製に成功した。今後は、作製した土壤改良資材に存在する自活性線虫の同定を行い、増殖した自活性線虫の捕食能力等のさらなる知見を得る。

引用文献

- 1) Abad, P., et al. 2008 Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature biotechnology* 26.8: 909.
- 2) Khan, Z., and Kim, Y. H. 2007 A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 35(2), 370-379.
- 3) Hatamoto, M., et al. 2017 Microbial Community Structure and Enumeration of *Bacillus* species in Activated Sludge. *Journal of Water and Environment Technology*, 15(6), 233-240.

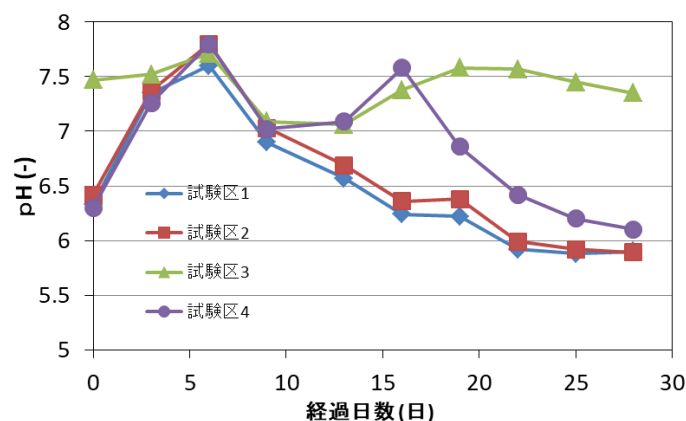


図 2 土壤改良資材の pH の経日変化

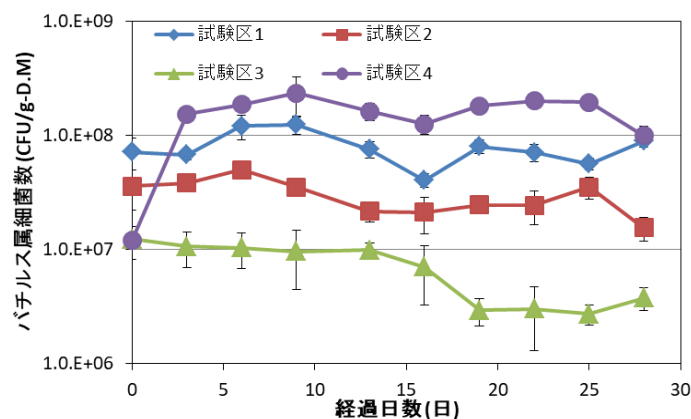


図 3 土壤改良資材中のバチルス属細菌数の経日変化

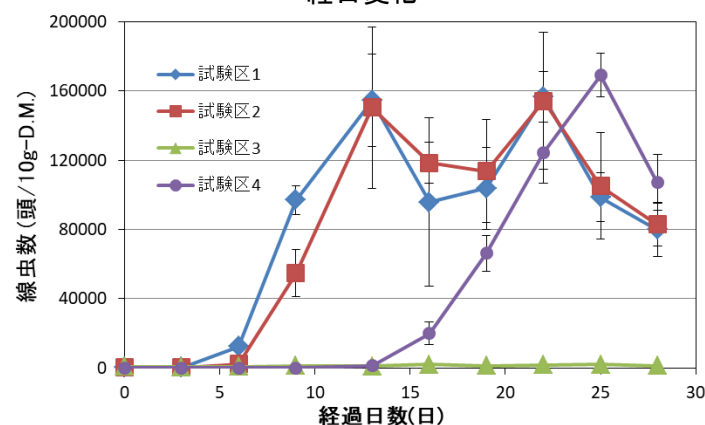


図 4 土壤改良資材中の自活性線虫数の経日変化