

Penilaian kepelbagaian fungsi mikroorganisma terhadap jenis tanah berbeza

(Evaluation of the functional diversity of microorganisms in different types of soil)

Nor Ayshah Alia Ali Hassan

Pengenalan

Mikroorganisma dikenali sebagai salah satu elemen utama dalam kepelbagaian biologi global. Ini kerana mikroorganisma mempunyai peranan yang sangat penting dalam fungsi ekosistem seperti kitaran nutrien dan pengurangan gas rumah hijau. Komponen biotik dan abiotik mempengaruhi interaksi komuniti mikroorganisma dalam sesuatu ekosistem. Fungsi tanah bergantung kepada kepelbagaian fungsi mikroorganisma tanah. Kepelbagaian fungsi mikroorganisma dicirikan melalui kewujudan semula jadi dan penyebaran faktor fisiologi dan metabolik antara mikroorganisma dalam sebuah komuniti.

Persekitaran yang berbeza mempengaruhi kepelbagaian fungsi mikroorganisma. Dalam bidang pertanian, persekitaran yang berbeza mempengaruhi mikroorganisma tanah serta memberi kesan terhadap hasil pertanian dan kualiti tanah. Contohnya mikroorganisma pengikat nitrogen yang membantu pertumbuhan pokok melalui pengikatan nitrogen atau mikroorganisma pelarut fosfat yang meningkatkan kesuburan tanah melalui pelarutan fosfat dalam tanah. Pengurangan kepelbagaian fungsi mikroorganisma akibat daripada bahan inorganik yang berlebihan seperti baja kimia boleh membataskan fungsi mikroorganisma terhadap tanah dan tumbuhan. Oleh itu, maklumat kepelbagaian fungsi mikroorganisma sangat membantu dalam penentuan beberapa perkara berkaitan pertanian seperti keperluan pembajaan berdasarkan kesuburan tanah dan keperluan tanaman.

Ciri-ciri tanah ditentukan oleh sifat fizikal dan kimia tanah. Kajian penyelidikan terdahulu yang menyelidik kaitan antara jenis tanah dan kepelbagaian taksonomi mikroorganisma menggunakan kaedah *16S rDNA pyrosequencing* mencadangkan bahawa genesis tanah merupakan model yang terbaik bagi mengkaji kepelbagaian mikroorganisma. Selain itu, komuniti mikroorganisma di kawasan tanah berakar, rizosfera turut terkesan terhadap perubahan persekitaran. Rizosfera mempunyai ekosistem yang tersendiri kerana mikroorganisma di kawasan ini menjalankan pelbagai aktiviti metabolik. Oleh itu, mikroorganisma rizosfera berupaya melakukan pelbagai fungsi seperti interaksi *multitrophic* dan kitaran nutrien yang berbeza. Maklumat asas dan tindak balas kepelbagaian fungsi mikroorganisma boleh dikaji kesesuaiannya sebagai petunjuk biologi bagi menentukan tanah sihat atau tidak. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi menilai kesan jenis tanah terhadap kepelbagaian fungsi mikroorganisma.

Pengenalpastian sifat tanah yang dikaji

Dua jenis rizosfera berbeza iaitu daripada tanah lom lempung berpasir dan tanah gambut daripada tanaman padi aerob diambil bagi mengenal pasti sifat tanah. Sifat tanah yang diukur merupakan pH, isi padu kandungan air, kemasinan tanah, keupayaan pertukaran kation, fosforus larut serta jumlah karbon dan nitrogen. Didapati pH tanah lom lempung berpasir, kemasinan tanah, isi padu kandungan air, keupayaan pertukaran kation, jumlah karbon, jumlah nitrogen, nisbah karbon dan nitrogen serta fosforus larut masing-masing ialah 4.84, 0.11 mS/cm, 19.15%, 7.725 meq/100 g, 0.535%, 1.07%, 16.6 dan 3.05 ppm (*Jadual 1*). Ini menunjukkan yang tanah lom lempung berpasir mempunyai tahap keasidan tanah yang tinggi, namun tahap kemasinan berada dalam nilai optimum. Tanah lom lempung berpasir ini juga mempunyai keupayaan pertukaran kation dan jumlah karbon yang rendah. Jumlah kandungan nitrogen yang tinggi telah memberikan nilai nisbah karbon dan nitrogen yang rendah, menunjukkan proses penguraian di dalam tanah yang perlahan. Fosforus larut dalam tanah juga menunjukkan nilai kepekatan yang rendah. Ciri-ciri sifat tanah yang dikaji mempunyai persamaan dengan sifat tanah yang dikaji oleh penyelidik pada tahun 1979 serta merupakan siri tanah yang sama iaitu tanah siri Serdang.

Bagi tanah gambut pula, didapati pH, kemasinan tanah, isi padu kandungan air, keupayaan pertukaran kation, jumlah karbon, jumlah nitrogen, nisbah karbon dan nitrogen dan fosforus larut masing-masing ialah 5.82, 0.035 mS/cm, 13.17%, 78.705 meq/100 g, 32.32%, 1.65%, 15 dan 46.05 ppm (*Jadual 1*). Ini menunjukkan bahawa tanah gambut yang diuji mempunyai tahap keasidan dan kemasinan tanah yang sesuai untuk penanaman. Tanah gambut ini juga mempunyai keupayaan pertukaran kation serta jumlah karbon dan nitrogen yang tinggi. Fosforus larut dalam tanah juga didapati mempunyai nilai kepekatan yang optimum. Ciri-ciri sifat tanah gambut yang dikaji mempunyai persamaan dengan sifat tanah yang dikaji oleh penyelidik sebelum ini, kecuali pH tanah di mana tanah yang dikaji mempunyai pH yang sedikit lebih tinggi berbanding dengan kajian terdahulu. Ini dapat dijelaskan di mana tanah gambut yang dikaji telah pun dilakukan proses pengapuran menggunakan *ground magnesium limestone* dan pH tanah meningkat serta mempunyai julat nilai pH yang sama bagi kajian terdahulu yang juga telah melakukan proses pengapuran terhadap tanah gambut.

Jadual 1. Sifat tanah lom lempung berpasir dan tanah gambut

Jenis tanah/sifat tanah	pH	EC (mS/cm)	VWC (%)	CEC (meq/100 g)	TC (%)	TN (%)	C/N	SP (ppm)
Tanah lom lempung berpasir	4.84	0.11	19.15	7.725	0.535	1.07	16.6	3.05
Tanah gambut	5.82	0.035	13.17	78.705	32.32	1.65	15	46.05

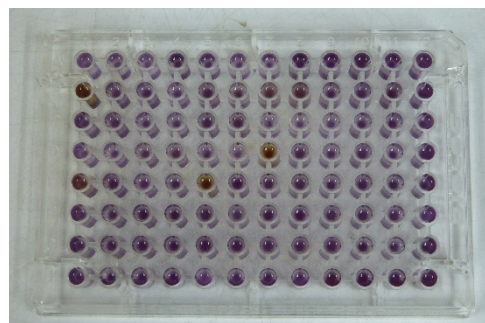
Nota: EC = Kemasinan tanah; VWC = Isi padu kandungan air; CEC = Keupayaan pertukaran kation; TC = Jumlah karbon; CN = Nisbah karbon dan nitrogen; SP = Fosforus larut

Kesan jenis tanah terhadap kepelbagaian fungsi mikroorganisma

Kepelbagaian fungsi mikroorganisma dinilai melalui aktiviti dan kepelbagaian mikroorganisma, kekayaan dan keseragaman spesies. Sebanyak 100 g tanah dicampurkan dengan 1 L air suling dan dituras bagi mendapatkan ampai tanah. Ampaian ini kemudian diinokulasi kepada 31 jenis substrat yang berkaitan dengan ekosistem (*Gambar 1*) dalam plat mikro yang diperoleh daripada sistem BIOLOG. Pewarna tetrazolium yang disertakan bersama substrat akan bertukar kepada warna ungu apabila mikroorganisma mula menggunakan substrat dan melakukan respirasi.

Plat mikro ini dieram pada suhu 27 °C dan ketumpatan optik (590 nm) diukur selepas 72 jam. Aktiviti mikroorganisma diukur daripada nilai ketumpatan optik mengikut kaedah Gomez et al (2006) manakala kepelbagaian mikroorganisma dan kekayaan spesies diukur menggunakan kaedah Garland (1997). Keseragaman spesies diukur menggunakan kaedah Zak (1994). Aktiviti dan kepelbagaian mikroorganisma serta kekayaan dan keseragaman spesies dianalisis menggunakan ANOVA dan min perbandingan berganda menggunakan ujian *Fisher's Least Significance Difference* (LSD). Peratus perbezaan digunakan bagi mengenal pasti perbezaan aktiviti dan kepelbagaian mikroorganisma serta kekayaan dan keseragaman spesies antara tanah gambut dan tanah lom lempung berpasir. Perisian Minitab 17 digunakan bagi analisis statistik.

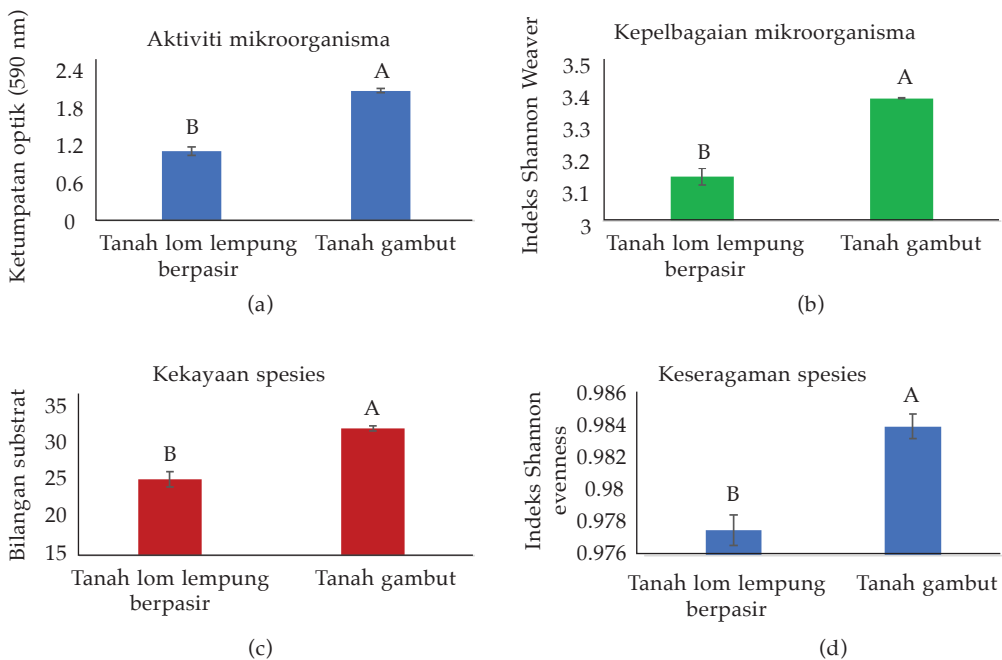
Kajian ini mendapati bahawa kepelbagaian fungsi mikroorganisma (aktiviti mikroorganisma, kepelbagaian mikroorganisma, kekayaan spesies dan keseragaman spesies) di tanah gambut secara signifikan adalah lebih tinggi daripada tanah lom lempung berpasir (*Rajah 1*). Peratus perbezaan antara tanah gambut dan tanah lom lempung berpasir bagi aktiviti mikroorganisma, kepelbagaian mikroorganisma, kekayaan dan keseragaman spesies masing-masing ialah 61.15%, 7.951%, 23.51%, 0.612%. Tanah gambut yang diuji mempunyai keupayaan pertukaran kation, jumlah karbon dan fosforus larut yang tinggi



Gambar 1. Plat mikro yang mengandungi 31 jenis substrat yang berkaitan dengan ekosistem

berbanding dengan tanah lom lempung berpasir. Tanah gambut mempunyai stok karbon bawah tanah yang tinggi berbanding dengan tanah-tanah yang lain dan ini mampu meningkatkan aktiviti mikroorganisma. Pelbagai kajian terdahulu telah menunjukkan kepelbagaian mikroorganisma merupakan pengawal atur bagi proses penguraian bahan organik dan kitaran nutrien. Oleh itu, kandungan bahan organik yang tinggi dalam tanah gambut juga mempengaruhi peningkatan kepelbagaian mikroorganisma dalam kajian ini.

Kekayaan dan keseragaman spesies yang tinggi di tanah gambut berbanding dengan tanah lom lempung berpasir berkemungkinan disebabkan oleh pH dan fosforus larut yang tinggi dalam tanah gambut. Nilai pH tanah gambut yang diuji mempunyai nilai yang optimum dan ini telah meningkatkan populasi spesies yang boleh hidup dengan baik pada persekitaran ini dan telah menambah kekayaan spesies. Tanah lom lempung berpasir yang diuji sangat berasid dan ini telah menghadkan pertumbuhan mikroorganisma dan hanya spesies yang mampu beradaptasi dengan keadaan ini sahaja akan meningkatkan populasinya. Oleh itu, kekayaan dan keseragaman spesies di tanah lom lempung berpasir adalah rendah.



Rajah 1. Kepelbagaian fungsi mikroorganisma yang diukur melalui (a) aktiviti mikroorganisma, (b) kepelbagaian mikroorganisma, (c) kekayaan spesies dan (d) keseragaman spesies. Min dengan abjad yang sama menunjukkan ia tidak signifikan ($p \leq 0.05$)

Kesan jenis tanah terhadap penggunaan substrat oleh mikroorganisma

Penggunaan substrat oleh mikroorganisma diukur melalui ketumpatan optik. Sebanyak 31 substrat yang diuji dikategorikan kepada lima jenis perseikatan (*guilds*) iaitu karbohidrat, asid karboksilik dan asid asetik, asid amino, *amines* dan *amides* serta polimer. Kajian ini mendapati penggunaan substrat di tanah gambut adalah lebih tinggi daripada tanah lom lempung berpasir (*Rajah 2*) dengan peratus perbezaan sebanyak 59.91%. Ini dapat dijelaskan dengan kepelbagaian mikroorganisma yang tinggi di tanah gambut yang mampu menggunakan pelbagai substrat berbanding dengan tanah lom lempung berpasir.

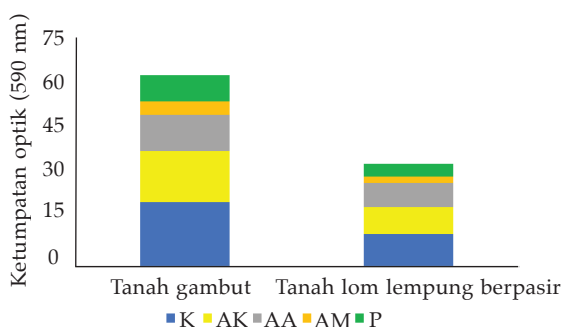
Karbohidrat seperti D-selobiosa merupakan sumber karbon utama bagi bakteria tanah. Tambahan pula, substrat seperti D-mannitol dan asid malik sering didapati di rizosfera dan digunakan oleh mikroorganisma. Selain itu, mikroorganisma juga boleh menghasilkan enzim L-asparaginase dan ini mendorong mikroorganisma menggunakan asid amino seperti L-asparagina.

Kesan jenis tanah terhadap kelimpahan mikroorganisma yang boleh dikultur

Mikroorganisma yang boleh dikultur dihitung menggunakan kaedah jumlah kiraan plat. Kelimpahan bakteria, fungi dan aktinomiset diukur menggunakan medium terpilih. Sebanyak 10 g tanah dicampurkan kepada 90 mL air suling steril bagi mendapatkan ampaian tanah. Ampaian tanah ini dicairkan dan seterusnya diinokulasi kepada medium terpilih. Medium yang dipilih ialah agar nutrien, agar kentang dekstrosa dan agar kanji kasein bagi menilai kelimpahan bakteria, fungi dan aktinomiset yang boleh dikultur. Kelimpahan mikroorganisma dianalisis menggunakan ANOVA dan min perbandingan berganda menggunakan ujian *Fisher's Least Significance Difference* (LSD). Hasil kajian ini secara signifikan mendapati tanah gambut mempunyai kelimpahan bakteria dan aktinomiset yang lebih tinggi daripada tanah lom lempung berpasir (*Jadual 2*).

Walau bagaimanapun, tiada pertumbuhan fungi dikesan pada kedua-dua jenis tanah.

Hasil kajian ini mendapati bahawa kepelbagaian mikroorganisma serta kelimpahan bakteria dan aktinomiset yang boleh dikultur adalah tinggi di tanah gambut serta rendah di tanah lom lempung berpasir yang diuji. Ini secara tidak langsung telah menentukan kebolehan kaedah plat mikro dan kaedah jumlah kiraan plat yang digunakan dalam kajian ini.



Nota: K = Karbohidrat; AK = Asid Asetik; AA = Asid Amino; AM = *Amines* dan *Amides*; P = Polimer

Rajah 2. Penggunaan substrat oleh mikroorganisma tanah gambut dan lom lempung berpasir

Kelimpahan bakteria dan aktinomiset yang tinggi di tanah gambut juga telah dilaporkan di kajian terdahulu. Bagi tanah lom lempung berpasir pula, kelimpahan bakteria dan aktinomiset yang rendah berkemungkinan disebabkan oleh sifat tanah yang sangat berasid. Hanya mikroorganisma asidofilik yang mampu hidup dalam keasidan yang tinggi dapat meningkatkan populasinya di tanah jenis ini. Tambahan pula medium yang digunakan seperti agar kanji kasein adalah dalam pH 7 dan berkemungkinan mikroorganisma asidofilik tidak berupaya untuk tumbuh dengan baik di atas medium ini.

Jadual 2. Kelimpahan mikroorganisma (bakteria, fungi dan aktinomiset) yang boleh dikultur di tanah gambut dan lom lempung berpasir

Jenis tanah	Bakteria (Log ₁₀ CFU/g)	Fungi (Log ₁₀ CFU/g)	Aktinomiset (Log ₁₀ CFU/g)
Tanah gambut	8.02 ± 0.06a	tp	6.35 ± 0.03a
Tanah lom lempung berpasir	4.67 ± 2.33b	tp	1.67 ± 0.10b

Nota: tp – tiada pertumbuhan. Min Log₁₀ CFu/mL dinyatakan secara *means* ± *SE*. Min dengan abjad yang sama menunjukkan ianya tidak signifikan ($p \leq 0.05$).

Kesimpulan

Kajian ini dijalankan bagi mengenal pasti sama ada terdapat kesan jenis tanah terhadap kepelbagaian fungsi mikroorganisma. Kajian ini mendapati kepelbagaian fungsi mikroorganisma dan kelimpahan mikroorganisma yang boleh dikultur adalah tinggi di tanah gambut berbanding dengan tanah lom lempung berpasir dan ini dipengaruhi oleh sifat tanah yang berbeza. Oleh itu, disimpulkan bahawa jenis tanah terutamanya sifat fizikal dan kimia memberi kesan kepada kepelbagaian fungsi mikroorganisma tanah. Pencirian kepelbagaian fungsi mikroorganisma boleh dijadikan sebagai asas bagi pembangunan petunjuk biologi tanah.

Bibliografi

- Alam, M. A., Juraimi, A. S., Rafii, M. Y., Abdul Hamid, A. (2015). Effect of salinity on biomass yield and physiological and stem-root anatomical characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. *Biomed Research International*, 2015; 2015: 105695.
- Bastida, F., Eldridge, D. J., García, C., Png, G. K., Bardgett, R. D., & Delgado-Baquerizo, M. (2021). Soil microbial diversity–biomass relationships are driven by soil carbon content across global biomes. *The ISME Journal*, 15(7), 2081–2091.
- Delgado-Baquerizo, M., Reich, P. B., Trivedi, C., Eldridge, D. J., Abades, S., Alfaro, F. D., Bastida, F., Berhe, A. A., Cutler, N. A., Gallardo, A., García-Velázquez, L., Hart, S. C., Hayes, P. E., He, J. Z., Hseu, Z. Y., Hu, H., Kirchmair, M., Neuhauser, S., Pérez, C. A., & Singh, B. K. (2020). Multiple elements of soil biodiversity drive ecosystem functions across biomes. *Nature Ecology & Evolution*, 4(2), 210–220.

- Chang, E. H., Tian, G., & Chiu, C. Y. (2017). Soil microbial communities in natural and managed cloud Montane Forests. *Forests*, 8(2), 33.
- Garland, J. (1997). Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. *FEMS Microbiology Ecology*, 24, 289–300.
- Gomez, E., Ferreras, L., & Toresani, S. (2006). Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application. *Bioresource Technology*, 97(13), 1484–1489.
- Luo, X., Fu, X., Yang, Y., Cai, P., Peng, S., Chen, W., & Huang, Q. (2016). Microbial communities play important roles in modulating paddy soil fertility. *Scientific Reports* 6(20326), 1–12.
- Murayama, S., & Abu Bakar, Z. A. (1996). Decomposition of tropical peat soils: Estimation of in situ decomposition by measurement of CO₂ flux. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 30, 153–158.
- Nerwan Shah, A. S., Mustapha, K. A., & Hashim, R. (2020). Characterization and impact of peat fires on stabilization of tropical lowland peats in Banting, Selangor, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 49(3), 471–481.
- Omar, M. S., Ifandi, E., Sukri, R. S., Kalaitzidis, S., Christanis, K., Lai, D. T. C., Bashir, S., & Tsikouras, B. (2022). Peatlands in Southeast Asia: A comprehensive geological review. *Earth-science Reviews*, 232, 104149.
- Pershina, E. V., Ivanova, E. A., Korvigo, I. O., Chirak, E. L., Sergaliev, N. H., Abakumov, E. V., Provorov, N. A., & Andronov, E. E. (2018). Investigation of the core microbiome in main soil types from the East European plain. *Science of the Total Environment*, 631–632, 1421–1430.
- Shamshuddin, J., & Darus, A. (1979). Mineralogy and genesis of soils in Universiti Pertanian Malaysia, Serdang, Selangor. *Pertanika*, 2(2), 141–148.
- Van Elsas, J. D., Jansson, J. K., & Trevors, J. T. (2007). *Modern Soil Microbiology II*. CRC Press.
- Zak, J. C., Willig, M. R., Moorhead, D. L., & Wildman, H. G. (1994). Functional diversity of microbial communities: A quantitative approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(9), 1101–1108.
- Zenova, G. M., Gryadunova, A. A., Pozdnyakov, A. I., & Zvyagintsev, D. G. (2008). Aerobic and microaerophilic actinomycetes of typical agropeat and peat soils. *Eurasian Soil Science*, 41(2), 210–214.

Ringkasan

Peranan mikroorganisma dalam interaksi dan fungsi ekosistem adalah sangat penting. Sebagai contoh, fungsi tanah dipengaruhi oleh kepelbagaian fungsi mikroorganisma tanah. Pencirian kepelbagaian fungsi mikroorganisma berdasarkan jenis tanah adalah penting bagi menilai fungsi mikroorganisma serta kesuburan tanah secara biologi. Kajian ini dijalankan bagi menilai kesan jenis tanah terhadap kepelbagaian fungsi mikroorganisma. Rizosfera tanah lom lempung berpasir dan tanah gambut daripada tanaman padi aerob dipilih bagi kajian ini. Sifat tanah yang diukur merupakan pH, isi padu kandungan air, kemasinan tanah, keupayaan pertukaran kation, fosforus larut serta jumlah karbon dan nitrogen. Kesan jenis tanah terhadap kepelbagaian fungsi mikroorganisma dinilai melalui aktiviti dan kepelbagaian mikroorganisma, kekayaan dan keseragaman spesies. Selain itu, kesan jenis tanah terhadap penggunaan substrat oleh mikroorganisma serta kelimpahan mikroorganisma yang boleh dikultur juga turut dinilai. Pengenalpastian sifat tanah mendapati bahawa keupayaan pertukaran kation, jumlah nitrogen dan kandungan fosforus larut yang tinggi di tanah gambut berbanding dengan tanah lom lempung berpasir. Mikroorganisma tanah gambut mempunyai kepelbagaian fungsi serta penggunaan substrat yang lebih tinggi berbanding dengan tanah lom lempung berpasir. Selain itu, kelimpahan bakteria dan aktinomiset juga lebih tinggi di tanah gambut. Berdasarkan dapatan kajian, disimpulkan bahawa jenis tanah mempengaruhi kepelbagaian fungsi mikroorganisma tanah.

Summary

Microbes play a crucial role in the ecosystem function and interaction. For example, the function of soil is influenced by the resident microbial functional diversity. The characterization of microbial functional diversity according to soil type is imperative to determine microbes function as well as soil fertility. Thus, this study is conducted to assess the effect of soil type on microbial functional diversity. This study focused on the rhizospheres of aerobic rice planted in peat and sandy clay loam soils. The soil properties measured were pH, volumetric water content, electrical conductivity, cation exchange capacity, soluble phosphorus, total carbon and nitrogen. Microbial functional diversity was characterized by microbial activity, microbial diversity, species richness and evenness. In addition, substrate utilization and the abundance of culturable microbes were also determined. This study found that cation exchange capacity, total nitrogen and soluble phosphorus in peat soil were higher than in sandy clay loam soil. Peat microbes have higher functional diversity and substrate utilization compared to sandy clay loam soil. Furthermore, the abundance of culturable bacteria and actinomycetes was higher in peat soil. Therefore, it is concluded that soil type affects microbial functional diversity.

Pengarang

Nor Ayshah Alia Ali Hassan (Dr.)
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor