

KEBERADAAN FUNGI PENDEGRADASI SELULOSA PADA KONDISI KEKERINGAN DI RIZOSFER JAGUNG AKIBAT APLIKASI PUPUK HAYATI MIKORIZA DAN FUNGI SELULOLITIK

THE EXISTENCE OF CELLULOSE-DEGRADING FUNGI UNDER DROUGHT IN MAIZE RHIZOSPHERE AFTER BIOFERTILIZER APPLICATION OF MYCORRHIZA AND CELLULOLYTIC FUNGI

Fikrinda Fikrinda^{1,2*}, Syafruddin Syafruddin², Sufardi Sufardi², Rina Sriwati²

¹Program Doktor Ilmu Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111

²Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111

*E-mail: fikrinda@unsyiah.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan fungi pendegradasi selulosa mempengaruhi penyediaan energi bagi biota tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan fungi selulolitik sebagai pupuk hayati terhadap keberadaan fungi pendegradasi selulosa di rizosfer jagung pada kondisi kekeringan. Penelitian yang menggunakan Rancangan Acak Kelompok ini menguji dua faktor yaitu FMA (tanpa FMA, *Acaulospora tuberculata*, dan *Gigaspora cf gigantea*) dan fungi selulolitik (tanpa fungi selulolitik, *Talaromyces pinophilus* strain MR107 dan *T. pinophilus* isolate OK3SP103P) dengan tiga ulangan. Pengamatan keberadaan fungi selulolitik pada kondisi kekeringan (50% kapasitas lapang) di rizosfer jagung ini dilakukan pada 45 dan 90 hari setelah tanam (HST). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan fungi pendegradasi selulosa sangat nyata dipengaruhi oleh FMA dan fungi selulolitik secara tunggal dan nyata oleh perlakuan interaksi FMA dan fungi selulolitik pada 45 HST namun sangat nyata dipengaruhi oleh fungi selulolitik dan interaksi FMA dan fungi selulolitik dan nyata oleh perlakuan FMA pada 90 HST. *Gi. cf gigantea* merupakan spesies FMA yang dapat berinteraksi positif dengan fungi selulolitik *T. pinophilus* strain MR107 dan *T. pinophilus* isolate OK3SP103P untuk meningkatkan populasi fungi pendegradasi selulosa pada 45 dan 90 HST dan populasinya menurun dengan meningkatnya umur tanaman.

Kata kunci: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Talaromyces*, kapasitas lapang, selulosa.

ABSTRACT

The existence of cellulose degrading fungi affects the supply of energy for soil biota. This study was aimed to determine the effect of arbuscular mycorrhizal (AM) and cellulolytic fungi as biofertilizers on the presence of cellulose degrading fungi at maize rhizosphere under drought. This study using Randomized Complete Block Design examined two factors: AM fungi (without AM fungi, *Acaulospora tuberculata*, and *Gigaspora cf gigantea*) and cellulolytic fungi (without cellulolytic fungi, *Talaromyces pinophilus* strain MR107 and *T. pinophilus* isolate OK3SP103P) with three replications. The results showed that the presence of cellulolytic fungi under drought condition (50% of field capacity) in the maize rhizosphere was influenced very significantly by AM and cellulolytic fungi as the single factors and significantly by their interaction at 45 days after sowing (DAS) but was very significantly affected by both cellulolytic fungi and the interaction treatments and significantly affected by AM fungi treatment at 90 DAS. *Gi. cf gigantea* was an AM fungi species that can interact positively with both cellulolytic fungi *T. pinophilus* strain MR107 and *T. pinophilus* isolate OK3SP103P to increase the population of cellulosedegrading fungi at 45 and 90 DAS. The existence of the fungi decreased with increasing the plant age.

Keywords: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Talaromyces*, field capacity, cellulose.

1. PENDAHULUAN

Selulosa merupakan bentuk karbon dominan yang terdapat di tanah. Senyawa organik ini menyusun 33% bahan tumbuhan (Karatas dan Arslan, 2016).

Meskipun terdapat dalam jumlah banyak, namun hanya sejumlah kecil mikroorganisme dapat mendegradasi selulosa karena memiliki struktur kristal dan tidak larut di alam (Qinggeer dkk., 2016; Rehman dkk, 2014).

Kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi selulosa berhubungan dengan aktivitas selulase yang dimilikinya (Behera dan Ray, 2016; Imran dkk., 2016). Mikroorganisme ini berperan penting dalam penyediaan karbon untuk memperbaiki kesuburan tanah dan keberlanjutan keseimbangan hara (Yang dkk., 2014; Zainudin dkk., 2013). Mikroorganisme tersebut juga berperan dalam pembentukan, stabilisasi, dan disintegrasi agregat tanah (Lehmann dan Rillig, 2015).

Mikroorganisme dengan kemampuan mendegradasi selulosa dikenal sebagai mikroorganisme selulolitik. Mikroorganisme ini dijumpai dari golongan bakteri, aktinomisetes, dan fungi. Fungi berfilamen merupakan pendegradasi selulosa yang paling efisien (Andersen dkk., 2016; Pinzari dkk., 2017). *Trichoderma* dan *Aspergillus* merupakan fungi selulolitik yang telah dipelajari secara ekstensif dan mendominasi aplikasi dalam bioteknologi industri (Juturu dan Wu, 2014).

Keberadaan fungi selulolitik dipengaruhi oleh ketersediaan substrat dan lingkungan. Aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) yang dikenal sebagai pupuk hayati efektif meningkatkan produktivitas tanaman dan menunjang keanekaragaman mikroorganisme tanah di rizosfer tanaman (Mechri dkk., 2014; Ye dkk., 2015).

Fungi selulolitik dilaporkan bersinergi dengan FMA, namun pengaruh kombinasi FMA dan fungi selulolitik terhadap mikroorganisme tanah masih jarang dilaporkan. Kebanyakan kombinasi mikroorganisme tersebut diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap produktivitas tanaman terutama dalam mengendalikan penyakit tanaman (Omomowo dkk., 2018; Tchameni dkk., 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh FMA dan fungi selulolitik sebagai pupuk hayati terhadap keberadaan fungi pendegradasi selulosa di rizosfer jagung pada kondisi kekeringan.

2. MATERIAL DAN METODE

Percobaan pot ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial dengan tiga ulangan. Faktor-faktor yang diteliti adalah FMA (tanpa FMA, *Acaulospora tuberculata*, dan *Gigaspora cf. gigantea*) dan fungi selulolitik (tanpa fungi selulolitik, *Talaromyces pinophilus* strain MR107 dan *Talaromyces pinophilus* isolate OK3SP103P). Setiap perlakuan terdiri atas tiga pot sehingga terdapat 81 pot percobaan.

Penyiapan sampel tanah

Sampel tanah Inseptisol yang berasal dari kedalaman 0-20 cm dikeringanginkan dan diayak dengan saringan berdiameter lubang 5 mm. Karakteristik sampel tanah yang digunakan tertera pada Tabel 1.

Sebanyak 10 kg sampel tanah dimasukkan ke dalam pot plastik hitam berukuran tinggi 26 cm dan diameter 35 cm. Sebelum diinkubasi selama tujuh hari, 10 t.ha⁻¹ kompos gulma siam steril dicampurkan secara merata pada setiap pot. Pot-pot tersebut ditutupi dengan plastik hitam dan ditempatkan pada rumah kaca. Status air pada setiap pot percobaan dipertahankan pada 100% kapasitas lapang (KL).

Tabel 1. Karakteristik sampel tanah yang digunakan

No	Ciri-ciri tanah	Kadar	Kriteria
1.	pH	5,77	Agak masam
2.	C organik (%)	1,81	Rendah
3.	N total (%)	0,15	Rendah
4.	P tersedia (ppm)	4,68	Rendah
5.	K-dd (cmol.kg ⁻¹)	1,92	Sangat tinggi
6.	Ca-dd (cmol.kg ⁻¹)	11,94	Tinggi
7.	Mg-dd (cmol.kg ⁻¹)	4,75	Rendah

Inokulasi FMA dan fungi selulolitik

Inokulan FMA sesuai perlakuan sebanyak 10 g diaplikasikan di lubang tanam sedangkan inokulan fungi selulolitik sesuai perlakuan sebanyak 10 mL diaplikasikan pada permukaan tanah. Kedua inokulan tersebut diaplikasikan saat penanaman.

Penanaman dan pemeliharaan

Tiga biji jagung ditempatkan di atas inokulan dan hanya satu tanaman dipelihara setelah berumur tujuh hari. Pot-pot percobaan tersebut ditutupi dengan plastik hitam kecuali pada lubang penanaman.

Penyiraman dilakukan setiap hari pada 100% KL hingga tanaman mendapat cekaman air (50% KL) pada umur 30 hari setelah tanam (HST). Prosedur aplikasi cekaman air dilakukan berdasarkan metode Meddich dkk (2015) dan Zarik dkk. (2016).

Pada saat penanaman dilakukan pemupukan 250, 75, dan 100 kg.ha⁻¹ urea, TSP, dan KCl berturut-turut. Pemberian pupuk urea dilakukan dua kali, yaitu setengah dosis pada saat tanam sedangkan yang lainnya dilakukan pada saat tanaman berumur 14 HST. Pupuk TSP dan KCl dengan dosis sepenuhnya diberikan pada saat tanam.

Pengamatan fungi selulolitik

Pengamatan fungi selulolitik dilakukan pada saat tanaman berumur 45 dan 90 HST. Sampel tanah yang digunakan diambil di rizosfer jagung. Isolasi fungi selulolitik dilakukan melalui seri pengenceran dengan menggunakan medium Mandel. Komposisi medium Mandel mengandung (g.L⁻¹ dalam air destilasi) (NH₄)₂SO₄ 1.4; urea 0.3; KH₂PO₄ 2.0; CaCl₂ 0.3; MgCl₂.H₂O 0.3; FeSO₄.7H₂O 0.005; MnSO₄.H₂O 0.016; ZnCl₂.2H₂O 0.014; CoCl₂.2H₂O 0.002; 1 % CMC; 1.5 % agar. pH 5, proteose peptone 0.75 g/l dan Tween 80 0.2 % v/v. Medium tersebut dipersiapkan sebagai media dua lapis (Fikrinda dkk, 2000 dimodifikasi). Lapisan bawah berupa medium Mandel tanpa sumber karbon sedangkan lapisan atas berupa medium Mandel dengan 1% CMC sebagai sumber karbonnya.

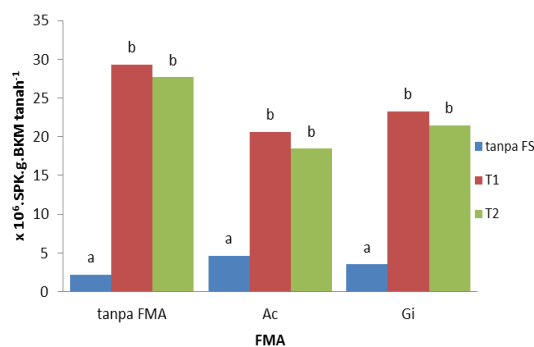
Analisis Data

Data dianalisis dengan analisis ragam dengan menggunakan perangkat statistik SPSS versi 22.0. Rata-rata antar perlakuan dianalisis dengan DNMRT pada 5%.

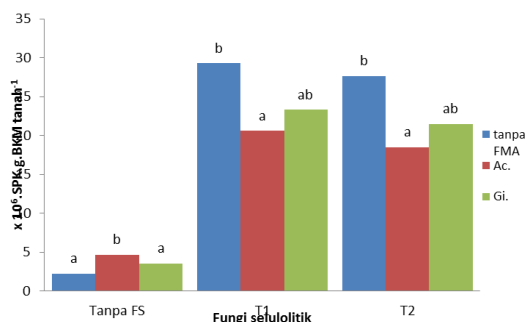
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi fungi selulolitik pada 45 HST

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan FMA dan fungi selulolitik sangat nyata mempengaruhi keberadaan fungi selulolitik pada 45 HST sedangkan interaksi kedua perlakuan tersebut memberikan pengaruh nyata. Populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung akibat pengaruh interaksi FMA dan fungi selulolitik ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung pada 45 HST akibat pengaruh FMA pada perlakuan fungi selulolitik yang berbeda
SPK = satuan pembentuk koloni,
Ac = *Ac. tuberculata*,
Gi = *Gi. cf. gigantea*
T1 = *T. pinophilus* strain MR107
T2 = *T. pinophilus* isolate OK3SP103P



Gambar 2. Populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung pada 45 HST akibat pengaruh fungi selulolitik pada perlakuan FMA yang berbeda
SPK = satuan pembentuk koloni,
Ac = *Ac. tuberculata*,
Gi = *Gi. cf. gigantea*
T1 = *T. pinophilus* strain MR107
T2 = *T. pinophilus* isolate OK3SP103P

Inokulasi fungi selulolitik pada tanaman yang mendapat perlakuan tanpa dan dengan inokulasi FMA memberikan

pengaruh lebih baik terhadap peningkatan populasi fungi selulolitik namun pengaruh terbaiknya dijumpai pada perlakuan tanpa FMA (Gambar 1). Kedua inokulan fungi selulolitik yang dicobakan memberikan efek yang sama meskipun kombinasinya dengan *Gi. cf. gigantea* menyebabkan populasi fungi selulolitik lebih banyak di rizosfer tanaman jagung berumur 45 HST.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengaruh FMA terhadap populasi fungi selulolitik ada 45 HST lebih baik jika diinokulasikan ganda dengan fungi selulolitik daripada perlakuan inokulasi tunggal. Al-Ashabi (2012) dan Ortiz dkk. (2018) menyatakan bahwa mikroorganisme selulolitik seperti *Trichoderma* dapat memaksimalkan aktivitas FMA dalam menunjang pertumbuhan dan kesehatan tanaman.

Pengaruh FMA pada setiap perlakuan inokulasi fungi selulolitik terhadap keberadaan fungi selulolitik di rizosfer jagung yang mengalami kekeringan pada 45 HST adalah sebagai berikut: *Ac. tuberculata* memberikan pengaruh lebih baik pada perlakuan tanpa inokulasi fungi selulolitik sedangkan *Gi. cf. gigantea* menunjukkan pengaruh terbaiknya pada perlakuan *T. pinophilus* strain MR107 meskipun berbeda tidak nyata dengan *T. pinophilus* isolate OK3SP103P (Gambar 2).

Perlakuan inokulasi fungi selulolitik secara tunggal (tanpa FMA) mendukung keberadaan fungi selulolitik lebih banyak di rizosfer jagung, namun perlakuan tersebut memberikan pengaruh yang sama dengan perlakuan inokulasi ganda *Gi. cf. gigantea* baik dengan *T. pinophilus* strain MR107 atau *T. pinophilus* isolate OK3SP103P. Hasil ini menunjukkan bahwa populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung yang mendapatkan aplikasi fungi selulolitik tidak bergantung pada inokulan FMA.

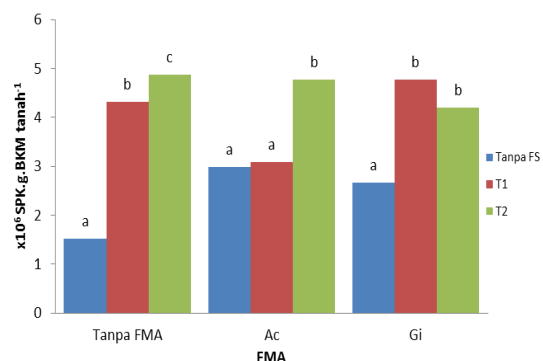
Hasil ini menunjukkan bahwa inokulan FMA yang dapat diinokulasikan bersama dengan fungi selulolitik untuk meningkatkan populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung adalah *Gi. cf. gigantea*. Beberapa penelitian tentang efektivitas inokulasi bersama FMA dan fungi selulolitik juga telah dilaporkan seperti

campuran *Gigaspora margarita* dan *Acaulospora tuberculata* dan *Trichoderma asperellum* (Tchameni dkk., 2011), *G. mosseae* dan *T. viride* (Kaushish dkk., 2012), dan *Glomus versiforme* dan *T. harzianum* (Omomowo dkk., 2018)

Populasi fungi selulolitik pada 90 HST

Hasil penelitian menunjukkan keberadaan fungi selulolitik di rizosfer jagung yang mengalami kekeringan pada 90 HST sangat nyata dipengaruhi oleh perlakuan fungi selulolitik dan interaksi FMA dan fungi selulolitik dan nyata oleh perlakuan FMA.

Populasi fungi selulolitik di rizosfer tanaman pada 90 HST akibat perlakuan FMA bergantung pada jenis fungi selulolitik. Inokulan *T. pinophilus* isolate OK3SP103P memberikan pengaruh lebih baik untuk mendukung keberadaan fungi selulolitik pada rizosfer jagung yang tidak mendapat perlakuan FMA dan yang mendapat inokulasi *A. tuberculata* namun memberikan efek yang sama dengan *T. pinophilus* strain MR107 pada tanaman yang mendapat inokulasi *Gi. cf. gigantea* (Gambar 3).

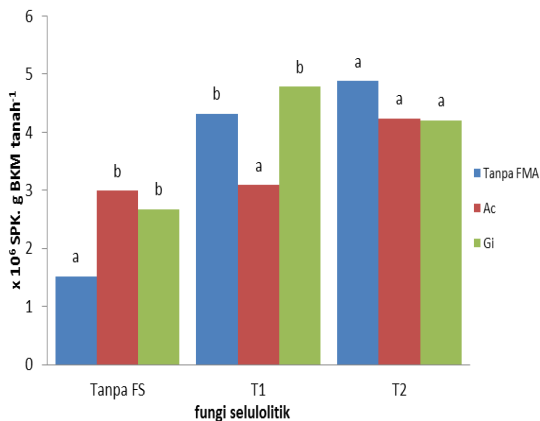


Gambar 3. Populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung pada 90 HST akibat pengaruh FMA pada perlakuan fungi selulolitik yang berbeda

SPK = satuan pembentuk koloni,
 Ac = *Ac. tuberculata*,
 Gi = *Gi. cf. gigantea*
 T1 = *T. pinophilus* strain MR107
 T2 = *T. pinophilus* isolate OK 3SP103P

Berbeda halnya dengan 45 HST (Gambar 2), pengaruh inokulasi fungi selulolitik terhadap populasi fungi pendegradasi selulosa pada 90 HST

bergantung pada jenis FMA. *Ac tuberculata* dan *Gi. cf. gigantea* memiliki pengaruh yang sama pada perlakuan tanpa inokulasi fungi selulolitik dan inokulasi *T. pinophilus* isolate OK3SP103P namun *Gi. cf. gigantea* menunjukkan pengaruh terbaik akibat interaksinya dengan *T. pinophilus* MR 107 (Gambar 4).



Gambar 4. Populasi fungi selulolitik di rizosfer jagung pada 90 HST akibat pengaruh fungi selulolitik pada perlakuan FMA yang berbeda
 SPK= satuan pembentuk koloni,
 Ac = *Ac. tuberculata*,
 Gi = *G. cf. gigantea*
 T1= *T. pinophilus* strain MR107
 T2= *T. pinophilus* isolate OK3SP103P

Kedua inokulan FMA memberikan pengaruh lebih baik terhadap populasi fungi selulolitik pada 90 HST hanya jika tanpa adanya inokulasi fungi selulolitik. Peranan FMA terhadap kelimpahan mikroorganisme tanah juga dilaporkan oleh Ladygina dkk. (2010), Mechri dkk. (2014), dan Ye dkk. (2015). Pengaruh positif FMA tsb diduga berhubungan dengan kemampuannya untuk mengatasi pengaruh negatif kekeringan terhadap tanaman sebagai penyuplai karbon yang dibutuhkan untuk perkembangan mikroorganisme tanah seperti fungi selulolitik.

Populasi fungi selulolitik ini lebih sedikit daripada 45 HST. Perubahan populasi mikroorganisme ini diduga berhubungan dengan kualitas dan kuantitas eksudat akar sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Houlden dkk. (2008) menyatakan bahwa tahap pertumbuhan tanaman mengubah

kualitas dan kuantitas eksudat akar sehingga terjadi perubahan mikroorganisme yang berasosiasi dengan perakaran tersebut. Micallef dkk. (2009) menunjukkan terjadinya suksesi komunitas bakteri di rizosfer dengan meningkatnya umur tanaman akibat menurunnya pelepasan eksudat akar.

4. KESIMPULAN

Pengaruh FMA terhadap keberadaan fungi pendegradasi selulosa di rizosfer jagung yang mengalami kekeringan pada 45 HST bergantung pada fungi selulolitik namun sebaliknya terhadap pengaruh fungi selulolitik. Pada 90 HST, kedua inokulan yang dicobakan (FMA dan fungi selulolitik) memiliki ketergantungan satu sama lain. *Gigaspora cf. gigantea* merupakan spesies FMA yang dapat berinteraksi positif dengan fungi selulolitik *T. pinophilus* strain MR107 dan *T. pinophilus* isolate OK3SP103P untuk meningkatkan populasi fungi pendegradasi selulosa pada 45 dan 90 HST. Keberadaan fungi pendegradasi selulosa semakin menurun dengan meningkatnya umur tanaman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Tahun Anggaran 2018 melalui skema Penelitian Disertasi Doktor.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Asbahi, A.A.S. 2012. Arbuscular mycorrhizal protein mRNA over-expression in bread wheat seedlings by *Trichoderma harzianum* Raifi (KRL-AG2) elicitation. *Gene* 494,209-213

Andersen, B., Poulsen, R., Hansen, G.H. 2016. Cellulolytic and xylanolytic activities of common indoor fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation* 107, 111-116.

Behera, S.S., Ray, R. C. 2016. Solid state fermentation for production of microbial cellulases: Recent advances and improvement strategies. Review.

- International Journal of Biological Macromolecules* 86, 656–669
- Fikrinda, Anas, I., Purwadaria, T., Santosa, D.A. 2000. Isolasi dan seleksi bakteri penghasil selulase ekstremofil dari ekosistem air hitam. *Mikrobiologi Indonesia*. 5(2), 48-53.
- Houlden, A., Timms-Wilson, T.M., Day, M.J., Bailey, M.J. 2008. Influence of plant developmental stage on microbial community structure and activity in the rhizosphere of three field crops. *FEMS Microbiol. Ecol.* 65, 193-201.
- Imran, M., Anwar, Z., Irshad, M., M.J., Ashfaq, H. 2016. Cellulase production from species of fungi and bacteria from agricultural wastes and its utilization in industry: A review. *Advances in Enzyme Research*, 4, 44-55
- Juturu, V., Wu, J.C. 2014. Microbial cellulases: engineering, production and applications. *Renew Sustain Energy Rev.* 33, 188-203.
- Karatas, M., Arslan, N. 2016. Flow behaviours of cellulose and carboxymethyl cellulose from grapefruit peel. *Food Hydrocolloids* 58, 235-245
- Kaushish, S., Kumar, A., Aggarwal, A., Parkash, V. 2012. Influence of Inoculation with the Endomycorrhizal Fungi and *Trichoderma viride* on Morphological and Physiological Growth Parameters of *Rauwolfia serpentina* Benth. Ex. Kurtz. *Indian J Microbiol* 52(2), 295-299
- Ladygina, N., Henry, F., Kant, M. R., Koller, R., Reidinger, S., Rodriguez, A., Saj, S., Sonnemann, I., Witt, C., Wurst, S. 2010. Additive and interactive effects of functionally dissimilar soil organisms on a grassland plant community. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 2266-2275
- Lehmann, A., Rillig, M. C. 2015. Understanding mechanisms of soil biota involvement in soil aggregation: A way forward with saprobic fungi? *Soil Biology & Biochemistry* 88, 298-302
- Mechri, B., Manga, A. G.B., Tekaya, M., Attia, F., Cheheb, H., Meriem, F. B., Braham, M., Boujnah, D., Hammami, M. 2014. Changes in microbial communities and carbohydrate profiles induced by the mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) in rhizosphere of olive trees (*Olea europaea* L.). *Applied Soil Ecology* 75, 124-133
- Meddich, A., Jaiti, F., Bourzik, W., El Asli, A., Hafidi, M. 2015. Use of Mycorrhizal Fungi as a Strategy for Improving the Drought Tolerance in Date Palm (*Phoenix dactylifera*). *Scientia Horticulturae* 192, 468-474
- Micallef, S.A., Channer, S., Shiaris, M.P., Colón-Carmona, A. 2009. Plant age and genotype impact the progression of bacterial community succession in the Arabidopsis rhizosphere. *Plant Signaling & Behavior* 4(8), 777-780
- Omomowo, I.O., Fadiji, A.E., Omomowo, O.I. 2018. Assessment of bio-efficacy of *Glomus versiforme* and *Trichoderma harzianum* in inhibiting powdery mildew disease and enhancing the growth of cowpea. *Annals of Agricultural Sciences* 63, 9-17
- Ortiz, E.M., Duchicela, J., Debut, A. 2017. Scanning electron microscopic observations of early stages of interaction of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and *Bacillus subtilis* with *Acaulospora Colombiana*. *Rev Argent Microbiol.* 50(2), 227-229
- Pinzari, F., Maggi, O., Ceci, A., Reverberi, M., M.Persiani, A. 2017. Overlap in substrate utilisation and spatial exclusion in some microfungi which act as early cellulose colonisers in a Mediterranean environment. *Pedobiologia* 61, 9-21
- Qinggeer, Ju-lin, G., Xiao-fang, Y., Bao-lin, Z., Zhi-gang, Z., Naoganchaolu, B., Shu-ping, H., Ji-ying, S., Min, X., Zhen, W. 2016. Screening of a microbial consortium with efficient corn stover degradation ability at low temperature. *Journal of Integrative Agriculture*. 15(10), 2369-2379.
- Rehman, N., de Miranda, Maria I. G., Rosa, S.M.L., Pimentel, D.M., Nachtigall, S.M.B., Bica, C. I. D.. 2014. Cellulose and nanocellulose from maize straw: An insight on the crystal properties. *J Polym Environ*, 22:252-259
- Tchameni, S.N., Ngonkeu, M.E.L., Nana, L.W., Fokom, R., Owona, A.D., Mbarga, J.B., Tchana, T., Tondje, P.R., Etoa, F.X., Kuaté, J. 2011. Effect of *Trichoderma asperellum* and arbuscular mycorrhizal fungi on cacao growth and resistance against black pod disease. *Crop Protection*. 30, 1321-1327
- Yang, J-K., Zhang, J.-J., Yu, H.-Y., Cheng, J.-W., Miao, L.-H. 2014. Community composition and cellulase activity of cellulolytic bacteria from forest soils planted with broad-leaved deciduous and evergreen trees. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 98, Issue 3, 1449-1458
- Ye, S., Yang, Y., Xin, G., Yutao Wang, Y., Ruan, L., Ye, G. 2015. Studies of the Italian ryegrass-rice rotation system in southern China: Arbuscular mycorrhizal symbiosis affects soil microorganisms and enzyme activities in the *Lolium mutiflorum* L. rhizosphere. *Applied Soil Ecology*. 90, 26-34
- Zainudin, M.H.M., Hassan, M.A., Tokura, M., Shirai, Y. 2013. Indigenous cellulolytic and hemicellulolytic bacteria enhanced rapid co-composting of lignocellulose oil palm empty fruit bunch. Short communication. *Bioresource Technology* 147, 632-635
- Zarik, L., Meddich, A., Hijri, M., Hafidi, M., Ouhammou, A., Ouahmane, L., Duponnois, R., Boumezzough, A. 2016. Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Improve the Drought Tolerance of *Cupressus atlantica* G. C.R. *Biologies*. 339(5-6), 185-196