

**EFEKTIVITAS INOKULASI *Arbuscular mycorrhizae* PADA HIJAUAN PAKAN
Cichorium intybus L. DENGAN DOSIS DAN FREKUENSI
PENYIRAMAN YANG BERBEDA**

¹Muhammad Husein, ¹Ali Mursyid Wahyu Mulyono dan ²Muhammad Mar'ie Sirajuddin

¹Fakultas Pertanian Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jl. Letjen Sujono Humardani No.1, Sukoharjo 57521-Indonesia

²Departement of Food Technology, Faculty of Industrial, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia
E-mail: muhhusein0102@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on drought stress on the growth, productivity, and effectiveness of AMF inoculation in *Cichorium intybus* L. forage. This study consisted of two factors. The first factor: AMF spore inoculation dose consists of four levels, namely D0 (without mycorrhiza), D1 (100 spores per plant per polybag), D2 (200 spores per plant per polybag), and D3 (300 spores per plant per polybag). The second factor, watering time, consists of two levels: A1, 1 week, and A2, 2 weeks, with three replications. The parameters measured were plant growth (number of leaves, leaf width, and plant length), productivity (fresh biomass of the canopy), and the effectiveness of AMF inoculation. The data obtained were analyzed using a completely randomized design with a factorial pattern. If there was a difference, Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) was performed. The results showed that mycorrhizal inoculation had a significant effect ($P<0.05$) on plant height (cm), number of leaves (strands), biomass (g), and effectiveness of AMF inoculation (%). The inoculation dose did not show a significant difference ($P>0.05$). This study concluded that AMF inoculation affected the number of leaves, leaf width, and length of hickory plants and increased both fresh biomass and the effectiveness of inoculation, even under conditions of limited water availability. Treatment D2 gave the best results. In terms of dosage, treatment D1 was more effective and efficient in its use.

Keyword: *Arbuscular mycorrhizae fungi, Forage, Cichorium intybus L, Marginal land, Growth limiting factors*

PENDAHULUAN

Hijauan merupakan sumber bahan pakan ternak yang utama, hampir 90% pakan ternak berasal dari hijauan pakan yang dimanfaatkan ternak untuk hidup pokok dan produksi. Ketersediaan hijauan pakan saat ini masih sangat rendah baik kuantitas dan kualitasnya yang disebabkan sebagian besar lahan yang difungsikan untuk menanam hijauan pakan ternak merupakan lahan - lahan marginal. Lahan marginal merupakan lahan tumbuh yang buruk karena memiliki berbagai tekanan abiotik seperti suhu, ketersediaan hara dan faktor edafis seperti peningkatan salinitas tanah (Jones et al., 2015). Tanaman yang tumbuh pada lahan yang buruk akan memberikan feedback negatif yang cenderung menurunkan kualitas dan produktivitas tanaman pakan.

Ketersediaan hijauan pakan mutlak harus terpenuhi mengingat faktor yang menentukan produktivitas ternak ruminansia adalah terjaminnya ketersediaan hijauan pakan ternak yang bermutu. Hijauan pakan sendiri diklasifikasikan dalam jenis rumput, legum dan *forbs*. Chikori (*Cichorium intybus* L) merupakan tanaman pakan introduksi dalam jenis *forbs* yang memiliki keunggulan dalam segi nutrisinya dan kemampuannya menyerap mineral yang baik. Tanaman introduksi dimaksudkan tidak lain yaitu untuk meningkatkan ketersediaan pakan yang berkualitas dalam segi nutrisi dan kuantitasnya. Chikori dikembangkan secara luas di Selandia Baru karena memiliki produktivitas tinggi dan dapat tumbuh subur dengan curah hujan tahunan minimum 600 mm dan tingkat pH tanah yang rendah (Nwafor *et al.*, 2017). Chikori ditanam sebagai hijauan pakan, untuk meningkatkan ketersediaan pakan ternak ruminansia selama musim panas (Blair, 2011; Foster *et al.*, 2011).

Meskipun demikian tanaman ini tidak dapat tumbuh dengan baik tanpa ditunjang dengan kondisi lahan tumbuh yang baik. Meskipun chikori memiliki ketahanan hidup pada musim kemarau, akan tetapi produktivitas dan kualitas nutrien yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan saat ketersediaan air tercukupi. Clair and Lynch (2010) menyatakan dampak negatif perubahan iklim terhadap tanah, kesuburan dan nutrisi mineral tanaman akan jauh melebihi efek menguntungkan, yang akan meningkatkan kerawanan pangan pada musim kemarau. Chikori bukan legum seperti tanaman pada umumnya tanaman ini membutuhkan sumber nitrogen yang cukup dalam pertumbuhannya (Laws and Genever, 2016). Sehingga dalam hal ini faktor biotik dan abiotik dalam kesuburan tanah berperan penting dalam pertumbuhan tanaman pakan chikori. Tekanan abiotik seperti suhu, air, intensitas cahaya, ketersediaan hara yang buruk menjadikan pertumbuhan tanaman pakan terganggu dan menyebabkan penurunan kualitas dan hasil.

Meningkatkan komponen - komponen biotik menguntungkan seperti mikroorganisme di dalam tanah dapat menjadi solusi dalam mengatasi kekurangan nutrisi bagi tanaman akibat tekanan stress abiotik lingkungan di lahan marjinal. Mikroorganisme seperti fungi yang nyata mampu memfasilitasi penyerapan nutrisi tanaman dalam kondisi lingkungan yang marjinal. Mikoriza arbuskula (*Arbuscular mycorrhizae*) merupakan simbiosis mutualisme fungi dengan perakaran tanaman melalui pertukaran sumber nutrisi karbohidrat (Smith and Read, 2010). *Arbuscular mycorrhizae fungi (AMF)* mampu memfasilitasi penyerapan air dan unsur hara terutama P, K, Mn dan Mg. Fungi *mycorrhizae* juga berperan dalam siklus biogeokimia dalam tanah dan sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, sitokin dan giberelin (Pozo *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2020).

Salah satu dampak positif yang diperoleh dari asosiasi tanaman dengan *AMF* salah satunya ialah kemampuan bertahan tanaman dalam tekanan kekeringan pada musim kemarau. Meskipun di negara asalnya chikori mampu tumbuh dengan baik pada musim panas akan tetapi di Indonesia sendiri tanaman ini merupakan jenis tanaman baru yang perlu adaptasi lebih dengan berbagai kondisi lingkungan dengan kondisi iklim yang ada. Selain itu tanaman ini merupakan jenis tanaman baru yang belum banyak diketahui para peternak, sehingga kajian - kajian pengembangan terkait adaptasi tanaman pada berbagai kondisi lahan tumbuh perlu dilakukan. Pengembangan tanaman pakan pada kondisi lahan marjinal tentunya berbeda dengan pengembangan tanaman pakan pada lahan produktif. Sehingga peneliti dalam hal ini melibatkan agen hayati seperti fungi *Arbuscular mycorrhizae* dalam pengembangan pakan pada kondisi lahan marjinal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran *AMF* terhadap pertumbuhan dan produktivitas biomassa tanaman pakan chikori pada kondisi ketersediaan air yang terbatas, serta melihat efektivitas dari inokulasi *AMF* terhadap hasil produksi tanaman. Pada penelitian kali ini peneliti menggunakan *AMF* hasil isolasi dan perbanyak dari

tanaman chikori (*Cichorium intybus* L) guna memperoleh tingkat ketergantungan tanaman dengan *AMF* secara baik.

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca Laboratorium Hijauan Makanan Ternak selama 2 bulan, pada ketinggian 140 meter di atas permukaan laut, dengan suhu rata-rata 22°C - 35°C dan koordinat (LU: $07^{\circ}46'43''$ BT: $110^{\circ}23'21''$).

Bahan

Bahan yang dipakai pada penelitian ini diantaranya: biji *Cichorium intybus* L. dari *Crop Mark Seed Company*, propagul *AMF* dengan komposisi 2 jenis spora *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp, tanah, fungisida (rodalon), *polybag*

Alat

Alat yang dipakai pada penelitian ini diantaranya: timbangan analitik, meteran, peralatan semprot, ayakan, cankul dan ember.

Metode

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial 2×4 terdiri dari dua faktor. Faktor pertama (A): Dosis inokulasi spora *AMF* yang terdiri dari 4 taraf yaitu D0: tanpa inokulasi *AMF*; D1: 100 spora/ tanaman/ *polybag*; D2: 200 spora/ tanaman/ *polybag*; D3: 300 spora/ tanaman/ *polybag*. Faktor kedua (B): waktu penyiraman terdiri yang dari 2 taraf yaitu A1: 1 minggu; A2: 2 minggu. Setiap sampel diulang sebanyak 3 kali.

Variabel

Variabel yang diukur meliputi : pertumbuhan tanaman (jumlah daun, lebar daun dan panjang tanaman), produktivitas (biomassa segar tajuk), efektivitas inokulasi *AMF*.

Jumlah daun dan lebar daun. Jumlah daun hidup dihitung setiap helainya sedangkan lebar daun diukur dari tepi ke tepi daun dari 3 daun terlebar.

Panjang tanaman. Panjang tanaman diukur dari pangkal tanaman diatas permukaan tanah sampai bagian tertinggi dari tanaman atau pucuk terpanjang.

Efektivitas inokulasi (EI). Untuk menilai kemampuan atau efektivitas inokulasi *AMF* yang ditambahkan, untuk menghasilkan pengaruh tertentu pada tanaman (Ortas, 2012).

$$\text{Efektivitas Inokulasi (EI)} = \frac{BMm - BMtm}{BMm} \times 100\%$$

EI = Efektivitas Inokulasi

BM = Rerata biomassa tanaman

m = Bermikoriza

tm = Tidak bermikoriza

Analisis data

Data pertumbuhan (jumlah daun, lebar daun dan panjang tanaman), produktivitas (biomassa segar tajuk), dan efektivitas inokulasi *AMF* yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan rancangan acak lengkap pola searah, dengan bantuan aplikasi *Statistical Package for the Social Science versi 16*. Apabila terdapat perbedaan diantara perlakuan maka dilakukan uji lanjut menggunakan *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* (Steel and Torrie, 1993).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman

Pertumbuhan tanaman dilihat dari jumlah daun, lebar daun dan panjang tanaman ditunjukkan pada Tabel 1. Inokulasi *AMF* memberikan pengaruh signifikan $P<0,05$ terhadap pertumbuhan tanaman baik pada jumlah daun, lebar daun dan panjang tanaman chikori. Dosis pemberian *AMF* sebanyak 100 spora (D1) lebih efektif secara penggunaanya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dosis pemakaian 200 spora (D2) dan 300 spora (D3).

Tabel 1. Rerata pertumbuhan jumlah daun (helai), lebar daun (cm) dan panjang tanaman (cm) chikori pada umur potong 30 hari

Parameter	Faktor B	Faktor A				Rerata
		D0	D1	D2	D3	
Jumlah daun	A1	9,66±0,57	13,66±3,05	12,33±0,57	11,66±1,15	11,83±2,08
	A2	9,33±1,15	13,66±1,52	13,66±0,57	13,33±1,52	12,50±2,11
	Rerata	9,50±0,83 ^a	13,66±2,06 ^b	13,00±0,89 ^b	12,50±1,51 ^b	
Lebar daun	A1	5,43±0,81	8,00±1,00	8,90±0,85	6,66±1,15	7,25±1,60
	A2	5,50±1,00	6,86±1,63	7,60±0,36	7,33±0,57	6,82±1,02
	Rerata	5,46±0,81 ^a	7,43±0,97 ^{bc}	8,25±0,92 ^c	7,00±0,89 ^b	
Panjang tanaman	A1	23,33±3,05	32,16±1,04	34,60±3,65	33,83±1,52	30,98±5,18
	A2	25,66±1,15	30,33±1,52	34,10±1,27	35,10±5,72	31,30±4,68
	Rerata	24,50±2,42 ^a	31,25±1,54 ^b	34,35±2,46 ^b	34,46±3,81 ^b	

Keterangan: D0: tanpa *AMF*, D1: 100 spora *AMF*, D2: 200 spora *AMF*, D3: 300 spora *AMF*, ^(g,h,i,j)superskrip berbeda pada baris yang sama berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$)

Inokulasi *AMF* mampu memberikan pertumbuhan panjang tanaman, jumlah daun dan lebar daun yang lebih baik dari kontrol (tanpa inokulasi *AMF*). Dilihat dari superskrip yang sama perlakuan dosis spora yang diinokulasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap panjang tanaman dan jumlah daun. Pada lebar daun perlakuan D1 dilihat dari superscript menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda dengan perlakuan D2 yang mana dapat menjadi gambaran efisiensi penggunaan spora yang lebih baik. Inokulasi *AMF* memberikan pertumbuhan yang lebih baik disebabkan kemampuan akar dalam menyerap nutrisi didalam tanah meningkat meskipun pada ketersediaan air yang terbatas. Perkembangan lebar daun akibat penambahan dan pembelahan sel - sel tanaman. Proses pembelahan sel membutuhkan asupan nutrisi dan energi yang cukup untuk tanaman memberntuk sel - sel baru. Nutrisi bersama - sama materi organik menyusun dan membangun materi yang diperlukan untuk pertumbuhan (Marwani *et al.*, 2013). Syamsiyah *et al.* (2014) menyatakan kemampuan akar dalam menyerap nutrisi hara N dan P yang tinggi disebabkan adanya perkembangan hifa *AMF* pada akar tanaman.

Selain itu peningkatan pertumbuhan panjang tanaman tergantung seberapa optimalnya intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman. Kualitas cahaya dan intensitas cahaya menunjukkan pengaturan yang berbeda terhadap biosintesis hormon tanaman (Kurepin *et al.*, 2013). *Mycorrhizae* mampu membantu meningkatkan produksi hormon pertumbuhan tanaman seperti gibberelin, auksin, sitokinin, brassinosteroid, asam absisat, etilen dan asam salisilat (Davies, 2010; Pozo *et al.*, 2015). Meskipun demikian jika dilihat dari hasil yang diperoleh semakin tinggi dosis spora yang diberikan justru terjadi penurunan walaupun tidak signifikan. Tentunya hal ini menjadi kajian baru terhadap tekanan simbiosis *AMF* terhadap tanaman. Luas area polibag dan kandungan nutrisi yang terbatas menjadikan tekanan simbiosis terhadap tanaman tinggi sehingga tanaman melakukan pertukaran nutrisi dengan tanaman berlebih.

Efektivitas Inokulasi AMF

Efektifitas inokulasi merupakan salah satu cara untuk menilai kemampuan inokulum *AMF* yang ditambahkan untuk menghasilkan pengaruh terhadap pertumbuhan atau hasil suatu tanaman. Hasil analisis statistik menunjukkan inokulasi *AMF* memberi pengaruh signifikan terhadap produksi biomassa segar tajuk (g/tanaman) dan efektivitas inokulasi *AMF* (%) $P<0,05$, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata biomassa segar tajuk/ tanaman chikori (g) dan efektivitas inokulasi (%) *AMF* pada umur potong 30 hari

Parameter	Faktor B	Faktor A				Rerata
		D0	D1	D2	D3	
Biomassa segar tajuk	A1	12,66±2,51	25,00±6,55	30,00±6,24	20,00±8,66	21,91±8,62
	A2	12,66±2,51	24,66±2,30	30,66±6,68	23,33±5,77	22,83±7,74
	Rerata	12,66±2,25 ^a	24,83±4,40 ^{bc}	30,33±5,33 ^c	21,66±6,83 ^b	
Efektivitas inokulasi	A1	0	46,25±21,83	56,45±12,64	32,22±18,36	33,73±25,91
	A2	0	48,25±11,52	58,49±7,55	42,22±21,75	37,24±25,72
	Rerata	0 ^a	47,25±15,65 ^{bc}	57,47±9,38 ^c	37,22±18,81 ^b	

Keterangan: Keterangan: D0: tanpa *AMF*, D1: 100 spora *AMF*, D2: 200 spora *AMF*, D3: 300 spora *AMF*, ^(g,h,i,j)superskrip berbeda pada baris yang sama berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$).

Inokulasi *AMF* mampu memberikan peningkatan biomassa segar tajuk (g/tanaman) serta efektivitas inokulasi (%) yang lebih baik dari kontrol. Hasil analisis statistik dan superscript pada Tabel 2. menunjukkan biomassa segar tajuk dan efektivitas inokulasi *AMF* pada perlakuan D1 tidak jauh berbeda dengan perlakuan D2 dan D3. Secara dosis pemakaian perlakuan D1 lebih menguntungkan dan efisien dari segi penggunaannya. Peningkatan biomassa segar tajuk terjadi akibat simbiosis akar tanaman dengan *AMF*. *AMF* mampu menghasilkan hormon pertumbuhan yang mampu meningkatkan penyerapan nutrisi dan pembelahan sel sehingga mempengaruhi baik tinggi tanaman dan jumlah daun (Pozo *et al.*, 2015). Tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter tanaman yang dihasilkan berdampak pada biomassa yang dihasilkan. Yang *et al.* (2016) menyatakan bahwa inokulasi *AMF* mampu meningkatkan penyerapan nutrisi dan total biomassa tanaman *R. pseudoacacia*, *T. pretense*, *M. sativa* and *L. perenne*. Biomassa segar tajuk chikori yang tinggi merupakan respon positif dari asosiasi *AMF* dengan akar tanaman. Respon positif tersebut digambarkan dari presentase efektivitas inokulasi *AMF*.

Inokulasi *AMF* memberikan efektivitas inokulasi (%) yang baik sebesar 37,22 - 57,47 %. Efektivitas tertinggi didapatkan pada perlakuan D2 sebesar 57,47 %, kemudian D1 sebesar 47,25 % dan D3 sebesar 37,22%. Seiring bertambahnya dosis inokulasi spora seperti pada perlakuan D3 justru memberikan umpan balik yang negatif. Perbedaan tingkat efektivitas ini terjadi dapat disebabkan oleh banyak hal seperti ketegantungan tanaman dengan keragaman jenis spora pada propagul yang diinokulasikan dan ketersedian hara pada media dalam *polybag*. Ulfa *et al.* (2009) menyatakan perlakuan inokulasi infeksi *Glomus clorum*, *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora* sp. pada tanaman berkayu mahoni dan saru memberi respon yang berbeda. Selain itu tingkat efektivitas inokulasi *AMF* juga dipengaruhi oleh konsentrasi Zn dan P tanaman. *AMF* akan terlihat efeknya pada kondisi tanah yang marginal dimana pasokan nutrisi di dalamnya rendah. Selain itu tingkat efektivitas inokulasi yang rendah dikarenakan tekanan simbiosis yang justru menghambat peran *AMF* akibat kemiskinan nutrisi di dalam tanah. Kemiskinan nutrisi di dalam tanah terjadi karena media *polybag* hanya menyediakan nutrisi berdasarkan luas area *polybag* tanpa penambahan nutrisi susulan yang menyebabkan

simbiosis tanaman justru terhenti akibat terlalu banyak kolonisasi spora tetapi ketersediaan nutrisi pada media tidak sehingga tanaman tidak mampu memberikan karbon untuk *AMF* sebagai bentuk simbiosis yang menguntungkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa inokulasi *AMF* mampu meningkatkan pertumbuhan, produktivitas tanaman meskipun pada kondisi ketersediaan air yang terbatas. Dosis inokulasi spora yang tinggi justru menghambat kemampuan *AMF* dalam meningkatkan pertumbuhan. Perlakuan D2 memiliki hasil pertumbuhan dan produktivitas serta efektivitas inokulasi *AMF* (%) terbaik diantara perlakuan. Secara dosis pemakaian perlakuan D1 lebih menguntungkan dan efisien dari segi penggunaannya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini peneliti menyarankan untuk memperhitungkan ketersediaan hara didalam media sehingga dapat diukur % penyerapan nutrisi didalam media, serta perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kandungan nutrien untuk mengetahui dampak kekeringan dan pengaruh *AMF* pada kualitas hijauan pakan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Blair, R. 2011. Nutrition and feeding of organic cattle. Cabi.
- Clair S.B.S. and Lynch J.P., 2010, The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries, *Plant and Soil*, 335 (1–2), 101–115.
- Davies P.J., 2010, The plant hormones: their nature, occurrence, and functions, Dalam *Plant hormones*, Springer, pp. 1–15.
- Foster, J.G., K.A. Cassida, and K.E. Turner. 2011. In vitro analysis of the anthelmintic activity of forage chicory (*Cichorium intybus* L.) sesquiterpene lactones against a predominantly *Haemonchus contortus* egg population. *Veterinary Parasitology*. 180(3–4):298–306.
- Jones M.B., Finn J. and Hodkinson T.R., 2015, Morphological and physiological traits for higher biomass production in perennial rhizomatous grasses grown on marginal land, *Gcb Bioenergy*, 7 (2), 375–385.
- Kurepin L. V., Dahal K.P., Savitch L. V., Singh J., Bode R., Ivanov A.G., Hurry V. and Hüner N.P.A., 2013, Role of CBFs as integrators of chloroplast redox, phytochrome and plant hormone signaling during cold acclimation, *International Journal of Molecular Sciences*, 14 (6), 12729–12763.
- Laws D. and Genever L., 2016, Using Chicory and Plantain in Beef and Sheep Systems, *AHDB Beef & Lamb Stoneleigh Park, Kenilworth, UK*
- Marwani E., Suryatmana P., Kerana I.W., Puspanikan D.L., Setiawati M.R. and Manurung R., 2013, Peran mikoriza vesikular arbuskular dalam penyerapan nutrien, pertumbuhan, dan kadar minyak jarak (*Jatropha curcas* L.), *Bionatura*, 15 (1)

- Nwafor, I.C., K. Shale, and M.C. Achilonu. 2017. Chemical composition and nutritive benefits of chicory (*Cichorium intybus*) as an ideal complementary and alternative livestock feed supplement. A Review. *Journal Scientific World*.
- Ortas, I. 2012. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. *Field Crops Research*. 125:35–48.
- Pozo, M.J., J.A. López-Ráez, C. Azcón-Aguilar, and J.M. García-Garrido. 2015. Phytohormones as integrators of environmental signals in the regulation of mycorrhizal symbioses. *New Phytologist*. 205(4):1431–1436.
- Smith S.E. and Read D.J., 2010, *Mycorrhizal symbiosis*, Academic press.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1993. Prinsip dan prosedur statistika. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Syamsiyah J., Sunarminto B.H., Hanudin E. and Widada J., 2014, Pengaruh Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap Glomalin, Pertumbuhan dan Hasil Padi, *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 11 (1), 39–46.
- Ulfa, M., E.A. Waluyo, and E. Martin. 2009. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula *Glomus clorum*, *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora sp.* terhadap pertumbuhan semai mahoni dan seru. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 6(5):273–280.
- Yang, Y., Y. Liang, X. Han, T.Y. Chiu, A. Ghosh, H. Chen, and M. Tang. 2016. The roles of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in phytoremediation and tree-herb interactions in Pb contaminated soil. *Scientific Reports*. 6:20469.
- Zhao L., Liu Y., Wang Z., Yuan S., Qi J., Zhang W., Wang Y. and Li X., 2020, Bacteria and fungi differentially contribute to carbon and nitrogen cycles during biological soil crust succession in arid ecosystems, *Plant and Soil*, 447 (1–2), 379–392.